

RETİNA GÖRÜNTÜLERİNDE YAŞA BAĞLI MAKULA DEJENERASYONUNUN İSTATİSTİKSEL YÖNTEMLERLE SEGMENTASYONU

Uğur ŞEVİK *, Okyay GENÇALİOĞLU** ve Cemal KÖSE***

(*)Karadeniz Teknik Üniversitesi, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri, 61080, TRABZON

(**)Karadeniz Teknik Üniversitesi, Tıp Fakültesi Bilgi İşlem Merkezi, 61080, TRABZON

(***) Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, 61080, TRABZON

usevik@ktu.edu.tr, okaygenc@meds.ktu.edu.tr, ckose@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, istatistiksel görüntü işleme yöntemleri kullanılarak retinadaki yapısal bozuklukların ve hastalıkların algılanıp, bu bozukluklar hakkında daha detaylı bilgi elde edilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle görüntü kalitesinin histogram eşitleme yöntemiyle iyileştirilmesi (image enhancement) sağlanır. Böylece makula bölgesinin belirlenmesi kolaylaşır. Makula çevresindeki sağlıklı bölgeleri istatistiksel olarak temsil eden en küçük öz temsil karesi (ÖTK) bulunur. ÖTK'nın parlaklık histogramı yardımıyla ortalama, varyans, standart sapma ve maksimum parlaklık değerleri gibi istatistiksel öznitelik verileri hesaplanıp belirli bir hata eşiği altında tüm makula bölgesi taranır. Tarama sonucunda sağlıklı bölgelerin işaretlenip geriye hastalıklı bölgelerin belli bir başarı yüzdesiyle elde edilmesi sağlanır.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi Görüntü İşleme, İstatistiksel Görüntü İşleme, Retina, Makula, Yaşa Bağlı Makula Dejenerasyonu, Histogram Eşitleme.

SEGMENTATION OF AGE-RELATED MACULAR DEGENERATION BY STATISTICAL METHODS IN RETINAL FUNDUS IMAGES

ABSTRACT

In this paper, a statistical method is presented to segment the age-related macular degeneration (ARMD) in retinal fundus images. Firstly, the retinal image quality is enhanced by applying the histogram equalization method. This facilitates segmentation of the macula. Then, a typical square area in macula, Main Representing Square (MRS), is chosen that the area have all statistical properties of the macula like variance, mean and standard deviation of healthy areas. Hence, we use the MRS for comparing and segmenting the similar areas of healthy tissue in the macula. After the segmentation of the healthy areas, the lesions of ARMD can be determined in obvious success.

Keywords: Medical Image Processing, Statistical Image Processing, Retina segmentation, Age-related macular degeneration, macula, image enhancement, histogram equalization.

1. GİRİŞ

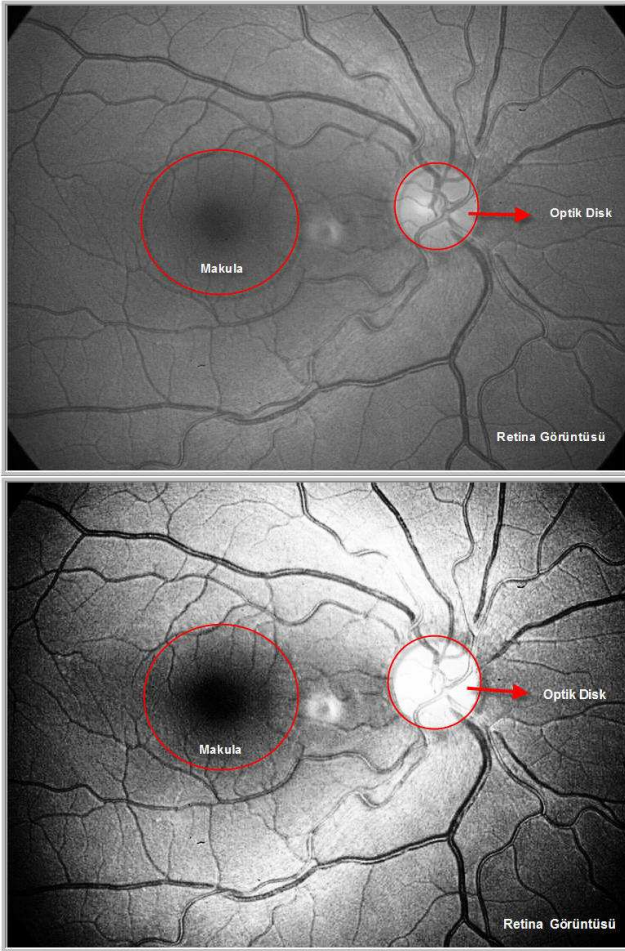
Görme ve algılamayı sağlayan göz, birçok etkenlerden dolayı sağlığını kaybedip değişik şekillerde görme bozuklukları meydana gelebilir. Bu bozuklukların başarılı biçimde tedavisi veya durdurulabilmesi için, bozukluğa yol açan nedenin doğru biçimde teşhis edilmesi çok önemlidir. Görme bozukluklarının büyük bir oranı gözün retina tabakasındaki yapıların ve damarların zamana bağlı veya dış etkenlerden kaynaklanan nedenlerden dolayı yapısal olarak bozulmasından kaynaklanmaktadır. Bu sebepten dolayı teşhis koyabilmek için hastaların öncelikle retina görüntülerinin alınıp incelenmesi gerekir. Hastalardan elde edilen retina görüntülerinin dijital ortamda doktorların analizi sonucunda teşhis ve tanı koyulur. Dijital ortamdaki bu görüntüler, görüntü işleme (Image Processing) ve bölütleme (segmentation) yöntemleri kullanılarak mevcut

görüntü üzerindeki yapısal bozukluklar algılanıp, sağlıklı dokulardan ayrıştırılarak doktorların bozuklukları ve hastalıkları daha iyi teşhis etmeleri sağlanabilir. Bizim retina görüntüleri üzerinde yaptığımız görüntü işleme yöntemlerinden bazıları şöyledir; görüntü iyileştirme, belirli bir eşikleme (threshold) değeri ile resim üzerindeki parlaklık değerlerinin ayrıştırılması ve dağılımların karşılaştırılması için değişik istatistiksel görüntü bölütleme yöntemleri olarak söyleyebiliriz. Kullanılan bu yöntemlerle, hastalığa bağlı olmakla birlikte, oldukça başarılı olarak hastalıklı bölgelerin sağlıklı bölgelerden ayrıştırılması sağlanmıştır. Bu çalışmadaki temel amacımız, doktorların dijital ortamdaki retina görüntülerinden, önerdiğimiz görüntü işleme ve bölütleme yöntemlerini kullanarak, özellikle retinadaki yaşa bağlı makula dejenerasyonu (YBMD) hastalığı ve retinadaki yapısal bozukluklar hakkında daha detaylı nicel bilgiye sahip olmalarını

sağlamaktır. Böylece, yaşa bağlı makula dejenerasyonunun teşhisinde ve tedavisinde başarı oranını arttırılacaktır.

2. RETİNA GÖRÜNTÜSÜNÜ İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

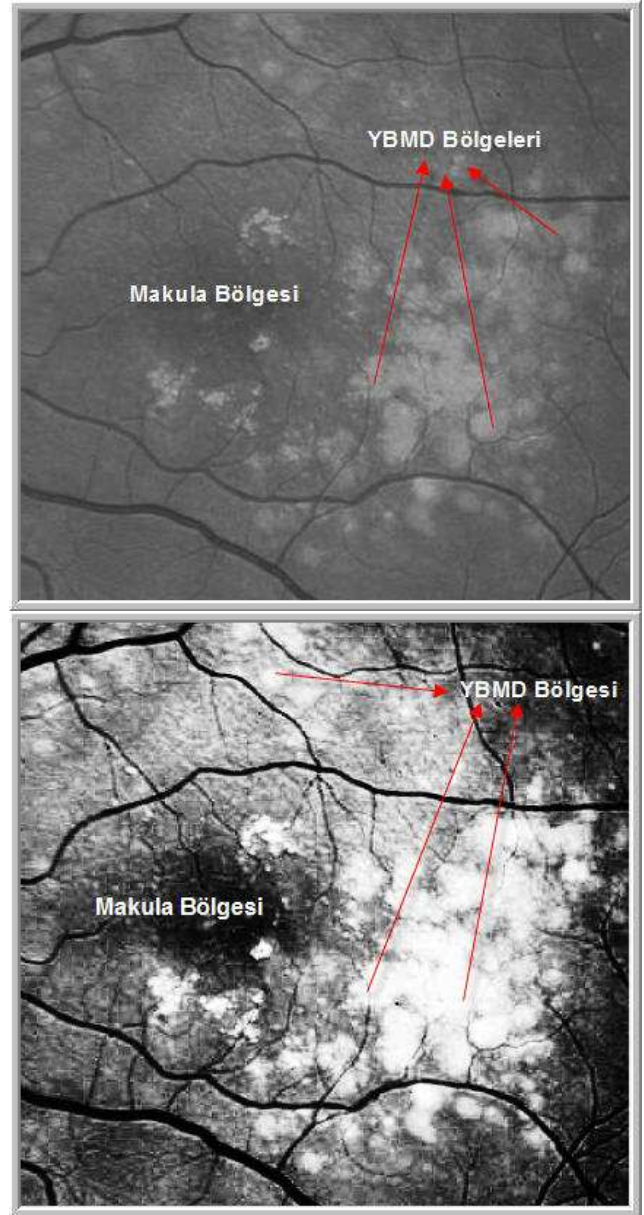
Görüntü işleme yöntemleri kullanılmadan önce işlenecek görüntüyü dijital ortamdaki yapısı çok önemlidir. Biz çalışmamızda görüntüleri, 8-bit bitmap formatında gri seviyeye dönüştürerek çalıştık. Göz kliniklerinde yapılan muayene sırasında elde edilen retina görüntüleri günümüzün en son dijital görüntü alma teknolojilerine sahip kameralar yardımıyla yapılmaktadır. Elde edilen görüntüler, piksel bakımından her ne kadar kaliteli ve iyi çözünürlüğe sahip olurlarsa olsunlar, alınan görüntülerden doktorların retinada meydana gelen lezyonları, yapısal bozuklukları ve bu bozuklukların zamana göre değişimlerini ölçmek için, bu yapıların sayısal olarak büyüklük, alan, çap gibi nicel verileri elde etmeleri çok zordur. Amacımız yüksek kalite ile elde edilen dijital retina görüntüsünü, lezyonların ve yapısal bozuklukların daha rahat ve detaylı biçimde algılanmasını sağlamaktır.



Şekil 1. (a). Gri seviye normal retina görüntüsü. (b). Histogram Eşitleme uygulandıktan sonraki retina görüntüsü

Görüntü iyileştirme tekniklerinden biride histogram eşitleme (histogram equalization) yöntemidir. Bu

yöntem parlaklık dağılımlarının normal dağılıma sahip olmadığı ve dar aralıklı bir parlaklık histogramına sahip olduğu durumlarda kullanılır [1]. Histogram eşitleme yöntemi uygulanan retina görüntülerinde makula ve optik diskin daha belirgin biçimde ortaya çıktığı görülmüştür (Şekil 1a-1b).



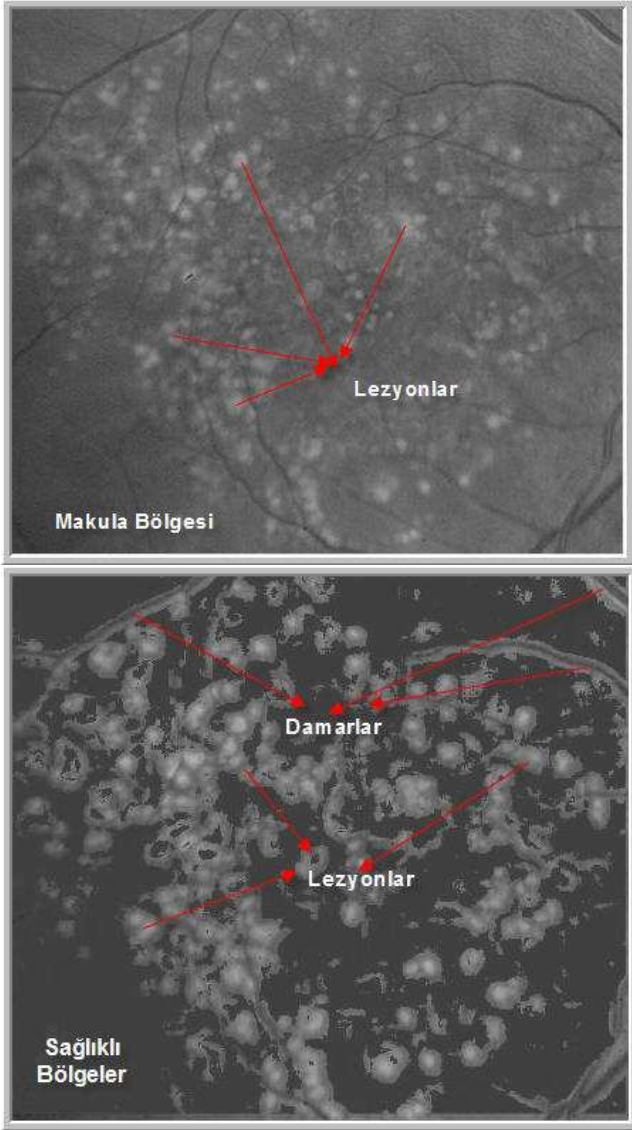
Şekil 2. (a). Gri seviye normal hastalıklı makula görüntüsü (b). Histogram Eşitleme uygulandıktan sonraki hastalıklı makula görüntüsü.

2.1. Makulanın Bölütlenmesi

Detayları belirginleştirilen retina görüntüsünden makula bölgesi elle seçim yaparak analiz için retina görüntüsünden ayrılır. Buradaki elle seçim işlemi tam-otomatik yöntemler ile yapılabilir. Literatürde optik diskin ve makulanın bölütlenmesi ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda genel olarak, optik diskin parlaklık değeri, sabit çap uzunluğu, retina üzerindeki damarların bir parabol çizerek optik disk bölgesinde kesişmesi gibi morfolojik ve istatistik veriler ele alınarak otomatik bölütlenme yapılabilir. Buna benzer olarak

makulanın da değişik yapısal özellikleri vardır. Örneğin, sağlıklı bir makulanın merkezi siyah parlaklık değerine yakındır ve etrafında kılcal damarlar yoğunudur. Ayrıca makula ile optik diskin arasındaki sabit mesafede göz önüne alınabilir [2-10]. Bu çalışmaya ek olarak ileriki çalışmalarımızda makulanın bölütlenmesinin tam-otomatik olarak yapılması hedeflerimiz arasındadır. Genel amaç ise, yapılan bütün çalışmaları, tam-otomatik ve hızlı biçimde doğru sonuca ulaştırmak olacaktır.

Histogram eşitleme uygulanmış retina görüntüsü üzerinde elle bölütlenen makuladaki YBMD'ye bağlı lezyonlar daha detaylı görülebilmektedir (Şekil 2a-2b).



Şekil 3. Makuladaki lezyonların bölütlenmesi.

3. MAKULANIN ANALİZİ

Şekil 2b'de lezyonların tamamen makula ve etrafını kaplayıp hastalığa sebep olduğunu görüyoruz. Bu lezyonlar belli bir yapıya sahip olmadıkları için bunların bölütlenmesi oldukça zordur. Özellikle hekimlerin teşhis ve tanı koyup tedavi uyguladıktan sonra bu lezyonların miktarının zamana bağlı olarak

ne kadar artıp ne kadar azaldığını alansal olarak gözle görülmesi ve sayısal bilgiler elde edilmesi çok önemlidir. Amacımız, makula üzerindeki bu lezyonların bölütlenmesi ve zamana göre istatistiksel değişim verilerini hekimin bilgisine sunmaktır. Bu sayede uygulanan tedavinin veya tedavi miktarının ne derecede doğru olup olmadığı sayısal verilere bağlı olarak test edilmiş olur.

Makula analizinde kullanmakta olduğumuz yöntem, makula bölgesindeki sağlıklı alanların istatistiksel özelliklerinden yararlanarak, sağlıklı alanları bölütleyip hastalıklı dokuları ortaya çıkarmaktır. Öncelikle makula çevresindeki sağlıklı bölgelerin öz temsil karesi (ÖTK) dediğimiz ve sağlıklı bölgeleri istatistiksel olarak temsil edebilecek en küçük kare alan seçilir. Bu kare alanın istatistiksel özellikleri olan dağılımı, ortalaması, maksimum parlaklık değeri, varyansı, standart sapması ve parlaklık histogramı gibi öznelik değerleri bulunup bellekte tutulur. Tarama işlemi, yukarıdaki öznelik değerlerinin karşılaştırılmasına dayanır. Tüm görüntü taranarak, ÖTK'nın özelliklerine sahip pikseller sağlıklı bölge olarak, geriye kalan kısımlar damar ve sağlıklı bölge olarak işaretlenip karşılaştırma tamamlanır (Şekil 3). Karşılaştırmadaki en önemli faktör elbette hata eşiğidir. Hata miktarının belli bir hata eşiği altındaki değerler ÖTK'ya benzediği varsayılarak işaretlenmiştir. Hata miktarı, ÖTK'nın parlaklık histogramında ortalama veya maksimum parlaklık değeri merkez alınarak bu merkezden standart sapma kadar sağdaki ve soldaki parlaklık değerlerinin frekansları ile karşılaştırılıp diğer karelerin aynı konumundaki parlaklık değer frekansları arasındaki farklar toplanıp normalize edilerek ortaya çıkmaktadır.

Önemli olan hata miktarının optimum biçimde tespit edilmesidir. Retina görüntülerindeki hastalıkların çoğu birbirine benzemediğinden ve retina dokularının farklılaşmasından dolayı tüm hastalıklar için bir hata eşiği belirleyip otomatik olarak bu eşik altında tarama yapmak yanlış olabilmektedir. Bu nedenle hata eşiği, görsel bilgilere dayandırılarak, elle seçilmektedir. Burada hata eşiğinin belirlenmesi tamamen klinik testler ve deneyimlere göre yapılmalıdır. Sistemin daha başlangıç aşamasında olduğu düşünülürse hata eşiğinin tüm durumları göz önünde bulundurarak doğru olarak belirlenmesi gelecekteki önemli çalışmalarınızdan bir olacaktır.

4. SONUÇLAR

Retina görüntüsü üzerinde iyileştirme uygulandığında makula ve çevresinin %95'lere varan bir oranda belirginleşme ve lokalizasyonunun kolaylaştığı tespit edilmiştir. Lokalize edilen hastalıklı makula bölgesi üzerinde yapılan istatistiksel analiz yöntemi oldukça etkili bir bölütleme ortaya çıkarmıştır. Hedefimiz öncelikle sağlıklı bölgelerin bulunması olduğundan

bölütleme sonunda ortaya hastalıklarla beraber damarlarda çıkmıştır. Damarların bölütlenmesi belli başlı bir akademik çalışma olduğundan bu çalışmamızda damarların eliminasyonu göz önüne alınmamıştır. Fakat damarların öznelik verileri kullanılarak eliminasyon işlemi gerçekleştirilebilir.

Şekil 3'deki bölütleme olayına ait istatistiksel veriler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. ÖTK'nin istatistiksel karşılaştırmada kullanılan verileri.

Öz Temsil Kare (ÖTK) boyutu	11x11
ÖTK'nin ortalama parlaklık değeri	87
Ortalama parlaklık değeri frekansı	14
Maksimum parlaklık değeri	86
Maksimum parlaklık değeri frekansı	17
Ortalamaları karşılaştırırken alınan hata payı	3
Histogramları karşılaştırırken normalize edilmiş hata payı	6

Hastalıkların elle tamamen bölütlenmeleri oldukça zor olduğundan bizim kullandığımız istatistiksel bölütleme yöntemiyle elde edilen sonuçlar tam olarak karşılaştırılamamaktadır. Yapılan pratik değerlendirmelerde, görsel olarak seçilen hata eşikleri altında, %90'nın civarında bir başarı elde edilmiştir. Bölütlenen yaşa bağlı makula dejenerasyonuna uğramış hastalıklı bölgelerin %90'nı olgunlaşmış lezyonlar, geriye kalan %10'luk bölgesini ise başlangıç dönemindeki lezyonlardan oluşmaktadır.

5. KAYNAKALAR

- [1]. Hypermedia Image Processing Reference, www.cee.hw.ac.uk/hipr, Department of Artificial Intelligence University of Edinburgh UK, Bob Fisher, Simon Perkins, Ashley Walker and Erik Wolfart.
- [2]. William K. Pratt, *Dijital Image Processing Third Edition*, John Wiley & Sons Inc., 2001.
- [3]. A. Osareh, M. Mirmehdi, B. Thomas, and R. Markham, "Comparison of color spaces for optic disc localization in retinal images," in *Proc. 16th IEEE Int. Conf. Pattern Recognition*, vol. 1, Aug. 2002, pp. 743–746.
- [4]. C. Sinthanayothin, J. F. Boyce, H. L. Cook, T. H. Williamson, "Automated Location of the Optic Disk, Fovea, and Retinal Blood Vessels from Digital Colour Fundus Images", *British Journal of Ophthalmology*, Vol. 83(8), pp.902-9 10, August 1999.
- [5]. F. Mendels, C. Heneghan, P. D. Harper, R. B. Reilly, and J.-Ph. Thiran, "Extraction of the optic disk boundary in digital fundus images," in *Proc. 1st Joint BMES/EMBS Conf.*, Oct. 1999, p. 1139.

- [6]. H. Li and O. Chutatape, "Automatic location of optic disk in retinal images," in *Proc. IEEE-ICIP*, vol. 2, Oct. 2001, pp. 837–840.
- [7]. M. Lalonde, M. Beaulieu, and L. Gagnon, "Fast and robust optic disk detection using pyramidal decomposition and Hausdorff-based template matching," *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol. 20, pp. 1193–1200, Nov. 2001.
- [8]. Niemeijer M., Ginneken B. and Haar F., "Automatic detection of the optic disc, fovea and vascular arch indigital color photographs of the retina" *Proceedings of the British Machine Vision Conference*, 109-118, 2005
- [9]. T. Walter, J. C. Klein, P. Massin, and A. Erginay, "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. Imag.*, vol. 21, pp. 1236–1243, Oct. 2002.
- [10]. William E. Hart, Brad Cote, Paul Kube, Michael Goldbaum, Mark Nelson "Automatic Segmentation and Classification of Objects in Retinal Images" *Computer Science and Engineering University of California, San Diego*, June 24, 1994.
- [11]. Rapantzikos, K., Zervakis, M., "Nonlinear enhancement and segmentation algorithm for the detection of age-related macular degeneration (AMD) in human eye's retina", *Image Processing, 2001. Proceedings. 2001 International Conference Volume 3*, Page(s):1055 – 1058, 7-10 Oct. 2001.