

## Diyabetik Retinopati tespitinde yeni bir algoritma kullanılarak optik disk yerinin kestirimi

**Mehmet NERGİZ<sup>\*1</sup>, Şeymus ARI<sup>2</sup>, Mehmet AKIN<sup>3</sup>**

1 Dicle Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır

2 Dicle Üniversitesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, 21280, Diyarbakır

3 Dicle Üniversitesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 21280, Diyarbakır

### Özet

*Bu çalışmada, göz dibi resimleri üzerinde görüntü işleme tekniği ile Diyabetik Retinopati (DR) gibi birtakım sık rastlanan retina hastalıklarının tespitini hedefleyen birçok çalışmanın temel ve ilk adımını oluşturan Optik Disk (OD) yerinin tespitinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.*

*Göz dibi görüntülerinin öncelikle ışık şiddeti kanalı Kontrast Sınırlamalı Adaptif Histogram Eşitlemesine (KSAHE) tabi tutulmuştur. Daha sonra Red Green Blue (RGB) renk uzayındaki görüntüler gri skalaya dönüştürülüp bu görüntülere Morfolojik Kapama İşlemi (MKI) uygulanmıştır. Bu resimlere Canny Kenar Tespit (CKT) algoritması uygulandıktan sonra Çembersel Hough Dönüşümü (ÇHD) algoritması ile bulunan bu kenarlar üzerindeki belirli bir yarıçap aralığına sahip çemberimsi alanlar tespit edilmiştir. OD alanın sahip olduğu sarı rengi temsil eden yeşil renk kanalındaki eşik değeri bu çalışma için geliştirilmiş olan yinelemeli bir algoritma ile belirlenmiştir. OD adayı çemberler incelenen resimlerin yeşil renk kanalı üzerinde maskelenerek bu maske alanlarından daha önce belirlenmiş olan eşik değeri kullanılarak bu çalışmaya özgün iki adet öznelik çıkarılmıştır.*

*Göz dibi resimlerinde tespit edilen OD adayı çemberlerin çıkarılan özneliklerini Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) tipinde bir Yapay Sinir Ağına (YSA) uygulayarak, bu çemberler OD olan veya olmayan şeklinde bir sınıflandırılma yapılarak başarı oranı bir oftalmolojistin iki farklı değerlendirmeye göre % 87.50 ve % 95.00 kadar bulunmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** *Optik Disk, Kontrast Sınırlamalı Adaptif Histogram Eşitlemesi, Morfolojik Kapama İşlemi, Çembersel Hough Dönüşümü, Çok Katmanlı Algılayıcı*

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Mehmet NERGİZ. mnergiz@dicle.edu.tr; Tel: (412) 248 80 30 (3673)

## The estimation of optic disc location via a novel algorithm for Diabetic Retinopathy detection

### Extended abstract

*In most of the automated retinal image analysis systems Optic Disc(OD) localization is a main step. The position and region of OD is significantly important in terms of a few points. First of all, the location of macula can be detected using the location of OD. Since the fact that the blood vessels originate from the OD region in the embryonic period, the OD location is also used as the seed point for vessel extraction algorithms. More and more, the color range of the exudates, especially the hard ones, is so similar to the color range of the OD. Thus, the localization of the OD is a main step to be able to differentiate between the exudates and OD in this yellowish color range. In the color fundus images the OD can be observed as circle or ellipse like yellowish region where red blood vessels and optic nerves originate from inside of it. The other name of the OD is blind spot because of the fact that it contains no photoreceptor. In a normal fundus image the diameter of the OD is in the range of 80 and 100 pixels. The main disadvantages of OD localization are the inhomogeneous light distribution of the light in the color fundus images and the fact that the red blood vessels locate on this yellow region as well as extremely irregular OD shapes (Kaur and Sinha, 2012).*

*The DRIVE image database has been used for the evaluation of the implemented algorithms. In order to get rid of the inhomogeneous light distribution over the fundus images, the images are converted from Red Green Blue (RGB) color space to Hue Saturation Intensity (HSI) color space and then the intensity channel has been equalised using Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). After CLAHE algorithm has been applied the HSI color space has been converted back to the RGB color space. This new RGB image has been*

*converted to Grayscale format. The Grayscale image has been applied morphological closing operation with a disk structuring element of diameter 10. Afterwards, the Canny Edge Detection (CED) algorithm has been applied to the closed image with a threshold of 0.1 and the resulted edges has been applied Morphological Closing Operation (MCO) with a disk structruing element of a diameter value within 3 and 10. Finally, the Circular Hough Transform (CHT) algorithm has been applied over these edges and all circular patterns as an OD candidate has been localised.*

*Two problem specific features are extracted for each circle to be tested whether it is in OD area or not during the classification phase. One of these features is the multiplication of two extracted features. In order to get these extracted features, a threshold representing the yellowish region in green channel histogram is iteratively calculated by a novel algorithm. The first extracted feature is the ratio of the region whose pixel values are above this yellowish threshold to the whole masked region. The second extracted feature is the count of the pixels whose pixel values are above this yellowish threshold. The first feature is calculated as the multiply of these two extracted features. The other feature is a flag which is set as true only for the circle which has the maximum value of the first feature.*

*Each detected circle has been classified by applying its features to a Multi Layer Perceptron (MLP). The success ratio is 95.00 % for 20 training images and 20 testing images. This is a novel method for OD localization without contour detection which may be a basic step for the other retinal lesion detection systems.*

**Keywords:** *Optic Disc, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization, Morphological Closing Operation, Canny Edge Detection, Circular Hough Transform, Multi Layer Perceptron*

## **Giriş**

Biyomedikal görüntü işleme alanı son yıllarda sıklıkla çalışılan ve yakın zamanda tüm dünyada uygulamalarının çok daha belirgin bir şekilde gözleneceği beklenen bir alan olmuştur. Biyomedikal görüntü işlemenin özellikle son zamanlarda ilgilendiği alanlardan biri de göz dibi görüntüleridir. Göz dibi görüntülerinin işlenmesi konusunun değerli olmasının sebebi mevcut durumda incelenmesi gereken görüntü sayısının milyonlar seviyesinde olmasına rağmen bu görüntüleri inceleyecek göz doktoru sayısının yetersiz kalmasıdır. Diyabetik Retinopati (DR) dünyada en sık rastlanan retina hastalıklarından biridir ve tedavi edilmemesi durumunda körlük ile sonuçlanır. En az 10 yıl kadar diyabet hastası olanların %80 'i bu hastalığa maruz kalır. Dünya üzerinde 2011 yılı verilerine göre 285 milyon diyabet hastası olduğu tahmin edilmektedir ve bu rakamın 2030 yılında 438 milyona çıkacağı tahmin edilmektedir (Poddar vd., 2011). Rakamların büyüklüğünün yanında geç teşhis ve tedavinin körlükle sonuçlandığı gerçeği bu alandaki görüntü işleme çalışmalarını daha önemli ve değerli kılmaktadır.

Gerek DR'nin tespitinde ve evrelenmesinde gerekse de diğer sık rastlanan göz hastalıklarından olan Yaşa Bağlı Makula Dejenerasyonu (YBMD) gibi hastalıkların tespitinde Optik Disk (OD) yerinin tespiti temel bir adım teşkil eder. DR'de eksüdalar ile OD benzer renk aralığına tekabül ettiği için öncelikle OD yerinin tespit edilmesi gerekir. Bunun dışında mikroanevrizma, intraretinal mikrovasküler anormallikler ve neovaskülarizasyon gibi DR belirtileri de retinadaki damar dağılımı ve yönelimi ile ilgilidir. Retinadaki damarlar embriyonik dönemde OD bölgesinden başlayarak retinaya yayıldıkları için söz konusu diğer damarsal belirtilerin belirlenmesinde de OD yeri çoğu zaman bir başlangıç noktası teşkil eder. Ayrıca makulanın yeri OD'in yeri temel alınarak daha net tespit edilebildiği için YBMD hastalığı için de ilk aşamada tespit edilmesi gereken genelde OD 'in retina görüntüsündeki yeridir.

OD, Şekil 1'de de gözlemlenebildiği gibi, retina görüntülerinde yuvarlak veya elipse yakın şekle sahip ve içinden kırmızı renkli kan damarları geçen genelde sarımsı renkte olan bir alandır. Optik sinirler bu alandan retinaya yayılmaya başlarlar. Bu alanın içinde hiç ışık reseptörü olmadığı için bu alana kör nokta da denmektedir. Normal bir retina görüntüsünde OD'in çapı 80 - 100 piksel civarındadır(Kaur ve Sinha, 2012).

Göz dibi görüntülerinde dikkat edilmesi gereken parametrelerden biri de görüntülerdeki düzensiz ışık dağılımıdır. Hatta çoğu göz dibi görüntüsünde retina rengi kırmızı tonlarda OD yumurta sarısı renginde iken bazı resimlerde retina rengi gri veya yeşile yakın, OD ise ya soluk sarı veya kenarları çok belirsiz şekilde görüntülenmiş olabilmektedir. Başka bir problem ise OD'in kendisinin sarı renge sahip olmasına rağmen ortasından kırmızı renkli damarların geçiyor olmasıdır. OD ile ilgili lezyona sahip insanlarda ise OD şekli çok düzensiz ve standartların dışında bir hal alabilmektedir.

Bu konuda yapılan çalışmalar genel olarak göz dibi resimlerinde OD'in yer tespiti veya kenar segmentasyonu ile ilgilenmiştir (Morales vd., 2011). Yer tespiti ile elde edilen sonuç OD'in merkezini en doğru şekilde tayin etme veya çevresini minimum hata ile kapsayan bir çember veya elips ile sınırlama ya da OD alanını noktasal olarak belirleme şeklindedir. Segmentasyon ile amaçlanan ise yer tespitinin bir adım ötesine geçerek OD'in kenarlarını tam olarak belirlemeye çalışmaktır. OD'in yer tespitini amaçlayan çalışmaların önemli bir kısmı retina tabakasındaki damarların embriyonik safhada OD bölgesinden başlayarak bir sarmaşık gibi yayıldığı gerçeğini dikkate alarak bu damarların hakim yönelimlerini modelleyen parabol eğrilerinin kesiştiği noktayı bulmaya çalışmıştır (Foracchia vd., 2004; Abramoff ve Niemeijer, 2006; Youssif vd., 2008). Yer tespitini amaçlayan başka çalışmalar ise OD'in göz dibi resimlerindeki hemen hemen her zaman en parlak bölge olduğu ve yuvarlak hatlara sahip olduğu gözlemi ile görüntünün şiddet kanalını ve OD'in çemberselliğini ana

referans kaynağı almışlardır (Chaichana vd., 2008; Yavuz vd., 2009). Segmentasyon amaçlı çalışmalarda ise kenar tespiti için Snake algoritmaları (Liu ve Chen, 2010), Şablon Eşleştirme yöntemleri (Lalonde vd., 2001) ve Watershed gibi segmentasyon algoritmaları kullanılmıştır (Morales vd., 2011). Bu çalışmalar daha detaylı olarak aşağıda belirtilmiştir.

Lalonde ve diğerleri (2001), retina görüntülerinin yeşil renk kanalını Haar Dalgacık Dönüşümü yöntemiyle piramitsel analize tabi tutarak OD'in yerini tespit ettikten sonra Hausdorff tabanlı şablon eşleştirme yöntemini kullanarak kenar segmentasyonunu gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada 40 adet retina görüntüsü üzerinde OD yeri tespitinde %93 başarı elde edilmiştir.

Foracchia ve diğerleri (2004), retinadaki damar yapılarının OD üzerinden yayıldığı gözlemine dayalı olarak damar yönelimlerini geometrik olarak modellemiştir. Bu model iki ana damar yönelim eğrisinin kesişim noktasını bulmayı amaçlar. Bu çalışmada STARE retina veri tabanındaki 31 tanesi sağlıklı olan ve 50 tanesi lezyon içeren toplam 81 tane retina görüntüsünden 79 tanesinde OD'in yeri tespit edilmiştir.

Abr'amoff ve diğerleri (2006), retina görüntüsü üzerinde gezdirdiği şablonun tekabül ettiği alana ait özellikle damar yönelimi bilgilerini içeren toplam 32 adet özelliği elde edip kNN sınıflandırıcısı ile yinelemeli olarak sınıflandırarak OD'e olan uzaklığını tahmin ettikten sonra en düşük uzaklığa sahip şablona ait alanı OD olarak tayin etmiştir. Bu çalışmada Hollanda görüntüleme programlarından elde edilen 100 tanesi eğitim için 1000 tanesi ise test için kullanılan ve %10 oranında lezyon içeren retina görüntülerinden 999 tanesinde OD'in yeri tespit edilmiştir (%99.99).

Youssif ve diğerleri (2008), retinadaki tüm damar yapısını elde edip, bu damarları yönelimlerine göre segmente ettikten sonra bu

damar segmentlerini bir karşılaştırmalı filtreden geçirerek görüntüdeki OD adayı olabilecek yerleri belirlemiş ve daha sonra bu filtrenin boyutunu değiştirerek en düşük hata oranına sahip adayı OD olarak tayin etmiştir. Bu çalışmada STARE retina veri tabanındaki lezyon içeren ve içermeyen toplam 81 adet retina görüntüsünden 80 tanesinde başarılı olunmuştur(%98.77). DRIVE retina veri tabanındaki 40 adet retina görüntüsünde ise tümünün tespitinde başarılı olunmuştur.

Chaichana ve diğerleri (2008), retina görüntüsüne Sobel filtresi uygulayarak görüntüdeki kenarları çıkarıp, bu kenarlar içindeki en çembersel yapıyı tespit etmek için Çembersel Hough Dönüşümünü (ÇHD) kullanmıştır. Bu çalışmada DRIVE retina veri tabanındaki 40 adet retina görüntüsünden 39 tanesinde OD yer tespitinde başarılı olunmuştur(%97.5).

Yavuz ve diğerleri (2009), retina görüntülerindeki en parlak alanları ve ÇHD ile belirledikleri çembersel alanları ayrı ayrı adaylar şeklinde alıp karşılaştırmada bulunarak OD yerini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Oftalmoloji bölümünden alınan retina görüntülerinde %85 başarı elde edilmiştir.

Liu ve Chen (2010), retinal floresan anjiyogram görüntülerini öncelikle morfolojik işlemlerden geçirip Otsu yöntemini uygulayarak OD yerini tespit ettikten sonra segmentasyon amacıyla damarları tespit edip görüntüden çıkarıp Eğim Vektör Akışı (GVF) yöntemini kullanarak OD'in kenarlarını belirlemiştir. Bu çalışmada 60 adet görüntü için OD yerinin tespitinde %96.7, OD kenar belirleme aşamasında ise %95.00 başarı elde edilmiştir.

Morales ve diğerleri (2011), retina görüntülerini öncelikle Temel Bileşen Analizi (PCA) yöntemiyle gri skalaya çevirdikten sonra Stokastik Watershed algoritması ile OD yer tespitini ve kenar segmentasyonunu gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada DRIONS retina veri tabanındaki 110 retina görüntüsünde

%86.89 oranında OD yer tespiti ve kenar segmentasyonu başarısı sağlanmıştır.

Bu çalışmada ise DRIVE retina veri tabanındaki görüntüler, başta ışık eşitleme ve Canny Kenar Tespit (CKT) gibi ön işlemlerden geçirilip, ÇHD ve Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) kullanılarak OD yer tespiti amaçlanmıştır.

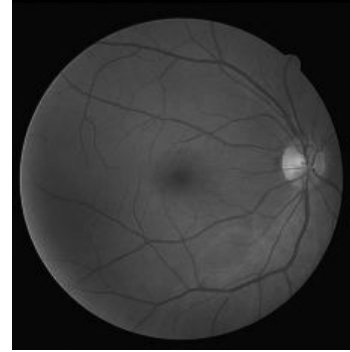
### **Görüntü materyali**

Bu çalışmada DRIVE retina veri tabanından alınan 20 tanesi eğitim 20 tanesi de test için kullanılan toplam 40 adet retina görüntüsü kullanılmıştır (Staal vd., 2004; Niemeijer vd., 2004). DRIVE retina veri tabanı Hollanda'daki bir DR görüntüleme programından alınmıştır. Görüntüleme programı 25-90 yaş aralığındaki 400 adet diyabet hastasını kapsamakla beraber 40 adet görüntü rastgele seçilmiştir. Her bir görüntü JPEG formatında olup 45 derecelik görüntü alanı (FOV) ile Canon CR5 non-mydiatic 3CCD kamera kullanılarak çekilmiştir. Çekilen ilk görüntülerin boyutları 768x584 olup her bir resmin görüntü alanı kırılarak çapı yaklaşık 540 piksel olan bir çemberi kapsayan 565x584 boyutlarında görüntüler elde edilmiştir.

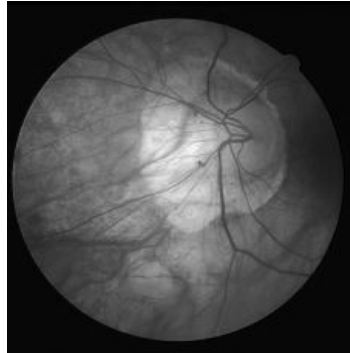
Bu retina görüntüleri değişik ışık dağılımlarına sahip olup lezyon içeren ve içermeyen tiplerdedir. Resimlerin çeşitliliğine bakıldığında çalışmanın değişik görüntü örnekleri üzerinde yapılmış olduğu görülebilir. Şekil 1'de bu retina veri tabanından çeşitli görüntü örnekleri gösterilmiştir.



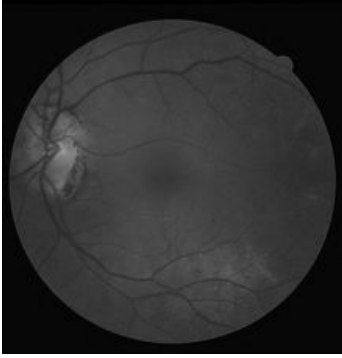
a )



b )



c )

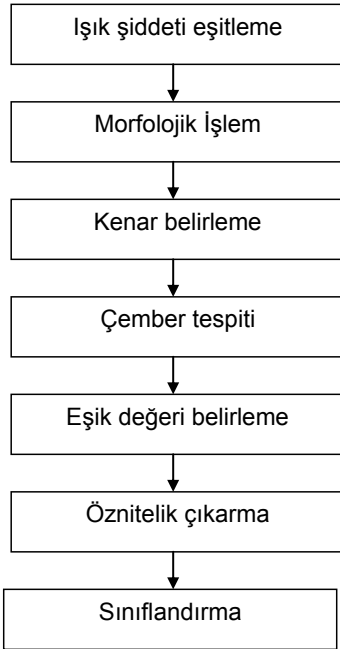


d)

Şekil 1. DRIVE retina veri tabanından örnek görüntüler a) lezyon içermeyen parlak görüntü b) lezyon içermeyen mat görüntü c) lezyon içeren parlak görüntü d) lezyon içeren mat görüntü

## Yöntem

İzlenen yöntemler sırasıyla Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Sırasıyla izlenen yöntemlerin gösterimi

## Işık şiddeti eşitleme

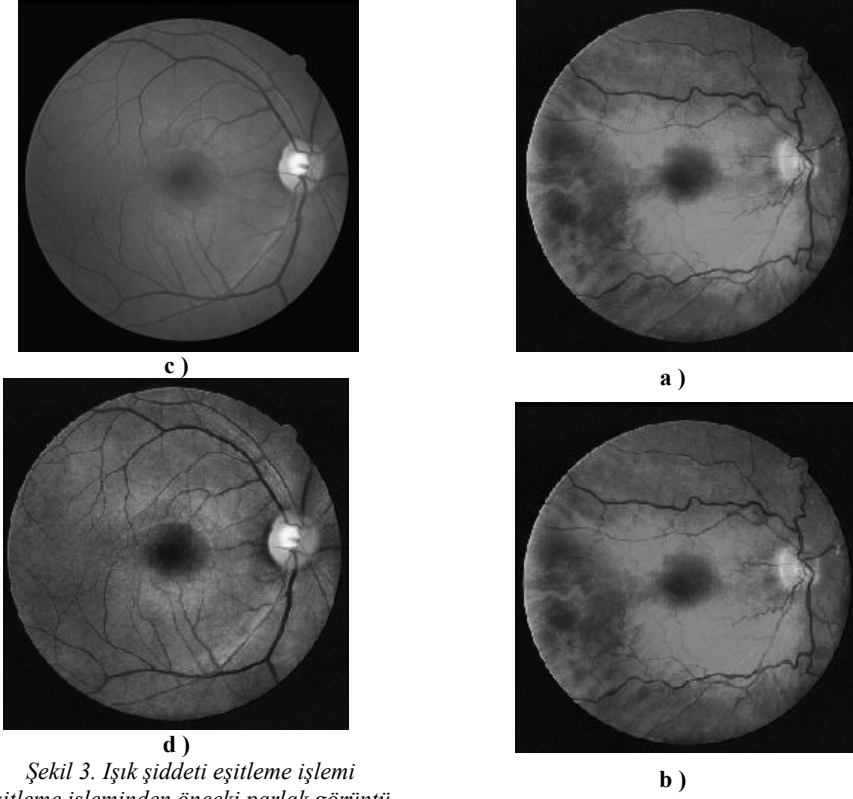
Göz dibi görüntülerinde Şekil 1'de görülebileceği gibi ışık dağılımı çoğu zaman türdeş olmamaktadır. Özellikle OD yer tespiti yapılırken parlaklık ya da diğer bir deyişle ışık şiddeti dağılımı referans alınan değişkenlerden biri olduğu veya renk keskinliğini etkilediği için bu kanaldaki dağılımın öncelikle türdeş hale getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla Red Green Blue (RGB) renk uzayındaki görüntü öncelikle HSI renk uzayına dönüştürüldükten sonra ışık şiddeti kanalına Kontrast Sınırlamalı Adaptif Histogram Eşitlemesi algoritması uygulanmıştır. Bu işlemten sonra görüntü tekrar RGB renk uzayına yeni hali ile dönüştürülmüştür (Park vd., 2007). Şekil 3'te ışık şiddeti eşitleme işleminin etkileri gözlemlenebilmektedir.



a)



b)



*Şekil 3. Işık şiddeti eşitleme işlemi*

- a) eşitleme işleminden önceki parlak görüntü  
b) eşitleme işleminden sonraki parlak görüntü  
c) eşitleme işleminden önceki mat görüntü  
d) eşitleme işleminden sonraki mat görüntü

### **Morfolojik işlem**

Işık şiddeti eşitleme işlemi tamamlandıktan sonra RGB renk uzayındaki görüntü gri skalaya dönüştürülüp 10 piksel çapında bir disk şeklindeki yapısal eleman ile Morfolojik Kapama İşlemi (MKİ) uygulanmıştır. Kapama işlemi ile amaçlanan OD üzerindeki kırmızı damarların ortadan kaldırılmasıdır. Diğer birçok çalışmada OD üzerindeki damarları ortadan kaldırmak için tüm damar sistemi tespit edilip orijinal resimden çıkartılmıştır. Oysaki bu çalışmada gri skala üzerinde kapama işlemi uygulayarak aynı amaca daha pratik bir şekilde ulaşılmaktadır. Şekil 4'te uygulanan işlemlerin etkileri gözlemlenebilmektedir.

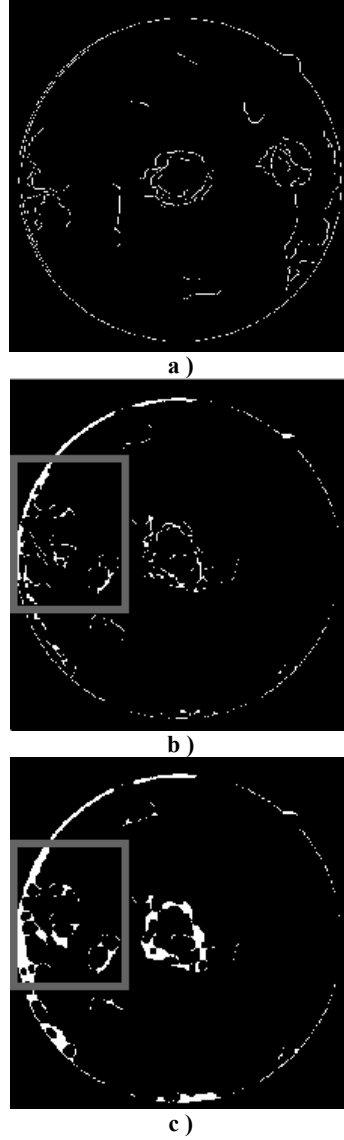


*Şekil 4. Gri skala ve MKİ a) eşitleme işleminden sonraki RGB renk uzayındaki görüntü b) gri skalaya dönüştürülmüş görüntü c) MKİ'nden sonraki gri skala görüntü*

### Kenar belirleme

CKT algoritmasında görüntüye öncelikle Gaussian bir filtre uygulanarak gürültüleri azaltılır. Daha sonra görüntünün gri skala değişimlerini temel alarak gradyanı çıkarılır. Görüntünün gradyanından elde edilen çizgiler açısal yönelimlerine göre sınıflandırılır ve bu çizgilerin devamlık gösterme özellikleri parametrik olarak belirlenebilen eşik değerleri ile test edilip kenar olup olmadıklarına karar verilir (Canny, 1986).

Görüntüye MKİ uygulandıktan sonra görüntünün kenarlarının çıkarılması amaçlanmış ve Roberts, Prewitt, Sobel ve CKT algoritmaları denedikten sonra CKT algoritmasının 0.1 eşik seviyesinde en iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Kenarları elde edilen bazı görüntülerde OD kenarlarının kopuk çıktığı ve çember izlenimi vermediği gözlenmiştir. Bu amaçla sonraki aşamalarda çıkarılan öznelikleri değerlendiren bir kontrol mekanizması yardımıyla, tespit edilen çemberlerden en az birinin OD adayı olup olamayacağı test edilir. Eğer tespit edilen çemberlerin hiç birinin OD ile çakışmadığı tespit edilirse bu sorunu gidermek için yinelemeli olarak MKİ uygulanır. Elde edilen kenarlara, her yinelemede bir birim arttırılmak üzere çapı 3 birim olan disk şeklindeki bir yapısal eleman ile MKİ uygulanır. Kontrol mekanizması, tespit edilen çemberlerden en az birinin OD olabileceğini kabul edene kadar ya da yapısal elemanın çapı 10 birim olana kadar bu yineleme işlemi tekrar edilerek OD'in kopuk olan kenarları üzerindeki çemberimsi örüntünün ön plana çıkması sağlanır. Kenarlara yinelemeli olarak MKİ uygulanması yöntemi çalışmaya özgü olup çalışılan DRIVE retina veri bankasındaki belirsiz OD kenar örüntüsüne sahip görüntülerdeki çemberimsi örüntülerin ıskalanmaması için geliştirilmiştir. Şekil 5 (a)'da CKT işleminin etkisi, Şekil 5 (b)'de ve Şekil 5 (c)'de ise yinelemeli olarak uygulanan MKİ işleminin etkisi gözlemlenebilmektedir.



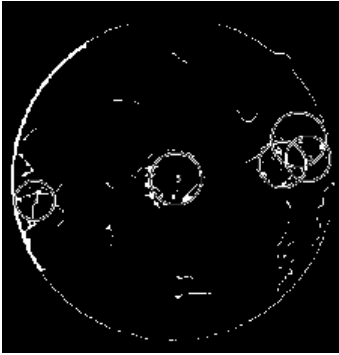
Şekil 5.a) Kenar belirleme işleminden sonraki bir görüntü b) Kenar belirleme işleminden sonraki OD kenarları belirsiz olan başka bir görüntü c) OD kenarları belirsiz olan görüntünün 6 piksel çapındaki birim yapı ile MKİ uygulandıktan sonraki OD kenarları belirgin hali



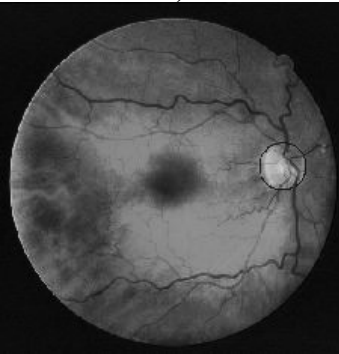
### **Çember tespiti**

ÇHD bir görüntü üzerindeki belirli bir yarıçapa sahip çembersel örüntüleri tespit eder. Bu yöntem ile görüntü uzayından elde edilen kenar örüntüleri üzerindeki her bir noktayı söz konusu yarıçapa sahip bir çemberin merkezi varsayarak bu yeni sanal çemberin üzerindeki her bir noktanın parametre uzayındaki değeri bir artırılır ve bu işlem görüntü uzayındaki kenarların üzerindeki her bir nokta için uygulandıktan sonra parametre uzayındaki en yüksek değere sahip koordinatlar görüntü uzayında çemberimsi örüntülerin merkezi olarak belirlenmiş olur (Rizon vd., 2005).

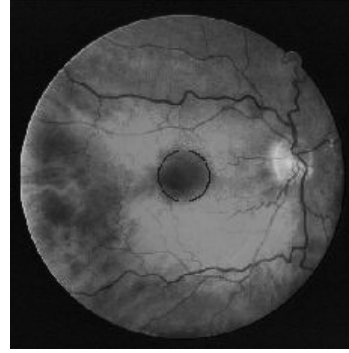
Görüntüdeki kenarlar belirlendikten sonra, ÇHD uygulanarak 17-51 piksel aralığında yarıçapa sahip olan çemberimsi örüntüler tespit edilerek en az bir çemberin OD'ini üzerine oturduğu ya da minimum hata ile OD'ini kapsadığı gözlenmiştir. Şekil 6'da tespit edilen çemberler gözlemlenebilmektedir.



a)



b)



c)

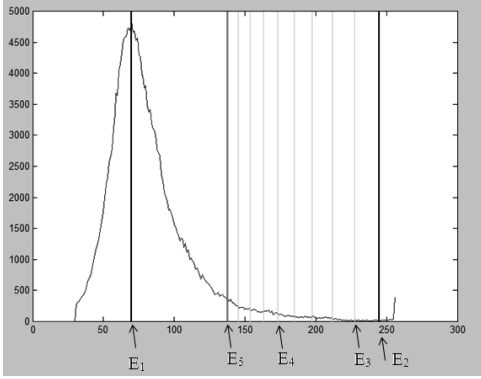
*Şekil 6. Görüntü üzerinde tespit edilen çemberler a)tespit edilen çemberler b)başarılı olan 1 nolu çemberin OD üzerindeki gösterimi c)başarısız olan 5 nolu çemberin gösterimi*

### **Eşik değeri belirleme**

Kaur ve Sinha (2012), sarı renk eşik değerini belirleyebilmek için yinelemeli bir algoritma geliştirmiştir. Bu çalışmada ise tüm resmin yeşil renk kanal histogramı üzerinde sarı renge tekabül eden yaklaşık eşik seviyesi, sarımsı alan tüm yeşil renk kanal histogramının yaklaşık olarak yirmide biri olacak şekilde yinelemeli olarak özgün bir yöntemle tespit edilir. Şekil 7'de yinelemeli olarak OD'ini temsil eden sarı renkli alanın eşik seviyesini tespit etme süreci histogram üzerinde gösterilmiştir.  $E_1$  histogramdaki maksimum noktayı,  $E_2$  minimum noktayı,  $E_3$  ve  $E_4$  anlık olarak yineleme süresindeki eşik değerinin bulunduğu noktayı,  $E_5$  ise eşik değerinin çalışmanın geri kalanında da kullanılacak olan en son aldığı değeri göstermektedir. Algoritma temel olarak aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

1.  $E_5 = E_2 - (E_2 - E_1) / 10$
2. Histogramda  $E_5$  'ten 256 'ya kadarki piksel sayısını toplam\_piksel değişkenine at. (1)
3. toplam\_piksel değişkenini histogramdaki toplam piksel sayısına bölüp oran değişkenine at.

4. Eğer oran değişkeni 0.06'ten küçük 0.04'ten büyük ise eşik seviyesini  $E_5$  'e ata ve bitir.
5. Eğer oran değişkeni 0.06'dan büyük ise  $E_5$ 'i  $E_2$ 'ye at ve 1. adımdan itibaren döngüye devam et.



Şekil 7. Yinelemeli olarak eşik değeri belirleme sürecinin yeşil renk kanalı histogramı üzerinde

### Öznitelik çıkarma

Tespit edilen çemberlerin maske şeklinde görüntünün değişik renk kanallarına uygulanarak birçok öznitelik çıkarılıp, OD olup olmama durumuna ne kadar bağımlı değiştikleri gözlemlenmiş ve bu birçok özelliğin içinden sadece aşağıdaki bu çalışmaya özgün olarak tasarlanmış olan 2 adet öznitelik seçilerek sınıflandırma sürecinde girdi olarak kullanılmıştır. Bu iki öznitelik aşağıdaki gibidir:

- 1) Bu öznitelik ışık eşitlemesi işleminden geçirilmiş RGB renk uzayındaki görüntünün yeşil renk kanalından elde edilen aşağıdaki iki alt öznitelik çarpımı ile elde edilir. Aşağıdaki iki alt öznitelik de çıkarılabilmesi için sarı rengi temsil eden daha önceden hesaplanmış olan eşik değeri kullanılır.
  - a) Her bir maskede bu eşik seviyesinin üstünde değere sahip piksel sayısının tüm maskenin piksel sayısına oranı elde edilir.

- b) Her bir maskede bu eşik seviyesinin üstünde değere sahip piksel sayısı elde edilir.

- 2) Bu öznitelik birinci öznitelik değeri en yüksek olan çember için 1 diğer çemberler için ise 0 olarak atanır.

### Sınıflandırma

ÇKA, birden fazla algılayıcı, düğüm ve katman içeren bir Yapay Sinir Ağı (YSA) modelidir. Her bir düğüm doğrusal olmayan bir etkinleşme fonksiyonu içerir ve ağ geri yayılım algoritmasını kullanarak eğitilir. Lineer olarak sınıflandırılması mümkün olmayan verileri sınıflandırmada sıklıkla kullanılır.

Tespit edilen her bir çembere ait yeşil renk kanalından derlenen 2 adet öznitelik bir vektör şeklinde ÇKA'ya uygulanmıştır. Bu YSA'da girdiler her bir retina görüntüsünün içinde tespit edilmiş her bir çemberden elde edilmiş 2 adet öznitelik içeren bir vektör, çıktı ise bu çemberin OD olup olmadığını ya da OD ile ne kadar kesiştiğini gösteren 1 ve 0 arasındaki değerlerdir. Birinci öznitelik değerleri normalize edilmiş olmasına rağmen ikinci öznitelik değerlerinin tümünün 0 ve 1 aralığında olduğu için normalizasyona ihtiyaç duyulmamıştır. Ağın transfer fonksiyonları sırasıyla tangsig ve logsig, eğitim fonksiyonu traingdm (Momentum geri yayımlı eğim düşüşü algoritması), öğrenme fonksiyonu learngdm (Momentum ağırlıklı ve taraflı öğrenme eğim düşüşü algoritması), öğrenme oranı 0.9, döngü sayısı 10000 ve performans hedefi 0.001 olarak belirlenmiştir. Ağ değişik ara katman sayıları ile test edilmiştir.

### DeneySEL sonuçlar ve performans değerlendirmesi

ÇKA sınıflandırıcısının farklı topolojileri için performans bilgileri Tablo 1 ve Tablo 2'de 20 adet görüntünün eğitim, 20 adet görüntünün ise test için kullanıldığı bu çalışmada ÇKA'da 2 adet giriş ve 1 adet çıkış belirlenmiştir. Bununla beraber optimum sayıdaki gizli katman nöron sayısı, ağ değişik ara katman sayıları ile test edildikten sonra, Tablo 1'deki sonuçlar

gözetilerek 2, Tablo 2'deki sonuçlar gözetilerek 6 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın performansı ise iki farklı bakış açısı ile ele alınmıştır. Tablo 1'de sonuçları gösterilmiş olan birinci bakış açısına göre ise tespit edilen çemberin OD'in üzerinde herhangi bir noktayı kapsama oranı temel alınarak eğitim gerçekleştirildikten sonra test aşamasında sadece OD ile birebir oturan çemberler doğru kabul edilerek performans %95.00 olarak belirlenmiştir. Tablo 1'de sonuçları gösterilmiş olan diğer bakış açısına göre ise tespit edilen çemberlerden birebir OD'in üstüne denk gelenler doğru, geriye kalanlar ise yanlış olarak değerlendirilerek eğitilmiş ve yine bu şekilde test edilerek performans %87.50 olarak tespit edilmiştir.

**Tablo 1.** Eğitim aşamasında OD ile kesişen veya örtüşen çemberler referans alınarak, ÇKA YSA modelinde farklı gizli katman sayılarındaki performans sonuçları

ÇKA Mimarisi	Performans (%)	RMS
2-1-1	90.0	0.3162
<b>2-2-1</b>	<b>95.0</b>	<b>0.2236</b>
2-6-1	82.5	0.4183
2-12-1	77.5	0.5000
2-20-1	85.0	0.3873

**Tablo 2.** Eğitim aşamasında sadece OD ile örtüşen çemberler referans alınarak, ÇKA YSA modelinde farklı gizli katman sayılarındaki performans sonuçları

ÇKA Mimarisi	Performans (%)	RMS
2-1-1	82.5	0.4183
2-2-1	77.5	0.4743
<b>2-6-1</b>	<b>87.5</b>	<b>0.3536</b>
2-12-1	85.0	0.3873
2-20-1	77.5	0.4743

## Sonuçlar

Bu çalışmada DRIVE retina veri bankasından alınan retina görüntülerinde OD yeri tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan DRIVE veri tabanı, diğer bazı çalışmalarında da kullanıldığı, tarafsız bir değerlendirme yapabilmeye imkan sağladığı ve aynı zamanda değişik ışık tonlarında, çekim açılarında ve lezyonlu örnekleri de kapsayan görüntülerden oluştuğu için tercih edilmiştir. Görüntülerin değişik ışık tonlarına sahip olması dezavantajı, AHT kullanılarak ışık eşitleme yöntemi ile minimize edilmiştir. OD'in görüntü üzerinde değişik pozisyonlarda ve boyutlarda bulunması sorunu da ÇHD kullanılarak ve yeşil renk kanalı üzerindeki sarı rengi temsil eden ve adaptif bir şekilde tespit edilen eşik değeri kullanılarak çıkarılan öznelikler yardımıyla aşılmaya çalışılmıştır. Her ne kadar DRIVE veri tabanındaki görüntü boyutları 584x565 olsa da algoritma değişik görüntü boyutlarında çalışacak şekilde kodlanmıştır. Kullanılan yöntemler değişik çalışmalar ile ortak uygulamalara sahip olsa da sarı renk eşik değeri bulma ve bu eşik değerini kullanarak çembersel maskelerden çıkardığı öznelikler bağlamında bu çalışmada farklı yöntemler izlenmiş olup bir oftalmolojistin iki farklı değerlendirme kriterine göre %87.50 ve % 95.00 başarı oranlarına sahiptir. İkinci değerlendirme kriterine göre elde edilen sonuç ile literatürde yapılan diğer çalışmaların performansları ve bu çalışmalarda kullanılan görüntü sayıları Tablo 3'teki gibi karşılaştırılmış olup bu çalışmanın performans değerinin literatürdeki diğer çalışmaların performans sonuçlarına, kullanılan görüntü sayısının da diğer çalışmalarda kullanılan görüntü sayılarına yakın olduğu gözlenmektedir.

**Tablo 3.** Çalışmanın sonucunda elde edilen performans değerinin ve kullanılan görüntü sayısının literatürdeki diğer çalışmalarda kullanılan görüntü sayıları ve bu çalışmaların performansları ile karşılaştırılması

Çalışma	Görüntü Sayısı	Performans (%)
Nergiz	40	95
Yavuz	-	85
Lalonde	40	93
Chaichana	40	97.5
Liu ve Chen	60	96.7
Foracchia	81	97.5
Youssif	81	98.77
Morales	110	86.89
Abr'amoff	1000	99.99

### Kaynaklar

Abr'amoff, M. D., Niemeijer M., (2006). The automatic detection of the optic disc location in retinal images using optic disc location regression 2006 International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (2006), vol. 1, pp. 4432-4435.

Canny, J.F., (1986). A computational approach to edge detection. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol: **8(6)**, pp. 679-698, November 1986

Chaichana, T., Yoowattana, S., Sun, Z., Tangitkusolmun, S., Sookpotharom, S., Sangworasil, M., (2008). Edge detection of the optic disc in retinal images based on identification of a round shape, *Communications and Information Technologies, 2008. ISCIT 2008. International Symposium*, pp. 670–674

Foracchia, M., Grisan, E., Ruggeri, A., (2004). Detection of optic disc in retinal images by means of a geometrical model of vessel structure, *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, vol. **23**, no. 10, pp. 1189-95

Kaur, J., Sinha, H.P.,(2012). Automated localisation of optic disc and macula from fundus images, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol: **2**, no: 4

Lalonde, M., Beaulieu, M., Gagnon, L., (2001). Fast and robust optic disc detection using pyramidal

decomposition and hausdorff-based template matching, *Medical Imaging, IEEE Transactions* vol: **20**, no: 11, pp. 1193 – 1200

Liu, S., Chen, J., (2010). Detection of the optic disc on retinal fluorescein angiograms, *Journal of Medical and Biological Engineering*, vol. **31(6)**, pp. 405-412

Morales, S., Naranjo, V., P'erez, D., Navea, A., Alca'niz, M., (2011). Automatic detection of optic disc based on PCA and Stochastic Watershed, *Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2012 Proceedings of the 20th European*, pp. 2605 – 2609, 27-31 August 2012, Bucharest.

Niemeijer, M., Staal, J.J., van Ginneken, B., Loog, M., Abramoff, M.D., (2004). Comparative study of retinal vessel segmentation methods on a new publicly available database, *SPIE Medical Imaging*, vol. **5370**, pp. 648-656.

Park, J., Kien, N.T., Gueesang, L., (2007). *2007 IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing*, pp. 237 - 241.

Poddar, S., Jha, B. K., Chakraborty, C., (2011). Quantitative clinical marker extraction from colour fundus images for non-proliferative diabetic retinopathy grading, *International Conference on Image Information Processing (ICIIP 2011)*, pp. 1 – 6

Rizon, M., Yazid, H., Saad, P., Shakaff, A. Y., Saad, A. R., Sugisaka, M., Yaacob, S., Mamat, M. R., Karthigayan, M., (2005). Object detection using circular hough transform, *American Journal of Applied Sciences*, vol: **2 (12)**, pp. 1606-1609

Staal, J.J., Abramoff, M.D., Niemeijer, M., Viergever, M.A., van Ginneken, B., (2004). Ridge based vessel segmentation in color images of the retina, *IEEE Transactions on Medical Imaging*, vol. **23**, no: 4, pp. 501-509.

Yavuz, Z., İkibaş, C., Şevik, U., Köse, C., (2009). A method for automatic optic disc extraction in retinal fundus images, *5th International Advanced Technologies Symposium*, pp. 93-98, May 2009, Karabuk, Turkey.

Youssif, A. A. A., Ghalwash, A. Z., Ghoneim, A. A. S. A., (2008). Optic disc detection from normalized digital fundus images by means of a vessels' direction matched filter, *IEEE Trans Med Imaging*, vol. **27(1)**, pp. 11-18, JANUARY 2008.