

**T.C.  
DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DIYABETİK RETİNOPATİ TESPİTİNDE YENİ BİR ALGORİTMA  
KULLANILARAK OPTİK DİSK YERİNİN KESTİRİMİ**

**Mehmet NERGİZ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DIYARBAKIR**

**HAZİRAN-2013**

T.C. DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
DİYARBAKIR

Mehmet NERGİZ tarafından yapılan “Diyabetik Retinopati Tespitinde Yeni Bir Algoritma Kullanılarak Optik Disk Yerinin Kestirimi” konulu bu çalışma, jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Mehmet AKIN

Üye : Doç. Dr. Mehmet Sıraç ÖZERDEM

Üye : Doç. Dr. Özgür AKKOYUN

Tez Savunma Sınavı Tarihi: 11/06/2013

Yukarıdaki bilgilerin doğruluğunu onaylarım.

.../.../.....

Prof. Dr. Hamdi TEMEL

Enstitü Müdürü

## **TEŐEKKÖR**

Tez çalıőmam sűresince bana sunduėu her tűrlű destek ile baőarıya ulaőmamı saėlayan saygıdeėer hocam Sayın Prof. Dr. Mehmet AKIN' a ve özellikle çalıőma konusunu belirleme aőamasında bana bu çalıőma ve sonrası için vizyon katan Sayın Doç. Dr. Őeyhmus ARI hocama sonsuz teőekkűrlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
ABSTRACT.....	V
ÇİZELGE LİSTESİ.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
KISALTMA VE SİMGELER.....	X
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ.....</b>	<b>5</b>
2.1. Optik diskin yerinin tespiti .....	5
2.1.1 Parabolik eğriler yöntemi.....	5
2.1.2 Çembersellik testi yöntemi .....	8
2.2. Optik diskin kenarlarının segmentasyonu.....	10
2.2.1 Snake algoritmaları .....	11
2.2.2 Şablon eşleştirme yöntemleri .....	11
2.2.3 Watershed segmentasyon algoritması .....	12
<b>3. MATERYAL ve METOT.....</b>	<b>15</b>
3.1. Görüntü Materyali .....	15
3.2. Çalışmadaki Temel Metotlar .....	17
3.2.1 Kontrast Sınırlamalı Adaptif Histogram Eşitleme (KSAHE) .....	17
3.2.2 Morfolojik Kapama İşlemi (MKİ) .....	19
3.2.3 Canny Kenar Tespit Algoritması (CKT).....	21
3.2.4 Çembersel Hough Dönüşümü (ÇHD) .....	23
3.3. Optik Disk Kestirimi .....	24

3.3.1	Çemberimsi Alanları Belirleme .....	24
3.3.2	Yeşil Kanal Üzerinde Çemberimsi Alanlarda Özniteliklerin Çıkarılması.....	31
3.3.3	Tespit edilen çemberleri OD olup olmamalarına göre sınıflandırma.....	35
<b>4.</b>	<b>ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>37</b>
4.1.	ÇKA'nın Test Edilmesi .....	37
4.2.	Eğitim ve Test Görüntülerinde Elde Edilen Sonuçlar .....	38
4.2.1	Eğitim görüntüleri .....	38
4.2.2.	Test görüntüleri .....	59
<b>5.</b>	<b>TARTIŞMA VE SONUÇ .....</b>	<b>83</b>
<b>6.</b>	<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>91</b>
	ÖZGEÇMİŞ.....	93

## ÖZET

### DIYABETİK RETİNOPATİ TESPİTİNDE YENİ BİR ALGORİTMA KULLANILARAK OPTİK DİSK YERİNİN KESTİRİMİ

#### YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet NERGİZ

DİCLE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

2013

Bu çalışmada, göz dibi resimleri üzerinde görüntü işleme tekniği ile Diyabetik Retinopati (DR) gibi birtakım sık rastlanan retina hastalıklarının tespiti hedefleyen birçok çalışmanın temel ve ilk adımını oluşturan Optik Disk (OD) yerinin tespitinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu konuda yapılan çalışmaların önemli bir kısmını, göz hastalıklarına dair diğer görsel özelliklerin ve yapıların çıkarılmasında ön koşul olduğu için OD tespiti kapsamaktadır.

Görüntüler 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 (MKİ) uygulanmıştır. MKİ ile diğer çalışmalardan farklı olarak, tüm damar sistemi çıkarılmadan OD üzerindeki damarlar görüntüden temizlenmiştir. Bu resimlere Canny Kenar Tespit (CKT) algoritması uygulandıktan sonra kimi görüntülerde OD kenarları kopuk olarak elde edilmiş olabileceği için bu kenarlara yinelemeli bir şekilde 3 ile 10 piksel yarıçap aralığında MKİ uygulanmıştır. Bir sonraki adımda Çembersel Hough Dönüşümü (ÇHD) algoritması ile bulunan bu kenarlar üzerindeki belirli bir yarıçap aralığına sahip çemberimsi alanlar tespit edilmiştir. OD alanının sahip olduğu sarı rengi temsil eden yeşil renk kanalındaki eşik değeri bu çalışma için geliştirilmiş olan yinelemeli özgün bir algoritma ile belirlenmiştir. OD aday 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 aday çemberlerin çıkarılan özneliklerini Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) tipinde bir Yapay Sinir Ağına (YSA) iki farklı eğitim yöntemi ile uygulayarak, bu çemberler OD olan veya olmayan şeklinde bir sınıflandırılma yapılmış başarı oranı bir oftalmolojist tarafından yapılan değerlendirmeye göre % 87.50 ve % 95.00 kadar bulunmuştur.

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

## ABSTRACT

### THE ESTIMATION OF OPTIC DISC LOCATION VIA A NOVEL ALGORITHM FOR DIABETIC RETINOPATHY DETECTION

MASTER THESIS

Mehmet NERGİZ

UNIVERSITY OF DICLE  
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES  
DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERING

2013

In this study, localization of the Optic Disc (OD) on fundus images which is the basic step of many studies detecting some common retinal diseases like Diabetic Retinopathy (DR) is performed using digital image processing. The most of these studies have been on OD detection since the fact that it is the prerequisite for the extraction of the other image features and components of retinal diseases.

First of all, Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) has been applied on intensity color channel of fundus images. Afterwards, the Red Green Blue (RGB) image has been converted to grayscale and applied Morphological Closing Operation (MCO) respectively. The vessels in the image has been able to get rid of by applying MCO but not extracting vessels like the former studies. Thereafter, the Canny Edge Detection (CED) algorithm has been applied to the closed image. More and more, because of the fact that OD edges may have been detected as disconnected, these edges have been applied MCO with a disk structuring element of a diameter value within 3 and 10 iteratively. Afterwards, all circular patterns in a predefined diameter range as an OD candidate has been localised by applying the Circular Hough Transform (CHT) algorithm over the detected edges. The threshold representing the yellowish region in green channel histogram is iteratively calculated by a novel algorithm. The detected circles as OD candidate have been masked over the green color channel and two novel features have been extracted from these masked regions using the calculated threshold.

Each detected circle has been classified by applying its extracted features to a Multi Layer Perceptron (MLP) using two different training methods. The success ratio of this Artificial Neural Network (ANN) classifier is 87.50% and 95.00 % for two different evaluation criteria.

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

## ÇİZELGE LİSTESİ

<u>Çizelge No</u>		<u>Sayfa</u>
<b>Çizelge 4.1.</b>	Eğitim aşamasında OD ile kesişen veya örtüşen çemberler referans alınarak, ÇKA YSA modelinde farklı gizli katman sayılarındaki performans sonuçları	37
<b>Çizelge 4.2.</b>	Eğitim aşamasında sadece OD ile örtüşen çemberler referans alınarak, ÇKA YSA modelinde farklı gizli katman sayılarındaki performans sonuçları	38
<b>Çizelge 4.3.</b>	Eğitim aşamasında OD ile kesişen veya örtüşen çemberler referans alınarak, ÇKA YSA modelinde 2 adet gizli katmana sahip ağ ile ONHSD ile yapılan testin performans sonuçları	38



## ŞEKİL LİSTESİ

<u>Sekil No</u>		<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1.	İçinde OD görüntüsünü de içeren örnek bir retina görüntüsü	3
Şekil 2.1.	Görüntülerin tahmini paraboller ve kesişimleri ile gösterimi	6
Şekil 2.2.	Abr`amoff'un yöntemi	7
Şekil 2.3.	Youssif'in yöntemi	8
Şekil 2.4.	Chaichana'nın yöntemi ile örnek görüntülerde OD tespiti	9
Şekil 2.5.	Yavuz'un yöntemi	10
Şekil 2.6.	Liu ve Chen'in yöntemi	11
Şekil 2.7.	Lalonde'un yöntemi	12
Şekil 2.8.	Morales tarafından uygulanan yöntemin değişik aşamaları	13
Şekil 3.1.	DRIVE retina veri tabanından örnek görüntüler	16
Şekil 3.2.	KSAHE algoritmasında alt pencere grupları	19
Şekil 3.3.	MKİ örneği	20
Şekil 3.4.	Başka bir MKİ örneği	21
Şekil 3.5.	CKT algoritmasında kullanılan bir Gaussian Filtre örneği	22
Şekil 3.6.	Çalışmada izlenen ana yöntem gruplarının gösterimi	24
Şekil 3.7.	Işık şiddeti eşitleme işlemi	26
Şekil 3.8.	Gri Skala'ya çevirme işlemi	27
Şekil 3.9.	MKİ gösterimi	27
Şekil 3.10.	Farklı çözünürlükte bir görüntü örneği	28
Şekil 3.11.	Kenar belirleme işleminden sonraki görüntü	29
Şekil 3.12.	Yinelemeli MKİ uygulama	30
Şekil 3.13.	Görüntü üzerinde tespit edilen örnek çemberler	31
Şekil 3.14.	Yinelemeli olarak eşik değeri belirleme sürecinin yeşil renk kanalı histogramı üzerinde gösterimi	33
Şekil 4.1.	21_training	39

<b>Şekil 4.2.</b>	22_training	40
<b>Şekil 4.3.</b>	23_training	41
<b>Şekil 4.4.</b>	24_training	42
<b>Şekil 4.5.</b>	25_training	43
<b>Şekil 4.6.</b>	26_training	44
<b>Şekil 4.7.</b>	27_training	45
<b>Şekil 4.8.</b>	28_training	46
<b>Şekil 4.9.</b>	29_training	47
<b>Şekil 4.10.</b>	30_training	48
<b>Şekil 4.11.</b>	31_training	49
<b>Şekil 4.12.</b>	32_training	50
<b>Şekil 4.13.</b>	33_training	51
<b>Şekil 4.14.</b>	34_training	52
<b>Şekil 4.15.</b>	35_training	53
<b>Şekil 4.16.</b>	36_training	54
<b>Şekil 4.17.</b>	37_training	55
<b>Şekil 4.18.</b>	38_training	56
<b>Şekil 4.19.</b>	39_training	57
<b>Şekil 4.20.</b>	40_training	58
<b>Şekil 4.21.</b>	1_test	59
<b>Şekil 4.22.</b>	2_test	60
<b>Şekil 4.23.</b>	3_test	61
<b>Şekil 4.24.</b>	4_test	62
<b>Şekil 4.25.</b>	5_test	63
<b>Şekil 4.26.</b>	6_test	64
<b>Şekil 4.27.</b>	7_test	65
<b>Şekil 4.28.</b>	8_1_test	66

<b>Şekil 4.29.</b>	8_2_test	67
<b>Şekil 4.30.</b>	8_3_test	68
<b>Şekil 4.31.</b>	9_test	69
<b>Şekil 4.32.</b>	10_test	70
<b>Şekil 4.33.</b>	11_test	71
<b>Şekil 4.34.</b>	12_test	72
<b>Şekil 4.35.</b>	13_test	73
<b>Şekil 4.36.</b>	14_test	74
<b>Şekil 4.37.</b>	15_1_test	75
<b>Şekil 4.38.</b>	15_2_test	76
<b>Şekil 4.39.</b>	16_test	77
<b>Şekil 4.40.</b>	17_test	78
<b>Şekil 4.41.</b>	18_test	79
<b>Şekil 4.42.</b>	19_test	80
<b>Şekil 4.43.</b>	20_test	81
<b>Şekil 5. 1.</b>	7_test üzerindeki doğru OD tespiti	86
<b>Şekil 5. 2.</b>	7_test üzerindeki yanlış OD tespiti	86
<b>Şekil 5. 3.</b>	16_test üzerindeki doğru OD tespiti	87
<b>Şekil 5. 4.</b>	16_test üzerindeki yanlış OD tespiti	87
<b>Şekil 5. 5.</b>	ONHSD retina veri tabanından test edilen 4 adet görüntü	88
<b>Şekil 5. 6.</b>	ONHSD retina veri tabanından test edilen 6 adet görüntü	89

## KISALTMA VE SİMGELER

CCD	: Dijital fotoğraf makinalarında ışığa duyarlı yüzey olarak kullanılan “Yüklenme İliştirilmiş Araç” ismindeki algılayıcı (Charge Coupled Device)
ÇHD	: Çembersel Hough Dönüşümü (Circular Hough Transform)
CKT	: Canny Kenar Tespit (Canny Edge Detection)
ÇKA	: Çok Katmanlı Algılayıcı (Multi Layer Perceptron)
DR	: Diyabetik Retinopati (Diabetic Retinopathy)
EVA	: Eğim Vektör Akışı (Gradient Vector Flow)
FOV	: Görme Alanı (Field of View/Vision)
IRMA	: İntraretinal mikrovasküler Anormallik (Intraretinal Microvascular Abnormality)
KSAHE	: Kontrast Sınırlamalı Adaptif Histogram Eşitlemesine (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization)
LEARNGDM	: Momentum Ağırlıklı ve Taraflı Öğrenme Eğim Düşüşü Algoritması
MAÇİ	: Morfolojik Açma İşlemi (Morphological Opening Operation)
MAŞİ	: Morfolojik Aşınma İşlemi (Morphological Erosion Operation)
MGİ	: Morfolojik Genleşme İşlemi (Morphological Dilaton Operation)
MKİ	: Morfolojik Kapama İşlemi (Morphological Closing Operation)
OD	: Optik Disk (Optic Disc)
RGB	: Red Green Blue
RMS	: Root Mean Square (Ortalama Karekök)
TBA	: Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis)
THD	: Top-Hat Dönüşümü (Top-Hat Transform)
TRAINGDM	: Momentum Geri Yayılmalı Eğim Düşüşü Algoritması (Gradient Descent With Momentum Backpropagation)
YSA	: Yapay Sinir Ağı (Artificial Neural Network)

## 1. GİRİŞ

Bu çalışmada Diyabetik Retinopati (DR) hastalığının yazılımsal olarak tespitinin temel ve ilk adımlardan birini teşkil eden Optik Disk (OD) yerinin kestirimi amaçlanmıştır. OD'in yerinin kestirimi her ne kadar DR tespitinde direk bir fayda sağlamasa da bu konuda yapılan çalışmalarda temel adımlardan birini oluşturmuştur.

Bu çalışmada diğer başarılı çalışmalar tarafında da kullanılan bir retina veri bankası olan DRIVE kullanılarak yeni ve özgün yöntemler de geliştirilmiş olup elde edilen sonuçlar paylaşılmıştır. DRIVE retina veri bankasının 20 adet eğitim görüntüsü kullanılarak eğitilen yapay sinir ağı 20 adet test görüntüsü ile test edilmiştir. Toplam kullanılan görüntü sayısının 40 olması çalışmada kullanılan yapay sinir ağının ezberleme yapmış olabileceği ihtimalini akıllara getirebileceği için DRIVE retina veri bankasının eğitim görüntüleri ile eğitilen ağ, Lincoln Üniversitesi'nin web sitesinden alınan ONHSD retina veri bankasından rastgele seçilmiş 20 adet görüntü ile test edilmiş olup DRIVE ile elde edilen test değerlerine çok yakın sonuçlar bulunmuştur. Böylelikle, eğitilen ağın ezberleme yapmadığı aksine öğrenmenin gerçekleştiği gözlenmiştir.

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. 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 ki bu dünya yetişkin nüfusunun % 6.4 'üne tekabül etmektedir. Bu rakamın 2030 yılında 438 milyona yani dünya yetişkin nüfusunun % 7.8 'ine çıkacağı tahmin edilmektedir. Uluslararası Diyabet Federasyonu'nun (UDF) tahminine göre 2007 yılında Hindistandaki diyabetli hasta sayısı 40.9 milyondan fazladır ve 2025 yılında bunun 69.9 milyona çıkacağı tahmin edilmektedir (Poddar ve ark. 2011). Ulusal Göz Enstitüsü'nün (UGE) istatistiklerine göre diyabet hastası olan Amerikalıların %40 - %45'i DR hastalığına

## 1. GİRİŞ

---

maruz kalmakta ve bu durum da yaklaşık olarak yılda 24000 Amerikalının kör olmasına sebebiyet vermektedir (Vallabha ve ark. 2004). Rakamların büyüklüğünün yanında geç teşhis ve tedavinin körlükle sonuçlandığı gerçeği bu alandaki görüntü işleme çalışmalarını daha önemli ve değerli kılmaktadır.

DR genel olarak üç evrede ele alınmaktadır. Bu evreler basit tanımı ile ilk, orta ve ileri evre olmak üzere üç evreden oluşmaktadır. İlk evrede ve diğer iki evrede görülen belirtiler sert eksüdalar ve mikroanevrizmalardır. İkinci evrede ve ileri evrede görülen belirtiler kanamalar, yumuşak eksüdalar ve İntraretinal Mikrovasküler Anormalliktir (IRMA). İleri evrede diğer belirtiler ile beraber bir de neovaskülarizasyon görülmektedir.

Sert eksüdalar parlak ve sarımsı renkte olup aynı zamanda düzensiz şekle sahiptirler. Sert eksüdalar genelde kalıcı mikroanevrizmaların yakınında ya da retinal ödemlerin kenarlarında bulunurlar. İlk evrede görmede genelde kayba sebep olmazlar ancak göz dibi görüntüsünde gözlenebilmektedirler (Vallabha ve ark. 2004, Company).

Mikroanevrizmalar küçük yuvarlak, sert kenarlara sahip ve koyu kırmızı noktalar halinde genelde makula yakınlarında bulunurlar. Mikroanevrizmaların boyutları 20 ile 200 mikron arasında değişmektedir ve DR hastalığının önemli bir habercisidir (Company 1991, Frank ve Dieckert 1996, Vallabha ve ark. 2004).

Kanamalar iç ve dış olmak üzere iki çeşittir. İç kanama retinanın iç yüzeyindeki sinirlerde meydana gelir. Dış kanama ise daha çok nokta ya da leke şeklinde olup mikroanevrizmalardan daha küçüktür. Dış kanamalar retinanın muhtelif bölgelerinde olabilir (Frank ve Dieckert 1996, Vallabha ve ark. 2004).

Yumuşak eksüdalar ya da diğer ismi ile pamuk yünü ise genelde sarı – beyaz renklere, oval hatlara sahip yapılardır. Retinada sinirlerin geçtiği tabakadaki bozulmadır. Retinada kalıcı işlevsel zararlara sebep olan kılcal damarlardaki tıkanmanın sonucunda ortaya çıkarlar (Vallabha ve ark. 2004).

IRMA retinal düzlemdeki kılcal damarların genişlemesine verilen addır (Vallabha ve ark. 2004).

Neovaskülarizasyon ise retinanın iç yüzeyinde yeni anormal damarların gelişmesi anlamına gelir. OD üzerindeki neovaskülarizasyon ve OD dışındaki

neovaskularizasyon olarak iki farklı şekilde sınıflandırılır (Company 1991, Frank ve Dieckert 1996, Vallabha ve ark. 2004).

Gerek DR'nin tespitinde ve evrenmesinde gerekse de diğer sık rastlanan göz hastalıklardan olan yaşa bağlı makula dejenerasyonu gibi hastalıkların tespitinde OD yerinin tespiti temel bir adım teşkil eder. DR'de eksüdar ile OD benzer renk aralığına tekabül ettiği için öncelikle OD yerinin tespit edilmesi gerekir. Bunun dışında mikroanevrizma, intraretinal mikrovasküler anormallikler ve neovaskularizasyon 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 yaşa bağlı makula dejenerasyonu hastalığı için de ilk aşamada tespit edilmesi gereken genelde OD 'in retina görüntüsündeki yeridir.

OD, Şekil 1.1.'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 2012).



Şekil 1.1. İçinde OD görüntüsünü de içeren örnek bir retina görüntüsü

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

## 1. GİRİŞ

---

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.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu konuda yapılan çalışmalar genel olarak göz dibi resimlerinde optik diskin yer tespiti veya kenar segmentasyonu ile ilgilenmiştir (Morales ve ark. 2011).

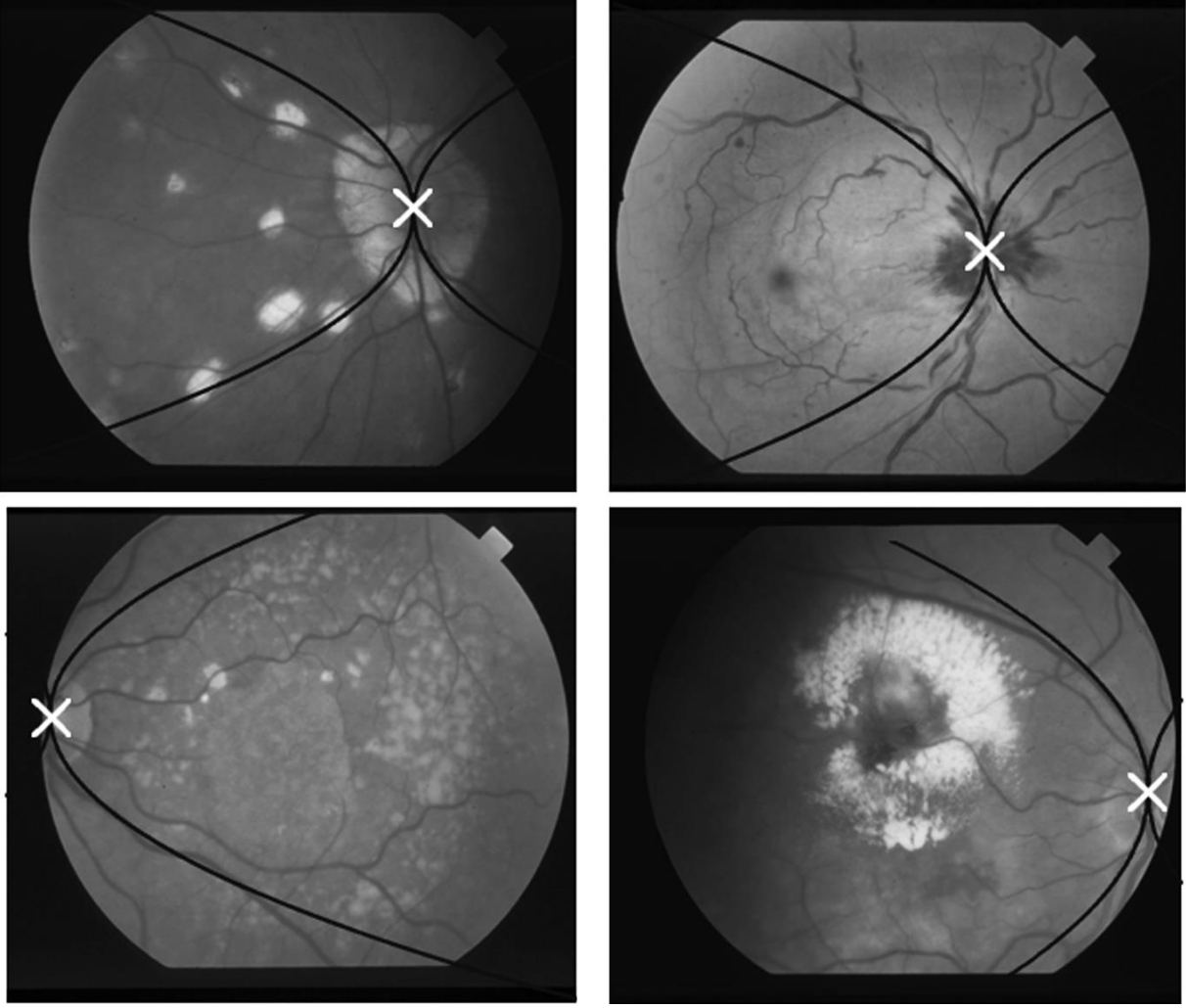
### 2.1. Optik diskin yerinin tespiti

Yer tespiti ile elde edilen sonuç optik diskin merkezini en doğru şekilde tayin etme veya çevresini minimum hata ile kapsayan bir çember veya elips ile sınırlama ya da optik disk alanını noktasal olarak belirleme şeklindedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler aşağıda sınıflandırıldığı gibidir:

#### 2.1.1.Parabolik eğriler yöntemi

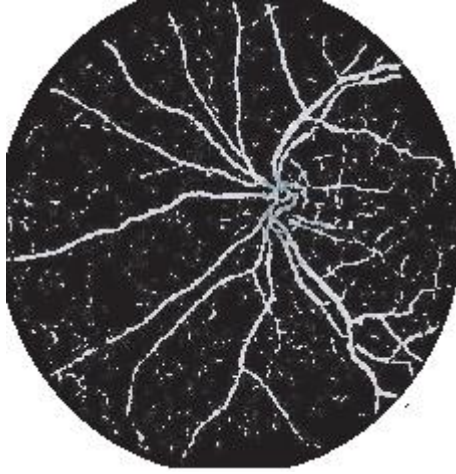
Optik diskin yer tespitini amaçlayan çalışmaların önemli bir kısmında retina tabakasındaki damarların embriyonik safhada optik disk bölgesinden başlayarak bir sarmaşık gibi yayıldığı gerçeğini dikkate alarak bu damarların hakim yönelimlerini modelleyen parabol eğrilerinin kesiştiği noktayı bulmaya çalışılmıştır (Foracchia ve ark. 2004, Abr`amoff ve Niemeijer 2006, Youssif ve ark. 2008).

Foracchia ve ark. (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. Şekil 2.1.'de örnek görüntüler gösterilmektedir.

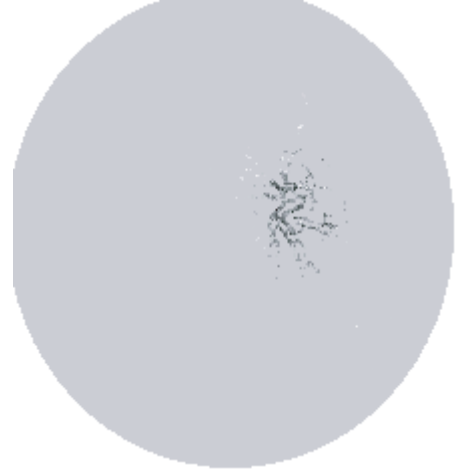


**Şekil 2.1.** Görüntülerin tahmini paraboller ve kesişimleri ile gösterimi (Foracchia ve ark. 2004)

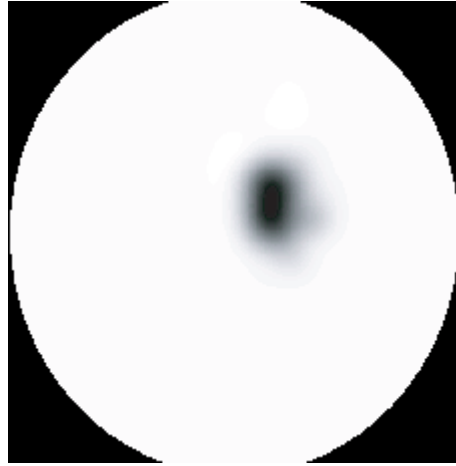
Abr`amoff ve ark. (2006), retina görüntüsü üzerinde gezdirdiği şablonun tekabül ettiği alana ait özellikle damar yönelimi bilgilerini içeren toplam 32 adet özelliği elde edilip kNN sınıflandırıcısı ile yinelemeli olarak sınıflandırarak OD'e olan uzaklığını tahmin ettikten sonra en düşük uzaklığa sahip 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). Şekil 2.2.'de OD tespit süreci özellik çıkarımı sonucu elde edilen şablondan itibaren örnek görüntülerle gösterilmektedir.



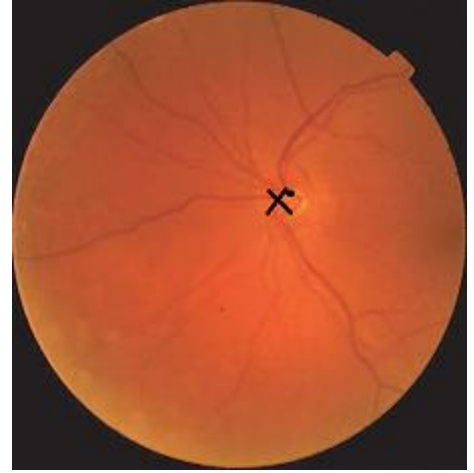
a )



b )



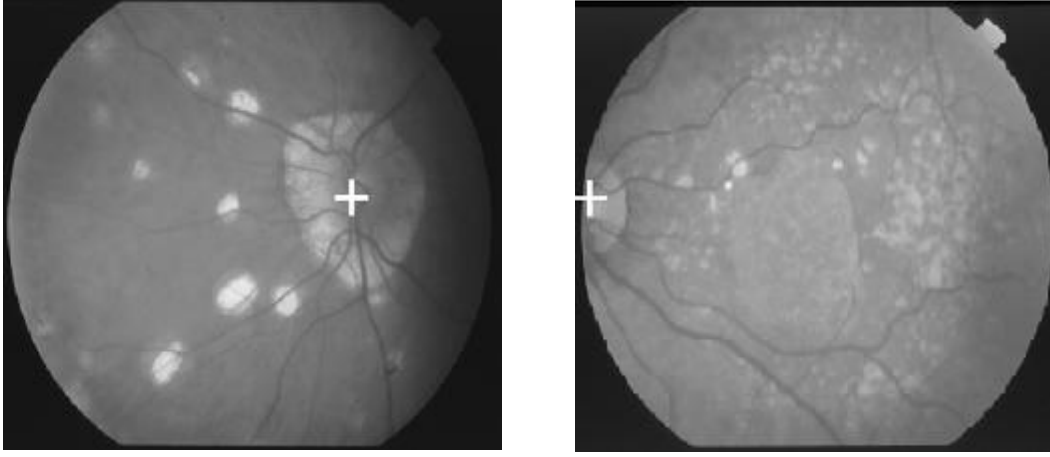
c )



d )

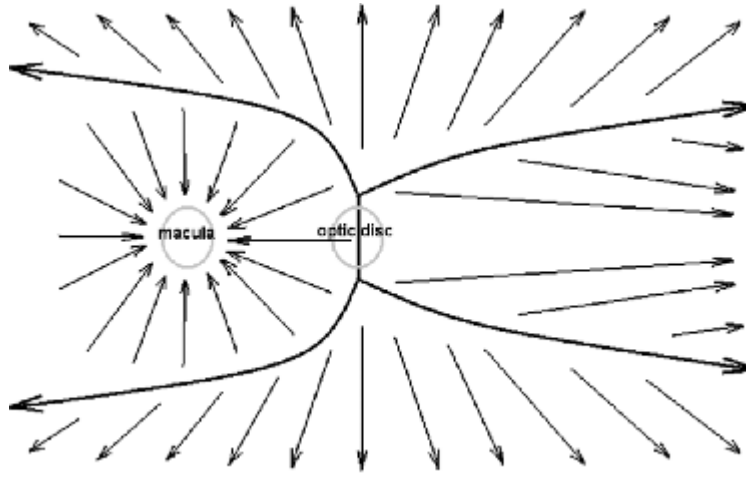
**Şekil 2.2.** Abr`amoff`un yöntemi a) damarların rengi OD`e olan uzaklıklarını göstermektedir b) sadece OD alanındaki damarlar gösterilmektedir c)OD alanındaki damarlara yumuşatma uygulanmıştır. d) yumuşatılan alandaki en koyu nokta merkezi olarak gösterilmektedir. (Abr`amoff ve ark. 2006)

Youssif ve ark. (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. Şekil 2.3.`te örnek görüntüler gösterilmektedir.



a )

b )



c )

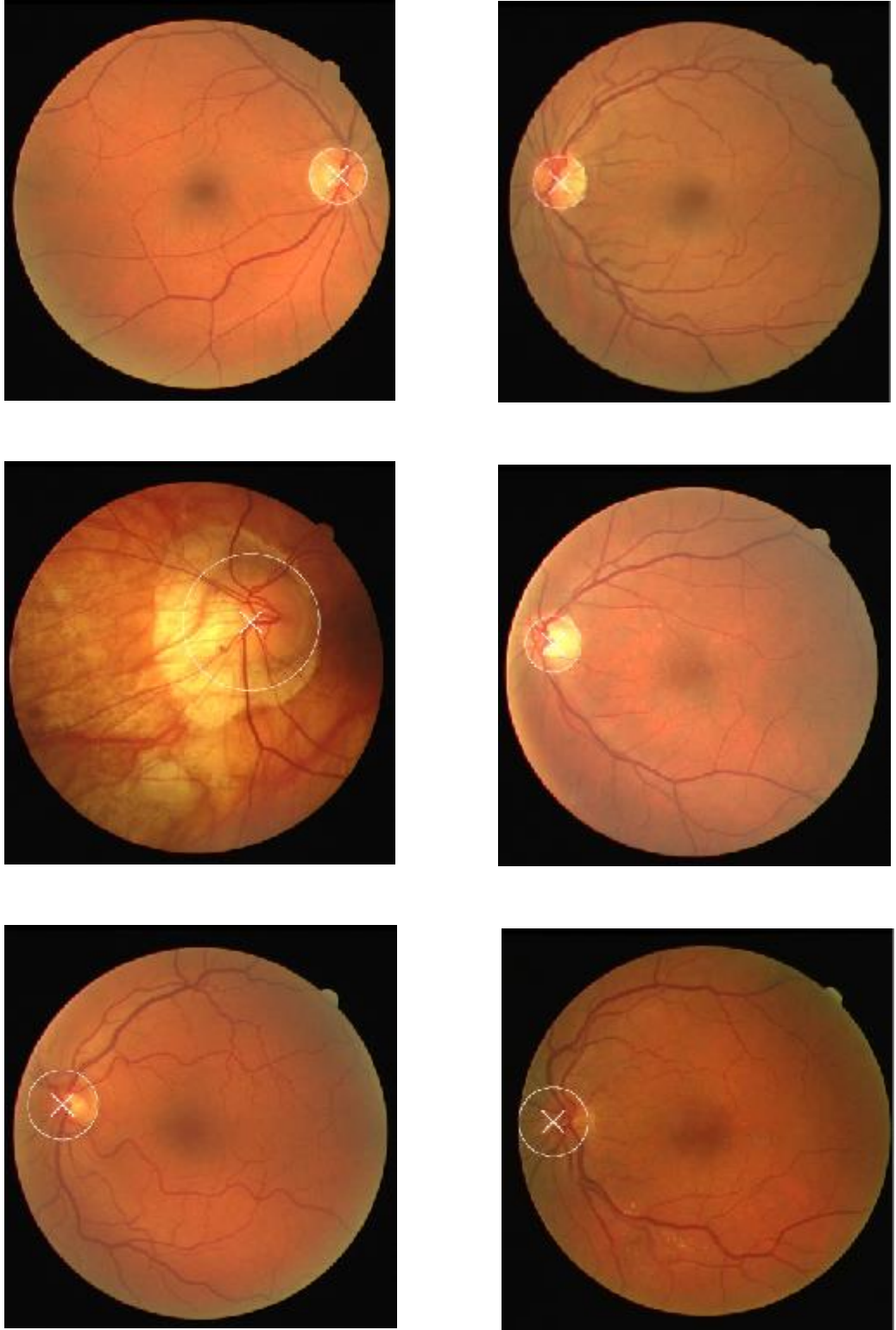
Şekil 2.3. Youssif'in yöntemi a) örnek bir görüntü b) örnek başka bir görüntü c) retinal damar yönelim şeması (Youssif ve ark. 2008)

### 2.1.2. Çembersellik testi yöntemi

Optik diskin göz dibi resimlerinde hemen hemen her zaman en parlak bölge olduğu ve yuvarlak hatlara sahip olduğu gözlemi ile görüntünün şiddet kanalını ve optik diskin çemberselliği ana referans kaynağı alınmıştır (Chaichana ve ark. 2008, Yavuz ve ark. 2009).

Chaichana ve ark. (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). Şekil 2.4.'te örnek görüntüler gösterilmektedir.



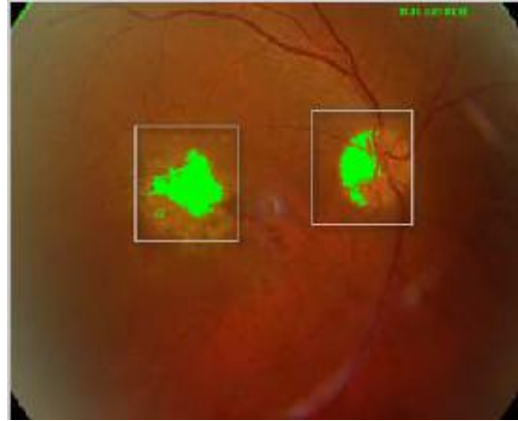
Şekil 2.4. Chaichana'nın yöntemi ile örnek görüntülerde OD tespiti (Chaichana ve ark. 2008)

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

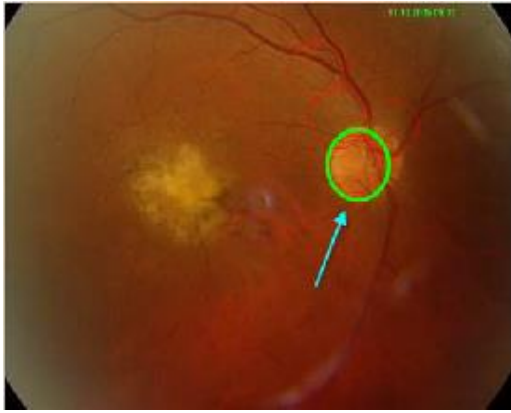
Yavuz ve ark. (2009), retina görüntülerindeki en parlak alanları ve ÇHD ile belirledikleri çembersel alanları ayrı ayrı adaylar şeklinde alıp karşılaştırmada bulunarak OD yerini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi Tıp Fakültesi Oftalmoloji bölümünden alınan retina görüntülerinde %85 başarı elde edilmiştir. Şekil 2.5.'te örnek görüntüler gösterilmektedir.



a )



b )



c )



d )

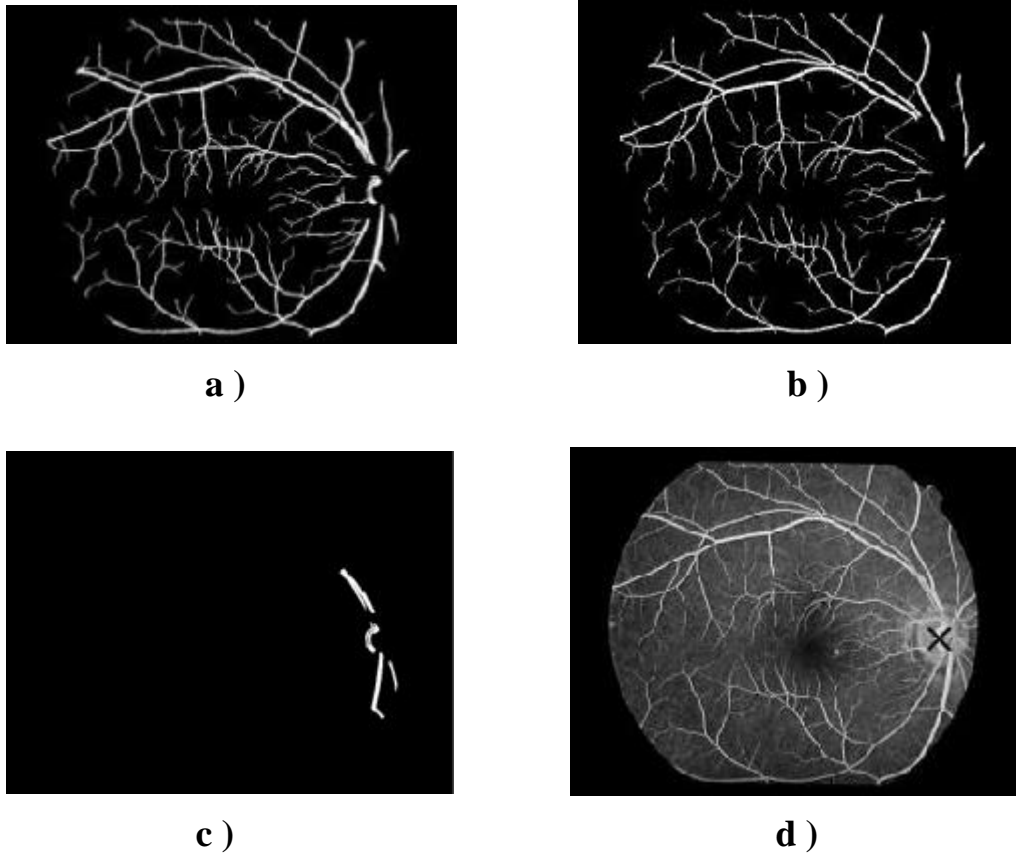
**Şekil 2.5.** Yavuz'un yöntemi a) örnek bir görüntü b) tespit edilen parlak bölgeler c) tespit edilen çemberimsi kenarlar d) hem parlak hem de çemberimsi olan bölge OD olarak tespit edilmiştir (Yavuz ve ark. 2009)

### 2.2. Optik diskin kenarlarının segmentasyonu

Segmentasyon ile amaçlanan ise yer tespitinin bir adım ötesine geçerek optik diskin kenarlarını tam olarak belirlemeye çalışmaktır. Bu konuda yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler aşağıda sınıflandırıldığı gibidir:

### 2.2.1. Snake algoritmaları

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 (EVA) 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. Şekil 2.6.'da örnek görüntüler gösterilmektedir.



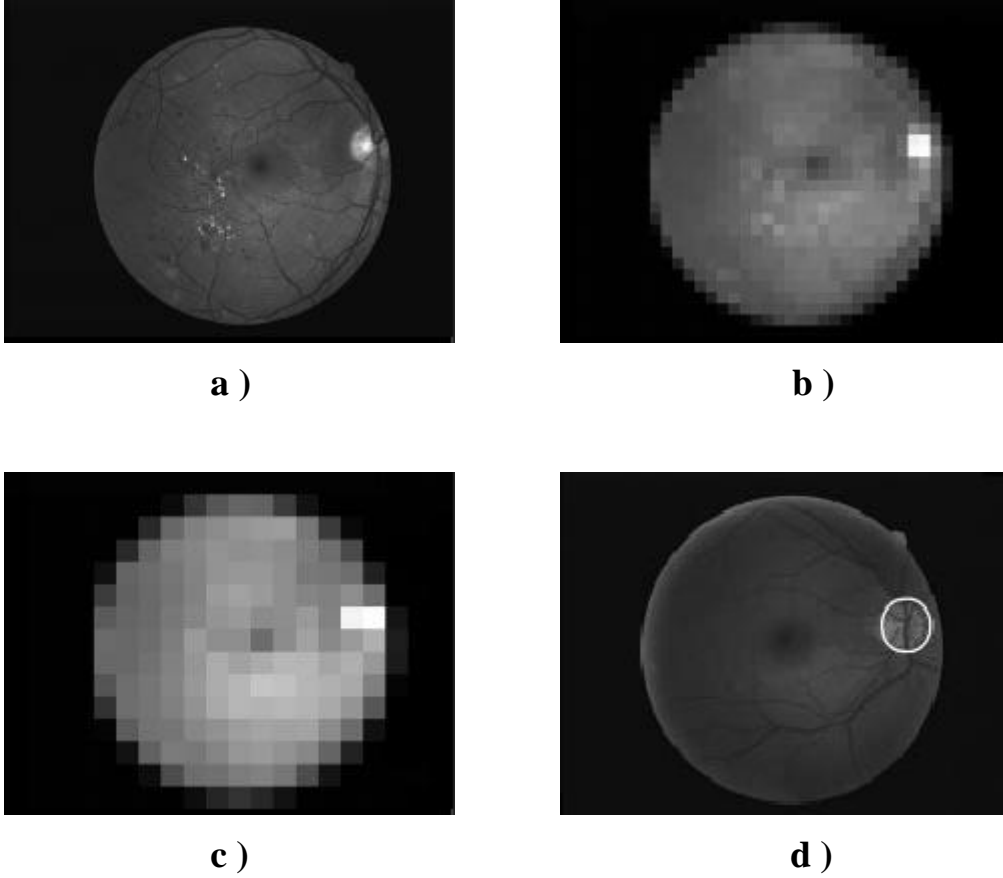
**Şekil 2.6.** Liu ve Chen'in yöntemi a) büyük bir dairesel yapısal eleman ile Top-Hat Dönüşümü (THD) uygulanmış görüntüye OTSU yöntemi uygulandıktan sonraki görüntü b) küçük bir dairesel yapısal eleman ile top-hat dönüşümü uygulanmış görüntüye OTSU yöntemi uygulandıktan sonraki görüntü c) a görüntüsünden b görüntüsünün çıkarılması d) c görüntüsü kullanılarak OD'in tespit edilmesi (Liu ve Chen 2010)

### 2.2.2. Şablon eşleştirme yöntemleri

Lalonde ve ark. (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

## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada 40 adet retina görüntüsü üzerinde OD yeri tespitinde %93 başarı elde edilmiştir. Şekil 2.7.'de örnek görüntüler gösterilmektedir.

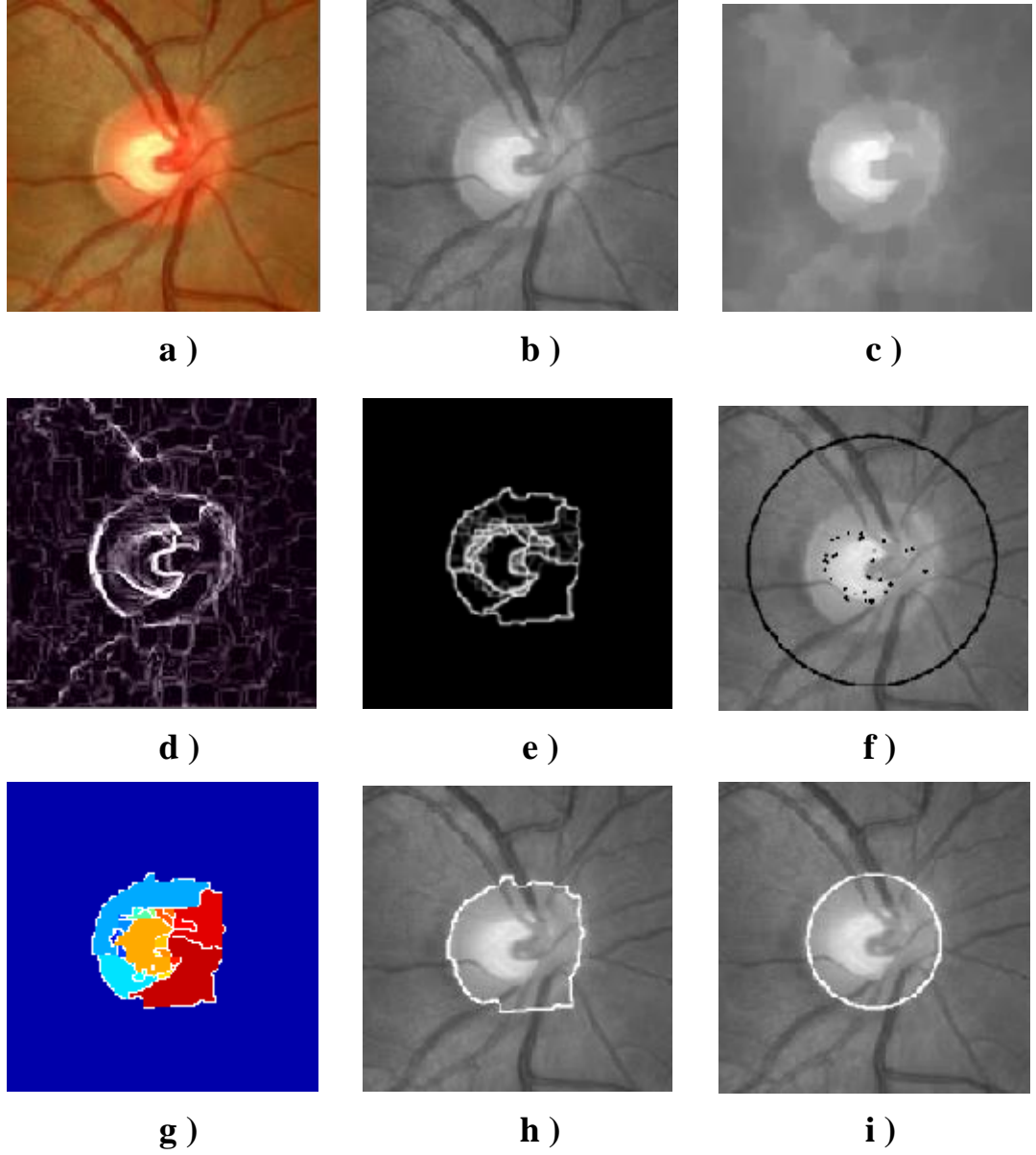


**Şekil 2.7.** Lalonde'un yöntemi Örnek piramitsel düşük frekans alt bantları a) orijinal örnek bir görüntü b) dördüncü seviyedeki görüntü c) beşinci seviyedeki görüntü ve OD parlak iki pixel ile gösterilmektedir d) başka bir örnek görüntü üzerinde OD'in tespitinin gösterimi (Lalonde ve ark. 2001)

### 2.2.3. Watershed segmentasyon algoritması

Morales ve ark. (2011), retina görüntülerini öncelikle Temel Bileşen Analizi (TBA) 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 başarıyla sağlanmıştır. Şekil 2.8.'de uygulanan yöntem örnek görüntüler üzerinde gösterilmektedir.





Şekil 2.8. Morales tarafından uygulanan yöntemin değişik aşamaları a) orijinal görüntü b) PCA kullanılarak elde edilmiş gri skala bir görüntü c) MKI uygulanmış hali d) görüntünün gradient'i e) 5 simülasyon ve 50 adet iç işaretleyici kullanılarak kenarların olasılık yoğunluk fonksiyonu f) iç ve dış işaretleyiciler g) Stokastik Watershed bölgeleri h) Stokastik Watershed dış hatları i) çembersel tahmin (Morales ve ark. 2011)



### 3. MATERYAL VE METOT

#### 3.1. 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 ve ark. 2004, Niemeijer ve ark. 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-mydratic 3CCD kamera kullanılarak çekilmiştir. Çekilen ilk görüntülerin çözünürlüğü 768x584 olup her bir resmin görüntü alanı kırılarak çapı yaklaşık 540 piksel olan bir çemberi kapsayan 565x584 çözünürlüğünde 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 3.1'de bu retina veri tabanından çeşitli görüntü örnekleri gösterilmiştir.



a )



b )



c )



d )

**Şekil 3.1.** 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

Bu çalışmada ayrıca sadece test aşamasında kullanılmak üzere Lincoln Üniversitesi'nin web sitesinden alınan ONHSD retina veri bankasından rastgele seçilmiş 20 adet görüntü de kullanılmıştır (Lowell ve ark. 2004). Bu veri tabanı 50 kişi üzerinde çalışılan bir DR görüntüleme programından elde edilen toplam 99 retina görüntüsünden oluşmaktadır. Her bir görüntü BMP formatında olup derecelik görüntü alanı (FOV) ile Canon CR6 45Mnf Fundus kamera kullanılarak çekilmiştir. Görüntülerin çözünürlüğü 760x570 kadardır.

### 3.2. Çalışmadaki Temel Metotlar

Çalışmada kullanılan temel metotlar aşağıdaki gibidir:

- Kontrast Sınırlamalı Adaptif Histogram Eşitleme (KSAHE)
- Morfolojik Kapama İşlemi (MKİ)
- Canny Kenar Tespit Algoritması (CKT)
- Çembersel Hough Dönüşümü (ÇHD)

#### 3.2.1. Kontrast Sınırlamalı Adaptif Histogram Eşitleme (KSAHE)

KSAHE, adaptif histogram eşitleme algoritmasının yan etkisi olarak görüntüdeki gürültü etkisinin de artması problemini giderme amaçlı, özellikle biyomedikal görüntüler için, geliştirilmiş bir algoritmadır. KSAHE'nin adaptif histogram eşitleme algoritmasından temel olarak iki adet farkı vardır. Birinci farkı KSAHE'nin resmin bütünü üzerinde değil değişik parçalarında ayrı ayrı çalışıyor olmasıdır. İkincisi ise adaptif histogram eşitlemede ortaya çıkan gürültülerin de güçlü hale getirilmesi problemini, histogram eşitlemede kullanılan fonksiyonun yüksek ve düşük fonksiyonlarının alacağı değerleri sınırlayarak önlemesidir.

Bu algoritmada görüntünün  $N \times N$  boyutlarındaki intensity kanalı  $M \times M$  boyutlarında alt pencerelere her bir piksel  $(i,j)$  koordinatlarına sahip olacak şekilde bölünür. Her bir alt pencerenin merkezindeki pikselin yeni değeri, alt penceredeki diğer piksellerin değerleri kullanılarak Eşitlik (3.1) ve (3.2)'de gösterilmekte olan formül hesaplamalarının sonucu olarak atanır (Park ve ark. 2007).

$$g(x,y) = SIG \cdot 255 \quad (3.1)$$

$$SIG = \frac{[\Psi_w(f(x,y)) - \Psi_w(f_{min})]}{[\Psi_w(f_{max}) - \Psi_w(f_{min})]} \quad (3.2)$$

$f_{max}$  ve  $f_{min}$   $M \times M$  boyutlarındaki alt pencerenin minimum ve maksimum intensity değerlerini göstermektedir.  $\Psi_w$  değeri Eşitlik (3.3)'te gösterilmekte olan formül ile hesaplanmaktadır (Park ve ark. 2007).

$$\Psi_w(f) = [1 + \exp((\widehat{f}_w - f)/(\sigma_w))]^{-1} \quad (3.3)$$

### 3. MATERYAL ve METOT

---

$\widehat{f}_w$  değişkeni, M x M boyutlarındaki alt pencerenin ortalama intensity değerini  $\sigma_w^2$  değişkeni ise standart sapmasını ifade etmektedir. Bu değişkenler Eşitlik (3.4) ve (3.5)'te gösterilmekte olan formüllerle ifade edilmektedir (Park ve ark. 2007).

$$\widehat{f}_w = \frac{1}{M^2} \sum_{\forall(k,1) \in W} f(k, 1) \quad (3.4)$$

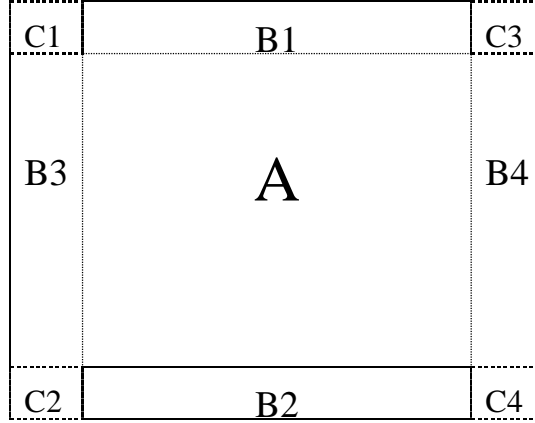
$$\sigma_w^2 = \frac{1}{M} \sum_{\forall(k,1) \in W} (f(k, 1) - \widehat{f}_w)^2 \quad (3.5)$$

$\sigma_w$  değişkeninin düşük değere sahip olması kontrastın düşük olduğunu yüksek bir değere sahip ise de kontrastın yüksek olduğunu gösterir. Her bir alt pencerede histogram eşitleme uygulandıktan sonra, gürültü etkisinin azaltılması amacıyla elde edilen yeni histograma Eşitlik (3.6)'da gösterilmekte olan formüle göre kırpma işlemi uygulanır (Benitez-Garcia ve ark. 2011).

$$\beta = \frac{(M*N)}{L} (1 + \alpha/100(s_{max} - 1)) \quad (3.6)$$

M \* N çarpımını görüntüdeki toplam piksel sayısını, L histogram aralık miktarını,  $\alpha$  kırpma faktörünü,  $s_{max}$  maksimum eğim değerini ve  $\beta$  kırpma limitini ifade eder. Histogram üzerindeki kırpma limitinin üstünde kalan piksel sayısı kırpma limitine eşitlenirken bu limitin üzerinde kalan kadar sahip oldukları pikseller tüm histograma aynı miktarda dağıtılır.

Algoritmanın son basamağında ise kendi içinde histogram eşitlemesi ve kontrast limitleme işlemi uygulanan tüm alt pencereler interpolasyon uygulanarak birleştirilir. Alt pencerelere görüntü üzerinde buldukları lokasyona göre farklı interpolasyon algoritmaları uygulanır. Şekil 3.2'de görülmekte olan A bölgesine bilineer interpolasyon, B bölgelerine lineer interpolasyon uygulanır. C bölgelerine ise interpolasyon uygulanmaz.



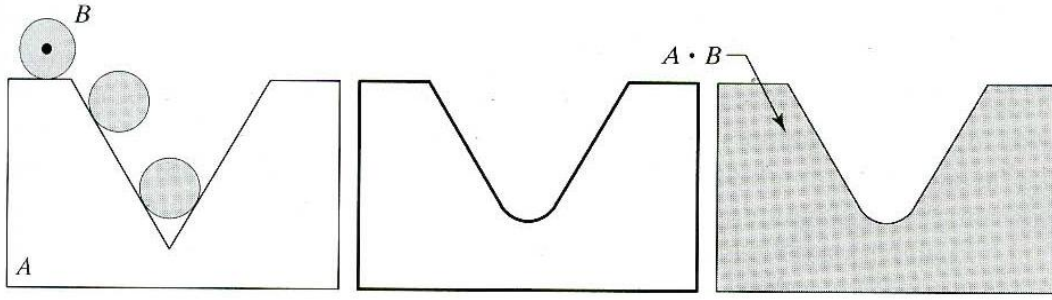
Şekil 3.2. KSAHE algoritmasında alt pencere grupları

### 3.2.2. Morfolojik Kapama İşlemi (MKİ)

Morfolojik Kapama İşlemi, görüntüdeki küçük çaptaki kopukları ve uzun ince girintileri birleştiren, küçük delikleri dolduran, nesnelerin kenarlarını yumuşatan ve bu kenarlardaki boşlukları kapatan etkilere sahiptir. Morfolojik Açma İşleminin (MAÇİ) tersi olarak görüntüye öncelikle Morfolojik Genleşme İşlemi (MGİ) daha sonra ise Morfolojik Aşınma İşlemi uygulanır (MAŞİ). MKİ'nin formülü A görüntüyü, B ise yapısal elemanı ifade edecek şekilde Eşitlik (3.7)'de de gösterilmektedir (Gonzalez ve Woods 2002).

$$A \cdot B = (A \oplus B) \ominus B \quad (3.7)$$

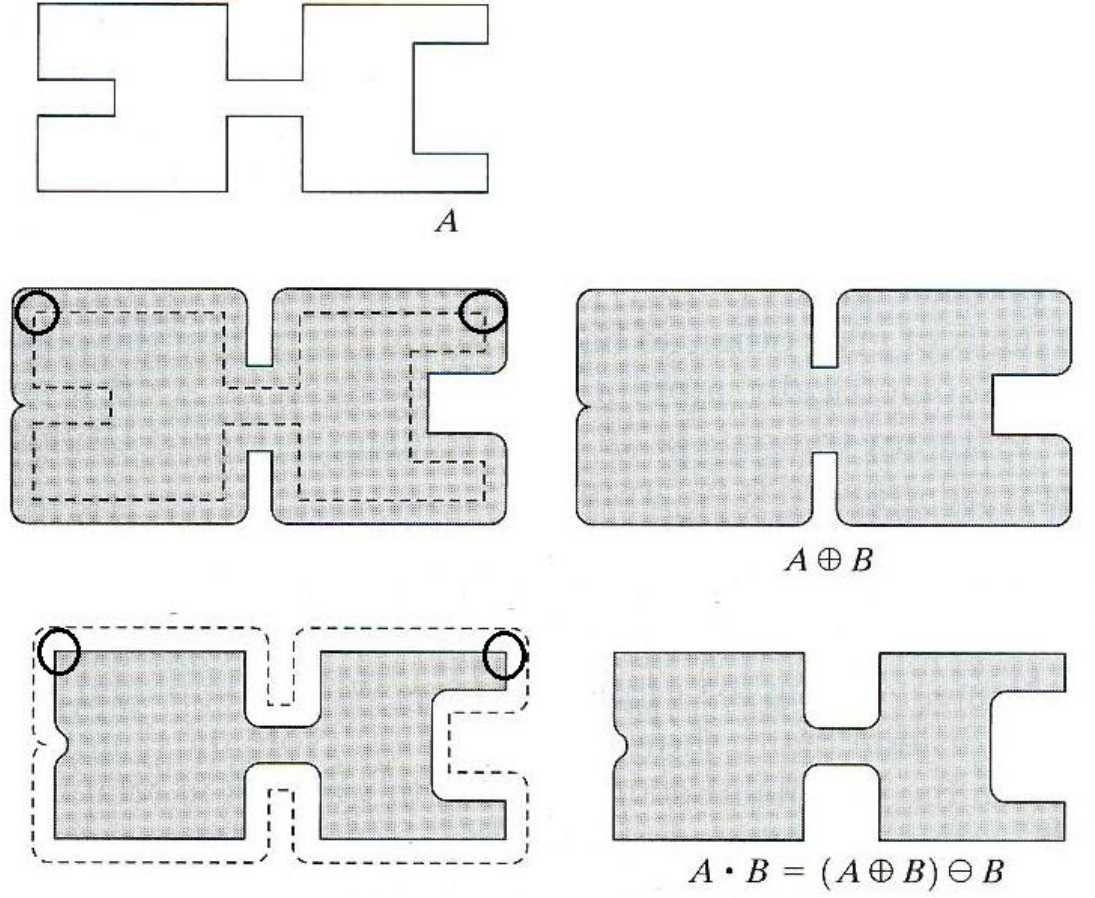
MKİ'nin etkileri Şekil 3.3'te örnek görüntüdeki bir nesnenin dış yüzeyinde disk şeklindeki yapısal elemanın gezdirilmesi ve sonucunda elde edilen yeni nesneye bakarak gözlenebilmektedir. Disk şeklindeki yapısal eleman ile nesnenin dış kıvrımlarında değişikliğe yol açmadığı fakat diskin iç kıvrımdaki girebildiği en son noktadan sonra nesnede yumuşama veya kapanma gerçekleştiği gözlenebilmektedir.



Şekil 3.3. MKİ örneği (Gonzalez ve Woods 2002).

MKİ'nin etkileri Şekil 3.4'te örnek görüntüdeki bir nesnenin dış yüzeyinde disk şeklindeki yapısal elemanın gezdirilmesi ve sonucunda elde edilen yeni nesneye bakarak gözlenebilmektedir. Bu örnekte MKİ'ni oluşturan MAGİ ve MAŞİ algoritmalarının görüntüye sırasıyla uygulandıktan sonraki etkileri gözlenebilmektedir. MAGİ ve MAŞİ işlemlerinin her ikisinin sonucu olarak dış kısımdaki köşelerde herhangi bir yumuşama veya deformasyon gözlenmemektedir; fakat iç köşelerde yapısal elemanın etkileri gözlenebilmektedir. Daha detaylı bakılırsa, MAGİ sonrası nesnenin hem sol hem de sağ tarafındaki girintiler kapanmış olsa da daha sonra uygulanan MAŞİ algoritmasının sonucunda sağ taraftaki geniş girintinin sadece köşeleri yumuşatılmış şekilde tekrar eski açıklığına kavuşmuş olmasına rağmen sol taraftaki dar girintinin hala kapalı halde kaldığı gözlenebilmektedir. Bununla beraber nesnenin ortasındaki köprünün kopmadan sadece köşeleri yumuşamış şekilde muhafaza edildiği ve nesnenin boyutlarında genel olarak bir değişiklik olmadığı gözlenebilmektedir.





Şekil 3.4. Başka bir MKİ örneği (Gonzalez ve Woods 2002).

### 3.2.3. Canny Kenar Tespit Algoritması (CKT)

En çok tercih edilen kenar bulma algoritmalarından biri de 1986 yılında John Canny tarafından geliştirilen algoritmadır. Canny'ye göre en iyi kenar bulma algoritması aşağıdaki 3 temel özelliğe sahip olmalıdır (Canny 1986):

- Algoritma görüntüdeki tüm gerçek kenarları bulmalıdır.
- Algoritmanın tespit ettiği kenarlar mümkün oldukça gerçek kenarlara yakın mesafede olmalıdır.
- Algoritma bir kenarı birden fazla defa tespit etmemelidir.

CKT algoritmasında uygulanan adımlar aşağıdaki gibidir:

#### a) Gürültü Azaltma

### 3. MATERYAL ve METOT

---

CKT algoritmasında görüntüye öncelikle Gaussian bir filtre uygulanarak gürültüleri azaltılır. Örnek bir Gaussian filtre Şekil 3.5.'te gözlemlenebilmektedir.

$$Filtre = \frac{1}{159} * \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

Şekil 3.5. CKT algoritmasında kullanılan bir Gaussian Filtre örneği

#### b ) Gradyan Elde Etme

Daha sonra görüntünün gri skala değişimlerini temel alarak gradyanı çıkarılır. Bu aşamada gradyan büyüklüğü ile beraber yönü de belirlenir. Gradyanın büyüklüğü Eşitlik (3.8)'de gösterilmekte olduğu gibi  $G_x$  ve  $G_y$  vektörlerinin büyüklükleri kullanılarak hesaplanır (Canny 1986).

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3.8)$$

Gradyanın yönü ise Eşitlik (3.9)'da gösterilmekte olduğu gibi  $G_x$  ve  $G_y$  vektörlerinin açıları kullanılarak hesaplanır (Canny 1986).

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_x}{G_y}\right) \quad (3.9)$$

#### c ) Maksimum Olmayan Gradyan Vektörünü Bastırma

Bu basamak elde edilmiş olan kenar görüntülerinin birden fazla gradyan ile giderilmesini önleme amaçlı kullanılır. Örneğin, gradyan açısı 45 derece olan bir kenarın üzerindeki bir noktanın bu açığa sahip gradyan değeri 135 derecelik gradyan açısına ait gradyan değerinden büyük ise bu nokta sadece 45 derecelik gradyan açısına sahip kenara ait nokta olarak kabul edilir (Canny 1986).

#### d ) Eşik Seviyeleri Kullanarak Kenar İzleme

Elde edilen kenar görüntülerinde mevcut durumda yine de gürültülü sonuçlar bulunabildiği gibi gerçek kenarlar kimi yerlerde güçlü kimi yerlerde zayıf bir şekilde tespit edilmiş olabilmektedir. Bu durumda gürültüleri ayırt edip zayıf kenarları

kaybetmemek gerekmektedir. Bu sebeple öncelikle yüksek değerli bir eşik seviyesi uygulanarak sonuç olarak elde kalanlar güçlü kenar örüntüleri ve güçlü gürültülerdir. Bu aşamada elde edilen güçlü noktalar bir sonraki kenar izleme adımı için başlangıç noktası oluşturmaktadır. İkinci adımda ise düşük değerli bir eşik seviyesi uygulanarak zayıf kenarları da kapsayan kenar örüntüleri elde edilir. Birinci adımda tespit edilen başlangıç noktaları kullanılarak bu aşamada elde edilen kenarların sürekliliği test edilir. Bu şekilde süreklilik arz eden örüntüler gerçek kenar, süreklilik arz etmeyen örüntüler ise gürültü kabul edilir (Canny 1986).

### 3.2.4. Çembersel Hough Dönüşümü (ÇHD)

Analitik düzlemde orijinden başlayarak bir  $(x_0, y_0)$  koordinat noktasından geçen doğrunun parametrik denklemi Eşitlik (3.10)'da gösterilmektedir.

$$y_0 = ax_0 + b \quad (3.10)$$

Doğru denkleminin parametrik gösterimi Eşitlik (3.11)'deki gibidir (Chaichana ve ark. 2008).

$$\rho = x \cos(\theta) + y \sin(\theta) \quad (3.11)$$

Merkez noktasının koordinatı  $(x_0, y_0)$  ve yarıçapı  $r$  olan bir dairenin analitik düzlemdeki denklemi Eşitlik (3.12)'de gösterilmektedir (Chaichana ve ark. 2008).

$$r^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \quad (3.12)$$

Daire denkleminin parametrik gösterimi Eşitlik (3.13)'teki gibidir (Chaichana ve ark. 2008).

$$x = x_0 + r \cos(\theta) \quad (3.13)$$

$$y = y_0 + r \sin(\theta)$$

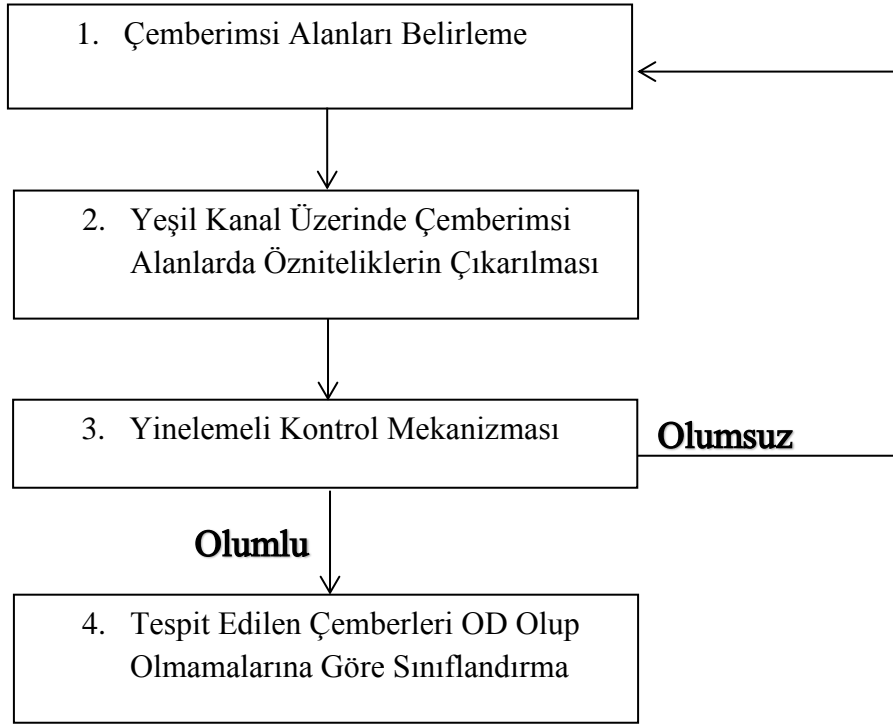
ÇHD bir görüntüden elde edilmiş kenarlar üzerindeki belirli bir yarıçap aralığına sahip çembersel örüntüleri tespit eder. Öncelikle görüntü uzayından elde edilen kenar örüntüleri üzerindeki her bir noktayı söz konusu yarıçapa sahip bir çemberin merkezi varsayarak bu yeni sanal çemberin üzerindeki her bir noktanın parametre uzayındaki değeri bir arttırılır. Bu işlem görüntü uzayındaki kenarların üzerindeki her bir nokta için uygulandıktan sonra parametre uzayındaki en yüksek değere sahip koordinatlar görüntü

### 3. MATERYAL ve METOT

uzayında çemberimsi örüntülerin merkezi olarak belirlenmiş olur (Rizon ve ark. 2005, Chaichana ve ark. 2008).

#### 3.3. Optik Disk Kestirimi

Bu çalışma Şekil 3.6'da gösterilmiş olan temel olarak ardada üç yöntem gurubundan oluşmaktadır. İlk yöntem gurubunda optik disk olmaya aday çemberimsi kenarları belirlemekten, ikinci adımdaki yöntem grubu ise renkli görüntünün yeşil kanalı üzerinde bu çemberimsi alanları maskeleyerek özellik çıkarmaktan, son adımdaki yöntem grubu ise tespit edilen her bir çemberimsi alanın çıkarılan özellikleri ile bir yapay sinir ağı yardımı kullanılarak sınıflandırılmasından oluşmaktadır. Bu çalışmada diğer çalışmalarda olduğu gibi her resim için sabit bir yöntem uygulamaktan ziyade gerektiği durumda değişken değerleri yeniden belirlenip yöntem gurupları yinelemeli bir şekilde kabul edilebilir sonuçlara ulaşmaya kadar yeniden uygulanır. Örneğin, birinci adımdaki yöntem grubunda kullanılan çeşitli değişkenlerin ve eşik seviyelerinin kesin bir değeri olamayacağı için, ikinci adımdaki yöntem grubunun sonunda çıkarılan özellikler kontrol edilerek birinci adımdaki yöntem grubundaki değişkenlerin değerleri yinelemeli bir şekilde değiştirilir.



Şekil 3.6. Çalışmada izlenen ana yöntem guruplarının gösterimi

### 3.3.1. Çemberimsi Alanları Belirleme

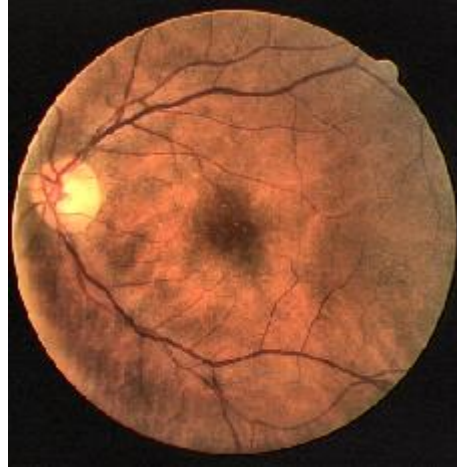
Bu yöntem grubu aşağıda sıralanan alt yöntemlerden oluşmaktadır:

#### a ) Işık Eşitleme

Göz dibi görüntülerinde Şekil 3.1’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 RGB renk uzayındaki görüntü öncelikle HSI renk uzayına dönüştürüldükten sonra ışık şiddeti kanalına KSAHE algoritması uygulanmıştır. Bu işlemden sonra görüntü tekrar RGB renk uzayına yeni hali ile dönüştürülmüştür. Şekil 3.7’de ışık şiddeti eşitleme işleminin etkileri gözlemlenebilmektedir.



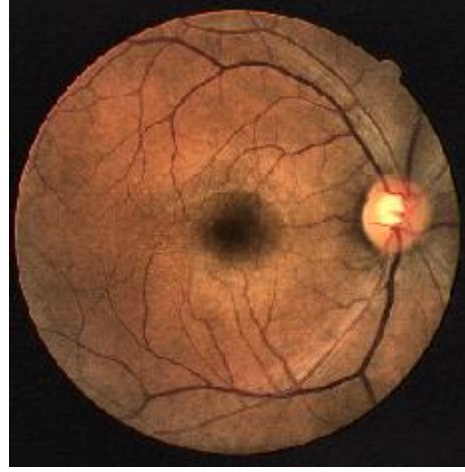
a)



b)



c)

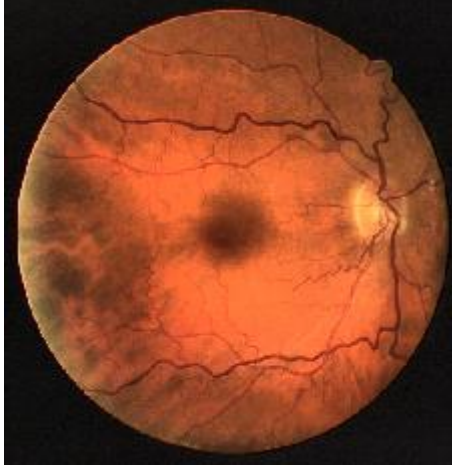


d)

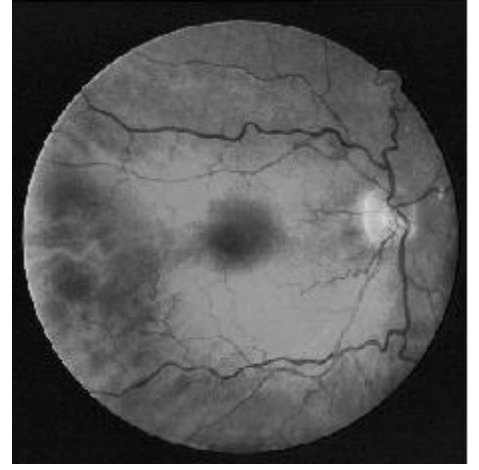
**Şekil 3.7.** Işık şiddeti eşitleme işlemi a) eşitleme işleminden önceki parlak görüntü  
b) eşitleme işleminden sonraki parlak görüntü c) eşitleme işleminden önceki mat görüntü  
d) eşitleme işleminden sonraki mat görüntü

#### **b) RGB Renk Uzayını Gri Skalaya Dönüştürme**

Işık şiddeti eşitleme işlemi tamamlandıktan sonra RGB renk uzayındaki görüntü, diğer işlemler tek renk boyutunda gerçekleştirilebileceği için, gri skalaya dönüştürülür. Şekil 3.8’de gri skalaya dönüştürme işleminin etkileri gözlemlenebilmektedir.



a )

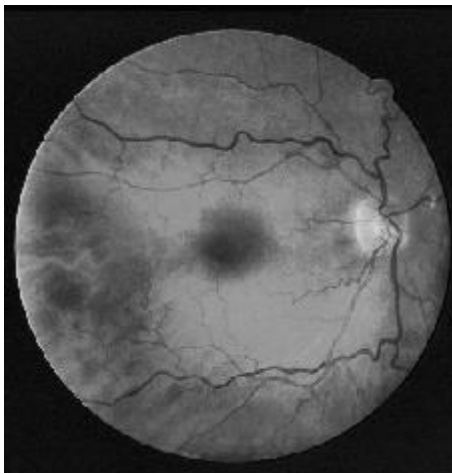


b )

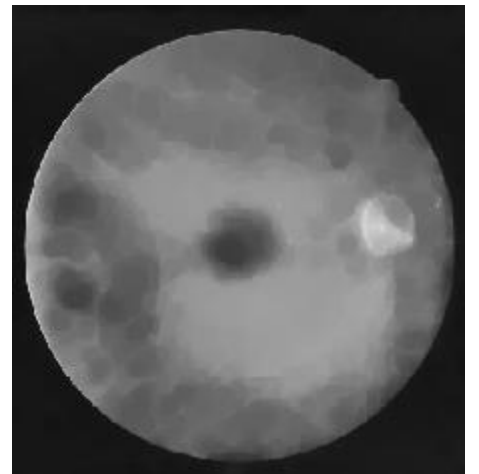
**Şekil 3.8.** Gri Skala'ya çevirme işlemi a) eşitleme işleminden sonraki RGB renk uzayındaki görüntü  
b) gri skalaya dönüştürülmüş görüntü

### c ) Morfolojik Kapama İşleminin Uygulanması

Görüntü gri skalaya dönüştürüldükten sonra 10 piksel çapında bir disk şeklindeki yapısal eleman ile MKİ uygulanmıştır. MKİ 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 diğer çalışmalardan daha pratik bir şekilde ulaşılmaktadır. Şekil 3.9'da uygulanan işlemin etkileri gözlemlenebilmektedir.



a )



b )

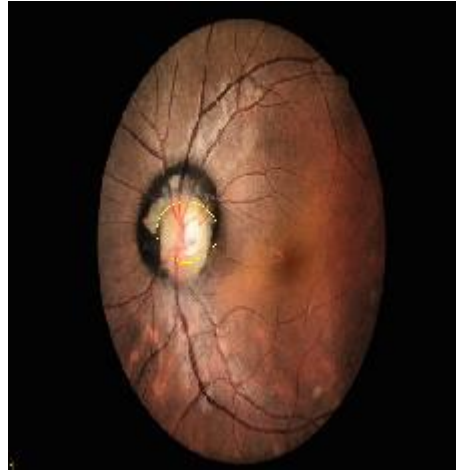
**Şekil 3.9.** MKİ gösterimi a) gri skalaya dönüştürülmüş görüntü b) MKİ'nden sonraki gri skala görüntü

#### d ) Görüntü Boyutlarını Standartlaştırma

DRIVE retina veri bankasındaki görüntülerin çözünürlüğü 565x584 kadardır. Çalışmanın daha sonraki basamaklarında kullanılacak olan değişken değerleri bu çözünürlükteki görüntüler için tayin edilmiştir. Algoritmanın DRIVE retina veri tabanı dışındaki görüntülerle de çalışabilmesi için bu basamakta her görüntü 565x584 çözünürlüğüne sahip olacak şekilde yeniden boyutlandırılmıştır. Boyutları standartlaştırarak bu çalışmanın değişik görüntü çözünürlükleri ile de uyumlu olması amaçlanmıştır. Şekil 3.10'da gösterilmekte olan DRIVE retina veri tabanı dışından 2376x1584 çözünürlüğe sahip örnek bir görüntü test edilerek çalışmanın çözünürlükten bağımsız olduğu anlaşılabilmektedir.



a )



b )

Şekil 3.10. Farklı çözünürlükte bir görüntü örneği a) 2376x1584 çözünürlüğündeki görüntünün orjinal hali b) 565x584 çözünürlüğüne en boya oranı korunmadan indirgenmiş hali

#### e ) Canny Kenar Tespiti Algoritması İle Kenarları Belirleme

Görüntüye MKİ uygulandıktan ve boyutları standart hale getirildikten sonra görüntünün kenarlarının çıkarılması amaçlanmış ve Roberts, Prewitt, Sobel ve CKT algoritmaları denendikten sonra CKT algoritmasının 0.1 eşik seviyesinde en iyi sonuç verdiği deneysel olarak gözlemlenmiştir. Şekil 3.11'de uygulanan işlemlerin etkisi gözlemlenebilmektedir.

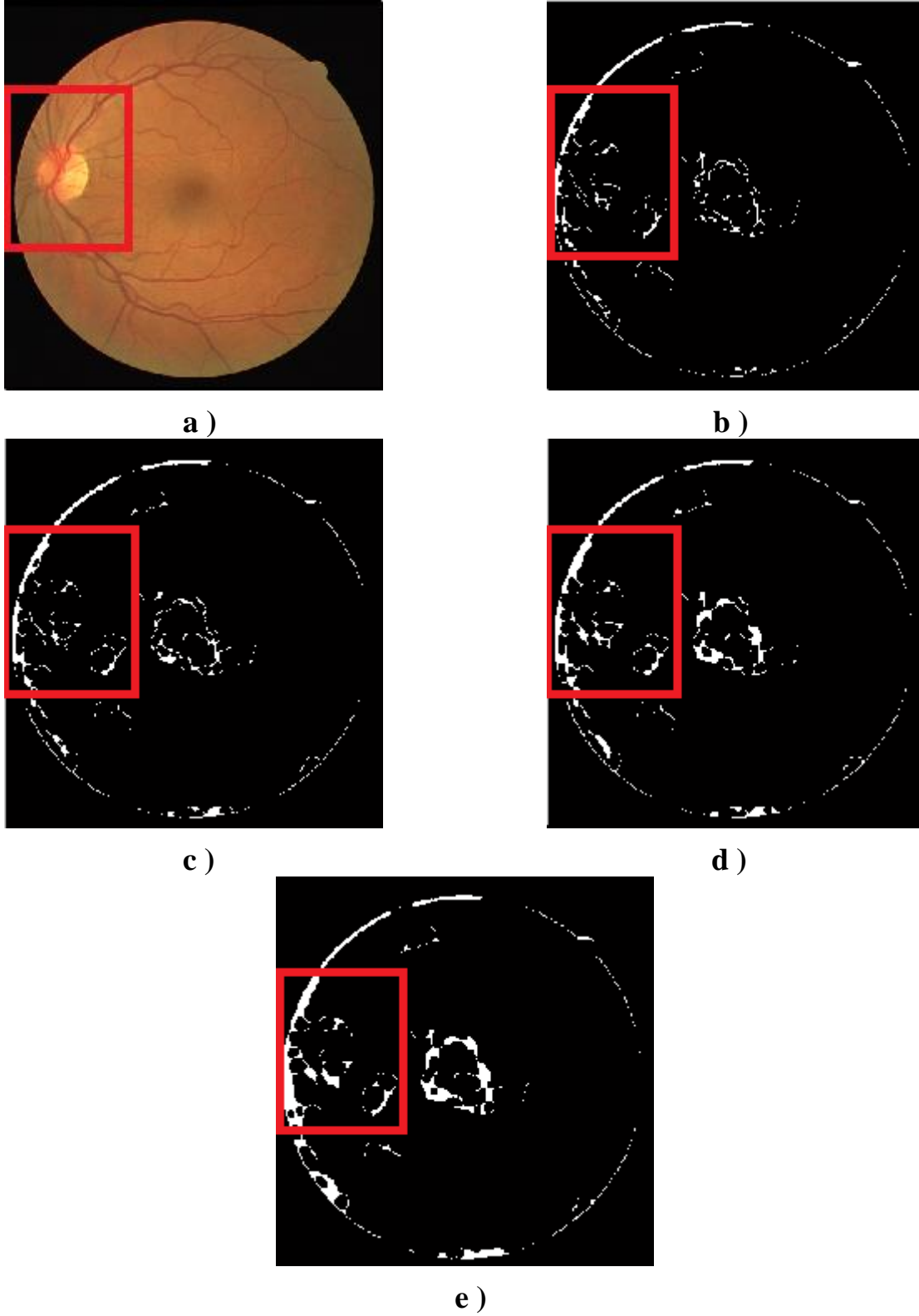




Şekil 3.11. Kenar belirleme işleminden sonraki görüntü

#### f) Tespit Edilen Kenarlara MKİ Uygulama

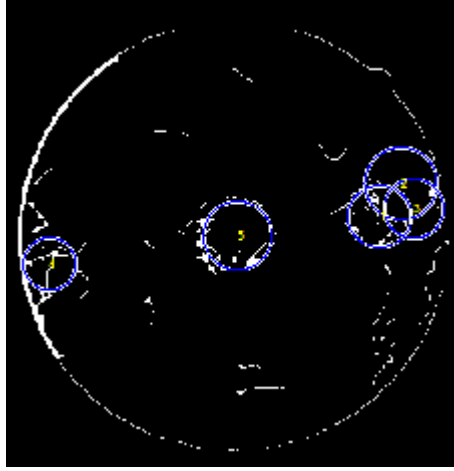
Belirlenen kenarlarda kimi zaman meydana gelen büyük kopuklukları gidermek ve OD halkasını ıskalamamak için belirlenen kenarlara 3 ile 10 piksel aralığında çapa sahip disk şeklindeki bir yapısal eleman ile MKİ uygulanmıştır. Kenarlar belirlendikten sonra uygulanan kapama işleminin yapısal elemanının çapı ilk olarak 3 olarak belirlenir ve bu adımdan sonraki tüm işlemler tamamlandıktan sonra tespit edilmiş olan çemberlerin hiç birinin OD’i yakalamamış olmasının sonraki adımlarda çıkarılan özelliklerle tespit edilmesi durumunda yapısal elemanın çapı bir birim artırılıp aynı işlem bu aşamadan itibaren yinelenir. Şekil 3.12’de uygulanan işlemlerin yinelemeli olarak etkisi gözlemlenebilmektedir. Bu yinelemeli yöntem çalışmaya özgü olup salt standart bir kenar belirleme algoritması ile yetinmeyerek, çalışılan DRIVE retina veri bankasındaki görüntü çeşitliliğinden dolayı belirsiz kenarlar yüzünden OD’in kenarlarındaki çemberimsi örüntüleri ıskalamaması için geliştirilmiştir.



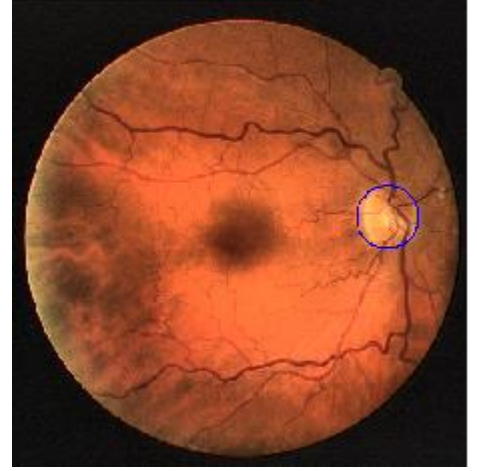
**Şekil 3.12.** Yinelemeli MKİ uygulama a) orjinal RGB görüntü b) 3 piksel çapındaki birim yapı ile MKİ uygulanmış hali (OD belirsiz) c) 4 piksel çapındaki birim yapı ile MKİ uygulanmış hali (OD belirsiz) d) 5 piksel çapındaki birim yapı ile MKİ uygulanmış hali (OD belirsiz) e) 6 piksel çapındaki birim yapı ile MKİ uygulanmış hali (OD belirgin)

### g) Çembersel Hough Dönüşümü İle Çemberimsi Örüntülerin Tespiti

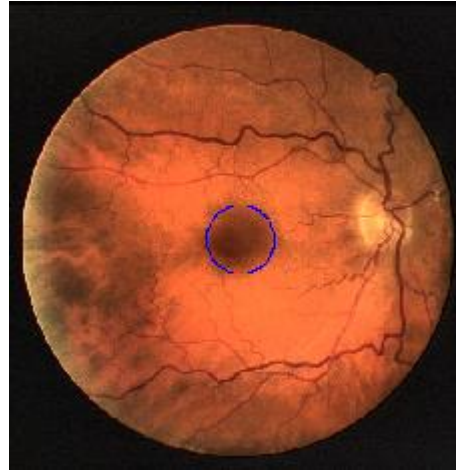
Görüntüdeki kenarlar belirlendikten sonra, ÇHD uygulanarak 17-51 piksel aralığında yarıçapa sahip olan çemberimsi örüntüler tespit edilerek hemen hemen her zaman en az bir çemberin OD'ine üzerine oturduğu ya da minimum hata ile OD'ini kapsadığı gözlenmiştir. Şekil 3.13'te tespit edilen çemberler gözlemlenebilmektedir.



a)



b)



c)

Şekil 3.13. Görüntü üzerinde tespit edilen örnek çemberler a)tespit edilen çemberler  
b)başarılı olan 1 nolu çemberin OD üzerindeki gösterimi  
c)başarısız olan 5 nolu çemberin gösterimi

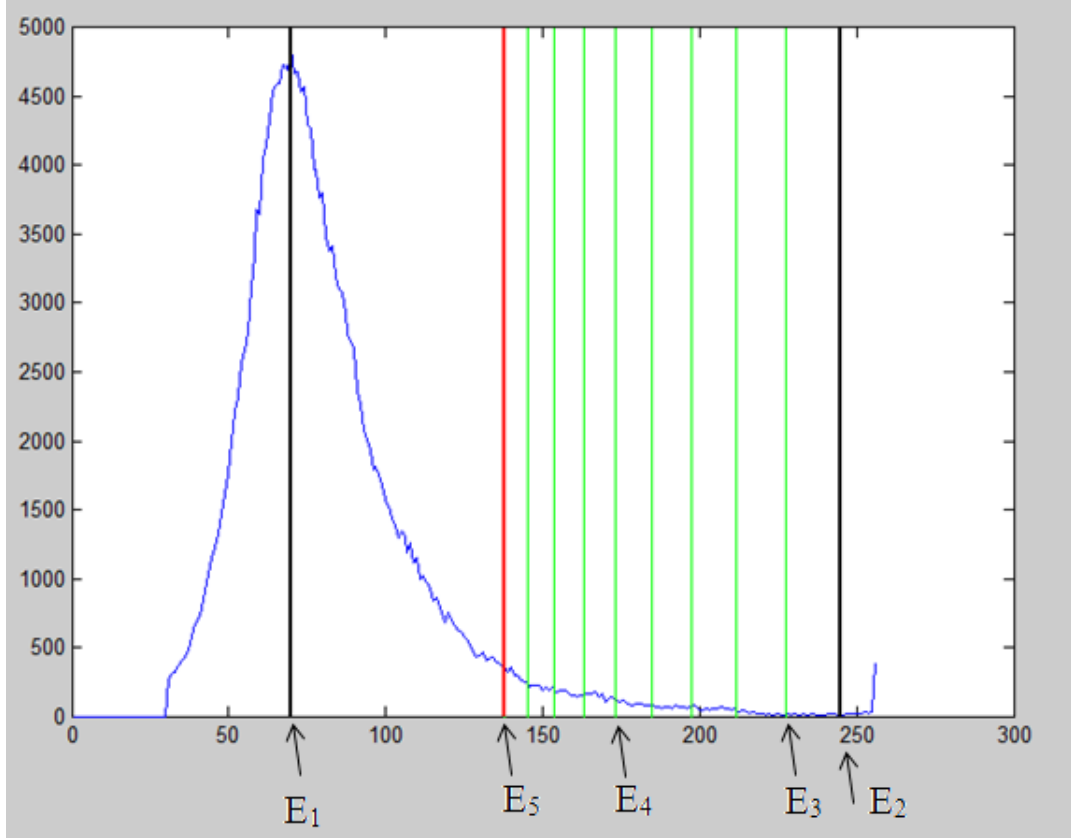
### 3.3.2. Yeşil Kanal Üzerinde Çemberimsi Alanlarda Özniteliklerin Çıkarılması

Bu yöntem grubu aşağıda sıralanan alt yöntemlerden oluşmaktadır:

#### a ) Yeşil Renk Kanalı Üzerinde Sarı Renk Eşik Değerinin Tespiti

OD genelde sarımsı bir renge sahiptir. Sarı renk ise yeşil renk kanalında yüksek histogram aralığına tekabül eder; fakat göz dibi görüntülerinde histogram üzerinde hangi değerden sonrasının sarı rengi temsil ettiğini sabit bir sayı ile belirlemek mümkün değildir. Örneğin parlak resimlerde söz konusu sarı renk eşik değeri yüksek iken mat resimlerde durum tam tersidir. 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 (0.05) olacak şekilde yinelemeli olarak özgün bir yöntemle tespit edilir. Şekil 3.14'te yinelemeli olarak OD'yi 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.  $E_5 = E_2 - (E_2 - E_1) / 10$  (3.13)
2. Histogramda  $E_5$  'ten 256 'ya kadarki piksel sayısını toplam\_piksel değişkenine at.
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 3.14.** Yinelemeli olarak eşik değeri belirleme sürecinin yeşil renk kanalı histogramı üzerinde gösterimi. Dikey eksen piksel sayısını, yatay eksen ise 0 – 255 aralığındaki her bir piksel değerini göstermektedir.

### b ) Görüntünün Maskelenmiş Alanında 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 özniteliğin çarpımı ile elde edilir. Aşağıdaki iki alt özniteliğin de çıkarılabilmesi için sarı rengi temsil eden daha önceden hesaplanmış olan eşik değeri kullanılır.

- Her bir maskede bu eşik seviyesinin üstünde değere sahip piksel sayısının tüm maskenin piksel sayısına oranı elde edilir.

### 3. MATERYAL ve METOT

---

- 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.

#### 3.3.3. Yinelemeli Kontrol Mekanizması

Bir kontrol mekanizmasına ihtiyaç duyulmasının sebebi, veri tabanındaki görüntülerde hem ışığın hem rengin hem de anatomik yapıların dağılımı çok farklı olabildiği için algoritmada kullanılan değişkenlerin her görüntü için geçerli olamaması gerçeğidir. Bu çalışmada özellikle göz dibi görüntülerdeki çeşitliliğe rağmen algoritmanın çalışabilmesi için diğer çalışmalardan farklı bir kavram olma noktasında iki farklı yinelemeli kontrol mekanizması tasarlanmıştır. Görüntüde tespit edilen çember sayısını  $od\_cember\_sayisi$ , sarı renk eşik değerini temsil eden değeri  $E_5$ , her bir çember için çıkarılan birinci özniteliğin birinci çarpanı olan değeri de  $F_{1,1}$  şeklinde gösterecek olursak ilk kontrol mekanizması aslında bir sayaç görevi görmekte olup her bir çember için uygulanmakta ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

- 1) Başla (3.13)
- 2)  $od\_cember\_sayisi = 0$  ata
- 3) Eğer  $od\_cember\_sayisi = 0$ 'a eşitse 6. basamağa git.
- 4) Eğer  $F_{1,1} > (E_5 / 300)$  ise , bu çember OD'i kapsıyor veya kesişiyor olduğu için  $od\_cember\_sayisi$  değişkeninin değerini bir arttır.
- 5)  $od\_cember\_sayisi = od\_cember\_sayisi + 1$  ata
- 6) Dur

Asıl kontrol mekanizması olan ikinci kontrol mekanizmasında ise birinci kontrol mekanizmasından elde edilmiş olan  $od\_cember\_sayisi$  değişkenini kullanılmaktadır ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

- 1) Başla (3.14)
- 2) Eğer  $od\_cember\_sayisi$  kadar çemberin özelliği çıkarıldı ise
- 3) Eğer  $od\_cember\_sayisi > (od\_cember\_sayisi / 20)$  ise 6. Basamağa git
- 4) Değil ise
- 5) ÇHD'de kullanılan çember aralığını iki katına çıkar ve sarı renk eşik değerini tespitinde kullanılan 0.05 değerini 0.1 yaparak algoritmayı

çemberimsi alanların tespiti olarak adlandırılan ikinci yöntem grubundan başlayarak yeniden uygula

6) Dur

### **3.3.4. Tespit edilen çemberleri OD olup olmamalarına göre sınıflandırma**

Bu yöntem grubu aşağıda sıralanan alt yöntemlerden oluşmaktadır:

#### **a ) ÇKA'nın Eğitilmesi**

ÇKA, birden fazla algılayıcı, düğüm ve katman içeren bir 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 özellik bir vektör şeklinde ÇKA'ya uygulanmıştır. Bu YSA'da girdiler her bir retina görüntüsünün içinde tespit edilmiş her bir çemberden elde edilmiş 2 adet özellik içeren bir vektör, çıktı ise bu çemberin OD olup olmadığını ya da OD ile ne kadar kesiştiğini gösteren 1 ve 0 arasındaki değerlerdir. Birinci özellik değerleri normalize edilmiş olmasına rağmen ikinci özellik değerlerinin tümünün 0 ve 1 aralığında olduğu için normalizasyona ihtiyaç duyulmamıştır. Ağın transfer fonksiyonları sırasıyla tansig 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 edilmiş en uygun ara katman sayısı Çizelge 4.1'deki değerlendirme kriterine göre 6, Çizelge 4.2'deki değerlendirme kriterine göre 2 olarak belirlenmiştir.





## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

### 4.1. ÇKA'nın Test Edilmesi

ÇKA sınıflandırıcısının farklı topolojileri için performans bilgileri Çizelge 4.1. ve Çizelge 4.2.'de 20 adet görüntünün eğitim, 20 adet görüntünün ise test için kullanıldığı bu çalışmada ÇKA'da 2 adet giriş ve 1 adet çıkış tanımlanmıştır. Bununla beraber optimum sayıdaki gizli katman nöron sayısı Çizelge 4.1.'deki sonuçlar gözetilerek 2, Çizelge 4.2.'deki sonuçlar gözetilerek 6 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın performansı ise iki farklı bakış açısı ile ele alınmıştır. Çizelge 4.1.'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. Çizelge 4.2.'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.

**Çizelge 4.1.** 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

## 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---

**Çizelge 4.2.** 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

---

Tasarlanan ve DRIVE veri tabanı ile yukarıdaki bahsedilen birinci tip yöntemle gizli katman nöron sayısı 2 olacak şekilde eğitilmiş olan ağ, Lincoln Üniversitesi'nin web sitesinden alınan ONHSD retina veri bankasından rastgele seçilmiş 20 adet görüntü ile de test edilmiş ve Çizelge 4.3.'te de görülebileceği gibi % 92.5 başarı elde edilmiştir.

**Çizelge 4.3.** Eğitim aşamasında OD ile kesişen veya örtüşen çemberler referans alınarak, ÇKA YSA modelinde 2 adet gizli katmana sahip ağ ile ONHSD ile yapılan testin performans sonuçları

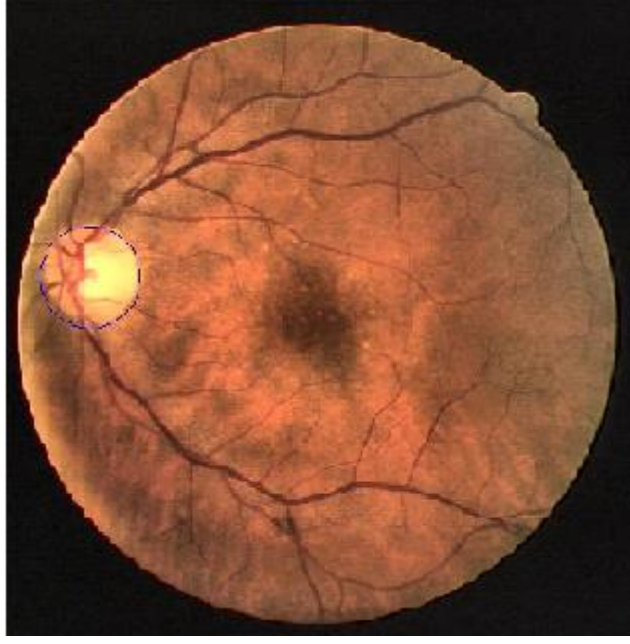
ÇKA Mimarisi	Performans (%)	RMS
<b>2-2-1</b>	<b>92.5</b>	<b>0.3162</b>

---

### 4.2 Eğitim ve Test Görüntülerinde Elde Edilen Sonuçlar

Eğitim ve test görüntülerinde elde edilen çalışmaların görsel sonuçları aşağıdaki gibidir.

#### 4.2.1 Eğitim görüntüleri

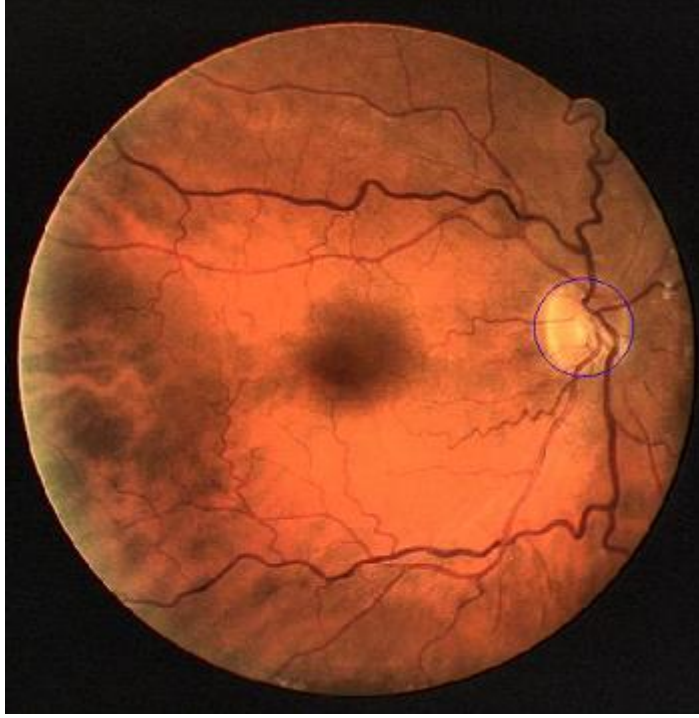


Şekil 4.1. 21\_training

Şekil 4.1.'de OD görüntünün solunda normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve ışık dağılımı normal bir dağılım göstermektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

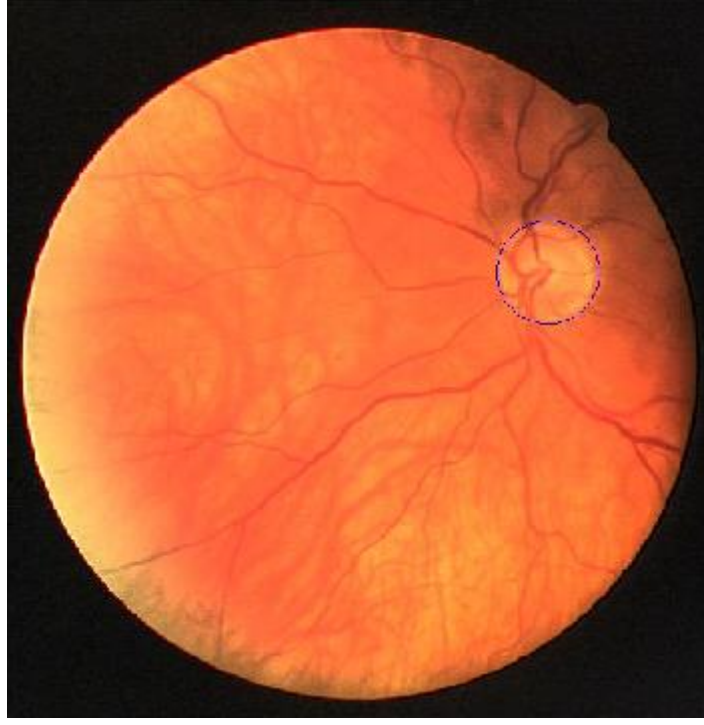
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---



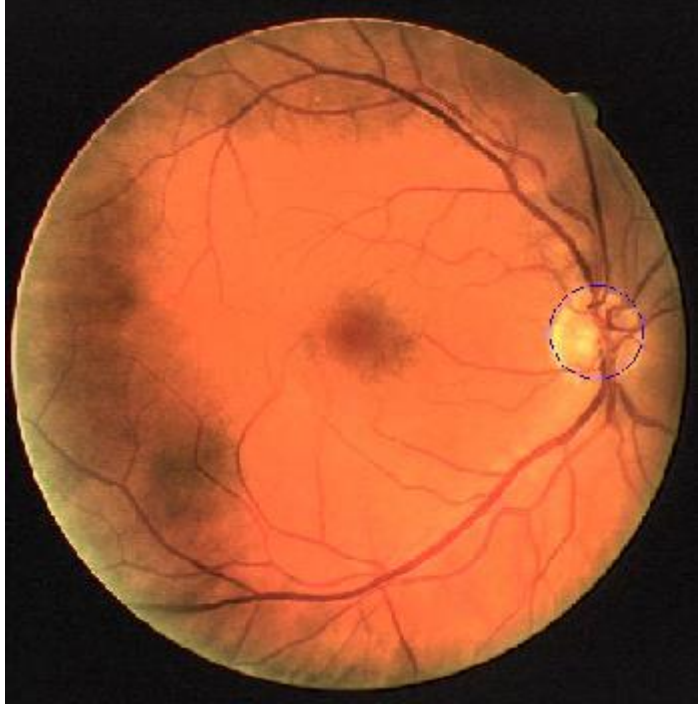
Şekil 4.2. 22\_training

Şekil 4.2.'de OD görüntünün sağında normal boyutlarda belirsiz bir Şekilde bulunmaktadır ve ışık dağılımları dağımlık bir dağılım göstermektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



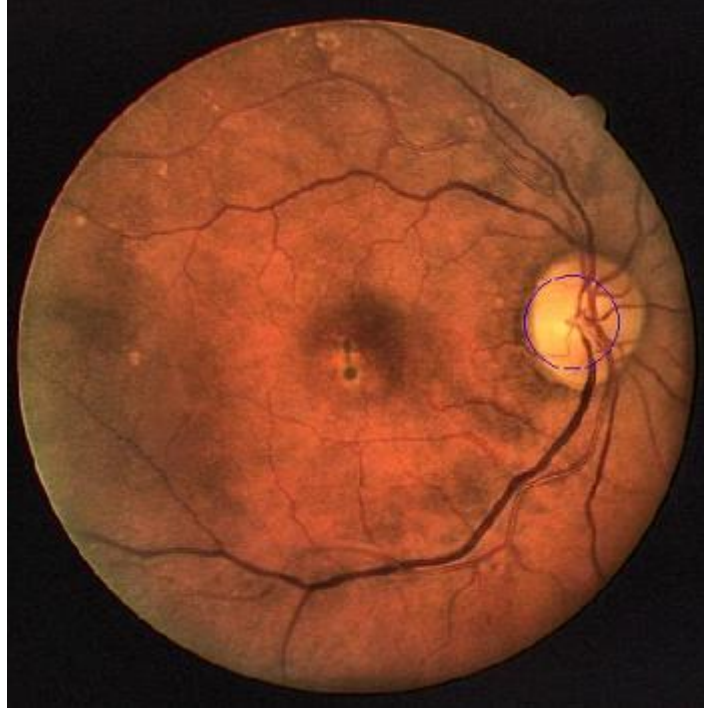
Şekil 4.3. 23\_training

Şekil 4.3.'te OD görüntünün sağ üst kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün çok parlak olduğu gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.4. 24\_training

Şekil 4.4.'te OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.5. 25\_training

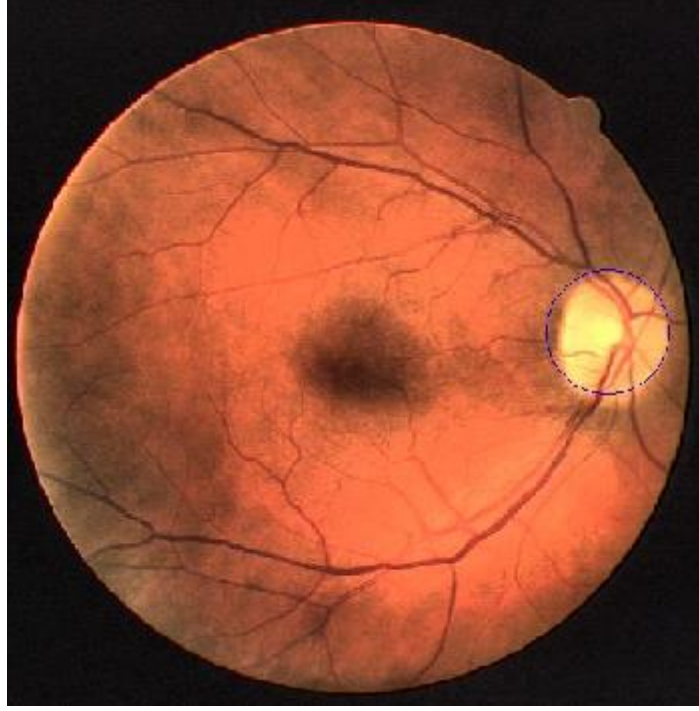
Şekil 4.5.'te OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.6. 26\_training

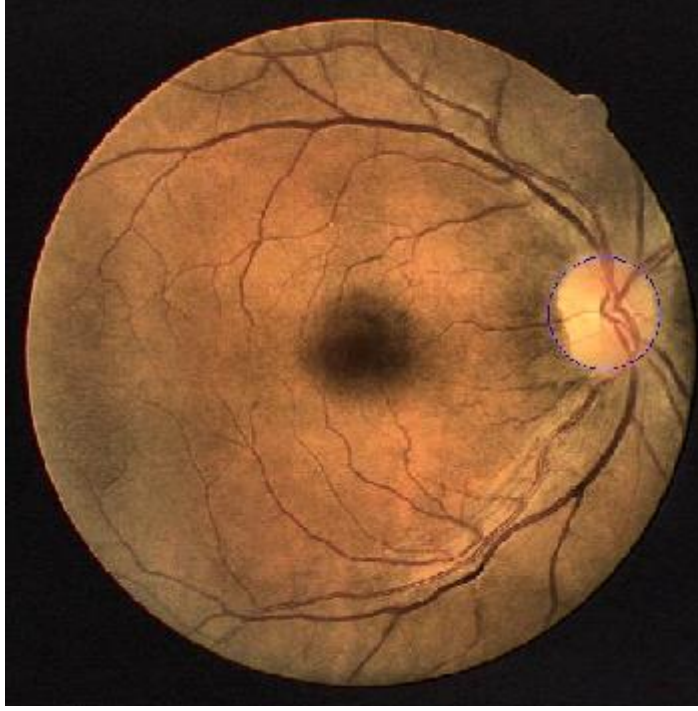
Şekil 4.6.'da OD görüntünün sol kısmında büyük boyutlarda belirsiz bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmaktadır.





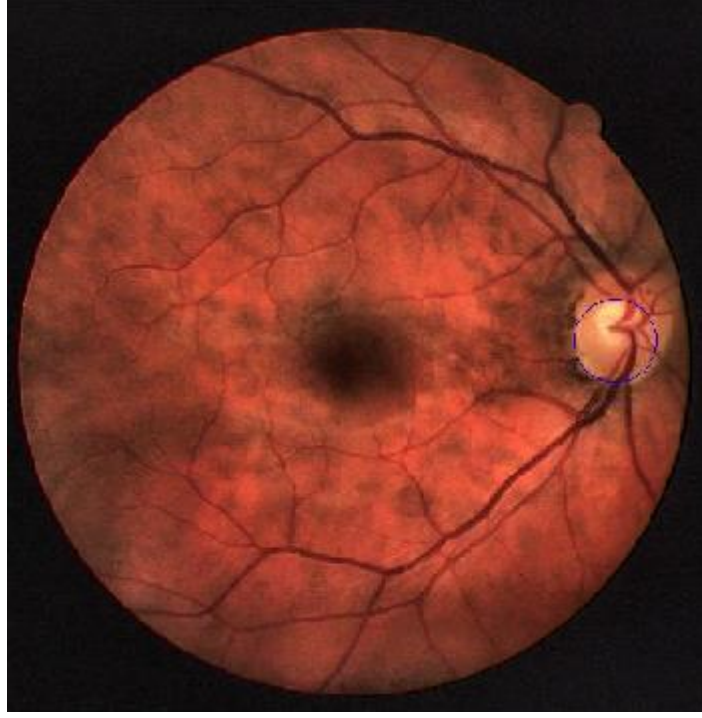
Şekil 4.7. 27\_training

Şekil 4.7.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



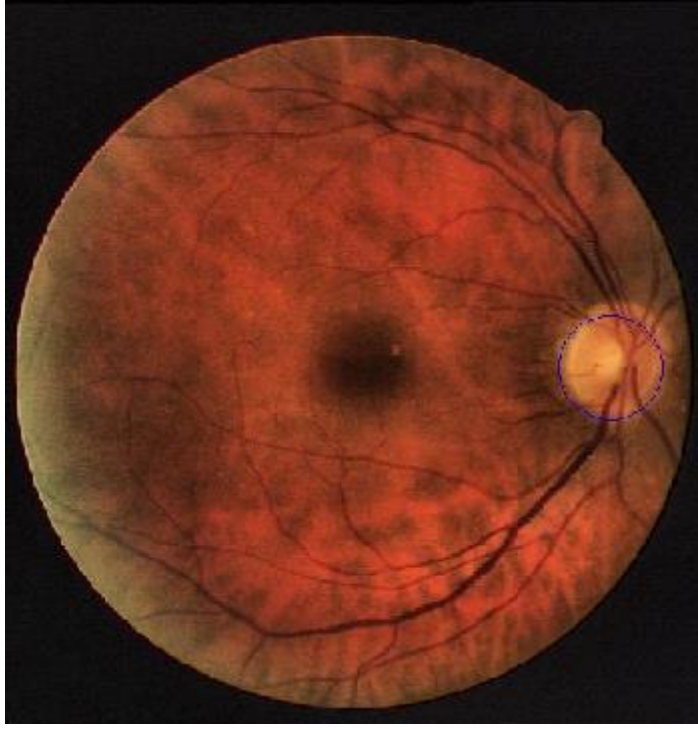
Şekil 4.8. 28\_training

Şekil 4.8.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.9. 29\_training

Şekil 4.9.'da OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.10. 30\_training

Şekil 4.10.'da OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

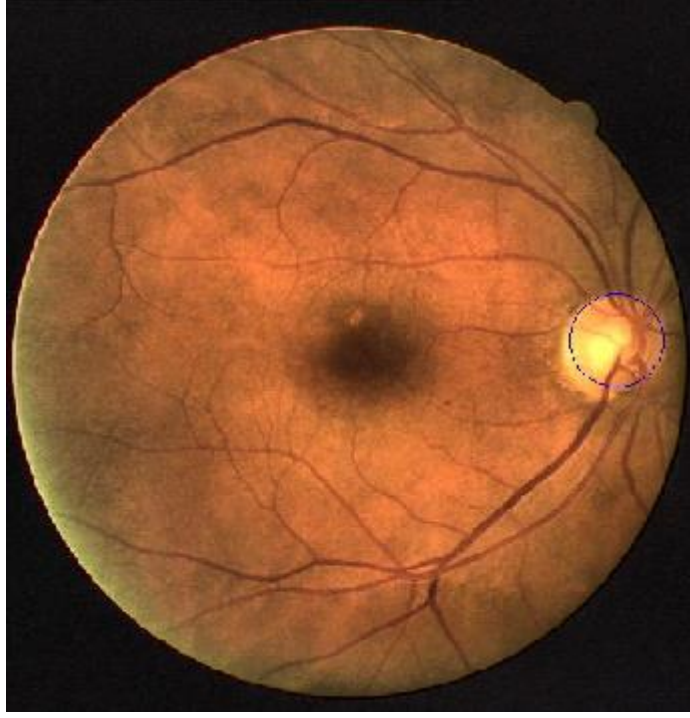


Şekil 4.11. 31\_training

Şekil 4.11.'de OD görüntünün sağ orta kısmında büyük boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. Ciddi bir OD lezyonu bulunmamaktadır.

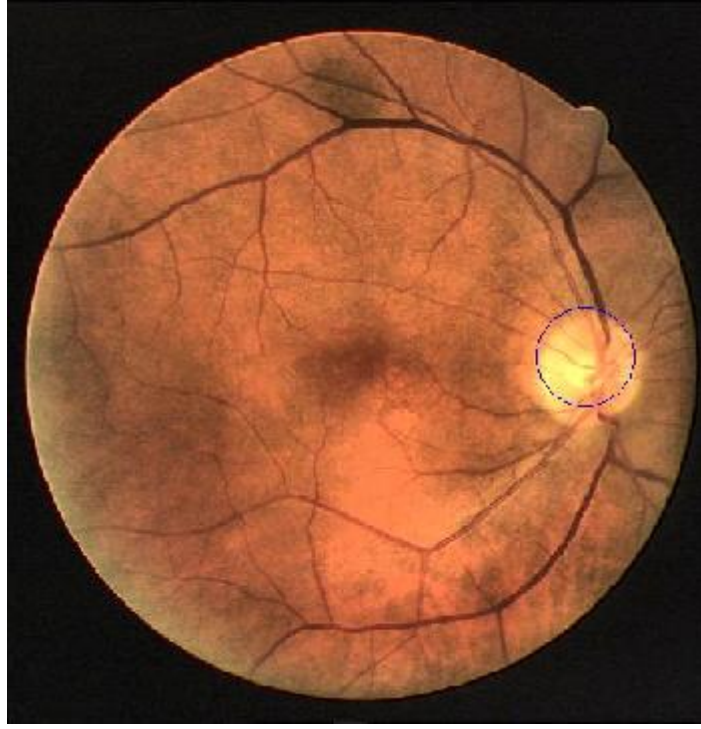
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---



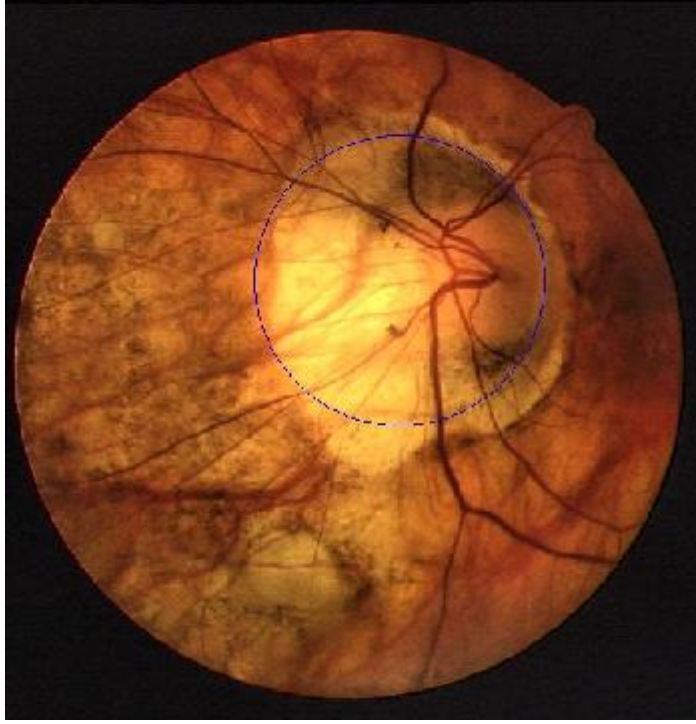
Şekil 4.12. 32\_training

Şekil 4.12.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.13. 33\_training

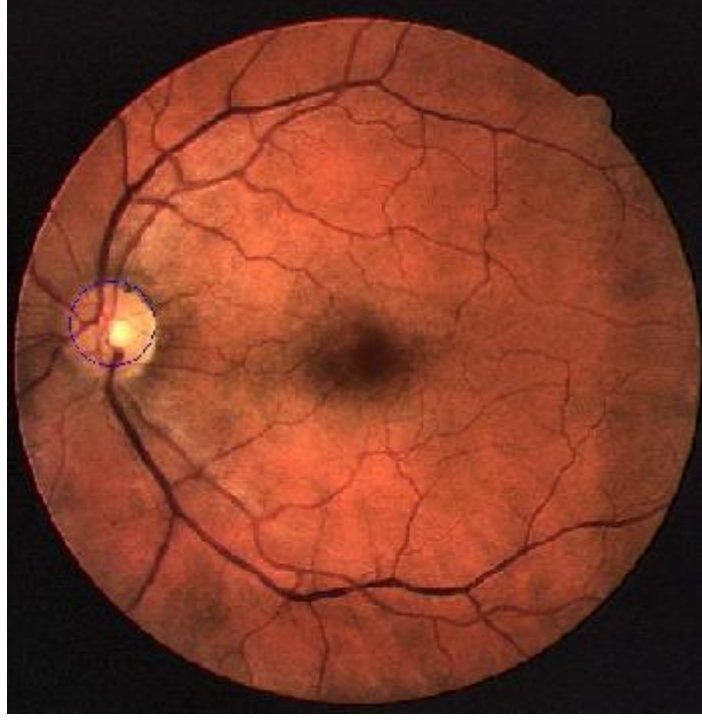
Şekil 4.13.'te OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.14. 34\_training

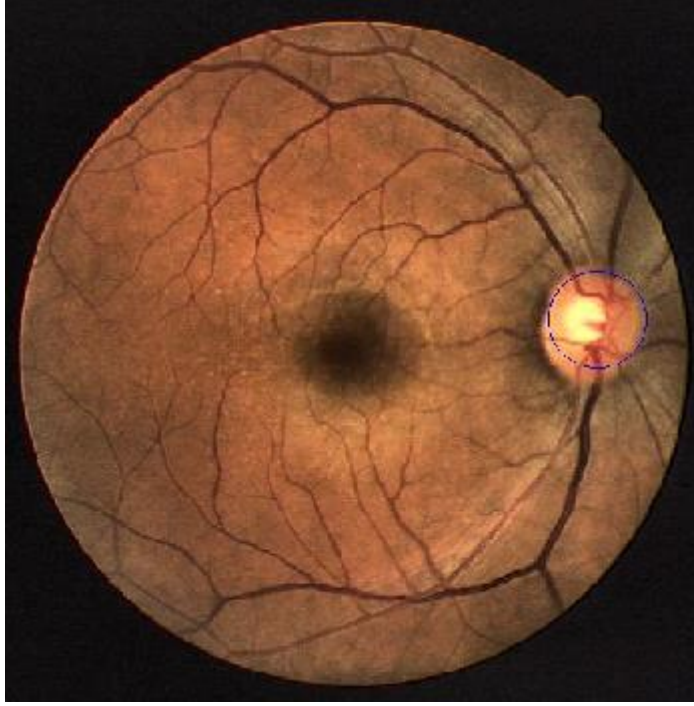
Şekil 4.14.'te OD görüntünün orta kısmında çok büyük boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. Ciddi bir OD lezyonu bulunmaktadır.





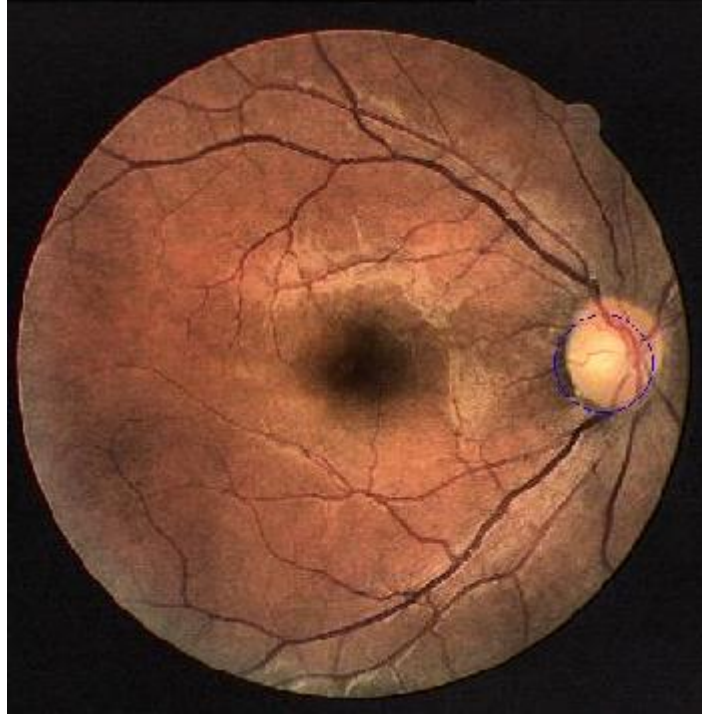
Şekil 4.15. 35\_training

Şekil 4.15.'te OD görüntünün sol kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



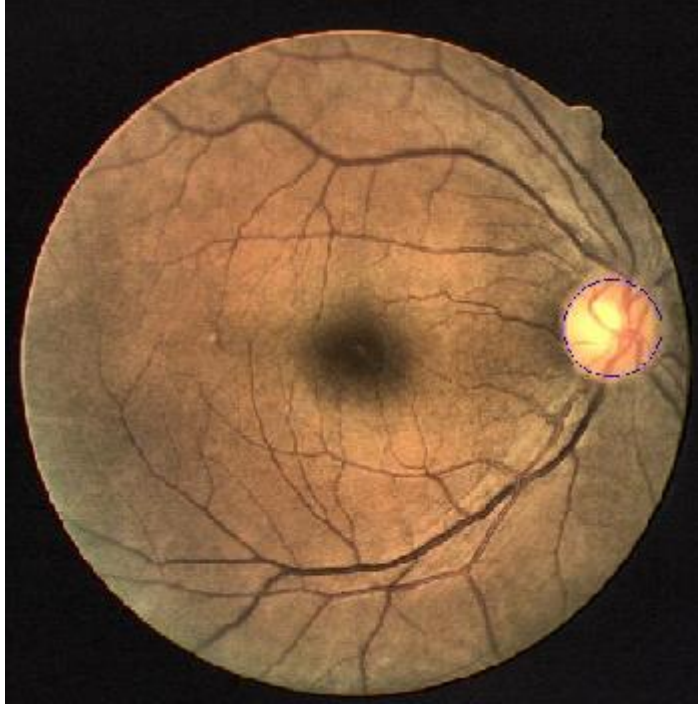
Şekil 4.16. 36\_training

Şekil 4.16.'da OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.17. 37\_training

Şekil 4.17.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



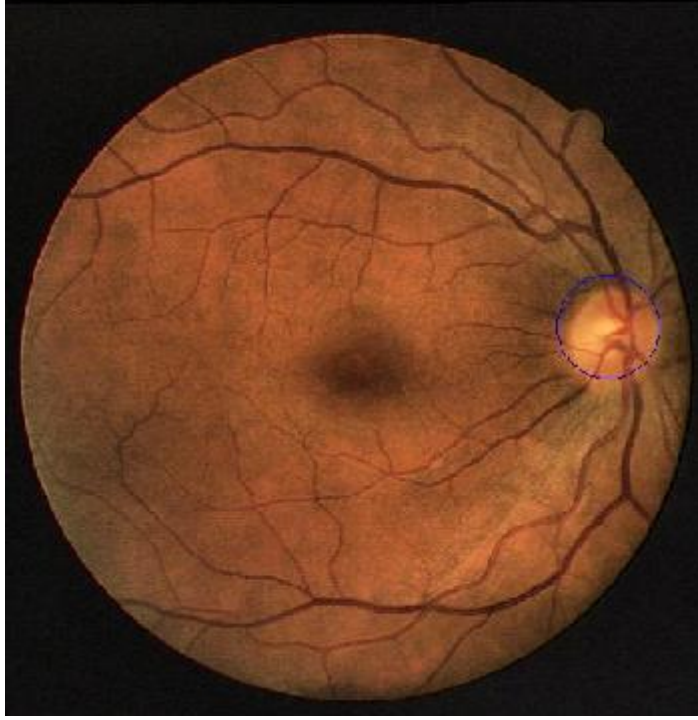
Şekil 4.18. 38\_training

Şekil 4.18.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.19. 39\_training

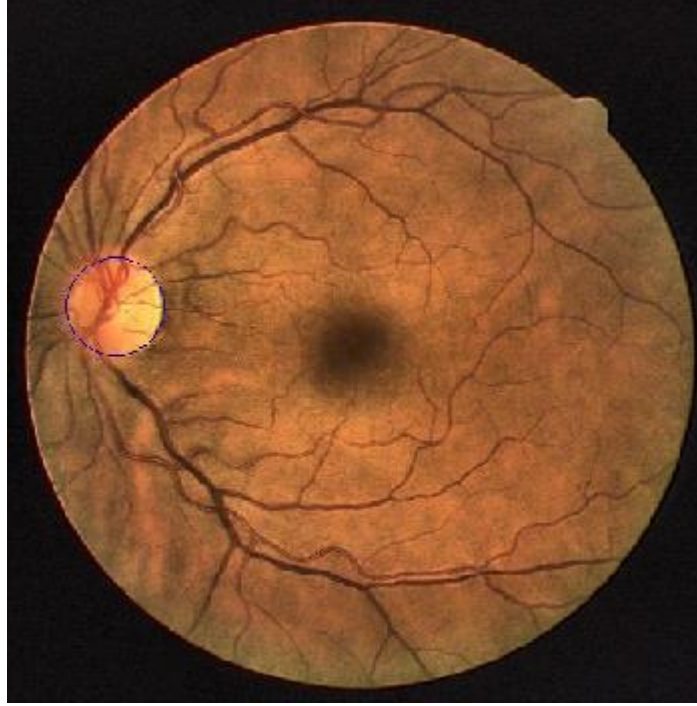
Şekil 4.19.'da OD görüntünün sol kısmında normal boyutlarda belirsiz bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.20. 40\_training

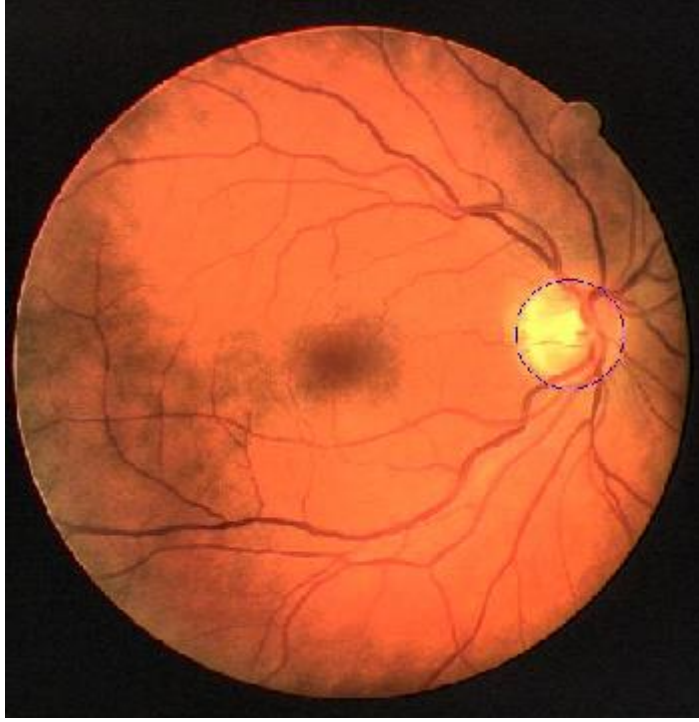
Şekil 4.20.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

Test görüntüleri



Şekil 4.21. 1\_test

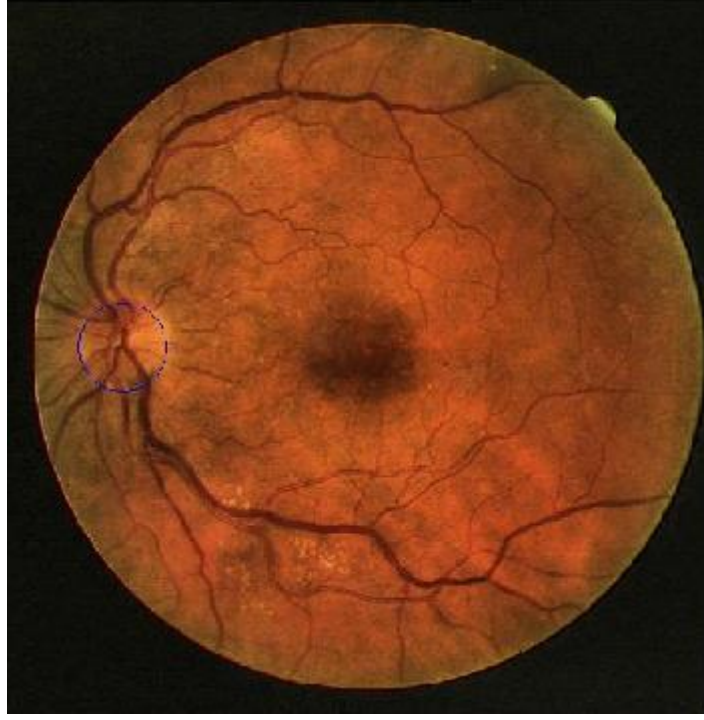
Şekil 4.21.'de OD görüntünün sol kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.22. 2\_test

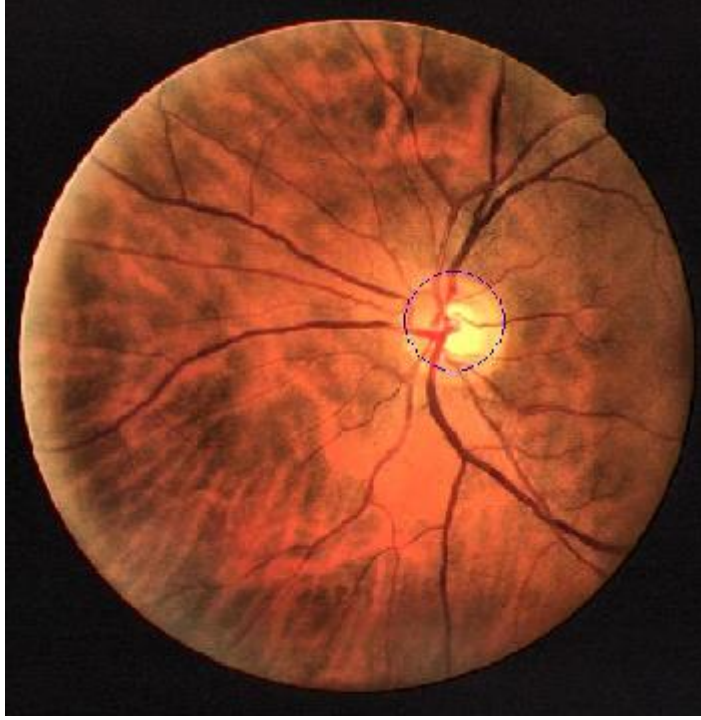
Şekil 4.22.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirsiz bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.





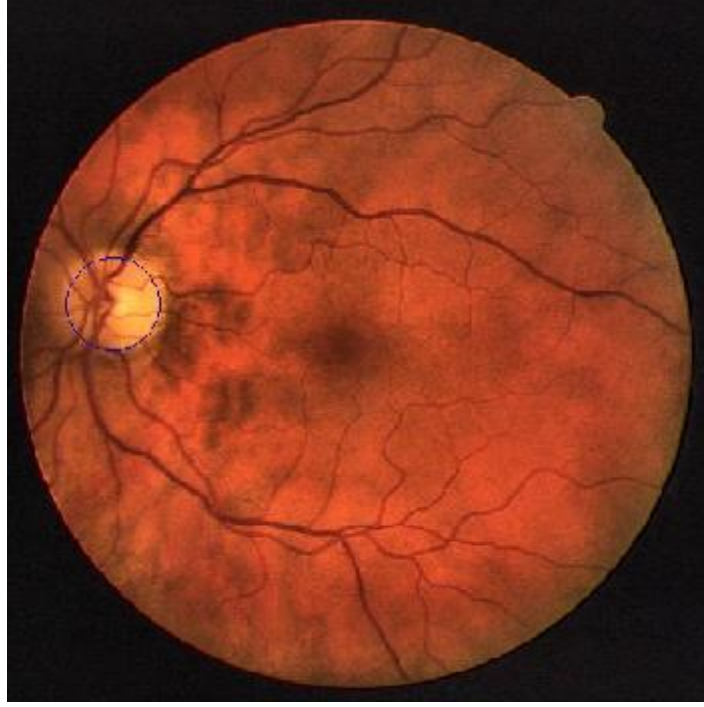
Şekil 4.23. 3\_test

Şekil 4.23.'te OD görüntünün sol kısmında normal boyutlarda belirsiz bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



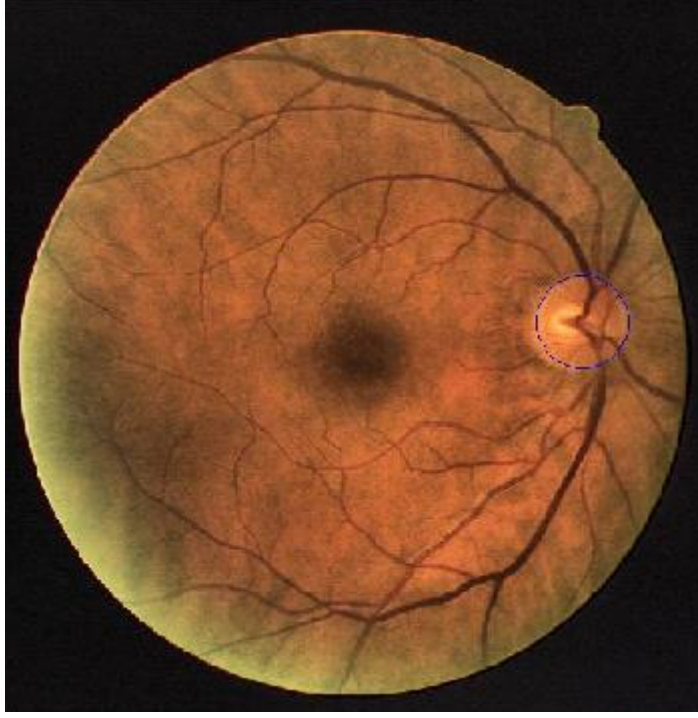
Şekil 4.24. 4\_test

Şekil 4.24.'de OD görüntünün orta kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



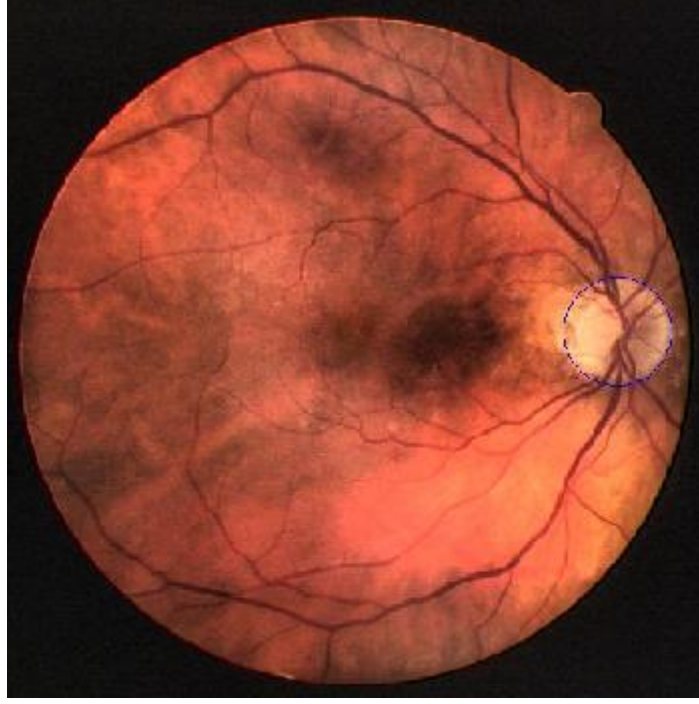
Şekil 4.25. 5\_test

Şekil 4.25.'te OD görüntünün sol kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.26. 6\_test

Şekil 4.26.'da OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

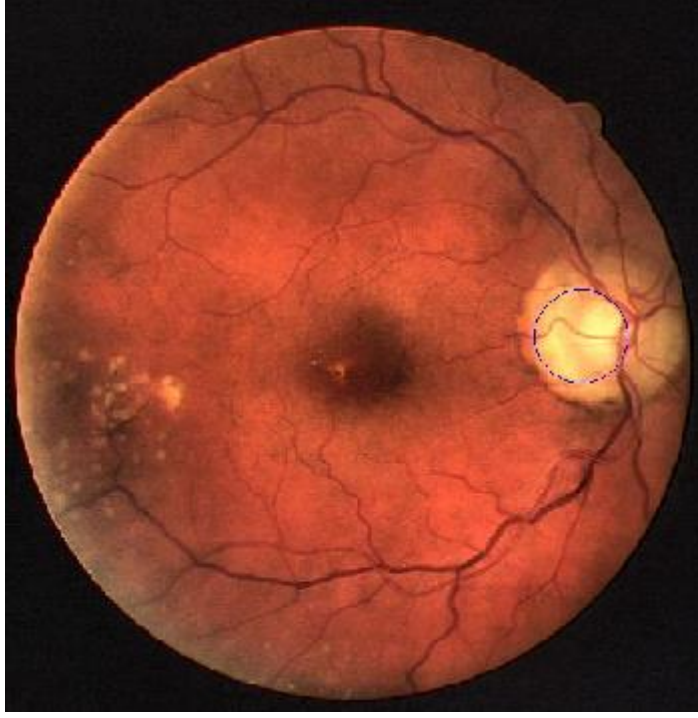


Şekil 4.27. 7\_test

Şekil 4.27.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin ama dağınık bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

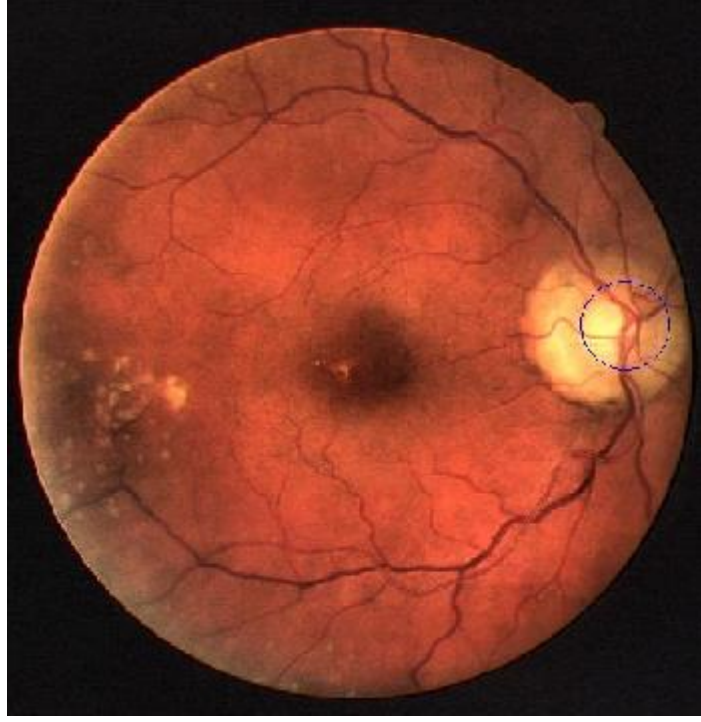
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---



Şekil 4.28. 8\_1\_test

Şekil 4.28.'de OD görüntünün sağ kısmında büyük boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

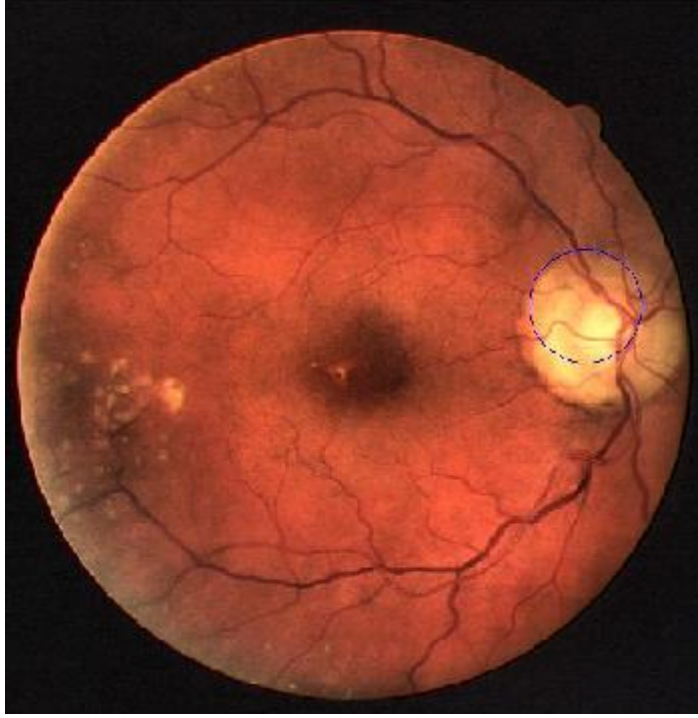


Şekil 4.29. 8\_2\_test

Şekil 4.29.'da OD görüntünün sağ kısmında büyük boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

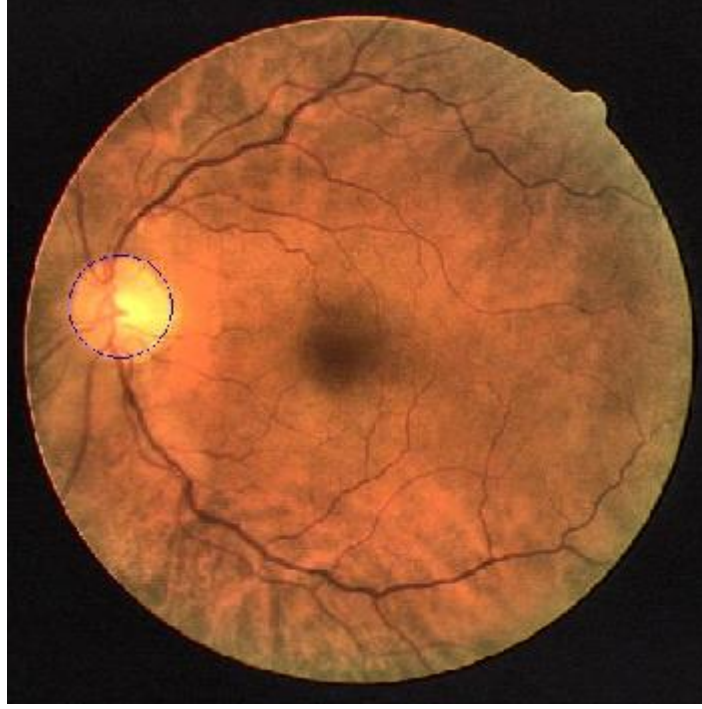
---



Şekil 4.30. 8\_3\_test

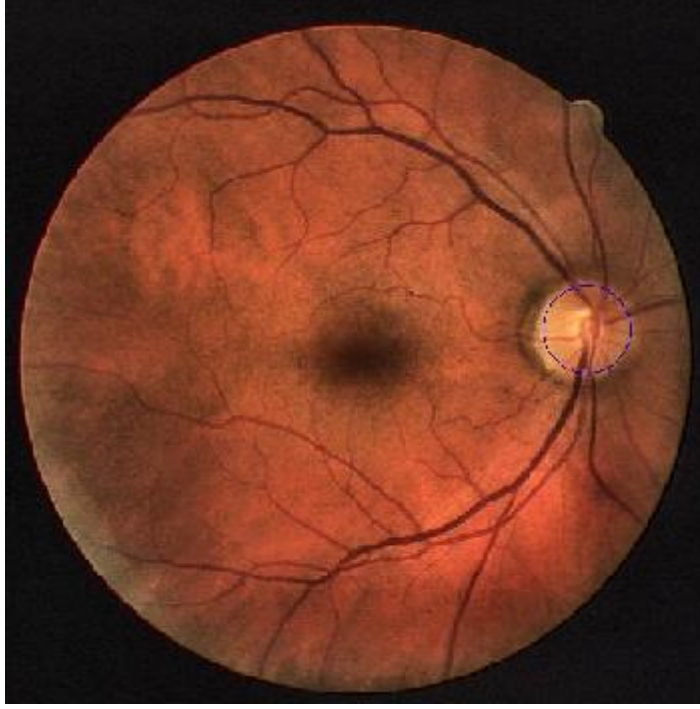
Şekil 4.30.'da OD görüntünün sağ kısmında büyük boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.





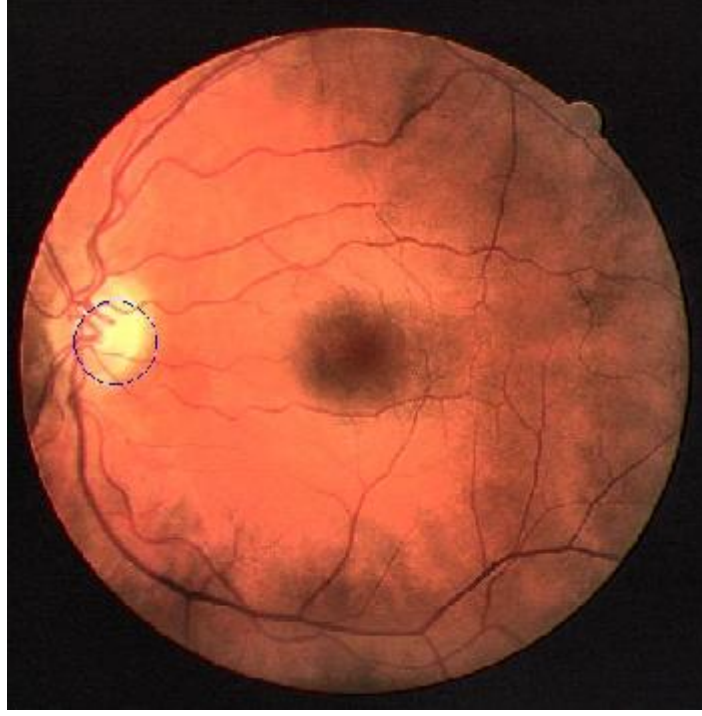
Şekil 4.31. 9\_test

Şekil 4.31.'de OD görüntünün sol kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.32. 10\_test

Şekil 4.32.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.33. 11\_test

Şekil 4.33.'te OD görüntünün sol kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

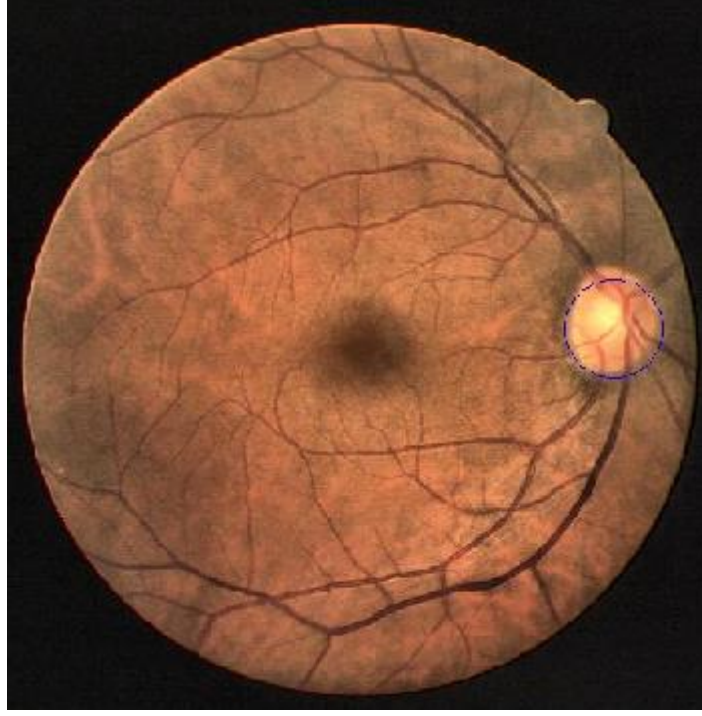
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---



Şekil 4.34. 12\_test

Şekil 4.34.'te OD görüntünün sol kısmında normal boyutlarda belirgin ama dağınık bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

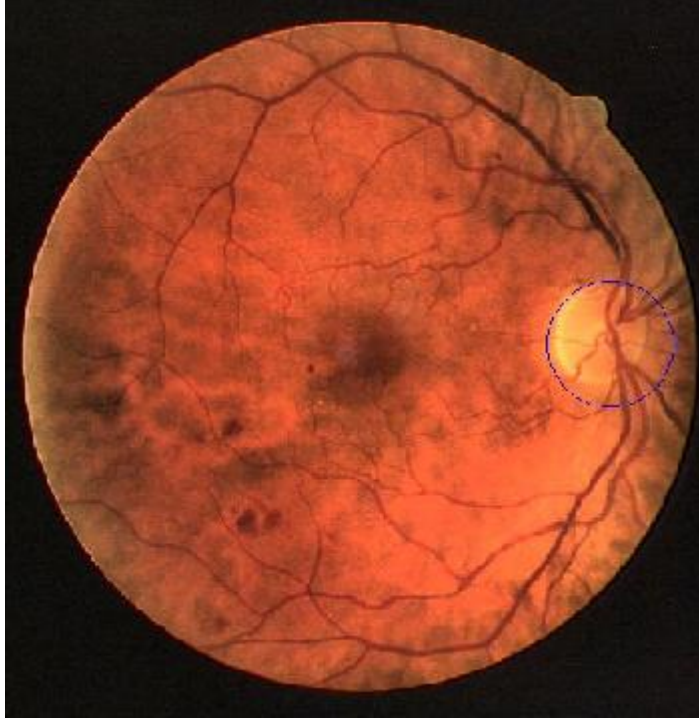


Şekil 4.35. 13\_test

Şekil 4.35.'te OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---



Şekil 4.36. 14\_test

Şekil 4.36.'da OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda kısmen belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

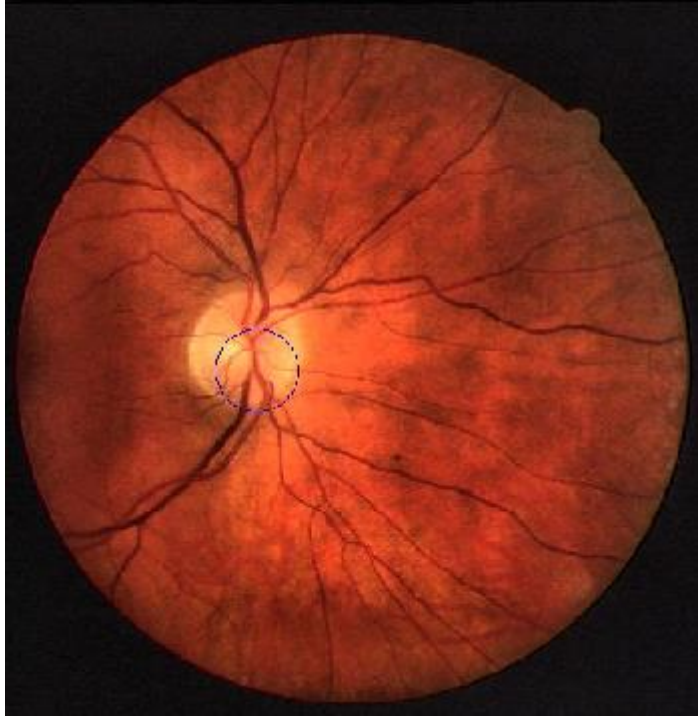


Şekil 4.37. 15\_1\_test

Şekil 4.37.'de OD görüntünün sol orta kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

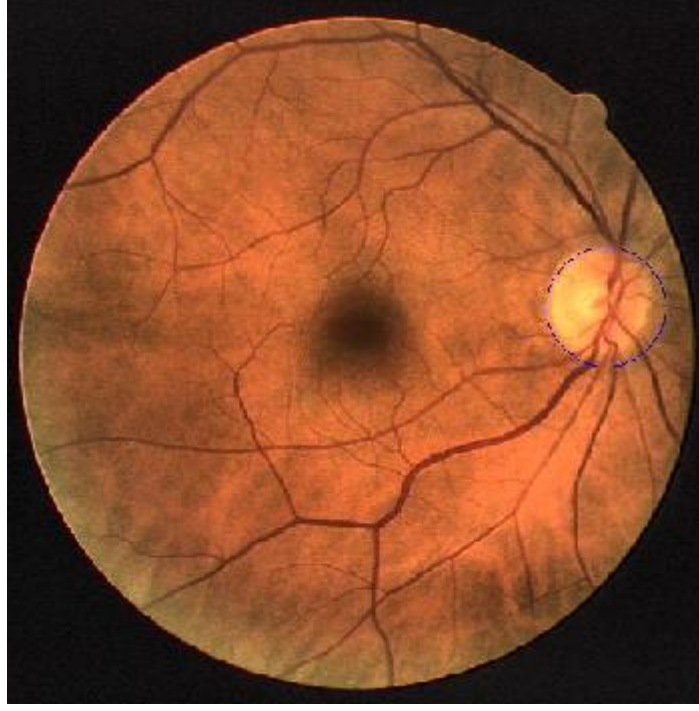
---



Şekil 4.38. 15\_2\_test

Şekil 4.38.'de OD görüntünün sol orta kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



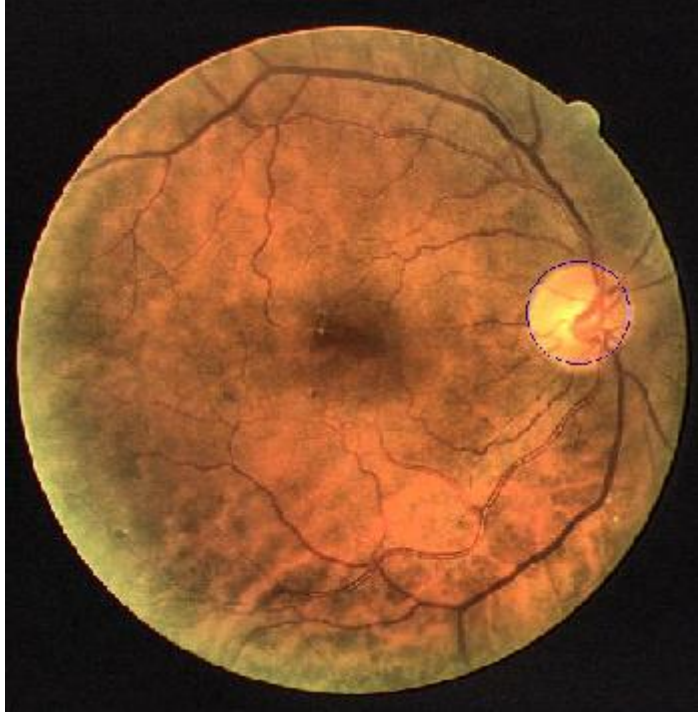


Şekil 4.39. 16\_test

Şekil 4.39.'da OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

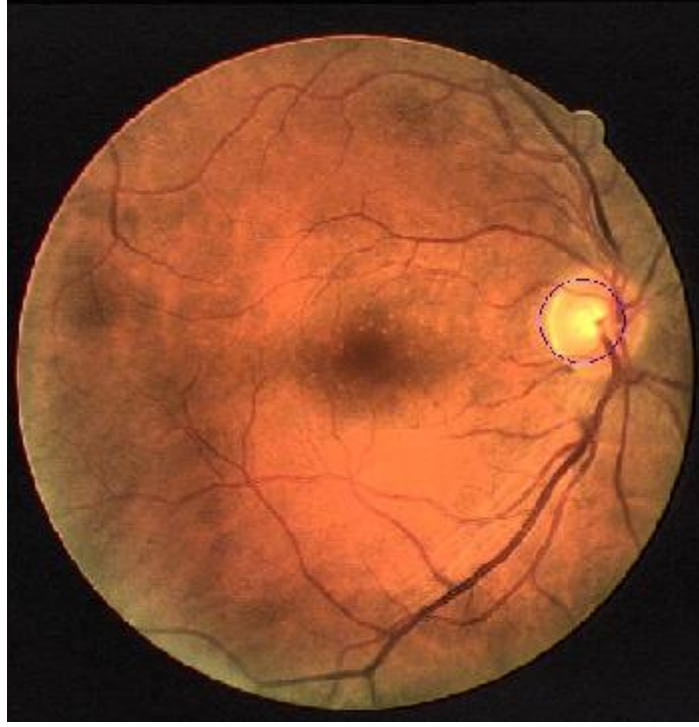
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---



Şekil 4.40. 17\_test

Şekil 4.40.'ta OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

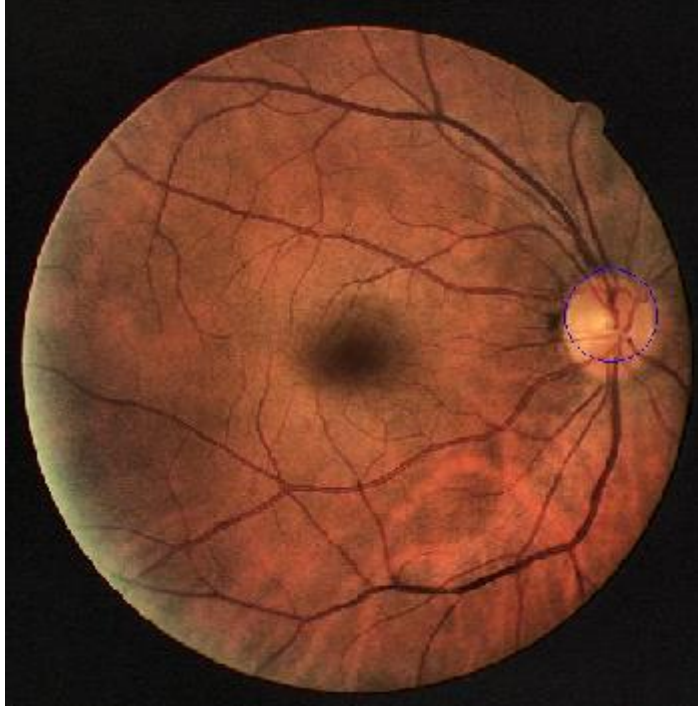


Şekil 4.41. 18\_test

Şekil 4.41.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün parlak olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.

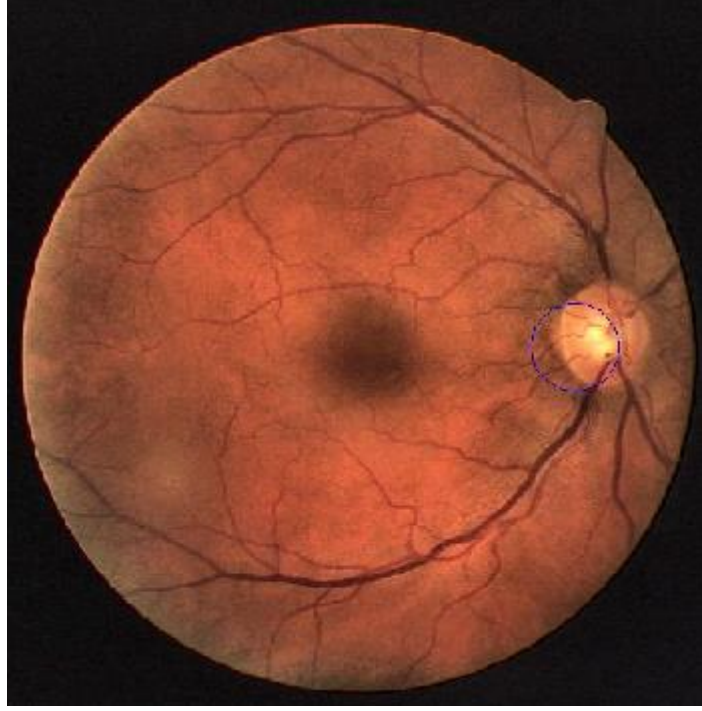
#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI

---



Şekil 4.42. 19\_test

Şekil 4.42.'de OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir Şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



Şekil 4.43. 20\_test

Şekil 4.43.'te OD görüntünün sağ kısmında normal boyutlarda belirgin bir şekilde bulunmaktadır ve görüntünün mat olduğu ve ışık dağılımının homojen olmadığı gözlenmektedir. OD lezyonu bulunmamaktadır.



## 5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada esasen uzun vadede DR hastalığının teşhisi amaçlanmıştır ve tezin başlığında DR hastalığına ait vurgu yapılmıştır. DR hastalığının tespitinde evrenmesinde kullanılan çeşitli parametreler vardır. OD, bu parametrelerden hiç biri değildir; fakat parametrelerin elde edilmesi açısından önemli bir referans noktası ve başlangıç noktasıdır. DR'nin ilk evresinin tespitinde kullanılan parametrelerden olan sert eksüdalar sarı renge sahiplerdir. OD de sarı renge sahip olduğu için ancak OD diskin yerinin tespit edilip ardından bu tespit edilen yerin dışında sarı renkli sert eksüdaların varlığının analiz edilmesi mümkün olmaktadır. Mikroanevrizmalar kılcal damarlarda olan bombeler ifade etmektedir ve kılcal damar kenarlarında küçük kırmızı noktalar şeklinde görünmektedir ve tespitleri sırasında OD yerinin bilinmesinin direk bir faydası yoktur. DR'in orta evresinin tespitinde kullanılan parametrelerden olan yumuşak eksüdaların genelde sarımsı ya da beyaza yakın bir renge sahip oldukları gözlenmektedir. Yumuşak eksüdaların tespitinde de OD yerinin bilinmesinde büyük fayda vardır. Zira OD alanı dışında kalan alanda basit bir eşik seviyesi testi ile bu yapıların varlığı kolaylıkla tespit edilebilir. DR'in orta evresinin tespitinde kullanılan diğer iki parametre olan kanama ve IRMA parametrelerinde ve DR'in ileri evresinde görülen neovaskülarizasyonda da görüntüdeki damar sisteminin elde edilmiş olması gerekmektedir. Embriyonik dönemde retinadaki damarların başlangıç noktası OD olduğu için görüntüden damar sisteminin elde edilmesini gerektiren söz konusu DR parametrelerinin elde edilmesi amacıyla, OD damar sisteminin çıkarılması için kullanılacak olan kimi algoritmalar için bir başlangıç noktası ihtiyacını fazlasıyla karşılamaktadır.

Bu çalışmada DRIVE retina veri bankasından alınan retina görüntülerinde OD yeri tespiti amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan DRIVE veri tabanı, diğer bazı retina analizi 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 bir dezavantaj olup KSAHE 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

## 5.TARTIŞMA VE SONUÇ

---

sarı rengi temsil eden ve yinelemeli bir şekilde tespit edilen eşik değeri kullanılarak çıkarılan öznelikler yardımıyla aşılmaya çalışılmıştır. Her ne kadar DRIVE veri tabanındaki görüntü çözünürlüğü 584x565 olsa da algoritma değişik görüntü çözünürlüklerinde çalışacak şekilde kodlanmıştır. Bir oftalmolojistin iki farklı değerlendirme kriterine göre bu çalışma %87.50 ve % 95.00 başarı oranlarına sahiptir.

Kullanılan yöntemler değişik çalışmalar ile ortak uygulamalara sahip olsa da kendine has yöntemler kullanılmış ve bu yöntemlerle kodlama sürecinde daha iyi sonuçların elde edildiği gözlenmiştir. Bu özgün yöntemlerden ilki, ÇHD uygulanmadan önce kenarlara yinelemeli olarak çapı yeterli değere kadar arttırılan disk şeklindeki yapı birimi ile MKİ uygulanmıştır. Bu yöntemle, kenar tespit işleminden sonra OD kenarları kopuk olarak elde edilmiş ve dolayısıyla ÇHD sürecinde OD kenarları üzerinde çemberimsi örüntü tespit edilememiş görüntülerdeki kopuk OD kenarları MKİ ile yinelemeli olarak çemberimsi bir örüntü oluşması sağlanana dek birleştirilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan bir başka özgün yöntem ise bir önceki özgün yöntemin hangi değere kadar yinelemeye devam etmesi gerektiğini karar veren iki adet kontrol mekanizmasıdır. Bu kontrol mekanizmalarından biri tespit edilen çemberimsi görüntülerin çıkarılan özelliklerini kontrol ederek OD olabilecek çemberleri sayan bir sayaç, diğeri ise tespit edilen toplam çember sayısı ile OD olabilecek çember sayısı oranına göre süreci CKT basamağının sonrasında belirli parametreleri değiştirerek yeniden çalıştıran bir mekanizmadır. Değiştirilen parametrelerden biri kenarlara uygulanan MKİ işleminde kullanılan disk şeklindeki yapı biriminin çapıdır ve her yineleme adımında bir birim arttırılmaktadır. Diğer bir parametre ise ÇHD sırasında önceden belirlenmiş olan ve çemberimsi örüntü aralığını belirleme de kullanılan en yüksek çap aralığıdır ve her yineleme adımında arttırılır. Başka bir parametre ise sarı renk eşik değerini bulmak için kullanılan ve OD alanının tüm görüntü alanını temsil eden sabit sayıdır ve her yinelemede arttırılır.

Çalışmada kullanılan başka bir özgün yöntem ise birinci ve ikinci özgün yöntemlerin arasında bir basamaktadır. Bu yöntemde OD alanının tüm görüntü alanının yaklaşık olarak yirmide biri olduğu gözlemi temel alınarak, yeşil renk histogramı üzerinde yinelemeli bir şekilde sarı rengi temsil eden eşik değeri bulunur. Burada yinelemeli ve adaptif bir yöntemin uygulanmış olmasının sebebi her bir görüntünün

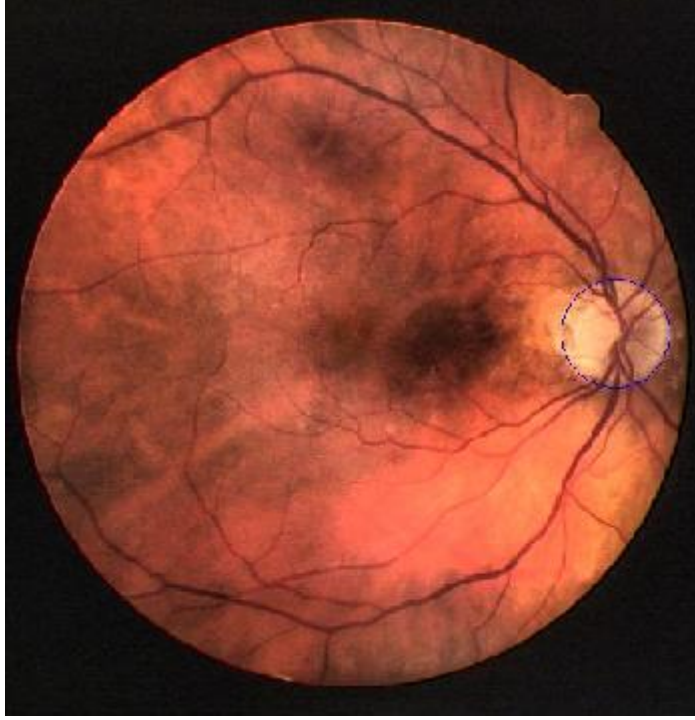


değişik ışık dağılımı ve renk zıtlığına sahip olmasıdır. Parlak resimlerde yüksek değerde bir eşik seviyesi elde edilirken, mat resimlerde daha düşük değerde bir eşik seviyesi elde edilmektedir.

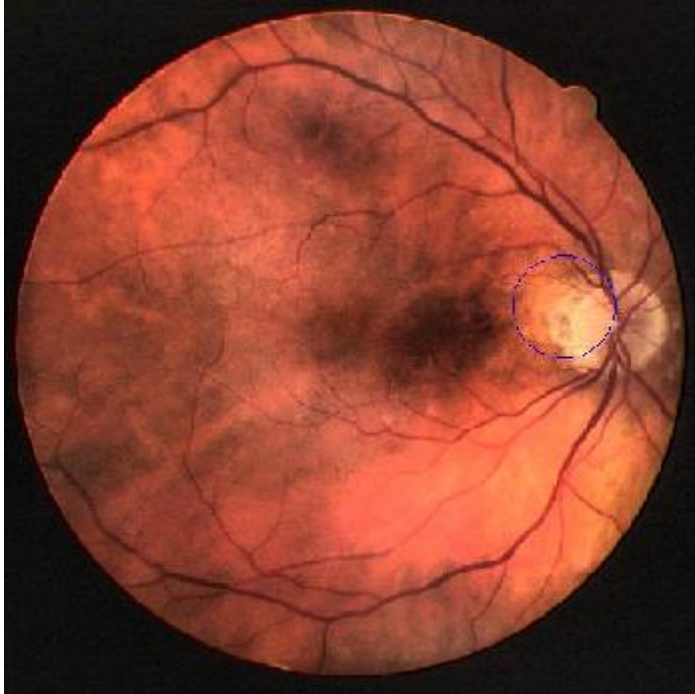
Çalışmada, ÇKA ile yapılan çok sayıdaki test sonucunda veri tabanındaki iki adet görüntünün bazen hatalı tespit edildiği görülmüştür. Bunlardan ilkinde OD kenarları arka plandan kimi bölgelerde keskin bir şekilde kopmadığı için karışıklık yaşanmaktadır. Şekil 5.1. doğru bulunan sonucu, Şekil 5.2. ise yanlış bulunan sonucu göstermektedir. İkinci hata tipi vakasında ise görüntünün parlak olması ve aynı zamanda tespit edilen çembersel örüntünün OD'in çoğu ile kesişiyor olması algoritmanın bu hatayı tespit etmesini engellemiştir. Şekil 5.3. doğru bulunan sonucu, Şekil 5.4. ise yanlış bulunan sonucu göstermektedir.

Kullanılan veri tabanındaki görüntülerdeki ışık, lezyon ve OD lokasyonu çeşitliliği özenle seçilmiş olduğu için çalışmanın bu parametrelerin değişimine uyum sağlaması gözetilmiştir. Bu veri tabanında bulunmayan; fakat büyük miktarda eksüda barındıran resimlerde OD ile eksüdaların karıştırılması muhtemeldir. Çalışma bu konuda doğru sonuçlar elde edemeyebilir. Bu açıdan çalışmada kullanılan CKT algoritması yerine çemberimsi kenarları vurgulayıp mümkün oldukça az gürültü içeren bir kenar geliştirme algoritmasına ihtiyaç duyulabilir. Bununla beraber ÇHD ile çember tespiti yapılırken daha seçici bir aralık kullanılabilir. Bunun dışında kullanılan veri tabanının çözünürlüğü 565x584 çözünürlüğünde olduğu için bu çözünürlüğe yakın çözünürlüğe sahip görüntülerde başarılı sonuçlar elde edilirken, yüksek çözünürlüğe sahip görüntülerde bu görüntülere has eşik değerleri kullanılması gerekmektedir.

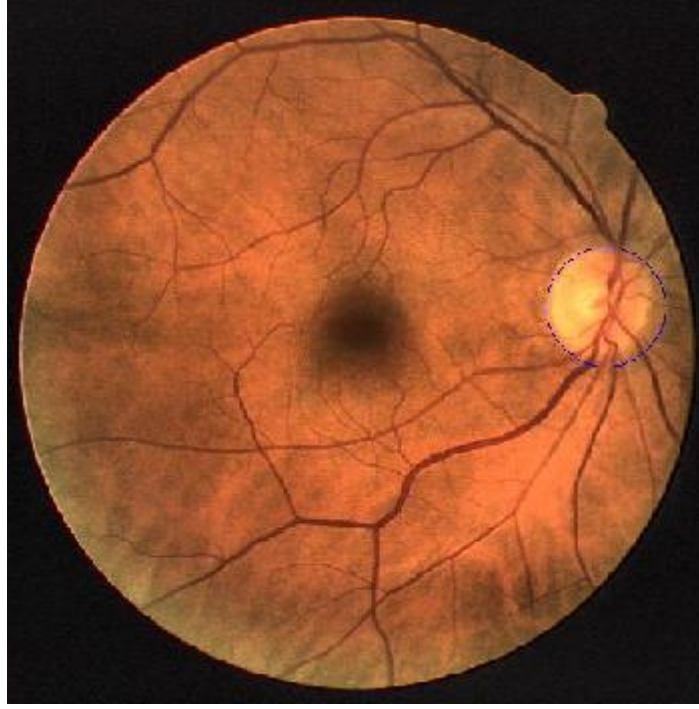
Bu çalışmada OD yeri tespit edilmeye çalışılmış ve DRIVE retina veri bankası üzerinde çalışmalar yapılmış ve %95 gibi bir başarıya ulaşılmıştır. Hatalı kabul edilen sonuçlar da bir şekilde OD ile kesişen bölgeleri tespit edebilmiştir. OD tespiti ile bu konuda yapılacak olan direk çalışmalar için ilk adımın atılması hedeflenmiştir. Retina görüntüsü işleme dünyada çok yeni bir konu olmakla birlikte ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar yok denecek kadar azdır. Bu çalışma bu konuda en azından ilk adım atanlardan biri olmayı hedeflemektedir.



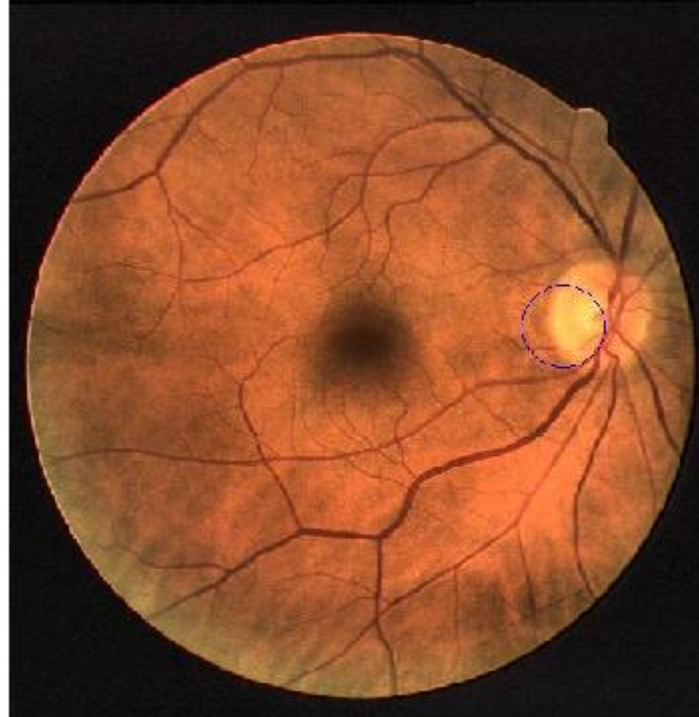
Şekil 5.1. 7\_test üzerindeki doğru OD tespiti



Şekil 5.2. 7\_test üzerindeki yanlış OD tespiti



Şekil 5.3. 16\_test üzerindeki doğru OD tespiti



Şekil 5.4. 16\_test üzerindeki yanlış OD tespiti

## 5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmanın benzer çözünürlüğe sahip olan, çok fazla bulanık olmayan ve çok büyük çapta eksüda içermeyen görüntülerde de çalışıp çalışmadığı ve eğitilmiş olan yapay sinir ağında ezberlemenin değil öğrenmenin gerçekleşip gerçekleşmediği gözlenmek istenmiştir. Bu amaçla DRIVE retina veri bankasının eğitim görüntüleri ile eğitilmiş ağ, Lincoln Üniversitesi'nin web sitesinden alınan ONHSD retina veri bankasından rastgele seçilmiş 20 adet görüntü ile test edilmiş ve %92.5 gibi bir başarı elde edilmiştir. ONHSD retina veri tabanından elde edilen bazı sonuçlar Şekil 5.5.'te ve Şekil 5.6.'da görülebilmektedir.



Şekil 5.5. ONHSD retina veri tabanından test edilen 4 adet görüntü



Şekil 5.6. ONHSD retina veri tabanından test edilen 6 adet görüntü



## **6. KAYNAKLAR**

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

Benitez-Garcia, G., Olivares-Mercado, J., Aguilar-Torres, G., Sanchez-Perez, G., Perez-Meana, H. 2011. Face Identification Based on Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE). IPCV'11, Las Vegas

Canny, J.F. 1986. A computational approach to edge detection. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, cilt 8(6), S, 679-698.

Chaichana, T., Yoowattana, S., Sun, Z., Tangjitkusolmun, 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, S, 670–674.

Company, J.L. 1991. Grading diabetic retinopathy from stereoscopic color fundus photographs - an extension of the modified airlie house classification. The Journal of the American Academy of Ophthalmology, cilt 98(5), S, 78.

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, cilt 23(10), S, 1189-95.

Frank, K.J., Dieckert, J.P. 1996. Clinical review of diabetic eye disease: A primary care perspective. Southern Medical Journal, cilt 89(5), S, 463-470.

Gonzales, R.C., Woods, R.E. 2002. Digital Image Processing, Second Edition. Prentice Hall, S, 529-530.

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, cilt 2(4), S, 242-249.

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, cilt 20(11), S, 1193–1200.

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

## 6. KAYNAKLAR

---

Lowell, J., Hunter, A., Steel, D., Basu, A., Ryder, R., Fletcher, E., Kennedy, L. 2004. Optic nerve head segmentation. *Medical Imaging*, cilt 23(12), S, 256 - 264

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

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*, cilt 5370, S, 648-656.

O’Shea, J.G., Infeld, D.A. 1999. Screening and monitoring diabetic retinopathy. Birmingham and Midland Eye Centre.

Park, J., Kien, N.T., Gueesang, L. 2007. 2007 IEEE International Conference on Intelligent Computer Communication and Processing, S, 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)*, S, 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*, cilt 2(12), S, 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*, cilt 23(4), S, 501-509.

Vallabha, D., Dorairaj, R., Namuduri, K., Thompson., H., 2004. Automated Detection and Classification of Vascular Abnormalities in Diabetic Retinopathy. *Signals, Systems and Computers*, cilt 2, S, 1625-1629.

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, Karabuk, S, 93-98.*

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*, cilt 27(1), S, 11-18.

DRIVE retina bankası, <http://www.isi.uu.nl/Research/Database/DRIVE/download.php>, (20.04.2010).



## ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Mehmet NERGİZ

Doğum Yeri: Diyarbakır

Doğum Tarihi: 13.12.1985

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce

### **Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)**

Lise: Diyarbakır Rekabet Kurumu Cumhuriyet Fen Lisesi / 2003

Lisans: Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği /2008

### **Çalıştığı Kurumlar,Pozisyon ve Süre:**

Doğalzeka Yazılım:

Junior Yazılım Geliştirici, Temmuz – Eylül 2007

Avea Teknoloji Merkezi:

Satış Sistemleri Uzmanı, Temmuz 2008- Ağustos 2009

Sistek:

Koç Fiat Kredi şirketinin Kredi Takip Sisteminde Yazılım Uzmanı,

Şubat 2009- Ocak 2011

Dicle Üniversitesi:

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Yazılım Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi

(2011-Halen), Diyarbakır