



**T.C.**  
**KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**RETİNA GÖRÜNTÜLERİNDE KOROID  
KALINLIKLARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME  
TEKNİKLERİ KULLANILARAK  
ÖLÇÜLMESİ**

**Onur ÇAKAR**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Temmuz-2019**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Onur ÇAKAR tarafından hazırlanan “Retina Görüntülerinde Koroid Kalınlıklarının Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Ölçülmesi” adlı tez çalışması 25/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Unvanı Adı SOYADI

#### Danışman

Unvanı Adı SOYADI

#### Üye

Unvanı Adı SOYADI

### İmza

Prof.Dr. Harun UĞUZ

Doç. Dr. Hasan Erdiñ KOÇER

Dr.Öğr.Üy. Ömer Kaan BAYKAN

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Hakan KARABÖRK  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

## **DECLARATION PAGE**

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza  
Onur ÇAKAR  
25/07/2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

## RETİNA GÖRÜNTÜLERİNDE KOROID KALINLIKLARININ GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANILARAK ÖLÇÜLMESİ

**Onur ÇAKAR**

**Konya Teknik Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç.Dr. HASAN ERDİNÇ KOÇER**

**2019, 52 Sayfa**

**Jüri**

**Prof.Dr. Harun UĞUZ**

**Doç. Dr. Hasan Erdinç KOÇER**

**Dr.Öğr.Üy. Ömer Kaan BAYKAN**

Tıbbi görüntüleme sistemleri görüntü işlemenin en çok kullanıldığı alanların başında gelmektedir. Görüntü işleme teknikleri sayesinde hastalıkların tanı ve tedavi aşamaları daha kolay bir şekilde çözüme kavuşmaktadır. Gözün retina bölgesine yönelik olarak da bilgisayar destekli teşhis ve tanı sistemleri yapılmaya çalışılmaktadır. Retina bölgesinde yer alan katmanlar Optik Kohorens Tomografi (OKT) yöntemi ile görüntülenerek bir göz uzmanı tarafından kalınlık ölçümü yapılmakta ve anomaliler tespit edilmektedir. Bu işlemde uzman doktor ekran üzerinde makula bölgesindeki koroid katmanı sınır çizgilerini temel alarak katman kalınlığını manuel olarak ölçmektedir. Bu işlem zahmetlidir ve hata payına açıktır.

Bu tez çalışmasında, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak gözün arka kısmında yer alan makula bölgesindeki koroid katmanının yapısal bozukluk ve hastalık teşhisi için gerekli kalınlıkların ölçülmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla OKT cihazı kullanılarak 15 kişiden alınan 30 adet (sağ ve sol göz) renkli görüntü üzerinde sırasıyla filtreleme, iyileştirme, referans nokta bulma, kenar bulma, segmentasyon ve ölçme işlemleri yapılmıştır. Tez kapsamında geliştirilen yazılım, gelen görüntü üzerinde otomatik olarak, sklera, retina pigment epiteli ve koroid kenarlarını çizer ayrıca istenen aralıkta fovea çukuru merkez olacak şekilde, foveanın sağ ve sol taraflarına belirlenen aralıklarla dikmeleri çizer, uzunluk ölçümlerini ve alan hesabını yapar. Hesaplanan ölçüm değerleri uzmanın ölçümleri ile karşılaştırılmış ve oldukça yüksek başarı elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Koroid kalınlığı ölçümü, bilgisayar destekli tanı, göz retina hastalıkları

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **Measurement of Choroidal Thickness on Retina Images by Using Image Processing Techniques**

**Onur ÇAKAR**

**THE GRADUATE EDUCATION INSTITUTE OF KONYA TECHNICAL  
UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN COMPUTER ENGINEERING**

**Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan Erdiñ KOÇER**

**2019, 52 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Harun UĞUZ**

**Assoc. Prof. Dr. Hasan Erdiñ KOÇER**

**Assist. Prof. Dr. Ömer Kaan BAYKAN**

Medical imaging systems are among the fields where image processing is used at the highest level. With the help of image processing techniques, the diagnosis and treatment steps of diseases are resolved more easily. Efforts have been made to develop computer-assisted diagnosis systems for the retina area of the eye.

In this thesis study, the purpose was to determine the required thickness of the choroid layer which is located in the macula in the venous part of the retina to diagnose the structural deficiencies and diseases by using image processing techniques. For this purpose, Optical Coherence Tomography (OCT) Device was used; and filtering, enhancing, referral point detection, edge detection, segmentation and measurement processes were made on 30 (right and left eyes) color images taken from 15 participants. The software developed within the scope of the thesis automatically draws the sclera, retinal pigment epithelium and choroid edges on the incoming image and also draws the struts at the specified intervals on the right and left sides of the fovea in such a way that the fovea pit is the center of the desired interval, and makes the length measurements and area calculation. The measurement values that were computed were compared with the measurements of specialists and very high success rates were obtained.

**Keywords:** Choroid thickness measurement, computed-assisted diagnosis, eye retina diseases

## ÖNSÖZ

Tez çalışmasında bıkmadan yorulmadan bana verdiği destekten, uzmanlık alanında bana yaptığı rehberlikten dolayı tez danışmanım Doç.Dr. Hasan Erdinç KOÇER'e, tez çalışması sürecinde çalışmanın gidişatı hakkında belirttikleri değerli görüş ve önerilerle tezin sonuca ulaşmasında yardımcı olan ve hastaların göz görüntülerinin kaydedilmesi ve ölçülmesi aşamalarında bana destek olan Uzman Doç.Dr. Zeynep DADACI'ya teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmalarım boyunca bana her daim inanıp güvenen, desteğini hiç esirgmeden yanımda olup motivasyonumu yüksek tutan çok kıymetli eşime ve oğluma teşekkür ederim.

Onur ÇAKAR  
KONYA-2019



## İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>ix</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>x</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Tezin Amacı ve Önemi .....	1
1.2. Tezin Organizasyonu .....	2
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>3</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>8</b>
3.1. Kullanılan Veriler .....	8
3.2. Çalışmanın Aşamaları.....	9
3.3. Kullanılan Yazılımlar .....	10
<b>4. GÖZ ve RETİNA YAPISI.....</b>	<b>11</b>
4.1. Gözün Yapısı .....	11
4.2. Retinanın Yapısı ve Bölümleri .....	13
<b>5. GÖRÜNTÜ ÖN İŞLEMİ.....</b>	<b>16</b>
5.1. Gürültülerin Temizlenmesi .....	16
5.2. Filtreleme .....	17
<b>6. SEGMENTASYON .....</b>	<b>19</b>
6.1. Epitel Dokunun Belirginleştirilmesi .....	19
6.2. Kenar Belirleme .....	19
6.3. En Çukur Noktayı Bulma .....	20
<b>7. ÖZELLİK ÇIKARIMI.....</b>	<b>21</b>
7.1. En Çukur Nokta (Fovea) dan Koroid Alt Sınırına Dik İnme.....	21
7.2. Kenar Yuvarlama .....	21
7.3. Koroid Kalınlığı Uzunluk ve Alan Ölçümü.....	22
<b>8. KARŞILAŞTIRMA .....</b>	<b>26</b>
8.1. Uzman Ölçümleri.....	26

8.2. Yazılım ile Otomatik Elde Edilen Ölçümler.....	28
<b>9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>	<b>33</b>
9.1 Sonuçlar .....	33
9.2 Öneriler .....	35
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>36</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>38</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>43</b>





## SİMGELER VE KISALTMALAR

OCT	: Optical Coherence Tomography (OKT :Optik Kohorens Tomografi).
RAM	: Ramdom Access Memory (Rastgele erişimli bellek).
RBF	: Rule-Based Fuzzy.(Kural tabanlı bulanık)
RGB	: Red Green Blue (Kırmızı, yeşil, mavi).
SNR	: Signal to Noise Ratio (Sinyal gürültü oranı).
YBMD	: Yaşa Bağlı Makular Dejenerasyon.



## 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte tıbbi görüntüler üzerinde çeşitli sayısal işlemler yapılarak görüntüler sayısal ortama aktarılmakta ve işlenmektedir. Son yirmi yılda sayısal görüntüleme sistemlerinin gelişimine yol açan teknoloji, göz dibi görüntülemesinde de devrim yaratmıştır. Sayısal görüntüleme hâlâ geleneksel fotoğrafçılığın çözünürlüğüne sahip değilken, modern sayısal görüntüleme sistemleri çoğu klinik senaryo için yeterli olan, çok yüksek çözünürlükte görüntüler sunmaktadır. Görüntü işleme dijital bir resim haline getirilmiş bilgedeki hataları ve bozuklukları düzeltmek için kullanılmasının yanında çeşitli analizlerin yapılmasıyla ihtiyaç duyulan sonuç bilgileri de elde edebilmektedir. Bir görüntünün sayısal görüntü olarak nitelendirilebilmesi için sayısal görüntü kaydı yapan bir cihaz kullanılması gerekmektedir. Göz hastalıklarının tespitinde de son yıllarda görüntü işleme teknikleri kullanılmakta ve uzmana yardımcı sistemler tasarlanmaktadır. Özellikle retina bölgesinde oluşan hastalıkların tespitinde görüntüleme ve görüntü işleme sıklıkla tercih edilemeye başlanmıştır. Retina canlılarda, kan damarlarının dışarıdan bir girişim yapılmadan doğrudan görüntülenebildiği tek yerdir. Optik Kohorens Tomografi (OKT) cihazları retinada yer alan katmanları görüntüleyebilen cihazlardır ve son yıllarda retina bölgesi rahatsızlıkların tespitinde sıklıkla tercih edilmektedir. Göz doktoru OKT cihazı ile elde edilen görüntüler üzerinde hastalık teşhisine yönelik ölçümler yapmaktadır. Bu ölçümler ekran üzerinde manuel olarak uzun sürede yapılmakta ve ölçümlerde insandan kaynaklanan hata payları bulunmaktadır (Fransen ve ark., 2002; van Leeuwen ve ark., 2003; Hansen ve ark., 2004).

Bu çalışmada Optik Kohorens Tomografi (OKT) ile elde edilen retina bölgesi görüntüler üzerinde bilgisayar destekli bir dizi işlem yapılarak koroid kalınlıklarının otomatik olarak ölçülmesi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler; görüntülerinin iyileştirilmesi, belirli eşik (threshold) değerleri ile bazı morfolojik filtreler kullanarak segmentasyon ile görüntünün özellik çıkarım aşamasına hazır hale gelmesini, kenar belirleme işlemleri, referans noktalarına ve kenar haritasına göre ilgili koroid kalınlıklarının ölçülmesi olarak sıralanabilir.

### 1.1. Tezin Amacı ve Önemi

Görme bozukluklarının birçoğu gözün 10 kattan oluşan retina tabakasında bulunan çeşitli yapıların (damarlar, optik disk, makula vb.) ilerleyen yaşta veya iç ve

dış etkilere kaynaklanan yapısal bozulmalardan oluşmaktadır. Bu nedenle; doğru tanıyı oluşturabilmek için hastaların retina görüntülerinin elde edilmesine ve incelenmesine ihtiyaç vardır. İlerleyen teknoloji sayesinde, göz bilimine hizmet eden sayısal retina göz dibi fotoğraflama cihazları kullanılarak çok kısa bir sürede hastaların retina görüntüleri sayısal ortama alınmaktadır. Göz doktorları, bu sayısal fotoğrafları inceleyerek varsa hastalık hakkında tanı koymaktadırlar. Normal şartlarda elde edilen sayısal görüntüler konusunda uzmanlaşmış göz doktorları tarafından görüntü izleme programları kullanılarak incelenmektedir. Kullanılan görüntü izleme programlarının sağladığı imkânlarla göre bir takım nicel hesaplamalar göz doktorunun bizzat kendisi tarafından el ile yapılmak durumunda kalmaktadır. Takdir edileceği üzere yapılan işlem gözlemci tabanlı bir işlem olması nedeniyle oldukça zordur ve aynı görüntüyü inceleyen farklı uzmanların görme algılarına ve eğitimlerine göre farklı değerlendirme yapımları oldukça mümkündür (Şirvan, 2010).

Bu değerlendirmeler arasında önemli bir yer teşkil eden koroid kalınlığı ölçümlerinin objektif bir değerlendirmeyle sonuçlandırılmasına ihtiyaç vardır. Bu tez çalışmasındaki işlemler sayesinde Optik Kohorens Tomografi (OKT) görüntüleri üzerinde koroid kalınlıklarının daha doğru ölçülmesi sağlanabilir.

## **1.2. Tezin Organizasyonu**

Tez çalışması dokuz ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, tez çalışmasının içeriği hakkında genel bilgi yer almaktadır. Tezin tanıtılması, tezin amacına ve önemine değinilmektedir. İkinci bölümde kaynak taraması yapılmış, literatürdeki çalışmalardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde materyal ve yöntem ile tez çalışmasında kullanılan veriler tanıtılmıştır. Tez çalışmasının aşamaları işlem basamakları halinde anlatılmış ve oluşturulan yazılım hakkında bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde gözün ve retinanın yapısı ile gözün çalışma şekline ilişkin kavramsal bilgiler verilmektedir. Beşinci bölümde görüntü ön işleme ve uygulamada kullanılan filtreleme işlemleri anlatılmaktadır. Altıncı bölümde segmentasyon, epitel dokunun tespiti, en çukur noktayı bulma ve kenar bulma ile ölçüme hazır hale getirilmesi işlemleri anlatılmaktadır. Yedinci bölümde özellik çıkarımı aşamaları ve sonuçları anlatılmaktadır. Sekizinci bölümde uygulama ile otomatik olarak ölçülen değerler verilmiş ve uzman ölçümleri karşılaştırılmıştır. Dokuzuncu bölümde ise elde edilen sonuçlar tartışılmakta ve önerilerde bulunmaktadır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Göz rahatsızlıklarının bilgisayar destekli olarak teşhis edilmesine yönelik çalışmalara bakıldığında genel olarak retina bölgesine yoğunlaştığı görülmektedir. İki binli yıllardan sonra artan bu araştırmalarda, görme sorunlarının tespit edilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Retina bölgesi görme hücrelerinin yer aldığı damarlı katmanları içermektedir ve araştırmacılar özellikle damar kalınlığı ve damar anomalilerinin tespitine yönelmişlerdir.

Bayraktar ve Türker (2000), retina sinir lifi kalınlığını objektif ve sayısal bir değer olarak ölçmek amacıyla geliştirilmiş olan Optik Kohorens Tomografi (OKT) cihazıyla erken glokomlu ve glokom şüphesi olgularındaki retina sinir lifi kalınlığını belirlemek için çalışma yapmışlardır.

Koozekanani ve ark. (2001), yayınladıkları makalede OKT görüntüleri üzerinde retina sınır çizgilerinin belirlenmesi işlemlerini anlatmışlardır. Tek boyutlu kenar bulma yöntemi ile elde edilen kenar bilgilerine Markov modeli uygulayarak sınır çizgilerini otomatik olarak tespit etmeye çalışmışlardır.

Şevik ve ark. (2007), yaptığı çalışmada, görüntüdeki dokuların istatistiksel verileri ile bölge büyütme (region growing) yöntemi kullanılarak retinadaki Yaşa Bağlı Makular bozulma hastalığının tespiti hedeflenmiştir. Bölütleme ile elde edilen hastalık bölgeleri ve bu bölgelere ait alan verileri sayesinde hekim, hastalık hakkında daha ayrıntılı bilgiye sahip olur. Bölge büyütme yöntemi kullanılmadan önce görüntü kalitesinin ortalama filtresi kullanılarak iyileştirilmesi sağlanır. Uygulanan bölge büyütme yöntemi piksel tohumlu (seed) değil bölge tohumlu olarak uygulanır. Makula etrafındaki sağlıklı bölümleri istatistiksel olarak temsil eden bir tohum bölüm seçilir. Seçilen bu tohum bölümün parlaklık histogramı yöntemiyle ortalama, varyans ve standart sapma gibi istatistiksel öznitelik verileri hesaplanıp belirli bir hata eşik değeri altında tüm makula bölgesinde bu özelliklere benzer sağlıklı bölgeler taranır. Tarama sonucunda sağlıklı bölgelerin işaretlenip geriye hastalıklı bölgeler bulunur. İşaretlenmiş bölgelerin tersi alındığında geriye hastalıklı bölgelerin belli bir başarı yüzdesi altında elde edilmesi sağlanır.

Yağmur ve ark. (2008), beş tip retina hastalığı ve normal retinanın tanınması ile ilgili çalışmıştır. Beş farklı retina hastalığının isimleri; Diyabetik Retinopati, Hipertansif Retinopati, Makula Dejenerasyonu, Alt Ven Dal Tıkanıklığı ve Vitre İçi Hemoraji

olarak sıralanabilir. Retinopatik hastalıkları otomatik olarak tanımak için dalgacık temelli yapay sinir ağı mimarisi kullanılmıştır. Bu süreçte retina görüntüleri ön işleme tabi tutulmuş ve yeniden boyutlandırılmıştır. Daha sonra sınıflandırma yapılmadan önce öznitelik vektörü çıkarılmıştır. Sınıflandırma için yapay sinir ağı uygulamışlardır. Eğitim için toplam 30 örnek veri kümesi kullanılmıştır. Test aşamasında 5 hastalıklı ve 1 normal retina için tanıma oranları küçükten büyüğe %50 (Hipertansif Retinopati), %70 (Alt Ven Dal Tıkanıklığı), %83 (Normal Retina), %90 (Diyabetik Retinopati), %93 (Vitre İçi Hemoraji) ve %95 (Makula Dejenerasyonu) şeklinde bulunmuştur.

Tosunoğlu (2009), tez çalışmasında, göz retina görüntülerinde glokom hastalığı belirlenmesinde, retina görüntülerinden optik sinir ucunda bulunan çukur ve çevre bölgelerinin birbirinden ayırt edilmesini sağlayacak görüntü işleme yöntemleri araştırılmış ve Bulanık C-Ortalama Algoritması ile sınıflandırma yapılarak geliştirilen yazılım içerisinde kullanılmıştır. (Tosunoğlu, 2009)

Bozkurt (2009), tez çalışmasında, sayısal retina görüntülerinden retina damarlarını, optik sinirleri, optik disk ve çukur alanlarının ayrıştırılması üzerine çalışılmıştır. (Bozkurt, 2009)

Doğanay (2010), hipertansiyon hastaları için retina görüntülerinden atardamar daralmasını kullanarak otomatik tanı algoritması geliştirmiştir. Hipertansiyon gibi bazı kardiovasküler hastalıklar kan damarları üzerinde değişikliklere sebep olmaktadır ve bu değişiklikler gözde çok iyi bir şekilde gözlenebilmektedir. Hipertansiyonun göz üzerinde etkisi hipertansif retinopeti olarak bilinmekte ve bunun en önemli belirtisi de atardamar daralmasıdır. Çalışmada retina görüntülerinde atardamar daralması değerinden hipertansif retinopeti hastalarının sınıflandırılması yapılmıştır.

Şirvan (2010), tezinde retina görüntülerinde yer alan dört farklı hastalık lezyonunu (sert eksuda, hemoraji, mikro anevrizma ve yumuşak eksuda) otomatik olarak tespit edebilen bir sistem geliştirmiştir. Görüntü işleme kapsamında çeşitli görüntü iyileştirme, bölge büyütme ve filtreleme yöntemleri kullanılmıştır. Retina görüntülerindeki Optik Disk, Fovea/Makula, Damarlar gibi belirgin oluşumların konumlarının tespiti yapılmıştır.

Çetinkaya (2011), tez çalışması kapsamında, görüntü karşılaştırma işleminde kullanılan retina damarlarının çatallanma ve kesişim noktalarının tespit edilmesine yönelik 3 aşamadan oluşan yeni bir yöntem önermiştir. İlk aşamada retina görüntülerinde gürültü temizlenmekte, daha sonra Temel Bileşenler Analizi ile öznitelik

vektörleri çıkarılmakta ve son aşamada ise Radyal Tabanlı Fonksiyon Sinir Ağı kullanılarak sınıflandırma yapılmaktadır.

Kılınççeker (2011), tez çalışması kapsamında diyabetik retinopati hastalığının erken teşhisinde, retina damarlarının incelenmesi işlemi için damarların otomatik çıkarılmasına yönelik Radyal Tabanlı Fonksiyon Sinir Ağı sınıflandırıcısı kullanılarak yeni bir yöntem önermiştir. Ardından benzerlik ölçüm teknikleri kullanılarak lezyon bölgeleri tespit edilmiştir. Ayrıca lezyon bölgelerinin tespitine yönelik kullanılan benzerlik ölçüm teknikleri karşılaştırılmaktadır.

Polat ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada, Türkiye'deki sağlıklı bireylerde OKT ile santral koroidal ve makular kalınlıkların ölçülmesi ve sunulmasını amaçlamıştır. Retina ve koroidi etkileyen pek çok hastalıkta koroid önemli rol oynar, fakat son zamanlara kadar koroidin uygun görüntülenmesi ve kalınlığının doğru ölçümü mümkün olmamıştır. OKT cihazları ticari olarak sunulduğundan beri, koroid kalınlığının invivo ölçümü mümkün olmuştur. (Polat ve ark., 2012)

Candemir ve ark. (2013), yaptığı tez kapsamında, retina damar görüntülerinin çakıştırılması amacıyla retina damar görüntülerindeki tipik noktaların çıkarsanması için Bulanık RBF (Fuzzy RBF) kullanmıştır. (Candemir ve ark., 2013)

İkibaş (2012), çalışmasında retinal imgelerde optik disk ve makulanın bulunmasına yönelik olarak hem mevcut yöntemlere göre daha basit, hem de birçok patolojik durumda başarı sağlayan yöntemler önermiştir.

Kajić ve ark. (2012), yayınladıkları makalede, 1060 nm OKT görüntüleri üzerinde sağlıklı ve patolojik rahatsızlıkların tespitine yönelik geliştirdikleri otomatik segmentasyon yöntemini anlatmışlardır. Bu çalışmada koroid-sklera arayüz segmentasyonunda istatistiksel yöntem kullanılmıştır.

Çalık (2013), tez çalışmasında, makula bölgesinde meydana gelen YBMD (Yaşa Bağlı Makular Dejenerasyon) alansal olarak tespit etmektedir. Böylece, hastaya uygulanan tedavinin takibi işaretlenmiş retina görüntüleri üzerinden hekimler tarafından gerçekleştirilebilecektir.

Alonso ve ark. (2013), yayınladıkları makalede, graf-arama yöntemi kullanarak koroid sınır çizgeleri ayrıştırılmaya çalışılmıştır. OKT görüntüleri kullanılan bu çalışmada 1083 pediatrik ve 90 yetişkin görüntüsü üzerinde kenar bulma filtreleri ile yönsel ağırlıklaştırılmış harita uygulanmıştır.

Tuncer ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada, normal gözlerde subfoveal koroid kalınlığının optik koherens tomografi (OKT) ile değerlendirilmiştir. Çalışmaya 30

hastanın (14 erkek, 16 kadın) 60 gözü dâhil edilmiştir. Koroidin görüntülenmesi spectral domain OKT (3D OCT-2000, Topcon Corporation Tokyo, Japan) ile artırılmış derinlikli görüntüleme modu kullanılarak yapılmıştır. Subfoveal koroid kalınlığı ölçümü foveada hiperreflektif retina pigment epitelinin dış kenarı ile koroid-sklera sınırı arasında yapılmıştır. Subfoveal koroid kalınlığı ölçümü birbirinden habersiz iki kişi tarafından yapılarak ortalaması alınmış ve analiz için kullanılmıştır.

Géhl ve ark. (2014), yayınladıkları makalede, spektral domende retina ve koroid kalınlıklarının ölçümüne yönelik çalışmayı anlatmışlardır. 78 sağlıklı ve hasta kişilerin OKT görüntüleri üzerinde maskelenmiş manuel ölçümle koroid kalınlıkları ölçülmüştür.

Gupta ve ark. (2015), yayınladıkları makalede koroid kalınlığının ve hacminin otomatik olarak segmentasyonuna yönelik yapılan çalışmayı anlatmışlardır. Popülasyon tabanlı yaklaşımla OKT görüntülerinden koroid bölgesinin tespiti ve ardından hacminin ölçümü yapılmıştır.

Boonarpha ve ark. (2015), yayınladıkları makalede, iyileştirilmiş derinlik görüntüleme tekniği kullanarak alınan görüntüler üzerinde koroid kalınlıklarını tespit etmeye çalışmışlardır. 82 göz görüntüsü üzerinde yapılan testlerde korelasyon katsayısı, kappa katsayısı ve Bland-Altman metodu ile koroid ölçümleri değerlendirilmiştir.

Tenlik ve ark. (2015), yaptıkları çalışmada, Cirrus HD OKT cihazı ile 4-18 yaş arası sağlıklı çocuklardan alınan görüntüler üzerinde koroid kalınlıklarını ölçmüş ve yaşa bağlı olarak değerlendirmişlerdir.

Moussa ve ark. (2016), yayınladıkları makalede süpürülmüş kaynaklı OKT yöntemi ile alınan görüntüler üzerinden manuel olarak makula bölgesi koroid kalınlığının ölçülmesi ve ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi anlatılmıştır. Farklı yaş ve cinsiyet özellikleri sahip sağlıklı ve hasta bireylerin ölçümleri arasındaki benzerlik oranlarına bakılmıştır.

Balcı ve Ozsutcu (2016), yaptıkları çalışmada FUS sendromunun tespitine yönelik olarak OKT görüntülerinden RNFL, makula ve koroid kalınlıklarını ölçmüşlerdir. Ölçüm sonuçları sağlıklı ve FUS hastası bireyler açısından değerlendirilmiştir.

OKT görüntüleri üzerinden koroid katmanının segmentasyonu üzerine yapılan çalışmalar genellikle yabancı araştırmacıların (Koozekanani ve ark., 2001; Kajić ve ark., 2012; Alonso-Caneiro ve ark., 2013; Géhl ve ark., 2014; Boonarpha ve ark., 2015; Gupta ve ark., 2015; Moussa ve ark., 2016) yaptığı çalışmalardır. Bu çalışmalara bakıldığında hem manuel hem de otomatik olarak segmentasyon yapılmaya

alışılmıştır. Tez kapsamında yaptığımız çalışmadan farklı olarak önceki çalışmalarda yalnızca koroid katmanının segmentasyonu yapılmış, otomatik kalınlık ölçümü gerçekleştirilmemiştir.





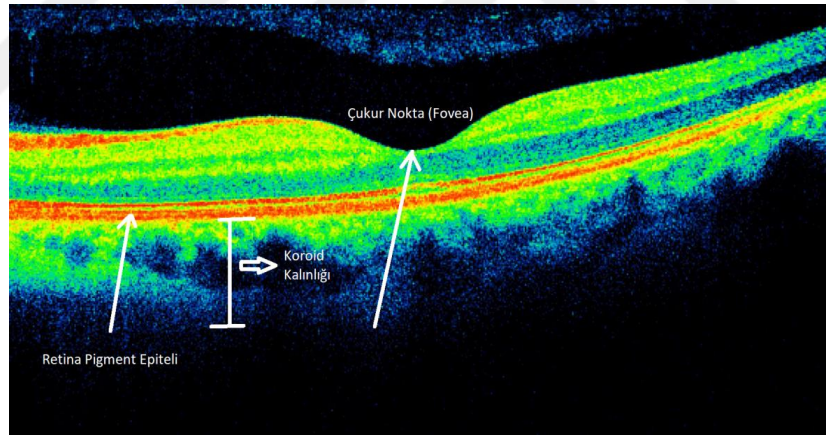
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde; çalışmada kullanılan veriler anlatılmıştır. Ardından tez çalışmasının aşamaları işlem basamakları halinde sunulmuş ve oluşturulan yazılım hakkında bilgiler verilmiştir.

#### 3.1. Kullanılan Veriler

Çalışmada 15 hastanın sağ ve sol gözünden alınan 30 OKT retina görüntüsü kullanılmıştır. Bu görüntülerin yüksek lisans tez çalışması kapsamında kullanılması için Selçuk Üniversitesi tıp fakültesinden etik kurul raporu alınmıştır. Carl Zeiss Meditec – Primus 200 cihazından uzman kontrolünde görüntüler elde edilmiştir.

OKT cihazı göz görüntüleri renkli ve gri seviye olup 950\*500 piksel boyutunda jpeg biçimindedir. Şekil 3.1’de OKT cihazından alınan örnek görüntüler verilmiştir.



Şekil 3.1. Örnek OKT görüntüleri

Çalışma kapsamında görüntüler incelenmiş ve özellikle retina pigment epitel katmanının diğerlerinden farklı olarak kırmızı renkte olduğu görülmüştür. Bu durumun segmentasyon aşamasında ölçüm üst sınırının belirlenmesinde kolaylık sağlayacağı düşünüldükten renkli resim üzerinde çalışmaya devam edilmiştir.

### 3.2. Çalışmanın Aşamaları

Koroid kalınlığı ölçümüne yönelik yapılan tez çalışması beş adımdan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla görüntünün alınması, ön işlem-gürültülerin temizlenmesi, segmentasyon, özellik çıkarımı, kenar yuvarlama ve ölçüm sonuçlarının çıkartılması aşamalarıdır. Tez çalışma adımlarını gösteren blok diyagram şekil 3.2’de görülmektedir.



Şekil 3.2. Çalışmanın işlem aşamaları

Ön işlem aşamasında OKT cihazından elde edilmiş ham görüntüler üzerinde, gereksiz bölümlerin temizlenmesi, gürültülerin temizlenmesi ve görüntü iyileştirme çalışmaları yapılmıştır. Bu aşamada morfolojik açma işlemi uygulanarak üst ve alt bölgede yer alan gürültüler yok edilmiştir. Ayrıca gürültü gidermede sıklıkla kullanılan ortalama (mean) filtre görüntülere uygulanarak benek gürültüleri giderilmiş ve bu sayede segmentasyona elverişli retina görüntüleri elde edilmiştir.

Segmentasyon aşamasında koroid kalınlığının ölçüleceği referans bölgeler ve en çukur nokta tespit edilmiştir. OKT görüntüsünde retina pigment epiteli olarak isimlendirilen katmanda yer alan kırmızı renk ağırlıklı pikseller, kırmızı renk açısından daha zenginleştirilerek alt kenar sınır çizgisi daha kolay elde edilmiştir. Bu işlem sırasında standart bir filtre kullanılmamış olup renk değerleri üzerinden epitel doku piksel değerleri tam kırmızı (255,0,0) olarak işaretlenmiştir.

Özellik çıkarımı aşamasında retina pigment epitel dokunun alt sınır çizgisi, fovea en çukur nokta ve bulutsu bölgenin alt sınır çizgisi çizilmiştir. Kırmızı pikseller temel alınarak koroid katmanı üst kenar sınır çizgisi belirlenmiştir. En üst kenar sınır çizgisinin en çukur noktası ise fovea noktası olarak işaretlenmiştir. Alt kenar noktalarının apsis değerleri döngüye alınmış olup döngü içerisinde kenar yuvarlama fonksiyonuna parametre olarak her x,y ikilisinin y değerleri gönderilip geri dönüş değeri olarak yuvarlama sonucu oluşan y değeri alınmıştır. Böylece alt sınır çizgisi belirlemede girinti ve çıkıntı farklılıkları en aza indirilmiştir.

Koroid ölçümü yani kalınlıkların ölçüldüğü adımda ise önceki aşamalarda belirlenen en çukur noktanın epitel dokuya olan dik indisinden itibaren aşağıya koroid katmanının bittiği yere kadar dik çizgi inilmiş ve ölçüsü alınmıştır. Ölçüm işleminde piksel sayıları temel alınarak metrik dönüşüm uygulanmıştır. Ardından bu indisten itibaren dikmenin sağına ve soluna istenilen sıklıkta dikmeler indirilerek uzunlukları ölçülmüş ve uzman ölçümleri ile karşılaştırılmıştır.

### **3.3. Kullanılan Yazılımlar**

Çalışmada kullanılan yazılım platformu Visual Studio C# programlama dilidir. Deneysel çalışmalar 3 Ghz, intel i7 işlemcili ve 8 gb belleğe sahip bir bilgisayar üzerinde yapılmıştır.



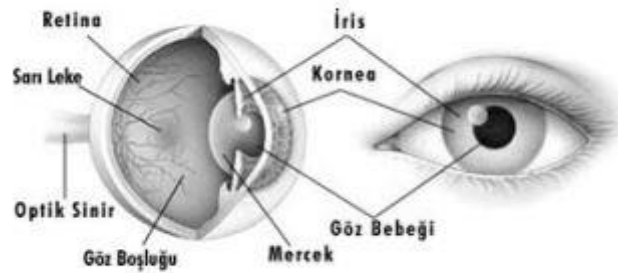
## 4. GÖZ ve RETİNA YAPISI

### 4.1. Gözün Yapısı

Görme işlemini, mükemmel bir sistem içerisinde gerçekleştiren göz, etrafımızda meydana gelen olayları beyne iletmekle görevli olup, beyin ile dış çevre arasındaki en büyük köprülerden biridir. Genel anlamda, gözü analog fotoğraf makinesine benzetirsek, öndeki mercek görüntüyü arkadaki hassas bölüme iletmekle görevlidir. Retinaya gelen görüntüler milyonlarca sinir ucundan toplanarak beyindeki görmeyle alakalı merkeze gönderilmekte ve görüntü algılanmaktadır. Göz odaklama ayarını merceğin kırma açısını değiştirerek yapmaktadır. Işık yoğunluğu düzenlemelerini ise iris olarak adlandırılan renkli kısım ile sağlamaktadır (Şirvan, 2010).

Göz, çok karışık olan görme işlemini çok küçük bir yer kaplayarak gerçekleştirir. Küresel bir şekilde yaklaşık 2,5 cm. çapında olan göz, kafanın ön kısmında kas kemeri, burun kemeri ve elmacık kemikleri ortasındaki göz çukurunun içinde yer alır (Şirvan, 2010).

Gözün ön tarafı hariç etrafını sklera olarak adlandırılan sert ve beyaz renkli bir tabaka oluşturur. Şekil 4.1’ de gösterildiği gibi gözün ön tarafı, kornea adında saydam bir tabaka ile kaplanmıştır (Şirvan, 2010).



**Şekil 4.1.** Gözün yapısı (Şirvan, 2010)

Göz bebeği olarak adlandırılan açıklık ve bu açıklığı çevreleyen renkli kısım (iris) korneanın ardında bulunur. İrisi denetleyen kaslar, korneadan gelen ışığın yoğunluğuna bakarak, göz bebeği çapını ayarlar. Buradan gelen ışık irisin ardında bulunan göz merceğinden geçip gözün arka bölümündeki retina bölümünün üstüne gelir. Göz merceği görmenin net olması için odaklama işini şişkinliğini küçültüp

büyülterek yapar. Şişkinliği büyüdüğü anda kırma derecesi (diyoptri) artar, diyoptriye azaltmak istediği zaman da şişkinliğini küçültür (Şirvan, 2010).

Kornea ile göz merceği arasındaki bölümde renksiz bir sıvı yer alır. Durmaksızın üretilen bu renksiz sıvı, iris ile korneanın birleştiği köşedeki bölümden Schlemm kanalı ile kana karışır. Bu sıvının basıncı ise vücudumuz tarafından ayarlanmaktadır.

Gözün içi, jel şeklinde saydam bir madde (corpus vitreum) ile doludur. Gözün arka tarafındaki iç bölümünü retina adı verilen 10 kattan oluşan bir tabaka sarar. Retina tabaka sklera ve retina arasında bulunan koroid damar tabaka (choroid) besler. Bu tabakadaki koni hücreleri rengi rod hücreleri ise ışığı algılar. Rod hücreleri koni hücrelerinin hemen hemen 20 katı büyüklüktedir. Arka tarafta göz merceğinin karşısına gelen bölüm (fovea) çukur yapıdadır. Koni hücrelerinin çok sık olduğu bu bölümde, sarı leke (makula lutea) denilen ve görmeyi sağlayan bölümde yer alır (Şirvan, 2010).

Koni ve rod hücreleri üstüne gelen ışığı elektrik uyarıları formatına dönüştürür. Buradaki sinir uçları birleşerek optik sinir adını alır ve elektriksel uyarıları beyindeki görme merkezine ulaştırır ve böylece görünen cisim algılanmış olur. Görmenin güçlü olması için görüntünün olabildiğince sarı leke üzerine düşmesi gerekir. Bunun için de gözün, cisme yönelmesi gerekir. Göz bu hareketini sklera tabakasına yapışan 6 tane kasla yapar (Şekil 4. 2) (Şirvan, 2010).



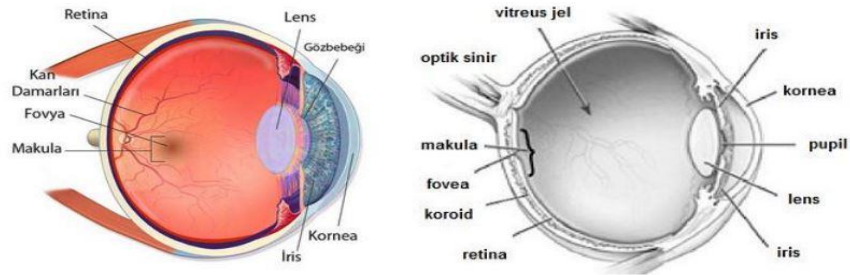
Şekil 4. 2. Göz kasları (Şirvan, 2010)

Gözün ön bölümünde yer alan saydam kısmın ve dışarıyla temas eden kısımların korunması amacıyla göz konjonktiva isimli ince bir zarla sarılmıştır. Bu tabakanın ve korneanın kurumalarının önlenmesi ve korunması amacıyla gözyaşı olarak adlandırılan bir salgı üretilir. Göz çukuru içinde bulunan gözyaşı bezi sürekli bu salgıyı üretir ve fazlası, göz çukurunun buruna yakın tarafında yer alan bir kanalla (lakrimal kanal)

buruna akıtılır. Gözün ön tarafında bulunan göz kapakları belli periyotlarla kapanıp açılarak gözün nemlendirme görevini yerine getirirken, tehlike anında refleksif şekilde kapanarak gözü tehlikeden korur. Gözün birbirinden farklı açıklıkta iki tane olması 3 boyutlu görmeyi yerine getirir. Bu sayede nesnelere uzaklığını belirlemenin de imkanı olmaktadır (Şevik ve ark., 2007; Turknet, 2007).

#### 4.2. Retinanın Yapısı ve Bölümleri

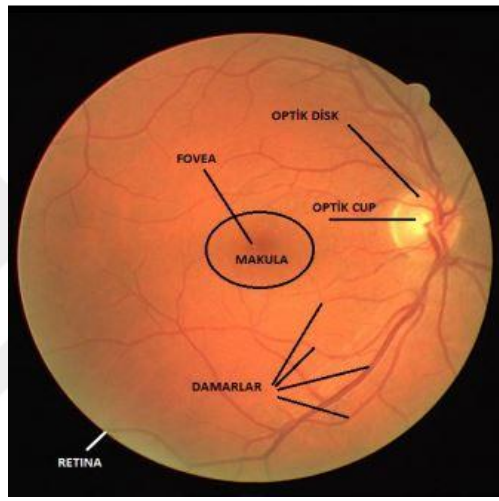
Görme ve algılamayı sağlayan göz karmaşık, çok yönlü ve duyarlı bir yapıya sahiptir. Retina, gözün arkasındaki ışığa duyarlı tabakadır; retinada görme siniri ile beyne görsel bilgi gönderen fotoreseptörler (ışık algılayıcıları) vardır. Retinanın arka tarafında, görme ekseninin geçtiği sarı pigmentli oval şekilli alana makula (sarı leke), ortasındaki çukura ise fovea (sarı nokta) adı verilir. Retinanın en iyi görmeyi sağlayan ve en iyi ışık alan bölümüne makula denir (Can ve ark., 2010). Optik sinirin, sert tabakanın arka tarafında yer alan delikli bir bölgeden geçerek çıktığı nokta optik disk olarak adlandırılır. Optik disk, retinanın merkezinde yer alır, burada fotoreseptör hücreler olmadığı için bu noktaya düşen ışık algılanamaz ve görme alanındaki iz düşümü "kör nokta" olarak anılır. Optik sinir başı boyutları kişiden kişiye değişkenlik gösterse de yaklaşık 3 mm<sup>2</sup> genişliğindedir. Şakağa doğru olan temporal kısmında makula yer alır, makula yaklaşık 5- 6 mm çapındadır. Merkezinde sarı nokta olarak da adlandırılan fovea yer alır (Snell ve Lemp, 1989; Hazan, 2009). Foveada koniler yoğundur ve burası keskin görmemizi sağlar. İnsanda her gözde bir tane fovea vardır. Makula dışında kalan alan çevresel (periferik) retina olarak adlandırılır. Şekil 4.3'te görüldüğü gibi, retina, iris köküne yaklaşık 5-6 mm geride sonlanır (Hazan, 2009).



Şekil 4.3. Gözün anatomik yapısı (Çalık E., 2013)

Şekil 4.3'de aşağıda detayları verilen diğer retinal yapıları da göstermektedir. Bu yapılardan optik disk ya da optik sinir başı (Optic nerve head), optik sinir uçlarının

gözü terk ettiği kısımdır. Bir milyondan fazla sinir lifinin toplandığı optik disk, optik sinirlerin retinaya bağlandığı yerdir ve şekil 4.4'te damarların birleştiği noktadaki parlak disk şeklindeki alan olarak görülmektedir. Bütün retinayı besleyen damarlar da bu noktadan içeri girer ve bu noktadan çıkar. Bu noktaya yaklaşan damarlar belli bir kalınlık kazanmaktadır. Bu durum optik disklerin yapısının ana özelliklerinden olup, optik diskin otomatik tespitinin damarların takibi yoluyla gerçekleştirildiği yöntemler mevcuttur. Optik diskin çapı genellikle retinal görüntüde bir standart büyüklük olarak kullanılmaktadır. Ayrıca optik disk genellikle makulanın merkezi olan foveaya 3-4 mm uzaklıkta konumlanmaktadır (İkibaş, 2012).



Şekil 4.4. Retinal görüntünün bölümleri (İkibaş, 2012)

Optik cup, optik diskin merkezinde bulunan ve optik disk bölgesindeki nispeten belirgin bölgedir. Bu bölgenin çapı genellikle optik diskin dikey çapının yarsından küçüktür. Bu alandaki genişleme, bazı sinir uçlarının kaybının ya da glom hastalığının belirtisi olabilir (İkibaş, 2012).

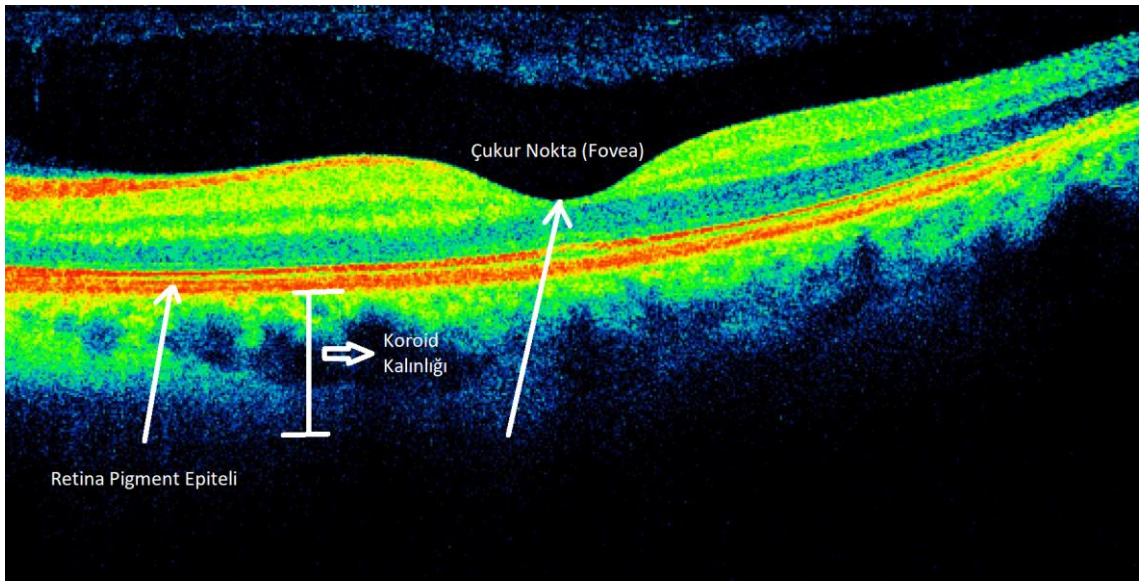
Makulanın merkezini teşkil eden fovea, net görmeden sorumludur. Burada sadece koni hücreleri bulunmaktadır. Optik sinirlerdeki liflerin yaklaşık %50'lik kısmı foveadan bilgi taşımaktadır (İkibaş, 2012).

Makula gözün arka kısmında, retina tabakasının üzerinde 4-5 mm çaplı merkezi yerleşimli bir alandır. Cisimlere karşıdan baktığımızda ışık makula üzerinde odaklandığından renkli ve hassas görme bu alanda oluşur. Retina merkezindeki makulada oluşan hassas görmeye "Santral görme", retina merkezinden uzak kenar bölgelerde oluşan ve daha zayıf olan görmeye ise "Periferik görme" adı verilir.



Sarımtırak renkli özel bir pigment içermesinden dolayı makulaya aynı zamanda sarı nokta (makula lutea) adı verilir. Makula, fovea (makulanın merkezi) bölgesini içermektedir ve görmenin merkezi olarak adlandırılmaktadır (İkibaş, 2012).

Ana damarlar görüntülerde kılcal damarlara göre daha koyu olarak görülen ve kameradan gönderilen ışığı yansıtmayan bölgedir. Ana damarlara göre daha ince olan ve kameradan gönderilen ışığı belli oranda yansıtan bölgeler ise kılcal damarlardır (İkibaş, 2012). Şekil 4.5'te retina bölgesinin katmanlı yapısı gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Retina bölgesi katmanları

Retina bölgesi aslında çok sayıda katman içerir ancak bu çalışmada damar tabaka olarak da bilinen bulutsu şekildeki koroid tabakası hedeflenmiştir. Bu kısım retina pigment epitelinin hemen alt sınır çizgisinden başlar ve bulutsu bölgenin alt kısmına kadar devam eder. Ölçümler fovea olarak bilinen en çukur nokta baz alınarak yapılmaktadır.



## 5. GÖRÜNTÜ ÖN İŞLEMİ

Görüntü işleme, yakalanmış olan sayısal görüntü verilerini kullanmadan önce daha başarılı bir sonuç elde edebilmek için, sayısal olarak analiz ederek amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik yapılan bilgisayar çalışması olarak tanımlanabilir. Görüntü işleme yöntemleri mevcut görüntü ve grafikleri değiştirmek, iyileştirmek veya ölçmek için kullanılır (Şirvan, 2010).

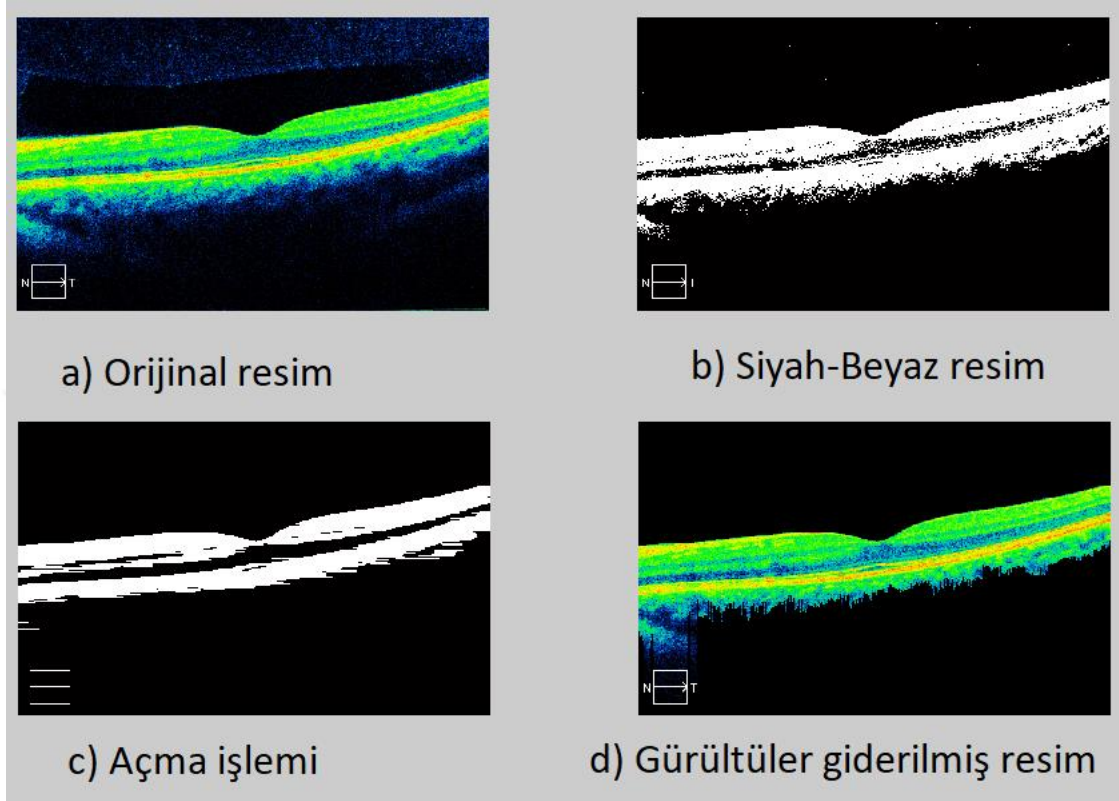
### 5.1. Gürültülerin Temizlenmesi

Bu çalışmada kullanılan ve retina bölgesine ait koroid kalınlığını gösteren resimler “.jpeg” formatında olup renkli resimlerdir. OKT resimlerinde resmin retina katmanları dışında kalan bölgelerde gürültü olarak adlandırabileceğimiz kullanılmayan pikseller mevcuttur. Bunların giderilmesine yönelik olarak morfolojik işlemlerden açma (opening) işlemi uygulanmıştır.

Açma işlemi aşınma işleminin hemen ardından genişleme işlenmesi uygulanmasıdır. Aşınma işlemi, görüntüde yer alan bölgesel alanların kenarlarında içe doğru daraltılmasını sağlayan matematiksel işlemidir. Genellikle ikili görüntülere uygulanan aşınma işlemi gri seviye resimlere de uygulanabilmektedir. Aşınma işleminde giriş görüntüsü ve yapısal bileşen olmak üzere iki değişken kullanılır. Yapısal bileşen görüntü üzerinde gezdirilerek eşleşme anında merkez piksel işaretlenir. Görüntü içerisindeki piksel grupları ve gruplar arasındaki boşluklar yapısal elemanın büyüklüğüne göre temizlenir. Böylece birbirine yakın iki grup görüntüde fazla değişime neden olmadan ayrılmış olurlar. Genleşme, görüntüde yer alan bölgesel alanların kenarlarından dışa doğru genişletilmesini sağlayan matematiksel işlemidir. Genleşme işleminde giriş görüntüsü ve yapısal bileşen olmak üzere iki değişken kullanılır. Yapısal bileşenin merkezi görüntü üzerinde eşleştiğinde tüm pikseller işaretlenir.

Açma işlemi yapılırken renkli OCT görüntüsü maskelenerek öncelikle her bir katman için (RGB) ayrı ayrı gri seviyeye dönüştürülmüş, ardından standart eşikleme (threshold=0.5) yöntemi ile siyah beyaza dönüşüm yapılmıştır. Eşik değeri deneme yanılma yöntemi ile en uygun 0.5 olarak belirlenmiştir. Daha sonra öncelikle görüntüdeki bölgeler ve bölgelerin alan değerleri piksel sayısı açısından bulunmuştur. Sonrasında bulunan her bir alana çizgisel (“1” lerden oluşan 1x9 matris boyutunda) yapısal bileşen uygulanarak açma işlemi gerçekleştirilmiştir. Son olarak maskelenmiş

görüntü üzerine gürültüleri arındırılmış resmi uygulayarak renkli görüntü tekrar elde edilmiştir. Şekil 5.1.'de açma morfolojik işlemin uygulama aşamalarını içeren ve gürültülerden temizlenmiş olan renkli OKT görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.1. Gürültülerin giderilmesi

## 5.2. Filtreleme

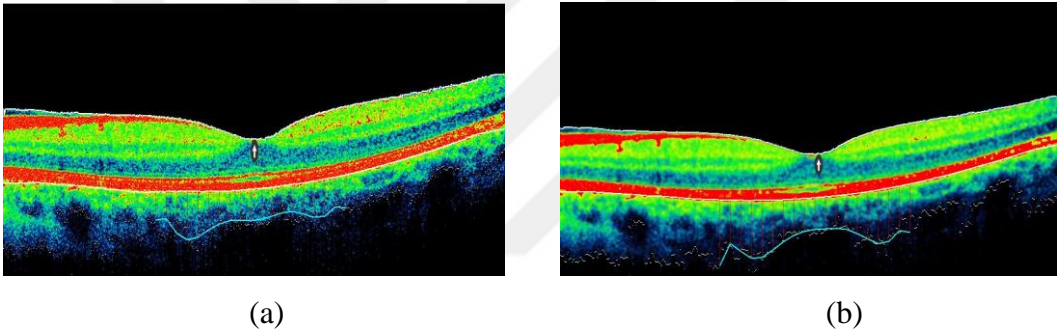
Çalışmanın özellik çıkarımı aşamasında koroid bölgesinin işaretlenmesi işleminde alt sınırı belirleyen piksellerin keskin çizgiler oluşturduğu görülmüştür. Bununla birlikte pigment epitel katmanında yer alan kırmızı piksellerin belirginleştirilmesinde yine görüntünün yumuşatılması ihtiyacı doğmuştur. Literatürde görüntünün yumuşatılması işleminde sıklıkla tercih edilen ortalama (mean) filtre çalışma kapsamında kullanılarak pikseller ve piksel komşulukları arasındaki parlaklık farkının kapatılması sağlanmıştır. Ortalama filtre, görüntüyü yumuşatmak için kullanılır ve pikseller ve komşular arasındaki parlaklık farkının kapanmasına dayanır (Şekil 5.2). Genellikle literatürde düşük geçişli bir filtre olarak bilinen ortalama filtre kırmızı belirginleştirme işlemi öncesi renkli OKT resimlerine uygulanarak epitel dokunun segmentasyona daha uygun hale gelmesi sağlanmıştır.

A	B	C
D	E	F
G	H	I

$$E' = 1/9 (A+B+C+D+E+F+G+H+I)$$

Şekil 5.2. Ortalama filtre işlemi

Ortalama filtre yerel varyansı, dolayısıyla da sinyal gürültü oranı (SNR) değerini azaltma özelliğine sahiptir. Bu yüzden genellikle birkaç filtre ile aynı anda kullanılması önerilmektedir (Narayanan ve Wahidabanu, 2009). Şekil 5.3.'de ortalama filtre kullanılmadan ve kullanılarak özelliği çıkarılmış OKT örnek görüntüleri verilmiştir.



Şekil 5.3. Ortalama filtre etkisi (a) filtre kullanılmadan (b) filtre kullanılmış

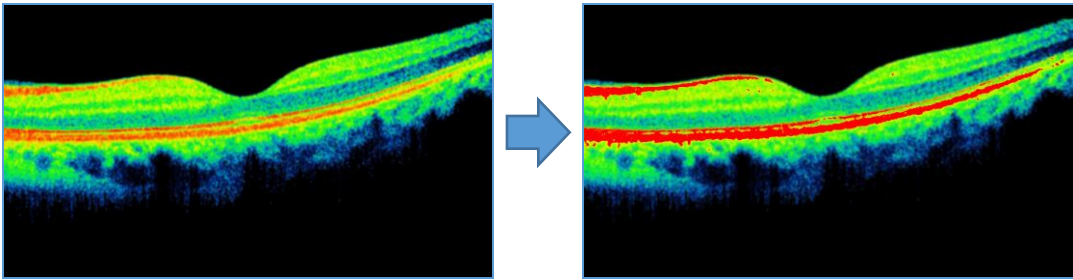
Şekilden de görüldüğü üzere ortalama filtre kullanılmadığı durumda alt sınır çizgilerinin çizilmesi işleminde sınır çizgisi bulutsu katmanın iç kısımlarına girmektedir. Bu durum ölçüm sonuçlarını olumsuz etkilemektedir.

## 6. SEGMENTASYON

Segmentasyon işlemi, bir görüntüde bulunması istenen bölgelerin tespit edilmesine yönelik işlemleri içerir. Bu çalışmada da, OKT görüntülerinden koroid kalınlığı uzunluk ölçümü yapılması için pigment epitelin belirginleştirilmesi-kırmızılaştırılması, üst kenar ve alt kenar sınır çizgilerini belirleme, en çukur noktanın tespit edilmesi ve kenar yuvarlama işlemlerini içermektedir.

### 6.1. Epitel Dokunun Belirginleştirilmesi

OKT cihazının ürettiği renkli fotoğraflar üzerinde kırmızı ve kırmızıya yakın renklerde ve aralarında boşluklar olan epitel dokunun tam kırmızı olması yani yerinin tespit edilip belirginleştirilmesi gerekmektedir. Tam kırmızı olarak tanımladığımız (255.0.0) RGB değerlerine dönüştürülmesi işlemi bu aşamada gerçekleşmektedir. Bu işlem yapılırken OKT cihazından alınan hastanın göz fotoğrafı ilk başta belleğe alınır, ardından fotoğrafın genişlik ve yükseklik verileri okunur, işaretçi (pointer) yardımıyla iç içe döngülerle her bir pikseli taranır. Tarama sonucunda hedef bölgede kırmızı ve kırmızıya yakın renk tonları olduğu için o bölge piksellerinde bulunan RGB renk değerleri tam kırmızı (255.0.0) ile değiştirilir. Bu işlemler sonucunda epitel doku segmentasyona elverişli hale gelir. Epitel dokunun tespit edilmesi aşaması için geliştirilen kod bloğu ek 2.a' da görünmektedir. Şekil 6.1'de ise epitel doku belirginleştirme işlemi sonuç görüntüsü verilmiştir.

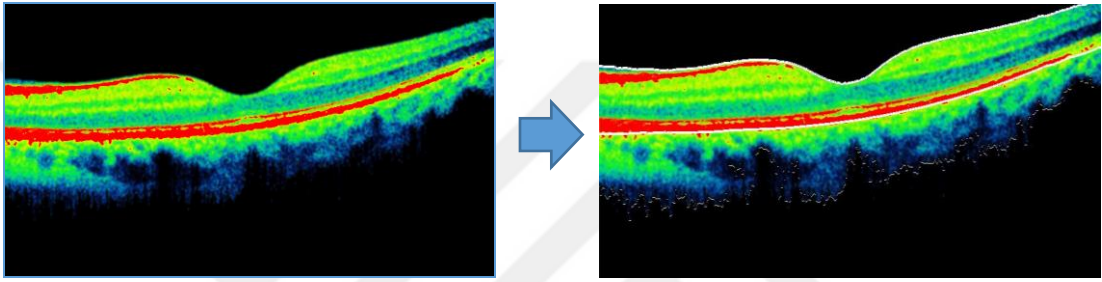


Şekil 6.1. Epitel doku belirginleştirme işlemi

### 6.2. Kenar Belirleme

Gürültü temizleme işlemi sonrası epitel dokunun belirginleştirilmesi ile birlikte görüntü, kenarları tespit edilmeye elverişli hale gelmiştir. Kenar belirleme işleminde resmin sol üst köşesinden (0,0) başlayarak iç içe iki döngüyle görüntü taranmış ve

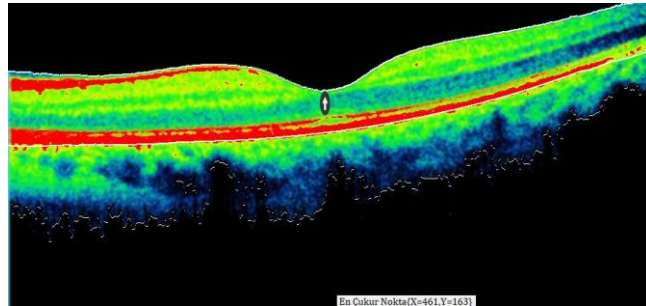
diziye atanmış olan siyah olmayan pixel'lerin koordinatlarına göre en üst kenarlar belirlenmiştir. Üst kenar belirlemede kullanılan kod bloğu ek 2.b'de görülmektedir. Kenar haritası koordinat değerlerinin belirlenmesi işleminin ardından diziye atılmış koordinat değerleri kenar çizme fonksiyonları ile işlem yapıp koroid katmanının üst ve alt kenarları çizdirilmiştir. Koroid üst kenar çizgisinin belirlenmesinde kırmızı pikseller, alt kenar çizgisinin belirlenmesinde ise siyah piksellerin izlenmesi yapılmıştır. Ek 2.c ve Ek 2.d' de kenar çizme fonksiyonları kod blokları görülmektedir. Şekil 6.2'de alt ve üst kenar sınırları çizilmiş OKT görüntüsü verilmiştir. Üst kenar çizgisi en çukur noktayı bulmada, alt kenar çizgisi ise koroid kalınlığının ölçümünde kullanılacaktır.



Şekil 6.2. Alt ve üst kenar sınır çizgileri çizilmiş OKT örnek görüntüsü

### 6.3. En Çukur Noktayı Bulma

Kenar bulma işlemleri sırasında oluşturulan dizilerden üst kenar koordinatlarını tutan dizi bu işlemde kullanılmıştır. 0,0 noktasından taramaya başlanarak siyahtan farklı renge sahip ilk piksel koordinat değeriyle x ekseninde bir piksel sağa kayarak, yine aynı şekilde siyahtan farklı ilk pikselin koordinatları arasında yükseklik kıyaslaması yapılmıştır. Bu işlem döngü boyunca devam ederek en çukur nokta tespit edilerek işaretlenmiştir. Ek 2.e'de en çukur nokta tespitinde kullanılan kod bloğu görülmektedir. Şekil 6.3'de ise en çukur noktası işaretlenmiş OKT görüntüsü verilmiştir.



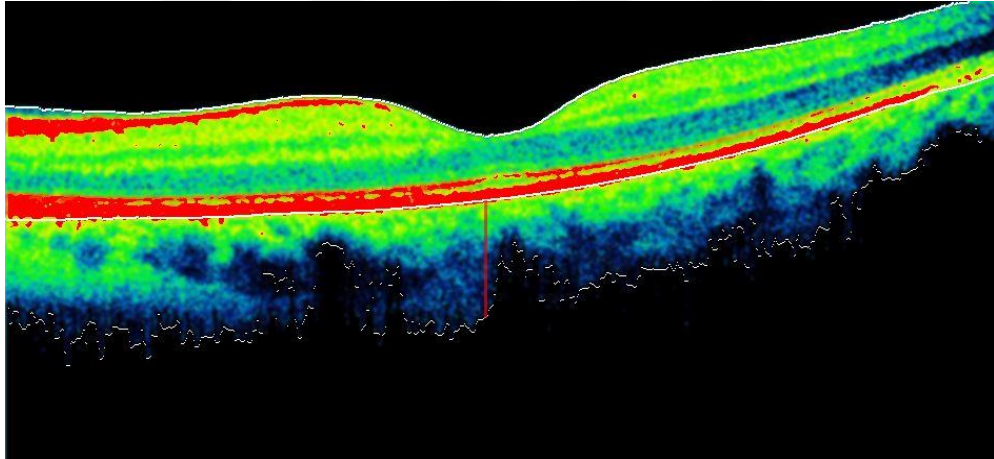
Şekil 6.3. En çukur nokta işaretlenmiş retina görüntüsü

## 7. ÖZELLİK ÇIKARIMI

Özellik çıkarımı, üzerinde karar verme veya sınıflandırma gibi işlemlerin yapılacağı bölgeye ait niteleyici bileşenlerin oluşturduğu vektörel kümenin elde edilmesidir. Bu aşama karar verme aşamasından önce gelen ve doğru sonucun elde edilmesinde önemli bir etkiye sahiptir. Zira hatalı olarak elde edilecek bir özellik vektörü karar verme işleminin de hatalı olmasına yol açacaktır (Ünal, 2015).

### 7.1. En Çukur Nokta (Fovea) dan Koroid Alt Sınırına Dik İnme

Bu aşamada daha önceki aşamada bulunmuş olan en çukur noktanın koordinatları kullanılarak, epitel dokunun alt kenarından başlayarak bulutsu görünümdeki koroid katmanının alt sınırına dik bir çizgi çekilir. Birleştirilen bu çizginin uzunluğu ölçülerek ekrana yansıtılır. Bu dik çizgiyi çizme aşamasında yazdığımız kod bloğu ek 2.f’ de, inilmiş olan dik çizgi OKT görüntüsü şekil 7.1.’de görülmektedir.

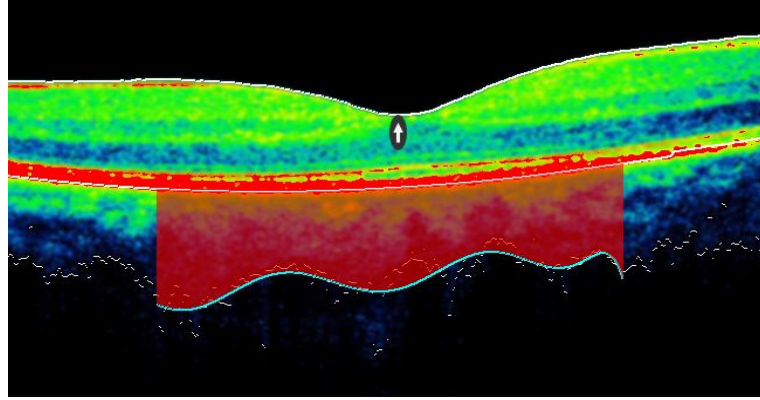


Şekil 7.1. En çukur nokta foveadan koroid sonuna dik inme işlemi sonucu

### 7.2. Kenar Yuvarlama

Kenar yuvarlama işlemi, alt kenar x,y noktalarından x değerlerinin döngüye alınıp y değerlerinin kenar yuvarlama – eğri uydurma fonksiyonuna (Petek, 2014) gönderilerek yapılması esasına dayanır. Bu işlemde fonksiyondan dönen y yeni değerleri birleştirilerek alt kenardaki kırıklı yapı yumuşamış ve kenar yuvarlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ek 2.g’ de kenar yuvarlama fonksiyonunu çağıran kod bloğu görülmektedir. Şekil 7.2’ de ise alt kenarı yuvarlanmış OKT görüntüsü verilmiştir.





Şekil 7.2. Alt kenarı yuvarlanmış retina görüntüsü

### 7.3. Koroid Kalınlığı Uzunluk ve Alan Ölçümü

Literatürde, koroid kalınlığının ölçümünde en çukur nokta (fovea) orta nokta alınmak suretiyle epitel katmandan aşağı yönde bulutsu bölgenin alt sınır çizgisine kadar, sağa ve sola belirli sayıda dik inilerek bu dikmelerin uzunlukları kullanılmaktadır. Bu işlem yapılırken herhangi bir eşit aralık gözetilmeden göz kararı ile başlangıç ve bitiş noktaları ekran üzerinde işaretlenmektedir. OKT görüntülerinin alındığı cihaz üzerinde bulunan yazılım ekran çözünürlüğüne bağlı olarak çizilen çizgilerin piksel sayısına göre metrik ölçüm sonucu göstermektedir. Uzmanla yapılan görüşmelerde bu inilen dikmelerin sayısı ne kadar fazla olursa o kadar doğru ölçüm elde edildiği belirtilmiştir. Bu bilgidan yola çıkarak bu çalışmada en çukur nokta orta nokta baz alınmak suretiyle sağa ve sola istenilen sayıda dikme çizdirilmiş ve alan ölçümü yapılmıştır. Ölçümler piksel sayısı olarak belirlenmiş ardından metrik skalada karşılığı  $c\# dpiy$  metodu ile hesaplanarak mikrometre ve milimetre cinsinden sonuç gösterilmiştir. Bu işlemlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan yazılım kod bloğu ek 2.h'de verilmiştir.

İlk olarak bir önceki aşamada belirlenen en çukur noktanın epitel katmandaki indisi başlangıç noktası olmak suretiyle koroidin alt sınır çizgisine dikme inilmiştir. Koroid ölçümü yapılırken gerekli parametreler yazılımda yer alan ayar penceresinden (Şekil 7.3) girilmektedir. Bu ayar penceresinde aşağıdaki ayarlar yapılmaktadır:

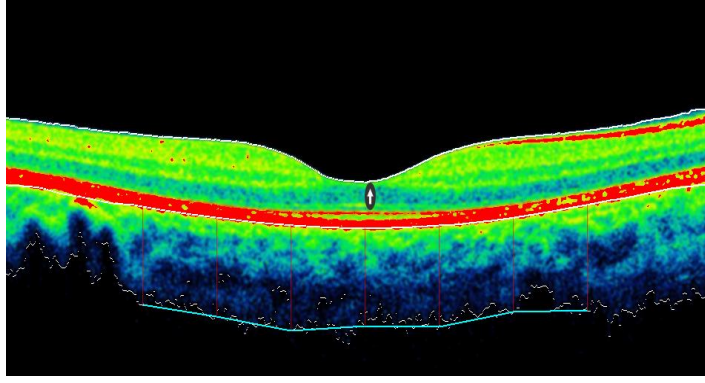
- Kırmızılaştırmada kullanılan RGB değerleri (Bu değerler ayarlanarak epitel dokunun belirginleştirilmesi ayarlanmaktadır),

- Koroid bölgesi alt sınır çizgisi belirleme tolerans ayarı (Tolerans değeri değiştirilerek alt sınır çizgisine ait girinti ve çıkıntıların dikey payı ayarlanmaktadır),
- Koroid bölgesi üst sınır çizgisi belirleme tolerans ayarı (Tolerans değeri değiştirilerek alt sınır çizgisine ait girinti ve çıkıntıların dikey payı ayarlanmaktadır),
- Dikme adedi ve piksel cinsinden dikme aralığı (bu ayar kısmından dikme adedi ve dikmeler arası aralıklar belirlenmektedir),
- Kenar yuvarlama hassaslık parametresi (Bu parametre değeri koroid bölgesi alt sınır çizgilerinin çekilmesi işleminde eğri uydurma parametresi olarak kullanılmaktadır),
- Koroid kalınlığının orijinal resim üzerinde gösterilmesi

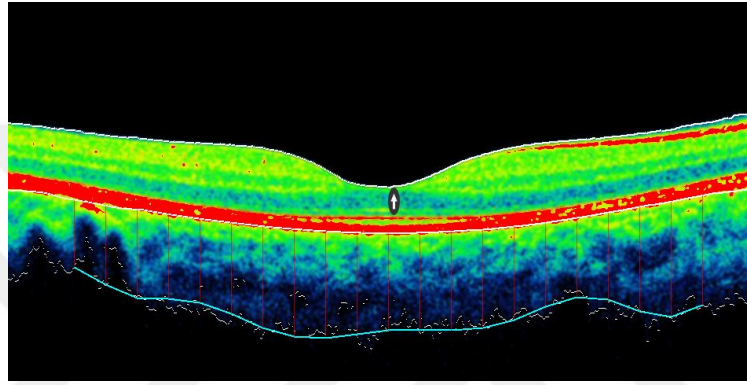
Şekil 7.3. Ayar penceresi

Koroid kalınlığının ölçümünde kullanılan dik çizgilere ait (çeşitli sayıda dikme içeren, farklı çizgi aralıkları ve yumuşatma parametresine sahip) örnek görüntüler Şekil 7.4 (a-b-c)'de verilmiştir.

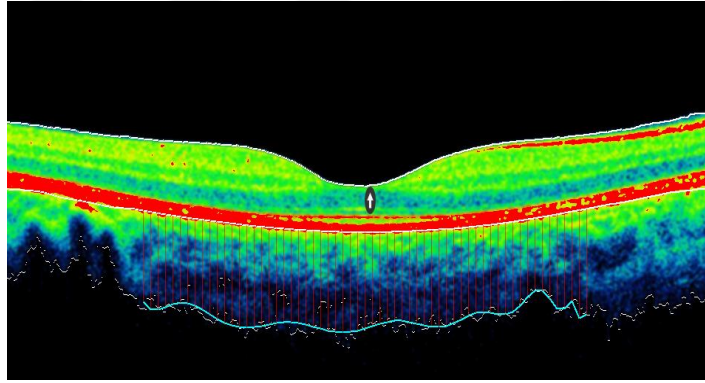




Şekil 7.4.a Sağa ve sola çizgi adedi:3, çizgi aralığı:100 px, yumuşatma parametresi:50



Şekil 7.4.b Sağa ve sola çizgi adedi:10, çizgi aralığı:40 px, yumuşatma parametresi:10



Şekil 7.4.c Sağa ve sola çizgi adedi:30, çizgi aralığı:10 px, yumuşatma parametresi:50

Koroid kalınlığının ölçümünde kullanılan dik çizgilerin sayısını maksimum yaptığımızda çizgilerin arasında hiç boşluk kalmayacak duruma gelmektedir. Bu durum aslında uzunluk ölçümünden alan ölçümüne geçmek anlamına gelmektedir. Günümüz koroid kalınlığı ölçümünde uzunluk temel alınarak ölçüm yapılmaktadır. Ancak tez çalışması kapsamında geliştirilen bu yazılım ile istenilen aralıkta bir bölgenin alanı ölçülebilmektedir (Şekil 7.5).

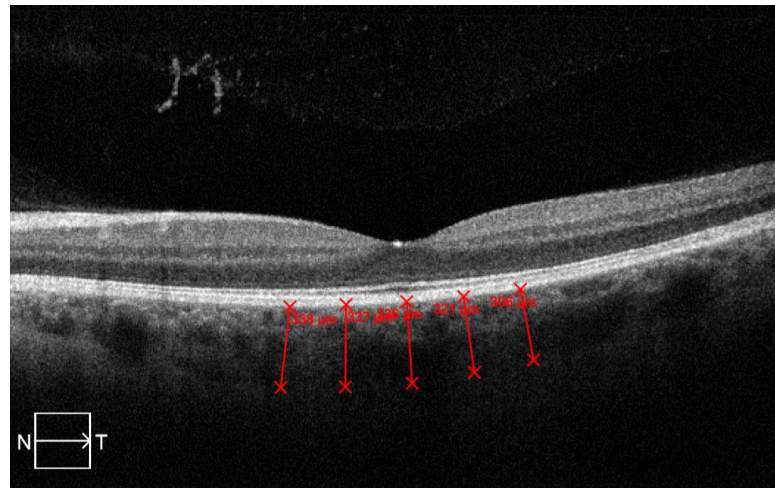


## 8. KARŞILAŞTIRMA

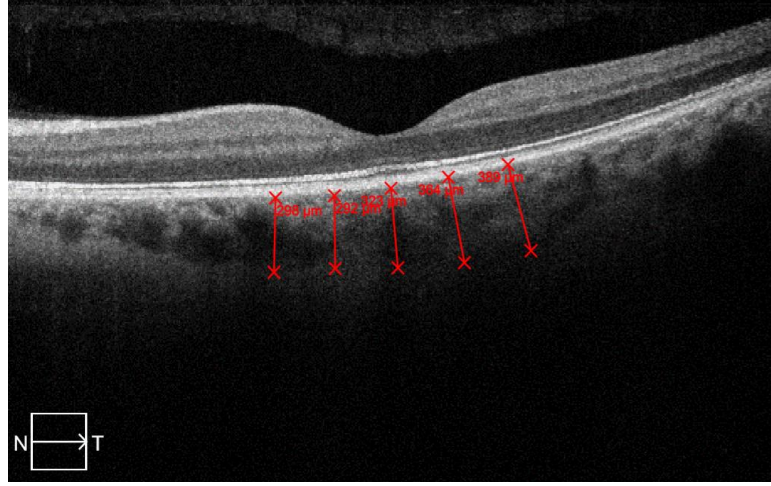
Çalışmanın son aşamasında göz doktorunun OKT görüntüleri üzerinde manuel olarak işaretleme yaparak gerçekleştirdiği ölçüm sonuçları ile tez kapsamında geliştirilen yazılımla otomatik olarak elde edilen ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Uzman ölçümleri mikrometre cinsinden olup görüntü işleme ile elde edilen çizgilerin piksel değerleri mikrometreye dönüştürülmüştür.

### 8.1. Uzman Ölçümleri

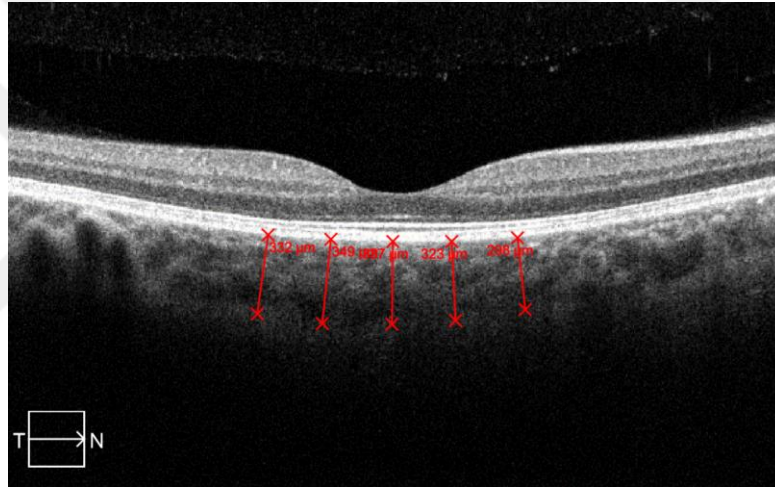
Uzman ölçümleri yapılırken doktor gri seviye görüntüler üzerinde işaretleme yapmıştır. Bu çalışma kapsamında 15 kişiden alınan 30 göz üzerinde çalışılmış olup uzman beşer tane uzunluk işaretlemiştir. İşaretleme işleminde uzman kendine göre en uygun noktaları belirlemiştir. Göz doktoru işaretleme yaparken, retina pigment epitelinin alt sınır çizgisi ile koroid bölgesinin alt sınırını göz kararı belirlediğini ifade etmiştir. OKT cihazında yerleşik halde bulunan bir yazılım, işaretlenen uzunlukları kendi ekran çözünürlüğünde kalibre edilmiş değerlere göre mikrometre cinsinden göstermektedir. Şekil 8.1, şekil 8.2, şekil 8.3 ve şekil 8.4'te uzman hekimin yapmış olduğu ölçümlere ilişkin OKT retina görüntülerinden örnekler gösterilmiştir.



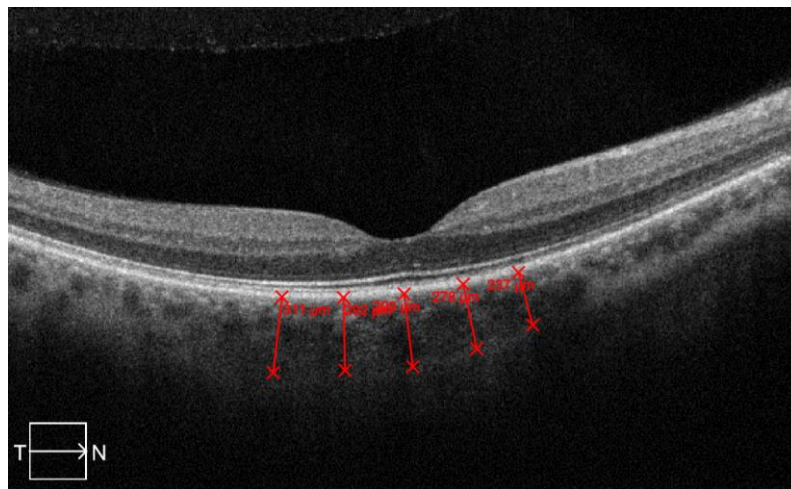
Şekil 8.1. Örnek ölçüm T\*\* Merve sol göz



Şekil 8.2. Örnek ölçüm K\*\* Süleyman sol göz



Şekil 8.3. Örnek ölçüm T\*\* Mert sağ göz

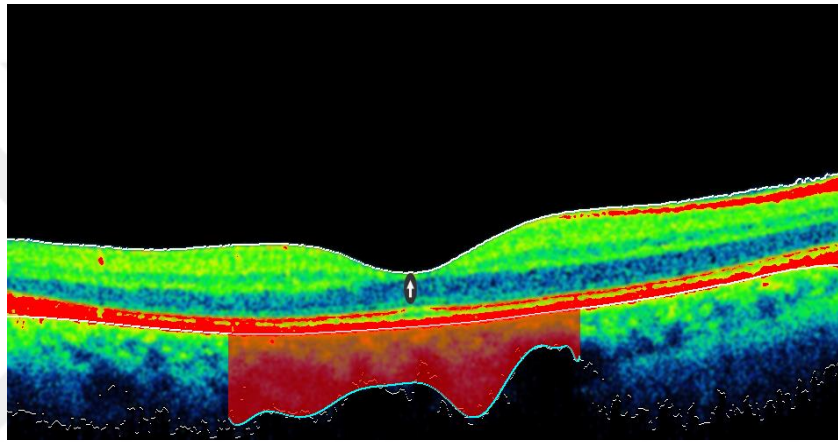


Şekil 8.4. Örnek ölçüm E\*\* Tuncer sağ göz

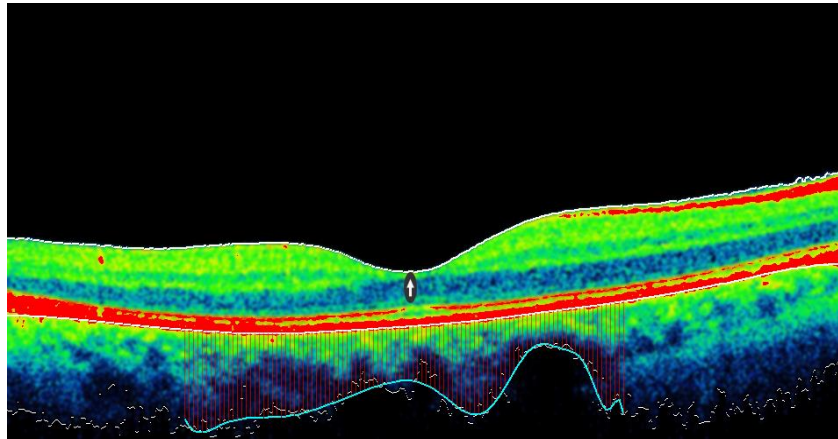


## 8.2. Yazılım ile Otomatik Elde Edilen Ölçümler

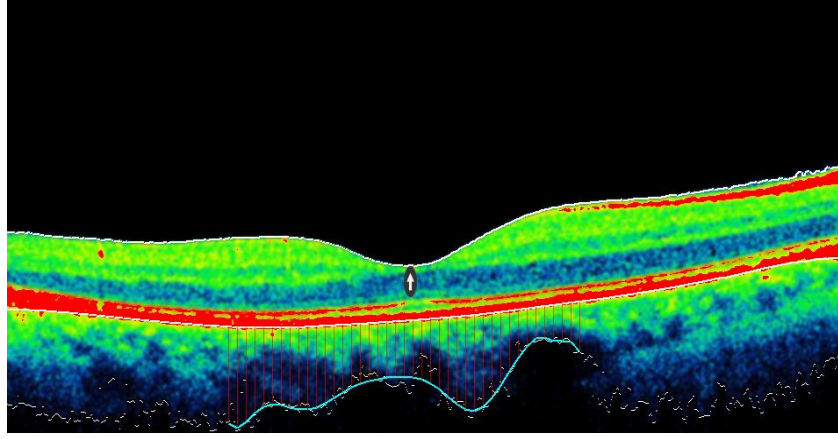
Geliştirdiğimiz yazılım 15 hasta 30 göz üzerinde alan bazlı ölçüm yapmıştır. En çukur noktanın sağında ve solunda ayarlar penceresinden girilen parametrelere göre ölçümler yapılmıştır ve ölçüm sonuçlarından üç örnek aşağıda gösterilmiştir. Bu örnekler mikrometre cinsinden alan ölçümleri ve isteğe göre inilen dikmelerin ölçümleridir. Örnek ölçümlerde (Şekil 8.5., Şekil 8.6., Şekil 8.7., Şekil 8.8., Şekil 8.9., Şekil 8.10., Şekil 8.11., Şekil 8.12., Şekil 8.13.) 3 hastanın 6 gözü üzerindeki ölçüm sonuçları gösterilmiştir. Diğer 12 hasta 24 göz ölçümleri ektedir.



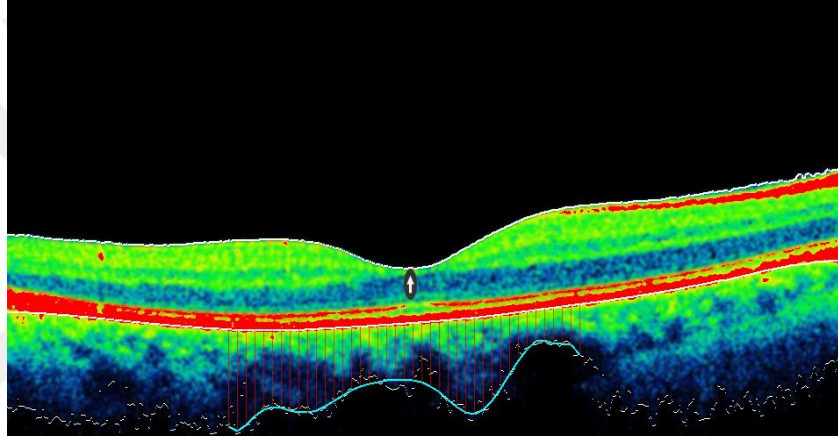
**Şekil 8.5.** Örnek ölçüm K\*\* Süleyman sağ göz (Sağa ve sola 200 adet 1'er piksel atlayarak yumuşatma parametresi 50). Ortalama=452,926 mikrometre.



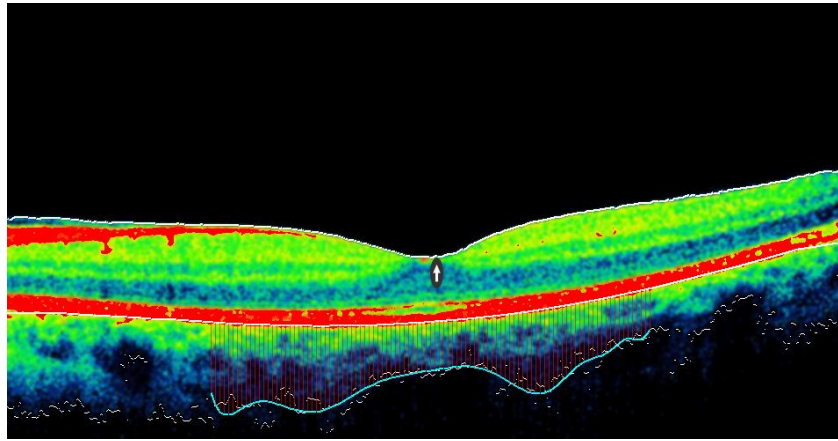
**Şekil 8.6.** Örnek ölçüm K\*\* Süleyman sağ göz (Sağa ve sola 50px 5'er piksel atlayarak yumuşatma parametresi 50). Ortalama=492,815 mikrometre.



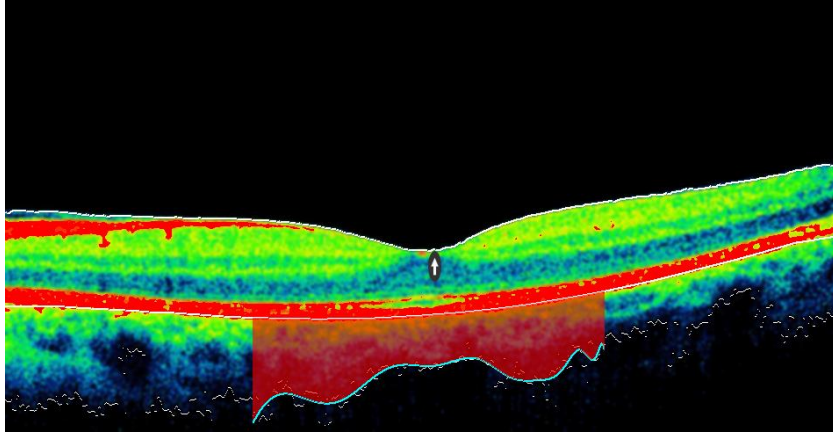
Şekil 8.7. Örnek ölçüm K\*\* Süleyman sağ göz (Sağa ve sola 20px 10'ar piksel atlayarak yumuşatma parametresi 50). Ortalama=492,815 mikrometre.



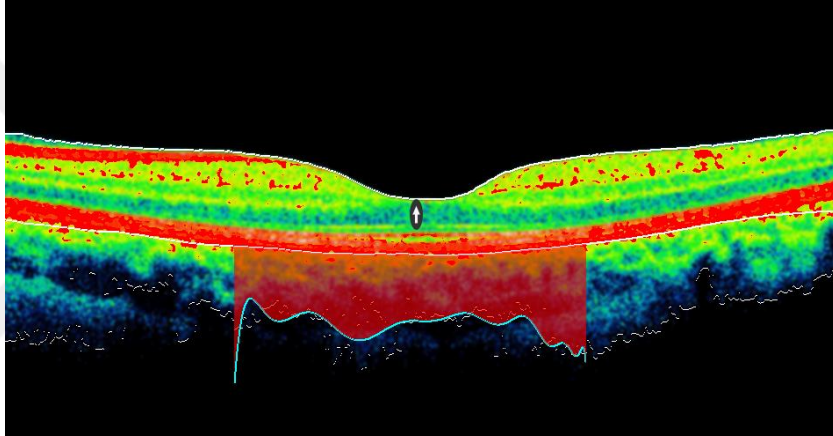
Şekil 8.8. Örnek ölçüm T\*\* Merve sol göz (Sağa ve sola 20px 10'ar piksel atlayarak yumuşatma parametresi 50). Ortalama=454,57 mikrometre.



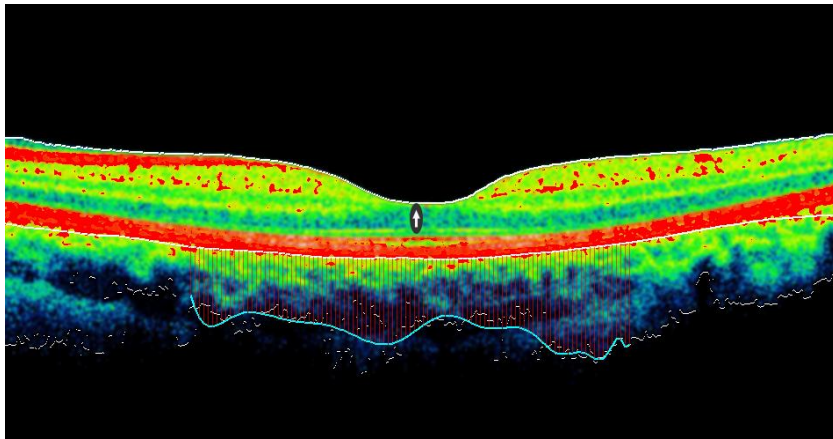
Şekil 8.9. Örnek ölçüm T\*\* Merve sol göz (Sağa ve sola 50px 5'er piksel atlayarak yumuşatma parametresi 50). Ortalama=452,082 mikrometre.



**Şekil 8.10.** Örnek ölçüm T\*\* Merve sol göz (Sağa ve sola 200px 1'er piksel atlayarak yumuşatma parametresi 50). Ortalama=452,473 mikrometre.



**Şekil 8.11.** Örnek ölçüm T\*\* Mert sol göz (Sağa ve sola 200px 1'er piksel atlayarak yumuşatma parametresi 50). Ortalama=503,228 mikrometre.



**Şekil 8.12.** Örnek ölçüm T\*\* Mert sol göz (Sağa ve sola 50px 5'er piksel atlayarak yumuşatma parametresi 50). Ortalama=525,267 mikrometre.

Çizelge 8.1’de uzman hekimin el ile ölçüm yaptığı sonuçlar yazılımın otomatik olarak yaptığı ölçüm sonuçları (mikrometre cinsinden) ile karşılaştırılmıştır. Tabloda gösterilen 3 numaralı uzunluklar en çukur nokta temel alınarak inilen orta dikmenin uzunluğudur. Diğerleri ise bu orta dikmenin sağına ve soluna yukarıdan aşağıya (epitel dokudan bulutsu damar tabakanın bittiği yere kadar) çizilmiş olan uzunluklardır. En sağ sütunda (Ort.) ise çizilen 5 adet dikmenin hesaplanmış ortalama uzunluğu verilmiştir.

**Çizelge 8.1.** Uzman hekim ve yazılım ölçüm sonuçları (ölçümler mikrometre cinsindedir)

	Uzman Ölçümleri						Yazılım Ölçümleri					
	1	2	3	4	5	Ort.	1	2	3	4	5	Ort.
B* Saygı R	290	287	280	279	279	<b>283</b>	225,7	246,5	314,8	216,8	172,2	<b>235,2</b>
B* Saygı L	458	462	465	434	411	<b>446</b>	222,7	261,3	288,0	264,3	273,2	<b>261,9</b>
B* Gamze R	286	270	257	221	182	<b>243,2</b>	225,7	228,6	294,0	285,1	270,2	<b>260,7</b>
B* Gamze L	239	263	276	290	343	<b>282,2</b>	282,1	181,1	210,8	258,3	201,9	<b>226,8</b>
C* Melike R	277	283	328	372	382	<b>328,4</b>	282,1	243,5	207,9	282,1	228,6	<b>248,8</b>
C* Melike L	490	493	502	507	502	<b>498,8</b>	255,4	187,1	258,3	213,8	332,6	<b>249,4</b>
D* Zeynep R	401	405	393	384	375	<b>391,6</b>	311,8	231,6	445,5	193,0	317,7	<b>299,9</b>
D* Zeynep L	322	339	346	359	367	<b>346,6</b>	368,2	308,8	255,4	427,6	193,0	<b>310,6</b>
G* Serap R	364	369	371	358	352	<b>362,8</b>	258,3	279,1	270,2	288,0	240,5	<b>267,2</b>
G* Serap L	347	363	423	458	467	<b>411,6</b>	522,7	207,9	481,1	273,2	317,7	<b>360,5</b>
G* Mustafa R	419	419	420	393	345	<b>399,2</b>	184,1	395,4	418,1	385,9	377,3	<b>352,1</b>
G* Mustafa L	321	331	337	338	330	<b>331,4</b>	335,6	344,5	237,6	380,1	252,4	<b>310,0</b>
G* Merve R	432	406	402	382	382	<b>400,8</b>	353,4	400,9	329,6	261,3	368,2	<b>342,6</b>
G* Merve L	435	444	454	438	418	<b>437,8</b>	276,2	386,1	338,5	311,8	439,5	<b>350,4</b>
K*SagbatullahR	234	212	226	210	198	<b>216</b>	219,7	136,6	258,3	246,5	314,8	<b>235,1</b>
K*SagbatullahL	253	288	301	287	288	<b>283,4</b>	109,8	264,3	273,2	249,4	314,8	<b>242,3</b>
K* M.Tahsin R	332	349	337	323	298	<b>327,8</b>	377,1	445,5	371,2	389,0	362,3	<b>389,0</b>
K* M.Tahsin L	314	304	301	297	262	<b>295,6</b>	302,9	308,8	317,7	350,4	368,2	<b>329,6</b>
K* Aysegül R	292	313	319	302	254	<b>296</b>	356,4	258,3	196,0	184,1	169,2	<b>232,8</b>
K* Aysegül L	272	277	274	280	275	<b>275,6</b>	335,6	258,3	130,6	243,5	329,6	<b>259,5</b>
O* Mehmet R	400	414	429	430	415	<b>417,6</b>	362,3	380,1	326,7	291,0	277,3	<b>327,4</b>
O* Mehmet L	456	487	500	490	488	<b>484,2</b>	231,6	299,9	323,7	371,2	288,0	<b>302,8</b>
K*Süleyman R	337	360	324	302	298	<b>324,2</b>	320,7	297	228,6	255,4	169,2	<b>254,1</b>
K* Süleyman L	298	292	323	364	385	<b>332,4</b>	299,9	392,0	335,6	279,1	297	<b>320,7</b>
T* Merve R	400	393	409	380	341	<b>384,6</b>	335,6	350,4	181,1	225,7	181,1	<b>254,7</b>
T* Merve L	338	337	336	321	306	<b>327,6</b>	315,2	301,4	271,3	285,1	211,9	<b>276,9</b>
T* Erkun R	311	292	299	278	237	<b>283,4</b>	362,3	400,9	362,3	311,8	365,3	<b>360,5</b>
T* Erkun L	225	270	239	214	224	<b>234,4</b>	169,2	323,7	106,9	344,5	187,1	<b>226,2</b>
Y* Dilara R	306	304	290	246	228	<b>274,8</b>	308,8	184,1	190,0	279,1	294,0	<b>251,2</b>
Y* Dilara L	265	262	284	328	338	<b>295,4</b>	329,6	240,5	169,2	323,7	276,2	<b>267,8</b>

\* Özel bilgi olduğundan soyadı kısımları kapatılmıştır



Çizelge 8.1'i incelediğimizde ortalama ölçüm değerleri arasında farklar olduğunu görüyoruz. Bölüm 8.2'de verilen şekillerde yer alan değerler ile çizelgede verilen değerler arasında fark olmasının temel nedeni inilen dikme sayısındaki farklılıktır. Çizelgede uzman ölçüm tekniği ile uyumlu olması açısından 5 adet dik çizginin ortalaması alınarak elde edilen sonuçlar verilmiştir. Uzman ölçüm sonuçları ile yazılımın otomatik olarak yüzde oranı olarak ölçtüğü sonuçlar arasındaki farkı denklem 8.1 kullanılarak bulunabilir.

$$Fark = \frac{1}{n} \sum_{1}^n mutlak(ortalama_n^1 - ortalama_n^2) \quad (8.1)$$

Denklem 8.1 kullanılarak yapılan fark hesaplamasına göre %18,23 oranında bir hata ile otomatik olarak koroid kalınlığı ölçülmüştür. Farkın yüksek olmasının temel sebebinin koroid katmanı alt sınır çizgisinden kaynaklandığı görülmüştür. Uzman bu sınır çizgisinin işaretlerken göz kararı yaklaşık bir nokta seçmektedir. Buna karşılık yazılım bu sınır çizgisini tam olarak piksellerin en son görüldüğü noktaya göre çizmektedir. Bu problemi gidermek adına eğri uydurma yöntemi kullanılmıştır.

Bununla birlikte yazılımda istenen bölgede istenen sayıda dik inmeler çizilerek ölçüm yapılabilirken uzman ölçümlerinde çizilen çizgilerin tam dik olmaması ve inilen dikmelerin yerlerinin rastgele olması hatayı artırmaktadır. Ayrıca uzman ölçümlerinde en çukur noktanın temel alınarak çizilen çizgiler göz kararı ile tespit edilmektedir. Yazılımın yaptığı ölçümler uzman ölçümlerini tamamıyla kapsayacak niteliktedir. Yazılımın ölçtüğü en çukur nokta sıfır hata ile kesinlikle en çukur noktadır, sağ ve sol taraflara yapılan ölçümlerde yazılım parametre ara yüzü kullanılarak istenilen sayıda değiştirilebilir. Eşit koşullara göre işaretleme yapılmamasından dolayı, uzman ölçümleri ile yazılım ölçümleri arasında birebir karşılaştırma yapmak ölçüm güvenilirliğini olumsuz etkilemektedir.

Koroid kalınlıklarının ölçülmesine yönelik yapılan önceki çalışmalarda çoğunlukla koroid bölgesinin segmentasyonuna odaklanılmış ancak otomatik olarak metrik cinsinden ölçüm elde edilmesi yapılmamıştır. Bu açıdan tez çalışmasının literatüre önemli katkısı vardır.

## 9. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 9.1 Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak retina bölgesinde yer alan koroid katmanının kalınlığının geliştirilen özel yazılımla bilgisayar destekli olarak otomatik bir biçimde ölçülmesi hedeflenmiştir. Ölçüm işlemi bu bölgedeki yapısal bozuklukların ve hastalıkların belirlenmesi içindir. Yazılımla otomatik olarak ölçülen koroid kalınlığı değerleri göz doktorunun manuel olarak yaptığı ölçümlerle karşılaştırılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Günümüzde koroid kalınlığının tespitinde optik kohorens tomografi (OKT) cihazı ile görüntüleme tercih edilmektedir. OKT cihazından alınan görüntüler üzerinde uzman hekim, retina pigment epitel katmanının alt sınır çizgisi ile bulutsu yapıdaki koroid katmanının alt sınır çizgisi arasında kalan bölgenin uzunluğunu ekran üzerinde işaretlemeler yaparak manuel olarak ölçmektedir. Bu işlem zahmetlidir ve uzun süre almaktadır. Ayrıca hekimin bilgi ve tecrübesine göre ölçüm hataları içermektedir.

Tez çalışması kapsamında renkli OKT görüntüleri üzerinden koroid kalınlığının ölçümü işleminde bir dizi işlem gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler; filtreleme, morfolojik işlemlerle gürültü giderme, retina pigment epiteli katmanında kırmızı belirginleştirme, en çukur nokta (fovea) bulma ve işaretleme, retina pigment epitel katmanı alt sınır çizgisi çizme, bulutsu yapıdaki koroid katmanı alt sınır çizgisi belirleme, bu iki sınır çizgisi arasında en çukur noktaya göre dikmeler inme, alt sınır çizgisinde eğri uydurma yöntemi ile yumuşatma uygulama ve çizgi uzunluklarını mikrometre cinsinden ölçme olarak sıralanabilir.

OKT görüntüleri incelendiğinde retina bölgesi katmanlarını içeren kısmın üst ve alt boşluklarında istenmeyen gürültüler olduğu görülmüştür. Bu gürültülü bölgeler bilgisayar destekli segmentasyon işleminde engel arz etmektedir. Bunların yok edilmesi amacıyla morfolojik açma algoritması uygulanmıştır. Bu işlemler uygulanarak görüntülerde yer alan ve segmentasyonu olumsuz etkileyebilecek gürültüler tamamen giderilmiştir.

Uzman doktordan alınan bilgiye göre koroid katmanının üst sınırını retina pigment epiteli katmanının alt sınırı oluşturmaktadır. Renkli OKT görüntüleri incelendiğinde bu katmanda çoğunlukla kırmızı rengin hakim olduğu görülmüştür. İlk denemelerde kırmızı renk temel alınarak bu katmanın alt sınır çizgisi çizilmeye

çalışılmış ancak istenen yerde çizginin çizilemediği görülmüştür. Bu amaçla kırmızı belirginleştirme işlemi yapılmıştır. Bu işlemde RGB değerine bakılarak kırmızı değere yakın pikseller tam kırmızı hale getirilmiştir. Böylece retina pigment epitel katmanının alt sınır çizigisi tam ve doğru olarak çizilebilmiştir.

Koroid katmanının alt sınır çizgisinin çekilmesine yönelik yaptığımız çalışmalarda girinti ve çıkıntılar çok olduğu, bu girintilerin ölçüm değerlerinde büyük sapmalara neden olduğu görülmüştür. Bu problemi gidermek adına öncelikle ortalama filtre uygulanarak görüntüde yumuşatma yapılmıştır. Yumuşatma işlemi sonrasında özellikle alt sınır çizgisini olumsuz etkileyen benek gürültülerinin en aza indiği görülmüştür. Ancak bu işlem girinti çıkıntılardan kaynaklanan ölçüm sapmalarını yeteri kadar giderememiştir. Uzman hekimle yapılan görüşmelerde kendisinin bulutsu bölgenin alt sınır çizgisini çizerken hafif oval bir çizgi ile çizdiğini belirtmiştir. Yaptığımız araştırmalarda bu tür bir çizgi çekilebilmesi için çizgilerin yumuşak geçişlerle çizilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır. Bu amaçla literatürde sıklıkla kullanılan ve üç veya daha fazla noktadan oluşan kesikli çizginin yumuşak geçişlerle birleştirilmesini sağlayan eğri uydurma işlemini koroid katmanı alt sınır noktalarını birleştirmede kullandık. Yumuşatma parametresi sayesinde uzman doktorun çizdiği mümkün olabilecek en yakın eğriyi çizdirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Koroid kalınlığının yazılım ile otomatik olarak ölçümünün ardından ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi işlemi yapılmıştır. Değerlendirme işleminde istatistiksel bir yaklaşım kullanılarak uzman hekimin manuel olarak yaptığı ölçüm sonuçlarının ortalama değeri ile yazılımla elde edilen sonuçların ortalama değeri arasındaki sapma oranı hesaplanmıştır. Bu hesaplama göre %81,77 lik bir oranla uzman hekimin ölçümlerine yaklaşık ölçümler elde edilmiştir.

Hataya ilişkin yapılan analizlerde görülmüştür ki, uzman hekimin göz kararı ile manuel olarak işaretleme yapması hata oranında olumsuz bir etki yapmıştır. Uzman tarafından yapılan ölçümde, işaretlenen noktaların tam sınır çizgileri üzerinde olmaması, inilen dikmelerin tam dik olarak çizilmemesi gibi hatayı artırıcı etkenler bulunmaktadır. Ayrıca çizilen dikmeler arasındaki yatay boşluklar da yazılımda olduğu gibi eşit aralıklarla değildir.

Bununla birlikte uzman hekimin el ile yaptığı ölçümlerde her bir göz görseli için ortalama 5 dakika zaman harcadığı kaydedilmiştir. Tez kapsamında geliştirilen yazılım ise bir gözün görselinde alan taraması yaparak istenilen ölçümü hassas şekilde ortalama 0,773 saniyede yapmaktadır. Bu da çalışmanın önemli avantajlarından biridir.

## 9.2 Öneriler

Bu tez çalışmasında yapılan ölçümlerin daha da iyileştirilmesi adına çalışma yapılması önerilmektedir. Özellikle bulutsu yapıdaki koroid katmanının alt sınır çizgilerinin belirlenmesine yönelik farklı teknikler denenebilir. Epitel dokunun kenarlarını belirlemede de farklı görüntü işleme yöntemleri kullanılarak daha hassas ölçüm sonuçları elde edilebilir.

Geliştirilen uygulama medikal OCT cihazı üzerine entegre edilerek hasta göz görüntüsü üzerinde anında ölçüm sonuçları alınabilir böylece sonuca ulaşmada oldukça zaman kazanılmış olur.

Yapay sinir ağları ile sınıflama algoritması geliştirilip görüntü üzerinde işlemler yapıldıktan sonra hastalık sınıflandırılmasına yönelik çalışmalarda araştırmacılar için yeni bir alandır.

## KAYNAKLAR

- Alonso-Caneiro, D., Read, S. A. ve Collins, M. J., 2013, Automatic segmentation of choroidal thickness in optical coherence tomography, *Biomedical optics express*, 4 (12), 2795-2812.
- Balci, O. ve Ozsutcu, M., 2016, Evaluation of retinal and Choroidal thickness in Fuchs' Uveitis syndrome, *Journal of ophthalmology*, 2016.
- Bayraktar, Ş. ve Türker, G., 2000, Erken glokom ve glokom şüphesi olgularında optik koherens tomografi ile elde edilen retina sinir lifi kalınlığı ölçümlerinin tekrarlanabilirliği, *T Oft Gaz*, 30, 404-408.
- Boonarpa, N., Zheng, Y., Stangos, A. N., Lu, H., Raj, A., Czanner, G., Harding, S. P. ve Nair-Sahni, J., 2015, Standardization of choroidal thickness measurements using enhanced depth imaging optical coherence tomography, *International journal of ophthalmology*, 8 (3), 484.
- Bozkurt, K., 2009, Retina görüntülerinin ayrıştırılması, 11.
- Can, I., Takmaz, T., Yıldız, Y., Bayhan, H. A., Soyugelen, G. ve Bostancı, B., 2010, Coaxial, microcoaxial, and biaxial microincision cataract surgery: prospective comparative study, *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 36 (5), 740-746.
- Candemir, C., Çetinkaya, C., Kılınççeker, O. ve Cinsdikici, M., 2013, Vascular landmark classification in retinal images using fuzzy RBF, *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2013 21st*, 1-4.
- Çetinkaya, C., 2011, Retina görüntülerinde radyal tabanlı fonksiyon sinir ağları ile damar tipik noktalarının tespit edilmesi, *Ege Üniversitesi Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü, YL Tezi*.
- Doğanay, E., 2010, Hipertansiyon için retina görüntülerinden atardamar daralmasını kullanarak otomatik tanı algoritmasının geliştirilmesi, 4.
- Fransen, S. R., Leonard-Martin, T. C., Feuer, W. J., Hildebrand, P. L. ve Group, I. H. R., 2002, Clinical evaluation of patients with diabetic retinopathy: accuracy of the Inoveon diabetic retinopathy-3DT system, *Ophthalmology*, 109 (3), 595-601.
- Géhl, Z., Kulcsár, K., Kiss, H. J., Németh, J., Maneschg, O. A. ve Resch, M. D., 2014, Retinal and choroidal thickness measurements using spectral domain optical coherence tomography in anterior and intermediate uveitis, *BMC ophthalmology*, 14 (1), 103.
- Gupta, P., Jing, T., Marziliano, P., Cheung, C. Y., Baskaran, M., Lamoureux, E. L., Wong, T. Y., Cheung, C. M. G. ve Cheng, C.-Y., 2015, Distribution and determinants of choroidal thickness and volume using automated segmentation software in a population-based study, *American journal of ophthalmology*, 159 (2), 293-301. e293.
- Hansen, A. B., Sander, B., Larsen, M., Kleener, J., Borch-Johnsen, K., Klein, R. ve Lund-Andersen, H., 2004, Screening for diabetic retinopathy using a digital non-mydratic camera compared with standard 35-mm stereo colour transparencies, *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 82 (6), 656-665.
- Hazan, F., 2009, Yaş tip yaşa bağlı makula dejenerasyonu (YBMD) ile ARMS2 (Age-Related Maculopathy Susceptibility2) ve HTRA1 (HtrA serine peptidase1) gen polimorfizmlerinin ilişkisinin araştırılması, *Ege Üniversitesi*.
- İkibaş, C., 2012, Retinal imgelerde optik disk ve makulanın tespiti ve değerlendirilmesi, 7-11.
- Kajić, V., Esmacelpour, M., Považay, B., Marshall, D., Rosin, P. L. ve Drexler, W., 2012, Automated choroidal segmentation of 1060 nm OCT in healthy and

- pathologic eyes using a statistical model, *Biomedical optics express*, 3 (1), 86-103.
- Kılınççeker, O., 2011, Diyabetik Retinopati Hastalığında Lezyon Bölgelerinin Tespitine Yönelik Benzerlik Ölçüm Teknikleri, Yüksek Lisans, *Ege Üniversitesi İzmir*.
- Koozekanani, D., Boyer, K. ve Roberts, C., 2001, Retinal thickness measurements from optical coherence tomography using a Markov boundary model, *IEEE transactions on medical imaging*, 20 (9), 900-916.
- Moussa, M., Sabry, D. ve Soliman, W., 2016, Macular choroidal thickness in normal Egyptians measured by swept source optical coherence tomography, *BMC ophthalmology*, 16 (1), 138.
- Narayanan, S. K. ve Wahidabanu, R., 2009, A view on despeckling in ultrasound imaging.
- Petek, V., 2014, Polynomial Fitting in C#, <http://www.vilipetek.com/2014/12/13/polynomial-fitting-in-c/>: [25.07.2019].
- Polat, O. A., Sinim, N. ve Öner, A. Ö., 2012, Türkiye'deki sağlıklı bireylerde spectral-domain optik koherens tomografi ile santral koroidal ve maküler kalınlık ölçümü, *Journal of Retina-Vitreous*, 20 (2), 095-098.
- Snell, R. ve Lemp, M., 1989, The orbital nerves, *Clinical Anatomy of the Eye. Cambridge: Blackwell*, 267-276.
- Şevik, U., Gençaliolu, O. ve Köse, C., 2007, Retina Görüntülerinde Yaşa Bağlı Makula Dejenerasyonunun Bölge Büyütme Yöntemiyle Segmentasyonu, *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği*, 12.
- Şirvan, O., 2010, Yapay sinir ağları kullanılarak retina görüntülerinden hastalık tanılama sistemi tasarımı ve gerçekleştirimi, 2-11.
- Tenlik, A., Güragaç, F. B., Güler, E., Dervişoğulları, M. S. ve Totan, Y., 2015, Choroidal thickness measurement in healthy pediatric population using Cirrus HD optical coherence tomography, *Arquivos brasileiros de oftalmologia*, 78 (1), 23-26.
- Tosunoğlu, C. İ., 2009, GLOKOM HASTALIĞI TANI VE İZLEMEDE GÖRÜNTÜ İŞLEME VE BİLGİ TEKNOLOJİLERİ, 9.
- Tuncer, İ., Karahan, E. ve Zengin, M. Ö., 2014, Normal Gözlerde Subfoveal Koroid Kalınlığının Optik Koherens Tomografi ile Ölçülmesi, *Retina-Vitreous/Journal of Retina-Vitreous*, 22 (2).
- Turknet, 2007, Sağlık, "Gözün Yapısı ve Çalışması", <http://saglik.tnn.net/altbolumler.asp?SecID=13&SubID=100>
- Ünal, Y., 2015, Makine öğrenmesi yöntemleriyle bel bölgesi rahatsızlıklarının tanısı, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- van Leeuwen, R., Chakravarthy, U., Vingerling, J. R., Brussee, C., Hooghart, A. J., Mulder, P. G. ve de Jong, P. T., 2003, Grading of age-related maculopathy for epidemiological studies: is digital imaging as good as 35-mm film?, *Ophthalmology*, 110 (8), 1540-1544.
- Yagmur, F. D., Karlık, B. ve Okatan, A., 2008, Automatic recognition of retinopathy diseases by using wavelet based neural network, *Applications of Digital Information and Web Technologies, 2008. ICADIWT 2008. First International Conference on the*, 454-457.

**EKLER****EK-1 Etik Kurul Raporu**

T.C.  
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ  
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI

GİRİŞİMSEL OLMAYAN KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARARLARI

Toplantı Sayısı: 2017/12

Toplantı Tarihi : 21.06.2017

**Karar Sayısı 2017/203** S.Ü. Teknoloji Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi Yrd.Doç.Dr.Hasan Erdiñ KOÇER'in "Retina Görüntülerinde Makular Ve Koroid Kalınlıklarının Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Ölçülmesi" başlıklı araştırmasının değerlendirilme talebi ile ilgili 02.06.2017 tarihli dilekçesi ve ekleri görüldü.

Yapılan inceleme ve görüşmelerden sonra; Yrd.Doç.Dr.Hasan Erdiñ KOÇER'in "Retina Görüntülerinde Makular Ve Koroid Kalınlıklarının Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Ölçülmesi" adlı araştırmasının kabulüne oy birliği ile karar verildi.



## EK-2 Kod Blokları

### Ek-2-a Retina Pigment Epiteli Kırmızılaştırma

```

public unsafe Bitmap kirmizilastir()
{
    Bitmap bmp = new Bitmap(resim.Image);
    BitmapData bData = bmp.LockBits(new System.Drawing.Rectangle(0, 0, bmp.Width, bmp.Height),
        ImageLockMode.ReadWrite, PixelFormat.Format24bppRgb);
    byte bitsPerPixel = GetBitsPerPixel(bData.PixelFormat);

    byte* scan0 = (byte*)bData.Scan0.ToPointer();
    for (int i = 0; i < bData.Height; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < bData.Width; ++j)
        {
            byte* data = scan0 + i * bData.Stride + j * bitsPerPixel / 8;

            if (data[0] <= ayar.kirmizi_b &&
                data[1] > ayar.kirmizi_g &&
                data[2] > ayar.kirmizi_r)
            {
                data[0] = 0;
                data[1] = 0;
                data[2] = 255;
            }
        }
    }
    bmp.UnlockBits(bData);
    return bmp;
}

```

### Ek-2-b Üst kenar belirleme

```

public unsafe void tara_ustkenar(Color arananRenk)
{
    Bitmap bmp = new Bitmap(resim.Image);
    BitmapData bData = bmp.LockBits(new System.Drawing.Rectangle(0, 0, bmp.Width, bmp.Height),
        ImageLockMode.ReadWrite, PixelFormat.Format24bppRgb);
    byte bitsPerPixel = GetBitsPerPixel(bData.PixelFormat);
    ustkenar_Noktalar = new System.Drawing.Point[bmp.Width];
    for (int i = 0; i < bmp.Width; i++)
    {
        ustkenar_Noktalar[i].X = i;
    }

    byte* scan0 = (byte*)bData.Scan0.ToPointer();
    bool[] ara = new bool[bData.Width];

    for (int i = 0; i < bData.Height; ++i)
    {
        for (int j = 0; j < bData.Width; ++j)
            if (ara[j] == false)
            {
                byte* data = scan0 + i * bData.Stride + j * bitsPerPixel / 8;

                if (!(data[0] <= ayar.tolerans1 &&
                    data[1] <= ayar.tolerans1 &&
                    data[2] <= ayar.tolerans1))
                {
                    ustkenar_Noktalar[j].Y = i;
                    //data[0] = nokta.B;
                    //data[1] = nokta.G;
                    //data[2] = nokta.R;
                    ara[j] = true;
                }
            }
    }
    bmp.UnlockBits(bData);
    resim.Image = bmp;
}

```



## Ek-2-c Üst kenar belirleme

```

void ustkenariCiz()
{
    //Üst Kenarlık Çiziliyor...
    bmp = new Bitmap(resim.Image);
    Pen kalem = new Pen(ayar.kenarlikrengi, 2);
    Graphics g = Graphics.FromImage(bmp);
    System.Drawing.Point çizgiBasla = ustkenar_Noktalar[0];

    for (int i = 1; i < bmp.Width; i++)
    {
        g.DrawLine(kalem, çizgiBasla, ustkenar_Noktalar[i]);
        çizgiBasla = ustkenar_Noktalar[i];
    }

    resim.Image = bmp;
}

```

## Ek-2-d Alt kenar belirleme

```

void altkenariCiz()
{
    //Alt Kenarlık Çiziliyor...
    bmp = new Bitmap(resim.Image);
    Pen kalem = new Pen(ayar.kenarlikrengi, 2);
    Graphics g = Graphics.FromImage(bmp);
    System.Drawing.Point çizgiBasla = altkenar_Noktalar[0];

    //Ortalama Al
    for (int i = 0; i < bmp.Width; i++)
    {
        int toplama = 0, adet = 0;
        for (int j = i - ayar.altkenarDuzeltme; j < i + ayar.altkenarDuzeltme; j++)
            if (j >= 0 && j < bmp.Width && altkenar_Noktalar[j].Y > 0)
            {
                toplama += altkenar_Noktalar[j].Y;
                adet++;
            }
        if (adet > 0)
            ortalamaNoktalar[i].Y = (toplama / adet);
    }

    çizgiBasla = ortalamaNoktalar[0];
    for (int i = 1; i < bmp.Width; i++)
    {
        g.DrawLine(kalem, çizgiBasla, ortalamaNoktalar[i]);
        çizgiBasla = ortalamaNoktalar[i];
    }

    for (int i = 0; i < bmp.Width; i++)
        bmp.SetPixel(altNoktalar[i].X, altNoktalar[i].Y, Color.White);

    resim.Image = bmp;
}

```

## Ek-2-e En çukur nokta tespitinde kullanılan kod bloğu

```

System.Drawing.Point cukur = new System.Drawing.Point(0, 0);
int c = 0;

for (int i = 300; i < bmp.Width; i++) //300 soldan hata payı için ... orta nokta bulunuyor
{
    if (ustkenar_Noktalar[i].Y > c)
    {
        c = ustkenar_Noktalar[i].Y;
        cukur = ustkenar_Noktalar[i];
    }
}

```

## Ek-2-f Foveadan koroid sonuna dik inme işleminde kullanılan kod bloğu

```

Pen kalem = new Pen(Color.FromArgb(155, Color.Red), 1);
double toplam_sonuc = 0;
for (int i = -ayar.sonuc_adet; i <= ayar.sonuc_adet; i++)
{
    string s;
    if (i < 0) s = "Sol " + (-i).ToString();
    else
    if (i > 0) s = "Sağ " + i.ToString();
    else s = "Orta";

    int x = cukur.X + i * ayar.sonuc_aralik;

    if (x >= 0 && x < bmp.Width)
    {
        double sonucmm=((altNoktalar[x].Y - (ortalamaNoktalar[x].Y))*3.43;

        toplam_sonuc = toplam_sonuc + sonucmm;
        Sonuc.ekle(s + ": Uzunluk=" + (sonucmm).ToString() + " mikrometre");

        sw.Write(sonucmm.ToString()+"-");

        using (var graphics = Graphics.FromImage(bmp))
        {
            graphics.DrawLine(kalem, ortalamaNoktalar[x], altNoktalar[x]);
        }
    }
    else
    {
        Sonuc.ekle(s + " sınır dışında");
    }
}

```

## Ek-2-g Kenar yuvarlama fonksiyonlarını kullanan kod bloğu

```

double toplamSonuc = 0;
double[] doubleX = new double[dx.Count];
double[] doubleY = new double[dy.Count];

for (int i = 0; i < dx.Count; i++)
{
    doubleX[i] = dx[i];
    doubleY[i] = dy[i];
}

var polyfit = new PolyFit(doubleX, doubleY, ayar.yumusatma);
var fitted = polyfit.Fit(doubleX);

for (int i = 0; i < fitted.Length; i++)
{
    grafik.DrawLine(kalem, new System.Drawing.Point(bx[i], by[i]), new System.Drawing.Point(bx[i], Convert.ToInt16(fitted[i]));
    if (i < fitted.Length - 1)
        grafik.DrawLine(new Pen(Color.Aqua, 2), new System.Drawing.Point(dx[i], Convert.ToInt16(fitted[i])), new System.Drawing.Point(dx[i + 1], Convert.ToInt16(fitted[i + 1]));
    toplamSonuc += (fitted[i] - by[i]) / grafik.DpiY * 25.4;
    string cf = (Math.Round(fitted[i], 3)).ToString();
    string mm = (Math.Round(((fitted[i] - by[i]) / grafik.DpiY) * 25.4), 3)).ToString();
    string px = (Math.Round((fitted[i] - by[i]), 3)).ToString();
    string Mm = (Math.Round((((fitted[i] - by[i]) / grafik.DpiY) * 25.4) * 22.9), 3)).ToString();
    string[] bilgiler = { cf, mm, Mm, px };
    listView1.Items.Add(new ListViewItem(bilgiler));
    swPiksel.Write(px + "-");
    swMiliMetre.Write(mm + "-");
    swMikroMetre.Write(Mm + "-");
}

```

## Ek-2-h Koroid kalınlığının ölçümünde kullanılan kod bloğu

```

System.Drawing.Point cukur = new System.Drawing.Point(0, 0);
int c = 0;

for (int i = 300; i < bmp.Width; i++) //300 soldan hata payı için ... orta nokta bulunuyor
{
    if (ustkenar_Noktalar[i].Y > c)
    {
        c = ustkenar_Noktalar[i].Y;
        cukur = ustkenar_Noktalar[i];
    }
}

var eklenecekResim = System.Drawing.Image.FromFile(Application.StartupPath + @"\isaret.png");
Graphics grafik = Graphics.FromImage(bmp);
grafik.DrawImage(eklenecekResim, cukur.X, cukur.Y, 15, 35);
resim.Image = bmp;
textBox2.Text = "En Çukur Nokta" + cukur.ToString();
Sonuc.temizle();
Pen kalem = new Pen(Color.FromArgb(155, Color.Red), 1);

List<int> dx = new List<int>();
List<int> dy = new List<int>();
List<int> bx = new List<int>();
List<int> by = new List<int>();

double toplam_sonuc = 0;
for (int i = -ayar.sonuc_adet; i <= ayar.sonuc_adet; i++)
{
    string s;
    if (i < 0) s = "Sol " + (-i).ToString();
    else
        if (i > 0) s = "Sağ " + i.ToString();
    else s = "Orta";

    int x = cukur.X + i * ayar.sonuc_aralik;

    if (x >= 0 && x < bmp.Width)
    {
        double sonucmm = ((altNoktalar[x].Y - (ortalamaNoktalar[x].Y)) * 2.97;
        toplam_sonuc = toplam_sonuc + sonucmm;

        bx.Add(ortalamaNoktalar[x].X);
        by.Add(ortalamaNoktalar[x].Y);

        dx.Add(altNoktalar[x].X);
        dy.Add(altNoktalar[x].Y);
    }
    else
    {
        Sonuc.ekle(s + " sınır dışında");
    }
}

```

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Onur ÇAKAR  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : İzmir 28.09.1983  
**Telefon** : 0 532 543 79 29  
**e-mail** : onur.cakar@meb.gov.tr

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Buca Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi-Buca-İzmir	2001
Üniversite	: Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği – Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya	2008

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2008-2009	Yazılım Sistemleri-E.C.A. Manisa	Yazılım Uzmanı
2010-2015	M.E.B. Bursa	Bilgisayar Sistemleri Öğretmeni
2015-2019	M.E.B. Bursa İl Enerji Yönetim Birimi	Yazılım Sistemleri Birim Yöneticisi

### UZMANLIK ALANI

**Programlama Dilleri (Kodlama)** : PHP, C#, JQuery.  
**Programlama Dilleri (Tasarım)** : Css, Html.  
**Veritabanı Yönetim Sistemleri** : Mysql, Mssql, Oracle.  
**Editörler** : Php strom, visual studio .net, sublime text.

### YABANCI DİLLER

**İngilizce:**  
**Okuma** : Orta  
**Yazma** : Orta  
**Konuşma** : Orta