



T.C.

DÜZCE ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

RETİNA GÖRÜNTÜLERİNİN AYRIŞTIRILMASI

KEMAL BOZKURT

ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALINDA

YÜKSEK LİSANS

DERECESİ İÇİN GEREKLİ ÇALIŞMALARI YERİNE GETİRİLEREK

ONAYA SUNULAN TEZ

DÜZCE

Ağustos-2009

Fen Bilimleri Enstitüsü'nün Onayı

Prof. Dr. Refik KARAGÜL

Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans Derecesinde bir tez olarak gerekli çalışmaları yerine getirdiğini onaylarım.

Yard. Doç. Dr. Ali ÖZTÜRK

Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezin Yüksek Lisans Derecesinde bir tez olarak onaylanması, düşüncemize göre, amaç ve kalite olarak tamamen uygundur.

Yard. Doç.Dr. Ali ÖZTÜRK

Doç. Dr. Recep DEMİRCİ

Tez Danışmanları

Jüri Üyeleri

1. Yard. Doç. Dr. Ali ÖZTÜRK
2. Doç. Dr. Recep DEMİRCİ
3. Yard. Doç. Dr. Bilal SARAÇOĞLU
4. Yard.Doç.Dr. Pakize ERDOĞMUŞ
5. Yard.Doç.Dr. İbrahim ŞAHİN

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın her aşamasında yardımcı olan ve yardımlarını esirgemeyen, bilgilerinden yararlandığım değerli tez danışmanlarım Doç. Dr. Recep DEMİRCİ ve Yard. Doç. Dr. Ali ÖZTÜRK'e teşekkür ederim.

Üniversite hayatımdan bu güne kadar bilgi ve tecrübesi ile her zaman yol gösteren ve destek olan değerli hocam sayın Prof. Dr. GÜNGÖR BAL'a teşekkürü bir borç bilirim.

Her zaman her koşulda yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen beni yetiştiren aileme sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
TABLO LİSTESİ DİZİNİ.....	ix
SEMBOLLER VE KISALTMALAR.....	x
ÖZET.....	xi
ABSTRACT	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. RETİNA GÖRÜNTÜLERİNİN ÖNEMİ	2
1.2. AMAÇ VE YAPILAN ÇALIŞMAYA KISA BİR BAKIŞ	5
1.3. TEZ ÇALIŞMASININ DÜZENİ.....	7
2. LİTERATÜR TARAMASI	8
3. GÖRÜNTÜ İŞLEME.....	13
3.1. GİRİŞ.....	13
3.2. KENAR BELİRLEME	19
3.3.GÖRÜNTÜ İŞLEME FİLTRELERİ	23
3.3.1 Kenar Belirleme Filtreleri	25
3.3.1.1 Roberts Filtresi	25
3.3.1.2 Sobel Filtresi.....	26
3.3.1.3 Prewitt Filtresi.....	28
3.3.1.4 Canny Filtresi	28
3.4 GÖRÜNTÜ AYRIŞTIRMA	30
3.5. K-MEANS ALGORİTMASI.....	31
<i>K-Means Algoritması Dört Adımda Gerçekleştirilir.</i>	32

3.6. SAYISAL RETİNA GÖRÜNTÜLERİNİN AYRIŞTIRILMASI İÇİN GELİŞTİRİLEN MATLAB KULLANICI ARA YÜZÜ (GUI)	34
4. RETİNA GÖRÜNTÜLERİNİN AYRIŞTIRILMASI	40
4.1. GİRİŞ	40
4.2. DAMARLARIN VE OPTİK SİNİRLERİN TESPİT EDİLMESİ	44
4.2.1. Damar Ayırıştırma Filtreleri	44
4.3. OPTİK DİSK KISMININ AYRIŞTIRILMASI	63
4.4. CUP KISMININ TESPİT EDİLMESİ	80
4.5. DAMARLAR, OPTİK DİSK VE CUP KISIMLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ ...	88
4.6. FARKLI YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRME	104
5. SONUÇ	115
5.1. GELECEKTE YAPILABİLECEKLER	116
KAYNAKÇA	117
ÖZGEÇMİŞ	127

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1	: Sayısal retina görüntüsü ve retina yapısı (Xu ve Ark., 2007).	2
Şekil 3.1	: Siyah beyaz sayısal bir görüntüde $f(x,y)$ fonksiyonunun düzlem koordinatları olarak gösterilmesi (Gonzalez, 1987).	14
Şekil 3.2	: Siyah beyaz sayısal bir görüntünün $M*N$ boyutlarında gösterilmesi (Gonzalez ve Woods, 2002) ve (Gonzalez ve Woods, 2004).	15
Şekil 3.3	: Sayısal görüntünün küçük küçük parçalar (pikseller) olarak gösterilmesi (Ertürk, 2007).....	16
Şekil 3.4	: 1921 yılında kodlanarak telgraf yazıcısından çıktısı alınan bir sayısal resim (Gonzalez ve Woods, 2002).....	17
Şekil 3.5	: Renkli bir pikseldeki üç ayrı renk kanalının gösterilmesi (Gonzalez ve Woods, 2002).....	18
Şekil 3.6	: Görüntü işlemede sayısal kenarlar (Fermüller, 2008).....	19
Şekil 3.7	: a) Sayısal bir görüntüde bir doğru ve bu doğru boyunca pikseller ve b) Sayısal bir görüntüde bir doğru boyunca piksellerin değerlerinin değişiminin gösterimi (Rhody ve Ark., 2005).....	20
Şekil 3.8	: a) İdeal bir kenar ve b) Rampa kenar (Rhody ve Ark., 2005).....	21
Şekil 3.9	: Sayısal bir görüntü ve görüntünün ışık yoğunluk değişimi birinci ve ikinci türevleri görülmektedir (Bebis, 2004).....	22
Şekil 3.10	: Örnek bir filtre.	24
Şekil 3.11	: Merkez pikselin yatay ve dikey 4'lü komşuları.	24
Şekil 3.12	: a) Merkez pikselin köşegen komşulukları ve b) Merkez pikselin 8'li komşulukları.	25
Şekil 3.13	: Roberts 2*2 maskesi a) Yatay ve b) Dikey ağırlık gösterimi	26
Şekil 3.14	: Sobel filtreleri a) Yatay yöndeki filtre ve b) Dikey yöndeki filtre	27
Şekil 3.15	: Prewitt filtresi a) x yönündeki filtre ve b) y yönündeki filtre.....	28
Şekil 3.16	: a) x yönündeki Canny filtresi ve b) y yönündeki Canny filtresi.	29
Şekil 3.17	: a) Sayısal bir görüntü ve b) Alanlara ayrıştırılmış sayısal bir görüntü (Felzenszwalb, 2004).	30
Şekil 3.18	: K-Means algoritmasının akış şeması (Teknomo, 2007).	33
Şekil 3.19	: Retina görüntülerini ayrıştırması için geliştirilen kullanıcı ara yüzü.	34
Şekil 3.20	: Retina görüntülerini ayrıştırmak için geliştirilen kullanıcı ara yüzün çalıştırılmaya hazır hali.....	35
Şekil 3.21	: Retina görüntülerini ayrıştırmakta kullanılan ara yüzün file menüsü içinde bulunan komutlar.	36
Şekil 3.22	: Retina görüntülerini ayrıştırmakta kullanılan ara yüzün <i>Open</i> komutu kullanıldıktan sonra açılan iletişim penceresi.	37
Şekil 3.23	: Programın çalışması sonucu elde edilen damarların, OD ve cup kısımlarının elde edildiği sonuç resminin kaydedileceği yeri gösteren haberleşme penceresi.	38
Şekil 3.24	: Ölçülen retina bilgilerinin <i>excel</i> tablosu olarak kaydedileceği yeri gösteren haberleşme penceresi.	39
Şekil 4.1	: Orijinal retina resmi.	42
Şekil 4.2	: Orijinal RGB retina görüntüsünün bileşenleri a) Kırmızı kanal, b) Yeşil kanal ve c) Mavi kanal görüntüleri.....	43
Şekil 4.3	: 7*1 filtre modeli (Griffiths, 2005).	44
Şekil 4.4	: 7*7 filtrenin düzenlenmiş hali (Griffiths, 2005).	45
Şekil 4.5	: 45 derece döndürülmüş 7*7 filtrenin düzenlenmiş hali (Griffiths, 2005).....	45
Şekil 4.6	: 90 derece döndürülmüş 7*7 filtrenin düzenlenmiş hali görülmektedir (Griffiths, 2005).....	46
Şekil 4.7	: 135 derece döndürülmüş 7*7 filtrenin düzenlenmiş hali görülmektedir (Griffiths, 2005).....	46

Şekil 4.8	: Damarların ayrıştırılmasında kullanılan filtre algoritması görülmektedir.	47
Şekil 4.9	: Damarların ayrıştırılmasında kullanılan algoritmadan elde edilen sonuçlar.	48
Şekil 4.10	: 0 derecelik filtreden elde edilen sonuç resmi.	49
Şekil 4.11	: 0 derecelik filtre işlemi sonucunun 1. gürültü temizleme işleminden (eşik değerdan) sonra elde edilen sonuç görüntüsü.	50
Şekil 4.12	: 2. gürültü temizleme işleminden elde edilen sonuç resmi.	51
Şekil 4.13	: 45 derecelik filtreden elde edilen sonuç resmi.	52
Şekil 4.14	: 45 derecelik filtre sonucunun eşik değerdan geçirilmesi 1. gürültüden arındırma.	53
Şekil 4.15	: 2. gürültü temizleme işlemi sonucu.	54
Şekil 4.16	: 90 derecelik filtreden elde edilen sonuç.	55
Şekil 4.17	: 90 derecelik filtre sonucunun eşik değerdan geçirilmesi sonucunda elde edilen ikili resim 1. gürültüden arındırma.	56
Şekil 4.18	: 2. gürültüden arındırma işlemi sonuç resmi.	57
Şekil 4.19	: 135 derecelik filtre sonucu.	58
Şekil 4.20	: 135 derecelik filtre sonucunun eşik değerdan geçirilmesi sonucu elde edilen ikili resim.	59
Şekil 4.21	: Eşik değerdan geçirildikten sonra küçük alanların atılması işlemi 2. gürültüden arındırma.	60
Şekil 4.22	: 7*7'lik filtrelerin 0 ⁰ , 45 ⁰ , 90 ⁰ ve 135 ⁰ 'lik filtre sonuçlarının toplanması sonucu elde edilen sonuç resmi.	61
Şekil 4.23	: Boş kalan kısımların morfolojik kapatma işlemi ile doldurulması sonucu elde edilen görüntü.	62
Şekil 4.24	: a) Kırmızı renk kanalından elde edilen OD sonucu, b) Yeşil renk kanalından elde edilen OD sonucu, c) Kırmızı renk kanalından elde edilen OD sonucu ve d) yeşil renk kanalından elde edilen OD sonucu.	64
Şekil 4.25	: Optik disk algoritması.	65
Şekil 4.26	: OD ayrıştırma algoritmasından elde edilen sonuçlar.	68
Şekil 4.27	: Kırmızı kanaldan elde edilen sonuç resmi.	69
Şekil 4.28	: Sınır piksellerin 31*31 birler filtresinden geçirilmiş hali.	70
Şekil 4.29	: 18 pikselden küçük alanların temizlenmesi.	71
Şekil 4.30	: Optik diskte meydana gelen kısımları dolduruluyor.	72
Şekil 4.31	: Büyük gürültülerden arındırma.	73
Şekil 4.32	: Optik sınırlar ve damarlardan dolayı boş kalan kısımların doldurulmuş hali.	74
Şekil 4.33	: a) optik diski içine alan sütun matrisi, b) optik diski içine alan satır matrisi.	75
Şekil 4.34	: Optik diski içine alan en küçük kutu.	76
Şekil 4.35	: Tüm yönlerden 5 piksel çektilirilmiş optik disk.	77
Şekil 4.36	: Optik disk sınırları.	78
Şekil 4.37	: RGB kanalındaki optik disk görüntüsü.	79
Şekil 4.38	: Cup bulma algoritması.	81
Şekil 4.39	: Cup algoritmasından elde edilen sonuç resimleri.	82
Şekil 4.40	: K-Means algoritmasının optik disk alanında çalıştırıldıktan sonra elde edilen sonuç görüntüsü.	83
Şekil 4.41	: Elde edilen cup.	84
Şekil 4.42	: Cupın ağırlık merkezi.	85
Şekil 4.43	: Cup sınırları.	86
Şekil 4.44	: Cup alanın tespit edilmiş görüntüsü.	87
Şekil 4.45	: Damarlar, optik disk ve cup kısımlarının birleştirilmesinde kullanılan algoritma.	89
Şekil 4.46	: Damarlar, optik disk ve cup kısımlarının birleştirilmesinde kullanılan algoritmadan elde edilen sonuç görüntüsü.	90
Şekil 4.47	: a) Orijinal retina görüntüsü ve b) Damarlar cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen görüntü.	91
Şekil 4.48	: a) Orijinal retina görüntüsü ve b) Damarlar, cup ve disk kısımlarının tespit edildiği işlenmiş retina görüntüsü.	92

Şekil 4.49	: a) Koyu bir retina görüntüsün ve b) İşlenmiş retina görüntüsünden elde edilen damarlar cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonuç görüntüsü.....	94
Şekil 4.50	: a) Orjinal bir retina görüntüsü ve b) İşlenmiş retinadan elde edilen damarlar cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen görüntü.....	95
Şekil 4.51	: a) Şekil 4.50 deki hastanın farklı yoğunlukta çekilmiş retina görüntüsü ve b) İşlenmiş retina görüntüsünden elde edilen damarlar, cup ve disk kısımlarının tespit edilmesi ve birleştirilmesinden elde edilen sonuç görüntüsü.....	96
Şekil 4.52	: a) Farklı bir hastadan alınan retina görüntüsü ve b) Damarlar, cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen görüntü.....	98
Şekil 4.53	: a) Oldukça gürültülü ve OD ve cup alanlarının ayrıştırılması zor bir resim ve b) Gürültülü bir resimden elde edilen damarlar, cup ve disk kısımlarının tespit edilmesi ve birleştirilmesi sonucu elde edilen sonuç.....	99
Şekil 4.54	: a) Başka bir hastadan alınan retina görüntüsü ve b) Başka bir hastadan alınan retina görüntüsünden elde edilen damarlar, cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen sonuçların görüntüsü.....	100
Şekil 4.55	: a) Gürültülü retina görüntüsü ve b) Gürültülü bir retina görüntüsünden elde edilen damarlar, cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen görüntüsü.....	102
Şekil 4.56	: Sayısal retina görüntüsü.....	104
Şekil 4.57	: a) watershed ve GVF snake algoritmalarının birleştirilerek elde edilen Watersnake algoritmasından elde edilen sonuç resmi görüntüsü ve b) watershed algoritmasından elde edilen sonuç resmi görüntüsü.....	105
Şekil 4.58	: Damar ayrıştırma filtresi ve K-Means algoritması uygulandıktan sonra elde edilen sonuç resmi.....	105
Şekil 4.59	: a) orijinal retina görüntüsü, b) retina damar yapısının çıkartılmış hali ve c) siyah beyaz resim üzerinde bir piksel genişliğinde damarların bulunmuş hali görülmektedir...	107
Şekil 4.60	: Optik disk sınırlarının tespit edilmiş hali.....	108
Şekil 4.61	: a) ASM'den elde edilen sonuç resmi ve b) Düzenlenmiş ASM'den elde edilen sonuç resmi.....	109
Şekil 4.62	: a) Retina görüntüsü üzerinde 48 yerinden işaretlenmiş bir optik disk ve b) Damar belirleme filtreleri ve K-Means algoritmasından elde edilen sonuç resmi.....	110
Şekil 4.63	: a), b), c), d), e), ve f) Farklı yoğunluklardaki PCA algoritmasından elde edilen sonuçlar (Saradhi ve Ark., 2006).....	112
Şekil 4.64	: a) İncelenecek retina görüntüsü ve b) K-Means algoritması ve damar ayrıştırma algoritmasından elde edilen sonuç görüntüsü.....	113

TABLO LİSTESİ DİZİNİ

Tablo 4.1	: Şekil 4.47 b) deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	92
Tablo 4.2	: Şekil 4.48 b) deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	93
Tablo 4.3	: Şekil 4.49 daki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	95
Tablo 4.4	: Şekil 4.50 deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	96
Tablo 4.5	: Şekil 4.51 deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	97
Tablo 4.6	: Şekil 4.52' deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	99
Tablo 4.7	: Şekil 4.53 deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	100
Tablo 4.8	: Şekil 4.54' deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	101
Tablo 4.9	: Şekil 5.55' deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.....	103
Tablo 4.10	: Hajar ve Ark. makalesinden alınan Şekil 4.58' deki retina görüntüsünden ölçülen sonuçlar görülmektedir.	107
Tablo 4.11	: Li ve Chutatape' nin makalesinden alınan Şekil 4.62' deki resimden ölçülen sonuçlar.....	111
Tablo 4.12	: Saradhi ve Ark. makalesinden alınan retina görüntüsünden ölçülen değerler. ...	114

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

ASM	: Active Shape Model
DBDED	: Decision Based Directional Edge Detector
DWT	: Discrete Wavelet Transform
EM	: Expectation Maximization
FFT	: Fast Fourier Transform
FMT	: Fourier Mallin Transform
GVF	: Gradient Vector Flow Model
GUI	: Graphical User Interface
HRT	: Hielderbrg Retina Tomography
IM	: Image Moments
LAB	: Renk Dönüşüm Modeli
MATLAB®	: <u>M</u> atrix <u>L</u> aboratory
MM	: Mathematical Morphology
OD	: Optik Disk
PCA	: Principal Component Analysis
RGB	: Red Green Blue
STFT	: Short Time Fourier Transform
VFT	: Vessel Feature Tree
YIQ	: NTSC Renk Dönüşüm Modeli
JPG	: Joint Photographic Experts Group
XLS	: eXcel Spreadsheet (XLS)

ÖZET

RETİNA GÖRÜNTÜLERİNİN AYRIŞTIRILMASI

BOZKURT, KEMAL

Yüksek Lisans, Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yard. Doç. Dr. Ali ÖZTÜRK

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Recep DEMİRCİ

AĞUSTOS 2009, 127 Sayfa

Bu tez çalışmasında, sayısal retina görüntülerinden retina damarlarını, optik sinirleri, optik disk ve cup alanlarının ayrıştırılması üzerinde çalışılmıştır. Tezde kenar belirleme filtreleri hakkında bilgi verilmiştir. Damarların ayrıştırılmasında kullanılan 7*7'lik filtreler tanıtılmıştır. Optik disk ve cup alanlarının bulunmasında kullanılan K-Means kümeleme algoritması anlatılmıştır. Sonraki aşamada damarların, optik sinirlerin ayrıştırılmasından elde edilen sonuçlar ile optik disk ve cup alanlarının ayrıştırılmasından elde edilen sonuçlar birleştirilmiştir. Böylece sonuç resmi elde edilmiştir. Sonuç resmi ekrana yazdırılmış ve istenildiğinde resim dosyası olarak kayıt edilebilmesi sağlanmıştır. Retina yapısı ile ölçülmesi hedeflenen alanlar ve bu alanların birbirine oranları bulunmuştur. Elde edilen veriler ekrana yazdırılmış ve gerektiğinde *excel* dosyası olarak kayıt edilebilmesi sağlanmıştır. Bu işlemler MATLAB yazılımı ve MATLAB kullanıcı ara yüzü kullanılarak yapılmıştır. Tasarlanan ara yüz sayesinde yapılan işlemler görselleştirilmiş ve geliştirilen yazılımın kullanımı kolaylaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Optik disk, Kenar belirleme, K-Means

ABSTRACT

SEGMENTATION OF RETINA IMAGES

BOZKURT, KEMAL

Master of Science, Department of Electrical Education

Advisor: Assist. Prof. Dr. Ali ÖZTÜRK

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Recep DEMİRCİ

AUGUST 2009, 127 Pages

In this thesis, the digital images of the retina vessels, optic nerves, optic disc and optic cup regions have been extracted from the digital images of the retina. Information on edge detection filters is also presented. $7*7$ filters which are used to extract the images of vessels, are described. The K-Means clustering algorithm, which is used to detect optic disc and cup regions, is explained. In the next stage, the results which are obtained from extracting digital images of the vessels and the optic nerves are combined with that of the optic disc and cup regions. Thus, the final image is obtained. The final image is displayed on the screen and it is required. This final image can be saved as an image file in any format. The areas of the regions within the retina structure are calculated. The output data is displayed on the screen and they are saved as an *excel* file. These operations are performed using the MATLAB software and its graphical user interface feature. With the aid of the developed algorithm and the user interface, all of the operations do have a graphical feature which makes the developed procedure more users friendly.

Keywords: Optic disc, Edge detection, K-Means

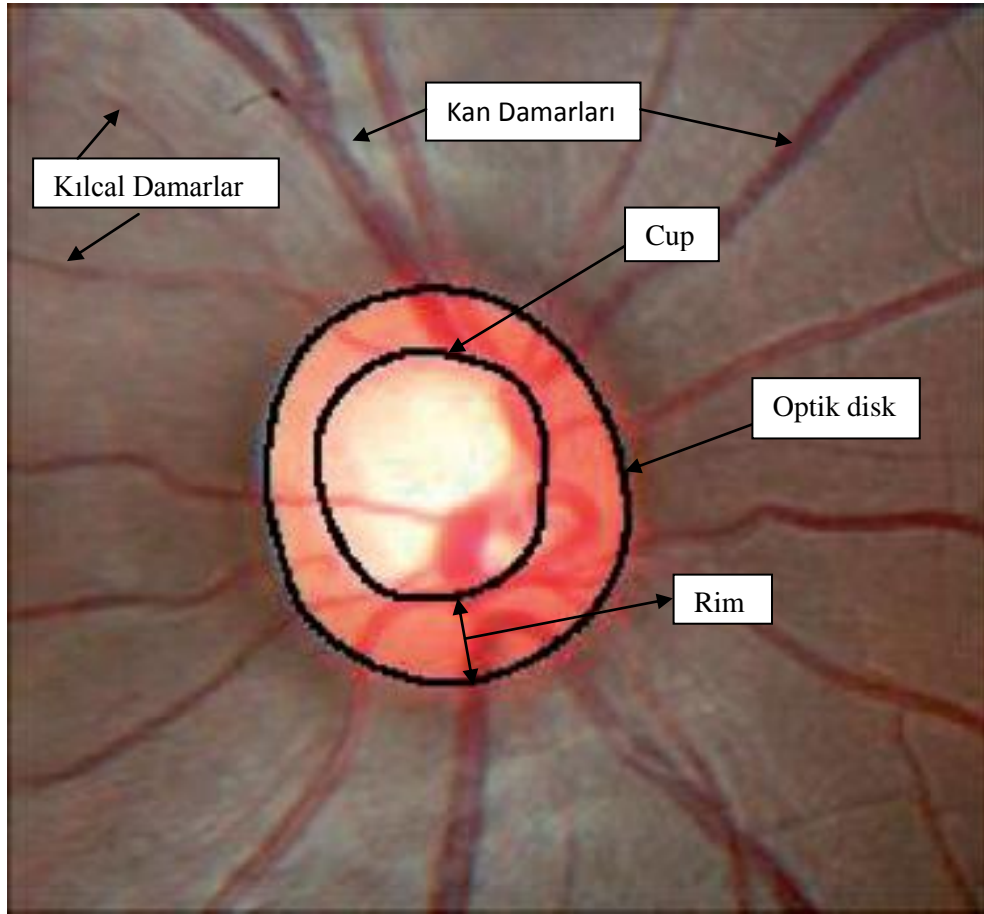
1. GİRİŞ

Hızlı gelişen teknoloji sayesinde bilgi paylaşımının artması, televizyon ve bilgisayar gibi görsel cihazları hayatımızın vazgeçilmez parçası haline getirmiştir. Görüntülerin sayısal ortama alınıp depolanabilirliğinin sağlanması, hard disk kapasitelerinin artması ve ucuzlaması sonucu, görüntü işleme problemleri ile birçok bilim adamı çalışma fırsatı bulabilmiştir. Teknoloji geliştikçe teknolojik araçlara olan ihtiyaç daha da artmıştır. Artan ihtiyaçlar yeni problemleri ortaya çıkarmış ve bu problemlere aranan cevaplar görüntü işleme konusunu oldukça popüler hale getirmiştir. Görüntü işleme, üzerinde birçok kişinin çalıştığı, her geçen gün gelişmekte olan ve kendisine yeni alanlar edinmeye devam eden bir bilim dalıdır. Üniversitelerde çok sayıda yüksek lisans ve doktora öğrencisi bu alanda çalışmalara devam etmektedir. Görüntü işleme; savunma sanayi, haberleşme, eğitim, sağlık, gıda sektörü, biyoloji, uzay çalışmaları, meteoroloji, yeraltı zenginlik haritalarının çıkarılması, termal kameralarla indüksiyon fırınlarında, güvenlik sistemlerinde, el yazısı okuma tekniklerinde, kriminoloji laboratuvarlarında hemen hemen her alanda kullanılmaktadır. Görüntü işlemenin kullanıldığı alanlar incelendikçe önemi daha iyi anlaşılmaktadır.

Görüntü işleme; görüntünün sayısal ortama alındıktan sonra işlenip faydalı bilgilerin ayrıştırılması ve işe yarar hale getirilmesi işlemidir. Bu alanda pek çok yöntem geliştirilmiştir ve yeni yöntemler geliştirilmeye devam edilmektedir.

1.1. RETİNA GÖRÜNTÜLERİNİN ÖNEMİ

Sayısal retina görüntüleri göz hastalıklarının tespitinde göz doktorlarının kullandıkları en önemli materyallerden biridir.



Şekil 1.1 : Sayısal retina görüntüsü ve retina yapısı (Xu ve Ark., 2007).

Şekil 1.1’de örnek bir sayısal retina görüntüsü verilmiştir. Retinanın yapısı ile ilgili bazı kısımlar, resim üzerinde gösterilmiştir. Bunlar kan damarları, optik disk, cup ve rim alanlarıdır.

Optik disk (OD), genellikle yuvarlak veya hafif oval görünümündedir. OD santral bir çukurluk içerir, buna cup denir. Optik çukurluk ve disk kenarı arasında kalan alan nöroretinal rim olarak adlandırılır (Yılmaz, 2005).

Jlassi ve Ark. (2006)'a göre retina görüntülerinden kan damarlarının ayrıştırılması göz hastalıklarının teşhisi, hastalığın ilerleyişi ve klinik çalışmalarda hekimlere yol göstermektedir. Retina görüntülerindeki kan damarları hakkındaki bilgiler göz hastalıklarının sınıflandırılması ve otomatik hastalık teşhisinde kullanılmaktadır. Kan damarlarının görünümü şeker hastalığı, yüksek tansiyon ve damar sertliği gibi hastalıklar hakkında bilgi verir. Pek çok göz hastalığının en etkin tedavi yolu düzenli göz taramaları ile erken teşhistir.

Troglio ve Ark. (2008)'e göre retina görüntülerindeki kan damarlarının analizi göz hastalıklarının teşhisi için en az diğer tedavi alanları kadar önemli olduğunu belirtmektedirler. Belirli periyotlarda çekilen göz resimleri analiz edilerek farklı zamanlardaki bu resimlerden elde edilen veriler karşılaştırılarak çeşitli göz hastalıklarının teşhis edilebileceğini belirtmektedirler.

Jlassi ve Ark. (2008)'e göre insan vücudundaki her organ dolaşım sistemi sayesinde kan damarları ile beslenerek çalışabilmektedir. Ne zaman dolaşım sisteminde sorun olur kan dokulara gitmezse bu dokular tehdit altına girer ve bu aksaklık devam ederse hücreler canlılığını kaybeder.

Gözde meydana gelen yapısal değişiklikler görmeyi etkiler. OD görüntüsü birçok göz hastalığının göstergesidir. Örneğin OD genişlerse ve büyürse glokomun habercisidir. Glokomun tespitinde Cup ve OD sınırlarının disk parametrelerinin ölçülmesinde önemli rol oynar. Cup/Disk oranı gibi oranlar da hastalıkların teşhisinde kullanılır (Xu ve Ark., 2007).

Optik sinir başı; optik sinir lifleri ve optik sinirlerin birleştiği yerdir. Optik sinir başı papila veya OD olarak adlandırılır. Burada hiç photoreseptor hücresi bulunmamaktadır, bunlar kör noktada bulunur (Paulus ve Ark., 2005). Gözde, gözü besleyen ve görme olayında hayati fonksiyonları üstlenen damarlarda ve optik sinir liflerinde çeşitli sebeplere bağlı olarak zamanla görme sağlığını etkileyen değişimler meydana gelmektedir. Bu olumsuzluklar zamanla görme kayıplarına ve kalıcı körlüğe kadar gidebilmektedir. Gözün yapısının belirli periyotlarda takip edilmesi erken teşhis için çok önemlidir.

Glokom, dünyada körlüğe sebep olan en yaygın ikinci hastalıktır (Quigley, 1996). Glokom, yavaş ilerleyen ve etkileri hissedilemeyen sinsi bir hastalıktır ve çoğunlukla erken dönemlerde hiçbir tepki vermez (Chrastek ve Ark., 2005). Glokomatöz hasarın erken teşhisi, glokomun tedavisinde çok önemlidir. Optik sinir başının görünümü ve görme alanındaki kayıplar, glokom teşhisinde önemli bir role sahiptir. Glokom hastalarının takip edilmesinde dikkatli optik disk muayenesi ve görme alanı takibi çok önemlidir. İlk incelemede cup/disk oranının 0,5 ten büyük olması glokom varlığına işaret veya ileride muhtemel glokom gelişim riski daha yüksektir. Cup/disk oranı, genetik olarak belirlenir ve diskin alanına bağlıdır. Disk alanı ne kadar genişse, çukurluk da o derece geniştir. Çoğu normal gözde cup/disk oranı 0,3 ün altındadır; 0,3 ten yüksek bir oranın şüphyle karşılanması icap eder (Yılmaz, 2005). Eğer glokom erken dönemlerde tespit edilemez ise optik sinirde veya görme alanında tamir edilemeyen ve körlüğe neden olabilen zararlar verir (Chrastek ve Ark., 2005).

1.2. AMAÇ VE YAPILAN ÇALIŞMAYA KISA BİR BAKIŞ

Bu tez çalışmasının amacı sayısal retina görüntülerinden retina kan damarlarını, optik sinirleri, optik sinir başını, OD alanını, OD alanındaki damarları, cup alanını, cup alanındaki damarları, rim alanını ve rim alanındaki damarları MATLAB yazılımını ve MATLAB kullanıcı ara yüzünü kullanarak otomatik olarak tespit etmektir.

Tespit edilen OD ve cup alanları ile bu alanlarda bulunan damarların alanları sayısal görüntülerde piksel sayısı olarak bulunmaktadır. Elde edilen veriler MATLAB kullanıcı ara yüzünde ekrana yazdırılarak görselleştirilmektedir. Elde edilen sonuç resmi, ölçülen değerler ile bu değerlerin oranları *Excel* dosyası olarak bilgisayarda istenilen klasörün altına hasta adı ve soyadı ile kaydedilebilmektedir.

Elde edilen bu bilgilerin değişik zamanlarda alınan sonuçlarla karşılaştırılması ile göz doktorlarına göz hastalıklarının ilerlemesi hakkında bilgiler verecek ve göz doktorlarına hastalıkları teşhis etmesinde kolaylık sağlayacaktır.

Yapılan bu çalışmada retina yapısı, damarların yapısı, OD'in yapısı, cupın yapısı gibi değişik veriler elde edilebilecektir. Elde edilen bu verilerin kaydedilebilmesi, farklı zamanlarda alınan verilerin karşılaştırılması ile hastalıkların teşhisi ve hastalıkların seyirinde doktorlara yardımcı olunması amaçlanmaktadır.

Retina yapısı ile ilgili atar damarlar, toplardamarlar ve kılcal damarlar, optik sinirler, disk ve cup kısımlarının alanları gibi 12 değişik verinin elde edilmesi ve sonuçlarının çıkartılarak doktorların kullanımına sunulması, doktorlara yardımcı olunması hedeflendi. Aşağıda, bir retina yapısı ile ilgili, bulunmak istenilen değerler maddeler halinde verilmektedir:

1. OD alanı
2. OD'deki damarların alanı
3. Çukurluk (cup) alanı
4. Çukurluktaki (cup) damarların alanı
5. Rim alanı
6. Rimdeki damarların alanı
7. OD alanı/Cup alanı
8. OD damarları alanı/Cup damarları alanı
9. Cup alanı/OD alanı
10. Cup damarları alanı/OD damarları alanı
11. OD alanı/OD damarları alanı
12. Cup alanı/Cup damarları alanı

Tezde hedeflenen amaca ulaşmak için temel görüntü işleme problemi olan kenar belirleme ve görüntü ayrıştırma yöntemleri kullanılmaktadır. Geliştirilen yazılım, retina damarlarının bulunması, OD alanının belirlenmesi ve cup alanının belirlenmesi olmak üzere üç kısımdan oluşmaktadır.

Geliştirilen ara yüz sayesinde programın kullanımı kolaylaştırılmıştır. Kullanıcı eğitimi gerektirmeksizin, geliştirilen ara yüz sayesinde, kullanıcı kodlarla ve kafa karıştırıcı hiçbir işlemle uğraşmadan, tamamen otomatik olarak kişilerden kaynaklanan ölçme değerlendirme hatalarını en aza indirerek işlemlerini gerçekleştirebilir.

1.3. TEZ ÇALIŞMASININ DÜZENİ

Tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tezin giriş kısmı, tezin tanıtımı ve tez çalışmasının amacı verilmektedir. İkinci bölümde, literatür taraması ile bu konuda yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir. Üçüncü bölümde, görüntü işleme, filtre tasarımı, damarların tespit edilmesinde kullanılan filtreler, OD ve cup alanının bulunmasında kullanılan K-Means algoritması, MATLAB yazılımı, MATLAB yazılımının görsel kullanıcı ara yüzünün çalışması ile ilgili temel bilgiler anlatılmıştır. Dördüncü bölümde, kenar belirleme algoritması, kenar belirleme algoritmasından elde edilen sonuçlar, K-Means algoritması ve K-Means algoritmasından elde edilen sonuçlar anlatılmıştır. Yapılan çalışmanın GVF, Watersanake vb. gibi metotlarla karşılaştırılması ve değerlendirilmesi yapılmıştır. Beşinci bölüm ise tezin sonuç kısmı olup çalışma sonucu elde edilen verilerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Hoffmann ve Ark. (2007), OD boyutlarının değerlendirmesini yapmışlar ve OD ile glokom hasatlığının ilişkisini ortaya koymuşlardır. OD, optic cup neuroretinal rim, optik sinir başının şekli ve boyutlarının ölçülmesini ve glokom hastalığı ile olan ilişkilerini ortaya sermişlerdir. Disk yapısına etki eden faktörleri ırk, cinsiyet, yaş, miyop hastalıklarda durum, normal tansiyonlu kişilerde durum, yüksek tansiyonlu kişilerde durum, kapalı açılı glokomda durumlarını ve disk ve cup boyutlarının bir biri ile ilişkilerini incelemişlerdir.

Li ve Chutatape (2003 a,b), OD sınırlarını bulmak için Active Shape Model (ASM) metodunu kullanmışlardır. OD ayrıştırılmasında Principal Component Analysis (PCA) metodunu kullanmışlardır. OD sonucunu bulmaya çalışmışlardır. Ancak yapılan çalışma sadece disk sınırlarını bulma ile kalmıştır. Cup sınırları ve cupta bulunan damarların çıkartılması ile ilgilenmemişlerdir.

Yun ve Ark. (2007), şeker hastalığının neden olduğu retina yapısındaki değişikliklerin tespiti ile ilgili çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmalarında önce histogram eşitleme yapmışlar daha sonra morfolojik operasyonlar ile damarları ve retina yapısını ayrıştırmayı hedeflemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlardan retina yapısında meydana gelen değişimleri çıkarmaya çalışmışlardır. Kırmızı, yeşil ve mavi kanalların her üçü içinde aynı işlemi tekrarlamışlardır. Bu üç kanaldan elde ettikleri sonuçları toplamışlar. Yapay

zekâ yöntemini kullanarak damarları ve şeker hastalığının retina yapısında meydana getirdiği değişimleri tespit etmeye çalışmışlar.

Jlassi ve Ark. (2006), retina damarlarının ayrıştırılması için Mathematical Morphology (MM) ve Short Time Fourier Transform (STFT) algoritmalarını kullanmaktadırlar. İlk olarak Mathematical Morphology kısmında, Gaussian filtresini kullanarak kan damarlarını daha belirgin hale getirmişler ve gürültülerden arındırmaya çalışmışlar. İkinci adımda ise STFT filtresinden geçirerek damarları tespit etmeye çalışmışlar. Yaptıkları çalışmada retina damarlarının ağaç dallarının yapısına benzer dağılımını çıkarmaya çalışmışlar.

Jlassi ve Ark. (2008), OD sınırlarının çıkartımı ile ilgili çalışmışlar. Renkli retina görüntüsünün kırmızı bileşeninde OD sınırları diğer renk bileşenlerine göre daha belirgin olduğu için kırmızı bileşeni kullanılmışlardır. Kırmızı renk bileşenindeki retina görüntüsünden OD'ı ayırt etmek için Watersnake algoritmasını kullanmışlar ve disk sınırlarını ayırt etmeye çalışmışlar.

Mabrouk ve Ark. (2006), ise kan damarlarının tespitini ve damar yapısının çıkartılmasını amaçlamışlar. Kan damarlarının tespitinde klasik metotlar olarak kabul edilen fark operatörleri; Prewitt, Roberts, Sobel Canny gibi operatörlerini karşılaştırmışlar ve kullanmışlardır. Decision Based Directional Edge Detector (DBDED) algoritmasını kan damarlarının tespiti ve damar yapısının çıkartılması için kullanmışlar. Mabrouk ve Ark., Watersheds algoritmasını damarlarının çıkartılması için kullanmışlar ve sonuçlarını karşılaştırmışlar.

Troglio ve Ark. (2008), retina görüntülerinden kan damarlarının ayrıştırılmasında genetik algoritma tekniğini kullanmışlar ve genetik algoritma ile retina damarlarını ayrıştırmışlardır.

Xingyu ve Ark. (2006), OD'ten çıkan damarların aynı bir ağacın dalları gibi ayrılmakta olduğunu ve retina yüzeyine yayılmakta olduğunu belirtmişler. Retina damarlarını retina yapısından ayırmak için Vessel Feature Tree (VFT) eşleştirme yaklaşımını kullanmışlardır. Retina damarlarını elde etmeye çalışmışlardır. Elde ettikleri, farklı zamanlarda ki retina görüntülerini karşılaştırmışlar ve damar yapılarında meydana gelen değişimleri tespit etmeye çalışmışlardır.

Tabatabaee ve Ark. (2006), retina tanımlamasının güvenlik sistemlerinde kullanılması ile ilgili çalışmalar yapmışlardır.. Bunun için OD tanıma sistemleri üzerinde çalışmışlar. OD tespitinde Haar Wavelet yöntemini kullanıp OD'in başlangıç sınırlarını belirlemeye çalışmışlardır. Retina görüntülerinden özelliklerin çıkartılması için analitik Fourier Mallin Transform (FMT) ve Image Moments (IM) fonksiyonlarını kullanmışlar. FMT ve IM den elde ettikleri verileri, Fuzzy C-Means algoritmasını kullanıp elde ettikleri veriler ile birleştirmişler ve gruplandırmışlardır.

Banga ve Ark. (1992), retina görüntülerinin ayrıştırılmasında Expectation Maximisation (EM) family algoritmasını kullanmışlar. Elde ettikleri bölümlenmiş görüntü üzerinde Bayesian karar algoritmasını ve retina görüntüsünün bölümlenmiş kısımlarını kullanarak hastalık teşhisi konusunda çalışma yapmışlardır.

Woods ve Ark. (1995), retina görüntülerinde ki damarların ve optik sinirlerin otomatik tespiti üzerinde çalışmışlar, bunun için öncelikle retina görüntülerini belli eşik değerlerinden geçirerek Gaussian fonksiyonunun Laplasını kullanmışlardır.

Sinthanayothin ve Ark. (2003), diyabetli retina görüntüleri üzerinde çalışmışlar ve diyabetli retinaları teşhis etmeye çalışmışlardır. Bunun için farklı yöntemler kullanmışlardır. İlk yöntemde retina görüntülerinin kontrast ayarlaması yani görüntünün

eşik değerini değiştirerek retina yapısını ve OD'i ayırmaya çalışmışlardır. Sonra yapay sinir ağlarını kullanarak OD'in yerleşim alanını ve damarları katmanlara ayırmaya çalışmışlardır. Daha sonra retinadaki diyabetik retinapaty olan kısımları Recursive Region Grooving Segmentation (Özyenilemeli Bölge Ayırıtırma) algoritmasını kullanarak tespit etmeye çalışmışlardır.

Kolar (2004), en önemli göz hastalıklarından biri olan glokom hastalığının teşhisinde önemli bir ipucu veren optik sinir başının tespiti için çalışmalar yapmıştır. Hielderbrg Retina Tomograph (HRT) cihazlarından aldığı retina görüntüleri üzerinde çalışmıştır. HRT'den aldığı görüntülerde Discrete Wavelet Transform (DWT) kullanarak gürültü temizleme işlemi ve piksellere eşik değer uygulayarak daha kaliteli görüntü elde etmeye çalışmıştır. DWT işleminden sonra optik cupı tespit edebilmek için retina yüzey özelliklerinin çıkartmayı ve optik sinir başını tespit etmeye çalışmıştır.

Soares ve Ark. (2006), renkli retina görüntülerinin yeşil kanaldaki retina görüntüsünü alıp, retina yapısından retina damarlarını ayırt etmeye çalışmışlardır. Bunun için Wavelet Transform metodunu kullanmışlar. alışmasında Wavelet Transform algoritmasını kullanarak enerji dönüşümünü ve lineer dönüşümü sağlamışlar. Böylece kontrastı ve gürültü filtreleme işlemini yapmışlardır. 2-D Gabor wavelet yöntemini kullanılmıştır. Renkli retina görüntüsünün yeşil kanaldaki bileşenini kullanarak retina yapısındaki damarları ayırt etmeye çalışmışlardır.

Chanwimaluang ve Fan (2003), sayısal retina görüntülerinden kan damarlarını ve OD'i ayırt etmeye çalışmışlardır. Retina damalarının ayrıtırılması işlemini dört adımda gerçekleştirmişlerdir:

- Matched filtre yöntemini kullanarak kenarları tespit etmeye çalışmışlardır.

- Local entropy-based thresholding yöntemi; bu adımda ise retina yapısı ile damarlar arasında ki yoğunluk farkını daha belirgin hale getirerek damarları bulmaya çalışmışlar.
- Length filtresi yöntemi; bu adımda elde edilen damar ağaçlarının yapılarında damar olarak tanımlanan gerçekte damar olmayan yapılardan temizleme işlemini yapılmışlar.
- Vascular intersection detection yöntemi; bu son adımda ise damarlarda dallanmaların olduğu kısımları daha iyi tespit edebilmek için 3x3 lük bir filtre kullanmışlardır. Eğer damarlar 3 pikselden büyük ise 11x11 lik bir filtre kullanmışlar.

OD'i bulurken aktif eğri yöntemini kullanmışlar. OD ışık yoğunluğu en yüksek noktaları içermektedir. Bunun için OD'in sınırları bulunurken enerji yoğunluğu yüksek ve düşük olan yerleri tespit etmişlerdir.

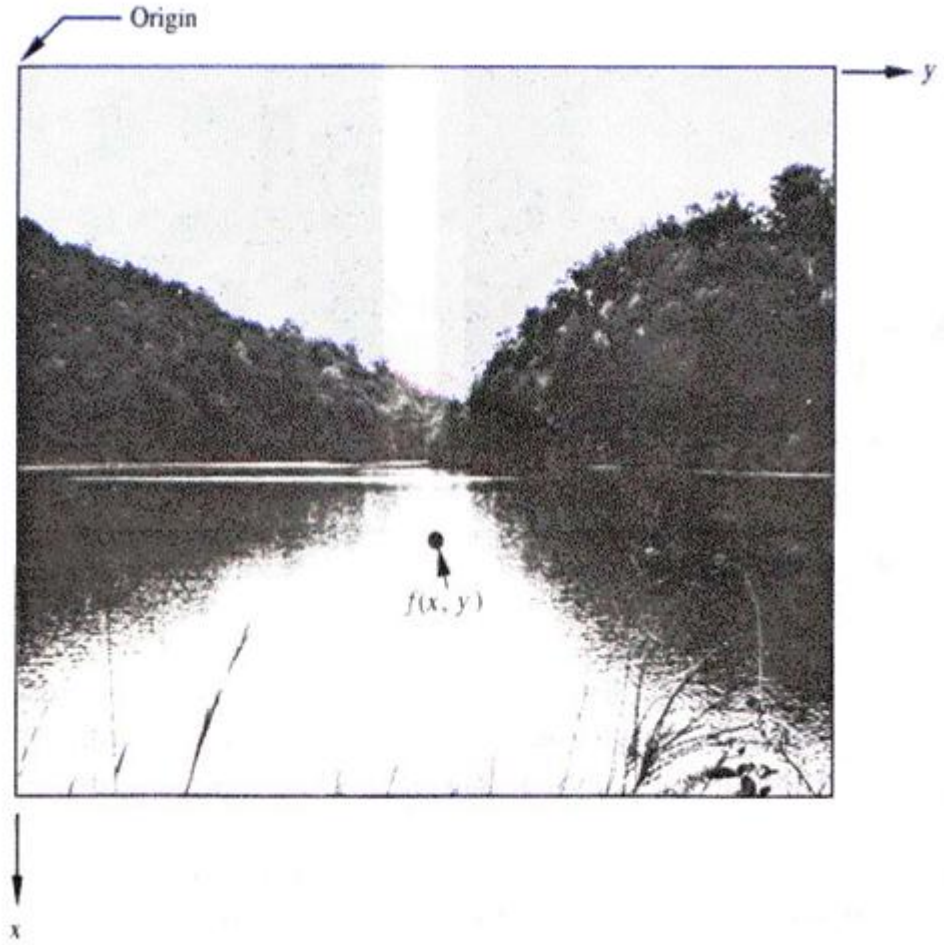
3. GÖRÜNTÜ İŞLEME

3.1. GİRİŞ

Görüntü işleme; ölçülmüş veya kaydedilmiş olan sayısal görüntü verilerini, sayısal ortamda (bilgisayar ve yazılımlar yardımı ile) amaca uygun şekilde değiştirme işlemidir. Görüntü işleme, verilerin, yakalanıp ölçme ve değerlendirme işleminden sonra, başka bir aygıtta okunabilir bir biçime dönüştürülmesi ya da bir sayısal ortamdaki başka bir sayısal ortama aktarılmasına yönelik bir çalışma olan “Sinyal İşlemeden” farklı bir işlemdir. Görüntü işleme daha çok, kaydedilmiş olan, mevcut görüntüleri işlemek, yani mevcut resim ve grafikleri, değiştirmek, başka bir hale dönüştürmek ya da iyileştirmek için kullanılır (Anonim a, 2009).

Görüntü işleme; sayısal görüntüden faydalı olan bilginin çıkarılması işlemidir (Khan, 2009). Sayısal bir görüntü iki boyutlu $f(x,y)$, ışık-yoğunluk fonksiyonu olarak adlandırılabilir. Burada x ve y resmin uzay koordinatlarını belirtmekte, $f(x,y)$ fonksiyonu ise (x,y) noktasının aydınlık şiddeti değerini ifade etmektedir (Gonzalez ve Woods, 2004).

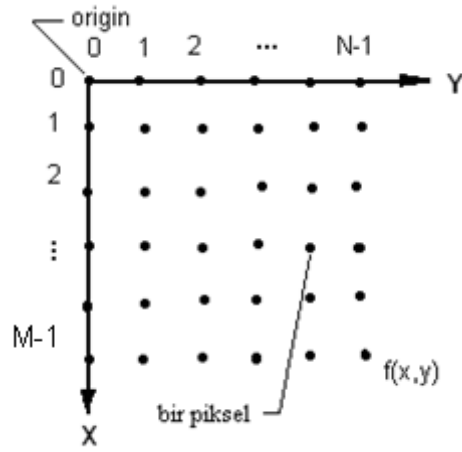
Sayısal siyah beyaz (*grey scale*) bir görüntüde $f(x,y)$ fonksiyonu iki boyutlu bir fonksiyonun noktalarını belirtir. x ve y düzlem koordinatlarını belirtir, f ise bu koordinatlardaki (x,y) 'e ait genliği yani ışık şiddeti değerini belirtir.



Şekil 3.1 : Siyah beyaz sayısal bir görüntüde $f(x,y)$ fonksiyonunun düzlem koordinatları olarak gösterilmesi (Gonzalez, 1987).

Şekil 3.1’de $f(x,y)$ fonksiyonu, x ve y koordinat sisteminde $f(x,y)$ noktasındaki piksele ait ışık şiddeti değerini ifade etmektedir.

Sayısal görüntüler $f(x,y)$ fonksiyonu olarak matrisler şeklinde gösterilir ve numaralandırılır. Resimler genelde $M*N$ boyutlarda olduğu kabul edilmiştir. Burada M satırları, N sütunları belirtmektedir. Literatürde koordinatlar Şekil 3.2’de olduğu gibi gösterilmektedir.

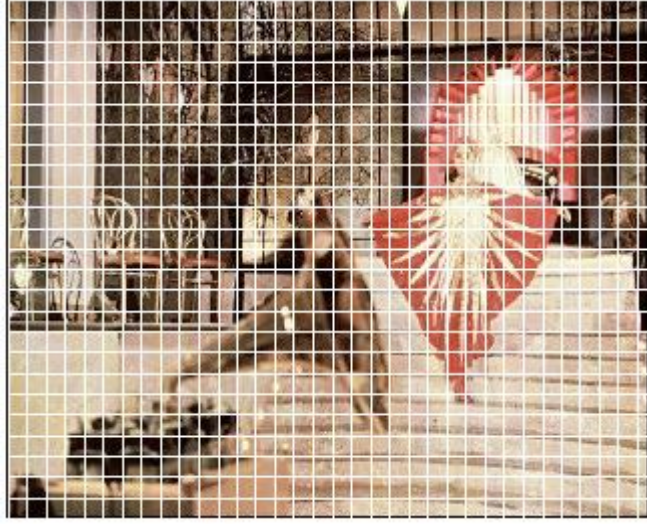


Şekil 3.2 : Siyah beyaz sayısal bir görüntünün $M*N$ boyutlarında gösterilmesi (Gonzalez ve Woods, 2002) ve (Gonzalez ve Woods, 2004).

Şekil 3.2’de görüldüğü gibi sayısal bir görüntü $f(x,y)$ fonksiyonu olarak belirtilmektedir.

$$f(x,y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix} \quad (3.1).$$

Denklem 3.1 sayısal bir görüntünün küçük küçük görüntü parçalarından oluştuğunu belirtmektedir (Gonzalez ve Woods, 2004).



Şekil 3.3 : Sayısal görüntünün küçük küçük parçalar (pikseller) olarak gösterilmesi (Ertürk, 2007).

Görüntünün küçük küçük görüntü parçaları (pikseller) parçalarından meydana geldiği Şekil 3.3'te görülmektedir. Şekil 3.3'den de anlaşılacağı üzere bir görüntü, küçük küçük görüntü parçalarının bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Görüntünün en küçük parçasına piksel (pixel) veya pels denir. Piksel genel kabul görmüştür ve yaygın olarak kullanılmaktadır (Gonzalez, 2004).

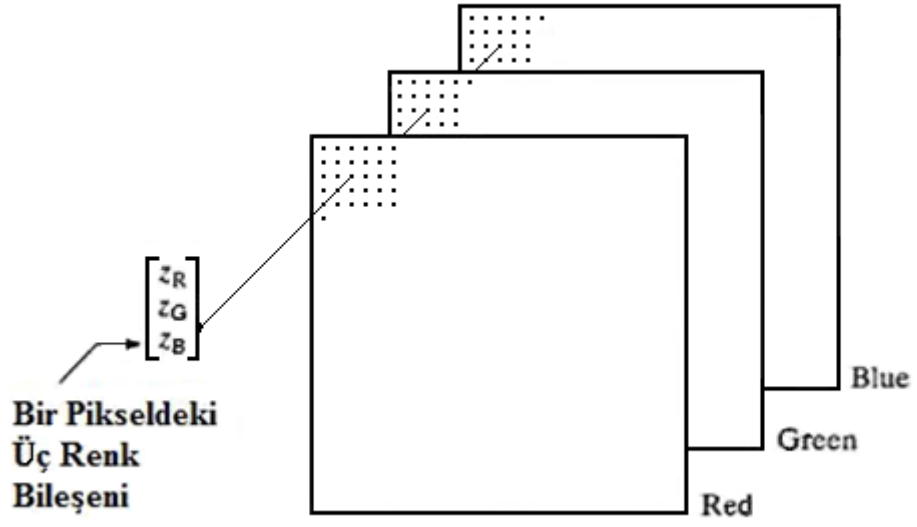
Görüntü işlemede ilk sayısal resim uygulaması gazete endüstrisinde olmuştur. Londra ve New York arasında deniz altı kabloları kullanılarak resimler gönderilmiştir. 1920'lerin başında Bartlane kablo resim taşıma sistemi ile Atlantik'in karşı tarafına normalde bir haftadan daha uzun sürede gönderilen bir resmin iletim süresi üç saatten daha az bir zamana indirilmiştir (Gonzalez ve Woods, 2002).



Şekil 3.4 : 1921 yılında kodlanarak telgraf yazıcısından çıktısı alınan bir sayısal resim (Gonzalez ve Woods, 2002).

Şekil 3.4’de görülen resim 1921 yılında kodlanmış sayısal bir resmin telgraf yazıcısından çıktısı alınan sayısal resim uygulamalarından biridir.

Teknolojideki hızlı gelişmeler, renkli görüntülerin geliştirilmesini sağlamıştır. Günümüzde kullanılan renkli görüntüler, kırmızı, yeşil, mavi renk bileşenlerinden oluşmaktadır. *RGB* İngilizce *red*, *green*, *blue* renklerinin ilk harfleri alınarak tarif edilmektedir. *RGB* resimler $M*N$ boyutlarında üç tane matrisin (*Red*, *Green*, *Blue*) değerlerinin birleşiminden meydana gelmektedir. Yani her bir renkli pikselin içeriği *Red*, *Green* ve *Blue* ışık şiddeti değerlerinin bileşiminden oluşmaktadır.



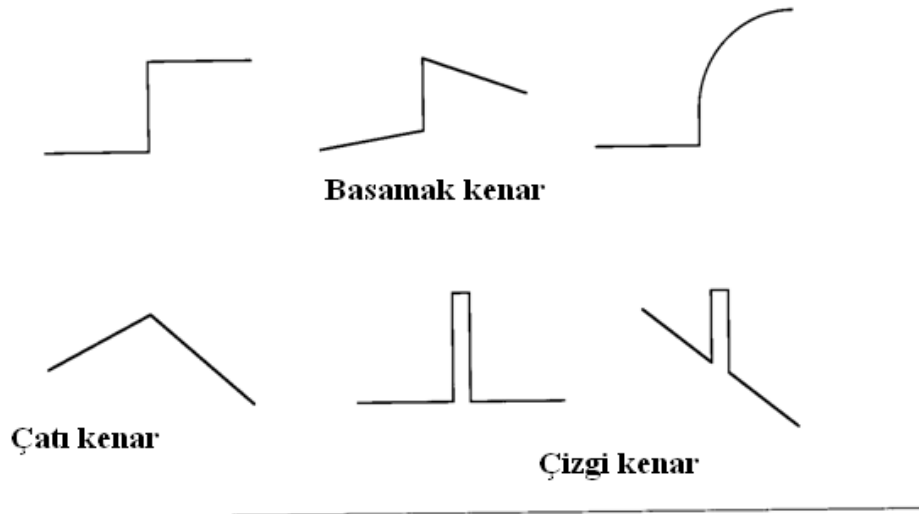
Şekil 3.5 : Renkli bir pikseldeki üç ayrı renk kanalının gösterilmesi (Gonzalez ve Woods, 2002).

Şekil 3.5’de renkli bir pikselde bulunan üç bileşenin *RGB* değerleri görülmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere renkli görüntüler kırmızı, yeşil, mavi renklerin bileşiminden meydana gelmektedir. Aynı boyutlardaki renkli bir resim siyah beyaz bir resmin 3 katı kadar daha fazla bilgi içermektedir.

3.2. KENAR BELİRLEME

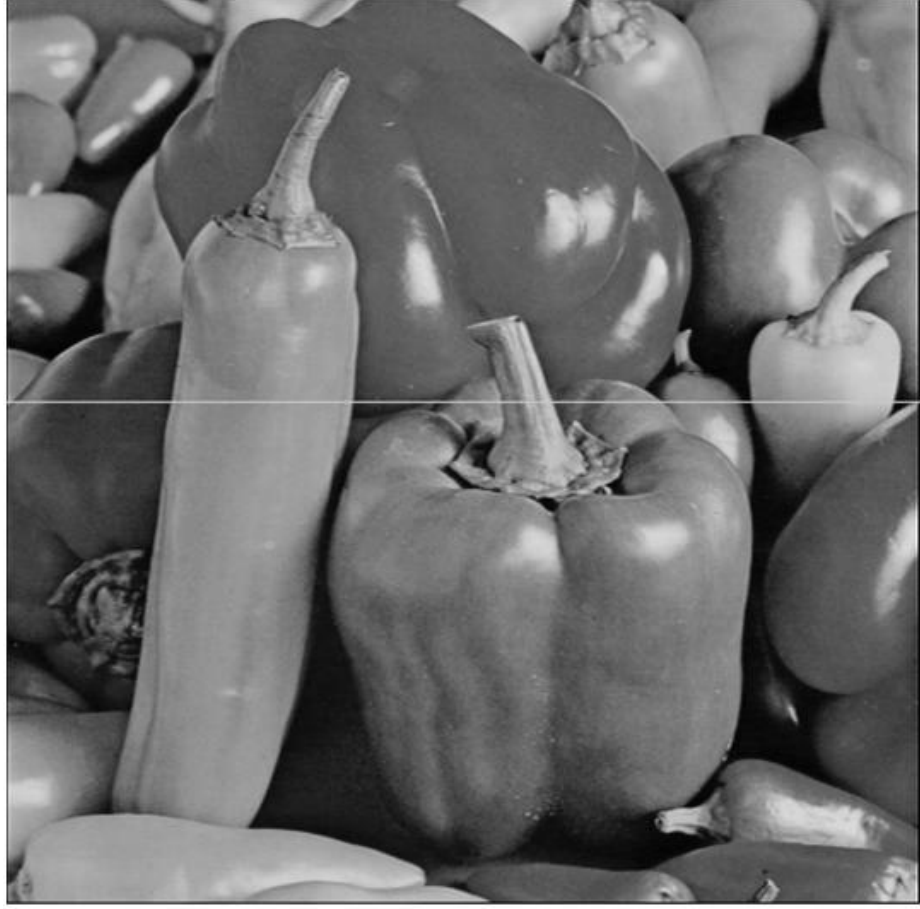
Kenar belirleme; görüntü işlemenin önemli konusu olup görüntü işlemenin temel uygulamalarındandır. Rhody ve Ark. (2005)'e göre kenarların olduğu yerlerdeki (nesnelere arası geçişlerde) piksellerin ışık şiddeti değerlerinde oldukça fazla değişimler olur ve bu değişimler kenarları belirler. Kenar belirleme sayısal görüntülerde hızlı değişimlerin belirlenmesi işlemlerini de kapsar (Bebis, 2004) ve (Green, 2002).

Görüntü içerisinde yer alan nesnelere sınırlarına, görüntüde yer alan gölge sınırlarına ve nesnelere içindeki yansıma ve aydınlatma değişimlerine kenar denilmektedir (Katırcıoğlu, 2007).

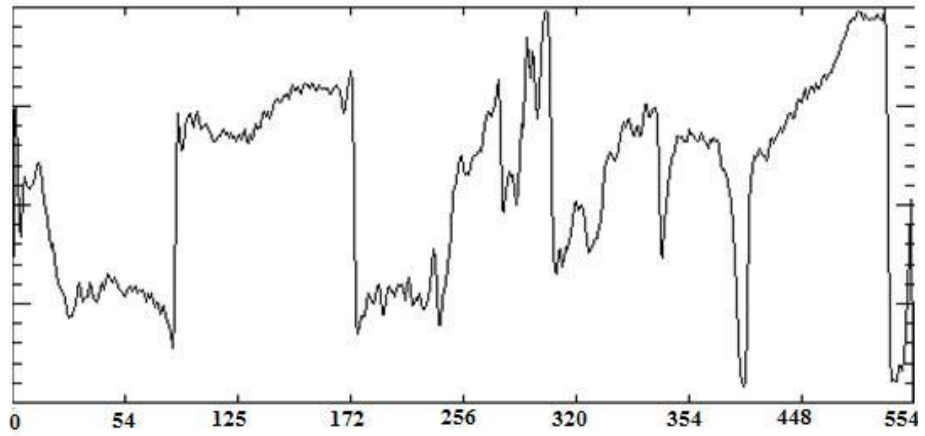


Şekil 3.6 : Görüntü işlemede sayısal kenarlar (Fermüller, 2008).

Şekil 3.6 da görüntü işlemede elde edilen çeşitli kenarlar görülmektedir.



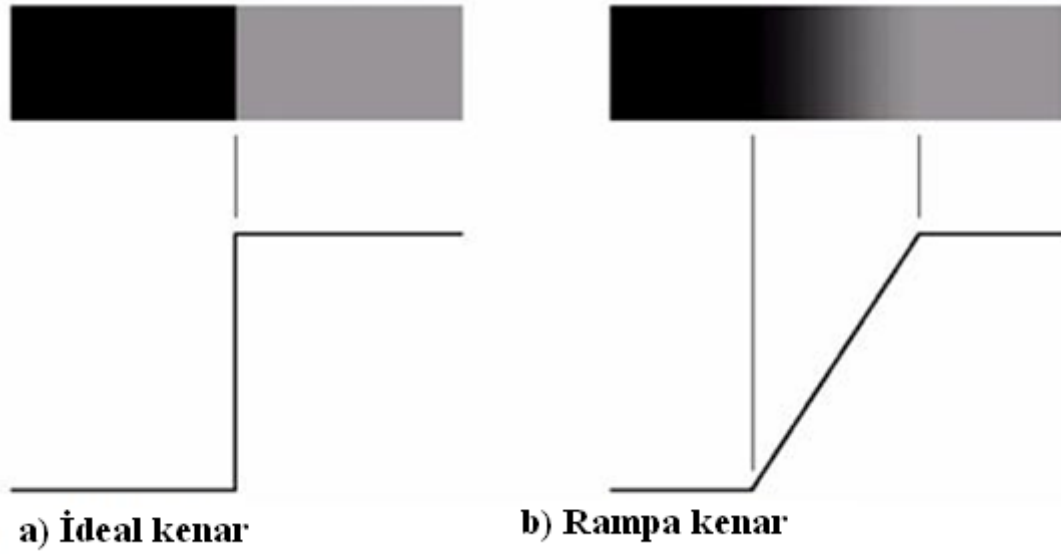
a)



b)

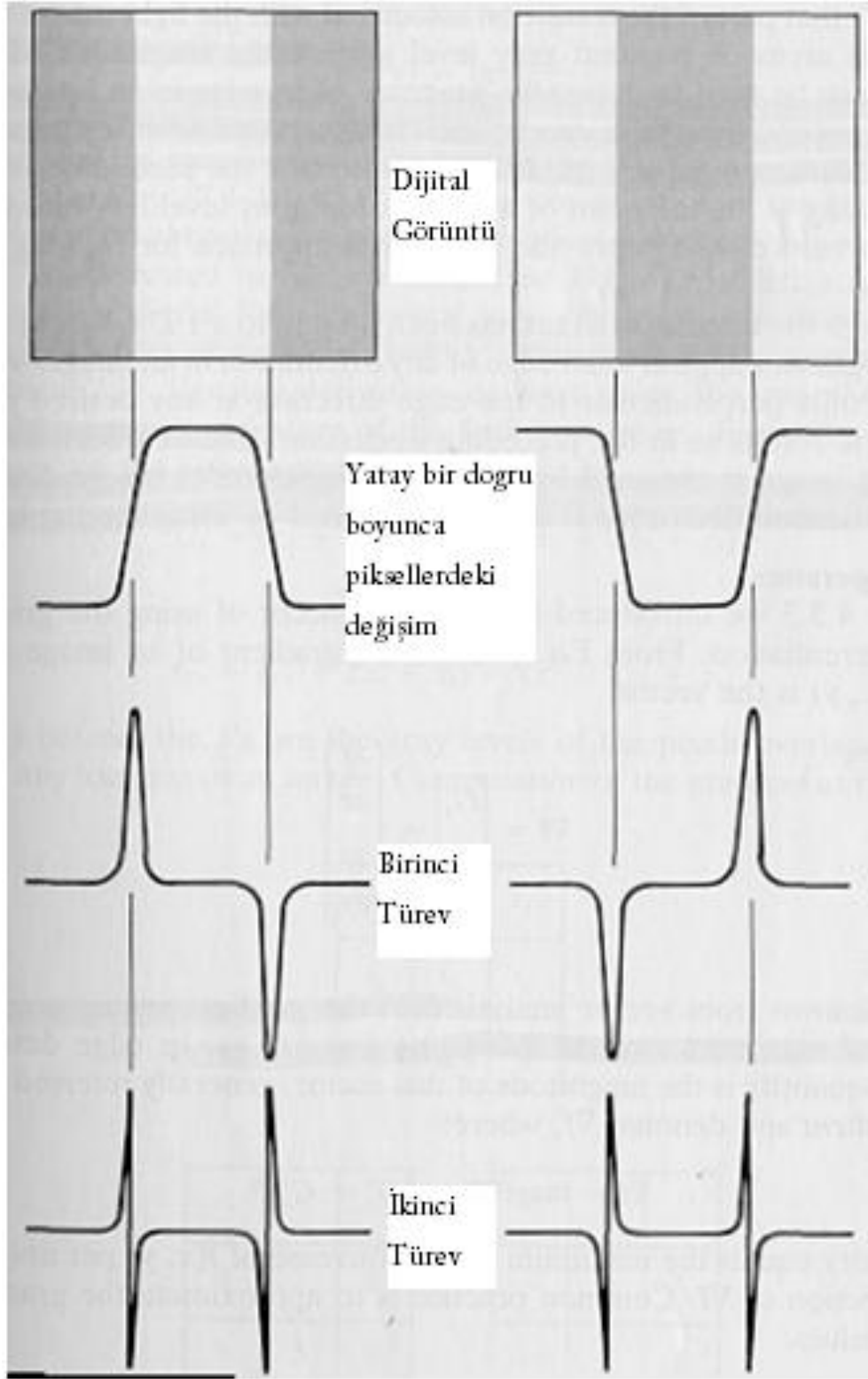
Şekil 3.7 : a) Sayısal bir görüntüde bir doğru ve bu doğru boyunca pikseller ve b) Sayısal bir görüntüde bir doğru boyunca piksellerin değerlerinin değişiminin gösterimi (Rhody ve Ark., 2005).

Şekil 3.7 a)'da bir yatay doğru görülmektedir. Şekil 3.7. b)'de Şekil 3.7 a)'daki doğru boyunca piksellerde meydana gelen ışık şiddeti değişimleri çizdirilmiştir. Şekil 3.7 b)'de ışık şiddeti değerlerinde meydana gelen değişimler görülmektedir. Büyük değişimlerin olduğu yerler nesnelere arası geçişlerin olduğu yani kenarların olduğu yerleri belirtmektedir (Rhody ve Ark., 2005).



Şekil 3.8 : a) İdeal bir kenar ve b) Rampa kenar (Rhody ve Ark., 2005).

Şekil 3.8 a)'da ideal bir sayısal kenar ve Şekil 3.8 b)'de ise cisimlerin kenarlar arası geçişi keskin olmayıp derece derece değiştiğini belirten rampa kenar görülmektedir. Gerçekte de kenarlar arası geçişler çok keskin değildir, derece derece değişir.



Şekil 3.9 : Sayısal bir görüntü ve görüntünün ışık yoğunluk değişimi birinci ve ikinci türevleri görülmektedir (Bebis, 2004).

Şekil 3.9’da ise sayısal iki farklı görüntüde bir doğru boyunca piksellerdeki aydınlık şiddetlerinde meydana gelen değişimler, birinci ve ikinci türevlerinden elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Türevlerin en büyük olduğu noktalar piksellerdeki aydınlık şiddetinin en fazla olduğu noktalardır. Diğer bir ifade ile kenarlar arası geçişlerin olduğu yerlerdir (Bebis, 2004).

3.3.GÖRÜNTÜ İŞLEME FİLTRELERİ

Görüntü işlemede kenarlar bir pikselin çevresindeki piksellerin aydınlık şiddeti değerlerinde meydana gelen değişime bağlıdır. Görüntü işlemenin temelinde piksellerin incelenmesi ve analizi yatmaktadır. Bu bağlamda düşünüldüğünde her bir pikselin değerini analiz ederken, piksellerin çevresi ile olan ilişkisini göz önüne almak gerekir. Ayrıca görüntü işleme alanında piksellere uygulanan filtreleme, kenar belirleme ve ayrıştırma işlemlerinde kullanılmakta olan maske kavramı çerçevesinde komşuluk önemli yer tutmaktadır (Katırcıoğlu, 2007).

Filtreler; görüntü içerisinde ki ayrıntıların çıkartılması, ayıklanması, daha belirgin hale getirilmesi, istenmeyen gürültülerin yok edilmesi ve görüntülerin zenginleştirilmesi amacı ile kullanılır (Green, 2002).

Filtreler, matris formundadır. Boyutları 3*3, 5*5, 7*7, 9*9, 11*11 şeklinde olabilir. En çok kullanılan filtre 3*3 boyutundadır. Filtreler komşuluk ilişkisi ile çalışırlar. Görüntü işlemede yerine göre değişik büyüklüklerdeki filtreler kullanılır. Filtreler tanımlandığı amaca yönelik olarak görüntü üzerinde gezdirilerek işleme sokulur. Şekil 3.10’da örnek bir filtre gösterilmiştir.

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

Şekil 3.10 : Örnek bir filtre.

Filtrelerde $P(x, y)$ koordinatlarındaki piksel merkez olarak alındığında yatay ve dikey olmak üzere komşuluk ilişkisi Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

Merkez piksel ve komşuları: $(x + 1, y), (x - 1, y), (x, y + 1), (x, y - 1)$

	$(x-1, y)$	
$(x, y-1)$	$P(x, y)$	$(x, y+1)$
	$(x+1, y)$	

Şekil 3.11 : Merkez pikselin yatay ve dikey 4'lü komşuları.

Şekil 3.11'deki piksellere P pikselinin 4 komşuluğu denir ve $N_4(P)$ ile gösterilir. Bir başka komşuluk ilişkisi de merkezin köşelerine bakılarak bulunur (Jahne 2002).

Merkez piksele köşegen komşular: $(x + 1, y + 1), (x + 1, y - 1), (x - 1, y + 1), (x - 1, y - 1)$

$(x-1,y-1)$		$(x-1,y+1)$
	$P(x,y)$	
$(x+1,y-1)$		$(x+1,y+1)$

a)

$(x-1,y-1)$	$(x-1,y)$	$(x-1,y+1)$
$(x,y-1)$	$P(x,y)$	$(x,y+1)$
$(x+1,y-1)$	$(x+1,y)$	$(x+1,y+1)$

b)

Şekil 3.12 : a) Merkez pikselin köşegen komşulukları ve b) Merkez pikselin 8’li komşulukları.

Bu piksellere, merkez pikselin 4’lü köşegen komşuluğu denir ve $N_4(P)$ ile gösterilir. Bu iki komşuluğun birleşiminden 8’li komşuluk değerleri elde edilir ve $N_8(P)$ ile gösterilir. Şekil 3.12 a)’da $P(x,y)$ pikselin köşegen komşuları, Şekil 3.12 b)’de ise aynı pikselin 8’li komşulukları gösterilmiştir. Yukarıda verilen komşuluk değerlerinde özellikle merkez pikselin görüntünün bitiş kenarlarına yakın olduğu durumlarda bazı komşu pikseller görüntü dışında kalabilir (Jahne, 2002), (Kahraman, 2001) ve (Katırcıoğlu, 2007).

3.3.1 Kenar Belirleme Filtreleri

Sayısal görüntülerde, nesnelere arası geçişleri (kenarları) belirlemek için pek çok kenar belirleme teknikleri geliştirilmiştir. Bu bölümde görüntü işlemede kenar belirleme teknikleri olarak bilinen klasik kenar belirleme metotları verilmiştir.

3.3.1.1 Roberts Filtresi

Bilgisayarlı görüntüleme ilk kenar belirleme algoritmasıdır. 2×2 ’lik bir matrisin köşegenlerinin toplamları farkının hesaplanması ile çalışır. Roberts, 1965 yılında çapraz-eğim operatörü adı verdiği çalışmada farkı esas olan Robert filtresi teoremini geliştirmiştir (Gonzalez ve Woods, 2004) ve (Bebis, 2004).

+1	0
0	-1

(a)

0	+1
-1	0

(b)

Şekil 3.13 : Roberts 2*2 maskesi a) Yatay ve b) Dikey ağırlık gösterimi.

Bu eşitliği görüntüye uygulayabilmek için Şekil 3.13 a) ve b)'de görüldüğü gibi, 2*2 yatay ve dikey maske kullanılır. Filtreler Şekil 3.13 a) ve b)'de görüldüğü gibi biri diğerine göre 90⁰ döndürülmüştür.

Robert operatörü basit ve az sayıda pikseli hesaba kattığı için hesaplamaların hızlı olmasından dolayı günümüzde hala kullanılmaktadır. Ancak diğer alternatif yöntemlere göre performansı zayıftır.

3.3.1.2 Sobel Filtresi

Sobel operatörü; görüntü işlemede kenar belirleme algoritması olarak kullanılır. Teknik olarak fark alma operatörüdür, görüntü yoğunluk fonksiyonlarının yaklaşık olarak değişiminin hesaplanmasında kullanılır (Anonim c, 2008) ve (Bebis, 2004).

Sobel filtresi iki boyutlu görüntülerin incelenmesinde bir boyutlu türev operatörünün iki boyutlu türev operatörüne dönüştürülmesi işlemi olarak tanımlanabilir. Sobel filtresi 2-D görüntülerin gradyentinin ölçülmesinde kullanılır. Genellikle siyah beyaz (gray scale) görüntülerin her bir noktasının genliklerinin yaklaşık mutlak değerleri bulunur. Sobel kenar algılama operatörü 3*3 lük Şekil 3.14 a) ve b)'de görüldüğü gibi iki tane dönüşüm matrisi kullanır. Yatay ve dikey filtreler biri diğerine göre 90 derece döndürülmüştür (Green, 2002).

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

a) G_x

+1	+2	+1
0	0	0
1-	-2	-1

b) G_y

Şekil 3.14 : Sobel filtreleri a) Yatay yöndeki filtre ve b) Dikey yöndeki filtre.

Şekil 3.14. a) da x yönündeki kenarları algılayan 3*3 Sobel filtresi görülmektedir. Şekil 3.14 b'de y yönündeki kenarları algılayan 3*3 Sobel filtresi görülmektedir. G_x , x yönündeki ve G_y , y yönündeki gradiyentlerini hesaplamada kullanılmaktadır.

$$G = \sqrt{(G_x^2 + G_y^2)} \quad (3.2).$$

Sobel filtresinde genliğin hesaplamasında kullanılan formül denklem 3.2'de görülmektedir. Yaklaşık genlik değerini bulurken kullanılan formül hesaplamaların daha hızlı yapılabilmesi için kullanılmaktadır.

$$\Theta = \arctan\left(\frac{G_x}{G_y}\right) \quad (3.3).$$

Denklem 3.3'de Θ , x ile y arasındaki eğimi ifade etmektedir. Diğer bir ifade ile x ile y arasındaki açıyı belirtir.

3.3.1.3 Prewitt Filtresi

Sobel filtresine benzer bir filtredir. Görüntü içindeki en yüksek ışıklılık değeri olan noktaların yani kenarların bulunmasında kullanılır. Komşuluk ilişkisi ile çalışır. 3*3 lük matris olduğu için 8 komşusu vardır. Yatay ve dikey olarak iki filtreden meydana gelmiştir. Bir fark operatörüdür (Bebis, 2004).

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

a) G_x

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

b) G_y

Şekil 3.15 : Prewitt filtresi a) x yönündeki filtre ve b) y yönündeki filtre.

Hesaplama sonucu elde edilen filtre x ve y yönünde Şekil 3.15 a) ve b)'de gösterilmiştir.

3.3.1.4 Canny Filtresi

Canny filtresi; Canny, J.F. tarafından 1986 yılında geliştirilmiştir. Canny filtresi optimal kenar belirleme algoritmasıdır. Gauss filtresi, kenar belirleme ve gürültü azaltma için kullanılmış olup, en uygun kenar belirleme detektörüdür (Canny, 1986). Optimal kullanım özelliği, iyi kenar belirleme ve minimum cevap olan üç performans ölçütü şeklinde ifade edilir. Bu ölçütlerin bir algoritma ile sıraya konulması aşağıda gösterilmiştir (Oh, 2009) ve (Green, 2002).

Canny kenar algoritması;

- Gaussian filtresiyle görüntüyü düzeltme işlemi,
- Sınırlı-fark tahminlerini kullanarak yönleri belirlemek,
- Eğim büyüklüğünde maksimum olmayanlar elenir,

- Kenarları belirlemek için çift eşik değer algoritması kullanılır.

Gasussian $G(x, y)$, görüntünün fonksiyonu olan $f(x, y)$ ye uygulandığında düzeltilmiş görüntü elde edilir.

$$S(x, y) = G(x, y) * f(x, y) \quad (3.4).$$

Denklem 3.4'den elde edilen sonuçtan düzeltilmiş görüntü elde edilir.

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

a) G_x

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	11

b) G_y

Şekil 3.16 : a) x yönündeki Canny filtresi ve b) y yönündeki Canny filtresi.

Şekil 3.16 a) ve b)'de x ve y yönlerinde Canny kenar belirleme filtresi görülmektedir.

3.4 GÖRÜNTÜ AYRIŞTIRMA

Görüntü ayırıştırma, görüntü işlemenin temel konularından biridir. Görüntü ayırıştırma, genellikle görüntülerdeki nesnelerin yerleşiminin ve sınırlarının tespit edilmesinde kullanılır. Görüntü ayırıştırma, sayısal görüntüleri küçük bölgelere (piksel kümelerine) ayırma işlemi olarak tarif edilmektedir. Görüntü ayırıştırma amaç görüntünün içinden bazı anlamlı kısımları ayırmak, görüntüdeki değişimleri tanımlamak, görüntüleri analizi için anlamlandırmak, görüntüleri sadeleştirmek ve/veya görüntüdeki değişimleri göstermektir. Görüntü ayırıştırma, görüntüdeki bölgeleri her bir pikselin renk, yoğunluk, doku gibi benzer özelliklerinin her biri için ayrı hesaplama yapar. Bitişik bölgelerin önemli farkları ile benzer özelliklerini tespit eder. Daha kesin bir ifade ile görüntü ayırıştırma görüntüdeki her bir pikselin etiketlenip ayrı ayrı işlenmesi işlemidir. Bunun sonucunda görüntülerdeki bölgelerin özellikleri çıkartılır ve analiz edilir (Gonzalez, 1987), (Pratt, 2001) ve (Shapiro ve Stockman, 2001).



a)

b)

Şekil 3.17 : a) Sayısal bir görüntü ve b) Alanlara ayrıştırılmış sayısal bir görüntü (Felzenszwalb, 2004).

Şekil3.17 a)' da sayısal bir görüntü ve Şekil 3.17 b)'de ise Şekil 3.17 a)'daki sayısal bir görüntünün alanlara ayrıştırılmış hali görülmektedir.

3.5. K-MEANS ALGORİTMASI

Sınıflandırma, veri madenciliği, istatistik verilerinin analizi, vektör niceleme gibi alanlar için önemlidir ve geniş bir şekilde kullanılır. Sınıflandırma, görüntü tanımlama (pattern recognition), optimizasyon ve istatistik literatürü gibi alanlarda çeşitli şekillerde makine öğrenmesi olarak formüle edilir. Sınıflandırma problemlerinin temel amacı aynı veya çok yakın olan verilerin aynı grup içerisinde toplanmasını sağlamaktır (Bradley ve Fayyad,1998). K-Means sınıflandırma algoritması eski fakat çok bilinen, hızlı, sade, kolay ve anlaşılır bir sınıflandırma algoritmasıdır (Vassilvitskii, 2006).

K-Means ilk defa James MacQueen tarafından 1967 yılında kullanılmıştır (MacQueen, 1967). K-Means algoritması fikri ise daha öncelere 1956 yılına Hugo Steinhaus'a kadar uzanır (Steinhaus, 1956). Standart algoritma ise ilk defa 1957 yılında Stuart Lloyd tarafından önerilmiştir (Lloyd, 1982). Bütün teknikler merkez noktanın kümeyi temsil etmesi esasına dayanmaktadır. Bölünmeli yöntemler, hem uygulanabilirliğinin kolay hem de verimli olması nedeniyle iyi sonuçlar üretir (Işık ve Çamurcu, 2007).

K-Means günümüzde de oldukça popülerdir, hesaplamalı biyolojiden bilgisayar grafiklerine geniş kullanım alanları vardır. K-Means'ı bu kadar çekici kılan algoritmanın basitliği ve hızlı çalışmasıdır (Vassilvitskii, 2006).

$$J = \sum_{j=1}^K \sum_{i=1}^n \|X_i^{(j)} - C_j\| \quad (3.5)$$

Denklem 3.5'de K-Means algoritmasının formülü görülmektedir. K bölünmek istenilen küme sayısını belirtir. n toplam veri sayısını belirtir. i , i 'inci veri noktasını belirtir.

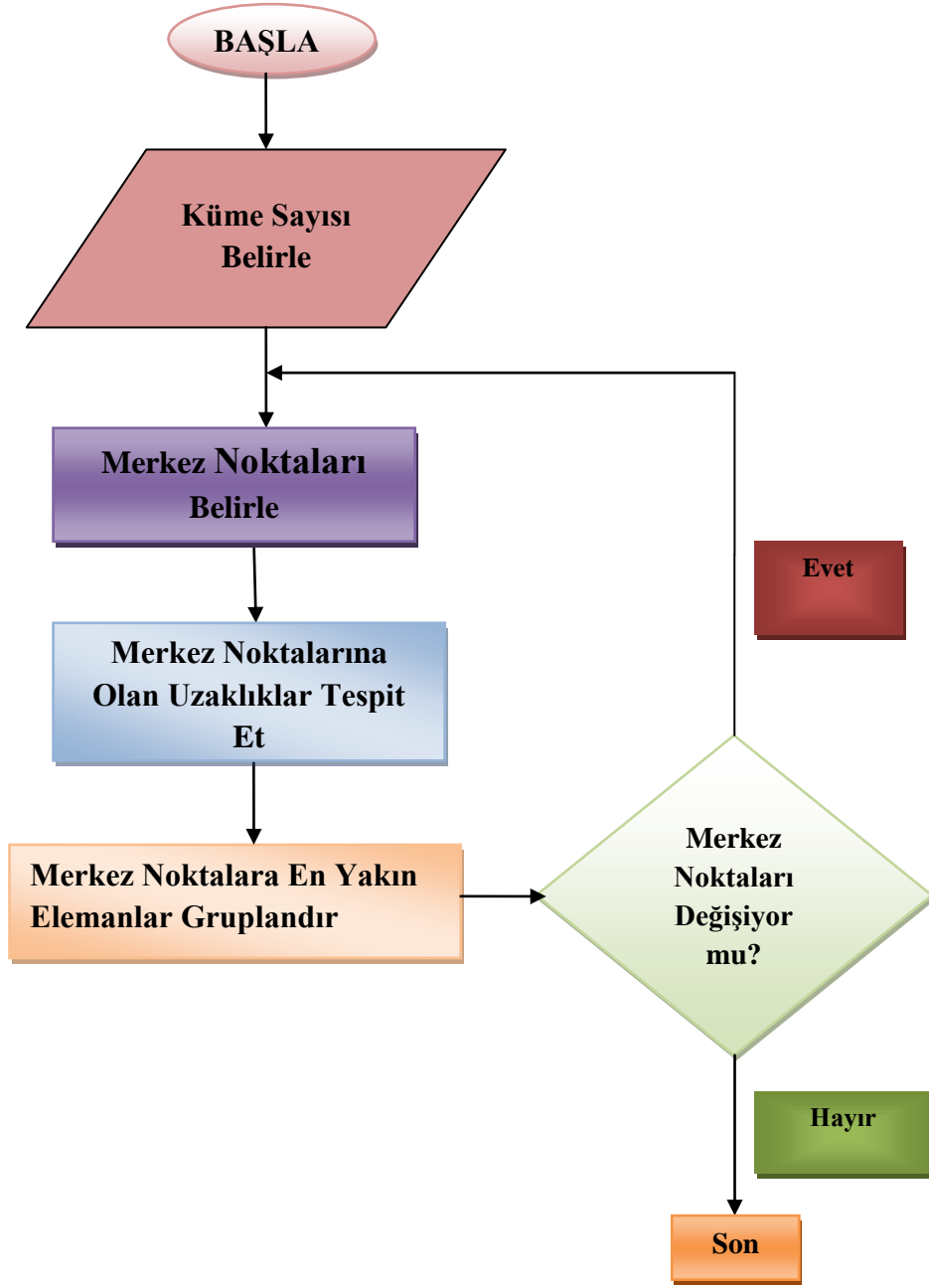
$\|X_i^{(j)} - C_j\|$ ise bir veri kümesinde veriler arası tercih mesafesi ölçüsüdür. X_i küme merkezini belirtir. C_j küme merkezinden n veri noktalarının uzaklığını belirtir.

Bölünmeli kümeleme algoritmaları, giriş parametresi ile bölünmek istenen küme sayısını alarak n tane veriyi K tane kümeye böler (Jain ve Ark., 1999) ve (Anonim b, 2008).

Bu kümeleme teknikleri, dendogram gibi iç içe bir kümeleme yapısı üzerinde çalışır (Jain ve Ark., 1999). K-Means algoritması K tane kümeyi olabildiğince yoğun ve birbirinden ayrı bulmaya, karesel-hata fonksiyonunu azaltacak K tane kümeyi belirlemeye çalışır. Küme benzerliği kümedeki nesnelerin ortalama değeri ile ölçülür, bu da kümenin ağırlık merkezidir (Xu ve Wunsch, 2005).

K-Means Algoritması Dört Adımda Gerçekleştirilir.

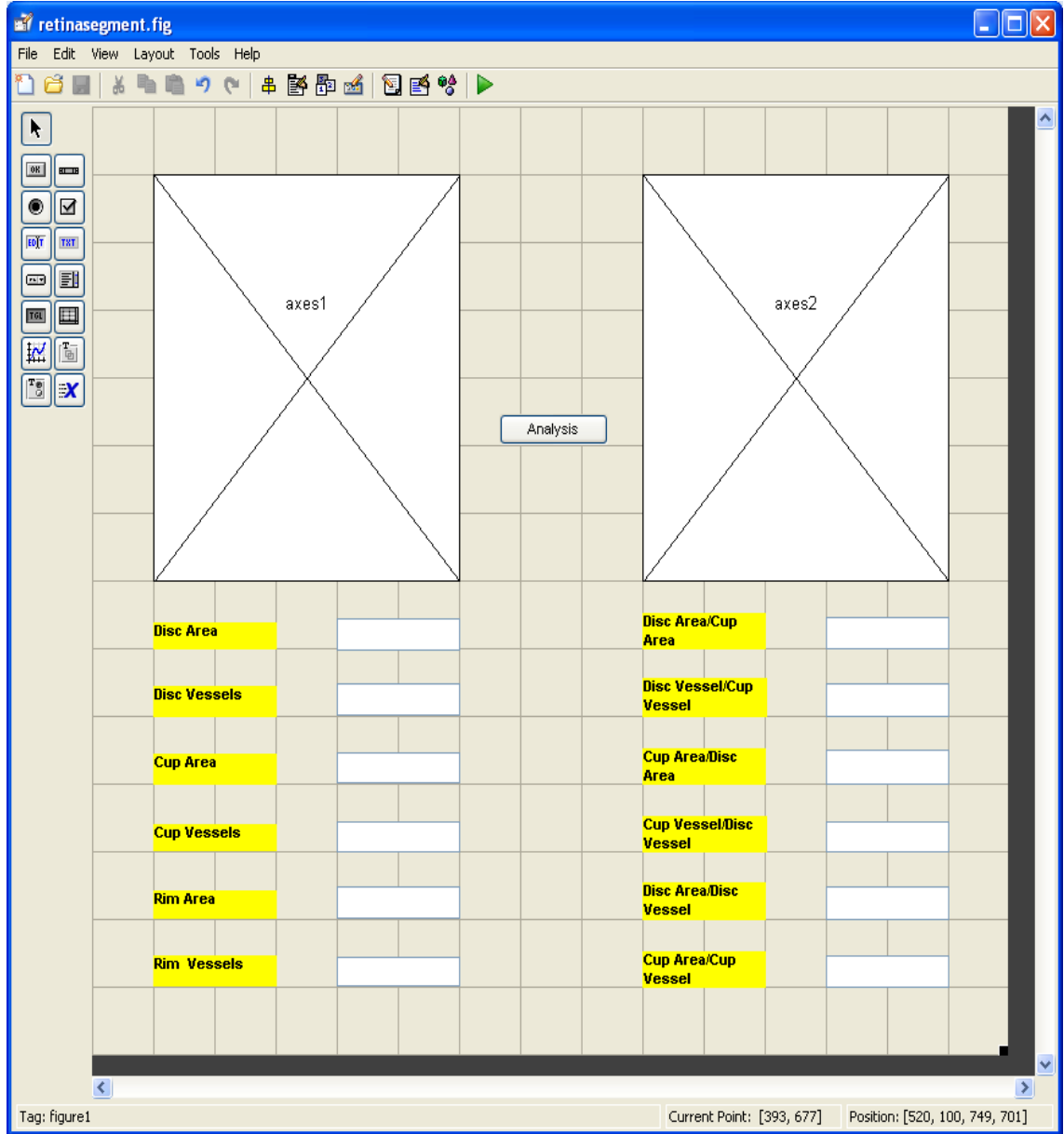
1. K noktaları belirlenir. Bu noktalar her bir grubun küme merkezleridir.
2. Her bir noktanın merkeze olan yakınlığı belirlenir.
3. Yapılan sınıflandırmaya göre k merkez noktaları yeniden belirlenir.
4. 2. ve 3. Adımdaki işlemler merkez noktaları değişmeyene kadar devam eder.



Şekil 3.18 : K-Means algoritmasının akış şeması (Teknomo, 2007).

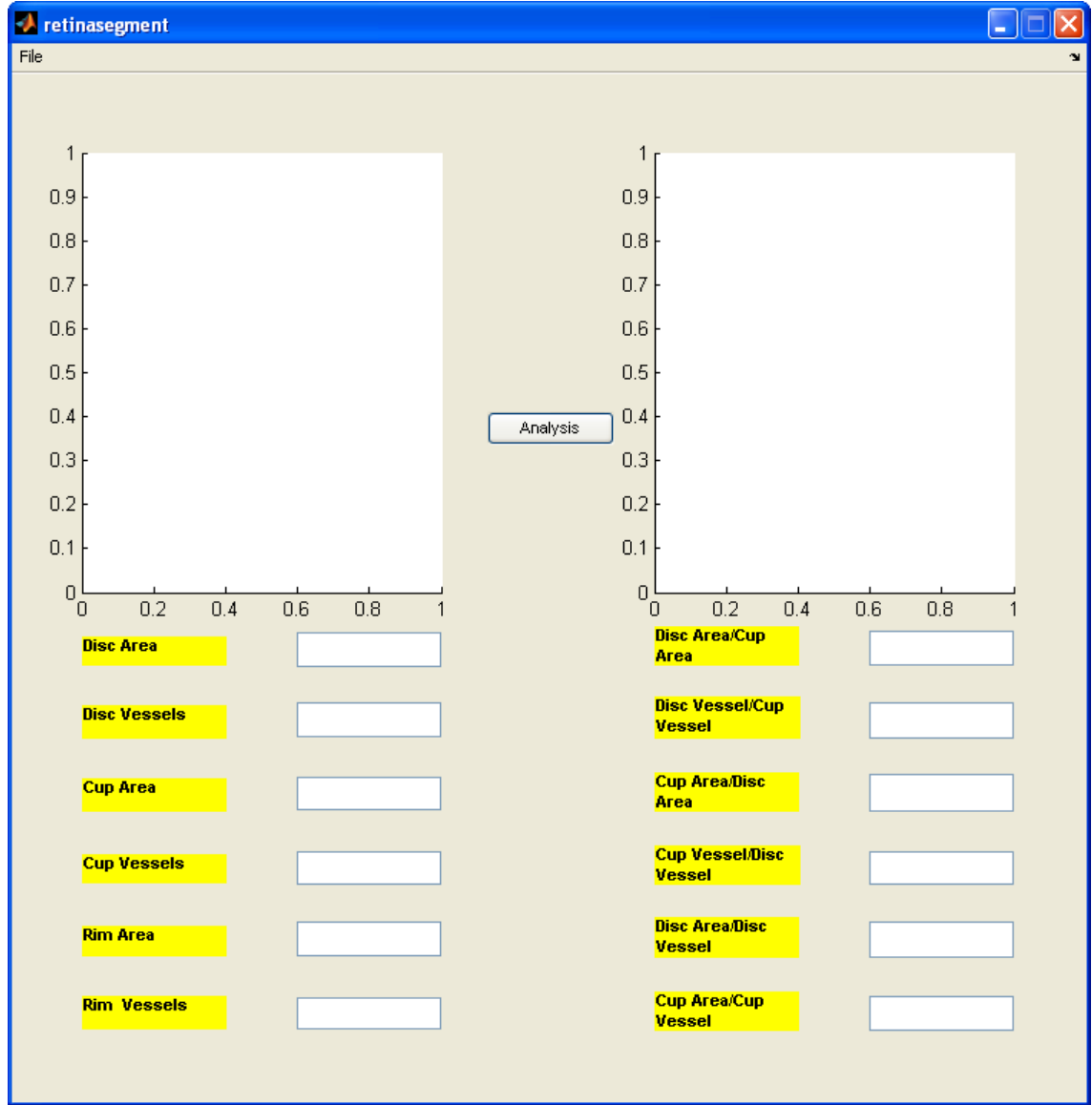
Şekil 3.18’de K-Means algoritmasının blok diyagramı görülmektedir. Program çalışırken Şekil 3.18’de akış şemasına göre kümeleme yapmaktadır (Teknomo, 2007).

3.6. SAYISAL RETİNA GÖRÜNTÜLERİNİN AYRIŞTIRILMASI İÇİN GELİŞTİRİLEN MATLAB KULLANICI ARA YÜZÜ (GUI).



Şekil 3.19 : Retina görüntülerini ayrıştırması için geliştirilen kullanıcı ara yüzü.

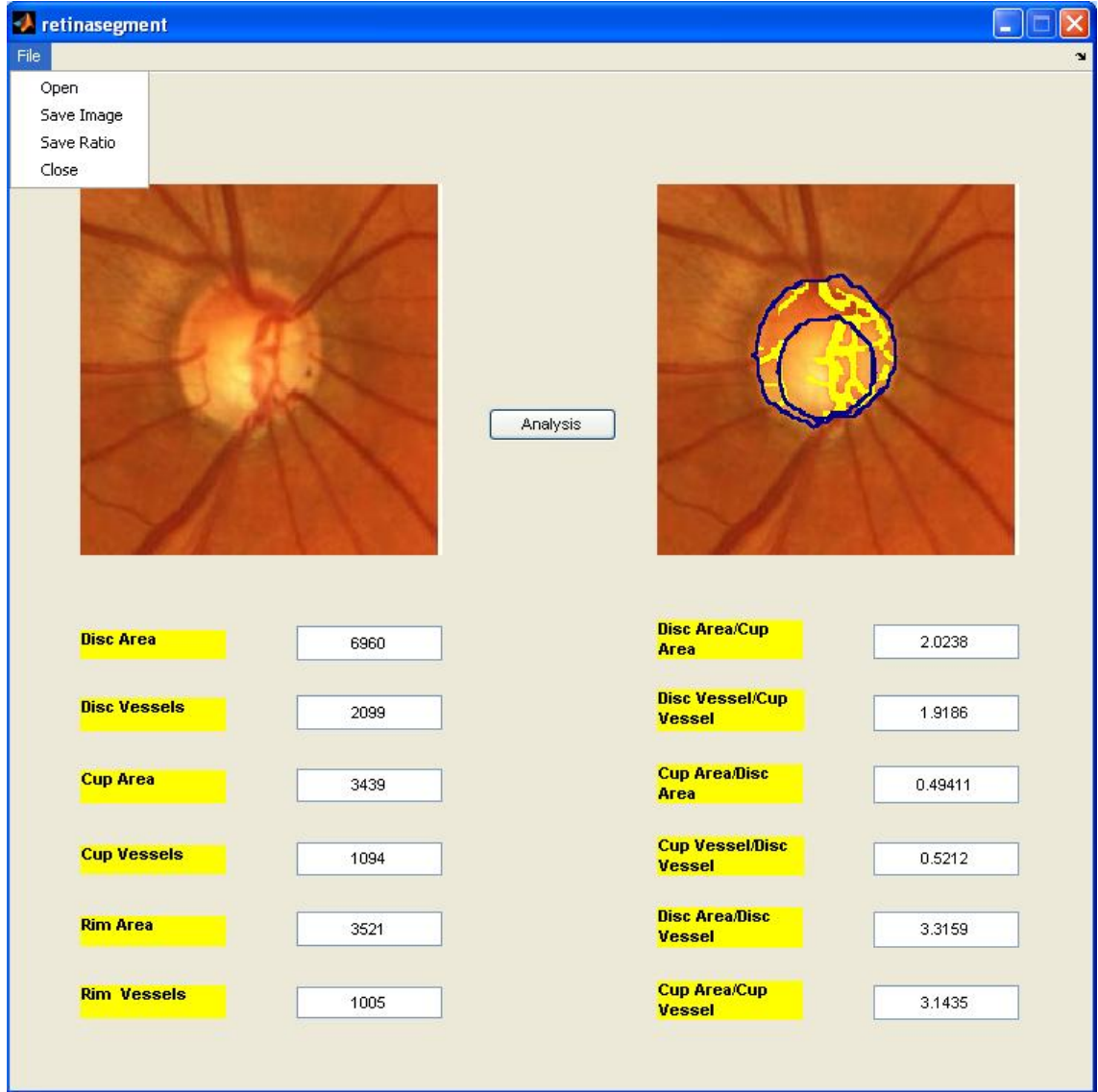
Retina görüntülerini ayrıştırmak ve sonuçları ekrana yazdırmak için tasarlanan MATLAB kullanıcı ara yüzü Şekil 3.19’da görülmektedir.



Şekil 3.20 : Retina görüntülerini ayrıştırmak için geliştirilen kullanıcı ara yüzün çalıştırılmaya hazır hali.

Tasarlanan ara yüz, çalıştır butonuna bastıktan sonra elde edilen çalışmanın sonuçlarını gösterecek olan kısım Şekil 3.20’de görülmektedir.

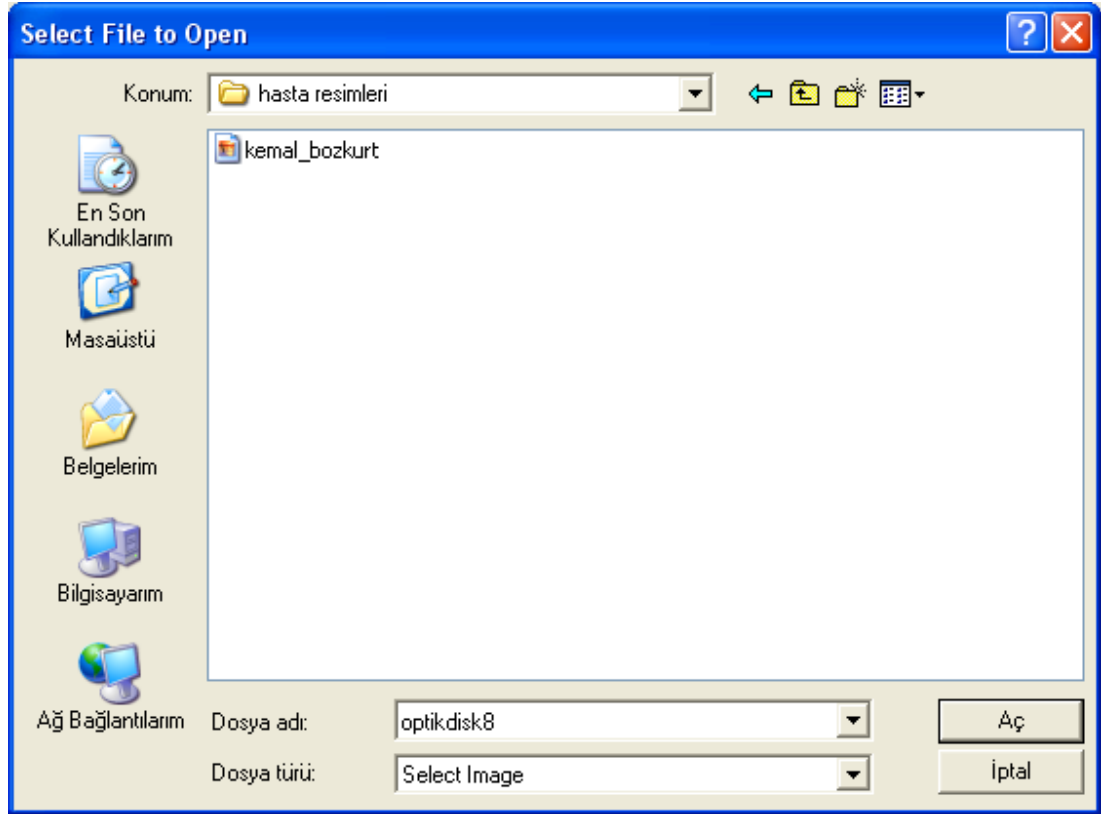
Axis1'de giriş retina görüntüsünü, *Axis2*'de işlendikten sonra ki çıkış retina görüntüsünü ekrana çizdirecektir.



Şekil 3.21 : Retina görüntülerini ayrıştırmakta kullanılan ara yüzün file menüsü içinde bulunan komutlar.

File menüsü tıklandığında açılan menüde Şekil 3.21'de görülmektedir.

File menüsünden *Open* komutu tıklanıldığında, açılan pencereden bilgisayarın herhangi bir yerinde bir klasörde kayıtlı olan resim bulunduktan sonra üzerine çift tıkladıktan sonra veya tek tıklayıp *Open* seçeneğini seçtikten sonra seçilen resim *Axis1*'de görülecektir.

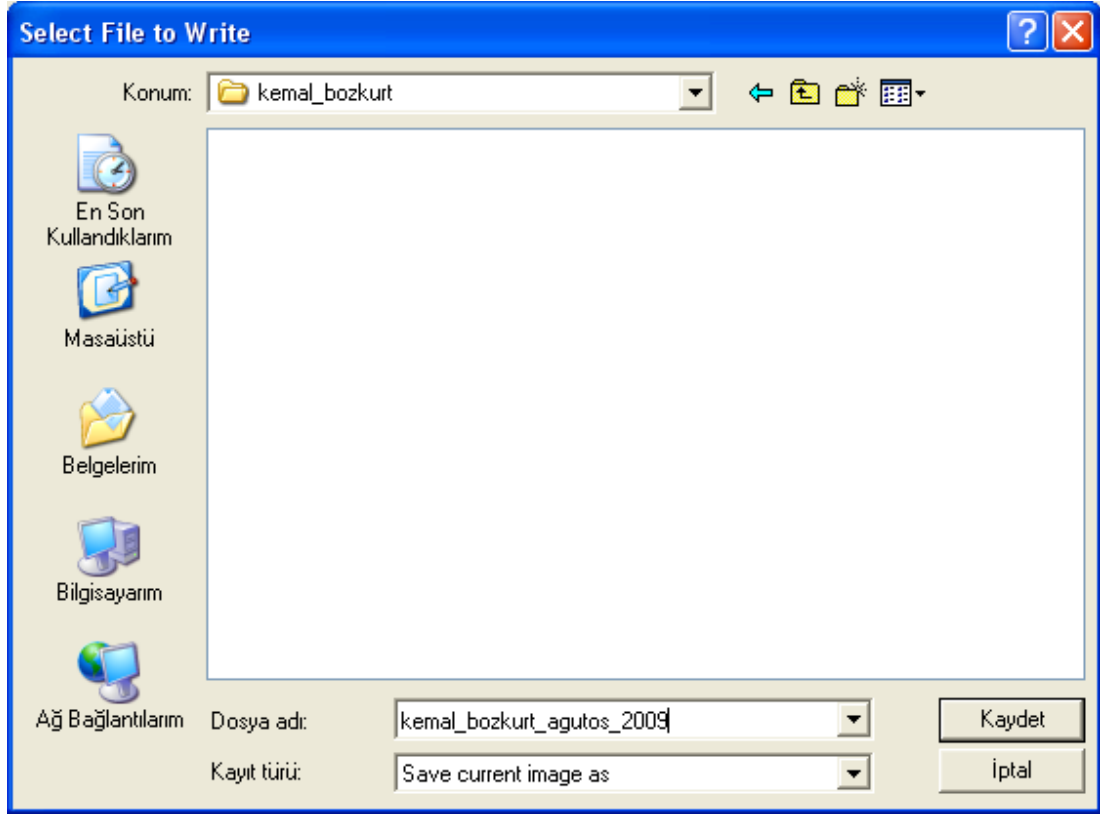


Şekil 3.22 : Retina görüntülerini ayrıştırmakta kullanılan ara yüzün *Open* komutu kullanıldıktan sonra açılan iletişim penceresi.

Open komutu tıklandıktan sonra bilgisayarın herhangi bir yerinde kayıtlı olan retina görüntüsünü programa aktarmak için açılan haberleşme penceresi Şekil 4.22'de görülmektedir.

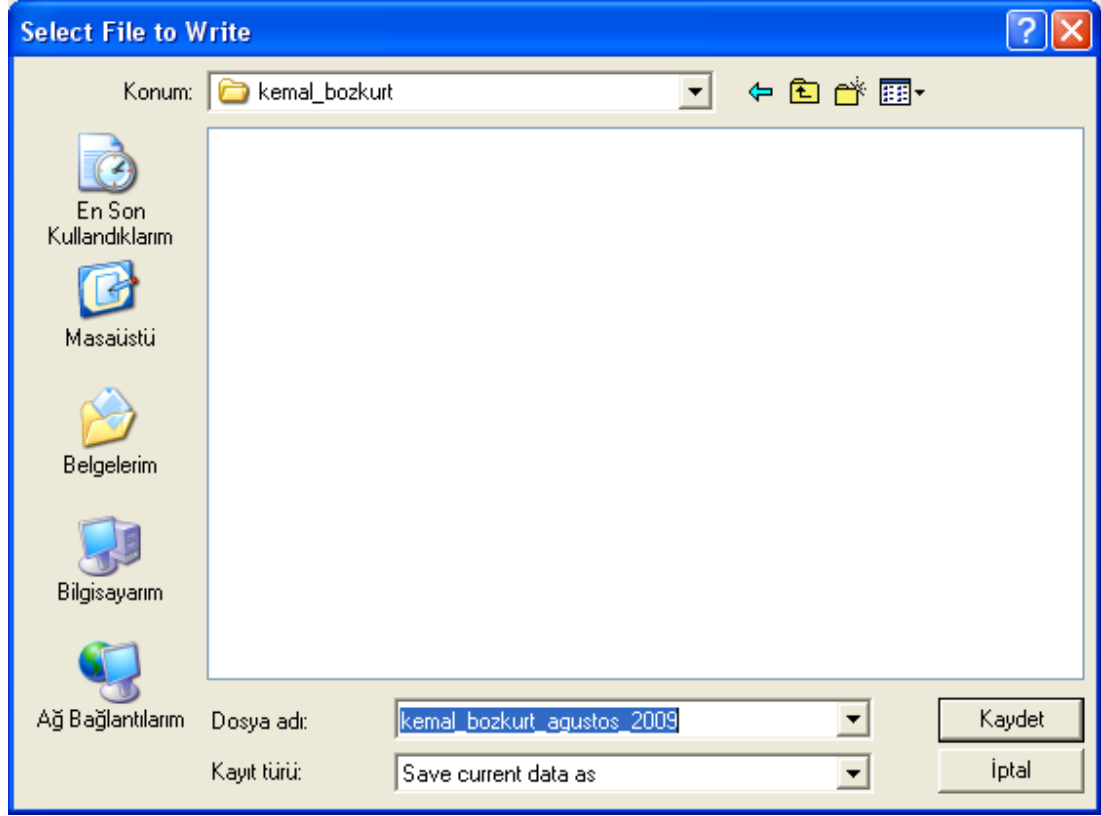
Seçilen sayısal retina görüntüsü *Axis1*'de görüldükten sonra *Analyses* butonuna tıklanıldığında program çalışmaya başlayacak işlemler yapıldıktan sonra sonuç resmi “

n “Axes2 de görüntülenecektir. *Edit Text* kutularında ölçülmek istenilen değerler ve oranlar yazdırılacaktır. *File* menüsü altında ki *Save Image* komutu Axes2 de gösterilen sonuç resminin görüntü dosyası olarak kaydedilmesini sağlar.



Şekil 3.23 : Programın çalışması sonucu elde edilen damarların, OD ve cup kısımlarının elde edildiği sonuç resminin kaydedileceği yeri gösteren haberleşme penceresi.

Save Image komutu tıklandıktan sonra ekrana Şekil 4.23’deki pencere gelir. Hasta adı soyadı ve tarihi yazılarak bilgisayarda istenilen klasörün içine varsayılan olarak *jpg* formatında sonuç resmi kaydedilir.



Şekil 3.24 : Ölçülen retina bilgilerinin *excel* tablosu olarak kaydedileceği yeri gösteren haberleşme penceresi.

File menüsü altında bulunan *Save Ratio* komutu tıklandıktan sonra edit text alanlarında yazılı olan retina bilgilerinin sırası ile *excel* tablosuna aktarılmasını sağlar. *Save Ratio* komutu tıklandıktan sonra ekrana gelen pencere Şekil 4.24'de görülmektedir. Bilgisayarda istenilen klasörün içine hasta adı soyadı ve tarihi yazılarak *xls* uzantılı olarak kaydedilmesini sağlar.

Close komutu ise programın kapatılmasını sağlar. *Close* komutu tıklandığında program kapatılmadan önce kapatma onayı isteyen pencere çıkar. *Yes* butonu ile çalışma penceresi kapatılır.

4. RETİNA GÖRÜNTÜLERİNİN AYRIŞTIRILMASI

4.1. GİRİŞ

Gözler; kafanın orta kısmında kaş kemeri, elmacık kemikleri ve burun kemerinin her iki tarafında bulunan göz çukurunun içinde ve önde göz kapakları ile örtülü kemik boşlukları içinde yer alan organlardır. Göz çukurları görme organı olan gözleri, göz yuvarlarını oynatan kas ve sinirleri, besleyici damarları, görme sinirlerini, gözyaşı bezlerini kapsar ve korur. Göz düzensiz küre biçiminde yaklaşık 25 mm çapında ve yaklaşık her biri 7-8 gr. ağırlığında olan organlardır (Anonim d, 2008).

Retina görüntüleri, göz doktorları tarafından kullanılmaya başlandıktan sonra hastalıkların teşhisi için çeşitli uzman sistemler geliştirilmiştir (Al-Rawi ve Ark., 2007) ve (Jlassi ve Ark, 2006).

Retina görüntülerinin ayrıştırılmasında şüphesiz en önemli işlem kan damarlarının retinadan ayrıştırılmasıdır. Bunun için klasik kenar belirleme metotları olarak bilinen (Sobel, Prewit, Canny, vb.) kenar belirleme metotları yetersiz kalmaktadır. Bunun için daha özel kenar belirleme tekniklerine ihtiyaç duyulmuştur.

Göz hastalıklarının teşhisinde OD'in tespiti de çok önemlidir. OD yapısında meydana gelen değişimler direk olarak görüş alanını etkiler. Çünkü göze gelen ışınlar OD'de

bulunan ince kenarlı mercekten kırılarak gözün arka kısmındaki kör noktaya düşer ve burada bulunan hücreler tarafından elektrik sinyallerine dönüştürülerek beyne iletilir. OD yapısında meydana gelen bozulma göze gelen ışınların düzgün kırılmayıp kör noktaya (fovea) düşmesini engeller bu da görme işlemini olumsuz etkiler. Tedavi edilmezse kalıcı körlüğe sebep olabilir. OD çok yoğun damar ve sinir yapısı ile kaplıdır. Optik sinir başında şeker hastalığına, yüksek tansiyona ve çeşitli sebeplere bağlı olarak çekme veya genişleme olabilir. OD'in yapısında meydana gelen bu değişimler görüş alanını bozmaktadır. OD'nin tespit edilmesi göz hastalıklarının teşhisi için çok önemlidir.

Sayısal retina görüntülerindeki göz damarlarının otomatik olarak bilgisayar programları ile tespit edilip ayrıştırılması klinik çalışmalar bakımından oldukça önemlidir (Hamrouni ve Ellouze, 2006) ve (Guo ve Ark., 2006). Retina görüntüleri glokom, diyabetik retinapaty, yaşa bağlı macula değişimleri, damar sertliği gibi göz hastalıklarında göz sağlığı ile ilgili bilgiler vermektedir (Guo ve Ark., 2006) ve (Jlassi ve Ark., 2006). Göz damarlarının teşhisi çeşitli göz hastalıklarının tanısı ve hastalığın takibi açısından çok önemlidir (Guo ve Ark., 2006) ve (Jlassi ve Ark., 2006).

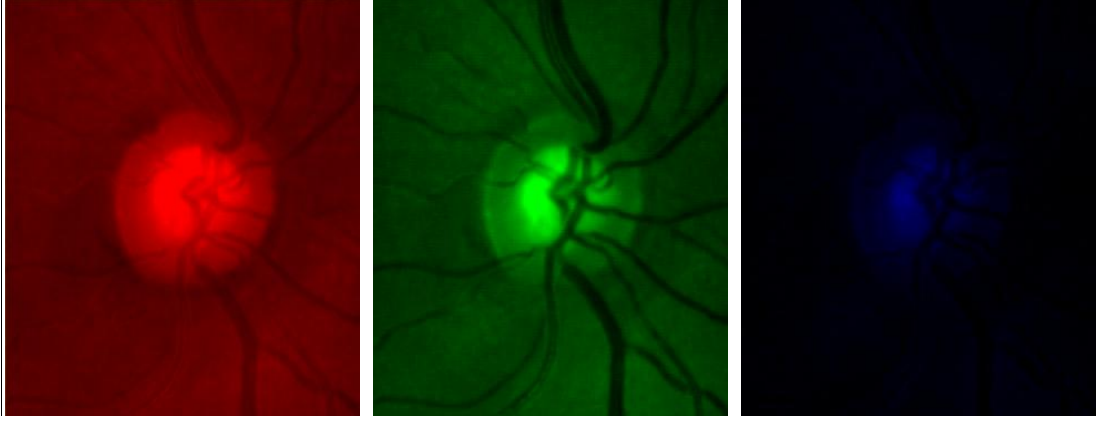
Bu tez çalışmasında renkli retina görüntüleri kullanılmıştır. Renkli retina görüntüsü bileşenleri olan RGB bileşenlerine ayrılmıştır. Damarların ayrıştırılması işleminde yeşil kanal retina görüntüsü kullanılmıştır. OD'in ayrıştırılması işleminde kırmızı kanal retina görüntüsü K-Means algoritması kullanılarak ayrıştırılmıştır ve OD çıkartılmıştır. Renkli OD görüntüsü içinde K-Means algoritması ile cup kısmı aranarak cup kısmı elde edilmiştir. Retina damarları ile OD ve cup kısımlarını elde ettiğimiz sonuçlardan OD alanı, cup alanı, rim alanı ve damarların alanı gibi değerler elde edilmiş ve sonuçlar yazdırılmıştır.

Damarların elde edilmesinde en iyi görüntü gren (yeşil) kanaldan elde edilmektedir (Jlassi ve Ark, 2006). En iyi görüntü derken retina ile damarların birbirinden en iyi şekilde ayırt edilebildiği retina görüntüsü kastedilmiştir.



Şekil 4.1 : Orijinal retina resmi.

Şekil 4.1’de, orijinal RGB renk kanalındaki bir retina görüntüsü görülmektedir.



a) Kırmızı kanal

b) Yeşil kanal

c) Mavi kanal

Şekil 4.2 : Orijinal RGB retina görüntüsünün bileşenleri a) Kırmızı kanal, b) Yeşil kanal ve c) Mavi kanal görüntüleri.

Şekil 4.1'deki retina görüntüsünün Şekil 4.2 a), b) c)'de RGB renk kanalındaki bileşenleri görülmektedir. Şekil 4.2 a) retina görüntüsünün kırmızı kanal bileşenini, Şekil 4.2 b) retina görüntüsünün yeşil kanal bileşenini, Şekil 4.2 c) retina görüntüsünün mavi kanal bileşenini belirtmektedir Şekil 4.2 a), b), c)'deki retina görüntüleri karşılaştırıldığında Şekil 4.2 b)'deki yeşil kanal retina görüntüsünde, kan damarlarının diğer bileşenlere göre daha belirgin olduğu görülmektedir. Kırmızı renk en çok yeşil ışık Emilimi sağlar. Kan kırmızı renk olduğu için yeşil kanal retina görüntüsünde damarlar daha belirgindir ve retina yapısından daha kolay ayırt edilebilir (Jlassi ve Ark., 2006) ve (Soares ve Ark.,2006).

4.2. DAMARLARIN VE OPTİK SINIRLERİN TESPİT EDİLMESİ

Bu bölümde retina görüntülerinden retina damarlarının ayrıştırılması işlemi açıklanmıştır. Bu kapsamda geliştirilen damar tespit algoritmaları ve filtreleri anlatılacaktır.

4.2.1. Damar Ayrıştırma Filtreleri

Damarları ayırt etmek için Griffiths'in tezinden örnek alınan 7*7 filtreler kullanılmıştır. Griffiths tezinde merkez pikselden 3 piksel uzaklıkta 7 piksel komşuluk ilişkisine dayanan bir filtre kullanmıştır. Bu filtre $x-3$, $x-2$, $x+2$, $x+3$ piksel değerlerinin yoğunlukları toplamı ile $x-1$, x , $x+1$ piksel değerlerinin yoğunlukları toplamının farkını almaktadır. Bu toplamlar merkez piksele uzak 4 piksel değeri ile merkez piksel dâhil 3 pikselin yoğunlukları farkını almaktadır. Böylece daha yoğun retina damarlarını retina yapısından ayırt etmektedir.

$x-3$, $x-2$, $x-1$, x , $x+1$, $x+1$, $x+3$

1	1	-4/3	-4/3	-4/3	1	1
---	---	------	------	------	---	---

Şekil 4.3 : 7*1 filtre modeli (Griffiths, 2005).

Şekil 4.3'de 1*7'lik filtre görülmektedir (Griffiths, 2005).

0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
1	1	-4/3	-4/3	-4/3	1	1
1	1	-4/3	-4/3	-4/3	1	1
1	1	-4/3	-4/3	-4/3	1	1
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Şekil 4.4 : 7*7 filtrenin düzenlenmiş hali (Griffiths, 2005).

Şekil 4.4’de 7*7’lik filtre görülmektedir. Damarları ve damarlarda meydana gelen kenar yön değişimlerini ve dallanmaları daha iyi yakalayabilmesi için filtre 45’er derecelik açılarda döndürülmektedir. Döndürme işleminden sonra 0°, 45°, 90°, 135° derecelerde dört tane filtre elde edilmektedir.

0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	-2	-4/3	1	0
0	0	-2	-4/3	-2	0	0
0	1	-4/3	-2	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0

Şekil 4.5 : 45 derece döndürülmüş 7*7 filtrenin düzenlenmiş hali (Griffiths, 2005).

Şekil 4.5’de 45° döndürülmüş 7*7’lik bir filtre görülmektedir.

0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	-4/3	-4/3	-4/3	0	0
0	0	-4/3	-4/3	-4/3	0	0
0	0	-4/3	-4/3	-4/3	0	0
0	0	1	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0	0

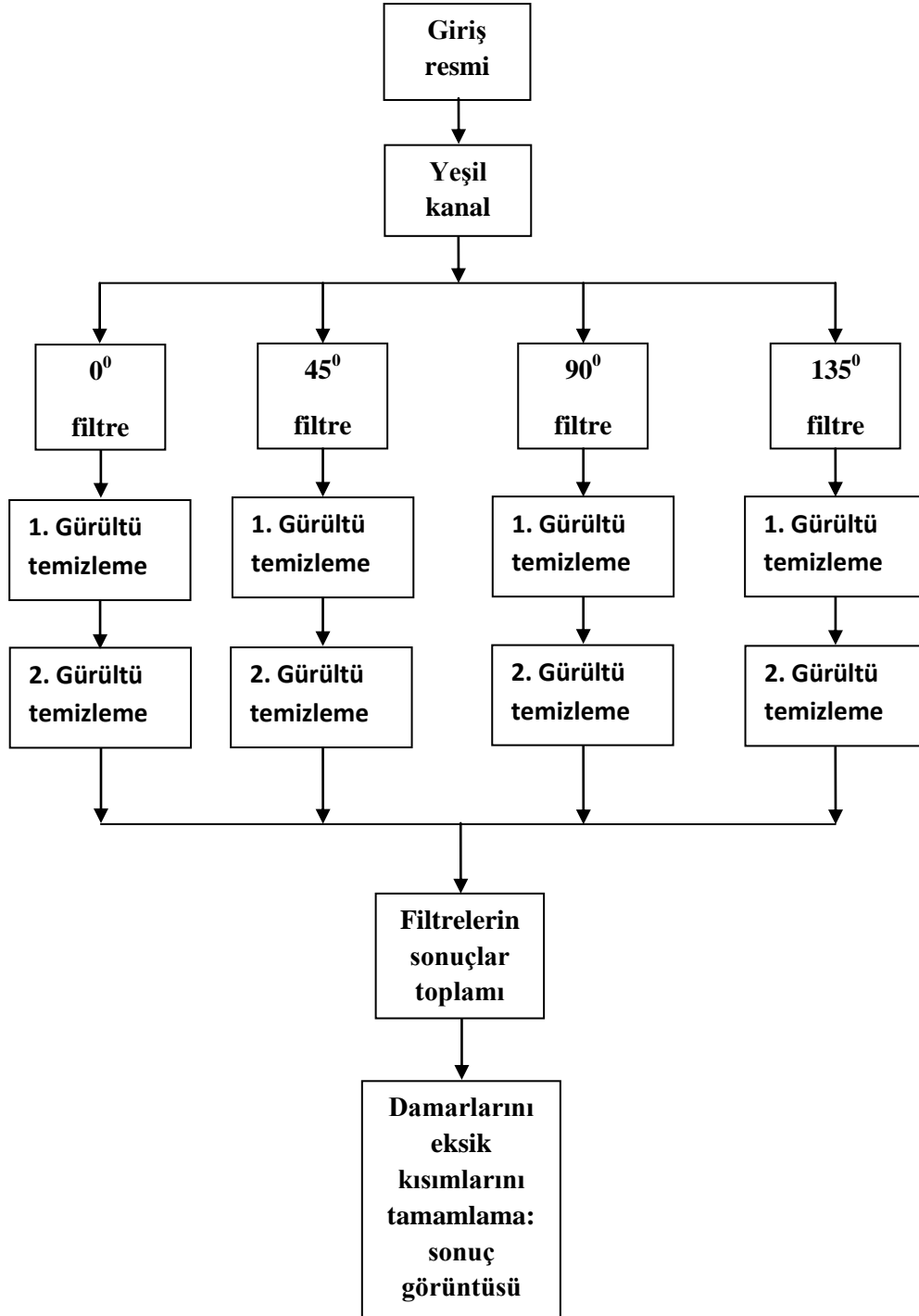
Şekil 4.6 : 90 derece döndürülmüş 7*7 filtrenin düzenlenmiş hali görülmektedir (Griffiths, 2005).

Şekil 4.6 ve Şekil 4.4'deki filtre 90^0 döndürülerek elde edilmiş 7*7'lik filtrenin düzenlenmiş hali görülmektedir.

1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0
0	1	-4/3	-2	0	0	0
0	0	-2	-4/3	-2	0	0
0	0	0	-2	-4/3	1	0
0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	1	1

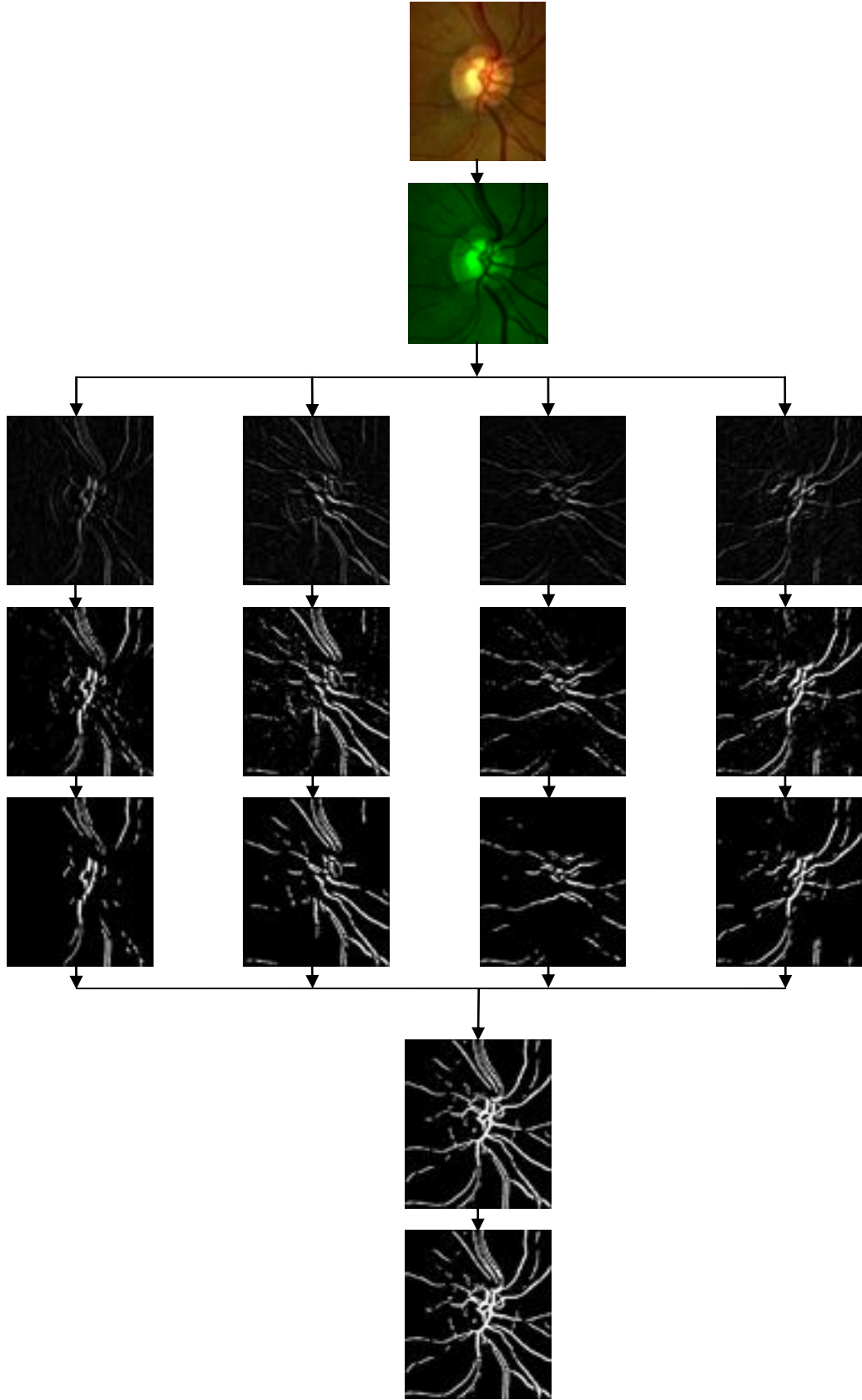
Şekil 4.7 : 135 derece döndürülmüş 7*7 filtrenin düzenlenmiş hali görülmektedir (Griffiths, 2005).

Şekil 4.7' deki filtre, Şekil 4.4'deki filtrenin 135^0 döndürülmesi ile elde edilen 7*7'lik filtre görülmektedir.



Şekil 4.8 : Damarların ayrıştırılmasında kullanılan filtre algoritması görülmektedir.

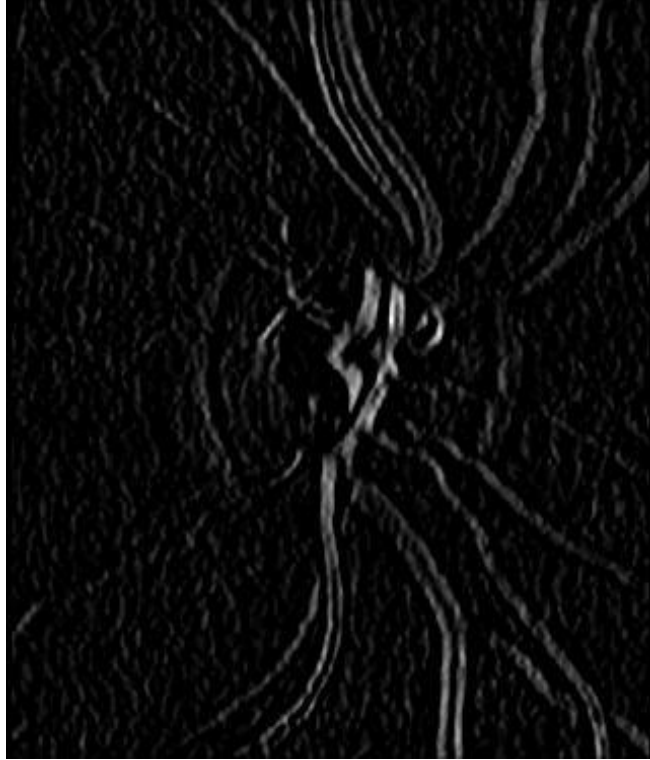
Damarların ve optik sınırların ayrıştırılmasında kullanılan programın algoritması Şekil 4.8’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.9 : Damarların ayrıştırılmasında kullanılan algorithmadan elde edilen sonuçlar.

Şekil 4.9'daki kenar belirleme algoritmasından elde edilen sonuçlar görülmektedir. Şekil 4.9'daki sonuç resimlerinin elde edilmesinde kullanılan işlemler Şekil 4.10 ile Şekil 4.23 arasında anlatılacak ve bu işlemlerden elde edilen sonuçlar gösterilecektir.

Şekil 4.2 b)'deki yeşil kanal retina görüntüsünün Şekil 4.4'deki sıfır derecelik filtreden geçirildikten sonra elde edilen sonuç görüntüsü Şekil 4.10'da görülmektedir. Şekil 4.10'da da görüldüğü üzere sıfır derecelik filtre sonucu oldukça gürültülüdür. Sağlıklı damar bilgisi elde etmek için gürültülerden arındırma işlemleri yapılması gerekmektedir. Gürültü temizleme işlemi iki adımda gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.10 : 0 derecelik filtreden elde edilen sonuç resmi.

Şekil 4.10'da elde edilen sonuç resmi belli bir eşik değerden geçirilerek bu değerden büyük olan kısımları damar olarak, küçük olan kısımları retina yapısı olarak kabul edip, resmi ikili görüntüye çevirmektedir.



Şekil 4.11 : 0 derecelik filtre işlemi sonucunun 1. gürültü temizleme işleminden (eşik değerdan) sonra elde edilen sonuç görüntüsü.

Şekil 4.11'de görülen resim eşik değerdan geçirildikten sonra elde edilmiştir. Eşik değerdan, kullanılan tüm filtrelerde 0.2 olarak seçilmiştir.

Şekil 4.11'de, eşik değerdan geçirildikten sonra elde edilen resimde küçük gürültüler mevcuttur. Bunlar retina yapısından veya dış faktörlerden kaynaklanan gürültülerdir. Filtre bu retina yapılarını ve gürültülerini de damar olarak algılamaktadır. İstenmeyen bu kısımlardan resmi arındırmak için belli bir piksel değerdan küçük olan tüm alanlar atılmıştır. Bunun için tüm beyaz alanlar yani damar olarak algılanan kısımlar etiketlenerek ve kaç piksel oldukları bulunarak bu küçük alanlar atılmaktadır. Burada üç pikselden küçük olan alanlar atılmıştır. Küçük alanlardan kurtulmak için MATLAB yazılımının *bwareaopen* komutu kullanılmıştır.

bwareaopen: ikili görüntülerde belli bir piksel değerinden küçük olan alanların atılmasını sağlar.

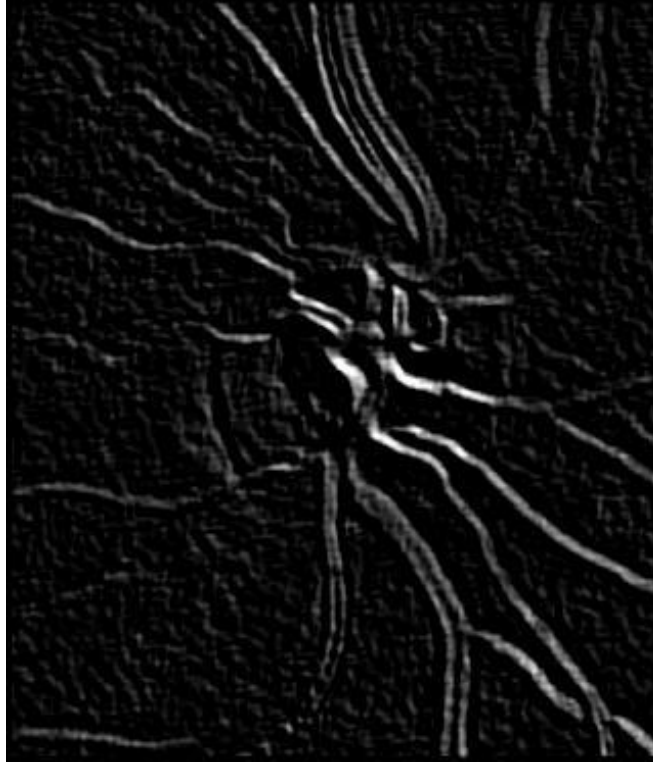
$BW2=bwareaopen(BW,P)$. P değerinden küçük olan bir biri ile komşuluğu olmayan bütün alanların atılmasını sağlar (MATLAB,2009).



Şekil 4.12 : 2. gürültü temizleme işleminden elde edilen sonuç resmi.

Bwareaopen komutu ile 2. gürültü temizleme işlemi sonucunda elde edilen sonuç resmi Şekil 4.12’de görülmektedir.

0°’lik filtreleme işleminde yapılan tüm işlemler 45°, 90°, 135°’lik filtreler için de ayrı ayrı yapılmaktadır.



Şekil 4.13 : 45 derecelik filtreden elde edilen sonuç resmi.

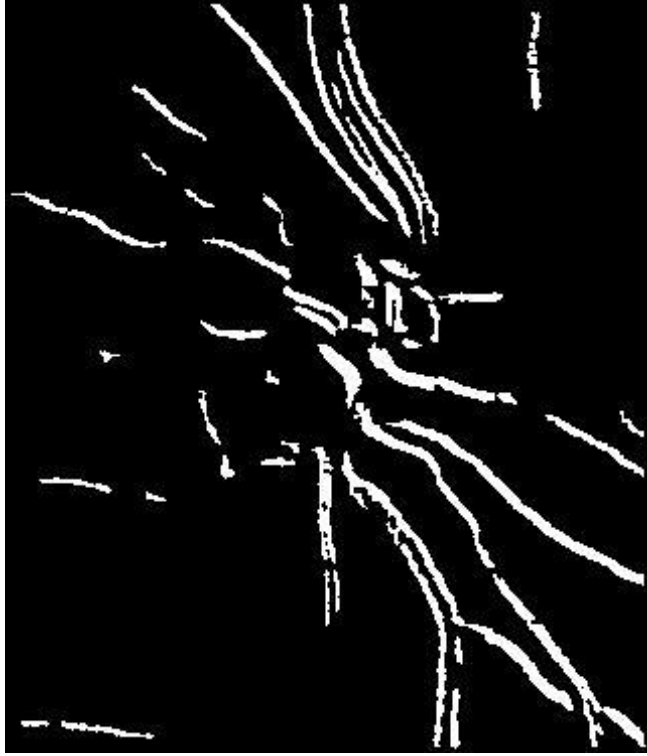
Şekil 4.2 b)'deki yeşil kanal resmi 45° 'lik kenar belirleme filtresinden geçirilmiştir. Filtreleme işleminden sonra elde edilen sonuç Şekil 4.13'de görülmektedir.

45° 'lik filtreden elde edilen sonuç Şekil 4.13'de görüldüğü gibi oldukça gürültülü ve sağlıklı damarlar bilgisi elde edilmesi için gürültü temizleme işlemi yapılmalıdır.



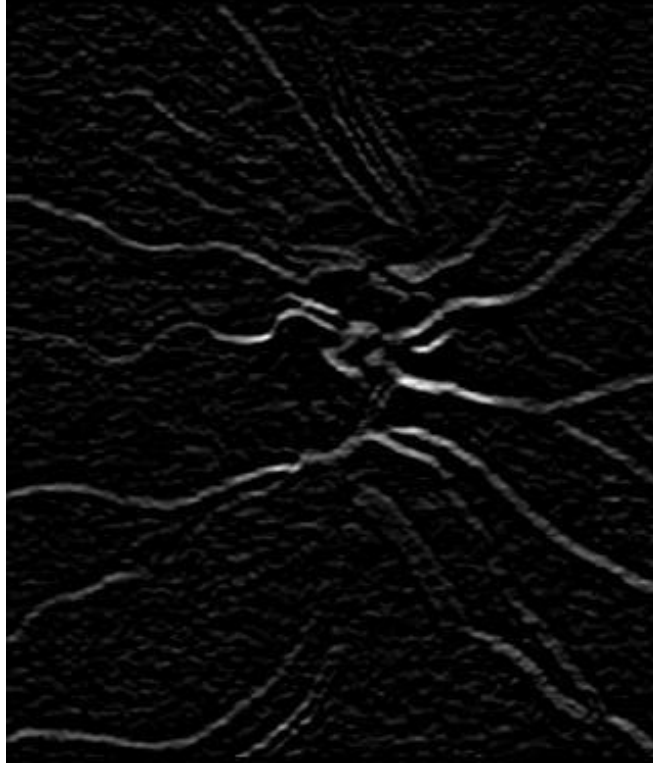
Şekil 4.14 : 45 derecelik filtre sonucunun eşik değerdan geçirilmesi 1. gürültüden arındırma.

Gürültü temizleme işlemi için Şekil 4.13'deki resim belli bir eşik değerdan geçirilmiş ve eşik değeri sonucu Şekil 4.14'de gösterilmiştir. Burada kullanılan eşik değeri 0.2 olarak seçilmiştir.



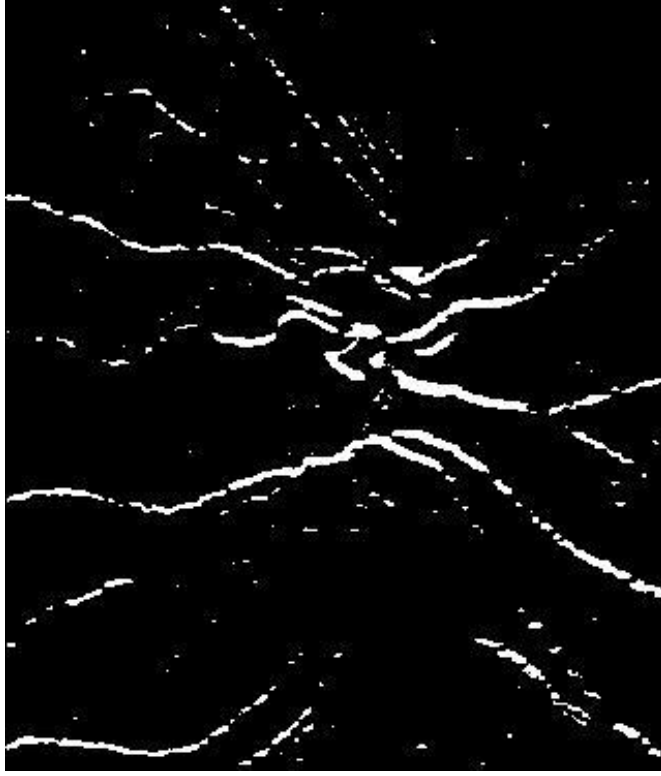
Şekil 4.15 : 2. gürültü temizleme işlemi sonucu.

Şekil 4.14'deki eşik değerden geçirildikten sonra elde edilen sonuç resminde retina yapısından veya dış faktörlerden kaynaklanan gürültüler vardır. Filtre bu retina yapılarını ve gürültüleri de damar olarak algılamaktadır. İstenilmeyen bu kısımlardan resmi arındırmak için belli bir piksel den küçük olan tüm alanlar atılacaktır. Bunun için tüm beyaz alanlar yani, damar olarak algılanan kısımlar etiketlenerek ve kaç piksel oldukları bulunarak küçük alanlar atılmaktadır. Burada 3 pikselden küçük olan alanlar *bwareaopen* komutu kullanılarak atılmıştır. Bu işlem sonucu Şekil 4.15'de görülmektedir.



Şekil 4.16 : 90 derecelik filtreden elde edilen sonuç.

Şekil 4.2 b)'deki yeşil kanaldaki retina görüntüsün 90^0 'lik filtreden geçirildikten sonra elde edilen sonuç Şekil 4.16'da görülmektedir. 90^0 'lik filtreden elde edilen retina görüntüsünden sağlıklı damar bilgisi elde edebilmek için eşik değerden geçirilmesi gerekmektedir.



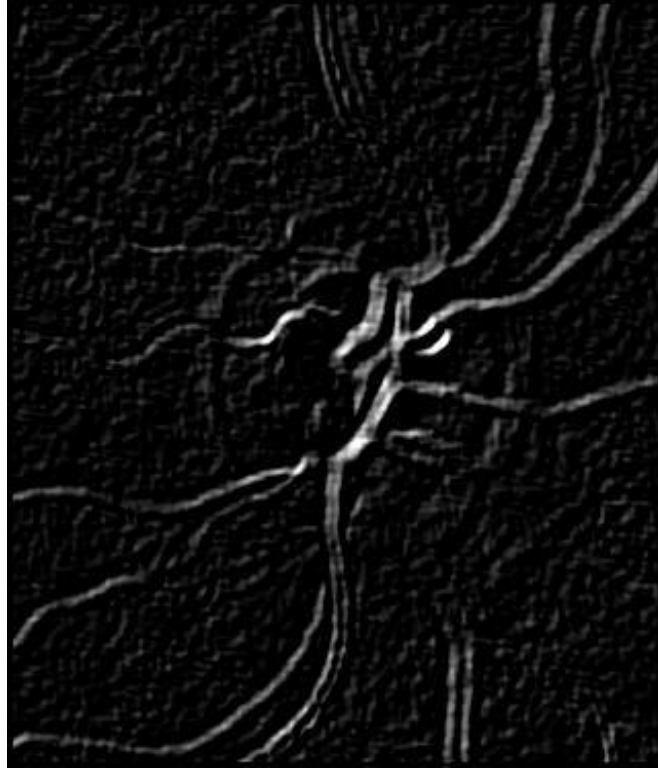
Şekil 4.17 : 90 derecelik filtre sonucunun eşik değerden geçirilmesi sonucunda elde edilen ikili resim 1. gürültüden arındırma.

Eşik değeri 0.2 olarak seçilmiştir. Eşik değeri işlemi sonucunda elde edilen görüntü Şekil 4.17 de görülmektedir. Şekil 4.17'deki resimde, küçük gürültüler mevcuttur. Bunlar retina yapısından veya gürültülerden kaynaklanabilir. Filtre bu retina yapılarını ve gürültülerini de damar olarak algılamaktadır. İstenmeyen bu kısımlardan resmi arındırmak için belli bir piksel değerinden küçük olan tüm alanlar atılacaktır. Bunun için tüm beyaz alanlar yani damar olarak algılanan kısımlar etiketlenecek ve kaç piksel oldukları bulunarak küçük alanlar atılacaktır. Burada üç pikselden küçük olan alanlar gürültü olarak kabul edilmiştir. Gürültü temizleme işlemi MATLAB'ın *bwareaopen* komutu kullanılarak yapılmıştır.



Şekil 4.18 : 2. gürültüden arındırma işlemi sonuç resmi.

Bwareaopen komutu ile istenmeyen gürültüler (küçük alanlar) atılmaktadır. Bu işlem sonunda elde edilen sonuç resmi Şekil 4.18’de görülmektedir.



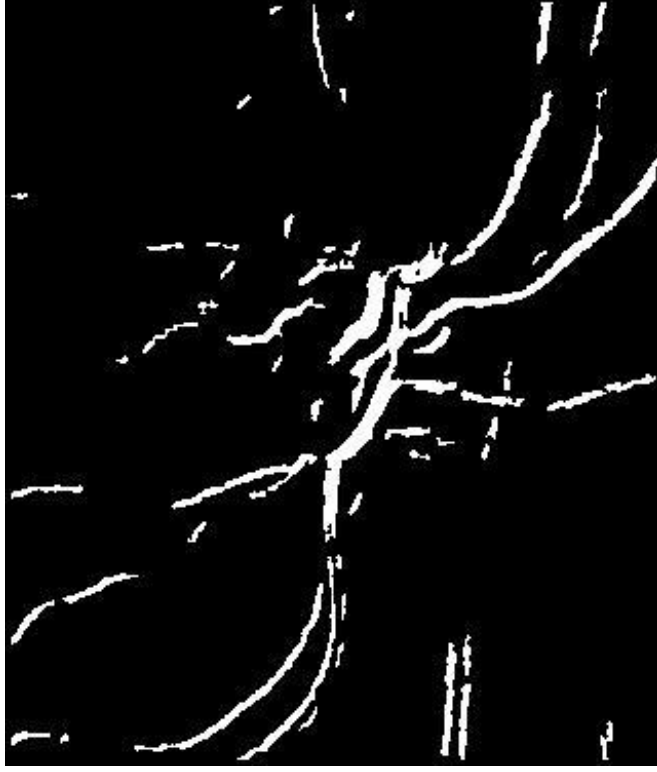
Şekil 4.19 : 135 derecelik filtre sonucu.

Şekil 4.2 c)'deki yeşil kanal retina görüntüsü 135⁰'lik filtreden geçirildikten sonra elde edilen sonuç resmi Şekil 4.19'da görülmektedir. 135⁰'lik filtreme işlemi sonucundan sağlıklı damar bilgisi elde etmek oldukça zordur. Sağlıklı damar bilgisini ayrıştırabilmek için Şekil 4.19'daki sonuç eşik değerden geçirilecektir.



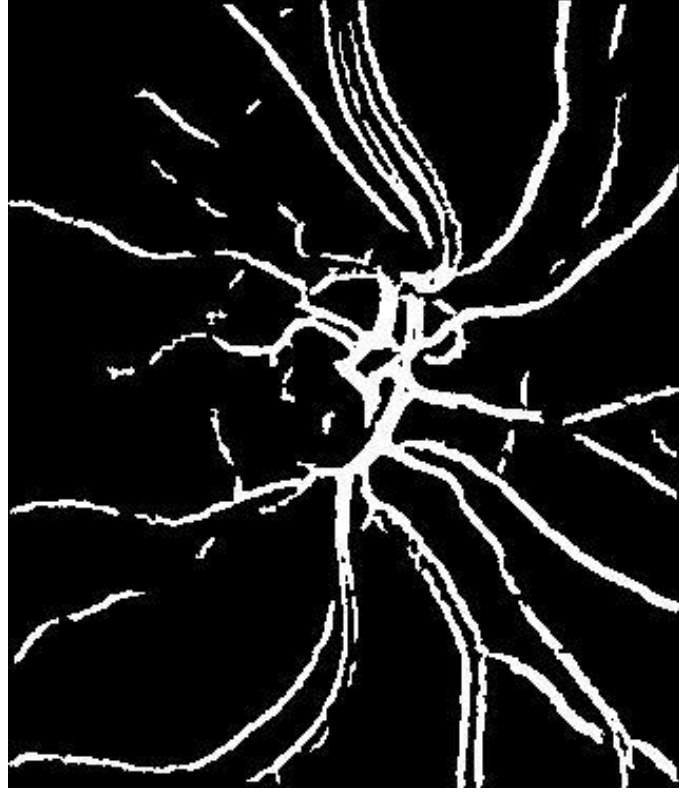
Şekil 4.20 : 135 derecelik filtre sonucunun eşik değerden geçirilmesi sonucu elde edilen ikili resim.

Eşik değer işleminden sonra elde edilen sonuç resmi Şekil 4.20’de görülmektedir. Burada kullanılan eşik değeri 0.2’dir. Şekil 4.20’de elde edilen resimde küçük gürültüler mevcuttur. Bunlar retina yapısından veya gürültülerden kaynaklanabilir. Filtre bu retina yapılarını ve gürültülerini de damar olarak algılamaktadır. İstenmeyen bu kısımlardan resmi arındırmak için belli bir piksel den küçük olan tüm alanlar atılacaktır. Bunun için tüm beyaz alanlar yani damar olarak algılanan kısımlar etiketlenerek ve kaç piksel oldukları bulunarak küçük alanlar atılmaktadır. Burada üç pikselden küçük olan alanlar *bwareaopen* komutu kullanılarak atılmıştır.



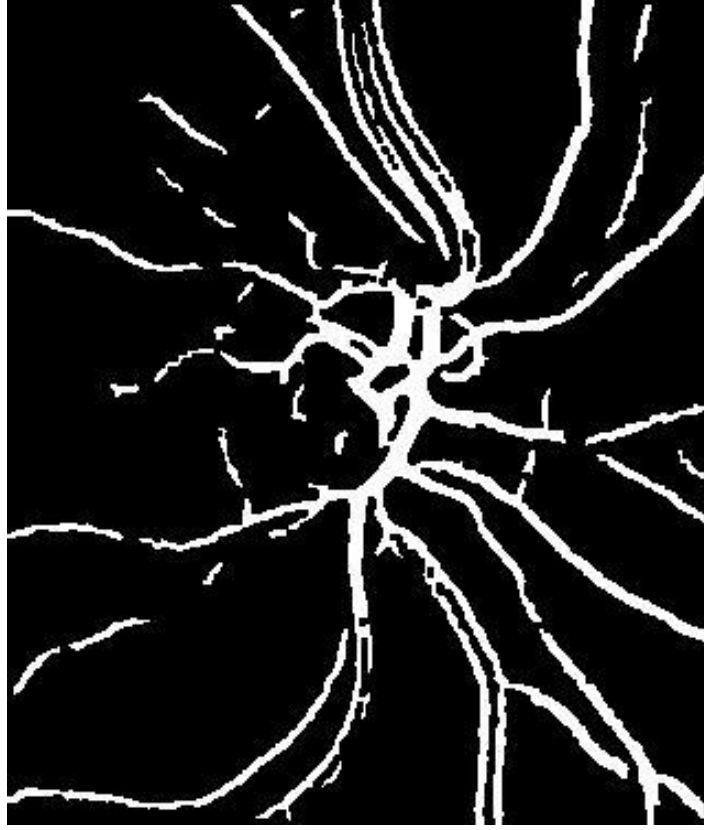
Şekil 4.21 : Eşik değerdan geçirildikten sonra küçük alanların atılması işlemi 2. gürültüden arındırma.

Bwareaopen komutu kullanılarak gerçekleştirilen 2. gürültü temizleme işlemi sonunda istenilmeyen küçük alanlar (gürültüler) atılmıştır. Elde edilen sonuç resmi Şekil 4.21’de görölmektedir.



Şekil 4.22 : 7*7'lik filtrelerin 0^0 , 45^0 , 90^0 ve 135^0 'lik filtre sonuçlarının toplanması sonucu elde edilen sonuç resmi.

Şekil 4.2 b)'deki yeşil kanal retina görüntüsü 7*7'lik filtreler olan 0^0 , 45^0 , 90^0 ve 135^0 'lik filtrelerden geçirilmiştir. Sonra ayrı ayrı birinci ve ikinci gürültü temizleme işlemlerinden geçirilmiştir. Bu işlemlerden elde edilen sonuçlar Şekil 4.12, Şekil 4.15 Şekil 4.18 ve Şekil 4.21'de görülmektedir. Daha sonra bu sonuçlar sayısal ortamda toplanmıştır. Elde edilen sonuç resmi Şekil 4.22'de görülmektedir. Burada kullanılan 0^0 , 45^0 , 90^0 ve 135^0 'lik filtrelerin her biri retina görüntüsünde farklı ayrıntıları yakalamıştır. Şekil 4.9 dikkatli bir şekilde incelendiğinde farklı açılarda filtre kullanmamızın sebebi daha iyi anlaşılacaktır.



Şekil 4.23 : Boş kalan kısımların morfolojik kapatma işlemi ile doldurulması sonucu elde edilen görüntü.

Şekil 4.22 de elde edilen sonuç resminde damarlar arasında bazı kısımlar, damarların ve optik sinirlerin genişliğine bağlı olarak boş kalmaktadır. Boş kalan bu alanlardan dolayı damarların orta kısımları boş kalmaktadır. Bu alanlarda meydana gelen boşlukları en aza indirmek için *imclose* komutu ile kapatma işlemi yapılmaktadır. *imclose* komutu siyah beyaz veya ikili resimlerde morfolojik kapatma işlemi yapar. Morfolojik kapatma işleminden sonra elde edilen sonuç Şekil 4.23’de görülmektedir.

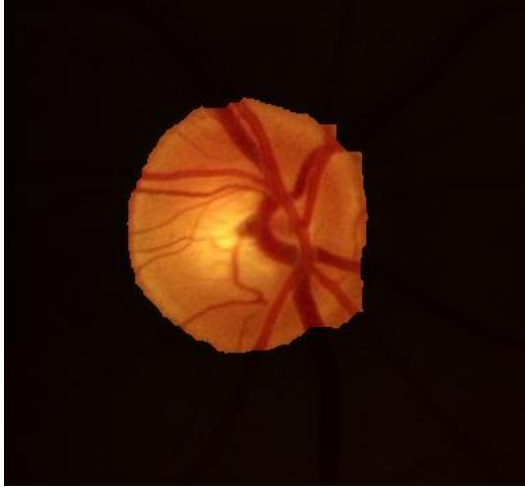
```
IM2 = imclose (IM, strel('disk', [1 1 1;1 1 1;1 1 1]));
```

IM giriş resmi olmak üzere giriş resminde 3*3 komşuluğunda disk gibi bir alanda morfolojik kapama işlemi yapılmaktadır.

4.3.OPTİK DİSK KISMININ AYRIŞTIRILMASI

Bu bölümde, OD kısmının tespit edilmesi anlatılmıştır. Retina sinirlerinin göze girdiği ve çıktığı noktadır. OD retinanın diğer kısımlarına ve çevresine göre parlak bir bölgedir. OD yerleşimi retina görüntülerinin analizi için önemlidir (Osareh ve Ark., 2009).

Disk kısmını ayırırken kırmızı renk kanalı kullanılmıştır. Kırmızı renk kanalında disk kısmı daha belirgindir. Buradaki piksellerin değerleri 255'e daha yakın olduğundan dolayı bu kanal seçilmiştir. K-Means algoritması kümeleme işlemi yaparken pikselleri aydınlık değerlerine göre iki gruba ayırmaktadır. Çünkü OD'in alanı retinanın diğer kısımlarına göre daha parlak renkte olduğu için K-Means algoritması OD'nin olduğu alanları ikili görüntüde beyaz olarak bulacaktır. Kırmızı renk kanalı diğer renk kanallarının içinde hep daha parlak yani piksellerin ışıklılık şiddeti değerleri fazla olmaktadır. Şekil 4.24'de de diğer renk kanallarından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak kırmızı renk kanalı OD tespiti için uygun olduğu görülebilmektedir. Örneğin yeşil kanal kullanılarak elde edilmiş olan OD görüntüleri Şekil 4.24 b) ve d)'de görülmektedir.



a)



b)



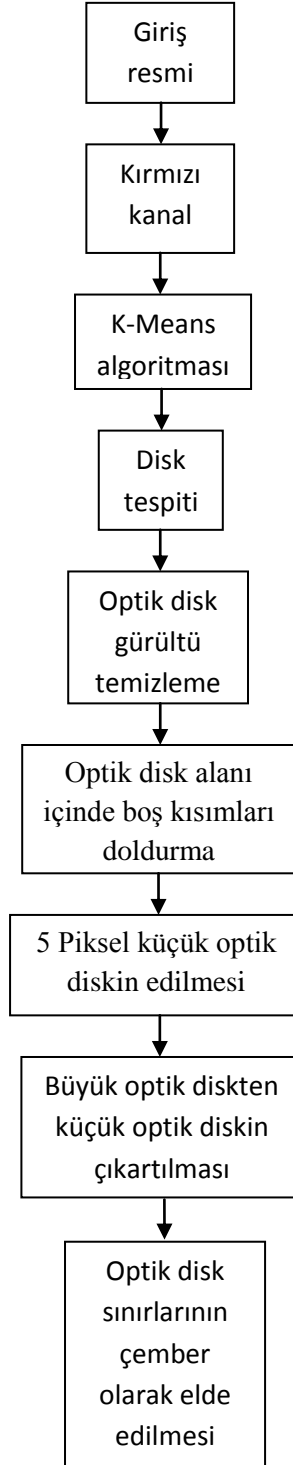
c)



d)

Şekil 4.24 : a) Kırmızı renk kanalından elde edilen OD sonucu, b) Yeşil renk kanalından elde edilen OD sonucu, c) Kırmızı renk kanalından elde edilen OD sonucu ve d) yeşil renk kanalından elde edilen OD sonucu.

Şekil 4.24 a,b,c ve d'de görüldüğü gibi, K-Means algoritmasından her iki kanal için elde edilen sonuçlar görülmektedir. OD'in doğru bir şekilde tespit edilebilmesi için kırmızı renk kanalının kullanılması ile daha sağlıklı sonuçlar elde edilebileceği görülmektedir.

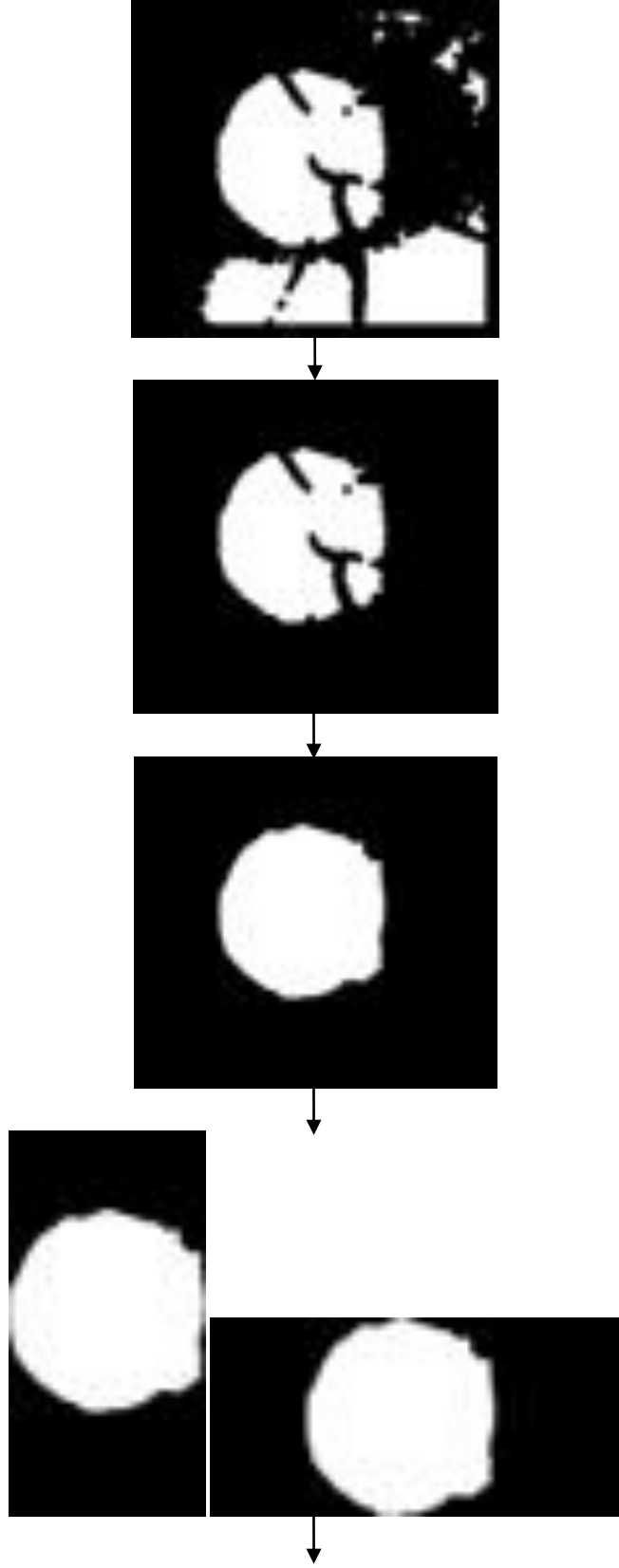


Şekil 4.25 : Optik disk algoritması.

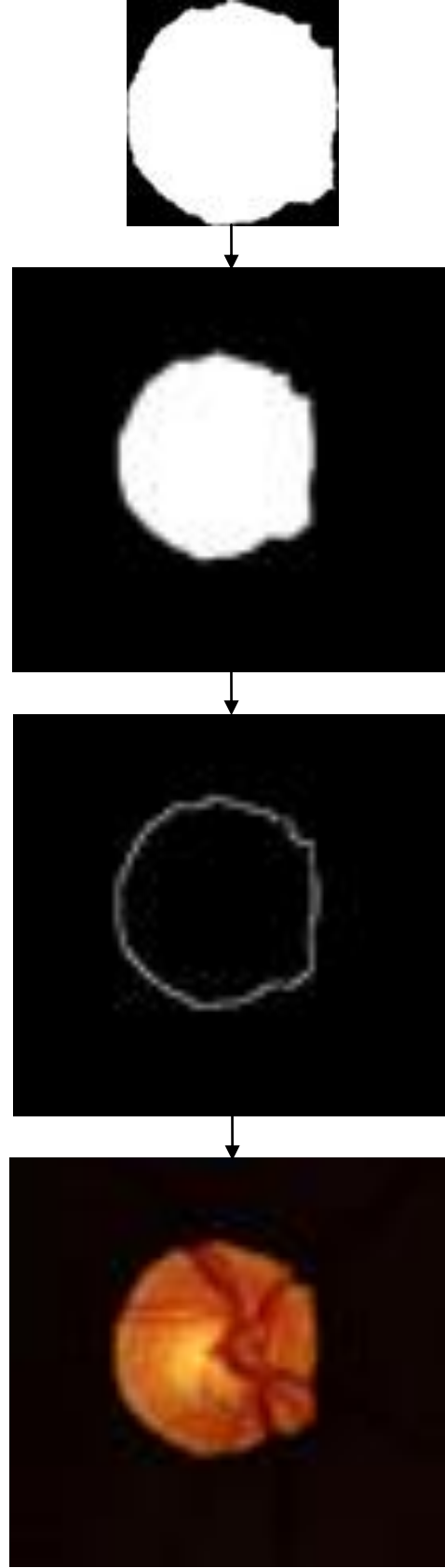
Şekil 4.25’de OD’in retina yapısından ayrıştırılmasında kullanılan programın algoritması görülmektedir.



Şekil 4.26 : OD ayrıştırma algoritmasından elde edilen sonuçlar(devamı).

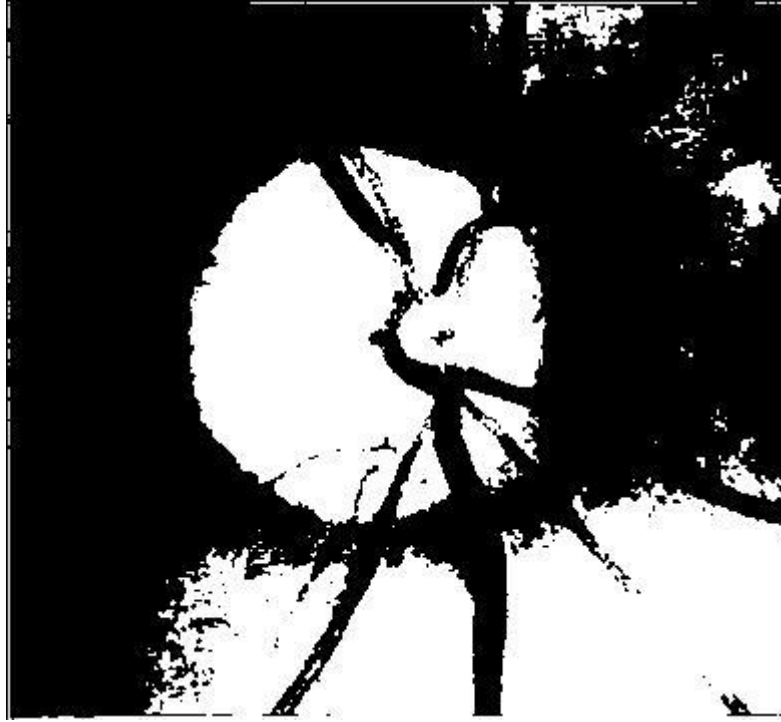


Şekil 4.26 : OD ayrıştırma algoritmasından elde edilen sonuçlar(devamı).



Şekil 4.26 : OD ayırma algoritmasından elde edilen sonuçlar.

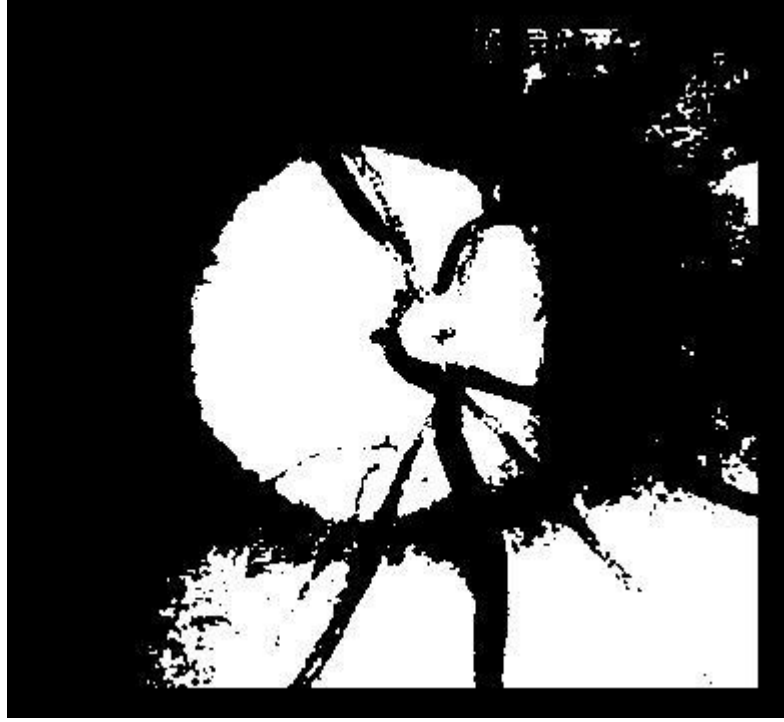
Şekil 4.26'da ise Şekil 4.25'deki program algoritmasından elde edilen sonuçlar görülmektedir.



Şekil 4.27 : Kırmızı kanaldan elde edilen sonuç resmi.

K-Means algoritması pikselleri aydınlık şiddeti değerlerine göre parlak olan ve parlak olmayan kısımlar olarak iki kısma ayırmaktadır. OD retinanın diğer yapısına göre daha parlak olduğu için parlak kısımlar OD'in olduğu kısımları içerir. Burada kümeleme algoritması piksellerin ışıklılık değerlerine göre kümeleme yaptığı için retina üzerinde OD olmayan ancak retina görüntüsü alınması esnasında retina üzerine gelen ışığın doğru ayarlanmaması, yansıma gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanan olumsuzluklardan dolayı retinanın çeşitli yerlerinde parlak kısımlar olabilir. Şekil 4. 27'de böyle bir resim görülmektedir. Bu olumsuzluklar her retina görüntüsünde olmayabilir. Bu olumsuzlukların ortadan kaldırılması gereklidir.

K-Means algoritmasından elde edilen sonuç resmi Şekil 4.27’de görülmektedir. Şekil 4.27’de elde edilmiş olan ikili resim direk olarak OD veremeyebilir. Bunun için bazı işlemlerden geçirip resmin işe yarar hale getirilmesi gerekmektedir. OD olmayıp da algoritmanın OD olarak algıladığı retinanın diğer kısımlarını ayırma işlemleri yapılması gerekmektedir.



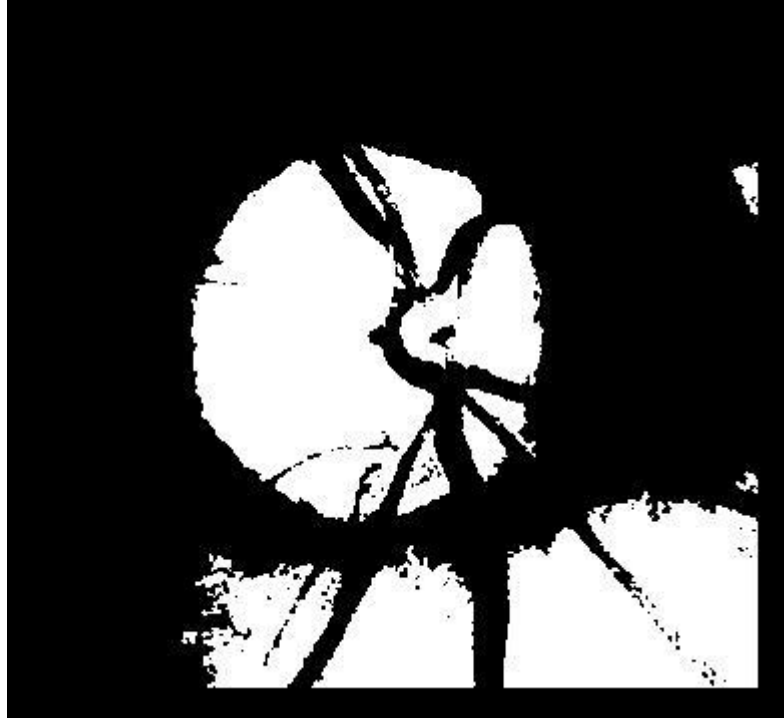
Şekil 4.28 : Sınır piksellerin 31*31 birler filtresinden geçirilmiş hali.

Öncelikle çevresi 31*31’lik birler matrisi ile filtre edildi. 15 piksel genişliğinde sınır pikselleri ikili olarak 0 yapılmış olmaktadır. Bu işlemin sonucu Şekil 4.28’de görülmektedir. Kenarlardan 15 piksel genişliğinde bir çerçevede ki alan taranmakta ve sıfır yapılmaktadır.

Şekil 4.30’da elde edilen bu resimde algoritmanın OD olarak kabul edip belirlediği kısımların alanları azalmış oldu ve birbirinden bağımsız hale gelmiştir. Şekil 4.28’deki

sonuç resminde ki küçük alanlardan kurtulmak için MATLAB'ın *bwareaopen* komutu kullanılmaktadır.

Burada *bwareaopen* komutu kullanılarak morfolojik açma işlemi yapılır. Yani 18 pikselden küçük olan alanlar temizlenmiştir.



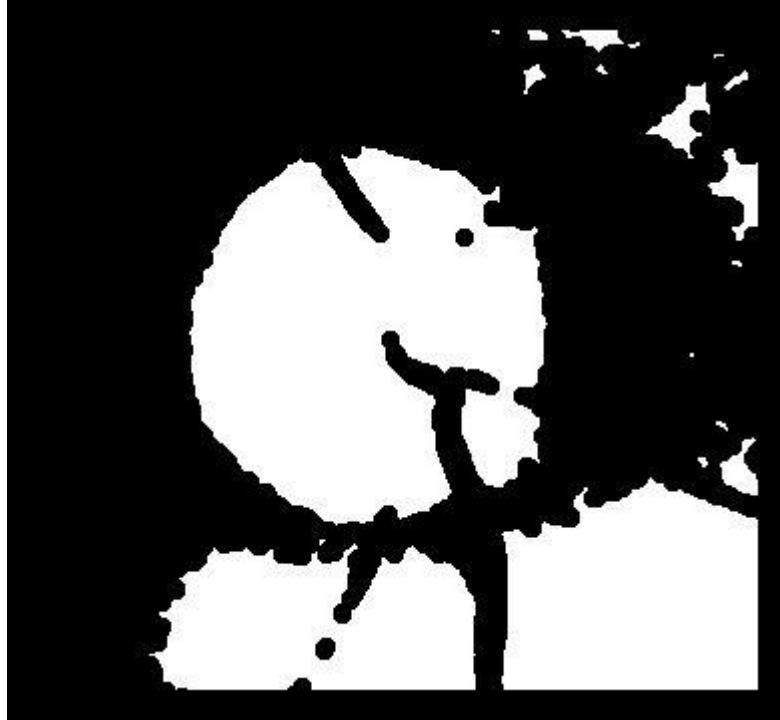
Şekil 4.29 : 18 pikselden küçük alanların temizlenmesi.

Elde edilen sonuç resmi Şekil 4.29'de görülmektedir. Şekil 4.29'da elde edilen sonuç resmi OD'yi vermemektedir. OD'yi elde edebilmek için görüntü işleme tekniklerini kullanarak faydalı bilginin ayrıştırılmasına çalışılacaktır. OD yoğun bir damar ve sinir yapısı ile kaplı olduğu için OD'de damarlardan ve sinirlerden meydana gelen boşluklar vardır. K-Means algoritması kümeleme yaparken ışıklılık değerlerine göre kümeleme yaptığı için damarlar koyu renkte olduklarından dolayı, OD olarak kabul etmemiştir. Bu kısımlar ikili resimde de görüldüğü üzere boş kalmıştır. OD alanı içinde kalan bu kısımlar doldurulmalıdır. Doldurma işlemi iki adımda yapılmaktadır. Birinci adımda

Şekil 4.29'daki resim *imclose* komutu kullanılmaktadır. *imclose* komutu görüntüde morfolojik kapatma işlemi yapmaktadır.

$IM2=imclose (IM, strel('disk',6));$ 6 piksel çapında bir alandaki boşlukları doldurur.

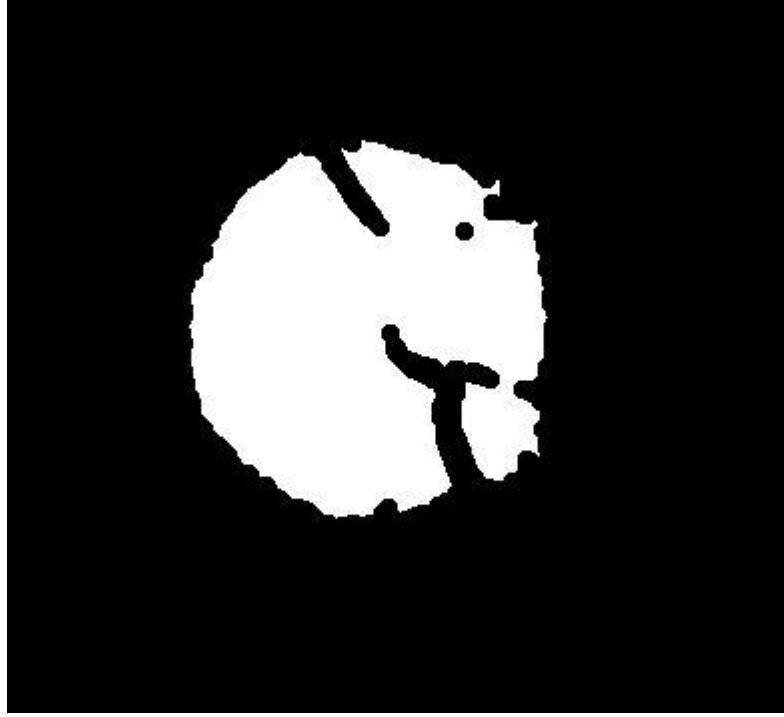
Şekil 4.29'daki sayısal görüntüye *imclose* komutu uygulanarak morfolojik görüntü kapatma işlemi yapılmaktadır.



Şekil 4.30 : Optik diskte meydana gelen kısımları dolduruluyor.

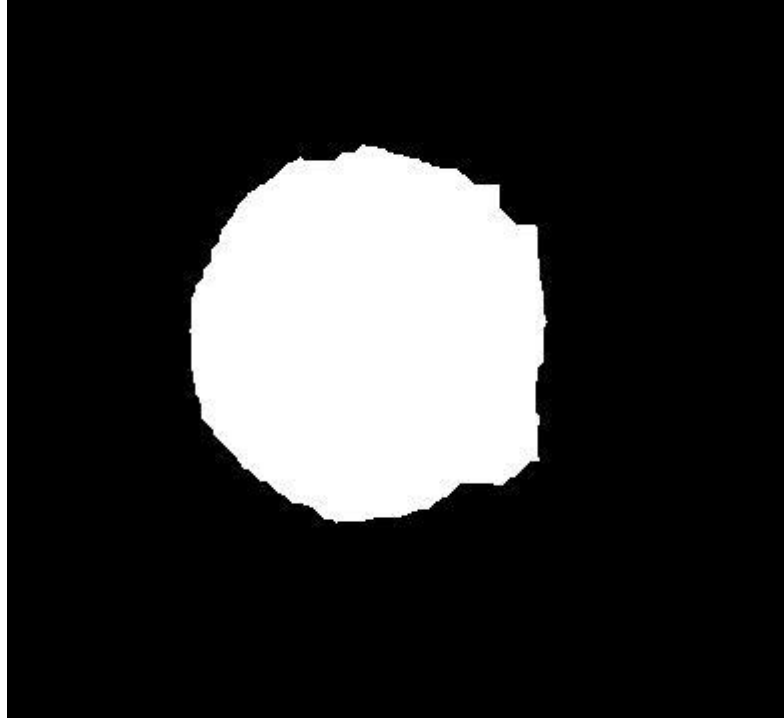
Görüntü kapama işlemi sonucu Şekil 4.30'da görülmektedir. Şekil 4.30'da da görüldüğü gibi OD ve OD olamayan yerler hala bulunmaktadır. İstenmeyen bu alanlardan kurtulmak için tüm alanların kaç piksel olduğuna bakılmalıdır. Burada en büyük alan OD'e ait olduğu için OD'in alanından küçük en büyük alana sahip olan alan değerini ve

diğerlerini gürültü olarak kabul edip bu gürültülerden temizleme işlemi yapılmaktadır. Gürültülerden kurtulmak için *bwareaopen* komutu kullanılmaktadır. Programda bu alan değeri 128 pikseldir. Yani 128 pikselden küçük alanlar atılmaktadır.



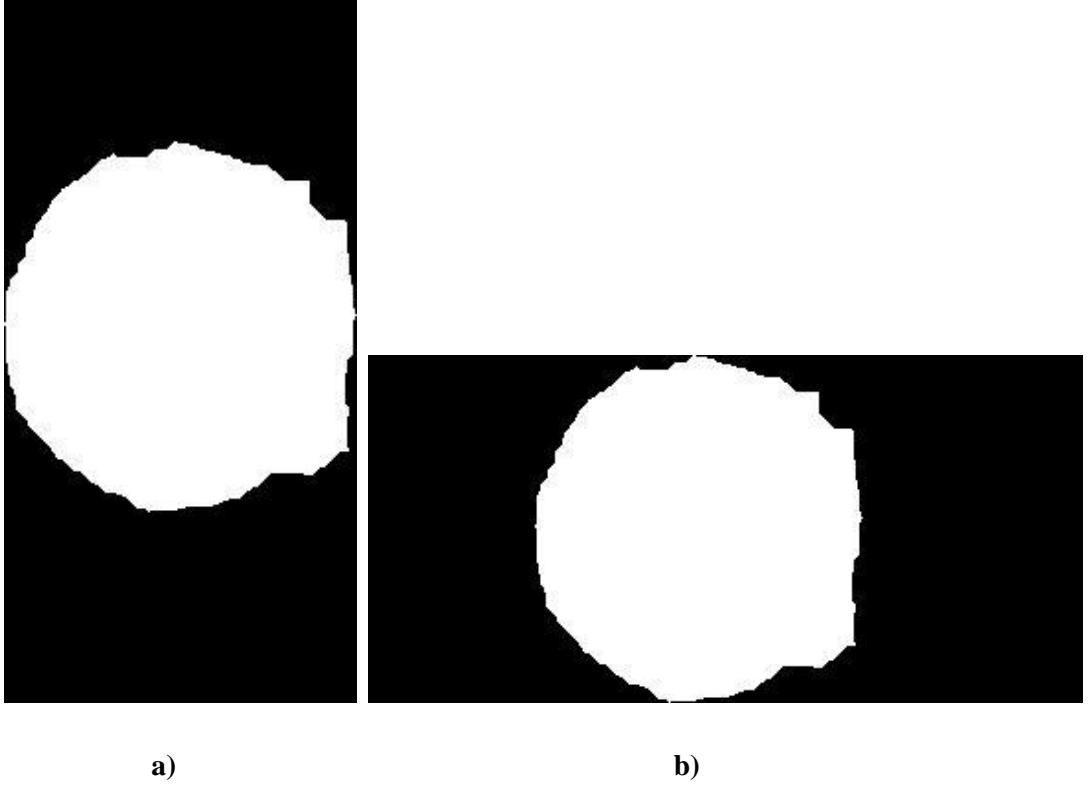
Şekil 4.31 : Büyük gürültülerden arındırma.

Şekil 4.31’de büyük gürültülerden arındırılmış hali görülmektedir. Şekil 4.31’de de görüldüğü gibi OD kabaca elde edilmiştir. OD’de bulunan damarlar ve optik sinirlerden dolayı kalan boş kısımların doldurulması gerekmektedir. Bu kısımlar *imclose* komutu kullanılarak morfolojik kapatma işlemi yapılmaktadır.



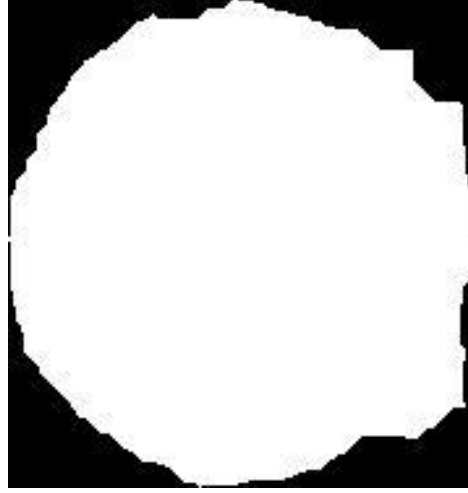
Şekil 4.32 : Optik sınırlar ve damarlardan dolayı boş kalan kısımların doldurulmuş hali.

Şekil 4.32’de de görüldüğü üzere boş olan alanlar doldurulmuştur ve OD elde edilmiştir. Şekil 4.32’de optik sınırlar ve damarlardan dolayı boş kalan kısımların doldurulmuş hali görülmektedir. Şekil 4.32 da OD elde edilmiştir. OD sınırlarının çıkartılması gerekmektedir. Bunun için OD’i bozmadan OD’i içine alacak en küçük kutunun bulunması gerekmektedir.



Şekil 4.33 : a) optik diski içine alan sütun matrisi, b) optik diski içine alan satır matrisi.

OD'i içine alacak en büyük sütun ve satır matrisleri büyüklüğünde bulunuyor. Şekil 4.33 a) da OD'i içine alan en büyük sütun görülmektedir, Şekil 4.33 b)'de ise en büyük satır matrisi görülmektedir. Şekil 4.32'deki resme önce sütun matrisi uygulanır. Sonra sütun matrisinden elde edilen sonuca satır matrisi uygulanır. Böylece OD'i içine alan en küçük kutu bulunmuş olur.



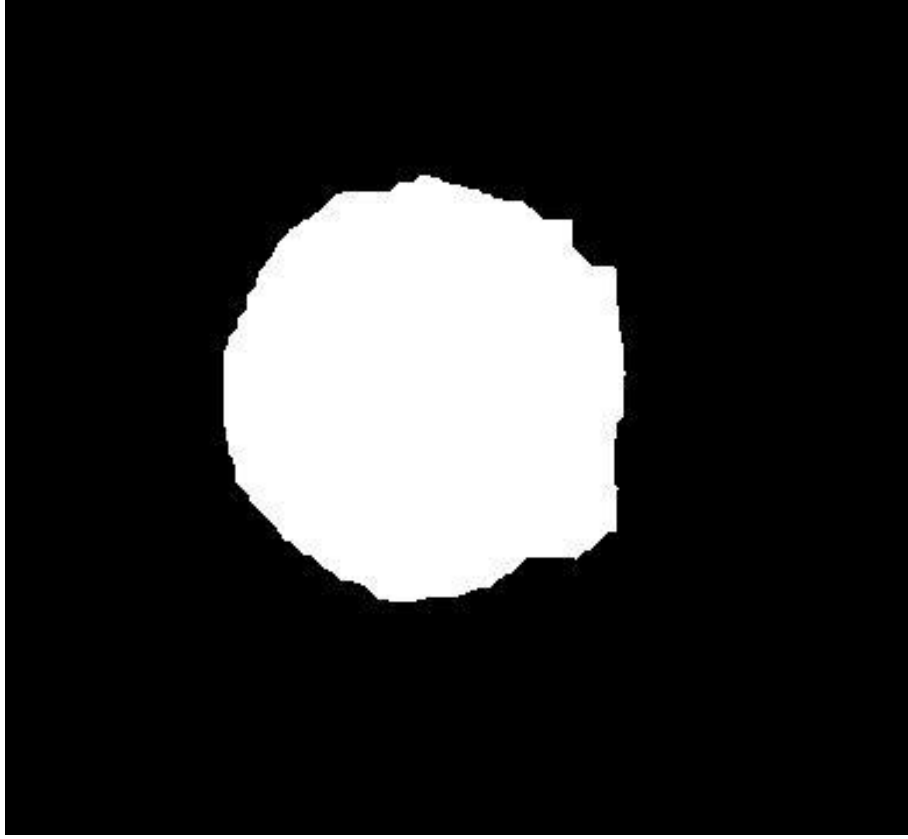
Şekil 4.34 : Optik diski içine alan en küçük kutu.

Şekil 4.32'deki resme satır ve sütun matrisleri uygulandıktan sonra OD'i içine alan en küçük kutu elde edilmişti. Bu işlemin sonucu Şekil 4.34'de görülmektedir.

Şekil 4.34'de elde edilen sonuç resmini cup alanının çizdirilmesinde kullanılacaktır. Cupın ağırlık merkezinin bulunması ile OD ile cup arasında ki oranın bulunup bu orana göre cupın sınırları çizdirilmesinde kullanılacaktır.

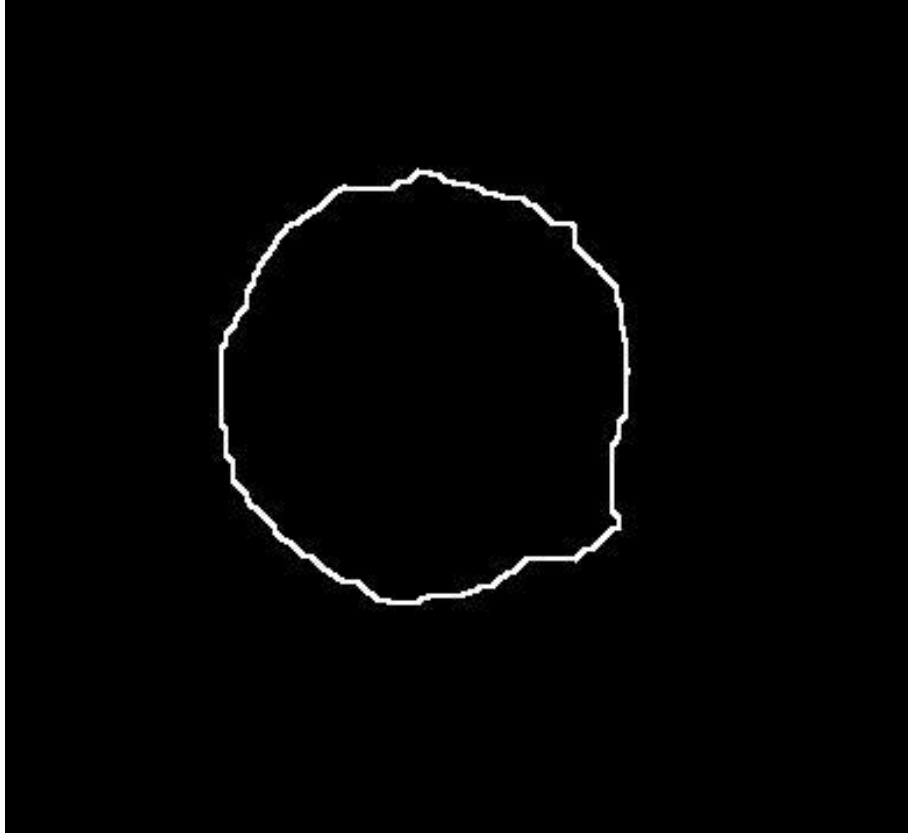
OD'in sınırlarını çıkarmak için Şekil 4.32'deki OD resmini tüm çevresinden 5 piksel daha küçük olan OD (5 piksel çektirilmiş) OD'i elde etmek için *imerode* komutu kullanılmaktadır. *imerode* komutu ikili, siyah beyaz ya da paketlenmiş ikili görüntülerde görüntü aşındırmada kullanılır.

$IM2 = imerode(IM(ones(5)));$



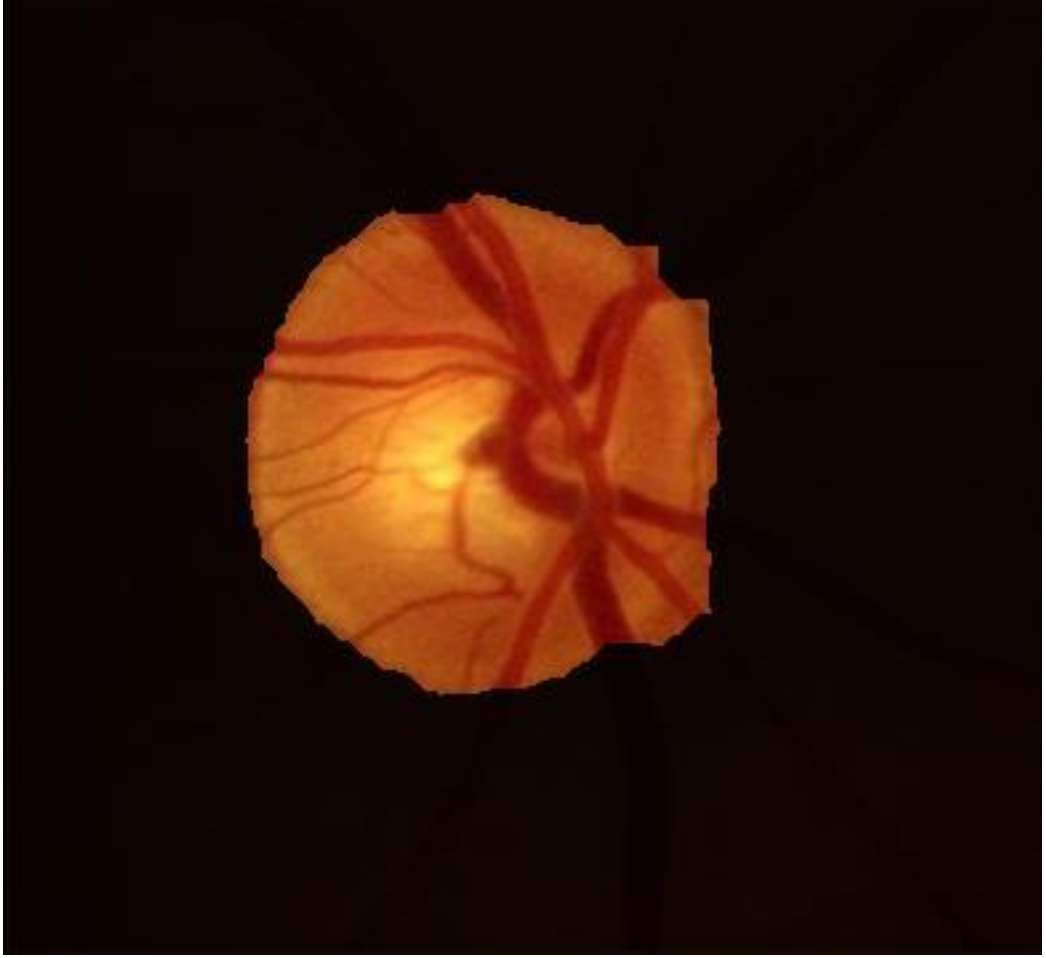
Şekil 4.35 : Tüm yönlerden 5 piksel çektirilmiş optik disk.

imerode komutu kullanılarak tüm yönlerden 5 piksel çektirilmiş OD sonucu Şekil 4.35'de görülmektedir.



Şekil 4.36 : Optik disk sınırları.

Şekil 4.32'deki büyük OD'den Şekil 4.35'deki küçük OD (5 piksel çektirilmiş) çıkartılır ve 5 piksel kalınlığında OD'in sınırlarını gösteren kenar resmi elde edilir. OD sınırlarını belirten sonuç Şekil 4.36'da görülmektedir. Bu bölüme kadar yapılan işlemlerde OD'nin sınırları elde edilmiş bulunmaktadır.

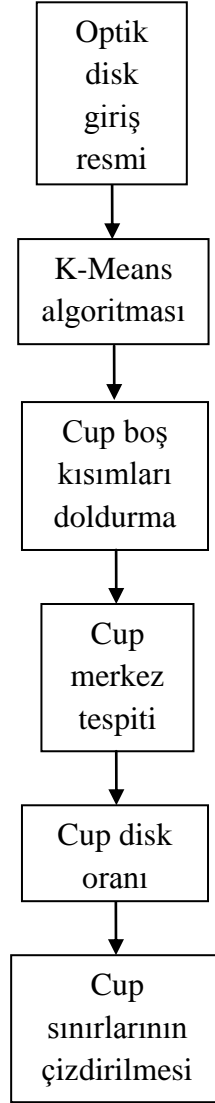


Şekil 4.37 : RGB kanalındaki optik disk görüntüsü.

Elde edilen OD sınırları gerçek retina görüntüsü üzerine çizdirildiğinde Şekil 4.37’de görülmekte olan RGB kanalındaki OD alanı elde edilmektedir. Böylelikle OD tespit edilmiş ve çıkartılmış durumdadır. Elde edilmiş olan OD’in içinde kalan retina görüntüsü RGB kanalındadır. Buraya kadar yapılan işlem basamakları Şekil 4.25’deki algoritmada gösterilmektedir.

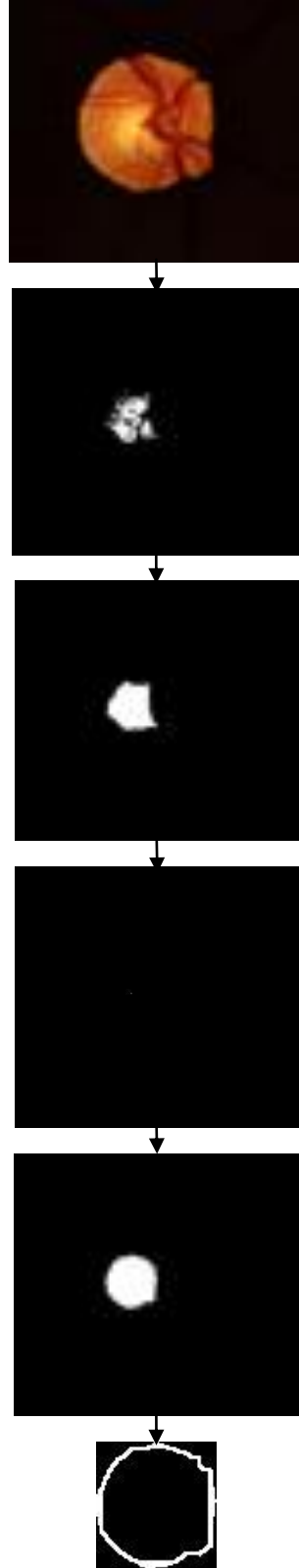
4.4. CUP KISMININ TESPİT EDİLMESİ

OD elde edildikten sonra cup alanı tespit edilecektir. Cup, OD'in içinde olduğundan dolayı cup, OD'nin içinde aranmalıdır. Şekil 4.37'deki sonuç resmi K-Means algoritması kullanılarak ayrıştırılmıştır. Bu bölümde cup kısmı tespit edilirken RGB kanalında ki OD'ye K-Means algoritması uygulanmıştır. RGB renk kanalı bileşenlerinden biri kullanılmamıştır. Çünkü çalışılan alan, çok küçüktür yoğun damar ve sinir yapısına sahip olduğu için farklı renk kanallarında çok farklı sonuçlar verebilmektedir. Bunun için her üç kanalın bileşimi olan RGB renk kanalı kullanılmıştır. OD içinde parlak olan alanlar cupa aittir. K-Means algoritması ile OD'te kümeleme yaparken cupın olduğu kısımlarda piksellerin aydınlık şiddeti değerleri optik diskin diğer kısımlarına göre yüksek olduğu için algoritma cupın olduğu alanları beyaz olarak diğer alanları ise siyah olarak kümeleyecektir.



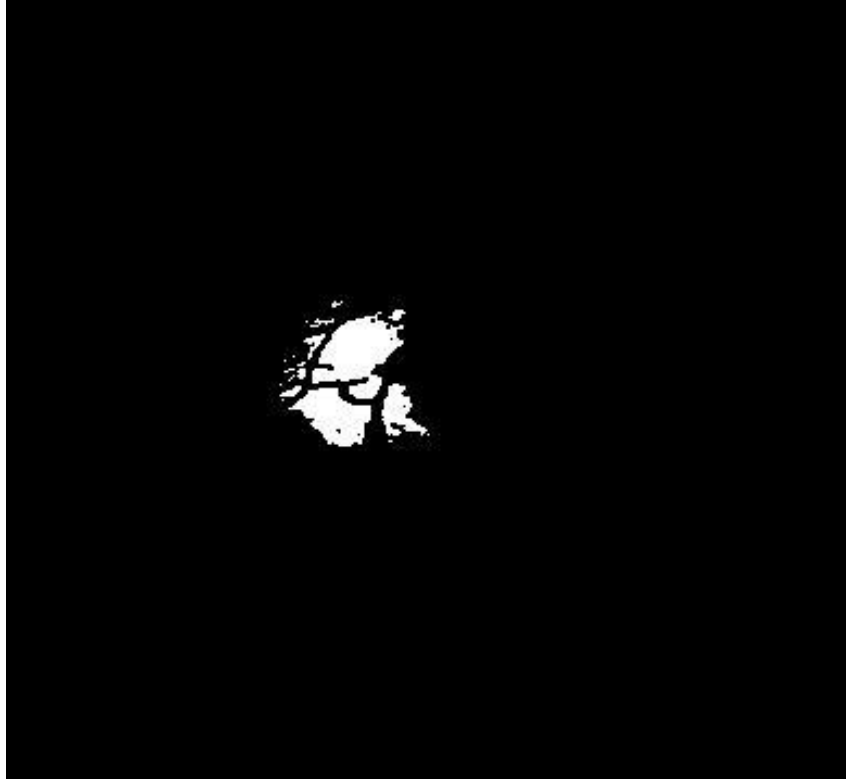
Şekil 4.38 : Cup bulma algoritması.

Şekil 4.38’de cupın tespit edilmesinde kullanılan algoritma gösterilmiştir.



Şekil 4.39 : Cup algoritmasından elde edilen sonuç resimleri.

Şekil 3.39’da ise cup alanının bulunmasında kullanılan algorithmadan elde edilen sonuç resimler görülmektedir.

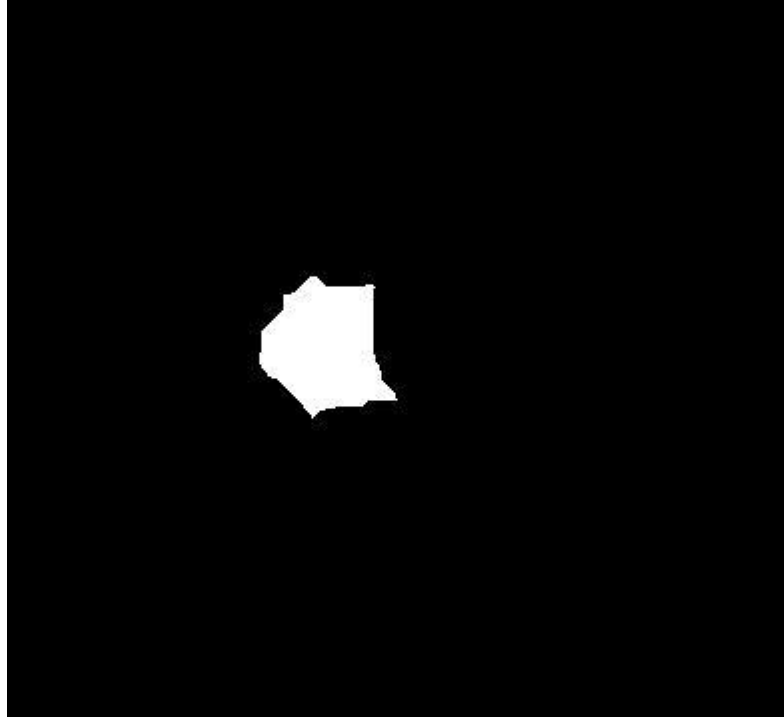


Şekil 4.40 : K-Means algoritmasının optik disk alanında çalıştırıldıktan sonra elde edilen sonuç görüntüsü.

Şekil 3.37’deki OD resmine K-Means algoritmasının uygulanması ile kümeleme işleminden elde edilen sonuç Şekil 4.40’da görülmektedir.

Şekil 4.40’da da görüldüğü gibi görüntü oldukça gürültülü ve cupa benzememektedir. Cup alanı, çok küçük, yoğun damar ve sinir yapısına sahip olduğu için oldukça gürültülüdür. Bu hali ile istenilen soruna çözüm üretmeyecektir. Soruna çözüm olabilmesi için işlenmesi ve faydalı bilgi haline getirilmesi gerekmektedir.

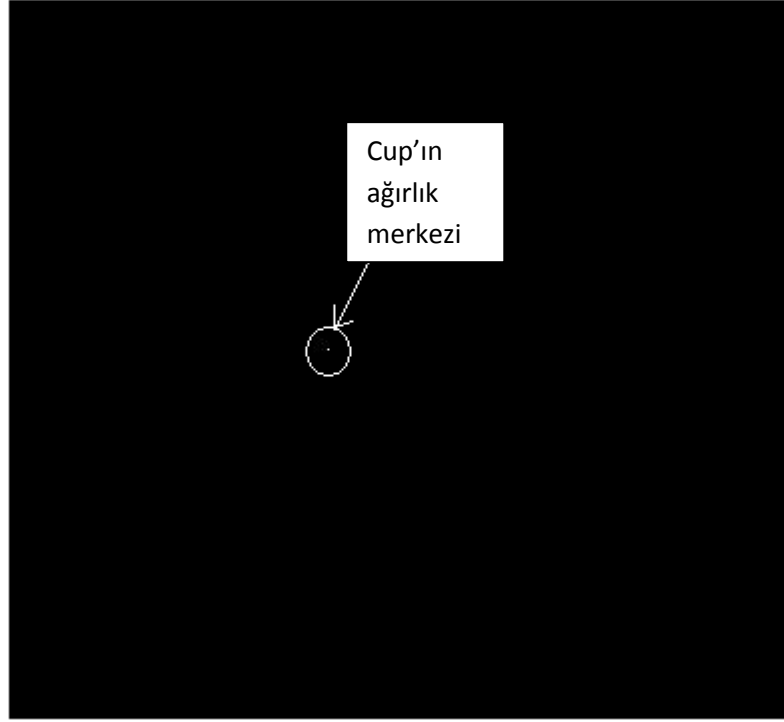
Şekil 4.40'daki resimden faydalı bilginin elde edilebilmesi için 4 pikselden küçük olan alanlar atılmıştır. Sonrada damarlar ve optik sınırlardan dolayı boş kalan kısımlar *imclose* komutu kullanılarak morfolojik görüntü kapatma komutu ile damar ve sınırlardan dolayı boş kalan alanlar doldurulmuştur.



Şekil 4.41 : Elde edilen cup.

Morfolojik kapatma işleminden sonra elde edilen sonuç Şekil 4.41'de görülmektedir.

Şekil 4.41'de elde edilen sonuca kabaca cup denilebilir. Ancak resim üzerinde biraz daha çalışılması gerekmektedir.



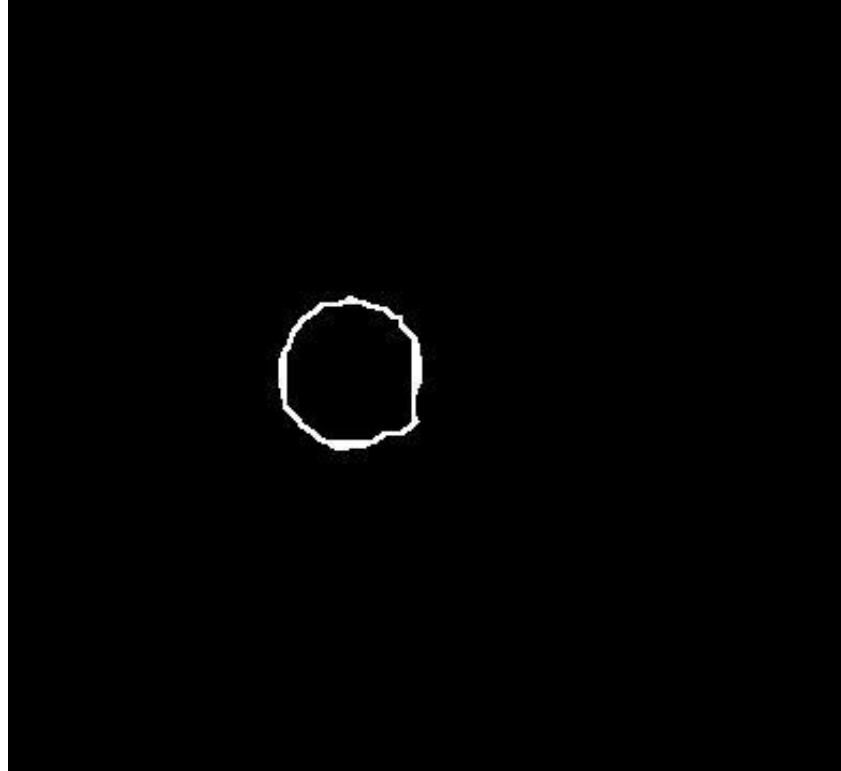
Şekil 4.42 : Cupın ağırlık merkezi.

Cupın daha iyi bulunabilmesi için Şekil 4.41'deki Cup resminin kütle merkezi bulundu. Cupın ağırlık merkezi Şekil 4.42'de görülmektedir. Bu nokta aynı zamanda OD'ninde kütle merkezi olarak da kabul edilmektedir. Cupın ağırlık merkezinden faydalanarak cup elde edilmeye çalışılacaktır.

Cupın ağırlık merkezine cupın en uzak noktası ile (Şekil 4.33'de OD'nin yatay ve dikey matrisleri alınarak OD'i içine alacak en küçük kutu bulunmuştu. Bulunan sonuç ise Şekil 4.34'de gösterilmişti.) Şekil 4.34'deki resminden OD'nin en uzak noktası belirlenerek, aralarındaki oran bulunur. Bu orana göre ağırlık merkezi esas alınarak, OD'in küçültülmüş hali çizdirilir.

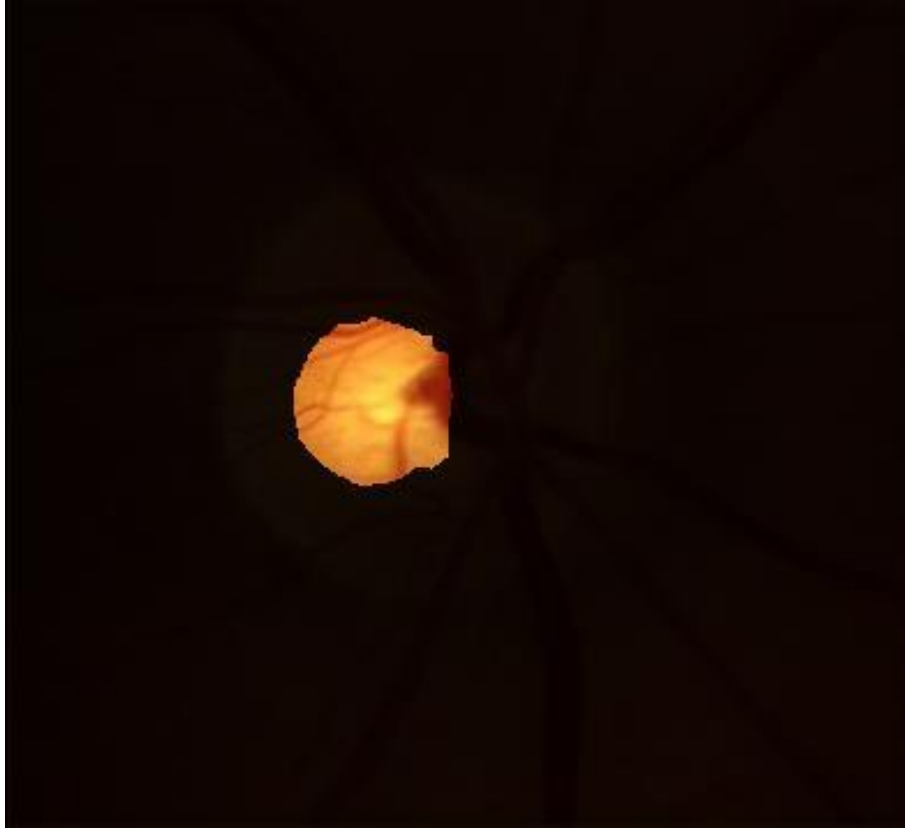
Cup oldukça yoğun bir damar ve sinir yapısına sahip olduğu için retina görüntüsüne bakan biri cupın bulunduğu alanı zihninde tamamlayarak rahatlıkla fark edebilir. Ancak

bu alan retina görüntüsünden yazılım ile otomatik olarak yaptırılmak istenildiğinde damarların olduğu kısımlardaki renk bilgisinden bunun çıkarılması ve damarların altında kalan cup kısmının bulunması zorlaşmaktadır. Bu nedenden dolayı Şekil 4.42’de bulunmuş olan cup resminin merkezi bulunup bu merkez noktasına göre OD ile cup arasında belirlenen oranda OD’in küçültülmüş yapısı çizdirildi.



Şekil 4.43 : Cup sınırları.

Cup kısmının damarlarını da içine alan kısmı bu şekilde elde edilmektedir. Elde edilen cup sonucu Şekil 4.43’de görüldüğü gibi olmaktadır.



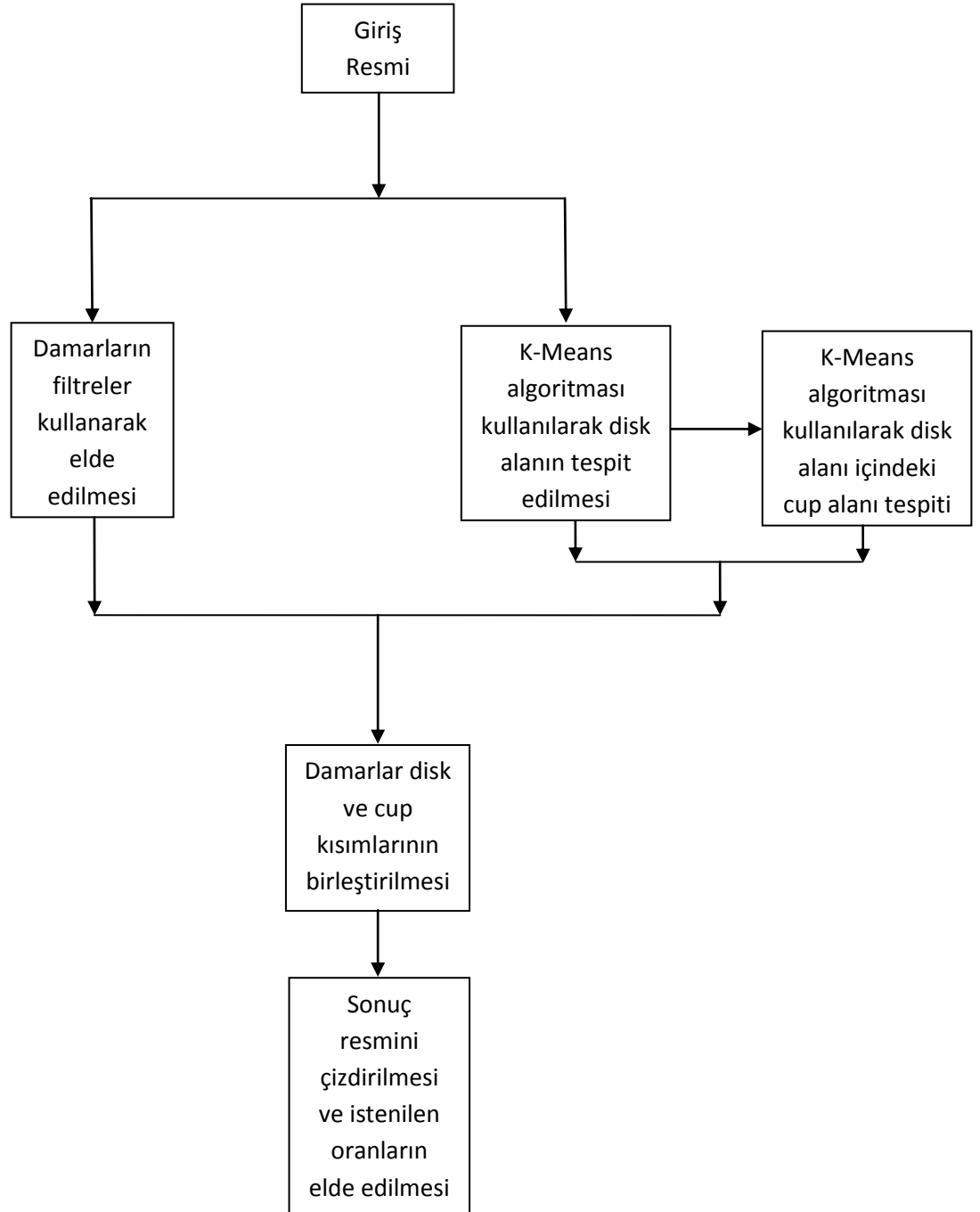
Şekil 4.44 : Cup alanın tespit edilmiş görüntüsü.

Şekil 4.44'de ise OD'in içinden ayrıştırılmış RGB renk kanalında cup alanı görülmektedir.

4.5 DAMARLAR, OPTİK DİSK VE CUP KISIMLARININ BİRLEŞTİRİLMESİ

Bu bölüm, damarların ve optik sinirlerin ayrıştırılması sonucu elde edilen damar bilgisi, OD'nin ayrıştırılması sonucu elde edilen OD bilgisi ve cupın ayrıştırılması sonucu elde edilen cup bilgisinin birleştirildiği bölümdür. Damarlar, optik sinirler, OD ve cup alanlarının ayrıştırıldığı işlemlerin sonuçları bu bölümde toplanarak sonuç görüntüsü elde edilmiştir. Elde edilen sonuç görüntüsünden ölçülmesi hedeflenen alanlar ölçülmüştür ve bu alanların birbiri ile olan ilişkilerini incelemek amacı ile *OD alanı/cup alanı*, *OD damarları/cup damarları*, *cup alanı/OD alanı*, *cup damarları/OD damarları*, *OD alanı/OD damarları* ve *cup alanı/cup damarları* gibi oranlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuç resmi istenildiğinde görüntü dosyası olarak kaydedilebilmektedir. Sonuç resminden ölçülen alanlar ve bu alanların oranları istenildiğinde *excel* tablosu olarak kaydedilebilmektedir.

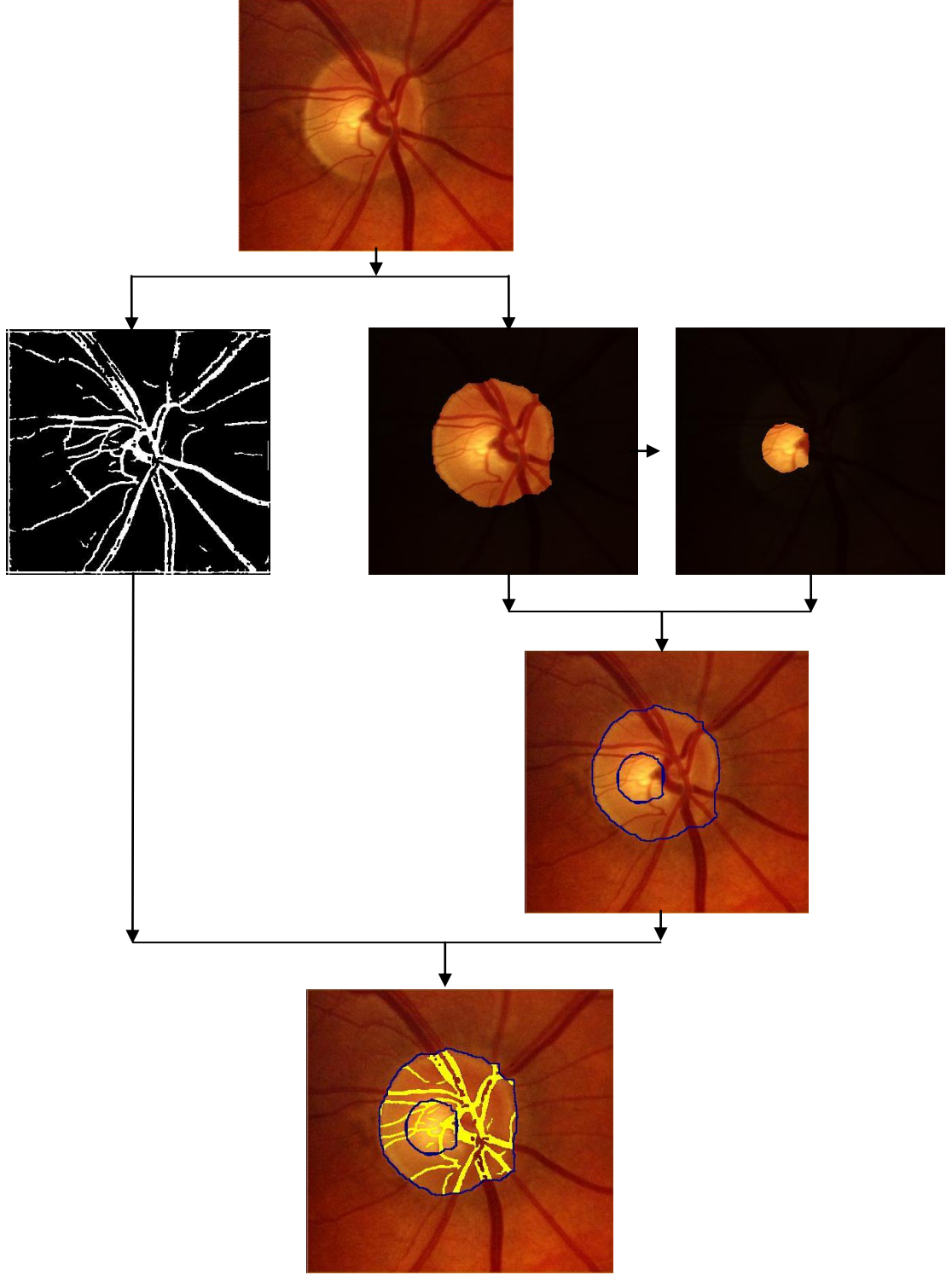
Bu tez çalışmasında geliştirilen programda kullanılan sayısal retina görüntüleri Düzce Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Göz Hastalıkları Anabilim Dalından temin edilmiştir.



Şekil 4.45 : Damarlar, optik disk ve cup kısımlarının birleştirilmesinde kullanılan algoritma.

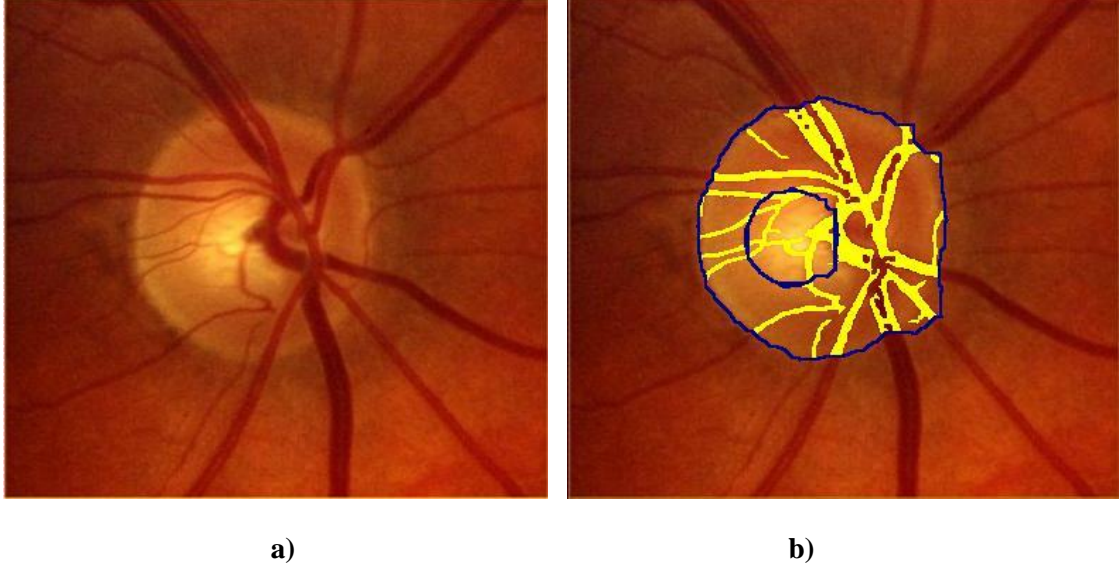
Şekil 4.45’de damarlar ve optik sinirlerin ayrıştırılmasında kullanılan algoritmanın sonucu, OD’in ayrıştırılmasında kullanılan algoritmanın sonucu ve cupın

ayrıştırılmasında kullanılan algoritmanın sonuçlarının birleştirildiği ve sonuç resminin elde edildiği programın algoritması görülmektedir.



Şekil 4.46 : Damarlar, optik disk ve cup kısımlarının birleştirilmesinde kullanılan algoritmadan elde edilen sonuç görüntüsü.

Şekil 4.46’da Şekil 4.45’deki program algoritmasından elde edilen sonuç resimleri görülmektedir.

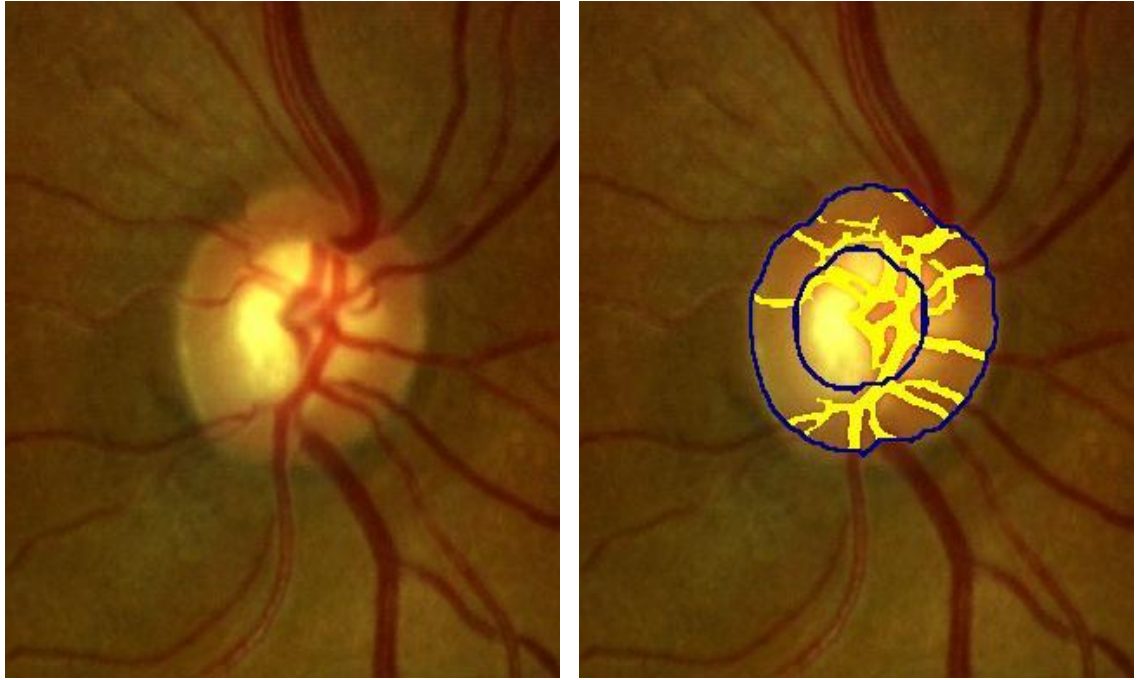


Şekil 4.47 : a) Orijinal retina görüntüsü ve b) Damarlar cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen görüntü.

Şekil 4.47 a)’da orijinal sağlıklı bir retina görüntüsü görülmektedir. Şekil 4.45’deki program algoritmasından elde edilen sonuç resmi Şekil 4.47 b)’de görülmektedir. Şekil 4.47 b)’de damarlar, optik sinirler, OD ve cup alanlarının retina görüntüsü üzerinde gösterilmiş hali görülmektedir. Resim incelenerek optik disk ve cup alanları ve damar alanları analiz edilebilir. Tablo 4.1, Şekil 4.47 b)’den ölçülen alanların bilgilerini içerir. Tablo 4.1 incelenerek alan bilgileri ve alanların birbirlerine oranlamaları hakkında bilgi edinilebilir. Tablo 4.1 incelendiğinde cup/disk alanları oranı 0.1614 olarak bulunmuştur. Şekil 4.47 a)’daki retina görüntüsü cup/disk oranı 0.3 den küçük olduğu için glokom hastalığı riski taşımamaktadır (Yılmaz, 2005).

Tablo 4.1 : Şekil 4.47 b) deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	26182	Disc Area/Cup Area	6.8058
Disc Vessel	6913	Disc Vessel/Cup Vessel	6.1944
Cup Area	3847	Cup Area/Disc Area	0.1469
Cup Vessel	1116	Cup Vessel/Disc Vessel	0.1614
Rim Area	22335	Disc Area/Disc Vessel	3.7874
Rim Vessel	5797	Cup Area/Cup Vessel	3.4471



a)

b)

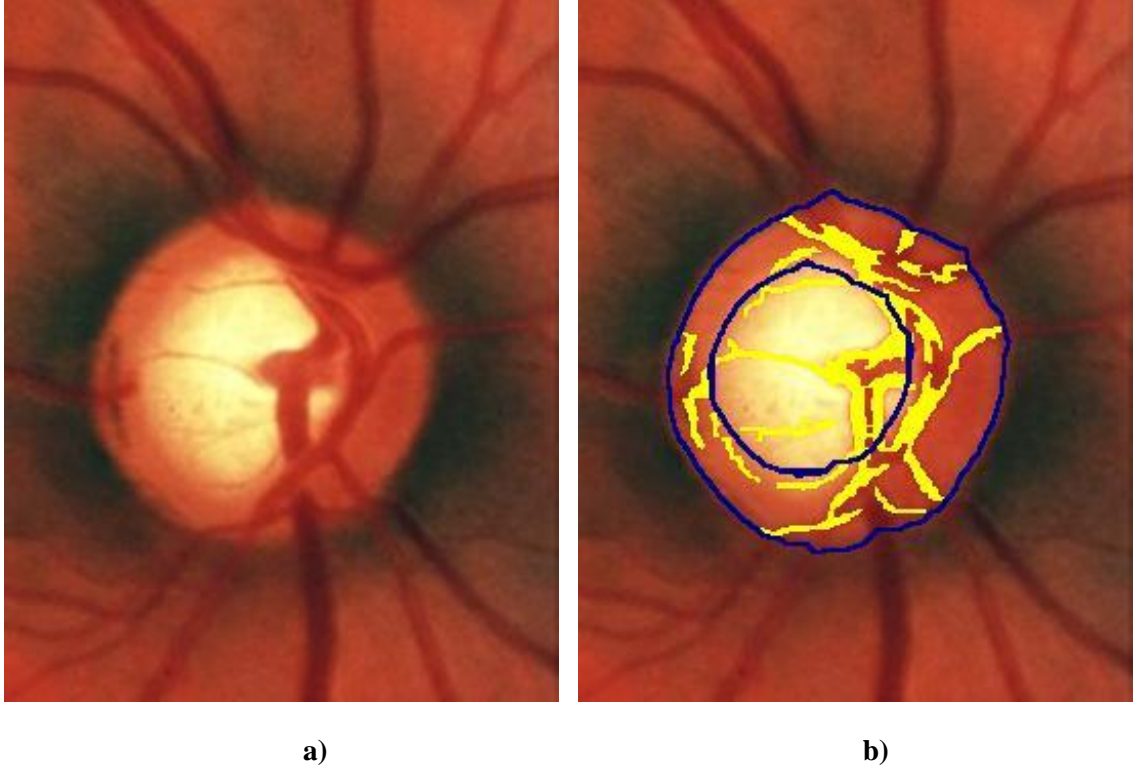
Şekil 4.48 : a) Orjinal retina görüntüsü ve b) Damarlar, cup ve disk kısımlarının tespit edildiği işlenmiş retina görüntüsü.

Şekil 4.48 a) farklı bir hastadan alınan glokom hastalığı riski taşıyan sayısal retina görüntüsüdür. Şekil 4.48 b)'de damarlar, optik sinirler, cup ve OD alanlarının tespit edilip sonuçlarının retina görüntüsü üzerine çizdirildiği sonuç görülmektedir. Şekil 4.48

b)'den ölçülen sonuçlar Tablo 4.2'de verilmiştir. Tablo 4.2 incelenerek retina alanları bilgi edinilebilir. Ölçülen bilgiler incelenerek yorumlanabilir. Cup Area/Disc Area oranı 0.2994'dır. Cup Area/Disc Area oranı 0.3'e çok yakın olduğu için glokom hastalığı riski taşımaktadır (Yılmaz, 2005). Hastalık riski taşıdığı için hastanın daha önce alınan retina görüntüsü var ise karşılaştırma yapılmalıdır. Belirli bir zaman sonra hasta çağrılmalı, tekrar retina görüntüsü alınıp sonuçlar karşılaştırılmalıdır. Farklı zamanlarda alınan sonuçlarda Cup/disk oranında artma var ise glokom hastalığının ilerlediği teşhisi konulabilir.

Tablo 4.2 : Şekil 4.48 b) deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	16452	Disc Area/Cup Area	3.3392
Disc Vessel	4387	Disc Vessel/Cup Vessel	2.5521
Cup Area	4927	Cup Area/Disc Area	0.2994
Cup Vessel	1719	Cup Vessel/Disc Vessel	0.3918
Rim Area	11525	Disc Area/Disc Vessel	3.7502
Rim Vessel	2668	Cup Area/Cup Vessel	2.8662

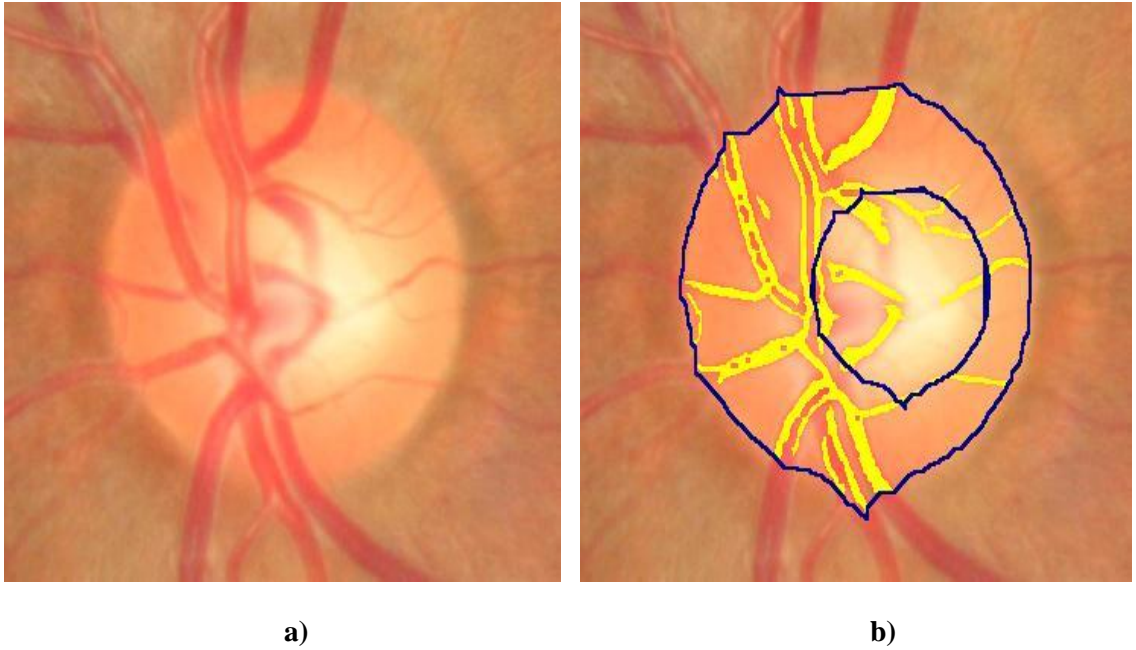


Şekil 4.49 : a) Koyu bir retina görüntüsün ve b) İşlenmiş retina görüntüsünden elde edilen damarlar cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonuç görüntüsü.

Şekil 4.49 a)'daki farklı bir hastadan alınan daha koyu ve glokom hastalığı riski taşıyan retina görüntüsüdür. Şekil 4.49. b)'de damarlar, optik sinirler, cup ve OD alanları tespit edilmiş ve sonuçları retina görüntüsü üzerine çizdirilmiştir. Şekil 4.49 b)'deki sonuç resmi incelendiğinde algoritmanın, ışık yoğunluğunun az olduğu görüntülerde de başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Tablo 4.3, Şekil 4.49 b)'deki retina görüntüsünden ölçülen alanların bilgilerini içerir. Tablo 4.3 incelenerek ölçülen alan bilgileri ve alanların birbirlerine oranlamaları hakkında bilgi edinilebilir. Cup Area/Disc Area oranı 0.3534 olarak ölçülmüştür. Cup Area/Disc Area oranı 0.3'den büyük olduğu için glokom hastalığı riski taşımaktadır (Yılmaz, 2005). Hastanın görme ile ilgili şikâyetleri dinlenmeli, var ise farklı zamanlardaki retina görüntüleri karşılaştırılmalı değişimler var ise glokom hastalığı teşhisi konulabilir.

Tablo 4.3 : Şekil 4.49 daki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	20579	Disc Area/Cup Area	2.8299
Disc Vessel	4479	Disc Vessel/Cup Vessel	2.6550
Cup Area	7272	Cup Area/Disc Area	0.3534
Cup Vessel	1687	Cup Vessel/Disc Vessel	0.3767
Rim Area	13307	Disc Area/Disc Vessel	4.5946
Rim Vessel	2792	Cup Area/Cup Vessel	4.3106



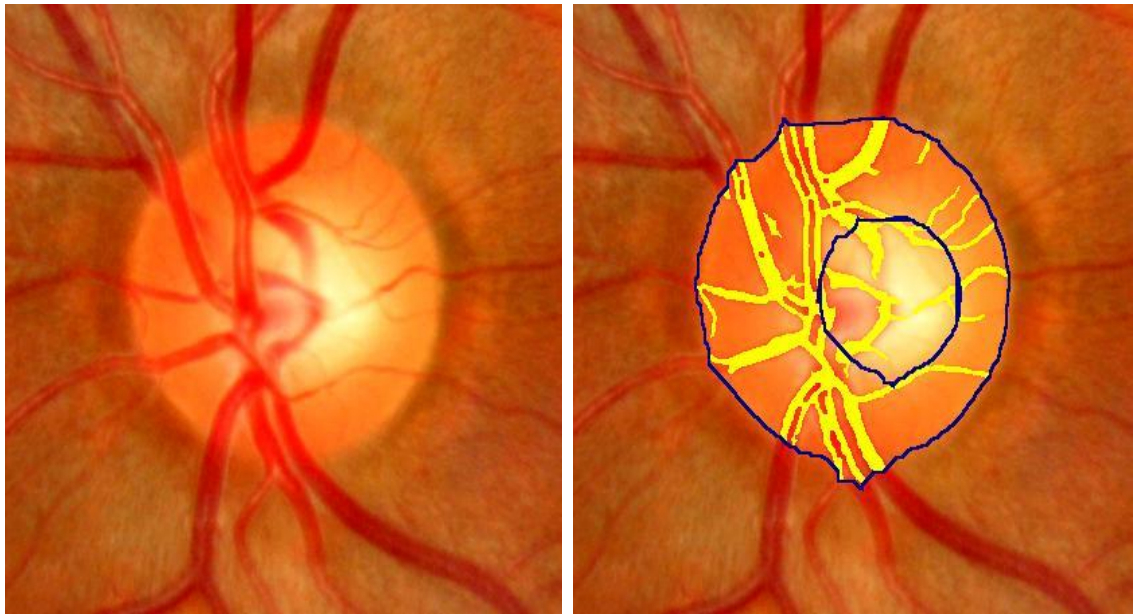
Şekil 4.50 : a) Orjinal bir retina görüntüsü ve b) İşlenmiş retinadan elde edilen damarlar cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen görüntü.

Şekil 4.50 a)'da farklı bir hastadan alınan piksellerin aydınlık şiddetti değerleri yüksek olan sağlıklı bir retina görüntüsüdür. Şekil 4.50. b)'de damarlar, optik sınırlar, cup ve OD alanların tespit edilmiş ve sonuçları retina görüntüsü üzerine çizdirilmiştir. Şekil 4.50 b)'deki sonuç resmi incelendiğinde algoritmanın ışık yoğunluğunun fazla olduğu görüntülerde de başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Tablo 4.4, Şekil 4.50 b)'deki retina görüntüsünden ölçülen alanların bilgilerini içerir. Tablo 4.4 incelenerek ölçülen

alan bilgileri ve alanların birbirlerine oranlamaları hakkında bilgi edinilebilir. Cup Area/Disc Area oranı 0.3278 olarak tespit edilmiştir. Cup Area/Disc Area oranı 0.3 den büyük olduğu için glokom hastalığı riski taşımamaktadır (Yılmaz, 2005).

Tablo 4.4 : Şekil 4.50 deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	44429	Disc Area/Cup Area	3.0510
Disc Vessel	7899	Disc Vessel/Cup Vessel	2,7135
Cup Area	14562	Cup Area/Disc Area	0.3278
Cup Vessel	2911	Cup Vessel/Disc Vessel	0.3685
Rim Area	29867	Disc Area/Disc Vessel	5.6246
Rim Vessel	4988	Cup Area/Cup Vessel	5.0024



a)

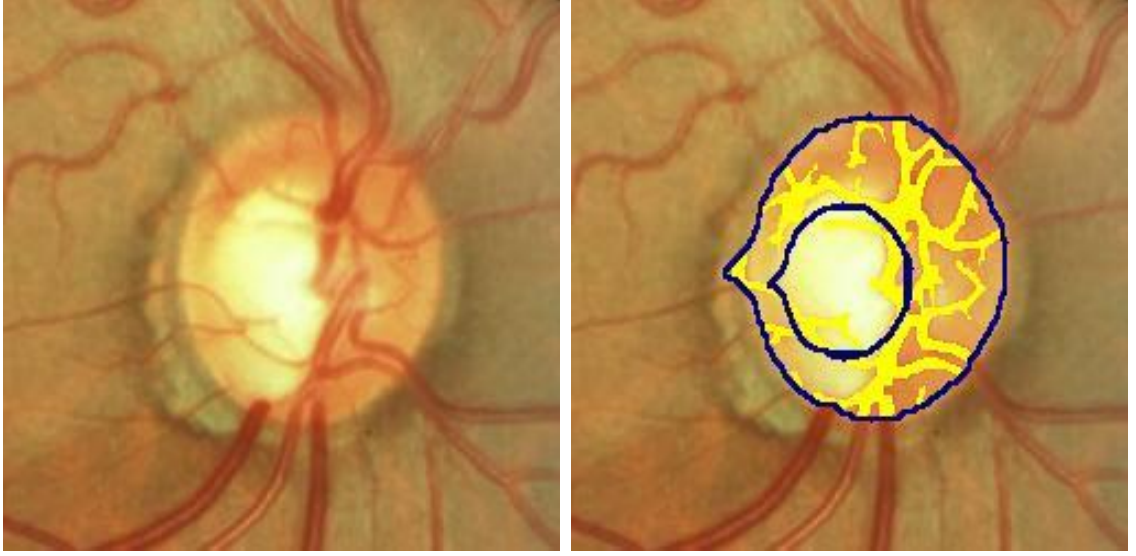
b)

Şekil 4.51 : a) Şekil 4.50 deki hastanın farklı yoğunlukta çekilmiş retina görüntüsü ve b) İşlenmiş retina görüntüsünden elde edilen damarlar, cup ve disk kısımlarının tespit edilmesi ve birleştirilmesinden elde edilen sonuç görüntüsü.

Şekil 4.51 a)'da Şekil 4.50 a)'da ki hastadan farklı zamanlarda alınan sağlıklı retina görüntüsüdür ve daha koyu bir retina görüntüsü elde edilmiştir. Şekil 51 b)'de damarlar, cup ve OD alanları tespit edilmiş ve sonuçları retina görüntüsü üzerine çizdirilmiştir. Şekil 4.51 b)'deki sonuç resmi incelendiğinde algoritmanın, ışık yoğunluğunun az olduğu görüntülerde de başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Tablo 4.5, Şekil 4.51 b)'deki retina görüntüsünden ölçülen alanların bilgilerini içerir. Tablo 4.5 incelendiğinde Cup Area/Disc Area oranı 0.2115 olduğu görülecektir. Cup Area/Disc Area oranı 0.3 den küçük olduğu için glokom hastalığı riski taşımamaktadır (Yılmaz, 2005).

Tablo 4.5 : Şekil 4.51 deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	43424	Disc Area/Cup Area	4.7286
Disc Vessel	10485	Disc Vessel/Cup Vessel	4.9857
Cup Area	9188	Cup Area/Disc Area	0.2115
Cup Vessel	2103	Cup Vessel/Disc Vessel	0.2005
Rim Area	34236	Disc Area/Disc Vessel	4.1415
Rim Vessel	8382	Cup Area/Cup Vessel	4.369



a)

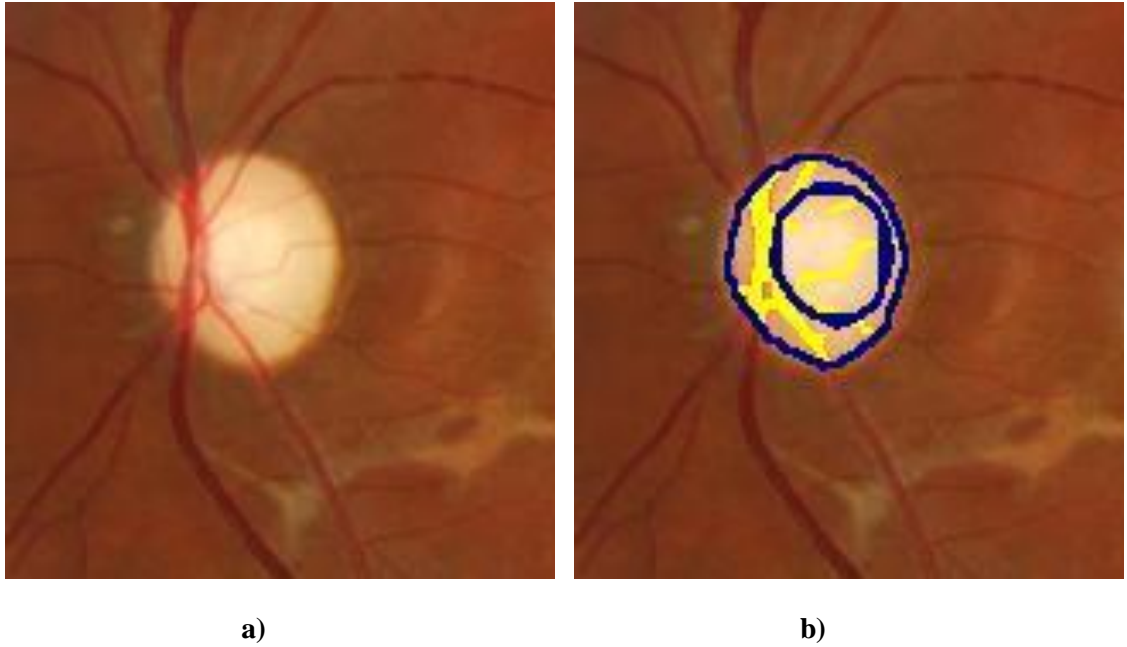
b)

Şekil 4.52 : a) Farklı bir hastadan alınan retina görüntüsü ve b) Damarlar, cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen görüntü.

Şekil 4.52 a)'da farklı bir hastadan alınan retina görüntüsüdür. Şekil 4.52 a)'da OD'de bir ovalleşme ve bir tarafa doğru kayma görülmektedir. OD'nin kenarlarında da değişiklikler görülmektedir. Şekil 4.52 b)'de damarlar, cup ve OD alanların tespit edilmiştir ve sonuçları retina görüntüsü üzerine çizdirilmiştir. Şekil 4.52 b)'deki sonuç resmi incelendiğinde algoritmanın ışık yoğunluğunun az olduğu görüntülerde de başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Tablo 4.6, Şekil 4.52 b)'deki retina görüntüsünden ölçülen alanların bilgilerini içerir. Tablo 4.6'de ölçülen alan bilgileri ve alanların oranları verilmiştir. Tablo 4.6 incelendiğinde Cup Area/Disc Area oranı 0.2768 olarak bulunmuştur. Cup Area/Disc Area oranı 0.3'e yakın değerde olduğu için glokom riski olabilir (Yılmaz, 2005). Hasta takibe alınmalı retinada meydana gelen değişimler incelenmeli, hasta şikâyetleri dinlemeli ve göz hastalıklarına karşı genetik yatkınlık araştırılmalıdır.

Tablo 4.6 : Şekil 4.52'deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	12656	Disc Area/Cup Area	3.6119
Disc Vessel	3865	Disc Vessel/Cup Vessel	4,4476
Cup Area	3504	Cup Area/Disc Area	0.2768
Cup Vessel	869	Cup Vessel/Disc Vessel	0.2248
Rim Area	9152	Disc Area/Disc Vessel	3.2745
Rim Vessel	2996	Cup Area/Cup Vessel	4.0322



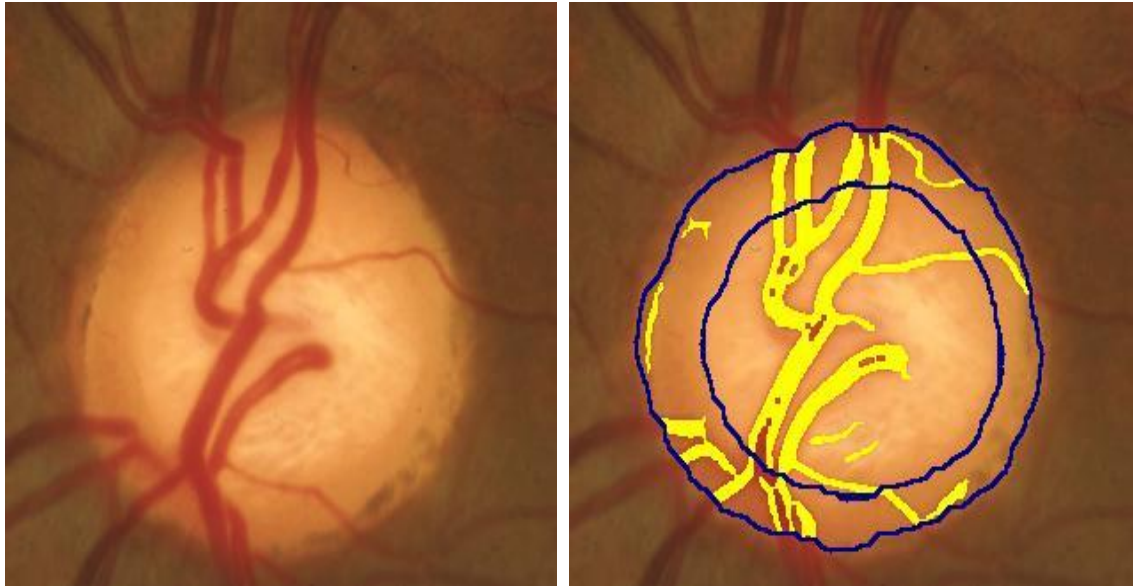
Şekil 4.53 : a) Oldukça gürültülü ve OD ve cup alanlarının ayrıştırılması zor bir resim ve b) Gürültülü bir resimden elde edilen damarlar, cup ve disk kısımlarının tespit edilmesi ve birleştirilmesi sonucu elde edilen sonuç.

Şekil 4.53 a)'da farklı bir hastadan alınan retina görüntüsü görülmektedir. Şekil 4.53 b) Damarlar, cup ve OD alanların tespit edilmiş ve sonuçları retina görüntüsü üzerine çizdirilmiştir. Şekil 4.53 b)'deki sonuç resmi incelendiğinde OD ve cup alanlarını zihinde bile ayırmakta zorlanılabilir. Ancak tez çalışması sonucunda geliştirilen program damarları, OD ve cupı başarılı bir şekilde tespit edebilmiştir. Tablo 4.7, Şekil 4.53 b)'deki retina görüntüsünden ölçülen alanların bilgilerini içerir. Tablo 4.7

incelenerek ölçülen alan bilgileri ve alanların birbirlerine oranlamaları hakkında bilgi edinilebilir. Cup Area/Disc Area oranı 0.4683 olarak tespit edilmiştir. Bu oran 0.3'den büyük olduğu için glokom hastalığı olabilir (Yılmaz, 2005). Hasta şikâyetleri ve genetik yatkınlığa bakılmalı ve hasta takibe alınmalıdır.

Tablo 4.7 : Şekil 4.53 deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	2560	Disc Area/Cup Area	2.1351
Disc Vessel	749	Disc Vessel/Cup Vessel	3.1208
Cup Area	1199	Cup Area/Disc Area	0.4683
Cup Vessel	240	Cup Vessel/Disc Vessel	0.3204
Rim Area	1361	Disc Area/Disc Vessel	3.4179
Rim Vessel	509	Cup Area/Cup Vessel	4.9958



a)

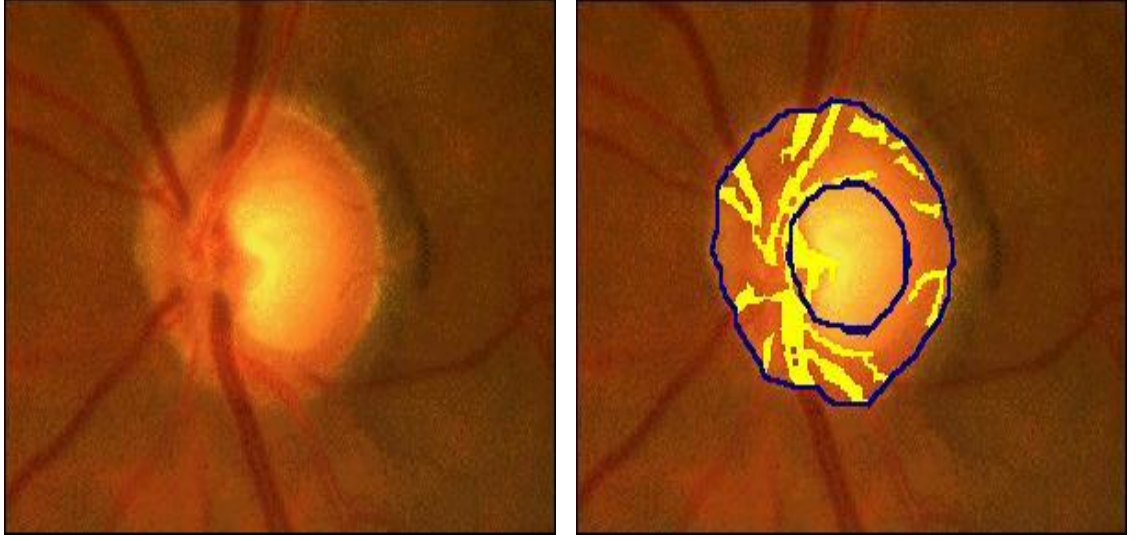
b)

Şekil 4.54 : a) Başka bir hastadan alınan retina görüntüsü ve b) Başka bir hastadan alınan retina görüntüsünden elde edilen damarlar, cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen sonuçların görüntüsü.

Şekil 4.54 a)'da farklı hastadan alınan koyu bir retina görüntüsüdür. Şekil 4.54 b) Damarlar, cup ve OD alanları tespit edilmiş ve sonuçları retina görüntüsü üzerine çizdirilmiştir. Şekil 4.54 b)'deki sonuç resmi incelendiğinde algoritmanın ışık yoğunluğunun az olduğu görüntülerde de başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Tablo 4.8, Şekil 4.54 b)'deki retina görüntüsünden ölçülen alanların bilgilerini içerir. Tablo 4.8 incelenerek ölçülen alan bilgileri ve alanların birbirlerine oranlamaları hakkında bilgi edinilebilir. Cup/disk oranı 0.55809 olarak ölçülmüştür. Hastadan alınan ilk retina görüntüsünde cup/disk oranı 0.5 den büyük olduğu için muhtemel bir glokom hastası olabilir (Yılmaz, 2005). Hasta şikâyetleri ve genetik yatkınlık incelenmeli ve farklı zamanlarda alınan retina görüntüleri incelenmelidir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmalı retina yapısında değişim olup olmadığına bakılmalıdır. Retina yapısında değişimler var ise hastalık teşhisi konulmalıdır ve tedavi süreci başlatılmalıdır.

Tablo 4.8 : Şekil 4.54'deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	36881	Disc Area/Cup Area	1.7918
Disc Vessel	7114	Disc Vessel/Cup Vessel	1.5951
Cup Area	20583	Cup Area/Disc Area	0.5581
Cup Vessel	4460	Cup Vessel/Disc Vessel	0.6269
Rim Area	16298	Disc Area/Disc Vessel	5.1843
Rim Vessel	2654	Cup Area/Cup Vessel	4.615



a)

b)

Şekil 4.55 : a) Gürültülü retina görüntüsü ve b) Gürültülü bir retina görüntüsünden elde edilen damarlar, cup ve disk kısımlarının birleştirilmesi sonucu elde edilen görüntüsü.

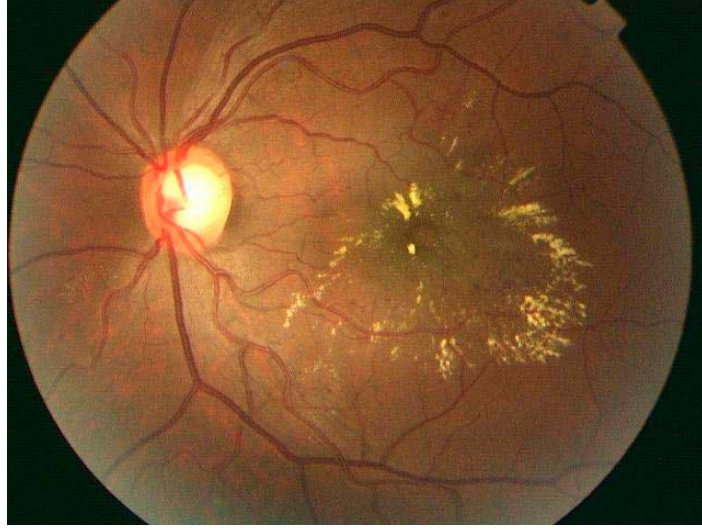
Şekil 4.55 a)'da başka bir hastadan alınan retina görüntüsüdür. Oldukça gürültülü bir retina görüntüsüdür. Şekil 4.55 b)'de damarlar, cup ve OD alanları tespit edilmiş ve sonuçları retina görüntüsü üzerine çizdirilmiştir. Şekil 4.55 b)'deki sonuç resmi incelendiğinde algoritmanın ışık yoğunluğunun az olduğu görüntülerde de başarılı sonuç verdiği görülmektedir. Böyle gürültülü ve optik diskten cup alanını zihinde bile ayrıştırılması zor bir görüntüden elde edilen sonuç yapılan işlemlerin güvenilirliğini arttırmaktadır. Tablo 4.9, Şekil 4.55 b)'deki retina görüntüsünden ölçülen alanların bilgilerini içerir. Tablo 4.9 incelenerek ölçülen alan bilgileri ve alanların birbirlerine oranlamaları hakkında bilgi edinilebilir. Cup Area/Disc Area oranı 0.2618 olarak ölçülmüştür. Cup Area/Disc Area oranı 0.3 den küçük olduğu için glokom hastası değildir (Yılmaz, 2005). Ancak glokom hastalığı taşıma yatkınlığı vardır. Farklı zamanlardaki retina görüntüleri karşılaştırılarak hasta takip edilmelidir.

Tablo 4.9 : Şekil 5.55'deki retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	12935	Disc Area/Cup Area	3.819
Disc Vessel	3092	Disc Vessel/Cup Vessel	7.2925
Cup Area	3387	Cup Area/Disc Area	0.2618
Cup Vessel	424	Cup Vessel/Disc Vessel	0.1371
Rim Area	9548	Disc Area/Disc Vessel	4.1834
Rim Vessel	2668	Cup Area/Cup Vessel	7.9882

4.6. FARKLI YÖNTEMLERLE KARŞILAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRME

Hajer ve Ark. (2008) retina görüntülerinden optik dakin ayrıştırılmasında Watershed Transform ile Active Contour metotlarını birleştirerek Watersnake metodunu oluşturmuşlardır.



Şekil 4.56 : Sayısal retina görüntüsü.

Şekil 4.56'daki retina görüntüsü Hajer ve Arkadaşlarının makalesinden alınan retina görüntüsüdür.

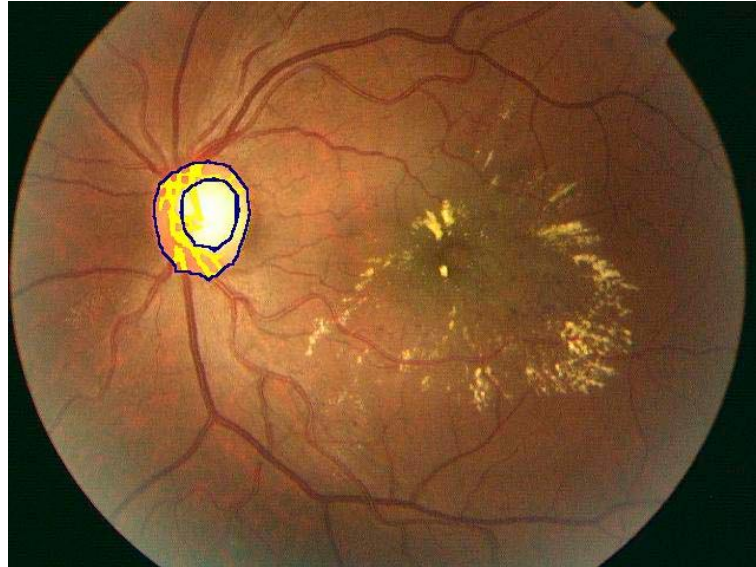


a)

b)

Şekil 4.57 : a) watershed ve GVF snake algoritmalarının birleştirilerek elde edilen Watersnake algoritmasından elde edilen sonuç resmi görüntüsü ve b) watershed algoritmasından elde edilen sonuç resmi görüntüsü.

Hajer ve Ark. yaptıkları çalışmalardan alınan sonuç resimleri Şekil 4.57 a)'daki retina görüntü watershed ve GVF snake algoritmalarının birleştirilmesi sonucu elde edilen Watersnake algoritması sonuç resmi görülmektedir. Şekil 4.57 b) de ise watershed algoritmasından elde ettikleri sonuç resmi görülmektedir.



Şekil 4.58 : Damar ayrıştırma filtresi ve K-Means algoritması uygulandıktan sonra elde edilen sonuç resmi.

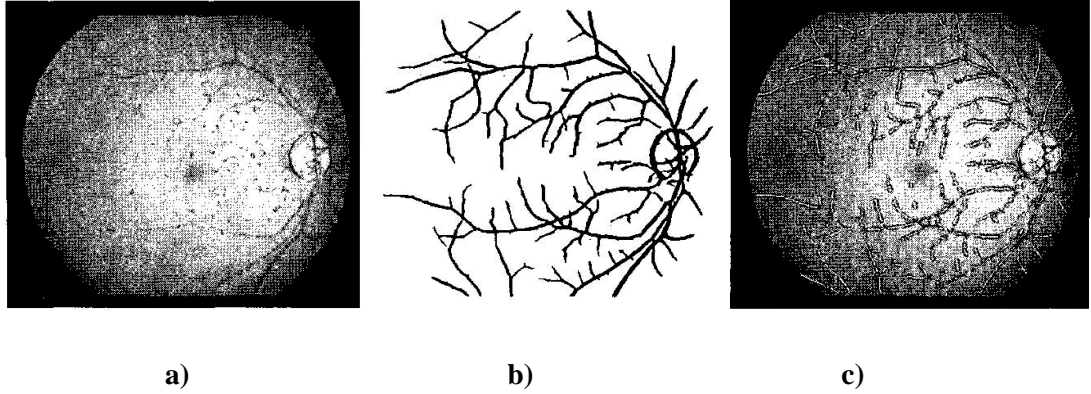
Şekil 4.58 de tez çalışmasında kullanılan K-Means algoritması ve kenar belirleme filtrelerinden elde edilen sonuçların birleştirilmesinden elde edilen sonuç resmi görülmektedir.

Şekil 4.57 a) ve b)'deki şekiller, Şekil 5.58'deki şekil ile karşılaştırıldığında bu tez çalışmasından elde edilen sonuçlar ile Hajer ve Ark.'ın elde ettikleri sonuçlar görülecektir. Tez çalışmasında kullanılan yöntem Hajer ve Ark. kullandıkları yöntemden daha başarılı bir şekilde OD'ı tespit etmiştir. Hajer ve Ark. cup alanın bulunması ile ilgili çalışma yapmamışlardır. Hajer ve Ark. OD alanının ölçülmesi ile ilgili olarak da çalışma yapmamışlardır. Şekil 4.57 b)'de elde ettikleri sonuç ne cup ne de OD olarak kabul edilebilir. Şekil 4.57 a)'da ise K-Means algoritması ile karşılaştırıldığında K-Means algoritması başarısını kanıtlamaktadır. OD, cup ve damarların başarılı bir şekilde bulmuş ve ölçülen alanlar ve alanların oranları tablo 4.10'da verilmiştir. Çalışma sonuçları karşılaştırıldığında Hajer ve Ark. kullandıkları yöntemlerle, tez çalışmasında kullanılan yöntemler karşılaştırıldığında; tez çalışmasında damarlar, optik sınırlar, OD ve cup alanları başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Tez çalışmasında retina yapısı ile ilgili ölçülen alanlar ve bu alanların oranları bulunmuş ve bu veriler Tablo 4.10'da verilmiştir. Tez çalışmasında bulunan OD sonucu Hajer ve Ark. buldukları sonuçlardan daha başarılıdır. Şekil 4.58 ile Şekil 4. 57 karşılaştırılarak tez çalışmasında bulunan sonucun başarısı görülebilir.

Tablo 4.10 : Hajar ve Ark. makalesinden alınan Şekil 4.58'deki retina görüntüsünden ölçülen sonuçlar görülmektedir.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	6555	Disc Area/Cup Area	3.3598
Disc Vessel	1936	Disc Vessel/Cup Vessel	5.0417
Cup Area	1951	Cup Area/Disc Area	0.2976
Cup Vessel	384	Cup Vessel/Disc Vessel	0.1983
Rim Area	4604	Disc Area/Disc Vessel	3.3858
Rim Vessel	1552	Cup Area/Cup Vessel	5.0807

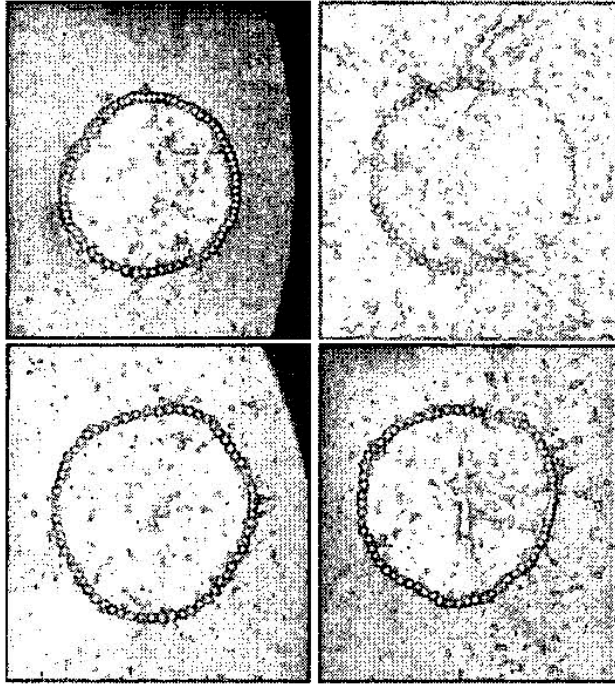
Chanwimaluang ve Fan (2003), yaptıkları çalışmada retina damarlarını ve OD'ı tespit etmeye çalışmışlardır. Şekil 4.59'da orijinal retina görüntüsü ve kandamarlarının ayrıştırılmış yapısı görülmektedir.



Şekil 4. 59 : a) orijinal retina görüntüsü, b) retina damar yapısının çıkartılmış hali ve c) siyah beyaz resim üzerinde bir piksel genişliğinde damarların bulunmuş hali görülmektedir.

Chanwimaluang ve Fan, OD ve damarları ayrı ayrı bulmuşlar Şekil 4.59 b) deki resimde OD'in sınırlarını damar yapısından ayırt etmemişlerdir. Şekil 4.59 c) deki retina resmi üzerindeki damarların ortaları boş ve çevresini bir piksel genişliğinde bulabilmişlerdir. Yakından çekilmiş yani büyük damarlı retina görüntülerinde sadece damarların çevresini bir piksel genişliğinde bulmuş olacaktırlar.

Şekil 4.60 da OD sınırlarının tespit edilmiş hali görülmektedir. OD'in bulunmasında Snake Active Contour metodunu kullanmışlardır. Makaleden alınan resimler tam olarak görülememektedir. Burada sadece OD ile ilgili çalışma yapmışlardır. Cup alanının bulunması ile ilgilenmemiştir. Yaptıkları çalışmada tespit ettikleri damar sonuçları ile OD'i tespit ettikleri sonuçları birleştirmemişler. OD ve damar alanlarının ölçülmesi işlemine de değinmemişlerdir.



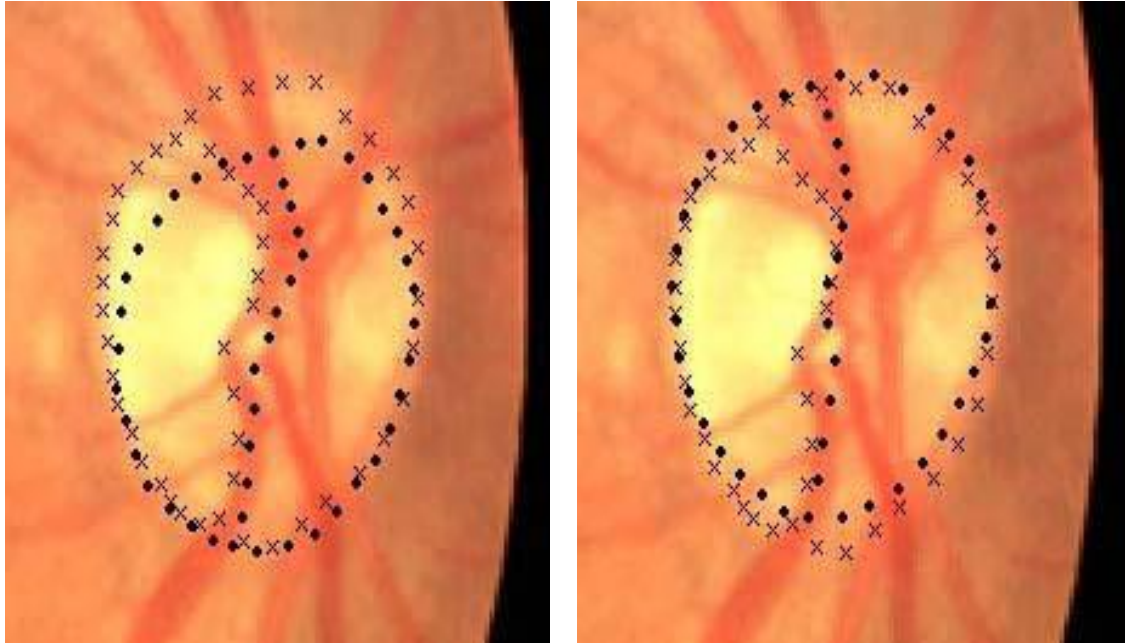
Şekil 4.60 : Optik disk sınırlarının tespit edilmiş hali.

Chanwimaluang ve Fan'ın makalesinde ki resimler oldukça gürültülü olduğu için çalışmaya elverişli değildir bunun için tez çalışmasında kullanılan yöntemle aynı resimler kullanılarak, Chanwimaluang ve Fan bulduğu sonuçlar karşılaştırılmamıştır. Tez çalışmasında geliştirilen yöntemle bulunan sonuçlar Şekil 4.47-Şekil 4.55'deki şekillerde gösterilmiştir. Şekil 4.47-Şekil 4.55'deki resimler incelendiğinde damar ayrıştırma operatörleri ve K-Means algoritmasından elde edilen sonuçlar ile Chanwimaluang ve Fan'ın buldukları Şekil 4.60- Şekil 4.61'deki sonuçlar karşılaştırılabilir. Chanwimaluang ve Fan'ın yaptıkları çalışmada sadece OD alanının

bulunması ile ilgili çalışmışlardır. Cup alanının ve damarların ayrıştırılması ile ilgilenmemişlerdir.

Tez çalışmasında cup alanı ve damar alanlarında bulunması Chanwimaluang ve Fan'ın yaptıkları çalışmadan üstünlüğüdür. OD, Cup alanlarının aynı görüntü üzerinde bulunup gösterilmesi, damarların bir piksel genişliğinde değil de tümünün çıkartılması ve elde edilen verilerin ölçülmesi ve ölçülen alanlardan elde edilen verilerin oranlanmasıdır. Chanwimaluang ve Fan'ın yaptıkları çalışmalardan başarılı olduğunu göstermektedir.

Li ve Chutatape (2003a, b) OD'in çıkartılmasında Active Shape Modeli kullanmışlar ve elde ettikleri sonuçlar Şekil 4.60 a) ve b) de görülmektedir.



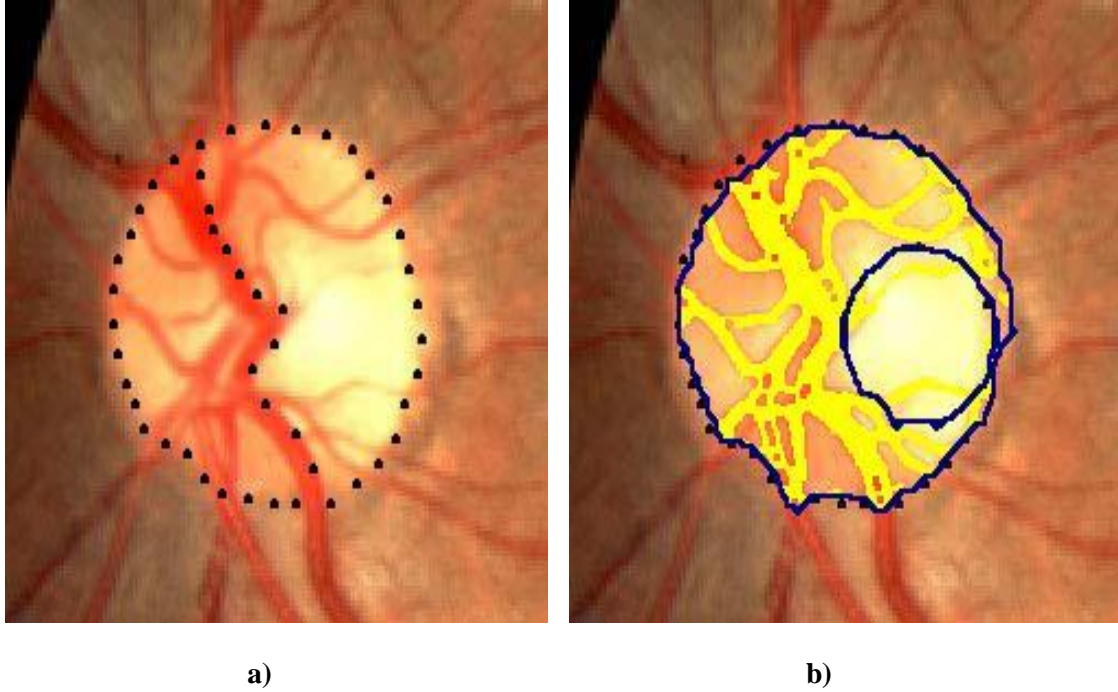
a)

b)

Şekil 4.61 : a) ASM'den elde edilen sonuç resmi ve b) Düzenlenmiş ASM'den elde edilen sonuç resmi.

Şekil 4.61 a) ve b)'de x 'lar bulunmak istenilen referans noktalarını +'larda ASM ve modifiye edilmiş ASM metodundan elde edilen sonuçları göstermektedir. Şekil 4.61

a)da ASM metodundan elde edilen sonuç + larla işaretlenmiştir. Şekil 4.61 b) de geliştirilmiş ASM metodundan elde edilen sonuçlar + işareti ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.62 : a) Retina görüntüsü üzerinde 48 yerinden işaretlenmiş bir optik disk ve b) Damar belirleme filtreleri ve K-Means algoritmasından elde edilen sonuç resmi.

Şekil 4.62 a) da ise makaleden alınan retina görüntüsü görülmektedir. Şekil 4.62 b) de ise tez çalışmasında kullanılan yöntemlerden elde edilen sonuç resmi görülmektedir. Şekil 4.62 a) daki resim orijinal retina görüntüsü olmadığı için resim üzerinde bulunan işaretlerden dolayı algoritmanın doğru sonuç vermesine olumsuz katkısı bulunacaktır. Şekil4.62 a)'da görülen resimdeki siyah renkli işaretler olmasa idi daha başarılı sonuç alınabilirdi. Şekil 4.62 a)'daki retina görüntüsü kullanılarak tez çalışmasında geliştirilen yöntemden elde edilen sonuç Şekil 4.62 b)'de görülmektedir. Damarlar, optik sinirler, OD ve cup alanları gösterilmiştir.

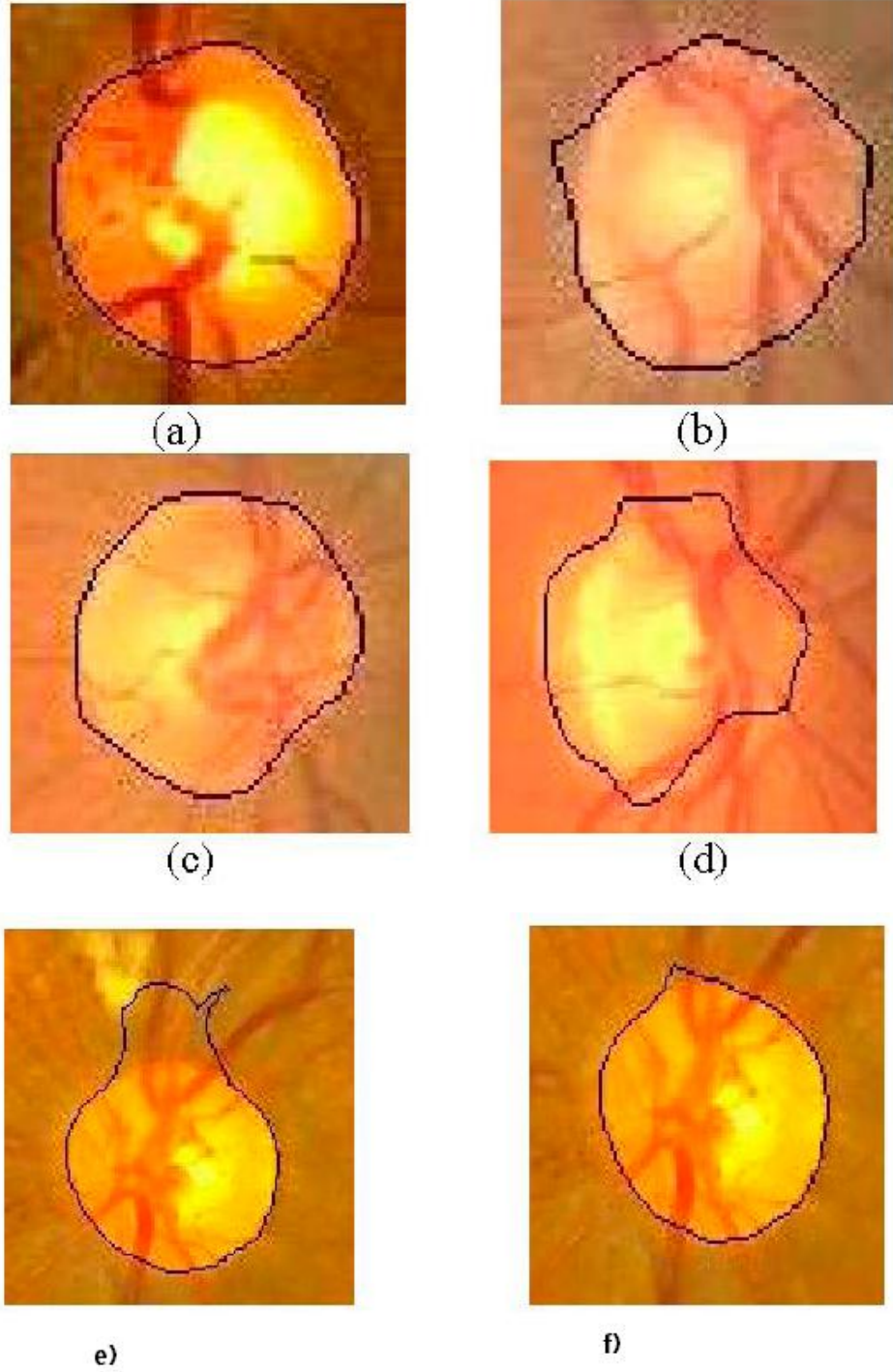
Şekil 4.62 b)'deki sonuç görüntüsünden ölçülen alanların değerleri ve bu alanların birbirine oranları Tablo 4.11'de gösterilmiştir.

Tablo 4.11 : Li ve Chutatape'nin makalesinden alınan Şekil 4.62'deki resimden ölçülen sonuçlar.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	17902	Disc Area/Cup Area	5.5338
Disc Vessel	6773	Disc Vessel/Cup Vessel	11.195
Cup Area	3235	Cup Area/Disc Area	0.1807
Cup Vessel	605	Cup Vessel/Disc Vessel	0.0893
Rim Area	14667	Disc Area/Disc Vessel	2.6431
Rim Vessel	6168	Cup Area/Cup Vessel	5.3471

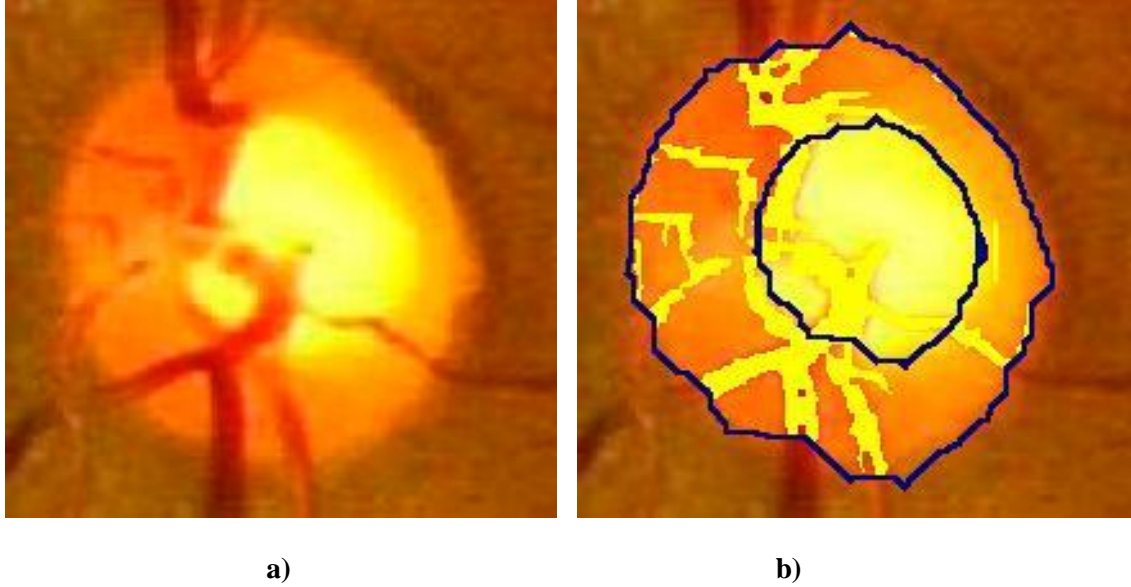
Li ve Chutatape'nin yaptıkları çalışmanın sonucu ile bu tez çalışmasında kullanılan metotlardan elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında; tez çalışmasında kullanılan yöntemin daha başarılı olduğu görülecektir. Li ve Chutatape yaptıkları çalışmada OD'nin sınırlarını belli noktalara işaretler koyarak belirlemeye çalışmış ve OD'nin alanının içinde bulunan cup ve damarlar ile ilgilenmemiştir. Bu tez çalışmasında elde edilen sonuç resmi Şekil 4.62 b)'de görülmektedir ve ölçülen değerler Tablo 4.11'e aktarılmıştır. Li ve Chutatape'nin yaptıkları çalışmada sadece OD'i bulmaya çalışmışlar ve retinanın diğer yapıları ile ilgilenmemişleridir. Tez çalışmasında cup ve damar alanları da tespit edilmiştir. Şekil 4.62 a)'da OD'in referans noktaları verilmiştir. Şekil 4.62 b)'de ise tez çalışmasından elde edilen sonuç görülmektedir. Tez çalışmasında kullanılan yöntem yüksek bir başarı ile OD'i bularak üstünlüğünü göstermiş olmaktadır. Tez çalışmasında kullanılan yöntemde orijinal retina görüntüsü kullanılsa idi daha başarılı sonuç vereceği muhtemeldir.

Saradhi ve Ark. OD'in sınırlarını çıkarmak RGB kanalındaki retina görüntüsünü normalleştirme işleminden geçirdikten sonra RGB kanalından Lab kanalına dönüştürmüşlerdir. Lab kanalına dönüştürerek morfolojik kapatma işlemi yapmışlardır. Bu kanalı bileşenlerine ayırmıştır L ve b bileşenini kullanmıştır. Bu kanaldaki sonuçlara PCA yaklaşımı ile OD'in sınırlarını belirginleştirmeye çalışmışlardır (Saradhi, 2006).



Şekil 4.63 : a), b), c), d), e), ve f) Farklı yoğunluklardaki PCA algoritmasından elde edilen sonuçlar (Saradhi ve Ark., 2006).

Şekil 4.63 de Saradhi ve Ark. elde ettikleri OD sonuçları görülmektedir. Saradhi ve Ark. kullandıkları PCA algoritmasını kullanarak farklı yoğunluklardaki retina görüntülerinden elde ettikleri sonuçlar görülmektedir.



Şekil 4.64 : a) İncelenecek retina görüntüsü ve b) K-Means algoritması ve damar ayrıştırma algoritmasından elde edilen sonuç görüntüsü.

Şekil 4.64 a)'da Saradhi ve Ark. makalesinden alınan retina görüntüsü görülmektedir. Şekil 4. 64. b)'de damarlar, optik sinirler, OD ve cup alanları görülmektedir. Şekil 4.63'deki Saradhi ve Ark. buldukları sonuç resimleri ile Şekil 4.64. b)'de tezde kullanılan yöntem ile elde edilen sonuç karşılaştırıldığında Saradhi ve Ark. buldukları sonuçlardan tezde kullanılan yöntem ile bulunan sonuçların OD'i daha doğru bulunduğu fark edilecektir. Tezde kullanılan yöntem cup alanını başarılı bir şekilde tespit etmiştir.

Şekil 4.64 a) kullanılarak tez çalışmasında geliştirilen yöntemden elde edilen retina verileri Tablo 4.12'de verilmiştir.

Tablo 4.12 : Saradhi ve Ark. makalesinden alınan retina görüntüsünden ölçülen değerler.

Ölçülmesi Hedeflenen Alanlar	Ölçülen Alanlar (Piksel)	Oran Adları	Oran Değerleri
Disc Area	23166	Disc Area/Cup Area	4.2892
Disc Vessel	5389	Disc Vessel/Cup Vessel	3.4768
Cup Area	5401	Cup Area/Disc Area	0.2331
Cup Vessel	1550	Cup Vessel/Disc Vessel	0.2876
Rim Area	17765	Disc Area/Disc Vessel	4.2988
Rim Vessel	3839	Cup Area/Cup Vessel	3.4845

Bu bölümde, literatürde yapılan çalışmalar ile tez çalışmasında yapılan çalışmalar karşılaştırılmış ve sonuçları gösterilmeye çalışılmıştır. Sonuçlar dikkatli bir şekilde incelendiğinde tez çalışmasının başarılı sonuçlar verdiği görülecektir. Böylelikle tez çalışması güvenilirliğini göstermiş olmaktadır.

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, sayısal ortamdaki retina görüntülerinin ayrıştırılması, retina görüntülerinden kan damarlarının, optik sinirlerin çıkartılması, OD ve cup alanın bulunması, OD ve cup alanlarında bulunan damarların ve optik sinirlerin tespit edilmesi ve ölçülmesi ile ilgili çalışmalar yapılmıştır.

Bilgisayar ortamına alınan sayısal görüntülerin, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak faydalı bilgilerin elde edilmesi konusunda bir alt yapı oluşturulmuştur. Ayrıca ara yüz tasarımı ile elde edilen verilerin görsel hale getirilebileceği ve herkesin anlayabileceği bir yapı oluşturulması sayesinde ileri de yapılabilecek ara yüz içeren programlara fikir sağlayacaktır.

Retina yapısında meydana gelen değişikliklerin, görme bozukluklarına sebep olabileceği hakkında bilgi birikimi elde edilmiştir. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak retina görüntülerinin ayrıştırılabileceği gösterilmiştir. Retina yapısından çıkarılabilecek alanlar ve bu alanlardan ölçülen değerler gösterilmiştir.

Farklı zamanlarda elde edilen retina görüntülerinin ayrıştırılması ve sonuçlarının karşılaştırılarak, göz hastalıkları hakkında bilgi verebileceği anlaşılmıştır.

5.1. GELECEKTE YAPILABİLECEKLER

Geliştirilen programın esnek yapısı sayesinde, farklı görüntü işleme tekniklerinin sisteme dâhil edilmesi mümkündür. Bu çalışmada kullanılan ara yüz tasarımı ve algoritmalar yerine farklı algoritmalar ve tasarımlar kullanılabilir. Geliştirilen sistem ve geliştirilen algoritmalar çalışmayı daha önemli kılacaktır.

Görüntü işleme uygulamaları ve program tasarımı konusundaki deneyimler ile bu çalışmadan elde edilen deneyimlerle birleştirilerek, araştırma veya tez kapsamında yeni görüntü işleme uygulamalarına esin kaynağı olabilir.

Bu tez çalışmasında geliştirilen sistem daha gelişmiş hale getirilebilir. Öncelikle retina görüntüsü alan cihazlar ile program ara donanımlar kullanılarak haberleştirilebilir. Sonra programın görüntü alma cihazı ile eş zamanlı çalışması sağlanabilir. Böylece daha uygun pozisyondaki retina görüntüleri alınabilir. Görüntü üzerindeki istenilen alanların tespit edilmesi için farklı görüntü ayrıştırma teknikleri kullanılabilir. Farklı kenar belirleme algoritmaları kullanılarak damarlar ve optik sinirler ayrıştırılabilir.

KAYNAKÇA

ANONİM a, 2009, Görüntü İşleme, [Online], Wikipedi, <http://tr.wikipedia.org/wiki/> [Ziyaret Tarihi: 27 Mayıs 2009].

ANONİM b, 2009, K-Means Clustering, [Online], Wikipedi, http://en.wikipedia.org/wiki/K-means_algorithm [Ziyaret Tarihi: 24 Mart 2008].

ANONİM c, 2009, Sobel Operator, [Online], Wikipedi, http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel_operator [Ziyaret Tarihi: 25 Mart 2008].

ANONİM d, 2009, Göz, [Online], Wikipedi, <http://tr.wikipedia.org/wiki/> [Ziyaret Tarihi: 2 Şubat 2008].

AL-RAWI M., QUTAISHAT M., Arrar M., 2007, “An improved matched filter for blood vessel detection of digital retinal images”, Computer in Biology and Medicine, Volume: 37, Issue: 2, Page(s): 262-267.

BANGA, C., GHORBEL, F. and PIECZYNSKI, W., 1992, “Unsupervised Bayesian Classifier Applied to the Segmentation of retinal Image”, Engineering in

Medicine and Biology Society, Proceeding of the Annual International Conference of the IEEE, Volume: 5, Page(s): 1847-1848.

BEBIS, G., 2004, Computer Science Department, Edge Detection, Lectures Notes.

BRADLEY, P., S., FAYYAD U. M., “Refining Initial Points for K-Means Clustering”, Microsoft Research, (1998), International Conference on Machine Learning (ICML98), San Francisco, Page(s): 91-99.

CANNY, J.F., 1986, “A Computational Approach to Edge Detection”, IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, Volume: 8, Issue: 6, Page(s): 679-698.

CHANWIMALUANG, T., and FAN, G., 2003, An Efficient Algorithm for Extraction of Anatomical Structures in Retinal Images, IEEE, Image Processing, International Conference on, Volume: 1, Page(s): 1093-1096.

CHRASTEK, R., WOLF, M., DONATH, K., NIEMANN, H., PAULULUS, D., HOTHORN, T., LAUSEN, B., LAMMER, R., MARDIN, C. Y. and MICHELSON, G., 2005, “Automated Segmentation of the optic nerve head for diagnosis of glaucoma”, Medical Image Analysis 9, Page(s): 297-314.

ERTÜRK, S. ve URHAN, O., 2005, İmge İşleme Ders Notları, Kocaeli Üniversitesi Elektronik Haberleşme Mühendisliği Bölümü.

FELZENSZWALB, P. F., 2004, “Efficient Graph-Based Image Segmentation”, International Journal of Computer Vision, Volume: 59, Number: 2, Page(s): 1-16.

FERMÜLLER, C., 2008, Image Processing Lecturer Notes, University of Maryland at College Park, Institute for Advanced Computer Studies, Center for Automation Research, Computer Vision Laboratory.

GOLDBAUM, M., MOEZZI, S., TAYLOR, A., CHATTERJEE, S., BOYD, J., HUNTER, E. and JAIN, R., 1996, "Automated Diagnosis and Image Understanding with Object Extraction, Object Classification, and Inferencing in Retinal Images", IEEE Image Processing, International Conference, Volume: 3, Page(s): 695-698.

GONZALEZ, R. C., 1987, "Digital Image Processing", 2nd ed., Addison-Wesley publishing Company, United States of America, Simultaneously in Canada, ISBN 0-201-11026-1.

GONZALEZ, R.C. and WOODS, R.E., 2002 "Digital Image Processing", Prentice Hall, Inc, New Jersey, ISBN 0201180758.

GONZALEZ R. C., WOODS R. E., AND EDDINS S. L., 2004, "Digital Image Processing Using MATLAB", Pearson Prentice Hall, United States of America, ISBN 0-13-008519-7.

GREEN, W.E., (2002), Canny Edge Detection Tutorial [online], Drexel University, http://www.pages.drexel.edu/~weg22/can_tut.html [Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2008].

GREEN, W.E., (2002), Edge Detection Tutorial [online], Drexel University, <http://www.pages.drexel.edu/~weg22/edge.html> [Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2008].

GRIFFITHS D., 2005, “An Investigation into Automated Retinal Image Segmentation”, CiteSeerX - Scientific Literature Digital Library and Search Engine, United States, University Park, Page(s): 1-45.

GUO, X., HSU, W., LEE, M.L., and WONG, T.Y., 2006, A Tree Matching Approach for the Temporal Registration of Retinal Images, IEEE Proceeding of the 18th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI'06), Crowne Plaza Washington National Airport Hotel, Washington DC, United States, Publication no. 0324838, Page(s): 1-8.

HOFFMANN, E.M., ZANGWILL, L.M., CROWSTON, J.G. and WEINREB R.N., 2007, “Optik Disc Size and Glaucoma”, Science Direct, Elsevier, Survey of Ophthalmology, Volume: 52, Number: 1, Page(s): 32-49.

IŞIK M., ÇAMURCU A. Y., 2007, “K-Means, K-Medoids ve Bulanık C-Means Algoritmalarının Uygulamalı Olarak Performanslarının Tespiti”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Yıl: 6, Sayı: 11, Sayfa(lar): 31-45.

JAHNE, B., 2002, “Digital Image Processing”, 5th Edition, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, ISBN 3-540-67754-2.

JAIN, A. K., MURTY, M. N., and FLYNN, P. J., (1999), “Data Clustering: A Review”, ACM Computing Surveys, Volume: 31, No: 3, Page(s): 264-316.

JLASSI, H., HAMROUNI K. and ELLOUZE, N., 2006, “Blood Vessels Segmentation in Retina image using Mathematical Morphology and the STFT Analysis”, IEEE ICTTA 870 Information and Communication Technologies, Volume: 1, Page(s): 1130-1134

JLASSI H., HAMROUNI K. and ELLOUZE N., 2008, “Localization of the Optic Disk in Retinal Image using the “Watersnake” ”, IEEE Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering, Page(s): 947-951

KAHRAMAN, F., 2001 “Sayısal Görüntü İşleme için Bir Yazılım Paketi Geliştirilmesi ve Sayısal Resimlerde İnsan Yüzünün Yer Tespitinde Kullanımı”.Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

KATIRCIOĞLU, F., 2001, “Renkli Görüntülerin Bağlantı Matrisine Dayalı Ayrıştırılması ve Kenar Algılama”, Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

KHAN, S. D., 2008, Image Processing with MATLAB Work Shop Tutorial, [online], Khwarzmic Science Society, <http://www.khwarzmic.org/archives/index.asp>, [Ziyaret Tarihi: 7 Nisan 2008].

KOLAR, R., 2004, “Surface Reconstruction From Retinal Laser Images”, Engineering in Medicine and Biology Society, 26 th Annual International Conference of the IEEE, Volume: 1, Page(s): 1233-1236.

LI, H., and CHUTATAPE, O., 2003a, "Boundary Detection of Optic Disk by A Modified ASM Method", Pattern Recognition Society. Published by Elsevier Science B.V., Volume: 36, Page(s): 2093-2014.

LI, H., and CHUTATAPE, O., 2003b, "A Model-Based Approach for Automated Feature Extraction in Fundus Images", Computer Vision 2003, Ninth IEEE International Conference, Volume: 1, Page(s): 394-399.

LLOYD, S. P., 1982, "Least Square Quantization in PCM", IEEE Transaction on Information Theory, Volume: 28, Issue: 2, Page(s): 129-137.

MABROUK M. S., SOLUMA N. H. and KADAH M., 2006 "Survey of Retinal Image Segmentation and Registration", ICGST, Gvip Journal, Volume: 6, Issue: 2, Page(s): 1-10.

MACQUEEN, J. B., 1967, "Some Methods for Classification and Analysis of Multivariate Observations", University of California Press., Volume: 1, Page(s): 281-297.

MATHWORKS, 2009, MATLAB Documentation, [online], The Mathworks, <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/helpdesk.html>, [Ziyaret Tarihi: 05 Nisan 2009].

MENDELS, F., HANEGHAN, C. and THIRAN J.P., (2001), 1999, "Identification of the Optic Disk Boundary in Retinal Images using Active Contours", Proceedings of Irish Machine Vision and Image Processing Conference (IMVIP) 1999, Page(s): 103-115.

- NATIONAL INSTRUMENTS, 2006, "Edge Detection", [online], National Instruments Corporation, <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/2571>, [Ziyaret Tarihi:12.06.2009].
- OH, P.Y., 2009, Canny Edge Detector, [online], Drexel University, <http://www.pages.drexel.edu/~pyo22/students/designTeams/kite2001WorkFolder/cannyEdgeDetector.pdf>, [Ziyaret Tarihi:9 Mart 2009].
- OSAREH A., MIRMEHDI M., THOMAS B. and MARKHAM R., 2002, "Comparison of Colour Spaces for Optic Disc Localization in Retinal Images", IEEE Pattern Recognition, Proceedings, 16th International conference on, Volume: 1, Page(s): 743-746.
- PAULUS, D., CHASTEL S., and FELDMANN T., 2005, "Vessel Segmentation in Retinal Images", In: Medical Imaging. SPIE Proceedings. Bd. Conference Medical Imaging, Volume: 5746, Page(s): 696-705.
- PRATT, W., K., 2001, "Digital Image Processing", 3th ed., Jhon Willey & Sons, Inc., Canada, ISBSN 0-471-37407-5.
- RHODY, H., CHESTER, H.R. and CARLSON, F., 2005, "Image Feature Detection Lecture 15", Center for Imaging Science, Rochester Institute of Technology, Page(s): 1-29.
- SARADHI, G.V., BALASUBRAMANIAN, P. and CHANDRASEKARAN, V., 2006, "Performance Enhancement of Optic Disc Boundary Detection using Active Contours Via Improved Homogenization of Optic Disc Region", IEEE ICA, Information and Automation, International Conference on, Page(s): 264-269.

SHAPIRO, L. G. and STOCKMAN, G.C., 2001, "Computer Vision", New Jersey, Prentice-Hall, ISBN: 0-13-030796-3, Page(s): 279-325.

SOARES, J.V.B., LEANDRO, J.J.G., CEASR, R.M., JELINEK, H.F. and CREE, M.J., 2006, "Retina Vessel Segmentation Using the 2-D Gabor Wavelet and Supervised Classification", IEEE Transactions on Medical Imaging, Volume: 25, No: 9, Page(s): 1214-1220.

STEINHAUS, H., 1956, "Sur la Division des Corp Materials en Parties", Bull. Acad. Polon. Sci., Volume: 1, Page(s): 801-804.

SINTHANAYOTHIN, C., KONGBUNKIAT, V., PHOOJARUENCHANACHAI, S. and SINGALAVANIJA, A., 2003, "Automated Screening System for Diabetic Retinopathy", Proceedings of the 3rd International Symposium on Image and Signal Processing and Analysis, Volume: 2, Page(s): 915-920.

QUIGLEY H. A., 1996, "Number of People with Glaucoma Worldwide," British Journal of Ophthalmology, Volume: 80, Page(s): 262-267.

TABATABAEE, H., FARD, A.M. and JAFARIANI, H., 2006, "A Novel Human Identifier System using Retina Image and Fuzzy Clustering", IEEE Information and Communication Technologies ICTTA '06. 2nd, Volume: 1, Page(s): 1031-1036.

TEKNOMO, K., 2007, K-Means Clustering Tutorials [online], <http://people.revoledu.com/kardi/tutorial/kMean/>, [Ziyaret Tarihi: 3 Ocak 2007].

TROGLIO, G., BENEDIKTSSON, J.A., SERPICO, S.B., MOSER, G., KARLSSON, R.A., HALLDORSSON, G.H., AND STEFANSSON, E., 2008, “Automatic Registration of Retina Images Based On Genetic Techniques”, 30th Annual International IEEE EMBS Conference Vancouver, British Columbia, Canada, Page(s): 5419-5424.

XU, J., CHUTATAPE, O., SUNG, E., ZHENG, C., KUAN, P. C. T., 2007, “Optic Disc Feature Extraction Via Modified Deformable Model Technique for Glaucoma Analysis”, Pattern Recognition Society, Volume: 40, Issue: 7, Page(s): 2063-2076.

XU, R., and WUNSCH, II. D., 2005, “Survey of Clustering Algorithms”, Neural Networks, Volume: 16, Issue: 3, Page(s): 645-672.

YILMAZ, Y., 2005, Primer Açık Açılı Glokomda Fundus Floresein Anjiyografi'nin Tanı Ve Prognozdeki Yeri, T.C. Sağlık Bakanlığı Dr. Lütfi Kırdar Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi 2. Göz Kliniği, Uzmanlık Tezi.

YUN, W. L., ACHARYA, R. U., VENKATESH, Y.V., CHEE, C., MIN, L. C. and NG, E.Y.K., 2007, “Identification of different stages of diabetic retinopathy using retinal optical images”, Information Sciences, Volume: 178, Issue: 1, Page(s): 1-16.

WEISSTEIN, E.W., K-Means Clustering Algorithm [online], Wolfram Math World, <http://mathworld.wolfram.com/K-MeansClusteringAlgorithm.html>, [Ziyaret Tarihi: 7 Mart 2008].

WOOD, S.L.; GONGYUAN Q. and ROLOFF, L.W., 1995, "Detection and Labeling of Retinal Vessels for Longitudinal Studies", IEEE Image Processing, Proceedings., International Conference on, Volume: 3, Page(s): 164-167.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Kemal Bozkurt

Doğum Yeri: Çal/Denizli

Doğum Yılı: 03.01.1981

Medeni Hali: Bekar

Eğitimi ve akademik durumu:

Lise: 1995–1999 Denizli Anadolu Teknik Lisesi, DENİZLİ

Lisans: 2001–2006 Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, ANKARA

Yabancı Dil: İngilizce

İş Tecrübesi: Nisan 2006 - Hacettepe Üniversitesi Makina Mühendisliği Akademik Uzman