

T.C
KONYA TEKNİ ÜNİVERSİTESİ BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ UYGULAMASI – 1
(BİTİRME PROJESİ-1) FİNAL RAPOR FORMU

Öğrencinin Adı- Soyadı	
Numarası:	
Danışmanı Adı Soyadı:	
Sınav Tarihi:	
Projenin Konusu: Göz Hastalıklarının Görüntü İşleme İle Tespiti	
<p style="text-align: center;">Dönem içi Yapılan Çalışmaların Özeti</p> <p>Göz hastalıklarının erken teşhisi ve doğru tedavi yöntemlerinin uygulanması, modern tıbbın öncelikli hedeflerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu dönem glokom hastalığının tespiti için görüntü işleme adımları tamamlandıktan sonra diyabetik retinopati hastalığının tespit edilmesine yönelik çalışmalara başlandı.</p> <p>Diyabetik Retinopati yüksek kan şekeri nedeniyle gözün retina tabakasındaki damarların hasar görmesi sonucunda ortaya çıkan bir hastalıktır. Görmek için ışığın hiçbir engel ile karşılaşmadan retinaya ulaşabilmesi gerekir. Diyabetik Retinopati hastalığı ile retinadaki kan damarları tıkanır, sızdırır veya rasgele büyür. Bu sonuçlar ise ışığın retinaya ulaşmasının önünde bir engel olmaktadır ve tedavi edilmediği takdirde görme yetisinin kaybolmasına kadar kötü sonuçlara varılabilir. Diyabetik nonproliferatif Retinopati proliferatif ve olarak iki şekilde gerçekleşir. Hastalığın başlangıç esnasında nonproliferatif evre görünür. Bu evre bozuk damarlardan sıvı sızması ve retinada kanamalara sebep olur. Hastaların görme yetisi bu evrede genel olarak etkilenmez. Bu nedenle diyabeti olan her hastanın, görme yetisini kaybetmeden yılda bir kez göz muayenesi yaptırması gerekmektedir. Tehlikeli olan evre ise proliferatif evredir. Bu evrede retina tabakasındaki damarların ileri derecede bozulmasına bağlı beslenemeyen bölgeler oluşur ve böylece yeni damarlar gelişir. Gelişen bu damarlar çok ince ve kırılgandır. Kendiliğinden göz içerisinde kanama yapabilir.</p> <p>Araştırmanın ilk aşamasında göz hastalıklarının tespitiyle ilgili mevcut literatür incelenmiş, göz hastalıklarının teşhisinde kullanılan görüntü işleme teknikleri ve yapay zeka yöntemleri üzerine yapılan çalışmalarda kullanılan yöntemler ve sonuçlar detaylı şekilde incelenmiştir. Bu aşamada, fundus görüntülerinin analizi ve bu görüntülerdeki damar yapıları, optik disk gibi önemli özniteliklerin incelenmesinin, göz hastalıkların erken teşhisinde kritik bir rol oynadığı belirlenmiştir. Ayrıca, uygun veri setlerinin seçimi de önem arz etmiştir.</p>	

Bir sonraki aşamada, görüntü işleme tekniklerine yoğunlaşmıştır. Fundus görüntüleri üzerinde çeşitli görüntü işleme yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemler, görsel özelliklerin çıkarılması ve hastalıkların tespitine yönelik özneliliklerin belirlenmesinde temel rol oynamıştır. Özellikle optic disk ve damar yapılarının net bir şekilde tanımlanması, diyabetik retinopatinin doğru bir şekilde teşhis edilmesi için kritik bir adımdır.

KAYNAK ARAŞTIRMASI

Proje kapsamında yapılan literatür incelemesi, cilt hastalıklarının tanı ve sınıflandırılması alanında önemli katkılar sağlayan çalışmaları kapsamaktadır. Bu inceleme, mevcut yöntemlerin etkinliğini ve sınırlamalarını anlamak için kritik bir temel oluşturmaktadır.

Retina görüntü işleme çalışmaları, göz hastalıklarının erken teşhisi ve tedavisi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, Melo ve arkadaşları (2020), diyabetik retinopati (DR) taramasında kullanılan mikroanevrizma tespiti için kayar bant filtresi (SBF) tabanlı bir yöntem geliştirmiştir. Çalışmada, renk, kontrast ve şekil özelliklerini birleştirerek mikroanevrizmaların tespitini otomatikleştiren bir sınıflandırıcı modeli önerilmiştir. Bu yöntem, dört farklı veri kümesinde test edilmiş ve hassasiyet ile yalancı pozitif oranları açısından mevcut yöntemlerle karşılaştırılmıştır [1]

Benzer şekilde, Tanyıldızı ve Okur (2016), retina görüntülerindeki kan damarlarının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, OpenCV kütüphanesi kullanarak median ve Gauss filtreleme, eşikleme ve kontur bulma tekniklerini uygulamışlardır. Çalışma, diyabetik retinopati gibi hastalıkların teşhisinde kullanılabilecek hızlı ve açık kaynaklı bir yöntem sunmuştur. Özellikle, OpenCV'nin hız ve esneklik avantajları sayesinde görüntü işleme sürecinin MATLAB'a göre daha verimli olduğu vurgulanmıştır.[2]

Mikroanevrizmaların tespiti, diyabetik retinopati teşhisinde önemli bir adımdır ve bu alanda çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Patwari ve arkadaşları (2013), diyabetik retinopati lezyonlarından mikroanevrizmaların tespiti ve sayılması için bir algoritma geliştirmiştir. Çalışmada, yüksek çözünürlüklü fundus görüntülerine ön işleme, histogram eşitleme ve yoğunluk dönüşüm fonksiyonları uygulanarak mikroanevrizmalar belirginleştirilmiştir. Mikroanevrizmaların sınırları, morfolojik işlemler ve eşikleme teknikleri ile segmente edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, önerilen algoritmanın %96 doğruluk ve %92 duyarlılık oranına ulaştığı belirtilmiştir. Bu algoritma, mikroanevrizmaların anjiyografi olmadan erken aşamalarda tespitine olanak tanımaktadır.[3]

Maison ve arkadaşları (2019), retinal hastalıkların erken teşhisi için damar segmentasyonu üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmada, retinal fundus görüntüleri üzerinde Gauss filtresi kullanılarak damar yapıları belirginleştirilmiş ve bu yöntem, DRIVE veri tabanındaki görüntüler üzerinde test edilmiştir. Segmentasyon işlemi sırasında, görüntülerin ön işleme aşamaları olarak yeşil kanal çıkarımı, histogram eşitleme ve morfolojik açma yöntemleri kullanılmıştır. Değerlendirme sonuçlarına göre, önerilen yöntem %95.72 doğruluk, %96.90 duyarlılık ve %82.10 özgüllük değerleriyle başarılı bir performans sergilemiştir. Araştırmacılar, bu yöntemin ince ve zor görünen damarları belirginleştirerek retinal hastalıkların tespiti için uygun bir araç olduğunu belirtmişlerdir (Maison et al., 2019).[4]

Timothy Spencer, John A. Olson, Kenneth C. McHardy, Peter F. Sharp ve John V. Forrester tarafından yapılan "An Image-Processing Strategy for the Segmentation and Quantification of Microaneurysms in Fluorescein Angiograms of the Ocular Fundus" başlıklı çalışma, diabetik retinopati gibi hastalıkların erken teşhisinde kullanılabilecek yenilikçi bir görüntü işleme stratejisini incelemektedir (Spencer et al., 1996). Bu çalışma, dijital görüntü işleme teknikleri kullanarak mikroanevrizmaların tespit edilmesi ve nicelenmesi üzerine yoğunlaşmaktadır. Çalışma kapsamında, ön işleme aşamalarından sonra bilinear top-hat dönüşümü ve eşleştirilmiş filtreleme kullanılarak görüntülerin başlangıçta segmentasyonu sağlanmaktadır. Bu işlenen görüntünün eşiklenmesi sonucu, aday mikroanevrizmaları içeren bir ikili görüntü elde edilmektedir. Yenilikçi bir bölge genişletme algoritması kullanılarak işaretlenen her bir nesne tamamen belirlenmekte ve sonrasında boyut, şekil ve enerji özellikleri analiz edilerek nihai mikroanevrizma segmentasyonu gerçekleştirilmektedir.[5]

Syna Sreng, Noppadol Maneerat ve Kazuhiko Hamamoto tarafından yazılan "Automated Microaneurysms Detection in Fundus Images Using Image Segmentation" başlıklı çalışma, diabetik retinopati gibi göz hastalıklarının erken teşhisinde kullanılabilecek otomatik bir mikroanevrizma tespit yöntemini incelemektedir (Sreng, Maneerat, & Hamamoto, 2017). Bu çalışma, fundus görüntülerinde mikroanevrizmaları tespit etmek için görüntü segmentasyon tekniklerini kullanmayı önermektedir. Çalışmanın metodolojisi dört ana adımdan oluşmaktadır: (1) Ön işleme, (2) Mikroanevrizmaların Çıkarılması, (3) Küçük Parlak Özelliklerin Filtrelenmesi ve (4) Mikroanevrizma Tespiti. İlk olarak, görüntülerin gürültüsünü azaltmak ve kontrastı iyileştirmek amacıyla ön işleme uygulanır. Ardından, Canny kenar tespiti ve maksimum entropi eşikleme kullanılarak mikroanevrizmalar belirlenir. Mikroanevrizmalar küçük kırmızı noktalar ve dairesel şekiller olarak tanımlanır ve bu özellikler, diğer lezyonlardan ve fundus görüntüsünün anatomik yapılarından ayırt edilmelerini sağlar. Çalışmanın bulguları, otomatik tespit yönteminin doğruluk oranının %90 olduğunu ve ortalama işleme süresinin görüntü başına 9.53 saniye olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, özellikle sınırlı sayıda göz doktorunun bulunduğu bölgelerde, diabetik retinopati gibi hastalıkların erken teşhisinde otomatik sistemlerin önemini vurgulamaktadır.[6]

Kanika Verma, Prakash Deep ve A. G. Ramakrishnan tarafından yapılan "Detection and Classification of Diabetic Retinopathy using Retinal Images" başlıklı çalışma, diyabetin retina üzerindeki etkilerini analiz etmek için fons kamera görüntülerinin kullanımını incelemektedir (Verma, Deep & Ramakrishnan, 2025). Bu çalışmanın amacı, retinal görüntülerde kan damarlarının tespiti, kanamalarının belirlenmesi ve diyabetik retinopatinin farklı evrelerinin sınıflandırılmasıdır. Çalışma, kan damarlarının ve kanamaların tespiti için Random Forests (RF) sınıflandırıcı kullanarak, kan damarları ve kanamaların alan ve çevre özelliklerine dayalı olarak üç ana aşamadan oluşmaktadır:

1. Kan damarlarının tespiti.
2. Kanama adaylarının belirlenmesi ve yanlış pozitiflerin (FP) elimine edilmesi.
3. Kan damarları ve kanama özelliklerine dayalı olarak diyabetik retinopatinin evrelerinin sınıflandırılması.

Çalışmanın bulguları, kan damarlarının ve kanama adaylarının doğru bir şekilde tespit edilmesi ile diyabetik retinopatinin erken teşhisinde önemli bir adım sağladığını göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, normal vakaların %90 doğrulukla, orta ve şiddetli NPDR vakalarının ise %87,5 doğrulukla sınıflandırıldığını ortaya koymaktadır.[7]

Yunus Kökver, Halil Murat Ünver ve Ebru Aydoğan Duman tarafından yapılan "Retina görüntülerinden kan damarlarının segmentasyonu" başlıklı çalışma, retina görüntülerinden hastalık teşhisinin yapılabilmesinin ilk adımı olan kan damarlarının segmentasyonu üzerine yoğunlaşmaktadır (Kökver, Ünver & Aydoğan Duman, 2017). Çalışmanın amacı, retina görüntüleri üzerinden kan damarlarının çıkarılması üzerine yapılan çalışmaları incelemektir. Çalışma kapsamında, literatürdeki mevcut makaleler sistematik olarak derlenmiştir. Damar segmentasyonu problemine çözüm getiren yöntemler belirlenmiş ve yıllar içerisinde segmentasyon için kullanılan yöntemlerdeki ilerlemeler değerlendirilmiştir. Özellikle, filtreleme algoritmaları, morfolojik operatörler, makine öğrenmesi temelli yöntemler ve hibrit yaklaşımlar kategorize edilerek incelenmiştir. Filtreleme Algoritmaları: Literatürde en çok kullanılan yöntemlerden biri olan eşleştirilmiş filtre algoritması, sinyal/gürültü oranını en üst düzeye çıkarmak amacıyla kullanılmıştır. Örneğin, Chaudhuri ve arkadaşları (1989) makine öğrenmesi ile birlikte eşleştirilmiş filtre kullanarak kan damarlarını çıkartmışlardır. Morfolojik Operatörler: Matematiksel morfoloji, sayısal görüntülerin analizinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Mendonça ve Campilho (2006) merkez damar çizgileriyle birlikte morfolojik yeniden yapılandırma yaparak segmentasyon işlemi gerçekleştirmişlerdir. Makine Öğrenmesi Temelli Yöntemler: Niemeijer ve arkadaşları (2004), makine öğrenmesi tabanlı piksel sınıflandırma yöntemi ile klasik dört yöntemi karşılaştırmış ve önerilen yöntemin daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır.[8]

Salem A. Salem Elhussain tarafından sunulan "Blood Vessel Segmentation and Extraction in Retinal Images" başlıklı tez, retina görüntülerinde kan damarlarının segmentasyonu ve çıkarılması üzerine etkili bir yöntem geliştirmeyi amaçlamaktadır (Elhussain, 2018). Bu çalışma, retinal damar segmentasyonu problemini analiz ederek, morfolojik yöntemler kullanılarak damarların filtrelenmesi ve çıkarılması üzerine yoğunlaşmaktadır. Çalışmanın temel avantajı, önerilen yöntemin düşük karmaşıklığı ve yüksek doğruluk oranına sahip olmasıdır. Tezde, damarların ve damar olmayan alanların eşiklenmesi için Otsu yöntemi kullanılmıştır. DRIVE ve STARE veritabanları, yöntemin uygulanmasında kullanılmış ve önerilen algoritmanın değerlendirilmesi için duyarlılık, özgüllük ve doğruluk ölçütleri kullanılmıştır. DRIVE veritabanı için doğruluk ortalaması 0.9606, STARE veritabanı için ise 0.9598 olarak bulunmuştur [9]

Sambit S. Mondal, Nirupma Mandal, Akansha Singh ve Krishna Kant Singh'in "Blood vessel detection from Retinal fundus images using GIFKCN classifier" başlıklı çalışması, retina fundus görüntülerinden kan damarlarını tespit etmek için otomatik bir yöntem önermektedir (Mondal et al., 2020). Bu çalışma, fundus görüntülerinin yeşil katmanını çıkararak, gerekli bilgileri içerdiği için ön işleme sürecine başlamaktadır. Gürültü, bir gürültü giderme filtresi kullanılarak kaldırılır ve bu adım, nihai sonuçlarda artefaktların azalmasına yol açar. Görüntü özellikleri, ön işlenmiş görüntü üzerinde yapılan morfolojik işlemler (top hat ve bottom hat dönüşümleri) ile vurgulanır. Elde edilen görüntü, kan damarlarını ve damar olmayan bölgeleri temsil eden iki kümeye, geliştirilmiş Fuzzy Kohonen Kümeleme Ağı (GIFKCN) kullanılarak ayrılır. Deneyler, Damar Çıkarımı için Dijital Retina Görüntüleri (DRIVE) veritabanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Önerilen tekniğin etkinliği, doğruluk ve duyarlılık gibi performans metrikleri kullanılarak analiz edilmiştir. Önerilen tekniğin, mevcut iyi bilinen yöntemlerle karşılaştırılması yapılmış ve önerilen yöntemin önemli ölçüde iyileştiği görülmüştür.[10]

Projede Kullanılan Materyal ve Metotlar

1. Materyal:

Bu çalışma, IDRİD veri seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. IDRİD (Indian Diabetic Retinopathy Image Dataset), diyabetik retinopati (DR) ve makula ödemi (ME) tanısı için kullanılan bir tıbbi görüntüleme veri setidir. Bu veri kümesi, her görüntü için diyabetik retinopatinin hastalık şiddeti ve diyabetik makula ödemi hakkında bilgi sağlar. Bu, onu diyabetik retinopatinin erken teşhisi için görüntü analiz algoritmalarının geliştirilmesi ve değerlendirilmesi için mükemmel hale getirir.

Bu projede diyabetik retinopati gibi göz hastalıklarının tespiti ve ilgili bölgelerin segmente edilmesi için çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Aşağıda, projede uygulanan önemli görüntü işleme adımları ve teknikler detaylandırılmıştır.

İşlemler Python programlama dili kullanılarak, OpenCV ve NumPy kütüphaneleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

1.1. Görüntü İşleme

Görüntü işleme, dijital görüntülerin analiz edilmesi, iyileştirilmesi ve anlamlı bilgiler çıkarılmasını amaçlayan bir bilgisayar bilimi alanıdır. Tıptan otomotive, savunma sanayisinden eğlence sektörüne kadar geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir. Bu raporda, görüntü işlemenin temel kavramları, uygulama alanları ve algoritmaları üzerine odaklanılacaktır.

1.1.1 Histogram Eşitleme

- Görüntünün kontrastını iyileştirmek için adaptif histogram eşitleme (CLAHE) kullanılmıştır.
- Fundus görüntülerinde detayları daha belirgin hale getirmek için uygulanan bu yöntem, hem mikroanevrizma tespiti hem de kan damarı segmentasyonu gibi adımlarda kullanılmıştır.

1.1.2 Morfolojik İşlemler

- Segmentasyon sonuçlarını iyileştirmek için morfolojik açma ve kapama gibi teknikler uygulanmıştır.
- Optik disk ve damar yapıları gibi bölgelerin temizlenmesi ve daha belirgin hale getirilmesi için kullanılmıştır.

1.1.3 Kontur Tespiti

- Segmentasyon sonuçlarının değerlendirilmesi için kontur analizi uygulanmıştır.
- Özellikle optik disk bölgesinin belirlenmesi ve büyük parlak alanların ayrılmasında etkili bir yöntemdir.

1.1.4 Kümeleme

- K-means kümeleme algoritması, optik diski belirlemek için kullanılmıştır.
- Fundus görüntüsü üzerinde parlaklık seviyelerine göre bölgeleri ayırt etmek için etkili bir yöntem olarak tercih edilmiştir.

1.1.5 Filtreleme

- Median ve Gaussian filtreleme gibi teknikler, görüntülerin parazitlerden arındırılması ve görüntünün daha yumuşatılması için kullanılmıştır.
- Mikroanevrizma tespiti ve damar yapısını iyileştirme adımlarında etkin rol oynamıştır.

1.1.6 Eşikleme

- Piksel yoğunluğuna dayalı olarak belirli bir eşik değeri kullanılarak exuda ve kan damarları gibi bölgelerin ayrıştırılması sağlanmıştır.
- Uyarlamalı eşikleme yöntemleri de hassas segmentasyon için tercih edilmiştir.

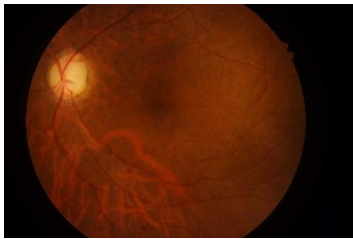
1.1.7. Renk Dönüşümü

- RGB kanallarını ayırarak veya gradyanları normalize ederek, fundus görüntüsündeki belirli bölgelerin daha iyi analiz edilmesi sağlanmıştır.
- Özellikle optik disk segmentasyonu sırasında kırmızı kanal üzerinde yoğunlaşmıştır.

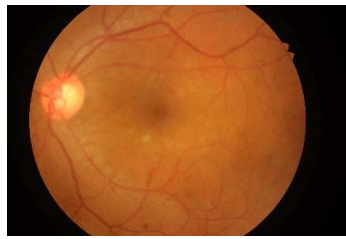
1.2. Veri Seti

Ozellik	Açıklama
Adı	Indian Diabetic Retinopathy Image Dataset (IDRiD)
Veri Türü	Retinal fundus (göz dibi) görüntüleri
Amaç	Diyabetik retinopati (DR) ve maküla ödemi (ME) tanısı, sınıflandırması ve segmentasyonu
Toplam Görüntü Sayısı	81
Veri Bölümleri	Eğitim: 54 görüntü, Test: 27 görüntü
Çözünürlük	4288 x 2848
Etiket Türleri	- Hastalık seviyeleri: DR (5 evre), ME (var/yok)
	- Segmentasyon: Mikroanevrizmalar, hemorajiler, eksudalar, optik disk ve maküla bölgeleri
Etiketleme	Uzman oftalmologlar tarafından yapılmıştır
Kullanım Alanları	- Derin öğrenme ve makine öğrenimi algoritmalarının eğitimi
	- Tıbbi görüntü işleme çalışmaları
	- Diyabetik retinopati ve maküla ödemi teşhis sistemlerinin geliştirilmesi

Hastalık derecelerine göre veri setinden alınan fundus görüntüleri:



Şekil 1. retinopati derecesi:0



Şekil 2. retinopati derecesi:1



Şekil 3. retinopati derecesi:2



Şekil 4. retinopati derecesi:3



Şekil 5. retinopati derecesi:4

Hastalık derecelerinin açıklanmalı tablosu *Tablo 1.* de verilmiştir.

Sayısal Derece	DR Seviyesi	Açıklama
0	Yok (No DR)	Retinada diyabetik retinopati bulgusu yoktur.
1	Hafif (Mild NPDR)	Sadece mikroanevrizmalar bulunur.
2	Orta (Moderate NPDR)	Mikroanevrizmalar, hemorajiler ve diğer hafif damar anormallikleri vardır.
3	Şiddetli (Severe NPDR)	"4-2-1 Kuralı" kriterlerinden biri karşılanır.
4	Proliferatif (PDR)	Neovaskülarizasyon veya vitre içi kanama gibi ileri seviyede DR belirtileri.

Tablo 1. Hastalık derecelerinin açıklanması

1.3 Performans Değerlendirme Ölçütleri

Modellerin performansını değerlendirmek için sıklıkla karmaşıklık matris (confusion matrix) yöntemi kullanılmaktadır. Tablo 2’de gösterilen karmaşıklık matrisi gerçek sınıf ve sınıflandırıcının tahmin ettiği sınıf olmak üzere iki boyuta sahiptir. Karmaşıklık matrisi sayesinde birçok sınıflandırma performansı tanımlanabilmektedir

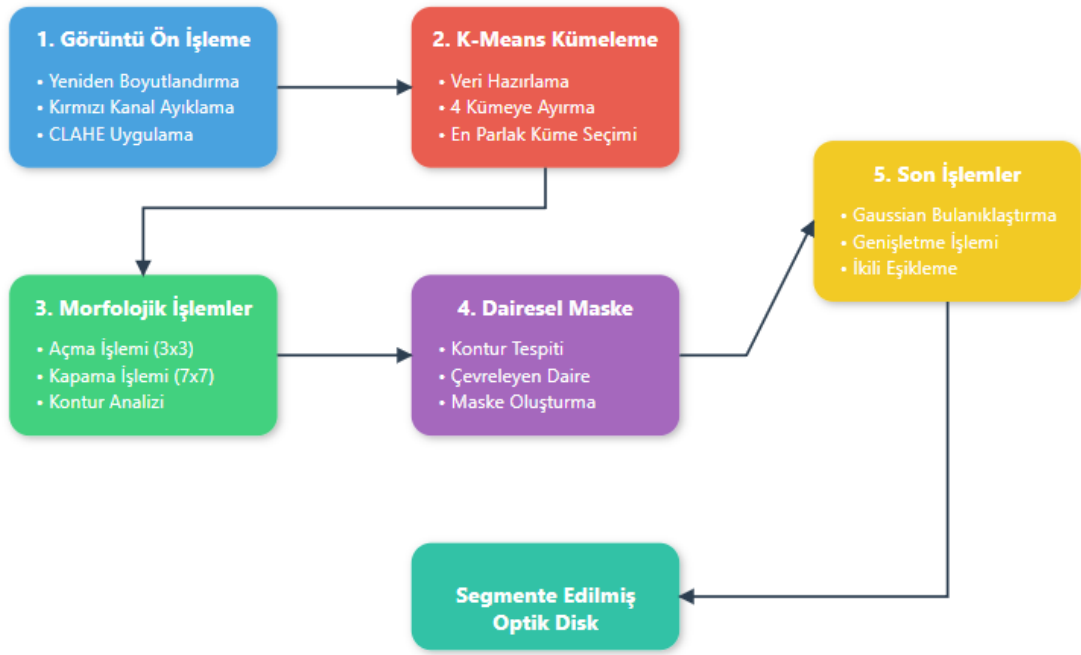
Measure	Description	Formula
Specificity (SP)	Negatif tahminlerin doğruluğu	$TN / (TN + FP)$
Sensitivity (SN)	Pozitif tahminlerin doğruluğu	$TP / (TP + FN)$
Accuracy (Acc)	Tüm tahminlerin doğruluğu	$(TP + TN) / \text{FOV number of pixels}$

Tablo 2. Performans Değerlendirme Ölçütleri

2.Yöntemler:

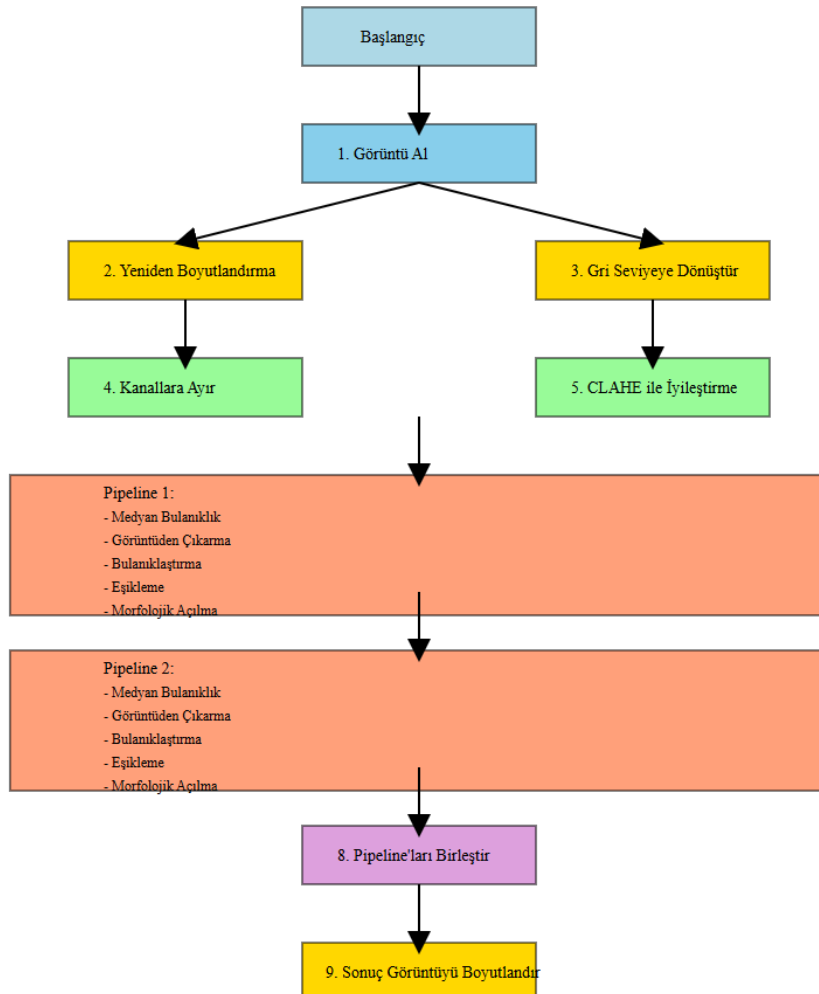
Bu çalışmanın ilk aşamasında diyabetik retinopati hastalığı için gerekli araştırmalar yapıldıktan sonra hastalığın tespitinde önemli olan özelliklerin segmentasyonu için yapılan çalışmalar detaylıca incelendi. Bu hastalık için 0'dan 4'e kadar, Normalden Şiddetliye olacak şekilde fundus görüntüleri olması sebebiyle ve segmentasyon işlemlerinden sonra bulunan sonuçların doğruluğunu hesaplamak için ground truth maskelerinin olması sebebiyle IDRİD veriseti üzerinde çalışılmaya karar verilmiştir.

Yapılacak ilk segmentasyon optik diskin segmentasyonudur. Optik Disk (OD), gözün yüksek yoğunluklu bölgesidir ve OD bölgesinin tanımlanması, hastalıkların analizi için bölgeden kaçınılabileceğimiz için en önemli görevdir. Optik diskin segmentasyonu, bazı kanamaların boyut ve renk olarak optik diske çok benzemesi nedeniyle kırmızı lezyonların tespitinde önemli bir rol oynar. Dolayısıyla, retinadaki Diyabetik etkilenen kısımları belirleyebilmek ve sonunda kişinin Diyabetten etkilendiği sonucuna varabilmek için optik diski maskeleyememiz gerekir.



Şema 1 Optik disk segmentasyonu için iş akışı

Optik diskin segmentasyonu yapıldıktan sonra kan damarlarının çıkarılması gerekir. Diyabetik retinopati, retinadaki küçük kan damarlarının hasar görmesiyle ortaya çıkar. Bu hasar, kanamalar, mikroanevrizmalar, damar genişlemeleri veya yeni anormal damar oluşumları gibi değişikliklere neden olabilir. Kan damarlarının çıkarılması, bu tür anormalliklerin daha net bir şekilde görülmesini sağlar.



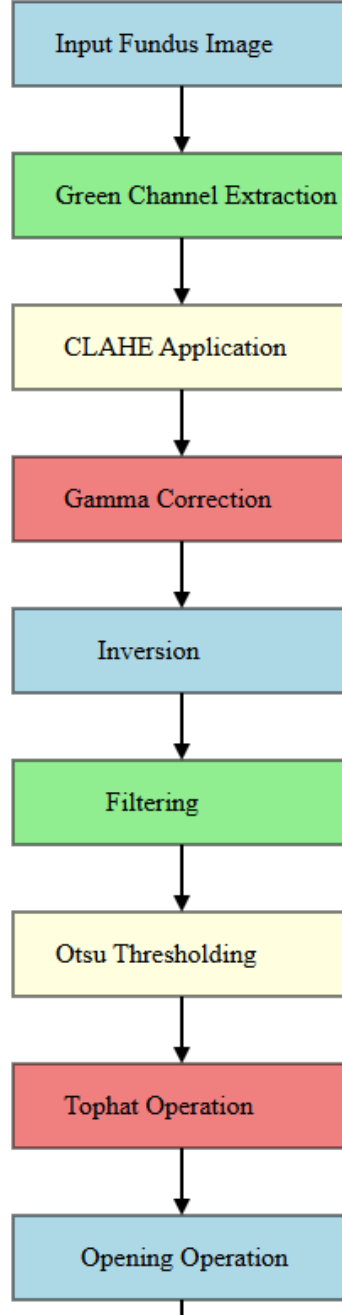
Şema 2 Kan Damarlarının Segmentasyonu İçin İş Akışı

Mikroanevrizma, diyabetik retinopatinin erken evrelerinde görülen ilk değişikliklerdendir, retinadaki küçük kan damarlarının (kapillerlerin) duvarında meydana gelen zayıflama sonucu oluşan baloncuk benzeri şişliklerdir. Bu şişlikler, kan damarlarının genişlemesi veya çıkıntı yapması şeklinde gözlenir ve genellikle retina üzerinde kırmızı nokta şeklinde görünürler.

Mikroanevrizmaların Özellikleri:

1. **Boyutları:** Genellikle 10-100 mikron arasında küçük çaplıdır.
2. **Görünüm:** Retina görüntülerinde kırmızı, yuvarlak, düzgün kenarlı noktalar olarak belirirler.
3. **Yerleşim:** Genellikle retina üzerinde, özellikle damarların olduğu bölgelerde oluşurlar.

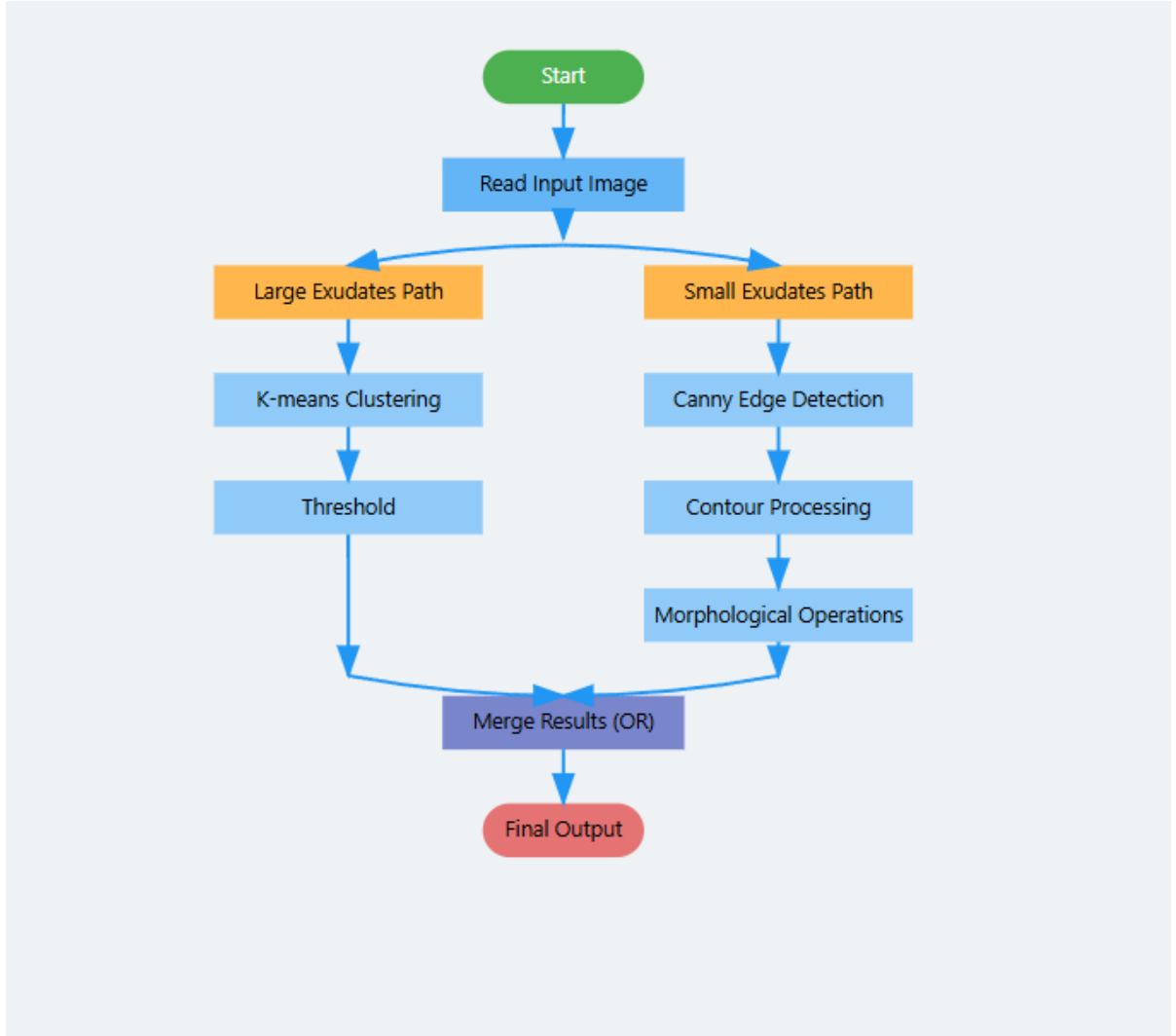
Mikroanovrizmaların segmentasyonu, mikroanevrizmaların konumunu ve sayısını belirleyerek hastalığın teşhisinde yardımcı olur. Hastalığın hangi evrede olduğunu anlamaya yardımcı olur.



Şema 3 Mikroanovrizmaların Segmentasyonu İçin İş Akışı

Eksuda (eksudatlar), diabetik retinopati (DR) tespitinde önemli bir biyolojik göstergedir. Eksudalar, genellikle **sert eksuda** olarak adlandırılan sarımsı beyaz, parlak ve keskin sınırlı lezyonlardır. Bu yapıların oluşumu, retinadaki kan damarlarının geçirgenliğinin artması sonucu ortaya çıkan sıvı ve lipid sızıntısına bağlıdır.

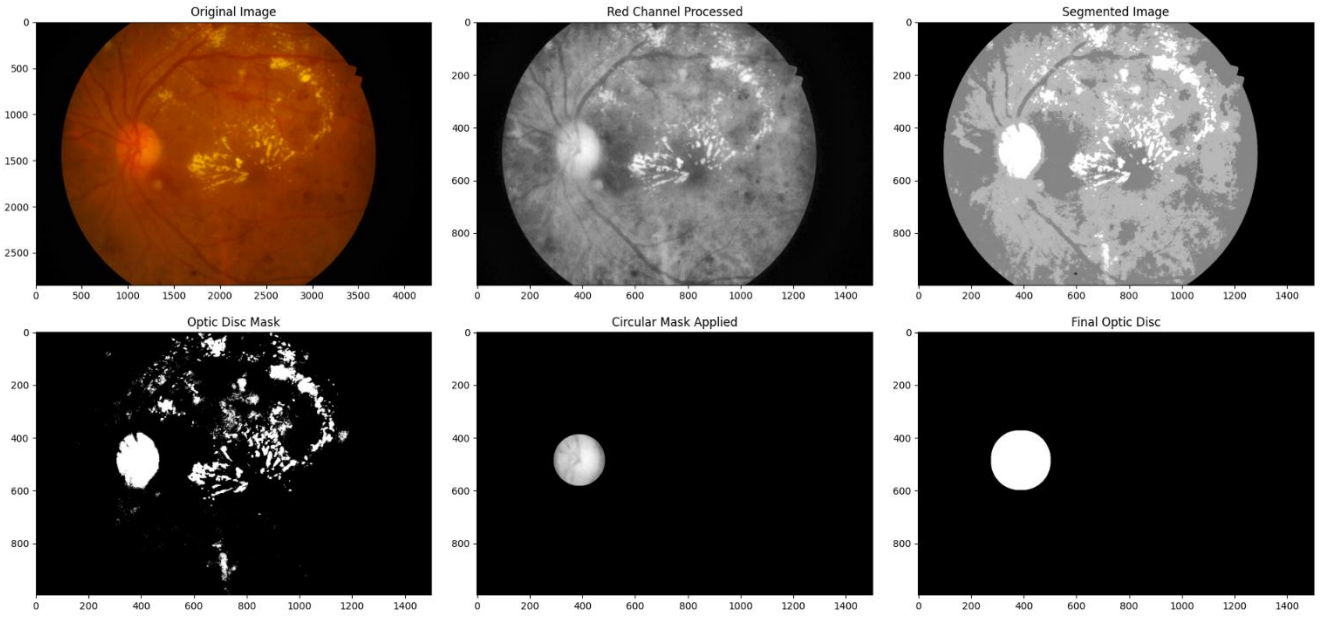
Eksudaların boyutu, sayısı ve yerleşim alanı, diabetik retinopatinin şiddetini değerlendirmek için kullanılabilir.



Şema 4 Exudaların Segmentasyonu İçin İş Akışı

Yapılan Çalışmaya Ait Genel Bilgiler

1)Optik Disk Segmentasyonu



Optik disk çevresindeki lezyonlar veya anormallikler hastalık göstergesi olabilir. Optik diski doğru bir şekilde maskelemek, bu lezyonların analizini kolaylaştırır.

Optik diskin maskesini oluşturmak için kullanılan yöntemler, görüntü işleme ve segmentasyon tekniklerinin kombinasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Bu adımlar, optik diskin retina görüntüsündeki diğer yapılardan izole edilmesi ve segmentasyon sonucunun iyileştirilmesi amacıyla seçilmiştir.

İlk olarak, görüntünün yeniden boyutlandırılması gerçekleştirilmiştir. Bu işlem, görüntüyü sabit bir boyuta ölçeklendirerek daha hızlı ve verimli işlem yapılmasını sağlar. Optik disk genellikle retina görüntüsünde belirli bir boyutta olduğundan, boyutun normalize edilmesi işlem doğruluğunu artırır.

Optik diskin diğer yapılardan daha iyi ayırt edilmesi için yalnızca kırmızı kanal seçilmiştir. Retina görüntülerinde, optik disk kırmızı kanalda diğer kanallara göre daha belirgin olduğu için bu kanal tercih edilmiştir. Kırmızı kanal üzerindeki kontrast, CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) yöntemiyle artırılmıştır. Bu işlem, düşük kontrastlı alanlarda detayları vurgulayarak optik diski daha görünür hale getirir.

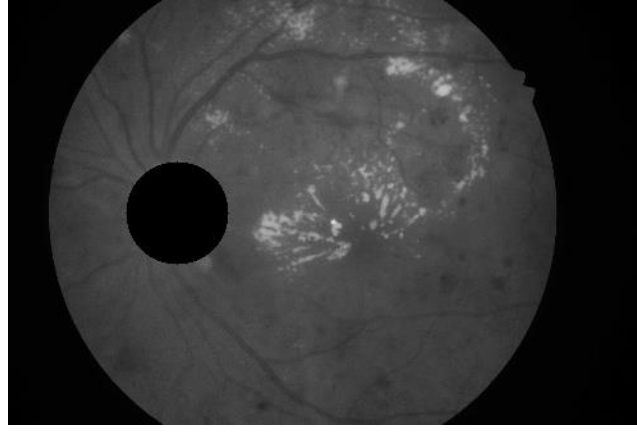
Görüntünün parlaklık değerleri 0 ile 255 arasında normalize edilmiştir. Bu, piksel değerlerini tutarlı bir aralığa getirerek segmentasyon sonuçlarını daha güvenilir hale getirir. Ardından, K-means kümeleme algoritması kullanılarak görüntü farklı parlaklık seviyelerine göre gruplandırılmıştır. Optik disk genellikle en parlak alanlardan biri olduğundan, en parlak küme optik disk olarak seçilmiştir.

Elde edilen maskenin doğruluğunu artırmak için morfolojik işlemler uygulanmıştır. Açma işlemi ile küçük gürültüler temizlenirken, kapatma işlemi boşlukları doldurarak maskenin bütünlüğünü sağlamıştır. Bu işlemler, optik diskin daha düzgün ve net bir şekilde izole edilmesini sağlar.

Optik diskin genel şekli genellikle dairesel olduğundan, en büyük konturun etrafında bir çevreleyen daire oluşturulmuştur. Bu daire, maskenin optik diski daha doğru şekilde temsil etmesini sağlar. Dairenin kenarları Gaussian bulanıklık ile yumuşatılarak doğal bir geçiş elde edilmiştir. Bu adım, maskenin daha pürüzsüz görünmesini ve küçük hataların giderilmesini sağlar.

Son olarak, maske genişletilerek optik diski tamamen kapsayan bir yapı elde edilmiştir. Bu işlem, optik diskin dış sınırlarını daha iyi temsil eder ve görselleştirmenin doğruluğunu artırır. Elde edilen son maske, optik diski belirgin bir şekilde izole eden ve analiz için kullanılacak bir çıktıdır.

Optik diski tanımlamak ve çevresindeki diğer yapılarla (örneğin damarlar ve lezyonlar) karıştırılmasını önlemek için maske görüntüden çıkarılır.



Şekil 6. Optik diskin görüntüden çıkarılması

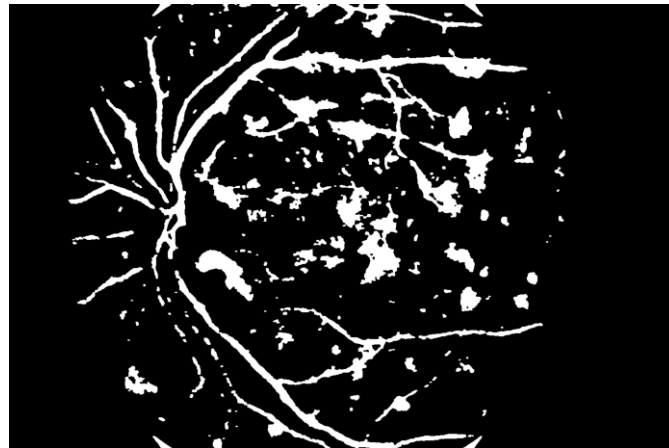
2) Kan Damarlarının Çıkarılması

Kan damarlarının tespiti ve çıkarılması, hastalığın teşhisinde ve ilerleme seviyesinin belirlenmesinde hayati bir rol oynar. Özellikle anormal damarların haritalanması, hastalığın erken dönemde tespit edilmesine ve doğru tedavi stratejilerinin planlanmasına olanak tanır. Ayrıca, damarların belirlenmesi, lazer tedavisi ve cerrahi müdahalelerin hedefe yönelik şekilde uygulanmasını sağlar.

Kan damarlarını çıkarmak için uygulanan görüntü işleme yöntemi, bir dizi işlem adımını içerir. İlk olarak, giriş görüntüsü sabit bir çözünürlüğe ölçeklendirilerek işleme hazırlanır. Daha sonra, retina damarlarının yeşil kanalda daha belirgin olması nedeniyle görüntü üç renk kanalına ayrılır ve yeşil kanal seçilir. Bu kanal, kontrast artırıcı bir yöntem olan CLAHE ile iyileştirilir. Kontrast iyileştirme işlemi, damarların arka plandan net bir şekilde ayrılmasını sağlar.

Daha sonra, iki ayrı işlem boru hattı uygulanır. İlk boru hattında, görüntüye medyan bulanıklaştırma uygulanarak gürültü azaltılır ve bulanıklaştırılmış görüntü, orijinal görüntüden çıkarılır. Bu işlem damarları daha belirgin hale getirir. Ardından, bu çıkarma işleminin sonucu yumuşatılarak eşikleme yöntemiyle damarların beyaz, arka planın siyah olduğu ikili bir görüntü oluşturulur. Morfolojik işlemlerle gürültü temizlenerek damar yapıları daha net hale getirilir. İkinci boru hattında benzer adımlar izlenir, ancak farklı bir yaklaşım kullanılarak sonuçlar elde edilir. Bu iki boru hattından elde edilen sonuçlar bit düzeyinde birleştirilir, böylece her iki yöntemin güçlü yönleri bir araya getirilir. Son olarak, birleştirilmiş görüntü yeniden boyutlandırılarak giriş görüntüsüyle aynı çözünürlüğe getirilir.

Bu işlem yöntemi, diyabetik retinopati gibi hastalıkların tanısında ve izlenmesinde büyük önem taşır. Retina damarlarının net bir şekilde çıkarılması, hastalığın evresinin doğru bir şekilde belirlenmesini ve uygun tedavi planlarının yapılmasını kolaylaştırır. Ayrıca, hastalığın ilerleyişini izlemek ve tedavi sonuçlarını değerlendirmek için de kritik bir veri sağlar.



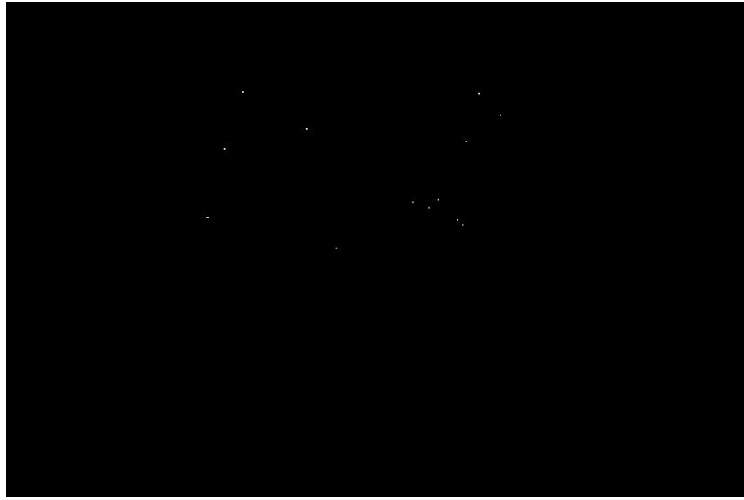
Şekil 7. Kan damarlarının çıkarılması

3) Mikroanovrizmaların segmentasyonu

İlk olarak, görüntü kırmızı, yeşil ve mavi kanallarına ayrılır ve mikroanovrizmaların daha belirgin olduğu düşünülen yeşil kanal seçilir. Bu kanal ters çevrilerek ilgi alanlarının vurgulanması hedeflenir. Daha sonra, yerel kontrastı artırmak için CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) uygulanır. Bu işlem, mikroanovrizmaların daha görünür hale gelmesine yardımcı olur.

CLAHE sonrası görüntüye birkaç kez gamma ayarı yapılır. Bu adımlarla parlaklık ve kontrast daha da iyileştirilir, böylece mikroanovrizmalar daha net bir şekilde öne çıkar. Gamma ayarlarının ardından, bir 11x11 boyutunda konvolüsyon çekirdeği kullanılarak görüntü yumuşatılır ve gereksiz küçük detaylar giderilir.

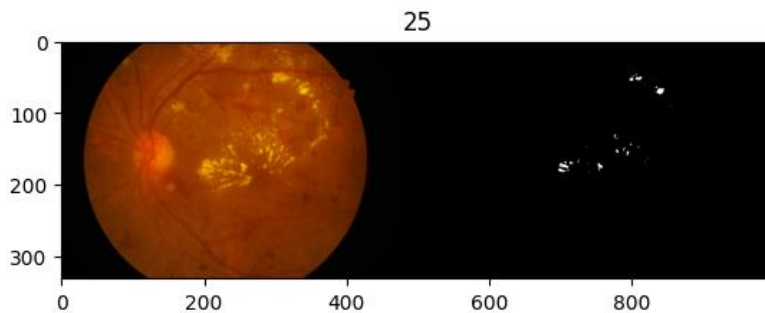
Yumuşatılmış görüntüye Otsu eşikleme yöntemi uygulanarak görüntü siyah-beyaz bir formata dönüştürülür. Bu, mikroanovrizmaların bulunduğu bölgeleri daha belirgin hale getirir. Ardından, Top Hat dönüşümüyle arka plandan farklı olan parlak alanlar öne çıkarılır ve açma (opening) işlemi uygulanarak küçük gürültüler temizlenir. Bu işlemlerin sonucunda, mikroanovrizmaların yer aldığı temizlenmiş bir ikili görüntü elde edilir. Bu nihai görüntü, mikroanovrizmaların konumlarını belirlemek için kullanılabilir.



Şekil 8. Mikroanovrizmaların çıkarılması

4) Exudatların segmentasyonu

İlk olarak, işlenecek görüntülerin dosya yolu oluşturulur ve bu görüntüler standart bir boyuta yeniden boyutlandırılır. Daha sonra görüntü, kırmızı, yeşil ve mavi kanallarına ayrılır; yeşil kanal seçilerek işleme alınır, çünkü damarlar ve exudatlar bu kanalda daha belirgin görülür. Büyük exudatların segmentasyonu için K-Means kümeleme algoritması kullanılır. Bu işlem sırasında, görüntü sekiz kümeye ayrılır ve belirli parametrelerle büyük exudatları içeren bir maske oluşturulur. Küçük exudatların tespiti için ise Canny kenar tespiti algoritması uygulanır ve kenarlıklar morfolojik işlemlerle genişletilir. Kontur analizi yapılarak küçük exudatlar belirgin hale getirilir ve yoğunluk eşikleme ile ikili bir maske oluşturulur. Ardından, büyük ve küçük exudat maskeleri birleştirilerek nihai bir sonuç elde edilir. Optik disk, exudatlarla karışabileceği için önceden işaretlenmiş bir maske yardımıyla bu bölge çıkarılır. Son olarak, orijinal görüntü ve işlenmiş segmentasyon sonuçları yan yana görselleştirilir. Bu işlem adımları, exudat tespitini optimize etmek ve daha doğru sonuçlar elde etmek için tasarlanmıştır.



Şekil 9. exudatların çıkarılması

Dönem Sonu Hedeflerinin Değerlendirilmesi:

Gerçekleştirilen Hedefler:	2. Dönem Hedefleri:
1. Veri setinin belirlenmesi	Yapay zeka modeli seçimi
2. Hastalığa ait özelliklerin belirlenmesi	Model eğitimi ve testi
3. Ön işleme ve segmentasyon	
4.	

Kaynaklar

- [1] Melo, T., Mendonça, A. M., & Campilho, A. (2020). Microaneurysm detection in color eye fundus images for diabetic retinopathy screening. *Computers in Biology and Medicine*, 126, 103995. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2020.103995>
- [2] Tanyıldızı, E., & Okur, S. (2016). Retina Görüntülerindeki Kan Damarlarının Belirlenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 28(2), 15-22. <https://doi.org/10.35234/fumbd.314594>
- [3] H. A. Dhage, R. K. Patil, V. V. Gohokar, and D. B. Kulkarni. (2015). Detection and counting the microaneurysms using image processing techniques. *International Journal of Computer Applications*, 117(16), 34-39.
- [4] Maison, T., Lestari, T., & Luthfi, A. (2019). Retinal blood vessel segmentation using Gaussian filter. *Journal of Physics: Conference Series*, 1376, 012023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1376/1/012023>
- [5] Spencer, T., Olson, J. A., McHardy, K. C., Sharp, P. F., & Forrester, J. V. (1996). An image-processing strategy for the segmentation and quantification of microaneurysms in fluorescein angiograms of the ocular fundus. *Computers and Biomedical Research*, 29(3), 284-302. <https://doi.org/10.1006/cbmr.1996.0021>
- [6] Sreng, S., Maneerat, N., & Hamamoto, K. (2017). Automated microaneurysms detection in fundus images using image segmentation. *2017 IEEE Conference on Biomedical Engineering (BME)*, 284-302. <https://doi.org/10.1109/BME.2017.7951210>
- [7] Verma, K., Deep, P., & Ramakrishnan, A. G. (2025). Detection and classification of diabetic retinopathy using retinal images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(1), 1-14. <https://doi.org/10.1109/TBME.2025.250378>
- [8] Kökver, Y., Ünver, H. M., & Aydoğan Duman, E. (2017). Retina görüntülerinden kan damarlarının segmentasyonu. *Ortadoğu Tıp Dergisi*, 9(4), 198-202. <https://doi.org/10.21601/ortadogutipdergisi.352987>
- [9] Elhussain, S. A. S. (2018). Blood Vessel Segmentation and Extraction in Retinal Images [Master's thesis, Ankara Yıldırım Beyazıt University]. Graduate School of Natural and Applied Sciences.
- [10] Mondal, S. S., Mandal, N., Singh, A., & Singh, K. K. (2020). Blood vessel detection from retinal fundus images using GIFKCN classifier. *Procedia Computer Science*, 167, 2060-2069. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.246>

ÖĞRENCİNİN

Adı ve Soyadı :
İmzası :

DANIŞMAN

Adı ve Soyadı :
İmzası :