

# Fundus Floresan Anjiografi Görüntülerinde Diyabetik Retinopati Nedeniyle Oluşan Kanamaların Kümeleme, Sınıflama ve İyileştirme Yöntemlerini Kullanarak Belirginleştirilmesi

## Emphasizing Hemorrhage of Regions Caused by Diabetic Retinopathy in Fundus Fluorescein Angiography Images with Image Clustering, Classification and Enhancement Methods

İclal Çetin Taş<sup>1</sup>, Turgay İbrikçi\*,<sup>2</sup> Sami Arıca,<sup>2\*\*</sup>

<sup>1</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Çukurova Üniversitesi  
iclalcetin@gmail.com

<sup>2</sup>Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Çukurova Üniversitesi

[\\*ibrikci@cu.edu.tr](mailto:ibrikci@cu.edu.tr)

[\\*\\*arica@cu.edu.tr](mailto:**arica@cu.edu.tr)

### Özet

Diyabetik retinopati (DR), şeker hastalığına bağlı olarak göz retinasında oluşan damar yapısının bozulması, damarlarda oluşan sızıntı kanamaları, ileri aşamalarında ise görme bozukluklarına yol açan bir rahatsızlıktır. Hastalığın tespiti için fundus floresan anjiografi (FFA) yöntemi kullanılmaktadır. Son yıllarda hastalığın görülme sıklığının artması ile birlikte, FFA görüntüleri üzerinde yapılan çalışmalarda artış görülmüştür. DR ve retinada görülen diğer problemlerin tespiti için çok farklı görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Bu bildiride, FFA görüntüleri üzerinde DR hastalığı sonucu oluşan kanamalı bölgeler, doktorların karar aşamasında faydalanması için tanımlanmakta ve vurgulanmaktadır. Kanamalı bölgelerin tespiti ve belirginleştirilmesi için gözetimli ve gözetimsiz öğrenme yöntemlerinin yanı sıra histogram işlemlerini temel alan görüntü iyileştirme yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden gauss karışım modeli ve görüntü eşikleme modeli kullanılarak alınan sonuçların daha başarılı olduğu görülmüştür.

### Abstract

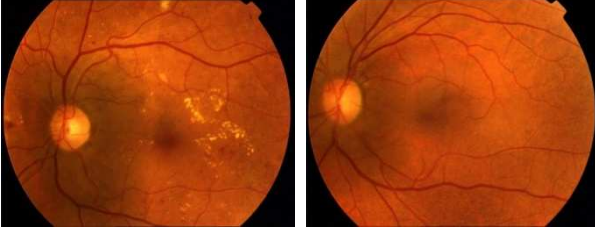
Diabetic retinopathy (DR) is a disruption of vascular structure of the retina of the eye due to diabetes that causes vascular leakage of bleeding which leads to visual impairment in the advanced stages of the disease. For the detection of the disease, fundus fluorescein angiography (FFA) imaging method is used. In recent years, the studies on FFA images are increased with the increase of the incidence of the disease. In this paper, DR and the other problems at the retina were

detected with different image processing techniques. Hemorrhagic areas that is a result of DR were detected and enhanced on FFA images to help the doctors in the diagnoses. Supervised and unsupervised learning methods were employed for the detection and the enhancement of the hemorrhagic areas. In addition to this histogram based image enhancement methods were also used. Of these methods, the results obtained by the methods; modelling the histogram with the Gaussian mixture and image thresholding have proven to be more successful.

### 1. Giriş

Diyabet (şeker hastalığı), insülin hormonunun vücutta bulunmaması veya görev yapamaması nedeniyle kan şekerinin yükselmesi sonucu görülen bir hastalıktır. Hastalığın farklı evrelerinde çeşitli komplikasyonlar meydana gelmektedir. Bu komplikasyonlar birçok organda görülmekte olup; en sık rastlanan organlardan birisi de gözlerdir. Diyabet göz üzerinde öncelikle damar bütünlüğünün bozulması ve buna bağlı oluşan kanamalar şeklinde kendini gösterir. Göz retinasında oluşan bu komplikasyonlar (DR) olarak adlandırılır. DR'nin çeşitli evreleri vardır. Başlangıçta, yapısal olarak normal olmayan yeni damar yapıları ortaya çıkar. Daha sonra kan dolaşımına dayanım gösteremeyen bu damarlarda kan sızıntıları görülmeye başlanır. Görülen yeni damar yapıları şiddetli göz içi kanamalarına ve görme kaybına yol açarlar. Hastalığın erken teşhisi ve evrelerinin tespiti önem arz etmektedir. Hastalığın teşhisi için FFA görüntüleme tekniği en yaygın yöntemdir. Bu görüntülerin alınması için floresan içeren bir damla ile göz bebeği genişletilir, göz retinasının görüntüleri

çekilir. Şekil-1 'de diyabetik retinopati hastalığı görülen ve görülmeyen hastalara ait FFA görüntüleri görülmektedir.



Şekil 1: Diyabetik retinopati hastalığı görülen ve görülmeyen hastalara ait FFA görüntüleri

Son yıllarda medikal görüntüler üzerinde hastalıkların tespitine yönelik çok çeşitli yöntemlerle görüntü analizleri yapılmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada da gözetimli ve gözetimsiz öğrenme metotları, görüntü iyileştirme tekniklerini temel alan farklı metotlar kullanılmaktadır. Uygulamalar sonucu elde edilen sonuçlar karşılaştırılmaktadır.

## 2. Metotlar

### 2.1. Gözetimli Öğrenme

Gözetimli öğrenmede, önceden bilinen eğitim verileri (training data) çıktılarıyla birlikte sisteme verilerek, makinenin kendi başına tümevarım yaklaşımı yapması sağlanmaya çalışılır. Bu "öğrenme süreci" olarak adlandırılır. Öğrenme sonunda ortaya çıkan model sayesinde gelecekteki veriler için de doğru sonuçları veren işlemler yapılabilir.

Genelde training aşamasından sonra test verileri ile model verileri teste tabi tutulur. Sınıflandırma işlemlerinde yeni gelen verileri önceden bilinen sınıflara yerleştirmek için bir karar verme modeli oluşturulması gerekir. Bu model gözetimli öğrenme ile oluşturulur. Bu çalışmada gözetimli öğrenme yöntemlerinden sinir ağları (neural network) ve doğrusal diskriminant analiz yöntemleri kullanılmıştır.

#### 2.1.1. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin yaptığı işlemlerden ve uygulamalardan etkilenilerek geliştirilmiş bir teknolojidir. Fonksiyonel birimlerinin tasarlanma aşamasında biyolojik sinir sisteminin birimleri ve fonksiyonları esas alınmıştır. Buna rağmen biyolojik nöronlardan daha basit bir yapıya sahip olup matematiksel operatörlerle ifade edilebilmektedir. Biyolojik nöronların hala çözülmemiş fonksiyonları bulunmaktadır. Birden fazla nöron tıpkı gerçek sinir ağlarında olduğu gibi farklı mimarilerde birbirlerine bağlanarak ağ yapılarını oluştururlar. Bu yapılar; öğrenme, öğrendiklerini hafızada tutma, veriler arasında ilişki kurma ve bilgileri işleyerek sonuç elde etme gibi yetilere sahiptirler.

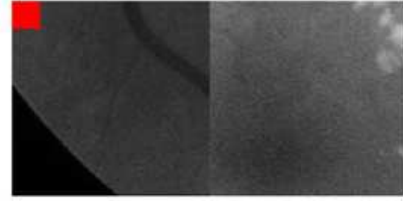
İnsanoğlu doğumundan itibaren sürekli bir yaşayarak öğrenme sürecinin içerisinde. YSA'nda ise bu öğrenme süreci eğitimle olur. Eğitim süreci ise yapılan örnekler neticesinde girdi ve çıktıları bakılarak ağırlıkların tekrar tekrar en doğru sonucun elde edilmesine kadar güncellenmesi ile olur.

YSA, olayların örneklerine bakmakta, onlardan ilgili olay hakkında genellemeler yapmakta, bilgiler toplamakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaştığında öğrendiği

bilgileri kullanarak o örnekler hakkında karar verebilmektedir. [1]

YSA'nda işlem birimleri genellikle transfer fonksiyonu olarak adlandırılırlar. Transfer fonksiyonları sinyalleri alır, birleştirir, dönüştürür, gerekli tüm işlemleri yapar ve neticede sayısal bir sonuç çıkarırlar.

Bu çalışmada, yapay sinir ağı modellerinden geri yayımlı ağ modeli kullanılmıştır. Bu model kullanılarak sınıflama yapmak amaçlanmaktadır. Gözetimli öğrenme yöntemi olmasından dolayı örnek bir görüntünün farklı bölgelerinden öğretim operasyonu için bölümler kullanılmıştır. Şekil-2'de örnek çalışma için kullanılan öğretim bölümü görülmektedir.



Şekil 2: Öğrenme operatörü için kullanılan örnek görüntü

Öğrenme operatörü için ham görüntü üzerindeki hastalıklı ve hastaliksız bölümlerden parçalar belirlendi. Belirlenen bu pencereler hastalıklı, hastaliksız ve görüntünün arka planını temsil eden pencereler için -1, 0, 1 ile temsil edilerek, bir matris elde edildi. Elde edilen matrisin minimum, maksimum, skewness, kurtosis özellikleri hesaplanarak sınıflama yapısına giriş olarak verildi. Bu değerlere göre sınıflama yapıldı.

#### 2.1.2. Doğrusal Diskriminant Analiz

Diskriminant analiz aracılığıyla elde edilen ayrıştırıcı fonksiyonları, tahmin değişkenlerinin doğrusal bileşenlerinden oluşur. Diskriminant analiz, gruplar arası farklılığa etki eden tahmin değişkenlerinin hangileri olduğunu ortaya çıkarır. Gruplar arası farklılığa etki eden bu değişkenlere ayrıştırıcı değişkenler denir. Diskriminant analizinin bir diğer işlevi ise, gruplardan herhangi birisine ait olan fakat hangi gruptan geldiği bilinmeyen bir birimin ait olduğu grubu en az hata ile saptamaktır. Diskriminant analizi, değişken üzerindeki farklılıkların değişkenliklerin yoğunluk bölgelerinin belirlenmesini ve farklılaşmada etkili etkenlerin belirlenmesini sağlar.

Bu analiz metodu gözetimli öğrenme yöntemi olup çalışmada ikinci bir yol olarak kullanılmıştır. Belirlenen özellikler hesaplandıktan sonra yapay sinir ağlarına benzer olarak aynı değer DDA sınıflama modülüne girdi olarak verilir ve sınıflanmış görüntü çıktı olarak elde edilir.

### 2.2. Gözetimsiz Öğrenme

Gözetimsiz öğrenme, etiketlenmemiş ham verideki gizli yapıyı bulma işlemidir. Veriler arasında var olan ama gözle görülmeyen bağıntının açığa çıkarılması işlemidir. Veriler arasında böyle bir ilişki olabilir veya olmayabilir, bu yüzden gözetimsiz öğrenmede yanlış sonuca varma gibi bir durum yoktur. Gözetimsiz öğrenmeye verileri ortak değerler etrafında toplama ilkesine dayanan kümeleme yöntemleri örnek

verilebilir. Bu çalışmada, en yaygın kullanılan model K-Means kümeleme ve Gauss karışım yöntemleri seçilmiştir.

### 2.2.1. K-Means Kümeleme

K-Means kümeleme algoritması, merkez olarak belirlenen bir noktanın kümeyi temsil etmesi gerektiği varsayımına dayanır. Algoritma dairesel biçimli eşit büyüklüğe sahip veri kümeleri oluşturmaya çalışır. Algoritmaya da ismini veren öncelikli yapılması gereken her biri her bir veri kümesinin merkezini temsil edecek k tane obje belirlenir. Seçilen nesnelere dışındaki diğer nesnelere (veriler) merkeze olan uzaklıkları dikkate alınarak en yakın oldukları sınıflara dahil edilirler. Bir sonraki adımda kümelerin ortalama değerleri ayrı ayrı hesaplanarak kümelerin yeni merkezleri belirlenir. Merkezlerin belirlenmesinin ardından kümelere dahil edilen nesnelere merkezlerine olan uzaklıkları yeniden hesaplanır. Bu uzaklıkların hesaplanması için başta Öklid uzaklığı olmak üzere farklı hesaplama yöntemleri kullanılır. Bu işlemler her obje kümesini koruyana kadar devam eder.

### 2.2.2. Gauss Karışım Modelleme

Gauss Karışım Modelleme (GKM) istatistiksel desen eşleştirme problemlerinde kullanılan modellerin oluşturulmasında kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. GKM, her biri birer Gauss olasılık dağılımıyla ifade edilen bileşenlerin ağırlıklandırılmış toplamından oluşur.

GKM temel olarak Gauss dağılım ilkesine dayanır. Bu dağılım ailesinin her bir üyesi sadece iki parametre ile, tam olarak tanımlanabilir: Bunlar konum gösteren ortalama ( $\mu$  aritmetik ortalama) ve ölçek gösteren varyans ( $\sigma^2$  yayılım) dır.

Standart normal dağılım ortalama değeri 0 ve varyans değeri 1 olan normal dağılım ailesinin tek bir elemanıdır. Bu olasılık fonksiyonunun grafik şekli bir çan gibi görüntü verdiği için çoğu kez çan eğrisi olarak da anılır.

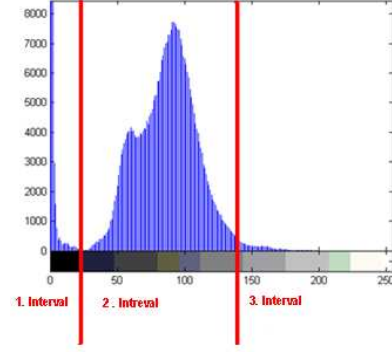
Bu çalışmada, görüntünün histogramının içerdiği Gauss eğrilerinden yararlanılmıştır. Hastalıklı bölgelerin bulunduğu Gauss eğrisi ve görüntünün diğer bölgelerinin bulunduğu Gauss eğrileri bölütleme için kullanılmıştır.

## 2.3. Görüntü İyileştirme

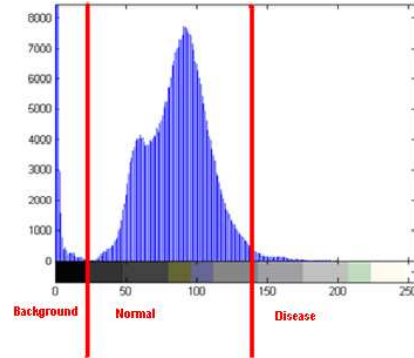
### 2.3.1. Görüntü Eşikleme

Eşikleme (Thresholding), görüntüyü bölütlemek amacıyla kullanılan en yaygın metotlardan biridir. Eşikleme ile görüntü içerisindeki belirlenen bölümlerin vurgulanması diğer kısımların ise bastırılması sağlanır. Bu yöntemde gri seviyedeki görüntünün histogramından faydalanılır. Histograma göre sonuç, görüntüde vurgulanacak ve bastırılacak bölümler olmak üzere iki kısma ayrılır. Daha sonra bir T (threshold) eşik değeri belirlenir. Her iki grubu birbirinden ayırmak için piksel değerleri ile eşik değerleri karşılaştırılacaktır. Bu yaklaşımla, görüntü üzerindeki herhangi bir noktanın pikseli için  $(i, j)$ ;  $f(i, j) > T$  ise  $(i, j)$  birinci gruba ait bir nokta,  $f(i, j) \leq T$  ise  $(i, j)$  pikseli ikinci gruba ait bir nokta olacaktır.

Örnek bir görüntüye ait histogramın bölümleri ve görüntünün ifade ettiği bölümler Şekil-3 ve Şekil-4'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Histogram bölümleri



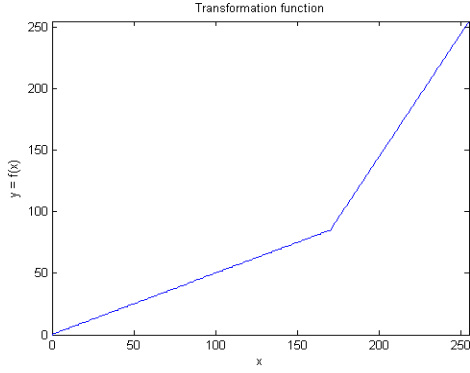
Şekil 4: Histogram bölümlerinin görüntüde ifade ettiği bölgeler

### 2.3.2. Histogram Germe (Stretching)

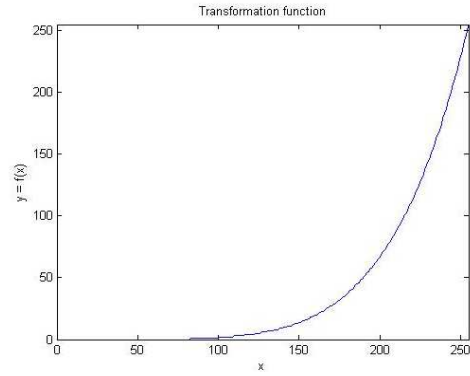
Histogram germe, histogram eşitlemeye benzer bir işlemdir. Histogram eşitlemeden farklı olarak doğrusal bir dönüşümdür. Bu nedenle resmin histogramını düzenlerken içerisindeki verilerin deformasyonunu azdır. Histogram germe için aşağıda belirtilen formül kullanılır. Burada a resim içerisindeki en küçük değerli pikselin değerini, b ise en büyük değeri göstermektedir. A değeri yeni resimde oluşması istenen en büyük, B değeri ise oluşması istenen en küçük değerlerdir. Histogram eğrisini 0-255 arasına girmek için A=255 B=0 seçilmelidir.

$$x_{yeni} = (A - B) \frac{x_{eski} - a}{b - a} + B \quad (1)$$

Bu yöntem için parçalı logaritmik ve doğrusal olmak üzere iki farklı fonksiyon kullanılmıştır. Kullanılan fonksiyonlar Şekil-5 ve Şekil-6'da gösterilmiştir.



Şekil 5: Parçalı lineer fonksiyon



Şekil 6: Logaritmik fonksiyon

### 3. Sonuçlar

Bu çalışmada, DR'nin tespiti için en yaygın yöntem olan FFA görüntüleri üzerinde çalışılmıştır. Göz retinasındaki kanamalı olan bölgeler vurgulanarak açığa çıkarılması amaçlanmıştır. Bu sayede, görüntüler üzerinde yapılan işlemler sonucunda daha önce doktorlar tarafından ham görüntü üzerinde seçilemeyen kanamalı bölgelerin belirginleştirilmesi sağlanmıştır.

Görüntüler üzerinde farklı yöntemler kullanılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Gözetimli ve gözetimsiz öğrenme yöntemleri, görüntü iyileştirme teknikleri altında farklı metotlar kullanılmıştır.


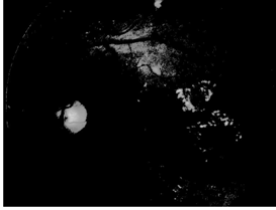

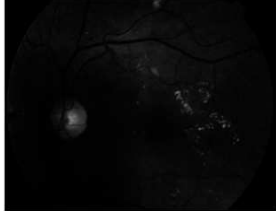
DDA yöntemi ile 2 sınıflı bir sınıflama yapılmıştır. DDA yöntemi ile elde edilen sonuçlarda lacivert ile gösterilen kısımlar DR, yeşil bölgeler sağlıklı ve arka plan kısımlarını, kırmızı ile belirtilen bölgeler ise öğrenme için kullanılan bölümleri ifade etmektedir.

Sınıflama algoritmalarından yapay sınıf ağları metodu için DR, sağlıklı ve arka plan olmak üzere 3 sınıf belirlenmiştir. Yeşil kısımlar sağlıklı, lacivert kısımlar DR, kırmızı bölümler öğrenme için kullanılan bölümleri ve gri kısımlar ise arka planı temsil etmektedir.

Uygulanan metotlar arasında histogram işlemlerine dayanan görüntü iyileştirme metotları öne çıkmıştır. Şekil-1 de verilen örnek görüntü için tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlar

Çizelge-1'de verilmiştir. Elde edilen görüntülerde ağ yapısının yoğun olduğu görme merkezi vurgulanmıştır. Gauss karışım modeli ve histogram eşikleme metodundan elde edilen görüntüler birbiri ile örtüşmektedir. Aynı zamanda doktorların DR teşhisi koyduğu bölgeler ile büyük oranda örtüşmektedir.

Çizelge 1: Tüm metotlarla elde edilen görüntüler

Metot	Sonuç
Doğrusal Diskriminant Analiz	
Yapay Sinir Ağları	
K-Means Kümeleme	
Gauss Karışım Modeli	
Görüntü Eşikleme	
Histogram Germe (Doğrusal Fonksiyonla)	
Histogram Germe (Logaritmik Fonksiyonla)	

#### 4. Kaynaklar

- [1] Keleşoğlu, Ö. ve Fırat, A., "Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi", Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Der., 18(1), 133-141, 2006.
- [2] Giancardo, L., "Quality Analysis of Retina Images For The Diagnosis Of Diabetic Retinopathy", A Thesis Degree Of Msc Erasmus Mundus In Vision and Robotics, 2008.
- [3] Berger, J.W., "Quantitative Image Sequence Analysis Of Fundus Fluorescein Angiography", Scheie Eye Institute, University of Pennsylvania, 1999.
- [4] Archarya, U.R., Lim, C.M., "Computer Based Detection of Diabetes Retinopathy Stages Using Digital Fundus Images", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine, 223, 7:545-553. 2009.