



## Determination of the relationship between sodium ring width on iris and cholesterol level

Çetin Kurnaz\*<sup>ib</sup>, Burak Kürşat Gül<sup>ib</sup>

Department of Electrical and Electronics Engineering, Ondokuz Mayıs University, Samsun, 55139, Turkey

### Highlights:

- Determination of the width of sodium ring around iris
- Relationship between cholesterol values and sodium ring width
- Proposal of an empirical method with linear/multilinear regression analysis

### Keywords:

- Iris
- Sodium ring width
- Cholesterol
- Biomedical image processing
- Regression analysis

### Article Info:

Received: 13.04.2017

Accepted: 17.11.2017

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416452

### Acknowledgement:

### Correspondence:

Author: Çetin Kurnaz  
e-mail: ckurnaz@omu.edu.tr  
phone: +90 362 312 1919

### Graphical/Tabular Abstract

The sodium ring, which is one of the symptoms of high cholesterol, is a colored ring close to the whiteness formed around the iris. The examination of this ring and its follow up can be considered as an alternative to control the level of cholesterol.

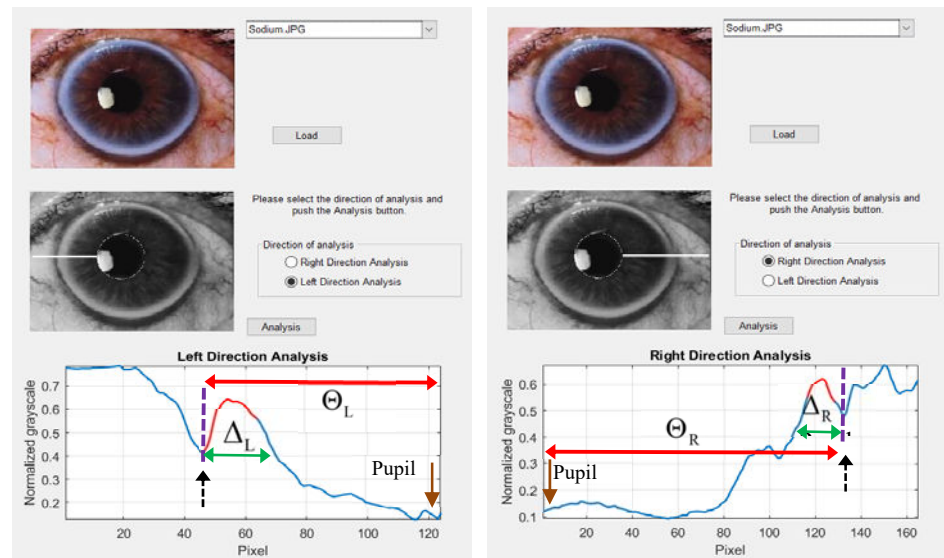


Figure A. Iris analysis to determine sodium ring width

**Purpose:** The purpose of this study is to calculate of the sodium ring width and then to determine the relationship between the sodium ring width and the level of cholesterol.

### Theory and Methods:

Sodium ring widths were determined using eye images obtained from 15 different patients. The relationship between these values and the cholesterol values of the patients was investigated.

### Results:

Novel methods for determining sodium ring width have been proposed using, total cholesterol, LDL, HDL, and triglycerides.

### Conclusion:

With the use of the proposed method, the sodium ring width on iris can be determined with 86% accuracy by using cholesterol values.



## İristeki sodyum halkası genişliği ile kolesterol seviyesi arasındaki ilişkinin belirlenmesi

Çetin Kurnaz\*<sup>ID</sup>, Burak Kürşat Gül<sup>ID</sup>

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kurupelit, Samsun, 55139, Türkiye

### Ö N E Ç I K A N L A R

- İris çevresindeki sodyum halkası genişliğinin belirlenmesi
- Kolesterol değerleri ile sodyum halkası genişliğinin ilişkisi
- Doğrusal/Çoklu Doğrusal regresyon analizi ile deneysel bir yöntem önerilmesi

### Makale Bilgileri

Geliş: 13.04.2017

Kabul: 17.11.2017

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416452

### Anahtar Kelimeler:

İris,  
Sodyum halkası genişliği,  
Kolesterol,  
Biyomedikal görüntü işleme,  
Regresyon analizi

### ÖZET

Yüksek kolesterolün belirtilerinden olan sodyum halkası, iris çevresinde oluşan beyaza yakın parlaklıkta bir bölgedir. Bu halkanın incelenmesi ve değişiminin takip edilmesi, kolesterol seviyesinin belirlenmesi ve kontrol edilmesine alternatif bir yöntem olarak düşünülebilir. Bu çalışmada, sodyum halka genişliğinin hesaplanması, hesaplanan genişlik ile kolesterol seviyesi arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için 15 farklı hastadan elde edilen göz resimleri kullanılarak sodyum halka genişlikleri belirlenmiştir. Belirlenen bu değerler ile hastanın kolesterol değerleri arasındaki ilişki incenmiş ve literatürde var olmayan bir sodyum halka genişliği belirleme yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem ile iriste meydana gelen sodyum halka genişliği kolesterol değerleri kullanılarak %86 doğrulukla belirlenebilmektedir.

## Determination of the relationship between sodium ring width on iris and cholesterol level

### H I G H L I G H T S

- Determination of the width of sodium ring around iris
- Relationship between cholesterol values and sodium ring width
- Proposal of an empirical method with linear / multilinear regression analysis

### Article Info

Received: 13.04.2017

Accepted: 17.11.2017

### DOI:

10.17341/gazimmfd.416452

### Keywords:

İris,  
Sodium ring width,  
Cholesterol,  
Biomedical image  
processing,  
Regression analysis

### ABSTRACT

The sodium ring, which is one of the symptoms of high cholesterol, is a colored ring close to the whiteness formed around the iris. The examination of this ring and its follow up can be considered as an alternative to control the level of cholesterol. The aim of this study is to calculate of the sodium ring width and then to determine the relationship between the sodium ring width and the level of cholesterol. For this, sodium ring widths were determined using eye images obtained from 15 different patients. The relationship between these values and the cholesterol values of the patients was investigated and a sodium ring width determination method which is not existed in the literature has been proposed. With the use of the proposed method, the sodium ring width on iris can be determined with 86% accuracy by using cholesterol values.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İris, göz bebeğini çevreleyen ve kastan oluşan renkli dokudur. Kasılıp gevşeyerek göz bebeği büyüklüğünün değişmesini sağlamaktadır. Bu sayede, farklı aydınlık ortamlarda, göze giren ışık miktarını ayarlayabilmektedir. Şekil 1’de insan gözünün yapısı gösterilmiştir.

İrisin oluşumu genetik yapıya değil embriyonun gelişimine bağlıdır. Bu yüzden tek yumurta ikizlerinin hatta kişinin kendi sağ ve sol gözünün irisleri bile farklı desene sahiptir. Benzersiz bir deseni olan iriste, 173 tanesi iris tanıma sistemlerinde kullanılabilen, yaklaşık 400 farklı karakteristik özellik bulunduğu tespit edilmiştir [1]. İris deseninin milimetre karedeki yoğunluğu 3,4 bittir. Bu da yaklaşık olarak  $10^{78}$  farklı iris deseni olabileceği anlamına gelmektedir [2]. İris, çok iyi korunan bir iç organdır. Bu özelliğinin yanında dış ortamdan kolaylıkla incelenebilmesi, irisi ideal bir biyometrik organ yapmaktadır. İris yardımıyla kimlik tespiti fikri, ilk olarak Fransız göz doktoru Alphonse Bertillon tarafından ortaya atılmıştır [3]. Ardından Aran Safir ve Leonard Flom irisin biyometrik sistemlerde kullanılabilmesini savunmuşlardır [4]. İris tanıma adına ilk umut verici çalışma Daugman tarafından gerçekleştirilmiştir [5]. Ayrıca Boles [6] ve Wildes’in [7] geliştirdikleri iris tanıma yöntemleri, iris tanıma sistemlerine önemli katkı yapmıştır. İlk iris tanıma sistemi Daugman tarafından olmuştur [8]. İris tanıma sistemlerinin popülerliği en eski biyometrik sistemlerden olan parmak izi tanıma [9, 10] sistemlerine göre her geçen gün artmaktadır. Buna neden olarak; irisin normal koşullarda ömür boyu hiç deforme olmaması, iris deseninin oldukça fazla karşılaştırma noktasına sahip olması, iris tanıma işlemleri süresince cihazlara temas gerekmemesi, pahalı donanım kullanmadan iris tanıma işleminin gerçekleştirilmesi, gözlük, lens, koruyucu kıyafet gibi aksesuarların çıkarılmasına gerek olmayışı gösterilebilir. İris tanıma sistemlerinin en önemli dezavantajı olarak ise, göz resmi alınırken iris deseni üzerinde bulunan gürültüler (özellikle resmin alındığı anda gözün tam açık olmaması) ve göz resminin alındığı ortamın aydınlık durumunun uygun değerde olmaması gösterilebilir.

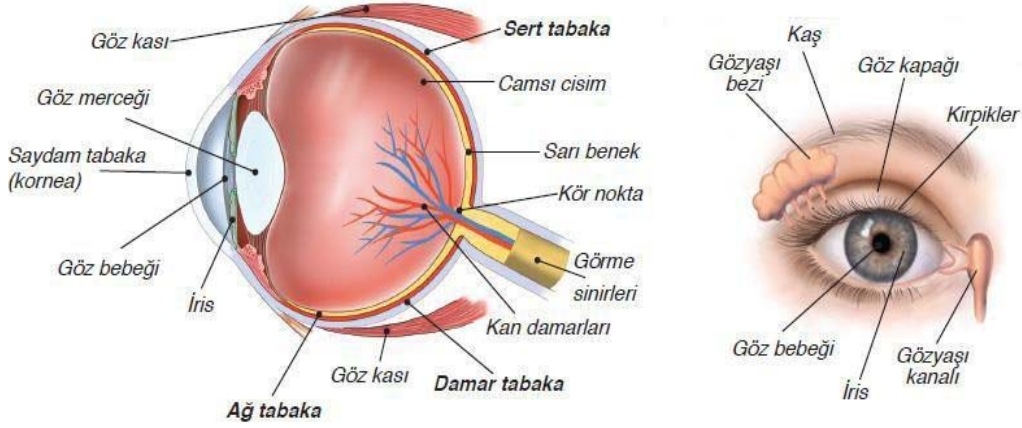
İris deseninin, çok fazla ayırt edici karakteristik özellik barındırmasının yanında insan vücudundaki metabolik değişimleri dışı vurma özelliği de mevcuttur [11]. İris, beyin ile organlar arasında iletişim halinde bulunan yaklaşık 28.000 sinir ağını barındırmaktadır. Bir organ düzensiz çalıştığında beyin bu durum hakkında bilgi göndermekte ve bu bilgi iris üzerine desen, renk veya karakteristik özellik değişikliği olarak yansımaktadır [12]. İriste meydana gelen bu değişikliklerin türüne ve konumuna bakılarak organ veya dokuların sağlık durumları hakkında bilgi edinilebilmektedir. Bazı durumlarda henüz hastalık belirtileri başlamamışken iristeki değişimler vasıtasıyla organlardaki bozukluklar fark edilebilmektedir. Şekil 2’de iriste gözlemlenen organ ve doku bozuklukları belirtilerine bazı örnekler verilmiştir [13]. İris deseni üzerindeki metabolizma değişimi belirtilerini inceleyerek organ ve dokuların sağlık

durumu hakkında bilgi edinebilen bilim dalına irido tanı veya iridoloji denilmektedir. İridoloji 19.yy’ın sonlarına doğru Ignatz von Peczely tarafından ortaya çıkarılmıştır. Farklı hastalıkların iriste farklı bölgelerde değişiklikler meydana getirdiğini keşfeden Peczely, irisin haritasını çıkarmaya başlamıştır [14]. İris haritasını tamamlayarak son haline getiren Bernard Jensen, iridolojinin yaygınlaşmasına önemli katkıda bulunmuştur [15]. Sağ ve sol iris haritası Şekil 3’de gösterilmiştir. İris haritaları 80’i sağ, 86’sı sol iriste olmak üzere toplam 166 kısımdan oluşmaktadır [11]. İris haritasında bir bölgenin tarif edilmesi saat sistemine göre yapılmaktadır. Örneğin akciğer ile ilgili bölge sağ iriste saat 9 ile 10 arasında, sol iriste ise saat 2 ile 3 arasındadır.

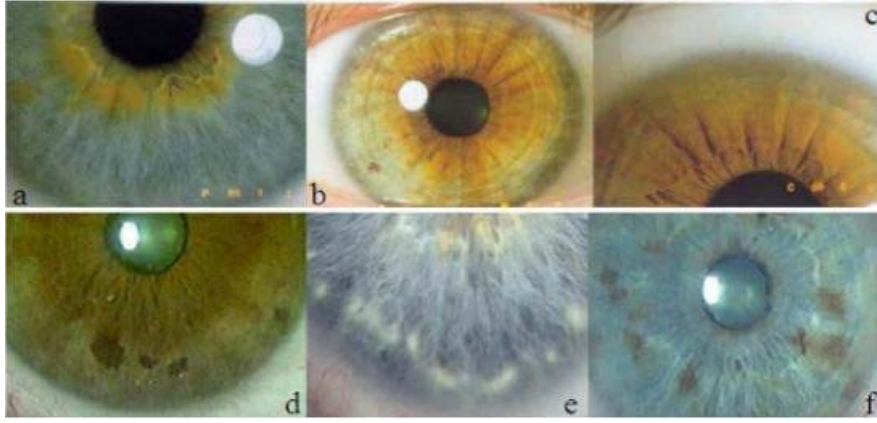
Literatürde iridoloji alanındaki çalışmalar genellikle iris deseni üzerinde belirli bir doku ya da organ ile ilgili bölgeler üzerinedir. Bu çalışmalarda, göz resminden iris desenini ayırırken iris tanıma yöntemleri kullanılırken, iris deseni üzerinde incelenen kısımla ilgili organda veya dokuda bozukluk olup olmadığı iridoloji kullanılarak belirlenmektedir. Bu çalışmaların bazıları şu şekildedir; iris üzerindeki değişimler incelenerek böbrek [16, 17], mide [18], akciğer [11], sindirim borusu ve sinir sistemi [19], pankreas [20] gibi organların sağlık durumunu kontrol edilmiştir. İris üzerinde birden çok organ veya dokudaki bozuklukları denetleyen çalışmalar da bulunmaktadır [16, 21]. İris üzerindeki belirtileri yorumlayarak derecelendiren ve bu sayede rahatsızlık seviyesini bulabilen çalışmalar da mevcuttur [11]. [22-24]’deki çalışmalarda iris analizi ile kişinin davranış ve kişilik bozukluğu hakkında bilgi edinmek amaçlanmış ve kişi hakkında profil analizi yapılmıştır. İris deseninde bulunan boşlukları tespit ederek bazı kronik hastalıkları teşhis edebilen çalışmalar da bulunmaktadır [25]. [26]’da sigara içen veya genellikle kirli havaya maruz kalan insanlarda oluşan iris belirtileri tespit edilmiştir. İrisin dış kısmında oluşan ve yüksek kolesterol belirtisi olan sodyum halkası tespiti [27-29] yapan ve sodyum halkası genişliğini belirleyen [30-32] çalışmalar bulunmaktadır. Ancak bu çalışmaların hiçbirisinde sodyum halkası genişliği ile kolesterol seviyesi arasında bir ilişkilendirme yapılmamıştır.

### 1.1. Kolesterol (Cholesterol)

Kolesterol, hücre zarında bulunan ve kan plazmasında taşınan sterollerin (steroid ve alkol bileşimi) hayvanlar tarafından üretilen çeşididir [33]. Kimyasal formülü  $C_{27}H_{46}O$  olan kolesterolün az bir miktarı hayvansal gıdalardan temin edilirken büyük bir kısmı vücutta sentezlenir [34]. Kolesterolün birçok biyokimyasal reaksiyonda kullanılmasına karşın kanda yüksek dozda bulunması kalp hastalıklarını tetiklemektedir. Kanda yüksek kolesterol bulunması, diğer adıyla hiperkolesterolemi, genetik ve çevresel faktörlere bağlı olarak ortaya çıkabilen ve insan sağlığını tehdit eden bir durumdur. Hiperkolesteroleminin sürekli devam etmesi durumunda kolesterol damarlarda birikerek damar sertleşmesine (ateroskleroz) yol açar. Damar sertleşmesinin en önemli sebeplerinden bir tanesi vücutta düşük yoğunluklu lipoprotein (low density lipoprotein, LDL) seviyesinin yüksek olmasıdır. Benzer şekilde trigliserid de



Şekil 1. İnsan gözünün yapısı (The structure of the human eye)



Şekil 2. İris deseninde a) bükülme b) halka oluşması c) gerilme d) siyah nokta e) beyaz nokta f) hem siyah hem beyaz nokta belirtilerine örnekler

(Spots on the iris: a) texture folds b) texture rings c) texture volts d) dark spots e) light spots f) dark and light spots on the same texture)

insan sağlığına zararlı ve dikkat edilmesi gereken esterdir. Yüksek yoğunluklu lipoproteinler (high density lipoprotein, HDL) ise damar sertleşmesini yavaşlatmakta hatta geriletmektedir. Sağlık açısından kişide bulunan LDL değerinin 100 mg/dL (2,6 Mol/L) seviyesini geçmemesi istenmektedir. Toplam kolesterol/HDL oranının 5 civarında olması ise sağlık açısından en uygun durum olarak kabul edilebilir. Amerikan Kardiyoloji Derneği'nin insanların kolesterol seviyesi kalp hastalıkları ilişkisi konusunda bilinçlenmesi amacıyla oluşturduğu kolesterol düzeyi Tablo 1'de verilmiştir.

### 1.2. Sodyum Halkası (Sodium ring)

Kandaki yüksek kolesterolün belirtilerinden birisi iris etrafında oluşan sodyum halkasıdır (arcus senilis) [35]. Bu belirtiler kornea kenarında lipit toplanmasına dayalı iris çevresinde gri veya beyaz renkte halka oluşmasıdır. Kolesterol seviyesindeki artış ile orantılı olarak sodyum halkasının kalınlığının da arttığı düşünülmektedir. Şekil 4'de sodyum halkası bulunan irisler için iki örnek gösterilmiştir [36, 37].

Tablo 1. Kolesterol düzeyi (Cholesterol level)

Toplam Kolesterol [mg/dL]	LDL Kolesterol [mg/dL]	Kategori
<200	<100	Arzulanan düzey
--	100-129	Orta
200-239	130-159	Sınırdaki/Riskli
>239	160-189	Yüksek
--	>190	Çok Yüksek

Bu belirtiler genellikle 45 yaş üzeri bireylerde görülmekle birlikte kalıtsal olarak ailesinden yüksek kolesterol ve trigliserit almış ve buna bağlı olarak birçok kez hiperkolesterolemi durumu yaşamış daha genç kişilerde de görülebilmektedir. Sodyum halkası, hastanın görmesine hiçbir şekilde etki etmemekte ve tedavi gerektirmemektedir.

## 2. DENEYSEL METOT (EXPERIMENTAL METHOD)

Bu çalışmada, yüksek kolesterol belirtilerinden olan iristeki sodyum halkası genişliğinin tespit edilmesi ve bu genişlik ile





Şekil 3. İris haritasına bir örnek (An example of an iris chart)

kolesterol seviyesi arasındaki ilişkinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Temel olarak iki aşamaya ayrılan çalışmanın ilk aşamasında internet üzerindeki açık kaynaklardan, ikinci aşamasında ise gerçek hastalardan elde edilen göz resimleri kullanılarak sodyum halkası genişlikleri hesaplanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında sadece sodyum halkası genişlikleri, ikinci aşamasında ise sodyum halka genişliği yanında sodyum halkası genişliği ile toplam kolesterol, kötü kolesterol (low density lipoprotein, LDL), iyi kolesterol (high density lipoprotein, HDL) ve trigliserit değerleri arasındaki ilişki belirlenmiştir. Çalışmanın ilk aşamasında kullanılan farklı genişlik ve özellikteki sodyum halkası belirtili 12 göz resmi Şekil 5’de verilmiştir [36-38]. Çalışmanın ikinci aşamasında 15 gönüllü hastadan alınmış göz resimleri ise Şekil 6’de verilmiştir. Göz resimleri Samsun şehir merkezinde bulunan bir Sağlık Ocağında 3 ay boyunca gelen hastalardan iris çevresinde sodyum halkası bulunanlardan alınmıştır. Resimler aynı oda içerisinde, aynı parlaklık düzeyinde Canon Marka EOS 550D model (18 Mpiksel çözünürlük) fotoğraf makinası kullanılarak alınmıştır. Fotoğraf makinası ile hasta arasındaki mesafe yaklaşık 10 cm’dir. Göz resimleri kullanılan hastalara ait cinsiyet ve yaş bilgileri Tablo 2’de verilmiştir. Tablo 2’den de görüldüğü gibi çalışmada kullanılan iris resimleri hastalardan cinsiyet ve yaş ayrımı gözetmeksizin alınmıştır.



Şekil 4. Sodyum halkalı iris örnekleri (Examples of iris with sodium ring)

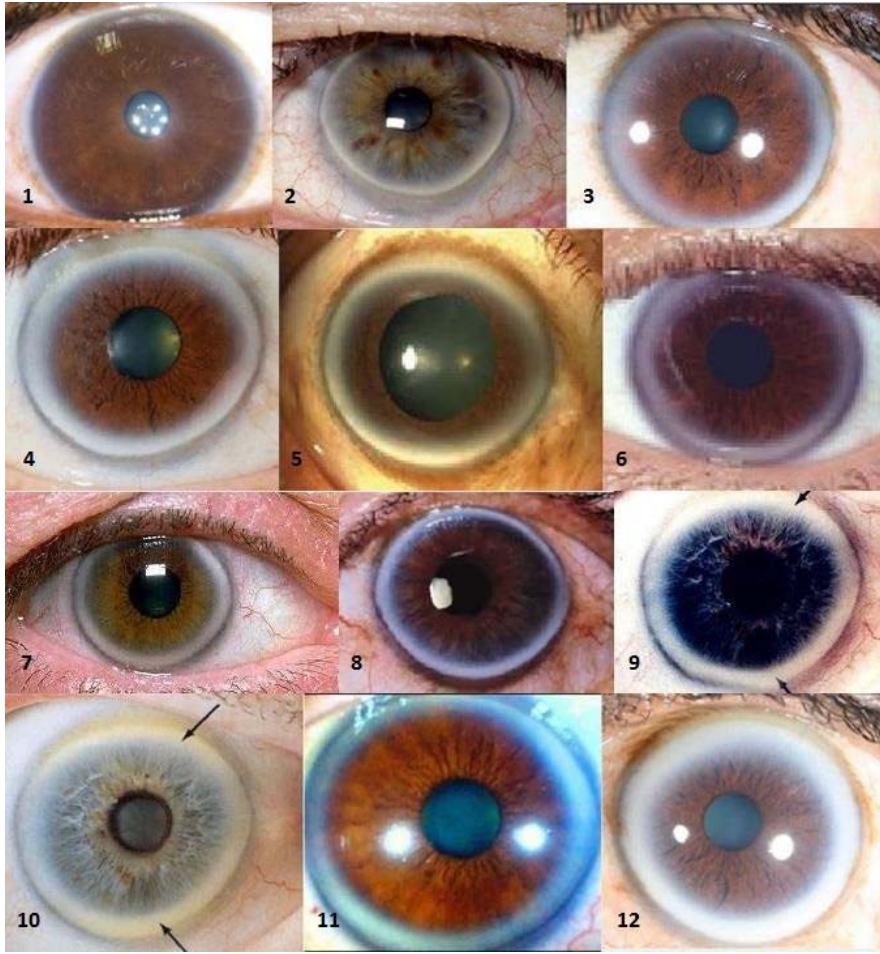
Tablo 2. Çalışmada kullanılan 15 hasta için cinsiyet ve yaş bilgileri

(Gender and age information for 15 patients used in the study)

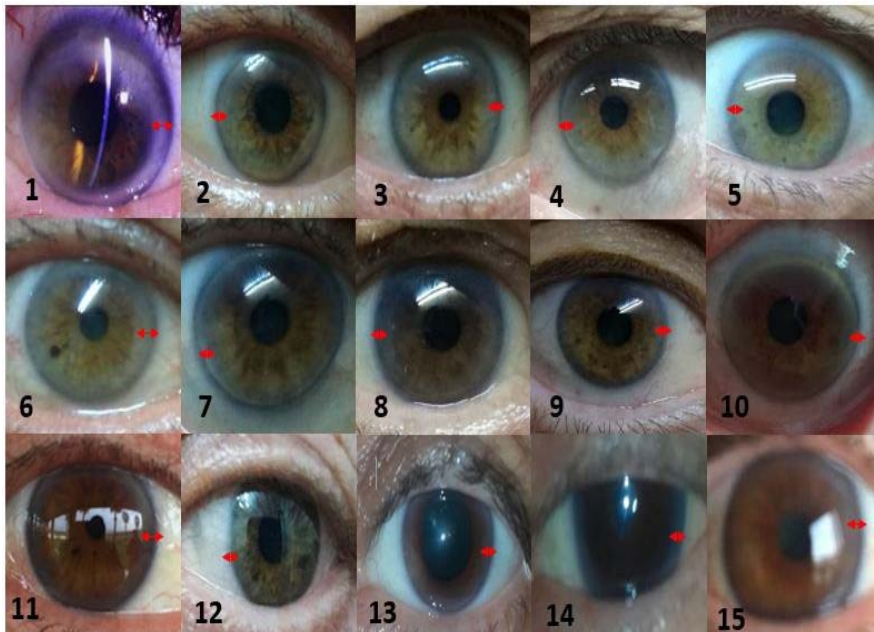
Hasta Numarası	Cinsiyet	Yaş
1	Erkek	44
2	Erkek	73
3	Erkek	83
4	Erkek	70
5	Kadın	62
6	Erkek	68
7	Erkek	70
8	Erkek	71
9	Kadın	73
10	Kadın	80
11	Erkek	63
12	Erkek	77
13	Kadın	70
14	Kadın	67
15	Erkek	62

Çalışmada MATLAB programlama dili kullanılarak iristeki sodyum halkası genişliği tespit eden bir program oluşturulmuştur. Program kısaca, işlem yapılacak göz resminin seçilmesi, göz bebeğinin saptanması ve sodyum halkası için analiz yönünün belirlenmesi ve sodyum halkasının belirlenmesi temel aşamalarından oluşmaktadır.

Oluşturulan programda üzerinde çalışılan göz resimlerine uygulanan ilk işlem, göz bebeklerinin bulunmasıdır. Bu çalışmada göz bebekleri integral diferansiyel operatörü (integral differential operator) yöntemi [8] ile bulunmuştur. İntegral Diferansiyel Operatörü (İDO) yöntemi, irisin iç ve dış sınırlarını belirleyen, oldukça yüksek doğruluk oranı ile çalışan bir yöntem olup matematiksel ifadesi Eş. 1’de verildiği gibidir.



Şekil 5. Çalışmanın ilk aşamasında kullanılan göz resimleri (Eye pictures used in the first stage of the study)

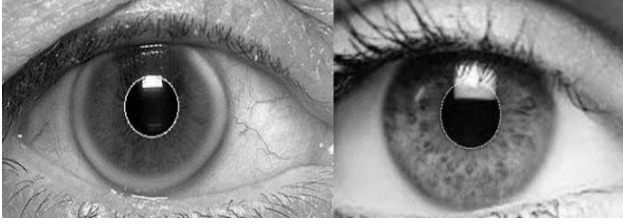


Şekil 6. Çalışmada kullanılan göz resimleri (Eye pictures used in the second stage of the study)

$$\max_{(r,x_0,y_0)} \left| G_{\sigma} * \frac{\partial}{\partial r} \phi \frac{I(x,y)}{2\pi} ds \right| \quad (1)$$

Burada  $I(x, y)$  I resmindeki  $(x, y)$  konumunun parlaklık değerini,  $x_0$  ve  $y_0$  olası merkez noktasının koordinatlarını,  $r$  olası merkez noktasına uzaklığı,  $G_{\sigma}$  ise  $\sigma$  standart sapmalı Gauss fonksiyonunu göstermektedir.

İDO yöntemi kullanılarak göz bebeği bulunmuş resimlere iki örnek Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7. İDO yöntemi kullanılarak göz bebeğinin bulunma örnekleri (Examples of finding pupil using IDO method)

Göz bebeği bulunduktan sonra göz bebeğinin sağında ve solunda kalan bölgeler incelenerek (Şekil 8), irisin dış bölgesinde sodyum halkası olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için düşey ekseninde göz bebeği merkezi hizasında, yatay ekseninde ise göz bebeğinin sağından veya solundan başlayıp resmin sonuna kadar devam eden bölgeler belirlenmiştir. Şekil 8'de beyaz renkli dikdörtgen analiz edilen bölgeyi temsil etmektedir. İncelenecek renk tonunun ani değişimini önlemek amacıyla analiz edilen bölgenin yüksekliği 7 piksel olarak belirlenmiştir. Daha sonra yedi satırdan oluşan matris, sütunların ortalaması alınarak analiz yönü boyunca parlaklık değişimi (0-255 arası değer alabilen) bulunmuştur. Her bir değer en yüksek parlaklık değeri olan 255'e bölünerek normalize parlaklık değişimi elde edilmiştir. Sağ ve sol yönde analiz için oluşturulan program çıktısının bir örneği Şekil 9'da verilmiştir. Şekil 9'dan da görüldüğü gibi normalize parlaklık değişimi incelendiğinde sodyum halkası olması durumunda göz bebeği ile göz akı arasında yeni bir tepe oluşumu söz konusudur. Tepe noktası bulunduktan sonra irisin en dış noktası belirlenmiştir. Sodyum halka genişliği yeşil, irisin en dış noktası siyah ve göz bebeğinin büyüklüğü kırmızı ok ile gösterilmiştir. İki yönde hesaplama yapıldıktan sonra sağ ve sol yöndeki analiz sonuçlarının ortalaması alınarak Sodyum Halkası Genişliği (SHG) elde edilmiştir. Sonrasında ise sodyum halka genişlikleri göz yarıçapına oranlanarak normalize sodyum halka genişliği (NSHG) elde edilmiştir.



Şekil 8. Iris üzerinde sol ve sağ yönde analiz bölgeleri (Right and left direction analysis zones on iris)

Şekil 8'de gösterilen  $\Delta_R$  sağ,  $\Delta_L$  sol yöndeki sodyum halka genişliği,  $\theta_R$  sağ,  $\theta_L$  sol yönde göz yarıçapı olmak üzere NSHG Eş. 2-Eş. 5 ile ifade edilir.

$$NSHG_R = \frac{\Delta_R}{\theta} \quad (2)$$

$$NSHG_L = \frac{\Delta_L}{\theta} \quad (3)$$

$$NSHG = \frac{NSHG_R + NSHG_L}{2} \quad (4)$$

$$\Theta = \Theta_R + \Theta_L \quad (5)$$

### 2.1. Regresyon Analizi (Regression Analysis)

Regresyon analizi, bir ya da birden fazla bağımsız değişkenin, bağımlı bir değişkenle arasındaki ilişkiyi matematiksel bir denklem olarak ortaya koymak için kullanılır. Basit doğrusal (lineer) regresyon modelinde  $y$  bağımlı değişkeni  $x$  bağımsız değişkeni ile Eş. 6'da verildiği gibi ilişkilendirilir.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \varepsilon_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (6)$$

Çoklu doğrusal (multilineer) regresyon modelinde ise bağımlı değişkeni iki veya daha fazla bağımsız değişken ile Eş. 7 gibi ilişkilendirir.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \varepsilon_i \quad i=1,2,\dots,n \quad (7)$$

Burada,  $k$  değişken sayısını göstermektedir. Çoklu doğrusal regresyon modelinin matris formu Eş. 8'deki gibi ifade edilebilir.

$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & x_{11} & \dots & x_{1k} \\ 1 & x_{21} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 1 & x_{n1} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (8)$$

Matris gösterimindeki eşitliğin genel formu Eş. 9'da verilmiştir.

$$Y = X\beta + \varepsilon \quad (9)$$

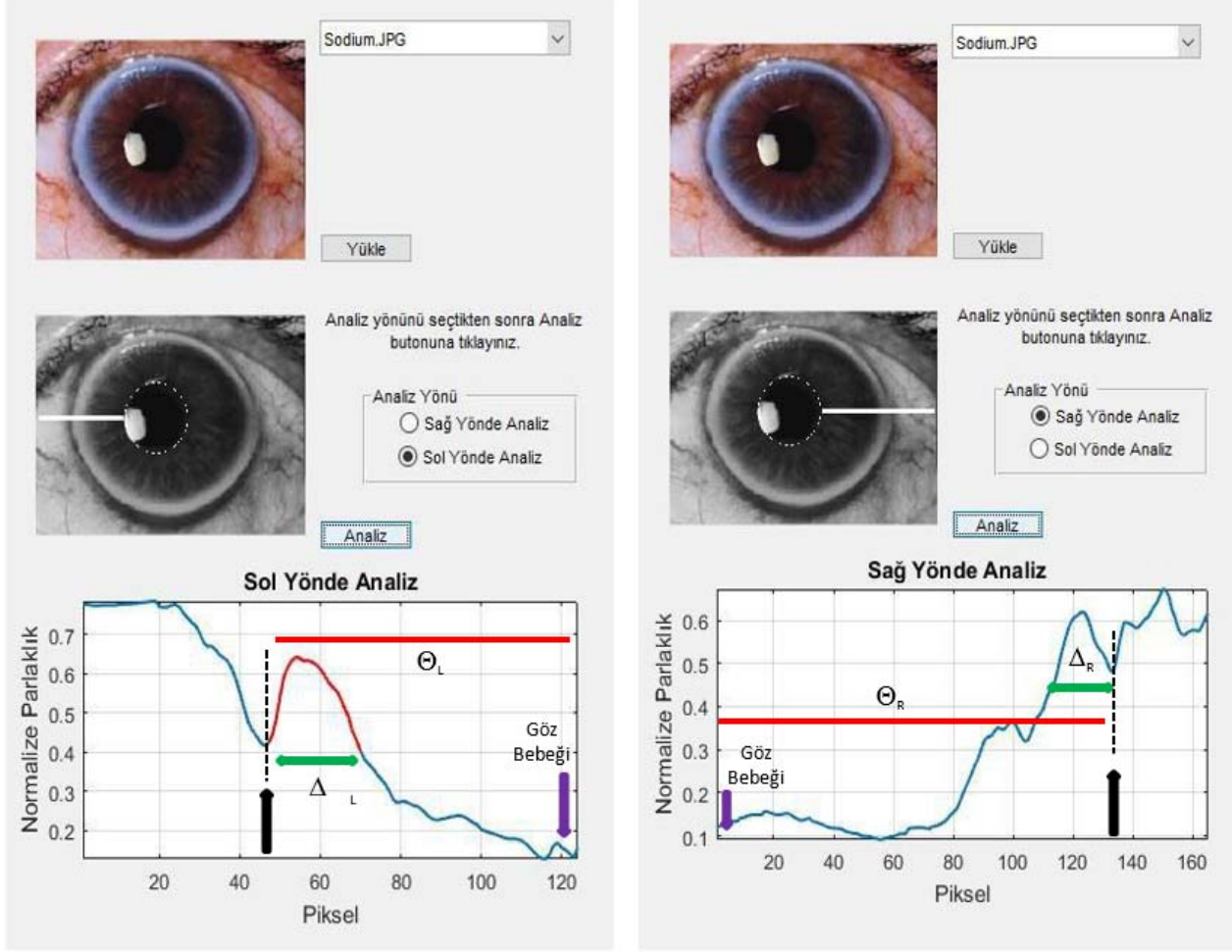
Burada,  $Y$  gerçek verilerin  $n \times 1$  boyutlu vektörünü,  $X$  giriş verilerinin  $n \times (k+1)$  matrisini,  $\beta$  regresyon parametrelerinin  $n \times 1$  vektörünü ve  $\varepsilon$  ise hatalar vektörünü göstermektedir. Minimum tahmin hatasına ulaştırılan  $\hat{\beta}$  vektörü en küçük kareler yöntemi kullanılarak Eş. 10 ile hesaplanır [39].

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (10)$$

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Çalışmanın ilk aşamasında 12 sodyum halkalı iris resmi analiz edilmiş ve belirlenen NSHG değerleri Tablo 3'de verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi tümünde sodyum





Şekil 9. Sağ/sol yön analizleri için program çıktısı (The program output for right/left direction analysis)

halkası belirtisi bulunan resimlerdeki NSHG değerleri 0,032 ile 0,266 aralığında değişmektedir. Şekil 5’de görüldüğü gibi en dar olan sodyum halka genişlikli 1 numaralı resim için NSHG 0,032 iken en geniş sodyum halka genişlikli 12 numaralı göz resmi için 0,266 gibi yüksek bir NSHG değeri elde edilmiştir.

**Tablo 3.** Birinci veri setine ait NSHD sonuçları (NSHD results of the first data set)

Resim Numarası	NSHG
1	0,032
2	0,064
3	0,086
4	0,107
5	0,107
6	0,112
7	0,127
8	0,141
9	0,175
10	0,195
11	0,233
12	0,266

Çalışmanın ikinci aşamasında 15 gerçek hastaya ait göz resimleri kullanılarak değerlendirmeler yapılmıştır. Bu aşamada bir önceki aşamaya ek olarak hastaların NSHG değerleri ile kolesterol değerleri arasındaki ilişki de incelenmiştir. 15 gerçek hastaya ait farklı sodyum halkalı göz resimleri, oluşturulan program yardımıyla analiz edilerek NSHG değerleri elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir. Tablo 3 incelendiğinde; NSHG değerinin 0,032 ile 0,177 aralığında değiştiği görülmektedir. En düşük NSHG 0,032 olarak 7 numaralı hastadan elde edilirken, en yüksek NSHG ise 0,177 olarak 1 numaralı hastadan elde edilmiştir. NSHG değerleri sodyum halka genişliği ile kolesterol değeri arasındaki ilişkiyi belirlemek için hastalara ait toplam kolesterol, LDL, HDL, trigliserit değerleri de Tablo 4’de verilmiştir. Tablo 4’den hastaların tamamına yakınının riskli seviyede LDL ve toplam kolesterol değerine sahip olduğu görülmektedir.

Kolesterol değerleri ile NSHG arasındaki ilişkiyi belirlemek için, NSHG ile toplam kolesterol, LDL, HDL ve trigliserit arasında doğrusal regresyon analizleri yapılmıştır. Toplam kolesterol ile NSHG arasındaki ilişki Eş. 11’de verilmiştir.



**Tablo 4.** 15 hasta için NSHG ve kolesterol değerleri (NSHG and cholesterol values for 15 patients)

Hasta Numarası	Toplam Kolesterol [mg/dL]	LDL [mg/dL]	HDL [mg/dL]	Trigliserit [mg/dL]	NSHG
1	185	110	60	75	0,177
2	238,2	161	54,2	115	0,096
3	208	140,1	44,9	115	0,147
4	215,3	145,3	41,2	144	0,095
5	238,7	144,4	67,3	135	0,102
6	211	135,6	48	137	0,137
7	215	119	34,8	306	0,032
8	183,3	126,7	37,4	96	0,077
9	243,6	144,9	62,7	180	0,092
10	218	153	36	232	0,040
11	290	175,4	81	192	0,154
12	199	102	50	225	0,079
13	225	170	68	157	0,132
14	222	108	44	162	0,096
15	208	124	56	132	0,121

LDL, HDL ve trigliserit ile belirlenen NSHG değerleri ise sırasıyla Eş. 12, Eş. 13 ve Eş. 14'de verildiği gibidir.

$$\hat{Y}=0,06773+0,00016X_1 \quad (11)$$

$$\hat{Y}=0,06553+0,00028X_2 \quad (12)$$

$$\hat{Y}=0,00639+0,00188X_3 \quad (13)$$

$$\hat{Y}=0,17788-0,00045X_4 \quad (14)$$

Burada  $\hat{Y}$  tahmin edilen sodyum halkası genişliği,  $X_1$  toplam kolesterol değerini,  $X_2$  LDL,  $X_3$  HDL ve  $X_4$  ise trigliserit değerini göstermektedir.

Tahmin edilen NSHG ile gerçek NSHG arasındaki doğruluğu test edebilmek için normalize hata karelerinin ortalamasının karekökü (normalized root mean square error) metodu uygulanmıştır. Normalize Hata Karelerinin Ortalamasının Karekökü (NHKOK) değeri ne kadar küçük olursa doğruluk derecesi o kadar büyük olmaktadır. NHKOK Eş. 15'de verildiği gibi hesaplanır.

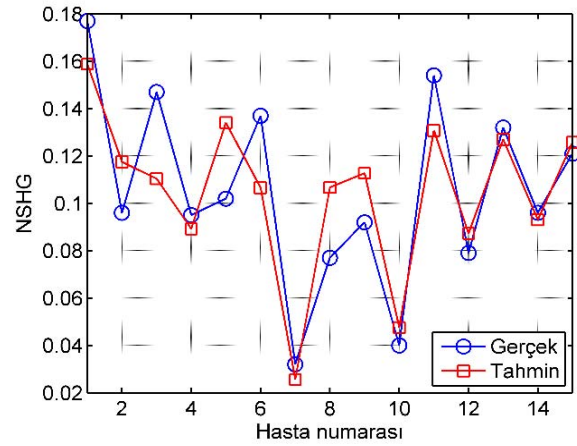
$$NHKOK = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i)^2}}{\max(Y) - \min(Y)} \quad (15)$$

Burada  $Y_i$  gerçek NSHG'yi,  $i$  hasta numarasını ve  $N$  ise toplam hasta sayısını göstermektedir.

Eş. 11 kullanılarak tahmin edilen NSHG ile gerçek NSHG arasındaki NHKOK değeri 0,2673'dür. Eş. 12, Eş. 13 ve Eş. 14 kullanılarak belirlenen NSHG'ler için NHKOK değerleri sırasıyla 0,2654, 0,2089 ve 0,1995'dur. NSHG ile kolesterol arasında var olan bu ilişkiyi daha doğru bir şekilde ifade edebilmek için toplam kolesterol, LDL, HDL ve trigliserit değerlerine çoklu doğrusal regresyon uygulanmış ve Eş. 16'da verilen denklem elde edilmiştir.

$$\hat{Y}=0,11903-0,00016X_1-0,00015X_2 +0,00187X_3-0,00034X_4 \quad (16)$$

Eş. 16 kullanılarak tahmin edilen NSHG için NHKOK değeri 0,1401 olup bu eşitlik yardımıyla NSHG yaklaşık %86 doğrulukla tahmin edilebilir. Eş. 16 kullanılarak tahmin edilen NSHG ile gerçek NSHG değerlerinin hastalara göre değişimi Şekil 10'da verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi önerilen yöntem ile NSHG değeri gerçeğe oldukça yakın bir şekilde belirlenebilmektedir.



**Şekil 10.** Hesaplanan ve tahmin edilen NSHG değerlerinin değişimi (Change in actual and estimated NSHG values)

Kanda bulunan yüksek kolesterolün belirtilerinden olan ve iris çevresinde oluşan sodyum halkası genişliğinin belirlenmesi ve bu genişliğin kolesterol seviyesi ile ilişkilendirilmesi amacıyla yapılan bu çalışmada kolesterol değerleri kullanılarak %86'ya varan doğrulukla sodyum halka genişliğinin hesaplanabileceği bir model önerilmiştir. Çalışma bu alanda yapılan ilk çalışma olup bundan sonraki çalışmalara temel oluşturacak niteliktedir. Önerilen yöntemin doğruluğu daha fazla sayıda hastaya ait göz resmi kullanılarak, iris üzerindeki gürültüler azaltılarak, daha

kaliteli görüntüler alınarak, daha fazla analiz yönü seçilerek ve farklı ilişkilendirme yöntemleri (örn. yapay sinir ağları, YSA) kullanılarak artırılabilir. İlişkilendirmede kullanılacak istenilen düzeyde bir YSA modeli geliştirmek için toplam hasta sayısının yeterli olmaması nedeniyle bu çalışmada sadece doğrusal/çoklu-doğrusal regresyon analizi ile yapılan ilişkilendirmeye ve sonuçlarına yer verilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, kanda yüksek kolesterolün belirtilerinden olan ve iris çevresinde oluşan sodyum halkası genişliğinin belirlenmesi ve bu değerlerin kolesterol değerleri ile ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca ulaşmak için internet üzerindeki açık kaynaklardan temin edilen 12 göz resmi ve gerçek hastalardan elde edilen 15 göz resmi kullanılmıştır. 12 göz resmi için sodyum halkası genişlikleri hesaplanırken; 15 gerçek hasta göz resmi için ise ilk önce sodyum halkası genişlikleri bulunmuş daha sonra ise sodyum halkası genişliği ile kolesterol değerleri arasındaki ilişki regresyon analizleri ile belirlenmiştir. Doğrusal regresyon analizi kullanılarak toplam kolesterol, LDL, HDL ve trigliserit değerleri ile NSHG arasındaki ilişkinin incelendiğinde en iyi sonucun yaklaşık %80 doğrulukla trigliserit ile NSHG arasında olduğu görülmüştür. Kolesterol değerleri ile NSHG arasındaki ilişkinin doğruluğunu artırmak için çoklu doğrusal regresyon analizi yapılmış ve toplam kolesterol, LDL, HDL ve trigliserit kullanılarak NSHG'yi %86 doğrulukla tahmin edebilen bir yöntem önerilmiştir. Böyle bir yöntem ile kolesterol seviyesi kan testine gerek kalmadan sodyum halkası genişliği yardımıyla alternatif olarak belirlenebilir.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- Gasson M., Meints M., Warwick K., A study on PKI and Biometrics, Future of Identity in The Information Society (FIDIR) report. 2005, [www.fidis.net/fileadmin/fidis/deliverables/fidis-wp3-del3.2.study\\_on\\_PKI\\_and\\_biometrics.pdf](http://www.fidis.net/fileadmin/fidis/deliverables/fidis-wp3-del3.2.study_on_PKI_and_biometrics.pdf)
- Szewczyk R., Jablonski P., Kulesza Z., Napieralski A., Cabestany J., Moreno M., Automatic People Identification on The Basis of Iris Pattern Extraction Features and Classification, 23rd International Conference Microelectronics, 691-694, 12-15 May, 2002.
- Bertillon A., La couleur de l'iris, Revue scientifique, France, 1985.
- Flom L., Safir A., Iris recognition system, 28 August 1986, US4641349.
- Daugman J., Biometric personal identification system based on iris analysis, 1994, US5291560.
- Boles W.W., A security system based on human iris identification using wavelet transform, Engineering Applications of Artificial Intelligence, 11 (2), 77-85, 1998.
- Wildes R.P., Asmuth J.C., Green G.L., Hsu S.C., Kolczynski R.J., Matey J.R., McBride S.E., A system for automated iris recognition, IEEE Workshop on Applications of Computer Vision:121-128, 5-7 December, 1994.
- Daugman J., How iris recognition Works, IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology, 14 (1), 21-30, 2004.
- Özkaya N., Sağiroğlu Ş., Face recognition from fingerprints, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 23 (4), 785-793, 2008.
- Ceyhan E.B., Sağiroğlu Ş., Akyıl E., Gender classification based on ann with using fingerprint feature vectors, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 29 (1), 201-207, 2014.
- Sivasankar K., Sujaritha M., Pasupathi P., Muthukumar S., FCM based Iris image analysis for tissue imbalance stage identification, International Conference on Emerging Trends in Science Engineering and Technology, 13-14 December, 2012.
- Fausett L., Fundamental of Neural Networks: Architectures, Algorithms and Applications, Prentice Hall, New Jersey, 1994.
- Lodin A., Demea S., Design of an iris-based medical diagnosis system, International Symposium on Signals, Circuits and Systems (ISSCS), 9-10 July, 2009.
- Simon A., Worthen D. M., Mitas J. A., An evaluation of iridology, The journal of the American Medical Association, 242 (13), 1385-1389, 1979.
- Jensen B., Iridology Simplified-An Introduction to the Science of Iridology and its Relation to Nutrition, Iridologist International, 5th ed., Route 1 Box 52, Escondido, California, 1980.
- Amerifar S., Targhi A.T., Dehshibi M.M., Iris the picture of health: Towards medical diagnosis of diseases based on iris pattern, The 10th International Conference on Digital Information Management, ICDIM 2015, 120-123, 21-23 October, 2015.
- Sitorus M.A.R., Purnomo M.H., Wibawa A.D., Iris image analysis of patient Chronic Renal Failure (CRF) using watershed algorithm, 4th International Conference on Instrumentation, Communications, Information Technology and Biomedical Engineering, 54-58, 2-3 November, 2015.
- Sulistiyo M.D., Dayawati R.N., Pahirawan P.M., Iridology-based dyspepsia early detection using linear discriminant analysis and Cascade Correlation Neural Network, 2nd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), 139-144, 28-30 Mya, 2014.
- Jensen B., The science and practice of iridology, Whitman Publications, 1952.
- Wibawa A. D., Purnomo M. H., Early detection on the condition of Pancreas organ as the cause of diabetes mellitus by real time iris image processing, IEEE Asia-Pacific Conference on Circuits and Systems, Proceedings (APCCAS), 1008-1010, 4-7 December, 2006.
- Othman Z., Satria P.A., Preliminary study on iris recognition system: Tissues of body organs in iridology, IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering

- and Sciences (IECBES), 115-119, 30 November- 2 December, 2010.
22. Larsson M., Human Iris Characteristics as Biomarkers for Personality, Doctoral thesis, Öre-bro University, Department of Behavioral, Social and Legal Sciences, 2007.
  23. Larsson M., Pedersen N.L., Stattin H., Associations between iris characteristics and personality in adulthood, *Biological Psychology*, 75 (2), 165-175, 2007.
  24. Rosenberg A., Kagan J., Iris pigmentation and behavioral inhibition, *Developmental Psychobiology*, 20 (4), 377-392, 1987.
  25. Shen B., Xu Y., Lu G., Zhang D, Detecting iris lacunae based on Gaussian filter, 3rd International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing (IIHMSP), 233-236, 26- 28 November, 2007.
  26. Lai C., Chiu C., Health Examination Based on Iris Images, The 9th International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 11-14 July, 2010.
  27. Ramlee R.A., Ranjit S., Using iris recognition algorithm, detecting cholesterol presence, International Conference on Information Management and Engineering (ICIME 2009), 714-717, 3-5 April, 2009.
  28. Ramlee R.A., Aziz K.A., Ranjit S., Esro M., Automated Detecting Arcus Senilis, Symptom for Cholesterol Presence Using Iris Recognition Algorithm, *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering*, 3 (2), 29-39, 2011.
  29. Ramlee R.A, Azha K., Ranjit S., Detecting Cholesterol Presence with Iris Recognition Algorithm, *Biometric Systems, Design and Applications*, InTech Publishers, 2011.
  30. Vikas B., Cholesterol Presence Detection Using Iris Recognition, *International Journal of Technology and Science*, 2 (1), 2014.
  31. Sarika G.S., Madhuri S.J., Automated Detection of Cholesterol Presence using Iris Recognition Algorithm, *International Journal of Computer Applications*, 133 (6), 41-45, 2016.
  32. Gül B.K., Kurnaz Ç., İris Analizi ile Kandaki Yüksek Kolesterolün Belirlenmesi, XX. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BİYOMUT 2016), İzmir-Türkiye, 3-5 Kasım, 2016.
  33. Hanukoglu I., Steroidogenic enzymes: structure, function, and role in regulation of steroid hormone biosynthesis, *J Steroid Biochem Mol Biol*, 43 (8), 779–804, 1992.
  34. Razin S., Tully J.G., Cholesterol Requirement of Mycoplasmas, *Journal of Bacteriology*, 102 (2), 306–310, 1970.
  35. Daugman J., Iris Recognition, *American Scientist*, 89 (4), 326-333, 2001.
  36. <http://www.iritology-swanssea.co.uk/corneal-arcus/>, Erişim tarihi Nisan 12, 2017.
  37. <http://sivasanta.blogspot.com.tr/2008/08/cholesterol-ring.html>, Erişim tarihi Nisan 12, 2017.
  38. <http://thering.rosariouniversal.org/177177/cholesterol-ring-around-iris-eye>, Erişim tarihi Nisan 12, 2017.
  39. Brown S.H, Multiple linear regression analysis: a matrix approach with MATLAB, *Alabama Journal of Mathematic*, 34, 1-3, 2009.

