

Koroner Arter Hastalığının İris Görüntülerinden Yerel İkili Örüntüler ve Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Tahmini

Ferdi ÖZBİLGİN^{1*}, Çetin KURNAZ²

Öz

Koroner Arter Hastalığı (KAH), kalp kasını besleyen koroner arterlerin daralması veya tıkanması sonucunda oluşan bir kalp hastalığıdır. Dünya genelinde mortalite oranı yüksek bir sağlık sorunu olan KAH'ın erken tanısı çok önemlidir. Bu çalışmada, iridoloji ve görüntü işleme tekniklerinin kullanılarak KAH'ın tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Mevcut çalışmalardan farklı olarak iridoloji ile birlikte gerçekleştirilen kalp hastalıkları tahmini çalışmalarında kullanılmamış Yerel İkili Örüntüler (YİÖ) öznelik çıkarma yönteminin başarımı analiz edilmiştir. Önerilen yöntemde 94 KAH ve 104 Kontrol grubu olmak üzere toplamda 198 gönüllüye ait iris görüntülerinden YİÖ ile öznelikler çıkarılmış ve Yapay Sinir Ağı (YSA) kullanılarak sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Görüntü içerisinden iris konumlarını bulmak için İntegral Diferansiyel Operatörü ve irisi dikdörtgen formata dönüştürmek için Rubber Sheet Normalizasyon yöntemleri kullanılmıştır. İridoloji haritası vasıtasıyla iriste yer alan kalp bölgesi analiz bölgesi olarak belirlenmiş ve bu bölgeden bir piksel ve sekiz komşulukla YİÖ ile 59 adet histogram temelli öznelikler çıkarılmıştır. Çıkarılan özneliklerin YSA ile sınıflandırması gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test olarak iki gruba ayrılan verilerde eğitim işlemi Ölçeklendirilmiş Konjuge Gradyan (Scaled Conjugate Gradient, SCG) algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Performans ölçütü olarak belirlenen doğruluk, kesinlik, duyarlılık, özgüllük, F_1 skor ve Eğri Altında Kalan Alan (Area Under the Curve, AUC) değerleri test verileri için sırasıyla %91,5, 0,9063, 0,9355, 0,8929, 0,92063 ve 0,9103 olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda YİÖ temelli önerilen yöntemin KAH'ın tahmin edilmesinde başarılı olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Koroner Arter Hastalığı, İris, İridoloji, Görüntü İşleme, Yerel İkili Örüntüler, Yapay Sinir Ağları.

Prediction of Coronary Artery Disease from Iris Images Using Local Binary Patterns and Artificial Neural Network

Abstract

Coronary Artery Disease (CAD) is a heart disease caused by the narrowing or blockage of the coronary arteries that supply the heart muscle. Early diagnosis of CAD, a health problem with a high mortality rate worldwide, is very important. In this study, we aimed to predict CAD using iridology and image processing techniques. Unlike previous studies, the performance of the Local Binary Patterns (LBP) feature extraction method, which has not been utilized in iridology-based heart disease prediction studies, was analyzed. In the proposed method, features were extracted with LBP from iris images of a total of 198 volunteers (94 CAD and 104 Control group), and classification was performed using Artificial Neural Network (ANN). The Integral Differential Operator method was used to find the iris positions in the image, and Rubber Sheet Normalization was used to convert the iris into a rectangular format. Through the iridology map, the heart region in the iris was determined as the analysis region, and 59 histogram-based features were extracted from this region with one pixel and eight neighborhoods with the LBP. The classification was performed using ANN with the extracted features. The data were divided into two groups: training and test. The Scaled Conjugate Gradient (SCG) algorithm performed the training process. The accuracy, precision, sensitivity, specificity, F_1 score and Area Under the Curve (AUC) values determined as performance criteria were 91.5%, 0.9063, 0.9355, 0.8929, 0.92063 and 0.9103 for the test data, respectively. Based on the findings, it can be said that the proposed method based on the LBP is successful in predicting CAD.

Keywords: Coronary Artery Disease, Iris, Iridology, Image Processing, Local Binary Patterns, Artificial Neural Networks.

¹Giresun Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Giresun, Türkiye, ferdi.ozbilgin@giresun.edu.tr

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, ckurnaz@omu.edu.tr

¹<https://orcid.org/0000-0003-4946-7018>

²<https://orcid.org/0000-0003-3436-899X>

1. Giriş

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre her yıl yaklaşık olarak 17.9 milyon insanın hayatını kaybettiği Koroner Arter Hastalığı (KAH) dünya genelinde ölüm nedenleri arasında üst sıralarda yer almaktadır (Virani ve ark., 2020). KAH, Türkiye’de de sık görülen sağlık sorunlarından biridir. Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre Türkiye’de gerçekleşen ölümlerin arasında kalp ve damar hastalıkları sebebi ile gerçekleşenlerin oranı yaklaşık %37’dir (TÜİK, 2019).

KAH, kalp kasına kan ve oksijen taşıyan koroner arterlerin daralması veya tıkanması nedeniyle oluşan bir kalp hastalığıdır. Bu hastalık, kalp krizi ve kalp yetmezliği gibi ciddi komplikasyonlara neden olabilmektedir. KAH genellikle ateroskleroz olarak bilinen bir süreçle ilişkilidir. Ateroskleroz, kan damarlarının içinde yağ ve kolesterol birikmesiyle karakterize bir durumdur. Bu birikintiler arterlerin duvarlarında plaklar oluşturur ve arterlerin daralmasına veya tıkanmasına neden olabilir. Göğüs ağrısı, nefes darlığı, çarpıntı, yorgunluk ve baş dönmesi gibi semptomlar hastalığın belirtilerindendir; ancak bazı hastalar herhangi bir semptom yaşamayabilir ve bu nedenle hastalıklarının farkında olmayabilirler (Malakar ve ark., 2019).

Hastalık tanısı için çeşitli yöntemler kullanılmakla birlikte hangi yöntemin kullanılacağına hastanın semptomları, risk faktörleri ve çeşitli tıbbi durumlara göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak Anamnez ve Fiziksel Muayene, EKG, Anjiyografi ve EKO gibi yöntemler yaygın olarak kullanılmaktadır (Alizadehsani ve ark., 2016; Ghiasi ve ark., 2020). Son yıllarda kişilerin irisleri kullanılarak da kalp hastalıkları da dahil olmak üzere çeşitli hastalıklar tahmin edilmektedir. İris gözdeki renkli kısımdır ve yapısındaki kasların kasılıp gevşemesi ile gözbebeği boyutunu ayarlayarak göze giren ışık miktarını kontrol etmektedir. Sahip olduğu desenler nedeniyle popüler bir biyometrik organ olarak yaygın olarak kullanılmakla birlikte vücuttaki organlar ve dokular ile beyin arasında yer alan çok sayıdaki sinirsel bağlantının uzantılarını barındırdığı için organ ve dokuların sağlık durumlarını da iris aracılığı ile tahmin edebilmek mümkün olabilmektedir (Fausett, 2006) . İriste yer alan renk ve örüntüleri inceleyerek hastalık arasında ilişki kuran bilime iridoloji denilmektedir. İridoloji çalışmaları genel olarak belirli bir organ ya da dokulardaki fonksiyonel değişim sonucu iriste yer alan özel konumların anatomik değişimlerini inceler (Kurnaz ve Gül, 2018).

Ma ve ark. (2012) gözbebeği ve iris konumlarına ait geometrik parametreleri elde ederek yüksek doğruluk ile hastalık teşhisi yapabileceğini belirtmiştir (Ma ve ark., 2012). Samant ve Agarwal iriste yer alan pankreas organına ait konumda dokusal analizler ile çeşitli makine öğrenmesi yöntemleri ile diyabet tanısı çalışması gerçekleştirmişlerdir (Samant ve Agarwal, 2018). Literatürde böbrek (Muzamil ve ark., 2020) ve karaciğer (Rehman ve ark., 2021) gibi organlardaki rahatsızlıkların çalışıldığı yayınlar olmakla birlikte kandaki kolesterol değerinin tahmini ve sınıflandırılması gibi çalışmalarda yer almaktadır (Kurnaz ve Gül, 2018; Ozbilgin ve Kurnaz, 2022;

Özbiğın, 2019; Ramlee ve Ranjit, 2009). Bu çalışmalardaki bulgular doğrultusunda iridoloji, hastalıkların non-invaziv erken tahmininde etkinliğini kanıtlamıştır.

İridoloji ile kalp hastalıklarının tahmin ediliği çalışmalar da mevcuttur. Gunawan ve ark. (2022) Gri Seviye Eř-oluşum Matrisi (GSEM) zniteliklerini ve Destek Vektör Makineleri (DVM) sınıflandırıcısı kullanarak KAH tespiti için bir yöntem önermiştir. Önerilen yöntem ile %91 doğruluk elde etmişlerdir (Gunawan ve ark., 2022). Putra ve ark. (2018) Temel Bileşen Analizi (TBA) ve GSEM özniteliklerini kullanarak Yapay Sinir Ağları (YSA) ile kalp hastalıklarını tahmin etmişlerdir. GSEM znitelikleri ile %77.5 ve TBA ile %90 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir (Putra ve ark., 2018). Permatasari ve ark. (2016) tarafından önerilen yöntemde TBA znitelik çıkarma yöntemi ve DVM sınıflandırıcısı tercih edilmiştir. Elde edilen en yüksek doğruluk başarısı %80 olarak bulunmuştur (Permatasari ve ark., 2016). Kusuma ve ark. (2018) (Kusuma ve ark., 2018) mobil tabanlı bir sistemle iris görüntülerini elde ederek ve kullanarak kalp anormalliklerini tespit etmek için bir model önermişlerdir. Analiz bölgesinin siyah-beyaz formata dönüştürülmesi sonrasında elde edilen siyah ve beyaz piksellerin oranını öznitelik olarak kullanmışlardır. Eşikleme yöntemi ile sınıflandırılan test verilerinde doğruluk performans değeri %83,3 olarak ölçülmüştür. zbiğın ve ark. (2023) ait çalışmada ise dalgacık dönüşümü tabanlı istatistiksel ve dokusal öznitelikler kullanılarak DVM sınıflandırıcısında %93 sınıflandırma başarısı ölçülmüştür (zbiğın ve ark., 2023).

Bu çalışmada, koroner arter hastalığının tahmin edilmesi için iris görüntüleri kullanılarak invaziv olmayan bir yöntem önerilmiştir. 198 gönüllünün yer aldığı çalışmada, 94 gönüllü KAH grubunda 104 gönüllü kontrol grubundadır. Görüntü işleme teknikleri ile 198 gönüllünün iris görüntülerinden iris konumları tespit edilmiş ve analiz bölgesi segmente edilmiştir. Analiz bölgesinden öznitelikler literatürde kalp hastalıklarında daha önce kullanılmayan Yerel İkili rntler yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin kalp hastalıklarında performansı araştırılmıştır. Sınıflandırıcı olarak da YSA kullanılmıştır. Çalışmanın literatüre katkıları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

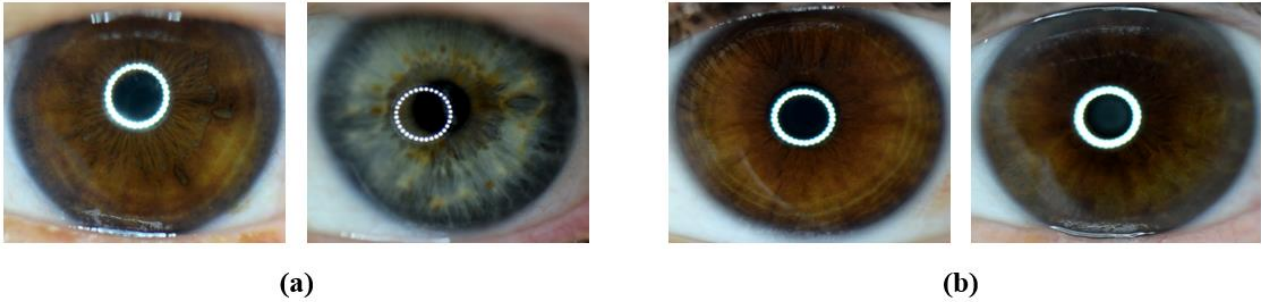
- KAH'ın iris görüntüleri kullanılarak invaziv olmayan tahmini için görüntü işleme temelli bir yaklaşım önerilmiştir.
- Yİ yöntemi kullanılarak 59 öznitelik çıkarılmış ve YSA ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.
- Önerilen yöntemin etkili olduğu ve mevcut modellerle rekabet edebilecek bir başarıya sahip olduğu ifade edilebilir.

2. Materyal ve Metot

Bu bölümde KAH tahmini çalışması için kullanılan materyal ve metotlar detaylı olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

2.1. Veri Seti

Bu çalışmadaki veriler KAH ve Kontrol olmak üzere iki farklı sınıfa ait 198 gönüllüye ait sol iris görüntülerinden oluşmaktadır. KAH sınıfında 94 gönüllü yer almaktadır. Bu gönüllülerin 79'u erkek 15'i kadın ve ortalama yaş değeri 60'tır. Kontrol grubunda yaş ortalaması 55 olan 77'si erkek ve 27'si kadın olmak üzere toplamda 104 gönüllü yer almaktadır. Analiz aşamasında 109 veri eğitim, 30 veri doğrulama ve 59 veri de test olmak üzere üç gruba rasgele bir şekilde ayrılmıştır. Veri setine ait bilgiler önceki çalışmamızda (Özbilgin ve ark., 2023) detaylı bir şekilde bulunabilir. İris görüntüleri 1920x1088 piksel boyutlarında, 24 bit derinlikli ve TIFF uzantısına sahiptir. Veri setine ait örnek iris görüntüleri Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Veri setindeki örnek iris görüntüleri a) KAH grubu b) Kontrol grubu

2.2. Görüntü Ön-işleme

Bu bölüm iris görüntülerinin Yerel İkili Örüntüler ile öznelik çıkarma sürecine kadar olan yapılan işlemleri içermektedir. İlk aşamada görüntü içerisinde iris konumlarının bulunması yer almaktadır. Renkli göz görseli gri formata dönüştürüldükten sonra Daugman'ın İntegral Diferansiyel Operatörü (İDO) ile irisin iç ve dış sınırları bulunur (Daugman, 2009). Yöntem, gözbebeği ve iris merkezleri civarında değişik yarıçaplarda daireler çizerek renk geçişlerinin keskin olduğu kenarları bulmaktadır. Geçişlerin keskin olduğu yerler de gözbebeği kenarları olan irisin iç sınırları ve irisin dış sınırlarıdır. İDO'ya ait matematiksel ifade aşağıdaki denklemdeki gibidir.

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

Denklemdaki $I(x,y)$, (x,y) konumundaki gri renk değerini, x_0,y_0 ve r değerleri sırasıyla muhtemel merkez nokta koordinatları ve muhtemel yarıçap değeridir. G_{σ} ise σ standart sapma ile Gauss fonksiyonudur.

İkinci aşamada, iç ve dış sınırları bulunan irisin standart bir hale dönüştürmek için normalize edilmesi yer almaktadır. İris Daugman'ın Rubber Sheet Tekniği ile dikdörtgen formata dönüştürülür. İris görüntüsünün $I(x,y)$ kartezyen koordinatlardan kutupsal gösterime yeniden Denklem 2'deki gibi ifade edilebilir.

$$I(x(r,\theta),y(r,\theta)) \rightarrow I(r,\theta) \quad (2)$$

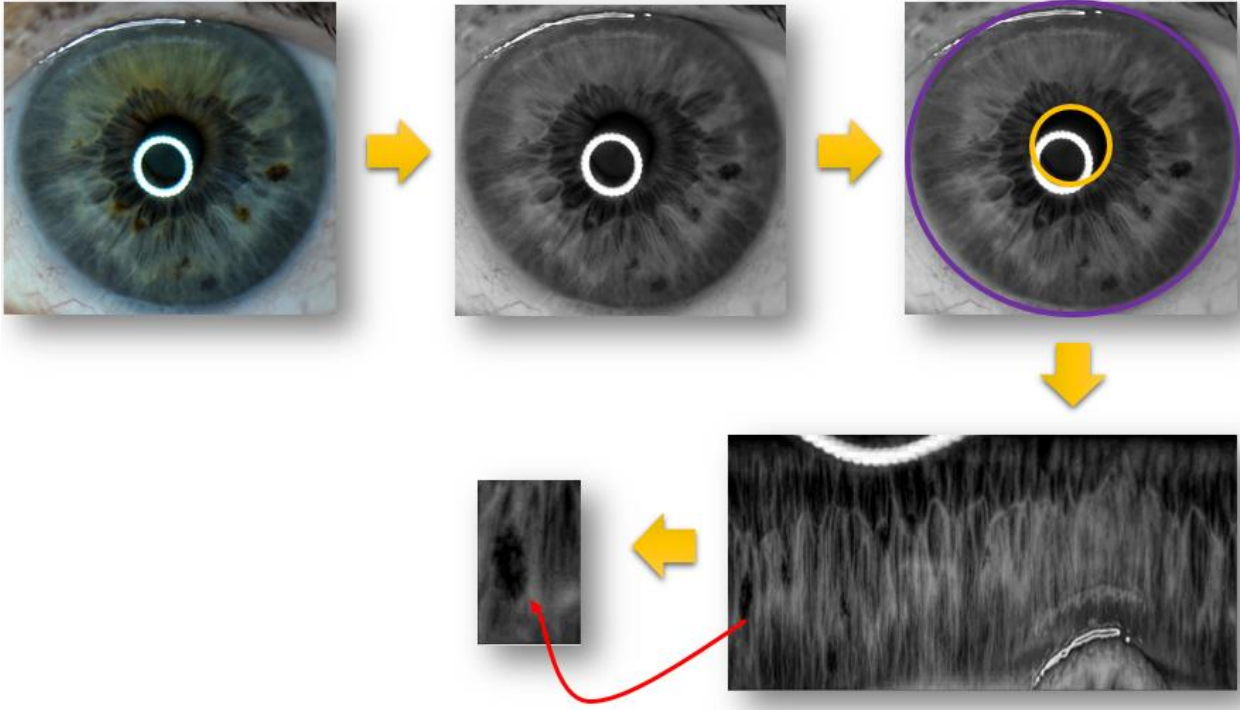
Burada;

$$x(r,\theta) = (1-r)x_p(\theta) + rx_l(\theta) \quad (3)$$

$$y(r,\theta) = (1-r)y_p(\theta) + ry_l(\theta) \quad (4)$$

Denklemlerdeki (r,θ) normalize edilmiş kutupsal koordinatları, x_p, y_p and x_l, y_l ise θ yönündeki gözbebeği ve iris sınır koordinatlarını ifade etmektedir.

Sonraki aşamada dikdörtgen formata dönüştürülen iristen analiz bölgesinin segmentasyonu gelmektedir. Bu işlem de iris haritalarından faydalanılarak gerçekleştirilmektedir. İris haritasında her organın saat okuma şeklinde ifade edildiği özel bir bölgesi vardır. Jensen tarafından hazırlanmış haritada (Jensen, 2012) kalp bölgesi sol iriste saat 2 ile 4 arasında yer almaktadır. Normalize iristen bu bölge bölütlenerek bir sonraki aşama olan öznelik çıkarma aşamasına hazır hale getirilmektedir. Şekil 2'de bir iris görüntüsüne ait örnek bir ön-işlemi süreci yer almaktadır.



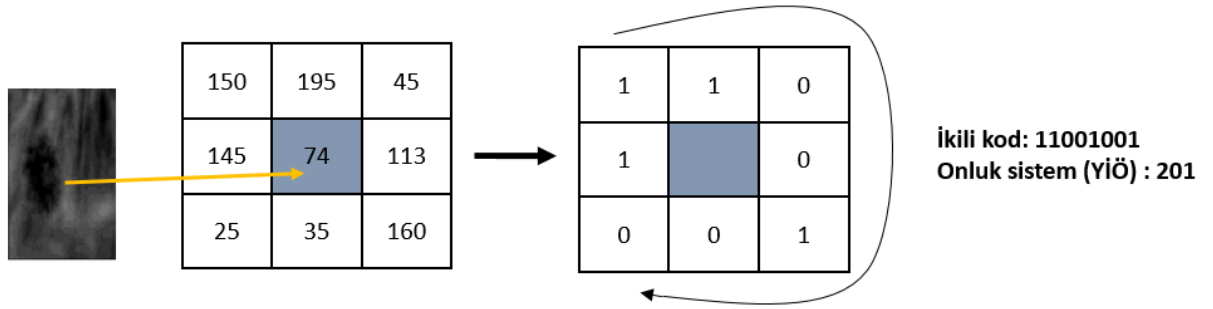
Şekil 2. Örnek bir görüntü için görüntü ön-işleme süreci

2.3. Yerel İkili Örüntüler

Görüntü içerisindeki örüntülerin analizleri için çalışmalarda, Öznitelik Çantası (Bag of features), Yönlendirilmiş Gradyanların Histogramı (YGD) Matrisi ve Dalgacık Dönüşümü gibi çok sayıda öznitelik çıkarma yöntemleri kullanılmaktadır (Sunneci ve Alkan, 2022; Sunneci ve ark., 2022; Özbilgin ve ark., 2023). Yerel İkili Örüntüler (YİÖ) yöntemi de çok sayıda çalışmada kendini ispatlamıştır. Ancak iris görüntülerinden kalp hastalıklarının tahmin edildiği çalışmalarda kullanılmamış ve performansı ölçülmemiştir. Bu nedenle çalışmada etkinliğini değerlendirmek amacıyla öznitelik çıkarma sürecinde YİÖ yöntemi tercih edilmiştir. YİÖ yöntemi Ojala ve ark. (2002) tarafından dokusal özellikleri ayırt etmek için geliştirilmiştir (Ojala ve ark., 2002). YİÖ, özellikle görüntü sınıflandırma, nesne tanıma, yüz tanıma, video analizi gibi pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Yöntem, gri seviye bir görüntü içerisinde belirli bölgenin piksellerinin bir histogramını oluşturarak bölgeye ait dokusal parametrelere ait öznitelik çıkarmak için kullanılmaktadır. Görüntü içerisindeki her piksel için ikili sayılı sisteminden faydalanılarak etiketler oluşturulur. Merkez piksel, etrafında yer alan $N \times N$ komşuluğundaki piksellerin değerleri ile karşılaştırma sonucunda etiket değerleri elde edilir. Bu değerlerin bulunmasına ait matematiksel ifadeler aşağıdaki denklemde yer aldığı gibidir.

$$YiÖ_{P,R} = \sum_{P=0}^{P-1} s(g_p - g_c)2^P, \quad s(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (5)$$

Burada g_c merkez pikselin değerini, g_p ise p. pikselin değerini ve x de merkez piksel ile komşu piksel arasındaki farkı ifade etmektedir. Komşu piksel değeri merkez piksel değerinden büyük ise 1, küçük ise 0 olarak ikili sayı sisteminde ifade edilir. Şekil 3'te 3x3lük bloğun YİÖ ile merkez pikselin etiketlenmesine ait örnek verilmektedir. Bu örnekte bir birim uzaklıktaki 8 adet komşuya sahip bir pikselin etiket değerinin bulunma aşaması gelmektedir.



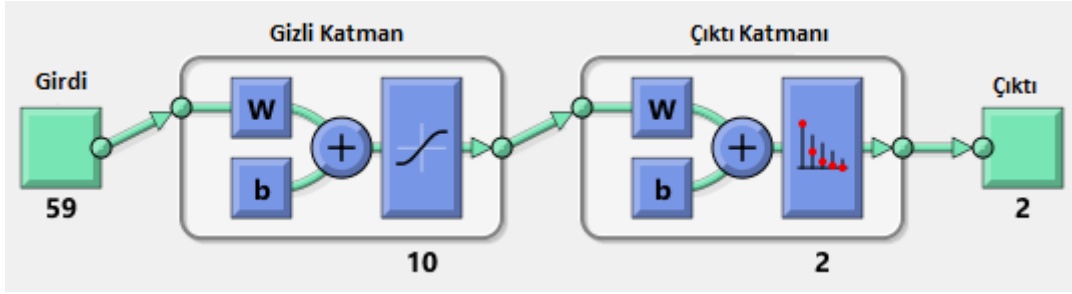
Şekil 3. YİÖ metodu bir pikselin etiketlenmesi

Görüntü içerisindeki her pikselin değeri bulunduktan sonra değerler belirli bölümlere ayrılarak histogramlar elde edilir. Bu histogramlar sayesinde görüntü içerisindeki desene ait bilgiler elde edilmektedir. YİÖ ile öznetelik çıkarma işlemi MATLAB'da yer alan *extractLBPFeatures* fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada 1 birim uzaklıktaki 8 komşu piksel kullanılmıştır. 8 bitlik etiket piksel değerleri, P komşuluk değeri, olmak üzere $((P \times (P-1)) + 3)$ formülüne göre 59 bölüme ayrılarak her bölüme ait değerlerin histogramları sınıflandırıcının girdi parametresi olarak belirlenmiştir.

2.4. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA) regresyon ve kümeleme problemlerinde sıklıkla kullanıldığı gibi sınıflandırma yapmak amacıyla da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Beynin bilgi işleme sürecinden esinlenen YSA'da temel olarak üç ana katman yer almaktadır. Bu katmanların isimleri sırasıyla girdi katmanı, gizli katman ve çıkış katmanıdır. Gizli katman sayısı bir olacağı gibi daha fazla sayıda da olabilmektedir. Girdi ve çıkış katmanı arasında yer alan gizli katman nöron adı verilen yapılarda oluşmaktadır. Katmanda yer alan her nöron kendisinden sonra gelen katmandaki tüm nöronlar ile bağlantısı yer almakla birlikte bulunduğu katmandaki nöronlar ile bağlantısı bulunmamaktadır. Girdi katmanında çıkış katmanında sınıflandırılacak durum ile ilgili parametreleri

içermektedir. Gizli katman bilgi işlemeyi gerçekleştirir ve çıkış katmanını sınıf etiketi üretir ya da sürekli zaman değerini tahmin etmektedir (Yegnanarayana, 2009). İridoloji çalışmalarında başarılı sonuçların elde edilmesinden dolayı bu çalışmada da YSA sınıflandırıcısı tercih edilmiştir. Çalışmada çeşitli gizli katman sayısı ve katmanlardaki nöron sayıları değiştirilerek analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda sınıflandırma performansı yakın değerler elde edilmiş ve çalışmada Şekil 4'teki YSA mimarisi kullanılmıştır.



Şekil 4. Çalışmada kullanılan YSA mimarisi.

Katmanlar arasındaki her bağıntıya bir ağırlık değeri atanmaktadır. Denklem (6)'da verildiği gibi giriş katmanındaki değerler ağırlıklar ile çarpılır ve bias eklenerek lineer olmayan bir fonksiyona verilir.

$$h_j = f \left(\sum_i w_{ij} x_i + b_j^1 \right) \quad (6)$$

Denklemden x_i giriş parametrelerini, w_{ij} i. Girişi j. Gizli nörona bağlayan ağırlık değeridir. H_j j. Gizli nöronun çıktısıdır. b_j^1 bias ve f de aktivasyon fonksiyonudur.

Fonksiyon olarak yaygın bir şekilde de kullanılan sigmoid aktivasyon fonksiyonunun matematiksel ifadesi Denklem (7)'de verildiği gibidir.

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (7)$$

Çıkış katmanında yer alan y_j çıktısına ait matematiksel ifade aşağıdaki denklemlerde yer aldığı gibidir.

$$y_j = \text{softmax}(z_j) = \frac{e^{z_j}}{\sum_j e^{z_j}} \quad (8)$$

$$z_j = \sum_i a_{ij} h_i + b_j^2 \quad (9)$$

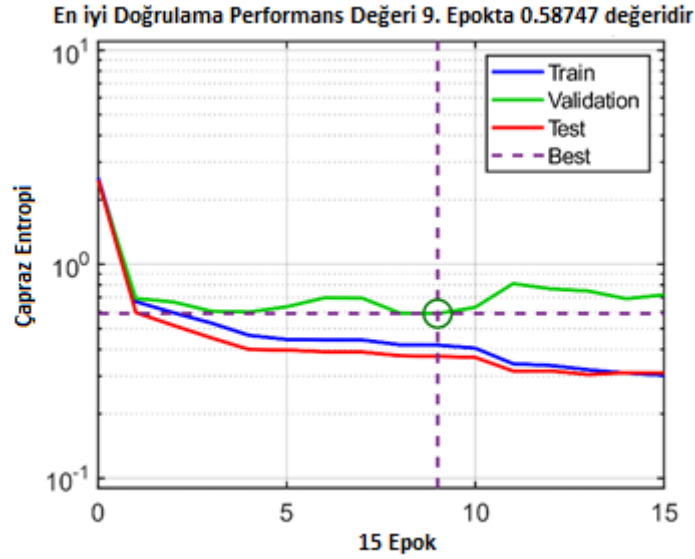
Burada, z_j çıkış birimlerini, b_j^2 biası ve a_{ij} , j'inci çıkış nöronu ile i'inci gizli nöron arasındaki ağırlık değerini temsil etmektedir.

Nöronlar arasındaki ağırlık değerinin belirlenmesi Levenberg-Marquardt (LM), Bayesian düzenleme (Bayesian Regularization, BR) ve Ölçeklendirilmiş Konjuge Gradyan (Scaled Conjugate Gradient, SCG) gibi çok sayıda eğitim optimizasyon algoritmaları kullanılmaktadır. Bu çalışmada diğer algoritmalara kıyasla hızlı olması, ağız ezberleme sorununu azaltmada başarılı olması ve sınıflandırma problemlerinde sıklıkla kullanılması nedeniyle SCG algoritması tercih edilmiştir. SCG algoritması, ağız hata fonksiyonunu minimize etmek için kullanılan bir optimizasyon algoritmasıdır. Ağız parametrelerini güncellemek için geriye doğru yayılım (backpropagation) yöntemini kullanır. Diğer optimizasyon algoritmalarından farklı olarak, ağız parametrelerinin güncellenmesi için bir doğrusal arama yapar. Bu doğrusal arama, ağız hata fonksiyonunu en aza indiren en iyi adım boyutunu hesaplar. Adım boyutu, ağız parametrelerinin güncellenmesinde kullanılır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada, kişilerin iris görüntüleri kullanılarak yerel ikili örüntüler ve yapay sinir ağı sınıflandırıcısı ile KAH tahmini çalışması gerçekleştirilmiştir. MATLAB programlama dili kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada AMD Ryzen 73750H 2.3 GHz işlemci, NVIDIA GeForce GTX 1050 3 GB ekran kartı ve 16 GB RAM değerlerine sahip bilgisayar kullanılmıştır.

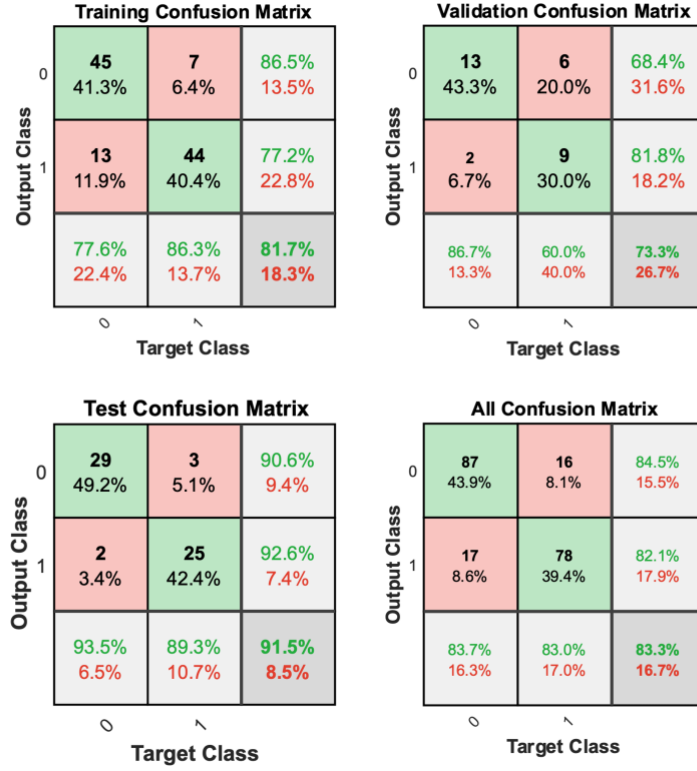
Veri setinde 198 gönüllüye ait sol iris görüntüleri yer almaktadır. Her bir iris görüntüsünden yerel ikili örüntüler ile öznitelikler çıkarılmış ve yapay sinir ağı girdisi olarak belirlenmiştir. Çıktı sınıfı da KAH ve Kontrol olmak üzere iki tanedir. Veriler rastgele olarak eğitim (%55, 109 veri), doğrulama (%15, 30 veri) ve test (%30, 59 veri) olmak üzere üçe ayrılmıştır. Şekil 5'te eğitim sürecindeki iterasyonlardaki hata değerlerini gösteren ağı performans grafiği yer almaktadır. Ağı eğitilmesi SCG algoritması ile yapılmış ve 15. iterasyonda doğruya kontrolü değeri 6'ya ulaşması ile tamamlanmıştır. 15 iterasyon sonunda doğrulama verilerinde en iyi performans 9. iterasyonda çapraz entropi (cross-entropy) değeri 0.58747 olduğunda gerçekleşmiştir.



Şekil 5. Eğitim ve test süreçlerine ait performans analizi.

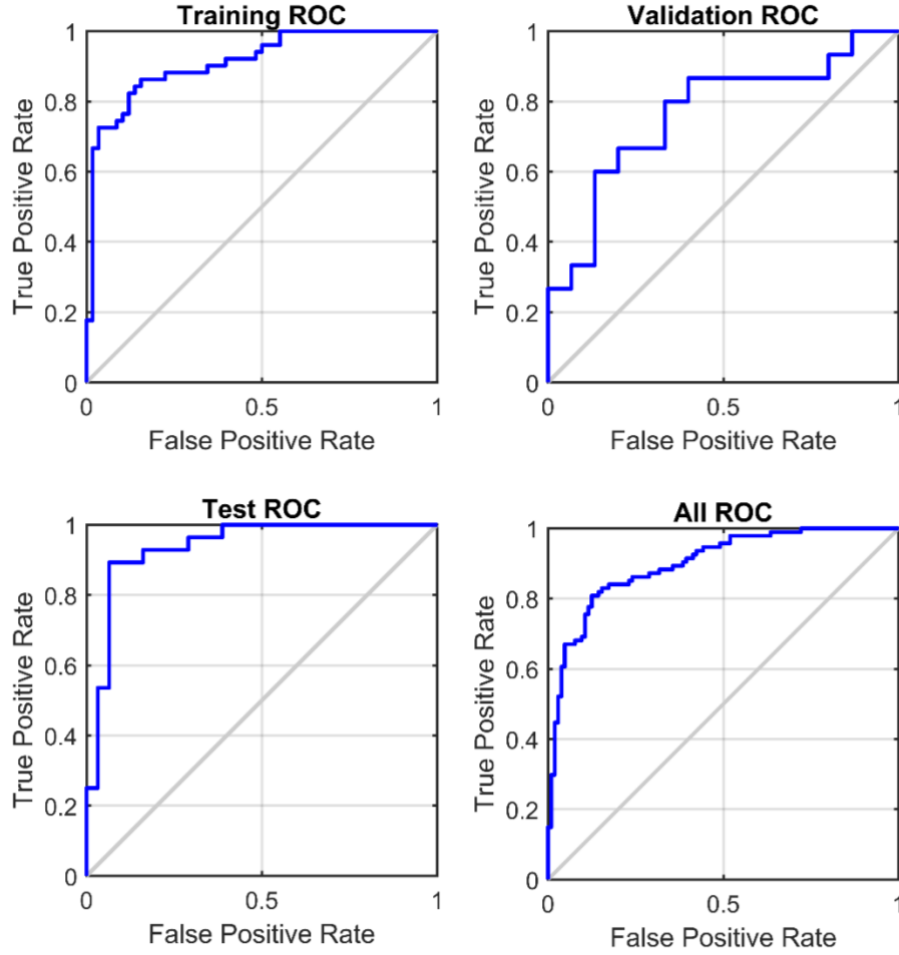
Eğitim işlemi sonucunda eğitim (training), doğrulama (validation), test ve tüm (all) olmak üzere veri gruplarına ait karışıklık matrisleri Şekil 6'da yer almaktadır. Eğitim verileri için 89 veri doğru sınıflandırılırken 20 veri hatalı sınıflandırılmıştır, doğruluk değeri %81.7 olarak bulunmuştur. Doğrulama veri grubunda doğruluk %73.3 olarak elde edilirken test verilerinde %91.5'tir. Tüm veri grubunda ise bu değer %83.3'tür.

ROC (Alıcı işlem karakteristikleri, Receiver Operating Characteristic) eğrileri sınıflandırma problemlerinde sıklıkla kullanılan bir performans göstergesidir. Eğrinin x-ekseninde Yanlış Pozitif Oranı (False Positive Rate) ve y-ekseninde Gerçek Pozitif Oranı (True Positive Rate) yer almaktadır. ROC eğrisinin altında kalan alan AUC (Eğri Altında Kalan Alan, Area Under The Curve) ise sınıfların birbirlerinden ayrılabilirdiğinin belirten bir ölçümdür. Bu değer 0,9 - 1 arasında olması sınıflandırmanın oldukça başarılı olduğu anlamına gelmektedir. Veri gruplarına ait ROC eğrileri Şekil 7'de verilmektedir. Test verileri için AUC değeri 0,9103 olarak elde edilmiştir.



Şekil 6. Veri gruplarına ait karışıklık matrisleri.

Doğruluk ve AUC metriklerine ek olarak kesinlik, duyarlılık, özgüllük ve F_1 skor gibi sınıflandırma işlemlerinde kullanılan metrikler vardır. Kesinlik, bir modelin doğru pozitif tahminlerinin oranını gösterirken, duyarlılık gerçek pozitiflerin ne kadarının doğru bir şekilde tespit edildiğini ifade eder. Özgüllük ise gerçek negatiflerin doğru bir şekilde tahmin edilme yeteneğini temsil eder. F_1 skoru ise kesinlik ve duyarlılığı birleştiren bir metriktir. Bu metrikler, sınıflandırma modellerinin performansını değerlendirmek için kullanılır ve yüksek değerler, modelin daha iyi bir performans sergilediğini gösterir. Metrikler test verileri için hesaplandığında kesinlik, duyarlılık, özgüllük ve F_1 skor değerleri sırasıyla 0,9063, 0,9355, 0,8929 ve 0,92063 olarak bulunmuştur.



Şekil 7. Veri gruplarına ait ROC grafikleri.

Literatürdeki benzer çalışmalara bakıldığında, Özbilgin ve arkadaşları dalgacık dönüşümü temelli öznelilikler ve DVM ile %93 sınıflandırma başarısı ile, Gunawan ve arkadaşları GSEM öznelilikleri ve DVM ile %91 doğrulukta, Putra ve arkadaşları TBA yöntemi ve YSA kullanarak %90 doğruluk ile, Permatasari ve arkadaşları TBA ve DVM ile %80 doğrulukta ve Kusuma ve arkadaşları da siyah ve beyaz piksellerin oranı ve Eşikleme yöntemi ile %83,3 doğrulukta sınıflandırma işlemi gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalara bakıldığında çeşitli öznelilik çıkarma ve sınıflandırma yöntemleri denenmiş ve başarılı bulgular elde edilmiştir. Yerel İkili Örüntüler öznelilik çıkarma yöntemi çeşitli çalışmalarda kullanıldığı görülmekle birlikte iristen bu yöntemle kalp hastalıkları çalışması yer almamaktadır. Bu çalışmada YİÖ ile öznelilikler çıkarılmış ve YSA ile sınıflandırma gerçekleştirilmiştir. Çalışmada bulunan doğruluk değeri %91,5, AUC değeri de 0,9103 olarak bulunmuştur. Elde edilen bulgular doğrultusunda YİÖ yönteminin iris görüntüleri kullanılarak bir kalp hastalığı olan KAH tahmininde başarılı olduğu söylenebilir.

4. Sonuçlar ve neriler

Bu çalışmada iris görüntüleri kullanılarak YİÖ znelik çıkarma yöntemi ve YSA sınıflandırıcısı ile KAH sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. 94' KAH ve 104' Kontrol grubu olmak üzere iki sınıftan toplamda 198 gönüllüye ait iris görüntüleri veri setini oluşturmaktadır. Görüntü işleme ve iridoloji biliminin birleşimi ile iris, öznelik çıkarma işlemi için sınırlarının bulunması ve dikdörtgen formata dönüştürme aşamalarına tabi tutulmuştur. İris haritasındaki kalp konuma ait bölge analiz bölgesi olarak belirlenmiş ve öznelik çıkarma ve sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemi sonucunda test verilerinde doğruluk %91,5, kesinlik 0,9063, duyarlılık 0,9355, zgllk 0,8929, F₁ skor 0,92063 ve AUC değeri de 0,9103 olarak bulunmuştur.

Son yıllarda artarak devam eden iridoloji çalışmaları ile iristen çeşitli hastalık tahminleri için çeşitli yöntemler önerilmektedir. Hastalıkların sayılarının ve yöntemlerin çeşitliliğinin artması çalışmaların geniş kapsamlı çalışmalarının nn açabilmektedir. Bu nedenle bu çalışmada iristen KAH tespiti için daha önce denenmemiş YİÖ yönteminin performans analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgular doğrultusunda literatüre bakılarak önerilen yöntemin KAH tespitinden başarılı olduğu ifade edilebilir. Çalışmada kalp hastalıklarından sadece KAH'a, YİÖ znelik çıkarma yöntemine ve YSA sınıflandırıcısına odaklanması çalışmanın sınırlılığı olarak ifade edilebilir. Gelecek çalışmalarda farklı öznelik çıkarma ve sınıflandırma yöntemleri ile çeşitli hastalıkların da tespiti için çalışmalar yapılabilir.

Yazarların Katkısı

Tüm yazarlar çalışmaya eşit katkıda bulunmuştur.

ıkar atışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar atışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Kaynaklar

- Alizadehsani, R., Zangooei, M. H., Hosseini, M. J., Habibi, J., Khosravi, A., Roshanzamir, M., Khozeimeh, F., Sarrafzadegan, N. ve Nahavandi, S. (2016). Coronary artery disease detection using computational intelligence methods. *Knowledge-Based Systems*, 109, 187-197.
- Daugman, J. (2009). How iris recognition works. *The essential guide to image processing* (s. 715-739): Elsevier.
- Fausett, L. V. (2006). *Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms and applications*: Pearson Education India.
- Ghiasi, M. M., Zendejboudi, S. ve Mohsenipour, A. A. (2020). Decision tree-based diagnosis of coronary artery disease: CART model. *Computer methods and programs in biomedicine*, 192, 105400.
- Gunawan, V. A., Putra, L. S. A., Imansyah, F. ve Kusumawardhani, E. (2022). Identification of Coronary Heart Disease through Iris using Gray Level Co-occurrence Matrix and Support Vector Machine Classification. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(1).
- Jensen, B. (2012). *Iridology simplified*: Book Publishing Company.
- Kurnaz, Ç. ve Gül, B. K. (2018). Determination of the relationship between sodium ring width on iris and cholesterol level. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(4), 1557-1568.
- Kusuma, F. D., Kusumaningtyas, E. M., Barakbah, A. R. ve Hermawan, A. A. (2018). *Heart abnormalities detection through iris based on mobile*. Paper presented at the 2018 International Electronics Symposium on Knowledge Creation and Intelligent Computing (IES-KCIC).
- Ma, L., Zhang, D., Li, N., Cai, Y., Zuo, W. ve Wang, K. (2012). Iris-based medical analysis by geometric deformation features. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, 17(1), 223-231.
- Malakar, A. K., Choudhury, D., Halder, B., Paul, P., Uddin, A. ve Chakraborty, S. (2019). A review on coronary artery disease, its risk factors, and therapeutics. *Journal of cellular physiology*, 234(10), 16812-16823.
- Muzamil, S., Hussain, T., Haider, A., Waraich, U., Ashiq, U. ve Ayguadé, E. (2020). An intelligent iris based chronic kidney identification system. *Symmetry*, 12(12), 2066.
- Ojala, T., Pietikainen, M. ve Maenpaa, T. (2002). Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 24(7), 971-987.
- Ozbilgin, F. ve Kurnaz, C. (2022). An alternative approach for determining the cholesterol level: Iris analysis. *International Journal of Imaging Systems and Technology*, 32(4), 1159-1171.
- Özbilgin, F. (2019). *Sistemik hastalıkların istemli belirtilerinin iris analizi yöntemi ile belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Özbilgin, F., Kurnaz, Ç. ve Aydın, E. (2023). Prediction of Coronary Artery Disease Using Machine Learning Techniques with Iris Analysis. *Diagnostics*, 13(6), 1081.
- Permatasari, L. I., Novianty, A. ve Purboyo, T. W. (2016). *Heart disorder detection based on computerized iridology using support vector machine*. Paper presented at the 2016 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC).
- Putra, L. S. A., Isnanto, R. R., Triwiyatno, A. ve Gunawan, V. A. (2018). *Identification of Heart Disease With Iridology Using Backpropagation Neural Network*. Paper presented at the 2018 2nd Borneo International Conference on Applied Mathematics and Engineering (BICAME).
- Ramlee, R. ve Ranjit, S. (2009). *Using iris recognition algorithm, detecting cholesterol presence*. Paper presented at the 2009 International Conference on Information Management and Engineering.
- Rehman, M. U., Najam, S., Khalid, S., Shafique, A., Alqahtani, F., Baothman, F., Shah, S. Y., Abbasi, Q. H., Imran, M. A. ve Ahmad, J. (2021). Infrared sensing based non-invasive initial diagnosis of chronic liver disease using ensemble learning. *IEEE Sensors Journal*, 21(17), 19395-19406.
- Samant, P. ve Agarwal, R. (2018). Machine learning techniques for medical diagnosis of diabetes using iris images. *Computer methods and programs in biomedicine*, 157, 121-128.
- Sunnetci, K. M., ve Alkan, A., (2022). Biphasic majority voting-based comparative COVID-19 diagnosis using chest X-Ray images. *Expert Systems with Applications*, 119430.
- Sunnetci, K. M., Ulukaya, S., ve Alkan, A., (2022). Periodontal bone loss detection based on hybrid deep learning and machine learning models with a user-friendly application. *Biomedical Signal Processing and Control*, 77: 103844.

- TÜİK. (2019). Ölüm ve Ölüm Nedeni İstatistikleri, 2019. Erişim adresi Ölüm ve Ölüm Nedeni İstatistikleri, 2019
- Virani, S. S., Alonso, A., Benjamin, E. J., Bittencourt, M. S., Callaway, C. W., Carson, A. P., Chamberlain, A. M., Chang, A. R., Cheng, S. ve Delling, F. N. (2020). Heart disease and stroke statistics—2020 update: a report from the American Heart Association. *Circulation*, 141(9), e139-e596.
- Yegnanarayana, B., (2009). *Artificial neural networks*. PHI Learning Pvt. Ltd.