



## Yapay Sinir Ağları ile Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığının Sınıflandırılması

### Chronic Obstructive Pulmonary Disease Classification with Artificial Neural Networks

Ümran Işık<sup>1</sup>, Ayşegül Güven<sup>1</sup>, Hakan Büyükoğlan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Biyomedikal Mühendisliği Bölümü,  
Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri  
{umran, aguven}@erciyes.edu.tr

<sup>2</sup> Tıp Fakültesi, Dahili Tıp Bil., Göğüs Hastalıkları Abd.,  
Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri  
hakanb@erciyes.edu.tr

#### Özetçe

Son yıllarda hastalıkların teşhisinde yeni ve yardımcı bazı sınıflandırıcı, karar verici yazılımlar ve araçların kullanılabilirliği üzerine çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bu araçlardan birisi de Yapay Sinir Ağlarıdır (YSA). Teşhisin konulmasında yardımcı olabilecek, teşhis süresinin kısılması, zaman kazancı ve verimliliğin artışı gibi faydalar sağlayacak bu gibi sistemlerin medikal AR-GE alanında oldukça faydalı olacağı açıktır. Bu çalışmada Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığının (KOA) YSA ile sınıflandırılması amaçlanmıştır. Çalışmada kullanılan veriseti; 15 Değişken ile, 4 KOAH Hastalık Seviyesi (Hafif, Orta, Ağır, Çok ağır) için 507 Kişiyeye ait verileri içermektedir. Çalışma kapsamında Matlab Kod ile 2 arakatmanlı YSA yapısı 5 fold çapraz doğrulama (crossvalidation) yöntemi kullanılmış, test örneklerinde Ortalama Kareysel Hata (MSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) değerleri hesaplanmıştır. Sonuçta hatalar MSE=0,00996, MAE=0,02478 şeklinde, doğruluk oranı ise % 99 olarak bulunmuştur. Sonuçlara bakıldığında 15 değişken ile oldukça yüksek bir doğruluk oranına ulaşıldığı görülmüştür. Dolayısıyla YSA'nın çalışmada kullanılan veri seti ile KOAH sınıflandırmasında kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sayede, KOAH seviyesinin hızlı ve yüksek başarımla belirlenmesinde hekime yardımcı olabilecek bir sistem elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler** — Yapay Sinir Ağları; Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı; Sınıflandırma.

#### Abstract

In recent years, various studies are conducted on the availability of some classifying, decisive softwares and tools that're new and assistant upon diagnosis of the diseases. Using Artificial Neural Networks (ANN) is one of these tools. It is obvious that, these kind of systems which could be helpful for the diagnosis, and which have benefits like shortening of the diagnosis period, time gain and increased efficiency, contributes a lot to medical R&D. In this study, diagnosis of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD) with

Artificial Neural Networks is objected. Dataset used in the study comprises 15 Variables, 4 COPD Disease Levels (Mild, Moderate, Severe; Very Severe), and the data of 507 patients. Within the study, (Matlab Code with 2 hidden layers); 5 layered crossvalidation method is used. Mean Squared Error (MSE) and Mean Absolute Error (MAE) of the test samples are calculated and mean of 5 layer errors are given as the results. In conclusion MSE and MAE values are found to be 0,00996, and 0,02478 respectively. Accuracy rates are found to be 99 %. Ultimately founded results show that very high accuracy rates are achieved with 15 variables. Consequently, Artificial Neural Networks seem to have a successful usage in COPD classification. This allows a system that would help the physician to determine COPD level more rapidly with high performance.

**Keywords** — Artificial Neural Networks; Chronic Obstructive Pulmonary Disease; Classification.

#### 1. Giriş

Göğüs hastalıkları en büyük sağlık problemlerindedir ve dünyada her sene milyonlarca insana göğüs hastalığı teşhisi konulmaktadır. Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı en önemli ve Türkiye'de çok yaygın olan akciğer hastalıklarından birisidir [1, 2].

Ölünenebilir ve tedavi edilebilir yaygın bir hastalık olan Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOA), genellikle ilerleyici özellikteki kalıcı hava akımı kısıtlanması ile karakterize edilir ve zararlı gaz ve partiküllere karşı havayolları ve akciğerin artmış kronik inflamatuvar yanıtı ile ilişkilidir. Alevlenmeler ve komorbiditeler her bir hastada toplam şiddet seviyesine katkıda bulunur (GOLD 2015) [3]. Hastalık alevlenmelerle seyredir. Alevlenmeler stabil dönemden farklı bir tedavi gerektirir. Mortalitenin en önemli nedenidir. Hastalığa eşlik eden komorbiditeler hastalığın yönetimini güçleştirir [4].

Dünyanın farklı bölgelerinde değişimle beraber KOAH %5 ile %20 sıklığında görülmektedir. KOAH Dünya Sağlık



### Sinyal İşleme 3

2. Gün / 16 Ekim 2015, Cuma

Örgütü (DSÖ) verilerine göre dünyada en sık öldüren 4. hastalıktır ve 2020'de 3. hastalık olması beklenmektedir. DSÖ ne göre göre (DALY sıralaması) KOAH Dünya'da en sık sakat bırakan hastalıklar arasında 13. sıradadır. Türkiye'de prevalansı %19.2'dir ve 4. en sık öldüren hastalıktır ve DALY sıralamasında 11. sıradadır.

KOAH çok sık görülen bir hastalık olmasına rağmen hastaların doktora başvuruda gecikmesi, doktorların spirometreye ulaşma ve yorumlama güçlükleri nedeniyle, KOAH'lı hastaların ancak 1/3-1/10'u KOAH tanısı almaktadır [4].

KOAH için risk faktörleri; Genetik faktörler, sigara dumanı, organik ve inorganik mesleki toz ve kimyasallar, ev içi ve dış ortam hava kirliliği, akciğerlerin büyüme ve gelişmesindeki sorunlar, cinsiyet, yaş, solunum yolu enfeksiyonları, sosyoekonomik düzey, kronik bronşit, astım / bronşial hiperreaktivite olarak karşımıza çıkmaktadır [4].

Semptomlar; Kronik öksürük, balgam çıkarma, nefes darlığıdır. Risk grubunda olmasına rağmen hasta semptomatik olmayabilir veya semptomlarını doktora başvuracak kadar önemsemeyebilir. Orta şiddetten itibaren KOAH'ta, hava akımı kısıtlılığı belirginleştiği için hastalar sıklıkla günlük aktivitelerini etkileyen nefes darlığından yakınırlar. Genellikle bu evrede semptomlarının belirginleşmesi nedeniyle doktora başvurularak KOAH tanısı konulur. Hafif KOAH'ta, temel semptomlar kronik öksürük ve balgam çıkarmadır. Başlangıçta öksürük aralıklı olabilir, ancak daha sonraları her gün ve sıklıkla gün boyu olmaya başlar. Kronik öksürük sıklıkla produktiftir. Balgam genellikle beyaz-gri, koyu kıvamlı ve yapışkandır. Miktarı genellikle 10-50 ml aralığındadır. Bol balgam, eşlik eden bronşektazi ile de ilişkili olabilir [4].

KOAH tanısı spirometri yöntemi ile doğrulanmaktadır. [5]. Spirometre zorlu vital kapasiteyi (FVC), bu manevranın 1. saniyesinde ekshal edilen hacmi (FEV1) ölçmeli ve FEV1/FVC oranını hesaplamalıdır. KOAH düşünülen hastada bronkodilatör sonrası FEV1/FVC  $<70\%$  ise hasta KOAH olarak değerlendirilmelidir [4]. Spirometrik ölçümler yaş, boy, cins ve ırka göre belirlenen referans değerlerle karşılaştırılarak değerlendirilir [4]. KOAH derecesinin belirlenmesi tedaviye karar verme aşamasında çok önemlidir.

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir [1].

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında; Ashizawa ve diğ., 1999'da yaptıkları çalışma ile akciğer grafisinde YSA'nı interstisyel (dokular arası) akciğer hastalığının ayırmsal teşhisinde kullanmışlardır. Üç - katmanlı, geri - yayınlı algoritma ile ileri - beslemeli YSA kullanılan çalışmada YSA, 11 interstisyel akciğer hastalığı arasındaki ayırım için göğüs radyologları tarafından çıkarılan 10 klinik parametre ve 16 radyolojik bulgu baz alınarak tasarlanmıştır. Sonuçta pozitif bulgular elde etmişlerdir [6]. 2007'de Coppini ve diğ., KOAH hastalarında amfizemin teşhisini çalışmış başarılı sonuçlar elde etmiştir [7].

Er, ve Temurtas, 2008'de çok katmanlı YSA kullanarak KOAH teşhisi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. KOAH ve normal olmak üzere iki sınıf bulunmaktadır. İki farklı YSA yapısı kullanmış (bir gizli katmanlı ve iki gizli katmanlı), sinir ağının eğitimi için ise momentum ve Levenberg-Marquardt algoritmaları geri yayılım kullanmış, başarılı sonuçlar elde etmişlerdir [8]. Er ve diğ., 2009'da Radyal Tabanlı YSA kullanılarak KOAH teşhisini çalışmış,

epikriz raporlarından bir uzmanın görüşü alınarak 38 parametre elde etmiş ve uygulamada özellik olarak kullanmışlardır. Sonuçta KOAH'ın teşhisinde % 90,20'lik bir doğruluk oranı ile YSA'nın teşhiste kullanılabileceği kanısına varmışlardır [1]. Yine Er ve diğ.'nin 2009'da yaptığı diğer bir çalışmada YSA ve yapay bağışıklık sistemleri kullanılarak KOAH ve zatürre hastalıklarının teşhisi üzerine karşılaştırmalı bir çalışma gerçekleştirilmiş, başarılı sonuçlar elde edilmiştir [9].

2010'da yaptıkları diğer bir çalışmada Er ve diğ. YSA kullanılarak göğüs hastalıkları (KOAH, Zatürre, Astım, Tüberküloz, Akciğer Kanseri) teşhisi üzerinde çalışmışlar, çok katmanlı, olasılıksal, öğrenen vektör nicemlemesi (learning vector quantization) ve genelleştirilmiş regresyon sinir ağları kullanarak karşılaştırılmalı bir göğüs hastalıkları teşhisi gerçekleştirmişlerdir. 8 Metod & Hastalık + kontrol için yüksek doğruluk oranları ile başarılı sonuçlar elde etmişlerdir [10]. Er ve diğ. yine 2012'de yapay bağışıklık sistemi kullanılarak göğüs hastalıklarının teşhisi üzerine çalışmış ve sonuçta % 93.84 sınıflandırma doğruluğuna ulaşmışlardır [2].

2014'de Bhuvanawari ve diğ., Genetik Algoritma kullanılarak akciğer hastalıklarının sınıflandırılması için yeni bir model üzerine çalışmış [11], başarılı sonuçlara ulaşmışlardır. Goryński ve diğ., 2014'de erken akciğer kanseri teşhisinde YSA yaklaşımını çalışmış, YSA'nın akciğer kanseri prognozunda kullanılabileceği ve akciğer kanseri şüphesi olan hastaların teşhisinde doktora yardımcı olabileceği sonucuna ulaşmışlardır [12].

Bu çalışmada, literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak YSA kullanarak KOAH seviyelerinin belirleneceği temel bir sistem tasarımı amaçlanmıştır.

## 2. Malzeme ve Yöntem

Çalışmada oluşturulan Matlab uygulamasında özellik olarak kullanılan 15 parametreye ait veriseti ile hastalık seviyelerine ait veri örnekleri tablo 1'de verilmiştir.

Değişkenler Yaş, Cinsiyet, HGB, HCT, FEV, %FEV1, FEV1/FVC, DM, HT, KAH, KKY, ST, Anemi, Polisitemi, NHB şeklindedir. 507 adet verinin 29'u Hafif KOAH, 137'si Orta KOAH, 210'u Ağır KOAH, 131'i Çok ağır KOAH hastalık grubuna aittir (tablo 1).

Çalışma kapsamında Matlab Kod ile 2 ara katman içeren bir Yapay Sinir Ağı modeli üzerinde çalışılmış, 5 fold çapraz doğrulama (crossvalidation) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde n fold çapraz doğrulama için n kere yöntem çalıştırılır. Her adımda veri kümesinin 1/n kadarı ayrılarak test için; geri kalan n-1/n kadarlık kısmı ise eğitim için kullanılır.

Bu modelde öncelikle n sayıdaki parçanın birisi test için seçilip ayrılıyor, geri kalanı eğitim için kullanılıyor. Daha sonra bu işlem ikinci, üçüncü ve n'e kadar olan tüm parçalar için aynı şekilde uygulanıyor. Sonuçta her fold için hata oranları elde ediliyor ve genel hata oranları ise ortalama alınarak hesaplanıyor.

Bizim çalışmamızda n=5 alınmıştır ve dolayısıyla yöntem 5 farklı eğitim ve test verisi üzerine uygulanmıştır. Eğitim için Levenberg - Marquardt algoritması kullanılmıştır ve  $10^{-3}$  lük bir eğitim hatasına ulaşılması hedeflenmiştir.

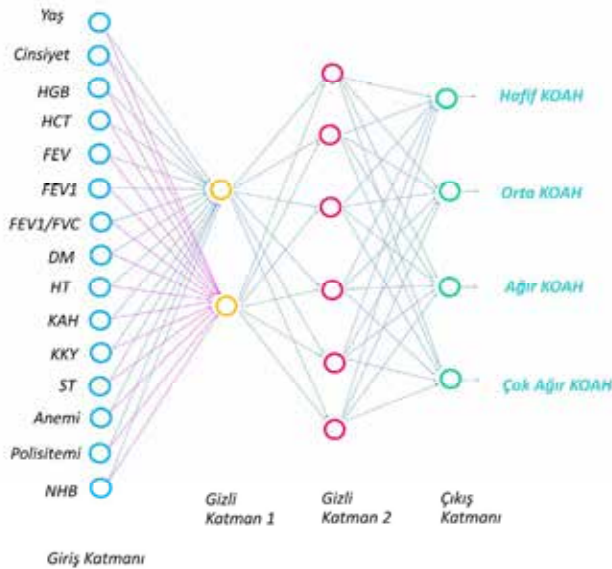
Ağın performansı Ortalama Karesel Hata (MSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) ya göre değerlendirilmiştir. Test örneklerinde MSE ve MAE değerleri hesaplanmış ve elde edilen 5 hatanın ortalaması alınmıştır.

Tablo 1: Veriseti – Değişken Tanımları ve Veri Örnekleri

| Değişken    | Tanım  | Hafif KOAH |      |      | Orta KOAH |      |      | Ağır KOAH |      |      | Çok Ağır KOAH |      |      |
|-------------|--|------------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|---------------|------|------|
| Veri Sayısı | 507 Adet verinin Dağılımı                                  | 29         |      |      | 137       |      |      | 210       |      |      | 131           |      |      |
| Hasta No    | Veriseti Sırası  | 2          | 9    | 19   | 34        | 42   | 79   | 245       | 217  | 178  | 385           | 444  | 467  |
| Yaş         | Hastanın Yaşı  | 59         | 64   | 75   | 64        | 71   | 44   | 58        | 48   | 79   | 65            | 71   | 65   |
| C           | Hastanın Cinsiyeti   | 2          | 2    | 1    | 2         | 1    | 1    | 1         | 1    | 2    | 2             | 1    | 1    |
| HGB         | Hemoglobin   | 16,3       | 14,7 | 9,2  | 10,7      | 17,9 | 14,7 | 17,3      | 12,4 | 17   | 15,3          | 11,4 | 16   |
| HCT         | Hematokrit   | 54         | 42   | 27   | 33        | 55   | 43   | 52        | 36   | 59   | 49            | 34   | 48   |
| FEV         |  | 1,4        | 1,4  | 1,94 | 0,86      | 1,59 | 2,35 | 1,01      | 1,65 | 0,72 | 0,47          | 0,7  | 1,15 |
| %FEV1       | FEV1: zorlu ekspirasyonun birinci saniyesinde atılan volüm | 95         | 81   | 83   | 50        | 59   | 62   | 33        | 49   | 37   | 28            | 37   | 14   |
| FEV1/FVC    | Tiffeneau indeksi  | 62         | 61   | 64   | 65        | 73   | 59   | 53        | 69   | 67   | 68            | 37   | 49   |
| DM          | Diabetes Mellitus  | 0          | 1    | 0    | 0         | 1    | 0    | 0         | 0    | 0    | 0             | 1    | 0    |
| HT          | Hipertansiyon  | 1          | 1    | 1    | 0         | 1    | 0    | 1         | 1    | 1    | 1             | 0    | 0    |
| KAH         | Kroner Arter Hastalığı                                     | 1          | 0    | 1    | 0         | 0    | 0    | 1         | 0    | 0    | 0             | 0    | 0    |
| KKY         | Konjestif Kalp Yetersizliği                                | 1          | 0    | 0    | 1         | 0    | 0    | 1         | 0    | 0    | 0             | 0    | 0    |
| ST          |  | 0          | 0    | 0    | 0         | 1    | 0    | 1         | 0    | 0    | 0             | 0    | 0    |
| Anemi       | Anemi  | 0          | 0    | 1    | 1         | 0    | 0    | 0         | 1    | 0    | 1             | 1    | 0    |
| Polisitemi  | Kan fazlalığı (kırmızı kan hücre sayısı artışı)            | 1          | 0    | 0    | 0         | 1    | 0    | 1         | 0    | 1    | 0             | 0    | 0    |
| NHB         | Oksijen Azlığı   | 0          | 1    | 0    | 0         | 0    | 1    | 0         | 0    | 0    | 0             | 0    | 1    |

### 3. Bulgular ve Sonuçlar

Bulgulara göre, en iyi sonucu veren ağ yapısı 2 gizli katman (1. Arakatman 2 nöron; 2. Arakatman 6 nöron) şeklinde oluşmuştur. Ağın topolojisi 15 giriş, 2 arakatman ve 4 çıkış şeklindedir (Şekil 1).



Şekil 1: Oluşturulan YSA yapısı.

Yapay sinir ağları içinde insan beynindeki benzer nöronlar bulunur. Paralel işlem yapan nöronlar ise katmanları oluşturur. Şekil 1'de gösterilen dairelerden her biri nöronları, aynı renk nöronların oluşturduğu bölümler katmanları, oklar ise bağlantı noktalarını temsil etmektedir. Oluşan ağ yapısı incelendiğinde verisetinde bulunan 15 değişken giriş katmanını oluşturmada, 2 gizli katmanda ağırlıklandırılarak işlem gören değişkenler, ağın çıkışında hafif, orta, ağır ve çok ağır olarak sınıflandırmayı gerçekleştirmektedir.

Oluşturulan YSA yapısı (Şekil 1) ile sonuçta bulunan hatalar; MSE=0,00996, MAE=0,02478 şeklindedir. Ortalama karesel hata baz alındığında sonuçta % 0,996'lık bir hata ile % 99 gibi yüksek bir doğruluk oranına ulaşılmıştır.

Daha önce giriş bölümünde bahsedilen literatür çalışmaları tablo 2'de özet olarak verilmiştir. Tabloda KOAH ve bazı akciğer hastalıklarıyla ilgili sınıflandırmada kullanılan yapay zeka yöntemleri ve sonuçta elde edilen doğruluk oranları bulunmaktadır. Çalışmalarda başarılı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir (Tablo 2).

Bu çalışmada, literatürde yapılan çalışmalardan farklı olarak YSA kullanarak KOAH seviyelerinin belirleneceği temel bir sistem tasarımı üzerinde çalışılmıştır. Literatür verileri ve bizim elde ettiğimiz bulgular karşılaştırıldığında oldukça yüksek doğruluk oranlarına ulaşıldığı görülmektedir.

Sonuçlara bakıldığında az değişken sayısı ile oldukça yüksek bir doğruluk oranına ulaşıldığı görülmüştür. Dolayısıyla YSA'nın çalışmada kullanılan veri seti ile KOAH sınıflandırmasında kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bu sayede, KOAH seviyesinin hızlı ve yüksek başarımla belirlenmesi hastanın etkin tedavisinin başlamasında hekime yardımcı olacaktır.

Tablo 2: Literatür Sonuçlar – Özet

| Çalışma                   | Hastalık                       | Metot   | Doğruluk   |
|---------------------------|--------------------------------|---|--|
| Ashizawa ve diğ., 1999    | İnterstisyel Akciğer Hastalığı | Üç - katmanlı, geri - yayımlı bir algoritması olan ileri - beslemeli YSA  | 0,947 ROC eğrisinin altında kalan alan                               |
| Coppini ve diğ., 2007     | KOAH hastalarında Amfizem      | İleri beslemeli çok katmanlı YSA  | % 90   |
| Er, ve Temurtas, 2008     | KOAH                           | İki farklı YSA  | % 93,14- 96,08   |
| Er ve diğ., 2009          | KOAH                           | Radyal tabanlı fonksiyon YSA  | % 90,20  |
| Er ve diğ., 2009          | KOAH ve Zatürre                | YSA ve Yapay bağışıklık sistemleri  | % 92, 14- 94,00 (4 Metot)  |
| Er ve diğ., 2010          | Göğüs hastalıkları             | Çok katmanlı, olasılıksal, öğrenen vektör nicemlemesi ve genelleştirilmiş regresyon sinir ağıları                         | % 88,24 – 92,16<br>(8 Metot & 6 Hastalık + Kontrol)                  |
| Er ve diğ., 2012          | Göğüs hastalıkları             | Yapay bağışıklık sistemi  | % 93.84  |
| Bhuvanewari ve diğ., 2014 | Akciğer hastalıkları           | Füzyon bazlı özellik çıkarım tekniği; genetik algoritma; karar ağacı, k en yakın komşu (KNN), çok katmanlı perseptron YSA | % 90'ın üzerinde   |
| Goryński ve diğ., 2014    | Erken akciğer kanseri          | YSA   | En iyi skor için (ROC) eğrisinin altında kalan alan 0,90'ın üzerinde |
| Önerilen çalışma          | KOAH                           | YSA   | % 99   |

#### 4. Kaynakça

- [1] Er, O., Yumusak, N., Temurtas F., Tanrikulu A.C., Abakay A., “Chronic Obstructive Pulmonary Disease Diagnosis Using Radial Based Function Neural Network”, *Electronic Letters on Science & Engineering*, 5(1), 2009.
- [2] Er, O., Yumusak, N., Temurtas, F., “Diagnosis of chest diseases using artificial immune system”, *Expert Systems with Applications*, 39., 1862–1868, 2012.
- [3] *Global Strategy for the Diagnosis, Management, and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, Global Initiative For Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) Inc., 2015.
- [4] *KOAH-2014-Hekim-Eğitim-Slayt-Seti, Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH)*, Türk Toraks Derneği KOAH Çalışma Grubu, 2014.
- [5] Kocabaş, A., Atış, S., Çöplü, L., Erdiñ, E., Ergan, B., Gürgün, A., Köktürk, N., Polatlı, M., Şen, E., Yıldırım, N., “Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı (KOAH) Koruma, Tani ve Tedavi Raporu 2014”, Türk Toraks Derneği KOAH Çalışma Grubu, *Turkish Thoracic Journal, Official Journal of the Turkish Thoracic Society*, Vol 15, 2014.
- [6] Ashizawa, K., Ishida, T., MacMahon, H., Vyborny, C.J., Katsuragawa, S., Doi, K., “Artificial Neural Networks in Chest Radiography: Application to the Differential Diagnosis of Interstitial Lung Disease”, *Academic Radiology*, Volume 6, Issue 1, Pages 2–9, January 1999.
- [7] Coppini, G., Miniati, M., Paterni, M., Monti, S., Ferdeghini, E.M., “Computer-aided diagnosis of emphysema in COPD patients: Neural-network-based analysis of lung shape in digital chest radiographs”, *Medical Engineering & Physics*, 29., 76–86, 2007.
- [8] Er, O. & Temurtas, F., “A Study on Chronic Obstructive Pulmonary Disease Diagnosis Using Multilayer Neural Networks”, *J Med Syst*, 32., 429–432, 2008.
- [9] Er, O., Sertkaya, C., Temurtas, F., Tanrikulu, A. C., “A Comparative Study on Chronic Obstructive Pulmonary and Pneumonia Diseases Diagnosis using Neural Networks and Artificial Immune System”, *J Med Syst*, 33., 485–492, 2009.
- [10] Er, O., Yumusak, N., Temurtas, F., “Chest diseases diagnosis using artificial neural networks”, *Expert Systems with Applications*, 37., 7648–7655, 2010.
- [11] Bhuvanewari, C., Aruna, P., Loganathan, D., “A new fusion model for classification of the lung diseases using genetic algorithm”, *Egyptian Informatics Journal*, 15., 69–77, 2014.
- [12] Goryński, K., Safian, I., Grądzi, W., Marszał, M.P., Krysiński, J., Goryński, S., Bitner, A., Romaszko, J., Buciński, A., “Artificial neural networks approach to early lung cancer detection”, *Cent. Eur. J. Med.*, 9(5), 632-641, 2014.