



Kardiyotokogram Verilerinin Yapay Sinir Ağları ile Sınıflandırılması

Classification of Cardiotocogram Data with Using Artificial Neural Networks

Serhat ALADAĞ¹, Ayşegül GÜVEN¹

¹ Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri

serhat.aladag@saglik.gov.tr , aguyen@erciyes.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada rahim kasılmaları ve fetal kalp atımlarının senkronize olarak kaydedildiği elektronik fetal monitörizasyon (Non-Stress Test-NST) – Kardiyotokografi sinyallerinden elde edilen anlamlı parametrelerin birbirleriyle karşılaştırılarak fetüsün sağlıklı veya sağlıklı olmadığına karar verebilen bir yapay sinir ağı tasarlanmıştır. Çalışmada 1831 adet hasta verisi kullanılmıştır ve her kardiyotokografi verisi pratikte ayrı ayrı incelenir. Bu ise kadın doğum uzmanlarına karar verme aşamasında zamansal açıdan iş yükü oluşturmaktadır. Kliniğe başvuran hasta sayısı, yapılan testler ve teşhis süresi düşünüldüğünde uzmanları destekleyici nitelikte bir yazılımın bulunması işleyiş açısından fayda sağlayacaktır. Kardiyotokografi kayıtları 10-20 dakika arasında sürmektedir. Ortalama 15 dakikalık bir kaydın incelenmesi, veri setinden elde edilen 33 parametrenin tespit edilerek incelenmesi de bir o kadar vakit alacaktır. Yapılan bu çalışma artırılan zamanın etkin kullanılması ve daha çok hastanın teşhis-tedavi zincirine dahil edilmesi anlamına gelmektedir.

Abstract

In this study, uterine contractions and fetal heart beats which was recorded synchronously NST (Non-Stress Test) - cardiotocographic signal. The meaningful parameters derived from NST by compared to each other fetus is healthy or unhealthy that can decide an artificial neural network is designed. 1831 patients data were used in this study. Cardiotocographic datas are examined separately in practice. This situation constitutes timing problem for an obstetrician. Because of the number of patients referred to the clinic, diagnostic tests and diagnosis time, the presence of a software which is supportive to obstetrician will benefit. Cardiotocographic records lasts between 10-20 minutes. Examining the average 15 minute recording, obtained from the data set of 33 parameters to be identified and examined equally take time. With this study, the time will be used effectively. More patients will be included in the diagnostic-treatment chain.

1. Giriş

Elektronik Fetal Monitörizasyon (EFM, Kardiyotokografi), myometriyum kasılmaları ile fetal kalp kasılma frekansının senkron olarak kaydedilmesidir. EFM'nin amacı, müdahale gerektirecek anlamlı değişikliklerin erkenden saptanmasıdır. EFM teknolojisi 1960 yılında geliştirilmiş, 1970'lerde yaygınlaşmış ve 1980'lerden sonra ise kullanımı doruğa ulaşmıştır. Şu anda en sık obstetrik uygulamadır [1].

NST bebeğin iyilik halinin tespitinde kullanılan en etkin yöntemdir. Rahim kasılmalarının olmadığı bir dönemde yapıldığı için üzerinde herhangi bir stres olmayan bebeğin durumu değerlendirilir. Non Stres Test olarak adlandırılmasının nedeni budur. Veri seti içeriği ile ilgili detay bilgi verilirken açıklanacağı üzere kardiyotokografi sonuçları üzerinden birçok sinyal işleme ve veri anlamlandırma yöntemi kullanılarak elde edilen anlamlı veriler karşılaştırılarak fetüsün sağlık durumu ile ilgili yorumlar yapılır.

National Institute of Child Health and Human Development Research Planning Workshop 1997 yılında, uzmanlar arasında tekil bir terminoloji oluşturulması adına bazı tavsiyelerde bulunmuştur [2]. Bu tanımlar Tablo.1'de verilmiştir. Veri setinin analizi, sağlıklı ve patolojik bulguların sınıflandırılması ve yapay sinir ağının eğitimi sırasında tabloda yer alan veriler kullanılmıştır.

Tablo.1 Çocuk Sağlığı ve İnsan Gelişimi Araştırma Planlama Çalıştayı Ulusal Enstitüsü (National Institute of Child Health and Human Development Research Planning Workshop) [3-4].

Patern Tanım Baseline (Bazal Hız)	Ortalama Fetal Kalp Hızı (FKH) 10 dakikalık süre boyunca dakikada 5 atımlık artışların yuvarlanmasıdır, aşağıdaki durumlar hariç; -Periyodik veya epizodik değişiklikler -Belirgin FKH variabilitesi periyodları -Dakikada 25 atımdan daha fazla değişen bazal segmentler
Bazal Variabilite	Bazal hız herhangi 10 dakikalık kısımdan en az 2 dakika için olmalıdır. Dakikada 2 siklus veya daha fazla FKH dalgalanması Variabilite görsel olarak, dakikalık atımlarda zirveden tabana yükseklik olarak nitelendirilir. -YOK = Yükseklik değişkenliği belirlenemeyen -MINİMAL = Yükseklik değişkenliği var ama dakikalık 5 atım veya daha az -ORTA (Normal) = Yükseklik değişkenliği 6-25 atım/dk -BELİRGİN = Dakikada >25 atım
Akselerasyon	Görsel olarak FKH en son hesaplanan bazaldan belirgin artış (başlangıçtan zirveye 30 saniyeden az) Akselerasyon süresi, FKH'nin bazaldan başlangıç değişim zamanından bazale dönüş zamanı olarak tanımlanır. - >32 haftada, akselerasyon dakikada bazaldan 15 atım veya daha fazla artış, 15 saniye veya daha fazla, ama 2 dakikadan kısa süren - <32 haftada, bazaldan dakikada 10 atım veya daha fazla artış, 10 saniye veya daha fazla, ama 2 dakikadan kısa süren Uzamış akselerasyon, 2 dakika veya daha fazla süren ama 10 dakikadan kısa süren Eğer bir akselerasyon 10 dakika veya fazla sürüyor ise bu bazal hız değişimidir.
Bradikardi	Bazal FKH'nin dakikada 110 atımın altında olmasıdır
Erken Deselerasyon	Uterus kontraksyonu ile birlikte FKH'nin görsel olarak belirgin olarak (başlangıçtan en dip noktaya 30 sn veya daha fazla sürede ulaşip) azalıp bazale dönmesi Deselerasyonun en dip noktası kontraksyonun zirvesi ile aynı andadır.
Geç Deselerasyon	Uterus kontraksyonu ile birlikte FKH'nin görsel olarak belirgin olarak (başlangıçtan en dip noktaya 30 sn veya daha fazla sürede ulaşip) azalıp bazale dönmesi Sırasıyla, deselerasyonun başlangıç, dip ve düzelmesi, kontraksyonun başlangıç, zirve ve sonundan sonra gerçekleşir.
Taşikardi	Bazal FKH'nin dakikada 160 atımın üstünde olması
Variabl Deselerasyon	FKH'nin görsel olarak belirgin olarak (başlangıçtan en dip noktaya 30 saniyeden kısa sürede ulaşip) azalıp bazale dönmesi Azalma dakikada 15 atım veya daha fazla, 15 saniye veya daha fazla fakat 2 dakikadan az süren
Uzamış Deselerasyon	FKH'de bazalın altına görsel olarak belirgin azalma Deselerasyon, dakikada 15 atım veya daha fazla azalma, başlangıçtan bazale dönüşü 2 dakika veya daha fazla ama 10 dakikadan az süren



Sinyal ve Görüntü İşleme

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (10.45-11.30)

Kadın doğum uzmanları normal ve patolojik bulgu kararlarını verirken Tablo.2' de verilen belirleyici özelliklerden yararlanırlar.

Tablo.2 Normal ve Patolojik Kardiyotokografi Paternleri

Normal Kardiyotokografi Paternleri
•Bazal frekans 110-160/dk
•Bazal variabilite (beat to beat) 5-15 vuru/dk.
•Akselerasyonların varlığı (15 sn'den daha uzun süreyle bpm'de 15 mm veya daha fazla artış)
•Belirgin deselerasyonların yokluğu
•Erken deselerasyonlar ve tipik hafif variabl deselerasyonlar
•Variabilitesi normal, 100-120 arası bazal hız
Patolojik Kardiyotokografi Paternleri
•Taşikardi
•30 dk. boyunca kontraksiyonların %50'den fazlasında geç deselerasyonların görülmesi
•30 dk.dan daha uzun süreyle variabilite azalmasının saptanması (<5 vuru/dk)
•Persiste eden ağır variabl deselerasyonlar (en az 60 sn. süren ve <60/dk. vuru sayısı olan) ya da persiste atipik variabl deselerasyonların varlığı
•Bradikardi görülmesi (en az 2 dk. boyunca devam eden vuru sayısının <100 /dk. olması)

Anlamli parametre sayısının fazla olması verilerin yorumlanması aşamasında hekimin karar mekanizmasına olumsuz etki etmektedir. Dolayısıyla bu veriler bir yapay sinir ağı ile otomatize olarak yorumlandığında hekim kontrolünde hasta payının azaltılmasına ve teşhis doğruluk oranının artmasına imkân tanımaktadır.

Literatürde yer alan kardiyotokogram veri analizi çalışmaları incelendiğinde farklı yöntemlerin denendiği gözlemlenmiştir. Veri sınıflandırma metodu olarak K-Means Sınıflandırma Sistemi ve Bayes Olasılık Modeli kullanılan çalışmalar mevcuttur [5-7]. Çalışmamızın özgün yanlarından biri ise sınıflandırma sisteminde çok sayıda veri içeren data seti ile ileri beslemeli bir yapay sinir ağı modelinin yönteminin kullanılmasıdır.

2. Problemin Tanımı ve Veri Setinin Sınıflandırılması

Çalışmamızda kullanılan veri seti [8], 1831 adet kardiyotokografi sinyalinden oluşan hasta ve sağlıklı fetüslerle ilgili toplam 33 farklı referans parametre içermektedir. Dolayısıyla hasta sayısı ve yorumlanacak-kıyaslanacak parametre sayısının fazlalığı ve hekimin yoğunluktan dolayı pratikte dikkatinin dağılabileceği düşünüldüğünde bu verilerin otomatize bir ortamda kıyaslanması zaman ve iş yükü açısından faydalı sonuçlar doğuracaktır.

3. Veri Seti İçeriği

Veri setinde toplam 1655 adet sağlıklı ve 176 adet patolojik olgu saptanan fetüse ait referans parametre bilgisi mevcuttur. Çalışmada toplam 1831 adet çeşitli sinyal işleme yöntemleriyle karakteristikleri çıkarılan ve bu esnada 3 adet kadın doğum uzmanının nezaret ettiği ve onayladığı veriler kullanılmıştır. Sinyallerin işlenmesi esnasında SisPorto adı verilen otomatize bir bilgisayar arayüzü kullanılmıştır [8-13].

Veri setinde yer alan teşhis bilgilerinde 1:Normal, 3:Patolojik bulguları yer almaktadır. Bu teşhisler 3 adet kadın doğum uzmanı tarafından tasdik edilmiştir. Veri setinde yer alan bazı değerlendirmeler kardiyotokogram değerlendirmeleri hasta ve sağlıklı fetüs ayrımla beraber Tablo.3'te verilmiştir.

Tablo.3 : Veri Seti İçeriğinde Yer Alan Kardiyotokogram Yorumlarından Elde Edilmiş Veriler ve Hasta-Sağlıklı Değerlendirmeleri

NP(Normal, Patolojik)	Nor.	Nor.	Nor.	Pat.	Pat.	Pat.	Nor.	Nor.	Nor.	Nor.	Pat.	Pat.
LBE(Bazal Hız Değeri Uzman)	132	133	132	134	134	122	131	130	130	130	135	135
LB(Bazal Hız Değeri SisPorto)	132	133	132	134	134	122	131	130	130	130	135	135
AC(Hızlanma)	4	2	4	1	1	0	4	4	4	2	0	0
FM(Fetal Hareketlilik)	0	0	0	0	0	0	57	273	290	317	0	0
UC(Uterin Yoğunluğu)	4	5	5	10	9	3	6	3	3	4	0	0
ASTV(Anormal Kısa Dönem Değişkenliği Yüzdesi)	17	16	16	26	29	86	28	19	24	23	62	62
MSTV(Ortalama Kısa Dönem Değişkenliği)	2,1	2,1	2,4	5,9	6,3	0,3	1,4	2,3	2,1	1,9	0,5	0,5
ALTV(Anormal Uzun Dönem Değişkenliği Yüzdesi)	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	71	71
MLTV(Ortalama Uzun Dönem Değişkenliği)	10,4	13,4	19,9	0	0	10,6	12,9	8,7	10,9	8,8	6,9	6,9
DL(Hafif Yavaşlama)	2	2	0	9	6	0	2	3	3	3	0	0
DS(Ciddi Yavaşlama)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DP(Uzun Süreli Yavaşlama)	0	0	0	2	2	0	0	1	0	1	0	0
DR(Tekrarlayan Yavaşlama)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Width(Histogram Genişliği)	130	130	117	150	150	68	66	107	125	99	97	97
Min(Histogramdaki En Düşük Frekans)	68	68	53	50	50	62	88	67	53	59	71	71
Max(Histogramdaki En Yüksek Frekans)	198	198	170	200	200	130	154	174	178	158	168	168
Nmax(Histogramdaki Pik Sayısı)	6	5	9	5	6	1	5	3	5	6	3	3
Nzeros(Histogramdaki Sıfır Frekans)	1	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0
Mode(Histogram Modu)	141	141	137	76	71	122	135	134	143	133	143	143
Mean(Histogram Ortalaması)	136	135	136	107	107	122	134	127	128	124	142	142
Median(Histogramın Medyanı)	140	138	138	107	106	123	137	133	138	129	144	144
Variance(Histogram Varyansı)	12	13	11	170	215	1	7	43	70	36	1	1
Tendency(Histogram Eğilimi)	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1
A(Sakin Uyku)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B(REM Uykusu)	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C(Uyanık Kalma)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D(Aktif Uyanıklık)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AD(Hızlanma/Yavaşlama Deseni, Hareketlilik Durumu)	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
DE(Yavaşlama Deseni)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LD(Geniş Yavaşlama Deseni)	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
FS(Yatay Sinüsoidal Desen)	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
SUSP(Şüpheli Desen)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Sinyal ve Görüntü İşleme

3. Gün 27 Eylül 2014 Cumartesi (10.45-11.30)

Yapay Sinir Ağı Tasarımı

Yapay zekâ; zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliğidir. “Tıbbi Yapay Zekâ”nın temel ilgi alanı klinik teşhis işlemlerini gerçekleştirebilecek ve tedavi önerilerinde bulunabilecek yapay zekâ programlarının oluşturulmasıdır. Yapay zekâ, karmaşık tıbbi verileri analiz edebilecek yeteneklere sahiptir.

Yapay zekâ yöntemlerinin bir veri kümesi içindeki anlamlı ilişkileri ortaya çıkarabilme yetenekleri pek çok klinik senaryoda tanı, tedavi ve sonucu tahmin etmek için kullanılmaktadır.

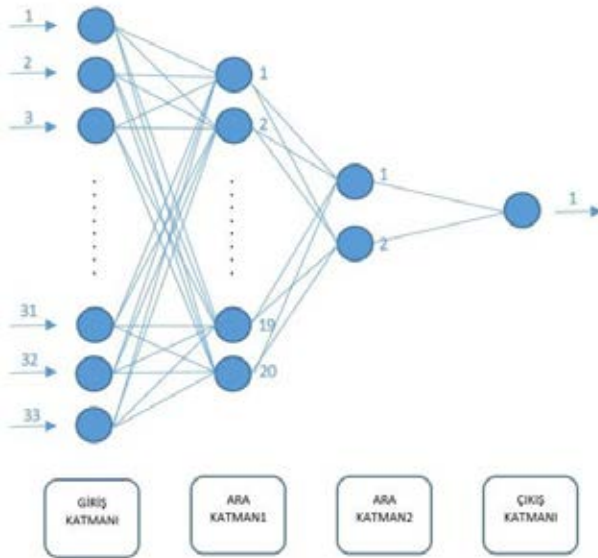
Günümüzde yaygın olarak kullanılan başlıca yapay zekâ yöntemleri; uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritma ve yapay sinir ağlarıdır. Tıbbi uzman sistemler tıbbi uzmanların tavsiyeleri doğrultusunda geliştirilir. Hasta verilerine dayanarak, hekime tavsiye ve önerilerde bulunur.

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sisteminin çalışmasını taklit eden nöronlar içerir. Bu nöronların çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanmasıyla bir ağ oluşturulur. Yapay sinir ağları tıbbi araştırma verileri içinden daha önce fark edilmemiş desenleri saptama, sınıflama, tıbbi aygıtların kontrolü, tıbbi görüntülerin karakteristiklerinin tespit edilmesi gibi pek çok uygulamada aktif olarak kullanılmaktadır.

Yapay zekâ yöntemlerinin yeterliliği tıbbin neredeyse her alanında araştırılmıştır ve uygulama potansiyeline sahiptir [14].

Yapay sinir ağının MATLAB ortamında eğitilmesi sonucu Şekil.1’deki yapı ortaya çıkmıştır.

Tasarlanan yapay sinir ağı; giriş katmanı, ara katman ve çıkış katmanından oluşmaktadır. Giriş katmanı 33, birinci ara katman 20, ikinci ara katman 2 ve son olarak çıkış katmanı 1 elemanlı mimariye sahiptir.



Şekil.1 : 33 Giriş, 20 ve 1 Girişli 2 Ara Katman ve 1 Çıkışa Sahip Yapay Sinir Ağı Yapısı

K- Fold Cross Validation

Veriye dayalı olarak eğitim yapılmasının temel amacı eğitilen sistemin benzer konuda hiç bilinmeyen bir örneğe mantıklı bir cevap üretebilmesidir. Eldeki sınırlı veri kullanılarak sistemin hem eğitilmesi hem de başarısının tarafsız bir şekilde ölçülebilmesi gerekmektedir. Bunun için çapraz geçerlik (cross validation) adıyla anılan yöntemler kullanılmaktadır.

Bu temel prensibe dayanarak önerilmiş birkaç geçerlik yöntemi vardır. Ama hepsinde temel mantık aynıdır. Sistemin başarısını ölçülebilmek için mevcut veri kümesi ikiye bölünür. Birisi eğitim için (train set) diğeri de sistemin hiç görmediği olası örnekleri temsilen (test set) kullanılır. Sistem, seçilen eğitim algoritması ile eğitim kümesini öğrenir. Eğitilen sistemin başarısı daha sonra test kümesi üzerinde hesaplanır.

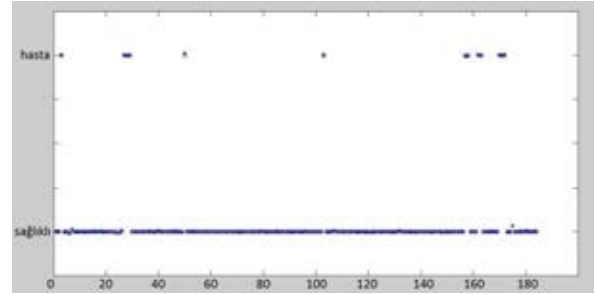
Üç tip çapraz geçerlik yöntemi önerilmiştir:

- Rastgele örnekleme
- K parçalı
- Birini hariç tut

Çalışmaya konu olan çapraz geçerlik yöntemi K-Fold (K parçalı) geçerlik yöntemidir.

Veri, K adet kümeye ayrılır. Birisi test kümesi için ve diğer K-1 küme birleştirilip eğitim kümesi için seçilir. Bu işlem kümeler değiştirilerek K kez tekrarlanır. Genel başarı için K adet başarı değerinin ortalaması alınır.

4. Sonuçlar



Şekil.2 : 10^{-5} Hata Payı ve Altında Çıkan 200 Epoktan En İyi Sonuç Veren Sınıflandırma Sonucunun Çizdirilmesi (yatay eksen: veri sayısı skalası, düşey eksen : sağlıklı ve hasta)

1831 Kardiyogram verisinin yer aldığı veri seti MATLAB ortamında, veri sayısı ekseninde her fold da 183 verinin testi ifade edilmiştir [15]. Her gruplandırma noktası 10 veri sayısına denk gelmektedir. Bu da şu sonuçları ifade etmektedir. Yapay sinir ağı, 10-Fold Cross Validation kullanarak 1700 sağlıklı, 130 patolojik fetüs saptamıştır. Gerçek değerler ise 1655 sağlıklı, 176 patolojik fetüsün olduğudur. Sağlıklı fetüs tespitindeki doğruluk oranı %97.35 gibi ciddiye alınacak bir orandır. Patolojik fetüs tespit etme oranı ise veri sayısının sağlıklı fetüs oranı kadar olmamasından dolayı %73.86’dır.

Elde edilen bu oranlar, çalışmamıza konu olan yapay sinir ağının klinik uygulamasının mümkün olduğunu, kadın doğum uzmanlarına teşhis verme aşamasında yardımcı niteliğini gerçekleştirebileceğini ispat etmiştir. Bu süreci takiben hasta muayene sürelerinden kar elde edileceği, kadın doğum uzmanlarının yoğunluk sebebiyle dikkat dağınıklıklarının ve dolayısıyla teşhis hatalarının azalacağı, boşa çıkan iş yükünün de ihtiyaçlar doğrultusunda verimli bir şekilde kullanılabileceği sonuçlarına varılmıştır. Çalışmanın bir sonraki aşaması ise sürekli zamanda klinik uygulamaların yapılması ve muayene-teşhis sürecinde alınacak geri bildirimler doğrultusunda yapay sinir ağının iyileştirilmelerinin gerçekleştirilmesidir.

5. Kaynakça

- [1] ACOG Practice Bulletin, Clinical Management Guidelines for Obstetrician-Gynecologists Number 70, December 2005
- [2] Electronic fetal heart rate monitoring: research guidelines for interpretation. National Institute of Child Health and Human Development Research Planning Workshop. Am J Obstet Gynecol 1997 ;177:1385-90.
- [3] Eric H.Dellinger,MD, Frank H.Boehm, MD, and Martin M.Crane, PhD: Electronic fetal heart rate monitoring: Early neonatal outcomes associated with normal rate, fetal stress, and fetal distress. Am J Obstet Gynecol 2000 ;182: 214-20
- [4] C. Nadir, 2006, “Elektronik Fetal Kalp Hızı Monitörizasyonu: Normal Monitör, Fetal Stres, Fetal Distres İle İlişkili Erken Neonatal Sonuçlar”
- [5] Shahad Nidhal, M. A. Mohd. Ali and Hind Najah, 2010, “A novel cardiocography fetal heart rate baseline estimation algorithm”, Scientific Research and Essays Vol. 5(24), p. 4002-4010
- [6] G. G. Georgoulas, C. D. Stylios, G. Nokas, and P. P. Groumos, “Classification of fetal heart rate during labour using hidden markov models,” in Proceedings of IEEE International Joint Conference on Neural Networks, pp. 2471–2475, Budapest, Hungary, July 2004.
- [7] H. Ocak and H. M. Ertunc, “Prediction of fetal state from the cardiocogram recordings using adaptive neuro-fuzzy inference systems,” Neural Computing and Applications, 2012.
- [8] <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Cardiocography#>
- [9] J Bernardes, Faculdade de Medicina, Universidade do Porto, Porto, Portugal
- [10] D Ayres de Campos et al. (2000) SisPorto 2.0 A Program for Automated Analysis of Cardiocograms. J Matern Fetal Med 5:311-318
- [11] Marques de SÁ, J.P., jpmdeasa '@' gmail.com, Biomedical Engineering Institute, Porto, Portugal.
- [12] Bernardes, J., joaobern '@' med.up.pt, Faculty of Medicine, University of Porto, Portugal.
- [13] Ayres de Campos, D., sisporto '@' med.up.pt, Faculty of Medicine, University of Porto, Portugal.
- [14] Demirhan A. , Kılıç A. , Inan G. 2010, “Tıpta Yapay Zekâ Uygulamaları”
- [15] MATLAB Version 7.13.0, The MathWorks, Natick, Mass, USA, 2011