Fonksiyonel Tiroit Hastalığı Tanısında Naive Bayes Sınıflandırıcının Kullanılması

Ramazan Solmaz, Mücahid Günay, Ahmet Alkan
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü , KSÜ, Kahramanmaraş
rsolmaz@ksu.edu.tr, gunay@ksu.edu.tr, aalkan@ksu.edu.tr

Özet: Gelişen teknolojilere bağlı olarak bilgisayarlar birçok tıbbi uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. İlgili hastalık teşhisinde tıbbi verileri analiz etmek için değişik uzman sistemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, kan değerleri tabanlı iki veri setine Naive Bayes sınıflandırıcı uygulanmıştır. Analiz sonuçları önerilen teknikle iki veri setini %97,20 ve %95,04 sınıflama doğruluğu ile sınıflandırılmıştır. Elde edilen sonuçlar önerilen sınıflama tekniğinin kan değerleri temelli tiroit tanılama sistemi için kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler: Tiroit Hastalığı, Naive Bayes Sınıflandırıcı.

Use of Naive Bayes Classifier in the Diagnosis of Functional Thyroid Disease

Abstract: Computers have been commonly used in many medical applications depending on the developing technologies. Various expert systems have been developed to analyze the medical data for the diagnosis of the related diseases. In this study, Naive Bayes classifier is applied to classify blood test values based two thyroid data sets. Analysis results showed that the proposed technique correctly classified the two data sets with 97.20% and 95.04% correct classification accuracies. Obtained results implied that the proposed classification technique can be used for the thyroid blood test based diagnosis system.

Keywords: Thyroid Disease, Naive Bayesian Classifier.

1. Giriş

Tiroit bezi ve hastalığı; İnsan vücudunda hayati bir işlevi gerçekleştiren tiroit bezi boyunun alt kısmında ve soluk borusunun ön tarafında bulunan ve ortalama yetişkinlerde 25 gram ağırlığında olan bir endokrin bezidir. Bu bez yapı itibarıyla küçük üstlendiği görevler yönüyle çok büyük önemlere sahiptir. Salgıladığı hormonlarla, vücuttaki tüm organların işleyişini düzenlediğinden vücut metabolizmasının ana düzenleyicisi olarak ifade edilmektedir [3 4 20]. Tiroit bezi, iki hormon üreterek dolaşım sistemine salgılar. Bunlardan birine triiyodotironin (T3) ve diğeri tiroksin (T4) olarak isimlendirilmektedir. Kalıtım, mikroplar, yaşlanma, ısı değişiklikleri, iyot eksikliği ya da fazlalığı, radyasyon, kullanılan ilaçlar, kanser ve daha birçok sebepten kaynaklanan etkenler tiroit bezinin normal çalışmasını bozabilmektedir. Buda tiroit bezinin hormonları doğru miktarda salgılayamamasına sebep olmaktadır. Eğer tiroit bezi fazla hormon salgılarsa metabolizma hızlanır ve Hipertiroidi hastalığı gelişebilmektedir. Bu durumda kalp hızının artması, titreme, güçsüzlük, depresyon, uykusuzluk, guatr gibi şikâyetler oluşabilir. Tiroit hormonları gereğinden az salgılandığında ise Hipotiroidi hastalığı gelişebilmektedir. Bu durumda halsizlik, kas güçsüzlüğü, yorgunluk, guatr, zayıf ve yavaşlamış kalp hızı, hatırlama güçlüğü gibi durumlara sebep olabilmektedir [3 4 5 6 20].

Tiroit hastalığı dünya genelinde çok yaygın olup ülkemiz için de çok önemli bir sorundur. Çeşitli illerde okul çağında yapılan taramaların sonuçlarına göre tiroit hastalığının görülme sıklığı %5 ile %56 arasında değişmektedir. Diğer endokrin hastalıkları gibi tiroit hastalıkları da kadın hastalarda daha sık rastlanmakta. Aynı zamanda yaşa bağlı olarak tiroit hastalığının sıklığı artığı ifade edilmektedir [3 4].

Tiroit hastalıklarının teşhisi fiziksel muayene ile birlikte T3, T4, TSH (Tiroit Uyarıcı Hormon) ve TRH (TSH Salgılatıcı Hormon) hormonlarının kandaki seviyelerinin ölçülmesi, Tiroit Ultrasonu (TU), Tiroit Sintigrafisi (TS), Tiroit İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi (İİAB) gibi yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. Tiroit bezinin fonksiyonu hakkında en iyi bilgiyi TSH'ın kandaki seviyesi verir [3 20 7].

Literatürde tiroit hormonlarının kandaki seviyesi ölçülerek elde edilmiş tiroit hastalığına ait veriler kullanılarak örnek alınan kişinin hasta olup olmadığını otomatik tespit edecek birçok çalışma yapılmıştır. Aşağıdaki çalışmalarda UCI veri tabanından alınan tiroit hastalığına ait 215 örnek içeren veri seti kullanılmıştır.

NEFCLASS-J yöntemi ile doğruluk oranı %95,33 olan bir başarım elde ettiklerini belirtmişlerdir [11].

Veri setine MLNN ile LM (3xFC), PNN (3xFC), LVQ (3xFC), MLNN ile LM (10xFC), PNN (10xFC), LVQ (10xFC) metotlar uygulanıp %89,79 ile %94,43 arasında değişen başarı oranlarını elde ettiğini belirtmiştir [22].

Veri setine ANFIS, Fuzzy-MLP, MLP, Fuzzy-RBF, RBF, Fuzzy-CSFNN, CSFNN gibi uzman sistemler uygulanıp, en iyi başarının Fuzzy-CSFNN ile %92,93 olarak elde edildiği belirtilmiştir [21].

Tiroit hastalıklarının teşhisi için genelleştirilmiş diskriminant analizi dalgacık destek vektör makinesi (GDA_WSVM) yöntemi ile sınıflandırma doğruluğu %91,86 olarak elde edildiğini belirtmişlerdir [2].

Tiroit hastalığın sınıflandırma problemini çözmek için gelişmiş bulanık ağırlıklı ön işleme ile AIRS karma yapısını veri setine uygulayarak 10 kat çapraz doğrulama yoluyla %85 sınıflama doğruluk oranına ulaştıklarını belirtmişlerdir [15].

Bilgi kazancı tabanlı yapay bağışıklı tanıma sistemi (Medikal application of information gain based artificial immune recognition system IG-AIRS) sistemini bu veri setine uygulayarak 10 kat çapraz doğrulama ile %95,90 doğru sınıflandırma oranına ulaştıklarını belirtmişlerdir [12].

Temel Bileşenler Analizi (TBA), k-en yakın komşuluk (k-NN) tabanlı ağırlıklandırılmış ön işleme ve adaptif sinirsel-bulanık çıkarım (ANFIS) sistemi kullanılarak tiroit hastalığı tanısı yapılmıştır. Tanı koyma işleminde aynı veri seti kullanılmış ve %100'lük başarıya ulaştıklarını belirtmişlerdir [14].

Veri setini temel bileşenler analizi ile ön işleme yapıp bilgisayar destekli tanı tabanlı aşırı makine öğrenmesi yöntemi ile maksimum %98,1 ve ortalama %97,73 başarı oranını elde etmişlerdir. [13].

Veri seti ile bilgisayar destekli tanı tabanlı geliştirilmiş bulanık k-en yakın komşu sınıflandırıcı metoduyla 10 kat çapraz doğrulama yaparak ortalama başarı %98,82 ve maksimum başarı %99,09 ulaştıklarını ifade etmişlerdir [1].

Üç aşamadan oluşan destek vektör makineleri tabanlı uzman sistem ile 10 kat çapraz doğrulama yaparak veri seti ile yapılan uygulama sonucunda sistemin ortalama başarısı %97,49 ve maksimum başarısı %98,59 olarak bulmuşlardır [10].

Olasılıksal potansiyel fonksiyonlu yapay sinir ağlarının performans analizini incelemiş ve diğer sistemlerle karşılaştırmıştır. Test verileri için

başarı oranları PPFNN %78,14 RBF %72,09 LVQ %81,86 ve MLP %36,74 tür [19].

Bu çalışmada kan tahlillerinde ölçülen değerlerden tanı konulmuş veriler kullanarak Naive Bayes sınıflandırıcı ile otomatik tanı koyma işlemi yapılacaktır. Ayrıca farklı ve artırılmış veri setleri ile metodun başarısı incelenecektir. Bu metotla tiroit tanısında hekimlere yardımcı olabilecek otomatik tanılama sistemi için başarılı sınıflama sonuçları elde edilmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1 Materyal

Bu çalışmada kullanılacak olan tiroit hastalığına ait veriler Kaliforniya Üniversitesi makine öğrenmesi veri tabanından (ftp://ftp.ics.uci.edu/pub/ machine-learning-databases) elde edilmiştir. Alınan veri setleri farklı iki gruptan oluşmaktadır. Veri setlerine uygulanan sınıflama yönteminin başarısı incelenecektir

a) Birinci Grup Veri: Bu veri grubu 215 örnek içermektedir. Her bir örnek te tiroit hastalığına ait beş özellik mevcuttur. Veri seti Normal (Ötiroit), Hipertiroidi ve Hipotiroit sınıflarından oluşmaktadır. Literatür de bu veri seti ile yapılmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

- Sınıf 1: normal (150 adet)
- Sınıf 2: hiper (35 adet)
- Sınıf 3: hipo (30 adet)

Her örnek tiroit hastalığına ait beş özellik taşımaktadır. Bunlar:

1. Özellik: Serumda doymamış Tiroksin Bağlayan Globulin düzeyi
2. Özellik: İzotopik deplasman yöntemiyle ölçülen toplam serum troksin miktarı.
3. Özellik: Radioimmuno assay yöntemiyle ölçülen toplam serum triiyodotreonin
4. Özellik: Radioimmuno assay yöntemiyle ölçülen bazal tiroit uyarıcı hormonu
5. Özellik: 200 mg serbest trotropin (TSH) hormon enjeksiyonundan sonra TSH değerinin bazal değerle kıyaslandığında en yüksek mutlak fark değeri.

b) İkinci Grup veri: Bu veri seti üç sınıfa ait 7200 örnekten oluşmaktadır. Literatürde bu veri seti ile ilgili çalışmalara pek rastlanılmamaktadır.

Bunlar;

- Sınıf 1: normal (166 adet)
- Sınıf 2: hiper (368 adet)
- Sınıf 3: hipo (6666 adet)

Her örnek 21 özellik içermektedir. Bu özelliklerden 1. özellik numune alınan kişinin yaşını (0 ile 1 değeri arasındadır), 2-16 özellikler (15 özellik) ikili sayı sistemi ile kodlanmış 0 veya 1 den oluşmaktadır. Bu özellikler numune alınan kişinin cinsiyet, tiroksin, antitiroit ilaç, tiroit, hipotiroit, hipertiroit, hamilelik, hastalık, tümör, lityum, guatr gibi durumların olup olmadığı sorularına verilen yanıtlardan oluşmaktadır. 17-21 arasındaki beş özelik ise 0 ile 1 değeri arasında bir değere sahiptir. Bu özellikler ise kan tahlilinde tiroit hastalığı teşhisi için yapılan ölçüm ile elde edilmiştir. Bu testler ise TSH, T3, TT4, T4U, FTI, TBG gibi tahlillerden elde edilen değerlerden oluşmaktadır [20].

2.2. Metot

Literatürde yapılan çalışmalarda doğruluk oranı dikkat çeken, bu çalışma için başarı oranı yapay sinir ağlarına denk veya daha iyi sonuç veren Naive Bayes sınıflandırıcı kullanılmıştır.

2.2.1 Sınıflandırma Yöntemi

Sınıflandırma problemi: Otomatik sınıflandırma yapabilmek için nesnelerden oluşan veri kümesini öğrenme kümesi ti={t1,t2,…,tn} ve test kümesi ti={t1,t2,…,tm} olarak iki gruba ayrılır. Burada her nesne niteliklerden oluşmakta ve niteliklerden biri ait olduğu sınıf bilgisi taşımaktadır. Sınıfın niteliğini de tespit etmek için tüm nitelikleri kullanarak bir model oluşturulur. Test kümesinde yer alan ve sınıfı bilinmeyen nesneleri oluşturulan model ile optimum düzeyde sınıflara atama yapılır yani bağımsız değişkenler için sınıf tahmininde bulunulur [8].

Naive Bayes sınıflandırıcı

Naive Bayes sınıflandırıcı Bayes teoremine dayanır. Örneklerin hangi sınıfa hangi olasılıkla ait olduklarını tespit eder [9].

Naive Bayes sınıflandırıcı da iki önemli kabul yapılmaktadır.

1. Niteliklerin hepsi aynı derecede önemli,
2. Nitelikler birbirinden bağımsız kabul edilir [8].

Bayes teoremi: Bu yöntem koşullu olasılıklar arasında bağıntı kurar. Bir C sınıfının bilinmesi koşulunda x özniteliğinin var olma olasılığı ile x özniteliğinin bilinmesi koşulunda C sınıfının var olma olasılığı arasında Bayes teoremine göre eşitlik 1'deki bağıntı mevcuttur [18].

$$P(C \mid x) = \frac{P(C).P(x \mid C)}{P(x)} \qquad (1)$$

Öznitelik sayısı birden fazla olması durumunda eşitlik 1 eşitlik 2 de olduğu gibi açılabilir [18].

$$\begin{aligned} &P(C, x_1, ..., x_n) = P(C, x_1, ..., x_n, \mid C) \\ &= P(C).P(x_1 \mid C).P(x_2, ..., x_n, \mid C, x_1) \\ &= P(C).P(x_1 \mid C).P(x_2 \mid C, x_1). \\ &P(x_3, ..., x_n, \mid C, x_1, x_2) \\ &= P(C).P(x_1 \mid C).P(x_2 \mid C, x_1). \\ &P(x_3 \mid C, x_1, x_2).P(x_4, ..., x_n, \mid C, x_1, x_2, x_3) \end{aligned} \qquad (2)$$

Bu açılım, $\overrightarrow{A_k} = (C, x_1, ..., x_n)$ olarak n+1 elemanlı bir $\overrightarrow{A_k}$ vektörünü ifade etmek üzere zincir kuralı ile eşitlik 3'te olduğu gibi özetlenebilir.

$$P\left(\bigcap_{k=1}^{n+1} \overrightarrow{A_k}\right) = \prod_{k=1}^{n+1} P(\overrightarrow{A_k} \mid \bigcap_{j=1}^{k-1} \overrightarrow{A_j}) \qquad (3)$$

Özniteliklerin birbirlerinden bağımsız olduğu kabul edilirse,

$$\begin{aligned} &P(x_2 \mid C) = P(x_2 \mid C, x_1) \\ &P(x_3 \mid C) = P(x_3 \mid C, x_1, x_2) \\ &\vdots \\ &P(x_n \mid C) = P(x_n \mid C, x_1, ..., x_{n-1}) \end{aligned} \qquad (4)$$

Eşitlik 4'teki denklemler sağlanarak çok değişkenli uzayda Bayes bağıntısı eşitlik 5'te olduğu gibi yalın hale gelir [18].

$$P(C \mid x_1, ..., x_n) = \frac{P(C).\prod_{k=1}^{n} P(x_k \mid C)}{P(x_1, ..., x_n)} \qquad (5)$$

Eşitlik 5'teki bağıntı sayesinde yazılacak program ile otomatik sınıflandırma yapılabilir. Sonuçta bilinen bir öznitelik vektörü ile bu vektörün herhangi bir C sınıfına ait olma olasılığı hesaplanabilir. Naive Bayes sınıflayıcı, en iyi olasılık hangi sınıf için hesaplandıysa karar sınıfı olarak o sınıfı seçer. Özetle bu sınıflandırıcı niteliklerin birbirinden bağımsız olduğuna ve niteliklerin hepsi aynı derecede önemli olduğunu varsayar. Gerçek hayatta sınıflama işlemlerinde tüm giriş değişkenlerinin birbirinden bağımsızlığı söz konusu değilse de, bu sınıflandırıcının başarılı tahminler ürettiği bilinmektedir [18].

3. Uygulama

Naive Bayes sınıflandırıcı ile iki grup veri seti için ayrı ayrı uygulama yapılmıştır. Her grup için yapılan uygulama sonuçları çizelgelerde verilmiştir.

215 Örnek	***Normal***	***Hiper***	***Hipo***	**Toplam**
150 *Normal*	149	0	1	150
35 *Hiper*	1	34	0	35
30 *Hipo*	4	0	26	30
Toplam				215
Hata(%)				2,80
Başarı (%)				97,20
Yanlış tespit edilen örnek sayısı				6
Doğru tespit edilen örnek sayısı				209

Çizelge 1 Birinci grup veri uygulama sonuçlar

Birinci grup veri seti uygulamasında elde edilen başarı oranı çizelge 1'de gösterildiği gibi %97,20 olmuştur. Burada sınıflandırıcı normal sınıfa ait 150 örnekten bir tanesini Hipotiroit olarak değerlendirmiştir. 35 örnekten oluşan Hipertiroit'in bir örneğini normal olarak saptamıştır. 30 örnek içeren hipotiroit

verilerinden dört tanesini normal olarak değerlendirmiştir. Toplamda 215 örnekten 6 tanesini yanlış saptamıştır.

7200 Örnek	***Normal***	***Hiper***	***Hipo***	**Toplam**
166 *Normal*	139	15	12	166
368 *Hiper*	3	105	260	368
6666 *Hipo*	26	41	6599	6666
Toplam				7200
Hata(%)				4,96
Başarı (%)				95,04
Yanlış tespit edilen örnek sayısı				357
Doğru tespit edilen örnek sayısı				6843

Çizelge 2 İkinci grup veri uygulama sonuçları

İkinci grup veri seti için yapılan uygulamada 7200 örnek kullanılmıştır. Sınıflandırıcı normal sınıfa ait olan 166 örnekten 139 tanesini doğru 15'şini Hiper ve 12'sini hipotiroit olarak değerlendirmiştir. Hipertiroit'in 368 örneğinden 105 tanesini doğru, 3'ünü normal ve 260 tanesi hipotiroit olarak saptamıştır. Hipotiroit'e ait olan 6666 örnekten 6599 tanesini doğru tespit etmiştir. 26 örneği Hipertiroit ve 41 örneği normal olarak tespit etmiştir. Sınıflandırıcın en çok hatalı tespit yaptığı ikinci grup veri setlerindeki Hipertiroit örneklerinin Hipotiroit olarak değerlendirilmesi olmuştur. Sınıflandırıcının bu veri seti için başarı oranı %95,04 olmuştur.

Kullanılan Yöntemler			Başarı oranı (%) 215 adet veri
			97,20
[16]	DVM		96,57
	YSA		95,34
[17]	Diskriminant Analizi	Linear	93,95
		Diaglinear	93,95
		Quadratic	95,81
		Diagquadratic	96,27
		Mahalanobis	93,48
	BCO		90,69
	K-Ortalama		88,83

Çizelge 3 Önceki çalışmaların sonuçları

Uygulama sonuçları incelendiğinde Naive Bayes sınıflandırıcının 215 örnek içeren veri seti uygulamasında başarısının diğer yöntemlere göre daha iyi olduğu görülmektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuçların doğruluk derecesinin %95'ten daha büyük olması Naive Bayes sınıflandırıcının başarılı olduğu ifade edilebilir.

4. Sonuç ve Öneriler

Otomatik tanılama sistemi için kullanılan yöntemin fonksiyonel tiroit hastalığı tanısında ki başarısı incelenmiştir. Koşullu olasılık teoremi tabanlı Naive Bayes sınıflandırıcı ile yaptığımız uygulamada başarılı tahmin sonuçları elde edilmiştir. Farklı veri grubu ile yapılan uygulamada sonuçların birbirine yakın çıkması, yöntemin başarısı teyit edilmiştir. Uygulamada %95'in üzerinde doğru sınıflama sonuçları ile Naive Bayes sınıflandırıcının bu hastalık tanısında başarılı olduğu rahatlıkla ifade edilebilir. Uygulamada elde edilen sonuçlar önceki çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Naive Bayes yöntemi, DVM, YSA ve DA gibi sınıflandırıcılardan bu hastalık için daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu da fonksiyonel tiroit hastalığı teşhisinde karar verici olarak kullanılabilir olduğu göstermiştir.

Bu amaçla tasarlanacak olan otomatik tanılamada hastalığa ön tanı veya tanı koyma işleminde daha doğru ve kesin sonuçlar elde etmek, insan kaynaklı hataları azaltacak ve kolaylık sağlayacak bir karar destek sisteminde yöntem olarak Naive Bayes sınıflandırıcı kullanılabilir.

5. Kaynaklar

[1] Da You Liu ve arkadaşları, "Design of an Enhanced Fuzzy k-nearest Neighbor klassifier Based Computer Aided Diagnostic Systemfor Thyroid Disease", Journal of Medical Systems, 36:3243–3254, DOI 10.1007/s10916-011-9815-x, (2012).

[2] Dogantekin, E., Dogantekin, A., Avci, D., "An expert system based on Generalized Discriminant Analysis and Wavelet Support Vec-

tor Machine for diagnosis of thyroid diseases", Expert Systems with Applications, vol. 38, pp. 146–150, (2011).

[3] http://www.ailem.com/templates/library/1759.asp?id=12726&prev_place=&cps=0&cpp=1/30.10.2013

[4] http://www.turkendokrin.org/files/file/tiroid_brs2.pdf/30.10.2013.

[5] http://www.mahirakyildiz.com/tiroidhs.html/08.09.2012.

[6] http://www.rehberdergisi.com/Rehber.asp?DergiDetay=Saife_Gozlem&RehberOzelNo=1293/10.08.2012

[7] http://www.beah.gov.tr/index.php?option=com_content&view=article&id=96:tiro..31.05.2013

[8] http://web.itu.edu.tr/~sgunduz/courses/verimaden/slides/d3.pdf/08.11.2013

[9] http://users.okan.edu.tr/pinar.yildirim/BIL518/Ders_notlari/Bayes_siniflandiricilar.pdf/08.11.2013

[10] Hui Ling ve arkadaşları, "A Three-Stage Expert System Based on Support Vector Machines for Thyroid Disease Diagnosis", Journal of Medical Systems, 36:1953–1963, DOI 10.1007/s10916-011-9655-8, (2012).

[11] Keleş A., Keleş A., "Expert system for thyroid diseases diagnosis", Expert Systems with Applications, vol. 34, pp.242-246, (2008).

[12] Kodaz, H., Özşen, S., Arslan, A., Güneş, S., "Medical application of information gain based artificial immune recognition system (AIRS): Diagnosis of thyroid disease", Expert System With Applications, vol. 36 pp. 3086-3092, (2009).

[13] Li Na Li ve arkadaşları, "A Computer Aided Diagnosis System for Thyroid Disease Using Extreme Learning Machine", Journal of Medical Systems, 36:3327–3337 DOI 10.1007/s10916-012-9825-3, (2012).

[14] Polat, K., Güneş, S., "A hybrid medical decision making system based on principles component analysis, k-NN based weighted pre-processing and adaptive neuro-fuzzy inference system", Digital Signal Processing, vol. 16, pp. 913-921, (2006).

[15] Polat, K., Şahan, S., Güneş, S., "A novel hybrid method based on artificial immune recognition system (AIRS) with fuzzy weighted pre-processing for thyroid disease diagnosis", Expert System With Applications, vol. 32 pp. 1141-1147, (2007).

[16] Solmaz, R., ve Alkan, A., "Kan Testi Tabanlı Sınıflandırma Yöntemlerinin Tiroit Tanısında Kullanılması", 6. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu, 26-26 Nisan 2013 Çankaya Üniversitesi, Ankara, Türkiye.

[17] R. Solmaz, M. Günay ve A. Alkan, "Uzman sistemlerin tiroit teşhisinde kullanılması," Akademik Bilişim 2013 Konferansı, 23-25 Ocak, Antalya, (2013).

[18] Sarıkoç, F., "Meme Kanseri Biyopsi Örneklerinde Östrojen Hormonu Alıcı Varlığının Zeki Yöntemlerle Tespiti", Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 148s, (2012).

[19] Serpen, G., Jiang, H., and Allred, L., "Performance analysis of probabilistic potential function neural network classifier", In Proceedings of artificial neural networks in engineering conference, St. Louis, MO, (Vol. 7, pp. 471–476), (1997).

[20] Solmaz, R., "Tiroit hastalığının teşhisinde uzman sistemlerin kullanılması," KSÜ, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 79s, (2013).

[21] Şenol, C., Yildirim T., "Thyroid and Breast Cancer Disease Diagnosis using Fuzzy-Neural Networks", 6th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO'2009), Bursa, Turkey, December, (2009).

[22] Temurtaş, F., "A comparative study on thyroid disease diagnosis using neural networks", Expert System With Applications, vol. 36 pp. 944-949, (2009).