

# YAPAY SİNİR AĞLARI TEMELLİ TIBBİ TEŞHİS PROBLEMİ

Ahmet BABANLI<sup>1</sup>

Alper Kürşat UYSAL<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi  
Anadolu Üniversitesi, 26470, Eskişehir

<sup>1</sup>e-posta: [ababanli@anadolu.edu.tr](mailto:ababanli@anadolu.edu.tr)

<sup>2</sup>e-posta: [akuysal@anadolu.edu.tr](mailto:akuysal@anadolu.edu.tr)

*Anahtar sözcükler: Yapay Sinir Ağları, Geriye Yayılım Algoritması, Baş Ağrısı Hastalıkları*

## ABSTRACT

*Disease diagnosis is always one of the heaviest problem in medicine. Survival estimations are currently performed by clinicians using non-numerical techniques. As previous studies shown , neural networks are a powerful tool for analysing disease data. In this study, a neural network based disease diagnosis system is developed. At the first stage, some results are taken by using back propagation algorithm as a method of neural networks. Now, scope of the study contains headache disease data and their diagnosis results which is taken from Osmangazi University Medicine Faculty Neurology Department. At this moment, only 4 types of headache diseases data are being used. The results show that final model is appropriate to make predictions.*

## 1. GİRİŞ

Tıp, deneysel istatistik verilerin hızla artmakta olduğu bir alan olarak nitelendirilebilir. Doktorlar, teşhis ve tedavi problemlerinin çözümü için kapsamlı veriler topluluğundan gereken bilgilerin çıkartılması amacı ile büyük çabalarda bulunmak zorundadırlar. İstatistik metotlar, genelleştirme amaçlarına hizmet eden ve araştırmacılarca geniş kullanılan araçlardır. Teşhis, hasta verilerinin incelenmesinde önemli problemlerden bir tanesidir. Genelde teşhis bir örüntü tanıma sorusudur. O, şöyle tanımlanabilir: Sonlu belirtiler (simptomlar) uzayında sonlu sayıda hastalıklar (sınıflar) tanınmıştır. Problem, yeni bir hastanın hangi sınıfa daha yakın olması sorusunun çözümü ile ilgilidir. Bu durumda hasta aynı belirtiler seti (veya onun bir altkümüsi) ile tanımlanmalıdır. Yakınlık kriteri olarak ise uygun bir fonksiyon kullanılır. Basit durumda geometrik uzaklık böyle bir fonksiyon rolünü oynayabilir.

Bu yazıda nöroloji hastalıklarının bir dalı olan baş ağrısı hastalıkları ele alınmış ve yapay sinir ağları metotları kullanılarak hastalıkların teşhisi ile ilgili

problemlerin çözümüne çalışılmıştır. Hasta verileri Osmangazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Nöroloji anabilim dalı doktorlarının katkısı ile gerçekleştirilmiştir.

## 2. BAŞ AĞRISI HASTALIKLARI VE ÖZELLİKLERİ

Tıp biliminde nöroloji hastalıkları teşhis açısından en zor dallardan biridir. Baş ağrısı hastalıkları ise nöroloji hastalıkları içerisinde özel yere ve anlama sahiptirler. Baş ağrısı hastalıklarının genel sayısı 45-50, belirtiler (simptomlar) ise 200 civarındadır.

Tıpta baş ağrısı hastalıklarının teşhis ve tedavisi için hazırlanmış birkaç somut kriterler ve kurallar kullanılmaktadır. Ama onlar genelde bulanık niteliklidirler ve kullanım başarıları daha çok doktorların şahsi özellikleri, tecrübeleri ve içgüdü gibi doğal karakteristikleri ile ilgilidirler. Teşhis kurallarının bulanıklığı “çok zaman” , “bazen”, “çoğunlukla” gibi kelimelerle ifade edilmektedir. Belirtilerin sayısının yüksek olması ise bazı durumlarda kuralların uygulanmasını zorlaştırır veya olanaksız hale getirir. Bu durumda belirtiler kümesinden daha yükümlülerin seçilmesi ve onların bazında belli bilimsel metotlar dolayısı ile işlevsel teşhis kurallarının oluşturulması söz konusudur. Bu çalışmada böyle bir yöntem olarak yapay sinir ağları ele alınmış ve tıbbi verileri uygulanmıştır.

Teşhis ve tedavi süreçleri bitmiş 47 hastanın gerçek verileri incelenmiştir. Baş ağrısı hastalıklarında önemli sayılan 20 belirti belirlenmiştir:

$$X=\{x_i\}, i=[1,47];$$

$$B=\{b_i\}, i=[1,20];$$

Burada X hastalıklar kümesini, B ise belirtiler kümesini göstermektedir. Her bir belirti için değerler domeni oluşturulmuştur:

$$b_j \rightarrow V(v_k), k=[1, n_j],$$

Burada V değerler domenleri kümesini,  $V_k$  k.cı domeni,  $n_j$  ise j.ci belirtinin alabileceği değerler sayısını ifade etmektedir. Belirtilerin değerleri dilsel

olarak oluşturulmuştur. Genelde dilsel değerler sıralanmamış niteliklidirler. Örneğin,  $b_1$  belirtisinin (“Baş ağrısının karakteri”) değerleri şöyledir:

- $V_1 = \{$
- 1- Zonklayıcı (Damar atışı gibi, davul gibi)
  - 2- Patlayıcı (Çok şiddetli ve ani, yakıcı)
  - 3- Sersemletici (Başta sersemlik hissi gibi, sarhoşvari, yorgun)
  - 4- Şimşek gibi (Elektrik çarpması gibi, bıçak saplanır tarzı)
  - 5- Baskı hissi (Sürekli sıkıştırılıyormuş gibi)
  - 6- Yakıcı
- $\}$

Dilsel değerlerin hesaplamalarda kullanılabilmesi için sayısal değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu amaçla onlar tam sayılar ile kodlanmışlardır. Yani  $V_1$  değerler kümesi  $V_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$  biçiminde gösterilmiştir. Genelde belirtilerin değerlerinin sayısı farklıdır. Örnek olarak  $V_3$  ve  $V_8$ 'in değerler kümesini gösterelim:

$$V_3 = \{1, 2\}, V_8 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$$

47 hasta verileri 4 hastalığa aittirler. Hastalıkların isimleri ve her bir hastalığa ait veriler sayısı şöyledir:

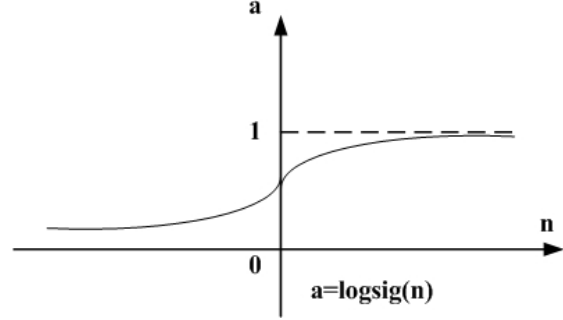
- 1: Aurasız Migren (18 adet)
- 2: Auralı Migren (7 adet)
- 3: Gerilim Tipi Baş Ağrısı (13 adet)
- 4: Aurasız Migrenden Deforme Baş Ağrısı (9 adet)

### 3. KULLANILAN YAPAY SİNİR AĞI HAKKINDA BİLGİ

Hastalık teşhisleri örüntü tanıma problemlerinin kapsamındadır. Yapılan daha önceki çalışmalardan [1] görüldüğü kadarıyla genelde örüntü tanıma

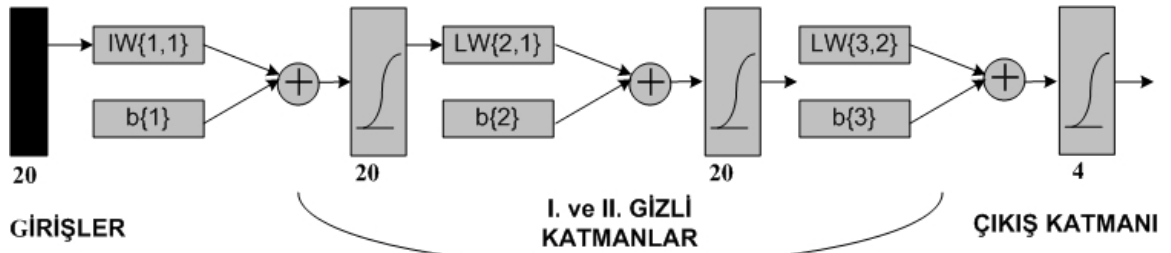
problemlerinde 2 adet gizli katman kullanılması tercih edilmektedir. Bu nedenle yapay sinir ağı yapısında iki adet gizli katman kullanılmıştır. Gizli katmanların her birinde 20 adet düğüm (node) bulunmaktadır. Yapay sinir ağı eğitildikten sonra 4 adet nöronun 0-1 arası çıkışlar elde edilecektir. Oluşturulan ağ yapısı Şekil 2’de gösterilmektedir.

Transfer fonksiyonu olarak her katmanda Log-Sigmoid (Şekil 1) kullanılmıştır.



Şekil 1 Logsig Transfer Fonksiyonu

Eğitim aşamasından önce giriş verileri topluluğuna istatistiksel bir yöntem olan temel bileşenler analizi [2] uygulanmıştır. Bunun amacı 20 tane olan belirtiler kümesinde sonuca etki etmeyecek derecede değişen belirtiler varsa bunların çıkartılıp giriş vektörleri sayısının indirgenmesidir. Bu sayede daha verimli sonuçlar elde edilebilecektir. Hastalık belirtileri sadece 4 hastalık türüne göre düzenlenmediği için bu aşamada böyle bir metoda gereksinim duyulmaktadır. Bu analiz yöntemi sayesinde 2 adet belirti çıkartılmış ve geriye eğitim için 18 adet belirti kalmıştır.



Şekil 2 Oluşturulan Yapay Sinir Ağı

### 4. YAPAY SİNİR AĞININ EĞİTİLMESİ ve UYGULANMASI

Çeşitli öğrenme algoritmaları arasında denemeler yapılmıştır. Bunun sonucunda Tablo 1’deki değerlere ulaşılmıştır. Tabloda da görüldüğü gibi en az adım sayısında en iyi sonuca “Trainrp” algoritması ile ulaşılmıştır.

Tablo 1 Öğrenme Algoritmaları Performansları

| Algoritma | Adım Sayısı | Hata   |
|-----------|-------------|--------|
| Traincgf  | 1346        | 0.0007 |
| Traingd   | 1500        | 0.1654 |
| Trainscg  | 45          | 0.0008 |
| Trainrp   | 28          | 0.0007 |

Bunun sonucunda öğrenme algoritması olarak standart geriye yayılım algoritmasına ait dereceli azalma (gradient descent) algoritması değil esnek geriye yayılım algoritması (resilient backpropagation) kullanılmıştır. Esnek geriye yayılım algoritmasının temel prensibi kısmi türevin büyüklüğünün ağırlık artışının üzerindeki kötü etkisini gidermektir [3]. Sonuç olarak sadece türevin işareti ağırlıkların güncelleştirilmesi için kullanılıyor [3]. Ağırlık değişiminin miktarı ‘update-value (  $\Delta_{ij}^{(t)}$  )’ ile belirleniyor [3]. Esnek geriye yayılım algoritmasının bir avantajı da kısa sürede uyum sağlamasıdır [3]. Ağırlık değişiminin yönünü hesaplamak için (1) bağıntısı kullanılmaktadır.

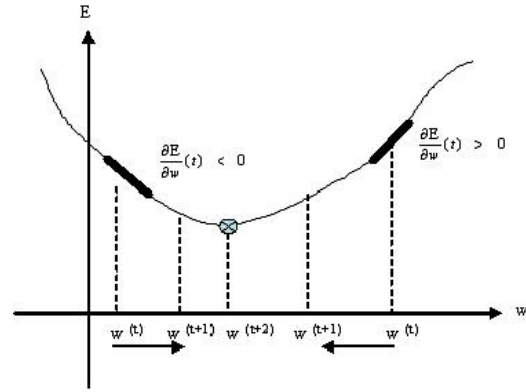
$$\Delta w_{ij}^{(t)} = \begin{cases} -\Delta_{ij}, \frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} > 0 \\ +\Delta_{ij}, \frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} < 0 \\ 0 \end{cases} \quad (1)$$

(2) bağıntısı ise ağırlık değişim miktarı olan ‘update-value (  $\Delta_{ij}^{(t)}$  )’ nun hesaplanmasını göstermektedir.

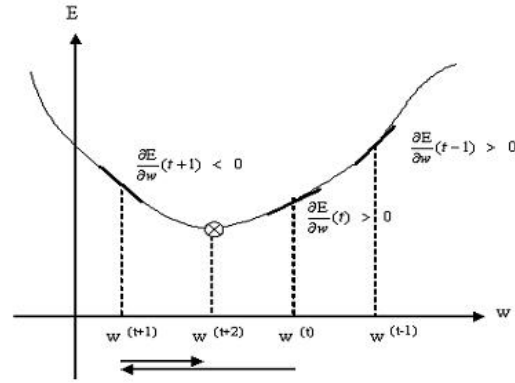
$$\Delta_{ij}^{(t)} = \begin{cases} \eta^+ * \Delta_{ij}^{(t-1)}, \frac{\partial E^{(t-1)}}{\partial w_{ij}} * \frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} > 0 \\ \eta^- * \Delta_{ij}^{(t-1)}, \frac{\partial E^{(t-1)}}{\partial w_{ij}} * \frac{\partial E^{(t)}}{\partial w_{ij}} < 0 \\ \Delta_{ij}^{(t)} \end{cases} \quad 0 < \eta^- < 1 < \eta^+ \quad (2)$$

Adaptasyon işlemi şu şekilde gerçekleşmektedir: Ağırlığın kısmi türevinin işaret değiştirmesi bir önceki ağırlık değişiminin fazla büyük olduğu ve bir yerel minimumu geçildiği anlamına gelmektedir. ‘update-value (  $\Delta_{ij}^{(t)}$  )’,  $\eta^-$  faktörü tarafından azaltılmaktadır.

Eğer kısmi türevin işareti değişmezse ‘update-value (  $\Delta_{ij}^{(t)}$  )’ uyumu hızlandırmak için biraz artırılmaktadır. Şekil 3 ve Şekil 4’te standart geriye yayılım algoritması ile esnek geriye yayılım algoritması arasındaki fark görülmektedir.



Şekil 3 Standart Geriye Yayılım Algoritması



Şekil 4 Esnek Geriye Yayılım Algoritması

Oluşturulan yapay sinir ağı için 39 adet veri eğitim, 8 adet veri de test için kullanılmıştır. Tablo 2’de eğitim için kullanılan veriler ve Tablo 3’de oluşturulan yapıyı test etmek için kullanılan veriler görülmektedir. Sistem, test için kullanılan 8 verinin 6’sı için doğru hastalık teşhisinde bulunmuştur.

Tablo 2 Eğitim Verileri

| b1 | b2 | b3 | b4 | b5 | b6 | b7 | b8 | b9 | b10 | b11 | b12 | b13 | b14 | b15 | b16 | b17 | b18 | b19 | b20 | h |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 1  | 3  | 1  | 4  | 4  | 6  | 1  | 0  | 1  | 1   | 3   | 1   | 1   | 2   | 1   | 3   | 1   | 0   | 1   | 2   | 1 |
| 1  | 2  | 2  | 2  | 4  | 3  | 1  | 0  | 1  | 4   | 3   | 1   | 1   | 2   | 3   | 2   | 8   | 0   | 1   | 2   | 4 |
| 1  | 3  | 1  | 3  | 4  | 4  | 1  | 0  | 1  | 4   | 1   | 1   | 1   | 2   | 3   | 3   | 5   | 3   | 1   | 2   | 1 |
| 5  | 2  | 1  | 1  | 3  | 3  | 1  | 0  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   | 4   | 2   | 1   | 9   | 3 |
| 1  | 4  | 2  | 2  | 3  | 6  | 1  | 0  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1   | 2   | 8   | 0   | 1   | 2   | 4 |
| 1  | 3  | 1  | 3  | 3  | 6  | 1  | 0  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 7   | 2   | 1   | 2   | 3 |
| 1  | 2  | 2  | 1  | 4  | 4  | 1  | 0  | 1  | 4   | 2   | 1   | 1   | 3   | 3   | 3   | 1   | 1   | 1   | 2   | 1 |
| 5  | 3  | 1  | 2  | 3  | 4  | 1  | 0  | 1  | 1   | 2   | 1   | 1   | 3   | 3   | 3   | 2   | 3   | 1   | 2   | 3 |
| 1  | 3  | 2  | 2  | 4  | 1  | 1  | 0  | 1  | 4   | 1   | 1   | 3   | 2   | 3   | 2   | 7   | 0   | 1   | 2   | 3 |
| 3  | 2  | 0  | 4  | 3  | 3  | 1  | 0  | 3  | 4   | 2   | 1   | 3   | 2   | 1   | 3   | 2   | 0   | 1   | 2   | 1 |
| 1  | 2  | 1  | 2  | 3  | 4  | 1  | 0  | 3  | 2   | 2   | 1   | 2   | 1   | 1   | 2   | 7   | 0   | 1   | 2   | 4 |
| 1  | 3  | 1  | 3  | 3  | 4  | 1  | 0  | 3  | 4   | 3   | 1   | 3   | 2   | 3   | 3   | 2   | 0   | 1   | 2   | 1 |
| 1  | 2  | 1  | 4  | 4  | 4  | 1  | 0  | 1  | 1   | 1   | 1   | 1   | 2   | 3   | 3   | 3   | 0   | 1   | 2   | 3 |

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|---|
| 1 | 3 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | 4 | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 5 |  | 3 |
| 1 | 4 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 0 | 1 | 4 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 0 | 1 | 2 |  | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 0 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 |  | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 1 | 4 | 3 | 1 | 0 | 3 | 4 | 2 | 1 | 3 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 |  | 3 |
| 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 1 | 0 | 1 | 2 |  | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 4 | 1 | 1 | 2 |  | 4 |
| 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 6 | 3 | 1 | 2 |  | 4 |
| 1 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 2 | 3 | 1 | 1 | 4 |  | 1 |
| 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 |  | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 1 | 3 | 5 | 1 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 0 | 1 | 8 |  | 3 |
| 1 | 3 | 1 | 4 | 4 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 | 3 | 2 | 5 | 1 | 1 | 2 |  | 2 |
| 1 | 3 | 1 | 4 | 4 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 |  | 2 |
| 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 2 |  | 1 |
| 1 | 3 | 1 | 1 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 3 | 0 | 1 | 2 |  | 2 |
| 1 | 3 | 2 | 2 | 3 | 4 | 1 | 0 | 1 | 4 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 0 | 1 | 2 |  | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 3 | 1 | 5 |  | 3 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 8 | 0 | 1 | 2 |  | 1 |
| 1 | 3 | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 8 | 3 | 0 | 2 |  | 4 |
| 1 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 1 | 0 | 2 | 4 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 0 | 2 |  | 1 |
| 1 | 4 | 2 | 1 | 3 | 4 | 1 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 |  | 2 |
| 1 | 1 | 1 | 4 | 5 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 4 | 1 | 1 | 1 | 3 | 8 | 1 | 1 | 2 |  | 4 |
| 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 1 | 1 | 2 |  | 1 |
| 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 3 | 1 | 0 | 3 | 4 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 3 | 2 | 0 | 1 | 9 |  | 3 |
| 5 | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 3 | 2 | 1 | 2 | 8 | 3 | 1 | 5 |  | 3 |
| 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 3 | 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 | 0 | 0 | 2 |  | 1 |
| 5 | 2 | 2 | 4 | 4 | 4 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 |  | 1 |

**Tablo 3 Test Verileri**

| b1 | b2 | b3 | b4 | b5 | b6 | b7 | b8 | b9 | b10 | b11 | b12 | b13 | b14 | b15 | b16 | b17 | b18 | b19 | b20 | h |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 5  | 1  | 2  | 4  | 5  | 6  | 1  | 0  | 1  | 4   | 3   | 3   | 1   | 2   | 1   | 4   | 1   | 0   | 0   | 10  | 1 |
| 1  | 3  | 1  | 4  | 4  | 6  | 1  | 0  | 1  | 1   | 3   | 1   | 1   | 2   | 1   | 3   | 1   | 0   | 1   | 2   | 1 |
| 1  | 3  | 1  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4   | 3   | 1   | 2   | 1   | 1   | 3   | 6   | 0   | 1   | 2   | 2 |
| 1  | 3  | 2  | 1  | 3  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2   | 1   | 1   | 1   | 3   | 1   | 3   | 1   | 0   | 1   | 2   | 2 |
| 5  | 3  | 1  | 2  | 3  | 4  | 1  | 0  | 1  | 1   | 2   | 1   | 1   | 3   | 3   | 3   | 2   | 3   | 1   | 2   | 3 |
| 1  | 3  | 2  | 2  | 4  | 1  | 1  | 0  | 1  | 4   | 1   | 1   | 3   | 2   | 3   | 2   | 7   | 0   | 1   | 2   | 3 |
| 1  | 4  | 1  | 3  | 3  | 3  | 1  | 0  | 1  | 1   | 1   | 3   | 3   | 2   | 1   | 3   | 6   | 0   | 0   | 2   | 4 |
| 1  | 1  | 1  | 1  | 3  | 3  | 1  | 0  | 1  | 1   | 3   | 3   | 1   | 3   | 3   | 3   | 8   | 3   | 1   | 2   | 4 |

Not: b1-b20 belirti çeşitleri, h ise hastalıkları ifade etmektedir.

## 5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Matlab programlama ortamı kullanılarak yapay sinir ağları temelli bir tıbbi teşhis sistemi oluşturulmuştur. İlk etapta geriye yayılım algoritması kullanılmıştır. Şu an için elde edilen başarı oranı %75'tir. Eldeki hasta verilerinin sayıca az olmasından dolayı eğitim için kullanılan verilerin sayısı beklenenden düşüktür. Çalışmanın ileriki aşamalarında daha fazla hasta verisi elde edilmesiyle başarı oranının artacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra uzman doktorlar ile karşılıklı görüş alışverişi halinde olunup belirtiler kümesinde iyileştirilmeye gidilmesi de muhtemel bir aşama olacaktır. Programlama ortamı olarak Matlab kullanılması en iyi çözüm metodunun en kısa sürede tespit edilmesi açısından düşünülmüştür. Çalışmanın en son amacının da bulunan verimli çözümün bir çalışabilir uygulama

haline dönüştürülmesi olması bu aşamada Matlab kullanımını avantajlı kılmaktadır. Çalışmanın, hasta ve hastalık verilerinin artırılması, alınan sonuçların daha detaylı incelenmesi ve etkili uygulama kurallarının oluşturulması suretiyle devam ettirilmesi düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Matlab Neural Network Toolbox User's Guide Version 4 Page 161
- [2] Matlab Neural Network Toolbox User's Guide Version 4 Page 191
- [3] Martin Riedmiller: Rprop - Implementation Details, Technical Report, University of Karlsruhe, January 1994