

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMLERİYLE HİPERTANSİYON TEŞHİS SİSTEMİ  
GELİŞTİRİLMESİ

Fuat TÜRK

HAZİRAN 2012

**Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında** Fuat TÜRÖK tarafından hazırlanan Yapay Sinir Ağı Yöntemleriyle Hipertansiyon Teşhis Sistemi Geliştirilmesi adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof .Dr. Hasan ERBAY

Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduđumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiđini onaylarım.

Doç. Dr. Necaattin BARIŞCI

Danışman

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Hasan ERBAY

\_\_\_\_\_

Doç. Dr. Necaattin BARIŞCI

\_\_\_\_\_

Yrd. Doç. Dr. Taner TOPAL

\_\_\_\_\_

... /.... / 2012

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Doç. Dr. Erdem Kamil YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ÖZET

### YAPAY SİNİR AĞI YÖNTEMLERİYLE HİPERTANSİYON TEŞHİS SİSTEMİ GELİŞTİRİLMESİ

TÜRK, Fuat

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans tezi

Danışman: Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI

Haziran 2012, 73 sayfa

Günümüzde birçok hastalığın tedavisi mümkün olduğundan, doğru teşhis büyük önem taşımaktadır. Bu sebepten hekimlere doğru ve hızlı teşhis koyabilmeleri konusunda yardımcı olabilmek için, Yapay Zekâ Yöntemlerinin geliştirilmesi son derece önemlidir. Bu çalışmada 150 hastadan alınan veriler işlenerek bilgisayara aktarılmıştır. Bu verilere Yapay Sinir Ağı (YSA) modelleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar normal veya hasta olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Böylelikle hekimlere hastalık teşhisi yaparken yardımcı olacak bir sistem geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Sinir Ağları, Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA), Jordan Elman, Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları (RTFA), Nefroloji, Hipertansiyon

## ABSTRACT

### DEVELOPING HYPERTENSION DIAGNOSTIC SYSTEM WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TECHNIQUES

TÜRK, Fuat

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering, M.Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr.Necaattin BARIŞCI

June 2012, 73 pages

As many of the illnesses can be cured today, correct diagnosis is very crucial. For that reason it is very important to develop Artificial Intelligence Techniques in order to help physicians diagnose correctly and quickly. In this study, the data obtained from 150 patients were processed and recorded to computer. These data, Artificial Neural Network (ANN) models are applied. The obtained results were classified as normal or abnormal. Thus, a system which will help physicians in the diagnosis process has been developed.

**Key words:** Artificial Neural Networks (ANN), Multi Layer Perception (MLP), Jordan Elman, Radial Basis Function Networks (RBFN), Nephrology, Hypertension

## TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında her türlü yardımını esirgemeyen ve büyük destek veren, tez yöneticisi çok değerli hocam, Sayın Doç. Dr. Necaattin BARIŞCI' ya, çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Uzm. Dr. Aydın ÇİTFÇİ, Doç. Dr. Yakup Ekmekçi' ye ve benden maddi manevi yardımlarını esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

<b>ÖZET</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	iii
<b>İÇİNDEKİLER DİZİNİ</b> .....	iv
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ</b> .....	vi
<b>ÇİZELGELER DİZİNİ</b> .....	vii
<b>SİMGE VE KISALTMALAR DİZİNİ</b> .....	viii
<b>1. GİRİŞ</b> .....	1
<b>2. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	6
2.1. Biyolojik Sinir Ağları .....	6
2.2. Yapay Sinir Ağları (YSA) ...	7
2.2.1. Yapay Sinir Hücre Modeli.....	7
2.2.2. YSA' nın Üstünlükleri .....	12
2.2.3. YSA' nın Dezavantajları .....	13
2.2.4. YSA Eğitimi .....	14
2.2.4.1. Öğrenme Algoritmaları .....	14
2.3. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA). ...	14
2.3.1. Geri Yayılım Algoritması İle Öğrenme. ....	16
2.4. Jordan Elman Ağı .....	22
2.5. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları (RTFA) .....	25
2.5.1. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağlarının Yapısı.....	26
2.5.2. Radyal Tabanlı Fonksiyonlar .....	28
2.5.3. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağlarında Öğrenme .....	31
2.6. Nefroloji.....	34
2.6.1. Nefroloji Tanımı .....	34
2.6.2. Böbreklerin Görevleri .....	35
2.6.3. Böbrekler Hastalıkları .....	35

2.7. Hipertansiyon.....	37
2.7.1. Hipertansiyon Tanımı .....	37
2.7.2. Hipertansiyon ve Böbrek Arasındaki İlişki.....	37
2.7.3. Sınıflandırma .....	37
2.7.4. Hipertansiyonun Belirtileri.....	38
2.7.5. Hipertansiyon Nedenleri .....	39
2.7.6. Hipertansiyon Nedenlerini Sınıflandırma .....	40
2.7.6.1. Yaş ve Cinsiyet.....	40
2.7.6.2. Irk ve Etnik Faktörler.....	41
2.7.6.3. Aile ve Genetik Faktörler.....	42
2.7.6.4. Şişmanlık ve Vücut Kitle İndeksi (BMI) .....	43
2.7.6.5. Sigara.....	44
2.7.6.6. Fiziksel Hareketsizlik.....	44
2.7.6.7. Ürik Asit.....	45
2.7.6.8. Lipid Profili.....	45
2.8. YSA Performanslarının Değerlendirilmesi.....	47
<b>3. ARAŞTIRMA BULGULARI .....</b>	<b>50</b>
3.1. ÇKA Yöntemiyle Teşhis Kararının Verilmesi.....	51
3.1.1.ÇKA Analizine Ait Bulgular.....	52
3.2. Jordan Elman Yöntemiyle Teşhis Kararının Verilmesi.....	55
3.3. RTBF Yöntemiyle Teşhis Kararının Verilmesi .....	59
<b>4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....</b>	<b>63</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>66</b>

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Biyolojik Sinir Yapısı.....	7
2.2. YSA' da en çok tercih edilen aktivasyon fonksiyonları a)Hiperbolik Tanjant b) Doğrusal Fonksiyon c)Sigmoid Fonksiyon .....	11
2.3. Basit bir yapay ağ.....	12
2.4. ÇKA ağı gösterimi .....	14
2.5. Yinelemeli Sinir Ağları modelinin yapısı.....	22
2.6. RTFA Mimarisi.....	26
2.7. Radyal Tabanlı Fonksiyonlar.....	30
2.8. Böbreklerin vücuttaki yapısı .....	34
2.9. Böbreklerin bağlantıları .....	34
3.1. Giriş Parametrelerinin ÇKA' ya Uygulanması .....	53
3.2. ÇKA Öğrenme Eğrisi.. .....	53
3.3. Giriş Parametrelerinin Jordan Elman Ağına Uygulanması.. .....	57
3.4. Jordan Elman Öğrenme Eğrisi.. .....	57
3.5. Giriş Parametrelerinin RTFA' na Uygulanması.. .....	60
3.6. RTFA Öğrenme Eğrisi .....	61



## ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Toplama Fonksiyonları .....	9
2.2. Aktivasyon Fonksiyonları .....	10
2.3. Hipertansiyon Sınıflaması .....	38
2.4. Erişkin Açlık Kanı Lipidleri için tavsiye edilen sınırlar .....	46
2.5. Sınıflama Tablosu .....	48
2.6. Sınıflama Tablosu Kullanılarak Elde Edilen Parametreler .....	49
3.1. Öğrenme ve Test Amacıyla Kullanılan Verilerin Dağılımı .....	50
3.2. ÇKA Eğitiminin En İyi Değerleri .....	54
3.3. ÇKA Test Sonuçlarının Sınıflandırılması .....	54
3.4. ÇKA Sınıflandırma Performansı Sonuçları .....	55
3.5. ÇKA İstatistiksel Analiz .....	55
3.6. Jordan Elman Eğitiminin En İyi Değerleri .....	58
3.7. Jordan Elman Test Sonuçlarının Sınıflandırılması .....	58
3.8. Jordan Elman Ağının Sınıflandırma Performansı Sonuçları .....	58
3.9. Jordan Elman İstatistiksel Analiz .....	59
3.10. RTFA Eğitiminin En İyi Değerleri .....	61
3.11. RTFA Test Sonuçlarının Sınıflandırılması .....	61
3.12. RTFA Sınıflandırma Performansı Sonuçları .....	62
3.13. RTFA İstatistiksel Analiz .....	62

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

YSA	Yapay Sinir Ağları
MLP	Multi Layer Perception
RBFN	Radial Basis Function Networks
ÇKA	Çok Katmanlı Algılayıcı
RTFA	Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları
RTF	Radyal Tabanlı Fonksiyonlar
EKK	En Küçük Kareler Yöntemi
BKO	Bel Kalça Oranı
LDL	Düşük Densiteli Lipoprotein
HDL	Yüksek Densiteli Lipoprotein
VLDL	Çok Düşük Densiteli Lipoprotein
IDL	Orta Densiteli Lipoprotein
OKH	Ortalama Karesel Hata
DP	Doğru Pozitif
DN	Doğru Negatif
YP	Yanlış Pozitif
YN	Yanlış Negatif
DPO	Doğru Pozitif Oranı
DNO	Doğru Negatif Oranı
DOKH	Düzgelenmiş Ortalama Karesel Hata
OMH	Ortalama Minimum Hata

## 1.GİRİŞ

Hipertansiyon günümüzde önemli bir sağlık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle 40 yaş üstü bireylerde her üç kişiden birisinde hipertansiyon olduğundan söz edilmektedir. Bu bağlamda hipertansiyonun teşhis ve tedavisi büyük önem arz etmektedir. Bu önemin sebebi hipertansiyonun organlarda yaptığı hasar ve bunun sonucunda ortaya çıkan komplikasyonların tedavi maliyetleri ile iş gücü kaybının yüksek olmasıdır.

Hipertansiyon nedenleri incelendiğinde primer hipertansiyon adı verilen herhangi bir neden saptanmayan grup ve ikincil sebeplere bağlı gelişen sekonder hipertansiyon adı verilen bir grup vardır. Sekonder hipertansiyon tüm hipertansiyon hastalarının küçük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu küçük grubun büyük kısmını böbrek ve böbrek damar hastalıkları oluşturmaktadır. Bu hasta grubu ile Nefroloji bilim dalı ilgilenmektedir.

Ülkemizde hipertansiyon konusunda henüz yeterince farkındalık oluşmamıştır. Bunun sonucu olarak hipertansiyon tedavi ve komplikasyonları önlemede kritik önem arz eden erken teşhis istenilen düzeyde değildir. Bu açıdan bakılacak olursa erken teşhis çok önemlidir. Hipertansiyonun erken teşhisinde kamuoyu oluşturma yanında yeni metotlara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada hipertansiyon teşhisinde kullanılabileceği düşünülen Yapay Sinir Ağları metotları incelenmeye çalışılmıştır.

Yapay zekâ, insanın düşünme yöntemlerini analiz ederek bunların benzeri yapay yöntemleri geliştirmeye çalışmak olarak ifade edilebilir. Çoğunlukla insanın düşünme yeteneğini ve beynin çalışma özelliğini modellemeye çalışan yöntemlerden oluşmaktadır. Yapay zekânın amacı insanın zekâsını bilgisayar aracılığı ile taklit etmek ve bu anlamda belli bir ölçüde bilgisayarlara öğrenme yeteneği kazandırabilmektir [1]. Yapay zekâ yöntemleri, uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritmalar ve yapay sinir ağlarından (YSA) oluşur. YSA adından da anlaşılacağı gibi beynin çok basit bir nöron modeline benzetilmesi ilkesine göre

çalışır. Beynin öğrenme kapasitesi nöronlar ve bunların birbiri ile olan bağlantısına bağlıdır. Bu şekilde elde edilen yapay ağ ile öğrenme olayı modellenir [2,3].

1940' larda Mc Culloch ve Pitts, biyolojik nöronun temel fonksiyonlarının basit bir eşik cihazı olarak modellenebileceğini göstermiştir [4]. 1949' da Donald Hebb ise "Davranış Örgütü" adlı kitabında hücresele seviyede beyinin öğrenme mekanizmasından bahsetmiştir [5]. Hebb' in biyolojik öğrenme kuralına göre; bir nörondan dentrit yoluyla gelen ve bir akson yoluyla alınan giriş onun bir darbe üretmesine sebep olur. Sonraki aksonal girişlerin darbe üretmesi olasılığı artar. Böylelikle yapılan davranışın mükâfatı ortaya çıkar.

Hızlı hesaplama yönelik ilk YSA çalışmaları 1950' li yıllarda başlamıştır. Basit nöron modellerine dayalı bir hesaplama modeli, 1950' llerde Frank Rosenblatt tarafından önerilmiş [6] ve ardından perceptron diye bilinen tek katmanlı ilk yapay sinir ağı modeli ortaya çıkmıştır [7]. 1960' lı yıllarda Widrow ve Hoff, bu basit nöron modellerini kullanarak öğrenebilen ilk adaptif sistemler üzerinde çalışmış ve delta kuralı diye bilinen; gerçek çıkış ile istenen çıkış arasındaki farka eşit bir hata terimi kullanarak bağ ağırlıklarının değiştirildiği bir öğrenme kuralını ortaya koymuşlardır [8].

1969' da Minsky ve Papert, basit perceptron modelinin, yalnızca örnek sınıflarının lineer bir sınırla ayrılabilirdiği örneklemeleri sınıflandırabildiğini; ancak bu modelle, klasik XOR problemine çözüm bulmanın imkânsız olduğunu göstermişlerdir. Çalışmalarında YSA yardımı ile öğrenme ve hesaplamada aşılması zor engeller olduğunu iddia etmişler ve bu iddiaları ile YSA konusundaki çalışmaları önemli derecede yavaşlatmışlardır [9].

1969-1982 yılları arasındaki çalışmalarda ise teori artık oturmuş ve 1982' de J.J. Hopfield tarafından yayınlanan "Yapay Sinir Ağları ve Fiziksel Sistemleri" adlı çalışma ile çağdaş YSA devri başlamıştır [10]. Bu çalışmada Hopfield, nöronların karşılıklı etkileşimlerine dayanan bir nöral hesaplama modeli önermiştir. Bu model, bir enerji fonksiyonunu, alabileceği en az değere indiren 1. mertebe lineer olmayan diferansiyel denklemlerden oluşmuştur. Hopfield; ağ seviyesinde, tek tek nöron seviyesinde var olmayan hesaplama kapasitesinin bulunduğunu öne sürmüştür. Bu tür YSA' ya, "Hopfield Ağı" denilmektedir. Hopfield'in geri beslemeli YSA

modelini ortaya atması [11] ve bunun pratik optimizasyon problemlerinde kullanılabilirliğini göstermesi YSA konusundaki çalışmaları yeniden hızlandırmıştır.

1986’ da Grossberg, Uyarlanabilir Rezonans Teorisi (Adaptive Resonance Theory) adında bir YSA yapısını geliştirmiştir [12]. Uyarlanabilir Rezonans Teorisi çok gelişmiş bir YSA modeli olmakla beraber henüz çok fazla probleme uygulanmamıştır. O sıralarda Kohenen’de “kendi kendini düzenleyen nitelik haritasını (self-organizing maps) geliştirmiştir [13]. Bu YSA modeli, nümerik aerodinamik akış hesaplamaları için çoğu algoritmik yöntemden daha etkili olmuştur.

1986’ da Rumelhart ve arkadaşları “Parallel Distributed Processing” (paralel dağılımlı işleme) adlı kitaplarında, ileri beslemeli (feed-forward) ağlarda yeni öğrenme modeli olan hatanın geriye yayılması algoritmasını (backpropagation algorithm) geliştirerek, daha önce bu konuda Minsky ve arkadaşları tarafından iddia edilen aksaklıkların aşılabileceğini göstermişlerdir [14].

### **Günümüzde YSA ile Yapılan Nefroloji ve Yan Alanlarındaki Çalışmalar**

2003 yılında Adam E. Gaweda ve arkadaşları tarafından YSA kullanılarak yapılan çalışmada kronik böbrek yetmezliği olan hastaların farmokodinamik nüfuz analizi tespiti yapılmıştır [15].

2006 yılında Yuh-Feng Wanga ve arkadaşları tarafından yapılan YSA ile hemodiyaliz hastalarında intakt paratiroid hormon hedef aralığı tahmini çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı, hemodiyaliz hastalarında plazma İPTH (intakt paratiroid hormon) konsantrasyonu hedef aralığı tahmin etmek için bir YSA modelinin yararlı olup olmadığını tespit etmeye çalışmaktır. Yaş, diyabet, hipertansiyon, ve kan biyokimyasal (hemoglobün, albümin, kalsiyum) dahil olmak üzere belirleyici faktörleri ile çok katmanlı algılayıcı ağı (ÇKA) üzerinde çalışılarak yeni sonuçlar elde etmişlerdir. Bu sonuçlar, sınırlı klinik verilerle bile bir YSA ile hemodiyaliz hastalarında plazma İPTH konsantrasyonunun hedef aralığını doğru tahmin etmenin mümkün olduğunu göstermektedir [16].

Yine 2006 yılında Ewa Stachowska ve arkadaşları tarafından Akdeniz Diyeti ve böbrek nakli hastalarında lipid parametreleri değişiklikleri yön ve dinamiğini

değerlendirmek için YSA modeli kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, YSA vasıtasıyla, seçilmiş parametrelerin yönü ve dinamikleri, Akdeniz diyetinin etkisi değerlendirilmesinde yararlı bir araç olup olmadığını değerlendirmek için olmuştur. Çalışma grubunda böbrek transplantasyonu olan hastalardan, kontrol grubunda çalışma diyet ile düşük yağlı diyet izokalorik hastalardan (naklinden sonra) alınan bilgilerden faydalanılmıştır. Bu çalışmanın sayesinde, YSA kullanılarak, genç ve orta yaşlı hasta gruplarında toplam kolesterol seviyeleri ölçülerek başarılı bir sınıflandırma yapılmıştır [17].

2007 yılında G. Santori, I. Fontana, ve U. Valente tarafından yapılan çalışmada böbrek nakli sonrasında pediatrik hastalarda serum kreatin değerinin gecikmeli olarak azaltılması için YSA modeli kullanılmıştır. Çalışma sonucunda %79.05 oranında genel doğruluk elde edilmiştir [18].

2007 yılında yapılan bir çalışmada YSA kullanarak internet tabanlı hipertansiyon öngörü aracı geliştirme ve doğrulama çalışması yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı YSA sayesinde yüksek tansiyon hastalığının belirlenmesi olmuştur. Bu çalışmadaki veriler Ulusal Sağlık İstatistikleri Merkezinden alınmıştır. Çalışma sonucunda java programı kullanılarak bir ara yüz gerçekleştirilmiş ve %75' e yakın sınıflama doğruluğu sağlanmıştır [19].

2007 yılında YSA ile beyin tümörü tomografi görüntülerinin sınıflandırılması isimli çalışmada beyinde oluşan değişik tümörlerin tanılama amacıyla sınıflandırılması yapılmıştır. Sınıflandırıcı olarak YSA kullanılmıştır. Bu sınıflandırıcı yardımıyla, değişik hastalara ait Bilgisayarlı Beyin tomografilerinden alınan üç değişik tümörün görüntülerinin öznitelik vektörleri çıkarılarak başarılı bir şekilde sınıflandırılması yapılmıştır [20].

2008 yılında prostat kanser riski hesaplamalarında YSA kullanılarak bir uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen uygulamada 259 gerçek hasta verisi kullanılmıştır. Programın denenmesi için dört farklı rastgele küme oluşturularak çapraz doğrulama yöntemiyle denenmiş ve test başarısı dört denemede de %73 olmuştur. Ayrıca Prostat büyüklüğünün prostat kanseri teşhisinde teşhis başarısını artırmadığı görülmüştür [21].

2009 Yılında Genetik Algoritmali YSA teŖhisi tespit edilmeye alıŖılmıŖtır. Bu alıŖmada yerel bir hastaneden kullanılmak üzere hasta verileri alınmıŖtır. Bu veriler oluŖturulan YSA eğitimi için kullanılmıŖtır. Bu ağın eğitiminde genetik algoritma seilmiŖ ve tüberkuloz hastalığının teŖhisinde ortalama %94,88 baŖarı elde edilmiŖtir [22].

Bu tez alıŖması 4 bölümden oluŖmaktadır. Tezin ikinci bölümünde, YSA ve yöntemleri hakkında bilgiler verilmiŖtir. Ayrıca nefroloji, böbreğin yapısı, görevleri, böbrek hastalıkları, hipertansiyon ve hipertansiyonun böbrek ile iliŖkisinden bahsedilmiŖtir.

nc bölümde, hastalardan alınan kan değerleri, yaŖ ve kilo gibi deęiŖkenlerin YSA' lara uygulanması elde edilen sonuçları verilmiŖtir.

Dördüncü bölümde de teze ilgili genel sonuçlar verilmiŖtir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Biyolojik Sinir Ağları

Biyolojik sinir ağı milyarlarca sinir (nöron) hücrelerinin bağlanmasıyla oluşmuş karışık bir yapıdır. Bu yapının en gelişmiş haline insan sahiptir. İnsan sinir sisteminin merkezi beyindir ve beyinde yaklaşık  $10^{11}$  sinir hücresi vardır. Beş duyu organından gelen bilgiler sinir sistemi sayesinde beyne taşınır. Gelen bilgiler beynin algılama, anlama, olaylar arası ilişki kurma mekanizmaları sayesinde, işlenir, önceki sonuçlar hatırlanır, yeni sonuçlar üretilir ve yine sinirler yardımıyla üretilen sonuçlar diğer birimlere iletilir. Biyolojik sinir sistemi, bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten merkez ve bu merkezin kontrolünde olan alıcı ve tepki sinirlerinden meydana gelmiştir [23]. Alıcı sinirler (reseptör), iç veya dış ortamdaki uyarıları beyne iletirler, tepki sinirleri beynin ürettiği elektriksel sinyalleri çıktı olarak uygun tepkilere dönüştürürler. Tüm sistemin anlaşılmasında, sistemi oluşturan ve sistemin temeli olan nöronların incelenmesi gerekmektedir. Biyolojik sinir sisteminin temelini nöronlar oluşturur. Her bir nöron; dendrit, soma, akson ve sinaps olmak üzere 4 kısımdan oluşur (Şekil 2.1) [23].

**Dendrit:** İçyapısı sinir gövdesi ile aynı olan ve bir nöronda birden fazla bulunabilen kısa uzantılardır. Dendritler yardımıyla çevre hücrelerden gelen sinyaller (pulse) alınır ve gövdeye ulaştırılmaktadır. Dendritlerden gelen sinyaller nöronda birleştirilir.

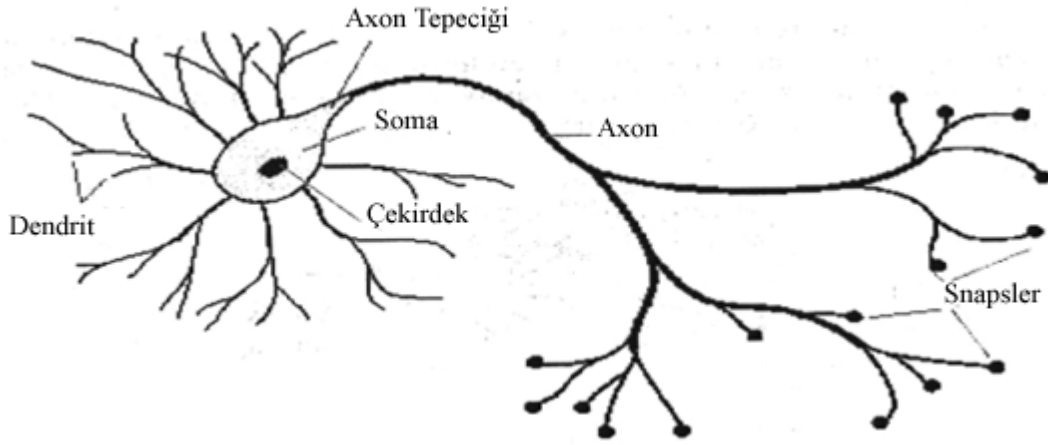
**Soma:** Dendritlerin diğer hücrelerden aldıkları bilgilerin işleme tutulduğu yerdir. Böylece giriş bilgileri kullanılarak ağın çıkış bilgisi somada oluşturulur.

**Akson:** Çıkış yolu olarak da nitelendirilir. Her nöronda bir tanedir. Akson sinapslar vasıtasıyla diğer nöronların dendritlerine bağlanmıştır. Akson aracılığıyla üretilen bilgiler sinapslar vasıtasıyla diğer hücrelerin dendritlerine gönderilir [23].



**Sinaps:** Sinir hücreleri arasında iletişimin gerçekleştiği, yapısal ve fonksiyonel olarak özelleşmiş bölgelerdir. İki hücrenin bilgi alışverişi snaptik bağlantılar yoluyla sağlanır [24].

Çok sayıda sinir hücresinin birleşiminden oluşan beyin, beş duyu organından gelen bilgiler ışığında; öğrenebilir, farklı durumlara uyum sağlayıp, sonuçlar çıkartabilir, genelleme yapabilir, soyut ve somut kavramları açıklayabilir, bilgi depolayabilir, ilişkilendirebilir, mevcut bilgilerden yeni sonuçlar çıkarabilir, problem çözebilir ve farklı çözüm önerileri getirebilir.



**Şekil 2.1.** Biyolojik Sinir Yapısı

## 2.2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir hücrelerinden oluşmuş ağlardır. YSA insan beyninin en temel özelliği olan öğrenme fonksiyonuna sahip olmayı hedefleyen sistemlerdir.

### 2.2.1. Yapay Sinir Hücresi Modeli

Biyolojik sinir ağları biyolojik sinirlerden oluşmuştur. YSA ise proses olarak bilinen yapay sinir hücrelerinden oluşmuştur. Her süreç elemanının beş temel unsuru vardır.

**I. Girdiler:** Yapay sinir hücresine dış dünyadan gelen bilgilerdir. Bu girdiler dış dünyadan olduğu gibi başka hücrelerden veya kendisinden de olabilir.

**II. Ağırlıklar:** Ağırlıklar yapay sinir hücresine gelen bilgilerin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Ağırlıklar değişken veya sabit olabilir.

Ağırlıkların sayısal değeri önemini belirtmez, ağırlıkların önemini ağıın yapısı belirler. Kimi durumlarda negatif ağırlıklar pozitif ağırlıklardan daha etkili olabilirler.

**III. Toplama Fonksiyonu:** Bir sinir ağında yer alan her sinir hücresinde farklı olabilen toplama fonksiyonu, ağ girişleri ile ağırlıkların çarpımını kullanarak ağın net girdisini bulmayı hedefleyen fonksiyondur.

Değişik toplama fonksiyonları vardır. Bu fonksiyonların bazıları giriş ve ağırlık çarpım gruplarını toplarken, kimi toplama fonksiyonları çarpar, kimi fonksiyonlarda minimum ya da maksimum işaretlerine bakabilir. Kimi sinir ağı modelleri nöronlarda kullanılacak toplama fonksiyonunu belirlemektedir [25].

En çok kullanılan toplam fonksiyonu ağırlıklı toplamdır. Bu fonksiyonda her gelen girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır. Çizelge 2.1' de YSA' da kullanılan çeşitli toplama fonksiyonları verilmiştir [24].

**IV. Aktivasyon Fonksiyonu:** Yapay sinir hücresine gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı hesaplayan fonksiyondur [24]. Ağıın çıktısını hesaplamak için değişik aktivasyon fonksiyonları bulunmaktadır. Çizelge 2.2' de YSA' da kullanılan değişik aktivasyon fonksiyonları verilmiştir.

**Çizelge 2.1.** Toplama Fonksiyonları

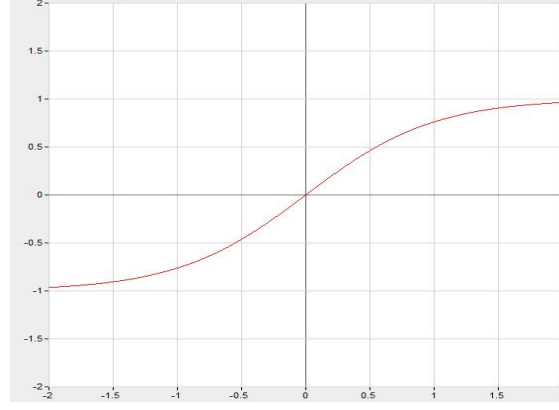
NET GİRİŞ	AÇIKLAMA
Çarpım $Net\ Girdi = \prod_i G_i A_i$	Girdiler ile ağırlık değerleri çarpılır ve daha sonra bulunan değerler birbirleri ile çarpılarak net girdi hesaplanır.
Maksimum $Net\ Girdi = Max(G_i A_i), i = 1...N$	$N$ adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en büyüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
Minimum $Net\ Girdi = Min(G_i A_i), i = 1...N$	$N$ adet girdi ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en küçüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
Çoğunluk $\sum_i sgn(G_i A_i)$	$N$ adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin Net girdisi olarak kabul edilir.
Kümülatif Toplam $Net\ Girdi = Net(eski) + \sum_i (G_i A_i)$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır ve daha önce gelen bilgilere eklenerek hücrenin net girdisi bulunur.

Görüldüğü gibi, bazı durumlarda gelen girdilerin değeri önemli olurken bazı durumlarda ise gelen girdilerin sayısı önemlidir.

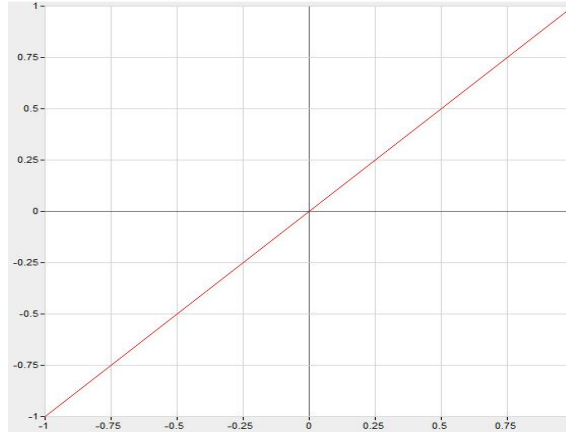
**Çizelge 2.2.** Aktivasyon Fonksiyonları

<b>AKTİVASYON FONKSİYONU</b>	<b>AÇIKLAMA</b>
Sigmoid Fonksiyon $F(Net) = 1 / (1 + e^{-Net})$	0-1 arası değer üretir. Çok katmanlı algılayıcılarda sıklıkla kullanılan bir fonksiyondur.
Lineer Fonksiyon $F(Net) = Net$	Bu fonksiyonda gelen girdiler olduğu gibi hücrenin çıktısı olarak kabul edilir.
Step Fonksiyonu $F(Net) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } Net > eşik\_değer \\ 0 & \text{eğer } Net \leq eşik\_değer \end{cases}$	Gelen Net girdi değerinin belirlenen bir eşik değerinin altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerini alır.
Sinüs Fonksiyonu $F(Net) = Sin(Net)$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.
Eşik değer fonksiyonu $F(Net) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } Net \leq 0 \\ Net & \text{eğer } 0 < Net < 1 \\ 1 & \text{eğer } Net \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgileri 0 veya 1 den büyük veya küçük olmasına göre bir değer alır. 0 ve 1 arasında değerler alabilir. Bunların dışında değer alamaz.
Hiperbolik tanjant fonksiyonu $F(Net) = (e^{Net} + e^{-Net}) / (e^{Net} - e^{-Net})$	Gelen Net girdi değerinin tanjant fonksiyonundan geçirilmesi ile hesaplanır.

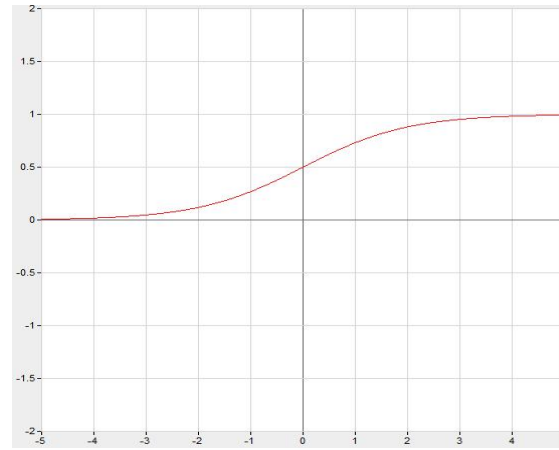
Şekil 2.2' de Aktivasyon fonksiyonlarının sayı doğrusu üzerindeki grafikleri gösterilmektedir.



a)



b)

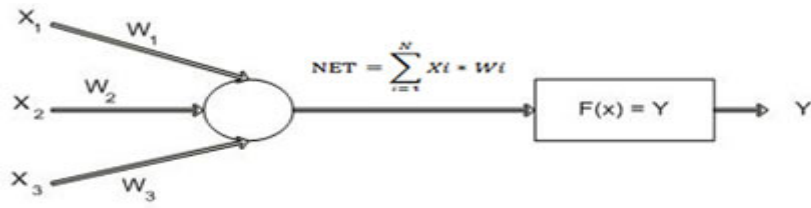


c)

**Şekil 2.2.** YSA' da en çok tercih edilen aktivasyon fonksiyonları  
a) Hiperbolik Tanjant b) Doğrusal Fonksiyon c) Sigmoid Fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu ve toplama fonksiyonu bir yapay sinir ağındaki her süreç elemanında aynı olmak zorunda değildir. Her hücrede farklı seçilebilir.

**V. Hücrenin çıktısı:** Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Birden fazla girdisi olabilen sinir hücresinin bir tane çıkış değeri vardır. Şekil 2.3' de basit bir yapay sinir ağı şekli görülmektedir.



**Şekil 2.3.** Basit bir yapay ağı.

YSA biyolojik sinir ağının sahip olduğu özellikleri sebebiyle diğer yöntemlerden farklıdır ve bu farklar YSA uygulamalarına üstünlük kazandırmakla birlikte bazı dezavantajlarda oluşturmaktadır.

### 2.2.2. YSA' nın Üstünlükleri

YSA' nın en önemli üstünlüğü öğrenme yeteneğidir. Bu özellikleri sayesinde YSA öğrenir ve farklı durumlara cevap verebilirler. Geleneksel yöntemlerde olmayan bu özellik geleneksel programların çözüm getiremediği kuralları belli olmayan aralarındaki ilişkilerin formüle edilemediği sorunların çözümünde kullanılabilmesini sağlamaktadır. Bilgisayar programlarının zorlandığı sınıflandırma, örüntü tanıma, sinyal filtreleme, veri sıkıştırma ve en uygun şekle sokma çalışmaları gibi alanlarda en güçlü teknikler arasında YSA sayılabilirler.

Eski yöntemler eksik bilgi ile çalışamaz iken YSA eksik bilgi ile bile doğru sonuçlar üretebilirler. YSA öğrendikten sonraki çalışmalarında sonuç üretmek için bir

veritabanı ya da bilgi kümesine ihtiyaç duymaz, eğitim sırasındaki öğrenmelerini üzerindeki ağırlıklarda taşır [23,24].

### **2.2.3. YSA' nın Dezavantajları**

YSA öğrenebilme gibi büyük bir yeteneğe sahip olmalarına karşın her problemin çözümünde kullanılması doğru değildir. Çözülmek istenen problem için yeterli etkinlik ve verimlilikte çözüm yöntemi söz konusu olduğunda veya problem hakkında elde yeterli örneklem bulunmadığında tercih edilmemesi daha doğru olacaktır [24].

YSA' da yer alan öğrenme katsayısı, momentum katsayısı, nöron sayısı ve bağ yapısının nasıl belirleneceğine dair kuralların olmaması genellikle deneme yanılma yolunun kullanılmak zorunda kalınması YSA problem çözümünü zorlaştırmaktadır.

Ağ parametreleri ve yapısı doğru bir şekilde seçilse dahi, ağın öğrenmesi için ağa sunulacak örnekler genellikle günlük hayatta kullanılan bilgilerdir. Bu bilgilerin ağa sunulabilmesi için normalizasyon işleminden geçirilmesi gerekir. Bu dönüştürme işlemi sırasında uygun dönüştürme işlemi yapılmadı ise ağın doğru bir şekilde öğrenmesi engellenmiş olacaktır. Bu dönüştürme işinde belli bir standart olmaması işi zorlaştırmaktadır.

Ağın ne kadar süre eğitileceğinin belirli bir kuralı yoktur. Genel kural ağın hatasının belirli bir değerin altına çekilmesidir. Fakat bu en iyi öğrenmenin gerçekleştiğinin bir göstergesi değildir. Ağın öğrendikten sonra nasıl kurallar sistemi geliştirdiği bilgisine ulaşamaması ağın güvenilirliğini düşürmektedir. YSA teknolojisindeki bu dezavantajlar elde edilen çözümün en iyi çözüm olduğunu iddia edilmesini önlemektedir [24].

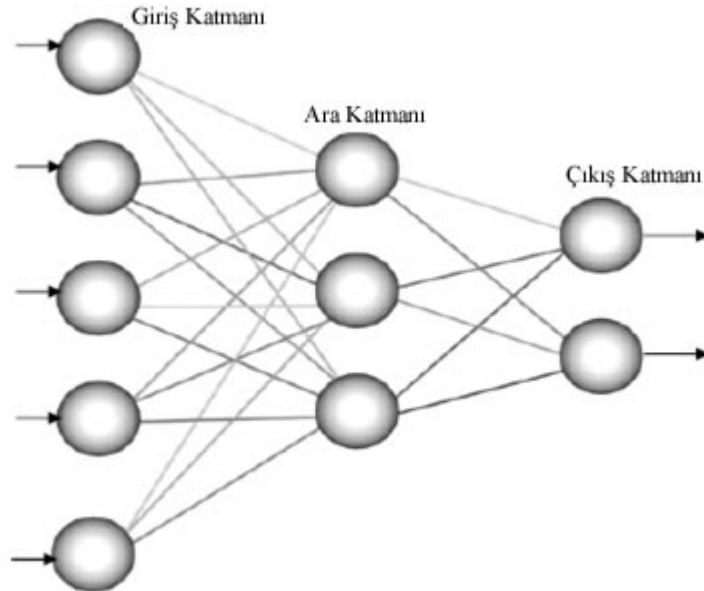
## 2.2.4. YSA Eğitimi

### 2.2.4.1. Öğrenme Algoritmaları

YSA' da birçok öğrenme algoritması kullanılmaktadır. Bunlar; geri yayılım, esnek yayılım, delta bar delta, geliştirilmiş delta bar delta, hızlı yayılım, genetik, yönlendirilmiş rastgele arama, levenberg marquardt metodu, kua-si Newton öğrenme vb algoritmalarıdır [23]. Bu algoritmalarından tez çalışmasında kullanılanlara YSA modelleri konusunda bahsedilecektir.

## 2.3. Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA)

Çok Katmanlı Algılayıcı (ÇKA) doğrusal olmayan olayları öğrenme yeteneklerine sahip olan ağlardır [25]. Bu ağ modeli özellikle mühendislik problemlerinin çözümlerinde ve uygulamalarında sıklıkla kullanılan ağ modeli olmuştur. Ağın yapısı giriş, bir veya daha fazla ara katman ve bir çıkış katmanından oluşmaktadır [23,24]. Bu ağ yapısı Şekil 2.4' de görülmektedir.



Şekil 2.4. Çok Katmanlı Algılayıcı ağı gösterimi



Nöronların birbiriyle bağlanmasında, bir önceki katmanda bulunan bütün nöronlar kendinden sonra gelen katmandaki bütün nöronlara bağlı olduğu görülmektedir.

**Girdi katmanı:** Ağın dış dünyadan alacağı bilgilerin ağa sunulduğu nöronlardır. Bu katmandaki her nöron kendinden bir sonraki katmandaki bütün nöronlara bağlıdır [26]. Bu nöronlarda bilgiler işleme konulmadan ara katmana gönderilir. Girdi katmanında ağın dış dünyadan alıp işleyeceği bilgi kadar nöron kullanılır. Dış dünyadan alınacak bilgiler yapay sinir ağının nümerik işlem yapabilmesi sebebiyle sayısal olarak ifade edilmelidir. Dış dünyadan alınan bilgiler normalizasyon işlemiyle nümerik değerlere dönüştürülür.

**Ara katmanlar:** Girdi katmanından gelen ara katmandaki her bir nöron, kendisine bağlı nöronlardan gelen bilgilerin ağırlıkları ile çarpımı sonuçlarını alıp, toplama fonksiyonu ile net bilgiye dönüştürür. Oluşan net bilgiyi de transfer fonksiyonu ile çıkış bilgisine dönüştürür ve bağlı olduğu ileri nöronlara gönderir. ÇKA yapısında birden fazla ara katman olabilir. Her ara katmanda kaç tane nöron olması gerektiği konusunda belirli bir kural yoktur. Tasarımcı deneme yanılma yoluyla uygun sayıyı bulmalıdır. Ağ yapısında kullanılacak nöron sayısını artırmak ağın ezberlemesine sebep olurken, az nöron da öğrenememesine sebep olabilmektedir. Ara katmandaki bütün nöronlar kendilerinden bir sonra gelen katmandaki nöronların hepsi ile bağlıdır.

**Çıktı katmanı:** Çıktı katmanında olan her bir nöronun değeri, en son ara katmandan gelen bilgilerin ağırlıkları ile çarpımı sonuçlarının, toplama fonksiyonu ile net bilgiye dönüştürülmesi ile hesaplanır. Net bilgide aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek ağın çıkış bilgisi veya bilgilerini oluşturur. ÇKA bir tane çıktı katmanı vardır. Fakat bu katmanda bir den fazla nöron olabilir. Ağın çıktı sayısı kadar katmanda nöron olur. Çıktı katmanı kendisinden önceki ara katmandaki tüm nöronlar ile bağlantılıdır [24].

Giriş çıkış seti ağa sunulur, bilgi nöronlarda işlenerek ileri doğru ilerler ve bu yüzden ileri beslemeli ağ modeli olarak adlandırılır [23]. Ağın çalışması kısaca ifade

edilecek olursa; her nöron kendisine gelen bilgiler ve o bilgilerin nörona etkisini belirleyen ağırlıkları ile çarpılır ve toplama fonksiyonu ile Net girdisi hesaplanır, oluşan bu bilgi aktivasyon fonksiyonu vasıtasıyla ilgili nöronun çıkışını oluşturur. Bu şekilde ağıın çıkışına kadar hesaplamalar yapılır ve ağıın çıkışı oluşur.

### **2.3.1. Geri Yayılım Algoritması İle Öğrenme**

ÇKA ağıları öğretmenli öğrenme stratejisine göre çalışırlar. Ağıın eğitimi sırasında hem girdiler, hem de çıktılar ağıa sunulur. Elde edilen sonuç ile olması beklenen sonuç arası fark, hatayı oluşturur. Hata, geriye doğru kendisini oluşturan ağırlıklara yansıtılır. Bu işlem belirli bir durdurma kriterine kadar devam eder. Kimi zaman tüm giriş değerleri için elde edilen hata değeri kabul edilebilir hata değerinden düşük bir hata değerine ulaşınca kadar veya toplam hata değerlerinin ortalamasının belli bir değerin altına düşmesine kadar devam edilir.

ÇKA' da her katmandaki düğüm sayısını belirlerken, ağıa sunulacak ya da girilecek bilgi sayısı kadar giriş katmanı nöronu, girilen bilgilere göre ağıdan alınması istenen bilgi sayısı kadar da çıkış katmanı nöronundan oluşur. Gizli katmandaki işleme elemanlarının sayısının belirlenmesinde ise kesin bir kural olmamakla birlikte girdi ve çıktı çiftlerinin sayısı giriş ve çıkış düğümlerinin sayısına bölünür çıkan sonuç, beş ile on arasında bir dereceleme faktörüne bölünmesi sonucu çıkan değer kullanılabilir. Ağıın istendiğı gibi öğrenmemesi durumunda yapılacak işlemlerden biride ara katman nöronlarının sayısını artırmaktır. Ara katman nöron sayısı ve katman sayısı belirlenirken, çözülmesi istenen problemdeki parametreler arası ilişkinin karmaşıklığı arttıkça gizli katmandaki işleme elemanlarının sayısı artırılmalı, çözüm süreci birçok aşamalara ayrılıyorsa da, gizli katman sayısı artırılmalıdır [25]. Nöron sayısının artması ezberlemeye, azalması öğrenmemeye sebep olduğundan bir YSA' nın az sayıda işleme elemanına sahip olması önemli bir faktördür.

Giriş, çıkış ve ara katman nöron sayıları belirlendikten sonra, prosesler arası ağırlıklar rastgele belirlenir. Bu belirleme işleminde ağırlık değerleri -1, 1 arası

değerler seçilir. Bu ağırlıklar ağıın eğitimi sırasında her hatalı sonuç elde edilmesinin ardından değiştirilecektir.

Giriş nöronları eğitim setindeki ilk satır değerlerini alır. Giriş nöronları bağlı oldukları ara katmanlar arası ağırlıklarla çarpılır. Her ara katman kendisine ulaşan bu değerleri toplama fonksiyonu kullanarak değerlendirir, böylece Net girdisi elde edilmiş olur. Net girdisine aktivasyon fonksiyonu uygulanarak ilgili nöronun çıkış bilgisi elde edilir. Bu aşamadan sonra ara katman çıkışları ağırlıklar çarpılarak işlem çıkış katmanına kadar devam edilir [26]. Çıkış katmanı aktivasyon fonksiyonu çıkışı ile elde edilen sonuç değeri, eğitim setindeki ilgili sıranın olması beklenen çıkış değeri ile karşılaştırılır. Beklenen çıkış değerinden farklı bir çıkış elde edilirse bu fark hatadır. Ağıın öğrenmesinde bu hatanın ağıın ağırlıklarına dağıtılarak ağıın öğrenmesi sağlanır. Giriş nöronları dış dünyadan aldıkları bilgileri olduğu gibi bağlı oldukları ara katman nöronlarına gönderirler. Genellikle dış dünya bilgilerin normalizasyon işleminden geçirilerek 0–1 arası değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu durum Eşitlik 2.1’ de gösterilmiştir.

$$F_k = G_k \quad (2.1)$$

Burada;

$F_k$  : Giriş katmanındaki k inci nöronun çıkışını ifade eder.

$G_k$  : Giriş katmanına dış dünyadan gelen bilgiyi ifade eder.

Ara katmanda ve çıkış katmanındaki nöronların çıkışının hesaplanabilmesi için ilgili nörona gelen net girdinin hesaplanması gerekir. Bunun için gelen bilgi ve ağırlık çarpımı kullanılır. Bu durum Eşitlik 2.2’ de gösterilmiştir.

$$Net_j = \sum_{i=1}^n W_{ij} F_i \quad (2.2)$$

Burada;

$Net_j$  : j inci prosesin net girdisini ifade eder.

$F_i$  : j inci nörona bilgi gönderen nöronların çıkış bilgisidir.

$W_{ij}$  :  $j$  inci nörona bilgi gönderen  $i$  inci nöron  $j$  inci nöron arası ağırlığı ifade eder.

Böylece çıkışı hesaplanmak istenen nörona gelen bilgiler ve bu bilgilerin ağırlıkları sayesinde net girdi hesaplanmış olur. Net girdi transfer fonksiyonundan geçirilerek ilgili nöronun çıkış bilgisine ulaşılmış olacaktır. Ara katman ve çıkış katmanı nöronları için net bilginin sigmoid fonksiyonu kullanılarak nöron çıkışına dönüştürülmesi işlemi yapılır. Bu işlem Eşitlik 2.3' de gösterilmiştir.

$$F_j = \frac{1}{1 + e^{(-Net_j + \beta)}} \quad (2.3)$$

Burada;

$F_j$  :  $j$  inci prosesin çıkış bilgisini ifade eder.

$Net_j$  :  $j$  inci prosesin net girdisi.

$\beta$  : Eşik değer elemanı ağırlığını ifade eder. Eşik değer elemanı her nörona bağlı ve bilgisi 1 olan bir nörondur.

Giriş nöronları dışında her bir nöronun çıkışı ve net giriş bilgisi hesaplanır ve ağırlık çıkışı oluşana kadar bu işleme devam edilir. Çıkış katmanında elde edilen çıkış bilgisi ile olması gereken çıkış bilgisi arası fark hatayı oluşturur. Hata kavramı Eşitlik 2.4' de gösterilmiştir.

$$E_m = B_m - C_m \quad (2.4)$$

Burada;

$m$  :  $m$  inci çıkış düğümünü ifade eder.

$E_m$  : Ağırlık elde edilen çıktısının hatasını

$B_m$  : Beklenen ağırlık çıkışı;

$C_m$  : Ağırlık elde edilen çıktısını sembolize etmektedir.

Çıktı katmanı için oluşan toplam hata ise;

$$TH = \frac{1}{2} \sum_m E_m^2 \quad (2.5)$$

*Burada;*

$m$ :  $m$  inci çıkış düğümünü ifade eder.

$TH$ : Toplam hatayı ifade eder.

Ağa sunulan eğitim seti için ortalama hata kareler toplamının yarısını bulmak gerekir. Böylece eğitime devam edilip edilmeyeceğinin kararı verilebilir. Bu değer kabul edilebilir hata değerinden daha küçük bir değere ulaştığında ağın eğitimi durdurulur. Toplam ortalama hata Eşitlik 2.6' da gösterilmiştir.

$$E_{ort} = \frac{E_1 + E_2 + \dots + E_p}{p} = \frac{\sum_{p=1}^p E_p}{p} \quad (2.6)$$

*Burada;*

$p$  : eğitim setindeki kayıt sayısı,

$E^p$  :  $p$  inci kayıttaki ağın hatası, olarak ifade edilir.

Eğitim setinde her bir giriş bilgisi ağa sunulduktan sonra çıkış katmanında elde edilen çıkış bilgisi ile olması gereken çıkış bilgisi arası fark hatayı oluşturur. Bu hatanın giderilmesi için hatanın geriye yayılması gerekir. Hatanın geriye yayılmasında önce geriye yayılması gereken çıkış katmanı nöron hatasını bulmak gerekecektir. Çıkış katman hatası Eşitlik 2.7' de gösterildiği gibi gerçekleşmektedir.

$$\delta_c = F(1-F)(Y-F) \quad (2.7)$$

*Burada;*

$\delta_c$ : Çıkış katmanı hatasını sembolize eder.

$F$ : Giriş değerlerinin uygulanması sonucu elde edilen çıkış değeridir.

$Y$ : Ağın vermesi istenen çıkış değeridir.

Çıkış katmanındaki hata değerini azaltacak şekilde hata değeri geriye yayılarak ağırlıklar değiştirilir. Bu işlem için sırasıyla;

- Ara katman nöronunun hatasının hesaplanması
- Ara katmandaki hatanın değişiminin hesaplanması
- Ağırlıktaki değişim değerinin ağırlığa yansıtılması

işlemlerinin yapılması gerekir böylece oluşan hata değeri azaltılmış olacaktır.

Hata ileriki bir nöronda olmuş ise, sebebi aradaki bilgiye etki eden ağırlık değeridir.

Ara katman nöronlarının hatası için Eşitlik 2.8' de görülen yol izlenilmektedir.

$$\delta_j = F(1 - F_j) \sum_m \delta_m W_{jm} \quad (2.8)$$

Burada;

$\delta_j$ :  $j$  inci prosesin hatasını sembolize eder.

$F_j$ :  $j$  inci prosesin çıkışıdır.

$\delta_m$ :  $j$  inci prosesin bağlı olduğu ileri yönlü bağlı olduğu  $m$ . nöronun hatası.

$W_{jm}$ :  $j$  inci süreç ile ileri yönlü bağlı olduğu  $m$  inci nöron arasındaki ağırlık değeridir.

Ara katmanda ağırlığın değişimi Eşitlik 2.9' da görüldüğü gibidir.

$$\Delta W_{mj} = \alpha \delta_m F_j + \gamma \Delta W_{mj(t-1)} \quad (2.9)$$

Burada;

$\Delta W_{mj}$ :  $m$  ile  $j$  prosesleri arası ağırlık değişim miktarı

$\alpha$ : Eğitim hızı

$\gamma$ : Momentum değeri

$\delta_m$ :  $m$  inci proses hatası

$F_j$  :  $j$  inci prosesin çıktısı

$\Delta W_{mj}(t-1)$  : Ağırlık değişiminin bir önceki giriş değerlerindeki değeri, olarak ifade edilir.

Değişimin ağırlığa yansıtılması, Eşitlik 2.10' da görüldüğü gibi olmaktadır.

$$W_{mj} = \Delta W_{mj} + W_{mj}(t-1) \quad (2.10)$$

Burada;

$W_{mj}$  :  $m$  ile  $j$  prosesleri arası yeni ağırlık değeri

$\Delta W_{mj}$  :  $m$  ile  $j$  prosesleri arası ağırlık değişim miktarı

$W_{mj}(t-1)$  : Bir önceki giriş değerleri için  $m$  ile  $j$  prosesleri arası ağırlık değişimi değeri, olarak ifade edilir.

Ağın eğitimi belirlenen durdurma kriteri sağlanana kadar işleme devam edilir. Ağın eğitimi sürecinde eldeki tüm giriş çıkış bilgileri içinden bir bölümü eğitim verisi kalan kısım da test verisi olarak ayrılır.

Ağın eğitim amacıyla çalıştırılması tamamlandıktan sonra test verileri üzerindeki başarısının ölçülmesi gerekir. Test verileri üzerindeki başarısı ağın gerçek başarısıdır. Eğitim verilerinin tamamına yakını öğrenen ağın test verisi üzerinde başarısız olması ağın kullanılamaz olduğunun bir göstergesidir. Ağın test başarısı Eşitlik 2.11' de görüldüğü üzere hesaplanmaktadır.

$$P = \frac{D}{T} \times 100 \quad (2.11)$$

Burada;

$P$ : Performans oranı

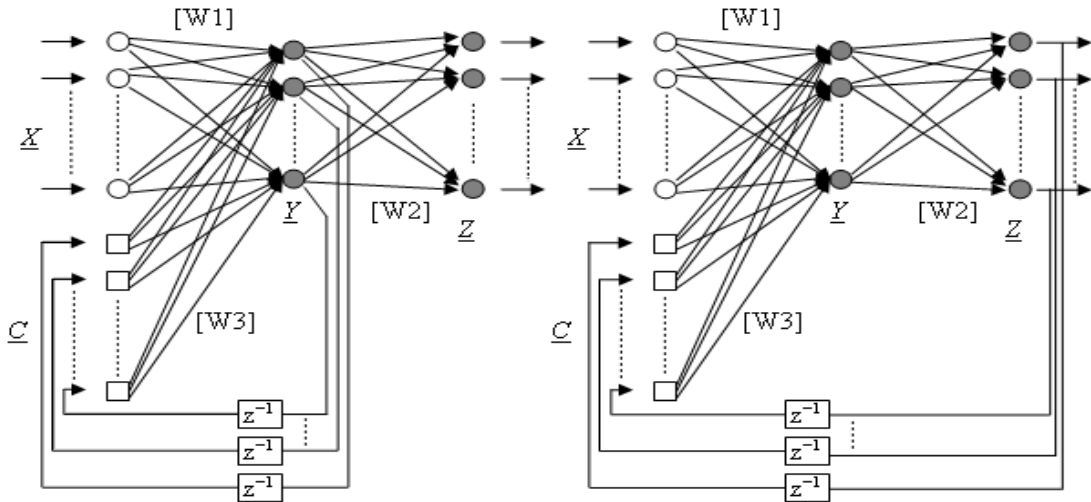
$D$ : Ağın test verisinde doğru bildiği kayıt sayısı

$T$ : Toplam test verisi sayısı, olarak ifade edilir.

Ağın test başarısı kabul edilebilir bir aralıkta değilse bu olumsuz durumun oluşmasına sebep olan faktörlerin gözden geçirilmesi gerekir. Bu faktörler özetle, ağa sunulan örneklerin seçilmesi, girdilerin ve çıktılarının nümerik değerlerine göre ağırlıkların başlangıç değerlerinin seçimi, öğrenme ve momentum katsayılarının seçimi, ağırlıkların değiştirilme zamanları, eğitimin bitirilme kriteri, ağdaki nöron sayıları ve katmanların seçimi, toplama ve aktivasyon fonksiyonlarının seçimi olarak belirtilebilir [24,25]. Bu faktörlerde değişikliğe gidilerek ağın başarısının artırılması çalışması yapılmalıdır.

#### 2.4. Jordan-Elman Metodu

Jordan Elman Sinir Ağları basit yinelenen sinir ağıdır. Yinelenen Sinir ağlarının genel ilkesine göre; gizli ya da çıkış katmanındaki bazı nöronların çıktılarında girdi katmanındaki nöronlara bir geri-besleme vardır. Bu geri besleme bağlantıları; Elman sinir ağlarında gizli katmanın çıktılarında ve Jordan sinir ağlarında çıkış katmanından giriş katmanının bağlam düğümleri denen düğümlerinedir. Giriş katmanının bağlam düğümlerini içeren bu bölüme bağlam katmanı denir ve Elman ve Jordan Ağlarının iç durumlarını muhafaza eder [27,28].



Şekil 2.5. Yinelemeli Sinir Ağları modelinin yapısı



Elman ve Jordan yinelenen sinir ağlarının yapıları Şekil 2.5' de gösterilmiştir. Burada  $X, Y, C, Z$  ve  $z^{-1}$  sırasıyla girdi katmanı, gizli katman, bağlam katmanı, çıkış katmanı vektörleri ve bekleme birimi elemanıdır.  $[W1]$ , giriş ve gizli katman arasındaki ağırlık matrisi;  $[W2]$ , gizli ve çıkış katman arasındaki ağırlık matrisi ve  $[W3]$ ' de bağlam katmanı için tanımlanan ağırlık matrisidir.

Jordan-Elman Sinir Ağlarında rastgele bir iterasyonda yani  $s$  inci iterasyonda;

$$x_i^{(s)} \in \underline{X}(i=1, \dots, n), \quad y_j^{(s)} \in \underline{Y}(j=1, \dots, m), \quad z_k^{(s)} \in \underline{Z}(k=1, \dots, \ell),$$

$$c_t^{(s)} \in \underline{C} \quad t = \begin{cases} j & \text{Elman Sinir Ağında} \\ k & \text{Jordan Sinir Ağında} \end{cases} \quad (2.12)$$

Burada  $i$ , girdi düğüm sayısını;  $j$ , gizli düğüm sayısını;  $k$  çıkış düğüm sayısını ve  $t$ , bağlam tabakanın düğümlerini gösterir. Gizli katman düğümlerinin çıktılarını hesaplamak için  $f(\cdot)$  aktivasyon fonksiyonunu önerilmiştir.  $s$ . iterasyonda  $j$ . gizli düğüm çıkışı  $y_j^{(s)} = f(a_j^{(s)})$  olarak tanımlanır.  $a_j^{(s)}$   $s$ . iterasyonda  $j$  gizli düğümünün lineer çıkışıdır.

$S$ . iterasyonda bağlam katmanının girişi; Elman ağları için  $c_{t=j}^{(s)} = y_j^{(s-1)}$  ve Jordan ağları için  $c_{t=k}^{(s)} = z_k^{(s-1)}$  dir.

Yinelenen sinir ağlarında ilk durumlar için Elman ağları için;  $y_j^{(0)} = 0, (j = 1, \dots, m)$  ve Jordan ağları için;  $z_k^{(0)} = 0, (k = 1, \dots, l)$  olarak varsayılır. Bağlam katmanı girişi  $s=1$ 'de  $c_j^{(1)} = 0$  ve  $c_t^{(1)} = 0$  dır. Yinelemeli sinir ağ yapısında her ağırlık vektörü bu matrislerin bir elemanı olarak tanımlanabilir:

$$\begin{aligned} w1_{ji} &\in [W1]; & w2_{kj} &\in [W2] & (2.13) \\ w3_{jt} &\in [W3], \quad t = j; & \bar{w}3_{jt} &\in [W3]^n, \quad t = k; \end{aligned}$$

Burada [W3]', Elman yinelenen sinir ağlarının bağlam katmanı için tanımlanan ağırlık matrisi ve [W3]", Jordan yinelenen sinir ağlarının bağlam katmanı için tanımlanan ağırlık matrisidir.

Bundan dolayı, ağırlık matrislerini kullanarak  $s$  inci iterasyonda gizli katman ve çıkış katmanındaki çıkışlar:

$$\begin{aligned} y_j^{(s)} &= f \left( \sum_{i=1}^n w1_{ji} x_i^{(s)} + \sum_{j=1}^m w3_{ij} y_{jt}^{(s-1)} \right), t = 1 & (\text{Elman ağında}) \\ \bar{y}_j^{(s)} &= f \left( \sum_{i=1}^n w1_{ji} x_i^{(s)} + \sum_{j=1}^l \bar{w}3_{ij} \bar{z}_{jt}^{(s-1)} \right), t = k & (\text{Jordan ağında}) \end{aligned} \quad (2.14)$$

olarak hesaplanır. Çıkışlar da:

$$\begin{aligned} z_k^{(s)} &= f \left( \sum_{i=1}^n w2_{kj} y_i^{(s)} \right), & (\text{Elman ağı için}) \\ \bar{z}_k^{(j)} &= f \left( \sum_{j=1}^m w2_{kj} \bar{y}_j^{(s)} \right), & (\text{Jordan ağı için}) \end{aligned} \quad (2.15)$$

olarak tanımlanır.

Çıkış katmanındaki  $E$  yaklaşık hatayı minimize etmek için güncellenen ağırlık faktörleri de  $w^{yeni} = w^{eski} + \eta \Delta w$  olarak verilir. Burada  $\eta$  öğrenme oranıdır.

$E$ , bütün örüntü vektörleri ve çıkış düğümleri için tanımlayan eşitlik:

$$\begin{aligned} E(w) &= \frac{1}{2} \sum_{s=1}^p \sum_{k=1}^l [z_k^{(s)} - z_k^{(s)}]^2, & \text{Elman ağıları} \\ E(w) &= \frac{1}{2} \sum_{s=1}^p \sum_{k=1}^l [\bar{z}_k^{(s)} - \bar{z}_k^{(s)}]^2, & \text{Jordan ağıları} \end{aligned} \quad (2.16)$$

Burada;  $p$  eğitim dizisi,  $w$  ağırlık vektörlerinin uzunluğudur. Standart geri yayılım algoritmasını kullanarak düzeltilir. Giriş ve çıkış katmanları arasındaki ağırlık bu kısmı ileri beslemeli karakterdedir. Zincir kuralı türevini kullanarak  $W3$  matris elemanları

güncellenebilir. Her iki yinelenen sinir ağı topolojilerinin eğitim sonuçları için bağlam katmanı ve gizli/çıkış katmanı arasındaki ilişki:

$$\Delta w_{3_{ij}} = \frac{\partial E}{\partial y_j} \frac{\partial y_j}{\partial w_{3_{ij}}} = \sum_{k=1}^l [z_k^{(s)} - z_k^{(s-1)}] w_{2_{kj}} f(y_j^{(s)}) y_j^{(s-1)}, \quad \text{Elman ağıları} \quad (2.17)$$

$$\Delta \bar{w}_{3_{ij}} = \frac{\partial \bar{E}}{\partial \bar{y}_j} \frac{\partial \bar{y}_j}{\partial \bar{w}_{3_{ij}}} = \sum_{k=1}^l [\bar{z}_k^{(s)} - \bar{z}_k^{(s-1)}] w_{2_{kj}} f(\bar{y}_j^{(s)}) \bar{y}_j^{(s-1)}, \quad \text{Jordan ağıları}$$

şeklinde olacaktır.

## 2.5. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları (RTFA)

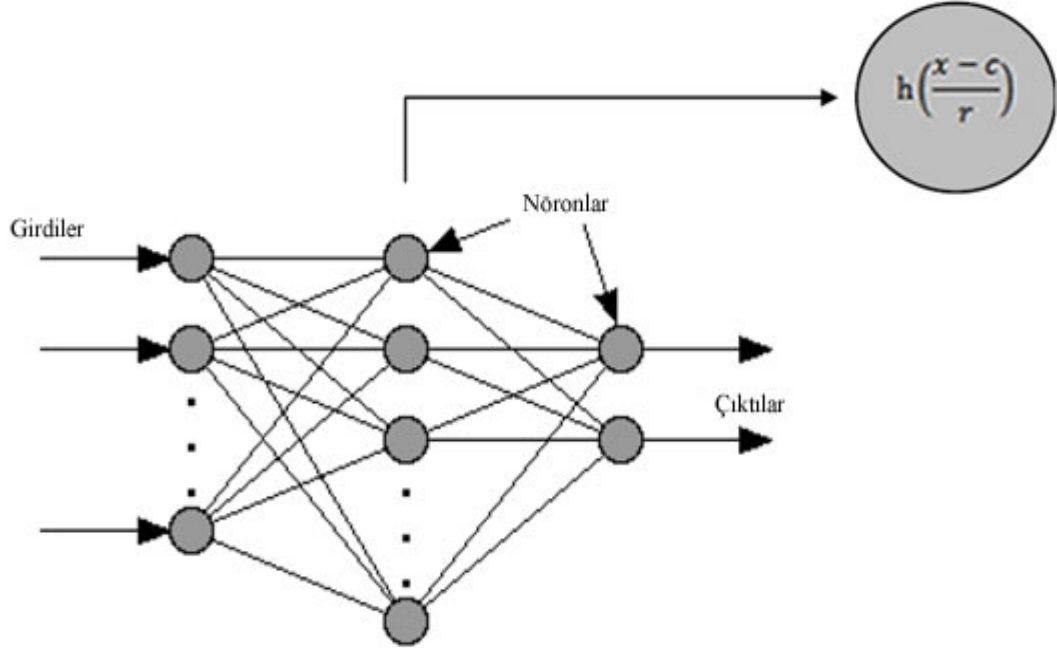
Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları (RTFA), çok katmanlı ileri beslemeli YSA' nın özel bir halidir ve iki karakteristik özelliği vardır. Bunlardan birincisi, tek gizli katman bulundurması, ikincisi ise gizli katman nöronlarında aktivasyon fonksiyonu olarak radyal tabanlı fonksiyonların kullanılmasıdır. RTFA' nın diğer bir önemli özelliği ise girdi nöronlarından gizli katman nöronlarına bilginin değiştirilmeden aktarılmasıdır. Diğer bir ifade ile girdi katmanı ile gizli katman arasındaki tüm bağlantı ağırlıklarının “1” olduğu söylenebilir.

Ağ mimarisinin basitliği nedeniyle çok katmanlı YSA modellerine göre birçok avantajı vardır. Bu avantajlardan en önemlisi, diğer geri yayılım algoritmalarına göre daha hızlı eğitilebilmeleri olarak ifade edilebilir.

RTFA' yı diğer YSA' lardan ayıran en önemli özellik, gizli katman aktivasyon fonksiyonlarının sigmoid ve S-türü fonksiyonlar yerine, çekirdek fonksiyon olarak da adlandırılan Radyal Tabanlı Fonksiyonlar (RTF) kullanılmasıdır. Bu özelliği ile RTFA, farklı bölgelerinde farklı davranışlar gösteren girdi uzayları üzerinde çalışılırken etkin bir araç olarak öne çıkmaktadır [29].

### 2.5.1. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağlarının Yapısı

RTFA ileri beslemeli çok katmanlı YSA' nın özel bir halidir. RTFA tek gizli katmandan oluşan ve bu gizli katman nöronlarında RTF kullanılan bir yapıdır. Buna göre bir RTFA' nın genel görünümü Şekil 2.6 ile verilmektedir [29].



Şekil 2.6. RTFA Mimarisi

RTFA' da girdi katmanı sadece modele dış dünyadan veri alınmasını sağlar. Bu bağlamda girdi, hiç bir şekilde işlenmeden doğrudan girdi katmanı aracılığı ile gizli katman nöronlarına iletilir. Diğer bir ifade ile girdi katmanını gizli katmana bağlayan tüm ağırlık değerlerinin "1" olduğu ve çözüm süresince değişmediği varsayılır. Bu özelliği ile öğrenme aşamasında değeri değiştirilecek parametre sayısında önemli bir azalma gerçekleşir ve dolayısıyla öğrenme hızlanır.

Herhangi bir tahmin modeli için, kullanıcı tarafından keyfi denemelerle belirlenen, deneme yanılma yolu ile iyileştirilebilen parametrelerinin az oluşu, ilgili modelin kullanılabilirliği açısından olumlu bir işarettir. Bu bakımdan RTFA' nın çok katmanlı YSA' ya göre daha kullanışlı olduğu söylenebilir. Bunun nedeni, eldeki problemin çözümüne uygun RTFA' nın oluşturulması aşamasında ağ mimarisine ilişkin

verilecek tek kararın, gizli katmanda bulunacak nöron sayısının belirlenmesi olmasıdır. En iyi modelde bulunması gereken gizli katman nöron sayısı, problemde probleme ve hatta aynı problem için elde edilmiş farklı veri kümelerine göre bile değişebilmektedir. Bu nedenle en iyi model için gizli katman nöron sayısı genellikle farklı alternatiflerin denenmesi yoluyla bulunur [29].

Girdi katmanından gelen bilgi gizli katmanda RTF' lar aracılığıyla işlendikten sonra ilgili ağırlık değerleri ile çarpılarak çıktı katmanına iletilir. RTFA' da bilgi akışına ilişkin ifade edilenlere göre, gizli katmanda bulunan nöron sayısı  $P$  ve herhangi bir  $p$ ' inci nörona atanmış RTF  $h_p$  ile gösterilmek üzere, tek çıktılı bir RTFA' nın  $x$  girdisine karşılık ürettiği değer, doğrusal bir model oluşturacak şekilde Eşitlik (2.18) ile ifade edilmektedir.

$$f(x, w) = \sum_{p=1}^P w_p h_p(x) = w_1 h_1(x) + w_2 h_2(x) + \dots + w_p h_p(x) \quad (2.18)$$

Burada;

$f(x, w) \in R$  ağın çıktısını,  $x \in R$  ağın girdisini  $\{h_p(x)\}_{p=1}^P$  gizli katman nöronlarının çıktılarını ve  $\{w_p\}_{p=1}^P$  parametreleri ise gizli katmanı çıktı katmanına bağlayan ağırlık parametrelerini göstermektedir.

2.18 eşitliğinde matris denkleminin kullanılmasıyla tek çıktılı RTFA modelinin çıktısı, Eşitli 2.19 ile verilen tipik bir doğrusal modele dönüşür.

$$y = Hw \quad (2.19)$$

Eşitlik 2.19' da eğitim veri kümesi için gözlem sayısı  $K$  ve gizli katman nöron sayısı  $P$  olmak üzere  $y, (K \times 1)$  boyutlu bağımlı değişkenin tahmin değerleri vektörünü;  $w, (P \times 1)$  boyutlu ağırlıklar vektörünü ve  $H$  açık hali Eşitlik 2.20 ile verilen  $(K \times p)$  boyutlu tasarım matrisini göstermektedir.

$$H = \begin{pmatrix} h_1(x_1) & \dots & h_p(x_1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_1(x_k) & \dots & h_p(x_k) \end{pmatrix} \quad (2.20)$$

RTFA' nın başarısındaki en önemli etken, aktivasyon fonksiyonu olarak uygun RTF' nun seçilmesidir. Uygun RTF seçimi kadar, sayısının belirlenmesi de ağ mimarisinin oluşturulmasında önemli rol oynamaktadır. En iyi RTF sayısının seçilmesine ilişkin en basit yol, bu sayının rastgele olarak belirlenmesidir. Bu şekilde yapılan seçimde birçok farklı sayı için denemeler yapılarak içlerinden en iyi performansı gösteren belirlenir. Ancak bu yöntem hiç bir zaman en iyi alternatifin bulunmasını garanti etmemektedir.

### 2.5.2. Radyal Tabanlı Fonksiyonlar

Radyal tabanlı fonksiyon ağlarına adını vererek yeni bir YSA sınıfının oluşmasına yol açan RTF, girdi veri kümesinin özel olarak belirli bir bölgesine düşen değerler için en büyük (ya da en küçük) değerini alan ve bu noktadan uzaklaştıkça daha küçük (ya da daha büyük) değerler üreten fonksiyonlardır. Bu özelliği ile RTF bölgesel işlemciler olarak kabul edilmektedir.

Herhangi bir RTF, merkez ( $c$ ) ve yarıçap ( $r > 0$ ) olmak üzere iki parametre ile belirlenir. Bu parametrelerden, fonksiyonun en büyük ya da en küçük değerini aldığı noktayı gösterirken  $r$  bu noktaya olan uzaklıkları ölçeklendiren parametredir. Buradan hareketle, belirli bir  $c$  değerinden uzaklığın  $r$  değerine oranının fonksiyonu olacak şekilde RTF Eşitlik 2.21' deki gibi ifade edilir.

$$h = h\left(\frac{x-c}{r}\right) \quad (2.21)$$

Literatürde yer almış birçok RTF olmakla beraber bunlardan başlıcaları, Gauss, Cauchy, Çoklu-Kuadratik ve Ters Çoklu-Kuadratik fonksiyonlardır. Bu radyal tabanlı fonksiyonların eşitlikleri sırasıyla Eşitlik 2.22 ile 2.25 arasında verilmektedir.

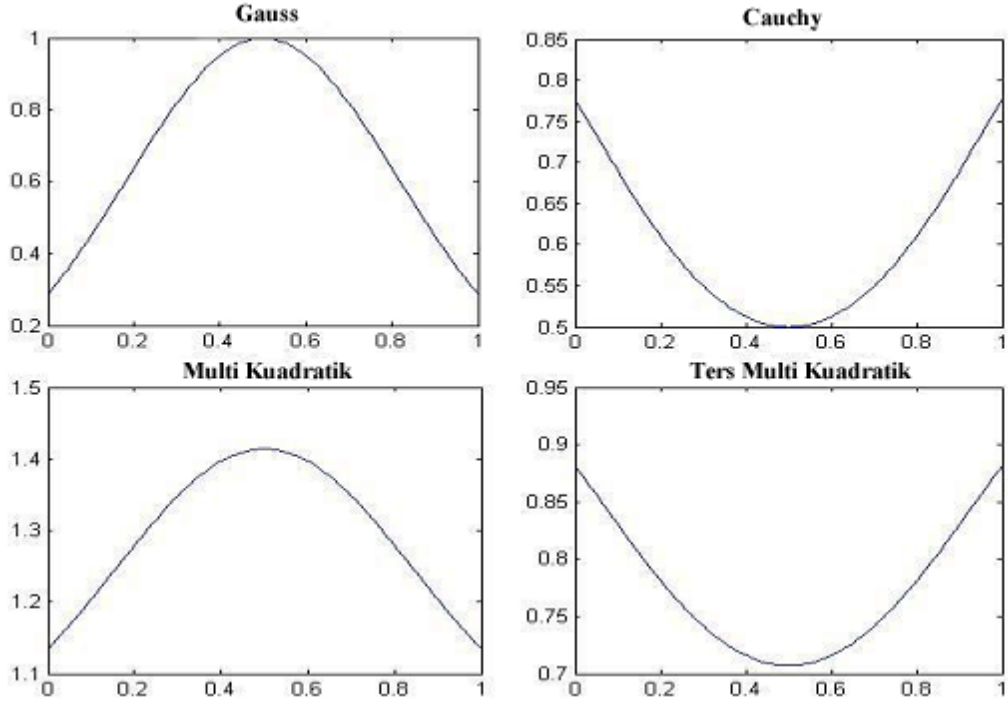
$$\text{Gauss RTF} \quad h_j = e^{-\sum_{k=1}^p \frac{(x_k - c_{jk})^2}{r_{jk}}} \quad (2.22)$$

$$\text{Cauchy RTF} \quad h_j = \frac{1}{1 + e^{-\sum_{k=1}^p \frac{(x_k - c_{jk})^2}{r_{jk}}}} \quad (2.23)$$

$$\text{Çoklu Kuadratik RTF} \quad h_j = \sqrt{1 + e^{-\sum_{k=1}^p \frac{(x_k - c_{jk})^2}{r_{jk}}}} \quad (2.24)$$

$$\text{Ters Çoklu Kuadratik RTF} \quad h_j = \frac{1}{\sqrt{1 + e^{-\sum_{k=1}^p \frac{(x_k - c_{jk})^2}{r_{jk}}}}} \quad (2.25)$$

Eşitlikleri verilen radyal tabanlı fonksiyonların iki boyutta görünüşleri Şekil 2.7 ile verilmektedir. Şekil 2.7’ den anlaşılacağı gibi Gauss ve Çoklu-Kuadratik fonksiyonlar merkez değere yaklaştıkça en büyük değerlerine yaklaşırken, Cauchy ve Ters Çoklu-Kuadratik türü fonksiyonlarda en küçük değer, merkez noktasında alınır ve merkezden uzaklaştıkça fonksiyon daha büyük değerler alır.



**Şekil 2.7.** Radyal Tabanlı Fonksiyonlar ( $c=0.5$  ve  $r=0.2$ )

Radyal tabanlı fonksiyonlar merkez parametresi ile belirlenen belirli noktalarda en büyük ya da en küçük değerlerini aldıkları için girdi uzayının farklı bölgelerindeki farklı davranışları modelleyebilirler. Gizli katmanda bulunan nöron sayısı, girdi-çıkı arasındaki ilişkinin o sayı kadar farklı modellerle sonuca yansıtılmasını sağlar.

RTFA mimarisinde kaç gizli katman nöronu bulunacağı dolayısıyla, kaç tane RTF kullanılması gerektiğinin belirlenmesi önemli bir sorundur. Gizli katman sayısı yeterince artırılarak eğitim veri kümesindeki tüm noktalardan geçen bir model oluşturmak mümkündür. Ancak RTF' nin sayısının, diğer bir ifade ile matrisinin boyutunun artırılması, birçok hazır paket programın bile altından kalkamayacağı matris tersi alma işlemlerini gerektirecektir. Bununla beraber iyi öğrenmiş bir ağdan beklenen eğitim girdisini sıfır hata verecek şekilde tahminlenmesi değil, girdi ile çıktı arasında yatan gerçek ilişkiyi modellemesidir. Eğitim veri kümesini sıfır hata ile öğrenmiş bir model, çıktı değerlerinin doğasında bulunan tesadüfî veya sistematik hatayı da modele katmış demektir. Bu şekildeki model, eğitim kümesinde yer almayan daha önce görmediği girdilerle karşılaştığında hedeflenen çıktı değerinden



uzak sonuçlar üretir. Diğer taraftan gereğinden az sayıda RTF kullanılması, girdi ile çıktı arasındaki ilişkiyi yakalamakta yetersiz bir model oluşturulmasına yol açacaktır. Bu bağlamda gizli katman nöron sayısı, RTFA' nın mimarisinde karar verilmesi gereken en önemli parametrelerden birisidir [29].

### 2.5.3. Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağlarında Öğrenme

RTFA' da öğrenme, danışmanlı ve danışmansız öğrenmenin karışımı olacak şekilde iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Danışmansız öğrenme kapsamındaki ilk aşama, gizli katman nöronlarında yer alan RTF merkez ve yarıçap parametrelerinin belirlenmesi aşamasıdır. Bir doğrusal regresyon problemi gibi çözülebilen ve danışmanlı öğrenme kapsamında değerlendirilen ikinci aşama ise gizli katmanı çıktı katmanına bağlayan bağlantı ağırlıklarının belirlenmesi sürecidir. Her iki öğrenme aşaması için de önerilmiş birçok yöntem olmakla beraber bunlardan önce çıkanlar takip eden kısımda özetlenmektedir.

**Rastgele Olarak Seçilmiş Sabit Merkezler:** Bu yöntemde göre girdi uzayından rastgele noktalar belirlenir ve bu noktaların her biri, bir radyal tabanlı fonksiyona karşılık gelen merkez parametreleri olarak sabitlenir. Bu sabit merkez parametrelerinin değeri öğrenme süresince değiştirilmez. Bu yöntemde yarıçap parametrelerinin de sezgisel olarak belirlenebileceği Eşitlik 2.26' da verildiği gibi belirlenebilir.

$$r = \frac{d_{enb}}{\sqrt{P}} \quad (2.26)$$

Eşitlik 2.26' daki  $d_{enb}$  herhangi iki merkez arasındaki en büyük uzaklığı,  $P$  ise gizli katman nöron sayısını göstermektedir. Tek başına kullanıldığında probleme etkin çözümler getiremeyen bu yöntem, diğer birçok teknik için başlangıç çözümü olarak kullanılmaktadır.

**Kümeleme Analizi:** Girdi uzayının benzer girdi değerlerinin buldukları bölgelerin merkezlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan istatistik yöntemlere Kümeleme Analizi adı verilir. Bu bağlamda, herhangi bir kümeleme analizi yöntemi ile ağ mimarisinde kullanılan RTF sayısı ve bu fonksiyonların merkezleri belirlenebilir. Yarıçap parametreleri ise genellikle küme merkezlerinin birbirlerine olan ortalama uzaklıkları veya ilgili küme merkezine en yakın diğer küme merkezi arasındaki uzaklık dikkate alınarak hesaplanır.

**Gradyen Azalış Yöntemi:** RTFA' na uyarlanması Poggio ve Girossi tarafından önerilen gradyent azalış yöntemini kullanan RTFA, Genelleştirilmiş Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntem, başlangıçta rastgele olarak belirlenmiş olan  $c$  ve  $r$  parametrelerinin, modelin çıktıları ile hedeflenen çıktılar arasındaki farka ilişkin tanımlanan bir hata fonksiyonunun  $c$  ve  $r$  parametrelerine göre kısmi türevlerinin tersi yönünde, değerlerinin güncellenmesi esasına dayanır. Buna göre  $c$  ve  $r$  parametreleri öğrenmenin her aşamasında Eşitlik 2.27 ve Eşitlik 2.28 ile verilen değişim miktarları ile toplanarak güncellenir.

$$\Delta c_p = -\eta \frac{\partial E}{\partial c_p} \quad (2.27)$$

$$\Delta r_p = -\eta \frac{\partial E}{\partial r_p} \quad (2.28)$$

Yukarıda verilen eşitliklerde yer alan  $\Delta c_p$  ve  $\Delta r_p$  değerleri sırasıyla merkez ve yarıçap parametrelerinde yapılacak olan değişiklik miktarını,  $E$  hata kareler toplamını ve  $\eta$  ise öğrenme oranını göstermektedir. Yukarıda her iki eşitlikte aynı öğrenme oranı kullanılmış olmakla beraber merkez ve yarıçap parametrelerinin öğrenmesinde farklı öğrenme oranları da kullanılabilir. Öğrenme oranlarının büyüklüğünün seçimi, öğrenmenin başarısı üzerinde doğrudan etkilidir. Gereğinden küçük belirlenmiş öğrenme oranı işlem süresinin çok uzamasına neden olurken, gereğinden büyük belirlenmesi en iyi çözümün atlanmasına neden olabilir.

Gradyen azalış yöntemine göre öğrenme işlemi sırasında  $E$  hata fonksiyonu aracılığıyla hedeflenen çıktı değerleri de kullanıldığı için, diğer yöntemlerden farklı olarak bu yöntem, danışmanlı öğrenme kapsamında değerlendirilir. Bu yöntemin olumsuz yanı, öğrenmenin yerel çözümlere takılabilmesidir. Ayrıca iteratif olarak yürütülen bu yöntem, gözlem sayısı ve radyal tabanlı fonksiyon sayısının fazlalığına bağlı olarak oldukça yüksek işlem yükü getirebilmektedir [29].

RTFA öğrenmesinin ikinci aşaması, danışmanlı öğrenme kapsamında değerlendirilen ve gizli katmanı çıktı katmanına bağlayan bağlantı ağırlıklarının ( $w$ ) belirlenmesi aşamasıdır. Bu aşamada öğrenme, gizli katmanda yer alan gizli katman çıktılarının ( $H$ ) bağımsız değişken değerlerini, hedef çıktı değerlerinin ( $d$ ) bağımlı değişken değerlerini ve vektörünün regresyon katsayılarını temsil ettiği bir regresyon modeli ile ifade edilebilir. Dolayısıyla ağırlık parametrelerinin öğrenilmesi, Eşitlik 2.29' da verilen doğrusal modelin ağırlıklarının belirlenmesi problemine indirgenmiş olur [30].

$$d = Hw + \varepsilon \quad (2.29)$$

Eşitlik 2.29 ile verilen regresyon modeli için parametresinin belirlenmesinde ilk akla gelen yöntem En Küçük Kareler (EKK) yöntemidir. EKK yöntemine göre ağırlık parametrelerinin bulunması Eşitlik 2.30' daki gibi gerçekleşir.

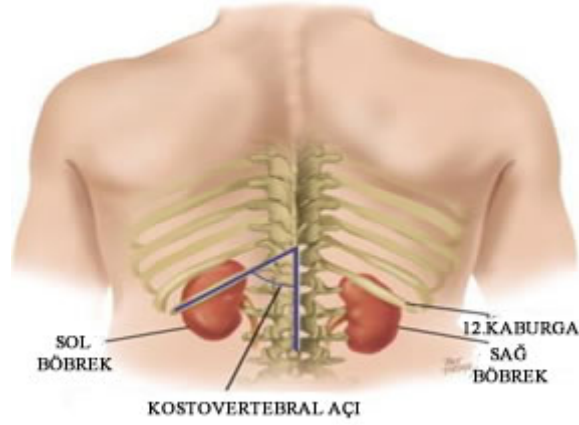
$$w = (H' H)^{-1} H' d \quad (2.30)$$

RTFA öğrenmesinde ağırlık parametrelerinin Eşitlik 2.30' dakine benzer bir eşitlikle hesaplanması, modelin yeni veriler için genelleme yapabilme kapasitesi açısından bazı sorunları beraberinde getirmektedir. Bu sorunların ortaya çıkmasının temel iki nedeni; ağ mimarisinde kullanılan RTF sayısının girdi çıktı arasındaki gerçek ilişkiye ait modelin serbestlik derecesinden yüksek olması ve çok fazla RTF kullanarak ağırlık aşırı belirli olması olarak özetlenebilir. Eğitim veri kümesinde gerçekleşen bu aşırı belirlilik, modelin test aşamasındaki kötü performans olarak ortaya çıkmaktadır.

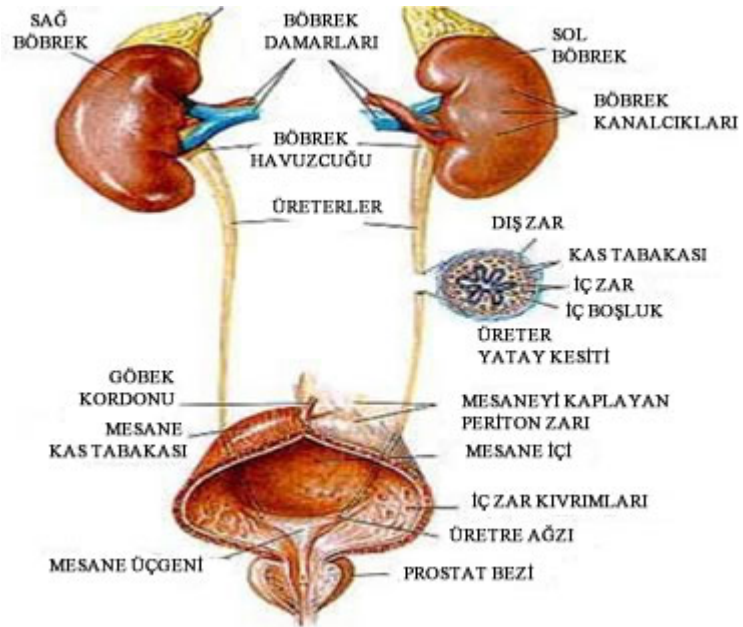
## 2.6. Nefroloji

### 2.6.1. Nefroloji Tanımı

Başlıca böbrekler olmak üzere, mesane ve idrar yollarını kapsayan boşaltım sisteminin hastalıklarını inceleyen bilimdir.



Şekil 2.8. Böbreklerin vücuttaki konumu



Şekil 2.9. Böbreklerin Bağlantıları

Böbrek, Şekil 2.8. ve Şekil 2.9' da görüldüğü gibi karnın arka bölgesinde bulunan 100-150 gram ağırlığında bir organdır. Normal kişilerde sağ ve solda olmak üzere iki adet böbrek bulunur. Toplumda yaklaşık 1000 kişinin bir tanesinde tek böbrek vardır. Tek böbrekli olmanın önemli bir sakıncası yoktur [31].

Her iki böbrekte yaklaşık olarak 2.400.000 civarında nefron adı verilen süzme üniteleri vardır. Bunların sayısı yaşlanmayla birlikte azalır. Kalbin dakikada pompaladığı 5-6 litre kanın 1,5' i böbreklerden filtre olur. İki böbrekte bulunan nefronlardan 1 dakikada 1 litre kan geçmektedir. Tüm bunlar böbreklerin vücut için ne kadar hayati önemi olduğunu göstermektedir [31].

### **2.6.2. Böbreklerin Görevleri**

1. Metabolizma sonucu meydana gelen artıkların, kandaki zehirli maddelerin atılma işlemidir ki, bu gerçek anlamda idrar yapma olayıdır.
2. Vücudun sıvı-iyon dengesini ayarlar.
3. Asit-baz dengesini ayarlar.
4. Vücutta kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan vücut için zararlı zehirli maddelerin atılmasını sağlar.
5. Birtakım hormonlar salgılayarak vücudumuz için çok gerekli bir takım düzenlemeler yapar. Bunlar şunlardır:
  - Kan yapımını “eritropoetin” hormonu (kırmızı kan hücrelerinin uyarımı) salgılayarak düzenler.
  - Kan basıncını “renin” salgılayarak ve onu kana vererek ayarlar.
  - Kemik mineral yapısını 1.25 dihidroksikolekalsiferol salgılayarak (Vitamin D'nin aktif metaboliti) dengede tutar. Bu hormonların yapım ve yıkım yeridir.
6. Vücudun tüm organlarıyla bir bütün olarak düzenli çalışmasını sağlar.

### **2.6.3.Böbrek Hastalıkları**

1. Glomeruler hastalıklar (Akut ve kronik böbrek iltihabı olarak bilinen hastalıklar)
2. Kongenital(Doğuştan) Hastalıklar
3. Kalıtsal Hastalıklar
4. Damarsal Böbrek Hastalıkları
5. Gebelik Zehirlenmesi
6. Taş Hastalıkları
7. Hipertansiyon ve Diyabet hastalığı gibi sistemik hastalıklara bağlı böbrek hastalıkları.
8. İlaçlara bağlı gelişen böbrek hastalıkları vs. şeklinde sıralayabiliriz.

Böbrekler, fonksiyonları bozulunca görevlerini yerine getiremeyecek; kandan atılması gereken maddeleri atamayacak ve bu zararlı maddeleri kanda biriktirerek semptomlar verecek sonucunda da idrar miktarında azalma olacaktır. Böbrek hastalıklarının çoğu sinsi ve ağrısız seyreder. Fonksiyonu bozulan böbrek idrarla atılması gereken zehirli maddeleri süzemeyerek kanda çeşitli semptomlar vereceklerdir. Böbreklerin fonksiyonlarının azalması ve kaybolması anı ise (akut) geriye dönüşebilen; yıllar içinde sessizce devam ederek gelişiyorsa (Kronik) geri dönüşü olmayan bir tablo ortaya çizer.

İdrar yollarında akımın engellenmesi iltihaplanması dışında böbrek hastalıklarında ağrı sık görülmez. İdrar yapmada bozukluklar; sık idrara çıkma, gece idrara çıkma, ağrılı idrar uykuda idrarı tutamama gibi bozukluklar görülür. İdrar miktarında azalma veya çok idrara çıkma veya hiç çıkmama gibi belirtiler olabilir. Ayrıca böbrek hastalığının genel bulguları vücutta sıvının birikmesi (ödem) gözlerde, ayaklarda vs görülebilir. Kan basıncı yükselmesi ve bunun getirdiği bulgular görülür. Üremeye bağlı olarak iştahsızlık, bulantı, kusma, ishal gibi sindirim sistemi belirtileri bunun yanında burun kanaması ağızdan kan gelmesi dışkı ile kan gelmesi gibi kanama belirtileri görülür [31].

## **2.7. Hipertansiyon**

### **2.7.1. Hipertansiyon Tanımı**

Kan basıncının normal sayılan sınırların üzerine çıkmasına *hipertansiyon* denir. Sistolik kan basıncının 140 mmHg, diyastolik kan basıncının da 90 mmHg veya üzerinde olması ya da kişinin antihipertansif ilaç kullanıyor olması hipertansiyon olarak tanımlanır [32,33]. Sistolik kan basıncının 130-139 mmHg ve diyastolik kan basıncının 85-89 mmHg arasında olması 'yükseknormal' kan basıncı (prehipertansiyon) olarak tanımlanır. Kan basıncı düzeyleri bu sınırlarda seyreden kişilerde zaman içinde hipertansiyon gelişme riski, daha düşük hipertansiyon değerlerine sahip kişilere göre iki kez daha fazladır [34].

### **2.7.2. Hipertansiyon ve Böbrek Arasındaki İlişki**

Kan basıncı ne kadar yüksek ise böbrek yetersizliği gelişme riski o denli artar. Siyah ırk ve diyabetikler özellikle risk altındadır. Hipertansiyon, özellikle böbreğin temel dokusuna, hastalığın doğuştan bulunmayan sonradan ortaya çıkan ve kalıtsal tiplerinin hemen hepsine eşlik etmekte ve böbreklerdeki süzme hızı azaldıkça daha sık olarak görülmektedir. Bu birlikteliğin varlığında, hipertansiyon böbrek işlevlerinin kaybını hızlandırmaktadır. Bu nedenle hipertansiyonun tedavisi renal hasarın ilerleyişinin yavaşlatılmasında önemli rol oynar. Böbrek yetersizliğinin yavaşlatılmasında protein atılımının azaltılmasının da en az kan basıncını düşürmek kadar önemli olduğu gösterilmiştir [35].

### **2.7.3.Sınıflandırma**

Erişkinlerde kan basıncı derecesinin sınıflandırılması niteldir. Pratikte tedaviye yaklaşım kolaylığı sağlamak için kan basıncı değerleri dikkate alınmaktadır. 18 yaş ve üstündeki erişkinlerin kan basınçları optimal, normal, yüksek- normal ve

hipertansiyon olarak dört dereceye ayrılmıştır. Bu durum Çizelge 2.3’ de gösterilmiştir.

**Çizelge 2.3.** Hipertansiyon Sınıflaması

<b>Kan basıncı derecesi</b>	<b>Sistolik</b>	<b>Diastolik</b>
Optimal	<120	<80
Normal	<130	<85
Yüksek normal	130-139	85-89
Evre1	140-159	90-99
Evre2	>160	>100

Hipertansiyon tanısı için iki veya daha fazla muayene sırasında, en az iki ölçümün ortalamasına dayandırılmalıdır. Sınıflandırmada sistolik ve diastolik kan basınçları farklı sınıflara düşerse, kişinin kan basıncı değerlendirilirken daha yüksek olan kan basıncı derecesi dikkate alınmaktadır [36].

#### **2.7.4. Hipertansiyonun Belirtileri**

Hastaların büyük çoğunluğunda ciddi bir şikâyet yoktur. Sabah erken saatlerde başın arkasında hissedilen değişen şiddetlerdeki ağrı en sık şikâyettir. Aşırı yorgunluk, sersemlik, bulanık görme diğer şikâyetler olabilir. Komplikasyon gelişmiş



hipertansiflerde, zarar gören organa göre, göğüs ağrısı, nefes darlığı, görme sorunları vb. şikâyetler oluşabilir [37].

**Nörolojik semptomlar;** baş ağrısı, baş dönmesi, görme bulanıklığı, depresyon, uykusuzluk ve ani şuur kaybı gibi yakınmalardır. Sabah uykudan uyanıldığında, enseden başlayan kafa arkasındaki bölgeye lokalize olan ve bazen zonklayıcı tarzda olabilen baş ağrısı vardır [38].

**Kardiyovasküler semptomlar** ise çarpıntı, göğüs ağrısı, nefes darlığı gibi şikâyetlerdir. Hipertansif bir hastada göğüs ağrısı, kalp kası dokusunun ölmesi veya aort damarının bir bölümünün yırtılarak ikiye bölünmesini akla getirmelidir. Hipertansiflerde görülen otonom sinir sistemi bozuklukları; baş dönmesi, ani şuur kaybı, irade dışı titreme, anormal terleme ve görmede bulanıklık gibi semptomlara neden olabilir. Kulak çınlaması, burun kanaması olan her hastada kan basıncı yüksekliği düşünülmeli ve bu yönde araştırma yapılmalıdır [39].

Hipertansiyona sıklıkla böbrekle ilgili patolojiler eşlik etmektedir. İdrarda kan görülmesi, sık idrara çıkma, idrarın belli bir miktar yükseltilecek atılması, böbrek taşları, renal travma olan hastalar renal patolojisi açısından ayrıntılı incelenmelidir.

Hipertansiyon hastalarının değerlendirilmesinde kan basıncı ölçümü yanında diğer fizik muayene yöntemleri ve beraberinde bazı laboratuvar incelemelerinden yararlanılır. Hipertansiyonun kesin teşhisini koyduktan sonra yapılması gereken kalp-damar riski belirlemek, bu riski oluşturan faktörleri aramak ve mümkünse düzeltmek, hastayı eğitmek ve etkili bir şekilde tedavi etmektir [39].

### **2.7.5. Hipertansiyon Nedenleri**

Hipertansiyonun patolojik nedenleri hakkındaki bilgiler hala çok kısıtlıdır. Bununla beraber öteden beri iki farklı hipertansiyon türü tanımlanmıştır. Bunlardan biri, gösterilebilir hiçbir organ hastalığının başlatmadığı arteriyel hipertansiyon olup 'primer' veya en sık kullanılan terimle 'esansiyel hipertansiyon'dur.

Sekonder hipertansiyon ise arter basıncı yükselmesinin bir hastalığın çeşitli bulgularından birini oluşturduğu durumlardır. Bu durumda hipertansiyon, asıl hastalığın ikincil bir yanı, ek bir fenomeni olduğundan bu tür kan basıncı yükselmelerinde sekonder hipertansiyon söz konusudur.

Yapılan çalışmalar hipertansiyon olgularının %92-95'inin esansiyel hipertansiyon olduğunu, %5-6 kadar hastada hipertansiyonun kronik böbrek hastalığına bağlı olduğunu göstermiştir. Diğer tüm nedenler hipertansiyon etiyojisinde ancak %1-3 oranında rol oynamaktadır [40].

Bu nedenle, her hastada sekonder nedenlere bağlı hipertansiyonun araştırılmasına gerek yoktur. Ancak ilk bulgu ve özelliklerin belirli bir sekonder hipertansiyon tablosunu kuvvetle düşündüğü durumlarda az riskli ve pahalı araştırmalara gidilmesi daha uygundur [40].

### **2.7.6. Hipertansiyon Nedenlerini Sınıflandırma**

Hipertansiyon nedenleri incelenirken, pek çok faktörün dolaylı yoldan ya da direkt olarak hipertansiyonu etkileyeceği için sınıflandırma yelpazesi oldukça geniş tutulabilir. Bu çalışmada hipertansiyon nedenleri sınıflandırılırken, renal hipertansiyon üzerinde etkisi olan parametreler (ürik asit, lipid profili gibi) ve tüm hipertansiyon vakalarında etkili olan parametreler dikkate alınmıştır.

#### **2.7.6.1. Yaş ve Cinsiyet**

Hipertansiyon, yaşla artan toplumsal bir sağlık sorunudur. Erken tanı ile kontrol altına alınabilen geç kalındığında ise kalp hastalıkları, beyin damar hastalıkları gibi ölümcül seyreden komplikasyonlara yol açan ciddi bir hastalıktır.

Hipertansiyonun menopoza yaşına kadar kadınlarda daha az, erkeklerde daha fazla görüldüğü belirlenmiştir [41-44]. Fakat menopoza yaşından sonra kadınlarda ve erkeklerde benzer sıklıkta görülmektedir. Yaş ilerledikçe, damar sertliğinin artmasına bağlı olarak hipertansiyon daha sık görülüyor olup, %20 civarında olan oran ileri yaşlarda %50' lere ulaşmaktadır. Birçok sanayileşmiş ülkede kan basıncı yaşla birlikte artmaktadır [45,46].

Yaşamın ilk 6 yılı içinde sistolik kan basıncı ortalama 90–100 mmHg ve diyastolik kan basıncı ortalama 55-65 mmHg iken, 6 yaşından sonra sistolik kan basıncı biraz daha belirgin olmak üzere her ikisi de yavaş yavaş artar ve 18 yaşa ulaşıncaya sistolik kan basıncı ortalama 110–120 mmHg diyastolik kan basıncı ise ortalama 75-80 mmHg'ye yükselmiş olur [47]. Sistolik hipertansiyon yaş ile doğru orantılı olarak artmakta ve ileri yaş kadınlarda erkeklerden daha yüksek oranda görülmektedir.

Ülkemizde Diyarbakır bölgesinde yapılan bir çalışmada da kadınlarda hipertansiyon oranı (%24,1), erkeklere göre (%17,7) önemli derecede yüksek bulunmuştur [48]. Yine yaşın ilerlemesine bağlı olarak kan basıncının yükselmesi önemlilik göstermektedir. 70 yaş ve üzeri nüfusta hipertansiyon görülme sıklığının %44,1'e yükseldiği gösterilmiştir [49].

#### **2.7.6.2. Irk ve Etnik Faktörler**

Çeşitli ırklar ve etnik gruplar arasında hipertansiyonun görülme sıklığı yönünden farklılıklar olduğu bilinmektedir. Dünyada Kalahori yerlileri, Kenyalı göçmenler, Pigmeler ve Avustralya'da Aborogineler gibi bazı topluluklarda kan basıncının düşük olduğu ve yaşla birlikte yükselmediği bilinmektedir [42].

Yapılan çalışmalarda, siyah ırkta hipertansiyonun beyaz ırka göre daha sık görüldüğü, komplikasyonların daha çok olduğu ve hipertansiyona bağlı ölüm oranının daha fazla olduğu gösterilmiştir [50,51]. Coğrafi olarak da ABD'nin güney ve güneydoğu bölgelerinde hipertansiyon görülme sıklığı daha yüksek bulunmaktadır. Siyah erkeklerdeki ölümlerin yaklaşık %30'u siyah kadınlardaki

ölümlerin ise %20'si hipertansiyon ve buna bağlı nedenlerle meydana gelmektedir [52]. Siyahlarda hipertansiyonun ortaya çıkması da beyazlara göre daha erken yaşlarda olmaktadır.

Herhangi bir yaş dilimi içinde beyazlar ve siyahlar karşılaştırılacak olursa hipertansiyon görülme sıklığının belirgin olarak siyahlarda fazla bulunduğu görülür. Siyahlarda öldürücü olmayan inme sıklığının 1,3 kat, öldürücü inme sıklığının 1,8 kat, kalp hastalığı sıklığının ise 5 kat daha fazla olduğu gösterilmiştir [53]. Yirmi yaşın üzerindeki ABD toplumunda hipertansiyon sıklığı, Avrupa kökenli beyazlarda %24,7, siyahlarda %28,4 ve Meksika kökenli Amerikalılarda %15,1 olarak bulunmuştur. Altmış yaş ve üzerindeki bireylerde ise hipertansiyon sıklığı dramatik olarak artmakta ve beyazlarda %60, siyahlarda ise %72 değerlerine ulaşmaktadır [42].

### **2.7.6.3. Aile ve Genetik Faktörler**

Hipertansiyonun aileler içinde yoğunlaştığı bilinmektedir. Babanın ailesel hipertansiyona katkısı anneden fazladır. Genetik özelliklerin hipertansiyona katkı oranının %30 ile %60 arasında değiştiği bildirilmiştir. Kalıtım bireyin kan basıncını etkileyen önemli bir etkidir. Genetik çalışmalar aralarında kan basıncının düzenlenmesine yardımcı olan gen ve stres durumunu algılayıcı özellikteki gen de bulunan birçok genin hipertansiyonun oluşmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir [41].

Yapılan çalışmalarda ailede kan basıncı düzeylerinin birbirine yakın değerlerde olduğu gösterilmiştir. Aile öyküsü olanlarda hipertansiyon ve koroner arter hastalık riskleri fazladır. Tansiyonu yüksek anne ve babaların çocuklarında erişkin yaşlarda hipertansiyon gelişmesi riskinin, normal tansiyonu olan anne ve babaların çocuklarına oranla daha yüksek olduğu gösterilmiştir [54,55].

Ülkemizde yapılmış olan çalışmalarda da, ailesinde hipertansiyon öyküsü bulunan bireylerde hipertansiyon sıklığı anlamlı olarak yüksek bulunmuştur [56,57].

#### 2.7.6.4. Şişmanlık ve Vücut Kitle İndeksi (BMI)

Obezite hipertansiyon gelişiminde etkili bir risk faktörüdür. Hipertansiyonla beraber obezitenin koroner kalp hastalıklarının oluşumunu hızlandırdığı birçok araştırmada gösterilmiştir. Özellikle vücut üst ve orta bölge tipi obezitelere bu durum daha belirgindir [58].

Artan bel kalça oranının (BKO) kan basıncı üzerine önemli derecede etkisi vardır. Birçok çalışmada beden kitle indeksi (BMI) artışıyla hipertansiyon olgu sayısının anlamlı ölçüde yükseldiği gösterilmiştir [59,60,61]. Otuz iki ülkedeki 52 merkezde gerçekleştirilen geniş çaplı ve çok uluslu yeni bir çalışmada; obezite, alkol ve mineral alımının, yaşla birlikte artan kan basıncı üzerindeki rolünü ortaya koymuştur [57]. Obezite ve hipertansiyon, özellikle gelişmiş ülkelerde sık rastlanılan sağlık sorunlarıdır. Obez kişilerde hipertansiyonun yaygınlığı % 25-50 arasındadır ve genel popülasyona göre daha siktir. Hipertansif bireylerde ise % 15-20 arasında obezite görülmektedir. Bu oran, normotansif bireylerde saptanan % 5'lik obezite oranından çok daha yüksektir [62]. Bertias ve arkadaşlarının tıp öğrencileri üzerinde yaptıkları araştırma sonucunda BKO' nin, sistolik ve diyastolik kan basıncını belirlemede Bel ölçüsü, BKO' na göre daha üstün bir parametre olduğu ortaya konmuştur [63].

Şişman ve hipertansiyonlu kişilerin çoğunun, kilo kaybedip eski ağırlıklarına ulaşması durumunda kan basınçları düzene girer. Kilo azalması yavaş yavaş yapılmalıdır (ayda 2-4 kg). Ulusal Kalp Akciğer Enstitüsü'nde hipertansiyonlu hastalarda kan basıncını düşürmede diğer nonfarmakolojik (yaşam şekli değişimi) yöntemlerle birlikte kilo kontrolünde yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır [39]. Şişmanlık genel sağlık açısından da tehlikeli bir durumdur.

Obezlerde hipertansiyon, yağ yükselmesi, şeker hastalığı, eklem kireçlenmesi, uykuda solunum durması, rahim, meme, prostat ve bağırsak kanserleri gibi durumlar daha sık görülür. Kilo kaybı, kan basıncını düşürüp ilaç tedavisine ihtiyacı azaltmasının yanı sıra iskemik kalp hastalıklarının ilave risk faktörlerini azalttığı için de tedavide daha rasyonel bir yaklaşım olarak görülmektedir [64].

Vücut kitle indeksi yetişkin bir insanın kilosunun boyuna göre normal olup olmadığını gösteren bir parametredir. Kişinin ağırlığının, boyunun karesine bölünmesiyle elde edilir.

$$\text{Vücut Kitle İndeksi (BMI)} = \text{Ağırlık (kg)} / \text{Boy (m)}^2 \quad (2.31)$$

#### **2.7.6.5. Sigara**

Sigara içiminin kan basıncında yaklaşık 15-30 dakika süreyle ve tekrarlandığı takdirde geçici olarak 5-10 mmHg kadar akut bir yükselmeye yol açtığı, sigara alışkanlığı olan normal hipertansiyonlu bu etkinin günün ilk sigarasından daha belirgin olduğu ve günün ilk sigarasından sonra sistolik kan basıncında 20 mmHg'ye kadar yükselme olabildiği bildirilmiştir [41]. Öte yandan, sigara tiryakilerinin sağlık kuruluşlarında ölçülen kan basınçları genellikle sigara kullanmayanlara göre hafif düşük bulunmaktadır. Bu durumun muhtemelen nikotinin enerji tüketimini artırıcı etkisi sonucu tütün kullananların vücut ağırlığının daha düşük olması ve nikotinin temel kimyasal bileşikleri olan nikotinin damar genişletici etkisi ile ilgili olduğu düşünülmekteyse de, sağlık kuruluşlarındaki sigara yasağı nedeniyle kan basıncı ölçümlerinin bir süre sigara kullanılmasından sonra yapıldığı da dikkate alınmalıdır [41].

Sigara, hipertansiyonla birlikte bulunduğunda kardiyovasküler hastalık riskini artırmaktadır. Bu nedenle hipertansiflerde sigaranın bırakılması gereklidir [39].

#### **2.7.6.6. Fiziksel Hareketsizlik**

Hareketsiz yaşam süren kişilerde hipertansiyon gelişme riski, düzenli fiziki aktivitesi olanlara göre %20-50 oranında daha fazladır. Egzersizin kan basıncını düşürücü etkisi üzerine farklı sonuçlar bildiren araştırmalar söz konusudur. Haftada üç kez 35 dakika yürüyüş veya 45 dakika bisiklet sporu ile esansiyel hipertansiyonda dört haftada kan basıncında 5-15 mmHg kadar düşme sağlanabildiği de bildirilmektedir.

Hipertansiflere itme, çekme ve ağırlık kaldırma gibi izometrik egzersizler yerine izotonik egzersizler önerilebilir [41].

#### **2.7.6.7. Ürik Asit**

Ürik asit purinlerin parçalanmasıyla oluşan son üründür. Özellikle kırmızı et yiyenlerde ürik asit daha fazla artar. Alkol ve bira ürik asit seviyesini artırır. Ayrıca diyabetik hastalarda yüksek ürik asit düzeyleri, ilerleyici böbrek hastalığı gelişimi için de bir risk faktörüdür.

Ürik asit yüksekliği glomerüler (kılcal damar yumağı) hipertansiyona ve böbrekle bağlantılı damarlarda, damar sertleşmesine de yol açarak renal hasara neden olur.

Serum ürik asit seviyeleri hipertansiyonda artar. Tedavi edilmeyen hastalarda %25, diüretik alanlarda %50, hipertansiyon olanların %75' inden fazlasında seviyeleri artmıştır. Ürik asitin, ani inmeler ve hipertansiyondaki rolü antioksidanları pro-oksidanlara çevirme mekanizması iledir. Ksantin oksidaz inhibitörleri (allopürinol) ile tedavide ürik asit düzeylerinin 3-4 mg/dl aralığında olması önerilir [65,66].

#### **2.7.6.8. Lipid Profili**

Kolestrol ve trigliserid yükselmesi, plazma lipoproteinlerinin artması sonucu olmaktadır. Bir veya daha fazla lipoprotein tipinin dolaşımında artmış sekresyonu ve üretimi sonucu meydana gelebildiği gibi, bazı vakalarda dolaşımdan atılmasında ya da temizlenmesinde azalma sonucunda da olabilir. Bazen her iki süreç birlikte de görülebilir [67,68]. Kolesterol, hücre zarlarında bulunan bir lipiddir ve safra asitleri ve steroid hormonlarının öncülüdür. Kolesterol, lipid ve proteini içeren (lipoprotein) farklı partiküller şeklinde kanda dolaşmaktadır. Kolesterol için, <200 mg/dL , istenen kolesterol, 200-239 mg/dl sınırdaki kolesterol ve 240 mg/dL ve üzeri yüksek kolesterol olarak sınıflandırılır. Lipoproteinlerin 3 ana sınıfı bulunmaktadır: Düşük dansiteli(yoğunluklu) lipoprotein (LDL), yüksek dansiteli lipoprotein (HDL) ve çok

düşük dansiteli lipoprotein (VLDL). VLDL ve LDL arasında olan diğer bir lipoprotein orta dansiteli lipoprotein (IDL), klinik pratikte LDL ölçümü içinde değerlendirilir [69]. LDL kolesterol total serum kolesterolün %60-70'ini oluşturur. LDL, en önemli düzensiz gelişen lipoprotein olduğu için, kolesterol düşürücü tedavide primer hedef olarak belirlenmektedir. LDL reseptörler yoluyla kolesterolü karaciğerden başka dokulara taşırlar. LDL kolesterol için; 160 mg/dL veya üzeri "yüksek-risk LDL" 130-159 mg/dL "sınırdaki-yüksek-risk LDL" ve <130 mg/dL "istenilen LDL" olarak sınıflandırılır. LDL kolesterolün 100 mg/dl altında olması, istenen değerdir [69]. HDL'ler, karaciğerde ve ince bağırsak duvarında sentezlenir ve total serum kolesterolünün %20-30'unun oluşturan bir lipoproteindir. En önemli apolipoproteinleri, Apo A-I ve Apo A-II'dir. Yeni sentezlenen ve kan dolaşımına salı verilen HDL, dolaşımdaki diğer lipoproteinlerden kolesterol esterlerini toplar ve küre şekilli olgun HDL şekline dönüşür. Kolesterolde zenginleşen HDL, karaciğere dönünce kolesterolü bırakır; böylece HDL, kolesterolü dokulardan karaciğere taşımış olur. HDL'nin kolesterolü özellikle damar yaprak dokusu gibi dokulardan karaciğere taşıma fonksiyonu, antiaterojenik (deride gelişen düzensiz şişlikler, deri kisti, yağbezinin yok edilmesi) etki oluşturur. HDL için,  $\leq 40$  mg/dL düşük,  $\geq 60$  mg/dL yüksek olarak sınıflandırılmaktadır. Kadınlar için  $\leq 50$  mg/dL ve erkekler için  $\leq 40$  mg/dL düşük olarak kabul edilmektedir [69]. Çizelge 2.4' de tavsiye edilen lipid değerleri verilmiştir.

**Çizelge 2.4.** Erişkin Açlık Kanı Lipidleri İçin Tavsiye Edilen Sınırlar

<b>Plazma/Serum Lipidleri</b>	<b>Optimal, mg/dL</b>	<b>Sınırdaki-yüksek, mg/dL</b>	<b>Yüksek Risk, mg/dL</b>
Toplam kolesterol	< 200	200-239	>240
Trigliserid	< 150	150-199	> 200
LDL	< 100	130- 159	>160
HDL	>60		< 40



Aşırı kilo ve obezite yüksek kan basıncı ile ilişkilidir (aşırı kilolu bireylerin yaklaşık %23'ünde, obezlerin yaklaşık %35'inde hipertansiyon mevcuttur). Vücut kütle değerleri normalden obeze doğru yükseldikçe total kolesterol, LDL ve trigliserit değerleri belirgin olarak yükselmekte, HDL değerleriyse düşmektedir [69].

Arzu edilen total kolesterol düzeyinin 200 mg/dl'nin altı olarak belirlenmiş olmasına rağmen, kolesterol düzeyi söz konusu düzeylerde ve HDL'sı 35 mg/dl olan bir bireyde total kolesterol/HDL oranı 5,8 olacaktır. Düşük kolesterol ve düşük HDL düzeylerine sahip pek çok hastada LDL'nin da düşük olması, total kolesterol/HDL oranı açısından kesinlikle yüksek risk altında olan bu kişilerle ilgili herhangi bir müdahale yapılmamasıyla sonuçlanabilmektedir [70].

## **2.8. YSA Performanslarının Değerlendirmesi**

Ağın öğrenmedeki başarısını değerlendirmek için gerçek ve tahmin edilen değerler arasındaki sapmalar ölçülür. Bu çalışmada sinir ağının çıkışındaki nöronların değeri ile daha önceden belirlenen gerçek teşhis bilgisi karşılaştırılarak aradaki fark hata değeri olarak hesaplanır.

Ortalama Karesel Hata (OKH), değeri istenen ile hesaplanan ağ çıkışının birbirine ne kadar iyi uyup uymadığına karar vermek için kullanılır. Bu hata değeri dikkate alınarak çıkış katmanından giriş katmanına doğru bağlantıların ağırlıkları yeniden düzenlenir. OKH değeri öğrenmenin başlarında biraz büyük olabilir. Fakat öğrenmede adım sayısı arttıkça OKH azalacak ve sabitleşecektir. Geri yayılım öğrenme tekniğinde OKH değeri kabul edilebilir değer altına düşüncüye kadar öğrenmeye devam edilir.

OKH, ağın istenen çıkış değerlerine ne kadar yaklaştığını belirlemek için kullanılır. Denetimli öğrenmede durma kriteri genellikle OKH üzerine kurulur. OKH bir eşik değerinin altına düştüğünde öğrenme durdurulur. Bir başka durma kriteri ise adımlar arasındaki hata değişiminin eşik değerinin altına düşmesi durumudur. Önceden belirlenen sonuçlar ile sinir ağı çıkışında hesaplanan sonucun ne kadar uyduğu bir

çizelge üzerinde gösterilebilir. Sınıflama tablosu olarak adlandırılan bu çizelge incelenerek sinir ağının tahmin başarısı ölçülebilir. Çizelge 2.5’ de bahsedilen Doğru Pozitif (DP), Doğru Negatif (DN), Yanlış Pozitif (YP) ve Yanlış Negatif (YN) değerleri Çizelge 2.6’da açıklanmaktadır.

**Çizelge 2.5. Sınıflama Tablosu**

Gerçek Değer	Tahmin Değeri		
		Normal	Anormal
	Normal	DN	YN
Anormal	YP	DP	

Ayrıca sinir ağının sınıflama performansını belirleyebilmek için duyarlılık (sensitivity) ve belirlilik (specificity) analizi yapılır. Duyarlılık değeri önceden belirlenen sonuç ile aynı hastalık teşhis sayısının; önceden belirlenen toplam hastalık teşhis sayısına bölünmesi ile elde edilir. Doğru Pozitif oranı (DPO) olarak da adlandırılan duyarlılık;

$$\text{Duyarlılık} = DPO = \frac{DP}{DP + YN} \quad (2.32)$$

Eşitliğiyle hesaplanır. Böylece hastalıklı verilerin ne oranda başarı ile tahmin edilebildiği görülür. Diğer taraftan belirlilik değeri önceden belirlenmiş doğru teşhis ile aynı sağlıklı teşhis sayısının; önceden belirlenmiş olan toplam sağlıklı teşhis sayısına bölünmesi ile elde edilir. Doğru Negatif oranı (DNO) olarak da adlandırılan belirlilik;

$$\text{Belirlilik} = DNO = \frac{DN}{DN + YP} \quad (2.33)$$

Eşitliğiyle hesaplanır. Belirlilik sayesinde de sağlıklı verilerin hastalıklılardan ne oranda ayrılabilirdiği görülür. Burada geçen DP, DN, YP ve YN değerleri Çizelge 2.6’ da açıklanmaktadır.

**Çizelge 2.6.** Sınıflama tablosu kullanılarak elde edilen parametreler

Doğru Pozitif (DP)	Hastalıklı verilerin doğru sınıflandırılması
Doğru Negatif (DN)	Sağlıklı verilerin doğru sınıflandırılması
Yanlış Pozitif (YP)	Hastalıklı verilerin yanlış sınıflandırılması
Yanlış Negatif (YN)	Sağlıklı verilerin yanlış sınıflandırılması

Korelasyon katsayısı olan  $r$  ise  $-1$ , ile  $1$  aralığında bir değer olarak ağın eğitimi hakkında bilgi vermektedir. Korelasyon katsayısının  $1$ 'e yakın değeri eğitimin ne kadar başarılı olduğunu göstermektedir.

### 3.ARAŞTIRMA BULGULARI

Bir kişiye hipertansiyon tanısı koyulabilmesi için en az iki farklı zamanda yapılan ölçüm sonucu kan basıncının normal sınırların üzerinde çıkması gerekir. Tansiyon ölçümü yapmadan hipertansiyon tanısı koyulabilmesi oldukça zordur. Ancak insanların kan, idrar, boy, kilo, yaş gibi özellikleri hipertansiyon ile yakından ilgilidir. HDL, LDL, Triglyceride, Ürik Asit değerlerinin normal düzeylerin üzerinde değerler aldığımda hipertansiyonu tetiklediği bilinmektedir. Ayrıca cinsiyet, yaş, kilo, sigara kullanımı gibi özelliklerde hipertansiyon ile doğru orantılı olarak değişim göstermektedir.

Bu bilgiler ışığında yapılan çalışmada, Kırıkkale Yüksek İhtisas Hastanesinden elde edilen, daha önce hiç ilaç kullanmamış 30 yaş üstü toplam 150 gönüllü kişiden alınan, HDL, LDL, Triglyceride, Ürik Asit, yaş, kilo, boy, cinsiyet, sigara kullanımı (kaç yıl içtikleri ve günlük tüketim miktarları) değerleri yapay zekâ yöntemleriyle sınıflandırılmıştır. Araştırma verilerine, Çok Katmanlı Algılayıcı, Jordan-Elman Ağı ve Radyal Tabanlı Fonksiyon metodu uygulanmıştır. Yapay Sinir Ağlarının uygulamaları için Neuro Dimentions Firmasının Neuro Solutions Programı kullanılmıştır. Öğrenme ve test amacıyla kullanılan veri setlerinin dağılımı Çizelge 3.1’ de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Öğrenme ve test amacıyla kullanılan verilerin dağılımı

Sınıf	Öğrenme Seti	Test seti	Toplam
Normal	32	33	65
Hasta	44	41	85
<b>Toplam</b>	76	74	150

Toplam 150 kişiden alınan dataların 85 tanesi hasta olarak belirlenmiş, kalan 65 tanesi ise normal olarak sınıflandırmaya katılmıştır.

### 3.1. ÇKA Yöntemiyle Teşhis Kararının Verilmesi

150 kişiden seçilen rastgele 76 örneğin yaş, cinsiyet, BMI, Ürik Asit, HDL, LDL, Triglyceride, Sigara kullanımı bilgileri olmak üzere toplam 8 parametreyi uygulayabilecek şekilde Çok Katmanlı Algılayıcı Ağı geliştirilmiştir. Geriye kalan 74 kişinin verileri ise geliştirilen modellerin değerlendirilebilmesi için test amacıyla kullanılmıştır. Başlangıç değerleri rastgele seçilmiştir.

Yaş, cinsiyet, BMI, Ürik Asit, HDL, LDL, Triglyceride, Sigara kullanımı bilgilerinden oluşan 8 adet parametre Çok Katmanlı Algılayıcı Ağına giriş olarak verilmiştir. Giriş katmanına uygulanan parametreler gizli katmandaki ilgili nöronlara iletilmektedir.

ÇKA' nın gizli katmanında sırasıyla;

- 4 adet proses elemanı kullanılmıştır.
- Aktivasyon fonksiyonu olarak Hiperbolik Tanjant fonksiyonu tercih edilmiştir.
- Momentum öğrenme kuralı tercih edilmiştir. Momentum değeri 0,5 olarak belirlenmiştir.
- Öğrenme oranı giriş katmanı-gizli katmanı arasındaki ağırlıklar için 0,1 olarak alınmıştır.
- İşlemlerin sonucu çıkış katmanına iletilmiştir.

Elde edilen giriş vektörlerinin her biri için istenen çıkış değeri  $y_1 = (1 \ 0)$  (Normal) ve  $y_2 = (0 \ 1)$  (Hasta) vektörleri şeklinde önceden belirlenmiştir. Çıkış katmanında giriş değişkenlerine bağlı olarak normal ya da hasta seçimini yapılabilmesini sağlayan 2 adet nöron bulunmaktadır.

ÇKA' nın çıkış katmanında sırasıyla;

- 2 adet proses elemanı kullanılmıştır.

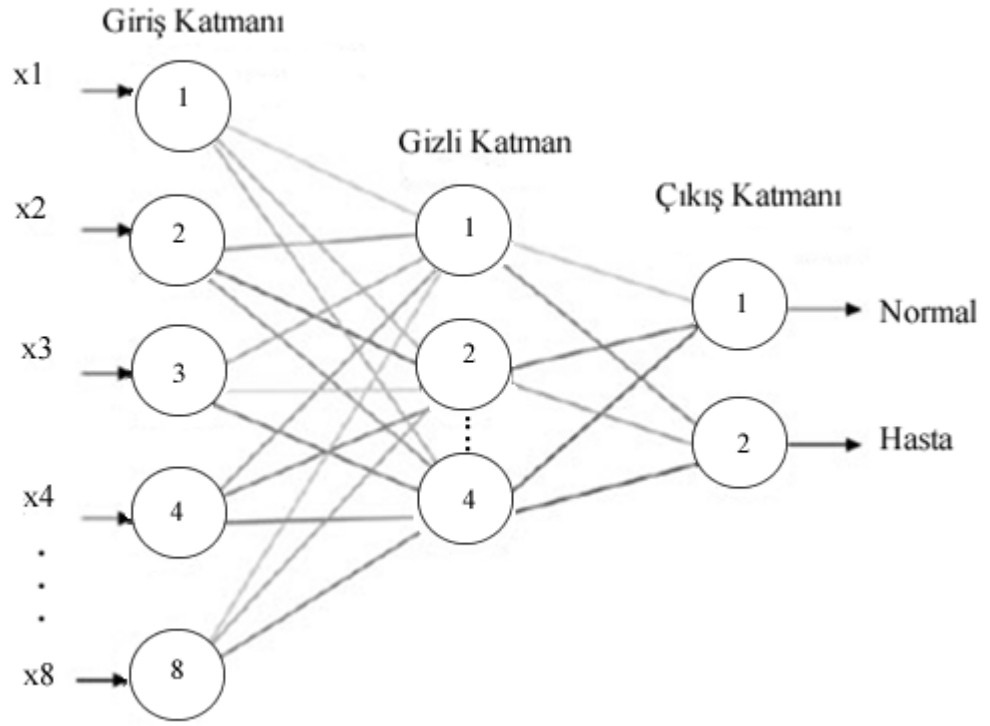
- Aktivasyon fonksiyonu olarak Hiperbolik Tanjant fonksiyonu tercih edilmiştir.
- Momentum öğrenme kuralı tercih edilmiştir. Momentum değeri 0,5 olarak belirlenmiştir.
- Öğrenme oranı gizli katman-çıkış katmanı arasındaki ağırlıklar için 0,1 olarak alınmıştır.
- İşlemlerin sonucu normal ya da hasta olarak sınıflandırılmıştır.

Ağın yeni verilere cevabını belirlemek için; test verileri kullanılmaktadır. Test verileri ile elde edilen işlemler daha sonra eğitim verileriyle karşılaştırılarak ağın başarısı değerlendirilmiştir.

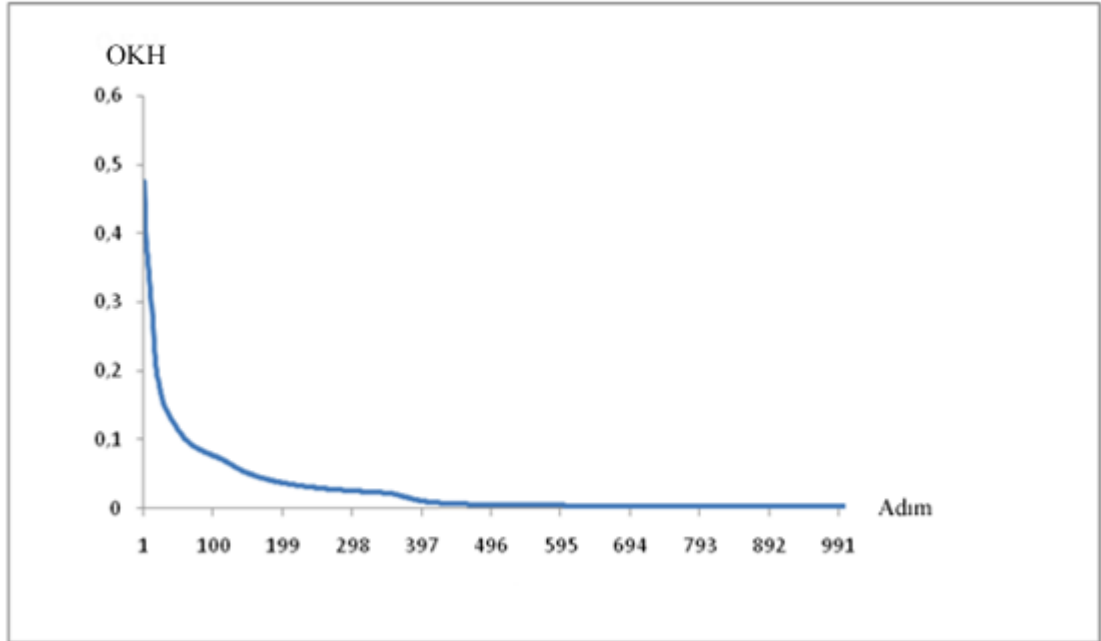
### **3.1.1. ÇKA Ağı Analizine Ait Bulgular**

Şekil 3.1' de çıkış katmanı ve çıkış değerleri olan iki nöron olduğu gösterilmiştir. Böylece çıkış katmanındaki nöronların değerlerine bakılarak giriş katmanına uygulanan Hipertansiyon parametrelerinin tansiyon hastalığına işaret edip etmediği anlaşılabilir.

Her hastadan elde edilen Hipertansiyon parametreleri rastgele olarak giriş katmanındaki nöronlara uygulanmış, buradan elde edilen sonuçlar da gizli katmana daha sonrada çıkış katmanına aktarılarak YSA tamamlanmıştır.



Şekil 3.1. Giriş Parametrelerinin ÇKA' ya Uygulanması



Şekil 3.2. ÇKA Öğrenme Eğrisi

150 örnek üzerinde 1000 eğitim adımı sonucunda, elde edilen öğrenme eğrisi Şekil 3.2’ de görülmektedir. Bu grafiğe göre; eğitim kümesi için ortalama karesel hata (OKH) zamanla azalarak 0,002544 değerine kadar düşmektedir (Çizelge 3.2).

**Çizelge 3.2.** ÇKA Eğitiminin en iyi değerleri

<i>En iyi ađ</i>	<i>Eğitim</i>
Adım Sayısı #	1000
Minimum OKH	0,002544143
Son OKH	0,002544143

Çizelge 3.3’ de görüldüğü gibi normal ve hasta sınıflanmasında, normal verileri sınıflandırmada yirmi yedi tanesini doğru, altı tanesi yanlış ve hasta verileri sınıflandırmada otuz üç tanesini doğru, sekiz tanesini yanlış olarak sınıflandırılmıştır.

**Çizelge 3.3.** Test Sonuçlarının Sınıflandırılması

<b>Çıkış / İstenilen</b>	<b>Normal</b>	<b>Hasta</b>
<b>Normal</b>	27	8
<b>Hasta</b>	6	33

Çizelge 3.4’ deki test performans sonuçları incelendiğinde, OKH ve r ( Korelasyon Katsayısı) değerleri yaklaşık olarak birbirlerine eşit, r değerleri daha yüksek olduğundan sınıflandırmada bir fark görülmemektedir. Test işlemi sonucunda normal ve hasta bireyler için başarı yüzdesi %80’ in üzerinde gerçekleşmiştir.



**Çizelge 3.4.** ÇKA Sınıflandırma Performansı sonuçları

<i>Performans</i>	<i>Normal</i>	<i>Hasta</i>
OKH	0,166588348	0,166487474
DOKH	0,674233401	0,673825134
OMH	0,223775327	0,223717738
Min. Mutlak Hata	0,00165533	0,001362942
Max. Mutlak Hata	1,055433842	1,055430905
r	0,667271107	0,667385812
Başarı Yüzdesi	81,81818182	80,48780488

**Çizelge 3.5.** ÇKA İstatistiksel Analiz

<i>İstatistik Tipi</i>	<i>Sınıflama</i>
Belirlilik(DNO)	80,4
Duyarlılık(DPO)	81,8

Çizelge 3.5’ de görüldüğü gibi Belirlilik (DNO) %80,4, Duyarlılık (DPO) ise %81,8 olarak hesaplanmıştır.

### **3.2. Jordan Elman Yöntemiyle Teşhis Kararının Verilmesi**

150 kişiden seçilen rastgele 76 örneğin yaş, cinsiyet, BMI, Ürik Asit, HDL, LDL, Triglyceride, Sigara kullanımı bilgileri olmak üzere toplam 8 parametreyi uygulayabilecek şekilde Jordan Elman Ağı geliştirilmiştir. Geriye kalan 74 kişinin verileri ise geliştirilen modellerin değerlendirilebilmesi için test amacıyla kullanılmıştır. Başlangıç değerleri rastgele seçilmiştir.

Şekil 3.3' te Jordan-Elman sinir ağında kullanılan giriş katmanı 8, çıkış katmanı iki düğümden oluşmaktadır.

Jordan Elman Ağının gizli katmanında sırasıyla;

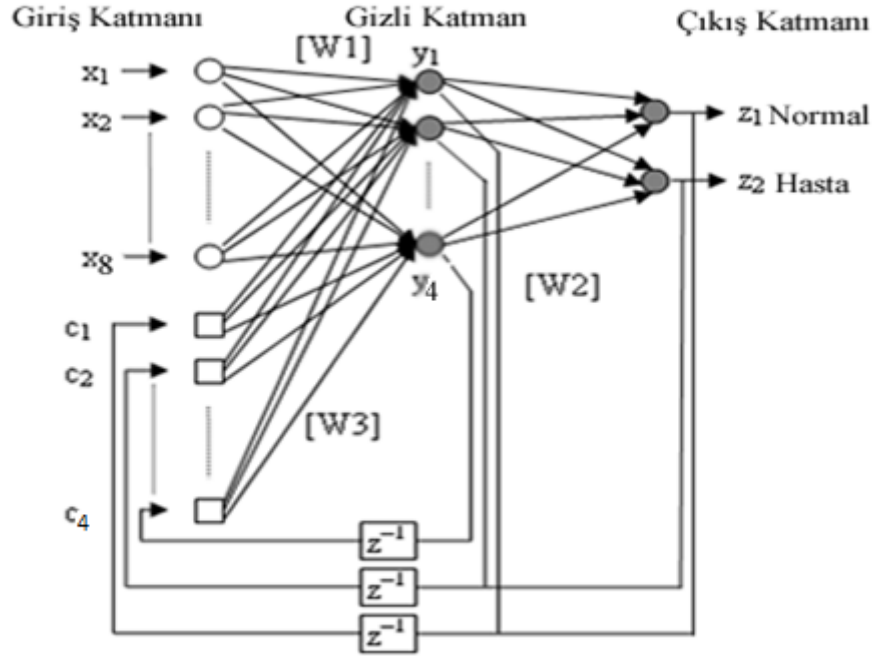
- 4 adet proses elemanı kullanılmıştır.
- Fonksiyon olarak Tanjant Hiperbolik fonksiyonu tercih edilmiştir.
- Momentum öğrenme kuralı tercih edilmiştir. Momentum değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.
- İşlemlerin sonucu çıkış katmanına iletilmiştir.

Jordan Elman Ağının çıkış katmanında sırasıyla;

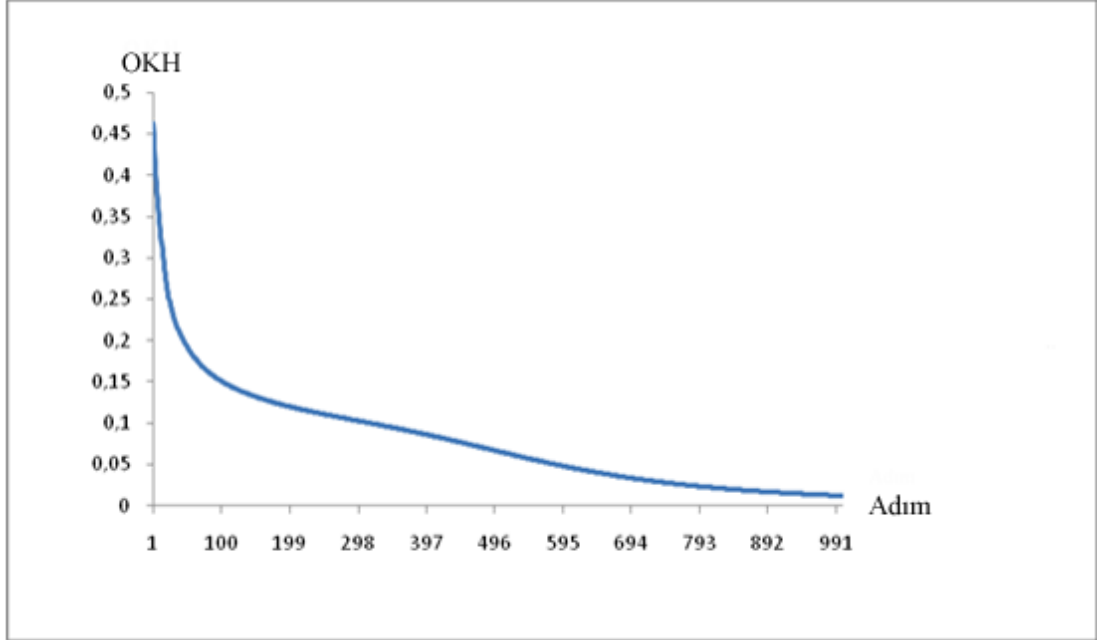
- 2 adet işlem elemanı kullanılmıştır.
- Fonksiyon olarak Tanjant Hiperbolik fonksiyonu tercih edilmiştir.
- Momentum öğrenme kuralı tercih edilmiştir. Momentum değeri 0,7 olarak belirlenmiştir.
- İşlemlerin sonucu normal ya da hasta olarak sınıflandırılmıştır.

150 örnek üzerinde 1000 eğitime adımı sonucunda, elde edilen öğrenme eğrisi Şekil 3.4' te görülmektedir. Bu grafiğe göre; eğitim kümesi için OKH zamanla azalarak 0,0126 değerine ulaşmaktadır. Çizelge 3.6' daki sonuçlar da bu grafiği doğrulamaktadır.

Ağın yeni verilere cevabını belirlemek için; test verileri kullanılmaktadır. Test verileri ile elde edilen işlemler daha sonra eğitim verileriyle karşılaştırılarak ağın başarısı değerlendirilmiştir.



Şekil 3.3. Giriş Parametrelerinin Jordan Elman Ağına Uygulanması



Şekil 3.4. Jordan Elman Öğrenme Eğrisi

**Çizelge 3.6.** Jordan Elman Eğitiminin en iyi değerleri

<i>En iyi ağ</i>	<i>Eğitim</i>
Adım Sayısı #	1000
Minimum OKH	0,01262107
Son OKH	0,01262107

**Çizelge 3.7.** Jordan Elman Test sonuçlarını sınıflandırma

<b>Çıkış / İstenilen</b>	<b>Normal</b>	<b>Hasta</b>
<b>Normal</b>	29	6
<b>Hasta</b>	4	35

Çizelge 3.7’ de görüldüğü gibi normal ve hasta sınıflanmasında, normal verileri sınıflandırmada yirmi dokuz tanesini doğru, dört tanesini yanlış ve hasta verileri sınıflandırmada otuz beş tanesini doğru, altı tanesini yanlış olarak sınıflandırılmıştır.

**Çizelge 3.8** Jordan Elman Ağının Sınıflandırma Sonuçları

<i>Performans</i>	<i>Normal</i>	<i>Hasta</i>
OKH	0,119109357	0,119059165
DOKH	0,482071575	0,481868433
OMH	0,20734827	0,207372548
Min. Mutlak Hata	0,000706619	0,000461804
Max. Mutlak Hata	1,007924416	1,007596584
r	0,745205209	0,745231603
Başarı Yüzdesi	87,87878788	85,36585366

Çizelge 3.8’ deki test performans sonuçları incelendiğinde, OKH ve r değerleri yaklaşık olarak birbirlerine eşit, r değerleri daha yüksek olduğundan sınıflandırmada bir fark görülmemektedir. Test sonuçlarının sınıflandırılmasında, normal bireyler için %87,8, hasta bireyler için ise %85,3 başarı oranı elde edilmiştir.

**Çizelge 3.9.** Jordan Elman İstatistiksel Analiz

<i>İstatistik Tipi</i>	<i>Sınıflama</i>
Belirlilik(DNO)	85,3
Duyarlılık(DPO)	87,8

Çizelge 3.9’ da görüldüğü gibi Belirlilik (DNO) %85,3, Duyarlılık (DPO) ise %87,8 olarak hesaplanmıştır.

### **3.3. RTFA Yöntemiyle Teşhis Kararının Verilmesi**

150 kişiden seçilen rastgele 76 örneğin yaş, cinsiyet, BMI, Ürik Asit, HDL, LDL, Triglyceride, Sigara kullanımı bilgileri olmak üzere toplam 8 parametreyi uygulayabilecek şekilde Jordan Elman Ağları geliştirilmiştir. Geriye kalan 74 kişinin verileri ise geliştirilen modellerin değerlendirilebilmesi için test amacıyla kullanılmıştır. Başlangıç değerleri rastgele seçilmiştir.

Şekil 3.5’ te RTFA sinir ağında kullanılan giriş katmanı 8, çıkış katmanı iki düğümden oluşmaktadır. RTFA ağın gizli katmanı, girdileri değiştirmeden aldığı için girdiler aynen gizli katmana aktarılmıştır. Gizli katmandan veriler işlenerek çıkış katmanına aktarılmıştır.

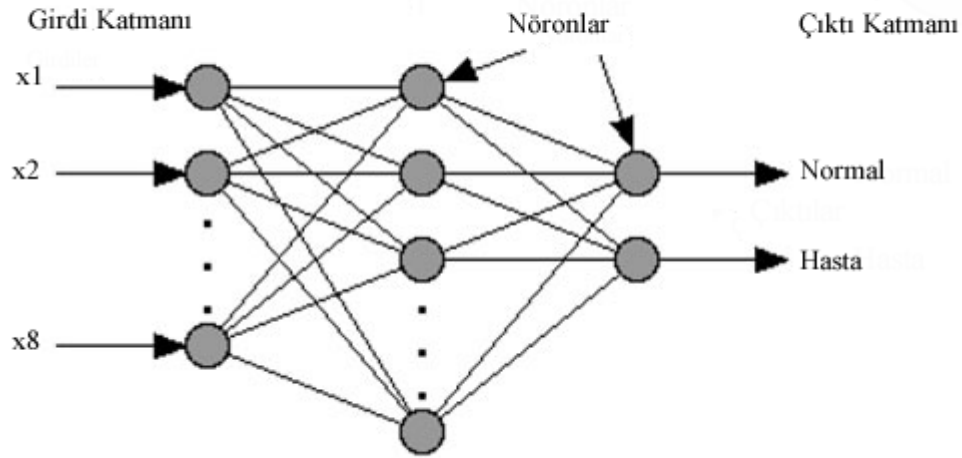
RTFA Ağının çıkış katmanında sırasıyla;

- 2 adet proses elemanı kullanılmıştır.

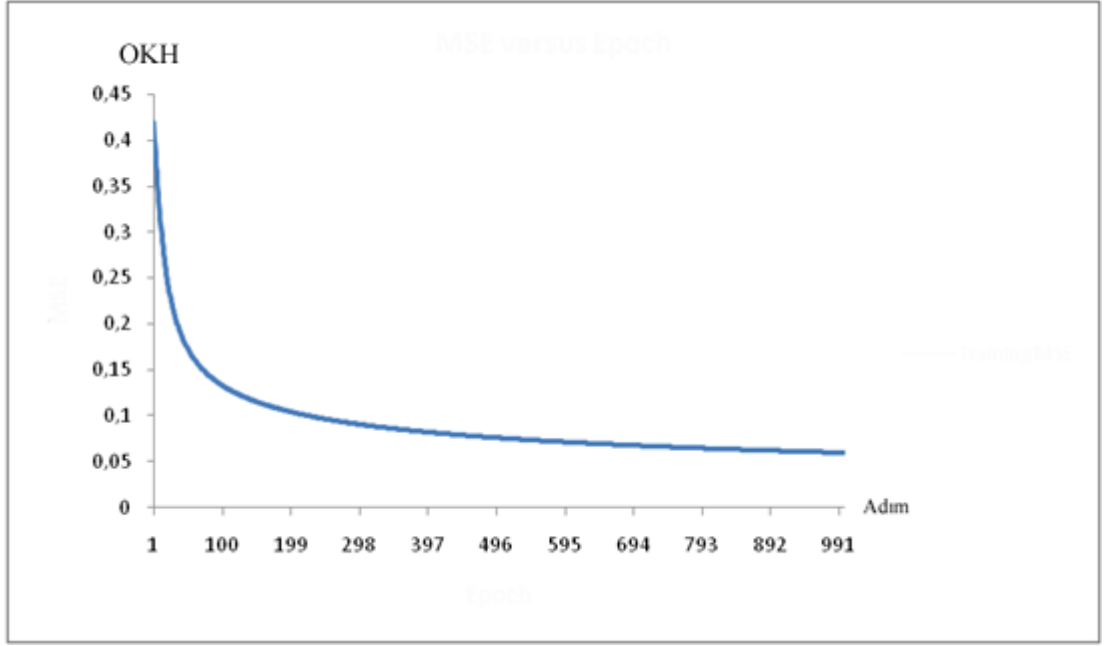
- Aktivasyon fonksiyonu olarak Hiperbolik Tanjant fonksiyonu tercih edilmiştir.
- Momentum öğrenme kuralı tercih edilmiştir. Momentum değeri 0,8 olarak belirlenmiştir.
- İşlemlerin sonucu normal ya da hasta olarak sınıflandırılmıştır.

150 örnek üzerinde 1000 eğitime adımı sonucunda, elde edilen öğrenme eğrisi Şekil 3.6' da görülmektedir. Bu grafiğe göre; eğitim kümesi için OKH zamanla azalarak 0,059 değerine ulaşmaktadır. Çizelge 3.10' deki sonuçlar da bu grafiği doğrulamaktadır.

Ağın yeni verilere cevabını belirlemek için; test verileri kullanılmaktadır. Test verileri ile elde edilen işlemler daha sonra eğitim verileriyle karşılaştırılarak ağın başarısı değerlendirilmiştir.



**Şekil 3.5.** Giriş Parametrelerinin RTFA Ağına uygulanması



**Şekil 3.6.** RTFA Öğrenme eğrisi

**Çizelge 3.10.** RTFA Eğitiminin en iyi değerleri

<b>En iyi ağ</b>	<b>Eğitim</b>
Adım Sayısı #	999
Minimum OKH	0,059752271
Son OKH	0,059752271

**Çizelge 3.11.** RTFA Test sonuçlarını sınıflandırma

<b>Çıkış / İstenilen</b>	<b>Normal</b>	<b>Hasta</b>
<b>Normal</b>	27	7
<b>Hasta</b>	6	34

Çizelge 3.11’ de görüldüğü gibi normal ve hasta sınıflanmasında, normal verileri sınıflandırmada yirmi yedi tanesini doğru, altı tanesini yanlış ve hasta verileri

sınıflandırmada otuz dört tanesini doğru, yedi tanesini yanlış olarak sınıflandırılmıştır.

**Çizelge 3.12.** RTFA Sınıflandırma Sonuçları

<b>Performans</b>	<b>Normal</b>	<b>Hasta</b>
OKH	0,109653472	0,109680516
DOKH	0,48414504	0,484264446
OMH	0,224576263	0,224359265
Min. Mutlak Hata	7,89799E-05	0,000311232
Max. Mutlak Hata	0,966714584	0,974569341
r	0,720959657	0,721014852
Başarı Yüzdesi	81,8181182	82,92682926

Çizelge 3.12’ deki test performans sonuçları incelendiğinde, OKH ve r değerleri yaklaşık olarak birbirlerine eşit, r değerleri daha yüksek olduğundan sınıflandırmada bir fark görülmemektedir. Test sonuçlarının sınıflandırılmasında, normal bireyler için %81,8, hasta bireyler için ise %82,9 başarı oranı elde edilmiştir.

**Çizelge 3.13.** RTFA İstatistiksel Analiz

<i>İstatistik Tipi</i>	<i>Sınıflama</i>
Belirlilik(DNO)	82,9
Duyarlılık(DPO)	81,8

Çizelge 3.13’ de görüldüğü gibi Belirlilik (DNO) %82,9, Duyarlılık (DPO) ise %81,8 olarak hesaplanmıştır.



#### 4.TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde birçok sebepten dolayı insanların kan basıncında bazı düzensizlikler gözlemlenmektedir. Bu düzensizlikler tansiyon yüksekliği ya da tansiyon düşüklüğü olarak kendini göstermektedir. Hipertansiyon adını verdiğimiz tansiyon yüksekliği, yalnızca kendi başına değil, birçok hastalığında oluşmasına zemin hazırlayarak kişilerin yaşamını olumsuz bir şekilde etkilemektedir.

Birçok insan tansiyon hastası olduğunun farkına bile varmadan günlük yaşamına devam etmekte, olası hipertansiyon belirtilerini ise önemsememektedir. Oysaki çok basit bir baş dönmesi ya da baş ağrısı ile başlayan bu belirtiler; kalp krizleri, beyin kanamaları, böbrek yetmezliği ve daha birçok ağır vakaya sebep olarak ani ölümlere sebep olmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan yöntem, hastaların kan değerlerini inceleyerek, herhangi bir tetkik yapmadan hipertansiyon teşhisi yapmayı mümkün kılmaktadır. Çalışma sayesinde hastaneye başka bir şikâyetinden dolayı giden bir kişi bile hipertansiyon hastası olduğunu öğrenebilir. Böylece birçok ciddi hastalıkların önlenmesi ve ömür boyu ilaç kullanılmasına gerek kalmadan sadece yaşam şeklini değiştirerek hipertansiyon ile başa çıkılabilir.

Çeşitli insan grupları üzerinde yapılan bu çalışmada yaş, cinsiyet, BMI, Ürik Asit, HDL, LDL, Triglyceride düzeylerinin ve sigara kullanımının kan basıncını nasıl etkilediği incelenmiştir. Kişilerden alınan verilere, YSA yöntemleri uygulanarak hipertansiyon teşhisi koyulmaya çalışılmıştır..

Çok katmanlı Algılayıcılar Tıbbi verileri sınıflandırmada %81 başarı oranı göstermiştir. Jordan – Elman yöntemi, gizli katmanın ve çıkışların girişe etki etmesi sayesinde verilerin az olmasına rağmen %88' e yakın bir başarı oranı göstermiştir. Radyal tabanlı fonksiyon ağı ise, %82' ye yakın bir başarı oranı göstermiştir.

Çok katmanlı Algılayıcılar tıbbi verileri sınıflandırmada en çok kullanılan yapay sinir ağı yöntemidir. Fakat giriş verilerinin az olması ve tüm etkenlerin giriş değeri olarak alınamaması sebebiyle başarı oranı %81' de kalmıştır.

Jordan Elman yöntemi, gizli katmandan ve çıkışlardan elde edilen verilerin tekrar bağlam katmanına dönmesi ve bağlam katmanının giriş katmanı ile birlikte etki etmesi sayesinde verilerin az olmasına rağmen %88' e yakın bir sonuç elde edilmiştir.

Jordan Elman yöntemi diğer YSA' dan farklı olarak bağlam katmanına sahip olduğu için daha fazla işlem yapmaktadır. Bu durum veri sayısının çok fazla olduğu durumlarda tercih edilmeyebilir. Bu bir dezavantajdır. Fakat parametre sayısının azalması durumunda diğer yapay sinir ağları modellerine göre daha yüksek doğruluk oranı sağlamaktadır.

Radyal tabanlı fonksiyon ağı ise ileri beslemeli bir sinir ağı olduğundan, merkez ve yarıçap parametrelerinin belirlenmesinin zor olduğundan dolayı ancak %82 başarı oranı gösterebilmiştir.

Radyal tabanlı fonksiyon ağının en önemli sorunlarından biri de, gizli katmanda kullanılacak olan proses elamanlarının rastgele değerler verilerek bulunmaya çalışılmasıdır. Ayrıca gizli katman nöronlarında kullanılan radyal tabanlı aktivasyon fonksiyonlarının merkez ve yarıçap parametrelerinin öğrenilmesi, oldukça zaman ve işlem yükü getiren iteratif algoritmalarla gerçekleştirilmektedir. Bu zaman ve işlem yükünün göze alındığı durumlarda bile daha iyi bir parametre kombinasyonunun var olmadığı garanti değildir. Diğer taraftan ağırlık değerlerinin doğrusal regresyon ile öğrenilmesi aşamasında sıklıkla tekilik (fonksiyonun sonsuz noktasına gitmesi) sorunu ortaya çıkmaktadır.

Çok katmanlı Algılayıcılar ve Radyal tabanlı fonksiyon ağları ile karşılaştırınca Jordan – Elman yönteminin başarısı önemlidir.

Yapay Sinir Ağları birçok çalışmada kullanılmaktadır. Tıp alanında belirli bir yöntem kullanılmamakla beraber en çok kullanılan yöntem Çok Katmanlı Algılayıcıdır. Sinir ağlarının performansları değerlendirilirken veri miktarı, eğitim ve test için ayrılan veriler ve işleme katılmayan fakat sonuca etki edebilen başka faktörlerde göz ardı edilmemelidir. Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada Çok Katmanlı Algılayıcı ve Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağının performansı Jordan Elman ağına göre az da olsa düşük çıkmıştır. Tüm bu olumsuzluklara rağmen Jordan Elman Ağı yönteminin performansı daha yüksek çıkmıştır.

Hastalık teşhisi yapılırken genetik faktörler ve hastanın o anki durumunun da son derece etkili olduğu düşünülürse yanlış teşhis koymayı önlemek son derece önemlidir. Böyle bir durumda yapay sinir ağlarının önemi daha da artmaktadır.

Tüm bu etkiler göz önünde bulundurulduğunda doğru teşhis koyabilmek için, Çok Katmanlı Algılayıcı ve Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağının performansının düşük olduğu durumlarda, Jordan Elman Ağı yöntemi iyi bir alternatif olabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Moe MC, Westerlund U, Varghese M, Berg-Johnsen J, Svensson M, Langmoen IA. Development of neuronal networks from single stem cells harvested from the adult human brain. *Neurosurgery*. 56(6):1182-90, 2005.
- [2] Baxt WG. Application of artificial neural networks to clinical medicine. *Lancet*. 346:1135-8, 1995.
- [3] Ergezer H, Dikmen M, Özdemir E., Yapay Sinir Ağları Ve Tanıma Sistemleri. *Pıvotka*. 2(6):14-17, 2003.
- [4] Mc Culloch, W.S., Pitts, W.H. 1943. A logical calculus of the ideas immanent in neural nets. *Bull. Math.Biophys*. 5:115-133.
- [5] Hebb, D.O., *The Organization of Behaviour*. John WileySons, New York, 1949.
- [6] Rosenblatt, F., *Principles of Neuradynamics*, Spartan Books, New York, 1959.
- [7] Rosenblatt, F., *Principles of Neuradynamics:Perceptrons and The Theory of Brain Mechanisms*, Spartan Books, Washington D.C., 1962.
- [8] Widrow, B., Hoff, M. , *Adaptive switching circuits*. Ire Wescon Convention Record 4:96-104, 1960.
- [9] Minsky M., ve Papert S., *Perceptrons:An introduction to Computational Geometry*, MIT Press, Cambridge, MA., 1969.
- [10] Hopfield, J.J., *Neural networks and physical sistems with emergent collective computational abilities*. *Proc.Nat.Acad.Sci* 79:2554-2558, 1982.

- [11] Hopfield, J.J., Learning algorithms and probability distributions in feed-forward and feed-back networks. Proc.Nat.Acad.Sci 88:8429-8433, 1987.
- [12] Grossberg, S., The Adaptive Brain I:Cognition, Learning, Reinforcement, and Rhythm, and The Adaptive Brain II:Visions, Speech, Language, and Motor Control, Elsevier/North-Holland, Amsterdam, 1986.
- [13] Kohonen, T., Self-Organization and Associative Memory, Springer-Verlag, Berlin, 1986.
- [14] Rumelhart, D.E., McClelland, J.L., PDP Research Group, Parallel Distributed Processing: Explorations in the Microstructure of Cognition, v. 1:Foundations, MIT Press, Cambridge, MA, 1986.
- [15] Adam E. Gawedaa, Alfred A. Jacobsa, Michael E. Briera, Jacek M. Zuradac. Pharmacodynamic population analysis in chronic renal failure using artificial neural networks—a comparative study. Neural Networks. Volume 16, Issues 5-6, Pages 841-845, Jun-July 2003.
- [16] Yuh-Feng Wang, Tsung-Ming Hub, Chia-Chao Wuc, Fu-Chiu Yuc, Chao-Ming Fud, Shih-Hua Linc, Wei-Hsin Huange, Jaiinn-Shiun Chiua, Prediction of target range of intact parathyroid hormone in hemodialysis patients with artificial neural network. Computer Methods and Programs in Biomedicine Volume 83, Issue 2, Pages 111-119, August 2006.
- [17] Ewa Stachowska, Izabela Gutowska, Agnieszka Strzelczak, Teresa Wesołowska, Krzysztof Safranow, Dariusz Chlubek, The Use of Neural Networks in Evaluation of the Direction and Dynamics of Changes in Lipid Parameters in Kidney Transplant Patients on the Mediterranean Diet Journal of Renal Nutrition Volume 16, Issue 2, Pages 150-159, April 2006.

- [18] G. Santori , I. Fontana, U. Valente. Application of an Artificial Neural Network Model to Predict Delayed Decrease of Serum Creatinine in Pediatric Patients After Kidney Transplantation. Transplantation Proceedings. Volume 39, Issue 6, Pages 1813-1819, July-August 2007.
- [19] Sebastian Polaka, Aleksander Mendyk. Artificial neural networks based Internet hypertension prediction tool development and validation. Applied Soft Computing Volume 8, Issue 1, Pages 734-739, January 2008.
- [20] Kargın S., Yapay Sinir Ağları ile Beyin Tümörü Görüntülerinin Sınıflandırılması. Yüksek Lisan Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2007.
- [21] Taşkiran U.Ş., Prostat Kanseri Riski Hesaplamalarında Yapay Sinir Ağları Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2008.
- [22] Elveren E.U, Genetik Algoritmali Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Tüberküloz Hastalığının Teşhisi. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2009.
- [23] Sağiroğlu, S., Beşdok E. ve Erler M, Mühendislikte Yapay Zekâ Uygulamaları I, Ufuk Yayıncılık, 2003.
- [24] Öztemel, E., Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2003.
- [25] Haykin, S. (1994), “Neural Networks, A Comprehensive Foundation”, Macmillan Collage Publishing Co. Inc.
- [26] Allahverdi N., Y.S.A Ders Notları, [http : // farabi .selcuk. edu.tr / egitim/ysa/index.html](http://farabi.selcuk.edu.tr/egitim/ysa/index.html), Son Erişim Tarihi: Kasım 2011.
- [27] E.Ayaz. , S. Seker. , B. Barut E.,Turkcan, Comparisons between the various types of neural networks with the data of wide range operational conditions of the Borssele NPP .Progress in Nuclear Energy, Volume 43, Issue 1–4, Pages 381-387, 2003.

- [28] Özcan A., Obezitenin Karotid Arterlerin Lümen Çapı , İntima Media Kalınlıkları ve Akış Hızları Üzerindeki Etkilerinin Çok Katmanlı Algılayıcılar ve Jordan Elman Sinir Ağları ile Analiz Edilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 2008.
- [29] Akbilgiç O., Hibrit Radyal Tabanlı Fonksiyon Ağları ile Değişken Seçimi ve Tahminlemesi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2011.
- [30] Bozdoğan, H., Predictive Data Mining with Regression Trees and RBF. Neural Networks. *Lecture Note* . Tennessee. Pages 2, January 2007.
- [31] Anonim, <http://www.beh.gov.tr> (Erişim tarihi: 27.02.2012)
- [32] Joint National Committee on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure (JNC VI).Arch Inter Med,157:2413-46,1997.
- [33] Guidelines Subcommittee of the WHO-International Society of Hypertension. Guidelines for the Management of Hypertension.J Hypertens,17:151-83, 1999.
- [34] Cecil Textbook of Medicine, 22nd edition, Ch. 63 Arterial Hypertension pp:346-363.
- [35] Harrison's principles of internal medicine 18th edition. Mc Graw Hill.
- [36] Joint National Committee on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Pressure (JNC VI).Arch Inter Med ;157:2413-46, 1997.
- [37] Kaplan N, Measurement of blood pressure. Clinical Hypertension. Williams and Wilkins, USA 7th ed. 19-39, 181-248, 1998.
- [38] Yılmaz H. , Genellikle 40 Yas Üzerinde Ortaya Çıkan Asrın Hastalığı Hipertansiyon. Health News. 10, 19-24, 2000.

- [39] Çöl M., Hipertansiyon Epidemiyolojisi. Somgür Yayıncılık. Ankara, 2-46, 1994.
- [40] Özkan M., Afyonkarahisar İli Dinar İlçesi 40 Yaş ve Üzeri Popülasyonda Hipertansiyon Prevalansı ve İlişkili Faktörlerin Araştırılması, Afyonkarahisar, 2008.
- [41] Arıcı M., Altun B, Erdem Y ve Ark. , Afyonkarahisar, Türk Hipertansiyon Prevalans Çalışması, Türk Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği. [www.turkhipertansiyon.org/pdf/Turk\\_Hipertansiyon\\_Prevalans\\_Calismasi\\_ozeti-1.pdf](http://www.turkhipertansiyon.org/pdf/Turk_Hipertansiyon_Prevalans_Calismasi_ozeti-1.pdf) (erişim tarihi:29.06.2008), 11-12, 2008.
- [42] Arık N., Korkmaz M., Hipertansiyon. (2.Baskı), 7-52, 1996.
- [43] Önal E, Tümerdem Y. , Yaşlılıkta Hipertansiyon. İstanbul Tıp Fakültesi Halk Sağlığı ABD Türk Geriatri Dergisi. İstanbul. 4, 4, 2001.
- [44] Carr AA, Prisant LM, Battini PB., Hipertansiyon sadece bir kan basıncı sorunu değildir. Sendrom. 6, 79-83, 1994.
- [45] Özcan N, Tüzün A, Baykal Y. , Yaşlılık ve Hipertansiyon. Türkiye Klinikleri Tıp Bilimleri. 15, 207-209, 1995.
- [46] Hipertansiyonda Bireyselleştirilmiş Tedavi. Hekimler Yayın Birliği. (2.Baskı). 9-25, 1997.
- [47] Ertem G., Hipertansiyon Ölçüm- Tanım-Sıklık-Sınıflandırma. Vakur Lmt. 1997.
- [48] İlçin E, Toksöz P., Diyarbakır Bölgesinde Hipertansiyon Prevalansı ve Bunun Beslenmeye İlişkin Bazı Etmenlerle İlişkisi. Beslenme ve Diyet Dergisi. 21, 61-70, 1992.



- [49] Sudan İ., Tekharf çalışmasında hipertansiyon yönünden elde edilen veriler ve bunların yorumu. In. Onat A. (ed). Tekharf. İstanbul. 46-56, 2000.
- [50] Cheitlin MD., Sakalow M, McIlray MB. Systemic hypertension. Clinical Cardiology. Prentice- Holl International Inc. a Lange medical book. 247, 1993.
- [51] Anderson NB. et al. Hypertension in blacks psycholosocial and biological perspectives. J. Hypertens. 7, 161, 1989.
- [52] Onat A., Ulusal Hipertansiyon Tedavi ve Takip Kılavuzu Özel Sayısı. Türk Kardiyoloji Derneği Arşivi. 28, 337-367, 2000.
- [53] Kaplan NM, Weber MA., Hipertansiyon Esasları, El Kitabı. Karpuz H. (ed). 2-20, 2003.
- [54] öl M., Birinci Basamak Sağlık Hizmetlerinde Hipertansiyon. Sürekli Tıp Eğitim Dergisi. 5, 410-414, 1996.
- [55] Hatemi H. Turan N, Arık N, Yumuk V. Türkiye Obezite ve Hipertansiyon Taraması Sonuçları (TOHTA), Endokrinolojide Yöneliş. 11, 1-16, 2002.
- [56] Aykut M, Öztürk Y, Günay O, Ceyhan O., Kayseri Sağlık Grup Başkanlığı Bölgesinde 40 Yas ve Üzeri Nüfusta Hipertansiyon Prevalansı. Beslenme ve Diyet Dergisi. 20, 55-68, 1991.
- [57] Atasoy Hİ, Tataroglu C, Tutucu KN, Yeniçerioglu Y., Yurt E., Ergazi köyü 40 ve üzeri popülasyonda Hipertansiyon Prevelansına İlişkin Tarama alışması. Hacettepe Üniversitesi Tıp Fak. Halk Sağlığı Bölümü İtern Araştırması. Ankara, 1992.
- [58] Erdine S., Türkiye Hipertansiyon Haritası. Hipertansiyon ve Ateroskleroz Derneği. Pfizer. İstanbul, 1993.

- [59] Pehlivan E, Karaoglu L, Günes G, Genç M, Kurçer MA., Malatya ili Güzelyurt Kasabası 30 Yas ve üzerindeki Kisilerde Hipertansiyon Prevalansı ve Hipertansiyonu Etkileyen Faktörler. Sağlık ve Toplum. 2, 46-49, 2002.
- [60] Hacıalioglu N, Günaksın A, \_nandı T. , Gümüşhane ili Torul Merkez Sağlık Ocağı Bölgesi 30 Yas ve Üzeri Nüfusta Hipertansiyon Prevalansı ve İlgili Etmenler. T.Klin. Tıp Bilimleri. 19, 200-208, 1999.
- [61] Mollaoglu M, Özkan TF, Kars FT. , Sivas ili Çayboyu Mahallesinde yaşayan Bireylerde Hipertansiyon Risk Faktörlerinin değerlendirilmesi. Sağlık ve Toplum. 15, 45-50, 2005.
- [62] Hsueh WA , Buchman TA. Obesity and Hypertension. Endocrin Met Clin NorthAm. 23, 405-27.
- [63] Bertias G, Mammias I, Linardakis M, Katatas A. , Overweight and obesity in relation to cardiovascular disease risk factors among medical students in Crete. Greece. BMC Public Health. 3, 3-11, 2003.
- [64] Bilir N, Çöl M, Kumbasar D. ve ark. , Birinci Basamakta Kronik Hastalıklar Kontrol Programı. I-Hipertansiyon. Ankara, 21-36, 2003.
- [65] Johnson RS , Kang DH, a Feig D, Kivliffn J, Watanabc S, Tuttle KR: Is there a pathogenetic role for uric acid in hypertension and cardiovascular and renal disease? Hypertension , 41(6):1183-1190, 2003.
- [66] İnci H. , tip 2 diyabet hastalarında kan ürik asit düzeyi ile idrar albumin atılım düzeyi arasındaki ilişki. Uzmanlık Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, 2007.
- [67] Mahley RW , Weisgraber KH, Bersot TP. Disorders of Lipid Metabolism. Williams Endocrinology 11th ed. 3693-3836.

- [68] Dođan A.S. , Hipertansif kişilerin ailesinde genetik polimorfizm ve lipid profili, Uzmanlık Tezi, Cumhuriyet üniversitesi, Sivas, 2008.
- [69] NCEP Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults: Executive Summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). JAMA, 285:2486– 2497, 2001.
- [70] Netea RT, Netea MG, Bredie SJ et al. Lipoprotein (a) concentrations in patients with familial combined hyperlipidemia and hypertension. Neth J Med. ;55(1):39-45, 1999.