

**T.C.  
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY SİNİR AĞLARI YARDIMI İLE MAKİNE  
ARIZALARININ ÖNCEDEN TAHMİN EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ERKAN GÜNGÖR**

**ANABİLİM DALI : İŞLETME  
PROGRAMI : ÜRETİM YÖNETİMİ VE PAZARLAMA**

**DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. İ. FİGEN GÜLENC**

**KOCAELİ - 2007**

**T.C.  
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**YAPAY SİNİR AĞLARI YARDIMI İLE MAKİNE ARIZALARININ  
ÖNCEDEN TAHMİN EDİLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tezi Hazırlayan: ERKAN GÜNGÖR**

**Tezin Kabul Edildiği Enstitü Yönetim Kurulu Tarihi ve No: 04/07/2007-2007/18**

**Prof. Dr. A. Hamdi  
İSLAMOĞLU**

**Yrd. Doç. Dr. İ. Figen  
GÜLENC**

**Yrd. Doç. Dr. Cengiz  
DİKMEN**

**KOCAELİ - 2007**

## ÖNSÖZ

Her zaman işletmelerde yapılan üretimin mümkün olduğu kadar kısa sürede ve herhangi bir aksaklık olmadan gerçekleşmesi hedeflenir. Bunun içinde üretimin unsurları en iyi biçimde ve en uygun zaman bir araya getirilmelidir.

Üretimin zamanında gerçekleşmesini sağlamak için üretimde kullanılan makinelerin arızasız çalışması istenir. Ancak makinelerin arızasız çalışmasının imkanı yoktur. Mutlaka bir zaman sonunda bir arıza ortaya çıkarır. Amaç bu arızaların önceden önlem alarak ortaya çıkmasını engellemektir.

Bu tez çalışmamda da ele aldığım veriler ile makinelerin arıza çıkaracağı zamanı önceden tahmin edecek bir yapay sinir ağı modeli kurulmuştur. Mevcut veriler ile yapılan tahmin de istenilen değerlere yakın tahmin değerleri elde edilmiştir.

Öncelikle yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca her konuda bana yardımlarını esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Figen Gülenç'e teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım esnasında her zaman yanımda olan hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan aileme minnettarlığımı sunarım.

Uygulama çalışmalarım için yardımlarından dolayı Prof. Dr. Zekai Şen ve Ar. Gör. Mehmet Özger'e ve işletmede bana yardımcı olan tüm iş arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET .....	IV
ABSTRACT .....	V
TABLO LİSTESİ.....	VI
ŞEKİL LİSTESİ.....	VII
SEMBOL LİSTESİ.....	VIII
GİRİŞ .....	1

### BÖLÜM 1

<i>YAPAY ZEKA KAVRAMI</i> .....	2
1.1. YAPAY ZEKANIN TANIMI VE İÇERİĞİ .....	2
1.2. YAPAY ZEKA BİLEŞENLERİ .....	3
1.2.1. Uzman Sistemler .....	3
1.2.2. Genetik Algoritmalar .....	3
1.2.3. Yapay Sinir Ağları .....	3
1.2.4. Bulanık Mantık.....	4
1.2.5. Zeki Etmenler.....	4

### BÖLÜM 2

<i>YAPAY SİNİR AĞLARI</i> .....	5
2.1. BİYOLOJİK SİNİR SİSTEMİ .....	5
2.2. YAPAY SİNİR AĞLARININ TANIMI .....	6
2.3. YAPAY SİNİR AĞLARININ TARİHÇESİ .....	9
2.4. YAPAY SİNİR AĞLARININ ÖZELLİKLERİ.....	11
2.5. YAPAY SİNİR AĞLARININ UYGULAMA ALANLARI .....	15
2.5.1. Endüstriyel Uygulamalar.....	15
2.5.2. Ulaştırma ve Havacılık Uygulamaları .....	16
2.5.3. Finansal, Askeri ve Sağlık Uygulamaları .....	17
2.6. YAPAY SİNİR HÜCRESİ (PROSES ELEMANI).....	18
2.7. YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME .....	25
2.7.1. Denetimli (Öğretmenli) Öğrenme .....	25
2.7.2. Denetimsiz (Öğretmensiz) Öğrenme .....	26
2.7.3. Takviyeli (Destekleyici ) Öğrenme.....	26
2.8. ÖĞRENME KURALLARI.....	27
2.8.1. Hebb Kuralı .....	27
2.8.2. Hopfield Kuralı .....	27
2.8.3. Delta Kuralı .....	28
2.8.4. Kohonen Kuralı .....	28
2.8.5. Eğimli Değişim Kuralı .....	28
2.9. YAPAY SİNİR AĞI YAPILARI (MİMARİLERİ).....	29
2.9.1. Tek Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar.....	29
2.9.2. Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar .....	30

2.9.3. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (Geri Dönüşümlü Ağlar).....	32
2.9.4. Kafes Yapılı Ağlar .....	33
2.10. YAPAY SİNİR AĞLARINDAKİ KATMANLAR .....	35
2.10.1. Giriş Katmanı .....	35
2.10.2. Gizli Katman .....	35
2.10.3. Çıkış Katmanı.....	35
2.11. GERİ YAYILIM AĞI (BACKPROPAGATION).....	36
2.12. YAPAY SİNİR AĞININ EĞİTİM ADIMLARI.....	39
2.13. XOR PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ.....	42

### BÖLÜM 3

<i>BAKIM PLANLAMASI</i> .....	49
3.1. BAKIMIN TANIMI .....	49
3.2. BAKIM PLANLAMASI.....	49
3.3. ARIZI BAKIM (KURTARICI BAKIM).....	50
3.4. KORUYUCU BAKIM .....	50
3.5. KESTİRİMCİ BAKIM.....	51

### BÖLÜM 4

<i>ARIZALARIN ÖNCEDEN TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞI MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ</i> .....	52
4.1. VERİ KÜMESİNİN OLUŞTURULMASI.....	52
4.2. VERİLERİN DÜZENLENMESİ.....	54
4.3. EĞİTİM VE TEST VERİLERİNİN BELİRLENMESİ.....	55
4.4. YAPAY SİNİR AĞI YAPISININ BELİRLENMESİ.....	55
4.5. YAPAY SİNİR AĞININ EĞİTİLMESİ .....	56

### BÖLÜM 5

<i>SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER</i> .....	57
EKLER.....	62
EK-1 .....	62
EK-2 .....	66
KAYNAKÇA.....	70
ÖZGEÇMİŞ.....	74

## ÖZET

Üretimin programlara uygun bir biçimde devam etmesi, üretim unsurlarından olan makine ve tesislerin aksaksız bir biçimde çalışmasına bağlıdır. Makinelerin periyodik bakımlarının yapılması ve beklenmeyen zamanlarda ortaya çıkan arızaların giderilmesi üretim akışını aksatmamalıdır.

Üretim sistemi büyüdükçe bakım faaliyetlerinin önemi artar. Bir üretim hattında herhangi bir makinenin arızalanması bütün sistemi durdurabilir. Bakım planlamasında amaç makinelerin en az duruş yapmasını sağlamaktır. Arızaların önceden tahmin edilerek önleyici bakımın uygulanması ile duruşlar en aza indirilebilir.

Bu çalışmada talaşlı imalat yapan bir işletmede üretim hattındaki makinelerde meydana gelebilecek arızaların önceden tahmin edilebilmesi için bir ileri beslemeli çok katmanlı yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Hatta çalışan makinelerin arızaları ile ilgili geçmiş veriler incelenerek, makine arızaları arasında geçen süre yapay sinir ağı ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Böylece makinenin ne zaman arızalanabileceği önceden belirlenerek önleyici bakım uygulaması önerilmiştir.

## ABSTRACT

The continuing of production depends on working of machines and foundations. The periodic maintenance of machines and failures that appear at unexpected times repairs without stopping production.

While production system grows, importance of the maintenance increases. If a machine stops at a production line, it may stop all systems. The aim of maintenance planning is to realize few waiting of machines. If failures is guessed before it becomes, preventive maintenance applies to machine and the machine waiting decreases.

At this study a feedforward artificial neural network model is used to guess the failures of machines that work in a product line before it breaks down at a factory that works about metal filings products. First of all the old data of machines that work at same product line was examined then the duration between two failures were guessed with artificial neural network model. So the time of following failure has been guessed before it becomes and suggested preventive maintenance.

## TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
<b>Tablo 2.1</b> : Biyolojik Sinir Ağı İle Yapay Sinir Ağının Karşılaştırılması .....	9
<b>Tablo 2.2</b> : Toplama Fonksiyonu Örnekleri .....	21
<b>Tablo 2.3</b> : Aktivasyon Fonksiyonu Örnekleri .....	23
<b>Tablo 2.4</b> : XOR Problemi İçin Girdi ve Çıktılar .....	42
<b>Tablo 2.5</b> : XOR Problemi Öğrendikten Sonra Ağın Ürettiği Çözümler İle Hata Oranları .....	48
<b>Tablo 5.1</b> : Test Kümesi İçin İş İstasyonlarına İlişkin Normalize Edilmiş Gerçek Değerler İle Modelin Ürettiği Çıktıların Karşılaştırılması .....	58
<b>Tablo 5.2</b> : Test Kümesi İçin İş İstasyonlarına İlişkin Gerçek Değerler İle Modelin Ürettiği Çıktıların Karşılaştırılması .....	59

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Biyolojik Sinir Hücresi .....	6
Şekil 2.2 : Yapay Sinir Hücresi .....	19
Şekil 2.3 : Genel Aktivasyon Fonksiyonları .....	24
Şekil 2.4 : Denetimli Öğrenme Sistemi .....	25
Şekil 2.5 : Denetimsiz Öğrenme Sistemi .....	26
Şekil 2.6 : Tam Bağlantılı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Mimarisi .....	29
Şekil 2.7 : Çok Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı .....	31
Şekil 2.8 : Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı .....	32
Şekil 2.9 : Kafes Yapılı Ağlar .....	34
Şekil 2.10 : İleri Beslemeli Bir Sinir Ağı'nın Eğitim ve Test Aşamaları .....	41
Şekil 2.11 : XOR Problemi İçin Tasarlanan Sinir Ağı .....	43
Şekil 2.12 : İleri Doğru Hesaplama .....	45
Şekil 2.13 : XOR Probleminin Ağırlıkları Değiştirildikten Sonraki Durumu .....	47
Şekil 2.14 : XOR Problemi Öğrendikten Sonraki Ağırlık Değerleri .....	48

## SEMBOL LİSTESİ

$X_j$	: j. Girdi Sinir Hücresi Değeri
$W_{ij}$	: i. Gizli Sinir Hücresi İle j. Girdi Sinir Hücresi Arasındaki Bağlantı Ağırlığı
$\theta_i$	: Eşik Değeri
$\Sigma$	: Toplama Fonksiyonu
$S_i$	: i. Sinir Hücresine Ait Toplama Fonksiyonu Değeri
$f(S_i)$	: i. Sinir Hücresinin Çıkış Değeri
$E$	: Hata Fonksiyonu
$P$	: Örüntü Sayısı
$T_j$	: Ağ tarafından Üretilmesi İstenen Çıktı Değeri
$Y_j$	: Ağın Ürettiği Çıktı Değeri
$t$	: İterasyon Sayısı
$\Delta w_{ji}$	: $w_{ji}$ Bağlantı Ağırlığında Gerçekleşecek Olan Değişiklik Miktarı
$\alpha$	: Momentum Katsayısı
$\mu$	: Öğrenme Oranı
$G1, G2$	: XOR Problemi İçin Girdi Sinir Hücreleri
$B$	: XOR Problemi İçin Çıktı Sinir Hücresi

## GİRİŞ

Bilgisayar teknolojisindeki hız kesmeyen gelişmeler insan yaşamında her geçen gün daha fazla yer almasına neden olmaktadır. Teknoloji hızla geliştikçe insanların yaşamını kolaylaştırmaktadır. Tabi ki kolaylaştırırken insanların yerini de almaya çalışmaktadır.

Yapay zeka teknolojisi ile bilgisayarların insanlar gibi düşünmesi sağlanmaya çalışılmaktadır. İnsanlar gibi düşünen, yaptıklarını yapmaya çalışan sistemlerin gelecekteki durumu bazı bilim kurgu sinema filmlerinden de görülebilmektedir. İleriki zamanlarda insanların yerine evi temizleyen, yemek yapan, vb. robotlarla karşılaşacağız. Bunlar insanların hayatlarını kolaylaştırmak için yapılan çalışmalardır. İnsanların beyin yapısından esinlenerek geliştirilecek olan sistemler yine insanların hizmetine sunulacaktır.

Yapay sinir ağları, paralel ve doğrusal olmayan işlemler gerçekleştiren beynin yapısını taklit ederler. İnsan bir olay veya nesne gördüğünde bunu öğrenir ve daha sonra tekrar gördüğünde aynı olay veya nesneyi hatırlar. Yapay sinir ağlarında da olaylar veya nesnelere sisteme öğretilir ve daha sonra aynı olay veya nesneyle karşılaşan sistem daha önceki örnekler vasıtasıyla insan gibi düşünerek davranışını düzenler.

Bugün yapay sinir ağlarından yararlanılarak birçok yararlı çalışma yapılmaktadır. Talep tahmini, sınıflandırma, karakter tanıma, arıza tahmini vb. uygulamalar için üretim, finans, tıp, havacılık vb. alanlarda yapay sinir ağlarından yararlanılmaktadır.

# BÖLÜM 1

## YAPAY ZEKA KAVRAMI

Bilim adamları insan beynin nasıl çalıştığını ortaya çıkarabilmek için çok sayıda çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışmalar bir çok insanın da merak konusu olmuştur. Bu çalışmaların ışığında insan gibi düşünen makineler yapmak için çalışmalar, araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Yapay zeka kavramı da bu şekilde şekillenmeye başlamıştır.

### 1.1. YAPAY ZEKANIN TANIMI VE İÇERİĞİ

Yapay zeka üzerine yapılan çeşitli çalışmalar sonucunda çeşitli yapay zeka alt dalları ortaya çıkmış ve yapay zekanın gelişmesinde büyük ilerlemeler sağlanmıştır.

Yapay zeka için bugüne kadar bazı tanımlamalar yapılmıştır. Yapay zeka için yapılabilecek tanımlar aşağıdaki gibi verilebilir<sup>1</sup>:

*“Yapay zeka, bilgi işlem modellerini kullanarak zihni yeteneklerin araştırılmasıdır.*

*Yapay zeka konusunda yapılabilecek ayrıntılı bir tanım, çeşitli kaynaklarda verilen tanımların bir bileşkesi olarak şu şekilde ifade edilebilir: “Yapay zeka, insana özgü zeka davranışlarının otomasyonunu araştıran, bilgilerin saklanmasında ve işlenmesinde veri yapıları, algoritmalar, programlama dilleri ve teknikleri gibi bilgi işlem yöntemlerini kullanan, bilgisayar biliminin bir alt dalıdır”.*

Yapay zeka bilgisayar biliminin bir alt dalı olmakla birlikte kendisi de alt araştırma dallarına ayrılan çok geniş bir bilim dalıdır.

---

<sup>1</sup> Haldun Akpınar, “**Yapay Zeka ve Tarihi Gelişimine Bakış**”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt:22, Sayı:1 (Nisan 1993), s.103.

Oyun programlama, bulanık mantık, yapay sinir ağıları, otomatik çıkarım ve teorem ispatlama, robotik, konuşulan dilin anlaşılması ve modellenmesi, insan davranışlarının modellenmesi, makine öğrenimi, genetik algoritmalar, görüntü algılama ve uzman sistemler yapay zeka araştırmaları içerisinde başlıca alt araştırma dalları olmuşlardır<sup>2</sup>.

## **1.2. YAPAY ZEKA BİLEŞENLERİ**

Yapay zeka kavramı ortaya çıktıktan sonra bir çok yapay zeka teknolojisi de ortaya çıkmıştır. Uzman sistemler, yapay sinir ağıları, genetik algoritmalar, bulanık mantık, zeki etmenler, görme, karınca kolonisi, vb. yapay zekanın alt konularıdır. Bunların her biri çok uzun ve ayrıntılı inceleme gerektiren konular olduğundan bir kısmı aşağıda kısaca anlatılacaktır.

### **1.2.1. Uzman Sistemler**

Mühendislikte kullanılan ve hataları azaltmaya hizmet eden uzman sistemler, uzmanların düşünce biçimini taklit eden, kendi içinde tutarlı kurallar, yargılar, öneriler geliştirebilen bilgisayar programları olarak tanımlanabilir<sup>3</sup>.

### **1.2.2. Genetik Algoritmalar**

Genetik algoritmalar bir yapay zeka bileşeni olarak problemin hep en iyi sonucunu bulmaya çalışır. Bu en iyi sonuçları da seçip bir araya getirir ve daha iyi sonuçlar ortaya koymaya çalışır.

### **1.2.3. Yapay Sinir Ağları**

Bilgisayarların ve makinelerin öğrenmesini sağlayan yapay zeka bilimidir. Bu seminerin konusu olarak bir sonraki bölümde ayrıntılı açıklanacaktır.

---

<sup>2</sup> Haldun Akpınar, “Yapay Sinir Ağları Gelişimi ve Yapılarının İncelenmesi”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt:23, Sayı:1 (Nisan 1994), s.48.

<sup>3</sup> Hamit Tuzcuoğlu, “Yapay Zeka Teknikleri, Depremde Kullanılması ve Küme Kuramları”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:5, Sayı:1 (Ocak 2003), s.77.

#### 1.2.4. Bulanık Mantık

“Bilgisayar tekniklerinin hızla gelişmesi sonucu problem çözümlerinde insan düşünce ve yaklaşımları modellenen duruma gelmiştir. Bulanık mantık ve bulanık kümeler bu modellemede kullanılan temel yöntemlerdir. Klasik mantık işleminde ait olmama (0) ve ait olma (1) gibi sadece iki seçenek varken, bulanık mantıkta ait olmama (0) ve ait olma (1) dışında az ait olma, biraz ait olma, çok ait olma gibi ara seçenekler de söz konusudur<sup>4</sup>.”

#### 1.2.5. Zeki Etmenler

Zeki etmenler, öğrenme özelliğine sahip, hem donanım hem de yazılım olarak geliştirilebilen, bağımsız kararlar verebilen bilgisayar sistemleridir<sup>5</sup>.

---

<sup>4</sup> İsmail H. Altaş, “Akıllı Güç Sistemleri”, 3e (*Enerji, Elektrik, Elektromekanik*) Dergisi, Sayı: 66 (Kasım 1999), [http://www.altas.org/downloads/publications/Intelligent\\_01.pdf](http://www.altas.org/downloads/publications/Intelligent_01.pdf), 10.07.2006

<sup>5</sup> Ercan Öztemel, *Yapay Sinir Ağları*, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2003, s.20.

## BÖLÜM 2

### YAPAY SİNİR AĞLARI

Bilgisayarların ve makinelerin öğrenmesini sağlayan yapay sinir ağı bir yapay zeka bilimidir. İnsan beyninin çalışma prensibinden esinlenerek ortaya çıkmış ve üzerine çok sayıda araştırmalar yapılmıştır.

#### 2.1. BİYOLOJİK SİNİR SİSTEMİ

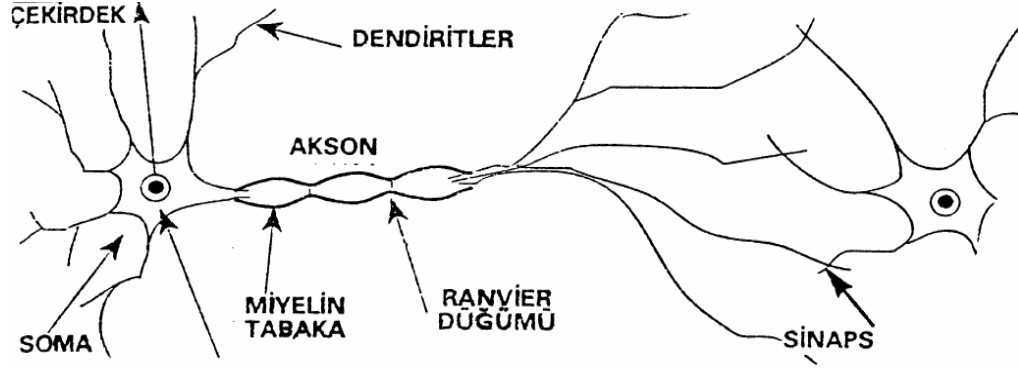
İnsan beyni, bir biri ile karmaşık ilişkiler içinde bulunan milyarlarca sinir hücresinden (nöron) oluşmakta ve vücut aktivitelerini kontrol eden ve insanoğlu tarafından çözülmeye çalışılan bir yapıdır. Bilim adamları insan beyninin çalışma şeklini, yapısını çözebilmek için geçmişten beri çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Bunun yanında insan beynin çalışma prensibine dayanarak yeni buluşlara da imza atmaktadır. Yapay sinir ağları da insan beynin çalışma prensibinden yararlanarak ortaya çıkarılmış bir yapay zeka bileşenidir.

Yapay sinir ağlarını oluşturan işlem elemanları biyolojik sinir sisteminde insan beynindeki nöronlara karşılık gelmektedir<sup>6</sup>. Şekil 2.1’de görülen, soma adı verilen hücre gövdesi ile dendrit denilen kıvrımlı uzantılar ve somanın dalları sayesinde nöronu dallarına bağlayan aksondan oluşan biyolojik sinir hücresinde dendritler hücreye gelen girişleri toplar ve sinir hücresinin çıkış işaretleri aksonlar tarafından taşınarak diğer nöronlarla olan bağlantılara veya terminal organlara iletilirler<sup>7</sup>.

---

<sup>6</sup> Ömer Cıvlek ve Mehmet Ülker, “**Dikdörtgen Plakların Doğrusal Olmayan Analizinde Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı**”, İMO Teknik Dergi, Yazı 213 (2004), s.3173.

<sup>7</sup> Özgür Kişi ve Turgay Partal, “**Yapay Sinir Ağları ve Otoregresif Modellerle Rüzgar Hızı Tahmini**”, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul: 19-21 Mart 2003, s.167.



**Şekil 2.1 : Biyolojik Sinir Hücresi**

**Kaynak:** Özgür Kişi ve Turgay Partal, “**Yapay Sinir Ağları ve Otoresif Modellerle Rüzgar Hızı Tahmini**”, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul: 19-21 Mart 2003, s.167.

Sinir hücreleri bir araya gelerek aralarında çeşitli bağlantılar kurarlar ve bu şekilde biyolojik sinir ağları ortaya çıkar. İnsan beyninde yaklaşık  $10^{10}$  adet sinir hücresi ve bu sinir hücrelerinin de birbiriyle  $6 \cdot 10^{23}$ 'ten fazla bağlantısının olduğu tahmin edilmektedir<sup>8</sup>. Her bir sinir hücresi, farklı sinir hücrelerinden uyarı alırken, aldığı uyarıları da bağlantı kurduğu başka hücelere iletmektedir<sup>9</sup>.

Biyolojik sinir hücreleri ve bağlantılarının sayısının çok fazla olmasından da anlaşılacağı üzere insan beyni çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşık yapı içinde insan gördüklerini öğrenir ve olaylara tepki gösterir. Beynin bu çalışma yapısından etkilenilmesiyle yapay sinir ağları ortaya çıkmıştır.

## 2.2. YAPAY SİNİR AĞLARININ TANIMI

Yapay sinir ağları insan beyninin çalışma prensibinden etkilenilerek ortaya çıkarılmıştır. İnsanlar için öğrenme dışarıdan gelen bilgiler yardımıyla gerçekleşmektedir. Bir olay karşısında nasıl davranacağını öğrenen bir insan daha sonra aynı olayla veya benzer durumlarla karşılaştığı zaman ne tepki vereceğini bilir. Çünkü daha önce bir olaya karşı nasıl tepki vereceğini öğrenmiştir ve beyninde

<sup>8</sup> Ercan Öztemel, **Yapay Sinir Ağları**, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2003, s.45.

<sup>9</sup> Cihan Karakuzu, “Yapay Sinir Ağları İle Bir Kontrol Uygulaması”, (Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998), s.6.

çeşitli bağlantılar kurarak benzer olaylara karşı da nasıl davranacağını çeşitli eğitim ve deneyimlerle kavramıştır. Yapısı itibarıyla biyolojik sinir hücrelerini taklit eden yapay sinir ağının günümüzdeki modelleri de biyolojik sinir ağlarının ilkel bir yapısına benzetilebilir<sup>10</sup>. Çok kısa sürede çok fazla işlem yapabilen insan beynin çalışmasına dair bütün sırları hala çözülememiştir. Ancak daha fazla bilgi elde edildikçe yeni yapay sinir ağı modelleri geliştirilmekte ve biyolojik sinir ağlarına daha da fazla benzemektedir.

Yapay sinir ağları, insan beyninin fonksiyonlarını modellemek ve onun bazı özelliklerini taklit etmek için bir araya getirilmiş uyarlanabilir işlem elemanların oluşturduğu yoğun paralel dizisi olarak tanımlanabilmektedir<sup>11</sup>. İşlem elemanları paralel olarak bir araya gelir ve beynin basit bir modellemesi olan yapay sinir ağlarını oluşturur.

Paralel olarak bir araya gelen yapay sinir hücreleri birbirine bağlantı ağırlıkları ile bağlanır ve sinir hücreleri arasındaki bu bağlantı ağırlıklarının değerleri düzeltilerek sinir ağının eğitilmesi sağlanır<sup>12</sup>.

Örneklerle öğrenen sinir ağlarının çok önemli bir özelliği uyarlanabilir yapılarıdır ve bu özellik, problemi çözmek için az veya eksik çıkarımlar olup eğitim seti mevcut olduğunda bu hesaplama modellerini cazip hale getirir<sup>13</sup>. Örüntü sınıflandırma, ses sentezi ve tanıma, imge sıkıştırma, ilişkili bellek, kümeleme, öngörü ve tahmin, optimizasyon ve doğrusal olmayan sistem modelleme ve kontrolde kullanılan yapay sinir ağlarında insan beyni ve sinir sistemi üzerindeki çalışmalardan esinlenilmiştir<sup>14</sup>.

---

<sup>10</sup> Karakuzu, age., s.5.

<sup>11</sup> Şahin Yıldırım, Selçuk Erkaya ve İbrahim Uzmay, “**Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Concorde Uçaklarının Kontrolü**”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı:20, Cilt:1-2 (2004), s.3.

<sup>12</sup> V. Ramalingam ve diğerleri, “**Measuring Advertisement Effectiveness - A Neural Network Approach**”, Expert Systems with Applications, 31 (2006), s.160.

<sup>13</sup> E. Vonk, L. C. Jain ve R. P. Johnson, **Automatic Generation of Neural Network Architecture Using Evolutionary Computation**, World Scientific, 1997, s.3.

<sup>14</sup> Vonk, Jain ve Johnson, age., s.3.

Yapay sinir ağları, paralel ve yüksek hesaplama hızlarının gerekli olduğu ve mevcut en iyi bilgisayar sistemlerinin dahi gerçekleştirmekten oldukça uzak olduğu, özellikle konuşma ve görüntü algılama başta olmak üzere çok çeşitli alanlarda uygulanmaktadır<sup>15</sup>.

İnsan beyninin düşünme, hatırlama ve problem çözme gibi yetenekleri, biyolojik sinir hücresinin öğrenme süreci ile benzer yapıya sahip olan yapay sinir ağlarının geliştirilmesinde çok sayıda araştırmacıya esin kaynağı olmuş ve insan beyninin öğrenme sürecine dayalı basit yapay modeller olan yapay sinir ağları geliştirilmiştir<sup>16</sup>.

Uzman sistemlerde ve çeşitli sinyal işlemcilerinde geniş bir uygulama alanına sahip olacak olan sinir ağları tıbbi teşhis, finansal hizmetler, stoklama bedeli tahmini, güneş yüzeyindeki patlamaların tahmini ve diğer uygulamalarda kullanılmaktadır<sup>17</sup>.

Daha önce de söylendiği üzere yapay sinir ağları insan beyninin çalışma prensibi örnek alınarak geliştirilmiştir. Bu bakımdan aralarında birtakım benzerlikler vardır. Tablo 2.1’de yapay sinir ağları ile biyolojik sinir ağları arasındaki bu benzerlikler görölmektedir.

---

<sup>15</sup> Haldun Akpınar, “**Yapay Sinir Ağları Gelişimi ve Yapılarının İncelenmesi**”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakóltesi Dergisi, Cilt:23, Sayı:1 (Nisan 1994), s.48.

<sup>16</sup> B. A. Paya, I. I. Esat ve M. N. M. Badi, “**Artificial Neural Network Based Fault Diagnostics Of Rotating Machinery Using Wavelet Transforms As A Preprocessor**”, Mechanical Systems and Signal Processing, 11 (1997), s.753.

<sup>17</sup> Jacek M. Zurada, **Introduction to Artificial Neural Systems**, Web Publishing Company, 1992, s.21.

**Tablo 2.1** : Biyolojik Sinir Ağı İle Yapay Sinir Ağının Karşılaştırılması

<b>Biyolojik Sinir Ağı</b>	<b>Yapay Sinir Ağı</b>
Sinir Sistemi	Sinirsel Hesaplama Sistemi
Sinir	Düğüm (Sinir, İşlem elemanı)
Sinaps	Sinirler arası bağlantı ağırlıkları
Dendrit	Toplama işlevi
Hücre Gövdesi	Etkinlik işlevi
Akson	Sinir çıkışı

**Kaynak** : Çetin Elmas, **Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)**, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003, s.23.

### **2.3. YAPAY SİNİR AĞLARININ TARİHÇESİ**

1943 yılında, bir sinir hekimi olan Warren McCulloch ile bir matematikçi olan Walter Pitts, insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenerek, elektrik devreleri ile basit bir sinir ağını modellemişler ve böylece ilk yapay sinir ağı modelini ortaya çıkarmışlardır<sup>18</sup>.

1948 yılında Wiener “Cybernetics” isimli kitabında, sinirlerin çalışması ve davranış özelliklerine yer verdi ve 1949’da Hebb “Organization of Behavior” isimli kitabında, öğrenme ile ilgili temel teoriyi işlemiştir<sup>19</sup>. Hebb tarafından geliştirilen bu kurala Hebbian öğrenme kuralı olarak adlandırılmaktadır.

1954 yılında Farley ve Clark tarafından rassal ağlar ile adaptif tepki üretme kavramı ortaya atıldı ve bu kavram 1958 yılında Rosenblatt ve 1961 yılında Caianiello tarafından geliştirilerek yapay sinir ağlarında önemli gelişmeler sağlanmıştır<sup>20</sup>.

<sup>18</sup> Çetin Elmas, **Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)**, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003, s.27.

<sup>19</sup> Elmas, a.g.e., s.27.

<sup>20</sup> Öztemel, a.g.e., s.37.

1958 yılında Rosenblatt tarafından bugünkü makine öğrenme algoritmasının da temeli sayılan, doğrusal çok boyutlu düzlem ile ayrılabilen sorunların çözümünde kullanılan algılayıcılar (perceptron) geliştirilmiştir<sup>21</sup>. Yapay sinir ağlarının gelişmesinde algılayıcıların geliştirilmesinin önemi çok büyüktür.

1959 yılında, Bernard Widrow ve Marcian Hoff tarafından ADALINE ve MADALINE ağ modelleri geliştirilmiştir. Madaline, hala kullanımda olup telefon hatlarında oluşan yankıları yok eden uyarlanabilir bir filtredir<sup>22</sup> ADALINE ADaptive LInear ELeMent ifadesinin kısaltılmış halidir. Birden fazla ADALINE ağının bir araya gelmesi ile MADALINE ağları ortaya çıkar.

1969 yılında Minsky ve Papert, Perceptron'un XOR problemini çözemediğini ispatlamışlar ve 2 katmanlı ileri beslemeli ağların kullanılabileceğini ileri sürmüşlerdir<sup>23</sup>. XOR problemi ile ilgili yaptıkları ispat sonucunda da yapay sinir ağları ile ilgili çalışmalarda bir duraklama dönemine girilmiştir.

Hopfield, 1982 yılında yayınlanan *Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities* (Yapay Sinir Ağları ve Gelişen Kolektif Hesapsal Yetenekli Fiziksel Sistemler) isimli kitabında, yapay sinir ağlarının basit bir analog devre modelini sunmuş ve bu modeli kullanarak analog-ikil dönüştürücü tasarımı, **Gezgin Satıcı** (*Travelling-Salesman*) gibi problemler için çözümler sunmuştur<sup>24</sup>. Bu çalışmalarla birlikte yapay sinir ağlarında yeni bir dönem başlamıştır. Çalışmalar hızlanmıştır.

1986 yılında Rumelhart ve arkadaşları tarafından çok katmanlı yapay sinir ağları için geriye yayılma algoritması geliştirilmiştir<sup>25</sup>. Geriye yayılma algoritması yapay sinir ağlarında oldukça yaygın olarak kullanılan bir algoritmadır. Geri yayılma algoritmasında sistemin eğitime bir öğretmen yardımcı olur.

---

<sup>21</sup> Zekai Şen, “**Yapay Sinir Ağları İlkeleri**”, İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2004, s.12.

<sup>22</sup> Elmas, a.g.e., s.28.

<sup>23</sup> Elmas, a.g.e., s.28.

<sup>24</sup> Haldun Akpınar, “**Yapay Sinir Ağları Gelişimi ve Yapılarının İncelenmesi**”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt:23, Sayı:1 (Nisan 1994), s.71.

<sup>25</sup> Şen, a.g.e., s.13.

1988'de Broomhead ve Lowe, özellikle filtreleme problemlerinde oldukça başarılı sonuçlar alabildikleri, Radyal Tabanlı Fonksiyonlar (Radial Basis Functions-RBF) modelini geliştirdiler<sup>26</sup>.

Yapay sinir ağları üzerindeki çalışmalar hız kesmeden devam etmektedir. Geliştirilen yeni yapay sinir ağı modelleri ile uygulama alanı da hızla genişlemektedir.

## 2.4. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri

Uygulanan ağın modeline göre yapay sinir ağlarının özellikleri değişiklik göstermektedir. Bu bölümde yapay sinir ağlarının bütün modelleri için geçerli olan genel bir takım özellikler verilmiştir. Yapay sinir ağlarının özellikleri, açıklamalarıyla aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>27</sup>:

- **Yapay Sinir Ağları Makine Öğrenmesi Gerçekleştirirler:** Yapay sinir ağlarının temel işlevi bilgisayarların örnek olaylardan öğrenerek benzer olaylar karşısında benzer kararlar vermesini sağlamaktır.
- **Bilginin Saklanması:** Yapay sinir ağlarında bilgi ağı bağlantılarının değerleri ile ölçülmekte ve bağlantılarda saklanmaktadır. Bilgiler bir veri tabanında veya programın içinde gömülü değildir.
- **Yapay Sinir Ağları Örnekleri Kullanarak Öğrenirler:** Yapay sinir ağlarının eğitilmesi istenen olayları öğrenebilmesi için o olay ile ilgili örneklerin belirlenmesi gerekmektedir. Örnekler kullanılarak ilgili olay hakkında genelleme yapabilecek yetenek kazandırılır ve ağı eğitilmesi sağlanır (adaptif öğrenme). Olayla ilgili gerçekleşmiş örnek veriler olmadan yapay sinir ağının eğitilmesi mümkün değildir. Ağ eğitilirken kullanılan örneklerin olayı temsil edebilmesi önemlidir. Olayın tüm yönlerini içerecek şekilde örnekler ağına gösterilirse ağ sorunsuz bir şekilde çalışır. Ağı olay

---

<sup>26</sup> Öztemel, a.g.e., s.40.

<sup>27</sup> Öztemel, a.g.e., ss.31-32-33.

bütün yönleri ile gösterilemez ve ilgili örnekler sunulmaz ise başarılı sonuçlar elde edilemez. Bu ağın sorunlu olduğundan değil olayın ağa iyi gösterilemediğindedir. O nedenle örneklerin oluşturulması ve toplanması yapay sinir ağı biliminde özel bir öneme sahiptir.

- **Yapay Sinir Ağlarının Güvenle Çalıştırılabilmesi İçin Eğitilmeleri ve Performanslarının Test Edilmesi Gerekmektedir:** Yapay sinir ağlarında ağın eğitilebilmesi için mevcut örnekler ağa tek tek gösterilir ve ağ kendi çalışma prensibi içinde örnekteki olaylar arasındaki ilişkileri kurar. Ağı eğitmek için olayları tanımlayacak veriler iki ayrı grupta değerlendirilir. Bu iki ayrı setten birincisi ağı eğitmek için (eğitim seti) diğeri ise ağın performansını test etmek için (test seti) kullanılır. Her ağ önce eğitim seti ile eğitilir. Ağ bütün örnekler doğru cevaplar vermeye başlayınca eğitim işi tamamlanmış kabul edilir. Daha sonra ağın daha önce görmediği örnekler olan test setindeki örnekler ağa gösterilir ve ağın verdiği cevaplar kontrol edilerek ağın performansı test edilir. Eğer ağ hiç görmediği örnekler kabul edilebilir bir doğrulukta cevap veriyor ise o zaman ağın performansı iyi kabul edilir ve ağ kullanıma alınır. Ağın performansı istenilen düzeyde değilse yapay sinir ağı yeni örnekler de eklenerek yeniden eğitilir ve ağın performansı istenilen düzeye ulaşincaya kadar bu eğitim devam eder.
- **Şekil (Örüntü) İlişkilendirme ve Sınıflandırma Yapabilirler:** Yapay sinir ağlarının bir özelliği örnekler halinde verilen örüntüleri kendisi veya diğerleri ile ilişkilendirmek, diğer özelliği ise sınıflandırma yapmaktır. Bu özellik ile amaçlanan, verilen örneklerin kümelendirilmesi ve belirli sınıflara ayrıştırılarak daha sonra gelen bir örneğin hangi sınıfa gireceğine karar vermektir.
- **Örüntü Tamamlama Gerçekleştirebilirler:** Yapay sinir ağına eksik bilgilerin yer aldığı bir şekil verildiğinde ağ bu eksik bilgileri tamamlar. Örneğin yırtık bir resmin kime ait olduğunu belirlemesi ve tam resmi vermesi gibi bir sorumluluk ağdan istenebilmektedir.

- **Eksik Bilgi İle Çalışabilmektedirler:** Yapay sinir ağları eğitildikten sonra eksik bilgiler ile çalışabilir ve gelen yeni örneklerde eksik bilgi olmasına rağmen sonuç üretebilirler. Bilgileri veritabanına hapseden geleneksel sistemler bilgi eksik olunca çalışmamasına rağmen yapay sinir ağlarında bilgilerin eksik olması ağın çalışmasını engellemez. Eksik bilgi sadece ağın performansını etkiler. Eğer ağın performansı düşük çıkarsa bu durum eksik olan bilginin önemli olduğunu gösterir. Eğer performansta bir düşme yoksa bu durum eksik olan bilginin önemli olmadığını gösterir. Hangi bilginin önemli olduğunu ağ kendisi eğitim sırasında öğrenmektedir. Bunu olaylar arasında ilişki kurarken öğrenmektedir. Ağ için önemli olan bilgi, ağın olaylar arasında ilişki kurmasını kolaylaştırarak test sonrasında da performansın yüksek çıkmasını sağlamaktadır.
- **Belirsiz, Tam Olmayan Bilgileri İşleyebilmektedirler:** Yapay sinir ağları olayları öğrendikten sonra belirsizlikler altında öğrendikleri olaylar ile ilgili ilişkiler kurarak kararlar verebilirler.
- **Dereceli Bozulma Gösterirler:** Yapay sinir ağları hem hatalara karşı toleranslıdır hem de bunun sonucu olarak dereceli bozulma gösterirler. Yapay sinir ağları, bir problem ortaya çıktığında hemen bozulmazlar. Ağ yavaş yavaş bozulur. Bu bozulmanın nedeni de ya bilginin eksik olması ya da hücrelerin bozulmasıdır.
- **Dağıtık Belleğe Sahiptirler:** Yapay sinir ağlarında bilgi ağa yayılmış durumdadır. Ağın bilgisi, hücrelerin birbirleri ile bağlantılarının değerleri ile gösterilir. Tek bir bağlantının bir anlamı yoktur. Yapay sinir ağlarında, öğrenilen olayın bütünü karakterize edilir. O nedenle bilgiler ağa dağıtılmış durumdadır. Bu durum ise dağıtık bir belleğin ortaya çıkmasına neden olmaktadır.
- **Sadece Nümerik Bilgiler İle Çalışabilmektedirler:** Yapay sinir ağları sadece nümerik bilgiler ile çalışırlar. Sembollerle ifade edilen bilgilerin nümerik hale çevrilmeleri gerekmektedir.

Ayrıca yapay sinir ağıları yukarıda sayılan özelliklerin yanında daha başka özelliklere de sahiptir. Bu özellikler de açıklamalarıyla birlikte aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>28</sup>:

- **Uyarlanabilirlik:** İlgilenilen problemdeki değişikliklere göre yapay sinir ağıları, ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla olaylarla ilgili örnekler verilerek eğitilen yapay sinir ağıları, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir ve değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile yapay sinir ağıları, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanımlama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılabilir.
- **Genelleme:** İlgilenilen problem, örnekleri ile yapay sinir ağına öğretildikten sonra ağı, eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir yapay sinir ağı, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş yapay sinir ağıları modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.
- **Hata Toleransı:** Yapay sinir ağıları, çok sayıda yapay sinir hücresinin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğu için paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Yani bilgi ağına bir bölgedeki veritabanında değil, ağına bağlantı ağırlıklarında saklıdır. Bu nedenle, eğitilmiş bir yapay sinir ağına bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin bozulması, ağına doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu da yapay sinir ağılarına hatayı tolere etme özelliği kazandırmaktadır.

---

<sup>28</sup> Mehmet Dikmen, Halit Ergezer ve Erkan Özdemir, “Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri”, PİVOLKA, Yıl:2, Sayı:6 (04, 2003), ss.14-15.

## 2.5. Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları

Yapay sinir ağları çalışmaları başladığından beri her geçen zamanda yeni kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Üretim, tıp, güvenlik, finans, pazarlama, ulaştırma, ...vb. alanlarda öngörü, sınıflandırma, veri süzülmesi uygulamalarında kullanım alanları hızla artmaktadır. Uygulama alanları aşağıdaki gibi açıklanabilir.

### 2.5.1. Endüstriyel Uygulamalar

Yapay sinir ağlarının endüstriyel uygulamaları maddeler halinde aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>29</sup>:

- Yapay sinir ağları bir endüstriyel proseste fırınların ürettiği gaz miktarının tahmini
- İmalatta, ürün tasarımı, proses ve makinelerin bakımı ve hataların teşhisi, görsel kalite kontrolü
- Kimyasal proseslerin dinamik modellenmesi
- Otomobillerde otomatik rehber sisteminin geliştirilmesi
- Robotlarda görme sistemleri ve mainpulatörlerin kontrol edilmesi
- Cep telefonlarında ses ile çalışabilme
- Araba pistonlarının üretim şartlarının belirlenmesi
- Elektronik yonga hata analizleri
- Optimizasyon çalışmaları (üretim planlama ve kontrol çalışmalarında)
- Müşteri tatmini ve Pazar verilerinin değerlendirilmesi ve analiz edilmesi
- Kömür güç istasyonları için çevrimiçi (on-line) karbon akımı ölçülmesi
- İşlerin makinelere atanması ve çizelgeleme
- Gezgin satıcı problemi

---

<sup>29</sup> Öztemel, a.g.e., s.205.

Yapay sinir ağlarının endüstriyel uygulamaları yukarıda sayılanlarla sınırlanamaz. Yıllar geçtikçe, teknoloji ilerledikçe yapay sinir ağlarının endüstriyel uygulamaları da genişlemektedir. Makinelerin arızalarının önceden tahmin edilmesinde, arızaların sınıflandırılmasında yapay sinir ağlarından yararlanılmaktadır.

Yapay sinir ağları, Kopin Corp. tarafından güneş enerjisi pilleri üretiminde konum kalınlık hatalarının saptanması ve bir çok hatanın tespitinde; çeşitli üniversite laboratuvarlarında işaret işleme deneylerinde; Arco ve Texaco'nun da içinde bulunduğu petrol şirketlerinde yer altındaki gaz ve petrol alanlarını tespit etmekte kullanılmaktadır<sup>30</sup>.

### **2.5.2. Ulaştırma ve Havacılık Uygulamaları**

Yapay sinir ağlarının ulaştırma ve havacılık alanlarındaki uygulamaları şöyledir<sup>31</sup>:

- Ford Motor Co., General Motors gibi bir çok otomobil imalatçısı otomobillerde ve otomobil ürünlerinde sinir ağı kullanımını daha yaygın olarak kullanabilmek için araştırmalara devam etmektedirler. Fren denetimi, mühendislik hataları, etkin süspansiyon denetimi gibi bazı alanlarda umut verici sonuçlar elde edilmiştir.
- NASA'da uzay mekiği yolculuklarında manevra denetimi için yapay sinir ağları geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.
- Uçaklarda titreşim seviyeleri ve sesin görüntülenerek motor sorunlarında erken uyarı için sinir ağları geliştirme çalışmaları yapılmaktadır.

---

<sup>30</sup> Elmas, a.g.e., ss.175-176.

<sup>31</sup> Elmas, a.g.e., s.177.

- Purdue Üniversitesi bir helikopter örneğinin yapay sinir ağlarıyla denetim sonuçlarını yayınlamıştır.
- Prototip uygulamasında, özel bir kara taşıtının sürücüsüz seyri için geliştirilmiş bir sinir ağı uygulaması bulunmaktadır.
- Yapay sinir ağları, hava alanlarında bagaj geçişlerinde bomba tanıma ve ortaya çıkarma amacıyla kullanılmaktadır.

### 2.5.3. Finansal, Askeri ve Sağlık Uygulamaları

Yapay sinir ağlarının finansal, askeri ve sağlık uygulamalarına ait bazı örnekler aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>32</sup>:

- Makro ekonomik tahminler
- Borsa benzetim çalışmaları endekslerinin tahmin edilmesi
- Kredi kartı hilelerinin tespiti
- Kredi kartı kurumlarında iflas tahminleri
- Banka kredilerinin değerlendirilmesi
- Emlak kredilerinin yönetilmesi
- Döviz kuru tahminleri
- Risk analizleri
- Hedef tanıma ve takip sistemleri
- Yeni sensörlerin performans analizleri
- Radar ve görüntü sinyalleri işleme
- Sensör fizyonu
- Askeri uçakların uçuş yörüngelerinin belirlenmesi (optimizasyonu)
- Mayın dedektörleri
- Solunum hastalıklarının teşhisi
- Transplant zamanlarının optimizasyonu
- Hastalıkların teşhisi ve resimlerden tanınması
- Karidovascular sistemlerin modellenmesi ve teşhisi
- Tıbbi resim işleme
- CTG izleme
- Hamile kadınların karınlarındaki çocukların kalp atışlarının izlenmesi

---

<sup>32</sup> Öztemel, a.g.e., ss.205-206.

Ayrıca yapay sinir ağıları ilaç endüstrisinde daha düşük maliyetlerle ilaç geliştirmek ve zaman tasarrufu yapmak için sıkça kullanılır<sup>33</sup>.

Yapay sinir ağıları ayrıca, elektrik maliyetlerinin tahmininde, okyanus dalgalarının tahmininde, otomobil havalandırma sistemlerinin analizinde, dizel motorun yakıt tüketimi ve egzoz sıcaklığının tahmin edilmesinde, gaz karışımlarının bileşimini bulmada, veri madenciliği, optik sinir hastalılarının teşhisinde, rotalama problemlerinde, denge problemlerinin çözümünde, karakter, el yazısı ve imza tanıma sistemlerinde, rüzgar hızının hesaplanmasında, askı madde konsantrasyonu ve miktarının belirlenmesinde, elektrik enerjisi tüketiminin hesaplanmasında kullanılmaktadır.

Ayrıca yapay sinir ağıları enerji modellemesi alanında da oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir<sup>34</sup>.

Yapay sinir ağlarının kullanım alanları yalnız yukarıdakiler kadar değildir. Bunlara daha bir çok alan ilave edilebilir. Zamanla yapılacak olan yeni çalışmalar ve yatırımlarla daha da çok kullanım alanı ortaya çıkacaktır.

## 2.6. YAPAY SİNİR HÜCRESİ (PROSES ELEMANI)

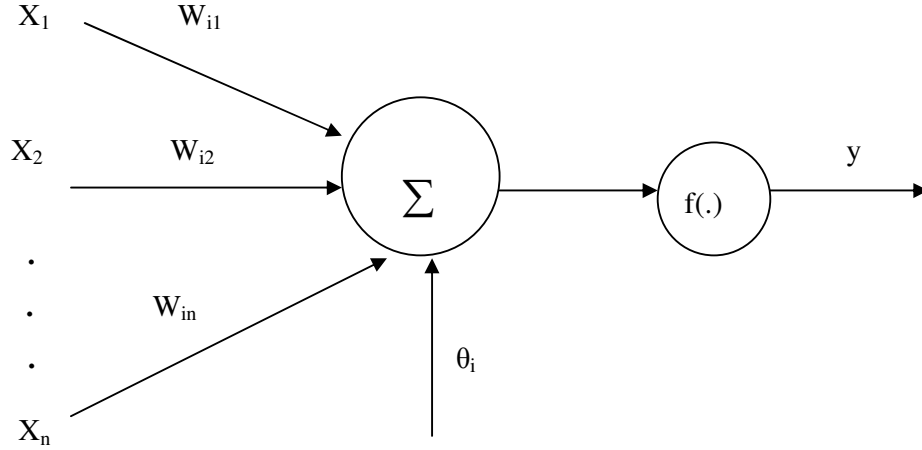
Biyolojik sinir hücreleri gibi yapay sinir hücreleri de bulunmaktadır. Yapay sinir hücrelerine işlem elemanı ya da proses elemanı denilmektedir. Bir çok X girdisini kabul eden, bunları toplayan, bir transfer fonksiyonuna aktaran ve sonuçları çıkartan yapay sinir hücresi (nöron), bir yapay sinir ağının temel elemanıdır ve birbiriyle bağlantılı her bir sinir hücresi bir ağırlık katsayısına ( $w$ ) sahiptir<sup>35</sup>. Şekil 2.2’de bir yapay sinir hücresinin şekli görülmektedir.

---

<sup>33</sup> Elmas, a.g.e., s.178.

<sup>34</sup> S. Karatasou, M. Santamouris ve V. Geros, “**Modeling And Predicting Building’s Energy Use With Artificial Neural Networks: Methods And Results**”, Energy and Buildings, 38 (2006), s.949.

<sup>35</sup> I.J. Cox ve diğerleri, “**Application Of Neural Computing In Basic Oxygen Steelmaking**”, Journal Of Materials Processing Technology, 120 (2002), s.311.



**Şekil 2.2** : Yapay Sinir Hücresi

**Kaynak** : Özgür Kişi, Turgay Partal, “**Yapay Sinir Ağları ve Oto regresif Modellerle Rüzgar Hızı Tahmini**”, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul: 19-21 Mart 2003, s.168

Yerel bir hesaplama gerçekleştiren yapay sinir hücresi girdi-çıkı ilişkisine göre nitelendirilir ve bir hücrenin çıkıtısı onun girdi-çıkı karakteristiğine, diğer hücrelere bağlantısına ve dış girdilere göre saptanır<sup>36</sup>.

Bir proses elemanı girdiler, ağrılıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve hücre çıkıtısı gibi 5 esas elemandan oluşmaktadır.

### 2.6.1. Girdiler

Yapay sinir hücresi, dış dünyadan bir çok girdiyi alır ve bunları işleme tabi tutar. Aynı zamanda bir sinir hücresine farklı hücrelerden gelen bilgiler de o sinir hücresi için girdi durumundadır. Bu girdiler farklı ağrılık değerlerine sahiptirler.

<sup>36</sup> E.C. Laskaria ve diğerleri, “**Studying The Performance Of Artificial Neural Networks On Problems Related to Cryptography**”, Nonlinear Analysis: Real World Applications, 7 (2006), s.938.

## 2.6.2. Ağırlıklar

Ağırlıklar, yapay sinir hücresine dış dünyadan veya diğer hücrelerden gelen girişlerin, sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılardır. *i.* ve *j.* hücre arasındaki bağlantı,  $w_{ij}$  bağlantı ağırlığı ile karakterize edilir ve bir sinir ağında ağırlıklar bağlantının önem derecesini gösterir<sup>37</sup>.

## 2.6.3. Toplama Fonksiyonu

Ağırlık vektörü  $W=[w_0, w_1, \dots, w_k]$  ; girdi vektörü  $X=[1, x_1, \dots, x_k]$  olmak üzere toplama fonksiyonu, sinir hücresinin girdilerinin doğrusal kombinasyonunu gerçekleştirir ve bu iki vektörün sayısal toplamı net girdiyi verir<sup>38</sup>.

Net girdi hesaplamasında değişik toplama fonksiyonları kullanılmaktadır. Aşağıdaki net girdiyi bulmak için formül görülmektedir<sup>39</sup> (bkz. Eşitlik (2.1)):

$$s_i = \theta_i + \sum W_{ij} X_j, \quad (2.1)$$

burada  $\theta$  eşik değerini,  $w$  ağırlığı,  $x$  girdileri göstermekte ve eşik katsayısı  $j.$  hücreye eklenen bir ağırlık katsayısı gibi görülebilir.

Öğretmenli öğrenme sürecinde eşik katsayısı ve ağırlık katsayısı, hesaplanan ve istenen çıktı değerleri arasındaki ortalama kare farklarının toplamını azaltmak için değiştirilir<sup>40</sup>.

Yapay sinir ağı modellerinde farklı toplama fonksiyonları da kullanılabilir. Bunlardan hangisinin kullanılacağı tamamen kullanıcıya kalmıştır. Tablo 2.2’de değişik toplama fonksiyonları görülmektedir.

---

<sup>37</sup> İlker Küçük ve Naim Derebaşı, “**Prediction of Power Losses In Transformer Cores Using Feed Forward Neural Network and Genetic Algorithm**”, Measurement, 39 (2006), s.606.

<sup>38</sup> C. Fernandez ve diğerleri, “**Neural Networks For Animal Science Applications: Two Case Studies**”, Expert Systems With Applications, 31 (2006), s.445.

<sup>39</sup> Küçük ve Derebaşı, age., ss.606-607.

<sup>40</sup> Küçük ve Derebaşı, age., s.607.

**Tablo 2.2:** Toplama Fonksiyonu Örnekleri

Net Giriş	Açıklama
<i>Çarpım</i> $s = \sum_i W_i X_i$	Ağırlık değerleri girdiler ile çarpılır ve daha sonra bulunan değerler birbirleri ile çarpılarak net girdi (s) hesaplanır.
<i>Maksimum</i> $s = \text{Max} (W_i X_i), i=1 \dots N$	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en büyüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
<i>Minimum</i> $s = \text{Min} (W_i X_i), i=1 \dots N$	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra en küçüğü yapay sinir hücresinin net girdisi olarak kabul edilir.
<i>Çoğunluk</i> $s = \sum_i \text{sgn} W_i X_i$	N adet girdi içinden ağırlıklar ile çarpıldıktan sonra pozitif ve negatif olanların sayısı bulunur. Büyük olan sayı hücrenin net girdisi olarak kabul edilir.
<i>Kümülatif toplam</i> $s = s (\text{eski}) + \sum_i W_i X_i$	Hücreye gelen bilgiler ağırlıklı olarak toplanır ve daha önce gelen bilgilere eklenerek hücrenin net girdisi bulunur.

**Kaynak:** Ercan Öztemel, **Yapay Sinir Ağları**, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2003, s.50.

#### 2.6.4. Aktivasyon Fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu, ağın doğrusal olmayışını ortaya koyan doğrusal olmayan bir fonksiyondur<sup>41</sup>.

Girdilerin toplamına bir aktivasyon veya eşik fonksiyonu uygulanır ve yaygın olarak kullanılan aktivasyon fonksiyonu, rakamları 0.0-1.0 aralığında normalize eden sigmoid fonksiyonudur (bkz. eşitlik (2.2))<sup>42</sup>.

$$y = \frac{1}{1 + e^{-s}} \quad (2.2)$$

Aktivasyon işlevinde de değişik formüller kullanılmaktadır. Yalnız bir fonksiyon kullanılmamaktadır. Tablo 2.3'te gösterildiği gibi bir çok aktivasyon fonksiyonu vardır. Kullanıcı bunlar arasından kuracağı sistem için en uygun sonuç verecek olanı seçer ve işlemlerini gerçekleştirir.

---

<sup>41</sup> Fernandez ve diğerleri, “**Neural Networks For Animal Science Applications: Two Case Studies**”, Expert Systems with Applications, 31 (2006), s.445.

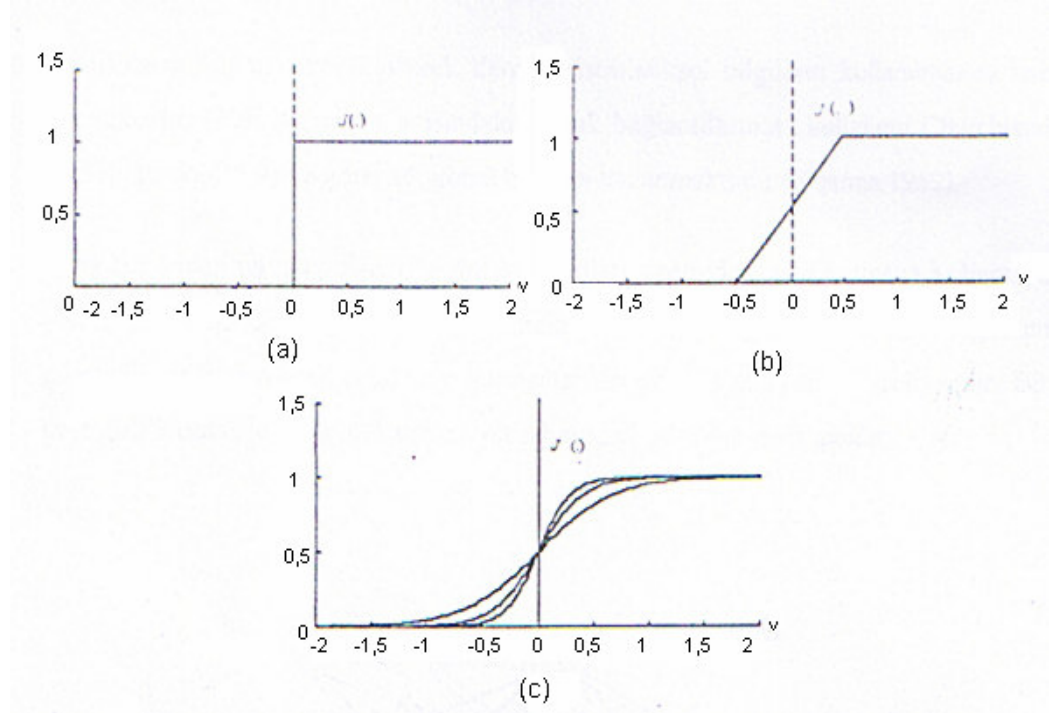
<sup>42</sup> I.J. Cox ve diğerleri, “**Application of Neural Computing In Basic Oxygen Steelmaking**”, Journal of Materials Processing Technology, 120 (2002), s.311.

**Tablo 2.3:** Aktivasyon Fonksiyonu Örnekleri

Aktivasyon Fonksiyonu	Açıklama
Lineer fonksiyon $F(s)=s$	Gelen girdiler olduğu gibi hücrenin çıktısı olarak kabul edilir.
Step fonksiyonu $F(s)= \begin{cases} 1 & \text{if } s > \text{eşik\_değer} \\ 0 & \text{if } s \leq \text{eşik\_değer} \end{cases}$	Gelen NET (s) girdi değerinin belirlenen bir eşik değerinin altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerini alır.
Sinüs fonksiyonu $F(s)=\text{Sin}(s)$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.
Eşik değer fonksiyonu $F(s)= \begin{cases} 0 & \text{if } s \leq 0 \\ s & \text{if } 0 < s < 1 \\ 1 & \text{if } s \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgilerin 0 veya 1'den büyük veya küçük olmasına göre değerler alır. 0 ve 1 arasında değerler alabilir. Bunların dışında değerler alamaz.
Hiperbolik tanjant fonksiyonu $F(s)= (e^s + e^{-s}) / (e^s - e^{-s})$	Gelen NET girdi değerinin tanjant fonksiyonundan geçirilmesi ile hesaplanır

**Kaynak:** Ercan Öztemel, **Yapay Sinir Ağları**, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2003, s.51.

Kullanılan temel aktivasyon fonksiyonları ( $f(s)$ ) şekil 2.3'te aşağıda verilmiştir.



**Şekil 2.3:** Genel Aktivasyon fonksiyonları

- a) Eşik Aktivasyon Fonksiyonu
- b) Parçalı Doğrusal Fonksiyon
- c) Çeşitli Eğim Parametreleri İçin Sigmoid Fonksiyonu

**Kaynak:** İrfan Sağdıncı, “Yapay Sinir Ağları Kullanılarak EEG Modellemesi ve Uyarılmış Beyin Potansiyellerinin Çıkartımı”, (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998), s.24.

### 2.6.5. Hücrenin Çıktısı

Aktivasyon fonksiyonundan geçirilen değerler, hücrenin çıkışına gönderilir. Yapay sinir hücresinde aktivasyon fonksiyonu sonuçları bu aşamada dış dünyaya veya diğer sinir hücrelerine gönderilir. Her bir düğümde bir çıkış işaretine izin verilir ve sinirin çıkışı, kendinden sonra gelen herhangi bir sayıdaki diğer sinirlere giriş olabilir<sup>43</sup>.

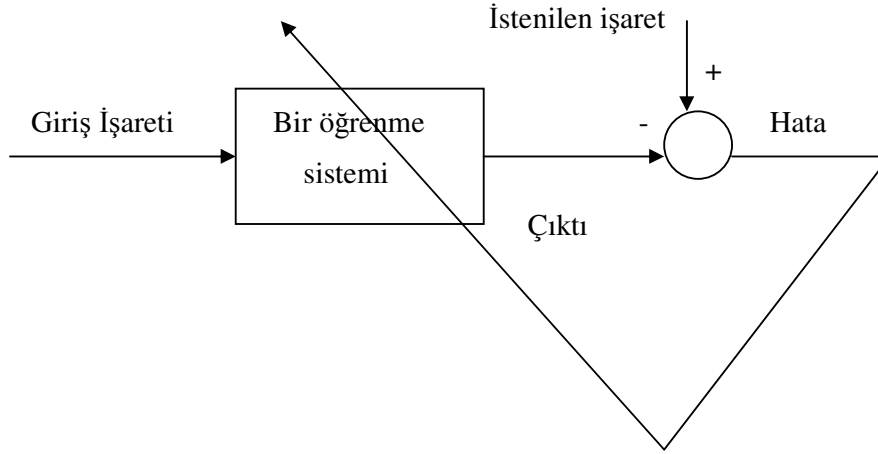
<sup>43</sup> Elmas, a.g.e., s.35.

## 2.7. YAPAY SİNİR AĞLARINDA ÖĞRENME

Oluşturulan bir sinir ağı modelinde hedef, problemi çözebilmek için en iyi ağırlık değerlerini bulmaktır ve bu en iyi ağırlık değerlerini arama sürecine ağırlık öğrenmesi olarak adlandırılır<sup>44</sup>.

### 2.7.1. Denetimli (Öğretmenli) Öğrenme:

Şekil 2.4'te gösterildiği gibi denetimli öğrenme sisteminde; öğrenme, sistemin çıktısı ile istenilen çıktılar arasındaki karşılaştırmaya dayanır<sup>45</sup>. Sistemin öğrenmesinde bir danışman (öğretmen) yardımcı olur. Sinir ağına öğretmen tarafından hem girdi hem de çıktı değerleri sunularak ağı ürettiği çıktı ile istenen çıktı arasındaki fark sıfır veya sıfıra yakın bir değer alınca kadar bağlantı ağırlıkları sürekli değiştirilir<sup>46</sup>.



Şekil 2.4 : Denetimli Öğrenme Sistemi

**Kaynak:** Chum Wang, Jyh-Ming Kuo ve Jose C. Principe, “A Relation Between Hebbian And MSE Learning”, IEEE, 5 (1995), s.3364.

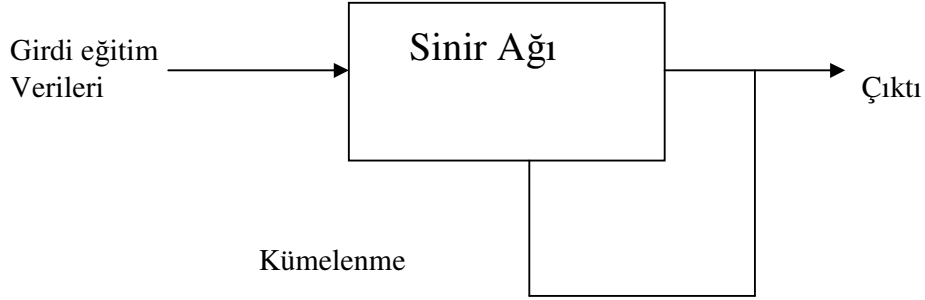
<sup>44</sup> Fernandez ve diğerleri, “Neural Networks For Animal Science Applications: Two Case Studies”, Expert Systems with Applications, 31 (2006), s.445.

<sup>45</sup> Chum Wang, Jyh-Ming Kuo ve Jose C. Principe, “A Relation Between Hebbian And MSE Learning”, IEEE, 5 (1995), s.3364.

<sup>46</sup> Civalık ve Ülker, age, s.3174.

### 2.7.2. Denetimsiz (Öğretmensiz) Öğrenme:

Şekil 2.5'te gösterildiği gibi denetimsiz öğrenme sisteminde denetimli öğrenmedeki gibi hedef çıktı değerleri yoktur ve girdi değerlerine uygun bir ağ çıktısı elde edilene kadar örnek veri seti ağa uygulanır<sup>47</sup>.



Şekil 2.5 : Denetimsiz Öğrenme Sistemi

**Kaynak:** E. Vonk, L. C. Jain ve R. P. Johnson, **Automatic Generation of Neural Network Architecture Using Evolutionary Computation**, World Scientific, 1997, s.11.

Öğretmenli ve öğretmensiz öğrenme birbirinden tamamen farklı öğrenme metotları olup öğretmensiz öğrenme kullanıldığında ağın çıktısı, doğrudan sınırlandırılmaz fakat gerçekte gizli bir girdi çıktı ilişkisi belirtilir<sup>48</sup>.

### 2.7.3. Takviyeli (Destekleyici ) Öğrenme:

Bu öğrenme stratejisinde sistemin kendisine gösterilen girdilere karşılık çıktısını üretmesi beklenerek üretilen çıktının doğru ya da yanlış olduğunu gösteren bir sinyal üretilir ve bu sinyali alan ağ öğrenmeyi sürdürür<sup>49</sup>.

<sup>47</sup> E. Vonk, L. C. Jain ve R. P. Johnson, **Automatic Generation of Neural Network Architecture Using Evolutionary Computation**, World Scientific, 1997, s.10.

<sup>48</sup> Chum Wang, Jyh-Ming Kuo ve Jose C. Principe, "A Relation Between Hebbian And MSE Learning", IEEE, 5 (1995), s.3363.

<sup>49</sup> Öztemel, a.g.e., s.25.

Bu tip öğrenme algoritmasında sinir ağının giriş değerlerine karşılık gelecek uygun çıktıların elde edilmesi esnasında ağırlıkların en uygun değerlerinin bulunması için “genetik algoritmalar” veya “tabu en iyilime” yöntemlerinden yararlanılır ve ağırlıkların optimize edilmesi sağlanır<sup>50</sup>.

## 2.8. ÖĞRENME KURALLARI

Yapay sinir ağlarında kullanılan değişik öğrenme kuralları vardır. Bu kuralların bir çoğu Hebbian öğrenme kuralını temel olarak almaktadır. Hebb Kuralı, Hopfield Kuralı, Delta Kuralı, Kohonen Kuralı, Eğimli Değişim Kuralı, bir önceki kısımda sayılan öğrenme stratejilerine dayanılarak geliştirilmiş öğrenme kurallarıdır.

### 2.8.1. Hebb Kuralı

Donald Hebb tarafından ortaya atılan öğrenme kuralına göre bir sinir başka bir sinirden bir giriş alırsa ve her ikisi de yüksek aktif ise (matematik olarak aynı işaretli) sinirler arasındaki boyut kuvvetlendirilir<sup>51</sup>.

Başka bir ifadeyle bir yapay sinir hücresi kendisi aktif ise bağlı bulunduğu hücreyi aktif yapmaya, pasif ise pasif yapmaya çalışmaktadır<sup>52</sup>.

### 2.8.2. Hopfield Kuralı

Bu kurala göre; genel olarak 0-1 arasında sabit ve pozitif bir değer olan öğrenme katsayısı yardımıyla ağırlıklar kuvvetlendirilir ya da zayıflatılır. Eğer beklenen çıktı ve girdi değerlerinin her ikisi de aktif ise ağırlık değerleri öğrenme katsayısı yardımı ile kuvvetlendirilir; pasif ise zayıflatılır<sup>53</sup>.

---

<sup>50</sup> Civalık ve Ülker, a.g.e., s.3174.

<sup>51</sup> Çetin ELMAS, **Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)**, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003, s.36.

<sup>52</sup> Öztemel, a.g.e., s.26.

<sup>53</sup> Öztemel, a.g.e., s.26.

### 2.8.3. Delta Kuralı

*Windrow-Hoff Öğrenme ve En Küçük Ortalamalar Karesi (Least Mean Square) Kuralı* olarak da adlandırılan Delta kuralına göre, bir sinirin gerçek çıkışı ile istenilen çıkış değeri arasındaki farkı azaltmak için giriş bağlantı değerleri sürekli olarak geliştirilir ve ağ hatasının karesini minimize etmek için bağlantı boyutları değiştirilir<sup>54</sup>.

### 2.8.4. Kohonen Kuralı

Kohonen kuralında ağırlıkların değiştirilmesi, hücrelerin birbirleri ile yarışması ile gerçekleştirilir.

Birbirleri ile yarışan yapay sinir hücrelerinden en büyük çıktısı olan hücre kazanan hücre olarak çıktı verir ve kazanan hücrenin komşu hücreleri de ağırlıklarını yenileyerek işin içine girerler<sup>55</sup>.

Kohonen kuralı bir çıkış veri dizisi olmasını gerektirmeyip öğretmensiz öğrenme ile eğitimi gerçekleştirilir<sup>56</sup>.

### 2.8.5. Eğimli Değişim Kuralı

Eğimli Değişim Kuralı'nda hatanın düzeltilmesi için transfer fonksiyonunun türevi kullanılmaktadır. Bu kurala göre; öğrenme oranına orantılı bir ek sabit değer son değiştirme faktörüne eklenir ve bağlantı ağırlığı bu ek değerli faktöre göre değiştirilir<sup>57</sup>.

---

<sup>54</sup> Elmas a.g.e., s.36.

<sup>55</sup> Şen, a.g.e., s.98.

<sup>56</sup> Şen, a.g.e., s.98.

<sup>57</sup> Hasan Yurtoğlu, **Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği**, Uzmanlık Tezi, Ankara: DPT, 2005, ss.100-101., <http://ekutup.dpt.gov.tr/ekonomi/tahmin/yurtoglh/ysa.pdf>, 10.02.2007

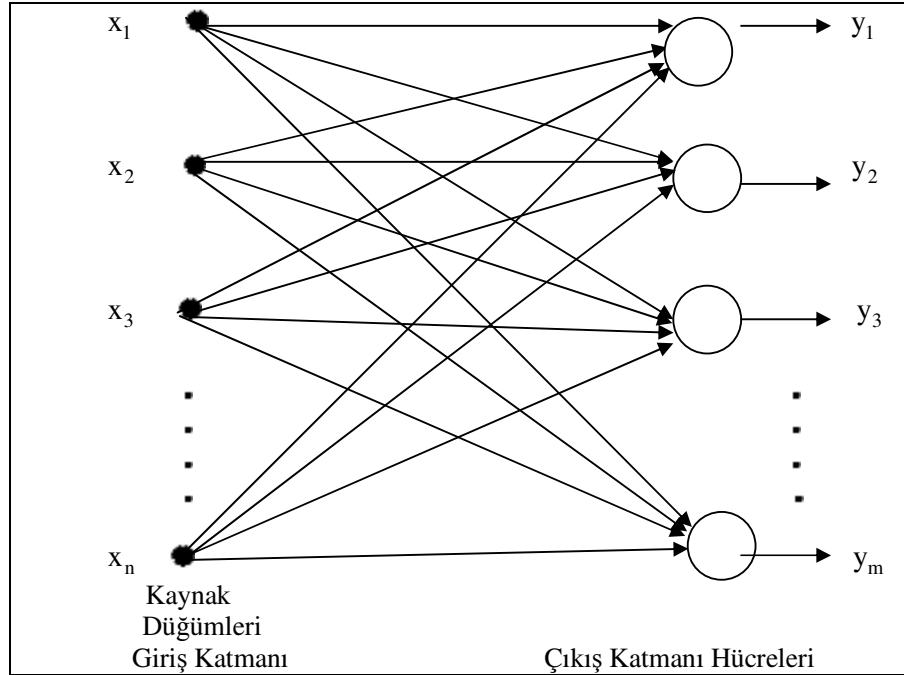
## 2.9. YAPAY SİNİR AĞI YAPILARI (MİMARİLERİ)

Yapay sinir ağlarının sınıflandırılması, ağı eğitmek için kullanılan algoritmaya bağlıdır. Kullanılan öğrenme algoritması ağı yapısını belirlemektedir. Değişik ağ mimarileri bulunmaktadır. Burada dört temel ağ mimarisi anlatılacaktır.

### 2.9.1. Tek Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar

Tek katmanlı ileri beslemeli sinir ağlarında birden fazla sinir hücresi bir araya gelerek bir katman oluştururlar ve girdiler, sinir ağının girişinden çıkışına doğru tek yönlü olarak iletilir<sup>58</sup>.

Şekil 2.6'da gösterilen ileri beslemeli yapay sinir ağı bir çok uygulamada kullanılmaktadır. Geri Yayılım Ağı, en çok kullanılan bir ileri beslemeli yapay siniri ağıdır.



Şekil 2.6: Tam Bağlantılı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı Mimarisi

**Kaynak:** Cihan Karakuzu, “Yapay Sinir Ağları İle Bir Kontrol Uygulaması”, (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998), s.14.

<sup>58</sup> Cihan Karakuzu, “Yapay Sinir Ağları İle Bir Kontrol Uygulaması”, (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998), s.14.

### 2.9.2. Çok Katmanlı İleri Beslemeli Ağlar

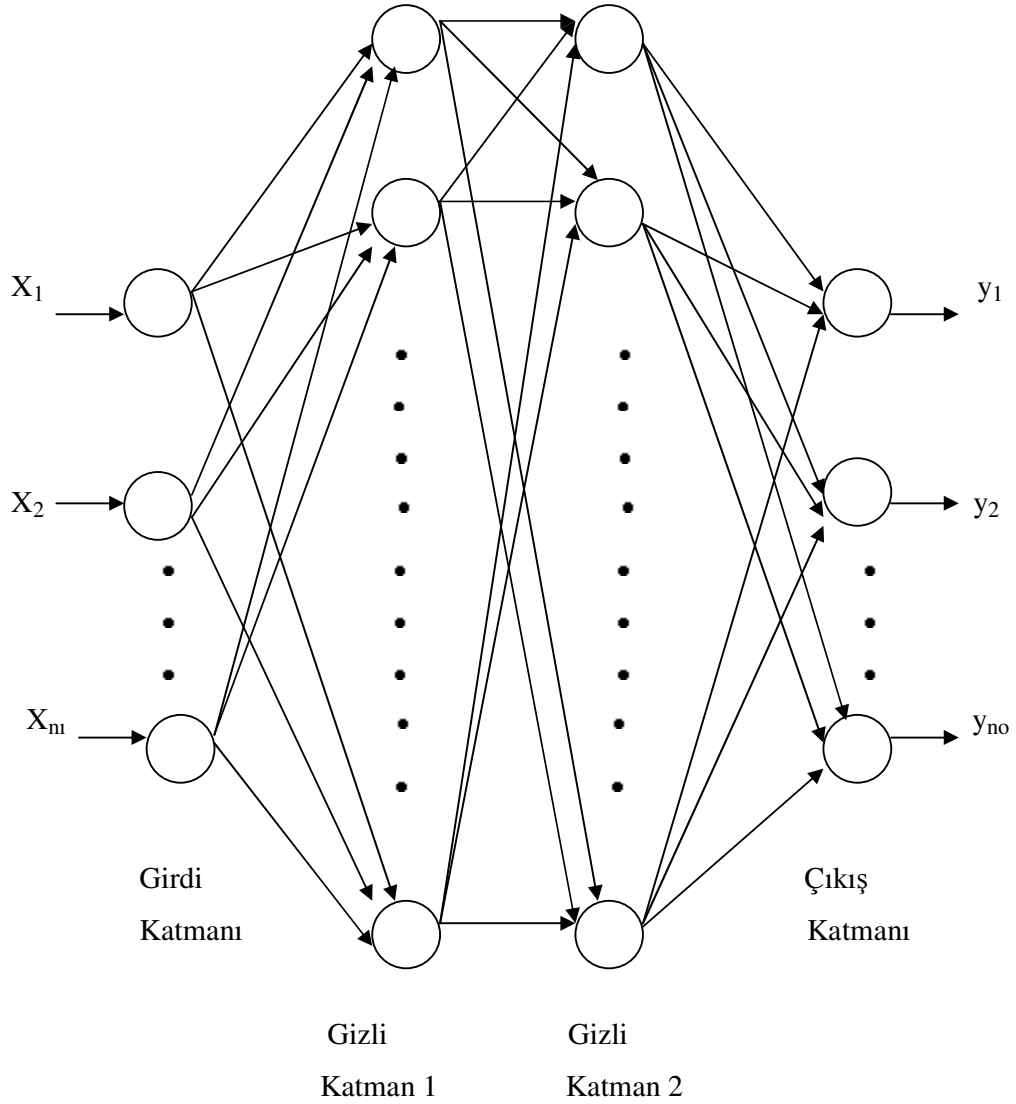
Çok katmanlı ileri beslemeli ağların çalışma prensibi tek katmanlı ağlarla aynı şekildedir. Farklı olarak çok katmanlı ileri beslemeli ağlarda giriş ve çıkış katmanları arasında gizli katmanların bulunmasıdır. Gizli katmanların sayısı ve gizli katmanlardaki hücre sayısı problemin yapısına göre belirlenmektedir.

Esnek ve geniş bir kullanım alanına sahip olan ileri beslemeli yapay sinir ağlarında, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki ilişki bulunmaya çalışılır<sup>59</sup>.

Şekil 2.7’de bir giriş, bir çıkış ve iki adet gizli katmana sahip bir çok katmanlı ileri beslemeli ağ mimarisi verilmiştir.

---

<sup>59</sup> S. Karatasou, M. Santamouris ve V. Geros, “**Modeling And Predicting Building’s Energy Use With Artificial Neural Networks: Methods And Results**”, Energy and Buildings, 38 (2006), s.950.



**Şekil 2.7 :** Çok Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı

**Kaynak :** Şahin Yıldırım, “Artificial Neural Network Applications to Control”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:18, Sayı: 1-2 (2002), s.2.

İleri besleme sürecinde; giriş katmanındaki sinirlere iletilen girdiler, ilk gizli katmandaki hücrelere geçer ve bu hücreler kendisine gelen girdilerin ağırlıklı toplamını hesaplayarak aktivasyon fonksiyonundan geçirir ve sonuçları bir sonraki katmana iletir<sup>60</sup>.

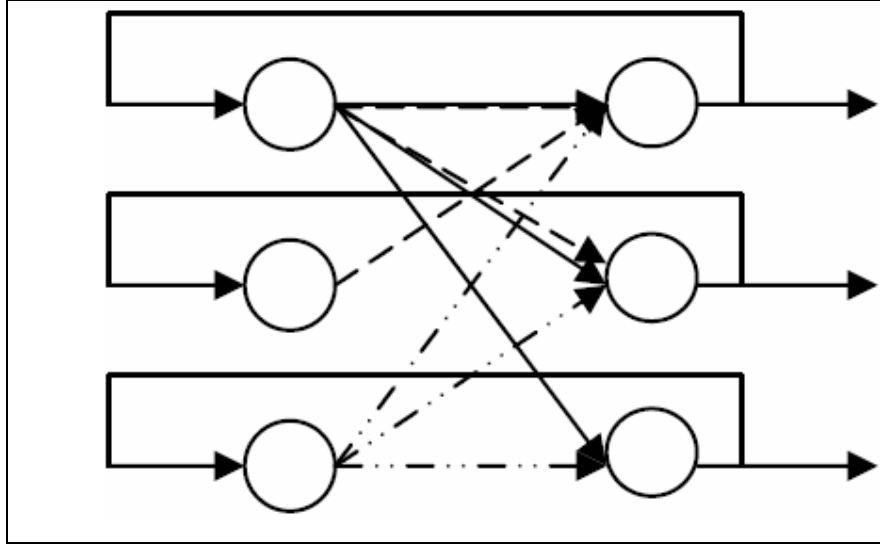
<sup>60</sup> Kishan Mehrotra, Chilukuri K. Mohan ve Sanjay Ranka, **Elements of Artificial Neural Networks**, The MIT Pres, 1997, s.70.

### 2.9.3. Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları (Geri Dönüşümlü Ağlar)

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında çıkış ve ara katman çıkışları, giriş birimlerine veya kendinden önceki ara katmanlara geri beslenir ve bu şekilde girişlerin hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılması sağlanır<sup>61</sup>.

Ağ gücünü temsil etme kabiliyeti bakımından geri dönüşümlü ağ yapısı gerçek dinamik bir yapıya sahiptir<sup>62</sup>.

Şekil 2.8’de geri beslemeli bir yapay sinir ağı resmedilmiştir.



Şekil 2.8: Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı

**Kaynak:** İhsan Kaya, Selda Oktay ve Orhan Engin, “**Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı**”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:21, Sayı:1-2 (2005), s.95.

<sup>61</sup> İhsan Kaya, Selda Oktay ve Orhan Engin, “**Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı**”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:21, Sayı:1-2 (2005), s.95.

<sup>62</sup> Şahin Yıldırım, “**Artificial Neural Network Applications to Control**”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:18, Sayı: 1-2 (2002), s. 3.

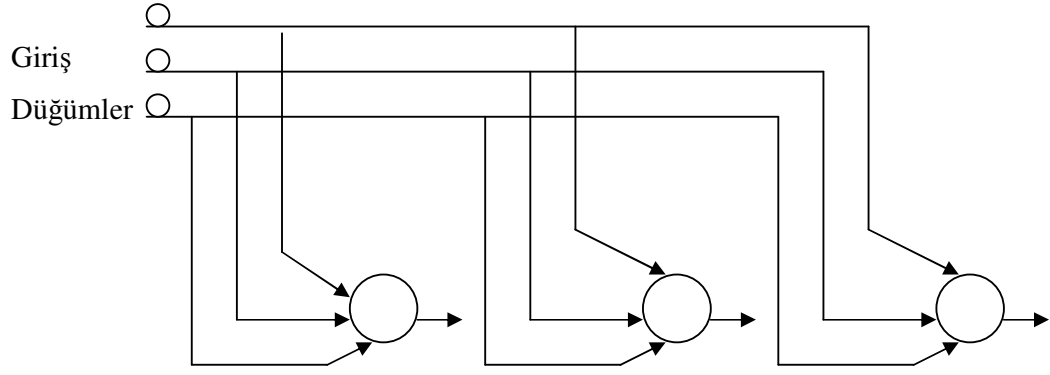
#### 2.9.4. Kafes Yapılı Ağlar

Kafes yapılı yapay sinir ağlarında; kafesin yapısı bir veya birden fazla sinir hücresinden oluşan dizilerden oluşmaktadır ve kafesin boyutu ise ağ grafiğinin bulunduğu uzayda boyutların sayısı olarak ifade edilmektedir<sup>63</sup>.

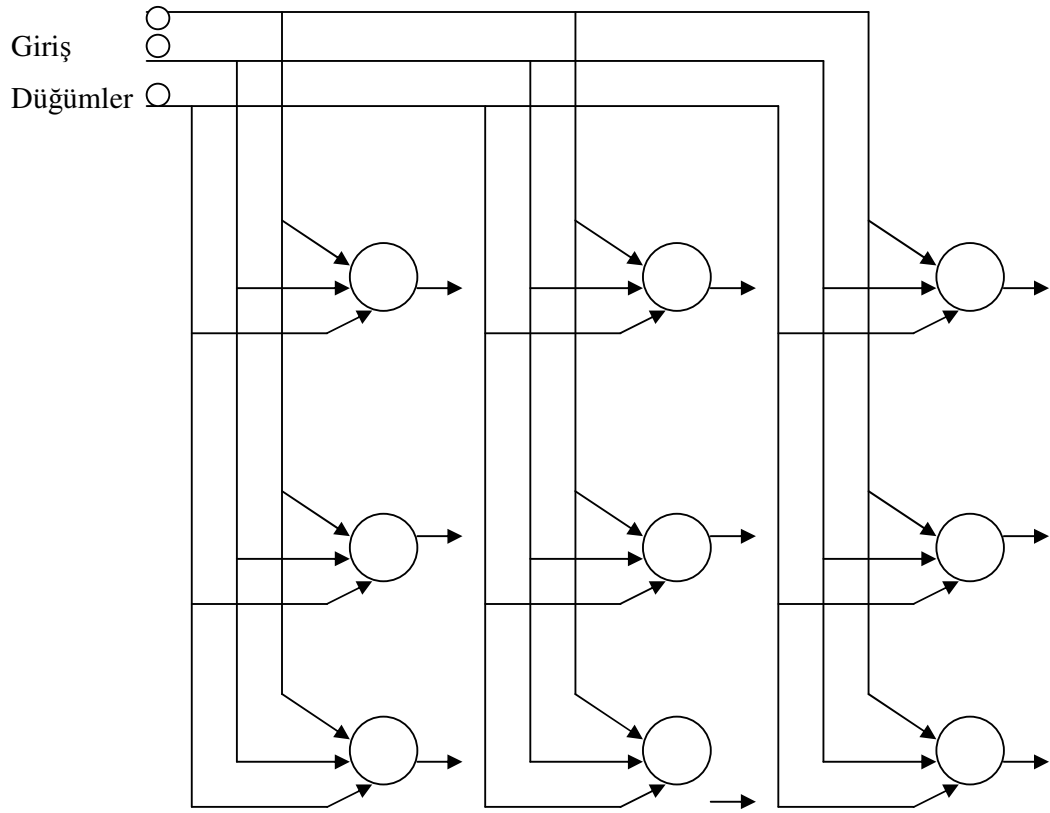
Şekil 2.9’da bir boyutlu ve iki boyutlu kafes yapılı ağlar görülmektedir.

---

<sup>63</sup> İrfan Sağdınç, “Yapay Sinir Ağları Kullanılarak EEG Modellemesi ve Uyarılmış Beyin Potansiyellerinin Çıkartımı”, (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998), s.27.



(a)



(b)

**Şekil 2.9:** Kafes Yapılı Ağlar

a) Bir Boyutlu Kafes Yapı

b) İki Boyutlu Kafes Yapı

**Kaynak:** İrfan Sağdıncı, “Yapay Sinir Ağları Kullanılarak EEG Modellemesi ve Uyarılmış Beyin Potansiyellerinin Çıkartımı”, (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1998), s.27.

## 2.10. YAPAY SİNİR AĞLARINDAKİ KATMANLAR

Bir yapay sinir ağında 3 katman bulunmaktadır. Bunlar giriş, gizli ve çıkış katmanıdır. Bu katmanlar sırasıyla aşağıdaki gibi açıklanabilir.

### 2.10.1. Giriş Katmanı

Giriş katmanı dış dünyadan gelen verilerin bulunduğu katmandır. Bu katmanın içerdiği her bir sinir hücresi eğitim sırasında değişecek olan bir ağırlık katsayısı ile gizli hücrelere bağlanır ve belirli bir uygulamanın gerektirdikleri dikkate alınarak bu katmandaki hücrelerin sayısı değiştirilebilir<sup>64</sup>. Bu katman bir anlamda dış dünyadan gelen verilerin gizli katmanlara iletilmesinde aracı rol üstlenir.

### 2.10.2. Gizli Katman

Giriş katmanından iletilen veriler saklı katmanda toplanır ve burada işlem tabi tutulur. Gizli katman giriş katmanı ile çıkış katmanı arasındaki katmandır. Bir sinir ağında gizli katman sayısının veya gizli katmanlarda bulunacak gizli hücrelerin sayısının belirlenmesinde güvenilir bir kural olmayıp bunların sayısı deneme yanılma yoluyla tespit edilir<sup>65</sup>. Problemin yapısına göre gizli katmanların ve gizli katmanlarda bulunacak gizli hücrelerin sayısı deneme yanılma yoluyla artırılır veya azaltılır. Bu durumda en iyi sonucu verecek şekilde sayı tespit edilir.

### 2.10.3. Çıkış Katmanı

Bu katmanda çıkış hücreleri bulur ve herhangi bir veri için beklenen çıktı değerlerini temsil eder<sup>66</sup>. İstenen çıktı sayısı kadar sinir hücresi içeren çıktı katmanı, ağırlıklar ile gizli katmana bağlıdır<sup>67</sup>. Bir sinir ağında bir adet çıkış katmanı bulunur.

---

<sup>64</sup> P.S. Rajpal, K.S. Shishodia ve G.S. Sekhon, “An Artificial Neural Network For Modeling Reliability, Availability And Maintainability of A Repairable System”, Reliability Engineering and System Safety, 91 (2006), s.810.

<sup>65</sup> H.J. Manohar, R. Saravanan ve S. Renganarayanan, “Modelling Of Steam Fired Double Effect Vapour Absorption Chiller Using Neural Network”, Energy Conversion and Management, 47 (2006), s.2206.

<sup>66</sup> Şen, a.g.e., s.65.

## 2.11. GERİ YAYILIM AĞI (BACKPROPAGATION)

Geri yayılım algoritması, sinir ağında istenilen çıktılar ile gerçek çıktılar arasındaki ortalama kareler hatasını en aza indirgeyerek ağıın ağırlıklarını değiştiren, en küçük ortalama kareler algoritmasının (least mean squared algoritm) genelleştirilmiş halidir<sup>68</sup>.

Geri yayılım algoritması, kolay anlaşılması ve matematiksel olarak ispatlanabilir olmasından dolayı en çok tercih edilen öğretim algoritması olup bu algoritmaya göre, hatalar çıkıştan girişe geriye doğru azaltılır ve bu çalışma prensibinden dolayı geri yayılım ismini alır<sup>69</sup>. Geri yayılım algoritması ile sinir ağıının çıkışındaki mevcut hata düzeyine göre her bir tabakadaki ağırlıklar yeniden hesaplanmaktadır ve geri yayımlı ağ modeli giriş katmanı, çıkış katmanı ve sayısı problemin özelliklerine göre değişebilen gizli katmanlardan oluşmaktadır<sup>70</sup>.

Geri yayılım algoritması kullanılarak eğitilen bir sinir ağında hızlı bir genel yakınsama gerçekleştirmek için momentum terimi kullanılır ve her bir sinir hücrelerini harekete geçirebilmek için bias değeri kullanılır<sup>71</sup>.

Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen bir gradyan azalma metodu olan geri yayılım algoritmasının öğrenme sürecinde hata fonksiyonu E'yi en aza indirmek için bağlantı ağırlıkları düzeltilir<sup>72</sup>.

---

<sup>67</sup> P.S. Rajpal, K.S. Shishodia ve G.S. Sekhon, "An Artificial Neural Network For Modeling Reliability, Availability And Maintainability of A Repairable system", Reliability Engineering and System Safety, 91 (2006), s.810.

<sup>68</sup> Kishan Mehrotra, Chilukuri K. Mohan ve Sanjay Ranka, Elements of Artificial Neural Networks, The MIT Press, 1997, s.70.

<sup>69</sup> Ömer Keleşoğlu, Cevdet Emin Ekinci ve Adem Fırat, "The Using of Artificial Neural Networks In Insulation Computations", Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma, Sayı:3 (2005), s.60.

<sup>70</sup> Keleşoğlu, Ekinci ve Fırat, a.g.e., s.60.

<sup>71</sup> V. Ramalingam ve diğerleri, "Measuring Advertisement Effectiveness - A Neural Network Approach", Expert Systems with Applications, 31 (2006), s.160.

<sup>72</sup> Jae Kyeong Kim ve Seok Chin Chu, "Analyzing a Class of Decision Problems: Neural Network Based Approach" IEEE, (1998), s.3.

Gradyan azalma metoduna göre, ağırlıklar hata gradyanına zıt yönde hareket ettirilir ve en küçük hata değerine ulaşınca kadar her inişte gradyan azalma, daha küçük hatalarla sonuçlanır<sup>73</sup>.

Geri yayılım algoritması eğitim sürecinde amaç ağın çıktısı ile istenen çıktılar arasındaki toplam hata E'yi azaltmak olup aşağıdaki gibi tanımlanır (bkz. Eşitlik (2.3) ve Eşitlik (2.4))<sup>74</sup>:

$$E=1/p \sum E_p \quad , \quad (2.3)$$

burada

$$E_p=1/2 \sum (T_j-Y_j)^2 \quad , \quad (2.4)$$

p toplam örüntü sayısını, T<sub>j</sub> istenilen çıktıyı, Y<sub>j</sub> ağın ürettiği çıktıyı göstermektedir.

Geri yayılım ağının öğrenme sürecinde istenilen çıktıları elde edebilmek için çıkış katmanındaki hata gizli katmanlara doğru geri yayılır ve ağın ağırlığını hesaplayıp bağlantı ağırlıklarını değiştirerek çıkış hatasını azaltmak için gradyan azalma metodu kullanılır<sup>75</sup>.

---

<sup>73</sup> C. V. Vaidyanathan, P. Kamatchi and R. Ravichandran, “**Artificial Neural Networks for Predicting The Response of Structural Systems With Viscoelastic Dampers**”, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 20 (2005), pp.294–302, p.295.

<sup>74</sup> S. Mandal and N. Prabaharan, “**Ocean Wave Forecasting Using Recurrent Neural Networks**”, Ocean Engineering, 33 (2006), pp.1401-1410, p.1403.

<sup>75</sup> Mandal and Prabaharan, a.g.e., p.1403.

Yapay sinir ağında gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki bağlantı ağırlıkları geliştirilmiş delta kuralı kullanılarak aşağıdaki formül ile güncellenir<sup>76</sup> (bkz. Eşitlik (2.5)):

$$w_{ji}(t) = w_{ji}(t-1) + \Delta w_{ji}(t) \quad (2.5)$$

burada  $t$  iterasyon sayısını ve  $w_{ji}(t)$  yeni ağırlık olup katmanlar arasındaki bağlantı ağırlıklarında aşamalı olarak meydana gelecek olan değişiklik için aşağıdaki formül kullanılmaktadır (bkz. Eşitlik (2.6));

$$\Delta w_{ji} = -\mu \partial E / \partial w_{ji} \quad (2.6)$$

burada  $\mu$  öğrenme oranı olarak bilinmektedir.

Formül düzenlendikten sonra ağırlık katsayılarındaki değişim aşağıdaki gibi olur (bkz. Eşitlik (2.7) ve Eşitlik (2.8))<sup>77</sup>:

$$\Delta w_{ji}(t) = \mu \delta_j(t) y_i(t) \quad (2.7)$$

$$\delta_j(t) = d_j(t) - y_j(t) \cdot f'(\sum w_{ji}(t) y_i(t)) \quad (2.8)$$

burada  $d$  çıkışta istenilen vektörü,  $y$  ağırlık ürettiği çıkış vektörünü göstermektedir ve giriş katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlık katsayıları aşağıdaki formül ile hesaplanır (bkz. Eşitlik (2.9));

$$\delta_j(t) = f'(\sum w_{ji}(t) y_i(t)) (\sum \delta_k(t) w_{kj}(t)), \quad (2.9)$$

yakınsamayı hızlandıran  $\alpha$  momentum katsayısı ile birlikte ağırlıkların yeniden düzenlenmesini sağlayan formül aşağıdaki gibi geliştirilir ve bununla birlikte diğer bağlantı ağırlıkları da benzer şekilde güncellenir. (bkz. Eşitlik (2.10));

$$\Delta w_{ji}(t) = \mu \delta_j(t) y_i(t) + \alpha \Delta w_{ji}(t-1). \quad (2.10)$$

<sup>76</sup> K.M. Neaupane, S.H. Achet, "Use of Backpropagation Neural Network For Landslide Monitoring: A Case Study In The Higher Himalaya", Engineering Geology, 74 (2004), pp.213-226, s.219.

<sup>77</sup> Mehmet Sıraç Özerdem ve A. Coşkun Sönmez, "Depreme İlişkin Olağan Dışı Sinyal Değişiminin YSA İle Saptanması", İTÜ Dergisi/D Mühendislik, Cilt:2, Sayı:5 (Ekim 2003), s.5.

## 2.12. YAPAY SINİR AĞININ EĞİTİM ADIMLARI

Bir yapay sinir ağının eğitimi genel olarak aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilebilir<sup>78</sup>:

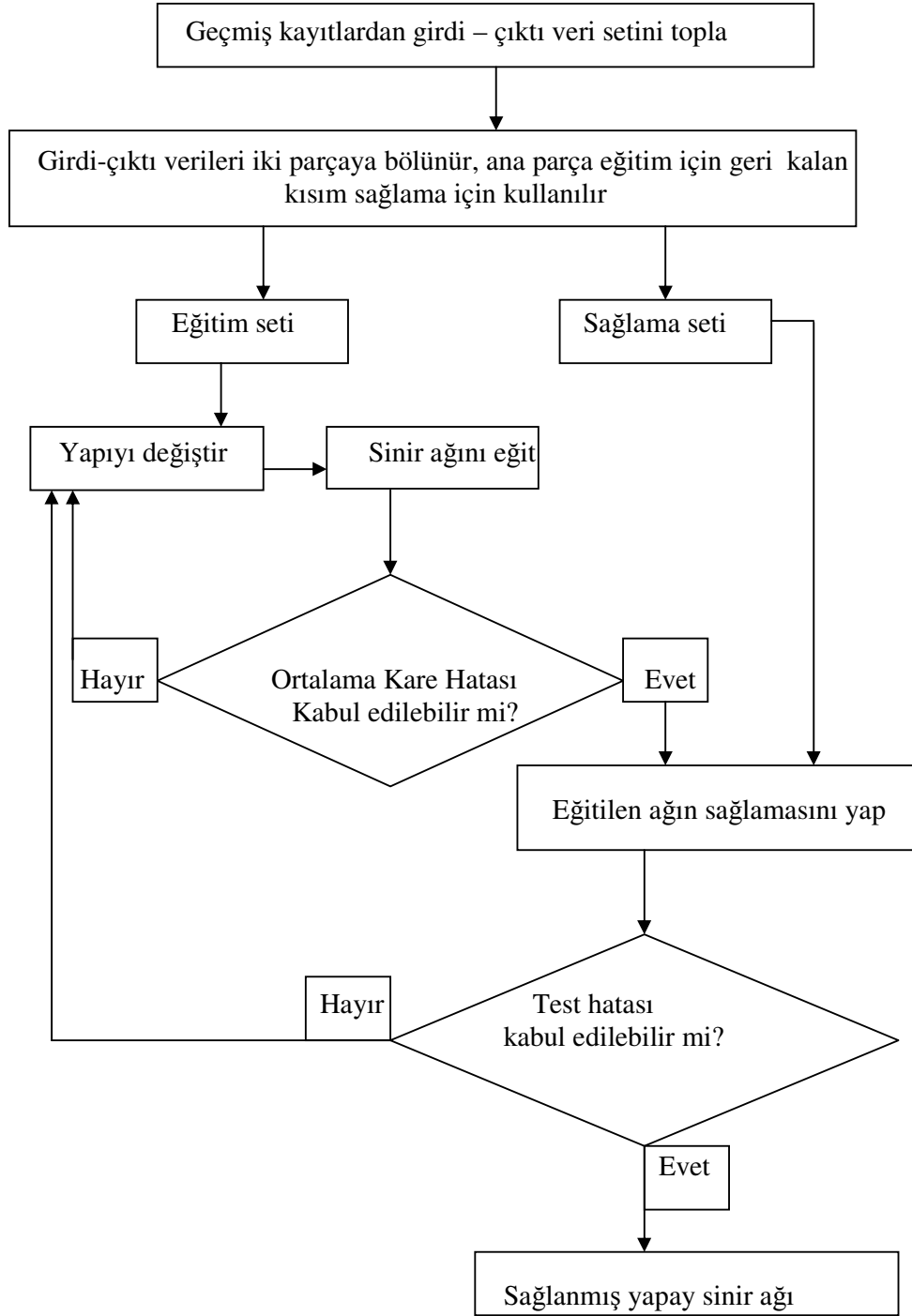
- Sistemin ihtiyaç duyulan girdi parametreleri tanımlanır. Bu parametreler operasyonel parametreleri içermelidir (süre, arızalar, örüntü,... vb. faktörler).
- Güvenilirlik, kullanılabilirlik, dayanıklılık gibi faktörler açısından sistem performansını ölçebilecek çıktı parametreleri tanımlanmalıdır.
- Bu parametreler, sistem çıktısının basit bir ölçümü içinde birleştirilir.
- Girdi ve çıktı çiftlerinden çok sayıda eğitim ve sağlama veri grubu hazırlanır. Genellikle veri kümesinin üçte ikisi eğitim için kullanılır ve geri kalan test ve sağlama için kullanılır. Veri grubu eğitim ve sağlama grubu için rasgele dağıtılmalıdır. Yapay sinir ağı eğitim seti yardımıyla eğitilir ve eğitim ortalama karelerin hatası minimuma ulaşınca kadar devam eder. Eğitimden sonra sağlama verileri ile yapay sinir ağının geçerliliği denetlenir. Sağlama safhası, daha önceden görülmeyen girdi verilerine doğru cevap vermesini sağlamak için sinir ağının kabiliyetini değerlendirir. Gizli katman sayısı ve gizli hücrelerin sayısının doğru olarak belirlenmesi deneme yanılma yoluyla gerçekleştirildiği için öncelikle bir gizli katman ve birkaç gizli hücre ile başlanabilir ve daha sonra bu sayı artırılarak optimum sonuca ulaşılır.

---

<sup>78</sup> P.S. Rajpal, K.S. Shishodia ve G.S. Sekhon, “An Artificial Neural Network For Modeling Reliability, Availability And Maintainability of A Repairable System”, Reliability Engineering and System Safety, 91 (2006), s.811.

- Eğitilen ve sağlaması yapılan yapay sinir ağı modelinin simülasyonu yapılır. Farklı koşullarda sistemin davranışını tahmin edebilmek için sinir ağı modeli kullanılır.
- Optimal bir sonuç elde edebilmek için yukarıdaki adımlar yerine getirilir. Eğer elde edilen sonuçlar beklenen çıktılar değilse yukarıdaki adımlar tekrar edilerek en iyi sonuç elde edilmeye çalışılır.

Şekil 2.10'da ileri beslemeli bir sinir ağının eğitim ve test aşamaları adım adım gösterilmiştir.



**Şekil 2.10:** İleri Beslemeli Bir Sinir Ağıının Eğitim ve Test Aşamaları

**Kaynak:** P.S. Rajpal, K.S. Shishodia ve G.S. Sekhon, “An Artificial Neural Network For Modeling Reliability, Availability And Maintainability of A Repairable System”, Reliability Engineering and System Safety, 91 (2006), s.811.

## 2.13. XOR PROBLEMİNİN ÇÖZÜMÜ

XOR problemi, yapay sinir ağları için çok önemli bir yere sahiptir. Bir devrin kapanıp yeni bir devrin açılmasına neden olan XOR probleminin geri yayılım ağı ile çözümünün aşamaları aşağıdaki gibidir<sup>79</sup>:

**Tablo 2.4 :** XOR Problemi İçin Girdi ve Çıktılar

	Girdi (G <sub>1</sub> )	Girdi (G <sub>2</sub> )	Çıktı (B)
Örnek 1	0	0	0
Örnek 2	0	1	1
Örnek 3	1	0	1
Örnek 4	1	1	0

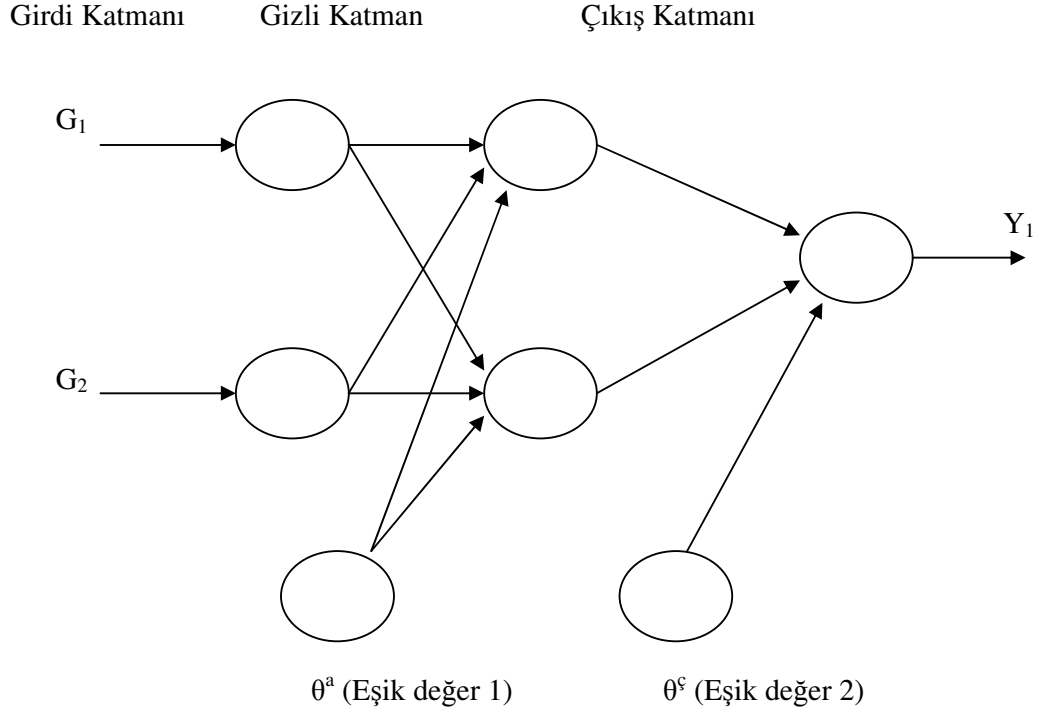
### 1. Adım: Örneklerin Toplanması ve Ağ Yapısının Belirlenmesi:

Örnekler 2.4'teki tabloda verilmiştir. XOR problemi 4 adet örnekten oluşmaktadır. Tabloda görüldüğü üzere örnekler 1 ve 0 değerlerinden oluşmaktadır ve beklenen çıktı değerleri de verilmiştir.

Şekil 2.11'te gösterildiği gibi XOR problemi 2 girdi ve 1 adet çıktıya sahiptir. Problemden de 2 adet girdi hücresi ve 1 adet çıktı ünitesi olacaktır. Problemin çözümü için 1 adet gizli katman ve bu gizli katmanda da 2 adet sinir hücresi oluşturulmuştur. Gizli katman ve çıktı katmanı için de bir adet eşik değeri tanımlanmıştır.

---

<sup>79</sup> Öztemel, a.g.e., ss.85-90.



**Şekil 2.11** : XOR Problemi İçin Tasarlanan Sinir Ağı

**2. Adım:** Öğrenme Parametrelerinin Belirlenmesi:

XOR problemi için oluşturulan ağda aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu seçilmiştir. Öğrenme katsayısı ( $\mu$ ) 0.5, momentum katsayısı ( $\alpha$ ) 0.8 olarak kabul edilmiştir.

**3. Adım:** Ağırlıkların Başlangıç Değerlerinin Atanması:

Ağırlıkların başlangıç değerlerinin aşağıdaki gibi kabul edilmiştir.

Girdi katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıklar  $W^i$  matrisi ile gösterilsin;

$$W^i = \begin{pmatrix} 0.129952 & 0.570345 \\ -0.923123 & 0.328932 \end{pmatrix}$$

Gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlıklar da  $W^a$  ile gösterilsin;

$$W^a = \begin{bmatrix} 0.164732 & 0.752621 \end{bmatrix}$$

Eşik değerin ağırlıkları ise  $\theta$  ile gösterilsin

$$\theta^a = \begin{bmatrix} 0.341332 & -0.115223 \end{bmatrix}$$

$$\theta^c = \begin{bmatrix} -0.993423 \end{bmatrix}$$

#### 4. Adım: Örneklerin Ağa Gösterilmesi ve İleri Doğru Hesaplama:

Birinci örnek  $G_1=0$ ,  $G_2=0$  ve  $B=0$  olarak belirlenip bu örnek ağa gösterilerek ileri doğru hesaplama yapılır.

Gizli katman hücrelerinin net girdileri ( $s$ ) (eşik değer ünitesinin ağırlık değerleri eklenmiş olarak) aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$S_1 = (0 \cdot 0.129952) + (0 \cdot -923123) + (1 \cdot 0.341232) = 0.341232$$

$$S_2 = (0 \cdot 570345) + (0 \cdot -328932) + (1 \cdot -0.115223) = -0.115223$$

Gizli katman hücrelerinin çıktıları ise aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$V_1 = \frac{1}{1 + e^{-0.341232}} = 0.584490$$

$$V_2 = \frac{1}{1 + e^{0.115223}} = 0.471226$$

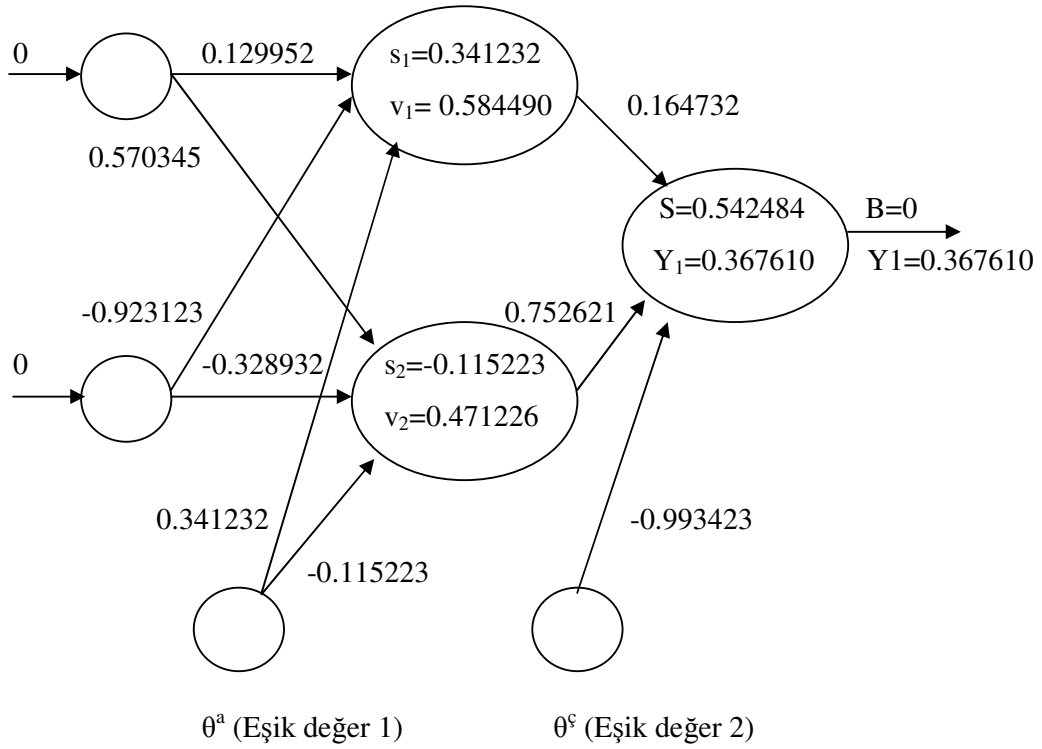
Çıktı katmanının net girdisi de aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$S = (1 * -0.993423) + (0.584490 * 0.164732) + (0.471226 * 0.752621) = -0.542484$$

Ağın çıktısı ise aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$Y_1 = \frac{1}{1 + e^{0.542884}} = 0.367610$$

Şekil 2.12'de ileri doğru hesaplamadan sonra oluşan sinir ağı ağırlıkları görülmektedir.



Şekil 2.12: İleri Doğru Hesaplama

Beklenen çıktımız (B) 0 olduğundan ağırlık hatası:  $E_1=0-0.367610 = -0.367610$  olur.

Bu hatanın geriye doğru yayılması sonucunda gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki ağırlıkların değişim miktarları aşağıda gösterildiği gibi olur;

$$\delta_1 = Y_1 \cdot (1 - Y_1) \cdot E_1$$

$$\delta_1 = 0.367610 \cdot (1 - 0.367610) \cdot (-0.367610)$$

$$\delta_1 = -0.085459$$

$$\Delta W_{11}^a = 0.5 \cdot -0.085459 \cdot 0.584490 + 0.8 \cdot 0 = -0.024875$$

$$\Delta W_{21}^a = -0.020135$$

$$\Delta \theta_1^c = -0.042730$$

Ağırlık miktarlarındaki bu değişikliklerden sonra gizli katman ile çıktı katmanı arasındaki yeni ağırlıklar aşağıdaki gibi olur;

$$W_{11}^a(t) = W_{11}^a(t-1) + \Delta W_{11}^a(t)$$

$$W_{11}^a(t) = 0.164732 - 0.024975 = 0.139757$$

$$W_{21}^a(t) = 0.752621 - 0.020135 = 0.732486$$

$$\theta_1^c(t) = -0.993423 - 0.042730 = -1.036153$$

Benzer şekilde girdi katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıklardaki değişim miktarları ve yeni ağırlık değerleri aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\delta_1^a(t) = Y_1 \cdot (1 - Y_1) \cdot \delta_1 W_{11}^a(t-1)$$

$$\delta_1^a = 0.584490 \cdot (1 - 0.584490) \cdot (0.164732) \cdot (-0.085459)$$

$$\delta_1^a = -0.034190$$

$$\delta_2^a = -0.160263$$

$$\Delta W_{11}^i(t) = 0.5 \cdot -0.034190 \cdot 0 + 0.8 \cdot 0 = 0$$

$$\Delta W_{12}^i(t) = 0.5 \cdot -0.034190 \cdot 0 + 0.8 \cdot 0 = 0$$

$$\Delta W_{21}^i(t) = 0$$

$$\Delta W_{22}^i(t) = 0$$

$$\Delta \theta_1^i(t) = 0.5 \cdot 1 \cdot -0.034190 = -0.017095$$

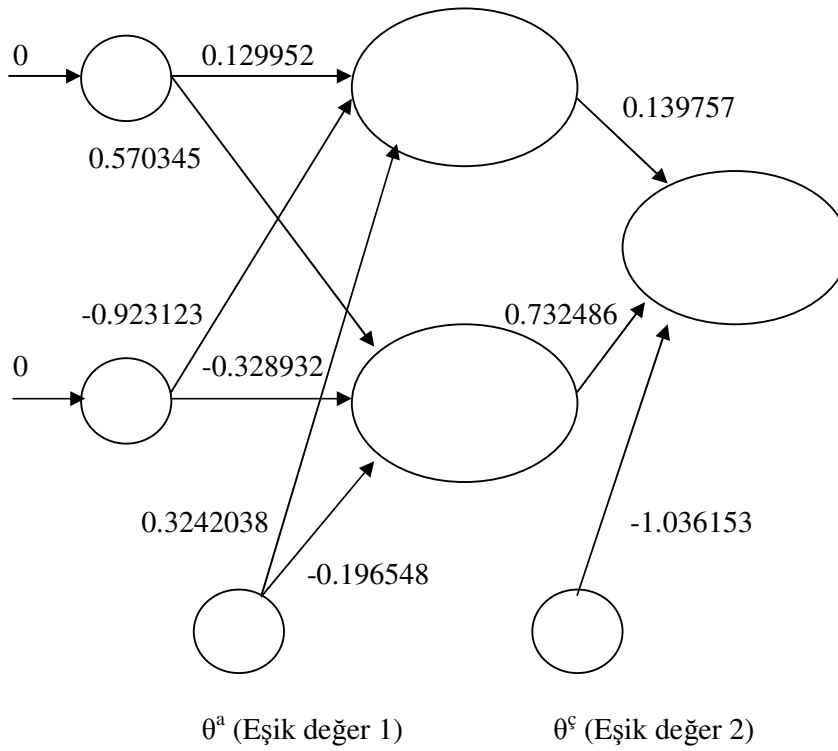
$$\Delta \theta_2^i(t) = 0.5 \cdot -0.160263 = -0.080132$$

Ağırlıklardaki değişim miktarı 0 olduğundan ağırlık değerlerinde herhangi bir değişiklik olmayacaktır. Ancak eşik değerinin ağırlıklarındaki değişiklikler aşağıdaki gibi olur;

$$\theta_1^i(t) = 0.341232 - 0.017095 = 0.3242038$$

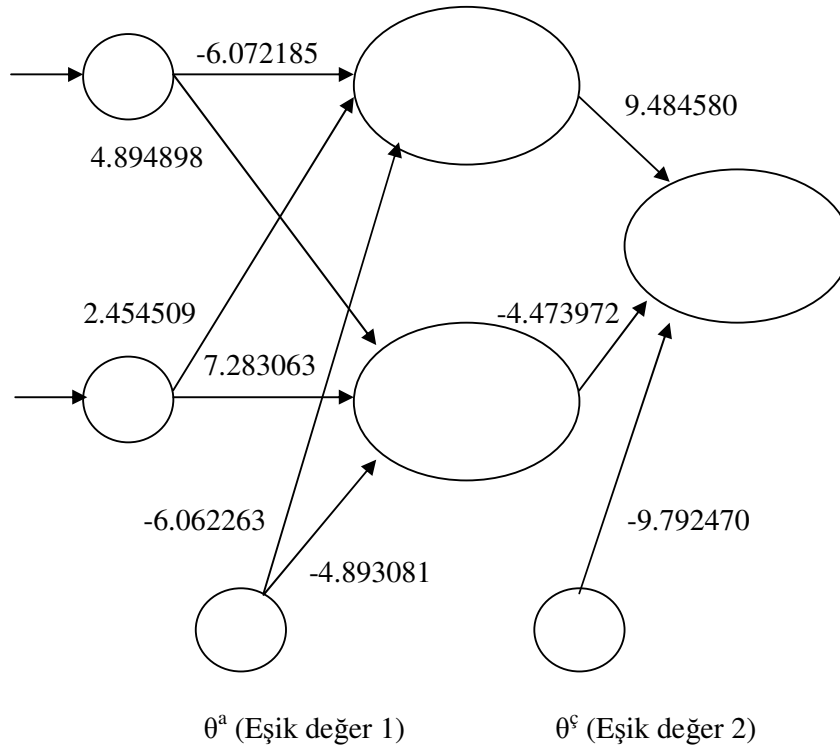
$$\theta_2^i(t) = -0.115223 - 0.081325 = -0.196548$$

Yapılan ağırlık değişimlerinden sonraki ağırlık değerleri şekil 2.13'te görülmektedir.



**Şekil 2.13:** XOR Probleminin Ağırlıkları Değiştirildikten Sonraki Durumu

Birinci iterasyon bittikten sonra ikinci iterasyon başlar ve bu aşamada ikinci örnek ağa gösterilir. İkinci örnekte  $G1=0$ ,  $G2=2$  ve  $B=1$  olacaktır. Yukarıdaki adımlar ikinci örnek için de tekrar edilir. Bütün çıktılar doğru cevap verinceye kadar bu iterasyonlara devam edilir. Şekil 2.14'te ağ öğrendikten sonraki ağırlık değerleri görülmektedir.



**Şekil 2.14:** XOR Problemi Öğrendikten Sonraki Ağrlık Değerleri

XOR problemi öğrendikten sonra tablo 2.5'teki sonuçlar ve hata oranları elde edilir.

**Tablo 2.5 :** XOR Problemi Öğrendikten Sonra Ağın Ürettiği Çözümler İle Hata Oranları

Girdi 1 (G1)	Girdi 2 (G2)	Beklenen Çıktı (B)	Ağın Çıktısı (Y)	Hata
0	0	0	0.017622	-0.017
1	0	1	0.981504	0.018
0	1	1	0.981491	0.018
1	1	0	0.022782	-0.020

## **BÖLÜM 3**

### **BAKIM PLANLAMASI**

#### **3.1. BAKIMIN TANIMI**

İşletmelerde üretim sürecinde kullanılan teçhizatlar çeşitli nedenlerden dolayı çalışamaz duruma gelebilmektedir. İşletmede kullanılan ekipmanlarda bir takım arızalar meydana gelmeden önce ya da geldikten sonra bu arızaların düzeltilmesine yönelik yapılan çalışmaların bütününe “bakım” adı verilmektedir<sup>80</sup>.

Bakım, işletme içi veya işletme dışı nedenlerden dolayı işletmede kullanılan bazı teknik sistemlerin fonksiyonlarını yerine getirememesi ihtimalinin dikkate alınarak bu etkilerin ortadan kaldırılması için yapılması gereken tedbirlerin bütünüdür<sup>81</sup>.

Herhangi bir nedenden dolayı üretim sistemindeki makine ve teçhizatların kısmen veya tamamen çalışamaz duruma gelmesinin ardından bunların tekrar çalışır bir duruma getirilmesi işlemlerine tamir denilmektedir<sup>82</sup>. Bakım planlaması yapılırken amaç tamirleri azaltmak, üretimin aksamasını engellemektir.

#### **3.2. BAKIM PLANLAMASI**

Periyodik olarak kontrol edilen ve bakımı yapılan makinaların arızalanma olasılığı bakım yapılmayanlara göre daha az olmakla birlikte iyi bir bakım planlaması bir işletme için aşağıdaki yararları sağlar<sup>83</sup>:

- Taleplerin ve siparişlerin zamanında karşılanması,
- Makinaların ve işçilerin gereksiz yere boş kalmaması (verimlilik açısından önem arz etmektedir)

---

<sup>80</sup> Ertuğ Er, “**Bakım Yönetimi ve Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerinin Türkiye’de Uygulanma Düzeyi**”, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004), s.3.

<sup>81</sup> M. Oğuz Kartepe, “**Demir ve Çelik Tesislerinde Bakım Uygulamaları**”, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 1991), s. 5.

<sup>82</sup> Bülent Kobu, **Üretim Yönetimi**, İstanbul: Betaş, 12. Baskı, 2005, s.314.

<sup>83</sup> Oygur Yamak, **Üretim Yönetimi**, İstanbul: Alfa Basım, 1. Baskı, 1994, s.178.

- Üretimde kayıpların (fire, ıskarta) azalması, buna karşın kalitenin yükselmesi,
- Makinaların ömrünün artması, böylece yatırım tasarrufunun sağlanması,
- Üretkenliğin artması.

### **3.3. ARIZİ BAKIM (KURTARICI BAKIM)**

Adından da anlaşılacağı üzere bu bakım şeklinde işletmede kullanılan bir bileşen hata verdikten sonra bakım yapılmaktadır<sup>84</sup>. Arıza çıkmadan önce işletmede kullanılan ekipmanlarla ilgili bir koruyucu tedbir alınmaz. Bu bakım şeklinde sık sık meydana gelen arızalardan dolayı makinelerin ömürleri kısalmır. Arızanın kısa zamanda giderilememesi durumunda çok fazla kayıp ortaya çıkabilmektedir.

### **3.4. KORUYUCU BAKIM**

Koruyucu bakımda makine ve teçhizatlar, arızanın meydana gelmesi beklenmeden önceden belirlenmiş süreler sonunda bakıma alınır ve arızaya neden olabilecek parçalar yenileriyle değiştirilir ya da tamir edilir<sup>85</sup>.

Literatürde periyodik bakım olarak da adlandırılan koruyucu bakımın amaçları aşağıdaki gibi sıralanabilir<sup>86</sup>:

- Üretim için optimum sayıda ekipmanı hazır duruma getirmek,
- Makinaların ömrünü kabul edilebilir düzeye getirmek,
- Makinaların arızalarını en aza indirmek,
- Üretim giderlerini azaltmak

---

<sup>84</sup> Stephen Ogaji ve diğerleri, **Novel Approach For Improving Power-Plant Availability Using Advanced Engine Diagnostics**, 2002, s.392.

<sup>85</sup> Kobu, age., s.314.

<sup>86</sup> Yamak, age., s.178.

### 3.5. KESTİRİMCİ BAKIM

Kestirimci bakım yöntemine göre makinelerden önceden belirlenmiş belirli aralıklarla alınan ölçümlerle makinelerin arıza durumları takip edilip sistemli bir biçimde trend analiz yöntemi ile değerlendirilerek gelecekte ortaya çıkabilecek arızalar önceden tespit edilir ve bu arızaların ortaya çıkmasını engellemek için gerekli bakım çalışmaları yapılır<sup>87</sup>.

Kestirimci bakım yöntemi ile arıza çıkmadan önce müdahale edilir. Periyodik bakımdaki gibi ekipmanlar sürekli bir bakım faaliyeti yoktur. Amaç arıza çıkmadan önce bunu geçmiş verilerden elde edilen bilgilerle durdurabilmektir.

---

<sup>87</sup> Sabahattin Gücin, **Fabrika Bakım İşlemleri**, Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Yayınları, No:011, 1999, s.38.

## **BÖLÜM 4**

### **ARIZALARIN ÖNCE DEN TAHMİNİNDE YAPAY SİNİR AĞI MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Bu çalışmada talaşlı imalat üzerine faaliyet gösteren bir işletme ele alınmıştır. İşletmede bir makine üretim hattı ele alınarak geçmiş arıza kayıtları incelenmiştir. Bu hatta meydana gelen arızalar yapay sinir ağlarında modellenerek bir sonraki arızanın ne zaman ortaya çıkacağı yapay sinir ağları yardımıyla tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Uygulamada MATLAB programı kullanılmıştır. İşletmeden elde edilen veriler MATLAB'ın "Neural Network" araç kutusuna girilerek sonuçlar alınmıştır.

Aşağıda uygulama süreci verilen model için alınan verilerin işletme tarafından doğru olarak kaydedildiği kabul edilmiştir.

#### **4.1. VERİ KÜMESİNİN OLUŞTURULMASI**

İş istasyonlarının (tezgahın) arızalanmasında bir çok etken olabilir ve bunun için çeşitli izleme yöntemleri kullanılabilir. Bu izleme yöntemleri sayısal verilerin takibi olabileceği gibi tezgah operatörünün veya bakım operatörünün tecrübelerine dayanarak yapılan sayısal olmayan gözlemler de olabilir.

Sayısal olarak bazı dijital platformda çalışan tezgahların çalışma temposu bilgisayarlara otomatik olarak gelen kayıtlardan sayısal olarak izlenip önceden önlem alınabilir.

Her zaman tezgahların çalışma temposu bilgisayardan izlenemeyebilir. Bu durumda tezgahın geçmiş dönem verileri incelenerek gelecek dönemde tezgahın durumuyla ilgili olarak tahmin çalışmaları yapılabilir.

Bu çalışmaya başlamadan önce birçok işletmeyle görüşülmüş fakat sağlıklı arıza kayıtlarına ulaşılamamıştır. Uygulamanın yapılacağı işletmeye karar verildikten sonra işletmenin bakım bölümü yöneticisi ile görüşülerek makinaların arıza kayıtlarına ulaşılmıştır.

Yapılan araştırma ve işletmenin bakım yöneticisi ile yapılan görüşmelerde bir tezgahın arızalanmasında ne gibi etkenlerin olabileceği üzerine tartışılmıştır. Yapılan tartışmalar sonucunda bir tezgahın arızalanmasında aşağıdaki etkenlerden bahsedilebileceği kabul edilmiştir:

- a) Tezgahın arıza sıklığı
- b) Arıza meydana geldiği anda tezgahta çalışan operatör
- c) Arızanın meydana geldiği zamanda tezgahta yapılan iş
- d) Tezgahın periyodik bakım sıklığı
- e) Bakımdan arızaya kadar geçen zaman
- f) Arızanın meydana geldiği vardiya
- g) Arızaya operasyonu

Bu etkenlerin etkisi ile bir tezgahta meydana gelen arızaların zamanına ilişkin veriler işletmeden alınmış ve bir sonraki arızanın ne zaman meydana gelebileceğine ilişkin tahmin modeli kurulmuştur

İşletmede arıza tahmin modelinin oluşturulmak istenen atölyesinde 55 adet talaşlı imalat tezgahı bulunmaktadır. Ancak bu tezgahlardan pasife alınanlar, arıza kaydı sürekli tutulmayanlar analize dahil edilmemiştir. Bu ayırmadan sonra 10 adet tezgahın arıza kayıtlarının uygulamaya dahil edilmesine karar verilmiştir.

## 4.2. VERİLERİN DÜZENLENMESİ

Elde edilen verilerin bir kısmı sayısal ve bir kısmı ise kategorik verilerden oluşmaktadır.

İş istasyonlarının tanımlamaları kategorik olarak yapılmıştır. 10 adet iş istasyonu için tanımlamalar yapılmıştır.

Arıza meydana geldiği zaman iş istasyonunda çalışan operatör için kategorik değer belirlenmiştir. İşletmede değişik vardiyalarda farklı operatörler çalıştığından ve verilerin alındığı tarihten itibaren aynı iş istasyonunda çalışan operatörler zamanla değiştiğinden iki kategoriye ayrılmıştır. Operatörler kalifiye ya da kalifiye olmamasına göre iki kategoride değerlendirilmiştir. Kategori ayırımında istenen tarihte operatör için işletmenin belirlediği görevli pozisyonları dikkate alınmıştır.

Arıza esnasında yapılan işler sayısal olmadığından kategorilere bölünmüştür. İşletmede ele alınan iş istasyonlarında 20'ye yakın yarı mamul işlenmektedir. Bu yarı mamul çeşitleri çap ve ihtiyaç duyulan aparatlar dikkate alınarak 6 kategoriye indirgenmiştir.

Yıllık periyodik bakım sıklığı ise sayısal değişkenlerdir. Ancak modelde kullanılan tezgahların bakım sıklıkları eşit olduğu için periyodik bakım sıklıkları giriş değişkenleri olarak kullanılmamıştır.

İşletmede operatörler iki vardiya çalışmaktadır. İki vardiya arasında ise ihtiyaç duyulduğunda işletme de üretim yapılmaktadır. İşletmenin vardiya saatleri 07:40-17:50 arası (1. vardiya) ve 21:40-07:30 arasındadır (2. vardiya). 17:50-21:40 arası zamanda da çalışma olup ek mesai olarak kabul edilmektedir. Bu saatler arasındaki çalışma ise 3. vardiya olarak tanımlanmıştır.

Arızaya yapılan müdahale iş istasyonunun yeniden arıza göstermesinde etkili faktörlerdendir. Bir parçada arıza meydana geldiğinde parça yenisi ile değiştirilmeden onarılabilir ya da parça yenisi ile değiştirilerek arıza giderilebilir.

Burada yapılan müdahalenin şekli arızalanan parçanın daha kısa zamanda ya da daha uzun zamanda yeni bir arıza meydana getirmesine etken oluşturur. Bundan dolayı arızaya yapılan müdahale onarım ve yenileme olarak iki kategoride değerlendirilmiştir.

Analize alınan tezgahların 2004 yılından itibaren tutulan arıza kayıtlarının bir kısmı ek-1 ve ek-2’de görülmektedir:

#### **4.3. EĞİTİM VE TEST VERİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Elde edilen verilerin %80’i eğitim için %20’si ise test için kullanılmıştır. Eğitim verilerinin ve test verilerinin dengeli bir dağılıma sahip olmasına dikkat edilmiştir.

#### **4.4. YAPAY SİNİR AĞI YAPISININ BELİRLENMESİ**

Yapay sinir ağı modelinin eğitilmesinde geri yayılım algoritması kullanılmıştır. Yapay sinir ağları ile yapılan çalışmalar incelendiğinde geri yayılım algoritmasının tahmin amaçlı kurulan modellerde diğer ağlara göre daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Gizli katman sayısının belirlenmesinde kesin bir kural olmadığı için deneme yoluyla en iyi sonucu veren gizli katman sayısı tespit edilmiştir. Denemeler sonucunda en iyi sonucu verdiği için iki gizli katman kullanılmıştır.

Gizli katmanlardaki sinir hücrelerinin sayısı da aynı şekilde birçok denemeyle tespit edilmeye çalışılmış ve birinci gizli katmanda 45 adet, ikinci gizli katmanda ise 40 adet olarak belirlenmiştir.

Giriş katmanında arıza süresini etkileyen 6 faktör için 6 girdi sinir hücresi tanımlanmıştır. Çıkış katmanında ise ulaşmak istediğimiz sonuç olan bir sonraki arızanın zamanı için 1 çıkış hücresi tanımlanmıştır.

#### **4.5. YAPAY SİNİR AĞININ EĞİTİLMESİ**

Sinir ağının eğitiminde öğrenme oranı ve momentum katsayısı için farklı değerler denenmiştir. Elde edilen performans değerleri incelenerek oluşturulan yapay sinir ağının eğitimi için öğrenme oranı 0,01 ve momentum katsayısı ise 0,8 olarak belirlenmiştir.

Ağ eğitimi sonunda 0,002 ile 0,0001 arasındaki performans değerleri kabul edilebilir sonuçlar olarak değerlendirilmiştir.

## **BÖLÜM 5**

### **SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER**

Oluşturulan sinir ağı için farklı sayıda sinir hücresi ve gizli katman ile denemeler yapılmıştır. Eğitim ve test kümesi için performans değerleri gözlemlenerek ve en iyi sonuca ulaşılmaya çalışılmıştır.

Sinir ağının yukarıda yazılan değerler ile eğitimi sonucunda, eğitim kümesi için performans değeri 0,00138061 ve test kümesinin performansı ise 0,00035652 değerleri ile en iyi sonuçlar olarak tespit edilmiştir.

Yukarıdaki performans değerlerini veren sinir ağının iş istasyonlarının bir sonraki arıza süresine ilişkin ürettiği çıktılar tablo 5.1’de görülmektedir. Tablo 5.1’de sinir ağına eğitim esnasında gösterilmeyen son iki tahmin değerleri görülmektedir.

**Tablo 5.1:** Test Kümesi İçin İş İstasyonlarına İlişkin Normalize Edilmiş Gerçek Değerler İle Modelin Ürettiği Çıktıların Karşılaştırılması

ARIZANIN BİLDİRİLDİĞİ TARİH	İŞ İSTASYONU	Gerçek Değerler (Normalize Değerler)	Model Çıktısı (Normalize Değerler)	Fark
25.3.2007 15:20	1			
15.3.2007 10:55	1	0,1174	0,1000	0,0174
2.3.2007 05:30	1	0,1531	0,1430	0,0101
16.3.2007 13:40	2			
21.2.2007 12:00	2	0,2651	0,2763	-0,0112
29.1.2007 10:00	2	0,2650	0,2445	0,0205
5.3.2007 17:15	3			
21.1.2007 20:50	3	0,4963	0,5122	-0,0159
28.3.2007 08:00	4			
4.2.2007 13:30	4	0,5989	0,5752	0,0236
23.1.2007 13:00	4	0,1372	0,1491	-0,0119
17.4.2007 08:00	5			
30.3.2007 15:00	5	0,2049	0,2253	-0,0204
19.2.2007 00:40	5	0,4586	0,4367	0,0219
26.3.2007 04:00	6			
1.3.2007 08:00	6	0,2851	0,2992	-0,0141
18.1.2007 10:00	6	0,4860	0,4980	-0,0120
16.4.2007 02:00	7			
11.2.2007 11:30	7	0,7360	0,7228	0,0132
25.11.2006 07:00	7	0,9062	0,9615	-0,0553
28.4.2007 14:25	8			
20.3.2007 08:45	8	0,4548	0,4402	0,0147
11.3.2007 11:10	8	0,1030	0,1088	-0,0058
11.5.2007 09:00	9			
27.4.2007 09:00	9	0,1618	0,1488	0,0130
15.4.2007 15:45	9	0,1357	0,1253	0,0104
11.4.2007 11:35	10			
17.3.2007 10:30	10	0,2893	0,2719	0,0174
3.3.2007 16:25	10	0,1592	0,1626	-0,0034

**Tablo 5.2:** Test Kümesi İçin İş İstasyonlarına İlişkin Gerçek Değerler İle Modelin Ürettiği Çıktıların Karşılaştırılması

ARIZANIN BİLDİRİLDİĞİ TARİH	İŞ İSTASYONU	Gerçek Değerler	Model çıktısı	Fark	Sapma (%)
25.3.2007 15:20	1				
15.3.2007 10:55	1	14.575	12.420	2.155	14,787
2.3.2007 05:30	1	19.015	17.755	1.260	6,627
16.3.2007 13:40	2				
21.2.2007 12:00	2	32.920	34.307	-1.387	-4,212
29.1.2007 10:00	2	32.900	30.361	2.539	7,718
5.3.2007 17:15	3				
21.1.2007 20:50	3	61.615	63.592	-1.977	-3,209
28.3.2007 08:00	4				
4.2.2007 13:30	4	74.355	71.422	2.933	3,945
23.1.2007 13:00	4	17.040	18.512	-1.472	-8,640
17.4.2007 08:00	5				
30.3.2007 15:00	5	25.440	27.968	-2.528	-9,938
19.2.2007 00:40	5	56.940	54.226	2.714	4,767
26.3.2007 04:00	6				
1.3.2007 08:00	6	35.400	37.146	-1.746	-4,933
18.1.2007 10:00	6	60.345	61.834	-1.489	-2,468
16.4.2007 02:00	7				
11.2.2007 11:30	7	91.380	89.739	1.641	1,796
25.11.2006 07:00	7	112.515	119.377	-6.862	-6,099
28.4.2007 14:25	8				
20.3.2007 08:45	8	56.470	54.649	1.821	3,225
11.3.2007 11:10	8	12.790	13.510	-720	-5,628
11.5.2007 09:00	9				
27.4.2007 09:00	9	20.095	18.479	1.616	8,043
15.4.2007 15:45	9	16.845	15.557	1.288	7,645
11.4.2007 11:35	10				
17.3.2007 10:30	10	35.925	33.760	2.165	6,025
3.3.2007 16:25	10	19.770	20.191	-421	-2,129

Tablodaki veriler incelendiğinde oluşturulan yapay sinir ağının iyi sonuçlar ortaya çıkardığı görülebilmektedir. Test kümesi sonuçlarına göre ağın ürettiği çıktılar ile gerçek değerler arasında bazı istisna durumlar haricinde çok fark olmadığı görülmektedir. Ağ iş istasyonlarında meydana gelebilecek bir sonraki arızanın süresini en küçük %1,796 sapma ile en yüksek ise %14,787 sapma ile tahmin edebilmektedir. %14,787 sapma ile hesaplanan değer 12.420 dakikadır. Tahmin edilmek istenen değer küçük olduğundan (14.575 dakika) sapma miktarı da büyük çıkmıştır.

Bu yüksek sapma miktarlarının dışında diğere değerler de incelendiğinde sapma yüzdesinin %7-8 civarlarında olduğu görölmektedir. Bu değerler de mevcut verilere göre iyi bir sonuç sayılır.

Bu çalışma sonunda elde edilen değerler ile iyi bir bakım planlaması yapılabilir. Arızalar önceden tahmin edilerek bu arızanın oluşacağı tezgah önceden izlemeye alınıp arızanın oluşması engellenebilir. Bir arızanın engellenmesi işletmelere çok fazla katkı sağlamaktadır. Tezgaha arıza oluşmadan önce müdahale edilerek arızanın oluşması engellenir ve üretim durmaması sağlanır. Ayrıca bu müdahale ile tezgaha ve operatöre gelebilecek zarar önceden engellenmiş olacaktır.

Ancak elde edilen sonuçlar daha iyi sonuçların elde edilemeyeceği anlamına gelmemelidir. Her zaman daha iyi bir sonuç elde edilebilir. Bu tezde arıza oluşmasında etkili olan temel değişkenler sinir ağına girilmiştir. Arızaya sebep olabilecek bir çok değişken vardır. Daha fazla değişken ve daha fazla eğitim ve test verisinin elde edilmesiyle daha iyi ve sağlıklı sonuçlar elde edilebilir.

Ancak kapsamlı verilere kısa zamanda ulaşmak mümkün olmamaktadır. Ayrıca maliyet gibi kısıtlar da bu verilerin elde edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu verilerin tümünün sağlıklı bir şekilde tutulmasını sağlayacak iyi bir ekibin oluşturulması da gerekir.

Gerçek hayatta karşılaşılan olaylar çoğunlukla doğrusal olmayan bir yapı göstermektedirler. Yapay sinir ağları bu doğrusal olmayan problemlere çözüm getirecek özelliğe sahiptir. Bu da yapay sinir ağlarının daha fazla alanda kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada da görüldüğü üzere, bir sorunun çözümü için tüm verilerin toplanması yerine yeterli sayıda örnekler ağa sunularak ağın öğrenmesi ve çözüm üretmesi beklenir. Böylece yapay sinir ağları ile bir maliyet avantajı da sağlanmış olur.

Bu çalışmada yapay sinir ağlarının teorik tanıtımı ile bazı uygulama alanları ve bakım planlaması anlatılmıştır. En son bölümde ise iş istasyonlarında meydana gelebilecek arızaların önceden tahmin edilmesine ilişkin bir yapay sinir ağı modeli geliştirilmiştir.

Görüldüğü üzere yapay sinir ağlarının uygulama alanı her geçen gün artmakta ve artmaya da devam edecektir. Geliştirilecek olan yeni yapay sinir ağı algoritmaları ile problemlere daha hızlı çözüm üretilecek ve daha bir çok alanda da uygulamalıyla karşılaşılacaktır.

## EKLER

**Ek-1 : İş istasyonlarında Meydana Gelen Arızalar**

İŞ İSTASYONU	ARIZA TARİHİ	ARIZA OPERASYON SÜRESİ (dak.)	ARIZALAR ARASI GEÇEN SÜRE (dak.)	BAKIMDAN ARIZAYA GEÇEN SÜRE (dak.)	OPERATÖR
1	15/3/2007 10:55	90	14,575	103,265	1
1	2/3/2007 05:30	30	19,015	84,220	2
1	11/2/2007 17:00	110	26,560	57,550	2
1	17/1/2007 03:00	55	36,785	20,710	1
1	20/12/2006 23:00	140	38,980	219,190	1
1	15/12/2006 11:00	285	7,635	211,270	1
1	24/10/2006 14:30	110	74,560	136,600	1
1	2/10/2006 12:15	255	31,560	104,785	1
1	4/9/2006 08:30	90	40,455	64,240	1
1	13/7/2006 09:00	390	75,900	274,510	1
1	5/6/2006 21:30	150	53,820	220,540	1
1	4/5/2006 23:50	60	45,880	174,600	1
1	4/4/2006 13:30	210	43,160	130,780	1
1	23/2/2006 14:30	150	57,390	73,240	1
1	25/12/2005 15:45	435	85,890	237,475	2
1	9/12/2005 13:45	135	23,025	214,315	2
2	21/2/2007 12:00	300	32,920	67,330	1
2	29/1/2007 10:00	340	32,900	34,090	2
2	30/11/2006 08:00	570	85,950	211,090	1
2	13/11/2006 15:30	40	23,990	187,060	1
2	2/10/2006 14:00	150	60,420	126,490	1
2	25/8/2006 02:30	450	54,960	71,080	1
2	1/7/2006 09:00	150	78,660	208,270	1
2	9/5/2006 08:45	165	76,170	131,935	2
2	30/4/2006 11:10	60	12,755	119,120	2
2	9/4/2006 16:50	170	29,730	89,220	2
2	8/2/2006 16:00	120	86,330	2,770	1
2	28/12/2005 15:20	90	60,430	259,050	2
2	8/12/2005 06:30	140	29,190	229,720	1
2	8/11/2005 13:30	75	42,705	186,940	1
3	21/1/2007 20:50	90	61,615	280,980	1
3	15/1/2007 11:00	120	9,110	271,750	1
3	2/11/2006 08:30	75	106,635	165,040	1
3	21/10/2006 00:30	180	17,580	147,280	1
3	23/8/2006 11:00	300	84,030	62,950	1
3	15/7/2006 10:30	30	56,160	261,640	2
3	30/6/2006 16:00	140	21,130	240,370	1
3	3/6/2006 15:10	160	38,770	201,440	1
3	5/4/2006 09:00	70	85,260	116,110	1
3	14/3/2006 14:40	25	31,315	84,770	2
3	1/3/2006 13:30	40	18,750	65,980	1
3	16/2/2006 03:00	30	19,320	46,630	1

**Ek-1 (Devam): İş istasyonlarında Meydana Gelen Arızalar**

<b>İŞ İSTASYONU</b>	<b>ARIZA TARİHİ</b>	<b>ARIZA OPERASYON SÜRESİ (dak.)</b>	<b>ARIZALAR ARASI GEÇEN SÜRE (dak.)</b>	<b>BAKIMDAN ARIZAYA GEÇEN SÜRE (dak.)</b>	<b>OPERATÖR</b>
3	20/12/2005 11:40	110	82,890	242,990	2
3	2/12/2005 05:30	120	26,170	216,700	2
4	4/2/2007 13:30	195	74,355	35,740	2
4	23/1/2007 13:00	270	17,040	18,430	2
4	12/12/2006 02:00	70	61,070	190,570	1
4	11/10/2006 21:00	220	87,920	102,430	2
4	30/9/2006 08:30	540	16,050	85,840	1
4	17/7/2006 23:00	170	106,960	235,030	1
4	10/7/2006 13:50	125	10,505	224,400	1
4	15/6/2006 15:00	85	35,845	188,470	1
4	26/5/2006 15:00	30	28,770	159,670	1
4	14/4/2006 17:20	60	60,280	99,330	2
4	4/4/2006 18:50	50	14,260	85,020	1
4	30/1/2006 08:45	40	92,725	298,975	1
5	30/3/2007 15:00	60	25,440	91,990	2
5	19/2/2007 00:40	80	56,940	34,970	1
5	20/1/2007 07:30	90	42,700	251,380	2
5	5/12/2006 01:20	55	66,555	184,770	1
5	11/11/2006 00:30	50	34,560	150,160	1
5	19/9/2006 03:00	510	75,660	73,990	2
5	30/6/2006 17:30	130	115,640	247,660	1
5	3/6/2006 17:20	160	38,730	208,770	2
5	11/4/2006 17:00	50	76,290	132,430	1
5	13/3/2006 15:00	130	41,750	90,550	2
6	1/3/2007 08:00	360	35,400	46,930	1
6	18/1/2007 10:00	15	60,345	240,010	1
6	2/12/2006 10:30	50	67,600	172,360	1
6	23/11/2006 16:00	110	12,520	159,730	1
6	22/11/2006 05:00	60	2,040	157,630	2
6	13/10/2006 10:00	60	57,240	100,330	1
6	28/9/2006 14:30	110	21,220	79,000	2
6	21/7/2006 19:10	80	99,000	273,680	2
6	26/6/2006 08:45	105	36,520	237,055	1
6	18/6/2006 05:00	195	11,550	225,310	1
6	21/4/2006 18:10	200	82,530	142,580	2
6	12/4/2006 21:35	60	12,695	129,825	2
6	2/4/2006 09:00	330	14,825	114,670	2
6	9/3/2006 23:00	60	33,660	80,950	2
6	23/12/2005 06:30	40	110,390	236,920	2
6	12/12/2005 13:45	30	15,375	221,515	1
6	20/10/2005 15:00	160	76,085	145,270	2
7	11/2/2007 11:30	210	91,380	11,140	2
7	25/11/2006 07:00	75	112,515	208,150	1
7	5/11/2006 08:00	120	28,620	179,410	1
7	19/10/2006 15:30	120	23,910	155,380	2

**Ek-1 (Devam): İş istasyonlarında Meydana Gelen Arızalar**

<b>İŞ İSTASYONU</b>	<b>ARIZA TARİHİ</b>	<b>ARIZA OPERASYON SÜRESİ (dak.)</b>	<b>ARIZALAR ARASI GEÇEN SÜRE (dak.)</b>	<b>BAKIMDAN ARIZAYA GEÇEN SÜRE (dak.)</b>	<b>OPERATÖR</b>
7	18/10/2006 06:15	315	1,680	153,385	2
7	15/9/2006 21:35	40	46,560	106,785	2
7	1/9/2006 02:40	50	21,245	85,490	2
7	2/7/2006 03:30	35	87,755	216,580	1
7	22/6/2006 08:15	55	14,060	202,465	1
7	13/6/2006 05:00	50	13,105	189,310	1
7	29/5/2006 08:30	270	21,120	167,920	1
7	10/5/2006 11:30	140	27,040	140,740	1
7	6/5/2006 05:30	330	5,790	134,620	1
7	27/4/2006 05:30	240	12,720	121,660	1
7	25/4/2006 06:00	70	2,780	118,810	1
7	7/4/2006 08:25	45	25,730	93,035	1
7	4/4/2006 13:05	130	3,910	88,995	2
7	16/3/2006 11:00	100	27,385	61,510	1
7	8/3/2006 08:45	50	11,605	49,855	1
7	20/2/2006 11:30	50	22,825	26,980	2
7	7/2/2006 08:45	90	18,795	8,095	2
7	31/1/2006 11:30	120	9,795	273,220	2
7	28/1/2006 13:55	65	4,110	269,045	2
7	20/1/2006 05:30	190	11,835	257,020	2
8	20/3/2007 08:45	30	56,470	104,575	1
8	11/3/2007 11:10	25	12,790	91,760	1
8	2/3/2007 16:15	45	12,610	79,105	1
8	19/1/2007 08:45	15	60,915	18,175	1
8	16/1/2007 08:25	190	4,150	13,835	2
8	28/12/2006 11:00	210	26,995	238,630	1
8	21/12/2006 05:30	40	10,370	228,220	1
8	30/11/2006 16:45	65	29,500	198,655	1
8	18/11/2006 21:15	110	16,900	181,645	1
8	29/9/2006 16:30	60	72,225	109,360	2
8	15/9/2006 02:45	185	20,800	88,375	2
8	7/9/2006 09:40	150	10,955	77,270	2
8	25/8/2006 16:30	60	18,250	58,960	2
8	23/8/2006 07:15	140	3,295	55,525	1
8	10/7/2006 09:30	100	63,125	245,740	2
8	28/6/2006 15:20	90	16,840	228,810	1
8	14/6/2006 14:30	45	20,165	208,600	1
8	6/6/2006 08:00	60	11,850	196,690	1
9	27/4/2007 09:00	65	20,095	136,270	2
9	15/4/2007 15:45	30	16,845	119,395	2
9	9/4/2007 09:45	60	8,940	110,395	2
9	7/2/2007 08:45	30	87,870	22,495	2
9	18/1/2007 16:05	85	28,275	289,335	2
9	10/1/2007 11:50	130	11,645	277,560	2

**Ek-1 (Devam): İş istasyonlarında Meydana Gelen Arızalar**

<b>İŞ İSTASYONU</b>	<b>ARIZA TARİHİ</b>	<b>ARIZA OPERASYON SÜRESİ (dak.)</b>	<b>ARIZALAR ARASI GEÇEN SÜRE (dak.)</b>	<b>BAKIMDAN ARIZAYA GEÇEN SÜRE (dak.)</b>	<b>OPERATÖR</b>
9	5/1/2007 08:25	50	7,355	270,155	1
9	20/12/2006 08:00	150	22,915	247,090	1
9	13/12/2006 04:30	185	10,105	236,800	2
9	1/12/2006 09:05	55	16,950	219,795	2
9	18/11/2006 10:55	65	18,545	201,185	2
9	1/11/2006 15:15	60	24,160	176,965	2
9	13/10/2006 07:00	150	27,705	149,110	2
9	21/9/2006 08:45	360	31,215	117,535	1
9	15/9/2006 12:00	340	8,105	109,090	2
9	7/9/2006 12:00	190	11,330	97,570	2
9	24/8/2006 10:30	60	20,190	77,320	1
9	1/8/2006 10:15	150	32,985	44,185	2
9	22/6/2006 10:00	90	57,525	238,570	2
9	2/6/2006 18:00	245	28,075	210,250	2
9	9/5/2006 08:45	55	35,060	175,135	2
9	21/4/2006 08:45	180	25,740	149,215	2
9	10/4/2006 08:45	220	15,620	133,375	2
9	3/4/2006 08:45	215	9,865	123,295	2
9	20/3/2006 10:00	360	19,725	103,210	2
9	13/3/2006 07:00	165	10,095	92,950	2
9	8/3/2006 11:20	70	6,870	86,010	2
9	3/3/2006 11:00	310	6,910	78,790	1
9	28/2/2006 03:15	190	4,590	74,005	2
9	24/2/2006 13:10	150	5,015	68,840	2
9	20/2/2006 08:10	145	5,915	62,780	2
9	3/2/2006 09:00	200	24,230	38,350	2
9	2/2/2006 08:45	225	1,230	36,895	2
10	17/3/2007 10:30	140	35,925	98,920	1
10	3/3/2007 16:25	35	19,770	79,115	1
10	1/3/2007 11:30	180	2,995	75,940	2
10	10/12/2006 01:00	200	117,070	271,150	2
10	14/10/2006 09:00	150	81,450	189,550	2
10	13/10/2006 07:00	60	1,500	187,990	2
10	21/9/2006 09:15	75	31,470	156,445	2
10	7/9/2006 12:30	150	19,815	136,480	2
10	30/8/2006 08:30	90	11,670	124,720	2
10	18/8/2006 11:00	175	16,955	107,590	2
10	20/7/2006 11:10	170	41,580	65,840	2
10	19/7/2006 09:30	180	1,360	64,300	1
10	12/7/2006 10:00	200	9,850	54,250	2
10	1/6/2006 10:30	90	58,920	182,440	2
10	26/4/2006 09:00	60	51,870	130,510	1
10	12/4/2006 02:10	60	20,510	109,940	2
10	6/4/2006 11:10	110	7,990	101,840	2
10	1/4/2006 03:50	150	7,490	94,200	2

**Ek-2 : İş istasyonlarında Meydana Gelen Arızalar-İkinci Kısım**

<b>İŞ İSTASYONU</b>	<b>ARIZA TARİHİ</b>	<b>ARIZANIN MEYDANA GELDİĞİ VARDİYA</b>	<b>İŞLEM GÖREN PARÇA</b>	<b>ARIZA OPERASYONU</b>	<b>PERİYODİK BAKIM SIKLIĞI</b>
1	15/3/2007 10:55	1	DN 050	Onarım	2
1	2/3/2007 05:30	2	DN 065	Yenileme	2
1	11/2/2007 17:00	1	DN 050	Yenileme	2
1	17/1/2007 03:00	2	DN 040	Yenileme	2
1	20/12/2006 23:00	2	DN 080	Yenileme	2
1	15/12/2006 11:00	1	DN 100	Onarım	2
1	24/10/2006 14:30	1	DN 125	Yenileme	2
1	2/10/2006 12:15	1	DN 065	Onarım	2
1	4/9/2006 08:30	1	DN 200	Onarım	2
1	13/7/2006 09:00	1	DN 020	Onarım	2
1	5/6/2006 21:30	3	DN 032	Onarım	2
1	4/5/2006 23:50	2	DN 040	Yenileme	2
1	4/4/2006 13:30	1	DN 150	Onarım	2
1	23/2/2006 14:30	1	DN 200	Yenileme	2
1	25/12/2005 15:45	1	DN 150	Onarım	2
1	9/12/2005 13:45	1	DN 125	Yenileme	2
2	21/2/2007 12:00	1	DN 065	Yenileme	2
2	29/1/2007 10:00	1	DN 150	Yenileme	2
2	30/11/2006 08:00	1	DN 200	Yenileme	2
2	13/11/2006 15:30	1	DN 040	Yenileme	2
2	2/10/2006 14:00	1	DN 150	Yenileme	2
2	25/8/2006 02:30	2	DN 065	Yenileme	2
2	1/7/2006 09:00	1	DN 080	Onarım	2
2	9/5/2006 08:45	1	DN 125	Onarım	2
2	30/4/2006 11:10	1	DN 040	Onarım	2
2	9/4/2006 16:50	1	DN 032	Yenileme	2
2	8/2/2006 16:00	1	DN 150	Onarım	2
2	28/12/2005 15:20	1	DN 065	Yenileme	2
2	8/12/2005 06:30	2	DN 040	Yenileme	2
2	8/11/2005 13:30	1	DN 100	Yenileme	2
3	21/1/2007 20:50	3	DN 040	Yenileme	2
3	15/1/2007 11:00	1	DN 020	Yenileme	2
3	2/11/2006 08:30	1	DN 040	Onarım	2
3	21/10/2006 00:30	2	DN 040	Yenileme	2
3	23/8/2006 11:00	1	DN 032	Yenileme	2
3	15/7/2006 10:30	1	DN 065	Yenileme	2
3	30/6/2006 16:00	1	DN 040	Yenileme	2
3	3/6/2006 15:10	1	DN 200	Onarım	2
3	5/4/2006 09:00	1	DN 065	Onarım	2
3	14/3/2006 14:40	1	DN 150	Onarım	2
3	1/3/2006 13:30	1	DN 050	Onarım	2
3	16/2/2006 03:00	2	DN 100	Onarım	2
3	20/12/2005 11:40	1	DN 065	Onarım	2
3	2/12/2005 05:30	2	DN 032	Yenileme	2

**Ek-2 (Devam) : İş istasyonlarında Meydana Gelen Arızalar-İkinci Kısım**

<b>İŞ İSTASYONU</b>	<b>ARIZA TARİHİ</b>	<b>ARIZANIN MEYDANA GELDİĞİ VARDİYA</b>	<b>İŞLEM GÖREN PARÇA</b>	<b>ARIZA OPERASYONU</b>	<b>PERİYODİK BAKIM SIKLIĞI</b>
4	4/2/2007 13:30	1	DN 080	Yenileme	2
4	23/1/2007 13:00	1	DN 065	Yenileme	2
4	12/12/2006 02:00	2	DN 020	Onarım	2
4	11/10/2006 21:00	3	DN 032	Onarım	2
4	30/9/2006 08:30	1	DN 150	Yenileme	2
4	17/7/2006 23:00	2	DN 125	Yenileme	2
4	10/7/2006 13:50	1	DN 050	Yenileme	2
4	15/6/2006 15:00	1	DN 100	Yenileme	2
4	26/5/2006 15:00	1	DN 100	Yenileme	2
4	14/4/2006 17:20	1	DN 065	Onarım	2
4	4/4/2006 18:50	3	DN 150	Yenileme	2
4	30/1/2006 08:45	1	DN 050	Onarım	2
5	30/3/2007 15:00	1	DN 040	Yenileme	2
5	19/2/2007 00:40	2	DN 040	Yenileme	2
5	20/1/2007 07:30	1	DN 020	Yenileme	2
5	5/12/2006 01:20	2	DN 125	Yenileme	2
5	11/11/2006 00:30	2	DN 100	Yenileme	2
5	19/9/2006 03:00	2	DN 065	Onarım	2
5	30/6/2006 17:30	1	DN 080	Onarım	2
5	3/6/2006 17:20	1	DN 032	Yenileme	2
5	11/4/2006 17:00	1	DN 150	Yenileme	2
5	13/3/2006 15:00	1	DN 080	Onarım	2
6	1/3/2007 08:00	1	DN 150	Onarım	2
6	18/1/2007 10:00	1	DN 080	Yenileme	2
6	2/12/2006 10:30	1	DN 032	Onarım	2
6	23/11/2006 16:00	1	DN 050	Onarım	2
6	22/11/2006 05:00	2	DN 125	Onarım	2
6	13/10/2006 10:00	1	DN 150	Onarım	2
6	28/9/2006 14:30	1	DN 025	Onarım	2
6	21/7/2006 19:10	3	DN 040	Onarım	2
6	26/6/2006 08:45	1	DN 050	Onarım	2
6	18/6/2006 05:00	2	DN 125	Onarım	2
6	21/4/2006 18:10	3	DN 020	Yenileme	2
6	12/4/2006 21:35	3	DN 032	Onarım	2
6	2/4/2006 09:00	1	DN 200	Yenileme	2
6	9/3/2006 23:00	2	DN 125	Onarım	2
6	23/12/2005 06:30	2	DN 050	Yenileme	2
6	12/12/2005 13:45	1	DN 050	Yenileme	2
6	20/10/2005 15:00	1	DN 080	Onarım	2
7	11/2/2007 11:30	1	DN 100	Onarım	2
7	25/11/2006 07:00	2	DN 080	Yenileme	2
7	5/11/2006 08:00	1	DN 125	Yenileme	2
7	19/10/2006 15:30	1	DN 125	Yenileme	2
7	18/10/2006 06:15	2	DN 065	Onarım	2
7	15/9/2006 21:35	3	DN 080	Onarım	2

**Ek-2 (Devam) : İş istasyonlarında Meydana Gelen Arızalar-İkinci Kısım**

<b>İŞ İSTASYONU</b>	<b>ARIZA TARİHİ</b>	<b>ARIZANIN MEYDANA GELDİĞİ VARDİYA</b>	<b>İŞLEM GÖREN PARÇA</b>	<b>ARIZA OPERASYONU</b>	<b>PERİYODİK BAKIM SIKLIĞI</b>
7	1/9/2006 02:40	2	DN 032	Yenileme	2
7	2/7/2006 03:30	2	DN 065	Onarım	2
7	22/6/2006 08:15	1	DN 125	Yenileme	2
7	13/6/2006 05:00	2	DN 032	Yenileme	2
7	29/5/2006 08:30	1	DN 100	Onarım	2
7	10/5/2006 11:30	1	DN 032	Onarım	2
7	6/5/2006 05:30	2	DN 100	Yenileme	2
7	27/4/2006 05:30	2	DN 065	Onarım	2
7	25/4/2006 06:00	2	DN 100	Yenileme	2
7	7/4/2006 08:25	1	DN 020	Yenileme	2
7	4/4/2006 13:05	1	DN 125	Onarım	2
7	16/3/2006 11:00	1	DN 200	Onarım	2
7	8/3/2006 08:45	1	DN 025	Yenileme	2
7	20/2/2006 11:30	1	DN 020	Onarım	2
7	7/2/2006 08:45	1	DN 125	Yenileme	2
7	31/1/2006 11:30	1	DN 025	Yenileme	2
7	28/1/2006 13:55	1	DN 032	Onarım	2
7	20/1/2006 05:30	2	DN 025	Yenileme	2
8	20/3/2007 08:45	1	DN 080	Yenileme	2
8	11/3/2007 11:10	1	DN 125	Onarım	2
8	2/3/2007 16:15	1	DN 100	Onarım	2
8	19/1/2007 08:45	1	DN 125	Yenileme	2
8	16/1/2007 08:25	1	DN 020	Yenileme	2
8	28/12/2006 11:00	1	DN 100	Yenileme	2
8	21/12/2006 05:30	1	DN 025	Yenileme	2
8	30/11/2006 16:45	1	DN 032	Yenileme	2
8	18/11/2006 21:15	3	DN 065	Yenileme	2
8	29/9/2006 16:30	1	DN 125	Yenileme	2
8	15/9/2006 02:45	2	DN 200	Yenileme	2
8	7/9/2006 09:40	1	DN 080	Yenileme	2
8	25/8/2006 16:30	1	DN 032	Onarım	2
8	23/8/2006 07:15	2	DN 125	Yenileme	2
8	10/7/2006 09:30	1	DN 125	Onarım	2
8	28/6/2006 15:20	1	DN 100	Yenileme	2
8	14/6/2006 14:30	1	DN 080	Yenileme	2
8	6/6/2006 08:00	1	DN 125	Yenileme	2
9	27/4/2007 09:00	1	DN 065	Yenileme	2
9	15/4/2007 15:45	1	DN 125	Onarım	2
9	9/4/2007 09:45	1	DN 020	Yenileme	2
9	7/2/2007 08:45	1	DN 125	Yenileme	2
9	18/1/2007 16:05	1	DN 020	Yenileme	2
9	10/1/2007 11:50	1	DN 065	Yenileme	2
9	5/1/2007 08:25	1	DN 065	Onarım	2
9	20/12/2006 08:00	1	DN 080	Yenileme	2
9	13/12/2006 04:30	2	DN 200	Yenileme	2

**Ek-2 (Devam) : İş istasyonlarında Meydana Gelen Arızalar-İkinci Kısım**

<b>İŞ İSTASYONU</b>	<b>ARIZA TARİHİ</b>	<b>ARIZANIN MEYDANA GELDİĞİ VARDİYA</b>	<b>İŞLEM GÖREN PARÇA</b>	<b>ARIZA OPERASYONU</b>	<b>PERİYODİK BAKIM SIKLIĞI</b>
9	1/12/2006 09:05	1	DN 065	Yenileme	2
9	18/11/2006 10:55	1	DN 032	Onarım	2
9	1/11/2006 15:15	1	DN 020	Onarım	2
9	13/10/2006 07:00	2	DN 025	Yenileme	2
9	21/9/2006 08:45	1	DN 020	Yenileme	2
9	15/9/2006 12:00	1	DN 032	Yenileme	2
9	7/9/2006 12:00	1	DN 125	Yenileme	2
9	24/8/2006 10:30	1	DN 025	Yenileme	2
9	1/8/2006 10:15	1	DN 080	Yenileme	2
9	22/6/2006 10:00	1	DN 032	Yenileme	2
9	2/6/2006 18:00	3	DN 040	Yenileme	2
9	9/5/2006 08:45	1	DN 100	Yenileme	2
9	21/4/2006 08:45	1	DN 125	Yenileme	2
9	10/4/2006 08:45	1	DN 065	Yenileme	2
9	3/4/2006 08:45	1	DN 032	Yenileme	2
9	20/3/2006 10:00	1	DN 065	Yenileme	2
9	13/3/2006 07:00	2	DN 025	Onarım	2
9	8/3/2006 11:20	1	DN 020	Yenileme	2
9	3/3/2006 11:00	1	DN 065	Yenileme	2
9	28/2/2006 03:15	2	DN 125	Yenileme	2
9	24/2/2006 13:10	1	DN 080	Onarım	2
9	20/2/2006 08:10	1	DN 032	Yenileme	2
9	3/2/2006 09:00	1	DN 080	Yenileme	2
9	2/2/2006 08:45	1	DN 032	Yenileme	2
10	17/3/2007 10:30	1	DN 020	Onarım	2
10	3/3/2007 16:25	1	DN 025	Yenileme	2
10	1/3/2007 11:30	1	DN 125	Onarım	2
10	10/12/2006 01:00	2	DN 080	Yenileme	2
10	14/10/2006 09:00	1	DN 080	Yenileme	2
10	13/10/2006 07:00	2	DN 065	Yenileme	2
10	21/9/2006 09:15	1	DN 080	Yenileme	2
10	7/9/2006 12:30	1	DN 080	Yenileme	2
10	30/8/2006 08:30	1	DN 100	Yenileme	2
10	18/8/2006 11:00	1	DN 200	Yenileme	2
10	20/7/2006 11:10	1	DN 080	Yenileme	2
10	19/7/2006 09:30	1	DN 125	Yenileme	2
10	12/7/2006 10:00	1	DN 100	Onarım	2
10	1/6/2006 10:30	1	DN 080	Onarım	2
10	26/4/2006 09:00	1	DN 065	Yenileme	2
10	12/4/2006 02:10	2	DN 032	Yenileme	2
10	6/4/2006 11:10	1	DN 125	Yenileme	2
10	1/4/2006 03:50	2	DN 040	Yenileme	2

## KAYNAKÇA

AKPINAR, Haldun; “**Yapay Zeka ve Tarihi Gelişimine Bakış**”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt:22, Sayı:1, Nisan 1993.

AKPINAR, Haldun; “**Yapay Sinir Ağları Gelişimi ve Yapılarının İncelenmesi**”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt:23, Sayı:1, Nisan 1994.

CİVALEK, Ömer; ÜLKER, Mehmet; “**Dikdörtgen Plakların Doğrusal Olmayan Analizinde Yapay Sinir Ağı Yaklaşımı**”, İMO Teknik Dergi, Yazı 213, 2004.

COX, I.J.; LEWIS, R.W.; RANSING, R.S.; LASZCZEWSKI, H.; BERNI, G.; “**Application Of Neural Computing In Basic Oxygen Steelmaking**”, Journal of Materials Processing Technology, 120, ss.310-315, 2002.

DİKMEN, Mehmet; ERGEZER, Halit; ve ÖZDEMİR, Erkan; “**Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri**”, PİVOLKA, Yıl:2, Sayı:6, 04/2003.

ELMAS, Çetin; **Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama)**, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003.

ER, Ertuğ; “**Bakım Yönetimi ve Bilgisayarlı Bakım Yönetim Sistemlerinin Türkiye’de Uygulanma Düzeyi**”, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 2004.

FERNANDEZ, C.; SORIA, E., MARTIN, J.D.; SERRANO, A.J.; “**Neural Networks For Animal Science Applications: Two Case Studies**”, Expert Systems with Applications, 31, ss.444–450, 2006.

GÜCİN, Sabahattin; **Fabrika Bakım İşlemleri**, Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi Yayınları, No:011, 1999.

KARAKUZU, Cihan; “**Yapay Sinir Ağları İle Bir Kontrol Uygulaması**”, (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 1998

KARATASOU, S.; SANTAMOURIS, M.; GEROS, V.; “**Modeling And Predicting Building’s Energy Use With Artificial Neural Networks: Methods And Results**”, Energy and Buildings, 38, ss.949-958, 2006.

KARTEPE, M. Oğuz; “**Demir Ve Çelik Tesislerinde Bakım Uygulamaları**”, (Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 1991.

KAYA, İhsan; OKTAY, Selda; ENGİN, Orhan; “**Kalite Kontrol Problemlerinin Çözümünde Yapay Sinir Ağlarının Kullanımı**”, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:21, Sayı:1-2, 2005.

KELEŞOĞLU, Ömer; EKİNCİ, Cevdet Emin; FIRAT, Adem; **“The Using Of Artificial Neural Networks In Insulation Computations”**, Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma, 2005/3.

KIM, Jae Kyeong; CHU, Seok Chin; **“Analyzing A Class Of Decision Problems: Neural Network Based Approach”**, 25/98, IEEE, 1998.

KİŞİ, Özgür; PARTAL, Turgay; **Yapay Sinir Ağları ve Otoregresif Modellerle Rüzgar Hızı Tahmini**, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı, İstanbul: 19-21 Mart 2003.

KOBU, Bülent; **Üretim Yönetimi**, Betaş, 12. Baskı, İstanbul, 2005.

KÜÇÜK, İlker; DEREBAŞI, Naim; **“Prediction Of Power Losses In Transformer Cores Using Feed Forward Neural Network And Genetic Algorithm”**, Measurement, 39, ss.605–611, 2006.

LASKARIA, E.C.; MELETIOU, G.C.; TASOULIS, D.K.; VRAHATIS, M.N.; **“Studying The Performance Of Artificial Neural Networks on Problems Related To Cryptography”**, Nonlinear Analysis: Real World Applications, 7,ss.937–942, 2006.

MANDAL, S.; PRABAHARAN, N.; **“Ocean Wave Forecasting Using Recurrent Neural Networks”**, Ocean Engineering, 33, ss.1401-1410, 2006.

MANOHAR, H.J.; SARAVANAN, R.; RENGANARAYANAN, S.; **“Modelling Of Steam Fired Double Effect Vapour Absorption Chiller Using Neural Network”**, Energy Conversion and Management, 47, ss.2202-2210, 2006.

MEHROTRA, Kishan; MOHAN, Chilukuri K.; RANKA, Sanjay; **Elements of Artificial Neural Networks**, The MIT Pres, 1997.

PAYA, B. A.; ESAT I. I.; and BADİ, M. N. M.; **“Artificial Neural Network Based Fault Diagnostics Of Rotating Machinery Using Wavelet Transforms As A Preprocessor”**, Mechanical Systems and Signal Processing, 11 (5), ss.751-765, 1997.

NEAUPANE, K.M.; ACHET, S.H.; **“Use Of Backpropagation Neural Network For Landslide Monitoring: A Case Study In The Higher Himalaya”**, Engineering Geology, 74, ss.213–226, 2004.

OGAJI, Stephen; SAMPATH, Suresh; SINGH, Riti; PROBERT, Douglas; **“Novel Approach For Improving Power-Plant Availability Using Advanced Engine Diagnostics”**, 2002.

ÖZERDEM, Mehmet Sıraç; SÖNMEZ, A. Coşkun; **“Depreme İlişkin Olağan Dışı Sinyal Değişiminin Yapay Sinir Ağı İle Saptanması”**, İTÜ Dergisi/D Mühendislik, Cilt:2, Sayı:5, ss.85-95, 2003.

ÖZTEMEL, Ercan; **Yapay Sinir Ağları**, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2003.

RAJPAL, P.S.; SHISHODIA, K.S.; SEKHON, G.S.; “**An artificial Neural Network For Modeling Reliability, Availability And Maintainability Of A Repairable System**”, Reliability Engineering and System Safety, 91, ss.809–819, 2006.

RAMALINGAM, V.; PALANIAPPAN, B.; PANCHANATHAM, N. ; PALANIVEL, S.; “**Measuring Advertisement Effectiveness - A Neural Network Approach**”, Expert Systems with Applications, 31, ss.159-163, 2006.

SAGDINÇ, İrfan; “**Yapay Sinir Ağları Kullanılarak EEG Modellemesi ve Uyarılmış Beyin Potansiyellerinin Çıkartımı**”, (Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü), 1998.

ŞEN, Zekai; **Yapay Sinir Ağları İlkeleri**, İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2004.

TUZCUOĞLU, Hamit; “**Yapay Zeka Teknikleri, Depremde Kullanılması ve Küme Kuramları**”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:5, Sayı:1, 2003.

VAIDYANATHAN, C. V.; KAMATCHI, P.; RAVICHANDRAN, R.; “**Artificial Neural Networks For Predicting The Response Of Structural Systems with Viscoelastic Dampers**”, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 20, ss.294–302, 2005.

VONK, E.; JAIN, L. C.; JOHNSON R. P.; **Automatic Generation of Neural Network Architecture Using Evolutionary Computation**, World Scientific, 1997.

YAMAK, Oygur; **Üretim Yönetimi**, İstanbul: Alfa Basım, 1. Baskı, 1994.

YILDIRIM, Şahin; ERKAYA, Selçuk; UZMAY, İbrahim; “**Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Concorde Uçaklarının Kontrolü**”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Sayı:20, Cilt:1-2, 2004.

YILDIRIM, Şahin; “**Artificial Neural Network Applications To Control**”, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:18, Sayı: 1-2, 2002.

WANG, Chum, KUO, Jyh-Ming; PRİNCİPE, Jose C.; “**A Relation Between Hebbian And MSE Learning**”, IEEE, 5, 1995.

ZURADA, Jacek M.; **Introduction To Artificial Neural Systems**, Web Publishing Company, 1992.

## İnternet Kaynakları

[http://www.altas.org/downloads/publications/Intelligent\\_01.pdf](http://www.altas.org/downloads/publications/Intelligent_01.pdf), 10.07.2006,  
ALTAŞ, İsmail H.; **Akıllı Güç Sistemleri**, 3e (*Enerji, Elektrik, Elektromekanik*)  
*Dergisi*, Sayı: 66, Kasım 1999.

<http://ekutup.dpt.gov.tr/ekonomi/tahmin/yurtoglh/ysa.pdf>, 10.02.2007,  
YURTOĞLU, Hasan; **Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi:  
Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği**, Uzmanlık Tezi, Ankara:  
DPT, 2005.

## ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Kars'ta dünyaya geldi. İlk okul öğrenimini bu şehirde tamamladı. Ortaokul öğrenimini Bahçelievler Kocasınan İlköğretim Okulu'nda tamamladı. 2001 yılında Bağcılar Mehmet Niyazi Altuğ Lisesi'nden mezun oldu. Aynı yıl Kocaeli Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2002 yılında Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne yatay geçiş yaptı. 2005 yılında Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Üretim Yönetimi ve Pazarlama Yüksek Lisans Programı'nda öğrenime başladı. 2006 yılından itibaren özel sektörde çalışmaya devam etmektedir.