

**T.C.  
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ PROGRAMI**

## **YAPAY SİNİR AĞLARI İLE KANAL KESTİRİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan  
Ömer Önder BAKIR**

**Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Ersin GÖSE**

**İstanbul – 2010**

**T.C.  
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI  
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ PROGRAMI**

## **YAPAY SİNİR AĞLARI İLE KANAL KESTİRİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hazırlayan  
Ömer Önder BAKIR**

**Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Ersin GÖSE**

**İstanbul – 2010**

T.C.  
HALIÇ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

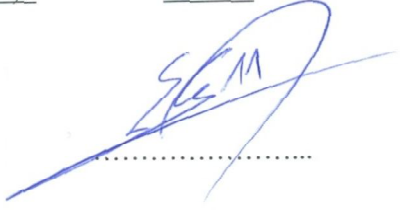
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yönetim Bilişim Sistemleri Programı Tezli Yüksek Lisans öğrencisi **Ömer Önder BAKIR** tarafından hazırlanan “**Yapay Sinir Ağları ile Kanal Kestirimi**” adlı bu çalışma jürimizce Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Tarihi : 13.09.2010

( Jüri Üyesinin Ünvanı , Adı , Soyadı ve Kurumu ) :

İmzası :

Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr.Ersin GÖSE  
Danışman-Hava Harp Okulu Öğr.Üyesi



Jüri Üyesi : Prof.Dr.Halit PASTACI  
HAL.Üniv. Elek.ve Hab. ABD Öğr.Üyesi



Jüri Üyesi : Doç.Dr.Mübariz EMİNLİ  
HAL.Üniv.Bilg.Müh. ABD Öğr.Üyesi



## ÖNSÖZ

Son birkaç yıl içinde bilgisayar dünyasında yaşanan gelişmeler sürekli yeni arayışları da beraberinde getirmektedir. Sürekli gelişen teknoloji insanları da sürekli olarak değişime adım atmaya zorlamıştır. Cep telefonlarından bilgisayarlara kadar pek çok elektronik araç ve gereç inanılmaz bir biçimde değişmektedir. Böyle olunca da insanoğlu sürekli yeni bir şeyler ortaya koyma çabası altına girmektedir ve güncel olan neyse onu alma hevesine kapılmaktadır.

Günümüz küresel dünyasında yaşanan değişimler belirsizlikleri de beraberinde getirmektedir. Pek çok firma ve işletme yapılan bilinçsiz harcamalar ve geleceği önceden net olarak kestirememeye gibi pek çok sebep yüzünden iflasın eşiğine gelerek yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmıştır. Fakat geleceği tahmin ederek bu belirsizliklerden kurtulmak o kadar da zor değildir. Bu bağlamda pek çok öngörü tekniği geliştirilmiştir. Son yıllarda ise Yapay Sinir Ağları adı verilen bir teknik ortaya çıkmıştır. Yapay Sinir Ağları tam da bu noktada, finanstan mühendisliğe kadar pek çok bilim dalında öngöründe bulunmada popüler bir teknik haline gelmiştir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, Yapay Sinir Ağları ile son yıllarda oldukça yüksek değerlerde tahminler yapıldığı görülmüştür.

Bu tez çalışmasında amaç, son yıllarda pek çok alanda tahmin yapmak için kullanılan Yapay Sinir Ağları ile kanal kestirimi yapmaktır. Bu tez çalışmasında da oldukça yüksek oranda tahminde bulunulmuştur. Fakat her teknikte olduğu gibi Yapay Sinir Ağları ile de tahminde bulunulurken %100 oranında bir tahmin neredeyse imkansızdır.

Bu çalışmamın herkese örnek olmasını ve tüm akademik çalışmalara ışık tutmasını temenni ediyorum.

Bu çalışmada bana yardımlarını esirgemeyen ve en büyük katkıyı sağlayan değerli tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ersin GÖSE'ye ve bu çalışmamda her türlü manevi desteği sağlayan bölüm başkanım Prof. Dr. Haluk GÜMÜŞKAYA'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İstanbul, 2010

Ömer Önder BAKIR

## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>IV</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>V</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>VI</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>VII</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>1. YAPAY ZEKA VE YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ</b> .....	<b>3</b>
1.1 Zeka Nedir?.....	3
1.2 Yapay Zeka Nedir?.....	3
1.3 Yapay Zeka Gelişim Süreci.....	3
1.4 Yapay Zekanın Amaçları.....	5
1.5 Yapay Zeka Yöntemleri .....	5
1.5.1 Uzman Sistemler .....	6
1.5.1.1 Uzman Sistemlerin Geleneksel Bilgisayar Programlarından Farkı.....	6
1.5.1.2 Uzman Sistemin Temel Elemanları .....	7
1.5.1.3 Uzman Sistemlerin Avantajları .....	8
1.5.1.4 Uzman Sistemlerin Özellikleri .....	9
1.5.1.5 Uzman Sistemlerin Kullanımına Uygun Alanlar .....	10
1.5.2 Genetik Algoritma .....	10
1.5.2.1 Genetik Algoritmanın Elemanları .....	11
1.5.2.2 Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları.....	13
1.5.3 Bulanık Mantık.....	14
1.5.3.1 Bulanık Mantık Sisteminin Bileşenleri.....	14
1.5.3.2 Bulanık Mantık Denetleyicinin Üstünlükleri.....	15
1.5.3.3 Bulanık Mantık Denetleyicinin Sakıncaları.....	15
1.5.4 Tabu Arama.....	16
1.5.4.1 TA Algoritmasının Temel Elemanları .....	16
1.5.4.2 Tabu Arama Algoritmasının Adımları.....	17
1.5.5 Tavlama Benzetimi.....	19
1.5.6 Karınca Kolonisi Algoritması .....	21
1.5.7 Zeki Vekiller (Zeki Etmenler).....	23
1.5.7.1 Zeki Etmenlerin Ana Elemanları.....	23
1.5.7.2 Etmenlerin Kullanımıyla İlgili Avantajlar .....	25
1.5.7.3 Zeki Etmenin Çevresi ile İlgili Özellikler.....	25
1.5.7.4 Etmenin Taşınması Gereken Özellikler .....	26
1.5.7.5 Zeki Etmenlerin Seviyelerine Göre Sıralanması .....	27
1.5.7.6 Etmenlerin Programlanabilirliği.....	28
1.5.7.7 Zeki Etmen-Tabanlı Sistemler Geliştirme Yaklaşımları.....	29

<b>2. YAPAY SİNİR AĞLARINA GENİŞ BİR BAKIŞ.....</b>	<b>31</b>
2.1 Yapay Sinir Ağlarının Tanımı ve Giriş .....	31
2.2 YSA İle İlgili Yapılan Çalışmaların Kronolojisi .....	32
2.3. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri .....	33
2.3.1 Doğrusal Olmama.....	33
2.3.2 Öğrenme.....	33
2.3.3 Genelleme .....	33
2.3.4 Uyarlanabilirlik .....	33
2.3.5 Hata Toleransı .....	33
2.4 Yapay Sinir Ağlarının Önemli Dezavantajları.....	34
2.5 Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları .....	35
2.5.1 Sınıflandırma .....	35
2.5.2 Kümeleme .....	35
2.5.3 Vektör Sayısallaştırılması .....	36
2.5.4 Desen Uygunluğu .....	36
2.5.5 Fonksiyon Yaklaşımı .....	36
2.5.6 Tahmin Yapmak .....	36
2.5.7 Kontrol Sorunları.....	36
2.5.8 En İyileme (Optimizasyon).....	37
2.5.9 Arama Çalışmaları.....	37
2.6 Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları.....	37
2.6.1 Endüstriyel Uygulamalar .....	37
2.6.2 Finansal Uygulamalar.....	37
2.6.3 Askeri Uygulamalar.....	37
2.6.4 Sağlık Uygulamaları.....	37
2.6.5 Diğer Alanlar.....	38
2.7 Sinir Sistemi.....	38
2.8 Biyolojik Sinir Hücreleri .....	38
2.9 Yapay Sinir Hücresi (Proses Elemanı).....	39
2.9.1 Girdiler.....	39
2.9.2 Ağırlıklar.....	39
2.9.3 Toplama Fonksiyonu .....	40
2.9.4 Aktivasyon Fonksiyonu (Transfer Fonksiyonu) .....	40
2.9.5 Hücrenin Çıktısı .....	40
2.10 Yapay Sinir Ağının Yapısı.....	41
2.10.1 Girdi Katmanı.....	41
2.10.2 Ara Katmanlar .....	41
2.10.3 Çıktı Katmanı .....	41
2.11 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması.....	42
2.11.1 Yapay Sinir Ağlarının Yapılarına Göre Sınıflandırılması .....	42
2.11.1.1 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları .....	42
2.11.1.2 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları.....	43
2.11.2 YSA'nın Öğrenme Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması .....	44
2.11.2.1 Danışmanlı Öğrenme .....	44
2.11.2.2 Danışmansız Öğrenme .....	45
2.11.2.3 Destekleyici Öğrenme.....	46
2.12 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme, Adaptif Öğrenme ve Test Etme .....	46
2.13 YSA Öğrenme Kuralları.....	47
2.13.1 Hebb Kuralı.....	47
2.13.2 Hopfield Kuralı.....	47

2.13.3 Delta Kuralı .....	47
2.13.4 Kohonen Kuralı .....	48
2.14 YSA Modellemesi Adımları .....	48
<b>3. HABERLEŞME VE SAYISAL İLETİŞİM TEKNİKLERİ.....</b>	<b>50</b>
3.1 Haberleşme .....	50
3.2 Bir Haberleşme Sisteminin Bileşenleri .....	51
3.2.1 Ara bileşenler .....	52
3.2.1.1 Haber (Bilgi) Kaynağı (Information Source).....	52
3.2.1.2 Giriş Dönüştürücüsü (Input Transducer) .....	52
3.2.1.3 Çıkış Dönüştürücüsü (Output Transducer) .....	52
3.2.2 Temel Bileşenler.....	52
3.2.2.1 Verici.....	52
3.2.2.2 Haberleşme Kanalı (Communication Channel) .....	52
3.2.2.3 Alıcı (Receiver) .....	53
3.3 İletim Ortamından Kaynaklanan Bozulmalar .....	54
3.3.1 İşaret Zayıflaması (Attenuation) .....	54
3.3.2 İşaret Distorsiyonu.....	54
3.3.3 Gecikme Distorsiyonu (Dispersiyon) Bozulması.....	54
3.3.4 Gürültü .....	54
3.4 Gürültü Çeşitleri.....	54
3.4.1 Isıl Gürültü (Thermal Noise).....	54
3.4.2 İntermodülasyon Gürültüsü .....	55
3.4.3 Çapraz-Karışım (Crosstalk) .....	55
3.4.4 Dürtü Gürültüsü (Impulse Noise).....	55
3.5 Küresel Mobil İletişim Sistemleri (GSM) .....	56
3.5.1 GSM'in Tarihsel Gelişimi.....	56
3.5.2 Avantajları.....	57
3.6 Sayısal İletişim.....	57
3.6.1 Sayısal İletişim Sistemleri.....	58
3.6.1.1 Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK) .....	58
3.6.1.2 Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK) .....	59
3.6.1.3 Faz Kaydırmalı Anahtarlama (PSK).....	60
3.6.1.4 İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama (BPSK).....	60
3.6.1.5 Kuadratür (Dörtlü) Faz Kaydırmalı Anahtarlama (QPSK).....	61
3.7 COST207 Modelleri.....	61
<b>4. YAPAY SINIR AĞLARI İLE KANAL KESTİRİMİ .....</b>	<b>63</b>
4.1. Giriş Sinyalleri .....	63
4.2. COST207 Kanalları.....	65
4.3. Yapay Sinir Ağları ile Kanal Kestirimi.....	67
<b>5. SONUÇ.....</b>	<b>70</b>
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>71</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>75</b>

## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>YSA</b>	: Yapay Sinir Ağları
<b>GA</b>	: Genetik Algoritma
<b>TB</b>	: Tavlama Benzetimi
<b>TA</b>	: Tabu Arama
<b>PSK</b>	: Phase Shift Keying
<b>FSK</b>	: Frequency Shift Keying
<b>ASK</b>	: Amplitude Shift Keying
<b>BPSK</b>	: Binary Phase Shift Keying
<b>QPSK</b>	: Quadrature Phase Shift Keying
<b>TACO</b>	: Touring Ant Colony Optimisation
<b>GSM</b>	: Global Systems for Mobile Communication
<b>AMPS</b>	: Advanced Mobile Phone Service
<b>NMT</b>	: Nordic Mobile Telephone
<b>TACS</b>	: Total Access Communication System
<b>ETSI</b>	: European Telecommunication Standards Institute
<b>TU</b>	: Typical Urban
<b>BU</b>	: Bad Urban
<b>HT</b>	: Hilly Terrain



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1: Bir Uzman Sistemin Genel Yapısı .....	8
Şekil 1.2: Genetik Algoritmanın Elemanları ve Çalışması.....	12
Şekil 1.3: Bulanık Mantık Sistemi .....	15
Şekil 1.4: Tabu Arama Algoritmasının Adımları.....	18
Şekil 1.5: Tabu Arama Akış Şeması .....	18
Şekil 1.6: Tavlama Benzetimi Algoritmasının Akış Şeması .....	21
Şekil 1.7: Gerçek Karıncaların En Kısa Yolu Bulması .....	22
Şekil 1.8: Bir Zeki Etmenin Elemanları .....	24
Şekil 2.1: Biyolojik Nöronun Genel Yapısı ve İşlevleri.....	39
Şekil 2.2: Yapay Nöronun Genel Yapısı .....	41
Şekil 2.3: Yapay Sinir Ağı Modeli.....	42
Şekil 2.4: Çok Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı .....	43
Şekil 2.5: Çok Katmanlı Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı.....	44
Şekil 2.6: Danışmanlı Öğrenme Yöntemi.....	45
Şekil 2.7: Danışmansız Öğrenme Yöntemi .....	45
Şekil 2.8: Destekleyici Öğrenme Yöntemi .....	46
Şekil 3.1: Tipik Bir Haberleşme Sisteminin Blok Diyagramı .....	50
Şekil 3.2: Bir Haberleşme Sisteminin Bileşenlerinin Genel Blok Şeması .....	51
Şekil 3.3: Sayısal Haberleşme Sisteminin Blok Şeması.....	58
Şekil 3.4: Sayısal İletişim Sistemleri.....	58
Şekil 3.5: ASK'nın Modüle Edilmiş Dalga Biçimleri.....	59
Şekil 3.6: Frekans Kaydırmalı Anahtarlama.....	59
Şekil 3.7: BPSK I-Q İşaret Kümesi.....	60
Şekil 3.8: QPSK I-Q İşaret Kümesi .....	61
Şekil 4.1: BPSK Yöntemiyle Modüle Edilmiş Sinyaller.....	63
Şekil 4.2: Üzerine 30 dB Gürültü Eklenmiş BPSK Sinyalleri.....	64
Şekil 4.3: Üzerine 30 dB Gürültü Eklenmiş 8-PSK Sinyalleri .....	64
Şekil 4.4: Üzerine 30 dB Gürültü Eklenmiş 16-PSK Sinyaller .....	65
Şekil 4.5: TU Kanal Tipinin Darbe Cevabı .....	66
Şekil 4.6: BU Kanal Tipinin Darbe Cevabı.....	66
Şekil 4.7: HT Kanal Tipinin Darbe Cevabı .....	67
Şekil 4.8: YSA'nın TU İçin Kestirdiği Kanal Katsayıları.....	68
Şekil 4.9: YSA'nın BU İçin Kestirdiği Kanal Katsayıları.....	68
Şekil 4.10: YSA'nın HT İçin Kestirdiği Kanal Katsayıları.....	69
Şekil 4.11: YSA'nın Katman Yapısı ve Kestirim Performansı .....	69

## GENEL BİLGİLER

Adı ve Soyadı : Ömer Önder BAKIR  
Anabilim Dalı : Bilgisayar Mühendisliği  
Programı : Yönetim Bilişim Sistemleri  
Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ersin GÖSE  
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans – Eylül 2010

## YAPAY SİNİR AĞLARI İLE KANAL KESTİRİMİ

### ÖZET

Kablosuz haberleşme sistemlerinde temel amaç, belli bir zaman aralığında olabildiğince çok bilgiyi bozucu etkenlerden en az düzeyde etkilenecek şekilde kaynaktan kullanıcıya iletmektir. Dolayısıyla temel başarıml ölçütü olarak belli bir iletim hızı için alıcının hata olasılığı alınır ve bu olasılığın olabildiğince küçük olması istenir.

Tezde verici antenlerden gönderilen modüle edilmiş sinyaller, GSM sistemlerinde kullanılan COST207 kanal modellerine gönderilmiştir. COST207 kanal modeli olarak TU (Typical Urban), BU (Bad Urban) ve HT (Hilly Terrain) kanal modelleri kullanılmıştır.

Kanalların bozucu etkisi özellikle yansımalar, kırılmalar ve saçılmalar haberleşmede başarımlı düşüren önemli etkenlerdir. Kanallardan geçen sinyaller, büyük ölçüde bozuluma uğrayarak alıcı antenlere ulaşırlar. Haberleşme sistemlerinde alıcı kısmında güçlü bir kanal kestirimi yapılmalı ki verici antenlerden gönderilen sinyaller kayba uğramasın. Bu nedenle bu tezde kanal kestirimi için Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır. YSA, kanala giren modüle edilmiş sinyalleri ve alıcı antenlerde elde edilen sinyalleri kullanarak kanal parametrelerini kestirmiş ve yüksek bir performans ortaya koymuştur.

**Anahtar kelimeler:** Faz Kaymalı Anahtarlama, COST207, Yapay Zeka, Yapay Sinir Ağları

## GENERAL KNOWLEDGE

Name and Surname : Ömer Önder BAKIR  
Field : Computer Engineering  
Program : Management Information Systems  
Supervisor : Ass. Prof. Ersin GÖSE  
Degree Awarded and Date : Master – September 2010

## CHANNEL ESTIMATION WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

### ABSTRACT

The main goal in wireless communication systems, to transmit plenty of symbols for limited time duration. While transmitting symbols, the disturbance and noise of the channel take an important role in communication. With minimum disturbance, signals must be transmitted from source to users. For this reason, to increase error performance, for a specific data speed, the probability of error at receiver site must be considered. The probability of error have to be minimized.

In thesis, modulated signals from transmitter antennas are sent to COST207 channels. COST207 channels are special types of GSM channels. TU (Typical Urban), BU (Bad Urban) and HT (Hilly Terrain) are used. Three of them are main channels of COST207.

Because of reflection, refraction and scattering of channel disturbance, the reliable communication is decreased. The signals which arrived to channels are corrupted and then are received by receiver antennas. In communication systems, at the receiver site, it must be used a powerful channel estimation. In this thesis, for channel estimation, Artificial Neural Network (ANN) is used. ANN performed channel estimation by using transmitted signals and received signals. As a channel estimator, ANN shows a great performance.

**Keywords:** Phase Shift Keying, COST207, Artificial Intelligence, Artificial Neural Networks

## GİRİŞ

Günümüz küresel dünyasında sık sık yaşanan teknolojik değişimler, birçok problemi de beraberinde getirmektedir. Bir yandan yaşanan değişimler, bir yandan bu değişimlere ayak uydurma çalışmaları, işletmeleri olumsuz yönde etkilemektedir. Pek çok işletme tedbir alamadığı için veya yanlış tedbirleri hayata soktuğu için günümüz küresel dünyasında yok olma tehlikesiyle karşı karşıya kalmaktadır. Bunun için geleceği görmek adına pek çok tahmin yöntemi geliştirilmiş ve uygulamaya konulmuştur.

Tam bu noktada ise son yıllarda yapay zeka tekniklerinden biri olan ve Yapay Sinir Ağları (YSA) adı verilen bir model tahminde bulunmada oldukça popüler hale gelmiştir. YSA'da, şimdiye kadar çalışma yapmış kişilerin çalışmaları incelendiğinde, oldukça başarılı sonuçların alındığını söyleyebiliriz. Bu hususta YSA, çeşitli alanlarda kendine uygulama sahası bulmuştur. Özellikle tahminde bulunmak için, YSA ile ilgili yazılım da geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılımlar sayesinde tahminler çok kolaylaşmıştır. Finanstan sağlık hizmetlerine kadar hemen hemen her alanda YSA ile tahminde bulunulmaya başlanmıştır. Böylece, önceden yaşanabilecek olumsuzlukların görülüp önlemlerin alınması kolaylaşacaktır. Önlem alamayanlar ise yok olup gitmeye mahkûm olacaklardır.

Tezimizin birinci bölümünde, yapay zekanın tanımına, gelişim sürecine ve amaçlarına değinilmiş ve daha sonra ise yapay zeka teknikleri ele alınmıştır. Bu tekniklerin tanımı ve her birinin işlevi ise akış şemalarıyla birlikte kapsamlı bir şekilde ele alınmıştır. Böylece bu tekniklerin anlaşılması oldukça kolaylaştırmıştır.

Tezimizin ikinci bölümünde ise yapay zeka yöntemlerinden biri olan ve tezimizin de asıl konusunu oluşturan YSA geniş bir biçimde ele alınmıştır. Bu kapsamda YSA'nın tanımı, tarihçesi, özellikleri, kullanım alanları, uygulama alanları vb. pek çok alt başlığa değinilmiştir.

Tezimizin üçüncü bölümünde ise haberleşme, sayısal iletişim ve sayısal iletişim teknikleri olan genlik kaydırmalı anahtarlama, faz kaydırmalı anahtarlama, frekans kaydırmalı anahtarlama, ikili faz kaydırmalı anahtarlama, kuadratör faz kaydırmalı anahtarlama tekniklerine ve COST207 modellerine yer verilmiştir.

Tezimizin dördüncü bölümünde ise geliştirilen kodlar aracılığı ile uygulama geliştirilmiştir. Uygulama için, Mathworks firmasının geliştirmiş olduğu MATLAB adlı programdan yararlanılmıştır. Çalışma, Pentium IV 2.66 GHz işlemcili ve 2 GB RAM özelliklerine sahip bilgisayar tarafından gerçekleştirilmiştir.

Tezimizin son bölümü olan sonuç bölümünde ise elde edilen bulgular çerçevesinde genel bir değerlendirme yapılmıştır.

# 1. YAPAY ZEKA VE YAPAY ZEKA TEKNİKLERİ

## 1.1 Zeka Nedir?

Zekanın ne olduğu ve nasıl tanımlanacağı yüzyıllardan beri insanoğlunu meşgul etmiş bir konudur. Bugün dahi, zekanın ne olup ne olmadığı konusunda kesin veriler mevcut değildir. Araştırmacılar, insanın zihinsel işlevlerine ve performansına bakarak zeka üzerinde yorum yapmışlardır. Kimisi zekayı, “benim testim ölçtüğü şey” diyerek, kimisi de “öğrenme gücü” olarak tanımlamaya çalışmıştır. Genel olarak zeka, yeni ve şaşırtıcı durumlarda çevreye uyum yapabilme, soyutlama ve problem çözme gücü olarak tarif edilir. Zekanın açıklanmasına ilişkin olarak geliştirilen kuramlar çoğunlukla zekanın genel, sözel, sayısal, görsel ve mekanik yetenek gibi çeşitli etkenlerden oluştuğunu ve bu etkenlerin anlaşılmasıyla zekanın da anlaşılabileceğini öne sürmektedirler (Selçuk, 2000: 73).

## 1.2 Yapay Zeka Nedir?

Yapay zeka (Artificial Intelligence), günümüzde insanlar tarafından çok daha iyi ve başarılı bir şekilde gerçekleştirilen işlerin bilgisayarlar tarafından daha iyi yapılmasını sağlamak için yapılan çalışmaları ifade etmek için kullanılan bir kavramdır (Koyuncu, 2000: 2).

## 1.3 Yapay Zeka Gelişim Süreci

Eraslan (2010)'a göre, yapay zekanın gelişim süreci paragraflar halinde aşağıdaki gibi özetlenebilir (Eraslan, 2010):

Yapay zeka konusundaki ilk çalışma McCulloch ve Pitts tarafından yapılmıştır. Bu araştırmacıların önerdiği, yapay sinir hücrelerini kullanan hesaplama modeli, önermeler mantığı, fizyoloji ve Turing'in hesaplama kuramına dayanıyordu. Herhangi bir fonksiyonun sinir hücrelerinden oluşan ağlarla hesaplanabileceğini ve mantıksal “ve” ve “veya” işlemlerinin gerçekleştirilebileceğini gösterdiler. Bu ağ yapılarının uygun şekilde tanımlanmaları halinde öğrenme becerisi kazanabileceğini de ileri sürdüler. Hebb, sinir hücreleri arasındaki bağlantıların şiddetlerini değiştirmek için basit bir kural önerince, öğrenebilen YSA'yı gerçekleştirmek de mümkün hale gelmiştir.

1950'lerde Shannon ve Turing bilgisayarlar için satranç programları yazıyorlardı. İlk yapay sinir ağı temelli bilgisayar SNARC, MIT'de Minsky ve Edmonds tarafından 1951'de yapıldı. Çalışmalarını Princeton Üniversitesi'nde sürdüren Mc Carthy, Minsky, Shannon ve Rochester'le birlikte 1956 yılında Dartmouth'da iki aylık bir toplantı düzenledi. Toplantının en önemli özelliği Mc Carthy tarafından önerilen "Yapay Zeka" adının konmasıdır. İlk kuram ispatlayan programlardan Logic Theorist (Mantık Kuramcısı) burada Newell ve Simon tarafından tanıtılmıştır.

Daha sonra Newell ve Simon, "insan gibi düşünme" yaklaşımına göre üretilmiş ilk program olan General Problem Solver (Genel Sorun Çözücü)'ü geliştirmişlerdir. Simon, daha sonra fiziksel simge varsayımını ortaya atmış ve bu kuram, insandan bağımsız zeki sistemler yapma çalışmalarıyla uğraşanların hareket noktasını oluşturmuştur.

Bundan sonraki yıllarda mantık temelli çalışmalar egemen olmuş ve programların performanslarını sergilemek için bir takım yapay sorunlar ve dünyalar kullanılmıştır. Daha sonraları bu sorunlar gerçek yaşamı hiçbir şekilde temsil etmeyen "yapay dünyalar" olmakla suçlanmış ve yapay zekanın yalnızca bu alanlarda başarılı olabileceği ve gerçek yaşamdaki sorunların çözümünde kullanılamayacağı ileri sürülmüştür.

Geliştirilen programların gerçek sorunlarla karşılaştığında çok kötü bir performans göstermesinin ardındaki temel neden, bu programların yalnızca yapay bir şekilde çalışıp konu ile ilgili bilgileri kullanmamasıydı. Bu dönemin en ünlü programlarından Weizenbaum tarafından geliştirilen Eliza, karşısındaki ile sohbet edebiliyor gibi görünmesine karşın, yalnızca karşısındaki insanın cümleleri üzerinde bazı işlemler yapıyordu. İlk makine çevirisi çalışmaları sırasında benzeri yaklaşımlar kullanılıp çok gülünç çevirilerle karşılaşıncaya bu çalışmaların desteklenmesi durdurulmuştur.

Her sorunu çözecek genel amaçlı program yerine belirli bir uzmanlık alanındaki bilgiyle donatılmış programlar kullanma fikri, yapay zeka alanında yeniden bir canlanmaya yol açtı. Kısa sürede "Uzman Sistemler" adı verilen bir metodoloji gelişti. Fakat burada çok sık rastlanan tipik bir durum, bir otomobilin tamiri için önerilerde bulunan uzman sistem programının otomobilin ne işe yaradığından haberi olmamasıydı.

İnsanların iletişimde kullandıkları Türkçe, İngilizce gibi doğal dilleri anlayan bilgisayarlar konusundaki çalışmalar bu sıralarda hızlanmaya başladı. Doğal dil anlayan programların dünya hakkında genel bilgiye sahip olması ve bu bilgiyi kullanabilmek için genel bir metodolojisi olması gerektiği belirtilmekteydi.

Bütün bu çalışmaların sonunda yapay zeka araştırmacıları iki gruba ayrıldılar. Bir grup, insan gibi düşünen sistemler yapmak için çalışırken, diğer grup ise rasyonel karar verebilen sistemler üretmeyi amaçlamaktaydı.

#### **1.4 Yapay Zekanın Amaçları**

Kocabaş (2010)'a göre, yapay zekanın amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Kocabaş, 2010):

- İnsan beyninin fonksiyonlarını bilgisayar modelleri yardımıyla anlamaya çalışmak.
- İnsanların sahip olduğu zihinsel yetenekleri, bilgi kazanma, öğrenme ve buluş yapmada uyguladıkları strateji, metot ve teknikleri araştırmak.
- Bu öğrenme metotlarını biçimsel hale getirmek ve bilgisayarlarda bilgi sistemleri halinde uygulamak.
- İnsanlarını bilgisayar kullanımını kolaylaştıracak insan/bilgisayar ara birimleri geliştirmek.
- Belli bir uzmanlık alanı içindeki bilgileri bir 'bilgi sistemi' halinde toplamak.
- Geleceğin bilgi toplumunun kurulmasında önemli rol oynayacak 'genel bilgi sistemleri' geliştirmek.
- Bilimsel araştırma ve buluşlarda faydalanmak üzere 'araştırma yardımcıları' geliştirmek.

#### **1.5 Yapay Zeka Yöntemleri**

- Uzman Sistemler
- Genetik Algoritma
- Bulanık Mantık
- Karınca Kolonisi Algoritması
- Tavlama Benzetimi Algoritması
- Tabu Arama Algoritması
- Zeki Etmenler
- Yapay Sinir Ağları



### 1.5.1 Uzman Sistemler

Uzman sistemler, yapay zeka konusunun bir dalı olup, temelde uzman bir insan düzeyinde problem çözümede, insan bilgisini yoğun biçimde kullanan programlardır. Uzman ise, belirli bir konuda çok az insanda bulunabilen düzeyde bilgi sahibi olan bir kişidir. Yani pek çok kişinin çözemeyeceği bir problemi çözebilen veya pek çok insandan çok daha etkin ve çabuk biçimde çözebilen bir insana uzman denir. 1970’de ilk kez ortaya çıkan uzman sistemler, yoğun biçimde uzman insan bilgisi kullanıyordu. Bugün bu kavram uzman sistem teknolojisi kullanan bir sistem için de kullanılmaktadır. Uzman sistemlerde kullanılan bilgi, kitap, dergi ve bilgili kişilerden alınan bilgi olabilir. (Koyuncu, 2000: 3).

#### 1.5.1.1 Uzman Sistemlerin Geleneksel Bilgisayar Programlarından Farkı

Eraslan (2010)’a göre, uzman sistemlerin geleneksel bilgisayar programlarından farkları şu şekilde sıralanabilir (Eraslan, 2010):

- Uzman sistemler, kendilerini geleneksel bilgisayar programlarından ayıran çeşitli kabiliyetlere ve özelliklere sahiptirler. Bir uzman sistemin temel hedefi, uzmanların sezgisel uzmanlıklarına sahip olmak ve bunu yaygınlaştırmaktır; geleneksel bir programın hedefi ise bir algoritma setini tamamlamaktır.
- Uzman sistemler, geleneksel yaklaşımlarla ele alınmasının çok zor veya imkânsız olduğu düşünülen durumlarda kullanılabilir. Ayrıca uzman sistemler, ihtiyaç duyulan bilginin eksik veya ulaşılabilen bilginin tutarsız olduğu durumları ele alma kabiliyetine sahiptir. Uzman sistem teknolojisindeki teknikler belirsiz durumları ve belirsiz verileri tahlil ederler ve bazı uzman sistemler yeni bilgilere ulaşıldığında yargılarını değiştirebilirler. Bunlara ilaveten, çoğu kez bir uzman sistem aldığı kararlara veya neden belirli bir operasyonu gerçekleştirdiğine ya da belirli bir bilgiyi sorduğuna açıklama da getirebilir.
- Uzman sistemler öncelikle, sayısal hesaplamalardan çok kavramlar hakkında sembolik muhakemeye dayanırlar. Bu sistemler çoğunlukla işleme ait yaklaşımlardan çok açıklayıcı yaklaşımlar kullanılarak programlanırlar ve programlama teknikleri, program kontrolünün alan bilgisinden geniş ölçüde ayrılmasına müsaade eder. Program kontrolünden ayrılmış açıklayıcı bilginin kullanımı, çoğu kez uzman sistemlerin, geleneksel programlara göre daha

esnek ve tekrar gözden geçirilip düzeltilme ve güncellenmesinin daha kolay olmasını sağlamaktadır.

### **1.5.1.2 Uzman Sistemin Temel Elemanları**

Öztemel (2006)'e göre, uzman sistemin temel elemanları aşağıdaki gibidir (Öztemel, 2006: 15-16):

#### **1.5.1.2.1 Bilginin Temin Edilmesi**

Uzman sistemin uzmanlık alanı ile ilgili bilgilerin toplanması, derlenmesi ve bilgisayarın anlayacağı şekle dönüştürülmesi çalışmalarını kapsar.

#### **1.5.1.2.2 Bilgi Tabanı**

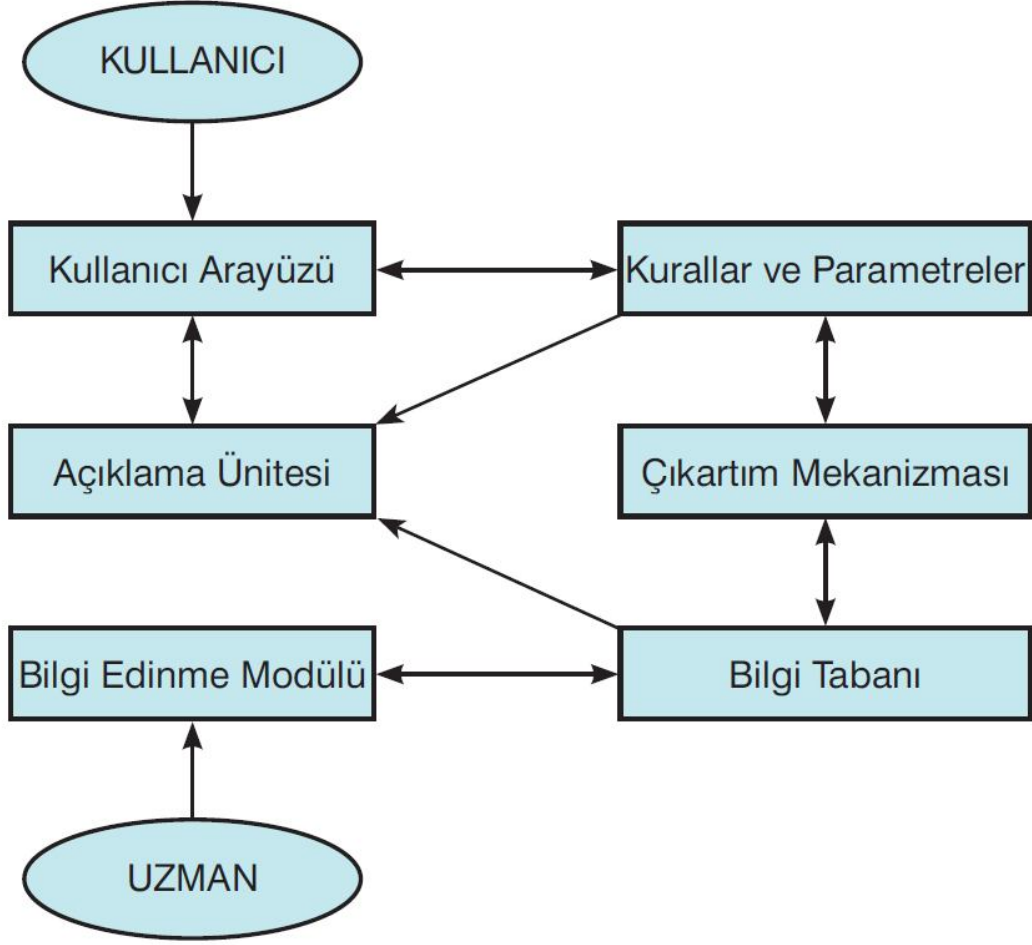
Uzman sistemin uzmanlık alanı ile ilgili toplanan bilgilerin saklandığı yerdir. Bilgiler genellikle kurallar, bilgi çerçeveleri, bilgi sınıfları ve prosedürlerden oluşur. Bu bilgiler ilgili uzmanlık alanı hakkında uzmanların bildiği ve belirlediği gerçeklere dayanmaktadır.

#### **1.5.1.2.3 Çıkarım Mekanizması**

Bilgi tabanında bulunan bilgileri arayan, filtreleyen, yorumlayan ve sonuçlar çıkaran yani; çözüm üreten bir mekanizmadır.

#### **1.5.1.2.4 Kullanıcı Ara Birimi**

Uzman sistemi kullanan kişiler ile uzman sistemin iletişimini sağlar. Problemlere üretilen sonuçların nasıl üretildiği ve niçin o sonuçlara varıldığını açıklar. Uzman sistemin bir uzman gibi görülmesi, bu ara birimin ve açıklama yeteneğinin güçlü olmasına bağlıdır.



Şekil 1.1: Bir Uzman Sistemin Genel Yapısı (Yavaş ve Civalek, 2005)

### 1.5.1.3 Uzman Sistemlerin Avantajları

Koyuncu (2000)'ya göre, uzman sistemlerin avantajları aşağıdaki gibi sıralanabilir (Koyuncu, 2000: 3-4):

#### 1.5.1.3.1 Hazır Bilgi

Hazırlanan uzman sistem programı sayesinde uzman bilgisi herhangi bir bilgisayara yüklenebilir. Bilgi almak için uzman kişiyi beklemeye gerek kalmaz.

#### 1.5.1.3.2 Azalan Maliyet

Kullanıcı başına düşen uzmanlık maliyeti azalmış olur.

#### 1.5.1.3.3 Daha Az Tehlike

Uzman sistemler, insanlar için zararlı veya tehlikeli olan bütün ortamlarda rahatlıkla kullanılabilir.

#### **1.5.1.3.4 Kalıcı Bilgi**

Zamanla emekli olabilen veya hayata veda eden insan uzmanların aksine uzman sistem bilgisi kalıcıdır.

#### **1.5.1.3.5 Açıklama**

Uzman sistem, varılan sonucun nedenlerini ayrıntılı olarak açıklar. Oysa bir insan bunu her zaman yapamayabilir.

#### **1.5.1.3.6 Hızlı Yanıt**

Bazı durumlarda hızlı veya gerçek zamanlı cevap vermek gerekebilir. Kullanılan yazılım ve donanıma bağlı olmak şartıyla, bir uzman sistem bir insandan daha çabuk cevap verebilir.

#### **1.5.1.3.7 Duygusallıktan Uzak Cevaplar**

Stres veya kırgınlıktan dolayı verimli olarak çalışamayan bir insanın aksine, bir uzman sistem gerçek zamanlı sorunlara duygusallıktan uzak gerçekçi cevaplar verebilir.

#### **1.5.1.3.8 Akıllı Belletmen**

Uzman sistemler eğitim amaçlı kullanılabilirler.

#### **1.5.1.3.9 Akıllı Veritabanı**

Uzman sistemler, bir veritabanı dosyasına akıllıca erişebilirler.

#### **1.5.1.4 Uzman Sistemlerin Özellikleri**

Koyuncu (2000)'ya göre, bir uzman sistem tasarlanırken aşağıdaki özellikleri taşımalıdır (Koyuncu, 2000: 4).

##### **1.5.1.4.1 Yüksek Performans**

Bir uzman sistem programı sorulan sorulara uzman bir insana denk veya daha iyi bir düzeyde cevap verebilmelidir.

##### **1.5.1.4.2 Hızlı Cevap Verme**

Tasarlanan sistemin sorulan sorulara yönelik bir sonuca makul bir sürede varabilmesi ve hatta uzman bir insandan daha çabuk karar verebilmesi beklenir. Örneğin, bir uzmanın bir saatte sonuca vardığı bir konuda, uzman sistemin bir yılda karar vermesi elbette işe yaramaz.

##### **1.5.1.4.3 Güvenilirlik**

Hazırlanan uzman sistemin güvenilir olması hata vermemesi gerekir.

#### **1.5.1.4.4 Anlaşılabilirlik**

Tasarlanan sistemin bir konuda vardığı sonucun aşamalarını tek tek açıklayabilmesi gerekir. Sonuca nasıl vardığı meçhul olan bir sistemden ziyade tıpkı bir insan uzmanı gibi gerektiğinde vardığı sonucun nedenlerini açıklayabilmelidir.

#### **1.5.1.4.5 Esneklik**

Bir uzman sistemde kullanılmak üzere büyük miktarda bilgi yüklemek gerekir. Bu yüzden bilgi ilave etmek, değiştirmek ve silmek için etkin bir mekanizmanın uzman sisteme eklenmesi gerekir.

#### **1.5.1.5 Uzman Sistemlerin Kullanımına Uygun Alanlar**

Eraslan (2010)'a göre, uzman sistemlerden aşağıda sıralanan koşullar sağlanıyorsa yararlanılmalıdır (Eraslan, 2010):

- İşin tekdüzeliğine bağlı olarak uzman sistemin sık sık kullanılmasına gereksinim duyuluyorsa ve kullanıcı sayısı uzman sistemin kullanılmasını maliyet boyutunda ekonomik kılacak kadar fazla sayıda ise.
- Karar verme durumu karmaşık.
- Karar verme mantığı bir kural hiyerarşisine dönüştürülebiliyorsa.
- Gözden geçirmenin çok uzun zaman alacağı, çok sayıda mümkün kombinasyonun olduğu problemlerde.
- Çok miktarda dikkate değer veriyi anlamlandırmanın ya da bilgilerin geri çağırılması işlemlerinin yapılmasının gerektiği durumlarda.
- Uygulama öneri, sınıflama, teşhis, yorum, açıklama, çözüm yolu seçme, durumu değerlendirme ve tahmin etme üzerinde yoğunlaşıyorsa.

#### **1.5.2 Genetik Algoritma**

GA, evrimsel yaklaşım ilkeleri ışığında, rastlantısal araştırma yöntemlerini kullanarak kendi kendine öğrenme ve karar verme sistemlerinin düzenlenmesini hedef alan bir araştırma tekniğidir. GA, doğadaki canlıların geçirdiği süreci örnek alır ve iyi nesillerin kendi yaşamlarını korurken, kötü nesillerin yok olması ilkesine dayanır. Matematiksel modellemenin yapılamadığı veya kesin çözümün olmadığı problemlerde GA'dan yararlanır. Bu algoritma, anne ve baba bireyden (bir önceki nesil) doğan yeni bireylerin şartlara uyum sağlayıp yaşamlarını devam ettirmesine dayanır. Yeni bireyler, anne ve babasından gelen iyi genleri bünyelerinde muhafaza edebileceği gibi kötü genleri de almış olabilir. Bu durumda kötü genlere sahip bireyler varlıklarını sürdüremeyecektir (Elmas, 2007: 379).

### **1.5.2.1 Genetik Algoritmanın Elemanları**

Öztemel (2006)'e göre, genetik algoritmanın elemanları şu şekilde sıralanıp açıklanabilir (Öztemel, 2006: 17-18).

#### **1.5.2.1.1 Kromozom ve Gen**

GA'nın çözmesi istenen problemin her bir çözümünü göstermektedir. Bir problem için N adet çözüm olabilir. Genetik algoritmanın bunların arasından en iyisini arayıp bulması istenmektedir. Kromozomlar ise bu çözümleri gösterirler. Başlangıçta rastgele atanan çözümler daha sonra genetik algoritmanın çalışma ilkesine göre iyileştirilmektedir. Bir kromozomun elemanlarından her birisi çözümün bir özelliğini göstermektedir. Bunlara da gen denilmektedir.

#### **1.5.2.1.2 Çözüm Havuzu**

Problemin en iyi çözümünü aramak için kullanılan ve rastgele belirlenmiş başlangıç çözüm setidir. Probleme göre değişen sayıda kromozom (başlangıç çözümü) belirlenebilir. Buna havuzun büyüklüğü denmektedir.

#### **1.5.2.1.3 Çaprazlama**

Problem, çözüm havuzunda bulunan çözümleri (kromozomları) ikişer ikişer birleştirerek yeni çözümler üretmektedir. İki kromozomdan iki adet yeni kromozom üretilmektedir. Bir problemin çözüm uzayında kaç adet kromozomun çaprazlanacağı ise çaprazlama oranına göre belirlenmektedir.

#### **1.5.2.1.3 Mutasyon**

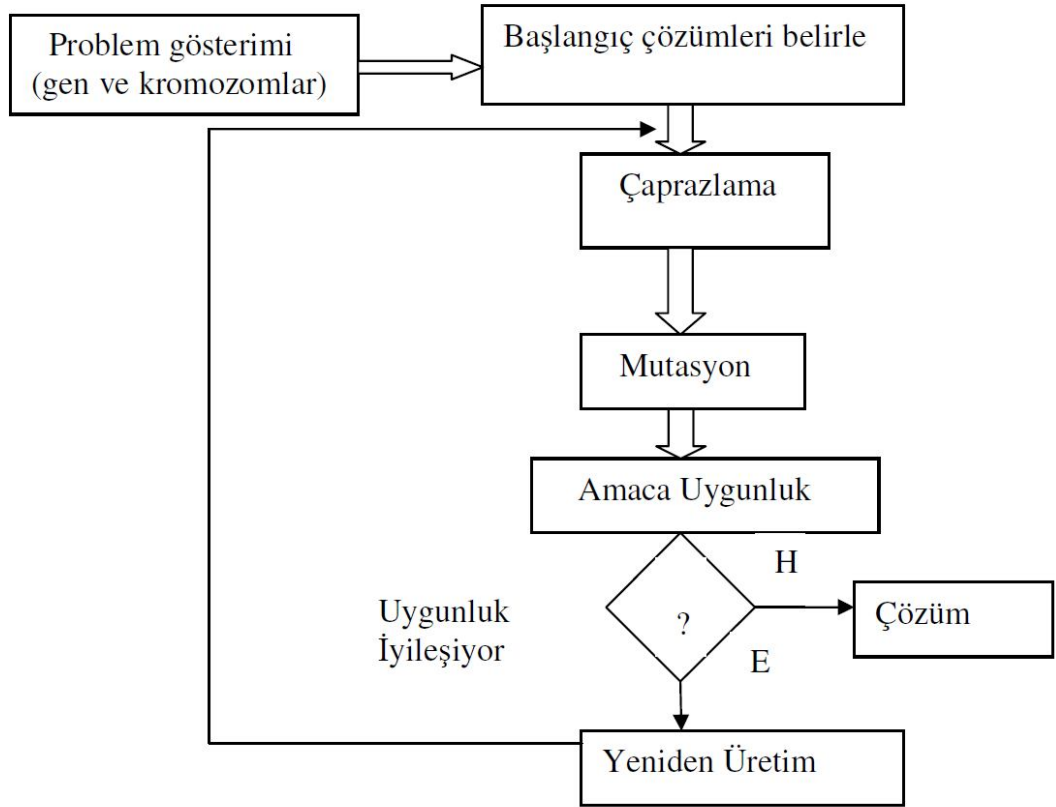
Çaprazlama neticesinde farklı çözümlere ulaşmak bazen zor olmaktadır. Yeni çözüm aramanın kolaylaştırılması ve aramanın yönünü değiştirmek amacı ile bir kromozomun bir elemanının (bir genin) değiştirilmesi işlemidir. Bir problem havuzu içinden kaç kromozomun mutasyona uğratılacağına ise mutasyon oranına göre karar verilmektedir.

#### **1.5.2.1.4 Uygunluk Fonksiyonu**

Belirlenen çözümlerin uygunluk derecelerinin ölçülmesini sağlayan bir fonksiyondur. Her problem için bir uygunluk fonksiyonunun belirlenmesi gerekmektedir. Bu fonksiyon probleme göre değişmektedir. Mesela, bir iş çözümlenmesi (sıralanması) probleminde belirlenen her sıraya göre, işlerin tamamının bitirilmesi zamanı uygunluk ölçütü olarak belirlenebilir. En kısa zamanda işleri bitiren iş sırasının belirlenmesi istenmektedir. İşlerin toplam bitirilme zamanı azaltıldığı sürece daha farklı iş sıralarının aranmasına devam eder. Bu süre daha fazla azaltılamayacağı bir noktada en iyi çözüm bulunmuş olacaktır.

### 1.5.2.1.5 Yeniden Üretim

Çözüm havuzundaki kromozomlar, çaprazlama ve mutasyon neticesinde üretilen yeni kromozomlar nedeni ile çoğalacaktır. Bunların arasından problem havuz büyüklüğüne göre kromozomlar seçilerek diğerleri atılır. Seçilenler ise bir sonraki nesil çözümü olarak yeniden çaprazlanıp gelecek çözümleri üretirler. Yeniden üretim için değişik yöntemler geliştirilmiştir. Rus Ruleti en yaygın olarak kullanılan yeniden üretme yöntemidir. Bu yöntemde yeni havuz üyeleri rulet mantığı ile seçilmektedir. En iyi çözümlerin bir sonraki nesil (havuz) içine seçilme olasılıkları daha fazladır. Kötü çözümler de seçilebilirler. Bunun nedeni belki bu kötü çözümlerin ileride daha iyi çözümlere yol açabilecek olmasındandır.



Şekil 1.2: Genetik Algoritmanın Elemanları ve Çalışması (Öztemel, 2006: 18)

### **1.5.2.2 Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları**

Elmas (2007)'a göre, genetik algoritmanın uygulama alanları aşağıdaki gibi sıralanıp açıklanabilir (Elmas, 2007: 383):

#### **1.5.2.2.1 Eniyileme (Optimizasyon)**

GA araştırmalarının önemli bir bölümü fonksiyon eniyilemesi ile ilgilidir. GA, geleneksel eniyileme tekniklerine göre zor, süreksiz ve gürültü içeren fonksiyonları çözmeye daha etkindirler. GA'nın uygulandığı diğer bir eniyileme problemi ise, istenen amaçlara ulaşmak üzere, sınırlı kaynakların etkin tahsis edilmesiyle ilgili birleşik eniyileme problemleridir. Gezgin satıcı problemi, araç yön bulma problemi, iş atölyesi çizelgeleme problemi, yerleşim tasarımı problemi, birleşim eniyileme problemlerine örnektir.

#### **1.5.2.2.2 Otomatik Programlama ve Bilgi Sistemleri**

GA'nın yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri, belirli ve özel görevler için gerekli olan bilgisayar programlarını geliştirmedir. Ayrıca, diğer hesaplama gerektiren yapıların tasarımı için de kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak bilgisayar çipleri tasarımı, ders programı hazırlanması ve ağların çizelgelenmesi verilebilir.

#### **1.5.2.2.3 Mekanik Öğrenme**

Sınıflama sistemi GA'nın mekanik öğrenme alanında bir uygulamasıdır. Basit dizi kurallarını öğrenen bir mekanik öğrenme sistemi olan sınıflama sisteminin kural ve mesaj sistemi, özel bir üretim sistemi olarak adlandırılabilir. Bu üretim sistemi, "eğer-sonra" kural yapısını kullanır. Bir üretim kuralı, "eğer" yapısından sonra belirtilen durum için, "sonra" yapısından sonra gelen faaliyetin gerçekleştirilmesini içerir.

#### **1.5.2.2.4 Finans ve Pazarlama**

GA finansal modelleme uygulamaları için son derece uygundur. Özellikle hisse senedi fiyatlarındaki değişim kalıplarını tahmin etmede ve bulmada, kaynak tahsisi ve uluslar arası sermaye tahsisi stratejilerini belirlemede GA kullanılabilir. Pazarı ve tüketiciyi tanımada son derece önemli rol oynayan veri madenciliği, veriyi bilgiye bilgiyi de güvenli kararlara dönüştürür. Veri madenciliğinin verimlilik, karlılık, müşteri tatmini ve rekabet edebilme yeteneği gibi yaşamsal konularda işletme üzerinde çok önemli etkileri bulunmaktadır. Veri madenciliğinde kullanılan tekniklerden birisi de GA'dır. GA tabanlı yaklaşım kullanılarak veri yığınlarından modeller elde edilmektedir.



### **1.5.3 Bulanık Mantık**

Bulanık mantık yaklaşımı makinelere insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır. İşte bu sembolik ifadelerin makinelere aktarılması matematiksel bir temele dayanır. Bu matematiksel temel “Bulanık Mantık Kümeler Kuramı” ve buna dayanan “Bulanık Mantıktır” (Elmas, 2007: 185).

Elmas (2007)’a göre, bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh tarafından şu şekilde ifade edilmiştir (Elmas, 2007: 186):

- Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.
- Bulanık mantıkta her şey  $[0,1]$  aralığında belirli bir derece ile gösterilir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.

#### **1.5.3.1 Bulanık Mantık Sisteminin Bileşenleri**

Duru, Kurtuluş ve Canbay (2008)’a göre, bulanık mantık sisteminin bileşenleri aşağıdaki gibi sıralanabilir (Duru, Kurtuluş ve Canbay, 2008):

##### **1.5.3.1.1 Bulanıklaştırıcı Ünitesi (Fuzzifier)**

Bulanıklaştırıcı ünitesi (fuzzifier), sayısal veriler üzerinde ölçek değişikliği yaparak bunu bulanık veriler biçimine dönüştürmektedir. Bu birim işlevini bulanık kümeleri kullanarak gerçekleştirmektedir. Bulanık kümeler ise üyelik fonksiyonları ile temsil edilmektedir. Uygulamada en sık kullanılan üyelik fonksiyonları üçgen, sigmoid ve yamuk tipi fonksiyonlar olarak verilmektedir.

##### **1.5.3.1.2 Kurallar Birimi**

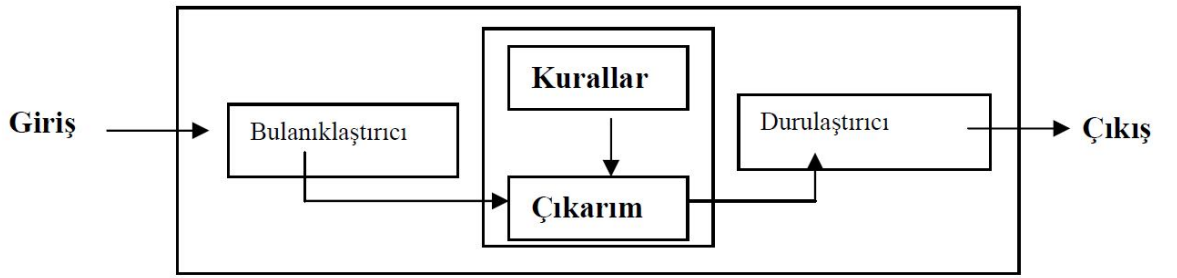
Kurallar birimi, giriş çıkış arasındaki bağıntıyı tanımlayan bir dizi bulanık kuralları içermektedir. Bu kurallar, uzmanlar tarafından belirlenmiş, bulanık mantık denetleyicinin davranışlarını tespit eden denetim kurallarıdır ve genellikle EĞER-O HALDE (IF-THEN) şart cümlelerinden oluşan bir bütünü temsil etmektedir.

### 1.5.3.1.3 Çıkarım Ünitesi (Inference Engine)

Çıkarım ünitesi (inference engine), bulanıklaştırma ünitesinden gelen bulanık değerleri, kural tabanındaki kurallar üzerinde uygulayarak bulanık karar işlemini gerçekleştirmektedir.

### 1.5.3.1.4 Durulaştırıcı (Defuzzifier) Birimi

Durulaştırıcı (defuzzifier) biriminin görevi, çıkarım ünitesinden gelen bulanık kontrol işaretini sayısal değer biçimine dönüştürmektedir. Bulanık kontrolde kullanılan durulaştırma yöntemlerinden bazıları, merkez yöntemi, ağırlık merkezi yöntemi olarak verilebilir.



Şekil 1.3: Bulanık Mantık Sistemi (Duru, Kurtuluş ve Canbay, 2008)

### 1.5.3.2 Bulanık Mantık Denetleyicinin Üstünlükleri

Elmas (2007)'a göre, bulanık mantık denetleyicinin üstünlükleri aşağıdaki gibidir (Elmas, 2007: 198):

- Bulanık mantık kuramının insan düşünüş tarzına çok yakın olması en büyük üstünlüğünü oluşturmaktadır. Bilindiği gibi denetim işlemlerinin birçoğu dilsel niteleyicilerle yapılmaktadır.
- Bulanık mantık yaklaşımı matematiksel modele ihtiyaç duymadığından, matematiksel modeli iyi tanımlanamamış, zamanla değişen ve doğrusal olmayan sistemler en başarılı uygulama alanlarıdır.
- Bulanık mantık yaklaşımında işaretlerin bir ön işlemeye tabi tutulmaları ve geniş bir alana yayılmış değerlerin az sayıda üyelik işlevlerine indirgenmeleri, uygulamaların daha hızlı bir şekilde sonuca ulaşmasını sağlar.

### 1.5.3.3 Bulanık Mantık Denetleyicinin Sakıncaları

Elmas (2007)'a göre, bulanık mantık denetleyicinin sakıncaları aşağıdaki gibidir (Elmas, 2007: 198):

- Bulanık mantık uygulamalarında mutlaka kuralların uzman deneyimlerine dayanarak tanımlanması gerekir. Üyelik işlevlerini ve bulanık mantık kurallarını tanımlamak her zaman kolay değildir.
- Üyelik işlevlerinin değişkenlerinin belirlenmesinde kesin sonuç veren belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği yoktur. En uygun yöntem deneme-yanılma yöntemidir, bu da çok uzun zaman alabilir. Uzun testler yapmadan gerçekten ne kadar üyelik işlevi gerektiğini önceden kestirmek çok güçtür.
- Sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılmasında ispatlanmış kesin bir yöntemin olmayışı bulanık mantığın temel sorunudur. Günümüzde bu sadece pahalı deneyimlerle mümkün olmaktadır.
- Bulanık mantık yaklaşımında üyelik işlevlerinin değişkenleri sisteme özeldir, başka sistemlere uyarlanması çok zordur. Bunun yanı sıra en sık belirtilen dezavantajları ise üyelik işlevlerinin ayarlanmasının uzun zaman alması ve öğrenme yeteneği olmamasıdır.

#### **1.5.4 Tabu Arama**

Tabu arama algoritması temel olarak, tüm makul çözümlerin arama uzayını taşınmalar dizisiyle bulmaya çalışır. Bir taşınma, bir çözümden başka birine geçerken bulunan çözümlerin en iyisidir. Fakat yerel optimumlardan kaçmak ve tekrarlamaları önlemek için bir yinelemedeki bazı hareketler “tabu”, yani yasak olarak sınıflandırılırlar. Tabu arama, taşınmalar dizisinin kısa dönem ve uzun dönem geçmişlerini baz alır. Örneğin, bir hareketin aksi durumu daha önce gerçekleştiyse ya da bunu sıkça tekrarladıysa tabu olarak değerlendirilebilir. Bazen, eğer uygun olduğu düşünülürse, tabu hareketi tabu olmaktan çıkarılabilir. Bu şekilde bir ölçüt, tabu yıkma ya da isteklilik kriteri, yani tabu olan bir hareketin unutulması ve o ana kadar bulunan çözümlerin en iyisine gidilmesini sağlar (Özaslan ve Saka, 2010).

##### **1.5.4.1 TA Algoritmasının Temel Elemanları**

Güden ve diğ., (2005) tarafından ifade edilen TA algoritmasının en temel elemanları ve bunların işleyiş şekli aşağıda sırasıyla verilmektedir. (Güden ve diğ., 2005):

###### **1.5.4.1.1 Başlangıç Çözümünün Oluşturulması**

En genel şekilde başlangıç çözümü rassal olarak elde edilir. Ancak, ilgilenilen problem için geliştirilmiş olan bir sezgisel algoritmadan yararlanarak da başlangıç çözümünün elde edilmesi mümkündür.

#### **1.5.4.1.2 Hareket Mekanizması**

Mevcut bir çözümde yapılan bir değişiklikle yeni çözümün elde edilmesi hareket mekanizmasıyla gerçekleştirilir. Hareket mekanizmasındaki olası hareketler, mevcut çözümün komşularını oluşturur. Hareket mekanizması algoritmanın etkinliği açısından önemli olduğu için problemin yapısına bağlı olarak uygun bir şekilde seçilmelidir.

#### **1.5.4.1.3 Aday Liste Stratejileri**

TA algoritması yapılması mümkün olan, tabu olmayan ve amaç fonksiyonunun değeri açısından en iyi sonucu veren hareketlerin seçilmesi kuralına dayalı olarak çalışır. Aday liste stratejileri mümkün hareket listeleridir. Bu listelerden hareketler belirli stratejilere göre seçilir.

#### **1.5.4.1.4 Hafıza**

TA algoritmasının temel elemanlarından birisi de hafızadır. Arama boyunca ortaya çıkan durumlar, H hafızasına kaydedilir. Bu hafıza kısa dönemli hafıza olarak adlandırılır. Yapılmasına izin verilmeyen hareketler "tabu" olarak adlandırılır ve esnek hafıza içinde "tabu listesi" adı altında kaydedilirler. Bu hareketler belli bir süre sonra tabu listesinden çıkarılır ve yapılmasına izin verilir.

#### **1.5.4.1.5 Tabu Yıkma Kriterleri**

Tabu yıkma kriterleri, tabunun ortadan kalkabileceği durumları ifade etmektedir. En genel tabu yıkma kriteri, mevcut durumdan daha iyi bir sonuç verecek tabu hareketinin yapılmasına izin verilmesidir. Bu kriterin kullanılması TA algoritmasının etkinliğini artırmaktadır. Ayrıca, eğer tüm mümkün hareketler tabu ise bu hareketlerden tabu süresinin bitmesine en yakın olan bir tabu hareketine izin verilir.

#### **1.5.4.1.6 Durdurma Koşulu**

TA algoritması, bir veya birden fazla durdurma koşulunu sağlayıncaya kadar aramasını sürdürmektedir.

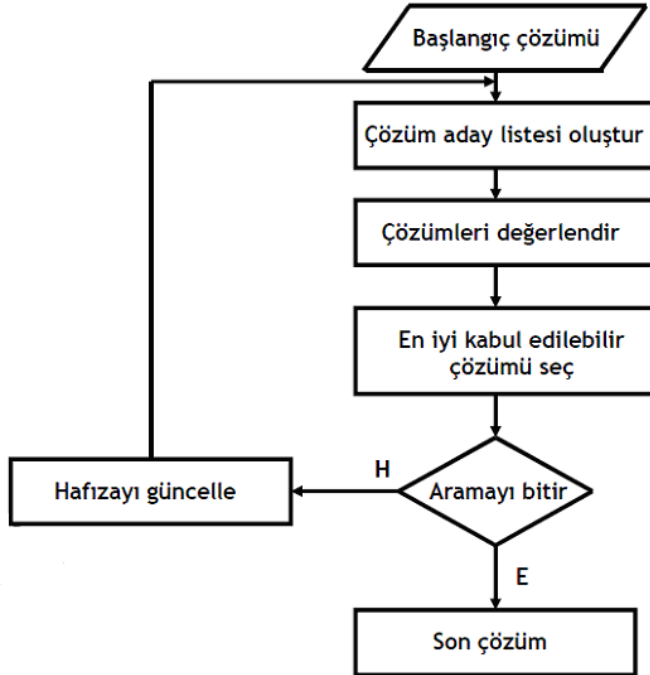
#### **1.5.4.2 Tabu Arama Algoritmasının Adımları**

Akcayol (2010)'a göre, tabu arama algoritmasının adımları Şekil 1.4'teki gibidir (Akcayol, 2010).

1. Adım • Bir başlangıç çözümü seç, onu mevcut çözüm ve en iyi çözüm olarak kaydet.
2. Adım • Mevcut çözümün komşularını bir komşuluk yapısıyla üret
  - Tabu olmayan veya tabu olsa bile tabu yıkma ölçütünü sağlayan bir komşu çözüm seç ve onu yeni çözüm olarak al.
  - Mevcut çözümden yeni çözüme geçiş özelliğini tabu listesine ekleyerek listeyi güncelle.
  - Eğer yeni çözüm o ana kadarki en iyi çözümden daha iyi ise onu yeni en iyi çözüm olarak kaydet.
3. Adım • Bir durdurma ölçütü sağlanıncaya kadar 2. adımı tekrarla.

Şekil 1.4: Tabu Arama Algoritmasının Adımları (Akçayol, 2010)

Akçayol (2010)'a göre, tabu arama algoritmasının akış şeması Şekil 1.5'te gösterilmiştir (Akçayol, 2010):



Şekil 1.5: Tabu Arama Akış Şeması (Akçayol, 2010)

### 1.5.5 Tavlama Benzetimi

Optimal çözümü elde etmenin mümkün olmadığı büyük boyutlu optimizasyon problemleri için çözümü bulmak ancak birtakım sezgisel yöntemler kullanılarak mümkün olmaktadır. Bu yöntemlerden biri de tavlama benzetimi algoritmasıdır. Bu algoritma, global minimumu ararken lokallikten kurtulmak amacıyla kullanılan stokastik bir metottur. Bu ise fonksiyon değerindeki bir azalmaya geçiş ek olarak, fonksiyon değerindeki bir artışa geçişi de kabul ederek yapılmaktadır. Tavlama benzetimi algoritması, fiziksel tavlama prosesi ile ayrık minimizasyon problemleri için yaklaşık minimum çözümü bulma problemi arasındaki benzeşmeden ortaya çıkmıştır (Kara, 2000: 52).

Çakır (2006)'a göre, tavlama benzetimi günümüze kadar bilgisayar tasarımı, görüntü işleme (image processing), moleküler fizik ve kimya, çizelgeleme gibi farklı alanlardaki bir çok optimizasyon problemine uygulanmıştır (Çakır, 2006: 19).

Güden ve diğ., (2005)'ne göre, tavlama terimi fiziksel olarak, ısı banyosundaki bir katının yüksek enerji durumlarından başlayarak daha düşük enerji durumlarının elde edilme sürecini temsil etmektedir (Güden ve diğ., 2005).

Güden ve diğ., (2005)'ne göre, bu süreç genel olarak iki işlemden oluşmaktadır (Güden ve diğ., 2005):

- Isı banyosunun başlangıç sıcaklığının katının eriyebileceği bir değere kadar yükseltilmesi.
- Katılar düşük enerjili durumda, yani düşük sıcaklıkta daha karardır. Yani katıların parçacıkları düşük sıcaklıklarda daha düzenlidir. Bundan dolayı katının parçacıkları kendini düzenleyene kadar ısı banyosunun sıcaklığının giderek azaltılması.

Güden ve diğ., (2005)'ne göre, eniyileme problemleriyle TB arasındaki benzerlikler aşağıdaki gibi gösterilebilir (Güden ve diğ., 2005):

- Katının farklı fiziksel durumları problemdeki mümkün çözümlere,
- Sistemin enerjisi amaç fonksiyonuna,
- Bir durumun enerjisi bir çözümün amaç fonksiyonu değerine,
- Yarı kararlı durum yerel eniyi çözüme,
- Yer durumu genel eniyi çözüme karşılık gelir.

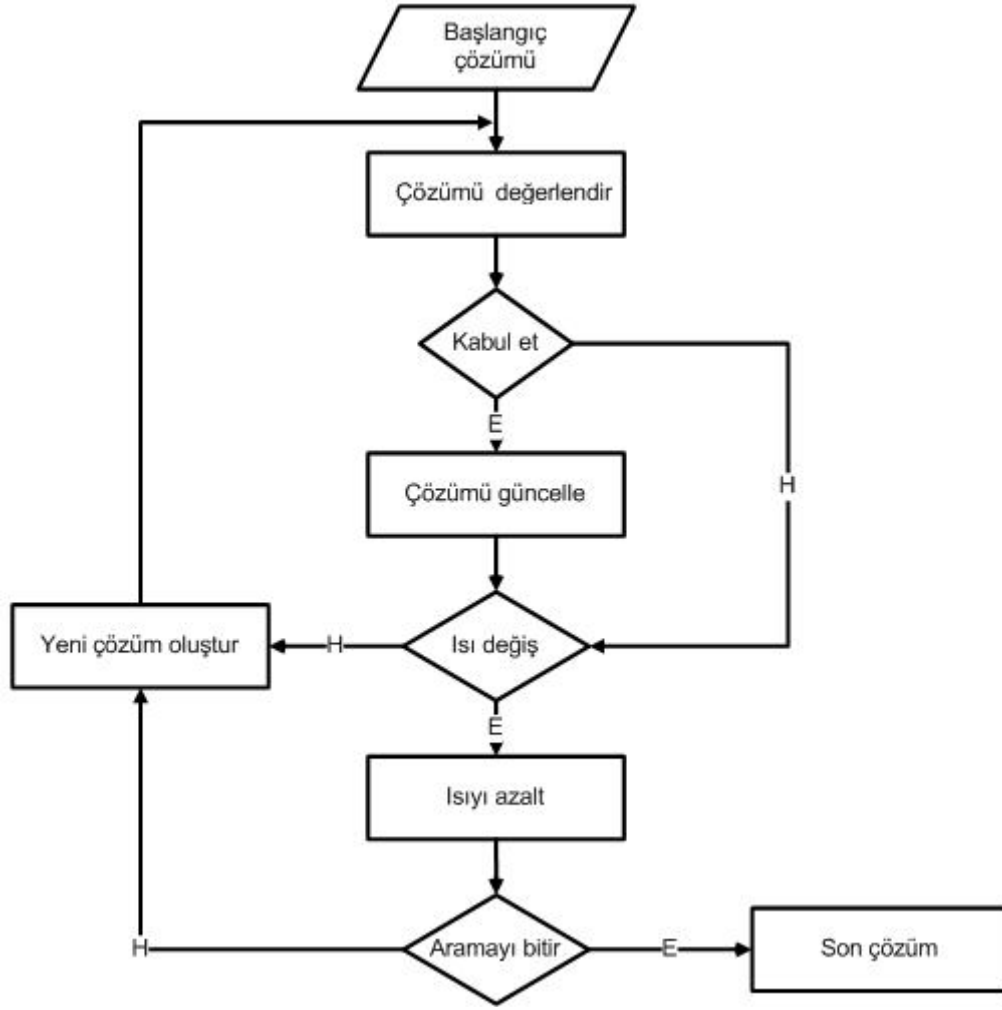
Gözen (2007)'e göre, hangi bir problemin çözümünde TB algoritmasının kullanılması için bazı parametrelerin belirlenmesi gerekir. Bunlar şunlardır (Gözen, 2007: 51):

- Başlangıç sıcaklığı ( $T_0$ ),
- Her sıcaklıktaki iterasyon uzunluğu,
- Soğutma fonksiyonu,
- Algoritmayı durdurma kriteri.

Tavlama benzetimi, katıların ısıtılması ve sonra kristalleşmeye kadar yavaş yavaş soğutulması esasına dayalı bir yaklaşımla çözüm alanını tarar. Bu benzetime göre, sıcaklık değeri, elde edilen en iyi çözümden daha kötü çözümlerin kabul edilme olasılığını belirlemede kullanılır. Yüksek bir sıcaklık değeri ile başlatılır ve her bir adımda sıcaklık değeri düşürülmeden önce belli sayıda çözüm üretilir. Yeni çözümler belirlenen kriterlere göre kabul edilir veya reddedilir. Düşen her sıcaklık, eldeki çözümün bırakılıp yeni bir çözüme geçme ihtimalinin azalmasına etki eder. Sıcaklık minimum değere ulaştığında veya algoritma istenen iterasyon kadar çalıştığında veya istenen çözüme ulaşıldığında algoritma sonlandırılır (Gözüdeli ve Akçayol, 2008).

Veri erişimi iyileştirmesinde, bazen sorgu optimizasyonu, sorgu çalıştırma süresinden daha fazla süre gerektirebilir. Bu istenmeyen bir durumdur. Tavlama benzetimi, çözüm sahasını tarama işlemini belli bir iterasyon ile kısıtladığından, sorgu optimizasyonu için sadece belli bir süre çalışıp elde ettiğinin en iyisini döndürmesinden dolayı sorgu optimizasyonuna kolay uygulanabilir bir algoritmadır. (Gözüdeli ve Akçayol, 2008).

Gözüdeli ve Akçayol (2008)'a göre, tavlama benzetimi algoritmasının akış şemasını Şekil 1.6'daki gibi gösterebiliriz (Gözüdeli ve Akçayol, 2008).

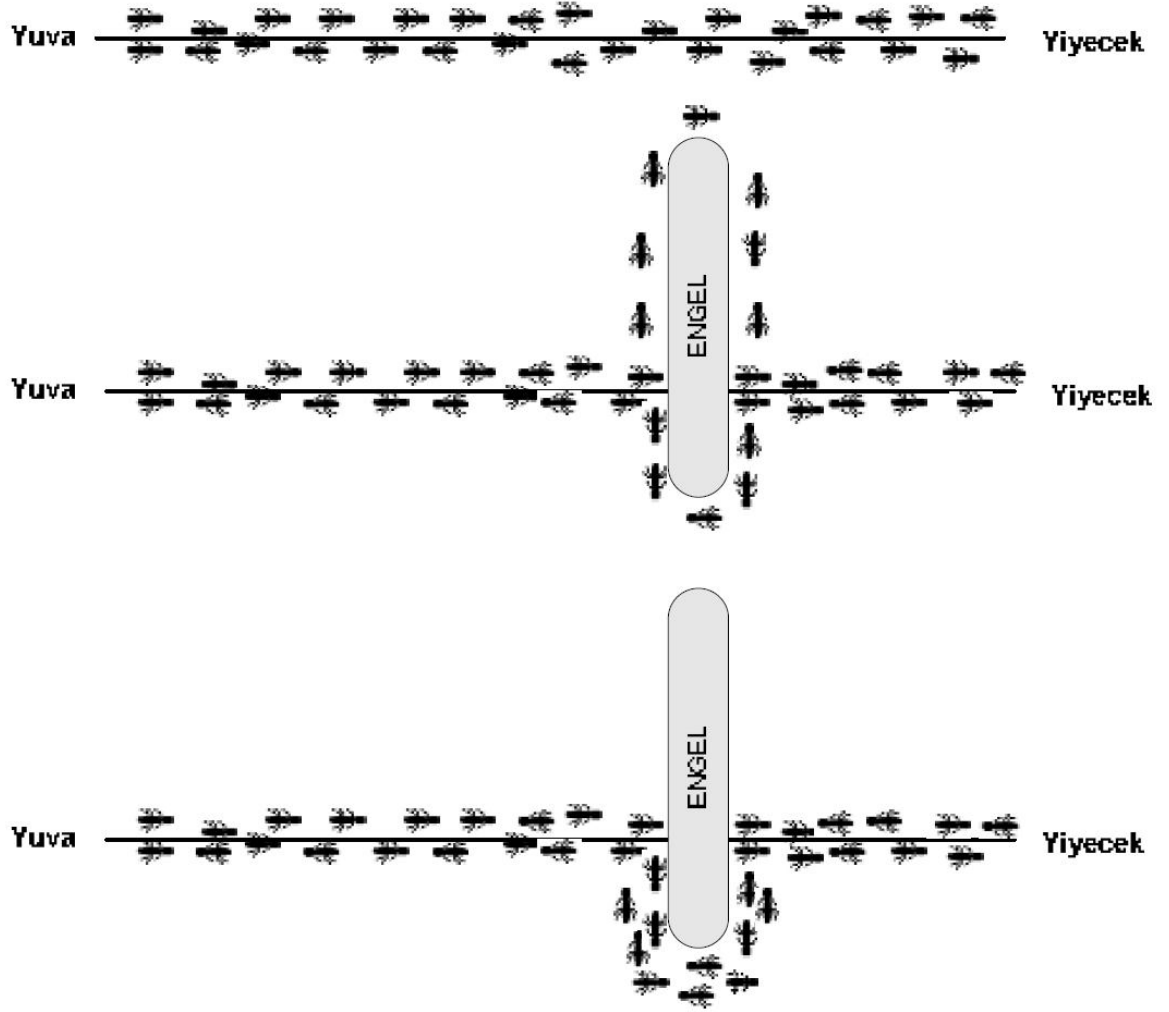


Şekil 1.6: Tavlama Benzetimi Algoritmasının Akış Şeması (Gözüdeli ve Akçayol, 2008)

### 1.5.6 Karınca Kolonisi Algoritması

Şekil 1.7 'de de görüldüğü gibi karıncalar, başlangıçta düz bir hattı takip etmekte ve bu esnada feromon olarak adlandırılan bir maddeyi yol güzergahına bırakarak kendilerinden sonra gelen karıncaların yollarını bulmalarını kolaylaştırmaktadırlar. Önlerine bir engel konulduğunda feromonları takip edemediklerinden, karıncalar gidebilecekleri iki yoldan birini öncelikle rastsal olarak seçmektedirler. Kısa olan yoldan birim zamandaki geçiş daha fazla olacağından bırakılan feromon miktarı da daha fazla olur. Buna bağlı olarak, zaman içerisinde kısa olan yolu tercih eden karıncaların sayısında artış olur. Belli bir süre sonra tüm karıncalar kısa yolu tercih ederler (Söyler ve Keskindürk, 2007).





Şekil 1.7: Gerçek Karıncaların En Kısa Yolu Bulması (Söyler ve Keskintürk, 2007)

Yapay karıncalardan oluşan karınca kolonisi algoritması, yapay feromon izlerinin güncelleştirilmesiyle tekrarlanan bir yapıya sahiptir. Algoritmanın çalışma sürecinde, karıncalar tarafından güncellenen feromon izleriyle iyi bir çözümün bulunması için bilgi oluşturulmakta ve her iterasyonda bu bilgiler güncellenmektedir (Söyler ve Keskintürk, 2007).

Söyler ve Keskintürk (2007)'e göre, karınca kolonisi algoritmasına ait döngü aşağıdaki gibidir (Söyler ve Keskintürk, 2007):

- Adım 1: Başlangıç feromon değerleri belirlenir.
- Adım 2: Karıncalar her düğüme rastsal olarak yerleştirilir.
- Adım 3: Her karınca, sonraki şehri denklemde verilen lokal arama olasılığına bağlı olarak seçmek suretiyle turunu tamamlar.

- Adım 4: Her karınca tarafından katedilen yolların uzunluğunu hesaplanır ve lokal feromon güncellemesi yapılır.
- Adım 5: En iyi çözüm hesaplanır ve global feromon yenilemesinde kullanılır.
- Adım 6: Maksimum iterasyon sayısı yada yeterlilik kriteri sağlanana kadar Adım 2' ye gidilir.

Algoritmanın çalışma sürecinde temel işlemler, yapay karıncaların turları sonunda geçmiş oldukları yolların feromon miktarlarının artırılması, belirli bir oranda feromon buharlaşmasının gerçekleştirilmesi, en iyi çözümün bulunması, buna bağlı olarak global feromon güncellemesinin yapılması ve karıncaların yenilenen bu feromon miktarlarına bağlı olarak yeni turlarını gerçekleştirmeleridir (Söyler ve Keskindürk, 2007).

### **1.5.7 Zeki Vekiller (Zeki Etmenler)**

Zeki vekiller (etmenler, ajanlar) kavram olarak, bilgisayar bilimlerine, felsefe, biyoloji ve ekonomi alanındaki çalışmalardan sonra girmiştir. Bu alanlardaki anlamı ve kullanımı, genellikle herhangi bir işin farklı bir vekil tarafından yürütülmesi olarak anlaşılabilir. Bilgisayar bilimlerin açısından zeki kelimesi, bir vekilin herhangi bir işlemi belirli inisiyatifler kullanarak yerine getirmesidir. Örneğin zeki olmayan bir vekil, her adımda ve her işlemde kullanıcıya bir şeyler sorarken, zeki vekilde daha çok otonom bir yapıdan (autonomous) bahsedilebilir. Bu anlamda her zeki vekilin (intelligent agent) , çalıştığı ortam ile iletişimini sağladığı ve bu iletişim üzerinde karar verdiği bir mekanizması vardır denilebilir (Şeker, 2010).

Zeki etmenler, dinamik olarak değişen bir çevreyle gerçek zaman kısıtlaması altında etkileşim gerektiren eşzamanlı görevleri yapabilen sistemlerdir. Zeki etmen gerektiren görevlerden bazıları şunlardır: Enerji santral kontrolü, deney kontrolü, eğitim, uçak pilotu yardımcılığı ve yoğun bakım hastası takibi. Son yıllarda zeki etmen uygulama alanına internette zeki arama yapan sistemler, insansız hava araçları, uzay çalışmalarında gezegenlere gönderilen robotlar (Mars Rover) da katılmıştır (Kocabaş, 2010).

#### **1.5.7.1 Zeki Etmenlerin Ana Elemanları**

Öztemel (2006)'e göre, zeki etmenlerin ana elemanları aşağıdaki gibi sıralanıp açıklanabilir (Öztemel, 2006: 20-21):

### 1.5.7.1.1 Algılama

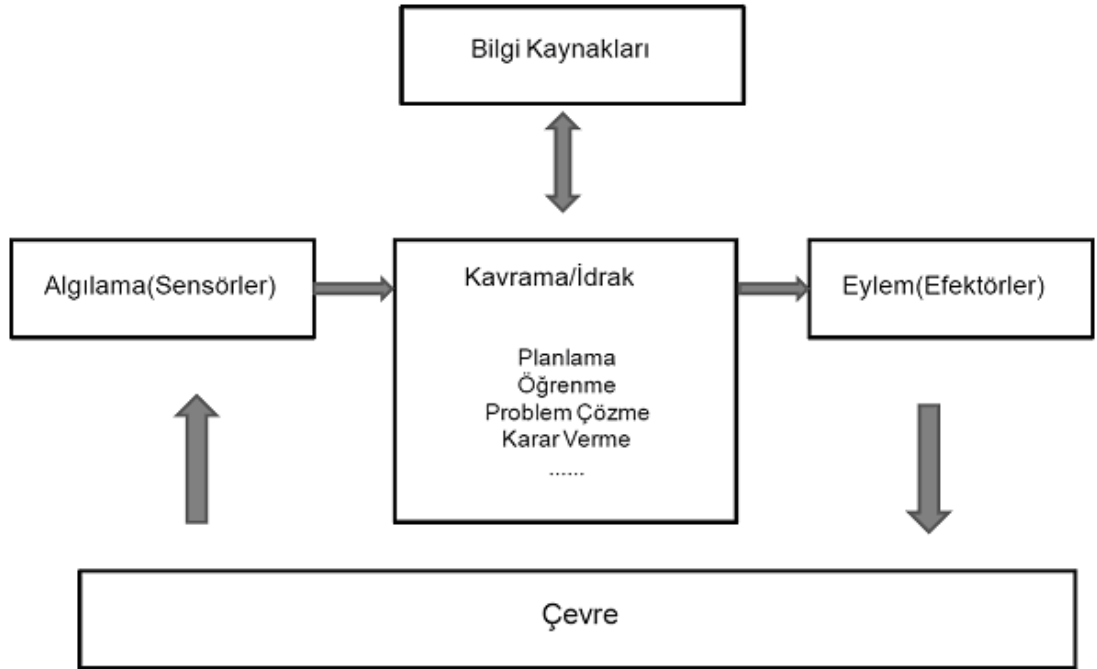
Dış dünyadan (çevreden) gelen bilgilerin algılanması, yorumlanması, gereksiz bilgilerin ayıklanması, bilgilerin önem derecelerine göre sıralanması ve önceliklendirilmesi gibi işlemleri gerçekleştirir.

### 1.5.7.1.2 Kavrama/idrak

Algılamadan gelen bilgilerin işlenmesi, karar verme, muhakeme etme, problem çözme, planlama, öğrenme vb. gibi işlemlerin gerçekleştirildiği birimdir. Problemler çözülrken öncelik ilişkileri göz önünde bulundurulur. Ani olarak çevreden gelen yeni bilgilerin kararlar üzerine etkisi göz önünde bulundurulur.

### 1.5.7.1.3 Eylem

Bilgi işleme neticesinde oluşturulan problem çözümler gereği etmenin davranışlarını belirler. Bu bir robotun yürümesi olabileceği gibi, bir reaktöre çalış komutunun gönderilmesi gibi bir eylem de olabilir. Eylemler neticesinde dış dünyada (çevrede) değişiklikler oluşur. Bu değişiklikler algılama yolu ile yeniden algılanıp işlenerek yeni eylemlerin oluşturulmasına neden olur.



Şekil 1.8: Bir Zeki Etmenin Elemanları (Öztemel, 2006: 21)

### **1.5.7.2 Etmenlerin Kullanımıyla İlgili Avantajlar**

Bilgisayar sistemleri günümüzde insan hayatında pek çok alanda kullanılabilir ve bu alanlar gittikçe de artmaktadır. Bilgi teknolojileri, eğitim, bilgi sağlama, görev ve aktivite zamanlama, e-mail yönetimi, eğlence, bireysel ve toplu öğrenme bu alanlardan bazılarıdır. Yetenekleri ve ihtiyaçları çeşitlilik gösteren birçok farklı toplum tarafından kullanılmaktadır. İnsan bilgisayar etkileşiminde, insan yerine getirilmesini istediği görevleri bizzat başlatmalı ve işlem sırasını da dikkate almalıdır. Örneğin bir dosyayı bir klasörden başka bir klasöre kopyalamak için, kullanıcı ilk olarak dosyanın bulunduğu klasörü açmalı, dosyayı kopyalamalı, daha sonra hedef klasörü açmalı ve dosyayı buraya yapıştırıp her iki klasörü de kapatmalıdır. Etmenler söz konusu olduğunda ise kullanıcı etmen ile iletişime geçer, onu programlayarak görevi yerine getirme isini etmene bırakır. Yani dosya kopyalama örneğine dönersek, kullanıcı etmene hangi dosyayı nerden alıp nereye kopyalayacağını söyler ve etmen kopyalama isini kullanıcının yerine gerçekleştirir (Dönmez, 2006: 4-5).

Etmenlerin kullanımıyla ilgili bir diğer avantaj, etmenlerin can sıkıcı ve sürekli tekrarlanan görevleri dikkatini dağıtmadan ve performans düşümü göstermeden yerine getirebilmeleri ve pek çok yerde insandan daha hızlı ve seri hareket edebilmeleridir. Örneğin bir web etmeni, herhangi bir web sitesindeki anlık değişiklikleri izlemek üzere programlanabilir ve belli bir çalışma alanı ile ilgili yeni makaleleri kullanıcıya sunabilir. Sıkılmadan, yorulmadan haftanın 7 günü, günün 24 saati siteyi tekrar tekrar ziyaret edebilir ve yeni makaleleri tarayabilir. Bir diğer örnek, kullanıcıların elektronik marketlerde alışveriş yapmasına yardımcı olabilirler. Ürün veritabanını sürekli tarayarak, ürünleri ve fiyatları hızlı bir şekilde karşılaştırabilir, ürün girişi-çıkışı gibi olayları anlık izleyip loglayabilir (Dönmez, 2006: 5).

Etmenleri kullanmanın son önemli avantajı, etmenlerin kullanıcı özelliklerine ve durum değişikliklerine kolaylıkla ayak uydurabilmeleri, yeni şartlara anında adapte olabilmeleridir. Etmene minimum düzeyde geri plan bilgisi verildiğinde, etmen kullanıcı ile ortamdaki öğrenme sonucu kendisi için gerekli üst düzey bilgiyi edinebilir (Dönmez, 2006: 5).

### **1.5.7.3 Zeki Etmenin Çevresi ile İlgili Özellikler**

Kocabaş (2010)'a göre, zeki etmenin çevresiyle ilgili özellikleri aşağıdaki gibi sıralanıp açıklanabilir (Kocabaş, 2010):

- **Veri Yoğunluğu:** Bir etmenin çevresindeki olayların sayısı veya hızı zeki etmen içinde çevre etkisiyle meydana gelen olaylardan çok daha fazladır. Bu yüzden etmenin, çevresinde kendisini ilgilendiren bütün olayları değerlendirmesi uygun olmaz.
- **Veri Dağılımı:** Çevrede meydana gelen olaylar çok ve çeşitli olduğu için, bunların etmen içinde meydana getirdikleri etkiler farklı zaman aralıklarında yer alır. Diğer bir ifadeyle, önemli çevre şartları etmen içindeki olaylar dizisine farklı durum değişkenleri ve zaman aralıkları içinde tekabül eder.
- **Çevredeki Olayların Önemlilik Değeri:** Çevre şartları önemlilik açısından değişim gösterir; bu da etmen tarafından çevredeki olaylara farklı “önemlilik değeri” yüklenerek ifade edilir.
- **Gerçek Zaman Kısıtları:** Olayların değeri, kısmen vuku buldukları zaman değişir.
- **Çevrede Şartların Çokluğu:** Etmenin, karşılaşıacağı ve onu ilgilendirecek bütün şartları sıralaması ve değerlendirmeye çalışması uygun değildir.
- **Çevre Modeli:** Çevre hakkında bilginin olması gerekir.
- **Öngörülebilirlik:** Çevrenin, gelecek olaylar hakkında ihtimali öngörüler yapmaya imkan verecek kadar düzenli olması gerekir.
- **Çevrenin Farklı Talepleri:** Çevreyle çoklu etkileşimde etmen için şunlar gereklidir: Yorumlama, teşhis (tanıma), öngörü, tepki, planlama ve açıklama.
- **Çevreyle Etkileşimlerde Öncelik Sırası:** Bütüncül (global) olarak planlanan eylemler bazen mahalli (yerel) olarak tespit edilen eylem dizilerinden daha üstündür.
- **Çevre Geriliminin Değişkenliği:** Çevrenin etmen üzerinde meydana getirdiği gerilim zaman içinde değişir.

#### **1.5.7.4 Etmenin Taşınması Gereken Özellikler**

Kocabaş (2010)'a göre, zeki etmenin taşınması gereken özellikler aşağıdaki gibi sıralanıp açıklanabilir (Kocabaş, 2010):

- **İletişim:** Etmenin, çevresiyle etkileşimi için etmen bileşenlerinin katıldığı uygun iletişimlere ihtiyaç vardır.
- **Serbest Zamanlılık:** Veri yoğunluğu ve gerçek zaman kısıtları altında etmen çevreye göre serbest zamanlı olarak iş görmelidir. Yani etmen ve çevre içindeki olaylar bağımsız olmalıdır.

- Seçicilik: Veri yoğunluğu ve çevredeki olayların çeşitliliği altında etmen çevredeki olayları nasıl algılayacağına, onlar üzerinde nasıl düşüneceğine ve nasıl tepki göstereceğine kendisi karar vermelidir.
- Yakınlık: Bir etmenin algılama verileri geçici ve kaybolucudur, bir olay üzerinde düşünmesi zamanla önemini kaybeder. Ayrıca eylemlerinin etkinliği de geçici dış olaylarla uyumluluğuna bağlıdır. Bu yüzden yakınlık önemli bir seçicilik kistasıdır (ölçütüdür).
- Bütünlük: Etmen gerektiğinde mahalli olarak karar verilen eylemler dizisi yerine bütüncül olarak planlanan bir eylem ortaya koyabilmelidir.
- Esneklik: Aynı şekilde, etmen hareketli bir çevre içinde beklenmedik önemli olaylara da tepki verebilmelidir.
- Cevap Verme Kabiliyeti: Diğer hususlar aynı kalmak üzere, bir durum ne kadar acil ise, etmen bununla ilgili verileri o kadar çabuk algılayabilmeli, gerekli sonuçları çıkarabilmeli ve uygun eylemleri yapabilmelidir.
- Zamanlılık: Hareketli bir çevrede kendi davranışının faydalı olabilmesi için etmen, gerçek zaman kısıtlarını karşılayabilmelidir.
- Gürbüzlük: Etmen, kaynakları zorlayan durumlara, davranışının faydalılığını kaybetmeden, azaltarak uyum sağlayabilmelidir.
- Ölçü Arttırma: Etmenin yukarıda sıraladığımız özellikleri problemin büyümesiyle kaybolmamalı, aynı ölçülerde kalabilmelidir.
- Öğrenme ve Gelişme: Etmen, kendi davranışının faydalılığını arttırmak için yeni bilgileri alabilmeli ve kullanabilmelidir. Etmendeki bilgi miktarı arttıkça onun yukarıda saydığımız özelliklerden bazılarını geliştirmesi beklenir. Böylece bütüncül davranışının faydalılığı artar.

#### **1.5.7.5 Zeki Etmenlerin Seviyelerine Göre Sıralanması**

Şeker (2010)'e göre, Russel ve Norving tarafından 2003 yılında yayınlanan yapay zeka kitabında, zeki vekiller 5 seviyede listelenmiş olup bu seviyeler basitten karmaşığa doğru aşağıdaki şekilde sıralanıp açıklanabilir (Şeker, 2010):

##### **1.5.7.5.1 Refleks Etkenler**

Basit bir koşul ve eylem sıralamasından ibaret olan vekiller. Belirlenen koşul gerçekleşince yine daha önceden belirlenen fiili yerine getirir. Kurulu bir düzenek olarak düşünülebilir. Örneğin fare kapanı, bir insan için fareyi yakalayan bir vekildir ve farenin peyniri yemesiyle birlikte fareyi yakalar. Buradaki peynir yemesi koşul

ve farenin yakalanması fiil olarak düşünülebilir. Bazı refleks ajanlarında durum takibi de yapılabilir. Örneğin fare kapanı misalinde olduğu gibi kapanın kurulu olma durumu, kapanın fareyi yakalamış olma durumu gibi durumlar ayrı ayrı tahlil edilebilir.

#### **1.5.7.5.2 Model Bazlı Refleks Etkenler**

Bu tip ajanlarda (etkenlerde) ise içinde çalışılan ortam modellenir. Yani ajan kendi yapısına göre ortamı anlamaya ve bir modelini kendi hafızasında tutmaya çalışır. Bu ajanlar modeldeki durumlara göre davranış sergilerler. Yani bir önceki tipte olan refleks ajanlarının ortamdan aldıkları doğrudan koşullarından farklı olarak bu ajanların modellerinde bazı refleksler tanımlıdır.

#### **1.5.7.5.3 Hedef GÜdümlü Vekiller**

Bu vekiller ise belirli bir hedefe ulaşmak için bir dizi şart-fiil gerçekleştirirler. Basit bir durum-geçiş diyagramı (state transition diagram) olarak düşünülebilecek yapılarına göre, ortamı algılayarak mevcut yapılarındaki bir duruma benzetir ve bu durumu ulaşmak istedikleri hedefe en uygun şekilde eylemlerle değiştirmeye çalışır.

#### **1.5.7.5.4 Çıkar Amaçlı Vekiller**

Hedef amaçlı vekillerden farklı olarak, durumlar arasındaki geçişin oransal olması durumudur. Yani hedef güdümlü ajanlarda bir durumdan her zaman diğer duruma geçiş hedeflenir. Çıkar amaçlı vekillerde bundan farklı olarak oransal bir fonksiyon kullanılması söz konusudur. Bu fonksiyona çıkar fonksiyonu ( fayda fonksiyonu, utility function) ismi verilir.

#### **1.5.7.5.5 Öğrenen Etkenler**

Bu etken tipinde, ortamda yapılan bazı eylemlerin beklenen sonuca nasıl hizmet ettiğine göre yeni kurallar tanımlanır. Ajanın çalıştığı ortamın bilinmemesi halinde kullanılışlıdır. Kendi kurallarını ve durum makinelerini oluşturabilir veya değiştirebilirler.

#### **1.5.7.6 Etmenlerin Programlanabilirliği**

Kullanıcıların etmenlere atadığı rutin görevlerin çoğu, bir web sitesinden özel bir konuda bilgi çıkarma, güncel bir konu hakkında tartışan bir haber grubunu izlemek veya birkaç koşullu eylemi gerçekleştirmek gibi kompleks davranışlar içerir. Kullanıcılar etmenlerin görevlere atanması için bazı gereksinimlere sahip olurlar ve bu gereksinimler zaman zaman değişirler. Etmenlerin oluşturulmasında farklı yaklaşımlar analiz edilirse, basit bir bilgi tabanlı yaklaşımın etmenlerin özelleştirilmesi ve kişiselleştirilmesi için pek de uygun olmadığı anlaşılabilir.

Etmenlerin öğrenme yetenekleri insana göre ilkindir ve insanların niyetlerini sezmesi çoğu zaman mümkün değildir. Örneğin, patronumdan “Acil” konu başlıklı bir mail aldığımda uyarılmak isteyebilirim ve bununla ilgili geçmişte benzer bir durum hiç olmamış olabilir. Bu yüzden öğrenmeyi sağlayacak bir örnek temel olmadığından etmen ne yapacağını bilmez. Bu ve bunun gibi problemler, kullanıcının zeki etmenleri programlaması ile halledilebilir (Dönmez, 2006: 11).

Son kullanıcı programlama yaklaşımı, kullanıcılara bazı spesifik özellikleri tanımlayabilecekleri bir ortam sağlamaktadır. Ayrıca oldukça esneklik sunmaktadır ve gereksinimleri değiştiğinde kullanıcılar kolaylıkla kuralları güncelleyebilmektedir. İnsan-etmen etkileşiminde, etmenlerin sorumluluğunun kim tarafından alınacağı, etmenlerin nasıl yönlendirileceği gibi sorunlar asılabilir. Bu türdeki zeki etmenlerden en sık karşılaşılanı birçok web sitesinde bulunan bildiri ve uyarı etmenleridir. Bu etmenler genellikle form-tabanlı ara yüz kullanır ve kullanıcıya, herhangi bir ürünün satışı gibi kullanıcıyı ilgilendiren bir konu hakkında bilgilendiren bir olayı girmesine olanak sağlar. Satış gerçekleşince olay tetiklenir, etmen satışı bildiren bir mail gönderir (Dönmez, 2006: 11-12).

Dönmez (2006)’e göre, geçerli diğer son kullanıcı programlama yaklaşımları yüksek seviyede script dillerini, formları, doğrudan uygulama ara yüzlerini ve gösterim yoluyla programlamayı içerir. (Dönmez, 2006: 12):

#### **1.5.7.6.1 Scripting ve Form Doldurma**

Bir script, belirli bir seviyede etmenin davranışını belirlemeye imkân sağlayan bir çeşit uygulama programlama ara yüzü olarak düşünülebilir. Doğru bir yaklaşım; etmeni belirli bir durumda etmenin ne yapması gerektiğine karar veren elle yazılmış scriptlerin bir kütüphanesi ile donatmaktır. Çalışma zamanında geriye kalan iş, bu kütüphaneden o anki durumun şartlarına uyan ve aynı zamanda verilen bir görevi yerine getiren uygun bir script seçmektir (Dönmez, 2006: 12).

#### **1.5.7.6.2 Gösterim Yoluyla Programlama**

Dönmez (2006)’e göre, gösterim yoluyla programlama, bir kullanıcının bir sistemi “Ne yaptığımı izle” gibi sistemi yönlendirmesini ve sistemin gözlemlediği bu eylemler dizisini daha kapsamlı durumlara uygulayabilmesini sağlar (Dönmez, 2006: 13).

#### **1.5.7.7 Zeki Etmen-Tabanlı Sistemler Geliştirme Yaklaşımları**

Dönmez (2006)’e göre, bu yaklaşımlar aşağıdaki gibi sıralanıp açıklanabilir (Dönmez, 2006: 9-10-11):



#### **1.5.7.7.1 Bilgi-Tabanlı Yaklaşım**

Bilgi tabanlı yaklaşım, domain modelin ve kullanıcı modelinin ileri düzeyde kodlandığı yaklaşımdır. Çalışma zamanında, etmen bilgi tabanını kullanarak kullanıcı planları hakkında çıkarımlar yapar ve bu çıkarımlara göre hareket eder.

Kullanıcıların tekrarlı eylemlerinin olduğu uygulamalar için bilgi tabanlı yaklaşım oldukça uygundur. Uygulama ve domaine özel oldukça fazla miktarda bilginin etmen bilgi tabanına girilmesi gerektiğinden çalışma yükü fazladır. Bu tür yaklaşımın bir diğer eksikliği, kullanıcıların bireysel alışkanlıklarına ve değişen şartlara göre özelleştirilememesidir. Bir de kullanıcılar etmenlerin nasıl düşündüğünü ve nasıl çalıştığını bilmediklerinden sistem üzerindeki kontrollerinin azaldığını düşünebilirler yani güven problemi mevcuttur.

#### **1.5.7.7.2 Makine Öğrenmesi Yaklaşımı**

Makine öğrenmesi yaklaşımı ile bir kullanıcının kural tabanını programlaması yerine, etmen kullanıcı hareketlerini izleyerek, düzenlilikleri saptayarak kendisi bilgiyi edinir. Yeni durumla karşılaştığında, etmen önceki durumlardan en benzer olanına göre hareket eder.

Makine öğrenmesi yaklaşımında son kullanıcı, etmen tasarımcıları ve uygulama geliştiriciler çok daha az efor sarf ediyorlar. Ayrıca etmen kolaylıkla kullanıcıya adapte olabilir ve bireysel tercihlere ve alışkanlıklara göre özelleştirilebilir. Bununla birlikte bazı zayıf noktalar vardır: etmen genelde yavaş öğrenme eğrisine sahiptir ve bu yüzden yeteri kadar örnek edinesiyeye kadar tam faydalı olamaz. Bundan başka etmen gerçekten yeni olan durumlarda tavsiyede bulunamaz çünkü bu yeni duruma uyan bir örnek bulamaz.

#### **1.5.7.7.3 Son Kullanıcı Programlama Yaklaşımı**

Son kullanıcı programlama yaklaşımında, sistem belli görevlerle ilgili kesin bilgi içeren bir küme kullanıcı tanımlı kurallardan oluşan yarı otonom etmenlere sahiptir.

Bu yaklaşımın en büyük avantajı, kullanıcının etmenin ne yaptığını ve nasıl yaptığını anlayabilmesidir. Bazı görevlerin kontrolünü etmene devretse de, kullanıcı istediği zaman kontrolü kendi eline alabilir.

## 2. YAPAY SİNİR AĞLARINA GENİŞ BİR BAKIŞ

### 2.1 Yapay Sinir Ağlarının Tanımı ve Giriş

YSA, biyolojik sinir ağlarından esinlenilerek ortaya çıkarılan ve biyolojik sinir ağlarına benzer bazı performans özellikleri içeren bir bilgi işleme sistemidir (Fausett, 1994: 3).

YSA, deneysel bilgileri saklamaya ve deneysel bilgileri kullanıma sunmaya yönelik doğal bir eğilim içerisinde olan yoğun paralel dağılmış bir işlemcidir (Haykin, 1999: 24).

YSA, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir (Öztemel, 2006: 29).

Teknolojik gelişmelerin büyük bir ivme kazandığı bu dönemde gerek donanım teknolojilerinin gerekse yazılım geliştirme ortamlarının tasarımcıya sunmuş olduğu imkânlar, kullanıcı istekleri doğrultusunda sistemlerin ve yaklaşımların karmaşıklığındaki artışı da beraberinde getirmiştir. Diğer yandan uzman bilgisini öğrenebilen ve karmaşık eleştirmeleri kolayca gerçekleştirebilen akıllı sistemler ise yapısal ve metodolojik güçlüklerin aşılması anlamında geleneksel yöntemlere alternatif olma durumlarını sürdürme gelmişlerdir. Bu nedenle çok parametrelili sistemler üzerinde çalışırken maliyeti azaltıp kazancı arttırmak, insan aklının donanımını taklit etme felsefesine dayanan YSA yapıları kullanımına oldukça uygun problemler teşkil etmiştir (Efe ve Kaynak, 2000: 103).

YSA araştırmaları nörofizyolog ve psikolog için insan beyninin işlevlerini açıklayabilme amacına yöneliktir. Mühendisler açısından ise YSA öncelikle alternatif bir hesaplama aracıdır. Ancak bu iki araştırma motivasyonu arasında sıkı bir bağ vardır. Nörofizyolojik bulgular yeni matematiksel modellerin geliştirilmesi için esin kaynağı teşkil ederken geliştirilen matematiksel modeller üzerinde yapılan çalışmaların ve uygulamaların sonuçları da nörofizyolojik araştırmalara yön verebilecek niteliktedir (Keskin Benli, 2005).

## 2.2 YSA İle İlgili Yapılan Çalışmaların Kronolojisi

Öztemel (2006)'e göre, 1970 yılına kadar yapılan çalışmaların bazıları kronolojik olarak şu şekilde sıralanabilir (Öztemel, 2006: 38-39):

- (1890) İnsan beyninin yapısı ve fonksiyonları ile ilgili ilk yayının yazılması.
- (1911) İnsan beyninin bileşenlerinin belirli bir düzenek ile sinir hücrelerinden ( nöronlar ) oluştuğu fikrinin benimsenmesi.
- (1943) Yapay sinir hücrelerine dayalı hesaplama teorisinin ortaya atılması ve eşik değerli mantıksal devrelerin geliştirilmesi
- (1949)Biyolojik olarak mümkün olabilen öğrenme prosedürünün bilgisayarlar tarafından gerçekleştirilecek biçimde geliştirilmesi
- (1956 – 1962) ADALINE ve Widrow öğrenme algoritmasının geliştirilmesi
- (1957 – 1962) Tek katmanlı algılayıcının (perceptron)geliştirilmesi
- (1965) İlk makine öğrenmesi kitabının yayınlanması
- (1967 – 1969) Bazı gelişmiş öğrenme algoritmalarının (Grosberg öğrenme algoritması gibi) geliştirilmesi
- (1969) Tek katmanlı algılayıcıların problemleri çözme yeteneklerinin olmadığını gösterilmesi
- (1969) DARPA'nın Yapay Sinir Ağları'nı desteklemeyi durdurup diğer yapay zeka çalışmalarına destek vermesi

Öztemel (2006)'e göre, 1970 yılından sonraki çalışmaların bazıları ise kronolojik olarak şu şekilde sıralanabilir (Öztemel, 2006: 41):

- (1969 – 1972) Doğrusal ilişkilendiricilerin geliştirilmesi
- (1972) Korelasyon Matris belleğinin geliştirilmesi
- (1974) Geriye yayılım modelinin geliştirilmesi
- (1978) ART modelinin geliştirilmesi
- (1982) Kohonen öğrenmesi ve SOM modelinin geliştirilmesi
- (1982) Hopfield ağlarının geliştirilmesi
- (1982) Çok katmanlı algılayıcının geliştirilmesi
- (1984) Boltzman makinesinin geliştirilmesi
- (1988) RBF modelinin geliştirilmesi
- (1988) PNN modelinin geliştirilmesi
- (1991) GRNN modelinin geliştirilmesi

### **2.3. Yapay Sinir Ağlarının Özellikleri**

Ergezer, Dikmen ve Özdemir (2003)'e göre, YSA'nın özellikleri paragraflar halinde şöyle açıklanabilir (Ergezer, Dikmen ve Özdemir, 2003):

#### **2.3.1 Doğrusal Olmama**

YSA'nın temel işlem elemanı olan hücre, doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

#### **2.3.2 Öğrenme**

YSA'nın arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA'nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez ya da tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemden aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

#### **2.3.3 Genelleme**

YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

#### **2.3.4 Uyarlanabilirlik**

YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir ve değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

#### **2.3.5 Hata Toleransı**

YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğu için paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA'nın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağın doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir.

## 2.4 Yapay Sinir Ağlarının Önemli Dezavantajları

Öztemel (2006)'e göre, YSA'nın önemli dezavantajları paragraflar halinde şöyle sıralanabilir (Öztemel, 2006: 34-35):

- YSA'nın donanım bağımlı çalışmaları önemli bir sorun olarak görülebilir. Ağların temel var oluş nedenlerinden birisi de paralel işlemciler üzerinde çalışabilmeleridir. Ağların özellikle, gerçek zamanlı bilgi işleyebilmeleri paralel çalışabilen işlemcilerin varlığına bağlıdır. Günümüzdeki makinelerin çoğu seri şekilde çalışabilmekte ve aynı zamanda sadece tek bir bilgiyi işleyebilmektedir. Paralel işlemleri seri makinelerde yapmak ise zaman kaybına yol açmaktadır. Bunun yanı sıra, bir ağın nasıl oluşturulması gerektiğini belirleyecek kuralların olmaması da başka bir dezavantajdır. Her problem farklı sayıda işlemci gerektirebilir. Bazı problemleri çözebilmek için gerekli olan paralel işlemcilerin tamamını bir arada (paralel olarak) çalıştırmak mümkün olmayabilir.
- Probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi genellikle deneme yanılma yolu ile yapılmaktadır. Bu ise önemli bir problemdir. Çünkü eğer problem için uygun bir ağ oluşturulamaz ise çözümü olan bir problemin çözülememesi veya performansı düşük çözümlerin elde edilmesi söz konusu olabilir. Bu aynı zamanda bulunan çözümün en iyi çözüm olduğunu da garanti etmez. Yani YSA, kabul edilebilir çözümler üretebilir. Optimum çözümü garanti etmez.
- Bazı ağlarda ağın parametre değerlerinin (mesela öğrenme katsayısı, her katmanda olması gereken proses eleman sayısı, katman sayısı vb.) belirlenmesinde de bir kural olmaması diğer bir problemdir. Bu, iyi çözümler bulmayı zor durumda bırakan bir etken olarak görülebilir. Bu parametrelerin belirlenmesi de kullanıcının tecrübesine bağlıdır.
- Ağın öğreneceği problemin ağa gösterimi de çok önemli bir problemdir. YSA sadece nümerik bilgiler ile çalışmaktadırlar. Problemin nümerik gösterime dönüştürülmesi lazımdır. Bu ise kullanıcının becerisine bağlıdır. Uygun bir gösterim mekanizmasının kurulamamış olması problemin çözümünü engelleyebilir veya düşük performanslı bir öğrenme (çözüm) elde edilebilir. Problemin nümerik gösterimi mümkün olsa bile bunun ağa gösteriliş şekli problemin başarılı bir şekilde çözülmesini yakından etkiler. Örneğin bir olay hem ayrık (binary-ikili) hem de sürekli değerler ile gösterilebilir. Bunun

hangisinin daha başarılı bir öğrenme gerçekleştireceği ise bilinmemektedir. Bu konuda, kullanıcının tecrübesi de yeterli olmayabilir. Bu, günümüzde birçok olayın YSA ile çözülememesinin en önemli nedenlerinden birisidir.

- Ağın eğitiminin ne zaman bitirileceğine karar vermek için de geliştirilmiş bir yöntem yoktur. Ağın örnekler üzerindeki hatasının belirli bir değerin altına indirilmesi eğitimin tamamlanması için yeterli görülmektedir. Fakat neticede optimum (en iyi) öğrenmenin gerçekleştiği söylenememektedir. Sadece, ‘iyi çözümler üretebilen bir ağ oluştu’ denilmektedir. Optimum neticeleri veren bir mekanizma henüz geliştirilememiştir. Bu konu da oldukça önemli olup çözülmesi için araştırmalar yapılması gerekmektedir.
- Bir diğer sorun ise, belki de yukarıdakilerin en önemlisi, ağın davranışlarının açıklanamamasıdır. Bir probleme çözüm üretildiği zaman bunun nasıl ve neden üretildiği konusunda bir bilgi bulmak mümkün değildir. Bu ise ağın sonucuna olan güveni azaltmaktadır.

## **2.5 Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları**

Şen (2004)’e göre, YSA’nın kullanım alanları şu şekilde sıralanıp açıklanabilir (Şen, 2004: 16-17-18):

### **2.5.1 Sınıflandırma**

Bilimsel çalışmalarda günlük sınıflandırma alışkanlığımız devam eder ve incelenen olayları kendi içinde örtüşmeyecek biçimde sınıflara ayırarak yorumlara gidebiliriz. Mesela, yılda kişi başına 10000 m<sup>3</sup>’den fazla suyu olan ülkeler zengin, 10000 ile 5000 m<sup>3</sup> arasında olanlar az zengin, 5000 m<sup>3</sup> ile 1000 m<sup>3</sup> arasında olanlar fakir ve 1000 m<sup>3</sup>’den az olanlar ise çok fakir sayılırlar diye bir sınıflamayı YSA’lara eğiterek öğrettikten sonra bunlara verilen verilerle hangi sınıfın geçerli olacağını YSA’lara tesbit etmesi talebinde bulunabiliriz.

### **2.5.2 Kümeleme**

Sınıflandırmada sınırların önceden tesbit edilerek verilmesine karşılık kümelemede böyle bir bilgiye gerek yoktur. Kümeleme birbirine benzer olan desenlerin (girdi verilerinin) aynı gruba dahil edilmesi demektir. YSA o şekilde eğitilebilir ki kendisine verilen bir dizi desen (veri, vektör) ile önce birbirinden farklı alt kümelere ayrılabilir. Daha sonra kendisine verilecek olan ve eğitim verileri arasında olmayan desenlerin hangi kümeye gireceğine karar verebilir. YSA’ların çıktığı tabakasındaki her hücre değişik kümelemeyi temsil edecek biçimde

geliştirilebilir. Bu tür YSA'lar kendi kendilerini düzenleyerek kümelere ayırma işlemini başarırlar.

### **2.5.3 Vektör Sayısallaştırılması**

Burada çok sayıda olan verilerin kendi aralarında az sayıda aynı özelliklere sahip olan verilere ayrılması işlemi önem kazanır. Klasik çalışmalarda bununla ilgili kabul veya pratik işlemler söz konusudur. Mesela, sonlu elemanlar ile diferansiyel denklemlerin modellenerek çözülmesinde her sonlu elemanın geçerli olduğu uzaydaki özelliklerinin bu uzaydaki tüm noktalarda aynı olduğu kabul edilir. Böylece milyonlarca noktanın özelliği bir sayı ile temsil edildiğinden veri sayısı önemli miktarda azalmıştır. Sayısallaştırma işlemi ile mesela, bir alan örtüşmeyen alt alanlara ayrılabilir. Avrupa ülkeleri haritasına bakılınca her ülkenin kendi hudutları ile sınırlanmış alanlarının olduğu görülür. İşte bunlar birer vektörel sayısallaştırma ile alt alanlara ayrıştırma işlemidir. Bu tür işlemlerin insan aklı ile düşünüldüğüne benzer olarak, YSA'lara yaptırılması mümkündür.

### **2.5.4 Desen Uygunluğu**

Burada bozuk, yıpranmış, eskimiş veya eksik olarak verilen bir desenin, YSA'ların hafızasında daha önceden depolanmış olan tam ve eksiksiz bir desenle karşılaştırılması sonucunda, bozuk girdiye YSA düzgün desen çıktıları verebilir. İşte bu işleme desen araştırma ve karşılaştırma işlemi adı verilir.

### **2.5.5 Fonksiyon Yaklaşımı**

Matematik ifadesi bulunmayan birçok şekil bulunur. Bu durumda istenilen şeklin basit ve düzgün olan başka şekillerin üst üste bindirilmesi ile yaklaşımı söz konusu olabilir. Verilen bir fonksiyona temel bazı şekillerle yaklaşmak YSA'lar vasıtası ile mümkün olmaktadır.

### **2.5.6 Tahmin Yapmak**

Genel olarak gelecek, geçmiş verilerin davranışlarının incelenmesi sonucunda olayın iç ve dış işleyişlerinin anlaşılmasından sonra tahmin edilebilir. Mükemmel tahminlerin yapılabilmesi mümkün olmamakla birlikte YSA modelleri ile eldeki verilerden en iyi biçimde tahmin yapılması mümkündür.

### **2.5.7 Kontrol Sorunları**

Endüstride imal edilen birçok alet ve cihazın çalışması için matematiksel modellerle benzetilemeyecek kadar karmaşık iç ilişkiler vardır. Bu ilişkilerin insan tarafından modellenmesine otomatik kontrol veya otomasyon denir. Kontrol genel olarak verilen girdi değerlerinden istenen çıktı davranışının elde edilmesi olarak

tanımlanabilir. Bunun için değişik çalışmalarda YSA modellemeleri başarı ile kullanılmaktadır.

### **2.5.8 En İyileme (Optimizasyon)**

Birçok ticari ve bilimsel konularda incelenen olayın verilen kısıtlar altında hedefinin en büyüklenmesi (veya en küçüklenmesi) en iyileme işlemi olarak bilinir.

### **2.5.9 Arama alışmaları**

Özellikle yapay zeka uygulamalarında fazlaca kullanılan arama yöntemlerinin YSA'larla başarılması da mümkündür.

## **2.6 Yapay Sinir Ağlarının Uygulama Alanları**

Öztemel (2006)'e göre, YSA'nın farklı branşlarda, birçok uygulama alanı vardır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir (Öztemel, 2006: 205-206):

### **2.6.1 Endüstriyel Uygulamalar**

- Kimyasal proseslerin dinamik modellenmesi
- Otomobillerde otomatik rehber sisteminin geliştirilmesi
- Robotlarda görme sistemleri ve mainpulatrlerin kontrol edilmesi
- Araba pistonlarının üretim şartlarının belirlenmesi
- Elektronik yonga hata analizleri
- Müşteri tatmini ve pazar verilerinin değerlendirilmesi ve analiz edilmesi
- İşlerin makinelere atanması ve izelgeleme.

### **2.6.2 Finansal Uygulamalar**

- Makro ekonomik tahminler
- Kredi kartı hilelerinin tespiti
- Kredi kartı kurumlarında iflas tahminleri
- Banka kredilerinin değerlendirilmesi
- Döviz kuru tahminleri
- Risk analizleri

### **2.6.3 Askeri Uygulamalar**

- Hedef tanıma ve takip sistemleri
- Yeni sensörlerin performans analizleri
- Radar ve görüntü sinyalleri işleme
- Askeri uçakların uçuş yörüngelerinin belirlenmesi (optimizasyonu)

### **2.6.4 Sağlık Uygulamaları**

- Solunum hastalıklarının teşhisi



- Transplant zamanlarının optimizasyonu
- Tıbbi resim işleme
- Hamile kadınların karınlarındaki çocukların kalp atışlarının izlenmesi
- Üroloji uygulamaları (prostat analizleri, sperm analizleri)

### **2.6.5 Diğer Alanlar**

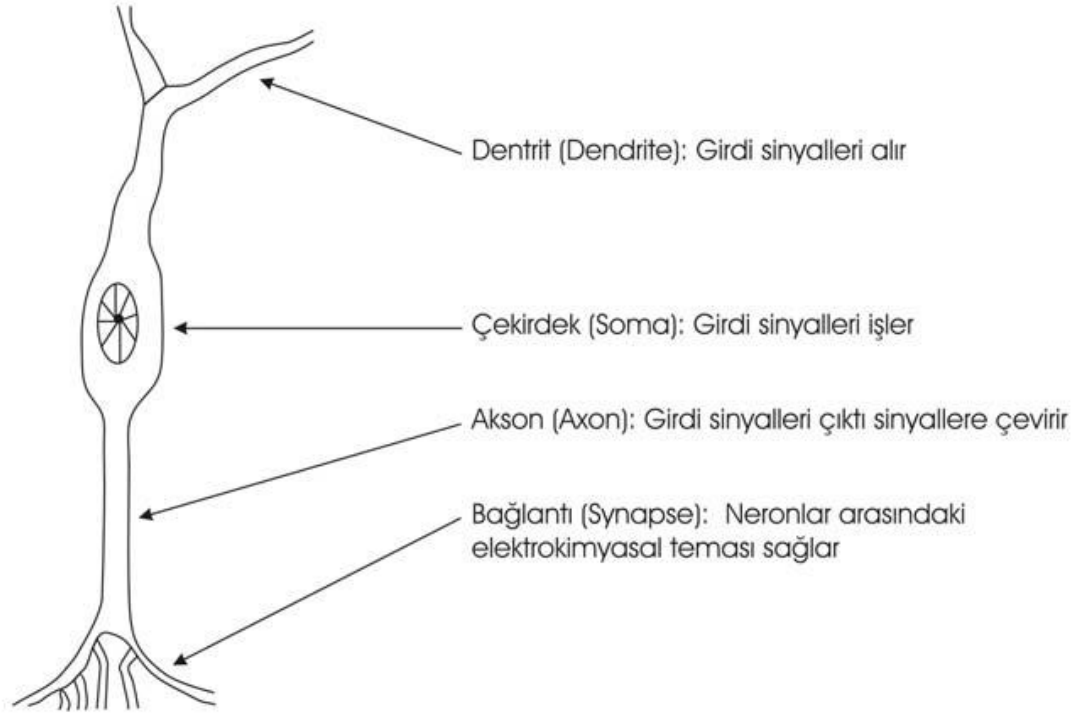
- Sigorta poliçelerinin değerlendirilmesi
- Uçak parçalarının hata teşhislerinin yapılması
- Petrol ve gaz aramasının yapılması
- Veri madenciliği
- İnsani davranışlar sergileyen çocuk oyuncaklarının geliştirilmesi
- Kömür ve yemeklerdeki nem oranının tahmin edilmesi
- Büyük inşaat projelerinde (baraj inşaatı gibi) maliyetlerin tahmin edilmesi

### **2.7 Sinir Sistemi**

İnsanlardaki sinir sistemi sinir adı verilen hücrelerden meydana gelir. Sinirler canlıların hayati faaliyetlerinin yürütüldüğü en küçük birimlerdir. Bir insanda yaklaşık 1010 - 1011 adet bulunduğu tahmin edilen sinirler sadece insan beyinde değil, merkezi sinir sistemi üzerinde tüm vücuda yayılmıştır. Beynin haberleşme sistemini oluşturan sinirlerin görevi sinyal alma, işlem yapma ve elektrokimyasal sinyallerin sinir ağları içinde iletimini sağlamaktır (Şen, 2004: 8).

### **2.8 Biyolojik Sinir Hücreleri**

Şekilden 2.1'den de görüldüğü gibi, tüm doğal nöronlar dört temel bileşene sahiptir. Bu bileşenler biyolojik isimleri ile bilinirler: dentrit (dendrite), çekirdek (soma), akson (axon) ve bağlantı veya sinaps (synapse). Dentritler, çekirdeğin saça benzeyen uzantılarıdır ve girdi kanalları olarak işlev görürler. Bu girdi kanalları diğer nöronların sinapsları aracılığıyla girdilerini alırlar. Daha sonra çekirdek, gelen bu sinyalleri zaman içinde işler. Çekirdek, bu işlenmiş değeri bir çıktıya dönüştürdükten sonra bu çıktıyı akson ve sinapslar aracılığıyla diğer nöronlara gönderir (Yurtoğlu, 2005: 13).



Şekil 2.1: Biyolojik Nöronun Genel Yapısı ve İşlevleri (Yurtoğlu, 2005: 13)

## 2.9 Yapay Sinir Hücresi (Proses Elemanı)

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi YSA'nın da yapay sinir hücreleri (proses elemanı) vardır. Yapay sinir hücreleri mühendislik biliminde proses elemanları olarak da adlandırılmaktadır. Her proses elemanının 5 temel elemanı vardır (Öztemel, 2003: 48).

Öztemel (2006)'e göre, bunlar şu şekilde sıralanıp açıklanabilir (Öztemel, 2003: 49-50-51):

### 2.9.1 Girdiler

Bir yapay sinir hücresine dış dünyadan gelen bilgilerdir. Bunlar ağın öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir. Yapay sinir hücresine dış dünyadan olduğu gibi başka hücrelerden veya kendi kendisinden de bilgiler gelebilir.

### 2.9.2 Ağırlıklar

Ağırlıklar bir yapay hücreye gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir. Ağırlıkların büyük ya da küçük olması önemli veya önemsiz olduğu anlamına gelmez. Bir ağırlığın değerinin sıfır olması o ağ için en önemli olay olabilir. Eksi değerler önemsiz demek değildir. O nedenle artı veya eksi olması

etkisinin pozitif veya negatif olduğunu gösterir. Sıfır olması ise herhangi bir etkinin olmadığını gösterir. Ağırlıklar değişken veya sabit değerler olabilirler.

### 2.9.3 Toplama Fonksiyonu

Bu fonksiyon, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. En yaygın olanı ağırlıklı toplamı bulmaktır. Burada her gelen girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır. Böylece ağa gelen net girdi bulunmuş olur. Bu şu şekilde formülize edilmektedir.

$$NET = \sum_i^n GiAi \quad (2.1)$$

Burada G girdileri, A ise ağırlıkları, n ise bir hücreye gelen toplam girdi (proses elemanı) sayısını göstermektedir.

### 2.9.4 Aktivasyon Fonksiyonu (Transfer Fonksiyonu)

Bu fonksiyon, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler.

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan çok katmanlı algılayıcı modelinde genel olarak aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır. Bu fonksiyon şu formül ile gösterilmektedir:

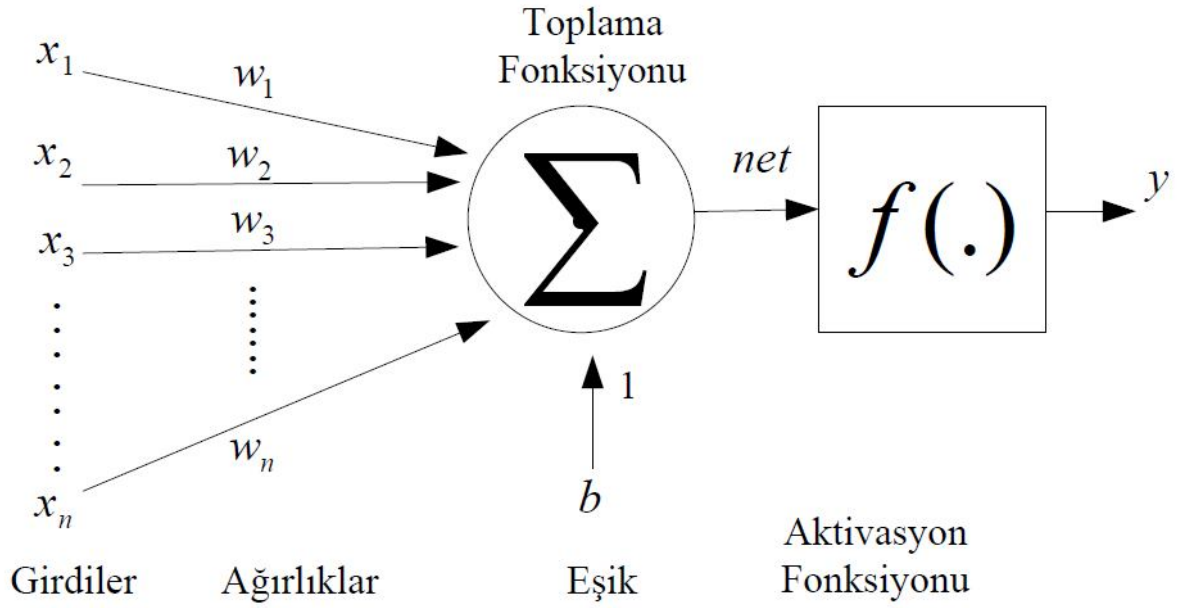
$$F(NET) = \frac{1}{1 + e^{-net}} \quad (2.2)$$

Burada NET proses elemanına gelen NET girdi değerini göstermektedir. Bu değer toplama fonksiyonu kullanılarak belirlenmektedir.

### 2.9.5 Hücrenin Çıktısı

Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilir. Hücre kendi çıktısını kendisine girdi olarak da gönderebilir. Bir proses elemanının birden fazla girdisi olmasına rağmen sadece bir çıktısı olmaktadır. Ağ şeklinde gösterildiğinde bir proses elemanının birden fazla çıktısı varmış gibi görülmektedir. Bu sadece gösterim amacıyla. Aslında bir proses elemanından çıkan tek bir çıktı değeri vardır. Aynı değer birden fazla proses elemanına girdi olarak gitmektedir.

Yukarıda anlatılanlar doğrultusunda beş proses elemanını şekil üzerinde şu şekilde gösterebiliriz (Kaynar, Taştan ve Demirkoparan, 2009):



Şekil 2.2: Yapay Nöronun Genel Yapısı (Kaynar, Taştan ve Demirkoparan, 2009)

## 2.10 Yapay Sinir Ağının Yapısı

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluştururlar. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rastgele olmaz. Genel olarak hücreler 3 katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelerek ağı oluştururlar (Öztemel, 2006: 52).

Öztemel (2006)'e göre, bu katmanlar sırasıyla aşağıdaki gibi sıralanabilir (Öztemel, 2006: 52-53):

### 2.10.1 Girdi Katmanı

Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer etmekle sorumludurlar. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.

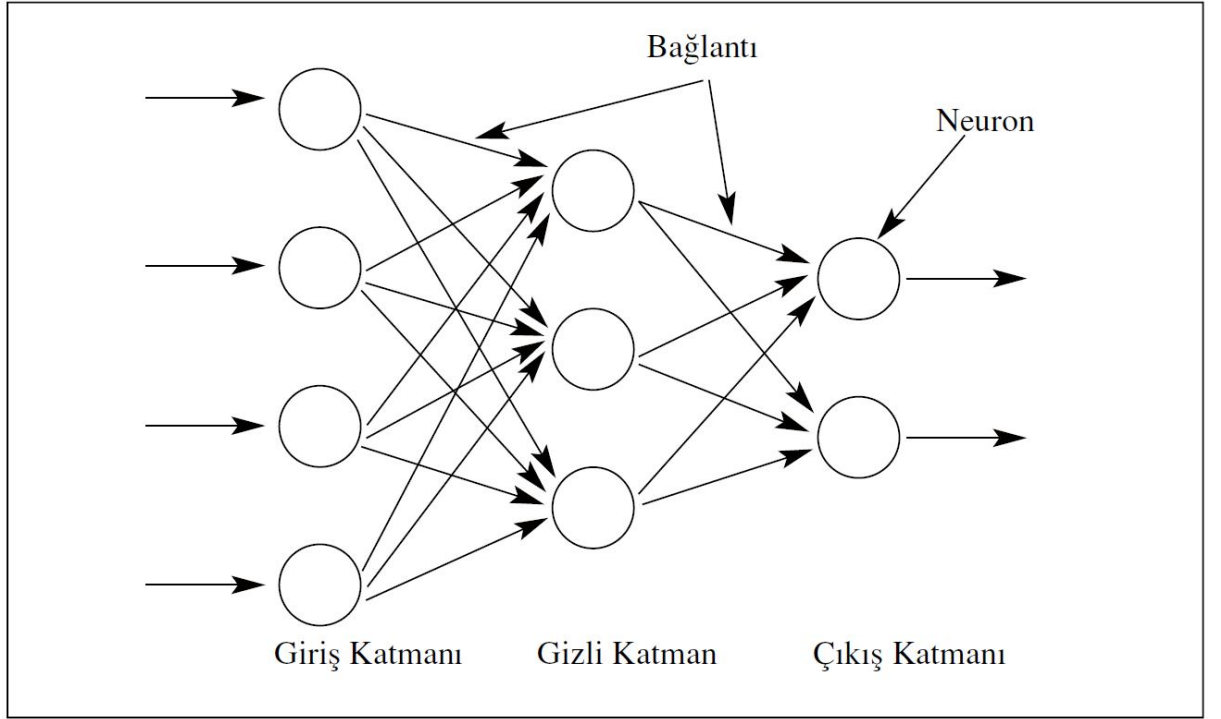
### 2.10.2 Ara Katmanlar

Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilir. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ için birden fazla ara katman olabilir.

### 2.10.3 Çıktı Katmanı

Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti (örnek) için üretmesi gereken çıktıyı üretirler. Üretilen çıktı dış dünyaya gönderilir.

Bu katmanlar şekil olarak şu şekilde gösterilebilir (Yıldız, 2001):



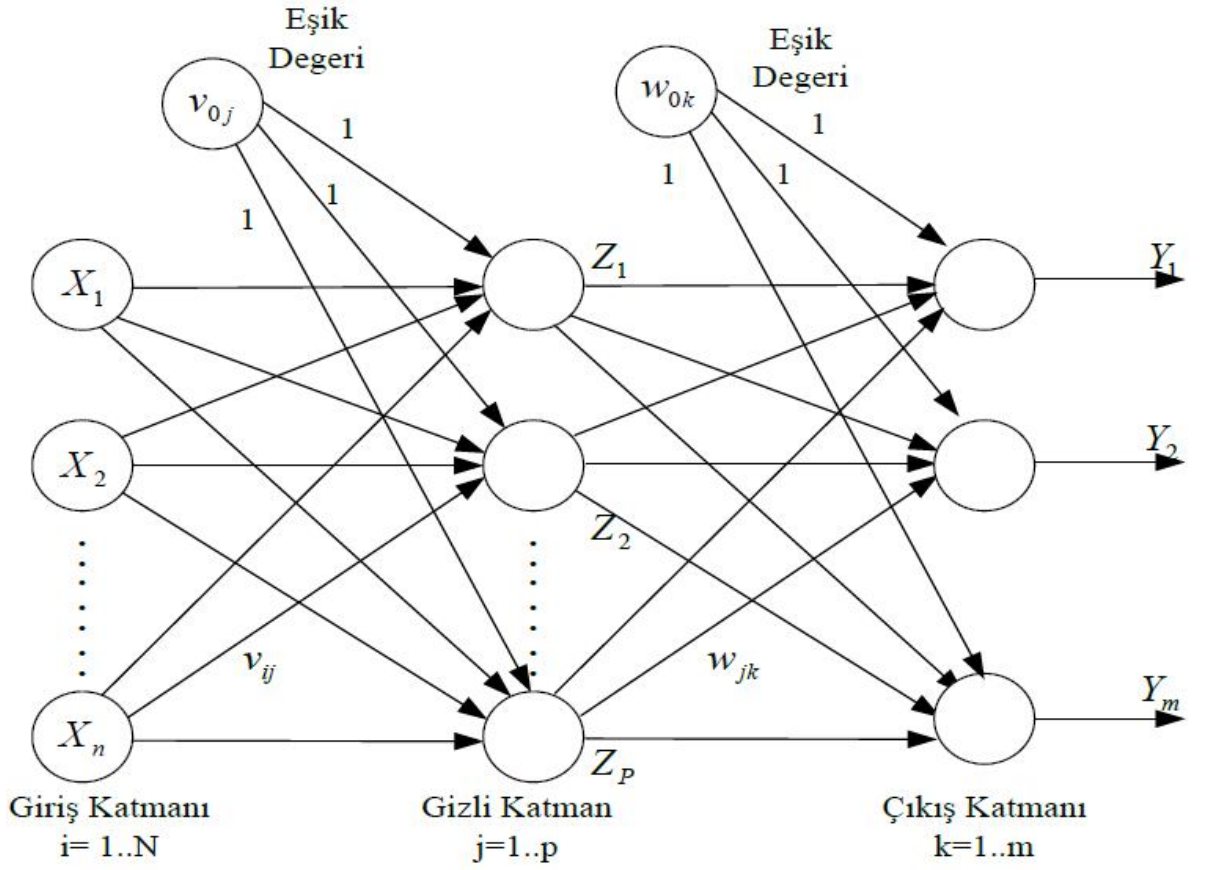
Şekil 2.3: Yapay Sinir Ağı Modeli (Yıldız, 2001)

## 2.11 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

### 2.11.1 Yapay Sinir Ağlarının Yapılarına Göre Sınıflandırılması

#### 2.11.1.1 İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

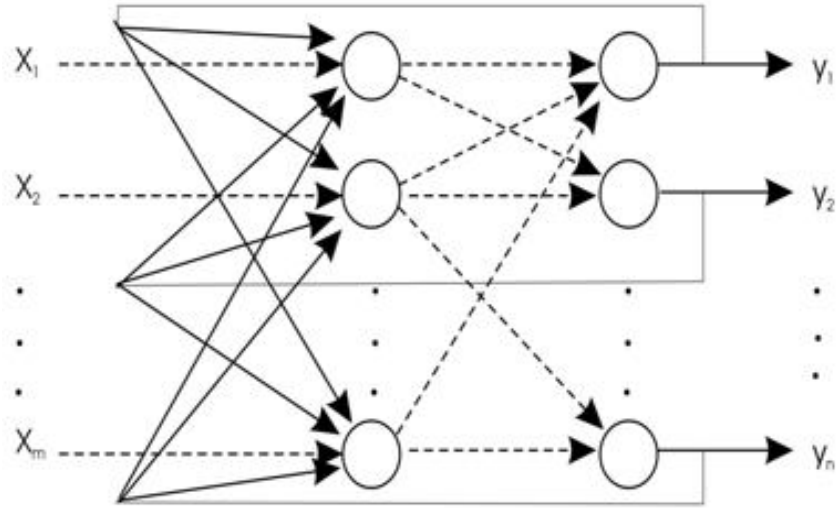
İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları'nda nöronlar girişten çıkışa doğru düzenli katmanlar şeklindedir. Bir katmandan sadece kendinden sonraki katmanlara bağ bulunmaktadır. Yapay Sinir Ağları'na gelen bilgiler giriş katmanından sonra sırasıyla ara katmanlardan (gizli katman) ve çıkış katmanından işlenerek geçer ve daha sonra dış dünyaya çıkar (Kakıcı, 2010).



Şekil 2.4: Çok Katmanlı İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağı (Kaynar, Taştan ve Demirkoparan, 2009)

### 2.11.1.2 Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları

Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları'nda ileri beslemeli olanların aksine bir nöronun çıktısı sadece kendinden sonra gelen nöron katmanına girdi olarak verilmez. Kendinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan herhangi bir nörona girdi olarak bağlanabilir. Bu yapısı ile Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağları doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir. (Kakıcı, 2010).

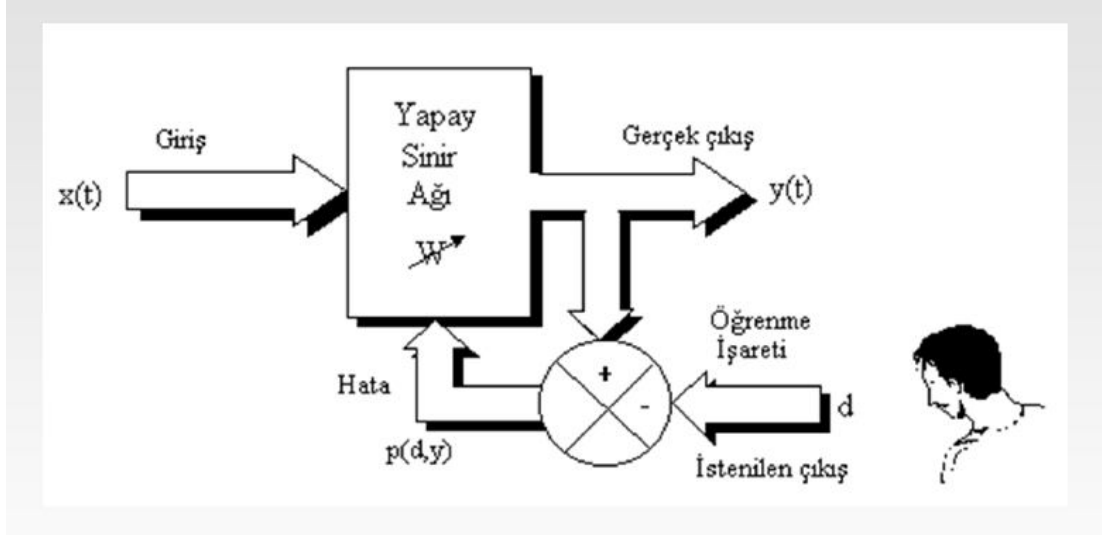


Şekil 2.5: Çok Katmanlı Geri Beslemeli Yapay Sinir Ağı (Yurtoğlu, 2005: 28)

## 2.11.2 YSA'nın Öğrenme Yöntemlerine Göre Sınıflandırılması

### 2.11.2.1 Danışmanlı Öğrenme

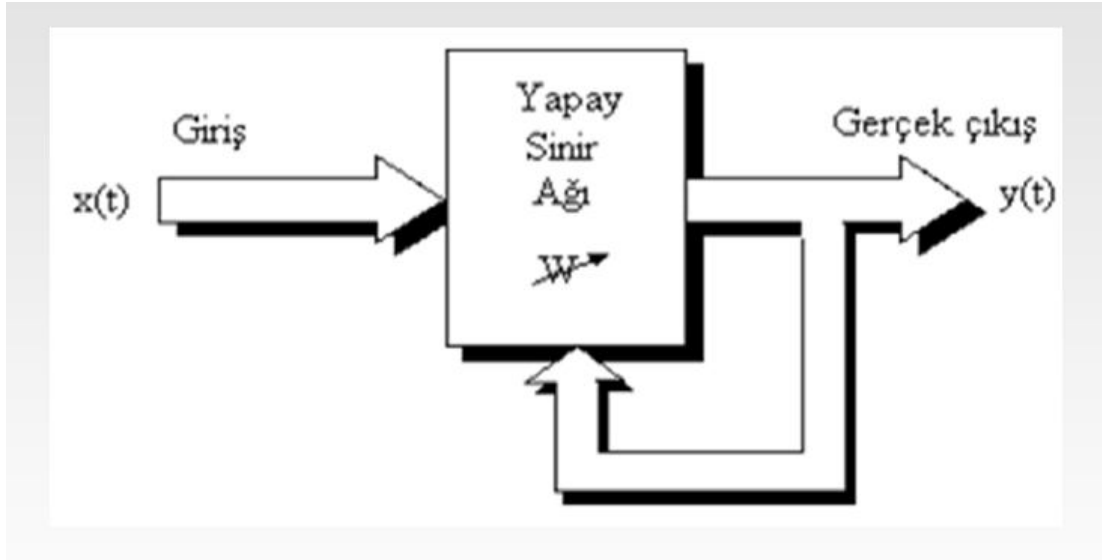
Danışmanlı öğrenmede giriş ve çıkış çiftlerinden oluşan eğitim bilgileri vardır. Ağ giriş bilgisine göre ürettiği çıkış değerini, istenen değerle karşılaştırarak ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılacak bilgiyi elde eder. Girilen değerle istenen değer arasındaki fark hata değeri olarak önceden belirlenen değerden küçük oluncaya kadar eğitime devam edilir. Hata değeri istenen değerın altına düştüğünde tüm ağırlıklar sabitlenerek eğitim işlemi sonlandırılır. Eğitim işlemi sırasında her bir eğitim bilgisi çifti için oluşan hata değerine göre ağırlıkların değiştirilmesine 'örüntü kipi' öğrenme, tüm eğitim kümesi için hataların toplanarak toplam hata değerine göre ağırlıkların değiştirilmesine ise 'küme tipi' öğrenme denilmektedir (Elmas, 2007: 88).



Şekil 2.6: Danışmanlı Öğrenme Yöntemi (Tosun, 2010)

### 2.11.2.2 Danışmansız Öğrenme

Danışmansız öğrenmede sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Danışmansız öğrenmede ağ istenen dış verilerle değil girilen bilgilerle çalışır. Bu tür öğrenmede gizli sinirler dışarıdan yardım almaksızın kendilerini örgütleme için bir yol bulmalıdırlar. Bu yaklaşımda, verilen giriş vektörleri için önceden bilinebilen performansını ölçebilecek ağ için hiçbir çıkış örneği sağlanmaz, yani ağ yaparak öğrenmektedir (Elmas, 2007: 137).

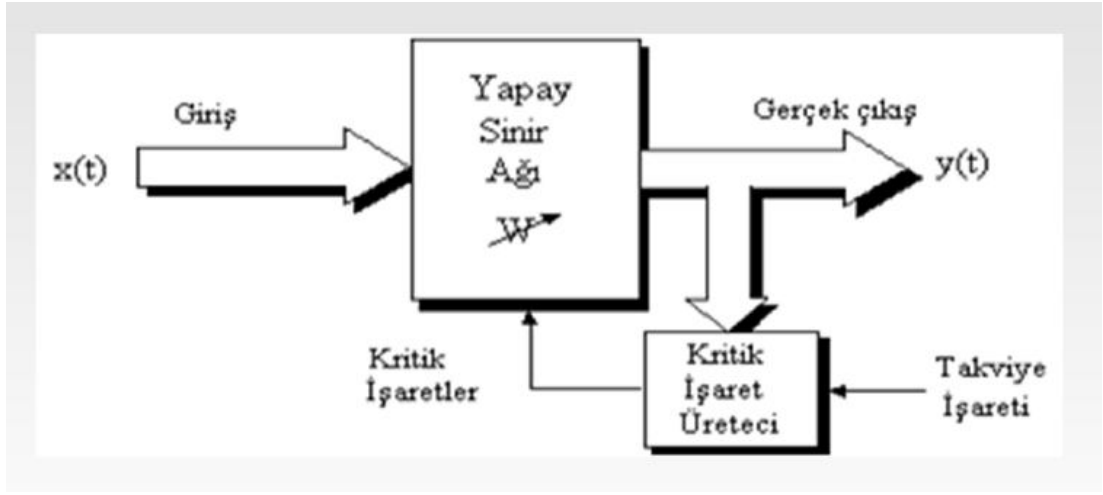


Şekil 2.7: Danışmansız Öğrenme Yöntemi (Tosun, 2010)



### 2.11.2.3 Destekleyici Öğrenme

Destekleyici öğrenmede öğrenen sisteme bir danışman yardımcı olur. Fakat danışman her girdi seti için olması gereken (üretilmesi gereken) çıktı setini sisteme göndermek yerine sistemin kendisine gösterilen girdilere karşılık çıktısını üretmesini bekler ve üretilen çıktının doğru veya yanlış olduğunu gösteren bir sinyal üretir. Sistem, danışmandan gelen bu sinyali dikkate alarak öğrenme sürecini devam ettirir (Öztemel, 2006: 25).



Şekil 2.8: Destekleyici Öğrenme Yöntemi (Tosun, 2010)

### 2.12 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme, Adaptif Öğrenme ve Test Etme

YSA'da proses elemanlarının bağlantılarının ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine "ağın eğitilmesi" denir. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rastgele olarak atanır. YSA kendilerine gösterildikçe bu ağırlık değerlerini değiştirirler. Amaç ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Örnekler ağa defalarca gösterilerek en doğru ağırlık değerleri bulunmaya çalışılır. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması, örneklerin temsil ettiği olay hakkında genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması demektir. Bu genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine "ağın öğrenmesi" denir. Ağırlıkların değerlerinin değişmesi belirli kurallara göre yürütülmektedir. Bu kurallara "öğrenme kuralları" denir. Kullanılan öğrenme stratejisine göre değişik öğrenme kuralları geliştirilmiştir (Öztemel, 2006: 55).

YSA'da öğrenme olayının iki aşaması vardır. Birinci aşamada ağa gösterilen örnek için ağın üreteceği çıktı belirlenir. Bu çıktı değerinin doğruluk derecesine göre

ikinci aşamada ağı bağlantılarının sahip olduğu ağırlıklar değiştirilir. Ağı çıktısının belirlenmesi ve ağırlıkların değiştirilmesi öğrenme kuralına bağlı olarak farklı şekillerde olmaktadır (Öztemel, 2006: 55).

Ağı eğitimi tamamlandıktan sonra öğrenip öğrenmediğini (performansını) ölçmek için yapılan denemelere “ağı test edilmesi” denmektedir. Test etmek için ağı öğrenme sırasında görmediği örnekler kullanılır. Test etme sırasında ağı ağırlık değerleri değiştirilmez. Test örnekleri ağı gösterilir. Ağı eğitim sırasında belirlenen bağlantı ağırlıklarını kullanarak görmediği bu örnekler için çıktılar üretir. Elde edilen çıktılar doğruluk değerleri ağı öğrenmesi hakkında bilgiler verir. Sonuçlar ne kadar iyi olursa eğitimin performansı da o kadar iyi demektir. Eğitimde kullanılan örnek setine “eğitim seti”, test etmek için kullanılan sete ise “test seti” adı verilmektedir. YSA’nın bu şekilde bilinen örneklerden belirli bilgileri çıkartarak bilinmeyen örnekler hakkında yorumlar (genelleme) yapabilme yeteneğine “adaptif öğrenme” denir (Öztemel, 2006: 55-56).

### **2.13 YSA Öğrenme Kuralları**

Öztemel (2006)’e göre, YSA öğrenme kuralları aşağıdaki gibi açıklanabilir (Öztemel, 2006: 26-27):

#### **2.13.1 Hebb Kuralı**

Bilinen en eski öğrenme kuralıdır. Diğer öğrenme kurallarının temelini oluşturmaktadır. 1949 yılında geliştirilen bu kurala göre bir hücre (YSA elemanı) diğer bir hücreden bilgi alırsa ve her iki hücre de aktif ise (matematiksel olarak aynı işareti taşıyorsa) her iki hücrenin arasındaki bağlantı kuvvetlendirilmelidir.

#### **2.13.2 Hopfield Kuralı**

Bu kural Hebb kuralına benzemektedir. YSA elemanlarının bağlantılarının ne kadar kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması gerektiği belirlenir. Eğer beklenen çıktı ve girdiler ikisi de aktif/pasif ise öğrenme katsayısı kadar ağırlık değerleri kuvvetlendir/zayıflat denmektedir. Yani ağırlıkların kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması öğrenme katsayısı yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Öğrenme katsayısı genel olarak 0-1 arasında kullanıcı tarafından atanan sabit ve pozitif bir değerdir.

#### **2.13.3 Delta Kuralı**

Bu kural Hebb kuralının biraz daha geliştirilmiş şeklidir. Ağı ürettiği çıktı ile üretilmesi gereken (beklenen) çıktı arasındaki hatanın karelerinin ortalamasını enazlamak hedeflenmektedir.

#### 2.13.4 Kohonen Kuralı

Bu kurala göre ağırlık elemanları (hücreleri) ağırlıklarını değiştirmek için birbirleri ile yarışır. En büyük çıktıyı üreten hücre kazanan hücre olmakta ve bağlantı ağırlıkları değiştirilmektedir. Bu, o hücrenin yakınındaki hücrelere karşı daha kuvvetli hale gelmesi demektir. Hem kazanan elemanların hem de komşuları sayılan elemanların (hücrelerin) ağırlıklarını değiştirmesine izin verilmektedir.

#### 2.14 YSA Modellemesi Adımları

Şen (2004)'e göre, bir YSA modellemesinde izlenecek adımlar sırayla şu şekildedir (Şen, 2004: 80-81-82):

- Verilerin Toplanması: İncelenecek sorunla ilgili verilerin toplanması ve bu arada hangilerinin girdi, hangilerinin de çıktı olacağına karar verilmelidir. Bu veri kalitesi, sayısal değerleri ve sayısı değil de, öncelikle kaç değişkenin girdi ve çıktı olacağına araştırılmasıdır. Böylece tasarımı yapılacak YSA'da girdi ve çıktı tabakalarında kaç tane hücre olacağına da kesinlikle karar verilmiş olunacaktır.
- Verilerin Alt Verilere Bölünmesi: Verinin bir kısmı YSA'nın eğitilmesinde, bir kısmı uygunluğunun araştırılmasında kalan kısmı da sınavmasında kullanılacaktır. Buna göre veriler %40, %30 ve %30 oranlarında üç alt veri grubuna ayrılır. Eğer veri dizisinin seri (iç sıra bağımlılığı) özelliklerine önem duyulmuyorsa, bu ayırımın rastgele yapılması iyi sonuçlar verir.
- YSA Mimarisi: Genel olarak adım 1'de belirtilen girdi ve çıktı tabakalarının arasında eğriselliği temin edecek bir ara (saklı) tabaka bulunur. Bu tabakadaki hücre sayısına da karar verilmelidir. Burada tavsiye olarak başlangıçta en azından üç tane hücreye yer vermenin uygun olacağıdır. Böylece, YSA mimari tamamlanmıştır.
- Matematik Donanım: Saklı tabakada kullanılacak olan işlemcilerin matematik fonksiyonlarına karar verilmelidir. İşlemcinin türevi alınabilir türden olması hesaplamaların yapılması açısından faydalıdır. Bu nedenle de sigmoid, tanjant hiperbolik veya Gauss işlemcileri tercih edicidir. YSA eğitimi sırasında kullanılacak öğrenme oranı ve hafıza katsayılarının da önceden belirlenmesinde yarar vardır.
- Başlangıç Ağırlık Değerleri: Giriş-saklı ve saklı-çıkış tabakaları hücreleri arasındaki bağlantıların küçük rastgele sayılar olarak atamalarının yapılması

yerindedir. Ayrıca, sabit eşik değerli katı işlemciler (TDA'lar) için sınırlar 0 ve 1 veya -1 ve 1 olarak alınır.

- İleri Hesaplamalar (İleri Besleme): Yukarıdaki adımların tamamlanması ile artık YSA, mimarisi ve donanımı ile kullanılabilir hale gelmiştir. İlk olarak, giriş tabakasına veriler sokulduktan sonra bağlantı ağırlıkları ile toplamalar ve her bir saklı tabaka hücresindeki işlemci ile gerekli eğrisel (doğrusal olmayan) dönüşümler yapılır ve varsa sabit değerler de ilave edilir.
- Geri Hesaplama (Geri besleme, dağıtma): Çıkış değerlerinin önceden ölçülmüş veri olarak bilinen değerlerden farklı olması durumunda, YSA'nın bağlantı ağırlıklarının yenilenmesi gerekir. Bunun için her çıktı hücresinde ortaya çıkan hataların karelerinin aritmetik ortalaması alınarak bir hata değeri elde edilir. Bu hatanın tüm bağlantılara giriş verileri büyüklükleri ile orantılı biçimde dağıtılması gerekir. Buna da geri besleme işlemi adı verilir.
- Yineleme: Geri besleme sonrasında elde edilen yenilenmiş bağlantı değerleri aynı girdi değerleri ile tekrar ileri besleme işlemi yapılarak tekrarlanır. Yeni beklenen çıktı ve bunlara karşı gelen ölçüm değerleri arasındaki hataların karelerinin ortalamaları önceden kabul edilen bir sınırdan daha küçük değilse bu sefer geri besleme adımına dönülerek işlemler tekrarlanır.
- Durma: Yukarıdaki şekilde hesaplanan hatanın belirli seviyenin altında kalmasına kadar ileri-geri besleme safhalarına yani eğitime devam edilir. Bunların tümüne birden YSA eğitimi adı verilir. İstenen seviye sağlanınca da artık en son YSA yapısı eğitilmiş sayılır.
- Kontrol: Yukarıdaki adımların tamamlanması ile %40 diye nitelendirilen eğitim verilerinin önemi bitmiştir. YSA'nın bu son hali (ağırlık katsayıları) uygunluk verileri ile (%30) tekrar eğitilir. Burada çıktıların hatalarında önemli farklar bulunmaz ise YSA'nın mutlak en küçük hata ile kullanıma hazır olduğu sonucuna varılır. Eğer farklılıklar olursa bu sefer aynı YSA hesaplamaları uygunluk verileri ile de yukarıdaki gibi yenilenir.
- Kullanım: Yukarıdaki tüm adımlardan sonra artık YSA girdilerden bilinmeyen çıktıları öngörebilir hale gelmiştir.

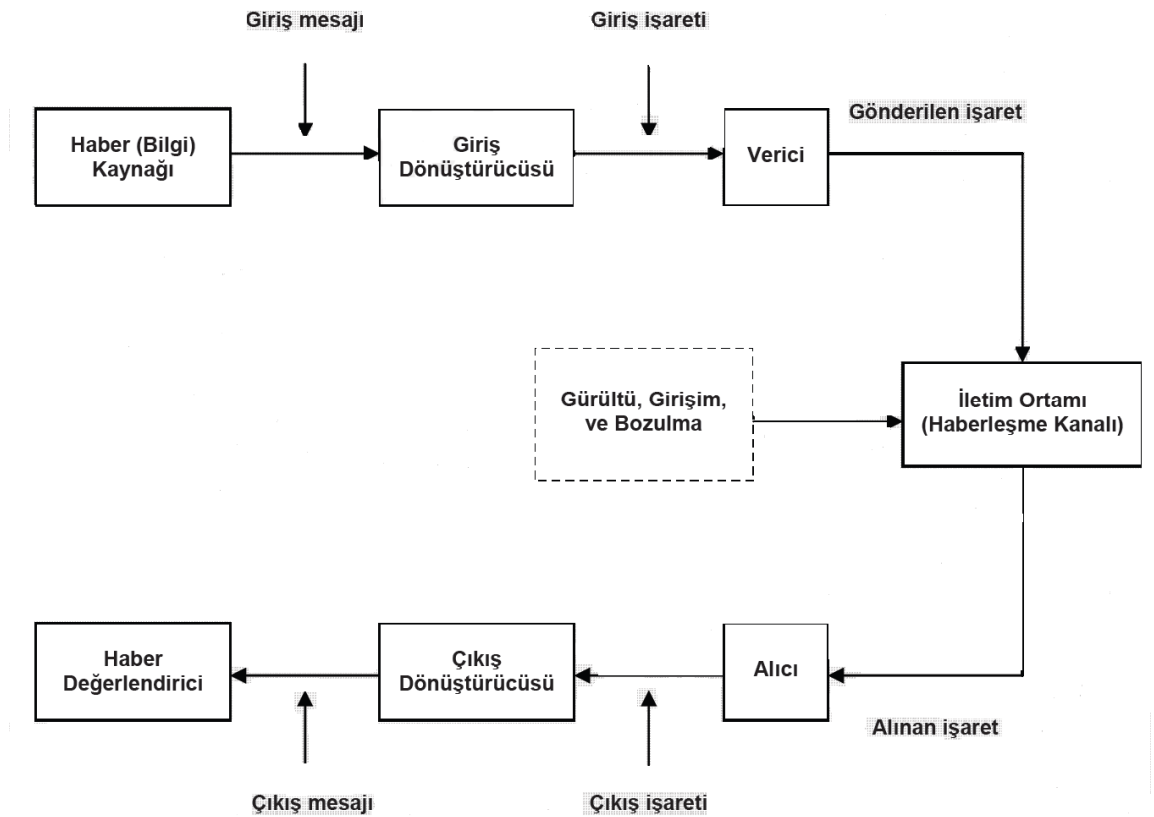
### 3. HABERLEŞME VE SAYISAL İLETİŞİM TEKNİKLERİ

#### 3.1 Haberleşme

Anlamalı bir bilginin karşılıklı alış verişine haberleşme denir. Teknolojinin hızla ilerlemesi, elektronik medya, internet ve kablosuz iletişimin de yaygınlaşmasıyla elektronik cihazlarla haberleşme, günümüzde iletişim kavramına küresel bir anlam katmış ve iletişimin büyük bir kısmı artık elektronik ortamda yapılar hale gelmiştir (Megep, 2007a).

Ekşioğlu (2010)'na göre, haberleşmenin amacı, verilen bir zaman aralığı içinde, kaynaktaki bilginin, iletim ortamındaki bozucu etkilerden en az etkilenmiş olarak kullanıcıya aktarılmasıdır (Ekşioğlu, 2010).

Kızılkaya (2010)'ya göre, haberleşme sisteminin temel olarak blok diyagramı Şekil 3.1'deki gibi gösterilebilir (Kızılkaya, 2010).



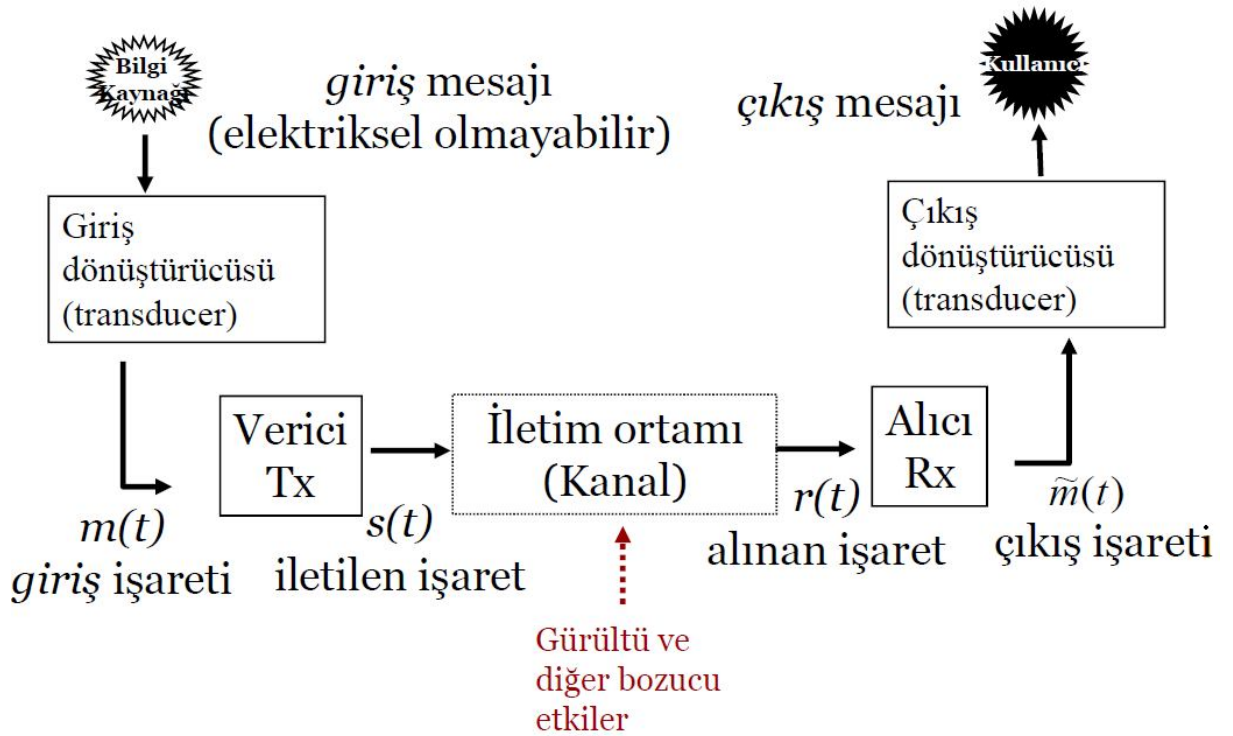
Şekil 3.1: Tipik Bir Haberleşme Sisteminin Blok Diyagramı (Kızılkaya, 2010)

Kızılkaya (2010)'ya göre, değişik iletişim türlerine şu örnekler verilebilir (Kızılkaya, 2010):

- Birbirinden uzakta A ve B kişileri birbirlerine mesaj göndermek isterlerse, hat adı verilen bir bilgi aktarım kablosu kullanılabilir.
- Eğer birbirleri ile iletişim kurmak isteyen birçok kişi varsa, bir ya da birkaç merkezi anahtarlama istasyonu bulunan bir telefon sistemi kullanılabilir.
- Kısa uzaklıklar içinde birbirlerine bilgi iletmek isteyen az sayıda kullanıcı varsa ve bunlar sürekli yer değiştiriyorlarsa, alıcı-verici olarak da adlandırılan bir çeşit radyo iletişimi gereklidir.
- Çok sayıda kullanıcıya bilgi göndermek isteyen tek bir kaynak varsa, bir radyo ya da TV vericisi kullanılabilir. Bu durumda, haberleşme sistemi tek bir kaynak ve çok sayıda alıcıdan oluşur.

### 3.2 Bir Haberleşme Sisteminin Bileşenleri

Ekşioğlu (2010)'na göre, bir haberleşme sisteminin bileşenlerinin genel blok şeması aşağıdaki gibidir (Ekşioğlu, 2010):



### **3.2.1 Ara bileşenler**

#### **3.2.1.1. Haber (Bilgi) Kaynağı (Information Source)**

Kızılkaya (2010)'ya göre, çeşitli bilgi kaynakları var olduğu için giriş mesajı değişik biçimlerde ortaya çıkabilir. Haber kaynağı tarafından üretilen bilgiler analog ve sayısal bilgiler olabilir (Kızılkaya, 2010).

#### **3.2.1.2 Giriş Dönüştürücüsü (Input Transducer)**

Bilgi kaynağı tarafından üretilen giriş mesajının iletme uygun olması için, bir dönüştürücü yardımıyla elektriksel işaretlere (elektriksel akım veya gerilim değişmelerine) dönüştürülmesi gerekir. Bu amaç için enerji dönüştürücülerinden faydalanılır. Örneğin; bir mikrofon yardımı ile ses ve akustik dalgalar, video kamerası ile de görüntüler elektriksel işaretlere dönüştürülürler (Kızılkaya, 2010).

#### **3.2.1.3 Çıkış Dönüştürücüsü (Output Transducer)**

Alıcı tarafta elde edilen elektriksel işaretlerin kullanıcılar açısından bir anlamının olabilmesi için uygun bilgi biçimlerine dönüştürülmesi gerekir. Aynen giriş dönüştürücüsünde olduğu gibi bu amaç için de enerji dönüştürücülerinden faydalanılır. Bu elektriksel işaretler, örneğin, hoparlör yardımıyla ses veya konuşmaya, foto-elektrik tüpler yardımıyla da görüntüye dönüştürülürler (Kızılkaya, 2010).

### **3.2.2 Temel Bileşenler**

Kızılkaya (2010)'ya göre, herhangi bir haberleşme sistemi, verici, haberleşme kanalı, ve alıcı olmak üzere üç ana kısımdan oluşur ve bu kısımların her biri işaret iletiminde önemli bir rol oynar (Kızılkaya, 2010).

#### **3.2.2.1 Verici**

Gönderilecek bilgiyi ortamda iletilecek hale getiren, gerekli kodlamaları ve kuvvetlendirmeyi yapan elektronik devrelerdir. Vericilerin gücüne göre iletim yapabildikleri mesafeler değişmektedir. (Megep, 2007a).

#### **3.2.2.2 Haberleşme Kanalı (Communication Channel)**

Haberleşme kanalı, mesaj işaretini vericiden alıcıya göndermek (aktarmak) için kullanılan fiziksel bir iletim ortamıdır. Telsiz haberleşmesinde, kanal genellikle atmosferdir (serbest uzaydır). Diğer taraftan, telefon kanalları, telli bağlantılar (havai hatlar, kablolar), fiber optik kablolar ve telsiz (mikrodalga radyo) gibi çeşitli iletim ortamlarını kullanırlar. Ayrıca, koaksiyel (coaxial) kablolar, lazer ışınları ve dalga kılavuzları da haberleşme kanallarına örnek olarak verilebilir (Kızılkaya, 2010).

Kızılkaya (2010)'ya göre, haberleşme kanallarından bazıları aşağıdaki gibi dört başlık altında açıklanabilir (Kızılkaya, 2010):

#### **3.2.2.2.1 Tel Hatlı Kanallar**

Telefon ağları, ses işaretlerinin iletimi ve aynı zamanda veri ve görüntü iletimi için tel hatların kullanımını yaygınlaştırmıştır. Bükülü çift iletkenli hatlar ve koaksiyel (eşmerkezli, eş eksenli) kablolar, temel olarak orta seviyede bant genişlikleri sağlayan kılavuzlanmış elektromanyetik kanallardır. Şöyle ki, genellikle bir kullanıcıyı merkez ofise bağlamak için kullanılan telefon hatları bir kaç yüz kilo hertz (KHz) bant genişliklerine sahipken koaksiyel kablo mega hertzler (MHz) mertebesinde kullanılabilir bant genişlikleri sunar.

#### **3.2.2.2.2 Fiber Optik Kanallar**

Fiber optik kanallar, koaksiyel kablolardan kat kat fazla bant genişlikleri sunarlar. Bir haberleşme kanalının bilgi taşıma kapasitesi, bu kanalın bant genişliği ile doğru orantılıdır. Başka bir deyişle, bant genişliği ne kadar fazla olursa, kanalın bilgi taşıma kapasitesi de o kadar fazla olur. Fiber optik kanallarda kullanılan taşıyıcı ışık frekansları  $10^{14}$  Hz ile  $10^{15}$  Hz arasında olup, bu yaklaşık olarak 100.000 GHz'lik bir kanal bant genişliği kapasitesi demektir. Bu açıdan bakıldığında fiber optik kablolar, telefon şirketlerinin kullanıcılarına ses, veri, fax, ve görüntü iletimi gibi geniş bir yelpazede hizmet vermesine imkan sağlar.

#### **3.2.2.2.3 Telsiz Elektromanyetik Kanallar**

Radyo haberleşme sistemlerinde elektromanyetik enerji, iletim ortamına (serbest uzay) bir anten ile aktarılır. Antenin fiziksel boyutu ve yapısı, esas olarak, iletilmek istenen işaretin frekansına bağlıdır. Elektromanyetik ışınımın (radyasyon) verimli olabilmesi için, antenin boyu dalga boyunun 1/10'nunda daha büyük olması gerekir.

#### **3.2.2.2.4 Sualtı Akustik Kanallar**

Son zamanlarda deniz altı araştırmalarında gözlenen sürekli artış, deniz altından sensörler vasıtasıyla elde edilen verilerin işlenmesini gerekli hale getirmiştir. Bu amaçla, bilginin uydu yardımıyla veri toplama merkezine aktarılması mümkün kılınmıştır.

#### **3.2.2.3 Alıcı (Receiver)**

Alıcı (Receiver), iletim ortamından gelen işaret üzerinde iletim kayıplarına karşı kuvvetlendirmenin yapıldığı ve giriş işaretinin yeniden elde edilmesi amacıyla



demodülasyon ve kod çözme işlemlerinin gerçekleştirildiği kısımdır (Kızılkaya, 2010).

### **3.3 İletim Ortamından Kaynaklanan Bozulmalar**

İletim ortamından kaynaklanan bozulmalar dört başlık altında şu şekilde sıralanıp açıklanabilir (Megep, 2007a):

#### **3.3.1 İşaret Zayıflaması (Attenuation)**

İletişim mesafesi arttıkça sinyal zayıflar ve alıcıya yeterli enerji ulaşmayabilir.

#### **3.3.2 İşaret Distorsiyonu**

Ortam üzerinde ilerleyen sinyalin içerdiği farklı frekansların farklı zayıflamalarla hedefe ulaşmasıdır. Bu durumda bilgi alıcıya tam ve doğru olarak ulaşmayabilir. Veride bozulmalar olabilir.

#### **3.3.3 Gecikme Distorsiyonu (Dispersiyon) Bozulması**

Sinyali oluşturan farklı frekansların veya fiber optik kablo içindeki ışık ışınlarının farklı yollar takip etmesi sebebiyle hedefe farklı zamanlarda varmasının sonucu olarak işaret şeklinin değişmesidir.

#### **3.3.4 Gürültü**

Gönderilen asıl sinyali bozan ve sisteme istem dışı dahil olan herhangi bir enerjidir. Güneş ışığı, floresan lamba, motor ateşleme sistemleri birer gürültü kaynağıdır.

### **3.4 Gürültü Çeşitleri**

Öner (2010)'e göre, gürültü çeşitleri aşağıdaki gibi dört sınıf altında ele alınıp açıklanabilir (Öner, 2010):

#### **3.4.1 Isıl Gürültü (Thermal Noise)**

Isıl gürültü, ortam sıcaklığı nedeniyle iletkenlerdeki elektrik yüklerinin (genellikle iletim elektronlarının) rastgele hareket etmeleri sonucunda iletkenin (veya pasif devre elemanının) uçları arasında oluşan ve rastgele değişen elektriksel gerilimdir. Bir elektronik gürültü türü olan ısıl gürültü, tüm elektrik devre elemanlarında ve iletim hatlarında bulunur ve ortam sıcaklığı ile doğru orantılı olarak artar; ancak mutlak sıfır sıcaklığında ( $0^{\circ}\text{Kelvin}=-273^{\circ}\text{C}$ ) sıfırdır. Isıl gürültü frekans spektrumunda düzgün dağılıma sahiptir (uniformly distributed) ve bu nedenle beyaz gürültü (white noise) olarak da bilinir. Isıl gürültü  $0^{\circ}\text{K}$ 'in üzerindeki sıcaklıklarda yok edilemez, fakat ortam sıcaklığının azaltılabildiği yerlerde ısıl gürültünün aşırı

derecede artması önlenebilir. Bu nedenle, ısı gürültü iletişim sistemlerinin başarımlarına üst sınır getiren bir etkidir.

### **3.4.2 İntermodülasyon Gürültüsü**

İntermodülasyon gürültüsü bir iletişim sisteminde vericinin, alıcının, iletim ortamının ya da herhangi bir ögenin doğrusal olmayan (nonlinear) özelliğe sahip olması durumunda, farklı frekanslardaki sinyallerin aynı iletim ortamını paylaşmaları sonucunda, doğrusal olmayan ögenin çıkışında istem dışı oluşan ve asıl sinyalle girişim yapabilen sinyallerdir. İntermodülasyon gürültüsü, iki farklı frekanstaki sinyalin doğrusal olmayan özelliğe sahip bir sistemde karışmaları (mixing) sonucunda, sistem çıkışında bu frekansların toplamı, farkı ya da bunların katları olan frekanslarda oluşan istenmeyen sinyallerdir. Örneğin,  $f_1$  ve  $f_2$  frekanslarındaki işaretler doğrusal olmayan özelliğe sahip bir sisteme uygulandığında, sistem çıkışında  $f_1+f_2$  frekansında oluşan istenmeyen sinyaller intermodülasyon gürültüsüdür ve gürültü  $f_1+f_2$  frekansında iletilen bir sinyal ile (asıl sinyal) girişim yaparak asıl sinyalin bozulmasına neden olur.

### **3.4.3 Çapraz-Karışım (Crosstalk)**

Çapraz karışım, bir iletişim sisteminde bir devredeki ya da kanaldaki sinyalin istenmeyen bir şekilde diğer devre ya da kanaldaki sinyali etkilemesidir. Kablolu iletişimde çapraz-karışım, kabloların birbirlerine bitişik ya da yakın olmaları durumunda, bir kablodaki sinyalin etkileşim sonucunda diğer kablodaki sinyal üzerine istenmeyen bir şekilde eklenmesine neden olur. Bu durumda, bir kanaldaki ses ya da sinyal diğer kanalda da duyulur.

### **3.4.4 Dürtü Gürültüsü (Impulse Noise)**

Dürtü gürültüsü, kısa süreli, düzensiz ve göreceli olarak yüksek genlikli rasgele elektriksel değişimlerdir (energy spikes). Dürtü gürültüsü genellikle, yıldırım, şimşek, buji çakmaları ve bozuk elektriksel kontaklarda oluşan elektrik arkları gibi dış elektromanyetik etkilerden oluşur. Dürtü gürültüsünün analog veri üzerindeki etkisi sayısal veri üzerindeki etkisine göre daha azdır. Örneğin, dürtünün etkisi altında kalmış bir ses iletişimde, alıcıda çıtırtı ve çıtırtı sesleri duyulur fakat anlaşılabilirlik çok fazla etkilenmeyebilir. Öte yandan, örneğin 1 Mbps hızında yapılan bir sayısal iletişimde, 10 ms süren bir dürtü gürültüsü 10000 bitin yok olmasına neden olur.

### **3.5 Küresel Mobil İletişim Sistemleri (GSM)**

GSM (Global Systems for Mobile Communication), mobil haberleşme için kabul edilmiş ikinci nesil, sayısal hücreli bir sistemdir. GSM, basit olarak devre anahtarlama sayısal ve analog veri bağlantısı hizmetleri sunan bir sistemdir (Megep, 2007b).

GSM en yaygın olan cep telefonu standardı olarak 212 ülkede 2 milyardan fazla insan tarafından kullanılmaktadır. En kullanışlı özelliklerinden birisi kullanıcıların aynı hat ile değişik ülkelerden görüşme (roaming) yapabilmeleridir. Tüm GSM standartları, hücreli ağ kullanır ve dolaşım sırasında bile hücreler arası geçiş yapma kabiliyetine sahiptir. Dolayısıyla teoride, eğer kapsama alanından çıkmazsanız, cep telefonu ile tüm dünyayı telefon konuşmasını kesmeden dolaşmak mümkündür (Wikipedia, 2010).

#### **3.5.1 GSM'in Tarihsel Gelişimi**

GSM'in tarihsel gelişimi aşağıdaki gibi paragraflar halinde verilebilir (Megep, 2007b):

Gelişen teknoloji ve insanoğlunun beklentileri 1970'li yılların başlarında bilim adamlarını Kablosuz Mobil İletişim konusunda çalışmaya zorlamıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda hücreli sistemlerin ortaya çıkarılması Kablosuz Mobil İletişim teknolojisi adına en büyük atılım olmuştur. Bu düşünce ilk olarak 1972 yılında Bell Laboratuvarları tarafından üretilmiştir ve 1979 yılında Kuzey Amerika'daki mobil iletişim için geliştirilen ilk hücreli sistem olan AMPS (Advanced Mobile Phone Service-Gelişmiş Mobil Telefon Servisi) hayata geçirilmiştir. Kuzey Avrupa'da ise İskandinav ülkelerini kapsamaya amaçlanan NMT (Nordic Mobile Telephone) sistemi geliştirilmiştir. AMPS'in bir türevi olan TACS (Total Access Communication System – Tam Erişimli İletişim Sistemi) İngiltere'de 1985'te hizmete sokulmuştur. Bu haberleşme standartları, otoriteler tarafından, Kablosuz Mobil iletişim standartlarının birinci jenerasyonu olarak adlandırılmıştır.

Ancak kablosuz iletişimin başladığı bu yıllarda her ülke ayrı bir standart uygulaması, iletişim için kullanılan mobil cihazların kullanım alanının sadece o ülke sınırları ile kısıtlı kalması sorununu ortaya çıkarmıştır. İletişim standartlarındaki bu farklılık mobil telefon üreticilerini de sıkıntıya sokmuş ve her ülke için farklı özelliklerde telefonlar üretmek zorunda bırakmıştır. Bunun yanı sıra artan talepleri karşılamak amacıyla yeni sistemlerin tasarlanması ülkelerin bütçelerini zorlamaktaydı. Artan bu talebi karşılamak ve ortaya çıkan ekonomik sıkıntıları

gidermek amacıyla 1980'li yılların başlarında, tüm Avrupa çapında çalışabilecek bir mobil sistemin geliştirilmesi için bir çalışma grubu faaliyete geçmiştir.

GSM, 1987 yılında, 30 Avrupa ülkesi tarafından standart olarak kabul edilmiştir. 1989 yılından itibaren çalışma grubunun yükünü ETSI (European Telecommunication Standards Institute - Avrupa İletişim Standartları Enstitüsü) üstlenmiş ve bir yıl sonra da ilk GSM standartları yayınlanmıştır. Bir Avrupa standardı olarak başlamasına rağmen GSM, kısa sürede benimsenmiş, dünya genelinde kabul edilen ve uygulanan bir standart haline gelmiştir.

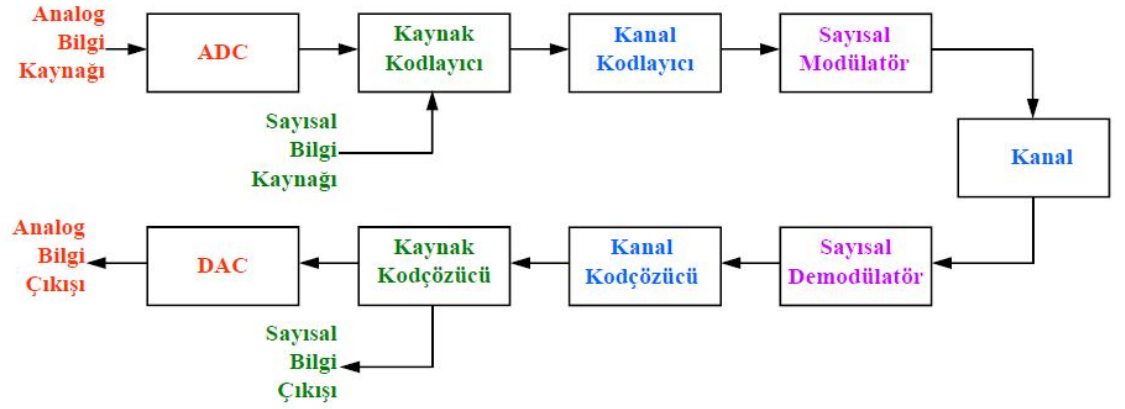
### **3.5.2 Avantajları**

GSM sisteminin avantajları şu şekilde sıralanabilir (Wikipedia, 2010):

- Kendisinden önceki sistemlerden farklı olarak, ses kalitesini arttıran sayısal kipleme kullanılmıştır.
- GSM radyo frekanslarını verimli bir biçimde kullanır ve böylece sistem hücrel karışıklıklara daha dirençlidir.
- Ses kalitesi analog sistemlere göre daha iyidir.
- Veri iletişimi sistem içinde sağlanır.
- Konuşmalar şifrelenir ve abone bilgisi güvenliği garanti altındadır.
- Uluslararası dolaşım (roaming) teknik olarak imkân dahilindedir ve böylece dünyanın birçok yerinde GSM şebekeleri kullanılabilir.
- Geniş pazarların rekabeti kısıtlanmasıyla hem yatırımlar hem de kullanım fiyatları düşme eğilimindedir.

### **3.6 Sayısal İletişim**

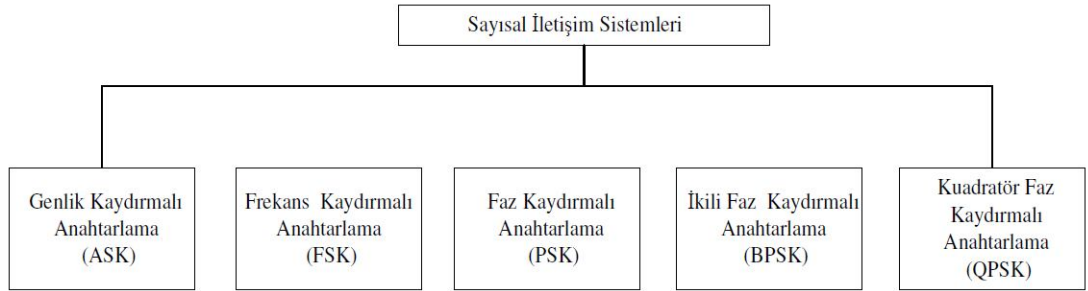
Sayısal iletişim terimi, aralarında sayısal iletim ve sayısal radyo haberleşmesinin de bulunduğu geniş bir iletişim teknikleri alanını kapsar. Sayısal iletim, bir iletişim sisteminde iki nokta arasında sayısal darbelerin iletilmesidir. Sayısal radyo haberleşmesi, bir iletişim sisteminde iki nokta arasında sayısal modülasyonlu analog taşıyıcıların iletilmesidir. Sayısal iletim sistemleri, verici ile alıcı arasında tel çifti, koaksiyel kablo ya da fiber optik kablo gibi fiziksel bir malzeme gerektirir. Sayısal radyo haberleşme sistemlerinde ise iletim ortamı boş alan ya da yeryüzü atmosferidir (Selek, 1997: 18).



Şekil 3.3: Sayısal Haberleşme Sisteminin Blok Şeması (Soysal, 2007)

### 3.6.1 Sayısal İletişim Sistemleri

Biçer (2007)'e göre, en çok kullanılan sayısal iletişim sistemleri Şekil 3.4' te gösterilmiştir. (Biçer, 2007: 14)

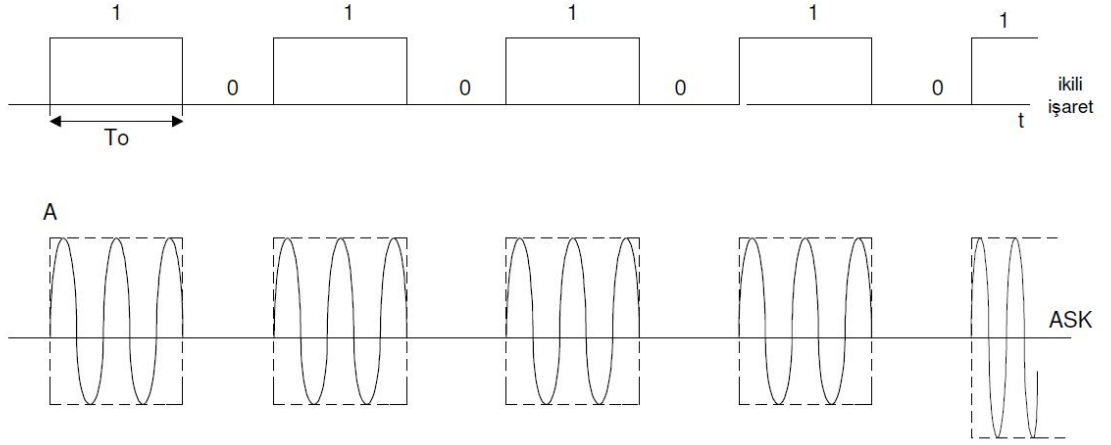


Şekil 3.4: Sayısal İletişim Sistemleri (Biçer, 2007: 14)

#### 3.6.1.1 Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK)

ASK, taşıyıcının farklı genliklerdeki değerleri ile ifade edilir. Genliklerden biri '1', diğeri '0'dır. ASK'nın en büyük avantajı basitliğidir. Dezavantajları ise; ani kazanç değişimlerinden fazla etkilenmesi, verimli olmaması, gürültüden yüksek oranda etkilenmesi sayılabilir. Genellikle 1200 bps hızına kadar telefon hatlarında, Fiber optikte, kısa mesafeli uzaktan kontrol ve telemetri sistemlerinde kullanılır (Bayılmış, 2010).

Biçer (2007)'e göre, (Var – Yok) anahtarlama (on-off keying-okk) adı verilen bu teknikte modüle edilmiş dalga biçimleri Şekil 3.5' te verilmiştir (Biçer, 2007: 14).

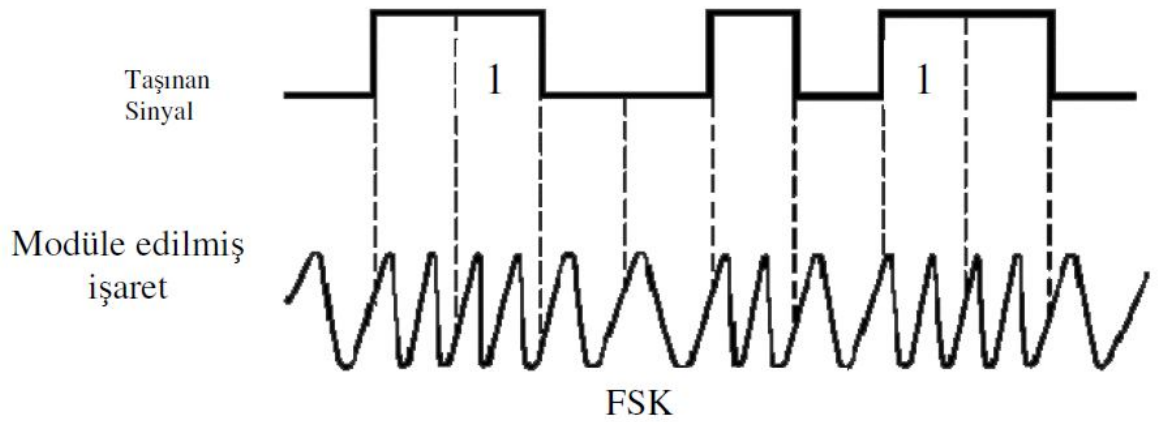


Şekil 3.5: ASK'nın Modüle Edilmiş Dalgı Biçimleri (Biçer, 2007: 14)

### 3.6.1.2 Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (FSK)

Frekans kaydırmalı anahtarlama (FSK), basit, düşük performanslı bir sayısal modülasyon biçimidir. FSK, frekans modülasyonuna benzer (FM) sabit zarflı bir açđ modülasyonu biçimidir; aradaki fark, modüle edici işaretin sürekli değışen bir dalga biçimi değil iki ayrı gerilim düzeyi arasında değışen ikili darbe akısı olmasıdır. Kısacası FSK, ikili bilgi işaretlerinin frekans modülasyonuna uygulanmasıdır. (Biçer, 2007: 15-16)

Biçer (2007)'e göre, Şekil 3.6'da frekans kaydırmalı anahtarlamanın seklı gösterilmektedir (Biçer, 2007: 16).



Şekil 3.6: Frekans Kaydırmalı Anahtarlama (Biçer, 2007)

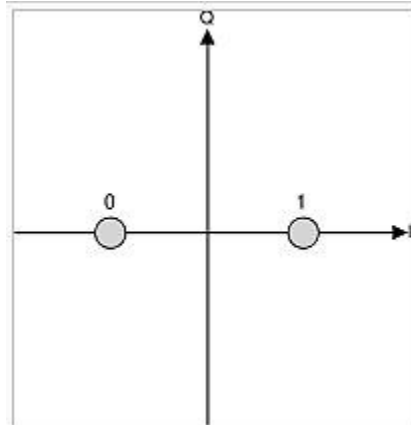
### 3.6.1.3 Faz Kaydırmalı Anahtarlama (PSK)

Bu metot klasik bir faz modülasyonuna benzemektedir. Giriş sinyali ikili bir sinyaldir ve sınırlı sayıda çıkış fazı mümkündür. İkili, dördü, sekizli ve onaltılı olarak, giriş ikili koda göre modülasyon yapılır. Demodülasyonu ise bunun tam tersidir. Kullanılan taşıyıcı frekansının 1-bitindeki fazının 0-bitindeki fazıyla 180 derece faz farkı olduğu faz terslemesi (yani 180 derece faz kayması) modülasyondur. Bu metot çoğu zaman iki-faz modülasyonu olarak adlandırılır ve bir alıcı tarafından algılanması, iki değişik fazın tanınmasını ve orijinal sayısal dalga şeklinin yeniden üretilmesini gerektirir. Diferansiyel faz modülasyonu olarak adlandırılan diğer bir metot, bir önceki bite göre meydana gelen faz değişikliğini kullanır. Aynı zamanda etkili bit hızını ve böylece gerekli band genişliğini düşürmek için veri band genişliğini peşpeşe bitler bir çift olarak kabul edilir (Türkoğlu, 2010).

### 3.6.1.4 İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama (BPSK)

En basit sayısal modülasyon tipi olan ikili faz kaydırmalı anahtarlama (BPSK), genliği sabit olan işaretin fazının  $0^\circ$  ve  $180^\circ$  arasında değişmesidir. I/Q işaret kümesinde I'nın iki değeri olmakla birlikte, işaret Q-ekseninde sabittir. İkili sistemde sadece "0" ya da "1" gönderilebilirken, sembol oranı 1 bit/semboldür (Alparslan, 2010: 17).

Alparslan (2010)'a göre, BPSK'ya ait I-Q işaret kümesi Şekil 3.7'de verilmiştir. (Alparslan, 2010: 17)

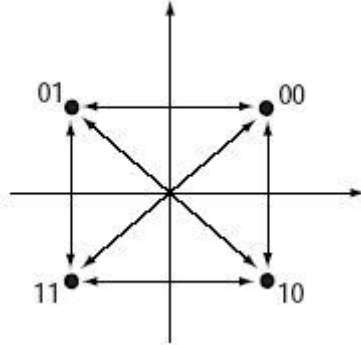


Şekil 3.7: BPSK I-Q İşaret Kümesi (Alparslan, 2010: 17)

### 3.6.1.5 Kuadratür (Dörtlü) Faz Kaydırmalı Anahtarlama (QPSK)

Diğer bir faz kaydırmalı anahtarlama da kuadratür (dörtlü) faz kaydırmalı anahtarlama (QPSK) olup, bu modülasyon daha sık kullanılan bir faz kaydırmalı anahtarlama değildir. Bu yöntem, sayısal TV yayınında, CDMA yöntemi ile mobil telefon sistemleri gibi karmaşık sistemlerde tercih edilen bir modülasyon çeşididir. Dikgen işaretin 90 derecelik faz dilimlerinde kaymasıyla, I ekseninde iki değer alan ve Q ekseninde de iki değer alan modülasyona verilen isimdir. Faz 90-derecelik adımlarla 45, 135, -45 ve -135 dereceler arasında değişmekle birlikte, farklı çevrilmiş işaret kümeleri de bazı uygulamalarda görülmektedir. Her bir sembolde iki bit veri iletebilen bu modülasyon, BPSK'ya göre iki kat daha fazla bant genişliği verimliliğine sahiptir. Aynı zamanda 4-QAM olarak da adlandırılır (Alparslan, 2010: 17-18).

Alparslan (2010)'a göre, QPSK'ya ait I-Q işaret kümesi Şekil 3.8'de verilmiştir. (Alparslan, 2010: 18)



Şekil 3.8: QPSK I-Q İşaret Kümesi (Alparslan, 2010: 18)

### 3.7 COST207 Modelleri

COST207 modelleri GSM sistemler için geliştirilmiş modellerdir. 4 değişik Doppler spektrumuna sahiptir (COST207, 1986). Genel formülü;

$$G(f) = A \exp \left\{ -\frac{(f - f_1)^2}{2f_2^2} \right\} \quad (3.1)$$

ile ifade edilmektedir. COST207 modellinin tipleri (COST207, 1986) ;

CLASS, klasik Doppler spektrumu olup yol gecikmelerinin 500 ns'den az olduğu spektrumdur ( $\tau_i \leq 500 \text{ ns}$ ).



$$(CLASS) \quad S_{hh}(f) = \frac{A}{\sqrt{1-(f/f_m)^2}} \quad |f| \leq f_m \quad (3.2)$$

GAUS1, iki adet Gaussian fonksiyonun toplamı olup, yol gecikmelerinin 500 ns ile 2 µs arasında olduğu spektrumdur ( $500ns \leq \tau_i \leq 2\mu s$ ).

$$(GAUS1) \quad S_{hh}(f) = G(A, -0.8f_m, 0.05f_m) + G(A_1, 0.4f_m, 0.1f_m) \quad (3.3)$$

Burada  $A_1$ ,  $A$ 'dan 10dB daha düşüktür.

GAUS2, iki adet Gaussian fonksiyonun toplamı olup, yol gecikmelerinin 2 µs'den fazla olduğu spektrumdur ( $\tau_i \geq 2\mu s$ ).

$$(GAUS2) \quad S_{hh}(f) = G(B, 0.7f_m, 0.1f_m) + G(B_1, -0.4f_m, 0.15f_m) \quad (3.4)$$

Burada  $B_1$ ,  $B$ 'den 15dB daha düşüktür.

RICE, klasik Doppler spektrumu ile kısa yolların birleştirilmesinden oluşturulmuştur.

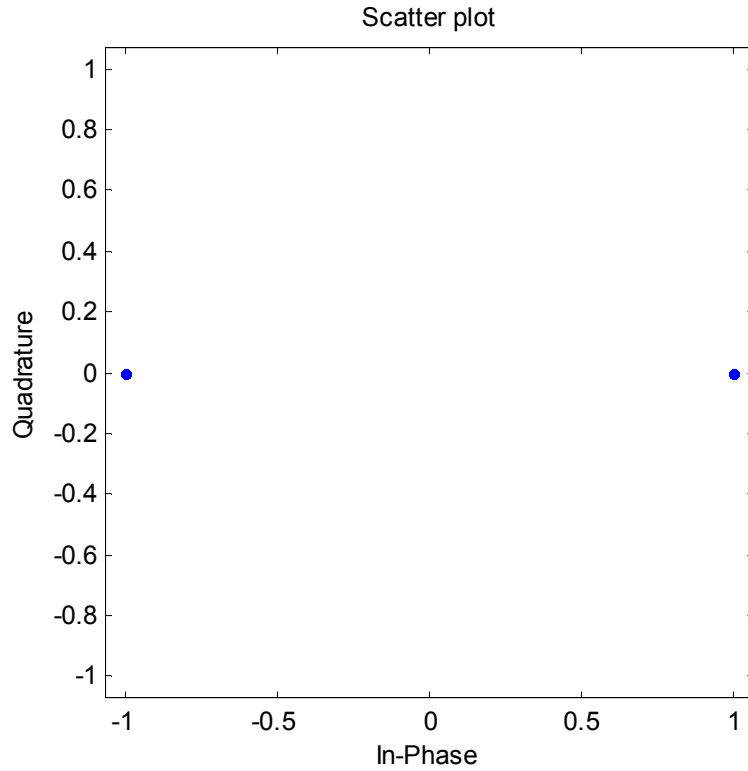
$$(RICE) \quad S_{hh}(f) = \frac{0.41}{2\pi f_m \sqrt{1-(f/f_m)^2}} + 0.91 \delta(f - 0.7f_m) \quad |f| \leq f_m \quad (3.5)$$

Sonuç olarak; CLASS, GAUS1, GAUS2 ve RICE, COST207 içerisinde yol gecikmelerine göre tasarlanmış özel spektrumlardır.

## 4. YAPAY SINİR AĞLARI İLE KANAL KESTİRİMİ

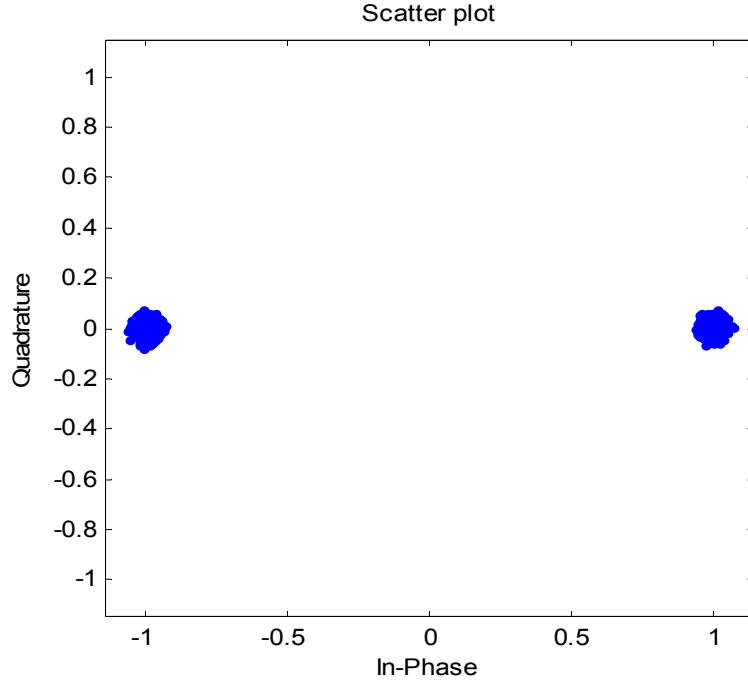
### 4.1. Giriş Sinyalleri

Tezimizin bu bölümünde MATLAB programı kullanılarak verici antenlerden gönderilen modüle edilmiş sinyaller elde edilmiştir. Şekil 4.1'de 1280 adet sinyal BPSK modülasyon yöntemine göre -1 ve +1 noktalarına yerleştirilmiştir.



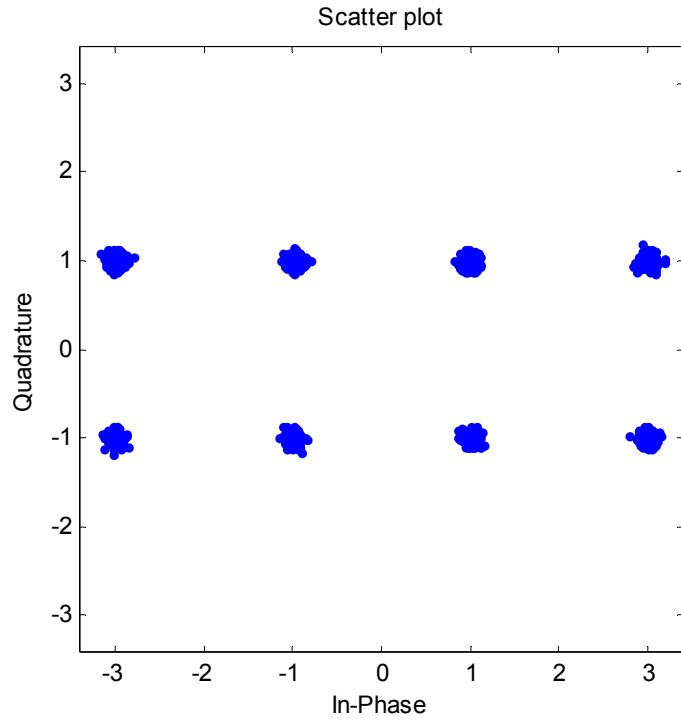
Şekil 4.1: BPSK Yöntemiyle Modüle Edilmiş Sinyaller

Şekil 4.2'de BPSK yöntemiyle modüle edilmiş sinyallerin üzerine 30 dB beyaz gürültü eklenmiştir. Gürültü eklendikten sonra sinyallerin saçıldığı açıkça görülmektedir.

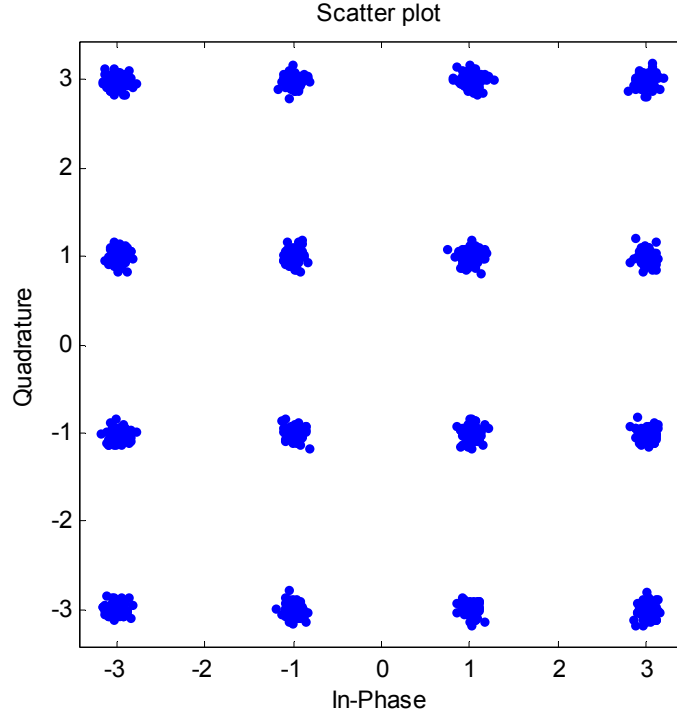


Şekil 4.2: Üzerine 30 dB Gürültü Eklenmiş BPSK Sinyalleri

Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te üzerine 30 dB beyaz gürültü eklenmiş 8-PSK ve 16-PSK sinyaller görülmektedir.



Şekil 4.3: Üzerine 30 dB Gürültü Eklenmiş 8-PSK Sinyalleri



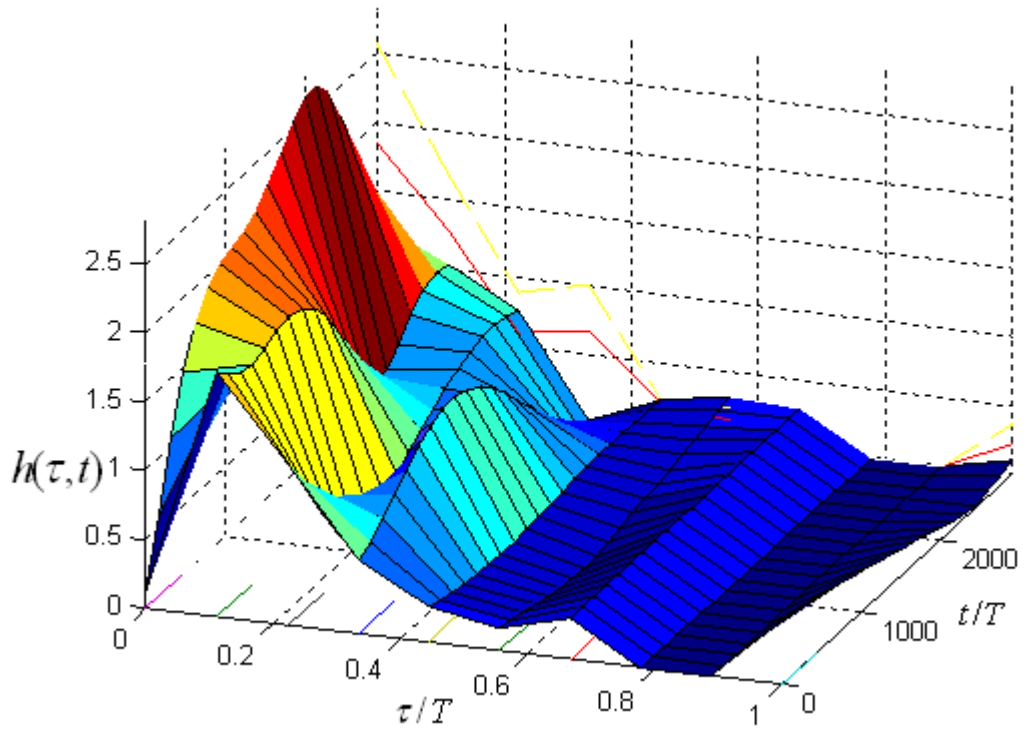
Şekil 4.4: Üzerine 30 dB Gürültü Eklenmiş 16-PSK Sinyaller

#### 4.2. COST207 Kanalları

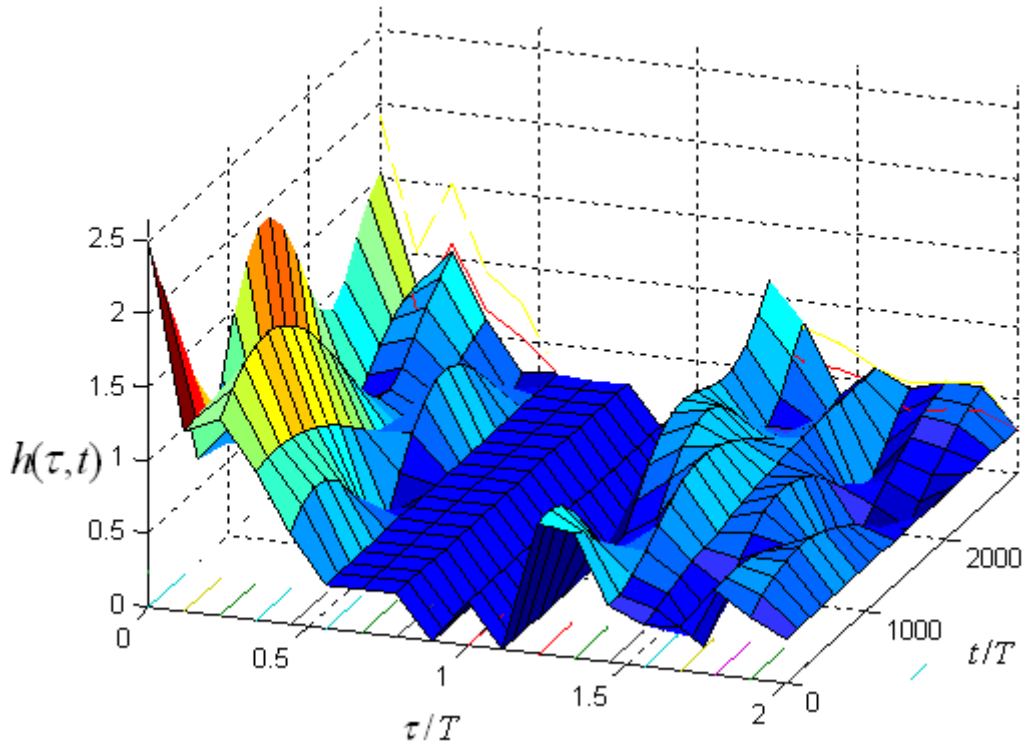
Simülasyonlarda COST207 kanalının 3 tipini kullandık. Bunlar:

- 1- Typical Urban (TU) (Tipik Kentsel Alan)
- 2- Bad Urban (BU) (Kötü Kentsel Alan)
- 3- Hilly Terrain (HT) (Tepelik Kırsal Alan) olarak isimlendirilmiştir.

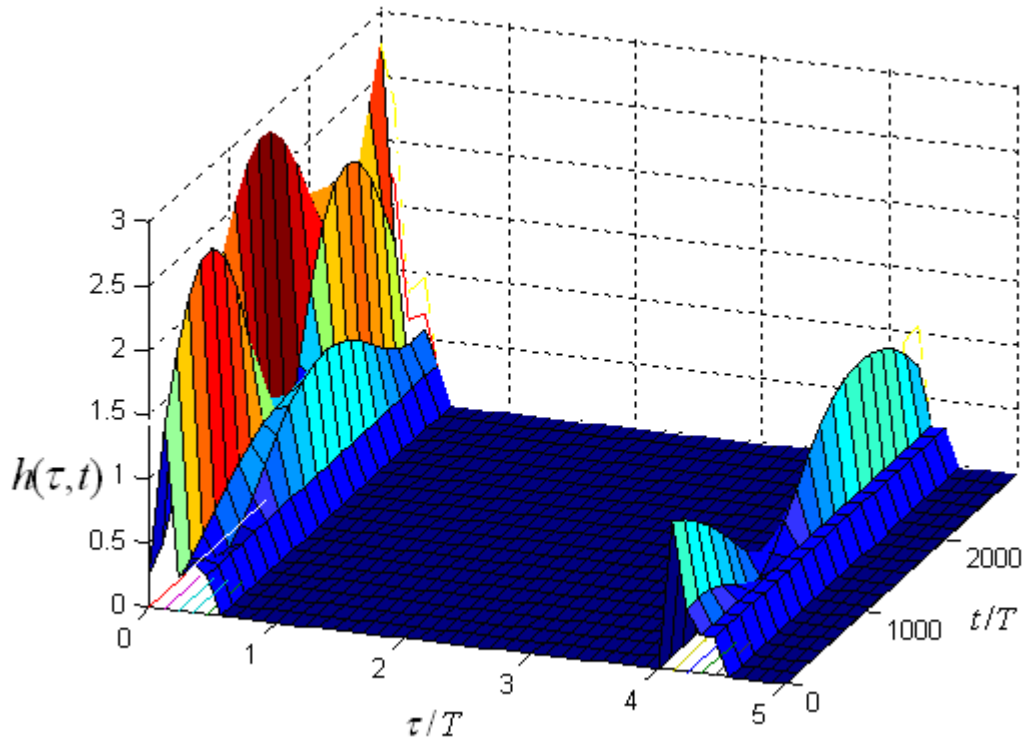
Şekil 4.5'te TU kanal tipinin darbe cevabı, Şekil 4.6'da BU kanal tipinin darbe cevabı ve Şekil 4.7'de ise HT kanal tipinin darbe cevabı görülmektedir. Verici antenlerden gönderilen sinyaller, bu kanallardan geçirilmiş ve kanal çıkışında elde edilen sinyaller ise alıcı kısmına gönderilmiştir.



Şekil 4.5: TU Kanal Tipinin Darbe Cevabı



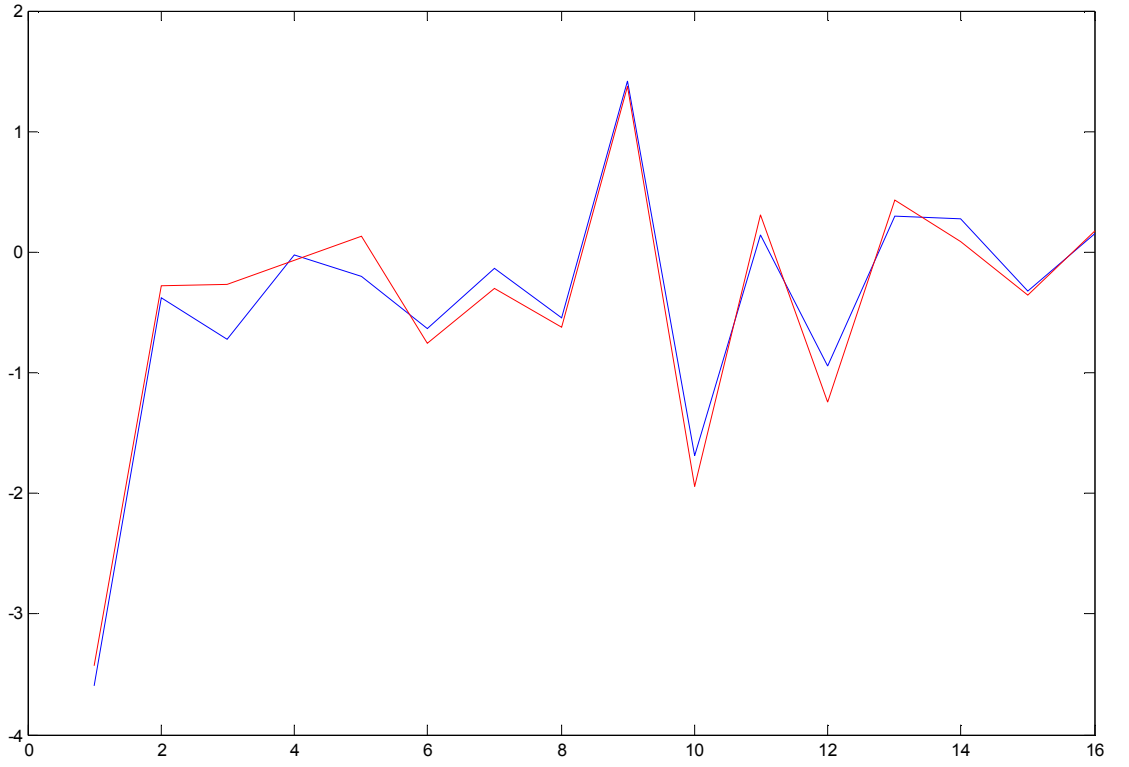
Şekil 4.6: BU Kanal Tipinin Darbe Cevabı



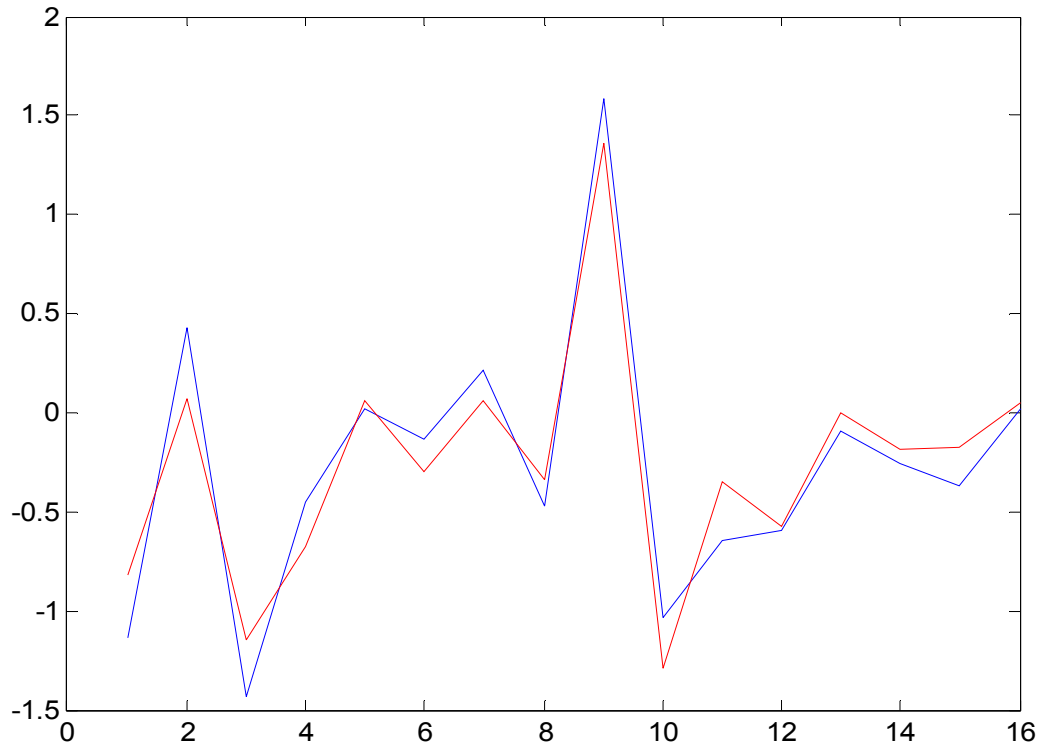
Şekil 4.7: HT Kanal Tipinin Darbe Cevabı

### 4.3. Yapay Sinir Ağları ile Kanal Kestirimi

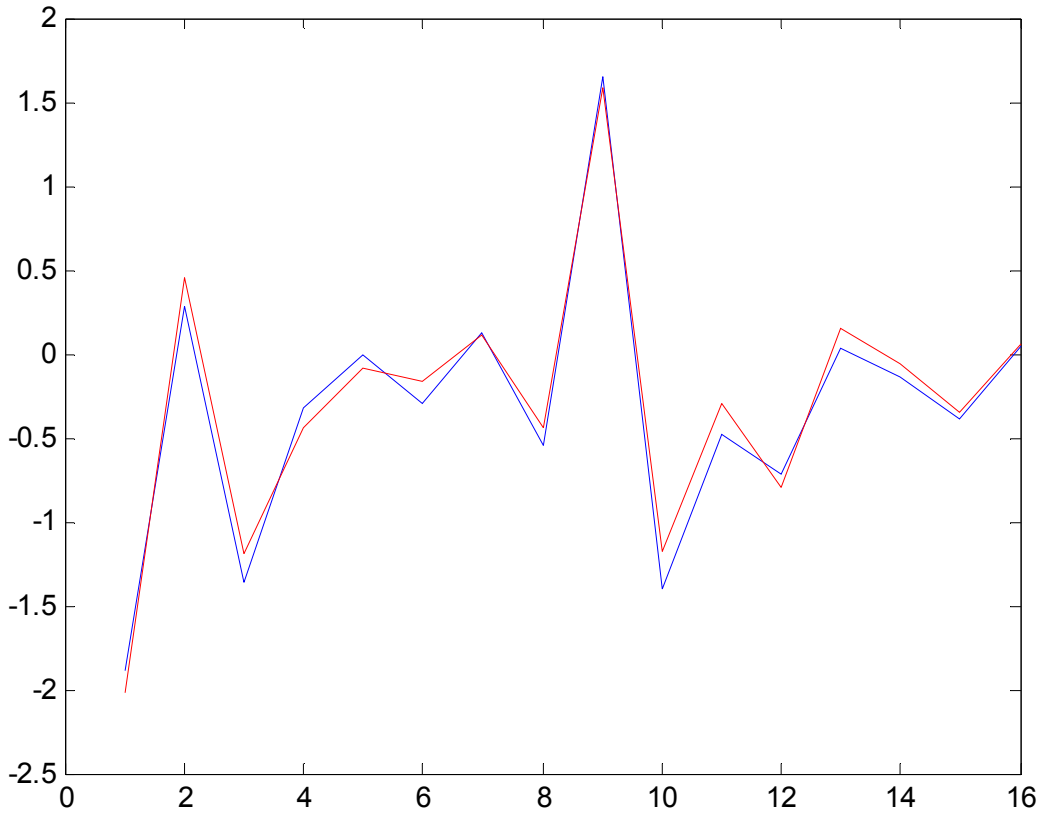
YSA'ya giriş olarak, BPSK sinyaller ve kanaldan bozularak alıcıya gelen sinyaller kullanılmıştır. Eğitim kümesi için 116 x 24 ebadında bir matris oluşturulmuştur. Matrisin ilk 8 sütunu BPSK girişleri, son 16 sütun ise çıkışların gerçekte ve sanal kısımlarını içermektedir. YSA çıkışında elde edilen 16 katsayı ise, kanal katsayıların gerçekte ve sanal değerlerini kestirmektedir. Şekil 4.8, YSA'nın TU için kestirdiği kanal katsayılarını göstermektedir. Bu 16 katsayının ilk 8'i gerçekte kısım, diğer 8'i ise sanal kısımdır. Şekil 4.9'da BU için kestirilmiş kanal ve Şekil 4.10'da ise HT için kestirilmiş kanal gösterilmiştir. Şekillerdeki mavi renkli kanallar gerçekte kanal, kırmızı renkli kanallar ise kestirilmiş kanallardır. Şekil 4.11'de ise kanal kestiriminde kullanılan YSA'nın katman yapısı ve kestirim performansı görülmektedir.



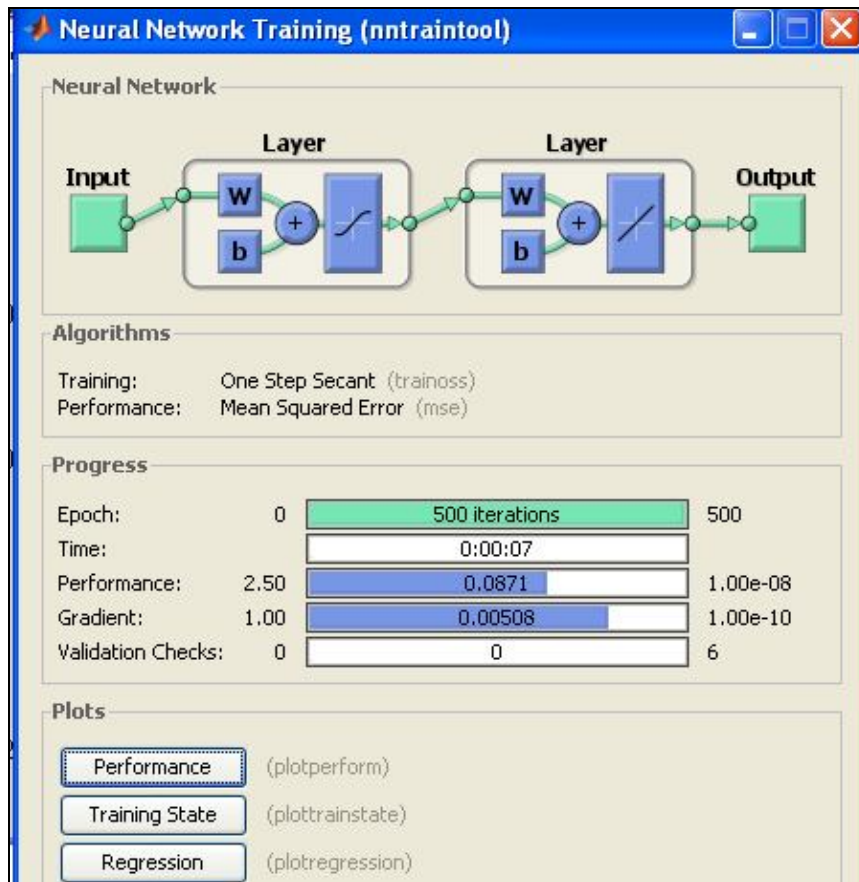
Şekil 4.8: YSA'nın TU İçin Kestirdiği Kanal Katsayıları



Şekil 4.9: YSA'nın BU İçin Kestirdiği Kanal Katsayıları



Şekil 4.10: YSA'nın HT İçin Kestirdiği Kanal Katsayıları



Şekil 4.11: YSA'nın Katman Yapısı ve Kestirim Performansı



## 5. SONUÇ

Bu tezde YSA'nın COST207 kanallardaki kanal kestirim performansı incelenmiştir. Kanal kestirimi için GSM haberleşme kanal modellerinden olan COST207'nin TU, BU ve HT kanal modelleri kullanılmıştır.

COST207 kanallarına gönderilmek üzere MATLAB programı kullanılarak giriş sinyalleri üretilmiştir. Bu sinyaller BPSK, 8-PSK ve 16-PSK gibi modüle edilmiş sinyallerdir. Kanal kestiriminde sadece BPSK sinyaller kullanılmıştır.

Kanal modellerinin kanal katsayıları MATLAB programı ile elde edilmiştir. Kanallar zamanla değişen kanallar olduğu için kanallarda hem yol (path) gecikmesi hem de Doppler kayması vardır. Doppler kayması, verici anten veya alıcı antenlerden bir tanesinin hareketli olmasından kaynaklanmaktadır. Kanallardaki hem frekans eksenindeki kayma hem de zaman eksenindeki kayma, aynı zamanda kanalın bozucu etkileri (yansıma, kırılma ve saçılma) verici antenlerden gönderilen sinyallerin aşırı bozulmasına neden olmaktadır. Bu bozulan sinyallerin alıcı kısmında tekrar elde edilebilmesi için iyi bir kanal kestirimi algoritmasına ihtiyaç duyulmuştur. Tezde kanal kestirimi için Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılmıştır.

Verici antenlerden gönderilen sinyaller, 8 kanallı, çok yollu (multi path) kompleks kanallardan (COST207) geçirilmiştir. Kanal kestirimi için YSA'nın girişine, BPSK sinyaller (1 ve -1) ve kanaldan geçen alıcıya ulaşan kompleks sinyaller uygulanmıştır. YSA'nın çıkışında ise kestirilen kanalların reel ve sanal katsayıları kestirilmiştir. Simülasyon sonuçlarında görüldüğü gibi, kanal kestiriminde yüksek başarımlar elde edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Akcayol, M.A. “Tabu Arama”,  
<http://w3.gazi.edu.tr/~akcayol/files/ZOL4Tabu.pdf> , (Erişim Tarihi:27.07.2010).
- Alparslan, A. (2010); *Modülasyon Tekniklerinde Faz Gürültüsü, İntermodülasyon, Spur ve Sönümlenme Etkilerinin İncelenmesi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
- Bayılmış, C. “Haberleşme Sistemleri II Laboratuvar Uygulamaları”,  
[http://web.sakarya.edu.tr/~cbayilmis/downloads/Haberlesme/ASK\\_FSK\\_PSK.pdf](http://web.sakarya.edu.tr/~cbayilmis/downloads/Haberlesme/ASK_FSK_PSK.pdf),  
(Erişim Tarihi:27.07.2010).
- Biçer, Z. (2007); *Sayısal Modülasyonlarda Dalgacık Dönüşüm Temelli Bir Akıllı Sınıflandırma Sistemi*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Bulgurcu, H. “Yapay Zeka ve Uygulama Alanları”,  
<http://www.deneysan.com/dersnotlari/YIM07.pdf> , (Erişim Tarihi:27.07.2010).
- COST207, (1986); *Proposal on Channel Transfer Functions to Be Used in GSM Tests Late 1986*, TD(86)51-REV 3 (WG1).
- Çakır, B. (2006); *Stokastik İşlem Zamanlı Montaj Hattı Dengeleme İçin Tavlama Benzetimi Algoritması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Dönmez, M. (2006); *Zeki Etmenlerin E-Learning Sistemlerinde Kullanımı*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Duru, N., Kurtuluş, C., ve Canbay, M. (2008); “Gürültü Etkilerinin Bulanık Mantık Temelli Bir Yöntemle Analizi”, *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi*, Cilt: 7, Sayı: 2, s.62-75.
- Efe, Ö. ve Kaynak O. (2000); *Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları*, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- Ekşioğlu, E.M. “Haberleşmenin Temelleri”,  
[http://www2.itu.edu.tr/~eksioglu/TEL111/notlar/Telekom\\_Giris\\_haberlesme.pdf](http://www2.itu.edu.tr/~eksioglu/TEL111/notlar/Telekom_Giris_haberlesme.pdf),  
(Erişim Tarihi:27.07.2010).
- Elmas, Ç. (2007); *Yapay Zekâ Uygulamaları, (Yapay Sinir Ağı, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma)*, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Eraslan, E. “Yapay Zekâ”, <http://www.baskent.edu.tr/~eraslan/yapayzeka.doc>, (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Ergezer, H., Dikmen, M. ve Özdemir, E. (2003); “Yapay Sinir Ağları ve Tanıma Sistemleri”, *Pivolka*, Cilt: 2, Sayı: 6, s.14-17

Fausett, L. (1994); *Fundamentals of Neural Networks*, Prentice Hall, USA.

Gözen, Ş. (2007); *Bulanık Esnek Akış Tipi Çok Prosesli Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma ve Tavlama Benzetimi İle Çözümü*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Gözüdeli, Y. ve Akcayol, M.A. (2008); “XML Veritabanı için Tavlama Benzetimi ile Sorgu Optimizasyonu”, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, Cilt:1, Sayı:1, s.13-22

Güden, H., Vakvak, B., Özkan B.E., Altıparmak F. ve Dengiz B. (2005); “Genel Amaçlı Arama Algoritmaları İle Benzetim Eniyilemesi: En İyi Kanban Sayısının Bulunması”, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, Cilt: 16, Sayı:1, s.2-15

Haykin, S. (1999); *Neural Networks A Comprehensive Foundation*, 2. Edition, Pearson Prentice Hall, India.

Kakıcı, A. “Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması”, <http://www.ahmetkakici.com/yapay-sinir-aglari/yapay-sinir-aglarinin-siniflandirilmasi/>, (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Kara, Y. (2000); *Hücreyel Üretim Sistemi Tasarımında Kullanılan Yapay Zekâ Teknikleri İle Sezgisel Yöntemlerin Karşılaştırılması ve Uygulamalı Analizleri*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya

Kaynar, O., Taştan, S. ve Demirkoparan, F. (2009); “Yapay Sinir Ağları ile Doğalgaz Tüketim Tahmini”, *10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu*, <http://iletisim.atauni.edu.tr/eisemp/html/tammetinler/236.pdf>, (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Keskin Benli, Y. (2005); “Bankalarda Mali Başarısızlığın Öngörülmesi Lojistik Regresyon ve Yapay Sinir Ağı Karşılaştırılması”, *Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi*, Sayı:16, s.31-46

Kızılkaya, A. “Haberleşme Sistemlerinde Temel Kavramlar”, [http://akizilkaya.pamukkale.edu.tr/B%C3%B6l%C3%BCm1\\_haberlesme.pdf](http://akizilkaya.pamukkale.edu.tr/B%C3%B6l%C3%BCm1_haberlesme.pdf), (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Kocabaş, Ş. “Yapay Zekâya Giriş”, [http://www.sakirkocabas.com/files/yzgir\\_1n.rtf](http://www.sakirkocabas.com/files/yzgir_1n.rtf), (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Koyuncu, S. (Ed.) (2000); *Visual Prolog ile Programlama Yapay Zekâ ve Uzman Sistemler*, Sistem Yayıncılık, İstanbul

Öner, D. “Telsiz ve Mobil Ağlar Ders Notları”,  
<http://akademik.maltepe.edu.tr/~demironer/ELK%20412%20Telsiz%20ve%20Mobil%20A%20f0lar/ELK%20412%20Ders%20Notlar%fd.pdf>, (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Özaslan, B. ve Saka, B. (2004); “GSM’de Frekans Atama Problemleri ve Çözüm Algoritmaları”, *URSI-Türkiye 2004 İkinci Ulusal Kongresi*,  
[http://www.ursi.org.tr/2004\\_kongre/BU92.PDF](http://www.ursi.org.tr/2004_kongre/BU92.PDF), (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Öztemel, E. (2006); *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık, İstanbul.

MEGEP (2007a); “Analog ve Sayısal Haberleşme”,  
[http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/modul\\_pdf/523EO0143.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/523EO0143.pdf),  
(Erişim Tarihi:27.07.2010).

MEGEP (2007b); “Kablosuz Ağ İstemleri”,  
<http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/elektrik/moduller/kablosuzagsistemleri.pdf>, (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Selçuk, Z. (2000); *Gelişim ve Öğrenme*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Selek, M. (1997); *Mikrokontrollörlü Uzaktan Kumanda Cihazının Tasarlanması*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Soysal, B. “Kablosuz Sayısal Haberleşmede Parametre Kestirimi”,  
<http://194.27.49.11/ee/bsoysal/Dersler/LISANSUSTU/DD1.pdf>,  
(Erişim Tarihi:27.07.2010).

Söyler, H. ve Kesintürk T. (2007); “Karınca Kolonisi Algoritması İle Gezen Satıcı Problemlerinin Çözümü”, 8. *Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi*,  
<http://web.inonu.edu.tr/~eisemp8/bildiri-pdf/soyler-kesinturk.pdf>,  
(Erişim Tarihi:27.07.2010).

Şeker, Ş.E. “Zeki Vekiller (Akıllı Ajanlar, Intelligent Agents, Zeki Etmenler)”,  
<http://www.bilgisayarkavramlari.com/2010/02/15/zeki-vekiler-akilli-ajanlar-intelligent-agents-zeki-etmenler/>, (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Şen, Z. (2004); *Yapay Sinir Ağları İlkeleri*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

Tosun, S. “Yapay Sinir Ağları”,  
[http://www.suleymantosun.com/wpcontent/uploads/2010/05/Yapay\\_Sinir\\_Aglari.pdf](http://www.suleymantosun.com/wpcontent/uploads/2010/05/Yapay_Sinir_Aglari.pdf)  
(Erişim Tarihi:27.07.2010).

Türkoğlu, İ. “Sayısal Ses ve Görüntü İletimi”,  
<http://www.turkoglu.name.tr/sayisal.asp>, (Erişim Tarihi:27.07.2010).

Yavaş, A. ve Civalek, Ö. (2005); “Yapı Hasarlarının Belirlenmesinde Uzman Sistemlerin Kullanımı”, *Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı: 439-440, s.46-55.

Yıldız, B. (2001); “Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve Halka Açık Şirketlerde Ampirik Bir Uygulama”, *İMKB Dergisi*, Cilt: 5 Sayı: 17, s.51-67.

Yurtoğlu, H. (2005); *Yapay Sinir Ağları Metodolojisi İle Öngörü Modellemesi: Bazı Makroekonomik Değişkenler İçin Türkiye Örneği*, DPT Uzmanlık Tezleri.

Wikipedia; “GSM”, <http://tr.wikipedia.org/wiki/GSM>, (Erişim Tarihi:27.07.2010).

## **ÖZGEÇMİŞ**

1983 yılında İstanbul'da doğmuş olan Ömer Önder BAKIR, ilkokulu Cumhuriyet İlkokulu'nda, ortaokul ve liseyi ise Kırklareli Anadolu Lisesi'nde tamamlamıştır. 2007 yılında ise Haliç Üniversitesi Türkçe İşletme Bölümü'nden mezun olarak lisans eğitimini tamamlamıştır.