

<p>UMUT ÇAKO</p>	<p>TEZİN SIRT KISMI ÖRNEĞİ</p>	<p>KAPAK</p> <p>T.C. MARMARA ÜNİVERSİTESİ SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ EKONOMETRİ ANABİLİM DALI İSTATİSTİK BİLİM DALI</p> <p>BIST-100 ENDEKSİ TEKNİK GÖSTERGELERİ YAPAY SİNİR AĞI İLE MODELLENMESİ</p> <p>Yüksek Lisans Tezi</p> <p>UMUT ÇAKO</p> <p>İstanbul, 2016</p>
<p>BİST-100 ENDEKSİ TEKNİK GÖSTERGELERİ YAPAY SİNİR AĞI İLE MODELLENMESİ</p>	<p>EKONOMETRİ / İSTATİSTİK</p>	
<p>İstanbul, 2016</p>		

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK BİLİM DALI

**BIST-100 ENDEKSİ TEKNİK GÖSTERGELERİ
YAPAY SİNİR AĞI İLE MODELLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

UMUT ÇAKO

İstanbul, 2016

T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
İSTATİSTİK BİLİM DALI

**BIST-100 ENDEKSİ TEKNİK GÖSTERGELERİ
YAPAY SİNİR AĞI İLE MODELLENMESİ**

Yüksek Lisans Tezi

UMUT ÇAKO

Danışman: PROF. DR. AHMET METE ÇİLİNGİRTÜRK

İstanbul, 2016



T.C.
MARMARA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

TEZ ONAY BELGESİ

EKONOMETRİ Anabilim Dalı İSTATİSTİK Bilim Dalı TEZLİ YÜKSEK LİSANS öğrencisi UMUT ÇAKO'nun BIST-100 ENDEKSİ TEKNİK GÖSTERGELERİ YAPAY SİNİR AĞI İLE MODELLENMESİ adlı tez çalışması, Enstitümüz Yönetim Kurulunun 11.02.2016 tarih ve 2016-5/38 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oy birliği /oy çokluğu ile Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi ...23.../...03.../...2016....

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

	Öğretim Üyesi Adı Soyadı	İmzası
1.	Tez Danışmanı Prof. Dr. AHMET METE ÇİLİNGİRTÜRK	
2.	Jüri Üyesi Doç. Dr. İ.ESEN YILDIRIM	
3.	Jüri Üyesi Doç. Dr. MURAT ÇİNKO	

GENEL BİLGİLER

Ad ve Soyadı : Umut ÇAKO
Anabilim Dalı : Ekonometri
Programı : İstatistik
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Ahmet Mete ÇİLİNGİRTÜRK
Tez Türü ve Tarihi : Yüksek Lisans - 2016
Anahtar Kelimeler : Yapay sinir ağları, Teknik analiz, Borsa

ÖZET

BİST-100 ENDEKSİ TEKNİK GÖSTERGELERİ YAPAY SİNİR AĞI İLE MODELLENMESİ

Borsa fiyat dalgalanmalarının yüksek olduğu bir piyasadır. Bu dalgalanmalar yüksek kar elde edebilmeyi sağlar. Bu nedenle yatırımcıların borsaya olan ilgileri gün geçtikçe artmaktadır. Hisse senetleri için birçok teknik gösterge geliştirilmiştir. Bu göstergelerin oluşturulmasında matematiksel altyapı kullanılmasına rağmen göstergelerin kullanımı öznel kararlar ile gerçekleşmektedir.

Bu çalışmada, yapay sinir ağları ile borsada alım satım zamanlaması için istatistiksel bir yöntem elde edilmeye çalışılmıştır.

GENERAL KNOWLEDGE

Name and Surname : Umut ÇAKO
Field : Econometrics
Programme : Statistics
Supervisor : Professor Ahmet Mete ÇİLİNGİRTÜRK
Degree Awarded and Date : Master - 2016
Keywords : Artificial neural networks, Technical analysis, Stock market

ABSTRACT

MODELLING BİST-100 INDEX TECHNICAL INDICATORS THROUGH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

The stock market is a market where price volatility is high. This fluctuation allows to obtain high profits. For this reason, the interest of investors in the stock market is increasing day by day. Many Technical indicators have been developed for stocks. Despite the use of mathematical tools in the creation of these indicators, subjective decisions takes place with the use of indicators.

In this study, a statistical method for the timing of trading in the stock market with artificial neural networks has been studied to obtain.

İÇİNDEKİLER

Sayfa No.

TABLO LİSTESİ	III
ŞEKİL LİSTESİ	IV
GRAFİK LİSTESİ	VI
KISALTMALAR	VIII

GİRİŞ	1
--------------------	---

1. MENKUL KIYMET ARACI OLARAK HİSSE SENETLERİ

1.1 Menkul Kıymetlerin Tanımı ve Unsurları.....	2
1.2 Hisse Senetleri.....	3
1.2.1 Hisse Senetlerinin Tanımı.....	3
1.2.2 Hisse Senetlerinin Ekonomik İşlevleri.....	4
1.2.3 Hisse Senedi Türleri.....	5
1.3 Hisse Senedi Fiyat ve Değer Tanımlamaları.....	7
1.3.1 Hisse Senedi Fiyat Tanımlamaları.....	7
1.3.2 Hisse Senedi Değer Tanımlamaları.....	8
1.4 Hisse Senedi Değerlemesinde Kullanılan Yöntemler.....	9
1.4.1 Temel Analiz.....	9
1.4.2 Teknik Analiz.....	11
1.4.3 Etkin Piyasa Modeli.....	12

2. TEKNİK ANALİZ YÖNTEMİYLE HİSSE SENEDİ DEĞERLEMESİ

2.1 Grafikler.....	14
2.1.1 Çizgi Grafik.....	16
2.1.2 Çubuk (Bar) Grafik.....	17
2.1.3 Mum Grafik.....	18
2.1.4 Nokta ve Şekil Grafik.....	20
2.2 Trend, Destek ve Dirençler.....	21
2.3 Göstergeler.....	23
2.3.1 Hareketli Ortalamalar.....	24
2.3.1.1 Basit Hareketli Ortalama.....	24
2.3.1.2 Ağırlıklı Hareketli Ortalama.....	25
2.3.1.3 Üssel Hareketli Ortalama.....	25
2.3.2 Kısa Vadeli Göstergeler.....	26
2.3.2.1 Stokastik Göstergesi (Stochastic Oscillator).....	27
2.3.2.2 Williams %R.....	29
2.3.2.3 Commodity Channel Index.....	30

2.3.2.4 Momentum	32
2.3.2.5 Relatif Güç Endeksi.....	34
2.3.3 Orta Vadeli Göstergeler	36
2.3.3.1 Fiyat Göstergesi (Price Oscillator)	36
2.3.3.2 MACD Göstergesi	38
2.3.3.3 Trix Göstergesi	40
2.3.3.4 Volatilite	41
2.3.3.5 Directional Movement.....	43
2.3.4 İşlem Miktarının İzlenmesinde Kullanılan Göstergeler.....	48
2.3.4.1 On-Balance Volume	48
2.3.4.2 Negatif ve Pozitif İşlem Miktarı.....	50
2.3.4.3 Akümülyasyon / Distrübüsyon	52

3. YAPAY SİNİR AĞLARI

3.1 Yapay Sinir Ağlarına Giriş.....	53
3.1.1 Yapay Sinir Ağlarının Tariçesi	54
3.1.2 Yapay Sinir Ağlarının Temel Özellikleri	55
3.2 Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları	56
3.2.1 Biyolojik Sinir Hücresi	56
3.2.2 İlk Yapay Sinir Hücresi: McCulloch-Pitts Nöron.....	58
3.2.2.1 Mimari Yapı ve Algoritma	59
3.2.3 Nörofizyolojik Öğrenme: Donald Hebb	62
3.3 İlk Yapay Sinir Ağları	62
3.3.1 Basit Algılayıcı: Perceptron	62
3.3.1.1 Basit Algılayıcı Öğrenme Kuralı.....	66
3.3.1.2 Basit Algılayıcı Öğrenme Örneği.....	67
3.3.2 ADALINE.....	71
3.3.2.1 ADALINE Öğrenme Kuralı	72
3.3.2.2 ADALINE Öğrenme Örneği	74
3.3.3 Algılayıcı ile Adaline Arasındaki Farklılıklar	78
3.3.4 Tek Katmanlı Algılayıcıların Sınırları	79
3.3.5 MADALINE	80
3.3.5.1 MADALINE Öğrenme Kuralı.....	81
3.3.5.2 MADALINE Öğrenme Örneği.....	82
3.4 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları	88
3.4.1 Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağlarının Yapısı	88
3.4.1.1 Katmanlar	89
3.4.1.2 Birleştirme Fonksiyonu	94
3.4.1.3 Aktivasyon Fonksiyonu.....	90
3.4.1.4 Hata Fonksiyonu.....	94
3.4.1.5 Öğrenme Stratejileri ve Kuralları	96
3.4.2 Geri Yayılım (Backpropagation) Ağı	98
3.4.2.1 Geri Yayılım Öğrenme Kuralı.....	98
3.4.2.2 Geri Yayılım Öğrenme Algoritması.....	103
3.4.2.3 XOR Örneği.....	104

4. UYGULAMA

4.1 Giriş	109
4.2 Hisse Senedi Getirilerinin Tahmin Edildiği Çalışmalar	109
4.3 Veri	112
4.3 Modelleme ve Bulguları	113
4.4 Sonuçlar	116
KAYNAKÇA	117

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No.
Tablo 2.1 : 5, 3, 3 Günlük Stokastik Göstergesinin Hesaplanması	27
Tablo 2.2 : 5 Günlük Williams %R Göstergesinin Hesaplanması.....	28
Tablo 2.3 : 5 Günlük CCI Göstergesinin Hesaplanması.....	30
Tablo 2.4 : 10 Günlük Momentum Göstergesinin Hesaplanması.....	32
Tablo 2.5 : 9 Günlük RSI Göstergesinin Hesaplanması	34
Tablo 2.6 : 5, 15 Günlük Fiyat Göstergesinin Hesaplanması	36
Tablo 3.1 : Birleştirme Fonksiyonları	90
Tablo 4.1 : Hisse Senedi Getirilerinin Tahmin Edildiği Çalışmalar	111
Tablo 4.2 : YSA Modeli Denemeleri ve Sonuçları.....	113
Tablo 4.3 : 15 Girdi ve 1 Çıktısı Olan YSA Modeli.....	114
Tablo 4.4 : YSA Modelinin Sonuçları	115

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No.
Şekil 2.1 : Çubuk Grafik.....	17
Şekil 2.2 : Mum Grafik.....	18
Şekil 2.3 : DM Hesaplanması 1.....	43
Şekil 2.4 : DM Hesaplanması 2.....	43
Şekil 2.5 : DM Hesaplanması 3.....	44
Şekil 2.6 : True Range.....	44
Şekil 3.1 : Biyolojik Sinir Hücresi	57
Şekil 3.2 : Temel McCulloch-Pitts Nöronu.....	59
Şekil 3.3 : McCulloch-Pitts Nöronunun Mimarisi	59
Şekil 3.4 : Mantıksal “Ve” Fonksiyonu.....	61
Şekil 3.5 : Mantıksal “Veya” Fonksiyonu.....	61
Şekil 3.6 : Mantıksal XOR Fonksiyonu	61
Şekil 3.7 : Basit Algılayıcının Yapısı	63
Şekil 3.8 : Algılayıcıya Ait Sınıf Ayracının Geometrik Gösterimi.....	65
Şekil 3.9 : ADALINE Yapısı	72
Şekil 3.10 : MADALINE Yapısı.....	81
Şekil 3.11 : Çok Katmanlı Algılayıcının Yapısı.....	89
Şekil 3.12 : Doğrusal Fonksiyon	91
Şekil 3.13 : Basamak Fonksiyonu	92
Şekil 3.14 : Rampa Fonksiyonu	93
Şekil 3.15 : Sigmoid Fonksiyonu	94
Şekil 3.16 : Hiperbolik Fonksiyonu	94

Şekil 3.17 : Öğrenme Stratejileri	96
--	----

GRAFİK LİSTESİ

	Sayfa No.
Grafik 2.1 : Matematiksel Skala.....	14
Grafik 2.2 : Logaritmik Skala.....	15
Grafik 2.3 : Çizgi Grafik	16
Grafik 2.4 : Çubuk Grafik	17
Grafik 2.5 : Mum Grafik	18
Grafik 2.6 : Nokta ve Şekil Grafik	19
Grafik 2.7 : Trend ve Trend Çizgisi	20
Grafik 2.8 : Destek ve Dirençler.....	21
Grafik 2.9 : İşlem Miktarı.....	22
Grafik 2.10 : Hareketli Ortalamalar.....	25
Grafik 2.11 : Stokastik Göstergesi.....	27
Grafik 2.12 : Williams %R Göstergesi.....	29
Grafik 2.13 : CCI Göstergesi.....	31
Grafik 2.14 : Momentum Göstergesi.....	33
Grafik 2.15 : RSI Göstergesi	35
Grafik 2.16 : Fiyat Göstergesi	37
Grafik 2.17 : MACD Göstergesi	39
Grafik 2.18 : TRIX Göstergesi	44
Grafik 2.19 : Volatility Chaikin Göstergesi	42
Grafik 2.20 : +DI ve -DI Göstergeleri	45
Grafik 2.21 : ADX ve ADXR Göstergeleri	47
Grafik 2.22 : On-Balance Volume Göstergesi	49

Grafik 2.23 : Negatif ve Pozitif İşlem Miktarı Endeksi	51
Grafik 2.24 : Akümülayon / Distrübüsyon Göstergesi	52
Grafik 4.1 : Tahmin-Gerçek Çıktı	114
Grafik 4.2 : YSA Modelinin Sonuçları.....	115

KISALTMALAR

BİST	Borsa İstanbul
TCMB	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TTK	Türk Ticaret Kanunu
BHO	Basit Hareketli Ortalama
AHO	Ağırlıklı Hareketli Ortalama
ÜHO	Üssel Hareketli Ortalama
CCI	Commodity Channel Index
RSI	Relative Strength Index
MACD	Moving Average Convergence/Divergence
TRIX	Triple Exponential
DM	Directional Movement
DX	Directional Movement Index
+/- DI	Plus/Minus Directional Indicator
ADX	Average Directional Movement
ADXR	Average Directional Movement Index Rating
TR	True Range
OBV	On-Balance Volume
PVI	Pozitif Volume Index
NVI	Negatif Volume Index
ADALINE	Adaptive Linear Neuron
MADALINE	Multiple Adaptive Linear Neuron
YSA	Yapay Sinir Ağları

GİRİŞ

Tezin amacı, yapısı matematiksel olsa da kullanımı subjektif kararlara bağı olan teknik analiz göstergelerinden yola çıkarak alım-satım kararlarında objektif bir yöntem oluşturmaktır. Bu amaçla yapay sinir ağıları kullanılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda yatırımcılar için objektif alım-satım zamanlaması sağlayacak yazılımlar üretilerek katkı sağlanabilir.

İlk bölümde sermaye piyasası aracı olan hisse senetlerinin tanımı, özellikleri ve değerlemesi ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

İkinci bölümde ise çalışmanın konusu olan teknik analiz yöntemleri anlatılmıştır. Alım-satım kararlarında yaygın olarak kullanılan göstergeler değerlendirilerek hesaplanma şekilleri ve nasıl yorumlandıkları incelenmiştir.

Üçüncü bölüm, tezde kullanılan yöntem yani yapay sinir ağlarının kuramsal yapısı üzerinde durulmuştur. Yapay sinir ağlarının temel özellikleri ve tarihçesinden bahsedilmiş, günümüzde kullanılan çok katmanlı yapay sinir ağlarının temelini oluşturan ilk yapay sinir ağları anlatılmıştır. Son olarak tezde kullanılan yapay sinir ağı modeli yani çok katmanlı yapay sinir ağları tanıtılmıştır.

Uygulamada, tezin amacı doğrultusunda yatırımcılar tarafından sıkça kullanılan göstergeler belirlenmiş ve bu göstergeler ile yapay sinir ağları kullanılarak bir model oluşturulmuştur. Modelin uygulanması için BİST-100 endeksi seçilmiş ve modelin sonuçları değerlendirilmiştir.

BÖLÜM 1: MENKUL KIYMET ARACI OLARAK HİSSE SENETLERİ

Hisse senedi bir menkul kıymet aracıdır. Bu nedenle öncelikle menkul kıymetlerin tanımı ve özellikleri tanıtılmıştır.

1.1. MENKUL KIYMETLERİN TANIMI VE UNSURLARI

Menkul kıymetler; ortaklık veya alacaklılık sağlayan, belli bir meblağı temsil eden, yatırım aracı olarak kullanılan, dönemsel gelir getiren, misli nitelikte, seri halinde çıkarılan, ibareleri aynı olan ve şartları Sermaye Piyasası Kurulu'nca belirlenen kıymetli evraktır.¹

Yukarıdaki tanıma göre menkul kıymetin unsurları aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Menkul kıymetin tanımında en önemli unsur kıymetli evrak olmalarıdır.
- Standart ve yuvarlak meblağlı, misli nitelikte, belli şekil şartlarına haiz kıymetlerdir.
- Çok sayıda ihraç edilip, halka arz edilen kitle senetleridir.
- Az veya çok devamlılık arz eder, alacak ya da ortaklık haklarını temsil eder.
- Periyodik (dönemsel) gelir sağlarlar.
- Her birinin bir itibari (nominal-üzerinde yazılı) değeri, bir de piyasada arz ve talebin oluşturduğu piyasa değeri vardır.
- Menkul kıymetler nama (registered) ve hamiline (bearer) yazılı olabilirler.
- Yatırım amacı ile kullanılır.

¹ TSPAKB, Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları: Sermaye Piyasası Faaliyetleri Temel Düzey Lisansı Eğitimi, Haziran, 2009, s.7

Özellikleri itibariyle birbirinden çeşitli farklılıklar gösteren menkul kıymetler aşağıdaki gibi sıralanabilir:²

- Hisse senetleri
- Tahviller
- Katılma intifa senetleri (K.İ.S.)
- Oydan yoksun hisse senetleri (OYHS)
- Kar ve zarar ortaklığı belgeleri (K.O.B.)
- Banka bonoları
- Banka garantili bonolar
- Finansman bonoları
- Varlığa dayalı menkul kıymetler (VDMK)
- Gelir ortaklığı senetleri (G.O.S.)
- Devlet tahvilleri ve hazine bonoları

1.2. HİSSE SENETLERİ

Bütün bu menkul kıymet araçlarına rağmen tezin konusu hisse senetleri olduğundan hisse senetlerinin özellikleri üzerinde durulacaktır.

1.2.1. Hisse Senetlerinin Tanımı

Literatürde esham, aksiyon veya pay senedi olarak da adlandırılan hisse senetleri; anonim ortaklıkların ihraç ettikleri, anonim ortaklık sermaye payını temsil eden kıymetli evrak niteliğine sahip senettir.³

Türk hukuk lügatında hisse senedi; “ortaklık sermayesinin birbirine eşit kısımlara ayrılmış parçalarından her birinin karşılığı olmak üzere, kanunda gösterilen şekillere uygun kıymetli evraktır” şeklinde tanımlanmaktadır.

² Mehmet Bolak, **Sermaye Piyasası Menkul Kıymetler ve Portföy Analizi**, 4. Baskı, İstanbul:Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., Mart 2001, s.125-126

³ TSPAKB, **Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları: Sermaye Piyasası Faaliyetleri Temel Düzey Lisansı Eğitimi**, s.11.

Doktrinde yaygın olan tarif ise şöyledir: hisse senedi, sermayesi paylara bölünmüş ve karşılığında kıymetli evrak niteliğinde pay senedi çıkarılabilen sermaye ortaklıklarının kanuni şekillere uygun olarak düzenledikleri belgeler olup, sermayesinin belirli bir oranını temsil ve sahiplerine o oranda ortaklık hakkı sağlayan senetlerdir ve kıymetli evrak vasfına sahiptirler.⁴

1.2.2. Hisse Senetlerinin Ekonomik İşlevleri

Hisse senetleri piyasalarının bir ülkenin ekonomik gelişiminde çok büyük katkıları vardır. Hisse senetleri piyasaları yolu ile şirketler önemli tutarda özkaynak sağlarken, ülkeler de yurt dışı piyasalardan döviz sağlarlar.⁵

Hisse senetlerinin ekonomik işlevlerini şöyle özetlemek mümkündür:⁶

- Hisse senetleri, geniş halk kitlelerinin küçük tasarruflarını büyük işletmeler içinde bir araya getirerek hızlı bir kalkınma için gerekli sermaye birikimini sağlar.
- Hisse senetleri, üretim araçlarının ve iktisadi işletmelerin mülkiyetini geniş halk topluluklarına dağıtmak suretiyle iktisadi refahı geniş bir tabana yayarlar, daha dengeli bir gelir dağılımı sağlarlar.
- Hisse senetleri, halkı, ekonomik kararlarda az çok söz sahibi yaparak demokrasinin iktisadi yanını tamamlar.
- Hisse senetleri, halkın tasarruflarına ek gelir sağlarken bunu faiz yoluyla değil, enflasyona karşı dayanıklı, enflasyonla birlikte değerlendirilen bir yatırım yoluyla sağlar, hem yatırım, hem de gelirin değerini enflasyona karşı korur.
- Hisse senedi, aracıyı ortadan kaldıran bir finansman aracıdır. Bir şirket, yatırım veya işletme sermayesi olarak büyük meblağlı fonlara ihtiyaç duyduğu zaman, bu fonları hisse senedi ihracından başka hangi yoldan sağlasa, bunun bir aracılık maliyeti vardır.

⁴ Bolak, s.126.

⁵ Mehmet Baha Karan, *Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi*, Ankara: Gazi Kitabevi, 2001, s.304.

⁶ TSPAKB, *Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları: Sermaye Piyasası Faaliyetleri Temel Düzey Lisansı Eğitimi*, s.11.

1.2.3. Hisse Senedi Türleri

Hisse senetleri TTK 409. Maddesine göre hamiline veya nama yazılı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu ayırımın dışında da hisse senetleri çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir.

- **Hamiline ve Nama Yazılı Hisse Senetleri:** Esas sözleşmede aksine hüküm bulunmadıkça anonim ortaklıklar sisteminde aslolan nama yazılı hisse senetleridir. Bu hisse senetlerinin ortak sayısının tespitinde, ortakların tanınması ve takibinde, mal varlığının korunmasında, ortaklığın yabancılaşmasının önlenmesinde, senedin kaybolması halinde, genel kurul toplantısına katılmada, vergi kaybını önlemede çeşitli yararları bulunmasına karşılık, ortaklık payının devrindeki güçlükler, halka açılmayı engelleme, gizliliği sağlayamama bakımından sakıncaları vardır. Nama yazılı hisse senedinin devri ciro ve teslim yoluyla gerçekleşir. Devrin ortaklığa karşı hüküm ifade etmesi için pay defterine de kaydedilmesi gerekir.⁷ Senedin hamili kim ise, o kimsenin hak sahibi sayılacağı anlaşılan hisse senetleri hamiline yazılı hisse senetleridir. Hamiline yazılı hisse senetlerinin gerçek anonimliği sağlama, devir kolaylığı, sınıai mülkiyetin yaygınlaşmasına yardım etme, tasarruf sahibi açısından gizlilik temin etme gibi yararı bulunmakla birlikte, senedin kaybedilmesi ve çalınması halinde, hak sahipliğinin kanıtlanmasındaki güçlükler, genel kurul toplantılarına ilgisizliği teşvik ve güç boşluğu doğurma, senet üzerinde rehin, intifa haklarının kurulması için senetlerin teslimi zorunluluğu bakımından sakıncaları bulunduğu söylenebilir. Hamiline yazılı hisse senetlerinin devri, senetlerin teslimi ile gerçekleşir.
- **Adi ve İmtiyazlı Hisse Senetleri:** Hisse senetleri, ana sözleşmede aksine bir hüküm yoksa sahiplerine eşit haklar sağlarlar. Bu tip hisse senetlerine adi hisse senetleri denir. Esas itibariyle hisseler arasında eşitlik olması gerektiği halde, bazı hisselerin çeşitli nedenlerle

⁷ Bolak, s.130.

sahiplerine bir takım ayrıcalıklar ve ek haklar tanımaktadır. Bu gibi senetlere imtiyazlı hisse senetleri denilmektedir. Esas sözleşme ile imtiyazlı hisselerle kardan belli oranda özel temettü dağıtımını öngörülebilir, rüçhan hakkı kullanımında, oy hakkında, tasfiye sonucuna katılmada, organ üyeliklerine aday göstermede vs. bazı ayrıcalıklar tanınabilir.

- **Bedelli ve Bedelsiz Hisse Senetleri:** Bedelli hisse senetleri; anonim ortaklıkların, arttırdıkları sermaye karşılığı, çıkardıkları hisse senetlerini, rüçhan hakkı kullanımıyla mevcut ortaklarına veya halka arz yoluyla üçüncü kişilere bir bedelle nakit karşılığında verilmesidir. Bedelsiz hisse senedi; anonim ortaklıkların iç kaynaklardan yaptıkları sermaye artırımını karşılığı, bir bedel almaksızın (bedelsiz) mevcut ortaklarına dağıttığı, artan sermaye karşılığında çıkarılan hisse senedir.
- **Primli ve Primsiz Hisse Senetleri:** Türk hukuk sisteminde nominal değeri bulunmayan hisse senedi ihracı söz konusu değildir. Öte yandan TTK 286. Maddesine göre de itibari (nominal) değerinden aşağı bir bedelle hisse senedi ihraç edilememektedir. Üzerinde yazılı değer ile ihraç edilen hisse senetlerine primsiz, nominal değerlerinden yüksek bir bedelle ihraç edilen hisse senetlerine primli hisse senedi denir.
- **Kurucu ve İntifa Hisse Senetleri:** Kurucu hisse senetleri, belli bir sermaye payını temsil etmediği gibi, şirketin yönetimine katılma hakkını da vermez. Bu durumda, kuruluş hizmeti karşılığı olmak üzere, ana sözleşme hükümleri gereğince, şirket karının bir kısmını iştirak hakkı temin etmek üzere ve daima kurucuların adlarına yazılı olmak şartıyla ihraç edilir (TTK md.402). İntifa hisse senetleri, şirket genel kurulunun alacağı kararla bazı kimselere çeşitli hizmetler ve alacak karşılığı olarak kuruluştan sonra verilen ve sermaye payını temsil etmeyen hisse senetleridir.⁸

⁸ TSPAKB, Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları: Sermaye Piyasası Faaliyetleri Temel Düzey Lisansı Eğitimi, s.20.

1.3. HİSSE SENEDİ FİYAT VE DEĞER TANIMLAMALARI

Hisse senetlerinin verimi ölçülürken hisse senetlerinin fiyat ile değer tanımlamalarını ayrı ayrı ele almak gerekmektedir.

1.3.1. Hisse Senedi Fiyat Tanımlamaları

Hisse senedi fiyatlarını; nominal (itibari) fiyat, ihraç (emisyon) fiyatı, piyasa fiyatı ve borsa fiyatı olmak üzere dört başlık altında toplayabiliriz.

- **Nominal (İtibari) Fiyat:** Pay senedinin yazılı olan fiyatıdır. Toplam sermayenin miktarını belirleyebilmek ve bununla ilgili muhasebe kayıtlarını yapabilmek için pay senedinin ilk çıkarılışı sırasında ortaklık yönetimi tarafından verilen değerdir.
- **İhraç (Emisyon) Fiyatı:** Hisse senetlerinin, şirket tarafından çıkarılması sırasında satışa sunulduğu fiyattır. Genel olarak, şirketler çıkardıkları hisse senetlerini nominal fiyatla satmakla beraber, borsa değeri yüksek olan hisse senedini çıkaran şirket, nominal değer üzerinde bir ihraç fiyatı da belirleyebilir.
- **Piyasa Fiyatı:** Bir pay senedinin sermaye piyasasında alınıp satıldığı fiyat, o pay senedinin piyasa fiyatı olarak tanımlanır. Söz konusu fiyat piyasadaki arz ve talebe göre belirlenir. Eğer borsa mevcutsa; borsa fiyatı ile eş anlamlı olarak kullanılan fiyattır. Borsada işlem gören hisse senetlerinin, borsadaki arz ve talep koşullarına göre oluşan fiyatıdır. Borsanın işleyişine göre fiyatlar günlük olarak belirlenir ve açılış, kapanış, en düşük, en yüksek, ortalama günlük fiyat gibi türlere ayrılır.

1.3.2. Hisse Senedi Değer Tanımlamaları

Hisse senedi değer tanımlamaları, hisse senedinin verimliliğinin saptanmasında kullanılan ölçümlerde ve analizlerde ele alınan tanımlamalardır.

- **Defter Değeri:** Defter değeri bir işletmenin öz sermaye toplamının hisse senedi sayısına bölünmesi ile bulunur. Bir işletmenin öz

sermayesi ödenmiş sermayesinden yüksekse, defter değeri nominal değerden yüksek, aksi durumda yani sermayenin eksikliği durumunda ise nominal değerden düşük olacaktır.⁹

- **Tasfiye Değeri (Likidasyon Değeri):** Tasfiye değeri, şirket varlığının belli bir süre içinde zorunlu satışı ile sağlanabilecek değerden tüm borçlar ödendikten sonra kalan miktarın, hisse senedi sayısına bölünmesi sonucu bulunan değerdir.¹⁰ Tasfiye değeri piyasa değerinin araştırılmasında önemlidir. Çünkü şirketin hisse senetlerinin piyasa değeri için, tasfiye değeri alt sınırı oluşturacaktır. Bu durumda hisse senetlerinin piyasa değeri, tasfiye değerinin altına düştüğünde ise, o işletmeyi likide etmek en akılcı yol olacaktır.
- **İşleyen Teşebbüs Değeri:** İşleyen teşebbüs değeri, işletmenin bir bütün halinde devredilmesi sonucunda elde edilecek değer olarak tanımlanabilir. Tasfiye değeri, piyasa değeri için alt sınırı oluştururken, işleyen teşebbüs değeri de üst sınırı oluşturacaktır.
- **Net Aktif Değeri:** Hisse senedinin belirli bir faaliyet dönemi sonunda düzenlenen bilançodaki net aktif tutarı ile tanımlanmasıdır.
- **Alternatif Gelir Değeri:** Hissedarların oluşturduğu sermayenin, şirket sermayesi şeklinde kullanılmayıp, başka yatırım alanlarında kullanılması halinde, hisse senetlerine yatırılan sermaye tutarı ile, elde edilecek alternatif gelirden, hisse senedi başına düşen gelir tutarına alternatif gelir değeri denir. Türkiye’de alternatif gelir değeri belirlemesi, genellikle banka faizi, devlet tahvili gelirleri ile karşılaştırılarak yapılmaktadır.
- **Gerçek Değer:** Şirket varlıklarının; karlılık durumu, dağıtılan kar payları, sermaye yapısı gibi değişkenlerin belirlediği değer olarak tanımlanır. Gerçek değer, yatırımcıların, işletmenin gelecekte gelir yaratma potansiyelini ve kendilerinin bu hisse senedinden bekledikleri

⁹ TSPAKB, **Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları: Sermaye Piyasası Faaliyetleri Temel Düzey Lisansı Eğitimi**, s.18.

¹⁰ Bolak, s.133.

kazanç oranlarını dikkate alarak, mevcut koşullar altında işletmenin hisse senetleri için bekledikleri değerdir.

1.4. HİSSE SENEDİ DEĞERLEMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Hisse senedi fiyatlarının gelecekteki yönünü ve böylece bir hisse senedinin uygun alım satım zamanını tahmin etme çabası, insanın en ısrarlı çabalarından biri olmuştur.¹¹ Bu çabaların sonucunda, hisse senetlerine yatırım yapmak isteyen tasarruf sahiplerinin hangi hisse senetlerine yatırım yapacakları, ne zaman alıp ne zaman satacakları konularında kendilerine yardımcı olabilecek birçok ekonomik ve sosyal değişkeni dikkate alan, bilimsel ve bilimsel olmayan birçok yöntem çıkmıştır.

Bu yöntemleri;

- Temel Analiz
- Teknik Analiz
- Etkin Piyasa Modeli

olmak üzere üç başlıkta sıralamak mümkündür.

1.4.1 Temel Analiz

Temel analiz, halka açıklanan bilgilerden yararlanarak bir firmanın değerinin araştırılmasıdır. Hisse senedinin tahmini kazancını ve riskini tahmin etmek için, o hisse senedi ve ait olduğu firma hakkındaki her türlü bilginin değerlendirilmesi ile ilgili olan ve Graham-Dod tarafından geliştirilen bir analizdir.

Firma ile ilgili tüm bilgileri analiz kapsamına aldığımızda, çalışmaya daha geniş bir açıdan bakmak gerekir. Çünkü firmanın durumu yalnız firma ile ilgili özel bilgilerden değil, başta ekonomik olmak üzere, uluslar arası, ulusal ve bölgesel olaylardan etkilenmektedir. Büyük ölçüde makroekonomik gelişmeler firma ile ilgili beklentilerin temelini oluşturmaktadır. Bu nedenle, firma ile ilgili bilgiler büyük ölçüde

¹¹ Ferhat Özcam, **Teknik Analiz ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsası**, 1.Basım, Ankara: SPK Yayınları, 1996, s.5.

ekonomik ve sektörel gelişmelere dayandığından temel analiz üç ana aşama altında yapılmaktadır.¹² Bunlar genel kabul görmüş sırası ile aşağıdaki gibidir.

- **Ekonomik Analiz:** Hisse senedi fiyatı genel ekonomik koşullardan etkilenir. Bu nedenle temel analizin ilk aşamasını ekonomik analiz oluşturur.¹³ Hisse senedine yapılan bir yatırımın karlı olma olasılığı, güçlü ve büyüyen bir ekonomide daha yüksektir. Genel ekonomik durumla ilgili temel göstergelerin başında;

- Gayri safi milli hasıla
- Fert başına gelir
- Enflasyon
- Dış alım satım ve ödemeler dengesi
- Faiz oranları
- Kamu finansal araçları
- Para arzı
- Sabit yatırım harcamaları
- Özendirici para ve maliye politikaları
- Ekonomik büyüme ve istihdam

gelir. Bu göstergelerden bazıları öncü, bazıları eşanlı, bazıları da gecikmeli göstergelerdir.¹⁴ Bu göstergeler bir bütün olarak değerlendirilerek ekonominin muhtemel gelişimi ve bunun hisse senedinin gerçek değerine etkisi hakkında bir sonuca varılır.¹⁵

- **Endüstri Analizi:** Genel iktisadi faktörler kadar, firmaların faaliyette bulunduğu iktisadi sektörün konjonktüre karşı duyarlılığı da önemlidir. Bu nedenle, genel ekonomi üzerinde yapılan inceleme, ikinci aşamada işletmenin faaliyette bulunduğu endüstri dalına yöneltilir. Büyüyen ve gelişmeye devam eden iş kollarına yatırım yapmak isteyen bireysel ve

¹² Karan, s.435.

¹³ Kılıç, s.19.

¹⁴ Bolak, s.189.

¹⁵ Özçam, s.10.

kurumsal yatırımcıların endüstri analizinde incelemesi gereken göstergeler şunlardır;¹⁶

- Geçmişteki satış ve karlar
 - Süreklilik
 - İş gücü durumu
 - Rekabet koşulları
 - Hükümet politikaları
 - İşkolu fiyat / kazanç oranları
- **Firma Analizi:** Genel ekonomi ve ilgili endüstri ile ilgili tahminler elde edildikten sonra sıra hisse senedinin gelecekte sağlayacağı getirileri belirlemek amacıyla, firma analizine gelir. Firma analizi, firmanın ürettiği ürüne ve kullandığı teknolojiye ait niteliklerin, firma yönetiminin, hukuki durumunun, ayrıca firmanın mali durumu ve taşıdığı risk gibi nicel büyüklüklerin incelenmesini içerir.¹⁷ Bu amaçla kullanılacak başlıca oranlar şunlardır;
- Likidite oranları
 - Faaliyet oranları
 - Finansal yapı ile ilgili oranlar
 - Karlılık oranları

1.4.2. Teknik Analiz

Teknik analiz, gelecekteki fiyatların yönünü tahmin etmek amacıyla, fiyat grafikleri kullanılarak, piyasa hareketinin incelenmesidir.¹⁸

Teknik analiz yaklaşımının ilk çıkış noktası Dow kuramına dayanır. Wall Street Journal'de yazar olan E.Charles Dow, 1900'lü yıllardaki yazılarında bu kuramı tartışmaya açmıştır.¹⁹ Bu teoriye göre hisse senetlerinden zaman içinde elde edilecek kazanç, kimsenin yönlendiremediği denge fiyatlarına bağlıdır. Dow, hisse senetleri

¹⁶ Kılıç, s.22.

¹⁷ Bolak, s.193.

¹⁸ Ali Perşembe, **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sendem!** 1. Basım, İstanbul: Scala Yayıncılık, 2001, s.12.

¹⁹ Yusuf Sarı, **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**, 4. Basım, İstanbul: Alfa Basım Yayıncılık, 2001, s.3.

piyasanın belirli trendler izlediğini, bu trendlerin izlenmesiyle piyasanın genel gidişatının önceden tahmin edilebileceğini öne sürmüştür.²⁰

1900'lü yılların ilk başlarında Charles Dow tarafından bu prensiple birlikte diğer çalışmaları, kendisinin ardından gelen ve çalışmalarını devam ettiren William Peter Hamilton tarafından geliştirilip düzenlenerek bugün bilinen Dow teorisi oluşturulmuştur.

Dow teorisinin altı temel varsayımı vardır:²¹

- Ortalamalar her faktörü içerir
- Piyasadaki tüm hareketler trendleri izlemektedir
- Ortalamalar birbirini teyit etmelidirler
- İşlem miktarı trendi izlemelidir
- Ana trendin üç aşaması vardır
- Geri dönüş sinyali verinceye kadar bir trend geçerlidir.

1.4.3. Etkin Piyasa Modeli

Etkin piyasalar varsayımına göre, gelişmiş bir sermaye piyasasında menkul değer fiyatlarının, menkul değerlerle ilgili her türlü bilgiyi yansıttığı varsayılmaktadır. Böyle bir piyasada menkul değer fiyatı, piyasaya aktarılmış bilgiler ışığında belirlenir. Eğer her türlü bilgi piyasaya aktarılmış ve yatırımcılar tarafından değerlendirilmiş ise, herhangi bir andaki menkul değer fiyatı, hisse senedinin gerçek değerine eşit olmalıdır.²²

Bu durumda, temel analiz yöntemlerinden yararlanmanın hiçbir anlamı kalmamaktadır. Öte yandan, etkin piyasalar varsayımı altında, piyasaya yeni bilgiler geldikçe, fiyatların bu yeni bilgiler ışığında değişeceği kabul edilir. Diğer bir deyişle, etkin bir sermaye piyasasında, fiyat değişimleri tamamen rassal (tesadüfî) olur. Bu yaklaşım benimsendiği takdirde, teknik analiz yöntemlerinin de geçerliliği kalmamaktadır.

²⁰ Bolak, s.206.

²¹ Karan, s.502.

²² Bolak, s.225.

BÖLÜM 2: TEKNİK ANALİZ YÖNTEMİYLE HİSSE SENEDİ DEĞERLEMESİ

2.1. GRAFİKLER

Teknik analizin temelinde eski fiyatların görünür hale getirilmesi yatar. Grafik halinde çizilen fiyatlar geçmiş dönemin her hangi bir bölümü ile karşılaştırma olanağı verir. Grafikler, borsada her gün değişen hisse senedi fiyatlarının, gün içindeki alım-satımı belirleyen miktarı ile beraber kâğıt üzerinde günlük, haftalık veya aylık olarak aksettirilmesidir.²³

Borsada oluşan her veri, alıcı ile satıcı arasındaki alış verişi yansıtır. Bu veriler teknik analiz amacı için kullanılabilir. Bunlar; en düşük fiyat, en yüksek fiyat, kapanış fiyatı, açılış fiyatı, işlem miktarı, karşılanmamış alım emirleri, karşılanmamış satım emirleri, sözleşme sayıları gibi sayısal verilerdir. Grafik çizimi için kapanış fiyatı, en düşük fiyat, en yüksek fiyat, işlem miktarı ve açılış fiyatı gibi değerler kullanılır.²⁴

Grafiklerin zaman dilimlerini gösteren yatay eksen daima eşit aralıklarla ifade edilirken, fiyatı gösteren dikey eksen matematiksel (aritmetik) ya da logaritmik olarak düzenlenebilmektedir. Aralarındaki temel fark fiyat eksenlerindeki fiyat aralıklarının hesaplanmış şeklidir.²⁵

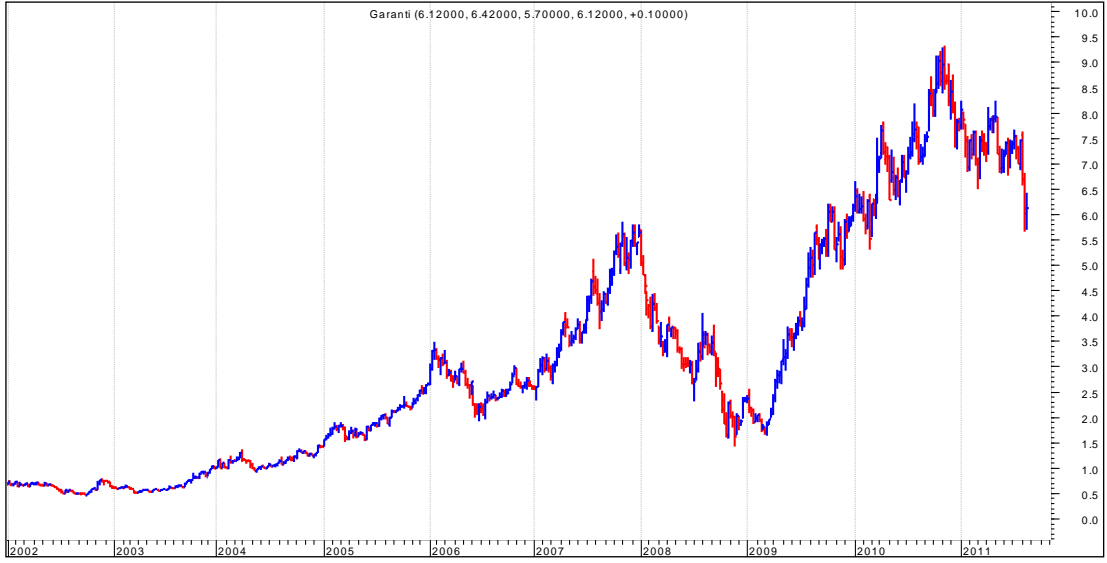
Matematiksel skalada, grafiğin dikey kısmında yer alan her birim fiyat arasındaki mesafe eşit olarak gösterilmektedir. Bu durumda 100 ile 200 arasındaki mesafeyle 200 ile 300 arasındaki mesafe eşit olacaktır. Kısa süreli grafiklerde, matematiksel skalanın kullanımı daha kolay olduğu için tercih edilebilir. Uzun yılları kapsayan bir grafikte ise hisse senetlerinin en düşük fiyatları ile en yüksek fiyatları arasında çok büyük farklılıklar oluşabilmektedir. Zaman içerisindeki geçmişteki fiyat seviyeleri gözle fark edilemeyecek kadar küçük kalabilmektedir.²⁶

²³ Ahmet Mergen, **Grafiklerle Borsa Uygulamalı Teknik Analiz**, 2.Basım, İstanbul: Araba Yayınları, 1992, s.21.

²⁴ Sarı, **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**, s.9.

²⁵ Anıl Özekşi, **Kazanma Sanatı**, 1.Basım, İstanbul: Alfa Yayınları, 2005, s.38.

²⁶ Haluk Çağırman, **Finans Piyasalarında Bermuda Şeytan Üçgeni**, 1.Baskı, Ankara: Siyasal Kitabevi, 1999, s.17.



Grafik 2.1: Matematiksel Skala

Kaynak: Metastock Professional 7.2

Logaritmik skalada, dikey bölümde yer alan her birim fiyat arasındaki mesafe eşit değildir. Mesafeler fiyatlar arasındaki yüzdesel değişimlere göre belirlenmektedir. Örneğin bir hisse senedinin fiyatı 100'den 200'e çıktığında %100 lük, 200'den 300'e çıktığında ise %50'lik bir artış olur. Fiyatların 100'den 200'e çıkarken aldığı mesafe, 200'den 300'e çıkarken aldığı mesafenin yüzdesel olarak iki katıdır. Bu da grafiğe bu şekilde yansımaktadır. Yani aradaki fark grafikte mutlak değer olarak değil, yüzdesel olarak gösterildiğinden 100 ile 200 arasındaki mesafe, 200 ile 300 arasındaki mesafenin 2 katı olacaktır. Bunun doğal bir sonucu olarak da logaritmik skalalar, alt fiyat dilimlerini daha geniş aralıkta göstermeleri nedeniyle, daha ayrıntılı bir incelemeye olanak tanımaktadırlar.²⁷

²⁷ Kılıç, s.25-26.



Grafik 2.2: Logaritmik Skala

Kaynak: Metastock Professional 7.2

Teknik analizde, fiyatların üzerine yansıtıldığı farklı grafik türleri kullanılmaktadır. Bu farklılık çoğunlukla grafiklerin, kullanıcılara sağladığı bilgi içeriği açısından kaynaklanmaktadır. Teknik analizde kullanılan grafik türlerinin en yaygın olanları şunlardır:²⁸

- Çizgi Grafik
- Çubuk (Bar) Grafik
- Mum Grafik
- Nokta ve Şekil Grafik

2.1.1. Çizgi Grafik

Çizgi grafikler, hisse senedinin üzerinde çalışılan saatlik, günlük, haftalık ya da aylık periyottaki kapanış fiyatları birleştirilerek çizilen grafiklerdir. Fiyatın en son eğilimini yansıttığı için trend çizgilerinin ve formasyonların kontrolünde öncelikle tercih edilirler. Ancak gün içindeki aşağı ve yukarı doğru oynamaları yansıtmadığı için çok kısa vadeli analizlerde yetersiz kalabilirler.²⁹

²⁸ Kılıç, s.27.

²⁹ Sarı, **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**, s.15.



Grafik 2.3: Çizgi Grafik

Kaynak: Metastock Professional 7.2

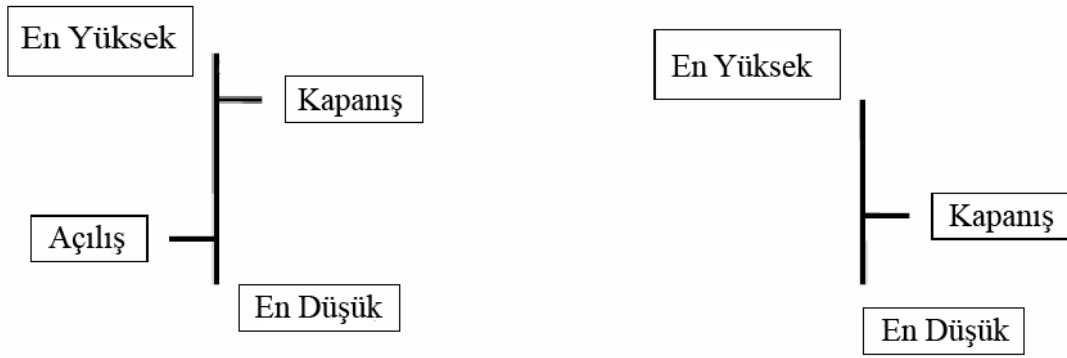
2.1.2. Çubuk (Bar) Grafik

Hisse senedi piyasasında sıkça kullanılan çubuk grafikleri, ilk olarak 1896 yılında The Wall Street Journal tarafından yayınlanmıştır.³⁰

Gün içerisinde oluşan en yüksek ve en düşük fiyatları birleştiren bir çubuktan oluşur. Açılış fiyatları gösterilmek isteniyorsa, sol tarafa doğru, oluşan fiyat seviyesinden bir çizgi ile, kapanış fiyatları ise, kapanış fiyatı seviyesinden sağ tarafa doğru bir çizgi çizilmek suretiyle çubuk üzerinde belirlenmektedir.³¹

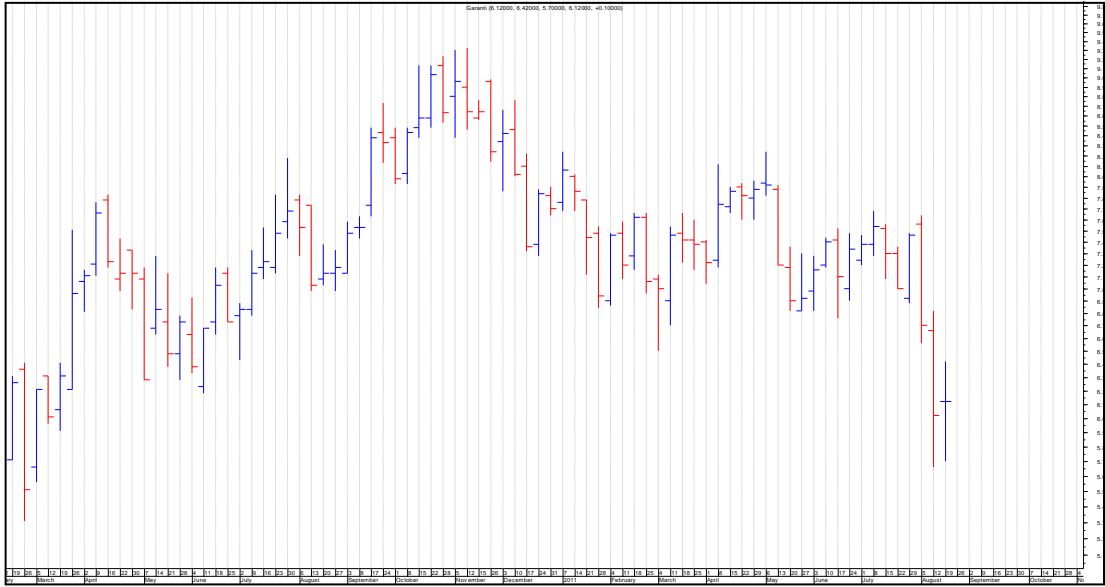
³⁰ TSPAKB, *Analiz Yöntemleri: Sermaye Piyasası Faaliyetleri İleri Düzey Lisansı Eğitimi*, Şubat, 2009, s.50.

³¹ Çağırman, s.22.



Şekil 2.1: Çubuk Grafik

Kaynak: TSPAKB, *Analiz Yöntemleri: Sermaye Piyasası Faaliyetleri İleri Düzey Lisansı Eğitimi*, Şubat, 2009, s.50.



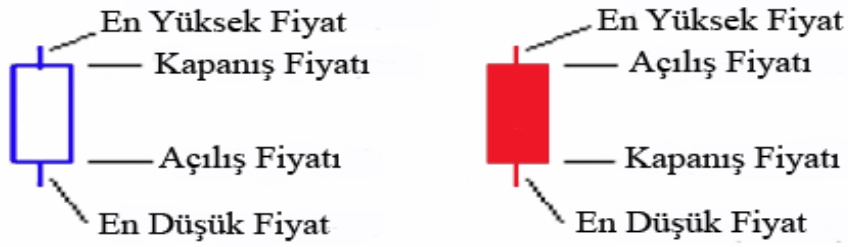
Grafik 2.4: Çubuk Grafik

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.1.3. Mum Grafik

1600 yıllarında Japonya’da tüccarların kullandığı bu yöntem son yıllarda yeniden önem kazanmış ve hisse senetlerinin analizinde kullanılmaya başlanmıştır. Mum grafiği, çubuk grafik benzeridir. Açılış fiyatı, en yüksek, en düşük ve kapanış fiyatları ile çizilir.³²

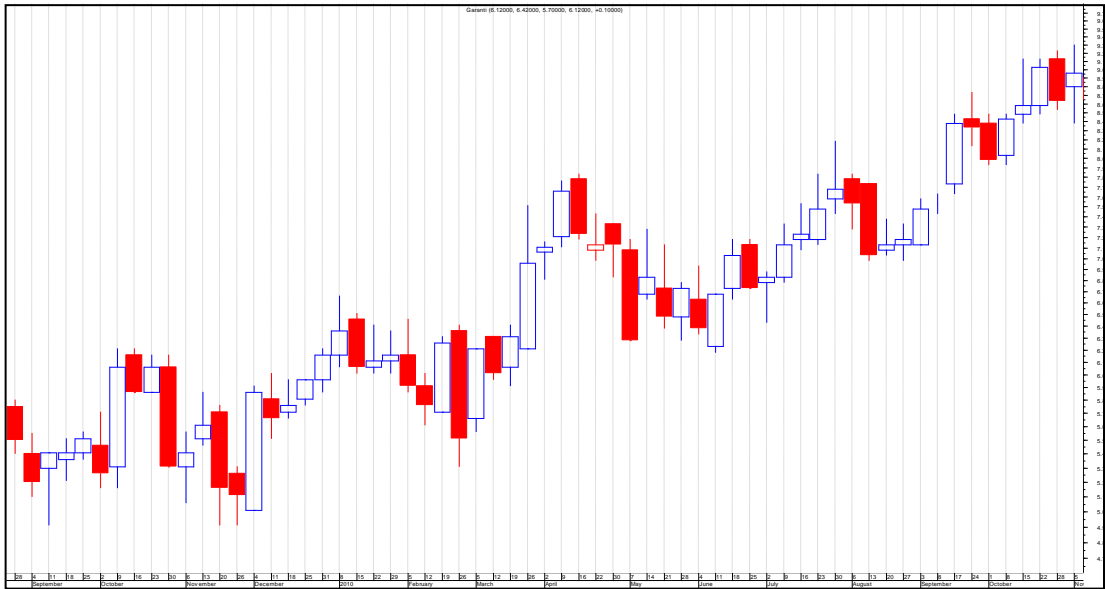
³² Sarı, *Borsada Grafiklerle Teknik Analiz*, s.27.



Şekil 2.2: Mum Grafik

Kaynak: TSPAKB, *Analiz Yöntemleri: Sermaye Piyasası Faaliyetleri İleri Düzey Lisansı Eğitimi*, Şubat, 2009, s.52.

Kapanış fiyatı açılış fiyatından daha büyükse mumun iç kısmı boş olur. Şayet kapanış fiyatı açılış fiyatından daha düşükse o zaman da mumun içi dolu yani rengi koyu olur. Mumun içinin dolu olması ya da diğer bir deyişle koyu renkli mum satışların alışlara göre fazla olduğunu ve düşüşü ifade eder. Kapanış fiyatının en düşük fiyata, açılış fiyatının ise en yüksek fiyata eşit olması durumunda mumun altındaki ve üzerindeki çizgi olmaz. Ve içi dolu olarak teşekkül eder. Aksi halde ise, yani açılışın en düşük fiyata eşit, kapanışın ise en yüksek fiyattan oluşması durumunda yine alt ve üst çizgileri olmayan ama içi boş bir mum şekli oluşur.³³



Grafik 2.5: Mum Grafik

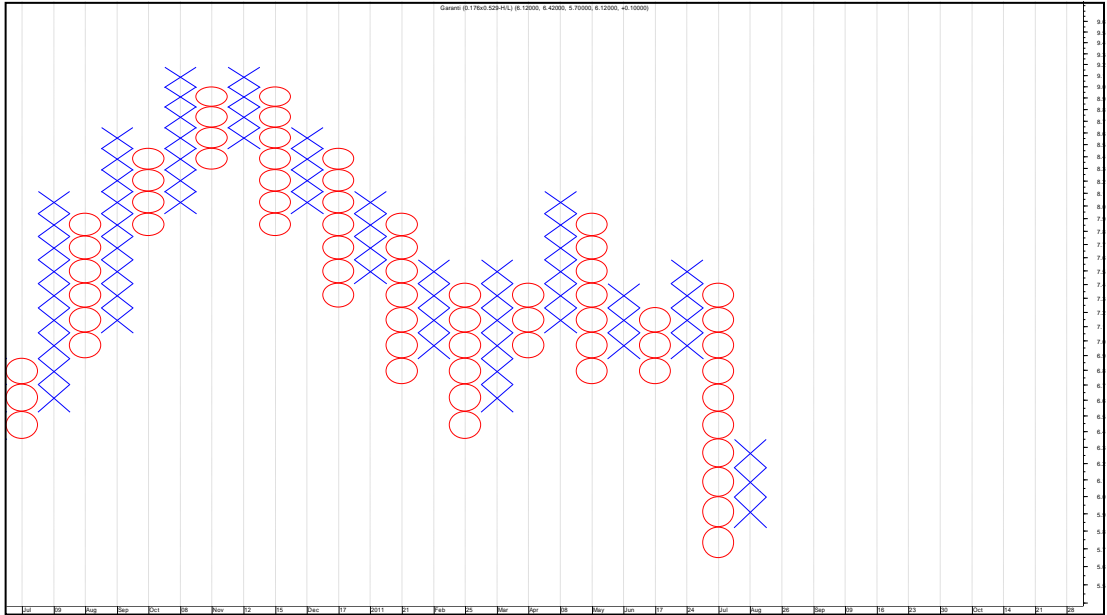
Kaynak: Metastock Professional 7.2

³³ TSPAKB, *Analiz Yöntemleri: Sermaye Piyasası Faaliyetleri İleri Düzey Lisansı Eğitimi*, s.52.

2.1.4. Nokta ve Şekil Grafik

Arz ve talep arasındaki değişimi çok net bir şekilde, en iyi yansıtan grafik olarak kabul edilir. “X” ve “O” lardan oluşan ve kendinizin seçebileceği fiyat artış veya eksiliş miktarlarına göre grafik üzerindeki kutular içinde “X” lerin artış, “O” ların azalmayı gösterdiği kabul edilerek sadece günlük fiyat hareketlerini ele alarak çizilen grafik tarzıdır.³⁴

Fiyat yükselişlerinin dikey eksen üzerinde yukarı yönde X işareti ile fiyat düşüşlerinin ise yine dikey eksen üzerinde fakat aşağı yönde O işareti ile çizilmesiyle oluşturulan bir grafiğdir. Bu grafiğin dezavantajı işlem hacmini göstermemesidir. Fiyat yükselişleri ya da düşüşleri devamlılık arz ettiği sürece aynı kolona ilave çizim yapılır. Fiyatların yükselirken düşmeye başladığı zaman, yan kolona geçilerek son konan X işaretinin bir alt seviyesine gelecek şekilde O işareti konulur. Fiyatlar düşerken yükselmeye başlar ise yan kolona geçilerek, son konulan O işaretinin bir üst seviyesine X işareti konulur. İki işaretin aynı kolonda bulunması söz konusu değildir.³⁵



Grafik 2.6: Nokta ve Şekil Grafik

Kaynak: Metastock Professional 7.2

³⁴ Sarı, **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**, s.16.

³⁵ Çağırman, s.43.

2.2. TREND, DESTEK VE DİRENÇLER

Charles Dow, kendi adıyla anılan teorisini oluşturduğu günden bu yana hemen hemen hiç değişmeyen teknik analizin varsayımlarından birisi, fiyatların trendler halinde hareket etmesidir. Bu varsayımdan hareketle fiyatların rastgele hareket etmedikleri, küçük oynamalarla aynı doğrultuda gittikleri varsayılır ve bu doğrultuyu tespit etmek için bir takım çizgiler çizilir. Bu fiyatların oluşturduğu doğrultuya trend, doğrultuyu göstermek için çizilen düz çizgiye ise trend çizgisi denir.

Bir fiyat trendi, belirli bir yönde sürekli devam eden bir fiyat hareketidir. Trendi belirleyen, fiyatların sürekliliğidir ve bu süreklilik olmadığı takdirde trendde olmaz.³⁶

Trendler, zamana bağlı olarak kısa, orta ve uzun süreli olarak üç dönemde incelenirler. İki hafta ile iki ay arasındaki fiyat yönüne kısa vadeli trend denir. Orta vadeli trendler üç haftadan başlayıp altı aya kadar süren zamanı kapsar. Uzun vadeli trend ise fiyatların bir seneden daha fazla sürede aşağı yukarı dalgalanarak gitmekte olduğu yöndür.³⁷



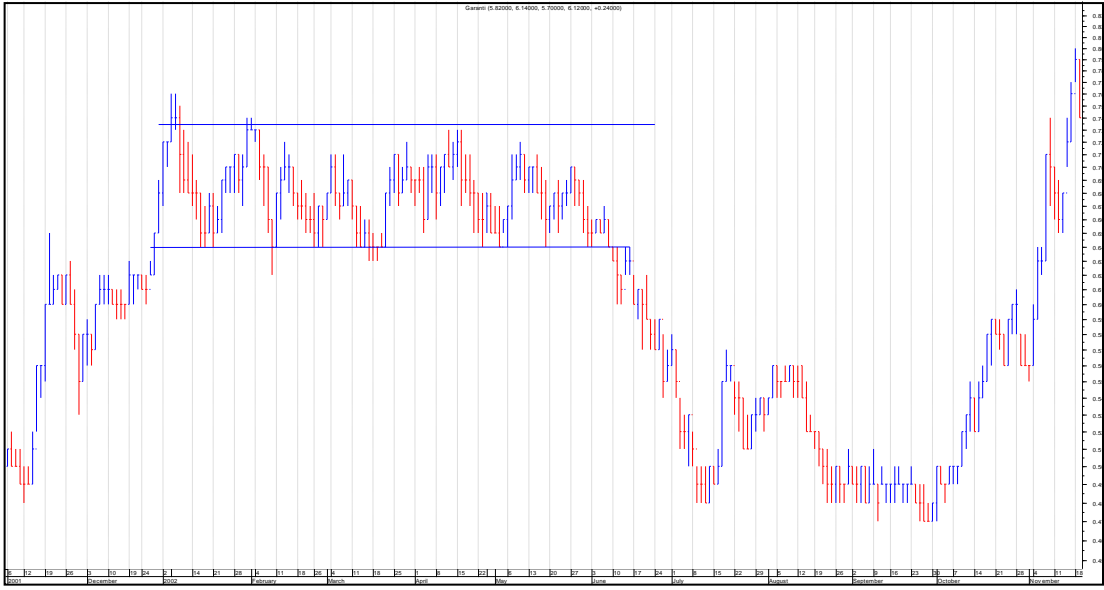
Grafik 2.7: Trend ve Trend Çizgisi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

³⁶ Kılıç, s.40.

³⁷ Sarı, **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**, s.39.

Destek ve dirençler teknik analizde sık kullanılan terimlerdir. Destek, alçalan fiyatın belli bir seviyeye gelip daha aşağı inememesi ve o seviyede yoğun taleple karşılaşmasıdır. Fiyatın gitmekte olduğu yönde bir süre için duraksayacağı tahmin edilen fiyat seviyeleridir. Direnç, yükselen fiyatın belli bir seviyeye gelip daha yukarı çıkamaması ve o seviyede arz ile karşılaşmasıdır. Destek ve direnç, kısaca arz ve talebin dengelendiği bölgelerdir.³⁸



Grafik 2.8: Destek ve Dirençler

Kaynak: Metastock Professional 7.2

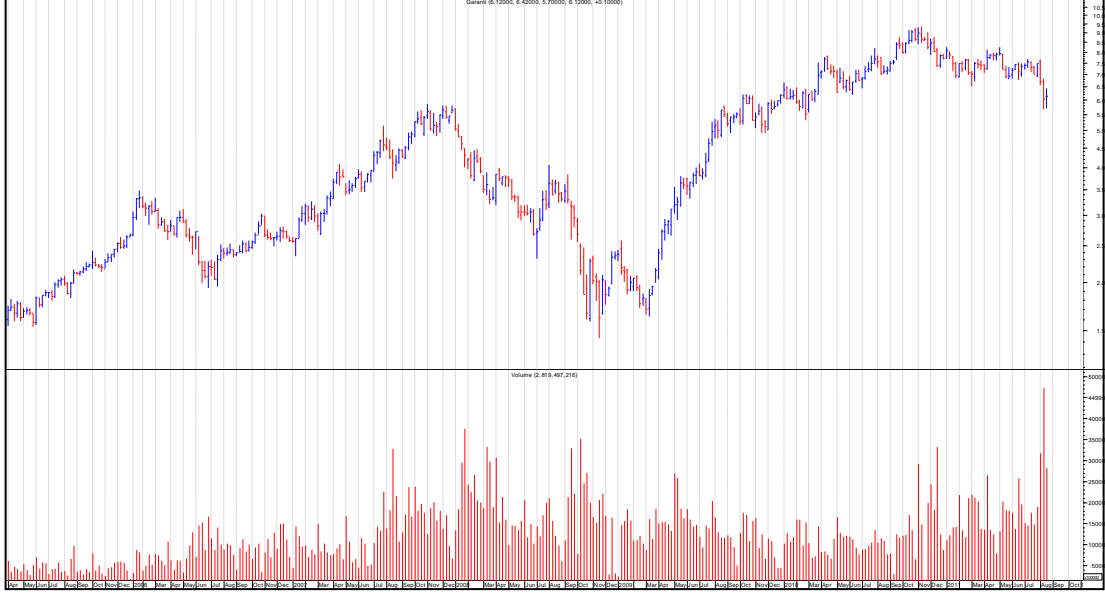
Borsada arz ve talebin ağırlığını yansıtan en önemli bilgi, alınan ve satılan hissenin miktarıdır. Bunun için teknik analizde ölçü olarak işlem miktarı kullanılır. Grafiklerin altında dikey çubuklar halinde gösterilirler.³⁹

Hisse senedinin fiyatı ile birlikte incelenen işlem miktarı genellikle fiyat hareketiyle uyumludur. Fiyat alçalırken işlem miktarı azalır. Fiyat yükselirken işlem miktarı artar. Fiyatla miktarın birlikte hareketleri sağlık belirtisidir. Fiyat yükselişinde işlem miktarında artış görülmedi hallerde yükselişin kalıcı olmayacağı düşünülür.

³⁸ Sarı, **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**, s.84.

³⁹ Sarı, **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**, s.96.

Fiyatın azalmakta olduğu dönemlerde işlem miktarının artması ise düşüşün devam edeceğine yorumlanır.⁴⁰



Grafik 2.9: İşlem Miktarı

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3. GÖSTERGELER

Teknik analizde, çizilen fiyat grafikleri ve trend analizi kadar önemli olan bir başka konu ise geçmişteki fiyat hareketlerinden yararlanarak oluşturulan göstergelerdir.

Teknik göstergeler geçmiş fiyat verileri olan kapanış, en düşük, en yüksek, açılış ve ortalama fiyat ile işlem hacmi verilerini kullanılarak hesaplanırlar. Her bir teknik gösterge farklı bir düşünceye dayanır ve farklı bir hesaplama yöntemine sahiptir. Matematiksel bir ifadeyle, göstergeler, geçmiş fiyat verileri kümesinden reel sayılara tanımlanmış fonksiyonlardır.⁴¹

⁴⁰ Sarı, **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**, s.97.

⁴¹ Kılıç, s.84.

2.3.1. Hareketli Ortalamalar

Hareketli ortalama, özellikle istatistik ve ekonometri gibi bilim dallarında, değerleri sürekli değişen verilerdeki dalgalanmayı ortadan kaldırarak gerçek trendi görmek, yani bir anlamda verileri düzeltmek amacıyla kullanılan bir tekniktir.⁴²

Hareketli ortalama, belirlen gün sayısı kadar gündeki fiyatların toplanarak, belirlenmiş olan bu gün sayısına bölünmesiyle bulunmaktadır. Bulunan ortalama değerin fiyatlarla birlikte hareket etmesini sağlayabilmek için ilk günkü değer toplamdan çıkarılır ve yeni oluşan günün fiyatı toplama eklenir ve yine belirlenen gün sayısına bölünür.⁴³

Hareketli ortalamaların hesaplanması temelde aynı olmakla birlikte üç ayrı şekilde bulunur:

- Basit Hareketli Ortalama
- Ağırlıklı Hareketli Ortalama
- Üssel Hareketli Ortalama

2.3.1.1. Basit Hareketli Ortalama

Bu hareketli ortalama yönteminde, seçilen zaman içerisindeki bütün günler aynı önemi taşımaktadır. Basit hareketli ortalama, seçilen gün sayısı kadar gün geriye gidilerek kapanış fiyatlarının toplanması ve elde edilen değerin, seçilen gün sayısına bölünmesiyle elde edilir.

$$BHO = (P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n) / n$$

P: Kapanış fiyatı

n: ortalamanın hesaplandığı gün sayısı

⁴² Kılıç, s.74.

⁴³ Çağırman, s.261.

2.3.1.2. Ağırlıklı Hareketli Ortalama

Ağırlıklı hareketli ortalama yöntemi, geçmiş gün fiyatları her geçen gün önemini yitireceğinden, bu fiyatların ortalamaya etkisini mümkün olduğu kadar azaltan ve onların yerine son günlere önem veren bir hesaplama yöntemidir.

Hesaplama, bugünden başlayarak geriye doğru azalan ağırlıklar kullanılır. Verilecek ağırlık ortalamanın gün sayısı olarak kabul edilir. Bugünün kapanışı, kullanılacak ortalamanın gün sayısı ile çarpılır. Dünkü kapanış, gün sayısından bir eksiltilecek çarpılır. Böylece geriye doğru azalan ağırlıklar ilk güne gelindiğinde 1 olur.⁴⁴

$$AHO = [n.P_1 + (n-1).P_2 + (n-2).P_3 + \dots + 1.P_n] / [n + (n-1) + (n-2) + \dots + 1]$$

P: Kapanış fiyatı

n: ortalamanın hesaplandığı gün sayısı

2.3.1.3. Üssel Hareketli Ortalama

Bütün günlere eşit ağırlık veren basit hareketli ortalama ile ilk günleri fazlaca ihmal eden ağırlıklı hareketli ortalamanın zaafalarını ortadan kaldırmak için ortaya çıkarılmıştır. Aslında bu iki ortalamanın bir sentezi gibidir. Yani basit hareketli ortalama gibi geçmiş günlerin ağırlığını yansıtırken, ağırlıklı hareketli ortalama gibi de son günlerin ağırlığını arttırır.⁴⁵

Üssel hareketli ortalama hesaplanışında önce ortalaması alınacak gün sayısı tespit edilir. Üssel değer bulunması için 2 rakamı ortalamanın gün sayısına bölünür. Bulunan üssel faktör hesaplamasının her aşamasında aynen kullanılır. İlk günkü üssel hareketli ortalamayı hesaplamak için hisse senedinin o günkü kapanış değerinden, aynı günün basit hareketli ortalaması (seçilen gün sayısı aynı) çıkarılır. Çıkan sonuç üssel faktör ile çarpılır ve elde edilen değer pozitifse basit hareketli ortalama ile toplanır, negatifse basit hareketli ortalamadan çıkarılır. Ertesi gün ise hisse senedinin kapanış

⁴⁴ Yusuf Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, 4.Basım, İstanbul: Alfa Basım Yayım, 2001, s.7.

⁴⁵ Kılıç, s.77.

değerinden, bir gün önce bulunan üssel hareketli ortalama değeri çıkarılır ve bulunan sonuç yine üssel faktör ile çarpılır. Elde edilen değer pozitifse bir gün önce elde edilen üssel hareketli ortalama ile toplanır, negatifse çıkarılır. Her yeni gün aynı işlem tekrar edilir.

$$\ddot{U}HO_1 = (2 / (n+1)). (P-BHO) + BHO$$

$$\ddot{U}HO_2 = (2 / (n+1)). (P-\ddot{U}HO_1) + \ddot{U}HO_1$$

P: Kapanış fiyatı

n: ortalamamanın hesaplandığı gün sayısı



Grafik 2.10: Hareketli Ortalamalar

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.2. Kısa Vadeli Göstergeler

Kısa vadeli teknik göstergeler, teknik analizde kısa vadeli alım satım işlemlerinde kullanılmaktadır. Teknik analizde sürenin kısaltılması, tahminlerdeki hata oranını artırdığı için bu göstergelerin ihtiyatla kullanılması gerekmektedir.⁴⁶

Kısa vadeli göstergeler, kullanıldıkları zaman dilimine bağlı olarak birkaç günden 30 güne kadar olabilirler. Sadece kapanış fiyatlarından hazırlanabildikleri gibi

⁴⁶ Çağırman, s.281.

seçilen zaman dilimi içinde en yüksek, en düşük fiyat değerleri de hesaplamalarda kullanılabilir.⁴⁷

2.3.2.1 Stokastik Göstergesi (Stochastic Oscillator)

Amerikalı George C. Lane tarafından geliştirilen Stokastik göstergesi, belirli bir dönemdeki kapanış fiyatlarının o dönem içindeki işlem aralığına göre konumunun bir ölçütüdür. Belirli bir dönem içindeki en düşük kapanış fiyatı ile bugünkü kapanış fiyatı ve aynı dönem içinde en düşüklerin en düşük değeri ile en yükseklerin en yüksek değeri arasındaki ilişkiden yararlanır. Kapanış fiyatları günün en yüksek fiyatında veya ona yakın olursa fiyatların daha da yükseleceği gözlemlerden anlaşılır. Aynı şekilde kapanış fiyatının günün en düşük değerlerine yakın yerde gerçekleşmesi de fiyatın gelecekte daha aşağı ineceğini işaret eder.

Stokastik göstergesi, 0 ile 100 arasında dönen iki gösterge ile çizilir. Değerler yüzde değişimi ifade eder. Birinci değer %K dönemi olarak adlandırılır ve göstergenin yalın halidir. Bu haliyle çok hareketli olduğundan ortalaması alınarak düzeltilir. %K yavaşlatma dönemi olarak tanımlanan değer, %K dönemini düzeltmek için kullanılan hareketli ortalamadır. %K yavaşlatma dönemi, grafiklerde siyah ve daha kalın çizilir. İkinci gösterge %D dönemi, %K yavaşlatma döneminin bir hareketli ortalamasıdır ve gösterge ile birlikte çizilir. Daha ince veya kesik çizgilerle gösterilir. Üç ayrı yönden hesaplandığı için 5, 3, 3 veya 15, 5, 3 gibi üç ayrı değere ihtiyaç vardır.⁴⁸ Göstergenin hesaplanması aşağıdaki gibidir:

$$\%K \text{ dönemi} = \frac{\text{son günlük kapanış fiyatı} - n \text{ gün içindeki en düşük}}{n \text{ gün içindeki en yüksek} - n \text{ gün içindeki en düşük}} \times 100$$

$$\text{Yavaşlatılmış \%K} = \%K \text{ döneminin hareketli ortalaması}$$

$$\%D = \text{Yavaşlatılmış \%K döneminin hareketli ortalaması}$$

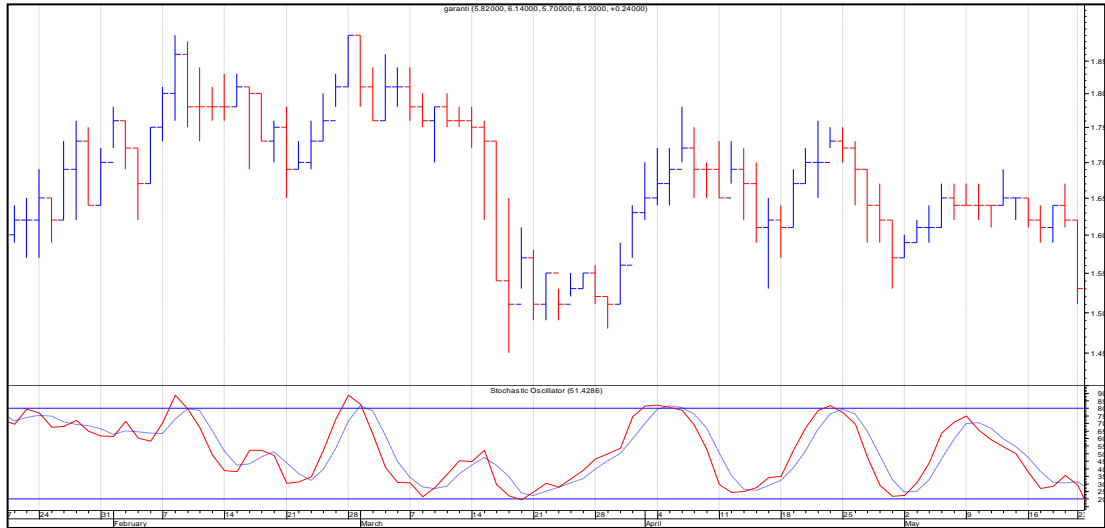
⁴⁷ Sarı, *Borsada Göstergelerle Teknik Analiz*, s.35.

⁴⁸ Sarı, *Borsada Göstergelerle Teknik Analiz*, s.36.

Tablo 2.1
5, 3, 3 Günlük Stokastik Göstergesinin Hesaplanması

Gün	Yüksek	Düşük	Kapanış	Yüksek -Düşük	Kapanış- Düşük	%K dönemi	Yavaşlatılmış %K dönemi	%D dönemi
			(K)	(A)	(B)	(B/A).100	(D)	(E)
1	27	25	27					
2	27	25	26					
3	30	26	30					
4	31	29	29					
5	31	29	31	6	6	100		
6	33	31	33	8	8	100		
7	37	33	36	11	10	90,91	96,97	
8	37	34	34	8	5	62,50	84,47	
9	35	32	33	8	4	50	67,80	83,08
10	33	31	31	6	0	0	37,50	63,26

İndikatör üzerinde alt ve üst bölgelerde iki paralel çizgi vardır. Göstergenin üst bölgede %80 seviyesini geçmesi aşırı alımın, %20 ve daha aşağı inmesi ise aşırı satımın olduğunu gösterir. İki göstergenin birbirini kesmesi ve birlikte 20 seviyesini yukarı doğru geçmeleri halinde al sinyali, göstergelerin 80 seviyesinin üzerinde birbirlerini kesmeleri ve eksenin altına doğru inmeleri de sat sinyali oluşturur.⁴⁹



Grafik 2.11: Stokastik Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

⁴⁹ Sarı, *Borsada Göstergelerle Teknik Analiz*, s.39.

2.3.2.2 Williams %R

Lary Williams tarafından geliştirilen bu gösterge yalnızca aşırı alım ve aşırı satım bölgelerinin tespitinde kullanılır. Stokastik göstergesi ile yakın ilişkisi vardır. Stokastik göstergesinin adeta ters çevrilmiş hali gibidir. Bu gösterge ise, 0 ile -100 arasında dalgalanır.⁵⁰

Hesaplama şekli stokastikte olduğu gibidir. Belli bir dönem içindeki en düşük, en yüksek ve bugünkü kapanış arasındaki uzaklık farklarının yüzde değişimleri ile çizilir.⁵¹ Hesaplama yapılmadan önce bir zaman periyodu belirlenir. Genellikle de bu periyot 14 gün olarak alınmaktadır.⁵²

$$\%R = \frac{n \text{ gün içerisindeki en yüksek} - \text{bugünkü kapanış}}{n \text{ gün içerisindeki en yüksek} - n \text{ gün içerisindeki en düşük}} \times (-100)$$

Tablo 2.2
5 Günlük Williams %R Göstergesinin Hesaplanması

Gün	Yüksek	Düşük	Kapanış	Yüksek-Düşük	Yüksek-Bugünkü	Williams %R
			(K)	(A)	(B)	(B/A).(-100)
1	27	25	27			
2	27	25	26			
3	30	26	30			
4	31	29	29			
5	31	29	31	6	0	0
6	33	31	33	8	0	0
7	37	33	36	11	1	-90,09
8	37	34	34	8	3	-37,5

Göstergenin -80 seviyesinin altına inmesi aşırı satım yapıldığını, -20 seviyesinin üzerine çıkması ise aşırı alım yapıldığını göstermektedir.⁵³

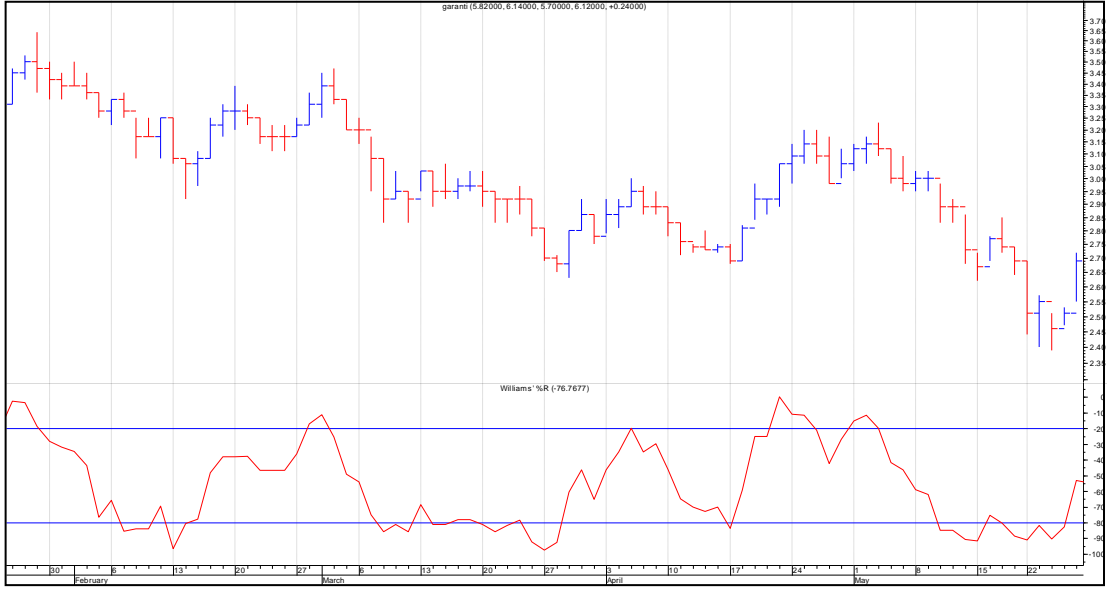
Fiyatın yükseliş trendinde olduğu dönemde küçük oynamalarla üst bölgede kalır. Küçük fiyat gerilemelerinde hemen aşağı dönmesi erken ve yanıltıcıdır. Bu özelliği nedeniyle doğrudan al/sat kararlarında kullanılmaz.⁵⁴

⁵⁰ Çağırman, s.291.

⁵¹ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.45.

⁵² Çağırman, s.291.

⁵³ Çağırman, s.291.



Grafik 2.12: Williams %R Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.2.3 Commodity Channel Index

Amerikalı teknik analist Donald Lambert tarafından, aslında mal piyasaları için geliştirilmiş, fakat sonradan hisse senedi piyasalarında da başarılı bir şekilde uygulanmış olan bir teknik göstergedir.⁵⁵

Fiyatların ortalamadan ne kadar saptığını istatistiksel olarak ifade eden bir çizgiyi yaratan formülü sayesinde, trend yapan piyasalarda son derece etkili bir şekilde kullanılabilir.⁵⁶

CCI yalnızca kapanış fiyatlarından hesaplanabileceği gibi, günün en yükseği, en düşüğü ve kapanışın toplanıp üçe bölünmesiyle orta fiyattan da hesaplanabilir. Orta fiyat veya kapanış fiyatı ile o değerlerden elde edilen hareketli ortalamaların sapmalarından yararlanılarak hazırlanır. Gösterge üzerinde +100 ve -100 den geçen iki

⁵⁴ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.46.

⁵⁵ Çağırman, s.311.

⁵⁶ Ali Perşembe, **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sendel! 3**, 1.Basım, İstanbul: Scala Yayıncılık, 2002, s.123-124.

yatay çizgi aşırı bölgeleri temsil eder. Formüldeki 0,015 sayısı sabit bir sayıdır.⁵⁷ Genel formülü şöyledir:

$$CCI = \frac{\text{Kapanış veya Orta Fiyat} - \text{Kapanış veya Orta Fiyatın Ortalaması}}{\text{Sapma Ortalama} \times 0,015}$$

$$\text{Sapma} = |\text{Kapanış veya Orta Fiyat} - \text{Kapanış veya Orta Fiyatın Hareketli ortalaması}|$$

$$\text{Sapma Ortalaması} = \text{Sapmaların Toplamı} / \text{Gün Sayısı}$$

Bu formül için 5 günlük CCI hesaplaması aşağıdaki gibidir:

Tablo 2.3
5 Günlük CCI Göstergesinin Hesaplanması

Gün	Yüksek	Düşük	Kapanış	Orta Fiyat	Ortalama	Sapma	Sapma Ortalaması	CCI
	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)
				(A+B+C)/3		(D-E)		
1	27	25	27	26				
2	27	25	26	26				
3	30	26	30	29				
4	31	29	29	30				
5	31	29	31	30	28,2	1,8		
6	33	31	33	32	29,4	2,6		
7	37	33	36	35	31,2	3,8		
8	37	34	34	35	32,4	2,6		
9	35	32	33	33	33	0	2,16	0
10	33	31	31	32	33,4	-1,4	2,08	-44,87

Lambert, CCI indikatöründe, her hisse senedinin 5 ile 25 gün arasında değişen günlerle incelenmesini önermektedir. Hızlı hareketlerin olduğu dönemlerde gün sayısı artırılarak hatalı sinyalleri azaltmak mümkündür.⁵⁸

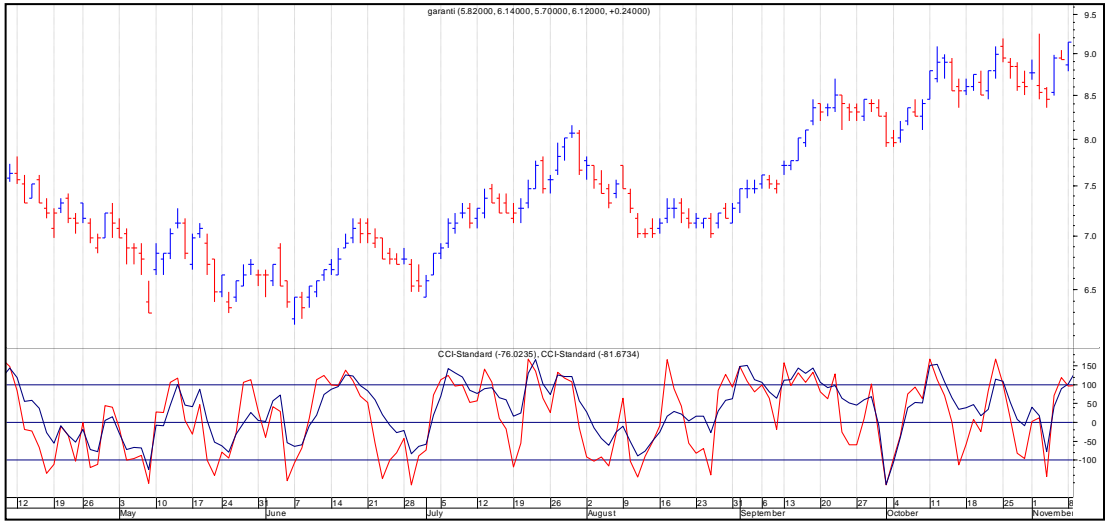
CCI eğrisi grafikte üç yatay çizgi ile beraber gösterilir. Bunlardan ilki “0” çizgisidir. “0” çizgisi piyasanın eğilimini belirlemek için kullanılır. Eğer CCI bu çizginin üstünde ise yukarı eğimli, altında ise aşağı eğimli bir piyasanın varlığı anlaşılır. Diğer iki çizgi ise +100 ve -100 referans çizgileridir. CCI genellikle ±100 çizgileri arasında salınım yapar. CCI bir aşırı alım satım göstergesi olarak kullanıldığında, +100

⁵⁷ Sarı, *Borsada Göstergelerle Teknik Analiz*, s.55.

⁵⁸ Çağırman, s.312.

ün üstü aşırı alım durumunu ifade ederken, -100 seviyesinin altı ise aşırı satım durumunu ifade eder.⁵⁹

Bazı analistler iki değişik günde hazırlanan CCI göstergelerini kullanırlar. Kısa ve uzun günlerde hazırlanan göstergeler üst üste çizilirler. İki göstergenin birbirlerini kesmeleri ve ± 100 eksenlerinden dönmelerini al/sat sinyalleri olarak değerlendirirler. Bu yöntemde 5 ve 10, 6 ve 12, 10 ve 20 gibi gün sayıları kullanılır.⁶⁰



Grafik 2.13: CCI Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.2.4 Momentum

İlk kez J. Welles Wilder 1978 baskılı “New Concepts in Trading Systems” isimli kitabında işlemiştir. Momentum göstergesinin en önemli özelliği hem trend yapan hem de yatay piyasalarda kullanılabilir olmasıdır. Dolayısıyla her teknik analistin göstergeler sepetinde mutlaka bulunması gerekir.⁶¹

Momentum, bugünkü fiyat ile n gün öncesinin fiyatı arasındaki değişimi yansıtan bir indikatördür. Fiyat değişiminin temposunu, trendin gücünü ve hızını ortaya koyduğu için teknik analizde sık kullanılır.⁶²

⁵⁹ Kılıç, s.108.

⁶⁰ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.57.

⁶¹ Perşembe, **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende!** 3, s.149.

⁶² Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.61.

Momentumun hesaplanması şu şekildedir:

$$Momentum = \frac{\text{Bugünkü kapanış}}{n \text{ gün önceki kapanış}} \times 100$$

Bu formül bize, senedin n gün içerisinde ne kadar kazandırdığı veya kaybettiği konusunda fikir verir.⁶³

10 günlük momentum hesaplaması aşağıda örnek olarak verilmiştir.

Tablo 2.4
10 Günlük Momentum Göstergesinin Hesaplanması

Gün	Kapanış	Bugün/ 10 gün önce	Momentum
	(K)	(A)	(A).(100)
1	27		
2	26		
3	30		
4	29		
5	31		
6	33		
7	36		
8	34		
9	33		
10	31	1,148	114,8
11	32	1,230	123,0
12	35	1,166	116,6

Momentum kısa vadeli hareketlerin izlenmesinde kullanıldığı için genel olarak seçilecek gün sayısı 30'un altında alınır. 30 günden daha uzun süreli momentumlarda göstergenin eksenin üzerinde olması fiyatın yükselen trendde oluşunu, eksenin altında kalması da alçalan trendin hüküm sürdüğünü gösterir. Kısa süreli analizler için 10, 12 veya 20, 28 gibi günler kullanılır.⁶⁴

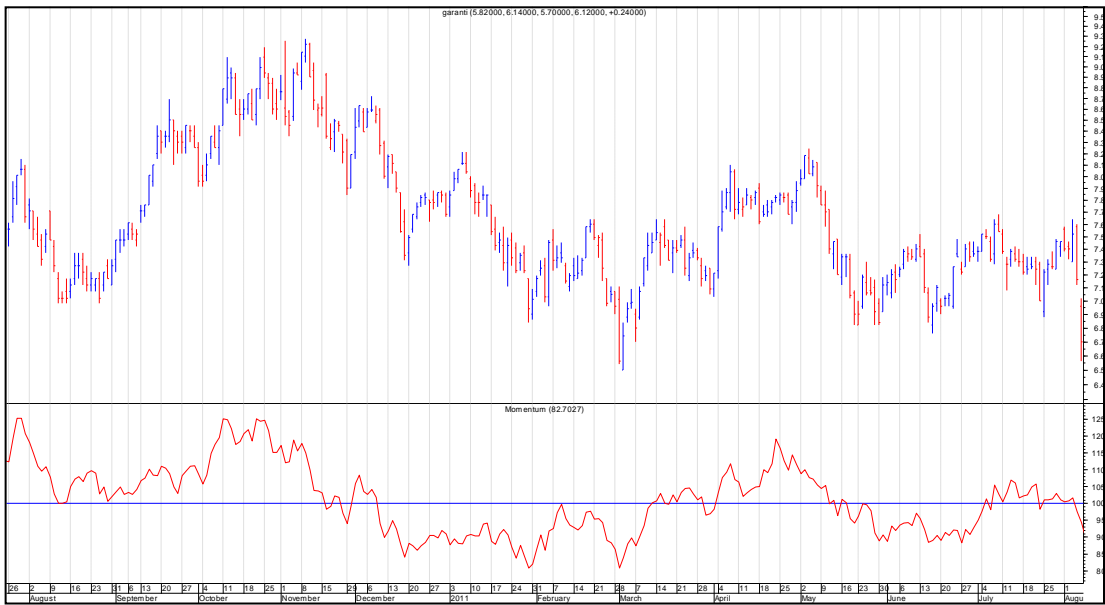
Momentum göstergesinde gün sayısı genellikle 10 olarak seçilir. Bu süre artırıldıkça momentum göstergesinin fiyatlara olan duyarlılığı azalacak, az sayıda sinyal verecektir ve trend dönüşleri de çok daha geç yakalanacaktır. Öte yandan süre

⁶³ Çağırman, s.306.

⁶⁴ Sarı, *Borsada Göstergelerle Teknik Analiz*, s.66.

kısaltılırsa momentum çok duyarlı hale geleceğinden çok fazla sayıda sinyal verecektir, bu da işlem karlılığını düşürecektir.⁶⁵

Göstergenin 100 eksenini yukarı doğru geçmesi, al sinyali olarak kabul edilir. Gösterge eksenin altına indiğinde sat sinyali olarak yorumlanır. Fiyat grafiğinde yeni bir tepenin fiyat grafiğine aykırı olarak önceki tepeden daha aşağı kalışı, trendin dönüş belirtisidir. Fiyat yükselişinin sürmesine rağmen momentum yaptığı en yüksek seviyeyi geçemezse yükseliş temposunun zayıfladığına yorumlanır.⁶⁶



Grafik 2.14: Momentum Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.2.5 Relatif Güç Endeksi (Relative Strength Index)

Bu gösterge ilk olarak J. Welles Wilder'in 1978 baskılı "New Concepts in Technical Trading Systems" isimli kitabında açıklanmıştır.⁶⁷

Relatif güç endeksi de momentum gibi hissenin kendi içindeki gücünü ortaya çıkaran bir göstergedir. Fiyatın geçmişte yükseldiği günlerle azaldığı günlerin karşılaştırılması olarak özetlenebilir. RSI değeri 0 ile 100 arasında dalgalanır. 70'in

⁶⁵ Perşembe, **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende!** 3, s.151.

⁶⁶ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.66.

⁶⁷ John J. Murphy, **Görsel Yatırımcı**, Ali Perşembe (çev.), 1.Basım, İstanbul: Scala Yayıncılık, 1998, s.111.

üzeri aşırı alım, 30'un altı aşırı satım bölgesi olarak görülür. Gösterge 50 çizgisi civarına geldiğinde hissenin relatif gücü dengelenir.⁶⁸

Seçilen süre içinde yükselen günlerdeki fiyat farkları toplanarak, gün sayısına bölünüp ortalama alınır. Bu yükseliş günlerindeki farkların ortalamasıdır. Aynı dönem içindeki düşen günlerin ortalaması da aynı yöntemle bulunduktan sonra yükselen ortalama düşen ortalamaya bölünür. Buna relatif güç denir.⁶⁹

RSI formülü aşağıdaki gibidir:

$$\text{Relatif Güç} = \text{Yükselen ortalama} / \text{Düşen ortalama}$$

$$\text{RSI} = 100 - (100 / (\text{Relatif Güç} + 1))$$

Wilder, 14 günlük fiyatlarla çalışmayı tavsiye etmekle birlikte daha kısa gün sayısı veya daha uzun gün sayısı ile de RSI grafikleri çizmek mümkündür. Relatif Güç Endeksi'ndeki hesaplamalarda genellikle 9, 14, 25 gün kullanılmaktadır.⁷⁰

Tablo 2.5
9 Günlük RSI Göstergesinin Hesaplanması

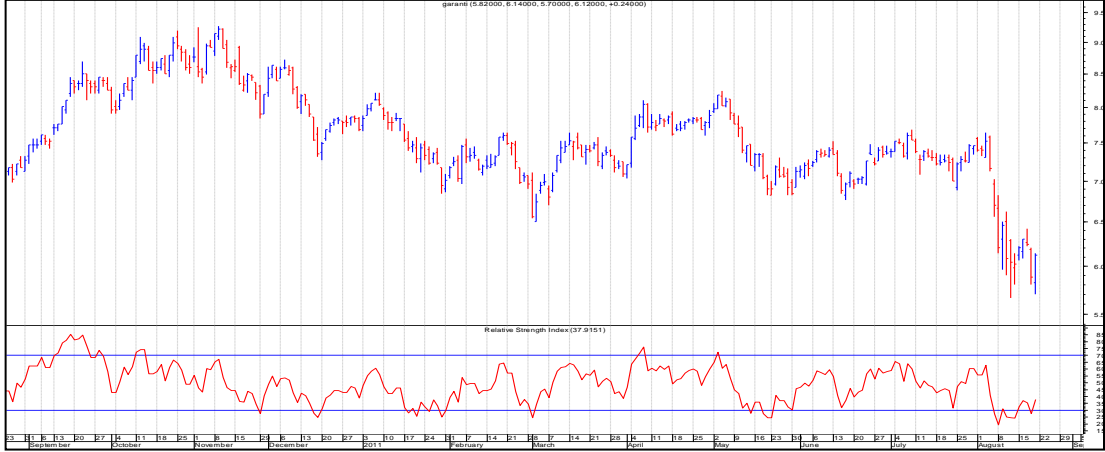
Gün	Kapanış	Yüksek Farkları	Düşük Farkları	9 Günlük Yüksek Ortalama	9 Günlük Düşük Ortalama	Relatif Güç	RSI
	(K)	(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
1	27						
2	26		1				
3	30	4					
4	29		1				
5	31	2					
6	33	2					
7	36	3					
8	34		2				
9	33		1	1,22	0,55	2,22	68,94
10	31		2	1,22	0,77	1,58	61,24
11	32	1		1,33	0,66	2,02	66,88
12	35	3		1,22	0,66	1,85	64,91

⁶⁸ Sarı, *Borsada Göstergelerle Teknik Analiz*, s.79.

⁶⁹ Sarı, *Borsada Göstergelerle Teknik Analiz*, s.79-80.

⁷⁰ Çağırman, s.298.

RSI eğrisi 0-100 sınırlarının dışına çıkamaz. Bu eğri 100'e yaklaştığında tepe, 0'a yaklaştığında dip yaptığı kabul edilir. Analistler genellikle 30-70 veya 25-75 seviyelerini kullanırlar. Yani 25-30 çizgisinin yukarı kırılması alım, 70-75 çizgisinin aşağı kırılması ise satış sinyalidir. RSI gibi tüm aşırı alım / aşırı satış göstergelerinin en büyük zaafı, kuvvetli trend yapan piyasalarda işe yaramamalarıdır.⁷¹



Grafik 2.15: RSI Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.3. Orta Vadeli Göstergeler

Orta vadeli teknik göstergeler fiyat grafiklerinde bir aydan bir seneye kadar uzayan trendleri tespit etmek üzere geliştirilmişlerdir.

Kısa vadeli göstergelerle, orta vadeli göstergeler arasında prensip olarak fazla bir fark yoktur. Orta vadeli göstergeler daha uzun gün sayıları ile hesaplandıkları için küçük fiyat hareketlerinden etkilenmezler.⁷² Bununla birlikte trend dönüşlerini daha geç haber verirler.

2.3.3.1 Fiyat Göstergesi (Price Oscillator)

Fiyat göstergesi, farklı gün sayılarında hazırlanan iki hareketli ortalama ile değişik dönemler için fiyat yönünün belirlenmesinde kullanılır. Fiyatların son günleri temsil eden hareketli ortalamalarıyla daha uzun süreli bir gün sayısının belirlenmesi

⁷¹ Perşembe, **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende!** 3, s.134-135.

⁷² Çağırman, s.318.

suretiyle elde edilen hareketli ortalamalarını karşılaştırmak suretiyle ve tek bir eğri şeklinde çizilmesi esasına dayanır.⁷³

Fiyat göstergesinin hesaplanmasında, biri kısa vadeli, diğer ise daha uzun vadeli olmak üzere iki ayrı gün sayısı belirlenir. Kullanılacak hareketli ortalamalar basit, ağırlıklı veya üssel olarak hazırlanabilir. Örneğin, fiyatların 5 ve 25 gün gibi iki ayrı gün sayısı için de hareketli ortalamalar hesaplanır. Kısa vadeli hareketli ortalamadan uzun vadeli hareketli ortalama çıkarılır ve aradaki fark bulunur. Fiyat göstergesinin hesaplama formülü aşağıdaki gibidir:

$$\text{Fiyat Göstergesi} = \frac{\text{Kısa vadeli H. O.} - \text{Uzun vadeli H. O.}}{\text{Kısa vadeli H. O.}} \times 100$$

Genellikle, bu göstergede hareketli ortalama olarak, üssel hareketli ortalama kullanılır. Kısa vadeli hareketli ortalama için, 1-14 günler arası kısa vadeli trendlerin izlenmesinde kullanılırlar, 15-30 günler arasındaki günler orta vadeli trendler için kullanılır. İkinci ortalamanın gün sayısı mutlaka ilk ortalamadan daha fazla olmalıdır. Uzun gün ortalaması ise 10 günden başlayarak 200 güne kadar yükselebilir.⁷⁴

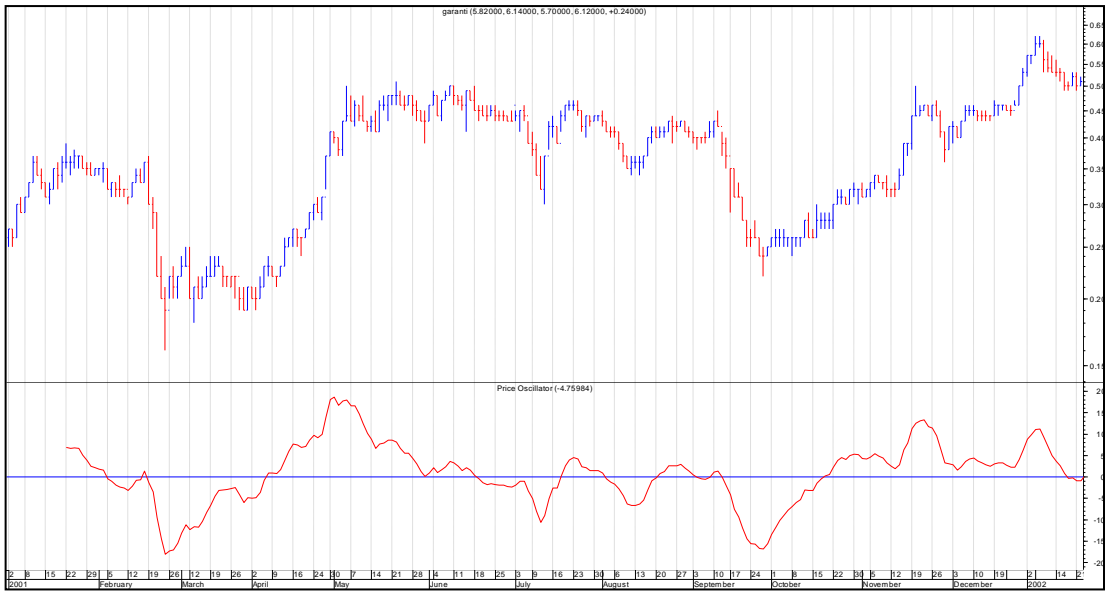
Tablo 2.6
5, 15 Günlük Fiyat Göstergesinin Hesaplanması

Gün	Orta Fiyat (K)	5 Günlük ÜHO (A)	15 Günlük ÜHO (B)	Fiyat Göstergesi ((A-B)/A).100
1	0,26			
2	0,26			
3	0,29			
4	0,30			
5	0,30	0,29		
6	0,32	0,30		
7	0,35	0,32		
8	0,35	0,33		
9	0,33	0,33		
10	0,32	0,33		
11	0,32	0,32		
12	0,34	0,33		
13	0,34	0,33		
14	0,35	0,34		
15	0,37	0,35	0,326	6,43
16	0,36	0,35	0,329	6,07
17	0,37	0,36	0,334	6,14

⁷³ Çağırman, s.319.

⁷⁴ Sarı, *Borsada Göstergelerle Teknik Analiz*, s.96.

Göstergenin eksenini geçerek yükselmeye başlaması fiyatın kısa dönemde uzun vadeye oranla güçlendiğini ifade eder. Uzun vadeli yatırımcılar için alım zamanıdır. Kısa vadeli ortalama uzun dönemli ortalamasının üzerinde seyrettiği sürece gösterge de eksenin üzerinde kalır. Gösterge eksenin üzerinde iken herhangi bir noktadan aşağı doğru döndüğünde orta vade için sat sinyali sayılır. Eksenin altına inmesi talebin azaldığını, pazarın zayıfladığını gösterir.⁷⁵



Grafik 2.16: Fiyat Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.3.2 MACD Göstergesi

MACD ilk kez 1979 yılında Gerald Appel tarafından geliştirilmiştir. İçeriğinde bulunan hareketli ortalamaların birbirlerine yaklaşıp uzaklaşarak oluşturduğu sinyalleri ifade etmek için kullanılır.⁷⁶

Hareketli ortalamalardan ilki 12 günlük üssel yöntemle hazırlanır. İkincisi de 26 günlük üssel hareketli ortalamadır.⁷⁷ Biri kısa, diğeri uzun gün sayılı olan bu iki hareketli ortalamasının farkının alınmasıyla elde edilen bu göstergenin amacı, bu iki

⁷⁵ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.97.

⁷⁶ Perşembe, **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende!** 3, s.100.

⁷⁷ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.104.

hareketli ortalamanın birbirleri ile olan ilişkilerinden yararlanmak suretiyle senetlerdeki trendlerin belirlenmesidir.⁷⁸

MACD hesaplanması için öncelikle fiyatların uzun vadeli 26 günlük ve kısa vadeli olanı da 12 günlük olmak üzere iki üssel hareketli ortalaması bulunur. Daha sonra kısa vadeli hareketli ortalama uzun vadeli hareketli ortalama çıkarılarak MACD çizgisi elde edilir.

$$MACD = 12 \text{ Günlük Üssel H. O.} - 26 \text{ Günlük Üssel H. O.}$$

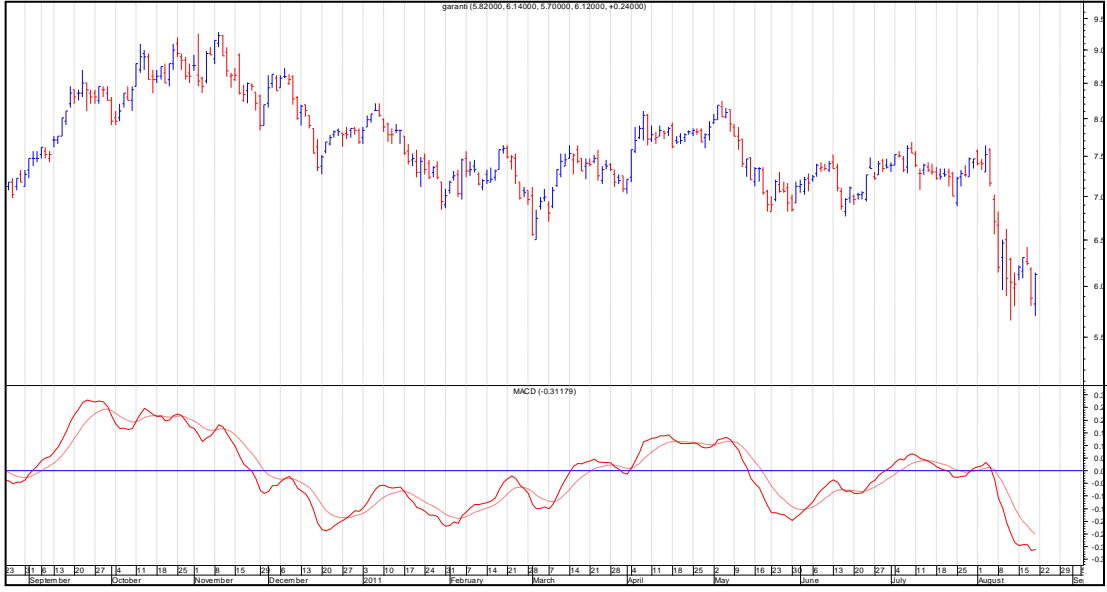
İki ortalamanın arasında gelişen farka göre gösterge eksen etrafında dolaşır, fiyat göstergesi ile aynı mantığa sahiptir. Fiyat göstergesinden farkı ise MACD'nin iki çizgi ile çizilmesidir. MACD göstergesinin 9 günlük değerlerinden oluşturulan hareketli ortalama, göstergenin ikinci çizgisini oluşturur ve tetik hattı olarak adlandırılır. MACD göstergesi iki çizgi halinde hareket eder. İki çizginin kesiştiği noktalar orta vadede al/sat sinyalleri olarak kabul edilir.⁷⁹

Eksen üzerinde dolaşan diğer osilatör tipi göstergeler gibi eksenin üstü güçlü bölgeyi temsil eder. Göstergenin artıda oluşu, fiyatın yükselme olasılığını artırır. Hareketli ortalamanın, indikatörü yukarı yönde kestiğinde satış koşulu, aşağı yönde kestiğinde ise alım koşulu oluşmaktadır. İki ortalama arasında mesafenin fazlaca artması ise, son zamanlardaki fiyat artışlarının aşırı derecede olmasından kaynaklanmaktadır. MACD göstergesi ve çizilen 9 günlük hareketli ortalamasının her ikisinin de sıfır referans çizgisinin üzerine çıkması, daha güçlü bir piyasanın oluştuğunun ve çıkışın devam edeceğinin en önemli habercisidir.⁸⁰

⁷⁸ Çağırman, s.324.

⁷⁹ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.104.

⁸⁰ Çağırman, s.325.



Grafik 2.17: MACD Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.3.3 TRIX Göstergesi

İki gün arasındaki fiyat farkından oluşan orta vadeli göstergelerdendir. Bugünkü kapanış fiyatından dünkü kapanış fiyatının çıkarılması ile TRIX için gerekli değer bulunur. Daha sonra da bu değer üç kez üssel hareketli ortalaması alınır. Hareketli ortalama için genellikle kullanılan değer 12 gündür.⁸¹

İki gün arasındaki fiyat değişiminin hareketli ortalamalarla düzeltilmesinden elde edilen TRIX göstergesi orta vade için trend yönünü gösterir. Hisse senedinin hızlı veya yavaş hareket etmesine bağlı olarak hareketli ortalama 7 ile 14 gün arasında günler kullanılabilir. Üç hareketli ortalama da aynı gün sayısının kullanılması gerekmektedir.⁸²

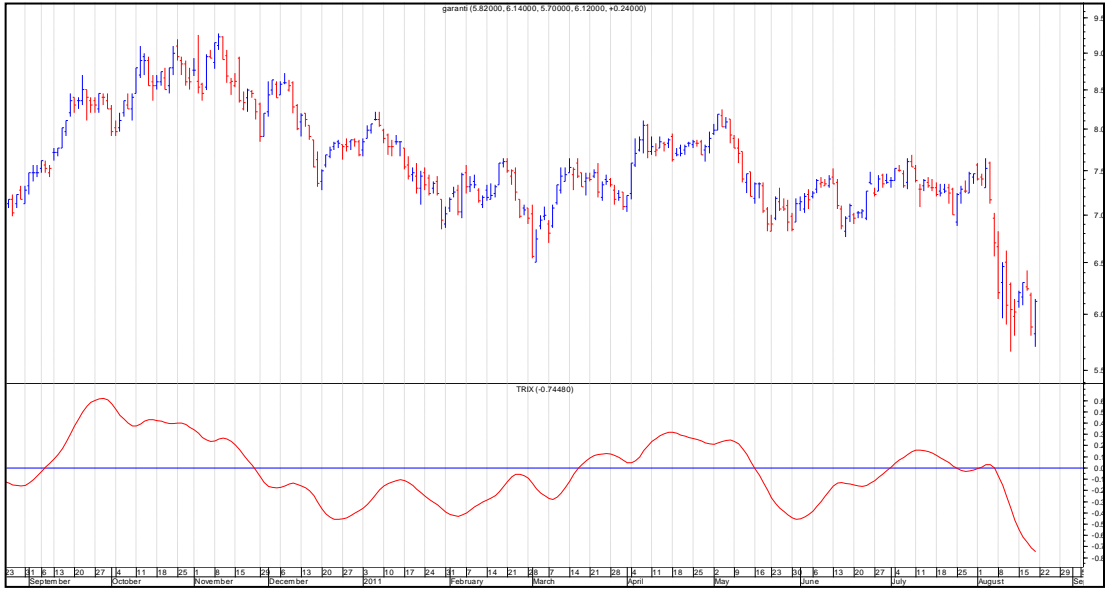
Belirlenen zaman süresi için kapanış fiyatlarının n günlük üssel hareketli ortalaması alınır ve yeni bir seri elde edilir. Daha sonra elde edilen bu serinin tekrar n günlük üssel hareketli ortalaması alınır ve yeni bir seri elde edilir. Elde edilen bu serinin yine n günlük üssel hareketli ortalaması alınır ve son seri elde edilir. Elde edilmiş bu son serinin yüzde değerleri bulunur ve TRIX göstergesi elde edilir.

⁸¹ Çağırman, s.329.

⁸² Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.111.

TRIX göstergesinde sıfır referans çizgisi çizilmek suretiyle göstergenin bu sıfır çizgisi etrafındaki dalgalanmaları izlenir. Gösterge şayet sıfır çizgisinin üzerinde seyrediyorsa senette yönün yukarıya doğru olduğunu, sıfır çizgisinin altına indiği takdirde de senetteki fiyat hareketlerinin aşağı doğru olduğu düşünülmelidir.

Alım ve satım kararları için kendisinden daha düşük gün sayılı (örneğin, 5, 7, 9 gün gibi) sinyal çizgisi dediğimiz hareketli ortalama kullanılmalıdır. Sinyal çizgisi, TRIX göstergesini yukarı yönde kestiğinde satış sinyali, aşağı yönde kestiğinde ise alım sinyali oluşmaktadır.⁸³



Grafik 2.18: TRIX Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.3.4 Volatilité

Borsadaki fiyatların hangi yöne hareket edeceklerini tahmin edebilmek için çok sayıda teknik gösterge geliştirilmiştir. Aynı zaman dilimi için hazırlanan teknik göstergeler birbirini tamamlar niteliktedir. Ancak fiyatın tahmin edilen yönde hangi hızla hareket edeceği bu göstergelerden anlaşılmaz.⁸⁴ Volatilité, fiyatların gitmekte oldukları yönlere gidiş hızlarını, başka bir deyişle de fiyatlardaki oynaklığı tespit etmeye, tanımlamaya yaramaktadır. Fiyatların hızlı ve oynak olduğu dönemlerde aşağı

⁸³ Çağırman, s.330.

⁸⁴ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.130.

ve yukarı yöndeki hareketler Volatilite'yi artırırken, fiyatların durgunluk sergilediği, sakin olduğu dönemlerde ise Volatilite azalmaktadır.⁸⁵

Fiyatlardaki Volatilite'yi ölçmek için farklı uygulamalar geliştirilmiştir. Bunlardan birisi standart sapma göstergesidir. Standart sapma, fiyatlardaki dalgalanma miktarını ölçmek için geliştirilmiş olan istatistiksel bir göstergedir. Bu göstergeyi yorumlarken dikkat edilmesi gereken en önemli özellik, standart sapma göstergesi, sadece fiyatların yükselip zirvelere ulaştığında değil, aynı zamanda fiyatların aniden yön değiştirip düşmeye başlamaları halinde de yükselmektedir. Standart sapmanın yükselmesiyle birlikte fiyatlar ya hızla yükselmeye başlayacak ya da hızla düşmeye başlayacaktır.⁸⁶

Standart sapma şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$\text{Standart Sapma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{Kapanış} - B.H.O)^2}{n}}$$

Formülde n, belirlemiş olduğumuz gün sayısını göstermektedir. Basit hareketli ortalama ise, belirlenen gün sayısına göre kapanış fiyatlarının basit hareketli ortalaması hesaplanarak bulunur ve formülde yerine konulur.

Marc Chaikin, Volatilite'nin tespiti için başka bir gösterge geliştirmiştir. Chaikin bu göstergesini, en yüksek fiyat ile en düşük fiyat seviyeleri arasındaki alanın geçmişteki herhangi bir günle olan ilişkisini değerlendirmek suretiyle hazırlamıştır. Günün en düşük fiyatı, en yüksek fiyatından çıkarılır. Buradan elde edilen rakamın meydana getirdiği alan değerinin belirlenen gün sayısındaki hareketli ortalaması alınır. Bu şekilde elde edilen değerlerle de Rate of Change hesaplaması yapılarak gösterge elde edilir.⁸⁷ Göstergede genellikle hareketli ortalama 10-15 günlük ve Rate of Change değeri de 8-12 gün arasında kullanılmaktadır.

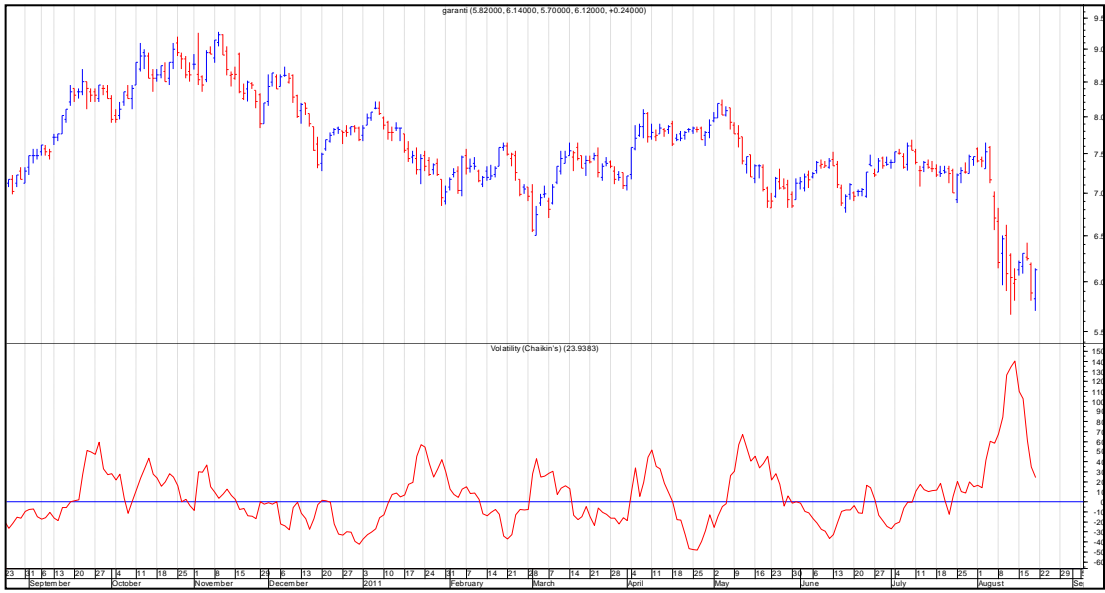
Volatility Chaikin'i değerlendirirken, dikkat edilmesi gereken, gösterge fiyatların yükselmesiyle her seferinde daha değişik yerlerde zirveler oluşturur.

⁸⁵ Çağırman, s.333.

⁸⁶ Çağırman, s.334.

⁸⁷ Çağırman, s.336.

Göstergenin bir önceki zirvesi baz alınarak kesinlikle aşırı alım bölgesinde olduğuna dair bir yorum yapılmamalıdır. Ancak her senet için değişik gün sayıları kullanılarak geçmişle ilgili kıyaslamalar yapılmalıdır. Aşırı yukarılara gitmiş göstergenin artık riski işaret ettiği unutulmamalıdır. Volatilitenin düşük olduğu seviyelerde yapılan alımlarda risk çok az olacaktır. Özellikle de göstergenin belirli seviyelerde bir dip oluşturduktan sonra tekrar yükselmeye başlaması, senedin durgunluk döneminin bitip, yeni bir fiyat hareketinin başlayacağına yorumlanır.⁸⁸



Grafik 2.19: Volatility Chaikin Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.3.5 Directional Movement

J. Welles Wilder tarafından geliştirilen Directional Movement, diğer tüm göstergelerden farklı olarak fiyatlardaki hareketin yönüyle değil, var olan hareketin devam edip etmeme eğiliminde olup olmadığıyla ilgilendir.⁸⁹

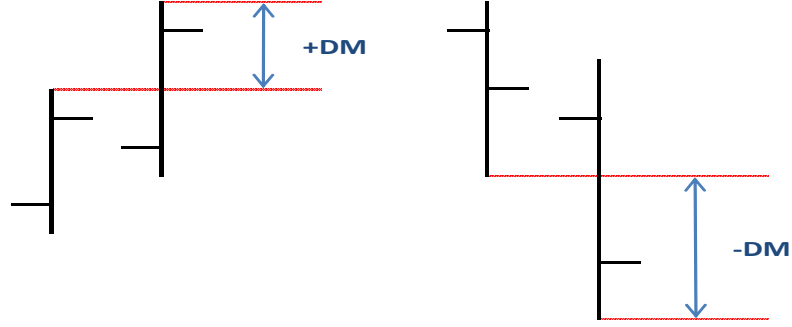
Directional Movement (DM), DX (Directional Movement Index), ADX (Average Directional Movement), ADXR (Average Directional Movement Index Rating) ve +/- DI (Plus/Minus Directional İndicator) gibi birçok türev göstergenin çıkış noktasıdır. DM'den gelen sinyaller bir trendin var olup olmadığını, o trendin hangi

⁸⁸ Çağırman, s.337.

⁸⁹ Apaydın, s.110.

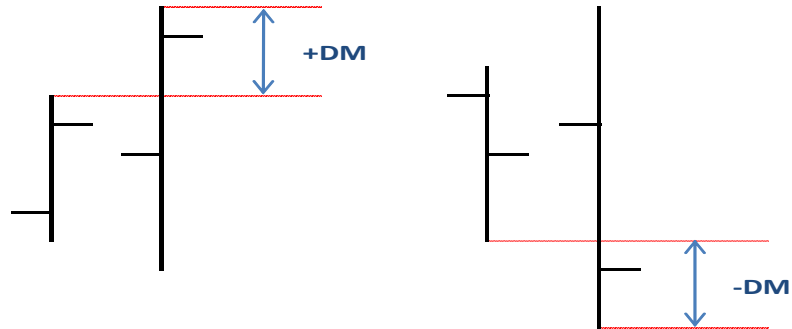
aşamasında olduğumuzu, trendin yönünü ve kuvvetini açıkça gösterebildiğinden, yatırımcı içinde bulunduğu koşulları hangi tür göstergeleri, hangi şekillerde kullanacağını daha akıllıca tayin edebilir.⁹⁰

DM, son günün işlem aralığının dünkü işlem aralığının dışında kalan kısmıdır.



Şekil 2.3: DM Hesaplanması 1

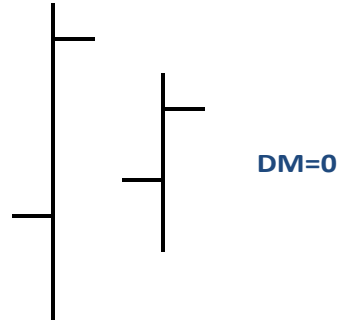
Eğer son günün en yükseği bir önceki günün en yüksekinin üzerinde ve son günün en düşüğü bir önceki günün en düşüğünün altında ise hem +DM hem de -DM olacaktır. Bu durumda DM için hangisi büyükse o alınır.



Şekil 2.4: DM Hesaplanması 2

Son günün en yüksekinin bir önceki günün en yüksekinin altında ve son günün en düşüğünün bir önceki günün en düşüğünün üzerinde olduğu günlerde DM sıfırdır.

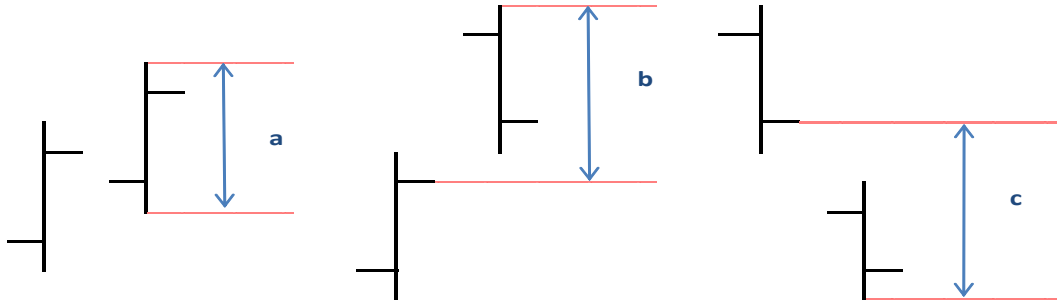
⁹⁰ Perşembe, *Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende!* 3, s.159-160.



Şekil 2.5: DM Hesaplanması 3

DI, DM'nin TR (True Range)'e bölünmesiyle bulunur. TR her ne kadar gün içindeki fiyat aralığı gibi düşünülse de hesaplanmasında aşağıda verilen üç ayrı olasılıktan en büyüğü kullanılır.

- Son günün en yükseği – Son günün en düşüğü
- Son günün en yükseği – Dünkü kapanış
- Dünkü kapanış – Son günün en düşüğü



Şekil 2.6: True Range

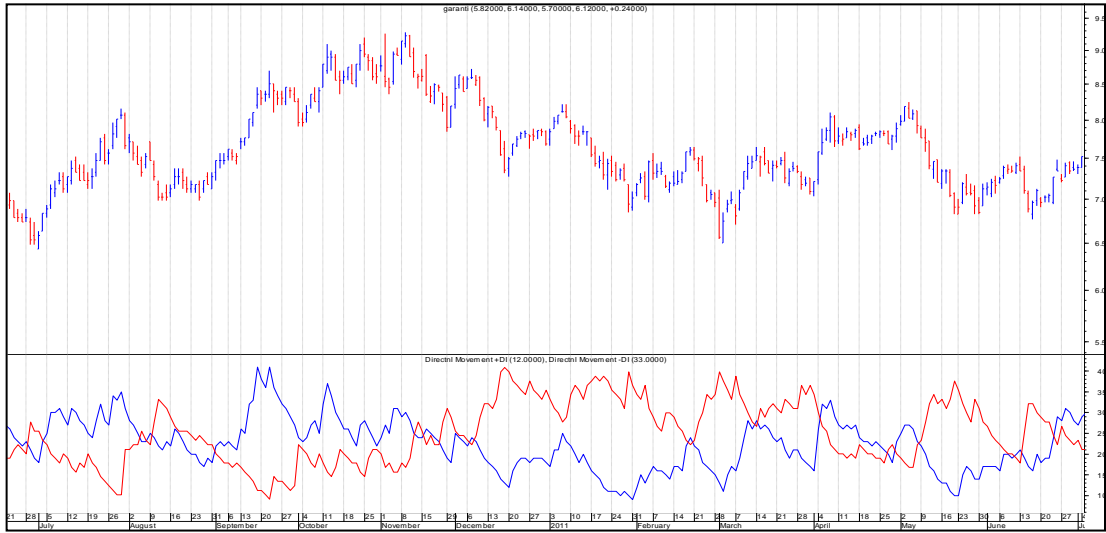
Bu şekilde bulunan 3 değerın en büyüğü ile sistemin ilk göstergesi olan +DI ve -DI hesaplanır. +DI, n günlük dönem için toplanan +DM değerlerinin yine n günlük dönem için toplanan TR değerlerine bölünmesiyle elde edilir. Burada Wilder n için 14

periyodunun kullanılmasını önermektedir. Bu durumda +DI ve -DI hesaplaması şu şekilde gösterilir:⁹¹

$$+DI = +DM(14)/TR(14)$$

$$-DI = -DM(14)/TR(14)$$

+DI piyasada yukarı doğru olan baskının, -DI ise aşağı doğru olan baskının gücünü ölçer. Piyasa yukarı trend yapma eğilimindeyse +DI yükselecek, -DI düşecektir. Piyasa aşağı trend yapma eğilimindeyse -DI yükselecek, +DI düşecektir. +DI ile -DI arasındaki mesafe iyice kapanmış ve bu iki çizgi hem birbirine çok yakın seyredip hem de devamlı kesişiyorlarsa, piyasada trendsizlik (yatay ve sıkışık) var demektir.⁹² Wilder bu iki çizginin kesişmelerinden sinyal üretilebileceğini söyler ve +DI, -DI'yı yukarı kestiğinde alım, -DI, +DI'yı yukarı kestiğinde satış yapılabilir.⁹³



Grafik 2.20: +DI ve -DI Göstergeleri

Kaynak: Metastock Professional 7.2

+DI ve -DI'nın iki zaafı bulunmaktadır. Bu zaafar sinyallerin geç gelmesi ve trendin olmadığı yatay piyasalarda oluşan aşırı sayıdaki kesişmenin zararları ve işlem maliyetlerini artırmalarıdır. Wilder, bu iki zaafı engellemek için ADX çizgisini

⁹¹ Özekşi, s.309-311.

⁹² Perşembe, **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende! 3**, s.163-165.

⁹³ Önder Akca, "Hisse Senedi Piyasasında Teknik Analiz Yönteminin Güvenilirliğinin Test Edilmesi", (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi SBE, 2005), s.65.

hesaplar.⁹⁴ ADX'in hesaplanmasında öncelikle DX hesaplanır. DX ise +/- DI'ların toplamlarının farklarına bölünmesiyle elde edilir.

$$DX = \frac{|(+DI) - (-DI)|}{(+DI) + (-DI)} \times 100$$

Elde edilen bu DX alım satım sinyalleri üretmekten çok piyasada bir trendin olup olmadığını belirlemeye yöneliktir. Ancak oldukça hareketli bir yapıya sahip olan DX göstergesini daha yumuşatarak kullanışlı bir hale getirebilmek için 14 günlük ortalaması alınır ve ADX elde edilir. ADX eğrisi trendin yönünü göstermeyen ve sadece trendin kuvvetini gösteren bir eğridir.⁹⁵ ADX göstergesinin alçalmaya başladığı veya yatay geliştiği dönemlerde hisse senedinde trendin zayıfladığı veya olmadığı kabul edilir. Bu dönemde kısa vadeli iniş çıkışlar görüleceği için kısa vadeli göstergeler daha faydalı sonuç verir. ADX için aşırı bölgeler yoktur. 0 ile 100 değerleri arasında dolaşır. 0-20 değerleri arası yeni bir trendin başlangıç yeridir. ADX değerlerinin artmaya başlaması trendin güçlü olduğunu gösterir. Uzun süren trendlerde ADX göstergesi ender zamanlarda 70 değerine kadar ulaşabilir.⁹⁶

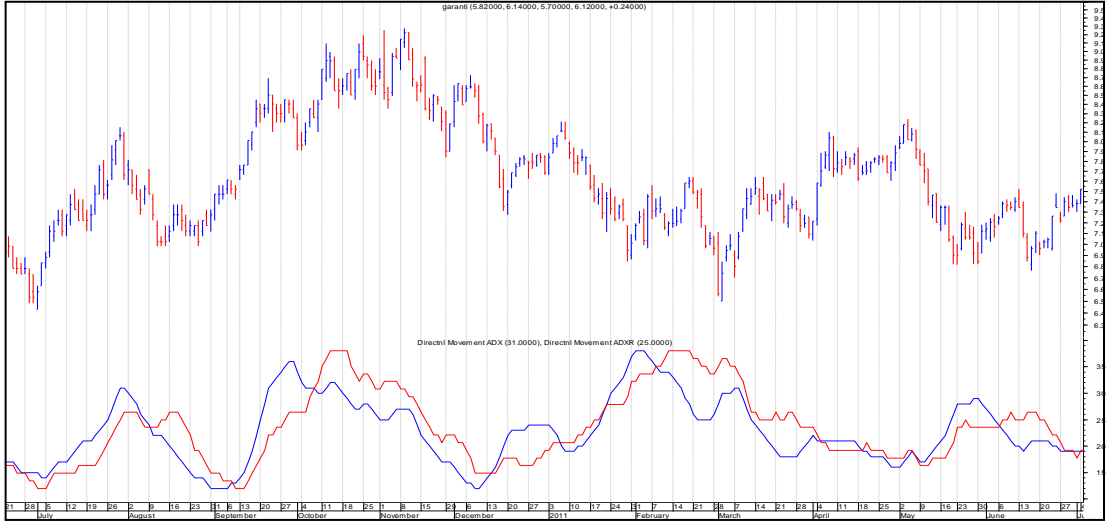
ADXR ise, ADX göstergesinden yararlanılmak suretiyle hazırlanmaktadır. ADX göstergesinin bugünkü değeri ile 14 gün önceki değeri toplanır ve ikiye bölünür. Bu şekilde ADXR elde edilir. ADX ve ADXR göstergeleri üst üste çizilmek suretiyle kullanılabilir ve bu şekilde trendin gücü hakkında ciddi fikirler edinilebilir. Birbirlerini kesmeleri halinde alım ve satım kararları verilmez. ADX'in ADXR'den uzaklaşması trendin gücü hakkında bize fikir vermektedir.⁹⁷

⁹⁴ Perşembe, **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende!** 3, s.165-166.

⁹⁵ Özekşi, s.311-313.

⁹⁶ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.141.

⁹⁷ Çağırman, s.342.



Grafik 2.21: ADX ve ADXR Göstergeleri

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.4. İşlem Miktarının İzlenmesinde Kullanılan Göstergeler

İşlem miktarlarının takibi ve incelenmesi gelecekte oluşacak olan fiyat hareketlerinin tespiti ve bu fiyat hareketlerinin yönlerinin belirlenmesi bakımından oldukça önemlidir. Senedin fiyatı yükselirken işlem miktarının da artmış olması senede gelen talebin fazlalığını yansıtmaktadır. Senedin fiyatı düşerken de işlem miktarının azalması satıcıların gönülsüz olduğunu göstermektedir. Fiyatlar düşerken işlem miktarının fazla olması ise, senetteki satıcıların yoğunluğuna, yani arzın fazlalığına işarettir.⁹⁸

2.3.4.1. On-Balance Volume

İşlem miktarları, fiyat grafikleri ile birlikte incelenir ve yorumlanırlar. Günlük işlem miktarlarından yararlanılarak yapılan göstergelerden en yaygın kullanılan On-Balance Volume (OBV)'dir. 1970'li yıllarda Joseph E. Granville tarafından geliştirilmiştir. On-Balance Volume indikatörü değişen fiyatlar karşısında arz ve talebin değişikliğini saptar. Temel prensibi, yükselen fiyatta işlem miktarının toplanması, düşen fiyatta ise işlem miktarının çıkartılmasıdır.⁹⁹

⁹⁸ Çağırman, s.349.

⁹⁹ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.151-152.

Göstergenin hesaplanmasında ilk olarak, başlangıç günündeki senet fiyat ve işlem hacimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bunlar belirlendikten sonra göstergenin hazırlanması şu şekilde olacaktır:¹⁰⁰

Bugünkü kapanış fiyatı, dünün kapanış fiyatına eşit olacak olursa;

$$\text{Bugünkü OBV değeri} = \text{Dünkü OBV değeri}$$

Bugünkü kapanış fiyatı, dünkü kapanış fiyatından daha yüksek ise;

$$\text{OBV} = \text{Dünkü OBV} + \text{Bugünkü işlem miktarı}$$

Bugünkü kapanış fiyatı, dünkü kapanış fiyatından daha düşük ise;

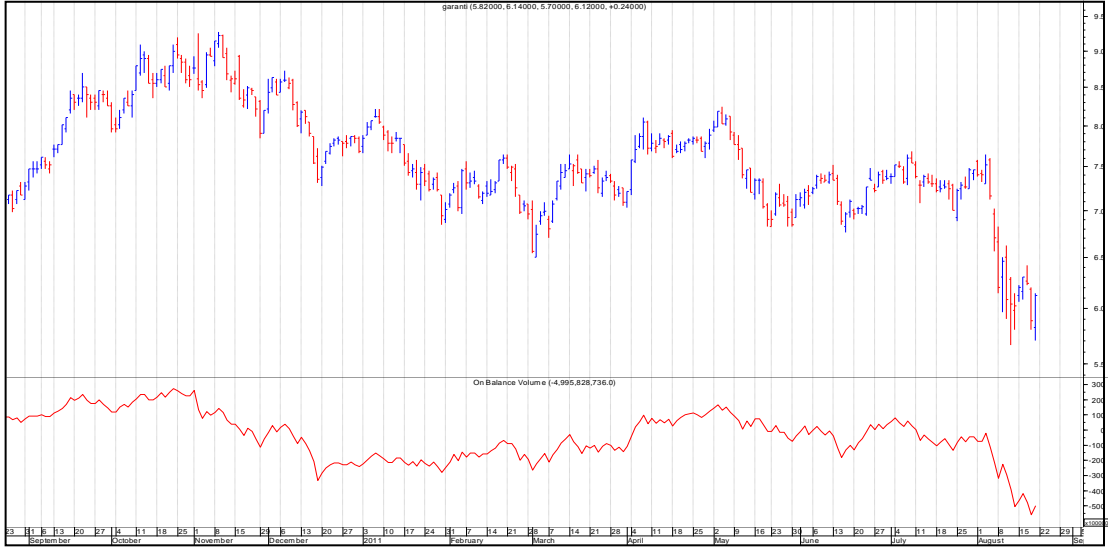
$$\text{OBV} = \text{Dünkü OBV} - \text{Bugünkü işlem miktarı}$$

OBV grafiği, tek başına ya da ulaştığı değer açısından bir anlam taşımaz. Ancak ilişkide bulunduğu hisse senedinin fiyat grafiği ile birlikte değerlendirilir. Göstergenin ulaştığı değer işlem miktarının kümülatifi olduğu için çok büyük değerlere ulaşabilir.¹⁰¹ Genellikle göstergenin fiyat grafiği ile birlikte hareket etmesi halinde senedin trendini desteklerken tersine, OBV'nin senetteki fiyat hareketiyle uyumsuzluk göstermesi diğer birçok teknik göstergede olduğu gibi senette olabilecek bir trend değişikliğinin işaretçisi olarak değerlendirilmektedir.¹⁰²

¹⁰⁰ Çağırman, s.350.

¹⁰¹ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.159.

¹⁰² Çağırman, s.352.



Grafik 2.22: On-Balance Volume Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.4.2. Negatif ve Pozitif İşlem Miktarı Endeksi

İşlem miktarının, fiyatın güne göre alıldığı günlerle yükseldiği günlerde farklı değerlendirilmesi alıcı ile satıcının güçlerini ölçmekte kullanılır. Fiyat değişikliğine bakılmaksızın yalnızca işlem miktarında değişme olduğu günlerdeki işlem miktarları ile ayrı göstergeler geliştirilmiştir.¹⁰³

Pozitif işlem hacmi endeksi (PVI) alım gücünün yükselişe sebep olduğu günlerdeki işlem miktarlarından yararlanmak suretiyle hazırlanırken, Negatif işlem hacmi endeksi (NVI) ise, hisse senedinin satıcıların gücü ile düşmekte olduğu günlerdeki işlem miktarından yararlanılarak hazırlanır.¹⁰⁴

Pozitif işlem hacmi endeksi ile Negatif işlem hacmi endeksi birbirlerinden bağımsız olarak hazırlanan iki farklı göstergedir. PVI'da sadece işlem miktarının önceki günlere göre arttığı günlerdeki gösterge değeri hesaplanırken, NVI'da ise işlem miktarının önceki günlere göre düşük kaldığı günlerdeki gösterge değeri hesaplanmaktadır.¹⁰⁵

¹⁰³ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.161.

¹⁰⁴ Çağırman, s.355.

¹⁰⁵ Çağırman, s.355.

Bugünkü işlem miktarı, dünkü işlem miktarına göre artmış ise;

$$PVI = \text{Dünkü PVI} + \frac{\text{Bugünkü Kapanış} - \text{Dünkü Kapanış}}{\text{Dünkü Kapanış}} \times \text{Dünkü PVI}$$

Bugünkü işlem miktarı, dünkü işlem miktarına eşit ya da küçükse;

$$\text{Bugünkü PVI} = \text{Dünkü PVI}$$

Bugünkü işlem miktarı, dünkü işlem miktarından daha az ise;

$$NVI = \text{Dünkü NVI} + \frac{\text{Bugünkü Kapanış} - \text{Dünkü Kapanış}}{\text{Dünkü Kapanış}} \times \text{Dünkü NVI}$$

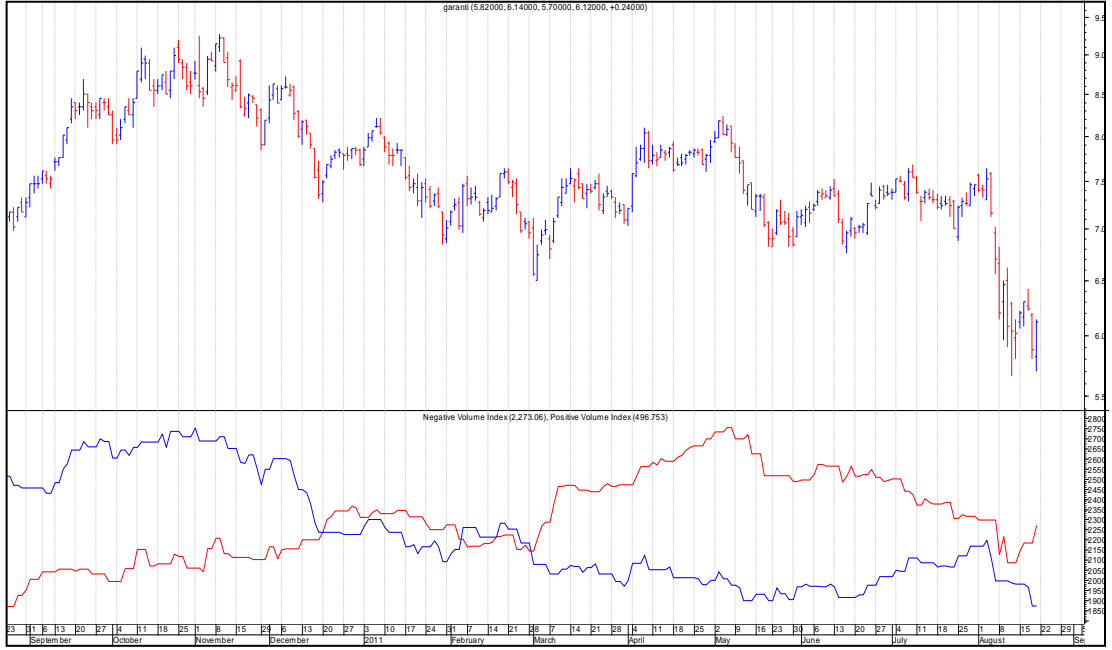
Bugünkü işlem miktarı, dünkü işlem miktarına eşit ya da büyükse;

$$\text{Bugünkü NVI} = \text{Dünkü NVI}$$

olacaktır.

Her iki göstergede özellikle disipline olmamış yatırımcıların davranışlarını izlemek üzere kullanılır. NVI özellikle uzun düşüş trend sonlarında ana dönüşü gösteren ciddi bilgiler içerir. NVI değerinin, 200 günlük ortalamasının üzerine çıkması, hisselerin toplandığının belirtisidir. Kısa vadeli analizde, fiyat gerilerken PVI'nın düşmemesi veya yükselmesi hissenin güçlü ellerde toplandığını ifade eder. Yükseliş belirtisidir. PVI indikatörünün alçalmakta oluşu ise profesyonellerin o hisseden uzaklaşmakta olduğunu anlatır. Fiyat yükselirken NVI'da yükseliyorsa hissenin zayıf ellerde toplanmakta olduğu kabul edilir. Düşüş belirtisidir.¹⁰⁶

¹⁰⁶ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.168.



Grafik 2.23: Negatif ve Pozitif İşlem Miktarı Endeksi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

2.3.4.3. Akümülyasyon / Distrübüsyon

Hisse senedinin veya paranın kimlerde toplandığı ya da dağıtıldığı hususu teknik analiz açısından çok önemlidir. Zira senedin gelecekteki yönünü belirlemek açısından bizlere yardımcı olacaktır. Güçlü ellerin hisse senedini toplamaları esnasında veya toplandıktan hemen sonra senet değeri kazanmaya başlar. Oysa, güçlü ellerin hisse senedini dağıtmaları esnasında veya dağıtıttıktan kısa bir süre sonra da küçük yatırımcının gücü fiyatları yukarıya taşımaya yetemeyeceği için senet değeri kaybetmeye başlayacaktır. İşte hisse senedinin Akümülyasyonu denilince senetlerin toplanması, biriktirilmesi anlamı çıkarılırken, Distrübüsyonu denilince de dağıtılması anlamı çıkarılmaktadır.¹⁰⁷

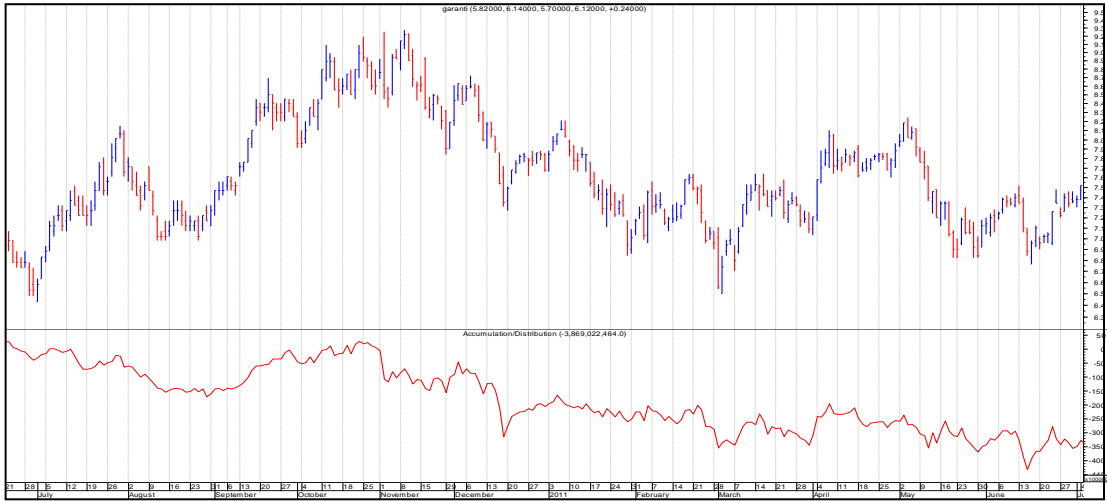
¹⁰⁷ Çağırman, s.366.

Akümülyasyon/Distrübüsyon göstergesinin temelinde bir günlük çubuk vardır. Günün en yükseği, en düşüğü ve kapanış fiyatı arasındaki ilişki hisse senedinin toplanmakta veya dağıtılmakta olduğuna ışık tutar.¹⁰⁸

Genel formülü şöyledir:

$$A/D = \frac{(Kapanış - Düşük) - (Yüksek - Kapanış)}{Yüksek - Düşük} \times İşlem miktarı$$

Basit bir anlatımla göstergenin yükselmesi senedin toplandığını, düşmesi ise senedin dağıtıldığını işaret etmektedir. Göstergenin izlenmesinde senet fiyatları ile olan uyumsuz hareketler incelenmelidir. Senet her seferinde daha aşağı seviyelerde dip yaparken göstergenin her seferinde yükselen dipler oluşturması, bize senedin toplandığının önemli işaretlerini verecektir. Tersine senet fiyatları yükselirken dip seviyeler daha yukarılarda oluşuyor, gösterge ise aşağı yöne doğru meyilli görünüyorsa, bu da bize senetten çıkılmaya başlandığının, yani senedin dağıtıldığının işaretlerini verecektir.



Grafik 2.24: Akümülyasyon / Distrübüsyon Göstergesi

Kaynak: Metastock Professional 7.2

¹⁰⁸ Sarı, **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**, s.170.

BÖLÜM 3: YAPAY SİNİR AĞLARI

Tezin konusunu oluşturan istatistiksel bir yöntem olan yapay sinir ağları bu bölümde detaylı olarak anlatılmış, kuramsal alt yapısı hakkında bilgi verilmiştir.

3.1. YAPAY SİNİR AĞLARINA GİRİŞ

Yapay sinir ağları, insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığıyla birbirine bağlanan ve her biri kendi belleğine sahip işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır.¹⁰⁹ Bir başka deyişle, YSA, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar programlarıdır.

YSA; deneyime dayalı bilgiyi depolamaya ve bu bilgiyi kullanıma sunmaya yönelik doğal bir eğilim içinde olan yoğun paralel dağıtılmış bir işlemcidir. Bilgi, ağ tarafından bir öğrenme süreci ile elde edilmekte ve sinir hücreleri arasında snaptik ağırlıklar olarak adlandırılan nöronlar arası bağlar bilgiyi depolamakta kullanılmaktadır.¹¹⁰

YSA, birbirleri ile bağlantılı yapay sinir hücrelerinden oluşan bir sistemdir ve biyolojik sinir hücresinin işleyişinin matematiksel olarak modellenmesi amacı ile geliştirilmiştir. Bu modellemede aşağıdaki varsayımları temel almaktadır:¹¹¹

- Bilgi işleme süreci nöron olarak adlandırılan basit elemanlardan meydana gelir.
- Sinyaller nöronlar arasındaki bağlantılar ile iletilirler.
- Nöronlar arasındaki her bir bağlantı bir ağırlık değerine sahiptir.
- Her bir nöronun net çıktısı, net girdisinin bir aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi ile elde edilir.

¹⁰⁹ Çetin Elmas, *Yapay Zekâ Uygulamaları*, Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2007, s.23.

¹¹⁰ Simon Haykin, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, New Jersey: Prentice-Hall, 1999, s.2.

¹¹¹ Coşkun Hamzaçebi, *Yapay Sinir Ağları*, Bursa: Ekin Yayınevi, 2011, s.11.

3.1.1. Yapay Sinir Ağlarının Tarihçesi

İlk yapay sinir ağ modeli 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. Bir nörobiyolojist olan Warren McCulloch ve bir istatistikçi olan Walter Pitts, “Sinir Aktivitesindeki Düşüncelere Ait Bir Mantıksal Hesap” başlıklı bir makale ile ilk dijital bilgisayarlara ışık tutmuştur. McCulloch ve Pitts, insan beyninin hesaplama yeteneğinden esinlenerek, elektrik devreleriyle basit bir sinir ağı modellemişlerdir. Yapay sinir hücreleri ile her türlü mantıksal ifadeyi formülize etmenin mümkün olduğunu göstermişlerdir.

1949 yılında, Donald Hebb “Organization of Behavior” isimli kitabında, öğrenme ile ilgili temel teoriyi ele almıştır. Hebb, yapay hücrelerden oluşan bir yapay sinir ağının değerlerini değiştiren bir öğrenme kuralı geliştirmiştir.

Minsky ve Papert, “Perceptron” isimli kitaplarında özellikle yapay sinir ağlarına dayalı algılayıcıların bilimsel değerinin olmadığını ve doğrusal olmayan problemlere çözüm üretemediğini iddia etmişler ve bunu kanıtlamak için XOR probleminin çözülemediğini ispatlamışlardır. Bunun için iki katmanlı ileri beslemeli ağların kullanılabilceğini ileri sürmüşler ve tek katmanlı ağlardaki birçok sınırlamayı ortadan kaldırdığını göstermişlerdir. Fakat gizli katmanların ağırlıklarının nasıl değiştirileceği konusunda bir yöntem önerememişlerdir. Bu soruna Rumelhart ve arkadaşları geri yayılım yöntemi ile çözüm getirmişlerdir.¹¹²

Tek katmanlı ağların birçok konuda yetersiz kaldığının Minsky ve Papert tarafından gösterilmesi yapay sinir ağları üzerindeki çalışmalarını bir süre durdurmuştur. Hatta bu olumsuz gelişmeler birçok araştırmacının hayal kırıklığına uğramasına sebep olmuştur. Bu durgunluk 1970’li yılların başından 1980’li yıllara kadar devam etmiştir. Bu tarihler arasında bazı bilim adamları çalışmalarını kendi kişisel gayretleriyle sürdürmeye devam etseler de önemli bir ilerleme sağlanamamıştır. 1986 yılında Rumelhart ve arkadaşları tarafından çok katmanlı algılayıcı tipi ağlar için “geri yayılma” olarak adlandırılan öğrenme algoritması geliştirilmiştir. Bu algoritma güçlü olmakla birlikte oldukça karmaşık matematik esaslara dayanmaktaydı. Bu algoritmanın

¹¹² Elmas, s.16.

etkin bir öğrenmeyi mümkün kılma yeteneği dikkatleri üzerine çekmiştir. Günümüzde dahi en çok kullanılan öğretim sistemlerinden biri olan bu algoritmanın ortaya çıkarılması yapay sinir ağları alanında çığır açmıştır.¹¹³

3.1.2. Yapay Sinir Ağlarının Temel Özellikleri

YSA'nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısı, öğrenme ve genelleme yapma yeteneği, farklı problemler için uyarlanabilirliği, hata toleransına sahip olmasından aldığı söylenebilir. Günümüzde YSA'nın bu özellikleri birçok bilim alanında tercih edilmesine neden olmuştur.

- **Doğrusal olmama**

YSA'yı oluşturan yapay sinir hücresi için tercih edilen aktivasyon fonksiyonu sayesinde YSA'nın doğrusal ya da doğrusal olmayan modellemeyi gerçekleştirmesi sağlanır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde önemli bir araç olmuştur.

- **Öğrenme**

YSA, özellikleri verilen örnekler yoluyla veri yapısındaki gizli ilişkileri ortaya çıkarmaya çalışır. Bu işlem, ağın öğrenmesi olarak adlandırılır. Öğrenme işlemi aslında YSA'yı meydana getiren yapay sinir hücreleri arasındaki bağlantıların ağırlıklarının belirlenmesi işlemidir.¹¹⁴

- **Genelleme**

YSA, öğrenme yeteneği sayesinde bilinen örnekleri kullanarak daha önce karşılaşılmamış durumlarda genelleme yapabilmektedir.

¹¹³ Zekai Şen, **Yapay Sinir Ağları İlkeleri**, İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2004, s.13.

¹¹⁴ Hamzaçebi, s.18.

- **Uyarlanabilirlik**

Belirli bir probleme göre eğitilen YSA, problemdeki değişmelere göre tekrar eğitilebilmekte, değişimler devamlı ise gerçek zamanlı olarak eğitime devam edilebilmektedir.

- **Hata Toleransı**

YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğu için paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağına doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez.¹¹⁵

3.2. YAPAY SİNİR AĞLARININ YAPISI VE TEMEL ELEMANLARI

Önceki bölümlerde yapay sinir ağlarına genel bir giriş yapılmış, tanımı, özellikleri ve tarihsel gelişimi incelenmiştir. Bu bölümde ise yapay sinir ağlarının yapısı ve temel elemanları incelenecektir. Yapay sinir ağlarını tanımlarken yaptığımız tanımlardan biri, “beyni oluşturan sinir hücrelerini (nöron) matematiksel olarak taklit ederek akıllı bir sistem oluşturmaya çalışan bir yapay zekâ yöntemi” idi. O nedenle öncelikle biyolojik sinir sistemine göz atmakta yarar vardır.

3.2.1. BİYOLOJİK SİNİR HÜCRESİ

Sinir sisteminin bir parçası ve ortalama 1,5 kg. ağırlığındaki insan beyinde, tahminen 10^{10} adet sinir hücresi ve 6.10^{13} 'ten fazla sayıda bağlantısı olduğu söylenmektedir. Öğrenme, hatırlama, düşünme, algılama gibi tüm bilişsel davranışları da içeren, her türlü insan davranışının temelinde bu sinir (nöron) hücreleri bulunmaktadır. Tipik bir sinir hücresinin dört kısmı vardır:¹¹⁶

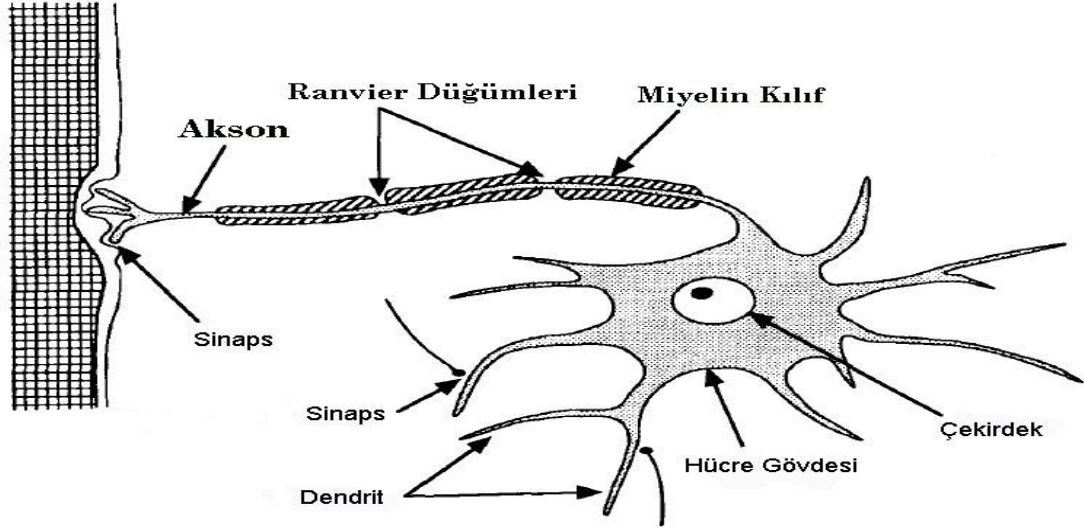
- Hücre Gövdesi
- Akson

¹¹⁵ Barış Bilen Vural, “Yapay Sinir Ağları İle Finansal Tahmin”, (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi SBE İşletme Anabilim Dalı, 2007), s.32.

¹¹⁶ Behçet Oral, **Öğrenme Öğretme Kuram ve Yaklaşımları**, Ankara: Pegem Akademi, 2011, s.

- Dendritler
- Sinapslar

Şekil 3.1’de merkezi sinir sistemindeki tipik bir sinir hücresinin ana bileşenleri gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Biyolojik Sinir Hücresi

Kaynak: James A. Freeman, David M. Skapura, **Neural Networks: Algorithms, Applications and Programming Techniques**, USA: Addison-Wesley Publishing, 1991, s.8.

Tipik bir sinir hücresinin başlıca yapıları, dendritler, hücre gövdesi ve tek bir aksondur. Nöronlardaki akson, miyelin kılıfı adı verilen ince bir zarla etrafı çevrilidir. Bu miyelin kılıfı, periyodik uzunlukta Ranvier düğüm ile engellenir. Sinapslar, bir nöronun aksonlarından, diğer nöronun çeşitli kısımlarına bağlanır. Nöronun zarı, hücre dışındaki sıvıyı, hücre içi plazmadan ayırır. Zar, belirli iyonik yapıları geçirgen özellikte ve hücre dışı sıvı ile hücre içi sıvı arasındaki potansiyel (elektriksel) farklılığı korumakta rol oynar.

Sinir hücreleri arasındaki iletişim sinapslar yardımıyla elektro-kimyasal olarak gerçekleşir. Alıcı durumunda bulunan sinir hücresindeki kimyasal faaliyet, bazı iyonların daha kolay geçmesini sağlayacak şekilde zarın geçirgenliğini değiştirir. Uyarı durumunda, hücre zarının geçirgenliğinin değişmesi sonucunda hücre içerisine daha kolay akan pozitif iyonlar, sinir hücresinin depolarize olmasını sağlayıp, bu hücrede de

sinirsel bir akımın başlamasına yol açar. Engelleyici durumda ise, negatif iyonlar sinir hücrelerini daha da polarize ederek sinirsel akımın durmasını sağlarlar.¹¹⁷

3.2.2. İLK YAPAY SİNİR HÜCRESİ : McCULLOCH-PITTS NÖRON

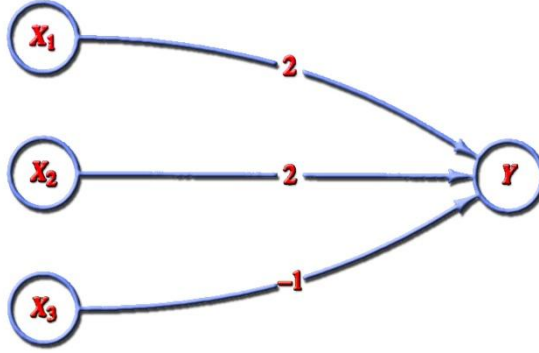
Yapay sinir hücresi konusunda ilk çalışmalar 1940'lı yıllarda başlamıştır. 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts, yapay sinir hücresinin aritmetik ya da mantıksal bir fonksiyon için hesaplama yapabildiğini göstermiştir.¹¹⁸ Yaptıkları çalışmada sinir hücrelerini sabit eşik değerli mantıksal elemanlar olarak modellediler. Bir McCulloch-Pitts nöronu için, nöronun aktivasyon fonksiyonu için eşik değer ile birlikte, ağırlıkları belirlenir ve böylece nöron, basit mantıksal fonksiyonları yerine getirebilir. McCulloch-Pitts yapay sinir hücresini modellemede şu 5 varsayımda bulundular:

1. Bir nöronun aktivitesi ya hep ya hiçtir. Bir nöron, herhangi bir zaman diliminde, ya ateşlenir (aktivasyonu 1'dir) ya da ateşlenmez (aktivasyonu 0'dır).
2. McCulloch-Pitts nöronları, yönlü, ağırlıklandırılmış yollar tarafından birbirlerine bağlanmıştır.
3. Eğer yoldaki ağırlıklar pozitif ise bağlantı yolu tetikleyici (uyarıcı)'dır. Aksi takdirde men edicidir. Bir nöronun parçaları içindeki bütün tetikleyici bağlantılar benzer ağırlıklara sahiptir.
4. Her bir nöron sabit bir eşik değere sabittir. Öyleki, eğer nöronun net girişi eşik değerinden daha büyükse, nöron ateşlenir.
5. Eşik değeri sabittir, bu nedenle mutlak men edicidir. Herhangi bir sıfırdan farklı men edici giriş nöronun ateşlenmesini engeller.

Bu kuralların bazıları şekil 3.2 de gösterilmiştir.

¹¹⁷ James A. Freeman, David M. Skapura, **Neural Networks: Algorithms, Applications and Programming Techniques**, USA: Addison-Wesley Publishing, 1991, s.8.

¹¹⁸ Warren S. McCulloch, Walter H. Pitts, **A Logical Calculus of The Ideas Immanent in Nervous Activity**, Bulletin of Mathematical Biophysics, Vol.5, 1943, s. 115-133.



Şekil 3.2: Temel McCulloch-Pitts Nöronu

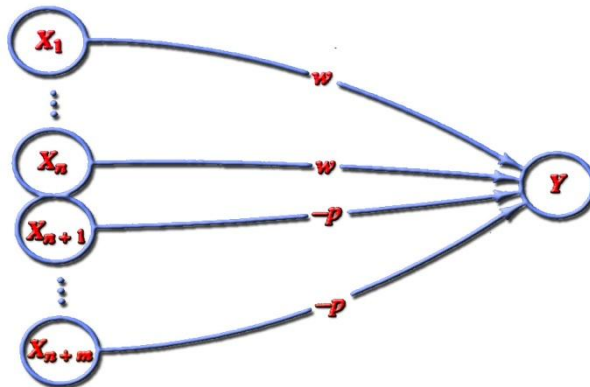
Kaynak: Laurene Fausett, *Fundamentals Of Neural Network*, Prentice Hall, 1993, s.27.

X_1 ve X_2 'den Y 'ye olan bağlantılar tetikleyicidir. Bu tetikleyici bağlantılar benzer (pozitif) ağırlıklara sahiptir. Y biriminin eşik değeri 4'tür, tetikleyici ve men edici ağırlıkların değerleri şekilde gösterilmiştir. Eşik değerinin bu tamsayı değerleri, onun ateşlenmesine izin verir, fakat eğer men edici bağlantı üzerinden sıfırdan farklı bir sinyal alırsa ateşlenmesi engellenecektir.¹¹⁹

3.2.2.1. MİMARİ YAPI VE ALGORİTMA

Genel olarak, bir McCulloch-Pitts nöronu Y , herhangi bir sayıda başka nöronlardan sinyaller alabilir. Bağlantı yollarının her biri ya ($w > 0$ ağırlıklı) tetikleyici ya da ($-p, p > 0$ ağırlıklı) men edicidir.

Şekil 3.3'te Y birimine tetikleyici sinyal gönderen (X_1, \dots, X_n) n tane birim, men edici sinyal gönderen (X_{n+1}, \dots, X_{n+m}) m tane birim bulunmaktadır.



Şekil 3.3: McCulloch-Pitts Nöronunun Mimarisi

Kaynak: Laurene Fausett, *Fundamentals Of Neural Network*, Prentice Hall, 1993, s.28.

¹¹⁹ Laurene Fausett, *Fundamentals Of Neural Network*, Prentice Hall, 1993, s.27.

Y'nin aktivasyon fonksiyonu için,

$$f(Y_{in}) = \begin{cases} 1, & Y_{in} \geq \theta \\ 0, & Y_{in} < \theta \end{cases}$$

kullanılır.

Burada Y_{in} toplam alınan giriş sinyali, θ eşik değerdir. θ , eşik değerini belirlerken herhangi bir men edici sinyalin nöronun ateşlenmesini engellemesi için,

$$\theta > nw - p$$

eşitsizliğinin sağlanması gerekir. Eğer hiç men edici giriş yoksa, k veya daha fazla sayıda tetikleyici sinyal alındığında birimin ateşlenmesi için,

$$kw \geq \theta > (k - 1)w$$

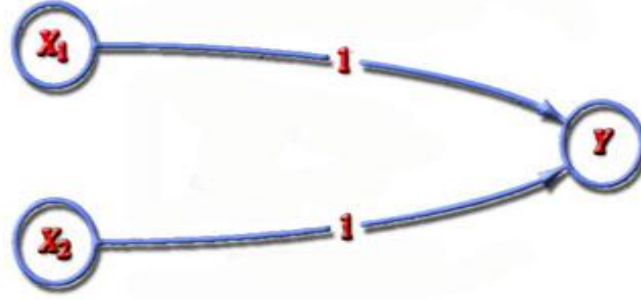
eşitsizliği kullanılır.

Bir McCulloch-Pitts nöron için, nöronun aktivasyon fonksiyonuna ait eşik değer ile birlikte ağırlıklar belirlenir. Böylece nöron temel mantık fonksiyonlarını yerine getirecektir. Analiz boyunca, belirlenen eşik değeri ve ağırlık değerleri kullanılır. Temel fonksiyonlar için tanımlanan ağlar örnek olarak aşağıda gösterilmiştir. Burada ikili yapıda “Ve”, “Veya” ve XOR fonksiyonları tanımlanmıştır. Her bir örnekte eşik değeri 2'dir. Bu fonksiyonların her birinin 2 girişi (X_1 ve X_2) ve tek çıkışı (Y) vardır.¹²⁰

“Ve” fonksiyonu, eğer iki girişte “Doğru” ise “Doğru”, aksi halde “Yanlış” yanıtını verir. Burada “Doğru” 1 ile “Yanlış” 0 ile temsil edilmiştir.

¹²⁰ Fausett, s.29-31.

X_1	X_2	Y
1	1	1
1	0	0
0	1	0
0	0	0

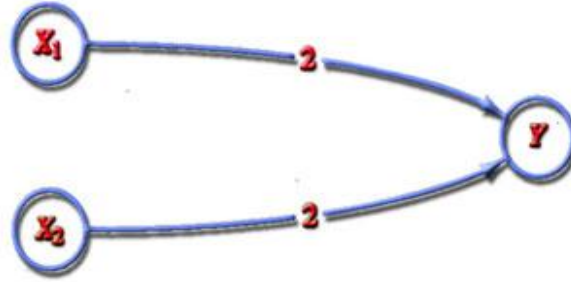


Şekil 3.4: Mantıksal “Ve” Fonksiyonu

Kaynak: Laurene Fausett, **Fundamentals Of Neural Network**, Prentice Hall, 1993, s.29.

“Veya” fonksiyonu, eğer girişlerin her ikisi de “Yanlış” ise “Yanlış” , aksi durumda “Doğru” değerini üretir.

X_1	X_2	Y
1	1	1
1	0	1
0	1	1
0	0	0

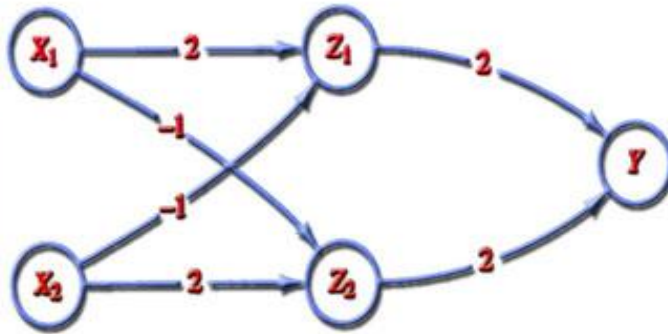


Şekil 3.5: Mantıksal “Veya” Fonksiyonu

Kaynak: Laurene Fausett, **Fundamentals Of Neural Network**, Prentice Hall, 1993, s.29.

XOR fonksiyonu, eğer girişlerin ikisinden sadece biri “Doğru” ise “Doğru” , aksi durumda “Yanlış” değerini üretir.

X_1	X_2	Y
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0



Şekil 3.6: Mantıksal XOR Fonksiyonu

Kaynak: Laurene Fausett, **Fundamentals Of Neural Network**, Prentice Hall, 1993, s.30.

3.2.3. NÖROFİZYOLOJİK ÖĞRENME : DONALD HEBB

Biyolojik sinir sistemlerinin bilgiler ve yeteneklerle programlanması doğuştan değildir, bunlara sonradan sahip oluruz. Öğrenme süreci, bir zaman periyodunda, yeni bilgileri birleştirerek ağların değişmesiyle meydana gelir. Öğrenme süreci ile ilgili temel teori, Hebb tarafından 1949'da yayınlanmış olan "Organization of Behavior." isimli kitabından gelir. Hebb'e göre; A nöronunun bir aksonu B hücrelerini tetiklemeye yaklaşmışsa ve sürekli olarak ateşlenmesinde rol alıyorsa, hücrelerden birinde veya her iki hücrede öyle bir gelişme veya metabolik bir değişim meydana gelir ki, B'nin ateşlenmesinde rol alan A'nın verimliliğinde bir artış olur.¹²¹ Diğer bir deyişle, bir hücre kendisi aktif ise bağlı olduğu hücreyi aktif yapmaya pasif ise pasif yapmaya çalışmaktadır. Diğer öğrenme kurallarının çoğu bu teoriyi temel alarak geliştirilmiştir.¹²²

3.3. İLK YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları insan beyninin en temel özelliği olan öğrenme fonksiyonunu gerçekleştiren bilgisayar sistemleridir. Bu ağlar birbirine bağlı yapay sinir hücrelerinden oluşmaktadır. Yapay sinir hücrelerine ilişkin ilk çalışmalar 1943 yılında McCulloch ve Pitts tarafından gerçekleştirilmiş ve daha sonraki çalışmalara temel oluşturmuştur. Bununla birlikte McCulloch-Pitts çalışmalarında sinir hücrelerinin öğrenme yetenekleri ile ilgili bir teori ileri sürmemişlerdir. Onların yapay sinir hücrelerinin öğrenme yetenekleri yoktu, ağırlıkları karar verici tarafından belirlenmekteydi. 1949 yılında Hebb yayınlamış olduğu çalışmalarında öğrenmenin nörofizyolojik temellerini ortaya koymuştur. Bundan sonraki çalışmalar hız kazanmış ve yapay sinir hücrelerinden yapay sinir ağlarına hızlı bir geçiş sağlanmıştır.

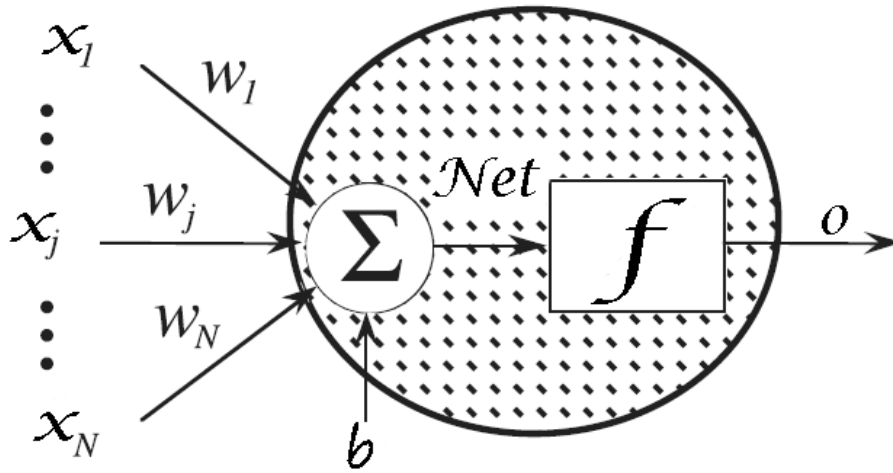
3.3.1. BASİT ALGILAYICI : PERCEPTRON

Yapay sinir ağları ile ilgili ilk çalışmalar tek katmanlı algılayıcılar ile başlamıştır. Frank Rosenblatt tarafından 1958'de geliştirilen algılayıcı (Perceptron),

¹²¹ D.O.Hebb, **The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory**, New York: John Wiley&Sons, 1949

¹²² Ercan Öztemel, **Yapay Sinir Ağları**, İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2006, s.26.

problem uzayını bir doğru veya bir düzlem ile sınıflara ayırmada kullanılmaktadır.¹²³ Algılayıcılardaki nöronlar McCulloch-Pitts nöronunun bir benzeriydi. Rosenblatt'ın katkısı sinir hücresinin eğitimi için bir öğrenme kuralı geliştirmiş olmasıdır. Algılayıcılar genellikle nesnelere iki ayrı sınıfa ayırmada kullanılmıştır. Rosenblatt, doğrusal olarak ayrılabilen sınıflar verildiğinde, algılayıcılar deneme yanılma yoluyla bu sınıfları ayırabilen bir ölçü vektörü oluşturacağını göstermiştir.



Şekil 3.7: Basit Algılayıcının Yapısı

Kaynak: Laurene Fausett, **Fundamentals Of Neural Network**, Prentice Hall, 1993, s.29.

Algılayıcıların yapısı girdi ve çıktı katmanlarından oluşmaktadır. Her ağın bir veya daha fazla girdisi (x) ve tek çıktısı (o) vardır. Her girdi ünitesini hücreye bağlayan bağlantıların bir ağırlığı (w) vardır. Bu ağırlarda çıktı değerlerinin sıfır olmasını önleyen bir de eşik değeri (b) bulunur. Algılayıcıları oluşturan yapay sinir hücrelerinin 5 temel elemanı bulunur.

- **Girdiler:** Bir yapay sinir hücresine dış dünyadan, başka hücrelerden veya kendi kendisinden gelen bilgilerdir.
- **Ağırlıklar:** Bir yapay sinir hücresine gelen girdinin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir.

¹²³ Frank Rosenblatt, **The Perceptron: A Probabilistic Model For Information Storage and Organization in the Brain**, *Psychoanalytic Review*, 65, 1958

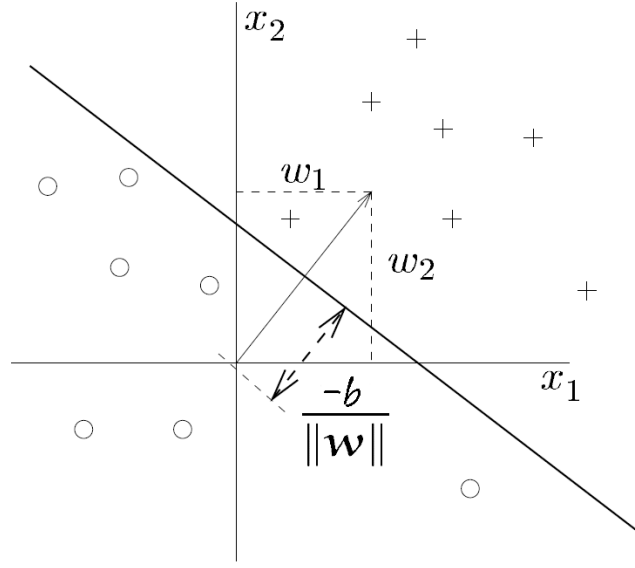
- **Birleştirme Fonksiyonu:** Bu fonksiyon hücreye gelen tüm girdileri birleştirerek net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır.
- **Aktivasyon Fonksiyonu:** Bu fonksiyon, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin üreteceği çıktıyı belirler. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonu için de değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır.
- **Çıktı:** Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen dış dünyaya veya başka hücelere gönderilen çıktı değeridir. Bir hücrenin birden fazla girdisi olmasına rağmen sadece bir çıktısı bulunmaktadır.

Algılayıcıların çıktısı ağırlıklandırılmış girdi değerlerine eşik değerinin eklenmesi ile bulunur. Bulunan bu net girdi aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek ağırlıklandırılmış çıktı hesaplanır. Hesaplama işlemi matematiksel olarak şu şekilde gösterilebilir:

$$Net = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \dots + w_n x_n + b$$

$$o = f(Net) = \begin{cases} 1, & Net > 0 \\ -1, & Net \leq 0 \end{cases}$$

Algılayıcıların aktivasyon fonksiyonu ile ağa gösterilen girdiler iki sınıf arasında paylaştırarak iki sınıfı birbirinden ayıran doğru bulunmaya çalışılır. Bunun için eşik değer fonksiyonu kullanılır. Bu fonksiyon, ağa gelen net girdinin pozitif olması durumunda 1 değerini, aksi takdirde -1 değerini alarak girdileri iki sınıfa ayırır. İki girdisi olan bir algılayıcının sınıf ayırıcı olan doğrunun geometrik gösterimi aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.8: Algılayıcıya Ait Sınıf Ayırıcının Geometrik Gösterimi

Sınıf ayırıcı olan doğrunun denklemi,

$$w_1x_1 + w_2x_2 + b = 0$$

şeklinde tanımlanır.

Algılayıcıların öğrenmesi, ağın sınıf ayırıcı olan doğrunun her iki sınıf en iyi şekilde ayıracak olan ağırlıkların ve eşik değerinin belirlenmesidir. Burada deneme yoluyla zaman içinde ağırlıklar ve eşik değeri değiştirilerek en uygun değerler elde edilmeye çalışır. Öğrenme sırasında t zaman biriminde ağırlıklar Δw , eşik değeri Δb kadar değiştirilir ise;

$$w_i(t+1) = w_i(t) + \Delta w_i(t)$$

$$b_i(t+1) = b_i(t) + \Delta b_i(t)$$

olacaktır. Bu aşamada Δw ve Δb değerlerinin belirlenmesi ise öğrenme kuralına göre yapılır.

3.3.1.1. BASİT ALGILAYICI ÖĞRENME KURALI

Basit algılayıcıların öğrenme kuralı adım adım şu şekilde yapılmaktadır:

- **Adım 1:** Ağın girdi seti ve bu girdilere karşılık olarak beklenen gerçek değer belirlenir.
- **Adım 2:** Ağın net girdisi hesaplanır.

$$Net = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b$$

- **Adım 3:** Hesaplanan net girdiye karşılık ağın çıktısı belirlenir.

$$o = f(Net) = \begin{cases} 1, & Net > 0 \\ -1, & Net \leq 0 \end{cases}$$

Ağın net çıktısının hesaplanmasında bazı tasarımcılar aktivasyon fonksiyonunda sınıflar 1 ve -1 olarak değil de 1 ve 0 olarak göstermektedir. Burada amaç girdileri ayıran iki sınıfı belirlemek olduğundan kullanılan bu yöntemlerin birbirlerinden farkları yoktur.

- **Adım 4:** Ağın çıktısı hesaplandıktan sonra gerçek değer ile karşılaştırılır.

Eğer ağın çıktısı ile gerçek değer aynı olursa ağırlıklarda bir değişiklik yapmaya gerek kalmaz ve bir sonraki girdinin sınıflandırılması için 1.adıma dönülür.

Ağ beklenmeyen bir çıktı ürettiyse o zaman iki durum söz konusudur: Ağ pozitif bir değer üretmesi gerekirken negatif bir değer üretmişse o zaman ağırlıklar artırılmalıdır. Tam tersi durumda ise yani Ağın negatif bir değer üretmesi beklenirken pozitif bir değer üretmişse bu durumda ağırlıklar azaltılmalıdır. Algılayıcıların öğrenme kuralı matematiksel olarak şu şekildedir:

$$w_i \leftarrow w_i + \lambda(d - o)x_i$$

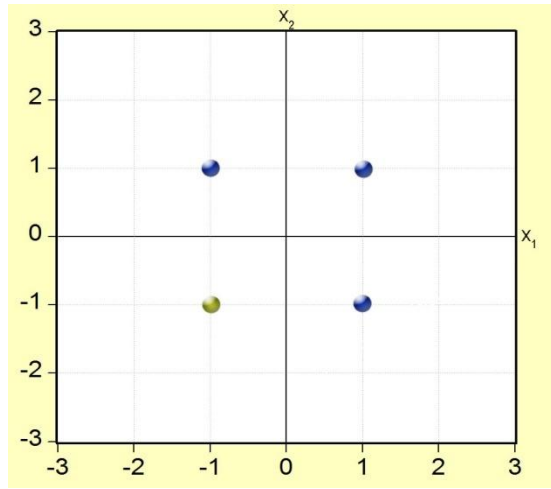
$$b_i \leftarrow b_i + \lambda(d - o)$$

Burada d beklenen gerçek değer, λ ise öğrenme katsayısıdır. Bu katsayı ağırlıkların ve eşik değerin değişim miktarlarını belirlemekte ve tasarımcı tarafından belirlenen sabit bir değer almaktadır.

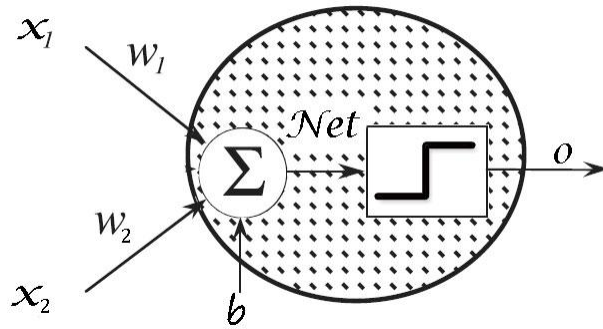
3.3.1.2. BASİT ALGILAYICI ÖĞRENME ÖRNEĞİ

Basit algılayıcıların öğrenme algoritmasını ikili mantıksal “veya” fonksiyonu üzerinde örnek ile açıklayalım. Bunun için “Doğru” 1 ile “Yanlış” -1 ile temsil edilirse “veya” fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır:

X_1	X_2	Y
1	1	1
1	-1	1
-1	1	1
-1	-1	-1



Oluşturulan ağ ise aşağıda gösterilmiştir.

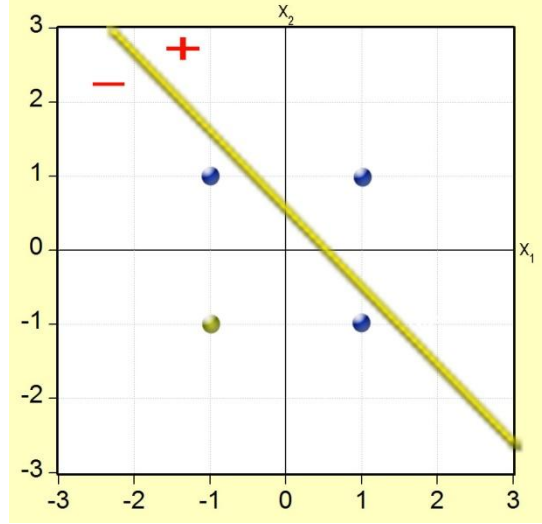


Ağın eğitime başlamak için ağırlıklara ve eşik değerine rastgele başlangıç değerleri atanır.

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0 \\ 1.0 \end{bmatrix} \text{ ve } b = -0.5$$

olarak kabul edelim. Öğrenme katsayısı olarak $\lambda=0.5$ olsun.

Bu başlangıç değerleri ile sınıf ayırıcının geometrik gösterimi şu şekilde olur:



Şimdi sırayla girdiler ağa sunulacaktır.

- **Adım 1-1:** Birinci girdi seti ağa gönderilir. Bu durumda,

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.0)(1) + (1.0)(1) + (-0.5) = 1.5 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Birinci örnek için beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan ikinci girdi setine geçilir.

- **Adım 1-2:** İkinci girdi seti ağa gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.0)(1) + (1.0)(-1) + (-0.5) = -0.5 \text{ ve } Net < 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = -1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ gerçekleşen çıktıdan farklı ($d \neq o$) olduğundan ağırlıklar ve eşik değeri değiştirilmelidir.

$$w_i \leftarrow w_i + \lambda(d - o)x_i$$

$$b \leftarrow b + \lambda(d - o)$$

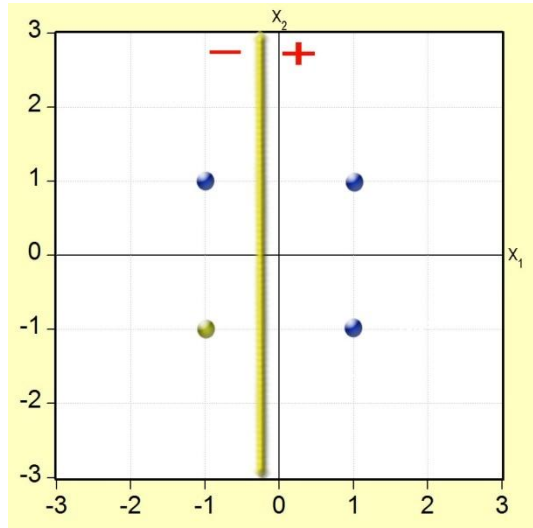
kuralları uygulanırsa,

$$w_1 = 1.0 + 0.5(1 - (-1))1 = 2.0$$

$$w_2 = 1.0 + 0.5(1 - (-1))(-1) = 0.0$$

$$b = -0.5 + 0.5(1 - (-1)) = 0.5$$

bulunur. Bu yeni değerler ile ilk adıma tekrar dönülür.



- **Adım 2-1:** Birinci girdi seti ağa tekrar gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (2.0)(1) + (0.0)(1) + 0.5 = 2.5 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Birinci rnek için beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan ikinci girdi setine geçilir.

- **Adım 2-2:** İkinci girdi seti ağa gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (2.0)(1) + (0.0)(-1) + 0.5 = 2.5 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. İkinci rnek için beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan üçüncü girdi setine geçilir.

- **Adım 2-3:** nc girdi seti ağa gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (2.0)(-1) + (0.0)(1) + 0.5 = -1.5 \text{ ve } Net < 0$$

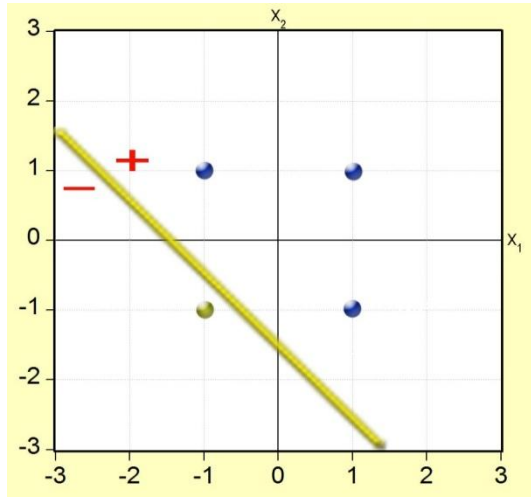
olduğundan gerçekleşen çıktı $o = -1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ gerçekleşen çıktıdan farklı ($d \neq o$) olduğundan ağırlıklar ve eşik değeri değiştirilmelidir.

$$w_1 = 2.0 + 0.5(1 - (-1))(-1) = 1.0$$

$$w_2 = 0.0 + 0.5(1 - (-1))(1) = 1.0$$

$$b = 0.5 + 0.5(1 - (-1)) = 1.5$$

bulunur. Bu yeni değerler ile ilk adıma tekrar dönülür.



- **Adım 3-1:** Birinci girdi seti ağıya tekrar gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.0)(1) + (1.0)(1) + 1.5 = 3.5 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Birinci örnek için beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan ikinci girdi setine geçilir.

- **Adım 3-2:** İkinci girdi seti ağıya gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.0)(1) + (1.0)(-1) + 1.5 = 1.5 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. İkinci örnek için beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan üçüncü girdi setine geçilir.

- **Adım 3-3:** Üçüncü girdi seti ağıya gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.0)(-1) + (1.0)(1) + 1.5 = 1.5 \text{ ve } Net > 0$$

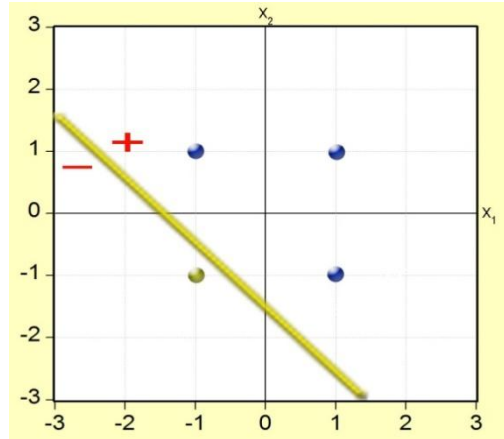
olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Üçüncü örnek için beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan dördüncü girdi setine geçilir.

- **Adım 3-4:** Dördüncü girdi seti ağa gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.0)(-1) + (1.0)(-1) + 1.5 = -0.5 \text{ ve } Net < 0$$

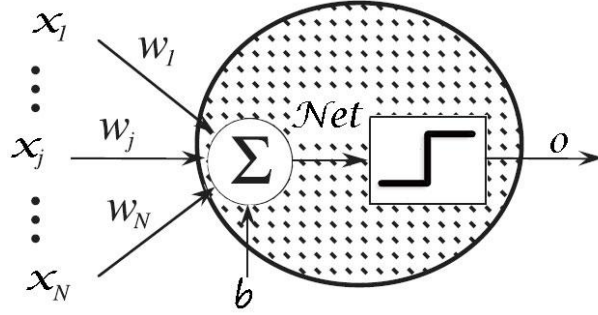
olduğundan gerçekleşen çıktı $o = -1$ bulunur. Dördüncü örnek için beklenen çıktı $d = -1$ ile gerçekleşen çıktı $o = -1$ aynıdır. Bütün girdi setine karşılık algılayıcının ürettiği çıktılar beklenen çıktı aile aynı olduğundan ağın eğitimi tamamlanmıştır. Bulunan sınıf ayırıcı ise şu şekildedir:

$$1.0x_1 + 1.0x_2 + 1.5 = 0$$



3.3.2. ADALINE

Adaptif Doğrusal Eleman (Adaptif Linear Element) kelimelerinin kısaltılmış şekli olan ADALINE ağı Widrow ve Hoff tarafından 1960 yılında geliştirilmiştir. Adaline'nin yapısı algılayıcılarla aynıdır. Aralarındaki tek fark öğrenme kuralındadır. Widrow ve Hoff, ağın öğrenme kuralı olarak En Küçük Ortalama Karesi (Least Mean Square) yöntemini önermiştir. Delta öğrenme kuralı da denilen bu yöntem, ağın çıktısının beklenen çıktı değerine göre hatasını en aza indirgeyecek şekilde ağın ağırlıklarının değiştirilmesi ilkesine dayanır.



Şekil 3.9: ADALINE Yapısı

Kaynak: Laurene Fausett, **Fundamentals Of Neural Network**, Prentice Hall, 1993, s.29.

3.3.2.1. ADALINE ÖĞRENME KURALI

Adaline ünitesinin algılayıcının öğrenme algoritmasından tek farkı öğrenme kuralındadır. Adaline ünitesinde algılayıcıda olduğu gibi örnekler ağa gösterilerek ağın net girdisi ve çıktısı belirlenir.

Ağın net girdisi hesaplanır.

$$Net = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b$$

Hesaplanan net girdiye karşılık ağın çıktısı belirlenir.

$$o = f(Net) = \begin{cases} 1, & Net > 0 \\ -1, & Net \leq 0 \end{cases}$$

Burada beklenen değerin d olduğu varsayılırsa, Adaline ünitesinin hatası,

$$E = d - o$$

olacaktır. Her girdi değerinden sonra ortaya çıkan hataların ortalama kareleri toplamı ise;

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} \sum (d - o)^2 \\ &= \frac{1}{2} \sum (d - f(Net))^2 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} \sum \left(d - f \left(\sum w_i x_i + b \right) \right)^2$$

şeklinde olacaktır. Amaç bu hatayı en aza indirgeyecek ağırlıkları bulmaktır. Dikkat edilirse hata fonksiyonu sürekli bir fonksiyon değildir bu nedenle türevlenemez. Bu noktada Widrow ve Hoff'un önerisi hata fonksiyonundaki ağın çıktısı yerine net girdiyi kullanmaktır.

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} \sum (d - Net)^2 \\ &= \frac{1}{2} \sum \left(d - \sum (w_i x_i + b) \right)^2 \end{aligned}$$

Bu şekilde tanımlanan hata fonksiyonu sürekli bir fonksiyon olduğundan türevi alınabilir.

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} \sum (d - Net)^2 \\ \frac{\partial E}{\partial w_i} &= \frac{1}{2} \sum 2(d - Net)(d - Net)' \\ &= \frac{1}{2} \sum 2(d - Net) \frac{\partial}{\partial w_i} (d - \sum w_i x_i + b) \\ &= \sum (d - Net)(-x_i) \end{aligned}$$

Bu sonuçtan yola çıkan Adaline öğrenme kuralı, α öğrenme katsayısını göstermek üzere,

$$w_i \leftarrow w_i + \alpha (d - Net) x_i$$

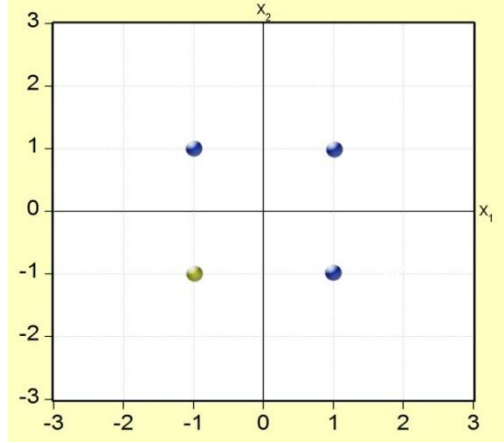
$$b \leftarrow b + \alpha (d - Net)$$

şeklini alır.

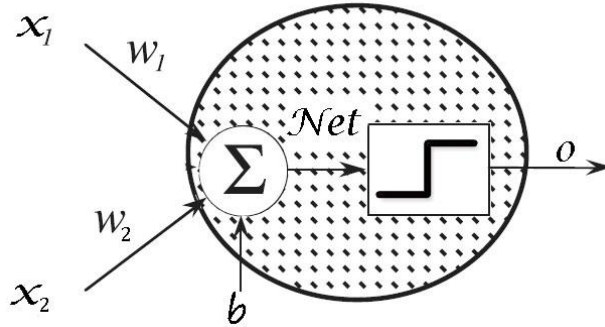
3.3.2.2. ADALINE ÖĞRENME ÖRNEĞİ

Adaline öğrenme algoritmasını algılayıcı ile farkını görebilmek için aynı örnek seti ikili “veya” fonksiyonu üzerinde inceleyelim.

X_1	X_2	Y
1	1	1
1	-1	1
-1	1	1
-1	-1	-1



Oluşturulan ağı;



Ve ağıın başlangıç değerleri:

$$W = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.0 \\ 1.0 \end{bmatrix}, b = -0.5 \text{ ve } \alpha = 0.5$$

kabul edilsin.

- **Adım 1-1:** Birinci girdi seti ağına gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.0)(1) + (1.0)(1) + (-0.5) = 1.5 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Birinci örnek için beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan ikinci girdi setine geçilir.

- **Adım 1-2:** İkinci girdi seti ağa gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.0)(1) + (1.0)(-1) + (-0.5) = -0.5 \text{ ve } Net < 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = -1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ gerçekleşen çıktıdan farklı ($d \neq o$) olduğundan ağırlıklar ve eşik değeri değiştirilmelidir.

$$w_i \leftarrow w_i + \alpha(d - Net)x_i$$

$$b \leftarrow b + \alpha(d - Net)$$

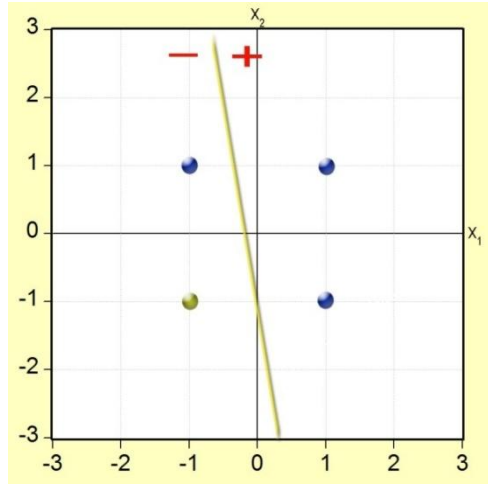
kuralları uygulanırsa,

$$w_1 = 1.0 + 0.5(1 - (-0.5))1 = 1.75$$

$$w_2 = 1.0 + 0.5(1 - (-0.5))(-1) = 0.25$$

$$b = -0.5 + 0.5(1 - (-0.5)) = 0.25$$

bulunur. Bu yeni değerler ile ilk adıma tekrar dönülür.



- **Adım 2-1:** Birinci girdi seti ağa tekrar gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.75)(1) + (0.25)(1) + 0.25 = 2.25 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan ikinci girdi setine geçilir.

- **Adım 2-2:** İkinci girdi seti ağı tekrar gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.75)(1) + (0.25)(-1) + 0.25 = 1.75 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan üçüncü girdi setine geçilir.

- **Adım 2-3:** Üçüncü girdi seti ağı tekrar gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (1.75)(-1) + (0.25)(1) + 0.25 = -1.25 \text{ ve } Net < 0$$

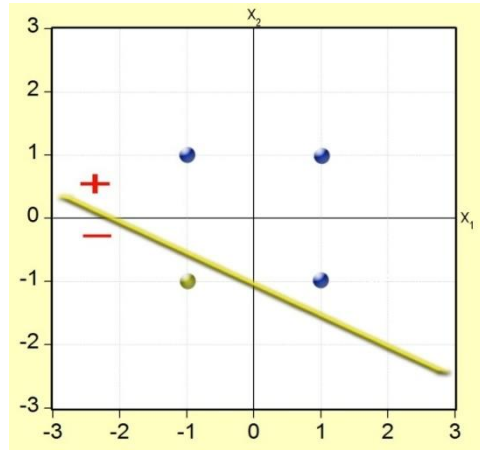
olduğundan gerçekleşen çıktı $o = -1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = -1$ farklı olduğundan ağırlıklar ve eşik değeri değiştirilir.

$$w_1 = 1.75 + 0.5(1 - (-1.25))(-1) = 0.625$$

$$w_2 = 0.25 + 0.5(1 - (-1.25))1 = 1.375$$

$$b = 0.25 + 0.5(1 - (-1.25)) = 1.375$$

bulunur. Bu yeni değerler ile ilk adıma tekrar dönülür.



- **Adım 3-1:** Birinci girdi seti ağı tekrar gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (0.625)(1) + (1.375)(1) + 1.375 = 3.375 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan ikinci girdi setine geçilir.

- **Adım 3-2:** İkinci girdi seti ağa tekrar gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (0.625)(1) + (1.375)(-1) + 1.375 = 0.625 \text{ ve } Net > 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan üçüncü girdi setine geçilir.

- **Adım 3-3:** Üçüncü girdi seti ağa tekrar gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (0.625)(-1) + (1.375)(1) + 1.375 = 2.125 \text{ ve } Net > 0$$

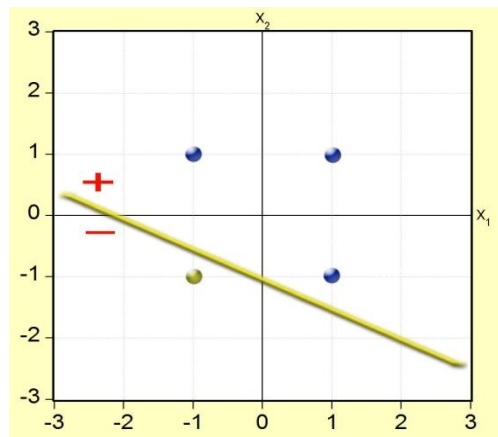
olduğundan gerçekleşen çıktı $o = 1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = 1$ ile gerçekleşen çıktı $o = 1$ aynı olduğundan dördüncü girdi setine geçilir.

- **Adım 3-4:** Dördüncü girdi seti ağa gönderilir.

$$Net = w_1x_1 + w_2x_2 + b = (0.625)(-1) + (1.375)(-1) + 1.375 = -0.625 \text{ ve } Net < 0$$

olduğundan gerçekleşen çıktı $o = -1$ bulunur. Beklenen çıktı $d = -1$ ile gerçekleşen çıktı $o = -1$ aynı olduğundan ve tüm örnekler doğru sınıflara ayrıldığından eğitim tamamlanır. Bulunan sınıf ayırıcı ise şu şekildedir:

$$0.625x_1 + 1.375x_2 + 1.375 = 0$$



3.3.3. ALGILAYICI İLE ADALINE ARASINDAKİ FARKLILIKLAR

Algılayıcı ile Adaline öğrenme kuralları arasındaki farklılık oluşturan ağların çalışmaları ve sonuçları üzerinde farklılıklara yol açmaktadır. Bu farklılıklar kısaca şu şekildedir:

1- Öğrenme kuralları farklıdır.

Algılayıcı	Adaline
$w_i \leftarrow w_i + \alpha(d - o)x_i$	$w_i \leftarrow w_i + \alpha(d - Net)x_i$

2- Örnekler doğrusal ayrılabilir olduğunda sınıflandırma hataları farklıdır.

Algılayıcı	Adaline
Algılayıcılar, örnekleri sınıflandıran var olan ilk ayırıcı arar ve bulduğunda hatasız sınıflandırma yapar. <i>Algılayıcıların avantajı</i>	Adaline, hata fonksiyonunda çıkış değeri yerine net girdiyi kullandığı için doğru sınıflandırma yapıldığında bile hatası sıfır olmaz.

3- Örnekler doğrusal ayrılabilir olmadığında sınıflara yakınsamaları farklıdır.

Algılayıcı	Adaline
Algılayıcılar, bu durumda yakınsama gerçekleştiremeyebilir.	Doğru sınıf ayırıcını bulamasa bile her zaman hata fonksiyonunun yerel minimum noktasına yakınsama gerçekleştirir. <i>Adaline avantajı</i>

4- Hatalı sınıflandırılmış noktaların eğitim üzerindeki etkileri farklıdır.

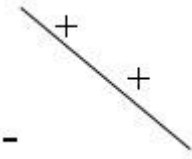
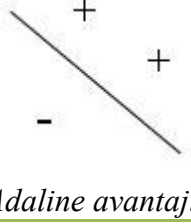
Algılayıcı	Adaline
Hatalı sınıflandırılmış noktaların tümü aynı etkiye sahiptir. $E = d - o$	Hatalı sınıflandırılmış noktaların sınıf ayırıcından uzaklıkları büyük etkiye sahiptir. $E = d - Net$ <i>Adaline avantajı</i>

5- Doğru sınıflandırılmış noktaların eğitim üzerindeki etkileri farklıdır.

Algılayıcı	Adaline
Doğru sınıflandırılmış noktaların hiçbir etkisi yoktur.	Doğru sınıflandırılmış noktaların etkisi vardır. Özellikle noktalar uç noktalarsa.

$E = d - o = 0$ <i>Algılayıcıların avantajı</i>	$E = d - Net \neq 0$
--	----------------------

6- Sınıf ayırıcının niteliği farklıdır.

Algılayıcı	Adaline
Ayıraç, doğru sınıflandırmayı bulur bulmaz eğitim durur.	Doğru sınıflandırma bulunsa bile düzeltme işlemi devam eder.
	

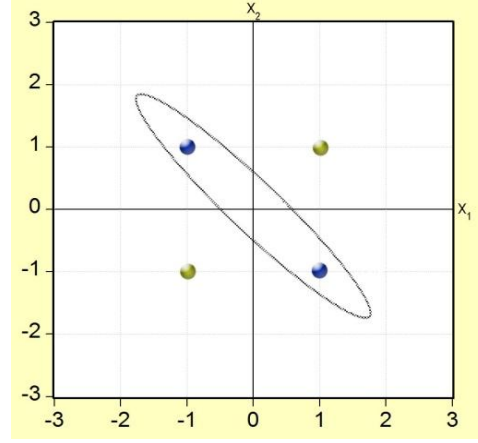
3.3.4. TEK KATMANLI ALGILAYICILARIN SINIRLARI

Tek katmanlı algılayıcıların en önemli sorunu doğrusal olmayan problemlerin çözülmesinde başarılı olamamasıdır. 1969 yılında Marvin Minsky ve Samuel Papert, “Perceptron” adlı kitaplarında algılayıcı modelini eleştirmiş ve çok sınırlı bazı problemler dışında işe yaramayacağını göstermiştir.¹²⁴ Böylece Rosenblatt ve Widrow’un çalışmaları algılayıcı ve Adaline gözden düşmesine neden oldu. Rosenblatt ve Widrow bu sınırların farkındaydı ve bunları ortadan kaldırmak amacıyla çeşitli ağlar önerdiler. Bu dönemde Rosenblatt ara katman içeren çok katmanlı algılayıcı modelini, Widrow birden fazla Adaline ünitesi içeren Madaline ağını önerdi. Ancak karmaşık ağların eğitimini gerçekleştirecek bir öğrenme algoritması geliştiremediler. Deney yapmaya yardımcı güçlü bilgisayarların da olmaması birçok araştırmacının bu alanı terk etmesine neden oldu. Minsky ve Papert kitaplarında algılayıcıların eksikleri göstermek için XOR fonksiyonunu örnek vermiştir. Aşağıda bu fonksiyonun doğrusal olmadığını kanıtı gösterilmiştir:

¹²⁴ Minsky M.L., Papert S., **Perceptrons**, MIT Press, Cambridge, 1969

— XOR fonksiyonunun doğrusal bölünemezliği

X ₁	X ₂	Y
1	1	-1
-1	1	1
1	-1	1
-1	-1	-1



$$w_1 \cdot 1 + w_2 \cdot 1 + b \leq 0 \quad (1)$$

$$w_1 \cdot (-1) + w_2 \cdot 1 + b > 0 \quad (2)$$

$$w_1 \cdot 1 + w_2 \cdot (-1) + b > 0 \quad (3)$$

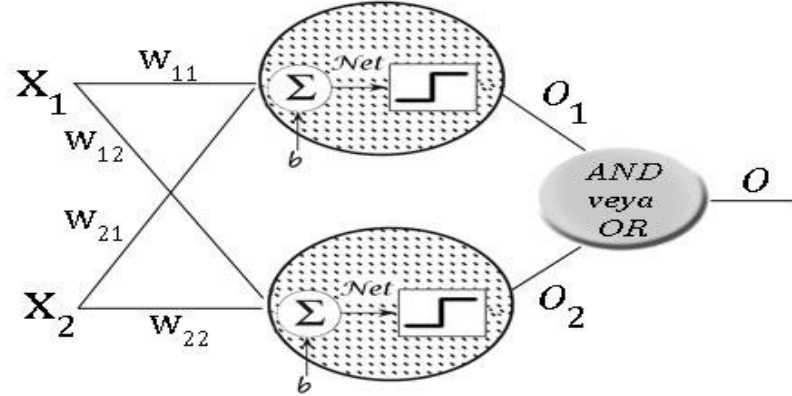
$$w_1 \cdot (-1) + w_2 \cdot (-1) + b \leq 0 \quad (4)$$

ise (1) ve (4) denklemlerinden $b \leq 0$ ve (2) ile (3) denklemlerin çözümünden $b > 0$ bulunur. Bu çelişki XOR fonksiyonunun doğrusal bölünemezliğinin kanıtıdır. XOR fonksiyonu algılayıcı ve Adaline'nin zayıflığını gösteren en basit sınıflandırma problemidir. Bu zayıflığın giderilmesi için birçok deneme yapılmıştır. Bunlardan önemli sayılabilecek olanı Madaline olarak bilinen ağıdır. Bu ağ, daha sonraki çok katmanlı ağların oluşumunda öncü olmuştur.

3.3.5. MADALINE

Madaline, birden fazla Adaline ağına bir araya gelmesi ile oluşturulan genel olarak iki katmandan oluşan ağlardır. Madaline'in öğrenme kuralı Adaline için kullanılan öğrenme kuralı ile aynıdır. Burada önemli farklılık en sonda bulunan "And" veya "Or" sonlandırıcısıdır.¹²⁵

¹²⁵ Öztemel, s.



Şekil 3.10: MADALINE Yapısı

Kaynak: Laurene Fausett, **Fundamentals Of Neural Network**, Prentice Hall, 1993, s.29.

3.3.5.1. MADALINE ÖĞRENME KURALI

MRI olarak isimlendirilen ilk Madaline öğrenme kuralı 1960'da Widrow ve Hoff tarafından geliştirilmiştir. Bu kuralda sadece Adaline ünitesinin ağırlıkları değiştirilirken çıkış ünitesinin ağırlıkları sabittir. Daha sonraları MRII olarak isimlendirilen Widrow, Winter ve Baxter tarafından 1987'de önerilen modelde ise ağdaki tüm ağırlıklar değiştirilebilir düzendedir. Genel olarak Madaline öğrenmesi şu şekildedir;

- **Adım 1:** Adaline ünitelerinin ağırlıkları ve eşik değerlerine başlangıç değerleri atanır.
- **Adım 2:** Her bir Adaline ünitesine gelen net girdi hesaplanır.

$$Net_{o_i} = \sum_{j=1}^n w_{ji}x_j + b_i$$

- **Adım 3:** Her net girdinin çıktısı belirlenir.

$$o_i = f(Net_{o_i}) = \begin{cases} 1, & Net_{o_i} > 0 \\ -1, & Net_{o_i} \leq 0 \end{cases}$$

- **Adım 4:** Her Adaline ünitesinin çıktısı hesaplandıktan sonra sonlandırıcı olarak seçilmiş olan mantık fonksiyonuna göre ağın çıktısına karar verilir.

Eğer OR sonlandırıcı seçildiyse ağın çıktısı,

$$o = o_1 \vee o_2 \vee \dots \vee o_k$$

AND sonlandırıcısı seçildiyse,

$$o = o_1 \wedge o_2 \wedge \dots \wedge o_k$$

olacaktır.

- **Adım 5:** Gerçekleşen çıktı (o) ile beklenen değer (d) karşılaştırılır.

Eğer $d = o$ ise ağırlıklarda değişiklik yapılmaz bir sonraki girdi setine geçilir.

Eğer $d = 1$ ve $o = -1$ ise sıfırın altında değer üreten Adaline ünitelerinin ağırlıkları değiştirilir.

Eğer $d = -1$ ve $o = 1$ ise pozitif değer üreten Adaline ünitelerinin ağırlıklarında değiştirilme yapılır.

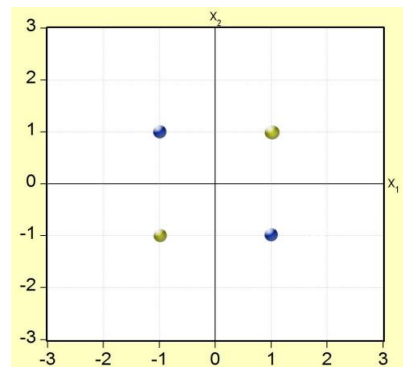
$$w_{ji} \leftarrow w_{ji} + \alpha(d - Net_{o_i})x_j$$

$$b_i \leftarrow b_i + \alpha(d - Net_{o_i})$$

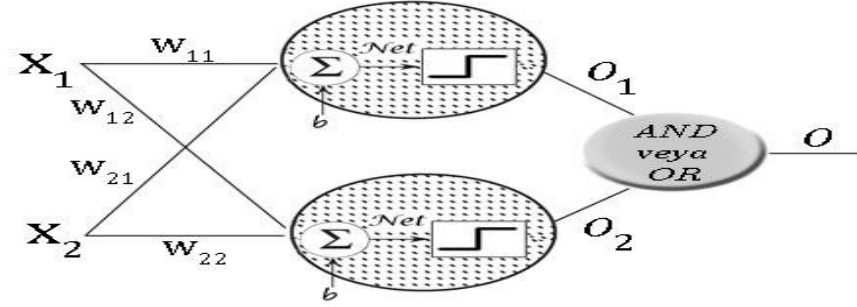
3.3.5.2. MADALINE ÖĞRENME ÖRNEĞİ

Madaline öğrenme algoritmasını ve XOR problemine nasıl bir çözüm bulunduğunu araştıralım.

X_1	X_2	Y
1	1	-1
-1	1	1
1	-1	1
-1	-1	-1



Oluşturulan ağ;



ve ağın başlangıç değerleri:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.5 \\ 0.5 \end{bmatrix} \text{ ve } \alpha = 0.2$$

kabul edilsin.

- **Adım 1-1:** Birinci girdi seti ağa gönderilir.

$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-1)(1) + (1)(1) + 0.5 = 0.5$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (1)(1) + (-1)(1) + 0.5 = 0.5$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = 0.5 > 0 \Rightarrow o_1 = 1 \\ Net_{o_2} = 0.5 > 0 \Rightarrow o_2 = 1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = 1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = 1$, beklenen çıktı $d = -1$ olduğundan çıktı hatalı sonuç üretmiştir. Beklenen çıktı negatif olduğundan tüm pozitif çıktı üreten ağırlıklar değiştirilir.

$$w_{ji} \leftarrow w_{ji} + \alpha(d - Net_{o_i})x_j$$

$$w_{11} = -1 + 0.2(-1 - 0.5)1 = -1.3$$

$$w_{21} = 1 + 0.2(-1 - 0.5)1 = 0.7$$

$$w_{12} = 1 + 0.2(-1 - 0.5)1 = 0.7$$

$$w_{22} = -1 + 0.2(-1 - 0.5)1 = -1.3$$

$$b_i \leftarrow b_i + \alpha(d - Net_{o_i})$$

$$b_1 = 0.5 + 0.2(-1 - 0.5) = 0.2$$

$$b_2 = 0.5 + 0.2(-1 - 0.5) = 0.2$$

ağın yeni ağırlık değerleri:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1.3 & 0.7 \\ 0.7 & -1.3 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.2 \\ 0.2 \end{bmatrix}$$

elde edilir. Bulunan bu değerler ile ilk örneğe dönülür.

- **Adım 2-1:** Birinci girdi seti ağa tekrar gönderilir.

$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-1.3)(1) + (0.7)(1) + 0.2 = -0.4$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (0.7)(1) + (-1.3)(1) + 0.2 = -0.4$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = -0.4 < 0 \Rightarrow o_1 = -1 \\ Net_{o_2} = -0.4 < 0 \Rightarrow o_2 = -1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = -1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = -1$, beklenen çıktı $d = -1$ ile aynı olduğundan ikinci örneğe geçilir.

- **Adım 2-2:** İkinci girdi seti ağa gönderilir.

$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-1.3)(-1) + (0.7)(1) + 0.2 = 2.2$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (0.7)(-1) + (-1.3)(1) + 0.2 = -1.8$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = 2.2 > 0 \Rightarrow o_1 = 1 \\ Net_{o_2} = -1.8 < 0 \Rightarrow o_2 = -1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = 1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = 1$, beklenen çıktı $d = 1$ ile aynı olduğundan üçüncü örneğe geçilir.

- **Adım 2-3:** Üçüncü girdi seti ağa gönderilir.

$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-1.3)(1) + (0.7)(-1) + 0.2 = -1.8$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (0.7)(1) + (-1.3)(-1) + 0.2 = 2.2$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = -1.8 < 0 \Rightarrow o_1 = -1 \\ Net_{o_2} = 2.2 > 0 \Rightarrow o_2 = 1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = 1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = 1$, beklenen çıktı $d = 1$ ile aynı olduğundan dördüncü örneğe geçilir.

- **Adım 2-4:** Dördüncü girdi seti ağa gönderilir.

$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-1.3)(-1) + (0.7)(-1) + 0.2 = 0.8$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (0.7)(-1) + (-1.3)(-1) + 0.2 = 0.8$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = 0.8 > 0 \Rightarrow o_1 = 1 \\ Net_{o_2} = 0.8 > 0 \Rightarrow o_2 = 1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = 1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = 1$, beklenen çıktı $d = -1$ olduğundan pozitif değer üreten ağırlıklar değiştirilir.

$$w_{ji} \leftarrow w_{ji} + \alpha(d - Net_{o_i})x_j$$

$$w_{11} = -1.3 + 0.2(-1 - 0.8)(-1) = -0.94$$

$$w_{21} = 0.7 + 0.2(-1 - 0.8)(-1) = 1.06$$

$$w_{12} = 0.7 + 0.2(-1 - 0.8)(-1) = 1.06$$

$$w_{22} = -1.3 + 0.2(-1 - 0.8)(-1) = -0.94$$

$$b_i \leftarrow b_i + \alpha(d - Net_{o_i})$$

$$b_1 = 0.2 + 0.2(-1 - 0.8) = -0.16$$

$$b_2 = 0.2 + 0.2(-1 - 0.8) = -0.16$$

ağın yeni ağırlık değerleri:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.94 & 1.06 \\ 1.06 & -0.94 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.16 \\ -0.16 \end{bmatrix}$$

elde edilir. Bulunan bu değerler ile ilk örneğe dönülür.

- **Adım 3-1:** Birinci girdi seti ağa tekrar gönderilir.

$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-0.94)(1) + (1.06)(1) - 0.16 = -0.04$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (1.06)(1) + (-0.94)(1) - 0.16 = -0.04$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = -0.04 < 0 \Rightarrow o_1 = -1 \\ Net_{o_2} = -0.04 < 0 \Rightarrow o_2 = -1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = -1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = -1$, beklenen çıktı $d = -1$ ile aynı olduğundan ikinci örneğe geçilir.

- **Adım 3-2:** İkinci girdi seti ağa tekrar gönderilir.

$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-0.94)(-1) + (1.06)(1) - 0.16 = 1.9$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (1.06)(-1) + (-0.94)(1) - 0.16 = -2.16$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = 1.9 > 0 \Rightarrow o_1 = 1 \\ Net_{o_2} = -2.16 < 0 \Rightarrow o_2 = -1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = 1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = 1$, beklenen çıktı $d = 1$ ile aynı olduğundan üçüncü örneğe geçilir.

- **Adım 3-3:** Üçüncü girdi seti ağa tekrar gönderilir.

$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-0.94)(1) + (1.06)(-1) - 0.16 = -2.16$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (1.06)(1) + (-0.94)(-1) - 0.16 = 1.9$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = -2.16 < 0 \Rightarrow o_1 = -1 \\ Net_{o_2} = 1.9 > 0 \Rightarrow o_2 = 1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = 1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = 1$, beklenen çıktı $d = 1$ ile aynı olduğundan dördüncü örneğe geçilir.

- **Adım 3-4:** Dördüncü girdi seti ağı tekrar gönderilir.

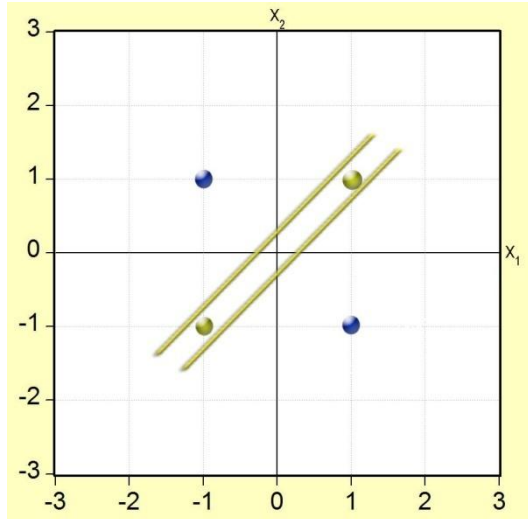
$$Net_{o_1} = w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 = (-0.94)(-1) + (1.06)(-1) - 0.16 = -0.28$$

$$Net_{o_2} = w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 = (1.06)(-1) + (-0.94)(-1) - 0.16 = -0.28$$

$$\left. \begin{array}{l} Net_{o_1} = -0.28 < 0 \Rightarrow o_1 = -1 \\ Net_{o_2} = -0.28 < 0 \Rightarrow o_2 = -1 \end{array} \right\} Or \Rightarrow o = -1$$

bulunur. Gerçekleşen çıktı $o = -1$, beklenen çıktı $d = -1$ ile aynı olduğundan eğitim tamamlanmıştır. Son durumda ağı ağırlık değerleri ve geometrik şekli şu şekildedir:

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.94 & 1.06 \\ 1.06 & -0.94 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -0.16 \\ -0.16 \end{bmatrix}$$



3.4. ÇOK KATMANLI YAPAY SİNİR AĞLARI

1950’li yılların sonlarında, sinir ağı modellerinde bugün hala güncelliğini koruyan iki yapay ağ modeli ileri sürüldü. İlk olarak Algılayıcı olarak bilinen (Rosenblatt, 1958) doğrusal eşik birimlerini içeren ağ modeliydi. İkinci ağ modeli ise doğrusal bir çıkışı olan Adaline ve birden fazla Adaline biriminden oluşan Madaline ağıdır (Widrow ve Hoff, 1960). Her iki ağ modeli de bugün delta kuralı olarak bilinen öğrenme kuralının değişik bir türünü kullanır. Bu iki sinir ağı modelinin ana sakıncası ayarlanabilir bağlantılı tek katmandan oluşmasının sınırlarıydı. “Perceptron” isimli kitaplarında Minsky ve Papert (1969) bu ağların sınırlarını ve sadece doğrusal ayrılabilir sınıflar için kullanılabileceğini gösterdi. Bu eksiklikleri gidermek amacıyla Rosenblatt’ın ve Widrow’un çalışmaları devam ettiyse de karmaşık problemlerin çözümünde kullanılabilecek bir öğrenme algoritması geliştirilemedi. Çok katmanlı algılayıcıların gelişimi David Rumelhart ve James McClelland tarafından 1986 yılında gerçekleştirilen algoritma ile gerçekleşti.¹²⁶ Bu algoritma, Minsky ve Papert tarafından yapılan eleştirilere cevap oldu.

3.4.1. Çok Katmanlı Algılayıcıların Yapısı

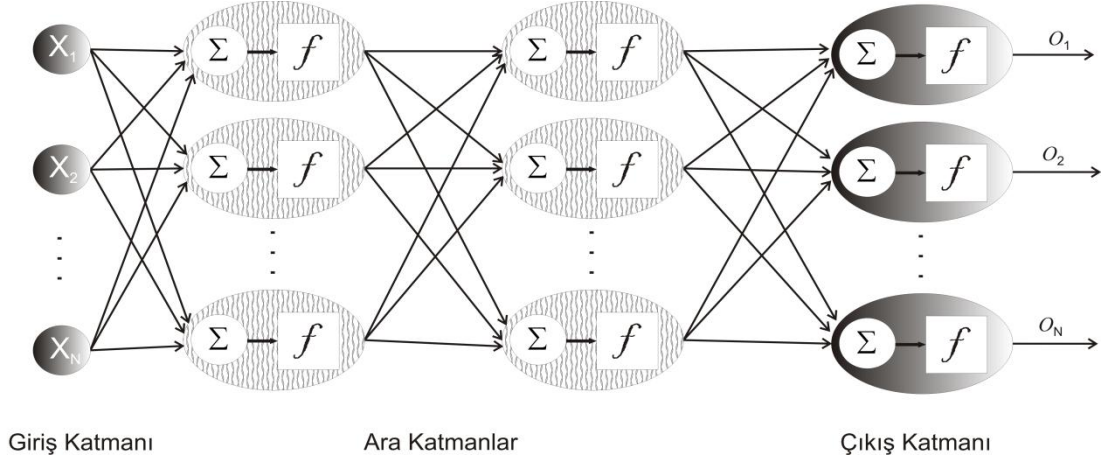
Çok katmanlı algılayıcılar, tek katmanlı algılayıcıların genelleştirilmiş halidir. Çok katmanlı algılayıcıların ayırt edici üç önemli özelliği vardır.¹²⁷

1. Ağdaki her bir nöron doğrusal olmama özelliği içerir. Doğrusal olmama biçimi genellikle kullanılan sigmoid fonksiyonu ile sağlanır.
2. Gizli nöronlardan oluşan bir veya daha fazla gizli katmana sahiptir. Gizli nöronlar, girdi setinin yapısındaki karmaşık yapıyı öğrenmede ağı başarı kılarlar.
3. Ağ, bağlantılar sayesinde çok yüksek derecede bilgi işleme becerisi gösterir. Ağın bilgi işleminde değişiklik olabilmesi için bağlantı sayısında ya da ağırlıklarında değişikliği gerektirir.

¹²⁶ Hamzaçebi, s.44.

¹²⁷ Hamzaçebi, s.43.

Çok katmanlı algılayıcıların yapısı aşağıda gösterildiği gibidir:



Şekil 3.11: Çok Katmanlı Algılayıcının Yapısı

Çok katmanlı algılayıcılar, dışarıdan verileri alan girdi katmanı, dışarıya ağ sonucunu veren çıktı katmanı ve bu iki katman arasında bir veya daha fazla sayıda ara katmandan (gizli katman) oluşmaktadır. Bir çok katmanlı algılayıcının yapısı birçok bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin bazıları önceki bölümlerde değinilmiştir. Burada çok katmanlı algılayıcıların çalışma sistemlerini anlayabilmek için bu bileşenleri sistematik olarak açıklayacağız. Çok katmanlı algılayıcının bileşenleri şunlardır:

1. Katmanlar
2. Birleştirme fonksiyonu
3. Aktivasyon fonksiyonu
4. Hata fonksiyonu
5. Öğrenme stratejileri ve kuralları

3.4.1.1. Katmanlar

Çok katmanlı algılayıcılar yapay sinir hücrelerinden oluşan 3 katmandan meydana gelir.

Girdi Katmanı: Dışarıdan gelen girdileri (x_1, x_2, \dots, x_N) olarak ara katmana iletmede görevli olan katmandır. Bu katmanda bilgi işleme gerçekleşmez sadece gelen

girdiyi geldiği gibi bir sonraki katmana aktarır. Girdi katmanındaki her hücrenin bir girdisi ve bir çıktısı vardır.

Ara Katmanlar: Ara katmanlar, girdi katmanından gelen bilgileri işleyerek bir sonraki katmana iletirler. Bir ağda birden fazla ara katman ve her katmanda birden fazla sinir hücresi bulunabilir. Bu hücreler ağa doğrusal olmayan davranışları sağlayan işlemcilerle sahiptir.

Çıktı Katmanı: Ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın ürettiği çıktıları (o_1, o_2, \dots, o_N) belirler ve dış dünyaya gönderir.

3.4.1.2. Birleştirme Fonksiyonu

Bir yapay sinir hücresi tek bir girdi alabilmesi nedeni ile girdi katmanından gelen birden fazla değerin tek bir değere indirgenmesi gerekir. Bu amaçla kullanılan fonksiyona birleştirme fonksiyonu denir. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılmaktadır. Birleştirme fonksiyonu olarak genelde toplama fonksiyonu tercih edilir. En çok kullanılan fonksiyonlar aşağıda gösterildiği gibidir:

Tablo 3.1: Birleştirme Fonksiyonları

Fonksiyon	Formül
Toplam Fonksiyonu	$Net = \sum_{i=1}^N w_i x_i$
Çarpım Fonksiyonu	$Net = \prod_{i=1}^N w_i x_i$
Maksimum Fonksiyonu	$Net = \max_{i=1, \dots, N} (w_i x_i)$
Minimum Fonksiyonu	$Net = \min_{i=1, \dots, N} (w_i x_i)$
İşaret Fonksiyonu	$Net = \sum_{i=1}^N Sgn(w_i x_i)$

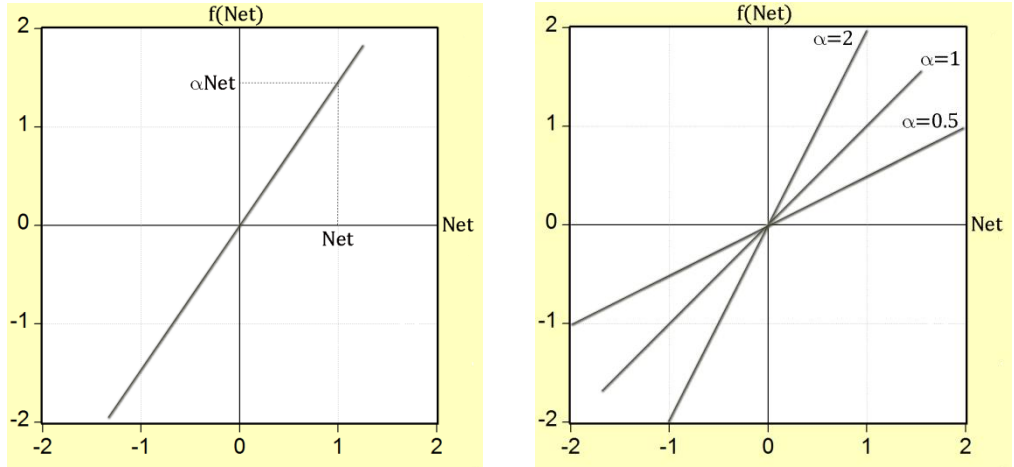
3.4.1.3. Aktivasyon Fonksiyonu

Bu fonksiyon hücre davranışını belirleyen önemli faktörlerden biridir. Aktivasyon fonksiyonu hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin üreteceği çıktıyı belirler. Birleştirme fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonu da ağın her hücresinde aynı fonksiyon olması gerekmez. Bazı hücreler aynı fonksiyonu kullanırken diğerleri farklı fonksiyonları kullanabilir. İlgilenilen problem türüne ve ağ yapısına göre değişik aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir.

1- Doğrusal (Linear) Fonksiyon

Doğrusal fonksiyon, α bir skaler sayı olmak üzere aşağıdaki şekilde gösterildiği gibidir.

$$f(\text{Net}) = \alpha \text{Net}$$



Şekil 3.12: Doğrusal Fonksiyon

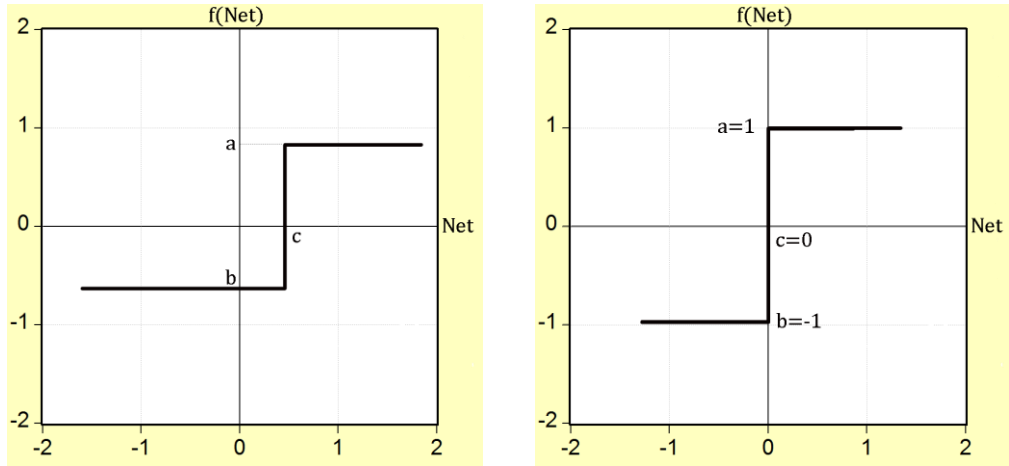
$\alpha = 1$ ise hücreye gelen net girdi hiç bir değişikliğe uğramadan çıktı olarak sunulur. $\alpha \neq 1$ olması durumunda ise hücreye gelen net girdi sadece ölçek değiştirerek (büyüyerek veya küçülerek) doğrusallığı bozulmadan çıktı olarak sunulur.

2- Basamak (Step) Fonksiyonu

Hücreye gelen net girdi değerinin belirlenen bir değere göre iki çeşit çıktıya dönüşümünü sağlayan fonksiyondur. Eğer net giriş belirlenen c değerini aşarsa çıktı

olarak a, aksi taktirde b değerini alır. Fonksiyonun matematiksel ve grafiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$f(Net) = \begin{cases} a, & Net > c \\ b, & Net \leq c \end{cases}$$



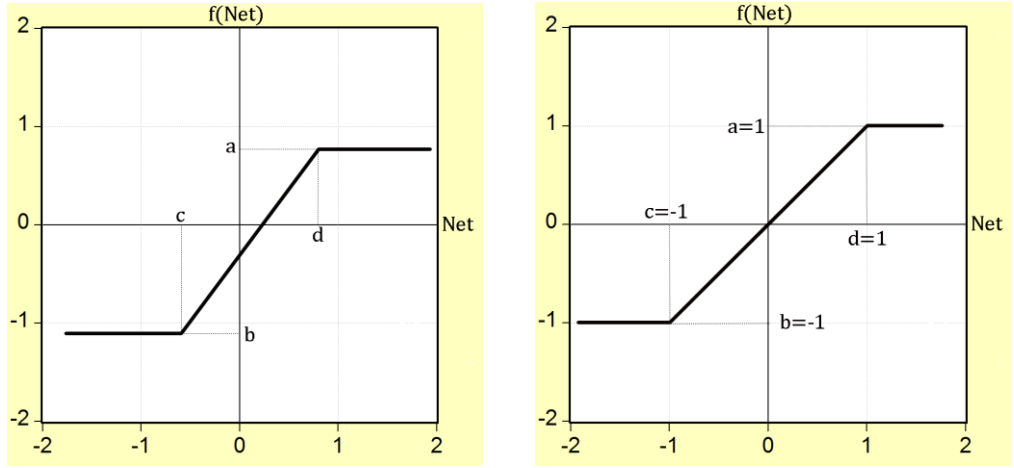
şekil 3.13: Basamak Fonksiyonu

Yapılan çalışmaya göre a, b ve c değerleri belirlenebilir. Birçok araştırmada a=1, b=0 ve c=0 veya a=1, b=-1 ve c=0 olarak seçilmektedir.

3- Rampa Fonksiyonu

Doğrusal ve basamak fonksiyonunun bir araya gelmesinden oluşur. Fonksiyon $c < Net < d$ aralığında doğrusal işlemci, $Net \geq d$ ve $Net \leq c$ için basamak işlemcisi özelliği gösterir. Rampa fonksiyonunun matematiksel gösterimi şu şekildedir:

$$f(Net) = \begin{cases} a, & Net \geq d \\ \frac{a-b}{d-c} Net + \frac{db-ca}{d-c}, & c < Net < d \\ b, & Net \leq c \end{cases}$$



Şekil 3.14: Rampa Fonksiyonu

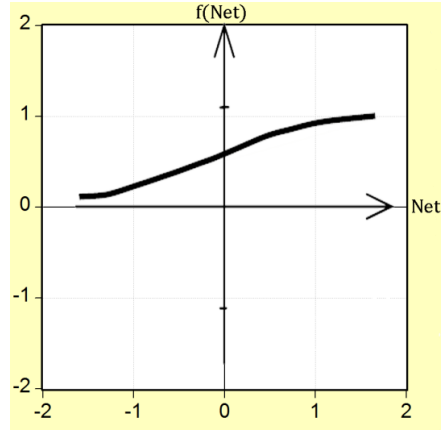
Pratikte genel olarak $a=1$, $b=-1$, $c=-1$, $d=1$ veya $a=1$, $b=0$, $c=0$, $d=1$ seçilir. Bu durumda fonksiyon şu şekilde olur;

$$f(Net) = \begin{cases} 1, & Net \geq 1 \\ Net, & -1 < Net < 1 \\ -1, & Net \leq -1 \end{cases} \quad veya \quad f(Net) = \begin{cases} 1, & Net \geq 1 \\ Net, & 0 < Net < 1 \\ 0, & Net \leq 0 \end{cases}$$

4- Sigmoid Fonksiyonu

[0,1] aralığında değerler üreten Sigmoid fonksiyonu sürekli bir fonksiyon olmasından dolayı özellikle doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır.

$$f(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}}$$

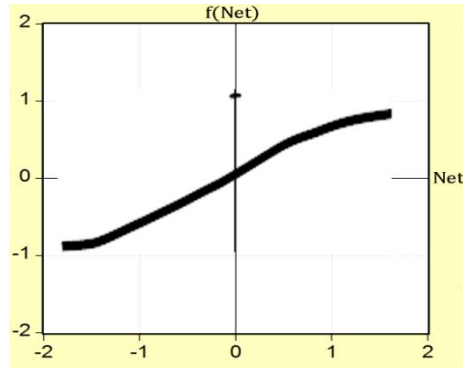


Şekil 3.15: Sigmoid Fonksiyonu

5- Hiperbolik Fonksiyonu

Hiperbolik fonksiyonu $[-1,1]$ aralığında değerler üreten sürekli bir fonksiyondur. Bu nedenle doğrusal olmayan problemlerde kullanımı yaygındır.

$$f(Net) = \frac{e^{Net} - e^{-Net}}{e^{Net} + e^{-Net}}$$



Şekil 3.16: Hiperbolik Fonksiyonu

3.4.1.4. Hata Fonksiyonu

Çok katmanlı algılayıcılar örnekler yardımı ile eğitilen sistemlerdir. Probleme ait kurulan ve eğitilen ağın performansını ölçmek için bir sınaama yöntemi olmalıdır. Bu sınaama yöntemine göre ağın ürettiği çıktıkların güvenilirliği belirlenirken bir yandan bu güvenilirliğin artırılması için düzeltmeler yapılır. Hata fonksiyonu olarak kullanılan bazı sınaama kuralları şöyledir:

1- Öklid Mesafesi:

Beklenen çıktı (d) ile ağıın çıktısı (o) arasındaki Öklid mesafesinin hesaplanması ile elde edilen hata değeridir.

$$H_{\text{ö}} = \sum_{i=1}^N (d_i - o_i)^2$$

Bu hata ne kadar azaltılabilirse o kadar güvenilir sonuçlar alınacağını söyleyebiliriz. Yapay sinir ağlarında en çok kullanılan hata ölçüsüdür.

2- Mutlak Mesafe:

Bu sınıma beklenen çıktı (d) ile ağıın çıktısı (o) arasındaki farkların mutlak değerlerinin toplanması şeklinde tanımlanır.

$$H_M = \sum_{i=1}^N |d_i - o_i|$$

3- Bağlı Hata:

İlk iki hata tanımında yapay sinir ağlarının hatasında çıkış değerleri arasında fark gözetmeden yapılır. Hâlbuki her hücrenin kendisine göre hatası vardır. Bağlı hata çıkış değerleri ile beklenen değerleri tek tek kıyaslar ve en büyük hatayı ağıın hatası kabul eder. Eğer en büyük hata j . çıkış hücresinde ise bağlı hata;

$$H_j = 100 \cdot \frac{|d_j - o_j|}{d_j}$$

ile hesaplanır.

4- Sınıflama Hatası:

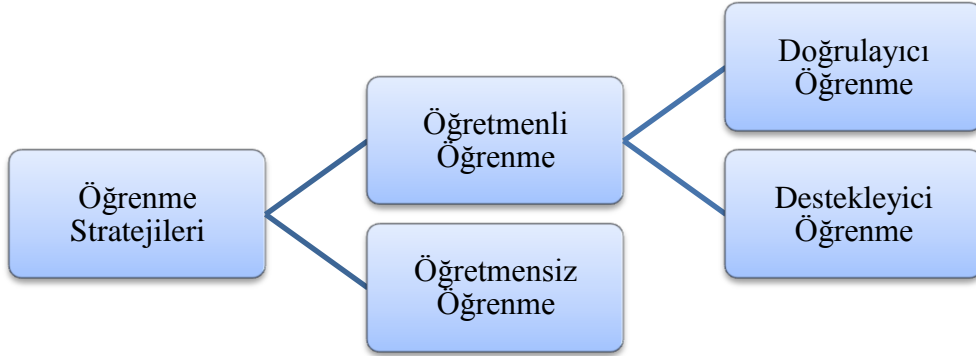
Yukarıdakilerden farklı olarak burada yanlış sınıflandırılmış (Y_S) örneklerin toplam örnek sayısına (T_S) oranı bulunur.

$$H_S = \frac{Y_S}{T_S}$$

Bu oran ağın bir sınıfı yanlış sınıflandırma olasılığına karşılık gelir. Bu değer ne kadar düşük ise ağ o kadar iyi çalışır.

3.4.1.5. Öğrenme Stratejileri ve Kuralları

Yapay sinir ağlarının en önemli özelliği öğrenme yeteneğine sahip olmasıdır. Burada öğrenme ile kastedilen eldeki örnekler arasındaki yapının anlaşılmasını sağlayacak bağlantı ağırlıklarının hesaplanma işlemidir. Bu hesaplama işlemi seçilecek olan öğrenme stratejisine göre belirlenir. Burada öğrenmeyi gerçekleştirecek olan öğrenme stratejileri ve öğrenme kuralları tanıtılacaktır. Genel olarak 2 öğrenme stratejisinden söz edilir. Bu stratejilerin seçimi problemle ilgili elimizdeki verilere göre belirlenir.



Şekil 3.17: Öğrenme Stratejileri

Doğrulayıcı Öğrenme

Ağın eğitiminde, eğer ağın üretmesi beklenen çıktı değerleri mevcutsa ve ağa tanıtılıyorsa bu tip öğrenme doğrulayıcı öğrenme olarak isimlendirilir. Her örnek için girdi ve beklenen çıktı kümeleri ağa verilir. Ağ, girdileri işleyerek kendi çıktısını üretir ve beklenen çıktı ile karşılaştırır. Daha önce bahsettiğimiz hata fonksiyonlarına göre hesaplanan hatayı en aza indirmek için kullanılan öğrenme kuralına göre ağırlıklarda gerekli değişiklikler gerçekleştirilir. Tek katmanlı algılayıcılar, geri yayılım ağı ve Boltzmann makinesi doğrulayıcı öğrenmeyi kullanan en yaygın modellerdir.

Destekleyici Öğrenme

Bu sistemde doğrulayıcı öğrenme sistemindeki gibi ağa bir öğretmen yardımcı olur. Fakat burada öğretmen eğitim sırasında ağa beklenen değeri vermek yerine ağın çıktısının sadece doğru veya yanlış olduğunu belirtir. Ağ, öğretmenden gelen bu sinyale göre öğrenme sürecine devam eder. LVQ ağı bu stratejiyi kullanan ağlara örnek verilebilir.

Öğretmensiz Öğrenme

Bu sistemde ağın öğrenmesine yardımcı olan bir öğretmen yoktur. Ağa sadece girdi seti gösterilir. Ağ, girdi setinde saklı istatistiksel bilgilerin elde edilmesini kendi kendisine öğrenir. ART, Hopfield ve Kohonen ağları en çok kullanılan ağlardır.

Öğrenme Kuralları

Öğrenme stratejilerine göre yapay sinir ağları için birçok öğrenme kuralı geliştirilmiştir. Burada bu kurallarla ilgili tanımlar yapılacak, bu kuralları uygulayan sistemler anlatılırken öğrenme kuralları detaylı olarak anlatılacaktır. Başlıca öğrenme kuralları şunlardır;

Hebb Kuralı (1949)

Bilinen ilk öğrenme kuralı olarak karşımıza çıkar ve diğer öğrenme kurallarının temelini oluşturur. Temel olarak, bir hücre diğer bir hücreden bilgi alırsa ve ikisi de aktif (matematiksel olarak aynı işarete sahip) ise bu iki hücrenin arasındaki bağlantı değeri kuvvetlendirilmelidir. Aksi durumda ise bağlantı değeri zayıflatılmalıdır.

Hopfield Kuralı (1982)

Bu kural Hebb kuralına benzemektedir. Aralarındaki fark, Hebb'e göre kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması gereken bağlantıların ne kadar artırılması ya da azaltılması gerektiği belirlenir. Ağırlıkların değişimi belirlenen bir öğrenme katsayısına göre gerçekleştirilir. Öğrenme katsayısı genel olarak 0 ile 1 arasında tasarımcı tarafından seçilen sabit bir değerdir.

Delta Kuralı

En yaygın olarak kullanılan bu kural yine Hebb kuralını esas alır. Bu kural bağlantı değerlerinin beklenen çıktı ile gerçekleşen çıktı arasındaki farklılığı azaltmak için sürekli değiştirilmesi ilkesine dayanır. Hatalar en son katmandan başlayarak ilk katmana doğru dağıtılır. Bu tür öğrenme ile eğitilen ağlara hata dağıtımli geri yayılım ağı adı da verilir. Bu kuralın ilk denemeleri Widrow ve Hoff (1960) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Kohonen Kuralı (1988)

Burada sinir hücreleri öğrenmeyi ve ağırlıkları yenilemeyi birbirleriyle yarışarak kendi içinde hallederler. En büyük çıktısı olan hücre kazanan hücre olur ve bağlantı ağırlıkları değiştirilir. Kohonen kuralında bir çıkış seti olması gerekmez. Bu nedenle öğretmensiz eğitimle öğrenimini gerçekleştirir.

3.4.2. Geri Yayılım (Backpropagation) Ağı

Çok katmanlı algılayıcılara olan ilgi Rumelhart tarafından geliştirilen model ile çok hızlı bir şekilde artmıştır. Geliştirilen bu ağa hatayı geriye yayma modeli veya geri yayılım ağı denilmektedir. Bu model delta öğrenme kuralını temel alır. Geri yayılım ağının öğrenme kuralı delta öğrenme kuralının genelleştirilmiş halidir. Bu nedenle bu ağın öğrenme kuralına genelleştirilmiş delta kuralı da denilmektedir.

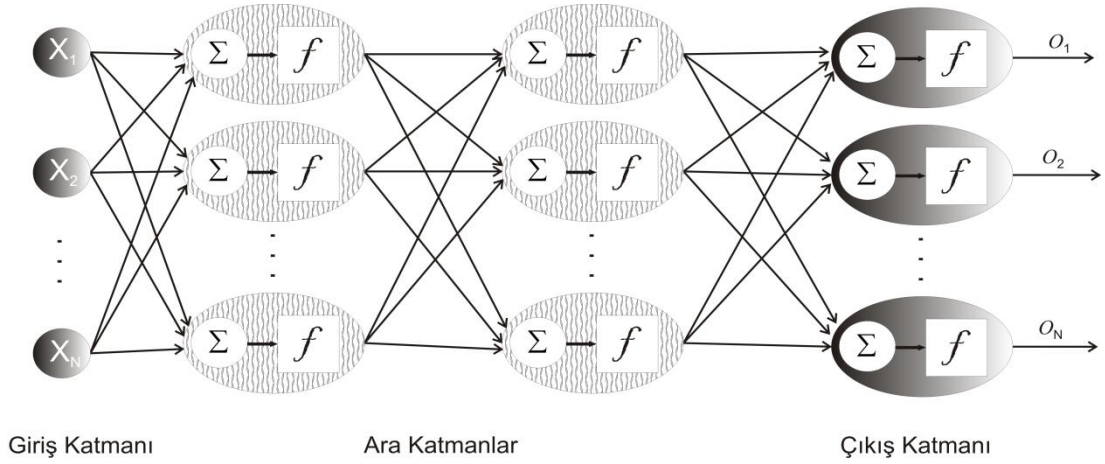
3.4.2.1. Geri Yayılım Öğrenme Kuralı

Geri yayılım ağının öğrenme kuralı iki aşamadan oluşur. İlk aşama ileriye doğru hesaplamaların yapıldığı ve ağın çıktılarının belirlendiği aşamadır. İkinci aşama ise geriye doğru hesaplamaların yapıldığı yani ağın çıktılarındaki hatanın azaltılması için ağırlıklarda gerekli olan değişikliğin yapıldığı aşamadır.

1- İleriye doğru hesaplama

Bu aşama ağın çıktısının belirlenmesi sürecidir. Ağa sunulan girdi setine karşılık ağın ürettiği çıktı seti bulunur. Ağın girdi katmanına girdi setinin (x_1, x_2, \dots, x_n)

gösterilmesi ile hesaplama başlar. İlk ara katman, girdi katmanından gelen girdileri kullanılan birleştirme fonksiyonuna göre ağırlıkları ile birleştirir. Kullanılan birleştirme fonksiyonu örneğin toplama fonksiyonu ise ilk ara katmanın net girdileri şu şekilde olacaktır.



$$Net_{(1 \times p)} = X_{(1 \times n)}W_{(n \times p)} + B_{(1 \times p)}$$

$$\begin{aligned} Net_{(1 \times p)} &= [N_1 \quad N_2 \quad \dots \quad N_p] \\ &= [x_1 \quad x_2 \quad \dots \quad x_n] \begin{bmatrix} w_{11} & \dots & w_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{n1} & \dots & w_{np} \end{bmatrix} + [b_1 \quad b_2 \quad \dots \quad b_p] \end{aligned}$$

Ara katmandaki hücrelerin çıktısı ise bu net girdilerin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi ile elde edilir. Seçilen aktivasyon fonksiyonu Sigmoid fonksiyonu ise hücrelerin çıktılarını aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$f(Net) = \frac{1}{1 + e^{-Net}}$$

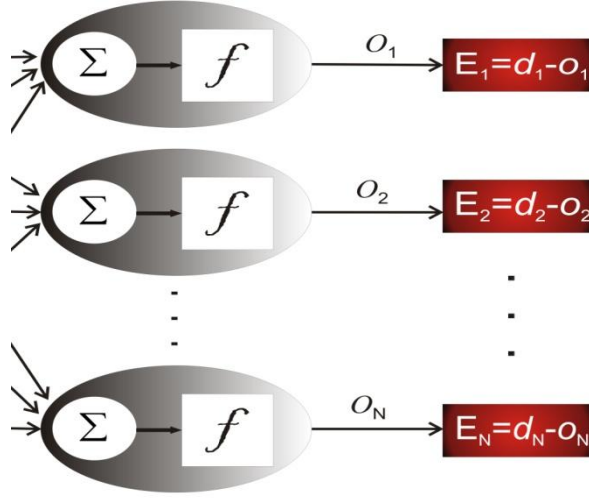
İlk ara katmandaki tüm hücrelerin üreteceği çıktılar belirlendikten sonra bu çıktılar varsa ikinci ara katmanın girdi setini oluşturur. Aynı işlemler tekrarlanarak en son çıktı katmanına ulaşılır. Bu katmanın üreteceği çıktı ise ağın çıktısı olur.

2- Geriye doğru hesaplama

Geriye doğru hesaplama aşaması ağıın ürettiği çıktılar ile beklenen çıktılar arasındaki farkı en aza indirmektir. Bu farka hata dersek herhangi bir i . çıkış hücresinin hatası;

$$E_i = d_i - o_i$$

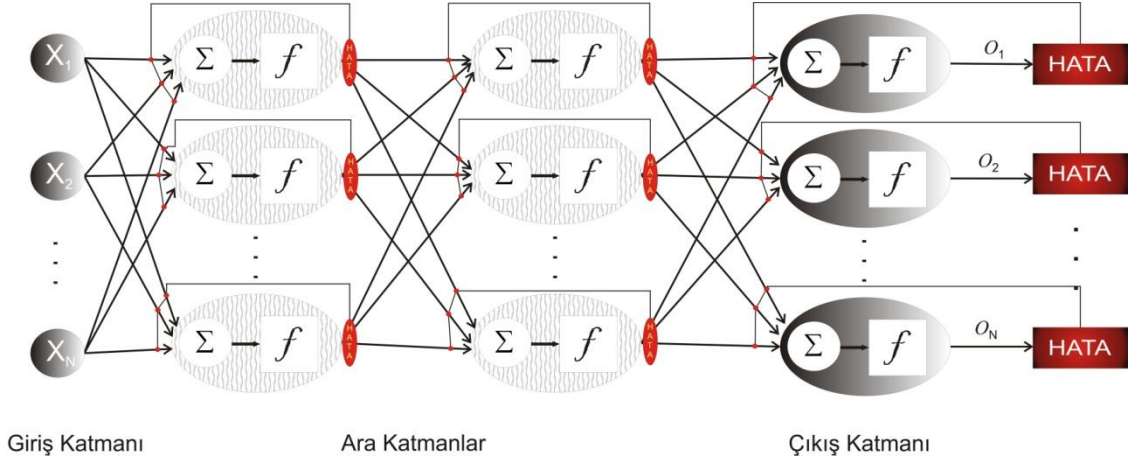
olacaktır.



Bu bir hücrenin hatasıdır. Ağıın toplam hatasını bulmak için çıktı katmanındaki tüm hücrelerin hatalarının toplanması gerekir. Bu hata değerlerinden negatif olanlar pozitif olanları sıfırlamaması için kareleri alınarak toplanır. Buna göre ağıın toplam hatası:

$$E_{top} = \frac{1}{n} \sum E_i^2$$

formülü ile bulunur. Amaç bu hatayı en aza düşürmektir. Bunun için bu hataya neden olan ağırlıklarda değişiklik yapılır. Ağıın ağırlıklarını değiştirme aşamasında iki durum söz konusudur. İlki ağıın çıktı katmanı ile ara katman arasındaki ağırlıkların değişimi, ikincisi ara katmanlar arası ağırlıkların değişimidir.



- **Çıktı katmanını ile ara katman arasındaki ağırlıkların değişimi**

Çıktı katmanındaki herhangi bir i . hücreye gelen bağlantıların ağırlıklarındaki değişim miktarına Δw_i dersek ağırlıkların değişim miktarı şöyle hesaplanır:

$$\Delta w_i \leftarrow \lambda \delta_i o_i + \alpha \Delta w_i$$

λ öğrenme katsayısı , α momentum katsayısını göstermektedir. Formüldeki δ_i , i . hücrenin hatasının geriye yayılım miktarını temsil etmekte ve aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır.

$$\delta_i = f'(Net) \cdot E_i$$

Burada $f'(Net)$ aktivasyon fonksiyonunun türevidir. Bu türev Sigmoid fonksiyonu kullanılması durumunda;

$$\begin{aligned} f'(Net) &= \left(\frac{1}{1 + e^{-Net}} \right)' = \frac{e^{-Net}}{(1 + e^{-Net})^2} = \left(\frac{1}{1 + e^{-Net}} \right) \left(1 - \frac{1}{1 + e^{-Net}} \right) \\ &= o_i \cdot (1 - o_i) \end{aligned}$$

olacaktır. Hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanılması durumunda ise;

$$\begin{aligned} f'(Net) &= \left(\frac{e^{Net} + e^{-Net}}{e^{Net} - e^{-Net}} \right)' = \frac{(e^{Net} - e^{-Net})^2 - (e^{Net} + e^{-Net})^2}{(e^{Net} - e^{-Net})^2} \\ &= 1 - \left(\frac{e^{Net} + e^{-Net}}{e^{Net} - e^{-Net}} \right)^2 = 1 - o_i^2 = (1 - o_i)(1 + o_i) \end{aligned}$$

şeklinde olacaktır. Değişim miktarı hesaplandıktan sonra ağırlıkların yeni değerleri şu şekilde belirlenir:

$$w_i \leftarrow w_i + \Delta w_i$$

Benzer şekilde eşik değerinin de değeri değiştirilir. Önce eşik değerin değişim miktarı bulunur.

$$\Delta b_i \leftarrow \lambda \delta_i + \alpha \Delta b_i$$

Daha sonra eşik değeri değiştirilir.

$$b_i \leftarrow b_i + \Delta b_i$$

- Ara katmanlar arası ağırlıkların değiştirilmesi

Çıktı katmanına gelen ağırlıkların değiştirilmesi aşamasında oluşan hata değeri sadece tek bir hücreden oluşmaktadır. Fakat ara katmanlardaki hücrelerin hataları tüm çıktı hücrelerinin hatalarından ağırlık değerleri kadar pay almaktadır. Bu aşamanın hesaplama işlemlerinde bir önceki aşamadan farklı olan kısmı burasıdır.

Ara katmandaki her hangi bir hücrenin hatasını bulabilmek için bağlantı kurduğu bir sonraki katmandaki hücrelerden gelen hata payları hesaplanarak toplam hatası bulunmalıdır.

$$Hata = \delta_1 w_1 + \delta_2 w_2 + \dots + \delta_n w_n = \sum \delta_i w_i$$

Daha sonraki hesaplamalar aynı şekilde devam eder.

$$\delta = f'(Net). \sum \delta_i w_i$$

$$\Delta w_i \leftarrow \lambda \delta o_i + \alpha \Delta w_i$$

$$w_i \leftarrow w_i + \Delta w_i$$

$$\Delta b_i \leftarrow \lambda \delta + \alpha \Delta b_i$$

$$b_i \leftarrow b_i + \Delta b_i$$

3.4.2.2. Geri Yayılım Ağı Öğrenme Algoritması

Geri yayılım ağında diğer ağlarda olduğu gibi amacı giriş verileri ile elde edilen çıktının beklenen değere en yakın sonuçlar olmasını sağlayacak bağlantı ağırlıklarının bulunmasıdır. Eğitim süreci ileri doğru bilgi akışı ve geriye doğru hatanın yayılmasından oluşan iki aşamada gerçekleşir. Geri yayılım ağının eğitimi adım adım şu şekilde gerçekleşir:

- **Adım 1:** Ağın topolojik yapısının belirlenmesi

Ağın çözmesi istenen problem için ağın topolojik yapısı belirlenir. Girdi katmanındaki girdi hücre sayısı, ara katman ve her ara katmandaki hücre sayısı ve çıktı katmanındaki çıktı hücrelerinin sayısı tespit edilir.

- **Adım 2:** Fonksiyonların ve parametrelerin belirlenmesi

Ağın öğrenme sürecinde ihtiyaç duyduğu birleştirme fonksiyonu ve aktivasyon fonksiyonu seçilir. Ayrıca hatanın geri yayılmasında gerekli olan öğrenme katsayısı ve momentum katsayısı belirlenir.

- **Adım 3:** Başlangıç değerlerinin belirlenmesi

Ağın hücrelerini birbirine bağlayan bağlantıların ağırlık değerlerine ve hücrelerin eşik değerlerine rastgele değerler atanır.

- **Adım 4:** İleri hesaplamanın yapılması

Geri yayılım ağının öğrenme kuralında anlatıldığı gibi ağın girdi setine karşın üreteceği çıktı belirlenir.

- **Adım 5:** Hatanın belirlenmesi ve geriye doğru hesaplamanın yapılması

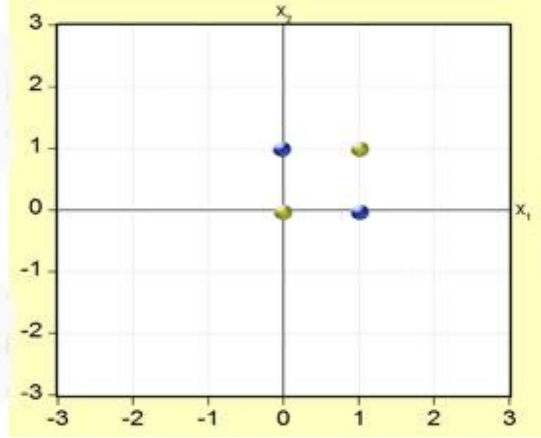
Ağın ürettiği çıktı ile beklenen değer karşılaştırılarak ağın hatası belirlenir ve bu hatanın azaltılması için geriye doğru ağın ağırlıkları ve eşik değerlerinde değiştirilme yapılır.

Bu adımlar ağın öğrenmesi tamamlanıncaya kadar devam eder. Ağın öğrenmesini durdurmak için bir kriter olması gerekir. Durdurma kriteri çoğunlukla hatanın belirlenen bir düzeyin altına düşmesi ile belirlenir.

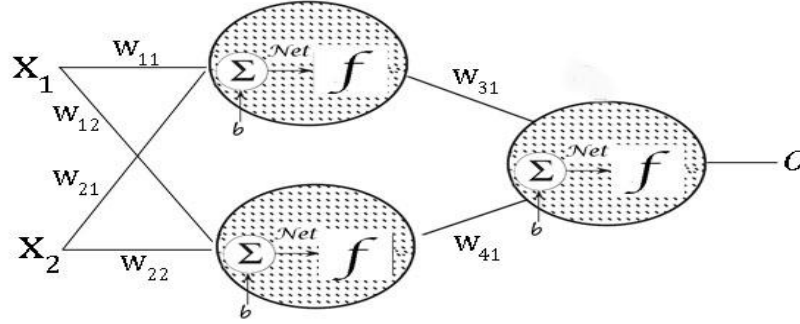
3.4.2.3. XOR Örneği

Geri yayılım ağının anlatılan öğrenme kuralını ve farklı aktivasyon fonksiyonları ile uygulanışını XOR fonksiyonu üzerinde inceleyelim.

X_1	X_2	Y
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	0



XOR fonksiyonunun iki girdi değeri ve bir çıktı değeri olduğundan ağın da iki girdi ünitesi ve bir çıktı ünitesi olacaktır. Gerçek uygulamalarda katmanlarda genellikle aynı aktivasyon fonksiyonu seçilmekte olmasına karşın öğrenme algoritmasının anlaşılması için örnekte farklı fonksiyonlar tercih edilmiştir. Bu amaçla iki hücreli ara katman için aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid ve hiperbolik tanjant, çıktı katmanının aktivasyon fonksiyonu olarak doğrusal fonksiyon seçilmiştir. Öğrenme katsayısı, momentum katsayısı ve başlangıç ağırlıkları ile oluşturulan ağ aşağıdaki gibidir:



$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \\ w_{31} & - \\ w_{41} & - \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,936626 & 0,4651867 \\ 0,9092305 & 0,925426 \\ 0,519355 & - \\ 0,747518 & - \end{bmatrix} \text{ ve } B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,220682 \\ 0,765728 \\ 0,924475 \end{bmatrix}$$

Öğrenme katsayısı $\lambda = 0,4$

Moment katsayısı $\alpha = 0,8$

1. Aşama: İleri doğru hesaplama

Bu aşama ağa gösterilen örnek setine karşılık ağın ürettiği çıktının bulunduğu aşamadır. İlk girdi seti (1,1) ağa gösterilir. Ara katmana gelen net girdi hesaplanır.

$$\begin{aligned} z_1 &= w_{11}x_1 + w_{21}x_2 + b_1 \\ &= 0,936626 \times 1 + 0,9092305 \times 1 + 0,220682 = 2,0665385 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} z_2 &= w_{12}x_1 + w_{22}x_2 + b_2 \\ &= 0,4651867 \times 1 + 0,925426 \times 1 + 0,765728 = 2,1563407 \end{aligned}$$

Ara katmanın bu net girdilere karşılık seçilen aktivasyon fonksiyonlarına göre üreteceği çıktılar belirlenir.

$$Net_1 = f_1(z_1) = \frac{1}{1 + e^{-z_1}} = \frac{1}{1 + e^{-2,0665385}} = 0,88760810$$

$$Net_2 = f_2(z_2) = \frac{e^{z_2} - e^{-z_2}}{e^{z_2} + e^{-z_2}} = \frac{e^{2,1563407} - e^{-2,1563407}}{e^{2,1563407} + e^{-2,1563407}} = 0,9735591$$

Çıktı katmanının net girdisi ve çıktısı ise şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned} z_3 &= w_{31}Net_1 + w_{41}Net_2 + b_3 \\ &= 0,519355 \times 0,88760810 + 0,747518 \times 0,9735591 + 0,924475 = 2,11321165 \end{aligned}$$

$$o = f_3(z_3) = z_3 = 2,11321165$$

Böylelikle ilk girdi setine karşılık ağırlık ürettiği çıktı bulunur. Şimdi oluşan hatayı azaltmak için ağırlıklarda değişiklik yapılabilir.

2.Aşama: Geriye doğru hesaplama

➤ Çıktı katmanı ile ara katman arasındaki ağırlıkların değişimi

Çıktı katmanının beklenen çıktıya ($d = 0$) karşın ürettiği çıktının hatası;

$$E = d - o = 0 - 2,11321165 = -2,11321165$$

olarak bulunur. Ağırlıkların değişiminde kullanılacak hata payı ise,

$$\delta_3 = f'_3(o) \times E = 1 \times E = -2,11321165$$

şeklindedir. Ağırlıkların ve eşik değerinin değişimi şu şekilde yapılır:

$$\begin{aligned} \Delta w_{31} &= \lambda \cdot \delta_3 \cdot Net_1 + \alpha \cdot \Delta w_{31} = 0,4 \times -2,11321165 \times 0,88760810 + 0,8 \times 0 \\ &= -0,750282 \end{aligned}$$

$$w_{31} = w_{31} + \Delta w_{31} = 0,519355 - 0,750282 = -0,230927$$

$$\begin{aligned} \Delta w_{41} &= \lambda \cdot \delta_3 \cdot Net_2 + \alpha \cdot \Delta w_{41} = 0,4 \times -2,11321165 \times 0,9735591 + 0,8 \times 0 \\ &= -0,822935 \end{aligned}$$

$$w_{41} = w_{41} + \Delta w_{41} = 0,747518 - 0,822935 = -0,075417$$

$$\Delta b_3 = \lambda \cdot \delta_3 + \alpha \cdot \Delta b_3 = 0,4 \times -2,11321165 + 0,8 \times 0 = -0,845285$$

$$b_3 = b_3 + \Delta b_3 = 0,924475 - 0,845285 = -0,07919$$

➤ Ara katman ile girdi katman arasındaki ağırlıkların değişimi

Ara katmandaki hücrelerin hata payları şu şekilde olacaktır:

$$\begin{aligned}\delta_1 &= f'_1(Net_1) \cdot \delta_3 \cdot w_{31} = Net_1 \cdot (1 - Net_1) \cdot \delta_3 \cdot w_{31} \\ &= 0,88760810 \times (1 - 0,88760810) \times -2,11321165 \times 0,519355 \\ &= -0,1094872\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_2 &= f'_2(Net_2) \cdot \delta_3 \cdot w_{41} = (1 + Net_2) \cdot (1 - Net_2) \cdot \delta_3 \cdot w_{41} \\ &= (1 + 0,9735591) \times (1 - 0,9735591) \times -2,11321165 \times 0,747518 \\ &= -0,08243108\end{aligned}$$

Ağırlıkların ve eşik değerlerinin değişimi,

$$\Delta w_{11} = \lambda \cdot \delta_1 \cdot x_1 + \alpha \cdot \Delta w_{11} = 0,4 \times -0,1094872 \times 1 + 0,8 \times 0 = -0,0437949$$

$$w_{11} = w_{11} + \Delta w_{11} = 0,936626 - 0,0437949 = 0,8928311$$

$$\Delta w_{21} = \lambda \cdot \delta_1 \cdot x_2 + \alpha \cdot \Delta w_{21} = 0,4 \times -0,1094872 \times 1 + 0,8 \times 0 = -0,0437949$$

$$w_{21} = w_{21} + \Delta w_{21} = 0,909230 - 0,0437949 = 0,8654351$$

$$\Delta b_1 = \lambda \cdot \delta_1 + \alpha \cdot \Delta b_1 = 0,4 \times -0,1094872 + 0,8 \times 0 = -0,0437949$$

$$b_1 = b_1 + \Delta b_1 = 0,220682 - 0,0437949 = 0,1768871$$

$$\Delta w_{12} = \lambda \cdot \delta_2 \cdot x_1 + \alpha \cdot \Delta w_{12} = 0,4 \times -0,08243108 \times 1 + 0,8 \times 0 = -0,0329724$$

$$w_{12} = w_{12} + \Delta w_{12} = 0,4651867 - 0,0329724 = 0,4322143$$

$$\Delta w_{22} = \lambda \cdot \delta_2 \cdot x_2 + \alpha \cdot \Delta w_{22} = 0,4 \times -0,08243108 \times 1 + 0,8 \times 0 = -0,0329724$$

$$w_{22} = w_{22} + \Delta w_{22} = 0,925426 - 0,0329724 = 0,8924536$$

$$\Delta b_2 = \lambda \cdot \delta_2 + \alpha \cdot \Delta b_2 = 0,4 \times -0,08243108 + 0,8 \times 0 = -0,0329724$$

$$b_2 = b_2 + \Delta b_2 = 0,765728 - 0,0329724 = 0,7327556$$

şeklinde olacaktır. Aynı işlemler diğer örnekler için tekrarlanır ve istenilen duruma ulaşınca kadar ilk örneğe dönerek tüm örnekler için aynı işlemler tekrar eder. Bu şekilde yapılmış 60 tekrardan sonra ağın son ağırlıkları ve ürettiği çıktılar aşağıdaki gibidir.

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} \\ w_{21} & w_{22} \\ w_{31} & - \\ w_{41} & - \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,89283171 & 0,4322143 \\ 0,86543563 & 0,89245431 \\ -0,2309267 & - \\ -0,07541662 & - \end{bmatrix} \text{ ve } B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,1768878 \\ 0,7216193 \\ 0,0791903 \end{bmatrix}$$

X ₁	X ₂	Y	Ağın çıktısı	Hata
1	1	0	-0,0308430	0,0308430
1	0	1	1,0220691	-0,0220691
0	1	1	1,0264107	-0,0264107
0	0	0	-0,0054011	0,0054011

BÖLÜM 4: UYGULAMA

4.1. GİRİŞ

Bu çalışmada BİST-100 endeksi için alım ve satım kararı vermek amacıyla teknik analiz yöntemleri ile oluşturulan bir YSA modeli kullanılmıştır. Modelin algoritması için gösterge tahmininde en çok kullanılan "Hata Geriye Yayma Yöntemi" seçilmiş ve modele girdi olarak en sık kullanılan teknik analiz göstergeleri alınmıştır.

4.2. HİSSE SENEDİ GETİRİLERİNİN TAHMİN EDİLDİĞİ ÇALIŞMALAR

Literatürde endeks getirisinin tahmin edildiği çok sayıda araştırma mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmiştir.

Panahian, 2011 yılında TEPIX (İran Borsası) endeksinin trend tahmini için YSA ve çoklu regresyon modellerini test etmiş ve YSA' nın diğer modellere göre daha başarılı olduğunu saptamıştır.¹²⁷

Khansa ve Liginlal (2011), 1996-2008 yıllarına ait hisse senedi fiyatları, hisse senedi getirileri ve endeks getirisinin günlük değerlerini kullanarak, regresyon ve sinir ağları modellerini 88 firmada uygulamaktadır. Çalışmanın sonucunda YSA hisse senetlerinin getirilerini %95, regresyon modelleri ise %85 oranında doğru tahmin ederek, YSA' nın diğer modellerden daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmektedir.¹²⁸

Avcı (2009), İMKB'de işlem gören hisse senetlerinin getirilerinin tahmin edilmesine yönelik herhangi bir çalışma olmadığından, İMKB 30 da işlem gören 5 hisse senedinin getirilerinin tahmin etmek istemektedir. Uygulamada 2007 ve 2008 yıllarına

¹²⁷ Panahian, H. **Stock market index forecasting by neural networks models and nonlinear multiple regression modeling: study of Iran's capital market**, American Journal of Scientific Research ,Vol.18, 2011, ss.35-51

¹²⁸ Khansa, L. & Liginlal, D. **Predicting Stock Market Returns from malicious attacks:A Comparative Analysis of Vector Autoregression and Time - Delayed Neural Networks**. Decision Support Systems, 2011.

ait günlük veriler kullanılmaktadır. Hisse senedinin ağırlıklı ortalama fiyatı, işlem hacmi ve hareketli ortalama fiyatları, 1,3 ve 5 günlük gecikmeli hisse senedi fiyatları modelde değişken olarak kullanılmaktadır. Üç farklı sinir ağı modelinin uygulandığı çalışmada al-tut stratejileri ile hisse senetlerinin getirileri tahmin edilmekte ve 5 hisse senedinin getirisinin -%24,95 olduğu sonucuna varılmaktadır.¹²⁹

Rapach ve Wohar (2006), temettü / kazanç, fiyat / kazanç, defter değeri / pazar değeri, endeks getirisi ve faiz oranını değişken olarak modelde kullanmaktadır. 1927-1999 dönemini kapsayan yıllık veriler, veri madenciliğinde sinir ağları kullanılarak, S&P 500 de yer alan 2 hisse senedinin getirilerini tahmin etmektedirler. YSA, hisse senedi getiri tahmin etmekte başarılı olduğu sonucuna varılmaktadır.¹³⁰

Kanas (2003), Dow-Jones borsasında işlem gören şirketlerin temettü getirileri ve endeks fiyatlarını bağımsız, hisse senedi getirisini de bağımlı değişken olarak modelde yer almaktadır. 1872-1999 yıllarını kapsayan çalışmada yıllık veriler tercih edilmektedir. Uygulamada, doğrusal ve doğrusal olmayan modellerden, YSA, Markov Switch Modeli, Standart Switch Modeli ve En Yakın Komşular modelleri kullanılmaktadır. Analiz sonucunda YSA, doğrusal olmayan modellere göre daha anlamlı ve başarılı sonuçlar vermektedir.¹³¹

¹²⁹ Avcı, E. **Stock Return Forecasts with Artificial Neural Network Models.** Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt:26, Sayı:1, 2009, ss.443-461

¹³⁰ Rapach, D.E. & Wohar, M.E. **In-Sample vs. Out-Of-Sample Tests of Stock Return Predictability In The Context Of Data Mining.** Journal of Empirical Finance, Vol.13, 2006.

¹³¹ Kanas, A. **Non-Linear Forecasts of Stock Returns.** John Wiley&Sons.Ltd., Published online in Wiley InterScience, Vol.22, 2003, ss.299-315

Tablo 4.1
Hisse Senedi Getirilerinin Tahmin Edildiği Çalışmalar

Yazar	Çalışma	Veri	Sonuç
Panahian (2011)	Stock Market Index Forecasting by Neural Networks Models and Nonlinear Multiple Regression Modeling: Study of Iran's Capital Market	2007-2010 yıllarına ait günlük veriler	YSA ve çoklu regresyon modellerini test etmiş ve YSA'nın diğer modellere göre daha başarılı olduğunu saptamıştır
Khansa & Liginlal (2011)	Predicting Stock Market Returns From Malicious Attaks: A Comparative Anal.Vector Autoregression and Time-Delayed Neural Netwok	1996 - 2008 yıllarına ait 88 firmanın günlük verileri	Hisse senedi piyasasına yasal olmayan bilgilerin sızdırılmasının hisse senetlerinin getirilerindeki etkisi ölçülmektedir. Yapay sinir ağı dışındaki diğer modellerin bu etkiyi ölçemediği sonucuna varılmaktadır.
Avcı (2009)	Stock Return Forecast with ANN Models	2007 ve 2008 yıllarına ait günlük veriler	Çalışmanın sonuçları incelendiğinde yapay sinir ağlarının hisse senetlerinin al-tut stratejilerinde büyük çoğunlukla başarılı sonuçlar vermektedir.
Rapach & Wohar (2006)	In Sample-Out Sample Tests Of Stock Returns Pre.Data Mining	1927 - 1999 yıllarına ait, S&P listesinden seçilen 2 hisse senedinin yıllık verileri	YSA, hisse senedi getiri tahmin etmekte başarılı olduğu sonucuna varılmaktadır
Kanas (2003)	Non-Linear Forecasts Of Stock Returns	1972 - 1999 yıllarına ait yıllık veriler	Çalışmanın sonuçları incelendiğinde lineer olmayan modellerin daha başarılı sonuçlar verdiği anlaşılmaktadır

4.2. VERİ

Uygulamada kullanılan tüm veriler BİST'in web sitesinden¹³² elde edilmiştir. Verilerin başlangıç tarihi 04.01.2010 ve bitiş tarihi ise 24.12.2015'dur. İki tarih arasında toplam 1505 iş günlük veri kullanılmıştır. Bu verilerden daha önce anlatıldığı gibi teknik analiz göstergeleri hesaplanmış ve girdi verileri olarak kullanılmıştır. Kullanılan göstergeler aşağıdaki gibidir:

- Stokastik (5,3,3)
- Stokastik (15,5,3)
- William's %R (14 Gün)
- William's %R (30 Gün)
- Momentum (10 Gün)
- Momentum (20 Gün)
- Momentum (30 Gün)
- RSI (9 Gün)
- RSI (14 Gün)
- RSI (25 Gün)
- MACD (12-26 Gün)
- CCI (5 Gün)
- CCI (10Gün)
- ADX
- CCI (25 Gün)

Modelde kullanılan değişkenlerin aynı cinsten olmalarını sağlamak amacıyla verilerin tamamı [-1,1] arasında değer alacak şekilde aşağıdaki formülle düzeltilmiştir.

$$\text{Düzeltilmiş Değer} = 2 \times \left(\frac{x - \min(x)}{\max(x) - \min(x)} \right) - 1$$

Veriler eğitim ve test için iki kümeye ayrılmıştır. 2010 ile 2014 arasındaki 1258 veri eğitim için 2015 yılı 247 veri test için kullanılmıştır. Eğitim setinin %75'i

¹³² www.borsaistanbul.com

öğrenme, %15'i sına ve %10'u test için ayrılmıştır. Çıktı değeri olarak BİST-100 endeksinin kapanış değeri ile hesaplanan Stokastik göstergesinin geçmiş ve gelecek verilerinin hesaplamaya katılması ile oluşturulan ve aşağıdaki gibi hesaplanan gösterge seçilmiştir.¹³³

$$\text{Çıktı}_i = \frac{\text{Kapanış}_i - \text{Min}_{i-h}^{i+h}(\text{Kapanış})}{\text{Max}_{i-h}^{i+h}(\text{Kapanış}) - \text{Min}_{i-h}^{i+h}(\text{Kapanış})}$$

4.3. MODELLEME VE BULGULARI

Modelin yukarıda açıklanan 15 girdisi ve 1 çıktısı bulunmaktadır. Çıktı değeri olarak gün sayısı çeşitli değerler ile denenmiş ve en uygun sayı bulunmaya çalışılmıştır. Gizli katman sayısı ve gizli katmandaki bulunması gereken nöron sayısı ile ilgili kesin bir kural olmadığından en iyi modeli bulmak için çeşitli denemeler yapılmış ve sonuçları aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 4.2
YSA Modeli Denemeleri ve Sonuçları

Model	Eğitim Verisi R ²	Test Verisi R ²	Eğitim Verisi R ²	Test Verisi R ²	Eğitim Verisi R ²	Test Verisi R ²
	3 Günlük Çıktı		5 Günlük Çıktı		10 Günlük Çıktı	
12-5-1	0,48454	0,50110	0,51326	0,50630	0,51485	0,50010
8-5-1	0,55411	0,49454	0,53361	0,51814	0,61123	0,49454
5-3-1	0,57412	0,51211	0,51806	0,51093	0,59885	0,51002
3-3-1	0,59845	0,54214	0,48192	0,49174	0,69474	0,65875
30-1	0,74394	0,56314	0,79111	0,71110	0,71210	0,71001
29-1	0,78042	0,49244	0,82344	0,70521	0,74121	0,71945
28-1	0,68355	0,59484	0,82625	0,72982	0,73289	0,74458
27-1	0,67668	0,61411	0,84016	0,80330	0,69440	0,68120
26-1	0,74793	0,59354	0,82112	0,70451	0,72121	0,59411
25-1	0,68480	0,61289	0,74884	0,71749	0,69478	0,62784
20-1	0,71947	0,53047	0,74764	0,63437	0,71414	0,60144
18-1	0,71528	0,52117	0,73150	0,70595	0,69458	0,64874

¹³³ Guido Deboeck, **Trading On The Edge: Neural, Genetic, And Fuzzy Systems For Chaotic Financial Markets**, John Wiley&Sons, 1994 s.88.

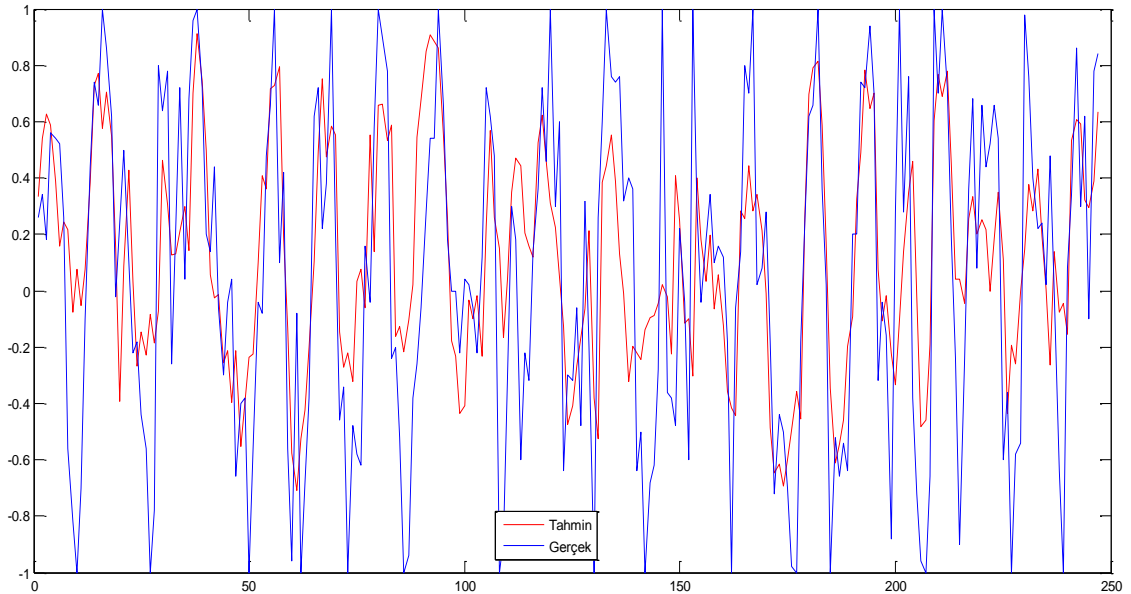
En uygun modelin eğitim verisi sonuçları incelendiğinde tek katmanlı ve 27 nöronlu model olduğu ve çıktı değeri 5 günlük olduğu görülmektedir. Çalışmamızda kullanacağımız model aşağıda gösterildiği gibidir.

$$\text{Çıktı}_i = \frac{\text{Kapanış}_i - \text{Min}_{i-5}^{i+5}(\text{Kapanış})}{\text{Mak}_{i-5}^{i+5}(\text{Kapanış}) - \text{Min}_{i-5}^{i+5}(\text{Kapanış})}$$

Tablo 4.3
15 Girdi ve 1 Çıktısı Olan YSA Modeli

Girdi Sayısı	15
Gizli Katman Sayısı	1
Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	27
Gizli Katman Transfer Fonksiyonu	Hiperbolik
Çıktı Sayısı	1
Çıktı Katman Transfer Fonksiyonu	Hiperbolik
Öğrenme Katsayısı	0,2
Momentum Katsayısı	0,8
Maksimum İterasyon	5000

Yapılan denemelerin sonuçları aşağıda verilmiştir.



Grafik 4.1: Tahmin-Gerçek Çıktı

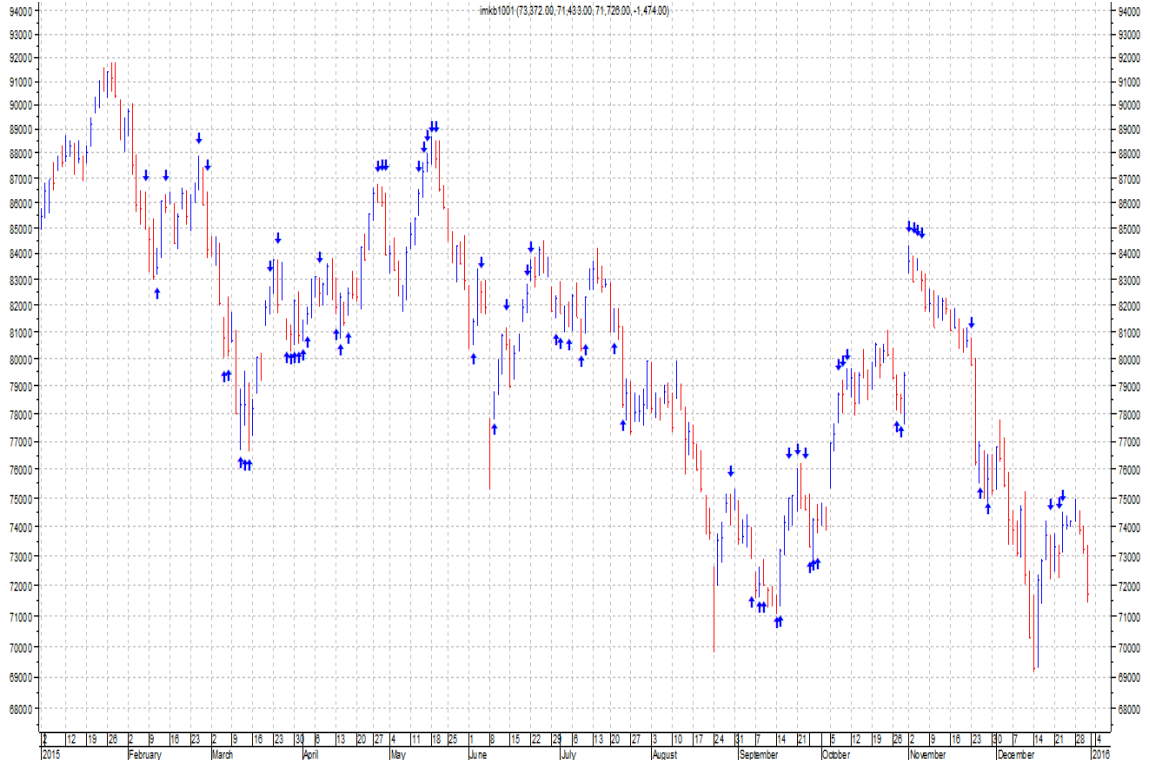
Kaynak: Matlab 2012

Oluşturan model ile elde edilen çıktıya göre 70'in üzerinde "satım", 30'un altında "alım", diğer durumlarda "bekle" olarak sınıflandırıldığında model 2015 yılına ait test verilerinde %52,6 oranında doğru sınıflandırma yapmıştır. Yapılan değerlendirmede alım satım maliyetleri ve kar oranları ihmal edilmiştir.

Tablo 4.4
YSA Modelinin Sonuçları

Öngörülen	Gözlenen			Doğru Yüzde
	AL	BEKLE	SAT	
AL	21	16	0	56,7%
BEKLE	38	85	53	48,3%
SAT	1	9	24	70,6%
Doğru Yüzde	35%	77,2%	31,2%	52,6%

Oluşturan modelin alım ve satım kararları endeks grafiği üzerinde aşağıda gösterilmiştir.



Grafik 4.2: YSA Modelinin Sonuçları

Kaynak: Metastock Professional 7.2

4.4. SONUÇLAR

Yapılan çalışmalarda hisse senedi alım satım kararlarının verilmesi amacıyla bir çok yöntem denenmiştir. Yapılan denemelerde kullanılan teknik gösterge verilerine göre AL-SAT-BEKLE gibi sınıflandırma çalışmaları başarılı sonuçlar vermemiştir. Bunun en temel sebebi "BEKLE" sınıfının sıklığıdır. YSA çoğunluğa uyum sağlama çabası ile "BEKLE" sınıfına göre katsayılarını ayarlamış ve AL-SAT sınıflandırmasını başaramamıştır. Bu nedenle çıktı olarak bugünkü fiyatın geçmiş fiyatlar ile gelecekteki fiyatlar arasındaki konumunu gösteren 0 ile 1 arasında değişen bir gösterge kullanılmış daha sonra gösterge değerlerine göre sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan sınıflandırma sonuçlarında kullanılan modelin özellikle fiyatların yatay seyrettiği dönemlerde daha başarılı olduğu görülmektedir. Test verisi ile gerçek verilerin %80 oranında uyumuna

rağmen alım satım kararlarında %52.6 oranında bir başarı sağlanmıştır. Bunun nedeni araştırıldığında alım satım kararlarının gecikmesi olduğu görülmüştür. Bu konuda yapılan çalışmalarla araştırmacılar sadece tahmin ile gerçek arasında korelasyona bakıp aldanmaması çalışma sonunda elde edilen modelin gerçekte alım satımda ne kadar faydalı olduğu araştırılması önerilir.

KAYNAKÇA

- Avcı, E. **Stock Return Forecasts with Artificial Neural Network Models.** Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, Cilt:26, Sayı:1, 2009, ss.443-461
- Bolak, Mehmet. **Sermaye Piyasası Menkul Kıymetler ve Portföy Analizi.** 4. Baskı. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş., Mart 2001.
- Çağırman, Haluk. **Finans Piyasalarında Bermuda Şeytan Üçgeni.** 1. Baskı. Ankara: Siyasal Kitabevi, 1999.
- Elmas, Çetin. **Yapay Zekâ Uygulamaları.** Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2007.
- Freeman, James A., Skapura, David M. **Neural Networks: Algorithms, Applications and Programming Techniques.** USA: Addison-Wesley Publishing, 1991.
- Hamzaçebi, Coşkun. **Yapay Sinir Ağları.** Bursa: Ekin Yayınevi, 2011.
- Haykin, Simon. **Neural Networks: A Comprehensive Foundation.** New Jersey: Prentice- Hall, 1999.
- Hebb, D.O..**The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory.** New York: John Wiley&Sons, 1949.
- Kanas, A. **Non-Linear Forecasts of Stock Returns.** John Wiley&Sons.Ltd., Published online in Wiley InterScience, Vol.22, 2003, ss.299-315
- Karan, Mehmet Baha. **Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi.** Ankara: Gazi Kitabevi, 2001.
- Khansa, L. & Liginlal, D. **Predicting Stock Market Returns from malicious attacks: A Comparative Analysis of Vector Autoregression and Time - Delayed Neural Networks.** Decision Support Systems, 2011.
- Laurene, Fausett. **Fundamentals Of Neural Network.** Prentice Hall, 1993.
- McCulloch, Warren S., Pitts, Walter H.. **A Logical Calculus of The Ideas Immanent in Nervous Activity.** Bulletin of Mathematical Biophysics, Vol.5, 1943.
- Mergen, Ahmet. **Grafiklerle Borsa Uygulamalı Teknik Analiz.** 2. Basım. İstanbul: Araba Yayınları, 1992.
- Minsky M.L., Papert S. **Perceptrons.** MIT Press. Cambridge, 1969.
- Murphy, John J. **Görsel Yatırımcı.** Ali Perşembe (çev.). 1. Basım. İstanbul: Scala Yayıncılık, 1998.

- Oral, Behçet. **Öğrenme Öğretme Kuram ve Yaklaşımları**. Ankara: Pegem Akademi, 2011.
- Özçam, Ferhat. **Teknik Analiz ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsası**. 1. Basım. Ankara: SPK Yayınları, 1996.
- Özekşi, Anıl. **Kazanma Sanatı**. 1. Basım. İstanbul: Alfa Yayınları, 2005.
- Öztemel, Ercan. **Yapay Sinir Ağları**. İstanbul: Papatya Yayıncılık, 2006
- Panahian, H. **Stock market index forecasting by neural networks models and nonlinear multiple regression modeling: study of Iran's capital market**, American Journal of Scientific Research ,Vol.18, 2011, ss.35-51
- Perşembe, Ali. **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende! 1**. 1. Basım. İstanbul: Scala Yayıncılık, 2001.
- Perşembe, Ali. **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende! 2**. 2. Basım. İstanbul: Scala Yayıncılık, 2002.
- Perşembe, Ali. **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende! 3**. 1. Basım. İstanbul: Scala Yayıncılık, 2002.
- Perşembe, Ali. **Teknik Analiz mi Dedin? Hadi Canım Sende! 4**. 1. Basım. İstanbul: Scala Yayıncılık, 2004.
- Rapach, D.E. & Wohar, M.E. **In-Sample vs. Out-Of-Sample Tests of Stock Return Predictability In The Context Of Data Mining**. Journal of Empirical Finance, Vol.13, 2006.
- Rosenblatt, Frank. **The Perceptron: A Probabilistic Model For Information Storage and Organization in the Brain**, Psychoanalytic Review. 65, 1958.
- Sarı, Yusuf. **Borsada Grafiklerle Teknik Analiz**. 4. Basım. İstanbul: Alfa Basım Yayım, 2001.
- Sarı, Yusuf. **Borsada Göstergelerle Teknik Analiz**. 4. Basım. İstanbul: Alfa Basım Yayım, 2001.
- Şen, Zekai. **Yapay Sinir Ağları İlkeleri**. İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2004.
- TSPAKB. **Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları: Sermaye Piyasası Faaliyetleri Temel Düzey Lisansı Eğitimi**. Haziran. 2009.
- TSPAKB. **Analiz Yöntemleri: Sermaye Piyasası Faaliyetleri İleri Düzey Lisansı Eğitimi**. Şubat. 2009.