

**TRENDEN ARINDIRILMIŞ FİNANS VERİLERİ ÜZERİNDE EVRİMSEL  
ALGORİTMALAR İLE SALINIM-TABANLI TEKNİK ANALİZ  
GÖSTERGELERİNİN PARAMETRE ENİYİLEMESİ**

**UĞUR ŞAHİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARALIK 2014**

**ANKARA**

Fen Bilimleri Enstitü onayı

---

Prof. Dr. Osman EROĞUL  
Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığını onaylarım.

---

Doç. Dr. Erdoğan DOĞDU  
Anabilim Dalı Başkanı

UĞUR ŞAHİN tarafından hazırlanan TRENDEN ARINDIRILMIŞ FİNANS VERİLERİ ÜZERİNDE EVRİMSEL ALGORİTMALAR İLE SALINIM-TABANLI TEKNİK ANALİZ GÖSTERGELERİNİN PARAMETRE ENİYİLEMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

---

Yrd. Doç. Dr. A. Murat ÖZBAYOĞLU  
Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Ali Aydın SELÇUK

Üye : Yrd. Doç. Dr. A. Murat ÖZBAYOĞLU

Üye : Doç. Dr. Bülent TAVLI

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Uğur ŞAHİN

**Üniversitesi** : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi  
**Enstitüsü** : Fen Bilimleri  
**Anabilim Dalı** : Bilgisayar Mühendisliği  
**Tez Danışmanı** : Yrd. Doç. Dr. A. Murat ÖZBAYOĞLU  
**Tez Türü ve Tarihi** : Yüksek Lisans – Aralık 2014

**Uğur ŞAHİN**

**TRENDEN ARINDIRILMIŞ FİNANS VERİLERİ ÜZERİNDE EVRİMSEL  
ALGORİTMALAR İLE SALINIM-TABANLI TEKNİK ANALİZ  
GÖSTERGELERİNİN PARAMETRE ENİYİLEMESİ**

**ÖZET**

Teknik analiz göstergeleri, finans alanında yaygın olarak kullanılan teknik analiz yöntemleridir. Bu göstergeler teknik analiz sonucu elde edilir ve finans araçlarının alım-satım sinyallerinin üretilmesinde kullanılır. Yapılan çalışmalar sonucunda bu göstergeler için genel alım-satım kuralları ortaya konulmuş ve yatırımcılar için kolay ve anlaşılır kurallar oluşturulmuştur. Ancak, bu göstergelerin genel kurallarının piyasanın trend etkisi altında olduğu durumlarda güvenilir sonuçlar vermediği bilinmektedir. Piyasanın hareket yönünün tahmini de oldukça zor olduğundan bu göstergeler için tanımlanmış genel kuralların performansı da trendle birlikte azalmaktadır. Bu tez çalışmasında Bağlı Güç Endeksi (Relative Strength Index - RSI) ve Williams %R göstergeleri, farklı ETF'ler (Exchange-Traded Fund) için genetik algoritma ve parçacık sürü optimizasyonu ile eniyilenecek her bir ETF için farklı kurallar oluşturulmuştur. Ayrıca, piyasanın durumu göz önüne alınarak yükselen ve alçalan piyasa koşulları için de her bir ETF için göstergeler ayrı ayrı analiz edilmiş ve piyasanın iki farklı koşulu için her ETF'ye iki ayrı kural tanımlanmıştır. Son olarak her bir ETF'nin trendi hesaplanarak her bir ETF'nin değeri trendden arındırılmış ve piyasanın durumundan bağımsız tek bir kural oluşturulmaya çalışılmıştır. Tüm yapılan analizler sonucu elde edilen gösterge parametreleri test edilmiş ve elde edilen kuralların başarımları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, trendden arındırılmış veriler ile yapılan çalışmalarda elde edilen kuralların trendden daha az etkilendiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Borsa Tahmini, Teknik Analiz, Trend Normalizasyonu, Genetik Algoritmalar, Parçacık Sürü Optimizasyonu.

**University** : TOBB University of Economics and Technology  
**Institute** : Institute of Natural and Applied Sciences  
**Science Programme** : Computer Engineering  
**Supervisor** : Asst. Prof. A. Murat ÖZBAYOĞLU  
**Degree Awarded and Date** : M.Sc. – December 2014

**Uğur ŞAHİN**

**PARAMETER OPTIMIZATION OF OSCILLATOR-BASED TECHNICAL  
ANALYSIS INDICATORS USING EVOLUTIONARY ALGORITHMS ON  
TREND-NORMALIZED FINANCIAL DATA**

**ABSTRACT**

Technical analysis indicators are widely used technical analysis methods in stock market forecasting. These indicators are obtained by technical analysis and used to produce trade signals for financial instruments. After the researches conducted on financial instruments, easily understandable general trading rules have been introduced for these indicators. However, the results of these general rules are not reliable under the effect of market trend. The performance of the general rules of the indicators are affected by the market trend. As forecasting of the trend is also difficult, the existence of a trend decreases the performance of these general rules. In this study, the parameters of the RSI (Relative Strength Index) and Williams %R indicators are optimized by genetic algorithms and particle swarm optimization for each ETF. Moreover, the same analysis is done under downtrend and uptrend separately to produce two different rules for two different trend type. Finally, the trends of the ETFs are calculated and the normal prices of the ETFs are detrended to remove trend effect from the prices and the same analysis is done on these normalized prices to produce a single trading rule. The resulting rules from the optimization process are tested and the performance of the obtained rules are evaluated. The results show that the rules obtained by detrending the ETF prices are less vulnerable to trend effect.

**Keywords:** Stock Market Forecasting, Technical Analysis, Trend Normalization, Genetic Algorithms, Particle Swarm Optimization.

## **TEŐEKKÖR**

Tez alıőmam boyunca değerli fikirlerinden faydalandığım ve alıőmalarıma yōn veren tez danıőmanım Yrd. Do. Dr. Ahmet Murat ÖZBAYOğLU'na, tecrübelerinden faydalandığım ve geliőimime katkıda bulunan TOBB Ekonomi ve Teknoloji Őniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü öğretim üyelerine, manevi desteklerini hiç esirgemeyen aileme ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu tezi arkasında güzel anılar bırakan, dostluğun anlamını pekiştiren güzel insan  
Hamide KOYUNCUOĞLU'na ithaf ediyorum.

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>	<b>viii</b>
<b>ŞEKİLLERİN LİSTESİ</b>	<b>xiii</b>
<b>TABLULARIN LİSTESİ</b>	<b>xiv</b>
<b>1 GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2 BORSA VE TEKNİK ANALİZ</b>	<b>3</b>
2.1 Borsa . . . . .	3
2.1.1 Borsa Tanımı ve Tarihçesi . . . . .	3
2.1.2 Borsa Üzerindeki Etkenler ve Borsada Yatırım Yöntemleri . . . . .	4
2.2 ETF'ler (Exchange Traded Funds) . . . . .	5
2.2.1 ETF'lerin Tanımı ve Tarihçesi . . . . .	5



2.3	Teknik Analiz . . . . .	6
2.3.1	Teknik Analizin Tanımı . . . . .	6
2.3.2	Trend . . . . .	7
2.3.2.1	Trendin Tanımı . . . . .	7
2.3.2.2	Trend Analizi . . . . .	7
2.3.2.3	Kaydırmalı Lineer Regresyon ile Trend Tespiti . . .	9
2.3.3	Teknik Analiz Göstergeleri . . . . .	10
2.3.3.1	Teknik Analiz Göstergelerinin Tanımı . . . . .	10
2.3.3.2	Basit Hareketli Ortalama (Simple Moving Average - SMA) . . . . .	11
2.3.3.2.1	SMA Göstergesinin Tanımı . . . . .	11
2.3.3.2.2	SMA Göstergesinin Kullanımı . . . . .	12
2.3.3.3	Bağıl Güç Endeksi (Relative Strength Index - RSI) .	13
2.3.3.3.1	RSI Göstergesinin Tanımı . . . . .	13
2.3.3.3.2	RSI Göstergesinin Kullanımı . . . . .	15
2.3.3.4	Williams %R . . . . .	16
2.3.3.4.1	Williams %R Göstergesinin Tanımı . . . . .	16
2.3.3.4.2	Williams %R Göstergesinin Kullanımı . .	17
2.3.4	Trend Konusunda Literatür Araştırması . . . . .	18
2.3.5	Teknik Analiz Konusunda Literatür Araştırması . . . . .	19
<b>3</b>	<b>EVİRİMSEL ALGORİTMALAR</b>	<b>21</b>
3.1	Evrimsel Algoritmaların Tanımı . . . . .	21

3.2	Genetik Algoritma . . . . .	21
3.2.1	Genetik Algoritmanın Tanımı . . . . .	21
3.2.2	Genetik Algoritmaların Çalışma Prensibi . . . . .	24
3.2.2.1	Gen ve Kromozom Yapısının Belirlenmesi . . . . .	24
3.2.2.2	Uygunluk Fonksiyonunun Belirlenmesi . . . . .	25
3.2.2.3	Genetik Operatörler . . . . .	25
3.2.2.3.1	Çaprazlama Operatörü . . . . .	25
3.2.2.3.2	Mutasyon Operatörü . . . . .	26
3.2.2.4	Doğal Seçilim ve Seçim Yöntemleri . . . . .	26
3.2.2.4.1	Elitizm . . . . .	27
3.2.2.4.2	Turnuva Seçimi . . . . .	28
3.2.2.4.3	Rulet Çemberi Seçimi . . . . .	28
3.2.3	Genetik Algoritmaların Finans Alanında Kullanımıyla İlgili Literatür Araştırması . . . . .	29
<b>4</b>	<b>SÜRÜ ZEKASI ALGORİTMALARI</b>	<b>32</b>
4.1	Sürü Zekası Algoritmalarının Tanımı . . . . .	32
4.2	Parçacık Sürü Optimizasyonu . . . . .	32
4.2.1	Parçacık Sürü Algoritmasının Tanımı . . . . .	32
4.2.2	Parçacık Sürü Algoritmasının Çalışma Prensibi . . . . .	34
4.2.2.1	Çözüm Parametrelerinin ve Parçacık Vektörünün Belirlenmesi . . . . .	34

4.2.2.2	Hareket Vektörünü Hesaplayan Formülün Oluşturulması . . . . .	34
4.2.2.3	Parçacıkların Geçerlilik Kontrolü . . . . .	36
4.2.3	Parçacık Sürü Algoritmasının Finans Alanında Kullanımıyla İlgili Literatür Araştırması . . . . .	37
<b>5</b>	<b>DENEYSEL ÇALIŞMA ve GELİŞTİRİLEN MODEL</b>	<b>39</b>
5.1	Kullanılan Yazılım . . . . .	39
5.2	Çalışmada Kullanılan Veriler . . . . .	39
5.3	Eniyileştirme Algoritmaları İçin Parametre Yapılandırması . . . . .	40
5.3.1	Genetik Algoritma Kromozom Yapılandırması ve Algoritma Parametreleri . . . . .	40
5.3.2	Parçacık Sürü Algoritması Vektör Yapılandırması ve Algoritma Parametreleri . . . . .	41
5.4	Uygunluk Fonksiyonunun Belirlenmesi . . . . .	42
5.5	Yapılan Deneysel Çalışmalar . . . . .	43
5.5.1	Klasik AI-Sat Yöntemi . . . . .	43
5.5.2	Trend Tabanlı AI-Sat Yöntemi . . . . .	45
5.5.3	Geliştirilen Model ile AI-Sat Yöntemi . . . . .	46
5.5.3.1	Motivasyon . . . . .	46
5.5.3.2	Trend Normalizasyonu . . . . .	47
5.5.3.3	Trendden Arındırılmış Veriler Üzerinde Yapılan İşlemler . . . . .	48
<b>6</b>	<b>SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b>	<b>50</b>

6.1	Klasik Al-Sat Yöntemi Sonuçları . . . . .	50
6.2	Trend Tabanlı Al-Sat Yöntemi . . . . .	54
6.3	Trendden Arındırılmış Veriler ile Al-Sat Yöntemi . . . . .	58
6.4	Gelecek Çalışmalar . . . . .	62
	<b>KAYNAKLAR</b>	<b>64</b>
	<b>EKLER</b>	<b>69</b>
	<b>A Tablolar</b>	<b>70</b>
	<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>72</b>

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

2.1	Fiyat çizelgesi üzerinde alçalan trend çizgisinin gösterilmesi. . . . .	9
2.2	Fiyat çizelgesi üzerinde 17 günlük kaydırmalı trend çizgisinin gösterimi. . . . .	10
2.3	Fiyat çizelgesi üzerinde farklı dönem değerine sahip iki SMA değeri gösterimi. . . . .	13
2.4	Fiyat çizelgesine ait 14 günlük RSI değerleri ve fazla-alım, fazla-satım çizgilerinin gösterimi. . . . .	16
3.1	Kromozomlar üzerinde çaprazlama işlemi . . . . .	26
3.2	Kromozomlar üzerinde çaprazlama işlemi . . . . .	27
3.3	Rulet çemberinin oluşturulması . . . . .	29
5.1	Farklı yöntemler için kromozom yapısı. . . . .	41
5.2	Farklı yöntemler için vektör yapısı. . . . .	42
5.3	IWM için eğitim verisinde eniyilenen çözüm parametreleri. . . . .	44
5.4	25 günlük kaydırmalı lineer regresyon ile trend normalizasyonu . . . . .	48
5.5	25 günlük kaydırmalı lineer regresyon ile trend normalizasyonu ve RSI değerleri . . . . .	49

## TABLolarIN LİSTESİ

5.1	Çalışmada kullanılan ETF'lerin tanımları. . . . .	39
5.2	Eniyileme algoritmalarında kullanılan çözüm parametreleri. . . . .	40
5.3	RSI için klasik alım-satım kuralları ve sinyal üretimi . . . . .	43
5.4	IWM için eniyilenmiş çözüm parametrelerinin test verisinde kullanımı sonucu oluşan alım-satım noktaları . . . . .	44
5.5	QQQ eğitim verisindeki alçalan ve yükselen trend veri grupları . . . . .	46
6.1	RSI için tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	51
6.2	RSI için çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	52
6.3	Williams %R için tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları	53
6.4	Williams %R için çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları	54
6.5	RSI için trend tabanlı tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	55
6.6	RSI için trend tabanlı çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	55
6.7	Williams %R için trend tabanlı tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	56
6.8	Williams %R için trend tabanlı çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	57

6.9	RSI için trendden arındırılmış veriler ile tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	58
6.10	RSI için trendden arındırılmış veriler ile çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	59
6.11	Williams %R için trendden arındırılmış veriler ile tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	60
6.12	Williams %R için trendden arındırılmış veriler ile çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları . . . . .	60
6.13	RSI için oluşturulan tek eşik değerli genel kural ile al-sat yöntemi sonuçları . . . . .	61
6.14	RSI için oluşturulan çift eşik değerli genel kural ile al-sat yöntemi sonuçları . . . . .	61
A.1	Geliştirilen model ile SPY için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri	70
A.2	Geliştirilen model ile XLF için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri	70
A.3	Geliştirilen model ile MDY için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri . . . . .	70
A.4	Geliştirilen TN-RSI(25) 30-70 genel kuralı ile SPY için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri . . . . .	71
A.5	Geliştirilen TN-RSI(25) 30-70 genel kuralı ile XLF için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri . . . . .	71
A.6	Geliştirilen TN-RSI(25) 30-70 genel kuralı ile MDY için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri . . . . .	71

# 1. GİRİŞ

Kuruluşundan bu yana borsa, yatırımcılara hızlı alım-satım olanakları sunmasından dolayı hisse senetlerini alıp beklemek yerine bunların sürekli alınıp satılmasıyla yatırımcılara çok daha fazla kazanç imkanı sunmaktadır. Ancak, bu alım-satımlar belirli bir risk getirdiğinden yatırımcıların zarar etme olasılıkları da bulunmaktadır. Bu yüzden alım-satım kararlarını doğru bir şekilde vermek oldukça önemli, bir o kadar da zor bir problemdir.

Borsanın ilk kurulduğu andan itibaren borsadaki fiyat tahmini için alım-satım kuralları da kullanılmaya başlanmıştır [1]. Borsanın ekonomik hareketlerden etkilenen ve bu hareketler sonucu şekillenen bir ortam olmasından dolayı, bu ekonomik etkilerin incelenmesi borsanın hareketini tahmin etmek için önemlidir [2]. Ancak, borsadaki hisse senetlerinin fiyat, hacim, açılış ve kapanış değerleri gibi istatistiksel verilerinin incelenmesi de borsa tahmini için büyük öneme sahiptir. Çok fazla parametreye sahip olması ve gelecek tahmininin oldukça zor olması nedeniyle borsa tahmini için bir analiz ihtiyacı doğmuş ve borsa verilerini inceleyen ve anlamlı sonuçlar çıkarmayı amaçlayan teknik analiz yöntemi ortaya çıkmıştır. Teknik analiz, ortaya çıktığı andan itibaren borsa tahmini alanında sıklıkla kullanılan bir araç haline gelmiştir.

Teknik analiz, borsadaki fiyat çizelgeleri yardımıyla borsa hareketlerinin incelenerek borsanın gelecekteki fiyat trendlerinin tahmin edilmesidir [3]. Fiyat çizelgeleri, ilgili hisse senedinin günlük açılış, en yüksek değer, en düşük değer, kapanış, işlem hacmi gibi bilgilerinin uzun bir zamana yayılmış olan göstergeleridir. Bu sayısal bilgiler kullanılarak çeşitli trend ve fiyat göstergeleri oluşturulmaya ve bu göstergeler yardımıyla hisse senetlerinin gelecekteki fiyat hareketleri tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu göstergeler hisse senedinin gelecekteki fiyat tahmininin yanı sıra trend tahmini, hisse senedi fiyatının ve trendinin ne kadar güçlü olduğu gibi değişik çıkarımlar yapmak için de kullanılmaktadır.

Teknik göstergeler, hisse senedinin geçmiş bilgilerinden elde edilen ve hisse senedinin hareketini tanımlayan sayısal bilgilerdir. Bu göstergelerin değerleri, göstergelere ait parametreler yardımıyla hesaplanır ve bu değerler yatırımcılara hisse senedinin olası gelecek hareketleri için bilgi verme amaçlı kullanılır. Günümüzde çok fazla teknik



analiz göstergesi bulunmakta ve bu göstergeler hisse senedine ait fiyat hareketi, trend tahmini gibi değişik çıkarımlarda bulunmaktadır. Yapılan uzun çalışmalar sonucu bu göstergeler için bazı genel parametreler çıkarılmıştır ve bu genel parametreler finans dünyasında birçok yatırımcı tarafından kullanılmaktadır. Ancak, bu göstergelerin piyasanın hareketlerine karşı verdiği tepkilerin iyi yorumlanması gerekir. Bu göstergeler için üretilen genel kurallar piyasaların beklenen hareketi ile iyi sonuçlar vermekle birlikte, piyasanın beklenmeyen hareketleri karşısında bu genel kuralların olumsuz sonuçları olabilmektedir. Bu da piyasanın hareketlerine hakim olmayan ve göstergelerin temel anlamlarını bilmeyen yatırımcılar için tehlikeli bir durum oluşturmaktadır. Bu nedenlerden dolayı teknik analiz göstergelerinin farklı piyasa koşullarına da uyumlu hale getirilebilmesi ve her piyasa koşulunda kullanılabilir olması yatırımcılar için önemlidir.

Belirlenen problemin çözümü için bu tez çalışmasında bazı teknik göstergeler için farklı piyasa koşullarında farklı parametreler üretilerek göstergelerin veriminin artırılması amaçlanmıştır. Öncelikle her bir ETF için geçmiş veriler genetik algoritma ve parçacık sürü algoritması ile eniyilenerek farklı göstergelerin parametre değerleri bulunmuş ve bu parametre değerleri test edilmiştir. Daha sonra ETF'lerin trend analizi yapılmış ve azalan-yükselen trend noktaları ayrı ayrı ele alınarak alçalan ve yükselen trend durumları için ayrı parametreler üretilerek bu parametreler test edilmiştir. Son olarak piyasanın trend etkisi ETF'lerin fiyatlarından çıkarılarak ETF'lerin değerleri trende göre normalize edilmiş ve buna göre parametre değerleri üretilmiştir. Böylece piyasanın trend durumundan bağımsız tek bir kural ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Tüm elde edilen parametreler test edilmiş ve her bir yöntemin başarımı ölçülmüştür.

BORSA VE TEKNİK ANALİZ başlığında borsa tahmini, teknik analiz ve teknik analiz göstergelerinin tanımları, kullanımları konusu anlatılmış ve literatürde teknik analiz ile ilgili çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. EVRİMSEL ALGORİTMALAR başlığında evrimsel algoritmalarından bahsedilmiş ve genetik algoritmanın tanımı, kullanımı ve literatürde genetik algoritma kullanılarak yapılan borsa tahmini çalışmalarına yer verilmiştir. SÜRÜ ZEKASI ALGORİTMALARI başlığında sürü zekası algoritmalarından bahsedilmiş, parçacık sürü algoritmasının tanımı, kullanımı ve literatürde parçacık sürü algoritması kullanılarak yapılan çalışmalara yer verilmiştir. DENEYSEL ÇALIŞMA ve GELİŞTİRİLEN MODEL başlığında geliştirilen model anlatılmış ve yapılan deneysel çalışmalardan bahsedilmiştir. SONUÇLAR VE TARTIŞMA başlığında ise deney sonuçları yorumlanmış ve gelecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

## **2. BORSA VE TEKNİK ANALİZ**

### **2.1 Borsa**

#### **2.1.1 Borsa Tanımı ve Tarihçesi**

Borsa temel olarak yatırımcıların bir araya geldiği ve belirli alım-satım kuralları çerçevesinde çeşitli ticari araçların alınıp satılmasına olanak veren ortam olarak adlandırılabilir. Hisse senetleri, fonlar, dövizler, opsiyonlar, değerli madenler bu ticari araçlara örnektir ve bu ticari araçların genellikle kendilerine ait ayrı borsaları bulunmaktadır. Hisse senetleri ve fonlar menkul kıymetler borsalarında işlem görürken döviz alım-satımı için döviz borsaları (örn. forex), altın ve gümüş gibi değerli madenlerin alım-satımı için metal borsaları (örn. Londra Külçe Borsası) bulunmaktadır. Borsa, yatırımcılar için bir kazanç ortamı sağlamasının yanında borsada işlem gören şirketlere de büyük katkılar sağlamaktadır. Halka açılan şirketler hisselerini satarak bu hisselerin borsada işlem görmesine olanak sağlamakta ve bu hisse senetlerinin satılmasıyla yeni yatırımlar için sermaye oluşturmaktadırlar [4].

Bugünkü temel anlamı ve yapısıyla aynı olmasa da, borsanın tarihi oldukça geçmişe dayanmaktadır. Eski tarihlerdeki ticari pazarlarda değerli madenler ve malların alım-satımı ile başlayan bu süreç, iş kurmak isteyen ya da işini büyütmek isteyen girişimciler ile birlikte sermaye ihtiyacını beraberinde getirmiştir. Bu sermaye ihtiyacı günümüzde bankaların kredi yapısına benzer bir ihtiyacı doğurmuş ve bu girişimcilere bazı kurallar çerçevesinde borç veren yatırımcılar ortaya çıkmıştır. Bu yatırımcılar, verdikleri borçlar için bir geri ödeme politikası izlemekte ve bunlar için senetler oluşturmaktaydılar. Bir süre sonra Avrupa'da bu borç senetlerinin de alım-satımı yapılmaya başlanmış ve Belçika'nın Antwerp şehrinde 1531 yılında bir menkul kıymetler borsası kurulmuştur. Ancak bu borsada yalnızca borç senetleri alınıp satılmaktaydı, çünkü alınıp satılabilen hisse senetleri yoktu [5]. Menkul kıymetlerin alınıp satılabildiği, başka bir deyişle el değiştirebildiği bir borsa ise ilk olarak 1773 yılında Londra'da kuruldu. Şu an dünyadaki en büyük piyasa hacmine sahip olan New York Stock Exchange (NYSE) 1792 yılında kurulmuş ve hızla gelişerek bugünkü halini almıştır. 1971 yılında ise

tamamen elektronik ortamda alım-satıma izin veren National Association of Securities Dealers Automated Quotations (NASDAQ) kuruldu. Elektronik ortamda tamamen otomatik olarak yapılan alım-satımların getirdiği avantajlar nedeniyle NYSE de alım-satım ve diğer konularda kendisini geliştirmek zorunda kalmıştır. Türkiye’de sermaye piyasası araçlarının, değerli maden ve taşların ve diğer kıymetli belgelerin alım-satımını kolaylaştırmak adına 1985 yılında İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) kurulmuştur. 2013 yılında borsanın ismi Borsa İstanbul (BİST) olarak değişmiştir.

## **2.1.2 Borsa Üzerindeki Etkenler ve Borsada Yatırım Yöntemleri**

Borsada işlem gören menkul kıymetlerin fiyatları saniyelerle ölçülecek kadar kısa sürelerde değişim göstermektedir. Borsadaki fiyat değişimleri genel piyasanın durumuyla ve şirketlerin kendilerine ait özel durumlarla şekillenir. Piyasanın genel durumu, ülkedeki ekonomik ve politik istikrar, ülkeyi etkileyen ekonomik ve politik olaylar, hükümetlerin ekonomi politikaları gibi faktörlerle şekillenir. Şirketlere ait özel durumlar ise şirket yönetimindeki değişiklikler, şirketin iç politikaları, şirketin pazar payı ve mevcut rekabet gücü gibi faktörlerden oluşur. Bu durumlar, piyasada arz-talep dengesini doğrudan etkiler ve bu arz-talep dengesi de menkul kıymetlerin fiyatları üzerinde etkili olur. Bir menkul kıymetin fiyatı biri şirkete özel, diğeri genel olmak üzere iki durumdan etkilenir. Bunlar şirketin ne kadar kazanç sağladığı ve bankaların faiz oranlarıdır [6]. Şirketin sağladığı kazanç şirketin değeri üzerinde olumlu bir gösterge olduğundan şirketin kazancı arttığında şirketin hisse senetlerine olan talep artar ve bu da hisse senedi fiyatlarının yükselmesine neden olur. Faizlerin artması ise gelecekte paranın değerinin düşmesine neden olacağından genellikle yatırımların azalmasına ve hisse senedi fiyatlarının düşmesine neden olur. Borsada fiyatların sürekli değişmesi yatırımcılar için alım-satım yöntemi ihtiyacını doğurmuştur.

Borsada fiyatların hangi yöne gideceğinin tahmini oldukça önemlidir, çünkü fiyatların azalması ya da artması durumları farklı alım-satım yöntemleriyle değerlendirilmelidir. Bunun için bazı analizlere ihtiyaç duyulmuştur. Finans alanında bilinen en önemli iki analiz çeşidi temel analiz ve teknik analizdir. Temel analiz, menkul kıymetin fiyat, işlem hacmi gibi sayısal verileriyle ilgilenmek yerine bu sayısal değerleri etkileyen faktörlerle ilgilenir. Bu faktörler şirketlerin kar açıklamaları, bankaların

faiz açıklamaları, hükümetlerin para politikaları ve şirketlere özel bazı faktörlerin incelenmesi gibi durumlardan oluşur. Teknik analiz ise, borsadaki fiyat çizelgeleri yardımıyla borsa hareketlerinin incelenerek borsanın gelecekteki fiyat trendlerinin tahmin edilmesidir [3]. Bu analizlere hakim olan yatırımcılar analiz sonuçlarını daha iyi okuyabilmekte ve yatırım yaparken daha olumlu kararlar alabilmektedirler.

## **2.2 ETF'ler (Exchange Traded Funds)**

### **2.2.1 ETF'lerin Tanımı ve Tarihçesi**

ETF'ler, endeksleri, sektörleri veya değerli varlıklardan oluşan sepetleri takip eden, klasik fonların aksine gün içerisinde tıpkı hisse senetleri gibi alınıp satılabilen yatırım fonlarıdır [7]. İlk olarak 1989 yılında Kanada'da alım-satımına başlanan ETF'ler, 1993 yılında ABD'de de işlem görmeye başladı ve günümüzde oldukça yaygın bir yatırım aracı haline geldi. 1993'te ilk olarak Standart & Poor's Depository Receipts (SPDR) adıyla S & P 500 endeksini takip eden bir ETF işlem görmeye başlamış ve daha sonra farklı endeksleri takip eden yeni ETF'ler ortaya çıkmaya başlamıştır. Yapısı bir fona benzese de, alım-satım olarak klasik bir hisse senedine benzeyen ETF'ler bu özellikleriyle yatırımcılara alım-satım kolaylığı sağlamaktadır.

ETF'lerin diğer yatırım ortaklığı ve fonlara karşı başka avantajları da vardır. Günümüzdeki popüler ETF'lerin en önemli özelliklerinden bazıları yönetim masraflarının düşük olması, vergi konusundaki verimliliği ve gün içindeki alım-satımlarda ETF'nin net aktif değerinden çok fazla bir şey kaybetmemesidir [8]. Hisse senetleri gibi gün içerisinde alım-satımının yapılabilmesi ve diğer yatırım fonlarına karşı bazı avantajlarının olması ETF'lerin yatırımcıları kendisine çekmesine neden olmuştur. Bunun dışında ETF'ler aynı endekste birden fazla hisse senedine yatırım yapmaktadır. Bu yatırım sepeti, sepet içerisindeki hisse senetlerindeki oynamaların ETF'nin üzerine olan etkisini azaltmakta ve böylece ETF'ye yapılan yatırımın riskini de azaltmaktadır [9]. Bunun yanında, ekonomik ve politik olayların borsada işlem gören menkul kıymetler üzerindeki etkisi çok yüksek iken, ETF'ler bu tür olaylardan daha az etkilenmektedir [10]. ETF'lerdeki fiyat dalgalanmaları hisse senetlerindeki kadar büyük olmadığı için teknik analiz yapmak isteyenler için ETF'ler daha çekici bir ortam oluşturmaktadır.

## 2.3 Teknik Analiz

### 2.3.1 Teknik Analizin Tanımı

Teknik analiz, marketi etkileyen faktörler yerine marketin kendisine ait olan sayısal hareketlerinin incelenmesidir. Teknik analiz, bir menkul kıymet veya bir endeksin alım-satım verilerinin (fiyat değişimi, işlem hacmi gibi) tarihsel olarak kaydedilmesidir ve bu tarihi kayıtlar incelenerek gelecekle ilgili çıkarım yapılmasına olanak veren bir bilimdir [11]. Teknik analiz kullanan araştırmacılar elde edilen geçmiş verilerin dışında sayısal olmayan verilerle ve ekonomik, politik açıklamalarla ilgilenmezler; bunun yerine, geçmiş sayısal verilerin hareketlerini inceleyerek trend, oynaklık, verilerin oluşturduğu çizelgenin şekli gibi bazı çıkarımlarda bulunmaya ve bu çıkarımlardan anlamlı sonuçlar bulmaya çalışırlar.

Borsadaki geçmiş fiyatların incelenmesi ile gelecek fiyatlarının tahminiyle ilgili geçmişten bugüne çok fazla araştırma yapılmış ve halen de yapılmaya devam etmektedir. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmaların bazılarında borsadaki bir menkul kıymetin gelecekteki fiyatlarının geçmiş fiyatlardan bağımsız olduğu ve rastgele bir şekilde gerçekleştiği, dolayısıyla teknik analiz ile geçmiş verilerden değerli bilgiler çıkarmanın mümkün olmadığı belirtilmiştir [12]. Teknik analizin, temel analizin aksine yalnızca geçmiş verilerle ilgilenmesi ve ekonomik ve politik olayların fiyatlar üzerinde yapacağı etkiyi gözardı etmesi teknik analizin zayıf bir yöntem olduğu algısını oluşturmaktadır. Ancak teknik analizin ilgilendiği geçmiş veriler zaten ekonomik ve politik olayların etkilerini içerisinde barındırmakta ve bu olayların sayısal veriler üzerindeki etkisi de dolaylı olarak teknik analiz içerisinde incelenmektedir [13].

Teknik analiz, geçmiş verileri inceleyerek ilgili menkul kıymet ya da endeksin belirli bir zaman aralığındaki trendini, oynaklığını, ortalama fiyatını, işlem hacmini ve bunun gibi diğer istatistikî bilgilerini bulmayı ve bu istatistikî bilgilerden gelecekteki fiyat tahmini için faydalı sonuçlar çıkarmayı amaçlar. Eğer trend doğru tahmin edilebilirse fiyatların hareket yönü, oynaklık doğru tahmin edilirse fiyat hareketlerinin oluşturduğu risk gibi önemli bilgiler elde edilebilir ve bunlar kullanılarak alım-satım kuralları belirlenerek iyi bir yatırım yöntemi oluşturulabilir. Bu konuda geçmiş yıllardan beri yapılan araştırmalar sonucunda trend, risk analizi, fiyat hareketinin yönü, fiyatların direnç noktalarının tespiti gibi konularda bazı formüller ve göstergeler geliştirilmiş ve

kullanılmaya başlanmıştır.

Günümüzde bilgisayarların hesap gücü ve geçmiş finans verilerine erişim kolaylığı gibi etkenlerden dolayı teknik analiz alanındaki çalışmalar kolaylaşmıştır. Veriye ulaşımın kolaylaşması ile birlikte teknik analiz konusundaki çalışmalar artmış ve bilgisayar bilimlerinde de yapılan çalışmalar yaygınlaşmıştır. Yapay zeka alanında evrimsel algoritmalar, yapay sinir ağları gibi yöntemler kullanılarak borsa tahmini için çalışmalar yapılmakta ve borsa tahmini için karar destek sistemleri oluşturulmaktadır.

## **2.3.2 Trend**

### **2.3.2.1 Trendin Tanımı**

Trend, temel olarak bir menkul kıymetin veya endeksin belirli bir zaman aralığındaki hareket yönü olarak düşünülebilir. Menkul kıymetlerin fiyatları belirli bir gün içerisinde çok fazla değişebilir, düşebilir veya yükselebilir. Bu da kısa vadede menkul kıymetin fiyat hareketinin belirsiz hareketler yaptığını gösterebilir. Ancak, fiyatların kısa zaman içerisindeki hareketleri farklılık gösterse de, aslında fiyatın uzun vadedeki hareketleri belirli bir çizgiyi, başka bir deyişle trendi takip eder. Borsadaki yatırımcıların birçoğu uzun vadedeki bu fiyat hareketlerini baz alarak yatırımlarına yön vermektedirler.

Teknik analiz içerisinde detaylı olarak incelenen trendin yatırımcıların kararları üzerindeki önemi büyüktür. Trendin yönü, gücü ve yön değişimi gibi durumlar yatırım kararlarında değişikliklere neden olabilmektedir. Trendin mevcut yönü ve gücü altında fiyatların ilgili trendi takip edeceği varsayımı altında yatırımcılar pozisyon almaktadır. Aynı şekilde trend yönünün tersine dönmesi durumunda yatırımcılar da pozisyonlarını değiştirmektedir. Bu yüzden trend analizi teknik analiz içerisinde önemli bir yere sahiptir.

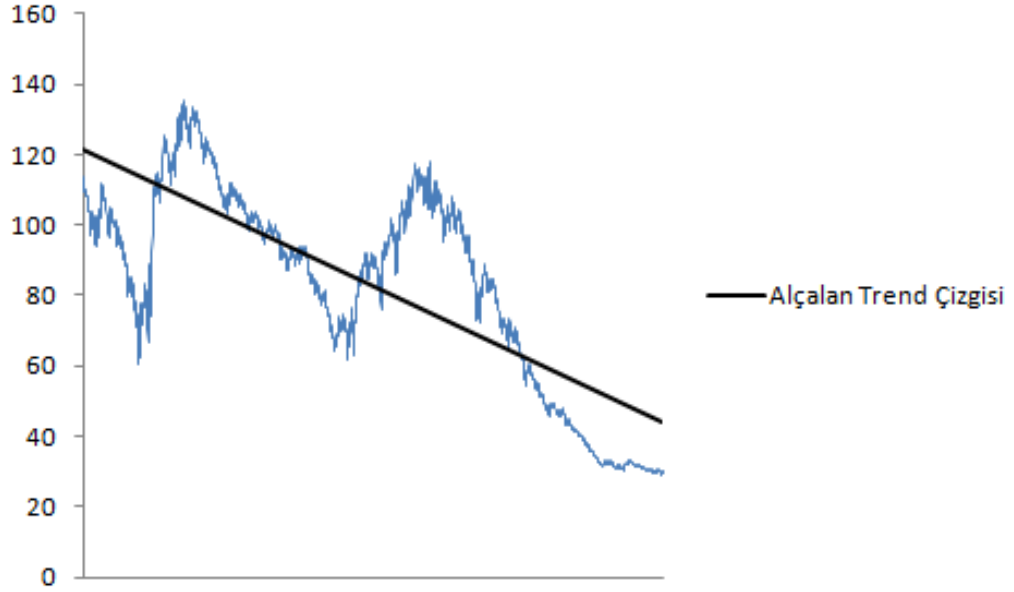
### **2.3.2.2 Trend Analizi**

Trend analizi için birçok değişik yöntem geliştirilmiştir. Trend, fiyat çizelgesi üzerinde düz bir çizgi olarak gösterilebileceği gibi, her gün için ayrı hesaplanarak yumuşatılmış

bir çizgi şeklinde de gösterilebilir. Trend tespiti için istatistikte regresyon analizi gibi yöntemler kullanılmakla birlikte finans alanında hareketli ortalama (moving average) gibi göstergeler de kullanılabilir. Trend hareketleri incelenirken trendin yukarı, aşağı veya hareketsiz durumu göz önüne alınır ve bu durumlara göre yatırım kararları alınır. Piyasaların durumunu anlatmak için yükselen ve alçalan trend tanımları bulunmaktadır, bunun yanında hareketsiz trend tanımına da sıkça rastlanmaktadır.

- **Alçalan Trend:** Bir menkul kıymetin belirli bir zaman dilimindeki trend analizi sonucu fiyatların düşme eğiliminde olduğunu gösterir. Alçalan trendin olduğu durumlarda menkul kıymetin değer kaybedeceği düşünülür ve genellikle yatırımcılar menkul kıymete yatırım yapmaktan kaçınırlar. Bu tür durumlarda piyasada alıcılar azalır ve satıcılar artar, bu da fiyatların düşmesine neden olur. Alçalan trendin olduğu piyasa finans dilinde ayı piyasası (bear market) olarak adlandırılır. Alçalan trende örnek olarak Şekil 2.1 incelenebilir.
- **Yükselen Trend:** Bir menkul kıymetin belirli bir zaman dilimindeki trend analizi sonucu fiyatların yükselme eğiliminde olduğunu gösterir. Yükselen trend menkul kıymet fiyatlarının değerinin artacağına işaret eder ve yatırımcılar bundan faydalanmak için menkul kıymet alımı yapmak ister. Ancak yükselen bir piyasada menkul kıymete sahip olanlar değer kazanan menkul kıymeti satmaya pek yanaşmazlar ve bu da piyasada alıcıların fazla olduğu, talebin arttığı ve arzın azaldığı bir durum oluşturur. Bu da menkul kıymetin fiyatının yükselmesine neden olur. Yükselen trendin olduğu piyasa finans dilinde boğa piyasası (bull market) olarak adlandırılır.
- **Hareketsiz Trend:** Bir menkul kıymetin belirli bir zaman dilimindeki trend analizi sonucu fiyatların belirli bir yöne hareket etmediğini gösterir. Hareketsiz trendin olduğu durumlarda fiyatlar artıp azalmasına rağmen yukarı ya da aşağı yöne doğru bir hareket göstermemektedir. Bu tür durumlarda piyasada alıcı ve satıcıların sayıları hemen hemen dengededir ve arz-talep dengesi vardır. Teknik analizde trendin hareketsiz olması durumu da incelenmiş ve bu durumlarda iyi performanslar veren bazı yöntemler geliştirilmiştir.

Trend, fiyatların hareket yönünün tespitinde oldukça önemli bir yere sahip olduğundan teknik analizin önemli bir parçasıdır. Teknik analiz sonucu ortaya konulan yöntemlerin trendden etkilendiği ve bazı yöntemlerin trendin yönüne bağlı olarak olumlu ya da



Şekil 2.1: Fiyat çizelgesi üzerinde alçalan trend çizgisinin gösterilmesi.

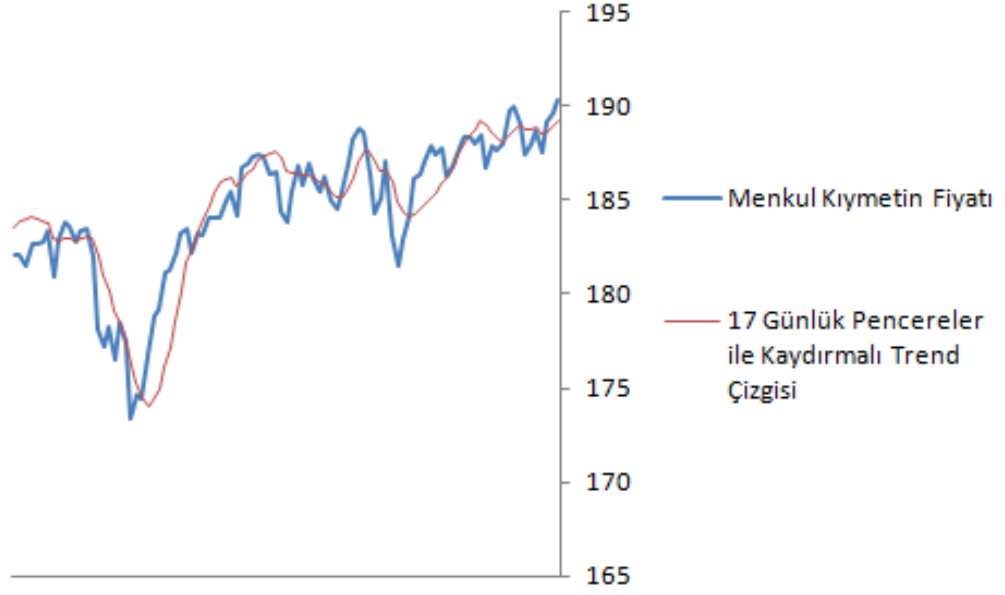
olumsuz sonuçları olduğu bilinmektedir. Bu tez çalışmasında trendin bazı teknik analiz göstergeleri üzerindeki etkisi incelenmiş ve trendin etkisi ortadan kaldırılarak teknik analiz göstergelerinin performansının iyileştirilmesi amaçlanmıştır.

### 2.3.2.3 Kaydırmalı Lineer Regresyon ile Trend Tespiti

Trend analizinde belirli bir zaman dilimi için düz bir trend çizgisi oluşturulabileceği gibi bu trend çizgisi belirli bir zaman penceresinin kaydırılmasıyla da elde edilebilir. Bu şekilde elde edilen trend çizgisi düz bir çizgi yerine daha yumuşak bir çizgi haline gelir. Böylece daha geçmişteki verilerin yeni verilere olan etkisi azaltılarak daha güncel ve daha yumuşak bir trend çizgisi elde edilir.

Bu çalışmada, belirlenen bir zaman aralığı için (10 gün, 20 gün, 50 gün gibi) trend değerleri lineer regresyon ile hesaplanmıştır. Daha sonra bu zaman penceresi ileriye doğru kaydırılarak her bir güne ait trend değeri bulunup bu trend değerleri birleştirilerek trend çizgisi oluşturulmuştur. Denklem (2.1a)'de ilgili güne ait trend değerinin nasıl bulunacağı gösterilmiştir. Denklem (2.1b) ve Denklem (2.1c) ise Denklem (2.1a)'deki değerlerin nasıl bulunduğunu göstermektedir.





Şekil 2.2: Fiyat çizelgesi üzerinde 17 günlük kaydırmalı trend çizgisinin gösterimi.

$$\hat{y}_i = b_0 + b_1 x_i \quad (2.1a)$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} \quad (2.1b)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.1c)$$

Yukarıdaki lineer regresyon denklemi, fiyat verilerinin trend çizgisinden olan uzaklıklarının karelerine göre işlem yapar. Bu da en küçük kareler toplamını veren trend çizgisinin oluşmasıyla sonuçlanır. Başka bir deyişle çizilen trend çizgisi, fiyatların olduğu çizelgede çizilebilecek olan tüm trend çizgileri içerisinde fiyatlara olan mesafelerin karelerinin en az olduğu çizgidir. Daha sonra her bir veri için bu trend denklemi ile trend değeri hesaplanır ve yumuşatılmış bir trend çizgisi elde edilir. Şekil 2.2’de yumuşatılmış bir trend çizgisi örneği gösterilmektedir.

## 2.3.3 Teknik Analiz Göstergeleri

### 2.3.3.1 Teknik Analiz Göstergelerinin Tanımı

Bir topluluğun yaş dağılımı ile ilgili yorumlarda bulunmak isteyen bir kişi için topluluktaki insanların yaş bilgileri tek başına yeterli değildir. Daha anlamlı ve daha

değerli bilgilere ihtiyaç vardır. Bu durumda, topluluktaki insanların yaş ortalaması hesaplanabilir. Bu, toplulukla ilgili daha genel ve daha anlamlı bir bilgidir. Ancak bu da yeterli bir bilgi olmayabilir. Çünkü topluluk sadece yaşlılar ve bebeklerden oluşuyorsa yaş ortalaması orta yaş civarı çıkar, ancak toplulukta hiç orta yaşlı insan bulunmuyor olabilir. Bu durumda topluluğun standart sapması hesaplanır ve topluluktaki insanların yaş dağılımı hakkında daha fazla bilgi edinilebilir.

Yukarıdaki örneğin benzeri menkul kıymetler için de geçerlidir. Menkul kıymetlere ait fiyat, işlem hacmi gibi ham veriler tek başlarına yeterli bilgi vermemektedir. Bu yüzden, daha anlamlı bilgiler çıkarmak için bazı yöntemlere ihtiyaç duyulmuştur. Teknik analiz sonucu fiyat çizelgesindeki örüntüler, trend, direnç noktaları, hareketli ortalamalar, fiyat salınımları gibi birçok farklı analiz ve yöntem ortaya konulmuş ve menkul kıymetlerin fiyat hareketleri ile ilgili daha fazla ve daha anlamlı bilgiler elde edilmeye çalışılmıştır.

Teknik analiz göstergeleri, bir menkul kıymete ait fiyat ve işlem hacmi verileri üzerinde yapılan matematiksel hesaplamalara dayanır. Bu hesaplamalar sonucu ortaya çıkan değerler yorumlanarak menkul kıymetin gelecekteki fiyat tahmini yapılmaya çalışılır [14]. Teknik analiz sonucu elde edilen birçok farklı teknik analiz göstergesi bulunmaktadır. Bu göstergelerin hemen hepsi menkul kıymete ait kapanış fiyatı bilgisini kullanırken, bazı göstergeler menkul kıymete ait gün içerisindeki açılış, en yüksek, en düşük değerler ve işlem hacmi gibi bilgileri de kullanırlar. Teknik analiz göstergeleri çoğunlukla belirli bir sayı aralığında bir değer üretir ve üretilen değerlerin değişik anlamları vardır. Teknik analiz göstergelerinin birçoğu alım-satım sinyallerinin üretiminde kullanılmakla beraber trend tespitinde de kullanılabilir. İlerleyen alt başlıklarda bu çalışmada kullanılan teknik analiz göstergeleri ile ilgili detaylı bilgiler verilmiştir.

### **2.3.3.2 Basit Hareketli Ortalama (Simple Moving Average - SMA)**

#### **2.3.3.2.1 SMA Göstergesinin Tanımı**

SMA göstergesi, belirli bir menkul kıymete ait günlük kapanış değerlerinin belirli bir zaman dilimindeki ortalamasını gösterir. Belirli bir güne ait  $N$  günlük SMA değerini bulmak için o gün dahil olmak üzere geriye doğru  $N$  gün boyunca kapanış değerleri

toplanır ve bulunan toplam  $N$  değerine bölünür. SMA için belirlenmiş genel bir gün sayısı olmamakla birlikte 10, 20, 50, 100 ve 200 günlük SMA değerleri finans alanında sıklıkla kullanılmaktadır. Denklem (2.2)'de  $n$  günlük SMA değerinin nasıl hesaplandığı gösterilmektedir.

$$SMA(n) = \frac{\sum_{i=1}^n \text{KapanışFiyat}_i}{n} \quad (2.2)$$

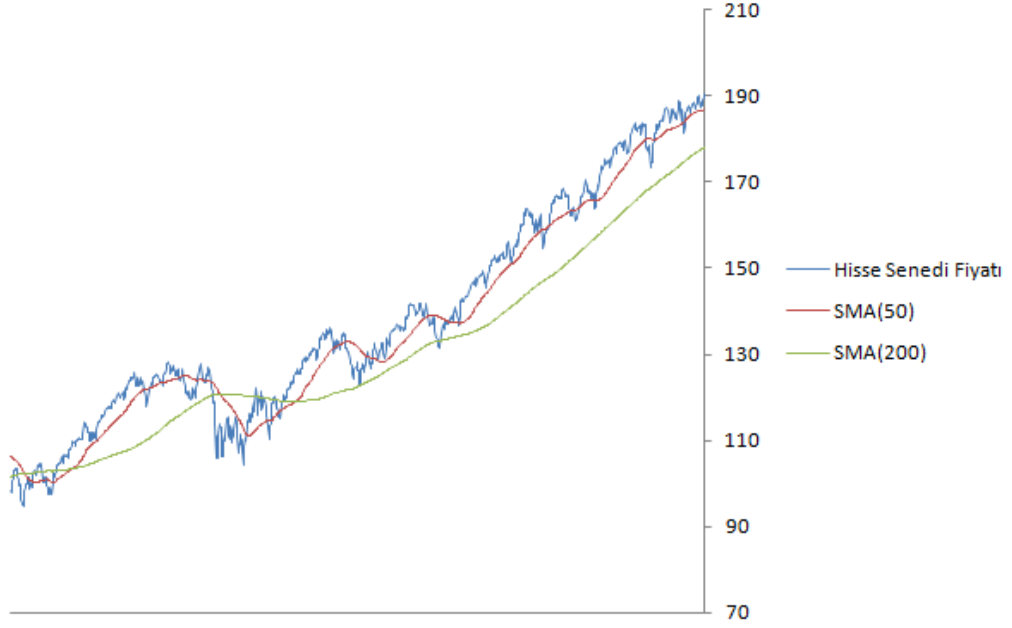
### 2.3.3.2.2 SMA Göstergesinin Kullanımı

SMA göstergesi teknik analizciler tarafından çok yönlü amaçlar için kullanılmakla birlikte, en önemli kullanım alanı trend tespittir. Menkul kıymete ait trendin yorumlanmasında iki farklı yöntem kullanılmaktadır.

Birinci yöntem, menkul kıymete ait trendin yönünün tespiti için farklı dönem değerlerine sahip iki SMA değerinin karşılaştırılmasıdır. Birisi kısa, diğeri uzun dönem değerine sahip iki SMA değeri karşılaştırılır ve kısa döneme ait SMA değeri, uzun döneme ait SMA değerinden yüksekse bunun bir yükselen trend anlamı taşıdığı anlaşılır. Benzer şekilde uzun döneme ait SMA değeri, kısa döneme ait SMA değerinden yüksekse bu bir alçalan trend göstergesidir. Örneğin SMA(50) değerinin SMA(200) değerinden büyük olduğu dönemler yükselen trendi, yani boğa piyasasını, SMA(200) değerinin SMA(50) değerinden büyük olduğu dönemler ise alçalan trendi, yani ayı piyasasını temsil eder. Şekil 2.3'te iki farklı dönem değerine sahip SMA çizgileri görülebilir.

İkinci yöntem ise alım-satım sinyali olarak kullanılan ve trendin yönünü alım-satım kararı olarak kullanan yöntemdir. Bu yöntemde göre menkul kıymetin ilgili güne ait kapanış değeri ile SMA değeri karşılaştırılır. Eğer menkul kıymetin kapanış değeri SMA değerinden büyükse, bu trendin yükseleceği şeklinde yorumlanır ve bu nedenle bunun bir alım sinyali olduğu yorumu yapılır. Benzer şekilde menkul kıymetin kapanış değeri SMA değerinden düşükse, bu trendin alçalacağı şeklinde yorumlanır ve bu nedenle bir satım sinyali olduğu yorumu yapılır.

SMA dönem değerlerinin seçimi de önemlidir. Eğer kısa vadedeki fiyat hareketlerinin trendde etkisi incelenmek istenirse dönem değeri küçük seçilmelidir. Böylece belirli bir gündeki fiyat değişimi SMA değerine daha çok etki eder ve ilgili güne ait kısa vadeli



Şekil 2.3: Fiyat çizelgesi üzerinde farklı dönem değerine sahip iki SMA değeri gösterimi.

trend tahmini kolaylaştırır. Benzer şekilde uzun vadedeki fiyat hareketlerinin trende etkisi incelenmek istenirse dönem değeri büyük seçilmelidir. Bu sayede belirli bir gündeki fiyat değişiminin SMA değerine etkisi azaltılarak uzun vadeli trend tahmini kolaylaştırır.

### 2.3.3.3 Bağıl Güç Endeksi (Relative Strength Index - RSI)

#### 2.3.3.3.1 RSI Göstergesinin Tanımı

RSI ilk olarak Welles Wilder tarafından 1978 yılında tanıtılmıştır. Wilder tarafından salınım tabanlı bir momentum göstergesi olarak tanımlanan RSI'nin hesaplama ve yorumlamaları Wilder'in 1978 yılında yayınladığı "New Concepts in Technical Trading Systems" adlı kitabında detaylı olarak anlatılmıştır [15].

Tanımlandığı günden bu yana en yaygın olarak kullanılan salınım tabanlı göstergelerden birisi olan RSI, bir menkul kıymetin belirli bir dönem değeri içerisindeki değer artış ve azalışlarını inceleyerek fazla-alım ve fazla-satım noktalarını belirlemeye çalışır. Hesaplanan RSI değerleri 0 ile 100 arasında bir değer alır. 0 değeri ilgili dönemde menkul kıymette hiç bir artış yaşanmadığını, 100 değeri ise menkul kıymette hiç düşüş yaşanmadığını gösterir. Wilder kitabında deneyimleri sonucu 14 günlük dönem değeri

ile hesaplanan RSI değerlerinde 30'un altını fazla-alım bölgesi, 70'in üstünü ise fazla-satım bölgesi olarak göstermiştir.

RSI hesaplaması sonucu elde edilen değerler fazla-alım ve fazla-satım noktalarını yorumlamakta kullanılır. Buna göre, eğer fazla-satım yapıldıysa genel olarak menkul kıymetin değer kaybettiği düşünülür. Bu noktadan itibaren artık daha fazla satım olmaması ve alımların başlayacağı varsayımıyla, başka bir deyişle fiyatların yükseleceği varsayımıyla yatırımcılar bu menkul kıymeti almaya çalışırlar. Benzer durum fazla-alım için de geçerlidir. Bir süre sonra çok fazla alım yapıldığı ve menkul kıymetin doygunluğa ulaştığı ve bir noktadan sonra menkul kıymetin fiyatının düşmeye başlayacağı düşünülür. Bu durumda da yatırımcılar menkul kıymeti satmak isterler.

$$RSI(n) = 100 - \frac{100}{1 + RS} \quad (2.3a)$$

$$RS = \frac{\text{OrtalamaGünlükKazanç}}{\text{OrtalamaGünlükKayıp}} \quad (2.3b)$$

$$\text{OrtalamaGünlükKazanç} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Kazanç}_i)}{n} \quad (2.3c)$$

$$\text{OrtalamaGünlükKayıp} = \frac{\sum_{i=1}^n (\text{Kayıp}_i)}{n} \quad (2.3d)$$

$$\text{Kazanç}_i = \begin{cases} \text{Fiyat}_i - \text{Fiyat}_{i-1} & \text{Fiyat}_i > \text{Fiyat}_{i-1} \\ 0 & \text{Fiyat}_i \leq \text{Fiyat}_{i-1} \end{cases} \quad (2.3e)$$

$$\text{Kayıp}_i = \begin{cases} \text{Fiyat}_{i-1} - \text{Fiyat}_i & \text{Fiyat}_i < \text{Fiyat}_{i-1} \\ 0 & \text{Fiyat}_i \geq \text{Fiyat}_{i-1} \end{cases} \quad (2.3f)$$

RSI dönem değeri düşük tutulursa RSI değerleri çok sapacağı için kısa vadede çok

fazla sinyal üretecektir. Benzer şekilde dönem değeri büyük seçilirse bu sefer RSI değerleri daha az sapma gösterecek ve daha seyrek alım-satım sinyalleri üretecektir. RSI değerinin  $n$  günlük dönem değeri için nasıl hesaplandığı Denklem (2.3a)'da gösterilmiştir.

### 2.3.3.3.2 RSI Göstergesinin Kullanımı

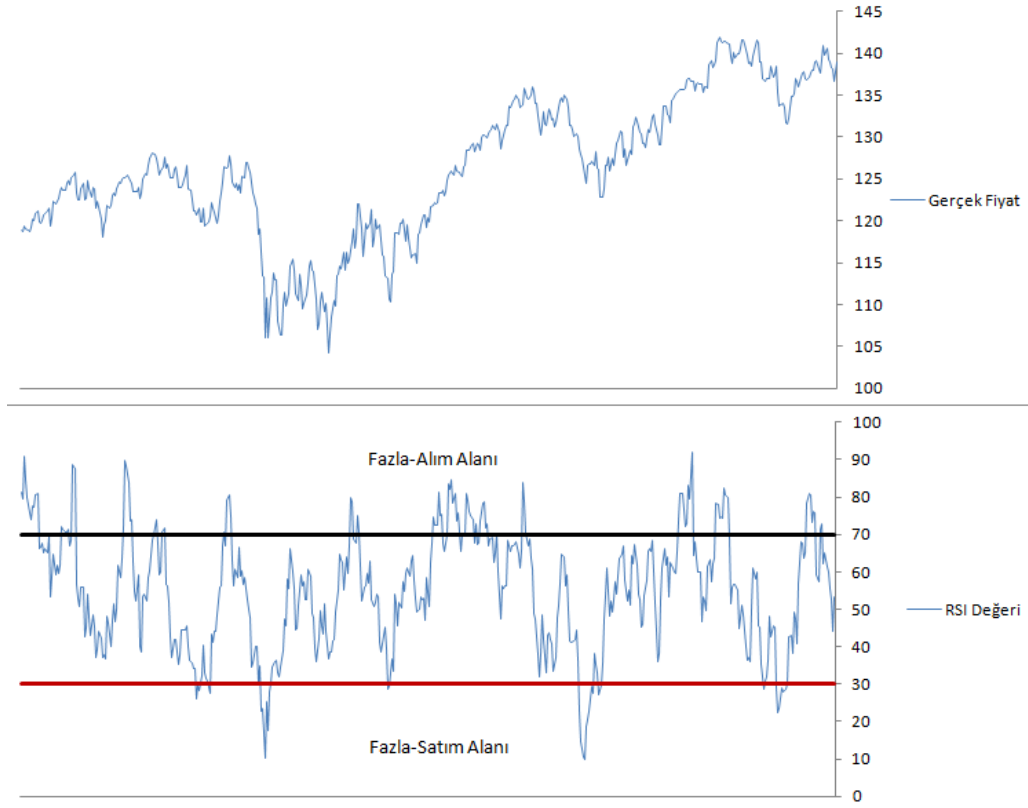
RSI daha önce bahsedildiği gibi 0 ile 100 değerleri arasında salınım yapan bir momentum göstergesidir ve al-sat sinyalleri üretmektedir. Ne zaman alım sinyali, ne zaman satım sinyali üretileceği belirlenen parametrelere göre değişiklik göstermektedir.

Yaygın olarak kullanılan 14 günlük RSI değeri hesaplamalarında RSI değeri 30'un altına indiğinde fazla-satım olduğu düşünülerek alım sinyali üretilir. Benzer şekilde 14 günlük RSI değeri 70'in üzerine çıkarsa fazla-alım olduğu düşünülerek satım sinyali üretilir. Dönem değeri ve alım-satım sinyal çizgileri yatırımcılar tarafından değiştirilebilmektedir. Bazı durumlarda riski azaltmak için alım çizgisi 20'ye, satım çizgisi 80'e çekilebilir. Şekil 2.4'te RSI değerleri ve fazla-alım, fazla-satım çizgileri gösterilmektedir.

Üretilen sinyaller doğrultusunda yatırımcılar menkul değerlerin alım-satımını yaparlar. Bazı durumlarda üretilen sinyaller direk olarak alım-satım kararı olarak kullanılırken, bazı durumlarda sinyaller geçişli olarak kullanılmaktadır. Böyle bir durumda RSI değerinin alım çizgisinin altına inmesi durumunda hemen alım yapmak yerine RSI değerinin tekrar alım çizgisinin üstüne çıkması beklenir. Benzer şekilde RSI değeri satım çizgisinin üzerine çıktığında hemen satım yapmak yerine RSI değerinin satım çizgisinin altına inmesi beklenir.

Bazı yatırımcılar RSI'nin ürettiği alım-satım sinyallerini tek başına kullanmak yerine bazı durumlarda menkul kıymetin fiyatlarının hareketi ile karşılaştırırlar. Eğer RSI değeri yükselirken menkul kıymetin değerinde bir düşüş gözlemlendiyse, bu, trendin yön değiştirmeye başlayacağı ve menkul kıymetinin fiyatının azalmaya başlayacağı şeklinde yorumlanarak alım-satım kararı buna göre alınır. Tersisi durum RSI değeri azalırken menkul kıymetin fiyatının arttığı durum için de geçerlidir.

Alım-satım sinyallerinin alım-satım kararlarında direk olarak kullanılmasının yanında,



Şekil 2.4: Fiyat çizelgesine ait 14 günlük RSI değerleri ve fazla-alım, fazla-satım çizgilerinin gösterimi.

RSI değerleri diğer alım-satım sinyali üreten yöntemlerin doğrulamalarında da kullanılır.

#### 2.3.3.4 Williams %R

##### 2.3.3.4.1 Williams %R Göstergesinin Tanımı

Williams %R göstergesi (ya da kısaca %R) tıpkı RSI gibi salınım tabanlı bir momentum göstergesidir. Bu gösterge Larry R. Williams tarafından tanıtılmıştır. Williams bu göstergeyi tanıtmadan önce kendisi kullanmış ve göstergeyi daha sonra tanıtmıştır [16]. Bu gösterge de tıpkı RSI gibi yatırımcılara fazla-alım ve fazla-satım noktaları hakkında bilgi vermek için kullanılır.

%R göstergesi RSI'den farklı olarak menkul kıymetin gün içerisinde görülen en yüksek ve en düşük değerlerini de hesaba katar. Belirlenen bir periyot içerisinde görülmüş olan en yüksek gün içi değeri ile en düşük gün içi değeri ilgili güne ait %R

hesaplamasında kullanılır ve o günkü kapanış değerinin belirlenen periyod içerisinde görülen en yüksek ve en düşük değere olan uzaklığı incelenir. Bu sayede kapanış değerlerinin artışının yanında önceki günlerde görülen en yüksek ve en düşük değerler de kıyaslanarak menkul kıymetin değerindeki artış veya azalışın daha anlamlı bir şekilde ifade edilmesi sağlanmaya çalışılır.

Belirlenen bir  $n$  günlük dönem değeri için %R formülü Denklem (2.4a)'de gösterilmiştir.

$$\%R(n) = -100 * \frac{EnYüksek(n) - Kapanış_n}{EnYüksek(n) - EnDüşük(n)} \quad (2.4a)$$

$$EnYüksek(n) = n \text{ gün içerisinde görülen gün içi en yüksek değer} \quad (2.4b)$$

$$EnDüşük(n) = n \text{ gün içerisinde görülen gün içi en düşük değer} \quad (2.4c)$$

$$Kapanış_n = n'inci güne ait kapanış değeri \quad (2.4d)$$

Bu gösterge diğer birçok salınım tabanlı göstergenin aksine -100 ile 0 arasında değer almaktadır. Ancak, sayısal değerlerin anlamı açısından bir farklılık bulunmamaktadır. Bu yüzden bazı yatırımcılar kolaylık açısından bulunan değerlere 100 ekleyerek değer aralığını 0 ile 100 arasına çekmektedirler.

#### 2.3.3.4.2 Williams %R Göstergesinin Kullanımı

%R göstergesi de tıpkı RSI gibi yatırımcılara fazla-alım ve fazla-satım noktaları hakkında bilgi vermek için kullanılır. -100'e yakın olan değerler fazla satım, 0'a yakın olan değerler fazla-alım olduğuna işaret eder.

Belirli bir gündeki kapanış değeri, belirlenen dönem değeri içerisinde görülen en yüksek değere eşitse %R değeri 0, belirlenen dönem değeri içerisinde görülen en küçük değere eşitse -100 değerini alır. Dolayısıyla kapanış değeri dönem içerisinde görülen en yüksek değere ne kadar yakınsa %R değeri de 0'a o kadar yaklaşmakta, bu da yatırımcıya fazla-alım sinyali vermektedir. Ters durumda da %R değeri -100'e yaklaşmakta ve bu da yatırımcıya fazla-satım sinyali vermektedir.



%R göstergesi ile yatırım yaparken önceden belirlenen eşik değerleri kullanılır. En yaygın olarak kullanılan eşik değerleri -80 ile -20'dir [17]. Buna göre %R değeri -20'nin üzerine çıktığında fazla-alım sinyali, -80'in altına indiğinde fazla-satım sinyali oluşturulur. Bazı yatırımcıların bu sinyallere göre yatırım yaparken dikkat etmesi gerekir. Eğer menkul kıymetin değeri alçalan bir trend içerisindeyken alım sinyali gelirse menkul kıymetin değeri alçalan trend içerisinde düşmeye devam edeceğinden yatırımcı zarar görebilir. Bunun için bazı yatırımcılar geçişli bir yöntem kullanarak gelen sinyalle hemen alım yapmak yerine %R değerinin ilgili eşik değerine tekrar ulaşması beklenir. Buradaki temel düşünce verilen sinyalin etkisinin bir süre daha devam edebileceğidir. Örneğin %R değeri -80'in altına inmiş olabilir, ancak bir süre daha -80'nin altında kalabilir. Bu nedenle yatırımcı menkul kıymeti almak için %R değerinin tekrar -80'in üzerine çıkmasını beklemektedir. Bazı yatırımcılar riski azaltmak için bu eşik değerlerini -90 ile -10 olarak da seçebilmektedir.

%R göstergesi aynı zamanda diğer göstergelerle birlikte de kullanılmaktadır. Buna göre yatırımcı tek bir gösterge kullanmak yerine birden fazla gösterge kullanmayı tercih eder ve gelen sinyallerin doğruluğunun daha güvenilir olmasını sağlamaya çalışır.

### **2.3.4 Trend Konusunda Literatür Araştırması**

Zhang ve Qi [18] mevsimsel etkiler ve trend içeren zaman serilerinin gelecek tahmini için yapay sinir ağları kullanmışlardır. Yazarlar araştırmalarında tahmin modeli oluşturulurken zaman serisindeki mevsimsel ve trend etkilerinin bir ön işlem ile düzenlenmesinin gerekli olup olmadığını araştırmışlardır. Zaman serisi verilerini ham olarak kullanmanın yapay sinir ağları ile tahmin modeli geliştirmeyi zorlaştırdığını ve zaman serisi verilerinin yapay sinir ağlarında kullanılmadan önce bir ön işleme tabii tutulmasının yapay sinir ağının performansını artırdığını göstermişlerdir. Buna göre, zaman serisi verilerindeki mevsimsel ve trend etkilerinin verilerden çıkarılması ile oluşturulan düzenlenmiş veriler ile yapay sinir ağlarının daha iyi tahmin modelleri oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Lee, Cho ve Baek [19] Kore Borsa Endeksi vadeli işlem sözleşmelerinin (future contract) gün içi fiyat verileri üzerinde ilişkili yapay sinir ağları kullanarak trend tespiti üzerine bir çalışma yayınlamışlardır. Yaptıkları çalışmada 15 dakika boyunca tüm

dakikalarda yükseliş varsa bu zamanı yükselen trend, azalış varsa bu zamanı alçalan trend olarak tanımlamışlar, geri kalan durumları ise trendssiz olarak adlandırmışlardır. Eğitim verisinde yükselen ve alçalan trend verilerini ayırarak bu verileri ayrı ayrı yapay sinir ağına girdi olarak vermişlerdir. Yapay sinir ağından ise yükselen trend için ya yükselen trend sinyali, ya da trend yok sinyali, alçalan trend için ise alçalan trend sinyali ya da trend yok sinyali çıktı olarak verilmektedir. Yazarlar yükselen veya alçalan trend sinyalini markete giriş, yani alım için kullanmışlar, trend yok sinyalini ise mevcut pozisyonlarını korumak ya da satım için kullanmışlardır. Alım ve satım işlemlerine komisyonları katmadıklarında yıllık %31,2'lik bir kazanç sağladıklarını, ancak işin içine komisyonlar girdiğinde kazançlarının çok düştüğünü belirtmişlerdir.

### **2.3.5 Tekniz Analiz Konusunda Literatür Araştırması**

Taylor ve Allen [20] 1988 yılında İngiltere Bankası adına yaptıkları bir araştırmada Londra'nın önde gelen döviz işlemcileri ile görüşmüş ve teknik analiz konusunda yorumlarını almışlardır. Buna göre, döviz işlemcilerinin %90'ından fazlasının işlemlerde teknik analizi kullandıkları görülmüştür. Ayrıca döviz işlemcilerinin birçoğunun kısa dönemlerde teknik analize daha çok güvendikleri, ancak uzun dönemlerde teknik analizden temel analize doğru yöneldikleri görülmüştür. Ayrıca katılımcıların birçoğu teknik analiz ile temel analizin birbirini tamamlayan öğeler olduğuna inandıklarını belirtmişlerdir.

Blume, Easley ve O'Hara [21] çalışmalarında borsada işlem hacminin menkul kıymetlerin değerleri ile olan ilişkilerini incelemişler ve bunun teknik analizde nasıl kullanılabileceğini araştırmışlardır. İşlem hacminin menkul kıymet değerleriyle bağlantılı olduklarını ve işlem hacminin menkul kıymetin değerinin belirlenmesinde önemli bir işlevi olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca menkul kıymet değerlerinden çıkarılamayan bazı bilgilerin işlem hacmi ile çıkarılabildiğini ve borsa istatistiklerini kullanan yatırımcıların bu istatistikleri kullanmayan yatırımcılara göre daha başarılı olduklarını göstermişlerdir.

Lam [22] çalışmasında teknik ve temel analizi birleştirerek finansal açıklamalar ve makroekonomik değişkenleri yapay sinir ağlarında kullanmıştır. Çalışmasında S & P endeksindeki 364 şirketin 1985-1995 yılları arasındaki verilerini kullanmış ve elde ettiği sonuçları 364 şirketin ortalama getirisi (küçük ölçüt) ve 364 şirketin getiri

sıralamasında ilk 3'te 1'lik kısmında yer alan şirketlerin getirisi (büyük ölçüt) ile karşılaştırmıştır. Temel analiz ve teknik analizin ayrı ayrı sonuçlarının ne küçük ne de büyük ölçütten daha iyi getiri sağlamadığını, ancak beraber kullanıldığı yapay sinir ağı modelinin küçük ölçütten anlamlı bir şekilde daha fazla getiri sağladığını, ancak büyük ölçütten daha iyi getiri sağlayamadığını göstermiştir.

Chavarnakul ve Enke [23] yaptıkları çalışmada işlem hacmi çizelgeleri (Equivolume Charts) kullanarak işlem hacmine göre normalize edilmiş hareketli ortalama (Volume Adjusted Moving Average - VAMA) ve fiyat hareketleri serbestisi (Ease of Movement - EMV) göstergelerinin parametrelerini genelleştirilmiş regresyon sinir ağları (Generalized Regression Neural Networks - GRNN) kullanarak elde etmişlerdir. İşlem hacmini temel alan VAMA ve EMV göstergelerinin performanslarını ölçmek için S & P 500 endeksini kullanmışlardır. Elde ettikleri sonuçların GRNN kullanılmadan oluşturulan basit hareketli ortalama (SMA), VAMA, EMV ve Al-ve-Tut yöntemlerinden daha iyi olduğunu göstermişlerdir.

Schulmeister [24] S & P 500 spot ve vadeli işlem piyasalarında günlük ve gün-içi fiyat değerlerinin teknik analiz ile alım-satımı nasıl etkilediğini araştırmıştır. Yazar çalışmasında hareketli ortalamalar, RSI gibi teknik analiz göstergelerine ait parametreleri değiştirerek 2580 farklı alım-satım kuralı oluşturmuş ve bu alım-satım kurallarını gün sonu fiyatları ve gün-içi fiyatları için ayrı ayrı değerlendirmiştir. Yazar elde ettiği sonuçlarda gün sonu değeri kullanıldığında 1960'larda başarılı olan teknik analiz kurallarının günümüze doğru başarısının düştüğünü ve zarar ettirmeye başladığını görmüştür. Ancak, 30 dakikalık aralıklarla elde edilen gün-içi değerleri kullanıldığında dönemlerden bağımsız olarak kar elde edilebildiğini görmüştür. Yazar bunu günümüze doğru piyasaların daha da verimli hale gelmesine ve piyasaların yatırımcılara kar elde etme şansı bırakmamasına bağlamaktadır. Yazar bu nedenle geçmişte kazanç getiren yöntemlerin günümüzde başarılı olabilmesi için kullanılan verinin zaman aralığının da azaltılması gerektiğini belirtmiştir.

Fiyat çizelgelerindeki şablon benzerliğinin ve hareketli ortalamaların hisse senedi dağıtımında kullanıldığı teknik analiz yöntemleriyle ilgili çalışmalar da bulunmaktadır [25, 26].

## **3. EVRİMSEL ALGORİTMALAR**

### **3.1 Evrimsel Algoritmaların Tanımı**

Evrimsel algoritmalar, Charles Darwin tarafından ortaya konulan Evrim Teorisi temellerine dayanarak geliştirilmiş popülasyon tabanlı algoritmalar [27]. Evrimsel algoritmalar temel olarak bir başlangıç popülasyonunun oluşturulması, popülasyondaki bireylerin kalitesini belirleyen bir uygunluk fonksiyonunun belirlenmesi ve yeni nesilleri belirleyecek olan bir dizi seçim ve evrimsel operatörün tanımlanmasıyla oluşturulmuşlardır. Çeşitliliği sağlamak için evrimsel operatörler kullanılırken bireylerin seçimi için de seçim yöntemleri kullanılmaktadır. Çözülmesi beklenen bir problem evrimsel algoritmalarda doğanın kendisi olarak kabul edilir ve popülasyondaki her bir birey de doğada yaşayan birer canlı gibi düşünülür. Burada amaç, belirlenen bir uygunluk fonksiyonuna göre doğaya en iyi uyum sağlayan birey veya bireyleri bulmaya çalışmaktır.

Finans alanında portföylerde yer alacak menkul kıymetlerin belirlenmesi, hangi menkul kıymete ne kadar yatırım yapılacağı, teknik analiz göstergelerindeki parametrelerin nasıl belirleneceği gibi birçok eniyileme problemi bulunmaktadır. Evrimsel algoritmalar finans alanındaki bu eniyileme problemlerinde de kullanılabilir. Bu nedenle finans alanındaki birçok çalışmada evrimsel algoritmalar da başvurulmaktadır.

### **3.2 Genetik Algoritma**

#### **3.2.1 Genetik Algoritmanın Tanımı**

Genetik algoritmalar, en yaygın kullanılan evrimsel algoritmalarından birisidir. John Henry Holland tarafından bulunan ve geliştirilen bu algoritma Holland'ın 1975 yılında yayınladığı "Doğal ve Yapay Sistemlerde Adaptasyon" adlı kitabında ilk kez duyurulmuş ve detaylı bir şekilde anlatılmıştır [28].

Genetik algoritmalar, verilen bir problemin çözümünün eniyilemesi için kullanılan gelişmiş bir arama algoritmasıdır. Genetik algoritmalarda çözüm adayları bir kromozom yapısı olarak, çözüm parametreleri ise kromozomlardaki genler olarak tanımlanmıştır. Bir çözümün iyi veya kötü olduğuna karar verebilmek için çözüme ait bir uygunluk fonksiyonuna ihtiyaç vardır. Hesaplanan bu uygunluk fonksiyonu ilgili çözümün kalitesini belirler. Böylece kromozomlara ait uygunluk değerleri de belirlenir ve ilgili popülasyonda kromozomların ne kadar iyi ya da kötü olduğu ortaya çıkar. Genetik operatörler ve seçim kuralları ile hangi kromozomların yeni jenerasyona aktarılacağı belirlenir ve bu şekilde en iyi çözüm bulunmaya çalışılır.

Genetik algoritmalarda belirlenen başlangıç popülasyonu sayısı tüm nesiller boyunca sabit kalmaktadır. Aynı şekilde belirlenen kromozom uzunluğu da algoritmanın çalışması esnasında sabit kalmaktadır. İlgili kromozomlar genetik operatörlere ve seçim kurallarına tabii tutularak yeni bireyler oluşturulur ve bu bireylerin sayısı popülasyon sayısına eşit olduğu anda yeni nesil oluşmuş olur. Bu şekilde yeni nesiller oluşturularak daha iyi bireylerin oluşturulması ve bu sayede daha iyi çözümlerin bulunması amaçlanır.

Genetik algoritma temel olarak aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- 1) Problemin çözümü için gerekli parametreler belirlenerek genler ve bu genler vasıtasıyla kromozom yapısı belirlenmelidir. Popülasyondaki kromozom sayısı belirlenmelidir. Algoritmadaki operatörlerin olasılıkları ve seçim oranları belirlenmelidir (çaprazlama olasılığı, mutasyon olasılığı, elitizm oranı). Algoritmada kullanılacak operatörler ve seçim yöntemleri belirlenmelidir. Algoritmanın sonlanma kriterleri belirlenmelidir (maksimum iterasyon sayısı, önceden belirlenmiş uygunluk fonksiyonu eşik değeri, belirli sayıda iterasyonda en iyi çözümde değişiklik olmaması vs.)
- 2) Bir kromozomun kalitesini sayısal olarak ifade edebilmek için bir uygunluk fonksiyonu tanımlanmalıdır.
- 3) 1. adımda belirlenen popülasyon büyüklüğü kadar rastgele kromozom üretilerek ilk nesil oluşturulmalı ve bu nesildeki tüm kromozomların uygunluk fonksiyonları hesaplanmalıdır.
- 4) Belirlenen elitizm oranına göre mevcut popülasyondaki en iyi kromozomların

bir kısmı değişikliğe uğratılmadan direk olarak yeni nesle eklenmelidir.

- 5) Belirlenen seçim kurallarına göre popülasyondan kromozom çifti seçilmeli ve bu çift üzerinde genetik operatörler kullanılarak yeni kromozomlar üretilmeli ve bu yeni kromozomlar yeni nesle eklenmelidir.
- 6) Yeni nesildeki kromozom sayısı daha önce belirlenmiş olan popülasyon sayısına ulaşınca kadar 5. adım tekrar edilmelidir.
- 7) Oluşturulan yeni nesildeki tüm kromozomların uygunluk değerleri hesaplanarak eski popülasyon bu yeni nesil ile değiştirilmelidir.
- 8) Algoritmanın sonlanma kriteri sağlanıyorsa algoritma durdurulmalı, sağlanmıyorsa 4. adımdan devam edilmelidir.

Genetik algoritma bir arama algoritmasıdır. Arama algoritmaları iki önemli kavramdan birisine veya ikisine birden odaklanabilmektedirler. Bunlar yoğunluk ve çeşitliliştir. Yoğunluk, iyi bir çözüme çok hızlı bir şekilde ulaşmayı amaçlarken çeşitlilik arama uzayında mümkün olduğu kadar geniş bir alanda arama yapmak demektir. Arama yapılan uzayda kontrol edilen çözüm adaylarının kalitesi genetik operatörler ve seçim yöntemleri ile artırılmaya çalışılır ve arama uzayında mümkün olduğu kadar iyi çözümler üzerinde arama yapılması beklenir. Yine bu operatörler ve yöntemler vasıtasıyla yapılacak olan aramada yoğunluğa ya da çeşitliliğe verilecek önem de belirlenir. Uygunluk fonksiyonunun karmaşıklığı, popülasyon sayısı, iterasyon sayısı gibi parametreler genetik algoritmanın çalışma zamanını etkilemektedir. Kullanılan teknolojik ortama da bağlı kalarak bu parametrelerin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Problemde kısa zamanda çözüm alınmak isteniyorsa popülasyon sayısı ve iterasyon sayısı azaltılmalı, tersi durumda artırılmalıdır. Ancak, algoritmanın ne zaman sonlanacağına karar verirken iterasyon sayısı dışında başka yöntemlere de başvurulmaktadır. Genetik algoritmanın temel aldığı teori gereği bir süre sonra algoritma yerel optimuma yakın noktalarda benzer bireyler üretmeye başlayabileceğinden bulabildiği optimum çözümleri geliştirememeye başlar. Bu da birkaç nesil boyunca en iyi çözümün değişmesine neden olabilmektedir. Böyle durumlarda algoritmayı daha fazla çalıştırmak yerine algoritmanın sonlandırılması zaman kaybını engelleyebilmektedir. Bunun dışında bazı problemler için kabul edilebilir çözümler belirlenebilmektedir. Böyle durumlarda da algoritma kabul edilebilir bir çözüme ulaştığında algoritma sonlandırılabilir.

## 3.2.2 Genetik Algoritmaların Çalışma Prensipleri

### 3.2.2.1 Gen ve Kromozom Yapısının Belirlenmesi

Genetik algoritmada öncelikle çözülecek problemin parametrelerinin ve bu parametrelerin kısıtlarının belirlenmesi gerekmektedir. Parametre sayısı çözüm uzayındaki boyut sayısını, parametre kısıtları ise çözüm uzayındaki boyutların büyüklüğünü belirlemektedir. Dolayısıyla parametre sayısı ve parametre kısıtları aranacak çözüm uzayının büyüklüğünü, başka bir deyişle çözümlenmesi beklenen problemin karmaşıklığını belirlemektedir.

Bir gerçek hayat probleminin çözümü için gerekli çok sayıda parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerin bazıları kolay bir şekilde elde edilebilmektedir. Ancak bazı parametrelerin elde edilmesi güç olabilir veya hiç mümkün olmayabilir. Bazen de problemin çözümünü etkilemesine rağmen henüz tanımlanmamış parametreler olabilir. Günümüz teknolojisi çok fazla sayıda parametrenin kullanıldığı bir algoritmanın kısa zamanda çözümü için yeterli olmayabilir. Bu tür durumlar nedeniyle bir gerçek hayat probleminin tam olarak çözülebilmesi, en iyi çözümün elde edilmesi zorlaşmaktadır. Bu yüzden problemin iyi bir şekilde analiz edilmesi ve doğru parametrelerin bulunması oldukça önemlidir. Problem karmaşıklığı nedeniyle bazı parametrelerin göz ardı edilmesi gerekebilir, bu tür durumlarda hangi parametrelerin çözüm için daha önemli olduğuna dair çalışma yapmak ve önemsiz parametreleri elemek gerekebilir.

Hangi parametrelerin kullanılacağı belirlendikten sonra ise parametrelerin kısıtları belirlenmelidir. Bu kısıtlar parametrelerin alabileceği alt ve üst değerlerin yanı sıra alabileceği değer türünü de gösterebilmektedir. Örneğin bir parametre sadece tam sayı değerleri alabilirken başka bir parametre gerçel değerler alabilir. Parametrenin alabileceği alt ve üst değerler de oldukça önemlidir. Örneğin doğru karışımın bulunması beklenen bir problemde karışım oranının 0 ile 1 arasında bir gerçel sayı olması (veya % olarak 0 -100 arası) beklenir. Bu sayıların dışına çıkılması algoritmanın yanlış sonuç vermesine neden olur.

Parametrelerin kısıtları ve özellikleri belirlendikten sonra bu parametrelerin her biri genetik algoritmada birer gen olarak kullanılır ve bu genlerden birer kromozom oluşturulur.

### 3.2.2.2 Uygunluk Fonksiyonunun Belirlenmesi

Kromozom yapısı belirlendikten sonra kromozomun kalitesini belirleyen bir metriğe ihtiyaç duyulmaktadır. Bu metriğin doğru bir şekilde belirlenmesi doğru çözüme ulaşmak için çok önemlidir. Çünkü genetik algoritma çözümleri üretirken tamamen bu uygunluk fonksiyonuna göre hareket etmekte ve bu fonksiyonu eniyilemeye çalışmaktadır.

Kromozomlar birer çözüm adayı olduğundan her birinin uygunluk fonksiyonu hesaplanmalı ve bu uygunluk fonksiyonu doğrultusunda genetik algoritma operatörleri kullanılmalıdır. Genetik operatörlerin uygulanacağı kromozomların seçiminde ve bir sonraki nesle aktarılacak kromozomların belirlenmesinde uygunluk fonksiyonu kullanılmaktadır.

### 3.2.2.3 Genetik Operatörler

#### 3.2.2.3.1 Çaprazlama Operatörü

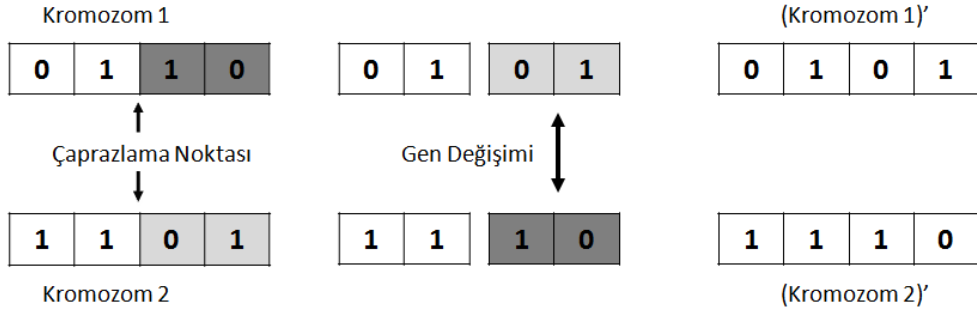
Çaprazlama, seçilen iki kromozomun genlerinin değiş-tokuş edilmesi ve bunun sonucunda ortaya iki yeni yavru kromozomun ortaya çıkarılması işlemidir. Çaprazlama işlemi sonucunda ebeveyn kromozomların iyi genleri birleştirilerek oluşturulan yavru kromozomların daha kaliteli çözümler üretmesi beklenmektedir. Ancak, hangi genlerin daha iyi bir çözüm üreteceği net olarak bilinmediğinden çaprazlama işleminde genellikle genler rastgele seçilmektedir.

Çaprazlama işlemi için öncelikle kromozom üzerinde bir veya birkaç tane nokta belirlemek gerekir. Daha sonra bu noktalar üzerinden ebeveyn kromozomlar genlerini değiştirirler ve bu şekilde ortaya iki yeni kromozom çıkar. Bu yeni kromozomlar bir sonraki nesle aktarılır. Çaprazlama işleminin nasıl çalıştığı Şekil 3.1 üzerinde gösterilmiştir.

Seçilmiş olan kromozom çiftlerinin çaprazlama işlemine tabii tutulup tutulmayacağını belirlemek için algoritmada bir çaprazlama oranı kullanılmalıdır. Çaprazlama oranının çok küçük tutulması kromozomların değişikliğe uğramadan bir sonraki nesle geçmesine, bu da iyi bir çözümün bulunmasının uzamasına neden olmaktadır. Çaprazlama oranının çok yüksek tutulması ise kromozomların sürekli değişerek, daha kaliteli



olması umuduyla, bir sonraki nesle aktarılmasına, bu da kromozomların tek bir noktada yoğunlaşmasına neden olmaktadır. Genetik algoritmalarda genel olarak 0,7 oranı kullanılmaktadır.



Şekil 3.1: Kromozomlar üzerinde çaprazlama işlemi

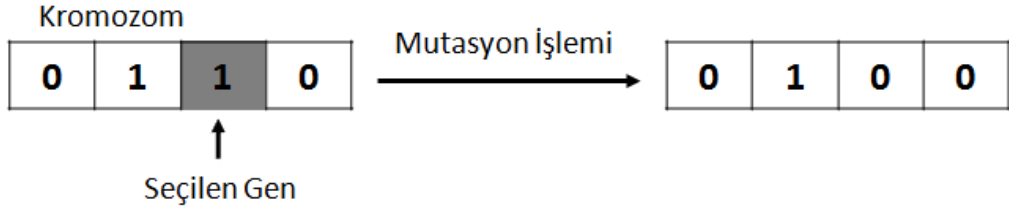
### 3.2.2.3.2 Mutasyon Operatörü

Mutasyon, belirli bir genin doğal olmayan bir yolla değişimini ifade eder. Mutasyon operatörü genetik algortmada bir kromozom üzerinde seçilen bir veya birden fazla genin değerini genin kısıtlarını bozmamak kaydıyla rastgele değiştirme işlemi olarak tanımlanır. Mutasyon operatörünün nasıl çalıştığı Şekil 3.2 üzerinde gösterilmiştir.

Mutasyon operatörü çaprazlama operatöründen daha az sıklıkta kullanılmaktadır. Eğer mutasyon işlemi çok büyük sıklıkla tekrarlanırsa oluşturulan çözümler değişime uğramakta ve elde edilen çözümler iyi çözümler etrafında toplanmak yerine rastgele dağılmaktadır. Eğer mutasyon işlemi hiç yapılmazsa bu durumda da elde edilen çözümler bir yerel optimumda yoğunlaşmakta ve bu yerel optimumun dışına çıkamamaktadır. Bu nedenle mutasyon operatörü genetik algortmada yerel optimumlara takılmayı önlemek ve çözümlerin çeşitliliğini artırmak için kullanılmaktadır. Mutasyon operatörünün algortma içerisindeki oranı genel olarak küçük tutulmaktadır ve genellikle 0.05'ten küçük değerler olmaktadır.

### 3.2.2.4 Doğal Seçim ve Seçim Yöntemleri

Doğal seçim, bir nesilden başka bir nesile geçiş esnasında yeni nesilde bulunacak bireylerin seçilimi olarak tanımlanmaktadır. Evrim Teorisi'nde tanımlanmış olan "güçlünün hayatta kalması" kavramı genetik algortmada daha iyi uygunluk değerine



Şekil 3.2: Kromozomlar üzerinde çaprazlama işlemi

sahip bireylerin bir sonraki nesilde yer alması olarak düşünülmektedir. Doğal seçilim sonucu oluşan yeni nesildeki bireylerin önceki nesle göre daha kaliteli bireylerden oluşması beklenmektedir.

Doğal seçimde sonraki nesillerin önceki nesillere göre daha kaliteli bireyleri barındırması için genetik operatörlerde kullanılacak olan kromozom çiftlerinin seçimi çok önemlidir. Sınırlı sayıda kromozomun oluşturduğu popülasyonda arama kalitesinin artırılabilmesi için iyi kromozomları seçmek ve bu kromozomlar üzerinde genetik operatörleri kullanarak daha iyi kromozomlar üretmek oldukça önemlidir.

Genetik operatörlerde kullanılacak ve sonraki nesle aktarılacak kromozomların seçimi için bazı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları sonraki altbölümlerde anlatılacaktır.

#### 3.2.2.4.1 Elitizm

Elitizm, popülasyonda yer alan en iyi kromozomların hiç bir genetik operatöre maruz bırakılmadan direkt olarak yeni nesle eklenmesidir. Genetik operasyonlar sonucu ortaya daha iyi bireylerin çıkması beklenmektedir, ancak bazen daha kötü kromozomlar da ortaya çıkabilmektedir. Eğer mevcut popülasyondaki en iyi kromozomlar genetik operatörlere tabii tutulur ve daha kötü kromozomlar ortaya çıkarsa en iyi kromozomun yok olma tehlikesi vardır. Elitizm bunu engellemek için kullanılmaktadır.

Belirlenen bir elitizm oranı kadar en iyi kromozom değişikliğe uğratılmadan bir sonraki nesle eklenir. Ancak, bu kromozomlar geriye kalan popülasyonun doldurulması esnasında genetik operatörlere tabii tutulmaktadır. Böylece en iyi kromozomlar kaybedilmediği gibi, en iyi kromozomların çaprazlama sonucu oluşturabileceği daha iyi kromozom şansı da kaybedilmemiş olur.

#### 3.2.2.4.2 Turnuva Seçimi

Turnuva seçimi, genetik operatörlere tabii tutulacak olan kromozom çiftlerinin seçimi için kullanılan bir seçim yöntemidir. Turnuva seçiminde önceden belirlenen bir sayıda kromozom rastgele seçilmektedir. Seçilen bu kromozomlar uygunluk fonksiyonuna göre sıralanmaktadır. Bu kümeden seçilecek olan kromozom için ise bir olasılık yöntemi uygulanır. Belirlenen bir  $p$  olasılığına göre kümedeki en iyi kromozom seçilmektedir,  $p(1 - p)$  olasılığıyla kümedeki en iyi ikinci kromozom seçilmektedir ve bu şekilde devam etmektedir. Eğer  $p$  değeri 1 seçilirse, seçilen kümedeki en iyi kromozom seçilmiş olur. Eğer kümedeki kromozom sayısı 1 seçilirse bu sefer de tamamen rastgele bir kromozom seçilmiş olur. Küme sayısının ve  $p$  olasılığının artırılması kötü kromozomların seçilme şansını oldukça azaltır.

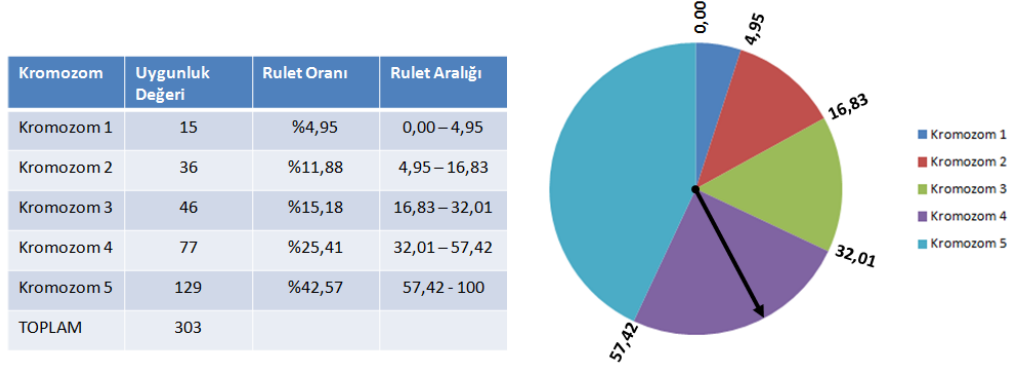
Turnuva seçiminde seçilmiş bir kromozomun tekrar seçilmesini engellemek için seçilen kromozom listeden çıkarılabilir. Eğer bu yapılmazsa uygunluk değeri yüksek olan kromozomlar yüksek olasılıkla tekrar tekrar seçileceğinden popülasyondaki çeşitlilik azalmış olur, bu da çözümlerin arama uzayında tek bir bölgede kalmasına neden olur.

#### 3.2.2.4.3 Rulet Çemberi Seçimi

Rulet çemberi de genetik operatörlere tabii tutulacak olan kromozom çiftlerinin seçiminde kullanılan yaygın bir yöntemdir. Bu yöntemde popülasyondaki kromozomlar uygunluk fonksiyonları oranında rulet çemberine yerleştirilirler. Popülasyondaki tüm kromozomların uygunluk fonksiyonu değerleri toplanır ve toplam uygunluk fonksiyonu değeri bulunur. Daha sonra her bir kromozomun uygunluk değeri toplam uygunluk fonksiyonu değerine bölünerek kromozomların rulet çemberinde kapsayacağı alanın yüzdesel değerleri bulunur. Daha sonra kromozomlar teker teker rulet çemberine yüzdesel değerleri oranında eklenir ve rulet çemberi tamamlanır. Rulet çemberinin nasıl oluşturulduğu Şekil 3.3 üzerinde gösterilmiştir.

Rulet çemberi oluşturulduktan sonra 0 ile 100 arasında rastgele bir sayı seçilir ve sayının rulet üzerinde denk geldiği kromozom seçilir. Bu şekilde seçilen kromozomlar genetik operatörlere tabii tutularak yeni nesle eklenecek yeni kromozomlar oluşturulur. Kromozomlar uygunluk fonksiyonları oranında rulet çemberine yerleştirildiğinden

daha iyi kromozomların seçilme şansı daha fazladır. Bu sayede yeni nesildeki kromozomların kalitesinin artırılması amaçlanmaktadır.



Şekil 3.3: Rulet çemberinin oluşturulması

### 3.2.3 Genetik Algoritmaların Finans Alanında Kullanımıyla İlgili Literatür Araştırması

Finans alanında yapılan yatırımlar ile kazanç sağlamak yatırımcıların hepsinin ortak amacıdır. Ancak, borsa, döviz, altın gibi menkul kıymetlerin fiyatlarının nereye doğru gideceğinin tahmini oldukça zor bir iştir. Ancak, yeteri kadar iyi tahminler yapılırsa yatırımların getirisi de oldukça fazla olmaktadır. Bu da birçok yatırımcıyla beraber akademik dünyayı da finansal çalışmaların içine çekmiştir. Finans alanında birçok çalışma yapılmakta ve bilgisayar bilimleri ve algoritmaları da sıklıkla kullanılmaktadır.

Genetik algoritma ve türevleri finans alanında oldukça sık kullanılan algoritmalarlardır. Bu algoritmalar gelecek fiyat tahmini yapma, trendin yönünü saptama, teknik analiz yöntemleri oluşturma, alım-satım kuralları oluşturma, portföy veya teknik analiz kurallarını eniyileme gibi problemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde genetik algoritma kullanılarak yapılan çalışmalarla ilgili detaylı bilgi verilecektir.

Allen ve Karjalainen [29], genetik programlama ve genetik algoritma operatörlerini kullanarak basit alım-satım kuralları oluşturarak bu kuralların performansını ölçmüşlerdir. Çalışmada hisse senedinin alınmadığı durumlarda paranın faizde tutulduğu belirtilmiştir. Yapılan çalışmada basit hareketli ortalama (SMA), belirli bir periyotta görülen en düşük (minimum) ve en yüksek (maximum) değerler, koşullar (if yapıları, büyüktür ve küçüktür işlemleri) ve dört işlem (+,-,\*,/) gibi temel semboller ve

fonksiyonlar kullanılarak farklı kurallar oluşturulmaya çalışılmıştır. Kurallar genetik programlamada bir ağaç yapısı olarak tanımlanmış ve yeni bireyler ağaç üzerine yeni kurallar eklenerek, ağaçlar arasında parça değişimi yapılarak (çaprazlama) veya ağacın herhangi bir altağacının rastgele değiştirilmesi (mutasyon) ile oluşturulmuştur. Çalışmada yeni nesiller süreklilik esasına göre oluşturulmuştur. Yani, elde edilen yeni bir birey belirlenen bir kural çerçevesinde mevcut popülasyonda kötü bireylerden birisi ile yer değiştirir. Çalışmada S&P 500 endeksinin 1928-1995 yılları arasındaki verileri kullanılmış, 1928 yılındaki veriler tüm veriyi normalize etmek için kullanılmıştır. 10 farklı eğitim-doğrulama-test noktası kullanılmıştır. 1929 yılından başlayarak 5 yıl eğitim, 2 yıl doğrulama ve doğrulamanın bittiği yıldan 1995 yılına kadar olan kısım test verisi olarak kullanılacak şekilde beşer yıl arayla eğitim-doğrulama-test işlemine devam edilmiştir. Doğrulama kısmında eğitimde elde edilen kural test edilmiş ve eğer endeksin kendisinden daha fazla getiri getirdiyse kural kabul edilmiştir. Bu şekilde doğrulama esnasında en çok getiriye getiren kural en iyi kural olarak seçilmiş ve bu kural test verisinde test edilmiştir. Testlerde %0.1, %0.25 ve %0.5 komisyon değerleri işlem masrafı olarak hesaplanmıştır. Yazarlar elde ettikleri sonuçlarla düzenli bir şekilde getiri sağlayan bir kuralın bulunmadığını ve bunun verimli market hipoteziyle uyumlu olduğunu göstermişlerdir.

Fu, Chung ve Chung [30] portföy ve teknik analiz göstergelerinin parametrelerini genetik algoritma ile optimize ederek performanslarını ölçmüşlerdir. Klasik genetik algoritmanın yanında hiyerarşik (Hierarchical GA) genetik algoritmayı da kullanmışlardır. Hiyerarşik genetik algoritmada popülasyon elitler ve düzler olmak üzere iki gruba ayrılır ve elitler arasındaki çaprazlama ve mutasyon oranı çok daha az tutulur. Yapılan çalışmada hiyerarşik genetik algoritmada elit popülasyondaki çeşitliliğin azalmasının hiyerarşik genetik algoritmanın klasik genetik algoritmaya göre optimum çözüme daha yavaş yakınsamasına neden olduğu gösterilmiştir. Yedi farklı teknik analiz göstergesi hem tek tek, hem de bir arada eniyilenerek kullanılmıştır. Yapılan çalışmada ayı piyasası ve boğa piyasası ayrı ayrı değerlendirilmiş ve birden fazla teknik analiz göstergesi kullanmanın ayı piyasasında dahi pozitif kazanç sağlayabileceği gösterilmiştir. Ayı piyasasında Al-ve-Tut stratejisi büyük oranda değer kaybederken teknik analiz göstergelerinin hiç birisi Al-ve-Tut yönteminden daha kötü sonuç vermemiştir. Boğa piyasasındaki çalışmada ise tüm teknik analiz göstergeleri hem tek tek, hem de bir arada kullanıldığında pozitif kazanç getirmiş, ancak hiç birisi Al-ve-Tut yönteminden daha fazla kazanç getirememiştir. Boğa piyasasında

menkul kıymetin değeri oldukça yükseldiğinden herhangi bir alım-satım stratejisiyle kazanç sağlamanın zor olduğu görülmüştür. Portföy optimizasyonu için Hong Kong Borsası'ndaki dört farklı alandan seçilen hisse senetlerinden oluşturulan portföyler üç farklı şekilde ağırlıklandırılmıştır. İlk olarak portföydeki tüm hisse senetleri eşit ağırlıklandırılmış, ikinci olarak portföydeki hisse senetleri Markowitz [49] yöntemiyle ağırlıklandırılmıştır. Daha sonra genetik algoritma kullanılarak ağırlıklandırılan portföy bu üç farklı ağırlıklandırma için test edilmiştir. Karşılaştırma işlemi için Sharpe oranı [50] kullanılmıştır. Hem ayı piyasasında, hem de boğa piyasasında genetik algoritmayla ağırlıklandırılan portföyün Sharpe oranı daha yüksek çıkmıştır, bu da genetik algoritma ile ağırlıklandırılan portföyün birim risk başına daha fazla kazanç getirdiğini göstermiştir.

Tanaka-Yamawaki ve Tokuoka [31] çalışmalarında farklı alanlardan 8 hisse senedinin 1 yıllık gün-içi değerlerini kullanarak teknik analiz göstergelerinin birleştirilmesiyle bir alım-satım modeli geliştirmişlerdir. Çalışmada 8 farklı hisse senedine ait gün içi verileri gün içerisinde belirli zaman aralıklarında elde edilen fiyatlardan oluşmakta ve her hisse senedinin farklı frekansı bulunmaktadır. Bazı hisse senetlerinin gün içi değerleri çok sık bir şekilde değişirken bazı hisse senetlerinin fiyatları gün içerisinde daha az değişmektedir. Yazarlar trend, salınım ve harekete dayalı toplamda 10 farklı teknik analiz göstergesi kullanmışlar ve bu teknik analiz göstergelerinin farklı kombinasyonlarını her bir hisse senedi için genetik algoritma ile eniyilemişlerdir. Yazarlar elde ettikleri sonuçlara göre genetik algoritma ile eniyilenmiş teknik analiz göstergesi kombinasyonlarının teknik analiz göstergelerinin ayrı ayrı kullanılması ve tüm teknik analiz göstergelerinin bir arada kullanılması durumlarına göre daha iyi sonuç verdiğini belirtmişlerdir. Yazarlar ayrıca gün-içi değerleri çok sık bir şekilde değişen hisse senetlerinde daha iyi sonuçlar elde ettiklerini belirtmişler ve bunu da sık değişen fiyatlarda fiyatların bir önceki fiyata göre daha yüksek korelasyona sahip olmasına bağlamışlardır.

Genetik algoritma finans alanında oldukça sık kullanılmaktadır ve genetik algoritmanın kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır [32–35]

## **4. SÜRÜ ZEKASI ALGORİTMALARI**

### **4.1 Sürü Zekası Algoritmalarının Tanımı**

Sürü zekası tanımı ilk kez robotik alanında Beni ve Wang tarafından dile getirilmiştir [36]. Sürü zekası, merkezi bir noktadan yönetilmeyen ve kendi kendine hareket eden bireylerin oluşturduğu toplulukların zeki bir şekilde hareket etmesini tarif eder. Her bir birey kendi yerel çevresiyle iletişime geçerek tüm sürü içerisinde bir haberleşme ağı oluşturur ve bu haberleşme ağı sayesinde sürü zeki bir şekilde hareket eden tek bir parça gibi görünür. Sürü zekası tanımı biyolojik canlı topluluklarında görülür. Balıklar, kuşlar, arılar, bakteriler, karıncalar ve daha birçok biyolojik grup sürü halinde bir zeka göstermektedir. Bu biyolojik sistemlerin hareketleri incelenerek bilgisayar bilimleri içerisinde birçok sürü zekası algoritması geliştirilmiştir. Parçacık Sürü Optimizasyonu (Particle Swarm Optimization), Karınca Kolonisi Optimizasyonu (Ant Colony Optimization), Yapay Arı Kolonisi Algoritması (Artificial Bee Colony Algorithm) gibi birçok sürü zekası algoritması geliştirilmiş ve eniyileme problemlerinde sıklıkla kullanılır hale gelmişlerdir.

### **4.2 Parçacık Sürü Optimizasyonu**

#### **4.2.1 Parçacık Sürü Algoritmasının Tanımı**

Parçacık sürü optimizasyonu, bir çözüm uzayında çözüm adaylarının hareket ederek bir optimum sonuca doğru ilerlediği bir eniyileme algoritmasıdır. Belirli sayıda bireylerden oluşan bir popülasyonda tüm bireyler buldukları pozisyona ve bir hız vektörüne göre çözüm uzayında hareket eder. Bireylerin çözüm uzayındaki hareketleri bireyler arasında görülen en iyi pozisyon ve her bir bireyin kendisine ait olan en iyi pozisyon tarafından belirlenmektedir. Tüm bireyler elde edilen en iyi çözüme doğru gitme eğilimindedir, ancak bunun yanında kendi buldukları en iyi çözümün de bireylerin hareketleri üzerinde etkisi vardır. Parçacık sürü optimizasyonu ilk kez 1995

yılında Kennedy ve Eberhart tarafından tanıtılmıştır [37].

Parçacık sürü optimizasyonunda bireylerin bir sonraki pozisyonu bir matematiksel formül aracılığıyla belirlenir ve bireyler bir sonraki iterasyonda yeni konumlarına yerleşmiş olur. Optimizasyonda arama çeşitliliği ve optimuma yaklaşma hızı önemli kriterlerdir ve hangisine daha çok önem verileceği matematiksel formül oluşturulurken tanımlanmaktadır. Çözüm uzayında daha çok bölgede arama yapmak için bazı durumlarda tüm popülasyonun en iyi pozisyonunu kullanmak yerine belirlenen bir komşuluk tanımına göre yereldeki en iyi pozisyona göre hareketler tanımlanabilmektedir. Ayrıca bireylerin çözüm uzayındaki hareket hızları da belirli bir katsayı ile belirlenebilmektedir. Daha çok bölgede arama yapmak için bu katsayı azaltılabilir, optimuma en hızlı şekilde ulaşmak için ise bu hız artırılabilir. Bu katsayılar değişik problemlere göre farklı şekillerde ayarlanabilmektedir.

Parçacık sürü optimizasyonu algoritması temel olarak şu adımlardan oluşmaktadır:

- 1) Problemin çözümü için gerekli olan parametreler belirlenmelidir. Belirlenen parametrelerin sayısı uzunluğunda parçacıklar birer vektör olarak tanımlanmalıdır. Parçacıkların hareketini belirleyecek olan formüle ait katsayılar belirlenerek formül tam anlamıyla oluşturulmalıdır. Popülasyonda kaç tane parçacık bulunacağı belirlenmelidir. Algoritmanın sonlanma kriterleri belirlenmelidir.
- 2) Bir parçacığın kalitesini sayısal olarak ifade edebilmek için bir uygunluk fonksiyonu tanımlanmalıdır.
- 3) 1. adımda belirlenen popülasyon büyüklüğü kadar rastgele parçacık üretilerek popülasyonun ilk pozisyonu oluşturulmalıdır.
- 4) Tüm parçacıkların uygunluk fonksiyonları hesaplanmalıdır. Tüm parçacıkların bireysel en iyi pozisyonları hesaplanmalıdır. Tüm parçacıklar içerisinde en iyi bireysel pozisyon popülasyonun en iyi pozisyonu olarak belirlenmelidir.
- 5) Sonlanma kriteri sağlanıyorsa algoritma sonlandırılmalıdır.
- 6) Popülasyondaki tüm parçacıkların yeni pozisyonları pozisyon formülüne göre hesaplanmalı ve 4. adıma tekrar dönmelidir.



## 4.2.2 Parçacık Sürü Algoritmasının Çalışma Prensipleri

### 4.2.2.1 Çözüm Parametrelerinin ve Parçacık Vektörünün Belirlenmesi

Çözüm parametrelerinin sayısı ve büyüklüklerinin algoritmanın çözüme ulaşmasındaki ve problemin büyüklüğü üzerindeki etkisi Alt bölüm 3.2.2.1’de anlatılmıştı. Parçacık sürü algoritmasında da çözüm parametrelerinin belirlenmesi problemin büyüklüğü ve çalışma zamanı için önemlidir. Parametreler belirlendikten sonra ise parçacıklar bu parametrelerden oluşan bir vektör olarak tanımlanmaktadır. Vektörler çözüm uzayında bir noktayı temsil ederler ve parçacıkların hareket yönü ve hareket hızı yine bir vektör olarak hesaplanmaktadır. Vektörler üzerinde toplama işlemi yapılarak parçacıkların yeni pozisyonları hesaplanmaktadır.

Parçacık vektöründe her bir parametreye ait kısıtların da belirlenmesi gerekir. Bu kısıtlar çözüm uzayının sınırlarını belirlemektedir. Parçacık sürü optimizasyonunda parçacıkların yeni pozisyonları hesaplanırken parçacığın çözüm uzayının dışına çıkmasının engellenmesi gerekmektedir, bunun için de her bir parametreye ait alt ve üst sınırların net olarak belirlenmesi gerekmektedir.

### 4.2.2.2 Hareket Vektörünü Hesaplayan Formülün Oluşturulması

Parçacık sürü algoritmasında her bir iterasyonda parçacıkların farklı bir çözüm noktasında bulunmaları beklenmektedir. Bunun için de bir hareket vektörüne ihtiyaç duyulmaktadır. Her bir parçacık için bir hareket vektörü belirlenmeli ve bu hareket vektörü parçacığın mevcut pozisyonuna eklenerek parçacığın yeni konumu belirlenmelidir. Bu hareket vektörünü hesaplamak için bir formüle ihtiyaç duyulmaktadır.

Parçacık sürü algoritmasının ilk zamanlarında hareket vektörünü hesaplamak için kullanılan temel formül şu şekildedir [38]:

$$\vec{v}_i(t) = \vec{v}_i(t-1) + \varphi_1(\vec{p}_i - \vec{x}_i(t-1)) + \varphi_2(\vec{p}_g - \vec{x}_i(t-1)) \quad (4.1)$$

$$\vec{x}_i(t) = \vec{x}_i(t-1) + \vec{v}_i(t) \quad (4.2)$$

Denklem (4.1)'de  $\vec{v}_i$   $i$ 'nci parçacığın hız vektörünü,  $\varphi$  belirlenen bir üst sınır ile 0 arasında üretilen rastgele bir sayıyı,  $\vec{x}_i$   $i$ 'nci parçacığın konumunu,  $\vec{p}_i$   $i$ 'nci parçacığın o ana kadarki en iyi konumunu,  $\vec{p}_g$  ise tüm sürüde görülmüş olan en iyi konumu temsil etmektedir.

(4.1) denkleminde elde edilen hız vektörü parçacığın mevcut konumuna eklenir ve parçacığın yeni konumu belli olur. Denklem (4.2)'de parçacığın yeni konumunun hız vektörüyle nasıl hesaplandığı gösterilmektedir.

Parçacık sürü algoritmasında parçacıkların kendi en iyi konumları ve sürünün en iyi konumuna olan uzaklığına bağlı olarak çözüm uzayında çok büyük hızlarla hareket etmesi mümkündür. Ancak bu, çok da istenilen bir durum değildir. Çünkü çok hızlı hareket eden parçacıklar çözüm uzayı dışına çıkabilmekte ve iyi çözümler yerine uzayda rastgele noktalara gidebilmektedirler. Bunu engellemek için parçacıkların tek bir iterasyonda sahip olabilecekleri maksimum hız sınırlandırılabilir. Kullanıcı tarafından belirlenen bir  $\vec{V}_{\max}$  değeri ile parçacıkların maksimum hızları sınırlandırılır ve parçacıkların uzayda rastgele hareketleri önlenmeye çalışılır [38]. Ancak,  $\vec{V}_{\max}$  değerinin nasıl belirleneceği ve algoritmanın performansını nasıl etkileyeceği ayrı bir çalışma gerektirmektedir.

Tüm arama algoritmalarında yoğunluk veya çeşitlilik kavramları vardır ve bu iki kavram arasında bir denge bulunmalıdır. Eğer çeşitlilik gözardı edilirse arama bulunan ilk optimumda takılabilir, eğer yoğunluk gözardı edilirse algoritma optimumlardan uzaklaşabilir ve daha çok rastgele bir aramaya dönüşür. Parçacık sürü algoritmasında da parçacıkların genel hızları bu iki kavrama nasıl yoğunlaştığını belirlemektedir. Parçacıkların çok hızlı hareket etmesi çeşitliliğe önem verirken parçacıkların çok yavaş hareket etmesi de yoğunluğa önem verir. Daha önce tanımlanmış olan  $\vec{V}_{\max}$  değeri parçacıkların hızını kontrol altına alarak yoğunluk ve çeşitlilik arasındaki dengeyi sağlamak için kullanılıyordu. Shi ve Eberhart [39]  $\vec{V}_{\max}$  değerinin kullanılması yerine orijinal formülde bir değişikliğe giderek formüle bir eylemsizlik (inertia) katsayısı eklemişlerdir. Bu katsayının eklenmesi sonucu Denklem (4.3) ortaya çıkmıştır.

$$\vec{v}_i(t) = \omega \vec{v}_i(t-1) + \varphi_1 (\vec{p}_i - \vec{x}_i(t-1)) + \varphi_2 (\vec{p}_g - \vec{x}_i(t-1)) \quad (4.3)$$

Burada  $\omega$  eylemsizlik katsayısını belirtmektedir. Bu katsayı parçacığın hızını kontrol

etmekte ve  $\vec{V}_{\max}$  değerinin kullanımını devre dışı bırakmaktadır. Birçok çalışmada  $\omega$  değeri 1 olarak seçilmekte ve algoritmada iterasyon sayısı arttıka yavaş yavaş azaltılmaktadır, bu sayede iterasyon sayısı arttıka parçacıkların en ysek hızları azaltılmakta ve sürünün bir optimum etrafında olgunlaşması beklenmektedir.

#### 4.2.2.3 Parçacıkların Geçerlilik Kontrolü

Genetik algoritmalarda başlangıç popülasyonunun doğru bir şekilde oluşturulması ve mutasyon işleminde değerlerin kısıtlar içerisinde değiştirilmesi nedeniyle algoritmanın tüm aşamalarında tüm kromozomlar geçerli birer çözüm adayı olmaktadır. Ancak, parçacık sürü algoritmasında parçacıkların çözüm uzayının dışına çıkma riski bulunmaktadır. Özellikle iyi çözümlerin çözüm uzayının sınır noktalarına yakın olduğu durumlarda parçacıkların hızları parçacıkları çözüm uzayının dışına çıkarabilmektedir. Bu da ilgili parçacıkların diğer parçacıkları da yanlış şekilde etkilemesine, çözüm uzayı içerisinde kalan geçerli çözüm adaylarının sayısının azalmasına ve dolayısıyla algoritmanın performansının düşmesine neden olabilmektedir. Bu yüzden parçacık sürü algoritmasında ilerlerken parçacıkların geçerli parametre değerlerine sahip olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Xu ve Rahmat-Samii [42] yaptıkları çalışmada sınırlar dışına çıkan parçacıkların sınır dışında bırakılması veya sınırlar içerisine döndürülmesi kararının optimum sonucun sınırlara yakın veya uzak olması durumuna göre değerlendirilmesi gerektiğini ve optimum sonucun çözüm uzayındaki yerine göre algoritma performansının değiştiğini göstermişlerdir.

özm uzayı sınırlarının kontrolü için literatürde bazı çalışmalar bulunmaktadır. Bratton ve Kennedy [40] sınır kontrolü için sınır dışına çıkan parçacıkların yerlerinin değiştirilmemesini ve bu parçacıkların uygunluk değerinin düşük tutularak kendi veya popülasyonun en iyi konumu olarak seçilmesinin engellenmesini önermişlerdir. Bochenek ve Forys [41] ise parçacıkları sınırlar içerisinde tutmak için yansıtma yöntemini önermişlerdir. Yansıtma metodunda çözüm uzayı duvarlarla çevrelenmiş gibi kabul edilir ve çözüm uzayının dışına çıkacak olan bir parçacık sınırlara çarpar ve bu parçacığın çözüm uzayı içerisinde kalacağı garanti edilmiş olur.

### 4.2.3 Parçacık Sürü Algoritmasının Finans Alanında Kullanımıyla İlgili Literatür Araştırması

Zhu ve arkadaşları [43] portföy eniyilemesi problemini çözmek için parçacık sürü algoritması kullanmışlardır. Portföy eniyilemesi bir çok-amaçlı eniyileme problemidir. Probleme eniyilenecek olan amaç fonksiyonu birden fazladır. Bu problemi ortadan kaldırmak için iki yöntem bir arada kullanılmıştır. Birinci yöntemde birden fazla uygunluk fonksiyonundan bir tanesi asıl uygunluk fonksiyonu olarak seçilirken diğer uygunluk fonksiyonları birer kısıt olarak tanımlanır, bu model Markowitz'in ortalama-varyans modeline benzemektedir [49]. İkinci yöntem ise birden çok uygunluk fonksiyonunun ağırlıklandırılması ve bu ağırlıkların toplanması sonucu tek bir uygunluk fonksiyonu belirlemektir. Yapılan çalışmada ikinci yöntem için Sharpe oranı kullanılmıştır [50]. Sharpe oranı elde edilen net kazancın riske bölünmesi ile edilen, birim riske karşılık elde edilen kazancı ölçen bir birimdir. Portföy eniyilemesinde kazanç eniyilenirken riskin de göz önüne alınması gerekir. Yapılan çalışmada Sharpe oranı içerisinde Markowitz'in yöntemi kullanılarak portföydeki menkul kıymetlerin ağırlıkları değiştirilerek oluşturulan portföylerin Sharpe oranları eniyilenmeye çalışılmıştır. Parçacık sürü algoritmasında Sharpe oranı amaç fonksiyonu olarak kullanılarak hem tek bir uygunluk fonksiyonu kullanılmış, hem de kazanç-risk oranı eniyilenmeye çalışılmıştır. Yazarlar finans modellerinin bir sosyal ağ modeline benzediğini ve sürülerdeki iyi olanı taklit etme içgüdüsünün finansal modelde başarılı olabileceğini, bu yüzden parçacık sürü algoritmasının finansal modeller için uygun olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca parçacık sürü algoritmasının genetik algoritmalar gibi diğer eniyileme algoritmalarına göre daha kısa sürede sonuç verdiğini göstermişlerdir.

Chang ve Shi [44] çalışmalarında portföy eniyilemesi için yatırım memnuniyet endeksi (Investment Satisfaction Capability Index - ISCI) ve parçacık sürü algoritmasını kullanmışlardır. Portföyde yer alacak menkul kıymetlerin seçimi için ISCI kullanılmış ve portföyde yer alacak olan menkul kıymetlere hangi oranda yatırım yapılacağı ise parçacık sürü algoritması ile belirlenmiştir. Yazarlar çalışmada 2005-2007 yılları arasındaki verileri kullanmışlar ve bu aralıkta dört aylık bir pencere boyutu belirleyerek bu pencereyi her seferinde bir ay kaydırmışlardır. Dört aylık pencerelerde ilk üç ayı eğitim, dördüncü ayı ise test için kullanmışlar ve tutarlı sonuçlar elde etmeyi amaçlamışlardır. Yazarlar menkul kıymetlere ayrılan yatırım oranlarının parçacık sürü algoritması ile belirlenmesinin yatırım performansını artırdığını ve oranların ortalama

olarak belirlenmesine göre daha iyi sonuçlar verdiğini göstermişlerdir.

Wang, Yu ve Cheung [45] hareketli ortalamalar ve alım-satım dönem çıkışları gösterge grupları üzerinde bir araştırma yapmışlardır. Hareketli ortalamalarda kısa dönem ve uzun dönem gün sayısı olarak iki parametre, alım-satım dönem çıkışları için ise hesaplama yapılan gün sayısı şeklinde bir parametre kullanmışlardır. Parametre değerlerini değiştirerek 119 farklı hareketli ortalama ve 21 farklı alım-satım dönem çıkışı kuralı çıkarmışlardır. Bir alım-satım stratejisi olarak ise bu 140 farklı kuralın hepsi hesaba katılmıştır. Ancak kuralların hepsi alım-satım kararına eşit bir şekilde etki etmemektedir. Yazarlar çalışmalarında hangi alım-satım kuralının alım-satım kararlarına hangi oranda etki edeceğini parçacık sürü algoritması kullanarak belirlemişlerdir. Eğitim esnasında belirli zaman aralıklarında kuralların ağırlıkları optimize edilmiş ve ilerleyen zamanlar için kuralların ağırlıkları yeniden hesaplanmıştır. Yazarlar önerdikleri ağırlıklı alım-satım kuralının 140 farklı kuralın hepsinden daha iyi sonuç getirdiğini göstermişlerdir.

Briza ve Prospero [46] bazı teknik analiz göstergelerini kullanarak borsa endeksleri üzerinde bir alım-satım yöntemi geliştirmeye çalışmışlardır. Çalışmalarında teknik analiz göstergelerinin alım-satım kararına olan etkilerini ağırlıklar olarak optimize etmişler, bunun için de iki farklı uygunluk fonksiyonu kullanmışlardır. Bu uygunluk fonksiyonları kazanç ve Sharpe oranı [50] olarak belirlenmiştir. Bu iki uygunluk fonksiyonu beraber parçacık sürü algoritması ile eniyilenmeye çalışılmıştır. Yazarlar önerdikleri modelin iyi sonuçlar verdiğini, uygunluk fonksiyonu olarak kazanç düşünlüdüğünde teknik analiz göstergelerinin birçoğundan ve borsa endeksinin kendisinden daha iyi sonuçlar elde edildiğini, uygunluk fonksiyonu olarak Sharpe oranı düşünlüdüğünde ise tüm teknik analiz göstergelerinden daha iyi sonuçlar elde edildiğini belirtmişlerdir.

Parçacık sürü algoritmasının finans alanında kullanımıyla ilgili başka çalışmalar da bulunmaktadır [47, 48].

## 5. DENEYSEL ÇALIŞMA ve GELİŞTİRİLEN MODEL

### 5.1 Kullanılan Yazılım

Bu tez çalışmasında yapılan tüm hesaplamalar Java ortamında yazılan kodlarla yapılmıştır. ETF verileri .csv uzantılı dosyalarda tutulmuş ve Java ortamına bu dosyalardan aktarılmıştır.

### 5.2 Çalışmada Kullanılan Veriler

Bu tez çalışması kapsamında 2001 Ocak tarihinden itibaren borsada işlem gören 9 adet ETF seçilmiş ve yapılan testler bu 9 ETF'nin hepsi üzerinde gerçekleştirilmiştir. İyi ve tutarlı bir analiz yapmak için işlem hacmi yüksek olan ETF'ler seçilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan ETF'lere ait geçmiş veriler <http://finance.yahoo.com/etf> adresinden temin edilmiştir. Geçmiş verilerdeki kapanış fiyatları hisse senetlerindeki bölünmeler (split) ve kar payı dağıtımlarına göre düzenlenmiş şekilde sağlanmıştır. Bu sayede verilerin geçmişten kaynaklı hataları giderilmiştir. Çalışmada kullanılan ETF'ler Tablo 5.1'de gösterilmektedir.

Tablo 5.1: Çalışmada kullanılan ETF'lerin tanımları.

Kısaltma	Tanım	İlk İşlem Tarihi
SPY	SPDR (Standard & Poor's Depository Receipts) S&P 500	29.01.1993
QQQ	PowerShares QQQ Trust (NASDAQ-100 Index Stock)	10.03.1999
XLF	Financial Select Sector SPDR ETF	22.12.1998
IWM	iShares Russell 2000	26.05.2000
EWH	iShares MSCI (Morgan Stanley Capital Int.) Hong Kong	01.04.1996
MDY	SPDR S&P MidCap 400	18.08.1995
XLE	Energy Select Sector SPDR ETF	22.12.1998
EWT	iShares MSCI Taiwan	23.06.2000
EWZ	iShares MSCI Brazil Capped	14.07.2000

Bu tez çalışmasında tüm ETF'lerde ortak olarak bulunan 2 Ocak 2001 ve 31 Aralık

2012 tarihleri arasındaki 12 yıllık veriler kullanılmıştır. Kullanılan ETF verilerinde gün içi açılış, en yüksek, en düşük, kapanış (düzenlenmiş kapanış) ve işlem hacmi değerleri bulunmaktadır.

## 5.3 Eniyileştirme Algoritmaları İçin Parametre Yapılandırması

Geliştirilen modelde birkaç farklı yöntem üzerinde analizler yapılmıştır. Bu analizlerde kullanılan parametrelere göre genetik algoritmadaki kromozom ve parçacık sürü algoritmasındaki vektör yapısı belirlenmiştir. Kromozom ve vektörlerde kullanılan parametrelerin tanımları Tablo 5.2’de verilmiştir.

Tablo 5.2: Eniyileme algoritmalarında kullanılan çözüm parametreleri.

Parametre	Tanım	Değer Aralığı
Alım Dönem Değeri (AL-Donem)	Alım ortamında RSI ve %R değerlerinin kaç günlük hesaplanacağını gösteren değer	3 - 25
Satım Dönem Değeri (SAT-Donem)	Satım ortamında RSI ve %R değerlerinin kaç günlük hesaplanacağını gösteren değer	3 - 25
Alım Sinyali Eşik Değeri (AL-Eşik)	Alım sinyalinin üretileceği eşik değeri	0 - 100
Alım Sinyali Değeri (AL-Sinyal)	Alım ortamında alım sinyali üretildiyse hisse senedinin gerçekten alınması gerektiğini gösteren sinyal eşik değeri	0 - 100
Satım Sinyali Eşik Değeri (SAT-Eşik)	Satım sinyalinin üretileceği eşik değeri	0 - 100
Satım Sinyali Değeri (SAT-Sinyal)	Satım ortamında satım sinyali üretildiyse hisse senedinin gerçekten satılması gerektiğini gösteren sinyal eşik değeri	0 - 100
Trend Dönem Değeri (TREND-Dönem)	Hesaplanacak olan trend değerinin kaç günlük pencereler halinde hesaplanacağını gösteren değer	10 - 50

### 5.3.1 Genetik Algoritma Kromozom Yapılandırması ve Algoritma Parametreleri

Genetik algoritma ile eniyileme çalışmalarında kullanılan yöntemlere göre iki farklı kromozom yapısı oluşmaktadır. Kullanılan yöntemlere göre oluşturulan kromozom yapıları Şekil 5.1’te gösterilmektedir.

Kromozomlarda gösterilen AL-Sinyal ve SAT-Sinyal parametrelerinin probleme nasıl bir katkı sağladığını da görmek için bu iki parametrenin bulunmadığı ve sinyallerin

	Gen 1	Gen 2	Gen 3	Gen 4	Gen 5	Gen 6	
Klasik AI-Sat	AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal	
Trend Tabanlı (Alçalan) AI-Sat	AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal	
Trend Tabanlı (Yükselen) AI-Sat	AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal	
Trendsiz AI-Sat	AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal	TREND-Dönem

Şekil 5.1: Farklı yöntemler için kromozom yapısı.

sadece tek bir eşik değerine göre üretildiği yöntemler de test edilmiş ve bu sinyallerin varlığı durumunda problemin çözümüne bir katkı sağlanıp sağlanmadığı da analiz edilmiştir.

Kromozom yapıları belirlendikten sonra tüm yöntemler için genetik algoritma parametreleri de yapılandırılmıştır. Tüm yöntemler için gerçekleştirilen analizlerde genetik algoritma çaprazlama olasılığı %70, mutasyon olasılığı %5, elitizm oranı ise %2 seçilmiştir. Genetik algorithmada çaprazlama ve mutasyon işlemine girecek kromozom çiftleri ise rastgele olarak belirlenmektedir. Algoritmadaki yoğunluk elitizm sonucu iyi genlerin taşınması ve çaprazlama işlemi ile yeterince sağlanabilmektedir. Mutasyon olasılığı ise makul bir oranda yüksek tutulmuş ve algoritmanın çözüm uzayında daha farklı noktalarda da arama yapması sağlanmıştır.

### 5.3.2 Parçacık Sürü Algoritması Vektör Yapılandırması ve Algoritma Parametreleri

Parçacık sürü algoritması ile eniyileme çalışmalarında kullanılan yöntemlere göre iki farklı vektör yapısı oluşmaktadır. Kullanılan yöntemlere göre oluşturulan vektör yapıları Şekil 5.2’te gösterilmektedir.

Vektör yapıları belirlendikten sonra tüm yöntemler için parçacık sürü algoritması parametreleri de yapılandırılmıştır. Tüm yöntemler için gerçekleştirilen analizlerde eylemsizlik katsayısı ( $\omega$ ) 1, parçacığın kendi en iyi konumunun hız üzerindeki etkisini belirleyen rastgele sayının üst değeri ( $\phi_1$ ) 2, sürüdeki en iyi konumun parçacığın hızı üzerindeki etkisini belirleyen rastgele sayının üst değeri ( $\phi_2$ ) 2 seçilmiştir.



	Boyut 1	Boyut 2	Boyut 3	Boyut 4	Boyut 5	Boyut 6	
Klasik Al-Sat	AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal	
	Boyut 1	Boyut 2	Boyut 3	Boyut 4	Boyut 5	Boyut 6	
Trend Tabanlı (Alçalan) Al-Sat	AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal	
	Boyut 1	Boyut 2	Boyut 3	Boyut 4	Boyut 5	Boyut 6	
Trend Tabanlı (Yükselen) Al-Sat	AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal	
	Boyut 1	Boyut 2	Boyut 3	Boyut 4	Boyut 5	Boyut 6	Boyut 7
Trendsiz Al-Sat	AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal	TREND-Dönem

Şekil 5.2: Farklı yöntemler için vektör yapısı.

Bir parçacığın çözüm uzayı dışına çıkması durumunda ise parçacığın tekrar çözüm uzayına getirilmesi için yansıtma yöntemi kullanılmıştır.

## 5.4 Uygunluk Fonksiyonunun Belirlenmesi

Genetik algoritma ve parçacık sürü algoritmasında belirlenen zaman periyodu içerisinde yapılan alım-satımlar sonucu elde edilen kar miktarı uygunluk fonksiyonu olarak belirlenmiştir. Eğitim verisi üzerinde yapılan analizlerde en yüksek karı getiren parametreler çözüm parametreleri olarak seçilmiş ve test verisinde bu çözüm parametreleri kullanılarak algoritmaların performansları ölçülmüştür.

Borsada menkul kıymetlerin alım-satımı esnasında bir miktar komisyon kesilmektedir. Kesilen komisyon miktarı nedeniyle çok fazla alım-satım yapılması olası karların azalmasına, zararların ise artmasına neden olmaktadır. Bu yüzden yatırımcılar alım-satım kararlarını verirken komisyon miktarını göz önünde bulundurmalıdır. Yapılan analizlerde alım veya satım durumunda yatırımcının sermayesinin %0,1'lik kısmı komisyon olarak kesilmiştir. Alım yapılan durumlarda sermayenin %0,1'i kesilmiş ve kalan parayla alım işlemi yapılmıştır. Satım işleminde ise satım sonucu elde edilen sermayenin %0,1'lik kısmı komisyon olarak kesilmiştir. Hesaplanan uygunluk fonksiyonunda bu komisyon miktarları da göz önünde bulundurulmuştur.

## 5.5 Yapılan Deneysel Çalışmalar

### 5.5.1 Klasik Al-Sat Yöntemi

Klasik al-sat yönteminde salınım tabanlı göstergeler için alım ve satım dönem değerleri ve eşik değerleri belirlenerek temel kurallar oluşturulur. Oluşturulan bu kurallara göre alım-satım işlemi yapılır. Yatırımcı için alım ortamı, yatırımcının elinde hiç hisse senedi bulunmadığı ve hisse senedi almayı beklediği ortam olarak tanımlanır. Benzer şekilde satım ortamı da yatırımcının elinde hisse senetlerinin bulunduğu ve yatırımcının bu hisse senetlerini satmayı beklediği ortamı tanımlar. Alım ve satım kararları iki aşamalı olarak verilmektedir. Belirlenen bir eşik değeri geçildiğinde hemen alım-satım kararı verilmez. Örneğin alım ortamında olan bir yatırımcı alım sinyali eşik değeri geçildiğinde hisse senetlerini hemen almak yerine alım pozisyonuna geçer ve ikinci bir sinyal bekler. Bu sinyal ise alım sinyal değerinin geçilmesiyle verilir. Bu sinyalden sonra yatırımcı alım kararını verir. Burada temel düşünce, bir eşik değeri geçildiğinde o eşik değerinin geçilmesine neden olan ekonomik durumun bir süre daha devam edebileceği varsayımdır. Bu yüzden yatırımcı kararını hemen vermek yerine ekonomik durumun tersine dönmeye başladığı zamana kadar beklemektedir. Yani, yatırımcı alım kararı için öncelikle değer bir eşik değerinin altına inmesini beklemekte ve bu gerçekleşikten sonra değer belli bir eşik değerinin tekrar üzerine çıkmasını beklemektedir.

Klasik al-sat yönteminde parametrelerle oluşturulan temel alım-satım kuralları bulunmaktadır. Bu kuralların ürettiği sinyaller RSI için Tablo 5.3'te detaylı olarak gösterilmiştir. Benzer kurallar %R göstergesi için de kullanılmaktadır. Yatırımcı bu temel kurallar yardımıyla alım-satım kararları vermektedir.

Tablo 5.3: RSI için klasik alım-satım kuralları ve sinyal üretimi

Ortam	Üretilen Sinyal	Kural
Alım Dönemi	Alım Pozisyonu	Alım Pozisyonu = false <b>VE</b> AL-Eşik > RSI(AL-Donem)
Alım Dönemi	Alım Kararı	Alım Pozisyonu = true <b>VE</b> AL-Sinyal < RSI(AL-Donem)
Satım Dönemi	Satım Pozisyonu	Satım Pozisyonu = false <b>VE</b> SAT-Eşik < RSI(SAT-Donem)
Satım Dönemi	Satım Kararı	Satım Pozisyonu = true <b>VE</b> SAT-Sinyal > RSI(SAT-Donem)

Genetik algoritma ve parçacık sürü algoritmasıyla bu parametreler eğitim verisi üzerinde eniyilenecek en yüksek karı getiren kuralları üreten parametreler çözüm

parametreleri olarak seçilir ve test verisinde bu parametrelerin performansı ölçülür. Algoritmaların başarımı klasik kurallar ve Al-ve-Tut yöntemi ile karşılaştırılarak ölçülmektedir. Şekil 5.3'te IWM için eğitim verisinde eniyilenen çözüm parametreleri gösterilmektedir.

AL-Dönem	SAT-Dönem	AL-Eşik	AL-Sinyal	SAT-Eşik	SAT-Sinyal
<b>7</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>27</b>	<b>79</b>	<b>31</b>

Şekil 5.3: IWM için eğitim verisinde eniyilenen çözüm parametreleri.

Tablo 5.4'te bu çözüm parametrelerinin test verisinde kullanılmasıyla oluşan alım-satım noktaları ve oluşan kar-zarar durumları gösterilmiştir. Eğer son test verisi satım ortamı verisi ise kurala bakılmaksızın son veride satım işlemi gerçekleştirilir.

Tablo 5.4: IWM için eniyilenmiş çözüm parametrelerinin test verisinde kullanımı sonucu oluşan alım-satım noktaları

Tarih	Değer(\$)	RSI	Ortam	Üretilen Sinyal	Getiri
03.01.2008	67,56	16,04	Alım Dönemi	Alım Pozisyonu	-
14.01.2008	64,35	28,79	Alım Dönemi	Alım Kararı	-
27.07.2009	51,18	79,93	Satım Dönemi	Satım Pozisyonu	-
30.10.2009	52,45	29,31	Satım Dönemi	Satım Kararı	-%18,49
24.06.2010	59,56	3,18	Alım Dönemi	Alım Pozisyonu	-
25.06.2010	60,58	27,03	Alım Dönemi	Alım Kararı	-
14.10.2010	66,49	80,93	Satım Dönemi	Satım Pozisyonu	-
28.07.2011	75,99	28,91	Satım Dönemi	Satım Kararı	+%25,43
01.08.2011	75,40	2,12	Alım Dönemi	Alım Pozisyonu	-
11.08.2011	66,42	34,41	Alım Dönemi	Alım Kararı	-
20.01.2012	75,14	81,20	Satım Dönemi	Satım Pozisyonu	-
10.04.2012	75,46	29,07	Satım Dönemi	Satım Kararı	+%13,61
17.05.2012	72,62	6,55	Alım Dönemi	Alım Pozisyonu	-
21.05.2012	73,63	28,49	Alım Dönemi	Alım Kararı	-
14.09.2012	83,63	85,60	Satım Dönemi	Satım Pozisyonu	-
09.10.2012	80,26	30,72	Satım Dönemi	Satım Kararı	+%9,00
15.11.2012	74,66	2,82	Alım Dönemi	Alım Pozisyonu	-
19.11.2012	76,88	49,07	Alım Dönemi	Alım Kararı	-
06.12.2012	79,80	87,16	Satım Dönemi	Satım Pozisyonu	-
31.12.2012	82,64	65,90	Satım Dönemi	Satım Kararı	+%7,49

## 5.5.2 Trend Tabanlı Al-Sat Yöntemi

Trend tabanlı alım-satım yönteminde finansal veriler trend durumuna göre gruplandırılmaktadır. Trend hesaplaması için belirlenen bir yöntemle bağılı olarak finans verileri "Alçalan" veya "Yükselen" trend içerisinde kalmaktadır. Zaman serilerinde trend değişebilmekte ve bu da trende bağılı veri gruplarının oluşmasına neden olmaktadır. Örneğin klasik al-sat yönteminde veri grubu tek bir bütün olarak ele alınırken, trend tabanlı al-sat yönteminde trendin durumuna göre birden fazla veri grubu oluşabilir.

Bu tez çalışmasında trend tespiti SMA(50) ve SMA(200) değerleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu değerler kullanılarak trend tespiti sonucu veriler hangi trend içerisinde yer alıyorsa o trend grubuna ait olarak işaretlenmiştir.

Veriler işaretlendikten sonra oluşan veri grupları tek tek belirlenir. Veri grupları belirlendikten sonra ise alçalan ve yükselen trende ait veri grupları için farklı kurallar üretilir. Alçalan trend içerisinde yer alan veriler için üretilen kurallar yalnızca alçalan trende ait veri gruplarında, yükselen trend içerisinde yer alan veriler için üretilen kurallar ise yalnızca yükselen trende ait veri gruplarında kullanılır. Bu sayede trendin salınım tabanlı göstergeler üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Veri grupları ayrıldıktan sonra ise klasik al-sat yöntemi iki ayrı veri grubu için kullanılmaktadır. Klasik al-sat yönteminde tek bir kural üretilirken trend tabanlı al-sat yönteminde alçalan trend için bir, yükselen trend için de bir olmak üzere iki kural üretilir. Yapılan çalışmada eğitim verileri alçalan ve yükselen trende göre gruplandırılmış ve eniyileme algoritmaları alçalan trend için ayrı, yükselen trend için ayrı olarak çalıştırılmıştır. Test verileri de iki gruba ayrılmış ve elde edilen kurallar uygun veri grupları üzerinde test edilmiştir. Performans ise klasik kurallar, klasik al-sat yöntemi ve Al-ve-Tut yöntemi ile karşılaştırılarak ölçülmüştür. Eğer eğitim veya test verisinde bir veri grubuna ait son veri satım ortamına aitse kurallara bakılmaksızın satım işlemi yapılır. Tablo 5.5'te QQQ için eğitim verisinde yer alan alçalan ve yükselen trend grupları gösterilmektedir.

Tablo 5.5: QQQ eğitim verisindeki alçalan ve yükselen trend veri grupları

<b>Tarih Aralığı</b>	<b>Toplam Veri Sayısı</b>	<b>Veri Grubu</b>
02.01.2001 - 23.01.2003	785	Alçalan
24.01.2003 - 11.02.2003	13	Yükselen
12.02.2003 - 28.02.2003	12	Alçalan
03.03.2003 - 20.07.2004	349	Yükselen
21.07.2004 - 08.11.2004	78	Alçalan
09.11.2004 - 28.04.2005	118	Yükselen
29.04.2005 - 12.07.2005	51	Alçalan
13.07.2005 - 14.06.2006	233	Yükselen
15.06.2006 - 20.10.2006	90	Alçalan
23.10.2006 - 31.12.2007	299	Yükselen

### **5.5.3 Geliştirilen Model ile Al-Sat Yöntemi**

#### **5.5.3.1 Motivasyon**

Salınım tabanlı göstergelerin trend etkisi altında performansının düştüğünü söylemiş-tik. Yükselen trend altında gösterge değerleri üst noktalarda yoğunlaşmakta ve bu da alım eşliğinin altında kalan değer sayısını azaltmakta, satım eşliğinin üzerinde kalan değer sayısını artırmaktadır. Bu yüzden alım ve satım eşiklerini geçen değer sayıları arasında bir dengesizlik oluşmakta, bu da göstergenin salınım yeteneğini kaybetmesine neden olmaktadır. Benzer durum alçalan trend durumunda da geçerlidir.

Yine iki trend etkisinin kazanç üzerine etkisini incelemekte de fayda vardır. Yükselen trend altındaki bir menkul kıymet zaten değer kazanmaktadır ve yükselen trend içerisinde gelen alım ve satım sinyalleri ile Al-ve-Tut yöntemine göre kazanç sağlamak zorlaşmaktadır. Alçalan trend altında ise menkul kıymet değer kaybetmektedir ve alçalan trend içerisinde gelen alım ve satım sinyalleri menkul kıymetin değerini tam olarak yansıtmamakta ve içerisinde trend etkisini de bulundurmaktadır. Eğer trendsiz bir ortamda göstergeler kullanılırsa göstergeler ile menkul kıymetin gerçek değeri arasında çok benzer bir örüntü olduğu görülebilir. Bu da göstergenin gerçekten doğru sinyalleri üretebilmesine olanak sağlar. Ancak trend etkisinin olduğu durumlarda gösterge değerleri ile menkul kıymetin gerçek değeri arasında net bir örüntü

gözlenmemekte, aksine, gösterge değeri ile trendin etkisi beraber toplandığında bir örüntü gözlenmektedir. Ancak, göstergelerin değerleri trend etkisinden bağımsız hesaplandığından göstergelerin trend etkisi altında ürettikleri sinyallerin doğruluklarında sapmalar olabilmektedir.

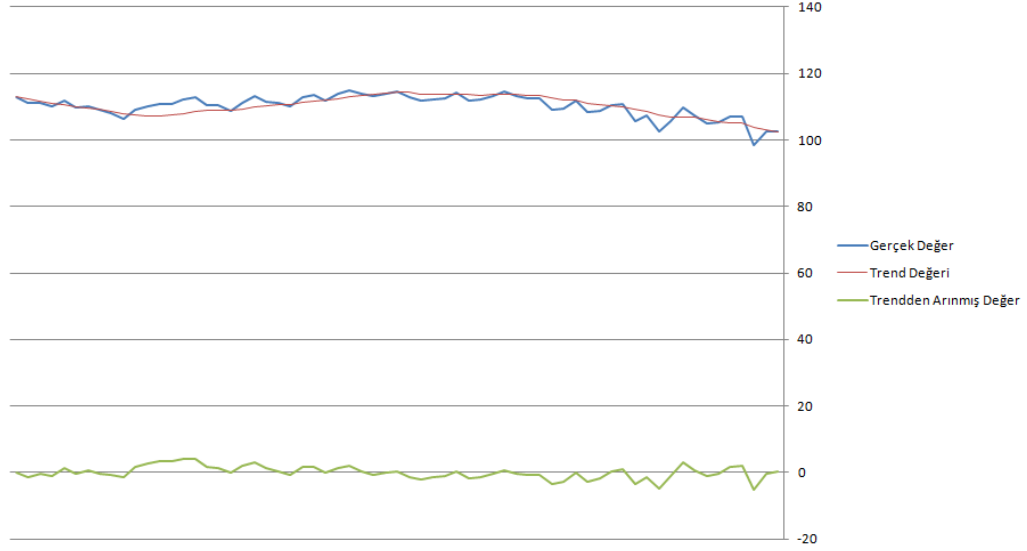
Trendin göstergeler üzerindeki bu olumsuz etkisini göz önüne alarak trend etkisini menkul kıymetin gerçek değerinden arındırarak göstergelerin bu trendden arındırılmış veriler üzerinde nasıl bir performans göstereceğini analiz ederek göstergelerin menkul kıymetlerin herhangi bir trend etkisi altında da kullanılabilir olup olmadığını araştırmak istedik. Bunun için kaydırmalı lineer regresyon yöntemini trend tespit yöntemi olarak kullandık ve trend değerlerini tespit ederek menkul kıymetin gerçek değerinden bu trend değerlerini çıkararak menkul kıymete ait gerçek değerleri normalize ettik. Daha sonra salınım tabanlı RSI ve %R göstergelerini bu normalize edilmiş değerler üzerinde kullanarak trendden arındırılmış verilerde salınım tabanlı göstergelerin performanslarını ölçtük.

### **5.5.3.2 Trend Normalizasyonu**

Bir menkul kıymete ait gerçek veriler üzerindeki trend etkisinin kaldırılması için trendin ilgili tarihteki değerinin hesaplanması gerekir. Bunun için trendin kaç günlük bir geçmişten itibaren hesaplanacağını ve hangi trend tespit yönteminin kullanılacağını belirlemek gerekir. Ayrıca, trend etkisinin yerel bir şekilde hesaplanabilmesi için trend değerleri her bir veri için tek tek hesaplanmalıdır, bu sayede kaydırmalı bir trend tespiti elde edilmiş olur. Kaydırmalı trend tespiti trend çizgisinin düz bir doğru yerine daha yumuşak bir eğri olarak görünmesini sağlar.

Bu tez çalışmasında trend tespiti kaydırmalı lineer regresyon ile yapılmıştır. Şekil 5.4'te 25 günlük trend geçmişi değeriyle kaydırmalı trend tespiti ve trendden arındırılmış veri gösterilmektedir.

Trend normalizasyonundan sonra ise salınım tabanlı göstergeler trendden arındırılmış veri üzerinde kullanılmaktadır. Ayrıca RSI ve %R göstergeleri için tanımlanmış olan genel kurallar baz alınarak trendden arındırılmış veriler için de birer genel kural oluşturulmuş ve bu genel kurallar normal veriler üzerinde kullanılan genel kurallar ile karşılaştırılmıştır. Genel kuralların trend etkisi altındaki performansının trendden



Şekil 5.4: 25 günlük kaydırmalı lineer regresyon ile trend normalizasyonu

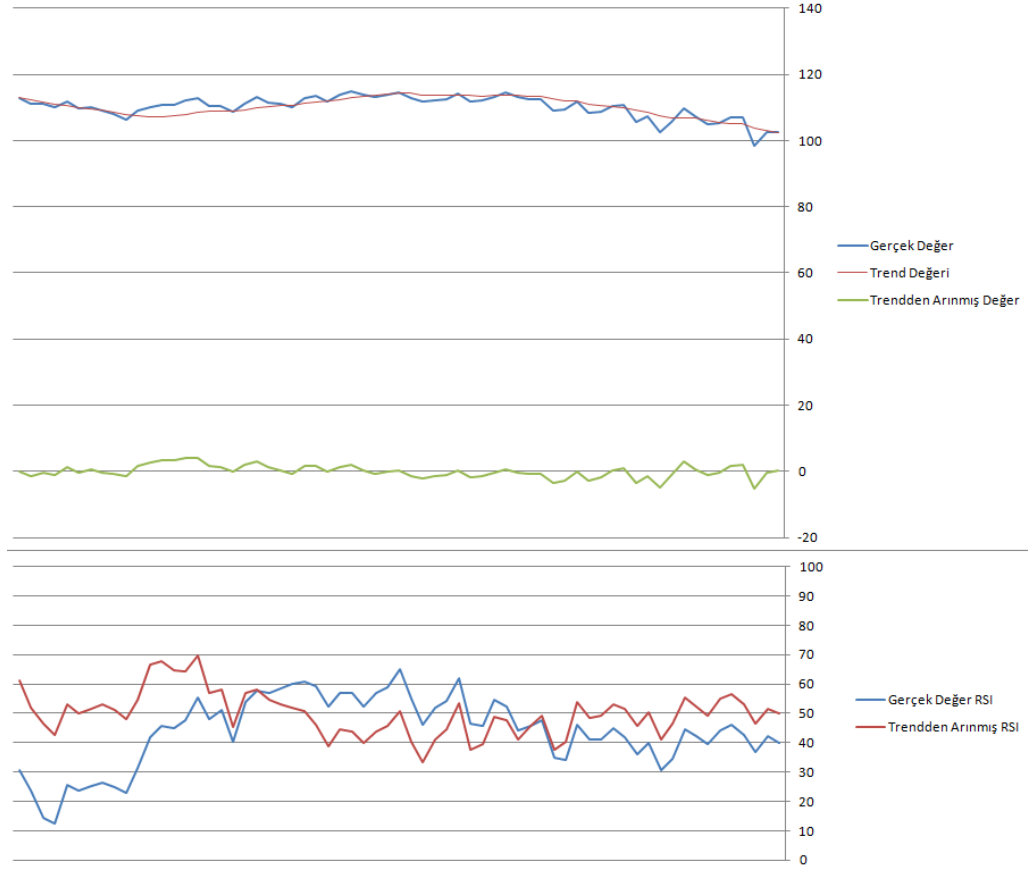
arındırılmış veriler üzerinde kullanıldığında trend etkisinin azaltılıp azaltılmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

### 5.5.3.3 Trendden Arındırılmış Veriler Üzerinde Yapılan İşlemler

Menkul kıymete ait gerçek veriler üzerinde kaydırmalı lineer regresyon ile trend tespitinden sonra trend değerleri gerçek değerlerden çıkarılarak trendden arındırılmış veriler elde edilir. Elde edilen veriler yaklaşık 0 ortalama etrafında dağılmıştır, bir başka deyişle değerler 0 etrafında salınım yapmaktadır. Trend etkisi salınım tabanlı göstergelerin salınım yeteneklerinin kaybolmasına neden olmaktadır. Trendden arındırılmış veriler ise trendsiz bir yapıda hareket ettiklerinden salınım tabanlı göstergelere salınım yapma imkanı tanımaktadır.

Elde edilen veriler klasik al-sat yöntemindeki kromozom yapısıyla aynı şekilde kodlanmaktadır. Bu sefer gösterge değerleri trendden arındırılmış verilere göre hesaplanmakta ve alım-satım sinyalleri geldiğinde işlemler o noktadaki gerçek veriler üzerinden yapılmaktadır. Şekil 5.5'te gerçek değerler ve trendden arındırılmış değerlere göre RSI değerleri gösterilmiştir.

Trendden arındırılmış veriler üzerinde de gösterge değerleri eniyilenmiş ve elde edilen al-sat yönteminin performansı diğer yöntemlerle karşılaştırılmıştır. Ayrıca alçalan ve yükselen trend veri grupları üzerinde de elde edilen eniyilenmiş parametreler denenmiş



Şekil 5.5: 25 günlük kaydırmalı lineer regresyon ile trend normalizasyonu ve RSI değerleri

ve bu parametrelerin iki farklı trend üzerindeki performansı da ölçülmüştür.



## 6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Farklı yöntemler genetik algoritma ve parçacık sürü algoritması ile eniyilenerek sonuçları test edilmiştir. 2 Ocak 2001 tarihinden 31 Aralık 2007 tarihine kadar olan 7 yıllık ETF verileri eğitim verisi olarak kullanılırken 2 Ocak 2008 tarihinden 31 Aralık 2012 tarihine kadar olan 5 yıllık ETF verileri ise test verisi olarak kullanılmıştır. Yapılan tüm işlemlerde %0,1 komisyon kesintisi uygulanmıştır. Tablolardaki yüzdesel getiriler yıllık ortalama getiri olarak gösterilmiştir. Analiz edilen yöntemler göstergelerin genel kuralları ve ETF'lerin Al-ve-Tut yöntemine göre olan getirisiyle karşılaştırılmıştır.

Yapılan analizlerde tek eşik değerli sinyal üretimi ile çift eşik değerli sinyal üretimi de karşılaştırılmıştır.

### 6.1 Klasik Al-Sat Yöntemi Sonuçları

Klasik Al-Sat yönteminde RSI ve %R göstergelerinin parametreleri eğitim verisinde eniyilenmiş ve elde edilen parametrelerin performansı test verisinde ölçülmüştür. Tek eşikli ve çift eşikli iki yöntemin sonuçları elde edilmiştir.

Tablo 6.1'de RSI göstergesi için tek eşik değerli al-sat yöntemi sonuçları gösterilmektedir. Sonuçlar incelendiğinde eğitim verisi üzerinde sağlanan başarının test verisine yansımadağı görülmektedir. Finans verileri tahmin edilmesi zor değerleri içerdiğinden eğitim verisinin test verisinde temsil edilmesi oldukça zordur. Bunun sonucu olarak da eğitim verisinde elde edilen başarı test verisine çok fazla yansımamaktadır. Al-ve-Tut stratejisi incelendiğinde eğitim ve test verileri arasındaki farklılıklar biraz görülebilmektedir. Örneğin EWZ eğitim verisi içerisinde yıllık ortalama %30,3 değer kazanırken test verisi içerisinde -%2,3 değer kaybetmiştir. Bu da eğitim verisi ile test verisinin oldukça farklı olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar sadece RSI değerlerinin optimize edilmesiyle Al-ve-Tut stratejisi veya klasik RSI 30-70 kuralına göre daha fazla kazanç sağlamanın zor olduğunu göstermektedir.

Tablo 6.1: RSI için tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		RSI 30-70	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	10,9	(-1,0)	10,9	1,2	3,5	1,8	0,6	(-0,5)
QQQ	17,1	6,9	18,4	10,8	(-0,3)	6,1	(-3,2)	1,7
XLF	11,3	0,4	13,1	(-0,3)	2,3	(-8,4)	2,1	(-2,7)
IWM	14,4	0,5	18,5	3,9	8,6	3,9	1,4	11,7
EWB	21,3	(-2,4)	27,9	2,3	12,5	0,8	0,8	(-1,8)
MDY	13,9	7,6	15,0	9,6	9,0	5,1	2,9	(-0,3)
XLE	23,7	(-1,2)	22,3	(-0,9)	15,0	(-0,5)	6,5	0,6
EWT	21,0	1,2	21,7	(-0,2)	6,1	2,3	5,4	(-8,3)
EWZ	30,3	(-2,3)	42,0	(-3,6)	28,1	(-3,7)	(-1,8)	(-3,0)
<b>Ortalama</b>	<b>18,2</b>	<b>1,1</b>	<b>21,1</b>	<b>2,5</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>(-0,3)</b>

Tablo 6.2’de RSI göstergesi için çift eşik değerli al-sat yöntemi sonuçları gösterilmektedir. Çift eşik değerinin kullanıldığı yöntemde menkul kıymetin değer hareketlerindeki örüntüler daha iyi modellenebilmektedir. RSI göstergesinin değerleri de menkul kıymetin değerlerine benzediğinden çift eşikli yöntemde elde edilen başarı biraz daha artmıştır. Çift eşikli yöntemde yapılan alım-satım sayısı düşmektedir. Tek eşikli yöntemde eşik değeri geçilir geçilmez alım-satım yapılırken çift eşikli yöntemde ikinci eşik değerinin de geçilmesi beklenir. Sonuçlar incelendiğinde çift eşik değerli yöntem ile RSI parametreleri eniyilendiğinde test verisinde tek eşik değerli yöntemde göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Ancak klasik 30-70 kuralı çift eşik değerli olarak denendiğinde (30’un altına inip 30’un tekrar üstüne çıktığında al, 70’in üstüne çıkıp 70’in tekrar altına indiğinde sat) sonuçlar tek eşikli kurala göre kötüleşmektedir. Çift eşik değerli yöntemde ikinci eşik değeri fiyat hareketinin yönünün değiştiğini teyit etmek için kullanılır. Çift eşikli yöntemde 30-70 kuralında 30’un altına inen RSI değerlerinin 30’un üzerine çıkması beklenir. Çok keskin bir trendin olmadığı durumlarda 30’un altına inen değer hemen 30’un üzerine çıkabilir ve RSI değerini 30’un üzerine çıkaran değer artışı tek eşikli sisteme göre menkul kıymetin daha pahalıya alınmasına neden olabilir. Benzer şekilde 70’in üzerine çıkan RSI değeri 70’in altına hemen inebilir ve RSI değerinin 70’in altına inmesine neden olan değer düşüşü tek eşikli sisteme göre menkul kıymetin daha ucuza satılmasına neden olabilir.

Çift eşikli sistemde eniyileme yapıldığında ilk eşik değeri ile ikinci eşik değeri arasında önemli bir fark oluşmaktadır. Örneğin 20’nin altına inince alım pozisyonuna geçilmekte ve 50’nin üzerine çıktığında ise alım işlemi gerçekleştirilmektedir. Burada alım sinyali için değer 50’nin üzerine çıkmasının beklenmesi menkul kıymetin tek eşikli yöntemde göre daha pahalıya alınmasına neden olur. Ancak, değer 50’nin üzerine çıkması yükselen trende geçildiğini büyük oranda garanti etmektedir. Bu da

menkul kıymetin değerinin artma ihtimalinin daha fazla olduğunu göstermektedir. Böyle bir yöntem keskin bir alçalan trend varlığında menkul kıymetin değeri düşerken RSI değeri 50 gibi bir değeri göremeyeceğinden menkul kıymetin alınmasını engeller, bu da menkul kıymetin alınıp zarar edilme ihtimalini azaltır. Benzer bir durum satım için de geçerlidir. Örneğin 80'in üzerine çıkınca satım pozisyonuna geçilen ve 50'nin altına inince satım işlemi yapılan bir çift eşikli yöntemi düşünelim. Bu durumda 80'in üzerine çıkan değer 50'nin altına inmesi menkul kıymetin tek eşikli yöntemle göre daha ucuza satılmasına neden olur. Ancak, alımdakine benzer bir şekilde 50'nin altına inen RSI değeri alçalan trendde geçişi büyük oranda garanti altına almış olur. Yine çok keskin bir yükselen trendin olduğu durumda RSI değeri 50'nin altına düşmeyecektir. Bu da sürekli değer kazanan bir menkul kıymetin elde tutulmasını sağlayacak ve menkul kıymetten elde edilen karı artıracaktır. Trend hareketlerinin çok keskin ve sürekli olduğu durumlarda çift eşikli sistemin daha çok işe yaradığı söylenebilir.

Tablo 6.2: RSI için çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		RSI 30-70	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	7,6	(-1,6)	8,6	0,6	3,5	1,8	(-0,6)	(-0,2)
QQQ	15,6	8,3	10,3	10,0	(-0,3)	6,1	(-5,6)	(-0,2)
XLF	10,5	0,5	11,1	0,5	2,3	(-8,4)	0,4	(-8,8)
IWM	14,4	6,6	15,1	4,8	8,6	3,9	(-1,1)	7,8
EWI	20,4	6,2	20,6	5,1	12,5	0,8	(-3,1)	0,7
MDY	14,5	6,0	15,7	7,3	9,0	5,1	0,5	(-0,4)
XLE	23,4	(-2,3)	23,2	(-0,1)	15,0	(-0,5)	5,7	(-3,8)
EWT	15,6	7,6	17,4	5,0	6,1	2,3	1,6	(-8,4)
<b>Ortalama</b>	<b>18,7</b>	<b>3,8</b>	<b>18,8</b>	<b>3,6</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>(-0,6)</b>	<b>(-2,0)</b>

Tablo 6.3'te Williams %R göstergesi için tek eşik değerli al-sat yöntemi sonuçları gösterilmektedir. Williams %R göstergesi uç fiyat değişikliklerine, özellikle dönem içi en düşük ve en yüksek değerler değiştiğinde, RSI göstergesine göre daha çabuk tepki vermektedir. RSI göstergesinde uç değerlere (0'a ve 100'e yakın değerler) yakın veri sayısı oldukça az iken Williams %R göstergesinde uç noktalara (-100'e ve 0'a yakın değerler) yakın veri sayısı daha fazladır. Bu da Williams %R göstergesinin RSI göstergesine göre daha oynak sinyal değerleri üretmesine neden olmaktadır. Williams %R göstergesi, trend değişikliğine daha çabuk tepki verdiği için trendin değişimi doğru bir sinyal olduğunda RSI göstergesine göre daha çabuk pozisyon alabilmekte ve menkul kıymetin daha ucuza alınmasına ve daha pahalıya satılmasına neden olmaktadır. Tek eşikli yöntemde belirli bir eşik değeri hemen geçildiğinde alım ve satım işlemi gerçekleşmektedir. Williams %R göstergesinin fiyat değişikliklerine

çabuk tepki vermesi tek eşikli yöntemde menkul kıymetlerin iyi bir zamanda alınmasına ve satılmasına neden olmaktadır. Tablo 6.3 incelendiğinde eğitim verisinde elde edilen kuralların test verisinde 9 ETF'nin 6'sında Al-ve-Tut yönteminde daha iyi kazanç getirdiği ve 80-20 genel yöntemine göre de çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 6.3: Williams %R için tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		%R 80-20	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	9,3	(-2,2)	12,1	3,4	3,5	1,8	1,7	(-2,3)
QQQ	12,6	9,7	15,5	4,6	(-0,3)	6,1	(-1,7)	(-0,9)
XLF	12,2	6,2	14,3	9,7	2,3	(-8,4)	1,8	(-5,7)
IWM	13,6	10,8	18,9	1,2	8,6	3,9	4,1	(-0,9)
EWB	21,8	2,2	25,0	5,5	12,5	0,8	8,3	0,1
MDY	15,0	3,9	13,7	5,5	9,0	5,1	4,3	1,1
XLE	21,7	1,1	24,0	0,9	15,0	(-0,5)	7,7	10,3
EWT	29,6	0,2	32,5	2,1	6,1	2,3	5,4	5,5
EWZ	27,1	11,5	27,4	3,0	28,1	(-3,7)	2,6	(-3,4)
<b>Ortalama</b>	<b>18,1</b>	<b>4,8</b>	<b>20,4</b>	<b>4,0</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>3,8</b>	<b>0,4</b>

Tablo 6.4'te Williams %R göstergesi için çift eşik değerli al-sat yöntemi sonuçları gösterilmektedir. Williams %R göstergesinin RSI göstergesine göre uç noktalarda daha fazla veriye sahip olduğunu ve daha oynak bir gösterge olduğunu söylemiştik. Ayrıca RSI göstergesinde dönem değeri içerisinde yer alan tüm veriler RSI değerine etki etmektedir, bu da RSI değerinin ani fiyat değişimlerinden daha az etkilenmesine neden olmaktadır. Bir başka deyişle, fiyat değişimleri RSI göstergesine gecikmeli olarak yansımaktadır. Ancak, Williams %R göstergesi dönem değeri içerisinde görülen en yüksek ve en düşük fiyat değerini kullandığından dönem içerisindeki en yüksek ve en düşük fiyatlar ani bir değişim gösterdiğinde veya hesaplama yapılan gün fiyatta aşağı veya yukarı doğru çok büyük bir oynama olduğunda bu oynama gösterge değerine hemen yansımaktadır. Bu yüzden çift eşik değerinin kullanıldığı yöntemde genellikle ikinci sinyal için beklenen sürede fiyatlar istenilmeyen yönde bir hareket sergilemektedir. Bu da tek eşikli yöntemde göre daha ucuza alınacak bir menkul kıymetin daha pahalıya alınmasına, daha pahalıya satılacak bir menkul kıymetin ise daha ucuza satılmasına neden olur. Bu durumda da yatırımcı tek eşikli yöntemde oranla daha az kazanç sağlar. Tablo 6.4 incelendiğinde Williams %R göstergesi çift eşikli kullanıldığında kazanç sağlamanın çok zor olduğu, Al-ve-Tut yöntemindeki kazancın neredeyse hiç geçilemediği ve 80-20 genel kuralının da tek eşikli yöntemdeki kurala göre daha kötü sonuçlar verdiği görülmektedir. RSI'de çift eşikli yöntem yatırımcı için daha avantajlı iken Williams %R göstergesinde ise tek eşikli yöntemin daha avantajlı

olduğu görülmektedir.

Tablo 6.4: Williams %R için çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		%R 80-20	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	5,3	1,4	6,5	0,3	3,5	1,8	(-3,5)	(-4,3)
QQQ	7,8	0,0	10,1	1,5	(-0,3)	6,1	(-9,8)	(-1,8)
XLF	8,3	(-5,6)	9,7	(-8,2)	2,3	(-8,4)	(-2,0)	(-11,9)
IWM	12,5	0,6	13,7	0,1	8,6	3,9	0,2	(-1,7)
EWB	11,1	(-0,1)	23,9	1,6	12,5	0,8	0,6	(-0,6)
MDY	10,8	2,7	12,1	4,5	9,0	5,1	(-1,1)	(-2,5)
XLE	19,7	(-1,1)	21,5	(-1,5)	15,0	(-0,5)	4,2	2,2
EWT	14,8	(-3,4)	21,0	(-2,4)	6,1	2,3	0,6	8,2
EWZ	41,4	(-3,5)	45,3	(-4,3)	28,1	(-3,7)	5,4	(-9,7)
<b>Ortalama</b>	<b>14,6</b>	<b>(-1,0)</b>	<b>18,2</b>	<b>(-0,9)</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>(-0,6)</b>	<b>(-2,5)</b>

## 6.2 Trend Tabanlı Al-Sat Yöntemi

Trend tabanlı al-sat yönteminde eğitim ve test verisi alçalan ve yükselen trend olarak iki gruba ayrılmıştır. Alçalan ve yükselen trend gruplarındaki veriler üzerinde RSI ve %R göstergelerinin parametreleri ayrı ayrı eniyelenmiş ve elde edilen parametrelerin performansı test verisinde ayrı ayrı ölçülmüştür. Tek eşikli ve çift eşikli iki yöntemin sonuçları elde edilmiştir.

Tablo 6.5 üzerinde RSI için trend tabanlı tek eşik değerli al-sat yöntemi sonuçları görülmektedir. Trendin dikkate alınmadığı klasik al-sat yöntemine göre zarar edilen ETF sayısında azalma göze çarpmaktadır. Sonuçlar biraz iyileşmiş görünse de trendin dikkate alınmadığı duruma göre çok ciddi bir başarıyı yakalanamamıştır. Başarımın artma sebebi eğitim ve test verisinin farklı örüntülere sahip iki gruba ayrılması ve eğitim verisi ile test verisinin örüntülerinin birbirine daha çok benzemesidir. Başarımın yeteri kadar artmamasının sebebi ise alçalan ve yükselen trend örüntüsünün halen çok farklı olması ve eğitim verisindeki alçalan/yükselen trend oranının test verisinde tam olarak sağlanamamasıdır. Örneğin büyük zarar edilen EWZ'nin eğitim verisinde çok fazla yükselen trend verisi varken test verisinde yükselen trend verisi daha azdır. Benzer şekilde eğitim verisinde alçalan trend verisi az iken test verisinde alçalan trend verisi daha fazladır. Bu da eğitim verisinde alçalan trend için üretilen kuralın çok az veri ile temsil edilmesine ve test verisindeki alçalan trend verilerinde iyi bir şekilde temsil edilememesine neden olur. Benzer şekilde eğitim verisinde yükselen trend

verisi bol şekilde bulunurken üretilen kuralın test verisinde çok az bir veri üzerinde kullanılması yükselen trend kuralının yeteri kadar temsil edilememesine neden olur.

Tablo 6.5: RSI için trend tabanlı tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		RSI 30-70	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	16,2	(-2,8)	19,3	(-2,3)	3,5	1,8	0,6	(-0,5)
QQQ	24,3	5,9	23,5	3,6	(-0,3)	6,1	(-3,2)	1,7
XLF	14,0	3,0	17,7	6,4	2,3	(-8,4)	2,1	(-2,7)
IWM	18,4	5,8	22,8	8,5	8,6	3,9	1,4	11,7
EWB	31,9	0,4	31,5	0,1	12,5	0,8	0,8	(-1,8)
MDY	15,1	7,0	18,1	7,6	9,0	5,1	2,9	(-0,3)
XLE	25,5	6,8	30,3	4,8	15,0	(-0,5)	6,5	0,6
EWT	21,3	2,5	31,8	3,6	6,1	2,3	5,4	(-8,3)
EWZ	47,7	(-3,5)	49,3	(-5,1)	28,1	(-3,7)	(-1,8)	(-3,0)
<b>Ortalama</b>	<b>23,8</b>	<b>2,8</b>	<b>27,1</b>	<b>3,0</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>(-0,3)</b>

Tablo 6.6’da RSI için çift eşik değerli trend tabanlı yöntem sonuçları görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde tek eşik değerli yöntemle göre kazancın düştüğü görülmektedir. RSI için yapılan klasik al-sat yönteminde çift eşik değerli yöntem trendin avantajını kullanarak kazancı artırabiliyordu. Ancak trend tabanlı yöntemde veriler zaten düşünülen trendde göre gruplanmakta ve önemli bir trend geçişinin olduğu noktalarda büyük ihtimalle veri grubu da değişmektedir. Veri grubunun sonlandığı durumlarda kurala bakılmaksızın satış işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu da çift eşik değerli yöntemin trendin avantajını kullanmasını engellemektedir. Bu nedenle trend tabanlı al-sat yönteminde tek eşik değerli kural, çift eşik değerli kurala göre daha iyi sonuçlar vermektedir.

Tablo 6.6: RSI için trend tabanlı çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		RSI 30-70	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	10,7	0,9	14,7	1,4	3,5	1,8	(-0,6)	(-0,2)
QQQ	19,0	3,5	21,0	2,5	(-0,3)	6,1	(-5,6)	(-0,2)
XLF	14,1	1,6	13,3	1,3	2,3	(-8,4)	0,4	(-8,8)
IWM	20,2	4,2	18,6	2,5	8,6	3,9	(-1,1)	7,8
EWB	24,9	2,1	23,7	0,8	12,5	0,8	(-3,1)	0,7
MDY	16,0	3,9	17,2	4,4	9,0	5,1	0,5	(-0,4)
XLE	29,6	1,2	28,2	1,4	15,0	(-0,5)	5,7	(-3,8)
EWT	25,4	0,2	25,7	(-0,5)	6,1	2,3	1,6	(-8,4)
EWZ	55,9	(-4,6)	53,1	(-3,0)	28,1	(-3,7)	(-3,5)	(-5,0)
<b>Ortalama</b>	<b>24,0</b>	<b>1,4</b>	<b>23,9</b>	<b>1,2</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>(-0,6)</b>	<b>(-2,0)</b>

Tablo 6.7’de Williams %R için tek eşik değerli trend tabanlı yöntem sonuçları görülmektedir. Trend tabanlı yöntem sonucunda 9 ETF’ nin yalnızca 3 tanesinde iyileşme olduğu görülmektedir. Williams %R için trend tabanlı yöntemdeki iyileşmenin RSI’deki

iyileşmeye göre çok daha az olduğu ve trendin dikkate alınmadığı duruma göre daha kötü sonuçlar verdiği görülmektedir. Williams %R göstergesi fiyat değişikliklerine çok daha hızlı tepki veren bir göstergedir. Bu da Williams %R göstergesinin RSI göstergesinden daha fazla sinyal üretmesine neden olur. Verilerin alçalan ve yükselen trend olarak iki gruba ayrılması yükselen ve alçalan trende uyumlu iki ayrı kural oluşturulmasına, bu da genel toplamda daha da fazla sinyal oluşturulmasına neden olmaktadır. Oluşturulan al-sat sinyallerinin sayısının çok fazla artması hem riski, hem de al-sat başına ödenen komisyon miktarını artırmaktadır. Eğitim esnasında risk kavramı kazancı yüksek göstermeye yarar, çünkü eğitim esnasında veri grubu hakkında tam bir bilgiye sahip olunmaktadır. Ancak test esnasında risk kavramı kar potansiyelini artırdığı gibi zarar potansiyelini de artırmaktadır. Trend tabanlı yöntem Williams %R göstergesinde sinyal sayısını artırdığından Williams %R göstergesi daha fazla yanlış sinyal üretme ihtimaline sahip olmakta ve alım-satım başına ödenen komisyon miktarı da artmaktadır. Örneğin komisyonun olmadığı iki farklı durumu ele alalım. İlkinde 100.000\$ ile iki alım sinyali üretilsin ve ikisinde de %10 kar elde edilsin. Komisyon uygulanmadığı durumda yatırımcının eline 121.000\$ (ilk %10'da 110.000\$ ikincisinde 121.000\$ olur) geçer. İkincisinde ise tek bir alım sinyali üretilsin ve yatırımcı %21 kar elde etsin, bu durumda da komisyon uygulanmadığında yatırımcının eline 121.000\$ geçecektir. Ancak, her alım ve satım için işin içine %0,1 oranında komisyon girdiğinde ilk durumda yatırımcı yaklaşık 484\$ komisyon öderken ikinci durumda yatırımcı yaklaşık 252\$ komisyon öder. Bu da bir alım-satım fazla yapmanın yatırımcıya 232\$ kaybettirdiğini gösterir. Bu alım-satım sayısının çok artması da komisyon kaybını artırmakta ve özellikle Williams %R göstergesindeki etkisinin daha da büyük olmasına neden olmaktadır.

Tablo 6.7: Williams %R için trend tabanlı tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		%R 80-20	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	10,7	4,7	15,6	4,2	3,5	1,8	1,7	(-2,3)
QQQ	16,5	5,9	16,3	5,8	(-0,3)	6,1	(-1,7)	(-0,9)
XLF	12,1	0,8	15,3	2,3	2,3	(-8,4)	1,8	(-5,7)
IWM	18,5	9,6	22,5	9,6	8,6	3,9	4,1	(-0,9)
EWI	33,9	0,5	37,4	1,2	12,5	0,8	8,3	0,1
MDY	14,1	3,2	17,7	4,6	9,0	5,1	4,3	1,1
XLE	30,6	2,7	31,5	0,2	15,0	(-0,5)	7,7	10,3
EWT	34,2	15,1	42,8	16,8	6,1	2,3	5,4	5,5
EWZ	35,8	5,9	42,5	5,6	28,1	(-3,7)	2,6	(-3,4)
<b>Ortalama</b>	<b>22,9</b>	<b>5,4</b>	<b>26,8</b>	<b>5,6</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>3,8</b>	<b>0,4</b>

Tablo 6.8’de Williams %R için çift eşik değerli trend tabanlı yöntem sonuçları görülmektedir. Williams %R göstergesinin ani fiyat değişikliklerine çok çabuk tepki verdiğini ve bunun da daha fazla sinyal üretilmesine neden olduğunu söylemiştik. Dolayısıyla Williams %R göstergesinin ürettiği sinyalin gecikmesi RSI göstergesinin aksine Williams %R göstergesinin yanlış zamanlama ile al-sat sinyalleri üretmesine neden olabilmektedir. Çoğunlukla da ikinci sinyalin üretilmesi için geçen zamanda Williams %R göstergesinin değer değişimine neden olan fiyat değişimi alım-satımda küçük zararlara neden olmaktadır. Ancak Williams %R göstergesi RSI göstergesine göre daha oynak olduğundan ve daha fazla sinyal ürettiğinden bu küçük zararlar toplamda büyük zararlara neden olabilmektedir. Bu da Williams %R göstergesinde tek eşik değerli yöntemin çift eşik değerli yöntemle göre daha başarılı olmasını açıklamaktadır. Williams %R için trend tabanlı yöntemde çift eşik değerli kuralların trendin dikkate alınmadığı yöntemle göre sonuçları daha da kötüleştirdiği görülmektedir. Çift eşik değerli yöntemin Williams %R göstergesi için olan zararlı etkisi, trend tabanlı yöntemde daha fazla sinyal üretilmesi nedeniyle komisyon zararı ile birleşince genel kazanç durumu oldukça kötüye gitmektedir.

Tablo 6.8: Williams %R için trend tabanlı çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		%R 80-20	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	9,6	(-0,6)	13,2	0,9	3,5	1,8	(-3,5)	(-4,3)
QQQ	14,5	(-2,5)	19,8	(-2,2)	(-0,3)	6,1	(-9,8)	(-1,8)
XLF	10,3	(-9,6)	12,3	(-8,4)	2,3	(-8,4)	(-2,0)	(-11,9)
IWM	17,3	(-3,3)	16,2	(-1,7)	8,6	3,9	0,2	(-1,7)
EWB	20,9	(-1,0)	24,8	(-0,3)	12,5	0,8	0,6	(-0,6)
MDY	12,9	3,0	12,9	2,6	9,0	5,1	(-1,1)	(-2,5)
XLE	26,8	(-1,2)	28,1	(-3,1)	15,0	(-0,5)	4,2	2,2
EWT	24,9	0,1	28,9	(-0,4)	6,1	2,3	0,6	8,2
EWZ	44,4	(-12,7)	45,2	(-11,2)	28,1	(-3,7)	5,4	(-9,7)
<b>Ortalama</b>	<b>20,2</b>	<b>(-3,1)</b>	<b>22,4</b>	<b>(-2,6)</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>(-0,6)</b>	<b>(-2,5)</b>

Trend tabanlı al-sat yöntemi eğitim ve test verilerini iki gruba ayırmaktadır. Burada benzer örüntüye sahip gruplar için üretilen kuralların benzer örüntüye sahip veriler üzerinde test edilmesi amaçlanmaktadır. RSI için eğitim verisinde eniyilenmiş kuralların trendin dikkate alınmadığı klasik al-sat yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği, ancak sonuçların çok da iyileştirilemediği görülmektedir. Alçalan ve yükselen trend tespiti için kullanılan yöntem, eğitim verisindeki alçalan ve yükselen trend verilerinin test verisinde yeteri kadar temsil edilememesi gibi durumlar nedeniyle trend tabanlı al-sat yöntemi klasik al-sat yöntemine göre başarıyı çok fazla artıramamakta,



ancak daha iyi sonuçlar vermektedir. Williams %R göstergesinde ise trend tabanlı yöntemin klasik al-sat yönteminden daha kötü sonuçlar verdiği görülmektedir. Bunun nedeni ise trend tabanlı yöntemde çok daha fazla sinyal üretilmesi ve bunun sonucu olarak komisyon zararının artmasıdır. Williams %R göstergesinin başarımı ani fiyat değişikliklerine verilen tepkiyle ölçülmekte, ancak alım-satım sayısının çok artmasıyla başarımları düşmektedir.

### 6.3 Trendden Arındırılmış Veriler ile Al-Sat Yöntemi

Trendden arındırılmış veriler ile al-sat yönteminde öncelikle eğitim verisi belirli bir trend dönem değerine göre trendden arındırılmaktadır. Dönem değeri de RSI ve Williams %R gösterge parametreleriyle beraber eniyilenmektedir. Eğitim verisinde elde edilen trend dönem değeri test verisinin trendden arındırılmasında kullanılır ve trendden arındırılmış veriler üzerinde RSI ve Williams %R parametreleri test edilir. Tek eşikli ve çift eşikli iki yöntem ayrı ayrı denenmiş ve performansları ölçülmüştür.

Tablo 6.9 incelendiğinde trendden arındırılmış veriler ile yapılan tek eşikli al-sat yönteminin Al-ve-Tut yönteminden daha fazla kazanç sağladığı 6 ETF'nin bulunduğu görülmektedir. Yine bu yöntemin klasik 30-70 kuralına göre çok daha iyi sonuçlar verdiği, IWM hariç tüm ETF'lerde daha fazla kazanç getirdiği de görülmektedir. Yine tek eşik değerli klasik al-sat yöntemiyle karşılaştırıldığında da 6 ETF'de daha fazla kazanç getirdiği görülmektedir.

Tablo 6.9: RSI için trendden arındırılmış veriler ile tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		RSI 30-70	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	10,3	1,7	13,5	1,9	3,5	1,8	0,6	(-0,5)
QQQ	15,7	4,3	26,6	3,7	(-0,3)	6,1	(-3,2)	1,7
XLF	10,1	3,2	15,4	2,9	2,3	(-8,4)	2,1	(-2,7)
IWM	17,7	1,6	20,1	3,9	8,6	3,9	1,4	11,7
EWB	21,1	(-0,2)	29,7	(-0,9)	12,5	0,8	0,8	(-1,8)
MDY	18,5	8,3	20,0	9,4	9,0	5,1	2,9	(-0,3)
XLE	22,4	(-3,2)	28,6	0,9	15,0	(-0,5)	6,5	0,6
EWT	22,9	1,2	26,4	2,3	6,1	2,3	5,4	(-8,3)
EWZ	41,7	0,8	51,8	0,4	28,1	(-3,7)	(-1,8)	(-3,0)
<b>Ortalama</b>	<b>20,0</b>	<b>2,0</b>	<b>25,8</b>	<b>2,7</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>(-0,3)</b>

Tablo 6.10 incelendiğinde trendden arındırılmış veriler ile yapılan çift eşikli al-sat yönteminin de Al-ve-Tut yönteminden daha fazla kazanç sağladığı 6 ETF'nin bulunduğu görülmektedir. Klasik al-sat yönteminde RSI göstergesi için çift eşikli yöntemin tek eşikli yönteme göre çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştü. Trendden arındırılmış verilerde de çift eşikli yöntem oldukça iyi sonuçlar vermekte, ancak tek eşikli yöntemle arasında çok ciddi farklar bulunmamaktadır. Çift eşikli yöntemde de klasik 30-70 kuralından çok daha fazla kazanç elde edilmiştir. Bu da trendden arındırılmış veriler ile yapılan çalışmanın trendin göstergeler üzerindeki olumsuz etkisini azalttığını göstermektedir.

Tablo 6.10: RSI için trendden arındırılmış veriler ile çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		RSI 30-70	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	9,6	2,4	10,2	2,6	3,5	1,8	(-0,6)	(-0,2)
QQQ	14,9	5,0	16,4	4,1	(-0,3)	6,1	(-5,6)	(-0,2)
XLF	7,9	3,2	11,1	4,3	2,3	(-8,4)	0,4	(-8,8)
IWM	13,0	5,2	13,1	3,2	8,6	3,9	(-1,1)	7,8
EWB	19,0	2,5	23,2	3,8	12,5	0,8	(-3,1)	0,7
MDY	12,5	8,7	17,4	7,6	9,0	5,1	0,5	(-0,4)
XLE	24,0	1,9	21,9	(-0,1)	15,0	(-0,5)	5,7	(-3,8)
EWT	19,6	1,8	16,4	2,5	6,1	2,3	1,6	(-8,4)
EWZ	53,8	(-0,6)	51,4	(-2,6)	28,1	(-3,7)	(-3,5)	(-5,0)
<b>Ortalama</b>	<b>19,4</b>	<b>3,3</b>	<b>20,1</b>	<b>2,8</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>(-0,6)</b>	<b>(-2,0)</b>

Tablo 6.11 incelendiğinde Williams %R için trendden arındırılmış veriler ile yapılan tek eşikli al-sat yönteminin Al-ve-Tut yönteminden daha fazla kazanç sağladığı 6 ETF'nin bulunduğu görülmektedir. Yine klasik Williams 80-20 kuralına göre de 9 ETF'nin 8 tanesinde daha fazla kazanç getirdiği görülmektedir. Aynı zamanda genetik algoritma ile eniyilenen kurallar 9 ETF'nin 8'inde, PSO ile eniyilenen kurallar ise 9 ETF'nin 7'sinde pozitif kar getirmektedir. Bu oranlar hem klasik al-sat yöntemlerinden, hem de genel kurallardan daha yüksektir.

Tablo 6.12 incelendiğinde Williams %R için trendden arındırılmış veriler ile yapılan çift eşikli al-sat yönteminin tek eşikli yönteme göre sonuçlarının kötüleştiği görülmektedir. Benzer durum Williams %R için klasik al-sat yönteminde de oluşmuştu. Williams %R göstergesinin RSI göstergesine göre daha oynak bir gösterge olduğunu da belirtmiştik. Trendden arındırılmış verilerde trend etkisi ortadan kaldırılmış olsa da Williams %R göstergesinin salınım özelliğinde bir değişiklik olmamaktadır. Yani, Williams %R göstergesi fiyat değişikliklerine çok çabuk tepki vermektedir ve trendden arındırılmış verilerde de bu durum değişmemektedir. Bu da çift eşikli yöntemde ikinci

Tablo 6.11: Williams %R için trendden arındırılmış veriler ile tek eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		%R 80-20	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	13,6	7,4	14,4	6,8	3,5	1,8	1,7	(-2,3)
QQQ	16,5	2,0	22,7	2,3	(-0,3)	6,1	(-1,7)	(-0,9)
XLF	13,6	11,1	18,0	7,4	2,3	(-8,4)	1,8	(-5,7)
IWM	16,5	1,0	19,5	1,9	8,6	3,9	4,1	(-0,9)
EWB	25,7	4,0	29,7	7,9	12,5	0,8	8,3	0,1
MDY	14,6	9,3	18,1	9,6	9,0	5,1	4,3	1,1
XLE	24,9	(-0,8)	24,8	(-3,8)	15,0	(-0,5)	7,7	10,3
EWT	25,1	10,3	28,3	6,4	6,1	2,3	5,4	5,5
EWZ	42,0	0,2	48,4	(-1,1)	28,1	(-3,7)	2,6	(-3,4)
<b>Ortalama</b>	<b>21,4</b>	<b>4,9</b>	<b>24,9</b>	<b>4,2</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>3,8</b>	<b>0,4</b>

eşik değeri için beklenen zamanda fiyatların istenmeyen yöne doğru hareket etmesi durumunda alım ve satım kararlarında zarar oluşturmaktadır. Dolayısıyla tek eşikli yöntemle göre çift eşikli yöntem daha kötü sonuçlar vermektedir.

Tablo 6.12: Williams %R için trendden arındırılmış veriler ile çift eşik değerli al-sat yöntemi eğitim ve test sonuçları

ETF	Genetik Algoritma		PSO		Al-ve-Tut		%R 80-20	
	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)	Eğitim(%)	Test(%)
SPY	7,6	0,6	9,2	0,7	3,5	1,8	(-3,5)	(-4,3)
QQQ	17,8	0,1	13,7	3,1	(-0,3)	6,1	(-9,8)	(-1,8)
XLF	9,8	(-0,2)	9,4	(-0,1)	2,3	(-8,4)	(-2,0)	(-11,9)
IWM	9,3	1,0	13,9	1,0	8,6	3,9	0,2	(-1,7)
EWB	13,6	1,1	16,0	0,7	12,5	0,8	0,6	(-0,6)
MDY	13,1	4,0	13,9	2,1	9,0	5,1	(-1,1)	(-2,5)
XLE	21,9	(-1,3)	28,6	(-1,0)	15,0	(-0,5)	4,2	2,2
EWT	20,5	7,1	30,0	6,5	6,1	2,3	0,6	8,2
EWZ	40,8	(-0,2)	45,5	(-0,5)	28,1	(-3,7)	5,4	(-9,7)
<b>Ortalama</b>	<b>17,2</b>	<b>1,4</b>	<b>20,0</b>	<b>1,4</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>(-0,6)</b>	<b>(-2,5)</b>

Bu tez çalışmasında trendden arındırılmış veriler için de bir genel kuralın oluşturulup oluşturulamayacağı üzerinde de çalışılmıştır. Yapılan çalışmalarda Williams %R göstergesi için trendden arındırılmış veriler üzerinde olumlu sonuçlar veren kurallar bulunamamıştır. Ancak, RSI göstergesi için 30-70 kuralına benzeyen bir genel kural oluşturulmuştur. Bu genel kural 25 günlük trend dönem değerlerine göre hesaplanan trendden arındırılmış veriler üzerinde 14 günlük RSI değerlerinin 30 ve 70 eşik değerleri ile kullanıldığı bir yöntemdir. Tablo 6.13 üzerinde RSI göstergesi için tek eşik değerli yöntem için oluşturulan genel yöntemin performansı diğer yöntemlerle karşılaştırılmaktadır. Oluşturulan genel kural (TN-RSI(25) 30-70) parametre eniyilemesi sonucu oluşturulan yöntemler ve genel 30-70 kuralına göre oldukça iyi sonuçlar

vermektedir. Eğitim verisinde görülen yükselen trend etkisi altındaki ETF'lerin Al-ve-Tut stratejileri oldukça yüksek olmasına rağmen eğitim verisinde de iyi sonuçlar vermiştir. Test verisinde ise QQQ hariç tüm ETF'lerde en yüksek kazancı getiren yöntem olmuştur. Eğitim ve test verilerinde toplam 9 ETF ile yapılan 18 testin ise sadece 1 tanesinde zarar edilmiştir.

Tablo 6.13: RSI için oluşturulan tek eşik değerli genel kural ile al-sat yöntemi sonuçları

ETF	GA		PSO		Al-ve-Tut		RSI 30-70		TN-RSI(25) 30-70	
	Eğt(%)	Test(%)	Eğt(%)	Test(%)	Eğt(%)	Test(%)	Eğt(%)	Test(%)	Eğt(%)	Test(%)
SPY	10,9	(-1,0)	10,9	1,2	3,5	1,8	0,6	(-0,5)	5,3	8,2
QQQ	17,1	6,9	18,4	10,8	(-0,3)	6,1	(-3,2)	1,7	(-0,3)	1,2
XLF	11,3	0,4	13,1	(-0,3)	2,3	(-8,4)	2,1	(-2,7)	0,8	1,1
IWM	14,4	0,5	18,5	3,9	8,6	3,9	1,4	11,7	9,0	13,9
EWZ	21,3	(-2,4)	27,9	2,3	12,5	0,8	0,8	(-1,8)	6,1	6,4
MDY	13,9	7,6	15,0	9,6	9,0	5,1	2,9	(-0,3)	9,3	15,5
XLE	23,7	(-1,2)	22,3	(-0,9)	15,0	(-0,5)	6,5	0,6	3,7	2,9
EWT	21,0	1,2	21,7	(-0,2)	6,1	2,3	5,4	(-8,3)	2,0	4,5
EWZ	30,3	(-2,3)	42,0	(-3,6)	28,1	(-3,7)	(-1,8)	(-3,0)	9,3	14,6
<b>Ortalama</b>	<b>18,2</b>	<b>1,1</b>	<b>21,1</b>	<b>2,5</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>1,6</b>	<b>(-0,3)</b>	<b>5,0</b>	<b>7,6</b>

Tablo 6.14 üzerinde RSI göstergesi için çift eşik değerli yöntem için oluşturulan genel yöntemin performansı diğer yöntemlerle karşılaştırılmaktadır. Oluşturulan genel kural çift eşikli yöntem için de başarılı sonuçlar vermiş, ancak tek eşikli yönteme göre sonuçların başarımı düşmüştür. Gerçek değerler ile yapılan çalışmada çift eşikli yöntem trend etkisini olumlu bir şekilde kullanarak tek eşikli yönteme göre daha iyi sonuçlar elde etmişti. Ancak trendden arındırılmış veriler üzerinde trend avantaj olarak kullanılmadığından çift eşikli yöntem trendden arındırılmış veriler üzerinde tek eşikli yönteme göre daha kötü performans göstermektedir.

Tablo 6.14: RSI için oluşturulan çift eşik değerli genel kural ile al-sat yöntemi sonuçları

ETF	GA		PSO		Al-ve-Tut		RSI 30-70		TN-RSI(25) 30-70	
	Eğt(%)	Test(%)	Eğt(%)	Test(%)	Eğt(%)	Test(%)	Eğt(%)	Test(%)	Eğt(%)	Test(%)
SPY	7,6	(-1,6)	8,6	0,6	3,5	1,8	(-0,6)	(-0,2)	4,5	7,7
QQQ	15,6	8,3	10,3	10,0	(-0,3)	6,1	(-5,6)	(-0,2)	(-4,5)	2,1
XLF	10,5	0,5	11,1	0,5	2,3	(-8,4)	0,4	(-8,8)	(-0,6)	1,8
IWM	14,4	6,6	15,1	4,8	8,6	3,9	(-1,1)	7,8	9,1	14,7
EWZ	20,4	6,2	20,6	5,1	12,5	0,8	(-3,1)	0,7	2,9	5,6
MDY	14,5	6,0	15,7	7,3	9,0	5,1	0,5	(-0,4)	9,2	14,0
XLE	23,4	(-2,3)	23,2	(-0,1)	15,0	(-0,5)	5,7	(-3,8)	0,6	4,9
EWT	15,6	7,6	17,4	5,0	6,1	2,3	1,6	(-8,4)	(-1,0)	3,4
EWZ	46,2	2,8	46,9	(-0,7)	28,1	(-3,7)	(-3,5)	(-5,0)	5,2	15,2
<b>Ortalama</b>	<b>18,7</b>	<b>3,8</b>	<b>18,8</b>	<b>3,6</b>	<b>9,4</b>	<b>0,8</b>	<b>(-0,6)</b>	<b>(-2,0)</b>	<b>2,8</b>	<b>7,7</b>

Sonuçlar incelendiğinde eğitim verisinde en iyilenen parametrelerin başarımının test verisine yansımadağı görülmektedir. Bu temel olarak eğitim ve test bazlı çalışan tüm sistemlerin genel bir problemi. Eğer test verisi eğitilen veriyle benzerlikler

içermiyorsa eğitim verisinde elde edilen kuralların başarımı test verisine yansımaktadır. Finans verilerinin tahmini oldukça zor olduğundan genellikle test verisi ile eğitim verisi birbirine benzememekte, bu da eğitim verisindeki başarımın test verisine yansımamasına neden olmaktadır. Ayrıca trendin varlığı da salınım tabanlı göstergeler üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Yükselen trend içerisinde menkul kıymetin değeri zaten yükseliyorken alım-satım işlemi ile daha fazla para kazanmak oldukça zordur. Benzer durum alçalan trendde de geçerlidir. Bu sefer de menkul kıymetin değeri azalırken alım-satım işlemi yapmak çoğunlukla zarar ile sonuçlanmaktadır. Bu tez çalışmasında verideki trendi ortadan kaldırarak elde ettiğimiz veriler üzerinde salınım tabanlı göstergelerin başarımını ölçtük. Elde ettiğimiz sonuçlar trendden arındırılmış verilerde daha olumlu çıktı. Trendden arındırılmış veriler yaklaşık olarak 0 etrafında salınım yapan veriler haline gelmektedir. Bu da trendden bağımsız olarak farklı menkul kıymetler için benzer verilerin oluşturulması anlamına gelmektedir. Yine test verisi de trendden arındırılarak test edilmektedir. Böylece eğitim ve test verilerinin birbirine benzerliği artmakta, bu da eniyileme algoritmalarının performansının artmasına neden olmaktadır. RSI ve Williams %R göstergelerinin genel kuralları trendin olmadığı durumlarda iyi sonuçlar veriyorken trend varlığında sonuçlar kötüleşmektedir. Bu çalışmada bu durumu iyileştirebilmek adına herhangi bir trend varlığında çalışabilecek genel bir kuralın oluşturulup oluşturulamayacağı üzerine de bir çalışma yaptık. Yapılan analizler sonucu 25 günlük dönem değerine göre trendden arındırılan veriler üzerinde 30-70 RSI kuralı uygulandığında çok başarılı sonuçlar aldık. Trendden arındırılmış veriler ortalamanın yaklaşık 0 olduğu bir doğru üzerinde salınım yaptığından trendsiz bir ortam oluşmakta ve genel kuralın başarımı da bu trendsiz ortamda artmaktadır. Bu da trendden arındırılan veriler ile yapılan çalışmaların başarılı olabileceğini göstermektedir.

## 6.4 Gelecek Çalışmalar

Bu tez çalışmasında trendden arındırılmış veriler ile teknik analizin başarılı olup olmadığını analiz ettik. Elde ettiğimiz sonuçlar trendden arındırılmış veriler üzerinde yapılan çalışmaların başarılı olabileceğini göstermektedir. Bu sonuçlardan yola çıkarak trendden arındırma işleminde kullanılan trend tespit yöntemleri üzerinde durulacaktır. Bu çalışmada yalnızca lineer regresyon kullanılmıştı. Gelecek çalışmalarda farklı trend

tespit yöntemleri ile trendden arındırma işlemleri gerçekleştirilerek sonuçların nasıl değiştiği incelenecektir.

Bu tez çalışmasında salınım-tabanlı göstergelerden yalnızca RSI ve Williams %R göstergeleri kullanılmıştı. İlerleyen zamanlarda farklı salınım-tabanlı göstergeler için de trendden arındırılmış veriler üzerinde çalışmalar yapılacaktır. Ayrıca menkul kıymetlerin fiyat hareketlerinin oluşturduğu risk miktarı da gelecek çalışmalara eklenecek ve uygunluk fonksiyonu yalnızca toplam kazanç üzerinden değil birim riske düşen kazanç üzerinden de hesaplanacak.

Çalışmada 9 tane ETF kullanılmış ve trendden arındırılmış veriler üzerinde yapılan işlemlerin bu 9 ETF üzerindeki başarımı ölçülmüştür. Gelecek çalışmalarda daha fazla ETF kullanılarak geliştirilen modelin genelleştirilmesine çalışılacaktır. Ayrıca ETF dışındaki farklı menkul kıymetler için de (hisse senetleri, altın, döviz) geliştirilen model denenecek ve bu farklı menkul kıymetler için de modelin kullanılabilirliği araştırılacaktır.

# Kaynakça

- [1] Brock, W., Lakonishok, J., LeBaron, B., Simple Technical Trading Rules and the Stochastic Properties of Stock Returns. *The Journal of Finance*, **47** (5): 1731-1764, 1992.
- [2] Schultz, H., Forecasting Security Prices. *Journal of the American Statistical Association*, **20** (150): 244-249, 1925.
- [3] Murphy, J. J., Technical Analysis of the Financial Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications. *New York Institute of Finance*, 1999.
- [4] Black, B. S., Gilson, R. J., Venture Capital and the Structure of Capital Markets Banks versus Stock Markets. *Journal of Financial Economics*, **47** : 243-277, 1998.
- [5] "The Birth of Stock Exchanges" erişim adresi: <http://www.investopedia.com/articles/07/stock-exchange-history.asp>, erişim tarihi: 4 Ağustos 2014.
- [6] Jeremy J. Siegel, "Stock Market", The Concise Encyclopedia of Economics, *Library of Economics and Liberty*, 2008. Erişim adresi: <http://www.econlib.org/library/Enc/StockMarket.html> erişim tarihi: 4 Ağustos 2014.
- [7] "Exchange-Traded Fund - ETF" erişim adresi: <http://www.investopedia.com/terms/e/etf.asp>, erişim tarihi: 4 Ağustos 2014.
- [8] Gastineau, G. L., The Exchange-Traded Funds Manual. *John Wiley & Sons*, 2010.
- [9] Kuo, M. H., Chen, C. L., An ETF Trading Decision Support System by Using Neural Network and Technical Indicators. *International Joint Conference on Neural Networks*, 2394–2401, 2006.

- [10] Fung, M., Xu, X. E., Yau, J., *Advances in International Investments: Traditional and Alternative Approaches*, *World Scientific*, 2008.
- [11] Edwards, R. D., Magee, J., Bassetti, W. H. C., *Technical Analysis of Stock Trends*, *CRC Press*, 2007.
- [12] Fama, E. F., The Behavior of Stock-Market Prices. *Journal of Business*, **38** (1): 34–105, 1965.
- [13] Resta, M., Towards an Artificial Technical Analysis of Financial Markets. *Neural Networks, IJCNN, Proceedings of the IEEE-INNS-ENNS International Joint Conference*, **5**: 117–122, 2000.
- [14] Achelis, S. B., *Technical Analysis from A to Z*, *McGraw Hill*, 2001.
- [15] Wilder, J. W., *New Concepts in Technical Trading Systems*, *Trend Research*, 1978.
- [16] "Original Williams %R" erişim adresi: <http://williamspercentr.com/the-original-percent-r>, erişim tarihi: 4 Ağustos 2014.
- [17] Liu, N. K., Lee, K. K., An Intelligent Business Advisor System for Stock Investment. *Expert Systems*, **14** (3): 129-139, 1997.
- [18] Zhang, G. P., Qi, M., Neural Network Forecasting for Seasonal and Trend Time Series. *European Journal of Operational Research*, **160** (2): 501-514, 2005.
- [19] Lee, J., Cho, S., Baek, J., Trend Detection Using Auto-associative Neural Networks: Intraday KOSPI 200 Futures . *Proceedings of IEEE Computational Intelligence for Financial Engineering*, 417-420, 2003.
- [20] Taylor, M. P., Allen, H., The Use of Technical Analysis in the Foreign Exchange Market. *Journal of International Money and Finance*, **11** (3): 304-314, 1992.
- [21] Blume, L., Easley, D., O'Hara, M., Market Statistics and Technical Analysis: The Role of Volume. *Journal of Finance*, **49** (1): 153-181, 1994.
- [22] Lam, M., Neural Network Techniques for Financial Performance Prediction: Integrating Fundamental and Technical Analysis. *Decision Support Systems*, **37** : 567-581, 2004.



- [23] Chavarnakul, T., Enke, D., Intelligent Technical Analysis Based Equivolume Charting for Stock Trading Using Neural Networks. *Expert Systems with Applications*, **34** (2): 1004-1017, 2008.
- [24] Schulmeister, S., Profitability of Technical Stock Trading: Has It Moved from Daily to Intraday Data?. *Review of Financial Economics*, **18**: 190-201, 2009.
- [25] Wang, J., Chan, S., Stock Market Trading Rule Discovery Using Pattern Recognition and Technical Analysis. *Expert Systems with Applications*, **33** (2): 304-315, 2007.
- [26] Zhu, Y., Zhou, G., Technical Analysis: An Asset Allocation Perspective on the Use of Moving Averages. *Journal of Financial Economics*, **92**: 519-544, 2009.
- [27] Darwin, C., On the Origin of Species by Means of Natural Selection or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life, 1859.
- [28] Holland, J. H., Adaptation in Natural and Artificial System: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control and Artificial Intelligence, 1975.
- [29] Allen, F., Karjalainen, R., Using Genetic Algorithms to Find Technical Trading Rules. *Journal of Financial Economics*, **51**: 245-271, 1999.
- [30] Fu, T., Chung, C., Chung, F., Adopting Genetic Algorithms for Technical Analysis and Portfolio Management. *Computer & Mathematics with Applications*, **66** (10): 1743-1757, 2013.
- [31] Tanaka-Yamawaki, M., Tokuoka, S., Adaptive Use of Technical Indicators for the Prediction of Intra-day Stock Prices. *Physica A*, **383**: 125-133, 2007.
- [32] Evans, C., Pappas, K., Xhafa, F., Utilizing Artificial Neural Networks and Genetic Algorithms to Build an Algo-Trading Model for Intra-day Foreign Exchange Speculation. *Mathematical and Computer Modelling*, **58**: 1249-1266, 2013.
- [33] Versace, M., Bhatt, R., Hinds, O., Shiffer, M., Predicting the Exchange Traded Fund DIA with a Combination of Genetic Algorithms and Neural Networks. *Expert Systems with Applications*, **27** (3): 417-425, 2004.
- [34] Straßburg, J., González-Martel, C., Alexandrov, V., Parallel Genetic Algorithms for Stock Market Trading Rules. *Procedia Computer Science*, **9**: 1306-1313, 2012.

- [35] Deng, S., Sun, Y., Sakurai, A., Robustness Test of Genetic Algorithm on Generating Rules for Currency Trading. *Procedia Computer Science*, **13**: 86-98, 2012.
- [36] Beni, G., Wang, J., Swarm Intelligence in Cellular Robotic Systems. *NATO Advanced Workshop on Robots and Biological Systems*, Tuscany, Italy, 1989.
- [37] Kennedy, J., Eberhart, R. C., Particle Swarm Optimization. *Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks*, 1942-1948, 1995.
- [38] Kennedy, J., Eberhart, R. C., Swarm Intelligence, *Academic Press*, 2001.
- [39] Shi, Y. H., Eberhart, R. C., A Modified Particle Swarm Optimizer. *Proceedings of IEEE International Conference on Evolutionary Computation*, 69-73, 1998.
- [40] Bratton, D., Kennedy, J., Defining a Standard for Particle Swarm Optimization. *Proceedings of IEEE Swarm Intelligence Symposium*, 120-127, 2007.
- [41] Bochenek, B., Foryś, P., Structural Optimization for Post-Buckling Behavior Using Particle Swarm. *Structural Multidisciplinary Optimization*, **32** (6): 521-531, 2006.
- [42] Xu, S., Rahmat-Samii, Y., Boundary Conditions in Particle Swarm Optimization Revisited. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **55** (3): 760-765, 2007.
- [43] Zhu, H., Wang, Y., Wang, K., Chen, Y., Particle Swarm Optimization (PSO) for the Constrained Portfolio Optimization Problem. *Expert Systems with Applications*, **38** (8): 10161-10169, 2011.
- [44] Chang, J., Shi, P., Using Investment Satisfaction Capability Index Based Particle Swarm Optimization to Construct a Stock Portfolio. *Information Sciences*, **181**: 2989-2999, 2011.
- [45] Wang, F., Yu, P. L. H., Cheung, D. W., Combining Technical Trading Rules Using Particle Swarm Optimization. *Expert Systems with Applications*, **41** (6): 3016-3026, 2014.
- [46] Briza, A. C., Prospero, C. N., Stock Trading System Based on the Multi-objective Particle Swarm Optimization of Technical Indicators on End-of-Day Market Data. *Applied Soft Computing*, **11** (1): 1191-1201, 2011.

- [47] Chen, W., Zhang, W., The Admissible Portfolio Selection Problem with Transaction Costs and an Improved PSO Algorithm. *Physica A*, **389**: 2070-2076, 2010.
- [48] Sun, J., Fang, W., Wu, X., Lai, C., Xu, W., Solving the Multi-stage Portfolio Optimization Problem with a Novel Particle Swarm Optimization. *Expert Systems with Applications*, **38** (6): 6727-6735, 2011.
- [49] Markowitz, H., Portfolio Selection. *Journal of Finance*, **7**: 77-91, 1952.
- [50] Sharpe, W. F., Mutual Fund Performance. *Journal of Business*, **39**: 119-138, 1966.

# **EKLER**

## A. Tablolar

Tablo A.1: Geliştirilen model ile SPY için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri

	Tek Eşik Değerli				Çift Eşik Değerli			
	Genetik Algoritma		PSO		Genetik Algoritma		PSO	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
Ortalama Yıllık Kâr (%)	10,3	1,7	13,9	1,9	9,6	2,4	10,2	2,6
Ortalama Yıllık İşlem Sayısı	18,0	14,0	10,8	9,2	0,6	0,6	0,3	0,2
Pozitif İşlem Oranı (%)	71,0	57,1	63,2	58,7	100,0	100,0	100,0	100,0
Ortalama İşlem Kârı (%)	0,5	0,2	1,2	0,4	17,6	3,9	44,9	13,6
En Büyük İşlem Kârı (%)	6,2	9,2	18,8	9,6	29,4	8,5	81,1	13,6
En Büyük İşlem Zararı	(-10,1)	(-9,7)	(-7,6)	(-24,2)	(-0,0)	(-0,0)	(-0,0)	(-0,0)

Tablo A.2: Geliştirilen model ile XLF için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri

	Tek Eşik Değerli				Çift Eşik Değerli			
	Genetik Algoritma		PSO		Genetik Algoritma		PSO	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
Ortalama Yıllık Kâr (%)	10,1	3,2	15,4	2,9	7,9	3,2	11,1	4,3
Ortalama Yıllık İşlem Sayısı	7,4	6,4	18,1	16,8	0,7	0,2	0,6	1,4
Pozitif İşlem Oranı (%)	69,2	59,3	60,6	58,3	80,0	100,0	100,0	85,7
Ortalama İşlem Kârı (%)	1,4	0,4	0,9	0,6	11,4	16,9	21,0	2,9
En Büyük İşlem Kârı (%)	12,2	10,2	16,3	30,5	21,6	16,9	36,7	7,8
En Büyük İşlem Zararı	(-14,4)	(-11,5)	(-11,8)	(-30,3)	(-4,1)	(-0,0)	(-0,0)	(-5,8)

Tablo A.3: Geliştirilen model ile MDY için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri

	Tek Eşik Değerli				Çift Eşik Değerli			
	Genetik Algoritma		PSO		Genetik Algoritma		PSO	
	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test	Eğitim	Test
Ortalama Yıllık Kâr (%)	18,5	8,3	20,0	9,4	12,5	8,7	17,4	7,6
Ortalama Yıllık İşlem Sayısı	9,4	8,0	9,7	7,8	0,3	0,4	7,8	6,4
Pozitif İşlem Oranı (%)	72,7	62,5	72,1	61,5	100,0	100,0	72,7	62,5
Ortalama İşlem Kârı (%)	1,9	0,9	2,0	1,5	53,0	24,2	2,2	1,6
En Büyük İşlem Kârı (%)	22,8	14,1	14,4	19,5	76,3	39,4	16,7	20,1
En Büyük İşlem Zararı	(-14,9)	(-9,1)	(-12,8)	(-17,1)	(-0,0)	(-0,0)	(-11,6)	(-17,5)

Tablo A.4: Geliştirilen TN-RSI(25) 30-70 genel kuralı ile SPY için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri

	<b>Tek Eşik Değerli</b>		<b>Çift Eşik Değerli</b>	
	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>
Ortalama Yıllık Kâr (%)	5,3	8,2	4,5	7,7
Ortalama Yıllık İşlem Sayısı	3,6	4,0	3,6	4,0
Pozitif İşlem Oranı (%)	64,0	70,0	64,0	65,0
Ortalama İşlem Kârı (%)	1,9	2,2	1,6	2,0
En Büyük İşlem Kârı (%)	30,7	8,7	29,8	12,4
En Büyük İşlem Zararı	(-12,7)	(-9,8)	(-15,8)	(-6,9)

Tablo A.5: Geliştirilen TN-RSI(25) 30-70 genel kuralı ile XLF için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri

	<b>Tek Eşik Değerli</b>		<b>Çift Eşik Değerli</b>	
	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>
Ortalama Yıllık Kâr (%)	0,8	1,1	(-0,6)	1,8
Ortalama Yıllık İşlem Sayısı	2,7	4,5	2,7	4,5
Pozitif İşlem Oranı (%)	63,2	63,6	47,3	77,2
Ortalama İşlem Kârı (%)	0,7	0,9	0,2	1,4
En Büyük İşlem Kârı (%)	31,5	29,5	32,1	28,1
En Büyük İşlem Zararı	(-12,7)	(-27,5)	(-12,0)	(-30,3)

Tablo A.6: Geliştirilen TN-RSI(25) 30-70 genel kuralı ile MDY için RSI göstergesiyle alım-satım istatistikleri

	<b>Tek Eşik Değerli</b>		<b>Çift Eşik Değerli</b>	
	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>	<b>Eğitim</b>	<b>Test</b>
Ortalama Yıllık Kâr (%)	9,3	15,5	9,2	14,0
Ortalama Yıllık İşlem Sayısı	3,1	4,8	3,1	4,8
Pozitif İşlem Oranı (%)	77,2	83,3	68,2	66,7
Ortalama İşlem Kârı (%)	3,2	3,4	3,2	3,1
En Büyük İşlem Kârı (%)	28,5	16,7	28,8	16,4
En Büyük İşlem Zararı	(-6,0)	(-14,7)	(-6,7)	(-10,4)

# ÖZGEÇMİŞ

## Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ŞAHİN, Uğur  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 06.10.1984 Ankara  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 538 237 54 77  
Faks :  
e-mail : usahin@etu.edu.tr

## Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Y. Lisans	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	2015
Lisans	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	2011

## İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2011-2014	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Burslu Yüksek Lisans Öğrencisi

## Yabancı Dil

İngilizce (Çok iyi)  
İtalyanca (Başlangıç)

## Yayınlar

Ozbayoglu, M., Sahin, U., TN-RSI: Trend-normalized RSI Indicator for Stock Trading Systems with Evolutionary Computation. *Procedia Computer Science*, **36**: 240-245, 2014.