

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DİFERANSİYEL GELİŞİM ALGORİTMASI İLE KARDİNALİTE
KISITLI PORTFÖY OPTİMİZASYONU**

Ceyda KURTULMUŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İstatistik Anabilim Dalı

İstatistik Programı

Danışman

Doç. Dr. Gülder KEMALBAY

Kasım 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİFERANSİYEL GELİŞİM ALGORİTMASI İLE KARDİNALİTE
KISITLI PORTFÖY OPTİMİZASYONU

Ceyda KURTULMUŞ tarafından hazırlanan tez çalışması 26.11.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı, İstatistik Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

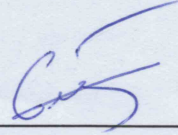
Doç. Dr. Gülder KEMALBAY

Yıldız Teknik Üniversitesi

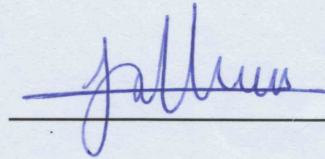
Danışman

Jüri Üyeleri

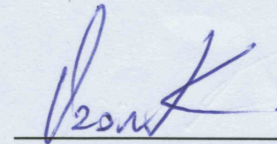
Doç. Dr. Gülder KEMALBAY, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi



Prof. Dr. Gülhayat GÖLBAŞI ŞİMŞEK, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi



Doç. Dr. Ozan KOCADAĞLI, Üye
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi



Danışmanım Doç. Dr. Gülder KEMALBAY sorumluluğunda tarafımda hazırlanan Sezgisel Algoritmalar ile Portföy Optimizasyonu başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim

Ceyda KURTULMUŞ

İmza



Aileme...

TEŐEKKÜR

Tezimin her aŐamasında bana destek olan, yalnızca eğitim hayatım için değil tüm hayatımda geçerli olacak bilgileri aktardığı için değerli hocam Doç. Dr. Gülder KEMALBAY'a teŐekkürlerimi sunarım.

Hem lisans hem yüksek lisansımnda bilgilerinden faydalandığım, yalnızca şahsıma değil tüm öğrencilere aynı şekilde anlayıŐla yaklaşan bölüm hocalarıma teŐekkür ederim.

Ceyda KURTULMUŞ



SİMGE LİSTESİ	viii
KISALTMA LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	x
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
2 Portföy ve Portföy Yönetimi	5
2.1 Portföy Tanımı	5
2.2 Portföy Çeşitleri	6
2.2.1 Tahvillerden Oluşan Portföyler	6
2.2.2 Hisse Senetlerinden Oluşan Portföyler	6
2.2.3 Hisse Senetleri ve Tahvillerden Oluşan Portföyler	6
2.2.4 Diğer Yatırım Araçlarından Oluşan Portföyler	6
2.3 Portföy Yönetimi	7
2.3.1 Portföy Yönetim Süreçleri	9
2.3.1.1 Portföyün Planlanması.....	10
2.3.1.2 Yatırım Analizi.....	11
2.3.1.3 Portföy Seçimi	11
2.3.1.4 Portföy Değerlendirmesi.....	11
2.3.1.5 Portföy Revizyonu	11
2.4 Portföy Yaklaşımı	12
2.4.1 Geleneksel Portföy Yaklaşımı.....	12
2.4.2 Modern Portföy Yaklaşımı.....	13
2.5 Risk Kavramı	16
2.5.1 Sistematik Risk.....	17
2.5.1.1 Piyasa Riski.....	17
2.5.1.2 Politik Risk.....	18

2.5.1.3	Enflasyon Riski.....	18
2.5.1.4	Faiz Oranı Riski.....	18
2.5.1.5	Kur Riski.....	18
2.5.2	Sistemik Olmayan Risk.....	18
2.5.2.1	Finansal Risk.....	19
2.5.2.2	Yönetim Riski.....	19
2.5.2.3	Endüstri Riski.....	19
2.6	Getiri Kavramı ve Temel Kavramlar.....	19
2.6.1	Dönemlik ve Beklenen Getiri.....	19
2.6.2	Portföyün Beklenen Getirisi.....	20
2.6.3	Portföy Riski.....	20
2.6.4	Kovaryans.....	21
2.6.5	Korelasyon Katsayısı.....	21
2.6.6	Beta Katsayısı.....	22
2.7	Etkin Sınır ve Etkin Portföy.....	23
2.8	Kayıtsızlık Eğrisi.....	24
2.9	Portföy Optimizasyon Modelleri.....	25
2.9.1	Ortalama-Varyans Modeli.....	25
2.9.2	Kardinalite Kısıtlı Model.....	27
2.9.3	Kardinalite Kısıtlı Ortalama-Varyans Modeli.....	28
2.10	Performans Ölçütü.....	29
2.10.1	Sharpe Oranı.....	29
2.10.2	Treynor Endeksi.....	29
2.10.3	Jensen Performans Ölçütü.....	30
3	Diferansiyel Gelişim Algoritması	31
3.1	Sezgisel Algoritmalar.....	31
3.2	Diferansiyel Gelişim Algoritmasına Giriş.....	32
3.2.1	Diferansiyel Gelişim Algoritması Adımları.....	35
3.2.1.1	Kodlama ve Başlangıç Popülasyonu.....	35
3.2.1.2	Mutasyon.....	35
3.2.1.3	Çaprazlama.....	36

3.2.1.4	Uygunluk Fonksiyonu.....	36
3.2.1.5	Seçim.....	36
3.2.1.6	Durdurma Koşulu.....	36
4	BIST 30 Uygulama	38
4.1	Uygulamanın Tanımı.....	38
4.2	Uygulamanın Varsayımları.....	47
4.3	Uygulamanın Modeli.....	47
4.4	Bulgular.....	49
5	Sonuç ve Öneriler	58
	Kaynakça	61
	Ekler	65
	Tezden Üretilmiş Yayınlar	66

SİMGE LİSTESİ

R_i	i. varlığın getirisi
σ_i	i. finansal varlığın standart sapması
$E(R_i)$	i. varlığın beklenen getirisi
σ_{ij}	i ve j varlıkları arasındaki kovaryans
$Cor_{i,j}$	i. ve j. varlıklarının arasındaki korelasyon katsayısı
w_i	i. varlığın portföy içerisindeki ağırlığı
β_i	i. finansal varlığın betası
R^*	Yatırımcının hedeflediği minimum getiri seviyesi
σ^*	Yatırımcının üstleneceği maksimum risk seviyesi
K	Portföyde yer alması istenilen varlık sayısı
z_i	$\begin{cases} 1, & \text{Eğer i. varlık portföye dahil ise} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases}$
ε_i	i. varlık portföye dahil ise portföy içindeki minimum oranı
δ_i	i. varlık portföye dahil ise portföy içindeki maksimum oranı
r_m	Piyasa portföyünün getirisi
σ_m^2	Piyasa portföyünün varyansı
$Cov(r_i, r_m)$	i. finansal varlık ile piyasa portföyünün getirisi arasındaki kovaryans
t	Dönem sayısı
R_t	Finansal varlığın ilgili dönemdeki getirisi
P_t	t dönemindeki finansal varlığın fiyatı
P_{t-1}	t-1 dönemindeki finansal varlığın fiyatı
$E(R_{i,t})$	Finansal varlığın ilgili dönemlerdeki getirisi
$R_{i,t}$	i. varlığın t zamandaki getirisi
$E(R_p)$	Portföyün beklenen getirisi
R_p	Portföyün getirisi
σ_p	Portföyün standart sapması
R_f	Risksiz faiz oranı
d	Kâr payı miktarı
r	Getiri oranı
σ^2	Varyans
σ	Standart sapma
N	Portföyde bulunan varlık sayısı
N_p	Popülasyon büyüklüğü
D	Değişken yani gen sayısı
CR	Çaprazlama oranı
G	Jenerasyon
F	Ölçekleme faktörü

KISALTMA LİSTESİ

BIST 30	Borsa İstanbul 30 Endeksi
COR	Korelasyon
COV	Kovaryans
DGA	Diferansiyel Gelişim Algoritması
PSO	Parçacık Sürü Optimizasyonu



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1 Risk Karşısında Yatırımcı Tipleri	9
Şekil 2. 2 Portföy Yönetim Süreci	10
Şekil 2. 3 Sistemik Ve Sistemik Olmayan Risk	16
Şekil 2. 4 Risk Bileşenleri	17
Şekil 2. 5 Etkin Sınır	24
Şekil 2. 6 Getiri Ve Risk İle İlgili Kayıtsızlık Eğrileri	25
Şekil 3. 1 Yeni Bir Çözümün Bulunması	34
Şekil 3. 2 Diferansiyel Gelişim Algoritması Akışı	37
Şekil 4. 1 BIST 30 Endeksi Getiri Grafiği	40
Şekil 4. 2 Benchmark2 Portföy Getiri- Risk Grafiği	52
Şekil 4. 3 Benchmark3 Portföy Getiri- Risk Grafiği	52
Şekil 4. 4 Benchmark4 Portföy Getiri- Risk Grafiği	53
Şekil 4. 5 DGA Portföy Getiri- Risk Grafiği	53
Şekil 4. 6 Benchmark Portföyler Getiri Grafikleri	54
Şekil 4. 7 DGA Portföy Getiri Grafiği	54
Şekil 4. 8 DGA Ve Benchmark Portföyler Kümülatif Getirisi	55
Şekil 4. 9 Test Veri Seti Benchmark Portföyler Getiri Grafikleri	56
Şekil 4. 10 Test Veri Seti DGA Portföy Getiri Grafiği	57

TABLO LİSTESİ

Tablo 4. 1 BIST 30 Hisse Senetleri.....	38
Tablo 4. 2 Betimsel İstatistik Sonuçları.....	41
Tablo 4. 3 Hisse Senetleri Risk Ölçütleri	42
Tablo 4. 4 Hisse Senetlerine Ait Normallik Testleri.....	45
Tablo 4. 5 Diferansiyel Gelişim Algoritması Parametreleri	49
Tablo 4. 6 Eğitim Veri Seti İçin Benchmark Portföyler Ve DGA Portföy Ağırlıkları.....	49
Tablo 4. 7 Benchmark Portföyler Ve DGA Portföy Eğitim Veri Seti Performanslarının Karşılaştırılması.....	51
Tablo 4. 8 Test Veri Seti Portföy Performans Karşılaştırması.....	55

DİFERANSİYEL GELİŞİM ALGORİTMASI İLE KARDİNALİTE KISITLI PORTFÖY OPTİMİZASYONU

Ceyda KURTULMUŞ

İstatistik Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Gülder KEMALBAY

Günümüzde yatırımcıların beklentilerine ve riske duyarlılıklarına göre uygun portföyleri belirlemesi ve yönetmesi karmaşık ve zor bir süreçtir. Yatırımcılar en uygun portföyü belirlerken geçmişte geleneksel portföy teorisi esaslarını dikkate alırken, günümüzde ise modern portföy teorisi esaslarına göre karar vermektedirler. Geleneksel portföy teorisine göre optimal portföyün oluşturulması birbirinden farklı varlıkların sayısının artırılarak riskin azaltılması görüşüne dayanmaktaydı. 1950'li yıllarda modern portföy teorisinin temellerini atan Markowitz'in sayısal ve istatistikî yöntemlere dayanan ortalama-varyans modeli portföyü oluşturan varlıkların sadece sayılarını değil geçmiş tarihli getirilerini, risklerini ve varlıklar arasındaki kovaryansı dikkate almaktadır. Ortalama-varyans modeline göre optimum portföy aynı getiri düzeyinde minimum riske sahip hisse senetleri ve aynı risk düzeyinde maksimum getiriyi sağlayan hisse senetleri tercih edilerek oluşturulmalıdır. Günümüz finans dünyasında yatırımcılar optimal portföyü belirlerken yalnızca risk ve getiriye bağlı olarak değil, finansal birçok parametreyi göz önünde bulundurarak portföyü oluşturmaktadır. Böylece optimizasyon problemleri çok amaçlı ve büyük boyutlu optimizasyon problemlerine

dönüşmektedir. Klasik yöntemlerin yetersiz kaldığı bu durumlarda optimuma yakın sonuçlar veren sezgisel algoritmalar başvurulmaktadır. Bu çalışmayla amaçlanan, sezgisel algoritmalarından birisi olan diferansiyel gelişim algoritması aracılığıyla minimum riske ve maksimum getiriye sahip optimum portföyün belirlenmesidir. Bu bağlamda eğitim veri seti olarak BIST 30'daki hisse senetlerinin 3 Ocak 2019 - 14 Şubat 2019 tarihleri arasındaki günlük kapanış değerleri alınarak portföy optimizasyonu problemi diferansiyel gelişim algoritması kullanılarak çözülmüştür. Yatırımcının önceden belirlediği hisse senedi sayısı dikkate alınarak portföyü oluşturan hisse senetlerinin optimal ağırlıklarının ne olması gerektiği sezgisel algoritma ile R programında belirlenmiştir. Diferansiyel gelişim algoritması ile elde edilen sonuçlar 15 Şubat-20 Şubat 2019 tarihleri arasındaki test veri setine uygulanarak portföylerin performansları karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, pazarın azalma eğilimini göz önüne alarak beta katsayılarına göre yatırım oranları toplamı belirlenmiş olan kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modeli ile oluşturulan portföy, optimal portföy olarak seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Portföy optimizasyonu, sezgisel algoritmalar, diferansiyel gelişim algoritması

Cardinality Constrained Portfolio Optimization with Differential Evolution Algorithm

Ceyda KURTULMUŞ

Department of Statistics

Master of Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Gülder KEMALBAY

Nowadays, it is a complicated and difficult process for investors to identify and manage appropriate portfolios according to their expectations and their sensitivity to risk. When determining the most appropriate portfolio, investors have taken into consideration the traditional portfolio theory principles in the past, but today they decide according to the principles of Modern Portfolio Theory. According to the Traditional Portfolio Theory, the creation of an optimal portfolio was based on the idea of reducing the risk by increasing the number of different assets. In the 1950s, Modern Portfolio Theory, is founded by Markowitz, that is based on numerical and statistical methods which considers not only the number of assets that constitute the portfolio, but also the historical returns, risks and covariance between assets. According to the mean variance model, the optimal portfolio should be created by selecting the stocks with the minimum risk at the same yield rate and the stocks that provide the maximum return at the same risk rate. In today's financial world, investors determine the optimal portfolio, not only depending on risk and return, but also take into account many financial parameters. Thus, optimization problems

turn into multi-objective and large-scale optimization problems. In these cases where classical methods are inadequate, heuristic algorithms are used which give close to optimum results. The aim of this study is to determine the optimal portfolio with minimum risk and maximum return through the differential evolution algorithm which is one of the heuristic algorithms. In this context, portfolio optimization problem was solved by using the differential evolution algorithm by taking the daily closing values of the stocks in BIST 30 between 3 January 2019 and 14 February 2019 as the training data set. Considering the number of stocks determined by the investor in advance, the optimal weights of the stocks that make up the portfolio were determined in R program by the heuristic algorithm. The results obtained with the differential evolution algorithm were applied to the test data set between February 15 and February 20, 2019 and the performances of the portfolios were compared. As a result, the cardinality constrained mean variance portfolio whose investment coefficients are determined according to beta coefficients considering the downward trend of the market, was selected as optimal portfolio.

Keywords: Portfolio optimization, heuristic algorithms, differential evolution algorithm

1.1 Literatür Özeti

Literatürde, kardinalite kısıtlı portföy optimizasyonu, çok amaçlı portföy optimizasyonu ve diferansiyel gelişim algoritması ile ilgili yapılmış çalışmalar aşağıda yer almaktadır.

Akyer ve arkadaşlarının çalışmasında, modern portföy teorisinin temellerini atan Markowitz tarafından ortaya çıkan ortalama-varyans modeline eklenen hisse senedinde yer alacak kısıt sayısı ile kısıtlı portföy optimizasyonu problemini ele almışlardır. Kısıtlı portföy optimizasyonu probleminin çözümü için kesin çözümlere ulaştıran matematiksel programlama teknikleri yerine optime yakın çözümler veren parçacık sürü optimizasyonu (PSO) tekniği kullanılmıştır. Portföye dâhil edilecek farklı sayılardaki hisse senetleri kısıtı ve ortalama öklid uzaklığı, getirinin varyans hatası ve ortalama getiri hatası performans ölçütleriyle farklı risk seviyelerine göre portföyde yer alacak hisse senedi sayısının farklı olacağı sonucuna ulaşılmıştır [1].

Deng ve arkadaşlarının çalışmasında 1992 ve 1997 yılları arasındaki Hong Kong piyasasında Hang Seng 31, Almanya piyasasında DAX100, İngiltere piyasasında FTSE 100, Amerika piyasasında S&P 100 ve Japonya piyasasında Nikkei 225 hisse senetlerinin aylık kapanış fiyatları kullanılmıştır. PSO algoritmasının performansını karşılaştırmak için, genetik algoritma, tavlama benzetimi ve tabu araştırması yöntemleri seçilmiştir. Kardinalite kısıtlı Markowitz portföy optimizasyon modelinde PSO algoritması diğer algoritmalara göre düşük riskli yatırımlarda daha verimli sonuçlar verdiği görülmüştür. Gelecekteki çalışmalarda karınca kolonisi algoritması ile problem yeniden çözülmeye çalışılacaktır [2].

Keskintürk çalışmasında diferansiyel gelişim algoritması ve genetik algoritmayı literatürde yer alan 4 farklı doğrusal olmayan optimizasyon problemleri için karşılaştırmıştır. Problem 1 ve 2 için farklı F katsayısı değerleri ve farklı jenerasyon

sayıları ile çalışılarak lokal optimumlara takılmadan global optimuma ulaşılmaya çalışılmış ve ikili genetik algoritma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Problem 3 ve 4 için diferansiyel gelişim algoritması ceza fonksiyonu metodu, geleneksel genetik algoritma ve melez genetik algoritmalar ile karşılaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda diferansiyel gelişim algoritmasının ikili GA' ya göre çok daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür. Ayrıca diferansiyel gelişim algoritmasının sürekli değerlerin kullanıldığı optimizasyon problemlerinde genetik algoritmadan daha iyi performans gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır [3].

Genel çalışmasında standart Markowitz modeli ve kısıtlı Markowitz modeline göre optimizasyon problemini genetik algoritma ile çözümlenmiştir. 03.06.2002-31.12.2002 yıllarına ait IMKB-30 hisse senetlerinin 6 aylık günlük 2.seans kapanış fiyatlarından oluşan veri seti kullanmıştır. Kısıtlı optimizasyon probleminde kısıt olarak en fazla 7 hisse senedinin yer alması belirlenmiştir. Yapılan çalışmada genetik algoritmanın standart modelde olduğu gibi varlık sayısı kısıtı konulmuş modelde de iyi performans sergilediği sonucuna ulaşılmıştır [4].

Cura çalışmasında, kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modelini sezgisel yöntem olan parçacık sürü optimizasyonu ile çözmeye çalışmıştır. Elde ettiği sonuçları genetik algoritma, tabu araması ve tavlama benzetimi yöntemleri ile karşılaştırmıştır. Çalışmasında 1992-1997 yıllarında Hong Kong piyasasında Hang Seng 31, Almanya piyasasında DAX100, İngiltere piyasasında FTSE 100, Amerika piyasasında S&P 100 ve Japonya piyasasında Nikkei 225 hisse senetlerinin aylık kapanış fiyatlarını kullanmıştır. 5 farklı piyasada işlem gören hisse senetlerini ortalama öklid uzaklığı, getirinin varyans hatası, ortalama getiri hatası ve optimuma ulaşma zamanı kriterleri baz alınarak parçacık sürü optimizasyonu, tabu araması, genetik algoritma ve tavlama benzetimi algoritmaları kullanılarak sonuçlar elde etmiştir. Cura çalışmasında Akyer ve arkadaşlarının yaptığı çalışmadan farklı olarak algoritmaların optimum çözüme ulaştırma hızlarını da karşılaştırmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda PSO algoritmasının düşük riskli yatırım yapmak isteyen yatırımcı için daha iyi sonuçlar gösterdiği tespit edilmiştir [5].

Parçacık sürü optimizasyonu ve diferansiyel gelişim algoritması kullanılarak Das ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada sonlu darbe cevaplı filtrele tasarım problemi

karmaşık yapısından dolayı sezgisel algoritmalar ile çözülmeye çalışılmıştır. Kısıtlı amaç fonksiyonunu minimizasyon problemi için optimal çözümü veren yöntem parçacık sürü optimizasyonu ve diferansiyel gelişim algoritmasının birlikte kullanıldığı yöntemdir. Genetik algoritma, parçacık sürü optimizasyonu ve diferansiyel gelişim algoritmasından daha iyi bir sonuç vermiştir [6].

2014 yılında Yaman'ın yapmış olduğu çalışmaya bakılacak olursa portföy optimizasyonu problemi için 31 menkul değere sahip olan Hong Kong borsası Hang Seng verisini kullanmıştır. Optimal çözüme ulaşabilmek için Gbest topolojisinden yararlanmıştır. Hong Kong borsası verisi ile nicelik kısıtlı portföy optimizasyon modeli ve Sharpe Oranı modeli üzerinden çalışmıştır. İki farklı model için standart parçacık sürü optimizasyonu ve değiştirilmiş parçacık sürü optimizasyonu kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda parçacık sürü optimizasyonu modeli optimum değerler vermiştir [7].

Kaya ve Kocadağlı 2012 yılında Eylül 2011-Ekim 2011 dönemleri IMKB 30 günlük kapanış fiyatları üzerinden Markowitz ortalama – varyans modeli, Sharpe tek indeks ve Konno ve Yamazaki ortalama mutlak sapma modellerini baz alarak optimal portföyler elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan modellere piyasanın eğilimine göre beta katsayısı kısıtları eklenerek başarılı, yeni bir portföy seçim modeli ortaya konmuştur [8].

Yakut ve Çankal'ın 2016 yılında yaptıkları çalışmada Markowitz'in ortalama-varyans modeli çok amaçlı genetik algoritma ve hedef programlama ile ele alınmıştır. BIST 30'da yer alan hisse senetlerinin 2004- 2013 yıllarına ait 120 aylık kapanış fiyatları üzerinden çalışma yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda hedef programlama portföy optimizasyon sonuçlarının çok amaçlı genetik algoritma portföy optimizasyon sonuçlarına göre daha iyi performans sergilediği sonucu elde edilmiştir [9].

1.2 Tezin Amacı

Tez çalışmasının amacı, Markowitz'in ortalama-varyans modeline beta katsayılarına göre yatırım oranı kısıtı ve kardinalite kısıtı ekleyerek elde edilen çok amaçlı portföy

optimizasyon problemini sezgisel algoritmalarından birisi olan diferansiyel gelişim algoritması ile çözmektir.

1.3 Hipotez

Bu tez çalışmasının hipotezi, beta katsayılarına göre yatırım oranı belirlenmiş kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modelinin karmaşık yapısından dolayı yetersiz kalan geleneksel yöntemler yerine diferansiyel gelişim algoritması ile optimal çözüme ulaşacağını savunmaktadır. Hipotez için, pazarın azalan eğilimini göz önüne alarak beta katsayısının 0'dan küçük, 0 ile 1 arasında ve 1'den büyük olduğu üç duruma göre yatırım oranı kısıtı eklenmiş kardinalite kısıtlı ortalama-varyans portföy modeli önerilmiştir. Hipotezin doğruluğunu test etmek için eşit ağırlıklı model, Markowitz'in ortalama-varyans modeli, kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modeli ve beta katsayısının 1'den büyük ve 1'den küçük olduğu iki duruma göre yatırım oranı kısıtı eklenmiş kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modeli benchmark portföyler olarak oluşturulmuş ve önerilen portföy modeli ile sonuçlar kıyaslanmıştır.

2.1 Portföy Tanımı

Portföy, birden çok menkul kıymetin bir araya getirilmesiyle oluşan yeni bir finansal varlık olarak ifade edilebilir. Portföy kelimesi anlam olarak “cüzdan” kelimesine karşılık gelmektedir. Portföyün anlamı “Gerçek veya tüzel bir kişinin kazanç sağlamak amacıyla oluşturduğu mali varlıklar bütünü ” olarak ifade edilmektedir [10].

Portföy, yatırımcıların belirledikleri amaçlar doğrultusunda sahip oldukları, birbirleriyle ilişki içerisinde olan ve kendine has ölçülebilir niteliklere sahip yeni bir varlıktır. Portföy, çeşitli menkul kıymetlerden meydana gelen, ağırlıklı olarak hisse senedi, tahviller gibi menkul kıymetlerden ve türev ürünlerden oluşan, belirli bir kişi veya grubun elinde olan finansal nitelikli kıymetler olarak tanımlanabilir. Portföy, yatırımcıların elinde bulunan veya yatırımcı adına kullanılan menkul kıymetlerin tümünü ifade etmektedir. Menkul kıymet açısından ise portföy, menkul kıymetlerden oluşan bir menkul kıymet kümesidir.

Yatırımcılar portföy oluşturarak kendilerini aşırı riske karşı sigortalamak istemektedirler. Portföy, Fransızca kökenli bir kelime olup portefeuille kelimesinden türemiştir [11].

Kişiler geçmişteki tasarruflarını değerlendirmek adına yatırım yaparak servetlerini oluşturmak isterler. Kişilerin ve kurumların oluşturdukları servetlerin tamamına portföy denilebilir.

Portföy, belirli kişi veya grubun elinde bulunan daha çok hisse senedi, tahvil gibi menkul kıymetler ile türev araçlarından oluşan finansal nitelik olma özelliği taşıyan kıymetlerdir [12].

2.2 Portföy Çeşitleri

Portföyün ne tür varlıklardan meydana geleceği yatırımcının kendi isteğine bağlıdır. Yatırımcı riski sevme ya da riskten kaçınma isteği, zaman aralığı, varlıkları elden çıkarabilme hızı gibi etmenleri göz önünde bulundurarak portföy oluşturmalıdır.

Portföy çeşitleri yatırımcıların risk iştahlarına bağlı olarak oluşturmak istedikleri optimum bileşimi oluşturmaları açısından önem arz etmektedir. Portföylerin içerdikleri varlıklara göre dört farklı portföy çeşidinden söz edilebilir. Çeşitli menkul varlıklara göre oluşturulmuş portföylere aşağıda yer verilmiştir:

- Tahvillerden Oluşan Portföyler,
- Hisse Senetlerinden Oluşan Portföyler,
- Hisse Senetleri ve Tahvillerden Oluşan Portföyler,
- Diğer Yatırım Araçlarından Oluşan Portföyler [13].

2.2.1 Tahvillerden Oluşan Portföyler

Tamamı tahvilden oluşan portföylerde tahvilin getirisi sabittir. Tahviller ait oldukları kişilere alacaklı olma hakkı verir, ancak bu kişiler kurumun yönetimine katılamazlar. Kurum ile ilişkinin vadesi sınırlıdır.

2.2.2 Hisse Senetlerinden Oluşan Portföyler

Yatırımcıların risk seviyelerine bağlı olarak oluşturdukları portföylerdir. Uzun vadeli yatırım amaçlayan yatırımcının tercih ettiği portföy çeşididir. Portföy seçerken sektör çeşitlendirmesi yapılabilir ve hisse senetleri getirileri arasında düşük korelasyona sahip hisse senetlerinden portföy oluşturulabilir.

2.2.3 Hisse Senetleri ve Tahvillerden Oluşan Portföyler

Yatırımcının en çok tercih ettiği portföy çeşididir. Anapara belirli oranlarda hisse senedi, türev ve tahvil gibi varlık arasında pay edilerek portföy oluşturulur. Güven ve kârlılık etmenlerinin optimal bileşimi ile oluşan dengeli portföylerdir.

2.2.4 Diğer Yatırım Araçlarından Oluşan Portföyler

Tahviller ve hisse senetleri dışında kalan yatırım araçlarıyla oluşturulan portföylerdir. Portföy istatistiksel yöntemlerle tespit edilmiş verimli varlıklar arasından seçim yapılarak oluşturulmaktadır.

Portföye dahil edilebilecek hisse senedi ve tahvil dışındaki yatırım araçları aşağıdaki gibidir:

- Varantlar,
- İmtiyazlı Hisse Senetleri,
- Menkul Kıymetler Yatırım Fonu Katılma Belgeleri,
- İpotekli Sermaye Piyasası Araçları,
- Katılma İntifa Senetleri,
- Banka Bonoları ve Banka Garantili Bonolar,
- Finansman Bonoları,
- Hazine Bonoları,
- Kıymetli Maden Bonoları,
- Gayrimenkul Sertifikaları,
- Altın ve Altın Sertifikaları,
- Yabancı Sermaye Piyasası Araçları,
- Döviz ve Döviz Tevdiat Hesapları,
- Repo,
- Opsiyon Sözleşmeleri,
- Vadeli işlem (Futures) Sözleşmeleri,
- Mevduat ve Mevduat Sertifikaları,
- Kâr/Zarar Ortaklığı Belgeleri,
- Varlığa Dayalı Menkul Kıymetler.

Portföy yatırımcının riske toleransına bağlı olarak isteği doğrultusunda oluşturulmaktadır; ancak yatırımcının isteği kadar yatırım araçlarının getiri ve risk karşılaştırmaları yapılarak karar verilmesi de önemlidir [10].

2.3 Portföy Yönetimi

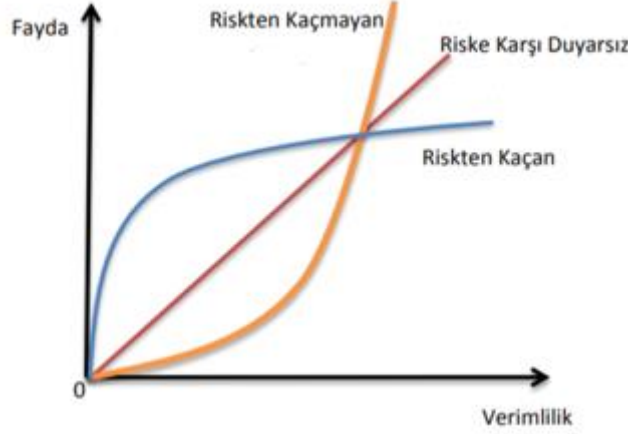
Portföy yönetimi, yatırımcının elindeki parayı ya da fonu varlıklar arasında minimum risk ve maksimum kâr sağlayacak şekilde pay etmesidir. Temel amaç, hangi finansal varlığın hangi oranda portföyde yer alacağını belirlemektir. Belirli bir miktar kaynağın yatırımcının isteklerine bağlı olarak enflasyon üzerinde en yüksek getiriyi sağlayacak şekilde finansal varlıklara yatırılması, değişen koşullara göre

zaman içinde gerekli ağırlıkların değiştirilmesi ve performansın sürekli değerlendirilmesi süreci portföy yönetimi olarak ifade edilmektedir [14].

Portföy yönetimi, ekonomik, politik, sektörel bilgiler ışığında, belirli kısıtlar altında yatırımcının hedeflerine göre çözülmeye başlayan, çözüm sonrası da sürekli portföyün başarısının izlenerek performansının değerlendirilmesinden oluşan sürdürülebilirliği olan bir sistemdir. Diğer bir ifade ile yatırımcının ihtiyaçlarını karşılayabilmek amacı ile sayısal yöntemlerle finansal varlıkların yatırımlarının planlanması, seçimi ve yönetiminden oluşan bütünlük portföy yönetimi olarak adlandırılır. Portföy yönetimi yatırımcının sahip olduğu kaynaklarla oluşturmak istediği finansal varlıkların seçimini ve portföyde hangi ağırlıklarla yer alacağı konusundaki metot ve teknikleri içermektedir. Amaç, riski çeşitlendirerek azaltmaktır [10].

Başarılı portföy yönetimi için yatırımcıların doğru portföy yöneticileri seçmeleri de önemli bir faktördür. Portföy yöneticisi portföyü oluştururken yatırımcıların hedefledikleri getiri ve riski göz ardı etmeden süreci yönetmelidir. Aksi takdirde yatırımcıyı getiriden elde edebileceği maksimum faydadan mahrum edebilir [15].

Başarılı portföy yönetimi için uygulanacak adımlar yatırımcıların risk iştahlarına bağlı olarak farklılık göstermektedir. Yatırımcılar riske karşı duyarlılıklarına göre üç türe ayrılmaktadır. 1. Riskten kaçan yatırımcı, 2. Riske karşı kayıtsız yatırımcı, 3. Risk seven yatırımcı. Bu üç durum Şekil 2.1'de gösterilmektedir [13].



Şekil 2. 1 Risk Karşısında Yatırımcı Tipleri [13]

Riskten kaçan yatırımcılar riski sevmezler ve risk almaktan korkarlar. Aynı getiri seviyesinde riski en az olan portföye yatırım yapmayı tercih ederler. Bu duruma bağlı olarak yatırımcı için getirinin marjinal faydası negatif olur. Marjinal fayda, ilave her bir birimin toplam fayda da yarattığı değişikliktir. Riskten kaçan yatırımcıların diğer bir özelliği ise vadeye bağlı olarak yatırım kararı verirler. Uzun vadede sahip oldukları fonların büyük çoğunluğunu hisse senetlerine yatırma eğilimi gösterirler. Ayrıca yatırım için beta katsayısı düşük hisse senetleri daha idealdir [16].

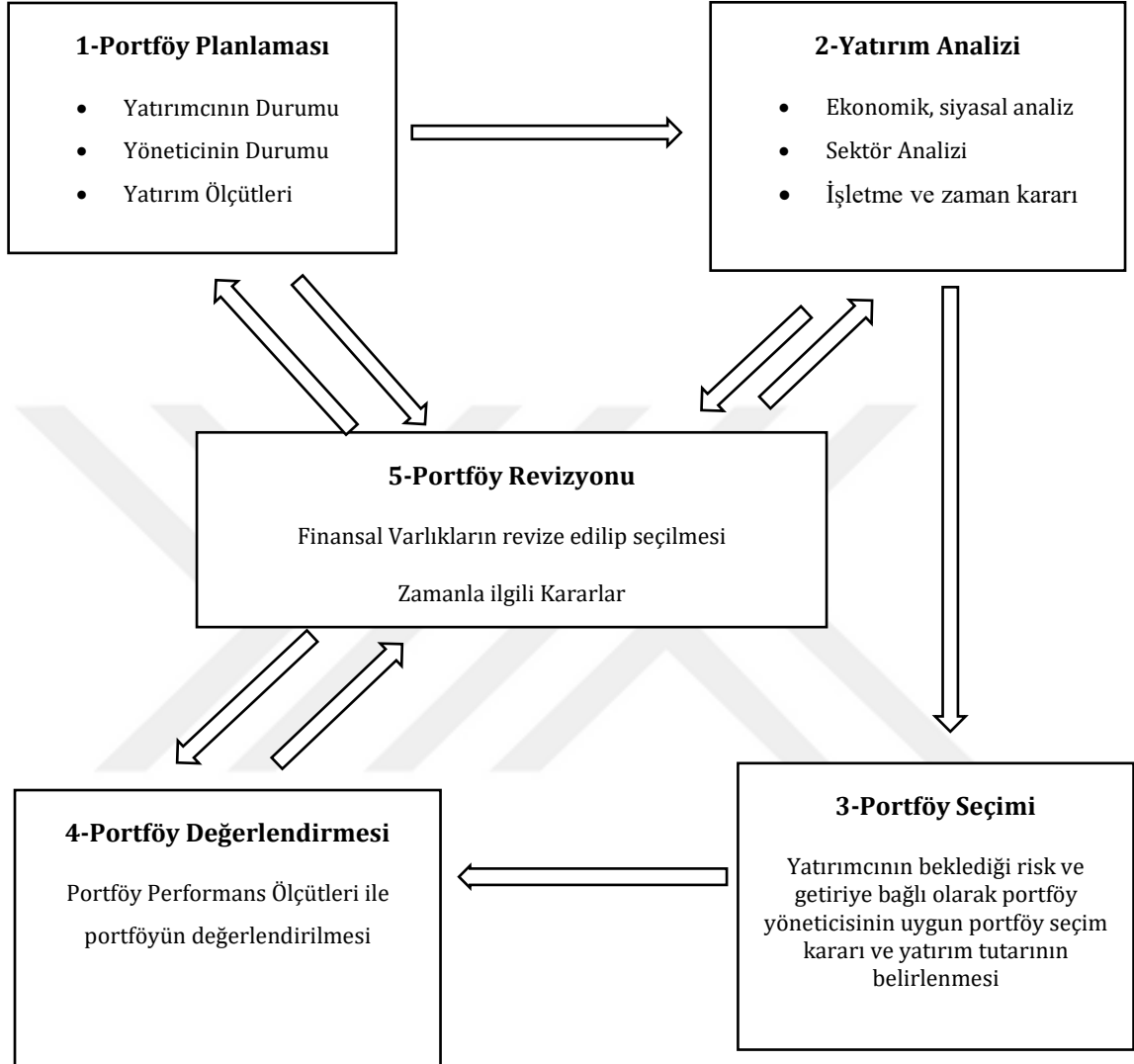
Riske karşı duyarsız yatırımcı riskin ne olduğuyla ilgilenmez. Yatırım yaparken risk ve getiri arasındaki ilişkiyi göz ardı eder. Riske karşı kayıtsız olan yatırımcı için riskten bağımsız olarak beklenen getiriye göre yatırım kararı alır [10].

Riski seven yatırımcılar için yatırımının beklenen faydası, yatırım yapmamamın beklenen faydasından büyüktür. Bu tür yatırımcılar için marjinal fayda 1'den büyük olarak ifade edilir [12].

2.3.1 Portföy Yönetim Süreçleri

Portföy yönetimi yatırımcının istekleriyle başlayan, kısıtlı kaynaklarla doğru finansal varlıkların seçildiği ve değişen koşullara karşı sürekli kontrol edilmesi gereken bir süreçtir. Portföy yönetimi şartlara göre kolay ya da zor, sayısal ya da mantıksal karar vermek gerektiren, dinamik, sistematik ve süreklilik isteyen bir süreçtir.

Portföy yönetim süreci beş aşamadan oluşmaktadır. Aşamalar ve arasındaki ilişki Şekil 2.2'deki gibi gösterilmektedir [16].



Şekil 2. 2 Portföy Yönetim Süreci [17]

2.3.1.1 Portföyün Planlanması

Portföy yönetim sürecinin ilk ve en önemli adımıdır. Yatırımcı tarafından ya da yatırımcı adına karar verici olan portföy yöneticisi tarafından yatırım koşulları, yatırım olanakları belirlenir.

Portföy planlaması, aşağıdaki konuları kapsar:

- Yatırımcının durumunun araştırılması,

- Yatırım uzmanının ya da portföy yöneticisinin durumunun belirlenmesi,
- Portföy yöneticisine kılavuzluk edecek yatırım kriterlerinin belirlenmesi.

2.3.1.2 Yatırım Analizi

Portföye dâhil edilecek finansal varlıkların değerlendirildiği aşamadır. Sayısal teknikler kullanılarak geleceğe yönelik tahminler oluşturulabilir. Yatırım için uluslararası ya da ulusal ekonomi, sosyal, siyasal ve politik koşulların uygun olup olmadığına yönelik analizler yapılmalıdır. Daha sonra sektörlerin kârlılık durumu, gelecekteki konumları, rekabet koşulları ve sektörel büyüme oranları dikkate alınarak yatırım için en uygun sektöre karar verilebilir. Sektöre karar verildikten sonra hangi işletmeye yatırım yapılacağını belirlemek için temel ve teknik analizler yapılır. Temel analiz hangi işletmeye yatırım yapılacağını, teknik analiz ise yatırım için en uygun zamanın hangisi olacağını ortaya koyan yöntemdir [12].

2.3.1.3 Portföy Seçimi

Portföy seçimi yatırım gruplarına ne kadar tutarda yatırım yapılması gerektiğinin belirlenmesi ile başlar. Yatırım grupları içerisinde yer alan farklı finansal varlıklar için farklı yatırım tutarları belirlenebilir. Portföy yöneticisi yatırımcı adına ilk girişimini bu aşamada yapar. Portföyün yüzde kaçının sabit faizli menkul kıymet, yüzde kaçının hisse senedinden oluşacağına karar verir [18].

2.3.1.4 Portföy Değerlendirmesi

Portföyün belirlenen yatırım süresi içerisinde ortaya koyduğu performansın değerlendirildiği, başta belirlenen portföyün amaç ve beklentileriyle karşılaştırıldığı evredir [15].

2.3.1.5 Portföy Revizyonu

Portföy revizyonu, menkul kıymetlerin alım ve satımına ihtiyaç olup olmadığına, hangi varlıklara hangi yüzdede değişiklik yapılması gerektiğine, yatırım zamanının ne zaman olacağına cevap arar [11].

Portföyü oluşturan finansal varlıklar değişen koşullara bağlı olarak zaman zaman portföyden çıkartılarak yerine farklı varlıklar portföye eklenerek portföy verimliliği artırılabilir [18].

2.4 Portföy Yaklaşımı

Portföy yönetiminde amaç, sistematik olmayan riski çeşitlendirme yoluyla minimize etmektir. Riskin azaltılması hatta yok edilmesi sürecinde finans dünyasında iki temel yaklaşım bulunmaktadır. Varlık sayısının arttırılmasıyla riskin azaltılacağını savunan 1900'lü yıllarda ortaya konan geleneksel portföy yaklaşımı ve varlıkların birbirleriyle ilişkilerini de dikkate alan 1952 yılında Markowitz tarafından ortaya konan modern portföy teorisidir.

2.4.1 Geleneksel Portföy Yaklaşımı

1950'li yıllara kadar hem teorik hem uygulamalı olarak yaygın kullanıma sahip geleneksel portföy yaklaşımının bilimsel bir dayanağı bulunmamaktadır. Uygulama açısından kolaylık sağladığı için birçok yatırımcı tarafından hâlen tercih edilen bir yaklaşımdır

Geleneksel portföy yaklaşımı aşağıda verilen maddelerden oluşmaktadır:

1. Yatırımcı hakkında bilgilerin bir araya getirilmesi,
2. Portföy amacının belirlenmesi,
3. Yatırım politikaları,
4. Portföye dâhil edilecek finansal varlıkların seçilmesi [19].

Birden fazla finansal varlıktan meydana gelen portföyün riski, tek bir finansal varlığın riskinden küçüktür. Portföy içindeki finansal varlıkların bazıları zaman içerisinde zarar edecek bazıları da kâr sağlayacağından aynı yönlü hareket etmemektedir. Bu nedenle de portföy riski tek bir finansal varlığın riskinden küçüktür. Bu anlayış geleneksel portföy yaklaşımının oluşmasını sağlamıştır. Geleneksel portföy yaklaşımında finansal varlık sayısı ve çeşidi arttıkça portföy riskinin dağıtılabileceği savunulmuştur. Bu yaklaşım, "bütün yumurtaları aynı sepete koymamak" şeklinde tanımlanmaktadır. Yatırımcılara beklenen getirisi yüksek, finansal varlık çeşidi fazla olan portföylere yatırım yapmaları önerilir. Yatırımcılar riskin nasıl ölçülüp, hangi yöntemlerle hesaplanacağını bilemedikleri için portföylerini riskten uzak tutmak isteği içerisinde oldukları [10].

Geleneksel portföy yaklaşımında, portföye ilave edilen yeni finansal varlığın portföyün riskine ve getirisine negatif ya da pozitif etkisinin olup olmayacağı ve portföyü oluşturan varlıklar arasındaki ilişkinin yönü, derecesi matematiksel olarak ifade edilmemiştir [20]. Bu teoride, yatırımcılar risk minimizasyonu sağlayabilmek için birden fazla finansal varlığa yatırım yaparak çeşitlendirme yapmaktadırlar. Riskin dağıtılmasının bu yöntem ile sağlanabileceği öngörülmektedir [21]. Geleneksel portföy yaklaşımının bilimsel bir dayanağı bulunmamasıyla birlikte kendine has kuralları ve ilkeleri olan bir sanattır. Bu nedenle, kişilerin bilgi ve tecrübelerine göre değişkenlik göstermektedir [22].

Portföy riskinin çeşitlendirme yapılarak azaltılacağı öne sürülen geleneksel portföy yaklaşımında aşırı çeşitlendirme de birçok soruna yol açmaktadır:

- Birden fazla finansal varlıktan oluşan portföylerin yönetimi oldukça güçtür ve araştırma maliyetleri fazladır.
- Portföyde finansal varlık sayısı arttıkça aracı giderleri artmaktadır [23].

Geleneksel portföy yaklaşımı finansal varlıklar arasındaki ilişkileri dikkate almamasından dolayı yatırımcıların doğru portföyü belirleme ve amaçladıkları maksimum getiriye sağlamaları için yetersiz ve eksik bir yaklaşım olarak görülmektedir. 1952 yılına gelindiğinde finans dünyasında riskin dağıtılması için farklı etmenleri de içine alan yeni bir yaklaşım ortaya çıkmıştır. Markowitz tarafından ortaya konulan yeni yaklaşım modern portföy yönetimidir.

2.4.2 Modern Portföy Yaklaşımı

Geleneksel portföy yaklaşımının zayıf yönlerine karşı 1952 yılında Markowitz tarafından "The Journal of Finance" Dergisi'nde yayınlanan "Portfolio Selection" makalesi ile modern portföy teorisinin temelleri atılmıştır. Markowitz makalesinde ortalama-varyans modelini ortaya koymuştur.

Modern portföy yaklaşımının varsayımları:

- Yatırımcılar riskten kaçınma eğiliminde olan bireylerdir.
- Getirilerin olasılık dağılımı normal dağılmaktadır.

- Aynı getiri seviyesinde minimum riske sahip, aynı risk seviyesinde maksimum getiriye sahip portföylere yatırım yapılır. Yani bazı portföyler diğerlerinden üstündür.
- Bazı durumlarda sistematik olmayan risk sifira bile indirilebilir.
- Modern portföy yaklaşımında sermaye piyasasında bilgiler hızlı ve doğru bir şekilde finansal varlıkların fiyatlarına yansır. Yatırımcı için finansal varlıklarla ilgili değişen bilgilere eş zamanlı erişilebilir.
- Açığa satışa izin verilmez ya da model sonu olmayan alım gücü baz alınarak oluşturulur.
- Piyasalar etkindir [8].

Markowitz, modern portföy yaklaşımında finansal varlıkların yalnızca geçmiş zamandaki performanslarının incelenmesinin yeterli olmadığını varlıkların birbirleriyle ilişkilerinin de incelenmesi gerektiğini öne sürmüştür. Finansal, politik, siyasal ve birçok sebepten dolayı finansal varlıklar sürekli değişkenlik göstermektedir. Bu durumda da varlıklar arasındaki ilişkinin yönünü, derecesini ölçen korelasyon kusursuz değildir [24].

Modern portföy teorisinde getirinin yüksek olmasını amaçlayan yatırımcıların sergiledikleri davranışlar aşağıdaki varsayımlara dayanmaktadır:

- Yatırımcılar riski, getiride meydana gelen değişimlere göre tahmin ederler.
- Yatırımcılar yatırım kararlarını beklenen getiri ve riske göre alırlar. Getiri, finansal varlıkların beklenen getirilerinin ortalaması ile risk ise varyans ile hesaplanmaktadır.
- Yatırımcılar, kısıtlı zaman için her yatırım seçeneğinin beklenen getirisinin olasılık dağılımına sahiptir.
- Yatırımcılar, belirli bir süre için beklenen faydalarını maksimize ederler ve fayda fonksiyonları azalan marjinal faydaya sahiptir.
- Yatırımcılar aynı risk seviyesinde yüksek getiriyi, aynı getiri düzeyinde düşük riski tercih ederler.
- Yatırımcılar rasyoneldir ve kazançlarını maksimize etmeyi hedefler
- Bütün yatırımlar için yatırım süresi tek periyottan oluşmaktadır [24].

Modern portföy yaklaşımında Markowitz finansal varlıkların getirileri arasındaki ilişkinin önemli olduğunu ve birbirleriyle tam pozitif ilişkisi olmayan finansal varlıkların portföye eklenmesiyle portföy riskinin azaltılabileceğini ifade etmiştir.

Yatırımların çeşitlendirme fikrinin matematiksel ifadesi ilk kez Markowitz tarafından ortaya atılmıştır. Yatırımcı için finansal varlıkların tek başlarına riskleri önemli değil, portföyün çeşitliliğine katkısı önemlidir [10].

Portföyde çeşitlendirme yapmanın iki temel prensibi bulunmaktadır:

- 1- Finansal varlıkların getirilerindeki belirsizlik, riskinden kaynaklanmaktadır.
- 2- Finansal varlıkların getirilerinin karşılıklı olarak birbirleriyle nasıl ilişkilendirileceği kovaryans ile karar verilmektedir.

Yatırımcılar çeşitlendirme yaparken aşağıdaki durumlara dikkat etmelidirler.

- Portföye fazla sayıda hisse senedi eklenmesi portföyü yönetmeyi zorlaştırabilir ve zamanın boşa harcanmasına, araştırma maliyetlerinin artmasına sebep olabilir.
- Çok sayıda finansal varlıktan oluşan portföyle ilgilenilirken yeterli bilgiye ulaşılamayabilir ve bu durumda fazla hisse senedi alınmasına sebep olabilir.

Ortalama-varyans modelinde finansal varlıkların getirilerinin normal dağıldığı ve kuadratik formda oldukları varsayılır [25]. Ancak "Mean Variance Versus Direct Utility Maximization" adlı makalede en iyi portföyde yer alan finansal varlıkların getirilerinin normallik varsayımını ihlâl edildiği ortaya konulmuş, ortalama-varyans modelinin başarısında normal dağılım şartının etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır [26].

Markowitz'in geleneksel portföy yaklaşımına üç önemli konuda katkısı olmuştur.

- 1- Harry M. Markowitz "Portfolio Selection" aldı makalesi ile finans dünyasına çeşitlendirme ve finansal varlıklar arasındaki ilişkinin dikkate alınmasıyla riskin düşürülebileceğini ve portföy riskinin finansal varlıkların riskinin toplamından daha küçük olacağını göstermiştir.
- 2- Portföyü oluşturacak varlıkların seçiminde üstünlük ilkesinin önemli olduğunu ortaya koymuştur. Üstünlük ilkesine göre getirileri eşit iki finansal varlıktan riski düşük olan, riskleri eşit olan iki finansal varlıktan getirisi daha

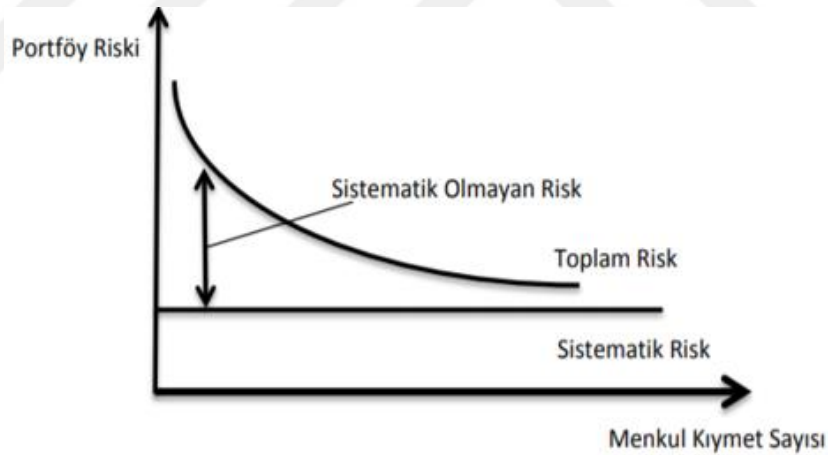
yüksek olan portföy içerisinde yer almalıdır. Etkin sınır ile portföye dahil olacak finansal varlıklar belirlenebilir.

3- Etkin sınır kuadratik programlama yöntemi ile oluşturulur [27].

2.5 Risk Kavramı

Yatırımcının ya da portföy yöneticisinin portföy seçim kararlarında yalnızca elde edilecek kazancı değil katlanmak zorunda kalacağı riski de göz önünde bulundurması gerekmektedir. Risk, gelecekte tahmin edilmeyen bir durumun ortaya çıkabilme olasılığıdır. Risk diğer bir deyişle, belirsizliktir. Risk, beklenen getiri ile gerçekleşen getiri arasındaki pozitif ya da negatif fark olarak ifade edilmektedir [10].

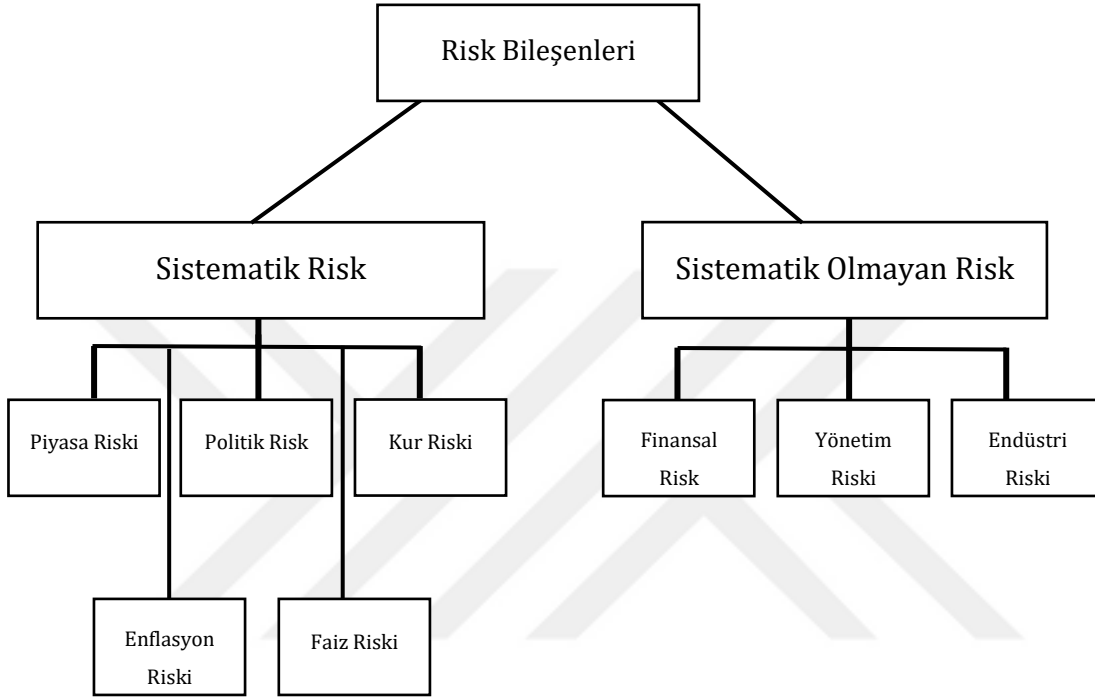
Yatırımcılar stratejileri doğrultusunda sahip olmak istedikleri minimum riskle maksimum gelirli portföy için portföyün riski ve getirisini doğru hesaplamalıdır. Risk, toplam riskin ölçülmesiyle hesaplanmaktadır. Toplam risk kontrol altına alıp yönetilme durumlarına göre sistematik ve sistematik olmayan risk olarak ikiye ayrılmaktadır [12].



Şekil 2. 3 Sistemik Ve Sistemik Olmayan Risk [12]

Şekil 2.3'ten de görüldüğü gibi, her portföy için mutlaka sistematik risk vardır ve yatay eksendedir. Finansal varlık sayısı azaldıkça ya da arttıkça değişmemektedir ancak oluşturulan portföylere bağlı olarak sistematik risk oranı değişmektedir. Sistemik olmayan risk portföye katılan farklı finansal varlıklarla yapılan çeşitlendirme yoluyla sistematik risk seviyesine kadar düşürülebilir [10].

Risk kaynakları sistematik risk ve sistematik olmayan risk olarak ikiye ayrılmaktadır. Sistematik risk ise kendi içerisinde enflasyon riski, faiz oranı riski, piyasa riski, politik risk ve kur riski olarak alt kırımlara ayrılmaktadır. Sistematik olmayan risk ise, finansal risk, yönetim risk ve iş ve endüstri riski olarak alt kırımlara ayrılmaktadır [19].



Şekil 2. 4 Risk Bileşenleri [17]

2.5.1 Sistematik Risk

Sistematik risk, ekonomik, politik, siyasal ya da sosyal değişimlere bağlı olarak tüm finansal varlıkların getirilerinde oynaklığa sebep olmaktadır. Piyasadaki tüm finansal varlıklar farklı oranlarda olsa bile ya hepsinin fiyatı yükselir ya da hepsinin fiyatı düşer [28].

Sistematik riskler, yatırımcının müdahale edemeyeceği ve ekonominin tamamını ilgilendiren risklerden oluşmaktadır [29].

2.5.1.1 Piyasa Riski

Piyasa riski, ekonomik nedenlerden çok büyük ölçüde psikolojik nedenlere bağlı olarak ortaya çıkan bir risk türüdür. Piyasalardaki oynaklığın finansal varlıkların getirilerinde yarattığı değişim olarak ifade edilebilir. Yatırımcılar piyasa risklerini

minimize etmek için seçeceği finansal varlıkların piyasada oluşacak farklılıklara karşı direncini hesaplamalıdır. Finansal varlıklar içerisinde en çok hisse senedi piyasa riskinden etkilenmektedir [30].

2.5.1.2 Politik Risk

Politik risk, ulusal ya da uluslararası alanda meydana gelen ekonomik krizler, savaşlar ve siyasi olayların finansal varlıkların getirileri üzerinde yarattığı değişiklikler olarak adlandırılmaktadır [15].

2.5.1.3 Enflasyon Riski

Enflasyon yani fiyatlar genel seviyesindeki artışa bağlı olarak satın alma gücünün azalması yatırımcılar için olumsuzluk ifade etmektedir. Yatırımcı enflasyon oranına göre yatırımları için farklı bir yol izleyebilir o nedenle enflasyon önemli bir etmendir. Enflasyon riskinden en fazla tahvil, repo gibi sabit getiri sağlayan finansal varlıklar etkilenmektedir [31].

2.5.1.4 Faiz Oranı Riski

Enflasyona bağlı olarak faiz oranlarında meydana gelen değişiklikler finansal varlıkların getirilerini olumlu ya da olumsuz etkileyebilir. Yatırımcı faiz oranı riskini sürekli takip ederek oluşabilecek zararları engelleyebilir ya da yatırımlarını değişikliklere göre yeniden revize edebilir [32].

2.5.1.5 Kur Riski

Kur riski, yatırımcıların kontrolü dışında döviz kurlarında aniden ortaya çıkan değişimler olarak ifade edilmektedir. Kur riski, döviz kurlarındaki oynaklık ve dövizin lokal paraya çevrilmesi ile finansal kuruluşların finansal ve mali yapılarındaki bozulma ile ortaya çıkan zararlardır. Döviz kurunda meydana gelen yükseliş enflasyonu oluşturan etmenlerdendir. Yatırımcı kur riskini enflasyondan bağımsız düşünmeden yatırımlarına yol vermelidir [33].

2.5.2 Sistemik Olmayan Risk

Sistemik olmayan risk, yönetilebilen, kontrol altına alınabilen ve işletmelerin kendi yapılarından kaynaklı ortaya çıkan risklerdir. Yönetim hataları, teknolojik hatalar örnek verilebilir. Doğru bir işletme yönetimi stratejisi ile kontrol edilebilir [29].

Sistematiik olmayan risk, çeşitlendirme yapılarak yönetilebilen bir risktir. Diğer bir deyiş ile çeşitlendirilmiş risktir [10].

2.5.2.1 Finansal Risk

İşletmelerin ödemekle yükümlü olduğu borçlarının artması, kârlılığının azalması, pazar payında meydana gelen azalış, faiz borçlarının yükselmesi gibi finansal riski oluşturmaktadır. Yatırımcı, yatırım öncesi işletmelerin finansal yükümlülüklerini yerine getirme durumlarını analiz etmelidir [32].

2.5.2.2 Yönetim Riski

Yöneticilerin yeteneklerine bağılı olarak ortaya çıkan risktir. Yöneticinin alacağı her yanlış karar, doğru stratejiler belirleyememesi, kararlarının uygulanmaması işletmeyi olumsuz etkileyebilir [31].

2.5.2.3 Endüstri Riski

Endüstri riski, işletmelerin bağılı olduğu endüstri kolundan ve içindeki konumundan dolayı maruz kaldığı risktir. İşletmenin tekel konumda olması ya da tam rekabet koşulları yatırımcının dikkat ettiği unsurlardandır. Yatırımcı, yatırımını yalnızca işletmenin finansal açıdan durumunun iyi olmasını değil, aynı zamanda içinde yer aldığı sektörde iyi olmasını değerlendirerek yapar [34].

2.6 Getiri Kavramı ve Temel Kavramlar

Getiri, bir yatırımdan belirli bir süre içinde yapılan yatırıma karşılık kazanılan geliri ifade etmektedir [25].

2.6.1 Dönemlik ve Beklenen Getiri

Belirli dönem için yapılmış yatırımdaki artış olarak ifade edilen dönemlik getiri aşağıdaki formül ile hesaplanmaktadır [35].

$$R_t = \frac{P_t - P_{t-1} + d}{P_{t-1}} \quad (2.1)$$

R_t = Finansal varlığın ilgili dönemdeki getirisi

P_t = t dönemindeki finansal varlığın fiyatı

P_{t-1} = t-1 dönemindeki finansal varlığın fiyatı

d = Kâr payı miktarı

Beklenen getiri; getirilerin aritmetik ortalaması alınarak aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$E(R_i) = \frac{\sum_{t=1}^N E(R_{i,t})}{t} \quad (2.2)$$

$E(R_{i,t})$ = finansal varlığın ilgili dönemlerdeki getirisi

t= dönem sayısı

2.6.2 Portföyün Beklenen Getirisi

Portföyün beklenen getirisi; portföyü oluşturan varlıkların beklenen getirileri ile ağırlıklarının çarpımlarının toplamına eşittir:

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^N w_i E(R_i) \quad (2.3)$$

$E(R_p)$ = Portföyün beklenen getirisi

w_i = i. finansal varlığın portföy içindeki ağırlığı

$E(R_i)$ = i. finansal varlığın beklenen getirisi

i=1,2,...,N

Burada önemli olan nokta ağırlıklar toplamı 1 e eşit olmalıdır.

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (2.4)$$

$0 \leq w_i \leq 1$ arasında değer alır [36].

2.6.3 Portföy Riski

Bir finansal varlığın riski, beklenen getiriden sapma olasılığı olarak ifade edilmekte, varyans ya da standart sapma ile ölçülmektedir. Varyans matematiksel olarak aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır [25].

$$\sigma^2 = \sum_{j=1}^N (r_j - \bar{r})^2 p_j \quad (2.5)$$

Portföyün varyansı ya da riski, portföy içerisinde yer alan finansal varlıkların birbirleriyle olan ilişkilerine bağlıdır. Varlıkların ilişkileri korelasyon ile ölçülmektedir. Diğer bir ifade ile portföy riski finansal varlıkların risklerine değil, aralarındaki kovaryansa bağlıdır [11].

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j Cov_{ij} \quad (2.6)$$

w_i = i. finansal varlığın ağırlığı

w_j = j. finansal varlığın ağırlığı

Cov_{ij} = i ve j finansal varlıkların getirileri arasındaki kovaryans

Portföy riski belirlenirken standart sapma ya da varyans yerine finansal varlıkların belirli zaman içindeki hareketliliğinin eş zamanlı uyumunu ölçmekte kullanılan kovaryans kullanılmaktadır. Bir başka deyişle kovaryans, finansal varlıkların zaman içerisindeki getirilerinin beklenen getiriden sapmalarının çarpımlarının toplamı olarak tanımlanmaktadır [25].

2.6.4 Kovaryans

Kovaryans $-\infty$ ile $+\infty$ arasında değer almaktadır. Kovaryans katsayısının sayısal değeri portföy için önem taşımamaktadır. Çünkü kovaryans katsayısı, finansal varlıkların getirilerin arasında ters yönlü ya da aynı yönlü ilişki olup olmadığı gösterir [12].

Kovaryansın pozitif çıkması, bir varlığın ortalama getiriden yüksek bir getiri sağlarken diğer varlığında aynı yönlü hareket ederek ortalama getirisinden yüksek getiri sağlayacağını ifade etmektedir. Kovaryans portföyün varyansının hesaplanmasında önemli bir rol oynar [37].

Geçmiş değerler kullanılarak hesaplanan kovaryans formülü aşağıdadır [38].

$$Cov_{i,j} = E\{[R_i - E(R_i)][R_j - E(R_j)]\} \quad (2.7)$$

$Cov_{i,j}$ = i. ve j. finansal varlıklar arasındaki kovaryans değeri

$E(R_i)$ = i. varlığın beklenen getirisi

2.6.5 Korelasyon Katsayısı

Kovaryans finansal varlıkların getirilerinin arasındaki ilişkiyi ifade etmek için kullanılırken korelasyon ilişkinin derecesi hakkında yatırımcıya bilgi verir.

Korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer almaktadır. Finansal varlıklar arasında korelasyon -1 e doğru daha yakın bir değer çıkarsa finansal varlıkların birinin değeri artarken, diğerinin azalmasını ifade etmektedir. Yatırımcılar için

portföye dahil edilecek varlıklar arasında -1 çıkması en ideal bir durumdur. Böylece risk minimize edilmesi sağlanabilir. Korelasyon katsayısının +1 olması ise yatırımcının tercih etmek istemediği bir olaydır. Korelasyon katsayısının 0 olması ise varlıklar arasında doğrusal bir ilişkinin var olmadığını gösterir [10].

Korelasyon hesaplama formülü aşağıda gösterilmiştir.

$$Cor_{i,j} = \frac{Cov_{i,j}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2.8)$$

$Cor_{i,j}$ = i. ve j. varlıklarının arasındaki korelasyon katsayısı

$Cov_{i,j}$ = i. ve j. finansal varlıklar arasındaki kovaryans değeri

σ_i = i. finansal varlığın standart sapması

σ_j = j. finansal varlığın standart sapması

Finansal varlıklar arasında korelasyon azaldıkça, risk azalır [10].

2.6.6 Beta Katsayısı

Beta katsayısı, finansal varlıkların oynaklığını, piyasanın oynaklığı ile ele almaktadır. 1964 yılında William Sharpe tarafından geliştirilen Sermaye Varlıklarını Fiyatlandırma Modeli'ne göre beta katsayısı, sistematik riskin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Beta katsayısı hesaplama formülü aşağıda gösterilmiştir.

$$\beta_i = \frac{Cov(R_i, R_m)}{\sigma_m^2} \quad (2.9)$$

β_i = i. finansal varlığı betası

R_i = i. finansal varlığın getirisi

R_m = piyasa portföyünün getirisi

$Cov(R_i, R_m)$ = i. finansal varlık ile piyasa portföyünün getirisi arasındaki kovaryans

σ_m^2 = piyasa portföyünün varyansı

(2.32) denklemine göre pazar endeksinin betası daima 1'e eşittir. Herhangi bir finansal varlığın beta katsayısı, pazar endeksinde meydana gelen dalgalanmalara karşı hassasiyetini gösterir ve izleyen şekilde yorumlanır:

Beta < -1 ise hisse senedi, endeks ile ters yönde hareket eder ve endekse daha çok tepki verir. Endeks yükselirken hisse senedi daha çok düşer; tersine endeks düşerken hisse senedi daha çok yükselir.

Beta = -1 ise hisse senedi, endekse göre aynı riske sahip olup endeks ile ters yönde hareket eder.

-1 < Beta < 0 ise hisse senedi ile endeks ters yönde hareket eder ve endekse daha az tepki verir. Endeks yükselirken hisse senedi daha az düşer; tersine endeks düşerken hisse senedi daha az yükselmektedir.

Beta = 0 ise hisse senedi ile endeks arasında doğrusal bir ilişki yoktur.

0 < Beta < 1 ise hisse senedi, hisse senedi, endeks ile aynı yönde hareket eder ve endekse daha az tepki verir. Endeks yükselirken hisse senedi daha az yükselir; tersine endeks düşerken hisse senedi daha az düşmektedir.

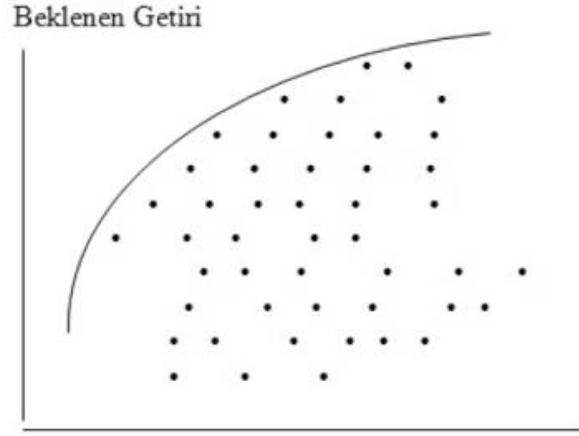
Beta= 1 ise hisse senedi, endekse göre aynı riske sahip olup endeks ile aynı yönde hareket eder.

Beta > 1 ise hisse senedi, endeks ile aynı yönde hareket eder ve endekse daha çok tepki verir. Endeks yükselirken hisse senedi daha çok yükselirken endeks düştüğünde ise hisse senedi daha çok düşmektedir. [10]

2.7 Etkin Sınır ve Etkin Portföy

Yatırımcılar için etkin portföy, Markowitz'in modern portföy yaklaşımında belirttiği gibi aynı risk düzeyinde en yüksek getiriyi sağlayan portföy, aynı getiri seviyesinde en düşük risk taşıyan portföylerdir. Finans dünyasında etkin portföyleri birleştiren eğri "etkin sınır" olarak adlandırılmaktadır [25].

Portföylerin getiri risk düzlemine konulmasıyla elde edilen bölgenin üst kısmını gösteren etkin sınır, yatırımcının istekleri doğrultusunda tercih edebileceği optimal portföyleri gösterir [39].



Şekil 2. 5 Etkin Sınır [43]

Şekil 2.5'te etkin portföylerin birleştirilmesiyle oluşan eğri etkin sınırı göstermektedir. Etkin sınır üzerindeki her nokta ayrı bir finansal varlığı ifade etmektedir. Üst taraftaki noktalar aşağıdakilere göre kazancı daha fazla olan finansal varlıklardır [40].

Markowitz'e göre yatırımcının hedefi etkin sınır üzerinde yer alan portföyleri belirlemektir. Etkin sınırdaki her nokta için, o noktaya karşılık gelen beklenen risk ve getiri sağlayan tüm mevcut yatırımlardan yapılabilecek bir portföy bulunmaktadır. Genellikle grafikte çizilen bir portföyün beklenen getirisine karşı riski karşılaştırınca grafik üzerinde bir eğri olarak tasvir edilir. Bu eğri boyunca çizilen optimal portföyler, söz konusu risk tutarı için mümkün olan en yüksek yatırım getirisini temsil etmektedir [10].

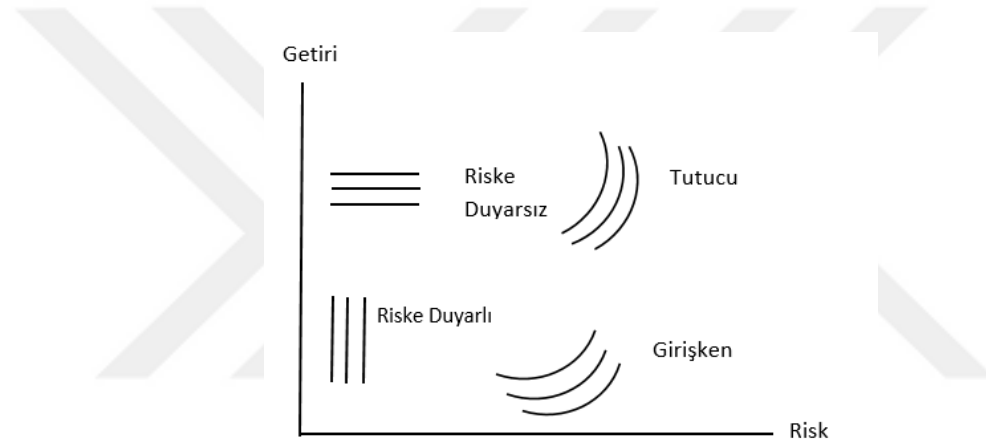
2.8 Kayıtsızlık Eğrisi

Yatırımcı kayıtsızlık eğrisine göre yatırım yapmakta istekli olduğu en iyi portföyü belirler. Kayıtsızlık eğrisi, yatırımcının risk ve getiri bileşimlerinden oluşmaktadır. Kayıtsızlık eğrileri asla ortak bir noktada buluşmazlar ve aynı kayıtsızlık eğrisi üzerindeki portföyler yatırımcı için eşit fayda sağlayacağını ifade etmektedir [41].

Yatırımcı için optimum portföy kayıtsızlık eğrilerinin etkin sınırı teğet geçtiği noktada yer alan portföydür.

Kayıtsızlık eğrileri yatırımcıların getiri ve risk tercihleri arasındaki ilişkiyi ifade eden eğrilerdir. Aynı risk seviyesinde en yüksek getiriyi sağlayan portföy etkin

portföydür. Kayıtsızlık eğrisinde yatay eksen riski, dikey eksen getiriye ifade etmektedir. Kayıtsızlık eğrisinde optimal yatırım için kuzeybatı yönüne bakan portföyler tercih edilmelidir. Yatırımcıların riske duyarlılıklarına göre kayıtsızlık eğrileri değişkenlik göstermektedir. Riske tamamen duyarsız yatırımcı tipinde kayıtsızlık eğrisi yatay eksene paralel şekildedir. Bunun anlamı; yatırımcı için risk küçük ya da büyük olsun hedeflediği getiriden aldığı memnuniyet aynıdır. Riske tamamen duyarlı yatırımcı, en düşük risk seviyesinde en yüksek getiriyi kazanmak ister ve riski arttırmak istemez. Girişken yatırımcı, getiri seviyesindeki küçük bir artış için yüksek riske katlanma eğilimindedir. Tutucu yatırımcı tipi için risk getiriden daha önemlidir. Riskteki küçük değişikliğe ancak getiride meydana gelecek yüksek getiri ile katlanabilir [41].



Şekil 2. 6 Getiri Ve Risk İle İlgili Kayıtsızlık Eğrileri [41]

2.9 Portföy Optimizasyon Modelleri

2.9.1 Ortalama-Varyans Modeli

Markowitz tarafından 1952 yılında ortaya konulan ortalama-varyans modeli ile portföyün toplam riskinin portföyü oluşturan finansal varlıkların tek tek risklerinin toplamından küçük olduğu ortaya çıkmıştır. Bu model aynı risk seviyesinde portföylerin bazılarının daha yüksek getiri, aynı getiri seviyesinde ise bazılarının daha küçük risk taşıyan portföyler olabileceğini ifade etmektedir [42].

Kuadratik programlama yapısındaki Markowitz'in ortalama-varyans modeli, yatırımcının hedeflediği minimum getiri seviyesi kısıtı altında portföy riskini minimize eder ve izleyen şekilde tanımlanır:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} \quad (2.10)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{i=1}^N w_i E(R_i) \geq R^* \quad (2.11)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (2.12)$$

$$0 \leq w_i \leq 1 \quad i=1,2,\dots,N$$

N : portföyde bulunan varlık sayısı

$E(R_i)$: i. varlığın beklenen getirisi

σ_{ij} : i ve j varlıkları arasındaki kovaryans

R^* : yatırımcının hedeflediği minimum getiri seviyesi

w_i : i. varlığın portföy içerisindeki ağırlığı

Markowitz ortalama-varyans modeli diğer bir deyişle, yatırımcının üstlenmek istediği maksimum risk seviyesi kısıtı altında portföyün beklenen getirisini maksimize etmek olarak da tanımlanabilir. Matematiksel gösterimi şu şekildedir:

$$\max \sum_{i=1}^N w_i E(R_i) \quad (2.13)$$

Kısıtlar $\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} \leq \sigma^* \quad (2.14)$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (2.15)$$

$$0 \leq w_i \leq 1 \quad i=1,2,\dots,N \quad (2.16)$$

σ^* : yatırımcının üstleneceği maksimum risk seviyesi

Ortalama-varyans modeli ile tercih edilecek portföye ait ölçütlerin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir.

$$E(R_A) \geq E(R_B) \text{ ve } \sigma_A^2 = \sigma_B^2 \quad (2.17)$$

$$\sigma_B^2 \leq \sigma_A^2 \text{ ve } E(R_A) = E(R_B) \quad (2.18)$$

R_A ve R_B : A ve B portföylerinin getirileri

$E(R_A)$: A portföyünün beklenen getirisi

$E(R_B)$: B portföyünün beklenen getirisi

σ_A^2 : A portföyünün varyansı

σ_B^2 : B portföyünün varyansı

Yatırımcı ortalama-varyans modeline göre formül (2.16)'ya göre aynı varyans değerlerine sahip, getirisi yüksek olan A portföyünü tercih eder. Formül (2.17)'ye göre ise varyansı daha küçük olan B portföyüne yatırım yapma kararı alabilir [10].

2.9.2 Kardinalite Kısıtlı Model

Markowitz ortalama-varyans modeli gerçek hayatta finansal problemleri çözmekte yetersiz kalmıştır. Çünkü yatırımcılar belirli kısıtlar altında optimum portföyü belirlemek isterler. Portföye dâhil edilecek varlık sayısının istenilen sayıda belirlenebilmesi, her bir finansal varlığın yatırım oranı için alt ve üst limitlerin belirlenebilmesi gibi kısıtları göz önüne almayan modeller yatırımcının isteklerini karşılamakta yeterli olmayacaktır. Varlık sayısı kısıtlaması ortalama-varyans uzayında portföy optimizasyonu problemini daha karmaşık hale getirmektedir. Matematiksel olarak karma- tamsayılı lineer olmayan karesel programlama problemiyle gösterilir. Varlık sayısı kısıtlı modellerin çözümünde karma- tamsayılı lineer olmayan programlama için uygun algoritma teknikleri ya da karesel amaç fonksiyonu yerine doğrusal risk fonksiyonu kullanarak sezgisel yöntemlere başvurulur. Chang vd. (2000) portföyde yer alacak varlık sayısı ve portföyde yer alacak varlığın sahip olduğu oran kısıtlamaları altında Markowitz'in problemini sezgisel yöntemler ile çözmüştür [38].

Chang vd. (2000), çalışmasında varlık sayısı kısıtlamasını göz önüne alarak önermiş olduğu modelin matematiksel ifadesi izleyen şekildedir [43]:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} \quad (2.19)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{i=1}^N w_i E(R_i) = R^* \quad (2.20)$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (2.21)$$

$$\sum_{i=1}^N z_i = K \quad (2.22)$$

$$\varepsilon_i z_i \leq w_i \leq \delta_i z_i, \quad i=1, \dots, N \quad (2.23)$$

$$z_i \in [0,1], \quad i=1,\dots,N \quad (2.24)$$

$$0 \leq \varepsilon_i \leq \delta_i \leq 1 \quad i=1,\dots,N \quad (2.25)$$

N: Portföydeki varlık sayısı

K : Portföyde yer alması istenilen varlık sayısı

$$z_i: \begin{cases} 1, & \text{Eğer } i. \text{ varlık portföye dahil ise} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

ε_i : i. Varlık portföye dahil ise portföy içindeki minimum oranı

δ_i : i. Varlık portföye dahil ise portföy içindeki maksimum oranı

2.9.3 Kardinalite Kısıtlı Ortalama-Varyans Modeli

Finans dünyasında yatırımcılar, getirilerini maksimize ederken risklerini de minimize edecek portföye yatırım yapmayı tercih ederler. Bu durum çok amaçlı portföy optimizasyon problemine dönüşmektedir.

Çok amaçlı kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modelinin temelleri Markowitz ortalama-varyans modeline dayanmaktadır. Chang'ın önerdiği tek amaçlı kardinalite kısıtlı probleminin çok amaçlı yapıya dönüşmüş halidir:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} \quad (2.26)$$

$$\max \sum_{i=1}^N w_i E(R_i) \quad (2.27)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (2.28)$$

$$\sum_{i=1}^N z_i = K \quad (2.29)$$

$$\varepsilon_i z_i \leq w_i \leq \delta_i z_i, \quad i=1,\dots,N \quad (2.30)$$

$$z_i \in [0,1], \quad i=1,\dots,N \quad (2.31)$$

$$0 \leq \varepsilon_i \leq \delta_i \leq 1 \quad i=1,\dots,N \quad (2.32)$$

Bu tez çalışmasında, çok amaçlı kardinalite kısıtlı portföy optimizasyonu problemine pazarın eğilimini göz önünde bulunduran beta katsayılarına göre yatırım oranı kısıtı getirilmiştir.

2.10 Performans Ölçütü

Portföylerin belirli zaman aralığındaki performansının başka bir zaman aralığındaki performansıya ya da değişik portföylerin aynı zaman aralığında performanslarının karşılaştırılması gerekmektedir. Finans dünyasında portföylerin performanslarını ölçmek için çeşitli performans ölçütleri kullanılmaktadır [44].

2.10.1 Sharpe Oranı

Portföy yönetiminde optimal portföyleri belirlemek kadar portföyün performansının ölçülmesi ve doğru değerlendirilebilmesi de önemlidir. Portföy performansı bir ya da daha fazla portföyden elde edilen getiriler ile diğer portföylerin getirilerinin karşılaştırılması ile değerlendirilmektedir. Portföy performansının ölçülmesinde portföyde yer alan varlıkların getirileri kadar risklerini de göz önünde bulundurmak gerekir.

William F. Sharpe tarafından geliştirilen ve kendi adını taşıyan Sharpe Performans Ölçütü standart sapmayı baz almakta ve birim risk başına portföyün sağladığı risksiz getiri ile portföy arasındaki farkı göstermektedir. Tek kriterli performans ölçütlerinden biri olan Sharpe performans ölçütü fazla getirinin değişkenliğe oranı olarak ifade edilmektedir. Sharpe performans oranı risk priminin toplam riske bölünmesi ile bulunmaktadır. Toplam risk ise, sistematik ve sistematik olmayan risklerin toplamı olarak ifade edilmektedir [45].

Sharpe performans ölçütü arttıkça portföyün performansının arttığı kabul edilmektedir. Yatırım yapılırken karşılaştırılan portföylerden en büyük Sharpe oranına sahip portföye yatırım yapılmalıdır [46].

Sharpe performans ölçütü aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır.

$$\text{Sharpe Performans Ölçütü} = \frac{R_p - R_f}{\sigma_p} \quad (2.33)$$

R_p = p portföyün getirisi,

R_f = Risksiz faiz oranı,

σ_p = p portföyünün standart sapması

2.10.2 Treynor Endeksi

Portföyün risksiz faiz oranının üzerinde getirisi beta katsayısına oranlanmış ve her bir risk için sahip olunan ek getiriye ifade eden performans ölçütüdür. Sistemik riski baz alır. Beta katsayısı yükseldikçe portföyün risklilik seviyesi de artmaktadır. [47].

Treynor ölçüsü denklem (2.28) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\text{Treynor Ölçüsü: } \frac{R_p - R_f}{\beta_p} \quad (2.34)$$

Denklemde yer alan β_p portföyün sistematik riskini, R_p ölçülen portföyün getirisini, R_f ise risksiz faiz oranını temsil etmektedir.

Treynor ölçüsünün artması portföyün performansının arttığını ifade eder [44].

2.10.3 Jensen Performans Ölçütü

Finansal varlığın finansal varlık pazar doğrusunun altında veya üstünde olması durumunda yeni bir performans ölçütü ortaya çıkmıştır. Jensen'in ortaya attığı 'alfa' önemli bir performans ölçütüdür.

$$\alpha_p = R_p - E^{FVFM}(R_p) \quad (2.35)$$

$$\alpha_p = [R_p - R_f] - \beta_p [R_M - R_f] \quad (2.36)$$

Alfa, revize edilmiş risk primi ile beklenen risk primi arasındaki farktır.

Pozitif alfaya sahip bir portföy, finansal varlık pazarlama doğrusunun üzerinde yer alır. Belirli bir sistematik riskte, olması gerekenden daha yüksek bir getiri verir. [48].

Diferansiyel gelişim algoritması (DGA) çözüme yakınsama özelliğine sahip sezgisel algoritmalarından birisidir.

3.1 Sezgisel Algoritmalar

Sezgisel algoritmalar, matematiksel modellerin anlaşılabilirliği net olmadığı durumlarda belirlenmiş amaç fonksiyonuna bağlı olarak ilgili parametrelerin üretilmesinde kullanılmaktadır. Sezgisel algoritmalar, parametre vektör uzayında tarama yaparken belirlenmiş algoritmanın ilkelerini kullanır.

Sezgisel algoritmaları birbirinden ayıran etmen yeni nesiller üretilirken başlangıç parametre vektör uzayının rassal ya da belirli bir yöntemle göre belirlenmesidir. Bu nedenle problem iyi anlaşılıp, uygun olabilecek doğru algoritma belirlenmelidir [49].

Sezgisel algoritmalar, matematiksel olarak karmaşık yapıdaki problemlerin kesin sonuca ulaşamadığı durumlarda optimale yakın sonuçlar üretmek için kullanılır. Doğadan ilham alarak geliştirilmiştir. Kısa sürede hızlı sonuca ulaşabilen, anlaşılması kolay, uygulanması pratik ve günümüzde de oldukça sık kullanılan algoritmalar [50].

Sezgisel algoritmalar, ilham kaynakları (doğal ya da doğal olmayan), popülasyon veya tek çözüm, belirlenen amaç fonksiyonları (dinamik ya da dinamik olmayan), hafızalı ya da hafızasız, tekli komşuluk ya da çoklu komşuluk gibi ölçütlere göre ayrılmıştır [51].

Sağ-el kurallarına dayalı algoritmalar olarak tabir edilen sezgisel algoritmalar çözüm uzayında en iyi sonuca yakınsaması ile bilinirler. Bu algoritmalarla çözülen problemler de kesin sonuca ulaşabileceğinden emin olmamakla birlikte, kesin sonuca yakın bir sonuç elde edilebileceğinden emin olunabilir. Sezgisel algoritmalar, optimizasyon probleminin nihai sonucu bulma işleminin başarılı olmadığı

durumlarda yakınsama özelliğinden dolayı kullanılabilir. Anlaşılabilirlik açısından bakıldığında sezgisel algoritmalar zor değildir [52].

3.2 Diferansiyel Gelişim Algoritmasına Giriş

Sürekli optimizasyon problemlerini çözmekte faydalanılan diferansiyel gelişim algoritması, Storn ve Price tarafından bulunmuştur [53].

Popülasyon tabanlı olan DGA, genetik algoritmanın ana ilkelerini kullanarak bireyler sahte olmayan değerlerle kodlanmaktadır. Yöntem zor olmayan ve verimli sonuçlar elde edilebilen bir direk araştırma yöntemidir. Diğer adıyla gerçek parametrelili optimizasyon problemidir.

Özetle, evrimsel hesaplama tekniklerinin bir üyesi olan DGA, stokastik direk arama ve küresel optimizasyon algoritmasıdır. Ayrık optimizasyon algoritması değil nümerik optimizasyon için geliştirilmiş gelişime dayalı bir algoritmadır. DGA'nın basit ve sade yapısı, kullanım ve kodlama kolaylığı, hızı ve dinçliği kullanımı konusunda önemli avantajlar sağlamaktadır.

Diferansiyel gelişim algoritması, diğer evrimsel algoritmalarından farklı olarak yeni nesil oluşturma işleminde ilk olarak mutasyon operatörü ile işleme başlanmaktadır. Mutasyon ve çaprazlama operatörü ile yeni nesiller oluşturulmaktadır. Mutasyon sayısı aynı olasılık dağılım fonksiyonu ile belirlenmez aksine mevcut popülasyon bireyleri arasındaki farklardan oluşan fark vektörü aracılığıyla bulunur.

Diferansiyel gelişim algoritması ile problem çözüm sürecini, sonuçlarını etkileyen önemli parametreler NP (number of population–popülasyon büyüklüğü), CR (crossover rate–çaprazlama sabiti), F (scaling factor–ölçekleme faktörü) dir [35].

Çeşitli DGA modelleri aşağıda gösterilmiştir:

Ayrık optimizasyon problemleri için:

- Binary diferansiyel gelişim algoritması
- Açısız (Angle Modulated) diferansiyel gelişim algoritması

Sürekli optimizasyon problemleri için:

- Basit diferansiyel gelişim algoritması

- Hibrid diferansiyel gelişim stratejileri
 - Gelişimsel algoritma temelli DGA
 - Gradyan temelli hibrid DGA
- Kendi kendine organize olabilen diferansiyel gelişim algoritması
- Popülasyon temelli diferansiyel gelişim algoritması

Popülasyon tabanlı sezgisel bir algoritma olan DGA özellikle tamamen düzenlenmiş uzayda tanımlı ve gerçek değerli tasarım parametrelerini içeren fonksiyonları optimize etmek amacıyla kullanılan bir algoritmadır.

Gerçek değerli parametreleri içeren fonksiyonları küresel olarak uygun çözüme ulaştırmak için kullanılan bir direkt araştırma algoritmasıdır. Diferansiyel gelişim algoritması nümerik optimizasyon problemleri için geliştirilmiş yeni ve en iyi sonucu bulma konusunda devamlı iyileşme sağlayan gelişim algoritmalarıdır. Bu algoritma tesadüfi olarak seçilmiş amaç vektör çiftlerinin farkları baz alınan, etkili ve basit olmayan bir mutasyon işlemi kullanma olanağı sağlamaktadır. Amaç vektör farklarının dağılımı, amaç vektörlerinin kendi dağılımları tarafından belirlenmektedir. Diferansiyel geliştirme algoritması uyguladığı basit mutasyon işlemi sayesinde algoritmanın performansı yükseltme ve daha dirençli hale gelmektedir. Diferansiyel gelişim algoritmasının genel özellikleri;

- Hızlı, karmaşık olmayan, kullanımı kolay ve değiştirilmeye imkân sağlayan,
- Tamsayı, ayrık ve kompleks parametre optimizasyonuna uyarlanabilir,
- Düz yüzeylerle çalışmaya olanak veren, küresel optimizasyon kabiliyeti olan, doğrusal olmayan sınırlamalı optimizasyon problemlerinde etkili olan gelişim algoritmasıdır [55].

$n_{j,i,G+1}$: Mutasyon ve çaprazlamaya tutulmuş ara kromozom

$u_{j,i,G+1}$: $x_{j,i,G}$ den bir sonraki jenerasyon için üretilen kromozom

$r_{1,2,3}$: Yeni kromozomlarda kullanılacak rassal seçilmiş kromozomlar

x_j^a ve $x_j^{\bar{u}}$: Değişkenlere ait alt ve üst sınırlar

3.2.1 Diferansiyel Gelişim Algoritması Adımları

3.2.1.1 Kodlama ve Başlangıç Popülasyonu

Başlangıç popülasyonu NP adet D boyutlu kromozomdan oluşmaktadır. NP uygulayıcı tarafından belirlenir ve 3 ten büyük olmak zorundadır. D ise boyut sayısını ifade etmektedir [3].

$$\forall i \leq NP \wedge \forall j \leq D : x_{j,i,G=0} = x_j^{(a)} + rand_j[0,1].(x_j^{(\bar{u})} - x_j^{(a)}) \quad (3.1)$$

DGA kodlama işlemini sanal olmayan gerçek parametrelili bilgisayarda gerçek sayıların gösterim şekli olan kayan-noktalı sayılar kullanarak yapmaktadır. NPxD kayan noktalı dizi formu temel alınarak sabit büyüklüğe sahip popülasyon oluşturulur. Başlangıç parametre değerleri rassal olarak dağıtılmış olmalıdır. Bu sayede amaç vektörleri arasındaki farktan yararlanılarak algoritma devam ettirilir [3].

3.2.1.2 Mutasyon

Kromozomun temsil ettiği çözüm noktası, mutasyon yani rassal olarak gerçekleştirilmiş değişikliklerle çözüm uzayında hareket edebilir konuma gelmektedir.

DGA da mutasyona uğratılacak kromozom, birbirleriyle aynı özellikleri taşımayan iki kromozomun farkının F parametresiyle çarpılıp, farklı özelliklere sahip üçüncü kromozomla toplanarak belirlenir. Belirlenen kromozom çaprazlama işleminde kullanılır [3].

$$\forall j \leq D : n_{j,i,G+1} = x_{j,r_3,G} + F.(x_{j,r_1,G} - x_{j,r_2,G}) \quad (3.2)$$

3.2.1.3 Çaprazlama

Mutasyon işlemiyle üretilen fark kromozomu ve $x_{i,G}$ kromozomu kullanılarak deneme kromozomu oluşturulur. Deneme kromozomuna ait her bir gen CR olasılıkla mutasyondan türetilmiş fark kromozomundan, 1-CR olasılıkla mevcut kromozomlar seçilerek oluşturulur. Rassal olarak üretilen 0 ile 1 arasında değer alan sayı CR'den küçükse deneme kromozomundan, değilse mevcut kromozomdan seçilir. Amaç daha önceden belirlenmiş oranda genin yeni fark kromozomundan seçilmesidir. Çaprazlama işleminin tamamlayıcı işlem olma özelliği vardır. Araştırmanın hesaplama maliyetini yükseltse de hızını da arttırıcı özelliği bulunmaktadır [3].

$$\forall j \leq D: x_{j,u,G+1} = \begin{cases} x_{j,n,G+1} & \text{eğer } rand[0,1] \leq RC \\ x_{j,i,G} & \text{aksi durumda} \end{cases} \quad \forall j = j_{rand} \quad (3.3)$$

3.2.1.4 Uygunluk Fonksiyonu

Deneme kromozomuna ait uygunluk değeri hesaplanır. $u_{i,G+1}$ 'e ait tüm u_j değerleri yerlerine konularak hesaplanır [3].

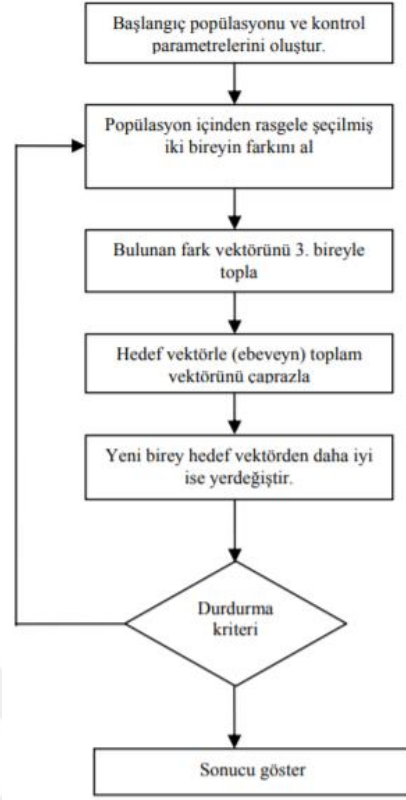
3.2.1.5 Seçim

Mevcut jenerasyon ve elde edilmiş yeni kromozomlar ile yeni jenerasyon oluşturulur. Uygunluk değeri yüksek olan kromozom yeni jenerasyona birey olarak atanır [3].

$$\forall i \leq NP : x_{i,G+1} = \begin{cases} x_{u,G+1} & \text{eğer } f(x_{u,G+1}) \leq f(x_{i,G}) \\ x_{i,G} & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.4)$$

3.2.1.6 Durdurma Koşulu

Elde edilen yeni jenerasyonlarla daha iyi uygunluk değerlerine sahip kromozomlar elde edilene ve optimum yaklaşına kadar döngü devam eder. $G=G_{max}$ olana kadar durmaz [3].



Şekil 3. 2 Diferansiyel Gelişim Algoritması Akışı [54]

4.1 Uygulamanın Tanımı

Tezin bu kısmında, Markowitz'in portföy seçimi probleminde ortaya koyduğu ortalama-varyans modeline kardinalite kısıtı ve beta katsayısına göre toplam yatırım oranı kısıtı eklenerek oluşturulan portföy modeli sezgisel algoritmalar içerisinde yer alan diferansiyel gelişim algoritması ile ele alınacaktır. Çalışmanın analizleri, R programında Portfolio Analytics, Performance Analytics ve DEoptim kütüphaneleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Uygulamada, BIST 30'da işlem gören 30 adet hisse senedine ve pazarı temsil eden BIST 30 endeksine ait 3 Ocak 2019 – 20 Şubat 2019 tarihleri arasındaki günlük kapanış fiyatları kullanılmıştır. Veriler İş Yatırım sitesinden düzeltilmiş fiyatlar olarak alınmıştır. Veri seti, 3 Ocak 2019- 14 Şubat 2019 tarihleri için eğitim veri seti, 15 Şubat 2019- 20 Şubat 2019 tarihleri için ise test veri seti kümesi olarak ikiye ayrılmıştır.

Tablo 4. 1 BIST 30 Hisse Senetleri

BIST 30 Hisse Senetleri	BIST 30 Hisse Senetleri Ünvanı
AKBNK	AKBANK T.A.Ş.
ARCLK	ARÇELİK A.Ş.
ASELS	ASELSAN ELEKTRONİK SANAYİ
BIMAS	BİM MAĞAZALAR
DOHOL	DOĞAN ŞİRKETLER GRUBU HOLDİNG
EKGYO	EMLAK KONUT GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIK
ENJSA	ENERJİSA ENERJİ A.Ş.
EREGL	EREĞLİ DEMİR VE ÇELİK FABRİKA

FROTO	FORD OTOMOTİV SANAYİ A.Ş.
GARANT	TÜRKİYE GARANTİ BANKASI
HALKB	TÜRKİYE HALK BANKASI
ISCTR	TÜRKİYE İŞ BANKASI-C
KCHOL	KOÇ HOLDİNG A.Ş.
KOZAA	KOZA ALTIN İŞLETMELERİ A.Ş.
KOZAL	KOZA ANADOLU METAL MADENCİLİK
KRDMD	KARDEMİR KARABÜK DEMİR D
PETKM	PETKİM PETRO KİMYA HOLDİNG A.Ş.
PGSUS	PEGASUS HAVA TAŞIMACILIĞI A.Ş.
SAHOL	HACI ÖMER SABANCI HOLDİNG A.Ş.
SISE	TÜRK ŞİŞE VE CAM FABRİKALARI
SODA	SODA SANAYİ
TAVHL	TAV HAVALİMANLARI HOLDİNG A.Ş.
TCELL	TURKCELL İLETİŞİM HİZMET A.Ş.
THYAO	TÜRK HAVA YOLLARI A.O.
TKFEN	TEKFEN HOLDİNG A.Ş.
TOASO	TOFAŞ TÜRK OTOMOBİL FABRİKA
TTKOM	TÜRK TELEKOMİKASYON A.Ş.
TUPRS	TÜPRAŞ-TÜRKİYE PETROL RAFİNE
VAKBN	TÜRKİYE VAKIFLAR BANKASI T.A.O.
YKBNK	YAPI VE KREDİ BANKASI

İlk olarak 3 Ocak 2019 – 20 Şubat 2019 tarihlerine ait 30 adet hisse senedi ve BIST 30 Endeksi günlük getirisi hesaplanmıştır.

Bu çalışmada hisse senetlerinin getirisi aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$r_t = \frac{P_t - P_{t-1} + d}{P_{t-1}} * 100 \quad (4.1)$$

r_t = Hisse senedinin ilgili dönemdeki getirisi

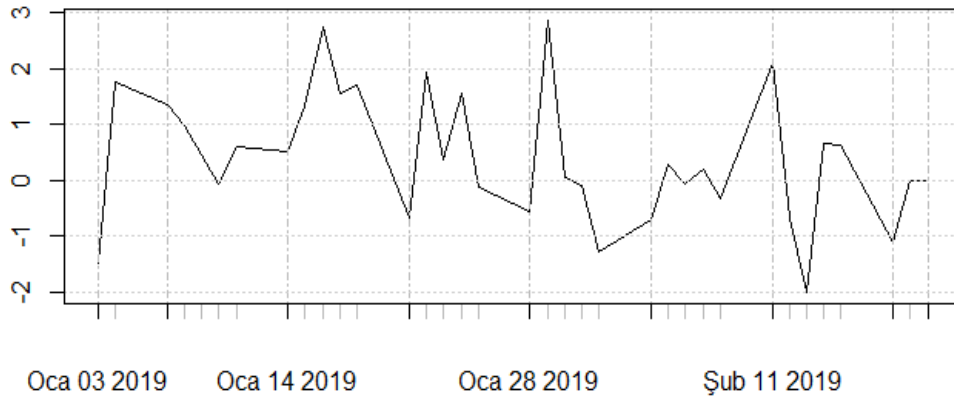
P_t = t dönemindeki hisse senedi fiyatı

P_{t-1} = t-1 dönemindeki hisse senedi fiyatı

d = Kâr payı miktarı

Uygulamada kâr payı miktarı 0 olarak kabul edilmiştir.

3 Ocak 2019 – 20 Şubat 2019 tarihleri arasındaki BIST 30 Endeksine ait kapanış fiyatları üzerinden hesaplanan günlük getiri grafiği Şekil 4.1 de yer almaktadır.



Şekil 4. 1 BIST 30 Endeksi Getiri Grafiği

Uygulamada getirilerin hesaplanması sonrası pazarın yönüne bakılmıştır. Şekil 4.1'e göre pazarı temsilen kullanılan BIST 30 endeksinin ele alınan dönemde getiri grafiğine bakıldığında pazarın azalma eğiliminde olduğu görülmektedir.

Uygulamada kullanılan hisse senetlerinin günlük getiri değerlerine ilişkin betimsel istatistik sonuçları Tablo 4.2 de yer almaktadır.

Tablo 4. 2 Betimsel İstatistik Sonuçları

	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık
AKBNK	-2,94985	8,623549	0,538689	2,51298	6,315067	1,093799	1,661347
ARCLK	-4,52756	5,758514	0,784554	2,064751	4,263197	-0,20346	0,110307
ASELS	-4,19608	3,228346	0,122909	1,951523	3,808442	-0,42586	-0,47091
BIMAS	-5,07795	2,78031	0,046578	1,659474	2,753853	-0,87439	1,024034
DOHOL	-4,7619	5,434783	0,349493	2,023961	4,096418	0,17488	0,588339
EKGYO	-4,86111	2,919708	0,100823	1,88811	3,56496	-0,74902	0,525628
EREGL	-1,90476	6,818182	0,350957	1,494027	2,232118	1,939135	7,711758
ENRJSA	-3,30579	6,041335	0,726739	2,355784	5,54972	0,322291	-0,67212
FROTO	-6,2568	7,246673	0,330874	2,432728	5,918166	0,182905	1,394731
GARANT	-3,04397	6,834532	0,378667	2,310223	5,337131	0,80508	0,680434
HALKB	-4,53939	3,684211	0,308583	2,06829	4,277825	-0,3015	-0,40135
ISCTR	-6,43478	9,141791	0,792342	3,028388	9,171132	0,388186	1,236795
KCHOL	-2,71808	3,990025	0,684564	1,775945	3,153981	-0,12221	-0,71012
KOZAA	-7,70548	4,834254	-0,38245	2,719881	7,397751	-0,32808	0,267393
KOZAL	-5,51521	3,581267	-0,03312	2,230268	4,974095	-0,46857	-0,39198
KRDMD	-4,58716	6,666667	0,557915	2,750323	7,564276	0,222905	-0,56631
PETKM	-4,46667	8,880309	0,712821	2,414497	5,829796	0,543592	2,695983
PGSUS	-2,85714	3,196347	0,284999	1,757468	3,088695	0,037535	-1,04954
SAHOL	-3,14254	6,979866	0,607711	2,136973	4,566652	1,076491	1,647448
SISE	-5,625	6,578947	0,537523	2,522686	6,363944	-0,11054	0,390611

SODA	-5,88235	3,829161	0,180542	1,871388	3,502094	-0,51254	1,609398
TAVHL	-5,00903	5,607477	0,373911	2,186392	4,780311	0,012728	0,792873
TCELL	-6,73611	5,633803	0,491253	1,997999	3,992001	-0,39387	3,932345
THYAO	-5,18373	4,013158	-0,23135	2,330953	5,433342	-0,23266	-0,59282
TKFEN	-4,75594	5,929691	0,671656	2,42793	5,894844	-0,07415	-0,50138
TOASO	-7,85752	7,461874	0,698888	2,91529	8,498917	-0,31202	1,428717
TTKOM	-6,36605	7,226107	0,93601	2,95264	8,71808	0,068697	0,299866
TUPRS	-2,93769	3,472156	0,566502	1,714087	2,938096	-0,33597	-0,85132
VAKBN	-4,24403	6,493506	0,796684	2,421839	5,865303	0,406081	0,26908
YKBNK	-3,77358	6,779661	0,765574	2,367987	5,607361	0,59637	0,324048

Hisse senetlerinin betimsel istatistik sonuçları incelendiğinde getirisi en yüksek hisse senetleri TTKOM (0,9306), VKBNK (0,796) ve ISCTR (0,792)'dir. En düşük getiriye sahip hisse senetleri KOZAA (-0,382), THY (-0,231), KOZAL(-0,033)'dir. Riskin ölçütü olarak kabul edilen varyans değerleri incelendiğinde en riskli hisse senetleri ISCTR (9,171), TTKOM (8,718) ve TOASO (8,498)'dir. En az riske sahip hisse senetleri ise EREGL (2,753), BIMAS (2,753) ve TUPRS (2,938)'dir. Hisse senetlerine ait risk ölçütleri istatistikleri Tablo 4.3'te verilmektedir.

Tablo 4. 3 Hisse Senetleri Risk Ölçütleri

	Sharpe Oranı	Değişim Katsayısı	Beta Katsayısı
KOCHL	0,385465	2,594271	1,041883
ARCLK	0,379975	2,63175	0,580321
TUPRS	0,330498	3,025737	0,632958
VAKBN	0,328958	3,039901	1,787546

YKBNK	0,323302	3,093088	1,516242
TTKOM	0,317008	3,154497	1,519579
EREGL	0,308491	3,241582	0,715793
PEGSS	0,295226	3,38724	0,917152
SAHOL	0,284379	3,516429	1,341971
TKFN	0,276637	3,614842	1,24282
ISC	0,261638	3,822073	1,752547
TCELL	0,245873	4,067147	0,839174
TOASO	0,239732	4,171326	0,842404
ENERJ	0,234907	4,257012	0,358021
AKBANK	0,214362	4,664996	1,630548
SISE	0,213076	4,693166	0,837329
KRDM	0,202854	4,929649	1,426039
DOHOL	0,172678	5,79113	0,942126
TAVHL	0,171017	5,847361	0,524515
GARANT	0,163909	6,100941	1,574548
PETKM	0,162165	6,166576	0,947857
HALK	0,149197	6,702547	1,308196
FOTK	0,136009	7,352432	0,831363
SODA	0,096475	10,36539	-0,11128
ASELSAN	0,062981	15,87779	0,953235
EKGYO	0,053399	18,72701	0,928895

BIMAS	0,028068	35,62766	0,171062
KOZAL	-0,01485	-67,3488	0,289696
THY	-0,09925	-10,0753	0,720623
KOZAA	-0,14061	-7,11168	0,559221

Tablo 4.3' te Sharpe oranlarına göre büyükten küçüğe sıralanmış hisse senetleri risk ölçütleri yer almaktadır. Sharpe oranlarına bakıldığında KOCHL hisse senedi yatırımcının portföyünde yer almasını isteyeceği bir hisse senedir. KOZAA hisse senedi yatırımcı için negatif getiri sağlayacağından yatırım yapmak istemeyeceği hisse senedir.

Değişim katsayısı, bir birimlik getiri için katlanılan riski ifade etmektedir. Optimal portföy seçiminde ön bilgi verme niteliği taşımaktadır. Portföy yönetiminde, varlıkların getirilerine karşın ne kadar riskli olduklarını incelemek için değişim katsayısı kullanılmaktadır. Değişim katsayısı aşağıdaki formülle gösterilmektedir.

$$\text{Değişim Katsayısı} = \frac{\sigma_i}{E(R_i)} \quad (4.2)$$

σ_i = i. varlığın standart sapması,

$E(R_i)$ = i. varlığın beklenen getirisidir.

Hangi hisse senedinin daha iyi bir yatırım sağlayabileceğini değerlendirmek için kullanılan değişim katsayısına göre düşük değerlere sahip hisse senetleri tercih edilir. Tablo 4.3'ten de görüldüğü gibi bir birim getiriye karşılık en düşük riski KOCHL hisse senedi sağlamaktadır.

Beta katsayıları incelendiğinde, ele alınan hisse senetleri beta katsayılarının 3 aralıkta gözlemlendiği söylenebilir: $\beta < 0$, $0 < \beta < 1$ ve $\beta > 1$. Azalan pazarda, betası 0'dan küçük olan hisse senetleri endekse ters hareket ederek yükselirken; betası 0 ile 1 arasında değişen hisse senetleri endeks ile aynı yönde daha güçsüz hareket edecektir. Betası 1'den büyük hisse senetleri ise azalan pazarda endeks ile aynı yönde fakat daha güçlü hareket edecektir. Bu nedenle, beta katsayılarına göre

yatırım oranı kısıtı belirlenirken beta katsayıları $\beta < 0$ ve $0 < \beta < 1$ aralığına ait hisse senetlerinin yatırım oranlarına yüksek; $\beta > 1$ için düşük ağırlık verilecektir. Bu durumda KOCHL, ARCLK, TUPRS, EREGL, PEGSS, TCELL, TOASO, ENERJ, SISE, DOHOL, KOZAA, EKGYO, FOTK, SODA, BIMAS, KOZAL, THY, ASELSAN, TAVHL, PETKM hisse senetlerine daha fazla oranda yatırım yapılabilir.

Modern portföy teorisine göre hisse senetleri getirilerinin dağılımı varsayım olarak normal dağılıma uymaktadır. Çalışmaya ait hisse senetleri getirilerine ait normallik testi sonuçları Tablo 4.4'te verilmiştir.

Tablo 4. 4 Hisse Senetlerine Ait Normallik Testleri

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	Statistic	Sig	Statistic	Sig
AKBANK	0,099	0,200	0,926	0,011
ARCLK	0,081	0,200	0,983	0,802
ASELSAN	0,089	0,200	0,966	0,248
BIMAS	0,150	0,021	0,953	0,092
DOHOL	0,130	0,081	0,974	0,462
EKGYO	0,137	0,050	0,938	0,027
ENERJ	0,134	0,061	0,854	0,000
EREGL	0,090	0,200	0,972	0,406
FOTK	0,084	0,200	0,979	0,640
GARANT	0,112	0,200	0,950	0,071
HALK	0,072	0,200	0,974	0,452
ISC	0,123	0,123	0,966	0,247

KOCHL	0,076	0,200	0,976	0,536
KOZAA	0,091	0,200	0,982	0,750
KOZAL	0,106	0,200	0,968	0,289
KRDM	0,106	0,200	0,973	0,436
PEGSS	0,110	0,200	0,938	0,026
PETKM	0,101	0,200	0,957	0,128
SAHOL	0,144	0,032	0,926	0,010
SISE	0,098	0,200	0,987	0,914
SODA	0,088	0,200	0,963	0,199
TAVHL	0,088	0,200	0,973	0,433
TCELL	0,172	0,004	0,884	0,001
THY	0,075	0,200	0,979	0,656
TKFN	0,068	0,200	0,990	0,972
TOASO	0,122	0,128	0,961	0,172
TTKOM	0,101	0,200	0,983	0,784
TUPRS	0,140	0,042	0,962	0,179
VKF	0,129	0,083	0,971	0,383
YKBNK	0,127	0,095	0,970	0,349

Tablo 4.4'te yer alan normal dağılım testi sonuçlarına bakıldığında çoğu hisse senetleri getirileri için Shapiro - Wilk ve Kolmogorov-Smirnov testlerine göre p-değeri (Sig), 0.05 anlamlılık düzeyinden büyük olduğundan hisse senetleri getiri serileri normal dağılım göstermektedir.

4.2 Uygulamanın Varsayımları

Tez çalışmasında kullanılan, beta katsayılarına göre yatırım oranı ve kardinalite kısıtlı ortalama-varyans problemi için aşağıdaki varsayımlar kullanılmıştır:

1- Yatırımcı riskten kaçma eğilimi göstermektedir. Aynı beklenen getiri düzeyinde en düşük riski, aynı risk düzeyinde ise en yüksek getiriyi seçecektir.

2- N tane riskli varlık vardır ve yatırımcı risksiz varlığa erişemez: $\sum_{i=1}^N w_i = 1$.

3- Açığa satışa izin verilmemektedir: $\sum_{i=1}^N w_i \geq 0$.

4- Sermaye piyasasında vergi ve işlem masrafı yoktur.

5-Portföye dahil edilecek varlık sayısı yatırımcı tarafından belirlenecektir.

6- Yatırımcı, portföye dahil olacak hisse senetlerinin yatırım oranı için alt ve üst sınır belirleyebilir:

$$z_i \quad \begin{cases} 1, & \text{Eğer } i. \text{ varlık portföye dahil ise} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases}$$

$$\varepsilon_i z_i \leq w_i \leq \delta_i z_i$$

7- Yatırımcı, pazarın eğilimini göz önüne alarak hisse senetlerinin beta katsayılarına göre yatırım oranları toplamı kısıtı belirleyebilir.

4.3 Uygulamanın Modeli

Bu bölümde, uygulama varsayımları dikkate alınarak beta katsayılarına göre yatırım oranı kısıtlı ve kardinalite kısıtlı çok amaçlı ortalama-varyans portföy optimizasyonu modeli oluşturulmuştur.

Yatırımcının BIST 30'da yer alan 30 adet hisse senedi arasından portföy içinde yer almasını istediği hisse senedi sayısı $K=12$ 'dir. Yatırımcı, herhangi bir hisse senedine elindeki toplam fonun en az %3'ünü, en çok ise %20'sini kullanmak istemektedir. Pazarın eğilimi azalan olduğu için beta katsayısı negatif ve beta katsayısı 0 ile 1 arasında olan hisseler yüksek, beta katsayısı 1'den büyük olan hisseler ise düşük oranda yatırım yapılacaktır. Buna göre yatırımcı, 0'dan küçük beta katsayısına sahip hisselerin ağırlıkları toplamını %20, 0 ile 1 arasında beta katsayısına sahip

hisselerin ağırlıkları toplamını %45 ve 1'den büyük beta katsayısına sahip hisselerin ağırlıkları toplamını %35 olarak belirlemiştir.

Bu tez çalışmasında kullanılan, beta katsayılarına göre yatırım oranı kısıtlı ve kardinalite kısıtlı çok amaçlı ortalama-varyans portföy optimizasyonu modeli izleyen şekildedir:

$$\min \sum_{i=1}^{30} \sum_{j=1}^N w_i w_j \sigma_{ij} \quad (4.3)$$

$$\max \sum_{i=1}^{30} w_i E(R_i) \quad (4.4)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{i=1}^{30} w_i = 1 \quad (4.5)$$

$$\beta_i < 0 \text{ ise } \sum w_i = 0.20 \quad (4.6)$$

$$0 < \beta_i < 1 \text{ ise } \sum w_i = 0.45 \quad (4.7)$$

$$\beta_i > 1 \text{ ise } \sum w_i = 0.35 \quad (4.8)$$

$$\sum_{i=1}^{30} z_i = 12 \quad (4.9)$$

$$z_i: \begin{cases} 1, & \text{Eğer } i. \text{ varlık portföye dahil ise} \\ 0 & \text{Aksi halde} \end{cases} \quad (4.10)$$

$$0.03z_i \leq w_i \leq 0.2z_i, \quad i=1,\dots,30 \quad (4.11)$$

$$z_i \in [0,1], \quad i=1,\dots,30 \quad (4.12)$$

Çalışmada önerilen uygulama modeli, diferansiyel gelişim algoritması ile çözülmüştür ve kısaca DGA portföy olarak isimlendirilmiştir. Elde edilen sonuçları kıyaslamak için 4 adet benchmark portföy modeli oluşturulmuştur. Benchmark1 portföy, eşit ağırlıklı ortalama-varyans modelidir. Benchmark2 portföy, Markowitz ortalama-varyans modelidir. Benchmark3 portföy, kardinalite kısıtlı çok amaçlı ortalama-varyans modelidir. Benchmark3 portföyde benzer olarak kardinalite sayısı 12'dir ve yatırımcı, her bir hisseye yatırım oranı için alt sınırı %3 ve üst sınırı %20 belirlemiştir. Benchmark4 portföy, beta katsayısının 1'den büyük ve 1'den küçük olduğu iki duruma göre yatırım oranı kısıtı eklenmiş kardinalite kısıtlı çok amaçlı ortalama-varyans modelidir. Benchmark4 portföyde kardinalite sayısı K=12, yatırım oranı için alt sınır %3 ve üst sınır %20, beta katsayısı 1'den küçük olan

hisselerin ağırlıkları toplamı %65 ve betası 1'den küçük hisselerin toplam ağırlığı %35 olarak belirlenmiştir.

4.4 Bulgular

Uygulamada ele alınan diferansiyel gelişim algoritmasına ait kullanılan parametrelere Tablo 4.5'de yer verilmektedir.

Tablo 4. 5 Diferansiyel Gelişim Algoritması Parametreleri

Çaprazlama Oranı	0,5
Ölçekleme Faktörü	0,8
Maksimum İterasyon Sayısı	1000
Popülasyon Sayısı	10000

Uygulamada, tüm portföy modelleri eğitim veri seti kullanılarak oluşturulmuştur. Benchmark1 portföyün optimal ağırlıkları $w_i = \frac{1}{N} = \frac{1}{30} = 0.033$ şeklindedir. Benchmark2, Benchmark3 Benchmark4 portföyler için optimal ağırlıklar Tablo 4.5'te verilen parametreler kullanılarak diferansiyel gelişim algoritması ile bulunmuştur. Eğitim veri seti için elde edilen benchmark ve DGA portföy ağırlıkları Tablo 4.6 da yer almaktadır.

Tablo 4. 6 Eğitim Veri seti için Benchmark Portföyler ve DGA Portföy Ağırlıkları

	Benchmark1 Portföy	Benchmark2 Portföy	Benchmark3 Portföy	Benchmark4 Portföy	DGA Portföy
AKBNK	0,033333	0	0,082	0	0
ARCLK	0,033333	0,170	0,180	0,056	0,188
ASELS	0,033333	0	0	0	0
BIMAS	0,033333	0,012	0,148	0,142	0

DOHOL	0,033333	0	0	0	0
EKGYO	0,033333	0	0	0	0
EREGL	0,033333	0,090	0	0	0,038
ENRJSA	0,033333	0,032	0,034	0,140	0,132
FROTO	0,033333	0	0,006	0	0
GARANT	0,033333	0,032	0	0	0
HALKB	0,033333	0,016	0	0	0,06
ISCTR	0,033333	0	0,030	0	0
KCHOL	0,033333	0	0	0	0,066
KOZAA	0,033333	0,002	0	0	0
KOZAL	0,033333	0,002	0	0	0
KRDMD	0,033333	0	0	0	0,062
PETKM	0,033333	0,002	0,088	0	0
PGSUS	0,033333	0,076	0,128	0	0
SAHOL	0,033333	0	0	0,144	0
SISE	0,033333	0,058	0,150	0,03	0
SODA	0,033333	0,226	0	0,096	0,196
TAVHL	0,033333	0,004	0,034	0	0,03
TCELL	0,033333	0	0,030	0,08	0,036
THYAO	0,033333	0,008	0,036	0	0
TKFEN	0,033333	0,02	0	0,03	0
TOASO	0,033333	0	0	0	0

TTKOM	0,033333	0,138	0	0,066	0,124
TUPRS	0,033333	0,112	0	0,104	0,03
VAKBN	0,033333	0	0	0,03	0,034
YKBNK	0,033333	0	0	0,088	0

Tablo 4.6'ya göre yatırımcı, Benchmark1 hissesinde her hisseye %3 eşit oranda yatırım yaparken kalan 4 farklı portföy içerisinde Benchmark2 portföyünde en fazla yatırımı SODA (%22) hisse senedine, Benchmark3 portföyünde ARCLK (%18) hisse senedine, Benchmark4 portföyünde SAHOL (%14) hisse senedine, DGA portföyde ise SODA (%20) hisse senedine yatırım yapabilir.

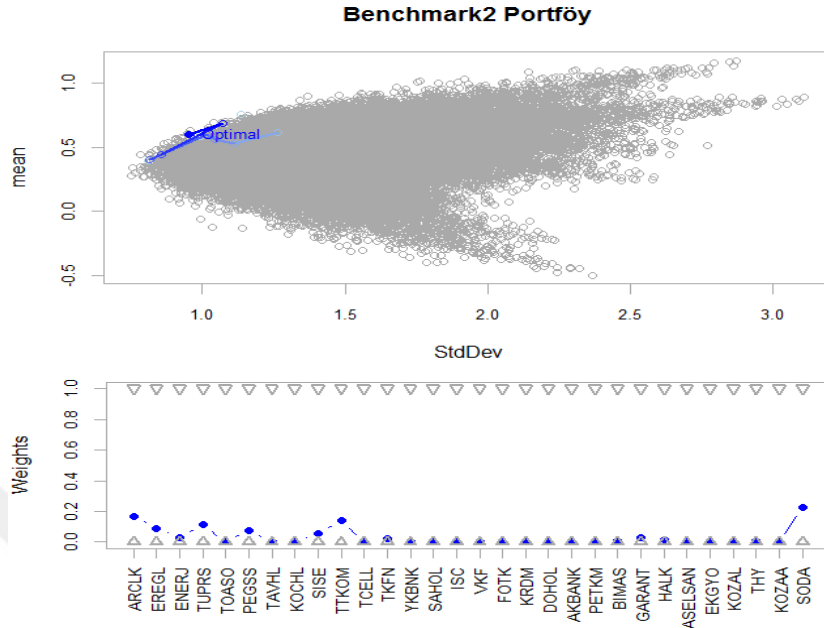
Eğitim veri setinde oluşturulan portföylere ait portföyün beklenen getirisi, riski ve performanslarını karşılaştırmak için kullanılan Sharpe oranı Tablo 4.7 de yer almaktadır.

Tablo 4. 7 Benchmark Portföyler ve DGA Portföy Eğitim Veri Seti Performanslarının Karşılaştırılması

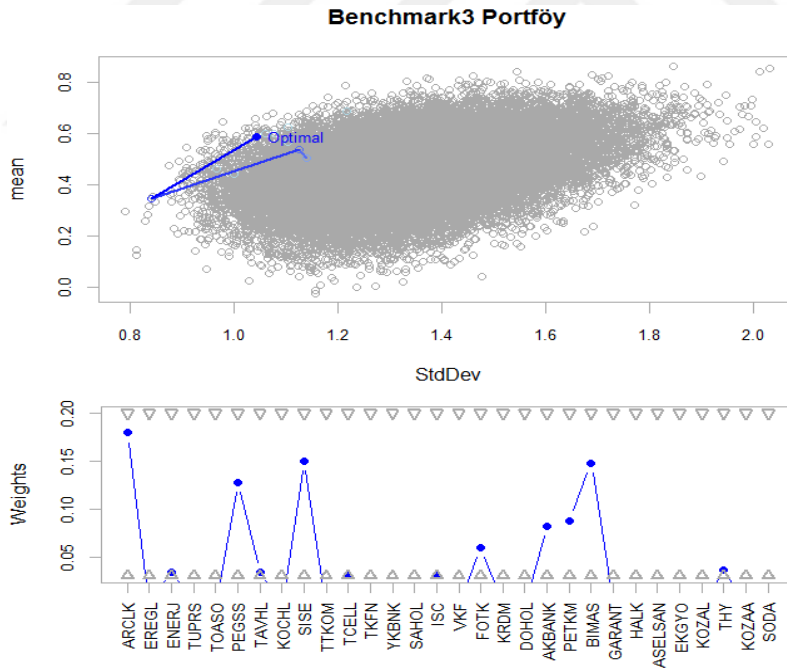
Portföy İsmi	Portföy Getirisi	Portföy Riski	Portföy Sharpe Oranı
Benchmark1	0,4567	0,845	0,5404
Benchmark2	0,6015	0,952	0,6317
Benchmark3	0,5874	1,043	0,5633
Benchmark4	0,6027	1,055	0,5711
DGA	0,5545	1,015	0,5461

Eğitim veri seti ile oluşturulan optimal portföyler içerisinde Sharpe oranı en yüksek portföy Benchmark2 portföyüdür. En yüksek getiriye sahip portföy Benchmark4 , en düşük riske sahip portföy ise Benchmark1 portföyüdür.

Eğitim veri seti ile oluşturulan benchmark portföylere ve DGA portföye ait getiri-risk grafikleri ve ağırlıklandırmalar ise Şekil 4.2 de yer almaktadır.

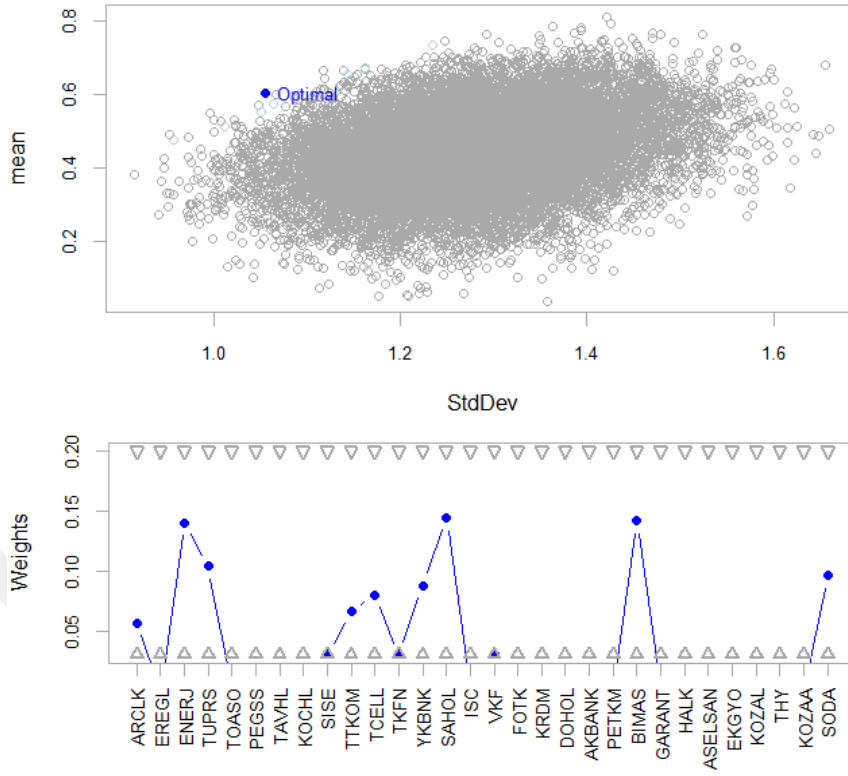


Şekil 4. 2 Benchmark2 Portföy Getiri- Risk Grafikđi



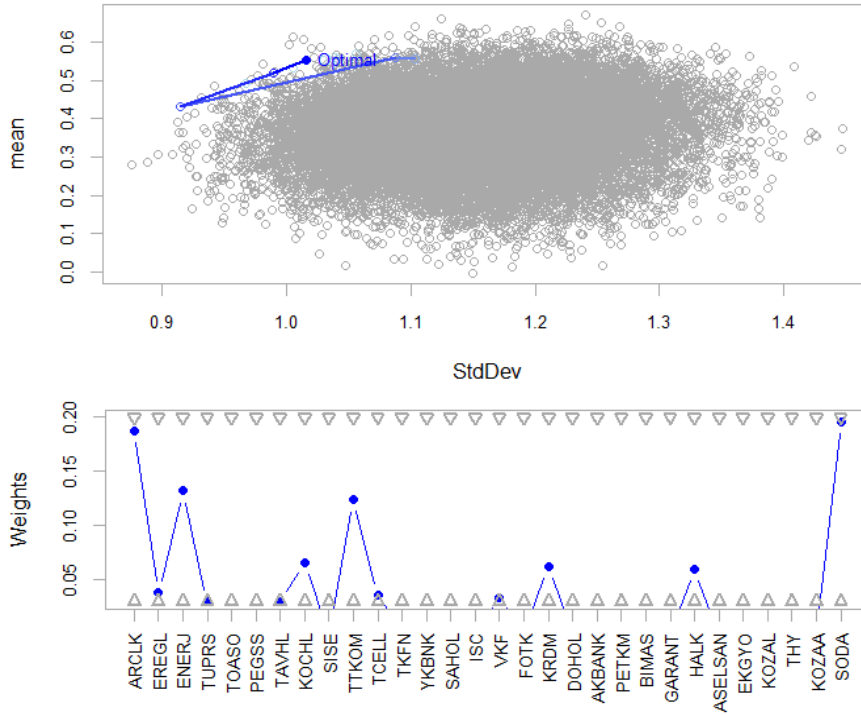
Şekil 4. 3 Benchmark3 Portföy Getiri- Risk Grafikđi

Benchmark4 Portföy



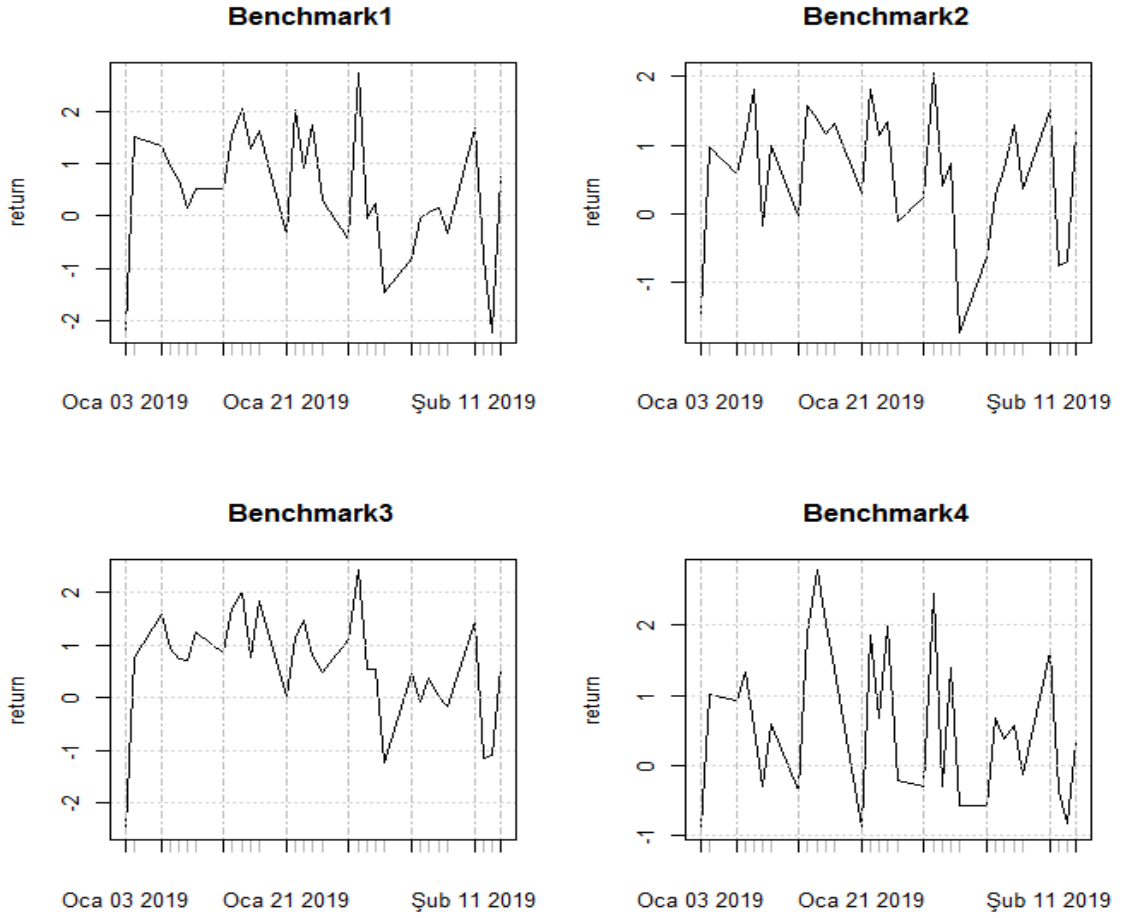
Şekil 4. 4 Benchmark4 Portföy Getiri- Risk Grafiği

DGA Portföy

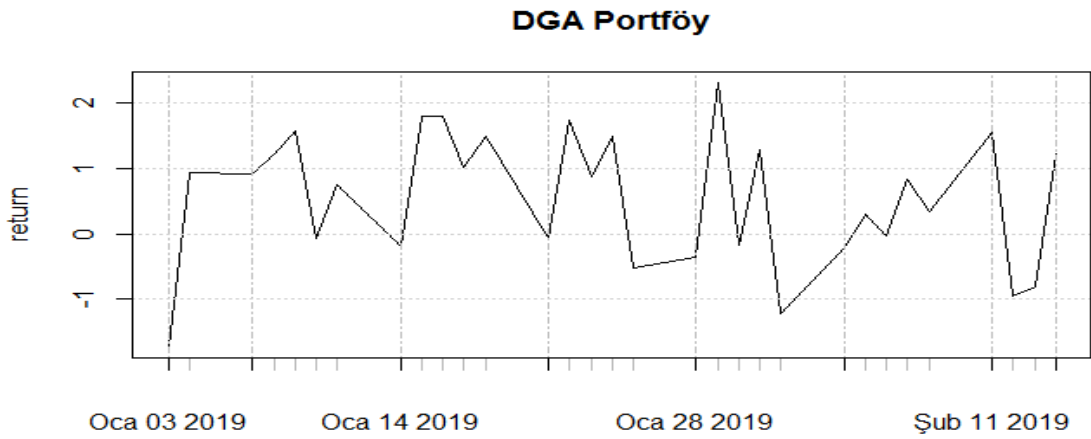


Şekil 4. 5 DGA Portföy Getiri- Risk Grafiği

Eğitim veri seti ile oluşturulan (3 Ocak 2019 - 14 şubat 2019) benchmark portföylerin ve önerilen DGA portföyün getiri grafikleri aşağıda yer almaktadır.

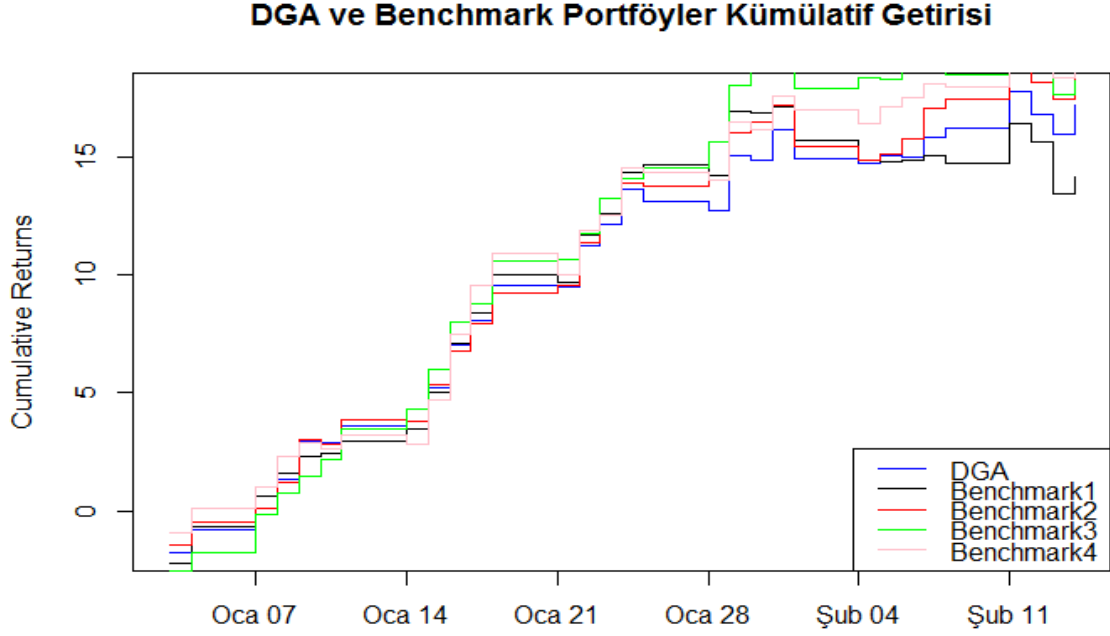


şekil 4. 6 Benchmark Portföyler Getiri Grafikleri



şekil 4. 7 DGA Portföy Getiri Grafiği

Benchmark portföylerin ve DGA portföyün getiri performanslarını daha iyi karşılaştırmak için eğitim veri seti 3 Ocak 2019 – 14 Şubat 2019 tarihleri arasında kümülatif getiri grafiği çizilmiştir ve Şekil 4.8 de verilmiştir.



Şekil 4. 8 DGA ve Benchmark Portföyler Kümülatif Getirisi

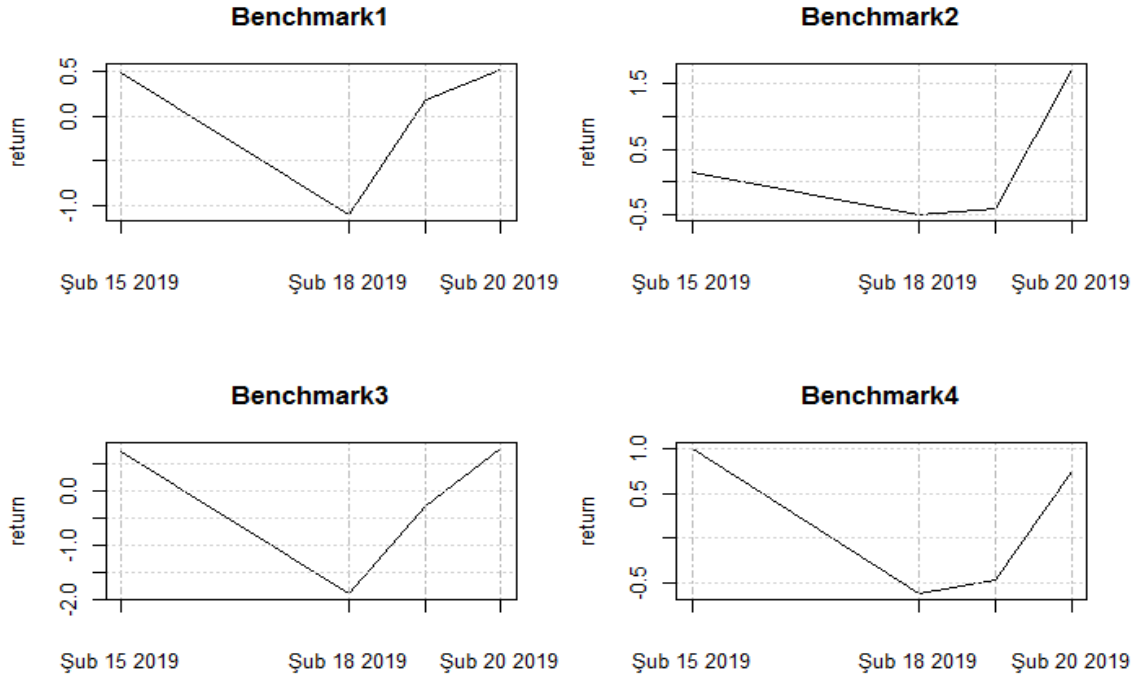
Eğitim veri seti ile oluşturulan portföylerin optimal ağırlıkları kullanılarak 15 Şubat 2019-20 Şubat 2019 tarihleri arasındaki test veri seti üzerindeki performanslarına bakılmıştır. Yatırımcıya en iyi getiriye sağlayan portföyün önerilen portföy olduğu Tablo 4.8 de görülmektedir.

Tablo 4. 8 Test Veri Seti Portföy Performans Karşılaştırması

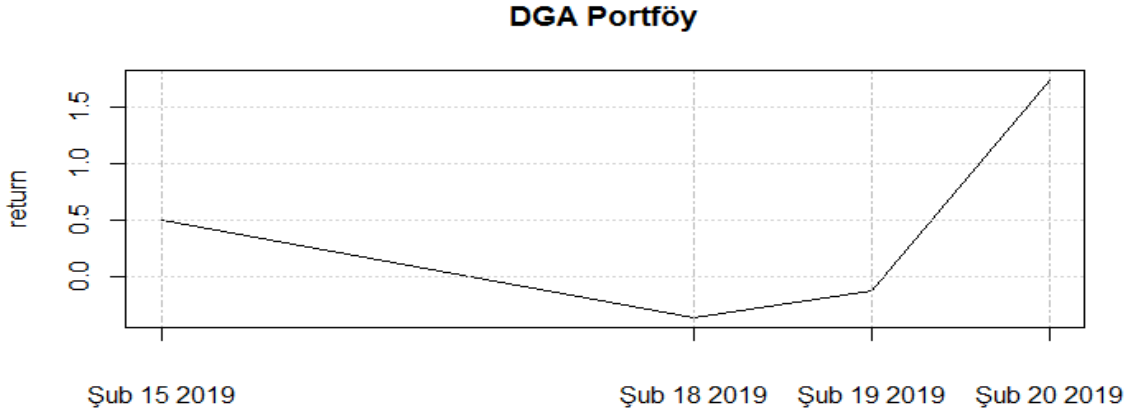
Portföy İsmi	Portföy Getirisi	Portföy Riski	Portföy Sharpe Oranı
Benchmark1	0.02103793	0.5916259	0.02735139
Benchmark2	0.2373591	1.044361	0.2322633
Benchmark3	-0.1740728	1.583028	-0.1383524
Benchmark4	0.1625388	0.7020851	0.1939823
DGA	0.435509	0.8956454	0.4601814

Tablo 4. 8'e bakıldığında pazarın eğilimini göz önüne almayan Benchmark3 isimli kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modelinin yatırımcıya zarar ettireceği görülmektedir. Yatırımcı parasını tüm hisse senetlerine eşit olarak yatırması durumunda oluşan Benchmark1 portföyden çok az getiri (0.02103793) elde edecektir. Yalnızca hisse senedinin getirisi değil pazarın getirisi ile arasındaki ilişkiyi de dikkate alan yatırımcı kazanç elde etmek için hisse senetlerinin beta katsayılarını dikkate almalıdır. Beta katsayısı 1 den büyük ve 1 den küçük hisse senetlerine farklı yatırımlar yapılarak oluşturulan Benchmark4 ve DGA portföyleri test veri seti üzerinde de iyi performans sergilemiştir. Ancak pazarın azalma eğiliminde olmasından dolayı beta katsayısı 0 dan küçük hisse senetlerine farklı ağırlıklandırmalar yapıldığında yatırımcının kazancı artmaktadır. Tablo 4.8'de de görüldüğü üzere yatırımcı için en fazla getiri (0.435509), en az risk (0.8956454) içeren optimal portföy önerilen portföy olan DGA portföyüdür.

14 Şubat 2019 – 20 Şubat 2019 tarihleri arasında test veri setinden oluşturulan benchmark portföylerin getiri grafikleri Şekil 4.9 da yer almaktadır.



Şekil 4. 9 Test Veri Seti Benchmark Portföyler Getiri Grafikleri



Şekil 4. 10 Test Veri Seti DGA Portföy Getiri Grafiği

Şekil 4.10 da görüldüğü üzere test veri seti üzerinde DGA portföy ile isimlendirilen pazarın azalma eğilimi olduğu dönemde beta katsayısı 0'dan küçük ve 0 ile 1 arasındaki hisseler yüksek, beta katsayısı 1'den büyük olan hisseler ise düşük ağırlık veren kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modeli, Sharpe oranı (0.460) ile en iyi performans gösteren, düşük riskli (0.896) ve en yüksek getiriye (0.436) sahip olan optimal portföydür.

Bu tez çalışmasında ilk olarak portföy, portföy yönetimi ve portföy teorilerinden bahsedilmiştir. Geleneksel portföy teorisi ile başlayan, 1950'li yıllarda Markowitz tarafından ortaya konulan Modern portföy teorisi ile devam eden finansal yatırım karar sürecinde faydalanılan diferansiyel gelişim algoritması üzerinde durulmuş, ayrıntılı incelenmiş ve bu algoritma ile bir uygulama yapılmıştır.

Günümüzde yatırımcıların beklentilerine ve risk iştahlarına göre optimal portföyü belirlemek ve yönetmek kolay olmayan ve çok yönlü analizler gerektiren süreçten oluşmaktadır. Yatırımcılar en uygun portföy seçiminde, portföyün beklenen getiri oranını maksimum, portföyün riskini minimum yapmak isteği içerisindeyler. Bunun için geçmişte geleneksel portföy teorisi esaslarını dikkate alırken, günümüzde ise modern portföy teorisi esaslarını dikkate almaktadırlar.

1950'li yıllarda modern portföy teorisinin temellerini atan Markowitz' in sayısal ve istatistiki yöntemlere dayanan ortalama-varyans modeline göre optimal portföy aynı getiri düzeyinde minimum riske sahip hisse senetleri veya aynı risk düzeyinde maksimum getiriyi sağlayan hisse senetleri tercih edilerek oluşturulmalıdır.

Yatırımcı için en iyi portföy beklenen getirisi en yüksek riski en düşük portföy olması dışında portföy performans ölçüsü yüksek olan portföydür. Portföyün performansının doğru değerlendirilebilmesi için çeşitli ölçüm yöntemleri mevcuttur. Literatürde de sıklıkla karşımıza çıkan yöntem ise William F. Sharpe tarafından geliştirilen Sharpe Performans ölçütüdür.

Tez çalışmasında BIST 30'da yer alan 30 hisse senedinin 3 Ocak 2019- 20 Şubat 2019 tarihleri arasında günlük getirilerinden oluşan veri seti kullanılmıştır. Veri seti 3 Ocak 2019-14 Şubat 2019 tarihleri arasında eğitim veri seti ve 15 Şubat-20 Şubat 2019 tarihleri arasında test veri seti olarak iki kümeye ayrılmıştır. Tez çalışmasında önerilen portföy modeli, kardinalite kısıtlı çok amaçlı ortalama-varyans modeline pazarın azalma eğiliminde olması nedeni ile beta katsayısı 0'dan küçük, 0 ile 1 arasında olan ve 1'den büyük hisseler göre toplam yatırım oranı kısıtı ilave edilmiş

modeldir. Önerilen model, diferansiyel gelişim algoritması ile çözülmüştür. Elde edilen sonuçları kıyaslamak için Benchmark1 eşit ağırlıklı model, Benchmark2 Markowitz ortalama-varyans modeli, Benchmark3 kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modeli ve Benchmark4 beta katsayısı 1'den küçük ve 1'den büyük hisselerle göre yatırım oranı kısıtı belirlenmiş kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modelleri oluşturulmuştur. Benchmark 2,3 ve 4 modelleri de diferansiyel gelişim algoritması ile çözülmüştür.

Eğitim veri seti ile elde edilen sonuçlara göre en yüksek getiriye sahip portföy, beta katsayısı 1'den küçük ve 1'den büyük hisselerle göre yatırım oranı kısıtı belirlenmiş kardinalite kısıtlı ortalama-varyans modeli olan Benchmark4 portföyüdür. En riskli portföy de yine Benchmark4 portföyüdür. En az riske sahip Benchmark1 portföyü olmasına rağmen en az getiriye sahiptir. Benchmark1 portföyünde 30 adet hisse senedine, Benchmark2 portföyünde 17 adet hisse senedine ve Benchmark3, Benchmark4 ve DGA portföylerinde yatırımcının belirlemiş olduğu 12 adet hisse senedine yatırım yapılmasına karar verilmiştir.

Portföylerin ilerleyen dönemde yatırımcıya kazanç ya da zarar sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi için eğitim veri setinden elde edilen portföy ağırlıkları test veri setine uygulanmıştır. Test veri setinde yerine konulan ağırlıklarla oluşturulan portföylerin getiri, risk ve Sharpe oranlarına bakıldığında en iyi performansı tez çalışmasında önerilen DGA portföyünün gösterdiği görülmüştür. Yatırımcı, beta katsayılarına bakmaksızın kardinalite kısıtlı portföy modelini kullanarak yatırım yaptığında Benchmark3 portföyü ile zarar etmektedir. O halde pazarın eğilimini göz önüne alan beta katsayılarına göre kısıtın önemi açıkça görülmektedir.

Sonuç olarak, sezgisel algoritmaların bir çeşidi olan diferansiyel gelişim algoritması ile elde edilen portföyler yatırımcı için getirisi daha yüksek, riski daha düşük portföyler olarak elde edilmiştir. Ancak yatırımcı portföy oluştururken hisse senetlerinin beta katsayılarını dikkate alarak seçimi yaptığında riskini daha iyi yönetebilir hale gelmektedir.

Uygulamadan elde edilen sonuçlar tüm hisse senedi piyasasını yansıtmadığı göz ardı edilmemelidir. Ayrıca çalışma geniş bir kapsam alması ve hisse senedi piyasasını geniş bir açıdan yansıtabilmesi için BIST 100 endeks verileri ya da farklı finansal

varlıklarla oluşturulan portföyler ve farklı zaman aralıkları kullanılarak da uygulanabilir.



- [1] H. Akyer, C. B. Kalaycı ve H. Aygören, "Ortalama-Varyans portföy optimizasyonu için parçacık sürü optimizasyonu algoritması: Bir Borsa İstanbul Uygulaması" Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(1): 124-129, 2018.
- [2] G. F. Deng, W.T. Lin, and C.C. Lo, "Markowitz-based portfolio selection with cardinality constraints using improved particle swarm optimization" Expert Systems with Applications, 39: 4558-4566, 2012.
- [3] T. Keskinürk, "Diferansiyel Gelişim Algoritması", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Sayı: 9 1/:85-99, 2006.
- [4] H. Genel, Genetik Algoritmalarla Portföy Optimizasyonu. Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi , Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2004.
- [5] T. Cura, "Particle Swarm Optimization Approach to Portfolio Optimization" , Nonlinear Analysis Real World Applications, 10(4): 2396-2406, 2009.
- [6] S. Das, A. Abraham and A. Konar, Particle Swarm Optimization And Differential Evolution Algorithms: Technical Analysis, Applications And Hybridization Perspectives. In Advances of computational intelligence in industrial systems, pp. 1-38. Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.
- [7] I. Yaman, Portföy Optimizasyonunda Değiştirilmiş Parçacık Sürü Optimizasyonu Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2014.
- [8] C. Kaya ve O. Kocadağlı " Etkin Sınır ve Beta Katsayı Kısıtlı Portföy Seçim Modeli Üzerine Bir Uygulama", İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11(22): 19-35, 2012.
- [9] E. Yakut ve A. Çankal, "Çok Amaçlı Genetik Algoritma ve Hedef Programlama Metotlarını Kullanarak Hisse Senedi Portföy Optimizasyonu: BİST-30'da Bir Uygulama", Business and Economics Research Journal Volume 7 Number 2 ,pp. 43-62, 2016.
- [10] T. Korkmaz, N. Aydın ve G. Sayılğan, Portföy Yönetimi, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2852 :3 ,Eskişehir, 2013.
- [11] Ş. A. Keler, Portföy Yönetiminde Yeni Açılımlar ve Dinamik Portföy Yönetimi Olarak Hedge Fon Yönetimi, Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Yayınlanmış Doktora Tezi, İstanbul, 2008.
- [12] T. Korkmaz, ve A. Ceylan, Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi, Ekin Yayınevi, Bursa, 2004.

- [13] İ. Bekçi, Optimum Portföy Oluşturulmasında Bulanık Doğrusal Programlama Modeli ve İMKB’de Bir Uygulama, Yayınlanmamış Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta, 2001.
- [14] M. Özçam, Varlık Fiyatlama Modelleri Aracılığıyla Dinamik Portföy Yönetimi. SPK Yayinlari, Yayin, (104), 1997.
- [15] K. Urun, Stokastik Baskınlık Testi İle Portföy Optimizasyonu: BIST-30 Endeksine Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. 2016.
- [16] C. S. Asness, “Why Not 100 % Equities”, The Journal of Portfolio Management, 22(2):29-34, 1996.
- [17] A. Ceylan ve T. Korkmaz, Borsada Uygulamalı Portföy Yönetimi, 3. baskı, Ekin Kitabevi Yayınları, Bursa, 1998.
- [18] N. Berk, Finansal Yönetim, 2. Baskı, Türkmen Kitabevi, İstanbul, 1995.
- [19] S. Bekçioğlu, Portföy Yaklaşımları Ve Markowitz Portföy Yaklaşımının Türk Pay Senedi Piyasasına Uygulanması, Ankara, 1984.
- [20] B. Yazar, Portföy Optimizasyonunda Risk Ölçüleri, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, , Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2012.
- [21] J.C. Francis and S.H. Archer, Portfolio Analysis, Prentice - Hall, New Jersey, 1971.
- [22] A.G. Christy and C. Jhon, Introduction to Investments, Sixth Edition, McGraw McGraw Hill Book Company, New York, 1974.
- [23] E. Üstünel, Durağan Portföy Analizi ve İMKB Verilerine Uygulanması, İMKB Yayınları, İstanbul, 1999.
- [24] H. Markowitz, Portfolio Selection:Efficient Diversification Of Investments. NY: John Wiley, 1959.
- [25] M.B. Karan, Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi, Gazi Kitabevi, Ankara, 2011.
- [26] Y. Kroll, H. Levy and H. Markowitz, “Mean-Variance Versus Direct Utility Maximization”,The Journal of Finance Vol:XXXIX,No:1:47, 1984.
- [27] H. Markowitz, Portfolio Selection:Efficient Diversification of Investments, John Wiley & Sons, 2nd. ed.USA:82, 1991.
- [28] J. C. Francis, Investment: Analysis and Management, McGraw – Hill Book Company, New York., 1976.
- [29] G. Sayılğan, Soru ve Yanıtlarla İşletme Finansmanı, Turhan Kitabevi, Ankara, 2003.
- [30] H. Dağlı, Sermaye Piyasası ve Portföy Analizi, 2. Baskı, Derya Kitabevi, Trabzon, 2004.
- [31] Ö. Usta ve E. Demireli, “Risk Bileşenleri Analizi: İMKB’de Bir Uygulama”, ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 6(12): 25-36, 2010.

- [32] M. Bellici, Türkiye’de Portföy Yönetiminde Sistematik Riskin Ölçülmesi ve İMKB için Bir Uygulama, Kadir Has Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2005.
- [33] E. Kadioğlu, Şirketlerin Karşılaştıkları Kur Riski ve Kur Riskinin Yönetilmesi, Sermaye Piyasası Kurulu Yayınları, 155, Ankara, 2003.
- [34] Ö. Usta, İşletme Finansı ve Finansal Yönetim, Detay Yayıncılık, Ankara, 2008.
- [35] B. Kartal, Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Finansal Portföy Optimizasyonu, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, 2015.
- [36] A.Z.Ç. Başaran, Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Sharpe Performans Oranına Dayalı Portföy Optimizasyonu: BIST 30 Uygulaması, Yayınlanmış Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.
- [37] R. A. Haugen, Modern Investment Theory. Fourth Edition. New Jersey: Prentice Hall, 1997.
- [38] G. Kemalbay, Konveks Olmayan Çok Kriterli Optimizasyon Ve Portföy Seçimi Problemi. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul, 2008.
- [39] W. F. Sharpe, “A Simplified Model for Portfolio Analysis”, Management Science, 9(2): 277-293, 1963.
- [40] C. Toraman ve M. F. Yürük, “Kuadratik Programlama Tabanlı Modelleme İle Portföy Optimizasyonu: BİST-100 Uygulaması. Mukaddime”, 5(1), 133-148, 2015.
- [41] B. Sabuncu, Varlık Fiyatlama Modelleri ve İ.M.K.B. Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli, 2005.
- [42] H. Markowitz, Portfolio selection. The journal of finance, 7(1), 77-91, 1952.
- [43] T. J. Chang, N. Meade, J. E. Beasley and Y. M. Sharaiha, “Heuristics for Cardinality Constrained Portfolio Optimisation”, Computers&Operations Research, 27:12711302, 2000.
- [44] T. Çalışkan, “Black-Litterman Ve Markowitz Ortalama Varyans Modeliyle Oluşturulan Portföylerin Performanslarının Ölçülmesi”, Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 9(15): 99-109, 2011.
- [45] W. F. Sharpe, “Sharpe Ratio”, Journal of Portfolio Management, 21(1): 49-58, 1994.
- [46] W.F. Sharpe “Mutual Fund Performance”, Journal of Business, 39:126, 1966
- [47] J. L. Treynor, Implications for the Theory of Finance. Unpublished memo, 1963.
- [48] H. Ayaydın, Türkiye’deki Emeklilik Yatırım Fonlarının Performanslarının Analizi. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 22(2), 59-80, 2013.
- [49] A. Ateş, Sezgisel Algoritmalarla Çoklu Denetçi Parametrelerinin Optimizasyonu, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 2018.

- [50] Y. Şahin ve A. Eroğlu, “Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi İçin Metasezgisel Yöntemler: Bilimsel Yazın Taraması”, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19(4): 337-355, 2014.
- [51] C. Blum and A. Roli, “Metaheuristics in Combinatorial Optimization: Overview and Conceptual Comparison”, ACM Computing Surveys, 35(3): 268-308, 2003.
- [52] D. Karaboğa,Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara, 2011.
- [53] R. Storn and K. Price, “Differential Evolution: A Simple and Efficient Heuristic Strategy for Global Optimization over Continuous Spaces”, Journal of Global Optimization, 11: 341- 359. 1997.
- [54] Y. M. Özsağlam ve M. unkaş, “Optimizasyon Problemlerinin özümü için Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması” Politeknik Dergisi, Cilt:11 Sayı: 4 s.299-305, 2008.



EK 1:Hisse senedi getirileri kovaryans matrisi

	AKBANK	ARCLK	ASELSAN	BIMAS	DOHOL	ENGYO	ENERJ	ERGL	FOTK	GARANT	HALK	ISC	KOCHL	KOZAA	KOZAL	KRDM	PEGSS	PETKM	SAHOL	SISE	SODA	TAVHL	TECELL	THY	TKFN	TOASO	TTKOM
AKBANK	7.5401363	1.9433347	3.6503658	1.0152493	2.645278079	2.6911757	1.0801348	1.6235997	2.3104228	6.4017657	4.0497970	4.9697403	2.7320066	2.1569944	1.8006265	3.4473180	2.32000796	1.87786325	4.5954443	2.4872667	0.037900254	0.7689728	2.3589372	2.9515692	1.3972696	3.1666228	4.5130969
ARCLK	1.9433347	5.7119197	1.9678316	1.7449320	1.541475164	1.6297617	0.6105514	1.2803708	2.0515887	2.1444687	1.8721914	2.2165011	2.8091720	1.2147640	1.6503684	2.1367780	2.7894329	1.49602146	2.6894268	2.0414650	-0.225652894	2.0582402	2.1725870	2.3167433	1.1738320	2.3650158	2.5057715
ASELSAN	3.6503658	1.9678316	5.1943972	0.5466114	2.117424296	2.2969916	0.8389017	1.6351572	2.1864122	3.4488107	2.4706264	2.7674141	2.0822310	1.9086243	1.7914316	3.6903662	2.74207173	1.8934668	2.6219917	2.6407513	0.312210680	1.2523320	1.2317961	3.3835117	1.2793388	2.5340709	2.7992217
BIMAS	1.0152493	1.7449320	0.5466114	3.6114881	0.175059872	0.7227941	0.6937208	0.3517906	1.4368554	1.4150123	0.8229107	1.0406390	1.5374612	0.2262191	0.8645565	0.62045712	1.27211172	0.73395349	1.6365500	0.2503895	0.184541714	1.1872686	1.2370296	0.5504062	0.7375953	1.3229780	1.2905412
DOHOL	2.64527808	1.5414752	2.1174243	0.1750599	4.606990425	2.0085446	0.4807380	0.7382101	0.8057262	2.4289713	1.9312799	2.8035712	1.7427816	0.8157933	0.3335389	2.1949216	2.16214532	1.14690045	2.1661596	2.1198178	-0.005070163	1.1187890	1.2284907	2.1290869	0.6304543	1.7491086	2.6408623
ENGYO	2.69117570	1.6297617	2.2969916	0.7227941	2.008544650	4.5530287	0.6281569	1.7530154	1.3768351	2.6897168	2.3338452	2.3271262	1.8294921	0.9842165	1.0579086	3.2361417	1.89888462	1.6889310	2.1648119	1.9226306	0.319206381	0.8389712	0.6300591	1.7305415	1.8594132	2.5277853	2.5991676
ENERJ	1.08013475	0.6105514	0.8389017	0.6937208	0.480738036	0.6281569	1.9888665	0.4696978	0.4753755	1.3897230	0.8787768	1.3291494	0.7912059	0.3237309	0.1966366	1.2376210	0.94388975	0.61950157	1.3076177	0.7995209	-0.206356163	0.6113690	0.9312385	0.9663764	1.0340349	1.1919292	1.5884229
ERGL	1.62359974	1.2803709	1.6351572	0.3517906	0.738210129	1.7530154	0.4696978	4.1630366	1.1220598	1.5000379	1.5002194	1.6116330	1.3049070	0.9271127	1.0694759	3.4172916	1.24959381	1.69734362	1.2615173	1.7795229	0.440390015	0.6105012	1.0577953	1.6959341	1.4605535	1.6804410	1.6962802
FOTK	2.31042279	2.0515887	2.1864122	1.4368554	0.805726210	1.5768351	0.4753755	1.1220598	5.2313817	1.9315310	1.6740518	1.5344190	2.2077538	1.3659163	1.1001479	1.8227718	2.2629875	1.64776790	2.3013009	1.6901759	0.588374122	1.3415913	1.0808697	1.9870734	1.7043887	2.9194045	1.6170152
GARANT	6.40176575	2.1444687	3.4488107	1.4150123	2.428971276	2.6897188	1.3897230	1.5003709	1.9315310	7.2207195	4.1260191	5.1179991	2.9419312	2.4647788	2.2784628	3.3605617	2.8004174	2.17516785	4.5481593	2.4821818	-0.228447701	0.9575615	2.4566359	2.7139053	2.1106542	3.3004534	4.4290615
HALK	4.04979700	1.8721914	2.4706264	0.8229107	1.931279922	2.5338452	0.8787768	1.5002194	1.6740518	4.1260191	4.7281800	3.8879135	2.1052390	1.7481419	1.6232802	3.3271689	2.11227275	1.52155590	2.7638631	2.1916035	-0.150964276	0.5410578	1.7217863	2.2148106	1.2607520	2.3027099	3.2561724
ISC	4.96974035	2.2165011	2.7674141	1.0406390	2.800571212	2.3271262	1.3291494	1.6116330	1.5244190	5.1179991	3.8879135	7.5826364	2.8940673	2.3412904	2.0252170	3.9322836	2.79473883	2.22499653	3.8167308	3.0071331	-0.229709221	1.0319063	2.0800046	2.4501175	1.3048520	2.0607479	4.6907737
KOCHL	2.73200658	2.8091720	2.0822310	1.5374612	1.74278161	1.6294821	0.7972059	1.3049370	2.2077538	2.9416312	2.1052390	2.8940673	3.7071260	1.2540802	1.1259777	2.7988525	2.19007801	1.38902085	2.4070754	1.9577875	0.70307517	1.7223821	1.6289730	1.7939794	1.5128882	2.6772428	3.0004877
KOZAA	1.15689437	1.2147640	1.9086243	0.2262191	0.815793301	0.9842165	0.3237309	0.9271127	1.3659163	2.4647788	1.7461419	2.3412904	1.2540802	7.9196364	4.8926505	2.7970951	1.49512439	1.7660736	1.6501635	1.1653384	0.406777591	0.8618250	0.9986690	2.1818086	0.6002646	2.8428229	1.0888103
KOZAL	1.80062651	1.6503684	1.7914316	0.8645565	0.332538944	1.0579086	0.1966366	1.0694759	1.1001479	2.2704628	1.6232802	2.0252170	1.1259777	4.8926505	5.3731761	1.9802853	1.25917295	1.61393718	1.4429329	1.2976595	0.418034700	1.2307800	0.9401529	1.7321479	0.5614487	1.3107334	0.9720224
KRDM	3.44731796	2.1367780	3.6903662	0.6455712	2.194821646	3.2361417	1.2376210	3.4172916	1.6227716	3.3605617	3.3271689	3.9322836	2.7988525	2.7970951	1.8802853	2.2930202	2.77305057	2.49619412	2.8540081	3.0400493	0.028338701	1.6483122	1.2019838	3.3094235	1.7627236	2.6992511	3.7351200
PEGSS	2.32000796	2.7894329	2.7420717	1.2721117	2.162145322	1.8988846	0.9438897	1.2495938	2.2628887	2.2600417	1.1212278	2.7947388	2.1900780	1.4931244	1.2591729	2.7730506	7.52784384	1.81671627	2.4463451	2.3855774	0.084066191	1.2158672	0.8501491	4.2300173	1.3479446	2.5882403	2.5578760
PETKM	1.87786325	1.4960215	1.8934668	0.7335635	1.146900447	1.6699581	0.6195016	1.6970436	1.6477679	2.1751678	1.5215559	2.2249966	1.3890208	1.7660736	1.6139372	2.4961841	1.81671627	3.56594033	2.1198462	1.4055903	0.068963953	1.5016384	1.1734621	1.6254781	1.3131255	1.3200500	2.8297961
SAHOL	4.59544426	2.6894268	2.6219917	1.6365500	2.166159588	2.1849119	1.3075617	1.2615173	2.3013009	4.5481593	2.7636631	3.6167308	2.8407654	1.6501835	1.4429329	2.8540081	2.44634511	2.11984620	5.0810242	2.3766399	0.057823705	1.9104025	2.3114801	2.2569446	1.2657776	2.7250901	3.5777621
SISE	2.48726670	2.0414650	2.6407513	0.2503895	2.194821646	1.9226308	0.7995209	1.7786529	1.6901759	2.4621818	2.1316035	3.0071331	1.9577875	1.3166384	1.2976595	3.0400493	3.28557738	1.40559035	2.2376639	5.3478624	0.703848551	2.1112659	1.2301187	2.8478565	1.4299131	2.7678123	2.7557837
SODA	0.03790025	-0.22565289	0.3122107	0.1845417	-0.005070163	0.3152064	-0.2063562	0.4408900	0.5883741	-0.2284477	-0.1509643	-0.2997092	0.1703075	0.4067776	0.4190347	0.0283387	0.08405619	0.06696395	0.0578237	0.7038489	2.828654124	0.6857260	0.0359483	0.1417435	0.4168342	0.8677251	-0.4592563
TAVHL	0.7689728	2.0582402	1.2523320	1.1872686	1.118789025	0.8268712	0.6113690	0.6105012	1.3415913	0.9575615	0.5410578	1.0319063	1.7223821	0.8618250	1.2358070	1.6483122	1.21586723	1.5016387	1.9104025	2.1112659	0.068725969	5.2947520	0.5824717	2.0046556	1.0644110	1.1716423	1.5869662
TECELL	2.35893716	2.1725870	1.2317961	1.2370296	1.228490710	0.9300591	0.9312385	1.0577953	1.0808697	2.4566359	1.7217863	2.0800046	1.8289730	0.9986690	0.9401529	1.2019838	0.85014915	1.17345214	2.3114301	1.2330187	0.053948304	0.5824717	4.2335454	0.9551977	1.3230160	1.3438083	2.0778876
THY	2.95156923	2.3167433	3.3835117	0.5504062	2.129086923	1.7305415	0.9663764	1.6899341	1.9870734	2.7139053	2.2148106	2.4501175	2.1793794	2.1818086	1.7321479	3.3094235	4.23001731	1.62547814	2.2556496	2.8476565	0.141743545	2.0046556	0.9551977	5.9812113	1.4911662	2.0564438	2.2683351
TKFN	1.39726964	1.1738320	1.2793388	0.7375953	0.630454290	1.8594152	1.0340349	1.4865535	1.7049897	2.1106542	1.2607520	1.3048520	1.5128882	0.6002646	0.5614487	1.7627236	1.34784460	1.31312552	2.1657776	1.4259951	0.418034160	1.0494102	1.3230160	1.4911662	5.7400173	1.7995748	2.0387327
TOASO	3.16662283	2.3650158	2.5340709	1.3225780	1.749108629	2.5277853	1.1919292	1.6804140	2.9194045	3.3004534	2.3027099	2.0601479	2.6772428	0.8246329	1.3107334	2.6995511	2.58824033	1.32005004	2.7250901	2.7678123	0.967725103	1.7176423	1.3438083	2.0564438	1.7995748	7.2302602	2.8704310
TTKOM	4.51309688	2.5057715	2.7992217	1.2905412	2.640862269	2.5991676	1.5884229	1.6962802	1.6170152	4.4290615	3.2561724	4.6907737	3.0004877	1.0888103	0.9720224	3.7351200	2.55787603	2.82979613	3.5777621	2.7557837	-0.459256286	1.5869662	2.0778876	2.2683351	2.0387327	2.6704310	8.0330516

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: ceydakrtlms@gmail.com

Konferans Bildirileri

1- C. Kurtulmuş ve G. Kemalbay, "Sezgisel Algoritmalar ile Portföy Optimizasyonu: BIST 30 Uygulaması", Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, Kocaeli/ Türkiye.Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi BAHAR 2019 FEN BİLİMLERİ BİLDİRİLER KİTABI syf.164, 26-28 Nisan 2019.