

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**PORTFÖY OPTİMİZASYONUNDA ALGORİTMA
KULLANIMININ ETKİNLİĞİNİN İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kenış GARAYEV

**Enstitü Ana Bilim Dalı : İşletme
Enstitü Bilim Dalı : Muhasebe ve Finansman**

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Sedat DURMUŞKAYA

AĞUSTOS - 2017

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

**PORTFÖY OPTİMİZASYONUNDA ALGORİTMA
KULLANIMININ ETKİNLİĞİNİN İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Keniş GARAYEV

Enstitü Ana Bilim Dalı : İşletme
Enstitü Bilim Dalı : Muhasebe ve Finansman

“Bu tez 22.08/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.”

JÜRİ ÜYESİ	KANAATİ	İMZA
Doc. Dr. Ferudun Karayev	Basarılı	
Yrd. Doç. Dr. Sedat DURMUSKAYA	Basarılı	
Yrd. Doç. Dr. Kadir ÜÇAY	Basarılı	



SAKARYA
ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS/DOKTORA İNTİHAL YAZILIM RAPORU BEYAN
BELGESİ

Tez Başlığı: PORTFÖY OPTİMİZASYONUNDA ALGORİTMA KULLANIMININ
ETKİNLİĞİNİN İRDELENMESİ.

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın toplam 87 sayfalık kısmına ilişkin *Sakarya Üniversitesi Lisansüstü Yönetmeliği Madde 28* uyarınca aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan ve 15/08/2017 tarihinde Sosyal Bilimler Enstitüsü tarafından şahsıma iletilen *Turnitin* intihal tespit programı raporuna göre tezimin benzerlik oranı % 15'tir.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1) Kaynakça hariç
- 2) Alıntılar dahil
- 3) 5 kelimeden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Bu bilgiler doğrultusunda tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.

Öğrenci

Kenîş GARAYEV

24.08.2017

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ

Adı – Soyadı

: Kenîş GARAYEV

Öğrenci Numarası

: Y156004062

Ana Bilim Dalı

: İşletme

Programı

: Muhasebe ve Finansman

Statüsü

: ☒ Y. Lisans ☐ Doktora ☐

Bütünleşik

Doktora

Danışman

Yard. Doç. Dr. Sedat DURMUŞKAYA

24.08.2017

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
TABLO LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	ix
GİRİŞ	1
BÖLÜM 1: PORTFÖY YÖNETİMİ.....	6
1.1. Portföy Yönetimi Kavramı	6
1.2. Portföy Çeşitleri	7
1.2.1. Tamamı Tahvillerden Oluşan Portföyler	8
1.2.2. Tamamı Hisse Senetlerinden Oluşan Portföyler	8
1.2.3. Hisse Senedi ve Tahvillerden Oluşan Portföyler	9
1.2.4. Diğer Yatırım Araçlarından Oluşan Portföyler.....	9
1.3. Portföy Yönetim Süreci	10
1.3.1. Portföy Planlaması	12
1.3.2. Yatırım Analizi	13
1.3.3. Portföy Seçimi	14
1.3.4. Portföy Değerlemesi	15
1.3.5. Portföy Revizyonu	15
1.4. Portföy Yönetim Stratejileri	16
1.4.1. Pasif Yönetim.....	16
1.4.2. Aktif Portföy Yönetimi	16
1.5. Getiri Kavramı	17
1.5.1. Bir Dönemlik Menkul Değer Getirisi	18

1.5.2. Menkul Değerin Ortalama Getirisi	19
1.5.3. Portföy Getirisi.....	20
1.6. Risk Kavramı	20
1.6.1. Menkul Değer Riskinin Ölçülmesi	21
1.6.2. Portföy Riskinin Ölçülmesi	21
1.6.3. Riskin Kaynakları	23
1.6.3.1. Sistematik Risk ve Türleri.....	24
1.6.3.2. Sistematik Olmayan Risk ve Türleri	26
1.7. Portföy Yönetim Yaklaşımlar	26
1.7.1. Geleneksel Portföy Yönetimi.....	27
1.7.2. Modern portföy Yönetimi	28
1.7.2.1. Ortalama Varyans ve Portföy Yönetimi	30
1.7.3. Sermaye Varlık Fiyatlandırma Modeli (CAPM).....	32
1.7.4. Arbitraj Fiyatlandırma Modeli	33
1.8. Portföy Performansının Değerlendirilmesi	34
1.8.1. Treynor Endeksi.....	35
1.8.2. Sharpe Oranı	35
1.8.3. Jensen Ölçütü	36
BÖLÜM 2: GENETİK ALGORİTMALAR.....	38
2.1. Genetik Algoritmanın Tarihçesi	38
2.2. Genetik Algoritmanın Tanımı.....	39
2.3. Genetik Algoritma ile İlgili Kavramlar	41
2.3.1. Gen	41
2.3.2. Kromozom	42
2.3.3. Evrim ve Doğal Seleksiyon	42
2.3.4. Popülasyon.....	43
2.3.5. Yeniden Üretim İşlemi.....	43

2.3.6. Uygunluk Değeri ve Uygunluk Fonksiyonu	43
2.4. Genetik Algoritmaların Temel Çalışma Prensipleri	46
2.5. Kodlama	48
2.5.1. İkili Kodlama	49
2.5.2. Permütasyon Kodlama (Gerçek Sayı Kodlama)	49
2.5.3. Harf Kodlama.....	50
2.6. Genetik Algoritma Operatörleri	51
2.6.1. Seçim	51
2.6.1.1. Rulet Çemberi Yöntemi.....	52
2.6.1.2. Turnuva Yöntemi	52
2.6.1.3. Elitist (Seçkinlik) Seçim Yöntemi.....	53
2.6.2. Çaprazlama	53
2.6.2.1. Tek Noktalı Çaprazlama.....	54
2.6.2.2. Çift Noktalı Çaprazlama	55
2.6.2.3. Çok Noktalı Çaprazlama.....	56
2.6.2.4. Tekdüze (Üniform) Çaprazlama Yöntemi	56
2.6.3. Mutasyon	57
2.6.3.1. Döndürme (Flipping)	58
2.6.3.2. Değiş-Tokuş	58
2.7. Genetik Algoritmanın Finans Alanındaki Uygulamaları	59
2.7.1. Genetik Algoritmanın İşletme Finansı Alanında Uygulamaları	59
2.7.2. Genetik Algoritmanın Piyasa Zamanlaması Uygulamaları	59
2.7.3. Genetik Algoritmanın Portföy Optimizasyonu Uygulamaları	60
2.8. Genetik Algoritmaların Geleneksel Optimizasyon Yöntemleri ile Karşılaştırılması	60
2.9. Genetik Algoritmanın Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri.....	62
2.9.1. Genetik Algoritmanın Üstünlükleri	62
2.9.2. Genetik Algoritmaların Zayıf Yönleri	63

BÖLÜM 3: UYGULAMA	65
3.1. Literatür.....	65
3.2. Uygulama.....	70
3.2.1. Uygulamanın Amacı	70
3.2.2. Uygulama Verileri	71
3.2.3. Uygulama Yöntemi	73
3.2.3.1. Çok Amaçlı Genetik Algoritma	73
3.2.3.2. Çok Amaçlı Genetik Algoritma için Matlab Kullanımı.....	74
3.3. Bulgular.....	76
SONUÇ.....	82
KAYNAKÇA	85
ÖZGEÇMİŞ.....	93

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
FVFM	: Finansal Varlık Fiyatlandırma Modeli
GA	: Genetik Algoritma
BİST	: Borsa İstanbul
İMKB	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
YY	: Yüz Yıl
TCMB	: Türkiye Cumhuriyeti Merkez Bankası



TABLO LİSTESİ

Tablo 1: Menkul Kıymetlere ilişkin Beklenen Getiriler ve Standart Sapmalar	31
Tablo 2 : Doğal Süreçteki Terimlerin GA'daki Karşılık ve Tanımları	45
Tablo 3 : İkili Kodlama.....	49
Tablo 4 : Permütasyon Kodlama (Gerçek Sayı Kodlama).....	50
Tablo 5 : Tek Noktalı Çaprazlama	54
Tablo 6 : Çift Noktalı Çaprazlama	55
Tablo 7 : Üniorm Çaprazlama	56
Tablo 8 : Döndürme (Flipping) Mutasyon.....	58
Tablo 9 : Değiş-Tokuş Mutasyon	58
Tablo 10 : Uygulamada Kullanılan Hisse Senetlerinin İsimleri	72
Tablo 11 : Genetik Algoritma Uygulama Parametreleri.....	76
Tablo 12 : Kriz Öncesi Dönem için 9 Farklı Portföy Sonucu.....	77
Tablo 13 : Kriz Dönemi için 9 Farklı Portföy Sonucu.....	79
Tablo 14 : Kriz Sonrası Dönem için 9 Farklı Portföy Sonucu.....	80

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Portföy Yönetim Sistemi	12
Şekil 2: Toplam Riskin Kaynakları.....	24
Şekil 3: Genetik Algoritmaların Akış Şeması.....	40
Şekil 4: Genetik Algoritmanın Adımları.....	46
Şekil 5: Matlab Optimizasyon Aracı	75



Tezin Başlığı: Portföy Optimizasyonunda Algoritma kullanımının Etkinliğinin İrdelenmesi	
Tezin Yazarı: Keniş Garayev	Danışman: Yrd. Doç. Dr. Sedat DURMUŞKAYA
Kabul Tarihi: 22.08.2017	Sayfa Sayısı: ix (ön kısım) + 93 (tez)
Anabilimdalı: İşletme	Bilimdalı: Muhasebe ve Finansman
Bir yatırımcı her zaman kazanacağı getiriye maksimize etmeye çalışmaktadır. Aynı zamanda bu durumda riskini de düşük seviyede tutmaya çalışmaktadır. Kriz veya diğer riskli durumlarda yatırımcılar risklerini dağıtmak için birkaç menkulü bir araya getirerek portföy oluşturmakta ve bu yolla risklerini dağıtmayı hedeflemektedirler. Portföy yönetmede kendileri gibi portföy yönetici kurumlardan da destek almaktadırlar. Portföy yöneticileri geleneksel yöntemle bağlı kalarak portföydeki finansal varlık sayısını artırmakla riski daha düşük düzeye indireceklerini düşünmüşlerdir. Fakat 1950’li yıllarda Markowitz’in öncülüğünü yaptığı modern portföy teorisi yardımıyla portföy risk ve getirisini hesaplamaya matematiksel boyut kazandırıldı. Daha sonra modern portföy yönetimini destekleyen birkaç portföy yönetim teorisi geliştirildi. Genetik algoritmalar, portföy optimizasyon teknikleri arasında en hızlı ve güvenilir sonuç vermesi nedeniyle son dönemlerde en fazla kullanılan teknik olmuştur. 1985 yılında Holland tarafından geliştirilen ve genetik gelişimi baz alan bu yöntem yatırımcılara portföydeki menkul değer sayısı, ağırlıkları, risk ve getiri oranlarıyla ilgili hızlı bir şekilde bilgi vermektedir. Bu çalışmada Bist-30’da işlem gören hisselerin 156 (2004-2016) aylık verilerinden yola çıkarak üç farklı dönem (kriz öncesi, kriz ve kriz sonrası) itibarıyla genetik algoritma yardımıyla dokuz farklı portföy oluşturulmuştur. Portföye dahil edilecek hisse senetleri sayısı, ağırlıkları, türleri dönemler itibarıyla farklılık göstermiştir. Özellikle kriz dönemini (2008-2011) kapsayan yıllarda portföye dahil olan hisse sayısı en fazla 9 olarak hesaplanmıştır. Genetik algoritma kriz döneminde daha fazla çeşitlendirme yaparak güvenilir sonuç vermiştir.	
Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, Borsa İstanbul, Portföy Seçimi, Optimizasyon Teknikleri.	

Title of Thesis: Examining the Effectiveness of Using Algorithms in Portfolio Optimization	
Author: Kenish Garayev	Supervisor: Yrd. Doc.Dr. Sedat DURMUSKAYA
Acceptance Date: 22.08.2017	Number of Pages: ix (front part) + 93 (thesis)
Department: Business Administration Subfield: Accounting and Finance	
An investor always tries to maximize the profit. At the same time, he/she tries to keep the risk at a low level. In a crisis or other risky situation, they create a portfolio by combining a number of securities to distribute the risk of investors and thus aim to avoid risk. They also receive support from portfolio management entities. Portfolio managers thought that they would lower the risk by increasing the number of financial assets in the portfolio by remaining tied to traditional methods. However, in the 1950's the modern portfolio theory that Markowitz made his pioneer was used to provide a mathematical dimension to calculate portfolio risk and return. Then a number of methodologies that support modern portfolio theory have been developed. Genetic algorithms are the most used technique in recent periods because of the fastest and reliable results among portfolio optimization techniques. This method, developed by Holland in 1985 based on genetic development, provides information on the number of securities, weight, risk and return rates on the investor portfolio quickly. In this study, nine different portfolios were created with the help of genetic algorithm in three different periods (before the crisis, in the crisis, after the crisis) starting from the data of 156 (2004-2016) months of stocks traded in Bist-30. The number of stocks to be included in the portfolio, their weights, their types differed by periods. Especially during the crisis period, (2008-2011) the number of shares included in the portfolio was calculated at most 9. The genetic algorithm gave more reliable results in the crisis period.	
Keywords: Genetic Algorithm, Stock Exchange Istanbul, Portfolio Selection, Optimization techniques.	

GİRİŞ

Yatırımcılar karar alırken yapacağı yatırımları risksiz bir ortamda yapmayı tercih etmektedirler. Aynı zamanda risksiz bir ortamı tercih etmekle beraber, yüksek getiriye de hedeflemektedirler. Fakat, gerçek hayatı her alanda risksiz düşünmek imkansızdır. Yatırımcıların en önemli görevi mevcut risk ortamında risk-getiri ilişkisini iyi değerlendirip risk oranının üzerinde getiri elde etmeleridir. Diğer yandan, yatırımcıların riski sevip sevmemeleri de göz önünde bulundurulması gereken önemli hususlardan biridir. Eğer herhangi bir yatırımcı riski seven bir yatırımcı ise riskli ortamlardan faydalanmaya çalışır ve belirli riskleri göz önünde bulundurarak ilk dönemlerde daha düşük getiriye göze alarak bir yatırım stratejisi geliştirebilir. Riski sevmeyen yatırımcı ise, daha tutarlı davranarak riskli yatırımlardan uzak durmakla beraber belirli oranda, düşük getirili olmasına rağmen standart bir getiriye garanti eden yatırımlara yönelmektedir.

Yatırım yapacak olan bireyler farklı menkul değerler arasından seçim yapmaktadırlar. Risklerini düşük seviyede tutarak daha fazla getiriye elde etmek için birkaç menkul değere aynı anda yatırım yapmaktadırlar. En az iki menkul değerden oluşan finansal varlıklar toplamına portföy denilmektedir. Yatırımcılar portföylerine dahil edilecek menkul sayısına uygun olarak getiri ve risk oranlarını belirlemektedirler. Yatırımcılar bu işlemlerini yaparken, bazen kendileri değil, bu işte uzman olan portföy yöneticilerinden de faydalanmaktadırlar. Hatta portföy yönetim şirketleri de bu konularda yatırımcılara ve yatırım kurumlarına bu tür durumlarda hizmet sunmaktadırlar.

Geleneksel Portföy teorisine göre, yatırımcılar risklerini minimize etmek için çeşitlendirme yapmaktadırlar. Oluşturacakları portföy için riski sevip sevmemelerine bağlı olarak menkul kıymet sayısını belirlemektedirler. Daha fazla riski göze alan yatırımcılar portföye daha az menkul kıymeti dahil etmekte, riskini minimize etmek isteyen yatırımcı ise, çeşitlendirmeye giderek daha fazla menkul kıymetleri portföye dahil edilebilmektedir. Markowitz'in ileri sürdüğü Modern portföy teorisi ise, portföyün riskini azaltmak için farklı menkul değerleri bir araya getirerek getirileri arasındaki ilişkiyi dikkate almak ve bu getiriler arasındaki pozitif ilişkisi olmayan finansal varlıkları bir portföyde bulundurarak, portföyün riskini minimize etmenin mümkün olduğunu ileri

sürmüştür. Modern portföy teorisi geleneksel portföy teorisinden farklı olarak tamamen istatistik verilere bağlı olduğundan daha güvenilir bir yöntem olarak kabul görmektedir. Bu modelden daha sonra geliştirilen Arbitraj, Finansal varlıklar fiyatlandırma gibi yöntemler ise Markowitz modelini inkar edecek bir nitelik taşımamakta, sadece daha geliştirici bir nitelik taşımaktadır.

Portföyün optimizasyonunun gerçekleştirilmesi her zaman hem bireysel, hem kurumsal yatırımcıların zamanlarının önemli bir kısmını alan işlerden biri olmuştur. Bu amaçlarına hem en etkin, hem de en hızlı ve güvenilir bir şekilde ulaşmak için şimdiye kadar çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. 1950'li yıllardan itibaren bilimsel yaklaşımlar Markowitz sayesinde literatüre kazandırılmıştır. Günümüz teknoloji ortamında ise, artık bilgisayarlarında bu işe müdahil olmasıyla beraber yeni geliştirilen yöntemler farklı boyutlara ulaşmıştır. Bu tarz optimizasyon tekniklerine örnek olarak, doğrusal programlama, parçacık sürü, algoritmik yaklaşımlar ve diğerlerini örnek göstermek mümkündür. Özellikle sonuca hızlı ve güvenilir bir şekilde ulaşan genetik algoritma ile optimizasyon tekniği son dönemlerde en fazla kullanılan yöntemlerden biri haline gelmiştir.

Stokastik bir yaklaşım olan Genetik algoritmalar literatüre 1980'li yıllarda Holland tarafından kazandırılmıştır. Bilgisayar ve genetik gelişimin bir araya gelmesiyle oluşturulan bu yöntemin temel mantığı en iyi çözümü buluncaya devam eden bir arama motorunun bulundurulmasıdır.

Son yıllarda genetik algoritmalar finans alanında, özellikle de portföy optimizasyon çalışmaları için fazlaca kullanılmaktadır. Çözüm süreci portföye dahil edilecek her hangi bir varlığın kodlanarak programın çözebileceği duruma dönüştürülmesi ile başlamaktadır. Daha sonra çözümün başlatılabilmesi için getiriye maksimize edecek ve ya riski minimize edecek ve ya ikisini bir araya getirecek bir uygunluk fonksiyonu oluşturulmaktadır. Amaç fonksiyonu belirlendikten sonra seçim aşamasına geçilmektedir. Bu kısımda en iyi sonuca götürebilecek finansal varlıklar seçilmektedir. Seçim için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. (Turnuva Yöntemi, Rulet çemberi v.s) Sonraki aşamada çözüm sürecindeki kısıtlamalar ele alınmaktadır. Çaprazlama sürecinde bir biriyle eşleşecek olan menkul değerler bir araya gelmekte ve daha iyi sonuç veren çözümler bir sonraki aşamaya geçmektedir. Bu arada çaprazlamayı gerçekleştirmek için farklı yöntemler de

kullanılabilmektedir. (Tek noktalı, çok noktalı v.s) Eğer çaprazlama ile istenilen sonuç elde edilmemişse o zaman araya mutasyon girmektedir. Mutasyon yeni bir operatör görevini üstlenmektedir. Tüm bu aşamalar bittikten sonra eğer istenilen sonuca varılmamışsa tüm aynı aşamalar ilk kısımdan itibaren tekrar yapılır ve bu süreç en iyi çözümü buluncaya kadar devam ettirilir.

Genetik algoritmalar bilgisayar ortamında çalışmalarda önemli kolaylıklar sağlamaktadır. En önemli üstünlükleri optimum sonuca yakın bir sonuç vermesi ve bu sonuca oldukça hızlı bir şekilde ulaşmasıdır. Ayrıca, ufak değişiklikler yapılarak farklı problemlere de uygulanması çok kolay olmaktadır ve karma değişkenli problemlerin çözümünde kolaylık sağlamaktadır. Zayıf yönlerine bakıldığında, optimum sonuca değil optimum sonuca yakın bir rakama ulaşmasını örnek olarak gösterilebilir. Bir başka zayıf yönü ise, optimal sonuca ulaşma garantisinin olmamasıdır.

Tüm bu üstün ve zayıf yönleri dikkate alındığında genetik algoritmalar son dönemlerde finans ve özellikle de portföy optimizasyonu konularında etkin ve kullanışlı bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bazı dönemlerde özellikle de kriz dönemlerinde portföy oluşturulması, portföye dahil edilecek menkul değerlerinin seçilmesi hangi yöntemlerin kullanılacağı fark etmeksizin zor olmaktadır. Bu gibi durumlarda yatırımcılar en azından kaynaklarını koruma altında tutabilmek için daha etkin yöntemler kullanmakla, zararlarını minimize etmeyi ve karlı bir duruma geçmeyi hedeflemektedirler.

Çalışmamızda küresel kriz (2008-2012) dönemi, öncesi ve sonrasında yatırımcılar için ideal menkul değerler, portföy çeşitleri, portföye dahil edilecek olan finansal varlık sayısı, dahil olacak menkullerin ağırlıkları ve dönem fark etmeksizin portföyde yer ala bilen finansal varlıklar genetik algoritma yardımıyla araştırılmak istenmiştir. Tüm dünyayı etkisine alan küresel kriz döneminde yatırımcılar için daha az riskli ve daha yüksek getirisi olan portföy oluşturulması ve bu dönemde diğer dönemlerle kıyaslamada portföye dahil edilecek hisse sayında ve hisse çeşidinde ne gibi değişikliklerin olduğu, en azından kriz öncesi dönemle kıyaslamada getirinin yüksek oranda düşmemesi, riskin fazla yükselmemesi ve daha sonra kriz sonrası dönemlerde daha etkin bir portföyün oluşturulması yatırımcılar ve bizim çalışmamız için önem arz etmektedir.

Yapmış olduğumuz çalışma toplamda üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde portföy ve portföy yönetim kavramları ele alınmıştır. Bu bağlamda, portföy çeşitleri, portföy yönetim süreci, geleneksel ve modern portföy teorileri, portföy değerlendirme yöntemleri etraflı bir şekilde incelenmiştir. İkinci bölümde genetik algoritmalara yer verilmiştir. Bu aşamada genetik algoritmaların tarihsel gelişimi, ilgili kavramlar, çalışma prensibi, finansal uygulamaları, zayıf ve üstün tarafları ele alınmıştır. Üçüncü ve sonuncu bölümde ise uygulama kısmına yer verilmiştir. Bu kısımda ise, Bist-30 endeksinde işlem gören işletme verilerinden yola çıkarak kriz öncesi, kriz dönemi ve kriz sonrası zamanlarda genetik algoritma yardımıyla portföy oluşturulması, bu portföylere dahil edilecek hisse sayıları, ağırlıkları ve dönemler itibariyle, yani kriz öncesi, kriz dönemi ve sonrasında portföylerde yer alacak olan hisse senetleri çeşitlerinde ne gibi farklılıklar olabileceği araştırılmıştır.

Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacı, Borsa İstanbul'da (BİST-30) işlem gören hisse senetlerinin 2008 küresel krizinden ne kadar etkilendiğinin ve kriz dönemiyle diğer dönemler arasındaki portföy oluşturmada farklılıkların neler olduğunun ve krizden etkilenmeyerek tüm dönemler itibariyle portföyde yer alabilecek menkul değerlerin belirlenmesidir.

Araştırmamızda genetik algoritma yardımıyla üç farklı dönem itibariyle her dönem için farklı portföyler oluşturulacak ve bu portföyler hem oluşturuldukları dönemdeki diğer portföylerle, hem de diğer dönemdeki portföylerle çeşitli kriterler (hisse sayısı, çeşidi, ağırlıkları) esasında karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırmalar sonucu elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.

Çalışmanın Önemi

Bu güne kadar portföy optimizasyonu ile ilgili genetik algoritmalar kullanarak yapılan çalışmalara bakıldığında, bu çalışmaların yıllar itibariyle genel nitelik taşıdığı görülmektedir. Özellikle Türkiye'de yapılan çalışmalar incelendiği zaman genel uygulamalar karşımıza çıkmaktadır.

Yatırımcılar farklı dönemlerde ellerinde bulundurmak istedikleri portföyün getiri ve riski ile ilgili bilgi edinmek istemektedirler. Özellikle de kriz dönemlerinde yatırım yapacak

olan birey veya kurumlar portföylerinde hangi hisseleri hangi oranda ve ne sayıda bulundurmanın riski asgari düzeye indireceğini bilmek istemektedirler. Sonuçlara ulaşmak istedikleri zaman ise bunu hızlı ve güvenilir bir şekilde etmek istemektedirler. Tüm bunları dikkate aldığımız zaman, sonuçlara ulaşmada genetik algoritmalar iyi bir çözüm modeli olmaktadır.

Daha önce yapılmış çalışmaların ortaya koyduğu sonuçlara bakıldığında, genetik algoritmalarla yapılan portföy optimizasyon çalışmalarının güvenilir ve hızlı sonuçlar verdiği görülmüştür. Küresel kriz dönemi, öncesi ve sonrası yatırımcılar için hangi portföylerin daha düşük risk ve yüksek getiri sağlayacağını genetik algoritmalar yardımıyla hızlı ve etkin bir şekilde belirlenebilmesi yatırımcılar açısından oldukça önemli olmaktadır. Bunlar dikkate alındığında genetik algoritma kullanarak farklı dönemler için uygulanan bu çalışma bir ilk olma özelliğine sahiptir.

Araştırma Yöntemi

Araştırmada Borsa İstanbul'da 13 (2004-2016) yıl işlem gören hisse senetlerinin aylık kapanış verilerinden faydalanarak beklenen getirileri hesaplanmıştır. Araştırmaya konu olacak farklı sektörleri kapsayan hisse senetlerinin beklenen getiri, varyans, kovaryans matrisleri Excel (2013) yardımıyla hesaplanmış ve veri olarak çalışmaya dahil edilmiştir. Hisse senetleriyle ilgili elimizde bulundurduğumuz tüm veriler, Matlab R2015a matematiksel programının Optimization Toolbox menüsündeki çok amaçlı genetik algoritma için girdi olarak kullanılmış ve amacımız doğrultusunda çalıştırılmıştır. Ardından, farklı dönemler için elde edilen farklı portföy sonuçları karşılaştırmalı bir şekilde yorumlanmıştır.

BÖLÜM 1: PORTFÖY YÖNETİMİ

Finansal piyasalar büyüdükçe ve geliştikçe bu piyasalarda rol alan yatırımcılar daha fazla getiri için daha fazla riski göze almak durumunda kalmaktadır. Yatırımcılar her hangi bir varlık üzerinde durmak yerine, çeşitli varlıkları tercih ederek hem risklerini minimize etmek hem de daha fazla getiri elde etmeyi istemektedirler. Bunu için varlıklarını bir portföyde toplayarak kendi veya her hangi bir portföy yöneticisinin yönetimine bırakarak pazar portföyünden daha fazla getiriyi arzu ederler. Fakat sistematik ve sistematik olmayan risklerin doğru ölçülememesi, doğru ve anında yatırım ve çekilme kararlarının verilememesi ve diğer bu gibi unsurlar yatırımcılara getirilerini maksimize etmekte engel olmaktadır.

Bu bölümde genel olarak portföy ve portföy yönetiminin ne olduğu ve bazı temel portföy yönetimi kavramları tanıtılmaktadır. Portföyün ne olduğu, portföy yönetiminin ne anlama geldiği, risk ve getiri kavramları, çeşitli portföy yönetim teorileri ve portföy yönetim süreçleri tam anlaşılmadan yatırımlar arasında gerçekçi bir kıyaslama, dolayısıyla etkin bir seçim yapılamamaktadır.

1.1. Portföy Yönetimi Kavramı

Portföy, yatırımcıların veya finansal piyasa oyuncularının bir finansal varlık yerine birden daha fazla menkul değerleri bir arada toplayarak, riskin asgari düzeyde tutulmasıyla getirinin maksimize edilmesine çalışmasıdır. (Kokmaz, 2013: 3) Yatırımcılar portföy oluşturarak bir nevi kendilerini aşırı riske karşı sigortalamak istemektedirler. (Keler, 2008: 16)

Portföy kelime anlamı olarak “cüzdan” demektir (Demirtaş ve Güngör, 2004: 103). Portföyün sözlükteki anlamı “elde bulundurulmuş varlıkların aynı veya farklı özelliğe sahip birden fazla menkullere yatırılması sonucu elde edilen toplam değerdir” olarak geçmektedir. (Keler, 2008:17) Daha geniş çerçevede tanımlanacak olursa portföy, “farklı özelliğe sahip menkul kıymetlerden oluşan, genel itibariyle hisse senedi, tahvil gibi kıymetlerden ve türev ürünlerden oluşan, belli bir kişi veya grubun sahibi olduğu finansal nitelikteki kıymetler” olarak tanımlanabilir. (Korkmaz, 2013: 7). Portföy yönetimi ise, “yatırımcıların ellerinde bulundurdıkları mevcut finansal varlıkları risk açısından ya belli

bir risk seviyesinde yüksek getiri sağlamayı başararak ya da belli bir getiri seviyesini daha düşük bir risk oranıyla birlikte sağlayabilmektedir” (Kaya ve Kocadağı, 2012: 20). Portföy yönetiminde amaç belirli bir risk düzeyinde getiriyi maksimize etmektir. Portföy yönetiminde ana prensip, portföyü oluşturan varlık getirileri aynı yönde olmayacağından, portföyün içerisine yeni varlıkların ilave edilmesi ve çeşitlendirme yoluna giderek riskin azaltılmasıdır (Brentani, 2004: 15).

Portföy Yönetimi kavramı Milattan önce 1000 yıllarına kadar gitmektedir. Talmud bir sözünde “ve herkes kendi parçasını üç ayrı parçaya bölsün ve üçte birini toprağa, üçte birini işe yatırsın ve kalan üçte birini de yedekte tutsun” demektedir (Keler, 2008: 18). Portföy yönetimi profesyonel olarak varlıkların yönetilmesi kavramıdır ve meslek olarak Avrupa’da Sanayi Devrimi döneminde yatırım bankacılarının ortaya çıkmasıyla aktif hale gelmiştir. Yirminci yüzyılın başından itibaren hızlı bir gelişme göstermiş ve bütün gelişmiş ülkelerin finansal hizmet sektöründe önemli bir rol üstlenmiştir. 2003 yılı sonu itibariyle Amerika’da yaklaşık 15000 para yöneticisi (kayıtlı yatırım danışmanı) bulunmaktadır. Bu para yöneticilerinin yönetimindeki varlıkların değeri yaklaşık olarak 23 trilyon USD civarındadır (Maginn ve diğerleri, 2007: 3).

Portföy Yönetimi kavramı özellikle son 50 yılda, Harry Markowitz’in çalışmaları ile hız kazanmıştır. (Journal of Finance, 1952: 82) Markowitz, 1952 tarihli çalışmasında, belirli bir varlığını menkul kıymete yatırım yapan yatırımcının dönem sonunda elde edeceği getiriyi bilemeyeceğinden yola çıkarak, o menkul kıymetin geçmiş dönem risk ve getiri analizlerini kullanarak bazı tahminlerde bulunmaya çalışmıştır. Markowitz tarafından ortaya atılan Modern Portföy Teorisi daha sonra Finansal Varlık Fiyatlandırma Modeli (CAPM), Arbitraj Fiyatlama Modeli (APT) ve Etkin Piyasalar Hipotezi kavramları sayesinde hızla gelişmiştir. (Kaya ve Kocadağı, 2012: 23) Geliştirilen bu yeni yöntemler Markowitz’in Modern Portföy Teorisi’nin eksikliklerini gidermeye çalışan yöntemler olup, eleştirel bazda ortaya atılmamıştır.

1.2. Portföy Çeşitleri

Portföyün ne tür menkul kıymetlerden oluşacağı tamamen yatırımcının kendi tercihiyle bağlıdır. Yatırımcının kendi portföyünü oluştururken, zaman aralığı, riske karşı tutumu,

vergi durumu, varlıkların elden çıkarılabilme çabukluğu gibi faktörleri göz önünde bulundurması gerekmektedir. (Brentani, 2004: 87) Her yatırımcının portföyü oluştururken önem verdiği ilk unsur getirisinin daha fazla, riskin ise daha az olmasıdır.

Yatırımcılar farklı farklı finansal varlıklardan veya yatırım araçlarından çok çeşit portföyler oluşturabilirler. Fakat yatırımcı karar verirken ideal bir bileşim yapmaya çalışacaktır. Risk seven ve riskten kaçan yatırımcının portföy seçim tercihleri de bir birlerinden farklı olacaktır. (Civan, 2007: 305) Bundan dolayı, çeşitli menkul değer araçlarına göre oluşturulmuş portföylere aşağıda değinilmektedir.

1.2.1. Tamamı Tahvillerden Oluşan Portföyler

Tahvil, sahibine sabit bir getiriyi garanti eden uzun dönemli bir finansal kıymet çeşitidir. Başka şekilde ifade edilmesi gerekirse tahvil, anonim şirketlerin uzun süreli borç elde etmek için çıkardığı borç senetleridir. (Yalçın, 2011: 11) Tahvil sahiplerine alacaklılık hakkı verir; ancak şirket yönetimine katılma hakkı vermez. (Deniz, 2014: 23)

Tamamı tahvillerden oluşan portföylerde anaparanın güveni önceliklidir. Bu nedenle riskten kaçan ve piyasayı fazla izlemeyen yatırımcıların daha fazla tercih ettikleri bir portföy tipidir. (Kalfa, 2010: 9) Farklı şirket ve devlet tahvilleriyle beraber hazine bonolarından oluşan portföy, sahip olduğu düşük risk oranına karşılık, sınırlı getiri sağlar. (Korkmaz, 2013: 24) Güvenilir bir yatırım tercihi olacağı için genellikle ekonominin resesyon dönemlerinde oluşturulmaktadır. (Çetinceli, 2012: 10) Kısacası, bu portföy çeşidini tercih eden yatırımcıların ana amacı, daha fazla kazanmaktan ziyade elde bulundurulmanın kaybedilmemesidir.

1.2.2. Tamamı Hisse Senetlerinden Oluşan Portföyler

Tamamı hisse senedinden oluşan portföyler, sadece hisse senedini kapsayan portföy çeşitleridir. Hisse senedinden portföy oluşturmaya çalışan yatırımcı, portföyünde her türlü risk düzeyine uygun hisse senedi bulundurarak yatırım yapabilmektedir. (Güler, 2005: 19) Diğer sermaye piyasası araçları ile karşılaştığımız zaman riskli olmalarına

karşın sahibine daha fazla hak ve önemli avantaj sağladığı görülmektedir. (Deniz, 2014: 23) Portföyün tamamının hisse senetlerinden oluşması isteniyorsa, piyasanın izlenmesi işleminin daha yoğun bir dikkat çerçevesinde yapılması gerekecektir. (Kelecioğlu,2009: 2) Portföydeki hisse senetlerinin istenildiğinde alınıp satılabilme özelliğiyle birlikte istikrarlı bir yapısının olması da beklenir. (Korkmaz, 2013: 10)

Bu türlü portföylerin oluşturulmasında dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli unsur ise, şirket hisselerinin getirileri arasından en düşük korelasyona sahip olanları bulmaktır. (Korkmaz, 2013: 10)

1.2.3. Hisse Senedi ve Tahvillerden Oluşan Portföyler

Bu tür portföyler en çok tercih edilen portföy türüdür. Mevcut ekonomik durumda, anapara belirli oranlarda hisse senedi, tahvil ve türev ürünler gibi menkuller arasında paylaştırılır. Bu uygulamanın neticesinde güven ve karlılık unsurunun optimal olarak bir araya gelmesiyle, dengeli bir portföy oluşturulur. (Korkmaz, 2013: 10)

Durağan genel ekonomik dönemlerde hareketli bir tahvil piyasası, aktif ekonomik dönemlerde ise hareketli bir hisse senedi piyasası olduğu gözlemlenir. Böyle bir durumda yatırımcı ekonominin içinde bulunduğu döneme bağlı olmayarak oluşturmuş olduğu portföyünden kazanç sağlayacaktır. Genel ekonominin seyrine bağlı olarak portföydeki hisse senetleri ya da tahvil oranlarında yeni bir dağılıma gitmek mümkündür. (Deniz, 2014: 24) Bu tip portföye sahip olmak isteyen yatırımcılar gerektiğinde fazla riski göze almayı seven yatırımcılardır.

1.2.4. Diğer Yatırım Araçlarından Oluşan Portföyler

Tahviller ve hisse senetleri gibi temel finansal varlıklar haricindeki yatırım araçlarıyla oluşturulan portföylerdir. Çeşitli istatistiksel teknikler kullanılarak varlıkların verim düzeyi tahmin edilmektedir. Portföy bu varlıklar arasından seçim yapılarak oluşturulmaktadır. (Güler, 2005: 3)

Hisse senedi ve tahvil haricindeki yatırım araçları aşağıdaki gibidir:(Usta, 2005:285)

- Varlığa Dayalı Menkul Kıymet
- Finansman Bonoları
- Hazine Bonoları
- Gelir Ortaklığı Senetleri
- Mevduat ve Mevduat Sertifikaları
- Repo
- İmtiyazlı Hisse Senetleri
- Varant
- Kar/Zarar Ortaklığı Belgesi
- Vadeli Sözleşmeler
- Opsiyon Sözleşmeleri
- Döviz ve Döviz Tevdiat Hesapları
- Banka Bonoları ve Banka Garantili Bonolar
- Metrekare Konut Sertifikaları

Bunların haricinde yatırım ortaklıklarına ve menkul kıymet yatırım fonlarına yatırım yapılabilmeyle beraber gayrimenkul yatırım fonları ve senet fonları da tercih edilen yatırım araçları olabilmektedir. (Güler, 2005: 4) Portföye dahil edilecek menkul kıymetleri belirlemede en önemli unsur yatırımcının kendisidir. Eğer yatırımcıların kendi aralarında gruplandırılması gerekirse, sadece hisse senetlerinden oluşan portföylere yönelen yatırımcılar riskli seven, yalnızca tahvillerden oluşan portföylere yönelen yatırımcılar ise riskli sevmeyen yatırımcılar olarak karşımıza çıkacaklardır. Portföyündeki yatırım aracının sahip olacağı özellikler yatırımcının risk iştahına göre oluşacağından dolayı, farklı yatırım araçlarıyla şekillenen portföyler oldukça farklı risk seviyelerine sahip olabileceklerdir. (Yalçın, 2011: 14) Çeşitli yatırım araçlarından oluşacak portföyün sağlayacağı en önemli avantajlardan biri çeşitli menkul kıymete sahip yatırımcının farklı alanlarda daha fazla getiri elde etme şansının olmasıdır.

1.3. Portföy Yönetim Süreci

Portföy yönetimindeki maksat, yatırımcıların ihtiyaçları doğrultusunda, portföye çeşitli menkul değerler almak ve yatırım amaçlarına uygun olarak portföyü idare etmektir.

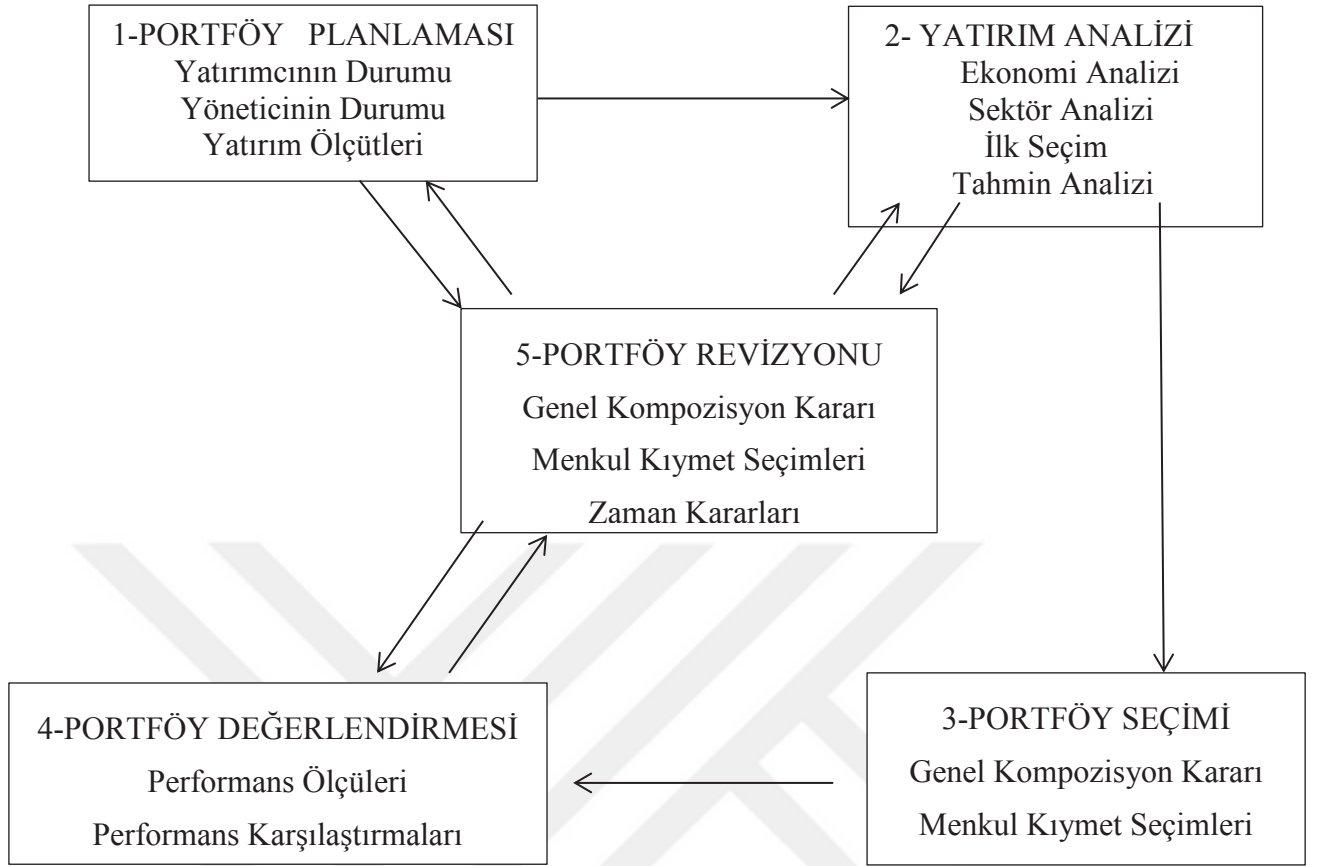
(Sauvain, 1967: 50) Portföy yöneticisi, katlanılan riskle uyumlu bir şekilde yatırımcının getirisini maksimize etmeyi amaçlar. Ekonominin dinamik yapısı, ekonomik şartları da etkilemektedir. Bu sebeple, menkul kıymetlere yatırım yapanların portföylerindeki kimi varlıkları satmaları, bunların yerine ise yenilerini koymaları gerekebilir. (Aslantaş, 2008: 5) Portföylerden ne zaman hangi kıymetlerin elimine edilmesi ve bunların yerine hangilerinin ne zaman dahil edilmesi kararı, uzmanlık ve sorumluluk gerektiren bir iştir. Bu kararın doğru verilmesi daha fazla getiri elde etmek demektir. Bu nedenle “portföy yönetimi” genellikle uzman kuruluşlar ve bankalar tarafından yapılan bir iştir.

Portföy yönetim sürecinde; yatırımcıya has yatırım stratejilerinin belirlenmesi, yatırıma yönelik politikalar geliştirilmesi, piyasa şartları, yatırım araçlarının değerleri ve yatırımcının düzenli olarak göz önünde bulundurulması, değişen ekonomik koşullara göre portföy kompozisyonun revize edilmesi ve müşterilerin devamlı olarak bilgilendirilmesi gerekmektedir. (Korkmaz, 2013: 6) Buna göre portföy yönetim süreci bir birini takip eden 5 aşamalı bir yapıdadır: (Smith, 1967: 42)

- Portföy planlama
- Yatırım Analizi
- Portföy Seçimi
- Portföy Değerlemesi
- Portföy Revizyonu

Yukarıda sıralanan portföy yönetim süreci aşamalarından her hangi birinin doğru yapılmaması veya elimine edilmesi eldeki portföyün başarısızlığına neden olmaktadır. Bu yüzden portföy yönetim sürecinin her aşaması dikkatlice izlenmeli ve uygulanmalıdır.

Bahsedilen aşamalar ve aşamalar arası ilişkiler Şekil 1’deki gibi gösterilebilir.



Şekil 1: Portföy Yönetim Sistemi

Kaynak: Smith, Keith V.” Portfolio Managment” , Holt, Rinehart and Winston, Inc, USA, 1971, s.42.

1.3.1. Portföy Planlaması

Süreçte ilk aşama, yatırımın çeşitli alternatiflerinin özelliklerinin belirlenip yatırımcı ihtiyaçları doğrultusunda eşleştirilme aşamasıdır. (Korkmaz, 2013: 7) Portföy

yönetimindeki ilk aşama olan portföy planlaması, aşağıdaki konuları kapsar. (Smith, 1967: 43)

- Yatırımcının Durumunun İncelenmesi
- Yatırım Uzmanının veya Portföy Yöneticisinin Durumunun Saptanması

- Yatırımcı Adına Faaliyette Bulunan Portföy Yöneticisine Yol Gösterecek Yatırım Ölçütlerinin Saptanması

Yatırımcının durumu analiz edilirken; yatırım süresinin belirtilmesi, yatırımcının isteklerinin ve maksatların açıklanması, yatırım süresince ortaya çıkacak fon hareketlerinin tahmini gerekmektedir. Bir analistin performans analizini yapması, portföy yöneticisinin performans beklentilerini portföyün performansı için kullanmasını ve yatırımcı tarafından özel portföyün seçilmesi bu başlıkta yer alır. (Korkmaz, 2013: 8) Yatırımcının durumunun iyi incelenmesi portföy yönetim sürecinin ilk aşaması olduğundan portföyün başarısını etkileyen en önemli aşamalardan olmaktadır.

Portföy yöneticisinin ise elindeki yatırım araçları doğrultusunda yatırımcının isteklerinin ne kadarını karşılayabileceğini ve buna göre yatırım kararlarının oluşturulup oluşturulamayacağını değerlendirmesi gerekmektedir. (Bellici, 2005: 47) Portföy yöneticisi hem kendi hedeflerini (portföyün yüksek kazanç sağlaması, başarılı yönetilmesi gibi) hem de yatırımcının beklentilerini karşılamalıdır. Burada portföy yöneticisinin sorumluluğu ve görev alanı ortaya çıkmaktadır. (Bellici, 2005: 47)

Yatırımcının hayata geçmesini arzu ettiği amaca ve yatırımcının çıkarları için faaliyette bulunan portföy yöneticisinin hedeflediği sonuca yönelik yatırım ölçütünün belirtilmesi portföy planlamasının son aşamasını teşkil etmektedir. Portföy yöneticisi yatırım ölçütlerini yatırım yapacak olan kişinin hedefleri ile beraber, kendi beklentilerine cevap verecek şekilde belirlemelidir. (Aslantaş, 2008: 7) Yatırımcının beklentisi ile kendi beklentilerini optimum bir seviyede kesiştiren portföy yöneticisi daha başarılı bir yönetici olarak kabul edilmektedir.

1.3.2. Yatırım Analizi

Yatırım analizi, portföye dahil edilen kıymetlerin sahip oldukları özellikleri inceleme, ölçme belli bir zaman aralığında farklı menkul kıymetlerin performanslarının ne olabileceğini sayısal olarak tahmin etme işidir. (Korkmaz, 2013: 8) Bu analiz sadece menkul kıymetlerin geçmiş performansının ölçülmesi değildir. Ayrıca çeşitli bilgilerden faydalanarak ileriye dönük matematiksel tahminler anlamına da gelmektedir.

Çeşitli hesaplamalar, yatırım için uluslararası ve ulusal bazı şartların (ekonomik, sosyal ve politik) uygunluğunda fikir sahibi olmamıza yardımcı olabilir. Ekonomik durum olarak, hükümetin para ve mali politikaları, enflasyon ve faiz oranları, ekonomi ve sektörel büyüme oranları, gayri safi milli hasıla, ödemeler dengesi ve uluslararası gelişmeler dikkate alınmalıdır. (Aslantaş, 2008: 9) Ekonomik, sosyal ve politik durum yatırım için elverişli ise, daha sonra, hangi endüstrilerin geleceğinin daha iyi olacağına yönelik analizler yapılmalıdır. Hangi endüstrinin daha iyi fırsat yaratabileceğini analiz edebilmek için sektörün karlılık durumu, büyüme oranı, pazar büyüklüğü, rekabet koşulları ve yasal uygulamalarına bakmak gerekecektir. (Smith, 1971: 49)

Son aşamada, tespit edilen endüstride hangi şirketlerin menkullerine yatırım yapma ihtiyacı olduğu üzerine çalışılır. Temel ve teknik analiz yatırım yapılması düşünülen işletmelerin belirlenmesinde faydalı bir yöntem olarak kullanılabilir. (Korkmaz, 2013:11) İşletme seçiminde temel analiz, yatırım zamanının belirlenmesinde ise teknik tercih edilmektedir..

1.3.3. Portföy Seçimi

Portföy seçimi aşamasında, portföyde bulunacak varlıkların tespiti yani portföyün genel durumuyla alakalı karar söz konusudur. (Güler,2005: 35) Yatırımcı, yatırım kararını verirken en büyük beklentisi en az risk ile en yüksek getiriye sağlamaktır. (Bellici, 2005: 48) Portföy yöneticisi portföyü oluştururken finansal bilgilerle birlikte ülkenin siyasi ve ekonomik durumunu, dünya genelinde gelişen olaylar, teknolojik değişimler gibi portföyü etkileyebilecek unsurları göz önünde bulundurması gerekmektedir. Tüm bunları dikkate alarak portföye seçilecek olan menkul değerler, taşıdıkları risk ve kazandırabileceği getiriye göre farklı ağırlık oranlarında portföye dahil edilmektedir.

Portföy planlaması ve analizinden sonra portföye dahil edilecek finansal araçların seçimi yapılmaktadır. Yatırım için ayrılan birikimlerin hangi menkul kıymetlere hangi oranlarda dağıtılacağına karar verilmektedir. Bu aşamada çevresel faktörler, ölçülebilen ve ölçülemeyen risk seviyeleri ve fayda tekrar değerlendirilerek bu kriterler süzgecinde portföyün oluşturulması gerekmektedir. (Lin ve Hsieh, 2004: 384)

1.3.4. Portföy Değerlemesi

Fiili portföyün performansının tespit edildiği ve mevcut performansın nedenlerinin incelendiği aşamadır. (Akel, 2006: 1) İlk aşamada belirlenen hedeflerin gerçekleşip gerçekleşmediği, portföy içeriğinde revizyona gitme gereği olup, olmadığı bu kısımda değerlendirilir. (Korkmaz, 2013: 8)

Portföyün performansının ölçülmesi her bir finansal varlık için ayrı ayrı yapılabileceği gibi, portföyün bütün olarak değerlendirilmesi şeklinde de mümkündür. (Aslantaş, 2008: 12) Hangi yöntem kullanılmış olsa da temel amaç, hisselerin değerlerinde ortaya çıkan farklılıkların tespit edilmesi, hesaplanmasıdır. Bu hesaplamaların neticesinde, portföyün mevcut veriminin yanı sıra, büyümesi ve riski ile alakalı bilgilere sahip olunur.

Herhangi bir portföyün performansının yüksek olması, istenilen amaçlara ulaşması, aynı zamanda o portföyü kuran ve yöneten kişinin başarı ölçütüdür. Çünkü yatırımcı yatırımlarını hangi portföye yöneticisi başarılı olmuşsa ona teslim etmek isteyecektir. Bu durum, portföy yöneticilerini hırslandırıp aralarındaki rekabeti artıracaktır.

1.3.5. Portföy Revizyonu

Portföy yönetiminde esas amaç daha düşük risk düzeyinde daha yüksek getiriye temin etmektir. Bazı varlıklar dönem-dönem portföyden çıkartılıp yeni varlıklar portföye dahil edilerek portföyün verimliliği artırılabilir. (Keler, 2008: 23) Varlıkların ne zaman çıkartılıp yerine ne zaman yeni varlıklarının alınacağı ise iyi bir portföy yöneticisinin vereceği karardır.

Portföy revizyonunda, portföyde bulunan aşırı primli menkul kıymetler hiç değerlendirilmemiş veya değer kaybetmiş olan menkul kıymetler öncelikle değerlendirilmelidir. (Bellici, 2005: 54) Aşırı değerlendirilmiş olan menkul kıymetler portföyden çıkarılmalıdır. Çünkü aşırı değerlendirilmiş olan menkul kıymetlerden yeterli kazanç elde edildikten sonra elde tutulması bir maliyet unsuru olacaktır ki bu maliyet ya hissenin elde ettiği primin bir kısmının geri verilmesi ya da aşırı prim olması nedeniyle hissenin uzun bir süre hareketsiz kalması olacaktır.

Portföy revizyonu devamlı analiz yapılacak bir faaliyet olduğu için, ekonomik, sektörel ve finansal varlık analizlerinin sık sık tekrarlanması gerekmektedir. (Aslantaş, 2008: 13) Ekonomi ve sektörel bazda yapılacak analizler, zaman ve parasal açıdan maliyet unsuru olmasına rağmen portföyün başarısında önemli yere sahiptir.

1.4. Portföy Yönetim Stratejileri

Portföy yönetiminin izleyebileceği farklı yönetim türleri vardır. Yöneticinin metodu, yönettiği portföyün boyutuna ve müşterinin talepleri dahilinde farklılaşmaktadır. (Güler, 2005: 37) Portföy yönetim stratejileri, portföye dahil edilecek menkul değer sayısı, portföyün riski, portföyden beklenen getiri oranı ve başka unsurları dikkate farklılık göstermektedir. Ancak, genel olarak iki temel portföy yönetim stratejisi söz konusudur.

1.4.1. Pasif Yönetim

Pasif yöntem bir endeks oluşturmak için, temel bileşenler analizi gibi kantitatif (nicel) teknikler kullanarak, bir endeksi, referans noktasını veya başka bir portföyü takip etmektir. (Bahar, 2003: 6) Bu yöntem daha çok piyasayı tanımlayan ve riskten kaçan yatırımcıların tercih ettikleri bir portföy yönetim stratejisidir. (Bellici, 2005: 55) Burada yatırımcının amacı, portföyünde çok çeşitlendirme yaparak riski azaltırken, uzun vadede pazar getirisine yakın bir getiri sağlamaktır. (Brentani, 2004: 93) Yatırımcı sadece pazarı satın almakta ve risk olarak pazarın oluşturduğu sistematik riski üstlenmektedir. (Fisher, Jordan, 1987: 584) Özellikle uzun vadeli yatırım ve emeklilik fonları tarafından tercih edilen pasif portföy yönetim stratejisi, sadece Pazar riski taşıdığından ve maliyetlerin düşük olmasından dolayı uzun vadede iyi getiriler sağlamaktadır.

1.4.2. Aktif Portföy Yönetimi

Profesyonel bir portföy yöneticisi, hisse senedi yatırımlarını ve seçimlerini yaparken tüm teknik ve temel analiz yöntemlerini kullanarak portföyünü oluşturur. (Bellici, 2005: 56) Çünkü profesyonel bir yatırımcı, geleceğe yönelik doğru tahminlerde bulunarak ve doğru

zamanda doğru hisse senetlerini seçerek pazarın getirisinin üzerinde bir getiri sağlamayı hedeflemektedir. Yatırımcı burada yüksek getiri peşinde koşarken, pazar riskinin oluşturduğu sistematik riskten başka kısa vadeli yatırım kararları sonucu seçtiği hisse senetlerinin sistematik olmayan risklerinin oluşturduğu toplam risk de artmaktadır. (Brentani, 2004: 94) “Aktif” sözcüğüyle anlatılmak istenen doğru zamanda doğru hisse senetlerinin seçilerek yüksek getiri elde etmektir.

Aktif portföy yönetimi iki noktada yatırımcılara katkı sağlamaktadır. Birincisi, daha etkin risk ile getiri ölçümünü sağlayan menkul kıymet portföyünü seçmektir. İkincisi ise, piyasa koşullarına göre portföyü sürekli izlemek ve gözden geçirmektir. (Shukla, 2004: 332)

1.5. Getiri Kavramı

Yatırım kararlarının alınmasında getiri ve risk büyük önem arz etmektedir. (Gürçan, 2015: 2) Getiri, özetle, yapılan bir yatırımdan belirlenmiş bir zaman içerisinde kazanılan gelir şeklinde tanımlanmaktadır. (Karan, 2011: 139) Getiri, geçmiş bir döneme ait, tamamlanmış ve sonucu kesinleşmiş bir yatırıma ait ise, bu getiri gerçekleşen bir getiridir. Dağlı, (2004: 323) gerçekleşen getiriyi belirli bir yatırımdan önceki dönemde elde edilmiş ve kesinleşmiş gerçek getiri olarak tanımlamaktadır. Ancak yatırım kararları genellikle geleceğe dönük verildiğinden, gerçekleşen getiriden farklı olarak bir de henüz gerçekleştirilmemiş veya sonuçlanmamış bir yatırımın getirisinin şimdiden tahmin edildiği “beklenen getiri” kavramı bulunmaktadır. (Deniz, 2014: 6) Beklenen getiri, bir menkul değerden elde edilmesi beklenen kazancın yapılan yatırıma oranıdır. (Seyidoğlu, 1997: 319) Yatırımcıları ve portföy yöneticilerini ilgilendiren, portföye dahil edilecek menkul değer sayısını, ağırlığını belirleyen en önemli etkenlerden birisi beklenen getiridir. Finansal piyasa oyuncuları üstlendikleri riske karşın iyi bir getiri beklemektedirler.

Özetle söylemek gerekirse, yapılan bir yatırımdan gelecekte elde edilmesi tahmin edilen getiriye beklenen getiri denir. Bu kavram üzerine yapılmış tanımlardan da açıkça anlaşılmaktadır ki, beklenen getiri, geçmişe yönelik gerçekleşmiş bir getiri değil geleceğe yönelik tahmini bir getiridir. Dolayısıyla beklenen getiri tahmin edilen bir getiri

olduğundan, gelecekte gerçekleşmesi kesin değildir. Nitekim çoğu zamanda gerçekleşen getiri beklenen getiriden farklılık göstermektedir.

1.5.1. Bir Dönemlik Menkul Değer Getirisi

İstatistiksel olarak bir menkul değer getirisini, o menkul değer cari dönem fiyatı ile bir önceki dönem fiyatının yüzdesel değişimi olarak tanımlanmaktadır. Tek bir menkul değer getirisini hesaplamada Kesikli (Süreksiz) ve Kesiksiz (Sürekli) olmak üzere temelde iki yöntemi vardır. (Gürcan, 2015: 2) Menkul değer getirisinin kesiksiz (süreksiz) olarak hesaplanması;

$$r = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right)$$

r – Kesiksiz getiri

p_t – Menkul değer cari dönem fiyatı

p_{t-1} – Menkul değer bir dönem önceki fiyatı

formülü ile, menkul değer getirisinin kesikli (süreksiz) olarak hesaplanması ise;

$$r = \left(\frac{p_t}{p_{t-1}} - 1 \right)$$

r – Kesikli getiri

p_t – Menkul değer cari dönem fiyatı

p_{t-1} – Menkul değer bir dönem önceki fiyatı

formülü ile mümkün olmaktadır.

Kesikli bileşik getiri ile kesiksiz bileşik getiri arasında, matematiksel olarak büyük bir fark olmamakla birlikte, kesikli bileşik getiri, kesiksiz bileşik getiriden her zaman daha büyüktür. Kullanılan geçmişe dayalı getiri verilerinin, gelecek dönem için beklenen getiri

dağılımını temsil ettiği varsayılması durumunda, kesikli bileşik getiri yerine, kesiksiz bileşik getirinin kullanılması daha doğru olacaktır. (Kapucu, 2011: 6)

1.5.2. Menkul Değerin Ortalama Getirisi

Bir menkul değer ortalama getirisi, her bir dönem için cari dönemin bir önceki döneme göre oransal değişimlerinin aritmetik ya da geometrik ortalaması şeklinde ifade edilmektedir. (Gürcan, 2015: 3) Aritmetik ortalama ile bir menkul değer için ortalama getiri hesabı istatistiksel olarak;

$$\bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i$$

$\bar{r}$ – Menkul değer getirilerinin aritmetik ortalaması

n – Gözlem sayısı

r_i – Menkul değer her bir dönem için getirisi

şeklinde ifade edilmektedir. Menkul değer ortalama getirisini hesaplarken, aritmetik ortalamanın aşırı değerlerden etkilendiği hususu da unutulmamalıdır.

Geometrik ortalama ise, yüzdelerin, endekslerin ve yüzdesel artış oranlarının ortalamasının hesaplanması gibi her birinin bir önceki birimin sonucuna bağlı olarak değiştiği durumlarda kullanılmaktadır. (Işık, 2006: 31) Geometrik ortalamanın finansal olarak kullanışı;

$$\bar{r} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n (1 + r_i)} - 1$$

$\bar{r}$ – Menkul değer getirilerinin geometrik ortalaması

n – Gözlem sayısı

r_i – Menkul değer her bir dönem için getirisi

şeklinde olacaktır.

1.5.3. Portföy Getirisi

Bir portföyün beklenen getirisi, portföyde bulunan finansal varlıkların her birinin beklenen getiri oranlarının ağırlıklı ortalamasıdır. (Akıncı, 2007: 15) Bir finansal varlığın portföy içindeki ağırlığı, o portföyden aldığı pay olarak ifade edilmektedir. İstatistiksel olarak ifadesi ise;

$$\hat{r}_p = \sum_{i=1}^n w_i r_i$$

$\hat{r}_p$ – Portföy getirisi

$\hat{r}_i$ – Menkul değerin ortalama getirisi

w_i – Menkul değerin portföydeki ağırlığı

şeklinde olacaktır.

1.6. Risk Kavramı

Risk kavramını kısaca tanımlamak gerekecekse ”yatırımın gerçekleşen getirisinin beklenen getirisinden sapma olasılığıdır” şeklinde tanımlamak mümkündür. (Kristina, 2010: 35) Risk gelecekteki olasılıkları etkin bir biçimde değerlendirerek tehlike ihtimallerini anlatır. (Bilimsel Yayın Organı 2014: 7) Risk, menkul kıymet yatırımlarında portföy getirisindeki sapmalar, diğer bir anlamda zarar (zayı) ihtimali şeklinde tanımlanır. (Kaya, Kocadağlı, 2012: 22) Yatırım kalitesini belirleyen bir etmen olan risk, beklenen getiri ile doğrusal bir ilişkiye sahiptir. Yani, her hangi bir menkul değer veya portföyden beklenen getiri arttıkça, o menkul değer veya portföyün riski de artmaktadır. Daha az getiri beklenmekte olan menkul kıymet veya portföyün riski de düşük olmaktadır.

1.6.1. Menkul Değer Riskinin Ölçülmesi

Finansal olarak risk, bir menkul değerin beklenen getirisinden sapması olarak tanımlanmakta olup volatilitenin göstergesi olan varyans ya da standart sapma ile açıklanmaktadır. (Peng Wan, 2008: 1) Bir menkul değerin getirilerinin varyansının hesaplanması;

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (r_i - \bar{r}_i)^2$$

σ^2 – Menkul değer getirilerinin varyansı

r_i – Menkul değere ilişkin her bir dönemin getirisi

$\bar{r}_i$ – Menkul değerin ortalama getirisi

n – Menkul değer getirilerinin sayısı (Gözlem sayısı)

şeklinde ifade edilecektir. Standart sapma ise, yukarıdaki formülün kareköküdür.

1.6.2. Portföy Riskinin Ölçülmesi

Tek bir menkul değere sermaye yatırmaktansa, daha fazla menkul değerin oluşturduğu portföye sermaye yatırmak yatırımcının riskini düşürecektir. (Gürcan, 2015: 9) Yatırımcının portföyünde yer alan herhangi menkul değerin, getirilerinin standart sapması ya da varyansı ile tanımlanan bir riski olduğu gibi menkul değer gruplarından oluşan portföylerin de bir risk ölçüsü vardır. Ancak portföy riskinin hesaplanması portföyün ortalama getirisindeki gibi portföydeki menkul değerlerin varyanslarının ağırlıklı ortalaması değildir. Portföyün riski hesaplanırken portföyde yerleştirilmiş menkul değerlerin birbirileri ile olan bağılıkları da dikkate alınmaktadır. (Kapucu, 2011: 19) Değişkenler arası ilişkiyi dikkate alan korelasyon katsayısı modern portföy teorisinde önemli yer tutmaktadır. Korelasyon katsayısının işareti ilişkinin yönünü yansıtmaktadır. Korelasyon katsayısının pozitif işaretli olması, değişkenlerin birlikte artıp azaldığını yani aralarındaki ilişkinin aynı yönlü olduğunu, negatif işaretli

olması ise değişkenlerden biri artarken diğerinin azaldığı yani aralarındaki ilişkinin ters yönlü olduğunu gösterir. Bu bilgi doğrultusunda portföy riski istatistiksel olarak;

$$\sigma_{r_p}^2 = \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_i w_j \sigma_{r_i r_j} \right]$$

$\sigma_{r_p}^2$ – Portföyün varyansı / portföyün riski

w_i - i menkul değerinin portföydeki ağırlığı

w_j - j menkul değerinin portföydeki ağırlığı

$\sigma_{r_i r_j}$ - i ve j menkul değerlerinin kovaryansı

n – Gözlem sayısı

şeklinde ifade edilmekte olup, portföy riskinin hesaplamasında kullanılan, farklı menkul değer getirilerinin birlikte hareket etme durumlarını gösteren kovaryans ise;

$$cov_{r_i r_j} = \frac{1}{n} \sum_{n=1}^n (r_i - \bar{r}_i) (r_j - \bar{r}_j)$$

$cov_{r_i r_j}$ – i ve j menkul değerlerinin kovaryansı

r_i – i menkul değerinin her bir dönem için getirisi

$\bar{r}_i$ – i menkul değerinin ortalama getirisi

r_j – j menkul değerinin her bir dönem için getirisi

$\bar{r}_j$ – j menkul değerinin ortalama getirisi

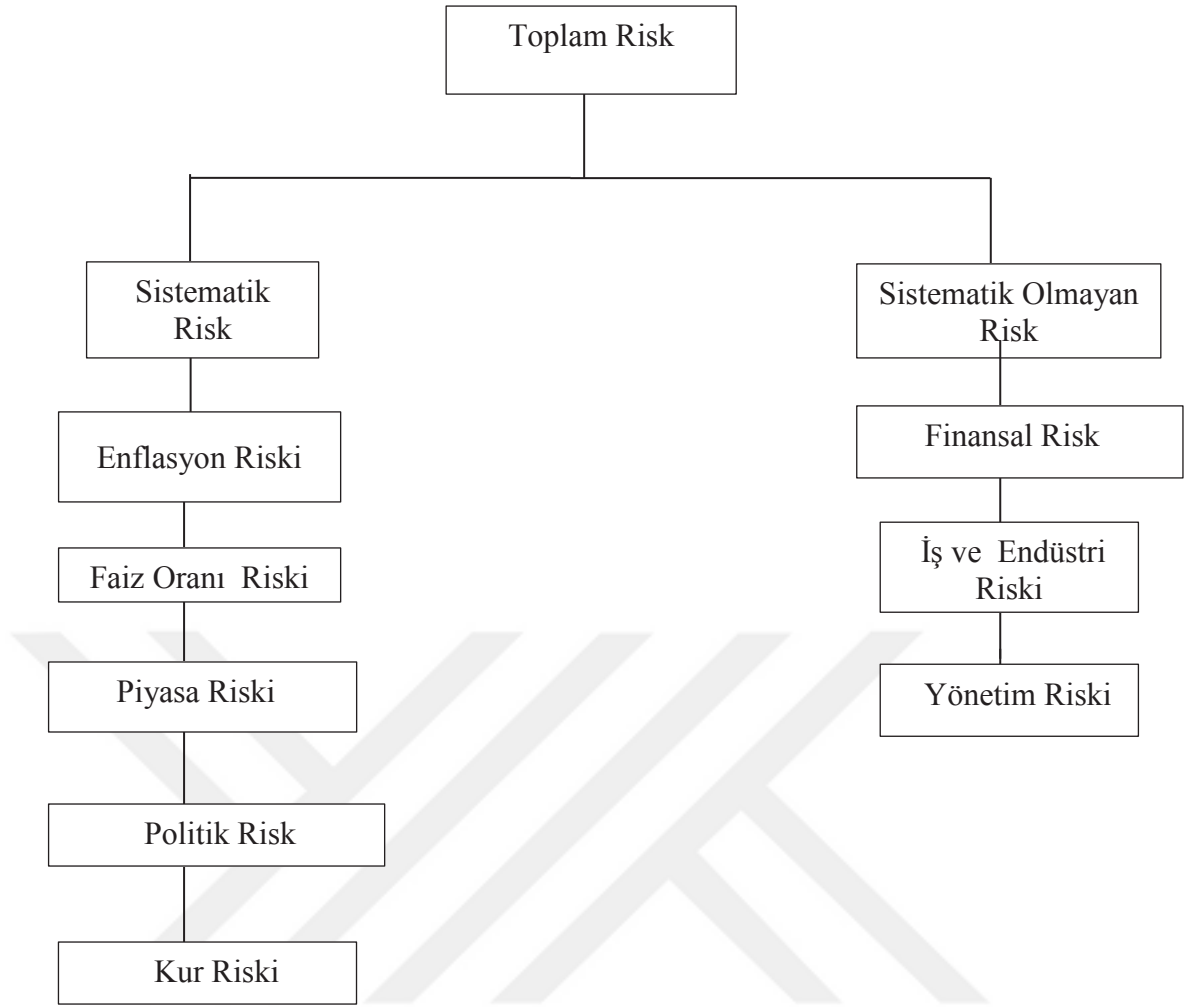
n – gözlem sayısı

şeklinde ifade edilmektedir. Kovaryansın, sadece varlıkların getirileri arasındaki ilişkinin yönünü gösterdiği, korelasyon gibi, ilişkinin derecesine yönelik herhangi bir veri içermediği unutulmamalıdır. (Gürcan, 2015: 10)

1.6.3. Riskin Kaynakları

Portföy yönetiminde yatırımcının riski kontrol edip edememesine göre, toplam riski, piyasa ve çeşitlendirilebilir risk halinde iki esas gruba sınıflandırılabilir. (İbrahimov, 2007: 7) Bir finansal varlığın toplam riski, içerisinde hem sistematik hem de sistematik olmayan iki riskin sınıfını da barındırmaktadır. Sistematik ve sistematik olmayan risk sınıflarının toplam riskteki paylarına göre yatırımcı, yatırım kararlarını yönlendirebilir. Toplam riskin kaynakları Şekil 2’deki gibi gösterilebilir:





Şekil 2: Toplam Riskin Kaynakları

Kaynak: Devran Deniz, **Portföy Yönetiminde Uluslararası Çeşitlendirme ve Uygulamalı Bir Çalışma**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2007, s.12.

1.6.3.1. Sistematik Risk ve Türleri

Piyasa riski, ekonomik, politik, sosyal ve bu gibi çevresel etkenlerin hareketliliğinden kaynaklanan riskler olarak tanımlanmakta olup çeşitlendirme yoluyla dağıtılamayan risk sınıfına girmektedir. (Karan, 2011; 161) Tüm portföyler için belirli bir oranda piyasa riski söz konusudur. Fakat portföy sahipleri ve yöneticileri portföyün çeşidine göre sistematik riskin düzeyini değiştirebilirler. Örneğin uluslararası sermaye piyasalarında oluşturulan herhangi bir portföy ile tek bir ülkede oluşturulacak portföyün sistematik riski aynı değildir. Sistematik riskleri farklı başlıklar altında incelememiz mümkündür:

- **Enflasyon Riski:** Fiyatların genel seviyesindeki yükselme paranın değer kaybetmesi menkul kıymet yatırımlarının kar getirmesine etki eder. Enflasyon oranı önceden tahmin edilememekte ve yatırımları negatif etkilemektedir. Bu nedenle enflasyon rakamları yatırımcılar için bir risk oluşturmaktadır. Enflasyon oranında bir artış görüldüğü zaman yatırımcılar menkul değer yerine farklı yatırım araçlarını tercih etmektedirler . (Korkmaz, 2013: 17)
- **Faiz Oranı:** Enflasyondan etkilenen diğer bir oran ise faiz oranlarıdır. Faiz oranlarında ortaya çıkacak bir değişme yatırımcıların kar veya zarar etmesine neden olmaktadır. Faiz oranlarında artış olması menkul kıymet getirilerini etkiler. Yatırımcı faiz oranlarındaki gelişmeleri yakından izlemeli ve buradaki değişmelere göre yatırımlarını gerçekleştirmelidir. (Bellici 2005: 23)
- **Piyasa (Pazar) Riski:** Ekonomide yaranmış olan resesyon, tüketim tercihinde, zevklerinde yaranan bir farklılık, beklenmedik bir savaş ortamının oluşması v.b. etmenler menkul değer piyasalarına etkisini göstermektedir. (Kelecioğlu, 2009: 8)
- **Politik Risk:** Aslında politik ve piyasa riski birbirine bağlıdır. Dünyada veya sermaye yatırılan ülkede yaşanmış politik krizler, ekonomik buhranlar bir kararsızlık faktörüdür ve yatırım fikirlerine yakından tesir eder. Siyasi egemenliğin dengesiz bir görüntüsü oluşuyorsa bu finansal piyasalara yakından tesir edecektir. (Emanuelson, Marling, 2012: 3)
- **Kur (Döviz) Riski:** Yabancı dövizlerin değerinde oluşan değişme dövizde görülen artış, aslında ülke ekonomisindeki ithal ve ihraç dengesizliğinden ortaya çıkmakta ve bu dengesizliğin sonucu olarak meydana gelen enflasyon yabancı paraların değerinde değişime sebep olmaktadır. Yatırımcı yatırımını değerlendirirken en azından enflasyon oranındaki artış kadar getiri olması gerektiğini düşünür. Çünkü böylece tasarruflarının satın alma gücünü bir nebze (burada paranın zaman değerini dikkate alınmamaktadır) korumuş olur. (Bellici, 2005: 24)

1.6.3.2. Sistematik Olmayan Risk ve Türleri

Çeşitlendirilebilir risk menkul değer bedellerindeki kişisel, firmaya veya sektöre özgü değişiklikleri kapsar. (Kelecioğlu, 2009: 8) Sistematik olmayan unsurlar, diğer sanayiler ve menkul kıymet pazarına tesir eden unsurlardan bağımsızdır. (Demirel, 2009, 15) Bu risk türü, çeşitlendirme ile minimize edilebilmekte olan risk sınıfına girmektedir. (Bolak, 2001: 104) Sistematik olmayan riskleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- **Finansal Risk:** İşletmelerin mali durumunu açıklayan, bankalardan aldığı krediler, borçları, gelir-gider dengesi gibi mali yapısı ile ilgili bilgilerin ayrıntılı değerlendirilmesidir. Bu verilerle işletme yükümlüklerini ne ölçüde yerine getirdiği yatırımcılar tarafından incelenir. İşletmenin borçluluğunun artması, karlılığının azalması, satışlarının düşmesi, Pazar payının gerilemesi gibi etkenler yatırımcı için risk unsurudur. (Bellici 2005: 23)
- **Endüstri Riski:** Firmanın faaliyet gösterdiği sanayi ve buna ilişkin firmanın o sanayideki konumu yatırımcı açısından önemlidir. Belki firmanın pozisyonu finansal tarafından iyi olabilir ama faaliyet gösterdiği sanayide bir küçülme varsa bu o işletmeye tesir edecektir. (Bellici 2005: 24)
- **Yönetim Riski:** Firma yöneticilerinin yanlışlarını ortaya çıkaran risktir. İşletme yönetimini yapacağı yanlışlar firmayı doğrudan etkileyeceğinden yatırımcı işletmenin etkinliği ile ilgili malumat alırken yararlanacağı önemli bir ölçüt olacaktır. İyi yönetilen işletmenin itibarı her zaman yüksektir. (Bellici 2005: 25)

1.7. Portföy Yönetim Yaklaşımları

Finans literatüründe iki temel portföy yönetim şekli bulunmaktadır. Bunlardan ilki, “Geleneksel portföy yönetimi” olarak isimlendirilen ve basit çeşitlendirme temeline dayanan yaklaşım, ikincisi ise “Modern portföy yönetimi” olarak adlandırılan matematiksel ve istatistiksel temellere dayanan yaklaşımdır. (Uğurlu ve diğerleri, 2015: 1) Tarihsel olarak bakıldığında, geleneksel portföy yönetimi, 1900’lü yılların başlarından 1952 yılında Amerikalı Harry Markowitz’in modern portföy yönetimini ortaya çıkarıncaya kadar yaygın olarak uygulanmıştır. (Deniz, 2014: 25) Modern portföy teorisinin doğuşunda geleneksel portföy yönetiminin çeşitli eksiklikleri ve yetersizlikleri etkili olmuştur.

1.7.1. Geleneksel Portföy Yönetimi

1950’li yıllara kadar daha fazla olarak kullanılan ve akademik bir temeli olmamasına karşın uygulama basitliyinden dolayı şimdi de kullanılmakta olan bir metottur. (Civan, 2010: 298) Yöntem portföy içindeki varlık sayısının artırılması ile (çeşitlendirme) riskin düşürülmesi esasına dayanır. (Rodoplu, 2001: 240) Bu sebepten ötürü “bütün yumurtaların aynı sepete konulmaması” olarak da tanımlanmaktadır. (Kaya, 2012: 17)

Geleneksel portföy yönetimi, portföydeki değerlerin sayısı ne kadar çok ise riskin o kadar azalacağını söyler. (Kaya, Kocadağlı, 2012: 24) Bu yöntemde temel mantık portföydeki menkul değerlerin sayısını artırarak daha fazla getiri elde etmenin yanı sıra riskin de farklı menkul kıymetler arasında paylaştırılarak azaltılmasıdır.

Geleneksel portföy yönetimi 4 temel aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür. (Aslantaş, 2008: 15)

- **Yatırımcıya ait bilgilerin toplanması:** Bu aşamada en önemli karar potansiyel yatırım miktarının belirlenmesidir. Yatırım için kullanılacak varlık miktarı yatırımın her aşamasında alınacak kararları etkiler. Yatırım danışmanı ve portföy yöneticileri, yatırımcının gelir düzeyi, yaşı, sağlık durumu, bakmakla yükümlü olduğu kişilerin sayısı, mesleği, diğer gelirleri, miras beklentisi, risk alma, risk taşıma derecesi gibi önemli konularda bilgi edinmelidirler. (Korkmaz, 2013: 74)
- **Portföy amacının saptanması:** Yatırım maddi ve manevi çıkar, kar, kazanç sağlamak için önceden yapılan harcama olarak tanımlanabilir. Portföy yönetiminin de en büyük amacı maksimum yararı sağlamaktır. Geleneksel portföy yönetimine göre söz konusu yarar, geçerli en maksimum risk seviyesinde menkul değer portföyünden en maksimum kazanç oranı kazanılarak sağlanabilir. Menkul değer portföyündeki en yüksek risk seviyesini kısıtlayan unsurlar önemli husustur. Bunlar, yüklenilecek risklerdir. Bu kısıtlamalar, sermayedarın faaliyet sahasını ifade eder. Dolayısıyla, portföy amaçları belirlenirken bu sınırlamaların dikkate alınması gerekecektir. Bu sınırlamalara örnek olarak ise, cari fiyatlarla getiri kazanma ihtiyacı, vergiden muafiyet ihtiyacı, sabit fiyatlarla anaparanın korunma ihtiyacı, sabit fiyatlarla gelir elde etme ihtiyacını göstermek olur. (Korkmaz, 2013: 75)

- **Yatırım politikaları ve menkul kıymetlerin seçilmesi:** Geleneksel yaklaşımla portföy oluşturulurken, daha çok herkesçe bilinen şirketlerin piyasaya sürdükleri hisseler tercih edilmektedir. Nedeni ise, daha çok bilinen firmaların daha az riskli olması, menkul kıymetlerin istenilen an alınıp satılabilme gibi likit özelliklerinin olmasıdır. (Korkmaz, 2013: 77)
- **Endüstrilere göre çeşitlendirme:** Çeşitlendirme, riski dağıtma ve küçültme çalışmalarını içermektedir. Geleneksel anlamda çeşitlendirme, çeşitli endüstri alanlarından, çeşitli hisse senetlerinin portföye dahil edilmesidir. Çeşitlendirme yapılırken, değişik sanayilerdeki firmaların hisse senetlerinin alınması, değişik firmaların hisse senetlerinin alınması, çeşitli bölge ve ülkelerdeki firmaların hisse senetlerinin alınması, hisse senedi ve tahvil gibi çeşitli menkul kıymetlerin portföye alınması gibi farklı stratejiler izlenebilmektedir.

Özetle söylemek gerekirse, Geleneksel portföy yönetimi aşırı çeşitlendirmeyi ön planda tutmuş ve menkul kıymetler arasında nitel ilişkiyi daha fazla önemsemiştir. Menkul değerler arasındaki nicel ilişkileri dikkate almayan bu yöntemin eleştirilere rağmen tamamen başarısız olduğu söylenemez. Uygulama kolaylığı nedeniyle birçok yatırımcı tarafından hala kullanılmaktadır.

1.7.2. Modern Portföy Yönetimi

Markowitz'in 1950'li yıllarda doktora tezi olarak başladığı ve daha sonra portföy yönetiminin temel taşlarından biri olan çalışması ile portföy yönetimi anlayışında köklü değişiklikler olmuştur. (Kardiyen, 2008: 15) Daha önceleri portföy yönetiminde esas ağırlık bireysel varlık seçimi üzerindeyken, Markowitz ile beraber risk-getiri değişimi çerçevesinde varlıkların birbirleriyle ilişkisi ortaya konulmuş ve dolayısıyla çeşitlendirme ve portföyün tümünün değerlendirilmesi gündeme gelmiştir.

(Atan, 2006: 2)

Modern portföy teorisinin ortaya çıkışı olarak düşünülen Markowitz'in bu teorisi finans literatürünün önemli unsurlarından biridir ve sermayedarın varlıklarının çeşitli yatırım olanaklarına tahsisinde etkili bir vasıta. (Tosun, Oruç, 2010: 479) Markowitz, bir yatırım portföyünü oluşturan menkul kıymetlerin getirileri arasındaki ilişkilerin

araştırılması ve getirileri arasında tam pozitif korelasyon bulunmayan menkul değerlerin bir portföyde biriktirilmesi ile beklenen getiride bir düşme olmaksızın çeşitlendirilebilir riski minimuma indireceğini düşünmüştür. (Markowitz, 1952: 83) Bu yöntemde önemli olan husus, menkul değerlerin hangi tartılarda ve hangi dönem portföye alınacağı ve yine hangi dönem ve hangi tartılarda portföyden çıkarılacağı problemidir. (Topal, İlarslan, 2009: 220)

Modern portföy teorisi riskin varyans olarak adlandırıldığı ortalama varyans modeli üstüne inşa edilmiştir. (Ayan, Akar, 2013: 120) Bu model değerleri toplu olarak düşünerek, portföyün toplam riskinin portföydeki değerlerin risklerinin tümünden düşük olabileceğini düşünmüştür. Bu metot geleneksel portföy yaklaşımında yapılan basit çeşitlendirmeden daha analitiktir ve finansal varlıkların ilişkilerini göz önünde bulundurur. (Dahal ve diğerleri, 2007: 516) Menkul değerler arasında korelasyon azaldıkça risk de azalır. Eğer menkul kıymetler arasında korelasyon katsayısı -1 düzeyinde ise, teorik olarak portföyün çeşitlendirilebilir riski sıfıra indirilebilir.

Modern portföy analizinde yatırımcının tipi önem taşımaktadır. Yani yatırımcı risk karşısındaki tavrı portföy oluştururken belirleyici olmaktadır. (Bellici, 2005: 43) Fakat modern portföy analizinde iki ana varsayım bütün yatırımcı tipleri için geçerlilik taşımaktadır.

- Bütün sermayedarlar aynı risk seviyesinde daha fazla kazancı tercih etmektedir.
- Bütün sermayedarlar aynı kazanç seviyesinde daha az riski tercih etmektedir.

Her teori veya modelde olduğu gibi Markowitz'in portföy teorisi de çeşitli varsayımlara dayanmaktadır. (Akıncı, 2007: 14)

- Teori öncelikle, bütün yatırımcıların rasyonel olduğunu ve amaçlarının fayda fonksiyonunu maksimize etmek olduğunu kabul etmektedir. Fayda fonksiyonu, beklenen getiri ve riskin bir fonksiyonudur.
- Portföy yönetim stratejileri sadece varlıkların getiri oranlarına ve riskine bakılarak belirlenmektedir.
- Yatırımcıların beklenen getiri ve risk hakkındaki beklentileri homojendir. Bütün sermayedarlar, aynı risk seviyesinde daha fazla kazancı seçmektedirler.

- Sermaye piyasası etkindir. Tüm ekonomik değişimler doğru ve aynı düzeyde varlık fiyatlarını etkilemektedir. Etkin pazar görüşünden bilimsel araştırmalarda sık sık yararlanılmaktadır. Etkin pazar, fazlaca alıcı ve satıcının oluşturduğu ve pazardaki finansal varlıklar hakkında elde edilen enformasyonların karşılıklı etkileşim sonucu, fiyatlara tam olarak yansıdığı ve finansal varlıklar hakkında yeni veriler elde edildiğinde fiyatların bu bilgilerden etkilendiği pazarlardır. Diğer bir anlamda, etkin bir sermaye pazarında finansal varlık fiyatları ile ilgili her türlü bilgiyi göstermektedir.

1.7.2.1. Ortalama Varyans ve Portföy Seçimi

Modern portföy kuramını ortaya koyan Markowitz tarafından geliştirilmiş olup, Ortalama-Varyans modelinde çeşitlendirme kendi adıyla anılmaktadır. (Uygurtürk ve Korkmaz, 2015: 69) Bu yöntem her hangi bir portföyün gelirini feda etmeksizin, portföy riskini minimuma indirmek için aralarında olumsuz korelasyon olan menkul değerlerin bir portföyde toplanması olarak bilinir. (Altaylıgil, 2008: 67)

Portföyü oluşturan finansal varlıklar arasındaki bağlantı, korelasyon katsayısı ile ifade edilir ve korelasyon katsayısı +1 ve -1 arasında değerler alır. Korelasyon katsayısı ρ ile ifade edilmektedir. Yatırımcı tarafından arzu edilen ve ulaşmak istenen korelasyon katsayısı -1'dir. Eğer sermayedar, yeterince minimum korelasyona sahip finansal varlıklar bulabilirse, Markowitz çeşitlendirmesi metoduyla portföy riskini piyasa riski seviyesine düşürebilir. (Kardiyen, 2008: 337) Ancak pazarda her daim korelasyon katsayısı -1 veya bu değere yakın finansal varlıklar bulmak çok zordur.

Ortalama-Varyans modeli baz alınarak oluşturulacak bir portföy için (portföy seçimi) aşağıda bir örnek verilmiştir:

İki finansal varlığa ilişkin beklenen getiriler ve standart sapmalar Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1
Menkul Kıymetlere İlişkin Beklenen Getiriler ve Standart Sapmalar

Menkul Kıymet	Yatırım Oranı (w_i)	Beklenen Getiri $E(r_i)$	Standart Sapma (σ_i)
1	%50	%40	%50
2	%50	%30	%40

Her iki finansal varlık arasında korelasyon katsayısının $\rho_{1,2} = -1$ olduğu varsayılmaktadır. Her iki finansal varlığa aynı miktarda sermaye yatırılması halinde oluşturulacak portföyün beklenen getirisi ve standart sapması aşağıdaki gibi oluşacaktır:

$$w_1 = w_2 = 0.5$$

$$\text{Portföyün beklenen getirisi, } E(r_p) = w_1 E(r_1) + (1 - w_1) E(r_2)$$

Buna göre:

$$E(r_p) = 0.5(\%45) + (1-0.5)(\%35) = \%41$$

Portföy getirisinin varyansı:

$$\sigma_p^2 = w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \sigma_1 \sigma_2 \rho_{1,2} \text{ formülüyle hesaplanmaktadır.}$$

Buna göre:

$$\sigma_p^2 = (0,5^2) (0,55^2) + (0,5^2)(0,45^2) + 2(0,5)(0,5)(0,55)(0,45)(-1) = 0,0025$$

Portföy getirisinin Standart sapması:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_p^2} = \sqrt{0,0025} = 0,05 = \%5 \text{ olarak elde edilecektir.}$$

Neticelerden de anlaşıldığı gibi, aralarında -1 korelasyon katsayısı elde edilen iki finansal varlıktan beraber tartılarla oluşturulan bu portföy, beklenen getirisi %30 ve standart sapması %40 olan ikinci menkul kıymete karşı seçilecektir. Çünkü portföyün getirisi %35

ve standart sapması %5 olması dolayısıyla ikinci finansal varlığa göre daha fazla getiri ve daha az risk içermektedir.

Markowitz'in geliştirmiş olduğu Modern portföy teorisi ilerleyen dönemlerde Sharpe, Tobin, Lintner gibi akademik insanlar tarafından oluşturulmuş, bir değer riski ile getirisinin birbirleriyle bağlantıları daha detaylı bir akademik tabana oturtulmuştur. Sonuçta, Sermaye Varlıkları Fiyatlandırma Modeli, (CAPM) Arbitraj Fiyatlama Modeli gibi yeni yaklaşımlar literatüre kazandırılmıştır.

1.7.3. Sermaye Varlık Fiyatlama Modeli (CAPM)

Sermaye varlık fiyatlama modeli, herhangi bir finansal varlığın beklenen getirisi ile risk düzeyi arasındaki ilişkiyi gösterir. Bu ilişki genel olarak doğrusaldır. (Pelitli, 2007: 37)

Sermaye varlık fiyatlama modelinin varsayımları aşağıdaki gibidir. (Güler, 2005: 97)

- Yatırımcılar daima daha yüksek getiri beklerler.
- Yatırımcılar daima riskten çekinirler. Standart sapmalar başka her şeyi aynı olan iki portföyden yüksek beklenen getirili olanı tercih ederler.
- Yatırımcıların hem ödünç verebileceği hem de borç alabileceği bir risksiz oran vardır.
- Faaliyet maliyetleri dikkate alınmaz
- Risksiz faiz oranı bütün yatırımcılar için aynıdır
- Bilgi, bütün yatırımcılar için serbest ve anında ulaşılabilir şekildedir
- Bütün yatırımcıların aynı ve bir dönemlik yatırım beklentileri vardır.

Sermaye varlıklarının fiyatlandırılması (CAPM) modelinde riskli varlıkların yanında risksiz varlıklara da yatırım yapılabileceği açıklanmaktadır. Bu durumda, risksiz varlığın portföye dahil edilmesiyle oluşacak CAPM formülü aşağıdaki gibidir:

$$E(R_i) = R_{rf} + \beta_i [E(r_m) - R_{rf}]$$

$E(r_i)$ – i menkul kıymetinin beklenen getirisini,

R_{rf} – Risksiz faiz oranını

$E(r_m)$ - Piyasa getirisini

β_i – i menkul kıymetinin betasını göstermektedir.

Betası daha yüksek olan menkul kıymete sermaye koyan sermayedarlar daha fazla getiri beklentisinde olmaktadır. (Korkmaz, 2013: 128) Beta katsayısı 1’den büyük olan menkul kıymetler yüksek riskli, 1’den küçük olanlar ise düşük riskli varlıklar olarak tanımlanmaktadır.

1.7.4. Arbitraj Fiyatlama Modeli

Sermaye varlıkları fiyatlama modeline alternatif olarak Ross tarafından Arbitraj fiyatlama modeli geliştirilmiştir. (Arthur ve diğerleri, 1987: 199) Model aynı varlığın iki ayrı fiyattan satılamayacağı ve arbitraj yapılamayacağı temeline dayanır. (Pelitli, 2007: 43)

Arbitraj fiyatlama modeli, beklenen getiri ve risk arasında kabul ettiği ilişki nedeniyle, hiçbir sermayedarın arbitraj yoluyla kazancını sınırsız olarak artıramayacağını ileri sürmektedir. (Kalfa, 2010: 43)

Yeteri kadar geniş çeşitlendirilmiş bir portföyde piyasa riski elimine edilirse arbitraj fiyatlama modelinin formülünü aşağıdaki şekilde gösterebiliriz:

$$E(r_i) = R_{rf} + \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2 + \dots \dots \dots \beta_n F_n$$

n – Faktör sayısını

$E(r_i)$ – finansal varlığın beklenen getirisini

R_{rf} – Risksiz faiz oranını

β – F varlığının ilgili faktöre olan duyarlılığını göstermektedir.

Arbitraj fiyatlama modelinin, finansal varlıkları fiyatlama modeline göre menkul kıymetlerin beklenen getirilerinin değerlendirilmesinde daha kalıcı olduğu ileri sürülmüştür. Buna rağmen finansal varlıkları fiyatlandırma modelinin yerini alamadığı, onu tamamladığı düşünülmektedir. Model daha realist ve daha sade olmasına rağmen,

pratiği daha zordur. (Kalfa, 2010: 44) Arbitraj fiyatlama modeli de dahil olmak üzere, Markowitz'in geliştirmiş olduğu ortalama varyans modeli ve bundan sonra gelişmiş olan tüm yöntemler birbirilerini aradan kaldırmamış, kendinden önceki yöntemlerin eksikliklerini gidererek, daha gelişmiş bir yöntem olarak karşımıza çıkmıştır.

1.8. Portföy Performansının Değerlendirilmesi

Portföy yönetimindeki başarı, portföyün performansı ile ölçülebilir. (Pelitli, 2007: 50) Bununla beraber, portföy performansının değerlendirmesi problemi, hem bilim adamları hem piyasadaki uygulamacılar arasında şimdi de tartışma konusu olmaktadır.

Portföy yöneticileri, portföy yönetim sürecinin portföy planlaması, yatırım analizi, portföy seçimi gibi ilk aşamaları doğrultusunda yaptıkları hazırlıklara göre değil, sonuçta ne elde ettikleri yani nasıl performans gösterdiklerine göre değerlendirirler. (Baykan, 2010: 53)

Portföylerin piyasaya şartlarına göre performanslarının ölçülmesi için bir karşılaştırma (benchmark) ölçütünün belirlenmesi gerekmektedir. Burada önemli olan ilk kısım karşılaştırma ölçütüne karar verilmesidir. Üzerinde karar kılınacak kıyaslama kriteri, ilgili portföyü amaç ve yapısı bakımından en iyi temsil etmelidir. (Korkmaz, 2013: 198) Her bir portföy için farklı bir karşılaştırma ölçütü kullanılmaktadır. Çünkü, bir portföy için geçerli olan ölçüt diğeri için uygun olmayabilir. Örneğin tekli veya çoklu menkul değer gruplarından oluşan portföy performansının kıyaslaması maksadına yönelik olarak, oluşmuş endeksler içerisinde belirlenecek endeksler birbirilerine benzemeyecektir.

Performans ölçümünde daha fazla bilinen ve pratik alanına sahip olan riske karşılık düzeltilmiş ölçütler; Treynor (1965), Sharpe (1966) ve Jensen (1968) ölçütüdür. Bu portföy performansı değerlendirme yöntemleri, modern portföy teorisine ve sermaye varlıkları fiyatlandırma teorisine dayanmaktadır.. (Akel, 2006: 7)

1.8.1. Treynor Endeksi

Portföy performansını ölçmek için faydalanılan ilk model olan Treynor Endeksi 1965 yılında Treynor öncüllüğünde geliştirilmiştir. (Akel, 2006: 8) Bu endeks, portföyün karakteristik doğrusu ile bağlı görüşlere dayanmaktadır.

Treynor ölçüsünde risk karşılığı olarak betanın kullanılması portföyün tam olarak çeşitlendirildiği varsayımına dayanmaktadır (Pelitli, 2007: 51) Treynor endeksi, ölçüsü beta olan ve üstlenilen her bir birim pazar riski karşılığında kazanılan ek getiriyi ölçen bir orandır. (Akel, 2006: 9) Yüksek bir Treynor endeksi, portföyün üstlendiği bir birimlik riske karşılık daha fazla ek getiri sağladığı anlamına gelir.

$$Treynor_p = \frac{R_p - R_f}{\beta_p}$$

Burada;

R_p – p portföyünün ortalama getirisini

R_f – risksiz menkul kıymetin ortalama getirisini

β_p – p portföyünün betasını (eğimini) temsil etmektedir.

1.8.2. Sharpe Oranı

Portföyün hem riskini hem de getirisini dikkate alan tek parametrelili risk ve getiri kriterlerinden daha fazla bilineni Sharpe oranıdır.(Güler, 2005: 104) Sharpe oranı, ortalama-varyans modeli çatısı altında portföy performansını değerlendiren bir modeldir. (Korkmaz, 2013: 199) Bu oran, portföyün ortalama getirisi ile risksiz faiz oranı arasındaki farkın portföyün getirilerinin standart sapmasına orantılı hale getirilmesi ile hesaplanmaktadır.

$$S_p = \frac{r_p - r_f}{\sigma_p}$$

Formülde;

S_p – Sharpe oranı

r_p – Portföy getirisi

r_f – Risksiz faiz oranı (hazine bonosunun getirisi örnek verilebilir)

σ_p – Portföyün standart sapmasını göstermektedir.

1.8.3. Jensen Ölçütü

Treynor ve Sharpe’ın endeks modelleri portföy risklerine göre nispi bir değerlendirme sıralamasına imkan yaratmaktadır. Jensen ise, riski göz önünde bulundurarak nispi performans ölçüsü yerine mutlak performans ölçüsü yaratmağı amaçlamıştır. (Akel, 2006: 9) Diğer anlamıyla Jensen, portföy performansı için bir takım standartlar yaratmıştır. Herhangi bir portföyün menkul kıymet pazar doğrultusundan sapmasını ölçen ve “Jensen alfası” olarak bilinen bu performans ölçütü akademik çalışmalarda çok fazla kullanılmakta ve risk ölçümü konusuna odaklanmaktadır. Jensen alfası, portföyün oluşan getirisi ile beklenen getirisi arasındaki fark olarak adlandırıldığı için aşağıdaki gibi gösterilmektedir

$$\alpha_p = \hat{r}_p - r_p$$

Burada;

α_p – Alfa değerini

$\hat{r}_p$ – Gerçek getiri

r_p – Beklenen getiri ifade etmektedir.

Jensen performans ölçütünün formülü aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$r_p - r_f = \alpha + \beta_p(r_m - r_f) + \mu_p$$

Formülde;

r_p – Portföy getirisini

r_f – Risksiz faiz oranını

α – Alfa değerini

β_p – Portföy betasını

r_m – Pazar portföyünün getirisini

μ_p – Hata payını ifade etmektedir.

Jensen ölçütüne göre portföy, taşıdığı riske göre sağlaması gerekenden ne kadar fazla bir getiri sağlıyorsa, performansı o kadar yüksek demektir. (Korkmaz, 2013: 207)

BÖLÜM 2: GENETİK ALGORİTMALAR

Finansal ortamın döngüsünün hızlı olduğu ve piyasaların hızlı bir şekilde değiştiği günümüzde, yatırımların imkanlarının hızlı bir şekilde belirlenmesi ve alternatiflerinin hızlı şekilde değerlendirilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Geleneksel yöntemlerle beraber yeni geliştirilen yöntemlerden bazıları iyi sonuçlar verseler bile çalışma hızı olarak istenileni verememiş, diğer yöntemler ise yatırımcı açısından memnunluk yaratacak düzeyde sonuçlar ve alternatifler önerememişlerdir. Bu bağlamda en iyi sonuca en hızlı bir şekilde ulaşacak olan yeni bir yöntem olarak genetik algoritmalar geliştirilmiştir. Bazı zamanlarda optimal çözüme hızlı bir şekilde ulaşmak, en iyi sonuca uzun zaman diliminde ulaşabilmekten çok daha iyidir. Genetik algoritmaların sağladığı bu tür avantajlar, bu yöntemi hem finans, hem de diğer alanlarda çok kullanılır bir hale getirmiştir.

Bu bölümde Genetik algoritmaların biyolojik altyapısı, tarihçesi, genetik işlemler süreci, çalışma prensipleri bilgisayar ortamına aktarılma süreci, uygulandığı alanlar ile avantaj ve dezavantajları incelenecektir.

2.1. Genetik Algoritmanın Tarihçesi

Geleneksel optimizasyon çözüm teknikleri, önemli ölçüde zorlaşan optimizasyon problemlerini çözmede yeterli olmamaktaydı. (Lin, Liu, 2008: 398) Bilim insanlarının evrimsel bakış açısını bilgisayar teknolojisinde kullanmaya başlaması oldukça eskiye dayanmaktadır. (Genel, 2004: 35) Bilgisayar teknolojileri ve evrim kuramının birleştirilmesi yönünde ilk denemeler 1950'lerin sonunda 1960'ların başında yapılmıştır. Ancak, ilk çabalar o günlerdeki biyolojik evrim yaklaşımına uygun olarak mutasyon operasyonlarına çok fazla bağlı olmaları sebebiyle başarılı olmamıştır. (Altay, 2007:18)

Stokastik bir optimizasyon çözüm tekniği olan GA ilk defa Michigan Üniversitesinde John Holland tarafından geliştirilmiştir. (Rankoviç ve diğerleri, 2013: 95) Holland mutasyon döngüsüne eşleşme ile çaprazlama işlemlerini ilave ederek zor problemlerin doğal seleksiyon prensibi doğrultusunda çözülmesine şans tanıyacağına inandığı bir programlama metodu oluşturdu. (Genel, 2004: 35) Bu çalışma ile birlikte Holland genetik algoritmalar alanının esas oluşturucusu sayılmıştır. Sonraki zamanlarda dünyada bu

alanda çalışan araştırmacıların çoğu Holland'ın geliştirmiş olduğu yöntemden faydalanarak bir hayli değişik modeller geliştirmiş ve farklı alanlarda kullanmıştır. (Wong ve diğerleri, 2009: 5)

John H.Holland'ın çalışmalarının 2 temel amacı var idi. Birincisi, doğal sistemler içinde uyum periyodunu izah etmek ve kuramsallaştırma, ikincisi, doğal sistemlerin temel yapılarını içeren yapay sistem yazılımlarını hazırlamaktır. Genetik algoritmalar, doğal genetik ve doğal seçim yapılarına dayanan arama algoritmalarıdır. (Çankal, 2015: 3)

Genetik algoritmanın ilerlemesi, John Holland'ın doktora öğrencisi olan David. E. Goldberg' in 1985 yılında hazırlamış olduğu “Gaz boru hatlarının Genetik Algoritma kullanılarak denetlenmesi” konusunda yaptığı tez çalışması ile sağlanmıştır. (Çetin, 2006: 35) Bu ilk uygulamadan sonra Goldberg'in “Makine Öğrenmesi, Arama ve Optimizasyonu için Genetik Algoritma” adlı kitabında farklı uygulama alanlarının gösterilmesiyle GA'ya yeni bir boyut kazandırılmıştır. (Küpel, 2013: 9)

Genetik algoritmalar doğal seleksiyon sürecini baz alan ve stokastik (sezgisel) bir yapıya sahip yöntem olmaktadır. (Sefiane, Benbouziane, 2012: 144) Diğer sezgisel yöntemler gibi karmaşık ve zor optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. (Gholenji, 2015: 66) Diğer geleneksel optimizasyon yöntemlerinden farklı olarak daha hızlı bir şekilde ve daha fazla çözüm aralığına uygulanabilirliği GA yöntemini diğer yöntemlerden üstün kılmakta ve uygulama alanlarını gittikçe artırmaktadır.

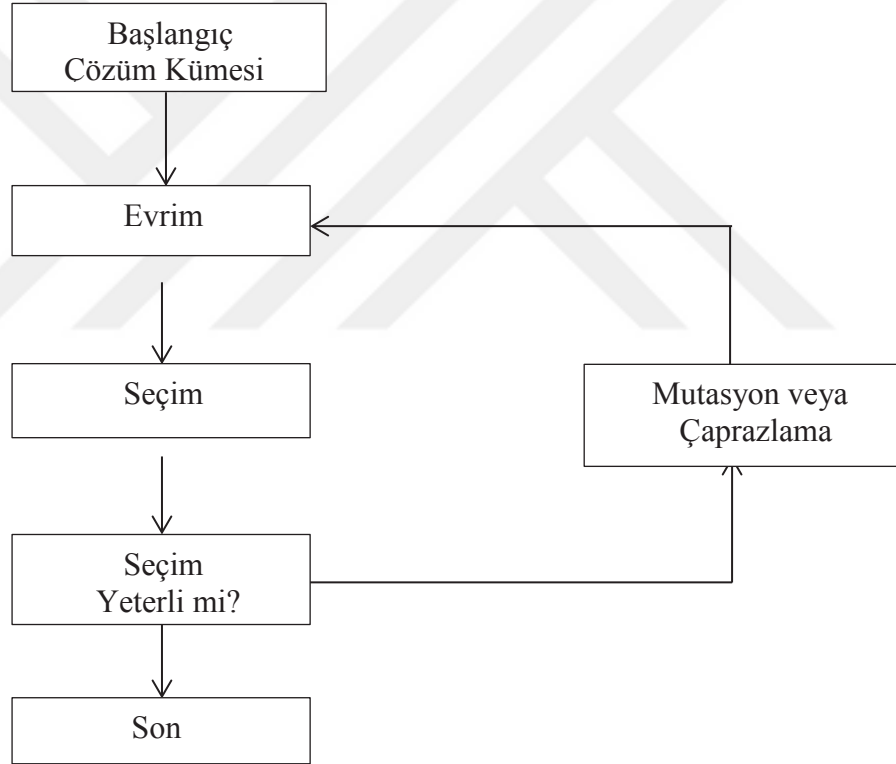
2.2. Genetik Algoritmanın Tanımı

Genetik algoritmalar, genetik gelişimi baz alan rastlantısal arama algoritmaları sınıfıdır. (Mahfoud ve Mani, 2010: 546) Canlı sistemlerdeki genetik kod mantığını baz alarak sezgisel açıdan en çok uyan çözüm veya en iyi çözüme yaklaşan bir sonuç bulmak amaç edinilmiştir. Bu mantık ise, doğal seleksiyona, yani daha güçlü olan bireyin bir sonraki aşamaya geçmesi mantığına dayanır. (Altay, 2007: 9)

İyi çözümler, olası daha iyi çözümleri çıkarmak için seçilir ve buna uygun değiştirilir. Doğada, bir popülasyonda var olan bireyler çiftleşme, yemek-gıda ve yer bulma sebebiyle birbirleriyle yarış halindedir. (Çankal, 2015: 3) Çevrelerine muadillerinden daha çok uyum sağlayan fertler zayıf olanlardan daha fazla artım sergiler ve hayatta kalır. (Lin,

Gen, 2077: 204) Daha iyi olanın hayatta kalması bir sonraki neslin daha sağlam temellere sahip olmasına yardımcı olur.

Bireylerin birleşerek yeni bireyleri oluşturması ve bu yeni bireylerden ancak en güçlü bireylerin hayatta kalması genetik algoritmanın temelidir. Bu teoremin canlılar için hiçbir geçerliliği olmamasına rağmen genetik algoritma kullanan alanlarda iyi sonuç vermesi mümkün olabilmektedir. (Küpeli, 2013: 10) Genetik algoritmalarda önceden rassal olarak belirlenmiş ebeveynler arama uzayını oluştururlar. Rassal olarak eşleştirilerek bir sonraki arama uzayında yeni bireyleri oluştururlar. Bu yeni bireyler çaprazlama, seleksiyon ve mutasyon işlemlerine maruz kalırlar. Bu işlemlerin sürekli tekrarlanmasıyla da evrim işlemi gerçekleşmiş olmaktadır. (Moghadası ve diğerleri, 2001: 97)



Şekil 3: Genetik Algoritmaların Akış Şeması

Kaynak: Haydar Küpeli, **Çok Amaçlı Atama Probleminin Çözümü için Genetik Algoritma ile Bir Yaklaşım**, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2013, s.9.

Genetik algoritma arama motoru en iyi çözümü buluncaya kadar Şekil 3’deki adımlar sonlandırılmadan ilk aşamaya geri döner ve kendini tekrarlar. Tüm bu genetik algoritma ile ilgili yapılan açıklamalardan sonra genetik algoritmalar “en iyi çözümü üretinceye

kadar tekrarlı bir şekilde çalışan sezgisel ve rastlantısal arama algoritmaları” şeklinde tanımlanabilir.

2.3. Genetik Algoritma ile İlgili Kavramlar

Genetik algoritmalar doğal genetik ve bilgisayar biliminin karışımından oluşan bir tekniktir. (Vural, 2005: 8) Bu yüzden genetik algoritmaların açıklanması için he iki bilimin terimlerinden faydalanılmaktadır. Genetik algoritmaların genetik bilimi ile ilgili kısmındaki kavramlar doğal genetik terimleridir. Popülasyondaki fertler ve genotipler ayrıca kromozomlar ve dizilimler olarak da geçmektedir. (Yalçın 2007: 4)

Sebep ise genetik algoritmalarındaki her birey doğadaki yapıdan farklı olarak yalnızca bir kromozomdan oluşur. Her genotip belirlenen sorun için bir olası çözümü temsil eder.

Genetik algoritmaların ve çözüm sürecinin belirlenebilmesi için birtakım terimlerin bilinmesi gerekmektedir. Bu terimler ve tanımlamalar problemin çözümünde ana rol oynayan parametrelerin matematiksel yazımını kolaylaştırmaktadırlar. Metodolojide çeşitli terimler olmasına rağmen, GA’da daha fazla kullanılanları aşağıdaki gibidir.

2.3.1. Gen

Gen, her hangi bir canlının kalıtsal karakteristiklerinin istenilen birini taşıyan parçaya verilen addır. (Soyaslan, 2010: 10) Ya da başka bir anlatımla genetik algoritmalar sayı sisteminde karar değişkeni sayılarının her bir rakamının bir dizi halinde bir araya gelmesi ile oluşan yapıya gen adı verilmektedir. (Genetik Terimler Sözlüğü, 2013: 9)

Kromozom üzerinde, belli bir pozisyonda yer alan genler, temsil ettiği değişkenin değerini ifade etmektedir. (Paksoy, 2007:21) Her karar değişkeninde yer alan sayısal değer bir geni temsil eder. Bir problemde yer alan gen sayı karar değişkeni sayısına eşittir.

Genin her hanesindeki rakamların sırası bir genetik sayı yapılandırmasında önemlidir. Genetik algoritmalarda gen yapılarının belirlenmesi araştırmacının tanımlamasına bağlıdır. (Küçükmustafa, 2014:28) Dolayısıyla genin içeriği yazılan programa göre oldukça önem arz etmektedir. Bir genin içindeki bilgi sadece ikili sayılar sistemindeki

sayıları içerebileceği gibi onluk taban ve onaltılık tabanlardaki değerleri de içerebilir.(Küçükmustafa, 2014: 29)

2.3.2. Kromozom

Biyolojik olarak, histon proteinleri etrafında sarılarak yoğunlaşıp oluşan, canlılarda kalıtımsallığı temin eden DNA yapılarıdır. (Genetik Terimler Sözlüğü, 2013: 11) Yani, genlerin dizgi şeklinde art arta gelmesiyle ortaya çıkan genler dizisine verilen addır.

Genetik algoritma, problemin çözüm, yani, kromozom seçeneklerini kapsayan çözüm kümesiyle başlatılmaktadır. (Paksoy, 2007: 20) Her kromozom, temsilcisi olduğu gene dair bilgiler içermekte ve bilgiler seri şeklinde kodlanmaktadır.

Kromozomlar, genetik algoritma kullanarak ulaşılmak istenen çözüm bilgilerini içermektedir. (Roudier, 2007: 31) Kromozomlar genetik algoritma kullanılan yöntemlerde üzerinde en fazla durulan bölüm olduğundan bilgisayar koşullarında iyi bir şekilde ifade olunma gerekmektedir. Kromozomun kısımlarının taşıdığı anlam, içerdiği bilgi kullanıcının bakış açısını değiştirmede yer alır. (Soyaslan, 2010: 20) Genetik algoritmalar kullanılarak yapılan çalışmalarda optimum çözüme ulaşmak için en fazla dikkat edilmesi gereken konu kromozomlardır.

2.3.3. Evrim ve Doğal Seleksiyon

Doğal seleksiyon, evrimin temelini oluşturan, güçlülerin yaşaması, kötülerin doğa tarafından elenmesi olarak tarif edilebilecek bir kavramdır. (Taze, 2004: 7) Teoriye göre, popülasyon (canlı topluluğu) bu sayede hayatını devam ettirme adına önemli bir reflekste bulunmaktadır. Böylelikle gerek genleri itibariyle, gerekse genlerinin şekillendirdiği bünyeleri itibariyle güçlü olan bireyler yaşayabilmekte, üreme ihtimallerini yüksek tutmakta ve nihayet gelecek nesil onlar tarafından oluşturulmaktadır. Bu prosesin yıllar yılı devam etmesiyle ortaya sadece daha güçlü bireyler değil, aynı zamanda yeni yeni türler de çıkabilmektedir.

2.3.4. Popölasyon

Kromozomların oluşturduğu topluluk popölasyon olarak adlandırılır. Popölasyon var olan ilave çözümlerdir. (Tosun, 2006: 25)

Tüm problemler için popölasyonun büyüklüğu problemin karmaşıklığına bağlıdır. (Çakar, 2009: 47) İdeal olanı, tüm araştırma alanının araştırılabilmesi için popölasyonun gen havuzunun mümkün olduğu kadar geniş olması gerekmektedir. Popölasyon çeşitliliği yansıtmaz ise algoritma dar bir alanı tarayacak ve muhtemelen global optimuma ulaşamayacaktır. Popölasyonda yer alan kromozom sayısı çoğaldıkça çözüme ulaşımın zaman dilimini (iterasyon sayısını) azaltır. (Tosun, 2006: 26) Popölasyona dahil edilecek kromozom sayısı ile ilgili bir kural olmamasıyla birlikte genel olarak kromozom sayısı sabit tutulmaya çalışılır.

2.3.5. Yeniden Üretim İşlemi

Mevcut olan yığından bir sonraki yığna aktarılabilecek olan dizilerin seçilme işlemidir. Genetik olarak mevcut yapıda en uygun yapıya (değere sahip) sahip olan diziler taşınacak olan dizilerdir. (Duman, 2007: 32) Genel olarak genetik algoritmaların çalışma prensibinin esasını oluşturan bu işlem sayesinde daha iyi ve güçlü olan bireyler bir sonraki neslin oluşmasında rol almaya başlamaktadır.

2.3.6. Uygunluk Değeri ve Uygunluk Fonksiyonu

Var olan toplumdaki iyi yönlerle sahip kromozomların sonraki adımda kullanılacak yeni topluma aktarımı, belirlenmiş kriterler çerçevesinde ele alınarak yapılmaktadır. (Paksoy, 2007: 22) Genetik algoritmada uygunluk incelenmesi, uygunluk fonksiyonu sonucunda ortaya çıkan uygunluk değeriyle (f_i) yapılmaktadır.

Uygunluk fonksiyonu popölasyondaki her birey için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. (Soam, 2012, 31) Uygunluk değeri yardımıyla ulaşmak istediğimiz hedefe ne kadar yakın veya uzak olduğumuzu belirleyebiliriz. Uygunluk değerinin bize sağlayacağı diğer bir

katkı ise, bireyler için seçim stratejilerini oluşturmada yardımcı olmasıdır Hangi bireylerin çaprazlama ve mutasyon, yani bir sonraki aşamada yer alacağını bize gösterir.(Oh, Kim ve Min, 2005: 372)

Algoritmaların hazırlık kademesinde belirlenmiş uygunluk fonksiyonuyla toplumdaki tüm fertlerin uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. (Paksoy, 2007: 23) Böylece eleman sayısı n olan toplumda $f_1 \dots f_n$ olmak üzere n adet uygunluk değeri hesaplanmaktadır.

Uygunluk değeri fazla olan bireylerin seleksiyon sonrası, yeni yapılandırılan topluma ötürülmesi, genetik algoritmaların gücünü ortaya çıkaran temel faktörlerin birisidir. (Zhang, 2010: 9) Yeni jenerasyonlar üretildikçe, elde edilen çözümler arasındaki kalite farkı başlangıç çözümüne göre daha az olacaktır uygunluk değerinin hesaplanması işlemi hassas olmalıdır. (Soyaslan, 2010: 12)

Genetik algoritmadaki birey doğadan farklı şekilde sadece bir kromozomdan oluşmaktadır. Genotipler, belirlenmiş problem için potansiyel olan çözümü temsil etmektedir. Tablo 2’de tabii süreçteki kavramların GA’daki karşılıkları ve aynı zamanda tanımları gösterilmiştir.

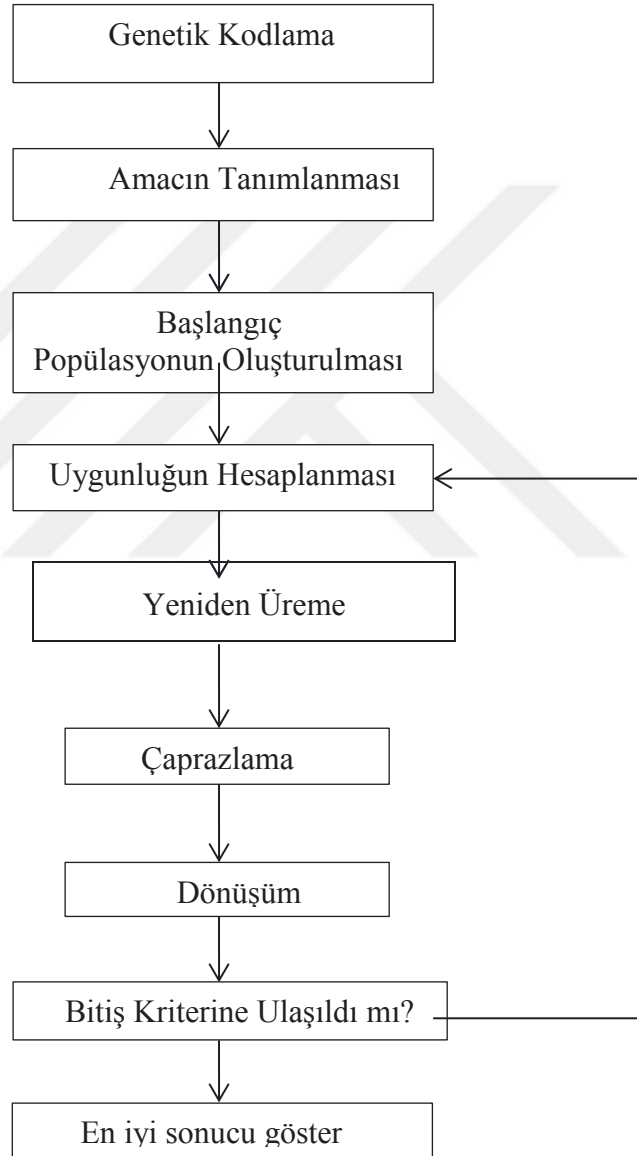
Tablo 2
Doğal Süreçteki Terimlerin GA'daki Karşılıkları ve Tanımları

Doğal Süreçteki Terim	GA'daki Karşılığı	Tanımı
Gen (Bit)	Özellik	Kromozomun elemanı olan ve her biri problemin parametresini kodlayan birimlerdir.
Kromozom	Dizi	Genlerin birleşerek oluşturdukları seridir. Kromozomlar, alternatif aday çözümlerini gösterirler.
Popülasyon	Çözüm Topluluğu	Bir kombinatorik problemin çok sayıdaki çözümleri veya bu çözümlerin sonlu bir alt kümesi.
Genotip	Yapı / Birey	Kromozom biçimindeki ve problemin bir aday çözümü olan popülasyon öğelerine genotip denilir.
Fenotip	Deşifre Edilmiş Çözüm	GA'larda çözüm alternatifi oluşturmak üzere deşifre edilmiş yapıdır.
Uygunluk Fonksiyonu	Amaç Fonksiyonu	Çevreye uyum gücünü gösteren başarı ölçütü

Kaynak: Mehtap Vural, **Genetik Algoritma Yöntemi ile Toplu Üretim Planlama**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005, s.9

2.4. Genetik Algoritmaların Temel Çalışma Prensibi

Bir genetik algoritmanın çalışma şekli inanılmaz derecede basittir. Sadece dizimlerin kopyalanması ve kısmen değişimlerini kapsamaktadır. (Vural, 2005: 14) Birçok uygulama probleminde olumlu sonuçlar veren basit bir genetik algoritmanın temel prosedürel akış biçimi şekil 4’de gösterildiği gibidir:



Şekil 4: Genetik Algoritmanın Adımları

Kaynak: Ayça Altay, **Genetik Algoritma ve Bir Uygulama**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007, s.10)

- **Genetik Kodlama:** Bir sorunun halli için GA oluşturmaının ilk etabı, tüm çözümlerin gösterimindeki bitler dizisinin boyutlarının aynı olmasıdır. Dizilerin hepsi, rastsal bir noktayı simgeleyerek problemlerin olası çözümlerini gösterir. Doğru bir şekilde kodlama ilerde problem çözümünde çalıştırılacak olan GA motoru için avantaj sağlar.(Tosun,2006: 30)
- **Amacın Tanımlanması:** Elimizde olan çözüm kümesinin çözümlerinin ne kadar iyi olduğunun belirlenmesi gerekir. Bu durumda amaç fonksiyonu tanımlanması gerekir. İyi belirlenmiş olan amaç fonksiyonu, GA’da çözümü zor olan problemlere kolaylık getirmektedir.(Altay, 2007: 12)
- **Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması:** Başlangıçtaki popülasyon problemin kısıtlarını geçmeyecek şekilde tesadüfi şekilde üretilir veya sezgisel olarak belirlenir. Sezgisel olarak belirlenen ilk fertler, genetik algoritmanın daha hızlı yakınsamasını temin etse de, çok farklı problemlerde erken yakınsamaya yol açtığı görülmüştür. Bu nedenle de oluşturulacak olan ilk popülasyonda çeşitliliği sağlamak için bireylerin popülasyon içerisinde yeteri kadar dağılım göstermesine dikkat etmek gerekmektedir. (Mut, 2009: 52)
- **Yeniden Üreme (Seleksiyon):** Tekrar üremek için operatör, doğadaki doğal seçim operasyonlarının GA tarafından tatbik edilmesidir. Bu noktada, başlangıç popülasyonundaki bireylerden en uygunları eşleşme aşaması için seçileceklerdir. Seçilmiş olan bireyler bir sonraki aşamada eşleştirilir ve bu yolla da yeni jenerasyonlar elde edilmiş olur. Burada dikkat edilmesi gereken, eşleştirilecek olan bireylerin seçim aşamasında, birbirine uyumları daha fazla olan bireylerin daha fazla tercih edilir şeklinde ayarlanmasıdır. (Altay, 2007: 14)
- **Çaprazlama (Crossover) :** Seçim aşamasında rastgele olarak seçilmiş iki birey GA yönteminin en önemli aşaması olan çaprazlama sürecine tabi tutulur. Diğer bölümlerde bahsedileceği üzere problem çözümü için birçok çaprazlama yöntemi geliştirilmiştir. Esasen bütün çaprazlama operatörlerinde, 2 birey 1 eşleşme kümesinden alınarak karşılıklı gen değiştirmeye sonuçlanır. (Hamza ve diğerleri, 2012: 4679)
- **Dönüşüm (Mutasyon) :** Mutasyon, popülasyonda genetik çeşitliliği yaratan bir operatördür. Dönüşüm operatörünün temel amacı popülasyondaki birey

benzerliklerini aradan kaldırmaktır. Mutasyon süreci, genetik algoritmalara yerel alt en iyi sonuçlarda takılıp kalmama ve önceden görülen çözümlere ulaşmak özelliği kazandıra bilmektedir. (Filho, 2006: 26)

- **Bitiş Ölçütlerine Ulaşılması:** Genetik algoritmanın döngülerinin sonuçlanması için farklı ölçütler tanımlanabilir. Örneğin, uygunluk fonksiyonuna dair bir değer verilerek, bu değeri geçen ilk döngüde süreç sonlandırılabilir. Süreç için belirli süre verilip, bu süre bitişinde bitirilebilir. (Filho, 2006: 26)
- **En İyi Sonucun Gösterilmesi:** Prosedür bittikten sonra en iyi çözüm olarak en iyi değer gösterilir ve değer problemin çözümü olarak sunulur.

Özetlemek gerekirse, genetik algoritmaların temel çalışma prensibi, önceki nesle nazaran daha yüksek uyum değeri olan bireylerin bir araya getirilerek, yeni nesil için daha fazla uygunluk değerine sahip bireylerin yaratılmasıdır.

2.5. Kodlama

Genetik algoritmaları diğer arama yöntemlerinden farklılaştıran esas özellik parametrelerin kendileri yerine onları temsil eden serileri kullanmasıdır. (Çakar, 2009: 49) Bir genetik algoritmanın uygulamaya konmasında ilk iş arama uzayını en iyi temsil eden uygun kodlama formatının seçilmesidir. (Çankal, 2015: 8) Kodlanmış aday çözümler, sınırlı bir değer kümesinden veya alfabeden değer alabilen gen dizilerinden oluşmaktadır. (Genel, 2004: 26) Kromozomlar aday çözümlerini temsil eden bu gen dizilimlerinden oluşmaktadır. Bu şartlarda, aday çözümlerin yapısını genler ve onlardan oluşan her kromozom ise problemin aday çözümünü göstermektedir.

Kromozom içinde yer alan genler ikilik tabanlı sayı sistemi ve reel sayılarla gösterilebilir. Holland, ilk defa kromozomları ikilik sistemde ifade etmiştir. (Mut, 2009: 48) 1 veya 0 değerini alan basamak sayısına *bit* adı verilmektedir. Bu yöntemde her gen bir bitle, 0 veya 1 şeklinde ifade edilerek kodlanır.

Son dönemlerde genetik algoritmaları kullanılması kolay bir hale getirmek için farklı kodlama teknikleri geliştirilmiştir. Literatürde geliştirilen bazı farklı kodlama biçimleri aşağıda sıralanmıştır:

2.5.1. İkili Kodlama

Genetik algoritma uygulamalarında amaç değerlerini kodlamada kullanılan en yaygın kodlama biçimidir. (Çakar, 2009: 50) İkili (binary) kodlamada kromozomların hepsi 0 ve 1 ile gösterilen bit serisi şeklinde ifade edilmektedir. (Nabiyev, 2005: 634) Dizideki her bit, çözüme ait bazı karakteristikleri ortaya koyar.

Holland (1975) ikili kodlamanın uygulamasında bir yargı ortaya atmıştır. Holland, aynı bilgileri kullanarak iki farklı kodlama sistemini karşılaştırmıştır. İlkinde, az sayıda genler ve uzun diziler, diğerinde ise çok sayıda gen ve kısa diziler kullanmıştır. (Tosun, 2006: 34)

İkili kodlama birçok problem için doğal değildir ve bazı durumlarda genetik operasyonlar bittikten sonra bazı düzeltmelerin yapılması gerekebilmektedir. (Çakar, 2009: 52) İkili (binary) kodlama Tablo 3'teki gibi gösterilebilir:

Tablo 3
İkili Kodlama

Kromozom 1	1 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 0
Kromozom 2	0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0

İkili kodlama çok sık kullanılan bir yöntem olmasına rağmen bazı sakıncaları vardır. Örneğin çok değişkenli bir fonksiyon optimizasyonu için alt ve üst sınırlarına bağlı olarak elde edilen dizi çok uzun olabilir. Aynı zamanda gezgin satıcı, kombinatoryal optimizasyon problemlerinde ikili düzende kodlama arama uzayını tam olarak temsil edememektedir. (Çakar, 2009: 51)

2.5.2. Permütasyon Kodlama (Gerçek Sayı Kodlama)

Permütasyon kodlamada diziler ard arda sıralanan rakamlardan oluşmaktadır. Bazı durumlarda genetik operasyonlar tamamlandıktan sonra bazı düzeltmelerin yapılması

gerekmektedir. Permütasyon kodlama her bir kromozom rakamların ard arda sıralandığı, tam sayılı gerçek değerlerin bir dizisidir. (Bahar, 2006: 12) Şimdiye kadar yapılan çalışmalar permütasyon kodlamanın daha başarılı olduğunu göstermektedir. (Tosun, 2006: 35) Gerçek sayı kodlamasını Tablo 4’teki gibi göstermek mümkündür.

Tablo 4
Permütasyon Kodlama (Gerçek Sayı Kodlama)

Kromozom 1	1 5 6 4 3 9 2 7 8
Kromozom 2	9 6 7 3 8 4 2 5 1

Permütasyon kodlama yalnızca problemleri sıralamada yarar sağlar. (Çakar, 2009: 51) Bu durumda bile kromozom uyumluluğundan kaçınmak için bazı çaprazlama ve mutasyon düzeltmelerinin yapılması zorunlu olmaktadır.

2.5.3. Harf Kodlama

Harf kodlama kodlama türlerinden biri olmaktadır. Genetik algoritmaların çözümünde, özellikle rotalama problemlerinde, gezgin satıcı problemlerinde ve benzeri problemlerde kullanılmaktadır. (Küpel, 2013: 15) Özellikle ikili kodlanmanın kullanılmak istenmediği durumlarda harf kodlanmadan yararlanılır. (Altay, 2007: 12) Örneğin [0 – 15] arasında yer alan değerler, ikili kodlamadan başka İngiliz Alfabesi’ndeki [A – O] harflerle de kodlanmaktadır.

Özetlemek gerekirse, hem sayısal, hem de alfabetik olarak kullanılan kodlama operatörleri, genetik algoritmaları diğer yöntemlerden farklı kılmaktadır. Sayısal kodlama operatörlerinin daha iyi sonuç vermesi nedeniyle, literatürde daha fazla kullanıldığı görülmektedir.

2.6. Genetik Algoritma Operatörleri

Genetik algoritmalar yönlendirilmiş elemanlar ve stokastik arama birleşiminden oluşan genel amaçlı bir arama metot sınıfıdır. (Çankal, 2015: 12) Genetik algoritmalar adım adım çözüm topluluğuna genetik operatörler uygulayarak, uygun topluluktan arama yoluyla yeni nesiller üreterek en iyi çözümlere ulaşılmasını sağlar. (Çetin, 2006: 38) Bu yöntem genetik operatörleri kullanarak yeni bölgelerde arama yapabilir. Genetik algoritmaların çözüm uzayında en iyi sonucu veren çözümü arama süreci üç önemli genetik operatör kullanılmaktadır: seçim, çaprazlama ve mutasyon. Genetik algoritma uygulamalarında yapılan işlemlerin %90-95'i seçim ve çaprazlama operatörleri ile ilişkilidir. Mutasyon için genellikle düşük bir olasılık değeri tercih edilmektedir. (Genel, 2004: 28)

2.6.1. Seçim

Genetik algoritma uygulamalarında daha yüksek uygunluğa sahip bireylerin daha fazla çoğalacağı temeline dayalı doğal seleksiyon fikri yeniden üretim veya seçim olarak adlandırılır. (Çakar, 2009: 54) Yeniden üretim veya seçim operatörü yeni bir birey yaratmak için bireylerin popülasyondan nasıl seçileceği ve bunlardan hangi sayıda yeni birey oluşturulacağı konusuyla ilgilidir. Seçim operatörünün en temel görevi çaprazlama işlemi için en iyi bireylerin seçilmesidir. (Kacprzyk, 2013: 14)

Seçim aşamasında, çözüme daha yakın bireylerin daha yüksek olasılıkla seçilmesi hedeflenir. Fakat, seçim algoritması ile sadece en iyileri seçilmeye çalışırsa, popülasyon kısa bir zamanda bu bireye benzemeye başlayacaktır. (Genel, 2004: 29) Bu sebepten dolayı, seçim algoritması en iyileri seçmekle beraber diğer yararlı olabilecek bilgiler taşıyan bireyleri de seçmelidir.

Seçim aşamasının önemi topluluğun boyutu ile ilişkilidir. Seçimde küçük topluluk boyutu ile çalışılması durumunda topluluk çeşitlendirmesinin olası iyi alternatiflerinin çıkması için yetersiz kalması sorunu olabilir. (Çetin, 2006: 39) Bu sebeple seçimde topluluktaki bireylerin çeşitlendirmesini çok daraltan bir yöntem uygulanması iyi sonuç vermeyebilir.

Genetik algoritmalarda en yaygın kullanılan seçim yöntemleri rulet çemberi, turnuva ve elitist seçim yöntemleridir.

2.6.1.1. Rulet Çemberi Yöntemi

Bu yöntem ilk kez Holland tarafından ortaya çıkarılmış bir yöntemdir. Bu yöntemde, toplumdaki tüm bireylerin uygunluk değerleri f_i hesaplanır. (Paksoy, 2007:24) Hesaplanmış olan uygunluk değerleri çizelgede yazılarak toplanır. Tüm bireylerin uygunluk değerleri toplama bölünerek 0-1 aralığında bir değer elde edilir. (Soyaslan, 2010: 16)

$$F_i = \frac{f_i}{\sum_j^n f_i}$$

Bireyler seçilme olasılıkları (F_i) ölçüsünde rulet çarkında yer alırlar. Böylece rulet çarkı üzerinde yüksek olasılık değeri ile temsil edilen bireylerin seçilme fırsatları artmaktadır. (Paksoy, 2007: 24)

Ebeveynler rulet çarkı üzerinden farklı yöntemlerle seçilebilmektedir. Seçim rastgele, en yüksek olasılık değerlerine göre ya da eklemeli oranlardan yararlanılarak yapılabilmektedir. (Paksoy, 2007: 25)

2.6.1.2. Turnuva Yöntemi

Uygulanma bakımından en kolay ve uygun bir yöntemdir. Turnuva seçimi yönteminde, önce toplumu oluşturan kromozomdan bazıları, belli kriterlere göre seçilmektedir. Daha sonra, bu kromozomlar kıyaslanarak aralarında uygunluk değeri yüksek olan bir kromozom yeni topluma aktarılacak üzere seçilmektedir. Böylece oluşan yeni toplum, bir önceki toplumunun kötü bireylerinden arındırılmaya çalışılmaktadır. (Paksoy, 2007: 24) Optimum çözüme hızlı erişim sağlamasından dolayı önemli bir yöntemdir.

Genelde turnuva iki birey arasında düzenlenmektedir. Ancak keyfi olarak seçilen bir sayıdaki bireyler arasında da uygulanabilir. (Çakar, 2009: 57) Turnuva gruplardan bağımsız olarak düzenlenir ancak grup sayısı arttıkça seçim baskısı da artacaktır. (Hüseyinoğlu, 2014: 34) Turnuva, kazananlardan oluşan eşleşme havuzu yüksek bir ortalama popülasyon uygunluğuna sahiptir. (Çetin, 2006: 40) Bu uygunluk farkı seçim baskısı sağlar ve bu durum da, genetik algoritmayı başarılı genlerin uygunluğunu arttırmaya zorlar.

2.6.1.3. Elitist (Seçkinlik) Seçim Yöntemi

Seçkinlik, evrimsel algoritmelerde bir popülasyonun maksimum uygunluk değerinin bir diğerine geçildiğinde azalmamasını temin eden özelliktir. (Çakar, 2009: 58) Yani seçim uygulandığı zaman en iyi birey korunup, popülasyonun geri kalan elemanlarını uyum orantılı seçim yöntemlerinden birini kullanarak yeni bireyler ile değiştirilir.

Bu yöntemde temel amaç, çaprazlama ve mutasyon genetik operatörleri ile değişikliğe uğrayacak olan bireylerden eski kuşağın en iyi (elit) olan bireyini bu prosedüre tabi tutmadan, bir sonraki kuşağa kopyalamaktır. Seçkinlik, bulunan en iyi sonucun kaybını önlediğinden GA'nın performansını oldukça hızlı bir şekilde artırır.

2.6.2. Çaprazlama

Genetik algoritmanın kendine has özelliği olan ve sonuca ulaşmak bakımından en önemli operatörü çaprazlama operatörüdür. (Zeren ve Baygın, 2015: 314) Çaprazlama operatörü, iterasyonlar boyunca çözümün iyileşmesinde çok önemli bir rol oynamaktadır. (Keskintürk, 2007: 83) Genetik çözümün performansı büyük ölçüde bu operatöre bağlıdır. Çaprazlama, farklı çözümler arasında bilgi değişimini sağlayarak arama uzayının benzer ama araştırılmamış bölgelerine ulaşmayı sağlayan bir arama operatörüdür. (Çakar, 2009: 60)

Çaprazlama iyi uygunluk değerine sahip iki birey arasında ikisinin de iyi özelliklerini birleştirerek daha iyi sonuç elde etmek amacıyla yapılır. Fakat hangi özelliklerin iyi performans sağladığına dair bir bilgi edinilemediğinden özelliklerin değiş tokuşu şeklinde birleşim rassal olarak gerçekleştirilir. (Çetin, 2006: 40) Rassal olarak yapılan birleşimler ile iyi sonuçlar alınması beklenilir. Tabi ki bazen en kötü özelliklerin toplandığı bir birey oluşumu da söz konusu olabilir. Bu durumda bu birey elenecektir. (Er ve diğerleri, 2005: 76) Eğer kromozomlar üzerinde çaprazlama işlemi uygulanmaz ise, yeni popülasyona eklenecek olan yeni bireyler, eskibireylerin birebir kopyası olacaktır. (Erkut, 2010: 33)

Çaprazlama işlemi var olan yığındaki tüm kromozomlara uygulanamaz. (Küçükmustafa, 2014: 33) Özellikle yüksek uygunluk değerine sahip olan kromozomlar olmak üzere bazı kromozomlar bir sonraki nesle aynen aktarılmaktadır. Ayrıca ne kadar

kromozoma çaprazlama işlemi uygulanacağı önceden belirlenen bir oranla hesaplanmaktadır. Bu orana çaprazlama olasılığı adı verilmektedir. Her nesil için çaprazlama olasılığı değişebilir. (Altay, 2007: 15) Çaprazlama olasılığının küçük olması sonuca yavaş ulaşılmasına, büyük olması ise, en iyi çözüm noktasının kaçırılmasına neden olabilir.

Literatürde farklı çaprazlama yöntemleri karşımıza çıkmaktadır. (Chen, 2000: 37) En yaygın olarak bilinen çaprazlama yöntemleri aşağıdaki alt bölümlerde açıklanmıştır.

2.6.2.1. Tek Noktalı Çaprazlama

Klasik genetik algoritmalarda genellikle bir noktalı çaprazlama operatörü kullanılmaktadır. (Vural, 2005: 26) Bu yöntem basit olmasıyla beraber diğer yöntemlerin de öncüsüdür.

Bu metotta kromozomlar karşılıklı olarak belli bir noktadan kesilir ve kesilen noktadan sonraki kısımlar değiştirilir. (Çakar, 2009: 60) Çaprazlama noktası dizi içerisinde rassal olarak belirlenir ve bir sonraki bit'ten başlayarak değişim gerçekleştirilir. Eğer uygun bir nokta seçilmiş ise iyi ebeveynleri eşleyerek daha iyi bireyler elde edilebilir. Aksi durumda ise dizinin kalitesi oldukça kötü etkilenecektir. Tek noktalı çaprazlama aşağıda tabloda gösterilmiştir:

Tablo 5
Tek Noktalı Çaprazlama

Ebeveyn 1	1 0 0 1 1	0 0 1
Ebeveyn 2	1 1 0 0 1	1 1 0
↓		
Yeni Birey 1	1 0 0 1 1	1 1 0
Yeni Birey 2	1 1 0 0 1	0 0 1

Bir noktalı çaprazlama işleminde ilk gen değiştirilemez ve bu genetik algoritmanın operasyon etkinliğini azaltabilir. Bu nedenle literatürde farklı çaprazlama teknikleri geliştirilmeye başlanmıştır.

2.6.2.2. Çift Noktalı Çaprazlama

İki noktalı çaprazlama tek noktalı çaprazlama yöntemine çok benzerdir. Tek fark, iki noktalı çaprazlamada, kromozom eşleri, iki farklı yerden kesilerek üç parçaya ayrılmaktadır. Parçalar karşılıklı olarak yer değiştirilerek çaprazlama yapılmaktadır. (Paksoy, 2007: 31) İlk noktaya kadar olan bitler ikinci ebeveynden kopyalanırken, kalan diğer bitler ise birinci ebeveynden kopyalanır. (Soyaslan, 2010: 18)

Çaprazlama noktası eklenmesi genetik algoritmanın performansını düşürür. (Çakar, 2009: 60) İlave çaprazlama noktaları eklendiğinde ortaya çıkan problem ebeveynler arasında değiştirilecek blokların birbirine çok fazla benzemesidir. Bununla birlikte daha fazla çaprazlama noktasına sahip olmanın problem yüzeyini tam tarama gibi bir avantajı vardır.

Tablo 6
Çift Noktalı Çaprazlama

Ebeveyn 1	1 1 1	0 1 0	0 1
Ebeveyn 2	1 0 0	1 0 1	1 0
↓			
Yeni Birey 1	1 1 1	1 0 1	0 1
Yeni Birey 2	1 0 0	0 1 0	1 0

İki noktalı çaprazlama genellikle tek noktalı çaprazlamaya göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Çaprazlamada kullanılacak nokta sayısı üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda standart olarak iki noktalı çaprazlama kullanılmaktadır.

2.6.2.3. Çok Noktalı Çaprazlama

Bu yöntem, iki nokta çaprazlama yönteminin mantığı ile aynı olmakta ve daha fazla noktalardan dolayı kromozomlar daha fazla parçalara ayrılmaktadır. (Paksoy, 2007: 31) Parçalar çiftler arasında karşılıklı değiştirilerek yeni kromozomlar elde edilmektedir. Bu çaprazlama yönteminde de çok sayıda yeni kromozom elde edilebilmektedir. (Küçükmustafa, 2014: 34) Eğer parça sayısı n ise n^2 kadar yeni kromozom elde edilebilmektedir.

2.6.2.4. Tekdüze (Üniform) Çaprazlama Yöntemi

Üniform çaprazlama n noktalı çaprazlamadan oldukça farklıdır. Döl üzerindeki her bir gen, kromozomlarla aynı uzunlukta ve tesadüfi oluşturulan ikili bir çaprazlama maskesine göre seçilen ebeveynden gelir. Çaprazlama maskesinde 1 olduğu yerde gen ilk ebeveynden, 0 olduğu yerde ise ikinci ebeveynden kopyalanır. Her bir ebeveyn çifti için yeni bir çaprazlama maskesi rassal olarak oluşturulur. Bundan dolayı, döller her bir ebeveynden gelen bir gen karışımı taşır. (Çakar, 2009: 62)

Tablo 7
Üniform Çaprazlama

Ebeveyn 1	1 1 0 0 1 1 0 1 1
Ebeveyn 2	1 0 0 0 1 0 1 1 0
Maske	1 0 1 0 1 1 0 1 0
Yeni Birey 1	1 0 0 0 1 1 1 1 0
Yeni Birey 2	1 1 0 0 1 0 0 1 1

Yapılan araştırmalarda, tekdüze çaprazlama yönteminin diğer çaprazlama yöntemlerinden daha etkin olduğu saptanmıştır. Bunun temel nedeni ise, tekdüze çaprazlama yönteminin diğer çaprazlama yöntemlerinin genel bir hali oluşudur.

2.6.3. Mutasyon

Çaprazlama mevcut gen potansiyellerini araştırmak üzere kullanılır. Fakat popülasyon gerekli tüm kodlanmış bilgiyi içermez ise, çaprazlama tatmin edici bir çözüm üretemez. (Emel, Taşkın, 2002: 134) Bundan dolayı, mevcut kromozomlardan yeni kromozomlar üretme yeteneğine sahip bir operatör gerekmektedir. Bu görevi mutasyon gerçekleştirir. (Bütün, 2013: 51) Mutasyon, kromozom yapısı içerisinde değişiklik yapma işlemi olarak tanımlanır. (Özçakar, 1998: 71) Mutasyon, popülasyondaki çeşitliği koruyarak kromozomlarda rasgele değişiklik yapar. (Çankal, 2015: 20)

Yeniden ve sürekli yeni nesil üretimi sonucunda, belli bir zaman sonra nesildeki kromozomlar birbirilerini tekrar edebilir. Böylece farklı kromozom üretimi durur veya azalır. İşte bu nedenle nesildeki kromozom çeşitliliğini artırmak için kromozomlardan bazıları mutasyona tabi tutulur. (Yalçın, 2014: 14)

Yeni üretilen bir bireyin mutlaka mutasyona uğraması gibi bir durum yoktur. Aksine, bu işlem çok az meydana gelir. (Soyaslan, 2010: 22) Çaprazlama işleminden sonra her bir birey mutasyona uğratılıp uğratılmayacağı hakkında incelenir. Mutasyona uğratılmak üzere seçilen bireyin çözümünün bazı bölümleri değiştirilir ve yeni özellikte bir birey oluşmuş olur. (Paksoy, 2007: 33)

Mutasyon, popülasyonu lokal minimuma takılmaktan uzak tutar. (Çakar, 2009: 63) Tesadüfi işlemlerle kaybedilen genetik bilgiler gibi kayıp genetik materyalin geri kazanılmasında rol alır. Aynı zamanda genetik materyalin geri dönülemez kaybına karşı da bir sigorta işlevi görür. (Soyaslan, 2010: 23)

Mutasyon olasılığı ise işlemde değişikliğe uğrayacak birey sayısını belirtir. (Vural, 2005: 63) Optimal mutasyon oranı konusunda çeşitli görüşler mevcuttur. (Mut, 2009: 58) İkilik sistemde ifade edilen bir kromozomun uzunluğu l olarak ifade edilirse optimal mutasyon oranının $1/l$ olduğunu, bununla beraber mutasyon oranının değiştirilmesinin verim sağlayacağı düşünülmektedir.

Farklı sunumlar için çok farklı mutasyon teknikleri geliştirilmiştir. Onlardan bazıları aşağıda açıklanmıştır

2.6.3.1. Döndürme (Flipping)

Bir bit'i döndürme, oluşturulan bir mutasyon kromozomuna göre 0'ı 1'e ve 1'i 0'a çevirme işlemidir. (Çakar, 2009: 64) İlk olarak bir ebeveyn seçilir ve tesadüfi olarak bir mutasyon kromozomu oluşturulur. Mutasyon kromozomundaki bir 1'e tekabül eden ebeveyn üzerindeki bit "0" ise "1" e, "1" ise 0'a çevrilerek yeni birey oluşturulur. Mutasyon kromozomunda 0 olan bitlere tekabül eden ebeveyn bitleri yeni bireye dönüştürülmeden aynen kopyalanır. (Paksoy, 2007: 34)

Tablo 8
Döndürme (Flipping) Mutasyon

Ebeveyn 1	0 1 1 0 0 1 0 1 0
Mutasyon Kromozomu	0 1 0 1 0 1 0 0 1
Yeni Birey	0 0 1 1 0 0 0 1 1

2.6.3.2. Değiş-Tokuş

Dizi üzerinde tesadüfi olarak iki farklı nokta belirlenir ve bu noktalardaki bitler değiş-tokuş edilerek yeni nesil kromozomlar üretilir. (Çakar, 2009: 65) Tablo 9'da bu prosedür gösterilmiştir.

Tablo 9
Değiş-Tokuş Mutasyon

Ebeveyn	0 1 1 0 1 1 0 1
Yeni Birey	0 1 0 0 1 0 0 1

Genetik işlemler genetik algoritmanın en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Kodlama yapılarak popülasyona dahil edilen bireyler, bu aşamada genetik işlemlere uğratarak en iyi çözüme ulaşmaya çalışılmaktadır. Genetik işlemler en iyi çözümü veya en iyi

çözüme yakın sonucu verene kadar devam ettirilir. Genetik işlemler bittikten sonra elde edilen sonuç en iyi çözüm olarak sunulur.

2.7. Genetik Algoritmanın Finans Alanındaki Uygulamaları

Evrimsel algoritmanın alt dalı olarak bilinen genetik algoritma, genel olarak işletme, temel bilimler ve mühendislik problemlerinde tek başına ve karma sistemler olarak sıklıkla kullanılmaktadır. (Çetin, 2006: 46) Tezin içeriği açısından bu çalışmada sadece finansal alandaki uygulamaları ile ilgili bilgi verilecektir.

Genetik algoritmalar, finansal modelleme çalışmaları için son derece uygundur. Genetik algoritmalar amaç fonksiyonu odaklıdır ve finans problemlerinde genel olarak, amaç fonksiyonları tahmin etme gücüne veya bir kıyaslama sonucuna bağlı getirilerdeki gelişmeleri içerir. (Emel, Taşkın, 2002: 141) Genetik algoritmanın finans alanında hangi amaçla, hangi veriler ve parametrelerle çalışabileceği aşağıda kısaca açıklanmıştır

2.7.1. Genetik Algoritmanın İşletme Finansı Alanında Uygulamaları

Genetik algoritmanın işletme finansı alanındaki en önemli uygulamaları iflas tahmin modelleri ile ilgilidir. (Soyaslan, 2010: 37) İflas tahmini özellikle kredi verenler ve bağımsız denetçiler için çok önemlidir. Bağımsız denetimin en önemli görevi müşterilerini olası iflas riskine karşı uyarmaktır. İflas riskinin tahmin edilmesinde birçok yöntemler geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerden biri olan genetik algoritmalar finansal rasyoları kullanarak iflasla ilgili karar kuralları geliştirmiştir. GA ile oluşan kuralların performansı çoklu diskriminant analizinin tahmin gücüyle karşılaştırılmış ve GA'nın tahminlerinin ÇDA'nın tahminlerinden %10 daha başarılı olduğu görülmüştür. (Çetin, 2006: 46)

2.7.2. Genetik Algoritmanın Piyasa Zamanlaması Uygulamaları

Daha önceden de belirtildiği gibi, yatırım şirketleri, para piyasalarında nasıl bir pozisyon alacaklarını ne zaman dövizle ne zaman hisse senetlerine yatırım yapacaklarını, hangi

hisse senetleriyle bir portföy oluşturacaklarını belirlerken çoğu zaman büyük güçlüklerle ve belirsizliklerle karşılaşır. Her şeyden önce makro-ekonomik göstergeler arasındaki ilişkinin nasıl kurulduğu tam olarak formüle edilebilmiş değildir. (Taze, 2004: 48) Sözelimi borsa ile döviz arasında çoğu zaman ters bir ilişki olduğu farz edilir ancak hem dövizin hem de borsanın aynı anda düştüğü çok görülmüştür. Bununla beraber bu iki değişkene, faiz oranları, Merkez Bankası'nın döviz rezervleri, gayri safi milli hasılanın (GSMH) artış hızı gibi etki eden pek çok faktör vardır. Genetik algoritma yardımıyla geliştirilen çözüm metotları bu problemlere çözüm sunma iddiasındadır.

2.7.3. Genetik Algoritmanın Portföy Optimizasyonu Uygulamaları

Genetik algoritmaların finansal alanda en fazla kullanıldığı alan portföy optimizasyonudur. (Emel, Taşkın, 2002: 142) Özellikle hisse senedi fiyatlarındaki değişim kalıplarını tahmin etmede ve bulmada, kaynak tahsisi ve uluslararası sermaye tahsisi stratejilerini belirlemede genetik algoritmalar kullanılmaktadır. Literatürde, portföy optimizasyonu problemi için genetik algoritma yardımıyla karar destek sisteminin geliştirildiği, teknik göstergelerden de faydalanarak karar vericinin risk ve getiri kriterlerine uygun portföyleri kolay bir şekilde oluşturabileceği gösterilmiştir. (Çetin, 2006: 53)

Genetik algoritmaların hem finans, hem de diğer alanlarda diğer geleneksel yöntemler ile karşılaştırıldığı zaman çok daha iyi sonuç veren bir yöntem olduğu bilinmektedir. Özellikle finans alanında, daha yüksek getiriler elde etmek için piyasalarda ticari kuralları geliştirmek için genetik algoritmalar kullanılabilmektedir.

2.8. Genetik Algoritmaların Geleneksel Optimizasyon Yöntemleri ile Karşılaştırılması

Genetik tabanlı algoritmaya dayanan uygulamalar, GA'nın geleneksel eniyileme (optimizasyon) yöntemlerinden daha üstün olduğunu göstermektedir. (Paksoy, 2007: 43) Bunun en temel nedenlerinden biri, en iyi çözüme ulaşmak için bilgisayar yardımıyla daha büyük bir popülasyon içinden seçim yapabilmesidir.

Genetik algoritmaların temel prensibi basittir: Genetik ve doğal seleksiyonu bilgisayar yazılımları kullanarak taklit etmek. Problem parametreleri de DNA'daki gibi bir doğrusal veri yapısı, bir vektör veya bir dizi gibi en doğal biçimi ile kodlanır. (Çakar, 2009: 70) Genetik algoritmalar bu basit yapısı ile birlikte çok hızlı bir şekilde çözüme ulaşabilmektedir. (Hussein, 2013: 40)

Genetik algoritmalar geleneksel optimizasyon tekniklerinden bazı yönlerden farklılıklar göstermektedir. Bu farklı yönler aşağıda kısaca açıklanmıştır:

- Genetik algoritmalar problem parametrelerinin kendileriyle değil kodlanmış versiyonları ile çalışırlar. (Çakar, 2009: 71) En iyileme, bu kod kümesiyle elde edilmeye çalışılmaktadır.
- Genetik algoritmalar tek bir noktada ya da yönde değil, noktalar kümesi içinde en iyi değeri araştırmaktadır. (Paksoy, 2007: 43) Algoritmanın bu özelliği, araştırma esnasında her seferinde daha iyi sonuçlara ulaşılmasını garantilemektedir.
- Genetik algoritmalar değerlendirme için türevden ziyade uygunluk fonksiyonunu kullanır. (Vural, 2005: 12) Bu fonksiyonlar da sürekli ya da kesikli her türlü optimizasyon problemine uygulanabilir.
- Genetik algoritmalar amaç fonksiyonu dışında yardımcı bilgilere ihtiyaç duymazlar. (Paksoy, 2007: 44) Verimli bir araştırma yapılması, her bir dizinin (kromozomun) değerlendirilebileceği bir amaç fonksiyonunun tanımlanmasına bağlıdır. (Soyaslan, 2010: 32) Bu da genetik algoritmanın performansını artıran önemli bir özelliktir.
- GA'lar kesin bilinen kuralları değil, olasılığa dayalı kuralları kullanmaktadır. (Küpel, 2013: 28) Rastgele seçim tekniği kullanılarak, araştırma uzayının başka bir tarafına yönelme yapılmaktadır.

Genetik algoritma optimizasyon teknik yönteminin daha hızlı sonuç vermesi, daha büyük bir popülasyondan en iyi çözüme ulaşma özelliği ve diğer bu gibi yönleri GA'nı diğer optimizasyon yöntemlerinden üstün kılmaktadır. Özellikle diğer geleneksel yaklaşımların başarısız olduğu durumlarda çarpıcı sonuçlar ortaya koyması genetik algoritmaları daha fazla kullanılabilir hale getirmiştir.

2.9. Genetik Algoritmanın Üstünlükleri ve Zayıf Yönleri

Genetik algoritmalar basit ama oldukça güçlü bir çözüm aracı sunmaları ve kolayca bilgisayar programına dönüştürülebilmeleri nedeniyle gerçek problemin çözümünde oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. (Genel, 2004: 32) Genetik algoritma literatürü çok sayıda başarılı uygulamaların varlığını gösterirken, birçok uygulamada genetik algoritmanın zayıf ya da yetersiz sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. (Paksoy, 2007: 41) Aşağıdaki alt bölümlerde genetik algoritmanın üstünlükleri ve zayıf yönleri kısaca açıklanmıştır:

2.9.1. Genetik Algoritmanın Üstünlükleri

Genetik algoritmalar, klasik yöntemlerle çözümü elde edilemeyen karmaşık problemlere, en iyi ya da en iyiye yakın sonuçların, hızlı bir şekilde elde edilmesi için kullanılabilen kolay bir yöntemdir. (Genel, 2004: 33) Eniyileme yöntemlerinden olan GA'nın üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Karma değişkenli problemlerin çözümünde kolaylık sağlar. GA'nın kodlama sistemi nedeniyle, problemde bulunan sürekli değişkenler, istenilen doğruluğa yaklaşmaktadır.
- Global optimumu bulma olasılığının daha yüksek olmasıdır. (Erkut, 2010: 39) Oluşturulan her yeni toplumda daha uyumlu bireylerle global optimum çözüme erişme şansı her yinelemede artacaktır.
- Optimum sonuç elde edildikten sonra, duyarlılık analizinin yapılmasına gerek yoktur. (Paksoy, 2007: 42) Duyarlılık hesaplamaları genellikle zor ve zaman gerektiren işlemlerdir. Ticari yazılımlar kullanılarak hesaplanması ise genellikle mümkün olmamaktadır.
- Genetik algoritmaların diğer yöntemlerin aksine yerel minimumlara takılıp kalma ihtimali çok daha azdır. (Soyaslan, 2010: 33) Bunun sebebi seçim, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinin rasgele olarak gerçekleştiriliyor olmasıdır.
- Genetik algoritmalar doğrudan (explicit) ve dolaylı (implicit) paralellik içermesi sayesinde çözüme oldukça hızlı bir şekilde ulaşabilmektedir. (Genel, 2004: 34)

- Küçük değişikliklerle, farklı problemlere kolaylıkla uygulanabilen esnek bir yöntemdir.

Genetik algoritmanın başarısı, genlerde kodlanan bilginin genetik işlemler ve özellikle çaprazlama ile genlerin sürekli farklı kombinasyonlarda bir araya gelmesi ve bunlar içerisinde en başarılı sonucu verenlerin seçilmesi ilkesine dayanmaktadır.

2.9.2. Genetik Algoritmaların Zayıf Yönleri

Genetik algoritmaların sağlayacağı faydalarla birlikte, belli bir probleme uygulandığı zaman karşılaşılan tasarım zorlukları ile çözüme ulaşmada yaşanabilecek güçlükler nedeniyle bazı zayıf yönleri de vardır. GA'ların bazı zayıf yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sürekli ya da karma değişkenli problemlerde optimuma yakın çözümün elde edilmesi (Paksoy, 2007: 42) Bunun sebebi de sürekli değişkenlerin, kesikli değişken olarak yaklaşık değerine kodlanması mantığına dayanmaktadır. (Genel, 2004: 35) Gerçek optimal değeri elde etmek için GA ve diğer arama yöntemlerinden birini içeren karma bir yöntem kullanmak gerekmektedir.
- Genetik algoritmalarda en iyi çözüm mevcut çözümler arasından seçilmektedir. Bu nedenle bu çözüm görecelidir ve en iyi çözüm olup olmadığının kontrol edilmesine imkan vermeyebilir. Bu sebepten GA'lar genel olarak en iyi çözümün bilinmemesi durumunda kullanılmaktadır. (Paksoy, 207: 43)
- Genetik algoritmaların en önemli sakıncası optimal sonuca ulaşma garantisinin olmamasıdır. (Soyaslan, 2010: 35) Özellikle, klasik yöntemlerle çözümü elde edilemeyen problemler söz konusu olduğu zaman elde edilen sonucun optimal olup olmadığını belirlemek zordur.

Tüm bu dezavantajlarına rağmen, genetik algoritmalar 1985 senesinden bu yana tüm uygulanabildiği alanlarda ve özellikle optimizasyon problemlerinin çözümünde en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olmaktadır. Teknolojinin hızla geliştiği, pazar şartlarına ayak uydurabilmenin çok zor olduğu dünyamızda, piyasalarda uzun dönem

kalmak ve değişen çevre koşullarına ayak uydurmak için hızlı bir çözüm üretici olan genetik algoritmalara, talep artmaktadır.



BÖLÜM 3: UYGULAMA

3.1. Literatür

Genetik algoritmalar, portföy optimizasyonu konusunda sık başvurulan yöntemlerden biri olmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda, portföy performansını eniyileme konularında başarılı sonuçlar vermektedir. Türkiye genelinde yeni yeni kullanılmaya başlayan bu yöntem, özellikle gelişmiş ülkelerde 2000'li yılların başlarından sık kullanılmaya başlanmış ve arzu edilen sonuçlara ulaşılmasına kolaylık sağlamıştır.

Bu başlık altında genetik algoritmaların, portföy optimizasyonu sürecinde kullanılmasını temel alan çalışmaların sonuçları incelenmiş ve bununla ilgili literatüre yer verilmiştir.

Lin ve Gen (2007) yaptıkları çalışmada portföy optimizasyonu konusunda genetik algoritma ve diğer geleneksel modelleri karşılaştırmışlar. Portföy oluşturmak için Nasdaq100 endeksinde işlem gören hisse senetlerinin 3 yıl süre boyunca haftalık kapanış verileri kullanılmıştır. Genetik algoritma kullanılarak oluşturulan portföyün optimumu diğer geleneksel yöntemlerden daha çabuk yakaladığı ortaya konmuştur. Bu çalışmada GA'ya göre, portföy 7 hisse senedi ile optimum getiri noktasını yakalamaktadır.

İba (2012) yapmış olduğu çalışmasında genetik algoritma kullanarak NASDAQ100 ve Dow Jones30 endekslerinde işlem gören hisse senetlerinin 2008 krizinden ne derecede etkilendiklerini araştırmıştır. Bunun için her iki indeks için 2007,2008 ve 2009 yılı için hisse senetlerinin günlük kapanış fiyatlarından faydalananarak çalışmasını yürütmüştür. Sonuç olarak, her iki endeks menkul kıymetleri 2008 krizinden etkilenmiştir.

Genel (2004) standart ve kısıtlı Markowitz modeline göre portföy optimizasyonu için genetik algoritma kullanarak çalışmasını gerçekleştirmiştir. Her iki model kullanılarak yapılan çalışma da genetik algoritmanın çözüme ulaşma süreci 1 dakika olmuştur. Kısıtlı Markowitz modeline göre yapılan uygulama da BİST-30'da işlem gören hisse senetlerinin 4 yıllık (2000-2003) günlük kapanış fiyatları kullanılmıştır. Kısıt olarak ise portföyde en fazla 7 hisse senedi olacağı belirtilmiştir. Sonuç olarak kısıtlı modelde de aynı işlem hızı gerçekleşmiş ve portföy optimizasyonuna ulaşılmıştır.

Chiamenti (2015) yapmış olduğu çalışmasında genetik algoritma kullanarak farklı borsa endekslerinden farklı hisse senetleri kullanarak oluşturulan portföyle hayali bir borsa hisse senetlerinden oluşan portföy sonuçlarını karşılaştırmayı hedeflemiştir. Çalışmasını farklı 10 portföy için gerçekleştirmiştir. Çalışmaları için veri olarak hisse senetleri kapanış fiyatlarını kullanmıştır. Gerçek menkullerden oluşan portföy optimizasyon çalışmasında elde edilen 10 portföyün tamamı için varyanslar yüksek çıkmış ve en fazla getiri sağlayan hissenin Apple hisse senetleri olduğu sonucuna ulaşmıştır. Hayali borsada gerçekleştirilen işlemler sonucunda ise iyi bir portföyün 6 hisse senedinden oluşacağı sonucuna varılmıştır.

Lin ve Liu (2007) yaptıkları çalışmada genetik algoritma ve bulanık mantık yöntemlerini kullanarak oluşturulan portföy optimizasyonundaki sonuçları karşılaştırmışlar. Bu çalışma için Şangay borsasının 4 yıllık (1997-2000) günlük kapanış fiyatlarını kullanmışlar. Yaklaşık olarak her iki yöntemin de aynı sonuçlar verdiği çalışma sonucunda ortaya konmuş, genetik algoritmanın en büyük avantajı ise zaman olarak optimum çözüme daha erken ulaşması olmuştur.

Wang ve diğerleri (2006) yapmış oldukları çalışmada portföy optimizasyonunda genetik algoritma kullanımının etkinliğini test etmeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında veri olarak Tayvan borsasında işlem gören finansal varlıkların 1995-2003 yılları arasında gerçekleşen 3 aylık kapanış verilerini kullanmışlardır. Çalışma sonuçlarını diğer geleneksel portföy optimizasyon yöntemleri ile karşılaştırmış ve genetik algoritma yönteminin daha etkin sonuç verdiği saptanmıştır.

Çankal (2015) yüksek lisans tezi için yapmış olduğu çalışmada, hedef programlama ve genetik algoritma yöntemlerini kullanarak oluşturulan portföy optimizasyonundaki sonuçları karşılaştırmıştır. Kıyaslama yapmak için değişim katsayısından faydalanmıştır. Değişim katsayısı ilgili varlığın standart sapmasının beklenen getiri oranına bölünmesiyle elde edilir. Değişim katsayısının düşük çıkması o portföyün daha düşük riskli olması anlamına gelir. Oluşturulmuş olan 8 farklı portföyün 7 tanesinde hedef programlama daha iyi sonuç vermesine karşın, en düşük riskli portföy 3,086 oranı ile genetik algoritma uygulanarak bulunan portföy olmuştur.

Zeren ve Baygın (2015) gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında genetik algoritma kullanarak portföyün optimizasyonu gerçekleştirmeye çalışmışlar. Yapmış oldukları çalışmada amaç fonksiyonunu oluştururken hedeflenen portföydeki getiri ve riskin yüzde cinsinden değerini ifade eden lambda değeri kullanılmıştır. Bu değer ile kullanıcının ne oranda getiri elde etmek istediği ve bu getiriye elde ederken ne kadar riske katlanmak istediği belirtilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen işlemlerin sonuçlarından da gözlenebileceği üzere lambda değerinin 0,2 olduğu durumda genetik algoritma oldukça etkili ve verimli sonuç vermektedir. Ayrıca 6 farklı katsayı değer içinde bu algoritmanın performansı değerlendirilmiş ve sürekli olarak pozitif yönlü değerler elde edilmiştir.

Pandari ve diğerleri (2012) yapmış oldukları çalışmada genetik algoritma ve Markowitz modelini karşılaştırmayı hedeflemiştir. Çalışmasında Tahran borsasında işlem gören en büyük 50 şirketin 72 aylık (2003-2008) kapanış verilerinden yola çıkarak daha düşük riskli ve yüksek getirili bir portföy oluşturmak istemiştir. Sonuç olarak genetik algoritma ile oluşturulan portföyün daha düşük risk sağlamasına karşın, Markowitz modelinden daha az getiri sağladığı görülmüştür.

Demirtaş ve Güngör (2004) yapmış oldukları çalışmada genetik algoritma kullanarak oluşturulacak portföyde ne kadar hisse senedine yer verilmesinin portföyün riskinin en düşük seviyeye indireceğini araştırmışlar. Yapılan analizler sonucunda en düşük riske sahip portföy oluşturmak için 19 hisse senedi gerektiği tespit edilmiştir.

Toloie, Abdolahi ve diğerleri (2011) Tahran borsasında işlem gören hisse senetlerinin optimizasyonunu gerçekleştirmek için genetik algoritma ve parçacık sürü yöntemlerini uygulamış ve sonuçları karşılaştırmışlar. Sonuç olarak genetik algoritmaların hedeflenen sonuca parçacık sürü yöntemiyle kıyaslamada daha kısa sürede ulaştığı görülmüştür. Aynı zamanda genetik algoritma kullanılan yöntemlerde en düşük risk seviyesine ulaşmak için en az 10 hisse senedine ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır.

Roudier (2007) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde genetik algoritma yardımıyla optimal bir portföy oluşturmaya çalışmıştır. Dow Jones borsasından almış olduğu hisse senetlerini 3 farklı dönem (1995-1999, 1999-2003, 2003-2007) itibarıyla optimum portföy oluşturulmasında kullanmıştır. Çalışma kapsamında genetik algoritma yardımıyla

elde etmiş olduğu portföy getiri ve risk değerleri için çeşitli portföy değerlendirme oranları kullanarak (Sharpe ve Calmar Ratio) çalışmasının geçerliliğini daha da artırmıştır. Sonuç olarak kullanmış olduğu yöntem zaman açısından kolaylık sağlamış ve optimum portföye ulaşmasında yardımcı olmuştur.

Joo, Kim ve Min (2005) yaptıkları çalışmada üç farklı sektör için (bira, diğer içecekler ve kiralık daire) Şangay borsasında işlem gören hisse senetlerinden portföy optimizasyonu yapmışlar. Çalışmayı gerçekleştirmek için optimizasyon tekniği olarak genetik algoritmalar yöntemi tercih edilmiştir. Elde edilen sonuç itibarıyla en fazla bira hisse senetleri olmak üzere toplamda 13 hisse senedi portföy optimizasyonu için yeterli olmuştur. Aynı zamanda kendilerinden daha önce klasik yöntemlerle yapılmış portföy optimizasyon tekniklerini genetik algoritma ile karşılaştırmış ve daha erken ve daha iyi sonuca ulaştıklarının farkına varmışlardır.

Stojanović ve diğerleri (2013) yaptıkları çalışmalarında hem basit hem de çok amaçlı genetik algoritma tekniklerini uygulayarak portföy optimizasyonuna ulaşmayı hedeflemişler. Uygulamayı gerçekleştirirken girdi olarak riske maruz değer katsayısından da faydalanmıştır. Çalışma kapsamında riske maruz değer dahil edilerek bulunan portföy optimizasyonunun normal şartlarda yapılmış olan portföy optimizasyonundan daha zor bir çalışma olduğundan bahsedilmiştir.

Çalışma sonucunda riske maruz değer dahil edilerek yapılan çalışmada çok amaçlı genetik algoritma kullanılarak oluşturulan portföy optimizasyonunun daha iyi sonuç verdiği ortaya konmuştur. Sebep olarak ise riske maruz değer bir birine bağlı risk ölçümü olmasına karşın basit genetik algoritma tekniklerinin çalışma esnasında birbirinden bağımsız hareket etmeleri gösterilmiştir.

Guenoun ve diğerleri (2012) Kazablanka borsasında işlem gören 48 hisse senedinin 24 aylık verilerini kullanarak genetik algoritma yardımıyla portföy optimizasyonu gerçekleştirmişler. Çalışmalarında girdi olarak beklenen getiri oranı ve riske maruz değer üzerinden hareket etmişler. Yapmış oldukları çalışmada temel amaçları en yüksek getiri oranı ve en düşük risk oranına en az sayıda hisse senedi ile ulaşmak olmuştur. Beklenen getiri oranının en fazla, riske maruz değer en düşük olduğu durum portföyün 15 hisse senedinden oluştuğu zaman gerçekleşmiştir.

Sefiane ve Benbouziane (2012) yaptıkları çalışmada Tahran borsasında işlem gören rasgele 5 hisse senedi alarak, genetik algoritmanın çeşitli çaprazlama yöntemlerinin hangisinde daha yüksek getiri ve düşük riske ulaşacaklarını test etmişler. Yaklaşık olarak tüm yöntemlerin aynı sonuçları vermesine karşın, tek noktalı çaprazlama yöntemi toplamda 3,5 saniye kullanarak sonuca en erken ulaşan yöntem olmuştur.

Keskintürk (2007) yaptığı çalışmada genetik algoritma uygulayarak portföy optimizasyonuna ulaşmaya çalışmıştır. Bunun için isimleri belirtilmeyen 9 hisse senedinden faydalanmıştır. Çalışmada amaç, oluşturulacak olan portföyün amaç fonksiyonunda belirtilmiş olan hangi lambda değerinde en yüksek getiriyi ve dolayısıyla en düşük riski sağlayacağını bulmaktır. Lambda değerlerinin $[0-1]$ aralığında değerler aldığını belirterek, portföy getirisi en yüksek düzeye lambda değerinin '0' iken portföyün sadece bir hisse senedinden oluştuğu zaman ulaşmıştır. Bu zaman portföyün riski de en yüksek düzeyde gerçekleşmiştir. Lambda değeri arttıkça portföye dahil olan hisse senedi sayısı artmış, portföy getirisinin azalmasıyla birlikte portföy riski de düşüşe geçmiştir.

Zhou ve diğerleri (2006) yapmış oldukları çalışmalarında portföy optimizasyonu için genetik algoritma yöntemini kullanmışlardır. Şangay borsasında işlem gören hisse senetlerinin 2002-2004 arasındaki günlük kapanış fiyatlarını kullanmışlardır. Çalışmaları için 10 hisse senedi rasgele olarak seçilmiştir. Yapmış oldukları çalışmada genetik algoritma uygulanarak hisse seçimi yapılmasında yöntemin sağladığı esneklik ve yatırımcıya sağladığı kolaylıklardan dolayı diğer yöntemlerden daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Soam (2012) yaptığı çalışmada portföy optimizasyonu için kullanmış olduğu genetik algoritmanın farklı yöntemlerini denemiştir. Çalışmasında vektör hesaplamalı genetik algoritma (VEGA) , Bulanık VEGA, çok amaçlı genetik algoritmayı test etmiştir. Çalışmalarının sonucunda portföy optimizasyonu için VEGA'nın amaçlarını birleştirerek bulanık mantık kullanmanın bu problemler için VEGA'nın performansını artırmıştır.

Özdemir (2011) portföy optimizasyonu için BİST-100 hisse senetlerinin 2008-2009 arasında gerçekleşen günlük kapanış fiyatlarını kullanmıştır. Bu amacına ulaşmak için ise yöntem olarak genetik algoritmadan faydalanmıştır. Seçilecek olan hisse senetleri rasgele

olarak alınmıştır. Sonuç olarak oluşturulacak olan portföy eşit ağırlıklı olacaksa portföyün 8 hisse senedinden oluşması halinde en iyi sonuca ulaştığı görülmüştür.

3.2. Uygulama

Dünya genelinde, hem finans hem de diğer sektörler oluşabilecek krizlerden olumsuz yönde etkilenmektedir. Özellikle finans alanı oluşabilecek krizlerin etkisini pozitif veya negatif yönde etkilemekte olan önemli sektörlerden biridir. Borsalar ise finans sektörünün en önemli alanlarından biri olarak, kriz durumunda bazı yatırımcılar için fırsat oluştururken bazıları için tehdit oluşturmaktadır. Yatırımcılar elinde bulundukları menkul değerleri kriz öncesi, kriz dönemi ve kriz sonrası dönemlerde asgari düzeyde risk ve maksimum düzeyde getiri elde edecek bir şekilde yönetmek istemektedirler. Kriz döneminde olumsuz yönde etkilenen menkul değerler ise bir sonraki dönemde portföy dışı bırakılmaktadır.

Çalışmada Borsa İstanbul (BİST-30) endeksinde işlem gören hisse senetlerinin 2008’de yaşanmış olan küresel krizden önceki dönem, kriz dönemi ve krizden sonraki dönemlerde nasıl etkilendiğini ve bunun yatırımcı kararlarına nasıl etki edeceği araştırılmıştır.

3.2.1. Uygulamanın Amacı

Yatırımcılar her zaman daha fazla getiri istemektedirler ve istedikleri bu yüksek getiriye karşın her zaman daha düşük risk arzu etmektedirler. Fakat kriz dönemlerinde hedefledikleri bu sonuçlara ulaşmak bir hayli zorlaşmaktadır. Araştırmanın temel amacı, Borsa İstanbul’da (BİST-30) işlem gören hisse senetlerinin 2008 küresel krizinden ne kadar etkilendiği ve bu etkilenmenin yatırımcıların oluşturacakları portföylerde hisse senedi sayısına ve türüne ne kadar etki edeceğinin araştırılmasıdır. Çalışmanın amacına uygun olarak, uygulamada kriz öncesi ve sonrası dönemi kapsamı açısından 2004-2016 yılları arasında 13 yıl boyunca BİST-30 endeksinde işlem gören şirketlerin hisse senetlerinin verileri kullanılmıştır.

3.2.2. Uygulama Verileri

Daha önceden de belirtildiği üzere, uygulama kısmında veriler üç dönem itibarıyla ele alınmıştır. Borsa İstanbul (BİST-30) endeksinden temin edilen bu veriler aşağıdaki yıllar aralıklarını kapsamaktadır:

- 2004-2007 yıllarını kapsayan kriz öncesi dönem
- 2008-2011 yıllarını kapsayan kriz dönemi
- 2012-2016 yıllarını kapsayan kriz sonrası dönem

Bu dönemler itibarıyla tüm veriler Investing.com sitesinden BİST-30 endeksinden alınmıştır. Toplamda 13 yıl itibarıyla devamlı olarak işlem görmüş 21 hisse senedi uygulama kısmına dahil edilmiştir. Geride kalan diğer hisse senetleri ise ilgili dönemler itibarıyla verileri bulunmadığından dolayı çalışma kapsamına alınmamıştır.

Borsa İstanbul ve elektronik veri sağlayıcı sistemlerden elde edilen kapanış fiyatlarından yola çıkarak her menkul değer için aylık getiriler hesaplanmıştır. Aylık getirilerle beraber aylık risk göstergeleri de (varyans) veri olarak çalışmamıza dahil edilmiştir. Çalışmada portföy getirisini bulabilmemiz için gerekli olan kovaryans matrisi de elde edilen aylık hisse senedi getirilerinden yola çıkılarak bulunmuş ve veri olarak çalışmamıza dahil edilmiştir.

Uygulama kısmında kullanılacak olan hisse senetlerinin isimleri ve kısaltmaları aşağıda, Tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10
Uygulamada Kullanılan Hisse Senetlerinin İsimleri

KISALTMALAR	İSİM
AKBNK	Akbank
ARÇLK	Arçelik
DOAS	Doğuş Otomotiv
ENKAI	Enka İnşaat
EREGL	Ereğli Demir Çelik
FROTO	Ford Otomotiv
GARAN	Garanti Bankası
SAHOL	Sabancı Holding
KRDMD	Kardemir Karabük Demir Çelik
KCHOL	Koç Holding
OTKAR	Otokar
PETKM	Petkim
SODA	Soda Sanayi
SİSE	Şişecam
TOASO	Tofaş Türk Otomobil Fabrikaları
TUPRS	Tüpraş
THYAO	Türk Hava Yolları
TCELL	Türkcell
İSCTR	Türkiye İş Bankası
YKBNK	Yapı ve Kredi Bankası
ULKER	Ülker Gıda ve Sanayi

3.2.3. Uygulama Yöntemi

Önceki bölümlerde de bahsettiğimiz üzere şimdiye kadar portföy optimizasyonu için hem geleneksel hem de modern olmakla bir hayli yöntem uygulanmıştır. Çalışmada bir önceki bölümde detaylı bir şekilde anlattığımız genetik algoritma yöntemi kullanılacaktır.

İlk olarak uygulamada kullanmış olduğumuz hisse senetlerinin aylık getirileri ve varyansları Excel programının formüller kısmında yer alan istatistik işlemler kısmı yardımıyla bulunmuştur. Uygulamamızda veri olarak kullandığımız kovaryans matrisi ise Matlab R2015a kullanarak elde edilmiştir. Çalışmamızın diğer kısımlarına ise sadece Matlab kullanılarak devam edilmiştir.

3.2.3.1. Çok Amaçlı Genetik Algoritma

Matlab programında genetik algoritma kullanılarak yapılan çalışmalar, basit genetik algoritmalar ve çok amaçlı genetik algoritmalar olmak üzere iki kısma ayrılmaktadır. Çok amaçlı genetik algoritmanın en önemli avantajı, iki amaç fonksiyonu kullanarak, birincisinde riski minimize etmeyi, ikinci de ise getiriyi maksimize edecek iki amaç fonksiyonunun bir araya getirmesidir. Çok amaçlı genetik algoritma amaç fonksiyonları aşağıdaki şekilde tanımlanarak programa dahil edilmiştir:

$$Minimum = \sum_{i=1}^{21} \sum_{j=1}^{21} x_i x_j \sigma_{ij} \leq Risk$$

Burada;

x_i – i menkul değerinin portföy içinde ağırlığını ;

x_j – j menkul değerinin portföy içinde ağırlığını ;

b_{ij} – iki menkul değer arasındaki kovaryans değerini göstermektedir.

$$Maksimum = \sum_{i=1}^{21} x_i r_i \geq Getiri$$

Formülde;

x_i - i menkul değerin portföy içinde ağırlığını ;

r_i - i menkul değerin beklenen getirisini ifade etmektedir.

$$\sum_{i=1}^{21} x_i = 1$$

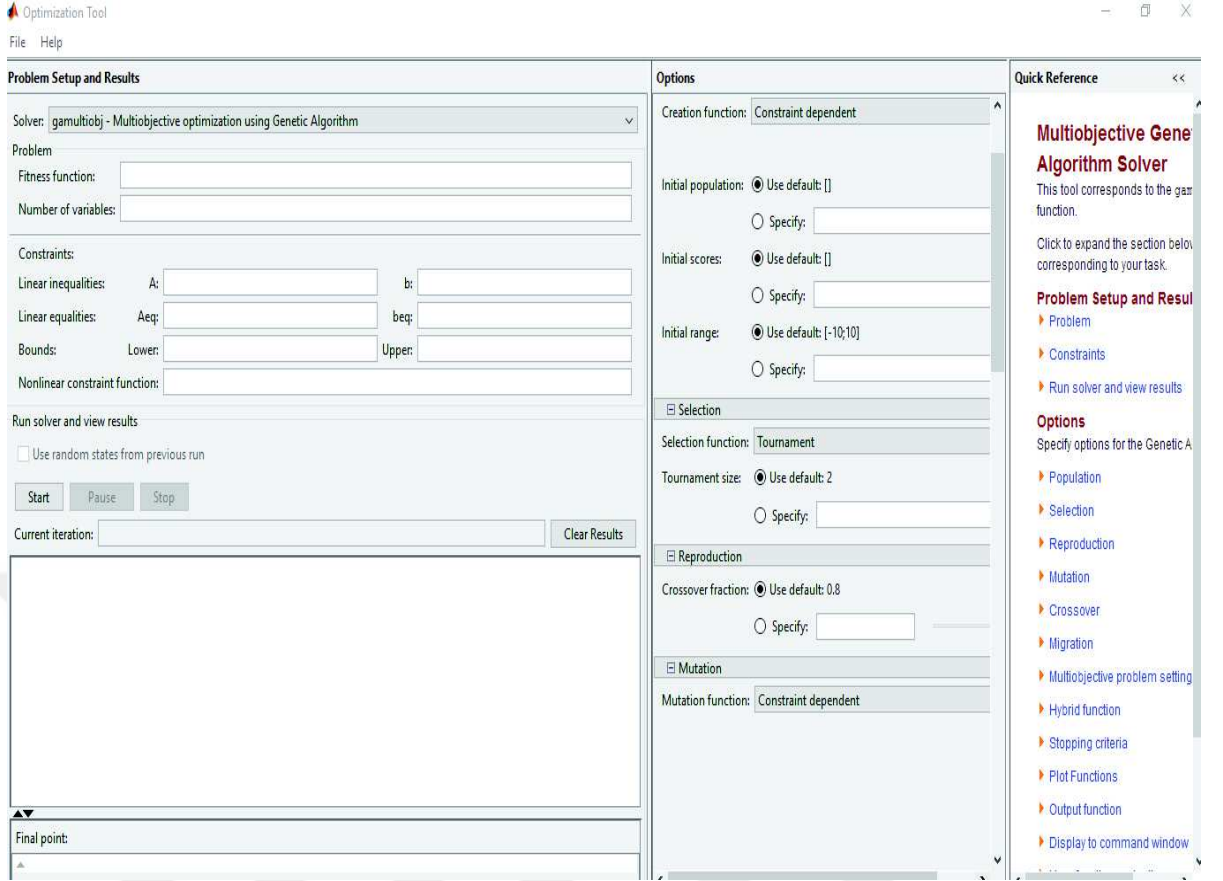
$$x_i \geq 0$$

Son olarak belirtilen kısıtlamalar ise, portföydeki hisse senetlerinin ağırlık toplamalarının en fazla 1'e eşit olacağı ve 0 dan küçük değer alamayacağını ifade etmektedir.

3.2.3.2. Çok Amaçlı Genetik Algoritma için Matlab Kullanımı

Uygulamada çok amaçlı genetik algoritma Matlab kullanılarak çözülmüştür. Bunun için Matlab R2015a versiyonunun optimizasyon aracı kullanılmıştır. Optimizasyon aracında farklı optimizasyon teknikleri yer almaktadır. Çalışma şartları gereğince genetik algoritma kullanılarak uygulamaya devam edilmiştir.

Çalışmaya dahil edilmiş olan hisse senedi verilerinden yola çıkılarak Matlab programı dahilinde kodlama yapılmış ve veriler programın işleyebileceği formata dönüştürülmüştür.



Şekil 5: Matlab Optimizasyon Aracı

İlk olarak programa elde bulundurulmuş veriler kodlama yapılarak dahil edilir ve şekil 5’de de görülmek üzere amaç fonksiyonu (fitness function) kısmına yazılır. Daha sonra değişken sayısına (Number of Variables) 21 olarak girilmiştir. Her bir değişken bir hisse senedini temsil etmektedir. Her bir değişkenin portföydeki ağırlık alt ve üst sayıları Aeq ve beq matrislerine girilmiştir.

Genetik algoritma parametreleri ile bağlı programda yapılmış diğer değişiklikler aşağıda Tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11
Genetik Algoritma Uygulama Parametreleri

Genetik Algoritma Parametreleri	
Başlangıç Topluluk Büyüklüğü	200
Çaprazlama İşleme Olasılığı	0.8
Seçim Fonksiyonu	Turnuva
Çaprazlama Fonksiyonu	Two Point
Mutasyon Fonksiyonu	Constraint Dependent
Sonlandırma Kriteri	200*21 (Değişken sayısı)

Tablo 11’de görülen tüm parametreler programda aynı şekilde dahil edilmiştir. İterasyon sayısının 200 olarak alınmasının nedeni ise, 200 iterasyon yapıldıktan sonra programın aynı sonuçları vermeye başlamasıdır.

Matlab programında çok amaçlı genetik algoritma optimizasyon aracı için girdi olarak risk fonksiyonu, getiri fonksiyonu, rasgele popülasyon, hisse senedi ağırlık aralığı ve riski minimize edecek istenen getiri değeri kullanılmıştır. Çıktı olarak ise minimum risk değeri, maksimum getiri değeri, portföydeki hisse senedi ağırlıkları ve optimum portföy seçimi elde edilmiştir.

3.3. Bulgular

Uygulama kısmımızda üç farklı dönem itibariyle, program 9 farklı portföy için ayrı ayrı çalıştırılmış ve portföy getiri ve varyansları bulunmuştur. Ayrıca her portföye dahil edilecek hisse senedi sayısı ve ağırlığı, her hisse senedinin program yardımıyla bulunmuş getiri ve varyanslarına göre belirlenmiş ve orantılı bir şekilde portföye dahil edilmiştir. Kriz öncesi dönem için bulgular Tablo 12’de gösterilmiştir.

Tablo 12
Kriz Öncesi Dönem için 9 Farklı Portföy Sonucu

			Tuprs	Arcık	Otkar	Ulker	Froto	Tcell	Kchol
Getiri	Varyans	Hisse Sayısı	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
0.015	0.027	3	0.673	0.299	0.028	0	0	0	0
0.026	0.024	4	0.489	0	0.374	0.067	0.07	0	0
0.031	0.035	2	0.869	0	0	0	0	0.131	0
0.029	0.022	5	0.334	0.127	0	0.223	0	0.054	0.262
0.023	0.019	6	0.423	0.113	0.102	0.178	0.081	0	0.103
0.038	0.031	3	0.873	0	0.045	0.082	0	0	0
0.024	0.021	6	0.378	0.145	0.121	0	0.086	0.178	0.092
0.022	0.018	7	0.292	0.098	0.083	0.164	0.069	0.138	0.156
0.025	0.029	4	0.336	0.214	0.299	0	0	0.151	0

Tablo 12’de Matlab programında genetik algoritma yardımıyla elde edilmiş 9 farklı portföy için getiri, risk ve portföye dahil edilmiş hisse senetlerinin ağırlıkları yer almıştır. Oluşturulan portföyler için, portföye dahil edilecek hisse senedi sayıları farklılık göstermiştir. Örneğin, 0.026’lık bir getiri sağlayan portföyün varyansı, yani risk katsayısı 0.024 olarak gerçekleşmiştir. Bu çözüme göre portföy 4 hisse senedinden oluşmaktadır. Bu hisse senetleri Tuprs (Tüpraş), Otkar (Otokar), Ulker (Ülker) ve Froto (Ford Otomotiv) olmuştur ve bu menkul değerlerin portföy içerisinde ağırlıkları sırasıyla, 0.489, 0.374, 0.067, 0.07 olarak gerçekleşmiştir. Diğer tüm portföyler aynı bu şekilde yorumlanabilir. Dikkat edilmesi gereken en önemli hususlardan biri en düşük riskin

(0.018) en fazla hisse senedinden (7) oluşan portföyde olmasıdır. Çeşitlendirme sayısı arttıkça portföy riski azalmaktadır. Seçilecek portföy yatırımcının risk sevip sevmemesine bağlı olarak değişebilmektedir. Bu dönem için optimum bir portföy seçmek gerekecekse, bu portföy daha düşük risk katsayısında (0.022) daha yüksek getiriyi (0.029) sağlayan dördüncü portföy olacaktır. Diğer önemli bir husus ise eşit sayıda hisse senedinden oluşan portföylerin getiri oranlarının farklı olmasıdır. Bunun temel nedeni portföye dahil edilmiş hisse senetlerinin ağırlıkları ve getirilerindeki farklılıktır. Dikkat çeken diğer bir nokta ise en yüksek getirili portföylerin 2 ile 3 hisse senedinden oluşmasıdır.

Portföye dahil edilmeyen diğer hisse senetlerinin ağırlıkları sıfır olduğundan tabloda gösterilmemiştir. Bunun temel nedeni dahil edilmeyen menkul değerlerin getirisinin portföy getirisinden daha az, riskinin ise daha fazla olmasıdır. Diğer dönemlerde de bu şartlar geçerli olmuştur. Ayrıca, portföy sayısının 9 olma nedeni, programın 9'cu portföyden sonra portföyün getiri ve varyans sonuçlarını tekrarlama eğilimine geçmesidir.

Kriz dönemini kapsayan yıllar itibarıyla bulgular Tablo 13'de gösterilmiştir.

Tablo 13
Kriz Dönemi için 9 Farklı Portföy Sonucu

			Akb	Sahol	Otkar	Garan	Tuprs	Toaso	Tcell	Froto	Ykb
Getiri	Varyans	Hisse Sayı	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
0.021	0.017	9	0.172	0.083	0.261	0.335	0.023	0.027	0.002	0.043	0.054
0.034	0.025	5	0.112	0.009	0	0.236	0.479	0	0	0.164	0
0.041	0.033	4	0.145	0	0	0.318	0.256	0.281	0	0	0
0.029	0.042	2	0	0	0	0.619	0.381	0	0	0	0
0.027	0.035	3	0	0	0	0.279	0.436	0	0	0.285	0
0.031	0.021	7	0.079	0.113	0.185	0.212	0	0.174	0.024	0.213	0
0.028	0.022	6	0	0	0.143	0.287	0.139	0.196	0	0.204	0.031
0.026	0.019	8	0.074	0	0.165	0.223	0.316	0.072	0.025	0.112	0.013
0.036	0.024	5	0	0.096	0.123	0.416	0.36	0	0	0.005	0

Krizin devam ettiği yıllarda bazı hisse senetlerinin getirilerinde önemli ölçüde düşüşler görülmüştür. Buna karşılık ise bazı menkul değerler krizden pek fazla etkilenmemiş, önceki yıllardaki getirilerinin üzerinde getiri sağlamışlardır. Örneğin Otokar, Tüpraş, ve Ford Otomobil hisse senetleri krizden önceki dönemde portföyümüzde yer aldığı gibi sonraki dönemlerde portföyde belirli bir ağırlık kazanmıştır. Kriz döneminde en fazla getiri sağlayan (0.041) portföyün 4 hisse senedinden oluştuğu, en düşük riske (0.017) sahip portföyün ise 9 menkul kıymetten oluştuğu görülmektedir. Tüm portföylere dikkat ettiğimiz zaman en fazla getiri sağlayan hisse senetlerinin Garanti Bankası ve Tüpraş hisseleri olduğu görülmektedir. Gerçekleşmiş olan tüm sonuçları dikkate aldığımız zaman

programın bize önerdiği portföy daha düşük riske (0.024) ve daha yüksek getiriye (0.036) sahip olan tablodaki sonuncu portföydür.

Kriz sonraki dönem için bulgular aşağıda, Tablo 14’de gösterilmiştir.

Tablo 14
Kriz Sonrası Dönem için 9 Farklı Portföy Sonucu

			Arç	Akb	Froto	Otkar	Thy	Tuprs	Garan	Ulker
Getiri	Varyans	Hisse Sayı	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
0.018	0.031	5	0.187	0.009	0.231	0.389	0	0.184	0	0
0.031	0.036	3	0	0	0.234	0.678	0	0	0	0.088
0.025	0.02	8	0.034	0.095	0.112	0.223	0.11	0.198	0.145	0.083
0.037	0.027	6	0.087	0	0.192	0.309	0	0.128	0.167	0.117
0.029	0.023	7	0.024	0.12	0.258	0.368	0.01	0.041	0.179	0
0.030	0.032	4	0	0	0.249	0.171	0	0.412	0.168	0
0.034	0.035	3	0	0	0.292	0	0	0.393	0.315	0
0.032	0.028	5	0.012	0	0.126	0.237	0	0.356	0.269	0
0.033	0.026	6	0	0.079	0.134	0.269	0.018	0.278	0.222	0

Kriz sonrası dönemlerde en önemli özellik portföye dahil edilen hisse senetlerinin aylık getirilerinde önemli bir artışın olmasıdır. Ayrıca diğer dönemlerdeki hisse senetlerinden farklılık gösteren menkul kıymetlerle beraber aynı olan hisse senetleri de kriz sonrası oluşturulan portföye dahil edilmiştir. Örnek olarak, Otokar, Ford Otomotiv ve Tüpraş hisselerini göstermek mümkündür. Portföyümüzde en düşük riske (0.02) üçüncü portföy

sahip olmaktadır. Bunun temel nedeni olarak, portföyün daha fazla, 8 hisse senedinden oluşmasıdır. En yüksek getirili (0.037) portföy ise dördüncü portföy olmuştur. Toplamda 6 hisse senedinden oluşan portföyde en fazla ağırlık (0.309) Ford Otomobil hisse senedinin payına düşmüştür. Optimum seçim olarak karşımıza ise, en düşük (0.027) risk seviyesinde daha fazla (0.037) getiri sağlayan ve 6 hisse senedinden oluşan dördüncü portföy çıkmaktadır.



SONUÇ

En iyi portföy seçimini yapabilmek sadece yüksek getirili menkul kıymetlerin portföye dahil edilmesi işlemi değildir. Zamanlama açısından en erken karara götürebilecek modeller portföy optimizasyonu açısından önemli olmaktadır. Matematiksel tabanlı programlarda genellikle bu tip sorunlarla karşılaşmaktadır. Genetik algoritmalar bu bağlamda, optimale yakın sonuçlar vermekle birlikte zaman açısından da hızlı çözüm üretebilmektedir. Son dönemlerde portföy optimizasyonu ile ilgili literatüre bakıldığında zaman en fazla kullanılan yöntem olarak karşımıza genetik algoritmalar çıkmaktadır.

Uygulamamızda genetik algoritma kullanarak kriz öncesi, kriz dönemi ve sonrası dönemlerde optimal portföyün kaç tane hisse senedinden oluşması gerektiği ve farklı dönemler itibariyle portföye dahil olacak hisse senetlerinin farklılık gösterip göstermeyeceği araştırılmış ve bazı sonuçlar elde edilmiştir. Araştırma zamanı veri olarak BİST-30 endeksinde işlem gören hisse senetlerinin 2004-2016 tarihleri arasında 156 aylık kapanış verileri kullanılmıştır. Yöntem olarak ise, Markowitz'in ortalama varyans modeli genetik algoritma modeline uygulanmış, risk ölçütü olarak portföy varyansı kullanılmıştır.

Uygulamamızda ilk olarak kriz öncesi dönem araştırılmıştır. 2004-2007 yıllarını kapsayan bu dönemde en düşük riski sağlayan portföyün diğer dönemlerden farklı olarak daha az (7) menkul değerden oluştuğu dikkatimizi çekmektedir. Bunun temel nedeni olarak ekonominin daha kriz ortamına dahil olmaması ve bu nedenle de çeşitlendirmenin diğer dönemlerden daha az olmasına rağmen daha düşük riskli portföye erişme imkanı olmasıdır. Bu dönemde tüm portföyleri dikkate aldığımız zaman en fazla ağırlığa sahip olan hissenin Tups (Tüpraş) olmasıdır. Sektörel bazda değerlendirdiğimiz zaman sanayi sektöründe yer alan Tüpraş hisselerinin, oluşturulan tüm 9 portföylerde en yüksek getiri ve dolayısıyla en fazla ağırlığa sahip olmasıdır. Otomotiv ve savunma sanayi şirketlerinden olan Otokar hisseleri de kriz öncesi dönem de en getirili hisseler arasında yer almaktaydı. Bunun temel nedenleri arasında o dönemlerde petrol fiyatlarının giderek yükselmesi gösterilmektedir. Bankacılık sektörünün oluşan portföylerde yer almamasının temel nedeni ise 2001 krizinden sonra toparlanma sürecinde olması gösterilebilir. Kriz

öncesi dönemde optimum portföy ise 0.29 getiri ve 0.22 risk katsayısı ile 5 menkul kıymetten (Tuprs ,Arclk, Ulker, Tcell ,Kchol) oluşan portföy olmuştur.

2008-2011 dönemini kapsayan kriz döneminde genetik algoritma yardımıyla oluşturulan portföyümüz farklı sonuçlar vermiştir. En önemli farklılıklardan biri bu dönemde oluşturulan en düşük riskli portföyün daha fazla çeşitlendirmeye maruz kaldığı, yani diğer dönemlerle kıyasladığımız zaman daha fazla (9) hisse senedinden oluşmuş olmasıdır. Bunun temel nedeni olarak, kriz ortamında riski dağıtmak amacıyla daha fazla çeşitlendirme yaparak risk katsayısının azaltılması isteğidir. Oluşturulmuş olan tüm portföylere baktığımız zaman Tuprs (Tüpraş) ve Garan (Garanti Bankası) menkullerinin en fazla ağırlığa sahip olmasıdır. Kriz döneminde dikkat çekici unsurlardan biri de oluşturulmuş olan 9 portföyün en az 4 tanesinde 3 farklı bankın (Akbank, Yapı ve Kredi Bankası, Garanti Bankası) yer almasıdır. Dünya genelinde bankacılık sektöründe önemli bir gerileme görülse de, Türkiye bankacılık sektörü bu dönemi kayıpsız atlata bilmiştir. Kredi verme, istihdam, yeni şubelerin açılmasında artım oranları görülmüştür. Bunun temel nedeni olarak 2001 krizinden sonra iyi önlemlerin alınmasını göstermek mümkündür. Tüpraş hisselerinin halen portföyde en önemli ağırlığa sahip olma nedeni ise kriz döneminde bile petrol fiyatlarının halen yüksek düzeyde gerçekleşmesi gösterilebilir. Genetik algoritma kullanan programın kriz döneminde bize sunduğu optimum portföy ise 0.034 getiri ve 0.025 risk katsayısı ile 5 menkul değerden (Akb, Sahol, Garan, Tuprs, Froto) oluşan portföy olmuştur.

2012-2016 yıllarını kapsayan kriz sonrası dönemde kriz dönemine nazaran düşük riskli portföy daha az (8) hisse senedinden oluşmuştur. Bunun temel nedeni olarak ise, ekonominin giderek durulması gösterilmektedir. Bu dönemleri kapsayan yıllarda hisse gelirlerine baktığımız zaman önemli artışlar görülmektedir. Programın bize önerdiği optimum portföy 0.033 getiri ve 0.026 risk katsayısı ile 6 hisse senedinden (Akb, Froto, Otkar, Thy, Tuprs, Garan) oluşan portföy olmuştur. Oluşan portföylere baktığımız zaman ise bu dönemde de Tüpraş hisse senetlerinin portföylerde daha fazla ağırlığa sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca, Otokar hisseleri de bu dönemde portföylerde belirli ağırlıklara sahip olmaktadır. Bu dönemde sanayi sektörü portföylerde daha fazla ağırlığa sahip olmuştur. Türk Hava Yolları hisselerinin de düşük ağırlığa sahip olmalarına bakılmaksızın bazı portföylerde yer almıştır. Bunun nedeni olarak kriz sonrası dönemden

itibaren Türk Hava Yolları'nın hızla gelişmesi, Avrupa ve dünyanın en önemli hava yolu şirketlerinden birine çevrilmesi gösterilmektedir. Bu dönemde bankacılık sektöründen portföye dahil olan hisse sayısı ve ağırlığının azalmasının temel nedeni bankacılıkta bir gerilemenin olması değil diğer sektör getirilerinin daha fazla olması olmuştur. Tüm dönemleri dikkate aldığımız zaman Tüpraş hisselerinin krizden etkilenmeyerek her zaman portföye getiri sağladığı ve bu yüzden belirli bir ağırlıkta her portföyde yer aldığı görülmektedir.

Özetlemek gerekirse, sektörler itibariyle baktığımız zaman enerji ve otomotiv (Tüpraş ve Otokar) sektörünün tüm dönemler itibariyle portföyde belirli bir ağırlığa sahip olduğu, bankacılık sektörünün kriz öncesi dönemde 2001 krizi nedeniyle getirilerindeki düşüş sebebiyle portföye dahil olamadığı, ilerleyen dönemlerde (kriz dönemi dahil) ise portföyde en fazla ağırlığa sahip hisselerden olduğu görülmektedir. Enerji ve bankacılık sektörünün kriz ve sonrası dönemlerde yüksek getiri sağlamasının temel nedenleri olarak, sırasıyla petrol fiyatlarının o dönemlerde bir hayli yüksek olması, bankacılık sektöründe ise 2001 krizinden sonra iyi ve kalıcı önlemlerin alınmasını göstermek mümkündür.

Sonuç olarak, genetik algoritmalar portföy optimizasyonunda hızlı ve güvenilir bir sonuç vermede diğer tüm matematiksel tabanlı programlara nazaran daha başarılı olmaktadır. Uygulanabilirliğinin kolay olması ve bazı matematiksel programlarda hazır şekilde bulundurulması bu yöntemin kullanım gücünü daha da artırmaktadır. Ayrıca, çalışmanın daha geniş bir kapsam alması açısından BİST-100 endeks verileri kullanılarak da uygulama yapılabilir.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Antonio G. ve Nuno H. (2013). *Intelligent Financial Portfolio Composition Based on Evolutionary Computation Strategies*. Tecnico University, Lisbon.
- Aydın N, Turhan K ve Güven S. (2013a). Geleneksel Portföy Yönetimi. M Başar (Ed). *Portföy Yönetimi İçinde*. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları, Eskişehir, 74-90.
- Aydın N, Turhan K ve Güven S. (2013b). Modern Portföy Yönetimi. M Başar (Ed). *Portföy Yönetimi İçinde*. Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi Yayınları, Eskişehir, 94-124.
- Balak, M. (2001). *Sermaye Piyasası Menkul Kıymetler ve Portföy Analizi*. Beta Yayınları, İstanbul.
- Brown, J, E. Edwin, G. Martin, G, William (2014). Modern Portfolio Theory. S. P. Wan (Ed). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis* içinde. Cambridge University, Londra.
- Chen S. H. (2002). Genetic Algorithms and Genetic Programming in Computational Finance. Chengchi University, Tokio.
- Christine B. (2004). *Portfolio Managment in Practice*. British Library, London.
- Civan, M. (2010). *Sermaye Piyasası Analizi ve Portföy Yönetimi*. Ekin Yayınları, Bursa.
- Çunkaş M. (2008). *Genetik Algoritma ve Uygulamaları*. Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Dağlı. H. (2004). *Sermaye Piyasası ve Portföy Analizi*. Derya Kitabevi, Trabzon.
- İşık, A. (2006). *Uygulamalı İstatistik*. Beta Yayınları, İstanbul.
- Karan, M. B. (2011). *Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi*. Gazi Kitabevi, İstanbul.
- Kristina L. (2010). *Investing Analysis and Portfolio Managment*. Magnus University, Kaunas Press.
- Nabiyev V. (2005). *Yapay Zeka Problemler –Yöntemler - Algoritma*. Seçkin Yayıncılık. Ankara.
- Rodoplu, G. (2001). *Para ve Sermaye Piyasaları*. Detay Yayıncılık, İstanbul.
- Seyidoğlu H. (2016) *Uluslararası Finans*. Güzem Yayıncılık, İstanbul.

Sürekli Yayınlar

- Abdolahi, A, A. Toloie, M. Maghadasi, A. Maotofi (2011). Using Genetic and Particle Swarm Algorithms to Select and Optimize Portfolios of Companies Admitted to Tehran Stock Exchange. *Research Journal of International Studies*. 20. 2, 95-105.
- Akay, A. Ve T. Yakıcı (2013). Tahmine Dayalı Portföy Optimizasyonu: Modern Portföy Teorisinde Risk ve Beklenen Getiri Kavramlarına Alternatif Bir Yaklaşım. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. Özel Sayı, 119-132.
- Akel, V. (2006). Portföy Performansının Değerlendirilmesi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*. 28. 1-30.
- Altaygil B. (2008). Portföy Seçimi için Ortalama-Varyans-Çarpıklık Modeli. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. 37. 2, 65-78.
- Arsovski, Z, Z. Kaliniç, V. Ranković ve B. Stojanović. (2013). The mean-Value at Risk Static Portfolio Optimization Using Genetic Algorithm. *Computer Science and Information Systems*. 11. 1, 89-109.
- Atan. M. (2005). Karesel Programlama ile Portföy Optimizasyonu. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 7. 2, 1-12.
- Baygın, M. ve F. Zeren (2015). Genetik Algoritmalar ile Optimal Portföy Seçimi: Bist-30 Örneği. *Journal of Business Research Turk*. 7. 1, 309-324.
- Benbouziane, M. ve S. Sefiane (2012). Portfolio Selection Using Genetic Algorithm. *Journal of Applied Finance & Banking*. 2. 4, 143-154.
- Chang, C. L. ve Y. T. Liu (2007). Genetic Algorithms for Portfolio Selection problems with Minimum Transaction Lots. *European Journal of Operational Research*. 185. 34, 547-566
- Çetin, K, H. Er ve E. İ. Çetin (2005). Finansta Evrimsel Algoritmik Yaklaşımlar: Genetik Algoritma Uygulamaları. *Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari bilimler Fakülteler Dergisi*. 1.10, 73-94.
- Demirtaş, Ö. ve Z. Güngör (2004). Portföy Yönetimi ve Portföy Seçimine Yönelik Uygulama. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*. 1. 4, 103-109.
- Emel, G. G. ve Ç. Taşkın (2002). Genetik Algoritma ve Uygulama Alanları. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 21. 1, 129-152.
- Er, S. S. Ferhat. (2009). Risk Kavramı ve Bankacılıkta Risk. *Çatı Bilimsel Yayın Organı*. 4. 22, 7-16.
- Eroğlu, A, M. L. Erdaş ve M. Uygurlu (2015). Portföy Yönetiminde Sistemati Olmayan Riski Azaltacak Bir Doğrusal Programlama Model Önerisi. *Çankırı Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 5. 2, 1-28.

- Gen, M. İ. ve C. M. Lin (2002). An Effective Decision-Based Genetic Algorithm Approach to Multiobjective Portfolio Optimization Problem. *Applied Mathematical Science*. 1. 5, 201-210.
- Guenoun, Z. ve F. Hamza (2012). Stock Portfolio Optimization Using Classification and Genetic Algorithm. *Applied Mathematical Sciences*. 6. 94, 4673-4684.
- İbrahimov, A. (2007). Kuadratik Programlama Yaklaşımı ile Etkin Portföy Seçimi ve İMKB Verileri Üzerine Bir Araştırma. *İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 11. 2, 7-22.
- İlarslan, K. ve Y. Topal (2009). Portföy Optimizasyonu Bağlamında Tanjant Portföyler: İMKB-30 İşletmelerinden Bir örnek. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 10. 1, 219-247.
- Kardiyen, F (2007). Doğrusal Programlama ile Portföy Optimizasyonu ve İMKB Verilerine Uygulanması Üzerine Bir Çalışma. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 21. 2, 15-27
- Kardiyen, F (2008). Portföy Optimizasyonunda Ortalama Mutlak Sapma Modeli ve Markowitz Modelinin Kullanımı ve İMKB Verilerine Uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 13. 9, 335-350.
- Keskintürk, T (2007). Portföy Seçiminde Markowitz Modeli için Yeni Bir Genetik Algoritma Yaklaşımı. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. 18. 56, 78-89.
- Kin, T. Y, S. K. Min ve K. J. Ot (2005). Using Genetic Algorithms to support portfolio optimization for Index Fund Managment. *Expert Systems with Applications*. 28. 4, 371-379.
- Kocadağlı, O. ve C. Kaya (2012). Etkin Sınır ve Beta Katsayısı kısıtlı Portföy Seçimi Modeli Üzerine Bir Uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 11. 2, 19-35.
- Korkmaz, T. ve H. Uygurtürk (2015). Portföy Optimizasyonunda Markowitz Modelinin Kullanımı: Bireysel Emeklilik Yatırım Fonları Üzerine Bir Uygulama. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*. 5. 14, 67-81.
- Mani, G. ve S. Mahfoud (2010). Financial Forecasting Using Genetic Algorithms. *Applied Artificial Intelligence: An International Journal*. 10. 6, 547-566.
- Markowitz, H (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*. 7. 1, 77-91.
- Oruç, E. ve Ö. Tosun (2010). Portföy Büyüklüğünün Riski Üzerine Etkilerinin İMKB-30 Üzerinde Test Edilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimleri Fakültesi Dergisi*. 15. 2, 479-493.
- Özçakar, N (1998). Genetik Algoritmalar. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*. 27. 1, 69-82.

Pandari, A. R. Azar ve A. Shavazi (2012). Genetic Algorithms for Portfolio Selection Problems with Non-Linear Objectives. *African Journal of Business Managment*. 6, 20. 6210-6216.

Wang, S. M, J. C. Chen, K. J. Wang ve H. M. Wee (2006). Non-Linear Stochastic Optimization Using Genetic Algorithm for Portfolio Selection. *International Journal of Operations Research*. 3, 1. 16-22.



Tezler

- Akıncı, U. C. (2007). Portföy Yönetiminde Sistemik Riskin Ölçülmesi ve İMKB için bir Uygulama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Gazi Üniversitesi SBE.
- Altay, A. (2007). Genetik Algoritma ve Bir Uygulama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Andrea, C. (2015) Portfolio Optimization through Genetic Algorithms in an Artificial Stock Market. *Published Master's Thesis*. Turin: University of Turin.
- Aslantaş, C. (2008). Portföy Yönetiminde Fuzzy Yaklaşım. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi SBE.
- Baykan, G. (2010). Portföy Yönetimi ve İMKB’de Bir Uygulama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi SBE.
- Bellici M. (2005). Türkiye’de Portföy Yönetiminde Sistemik Riskin Ölçülmesi ve İMKB için Bir Uygulama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Kadir Has Üniversitesi SBE.
- Birkan, E. (2006). Portföy Seçimi: Uluslararası Hisse Senetleri Portföylerine Uygulanması. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Zonguldak: Kara Elmas Üniversitesi SBE.
- Bütün, E. (2013). Sosyal Ağlarda Toplulukları Keşfetmek için Çok Amaçlı Genetik Algoritma Kullanımı. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Elazığ: Fırat Üniversitesi FBE.
- Çakar, K. (2009). Genetik Algoritmalar Yardımıyla Acil Servis İstasyonu Yerleşiminin Optimizasyonu. *Yayınlanmış Doktora Tezi*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi SBE.
- Çankal, A. (2015). Genetik Algoritma Kullanarak Hisse Senedi Portföy Optimizasyonu: BİST-30’da Bir Uygulama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Osmaniye: Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi SBE.
- Çetin, M. K. (2006). Hisse Senedi Yatırım Kararlarında Genetik Algoritmaların Kullanımı. *Yayınlanmış Doktora Tezi*. Antalya: Akdeniz Üniversitesi SBE.
- Çetinceli, K. (2012) Doğrusal Programlama ile Portföy Optimizasyonu. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi SBE.
- Demirel, K. (2009). Kuadratik Programlama ile Portföy Seçimi. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi SBE.
- Deniz, D. (2014). Portföy Yönetiminde Uluslararası Çeşitlendirme ve Uygulamalı Bir Çalışma. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi SBE.
- Duman, C. (2007). Genetik Algoritma ile Tesis Yerleşimi Tasarımı ve Bir Uygulama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.

- Erkut, U. (2010). Genetik Algoritmalar ile Portföy Performans Eniyilemesi için Teknik Analiz Göstergesi Seçimi. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Tobb Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi SBE.
- Erman, K. (2000). Portföy Yönetiminde Varlık Dağıtımı. *Yayınlanmış Doktora Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi BSE.
- Filho, A. D. (2010). Portfolio Managment Using Value at Risk: A Comparison Between Genetic Algorithms and Particle Swarm Optimization. *Published Master' Thesis*. Rotterdam: Rotterdam University.
- Genel, H. (2004). Genetik Algoritmalarla Portföy Optimizasyonu. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Ankara Üniversitesi SBE.
- Ghollenji, İ. M. (2015). Hisse Başına Temettü Üzerinde Etkili Olan Faktörlerin Panel Veri ve Genetik Algoritma ile Değerlendirilmesi: Borsa İstanbul'da Bir Uygulama. *Yayınlanmış Doktora Tezi*. Erzurum: Atatürk Üniversitesi SBE.
- Güler, S. (2005). Portföy Yönetiminde Sistemati Olmayan Risk ve Hisse Senedi Getirisi İlişkisi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi SBE.
- Gürçan, N. C. (2015). Portföy Yönetiminde Finansal Türev Araçlarının Korunma Amaçlı Kullanılması. İstanbul: İstanbul Üniversitesi SBE.
- Hussein G. (2013). Genetic Algorithm optimization of Space Frames. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi SBE.
- Hüseyinoğlu, O. P. (2014). A Genetic Algorithm for Simultaneously Scheduling Games and Assigning Referees in Turkish Football League. *Published Master's Thesis*. İstanbul: Ishık University.
- Kalfa, V. R. (2010). Portföy Analizi ve Doğrusal Programlama Metodu ile İMKB'de Bir Uygulama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Aydın: Adnan Menderes Üniversitesi SBE.
- Keler, Ş. A. (2008). Portföy Yönetiminde Yeni Açılımlar ve Dinamik Portföy Yönetimi Olarak Hedge Fon Yönetimi. *Yayınlanmış Doktora Tezi*. İstanbul: Marmara Üniversitesi BSE.
- Küçükmustafa, A. Z. (2014). Genetik Algoritmaya Dayalı Dayanıklı Regresyon Yaklaşımları. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Samsun: Ondokuz Mayıs Üniversitesi FBE.
- Küpeli, H. (2013). Çok Amaçlı Atama Probleminin Çözümü için Genetik Algoritma ile Bir Yaklaşım. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İzmir: Ege Üniversitesi FBE.
- Mehtap, V. (2005). Genetik Algoritma Yöntemi ile Toplu Üretim Planlama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.

- Mut, A. D. (2009). Alt Kısmi Moment ve Yarı-Varyans Risk Modelleri Kullanarak Genetik Algoritma Yardımıyla Portföy Optimizasyonu ve İMKB Uygulaması. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Ankara Üniversitesi SBE.
- Paksoy, S. (2007). Genetik Algoritma ile Proje Çizelgeleme. *Yayınlanmış Doktora Tezi*. Adana: Çukurova Üniversitesi SBE.
- Pelitli, D. (2007). Portföy Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Uygulama Örneği. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Denizli: Pamukkale Üniversitesi SBE.
- Roudier, F. (2007). Portfolio Optimization and Genetic Algorithm. *Published Master's Thesis*. Zürich: University of Zürich.
- Soam, V. (2012). Multi-Objective Portfolio Optimization and Re-balancing using Genetic Algorithms. *Published Master's Thesis*. Tokio: University of Tokio.
- Soyaslan, G. (2010). Genetik Algoritmalarla Atama Problemi ve Buna Yönelik Bir Uygulama. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi SBE.
- Taze, B. (2004). Genetik Algoritmaların Finansal Uygulamaları. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Ankara Üniversitesi SBE.
- Tosun, E. (2006). Frezeleme İşlemlerinde Genetik Algoritma Yaklaşımı ile Kesme Koşullarının Optimizasyonu. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Konya: Selçuk Üniversitesi FBE.
- Yalçın, Z. (2011). Türkiye’de Kurumsal Portföy Yönetimi. *Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Atılım Üniversitesi SBE.
- Zang, F. (2010). Using of Genetic Algorithms for Optimal Investment Strategies. *Published Master's Thesis*. Pekin: University of RenMin.

Diğer Kaynaklar

Aktif Portföy Yönetimi (2003). <http://www.acikders.ord.tr>. (24 Eylül 2016).

Chan, M, B. Cheung ve G.Tang (2011). Genetic Algorithm in Multi-Stage Portfolio Optimization System. *The Hong Kong Polytechnic University, Dept of Finance and Decision Sciences*. <https://www.researchgate.net>. (23 Eylül 2016)

Dahal, K, P. Skolpadungket ve N. Harnpornchai (2007). Portfolio Optimization Using Multi-Objective Genetic Algorithms. *IEEE Congress on Evolutionary Computation*. Vancouver. 516-523.

Emanuelson, H ve H. Marling (2012) *The Markowitz Portfolio Theory*. <https://www.math.chalmers.se> (25 Kasım, 2012).

Karasoy, O. ve S. Ballı (2016). Google Maps ve Genetik Algoritmalarla GSP çözümü için Öneri. *Akademik Bilişim 2016 – Adnan Menderes Üniversitesi*. Aydın. 1-30.

Türk Hematoloji Derneği. (2013). *Genetik Terimler Sözlüğü*. Eylül, İstanbul.

Yalçın, N. (2006). Genetik Algoritmalar. *Bilecik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü* <https://tr.scribd.com/doc>. (26 Eylül, 2016).

ÖZGEÇMİŞ

Kenış Garayev 1992 yılında Azerbaycan'ın başkenti Bakü'de doğdu. İlk ve orta eğitimini bu şehirde tamamlamıştır. 2010 yılında Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi'nin Türk Dünyası İşletme Fakültesine kazanmış ve aynı fakülteyi 2014 yılında sınıf birincisi olarak bitirmiştir. 2015 yılında Türkiye Cumhuriyeti Sakarya Üniversitesi İşletme Anabilim dalı Muhasebe ve Finansman bilim dalı Yüksek Lisans programında eğitim görmeye başladı. 2016 yılından itibaren Bakü'de tıp şirketlerinden birinde finans uzmanı olarak çalışmaktadır. Yabancı dil olarak İngilizce ve Rusça bilmektedir.

