

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GENETİK VE PARÇACIK SÜRÜ ALGORİTMALARININ PORTFÖY
OPTİMİZASYONUNA UYARLANMASI VE BORSA İSTANBUL VE KRİPTO PARA
UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Samed ULUÇAY

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Programı

EKİM, 2019

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GENETİK VE PARÇACIK SÜRÜ ALGORİTMALARININ PORTFÖY
OPTİMİZASYONUNA UYARLANMASI VE BORSA İSTANBUL VE KRİPTO
PARA UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Samed ULUÇAY

(Y1713.010001)

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. İlham HUSEYİNOV

EKİM, 2019



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı **Y1713.010001** numaralı öğrencisi **Samed ULUÇAY**' ın “**GENETİK VE PARÇACIK SÜRÜ ALGORİTMALARININ PORTFÖY OPTİMİZASYONUNA UYARLANMASI VE BORSA İSTANBUL VE KRİPTO PARA UYGULAMASI**” adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 02.08.2019 tarih ve 2019/16 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından **aybır.ligi** ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak ...**kabul** edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 03/10/2019

1) **Tez Danışmanı:** Doç. Dr. İlham HUSEYİNOV

2) **Jüri Üyesi :** Prof. Dr. Ali GÜNEŞ

3) **Jüri Üyesi :** Doç. Dr. Metin ZONTUL

.....
.....
.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum “Genetik ve Parçacık Sürü Algoritmalarının Portföy Optimizasyonuna Uyarlanması ve Borsa İstanbul ve Kripto Para Uygulaması” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (03/10/2019)

Samed ULUÇAY

ÖNSÖZ

Bu çalışma, İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanan “GENETİK VE PARÇACIK SÜRÜ ALGORİTMALARININ PORTFÖY OPTİMİZASYONUNA UYARLANMASI VE BORSA İSTANBUL VE KRİPTO PARA UYGULAMASI” isimli tezi içermektedir.

Çalışmamın her aşamasında değerli vakti ve yoğun çalışma mesaisine rağmen bilgi ve deneyimleriyle yardımcı olan, tezimin şekillenmesi yönünde eleştiri, görüş ve önerilerini esirgemeyen kendisinden çok şey öğrendiğim, değerli danışmanım Doç. Dr. İlham HUSEYİNOV’a tez boyunca yaptığı katkılar için teşekkür ederim.

Hayatım boyunca desteklerini her zaman arkamda hissettiğim tez çalışması sırasında onlardan alıkoymuş olduğum zaman için aileme sabır ve anlayışlarından dolayı minnettarlığımı iletirim.

Ekim, 2019

Samed ULUÇAY



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT	xv
1.GİRİŞ.....	1
2. PORTFÖY OPTİMİZASYONU	7
2.1. PORTFÖY	7
2.1.1. <i>Getiri</i>	8
2.1.2. <i>Risk</i>	9
2.2. PORTFÖY YÖNETİMİ	13
2.2.1. <i>Geleneksel portföy teorisi</i>	14
2.2.2. <i>Modern portföy teorisi</i>	15
2.3. ORTALAMA VARYANS MODELİ.....	17
2.4. PORTFÖY PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	18
2.4.1. <i>Sharpe performans oranı</i>	19
2.4.1. <i>M² Hesaplaması</i>	19
2.4.2. <i>Treynor oranı</i>	20
3. SEZGİSEL OPTİMİZASYON ALGORİTMALARI.....	21
4. GENETİK ALGORİTMA.....	23
4.1. BAŞLANGIÇ POPÜLASYONUN OLUŞTURULMASI	24
4.2. UYGUNLUK DEĞERİ	24
4.3. GENETİK OPERATÖRLER	25
4.3.1. <i>Yeniden üretim (doğal seleksiyon) operatörü</i>	25
4.3.2. <i>Çaprazlama operatörü</i>	28
4.3.3. <i>Mutasyon operatörü</i>	30
4.3.4. <i>Yer değiştirme</i>	30
4.4. GENETİK ALGORİTMA PARAMETRELERİ	31
4.4.1. <i>Popülasyon büyüklüğü</i>	31
4.4.2. <i>Çaprazlama olasılığı</i>	31
4.4.3. <i>Mutasyon olasılığı</i>	32
4.4.4. <i>Seçim stratejisi</i>	32
4.5. GENETİK ALGORİTMA SONLANDIRMA KOŞULLARI.....	32
5. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI	33
5.1. BAŞLANGIÇ DEĞERLERİNİN OLUŞTURULMASI	34
5.1.1. <i>Konum değerlerinin oluşturulması</i>	34
5.1.2. <i>Hız vektörü değerleri</i>	35
5.2. UYGUNLUK DEĞERİ	35

5.3. YENİ VE ESKİ NESİL EN İYİ KARŞILAŞTIRMASI	35
5.4. GLOBAL VE YEREL EN İYİ DEĞER	36
5.5. PARÇACIKLARIN HIZ VE KONUM DEĞERLERİNİN GÜNCELLENMESİ	36
5.6. DURDURMA KRİTERİ	37
6. UYGULAMA	39
6.1. UYGULAMA ORTAMI	39
6.2. VERİ TANIMI	39
6.3 PERFORMANS ÖLÇÜTÜ	57
6.4 GENETİK ALGORİTMA İLE PORTFÖY OPTİMİZASYONU.....	57
6.4.1. GA'nın Borsa İstanbul'a Uygulanması.....	57
6.4.2. GA'nın Kripto Para Borsası'na Uygulanması.....	58
6.5 PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU İLE PORTFÖY OPTİMİZASYONU.....	59
6.5.1 PSO'nun Borsa İstanbul'a Uygulanması.....	60
6.5.2 PSO'nun Kripto Para Borsası'na Uygulanması.....	61
7. DEĞERLENDİRME.....	63
7.1. BIST ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	63
7.2. KPB ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	64
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	67
KAYNAKLAR.....	69
ÖZGEÇMİŞ.....	73

KISALTMALAR

GA	: Genetik Algoritma
PSO	: Parçacık Sürü Optimizasyonu
KDS	: Karar Destek Sistemleri
BİST	: Borsa İstanbul
KPB	: Kripto Para Borsası
KOSPI	: Kore Menkul Kıymetler Borsası





ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1: GA ve PSO ile portföy optimizasyonu üzerine yapılan araştırmalar.	5
Çizelge 4.1: Başlangıç toplumunun kromozomlarla ve karar değişkenleriyle gösterimi.....	24
Çizelge 4.2: Tekrar seçim sistemleri.	27
Çizelge 4.3: Tek noktalı aprazlama.	29
Çizelge 4.4: Kromozomlarda bulunan iki tane genin rastgele yer değiştirmesi.....	32
Çizelge 6.1: BİST hisse senetleri ve kripto para birimleri.....	40
Çizelge 6.2: BİST endeksi 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arası haftalık kapanış fiyat verileri.....	41
Çizelge 6.3: KPB endeksi 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arası haftalık kapanış fiyat verileri.....	44
Çizelge 6.4: BİST endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.	47
Çizelge 6.5: KPB endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.	51
Çizelge 6.6: BİST endeksinde bulunan varlıkların kovaryans matrisi.	55
Çizelge 6.7: KPB endeksinde bulunan varlıkların kovaryans matrisi.	56
Çizelge 6.8: GA'da kullanılan parametreler.	57
Çizelge 6.9: GA ile BİST için oluşturulan portföy önerileri.	57
Çizelge 6.10: GA ile BİST için seçilen optimum portföy.	58
Çizelge 6.11: GA ile KPB için oluşturulan portföy önerileri.	58
Çizelge 6.12: GA ile KPB için seçilen optimum portföy.	59
Çizelge 6.13: PSO'da kullanılan parametreler.	60
Çizelge 6.14: PSO ile BİST için oluşturulan portföy önerileri.....	60
Çizelge 6.15: PSO ile BİST için seçilen optimum portföy.....	61
Çizelge 6.16: PSO ile KPB için oluşturulan portföy önerileri.	61
Çizelge 6.17: PSO ile KPB için seçilen optimum portföy.....	62
Çizelge 7.1: BİST için oluşturulan portföylerin değişim katsayılarının karşılaştırılması.	63
Çizelge 7.2: KPB için oluşturulan portföylerin değişim katsayılarının karşılaştırılması.	65

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Portföy optimizasyonu ile ilgili çalışmalar.	4
Şekil 2.1: Risk kaynaklarını oluşturan gruplar.	10
Şekil 3.1: Optimizasyon metotlarının sınıflandırılması.	22
Şekil 4.1: Genetik algoritma akış şeması.	23
Şekil 4.2: Eşleşme havuzundan yapılan en iyi birey seçme işlemi.	26
Şekil 4.3: İki noktalı çaprazlama örneği.	29
Şekil 4.4: Uniform çaprazlama örneği.	30
Şekil 4.5: Mutasyon örneği.	30
Şekil 4.6: Kromozom üzerinde bulunan iki gen rastgele seçilerek karşılıklı yer değiştirmektedir.	30
Şekil 5.1: PSO algoritması akış şeması.	34
Şekil 7.1: BİST için önerilen portföylere ait kar ve varlık sayısı.	64
Şekil 7.2: KPB için önerilen portföylere ait kar ve varlık sayısı.	65



GENETİK VE PARÇACIK SÜRÜ ALGORİTMALARININ PORTFÖY OPTİMİZASYONUNA UYARLANMASI VE BORSA İSTANBUL VE KRİPTO PARA UYGULAMASI

ÖZET

Optimizasyon problemlerinin çözümünde parçacık sürü optimizasyonu (PSO) algoritması ve genetik algoritma (GA) yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretim, tedarik ve finans gibi birçok alanda portföy optimizasyon problemleri, yatırımcılara minimum risk ile maksimum getiri sağlayan çözümler önermektedir. Mevcut çalışmalar Harry Max Markowitz'in oluşturmuş olduğu ortalama varyans modelinin GA ve PSO algoritmasına uygulanmasına yoğunlaşmıştır. Bu tez çalışmasında, Borsa İstanbul (BİST) ve Kripto Para Borsası (KPB) endekslerine ait iki farklı portföy optimizasyon probleminin çözümü için ortalama varyans modeli GA ve PSO algoritmalarına uygulanmıştır. GA ve PSO algoritmaları ile oluşturulan portföy önerileri risk, getiri, sharpe risk yüzdesi, değişim kat sayısı oranı ve gerçekleşen gerçek getirilerine göre karşılaştırılmıştır. BİST ve KPB endeksleri için oluşturulan portföy önerileri içerisinde belirlenen kriterlere göre seçilen portföylerde PSO ile oluşturulan portföyün GA ile oluşturulan portföye göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Genetik Algoritma, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Portföy Optimizasyonu, Portföy Yönetimi*



ADAPTING GENETIC AND PARTICLE LOT ALGORITHMS TO PORTFOLIO OPTIMIZATION AND APPLICATION OF BORSA ISTANBUL AND CRYPTO MONEY

ABSTRACT

Particle swarm optimization (PSO) and genetic algorithm (GA) are widely used in the solution of optimization problems. Portfolio optimization problems in many areas such as production, procurement and finance offer solutions that provide investors with minimum risk and maximum profit. The current studies have focused on the application of the mean variance model of GA and PSO by Harry Max Markowitz. In this thesis, the average variance model was applied to the GA and PSO algorithms to solve two different portfolio optimization problems of Borsa İstanbul (BIST) and Crypto Money Exchange (KPB) indices. Portfolio proposals created with GA and PSO algorithms were compared according to risk, return, sharpe risk percentage, change coefficient ratio and actual return. It was seen that the portfolio created with PSO was more successful than the portfolio created with GA in the portfolios selected according to the criteria determined from the portfolio proposals created for BIST and KPB indices.

Keywords: *Genetic Algorithm, Particle Swarm Optimization, Portfolio Optimization, Portfolio Management*



1.GİRİŞ

Gerçek veya tüzel kişiler; kendilerinin ve nesillerinin mevcut yaşam koşullarını iyileştirmek veya gelecekte daha iyi yaşam koşulları oluşturabilmek için, mevcut gelirlerinde bir takım tasarruf yapmaktadırlar. Bu tasarruflarından kâr elde etmek isteyen gerçek veya tüzel kişilere yatırımcı adı verilmektedir. Yatırımcıların amacı tasarruflarını en kazançlı şekilde değerlendirip, koruyabilmektir. Bu kişiler en kazançlı yolları seçmek isterken aynı zamanda seçimlerinin gelecekteki olumsuz etkilerini düşünerek farklı yatırım seçeneklerine yönelmektedirler.

Sosyal, siyasi ve ekonomi gibi birçok alanda kıtalar arası uzaklıkları, teknolojik bağlantılar kurarak, piyasalar ve kişiler aracılığıyla oluşturulan yapı globalleşme olarak tanımlanır [1]. Globalleşen dünyada kişi veya kurumlar dilediği zamanda, istediği yatırım araçlarını izleme ve yatırım yapma imkânına sahiptir. Finans piyasasında kişi veya kurumların yatırımlarını gerçekleştirebileceği çok fazla yatırım yöntemi bulunmaktadır. Sosyal, siyasi ve ekonomi gibi faktörler yatırım araçlarının fiyatlarını ve kazançlarını etkilemektedir. Yatırımcıların, tasarruflarını korumak ve kâr elde etmek amacıyla ellerinde bulundurdukları mal veya para niteliği taşıyan yatırım araçları topluluklarına portföy denir. Yatırımcı, portföyünü gayrimenkul veya otomobil satın alarak oluşturabileceği gibi tahvil, bono, hisse senedi, kripto para, döviz, altın vb. yatırım araçları ile portföyünü çeşitlendirebilmektedir. Yatırımcılar yatırım yapacakları varlıkları satın almadan önce varlıkların geçmişteki fiyat hareketlerinden faydalanarak geleceğe yönelik tahminde bulunurlar. Geçmişte ki fiyat hareketlerinden veya fiyat duyarlılıklarından bilgi sahibi olmayan yatırımcılar, alanında uzman kişilerden yardım alırlar. Uzman kişilerin çalışmaları portföy yönetimi kavramını ortaya çıkarmaktadır.

Portföy yönetiminin geçmişten günümüze olan amacı, optimum portföyü bulma çabasıdır. Bu çaba portföy teorilerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Literatür araştırmalarına göre portföy yönetiminde iki tür portföy teorisi bulunmaktadır.

Finans alanında ilk olarak karşımıza çıkan geleneksel portföy teorisi bilimsel bir dayanağı olmamasına rağmen uygulama kolaylığından dolayı II. Dünya Savaşı sonlarına kadar kullanılmıştır [2]. Bu portföy teorisinde yatırımcılar, portföyde bulunan varlıklarının risk ve getiri verilerini incelemeyen, varlıkların çeşit miktarını arttırarak riski azaltacağını düşünmektedirler. Ancak yatırımcılar varlıklarının risk ve getiri verilerini incelemeyen için yüksek riskli yatırımlar yapmaktadırlar [3].

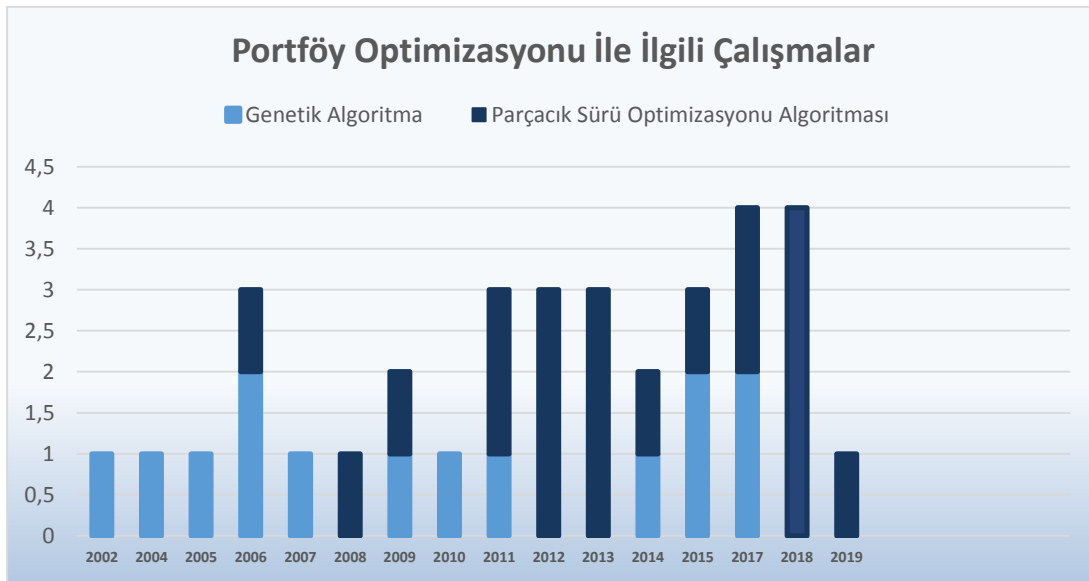
Finans alanında portföy yönetiminde ikinci portföy teorisi ise Markowitz modern portföy teorisidir. Markowitz, geleneksel portföy teorisi ile portföydeki varlıkların miktarını arttırarak riskin azaltılmasının yeterli olmayacağını düşünüyordu. Geliştirmiş olduğu ortalama varyans modeli sayesinde portföy içerisindeki varlıkların birbirleri arasındaki ilişkilerini istatistiksel olarak inceleyerek riski azaltılabileceğini savunmuştur [4]. Oluşturulan model sayesinde portföyün genel riski, portföydeki tekil varlıkların (*tahvil, menkul kıymetler, hisse senedi veya kripto para*) riskinden daha düşük olabilmektedir. Portföy riskinin azaltılmasına yönelik, portföyde bulunan varlıkların birbirleri arasındaki korelasyon değeri düştükçe portföy genel riski de düşmektedir. Bu teori sayesinde yatırımcılar aynı risk oranına sahip varlıklar için gelir oranına bakarak daha yüksek gelir beklentisi olan varlıkların seçimini yapabileceklerdir. Modern portföy teorisine göre yalnızca portföydeki varlıkların çeşitliliklerinin arttırılmasıyla riskin azaltılamayacağını, aynı zamanda portföydeki varlıkların getirilerinin incelenmesinin, portföy genel risk oranına etkisi olacağı savunulmaktadır [5]. Portföyde bulunan varlıkların arasındaki ilişkinin ters ve güçlü olduğu durumlarda, beklenen getiriden vazgeçilmediği zaman, portföy genel riskinin azaltılabileceği belirtilmektedir. Örnek olarak aynı faktörlerden etkilenen A ve B bankalarından hisse senetleri alındığında iki menkul kıymeti etkileyen finans sektöründe olumsuz bir durum gerçekleşme ihtimalinde, A Bankasının hisse senedinin değerinin düştüğü durumda, B Bankasının hisse senedinin de değerinin düşebileceğinden yatırımcının aynı sektördeki yatırımları riskini arttırmaktadır. Farklı sektörlerden iki hisse senedi alındığı durumda aralarındaki ilişkinin ters orantılı olabilme ihtimaline karşı bir hisse senedi azalırken ikinci hisse senedinin değeri aynı olabilir veya artabilir ancak gelir beklentisi korunduğu sürece risk azaltılmış olacaktır.

Risk getiri arasındaki ilişkiyi inceleyen araştırmacılardan; Chow vd. (1999) aynı getiri oranına sahip varlıklarda riski düşük olanların seçilmesi gerektiğini, Elton vd.

(2009) hisse senetlerinin getiri oranlarının farklı farklı ekonomik faktörlerin etkilediğini, Evans ve Archer (1968) ile Latane ve Young (1969) portföyde ki hisse senetlerinin sayılarına da dikkat edilmesi gerektiğini savunmuşlardır.

Yapılan araştırmalarda portföy optimizasyonu probleminin çözülmesi amacıyla kullanılan klasik teoriler ile sezgisel algoritmalar karşılıklı kıyaslanmış ve sezgisel algoritma sonuçlarının portföy optimizasyon problemlerinde daha başarılı olduğu görülmüştür. Sezgisel algoritmalar, daha kullanışlı olması ve beklenen en iyi sonuçlara ulaşması gibi nedenlerden dolayı araştırmacıların tercih ettiği algoritma olmuştur. Sezgisel algoritmalar gelişime dayalı algoritmalar ve sürü zekâsı temelli algoritmalar olmak üzere ikiye ayrılır. Gelişime dayalı algoritmalar en iyi sonuca ulaşmak için daima iyileşen algoritmalarlardır. Sürü zekâsı algoritmaları ise beraber hareket eden canlı varlıklardan esinlenerek ortaya çıkmış, optimizasyon problemleri algoritmalarıdır. Gelişime dayalı algoritmalarından Genetik Algoritma (GA), Holland (1975) tarafından optimizasyon sorunlarının çözülmesi için geliştirilmiştir. Diyar vd. (2002) GA ile karar destek sistemleri (KDS) kullanarak portföy çeşitliliğini oluşturmak için portföy optimizasyon problemini çözmüştür. Kore Menkul Kıymetler Borsası (KOSPI) endeksi verileriyle GA'yı çalıştıran Oh vd. (2005), portföy kârlılığını arttırmıştır. Portföy optimizasyonu önemli olduğu kadar portföy yönetimi de önemlidir. Yapılan işlemlerin maliyetlerini düşürmek için işlem lot miktarı hakkında bir ortalama varyans modeli öneren Lin vd. (2005), GA kullanarak optimizasyon problemi çözümüne katkı sağlamıştır. Lai vd. (2006), optimum portföyü bulmanın iki aşamadan gerçekleşeceği, öncelikle GA kullanarak en kaliteli varlıkların belirlenmesi daha sonra ikinci aşama da bu varlıkların portföy içerisinde ağırlık oranlarının değerlendirilmesi gerektiğini açıklamaktadır. Lin ve Gen (2007), yatırımı oluşturan portföyde ki varlıkların risk getiri oranları ile portföyde ki varlıkların ağırlıklı ortalamalarını bulmak için çok amaçlı genetik algoritma kullanılması gerektiğini savunmuşlardır. Chang vd. (2010) GA ile portföy optimizasyonu yaparak Tayvan X50 endeksinde risksiz faiz getirisi ile hisse senetleri getirilerini karşılaştırarak, en düşük riskle bir portföyde olması gereken 20 adet hisse senedinin olması gerektiğinden bahsetmiştir. Kalaycı vd. (2017), GA kullanarak optimum portföy ideasına ulaşmak için, Markowitz'in ortalama varyans yöntemini araştırarak karmaşık problemlerin çözülmesi için çalışmalar yapmıştır.

Sürü zekâsı temelli algoritmalarından parçacık sürü optimizasyonu (PSO) algoritması Kennedy ve Eberhart (1995) tarafından, sürü halinde bulunan canlıların hareketlerinden esinlenerek oluşturulmuş optimizasyon yöntemidir. Cura (2009), uluslararası borsalarda X100 endekslerinde yaptığı portföy optimizasyonu çalışmalarında kardinalite ortalama varyans yöntemi ile PSO algoritmasını kullanarak, benzetimli tavlama ve tabu yaklaşımından oluşturulan portföylerle karşılaştırılmış ve PSO algoritmasının başarılı sonuçlar ürettiği kanıtlanmıştır. Karmaşık optimizasyon problemlerini çözümlemek için GA ile PSO algoritmasını kullanan Zhu vd. (2011), PSO algoritmasının GA'ya göre daha doğru sonuca ulaşarak, portföy optimizasyonu yapmanın geleneksel yöntemlerle doğru sonuca ulaşamayacağını savunmuşlardır. Lu vd. (2013), çalışmalarında portföy sahiplerinin getirilerini hesaplarken giderlerinde düşünmeleri gerektiğini belirterek portföy optimizasyonu problemini PSO algoritması ile çözümlenmişlerdir. Golmakani ve Fazel (2011), oluşturulmak istenen portföyde ki varlık sayısını önceden belirleyerek, yatırım tutarlarının alt ve üst limiti kesinleştirildiğinde, adet ve değere göre optimum portföyü oluşturmak için Markowitz'in ortalama varyans modelini geliştirerek PSO algoritması üzerinde çalışmışlardır. Yapılan çalışma sonuçlarına göre GA ve PSO algoritması karşılaştırıldığında, yüksek karmaşıklığa sahip problemlerde PSO algoritmasının GA'ya göre hızlı ve daha çok başarılı sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür. Bu portföy optimizasyonu çalışmasında PSO ile GA kullanıldığı için literatür taramaları bu algoritmalar ile sınırlandırılmıştır.



Şekil 1.1: Portföy optimizasyonu ile ilgili çalışmalar.

Çizelge 1.1: GA ve PSO ile portföy optimizasyonu üzerine yapılan araştırmalar.

YAZAR	YIL	ALGORİTMA
Diyar Akay, Tahsin Çetinyokuş ve Metin Dağdeviren	2002	GA
Hayrettin Genel	2004	GA
Ja-Ling, Wu Chun-Hung Lin ve Chun-Hsiang Huang	2005	GA
Kyong Joo Oh, Tae Yoon Kim, Sung- Hwan Min ve Hyoung Yong Lee	2006	GA
Min-Lun Lan, Shing-Tai Pan ve Chih-Chin Lai	2006	GA
Wei Chen, Run-Tong Zhang, Yong-Ming Cai, ve Fa-Sheng Xu.	2006	PSO
Mitsuo Gen ve Lin Lin	2007	GA
M. Yasin Özsağlam ve Mehmet Cunkaş	2008	PSO
Tunchan Cura	2009	PSO
Arma Mut	2009	GA
AHN Chang Wook ve KIM Yehoon	2010	GA
Shijin Li, Hank Wu, Dingsheng Wan ve Jiali Zhu	2011	GA
Hanhong Zhu, Yi Wang, Kesheng Wang ve Yun Chenc	2011	PSO
Hamid Reza Golmakani ve Mehrshad Fazel	2011	PSO
Melih Kutlu	2012	PSO
Desheng Li ve Na Deng	2012	PSO
M. Lakshmikantha Reddy, M. Ramprasad Reddy ve Vyza. C. Veera Reddy	2012	PSO
Zhigang Lu, Lijun Geng, Guanghao Huo ve Hao Zhao	2013	PSO
Azize Zehra ÇELENLİ	2013	PSO
Marco Corazza, Giovanni Fasano ve Riccardo Gusso	2013	PSO
Ghamisi Pedram ve Benediktsson Jón Atli	2014	GA
İlgım Yaman	2014	PSO
Feyyaz Zeren ve Mehmet Baygın	2015	GA
Ahmet Çankal	2015	GA
Azize Zehra Çelenli, Erol Eğrioglu ve Burçin Şeyda Çorba	2015	PSO
Can Berk Kalaycı, Ökkeş Ertenlice, Hasan Akyer ve Hakan Aygören	2017	GA
Kenish Garayev ve Sedat Durmuşkaya	2017	GA
Tuğcan Özsoy ve H. Hasan Örkçü	2017	PSO
Nandar Lynn ve Ponnuthurai N. Suganthan	2017	PSO
Özgür Salman	2018	PSO
Hasan Akyer, Can B. Kalayci ve Hakan Aygören	2018	PSO
Abinet Tesfaye Eseye, Jianhua Zhang ve Dehua Zheng	2018	PSO
C Feng, Y Dong, Y Jiang, M Ran	2018	PSO
Burcu Adıgüzel Mercangöz	2019	PSO

GA ve PSO algoritması literatürüne ait hazırlanan çalışmalara ek olarak bu tez çalışmasında, minimum risk ile maksimum getiri kuralına göre BİST ve KPB endeksi için algoritmalar çalıştırılmıştır. Önerilen portföyler içerisinde sharpe

performans oranına göre en başarılı portföyün seçilmesi sağlanmıştır. Hazırlanan çalışmada farklı parametre değerleri ile daha başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Optimum portföy oluştururken Markowitz ortalama varyans modeli kısıtları ile sharpe performans oranı yöntemi kullanılmıştır. Bu amaçla çalışmada kullanılan BIST ve KPB varlıklarının tahminleme türüne göre geçmiş dönemlerde ki günlük, haftalık, aylık gibi bir tarih aralığında ki kapanış fiyatlarından oluşturulan veri setlerinden PSO'nun GA'ya göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Bu tez çalışmasında portföy, portföy yönetimi, portföy teorileri ile GA ve PSO algoritmaları detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Uygulama kısmında Borsa İstanbul (BİST) endeksinde bulunan hisse senetleri ve Kripto Para Borsası (KPB) endeksi sanal paraları içerisinde optimum portföye ulaşmak hedeflenerek, geçmişteki gerçek verilerden tahminleme dönemine göre portföy önerilerinde bulunulmuştur. Son kısımda kullanılan algoritmalar arasında karşılaştırma yapılarak önerilerde bulunulmuştur.

2. PORTFÖY OPTİMİZASYONU

Globalleşen dünyada gerçek veya tüzel kişiler, küresel olaylara karşı ve gelecekteki yaşam koşullarını iyileştirmek için mevcut gelirlerinin bir kısmıyla tasarruf yapmaktadırlar. Bu kişiler geçmiş yıllarda tasarruflarının büyük bir kısmını yabancı para ve değerli maden gibi yatırım seçenekleriyle değerlendiriyordu. Gelişen dünyada ise hisse senedi, tahvil, bono ve kripto para gibi yatırım seçeneklerini de kullanmaktadır. Tasarruflarını çeşitli yatırım araçları ile değerlendiren gerçek veya tüzel kişilere yatırımcı adı verilir. Getiri elde etmek amacıyla tasarrufları çeşitli yatırım araçlarında değerlendirmesine yatırım denir.

Yatırımcılar, tasarruflarını değerlendirebileceği yatırımlarda belirli bir oranda kâr amacı beklentileri bulunduğu için, değerlendirdikleri yatırım araçlarının finansal nitelikte olması gerekmektedir. Günümüz dünyasında, insanların finansal piyasalarda yatırım yapmak istediklerinde, zaman ve mekân gibi kısıtları bulunmamaktadır. Yatırımcılar istedikleri yerden, kilometrelerce uzak ülkelerin piyasalarında ki endekslerin tüm bilgilerine ulaşabilmektedir. Kolaylıkla ulaşılabilen kâr faydası sağlayabilen finansal piyasalar, yatırımcıların çok fazla dikkatini çekmektedir.

2.1. Portföy

Portföy, ağırlıklı olarak finansal nitelikli olan gerçek veya tüzel kişilere ait hisse senedi, tahvil, bono gibi yatırım araçlarından oluşan değerli kâğıtlar topluluğudur [6].

Fransızca'da bulunan "*Portefeuille*" kelimesinden Türkçemize "*Portföy*" olarak türetilmiştir. Tasarruflarını finansal piyasalarda ki yatırım araçları ile değerlendiren yatırımcıların, ellerinde buldukları varlıkların tümü o kişilerin portföyünü oluşturmaktadır. Portföyler içerdikleri varlık türüne aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- ❖ Tamamı hisse senetlerinden oluşan portföyler.
- ❖ Tamamı hazine tahvillerden oluşan portföyler.

- ❖ Tamamı kripto paralardan oluşan portföyler.
- ❖ Karışık olarak hisse senetlerinden ve tahvillerden oluşan portföyler.
- ❖ Diğer finansal nitelikteki yatırım seçeneklerinden oluşan portföyler.

Bütün yatırımcılar portföylerinde ki varlıkları belirlerken, en yüksek kâra ulaşmak isterler ancak portföye eklenen yatırımların gelecekte ki belirli bir dönem için maksimum kâra erişeceğini düşünerek yapılmış olması, geleceğin belirsiz olmasından kaynaklı bu yatırımlardan oluşan portföy riski oluşmaktadır. Finansal piyasalar sosyal, siyasi, ekonomi gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenden oluşabilecek beklenmedik olumsuz bir olayın risk kavramı tanımı içerisinde yer alması gerekmektedir.

2.1.1. Getiri

Getiri, yatırımcıların yatırım dönemi sonunda yapılan yatırıma karşılık beklediği kârın gerçekleşmesidir [7]. Bir finansal varlığın yatırım dönemi ile ilişkin getirisi aşağıdaki (2.1) eşitlik ile hesaplanır;

$$R_i = \frac{f_s - f_b}{f_b} \quad (2.1)$$

f_s : Varlığın dönem sonu satış fiyatı

f_b : Varlığın dönem başı alış fiyatı

R_i : i . Varlığın dönemlik getirisi

Bu tez çalışmasında BIST ve KPB endeksinde bulunan en yüksek işlem hacmine sahip varlıklardan iki ayrı portföy oluşturulmak istenmiştir. Portföyde bulunan varlıkların günlük getirileri aşağıdaki (2.2) denklemlerle hesaplanmaktadır;

$$R_i = \frac{f_{t+1} - f_t}{f_t} * 100 \quad (2.2)$$

f_{t+1} : Varlığın t+1 gün sonu kapanış fiyatı

f_t : Varlığın t gün sonu kapanış fiyatı

R_i : i . Varlığın günlük getirisi

Varlıkların ortalama getirisi aşağıdaki (2.3) denklem ile hesaplanmaktadır;

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n-1} \quad (2.3)$$

μ_i : i . Varlığın beklenen ortalama getirisi

n : Gün sayısı

Portföy içerisinde bulunan varlıklar, gelecekte belirli bir dönemde getiri gerekleēeđi tahmin edilen yatırımlardır. Bu nedenle portföyün gelecekte beklenen getirisi sabit değilse tahmini beklenen getiri aşağıdaki (2.4) denklemi ile hesaplanmaktadır;

$$E(R_P) = \sum_{i=1}^n x_i \mu_i \quad (2.4)$$

$E(R_P)$: Portföyün beklenen getirisi

μ_i : i . Varlığının getiri (Belirlenen dönem için hesaplanmaktadır)

x_i : Varlığın portföy içerisindeki ağırlığını alır ((0, 1) arasında değer)

i : 1,2,3,4,5,6,7, n

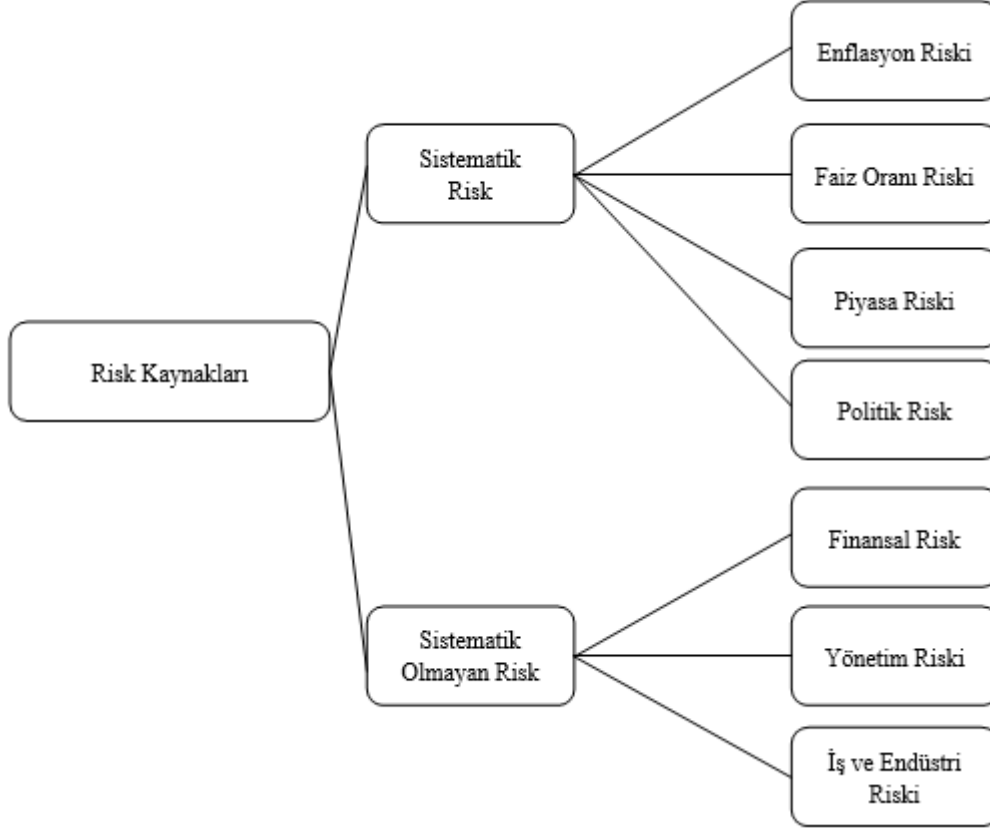
2.1.2. Risk

Yatırımcıların, yatırım kararı verdikleri varlıkların gelecekteki fiyat tahminlerinin gerekleēip, gerekleēmeme gibi bir kesinliği bulunmamaktadır. Portföye eklenen varlıkların yatırım dönemi sonunda beklenen getiriye ulaēamayabilir. Bu beklenen getirinin gerekleēmemesi durumu, yatırımcılar için risk olarak adlandırılır.

Riskler, finansal piyasadaki tüm varlıkların aynı zamanda etkisi altına alacak sistematik karakterli nedeni olabileēi gibi, sadece belirli bir sektörü veya belirli bir firmayı etkisi altına alacak sistematik karakterli olmayan nedene bağlı olmayabilir [8].

Risk kaynakları, varlıkların içerdikleri risk bakımından sistematik karakterli risk ve sistematik karakterli olmayan risk olarak iki türe ayrılmaktadır. Sistematik karakterli risk, portföyde bulunan varlıkların bulunmuē olduğu sektör veya grup deđiēse bile giderilemeyen risk grubudur. Sistematik karakterli olmayan risk türü, portföyde bulunan varlıkların bulunmuē oldukları sektörlerin farklılaētırılması sonucu

giderilebilen risk grubudur. Sistematik karakterli olmayan risk türü, portföy sahipleri tarafından yönetilebilir ve riskin azaltılması ya da ortadan kaldırılması mümkün olabilir.



Şekil 1.1: Risk kaynaklarını oluşturan gruplar.

Risk kaynaklarını gruplandırırken, portföy sahiplerinin risk görüşlerinin farklılık göstermesi nedeniyle yatırımcılar risk görüşlerine göre çeşitlendirilebilir. Örneğin; yatırımcı benzer getiriye sahip varlıklar arasında tercih yaparken, varyansı düşük olanı yani düşük riske sahip olanı tercih eder. Böylece aynı getiriyi daha düşük risk ile gerçekleştirebilir. Varlıkların beklenen getirisine karşın, portföyün riskinin bilinmemesi yatırımcıları risk oranlarına göre 3 gruba ayırmaktadır.

Riski sevmeyen yatırımcı: Bu gruptaki yatırımcılar, yatırımlarını kısa vadeli yaparlar ve riski hiç sevmezler. Yatırım kararı alırken, en düşük risk oranına sahip varlıkları tercih ederler. Portföyünde bulunan fonların vadeleri uzadığı durumlarda, hisse senedine geçiş yaparlar [9].

Riski seven yatırımcı: Yatırım vadeleri uzun olan yatırımcıların bulunduğu gruptur. Bu grupta bulunan yatırımcılar için önemli olan yüksek getiridir. Yüksek getiri beklentisi olan varlıkların tümünün riski de çok yüksektir.

Riske karşı kayıtsız kalan yatırımcı: Portföyüne varlık eklerken risk durumunu incelemeyen yatırımcıların bulunduğu gruptur. Bu yatırımcılar riski önemsemeyerek sadece portföyüne ekledikleri varlıkların getirileriyle ilgilenirler.

Yatırımcılar portföylerine ekleyecekleri varlıklara karar verirken sadece o varlıkların beklenen getirilerine bakarak karar vermemeleri gerekir. Portföye eklenecek varlığın mevcut dönemdeki beklenen getirisi ile gerçekleşen getiriye bakarak tahminden sapma oranına bakmak gerekir. Yani portföye eklenecek varlıkların varyansını ya da standart sapmasını hesaplamak gerekir. Literatürde portföy optimizasyonunda kullanılan risk hesaplaması varyans ya da standart sapma formülü ile hesaplanmaktadır. Konu hakkında ki literatür taramasında portföyün risk hesaplamasında en fazla kabul gören varyans formülüdür. Standart sapma ise varyansın karekökünü alarak bulunur ve değer olarak incelendiğinde daha küçük olduğu için değerlendirmelerde daha çok kullanılır.

Portföyün riskinin hesaplanması aşağıdaki (2.5) denklemden gibidir;

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \quad (2.5)$$

σ_p^2 : Portföyün riski (varyansı)

x_i : i . Varlığının portföy içindeki aldığı ağırlığı

x_j : j . Varlığının portföy içindeki aldığı ağırlığı

σ_{ij} : i .ve j . Varlıkları arasında kovaryans sonucu

n : Portföyde bulunan varlık sayısı

Standart sapma hesaplaması aşağıdaki (2.6) denklemden gibidir.

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij}} \quad (2.6)$$

Bir portföyde bulunan varlıkların birbirleri arasındaki ilişkileri, kovaryans oranları hesaplanarak öğrenilebilir. Kovaryans, birbirinden farklı iki verinin belirli bir zamanda değişimlerdeki hareketlerinin uyumunun ölçüsü olarak tanımlanır [10].

i ve j varlıklarının kovaryans matrisi aşağıdaki (2.7) denklemlerle hesaplanmaktadır;

$$Kov(i, j) = \sigma_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^n [(R_{it} - \bar{R}_i)(R_{jt} - \bar{R}_j)]}{n-1} \quad (2.7)$$

$Kov(i, j)$: i .ve j . varlıkları arasındaki kovaryans değeri

R_{it} : i .varlığının t zamandaki getirisi

R_j : j .varlığının t zamandaki getirisi

\bar{R}_i : i .varlığının ortalama getirisi

\bar{R}_j : j .varlığının ortalama getirisi

n : Periyot sayısı

Yukarıdaki formül ile kovaryans değeri hesapladığımız portföyle ilgili 3 farklı yorumda bulunabiliriz:

1.Yorum ; $Kov(i, j)$ denkleminin sonucunda, pozitif bir sonuç çıkarsa; i . ve j . varlıkları arasında doğrusal bir ilişki vardır. Buna örnek olarak; aynı sektörde bulunan veya aynı grupta bulunan şirketlerin iki farklı varlıkları arasında aynı yönlü bir ilişki vardır. Örneğin grup firmasının ekonomik olarak geliştiği durumda, o gruba ait diğer şirketlerinde bu gelişimden etkilenerek değerlerinin artması sağlanır. Diğer bir durum da ise grup firmasının ekonomik olarak sıkıntılar yaşadığı durumlarda, o grup firmasına bağlı diğer şirketlerin değerlerinin azalmasına neden olmaktadır.

2.Yorum ; $Kov(i, j)$ denkleminin sonucunda, negatif bir sonuç çıkarsa; i . ve j . varlıkları arasında doğrusal olmayan bir ilişki vardır. Buna örnek olarak; farklı sektörlerde bulunan 2 varlığın değerlerini etkileyen faktörler sektörden sektöre farklılık göstermektedir. Bir varlığın sektöründe gerçekleşen olumsuz bir durum o varlığı etkilerken, başka sektörde bulunan bir varlıktaki sektörün durumunun iyi olması o varlığın değerinin artmasını sağlar. Bu yorumların yapılmasının nedeni bu portföyde bulunan varlıkların kovaryans değerinin negatif olmasıdır. Portföy sahiplerinin, portföyüne ekleyecekleri varlıkların birbirleriyle olan ilişkilerin doğrusal olmaması, o yatırımcının portföyünün riskini azalmasını sağlayabilir.

3. Yorum ; $Kov(i, j)$ denkleminin sonucu sıfır çıkarsa; i . ve j . varlıklarının birbirleri arasında doğrusal ya da doğrusal olmayan hiçbir ilişkinin bulunmadığını açıklar.

Yatırımcıların portföye ekleyecekleri varlıkların arasında ki ilişkinin olmaması, o portföyün riskinin ve getirisinin hesaplanması zorlaştıracaktır. Kovaryans denkleminin katsayısının sıfır ya da sıfıra yakın olması o iki hisse senedi arasında farklı bir ilişkinin olduğunu gösterir [11].

Kovaryans denkleminin sonucu portföye eklenecek olan varlıkların birbirleri arasındaki ilişkinin yönünü belirlerken, korelasyon denkleminin sonucu yatırımcılara portföye eklenmesi planlanan varlıkların birbirleri arasındaki ilişkinin katsayılarını da göstermektedir. Korelasyon dereceleri (-1,1) aralığında değer alarak iki varlığın birbiri arasındaki ilişkinin katsayısını aşağıdaki (2.8) eşitlik denkleminde hesaplanmaktadır:

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (2.8)$$

Varlıkların birbirleri arasındaki korelasyon derecesi 1 değerine yakın olduğu durumlarda; varlıklar arasında doğrusal olan pozitif bir ilişki vardır. Korelasyon derecesinin -1 değerine yakın olduğu durumlarda; hesaplamaya dâhil edilen varlıklar arasında doğrusal olmayan negatif bir ilişki vardır. Korelasyon derecesinin 0 değerine yakın olduğu durumlarda; varlıklar arasında çok güçsüz bir ilişkinin olduğunu hatta birbirlerini etkilemedikleri söylenebilir.

2.2. Portföy Yönetimi

Portföy yönetiminin temel hedefi, en düşük riskle en yüksek getiri elde etmektir. Yatırımcıların portföyelerine ekleyecekleri varlıkların tespit edilebilmesi, belirlenen varlıklara yatırım oranı kararının verilmesi, yatırım dönemlerinin belirlenmesi, yatırımcıların portföy değerlendirmelerinde kullandıkları risk ve getiri oranlarının hesaplanması, hangi durumlarda ve hangi zaman aralığında alıŖ satıŖ yapılacağının karar verilmesi gibi optimum portföye ulaŖtıracak tüm çalıŖmalar portföy yönetiminin kapsamı içindedir. Portföy yönetimi alanında uzman bilgisi olan ve bu bilgileri çeŖitli sertifika ve diploma gibi resmî belgeler ile kanıtlayan kiŖiler tarafından gerçekteŖtirilir. Uzman kiŖiler, yatırımcıların beklentilerini tespit ederek, ilgili mevzuat ve yönergeler kapsamında farklı portföyler oluŖturarak yatırım tavsiyesinde bulunur. Portföy yönetimi; belirli bir miktardaki kaynağın, kaynak sahiplerinin isteklerini ve tercihlerine özen göstererek, kaynak sahibinin tasarrufunu

mevcut enflasyon oranı üzerinde maksimum kazanç sağlayacak varlığa yatırılması, dönem içerisinde bu varlıklar arasındaki ağırlığın değiştirip, oluşturulan portföyün performansının sürekli izlendiği ve müdahale edildiği canlı bir süreçtir [12]. Portföyü oluşturulan varlıkların çeşitlendirilmesi, portföy yönetimi için çok önemlidir. Literatürde geleneksel portföy teorisi ve modern portföy teorisi olmak üzere iki portföy teori bulunmaktadır.

2.2.1. Geleneksel portföy teorisi

Literatürde klasik portföy teorisi olarak adlandırılan bu teori, portföye eklenecek varlıkların farklı çeşitte olması gerektiğini savunmaktadır. Portföyün içinde bulunan varlıkların getirilerinin aynı olmayacağından bazı varlıklar zarar ederken bazı varlıkların kâr etmesi, portföyün riskini azalttığı savunulmaktadır. Klasik portföy teorisinde portföye eklenen varlıkların çeşitlendirilmesi esas alınır [11]. Riskin varlık çeşitliliği ile azaltılacağını düşünülen bu teoride, portföyde bulunan varlıkların birbirileri arasındaki ilişki incelenmeden sadece portföyün getirisinin yüksek olmasıyla ilgilenmektedir. Bir Çin atasözünde belirtilen “*Bütün yumurtalar farkı sepete konulmalı.*” kuralıyla anlatılan portföy çeşitlendirmesinin yapılması gerektiğini, portföye eklenen varlıkların sayısının artırıldığı durumda portföyün riskinin azaltılabileceğini, bu nedenle bir portföyde ne kadar farklı varlık varsa o kadar portföy riskinin düşük olacağı önemi kabul edilmiştir [13]. Bu teoride yatırımcılar portföy risklerini düşük tutmak isterler ve risklerinin ne ile ölçüleceğini bilmezler. Yüksek getiri ve çok sayıda varlık bulunan portföy türlerine sermayelerini yatırmaları önerilir.

Geleneksel portföy teorisinin yönetimi, yatırım uzmanları arasında farklılık göstermektedir. Bu farklılık, yatırım uzmanlarının teknik bilgi, kavrama, anlayış ve tecrübesine göre değişmektedir. Geleneksel portföy teorisinin amacı; yatırımcıları maksimum getiriye ulaştırmaktır. Bu en yüksek getiriye ulaşmanın yöntemi ise kabul ettiği risk seviyesini belirleyebilmektir [14].

Geleneksel portföy teorisinin asıl amacı olan çeşitlendirmenin çok fazla ve ölçüsüz olarak yapılması aşırı çeşitlendirme sorununu oluşturur. Bu sorunun portföye olumsuz etkileri:

- ❖ Portföyü yönetmenin zorlaşması ile birlikte inceleme masraflarının artması.

- ❖ Portföye eklenecek varlığın kabul edilen riskine göre beklenen getiriye sağlayamaması.
- ❖ Portföye eklenen varlıkların çeşitliliğinin artması ile birlikte ödenecek olan komisyon giderlerinin artması [15].

Geleneksel portföy yaklaşımı 3 kademedен meydana gelmektedir:

- ❖ Yatırımcıların bilgilerinin toplanması.
- ❖ Portföy hedefinin belirlenmesi.
- ❖ Portföye eklenecek varlıkların belirlenmesidir.[16].

Yatırımcılar, portföy çeşitlendirmesini belirlerken mevcut durum, gelecekte ki beklentileri, tasarrufları, gelir durumları, mesleki durumları ve kişisel niteliklerine göre farklılık gösterir. Geleneksel portföy teorisi yaklaşımının ilk aşaması, yatırım dönemi sonucunda portföyden beklenen faydanın belirlenmesi gerekir. En son aşamada beklenen getiriye ulaşmak için portföye eklenmesi gereken varlıklar seçilmektedir.

Geleneksel portföy teorisinin, yatırımcılarına sistematik sonuçlar vermediği için gelecekte ki faydasının ya da kaybın kesin olmaması, II. Dünya savaşı sonrası bilim adamlarını yeni yöntemler aratmaya yöneltmiştir [2]. Harry Markowitz (1952) "*Portföy Seçimi*" başlıklı makalesi ile geleneksel portföy teorisinin yerine modern portföy teorisini önermiştir.

2.2.2. Modern portföy teorisi

Geleneksel portföy teorisinde, portföy riski sayısal olarak ifade edilmeden eklenilecek varlık sayısının ne kadar fazla olursa o portföyün riskinin o kadar düşük olacağı savunulmuştu. Ekonomik anlamda bir ölçüt olarak portföyün beklenen risk ve getirisi ilk olarak 1952 yılında Harry Markowitz tarafından kullanılmıştır. Bu yöntem ile portföylerin beklenen riski ve getirisi sayısal olarak ifade edilmiştir. Ayrıca portföye eklenmesi gereken varlıklar incelenerek, portföy çeşitlendirmesinde varlıkların birbirleriyle olan bağıntılarının (korelasyon) değerlendirilmesi gerektiğini belirtmiştir. Markowitz, portföy çeşitlendirmelerinde varlıkların birbirlerinin getirileri aralarındaki bağıntıya bakılması gerektiğini ve geleneksel portföy teorisindeki varlık sayısı artışının riski düşüreceği düşüncesine karşı olarak bir portföyde bulunan varlıkların sayısının belirli sayı üstüne çıkması o varlıkların

portföy riskine olumsuz etkisi olacağını savunmuştur. Modern portföy teorisi ile geleneksel portföy teorisindeki “*daha çok varlık sayısı*” düşünce devri kapatılmıştır.

Markowitz, modern portföy teorisini açıkladığında, geleneksel portföy teorisinin üstüne üç yeni düşünce getirmiştir:

- ❖ Portföyün genel riskinin, içerisinde bulunan varlıkların riskinden daha düşük olabileceği, bazı portföyler de sistematik olmayan riskin sıfır olabileceği yaklaşımı.
- ❖ Optimum portföyü belirlerken, sadece risk veya sadece getirinin tek başlarına seçim yetkisinin yeterli olmayacağı (*aynı getiri oranına sahip iki farklı portföyde risk oranlarına bakılması ya da risk oranları aynı olan iki farklı portföyde getiri oranına bakılması gerektiği*).
- ❖ Tahmin sonucu oluşturulan tüm portföylerin etkin sınır yaklaşımı ile risk getiri düzleminde gösterilerek belirlenen üst alandaki etkin sınır, farklı risk ve getiri değerlerini gösterecek optimum portföyleri oluşturması [17].

Modern portföy teorisinde, portföyün riskini ve getirisini hesaplarken bazı temel varsayımlar kullanılmıştır:

- ❖ Yatırımcılar riski sevmezler ve oluştuğu durumda kaçarlar [11].
- ❖ Yatırımcıların, yaptıkları yatırımların olasılık durumu normaldir [11].
- ❖ Piyasalar yeterlidir [18].
- ❖ Portföye eklenebilecek varlıkların getirileri anormal değildir [19].
- ❖ Varlıklar arasındaki ilişki yatırım dönemi içinde aynıdır.
- ❖ Portföy risk ve getirisi oluşturulurken, vergi, komisyon, işlem maliyeti gibi ücretler hesaplama dışında bırakılmıştır.
- ❖ Yatırımcılar sadece, varlıkların alıcısı konumunda olup varlıkların fiyatına etkileri yoktur.
- ❖ Tüm yatırım araçları adet olarak sonsuz parçalara ayrılabilir.
- ❖ Sonsuz alım kuralı sayesinde açığa satış gibi seçenekleri devre dışı bırakılır [20].
- ❖ Yatırımcıların portföy için risk ve getiri bakışları aynı olup, aynı risk durumunda getirisi daha yüksek olanı, aynı getiri oranına sahip varlıklarda ise riski daha düşük olanları seçerler [8].

Modern portföy teorisinin ortaya çıkarılmasının ardından oluşturulan yeni kavramlar aşağıda açıklanmıştır [13]:

Güçlü şekilde etkin piyasa: Varlıkların alıcı ve satıcı sayısının fazla olduğu, mevcut alıcı ve satıcıların varlıkların fiyatlarını tek başına etkileyemediği, finansal piyasalarda açıklanan verilerin herkesin kolaylıkla, düşük maliyetle ya da maliyetsiz ulaşabildiği, likiditenin yani nakde çevrilme hızının yüksek olduğu, varlıkların alım ve satım gibi komisyonlarının olmadığı veya düşük komisyon olduğu, gelişmiş finansal piyasalara etkin piyasa olarak adlandırılır.

Farksızlık (kayıtsızlık) eğrileri: Yatırımcıların risk bazlı arzuladıkları getirileri gösteren ve her noktanın sağladığı faydanın eşit olduğu eğrilere farksızlık eğrileri denir [21]. Farksızlık eğrilerinin incelenmesinde yatırımcıların riske karşı duyarlılığına göre farklı sonuçlar çıkmaktadır. Riski sevmeyen yatırımcının getiri oranı düşerken, risk seven yatırımcıların getiri oranları yükselmektedir.

Yatırım fırsatları seti: Yatırımcıların minimum risk ile maksimum getiriye ulaşma ihtimali olup yatırım yapma ihtimalinin bulunduğu bütün portföylere yatırım fırsatları denir.

Etkin portföy ve etkin sınır: Modern portföy teorisine göre, yatırımcıların farklı varlıklar içerisinde aynı getiri seviyesindeki varlıklar arasında karşılaştırma yaparken en düşük risk seviyesindeki varlık tercih edilirken, aynı risk seviyesindeki varlıklar arasında karşılaştırma yaparken en yüksek getiri seviyesindeki varlıklar tercih edilir. Bu tür portföy seçimlerine etkin portföy denir [3]. Etkin portföyün seçilimi etkin sınırı oluşturmaktadır [22].

Optimal portföy seçimi: Yatırımcıların en düşük risk ile en yüksek getiri tahminlerine göre oluşturulan, etkin kısıtlamaların birbirine eşit olduğu ve yatırımcıların kendilerine sağlayacağı en yüksek getiriyi seçtiği portföye, optimal portföy denir. [13].

2.3. Ortalama Varyans Modeli

Ortalama varyans yöntemi risk ve getiri olarak iki esas parametreden oluşmaktadır [11]. Yatırımcıların asıl amacı en düşük riske karşın en yüksek getiriyi elde etmektir. Ortalama varyans yöntemine göre portföylerin ortalamaları, portföy içinde bulunan varlıkların portföy içerisindeki ağırlık oranları ile varlıklardan elde edilecek olan

kârlarının çarpılarak ayrı ayrı olarak toplanmasıyla ulaşılır. Portföyün riskinin hesaplanması ise, içinde bulunan varlıkların standart sapmalarıdır. En düşük zarar veya riskle en yüksek getiri veya faydaya ulaşmayı hedefleyen yöntem aşağıdaki risk (2.9) ve getiri (2.10) denklemleri ile hesaplanmaktadır;

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij} \quad (2.9)$$

σ_p^2 : Portföyün riski

σ_{ij} : Portföy de bulunan i . ve j . varlıkları arasındaki kovaryans değeri

x_i : i . varlığının portföy içindeki ağırlığı

x_j : j . varlığının portföy içindeki ağırlığı

N : Portföy de bulunan varlıkların sayısı

$$E(R) = \mu = \sum_{i=1}^N x_i \mu_i \quad (2.10)$$

μ : Portföyün beklenen getirisi

x_i : i . varlığının beklenen getirisi

Markowitz ortalama varyans modelinin amaç fonksiyonu ve kısıtları aşağıdaki (2.11) denklemler ile tanımlanmaktadır.

$$\text{Amaç Fonksiyonu} = \text{Min.} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij}$$

$$\text{Kısıtlar} = \mu = \sum_{i=1}^N x_i \mu_i \quad \sum_{i=1}^N x_i = 1$$

$$0 \leq x_i \leq 1 \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (2.11)$$

2.4. Portföy Performansının Değerlendirilmesi

Önerilen portföylere ait varlıkların kâr ve zarar durumunun sürekli takip edilmesi gerekmektedir. Bunun sebebi yatırımcılar, portföyünde bulunan varlıkların kâr zarar durumu ile alternatif portföyde bulunan varlıkların kâr zarar durumlarını karşılaştırmak isterler [23].

Portföyün başarı oranını ölçmek için, portföy de bulunan varlıkların kâr zarar durumları ile alternatif portföylerde bulunan varlıkların kâr zarar durumlarının karşılaştırması gerekmektedir [11]. Literatür incelendiğinde portföyde bulunan varlıkların kâr zarar durumunu gösteren portföy başarısını tespit eden birçok model geliştirildiği görülmektedir.

2.4.1. Sharpe performans oranı

Sharpe oranı, portföy de bulunan varlıkların kâr ve zarar arasındaki bağlantıyı hesaplamak için geliştirilmiştir [24]. Hesaplanması çok kolay olan sharpe oranı, portföy de bulunan varlıkların ortalama getirilerini risk bulunmayan faiz oranından çıkartılması sonucunun tüm riske bölünmesiyle hesaplanır. Sharpe oranlarının yüksek olması mevcut riske göre getirisinin başarılı olduğu, sharpe oranının düşük olduğu durumlarda ise portföyün başarısız olduğunun göstergesidir.

Sharpe oranı aşağıdaki (2.12) eşitlikle hesaplanmaktadır.

$$S_p = \frac{E(R_p) - R_f}{\sigma_p} \quad (2.12)$$

S_p : Portföy Sharpe başarı oranı

$E(R_p)$: Portföyde bulunan varlıkların tahmini getirisi

R_f : Mevcut durumdaki risk bulunmayan faiz oranı

σ_p : Portföyde bulunan varlıkların toplam riski

Yatırımcılar yatırım yapacakları portföylerin seçimini yaparken, portföylerin sharpe oranlarına bakarlar. Sharpe oranı yüksek olan portföylerin düşük olanlara göre daha yüksek getiri sağlayacağı kabul edilir. Bu tez çalışmasında önerilen portföyler içerisinde optimum portföye ulaşmak için sharpe oranına göre portföy seçimi yapılmıştır.

2.4.1. M² Hesaplaması

Sharpe oranına geliştirmek isteyen Franco Modigliani ve Leah Modigliani tarafından oluşturulmuştur. M² performans ölçütü, finansal piyasalar portföyünün standart

sapması ve risksiz faiz oranı ile portföyün sharpe oranı toplanarak hesaplanmaktadır. [25,26].

M^2 ölçütü aşağıdaki (2.13) denkleme göre hesaplanmaktadır.

$$M^2 = R_f + S_p * \sigma_m \quad (2.13)$$

S_p : Portföyün sharpe başarı oranı

R_f : Finansal piyasalar risksiz faiz oranı

σ_m : Finansal piyasalar portföyünün standart sapması

2.4.2. Treynor oranı

Portföydeki varlıkların riski ile risksiz faiz oranı arasındaki bağlantıyı inceleyen orandır [27]. Treynor oranı hesaplamasında portföyün risk oranını hesaplarken standart sapma yerine beta katsayısı kullanılır. Böylece portföyün pazar getirisine duyarlılığı hesaplanır.

Treynor oranı aşağıdaki (2.14) denkleme göre hesaplanmaktadır.

$$Treynor\ Oranı = \frac{E(R_p) - R_f}{\beta_p} \quad (2.14)$$

$E(R_p)$: Portföyde bulunan varlıkların tahmini getirisi

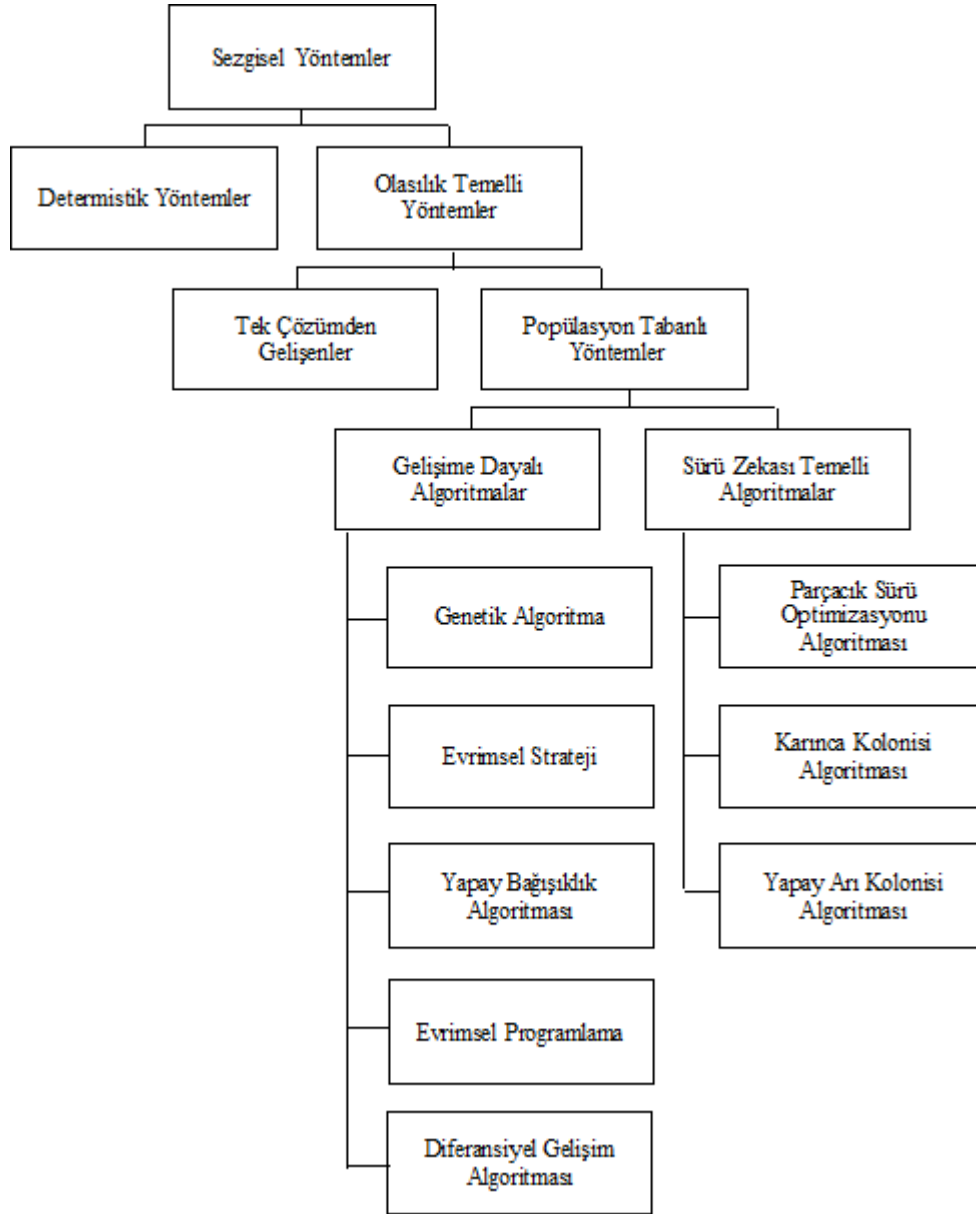
R_f : Mevcut durumdaki risk bulunmayan faiz oranı

β_p : Portföyün betası

3. SEZGİSEL OPTİMİZASYON ALGORİTMALARI

Optimizasyon, belirli bir alanda kullanılan iş gücü, zaman, nakit, hammadde, kapasite, donanım gibi kaynakların riski minimize edecek ve kârı maksimize edecek şekilde verimli kullanılmasını sağlayacak yöntemler olarak tanımlanmaktadır [28]. Belirlenmiş kuralları bulunan problemlerin, tüm çözüm seçenekleri içerisinde en doğru olanı bulma yöntemine optimizasyon denir. Başka bir ifade ile matematiksel olarak belirtilen problemler içerisinde en doğru çözümü sağlayan bilim alanıdır [29]. Problemler içerisinde çözümü olanların hepsi birer optimizasyon problemidir. Optimizasyon problemlerinin amacı sonucu en doğru hale getiren değişkenin olması gereken değerinin bulunmasıdır [30]. Literatür incelendiğinde optimizasyon problemlerinin çözümü için klasik ve modern yöntemler olarak birçok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir.

Optimizasyon problemleri, amaç fonksiyonu, karar değişkenleri ve değişken kısıtlarından meydana gelmektedir [31]. Amaç fonksiyonu, optimizasyon problemlerinde en iyi değere ulaştıran fonksiyon olarak da bilinmektedir. Optimizasyon problemleri içerisinde çözümün maksimum veya minimum değerini arayan fonksiyona amaç fonksiyonu denmektedir. Problemleri optimize edilmesini sağlayan değişkenlere karar değişkenleri, bu değişkenlerin belirli aralıklar ile sınırlandırılmasına kısıt denir [32]. Klasik yöntemler ve sezgisel algoritmalar olarak sınıflandırılan optimizasyon problemlerinde klasik yöntemler en iyi sonuca ulaşmak için bütün verileri okuyarak kanıtlanmış analitik çözümler üretebilir. Bu nedenle yüksek karmaşıklığa sahip problemlerde çözüm boyutunun yüksek olması çözüm zamanını uzatabilir [33,34].



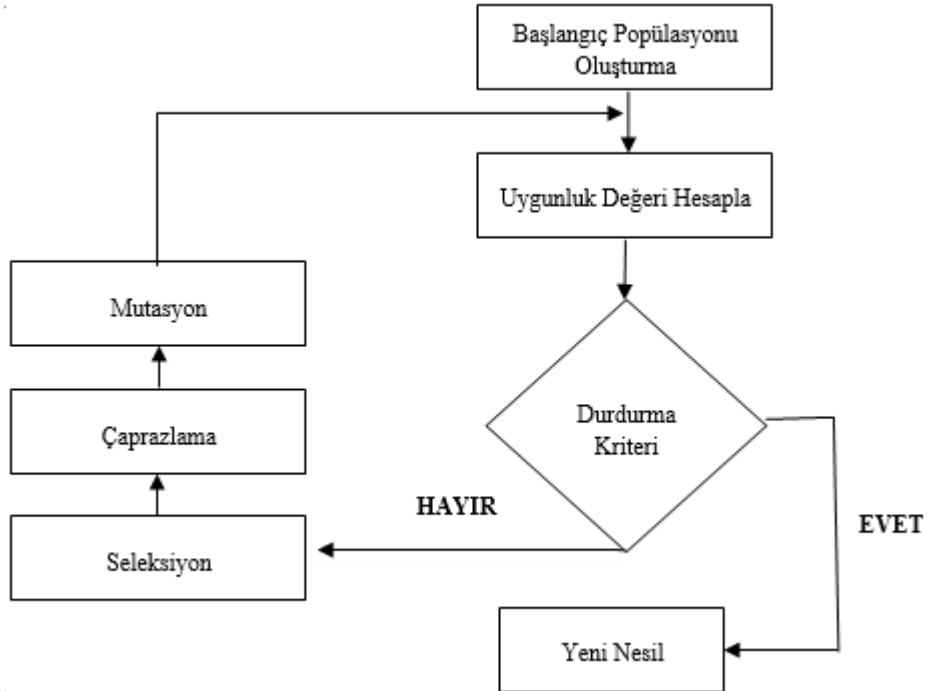
Şekil 2.1: Optimizasyon metotlarının sınıflandırılması.

Tespit edilemeyen parametre değerlerine belirli kısıtlar dahilinde çözüm arayan problemlere optimizasyon problemleri denir [35]. Özellikle son yıllarda yapay zekanın gelişimi ile birlikte tek başlarına bir anlam ifade etmeyen varlıklar sürü halinde bir popülasyon oluşturdukları zaman optimizasyon problemlerinin çözümü için bir algoritma oluşturmaktadırlar. Bu algoritmalar ile çözümlerden oluşan popülasyonları farklı operatörler kullanarak yaklaşık çözümler üretilir [36].

Bu tez çalışmasında gelişime dayalı algoritmalarından genetik algoritma (GA) ve sürü zekâsı temelli algoritmalarından parçacık sürü optimizasyonu (PSO) algoritması kullanılmıştır.

4. GENETİK ALGORİTMA

Genetik algoritma (GA), John Henry Holland ve öğrencileri ile birlikte üzerinde çalışarak literatüre kazandırdıkları evrimsel bir algoritmadır [37]. Canlı varlıklarda bulunan genetik dizilimi, optimizasyon problemlerinin çözümü için kullanan Holland, problemin çözümüne rastgele seçilen varlıklardan oluşan bir başlangıç popülasyonu oluşturarak başlamaktadır. Başlangıç popülasyonu iterasyon sonuçlarında oluşturulan tekrar üreme ve seçme modelleri ile geliştirilir. En son kuşağın en uygun bireyi optimizasyon probleminin sonucu olmaktadır [38]. GA'da yeni bireyler, nesillerinin en kaliteli bireyleri olarak oluşur. Kötü kromozoma sahip bireyler hayatlarını sürdürmezler. GA'da üretilen bireylerin kromozom durumları iyi ise optimizasyon problemlerinde çözüm sonucu verirken, kromozoma sahip bireyler üretmelerinin durdurulması gerektiği düşüncesi ile hafızadan kaldırılması gereken bireyler olarak görülürler. GA aşamaları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1: Genetik algoritma akış şeması.

4.1. Başlangıç Popülasyonun Oluşturulması

GA çalıştırılması için öncelikle rastgele oluşturulan kromozomlar çözümü dizisi oluşturulur. Gen, algortmada genetik özellikler barındıran en küçük yapıya denir. Kromozom ise genlerin oluşturduğu yapıdır. GA'da her bir çözüm kromozom (birey) olarak adlandırılır. Bir optimizasyon problemini GA'da çözmek isteyen kişi, rastgele kromozom sayıları, kromozomdaki gen sayılarını belirleyerek başlangıç popülasyonunu oluşturur.

GA ile bir optimizasyon problemi çözülürken n adet karar değişkeni, m adet popülasyon büyüklüğü değeri ve karar kriteri olarak k tane kriter varsa nxk tane birimden oluşan m tane rastgele kromozom oluşturulur. Başlangıç toplumunun kromozomlarla ve karar değişkenleriyle oluşumu Çizelge 4.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1: Başlangıç toplumunun kromozomlarla ve karar değişkenleriyle gösterimi.

	x_1				x_2				...	x_{n-1}				x_n			
1	0	1	1	0	0	1	1	1	...	1	1	0	1	1	0	1	1
2	0	1	0	0	1	0	1	1	...	0	1	0	1	1	1	0	0
3	1	0	0	1	1	1	0	0	...	0	1	1	0	0	1	1	0
⋮	⋮				⋮				⋮	⋮				⋮			
m-2	1	1	1	0	0	1	0	1	...	0	0	1	0	1	1	0	0
m-1	0	1	1	0	0	0	1	1	...	1	0	0	1	1	0	0	1
m	1	1	0	1	1	0	0	1	...	0	0	0	1	1	0	0	0

Başlangıç popülasyonunun büyüklüğü seçim sırasında çok önemlidir. Küçük seçilirse çözüm alanı kısıtlı olacak ve sonuçlarda yakınsama meydana gelecek. Büyük seçildiği durumda ise arama alanı artacak ve hesaplama zamanı çok uzun sürecektir.

4.2. Uygunluk Değeri

GA'da kromozomların bir sonraki iterasyona taşınmasına karar verilirken kromozomların kalitesi değerlendirilir. Uygunluk değeri bu kromozomların kalitesinin amaç fonksiyonuna göre bir sonraki iterasyona taşınıp taşınmaması gerektiğine karar vermektedir.

GA'da ki uyum fonksiyonu, hedeflenen amaca ulaşılmak istenen verilerin sayısal biçiminde değerlerin gösterilmesidir ve amaç fonksiyonun bir diğer adıdır [39]. Uygunluk fonksiyonları minimizasyon ve maksimizasyon problemlerinde farklılık göstermektedir. Maksimizasyon problemlerinde uyum fonksiyonun değeri hedeflenen amaç fonksiyonu ile aynı değere sahipken minimizasyon problemlerinde hedeflenen minimum değere ulaşmak için uyum fonksiyonun değeri amaç fonksiyonun tam tersi olarak hesaplanmaktadır. Minimizasyon problemlerini çözmek için problemi öncelikle maksimizasyon problemine çevrilmesi gerekir. Çevirme işlemi amaç fonksiyonunu büyük değerlerden çıkartılır böylece maksimizasyon problemi çözümlerine dönüştürülür.

Literatür kaynaklarında uyum problemlerinde en elverişli GA olduğu bahsedilmektedir. Bir fonksiyonu minimize edilmesi için diğer fonksiyonun tersinin alınması gerekmektedir. Örneğin F'i en düşük değerini bulmak için G'yi maksimize etmek gerekecek oda $G(X) = -F(X)$ olacaktır [40]. Eşitlik sonucu negatif olamaz eğer negatif olduğu durumlarda sonuç bir pozitif sayı ile toplanır.

4.3. Genetik Operatörler

GA alanında birçok çalışma yapılmasına rağmen genel olarak yeniden üretim, çaprazlama ve mutasyon temel operatörleri kullanılmıştır [41].

Temel olarak çaprazlama operatörü algoritmanın çalışması sırasında sistemi etkileyen en etkili operatördür. Çaprazlama sonrası mutasyon operatörü ise rastgele kromozomlarda değişiklik yapmasını sağlar.

4.3.1. Yeniden üretim (doğal seleksiyon) operatörü

Kalitesi yüksek bireylerin hayatta kalması ve üremesi varsayımına dayanan, kalitesi düşük bireylerin ise azalarak yok olması kuralı ile çalışan doğal seçim işlemi olarak da adlandırılan bir GA operatörüdür [38]. Bu operatör uygunluk değerleri içerisinden en yüksek değere sahip bireyin hayatta kalmasını veya daha kaliteli bireyler üreterek çözümlerini sağlamasını amaçlamaktadır.

Yeniden üretim operatörü, kullanılacak olan dizilerin sayılarına karar veren bir operatördür. Bu karar verme işlemi dizinin uyum değeriyle popülasyonun uyum değerini karşılaştırır. Maksimizasyon problemlerinde uyum değeri yüksek olan yeni popülasyonlarda daha çok benzer üretim yapılırken, minimizasyon problemlerinde

daha düşük değere sahip oluşturulan popülasyonlarda daha çok benzer üretim yapılacaktır.

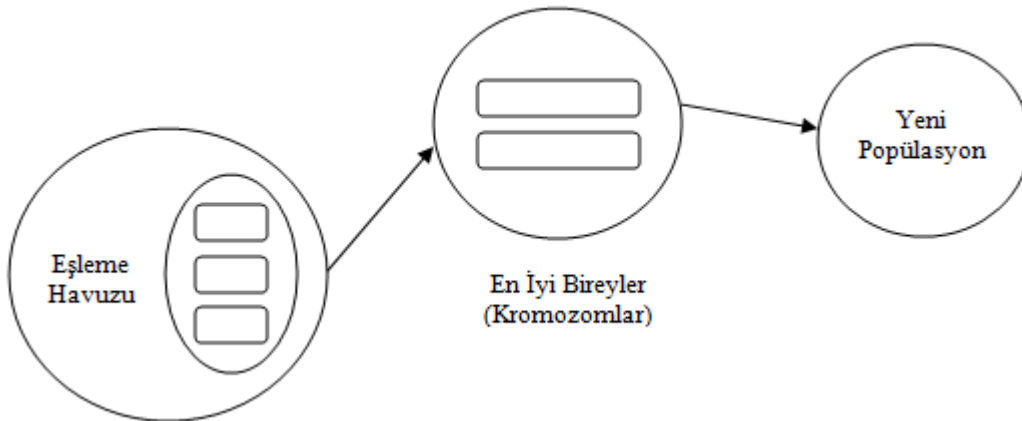
Başlangıçta rastgele oluşturulan bireyler, oluşturulan fonksiyona göre uygunluk değerleri hesaplanmaktadır. Uygunluk değerlerini yüksekten düşüğe göre sıralayıp, en yüksek uygunluk değeri seçimi ile kaliteli bireylerin sayısını korunabilir veya artırılabilir. Uygunluk değeri yüksek olan kromozomları, rulet tekerleği, turnuva seçimi, sıralama seçimi ve rastgele seçim yöntemi gibi seçim yöntemleri kullanılarak seçim işlemi yapılmaktadır. Karar aşamalarında ise olasılıksal seçim yöntemleri kullanılmaktadır.

Yeniden üretim operatörü GA'nın en önemli üretim işlemidir. Amaca en yakın olan işlemde en iyi kromozomlara ulaşmak için arama işlemi yapılarak üretim yapılır. Bu üretim işlemi 3 basamakta; ebeveyn seçimi, yeni bireylerin üretimi için çaprazlama ve yeni bireyler ile eski bireylerin yer değiştirmesi işlemi ile gerçekleştirilir [42].

4.3.1.1. Seçim metotları

En yüksek uyum değerine sahip bireylerin seçimi veya başlangıç popülasyonundan iki ebeveyni çaprazlamak gibi seçme işleminden oluşur. Seçimin nasıl olarak gerçekleşeceği çok önemlidir.

Seçim işlemi Şekil 4.2'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2: Eşleşme havuzundan yapılan en iyi birey seçme işlemi.

Seçim işlemi yapılırken uyum değerleri en yüksek bireylerden seçilir. En iyi bireyleri seçme optimum sonuca ulaşma süresini artırır.

Bir popülasyon kümesinin oluşturulmasının ardından, yeni bireyler için uyum değeri hesaplanır. Yeni üretilen nesilde bireyler eşleştirilmek üzere seçilir bu seçim en yaygın kullanılan 3 tane seçim yöntemleriyle gerçekleştirilir. Kullanılan seçim yöntemleri; orantılı, sıralı ve en çok kullanılanı turnuvadır [43].

Tekrar oluşturma sistemleri Çizelge 4.2’de anlatılmıştır [44].

Çizelge 4.2: Tekrar seçim sistemleri.

SİSTEMLER	AÇIKLAMASI
Orantılı Tekrar Seçim Sistemi	Tüm kromozomların popülasyondan seçilme oranı belirlenir. Rulet çemberi, stokastik artan ve üniversal sistemleri kullanılarak yeni bir popülasyon oluşturulur.
Sıralı Tekrar Seçim Sistemi	Uygunluk fonksiyonu yardımıyla popülasyon içinde ki kromozomların uygunluk değerlerine göre azalan bir sıralama yapılır. Bu sıralamaya bir dizi numarası atandıktan sonra orantılı tekrar oluşturma sisteminin yöntemlerinden biriyle bir popülasyon oluşturulur.
Turnuva Tekrar Seçim Sistemi	Topluluk içerisinde rastgele seçilen bir grup dizinin uygunluk fonksiyonu ile uygunluk değerinin hesaplanmasının ardından en iyi değere sahip olanları oluşturulacak olan yeni popülasyona eklenir. Bu ekleme işlemi popülasyon alanını tamamen dolduruncaya kadar devam eder.

a. Orantılı seçim

Ebeveynleri seçmek için popülasyonda ki bireyler sayısal oranla rulet tekerleğinin üzerine atama işlemi yapılır. Sayısal oranla atama işlemi yapıldığı için en iyi bireylerin seçilme oranı artar. Holland tarafından geliştirilen sistemde bireylerin oranına göre seçilme olasılığı bulunmaktadır.

b. Sıralama seçim

Rulet tekerleği yönteminde uyum değerleri arasında çok fark olan bireyler olduğu zaman tek bir bireyin seçilme oranı yüksek olacak diğer bireylerin seçilme oranı düşük olacaktır. Örneğin %95 alan kaplayan bir bireyin seçilme oranı yüksek diğer bireylerin seçilme oranı düşüktür. Sıralama seçimi sayesinde popülasyonda ki bireyler kötünden en iyiye göre sıralanmaktadır. Yavaş yakınmasa yapılarak sonuçlanır ancak hızlı yakınma yapılarak önlenir. Sıralı seçim sayesinde uygunluk değerine göre çeşitlilik korunurken düşük uygunluk değeri olan bireylerin seçilme olasılığı artar.

c. Turnuva seçim

Turnuva seçim yönteminde popülasyondan rastgele seçilen belirli sayıdaki bireyler karşılaştırılır. Uygunluk fonksiyonu sonucu en yüksek olan birey turnuvadan seçilir. Turnuvadan seçilen bireyler popülasyona eklenir. Oluşturulan toplulukta birey sayısı kadar yapılan turnuva sonucunda ortalama optimal uyum değerine sahip bir popülasyon oluşur.

d. Denge durumu seçim

Denge durum seçim yönteminin diğer seçim yöntemlerinden farkı öncelikle popülasyonlardan bireyler seçilmektedir. Bireyler seçildikten sonra çaprazlama ve mutasyon işlemi yapılarak yeni popülasyonlar oluşturulur. Sıralı seçim yöntemi ile seçilen bireylere genetik operatörler uygulanır. Yeni oluşturulan bireylerin uyum değerleri karşılaştırılır, düşük olanların yerleri değiştirilerek yeni popülasyon oluşturulmuş olur [45].

4.3.2. Çaprazlama operatörü

Öncekilerine göre daha iyi değerlere sahip bireyleri oluşturmak için kromozomların belirli yerlerinden parçalayarak yer değiştirmesi şeklinde gerçekleştirilir. 3 farklı yöntemi bulunmaktadır. Bunlar uniform, tek ve iki noktalı çaprazlamadır [46].

4.3.2.1. Tek noktalı çaprazlama

Eşleşme havuzundan rastgele seçilen iki adet bireyin tek bir noktasından yapılan çaprazlama işlemine tek noktalı çaprazlama denir. Literatür taramalarında genel olarak GA'da tek noktalı çaprazlama kullanıldığı görülmüştür [47].

Örnek vermek gerekirse rastgele seçilen iki bireyin kromozom uzunluğuna L denilirse $[1, L-1]$ arasında rastgele oluşacak çaprazlama noktasına k sayısı oluşturulur. Bireylerden $k+1$ 'den L 'ye kadar yani sonuna kadar olan parçalar değişime uğrar ve iki tane yeni popülasyon oluşur.

Tek noktalı çaprazlamaya örnek olarak Çizelge 4.3’de örnek verilmiştir.

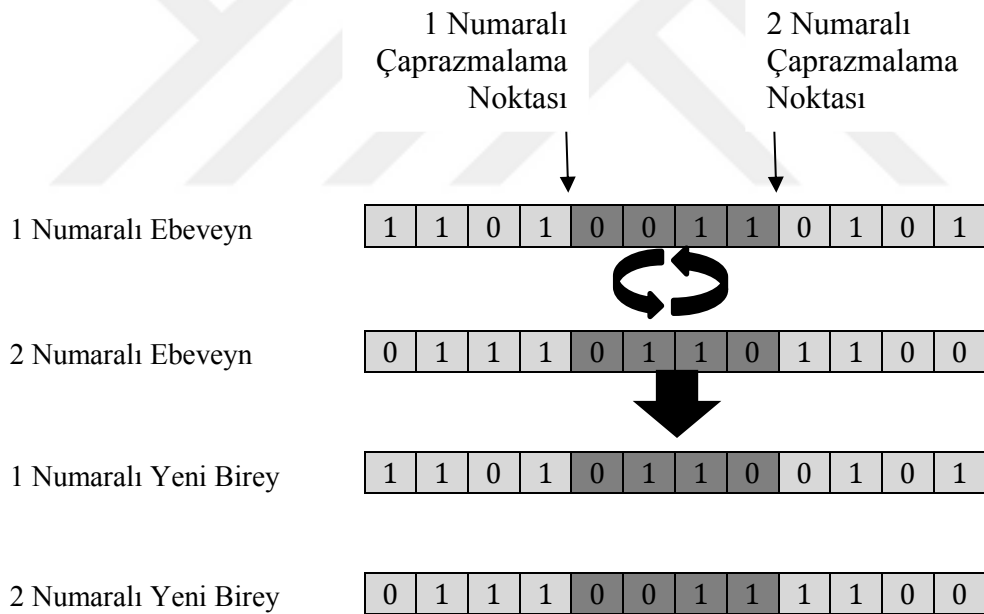
Çizelge 4.3: Tek noktalı çaprazlama.

	I	II	III	IV	V	VI
Birey X	1	0	0	1	0	1
			↕	↕		
Birey Y	0	0	1	1	0	0
Yeni Oluşturulan 1. Birey	1	0	1	1	0	1
Yeni Oluşturulan 2. Birey	0	0	0	1	0	0

4.3.2.2. İki noktalı çaprazlama

Tek noktalı çaprazlama da olduğu gibi rastgele seçilen iki noktanın arasında kalan dizide ki kromozomların birbirleri arasında yer değiştirme yöntemidir.

İki noktalı çaprazlama yöntemi Şekil 4.3’de örnek verilmiştir.



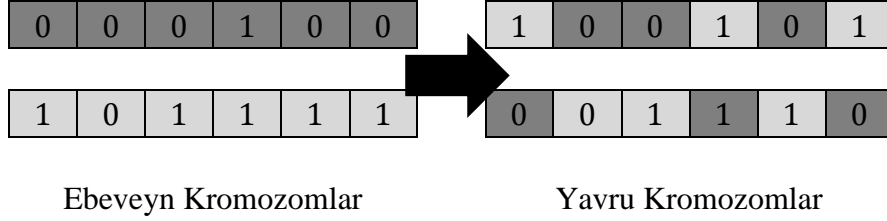
Şekil 4.3: İki noktalı çaprazlama örneği.

4.3.2.3. Uniform Çaprazlama

Baba da bulunan tüm genler çocuğa kopyalanıp değerleri 0 ve 1 olan ve değişken halde bulunan bir vektör oluşturulur. Bu vektörün 1 değerine sahip olan elemanların indisleri, babanın kopyası olarak var olan çocuktaki indisleri değiştirecek genleri göstermektedir. Babada bulunan indislerin değerleri ve annede bulunan indislerin

değerleri alınarak sıralanır. Sıralanmış olan genlerin indis değerlerinde bulunan genler anneden alınıp daha önceden tespit edilmiş değiştirilecek olan genler çocuğun genlerinin üzerine yazılarak çaprazlama işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır.

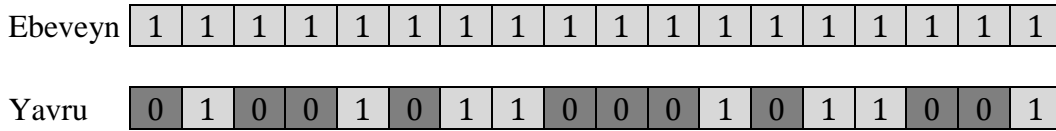
Uniform Çaprazlama



Şekil 4.4: Uniform çaprazlama örneği.

4.3.3. Mutasyon operatörü

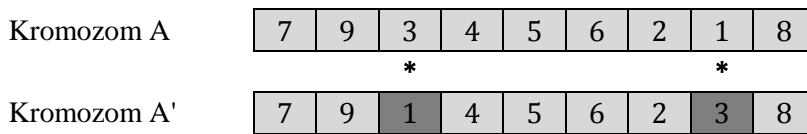
Nesiller arasında gen değişimini sağlayan bireylerdeki bozulma yapısına mutasyon denir. Çocuklarda bulunan bazı genler rastlantısal olarak değişim göstermektedir. Mutasyon operatörü ile yerel optimum noktalarda bulunan çözümlerin sıkışmasının önüne geçilmektedir. Mutasyon olasılığı ile bireyde bulunan bitlerde oluşabilir. Mutasyonun olasılığı yüksek ise rastgele aramaya dönüşülür ve en iyi çözümü bulmak zor hale gelir. Bireylerdeki genin rastsal değişme oranı %1 den daha küçüktür, mutasyon oranının düşük seçilmesi durumunda çözüm uzayında farklı noktalara erişimi kısıtlamaktadır.



Şekil 4.5: Mutasyon örneği.

4.3.4. Yer değiştirme

Yer değiştirme döngünün son bölümüdür. Ana popülasyona yeni bireyleri eklemek gerekmektedir bunun için birçok yaklaşım vardır. Oluşacak yeni çocukların bireyleri, popülasyon ortalama uyum değerine eşit olmalıdır.



Şekil 4.6: Kromozom üzerinde bulunan iki gen rastgele seçilerek karşılıklı yer değiştirmektedir.

4.4. Genetik Algoritma Parametreleri

Kontrol parametrelerinin belirlenmesi GA'nın performansını etkilemektedir. Problemlerin tiplerine göre parametreler farklılık göstermektedir. Popülasyon büyüklüğü, seçim sistemi, çaprazlama ve mutasyon evrimsel algoritma tanımlamada belirlenir. Her bir bileşenlerin parametreleri mevcuttur. Parametreler algoritmanın hangi optimuma yakınsak olması durumunu inceler, global optimumuma veya yerel optimuma yakınsamak çözüm bulma işlemini büyük ölçüde etkilemektedir [48].

4.4.1. Popülasyon büyüklüğü

Algoritma sonucuna büyük etkisi olan parametrelerden birincisi popülasyon büyüklüğüdür. Popülasyon büyüklüğünün değeri küçük olduğu zaman çözüm süresi kısalmaktadır, değerin büyük olması durumunda ise çözüm süresi uzamaktadır [49].

David E. Goldberg popülasyon büyüklüğünü hesaplamak için kromozomda bulunan bir sayı için $N=1,65*2^{0,21*k}$ şeklinde öneride bulunmuştur [50].

Schaffer (1989) çaprazlama olasılığının 0,75-0,90 olması, popülasyonun büyüklüğünün ise 20-30 arası olması gerektiğini savunarak bu koşullarda daha iyi sonuçlara ulaşılabileceğini savunmuştur. Popülasyon büyüklüğünü hesaplamak için aşağıdaki (4.1) denklemi literatüre kazandırmıştır. [51]

$$N \approx 0(2^k \frac{\sigma^2}{d^2}) \quad (4.1)$$

K : Doğrusalsızlık sırası

σ^2 : Problemin varyansı

d : Yerel ve global optimum değerleri arasındaki, uyum fonksiyonu farkı

4.4.2. Çaprazlama olasılığı

Çaprazlama işleminin ne kadar sıklıkta yapılmasını belirleyen parametre çaprazlama olasılığıdır. Çaprazlama hiç yapılmamış ise anne-baba bireylerinin kopyasından yeni yavrular oluşur. Çaprazlama var ise yavrular anne baba bireylerinin parçalarından oluşmaktadır. Çaprazlama operatörlerinin hepsinde farklı arama güçleri bulunmaktadır.

Çaprazlama yöntemlerine ait arama gücü hesaplaması Çizelge 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4: Kromozomlarda bulunan iki tane genin rastgele yer değiştirmesi [52].

OPERATÖR	ARAMA GÜCÜ
Tek Nokta	$L - 1/2^{L-1}$
İki Nokta	$((L-1)/2) / 2^{L-1}$
Uniform	1

4.4.3. Mutasyon olasılığı

Popülasyondaki çeşitliliği mutasyon olasılığı sürdürmektedir. Çaprazlama olasılığı yerine mutasyon olasılığı GA’nın performansını daha çok etkilemektedir. Mutasyon olasılığı ile popülasyon da ki çeşitliliğin devam etmesi sağlanır. $P_m \approx 1/L$ formülü kullanılarak da 0.02-0.06 sayıları aralığında değerin doğru olduğu düşünülür [51].

4.4.4. Seçim stratejisi

Seçilme olasılığı, popülasyonda bulunan bireylerin uygunluk değerlerine bağlıdır. Yeni nesil oluşturma seçiminde farklı stratejiler kullanılır. Stratejiler arasında truva, sıra ve uygunluk değeri seçimi sık kullanılan stratejilerdir. Bir sonraki neslin büyük kısmının yavrular tarafından oluşturulacak olması kuşak farklılığının yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer neslin yavrudan oluşması en iyi değere sahip olan ebeveynlerin yok olması demektir. Elitlik uygulaması yapılarak sorun ortadan kaldırılır. Elitlik, popülasyon da bulunan bireyleri ortadan kaldırmayarak bir sonraki nesle aktarımını sağlamaktadır.

4.5. Genetik Algoritma Sonlandırma Koşulları

Durdurma kriteri olmadığı takdir de GA sonsuza kadar çalışabilmektedir. Başlangıçta bir ölçüt olarak gerçekleşmesi gereken hedef belirlenir. GA’da belirlenen iterasyon sayısına ulaştığında döngü sonlandırılır. Son nesilde bulunan en iyi kromozom en iyi çözümü vermektedir [53]. Amaç fonksiyonunun değer ortalaması veya hedef fonksiyonunun standart sapması belirli bir seviyeye ulaştığında GA sonlanmış olur [54].

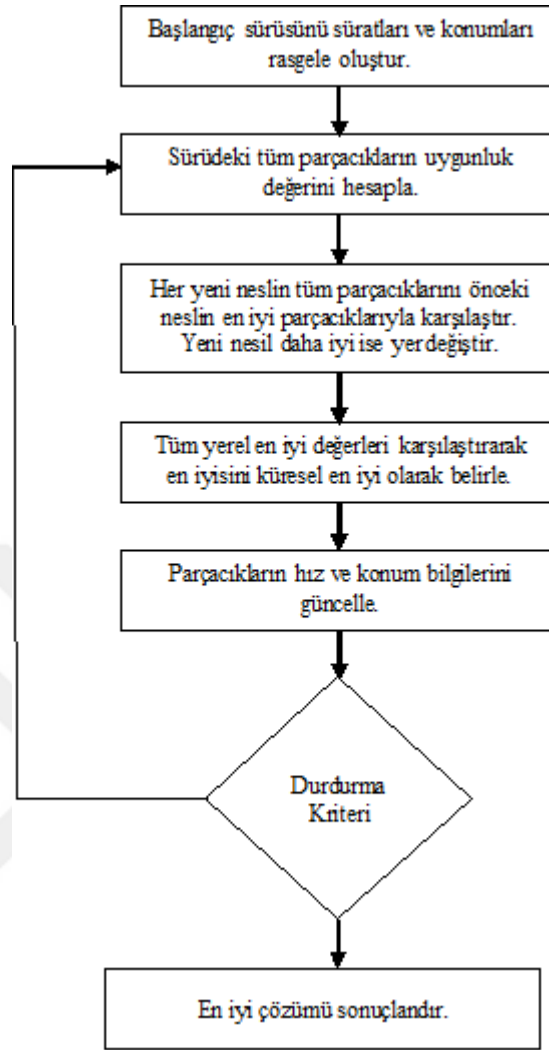
5. PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI

Parçacık sürü optimizasyonu (PSO), doğada sürü halinde bulunan kuş, balık, böcek gibi canlıların sosyal hayatlarında besin toplama ve güvenliklerini sağlamak amacıyla gerçekleştirdikleri davranışlardan etkilenecek Kennedy ve Eberhart tarafından oluşturulmuş optimizasyon yöntemidir.

PSO algoritması, sürü halinde bulunan canlıların belirli amaçlar doğrultusunda birbirleri arasındaki iletişimi modelleyen sürü zekasına dayandırılan bir algoritmadır. Yapılan araştırmalar sonucunda sürü halinde doğada hareket eden canlıların rastgele oluşturmuş oldukları davranışlar ile amaçlarına daha kolay ulaştığı görülmüştür. Bilim adamları sürü halinde doğada hareket eden canlıları gözlemlediklerinde besin arayan canlıların hem kendi tecrübelerine göre hem de sürüde bulunan diğer canlıların tecrübelerine göre hareket ettiklerini tespit etmişlerdir. PSO algoritmasında arama işlemi belirlenen nesil sayısı kadar yapılır. Bir konumdan başka bir konuma belirli bir hızla hareket ederek en iyi çözüme ulaşmayı hedefleyen her birey parçacık olarak adlandırılır. Uygun çözüm oluşturan bireyler topluluğuna sürü denir. Topluluk tabanlı bir arama yöntemi olan PSO'da parçacıkların çözüm uzayında bir konumdan sürü içerisindeki en iyi bir konuma belirli bir hızla yakınsaması amaçlanır. Optimum çözüme ulaşılanaya kadar rastgele gerçekleşen yakınsama hızı ile parçacıkların konumlarının yer değiştirilmesi devam eder.

Parçacık sürü optimizasyonu üretim, tedarik, elektrik-elektronik, mekanik, finans gibi birçok sektörde optimizasyon probleminin çözümünde kullanılmıştır [27].

PSO algoritması adımları aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.1: PSO algoritması akış şeması.

5.1. Başlangıç Değerlerinin Oluşturulması

PSO algoritması başlatılırken, bir dizi oluşturulur ve dizi içerisinde bulunan parçacıklara rastgele pozisyon ve vektör hızı oluşturulur.

5.1.1. Konum değerlerinin oluşturulması

Konum değeri 1, ... , d arasında olan $i=1,2,3, \dots, n$ olan bireylerin (parçacıkların) başlangıç konum matrisi aşağıdaki (5.1) denklemde gösterilmiştir.

$$X^0 = \begin{bmatrix} x_{11}^0 & x_{12}^0 & x_{13}^0 & \dots & x_{1d}^0 \\ x_{21}^0 & x_{22}^0 & x_{23}^0 & \dots & x_{2d}^0 \\ x_{31}^0 & x_{32}^0 & x_{33}^0 & \dots & x_{3d}^0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1}^0 & x_{n2}^0 & x_{n3}^0 & \dots & x_{nd}^0 \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

Örneğin x_{33}^{24} , 33. iterasyon sayısında, 2. parçacığın (bireyin) konum vektöründeki 4. değerini tanımlamaktadır.

5.1.2. Hız vektörü değerleri

Dizi içerisinde bulunan her parçacığın hız vektör değeri bulunmaktadır.

Hız vektör değeri aşağıdaki (5.2) denklem ile hesaplanır.

$$v_i^k = [v_{i1}^k, v_{i2}^k, v_{i3}^k, \dots, v_{id}^k] \quad (5.2)$$

v : Hız vektörü.

K : iterasyon sayısı.

i : Konum değeri.

Konum değeri 1, ..., d arasında olan $i=1,2,3, \dots, n$ olan bireylerin (parçacıkların) başlangıç hız vektör matrisi aşağıdaki (5.3) denklem ile hesaplanır.

$$v^0 = \begin{bmatrix} v_{11}^0 & v_{12}^0 & v_{13}^0 & \dots & v_{1d}^0 \\ v_{21}^0 & v_{22}^0 & v_{23}^0 & \dots & v_{2d}^0 \\ v_{31}^0 & v_{32}^0 & v_{33}^0 & \dots & v_{3d}^0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ v_{n1}^0 & v_{n2}^0 & v_{n3}^0 & \dots & v_{nd}^0 \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

5.2. Uygunluk Değeri

Parçacıklar için rastgele oluşturulan konum ve hız vektör değerleri uygunluk fonksiyonuna yazılarak uygunluk değeri bulunur. Uygunluk değeri hesaplanırken, uygunluk fonksiyonuna problem ile ilgili kısıtlar belirlenebilir. Kısıtlara sınırlandırılması getirilmesi, normal olmayan değerlerin hesaplama dışına çıkarılması sağlanabilir [55].

5.3. Yeni ve Eski Nesil En İyi Karşılaştırması

Parçacıklar içerisinden optimum çözümüne ulaşmak için, yeni ve eski nesil, uygunluk değerine göre karşılaştırılır.

5.4. Global ve Yerel En İyi Değer

Uygunluk fonksiyonuna değerleri girilen parçacığın, uygunluk değeri hesaplandıktan sonra en iyi uygunluk değeri hesaplanan parçacığın konum değeri aşağıdaki (5.4) denklem ile hesaplanır.

$$p_{best_i} = [p_{i1}, p_{i2}, p_{i3}, \dots, p_{id}] \quad (5.4)$$

p_{best} : PSO algoritmasında parçacıkların uygunluk değerlerine göre güncellenen yerel en iyi değerdir.

g_{best} : PSO algoritmasında parçacıkların iterasyonlar boyunca optimum çözüme ulaşan değeri veren uygunluk değeri ise global en iyi değerdir.

5.5. Parçacıkların Hız ve Konum Değerlerinin Güncellenmesi

p_{best} değeri her iterasyonda en iyi çözüme ulaşan uygunluk değeri veren bireyin konum değeri olurken g_{best} algoritmanın çalışma süresi boyunca iterasyondaki parçacığın konum değeridir. Bazı durumlarda bu iki değer birbirlerine eşit olabilirler. Başlangıçta belirlenen bu iki değer için sonraki iterasyon için hız vektör ve konum değerleri aşağıdaki (5.5 ve 5.6) denklemleri hesaplanır.

$$v_{ij}^{k+1} = v_{ij}^k + c_1 r_1^k [p_{best_{ij}}^k - x_{ij}^k] + c_2 r_2^k [g_{best}^k - x_{ij}^k] \quad (5.5)$$

$$x_{ij}^{k+1} = v_{ij}^{k+1} + x_{ij}^k \quad (5.6)$$

(3.4) numaralı denklemde c_1 ve c_2 kat sayıları bilişsel ve sosyal kat sayılar öğrenme sürecinde parçacığın önemli bilgilerini bir sonraki iterasyona aktarımını etkilemektedir. Öğrenme katsayıları bir diğer adı bilişsel katsayı, yerel en iyi uygunluk değeri olan p_{best} değerini etkilemesinden dolayı parçacığın geçmişteki tecrübelerine göre davranışlarının bir etkisidir. Sosyal katsayı ise önceki iterasyonlardan sonuçlanan en iyi değer için sonraki iterasyonlara olan etkisini hesaplamaktadır. PSO algoritmalarında bilişsel ve sosyal katsayıların seçimi çok önemlidir. Kat sayı oranlarının yüksek seçilmesi, optimum çözüme ulaşma süresini hızlandırabilirken, düşük seçilmesi optimum çözüme ulaşma süresini uzatabilir. Optimum çözüm süresini hızlandırmak için kat sayı oranı yüksek seçilirken, doğru

sonuçların göz ardı edilebileceği unutulmamalıdır. Yapılan literatür taramasında $c_1=c_2$ katsayılarının 2 olarak tanımlanmasında optimum çözüm sonuçlarının başarı oranının arttığı [56], $c_1=c_2$ katsayılarının 1,494 olarak tanımlanmasında optimum çözüme kısa sürede ulaşıldığı gözlenmiştir [57].

Formülde yer alan r_1^k ve r_2^k de bulunan k değerleri 0 ile 1 arasında bulunan rastgele sayılardır.

5.6. Durdurma Kriteri

PSO algoritmasında üç farklı şekilde durdurma kriteri bulunmaktadır;

- ❖ Belirlenen iterasyon sayısına ulaşıldığı durumlarda durduma.
- ❖ Optimizasyon problemlerinde çözüm değerinin optimum değere ulaşması durumunda durdurma.
- ❖ İterasyonlar arasında g_{best} değerinin aynı olması veyahut birbirine çok yakın değerler olması durumunda durdurma kriteri olarak kullanılabilir.

Belirtilen durdurma kriterlerinin oluşturulmadığı durumda, PSO algoritması sonsuz döngü içerisinde çalışabilir.



6. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında Genetik Algoritma (GA) ve Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritması kullanılarak Borsa İstanbul (BİST) ve Kripto Para Borsa'sında (KPB) portföy optimizasyonu amaçlanmıştır.

Uygulama kısmında GA ve PSO algoritmasının parametreleri geliştirilerek BİST ve KPB'na için çalıştırılmıştır. GA ve PSO'nun önermiş olduğu portföyler için risk getiri ve sharpe oranı portföy seçim kriteri kabul edilmiştir. Algoritmaların önermiş olduğu portföylere ait sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirmelerde bulunulmuştur.

6.1. Uygulama Ortamı

BİST ve KPB'na ait getiri ve risk fonksiyonları GA ve PSO algoritmasında portföy optimizasyonu yapılması amacıyla MATLAB R2015b yazılımıyla çözümlenmiştir.

6.2. Veri Tanımı

Portföy optimizasyonu kapsamında BİST ve KPB endeksleri kullanılmıştır. Kullanılan endekslerde 60 hafta sürekli işlem görmüş 25 tane varlık seçilmiştir. Kullanılan haftalık verilerinden 7 günlük yatırım yapılması amaçlanmıştır.

Seçilen varlıkların kodları ve unvanları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1: BIST hisse senetleri ve kripto para birimleri.

Kod	Hisse Senetleri	Kod	Kripto Para
PETKM	Petkim Kimya A.Ş.	BTC	Bitcoin
GARAN	Garanti Bankası	ETH	Etherium
TAVHL	Tav Havalimanları A.Ş.	XRP	Ripple
HALKB	Halk Bankası A.Ş.	LTC	Litecoin
EKGYO	Emlak Konut A.Ş.	BCH	Bitcoincash
VERUS	Verusa A.Ş.	EOS	Eos
THYAO	Türk Hava Yolları	BNB	Binancecoin
TSKB	Sınai Kalkınma Bankası	XVG	Verge
ZOREN	Zorlu Enerji A.Ş.	XLM	Stellar
EREGL	Ereğli Çelik A.Ş.	ADA	Cardano
KOZAA	Koza Anadolu A.Ş.	TRX	Tron
ALARK	Alarko A.Ş.	XMR	Monero
VESTL	Vestel A.Ş.	DASH	Dash
KARSN	Karsan Otomotiv A.Ş.	MIAOTA	Iota
ASELS	Aselan Otomotiv A.Ş.	NEO	Neo
TMSN	Tumosan Motor A.Ş.	ETC	Etherium Classic
ENJSA	Enerjisa Enerji A.Ş.	ZEC	Zcash
PGSUS	Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş.	BTG	Bitcoingold
PRKME	Park Elektrik A.Ş.	OMG	Omiseği
İPEKE	İpek Enerji A.Ş.	WAVES	Waves
KOZAL	Koz Altın A.Ş.	QTUM	Qtum
ENKAI	Enka İnşaat A.Ş.	DCR	Decred
NETAS	Netaş A.Ş.	REP	Augır
TTRAK	Türk Traktör A.Ş.	NANO	Nano
OTKAR	Otokar A.Ş.	KMD	Komodo

BIST endeksinde 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arasında sürekli işlem görmüş 25 adet menkul kıymetin haftalık kapanış fiyat verileri Çizelge 6.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.2: BIST endeksi 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arası haftalık kapanış fiyat verileri.

Tarih	Petkm	Garan	Tavhl	Halkb	Ekgyo	Verus	Thyao	Tskb	Zoren	Eregl	Kozaa	Alark	Vestl	Karsn	Asels	Tmsn	Enjsa	Pgsus	Prkme	İpeke	Kozal	Enkar	Netas	Ttrak	Otkar
26.5.19	3,56	7,50	23,06	5,40	1,05	17,76	11,96	0,67	1,10	7,28	6,82	2,67	9,44	1,07	17,19	3,69	5,07	29,60	1,89	4,62	46,80	5,10	5,68	25,64	99,00
19.5.19	3,61	7,65	22,86	4,98	1,14	18,00	12,02	0,69	1,16	7,48	6,78	2,86	8,98	1,09	18,87	4,10	5,20	28,86	1,98	4,92	45,70	4,97	5,99	25,58	101,10
12.5.19	3,75	7,56	23,48	5,36	1,31	18,20	12,15	0,71	1,17	7,53	5,74	2,66	10,25	1,25	18,51	4,23	5,25	28,50	2,05	4,39	44,36	5,20	6,35	26,84	106,10
5.5.19	3,52	8,13	24,66	5,80	1,44	18,19	13,90	0,75	1,24	7,62	5,46	2,65	11,39	1,46	20,30	4,44	5,34	30,74	2,22	4,31	41,48	5,31	7,22	27,48	111,90
28.4.19	3,52	8,15	24,36	5,91	1,45	19,00	13,92	0,75	1,25	7,36	5,46	2,66	12,24	1,49	21,30	4,36	5,46	29,32	2,26	4,37	41,00	5,16	7,37	29,40	115,00
21.4.19	3,64	8,45	24,22	6,23	1,43	20,28	14,15	0,77	1,33	7,83	5,68	2,69	12,67	1,50	21,20	4,50	5,46	30,16	2,36	4,51	42,40	5,10	7,67	30,80	110,80
14.4.19	3,53	8,44	24,14	6,21	1,42	21,12	13,89	0,75	1,25	7,99	5,75	2,32	12,74	1,49	21,00	4,37	5,42	29,72	2,34	4,57	42,50	4,81	7,57	31,20	105,90
7.4.19	3,67	9,01	26,36	6,34	1,46	20,80	14,55	0,78	1,31	7,94	5,85	2,45	12,86	1,53	21,82	4,43	5,30	29,56	2,33	4,73	44,04	4,73	8,11	32,28	107,00
31.3.19	3,55	8,34	23,34	6,38	1,49	21,92	12,93	0,76	1,24	7,71	5,58	2,39	12,89	1,50	21,28	4,35	4,76	27,20	2,28	4,48	41,96	4,45	8,16	30,70	104,90
24.3.19	3,61	9,18	23,74	6,99	1,53	21,02	13,49	0,83	1,32	7,44	5,68	2,58	13,69	1,52	22,22	4,53	5,29	27,70	2,43	4,64	42,90	4,75	8,19	31,24	109,10
17.3.19	3,87	9,13	23,55	7,30	1,64	20,02	12,98	0,87	1,41	7,96	5,65	2,87	12,20	1,55	23,18	4,86	5,21	30,20	2,61	4,69	44,80	4,78	7,69	32,50	118,25
10.3.19	3,83	8,66	22,47	7,14	1,45	19,34	13,21	0,87	1,45	7,42	5,59	2,88	11,33	1,43	22,74	4,70	5,37	30,04	2,68	4,73	44,68	4,90	7,67	35,16	115,04
3.3.19	4,33	8,80	25,15	7,48	1,47	18,45	13,97	0,85	1,50	7,61	6,15	2,84	10,40	1,63	23,84	4,90	5,36	29,00	2,66	5,22	49,94	5,02	8,13	34,40	115,52
24.2.19	4,29	8,67	25,87	7,19	1,43	18,60	14,12	0,84	1,46	7,82	5,78	2,80	7,58	1,51	25,66	4,80	5,59	29,76	2,75	4,84	51,00	4,99	7,81	34,30	114,36
17.2.19	4,32	8,87	25,10	7,21	1,36	17,67	13,69	0,84	1,47	7,26	5,84	2,61	6,35	1,40	24,34	4,55	5,68	28,72	2,53	5,27	50,95	4,81	7,24	33,82	112,00
10.2.19	4,49	8,88	26,15	7,40	1,43	18,24	14,71	0,84	1,41	7,02	5,90	2,47	6,42	1,38	23,72	4,62	5,53	29,42	2,53	5,18	51,85	4,92	7,10	35,52	107,10
3.2.19	4,47	9,03	25,61	7,55	1,50	17,11	14,76	0,85	1,49	7,00	6,49	2,61	6,70	1,48	24,86	4,77	5,72	29,12	2,57	5,39	52,60	4,90	7,75	37,40	108,00
27.1.19	4,59	9,14	24,68	7,84	1,50	15,58	14,67	0,85	1,30	7,16	7,59	2,46	6,45	1,50	25,12	4,87	5,21	28,34	2,58	5,81	57,50	4,82	7,39	37,24	106,00
20.1.19	4,16	9,15	22,84	7,88	1,48	15,92	14,44	0,79	1,27	6,67	7,40	2,23	5,91	1,53	24,16	4,74	5,08	24,44	2,52	5,80	53,95	4,59	7,07	36,26	102,10
13.1.19	3,93	7,91	22,12	6,87	1,40	16,45	15,08	0,73	1,22	6,25	7,59	2,08	5,79	1,40	23,24	4,59	4,94	22,26	2,41	5,73	54,90	4,51	6,63	33,66	97,75

Çizelge 6.2 (Devamı): BIST endeksi 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arası haftalık kapanış fiyat verileri.

Tarih	Petkm	Garan	Tavhl	Halkb	Ekgyo	Verus	Thyao	Tskb	Zoren	Eregl	Kozaa	Alark	Vestl	Karsn	Asels	Tmsn	Enjsa	Pgsus	Prkme	İpeke	Kozal	Enkar	Netas	Trak	Otkar
6.1.19	3,80	8,00	20,63	6,81	1,39	14,60	15,11	0,72	1,23	6,16	7,07	1,91	5,33	1,28	22,94	4,36	4,94	21,72	2,33	5,35	52,35	4,55	6,41	32,00	91,85
30.12.18	3,89	7,96	21,60	7,05	1,48	16,35	16,01	0,77	1,24	6,01	7,28	2,02	5,50	1,27	23,90	4,44	5,01	22,86	2,38	5,28	50,30	4,49	6,46	33,70	87,40
23.12.18	4,02	8,11	21,18	7,09	1,53	17,40	16,33	0,75	1,26	6,27	7,36	2,12	5,65	1,25	24,30	4,50	5,24	23,28	2,45	5,37	50,45	4,43	6,65	33,24	85,40
16.12.18	4,02	7,76	20,15	6,66	1,46	15,44	14,96	0,71	1,24	6,37	7,59	2,05	5,50	1,27	23,88	4,46	5,30	21,70	2,37	5,53	52,55	4,57	6,55	33,96	82,35
9.12.18	4,06	7,97	20,81	7,34	1,56	14,54	16,19	0,77	1,29	6,62	8,08	2,17	6,15	1,27	26,55	4,88	5,17	24,36	2,68	6,00	54,50	4,51	7,21	37,12	85,50
2.12.18	4,14	8,27	21,55	7,21	1,57	15,13	17,00	0,79	1,35	6,41	7,77	2,14	6,33	1,32	26,67	4,74	4,98	25,30	2,56	6,08	52,55	4,65	7,46	35,88	85,30
25.11.18	4,08	8,07	21,79	7,06	1,61	15,15	16,89	0,77	1,28	6,88	7,60	2,08	6,20	1,29	26,17	4,55	4,85	23,70	2,62	6,08	52,45	4,60	6,96	34,98	83,65
18.11.18	3,97	7,94	22,80	7,15	1,63	13,84	15,97	0,75	1,20	7,48	6,69	1,93	6,35	1,29	27,19	4,57	4,82	23,28	2,47	5,21	50,90	4,72	7,01	34,86	79,95
11.11.18	3,87	7,82	20,76	7,26	1,62	14,66	15,17	0,74	1,16	7,69	5,61	2,01	6,45	1,26	27,69	4,56	4,84	22,54	2,37	4,78	46,24	4,62	6,91	35,00	78,40
4.11.18	4,03	7,72	21,60	6,97	1,69	16,10	15,23	0,76	1,12	7,92	5,48	2,04	6,89	1,16	27,18	4,64	4,92	22,30	2,46	4,59	48,66	4,67	7,40	36,40	74,00
28.10.18	4,01	6,92	25,01	6,30	1,70	20,36	15,46	0,71	1,07	7,60	5,37	1,97	6,95	1,17	24,82	4,54	4,91	21,50	2,43	4,55	47,76	4,57	7,12	36,60	71,00
21.10.18	4,27	7,44	24,82	7,23	1,79	28,46	16,19	0,80	1,25	8,63	5,80	2,15	7,44	1,29	26,88	5,21	5,21	22,10	2,65	4,91	48,60	4,90	7,75	43,36	77,70
14.10.18	4,21	7,23	25,52	7,05	1,74	28,38	17,49	0,83	1,23	9,25	6,16	2,26	7,15	1,28	27,34	4,63	4,98	24,82	2,64	5,08	54,20	4,92	7,80	45,64	78,00
7.10.18	3,98	6,75	27,58	6,28	1,60	23,82	17,57	0,81	1,24	9,42	5,99	2,29	7,46	1,30	27,02	4,59	5,02	24,64	2,60	5,02	50,10	5,07	7,83	46,38	80,50
30.9.18	4,18	7,71	28,76	6,69	1,74	26,64	19,09	0,86	1,34	9,32	6,47	2,45	8,18	1,42	27,58	5,11	5,29	27,08	2,83	5,23	51,35	5,21	8,60	48,00	83,00
23.9.18	4,34	6,61	28,06	6,17	1,80	32,44	18,53	0,81	1,36	9,63	5,93	2,58	8,27	1,40	26,76	5,02	5,31	26,84	2,74	4,99	50,00	5,25	8,78	45,00	74,50
16.9.18	4,36	6,34	28,46	6,08	1,76	31,16	17,73	0,74	1,34	9,30	5,71	2,67	8,60	1,41	26,32	4,80	5,05	26,28	2,70	4,84	44,52	5,13	8,39	46,42	70,20
9.9.18	4,36	6,15	28,41	6,10	1,78	29,62	17,15	0,76	1,34	9,57	5,77	2,58	8,46	1,44	26,00	4,87	5,07	26,78	2,76	5,03	45,30	5,27	8,82	45,72	72,50
2.9.18	4,31	5,95	30,30	6,14	1,79	28,12	16,28	0,76	1,36	10,01	5,75	2,46	8,63	1,38	25,80	4,81	5,19	23,84	2,70	4,87	44,00	5,13	8,42	45,54	71,20
26.8.18	4,08	6,03	24,97	5,81	1,67	27,30	16,00	0,72	1,35	9,46	5,33	2,29	8,43	1,34	25,16	4,43	5,00	23,44	2,48	4,63	42,32	5,14	7,72	44,92	62,80

Çizelge 6.2 (Devamı): BIST endeksi 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arası haftalık kapanış fiyat verileri.

Tarih	Petkm	Garan	Tavhl	Halkb	Ekgyo	Verus	Thyao	Tskb	Zoren	Eregl	Kozaa	Alark	Vestl	Karsn	Asels	Tmsn	Enjsa	Pgsus	Prkme	İpeke	Kozal	Enkai	Netas	Ttrak	Otkar
19.8.18	3,99	5,84	23,39	5,80	1,61	27,22	15,37	0,72	1,33	9,58	5,28	2,30	8,39	1,32	25,08	4,43	5,00	22,24	2,48	4,57	42,42	4,65	7,71	43,96	62,45
12.8.18	4,53	6,52	26,81	6,28	1,65	25,98	17,03	0,81	1,41	10,00	5,92	2,31	8,60	1,46	26,59	4,96	5,56	29,10	2,71	5,00	44,48	5,01	8,80	50,60	68,40
5.8.18	3,45	6,97	24,38	6,46	1,68	24,29	17,41	0,86	1,52	10,02	6,19	2,51	9,26	1,58	27,14	5,32	5,79	30,10	3,00	5,36	44,70	4,76	9,34	49,16	71,30
29.7.18	3,44	7,01	28,13	6,66	1,67	23,23	16,70	0,87	1,50	9,26	6,15	2,36	8,64	1,59	27,00	5,56	6,01	29,20	3,00	5,64	41,96	4,78	9,58	50,45	70,70
22.7.18	3,39	6,89	24,31	6,39	1,64	22,05	16,06	0,89	1,50	9,50	6,03	2,33	8,42	1,65	28,16	5,49	6,12	27,20	3,12	5,30	41,22	4,68	9,55	49,00	70,60
15.7.18	3,33	6,92	22,25	6,24	1,65	18,69	14,67	0,85	1,48	8,46	5,60	2,15	8,16	1,54	26,00	5,13	5,95	23,60	2,78	4,81	38,18	4,53	8,83	47,92	69,60
8.7.18	3,55	8,58	20,67	7,72	1,90	21,52	14,42	1,00	1,62	8,99	6,32	2,39	9,02	1,70	26,54	5,74	6,30	26,00	3,18	5,56	43,68	4,68	9,55	52,30	75,85
1.7.18	3,44	8,38	20,63	7,40	1,97	21,90	13,54	0,97	1,64	8,62	6,31	2,35	8,93	1,67	23,14	5,71	6,20	24,62	2,94	5,81	42,50	4,67	9,16	52,00	75,45
24.6.18	3,30	8,52	21,15	7,43	1,95	21,96	12,90	0,95	1,47	8,89	6,31	2,27	8,27	1,40	21,14	4,75	6,16	24,56	2,65	6,05	36,28	4,69	8,27	50,50	72,85
17.6.18	3,04	8,31	20,80	7,22	1,86	23,30	12,86	0,97	1,36	8,94	7,08	2,17	8,54	1,29	20,47	4,51	6,30	24,38	2,48	7,72	40,90	4,15	7,93	49,50	70,25
10.6.18	3,16	8,40	20,48	7,24	1,93	23,16	13,47	0,99	1,39	8,72	7,65	2,18	8,54	1,38	21,31	4,76	6,64	24,32	2,65	7,75	48,00	4,21	8,80	48,70	72,40
3.6.18	3,24	8,52	20,48	7,48	1,97	24,80	16,55	1,05	1,48	9,54	8,49	2,26	8,90	1,60	23,57	5,02	6,55	26,04	2,82	6,98	47,90	4,42	9,06	57,20	75,75
27.5.18	3,36	9,28	19,84	7,83	2,05	25,50	16,58	1,04	1,47	9,41	8,08	2,29	8,64	1,55	23,97	5,01	6,46	25,68	2,89	5,70	49,30	4,68	8,87	57,20	77,00
20.5.18	3,52	8,96	19,71	7,68	2,09	25,00	16,35	1,06	1,54	9,04	6,74	2,46	9,10	1,72	23,18	5,30	6,64	27,70	2,95	4,76	45,02	4,61	9,57	54,05	73,20
13.5.18	3,56	9,18	20,76	7,56	2,20	26,36	16,30	1,08	1,57	8,44	5,80	2,51	8,95	1,79	24,56	5,33	6,47	27,30	3,03	4,41	41,08	4,51	9,95	56,55	73,80
6.5.18	4,28	9,10	20,28	7,98	2,28	24,50	16,50	1,12	1,68	8,28	6,05	2,91	9,69	1,83	26,80	5,76	6,97	27,42	3,45	4,89	43,68	4,50	11,50	57,85	79,95
29.4.18	5,05	9,51	21,72	8,60	2,17	25,78	17,42	1,23	1,76	8,38	6,13	2,89	10,06	2,01	26,66	6,20	6,91	29,70	3,74	5,05	48,06	4,43	12,03	60,50	85,65
22.4.18	5,16	9,65	23,90	9,20	2,22	24,90	18,25	1,24	1,84	8,98	6,20	3,03	10,32	2,03	26,56	7,02	6,81	31,32	3,93	5,19	48,80	4,63	12,48	70,60	97,90
15.4.18	5,14	9,39	23,06	8,82	2,18	26,10	18,26	1,21	1,82	8,53	6,09	3,00	9,38	1,95	28,56	6,87	6,83	32,08	3,70	5,06	48,88	5,05	13,36	70,80	98,00
8.4.18	5,40	10,28	22,36	9,84	2,28	26,90	19,67	1,29	2,03	8,39	6,49	3,22	11,86	2,32	30,92	8,27	6,99	36,72	4,12	5,32	47,00	5,54	14,70	72,40	109,30

KPB endeksinde 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arasında sürekli işlem görmüş 25 adet kripto paranın haftalık kapanış fiyat verileri Çizelge 6.3'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.3: KPB endeksi 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arası haftalık kapanış fiyat verileri.

Tarih	Btc	Eth	Xrp	Ltc	Bch	Eos	Bnb	Xvg	Xlm	Ada	Trx	Xmr	Dash	Miota	Neo	Etc	Zec	Btg	Omg	Waves	Qtum	Dcr	Rep	Nano	Kmd
26.5.19	8027	251	0,385	103	405	6,36	35	0,0110	0,1265	0,0801	0,0276	86,82	156	0,3824	11,42	7,27	72,32	22,69	1,97	2,71	2,90	27,82	19,57	1,67	1,19
19.5.19	7263	234	0,372	87	358	5,89	29	0,0092	0,1311	0,0788	0,0265	79,71	141	0,3800	10,72	7,16	71,76	20,36	1,88	2,39	2,82	29,01	21,78	1,70	1,12
12.5.19	7190	192	0,322	88	353	5,51	21	0,0075	0,1044	0,0747	0,0251	78,73	124	0,3131	9,79	6,04	63,90	22,34	1,75	2,45	2,56	29,27	21,25	1,69	1,17
5.5.19	5831	164	0,304	78	291	4,95	23	0,0071	0,0991	0,0669	0,0230	68,77	120	0,2815	9,47	5,85	61,10	18,51	1,61	2,18	2,49	26,41	20,09	1,44	1,08
28.4.19	5266	159	0,299	72	265	4,74	22	0,0078	0,1011	0,0705	0,0235	63,14	110	0,2637	9,55	5,54	61,65	16,36	1,58	2,26	2,40	23,47	21,42	1,59	1,03
21.4.19	5290	173	0,327	81	299	5,43	25	0,0085	0,1150	0,0759	0,0258	69,34	123	0,3082	10,89	6,24	69,48	17,22	1,95	2,74	2,85	25,24	21,51	1,70	1,11
14.4.19	5052	163	0,325	78	277	5,29	19	0,0086	0,1152	0,0829	0,0261	64,93	119	0,3122	11,03	6,30	69,19	16,04	1,92	2,76	2,87	24,10	18,57	1,56	1,10
7.4.19	5046	166	0,353	92	306	5,33	19	0,0089	0,1244	0,0899	0,0267	68,03	131	0,3465	13,06	5,99	71,24	18,74	2,33	3,00	3,28	24,86	21,61	1,38	1,20
31.3.19	4112	143	0,311	61	167	4,15	17	0,0071	0,1072	0,0721	0,0232	53,37	102	0,3091	9,95	4,78	57,79	13,84	1,89	2,75	2,79	19,87	15,83	1,02	1,11
24.3.19	4003	138	0,312	61	166	3,67	15	0,0070	0,1078	0,0635	0,0243	52,52	93	0,3137	9,35	4,87	57,47	12,96	1,79	2,80	2,67	18,66	14,26	0,99	1,07
17.3.19	4006	141	0,319	61	156	3,80	16	0,0070	0,1082	0,0512	0,0231	53,18	93	0,3066	9,41	4,48	54,58	13,97	1,53	2,78	2,49	19,17	14,44	1,01	1,12
10.3.19	3944	138	0,314	58	133	3,76	14	0,0064	0,0901	0,0468	0,0228	49,56	85	0,2849	8,98	4,25	51,71	12,55	1,36	2,72	2,20	16,59	12,98	0,90	0,96
3.3.19	3823	133	0,314	49	130	3,48	12	0,0060	0,0837	0,0424	0,0227	48,52	84	0,2938	8,72	4,24	51,54	12,29	1,27	2,79	2,06	16,60	12,54	0,89	0,99
24.2.19	4120	158	0,333	51	154	4,25	11	0,0068	0,0940	0,0485	0,0252	54,14	90	0,3225	10,08	4,81	57,02	13,56	1,33	2,95	2,37	18,14	14,20	0,96	0,98
17.2.19	3617	123	0,301	43	121	2,79	9	0,0060	0,0784	0,0410	0,0236	46,74	80	0,2760	7,92	4,08	51,41	10,28	1,22	2,78	1,94	16,81	13,55	0,83	0,77
10.2.19	3661	119	0,312	45	128	2,77	9	0,0062	0,0808	0,0412	0,0262	48,52	74	0,2789	7,65	4,08	49,88	11,13	1,15	2,68	1,94	16,36	13,80	0,83	0,65
3.2.19	3503	111	0,310	35	121	2,44	7	0,0060	0,0832	0,0393	0,0260	43,50	68	0,2639	7,30	3,98	49,05	10,99	1,10	2,85	1,87	15,96	14,95	0,82	0,67
27.1.19	3571	116	0,313	33	125	2,41	7	0,0067	0,0984	0,0424	0,0285	45,60	75	0,2825	7,45	4,30	51,96	11,12	1,23	2,75	2,05	16,92	13,70	1,00	0,69
20.1.19	3678	123	0,329	32	128	2,45	7	0,0069	0,1066	0,0451	0,0242	46,08	75	0,3136	7,96	4,46	53,52	11,57	1,29	2,58	2,13	17,30	16,92	0,89	0,71
13.1.19	3597	124	0,327	32	132	2,39	6	0,0068	0,1047	0,0429	0,0230	45,01	72	0,3086	7,63	4,51	55,11	12,22	1,28	2,77	2,19	17,26	9,10	0,86	0,68

Çizelge 6.3 (Devamı): KPB endeksi 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arası haftalık kapanış fiyat verileri.

Tarih	Btc	Eth	Xrp	Ltc	Bch	Eos	Bnb	Xvg	Xlm	Ada	Trx	Xmr	Dash	Miota	Neo	Etc	Zec	Btg	Omg	Waves	Qtum	Dcr	Rep	Nano	Kmd
6.1.19	3785	153	0,351	34	157	2,67	6	0,0070	0,1118	0,0440	0,0219	50,02	79	0,3690	7,86	5,05	57,14	13,79	1,48	3,13	2,24	18,42	9,22	0,89	0,78
30.12.18	3707	134	0,359	30	160	2,56	6	0,0070	0,1144	0,0403	0,0194	47,71	78	0,3511	7,78	5,04	58,69	14,33	1,42	3,04	2,26	18,34	8,04	0,97	0,83
23.12.18	3964	116	0,360	32	195	2,60	6	0,0078	0,1202	0,0416	0,0207	52,35	86	0,3472	7,08	4,61	63,02	15,16	1,54	3,85	2,35	18,51	7,39	1,03	0,77
16.12.18	3229	84	0,285	24	78	1,91	5	0,0056	0,0949	0,0281	0,0127	39,08	62	0,2219	5,66	3,60	49,97	12,40	1,11	2,48	1,74	14,46	5,64	0,74	0,53
9.12.18	3430	91	0,304	24	103	1,83	5	0,0061	0,1166	0,0302	0,0132	45,20	68	0,2255	6,05	3,70	57,10	12,58	1,31	1,59	1,59	19,18	6,24	0,86	0,58
2.12.18	4196	118	0,373	34	177	2,95	5	0,0079	0,1647	0,0414	0,0151	59,87	95	0,2986	8,26	4,85	80,44	19,02	1,63	1,40	2,14	20,94	8,93	1,08	0,69
25.11.18	3920	114	0,379	30	369	3,32	5	0,0059	0,1608	0,0390	0,0127	58,95	94	0,2832	7,60	4,83	68,43	19,03	1,53	1,15	2,16	22,00	8,52	0,97	0,57
18.11.18	5622	177	0,498	42	290	4,63	8	0,0098	0,2483	0,0612	0,0191	89,15	134	0,4113	12,66	7,45	113,22	26,73	2,71	1,62	3,15	34,64	11,07	1,38	0,92
11.11.18	6427	213	0,508	52	558	5,43	10	0,0133	0,2645	0,0754	0,0231	105,47	162	0,4855	15,98	9,49	132,26	29,93	3,33	1,83	4,11	38,79	14,88	1,85	1,19
4.11.18	6386	200	0,457	51	481	5,33	10	0,0139	0,2367	0,0717	0,0227	107,12	156	0,4785	16,01	9,12	126,51	27,00	3,20	1,90	3,89	40,77	15,33	1,90	1,28
28.10.18	6494	204	0,460	52	440	5,42	10	0,0146	0,2311	0,0735	0,0235	104,49	154	0,4793	16,13	10,14	121,19	27,26	3,22	2,02	4,13	42,50	14,28	2,05	1,40
21.10.18	6572	208	0,467	54	455	5,46	10	0,0146	0,2507	0,0776	0,0245	105,89	157	0,5025	16,93	9,37	130,76	26,65	3,37	2,01	4,05	39,74	13,14	2,14	1,32
14.10.18	6322	201	0,422	54	453	5,30	10	0,0143	0,2167	0,0737	0,0238	103,51	164	0,4896	15,95	9,55	118,18	24,69	3,09	2,01	3,49	39,54	12,54	1,83	1,00
7.10.18	6596	225	0,489	58	511	5,74	10	0,0155	0,2405	0,0816	0,0238	114,87	181	0,5659	17,96	11,01	126,41	28,03	3,44	2,11	3,64	40,75	12,70	2,17	1,12
30.9.18	6604	232	0,570	62	538	5,75	10	0,0146	0,2550	0,0843	0,0220	114,44	188	0,5651	19,18	11,40	135,90	25,92	3,68	2,18	3,86	37,81	13,57	2,24	1,19
23.9.18	6730	241	0,573	61	485	5,95	10	0,0149	0,2396	0,0834	0,0232	122,33	205	0,6078	18,85	11,43	126,10	22,21	3,56	2,18	3,76	36,21	13,55	2,42	1,15
16.9.18	6519	222	0,280	56	450	5,35	10	0,0135	0,2030	0,0689	0,0199	119,22	192	0,5706	18,04	11,31	121,28	20,27	3,52	2,30	3,49	38,16	13,21	2,50	1,04
9.9.18	6184	197	0,277	53	474	4,74	10	0,0128	0,1939	0,0775	0,0192	103,83	186	0,5309	17,91	10,97	121,32	18,58	3,40	1,94	3,62	35,29	14,20	2,12	1,08
2.9.18	7190	295	0,347	67	618	6,66	11	0,0176	0,2287	0,1070	0,0267	120,90	223	0,7410	22,57	13,18	160,57	22,14	4,52	2,22	4,91	44,95	20,48	3,33	1,39
26.8.18	6735	278	0,327	58	536	5,03	10	0,0138	0,2177	0,0940	0,0225	92,49	145	0,5378	17,62	12,52	141,06	19,54	3,84	2,34	4,20	40,64	19,12	2,86	1,13

Çizelge 6.3 (Devamı): KPB endeksi 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arası haftalık kapanış fiyat verileri.

Tarih	Btc	Eth	Xrp	Ltc	Bch	Eos	Bnb	Xvg	Xlm	Ada	Trx	Xmr	Dash	Miota	Neo	Etc	Zec	Btg	Omg	Waves	Qtum	Dcr	Rep	Nano	Kmd
19.8.18	6379	294	0,328	57	554	5,08	10	0,0139	0,2218	0,0983	0,0214	98,03	152	0,4965	18,82	13,17	143,08	18,72	4,07	2,10	4,51	36,61	17,95	1,55	1,12
12.8.18	6232	318	0,298	58	563	4,96	12	0,0133	0,2164	0,1103	0,0221	92,92	165	0,5196	18,37	13,17	159,61	19,82	4,11	1,83	4,67	42,96	20,52	1,16	1,20
5.8.18	7014	407	0,430	73	696	6,98	14	0,0187	0,2395	0,1264	0,0288	114,10	203	0,8487	26,72	16,44	176,36	23,44	5,37	1,82	6,28	54,26	28,19	1,55	1,35
29.7.18	8234	469	0,457	84	825	8,37	15	0,0236	0,3153	0,1643	0,0369	139,71	242	1,0276	33,97	17,00	229,08	28,98	6,93	2,66	7,76	64,34	29,96	2,20	1,71
22.7.18	7409	462	0,455	84	789	8,00	12	0,0233	0,2936	0,1636	0,0355	132,36	256	1,0024	34,18	16,32	205,15	28,95	6,98	2,93	7,81	72,10	29,74	2,43	1,56
15.7.18	6255	434	0,438	77	698	6,93	12	0,0221	0,2084	0,1365	0,0333	122,96	231	0,9700	32,47	16,39	185,01	27,46	6,68	2,70	7,65	58,22	28,48	2,19	1,50
8.7.18	6766	485	0,486	85	774	8,86	14	0,0262	0,2083	0,1478	0,0380	135,51	249	1,1006	38,78	18,69	176,27	31,00	8,06	3,01	9,16	66,16	35,49	2,60	1,64
1.7.18	6399	453	0,465	81	749	8,12	15	0,0235	0,1935	0,1380	0,0381	131,44	240	1,0101	30,88	16,18	171,65	26,27	7,62	2,92	8,50	68,90	35,48	2,40	1,56
24.6.18	6167	474	0,490	83	764	8,35	16	0,0242	0,2013	0,1374	0,0439	115,68	246	1,0383	33,93	14,80	172,24	25,78	8,20	2,94	8,82	73,12	30,66	2,52	1,71
17.6.18	6506	497	0,533	97	851	10,54	16	0,0280	0,2300	0,1624	0,0429	126,52	269	1,1936	37,96	14,44	191,83	32,53	9,15	3,38	10,59	90,15	33,18	2,71	1,93
10.6.18	7516	594	0,659	118	1088	14,05	16	0,0367	0,2799	0,2009	0,0568	154,54	300	1,6206	50,85	15,04	230,73	43,36	10,74	4,42	13,06	105,03	37,47	3,78	2,43
3.6.18	7647	591	0,643	123	1084	14,77	15	0,0407	0,2984	0,2275	0,0606	162,51	323	1,8911	56,77	15,79	249,89	45,24	11,55	4,34	14,53	103,81	40,90	4,24	2,62
27.5.18	7361	587	0,609	119	1009	12,23	13	0,0399	0,2820	0,1958	0,0725	165,03	325	1,4738	52,18	15,27	272,61	44,45	10,79	4,46	13,21	92,85	39,18	4,24	2,58
20.5.18	8245	697	0,674	135	1178	13,13	14	0,0530	0,3133	0,2434	0,0689	197,34	386	1,7416	59,15	17,68	343,61	52,93	12,51	5,91	16,05	105,63	53,51	5,49	3,35
13.5.18	8460	684	0,683	142	1456	14,01	13	0,0581	0,3561	0,2658	0,0670	201,86	406	1,8910	64,44	18,09	247,30	56,51	13,68	6,20	16,10	92,60	50,34	6,35	3,08
6.5.18	9854	818	0,901	179	1757	17,78	14	0,0794	0,4311	0,3686	0,0869	241,51	509	2,3863	84,49	22,79	307,53	80,31	17,47	7,29	22,48	88,00	43,81	9,28	4,15
29.4.18	9352	683	0,863	152	1391	18,79	15	0,0725	0,4291	0,3592	0,0817	261,26	497	2,0307	76,57	21,73	295,93	77,09	18,14	6,45	21,58	86,00	41,92	7,46	3,91
22.4.18	8923	606	0,866	149	1155	11,11	13	0,0686	0,3718	0,2859	0,0530	257,08	445	1,9246	74,70	18,63	270,32	66,77	15,32	5,12	19,29	64,00	38,88	7,58	3,83
15.4.18	8004	503	0,640	127	737	8,72	13	0,0880	0,2524	0,2074	0,0403	192,02	358	1,4390	64,18	16,08	223,11	45,87	13,79	4,70	15,82	59,00	29,29	5,92	3,55
8.4.18	6906	385	0,486	116	642	5,89	13	0,0643	0,1990	0,1467	0,0370	171,25	299	0,9802	46,47	13,45	183,37	40,94	9,36	3,56	13,07	46,50	24,68	5,06	2,54

BIST endeksinde bulunan varlıkların 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arasındaki fiyat değişim oranları Çizelge 6.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4: BIST endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.

	Petkm	Garan	Tavhl	Halkb	Ekyo	Verus	Thyao	Tskb	Zoren	Eregl	Kozaa	Alark	Vestl	Karsn	Asels	Tmsn	Enjsa	Pgsus	Prkme	İpeke	Kozal	Enkai	Netas	Ttrak	Otkar
Dönem	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25
1	0,013	0,020	- 0,009	- 0,078	0,083	0,014	0,005	0,030	0,055	0,027	- 0,006	0,071	- 0,049	0,019	0,098	0,111	0,026	- 0,025	0,048	0,065	- 0,024	- 0,025	0,055	- 0,002	0,021
2	0,039	- 0,012	0,027	0,076	0,154	0,011	0,011	0,029	0,009	0,007	- 0,153	- 0,070	0,141	0,147	- 0,019	0,032	0,010	- 0,012	0,035	- 0,108	- 0,029	0,046	0,060	0,049	0,049
3	- 0,062	0,075	0,050	0,082	0,096	- 0,001	0,144	0,056	0,060	0,012	- 0,049	- 0,004	0,111	0,168	0,097	0,050	0,017	0,079	0,083	- 0,018	- 0,065	0,021	0,137	0,024	0,055
4	0,002	0,002	- 0,012	0,019	0,007	0,045	0,001	-	0,008	- 0,034	-	0,004	0,075	0,021	0,049	- 0,018	0,022	- 0,046	0,018	0,014	- 0,012	- 0,028	0,021	0,070	0,028
5	0,033	0,037	- 0,006	0,054	- 0,014	0,067	0,017	0,027	0,064	0,064	0,040	0,009	0,035	0,007	- 0,005	0,032	-	0,029	0,044	0,032	0,034	- 0,012	0,041	0,048	- 0,037
6	- 0,030	- 0,001	- 0,003	- 0,003	- 0,006	0,041	- 0,018	- 0,026	- 0,060	0,019	0,012	- 0,137	0,006	- 0,007	- 0,009	- 0,029	- 0,007	- 0,015	- 0,008	0,013	0,002	- 0,056	- 0,013	0,013	- 0,044
7	0,040	0,068	0,092	0,021	0,028	- 0,015	0,048	0,040	0,048	- 0,006	0,017	0,057	0,009	0,027	0,039	0,014	- 0,022	- 0,005	- 0,004	0,035	0,036	- 0,018	0,071	0,035	0,010
8	- 0,034	- 0,074	- 0,115	0,006	0,020	0,054	- 0,111	- 0,026	- 0,053	- 0,029	- 0,046	- 0,023	0,002	- 0,020	- 0,025	- 0,018	- 0,102	- 0,080	- 0,021	- 0,053	- 0,047	- 0,058	0,006	- 0,049	- 0,020
9	0,017	0,101	0,017	0,096	0,032	- 0,041	0,043	0,092	0,065	- 0,035	0,018	0,079	0,062	0,013	0,044	0,041	0,111	0,018	0,066	0,036	0,022	0,065	0,004	0,018	0,040
10	0,071	- 0,005	- 0,008	0,044	0,070	- 0,048	- 0,038	0,048	0,068	0,070	- 0,005	0,112	- 0,109	0,020	0,043	0,073	- 0,015	0,090	0,074	0,011	0,044	0,008	- 0,061	0,040	0,084
11	- 0,010	- 0,051	- 0,046	- 0,022	- 0,118	- 0,034	0,018	-	0,028	- 0,068	- 0,011	0,003	- 0,071	- 0,077	- 0,019	- 0,033	0,031	- 0,005	0,027	0,009	- 0,003	0,024	- 0,003	0,082	- 0,027
12	0,131	0,016	0,119	0,048	0,013	- 0,046	0,058	- 0,023	0,034	0,026	0,100	- 0,014	- 0,082	0,140	0,048	0,043	- 0,002	- 0,035	- 0,007	0,104	0,118	0,024	0,060	- 0,022	0,004
13	- 0,009	- 0,015	0,029	- 0,039	- 0,027	0,008	0,011	- 0,012	- 0,027	0,027	- 0,060	- 0,014	- 0,271	- 0,074	0,076	- 0,020	0,043	0,026	0,034	- 0,073	0,021	- 0,006	- 0,039	- 0,003	- 0,010
14	0,007	0,023	- 0,030	0,003	- 0,047	- 0,050	- 0,030	-	0,007	- 0,071	0,010	- 0,068	- 0,162	- 0,073	- 0,051	- 0,052	0,016	- 0,035	- 0,080	0,089	- 0,001	- 0,036	- 0,073	- 0,014	- 0,021
15	0,040	0,001	0,042	0,026	0,049	0,032	0,075	-	- 0,041	- 0,033	0,010	- 0,054	0,011	- 0,014	- 0,025	0,015	- 0,026	0,024	-	- 0,017	0,018	0,023	- 0,019	0,050	- 0,044

Çizelge 6.4 (Devamı): BIST endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.

	Petkm	Garan	Tavhl	Halkb	Ekgyo	Verus	Thyao	Tskb	Zoren	Eregl	Kozaa	Alark	Vestl	Karsn	Asels	Tmsn	Enjsa	Pgsus	Prkme	İpeke	Kozal	Enkarı	Netas	Ttrak	Otkar
Dönem	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25
16	- 0,005	0,017	- 0,021	0,020	0,048	- 0,062	0,003	0,012	0,057	- 0,004	0,100	0,057	0,044	0,072	0,048	0,032	0,034	- 0,010	0,016	0,041	0,014	- 0,004	0,092	0,053	0,008
17	0,028	0,012	- 0,036	0,038	-	- 0,089	- 0,006	-	- 0,128	0,023	0,169	- 0,057	- 0,037	0,014	0,010	0,021	- 0,089	- 0,027	0,004	0,078	0,093	- 0,016	- 0,046	- 0,004	- 0,019
18	- 0,095	0,001	- 0,075	0,005	- 0,013	0,022	- 0,016	- 0,071	- 0,023	- 0,068	- 0,025	- 0,093	- 0,084	0,020	- 0,038	- 0,027	- 0,025	- 0,138	- 0,023	- 0,002	- 0,062	- 0,048	- 0,043	- 0,026	- 0,037
19	- 0,054	- 0,136	- 0,032	- 0,128	- 0,053	0,033	0,044	- 0,076	- 0,039	- 0,062	0,026	- 0,067	- 0,020	- 0,085	- 0,038	- 0,032	- 0,028	- 0,089	- 0,044	- 0,012	0,018	- 0,017	- 0,062	- 0,072	- 0,043
20	- 0,034	0,011	- 0,067	- 0,009	- 0,006	- 0,112	0,002	- 0,014	0,008	- 0,015	- 0,069	- 0,082	- 0,079	- 0,086	- 0,013	- 0,050	-	- 0,024	- 0,033	- 0,066	- 0,046	0,009	- 0,033	- 0,049	- 0,060
21	0,025	- 0,005	0,047	0,035	0,063	0,120	0,060	0,069	0,008	- 0,025	0,030	0,058	0,032	- 0,008	0,042	0,018	0,014	0,052	0,021	- 0,013	- 0,039	- 0,013	0,008	0,053	- 0,048
22	0,032	0,019	- 0,019	0,006	0,033	0,064	0,020	- 0,026	0,016	0,044	0,011	0,050	0,027	- 0,016	0,017	0,014	0,046	0,018	0,029	0,017	0,003	- 0,013	0,029	- 0,014	- 0,023
23	0,002	- 0,043	- 0,049	- 0,061	- 0,045	- 0,113	- 0,084	- 0,053	- 0,016	0,016	0,031	- 0,033	- 0,027	0,016	- 0,017	- 0,009	0,011	- 0,068	- 0,033	0,030	0,042	0,032	- 0,015	0,022	- 0,036
24	0,008	0,027	0,033	0,102	0,073	- 0,058	0,082	0,085	0,040	0,038	0,065	0,059	0,118	-	0,112	0,094	- 0,025	0,123	0,131	0,085	0,037	- 0,013	0,101	0,093	0,038
25	0,021	0,038	0,036	- 0,018	0,006	0,041	0,050	0,026	0,047	- 0,031	- 0,038	- 0,014	0,029	0,039	0,005	- 0,029	- 0,037	0,039	- 0,045	0,013	- 0,036	0,031	0,035	- 0,033	- 0,002
26	- 0,015	- 0,024	0,011	- 0,021	0,025	0,001	- 0,006	- 0,025	- 0,052	0,072	- 0,022	- 0,028	- 0,021	- 0,023	- 0,019	- 0,040	- 0,026	- 0,063	0,023	-	- 0,002	- 0,011	- 0,067	- 0,025	- 0,019
27	- 0,027	- 0,016	0,046	0,013	0,012	- 0,086	- 0,054	- 0,026	- 0,063	0,087	- 0,120	- 0,072	0,024	-	0,039	0,004	- 0,006	- 0,018	- 0,057	- 0,143	- 0,030	0,026	0,007	- 0,003	- 0,044
28	- 0,026	- 0,015	- 0,089	0,015	- 0,006	0,059	- 0,050	- 0,013	- 0,033	0,028	- 0,161	0,041	0,016	- 0,023	0,018	- 0,002	0,004	- 0,032	- 0,040	- 0,083	- 0,092	- 0,021	- 0,014	0,004	- 0,019
29	0,042	- 0,013	0,040	- 0,040	0,042	0,098	0,004	0,027	- 0,034	0,030	- 0,023	0,015	0,068	- 0,079	- 0,018	0,018	0,017	- 0,011	0,038	- 0,040	0,052	0,011	0,071	0,040	- 0,056
30	- 0,006	- 0,104	0,158	- 0,096	0,006	0,265	0,015	- 0,066	- 0,045	- 0,041	- 0,020	- 0,034	0,009	0,009	- 0,087	- 0,022	- 0,002	- 0,036	- 0,012	- 0,009	- 0,018	- 0,021	- 0,038	0,005	- 0,041

Çizelge 6.4 (Devamı): BIST endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.

	Petkm	Garan	Tavhl	Halkb	Ekyo	Verus	Thyao	Tskb	Zoren	Eregl	Kozaa	Alark	Vestl	Karsn	Asels	Tmsn	Enjsa	Pgsus	Prkme	İpeke	Kozal	Enkarı	Netas	Ttrak	Otkar
Dönem	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25
31	0,064	0,075	- 0,008	0,148	0,051	0,398	0,047	0,127	0,168	0,136	0,080	0,091	0,071	0,103	0,083	0,148	0,061	0,028	0,091	0,079	0,018	0,072	0,088	0,185	0,094
32	- 0,013	- 0,028	0,028	- 0,025	- 0,027	- 0,003	0,080	0,037	- 0,016	0,072	0,062	0,051	- 0,039	- 0,008	0,017	- 0,111	- 0,044	0,123	- 0,004	0,035	0,115	0,004	0,006	0,053	0,004
33	- 0,054	- 0,066	0,081	- 0,109	- 0,078	- 0,161	0,005	- 0,024	0,008	0,017	- 0,028	0,013	0,043	0,016	- 0,012	- 0,009	0,008	- 0,007	- 0,015	- 0,012	- 0,076	0,030	0,004	0,016	0,032
34	0,049	0,142	0,043	0,065	0,085	0,118	0,087	0,062	0,081	- 0,010	0,080	0,070	0,097	0,092	0,021	0,113	0,054	0,099	0,088	0,042	0,025	0,028	0,098	0,035	0,031
35	0,037	- 0,143	- 0,024	- 0,078	0,034	0,218	- 0,029	- 0,058	0,015	0,033	- 0,083	0,053	0,011	- 0,014	- 0,030	- 0,018	0,004	- 0,009	- 0,032	- 0,046	- 0,026	0,008	0,021	- 0,063	- 0,102
36	0,005	- 0,041	0,014	- 0,015	- 0,022	- 0,039	- 0,043	- 0,086	- 0,015	- 0,035	- 0,037	0,035	0,040	0,007	- 0,016	- 0,044	- 0,049	- 0,021	- 0,015	- 0,030	- 0,110	- 0,023	- 0,044	0,032	- 0,058
37	-	- 0,030	- 0,002	0,003	0,011	- 0,049	- 0,033	0,027	-	0,029	0,011	- 0,032	- 0,016	0,021	- 0,012	0,015	0,004	0,019	0,022	0,039	0,018	0,027	0,051	- 0,015	0,033
38	- 0,012	- 0,033	0,067	0,007	0,006	- 0,051	- 0,051	-	0,015	0,046	- 0,003	- 0,050	0,020	- 0,042	- 0,008	- 0,012	0,024	- 0,110	- 0,022	- 0,032	- 0,029	- 0,027	- 0,045	- 0,004	- 0,018
39	- 0,053	0,013	- 0,176	- 0,054	- 0,065	- 0,029	- 0,017	- 0,053	- 0,007	- 0,055	- 0,073	- 0,069	- 0,023	- 0,029	- 0,025	- 0,079	- 0,037	- 0,017	- 0,081	- 0,049	- 0,038	0,002	- 0,083	- 0,014	- 0,118
40	- 0,021	- 0,032	- 0,063	- 0,002	- 0,035	- 0,003	- 0,039	-	- 0,015	0,012	- 0,009	0,007	- 0,005	- 0,015	- 0,003	-	-	- 0,051	-	- 0,013	0,002	- 0,095	- 0,001	- 0,021	- 0,006
41	0,135	0,116	0,146	0,083	0,024	- 0,046	0,108	0,125	0,060	0,044	0,121	0,003	0,025	0,106	0,060	0,120	0,112	0,308	0,093	0,094	0,049	0,077	0,141	0,151	0,095
42	- 0,240	0,069	- 0,091	0,029	0,018	- 0,065	0,022	0,062	0,078	0,002	0,046	0,089	0,077	0,082	0,021	0,073	0,041	0,034	0,107	0,072	0,005	- 0,050	0,061	- 0,028	0,042
43	- 0,002	0,006	0,154	0,031	- 0,006	- 0,044	- 0,041	0,012	- 0,013	- 0,075	- 0,006	- 0,059	- 0,067	0,006	- 0,005	0,045	0,038	- 0,030	-	0,052	- 0,061	0,004	0,026	0,026	- 0,008
44	- 0,014	- 0,017	- 0,136	- 0,041	- 0,017	- 0,051	- 0,038	0,023	-	0,026	- 0,020	- 0,013	- 0,025	0,038	0,043	- 0,013	0,018	- 0,068	0,040	- 0,060	- 0,018	- 0,021	- 0,003	- 0,029	- 0,001
45	- 0,019	0,004	- 0,085	- 0,023	0,006	- 0,152	- 0,087	- 0,045	- 0,013	- 0,109	- 0,071	- 0,079	- 0,031	- 0,067	- 0,077	- 0,066	- 0,028	- 0,132	- 0,109	- 0,092	- 0,074	- 0,032	- 0,075	- 0,022	- 0,014

Çizelge 6.4 (Devamı): BIST endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.

	Petkm	Garan	Tavhl	Halkb	Ekgyo	Verus	Thyao	Tskb	Zoren	Eregl	Kozaa	Alark	Vestl	Karsn	Asels	Tmsn	Enjsa	Pgsus	Prkme	İpeke	Kozal	Enkarı	Netas	Ttrak	Otkar
Dönem	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25
46	0,066	0,240	- 0,071	0,237	0,153	0,151	- 0,017	0,176	0,095	0,063	0,129	0,115	0,105	0,104	0,021	0,119	0,059	0,102	0,144	0,156	0,144	0,033	0,082	0,091	0,090
47	- 0,031	- 0,023	- 0,002	- 0,041	0,036	0,018	- 0,061	- 0,030	0,012	- 0,041	- 0,002	- 0,017	- 0,010	- 0,018	- 0,128	- 0,005	- 0,016	- 0,053	- 0,075	0,045	- 0,027	- 0,002	- 0,041	- 0,006	- 0,005
48	- 0,039	0,017	0,025	0,004	- 0,010	0,003	- 0,047	- 0,021	- 0,104	0,031	-	- 0,035	- 0,074	- 0,162	- 0,086	- 0,168	- 0,006	- 0,002	- 0,099	0,041	- 0,146	0,004	- 0,097	- 0,029	- 0,034
49	- 0,080	- 0,025	- 0,017	- 0,028	- 0,050	0,061	- 0,003	0,021	- 0,075	0,006	0,122	- 0,045	0,033	- 0,079	- 0,032	- 0,051	0,023	- 0,007	- 0,064	0,276	0,127	- 0,115	- 0,041	- 0,020	- 0,036
50	0,039	0,011	- 0,015	0,003	0,042	- 0,006	0,047	0,021	0,022	- 0,024	0,081	0,005	-	0,070	0,041	0,055	0,054	- 0,002	0,069	0,004	0,174	0,014	0,110	- 0,016	0,031
51	0,025	0,014	-	0,033	0,020	0,071	0,229	0,057	0,065	0,094	0,110	0,035	0,042	0,159	0,106	0,055	- 0,014	0,071	0,064	- 0,099	- 0,002	0,050	0,030	0,175	0,046
52	0,037	0,089	- 0,031	0,047	0,039	0,028	0,002	- 0,009	- 0,007	- 0,014	- 0,048	0,013	- 0,029	- 0,031	0,017	- 0,002	- 0,014	- 0,014	0,025	- 0,183	0,029	0,059	- 0,021	-	0,017
53	0,047	- 0,034	- 0,007	- 0,019	0,021	- 0,020	- 0,014	0,025	0,048	- 0,038	- 0,166	0,078	0,053	0,110	- 0,033	0,058	0,028	0,079	0,021	- 0,165	- 0,087	- 0,015	0,079	- 0,055	- 0,049
54	0,012	0,025	0,053	- 0,016	0,052	0,054	- 0,003	0,016	0,019	- 0,066	- 0,139	0,018	- 0,016	0,041	0,060	0,006	- 0,026	- 0,014	0,027	- 0,074	- 0,088	- 0,022	0,040	0,046	0,008
55	0,202	- 0,009	- 0,023	0,056	0,037	- 0,071	0,012	0,040	0,070	- 0,020	0,043	0,161	0,083	0,022	0,091	0,081	0,077	0,004	0,139	0,109	0,063	- 0,002	0,156	0,023	0,083
56	0,182	0,045	0,071	0,078	- 0,047	0,052	0,056	0,092	0,048	0,012	0,013	- 0,008	0,038	0,098	- 0,005	0,076	- 0,009	0,083	0,084	0,033	0,100	- 0,014	0,046	0,046	0,071
57	0,020	0,015	0,100	0,070	0,021	- 0,034	0,048	0,014	0,045	0,071	0,011	0,047	0,026	0,010	- 0,004	0,132	- 0,014	0,055	0,051	0,028	0,015	0,044	0,037	0,167	0,143
58	- 0,004	- 0,027	- 0,035	- 0,041	- 0,016	0,048	0,001	- 0,027	- 0,011	- 0,050	- 0,018	- 0,010	- 0,091	- 0,039	0,075	- 0,021	0,003	0,024	- 0,059	- 0,025	0,002	0,092	0,071	0,003	0,001
59	0,051	0,095	- 0,030	0,116	0,045	0,031	0,077	0,070	0,115	- 0,017	0,066	0,076	0,264	0,190	0,083	0,204	0,023	0,145	0,114	0,051	- 0,038	0,097	0,100	0,023	0,115
Ort.	0,009	0,007	0,002	0,012	0,014	0,011	0,010	0,013	0,012	0,004	0,002	0,005	0,007	0,016	0,011	0,016	0,006	0,006	0,015	0,005	0,002	0,002	0,018	0,019	0,003

KPB endeksinde bulunan varlıkların 08.04.2018-26.05.2019 tarihleri arasındaki fiyat değişim oranları Çizelge 6.5’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.5: KPB endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.

	Btc	Eth	Xrp	Ltc	Bch	Eos	Bnb	Xvg	Xlm	Ada	Trx	Xmr	Dash	Miota	Neo	Etc	Zec	Btg	Omg	Waves	Qtum	Dcr	Rep	Nano	Kmd	
Dönem	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,043	0,113	0,019	-	
2	0,095	0,067	0,035	0,157	0,117	0,074	0,178	0,159	0,016	0,041	0,082	0,096	0,006	0,061	0,015	0,008	0,103	0,045	0,118	0,026	0,009	-	-	0,024	0,006	0,044
3	0,189	0,149	0,057	0,118	0,176	0,102	0,098	0,055	0,051	0,104	0,082	0,127	0,027	0,101	0,032	0,033	0,044	0,171	0,083	0,113	0,028	0,098	0,055	0,148	0,076	
4	0,097	0,026	0,016	0,072	0,089	0,043	0,021	0,100	0,021	0,053	0,020	0,082	0,084	0,063	0,008	0,052	0,009	0,116	0,018	0,038	0,035	0,111	0,066	0,100	0,046	
5	0,005	0,084	0,095	0,121	0,129	0,146	0,110	0,089	0,137	0,077	0,100	0,098	0,118	0,169	0,141	0,126	0,127	0,053	0,237	0,212	0,185	0,075	0,004	0,072	0,075	
6	0,045	0,055	0,008	0,041	0,072	0,026	0,252	0,019	0,002	0,091	0,008	0,064	0,032	0,013	0,012	0,009	0,004	0,069	0,020	0,007	0,009	0,045	0,137	0,083	0,007	
7	0,001	0,014	0,085	0,188	0,102	0,008	0,024	0,025	0,079	0,085	0,024	0,048	0,097	0,110	0,184	0,048	0,030	0,168	0,217	0,090	0,141	0,032	0,164	0,113	0,092	
8	0,185	0,138	0,118	0,341	0,453	0,221	0,110	0,199	0,139	0,198	0,130	0,215	0,224	0,108	0,238	0,202	0,189	0,261	0,189	0,085	0,149	0,201	0,267	0,260	0,073	
9	0,027	0,036	0,002	0,004	0,005	0,117	0,107	0,009	0,006	0,119	0,047	0,016	0,081	0,015	0,060	0,018	0,006	0,064	0,054	0,019	0,042	0,061	0,099	0,032	0,039	
10	0,001	0,026	0,022	0,005	0,063	0,036	0,053	0,004	0,004	0,194	0,048	0,013	0,005	0,023	0,006	0,081	0,050	0,078	0,145	0,006	0,067	0,027	0,013	0,016	0,049	
11	0,016	0,026	0,015	0,054	0,144	0,011	0,093	0,084	0,167	0,086	0,014	0,068	0,089	0,071	0,045	0,051	0,053	0,102	0,110	0,022	0,118	0,134	0,101	0,105	0,142	
12	0,031	0,035	0,001	0,162	0,022	0,073	0,188	0,067	0,071	0,094	0,006	0,021	0,004	0,031	0,029	0,002	0,003	0,021	0,066	0,025	0,063	0,001	0,034	0,012	0,027	
13	0,078	0,192	0,060	0,058	0,183	0,221	0,087	0,131	0,123	0,142	0,114	0,116	0,068	0,098	0,156	0,136	0,106	0,103	0,050	0,058	0,152	0,093	0,132	0,076	0,006	
14	0,122	0,224	0,096	0,156	0,212	0,344	0,152	0,111	0,166	0,154	0,067	0,137	0,110	0,144	0,215	0,153	0,098	0,242	0,088	0,058	0,184	0,073	0,046	0,128	0,218	
15	0,012	0,028	0,038	0,030	0,052	0,005	0,022	0,027	0,031	0,004	0,113	0,038	0,073	0,011	0,033	0,002	0,030	0,083	0,051	0,038	0,004	0,027	0,018	0,009	0,152	

Çizelge 6.5 (Devamı): KPB endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.

	Btc	Eth	Xrp	Ltc	Bch	Eos	Bnb	Xvg	Xlm	Ada	Trx	Xmr	Dash	Miota	Neo	Etc	Zec	Btg	Omg	Waves	Qtum	Dcr	Rep	Nano	Kmd	
Dönem	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25	
16	-	-	-	-	-	-	-	-	0,029	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,065	-	-	0,083	-	0,024	
	0,043	0,073	0,006	0,226	0,053	0,119	0,228	0,024	0,029	0,046	0,008	0,103	0,081	0,054	0,046	0,025	0,017	0,013	0,049	0,065	0,037	0,024	0,083	0,007	0,024	
17	0,020	0,047	0,009	0,050	0,036	0,013	0,011	0,102	0,183	0,079	0,095	0,048	0,095	0,070	0,020	0,080	0,059	0,012	0,122	-	0,034	0,095	0,060	-	0,038	
	0,020	0,047	0,009	0,050	0,036	0,013	0,011	0,102	0,183	0,079	0,095	0,048	0,095	0,070	0,020	0,080	0,059	0,012	0,122	0,034	0,095	0,060	0,084	0,220	0,038	
18	0,030	0,062	0,050	0,025	0,022	0,017	0,060	0,037	0,084	0,065	0,151	0,011	0,008	0,110	0,069	0,036	0,030	0,040	0,050	-	0,064	0,037	0,023	0,235	-	0,022
	0,030	0,062	0,050	0,025	0,022	0,017	0,060	0,037	0,084	0,065	0,151	0,011	0,008	0,110	0,069	0,036	0,030	0,040	0,050	0,064	0,037	0,023	0,235	0,115	0,022	
19	-	0,006	-	0,010	0,030	0,026	0,102	0,016	0,018	0,050	0,050	0,023	0,049	0,016	0,041	0,011	0,030	0,056	-	0,074	0,029	-	-	0,462	-	0,038
	0,022	0,006	0,004	0,010	0,030	0,026	0,102	0,016	0,018	0,050	0,050	0,023	0,049	0,016	0,041	0,011	0,030	0,056	0,015	0,074	0,029	0,002	0,462	0,025	0,038	
20	0,052	0,240	0,073	0,084	0,192	0,117	0,018	0,029	0,068	0,027	0,047	0,111	0,102	0,195	0,029	0,121	0,037	0,128	0,163	0,131	0,022	0,067	0,013	0,029	0,150	
	0,052	0,240	0,073	0,084	0,192	0,117	0,018	0,029	0,068	0,027	0,047	0,111	0,102	0,195	0,029	0,121	0,037	0,128	0,163	0,131	0,022	0,067	0,013	0,029	0,150	
21	-	-	0,024	-	0,017	-	-	0,004	0,023	-	-	-	-	-	-	-	-	0,027	0,039	-	-	0,009	-	-	0,060	
	0,021	0,129	0,024	0,120	0,017	0,038	0,053	0,004	0,023	0,084	0,113	0,046	0,019	0,048	0,010	0,002	0,027	0,039	0,044	0,030	0,009	0,004	0,128	0,089	0,060	
22	0,069	-	0,002	0,040	0,219	0,015	0,033	0,115	0,051	0,031	0,067	0,097	0,114	-	0,090	-	0,074	0,058	0,088	0,270	0,039	0,009	-	0,063	-	
	0,069	0,133	0,002	0,040	0,219	0,015	0,033	0,115	0,051	0,031	0,067	0,097	0,114	0,011	0,090	0,085	0,074	0,058	0,088	0,270	0,039	0,009	0,081	0,063	0,072	
23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	0,186	0,276	0,208	0,250	0,598	0,266	0,221	0,281	0,211	0,325	0,385	0,253	0,280	0,361	0,200	0,220	0,207	0,182	0,282	0,357	0,259	0,219	0,237	0,277	0,313	
24	0,062	0,079	0,065	0,031	0,309	0,040	0,017	0,087	0,229	0,076	0,039	0,157	0,093	0,016	0,068	0,028	0,143	0,015	0,187	-	-	0,326	0,106	0,162	0,085	
	0,062	0,079	0,065	0,031	0,309	0,040	0,017	0,087	0,229	0,076	0,039	0,157	0,093	0,016	0,068	0,028	0,143	0,015	0,187	0,358	0,083	0,326	0,106	0,162	0,085	
25	0,223	0,305	0,227	0,403	0,728	0,611	0,142	0,295	0,413	0,369	0,143	0,325	0,400	0,324	0,365	0,310	0,409	0,512	0,241	-	-	0,431	0,255	0,201		
	0,223	0,305	0,227	0,403	0,728	0,611	0,142	0,295	0,413	0,369	0,143	0,325	0,400	0,324	0,365	0,310	0,409	0,512	0,241	0,122	0,341	0,092	0,431	0,255	0,201	
26	-	-	0,016	-	1,080	0,124	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,001	-	-	0,009	0,051	-	-		
	0,066	0,032	0,016	0,133	1,080	0,124	0,016	0,254	0,024	0,057	0,162	0,015	0,014	0,051	0,079	0,004	0,149	0,001	0,061	0,173	0,009	0,051	0,046	0,103	0,173	
27	0,434	0,543	0,311	0,428	-	0,396	0,509	0,658	0,544	0,569	0,502	0,512	0,432	0,452	0,664	0,542	0,655	0,405	0,775	0,402	0,462	0,575	0,299	0,424	0,618	
	0,434	0,543	0,311	0,428	0,214	0,396	0,509	0,658	0,544	0,569	0,502	0,512	0,432	0,452	0,664	0,542	0,655	0,405	0,775	0,402	0,462	0,575	0,299	0,424	0,618	
28	0,143	0,208	0,022	0,238	0,927	0,173	0,222	0,352	0,065	0,232	0,211	0,183	0,206	0,181	0,263	0,275	0,168	0,120	0,226	0,129	0,303	0,120	0,344	0,339	0,289	
	0,143	0,208	0,022	0,238	0,927	0,173	0,222	0,352	0,065	0,232	0,211	0,183	0,206	0,181	0,263	0,275	0,168	0,120	0,226	0,129	0,303	0,120	0,344	0,339	0,289	
29	-	-	-	-	-	-	-	0,051	-	-	-	0,016	-	-	0,001	-	-	-	-	0,038	-	0,051	0,030	0,028	0,072	
	0,006	0,061	0,102	0,026	0,139	0,020	0,001	0,051	0,105	0,049	0,014	0,016	0,038	0,014	0,001	0,040	0,043	0,098	0,037	0,038	0,053	0,051	0,030	0,028	0,072	
30	0,017	0,021	0,006	0,024	0,085	0,018	0,015	0,050	0,024	0,025	0,031	0,025	0,012	0,002	0,008	0,113	0,042	0,010	0,006	0,066	0,062	0,042	0,068	0,079	0,096	
	0,017	0,021	0,006	0,024	0,085	0,018	0,015	0,050	0,024	0,025	0,031	0,025	0,012	0,002	0,008	0,113	0,042	0,010	0,006	0,066	0,062	0,042	0,068	0,079	0,096	

Çizelge 6.5 (Devamı): KPB endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.

	Btc	Eth	Xrp	Ltc	Bch	Eos	Bnb	Xvg	Xlm	Ada	Trx	Xmr	Dash	Miota	Neo	Etc	Zec	Btg	Omg	Waves	Qtum	Dcr	Rep	Nano	Kmd					
Döne m	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25					
31	0,012	0,018	0,016	0,036	0,035	0,007	0,020	-	0,085	0,056	0,045	0,013	0,021	0,048	0,049	-	0,076	0,079	0,022	0,045	-	-	-	-	0,042	-	0,058			
32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
33	0,038	0,033	0,096	0,003	0,004	0,028	0,024	0,020	0,136	0,050	0,029	0,022	0,041	0,026	0,057	0,019	0,096	0,074	0,083	0,000	0,139	0,005	0,046	0,147	0,238					
34	0,043	0,119	0,157	0,072	0,126	0,081	0,075	0,087	0,110	0,106	-	0,000	0,110	0,106	0,156	0,126	0,154	0,070	0,135	0,115	0,048	0,041	0,031	0,013	0,187	0,114				
35	0,001	0,030	0,166	0,065	0,055	0,002	-	0,039	0,059	0,061	0,034	-	0,075	0,004	0,040	-	0,002	0,068	0,035	0,075	-	0,075	0,070	0,035	0,061	-	0,072	0,069	0,034	0,063
36	0,019	0,039	0,006	-	0,017	0,099	0,034	0,025	0,018	-	0,061	0,011	0,053	0,069	0,087	0,076	-	0,017	0,003	0,072	0,143	0,034	0,001	0,027	0,042	0,001	0,080	0,030		
37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
38	0,031	0,078	0,511	0,069	0,073	0,100	0,019	0,090	0,153	0,174	0,143	0,025	0,065	0,061	0,043	0,011	0,038	0,087	0,010	0,056	0,070	0,054	0,025	0,030	0,103					
39	0,051	0,113	0,013	0,059	0,054	0,114	0,054	0,053	0,045	0,125	0,036	0,129	0,030	0,070	0,007	0,030	0,000	0,083	0,034	0,157	0,036	0,075	0,075	0,152	0,038					
40	0,163	0,501	0,254	0,253	0,304	0,405	0,206	0,375	0,180	0,380	0,392	0,164	0,197	0,396	0,260	0,202	0,324	0,192	0,329	0,141	0,357	0,274	0,442	0,575	0,295					
41	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
42	0,063	0,060	0,057	0,130	0,133	0,245	0,120	0,219	0,048	0,121	0,158	0,235	0,349	0,274	0,219	0,050	0,122	0,117	0,151	0,054	0,145	0,096	0,066	0,141	0,187					
43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
44	0,053	0,059	0,003	0,012	0,034	0,009	0,022	0,008	0,019	0,046	0,048	0,060	0,047	0,077	0,068	0,052	0,014	0,042	0,061	0,102	0,075	0,099	0,061	0,460	0,011					
45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
46	0,023	0,081	0,094	0,010	0,015	0,024	0,181	0,043	0,024	0,122	0,035	0,052	0,088	0,047	0,024	0,000	0,116	0,059	0,010	0,130	0,034	0,173	0,143	0,248	0,072					
47	0,126	0,282	0,444	0,264	0,237	0,406	0,187	0,406	0,107	0,146	0,302	0,228	0,229	0,633	0,455	0,248	0,105	0,183	0,305	0,001	0,346	0,263	0,374	0,333	0,122					
48	0,174	0,152	0,063	0,156	0,185	0,200	0,058	0,264	0,317	0,299	0,281	0,224	0,193	0,211	0,271	0,034	0,299	0,236	0,292	0,461	0,236	0,186	0,063	0,421	0,268					
49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
50	0,100	0,015	0,004	0,002	0,043	0,044	0,169	0,014	0,069	0,004	0,038	0,053	0,059	0,024	0,006	0,040	0,104	0,001	0,007	0,098	0,005	0,121	0,007	0,102	0,088					
51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
52	0,156	0,059	0,036	0,091	0,116	0,134	0,008	0,050	0,290	0,165	0,062	0,071	0,098	0,032	0,050	0,004	0,098	0,051	0,043	0,076	0,019	0,193	0,042	0,097	0,037					

Çizelge 6.5 (Devamı): KPB endeksinde bulunan varlıkların haftalık değişim oranları.

	Btc	Eth	Xrp	Ltc	Bch	Eos	Bnb	Xvg	Xlm	Ada	Trx	Xmr	Dash	Miota	Neo	Etc	Zec	Btg	Omg	Waves	Qtum	Dcr	Rep	Nano	Kmd
Dönem	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16	x17	x18	x19	x20	x21	x22	x23	x24	x25
46	0,082	0,118	0,108	0,111	0,109	0,278	0,169	0,185	-	0,083	0,140	0,102	0,079	0,135	0,194	0,140	-	0,129	0,207	0,115	0,197	0,136	0,246	0,189	0,094
47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	0,054	0,067	0,043	0,044	0,032	0,083	0,043	0,104	0,071	0,067	0,004	0,030	0,037	0,082	0,204	0,134	0,026	0,153	0,055	0,033	0,073	0,041	0,000	0,077	0,051
49	-	0,047	0,054	0,019	0,020	0,028	0,057	0,032	0,040	-	0,150	-	0,023	0,028	0,099	-	0,003	-	0,019	0,076	0,009	0,038	0,061	-	0,047
50	0,036	0,055	0,048	0,088	0,168	0,114	0,262	0,012	0,157	0,142	0,182	0,021	0,094	0,093	0,150	0,119	0,024	0,114	0,262	0,115	0,149	0,201	0,233	0,082	0,076
51	0,155	0,195	0,236	0,216	0,278	0,334	0,017	0,310	0,217	0,238	0,324	0,221	0,116	0,358	0,340	0,042	0,203	0,333	0,175	0,308	0,233	0,165	0,129	0,396	0,260
52	0,017	-	-	0,050	-	0,051	-	0,108	0,066	0,132	0,067	0,052	0,078	0,167	0,116	0,050	0,083	0,043	0,075	-	0,112	-	0,092	0,123	0,077
53	-	0,004	0,024	0,003	-	0,084	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,020	0,012	-	-	-	-
54	0,037	0,008	0,053	0,039	0,070	0,172	0,133	0,021	0,055	0,139	0,196	0,016	0,007	0,221	0,081	0,033	0,091	0,017	0,066	0,029	0,090	0,106	0,042	0,000	0,016
55	0,120	0,187	0,107	0,139	0,168	0,074	0,126	0,330	0,111	0,243	-	0,196	0,186	0,182	0,134	0,158	0,260	0,191	0,160	0,325	0,215	0,138	0,366	0,294	0,302
56	0,026	-	0,014	0,047	0,237	0,067	-	0,096	0,137	0,092	0,049	0,023	0,053	0,086	0,089	0,023	-	0,068	0,093	0,048	0,003	-	-	0,157	-
57	-	0,018	0,014	0,047	0,237	0,067	0,097	0,096	0,137	0,092	0,027	0,023	0,053	0,086	0,089	0,023	0,280	0,068	0,093	0,048	0,003	0,123	0,059	0,157	0,082
58	0,165	0,196	0,319	0,261	0,206	0,269	0,116	0,367	0,211	0,387	0,297	0,196	0,253	0,262	0,311	0,260	0,244	0,421	0,277	0,177	0,397	0,050	0,130	0,462	0,349
59	-	-	-	-	-	0,057	0,053	-	-	-	-	0,082	-	-	-	-	-	-	-	0,039	-	-	-	-	-
Ort.	0,051	0,165	0,043	0,148	0,208	0,409	0,122	0,087	0,005	0,025	0,060	0,024	0,149	0,094	0,047	0,038	0,040	0,115	0,040	0,023	0,043	0,197	0,058	0,197	0,058
57	-	-	0,003	0,023	0,170	0,409	0,122	0,054	0,134	0,204	0,352	0,016	0,105	0,052	0,024	0,143	0,087	0,134	0,156	0,206	0,106	0,256	0,073	0,016	0,021
58	0,046	0,114	-	0,023	0,170	0,409	0,122	0,054	0,134	0,204	0,352	0,016	0,105	0,052	0,024	0,143	0,087	0,134	0,156	0,206	0,106	0,256	0,073	0,016	0,021
59	0,103	0,170	0,260	0,149	0,362	0,215	0,006	0,283	0,321	0,274	0,240	0,253	0,196	0,252	0,141	0,137	0,175	0,313	0,100	0,083	0,180	0,078	0,247	0,218	0,075
59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ort.	0,137	0,234	0,242	0,082	0,129	0,325	0,058	0,269	0,212	0,293	0,080	0,108	0,163	0,319	0,276	0,164	0,178	0,107	0,321	0,243	0,174	0,212	0,157	0,146	0,284
Ort.	0,003	0,019	0,015	0,012	0,039	0,016	0,009	0,045	0,019	0,024	0,017	0,021	0,021	0,031	0,037	0,018	0,027	0,022	0,040	0,016	0,037	0,018	0,018	0,038	0,025

BIST’da bulunan varlıkların birbirleri arasındaki ilişki oranları Çizelge 6.6’da kovaryans matrisinde gösterilmiştir.

Çizelge 6.6: BIST endeksinde bulunan varlıkların kovaryans matrisi.

	x(1)	x(2)	x(3)	x(4)	x(5)	x(6)	x(7)	x(8)	x(9)	x(10)	x(11)	x(12)	x(13)	x(14)	x(15)	x(16)	x(17)	x(18)	x(19)	x(20)	x(21)	x(22)	x(23)	x(24)	x(25)	
x(1)	0,00387																									
x(2)	0,00089	0,0036																								
x(3)	0,00144	0,00017	0,00423																							
x(4)	0,00149	0,00292	0,00036	0,00371																						
x(5)	0,00081	0,00141	0,00048	0,00168	0,00231																					
x(6)	0,00093	0,00038	0,00052	0,00099	0,00127	0,00826																				
x(7)	0,00086	0,00119	0,00137	0,00111	0,00062	0,00105	0,00314																			
x(8)	0,00119	0,00225	0,00055	0,00239	0,00123	0,00099	0,0014	0,00257																		
x(9)	0,00111	0,00168	0,00024	0,00171	0,001	0,00106	0,00131	0,00174	0,00268																	
x(10)	0,00055	0,0005	0,00047	0,00097	0,00057	0,00101	0,00064	0,00094	0,0005	0,00228																
x(11)	0,00089	0,00158	0,00056	0,00157	0,00015	0,00047	0,00162	0,00152	0,00079	0,00093	0,00488															
x(12)	0,00125	0,00122	9,19431	0,00142	0,00114	0,00121	0,00095	0,00168	0,00206	0,00084	0,00091	0,00342														
x(13)	0,00065	0,00148	0,00029	0,00212	0,0017	0,00145	0,00141	0,00171	0,0017	0,00057	0,00077	0,00173	0,00574													
x(14)	0,00138	0,00187	0,00085	0,00223	0,00166	0,00089	0,00201	0,00184	0,00229	0,00075	0,00104	0,0015	0,00299	0,00472												
x(15)	0,0009	0,00119	0,00026	0,00128	0,00083	0,00015	0,00152	0,00136	0,00132	0,00086	0,0009	0,00151	0,00084	0,0017	0,00246											
x(16)	0,00171	0,00199	0,00089	0,00242	0,00166	0,00114	0,00151	0,00216	0,0024	0,00091	0,0015	0,00213	0,00257	0,00311	0,0018	0,00401										
x(17)	0,00057	0,00094	0,00044	0,00075	0,00038	0,00038	0,00049	0,00098	0,00104	0,00019	0,00056	0,0009	0,00057	0,00066	0,00063	0,00107	0,00144									
x(18)	0,00171	0,00218	0,00154	0,00219	0,00103	0,0008	0,00245	0,00252	0,00179	0,00121	0,00167	0,002	0,00185	0,00227	0,00162	0,0024	0,00099	0,00497								
x(19)	0,00143	0,00188	0,00056	0,0023	0,00146	0,00095	0,0017	0,00222	0,00201	0,00103	0,00152	0,00227	0,00217	0,00248	0,00189	0,00296	0,00106	0,00246	0,00337							
x(20)	0,00049	0,00135	0,00068	0,00134	2,44297	0,00053	0,00055	0,00143	0,00072	0,00046	0,0039	0,0009	0,00067	0,00031	0,00029	0,00114	0,00079	0,00128	0,00103	0,00556						
x(21)	0,00148	0,001	0,0003	0,00113	0,00029	0,00046	0,00099	0,00127	0,00049	0,00091	0,00292	0,00071	7,25869	0,00076	0,00074	0,00117	0,00049	0,00123	0,00144	0,00239	0,00381					
x(22)	0,00096	0,00082	0,00062	0,00084	0,00051	0,00031	0,00089	0,00066	0,00089	0,00038	0,00025	0,00056	0,00065	0,00103	0,00067	0,00101	0,00046	0,00133	0,00069	-0,0004	0,00015	0,00154				
x(23)	0,00156	0,00154	0,001	0,00177	0,00144	0,00085	0,00166	0,00188	0,002	0,00057	0,00103	0,00193	0,00253	0,00278	0,00187	0,00271	0,00111	0,0024	0,00246	0,00089	0,00111	0,00091	0,00353			
x(24)	0,00122	0,00135	0,00121	0,00183	0,00067	0,00125	0,0016	0,00159	0,00136	0,0011	0,00142	0,00113	0,00124	0,00143	0,00116	0,00175	0,00053	0,00204	0,00163	0,00077	0,00072	0,00093	0,0013	0,00292		
x(25)	0,00115	0,00167	0,00081	0,00199	0,00102	4,81192	0,00117	0,00177	0,00166	0,0008	0,00131	0,00153	0,00146	0,00203	0,0013	0,00233	0,00072	0,00187	0,00207	0,00118	0,00096	0,00087	0,00171	0,00161	0,00254	

KPB’da bulunan varlıkların birbirleri arasındaki ilişki oranları Çizelge 6.7’de kovaryans matrisinde gösterilmiştir.

Çizelge 6.7: KPB endeksinde bulunan varlıkların kovaryans matrisi.

	x(1)	x(2)	x(3)	x(4)	x(5)	x(6)	x(7)	x(8)	x(9)	x(10)	x(11)	x(12)	x(13)	x(14)	x(15)	x(16)	x(17)	x(18)	x(19)	x(20)	x(21)	x(22)	x(23)	x(24)	x(25)		
x(1)	0,01072																										
x(2)	0,01364	0,02343																									
x(3)	0,00998	0,01609	0,01934																								
x(4)	0,01304	0,01825	0,01424	0,02034																							
x(5)	0,01306	0,01963	0,01602	0,01998	0,06775																						
x(6)	0,01561	0,02375	0,01905	0,02172	0,02926	0,03437																					
x(7)	0,009	0,0141	0,00917	0,01276	0,01134	0,0154	0,01657																				
x(8)	0,01542	0,02178	0,01638	0,02041	0,01593	0,02436	0,01623	0,03109																			
x(9)	0,01301	0,01803	0,01544	0,01605	0,01881	0,02148	0,01112	0,01858	0,02269																		
x(10)	0,01508	0,02175	0,01738	0,02005	0,02265	0,02606	0,01374	0,0238	0,02203	0,02826																	
x(11)	0,01221	0,01821	0,01432	0,01627	0,01525	0,02098	0,01216	0,02024	0,01628	0,02027	0,02373																
x(12)	0,0128	0,01699	0,01316	0,01671	0,01854	0,02045	0,01182	0,0186	0,01665	0,01873	0,01544	0,01804															
x(13)	0,01207	0,01738	0,01361	0,01697	0,02047	0,02134	0,01268	0,0194	0,01678	0,01999	0,01581	0,01675	0,01868														
x(14)	0,01473	0,02337	0,01976	0,02057	0,02272	0,02769	0,01444	0,02502	0,02	0,02437	0,02019	0,01941	0,02039	0,03065													
x(15)	0,01513	0,02232	0,01822	0,02111	0,01987	0,02649	0,01475	0,02577	0,02051	0,02449	0,01969	0,01938	0,01998	0,02645	0,02804												
x(16)	0,01113	0,01735	0,01247	0,0145	0,0166	0,01893	0,01175	0,01811	0,01457	0,01783	0,01404	0,01429	0,01465	0,01817	0,01852	0,01669											
x(17)	0,01337	0,01905	0,01368	0,01699	0,01456	0,02002	0,01313	0,02073	0,01899	0,02171	0,01754	0,01693	0,01711	0,0194	0,0205	0,01529	0,02289										
x(18)	0,01385	0,01853	0,01569	0,01937	0,02319	0,02472	0,01093	0,01941	0,01898	0,02184	0,01657	0,01794	0,01766	0,02134	0,02179	0,01514	0,01827	0,02475									
x(19)	0,01504	0,02176	0,01655	0,01984	0,01844	0,0245	0,01593	0,02491	0,02093	0,02483	0,01992	0,01933	0,01985	0,02451	0,02524	0,01817	0,02103	0,02001	0,02754								
x(20)	0,00976	0,01235	0,00851	0,0119	0,0077	0,01401	0,00748	0,01631	0,01114	0,01474	0,014	0,01113	0,01059	0,01433	0,01378	0,0093	0,01246	0,01302	0,01547	0,02224							
x(21)	0,01314	0,01985	0,01644	0,01878	0,02181	0,0246	0,01366	0,02239	0,01817	0,02317	0,01823	0,01697	0,01806	0,0234	0,02322	0,01677	0,01878	0,02032	0,02219	0,01373	0,02286						
x(22)	0,0109	0,01588	0,01001	0,01318	0,01415	0,01807	0,01152	0,01652	0,0145	0,01666	0,01421	0,01357	0,01358	0,01713	0,01653	0,01199	0,01529	0,014	0,01842	0,01003	0,01428	0,01917					
x(23)	0,01084	0,01751	0,01243	0,01538	0,02093	0,01985	0,01169	0,01718	0,01391	0,0186	0,01339	0,01438	0,01477	0,01966	0,01849	0,01354	0,01553	0,01493	0,01712	0,00723	0,01664	0,01448	0,02721				
x(24)	0,01585	0,02182	0,01747	0,02035	0,02344	0,02479	0,01272	0,02636	0,02023	0,02387	0,02204	0,01932	0,01891	0,02612	0,02455	0,01704	0,0201	0,02185	0,02327	0,0178	0,0223	0,01661	0,01775	0,0374			
x(25)	0,01361	0,01959	0,01482	0,01723	0,01452	0,02046	0,0135	0,02287	0,01757	0,02197	0,01717	0,01659	0,01701	0,0213	0,02226	0,0156	0,02013	0,01883	0,02224	0,01471	0,02012	0,01538	0,01539	0,02255	0,02454		

6.3 Performans Ölçütü

Bu tez çalışmasında önerilen portföylerin performansları sharpe performans oranına göre hesaplanmıştır. Sharpe oranı, portföyün getirisinin risksiz faiz getirisinden çıkartılıp, portföy riskine bölünmesiyle hesaplanmaktadır. Sharpe oranı yüksek olan portföylerin risklerinin düşük, getirilerinin yüksek olması beklenmektedir.

6.4 Genetik Algoritma ile Portföy Optimizasyonu

GA'da kullanılan parametreler geliştirilerek BİST ve KPB'ye ait getiri ve risk fonksiyonları MATLAB R2015b yazılımıyla çözümlenmiştir.

Geliştirilmiş parametre değerleri Çizelge 6.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.8: GA'da kullanılan parametreler.

GENETİK ALGORİTMA PARAMETRELERİ	
Başlangıç Popülasyonu Büyüklüğü	200
Çaprazlama İşlem Boyutu	0.8
Çaprazlama Fonksiyonu	Indermediate
Mutasyon Fonksiyonu	Constraint Dependent
Seçim Fonksiyonu	Turnuva
Çok Fonksiyonlu Çözüm Değerleri	Distance Measure Function: Dintance Crowding Parete Değeri: 0.35
Sonlandırma Kriterleri	Başlangıç Popülasyonu Büyüklüğü *Değişken Sayısı (200*25)

6.4.1. GA'nın Borsa İstanbul'a Uygulanması

BİST'e ait verilerin GA'ya uygulanması sonucu önerilen portföylere ait getiri, risk ve sharpe oranı ile 100.000-TL yatırımın getiri miktarı Çizelge 6.9'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.9: GA ile BİST için oluşturulan portföy önerileri.

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 TL Yatırım
1	-0,149306	0,001580	-0,010545	10	7.622 ₺
2	-0,149773	0,001589	-0,010570	11	7.557 ₺
3	-0,150195	0,001604	-0,010642	15	7.381 ₺
4	-0,150375	0,001599	-0,010596	14	7.430 ₺
5	-0,152341	0,001629	-0,010660	15	7.421 ₺
6	-0,152536	0,001635	-0,010683	15	7.374 ₺
7	-0,153197	0,001645	-0,010699	15	7.335 ₺
8	-0,154227	0,001657	-0,010708	15	7.328 ₺

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 TL Yatırım
9	-0,155611	0,001677	-0,010739	15	7.184 ₺
10	-0,155656	0,001674	-0,010720	15	7.223 ₺
11	-0,156934	0,001694	-0,010762	16	7.107 ₺
12	-0,157174	0,001694	-0,010742	16	7.114 ₺
13	-0,158028	0,001710	-0,010786	17	7.053 ₺
14	-0,158427	0,001736	-0,010924	19	6.813 ₺
15	-0,192968	0,002114	-0,010929	18	6.834 ₺

GA ile BIST endeksi için önerilen portföyler içerisinde yatırımcılar belirli performans ve değerlendirme ölçütlerine göre hangi portföye yatırım yapacaklarına karar verebilirler.

Çizelge 6.10 GA ile BİST için seçilen optimum portföy.

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 TL Yatırım				
1	-0,149306	0,001580	-0,010545	10	7.622 ₺				
Tavhl	Halkb	Ekggy	Zoren	Karsn	Asels	Tmsn	Prkme	Netas	Ttrak
30%	1%	1%	1%	1%	36%	1%	1%	1%	27%

GA tarafından BIST endeksi için önerilen 15 farklı portföy içerisinde yatırım yapılmasına düşünülen portföye, sharpe performans oranına göre karar verilmiştir. En yüksek sharpe performans oranı ve minimum riske sahip bir numaralı portföy optimum portföy olarak seçilmiştir. Çizelge 6.10'da bulunan portföy yatırımcısına %10 riske karşın tahmini getirisi %15'dir. Bir haftalık yatırım vadesi sonrası portföy yatırımcısına %7,6 oranda gerçek getiri sağladığı tespit edilmiştir.

6.4.2. GA'nın Kripto Para Borsası'na Uygulanması

KPB'na ait verilerin GA'ya uygulanması sonucu önerilen portföylere ait getiri, risk ve sharpe oranı ile 100.000-USD yatırımın getiri miktarı Çizelge 6.11'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.11: GA ile KPB için oluşturulan portföy önerileri.

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 USD Yatırım
1	-0,800574	0,008810	-0,010998	12	9.110
2	-0,800813	0,008810	-0,010994	12	9.110
3	-0,801303	0,008786	-0,010958	10	9.012
4	-0,801448	0,008804	-0,010979	12	9.110
5	-0,802130	0,008779	-0,010938	10	8.931

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 USD Yatırım
6	-0,803219	0,008840	-0,010999	11	8.995
7	-0,805912	0,008778	-0,010885	9	8.949
8	-0,807729	0,008772	-0,010854	10	8.931
9	-0,808701	0,008757	-0,010821	11	8.980
10	-0,809155	0,008753	-0,010811	11	8.980
11	-0,809394	0,008909	-0,011000	8	9.149
12	-0,810147	0,008917	-0,011000	8	9.149
13	-0,810930	0,008926	-0,011000	8	9.14
14	-0,811502	0,008932	-0,011000	8	9.149
15	-0,811969	0,008937	-0,011000	8	9.149

GA ile KPB endeksi için önerilen portföyler içerisinde yatırımcılar kendi menfaatleri doğrultusunda portföy seçimi gerçekleştirebilirler.

Çizelge 6.12: GA ile KPB için seçilen optimum portföy.

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 USD Yatırım				
1	-0,800574	0,008810	-0,010998	12	9.110 ₺				
Btc	Bch	Bnb	Xmr	Dash	Etc	Btg	Omg	Qtum	Dcr
72%	1%	1%	2%	1%	1%	2%	1%	1%	1%
Rep	Kmd								
0,02%	0,15%								

GA tarafından KPB endeksi için önerilen 15 farklı portföy içerisinde yatırım yapılmasına düşünülen portföy, sharpe performans oranına göre karar verilmiştir. En yüksek sharpe performans oranına sahip bir numaralı portföy optimum portföy olarak seçilmiştir. Çizelge 6.12’de bulunan portföy yatırımcısına %10 riske karşın tahmini getirisi %8,8’dir. Bir haftalık yatırım vadesi sonrası portföy yatırımcısına %9,1 oranda gerçek getiri sağladığı tespit edilmiştir.

6.5 Parçacık Sürü Optimizasyonu ile Portföy Optimizasyonu

BIST ve KPB endeksine ait oluşturulan risk ve getiri fonksiyonları MATLAB R2015b yazılımı ile PSO algoritmasında çözümlenmiştir.

PSO algoritmasında geliştirilen parametrik değerler Çizelge 6.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.13: PSO’da kullanılan parametreler.

PARÇACIK SÜRÜ OPTİMİZASYONU ALGORİTMASI PARAMETRELERİ	
Başlangıç Popülasyonu Büyüklüğü	100
Çaprazlama İşlem Boyutu	0.95
Parçacık Boyutu	10
Öğrenme Faktörleri	C1=1, C2=2
Alt-Üst Sınır	[0, 1]
Sonlandırma Kriteri	Başlangıç Popülasyonu Büyüklüğü*Değişken Sayısı (100*25) ve Fonksiyon belirlenen değere geldiği durumlarda.

6.5.1 PSO’nun Borsa İstanbul’a Uygulanması

BİST’e ait verilerin PSO algoritmasına uygulanması sonucu önerilen portföylere ait getiri, risk ve sharpe oranı ile 100.000-TL yatırımın getiri miktarı Çizelge 6.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.14: PSO ile BİST için oluşturulan portföy önerileri.

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 TL Yatırım
1	0,335825	0,015636	0,046544	8	8.865 ₺
2	0,317918	0,011698	0,036777	13	5.492 ₺
3	0,302392	0,012925	0,042723	14	6.846 ₺
4	0,298620	0,014852	0,049718	11	6.981 ₺
5	0,298006	0,014218	0,047692	13	6.444 ₺
6	0,296551	0,010523	0,035467	14	4.858 ₺
7	0,296045	0,009738	0,032875	15	4.967 ₺
8	0,283041	0,009558	0,033749	14	5.035 ₺
9	0,282568	0,015068	0,053306	11	7.335 ₺
10	0,277334	0,009310	0,033551	13	5.504 ₺
11	0,274324	0,008962	0,032648	14	4.955 ₺
12	0,262403	0,015432	0,058790	14	6.637 ₺
13	0,260087	0,008988	0,034537	15	5.233 ₺
14	0,255643	0,008654	0,033829	15	4.948 ₺
15	0,243753	0,008502	0,034859	15	4.656 ₺

PSO algoritması ile BIST endeksi için önerilen portföyler içerisinde yatırımcılar belirli performans ve değerlendirme ölçütlerine göre hangi portföye yatırım yapacaklarına karar verebilirler.

Çizelge 6.15: PSO ile BİST için seçilen optimum portföy.

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 TL Yatırım		
1	0,335825	0,015636	0,046544	8	8.865 ₺		
Ekgö	Verus	Thyao	Tskb	Karsn	Prkme	Netas	Ttrak
24%	2%	13%	4%	2%	2%	27%	26%

PSO tarafından BIST endeksi için önerilen 15 farklı portföy içerisinde yatırım yapılmasına düşünülen portföy, sharpe performans oranına göre karar verilmiştir. En yüksek sharpe performans oranı ve minimum riske sahip bir numaralı portföy optimum portföy olarak seçilmiştir. Çizelge 6.15’de bulunan portföy yatırımcısına %46 riske karşın tahmini getirisi %15’dir. Bir haftalık yatırım vadesi sonrası portföy yatırımcısına %8,8 oranda gerçek getiri sağladığı tespit edilmiştir.

6.5.2 PSO’nun Kripto Para Borsası’na Uygulanması

KPB’ye ait verilerin PSO algoritmasına uygulanması sonucu önerilen portföylere ait getiri, risk ve sharpe oranı ile 100.000-USD yatırımın getiri miktarı Çizelge 6.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.16: PSO ile KPB için oluşturulan portföy önerileri.

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 USD Yatırım
1	0,161557	0,037402	0,231478	8	11.380 ₺
2	0,156038	0,038215	0,244872	7	10.168 ₺
3	0,153571	0,038400	0,250009	8	10.050 ₺
4	0,151019	0,033610	0,222520	15	10.861 ₺
5	0,141731	0,029684	0,209400	17	10.527 ₺
6	0,131447	0,026014	0,197863	10	10.818 ₺
7	0,114624	0,022006	0,191935	13	11.095 ₺
8	0,096484	0,018118	0,187729	15	10.658 ₺
9	0,079315	0,014338	0,180699	13	10.043 ₺
10	0,073762	0,013164	0,178397	11	8.634 ₺
11	0,066118	0,011453	0,173133	10	8.507 ₺
12	0,059924	0,010489	0,174950	10	7.793 ₺
13	0,018118	0,003120	0,171910	14	3.481 ₺
14	0,016945	0,002871	0,169107	7	3.502 ₺
15	0,016092	0,002703	0,167612	8	3.592 ₺

PSO algoritması ile KPB endeksi için önerilen portföyler içerisinde yatırımcılar kendi menfaatleri doğrultusunda portföy seçimi gerçekleştirebilirler.

Çizelge 6.17: PSO ile KPB için seçilen optimum portföy.

Portföy No	Sharpe	Getiri	Risk	Varlık Sayısı	100.000 USD Yatırım		
1	0,161557	0,037402	0,231478	8	11.380 ₺		
Xvg	Trx	Xmr	Neo	Zec	Omg	Qtum	Nano
18%	6%	1%	17%	3%	19%	19%	17%

PSO algoritması ile KPB endeksi için önerilen 15 farklı portföy içerisinde yatırım yapılmasına düşünülen portföy, sharpe performans oranına göre karar verilmiştir. En yüksek sharpe performans oranına sahip bir numaralı portföy optimum portföy olarak seçilmiştir. Çizelge 6.17’de bulunan portföy yatırımcısına %23 riske karşın tahmini getirisi %3,7’dir. Bir haftalık yatırım vadesi sonrası portföy yatırımcısına %11,3 oranda gerçek getiri sağladığı tespit edilmiştir.

7. DEĞERLENDİRME

GA ve PSO algoritması ile oluşturulan portföy önerileri değişim katsayısı oranına göre karşılaştırma yapılmıştır. Değişim katsayısı portföyün riskinin ilgili portföy getirisine bölünerek hesaplanmaktadır. Portföylerin değişim katsayısının düşük olması riskin düşük olmasını ifade etmektedir.

7.1. BİST Çalışmalarının Değerlendirilmesi

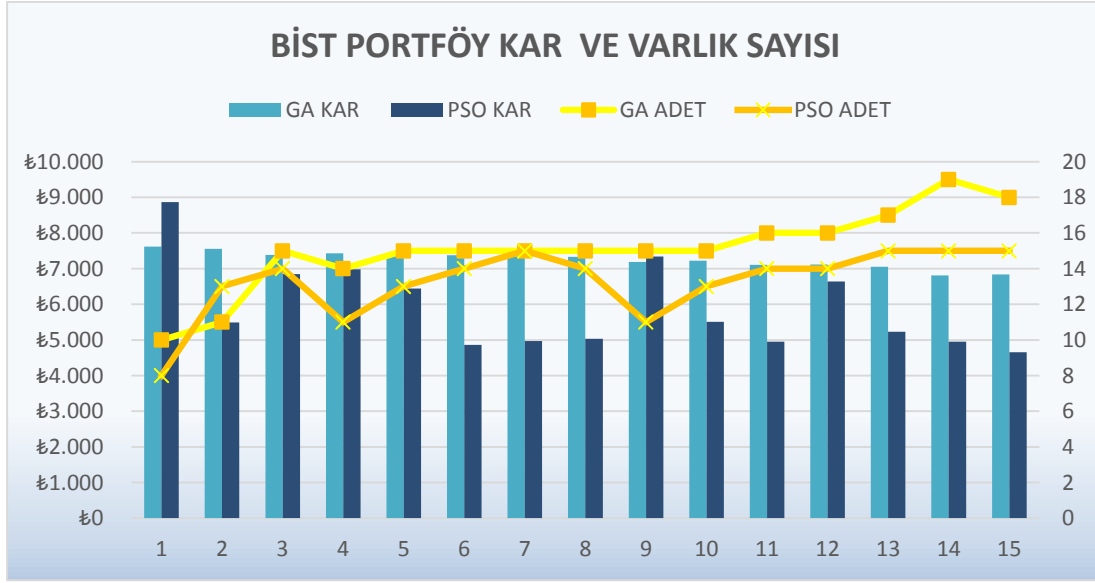
GA ve PSO algoritması ile BİST için oluşturulan 15 farklı portföye ait değişim katsayıları Çizelge 7.1’de belirtilmiştir. GA ile oluşturulan bir numaralı portföy en yüksek sharpe oranına sahip portföydür. 10 adet farklı varlıktan oluşan portföy bir haftalık yatırım dönemi sonrası yatırımcısına %7,6 getiri sağladığı görülmüştür. PSO algoritması ile oluşturulan 15 farklı portföy içerisinde bir numaralı portföy en yüksek sharpe oranına sahip portföydür. 8 farklı varlıktan oluşturulan portföy bir haftalık yatırım dönemi sonrası yatırımcısına %8,8 oranda getiri sağlamıştır.

GA ve PSO algoritması sonuçları değişim katsayıları ile karşılaştırıldığında sharpe oranına göre seçilen portföylerin değişim katsayılarına göre seçilen portföylerle eşleştiği ve önerilen portföyler içerisinde en düşük riske sahip portföyler olduğu görülmüştür.

Çizelge 7.1: BİST için oluşturulan portföylerin değişim katsayılarının karşılaştırılması.

Portföy No	GA-BİST		PSO-BİST	
	Dk	100.000 TL Yatırım	Dk	100.000 TL Yatırım
1	- 6,67	7.622 ₺	2,98	8.865 ₺
2	- 6,65	7.557 ₺	3,14	5.492 ₺
3	- 6,64	7.381 ₺	3,31	6.846 ₺
4	- 6,63	7.430 ₺	3,35	6.981 ₺
5	- 6,54	7.421 ₺	3,35	6.444 ₺
6	- 6,53	7.374 ₺	3,37	4.858 ₺
7	- 6,51	7.335 ₺	3,38	4.967 ₺

Portföy No	GA-BİST		PSO-BİST	
	Dk	100.000 TL Yatırım	Dk	100.000 TL Yatırım
8	- 6,46	7.328 ₺	3,53	5.035 ₺
9	- 6,41	7.184 ₺	3,54	7.335 ₺
10	- 6,40	7.223 ₺	3,60	5.504 ₺
11	- 6,35	7.107 ₺	3,64	4.955 ₺
12	- 6,34	7.114 ₺	3,81	6.637 ₺
13	- 6,31	7.053 ₺	3,84	5.233 ₺
14	- 6,29	6.813 ₺	3,91	4.948 ₺
15	- 5,17	6.834 ₺	4,10	4.656 ₺



Şekil 7.1: BİST için önerilen portföylere ait kar ve varlık sayısı.

7.2. KPB Çalışmalarının Değerlendirilmesi

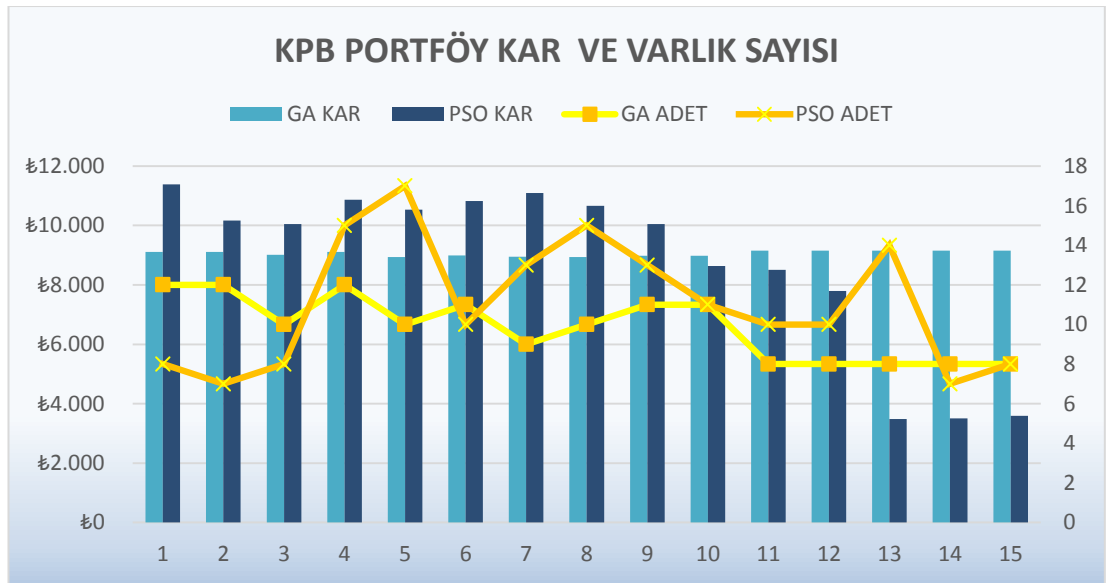
GA ve PSO algoritması ile KPB için oluşturulan 15 farklı portföye ait değişim katsayısı Çizelge 7.2'de gösterilmiştir. GA ile oluşturulan bir numaralı portföy en yüksek sharpe oranına sahip portföydür. 12 adet farklı varlıktan oluşan portföyün bir haftalık yatırım dönemi sonrası portföy yatırımcısına %9,1 getiri sağlamıştır. PSO algoritması ile oluşturulan 15 farklı portföy içerisinde bir numaralı portföy en yüksek sharpe oranına sahip portföydür. 8 farklı varlıktan oluşan portföy bir haftalık yatırım dönemi sonrası portföy yatırımcısına %11,3 oranda getiri sağlamıştır.

GA ve PSO algoritması ile oluşturulan portföy önerileri karşılaştırıldığında sharpe oranına göre seçilen portföylerin değişim katsayılarına göre seçilen portföylerle

eşleştigi ve önerilen portföyler içerisinde en düşük riske sahip portföyler olduğu görülmüştür.

Çizelge 7.2: KPB için oluşturulan portföylerin değişim katsayılarının karşılaştırılması.

Portföy No	GA-KPB		PSO-KPB	
	Dk	100.000 USD Yatırım	Dk	100.000 USD Yatırım
1	- 1,25	9.110	6,19	11.380
2	- 1,25	9.110	6,41	10.168
3	- 1,25	9.012	6,51	10.050
4	- 1,25	9.110	6,62	10.861
5	- 1,25	8.931	7,05	10.527
6	- 1,24	8.995	7,61	10.818
7	- 1,24	8.949	8,72	11.095
8	- 1,24	8.931	10,36	10.658
9	- 1,24	8.980	12,60	10.043
10	- 1,24	8.980	13,55	8.634
11	- 1,23	9.149	15,12	8.507
12	- 1,23	9.149	16,68	7.793
13	- 1,23	9.149	55,10	3.481
14	- 1,23	9.149	58,90	3.502
15	- 1,23	9.149	62,01	3.592



Şekil 7.2: KPB için önerilen portföylere ait kar ve varlık sayısı.



8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında ortalama varyans modeli GA ve PSO algoritmasına uygulayarak BIST ve KPB’nda optimal portföy önerilerinde bulunulmuş ve algoritma sonuçları karşılaştırılmıştır. GA ve PSO algoritması ile BIST ve KPB için 15’er farklı portföy önerileri oluşturulmuştur. Önerilen portföylere ait risk, getiri, sharpe ve değişim katsayı oranı hesaplanmıştır.

GA ve PSO algoritması ile oluşturulan portföyler içerisinde yatırımcılar kendi menfaatleri doğrultusunda katlanacakları risk ve beklentilerine göre kendilerine uygun portföylere yatırım yapabilirler.

BIST için GA tarafından önerilen portföyler yatırım dönemi sonrası %6,8-%7,6 oranda gerçek getiri sağlamıştır. PSO algoritması tarafından önerilen portföyler ise yatırım dönemi sonrası %4,6-%8,8 oranda gerçek getiri sağlamıştır.

KPB için GA tarafından önerilen portföyler yatırım dönemi sonrası %9,1 oranda gerçek getiri sağlamıştır. PSO algoritması tarafından önerilen portföyler ise yatırım dönemi sonrası %3,5-%11,3 oranda gerçek getiri sağlamıştır.

Sonuç olarak GA ve PSO algoritması ile oluşturulan portföy önerileri incelendiğinde, BIST ve KPB endeksinde PSO algoritmasının GA göre daha başarılı portföyler oluşturduğu görülmüştür.



KAYNAKLAR

- [1] **Keohane, R. O. ve Jr, N. J.** (1987). "Power and Interdependence Revisited", *International Organization*, 41(4): 725-753.
- [2] **Shenoy, C. ve McCarthy, K. C.** (1988). "Applied Portfolio Management" New Jersey: John Wiley and Sons Ltd.
- [3] **Reilly, F. K. ve Brown, K. C.** (2002). "Investment Analysis and Portfolio Management" Mason: Cengage Learning Inc.
- [4] **Markowitz, H.** (1952). "Portfolio selection" *The journal of finance*, 7(1):77-91.
- [5] **Canbaş, S. ve Doğukanlı, H.** (2007). "Finansal Pazarlar" Adana: Karahan Kitabevi.
- [6] **Korkmaz, T. ve Ceylan, A.** (2007). "Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi" Bursa: Ekin Yayınevi.
- [7] **Karan, M. B.** (2011). "Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi" (3. Baskı), Ankara: Gazi Kitabevi.
- [8] **Konuralp, G.** (2001). "Sermaye piyasaları: analizler, kuramlar ve portföy yönetimi" İstanbul: Alfa Yayınları.
- [9] **Asness, C. S.** (1996). "Why not 100% equities" *The Journal of Portfolio Management*, pp. 29-34.
- [10] **Çelenli, A. Z., Eğrioğlu, E. ve Çorba, B. Ş.,** (2015). "İMKB 30 İndeksini Oluşturan Hisse Senetleri İçin Parçacık Sürü Optimizasyonu Yöntemlerine Dayalı Portföy Optimizasyonu" *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 16(1): 25-33.
- [11] **Ceylan, A. ve Korkmaz, T.** (1998). "Borsada uygulamalı portföy yönetimi" Bursa: Ekin Kitabevi.
- [12] **Özçam, M.** (1997). "Varlık Fiyatlama Modelleri Aracılığıyla Dinamik Portföy Yönetimi" *Sermaye Piyasası Kurulu*.
- [13] **Aksoy, E. E.** (2014). "Uluslararası Portföy Yönetimi" Ankara: Detay Yayıncılık.
- [14] **Bekçi, İ.** (2001). "Optimal portföy oluşturulmasında bulanık doğrusal programlama modeli ve İMKB'de bir uygulama" Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.
- [15] **Gökbel, A. S.** (2003). "Süre Temelli Portföyler ve İMKB'de Uygulanabilirliği" *Sermaye Piyasası Kurulu*, (143): 32.
- [16] **Jones, C. P., Tuttle, D. L.ve Heaton, C. P.** (1977). "Essentials of modern investments" New York: Ronald Press.
- [17] **Sharpe, W. F.** (1963). "A simplified model for portfolio analysis" *Management Science*, 9(2): 277-293.
- [18] **Fama, E. F.** (1970). "Efficient Capital Markets: A review of theory and empirical work" *The journal of Finance*, 25(2): 383-417.

- [19] **Elton, E. J., Gruber, M. J., Brown, S. J., ve Goetzmann W. N.** (2009). “Modern portfolio theory and investment analysis” New York: John Wiley & Sons.
- [20] **Demirelli, Y.** (2014). “Yapay zekâ yöntemleri ile karşılaştırmalı portföyoptimizasyonu ve İMKB üzerine bir uygulama” Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Marmara Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
- [21] **Doğukanlı, H.** (2015). “Uluslararası finans” Adana: Karahan Yayınları.
- [22] **Francis, J. C. ve Archer, S. H.** (1979). “Portofolio Analysis” Prentice-Hall Foundations of Finance Series.
- [23] **Karaşin, A. G.** (1987). “Sermaye piyasası analizleri” *Sermaye Piyasası Kurulu*, (4): 95.
- [24] **Sharpe, W. F.** (1966). “Mutual Fund Performance” *The Journal of business*, 39(1): 119-138.
- [25] **Modigliani F. ve Modigliani L.** (1997). “Risk- adjusted performance” *The Journal of Portfolio Management*, 23(2): 45-54.
- [26] **Modigliani, L.** (1997). “Yes, you can eat risk- adjusted returns” *Morgan Stanley US Investment Research*, pp.1-4.
- [27] **Treynor, J. L.** (1965). “How to rate management of investmentfunds” *Harvard business review*, 43(1): 63-75.
- [28] **Gass, S.** (2000). “Making Decisions with Precision” *Business Week*, 1(1): 45.
- [29] **Fletcher, R.** (2013). “Practical methods of optimization” New Jersey: John Wiley & Sons.
- [30] **Nocedal, J. ve Wright, S. J.** (1999). “Numerical optimization” *Springer Science*, California, 35(67-68): 7.
- [31] **Cornuejols, G. ve Tütüncü, R.** (2006). “Optimization Methods in Finance” Carnegie Mellon University, Pittsburgh.
- [32] **Winston, W. L. ve Goldberg, J. B.** (2004). “Operations research: applications and algorithms” Thomson Brooks/Cole, Belmont.
- [33] **Kartal, B.** (2015). “Yapay Arı Kolonisi Algoritması ile Finansal Portföy Optimizasyonu” Doktora Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye. (391453).
- [34] **Weise, T.** (2009). “Global Optimization Algorithm- Theory and Application” University of Science and Technology of China, pp. 2.
- [35] **Murty, K. G.** (2003). “Optimization Models For Decision Making” University of Michigan, Ann Arbor.
- [36] **Akay, B.** (2009). “Nümerik Optimizasyon Problemlerinde Yapay Arı Kolonisi Algoritmasının Performans Analizi” Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim dalı, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye, 325, (246078).
- [37] **Holland, J. H.** (1975). “Adaptation in natural and artificial systems. An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence” *University of Michigan Press*, Ann Arbor.
- [38] **Karaboğa, D.** (2014). “Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları” İstanbul: Nobel Yayıncılık, 89-92.
- [39] **Lin C. L., Huang, C. H. ve Tsai C.W,** (2010). “Structure-Specified Real Coded Genetic Algorithms with Applications” *Advanced Knowledge Based Systems: Model, Applications & Research*, vol. 1, pp. 160-187.
- [40] **Michalewicz, Z.** (1996). “Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs” USA: Springer, pp. 33.

- [41] **Adeli, H. ve Sarma, K. C.** (2006). "Cost Optimization of Structures – Fuzzy Logic, Genetic Algorithms and Parallel Computing" West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, pp. 40.
- [42] **Sivanandam, S., ve Deepa, S.** (2008). Introduction to genetic algorithms" New York: Springer, pp. 46.
- [43] **Goldberg, D. E., ve Deb, K.** (1991). "A comparative analysis of selection schemes used in genetic algorithms. Foundations of genetic algorithms" pp. 69-93.
- [44] **Paksoy, T.** (2004). "Tedarik Zinciri Yönetiminde Dağıtım Ağlarının Tasarımı ve Optimizasyonu: Bir Örnek Olay Ve Genetik Algoritmalarla Dayalı Deneysel Bir 81 Çalışma" Sosyal Bilimler Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye.
- [45] **Altıparmak, F.** (1996). "Genetik Algoritma ile Haberleşme Şebekelerinin Optimizasyonu" Fen Bilimleri Enstitüsü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- [46] **Öznur, İ., ve Korukoğlu, S.** (2003). "Genetik Algoritma Yaklaşımı ve Yöneylem Araştırmasında Bir Uygulama" *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2): 191-208.
- [47] **Coley, D. A.** (1998). "An Introduction to Genetic Algorithms for Scientists and Engineer". Singapore: World Scientific, pp. 25-26.
- [48] **Michalewicz, Z., Hinterding, R. ve Eiben, A. E.** (1999). "Parameter Control in Evolutionary Algorithms" *IEEE Transactions On Evolutionary Computation*, IEEE, pp. 124-125.
- [49] **Emel, G. G., ve Taşkın, Ç.** (2002). "Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları" *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, XXI (1): 133-135.
- [50] **Taşkın, Ç. ve Emel, G. G.** (2009). "Sayısal Yöntemlerde Genetik Algoritmalar" Bursa: Alfa.
- [51] **Deb, K.** (1998). "Genetic algorithm in search and optimization: the technique and applications" *In Proceedings of International Workshop on Soft Computing and Intelligent Systems*, Machine Intelligence Unit, India Statistical Institute, Calcutta, India, pp. 58-87.
- [52] **Özçakar, N.** (1998). "Genetik Algoritmalar" *İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi*, 27(1): 69- 82.
- [53] **Şen, Z.** (2004). "Genetik Algoritmalar ve En İyileme Yöntemleri" İstanbul: Su Vakfı.
- [54] **Safe, M., Carballido, J., Ponzoni, I., ve Brignole, N.** (2004). "On stopping criteria for genetic algorithms" *in Advances in Artificial Intelligence*, vol. 3171, pp. 405-413.
- [55] **Ortakçı, Y.** (2011). "Parçacık sürü optimizasyonun yöntemlerini uygulamalarla karşılaştırılması" Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim dalı, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye.
- [56] **Kennedy, J. and Eberhart R.C.** (1999). "The Particle Swarm: Social Adaptation in Information-Processing Systems" *New Ideas in Optimization*, McGraw-Hill Publishing Company, England.
- [57] **Eberhart, R. C. ve Shi, Y.** (2000). "Comparing Inertia Weights and Constriction Factors in Particle Swarm Optimization" *Evolutionary Computation*. Proceedings Of The 2000 Congress on, IEEE, pp. 84-88.



SAMED ULUÇAY
E-posta: samedulucay@gmail.com
Web: www.samedulucay.com.tr



KİŞİSEL BİLGİLER

Uyruk : T.C.
Doğum Tarihi : 10.04.1994
Doğum Yeri : Kırıkkale

EĞİTİM BİLGİLERİ

2017-.... **İstanbul Aydın Üniversitesi, İstanbul**
Yüksek Lisans, Bilgisayar Mühendisliği
Akademik Başarı: 3,06/4,00

2012-2016 **Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye**
Lisans, Yönetim Bilişim Sistemleri
Akademik Başarı: 3,20/4,00

2008-2012 **TEB Ataşehir Lisesi, İstanbul**
Eşit Ağırlık

İŞ DENEYİMİ

12.2013 – Günümüz **Ziraat Bankası, İstanbul**
Ankes Yönetimi Bölüm Başkanlığı, Tam Zamanlı
▪ Şube ve ATM kanallarının merkezi nakit yönetimi optimizasyonunun sağlanması ve Ankes optimizasyon süreçlerinin geliştirilmesi.