

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

**PORTFÖY OPTİMİZASYONU PROBLEMİ İÇİN BULANIK ÇIKARSAMA SİSTEMİNE DAYALI
UYARLANABİLİR AĞ YAKLAŞIMI**

DOKTORA TEZİ

İlgım YAMAN

**MART 2021
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİMDALI

**PORTFÖY OPTİMİZASYONU PROBLEMİ İÇİN BULANIK ÇIKARSAMA SİSTEMİNE
DAYALI UYARLANABİLİR AĞ YAKLAŞIMI**

Ilgım YAMAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
DOKTOR (İSTATİSTİK)
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 25 / 01 / 2021

Tezin Savunma Tarihi : 03 / 03 / 2021

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ

Trabzon 2021

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın amacı, portföy optimizasyonu problemini bulanık çıkarsama sistemine dayalı uyarlanabilir ağ kullanarak çözerken, düşük risk ve yüksek getire sahip hisse senetlerini elde edebilmektir.

Doktora yolculuğumun her aşamasında bana yol gösteren, hiçbir desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ'a, çalışmamızın her aşamasında bizi dinleyen, titizlikle çalışmalarımızı inceleyen ve yönlendiren sayın Prof. Dr. Zafer KÜÇÜK, Prof. Dr. Yüksel TERZİ ve Doç. Dr. Talat ŞENEL hocalarıma, ortak zamanımızı akademik çalışmalarımıyla paylaşırken gösterdikleri sabır için çocuklarım Doğa ve Sarp Kaya'ya, tüm lisansüstü eğitimim süresinde hiçbir zaman desteğini esirgemeyen eşim Güray Kubilay YAMAN'a ve bugünlere gelmemde büyük emekleri olan sevgili anne ve babam Seyhan-Asaf Zeki KİTAPÇI'ya teşekkürlerimi sunarım.

İlgım YAMAN

Trabzon 2021

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Portföy Optimizasyonu Problemi için Bulanık Çıkarsama Sistemine Dayalı Uyarlanabilir Ağ Yaklaşımı” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 03/03/2021

(İmza)

Ilgım YAMAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

| | |
|---|------|
| ÖNSÖZ..... | III |
| TEZ ETİK BEYANNAMESİ..... | IV |
| İÇİNDEKİLER..... | V |
| ÖZET | VIII |
| SUMMARY | IX |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | X |
| TABLolar DİZİNİ..... | XIII |
| SEMBOLLER DİZİNİ | XV |
| 1. GENEL BİLGİLER..... | 1 |
| 1.1. Giriş | 1 |
| 1.2. Tezin Amacı ve Yapısı | 4 |
| 1.3. Matematiksel Programlama..... | 4 |
| 1.3.1. Doğrusal Programlama | 5 |
| 1.3.2. Karesel Programlama..... | 5 |
| 1.3.2.1. Aktif Küme Algoritması | 6 |
| 1.3.3. Karma-Tam Sayılı Karesel Programlama..... | 7 |
| 1.4. Yapay Sinir Ağı | 7 |
| 1.4.1. Doğrusal Olmayan Sinir Ağı | 8 |
| 1.5. Bulanık Çıkarsama Sistemine Dayalı Uyarlanabilir Ağ..... | 14 |
| 1.5.1. Bulanık C-Ortalamalar Algoritması | 15 |
| 1.6. Genetik Algoritma | 17 |
| 1.7. Portföy Optimizasyonu | 18 |
| 1.7.1. Risk..... | 18 |
| 1.7.2. Geleneksel Portföy Yaklaşımı | 19 |
| 1.7.3. Modern Portföy Teorisi | 20 |
| 1.7.3.1. Kayıtsızlık Eğrileri..... | 21 |
| 1.7.3.2. Etkin Portföy ve Etkin Sınır | 22 |
| 1.7.3.3. Modern Portföy Teorisi Varsayımları | 22 |
| 1.7.3.4. Markowitz Ortalama-Varyans Modeli..... | 23 |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.7.3.5. | Nicelik Kısıtı Eklenmiş Markowitz Ortalama-Varyans Modeli..... | 24 |
| 1.7.3.6. | Nicelik Kısıtlı Ortalama-Varyans Portföy Optimizasyonu Modeli | 25 |
| 1.7.4. | Portföy Optimizasyonu Ölçütleri..... | 26 |
| 1.7.4.1. | Beklenen Getiri-Risk Ölçütü | 26 |
| 1.7.4.2. | Menkul Kıymetlere İlişkin Korelasyon | 27 |
| 1.7.4.3. | Sharpe Oranı | 28 |
| 2. | YAPILAN ÇALIŞMALAR..... | 30 |
| 2.1. | Portföy Optimizasyonu İçin Önerilen Yaklaşımlar | 30 |
| 2.1.1. | Doğrusal Olmayan Sinir Ağına Dayalı Portföy Optimizasyonu Yaklaşımı | 30 |
| 2.1.2. | Bulanık Çıkarsama Sistemine Dayalı Portföy Optimizasyonu Yaklaşımı | 33 |
| 2.1.3. | Genetik Algortima ile Portföy Optimizasyonu Yaklaşımı | 36 |
| 2.1.4. | Değişim Katsayısının Tersine İle Belirlenen Nicelik Kısıtlı Portföy Optimizasyonuna Doğrusal Olmayan Sinir Ağı Yaklaşımı..... | 38 |
| 3. | BULGULAR VE İRDELEME | 41 |
| 3.1. | Doğrusal Olmayan Sinir Ağına Dayalı Portföy Optimizasyonu Algoritması İçin Uygulama | 41 |
| 3.2. | Bulanık Çıkarsama Sistemine Dayalı Portföy Optimizasyonu Yaklaşımı İçin Uygulama..... | 45 |
| 3.3. | Genetik Algoritma İle Portföy Optimizasyon Algoritması İçin Uygulama..... | 47 |
| 3.4. | Değişim Katsayısının Tersine İle Belirlenen Nicelik Kısıtlı Portföy Optimizasyonuna Doğrusal Olmayan Sinir Ağı Yaklaşımı İçin Uygulama..... | 49 |
| 3.5. | Yöntemlerin Karşılaştırılması..... | 49 |
| 3.5.1. | BİST-30 Hisse Senetleri İçin Üç Aylık Sonuç | 51 |
| 3.6. | Hisse Senetlerinin Sektörlere Göre İncelenmesi | 52 |
| 3.6.1. | BİST-30 Hisse Senetlerinin Sektörlere Göre İncelenmesi | 52 |
| 3.6.2. | BİST-Ulusal Tüm Hisse Senetlerinin Sektörlere Göre İncelenmesi | 53 |
| 3.6.2.1. | Ham madde Sektörü İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları..... | 55 |
| 3.6.2.2. | Dönemsel Tüketici Ürünleri Sektörü İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları | 59 |
| 3.6.2.3. | Finans Sektörü İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları..... | 63 |
| 3.6.2.4. | Endüstri ve Teknoloji Sektör için Portföy Optimizasyonu Uygulamaları..... | 68 |
| 3.6.2.5. | Diğer Hisse Senetleri İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları | 72 |
| 3.7. | Sektörlere Göre Hisse Senetlerinin Üç Aylık Getiri Tahminleri..... | 75 |
| 4. | SONUÇLAR..... | 84 |

| | | |
|------|--|-----|
| 5. | ÖNERİLER..... | 86 |
| 6. | KAYNAKLAR..... | 87 |
| 7. | EKLER | 90 |
| 7.1. | İstanbul Menkul Değerler Borsası BİST-30 Verisi | 90 |
| 7.2. | Hisse Senetleri Açıklamaları | 93 |
| 7.3. | Önerilen Algoritmalar İçin Yazılan MATLAB Kodları..... | 99 |
| 7.4. | BİST-30 Verisi İçin Her Bir Hisse Senedinin Beklenen Getiri Grafikleri | 103 |

ÖZGEÇMİŞ



Doktora Tezi

ÖZET

PORTFÖY OPTİMİZASYONU PROBLEMİ İÇİN BULANIK ÇIKARSAMA
SİSTEMİNE DAYALI UYARLANABİLİR AĞ YAKLAŞIMI

Ilgım YAMAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ
2021, 85 Sayfa, 24 Sayfa Ek

Yatırımcıların beklentilerini en iyi biçimde karşılayacak menkul kıymet bileşenleri, hisse senetleri, yatırım fonları vb. belirlenmesi olarak tanımlanan portföy optimizasyonunda temel amaç riski azaltırken, getiriyi arttırmaktır. Standart portföy optimizasyonu problemi amaç fonksiyonu karesel yapıda olduğundan, karesel optimizasyon teknikleri ile çözüme ulaşılabilmektedir. Nicelik kısıtının dahil edilmesi problemi karma tam sayılı optimizasyon problemi biçimine dönüştürür. Bu yapıdaki optimizasyon problemlerinin çözümünde hibrit yöntemler tercih edilmektedir. Bu çalışmada amaç nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu problemini, bulanık çıkarsama sistemine dayalı bir ağ ile çözmektir. Bunun için öncelikle sinir ağları kullanılarak standart portföy optimizasyonu için önerilen doğrusal olmayan sinir ağına dayalı portföy optimizasyonu algoritması, daha sonra nicelik kısıtlı portföy seçimi yöntemi için hibrit bir yöntem olan bulanık çıkarım sistemine dayalı portföy optimizasyonu yaklaşımı, genetik algoritma ve doğrusal olmayan sinir ağının birlikte kullanıldığı ve değişim katsayısının tersi ile nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu için algoritmalar önerilmiştir. Geliştirilen bu yöntemlerin BIST-30 veri seti için etkinliği değerlendirilmiştir. BIST-Ulusal tüm borsa verileri kullanarak sektörlere göre incelemeler yapılmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında, hibrit yöntemlere dayalı önerilen algoritmaların portföy optimizasyonu için tercih edilebilir oldukları izlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal olmayan sinir ağı, Portföy optimizasyonu, Bulanık çıkarsama sistemleri

PhD. Thesis

SUMMARY

ADAPTIVE NEURO FUZZY INFERENCE SYSTEM BASED ON PORTFOLIO
OPTIMIZATION PROBLEM

Ilgin YAMAN

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Statistics and Computer Sciences Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ
2021, 85 Pages, 24 Pages Appendix

The main purpose of portfolio optimization determining the securities components, stocks, mutual funds, etc. that will best meet the expectations of investors, is to increase return while reducing risk. Since the objective function of the standard portfolio optimization problem has a quadratic form, the solution can be reached with quadratic optimization techniques. The problem turns into a mixed integer optimization problem with the inclusion of the cardinality constraint. To solve this type of problems, hybridized methods can be preferred. The aim of this study is to solve the cardinality constrained portfolio optimization problem with a network based on fuzzy inference system. Firstly, portfolio optimization algorithm based on nonlinear neural network proposed for standard portfolio optimization using neural networks. Secondly, portfolio optimization based on fuzzy inference system, which is a hybrid method for cardinality constrained portfolio selection method, where genetic algorithm and nonlinear neural networks are used together and the coefficient of variation is inverse proposed algorithms for cardinality constrained portfolio optimization. Methods based on this data developed were evaluated for BIST-30 data set. BIST-National all stock market data, analyses were made according to sectors. When the results are compared, it was observed that the algorithms proposed based on hybrid methods are preferable for portfolio optimization.

Key Words: Nonlinear neural network, Portfolio optimization, Fuzzy inference system

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

| | | |
|-----------|---|----|
| Şekil 1. | Doğrusal olmayan sinir ağı yapısı | 9 |
| Şekil 2. | Sinir yapısı..... | 9 |
| Şekil 3. | Karesel programlama problemi için doğrusal olmayan sinir ağı..... | 13 |
| Şekil 4. | Kayıtsızlık eğrileri | 21 |
| Şekil 5. | Etkin sınır | 22 |
| Şekil 6. | Portföy optimizasyonu için doğrusal olmayan sinir ağı akış diyagramı | 31 |
| Şekil 7. | Portföy optimizasyonu için doğrusal olmayan sinir ağı yapısı..... | 32 |
| Şekil 8. | Bulanık çıkarsama sistemine dayalı hisse senedi eleme işlemi | 34 |
| Şekil 9. | Bulanık çıkarsama sistemine dayalı portföy optimizasyonu | 35 |
| Şekil 10. | Genetik algoritma ile portföy optimizasyonu yaklaşımı | 38 |
| Şekil 11. | DKDOSA ile portföy optimizasyonu akış diagramı | 40 |
| Şekil 12. | Farklı y ve z değerleri için hisse senetlerinin | 43 |
| Şekil 13. | Farklı y ve z değerleri için amaç fonksiyonu grafiği..... | 43 |
| Şekil 14. | Önerilen yöntemlerin 3 aylık reel getirileri | 52 |
| Şekil 15. | BİST-30 hisse senetleri sektörel dağılımı..... | 52 |
| Şekil 16. | BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri sektörel dağılımı..... | 54 |
| Şekil 17. | BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri için yeni sektörel dağılım | 55 |
| Şekil 18. | Ham madde sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senedi oranları | 56 |
| Şekil 19. | Ham madde sektörü için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri | 56 |
| Şekil 20. | Ham madde sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları | 58 |
| Şekil 21. | Ham madde sektörü için DKPO yöntemi ile hisse senetleri oranları | 59 |
| Şekil 22. | Ham madde sektörü için DKDOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri | 59 |
| Şekil 23. | Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 60 |
| Şekil 24. | Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri..... | 60 |
| Şekil 25. | Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle hisse senetleri oranları | 61 |

| | |
|--|----|
| Şekil 26. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları | 62 |
| Şekil 27. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 63 |
| Şekil 28. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DKDOSA yöntemi ile $f(x)$ ile $x(i)$ değerleri..... | 63 |
| Şekil 29. Finans sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 64 |
| Şekil 30. Finans sektörü için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri..... | 65 |
| Şekil 31. Finans sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle hisse senetleri oranları | 65 |
| Şekil 32. Finans sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 66 |
| Şekil 33. Finans sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları | 67 |
| Şekil 34. Finans sektörü için DKDOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri | 67 |
| Şekil 35. Endüstri ve teknoloji sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları. | 68 |
| Şekil 36. Endüstri ve teknoloji sektörü için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri ... | 69 |
| Şekil 37. Endüstri ve teknoloji sektörü için GAPO yöntemi ile hisse senetleri oranları.. | 69 |
| Şekil 38. Endüstri ve teknoloji sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları | 70 |
| Şekil 39. Endüstri ve teknoloji sektörü için DKDOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri | 71 |
| Şekil 40. Endüstri ve teknoloji sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 71 |
| Şekil 41. Diğer hisse senetleri için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 73 |
| Şekil 42. Diğer hisse senetleri için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri..... | 73 |
| Şekil 43. Diğer hisse senetleri için GA ile DOSA yöntemiyle elde edilen hisse senedi oranları..... | 74 |
| Şekil 44. Diğer hisse senetleri için bulanık çıkarsama sistemi ile hisse senetleri oranları | 74 |
| Şekil 45. Diğer hisse senetleri için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 75 |
| Şekil 46. Ham madde sektörü için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri | 76 |
| Şekil 47. Dönemsel tüketici sektörü için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri..... | 77 |
| Şekil 48. Finans sektörü için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri..... | 78 |
| Şekil 49. Endüstri ve teknoloji sektörü için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri..... | 79 |
| Şekil 50. Diğer sektörler için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri | 80 |

- Şekil 51. Önerilen algoritmaların sektörlere göre üç aylık dönem sonu değerlerinin karşılaştırılması..... 81
- Şekil 52. Her sektörün en iyi üç aylık dönem sonu değerinin karşılaştırılması..... 83



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

| | |
|--|----|
| Tablo 1. Kümelere ait olma üyelik dereceleri matrisi..... | 17 |
| Tablo 2. (y, z)'nin farklı başlangıç değerleri için DOSAPO yaklaşımı sonuçları..... | 42 |
| Tablo 3. BİST-30 hisse senetlerinin DOSAPO yaklaşımı için hisse senetleri oranları .. | 44 |
| Tablo 4. DOSAPA ve aktif küme yöntemi ile elde edilen hisse senetleri oranları..... | 45 |
| Tablo 5. Bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senedi eleme işlemi | 46 |
| Tablo 6. Bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 46 |
| Tablo 7. GA ile DOSA yöntemi ile hisse senedi oranları..... | 48 |
| Tablo 8. BİST-30 için DKDOSA yöntemi ile aktif küme yönteminin karşılaştırılması | 49 |
| Tablo 9. BİST-30 Hisse senetleri için önerilen yöntemlerin karşılaştırılması..... | 50 |
| Tablo 10. Önerilen yöntemlerin üç aylık reel getirileri | 51 |
| Tablo 11. BİST-30 Hisse senetleri sektörel dağılımı..... | 53 |
| Tablo 12. BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri sektörel dağılımı..... | 53 |
| Tablo 13. Gruplanmış sektörler'e göre hisse senedi frekans dağılımı | 54 |
| Tablo 14. Ham madde sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senedi oranları | 56 |
| Tablo 15. Ham madde sektörü için GA ile DOSA yöntemi ile hisse senedi oranları..... | 57 |
| Tablo 16. Ham madde sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 57 |
| Tablo 17. Ham madde sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları | 58 |
| Tablo 18. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 60 |
| Tablo 19. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle hisse senetleri oranları | 61 |
| Tablo 20. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları | 62 |
| Tablo 21. Finans sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 64 |
| Tablo 22. Finans sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle senetleri oranları | 65 |
| Tablo 23. Finans sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 66 |
| Tablo 24. Finans sektörü için DKDOSA yöntemi ile belirlenen hisse senedi oranları | 67 |

| | |
|---|----|
| Tablo 25. Endüstri ve teknoloji sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları | 69 |
| Tablo 26. Endüstri ve teknoloji sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle hisse senedi oranları..... | 70 |
| Tablo 27. Endüstri ve teknoloji sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları | 70 |
| Tablo 28. Endüstri ve teknoloji sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 72 |
| Tablo 29. Diğer hisse senetleri için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 73 |
| Tablo 30. Diğer hisse senetleri için GA ile DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları... | 74 |
| Tablo 31. Diğer hisse senetleri için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 74 |
| Tablo 32. Diğer hisse senetleri için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları..... | 75 |
| Tablo 33. Önerilen yöntemlerin sektörel bazda üç aylık yatırım sonu değerleri..... | 82 |

SEMBOLLER DİZİNİ

| | |
|--------------------------|--|
| ANFIS | : Uyarlanabilir sinirsel bulanık çıkarım sistemi |
| BİST-30 | : Borsa İstanbul 30 |
| DOSA | : Doğrusal olmayan sinir ağı |
| DOSAPO | : Doğrusal olmayan sinir ağı ile portföy optimizasyonu |
| DKDOSA | : Değişim katsayısının tersi ile doğrusal olmayan sinir ağı |
| FCM | : Bulanık C-Ortalamlar |
| GA | : Genetik algoritma |
| KKT | : Karush-Kuhn-Tucker |
| KTKP | : Karma tam sayılı karesel programlama |
| NKPO | : Nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu |
| A, b, c | : Girdi sabitleri |
| x | : Karar değişkeni |
| y | : Karar değişkeninin duali |
| Q, D | : Girdi sabitleri |
| k | : Pozitif reel sayı |
| $\mu_A(x)$ | : Bulanık küme üyelik fonksiyonu |
| A_i | : Dilsel etiketler |
| $\{\sigma_i, v_i, b_i\}$ | : Önsel parametreler kümesi |
| Q_i^j | : j . tabaka çıktısı |
| $\mu_{A_i}(x)$ | : Gauss dağılımına dayalı üyelik fonksiyonu |
| \bar{w}_i | : Her bir i düğümü için doğrusal fonksiyonun ağırlıklı çıktısı |
| w_i | : İkinci tabakanın çıktısı |
| $\{p_i, q_i, r_i\}$ | : Sonsal parametre kümesi |
| $J(U, V)$ | : FCM algoritması amaç fonksiyonu |
| n | : Gözlem sayısı |
| c | : Küme sayısı |
| m | : Bulanıklık indeksi |
| v_i | : Küme merkezleri |
| ε | : Durdurma kriteri |

| | |
|-----------------|---|
| u_{ij} | : j . elemanın i . kümeye ait olma derecesi |
| θ_i^2 | : Yatırım yapılan menkul değerlerin toplam riski |
| β_i^2 | : Menkul kıymetin sistematik riske karşı duyarlılığı |
| θ_m^2 | : Sistemik risk |
| θ_s^2 | : Menkul kıymetin kendisine özgü olan ve sistematik olmayan riski |
| σ_{ij} | : Varyans-kovaryans matrisi |
| R^* | : Yatırımcının portföyden elde etmek istediği getiri |
| x_i | : i . menkul kıymetin portföyde bulunma oranı |
| N | : Portföydeki menkul kıymetlerin sayısı |
| μ_i | : i . menkul kıymetin ortalama getirisi |
| z_i | : Varlıkların portföyde bulunma durumu |
| K | : Portföydeki hisse senedi sayısı |
| δ_i | : Portföyde bulunma oranı üst sınırı |
| ε_i | : Portföyde bulunma oranı alt sınırı |
| λ | : Beklenen değer varyans ödünleşim sabiti |
| $E(R_K)$ | : K 'nın getirisinin beklenen değeri |
| σ_K^2 | : K menkul kıymetinin varyansı |
| σ_T^2 | : T menkul kıymetinin varyansı |
| σ_p | : Portföy riski |
| ρ_{ij} | : i . ve j . menkul kıymet arasındaki korelasyon |
| S_p | : Sharpe oranı |
| R_f | : Risksiz faiz oranı |
| R_1 | : Düşük getiri-düşük risk kuralı |
| R_2 | : Yüksek getiri-yüksek risk kuralı |
| R_3 | : Yüksek getiri-düşük risk kuralı |
| R_4 | : Düşük getiri-yüksek risk kuralı |
| \bar{w}_{ij} | : Karar ağırlığı |
| w_{ort} | : Ağırlık ortalaması |
| C | : Değişim katsayısı |
| C^{-1} | : Değişim katsayısının tersi |
| ₺ | : Türk Lirası |

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Modern Finans Teorisinin yapı taşlarından biri olan portföy seçimi modeli, doğrusal olmayan optimizasyon problemlerinin başarılı uygulamalarındandır. Günümüz yatırım enstrümanları arasından en iyi portföyün belirlenmesinde karşılaşılan problemlerden biri de matematiksel probleminin çözüme ulaşamaması ya da çözüme ulaşmak için istenen sürenin üstünde vakit almasıdır.

Matematiksel programlama modelleri, optimizasyon problemleri içerisinde önemli bir yer teşkil etmenin yanı sıra ekonomi, enerji, telekomünikasyon, endüstri, mühendislik ve benzeri alanlarda geniş kullanıma sahiptir. Geleneksel optimizasyon modellerinden olan karesel programlama problemlerinin çözümü için iç nokta yöntemi, Lagrange yöntemi, eşlenik gradyan yöntemi ve benzeri yöntemler kullanılmıştır. Ancak bu yöntemler uzun hesaplama zamanı gerektirdiği için maliyeti yüksek olmaktadır. Tank ve Hopfield, 1985 yılında doğrusal programlama problemlerinin çözümü için yeni bir yaklaşım olan doğrusal olmayan sinir ağını (DOSA) önermişlerdir. Analog elektrik bileşenlerini paralel çalıştırarak geliştirdikleri bu yeni yöntem geleneksel yöntemlerin aksine çok daha hızlı sonuçlar vermiştir. Kennedy ve Chua (1987), yakınsamayı her zaman garanti eden ve Karush-Kuhn-Tucker (KKT) koşullarına dayanan, basit bir yapı ile bu çalışmayı geliştirmişlerdir. Bu çözüm, optimal çözüme yakın değerleri vermekte fakat optimum çözümü garanti etmemektedir. Maa ve Shanblatt'ın (1992) önerdiği iki fazlı yakınsama modeli de yaklaşık çözümler vermektedir. Bahsi geçen son iki modelde sistem parametrelerinin seçimi dikkat gerektirmektedir. Zhang (1992), yaptığı çalışmada Lagrange çarpımlarına dayanan Lagrange sinir ağını geliştirmiştir. Bu modelde yapay değişkenler kısıtlardaki eşitsizliklerin üstesinden gelmek için önerilmiştir. Yapay değişkenler ile birlikte değişken sayısının artması, ölçüm sayısının da artırılmasını gerektirir. Daha önce parametrelerin sabit olduğu yaklaşımların üzerinde durulurken, Wang (1994) doğrusal model çözümünde zamana bağlı değişen durumlar için yeni bir sinir ağı tasarlamıştır. Xia (1996), bütün bu çalışmaların olumsuzluklarını giderecek bir model önermiştir. Önerilen bu model parametre seçimi gerektirmeden primal ve dual problemlerin çözümüne dayanmaktadır. Nguyen (2000) ise yaptığı çalışmada, Xia'nın modelinin avantajlarının üzerine sezgisel bir yapı kurarak daha

hızlı bir yakınsama gerçekleştirmiştir. Ayrıca Nguyen'in bu çalışmasıyla birlikte doğrusal olmayan problemler için bir sistem geliştirilmiştir. Yan (2014) yaptığı çalışmasıyla Nyguyen'in önerdiği sistemi karesel programlama modelleri için geliştirmiştir.

Finans dünyasının önemli bir problemi olan portföy optimizasyonu problemi de matematiksel yapı olarak karesel bir optimizasyon problemidir. Problemin temelini, yatırımcının kazancını en büyüklerken riskini en düşük seviyeye çekmek isteği oluşturmaktadır. Markowitz'in geleneksel portföy yaklaşımı 1950'lilere kadar riski azaltmak için uygulanmış bir yöntemdir. Modern portföy teorisinin babası olarak bilinen Harry Markowitz 1952 ve 1959 yılında yaptığı çalışmalar ile modern portföy teoremini ortaya koymuştur. Markowitz'in ortalama-varyans modeli modern finans teorisinin temelini oluşturmaktadır. Bu teoreme Markowitz, portföyden kazanılan toplam getiriyi ortalama aktif karlılık ve riskin varyansı ile açıklar. Bu teorem üç aşamalı olarak ortaya konmuştur. İlk olarak modern portföy teorisinde parçaların toplamının bütüne eşit olmadığı ispatlanmıştır. Bundan sonraki yıllarda Markowitz'in modelinin geliştirilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır (Hamza ve Janssen, 1996). Fakat bu zamana kadar yapılan modeller gelecek tahmininde etkili olmamıştır (Freitas vd., 2008). Sezgisel hesaplama yöntemlerinden yapay sinir ağları finansal yatırımların uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Chi vd., 1999). Günümüzde belirsiz portföy seçimi sezgisel matematik yöntemleri ile yapılabilmektedir (Xue vd, 2019). Babazadeh ve Esfanipour (2019) çoklu zamanlı ortalama-varyans portföy optimizasyonunu önermiştir. 2020 yılında Zhang ve arkadaşlarının yaptığı çalışma ise derin öğrenmeye dayanmaktadır. Ma ve arkadaşlarının 2020 yılında yaptığı çalışmada derin sinir ağlar kullanılarak portföy seçimi yapılmıştır.

Sinir sistemleri, girdilere gerçek zamanlı tepki veren çok sayıda sıralı araçları içeren bilgi işleme sistemi olarak tanımlanabilir (Caudill, 1989). 1943 yılında yapay sinir ağına örnek yöntemler, araçlar için bazı kurallar ve yöntemler geliştirmek üzere oluşturulmuştur. Böylece yapay zekâ olgusu yatırım problemlerini çözmeye insan beyni ile rekabet edebilecek insani bir zekaya sahip olmuştur (Ceria ve Stubbs, 2016). Sinir ağının geleneksel ortalama-varyans yönteminden belirgin farkı sonraki hataların geleneksel yöntemler ile açıklanmasıdır (Jorion,1992). Günümüzdeki çalışmalarda, hataların etkisi açıklanmaya çalışılmıştır (Ceria ve Stubbs, 2016). Liu (2009) yaptığı çalışmada sinir ağını gelecekteki hisse senedi fiyatlarını tahmin etmede kullanmıştır. Iqbal ve arkadaşları (2019) füzyon modelini Markoviyen model ile birleştirip edip en iyi portföy yatırımını tahmin etmeye çalışmışlardır.

Takagagi-Sugeno-Kong sistemi sinirsel bulanık (neuro-fuzzy) sistem olarak kullanılmakta bu sisteme de ANFIS denmektedir (Jang, 1993). ANFIS bir bulanık çıkarım sistemi olmakla beraber, girdi ya da çıktı verileri ile sistemin öğrenilmesini gerçekleştirmektedir. Eğitim modülü veri setindeki gizlenen girdi ve çıktı ilişkisini öğrenmek için parametreleri ayarlamaya izin verir (Teshenehlab, 2008). ANFIS, dereceli çıkarsama sistemlerine sinir ağlarının öğrenme kapasitelerini kazandıran bir sinirsel-dereceli (fuzzy) tekniktir (Türkşen, 2015). ANFIS kullanılarak portföy optimizasyonu uygulamaları Alizadeh ve arkadaşları (2010) tarafından başlatılmıştır. Uyarlanabilir bulanık çıkarsama sistemi kullanılan makalede amaç fonksiyonu olarak Markowitz'in ortalama-varyans modeli seçilmiştir. Ayrıca ANFIS yöntemiyle tahmin edilen getiriler, ortalama getiriler yerine kullanılmaktadır. Bohra (2012) beklenen getiri hesaplaması formülüne göre portföyleri beklenen getirilerin üyelik derecelerine göre kümelemiştir. Türkşen (2015) ise kitabında ANFIS ile on adet hisse senedinin tahmin edilen beklenen getirisiyle, gerçek getirinin karşılaştırılması sonucu satılıp satılmayacağı kararı üzerinde durmuştur. Kumar ve Doja (2018) yaptıkları çalışmada standart portföy optimizasyonu yöntemi için yeni iki parametre kullanarak uyarladıkları ANFIS ile çözümleme yapmışlardır.

Bu çalışmada ilk olarak standart portföy optimizasyonu modeli olan Markowitz ortalama-varyans modeli doğrusal olmayan sinir ağı (DOSA) ile çözümlenmiş ve uygulama bölümünde Borsa İstanbul 30 (BİST-30) verileri kullanılarak yatırımcının hangi hisse senedine hangi oranda yatırım yapması gerektiği belirlenmeye çalışılmıştır. Daha sonra Markowitz ortalama-varyans modeline nicelik kısıtı eklenmiş böylece model karma-tam sayılı karesel programlama (KTKP) modeline dönüşmüştür. Bu karma tam sayılı modelin çözümü için üç yöntem önerilmiştir. Portföyde yer alacak hisse senetlerinin ve bu hisse senetlerinin portföyde yer alma oranlarının belirlendiği bu karma tam sayılı karesel optimizasyon problemi için önerilen ilk yöntem, ele alınan veri setindeki hisse senetlerinden, bir ön indirgeme ile getirisi yüksek, riski düşük olanların belirlenmesi düşüncesine dayanır. Bu indirgenme ise bulanık kümeleme algoritmalarından Bulanık C-Ortalamalar (Fuzzy C-Means FCM) algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Böylece belirlenecek hisse senetlerinin portföyde yer alma oranlarına ise doğrusal olmayan sinir ağları ile karar verilmiştir. İkinci yöntem, genetik algoritma ile portföy optimizasyonu yöntemidir. Bu yöntemde ise hisse senetlerinin portföyde yer alıp almama durumlarını belirlemek üzere, problemin matematiksel modeline bir tam sayı kısıtı eklenmiştir. Oluşturulan bu modelin çözümünde genetik algoritmadan yararlanılmıştır. Belirlenen hisse senetlerinin portföyde

yer alma oranlarına karar vermede yine portföy optimizasyonu için önerilen doğrusal olmayan sinir ağı yöntemi kullanılmıştır. Son yöntemde ise portföye alınacak hisse senetlerine karar vermek için değişim katsayısının tersi kullanılmaktadır. Değişim katsayısının tersi kullanılarak düşük risk yüksek getiriye sahip hisse senetlerinin seçilmesi ardından doğrusal olmayan sinir ağı yöntemi ile çözümlenip seçilecek hisse senetlerinin portföyde yer alma oranlarının belirlenmesi sağlanmıştır. Önerilen yöntemler, portföy optimizasyonu problemlerinin çözümünde kullanılan, klasik bir karesel optimizasyon yöntemi olan Aktif küme yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Önerilen yöntemler için daha büyük ve çeşitli verilerde de sonuçlar almak istenilmiştir. Bunun için önerilen üç yöntem ile BİST-Ulusal Tüm verisi ele alınarak sektörel bazda incelemeler yapılmıştır. Ayrıca üç aylık yatırım tahminlerine de sonuçlar bölümünde yer verilmiştir.

1.2. Tezin Amacı ve Yapısı

Bu tezin amacı uyarlanabilir ağırları kullanarak karesel ve karma tam sayılı optimizasyon problemleri olan standart portföy optimizasyonu ve nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu problemini çözmektir.

1.3. Matematiksel Programlama

Sınırlı kaynağın en etkili biçimde nasıl kullanılacağını matematiksel programlama yöntemleri ile tasarlamak mümkündür. Matematiksel programlama modelleri temel anlamda, doğrusal programlama modeli ve doğrusal olmayan programlama modeli olarak ikiye ayrılır. Modele ilişkin karar değişkenleri, tam sayılı değerler alması durumunda modele tam sayılı programlama modeli denir. Tam sayılı programlama modeli ise değişken sadece 0,1 değeri alıyor ise model 0-1 tam sayılı hem tam sayı değeri hem sürekli değeri alıyorsa model, karma tam sayılı programlama model olarak adlandırılır. Eğer matematiksel modelinde yer alan fonksiyonlar karesel formda ise bu model doğrusal olmayan bir programlama modelidir.

Bu çalışmada kurulan matematiksel modellerde bazı karar değişkenlerinin tam sayılı değerler alması sebebiyle karma tam sayılı programlama modelleri ve modellerde yer alan amaç fonksiyonlarının karesel formda olması sebebiyle de karesel programlama modelleri kullanılmıştır.

1.3.1. Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama problemleri, x ile ifade edilen karar değişkenlerinin bilinmeyen değerlerini belirlemek için mevcut kısıtlar altında amaç fonksiyonunun en büyüklendiği veya en küçüklendiği optimizasyon problemlerdir. Amaç fonksiyonu ve kısıtlar doğrusal fonksiyonlardan oluştuğundan doğrusal programlama adını almaktadır. A, b, c girdi sabitlerini temsil ederken x karar değişkenini ifade etmektedir. Bir doğrusal programlama probleminin genel yapısı,

$$\begin{aligned} \text{En } b^T x \\ Ax \leq c \\ x \geq 0 \end{aligned} \tag{1}$$

biçimindedir. Burada; $x \in R^n, A \in R^{m \times n}, b \in R^n, c \in R^m$, iken doğrusal programlama modelinin duali,

$$\begin{aligned} \text{En } c^T y \\ A^T y \geq b \\ y \geq 0, \end{aligned} \tag{2}$$

biçimde verilir. Duali alındığında karar değişkeni y ile gösterilmektedir. Burada;

$$x \in R^n, A \in R^{m \times n}, b \in R^n, c \in R^m \text{ dir.}$$

1.3.2. Karesel Programlama

Doğrusal olmayan programlama problemleri farklı biçimlerde ortaya çıkmaktadır. Simpleks yöntem ile bütün doğrusal programlama problemleri çözülürken, doğrusal olmayan programlama problemlerinde tek bir algoritma birbirinden farklı biçimlerde ortaya çıkan bu problemleri çözmeye yetmemektedir. Bunun yanı sıra karesel programlama modelinin doğrusal programlama probleminden tek farkı ise amaç fonksiyonunda karesel ifadelerin yer almasıdır. Karesel programlama probleminde x karar değişkenlerinin değerlerini belirlemek için amaç fonksiyonunun en küçüklenir. Karesel programlama modelinde amaç fonksiyonu ve kısıtlar Eşitlik 3'te ifade edildiği gibidir.

$$\begin{aligned}
& \text{Enk } \frac{1}{2} x^T Q x + c^T x \\
& D x = b \\
& A x \geq c \\
& x \geq 0
\end{aligned} \tag{3}$$

burada; x karar değişkenini, Q , A , b , c , D girdi sabitlerini göstermektedir. Ayrıca c ; n –boyutlu vektör, Q ; $n \times n$ boyutlu simetrik pozitif tanımlı matris, $D \in R^{p \times n}$, $A \in R^{m \times n}$, $b \in R^{p \times 1}$, olan bu probleme primal karesel programlama problemi denir. Portföy optimizasyonu modeli de amaç fonksiyonun yapısı gereği karesel optimizasyon problemlerinin bir örneğidir.

1.3.2.1. Aktif Küme Algoritması

Aktif küme algoritması karesel optimizasyon problemlerini çözümlemede yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Aktif küme yöntemi 5 ana basamaktan oluşmaktadır (Fletcher, 1989).

Adım 1: $i = 1$ iterasyon sayısı belirlenerek algoritmaya başlanır.

Adım 2: Problemdaki tüm kısıtların sağlandığı varsayılarak aktif küme boş küme olarak belirlenir,

$$J_i = \{j \mid h_j = 0\}.$$

Bu durumda,

$$J_i = \emptyset, \lambda_j = 0, j = 1, \dots, r.$$

Adım 3: Karush-Kuhn-Tucker koşulları ile, x değişkeni ve λ_j ($j \in J_i$) çarpanının değeri belirlenir.

$$\nabla f(x') + \sum_{j=1}^r \lambda_j \nabla h_j(x') = 0$$

$$h_j(x') \leq 0, j \in J_1$$

Adım 4: Eğer herhangi bir kısıt sağlanmıyorsa ($h_j(x) > 0$) ve/veya $\lambda_j < 0$) ise:

- İterasyon sayısı güncellenir; $i = i + 1$.
- Eğer λ_j ($j \in J_i$) < 0 ise aktif kümeden çıkarılır.

- Sıfırdan küçük birden fazla çarpan var ise, farkı en büyük olan kısıt, kısıt kümesinden çıkarılır ve J_i kümesi güncellenir.
- Sağlanmayan kısıtlar ($h_j(x) > 0$) J_i kümesine eklenerek güncellenir.
- Adım 3'e dönülür.

Adım 5: Mevcut çözüm, $h_j(x) = 0$ ve $\lambda_j < 0$, $j = 1, \dots, r$, biçimindeki Karush-Kuhn-Tucker koşulları sağlandığında mevcut durum en iyi çözüm olarak atanır ve algoritma sonlanır.

1.3.3. Karma-Tam Sayılı Karesel Programlama

Bazı karar değişkenleri tamsayı ve diğerleri sürekli değerler alabilen çokyüzlü küme noktalarından oluşan karesel optimizasyon modeli bir karma-tam sayılı karesel programlama modelidir. Nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu modeli, karma tam sayılı karesel programlama modelidir. Karma tam sayılı karesel programlama modelinin bu tezde de kullanılacak olan karma-ikili tam sayılı karesel programlama modeli matematiksel formu Eşitlik 4'te verildiği gibidir.

$$\begin{aligned}
 & \text{Enk } x^T Qx + c^T x \\
 & Ax \leq b \\
 & Dx = b \\
 & x \geq 0 \quad \exists x \in \{0,1\}
 \end{aligned} \tag{4}$$

burada; x ve c n -boyutlu vektörler, Q $n \times n$ boyutlu simetrik pozitif tanımlı matris, $D \in R^{p \times n}$, $A \in R^{m \times n}$, $b \in R^{p \times 1}$ dir.

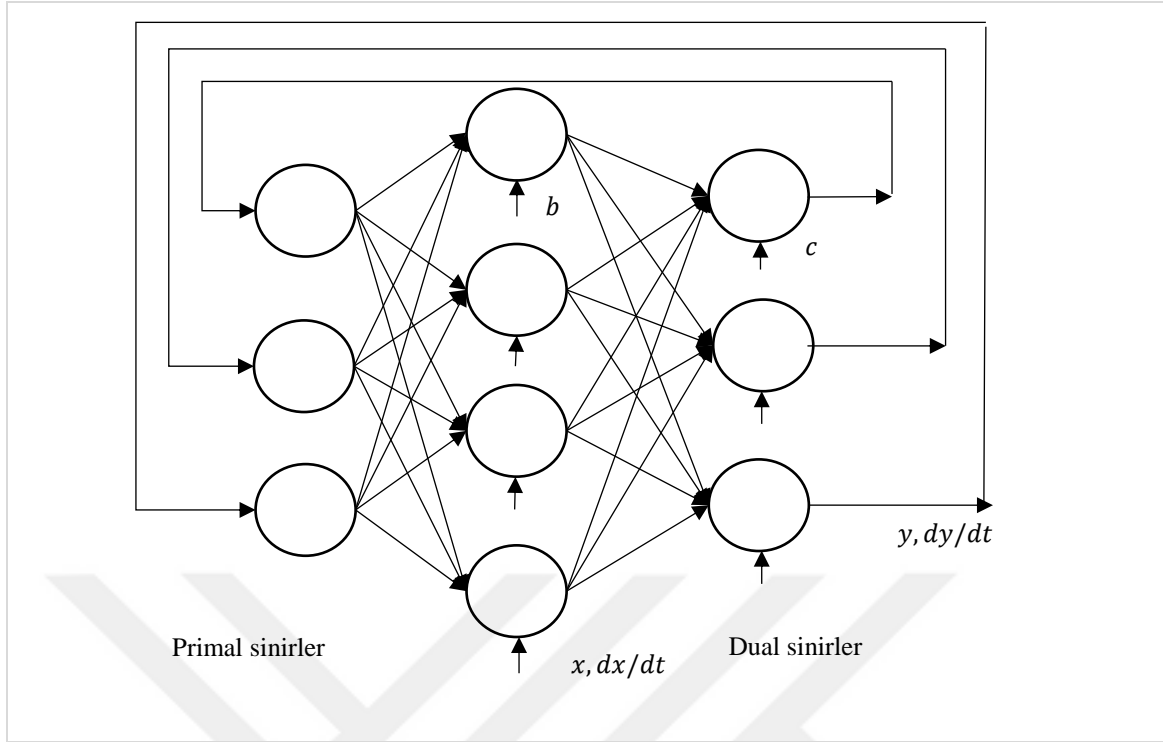
1.4. Yapay Sinir Ağı

Yapay sinir ağları sinir sistemindeki iletişim biçiminden yola çıkılarak geliştirilmiştir. Biyolojik sinir hücreleri birbirleri ile synapsler ile bağlıdır. İletişim bu synapsler üzerinden gerçekleştirilirken axonlarıyla bilginin aktarımını gerçekleştirir. Yapay sinir ağlarında buna benzer yapı şu şekildedir; dışardan gelen bilgiler toplama fonksiyonu ile toplanır ve aktivasyon fonksiyonundan geçerek çıktı üretilir, daha sonra ağın bağlantılarından diğer nöronlara gönderilir. Birçok toplama ve aktivasyon fonksiyonu bulunmaktadır. Sinir ağları girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanları olarak üç katmandan oluşur. Bilgiler ağa girdi

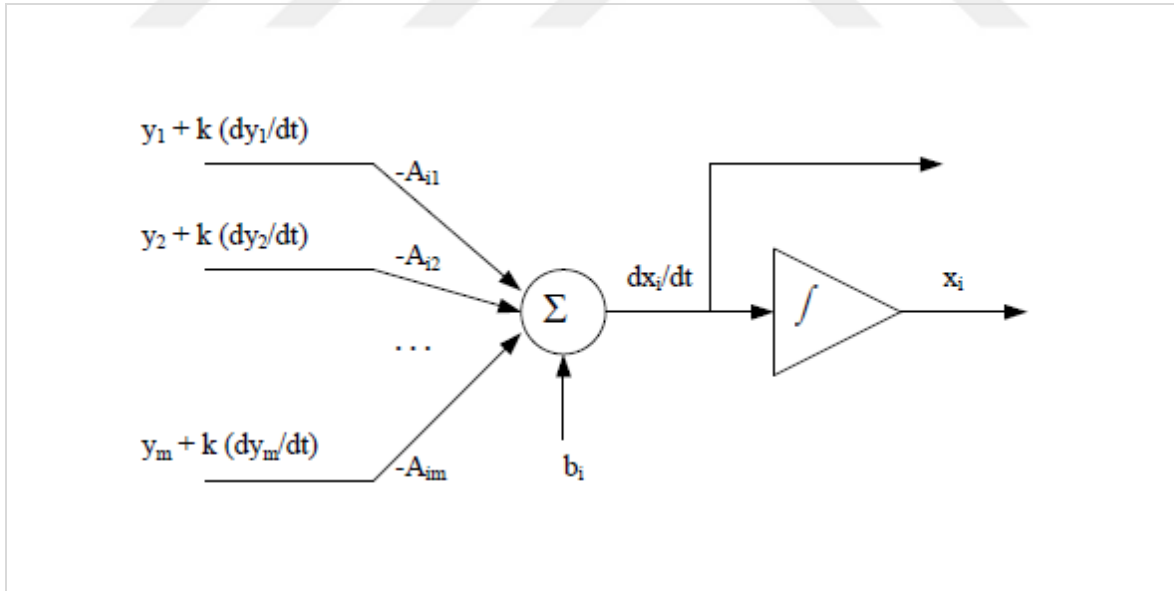
katmanından alınır daha sonra ara katmanda işlenir başka bir şekilde ifade edilecek olursa, ağa giren bilgiler ağın ağırlık değerleri kullanılarak çıktıya dönüştürülür. Çıktı katmanında sonuçlar elde edilir. Doğru çıktıların elde edilmesi için doğru ağırlıkların verilmesi gerekmektedir. Bu işleme ağın eğitilmesi denmektedir. Başlangıçta rastgele atanan ağırlıklar ağın öğrenme kuralı baz alınarak güncellenir. Ağırlıklar başka bir örnek ağda tekrar uygulanarak en doğru değerler bulunmaya çalışılır. Ağın eğitim setindeki örnek için doğru sonuçlar alınca kadar işlem yenilenir. Daha sonra test setindeki örnekler ağa gönderilir ve doğru çıktılar alındığında eğitimin tamamlandığı kabul edilir. Bu çalışmada DOSA modeli kullanılmıştır.

1.4.1. Doğrusal Olmayan Sinir Ağı

Doğrusal programlama problemleri DOSA ile çözerken, problemlerin Eşitlik 1 ile verilen primal ve Eşitlik 2 ile verilen dual halleri kullanılmaktadır (Nyguen, 2000). Optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan DOSA, Şekil 1’de görüldüğü gibi üç tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakalardan ilki girdilerin oluşturduğu primal sınırlar, ikincisi gizli tabaka, üçüncüsü ise çıktılara karşılık gelen dual sınırlardan oluşur. Primal sınırların girdileri dual sınırların çıktılarında ve türevlerinden oluşurken, dual sınırların girdileri ise primal sınırların çıktılarında ve onların türevlerinden oluşmaktadır. Tank ve Hopfield’in önerdiği sinir ağının aksine bu ağdaki primal ve dual sınırlar simetriktir. Primal ve dual sınırların sabit girdileri b ve c vektörleriyle verilmiştir.



Şekil 1. DOSA yapısı



Şekil 2. Sınır yapısı

Tek bir primal sınırın yapısı Şekil 2’de yer almaktadır. Nyguen’in Şekil 1 ile verilen ağda yaptığı yenilik sadece dual sınırı girdi olarak alması değil aynı zamanda onların türevini de girdi olarak kullanmasıdır. Hem primal hem de dual sınırların türevlerini kullandıkları denklem sistemleri Eşitlik 6’da verildiği gibidir.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= b - A^T(y + ky), & x &\geq 0 \\ \dot{y} &= -c + A(x + k\dot{x}), & y &\geq 0 \end{aligned} \quad (5)$$

Başka bir ifade ile,

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= b - A^T\left(y + k\frac{dy}{dt}\right), & x &\geq 0 \\ \frac{dy}{dt} &= -c + A\left(x + k\frac{dx}{dt}\right), & y &\geq 0 \end{aligned} \quad (6)$$

burada k pozitif ve reel sayıyı ifade eder. Nyguen'in türevleri dahil etmesi ile sinir ağı doğrusal olmayan dinamik bir sisteme dönüşmüştür. Bu sistem yüksek yakınsaklık oranına ulaşmayı sağlamaktadır. Bu sistemin ana özelliği Teorem 1 ile verilmiştir.

Teorem 1: Eşitlik 5'teki iki diferansiyel denklemle yapısı oluşturulan sinir ağı kararlı bir duruma yakınsanabiliyor ise primal ve dual doğrusal optimizasyon problemi de optimal sonuca yakınsar.

İspat: x 'in i . elemanı x_i ise primal eleman x_i 'lere ilişkin dual denklem sistemleri Eşitlik 7 ve Eşitlik 8'de gösterildiği gibi yazılabilir.

$$\frac{dx_i}{dt} = [b - A^T \left(y + k \left(\frac{dy}{dt} \right) \right)]_i, \quad x_i > 0, \quad \forall_i \quad (7)$$

Bu denklem ile x alttan 0 ile sınırlanmıştır. Böylece;

$$\frac{dx_i}{dt} = \text{enb} \left\{ \left[b - A^T \left(y + k \left(\frac{dy}{dt} \right) \right) \right]_i, 0 \right\}, \quad x_i = 0, \quad \forall_i \quad (8)$$

x ve y 'nin limitleri sırasıyla x^*, y^* ile ifade edilsin. Yakınsamanın sabitliği için $\frac{dx^*}{dt} = 0$ ve $\frac{dy^*}{dt} = 0$ olmalıdır. Böylece Eşitlik 9;

$$\begin{aligned} [b - A^T y^*]_i &= 0, & \text{eğer } x_i^* &> 0 \\ \text{enb} \{ [b - A^T y^*]_i, 0 \} &= 0 & \text{eğer } x_i^* &= 0 \end{aligned} \quad (9)$$

biçiminde ifade edilebilir. Başka bir değişle $\forall i$ için;

$$b - A^T y^* \leq 0 \quad (10)$$

dır. Benzer biçimde $\frac{dy^*}{dt}$ eşitliği de;

$$Ax^* - c \leq 0 \quad (11)$$

ile ifade edilir. Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 primal ve dual problemlerin uygun çözümlerine karşılık gelir.

Kazanan hepsini alır (*KHA*) operatörü çok girdili sinyallerde en büyük ögeyi alır. Örneğin ilişkili bellek (Freitas, 2008) özellik seçimi (Chi vd., 1999), gibi birçok alanda başarılı şekilde kullanıldığı görülmektedir. *k* kazanan hepsini alır (*kKHA*) ise *KHA*'nın genişletilmiş halidir. Bu operatör $k(1 \leq k \leq n)$ tane geniş girdi sinyallerinin içinden toplam n tane yerine en yüksek olan bir tanesini seçer. Son yıllarda bu problem tipinin çözümü için birçok sinir ağı modeli önerilmiştir bunlardan biri de primal ve dual fonksiyonların kullanıldığı DOSA'dır. *kKHA*'nın matematiksel olarak modellenmiş hali Eşitlik 12'deki gibidir;

$$x_i = f(u_i) = \begin{cases} 1 & \text{eğer } u_i \in \{u' \text{nin en büyük elemanı}\} \\ 0 & \text{d.d.} \end{cases} \quad (12)$$

$i = 1, 2, \dots, n$, $u = \mathbb{R}^n$ ve $k \in \{1, 2, \dots, n - 1\}$ iken $f(u_i)$ fonksiyonu,

$$\begin{aligned} \text{Enk } (-u^T x) \\ e^T x = k \\ x \in \{0, 1\} \end{aligned} \quad (13)$$

biçiminde ikili tamsayı programlama modeli olarak yazılabilir. Burada, $u = [u_1, u_2, \dots, u_n]^T$, $e = [1, 1, \dots, 1]^T \in \mathbb{R}^n$, $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \in \mathbb{R}^n$ ve $k < n$ ve k pozitif tam sayıdır. Dinamik sistem yaklaşımı kullanılarak bu programlama probleminin çözülmesi için Teorem 2 kullanılmıştır.

Teorem 2: Eğer u 'nun k . en büyük elemanı, u 'nun $(k + 1)$. en büyük elemanından büyük ise tam sayılı programlama modeli Eşitlik 14'deki gibi yazılabilir.

$$\begin{aligned} \text{Enk } (-u^T x) \\ e^T x = k \\ x \in [0, 1] \end{aligned} \quad (14)$$

İspat: Genelliği kaybetmeden, k 'nın en büyük elemanları u_1, u_2, \dots, u_n olduğu farz edildiğinde $u_1 \geq u_2 \geq \dots \geq u_k$, tam sayılı programlama modelinin optimal çözümü Eşitlik 15'deki gibidir.

$$x_1 = x_2 = \dots = x_k = 1 \quad \text{ve} \quad x_{k+1} = x_{k+2} = \dots = x_n = 0 \quad (15)$$

Çözümü bulmak ve bu teoremi ispatlamak için önce kısıtlar kullanılır. x_{k+1} 'i, $x_1, \dots, x_k, x_{k+2}, \dots, x_n = 0$ şeklinde yazarak çözmek için $\sum_{i=1}^n x_i = k$ kısıtı kullanılırken $x_k = k - \sum_{i \neq k+1} u_i x_i$ olarak alındığında Eşitlik 14' deki amaç fonksiyonu,

$$-u^T x = -k u_{k+1} + \sum_{i=1}^k (-u_i + u_{k+1}) x_i + \sum_{i=k+2}^n (-u_i + u_{k+1}) x_i \quad (16)$$

biçimine dönüşür. Amaç fonksiyonunda x_1, x_2, \dots, x_k negatif sabitler iken $x_{k+2}, x_{k+3}, \dots, x_n$ negatif olmayan sabitler olduğu zaman Eşitlik 7'de verilen en küçükleme probleminin çözümü $u_1 = u_2 = \dots = u_k = 1$ biçimindedir. Eşitlik 7'deki en küçükleme probleminin Lagrange fonksiyonu Eşitlik 17'de verildiği gibidir.

$$\mathcal{L}(x, y, z) = -u^T x - y(e^T x - k) - z^T(-Ix + e) \quad (17)$$

Burada $z \in R_+^p = \{z \in R^p | z \geq 0\}$, $y \in R^m$ lagrange çarpanlarıdır. Karush-Kuhn-Tucker'a (KKT) göre x^* karesel programlama modelinin çözümü olması için yalnız ve ancak $y^* \in R^m, z^* \in R_+^p$ olduğunda (x^*, y^*, z^*) Eşitlik 18 ile verilen şartları sağlar.

$$\begin{aligned} -u - y^* e + z^* &\geq 0 \\ x^{*T}(-u^T - y^* e + z^*) &= 0 \\ k - e^T x^* &= 0 \\ -e + Ix^* &\leq 0 \\ z^{*T}(-e + Ix^*) &= 0 \end{aligned} \quad (18)$$

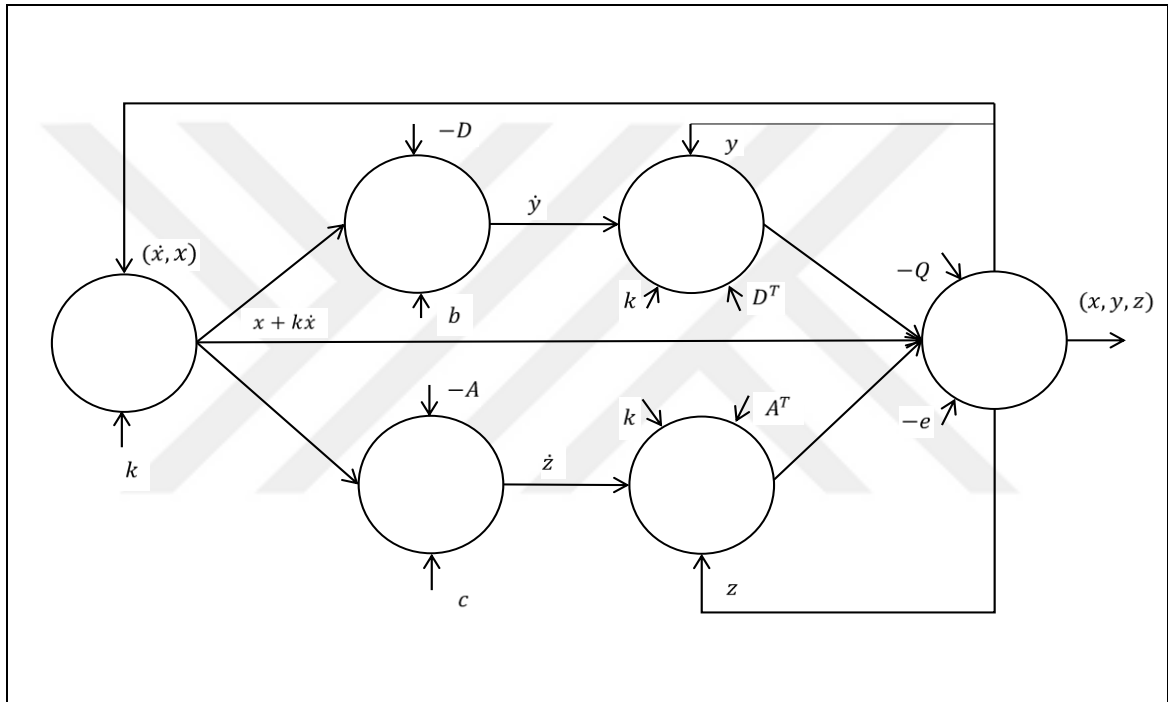
Primal ve dual problemleri çözen Xia (1996) tarafından önerilen doğrusal olmayan problemler için DOSA'ya ilişkin denklem sistemi Eşitlik 19 ile verilmiştir.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= u + (y + \lambda \dot{y})e - (z + \lambda \dot{z}), & x &\geq 0 \\ \dot{y} &= k - e^T(x + \lambda \dot{x}) \\ \dot{z} &= (x + \lambda \dot{x}) + e, & z &\geq 0 \end{aligned} \quad (19)$$

Burada λ pozitif sabittir ve sınır ağının yapısı Şekil 3'de verildiği gibidir. Bu sınır ağı iki tabakadan oluşur biri primal sınırları diğeri dual sınırları içerir. Bu ağ yapısında, primal sınırların girdileri dual sınırların çıktılardan ve türevlerinden oluşurken, dual sınırların

girdileri ise primal sınırların çıktılardan ve onların türevlerinden oluşmaktadır. Yan (2014) çalışmasında sınır ağını karesel programlama modelini çözmek için geliştirmiştir. Oluşturulan sınır ağı Eşitlik 20’de verildiği gibidir.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -Q(x + k\dot{x}) - e + D^T(y + k\dot{y}) + A^T(z + k\dot{z}), & x > 0 \\ \dot{y} &= b - D(x + k\dot{x}) \\ \dot{z} &= -A(x + k\dot{x}) + c, & z > 0 \end{aligned} \quad (20)$$



Şekil 3. Karesel programlama problemi için DOSA

1.5. Bulanık Çıkarsama Sistemine Dayalı Uyarlanabilir Ağ

Bulanık mantık ve bulanık küme kavramları Zadeh (1965) tarafından önerilmiştir. Geleneksel mantıkta elemanların hangi kümeye ait oldukları bilgisi kesinlik içerirken, bulanık kümelerde bir sınıfa ait olma bilgisi üyelik derecesi ile belirlenir. Bulanık küme teorisinde üyelik dereceleri $[0,1]$ aralığında değerler alırken üyeliğin 1'e yakın değerler alması o kümeye ait olma seviyesinin yüksek olduğunu göstermektedir. X evrensel küme ve x bu kümeye ait bir eleman olduğunda, A bulanık kümeyi ifade etmek üzere, $\mu_A(x)$; x elemanının A bulanık kümesine ait olma derecesini ifade eden üyelik fonksiyonudur. Üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ ile karakterize edilen bir dereceli küme, $\mu_A(x) \rightarrow [0,1]$ biçiminde ifade edilirken, bulanık A kümesinin elemanlarının 0 ile 1 aralığında değerler aldığını gösterir (Türkşen, 1991, 1999, 2001, 2002). Literatürde yaygın olan üyelik fonksiyonları üçgensel üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu ve normal dağılımdan üretilmiş normal üyelik fonksiyonu olmakla birlikte farklı çalışmalarda önerilmiş çok çeşitli üyelik fonksiyonları bulunmaktadır.

Bulanık çıkarsama sistemi, insan bilgisini ve akıl yürütme yetisini, kesin sayısal işlemler yapmadan modelleyebilmektedir (Fattahi, 2020). Bulanık çıkarsama sistemine dayalı uyarlanabilir ağ yaklaşımı (ANFIS) Jang tarafından (1993) önerilmiş olup, kısa sürede geniş çapta kullanılan bir algoritma haline gelmiştir (Türkşen, 2015). ANFIS, sinir ağlarının öğrenme fonksiyonunu bulanık çıkarsama sistemlerine dahil eden bulanık bir tekniktir. Takagi-Sugeno-Kang (Takagi ve Sugeno-Kang, 1985 ve Sugeno ve Kang, 1988) dereceli çıkarsama sistemi en yaygın bulanık çıkarsama sistemidir. Uyarlanabilir ağlar birbirlerine bağlanan düğümlerden oluşmaktadır. Bu düğümlerdeki fonksiyonlar sabit ya da değişken parametreler içerir. Öğrenme algoritması ile hata ölçüsünün en aza inmesi için bu parametrelerdeki değişimin nasıl olacağını uyarlanabilir ağ belirler. ANFIS mimarisi beş tabakadan oluşmaktadır. Bu tabakaların işlevleri aşağıdaki gibi açıklanabilir;

Tabaka 1: Birinci tabakadaki her sinir dilsel değerli girdiye dayanan bir üyelik fonksiyonu üretir, yani çıktısı üyelik derecelerinin elde edileceği üyelik fonksiyonudur. ANFIS'de yaygın olarak Eşitlik 21'de verildiği gibi Gauss dağılımına dayalı bir üyelik fonksiyonu kullanılır.

$$Q_i^1 = \mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{x - v_i}{\sigma_i} \right)^2 \right]^{b_i}} \quad (21)$$

Birinci tabakadaki i . düğümde üretilen üyelik fonksiyonu; x ile ifade edilen girdilere, A_i ile ifade edilen dilsel etikete ve $\{\sigma_i, v_i, b_i\}$ ile verilen önsel parametrelere bağlı bir fonksiyondur.

Tabaka 2: Birinci tabakadan gelen sinyaller ($\mu_{A_i}(x_1)$) ve çarpma işlemi kullanılarak üretilen çıktılar bir sonraki tabakaya gönderilir. İkinci tabakanın çıktısı olan ve üçüncü tabakada kullanılacak olan ağırlıklar w_i ile ifade edilir ve Eşitlik 22'deki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$Q_i^2 = w_i = \mu_{A_i}(x_1) \mu_{B_i}(x_2), \quad i = 1,2 \quad (22)$$

Tabaka 3: Bu tabakanın çıktısı ikinci tabakanın çıktılarının bir normalizasyonudur ve sinir fonksiyonu Eşitlik 23'de verildiği gibidir.

$$Q_i^3 = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1 + w_2}, \quad i = 1,2 \quad (23)$$

Tabaka 4: Bu tabakadaki her bir i düğümü için doğrusal fonksiyonun ağırlıklı çıktısının hesaplanması Eşitlik 24 ile gerçekleştirilir.

$$Q_i^4 = \bar{w}_i f_i = \bar{w}_i (p_i x + q_i y + r_i), \quad i = 1,2 \quad (24)$$

burada \bar{w}_i , üçüncü tabakanın çıktısını, $\{p_i, q_i, r_i\}$, sonsal parametre kümesini ifade eder.

Tabaka 5: Σ ile gösterilen son düğümün üreteceği çıktı Eşitlik 25 ile verilir.

$$Q_i^5 = \sum_i \bar{w}_i f_i = \frac{\sum_i w_i f_i}{\sum_i w_i}, \quad i = 1,2 \quad (25)$$

1.5.1. Bulanık C-Ortalamlar Algoritması

Dunn tarafından önerilen (1973), Bezdek tarafından geliştirilen (1981), Bulanık C-ortalamlar yöntemi (FCM), bulanık kümeleme yöntemleri içinde en yaygın olarak bilinen ve en sık kullanılan aynı zamanda birçok bulanık kümeleme yönteminin de temelini

oluşturan bir yöntemdir. FCM’de her bir verinin bir kümeye ait olma durumu bir üyelik derecesi belirlenmiştir. Bu yöntem klasik kümeleme yöntemlerinden olan K -ortalamalar yönteminin bulanık mantığa genişletilmiş hali olup amacı aynı kümeye ait gözlemler arasındaki uzaklıklar toplamının minimum kılınmasıdır. Ortalamaya dayalı kümeleme algoritmalarında uzaklık ölçütlerinden yararlanır. Bulanık kümelemede hangi uzaklık ölçütünün kullanılacağı seçilen algoritmaya ve kümenin yapısına bağlıdır. FCM algoritmasının uygulanabilmesi için öncelikle, küme merkezleri veya verilerin kümelere ait olma üyelik derecelerinin, başlangıç değerlerinin belirlenmesi gerekir. FCM algoritmasında temel amaç veri setindeki birimleri belirlenmiş c sayıda bulanık kümeye en optimal biçimde yerleşmektir.

Bunu gerçekleştirirken kullanılan amaç fonksiyonu Eşitlik 26’da verildiği gibidir.

$$J(U, V) = \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^c u_{ij}^m \|x_j - v_i\|^2 \quad (26)$$

Burada n gözlem sayısını ifade ederken, c küme sayısını, m bulanıklık indeksini temsil eder ve genelde 2 olarak belirlenir. u_{ij} ; j . elemanın i . kümeye ait olma derecesini ve v_i ; i . kümenin merkezini ifade etmektedir. Ağırlıklandırılmış en küçük kareler fonksiyonu olarak ifade edilen amaç fonksiyonu ağırlıklandırılmış hata kareler toplamıdır. $J(U, V)$ ile verilen amaç fonksiyonunun en küçüklenmesi prensibine dayanan FCM kümeleme algoritmasının işleyişi aşağıdaki gibi tanımlanabilir;

Adım 1: Başlangıç değerleri, küme sayısı (c), bulanıklık indeksi (m), küme merkezleri (v_i), durdurma kriteri (ε) belirlenir.

Adım 2: Başlangıç küme merkezleri v_i ’ler kullanılarak birimlerin kümelere ait olma derecelerini gösteren Tablo 1’de verilen üyelik dereceleri matrisini oluşturmak için u_{ij} ’ler Eşitlik 27 ile belirlenir;

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{\|x_j - v_i\|}{\|x_j - v_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (27)$$

Tablo 1. Kümelere ait olma üyelik dereceleri matrisi

| | 1 | 2 | ... | c |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | u_{11} | u_{21} | ... | u_{c1} |
| 2 | u_{12} | u_{22} | ... | u_{c2} |
| \vdots | \vdots | \vdots | \ddots | \vdots |
| n | u_{1n} | u_{2n} | ... | u_{cn} |

Adım 3: Başlangıç küme merkezleri v_i 'ler ile belirlenen üyelik dereceleri u_{ij} 'ler kullanılarak küme merkezleri güncellenir ve yeni küme merkezleri Eşitlik 28'de verildiği gibi belirlenir;

$$v_i = \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m x_j}{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m}, \quad i = 1, \dots, c \quad (28)$$

Adım 4: Son iterasyonda Eşitlik 28'de verildiği gibi, küme merkezleri ile bir önceki iterasyonda bulunan küme merkezleri arasındaki fark ya da art arda gelen iki iterasyonda amaç fonksiyonları arasındaki fark başlangıçta belirlenen durdurma kriteri (ε)'den küçükse süreç durdurulur.

$$\|v_t - v_{t-1}\| < \varepsilon \text{ ya da } \|J(U, V)_t - J(U, V)_{t-1}\| < \varepsilon \quad (29)$$

Aksi durumda 2. adıma dönülür.

1.6. Genetik Algoritma

Geleneksel yöntemler ve sezgisel algoritmalarda temel amaç, problemin en iyi çözümü makul zaman periyodunda elde etmektir. Klasik yöntemlerle karmaşık problemlerin çözümleri istenen sürede elde edilemezken, sezgisel algoritmalar optimal çözüm garanti etmemekle birlikte makul bir zaman diliminde yaklaşık çözümü verebilir. Bu nedenle, karmaşık optimizasyon problemlerinin çözümleri için parçacık sürü optimizasyonu, karınca kolonisi optimizasyonu, genetik algoritma (GA) gibi sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır. GA, Charles Darwin'in doğal seleksiyon teorisinden yolla çıkarak Holland tarafından 1975'te önerilmiştir. Ayrıca GA, kalıtım, mutasyon gibi popülasyon dinamiklerine sahip yenilenebilen bir arama metodu olmakla birlikte kısıtlı ve kısıtsız optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Arnone ve arkadaşları tarafından (1993) kısıtsız portföy optimizasyonu için genetik algoritma önerilmiştir. Shoaf ve Foster (1996)

Markowitz ortalama-varyans modelini genetik algortima ile çözümlemiş, 2005 yılında Oh ve arkadaşları GA'yı portföy optimizasyonunda endex fon yönetiminin desteklenmesi için kullanmıştır.

Genetik algortimada öncelikle kromozomların rastgele sayıda üretilmesi ile popülasyonu belirlenir. Uygunluk fonksiyonu tarafından değerlendirilen kromozomlar çözümleri temsil eder. En uygun kromozomlara yakınsama için kullanılan bazı stratejiler; çaprazlama, mutasyon ve doğal seleksiyon biçiminde verilebilir. En uygun kromozom en iyi çözümleri vermektedir. Genetik algortimanın işleyişi adımsal olarak aşağıdaki gibi verilebilir;

Adım 1: Başlangıç değerleri için rastgele popülasyon üretilir,

Adım 2: Popülasyonun uygunluğu değerlendirilir.

Adım 3: Elitist seçim uygulanır; yeniden üretim, mutasyon ve çaprazlama yapılarak en iyi bireyler yeni nesile taşınır.

Adım 4: Mevcut popülasyon yeni popülasyonla değiştirilir.

Adım 5: Sonlandırma kriteri sağlandığında durulur, diğer durumda Adım 2.'ye dönlür.

Yeniden üretim işleminde, ebeveyn kromozomlardan çocuk kromozomlar üretilir. Tüm çocuk kromozomlar üretildikten sonra yeniden üretim süreci sonlanır.

1.7. Portföy Optimizasyonu

Portföy, çeşitli menkul kıymetlerden meydana gelen, ağırlıklı olarak hisse senedi, tahviller gibi menkul kıymetlerden ve türev ürünlerden oluşan, belirli bir kişi veya grubun elinde olan finansal nitelikli kıymetler olarak tanımlanabilir (Bekçioğlu, 1984). Portföy optimizasyonu ise yatırımcıların kazancını en büyük hale getirirken, riskini en küçükleme isteğinden ortaya çıkan bir optimizasyon problemidir. Yüksek kazanç elde etmek isteyen yatırımcı büyük riskleri göze almaktadır. Riskten kaçınan bir yatırımcı ise düşük kazançlara razı olacaktır. Belirtilen dengede en iyi çözüm ya da çözümlere ulaşılmaya çalışılır.

1.7.1. Risk

Portföy optimizasyonunda menkul kıymetlerin sağlayacağı kazançla bakılırken, alınan risk göz ardı edilmemelidir. Yani, risk ile getiri arasındaki ilişki önem teşkil etmektedir.

Yatırımcı getiriye hesaplasa da riski hesaplaması oldukça zor olmaktadır. Bununla birlikte bir portföy, yatırımcının portföyü kontrol altına alabilme ve sınırlandırabilme özelliklerine göre iki grup riske sahiptir. Bunlar sistematik risk ve sistematik olmayan risklerdir. Satın alma gücü riski, faiz oranı riski, piyasa riski, politik risk, kur riski, sistematik riski oluşturmaktadır. Sistematik olmayan risk; finansal risk, yönetim riski, iş ve endüstri riskinden oluşmaktadır. Toplam risk; sistematik risk ve sistematik olmayan riskten oluşur. Toplam risk;

$$\theta_i^2 = \beta_i^2 \theta_m^2 + \theta_s^2 \quad (30)$$

biçiminde ifade edilmektedir. Burada;

θ_i^2 : Yatırım yapılan menkul değerlerin toplam riskini,

β_i^2 : Menkul kıymetin sistematik riske karşı duyarlılığını,

θ_m^2 : Sistemantik riski,

θ_s^2 : Menkul kıymetin kendisine özgü olan ve sistematik olmayan riski ifade etmektedir.

Modern portföy yönetiminden önce, riski azaltmak için yatırımcılar portföyde yer alan menkul kıymetlerin sayısını arttırmayı seçmişlerdir. Oysa modern portföy yaklaşımında sadece portföy çeşitlendirmesine gidilerek riskin azaltılamayacağı, çünkü; portföyde yer alan menkul kıymetlerin aynı ya da ters yönde hareket ettiği söylenmektedir (Ceylan, 1991). Portföy seçimi problemlerinin çözüm yaklaşımları tarihsel gelişim açısından iki ana kısımda incelenebilir. 1950'lere kadar olan dönemde geleneksel portföy yaklaşımı kullanılırken bu tarihten sonra Harry Markowitz (1959) ile birlikte modern portföy teorisine geçiş yapılmıştır.

1.7.2. Geleneksel Portföy Yaklaşımı

Geleneksel portföy yaklaşımı tecrübeye dayalı bir yaklaşım olup amacı yatırımcının sağlayacağı faydayı en büyükmektedir. Başka bir deyişle, ortaya çıkan risk düzeyine göre yatırımcı belirlemiş olduğu faydayı en büyükmeye çalışmaktadır (Ceylan,1998).

Geleneksel portföy yönetiminde, risk portföyü çeşitlendirilerek azaltılmaktadır. Geleneksel portföy yaklaşımı bileşenleri;

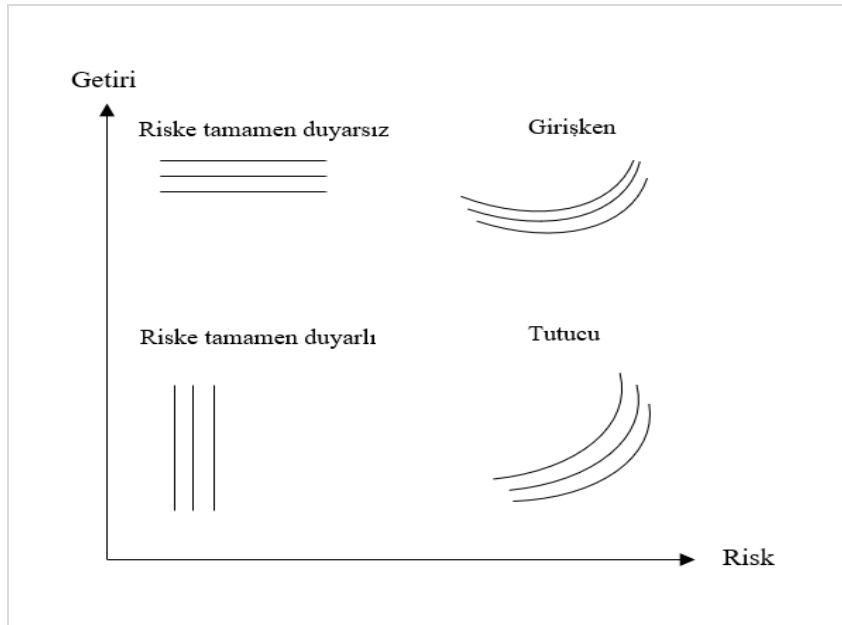
1. Yatırımcıya ait bilgilerin toplanması,
2. Portföy amacının saptanması,
3. Yatırım politikaları,
4. Portföye dahil edilecek menkul kıymetlerin seçilmesi (Ceylan,1991).

1.7.3. Modern Portföy Teorisi

Geleneksel portföy yaklaşımı 1950'lere kadar riski azaltmak için uygulanmış bir yöntemdir. Modern portföy teorisinin babası olarak bilinen Harry Markowitz 1952 ve 1959 yıllarında yaptığı çalışmalar ile modern portföy teoremini ortaya koymuştur Markowitz'in ortalama-varyans modeli modern finans teorisinin temelini oluşturmaktadır. Bu teoremden Markowitz portföyden kazanılan toplam getiriye ortalama aktif karlılık ve riskin varyansı ile açıklar. Bu teorem üç aşamalı olarak ortaya konmuştur. İlk olarak modern portföy teorisinde kısımların veya parçaların toplamının bütüne eşit olmadığı ispatlanmıştır. Portföyün riskinin portföydeki varlıkların riskinden daha fazla olabileceği ve belli koşullarda portföyün sistematik olmayan riskinin sıfır yapılabileceği gösterilmiştir. İkinci olarak üstünlük ilkesi ortaya atılmıştır. Bu ilke bir örnek üzerinden daha iyi açıklanabilir. Örneğin aynı getiriye sahip iki farklı portföyden ikinci portföy daha az riskli olduğu için tercih edilir, ya da eğer iki portföyde aynı riske sahip iken ikinci portföy birinciye göre daha fazla gelir getirdiği için tercih edilir. Üçüncü olarak Markowitz kuadratik programlama ile etkin sınır elde edilebileceğini göstermiştir. Daha sonra 1963 yılında Markowitz'in öğrencisi olan William Sharpe biraz karmaşık olan bu yöntemi sadeleştirerek tek indeksli model haline getirmiştir. Tek indeksli model daha çok alternatif hisse senetlerine yapılan yatırımların en büyüklenmesi için kullanılırken, Markowitz'in geliştirdiği model tahvil hisse senedi gibi gayrimenkullere yapılan yatırımların analizinde kullanılmaktadır. Portföy optimizasyonu, kavram olarak menkul kıymet seçimi kavramından daha geniş ve farklıdır. İyi bir portföyü, iyi hisse senetleri ve tahvillerden oluşan uzun bir liste olarak düşünmemek gerekir. Çünkü portföye belirli amaçlar ve tekniklerle dahil edilen menkul kıymetlerin tek tek ele alınması, farklılıklarının ve özelliklerinin araştırılması gerekir (Ceylan, 1991). Modern portföy teorisinin temelinde portföy getirilerinin belirsizliği ve menkul kıymet getirileri arasındaki ilişkiler yatar.

1.7.3.1. Kayıtsızlık Eğrileri

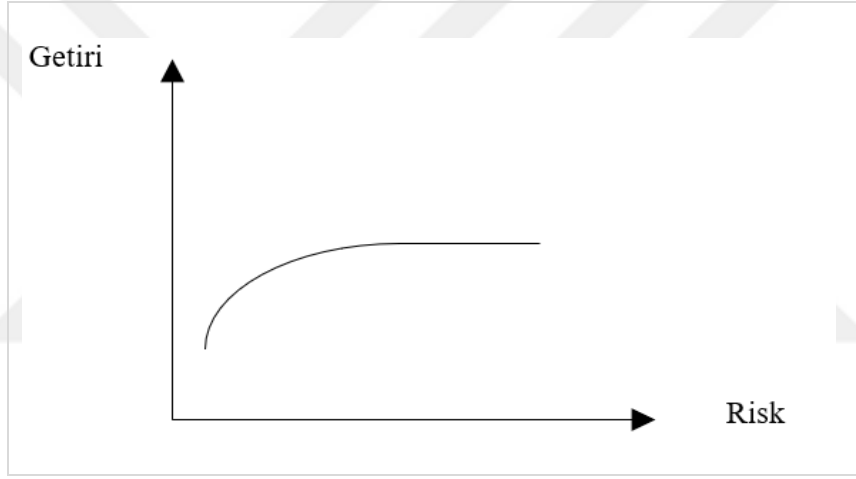
Kayıtsızlık eğrileri yatırımcıların risk ve getiri tercihleri arasındaki ilişkiyi gösteren eğrilerdir (Karan, 2004). Bu eğriler sayesinde yatırımcının aldığı risk düzeyinde ne kadar getiri bekledikleri görülebilir. Şekil 4'te görüldüğü gibi kayıtsızlık eğrileri iki boyutlu düzlemde bulunurken x eksenini yatırımcının alacağı riskler, y eksenini ise yatırımcının alacağı getirileri göstermektedir. Kayıtsızlık eğrisinin yatay eksene paralel olması, risk düzeyi ne olursa olsun belirli bir getiri düzeyinin aynı tatmini vermesi anlamındadır. Ancak, riske tamamen duyarlı yatırımcı tipi gibi bu yatırımcı tipi de uç durumu temsil etmektedir. Gerçek hayatta yatırımcılar bu iki uç noktanın arasında yer almaktadırlar. Tutucu yatırımcı, risk düzeyindeki küçük bir artışı daha büyük getiri artışı karşılığında kabullenebilen yatırımcı tipidir ve riske verilen önem getiriden daha fazladır. Girişken yatırımcı, tutucu yatırımcının aksine, göreceli olarak düşük getiri artışlarını sağlayabilmek için daha büyük tutarda risk üstlenme eğiliminde olan yatırımcıdır ve bu yatırımcı için getiri riskten daha çok önem taşımaktadır. Uçlardaki yatırımcı tipleri dikkate alınmazsa kayıtsızlık eğrileri sayesinde yatırımcıların aynı fayda düzeyini koruyabilmeleri için risk-getiri değişimi gerekli görülmektedir (Sabuncu, 2005). Belirtilen bu durumlar Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 4. Kayıtsızlık eğrileri

1.7.3.2. Etkin Portföy ve Etkin Sınır

Belirli bir varyans seviyesinde getirinin en büyüklenmesiyle veya belirli bir getiri seviyesinde varyansın en küçüklenmesi durumlarında etkin portföyler elde edilmektedir (Ceylan, 1991). Hedeflenen getiri düzeyleri ve o getiri düzeyinde elde edilen etkin portföylerin varyansları Şekil 5'te görüldüğü gibi Getiri-Risk grafiği üzerinde gösterildiğinde bu etkin portföyleri birleştiren eğri etkin sınır olarak adlandırılır (Ulucan, 2004).



Şekil 5. Etkin sınır

1.7.3.3. Modern Portföy Teorisi Varsayımları

Modern portföy yönetimi varsayımları;

1. Amaç yatırımcının fayda fonksiyonunu en büyükmektir (Harrington, 1979).
2. Yatırım yapılırken sadece beklenen getiri ve risk göz önüne alınmaktadır.
3. Tüm yatırımcılar, aynı risk düzeyinde daha fazla getiriye, daha az getiriye tercih ederler.
4. Yatırımcılar özdeş zaman aralığında yatırım yaparlar.
5. Sermaye piyasasında bilgiler süratle tamamen ve doğru olarak menkul kıymet fiyatlarına yansır. Piyasa her zaman dengededir. Yatırımcı için bilgi her zaman ulaşılabılır (Ceylan, 1991).

Markowitz etkin portföylerin beklenen getiri ve bu getirinin varyansının göz önüne alındığı, ortalama-varyans modeli olarak adlandırılan bir model ortaya koymuştur. Belirtilen modelin varsayımları;

1. Yatırımcılar riskten kaçan bireylerdir,
2. Yatırım yapılacak unsurların ölçümleri normal dağılmaktadır.

Üstünlük ilkesine göre yatırımcı, iki aynı beklenen getiriye sahip iki yatırımdan standart sapması yani riski düşük olanı seçecektir. Riski aynı olan yatırımlardan ise beklenen getirisi en yüksek olanı seçmesi öngörülmektedir (Ceylan, 1991).

1.7.3.4. Markowitz Ortalama-Varyans Modeli

Markowitz portföy üzerinde yaptığı çalışmalar ile 1990 yılında finansal ekonomi teorisine öncülük yaptığı için Nobel ile ödüllendirilmiştir. Markowitz'in (1959) finans dünyasına damgasını vuran ortalama-varyans modeli Eşitlik 31'de verildiği gibidir.

$$\begin{aligned}
 \text{Enk} \quad & \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij} \\
 & \sum_{i=1}^N x_i = 1 \\
 & \sum_{j=1}^N x_j \mu_j = R^* \\
 & 0 \leq x_i \leq 1, i = 1, \dots, N
 \end{aligned} \tag{31}$$

Amaç fonksiyonu, hisse senetlerinin portföyde bulunma oranları ile varyans-kovaryans matrisinin çarpımının en küçüklenmesiyle oluşur. Seçilen hisse senetleri oranları toplamalarının 1 olması koşulu $\sum_{i=1}^N x_i = 1$ kısıtı ile sağlanır. Yatırımcının portföyden elde etmek istediği getiri R^* ile verilmektedir. Bu beklenti; $\sum_{j=1}^N x_j \mu_j = R^*$ kısıtı ile sağlanır. Portföyde bulunacak hisse senedi oranları x_i 'ler $[0,1]$ aralığında değer almalıdır.

Burada;

N : portföydeki menkul kıymetlerin sayısı,

μ_i : i . menkul kıymetin ortalama getirisi,

σ_{ij} : i ve j 'inci menkul kıymetlerin arasındaki korelasyon,

x_i : i . menkul kıymetin portföyde bulunma oranı,

R^* : portföyün beklenen getirisidir.

1.7.3.5. Nicelik Kısıtı Eklenmiş Markowitz Ortalama-Varyans Modeli

Markowitz ortalama-varyans modelinde varlıkların portföyde bulunma oranlarını kısıtlayan herhangi bir ifade yer almamaktadır. Ortalama-varyans modeline iki kısıt eklenerek nicelik kısıtlı ortalama-varyans modeli elde edilmiştir. İlk olarak varlıkların portföyde bulunup bulunmayacaklarını belirleyen z_i parametresi, bu varlıklardan kaç adedinin portföyde yer alabileceğini ifade eden K sabiti ile birlikte modele eklenerek model;

$$\begin{aligned}
 & \text{Enk} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij} \\
 & \sum_{i=1}^N x_i = 1 \\
 & \sum_{i=1}^N z_i = K \\
 & \sum_{i=1}^N x_i \mu_i = R^* \\
 & \varepsilon_i z_i \leq x_i \leq \delta_i z_i, \quad i = 1, \dots, N \\
 & z_i \in \{0,1\}
 \end{aligned} \tag{32}$$

biçimine dönüşmüştür. Menkul kıymetin portföyde bulunup bulunmaması z_i parametresi ile belirlenmektedir. Menkul değer portföye dahil edilmesi $z_i = 1$ olduğunda gerçekleşirken $z_i = 0$ olduğunda o menkul değer portföye alınmaz. Böylece seçilen menkul değerler portföye dahil edilmektedir. İkinci kısıt portföyde bulunma oranı için getirilmiştir. Portföyde bulunma yüzdelere ε_i, δ_i ; sırasıyla alt ve üst sınırları ile belirler.

1.7.3.6. Nicelik Kısıtlı Ortalama-Varyans Portföy Optimizasyonu Modeli

Nicelik kısıtlı ortalama-varyans modeli (Chang vd., 2000) yatırımcının risk alma isteği doğrultusunda şekillenmiştir. Nicelik kısıtlı ortalama-varyans portföy optimizasyonu (NKPO) modeli Eşitlik 33'de verildiği gibidir.

$$Enk \lambda \left[\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij} \right] + (1 - \lambda) \left[- \sum_{i=1}^N x_i \mu_i \right] \quad (33)$$

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

$$\sum_{i=1}^N z_i = K$$

$$\varepsilon_i z_i \leq x_i \leq \delta_i z_i, \quad i = 1, \dots, N$$

$$z_i \in \{0,1\}, \quad i = 1, \dots, N$$

$$0 \leq x_i \leq 1$$

Burada,

z_i : i . menkul kıymetlerin portföyde bulunma durumu,

ε_i : i . menkul değer portföyde bulunma oranının alt sınırı,

δ_i : i . menkul değer portföyde bulunma oranının üst sınırı,

ifade etmektedir.

Standart portföy optimizasyonundan farklı olarak amaç fonksiyonunda λ değişkeni yer almaktadır. Eğer $\lambda = 0$ ise varyansın etkisi göz ardı edilerek portföyün beklenen getirisi en büyüklenmiş olur. En büyük ortalama getiriye sahip olan menkul değer optimum çözümü oluşturur. Eğer $\lambda = 1$ ise ortalama getirinin etkisi göz ardı edilerek toplam varyans en küçüklenir ve optimum çözüm birçok farklı menkul kıymet içerir. λ 'nın sıfır ile bir arasında bir değer alması, beklenen getiri ve varyans arasında bir ödünleşimi temsil eder (Chang vd., 2000).

1.7.4. Portföy Optimizasyonu Ölçütleri

1.7.4.1. Beklenen Getiri-Risk Ölçütü

K ve T gibi iki yatırım Eşitlik 34 ile verilen koşullar sağlandığında K 'nın T 'den üstün olduğu söylenebilir. Böylece K 'nın beklenen getirisi T 'den büyük iken, T 'nin riski K 'nın riskinden fazladır. Bu durumda K yatırımının, T yatırımına göre daha çok tercih edilmesi gerekmektedir. Belirtilen ölçüt matematiksel olarak Eşitlik 34'te verildiği gibi ifade edilebilir.

$$\begin{aligned} E(R_K) &\geq E(R_T) \\ \sigma_K^2 &\leq \sigma_T^2 \end{aligned} \quad (34)$$

Burada;

$E(R_K)$: K 'nın getirisinin beklenen değerini,

$E(R_T)$: T 'nin getirisinin beklenen değerini,

σ_K^2 : K menkul kıymetinin varyansını,

σ_T^2 : T menkul kıymetinin varyansını,

ifade etmektedir.

Bir portföyün beklenen getirisi menkul kıymetlerin getirilerinin ağırlıklı ortalamasıyla hesaplanır. Portföyün riski ise menkul kıymetlerinin varyansları ile bu getiriler arasındaki kovaryanslar ile hesaplanır. N menkul kıymetten oluşan bir portföyün getirisinin ve riskinin hesaplanması sırası ile Eşitlik 35 ve Eşitlik 36'da verilmiştir.

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^N x_i \mu_i \quad (35)$$

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

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_{ij}} \quad (36)$$

Burada;

N : portföyde bulunan menkul kıymetlerin sayısı,

x_i : i . menkul kıymetin portföy modelindeki ağırlığı,
 μ_i : i . menkul kıymetin beklenen getirisi,
 σ_p : portföy riski,
 σ_{ij} : i . ve j . menkul kıymetler arasındaki kovaryansdır.

1.7.4.2. Menkul Kıymetlere İlişkin Korelasyon

Markowitz'in ortaya koyduğu portföy çeşitlendirmesinin amacı bir menkul kıymet değer kaybederken, portföyde bulunan diğer menkul kıymetin değer kazanıp riski minimuma indirmesidir. Buna karşın Markowitz'in çeşitlendirmesi sadece menkul kıymetlerin riskleriyle ilgilenmez ayrıca bu menkul kıymetlerin korelasyonlarını göz önünde tutar. İki menkul değer korelasyonunun -1'e yaklaşması bir menkul değer kazanırken diğerinin değer kaybettiği anlamına gelir. Bu da riskin azaldığını gösterir. Korelasyon katsayısının -1 olması ise az rastlanan bir durumdur. Çünkü korelasyon -1 olması mükemmel negatif doğrusal ilişki anlamına gelmektedir ki bu da iki menkul değer birinin artış oranı ile diğerinin azalma oranı aynı olması demektir. Piyasalar da bu kadar mükemmel bir ilişkiye rastlamak oldukça zor hatta imkansızdır. Ancak yatırımcı için menkul kıymetler arasındaki korelasyon değerinin -1'e yakın olması arzu edilen bir durumdur. Menkul kıymetlerin korelasyonlarının +1 olması, iki menkul kıymetin fiyatlarının aynı yönde değiştiğinin göstergesidir. Bu durumda riskin en küçüklendiği anlamını taşımaz. Çeşitlendirme yapılmış gibi değil aksine portföyde tek bir menkul kıymet var gibi görünmektedir. Sonuç olarak korelasyonun +1 olması istenen bir durum değildir. Menkul kıymetler arasındaki korelasyon sıfır olduğu durumda doğrusal bir ilişki bulunmadığı söylenebilir. Bir portföy için kovaryans formülü Eşitlik 37'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} Cov(R_i, R_j) &= \sigma_{ij} \\ \sigma_{ij} &= \sigma_i \sigma_j \rho_{ij} \end{aligned} \quad (37)$$

Burada;

R_i : i . menkul kıymet,
 σ_{ij} : i . ve j . menkul kıymet aralığındaki kovaryans ,
 σ_i : i . menkul kıymetin standart sapması,
 ρ_{ij} : i . ve j . menkul kıymet arasındaki korelasyondur.

Portföy optimizasyonu problemlerinin çözümü için literatürde önerilmiş modellerden en önemlisi Markowitz'in ortalama-varyans modelidir. Sharpe oranı, nicelik kısıtlı ortalama-varyans portföy optimizasyonu modelleri de portföy optimizasyonu için kullanılan modeller arasındadır.

1.7.4.3. Sharpe Oranı

William Sharpe (1966) tarafından önerilen bu oran ile her birim riske düşen getiri miktarı hesaplanmaktadır. Getirisi yüksek olan portföyün riski de yüksek olduğunda diğer portföye göre reel olarak hangisinin daha iyi getiri sağladığını görmek için Sharpe oranı kullanılmaktadır. Portföyü oluştururken yatırımcı Sharpe oranı yüksek olan menkul kıymeti seçmelidir. Böylece Sharpe oranı bir en büyükleme problemi olarak düşünülebilir. Sharpe oranı Eşitlik 38 (a)'da verildiği gibidir.

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

$$E(R_p) = \sum_{i=1}^N x_i \mu_i \quad (b) \quad (38)$$

$$\sigma_p = \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_i} \quad (c)$$

burada, S_p Sharpe oranını gösterirken, R_f risksiz faiz oranını gösterir. σ_p portföyün standart sapmasını ifade eder. Portföyün beklenen değeri ve standart sapmasının formülleri sırasıyla Eşitlik 38 (a) ve Eşitlik 38 (c) ile verilmiştir. Portföyde bulunan hisse senetlerinin toplamalarının %100'e eşit olması beklenmektedir. Bundan dolayı x_i parametresi $[0,1]$ aralığında değer alır. Sharpe oranının optimizasyonuna ilişkin matematiksel model Eşitlik 39'da verildiği gibidir.

$$Enb \frac{\sum_{i=1}^N x_i \mu_i - R_f}{\sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i x_j \sigma_i}} \quad (39)$$

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

$$0 \leq x_i \leq 1, \quad i = 1, \dots, N$$



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Portföy optimizasyonu için bu çalışmada önerilmiş dört yöntem bulunmaktadır. Standart ortalama-varyans portföy optimizasyonu modelinin çözümü için doğrusal olmayan sınır ağına dayalı portföy optimizasyonu algoritması önerilmiştir. NKPO'nun çözümü için ise üç farklı yöntem önerilmiştir. Bunlardan ilki bulanık çıkarsama sistemine dayalı doğrusal olmayan sınır ağı yöntemi ile nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu, ikincisi genetik almaya dayalı doğrusal olmayan sınır ağı yöntemi ile nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu yöntemi ve son olarak DKDOSA ile nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu yöntemidir.

2.1. Portföy Optimizasyonu İçin Önerilen Yaklaşımlar

2.1.1. Doğrusal Olmayan Sınır Ağına Dayalı Portföy Optimizasyonu Yaklaşımı

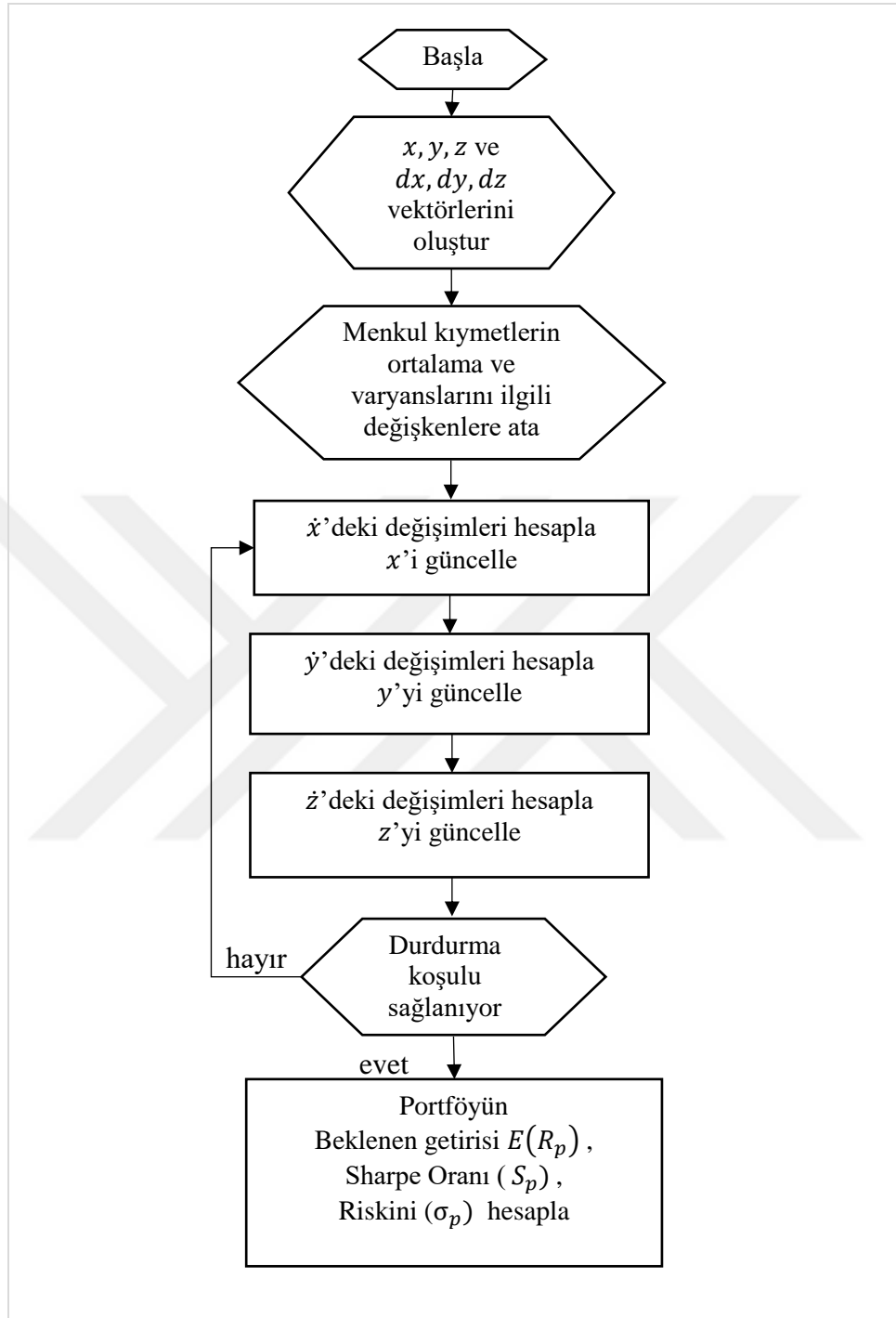
Bu bölümde portföy optimizasyonu için amaç fonksiyonu olarak standart portföy optimizasyon modeli olan Markowitz ortalama-varyans modeli ele alınmıştır. Portföy optimizasyonunun temelini oluşturan bu model için doğrusal olmayan sınır ağı yaklaşımı Eşitlik 40'da verildiği gibi uyarlanmıştır.

$$\dot{x} = -2\sigma(x + k\dot{x}) + [1,1, \dots, 1]^T (y + k\dot{y}) + \mu^T (z + k\dot{z}), x > 0, \quad (a)$$

$$\dot{y} = [1,1, \dots, 1] - [1,1, \dots, 1](x + k\dot{x}) \quad (b) \quad (40)$$

$$\dot{z} = -\mu(x + kx) + R, \quad z > 0 \quad (c)$$

Şekil 6'daki akış diyagramı doğrusal olmayan sınır ağı ile portföy optimizasyonu için izlenen yol ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Ayrıca sınır ağının yapısı Şekil 7 ile izah edilmiştir.



Şekil 6. Portföy optimizasyonu için doğrusal olmayan sınırlı akış diyagramı

2.1.2. Bulanık Çıkarsama Sistemine Dayalı Portföy Optimizasyonu Yaklaşımı

Nicelik kısıtının dahil olduğu Eşitlik 32’de verilen portföy optimizasyonu modelini çözmek için oluşturulan bu algoritma hem K sayıda hisse senedinin seçimini sağlamakta hem de K tane hisse senedinin oransal dağılımını vermektedir. K tane hisse senedinin seçimi gerçekleştirmek için ilk olarak bulanık çıkarsama sistemine dayalı yöntem kullanılır. Bulanık çıkarsama sistemi kullanılarak, nicelik kısıtı ile hangi K tane hisse senedinin portföy optimizasyonu için önerilen doğrusal sinir ağına alınabileceği belirlenir. Bu aşamada bulanık çıkarsama sistemi iki değişken üzerinden kurgulanmıştır. Birinci değişken x_1 getiriyi, ikinci değişken x_2 riski ifade etmektedir. Bu iki değişken için iki alt durum bulunmaktadır. Düşük ve yüksek olmaları durumundan oluşan alt kümelerde ise düşük getiri-düşük risk (R_1), yüksek getiri-yüksek risk (R_2), yüksek getiri-düşük risk (R_3), düşük getiri-yüksek risk (R_4) kurallarına karşılık gelir. Bu gruplarda hangi hisse senetlerinin olacağı karara üretilen (\bar{w}_{ij}) ağırlıklarıyla varılır. Böylece hisse senetlerinin kümelere ait olma dereceleri belirlenmiş olur.

Portföy optimizasyonun amacı riski en küçüklenirken belirli bir getiriyi elde etmek olduğu için bulanık çıkarsama sistemi portföy optimizasyonu için çalıştırıldığında R_3 kuralından üretilen ağırlıklar ile hisse senedi eleme işlemi yapılacaktır. Böylece sadece riski düşük olanlardan değil getirisi yüksek olanlar arasından da hisse senedi eleme işlemi gerçekleşmiş olacaktır. Varyansı en küçük yapmak üzere kurulmuş amaç fonksiyonunu en iyileyecek doğrusal olmayan sinir ağı kullanılarak hisse senetlerinin seçimi gerçekleştirilir. Böylece ikili tam sayı kısıtı sağlanmış olan karma tam sayılı karesel programlama modelinin bir örneği olan nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu modelinin çözümü elde edilir. Yatırımcının K tane hisse senedine yatırım yapmak istemesi durumunda hangi oran ile yatırım yapacağı bilgisi elde edilmiş olur. Şekil 8’de nicelik kısıtlı portföy optimizasyonuna bulanık çıkarsama yaklaşımı ve doğrusal olmayan sinir ağı yaklaşımının birlikte oluşturduğu akış diyagramı yer almaktadır.

Model 1.

$$Enk \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i z_i \sigma_{ij} z_j x_j$$

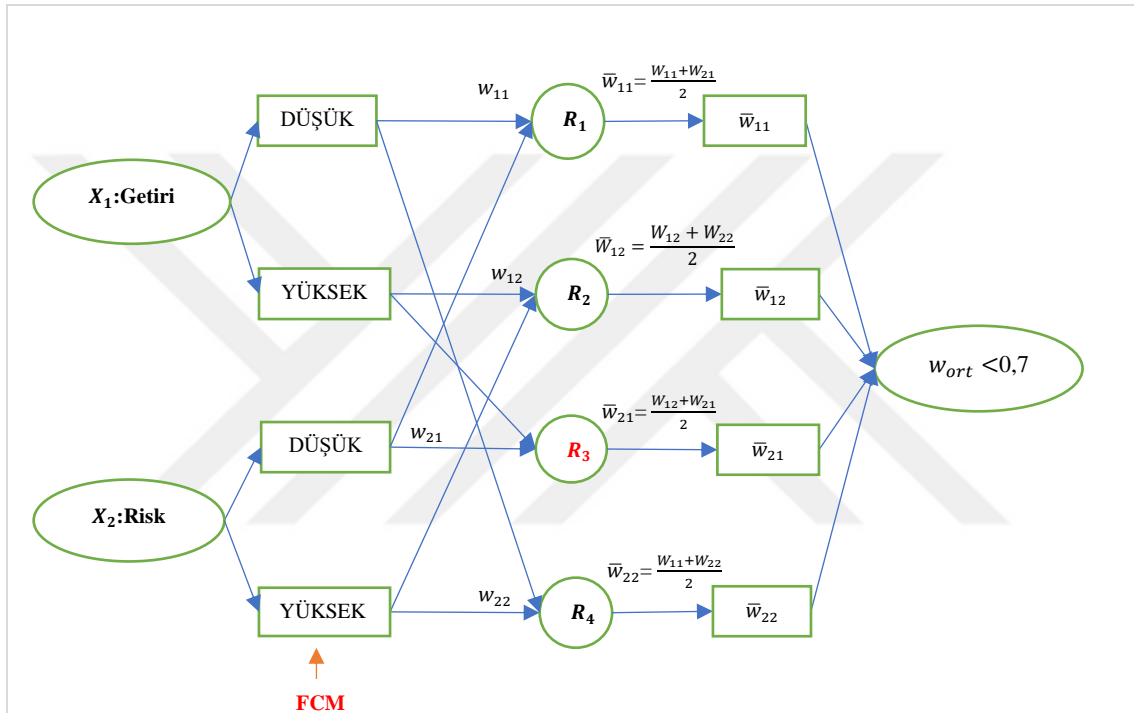
$$\sum_{i=1}^N x_i = 1$$

(41)

$$\sum_{j=1}^N x_j \mu_j = R^*$$

$$\sum_{i=1}^N z_i = K$$

$$0 \leq x_i \leq 1, i = 1, 2 \dots N, z_i = \{0, 1\},$$

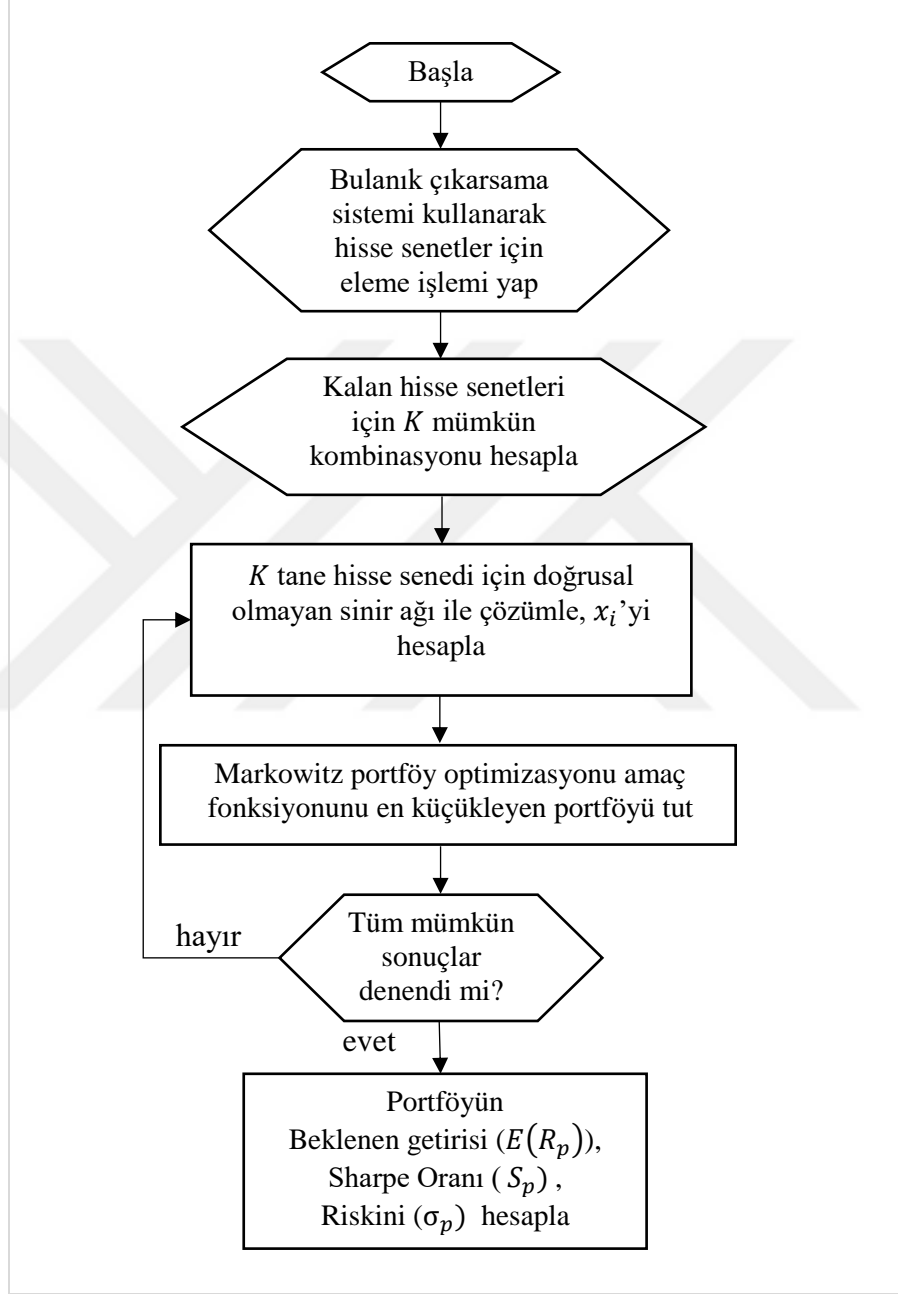


Şekil 8. Bulanık çıkarsama sistemine dayalı hisse senedi eleme işlemi

Önerilen algoritma adımları;

- Adım 1.** Hisse senetlerinin getiri (beklenen değer) ve riskleri (varyans) hesaplanır.
- Adım 2.** Getiri için; yüksek getiri ve düşük getiri olmak üzere iki küme belirlenir. Hisse senetlerinin bu kümelere ait olma üyelik dereceleri hesaplanır.
- Adım 3.** Risk için yüksek risk ve düşük risk olmak üzere iki küme oluşturulur. Hisse senetlerinin bu kümelere ait olma üyelik dereceleri belirlenir.
- Adım 4.** Getirinin yüksek olma üyelikleri ile değişimin düşük olma üyeliklerinin ortalaması alınarak ağırlıklar (w_{ort}) elde edilir.
- Adım 5.** İndirgeme adımında $w_{ort} < 0,7$ olan hisse senetleri elenir.

Adım 6. Kalan hisse senetlerinin $K = 5$ 'li kombinasyonları doğrusal olmayan sinir ağı ile çözümlenip portföyün dağılımı, beklenen getirisi $E(R_p)$, Sharpe oranı (S_p) ve riski (σ_p) belirlenir.



Şekil 9. Bulanık çıkarılma sistemine dayalı portföy optimizasyonu

2.1.3. Genetik Algoritma ile Portföy Optimizasyonu Yaklaşımı

Bu bölümde portföy optimizasyonu için Eşitlik 32’de verilen nicelik kısıtı eklenmiş klasik Markowitz ortalama-varyans modeli ele alınmıştır. Bu problem karma tam sayılı karesel bir optimizasyon problemidir. Burada, ikili tam sayı değerler alan z_i parametresinin belirlenmesi problemi gündeme gelmiştir. Bu problemin çözümü için Matlab2018b sürümünde ‘ga’ hazır fonksiyonu olarak verilen genetik algoritma optimizasyon yöntemi kullanılmıştır.

Genetik algoritma ile portföy optimizasyonu yaklaşımı bünyesinde iki optimizasyon modeli barındırmaktadır. Eşitlik 42 ile verilen ilk modelde Sharpe oranı en büyüklenerek z_i parametresinin tahmininde genetik algoritma kullanılmıştır. Eşitlik 43 ile verilen ikinci modelde Bölüm 2.1.1’de önerilen sinir ağı kullanılarak klasik Markowitz modeline ilişkin risk en küçüklenmiştir. Bu sebeple bu bölümde önerilen yaklaşım genetik algoritma ile portföy optimizasyonu olarak adlandırılmaktadır.

1. Model

$$\begin{aligned}
 \text{Enb } S_p &= \frac{E(R_p)}{\sigma_p} \\
 \sum_{i=1}^N z_i &= K \\
 z_i &= \{0,1\}, \quad i = 1,2, \dots, N
 \end{aligned} \tag{42}$$

2. Model

$$\begin{aligned}
 \text{Enk } \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N x_i z_i \sigma_{ij} z_j x_j \\
 \sum_{i=1}^N x_i &= 1 \\
 \sum_{j=1}^N x_j \mu_j &= R^* \\
 0 \leq x_i &\leq 1, \quad i = 1,2, \dots, N
 \end{aligned} \tag{43}$$

Şekil 10’deki akış diyagramı ile de verilen, Eşitlik 42 ve 43’te önerilen modellerin çözümü için oluşturulan algoritma adımsal olarak aşağıdaki algoritma adımları ile ifade edilmiştir.

Adım 1: Model 1 için portföyde yer alınacak hisse senedi sayısı K belirlenir.

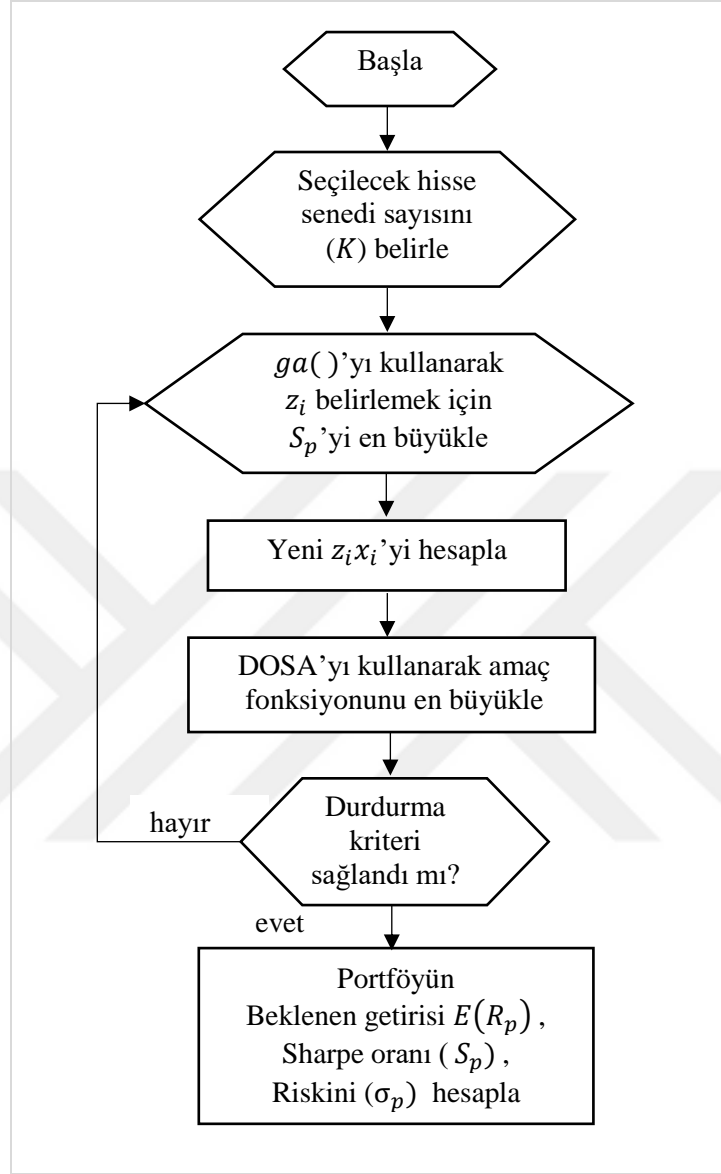
Adım 2: Sharpe oranı (S_p) en büyüklenirken z_i karar değişkenlerinin değerlerinin ikili tamsayı değerler almasını sağlayacak genetik algoritma fonksiyonu oluşturulur ve z vektörü hesaplanır.

Adım 3: Adım 2 de hesaplanan z vektörüne göre portföye alınacak karar değişkenleri (hisse senetleri) ne ilişkin yeni x vektörü oluşturulur.

Adım 4: Hisse senedi oranlarına ilişkin oluşturulan yeni x vektörü, Bölüm 2.1.1 ile verilen doğrusal olmayan sinir ağına dayalı portföy optimizasyonu algoritması ile belirlenir.

Adım 5: Belirlenen x_i hisse senedi oranlarına göre oluşturulan portföyün beklenen getirisi, riski ve Sharpe oranı hesaplanır.





Şekil 10. Genetik algoritma ile portföy optimizasyonu yaklaşımı

2.1.4. Değişim Katsayısının Tersine ile Belirlenen Nicelik Kısıtlı Portföy Optimizasyonuna Doğrusal Olmayan Sınır Ağı Yaklaşımı

Nicelik kısıtını belirlemek için Bölüm 2.1.3'de standart sapmaların medyanı kullanılmıştır. Risk bilgisinin kullanıldığı bu eleme işlemine, getiri bilgisini de dahil etmek için bu bölümde verilecek yaklaşımda değişim katsayısının tersi kullanılmıştır. Değişim katsayısı olarak bilinen $C = (\sigma/\bar{X}) * 100$ 'nin tersi C^{-1} kullanılarak daha fazla getiriye ve daha az riske sahip hisse senetlerini seçimi gerçekleştirilmektedir. Değişim katsayısının tersi her

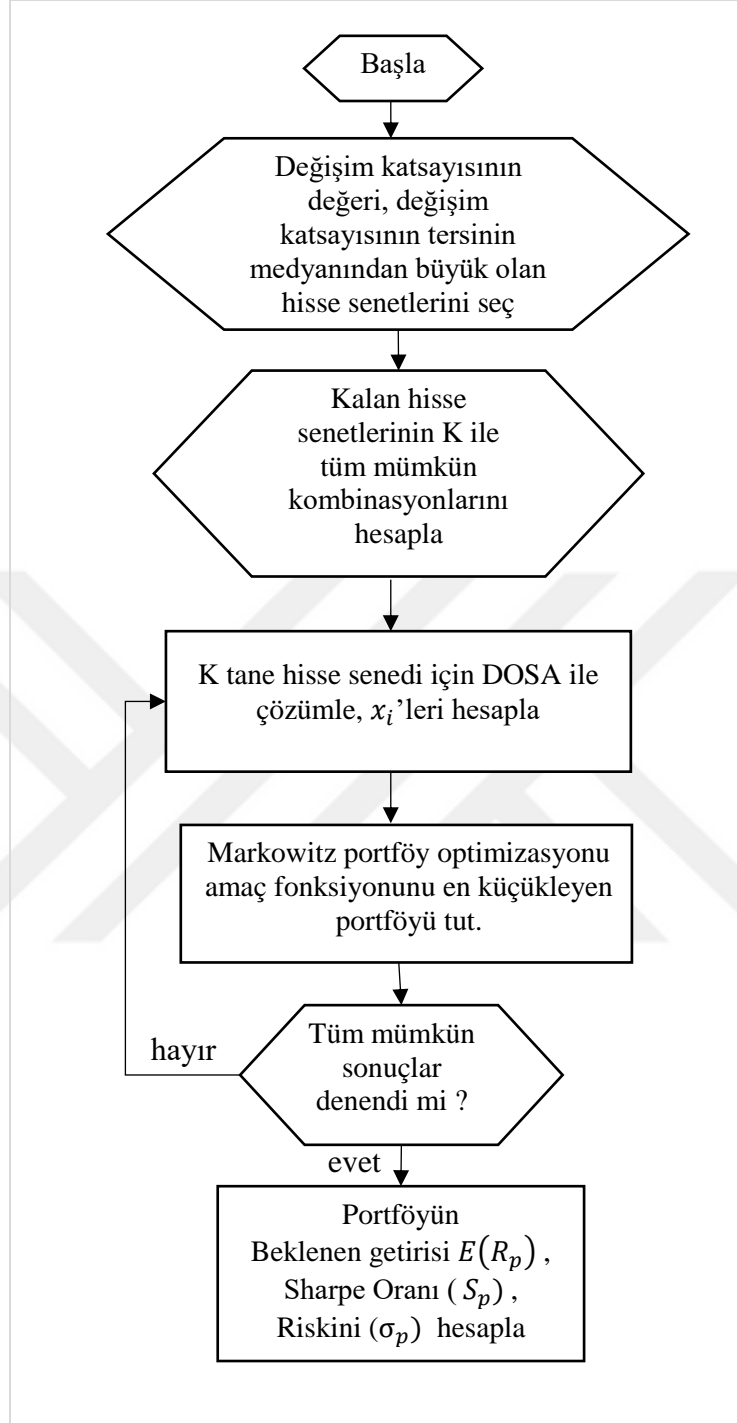
bir hisse senedi için hesaplanır. Daha sonra değişim katsayısının tersinin medyanından büyük olan hisse senetleri seçilir. Nicelik kısıtı olarak belirlenen, K tane hisse senedi seçimi, kalan hisse senetlerinin içinden tüm mümkün kombinasyonlar denenerek gerçekleştirilir. Doğrusal olmayan sinir ağına K tane hisse senetli portföy girdi olarak verilir. Amaç fonksiyonu en küçük yapan hisse senetlerinin oranları belirlenir. Portföyün beklenen getirisi ve riski hesaplanır. Nicelik kısıtlı portföy optimizasyonun çözümü için Şekil 11'deki akış diyagramı ile verilen yöntemin adımları şöyledir.

Adım 1: Hisse senetlerinin ortalamaları, varyansları ve değişim katsayıları hesaplanır.

Adım 2: Değişim katsayısının tersinin medyanından küçük olan hisse senetleri elenir.

Adım 3: Kalan hisse senetleri 5'erli kombinasyonlar halinde doğrusal olmayan sinir ağına alınarak hisse senetlerinin dağılım oranları belirlenir.

Adım 4. En iyi Sharpe oranı değerini veren portföy seçilir.



Şekil 11. DKDOSA ile portföy optimizasyonu akış diagramı

3. BULGULAR VE İRDELEME

Bu çalışmada iki veri seti ele alınmıştır. Öncelikle önerilen modellerin etkinliğini incelemek üzere BİST-30 verisi <https://tr.investing.com/> adresinden çekilmiştir. Bu veri seti 10.06.2015-14.05.2017 tarihleri arasında 30 menkul kıymetin 480 günlük getiri oranından oluşmaktadır. Daha sonra sektörel bazda incelemeler yapılarak çalışmanın detaylandırılması için aynı adresten çekilen BİST-Ulusal tüm 07.05.2018-07.05.2019 tarihleri arasındaki veri ele alınmıştır. Bu veri 289 hisse senedinin 243 günlük getiri oranlarından oluşmaktadır. Üç aylık tahminleri için 07.05.2019-07.08.2019 tarihleri arasındaki veriler kullanılmıştır. Geliştirilen algoritmaların kodu Matlab R2018b ortamında hazırlanmıştır.

3.1.1. Doğrusal Olmayan Sinir Ağına Dayalı Portföy Optimizasyonu Algoritması İçin Uygulama

BİST-30 verileri için karesel programlama problemi olan portföy optimizasyonu problemi Eşitlik 33'te verildiği gibidir. Farklı başlangıç değerleri için oluşturulan Bölüm 2.1.1'de önerilen algoritma çözümlendiğinde Tablo 2'deki sonuçlar elde edilmiştir. Portföy optimizasyonu üstünlük ilkesine göre yatırımcı iki aynı varyansa sahip yatırımdan riski düşük olanı seçecektir. Beklenen getiri arttıkça riskin de arttığı alınan sonuçlarda görülmektedir. Eşitlik 44 ile verilen doğrusal olmayan programlama problemini çözerek x_i ile gösterilen mekul değerlerin portföyde bulunma oranlarını elde etmek için kullanılan yöntemlerden biri de doğrusal olmayan sinir ağlarıdır. BİST-30 verileri için hesaplanan kovaryans matrisi $\sigma_{30 \times 30}$ ve ortalama vektörü $\mu_{30 \times 1}$ aşağıdaki gibidir.

$$\sigma = \begin{bmatrix} 0.00034056 & 0.0001635 & 0.00013038 & 0.00011224 & 0.0001348 & 0.00017696 & 0.00028666 \\ 0.00016350 & 0.00032489 & 0.00098450 & 0.00010401 & 0.00068268 & 0.00012541 \dots & 0.00016158 \\ 0.00013038 & 0.00098945 & 0.00033762 & 0.00078248 & 0.00069341 & 0.00012596 & 0.00013672 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0.0002866 & 0.0001615 & 0.00013677 & 0.0001115 & 0.00011447 & 0.00017694 \dots & 0.00035471 \end{bmatrix}$$

$$\mu = \begin{bmatrix} 0.000665 \\ 0.001305 \\ 0.002515 \\ 0.000546 \\ \vdots \\ 0.000778 \\ 0.000943 \\ 0.000366 \end{bmatrix}$$

Verilen varyans-kovaryans matrisi ve ortalama vektörü kullanılarak portföy optimizasyonuna ilişkin Eşitlik 27 ile verilen matematiksel model Eşitlik 44’te verildiği gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 \text{Enk } Z &= \text{Enk } x_1^2 0.00034056 + 2 x_1 x_2 0.0001635 + \dots + x_{30}^2 0.00035471 \\
 x_1 + x_2 + \dots + x_{30} &= 1 \\
 x_1 0.00066 + x_2 0.0013 + x_3 0.0025 + x_4 0.0005 + \dots + x_{30} 0.0004 &\geq 0.002 \quad (44) \\
 0 \leq x_i \leq 1, \quad i &= 1, 2, \dots, 30
 \end{aligned}$$

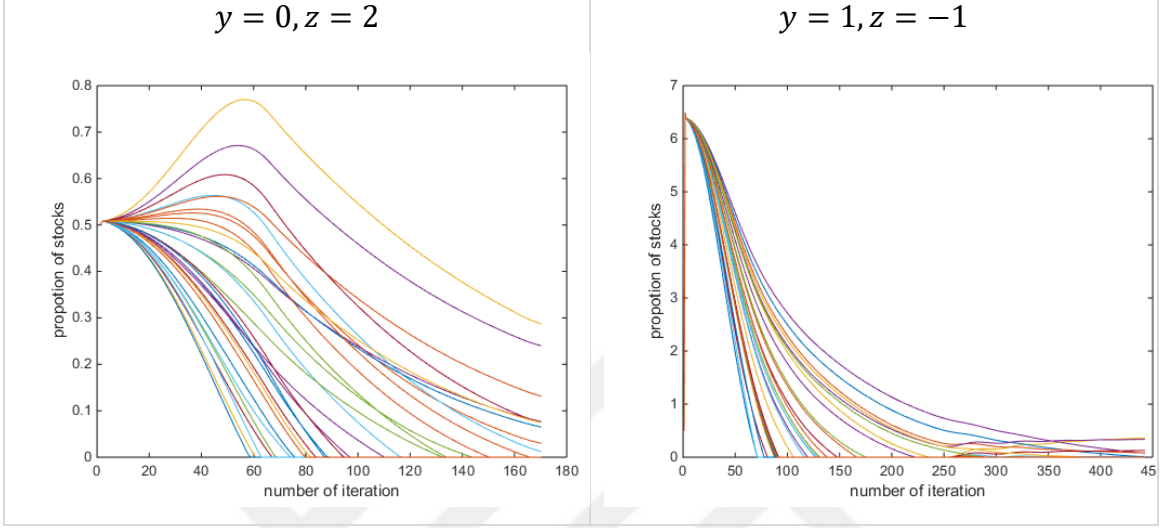
Burada, x_i : i . menkul kıymetin portföyde bulunma oranıdır.

Tablo 2. (y, z) 'nin farklı başlangıç değerleri için DOSAPO yaklaşımı sonuçları

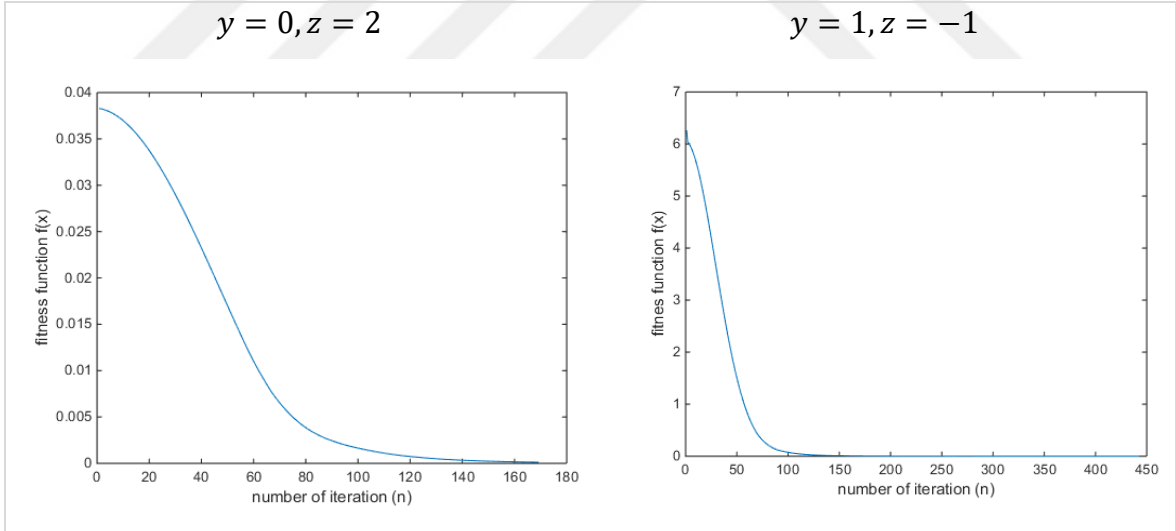
| Başlangıç Değişkenleri | | Beklenen Getiri (μ) | Risk (σ) | Amaç Fonksiyonu $\times 10^{-3}$ | Sharpe Oranı (S_p) | İterasyon Sayısı (n) |
|------------------------|-----------|---------------------------|-------------------|----------------------------------|------------------------|--------------------------|
| y | z | | | | | |
| 0 | 1 | 0,0019450 | 0,012035 | 0,14485 | 0,16156 | 260 |
| 1 | 0 | 0,0020330 | 0,012354 | 0,15265 | 0,16215 | 440 |
| 1 | 1 | 0,0020034 | 0,012355 | 0,15265 | 0,16216 | 440 |
| 0 | 0 | 0,0017735 | 0,011793 | 0,13908 | 0,15039 | 200 |
| 1 | -1 | 0,0019992 | 0,012306 | 0,15144 | 0,16246 | 442 |
| 1 | 2 | 0,0020037 | 0,012355 | 0,15265 | 0,16218 | 440 |
| 2 | -1 | 0,0020177 | 0,012946 | 0,16761 | 0,15585 | 456 |
| 2 | 1 | 0,0020006 | 0,012354 | 0,15262 | 0,16238 | 491 |
| 0 | 2 | 0,0017300 | 0,011206 | 0,12557 | 0,15439 | 170 |
| 3 | 1 | 0,0020123 | 0,012652 | 0,16008 | 0,15905 | 500 |
| 3 | -1 | 0,0020123 | 0,012652 | 0,16007 | 0,15905 | 500 |

Farklı başlangıç değerlerine göre beklenen getiri, portföyün riski ve amaç fonksiyonu değeri, Sharpe oranı ve iterasyon sayısı Tablo 2’de verildiği gibidir. Tablo 2’de görüldüğü gibi y ve z 'nin farklı başlangıç değerleri için yaklaşık olarak aynı beklenen getiriye sahip portföyler seçilmiştir. Öncelikle, $y = 0$, $z = 2$ başlangıç değerleri ile seçilen portföy en küçük amaç fonksiyonu değerine sahiptir; (0,00012557). İlave risk alınarak ne kadar daha fazla getiri elde edileceği Sharpe oranı ile belirlenir. Yüksek Sharpe oranına sahip olan portföy diğer portföylere göre üstün olmaktadır. Başlangıç değerleri $y = 1$, $z = -1$, için en

iyi Sharpe oranı ($S_p = 0,16246$) elde edilmiştir. Farklı başlangıç değerleri için her bir hisse senedinin portföyde bulunma oranları farklı renklerle Şekil 12’de gösterilmiştir. Şekil 13’de iki farklı başlangıç değeri ($y = 0, z = 2$ ve $y = 1, z = -1$) için amaç fonksiyonu grafikleri yer almaktadır.



Şekil 12. Farklı y ve z değerleri için hisse senetlerinin



Şekil 13. Farklı y ve z değerleri için amaç fonksiyonu grafiği

Tablo 3’de görüldüğü gibi başlangıç noktaları $y = 0, z = 2$ olduğunda portföyde hisse senetlerinin dağılımı şöyledir; %3 ARCLK, %28 ASELS, %8 BIMAS, %1 ECICL, %7 ENKAI, %13 OTKAR, %24 PETKM, %8 TEKFN, %8 TUPRS. Başlangıç değeri $y = 1, z = -1$ iken seçilen 7 hisse senedinin dağılımı ise; %35 ASELS, %7 BIMAS, %2 ECICL, %1 ENKAI, %8 OTKAR, %34 PETKM, %13 TEKFN’dir. Amaç fonksiyonuna

en küçük değeri veren $y=0$, $z=2$ başlangıcı ile elde edilen portföyün hisse senedi dağılımı; %3 ARCLK, %28 ASELS, %8 BIMAS, %1 ECILC, %7 ENKAI, %13 OTKAR, %24 PETKM, %8 TKFEN, %8 TUPRS dır.

Tablo 3. BİST-30 hisse senetlerinin DOSAPO yaklaşımı için hisse senetleri oranları

| Başlangıç Değerleri | $y = 0, z = 2$ | $y = 1, z = -1$ |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Hisse Senetleri | Hisse Senedi Oranları | Hisse Senedi Oranları |
| AKBNK | 0 | 0 |
| ARCLK | 0,03 | 0 |
| ASELS | 0,28 | 0,35 |
| BIMAS | 0,08 | 0,07 |
| DOHOL | 0 | 0 |
| ECILC | 0,01 | 0,02 |
| EKGYO | 0 | 0 |
| ENKAI | 0,07 | 0,01 |
| EREGL | 0 | 0 |
| GARAN | 0 | 0 |
| SAHOL | 0 | 0 |
| KRDMD | 0 | 0 |
| KCHOL | 0 | 0 |
| KOZAL | 0 | 0 |
| KOZAA | 0 | 0 |
| OTKAR | 0,13 | 0,08 |
| PGSUS | 0 | 0 |
| PETKM | 0,24 | 0,34 |
| SISE | 0 | 0 |
| TAVHL | 0 | 0 |
| TKFEN | 0,08 | 0,13 |
| THYAO | 0 | 0 |
| TOASO | 0 | 0 |
| TUPRS | 0,08 | 0 |
| TTKOM | 0 | 0 |
| TCELL | 0 | 0 |
| HALKB | 0 | 0 |
| ISCTR | 0 | 0 |
| VAKBN | 0 | 0 |
| YKBNK | 0 | 0 |

Geliştirilen doğrusal olmayan sinir ağı ile portföy optimizasyonu yaklaşımından elde edilen sonuçlar, klasik bir optimizasyon tekniği olan aktif küme yöntemi ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırıldı. Aktif küme yöntemi için MATLAB2018b ortamında ‘optimoptions’ fonksiyonu kullanıldı. Sonuçlar Tablo 4’te verildiği gibi elde edilmiştir. Beklenen getiri kısıt olarak belirlenen 0,002 değerini yakalamıştır. Portföy optimizasyonun da amaç fonksiyonu en küçüklenirken riski de en küçüklenmek istemektedir. Geliştirilmiş

sinir ağı aktif küme yöntemine göre daha az hisse seçmektedir bu yüzden riskin aktif küme yöntemine göre daha riskli bulmuştur. Ancak ortalamanın riske oranlandığı Sharpe oranının aktif küme yöntemine göre daha yüksek olması daha iyi bir portföy seçildiğini göstermektedir.

Tablo 4. DOSAPA ve aktif küme yöntemi ile elde edilen hisse senetleri oranları

| Hisse Senetleri | Aktif Küme Yöntemi | DOSAPO |
|-----------------|--------------------|---------|
| ARCLK | 0,0135 | 0 |
| ASELS | 0,0600 | 0 |
| BIMAS | 0,1869 | 0,35 |
| DOHOL | 0,0368 | 0,07 |
| ECILC | 0 | 0,02 |
| ENKAI | 0,1514 | 0,01 |
| OTKAR | 0,1065 | 0,08 |
| PETKM | 0,1267 | 0,34 |
| TKFEN | 0,0210 | 0,13 |
| TUPRS | 0,1019 | 0 |
| TTKOM | 0,0780 | 0 |
| TCELL | 0,1173 | 0 |
| Beklenen Getiri | 0,00094 | 0,00200 |
| Risk | 0,01000 | 0,01231 |
| Sharpe Oranı | 0,09400 | 0,16246 |
| Amaç Fonksiyonu | 0,00005 | 0,00015 |

3.2. Bulanık Çıkarsama Sistemine Dayalı Portföy Optimizasyonu Yaklaşımı İçin Uygulama

Bulanık çıkarsama sistemine dayalı portföy optimizasyonu yaklaşımı uygulaması sonucunda Tablo 5'te $W_{ort} > 0,70$ seçilmiştir. Seçilen hisse senetleri ARCLK (0,9825), ASEL (0,9166), ECILC (0,9872), EREGL (0,9845), KCHOL (0,7565), OTKAR (0,9843), PETKM (0,9620), SISE (0,8850), TKFEN (0,9608), TOASO (0,9994), TUPRS (0,7354), VAKBN (0,8012)'dir. Bu hisse senetleri bulanık çıkarsama sisteminde oluşturulan R_3 kuralı gereği getirisi yüksek, riski düşük hisse senetleridir. Tablo 5'te koyu renkle işaretlenmiş olan, eleme işleminden sonra ayrılan bu hisse senetlerinin 5'li kombinasyonları doğrusal olmayan sinir ağı algoritmasında işletilip, en iyi amaç fonksiyonu değerini veren portföyü oluşturan hisse senedi oranları hesaplanarak, seçilen hisse senetlerinin 5'li kombinasyonları DOSAPO ile hisse senedi dağılım oranları belirlenir. Bulanık çıkarsama sistemine dayalı bu yöntem ile tahmin edilen hisse senetleri oranları Tablo 6'da yer aldığı üzere %34 ASELS, %14 ECLIC, %38 PETKM, %13 TKFEN, %1 VAKBN'dir.

Tablo 5. Bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senedi eleme işlemi

| | Risk | Getiri | Üyelik Dereceleri | | |
|--------------|-----------|----------|-------------------|---------------|-----------------------------|
| | | | Düşük Risk | Yüksek Getiri | Ortalaması $W_{ort} > 0,70$ |
| AKBNK | 0,0003406 | 0,000665 | 0,9997 | 0,1959 | 0,5978 |
| ARCLK | 0,0003249 | 0,001305 | 0,9992 | 0,9657 | 0,9825 |
| ASELS | 0,0003376 | 0,002515 | 0,9996 | 0,8337 | 0,9166 |
| BIMAS | 0,0002237 | 0,000546 | 0,9912 | 0,0867 | 0,5389 |
| DOHOL | 0,0007659 | 0,000651 | 0,8444 | 0,1804 | 0,5124 |
| ECILC | 0,0003755 | 0,001746 | 0,9999 | 0,9744 | 0,9872 |
| EKGYO | 0,0003992 | 0,000466 | 0,9992 | 0,0412 | 0,5202 |
| ENKAI | 0,0002544 | 0,000643 | 0,9944 | 0,1718 | 0,5831 |
| EREGL | 0,0004034 | 0,001316 | 0,9991 | 0,9699 | 0,9845 |
| GARAN | 0,0003539 | 0,000488 | 0,9999 | 0,0516 | 0,5258 |
| SAHOL | 0,0002706 | 0,000391 | 0,9958 | 0,0156 | 0,5057 |
| KRDMD | 0,0004522 | -0,00007 | 0,9950 | 0,0396 | 0,5173 |
| KCHOL | 0,0002721 | 0,000888 | 0,9959 | 0,5170 | 0,7565 |
| KOZAL | 0,0015031 | 0,000002 | 0,0300 | 0,0269 | 0,0284 |
| KOZAA | 0,0019280 | 0,000541 | 0,0202 | 0,0832 | 0,0517 |
| OTKAR | 0,0003224 | 0,001315 | 0,9991 | 0,9695 | 0,9843 |
| PGSUS | 0,0004209 | -0,00061 | 0,9980 | 0,1423 | 0,5702 |
| PETKM | 0,0002664 | 0,001985 | 0,9955 | 0,9285 | 0,9620 |
| SISE | 0,0003533 | 0,001061 | 0,9999 | 0,7700 | 0,8850 |
| TAVHL | 0,0004714 | -0,00036 | 0,9924 | 0,0971 | 0,5447 |
| TKFEN | 0,0005083 | 0,001947 | 0,9855 | 0,9360 | 0,9608 |
| THYAO | 0,0003865 | -0,00052 | 0,9997 | 0,1268 | 0,5632 |
| TOASO | 0,0003680 | 0,001461 | 1,0000 | 0,9988 | 0,9994 |
| TUPRS | 0,0003108 | 0,00086 | 0,9986 | 0,4723 | 0,7354 |
| TTKOM | 0,0002621 | 0,000036 | 0,9951 | 0,0211 | 0,5081 |
| TCELL | 0,0002245 | 0,000185 | 0,9913 | 0,0025 | 0,4969 |
| HALKB | 0,0005318 | 0,000117 | 0,9798 | 0,0093 | 0,4945 |
| ISCTR | 0,0003119 | 0,000779 | 0,9986 | 0,3468 | 0,6727 |
| VAKBN | 0,0004306 | 0,000944 | 0,9972 | 0,6052 | 0,8012 |
| YKBNK | 0,0003547 | 0,000366 | 1,0000 | 0,0101 | 0,5050 |

Bir önceki bölümde önerilen doğrusal olmayan sınır ağına portföy optimizasyonundan farklı olarak bu modelde hisse senedi kısıtı vardır. Beş tane hisse senedi seçmeye zorlanan portföyün riskinin de artması beklenmekteyken bulanık çıkarsama sistemine dayalı yöntem ile seçilen hisse senedinin oluşturduğu portföyün riski DOSAPO ile seçilen portföyün riski ile çok yakın olduğu izlenmektedir. Sharpe oranlarına bakıldığında az hisse senedi

seçilmesine rağmen bulanık çıkarsama sistemine dayalı yöntem ile belirlenen portföyde daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmektedir.

Tablo 6. Bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Hisse Senetleri | Aktif Küme Yöntemi | DOSAPO | BÇS ile PO |
|-----------------|--------------------|---------|-------------|
| ARCLK | 0,0135 | 0 | 0 |
| ASELS | 0,0600 | 0 | 0,34 |
| BIMAS | 0,1869 | 0,35 | 0 |
| DOHOL | 0,0368 | 0,07 | 0 |
| ECILC | 0 | 0,02 | 0,14 |
| ENKAI | 0,1514 | 0,01 | 0 |
| OTKAR | 0,1065 | 0,08 | 0 |
| PETKM | 0,1267 | 0,34 | 0,38 |
| TKFEN | 0,0210 | 0,13 | 0,13 |
| TUPRS | 0,1019 | 0 | 0 |
| TTKOM | 0,0780 | 0 | 0 |
| TCELL | 0,1173 | 0 | 0 |
| VAKBN | 0 | 0 | 0,01 |
| Beklenen Getiri | 0,00094 | 0,00200 | 0,00209 |
| Risk | 0,01000 | 0,01231 | 0,01289 |
| Sharpe Oranı | 0,09400 | 0,16246 | 0,16210 |
| Amaç Fonksiyonu | 0,00005 | 0,00015 | 0,00016 |

3.3. Genetik Algoritma ile Portföy Optimizasyon Algoritması İçin Uygulama

Markowitz ortalama-varyans modeline nicelik kısıtı eklendiğinde BİST-30 verisine ilişkin problem Eşitlik 45 ve Eşitlik 46'da verilen modellere dönüşür. Eşitlik 33'te yer alan z_i parametresi, sıfır ya da bir değerini alır, böylece ilgili menkul değer portföyde yer alıp almayacağına karar verilmektedir. Dolayısıyla yatırımcı K tane hisse senedi seçmiş olacaktır. Yapılan çalışmada modeldeki ikili tam sayılı z_i parametresinin seçiminde genetik algoritma kullanılmıştır. $K = 5$, $R = 0,002$ olarak belirlenmiştir. Modellerin çözümünden elde edilen hisse senetleri ve oranları Tablo 7'de yer almaktadır. Sonuç olarak hisse senetleri ve oranları %39 ASELS, %4 ENKAI, %13 OTKAR, %39 PETKM, %5 TUPRS olarak belirlenmiştir. BİST-30 hisse senetlerine ilişkin getiri oranlarının günlük değişim grafikleri Ek 4'te verildiği gibidir. Grafiklerden, seçilen hisse senetlerinin beklenen getirilerinin seçilmeyenlere göre daha dar bir bantta değişim gösterdiği izlenmiştir. Bu da önceden öngörülen bir durumdur.

1. Model

$$\begin{aligned}
& Enk (x_1^2 z_1 0,00034056 + 2 x_1 x_2 z_2 0,0001635 + \dots + x_{30}^2 z_{30} 0,00035471) \\
& x_1 + x_2 + \dots + x_{30} = 1 \\
& x_1 0,0066 + x_2 0,0013 + x_3 0,0025 + x_4 0,0005 + \dots + x_{30} 0,004 \geq 0,002 \\
& 0 \leq x_i \leq 1, \quad i = 1, 2, \dots, 30
\end{aligned} \tag{45}$$

2. Model

$$\begin{aligned}
& Enb \frac{E(R_p)}{\sigma_p} \\
& z_1 + z_2 + \dots + z_{30} = 5 \\
& z_i = \{0,1\}, \quad i = 1, 2, \dots, 30
\end{aligned} \tag{46}$$

Tablo 7. GA ile DOSA yöntemi ile hisse senedi oranları

| i | Hisse Senetleri | z_i | x_i |
|-----|-----------------|----------|--------------|
| 1 | AKBNK | 0 | 0 |
| 2 | ARCLK | 0 | 0 |
| 3 | ASELS | 1 | 0,387 |
| 4 | BIMAS | 0 | 0 |
| 5 | DOHOL | 0 | 0 |
| 6 | ECILC | 0 | 0 |
| 7 | EKGYO | 0 | 0 |
| 8 | ENKAI | 1 | 0,046 |
| 9 | EREGL | 0 | 0 |
| 10 | GARAN | 0 | 0 |
| 11 | SAHOL | 0 | 0 |
| 12 | KRDMD | 0 | 0 |
| 13 | KCHOL | 0 | 0 |
| 14 | KOZAL | 0 | 0 |
| 15 | KOZAA | 0 | 0 |
| 16 | OTKAR | 1 | 0,125 |
| 17 | PGSUS | 0 | 0 |
| 18 | PETKM | 1 | 0,387 |
| 19 | SISE | 0 | 0 |
| 20 | TAVHL | 0 | 0 |
| 21 | TKFEN | 0 | 0 |
| 22 | THYAO | 0 | 0 |
| 23 | TOASO | 0 | 0 |
| 24 | TUPRS | 1 | 0,055 |
| 25 | TTKOM | 0 | 0 |
| 26 | TCELL | 0 | 0 |
| 27 | HALKB | 0 | 0 |
| 28 | ISCTR | 0 | 0 |
| 29 | VAKBN | 0 | 0 |
| 30 | YKBNK | 0 | 0 |

3.4. Değişim Katsayısının Tersine ile Belirlenen Nicelik Kısıtlı Portföy Optimizasyonuna Doğrusal Olmayan Sinir Ağı Yaklaşımı İçin Uygulama

BİST-30'da yer alan hisse senetleri için değişim katsayılarının tersi hesaplanır, medyanı belirlenerek medyandan büyük olan hisse senetleri seçilir. Böylece otuz hisse senedi on beş hisse senedine indirgenmiş olur. Seçilen hisse senetlerinin tüm mümkün kombinasyonu için DOSA yaklaşımı uygulanır. DKDOSA ile belirlenen hisse senetlerinin dağılım oranları, beklenen değerleri Sharpe oranları ve amaç fonksiyonu değerleri Tablo 8'de verildiği gibidir.

Tablo 8. BİST-30 için DKDOSA yöntemi ile aktif küme yönteminin karşılaştırılması

| Hisse Senetleri | Aktif Küme Yöntemi | DKDOSA |
|-----------------|--------------------|-------------|
| ARCLK | 0,01350 | 0,11 |
| ASELS | 0,06000 | 0,52 |
| BIMAS | 0,18690 | 0 |
| DOHOL | 0,03680 | 0 |
| ECILC | 0 | 0,17 |
| ENKAI | 0,15140 | 0 |
| OTKAR | 0,10650 | 0,14 |
| PETKM | 0,12670 | 0 |
| TKFEN | 0,02100 | 0 |
| TUPRS | 0,10190 | 0,05 |
| TTKOM | 0,07800 | 0 |
| TCELL | 0,11730 | 0 |
| Beklenen Getiri | 0,00094 | 0,00200 |
| Risk | 0,00100 | 0,01358 |
| Sharpe Oranı | 0,04163 | 0,14661 |
| Amaç Fonksiyonu | 0,00005 | 0,00018 |

3.5. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Önerilen tüm yaklaşımlardan elde edilen sonuçların karşılaştırılması Tablo 9 ile verilmiştir. Klasik optimizasyon yöntemi portföy optimizasyonu için uygulandığında 12 hisse senedi seçilmiştir, portföyün beklenen getirisi 0,001 ve riski 0,010'dur. Geliştirilmiş sinir ağı yönteminde ise 7 hisse senedi seçilmiştir ve seçilen portföyün beklenen getirisi 0,002 ve riski 0,012'dir. Hisse senedi sayısını önceden 5 olarak belirlendiği nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu için üç yöntem önerilmiştir. Bunlardan ilki genetik algoritma ile eleme işlemi yapılan portföy optimizasyonu yöntemiyle seçilen portföyün beklenen getirisi

0,002 riski 0,013'tür. İkinci olarak bulanık çıkarsama sistemine dayanan nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu yöntemi sonucu seçilen portföyün beklenen getirisi 0,002, standart sapması 0,014, Sharpe oranı 0,1621'dir. Üçüncü olarak değişim katsayısının tersi (C^{-1}) ile belirlenen NKPO yine nicelik kısıtı önceden $K = 5$ ile belirlendiğinden beş hisse senedi seçilmiştir. Bu optimizasyon sonucunda beklenen getiri 0,20 ve riski 0,01358 olarak elde edilmiştir. Tablo 9'da önerilen yöntemlerin Sharpe oranları karşılaştırıldığında, doğrusal olmayan sinir ağının ve bulanık çıkarsama sistemine dayanan yöntem ile nicelik kısıtlı portföy optimizasyonunun iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. İki yöntem arasındaki belirgin fark, doğrusal olmayan sinir ağı ile elde edilen hisse senetlerinin sayısının kısıtlanması mümkün değilken, bulanık çıkarsama sistemi için elde edilen sonuçlarda hisse senedi sayısının 5 ile sınırlandırılmış olmasıdır.

Tablo 9. BİST-30 Hisse senetleri için önerilen yöntemlerin karşılaştırılması

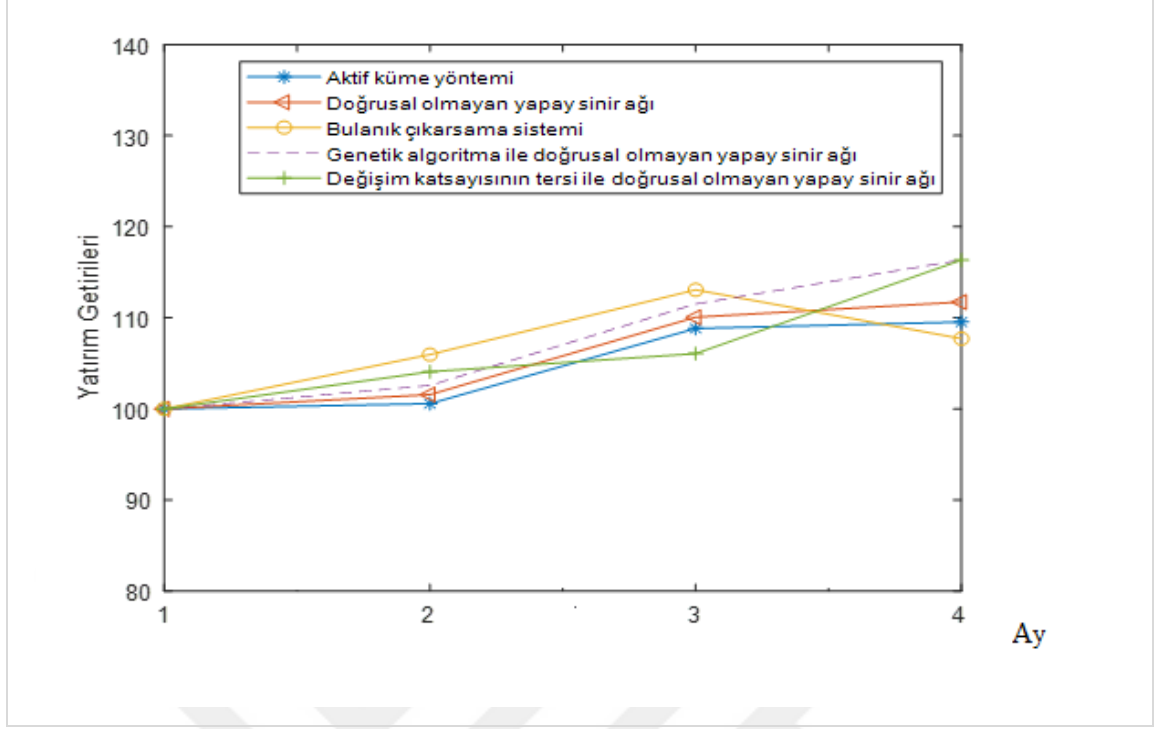
| Hisse Senetleri | Aktif Küme Yöntemi | DOSA ile PO | GA ile NKPO | BÇS ile NKPO | C^{-1} ile NKPO |
|-------------------|--------------------|----------------|-------------|----------------|-------------------|
| ARCLK | 0,0135 | 0 | 0 | 0 | 0,1126 |
| ASELS | 0,0600 | 0 | 0,387 | 0,34 | 0,5251 |
| BIMAS | 0,1869 | 0,35 | 0 | 0 | 0 |
| DOHOL | 0,0368 | 0,07 | 0 | 0 | 0 |
| ECILC | 0 | 0,02 | 0 | 0,14 | 0,1686 |
| ENKAI | 0,1514 | 0,01 | 0,046 | 0 | 0 |
| OTKAR | 0,1065 | 0,08 | 0,125 | 0 | 0,1429 |
| PETKM | 0,1267 | 0,34 | 0,387 | 0,38 | 0 |
| TKFEN | 0,0210 | 0,13 | 0 | 0,13 | 0 |
| TUPRS | 0,1019 | 0 | 0,055 | 0 | 0,0485 |
| TTKOM | 0,0780 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TCELL | 0,1173 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| VAKBN | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0 |
| Beklenen Getiri % | 0,09400 | 0,20000 | 0,20000 | 0,21000 | 0,20000 |
| Risk | 0,00100 | 0,01231 | 0,01250 | 0,01290 | 0,01358 |
| Sharpe Oranı | 0,04163 | 0,16246 | 0,15920 | 0,16210 | 0,14661 |
| Amaç Fonksiyonu | 0,00005 | 0,00015 | 0,00015 | 0,00017 | 0,00018 |

3.5.1. BİST-30 Hisse Senetleri İçin Üç Aylık Sonuç

Bu bölüme kadar önerilen yöntemler, BİST-30'da yer alan hisse senetlerinin 03.04.2015-14.05.2017 tarihleri arasındaki veriler için uygulanmıştır. Her bir yönetime ilişkin oluşturulan portföyler için belirlenen tarihi takip eden 3 ayda (14.05.2017-16.08.2017) seçilen hisse senetlerine 100 ₺ yatırıldığında elde edilecek olan getiri hesaplanmıştır. Seçilen hisse senetleri 1, 2 ve 3 aylık sürelerde elde tutulduğunda Şekil 14'te görüldüğü gibi 100 ₺ yatırıldığında en çok kazancı, önerilen yöntemlerden DKDOSA ve GA ile NKPO sağlamıştır. Tablo 10'da verildiği gibi DKDOSA yapay sinir ağı 3 ay sonunda 100 ₺'den 116,34 ₺'ye çıkarken, genetik algoritma ve doğrusal olmayan yapay sinir ağının birlikte çalıştığı NKPO modelinde 100 ₺'den 116,34 ₺'ye çıkmıştır. Bulanık çıkarsama sistemine dayalı NKPO ile yatırım yapıldığında, getiri 100₺'den 107.71₺ ye çıkmıştır. Bu hibrit yöntemlerin yanı sıra DOSA yöntemi için seçilen hisse senetlerine sonraki 3 ay için 100₺ yatırıldığında 111,73₺ elde edilen bu getiri sezgisel olmayan aktif küme yöntemi için ise 100₺'den 109,53₺'ye çıkmıştır.

Tablo 10. Önerilen yöntemlerin üç aylık reel getirileri

| Yöntemler | Başlangıç | 1. Ay | 2. Ay | 3. Ay |
|---|-----------|--------|--------|--------|
| Aktif küme yöntemi | 100 | 100,57 | 108,83 | 109,53 |
| Doğrusal olmayan yapay sinir ağı | 100 | 101,57 | 110,06 | 111,73 |
| Bulanık çıkarsama sistemine dayalı NKPO | 100 | 105,96 | 113,07 | 107,71 |
| GA ile NKPO | 100 | 104,08 | 106,07 | 116,34 |
| DKDOSA yöntemi ile NKPO | 100 | 102,57 | 111,52 | 116,35 |

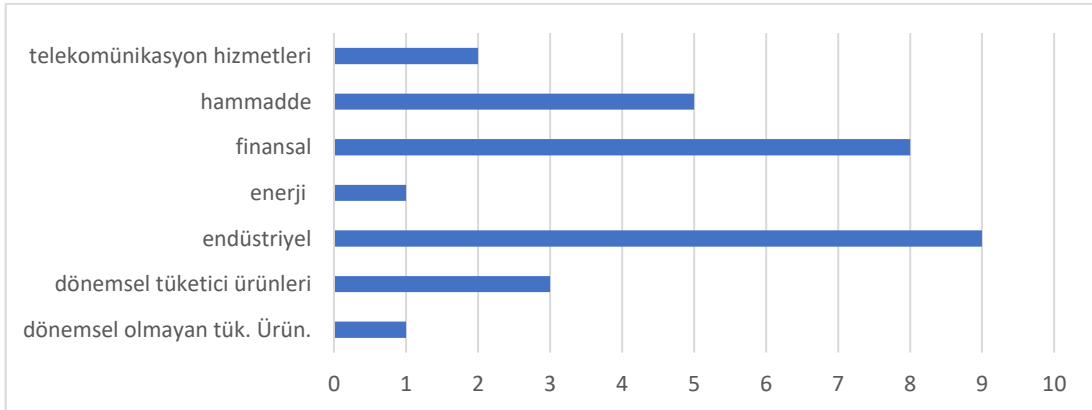


Şekil 14. Önerilen yöntemlerin üç aylık reel getirileri

3.6. Hisse Senetlerinin Sektörlere Göre İncelenmesi

3.6.1. BİST-30 Hisse Senetlerinin Sektörlere Göre İncelenmesi

Yatırımcı hisse senetlerini sektörel bazda değerlendirmek istediğinde Borsa İstanbul için 7 sektörün bulunduğunu görmekteyiz. BİST-30 hisse senetlerini sektör bazlı dağılımı Tablo 11’de verilmiştir. Şekil 15 ile görüldüğü gibi farklı sektörlerin BİST-30 hisse senedi sayıları oldukça az olduğundan sektörel inceleme yapılması için BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri ele alınmıştır.



Şekil 15. BİST-30 hisse senetleri sektörel dağılımı

Tablo 11. BİST-30 Hisse senetleri sektörel dağılımı

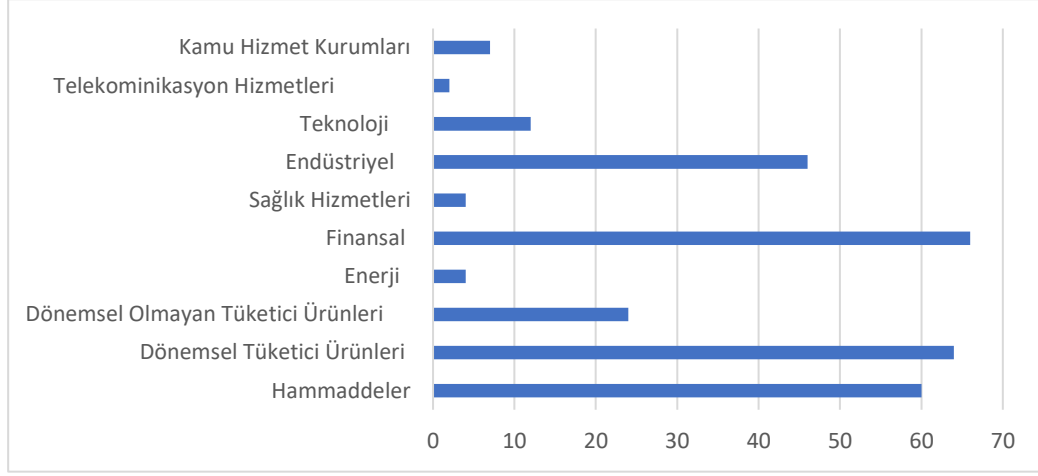
| Sektörler | Frekans | Yüzde |
|------------------------------------|---------|-------|
| Dönemsel olmayan tüketici ürünleri | 1 | %3 |
| Dönemsel tüketici ürünleri | 3 | %10 |
| Endüstri | 9 | %31 |
| Enerji | 1 | %3 |
| Finans | 8 | %28 |
| Ham madde | 5 | %17 |
| Telekomünikasyon hizmetleri | 2 | %7 |

3.6.2. BİST-Ulusal Tüm Hisse Senetlerinin Sektörlere Göre İncelenmesi

BİST-Ulusal Tüm 289 hisse senedinden oluşmaktadır. BİST-Ulusal Tüm hisse senetlerinin sektörlere göre dağılımları Tablo 12’de verilmiştir. BİST-Ulusal Tüm hisse senetlerinin %20,8’i ham madde iken, %22,2’si dönemsel tüketici ürünlerinden oluşmaktadır. Dönemsel olmayan tüketici ürünleri %8,3 oranında iken, %1,4’ünü enerji sektörü oluşturmaktadır. Finans sektörü en büyük pay ile tüm hisse senetlerinin %22,8’ini temsil etmektedir. Sağlık hizmetleri %1,4, endüstri %15,9, teknoloji %4,15, telekomünikasyon hizmetleri %0,69, kamu hizmet kurumları ise %2,4 oranıyla BİST-Ulusal Tüm’de yer almaktadır.

Tablo 12. BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri sektörel dağılımı

| Sektörler | Sektördeki hisse senedi sayısı | Yüzdesel Dağılımı |
|------------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Ham maddeler | 60 | %20,76 |
| Dönemsel tüketici ürünleri | 64 | %22,15 |
| Dönemsel olmayan tüketici ürünleri | 24 | %8,30 |
| Enerji | 4 | %1,38 |
| Finans | 66 | %22,84 |
| Sağlık hizmetleri | 4 | %1,38 |
| Endüstri | 46 | %15,92 |
| Teknoloji | 12 | %4,15 |
| Telekomünikasyon hizmetleri | 2 | %0,69 |
| Kamu hizmet kurumları | 7 | %2,42 |

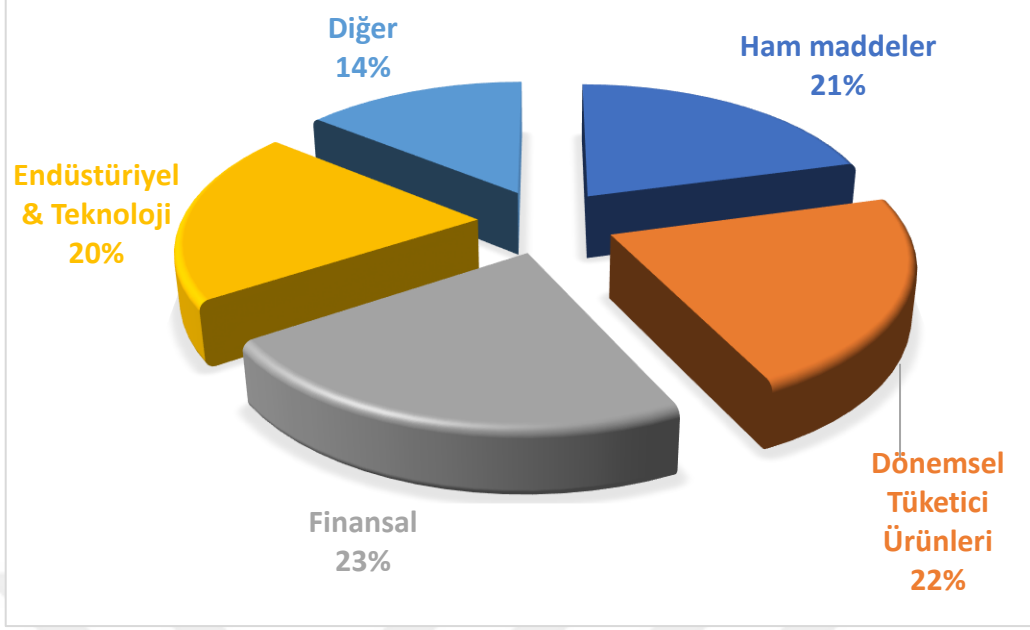


Şekil 16. BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri sektörel dağılımı

Hisse senetlerinin sektörler dağılımında, sektör çeŐidi fazla ve bazı sektörlere düşen hisse senedi sayısı az olduğundan bu sektörler bir araya getirilerek gruplanmıŐtır. Endüstri ve teknoloji bir gruba dahil edilerek 58 hisse senedi ile endüstri ve teknoloji sektörü kategorisi oluşturulmuştur. Bir diğer kategori birleŐimi de sayıları az olan kategoriler, dönemselsel olmayan tketicilernn, enerji, sağlık sektörü, telekomünikasyon hizmetleri, kamu hizmet kurumları sektörlerinde oluşturulmuştur. Diğer kategorisini 41 hisse senet ile tüm hisse senetlerinin %14'n oluşturmaktadır. Oluşturulan yeni sektörel dağılım Şekil 17'de verilmiştir.

Tablo 13. Gruplanmış sektörlere göre hisse senedi frekans dağılımı

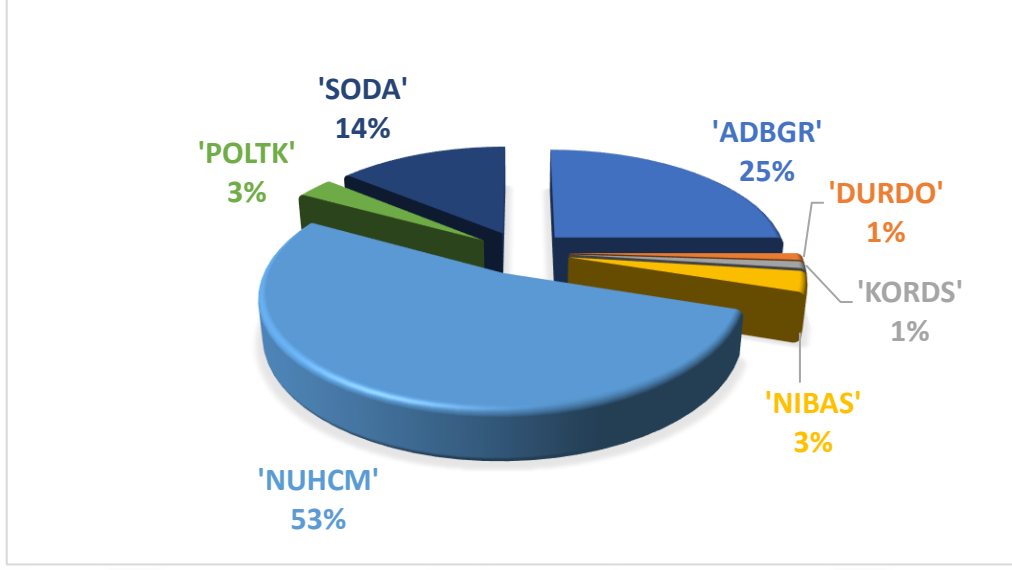
| Sektörlere göre hisse senedi dağılımı | Hisse senedi sayısı | Yüzde dağılımı |
|---------------------------------------|---------------------|----------------|
| Ham maddeler | 60 | 20,8 |
| Dnemselsel tketicilernn | 64 | 22,1 |
| Finans | 66 | 22,8 |
| Endüstri ve teknoloji | 58 | 20,1 |
| Diğer | 41 | 14,2 |



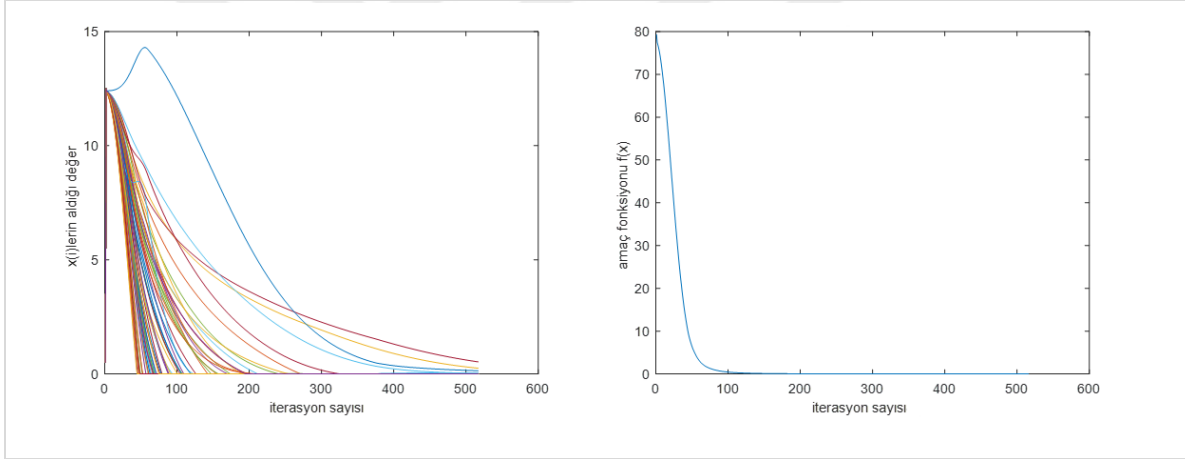
Şekil 17. BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri için yeni sektörel dağılım

3.6.2.1. Ham Madde Sektörü İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları

Uygulama 1. Bu uygulamada ham madde sektörünün doğrusal olmayan sinir ağı yöntemi ile portföy optimizasyonu ele alınmıştır. Toplam 289 hisse senedinden oluşan BİST-Ulusal Tüm'ün %20,8'lik kısmını oluşturan ham madde sektörü 60 hisse senedinden meydana gelmektedir. Ham madde sektörü hisse senetleri şirketlerin isimleri ve kısaltmaları ile birlikte Tablo 13'te verilmiştir. DOSA yöntemi ham madde sektörü için uygulandığında Şekil 18'de verildiği gibi yedi hisse senedinden oluşan bir portföy seçilmiştir. Ham madde sektöründe Nuh Çimento Sanayi A.Ş. %53 oranında yer alırken, %25 oranıyla Adana Çimento Sanayi T.A.Ş. ve %14'ünü Soda Sanayi A.Ş. oluşturmaktadır. %3 oranlarında seçilen hisse senetleri Politeknik Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş. ve Nigbas Nigde Beton Sanayi ve Ticaret A.Ş.'dir. %1 oranlarında seçilen hisse senetleri ise Duran-Dogan Basım ve Ambalaj Sanayi A.Ş. ve Kordsa Global Endüstriyel İplik ve Kord Bezi Sanayi ve Ticaret A.Ş.'dir. Hisse senetlerinin iterasyon süresince aldığı değerler ve hisse senetlerinin dağılımı Şekil 19'daki gibidir.



Şekil 18. Ham madde sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senedi oranları



Şekil 19. Ham madde sektörü için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri

Tablo 14. Ham madde sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senedi oranları

| Ham madde sektörü hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| ADBGR | 0,25 |
| DURDO | 0,01 |
| KORDS | 0,01 |
| NIBAS | 0,03 |
| NUHCM | 0,53 |
| POLTK | 0,03 |
| SODA | 0,14 |

Uygulama 2. Ham madde sektörü genetik algoritma ve doğrusal olmayan sinir ağı yöntemi kullanılmış bu yaklaşımdan elde edilen portföyün hisse senetlerinin dağılımı Tablo 15'te

verilmiştir. Genetik algoritma ile portföy optimizasyonu yaklaşımıyla seçilen hisse senetlerinin dağılımı Şekil 20'deki gibi Soda Sanayi A.Ş. %57, Gentaş Genel Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş. %17, Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası T.A.Ş. %14, Adana Çimento Sanayii T.A.Ş. %8, Nuh Çimento Sanayi A.Ş. %4 biçimindedir.

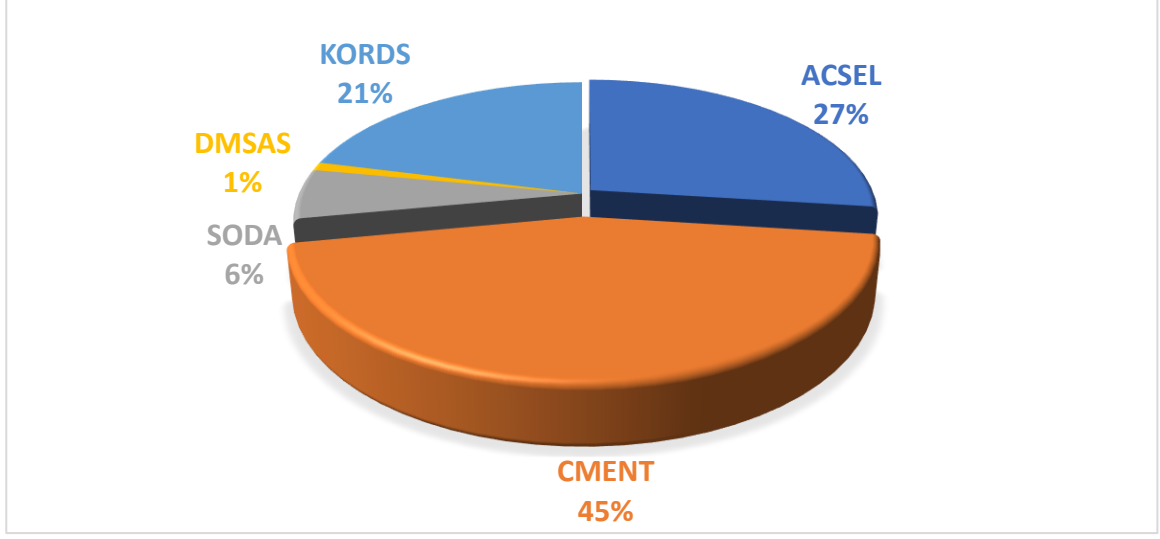
Tablo 15. Ham madde sektörü için GA ile DOSA yöntemi ile hisse senedi oranları

| Ham madde sektöründeki hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|--|-------------------------------|
| SODA | 0,57 |
| GENTS | 0,17 |
| CMENT | 0,14 |
| ADNAC | 0,08 |
| NUHCM | 0,04 |

Uygulama 3. Ham madde sektörü için bulanık çıkarsama sistemine dayalı portföy optimizasyonu ile seçilen hisse senetleri; %45 Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası T.A.Ş., %27 Acıselsan Acıpayam Selüloz Sanayi ve Ticaret A.Ş., %21 Kordsa Teknik Tekstil A.Ş., %6 Soda Sanayii A.Ş, %1 Demisaş Döküm Emaye Mamülleri Sanayii A.Ş şeklinde dağılmaktadır.

Tablo 16. Ham madde sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Ham madde sektöründeki hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|--|-------------------------------|
| ACSEL | 0,27 |
| CMENT | 0,45 |
| SODA | 0,06 |
| DMSAS | 0,01 |
| KORDS | 0,21 |

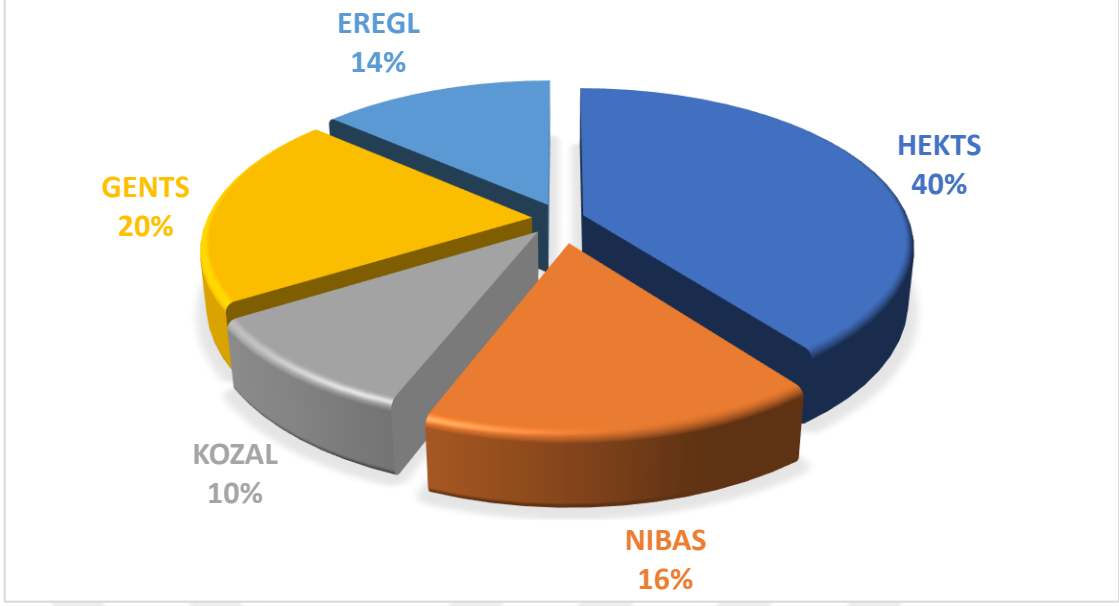


Şekil 20. Ham madde sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

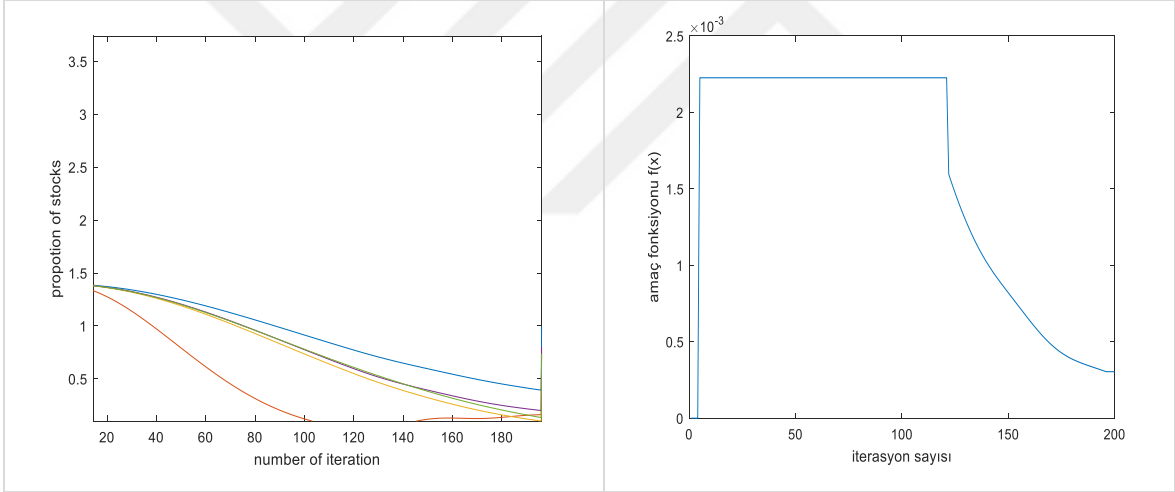
Uygulama 4. Ham madde sektörü için DKDOSA ile seçilen hisse senetleri dağılımı Şekil 21’de verilmiştir. Seçilen portföyde hisse senetleri dağılımı %10 Koza Altın İşletmeleri A.Ş., %14 Ereğli Demir Çelik fabrikaları T.A.Ş., %20 Gentaş Genel Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş., %40 Hektaş ticaret T.A.Ş olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada seçilen hisse senetlerinin ve amaç fonksiyonun her iterasyon süresince aldığı değerler Şekil 22’de yer almaktadır.

Tablo 17. Ham madde sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Ham madde sektöründeki hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|--|-------------------------------|
| EREGL | 0,14 |
| GENTS | 0,20 |
| KOZAL | 0,10 |
| NIBAS | 0,16 |
| HEKTS | 0,40 |



Şekil 21. Ham madde sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları



Şekil 22. Ham madde sektörü için DKDOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri

3.6.2.2. Dönemsel Tüketici Ürünleri Sektörü İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları

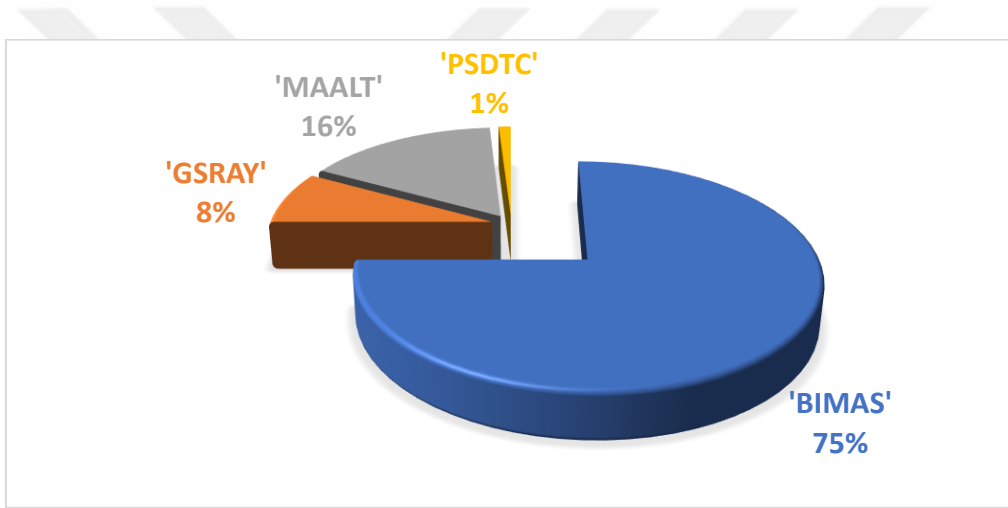
Dönemsel tüketici ürünleri sektörünün doğrusal olmayan sinir ağı yöntemi ile portföy optimizasyonu, bir diğer sektör olan dönemsel tüketici ürünleri BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri içinde 60 hisse senedinden oluşmaktadır. Tüm dönemsel tüketici sektörü hisse senetleri açıklamaları ile birlikte Tablo 18’de verilmiştir.

Uygulama 1. Dönemsel tüketici ürünleri için DOSA kullanarak portföy optimizasyonu yapıldığında Şekil 23’te verildiği gibi %78’i BİM Birleşik Mağazalar A.Ş., %16’sı Marmaris

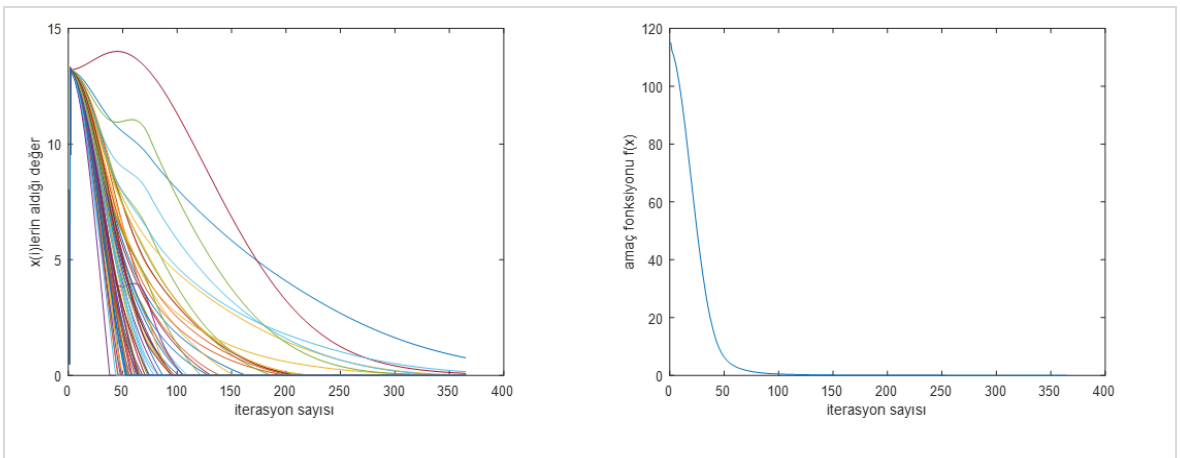
Altın Yunus Turistik Tesisler A.Ş., %1'i Pergamon Status Dış Ticaret A.Ş. olacak biçimde portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Şekil 24'te dönemsel tüketici ürünleri için iterasyon süresince hisselerin aldığı değerler ve amaç fonksiyonunun aldığı değerler verilmiştir.

Tablo 18. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Dönemsel tüketici ürünleri sektörü hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|--|-------------------------------|
| BIMAS | 0,75 |
| GSRAY | 0,08 |
| MAALT | 0,16 |
| PSDTC | 0,01 |



Şekil 23. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

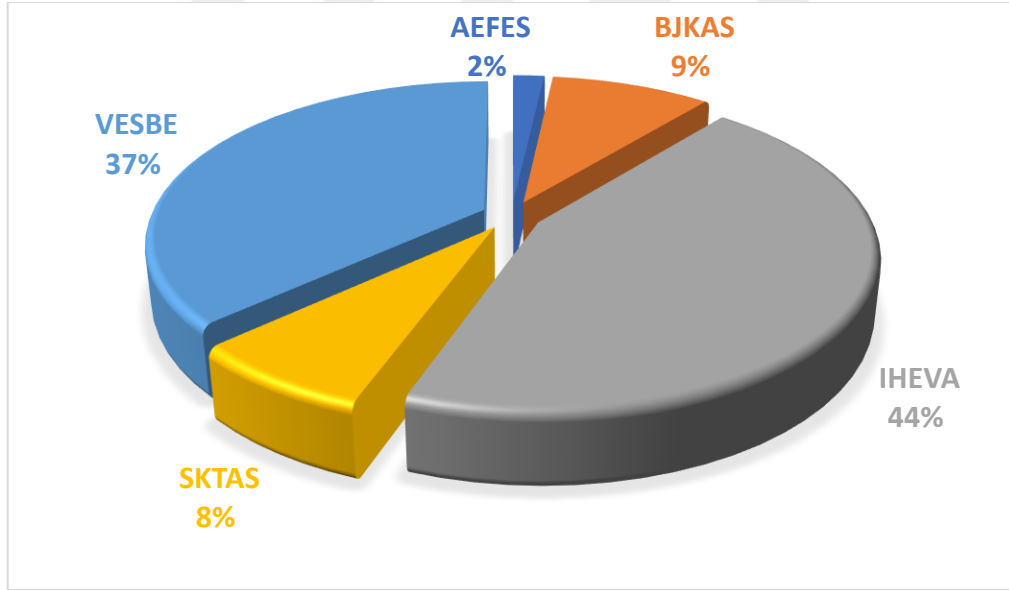


Şekil 24. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri

Uygulama 2. Dönemsel tüketici ürünleri için genetik algoritma ile portföy optimizasyonu yaklaşımı, DOSA ve genetik algoritmanın birleştirilmesi ile oluşturulmuştur. Oluşturulan bu algoritma çalıştırıldığında Şekil 25’te verildiği gibi, %2 Anadolu Efes Biracılık ve Malt Sanayii A.Ş., %1 Beşiktaş Futbol Yatırımları Sanayi ve Ticaret A.Ş., %49 İhlas Ev Aletleri İmalat Sanayi ve Ticaret A.Ş., %8 Söktaş Tekstil Sanayi ve Ticaret A.Ş., %40 Vestel Beyaz Eşya Sanayi ve Ticaret A.Ş. biçiminde oluşmaktadır.

Tablo 19. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle hisse senetleri oranları

| Dönemsel tüketici ürünleri sektörü hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|--|-------------------------------|
| AEFES | 0,02 |
| BJKAS | 0,01 |
| IHEVA | 0,49 |
| SKTAS | 0,08 |
| VESBE | 0,40 |

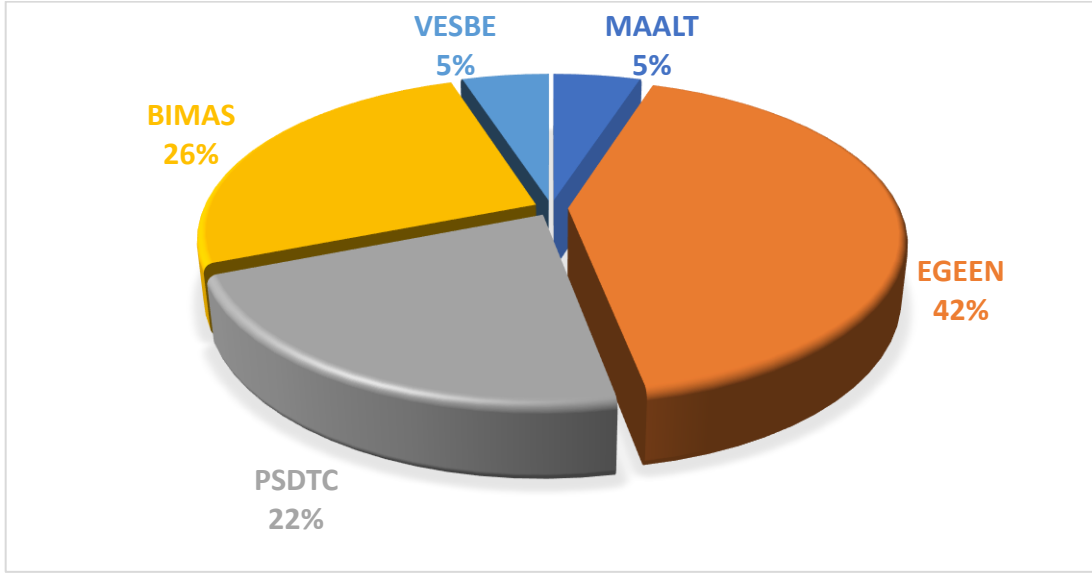


Şekil 25. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle hisse senetleri oranları

Uygulama 3. Bulanık çıkarsama sistemine dayalı portföy optimizasyonu ile dönemsel tüketici ürünleri için hisse senedi dağılımı yapıldığında %5 Marmaris Altinyunus Turistik Tesisler A.Ş., %5 Vestel Beyaz Eşya Sanayi ve Ticaret A.Ş., %26 BİM Birleşik Mağazalar A.Ş., %42 Ege Endüstri ve Ticaret A.Ş., %22 Pergamon Status Dış Ticaret A.Ş. sonucuna ulaşılmıştır.

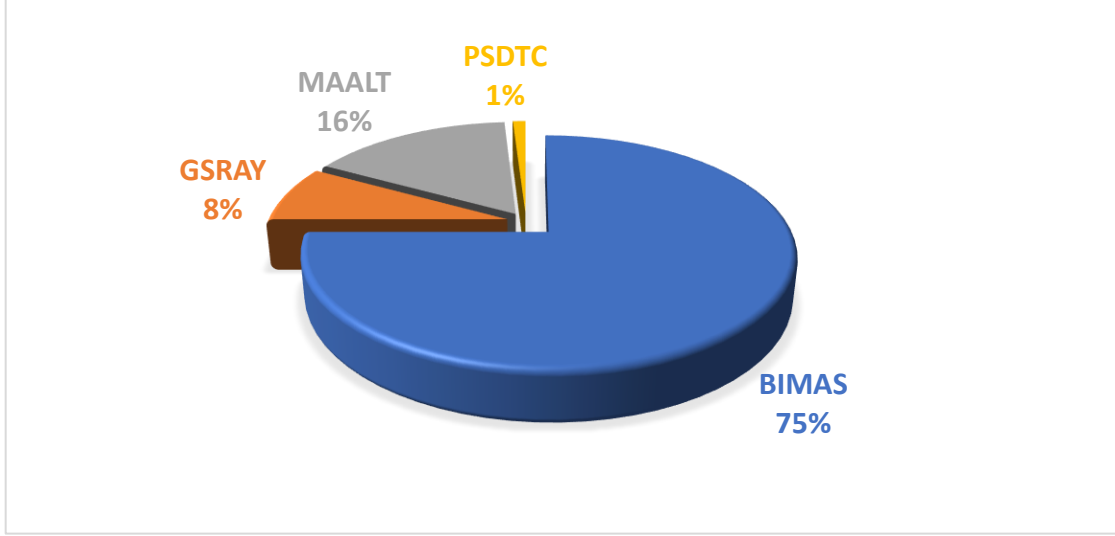
Tablo 20. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Dönemsel tüketici ürünleri sektörü hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|--|-------------------------------|
| MAALT | 0,05 |
| EGEEN | 0,42 |
| PSDTC | 0,22 |
| BIMAS | 0,26 |

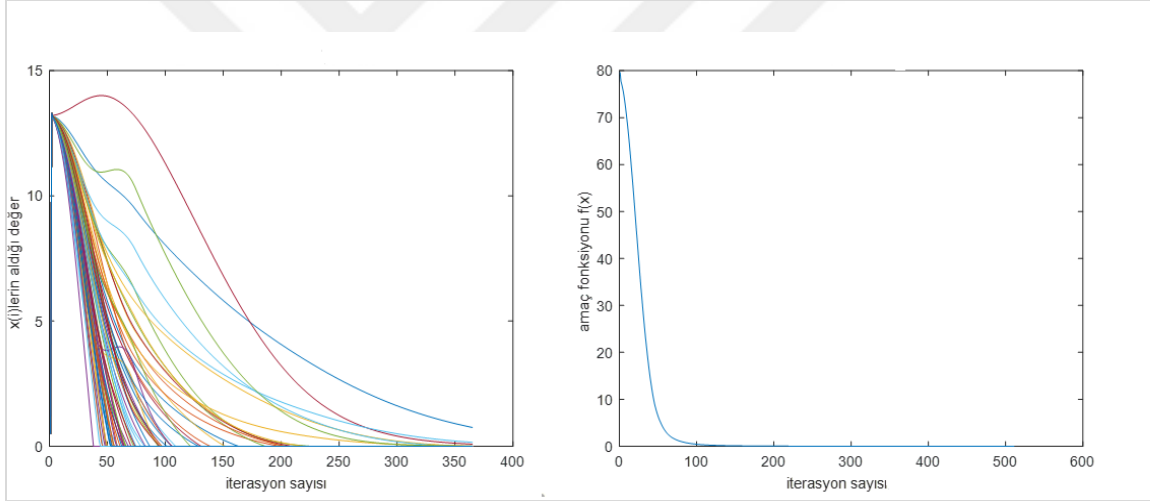


Şekil 26. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

Uygulama 4. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için değişim katsayısının tersi ile belirlenen nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu ile elde edilen hisse senetlerinin dağılımı Şekil 27’de verildiği gibi; %75 BİM birleşik mağazalar A.Ş., %16 Marmaris altın yunus turistik tesisler A.Ş., %8 Galatasaray sportif sinai ve ticari yatırımlar A.Ş., %1 Pergamon status dış ticaret A.Ş. biçimindedir. Dönemsel tüketici ürünleri için nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu problemi için amaç fonksiyonu grafiği ve hisse senetlerinin iterasyon süresince aldığı değerler Şekil 28 ile verilmiştir.



Şekil 27. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları



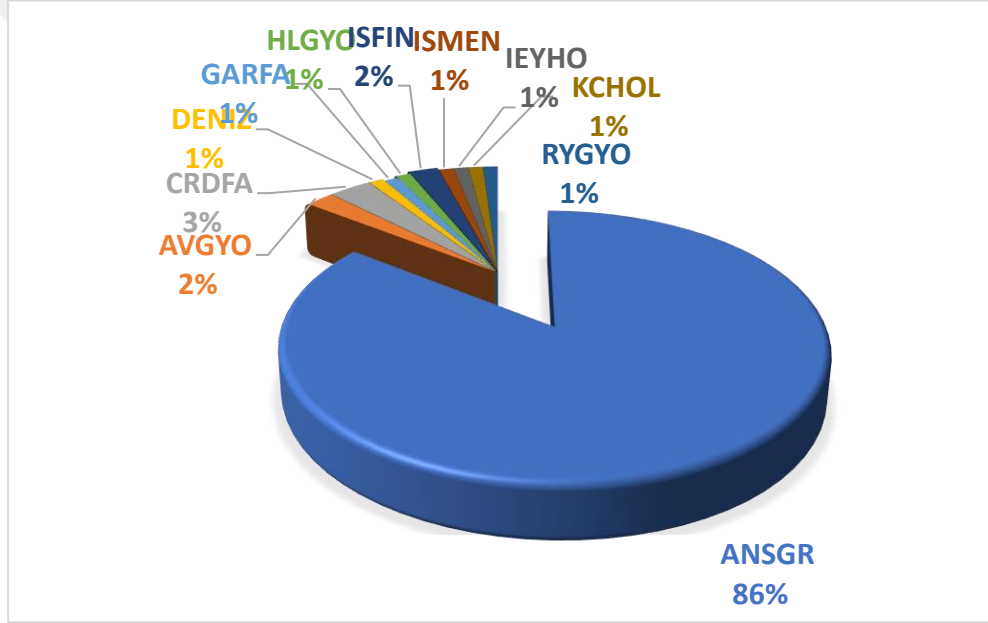
Şekil 28. Dönemsel tüketici ürünleri sektörü için DKDOSA yöntemi ile $f(x)$ ile $x(i)$ değerleri

3.6.2.3. Finans Sektörü İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları

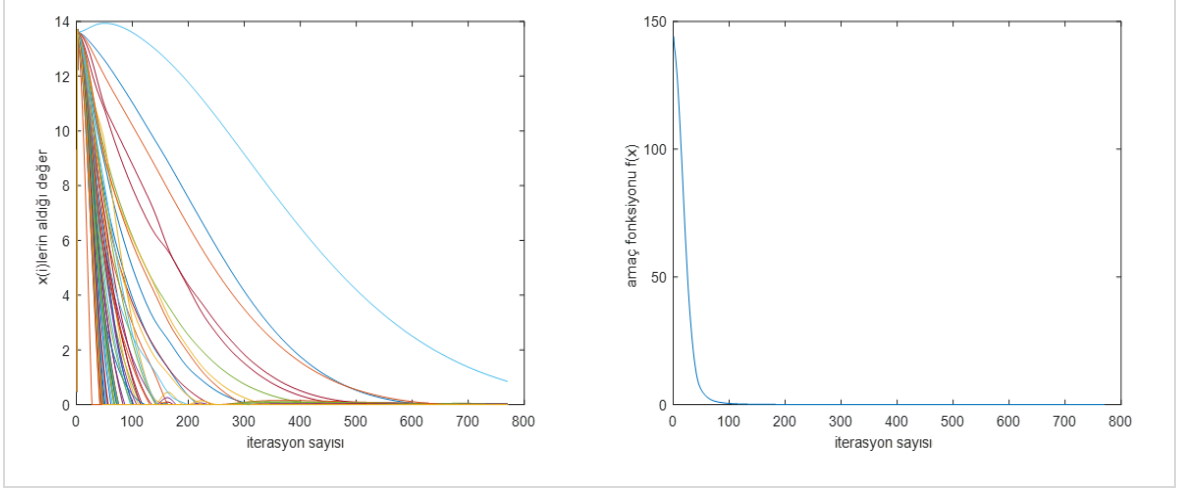
Uygulama 1. Finans sektörü için DOSA yöntemi ile portföy optimizasyonu sonucunda seçilen hisse senetleri Şekil 29’da verildiği gibidir. Seçilen hisse senetleri %86 Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi, %3 Akmerkez Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş., %2 Avrasya Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş., %2 Creditwest Faktoring A.Ş., ve %1 payları olan hisse senetleri Denizbank A.Ş., Garanti Faktoring A.Ş., Halk Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş., İş Finansal Kiralama A.Ş., İş Yatırım Menkul Değerler A.Ş., Işıklar Enerji ve Yapı Holding A.Ş., Reysaş Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş.’dir.

Tablo 21. Finans sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Finans sektöründe hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| ANSGR | 0,86 |
| AVGYO | 0,02 |
| CRDFA | 0,03 |
| DENİZ | 0,01 |
| GARFA | 0,01 |
| HLGYO | 0,01 |
| ISFIN | 0,02 |
| ISMEN | 0,01 |
| IEYHO | 0,01 |
| KCHOL | 0,01 |
| RYGYO | 0,01 |

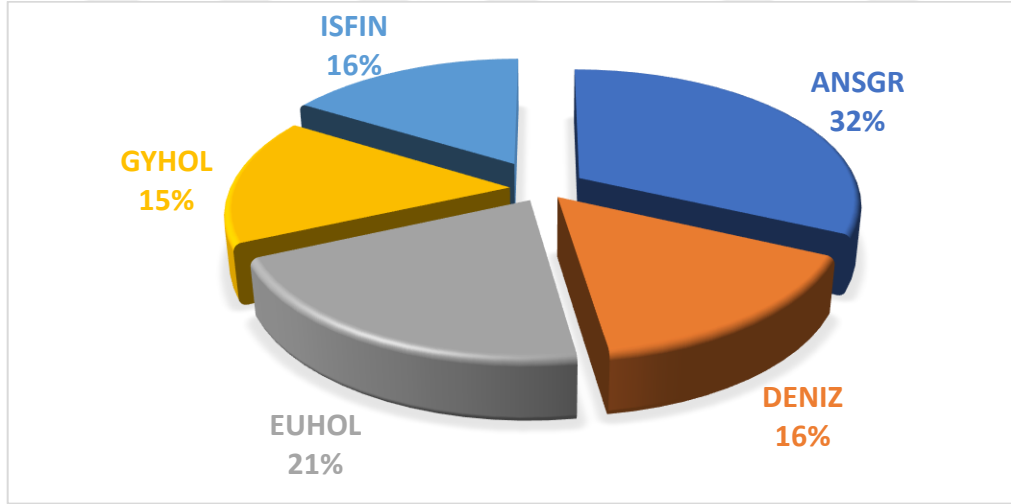


Şekil 29. Finans sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları



Şekil 30. Finans sektörü için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri

Uygulama 2. Finans sektörü için genetik algoritma ile portföy optimizasyonu yaklaşımı, DOSA ve genetik algoritma kullanıldığında hisse senetlerinin dağılımı Şekil 31’de verildiği gibi; %32 Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi, %16 Denizbank A.Ş., %21 Euro Yatırım Holding A.Ş., %15 Gedik Yatırım Holding A.Ş., %16 İş Finansal Kiralama A.Ş.’dir.



Şekil 31. Finans sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle hisse senetleri oranları

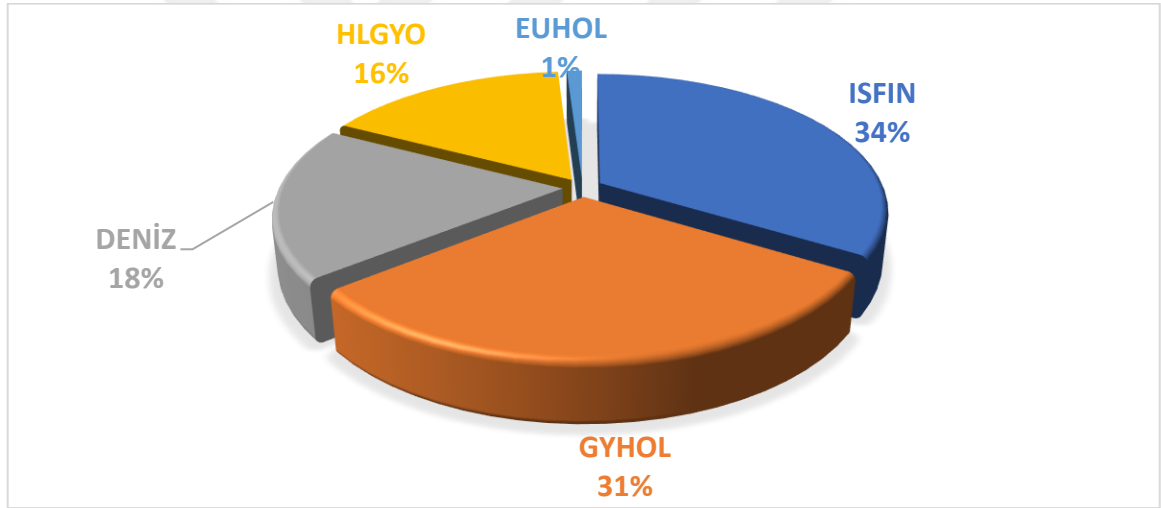
Tablo 22. Finans sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle senetleri oranları

| Finans sektörü için hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| ANSGR | 0,32 |
| EUHOL | 0,21 |
| DENİZ | 0,16 |
| ISFIN | 0,16 |
| GYHOL | 0,15 |

Uygulama 3. Finans sektörü için bulanık çıkarsama sistemine dayalı portföy optimizasyonu yaklaşımı ile belirlenen hisse senetlerin dağılımı; %34 İş Finansal Kiralama A.Ş., %31 Gedik Yatırım Holding A.Ş., %18 Denizbank A.Ş., %16 Halk Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş., %1, Euro Yatırım Holding A.Ş. biçimindedir.

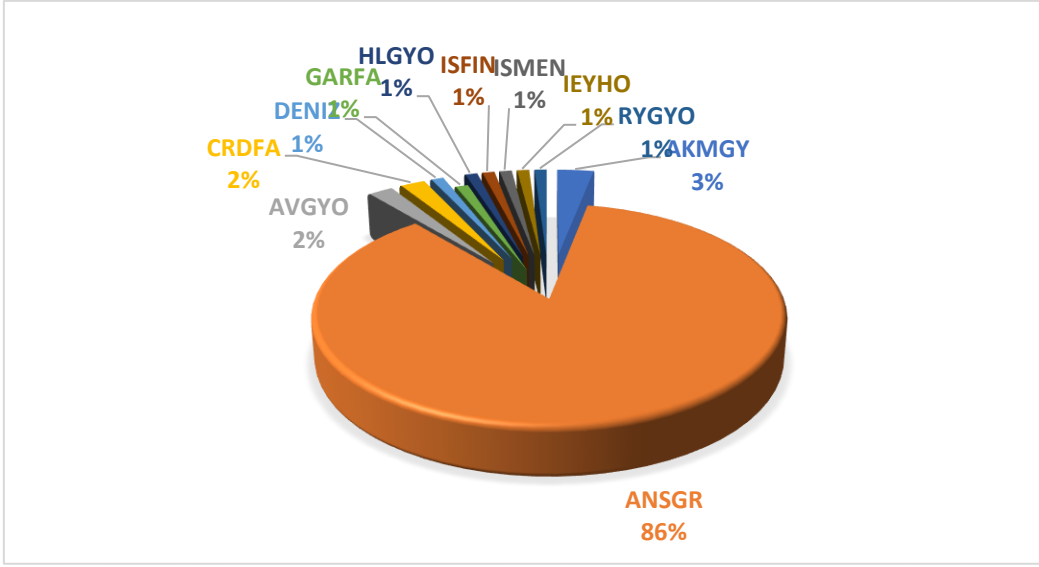
Tablo 23. Finans sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Finans sektöründeki hisse senetleri | Seçilen senedi oranları |
|-------------------------------------|-------------------------|
| ISFIN | 0,34 |
| GYHOL | 0,31 |
| DENİZ | 0,18 |
| HLGYO | 0,16 |
| EUHOL | 0,01 |

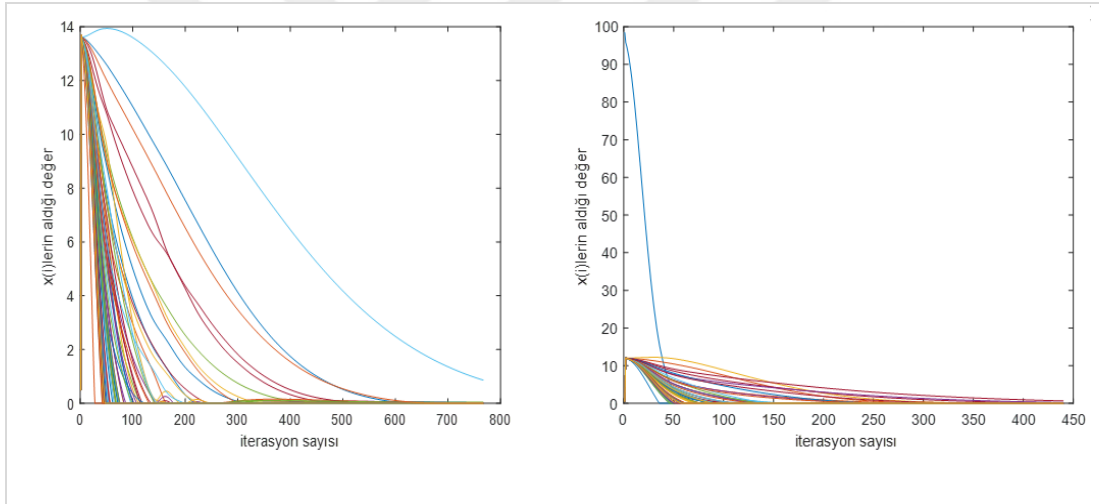


Şekil 32. Finans sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

Uygulama 4. Finans sektörü için değişim katsayısının tersi ile belirlenen nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu problemi ile hisse senedi dağılımı yapıldığında seçilen hisse senetleri Şekil 33'te verildiği gibidir. Seçilen hisse senetleri %86 Anadolu Anonim Türk Sigorta Şirketi, %3 Akmerkez Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş., %2 Avrasya Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş., %2 Creditwest Faktoring A.Ş., Diğer %1 Payları Olan Hisse Senetleri Denizbank A.Ş., Garanti Faktoring A.Ş., Halk Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş., İş Finansal Kiralama A.Ş., İş Yatırım Menkul Değerler A.Ş., Işıklar Enerji ve Yapı Holding A.Ş., Reysaş Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı A.Ş.'dir.



Şekil 33. Finans sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları



Şekil 34. Finans sektörü için DKDOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri

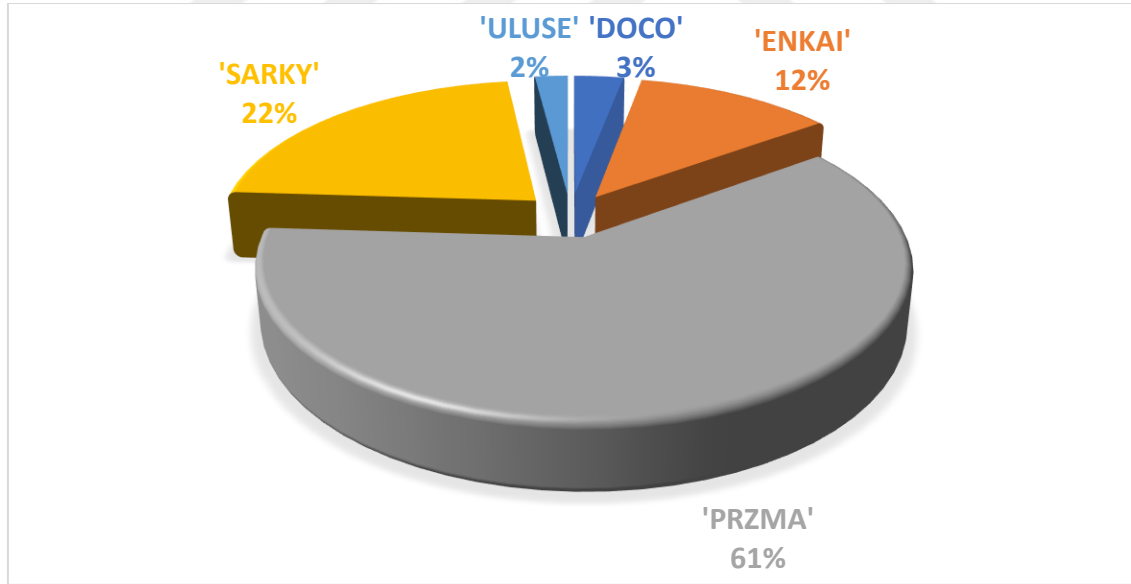
Tablo 24. Finans sektörü için DKDOSA yöntemi ile belirlenen hisse senedi oranları

| Finans sektöründeki hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| AKMGY | 0,03 |
| ANSGR | 0,86 |
| AVGYO | 0,02 |
| CRDFA | 0,02 |
| DENIZ | 0,01 |
| GARFA | 0,01 |
| HLGYO | 0,01 |
| ISFIN | 0,01 |
| ISMEN | 0,01 |
| IEYHO | 0,01 |
| RYGYO | 0,01 |

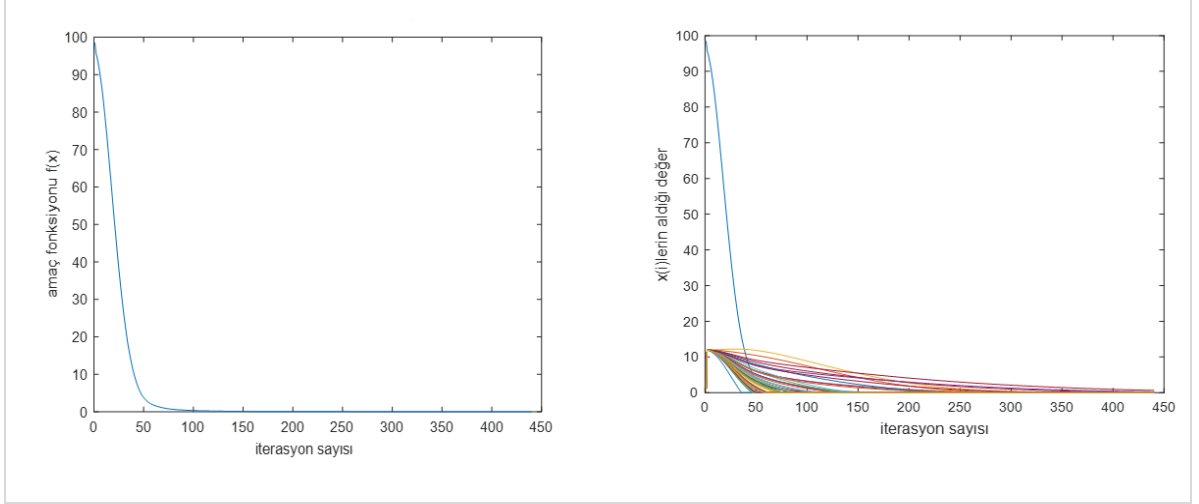
3.6.2.4. Endüstri ve Teknoloji Sektörü İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları

BİST-Ulusal Tüm de bir başka sektör de endüstri sektörüdür. Endüstri sektörü toplam 46 hisse senedinden oluşmaktadır. Teknoloji sektöründe ise sadece 12 sektör vardır. Yapılan çalışmada bu iki sektör birleştirilmiş, Endüstri ve teknoloji sektöründeki hisse senetlerinin kısaltmaları ve açıklamaları Tablo 26'da verilmiştir.

Uygulama 1. Endüstri ve teknoloji sektörü hisse senetlerinin doğrusal olmayan sinir ağı (DOSA) yöntemi ile portföy optimizasyonu yapıldığında Şekil 35'te verildiği gibi %61 Prizma Pres Matbaacılık Yayıncılık Sanayi ve Ticaret A.Ş., %22 Sarkuysan Elektrolitik Bakır Sanayi ve Ticaret A.Ş., %12 Enka İnşaat ve Sanayi A.Ş., %3 DO & CO Aktiengesellschaft, %2 Ulusoy Elektrik İmalat Taahhüt ve Ticaret A.Ş. hisse senetleri seçilmiştir. Şekil 36'da Endüstri ve teknoloji sektörü verisi için doğrusal olmayan sinir ağı ile portföy optimizasyonu yapıldığında hisselerin her iterasyonda aldığı değer ve amaç fonksiyonun dağılımı verilmiştir.



Şekil 35. Endüstri ve teknoloji sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

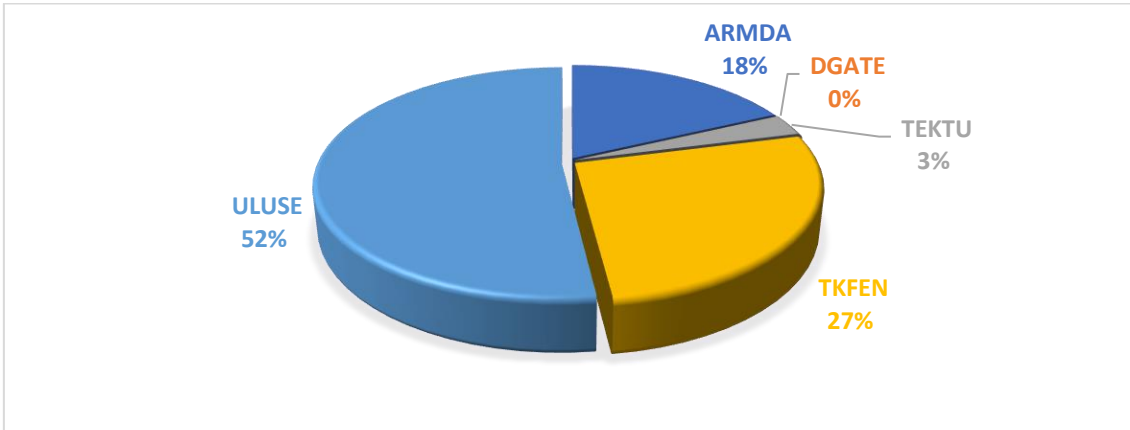


Şekil 36. Endüstri ve teknoloji sektörü için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri

Tablo 25. Endüstri ve teknoloji sektörü için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Endüstri ve teknoloji sektöründeki hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|--|-------------------------------|
| PRZMA | 0,61 |
| SARKY | 0,22 |
| ENKAI | 0,12 |
| DOCO | 0,03 |
| ULUSE | 0,02 |

Uygulama 2. Endüstri ve teknoloji sektörü için genetik algoritma ile portföy optimizasyonu yaklaşımında, sinir ağı ve genetik algoritmanın bileştirilerek önerilen algoritma; uygulandığında hisse senetlerinin dağılımı Şekil 37'de verildiği gibi, %18 Armada Bilgisayar Sistemleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., %52 Ulusoy Elektrik İmalat Taahhüt ve Ticaret A.Ş., %27 Tekfen Holding A.Ş., %3 Tek-Art İnşaat Ticaret Turizm Sanayi ve Yatırımlar A.Ş. şeklindedir.



Şekil 37. Endüstri ve teknoloji sektörü için GAPO yöntemi ile hisse senetleri oranları

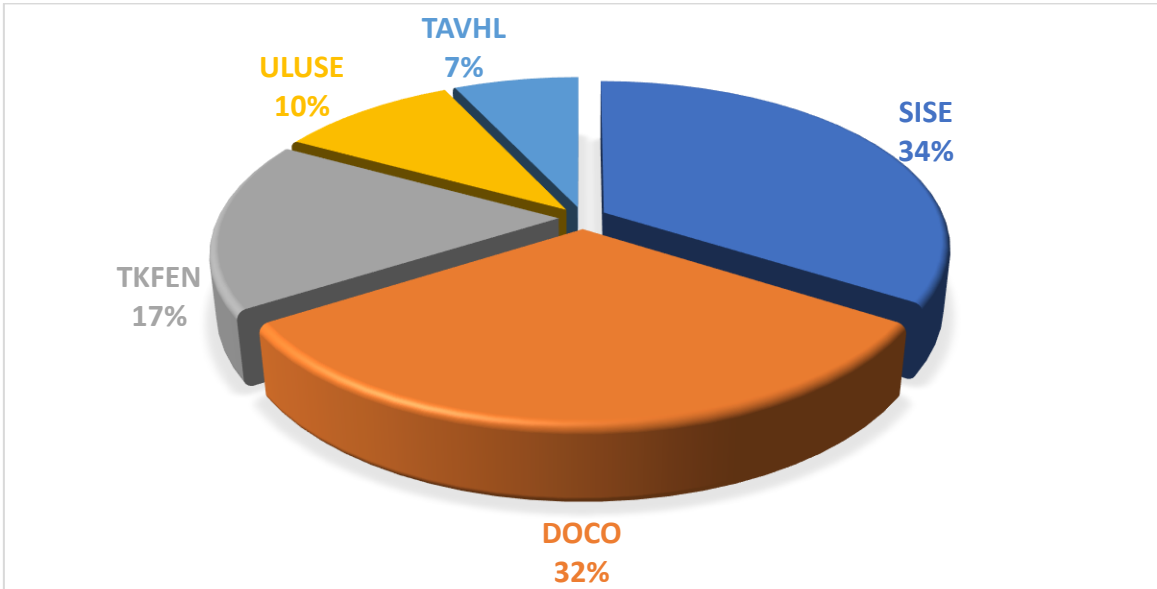
Tablo 26. Endüstri ve teknoloji sektörü için GA ile DOSA yöntemiyle hisse senedi oranları

| Endüstri ve teknoloji sektörü hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|---|-------------------------------|
| ULUSE | 0,52 |
| TKFEN | 0,27 |
| ARMDA | 0,18 |
| TEKTU | 0,3 |
| DGATE | 0 |

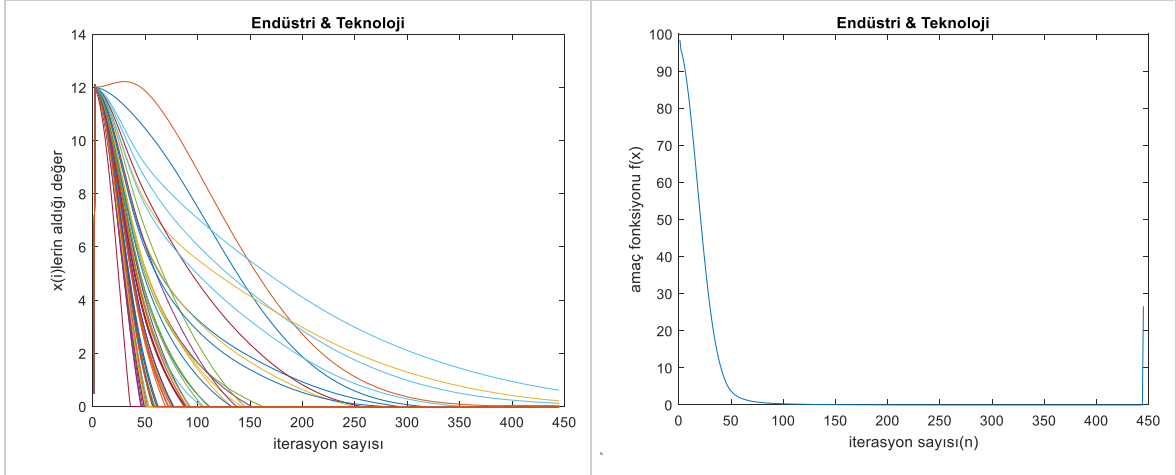
Uygulama 3. Endüstri ve teknoloji sektörü için bulanık çıkarsama sistemine dayalı portföy optimizasyonu ile hisse senetleri dağılımı yapıldığında, %34 Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., %32 Do & Co Aktiengesellschaft, %17 Tekfen Holding A.Ş., %10 Ulusoy Elektrik İmalat Taahhüt ve Ticaret A.Ş., %7 TAV Havalimanları Holding seçilmiştir.

Tablo 27. Endüstri ve teknoloji sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Endüstri ve teknoloji sektörü hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|---|-------------------------------|
| SISE | 0,34 |
| DOCO | 0,32 |
| TKFEN | 0,17 |
| ULUSE | 0,10 |
| TAVHL | 0,07 |

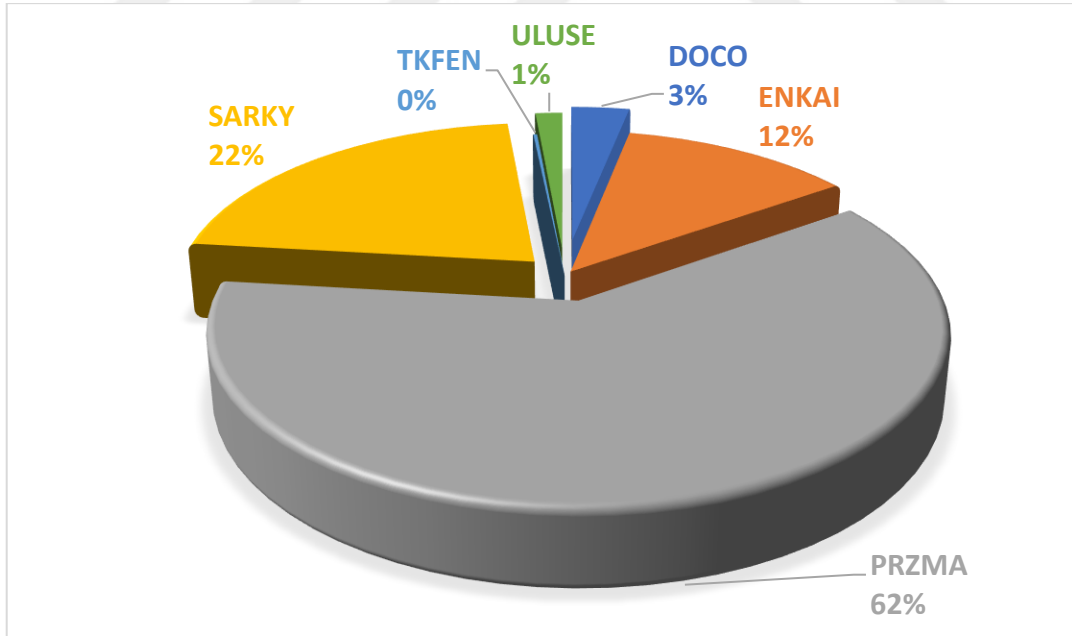


Şekil 38. Endüstri ve teknoloji sektörü için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları



Şekil 39. Endüstri ve teknoloji sektörü için DKDOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri

Uygulama 4. Endüstri ve teknoloji sektörü için değişim katsayının tersi ve doğrusal olmayan sinir ağı (DOSA) yaklaşımı ile elde edilen hisse senetleri dağılımı, Şekil 39’da verildiği gibi; %62 Prizma Pres Matbaacılık Yayıncılık Sanayi ve Ticaret A.Ş., %22 Sarkuysan Elektrolitik Bakır Sanayi ve Ticaret A.Ş., %12 Enka İnşaat ve Sanayi A.Ş., %3 DO&CO Aktiengesellschaft, %2 Ulusoy Elektrik İmalat Taahhüt ve Ticaret A.Ş. biçimindedir.



Şekil 40. Endüstri ve teknoloji sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

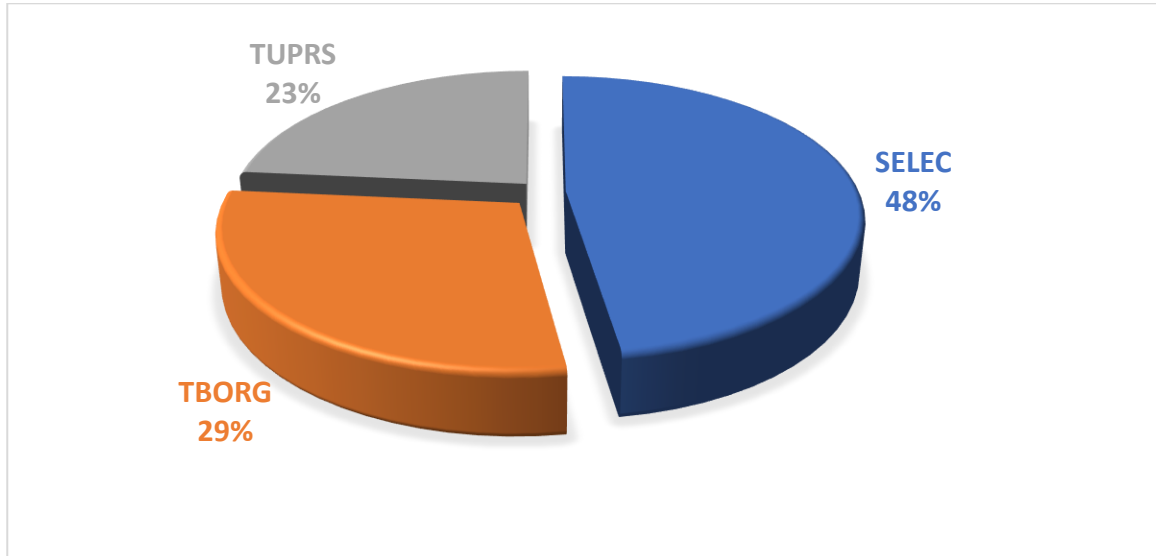
Tablo 28. Endüstri ve teknoloji sektörü için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Endüstri ve teknoloji sektöründeki hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|--|-------------------------------|
| DOCO | 0,03 |
| ENKAI | 0,12 |
| PRZMA | 0,62 |
| SARKY | 0,22 |
| ULUSE | 0,01 |

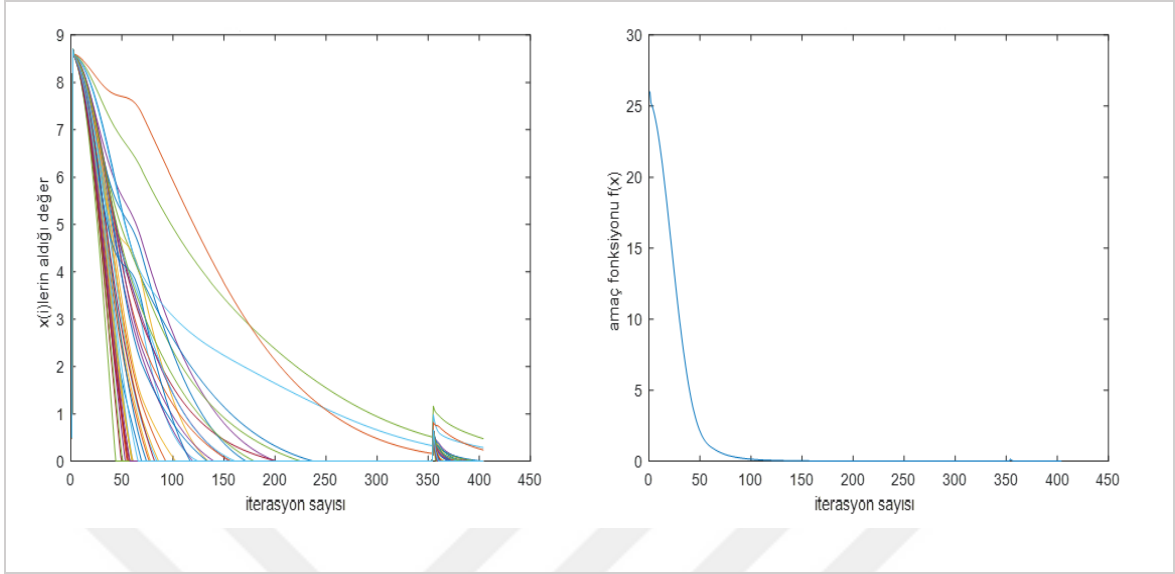
3.6.2.5. Diğer Hisse Senetleri İçin Portföy Optimizasyonu Uygulamaları

Diğer kategorisini, hisse senedi sayıları 10'dan az olan sektörlerden, dönemsel olmayan tüketici ürünleri, enerji, sağlık, telekomünikasyon hizmetleri, kamu hizmet kurumları sektörleri oluşturmaktadır. Diğer hisse senetlerinin kısaltmaları ve açıklamaları Tablo 31'de yer almaktadır.

Uygulama 1. Diğer hisse senetleri DOSA yöntemi ile hisse senetleri için portföy optimizasyonu sonucunda, %48 TÜPRAŞ-Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş., %29 Türk Tuborg Bira ve %23 Malt Sanayii A.Ş. hisseleri seçilmiştir. Şekil 41 ile hisselerin dağılım grafiği verilirken, DOSA için portföy optimizasyonunda iterasyon süresince hisse senetlerinin ve amaç fonksiyonun aldığı değerler Şekil 42'de verilmiştir.



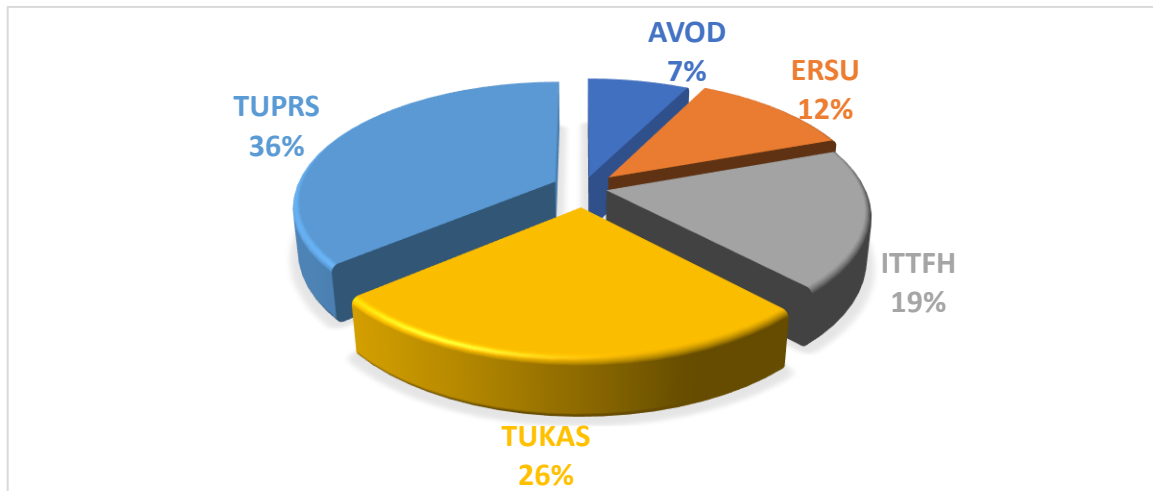
Şekil 41. Diğer hisse senetleri için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

Şekil 42. Diğer hisse senetleri için DOSA yöntemi ile $f(x)$ ve $x(i)$ değerleri

Tablo 29. Diğer hisse senetleri için DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Diğer hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|-----------------------|-------------------------------|
| SELEC | 0,48 |
| TBORG | 0,29 |
| TUPRS | 0,23 |

Uygulama 2. Diğer hisse senetleri için genetik algoritma ile portföy optimizasyonu uygulandığında seçilen hisse senetleri, %8 A.V.O.D. Kurutulmuş Gıda ve Tarım Ürünleri A.Ş. Şekil 43’de verildiği gibi, %13 Ersu Meyve ve Gıda Sanayi A.Ş., %12 İttifak Holding A.Ş., %28 Tukaş Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş., %39 Tüpraş-Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. olarak dağılmıştır.

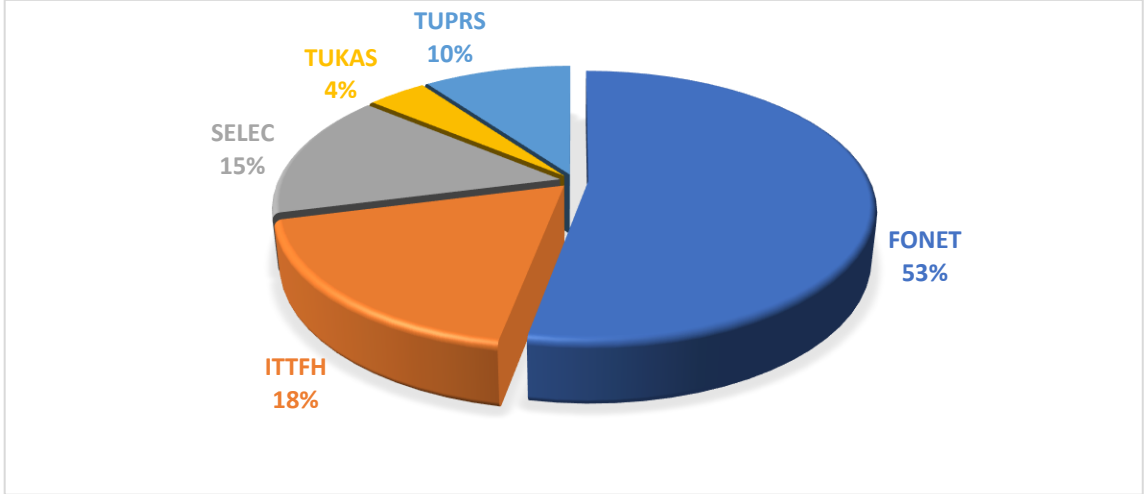


Şekil 43. Diğer hisse senetleri için GA ile DOSA yöntemiyle elde edilen hisse senedi oranları

Tablo 30. Diğer hisse senetleri için GA ile DOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Diğer hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|-----------------------|-------------------------------|
| AVOD | 0,07 |
| ERSU | 0,12 |
| ITTFH | 0,19 |
| TUKAS | 0,26 |
| TUPRS | 0,36 |

Uygulama 3. Diğer hisse senetleri için bulanık çıkarsama sistemine dayalı portföy optimizasyonu ile hisse senedi dağılımı, %53 Fonet Bilgi Teknolojileri A.Ş., %10 Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş., %4 Tukaş Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş., %15 Selçuk Ecza Deposu Ticaret ve Sanayi A.Ş., %18 İttifak Holding A.Ş. biçiminde elde edilmiştir.



Şekil 44. Diğer hisse senetleri için bulanık çıkarsama sistemi ile hisse senetleri oranları

Tablo 31. Diğer hisse senetleri için bulanık çıkarsama sistemi yöntemi ile hisse senetleri oranları

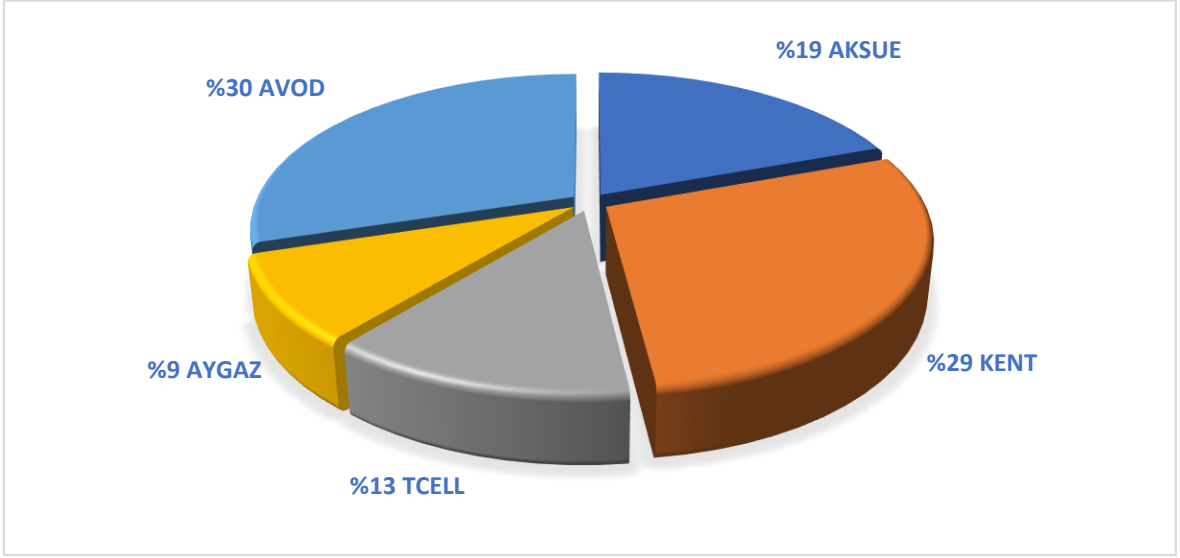
| Diğer hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|-----------------------|-------------------------------|
| FONET | 0,53 |
| ITTFH | 0,18 |
| SELEC | 0,15 |
| TUKAS | 0,04 |
| TUPRS | 0,10 |

Uygulama 4. Diğer hisse senetleri için değişim katsayısının tersi ve DOSAPO yöntemi ile hisse senetlerinin dağılımı Şekil 45'te verildiği gibi; %30 A.V.O.D. Kurutulmuş Gıda ve

Tarım ürünleri A.Ş., %29 Kent Gıda Maddeleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., %19 Aksu Enerji ve Ticaret A.Ş., %13 Türkcell İletişim Hizmetleri A.Ş., %9 Aygaz A.Ş. olarak elde edilmiştir.

Tablo 32. Diğer hisse senetleri için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

| Diğer hisse senetleri | Seçilen hisse senedi oranları |
|-----------------------|-------------------------------|
| AVOD | 0,30 |
| KENT | 0,29 |
| AKSUE | 0,19 |
| TCELL | 0,13 |
| AYGAZ | 0,09 |

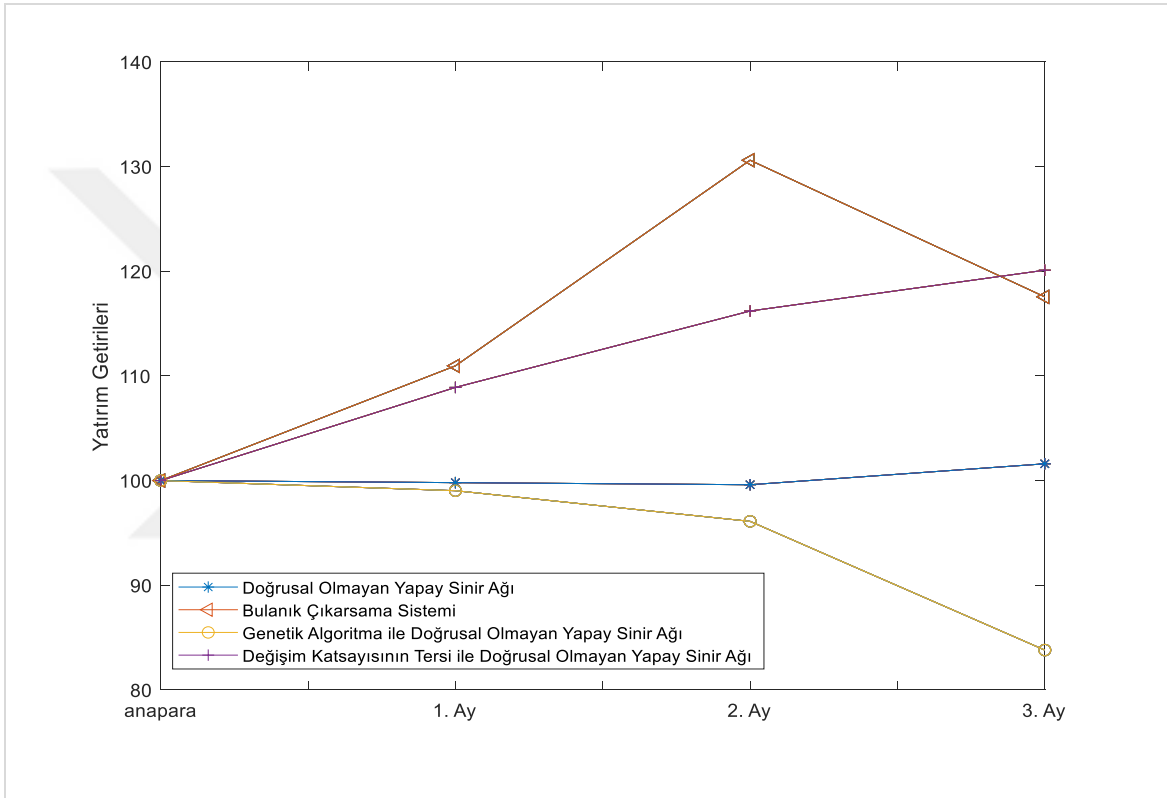


Şekil 45. Diğer hisse senetleri için DKDOSA yöntemi ile hisse senetleri oranları

3.7. Sektörlere Göre Hisse Senetlerinin Üç Aylık Getiri Tahminleri

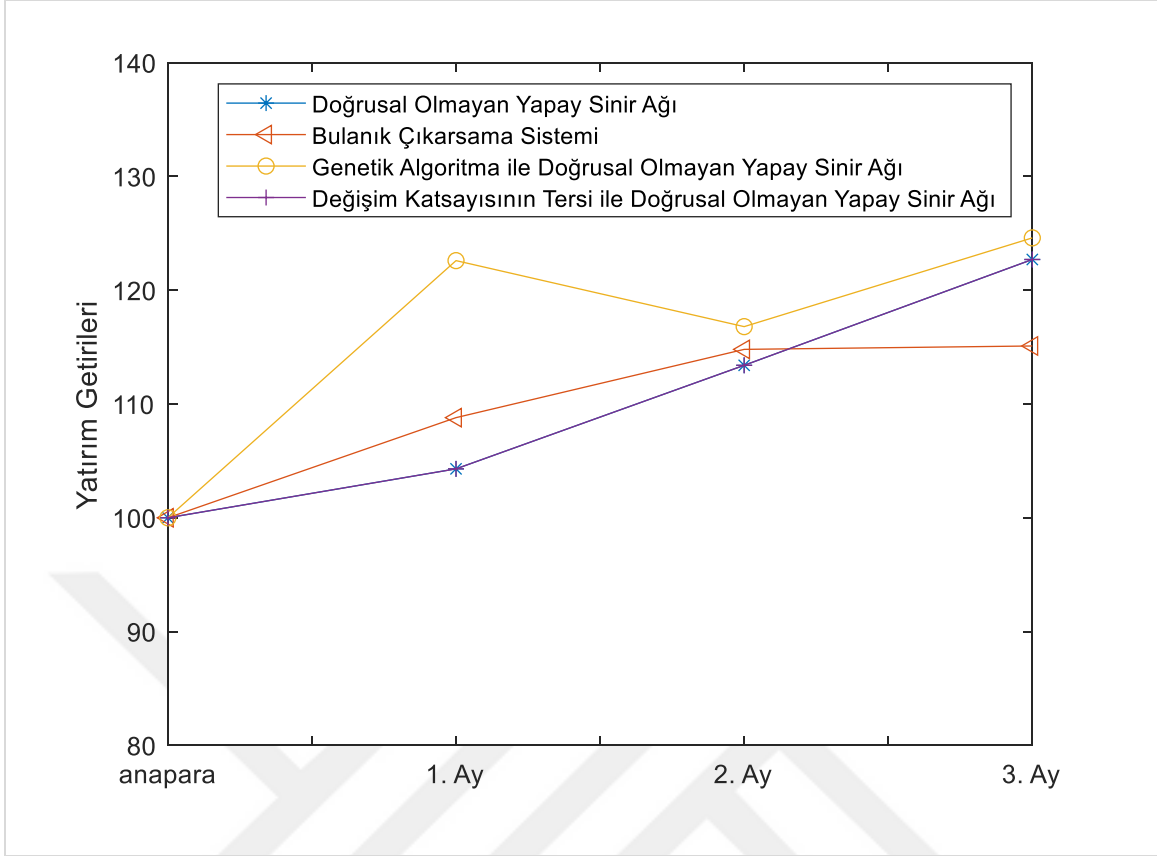
Sektörlere göre portföy seçimi için daha önce BİST-Ulusal Tüm 07.05.2018-07.05.2019 tarihleri arasındaki hisse senetlerine ilişkin veriler ele alınmış, önerilen yöntemler için hisse senedi tahminleri yapılmıştır. Ham madde, dönemsel tüketici ürünleri, finans sektörü, endüstri sektörü ve diğer sektörler için oluşturulan portföylere 07.05.2019 tarihini izleyen 3 ay süreyle yatırım yapıldığında elde edilen getiriler incelenmiştir. Bir yatırımcı önerilen yöntemlerle, beş farklı sektör için oluşturulan portföylere, 100 ₺ ile üç aylık bir dönemde yatırım yapmıştır.

İlk olarak ham madde sektörü ele alınır, önerilen yöntemlerle belirlenen oranlarda hisse senetlerine 3 ay için yatırım yapıldığında dönem sonu getiri değişimi incelenmiş; ilk iki ay en yüksek dönem sonu değerine 110,9₺, 130,6₺, ile bulanık çıkarsama sistemine dayalı yapay sinir ağı yöntemiyle ulaşıldığı görülmüştür. Yapılan analizler sonunda Şekil 46'da verildiği gibi değişim katsayısının tersi ile belirlenen DOSA ile bir yatırımcı 100₺ ile üç aylık bir dönem için ham madde sektörüne belirlenen hisse senetleri oranlarında yatırım yaptığı düşünüldüğünde, yatırımın dönem sonu değeri 120,1₺ olarak elde edilmiştir.



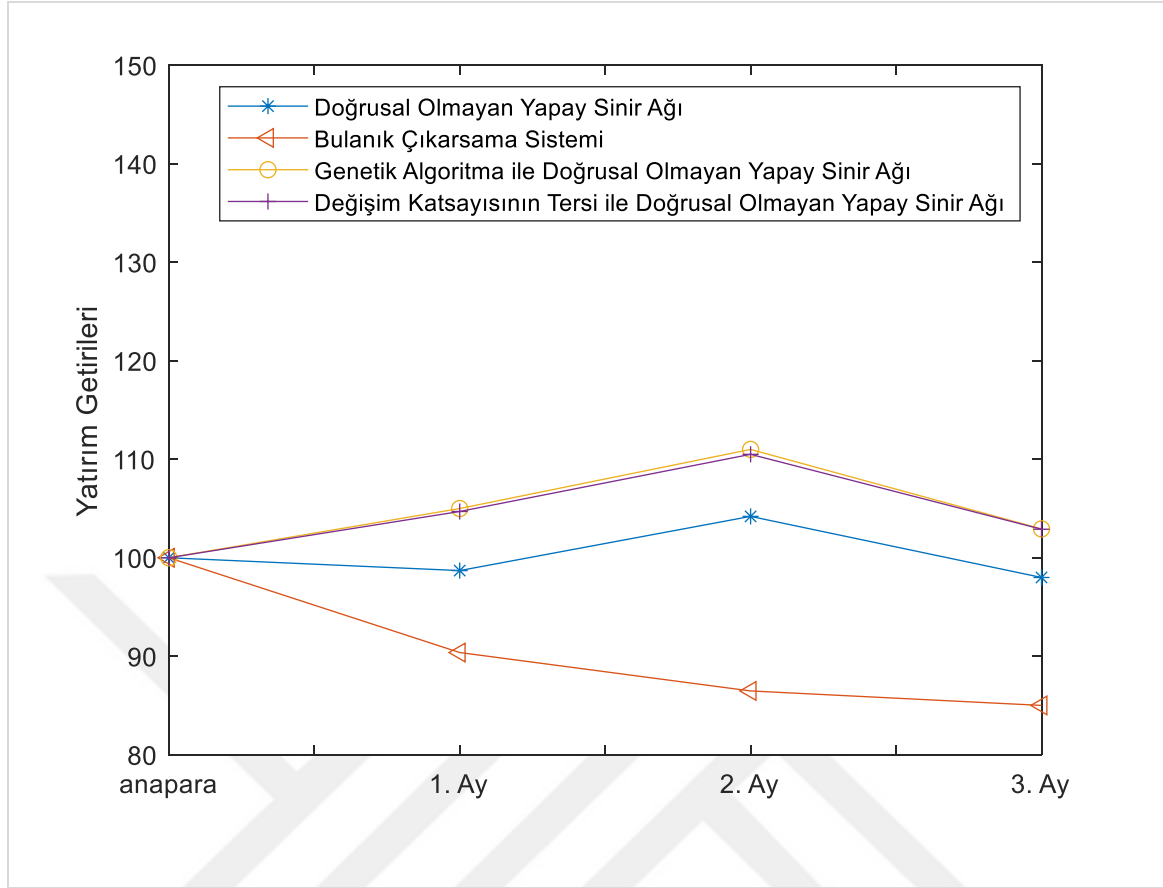
Şekil 46. Ham madde sektörü için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri

Beş sektöre ayrılan BİST-Ulusal Tüm hisse senetlerinin ikinci sektörü olan dönemsel tüketici sektörü önerilen dört yöntem uygulandığında, elde edilen portföylere 100₺'lik yatırım yapıldığında, üç aylık yatırım dönemi sonu değerleri Şekil 47'de verildiği gibidir. Genetik algoritma ile doğrusal olmayan yapay sinir ağıyla dönem sonu değeri tüm 3 ay için de 124,6₺ ile diğer yöntemlere göre daha yüksek dönem sonu değerine sahiptir. Üçüncü ay da değişim katsayısının tersi ile DOSA dönem sonu değeri 122,7₺ ile en yüksek getiriyi sağlayan ikinci yöntem olmuştur.



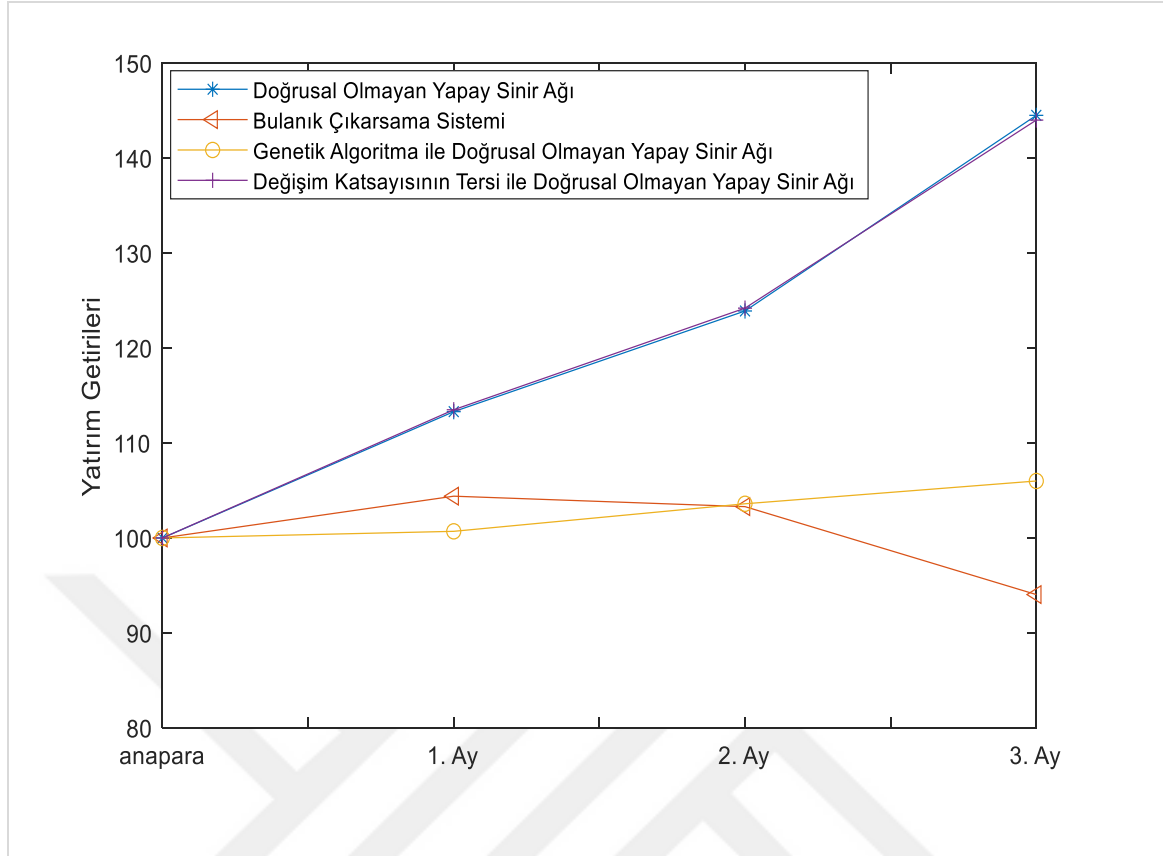
Şekil 47. Dönemsel tüketici sektörü için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri

Finans sektörü verisi için önerilen dört yöntemin üç aylık dönem sonu değerleri Şekil 48’de verildiği gibidir. Birinci ayın sonunda genetik algoritma ile DOSA yöntemi ile yatırım yapıldığında dönem sonu değeri 105₺ olarak elde edilirken, değişim katsayısının tersi ile 104,7₺ olarak elde edilmiştir. İkinci ayın sonunda da aynı yöntemlere ait portföyler yüksek getiri elde etmiştir. Üç aylık yatırım dönemi sonunda bu iki yöntemin seçtiği portföyler 102,9₺ ile aynı dönem sonu getiriye sahip olduğu görülmüştür.



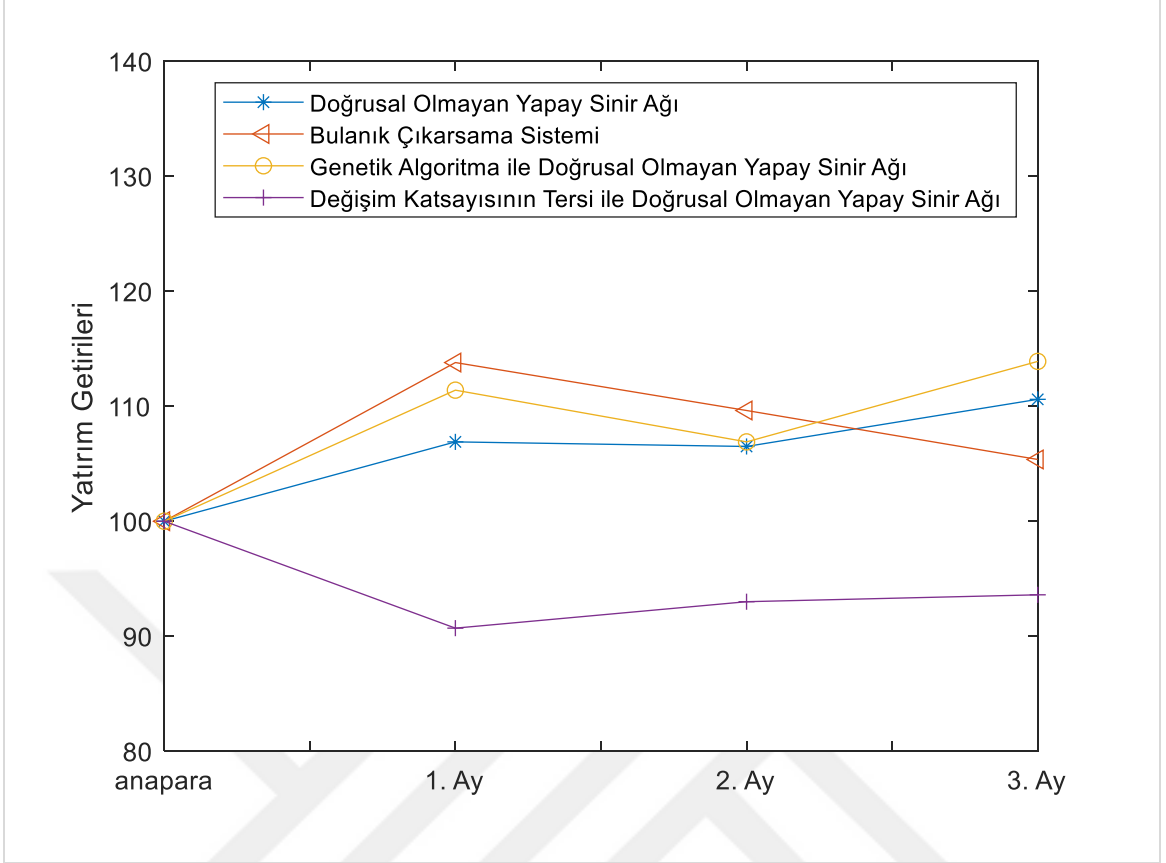
Şekil 48. Finans sektörü için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri

Sektörel bazda değerlendirme yapmak üzere birleştirilen endüstri ve teknoloji sektörlerinde önerilen yöntemler ile oluşturulan portföyler üç aylık yatırım dönemi sonunda elde edilen değerleri Şekil 49’da görüldüğü gibidir. Birinci ayın sonunda en iyi dönem sonu değeri değişim katsayısının tersi ile DOSA, 113,5₺ iken DOSA yöntemi ile 113,3₺ olarak elde edilmiştir. Yine ikinci ayın sonunda değişim katsayısının tersi ile DOSA yöntemi ile dönem sonu değeri 124,2₺ iken, DOSA yöntemi ile 123,9₺ getiri elde edilmiştir. Üç aylık yatırım dönemi sonunda en iyi getiri, değişim katsayısının tersi ve doğrusal olmayan yapay sinir ağı ile elde edilen dönem sonu değeri 144,9₺ olarak belirlenmiştir.



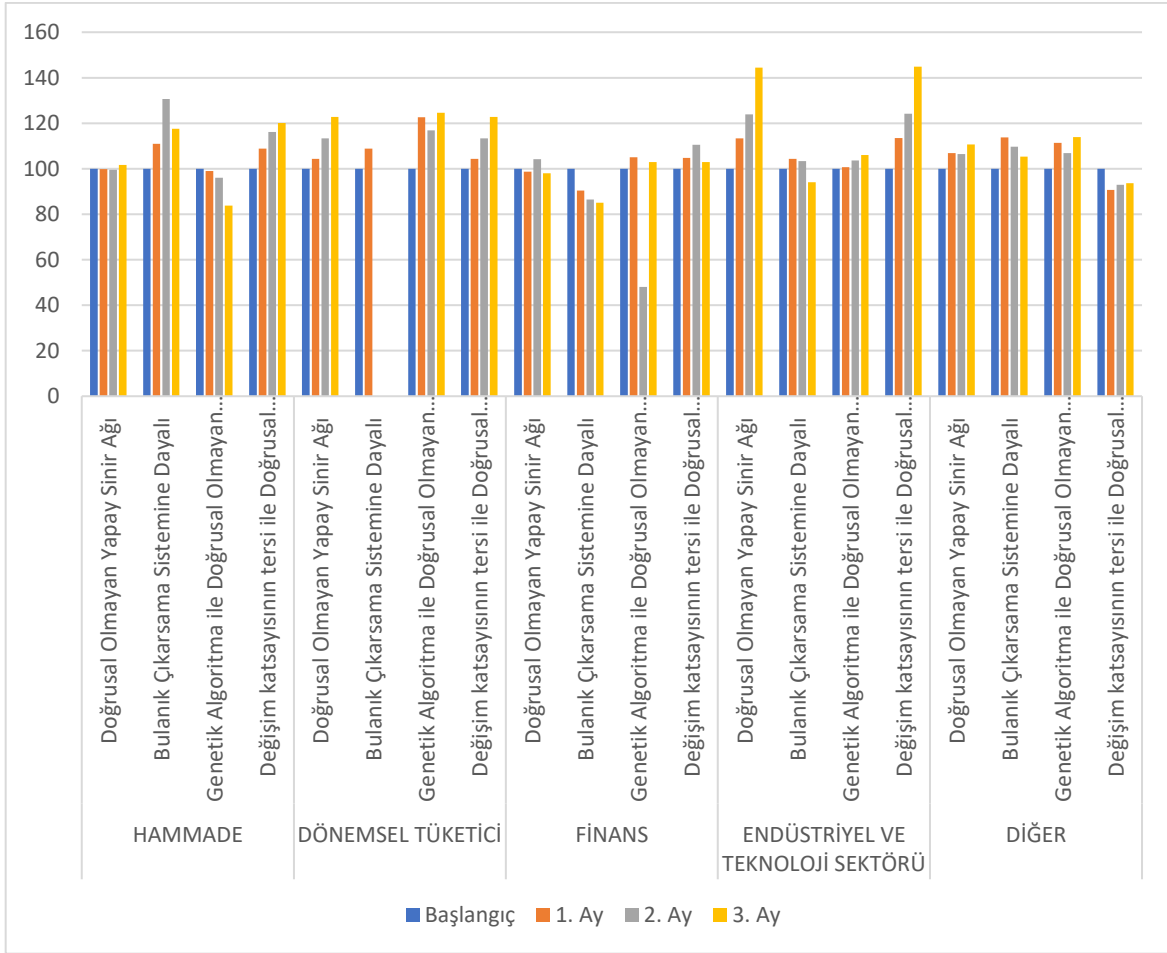
Şekil 49. Endüstri ve teknoloji sektörü için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri

Daha önce sektörler göre veriler gruplandırılmış, az sayıda hisse senedi olan sektörler birleştirilmiş diğer sektörler oluşturulmuştu. Oluşturulan bu diğer sektörler verisi için dört farklı algoritmanın seçtiği portföylere üç aylık yatırım yapıldığında, Şekil 50’de verildiği gibi birinci ayın sonunda en yüksek dönem sonu değeri 113,8₺ ile bulanık çıkarsama sistemine dayalı DOSA verirken ikinci olarak en yüksek dönem sonu değerine 111,4 ile genetik algoritma sahiptir. İkinci ayın sonunda bulanık çıkarsama sistemine dayalı DOSA 109,6₺ dönem sonu değerine sahip olmuştur. Üç aylık yatırımın sonunda genetik algoritma ile doğrusal olmayan yapay sinir ağı algoritması en yüksek dönem sonu değeri ile 113,9₺ en fazla getiriyi elde etmiştir.



Şekil 50. Diğer sektörler için portföy optimizasyonu ile dönem sonu değerleri

Tüm sektörler bir arada incelendiğinde Şekil 51’de görüldüğü gibi en iyi dönem sonu değeri endüstri ve teknoloji sektöründe yer alan hisselerden değişim katsayısının tersi ile DOSA algoritması ile seçilen hisse senetlerinin, 3 ay sonunda elde edilmiştir. Bu nedenle, yatırımcının endüstri ve teknoloji sektörü hisselerine belirlenen oranlarda yatırım yapması durumunda daha iyi getiri sağlayacağı söylenebilir.

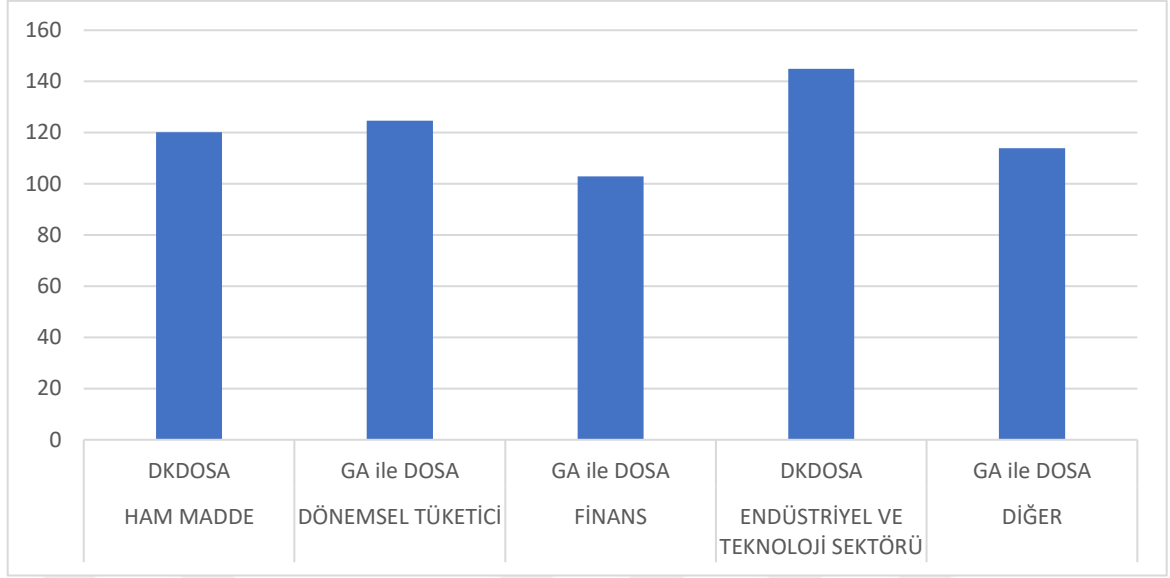


Şekil 51. Önerilen algoritmaların sektörlere göre üç aylık dönem sonu değerlerinin karşılaştırılması

Her sektörün en iyi dönem sonu değerine sahip olan yöntemleri karşılaştırmak için Şekil 51'deki grafik sadeleştirilerek Şekil 52 oluşturulmuştur. Bu grafikten görüldüğü üzere en iyi getiriye endüstri ve teknoloji sektörü daha sonra ikinci en iyi getiriye dönemsel tüketici sektörü, üçüncü en iyi getiriye ham madde sektörü verirken, onları diğer hisse senetleri ve finans sektörü takip etmektedir. Sektör türüne göre en iyi getiriye veren yöntemlerin de değişiklik gösterdiği görülmektedir. Önerilen hibrit yöntemler ile oluşturulan portföyler farklı sektörler için üç aylık yatırım dönemi için yüksek getiri sağlayacağı görülmektedir. Önerilen yöntemlerin sektörel bazda üç aylık yatırım sonu değerleri Tablo 33'te verildiği gibidir.

Tablo 33. Önerilen yöntemlerin sektörel bazda üç aylık yatırım sonu değerleri

| Yöntemler | Başlangıç | 1. Ay | 2. | 3. | |
|-------------------------------|--|-------|-------|-------|--------------|
| HAMMADDE | DOSA ile portföy optimizasyonu | 100 | 99,8 | 99,6 | 101,7 |
| | Bulanık çıkarsama sistemine ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 110,9 | 130,6 | 117,6 |
| | Genetik algoritma ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 99,0 | 96,1 | 83,8 |
| | Değişim katsayısının tersi ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 108,9 | 116,2 | 120,1 |
| DÖNEMSEL TÜKETİCİ | DOSA ile portföy optimizasyonu | 100 | 104,3 | 113,4 | 122,7 |
| | Bulanık çıkarsama sistemine ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 108,8 | 114,8 | 115,1 |
| | Genetik algoritma ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 122,6 | 116,8 | 124,6 |
| | Değişim katsayısının tersi ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 104,3 | 113,4 | 122,7 |
| FİNANS | DOSA ile portföy optimizasyonu | 100 | 98,7 | 104,2 | 98,0 |
| | Bulanık çıkarsama sistemine ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 90,4 | 86,5 | 85,0 |
| | Genetik algoritma ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 105,0 | 111 | 102,9 |
| | Değişim katsayısının tersi ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 104,7 | 110,5 | 102,9 |
| ENDÜSTRİ VE TEKNOLOJİ SEKTÖRÜ | DOSA ile portföy optimizasyonu | 100 | 113,3 | 123,9 | 144,5 |
| | Bulanık çıkarsama sistemine ile DOSA | 100 | 104,4 | 103,3 | 94,04 |
| | Genetik algoritma ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 100,7 | 103,6 | 106,0 |
| | Değişim katsayısının tersi ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 113,5 | 124,2 | 144,9 |
| DİĞER | DOSA ile portföy optimizasyonu | 100 | 106,9 | 106,5 | 110,6 |
| | Bulanık çıkarsama sistemine dayalı DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 113,8 | 109,6 | 105,4 |
| | Genetik algoritma ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 111,4 | 106,9 | 113,9 |
| | Değişim katsayısının tersi ile DOSA'ya dayalı NKPO | 100 | 90,7 | 93 | 93,6 |



Şekil 52. Her sektörün en iyi üç aylık dönem sonu değerinin karşılaştırılması

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada öncelikle Markowitz ortalama varyans modeli için doğrusal olmayan sinir ağı yöntemi ile hisse senedi oransal dağılımı belirlenmiştir. Bu yöntem ile elde edilen sonuçlar, klasik bir karesel optimizasyon tekniği olan aktif küme algoritmasından elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmış ve doğrusal olmayan sinir ağı yöntemi ile daha etkin sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Daha sonra portföye alınacak hisse senetlerinin sayılarını kısıtlamak için önerilmiş nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu problemini çözümlmek üzere üç yöntem önerilmiştir. Bunlardan ilki bulanık çıkarsama sistemine dayalı portföy optimizasyonudur. Burada hisse senetlerinin risk ve getiri bilgilerine göre yapılacak eleme işleminde bulanık kümeleme yöntemi kullanılmıştır. İkinci yöntem olarak nicelik kısıtı eklenerek oluşturulmuş karma tam sayılı karesel programlama modeli, hibrit bir yaklaşım kullanarak genetik algoritma ve doğrusal olmayan sinir ağı ile birlikte çözülmüştür. Genetik algoritma ile portföy optimizasyonunda en yüksek Sharpe oranını veren portföy seçilmiş bu portföyü oluşturan hisse senetlerinin oranları hesaplanmıştır. Üçüncü olarak önerilen yöntemde, nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu problemi çözümü için değişim katsayısının tersi kullanılarak hisse senedi sayısı indirgenmiş ve doğrusal olmayan sinir ağı ile portföyde bulunma oranları belirlenmiştir. Oluşturulan modeller BİST-30 ve BİST-Ulusal Tüm hisse senetlerine uygulanmış ve yöntemlerden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. BİST-Ulusal Tüm hisse senetleri sektörel bazda incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda önerilen yöntemlerin portföy optimizasyonu için iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. En iyi getiriye endüstri ve teknoloji sektörü, ikinci en iyi getiriye dönemsel tüketici sektörü, üçüncü en iyi getiriye ham madde sektörü verirken, onları diğer hisse senetleri ve finans sektörü takip etmektedir.

BİST-30 verisi için klasik optimizasyon yöntemi olan aktif küme yöntemi portföy optimizasyonu için uygulandığında 12 hisse senedi seçilmiştir, portföyün beklenen getiri kısıtı sağlanmamış ve riski 0,010'dur. Önerilen yöntemlerin beklenen getiri kısıtını sağladığı görülmektedir. Doğrusal olmayan sinir ağı ile elde edilen hisse senetlerinin sayısının kısıtlanması mümkün değildir ve yöntemin seçtiği 7 hisse senedinin oluşturduğu portföyün riski 0,012 olarak hesaplanmıştır. Seçilmesi istenen hisse senedi sayısı beş olarak ($K = 5$) belirlenmiş, nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu yöntemi için önerilen yöntemlerde bu kısıt sağlanmıştır. Genetik algoritma ile DOSA yöntemiyle seçilen portföyün riski 0,013'dür.

Bulanık ıkarsama sistemine dayanan nicelik kısıtlı portföy optimizasyonu yöntemi sonucu seçilen portföyün riski 0,014. DKPOSA ile belirlenen NKPO risk 0,01358 olarak elde edilmiştir. BİST-30 verisi için önerilen yöntemlerin Sharpe oranları karşılaştırıldığında, doğrusal olmayan sinir ağıının ve bulanık çıkarsama sistemine dayanan yöntem ile nicelik kısıtlı portföy optimizasyonunun etkin sonuçlar verdiği görülmektedir. Daha sonra, önerilen yöntemler için BİST-30 verisinin alındığı dönemi takip eden üç aylık dönem için yatırım yapıldığında elde edilen getiri miktarları karşılaştırılmıştır. En yüksek dönem sonu değerini, önerilen yöntemlerden DKDOSA ile doğrusal olmayan yapay sinir ağı sağlamıştır.



5. ÖNERİLER

Bu çalışmada, önerilen dört farklı yöntem ile BİST-30 ve BİST-Ulusal tüm hisse senetlerine ilişkin veri setleri için portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Doğrusal olmayan sinir ağı yöntemi portföy optimizasyonu problemini çözmek üzere uyarlanmıştır. Farklı başlangıç değerleri ile algoritma çalıştırılarak en iyi amaç fonksiyonu değerini veren başlangıç değerleri $y=0$, $z=2$ seçilmiştir. Portföy optimizasyonu için DOSA yöntemi kullanılırken bu başlangıç değerlerini almak işlevsel olacaktır.

Bulanık çıkarsama sistemine dayalı DOSA yöntemi uygulanırken 30 hisse senedinin yer aldığı BİST 30'dan seçilecek portföyde yer alacak beş hisse senedini belirlemek için yapılan eleme işleminde w_{ort} değeri 0,7 olarak seçilmiştir. Veri setindeki hisse senetleri sayısına bağlı olarak farklı K değerleri için farklı w_{ort} değerleri seçilebilir.

Genetik algoritma ile portföy optimizasyonu Sharpe oranının en büyüklenmesi üstüne kurulmuş bir yöntemdir. Önerilen yöntem, farklı oranlar kullanılarak oluşturulacak amaç fonksiyonları için modellenerek çözümlenmesinde kullanılabilir.

Bu tezden elde edilen sonuçlar doğrultusunda farklı veri setleri için farklı yöntemlerin üstünlük sağladığı ancak hepsinin belirli bir getiri için riski minimize ettikleri görülmektedir. Bu yöntemlerin hisse senedi seçiminde etkin sonuçlara sahip olduğu izlenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Tank, D. W. ve Hopfield, J. J., 1986. Simple neural optimization networks: An A/D converter, signal decision circuit, and linear programming circuit. IEEE Transactions on Circuits and Systems 33, 5, 533-541.
- Kennedy, M. P. ve Chua, L.O., 1988. Neural network for nonlinear programming. IEEE Transactions on Circuits and Systems 35,5, 554-562.
- Maa, C. Y. ve Schanblatt, M.A., 1992. A two-phase optimization neuralnetwork. IEEE Transactions on Neural Network 3,6, 1003-1009.
- Zhang, S. ve Constantinides, A.G., 1992. Lagrange programming neural networks. IEEE Transactions on Circuits and Systems II 39, 7, 441-445.
- Wang, J., 1994. A deterministic annealing neural network for convex programming. Neural Networks 5, 4, 962-971.
- Xia, Y., 1996. A new neural network for solving linear programming problems and its application. IEEE Transactions on Neural Networks.
- Nyguen, K. V., 2000. A Nonlinear Network for Solving Linear Programming Problem s. In: International Symposium on Matematical Programming, ISMP 2000, Atlanta, GA, USA.
- Yan. Y., 2014. A new nonlinear neural network for solving QP problems. Springer international Publishing Switzerland, 347-357, Switzerland.
- Markowitz, H., 1952. Portfolio selection. Journal of finance .
- Markowitz, H., 1959. Portfolio selection efficient diversification of investment. Newyork Wiley, USA.
- Hamza F. ve Janssen, 1996. J. Linear a approach for solving large-scale portfolio optimization problems in a lognormal market. In: IAA/AFIR Colloquim, 1019-1039, Nünberg, Germany.
- Freitas F. D., De Souza A. F. ve Almedia A.R.D., 2008. Prediction-based portfolio optimization model using neural networks, Neurocomputing.
- Chi S. C. ,Chen H.P. ve Cheng C.H., 1999. A forecasting approach for stock index future using Grey theory and neural networks. In: IEEE Int Joint Conf on Neural Networks, Washington, DC, July 10–16, 6, 3850–3855, USA.
- Xue, L., Di, H., Zhao, X., ve Zhang, Z., 2019. Uncertain portfolio selection with mental accounts and realistic constraints. Journal of Computational and Applied Mathematics, 346, 42-52.
- Babazadeh, H., ve Esfahanipour, A., 2019. A novel multi period mean-VaR portfolio optimization model considering practical constraints and transaction cost. Journal of Computational and Applied Mathematics, 361, 313-342.
- Zhang, Y., Zhao, P., Li, B., Wu, Q., Huang, J. ve Tan, M., 2020. Cost-sensitive portfolio selection via deep reinforcement learning. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering.
- Ma, Y., Han, R., ve Wang, W., 2020. Prediction-Based Portfolio Optimization Models Using Deep Neural Networks. IEEE Access, 8, 115393-115405.

- Caudill, M., 1989. Neural Network Primer: Part I. AI Expert.
- Ceria, S., ve Stubbs, R. A., 2016. Incorporating estimation errors into portfolio selection: Robust portfolio construction. In *Asset Management*, 270-294. Springer International Publishing.
- Jorion, P., 1992. Portfolio Optimization in Practice. Financial Analysts Journal, 48, 68-74.
- Ceria, S. ve Stubbs, R. A., 2016. Incorporating estimation errors into portfolio selection: Robust portfolio construction. In *Asset Management*, 270-294. Springer International Publishing.
- Liu, Q., 2009. On Portfolio Optimization: How and When Do We Benefit From High-Frequency Data, Journal of Applied Econometrics, 24, 560-582.
- Iqbal, J., Sandhu, M. A., Amin, S. ve Manzoor, A., 2019. Portfolio Selection and Optimization through Neural Networks and Markowitz Model: A Case of Pakistan Stock Exchange Listed Companies. Review of Economics and Development Studies, 5, 1, 183-196.
- Jang J-SR. ANFIS, 1993. Adaptive-network-based fuzzy inference systems. IEEE Trans Syst Man Cybernet; 23, 3, 665-685.
- Teshenehlab M, Aliyari Shoorehdeli M, ve Sedigh AK., 2008. Novel hybrid learning algorithms for tuning ANFIS parameters as identifiers using fuzzy PSO. In : IEEE Int Conf on Networking, Sensing and Control, Sanya, April 6-8, China.
- Türkşen, İ. B., 2015. Dereceli (Bulanık) Sistem Modelleri, Abaküs Kitap Yayın Dağıtım hizmetleri, Türkiye.
- Alizadeh, M., Rada, R., Jolai, F., ve Fotoohi, E., 2010. An adaptive neuro - fuzzy system for stock portfolio analysis. International Journal of Intelligent Systems, 26, 2, 99-114.
- Bohra, D., Bhatia, S., 2012. Portfolio Return Modelling Using ANFIS, Portfolio Return Modelling Using ANFIS, International Journal of Engineering Research & Technology.
- Fletcher, R. ve de la Maza, E.S., 1989. Nonlinear programming and nonsmooth optimization by successive linear programming, Mathematical Programming, 43, 235-256.
- Zadeh, L. A., 1965. Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8 , 338-353.
- Turksen, I. B., 1991. Measurement of membership functions and their acquisitions, Int. Journal of Fuzzy Sets and systems, Special Issue, 40, 1, 5-38.
- Turksen, I. B., 1999. Type-1 and Type-2 fuzzy system modelling, Fuzzt sets and system, vol.106, 11-34.
- Turksen, I. B., 2001. Type 2 uncertainty in knowledge representation and reasoning. Proc. of joint 9th IFSA world congress and 20th NAFIPS Int. Conf., Vancouver BC, 1914-1919.
- Turksen, I.B., 2002. Type 2 representation and reasoning for CWW, Fuzzy sets and systems, 175, 17-36.

- Fattahi, H., 2016. Adaptive neuro fuzzy inference system based on fuzzy c-means clustering algorithm, a technique for estimation of TBM penetration rate. *Iran University of Science & Technology*, 6, 2, 159-171, Iran.
- Türkşen, İ. B., 2015. Dereceli Bulanık Sistem Modelleri. Abaküs Yayıncılık, Türkiye.
- Takagi, T. ve Sugeno, M., 1985. Fuzzy identification of systems and its application to modeling and control. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, 15, 116-132.
- Sugeno, M. ve Kang, G. T., 1988. Structure identification of fuzzy model. *Fuzzy Sets and Systems*, 28, 15-33.
- Dunn, J. C. , 1973. A fuzzy relative of the ISODATA process and its use in detecting compact well-separated clusters. *Journal of Cybernetics*, 3, 32-57.
- Bezdek, J. C. , 1981. Pattern recognition with fuzzy objective function algorithms. New York: Plenum Pres, USA.
- Holland, J. , 1975. Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with application to biology. Control and artificial intelligence.
- Arnone, S., Loraschi, A., ve Tettamanzi, A., 1993. A genetic approach to portfolio selection. *Neural Network World*, 3 ,6, 597-604.
- Shoaf, J. S., ve Foster, J. A., 1996. A Genetic Algorithm Solution to the Efficient Set Problem: A Technique for Portfolio Selection Based on the Markowitz Model.". In Proceedings of the Decision Sciences Institute Annual Meeting, 571-573.
- Oh, K. J., Kim, T. Y. ve Min, S., 2005. Using genetic algorithm to support portfolio optimization for index fund management. *Expert Systems with Applications*, 28, 2, 371-379.
- Bekçioğlu, S., 1984. Hisse senetlerinin riskliliği: Bazı Türk firmalarına ait hisse senetleri üzerinde bir deneme, İstanbul üniversitesi işletme fakültesi Muhasebe enstitüsü dergisi, Türkiye.
- Ceylan, A., 1991. İşletmelerde Finansal Yönetim, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, Türkiye.
- Ceylan, A. ve Korkmaz, T., 1998. Borsada uygulamalı portföy yönetimi, Ekin Kitapevi yayınları, Türkiye.
- Sharpe, W. F., 1963. A simplified model for portfolio analysis. *Management science*, 9, 2, 277-293.
- Sharpe, W. F., 1966. Mutual fund performance. *Journal of business*, 119-138.
- Karan, M. B., 2004. Yatırım analizi ve portföy yönetimi, Gazi kitap evi., Türkiye.
- Sabuncu, B., 2005. Varlık Fiyatlama Modelleri ve İ.M.K.B Uygulaması, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye.
- Ulucan, A., 2004. Portföy Optimizasyonu, Kuadratik programlama tabanlı modelleme, Siyasal Kitabevi, Türkiye.
- Harrington, D.R.,1979. Modern portfolio Theory, *The Dow-Jones-Irwin Guide*, Homewood, Illinois, New York.

Chang, T. J., 2000. Meade, N., Beasley, J. E., & Sharaiha, Y. M. Heuristics for cardinality constrained portfolio optimization. Computers & Operations Research, 27, 13, 1271-1302.

Sharpe, W. F., 1966. Mutual fund performance. The Journal of business, 39, 1, 119-138.

Kumar, C., ve Doja, M. N., 2019. A secure structure for hiding information in a cryptosystem based on machine-learning techniques and content-based optimization using portfolio selection data. Scalable Computing: Practice and Experience, 20, 1, 161-180.

EKLER

6.1. İstanbul Menkul Değerler Borsası BİST-30 Verisi

Ortalamalar

| | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,000665 | 0,001305 | 0,002515 | 0,000546 | 0,000651 | 0,001746 | 0,000466 | 0,000643 |
| 0,001316 | 0,000488 | 0,000391 | -6,8E-05 | 0,000888 | 0,000001 | 0,000541 | 0,001315 |
| -0,00061 | 0,001985 | 0,001061 | -0,00036 | 0,001947 | -0,00052 | 0,001461 | 0,00086 |
| 0,000035 | 0,000185 | 0,000117 | 0,000779 | 0,000944 | 0,000366 | | |

Varyans-Kovaryans Matris:

| | | | | | | |
|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
| 0,000249 | 0,000177 | 0,000136 | 0,00011 | 0,000130 | 0,000164 | 0,000341 |
| 0,000157 | 0,000125 | 0,000068 | 0,00010 | 0,000099 | 0,000325 | 0,000164 |
| 0,000137 | 0,000126 | 0,000069 | 0,00007 | 0,000338 | 0,000099 | 0,000130 |
| 0,000119 | 0,000092 | 0,000055 | 0,00022 | 0,000078 | 0,000104 | 0,000112 |
| 0,000098 | 0,000135 | 0,000766 | 0,00005 | 0,000069 | 0,000068 | 0,000136 |
| 0,000197 | 0,000375 | 0,000135 | 0,00009 | 0,000126 | 0,000125 | 0,000177 |
| 0,000399 | 0,000197 | 0,000098 | 0,00011 | 0,000137 | 0,000157 | 0,000249 |
| 0,000110 | 0,000100 | 0,000097 | 0,00006 | 0,000082 | 0,000097 | 0,000118 |
| 0,000162 | 0,000134 | 0,000130 | 0,00009 | 0,000092 | 0,000150 | 0,000173 |
| 0,000256 | 0,000187 | 0,000139 | 0,00011 | 0,000139 | 0,000151 | 0,000307 |
| 0,000199 | 0,000138 | 0,000105 | 0,00010 | 0,000099 | 0,000147 | 0,000223 |
| 0,000228 | 0,000190 | 0,000111 | 0,00011 | 0,000158 | 0,000135 | 0,000232 |
| 0,000195 | 0,000142 | 0,000107 | 0,00010 | 0,000112 | 0,000172 | 0,000209 |
| 0,000171 | 0,000151 | 0,000188 | 0,00010 | 0,000094 | 0,000156 | 0,000191 |
| 0,000177 | 0,000191 | 0,000248 | 0,00010 | 0,000113 | 0,000122 | 0,000188 |
| 0,000113 | 0,000096 | 0,000074 | 0,00007 | 0,000107 | 0,000082 | 0,000124 |
| 0,000224 | 0,000174 | 0,000117 | 0,00007 | 0,000125 | 0,000129 | 0,000214 |
| 0,000143 | 0,000136 | 0,000086 | 0,00007 | 0,000088 | 0,000092 | 0,000137 |
| 0,000167 | 0,000140 | 0,000144 | 0,00009 | 0,000108 | 0,000152 | 0,000181 |
| 0,000204 | 0,000152 | 0,000113 | 0,00010 | 0,000117 | 0,000122 | 0,000170 |
| 0,000182 | 0,000159 | 0,000082 | 0,00006 | 0,000086 | 0,000103 | 0,000160 |
| 0,000242 | 0,000181 | 0,000150 | 0,00010 | 0,000136 | 0,000142 | 0,000242 |
| 0,000177 | 0,000145 | 0,000085 | 0,00010 | 0,000110 | 0,000175 | 0,000164 |
| 0,000131 | 0,000102 | 0,000070 | 0,00007 | 0,000072 | 0,000095 | 0,000128 |
| 0,000144 | 0,000124 | 0,000088 | 0,00008 | 0,000080 | 0,000119 | 0,000142 |
| 0,000140 | 0,000108 | 0,000068 | 0,00007 | 0,000099 | 0,000105 | 0,000148 |
| 0,000309 | 0,000209 | 0,000158 | 0,00012 | 0,000161 | 0,000166 | 0,000328 |
| 0,000240 | 0,000178 | 0,000153 | 0,00009 | 0,000133 | 0,000152 | 0,000275 |
| 0,000277 | 0,000196 | 0,000137 | 0,00011 | 0,000145 | 0,000185 | 0,000318 |
| 0,000250 | 0,000177 | 0,000114 | 0,00011 | 0,000137 | 0,000162 | 0,000287 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,000242 | 0,000160 | 0,000170 | 0,000181 | 0,000137 | 0,000214 | 0,000124 | 0,000188 | 0,000191 | 0,000209 | 0,000232 | 0,000223 | 0,000307 | 0,000173 | 0,000118 |
| 0,000142 | 0,000103 | 0,000122 | 0,000152 | 0,000092 | 0,000129 | 0,000082 | 0,000122 | 0,000156 | 0,000172 | 0,000135 | 0,000147 | 0,000151 | 0,000150 | 0,000097 |
| 0,000136 | 0,000086 | 0,000117 | 0,000108 | 0,000088 | 0,000125 | 0,000107 | 0,000113 | 0,000094 | 0,000112 | 0,000158 | 0,000099 | 0,000139 | 0,000092 | 0,000082 |
| 0,000100 | 0,000065 | 0,000109 | 0,000092 | 0,000073 | 0,000072 | 0,000070 | 0,000109 | 0,000107 | 0,000102 | 0,000116 | 0,000104 | 0,000110 | 0,000093 | 0,000066 |
| 0,000150 | 0,000082 | 0,000113 | 0,000144 | 0,000086 | 0,000117 | 0,000074 | 0,000248 | 0,000188 | 0,000107 | 0,000111 | 0,000105 | 0,000139 | 0,000130 | 0,000097 |
| 0,000181 | 0,000159 | 0,000152 | 0,000140 | 0,000136 | 0,000174 | 0,000096 | 0,000191 | 0,000151 | 0,000142 | 0,000190 | 0,000138 | 0,000187 | 0,000134 | 0,000100 |
| 0,000242 | 0,000182 | 0,000204 | 0,000167 | 0,000143 | 0,000224 | 0,000113 | 0,000177 | 0,000171 | 0,000195 | 0,000228 | 0,000199 | 0,000256 | 0,000162 | 0,000110 |
| 0,000117 | 0,000097 | 0,000106 | 0,000097 | 0,000067 | 0,000095 | 0,000061 | 0,000105 | 0,000099 | 0,000109 | 0,000114 | 0,000113 | 0,000124 | 0,000106 | 0,000254 |
| 0,000163 | 0,000142 | 0,000128 | 0,000163 | 0,000113 | 0,000150 | 0,000101 | 0,000152 | 0,000123 | 0,000162 | 0,000206 | 0,000160 | 0,000167 | 0,000403 | 0,000106 |
| 0,000253 | 0,000177 | 0,000165 | 0,000177 | 0,000147 | 0,000210 | 0,000127 | 0,000181 | 0,000176 | 0,000202 | 0,000246 | 0,000212 | 0,000354 | 0,000167 | 0,000124 |
| 0,000196 | 0,000143 | 0,000155 | 0,000165 | 0,000113 | 0,000175 | 0,000091 | 0,000156 | 0,000170 | 0,000193 | 0,000185 | 0,000271 | 0,000212 | 0,000160 | 0,000113 |
| 0,000246 | 0,000182 | 0,000165 | 0,000163 | 0,000152 | 0,000219 | 0,000132 | 0,000250 | 0,000229 | 0,000185 | 0,000452 | 0,000185 | 0,000246 | 0,000206 | 0,000114 |
| 0,000177 | 0,000156 | 0,000146 | 0,000161 | 0,000113 | 0,000176 | 0,000096 | 0,000165 | 0,000177 | 0,000272 | 0,000185 | 0,000193 | 0,000202 | 0,000162 | 0,000109 |
| 0,000192 | 0,000120 | 0,000199 | 0,000127 | 0,000088 | 0,000154 | 0,000085 | 0,001254 | 0,001503 | 0,000177 | 0,000229 | 0,000170 | 0,000176 | 0,000123 | 0,000099 |
| 0,000229 | 0,000128 | 0,000215 | 0,000127 | 0,000089 | 0,000188 | 0,000101 | 0,001928 | 0,001254 | 0,000165 | 0,000250 | 0,000156 | 0,000181 | 0,000152 | 0,000105 |
| 0,000126 | 0,000106 | 0,000108 | 0,000111 | 0,000081 | 0,000128 | 0,000322 | 0,000101 | 0,000085 | 0,000096 | 0,000132 | 0,000091 | 0,000127 | 0,000101 | 0,000061 |
| 0,000283 | 0,000176 | 0,000193 | 0,000167 | 0,000119 | 0,000421 | 0,000128 | 0,000188 | 0,000154 | 0,000176 | 0,000219 | 0,000175 | 0,000210 | 0,000150 | 0,000095 |
| 0,000149 | 0,000105 | 0,000100 | 0,000117 | 0,000266 | 0,000119 | 0,000081 | 0,000089 | 0,000088 | 0,000113 | 0,000152 | 0,000113 | 0,000147 | 0,000113 | 0,000067 |
| 0,000177 | 0,000131 | 0,000134 | 0,000353 | 0,000117 | 0,000167 | 0,000111 | 0,000127 | 0,000127 | 0,000161 | 0,000163 | 0,000165 | 0,000177 | 0,000163 | 0,000097 |
| 0,000224 | 0,000128 | 0,000471 | 0,000134 | 0,000100 | 0,000193 | 0,000108 | 0,000215 | 0,000199 | 0,000146 | 0,000165 | 0,000155 | 0,000165 | 0,000128 | 0,000106 |
| 0,000173 | 0,000508 | 0,000128 | 0,000131 | 0,000105 | 0,000176 | 0,000106 | 0,000128 | 0,000120 | 0,000156 | 0,000182 | 0,000143 | 0,000177 | 0,000142 | 0,000097 |
| 0,000386 | 0,000173 | 0,000224 | 0,000177 | 0,000149 | 0,000283 | 0,000126 | 0,000229 | 0,000192 | 0,000177 | 0,000246 | 0,000196 | 0,000253 | 0,000163 | 0,000117 |
| 0,000159 | 0,000133 | 0,000141 | 0,000168 | 0,000104 | 0,000144 | 0,000110 | 0,000109 | 0,000131 | 0,000162 | 0,000155 | 0,000163 | 0,000161 | 0,000171 | 0,000083 |
| 0,000130 | 0,000084 | 0,000097 | 0,000090 | 0,000076 | 0,000113 | 0,000059 | 0,000130 | 0,000115 | 0,000132 | 0,000128 | 0,000117 | 0,000125 | 0,000116 | 0,000084 |
| 0,000151 | 0,000120 | 0,000104 | 0,000127 | 0,000087 | 0,000122 | 0,000086 | 0,000160 | 0,000144 | 0,000136 | 0,000153 | 0,000134 | 0,000142 | 0,000124 | 0,000067 |
| 0,000140 | 0,000095 | 0,000101 | 0,000118 | 0,000070 | 0,000120 | 0,000074 | 0,000133 | 0,000125 | 0,000127 | 0,000120 | 0,000126 | 0,000147 | 0,000097 | 0,000079 |
| 0,000298 | 0,000210 | 0,000202 | 0,000203 | 0,000172 | 0,000271 | 0,000155 | 0,000239 | 0,000221 | 0,000236 | 0,000296 | 0,000241 | 0,000337 | 0,000202 | 0,000136 |
| 0,000241 | 0,000166 | 0,000161 | 0,000171 | 0,000137 | 0,000211 | 0,000119 | 0,000198 | 0,000182 | 0,000197 | 0,000235 | 0,000206 | 0,000283 | 0,000172 | 0,000123 |
| 0,000283 | 0,000189 | 0,000182 | 0,000201 | 0,000165 | 0,000241 | 0,000131 | 0,000201 | 0,000194 | 0,000231 | 0,000258 | 0,000230 | 0,000321 | 0,000193 | 0,000123 |
| 0,000246 | 0,000163 | 0,000160 | 0,000172 | 0,000149 | 0,000217 | 0,000123 | 0,000191 | 0,000180 | 0,000211 | 0,000239 | 0,000209 | 0,000290 | 0,000163 | 0,000108 |

| | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0,000287 | 0,000318 | 0,000275 | 0,000328 | 0,000148 | 0,000142 | 0,000128 | 0,000164 |
| 0,000162 | 0,000185 | 0,000152 | 0,000166 | 0,000105 | 0,000119 | 0,000095 | 0,000175 |
| 0,000137 | 0,000145 | 0,000133 | 0,000161 | 0,000099 | 0,000080 | 0,000072 | 0,000110 |
| 0,000111 | 0,000117 | 0,000098 | 0,000121 | 0,000076 | 0,000085 | 0,000071 | 0,000103 |
| 0,000114 | 0,000137 | 0,000153 | 0,000158 | 0,000068 | 0,000088 | 0,000070 | 0,000085 |
| 0,000177 | 0,000196 | 0,000178 | 0,000209 | 0,000108 | 0,000124 | 0,000102 | 0,000145 |
| 0,000250 | 0,000277 | 0,000240 | 0,000309 | 0,000140 | 0,000144 | 0,000131 | 0,000177 |
| 0,000108 | 0,000123 | 0,000123 | 0,000136 | 0,000079 | 0,000067 | 0,000084 | 0,000083 |
| 0,000163 | 0,000193 | 0,000172 | 0,000202 | 0,000097 | 0,000124 | 0,000116 | 0,000171 |
| 0,000290 | 0,000321 | 0,000283 | 0,000337 | 0,000147 | 0,000142 | 0,000125 | 0,000161 |
| 0,000209 | 0,000230 | 0,000206 | 0,000241 | 0,000126 | 0,000134 | 0,000117 | 0,000163 |
| 0,000239 | 0,000258 | 0,000235 | 0,000296 | 0,000120 | 0,000153 | 0,000128 | 0,000155 |
| 0,000211 | 0,000231 | 0,000197 | 0,000236 | 0,000127 | 0,000136 | 0,000132 | 0,000162 |
| 0,000180 | 0,000194 | 0,000182 | 0,000221 | 0,000125 | 0,000144 | 0,000115 | 0,000131 |
| 0,000191 | 0,000201 | 0,000198 | 0,000239 | 0,000133 | 0,000160 | 0,000130 | 0,000109 |
| 0,000123 | 0,000131 | 0,000119 | 0,000155 | 0,000074 | 0,000086 | 0,000059 | 0,000110 |
| 0,000217 | 0,000241 | 0,000211 | 0,000271 | 0,000120 | 0,000122 | 0,000113 | 0,000144 |
| 0,000149 | 0,000165 | 0,000137 | 0,000172 | 0,000070 | 0,000087 | 0,000076 | 0,000104 |
| 0,000172 | 0,000201 | 0,000171 | 0,000203 | 0,000118 | 0,000127 | 0,000090 | 0,000168 |
| 0,000160 | 0,000182 | 0,000161 | 0,000202 | 0,000101 | 0,000104 | 0,000097 | 0,000141 |
| 0,000163 | 0,000189 | 0,000166 | 0,000210 | 0,000095 | 0,000120 | 0,000084 | 0,000133 |
| 0,000246 | 0,000283 | 0,000241 | 0,000298 | 0,000140 | 0,000151 | 0,000130 | 0,000159 |
| 0,000153 | 0,000171 | 0,000163 | 0,000193 | 0,000118 | 0,000123 | 0,000104 | 0,000368 |
| 0,000130 | 0,000148 | 0,000133 | 0,000154 | 0,000097 | 0,000075 | 0,000311 | 0,000104 |
| 0,000150 | 0,000155 | 0,000145 | 0,000167 | 0,000122 | 0,000262 | 0,000075 | 0,000123 |
| 0,000143 | 0,000146 | 0,000142 | 0,000174 | 0,000225 | 0,000122 | 0,000097 | 0,000118 |
| 0,000331 | 0,000377 | 0,000316 | 0,000532 | 0,000174 | 0,000167 | 0,000154 | 0,000193 |
| 0,000270 | 0,000300 | 0,000312 | 0,000316 | 0,000142 | 0,000145 | 0,000133 | 0,000163 |
| 0,000324 | 0,000431 | 0,000300 | 0,000377 | 0,000146 | 0,000155 | 0,000148 | 0,000171 |
| 0,000355 | 0,000324 | 0,000270 | 0,000331 | 0,000143 | 0,000150 | 0,000130 | 0,000153 |

6.2. Hisse Senetleri Açıklamaları

BİST-30'da yer alan hisse senetlerinin listesi

| Hisse senedi | Hisse Senedi Açıklaması | Hisse senedi | Hisse Senedi Açıklaması |
|--------------|--|--------------|--------------------------------------|
| AKBNK | Akbank TAŞ | OTKAR | Otokar Otomotiv ve Savunma Sanayi AŞ |
| ARCLK | Arçelik AŞ | PGSUS | Pegasus Hava Taşımacılığı AŞ |
| ASELS | Aselsan Elektronik Sanayi ve Ticaret AŞ | PETKM | Petkim Petrokimya Holding AŞ |
| BIMAS | BİM Birleşik Magazalar AŞ | SISE | Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları AŞ |
| DOHOL | Doğan Şirketler Grubu Holding AŞ | TAVHL | TAV Havalimanları Holding |
| ECILC | Eczacıbaşı İlaç Sanayi ve Finansal Yatırımlar Sanayi ve Ticaret AŞ | TKFEN | Tekfen Holding AŞ |
| EKGYO | Emlak Konut Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı AŞ | THYAO | Türk Hava Yolları AO |
| ENKAI | ENKA İnşaat ve Sanayi AŞ | TOASO | Tofas Türk Otomobil Fabrikası AŞ |
| EREGL | Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları TAŞ | TUPRS | Türkiye Petrol Rafinerileri AŞ |
| GARAN | Türkiye Garanti Bankası | TTKOM | Türk Telekomünikasyon AŞ |
| SAHOL | Hacı Ömer Sabancı Holding AŞ | TCELL | Türkcell İletişim Hizmetleri AŞ ORD |
| KRDMD | Kardemir Karabük Çelik Sanayi ve Ticaret AŞ | HALKB | Türkiye Halk Bankası |
| KCHOL | Koc Holding AŞ | ISCTR | Türkiye İş Bankası AS Class C |
| KOZAL | Koza Altın İşletmeleri AŞ | VAKBN | Türkiye Vakıflar Bankası TAO |
| KOZAA | Koza Anadolu Metal Madencilik İşletmeleri AŞ | YKBNK | Yapı ve Kredi Bankası AŞ |

Ham madde sektörü hisse senetleri kısaltmaları ve açıklamaları

| Hisse senedi | Hisse Senedi Açıklaması | Hisse senedi | Hisse Senedi Açıklaması |
|--------------|--|--------------|--|
| ACSEL | Acıselan Acıpayam Selüloz Sanayi ve Ticaret A.Ş. | GEDZA | Gediz Ambalaj Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| ADANA | Adana Çimento Sanayii T.A.Ş. | GENTS | Gentaş Genel Metal Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| ADBGR | Adana Çimento Sanayii T.A.Ş. | GOLTS | Göлтаş Göller Bölgesi Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| ADNAC | Adana Çimento Sanayii T.A.Ş. | GUBRF | Gübre Fabrikaları T.A.Ş. |
| AFYON | Afyon Çimento Sanayi T.A.Ş. | HEKTS | Hektaş Ticaret T.A.Ş. |
| AKCNS | Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. | IZMDC | İzmir Demir Çelik Sanayi A.Ş. |
| ALKIM | Alkim Alkali Kimya A.Ş. | KRDM A | Kardemir Karabük Demir Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| ALKA | Alkim Kağıt Sanayi Ve Ticaret A.Ş. | KRDM B | Kardemir Karabük Demir Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| ANACM | Anadolu Cam Sanayii A.Ş. | KRDM D | Kardemir Karabük Demir Çelik Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| ASLAN | Aslan Çimento A.Ş. | KARTN | Kartonsan Karton Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| BAGFS | Bagfaş Bandırma Gübre Fabrikaları A.Ş. | KONY A | Konya Çimento Sanayii A.Ş. |
| BAKAB | Bak Ambalaj Sanayi ve Ticaret A.Ş. | KORDS | Kordsa Teknik Tekstil A.Ş. |
| BNTAS | Bantaş Bandırma Ambalaj Sanayi Ticaret A.Ş. | KOZAL | Koza Altın İşletmeleri A.Ş. |
| BTCIM | Batıçim Batı Anadolu Çimento Sanayii A.Ş. | KOZAA | Koza Anadolu Metal Madencilik İşletmeleri A.Ş. |

| | | | |
|-------|--|-------|---|
| BSOKE | Batisöke Söke Çimento Sanayii T.A.Ş. Berkosan Yalıtım ve Tecrit Maddeleri Üretim ve Ticaret A.Ş. | MRDIN | Mardin Çimento Sanayii ve Ticaret A.Ş. |
| BRKSN | | MRSHL | Marshall Boya ve Vernik Sanayii A.Ş. Mondi Tire Kutsan Kağıt Ve Ambalaj Sanayi A.Ş. |
| BOLUC | Bolu Çimento Sanayii A.Ş. Borusan Mannesmann Boru Sanayi ve Ticaret A.Ş. | TIRE | |
| BRSAN | | NIBAS | Niğbaş Niğde Beton Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| BUCIM | Bursa Çimento Fabrikası A.Ş. | NUHC | |
| CEMAS | Çemaş Döküm Sanayi A.Ş. | M | Nuh Çimento Sanayi A.Ş. Olmüksan International Paper Ambalaj Sanayi ve Ticaret A.Ş. Özbal Çelik Boru Sanayi Ticaret ve Taahhüt A.Ş. |
| CEMTS | Çemtaş Çelik Makina Sanayi ve Ticaret A.Ş. Çimbeton Hazır beton ve Prefabrik Yapı Elemanları Sanayi Ve Ticaret A.Ş. | OLMIP | |
| CMBTN | | OZBAL | |
| CMENT | Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası T.A.Ş. | PRKME | Park Elektrik Üretim Madencilik Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| CIMSA | Çimsa Çimento Sanayi Ve Ticaret A.Ş. Demisaş Döküm Emaye Mamülleri Sanayii A.Ş. | PETKM | Petkim Petrokimya Holding A.Ş. |
| DMSAS | | POLHO | Polisan Holding A.Ş. |
| DURDO | Duran Doğan Basım Ve Ambalaj Sanayi A.Ş. | POLTK | Politeknik Metal Sanayi Ve Ticaret A.Ş. |
| DYOBY | Dyo Boya Fabrikaları Sanayi Ve Ticaret A.Ş. | SEKUR | Sekuro Plastik Ambalaj Sanayi A.Ş. |
| EGGUB | Ege Gübre Sanayii A.Ş. | SODA | Soda Sanayii A.Ş. Temapol Polimer Plastik Ve İnşaat Sanayi Ticaret A.Ş. |
| ERBOS | Erbosan Erciyes Boru Sanayii Ve Ticaret A.Ş. | TMPOL | |
| EREGL | Ereğli Demir Ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. | TUCLK | Tuççelik Alüminyum Ve Metal Mamülleri Sanayi Ve Ticaret A.Ş. |
| | | UNYEC | Ünye Çimento Sanayi Ve Ticaret A.Ş. |

Dönemsel Tüketici Hisse senetleri kısaltmaları ve açıklamaları

| | | | |
|-------|---|-------|--|
| ATEKS | AKIN TEKSTİL A.Ş. | IHLAS | İHLAS HOLDİNG A.Ş. |
| AKSA | AKSA AKRİLİK KİMYA SANAYİİ A.Ş. | IHYAY | İHLAS YAYIN HOLDİNG A.Ş. İNTEMA İNŞAAT VE TESİSAT MALZEMELERİ YATIRIM VE PAZARLAMA A.Ş. |
| AEFES | ANADOLU EFES BİRACILIK VE MALT SANAYİİ A.Ş. | INTEM | |
| ARCLK | ARÇELİK A.Ş. | IZOCM | İZOCAM TİCARET VE SANAYİ A.Ş. JANTSA JANT SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| ARSAN | ARSAN TEKSTİL TİCARET VE SANAYİ A.Ş. | JANTS | |
| BJKAS | BEŞİKTAŞ FUTBOL YATIRIMLARI SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | KARSN | KARSAN OTOMOTİV SANAYİİ VE TİCARET A.Ş. |
| BLCYT | BİLİCİ YATIRIM SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | DGKLB | DOĞTAŞ KELEBEK MOBİLYA SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| BIMAS | BİM BİRLEŞİK MAĞAZALAR A.Ş. | KUTPO | KÜTAHYA PORSELEN SANAYİ A.Ş. MARMARİS ALTINYUNUS TURİSTİK TESİSLER A.Ş. |
| BRKO | BİRKO BİRLEŞİK KOYUNLULULAR MENSUCAT TİCARET VE SANAYİ A.Ş. BOSCH FREN SİSTEMLERİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | MAALT | |
| BFREN | | MARTI | MARTI OTEL İŞLETMELERİ A.Ş. MAVİ GİYİM SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| BOSSA | BOSSA TİCARET VE SANAYİ İŞLETMELERİ T.A.Ş. | MAVI | |
| BOYP | BOYNER PERAKENDE VE TEKSTİL YATIRIMLARI A.Ş. | MNDRS | MENDERES TEKSTİL SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| BRISA | BRİSA BRIDGESTONE SABANCI LASTİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | NTHOL | NET HOLDİNG A.Ş. PARSAN MAKİNA PARÇALARI SANAYİİ A.Ş. |
| DOKTA | DOKTAS DOKUMCULUK | PARSN | |
| DAGI | DAGI GİYİM SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | PSDTC | PERGAMON STATUS DIŞ TİCARET A.Ş. |

| | | | |
|-------|--|-------|--|
| DENCM | DENİZLİ CAM SANAYİİ VE TİCARET A.Ş. | SANKO | SANKO PAZARLAMA İTHALAT İHRACAT A.Ş. |
| DERIM | DERİMOD KONFEKSİYON AYAKKABI DERİ SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | SASA | SASA POLYESTER SANAYİ A.Ş. SAY REKLAMCILIK YAPI DEKORASYON PROJE TAAHHÜT SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| DITAS | DİTAŞ DOĞAN YEDEK PARÇA İMALAT VE TEKNİK A.Ş. | SAYAS | SİLVERLİNE ENDÜSTRİ VE TİCARET A.Ş. |
| DOAS | DOĞUŞ OTOMOTİV SERVİS VE TİCARET A.Ş. | SILVR | SÖKTAŞ TEKSTİL SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| EGEEN | EGE ENDÜSTRİ VE TİCARET A.Ş. | SKTAS | TEKNOSA İÇ VE DIŞ TİCARET A.Ş. |
| EGSER | EGE SERAMİK SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | TKNSA | TOFAŞ TÜRK OTOMOBİL FABRİKASI A.Ş. |
| ESCOM | ESCORT TEKNOLOJİ YATIRIM A.Ş. | TOASO | TRABZONSPOR SPORİF YATIRIM VE FUTBOL İŞLETMELİĞİ TİCARET A.Ş. |
| FMIZP | FEDERAL-MOGUL İZMİT PİSTON VE PİM ÜRETİM TESİSLERİ A.Ş. | TSPOR | TRAKYA CAM SANAYİİ A.Ş. |
| FENER | FENERBAHÇE FUTBOL A.Ş. | TRKCM | ÜLKER BİSKÜVİ SANAYİ A.Ş. |
| FLAP | FLAP KONGRE TOPLANTI HİZMETLERİ OTOMOTİV VE TURİZM A.Ş. | ULKER | ULUSOY UN SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| FROTO | FORD OTOMOTİV SANAYİ A.Ş. | ULUUN | UTOPYA TURİZM İNŞAAT İŞLETMELİK TİCARET A.Ş. |
| GOODY | GOODYEAR LASTİKLERİ T.A.Ş. | UTPYA | VAKKO TEKSTİL VE HAZIR GIYİM SANAYİ İŞLETMELERİ A.Ş. |
| GSRAY | GALATASARAY SPORİF SİNAİ VE TİCARİ YATIRIMLAR A.Ş. | VAKKO | VESTEL BEYAZ EŞYA SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| HATEK | HATEKS HATAY TEKSTİL İŞLETMELERİ A.Ş. | VESBE | YATAŞ YATAK VE YORGAN SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| HURGZ | HÜRRİYET GAZETECİLİK VE MATBAACILIK A.Ş. | YATAS | ANADOLU GRUBU HOLDİNG |
| IHEVA | İHLAS EV ALETLERİ İMALAT SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | AGHOL | YÜNİSA YÜN LÜ SANAYİ VE TİCARET A.Ş. |
| IHGZT | İHLAS GAZETECİLİK A.Ş. | YUNSA | |

Finans Sektörü hisse senetlerinin kısaltmaları ve açıklamaları

| | | | |
|-------|---|--------|---|
| AKGRT | AKSİGORTA A.Ş. | ISGYO | İŞ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| AKBNK | AKBANK T.A.Ş. | ISMEN | İŞ YATIRIM MENKUL DEĞERLER A.Ş. |
| AKFGY | AKFEN GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | IEYHO | İŞIKLAR ENERJİ VE YAPI HOLDİNG A.Ş. |
| AKSGY | AKİŞ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | KLGYO | KİLER GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| AKMGY | AKMERKEZ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | KCHOL | KOÇ HOLDİNG A.Ş. |
| ANSGR | ANADOLU ANONİM TÜRK SİGORTA ŞİRKETİ | KUYAS | KUYUMCUKENT GAYRİMENKUL YATIRIMLARI A.Ş. |
| ANHYT | ANADOLU HAYAT EMEKLİLİK A.Ş. | MARTI | MARTI GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| ATAGY | ATA GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | MURGYO | MUROL GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| AGYO | ATAKULE GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | NUGYO | ÖZAK GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| AVISA | AVİVASA EMEKLİLİK VE HAYAT A.Ş. | OZKGY | ÖZDERİCİ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| AVGYO | AVRASYA GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | OZGYO | PANORA GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| AVTUR | AVRASYA PETROL VE TURİSTİK TESİSLER YATIRIMLAR A.Ş. | PAGYO | PERA GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| | | PEGYO | |

| | | | |
|-------|--|-------|---|
| BEYAZ | BEYAZ FİLO OTO KİRALAMA A.Ş. | QNBFB | QNB FINANSBANK |
| BRYAT | BORUSAN YATIRIM VE PAZARLAMA A.Ş. | RYGYO | REYSAŞ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| CRDFA | CREDITWEST FAKTORİNG A.Ş. | RHEAG | RHEA GİRİŞİM SERMAYESİ YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| DENGE | DENGE YATIRIM HOLDİNG A.Ş. | SKBNK | ŞEKERBANK T.A.Ş. |
| DENİZ | DENİZBANK A.Ş. | SNGYO | SİNPAŞ GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| DGGYO | DENGE YATIRIM HOLDİNG A.Ş. | TRGYO | TORUNLAR GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| EDİP | EDİP GAYRİMENKUL YATIRIM SANAYİ VE TİCARET A.Ş. | TSKB | TÜRKİYE SİNAİ KALKINMA BANKASI A.Ş. |
| EKGYO | EMLAK KONUT GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | TSGYO | TSKB GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| EUHOL | EURO YATIRIM HOLDİNG A.Ş. | ALBRK | ALBARAKA TÜRK KATILIM BANKASI A.Ş. |
| GARAN | TÜRKİYE GARANTİ BANKASI A.Ş. | TURGG | TÜRKER PROJE GAYRİMENKUL VE YATIRIM GELİŞTİRME A.Ş. |
| GARFA | GARANTİ FAKTORİNG A.Ş. | HALKB | TÜRKİYE HALK BANKASI A.Ş. |
| GYHOL | GEDİK YATIRIM HOLDİNG A.Ş. | ISCTR | TÜRKİYE İŞ BANKASI A.Ş. |
| GOZDE | GÖZDE GİRİŞİM SERMAYESİ YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | VAKBN | TÜRKİYE VAKIFLAR BANKASI T.A.O. |
| GUSGR | GÜNEŞ SİGORTA A.Ş. | VKGYO | VAKIF GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| SAHOL | HACI ÖMER SABANCI HOLDİNG A.Ş. | VAKFN | VAKIF FİNANSAL KİRALAMA A.Ş. |
| HLGYO | HALK GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | VERUS | VERUSA HOLDİNG A.Ş. |
| HDFGS | HEDEF GİRİŞİM SERMAYESİ YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | VERTU | VERUSATURK GİRİŞİM SERMAYESİ YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| ICBCT | ICBC TURKEY BANK A.Ş. | YKGYO | YAPI KREDİ KORAY GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| IHLGM | İHLAS GAYRİMENKUL PROJE GELİŞTİRME VE TİCARET A.Ş. | YKBNK | YAPI VE KREDİ BANKASI A.Ş. |
| ISFIN | İŞ FİNANSAL KİRALAMA A.Ş. | YGGYO | YENİ GİMAT GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |
| ISGSY | Ş GİRİŞİM SERMAYESİ YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. | YGYO | YEŞİL GAYRİMENKUL YATIRIM ORTAKLIĞI A.Ş. |

Endüstri ve teknoloji sektörü hisse senetlerinin kısaltmaları ve açılımları

| | | | |
|-------|---|-------|--|
| ADEL | Adel Kalemcilik Ticaret ve Sanayi A.Ş. | LINK | Link Bilgisayar Sistemleri Yazılımı ve Donanımı Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| AKGUV | Akdeniz Güvenlik Hizmetleri A.Ş. | LOGO | Logo Yazılım Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| ALCAR | Alarko Carrier Sanayi ve Ticaret A.Ş. | METRO | Metro Ticari ve Mali Yatırımlar Holding A.Ş. |
| ALCTL | Alcatel Lucent Teletaş Telekom.A.Ş. | MİPAZ | Milpa Ticari ve Sınai Ürünler Pazarlama Sanayi ve Tic. A.Ş. |
| ASUZU | Anadolu Isuzu Otomotiv Sanayi ve Tic.t A.Ş. | MAKTK | Makina Takım Endüstrisi A.Ş. |
| ANELE | Anel Elektrik Proje Taahhüt ve Ticaret A.Ş. | NETAS | Netaş Telekomünikasyon A.Ş. |
| ARENA | Arena Bilgisayar Sanayi ve Ticaret A.Ş. | ORGE | Orge Enerji Elektrik Taahhüt A.Ş. |
| ARMDA | Armada Bilgisayar Sistemleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. | OSTIM | Ostim Endüstriyel Yatırımlar ve İşletme A.Ş. |
| ASELS | Aselsan Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. | OTKAR | Otokar Otomotiv ve Savunma Sanayi A.Ş. |
| BERA | Bera Holding | PGSUS | Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş. |
| BURCE | Burçelik Bursa Çelik Döküm Sanayii A.Ş. | PKART | Plastikkart Akıllı Kart İletişim Sistemleri Sanayi ve Ticaret A.Ş. |

| | | | |
|-------|---|-------|--|
| CLEBI | Çelebi Hava Servisi A.Ş. | PRZMA | Prizma Pres Matbaacılık Yayıncılık Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| CUSAN | Çuhadaroğlu Metal Sanayi ve Pazarlama A.Ş. | RYSAS | Reysaş Taşımacılık ve Lojistik Ticaret A.Ş. |
| DGATE | Datagate Bilgisayar Malzemeleri Ticaret A.Ş. | SANEL | San-El Mühendislik Elektrik Taahhüt Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| DESPC | Despec Bilgisayar Pazarlama ve Ticaret A.Ş. | SAMAT | Saray Matbaacılık Kağıtçılık Kırtasiyecilik Ticaret ve Sanayi A.Ş. |
| DOCO | Do & Co Aktiengesellschaft | SARKY | Sarkuysan Elektrolitik Bakır Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| DOHOL | Doğan Şirketler Grubu Holding A.Ş. | SISE | Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. |
| ECZYT | Eczacıbaşı Yatırım Holding Ortaklığı A.Ş. | TAVHL | Tav Havalimanları Holding A.Ş. |
| EMKEL | Emek Elektrik Endüstrisi A.Ş. | TEKTU | Tek-Art İnşaat Ticaret Turizm Sanayi ve Yatırımlar A.Ş. |
| ENKAI | Enka İnşaat ve Sanayi A.Ş. | TKFEN | Tekfen Holding A.Ş. |
| GEREL | Gersan Elektrik Ticaret ve Sanayi A.Ş. | TGSAS | Tgs Dış Ticaret A.Ş. |
| GLYHO | Global Yatırım Holding A.Ş. | THYAO | Täoerk Hava Yolları A.O. |
| GSDHO | Gsd Holding A.Ş. | TMSN | Tümosan Motor ve Traktör Sanayi A.Ş. |
| GSDDE | Gsd Denizcilik Gayrimenkul İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş. | PRKAB | Türk Prysmian Kablo ve Sistemleri A.Ş. |
| INDES | İndeks Bilgisayar Sistemleri Mühendislik Sanayi ve Ticaret A.Ş. | TTRAK | Türk Traktör ve Ziraat Makineleri A.Ş. |
| KAREL | Karel Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. | ULUSE | Ulusoy Elektrik İmalat Taahhüt ve Ticaret A.Ş. |
| KATMR | Katmerciler Araç Üstü Ekipman Sanayi ve Ticaret A.Ş. | USAK | Uşak Seramik Sanayii A.Ş. |
| KLMSN | Klimasan Klima Sanayi ve Ticaret A.Ş. | VESTL | Vestel Elektronik Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| KRONT | Kron Telekomünikasyon Hizmetleri A.Ş. | YYAPI | Yeşil Yapı Endüstrisi A.Ş. |

Diğer hisse senetlerinin kısaltmaları ve açıklamaları

| | | | |
|--------|--|-------|---|
| ADESE | Adese Alışveriş Merkezleri Ticaret A.Ş. | LKMNH | Lokman Hekim Engürüsağ Sağlık, Turizm, Eğitim Hizmetleri ve İnşaat Taahhüt A.Ş. |
| AKENR | Akenerji Elektrik Üretim A.Ş. | MEPET | MePET Metro Petrol ve Tesisleri Sanayi Ticaret A.Ş. |
| AKSEN | Aksa Enerji Üretim A.Ş. | MERKO | Merko Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| AKSUE | Aksu Enerji ve Ticaret A.Ş. | MGROS | Migros Ticaret A.Ş. |
| ALYAG | Altınyag Kombinaları A.Ş. | ODAS | Odaş Elektrik Üretim Sanayi Ticaret A.Ş. |
| AVOD | A.V.O.D. Kurutulmuş Gıda ve Tarım Ürünleri A.Ş. | OYLUM | Oylum Sınai Yatırımlar A.Ş. |
| AYEN | Ayen Enerji A.Ş. | PENGD | Penguen Gıda Sanayi A.Ş. |
| AYGAZ | Aygaz A.Ş. | PETUN | Pınar Entegre Et ve Un Sanayii A.Ş. |
| BANVT | Banvit Bandırma Vitaminli Yem Sanayii A.Ş. | PINSU | Pınar Su Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| BIZIM | Bizim Toptan Satış Mağazaları A.Ş. | PNSUT | Pınar Süt Mamulleri Sanayii A.Ş. |
| CCOLA | Coca-Cola İçecek A.Ş. | RTALB | Ta Laboratuvarları Biyolojik Ürünler İlaç ve Makina Sanayi Ticaret A.Ş. |
| DEVA | Deva Holding A.Ş. | SELEC | Selçuk Ecz Deposu Ticaret ve Sanayi A.Ş. |
| ECILC | Eis Eczacıbaşı İlaç, Sınai ve Finansal Yatırımlar Sanayi ve Ticaret A.Ş. | TBORG | Türk Tuborg Bira ve Malt Sanayii A.Ş. |
| ERSU | Ersu Meyve ve Gıda Sanayi A.Ş. | TATGD | Tat Gıda Sanayi A.Ş. |
| FONET | Fonet Bilgi Teknolojileri A.Ş. | TUKAS | Tukaş Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. |
| IPEKE | Pek Doğal Enerji Kaynakları Araştırma ve Üretim A.Ş. | TUPRS | Tüpraş-Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. |
| ITTFH | İttifak Holding A.Ş. | TRCAS | Turcas Petrol A.Ş. |
| KENT | Kent Gıda Maddeleri Sanayii ve Ticaret A.Ş. | TTKOM | Türk Telekomünikasyon A.Ş. |
| KERVIT | Kerevitaş Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. | TCELL | Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş. |

| | | | |
|-------|--|-------|-----------------------------------|
| KNFRT | Konfrut Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş. | ZOREN | Zorlu Enerji Elektrik Üretim A.Ş. |
| KRSTL | Kristal Kola Ve Meşrubat Sanayi Ticaret A.Ş. | | |



6.3. Önerilen Algoritmalar İçin Yazılan MATLAB Kodları

```
function [z,zval]=carannopt(x,cs)
nvar1=size(x,2);
A=[ones(1,nvar1)-ones(1,nvar1)];
b=[cs;-cs];
lb=zeros(nvar1,1);
ub=ones(nvar1,1);
[z,zval]=ga(@(z) cardinalite(z,x),nvar1,A,b,[],[],lb,ub,[],1:nvar1);
zval=-zval;
end
```

```
Function sp=cardinalite(z,x)
nz=length(z);
k=0;
for i=1:nz
    if z(i)==1
        k=k+1;
        xy(:,k)=x(:,i);
    end
end
sp=bist30nnfunct(xy);
sp=-sp;
end
```

```
function sp=bist30nnfunct(bist30)
p=size(bist30,2);
c=0,002;
tt=1;
po=zeros(1,p);
pv=zeros(1,p);
y=1;
z=-1;
m=442;
Q=cov(bist30);
Q2=eye(p,p).*Q;
A=mean(bist30);
D=ones(1,p);
x=zeros(p,1);
x(:)=0,5;
b=1;
dt=0,1;
k=0,1;
dy=zeros(1,p);
dx=zeros(p,1);
dz=zeros(1,p);
B=zeros(p,p);
for i=1:m
    B(i,:)=x;
```

```

dt=dt+0,1;
dx= (-Q*(x+k*(dx/dt))+D*(y+k*(dy/dt))+A*(z+k*(dz/dt)))'*dt;
dx=max(x+dx,0)-x;
x=x+dx;
dy=(b-D*(x+k*(dx/dt)))*dt;
dy=max(y+dy, 0)-y;
y=dy+y;
dz =(-A*(x+k*(dx/dt))+c)*dt;
dz =max(z+dz,0)-z;
z=dz+z;
fonk(i,1)=x'*Q*x;
w=sum(B');
[M,I] = min(w);
eniyiportfolio=B(I,:);
portfoliortalama=eniyiportfolio'*A';
portfoliovaryans=sqrt(eniyiportfolio'*Q*eniyiportfolio);
sp=portfoliortalama/portfoliovaryans;
effportfoliortalama=x'*A';
effportfoliovaryans=sqrt(x'*Q*x);
fx=eniyiportfolio'*Q*eniyiportfolio;
po(tt)=effportfoliortalama;
pv(tt)=effportfoliovaryans;
tt=tt+1;
fhepsi(i)=fx;
sp=portfoliortalama/portfoliovaryans;
end
end
clear all
clc
[bist30,txt]=xlsread('bist301517.xlsx');
veri=bist30;
stdev=std(bist30);
zt=zeros(1,30);
C=stdev;
n_clusters=2;
data1=mean(bist30)';
options = [2 25 0,00000001 NaN];
[center1,U1,obj_fcn1]=fcm(data1,n_clusters,options);
data2=var(bist30)';
[center2,U2,obj_fcn2]=fcm(data2,n_clusters,options);
U11=(U1(1,:))';
U12=(U1(2,:))';
U21=(U2(1,:))';
U22=(U2(2,:))';
UUU=[U11 U12 U21 U22];
if center1(1)>center1(2)
UU1=U11;
else
UU1=U12;

```

```

end;

if center2(1)<center2(2)
UU2=U21;
else
UU2=U22;
end;
Wort=(UU1+UU2)/2;
g=size(veri,1);
p=size(veri,2);
stdev=std(veri);

for i=1:30
if 0,7 < Wort(i)
zt(i)=1;
end
end
nz=length(zt);
k=0;
for i=1:nz
if zt(i)==1
k=k+1;
xyeni(:,k)=veri(:,i);
txtyeni(k)=txt(i);
end
end
oran=0;
isp=0;
kontrol=zeros(5,g);
for rt=1:792
o=randsample(12,5);
kontrol(:,rt)=o;
xyesyeni=zeros(g,5);
for ii=1:5
xyesyeni(:,ii)=xyeni(:,o(ii));
txtyenyeni(ii)=txtyeni(o(ii));
end
p=size(xyesyeni,2);
c=0,002;
t=1;
po=zeros(1,p);
pv=zeros(1,p);
y=1;
z=-1;
m=300;
Q=cov(xyesyeni);
Q2=eye(p,p).*Q;
A=mean(xyesyeni);
D=ones(1,p);

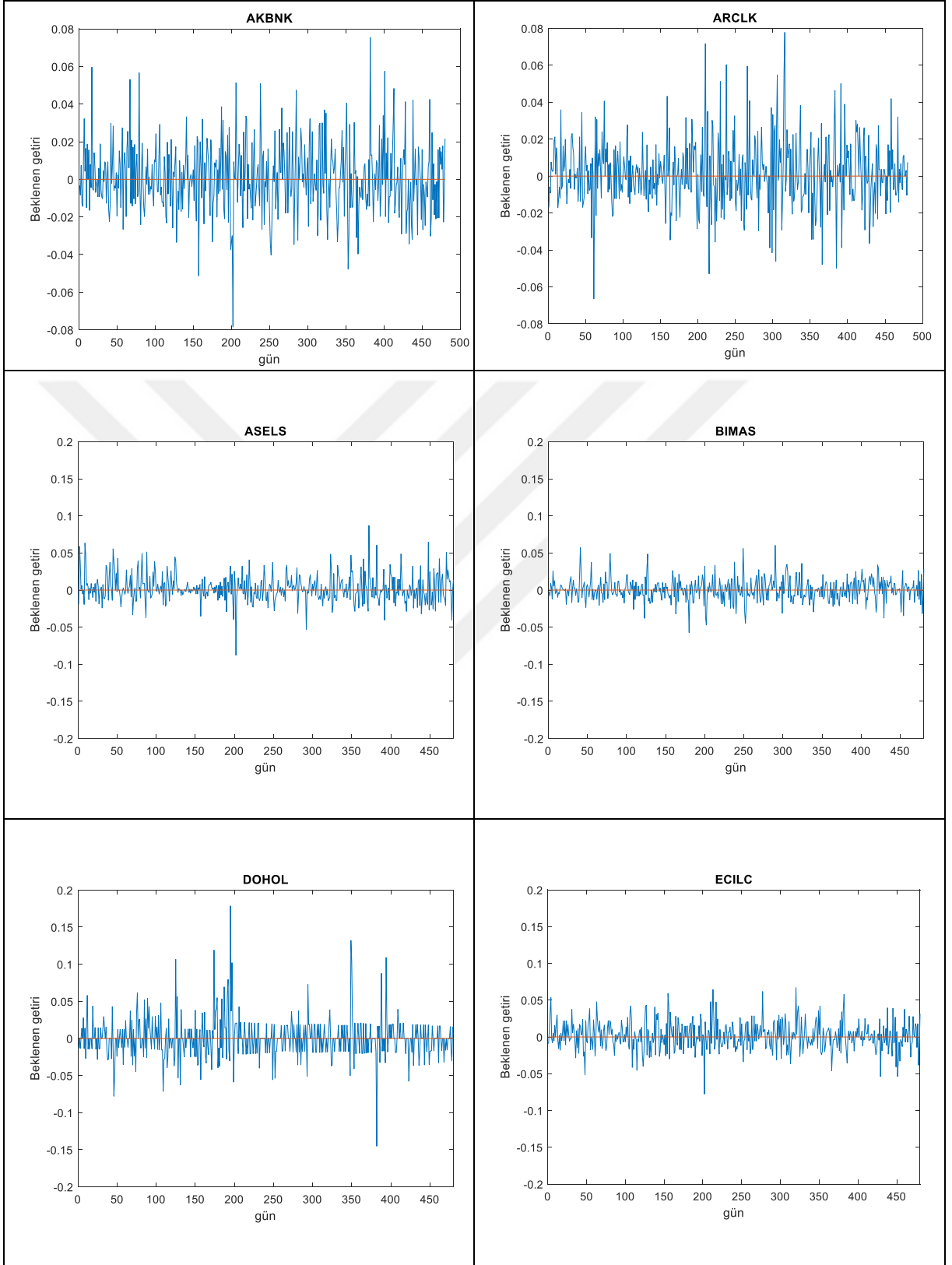
```

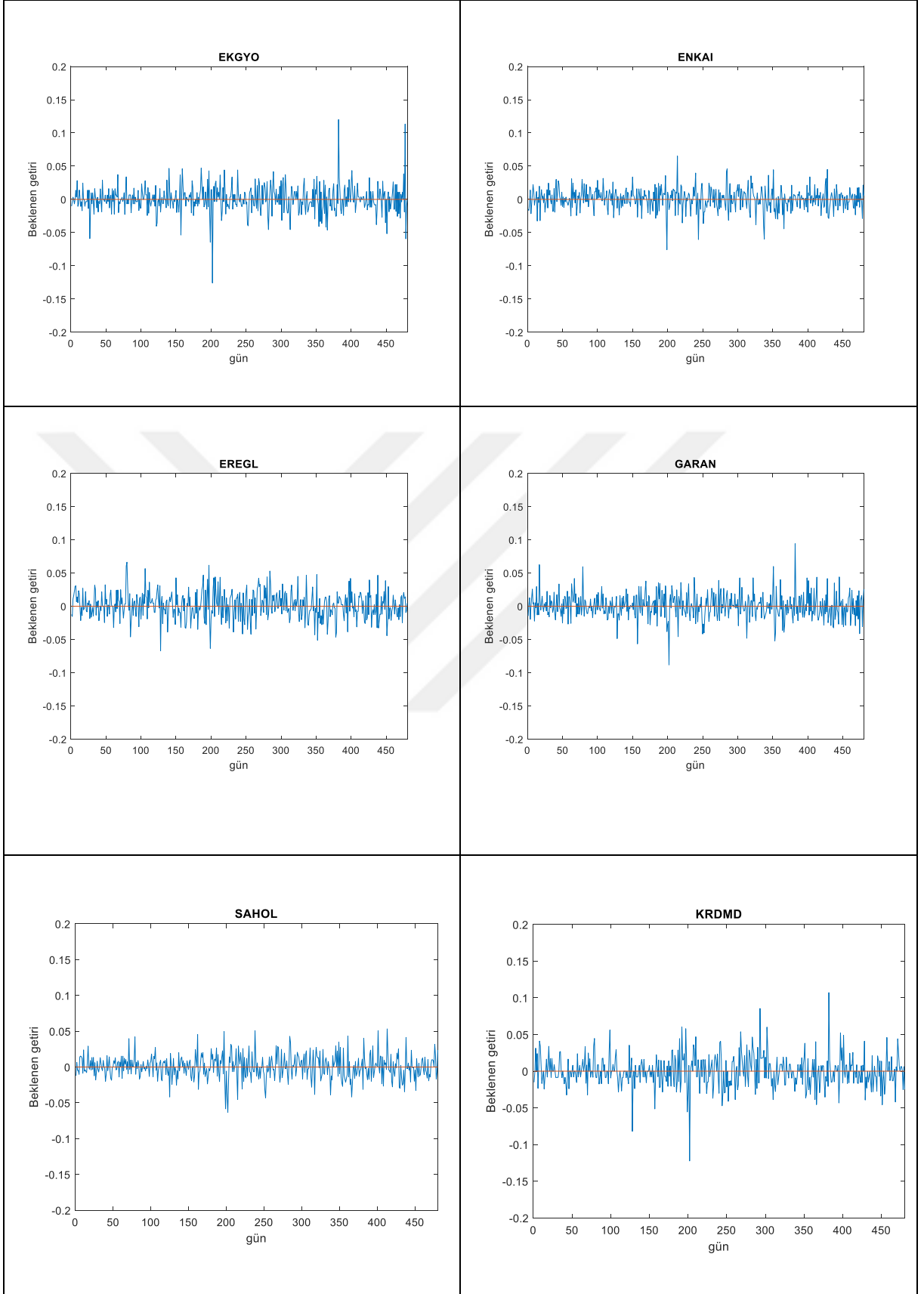
```

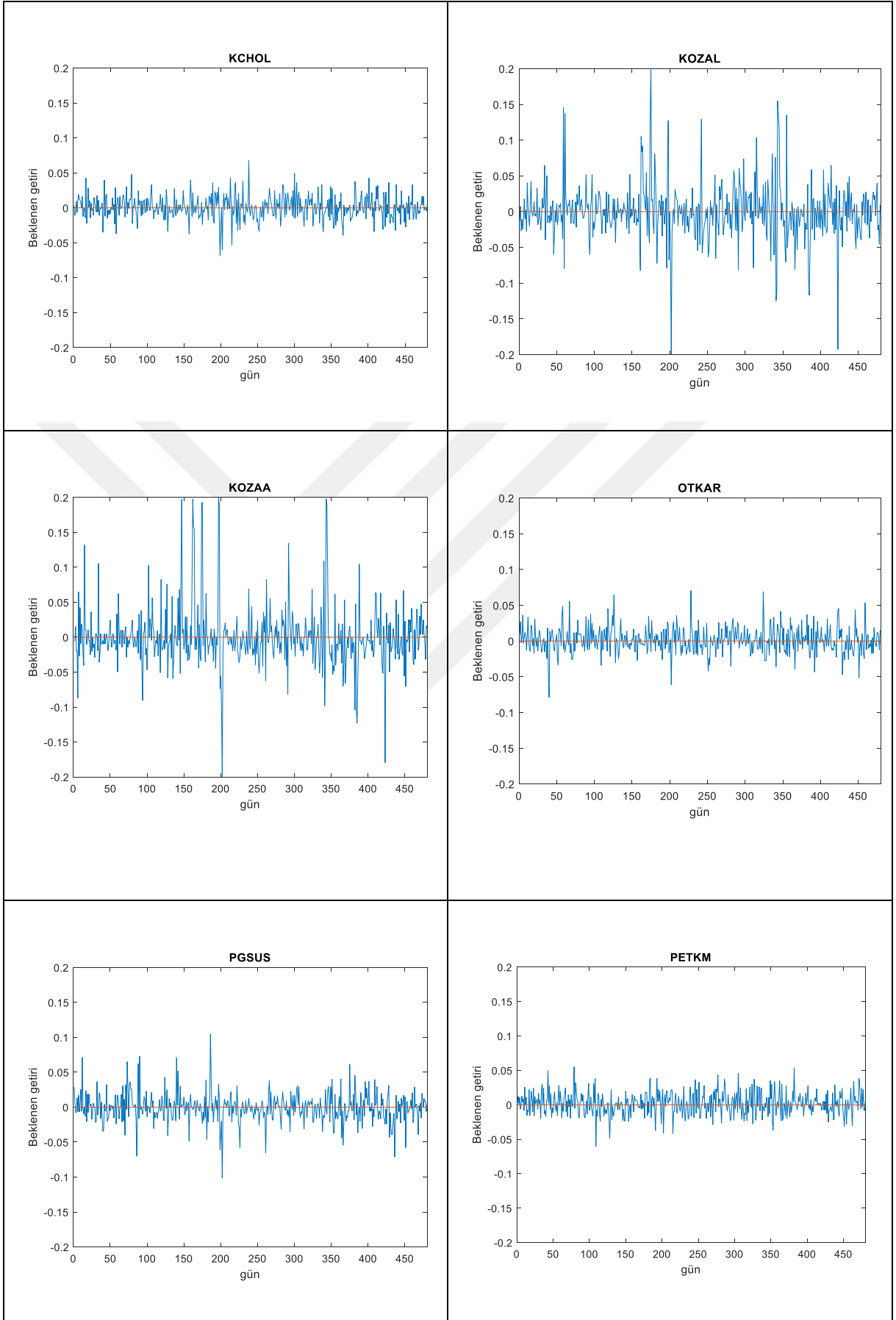
x=zeros(p,1);
x(:)=0,5;
b=1;
dt=0,1;
k=0,1;
dy=zeros(1,p);
dx=zeros(p,1);
dz=zeros(1,p);
B=zeros(p,p);
for i=1:m
    B(i,:)=x;
    dt=dt+0,1;
    dx=(-Q*(x+k*(dx/dt))+(D*(y+k*(dy/dt))+A*(z+k*(dz/dt))))*dt;
    dx=max(x+dx,0)-x;
    x=x+dx;
    dy=(b-D*(x+k*(dx/dt)))*dt;
    dy=max(y+dy, 0)-y;
    y=dy+y;
    dz=(-A*(x+k*(dx/dt))+c)*dt;
    dz =max(z+dz,0)-z;
    z=dz+z;
    fonk(i,1)=x'*Q*x;
    w=sum(B');
    [M,I] = min(w);
    eniyiportfolio=B(I,:);
    tt=tt+1;
    portfaliortalama=eniyiportfolio'*A';
    portfaliovaryans=sqrt(eniyiportfolio'*Q*eniyiportfolio);
    sp=portfaliortalama/portfaliovaryans;
    effportfaliortalama=x'*A';
    effportfaliovaryans=sqrt(x'*Q*x);
    fx=eniyiportfolio'*Q*eniyiportfolio;
    po(tt)=effportfaliortalama;
    pv(tt)=effportfaliovaryans;
    fhepsi(i)=fx;
    iisp(rt)=sp;
    if sp > isp
    isp=sp;
    eniyioranlar=eniyiportfolio;    eniyiortalama=portfaliortalama;
    eniyivaryans=portfaliovaryans;
    eniyioranlartxt=txtyesyeni;
    eniyifxyeni=fx;
end
end
end
T=table(eniyiortalama, eniyivaryans, fx, eniyifxyeni)
J=[eniyioranlartxt]
J2=[ eniyioranlar' ] ;

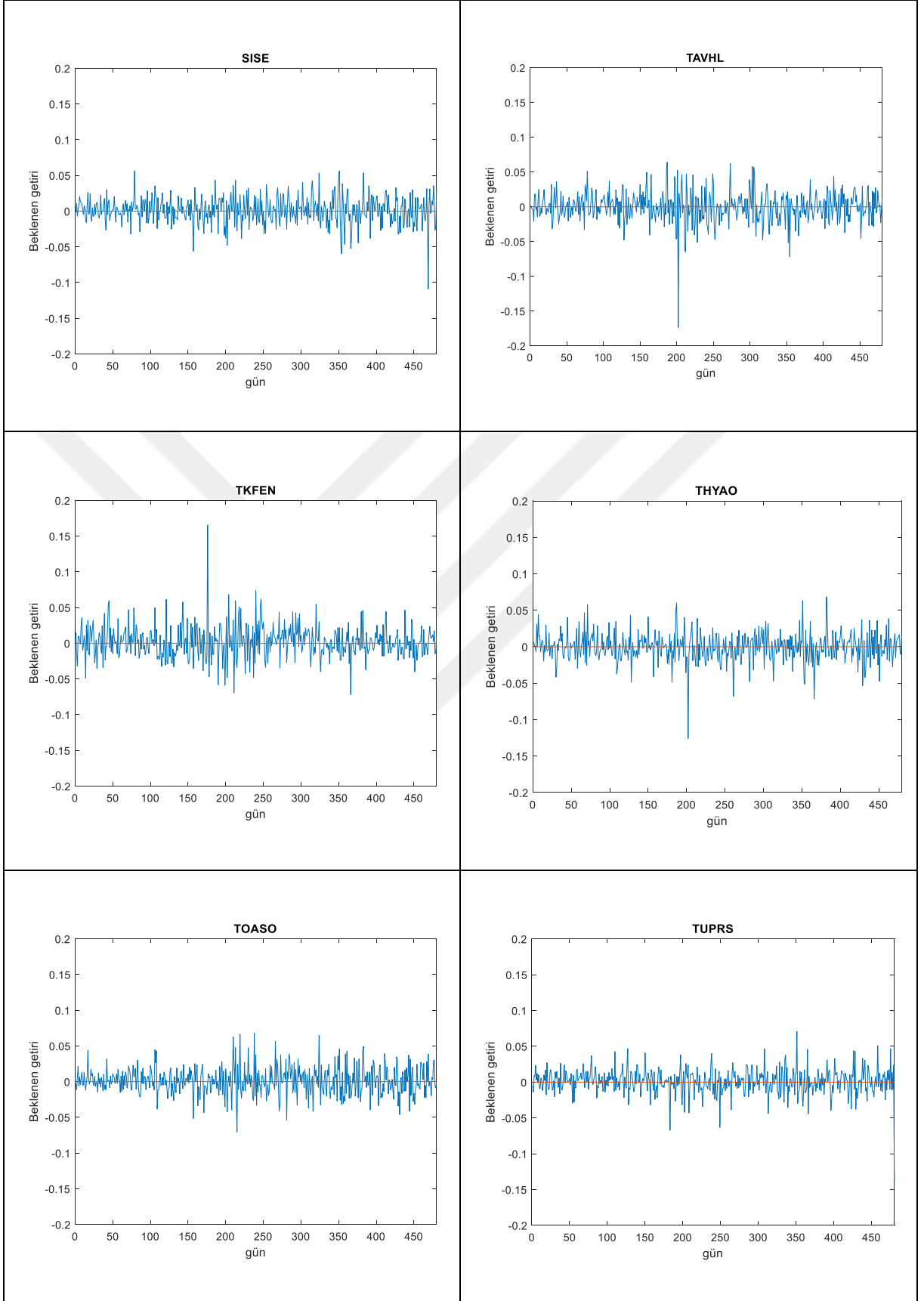
```

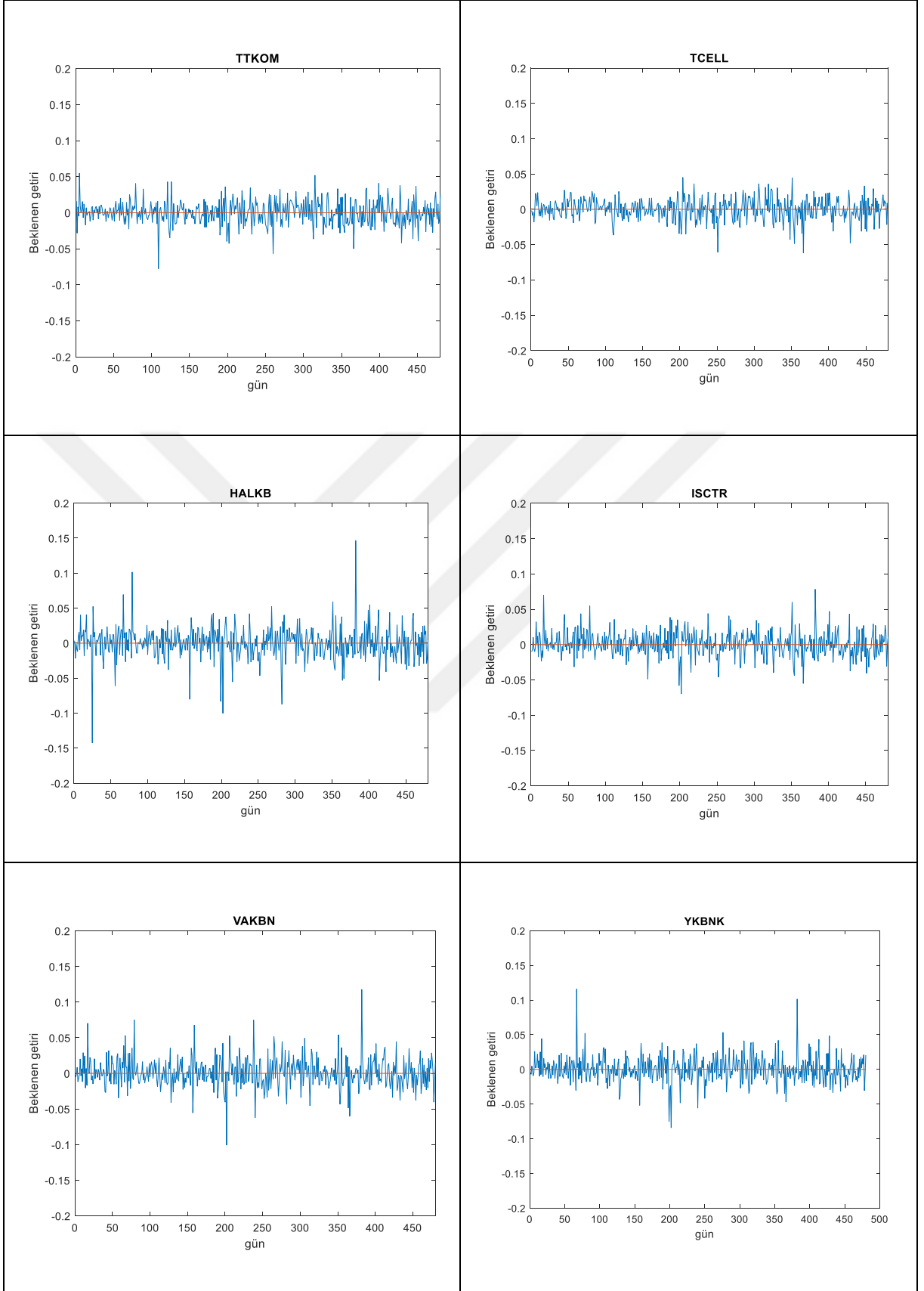
6.4. BİST-30 Verisi İçin Her Bir Hisse Senedinin Beklenen Getiri Grafikleri











ÖZGEÇMİŞ

Yeşilgiresun İlkokulunu bitirdikten sonra 2000 yılında Özel Ordu Kolejinde ortaokul eğitimini, Özel Ordu Fen Lisesinde lise eğitimini tamamlamıştır. Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ), Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümünden 2009 yılında mezun olmuştur. 2010-2011 yıllarında Giresun Üniversitesi İstatistik ve PDR bölümlerinde okutman olarak çalışmıştır. 2011 yılında Hacettepe Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başlamıştır. 2013 Şubat ayında Giresun Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümüne araştırma görevlisi olarak atanmış halen bu görevine devam etmektedir. 2014 Ekim’de ‘Portföy optimizasyonunda değiştirilmiş parçacık sürü optimizasyonu yaklaşımı’ başlıklı tezi savunarak yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2015 Şubat ayında Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ), Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim dalında doktora eğitimine başlamıştır.

Evli, iki çocuk annesidir. İyi derecede İngilizce bilmektedir.

Tezden üretilen SCI dizininde makale:

Yaman, I., ve Dalkılıç, T. E., 2021. A hybrid approach to cardinality constraint portfolio selection problem based on nonlinear neural network and genetic algorithm. Expert Systems with Applications, 169, 114517.

Tezden üretilen ESCI dizininde makale:

YAMAN, I., ve DALKILIÇ, T. E., 2019. Portfolio selection based on a nonlinear neural network: An application on the Istanbul Stock Exchange (ISE30). Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics, 68 ,2, 1709-1723.