KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME PROBLEMLERİ İÇİN BULANIK MANTIĞA DAYALI ÇÖZÜMLER VE PORTFÖY SEÇİMİNE UYGULANMASI

DOKTORA TEZİ

Serkan AKBAŞ

AĞUSTOS 2022
TRABZON

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İSTATİSTİK VE BİLGİSAYAR BİLİMLERİ ANABİLİM DALI

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME PROBLEMLERİ İÇİN BULANIK MANTIĞA DAYALI ÇÖZÜMLER VE PORTFÖY SEÇİMİNE UYGULANMASI

SERKAN AKBAŞ
ORCID : - - -

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

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 27 / 07 /2022
Tezin Savunma Tarihi : 24 / 08 /2022

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ
ORCID : - - -

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

Doktora tezi olarak sunulan bu çalışmada, finansal piyasalardaki belirsizlikler karşısında yatırım yapacak olan tasarruf sahiplerine portföylerini oluşturmada yardımcı olacak bir portföy seçim modeli önerilmesi amaçlanmıştır.

Hem yüksek lisans hem de doktora tez danışmanlığımı üstlenerek, konu seçimi ve çalışmaların yürütülmesi sırasında bilgisini, tecrübesini benimle paylaşan ve hem bilimsel hem de manevi yardımını esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez izleme dönemleri boyunca değerli fikir ve görüşleri ile çalışmalarımızı yönlendirmemize yardım eden Sayın Prof. Dr. Zafer KÜÇÜK, Doç. Dr. Talat ŞENEL ve Prof. Dr. Yüksel TERZİ hocalarıma, lisansüstü eğitim hayatım boyunca bana yol gösterip ışık tutan Sayın Prof. Dr. İhsan ÜNVER hocama, çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Tolga BERBER hocama ve her zaman yanımda olan oda arkadaşım Dr. Öğr. Üyesi Erdinç KARAKULLUKÇU'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması sürecinde bana desteklerini esirgemeyen İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümü'ndeki tüm değerli hocalarıma ve araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, doğduğum günden beri elimi hiç bırakmayan, verdiğim her kararda arkamda olan, beni ben olduğum için seven annem ve babama, benim için kardeşten öte can olan ablama, bana hem hayat arkadaşı hem iş arkadaşı olan bu stresli dönemi omuz omuza geçirdiğim, hiçbir konuda desteğini esirgemeyen sevgili eşim Yeşim AKBAŞ'a ve bu yoğun ve stresli dönemde beni mutlu ve motive eden minik meleğim ELA'ma sonsuz sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Serkan AKBAŞ

Trabzon 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum "Çok Ölçütlü Karar Verme Problemleri İçin Bulanık Mantığa Dayalı Çözümler ve Portföy Seçimine Uygulanması" başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ'ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, 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. 24/08/2022

Serkan AKBAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ IV
İÇİNDEKİLER V
ÖZET VII
SUMMARY VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ IX
TABLOLAR DİZİNİ X
SEMBOLLER DİZİNİ XIII
1. GENEL BİLGİLER 1
1.1. Giriş 1
1.2. Tezin Amacı ve Yapısı 7
1.3. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri 10
1.3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) 10
1.4. Bulanık Mantık 15
1.4.1. Bulanık Sayılar 17
1.4.1.1. Üçgen Bulanık Sayılar 17
1.4.1.2. Yamuk Bulanık Sayılar 18
1.4.2. Bulanık Sayılarda İşlemler 19
1.4.2.1. Üçgen Bulanık Sayılar İçin Aritmetik İşlemler 19
1.4.2.2. Yamuk Bulanık Sayılar İçin Aritmetik İşlemler 19
1.5. Portföy Yönetimi 20
1.5.1. Yatırım Kavramı 21
1.5.2. Yatırım Araçları 22
1.6. Portföy Yöntemi Yaklaşımları 22
1.6.1. Geleneksel Portföy Yaklaşımı 23
1.6.2. Modern Portföy Yaklaşımı 24
1.6.2.1. Ortalama-Varyans Portföy Optimizasyonu Yöntemi 24
1.6.2.2. Ortalama-Mutlak Sapma (MAD) Portföy Optimizasyonu Yöntemi 25
1.6.2.3. Kısıtlı Bulanık AHP (CFAHP) Yöntemi 28
1.6.2.4. Koşullu Riske Maruz Değer (CVaR) 29

1.7. Bulanık Doğrusal Programlama 30
1.7.1. Amaç Fonksiyonunun Bulanık Olduğu Durumda Doğrusal Programlama Probleminin Çözüm Yöntemi 30
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR 35
2.1. Yamuk Bulanık Sayılar İçin Geliştirilen Kısıtlı Bulanık AHP Yöntemi 35
2.2. Amaç Fonksiyonunun Yamuk Bulanık Sayı Olması Durumunda Bulanık Doğrusal Programlama Probleminin Çözümü 38
2.3. Portföy Seçimi İçin Yamuk Bulanık Sayılara Dayalı Hibrit Algoritma 41
3. BULGULAR VE İRDELEME 47
3.1. Uygulama I 47
3.1.1. Uygulama I'e İlişkin Sonuçlar 57
3.2. Uygulama II 58
3.2.1. Uygulama II İçin MAD Yöntemi Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi 58
3.2.2. Uygulama II İçin Önerilen Yöntem Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi 62
3.2.3. Uygulama II'ye İlişkin Sonuçlar 70
3.3. Uygulama III 72
3.3.1. Uygulama III İçin MAD Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi 74
3.3.2. Uygulama III İçin Önerilen Yöntem Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi 82
3.3.3. Uygulama III'e İlişkin Sonuçlar 91
3.4. Uygulama IV 93
3.4.1. Uygulama IV'te Önerilen Yöntem Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi 94
3.4.2. Uygulama IV'e İlişkin Sonuçlar 103
4. SONUÇLAR 111
5. ÖNERİLER 114
6. KAYNAKLAR 115
7. EKLER 123
ÖZGEÇMİŞ

Doktora Tezi

ÖZET

ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR VERME PROBLEMLERİ İÇİN BULANIK MANTIĞA DAYALI ÇÖZÜMLER VE PORTFÖY SEÇİMİNE UYGULANMASI

Serkan AKBAŞ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ
2022, 127 Sayfa

Hızla değişen çevre koşulları ve gerçek hayat problemlerinin artan karmaşası, karar vericilerin sonuca ulaşmak için probleme en uygun çözüm yöntemini bir an önce belirleme ihtiyacını doğurmaktadır. Bu gibi durumlarda doğru seçimin yapılabilmesi için Çok Ölçütlü Karar Verme (MCDM) yöntemleri kullanılmaktadır. Bünyesinde birden fazla amaç, kriter ve alternatif barındıran portföy seçimi süreci de MCDM yöntemlerinin kullanıldığı alanlardan biridir. Portföy yönetiminde risk ve getiri arasındaki ilişkinin modellenmesi çok önemlidir. Ayrıca, finansal piyasaların sosyal ve politik değişimlerden anında etkilenmesi portföy seçimi sürecinde belirsizliğe neden olmaktadır.

Bu tezde, finansal piyasalardaki belirsizlikler karşısında yatırım yapacak olan tasarruf sahiplerine maksimum kâr ve minimum risk ile portföylerini oluşturmada yardımcı olacak bir portföy seçim modeli önermek ve bu modelin işleyişini sağlayan bir yazılım geliştirmek amaçlanmıştır. Bu kapsamda, portföy seçimi problemleri için, Kısıtlı Bulanık AHP yönteminde kullanılan üçgen bulanık sayılar yerine, yamuk bulanık sayılar tanımlanmıştır. Tanımlanan bulanık sayıların kullanılması ile kriterlerin ağırlıkları yamuk bulanık sayı olarak elde edilmiştir. Daha sonra, elde edilen kriterlerin ağırlıklarını kullanan bir bulanık doğrusal programlama problemi modellenmiştir. Bu modelde, yamuk bulanık sayılar kullanan Kısıtlı Bulanık AHP yönteminden elde edilen ağırlıklar, yamuk bulanık sayılar için geliştirilmiş olan doğrusal programlama probleminin amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenleri olarak kullanılmıştır. Son olarak, önerilen hibrit modelin etkinliğini irdelemek üzere tezde birden çok uygulamaya yer verilmiştir. Bu uygulamalarda portföy dağılımları literatürde mevcut olan birçok farklı portföy seçim yöntemleri ile de elde edilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Önerilen algoritma; karar verici, kriter ve hisse senedi bilgilerini kullanarak problemi modelleyen ve çözüme ulaştıran bir MATLAB koduna dönüştürülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çok ölçütlü karar verme, Analitik hiyerarşi süreci, Bulanık mantık, Portföy seçimi

PhD. Thesis

SUMMARY

FUZZY LOGIC BASED SOLUTIONS FOR MULTI CRITERIA DECISION MAKING PROBLEMS AND ITS APPLICATION TO PORTFOLIO SELECTION

Serkan AKBAŞ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Statistics and Computer Sciences Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Türkan ERBAY DALKILIÇ
2022, 127 Pages

Rapidly changing environmental conditions and increasing complexity of real life problems require decision makers to determine the most appropriate solution method to the problem as soon as possible in order to reach the result. In such cases, Multi-Criteria Decision Making (MCDM) methods are used to make the appropriate choice. The portfolio selection process, which includes more than one purpose, criterion, and alternative, is one of the areas where MCDM methods are used. Modeling the relationship between risk and return is very important in portfolio management. In addition, the immediate impact of social and political changes on financial markets causes uncertainty in the portfolio selection process.

In this thesis, a portfolio selection model has been proposed to help savers who will invest in the environment of uncertainty in the financial markets to create their portfolios with maximum profit and minimum risk, and a software developed to enable the operation of this model. In this context, trapezoidal fuzzy numbers were defined for portfolio selection problems instead of triangular fuzzy numbers used in Constrained Fuzzy AHP method. By using the defined fuzzy numbers, the weights of the criteria were obtained as trapezoidal fuzzy numbers. Then, a fuzzy linear programming problem, using the weights of the obtained criteria, was modeled. In this model, the weights obtained from the Constrained Fuzzy AHP method based on trapezoidal fuzzy numbers are used as price variables in the objective function of the linear programming problem, developed for trapezoidal fuzzy numbers. Finally, more than one application was included in the thesis to examine the effectiveness of the proposed hybrid model. In these applications, portfolio distributions were obtained using many different portfolio selection methods, available in the literature, and the results were compared. The proposed algorithm has been converted into a MATLAB code that models and solves the problem by using the decision maker, criterion, and stock information.

Key Words: Multi criteria decision making, Analytic hierarchy process, Fuzzy logic, Portfolio selection

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Analitik Hiyerarşi Sürecinin yapısı 11
Şekil 2. Analitik Hiyerarşi Sürecinin akış diyagramı 12
Şekil 3. Üçgen üyelik fonksiyonu 17
Şekil 4. Yamuk üyelik fonksiyonu 18
Şekil 5. c_i'nin üçgen olasılık dağılımı 31
Şekil 6. $\max \tilde{c}^T x$ için çözüm stratejisi 33
Şekil 7. $\max \tilde{s}^T x$ için çözüm stratejisi 38
Şekil 8. Uygulama I için hiyerarşik yapı 47
Şekil 9. Üçgen bulanık sayının yamuk bulanığa dönüştürülmüş hali 50
Şekil 10. Uygulama I için önerilen yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları 57
Şekil 11. Uygulama II için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları 62
Şekil 12. Uygulama II için hiyerarşik yapı 63
Şekil 13. Uygulama II için önerilen yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları 70
Şekil 14. Uygulama II için 2018 Ekim ayı getiri oranları 72
Şekil 15. Uygulama III için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları 81
Şekil 16. Uygulama III için hiyerarşik yapı 82
Şekil 17. Uygulama III için önerilen yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları 91
Şekil 18. Uygulama III 2019 Kasım ayı getiri oranları 93
Şekil 19. Uygulama IV için hiyerarşik yapı 94
Şekil 20. Uygulama IV için önerilen yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları 103
Şekil 21. Uygulama IV için üçgen bulanık sayılara dayalı yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları 104
Şekil 22. Uygulama IV için ortalama varyans yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları 105
Şekil 23. Uygulama IV için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları 105
Şekil 24. Uygulama IV için CVaR (α=0.95) yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları 106
Şekil 25. Uygulama IV için CVaR (α=0.99) yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları 107
Şekil 26. Uygulama IV için 2021 Ocak ayı getiri oranları 110

TABLOLAR DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Analitik hiyerarşi sürecinde kullanılan 1-9 önem skalası 13

Tablo 2. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi 13

Tablo 3. Rassal indeks değerleri 15

Tablo 4. Üçgen ve yamuk bulanık sayılara dayalı CFAHP yöntemleri için kriterlere ilişkin bulanıklık skorları 37

Tablo 5. Kriterlere ilişkin karşılaştırma matrisinin genel gösterimi 41

Tablo 6. A_{ij} yamuk bulanık sayılarından oluşan kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi 43

Tablo 7. Kriterlerin bulanık ağırlıkları 44

Tablo 8. Uygulama I'de yer alan hisse senetleri ve finansal oranlar 49

Tablo 9. Uygulama I için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin üçgen bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri 50

Tablo 10. Uygulama I için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin yamuk bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri 51

Tablo 11. Uygulama I için karar vericiler tarafından belirlenen önem derecelerinin yamuk bulanık sayıya dönüştürülmüş biçimi 51

Tablo 12. Uygulama I için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi 52

Tablo 13. Uygulama I için kriterlere ait bulanık ağırlıklar 53

Tablo 14. P_1 ile verilen her bir amaç fonksiyonuna ait pozitif ve negatif ideal çözümleri 54

Tablo 15. P_2 probleminin çözümü için oluşturulan dört amaç fonksiyonunun pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri 55

Tablo 16. P_3 probleminin çözümünden elde edilen portföy dağılım oranları 57

Tablo 17. Uygulama II'de belirlenen hisse senetlerine ait 24 aylık getiri miktarları 59

Tablo 18. Uygulama II'de belirlenen hisse senetlerine ilişkin, aylık getiri oranları ile ortalama getiri oranı arasındaki farklar (a_{jt}) 60

Tablo 19. Uygulama II için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılımları 61

Tablo 20. Uygulama II için hisse senetleri ve finansal oranlar 62

Tablo 21. Uygulama II için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin üçgen bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri 63

Tablo 22. Uygulama II için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin yamuk bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri 64

Tablo 23. Uygulama II için karar vericiler tarafından belirlenen önem derecelerinin yamuk bulanık sayıya dönüştürülmüş biçimi 64
Tablo 24. Uygulama II için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi 65
Tablo 25. Uygulama II için kriterlere ait bulanık ağırlıklar 66
Tablo 26. P_5 ile verilen her bir amaç fonksiyonuna ait pozitif ve negatif ideal çözümleri 67
Tablo 27. P_6 probleminin çözümü için oluşturulan amaç fonksiyonlarının pozitif ve negatif ideal çözümleri 68
Tablo 28. P_7 probleminin çözümünden elde edilen portföy dağılım oranları 70
Tablo 29. Uygulama II'de yer alan yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması 71
Tablo 30. Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedi 73
Tablo 31. Dow Jones endeksinde yer alan hisse senetlerine ait 24 aylık getiri miktarları 74
Tablo 32. Tablo 31'in devamı 75
Tablo 33. Tablo 32'in devamı 76
Tablo 34. Dow Jones endeksinde yer alan hisse senetlerine ilişkin, aylık getiri oranları ile ortalama getiri oranları arasındaki farklar (a_{jt}) 77
Tablo 35. Tablo 34'ün devamı 78
Tablo 36. Tablo 35'in devamı 79
Tablo 37. Uygulama III için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılımları 81
Tablo 38. Uygulama III için hisse senetleri ve finansal oranlar 83
Tablo 39. Uygulama III için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin üçgen bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri 84
Tablo 40. Uygulama III için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin yamuk bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri 84
Tablo 41. Uygulama III için karar vericiler tarafından belirlenen önem derecelerinin yamuk bulanık sayıya dönüştürülmüş biçimi 85
Tablo 42. Uygulama III için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi 86
Tablo 43. Uygulama III için kriterlere ait bulanık ağırlıklar 87
Tablo 44. P_9 ile verilen her bir amaç fonksiyonuna ait pozitif ve negatif ideal çözümler 88
Tablo 45. P_{10} probleminin çözümü için oluşturulan amaç fonksiyonlarının pozitif ve negatif ideal çözümleri 89
Tablo 46. P_{11} probleminin çözümünden elde edilen portföy dağılım oranları 91
Tablo 47. Uygulama III'te yer alan yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması 92
Tablo 48. Uygulama IV için hisse senetleri ve finansal oranlar 95

Tablo 49. Uygulama IV için karar vericiler tarafından belirlenen üçgen bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri 96

Tablo 50. Uygulama IV için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin yamuk bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri 96

Tablo 51. Uygulama IV için karar vericiler tarafından belirlenen önem derecelerinin yamuk bulanık sayıya dönüştürülmüş biçimi 97

Tablo 52. Uygulama IV için kriterlerin karşılaştırma matrisi 98

Tablo 53. Uygulama IV için kriterlere ait bulanık ağırlıklar 99

Tablo 54. P_{12} ile verilen her bir amaç fonksiyonuna ait pozitif ve negatif ideal çözümleri 100

Tablo 55. P_{13} probleminin çözümü için oluşturulan amaç fonksiyonlarının pozitif ve negatif ideal çözümleri 101

Tablo 56. P_{14} probleminin çözümünden elde edilen portföy dağılım oranları 103

Tablo 57. Uygulama IV'te yer alan yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması 108

SEMBOLLER DİZİNİ

MCDM	: Çok Ölçütlü Karar Verme (Multi-Criteria Decision Making)
AHP	: Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process)
FAHP	: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Fuzzy Analytic Hierarchy Process)
PCA	: Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis)
GA	: Genetik Algoritma (Genetic Algorithm)
MCHP	: Çok Kriterli Hiyerarşik Süreç (Multiple Criteria Hierarchical Process)
CFAHP	: Kısıtlı Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (Constrained Fuzzy Analysis Hierarchy Process)
TOPSIS	: İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)
FTOPSIS	: Bulanık İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği (Fuzzy Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)
VIKOR	: Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (VIse Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)
IVFs	: Aralık Değerli Bulanık Kümeler (Interval Valued Fuzzy Sets)
E-S	: Beklenti – Yayılım (Expectation – Spread)
DEA	: Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis)
VaR	: Riske Maruz Değer (Value at Risk)
CVaR	: Koşullu Riske Maruz Değer (Conditional Value at Risk)
RCVaR	: Robust Koşullu Riske Maruz Değer (Robust Conditional Value at Risk)
MAD	: Ortalama Mutlak Sapma (Mean Absolute Deviation)
ANP	: Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process)
CI	: Tutarlılık İndeksi (Consistency Index)
RI	: Rassal İndeks (Random Indeks)
CR	: Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio)
PIS	: Pozitif İdeal Çözüm (Positive Ideal Solution)
NIS	: Negatif İdeal Çözüm (Negative Ideal Solution)
BİST	: Borsa İstanbul
SPK	: Sermaye Piyasası Kurulu (Capital Markets Board of Turkey)
KV	: Karar Verici (Decision Maker)
F/K	: Fiyat / Kazanç (Price / Earnings)

NK/ÖS : Net Kâr / Öz Sermaye (Net Profit / Stckholder’s Equity)

NB/PD : Net Borç / Piyasa Değeri (Net Debt / Market Value)

CO : Cari Oran (Current Ratio)

PD/DD : Piyasa Değeri / Defter Değeri (Market Value / Book Value)

NK/S : Net Kâr / Satışlar (Net Profit / Sales Revenue)

NK/TA : Net Kâr / Toplam Aktifler (Net Profit / Total Assets)

G : Getiri (Return)

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

İnsan yaşamı için önemi sürekli artarak, günümüze ulaşan çevre, ekonomi ve gelecek kaygısı ile ilgili karmaşık problemlere sunulan çözümlerin başında karar verme teknikleri gelmektedir. Hızla değişen çevre koşulları ve gerçek hayat problemlerinin artan karmaşası, karar vericilerin sonuca ulaşmak için probleme en uygun çözüm yöntemini bir an önce belirleme ihtiyacını doğurmaktadır. Bu gibi durumlarda doğru seçimin yapılabilmesi için Çok Ölçütlü Karar Verme (Multi Criteria Decision Making-MCDM) yöntemleri geliştirilmiştir. Her insan aynı problemin karar verme aşamasında, karar kriterlerinin öncelikleri ve karar kriterlerinin değerlendirilmesinde farklı görüşlere sahip olabilmektedir. Bu tür karar verme problemlerinde MCDM yöntemlerinden biri olan Analitik Hiyerarşi Süreci (Analytic Hierarchy Process-AHP) kararların daha doğru verilmesine yardımcı olmaktadır. Günlük hayatta karşılaşılan sıradan problemlerin, hatta işletmelerin, devletlerin vs. karşılaştığı daha karmaşık problemlerin çözümü için MCDM yöntemleri kullanılmaktadır. Bünyesinde birden fazla amaç, kriter ve alternatif barındıran portföy seçimi süreci de MCDM yöntemlerinin kullanıldığı alanlardan biridir. Portföy seçimi sürecinde, portföyün getirisi ve riski arasındaki ilişkinin belirlenmesi yapılacak olan yatırım planlaması için çok önemlidir. Ayrıca, finansal piyasaların sosyal ve politik olaylardan anında etkilenmesi portföy seçimi sürecinde belirsizliğe neden olmaktadır. Bu gibi belirsizliklerin olduğu durumlarda yatırım yapacak olan tasarruf sahiplerine karar verme sürecinde yardımcı olabilecek yöntemlerden biri bulanık mantık yaklaşımıdır.

Bulanık mantık yaklaşımı ilk olarak Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında önerilmiştir. Zadeh, gerçek hayattaki karmaşık sistemlerle karşılaşıldığında klasik matematiksel yöntemlerin yetersiz kaldığını düşünmektedir. Ayrıca insan düşüncesinin kesin olmadığını yani bulanık olduğunu savunmaktadır. Matematiksel olarak bulanıklık çok değerlilik anlamına gelmektedir. Klasik mantıkta ise ikili değer mevcuttur. Zadeh, özelliklerin ikili değer fonksiyonlarıyla ifade edildiği klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiği bulanık kümelerin tanımlanması gerektiğini belirtmiştir. Bulanık mantık, sadece kesin değerleri değil insan düşüncesinde olduğu gibi ara değerleri de içinde barındırmaktadır. Bulanık mantıkta özellikler küçük-büyük, az-çok gibi dilsel ifadeler şeklinde olabilir ve her durum [0,1] aralığında belirli bir üyelik derecesi ile ifade

edilmektedir. Bulanık küme kavramı, bir elemanın farklı üyelik dereceleri ile birden fazla kümeye ait olmasına imkân sağlar. Yani bir eleman birden fazla bulanık kümenin elemanı olabilir. Üyelik fonksiyonları bir elemanın bir kümeye ait olma derecesini belirleyen fonksiyonlardır [1].

Bulanık mantık teorisinin uygulama alanlarından biri de bulanık doğrusal programlama yöntemidir. Bulanık doğrusal programlama yöntemi, doğrusal programlama modelinde yer alan parametrelerin birinin ya da birkaçının kesin olarak belirlenemediği durumlarda kullanılmaktadır. Burada amaç fonksiyonun katsayıları, kısıtlayıcıları, girdi-çıktı katsayıları tam olarak bilinmemekte ve eşitsizliklerin bazıları kesin olmayan sınırlara sahip olabilmektedir. Bu bağlamda bulanık doğrusal programlama yöntemi, doğrusal programlama yöntemi ile çözülebilen problemlere, belirsizliklerin dahil olması durumunda kullanılmak üzere önerilmiştir [2]. Literatürde bulanık doğrusal programlama ile ilgili birçok çalışma mevcuttur. Zimmermann'nın [3] bulanık doğrusal programlama ile ilgili çalışması bu alanda atılan ilk adımlardandır. Bu çalışma ile bulanık küme teorisi ilk defa bir optimizasyon probleminin çözümünde kullanılmıştır. Nakamura [4], çalışmasında bulanık hedeflerin ve bulanık kısıtların üyelik fonksiyonlarını parçalı doğrusal biçime dönüştürerek çözülebildiğini göstermiştir. Tanaka ve Asai [5], çalışmalarında doğrusal programlama modelinin amaç ve kısıt fonksiyonlarını bulanık üyelik fonksiyonları biçiminde modelleyerek çalışmalarında kullanmışlardır. Verdegay [6], bulanık kısıtları olan bir doğrusal programlama modelinin çözümünün bulanık bir küme ile temsil edilmesi gerektiğini savunmuştur. Werners [7], doğrusal programlama modelinde amaç fonksiyonuna ilişkin üyelik fonksiyonunun karar vericiler tarafından belirlenebileceğini öne sürmüştür. Dombi [8] üyelik fonksiyonları üzerine yaptığı çalışmada, mevcut üyelik fonksiyonlarının dışında farklı üyelik fonksiyonları tanımlamış, yeni üyelik fonksiyonlarının oluşturulabilmesi için gerekli özellikler ve üyelik fonksiyonlarının matematiksel formları ile ilgili tanımlar vermiştir. Lai ve Hwang [9] çalışmalarında, doğrusal programlama probleminin kesin olmayan amaç fonksiyonu ve kısıt fonksiyonu katsayılarının çözümü için yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Önermiş oldukları yaklaşım ile düşük kâr elde etme riskini en aza ve kârı mümkün olan en yüksek değerine ulaştırmayı amaçlamışlardır. Lai ve Hwang [10] tarafından yapılan bir diğer çalışmada, Zimmerman'ın, Werners'in, Verdegay'ın ve Chanas'ın bulanık lineer programlama yaklaşımlarını kolaylaştıran yeni bir modelleme metodu ve lineer programlama problemlerinin çözümü için bir karar destek sistemi önerilmiştir. Chen ve Wang [11] bulanık üyelik fonksiyonlarına dayalı çalışmalarında

optimal küme sayısının belirlenmesinin öneminden bahsetmişlerdir. Ayrıca optimal küme sayısının bulunabilmesi için yeni bir algoritma önermişlerdir. Shaw [12] çalışmasında Bulanık AHP (Fuzzy AHP-FAHP) ve bulanık çok amaçlı doğrusal programlama yöntemleri kullanmıştır. İlk aşamada kriterlerin ağırlıklarının belirlemesinde AHP yöntemi kullanılmış, ardından hesaplanan bu ağırlıklar bulanık doğrusal programlama modelinde kullanılarak tedarikçi seçimi yapılmıştır. Literatürde FAHP ile bulanık çok ölçütlü karar verme yöntemini birlikte kullanan birçok çalışma yer almaktadır. Ashtiani ve Abdollahi [13] güven modellerini çalışmalarında birçok kriterli karar verme problemi olarak modellemişlerdir. Nihai güven skorunun oluşturulmasında FAHP yöntemini kullanmışlardır. Yadav ve Sharma [14] önemli bir otomobil firması için FAHP yöntemi kullanarak bir tedarikçi seçim modeli önermişlerdir. Jaiswal ve diğerleri [15] çalışmalarında toprak koruma önlemleri gerektiren alanlara öncelik dereceleri verebilmek için FAHP yöntemini kullanarak çok kriterli karar destek modeli önermişlerdir.

Portföy seçim süreci de çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin kullanıldığı alanlardan biridir. Portföy seçim sürecinde yatırımın getirisinin en büyük, riskinin ise en küçük yapılması amaçlandığından, portföy seçimi, çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin etkin biçimde kullanıldığı alanlardan biridir. Riskin büyümesi ile beklenen getiri miktarının artmasına karşın çoğu yatırımcı risk almaktan kaçınır. Portföyün riski; menkul kıymetlerin standart sapması veya ortalama mutlak sapması ile ölçülmektedir. Standart sapmanın veya ortalama mutlak sapmanın yüksek olması (yani menkul kıymetlerin dönemlik getirilerinin çok değişken olması) riskin yüksek olması anlamına gelmektedir. Portföy sadece tek bir yatırım aracından oluşabileceği gibi, yatırımcının tutumuna göre birden fazla yatırım aracının bir araya getirilmesiyle de oluşturulabilir. Risk almak istemeyen bir yatırımcı için tek bir menkul kıymete yatırım yapmak yerine birden fazla menkul kıymete yatırım yapmak daha avantajlıdır. Portföy yönetiminde ülkelerin içinde bulundukları ekonomik durumlar ve bu durumlar içerisinde yatırım araçlarının dikkatli bir şekilde takip edilmesi gerekmektedir. Yüksek kazanç elde etmek isteyen yatırımcı büyük riskleri göze alırken, düşük risk isteyen bir yatırımcı ise düşük kazançlara hazır olabilmelidir. Yatırımcı, bu amaçlar arasında optimum bir denge kurarak, bu dengenin devamlılığını sürdürmek zorundadır. Günümüz ekonomilerinde yaşanan gelişmelere bağlı olarak sermaye piyasalarında da hızlı bir değişim yaşanmaktadır. Sermaye piyasalarında yaşanan bu hızlı değişimler sebebiyle birikimlerin sermaye piyasalarına yönlendirilmesi ile portföy yönetimi ile ilgili konular önem kazanmaya başlamıştır [16]. Bu gelişmelere bağlı olarak yatırımcılar çeşitli yatırım araçlarına yönelerek,

birikimlerini bu piyasalarda değerlendirmeye başlamışlardır. Dolayısıyla yatırımcılar birikimlerini arttırmak için doğru kararlar alarak portföylerini oluşturmak istemektedirler. Bu sebeple yatırımcılar portföy seçimi sürecinde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden yararlanmaktadırlar. Literatürde çok ölçütlü karar verme yöntemlerinin ve portföy seçiminin birlikte kullanıldığı birçok çalışma bulunmaktadır [17–22]. Ballestero ve diğerleri [21] verimsiz portföyleri ilk aşamada filtreleyen karar destek yaklaşımı önermişlerdir. Mehlawat ve diğerleri [23] çalışmalarında iki farklı çok amaçlı bulanık portföy seçim modeli önermişlerdir. Önermiş oldukları modellerde portföy seçimi için risk, getiri, likidite ve entropi kriterlerini kullanmışlardır. Basilio ve diğerleri [24] makalelerinde, verimli portföy seçimi yapabilmek için Temel Bileşen Analizi (Principal Component Analysis-PCA) yöntemi kullanmışlardır. Yu ve diğerleri [25] çalışmalarında, karmaşık çok kriterli portföy seçimi problemlerini çözebilmek için Genetik Algoritma (Genetic Algorithm-GA) kullanmışlardır. Li ve diğerleri [26], portföy seçimi için yeni bir model önermişlerdir. Önerilen modelde, nihai serveti, olası risk altındaki değeri ve çarpıklığı karar verme için üç kriter olarak ele almışlardır. Ayrıca önerilen modeli çözmek için yeni bir akıllı hibrit algoritma geliştirmişlerdir. Frej ve diğerleri [27], karar vericiler tarafından sağlanan eksik bilgilerle fayda-maliyet oranına dayalı bir proje portföyü seçmek için yeni bir model önermişlerdir. Bernal ve diğerleri [28], portföy seçimi için Çok Kriterli Hiyerarşik Süreç (Multi Criteria Hierarchical Process-MCHP) yaklaşımını kullanmışlardır. Ayrıca çalışmada Meksika Menkul Kıymetler Borsası'nın verilerinin kullanıldığı bir örnek ele alınmıştır. Finansal piyasaların iktisadi, sosyal ve politik gibi olaylardan anında etkilenmesi bu piyasaların belirsiz bir yapıya sahip olmasına sebep olmaktadır. Finansal piyasalardaki bu belirsizlik portföy seçiminde etkili olan risk ve getiri kriterlerinde de belirsizliğe neden olmaktadır. Dolayısıyla portföy optimizasyonu problemlerinde bu durumun göz önüne alınması gerekmektedir. Bu gibi belirsizliğin olduğu durumlarda, etkin bir yöntem olan bulanık mantık yaklaşımı tercih edilmektedir. Portföy seçim sürecinde de bulanık mantık teorisinin kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur. Zhao ve Fang [29] hisse senetleri arasındaki etkiyi ölçmek için FAHP kullanmışlardır. Chen ve diğerleri [30] portföy seçimi problemlerinde yatırımcıya varlık tahsisi etmede yardımcı olacak yeni bir model önermişlerdir. Modelde Kısıtlı Bulanık AHP (Constrained Fuzzy AHP-CFAHP) ve Bulanık İdeal Çözüme Dayalı Sıralama Tekniği (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution-FTOPSIS) yöntemlerinin kombinasyonu kullanılmıştır. Zhang ve diğerleri [31] portföy seçim problemlerinde kullanılacak genetik algoritmaya dayalı geliştirilmiş,

buluşsal kurallar ve geçiş algoritması olmak üzere iki yöntem sunmuşlardır. Raei ve Jahromi [32], TOPSIS ve Çok Kriterli Optimizasyon ve Uzlaşık Çözüm (VIseKriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje-VIKOR) yöntemlerini kullanan yeni bir portföy seçim modeli önermişlerdir. Mohagheghi ve diğerleri [33] portföy seçimi için Aralık Değerli Bulanık Kümeler (Interval Valued Fuzzy Sets-IVFs) kullanan bir optimizasyon modeli önermişlerdir. Nguyen ve Gordon-Brown [34] CFAHP yönteminin kullanıldığı yeni bir model önermişlerdir. Östermark [35], bulanık karar prensibini kullanarak, amaç ve kısıt fonksiyonlarının bulanık olması durumunu dikkate alarak bir dinamik portföy yönetim modeli oluşturmuştur. Ramaswamy [36] bulanık karar teorisini kullanarak portföy seçim yöntemlerine yeni bir yaklaşım önermiştir. Önerilen yaklaşım, yatırımcının varsayılan bir piyasa senaryosu için belirlenen getiri oranına ulaşacak yatırımı yapmasına yardımcı olacak biçimdedir. Eğer varsayılan piyasa senaryosunun yanlış olduğu ortaya çıkarsa, önerilen yaklaşım portföyün belirli bir getiri oranını güvence altına almasını sağlar. Mansour ve diğerleri [37] çalışmalarında çok amaçlı bir finansal portföy seçimi yaklaşımı önermişlerdir. Duan ve Stahlecker [38], menkul kıymetlerin gelecekteki getirilerinin belirsiz kümeler olarak verildiği bir portföy seçim problemini incelemişlerdir. Li ve diğerleri [39], olasılıklı getiri ve olasılıklı risk tanımlarına dayalı bir bulanık portföy seçim modeli geliştirmişlerdir. Inuiguchi ve Ramik [40], portföy seçimi problemlerinde kullanılabilen stokastik programlama ve matematiksel programlama yöntemlerini karşılaştırmıştır. Bu iki yöntemin portföy seçimi için meydana getirdikleri avantaj ve dezavantajları makalelerinde tartışmışlardır. Ammar ve Khalifa [41] yapmış oldukları çalışma ile bulanık portföy optimizasyon probleminin formülasyonunu bir dışbükey ikinci dereceden programlama yaklaşımı olarak tanıtmayı ve daha sonra bu probleme kabul edilebilir bir çözüm sunmayı amaçlamışlardır. Enea ve Piazza [42], birden fazla olası alternatif arasından en iyisinin seçilmesi için FAHP yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada, FAHP'de genişletilmiş analiz yönteminin eksikliklerinden bahsedilmiş ve bu eksikliği giderecek bir yaklaşım önerilmiştir. Bu yaklaşımda, bulanık sayıların aralık değerlerinin azaltılmasıyla belirsizliğin azaltılacağı belirtilmiştir. Tiryaki ve Ahlatçıoğlu [43], yatırımcılara portföylerini oluştururken yardımcı olabilecek yeni bir yöntem önermeyi amaçlamışlardır. Bunu yapmak için önce Enea ve Piazza [42] tarafından verilen FAHP yöntemini ele almışlardır. Bu yöntemdeki bazı hatalar revize edilerek, Revize Edilmiş CFAHP yöntemini önermişlerdir. Liu ve Wu [44] yapmış oldukları çalışma ile risk yönetimi problemlerine yeni bir kriter olarak bulanık değişkenin yayılmasını eklemekte ve böylece portföy optimizasyon problemleri için yeni bir bulanık

Beklenti-Yayılımı (Expectation – Spread-E-S) Modeli geliştirmişlerdir. Sadjadi ve diğerleri [45], özellikle borçlanma oranının borç verme oranından daha yüksek olduğu durumlarda yatırım yapacak olan tasarruf sahiplerine yardımcı olacak bir model önermeyi amaçlamışlardır. Çalışmalarında getiri oranları ve borç alma/borç verme oranları üçgen bulanık sayılar ile temsil edilmektedir. Geliştirdikleri model ile nakit-marj arasındaki dengenin kurulması ve bulanık küme teorisi kullanarak üretilen her portföyün güven seviyelerinin belirlenmesi gerektiğini ortaya koymuşlardır. Garcia ve diğerleri [46], portföy performansını ölçmek için getiri, risk ve likiditeyi dikkate alan çok amaçlı bir model önermişlerdir. Önermiş oldukları modelde hem getiri hem de likiditeyi yamuk bulanık sayılar olarak kullanmışlardır. Ahari ve diğerleri [47], Tahran borsasında bazı ilaç şirketlerinin hisse senetleri arasında sınırlı bir fon tahsis etmeyi planlamışlardır. Çalışmalarında Enea ve Piazza ile Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından sunulan iki FAHP yöntemi kullanmışlardır. Ghapanchi ve diğerleri [48] çalışmalarında en iyi portföyü seçmek için hem proje belirsizliklerini hem de proje etkileşimlerini aynı anda dikkate alan, Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis-DEA) yönteminin kullanıldığı bir yöntem önermişlerdir. Rahmani ve diğerleri [49], bilgi teknolojisinde proje seçimi için karar kriterleri tanımlamış ve AHP yöntemini kullanarak karar kriterlerini ağırlıklandırmışlardır. Oktavera ve Saraswati [50] çalışmalarını dört aşamaya ayırmışlardır. İlk aşamada yönetim ekibi tarafından kriterler belirlenmekte, ikinci aşamada puanlama modeliyle projeler değerlendirilmekte, üçüncü aşamada finansal model ve Monte Carlo Benzetimi'ni kullanarak risk analizi ve finansal analiz yapılmakta, son olarak optimal portföy seçimi için 0-1 tamsayılı doğrusal programlama metodu kullanılmaktadır. Gupta ve diğerleri [51] portföy seçimi için üç aşamalı çok kriterli karar verme modeli önermişlerdir. Kriterlerin karşılaştırılmasında AHP yöntemini kullanmışlardır. Gomede ve Barros [52] portföy seçimi problemini çözmek için çalışmalarında, sıralama algoritması ve AHP yöntemini birlikte kullanmışlardır. Ferreira ve diğerleri [53] büyük bir inşaat şirketinin satın alma stratejisini belirlemede yeni bir model önermişlerdir. Çalışmalarında AHP yöntemini ve Kraljic Yaklaşımını kullanmışlardır. Jiang ve diğerleri [54] yeniden üretim teknolojisi portföyüne odaklamışlardır. Çalışmalarında portföyü oluştururken maliyet, kalite, zaman, hizmet, kaynak tüketimi ve çevresel etki olmak üzere altı kriter belirlemişlerdir. Bu kriterleri ağırlıklandırmak için AHP yöntemini kullanışlardır. Yue ve Wang [55] portföy seçimi için yeni bir algoritma önermişlerdir. Önerilen algoritmanın performansını değerlendirebilmek için çeşitli portföy değerlendirme yöntemlerine çalışmalarında yer vermişlerdir. Bu

yöntemlerin dışında portföy optimizasyonu problemini çözmek üzere literatürde çeşitli yazarlar tarafından farklı yöntemler kullanılmıştır; sağlam optimizasyon [56], optimal kontrol [57], çok değişkenli uyarlamalı regresyon eğrileri [58] ve stokastik optimal kontrol [59] bu yöntemlere örnek olarak verilebilir. Fliege ve Werner [60] çalışmalarında, ortalama varyans optimizasyonunun güçlü veri bağımlılığını hesaba katarak, belirsiz parametrelerle çok amaçlı optimizasyon problemlerinin nasıl ele alınacağını araştırmışlardır. Kara ve diğerlerinin [61] çalışmalarındaki amaç, Robust Koşullu Riske Maruz Değer (Robust Conditional Value at Risk-RCVaR) kullanarak en kötü durum senaryosunda daha yüksek bir sağlamlık ve daha düşük bir risk seviyesi elde etmektir. Özmen ve diğerleri [62], çalışmalarında düzenleyici ağların yeni, sağlam ve esnek bir regresyon modelini sunmuşlardır. Dallagnol ve diğerleri [63], parçacık sürü optimizasyonu ve genetik algoritmaların portföy yönetimine uygulanmasının bir karşılaştırmasını yapmışlardır. Konno ve diğerleri [64], hisse senetlerinin getiri oranlarının dağılımı ortalama etrafında asimetrik ise üçüncü momentin (çarpıklığın) önemli olduğunu savunmuştur ve Ortalama Mutlak Sapma (Mean Absolute Deviation-MAD) yaklaşımını amaç fonksiyonuna çarpıklığı dahil edecek şekilde genişletmişlerdir. Genç ve Çelik [65], portföy optimizasyonu için Konno-Yamazaki modelini kullanmışlardır. Daha sonra bu optimal portföyü diğer olası portföylerle Riske Maruz Değer'e (Value at Risk-VaR) göre karşılaştırmışlardır. Zhang ve Zang [66] çalışmalarında işlem maliyeti, borçlanma kısıtlamaları ve eşik kısıtlamaları olan çok dönemli bir portföy seçim modeli önermişlerdir. Babazadeh ve Esfahanipour [67] aşırı riski ölçmek için yeni bir portföy optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Omidi ve diğerleri [68], güvenlik getirilerinin belirsiz değişkenler olduğu şans kısıtlamalı maksimizasyon programlama modelini çözmek için yeni bir sinir ağı modeli önermişlerdir. Park ve diğerleri [69], ortalama-mutlak sapma, riski modeli ve Dantzig tipi model olmak üzere, hesaplama açısından verimli iki portföy optimizasyon modeli önermişlerdir. Liu [70] çalışmasında, yatırım varlıklarının getirilerinin bulanık veriler ile temsil edildiği bir bulanık optimizasyon problemini ele almıştır. Bu problemin çözüm yöntemi olarak ortalama mutlak sapma risk fonksiyonu modeli ve Zadeh'in genişleme ilkesini kullanmıştır.

1.2. Tezin Amacı ve Yapısı

Bu tezin amacı, finansal piyasalardaki belirsizlikler altında yatırım yapmayı planlayan tasarruf sahiplerine en doğru yatırım yapma konusunda yardımcı olacak bir portföy seçim

modelinin önerilmesidir. Bu kapsamda, önerilen modelin kurulması iki aşamadan oluşmaktadır.

I. İlk aşamada, portföy seçimi problemleri için literatürde mevcut olan CFAHP yönteminde kullanılan üçgen bulanık sayılar yerine, yamuk bulanık sayılar tanımlanmıştır. Tanımlanan bulanık sayıların kullanılması ile kriterlerin ağırlıkları yamuk bulanık sayı olarak elde edilmiştir.

II. İkinci aşamada ise, elde edilen kriter ağırlıklarını kullanan bir doğrusal programlama problemi oluşturulmuştur. Bunun için literatürde mevcut olan bir yöntem ele alınmıştır. Bu yöntemde amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenleri üçgen bulanık sayı olarak kullanılmaktadır. Sunulan çalışmada, bu değişkenlerin yamuk bulanık sayı olduğu problemlere yeni bir çözüm yöntemi önerilmiştir. Böylece, yamuk bulanık sayılar kullanan CFAHP yönteminden elde edilen ağırlıkların doğrusal programlama probleminde amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenleri olarak kullanılıp, problem çözüme ulaştırılmıştır.

Bu iki aşamada kullanılan yöntemler yamuk bulanık sayılar için geliştirilmiş ve bu yöntemlerin bir arada kullanılması ile portföy seçim süreci problemlerinde kullanılacak yeni bir hibrit model önerilmiştir. Son olarak, önerilen hibrit modelin etkinliğini irdelemek üzere tezin uygulamalar kısmında dört farklı uygulamaya yer verilmiştir;

I. İlk uygulamada, tez kapsamında önerilen yöntem kullanılarak Borsa İstanbul'da işlem gören 5 hisse senedi üzerinde portföy dağılımının elde edilmesi amaçlanmıştır.

II. İkinci uygulamada, MAD portföy optimizasyon yöntemi ve bu tez çalışması kapsamında önerilen hibrit yöntem olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak portföy dağılımı elde edilmiştir. Bu uygulamada ilk olarak Borsa İstanbul'da yer alan 5 hisse senedine ait 24 aylık getiri oranları kullanılarak MAD yöntemi ile portföy dağılımı gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hisse senetlerine ait 24 aylık getiri oranlarının ortalamaları bu tez kapsamında önerilen hibrit modele yeni kısıt biçiminde eklenerek, problem yeniden modellenmiş ve çözülmüştür. İki farklı yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

III. Üçüncü uygulamada ise ilk iki uygulamadan farklı olarak sadece belirli hisse senetleri kullanmak yerine, belirli bir endekste yer alan daha fazla sayıda hisse senedinin olduğu bir veri seti ele alınmıştır. Uygulamada Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedine ait 24 aylık getiri oranları, hisse senetlerine ait finansal

oranlar ve kriterlere ait karar verici görüşleri kullanılmıştır. İkinci uygulamada olduğu gibi bu uygulamada da iki farklı yöntem ile portföy dağılımı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

IV. Dördüncü ve son uygulamada, hisse senetlerine ait getiri ve finansal oran verileri arttırılarak çalışma kapsamında önerilen modelin etkinliği incelenmiştir. Bu uygulamada ilk olarak, Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedinin 36 aylık getiri oranları, hisse senetlerinin finansal oranları ve karar verici görüşleri kullanılarak bu tez kapsamında önerilen model ile portföy dağılımı yapılmıştır. Daha sonra, üçgen bulanık sayılara dayalı yöntem, ortalama varyans yöntemi, MAD yöntemi ve CVaR yöntemi olmak üzere dört farklı portföy optimizasyon yöntemi kullanılarak da portföy dağılımları elde edilmiştir.

Ayrıca uygulanan yöntemler ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması için uygulanan yöntemler sonucunda yatırım yapılacak olan hisse senetleri belirlenmiş, bu hisse senetlerin veri setinde kullanılan tarih aralığını takip eden bir sonraki aya ait getiri oranlarına göre portföy dağılımı yapılmış ve getiri oranları karşılaştırılmıştır.

Tezin ilk bölümünde, tez kapsamında kullanılan yöntemler hakkında bilgiler verilmiş ve kullanılacak yöntemlere ilişkin literatür özeti sunulmuştur. Tezin ikinci bölümünde, tezde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. İlk olarak çalışma kapsamında önerilen hibrit modelin ilk aşamasında kriterlerin ağırlıklandırılmasında kullanılan CFAHP yöntemi yamuk bulanık sayılar kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Daha sonra amaç fonksiyonu bulanık olan doğrusal programlama problemlerinin çözümünde kullanılan yöntem de yamuk bulanık sayılar kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Geliştirilen bu iki farklı yöntemin portföy seçim problemleri için birlikte kullanıldığı, tez kapsamında önerilen hibrit modelin algoritması verilmiştir. Ayrıca önerilen algoritma MATLAB yardımıyla koda dönüştürülmüştür. Kullanıcı tarafından girilen karar verici, kriter ve hisse senedi sayısına göre önerilen algoritmayı yeniden modelleyip çözebilen bir yazılım geliştirilmiştir. Önerilen modelin etkinliğinin irdelenmesi için birden fazla uygulamaya yer verilmiştir. Tezin üçüncü bölümünde sonuçlar sunulmuş, dördüncü bölümde bu tezin ışığında ileride yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

1.3. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri

Karar verme, çeşitli faktörlere ve karar alıcıların beklentilerine bağlı olarak en iyi çözümü elde etmek üzere alternatiflerin tanımlanması ve seçilmesi sürecidir. Her karar mevcut bilgi, alternatifler, değerler ve tercihlerin toplamı olarak tanımlanan bir karar ortamında alınmaktadır. Karar vermede zor olan nokta, alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler kümesinin çeşitliliğidir. Çok ölçütlü karar verme problemlerinin çoğunda amaçlar çatışır ve farklı grup karar vericiler sürece dahil olur. Karar verme sürecinde bu tarz zorlukların üstesinden gelmek için MCDM yöntemleri devreye girmektedir. MCDM yöntemleri ölçülebilen veya ölçülemeyen stratejik faktörleri bir arada değerlendirebilen analitik yöntemlerdir. Örneğin yeni bir ev satın almak gibi en basit bireysel karar verme süreçlerinde bile fiyat, konum, güvenlik, büyüklük (m^2), bulunduğu kat vb. gibi konu ile alakalı çok sayıda kriter göz önüne alınmaktadır. Bir yatırımcı yatırımlarına ilişkin vereceği kararlarda ise, kullanacağı yatırım araçlarının getirisinin yanı sıra risk, pazar payı, varlıkların satış oranı, ortalama kar, likidite, fiyat/kazanç ve varlık kriterlerini de karar sürecine dahil etmek durumundadır. Dolayısıyla tek bir kritere göre değil de birden fazla kriteri eşanlı olarak ele alan karar problemlerinde MCDM yöntemleri kullanılmaktadır.

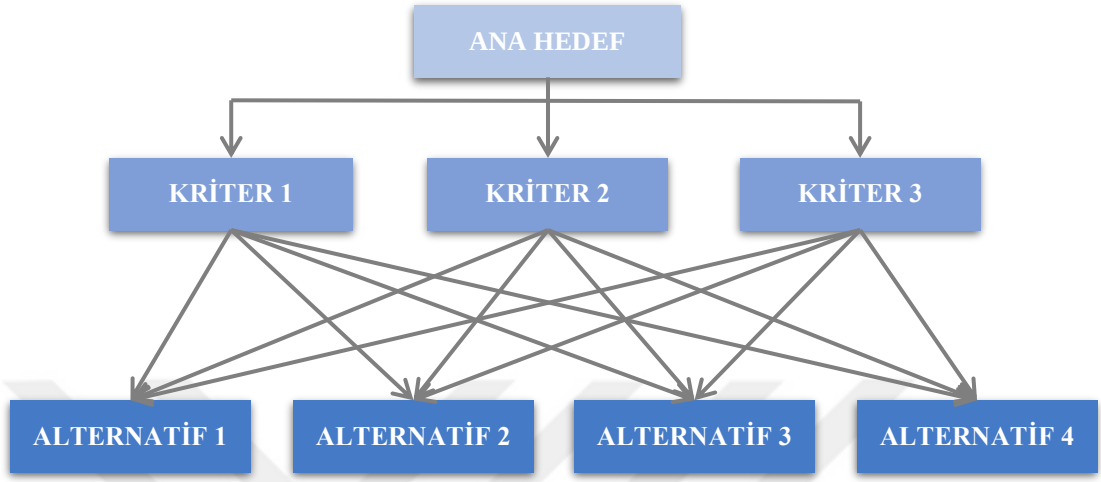
MCDM, çok sayıda alternatif arasından birbiri ile çelişen kriterler altında seçim yapma süreci olarak tanımlanabilir. MCDM yöntemlerini kullanmanın temel amacı alternatif ve kriter çeşitliliği durumunda karar verme sürecini kontrol altında tutabilmek ve karara olabildiğince kolay ve hızlı ulaşmaktır. MCDM; olası kararlar ile bu kararlara ilişkin nitelikleri ve değerlendirme kriterlerini tanımlayıp kriterin belirlendiği bir fayda fonksiyonunu da hesaba katarak problemin tanımlanması olarak ifade edilebilir [71].

Literatürde MCDM problemlerinin çözümü için araştırmacılar tarafından AHP, Analitik Ağ Süreci (Analytic Network Process-ANP), TOPSIS, Gerçeği Yansıtan Eleme ve Seçim Yöntemi (Elemination and Choise Translating Reality English-ELECTRE), DEA ve VIKOR gibi birçok yöntem kullanılmaktadır.

1.3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP)

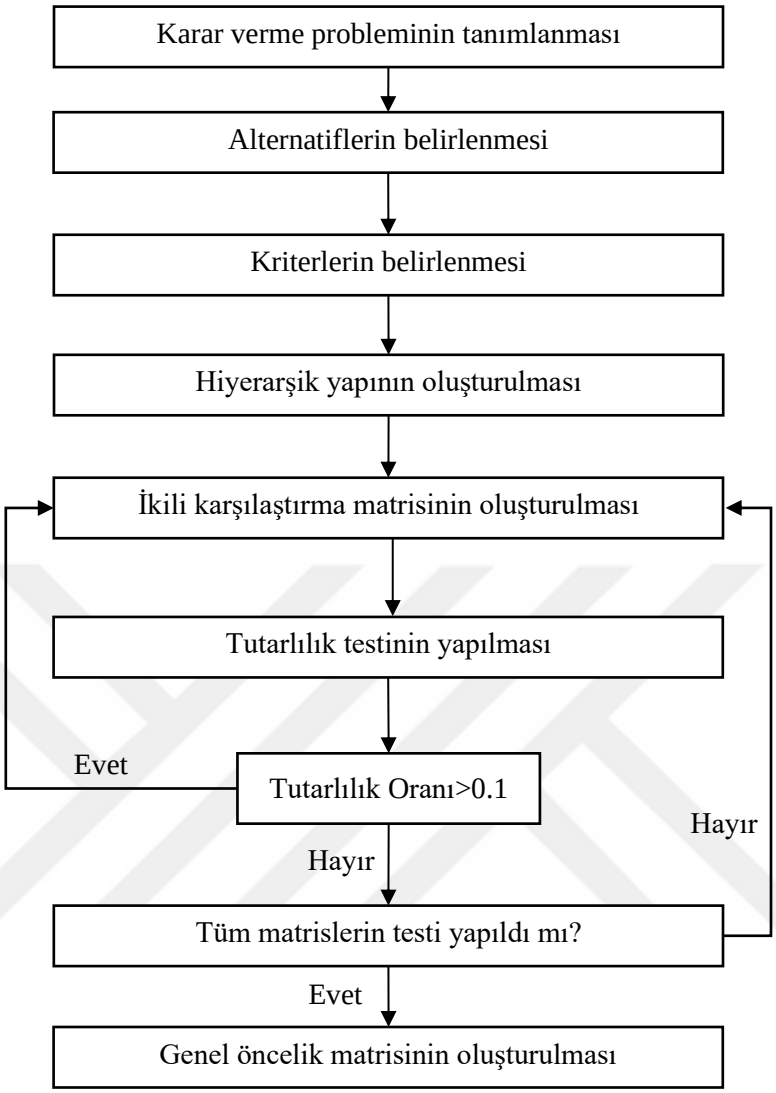
Analitik Hiyerarşi Süreci, çok sayıda alternatif içinden seçim yapmada yararlanılan ve birden fazla karar vericinin süreçte yer alabildiği MCDM yöntemlerinden biridir. Seçim sürecinde yer alan kriterler nicel ya da nitel olabilir. Karar vericilerin tecrübeleri ve bilgileri AHP yöntemi sayesinde karar verme sürecine dahil edilirler. Çok kriterli bir karar verme

problemi için Analitik Hiyerarşi Sürecine ilişkin, bir ana hedefi, üç kriteri ve dört alternatifi olan örnek bir hiyerarşik yapı Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. Analitik Hiyerarşi Sürecinin yapısı

Bir problemi AHP yöntemi ile çözmek için Şekil 2'de verilen akış diyagramında belirtilen işlem adımları uygulanır [72–74]. AHP'de ilk adım; karar verilmesi gereken sorunun AHP yöntemi ile çözülüp çözülemeyeceğinin belirlenmesidir. Uzman görüşleri doğrultusunda problemin AHP yöntemi ile çözülebileceği belirlendikten sonra problem, ilk önce çözülebilir alt problemlere ayırılır. Daha sonra, amaç doğrultusundaki kriterlerin ve bu kriterlere ilişkin alt kriterler belirlenip hiyerarşik yapı oluşturulmalıdır. Diğer bir ifade ile AHP' de öncelikle amaç belirlenir ve bu amaç doğrultusunda her bir kriter ortaya konur. Daha sonra hedefe ilişkin alternatifler belirlenir. AHP'nin bir sonraki adımı; ikili karşılaştırmalar ile öncelik matrislerinin oluşturulmasını içermektedir. İkili karşılaştırma terimi iki kriterin birbirleri ile karşılaştırılması anlamına gelir ve karar vericinin kişisel yargısına dayanır [75].



Şekil 2. Analitik Hiyerarşi Sürecinin akış diyagramı

Birden fazla amaç fonksiyonunun en iyilenmesinin istendiği bir MCDM probleminde amaçlara ilişkin n tane kriterin mevcut olması durumunda $(n\,x\,n)$ boyutlu bir kriter karşılaştırma matrisi oluşturulur, bu matris A ile ifade edildiğinde, matrisin (i,j) elemanı; i. kriterin j. kritere göre önem derecesini gösterir [76]. AHP yönteminde kriterler arasında karşılaştırma yapılırken genellikle Saaty [77] tarafından önerilen 1-9 önem skalası kullanılır. Yapılacak çalışmaya göre 1-5, 1-7, 1-15 ve 1-20 gibi önem skalaları literatürde mevcuttur [78]. Çalışmalarda en yaygın olarak kullanılan 1-9 önem skalasıdır. Söz konusu 1-9 önem skalası Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Analitik hiyerarşi sürecinde kullanılan 1-9 önem skalası

ÖNEM DERECESİ	TANIM	AÇIKLAMA
1	Eşit önem	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor.
3	Bir faktörün diğerine göre orta derecede önemli olması	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor.
5	Kuvvetli düzeyde önem	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli derecede tercih ettiriyor
7	Çok kuvvetli düzeyde önem	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor.
9	Aşırı düzeyde önem	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahiptir.
2, 4, 6, 8	Ara değerleri	Uzlaşma gerektiğinde kullanmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerlerdir.

Farklı kriterlerin Tablo 2'de gösterildiği gibi ikili karşılaştırmaları yapılarak kriterler için karşılaştırma matrisi oluşturulur. Eğer hiyerarşinin belirlenen düzeyi, karşılaştırılacak n adet eleman içeriyor ise toplam $n(n-1)/2$ adet ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur [76].

Tablo 2. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi

	Kriter 1	⋯	**Kriter *j***	⋯	**Kriter *n***
Kriter 1	1	⋯	$a_{1j} = 1/a_{j1}$	⋯	$a_{1n} = 1/a_{n1}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Kriter *i*	$a_{i1} = 1/a_{1i}$	⋯	$a_{ij} = 1/a_{ji}$	⋯	$a_{in} = 1/a_{ni}$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
Kriter *n*	$a_{n1} = 1/a_{1n}$	⋯	$a_{nj} = 1/a_{jn}$	⋯	1

a_{ij}, i. kriter ile j. kriterin ikili karşılaştırma değeri olarak gösterilecek olursa, a_{ij} değeri $1/a_{ji}$ eşitliğinden elde edilir. Bu özelliğe karşılık olma özelliği denir [77]. Daha farklı şekilde açıklamak gerekirse, a_{ij} terimi, amaçların gerçekleşmesi için i. kriterin j. kriterden ne kadar daha önemli olduğunu ifade etmektedir. Örneğin bu değer 5 ise, i. kriterin j. kritere

göre kuvvetli düzeyde, önemli olduğu anlaşılmaktadır. Bu duruma benzer şekilde, j. kriter de i. kritere göre 1/5 düzeyinde önemli olmaktadır [79]. İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra, matristeki her eleman Eşitlik 1 ile kendi sütun toplamına bölünerek normalize edilir.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} a_{ij}} \tag{1}$$

Normalize edilmiş matrisin her bir sütun toplamı 1 olur. Normalize edilmiş matrisin Eşitlik 2'de verilen matematiksel ifade ile her bir sütun toplamı, matrisin boyutuna bölünerek ortalaması alınır. Bulunan bu değerler her bir ölçüt için hesaplanan önem ağırlıklarıdır. Bu ağırlıklardan oluşturulan vektör öncelik vektörü olarak adlandırılır.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{j=1}^{n} a'_{ij} \tag{2}$$

Kriterler arasındaki karşılaştırma sonucu belirlenen değerler ile ikili karşılaştırma matrisini oluşturduktan sonra bu karşılaştırmanın tutarlı olup olmadığı kontrol edilir. İkili karşılaştırma matrisinin tutarlı olup olmadığını belirleyebilmek için birçok yöntem vardır. Bu yöntemlerden birinde Tutarlılık İndeksi (Consistency Index-CI) adı verilen katsayının hesaplanması gerekir. CI, Eşitlik 3 kullanılarak,

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{3}$$

biçiminde hesaplanır [74,80]. CI değerini hesaplayabilmek için özdeğer olarak adlandırılan λ_{max}, Eşitlik 4 yardımıyla elde edilir.

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij} . w_j}{w_i} \right] \tag{4}$$

Tutarlılığı değerlendirebilmek için Rassal İndeks (Random Indeks-RI) değerinin bilinmesi gerekir. RI, boyutu en çok 15 olan matrisler için hesaplanabilmektedir. Her bir matris boyutu n için RI değerleri Tablo 3'te verilmiştir [81].

Tablo 3. Rassal indeks değerleri

n	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.53	1.56	1.57	1.59

CI ve RI belirlendikten sonra Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio-CR) Eşitlik 5 ile hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{5}$$

CR'nin, 0.10'dan küçük çıkması durumunda oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verilir. Bu oranın aşılması durumunda matrisin tutarsız olduğu kararı verilerek ikili karşılaştırma matrisinin yeniden düzenlenmesi gerekir.

Kriterlerin amaca göre sıralamalarını belirleyebilmek için ana kriterlerin varsa alt kriterlerin kendi aralarında ve alternatiflerin ise her bir kritere göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak öncelik vektörlerinin belirlenmesi gerekir. Kriterlerin genel önceliklerini belirleyebilmek için alt kriterlerin yerel öncelikleri ile ana kriterlerin önceliği çarpılmalıdır. Böylece kriterlerin genel ağırlığı belirlenmiş olur. Her bir kriterin genel ağırlığı ile seçeneklerin o alt kritere göre olan tercih değerleri çarpılarak her bir alternatifin ağırlıklı değeri belirlenir. Alternatiflerin ağırlıklı değerleri toplanarak o alternatifin sıralama değeri bulunur ve böylece en uygun alternatif belirlenir [82].

1.4. Bulanık Mantık

Bulanık Mantık yaklaşımı ilk olarak Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya konulmuştur [83]. Zadeh, çalışmasında insan düşüncesinin bulanıklığından söz etmiştir ve 0 ve 1 ile temsil edilen klasik mantık sisteminin bu düşünceleri açıklamakta yetersiz kaldığını savunmaktadır. İnsan mantığının çalışmalara uygulanması için matematiksel modellere ihtiyaç duyulur. Matematiksel olarak bulanıklık çok değerlilik anlamına gelmektedir. Klasik mantıkta ikili değer mevcuttur. Zadeh, özelliklerin ikili değer fonksiyonlarıyla ifade edildiği klasik kümeler yerine, dereceli üyelik fonksiyonlarıyla ifade edildiği bulanık kümelerin tanımlanması gerektiğini önermiştir. Bulanık mantık insan mantığında olduğu gibi, sadece

kesin değerleri değil ara değerleri de dikkate almaktadır. Çok sıcak, ılık, soğuk ve çok soğuk gibi dilsel terimler bulanık ifadelerdir.

Klasik mantık uygulamalarında karşılaşılan, belirsiz durumların ifade edilememesi şeklinde ortaya çıkan zorluklar nedeniyle, bulanık mantık alternatif yöntem olarak çok hızlı gelişmiştir. Zadeh'e göre bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır. Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklinde olabilir ve her şey [0,1] aralığında belirli bir üyelik derecesi ile gösterilir. Ayrıca her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir [84].

Bulanık küme, bir elemanın farklı üyelik dereceleri ile birden fazla kümeye ait olmasına olanak sağlamaktadır. Yani bir eleman birden fazla bulanık kümenin elemanı olabilir. Üyelik fonksiyonları, bir elemanın bir kümeye ne kadar ait olduğunu belirleyen fonksiyonlardır. Üyelik derecesinin 0 olması durumu, elemanın o kümeye ait olmadığını, 1 olması durumu ise kesin olarak o elemanın o kümeye ait olduğunu gösterirken, 1'e yakın değerler elemanın yüksek derecede o kümeye ait olduğunu, 0'a yakın değerler ise düşük derecede o kümeye ait olduğunu gösterir. Dolayısıyla, klasik mantıkta üyelik fonksiyonları $\{0,1\}$ değerlerini alırken; bulanık mantıkta üyelik fonksiyonları [0,1] aralığında tüm değerleri alabilir.

Klasik mantıkta karakteristik fonksiyon, $\mu_A: E \rightarrow \{0,1\}$ biçiminde gösterilirken, bulanık mantıkta $\mu_{\tilde{A}}: E \rightarrow [0,1]$ biçiminde üyelik fonksiyonu olarak ifade edilir. A bulanık kümesi, $\mu_{\tilde{A}}: E \rightarrow [0,1]$ A'nın üyelik fonksiyonu ve $\mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1]$ $x \in E$'nin A bulanık kümesine ait olma üyelik derecesini göstermek üzere $\tilde{A} = \{(x, \mu_A(x))/x \in A\}$ olarak yazılabilir. Bu durumda E'de bir bulanık küme olan A kümesi;

$$\tilde{A} = \left\{ \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_2)}{x_2} + \cdots + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_n)}{x_n} \right\} \tag{6}$$

biçimindedir ve genel olarak,

$$\tilde{A} = \left\{ \sum \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i} \right\} \tag{7}$$

biçiminde ifade edilebilir [83].

1.4.1. Bulanık Sayılar

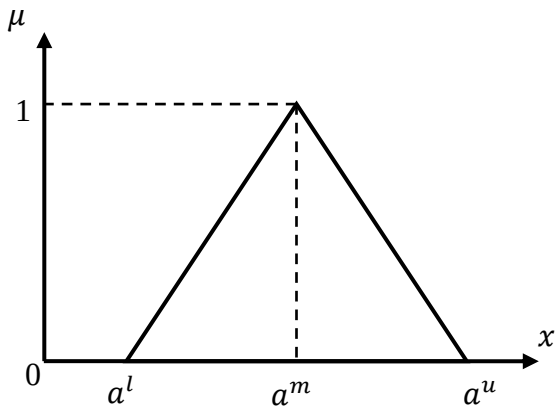
Bazı sayısal büyüklükler insanlar tarafından kesin bir şekilde tanımlanamamaktadır. Bulanık sayılar bu tür kesin olmayan sayısal büyüklüklerin ifade edilmesinde kullanılmaktadır. Kesin olmama durumu "çok", "yaklaşık", "biraz" gibi kelimelerle sayıların nitelendirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bulanık sayılar üyelik fonksiyonunun durumuna göre adlandırılırlar, dolayısıyla üyelik fonksiyonu çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi mevcuttur. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde en sık kullanılan bulanık sayılar; üçgen ve yamuk bulanık sayılardır [85].

1.4.1.1. Üçgen Bulanık Sayılar

Üçgen bulanık sayılar (a^l, a^m, a^u) biçiminde üç parametre ile ifade edilmektedir. Burada a_m üçgen üyelik fonksiyonunun merkezini gösteren sayıdır. a^l ve a^u ise üçgen üyelik fonksiyonunun sırasıyla alt ve üst sınırlarını temsil etmektedir. $\tilde{A} = (a^l, a^m, a^u)$ ile ifade edilen üçgen bulanık sayı için üyelik fonksiyonu matematiksel olarak;

$$\mu_{\tilde{A}}(x; a^l, a^m, a^u) = \begin{cases} \dfrac{x - a^l}{a^m - a^l}, & a^l < x \leq a^m \\ \dfrac{a^u - x}{a^u - a^m}, & a^m \leq x < a^u \\ 0 \quad , & x \geq a^u \; ve \; x \leq a^l \end{cases} \tag{8}$$

biçiminde ifade edilmektedir ve Şekil 3'te yer almaktadır.



Şekil 3. Üçgen üyelik fonksiyonu

Şekil 3'te x değerinin a^l alt ve a^u üst sınırları arasındaki her noktasına Eşitlik 8'de yer alan üyelik fonksiyonu kullanılarak ayrı bir üyelik derecesi atanmış olup, $[a^l, a^m]$ aralığına sol yayılım, $[a^m, a^u]$ aralığına sağ yayılım denir. $(a^m - a^l) = (a^u - a^m)$ olduğunda üçgen bulanık sayı, simetrik üçgen bulanık sayı olarak adlandırılmaktadır [1,84–86].

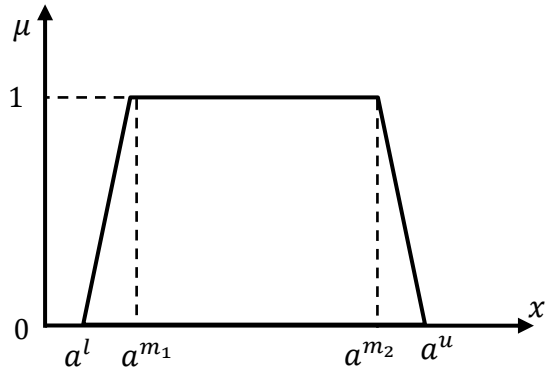
1.4.1.2. Yamuk Bulanık Sayılar

Yamuk bulanık sayılar $(a^l, a^{m_1}, a^{m_2}, a^u)$ biçiminde dört parametre ile ifade edilir. Burada $[a^{m_1}, a^{m_2}]$ yamuk üyelik fonksiyonun 1 değerini aldığı aralığı ifade eder. a^l ve a^u sırasıyla yamuk üyelik fonksiyonunun alt ve üst sınırlarını temsil etmektedir.

$\tilde{A} = (a^l, a^{m_1}, a^{m_2}, a^u)$ ile ifade edilen bir yamuk bulanık sayı için üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{\tilde{A}}(x; a^l, a^{m_1}, a^{m_2}, a^u) = \begin{cases} \dfrac{x - a^l}{a^{m_1} - a^l}, & a^l < x < a^{m_1} \\ 1 \quad , & a^{m_1} \le x \le a^{m_2} \\ \dfrac{a^u - x}{a^u - a^{m_2}}, & a^{m_2} < x < a^u \\ 0, & x \ge a^u \; veya \; x \le a^l \end{cases} \tag{9}$$

biçiminde ifade edilmektedir ve Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 4. Yamuk üyelik fonksiyonu

Şekil 4'te $[a^l, a^{m_1}]$ aralığına sol yayılım, $[a^{m_2}, a^u]$ aralığına sağ yayılım adı verilmektedir. $(a^{m_1} - a^l) = (a^u - a^{m_2})$ eşitliği sağlandığında bulanık sayı simetrik yamuk

bulanık sayı olarak adlandırılır. $a^{m_1} = a^{m_2}$ olduğunda yamuk bulanık sayı üçgen bulanık sayıya dönüşmektedir [1].

1.4.2. Bulanık Sayılarda İşlemler

Bulanık ortamda modelleme problemlerinin çözüm sürecinde bulanık sayılar yer alıyor ise, bulanık sayılar için aritmetik işlemlerin tanımlanması gerekmektedir. Bu kısımda bulanık sayılar ile yapılan aritmetik işlemler ele alınmıştır.

1.4.2.1. Üçgen Bulanık Sayılar İçin Aritmetik İşlemler

$\tilde{A} = (a^l, a^m, a^u)$ ve $\tilde{B} = (b^l, b^m, b^u)$ biçiminde tanımlanan iki üçgen bulanık sayı olsun. Bu iki üçgen bulanık sayı arasındaki aritmetik işlemler;

$$\tilde{A} = \tilde{B} \Leftrightarrow (a^l, a^m, a^u) = (b^l, b^m, b^u) \Leftrightarrow a^l = b^l, a^m = b^m, a^u = b^u \tag{10}$$

$$A = (a^l, a^m, a^u) \Leftrightarrow -(A) = (-a^u, -a^m, -a^l) \tag{11}$$

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a^l + b^l, a^m + b^m, a^u + b^u) \tag{12}$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a^l - b^u, a^m - b^m, a^u - b^l) \tag{13}$$

$$\begin{aligned} &\tilde{A} > 0, \tilde{B} > 0 \Leftrightarrow A \otimes B = (a^l b^l, a^m b^m, a^u b^u) \\ &\tilde{A} < 0, \tilde{B} > 0 \Leftrightarrow A \otimes B = (a^l b^u, a^m b^m, a^u b^l) \\ &\tilde{A} < 0, \tilde{B} < 0 \Leftrightarrow A \otimes B = (a^u b^u, a^m b^m, a^l b^l) \end{aligned} \tag{14}$$

$$\begin{aligned} &\tilde{A} > 0, \tilde{B} > 0 \Leftrightarrow A \oslash B = (a^l / b^u, a^m / b^m, a^u / b^l) \\ &\tilde{A} < 0, \tilde{B} > 0 \Leftrightarrow A \oslash B = (a^u / b^u, a^m / b^m, a^l / b^l) \\ &\tilde{A} < 0, \tilde{B} < 0 \Leftrightarrow A \oslash B = (a^u / b^l, a^m / b^m, a^l / b^u) \end{aligned} \tag{15}$$

biçiminde ifade edilir.

1.4.2.2. Yamuk Bulanık Sayılar İçin Aritmetik İşlemler

$\tilde{A} = (a^l, a^{m_1}, a^{m_2}, a^u)$ ve $\tilde{B} = (b^l, b^{m_1}, b^{m_2}, b^u)$ biçiminde tanımlanan iki yamuk bulanık sayı olsun. Bu iki yamuk bulanık sayı arasındaki aritmetik işlemler;

$$\tilde{A} = \tilde{B} \Leftrightarrow a^l = b^l, a^{m_1} = b_2, a^{m_2} = b^{m_2}, a^u = b^u \tag{16}$$

$$\tilde{A} = (a^l, a^{m_1}, a^{m_2}, a^u) \Leftrightarrow -(\tilde{A}) = (-a^u, -a^{m_2}, -a^{m_1}, -a^l) \tag{17}$$

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a^l + b^l, a^{m_1} + b^{m_1}, a^{m_2} + b^{m_2}, a^u + b^u) \tag{18}$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a^l - b^u, a^{m_1} - b^{m_2}, a^{m_2} - b^{m_1}, a^u - b^l) \tag{19}$$

$$\begin{aligned} &\tilde{A} > 0, \tilde{B} > 0 \Leftrightarrow A \otimes B = (a^l b^l, a^{m_1} b^{m_1}, a^{m_2} b^{m_2}, a^u b^u) \\ &\tilde{A} < 0, \tilde{B} > 0 \Leftrightarrow A \otimes B = (a^l b^u, a^{m_1} b^{m_2}, a^{m_2} b^{m_1}, a^u b^l) \\ &\tilde{A} < 0, \tilde{B} < 0 \Leftrightarrow A \otimes B = (a^u b^u, a^{m_2} b^{m_2}, a^{m_1} b^{m_1}, a^l b^l) \end{aligned} \tag{20}$$

$$\begin{aligned} &\tilde{A} > 0, \tilde{B} > 0 \Leftrightarrow A \oslash B = (a^l / b^u, a^{m_1} / b^{m_2}, a^{m_2} / b^{m_1}, a^u / b^l) \\ &\tilde{A} < 0, \tilde{B} > 0 \Leftrightarrow A \oslash B = (a^u / b^u, a^{m_2} / b^{m_2}, a^{m_1} / b^{m_1}, a^l / b^l) \\ &\tilde{A} < 0, \tilde{B} < 0 \Leftrightarrow A \oslash B = (a^u / b^l, a^{m_2} / b^{m_1}, a^{m_1} / b^{m_2}, a^l / b^u) \end{aligned} \tag{21}$$

biçiminde ifade edilir.

1.5. Portföy Yönetimi

Portföy kelimesi, para ve benzeri eşyaların konulması için kullanılan cüzdan anlamına gelmektedir. Portföy ile ilgili literatürde çeşitli tanımlara yer verilmektedir. Portföy, çeşitli menkul kıymetlerden meydana gelen, ağırlıklı olarak hisse senedi, tahvil gibi menkul kıymetler ve türev ürünlerden oluşan, belirli bir kişi veya grubun elinde bulunan finansal nitelikli kıymetlerdir [87]. Sermaye Piyasası Kurulu (SPK) ise portföyü, bir kişinin ya da kuruluşun sahip olduğu varlıkların tümünü ifade ettiğini açıklamaktadır [88]. Portföylerde kullanılan yatırım araçları, ulusal veya uluslararası para ve sermaye piyasalarından seçilebilir. Bilindiği gibi, menkul kıymetlere yatırım, yatırımcıların tasarruflarını arttırmak amacıyla yapılmaktadır. Her ne kadar portföy belirli menkul kıymetlerden oluşsa da menkul kıymetler arasında bir ilişki olduğundan, portföy, kendine özel, ölçülebilir nitelikleri olan bir varlıktır. Bu nedenle, portföy, içerdiği menkul kıymetlerin basit bir toplamı değildir.

Yatırımcılar kendileri için en az riskle en yüksek getiriyi sağlayacak yatırımları yapma eğilimindedirler. Bu nedenle portföy seçiminde ve yönetiminde planlama çok büyük önem teşkil etmektedir. Yatırım yapılacak varlıklar çok iyi analiz edilmeli ve seçilmelidir. Bu

seçim yapılırken riskin ortaya çıkmasının nedeni, yatırımcıların geleceği kesin olarak bilememesidir. Ancak yatırım yöneticileri ya da yatırımcılar gelecek hakkında kesin olmasa dahi çeşitli tahminlerde bulunabilmektedirler. Bu bilgiler ışığında çeşitli tahminler ve hesaplamalar ile beklenen risk ve beklenen getiri hesapları yaparak yatırımlarını şekillendirirler. Portföy yönetimi, beklenen en yüksek getiriyi en düşük riskle elde etmek için portföyde bulunması gereken finansal varlıkları belirleme ve bu varlıkların hangi oranda portföyde bulunması gerektiği konusunda belirli yöntemleri uygulama süreci olarak ifade edilebilir [89].

1.5.1. Yatırım Kavramı

Yatırımın kelime anlamı, belirli bir değer veya kaynağın, gelir oluşturmak amacı ile kullanılmasıdır. Bu yatırımı yapan bireylere de yatırımcı denilmektedir. Yatırımcılar ellerinde bulundurdukları tasarruflarını arttırmayı amaçlamaktadırlar. Birer yatırımcı olarak düşünüldüklerinde işletmelerin de gelecekteki amaçlarına ulaşabilmeleri ve büyüyerek ilerleyebilmeleri ancak yerinde yatırımlar yapmaları ile mümkündür. Bu durumun yeterince farkında olmayan işletmeler gerileme ve varlıklarını yitirme tehlikesiyle karşı karşıyadırlar. Gelişen teknolojik yeniliklere ayak uydurulması ve bu yenilikleri kullanarak işletme maliyetlerini düşürmeleri ya da ilgili sektörlerin dünya çapındaki yeniliklerini takip etmeleri son derece önem taşımaktadır [90].

Sermaye piyasasının temel kavramlarından biri olan yatırım, maddi ve manevi çıkar, kar, kazanç sağlamak için önceden yapılan harcama olarak tanımlanabilir. Yatırımlar reel yatırımlar ve finansal yatırımlar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Reel yatırımlar arsa ve gayrimenkul gibi fiziksel malları kapsarken, finansal yatırımlar fiziksel olmayan gelecekle ilgili alacak ya da ortaklık hakkı veren senetleri kapsamaktadır.

Yatırım araçlarının iki temel özelliği zaman ve risktir. Yatırımın zaman özelliği tüketim imkanının transfer edildiği gelecek ile bugün arasındaki tercih farkına işaret etmekte, risk özelliği ise gelecekteki tüketim imkanının belirsizliğinden kaynaklanmaktadır. Yatırım araçlarının sağladığı kazançlara “getiri” denir. Getiri; fiyat artışı, faiz geliri, kâr payı, gelir payı gibi farklı şekillerde ortaya çıkabilir. Yatırım yaparken kişilerin ya da şirketlerin birincil amacı getirilerini maksimize etmektir. Yatırım, kazanç elde etmek için yapılır. Ancak, yatırımların sonuçları gelecekte ortaya çıkacağından beklenilen oranda kazanç elde edilemeyebilir. Kazancın beklenilen düzeyden farklı olmasına finans dilinde

“risk” denir. Gelecek hiçbir zaman kesin olmadığından bütün yatırımların riski vardır. Fakat risk türü ve boyutu yatırımdan yatırıma farklılık gösterir.

Dolayısıyla açıkça görülmektedir ki kişilerin ve şirketlerin minimum risk ile getirilerini olabilecek en yüksek seviyede tutmak istemeleri esastır. Ancak yerinde ve zamanında doğru yatırım araçları ile yatırım yapabilmek başlı başına bir problemdir. Özellikle günümüz piyasasında yatırımcılar amaçlarını iyi belirlemeli, piyasaları iyi analiz edebilmeli ve yatırım yapmayı düşündükleri yatırım araçlarını iyi tanımalıdırlar. Sağlıklı bir yatırım ancak bu analizler yeterli şekilde yapıldığında mümkün olacaktır.

1.5.2. Yatırım Araçları

Yatırım kavramından genel olarak bahsedildikten sonra çalışmanın bu bölümünde, literatürde yaygın olarak yer alan ve bu çalışmanın uygulama aşamasında kullanılan portföy seçim problemi için kaynak teşkil edecek olan yatırım araçlarına değinilmiştir.

Menkul kıymetler olarak işlem gören sermaye piyasası araçları; hisse senetleri, tahviller, kâr ve zarar ortaklığı belgeleri, banka ve finansman bonolar, gelir ortaklığı senetleri ve repo, varlığa dayalı menkul kıymetler ve yatırım fonu katılma belgeleri olarak sıralanabilir. Açıkça görülmektedir ki bir portföy oluşturma sürecinin en önemli aşamalarından biri de portföye alınacak yatırım araçlarına karar vermektir. Bu seçim yapılırken esas amaç, portföyün getirisini maksimize edecek yatırım araçlarını portföye dahil etmektir. Bu seçim, yatırım araçları arasında çeşitlendirme yoluna gidilerek gerçekleştirilir. Bu yolla eldeki kaynakları tek bir yatırım aracına aktarmak yerine farklı yatırım araçlarını kullanarak hem üstlenilen risk azaltılmış hem de getiri düzeyi artırılmış olur.

1.6. Portföy Yöntemi Yaklaşımları

Finans literatüründe başarılı portföy oluşturulmasına olanak sağlayan iki temel yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlardan biri geleneksel portföy yönetimi olarak adlandırılan ve daha çok menkul kıymetlerin çeşitlendirilmesi esasına dayanan Geleneksel Portföy Yaklaşımı, diğeri ise matematiksel temele dayanan Modern Portföy Yaklaşımı’dır.

1.6.1. Geleneksel Portföy Yaklaşımı

Geleneksel portföy yaklaşımı, 1950'li yıllara kadar yaygın olarak kullanılmıştır. Geleneksel portföy yaklaşımının amacı, riskin dağıtılması ile yatırımcılara maksimum faydayı sağlamaktır. Portföyde bulunan finansal varlık sayısı ile risk arasında ters yönlü ilişki vardır. Geleneksel portföy yönetimi yaklaşımında temel amaç portföy riskinin azaltılmasıdır. Bu nedenle portföy getirisi geri planda kalmaktadır. Portföyü meydana getiren menkul kıymetlerin getirileri aynı yönde hareket etmeyeceğinden, portföyün riski de tek bir menkul kıymetin riskinden küçük olacaktır. Bu ilkeden hareketle geleneksel portföy yaklaşımı, portföydeki menkul kıymetlerin çeşitlendirilmesi esasına dayanır. Portföyde bulunan finansal varlıkların taşıdığı riske göre beklenen getiriyi sağlayamaması da aşırı çeşitlendirmenin bir sakıncası olarak karşımıza çıkmaktadır [91]. Portföyde aşırı çeşitlendirmenin diğer sakıncaları;

1. Çok sayıda yatırım aracından oluşan portföyler hakkında bilgi elde etmek kolay olmadığından portföyün yönetiminin zor olması,
2. Çok sayıda yatırım aracının portföye eklenmesinin araştırma maliyetlerini arttırması,
3. Çok sayıda yatırım aracı için ciddi bir araştırma yapılamayacağından taşıdığı riske göre getirisi düşük olan yatırım araçlarının satın alınması riski,
4. Çok sayıda yatırım aracı içeren portföyde, yatırım araçlarının sayısının artması ile sık sık alınıp satılması durumundaki komisyon gibi giderleri arttırmasıdır [92,93].

Doğru çeşitlendirme ile en düşük risk seviyesinde en yüksek getiriyi sağlayacak finansal varlıkların portföye dahil edilmesi amaçlanmaktadır. Yatırım çeşitlendirilmesi, finansal varlıkların mantıklı bir şekilde farklı alanlardaki yatırımlarla oluşturulmasıdır. Çeşitlendirmeyle, risk azaltılıp kazanç artırılarak, analiz ve seçim işlemleri kolaylaştırılır. Geleneksel anlamda çeşitlendirme ise, farklı endüstri kollarında farklı menkul kıymetlerin, yatırımcının nitelendireceği portföye katılmasını ifade eder. Çeşitlendirme yapılırken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir:

1. Farklı işletmelerin hisse senetlerinin portföye alınması,
2. Farklı ülkelerdeki işletmelerin hisse senetlerinin portföye alınması,
3. Geçmişte hisse senedi fiyatları birlikte veya aynı yönde hareket etmeyen işletmelere ait hisse senetlerinin portföye alınması,
4. Farklı çeşit ürünler üreten işletmelerin hisse senetlerinin portföye alınması [94].

1.6.2. Modern Portföy Yaklaşımı

Modern portföy yaklaşımı, menkul kıymetleri ayrı ayrı değil de bir bütün şeklinde niteleyen portföyü ele almaktadır. Modern Portföy Yaklaşımı'nın kurucusu Harry Markowitz'dir [95]. Markowitz'in yatırım anlayışına göre; yatırımcı, mümkün olduğu kadar beklenen getiriyi artıracak ve getirilerin varyansını yani riski ise azaltacak bir öngörüde bulunmalıdır.

Menkul kıymetlerden optimal portföy oluşturulabileceğini ve matematiksel bir süreçle çözülebileceğini ileri süren Modern Portföy Yaklaşımı, menkul kıymetlerin risklerini ve beklenen getirilerini çeşitli uygulamalar ile sınırlı tutmaktadır. Sınırlanan portföy, matematiksel süreçle mümkündür. Bu matematiksel süreç, portföy yöneticisinin verdiği karardan sonra uygulanmakta ve verilen kararın mümkün olduğunca doğruyu yansıtmasını amaçlamaktadır. Böyle bir portföy optimizasyonu, modern portföy yaklaşımının en yaygın uygulamalarından biridir.

Markowitz, bir yatırımcının dönem sonunda alabileceği parayı bilmesinin mümkün olamayacağını belirterek, hisse senedinin önceki performanslarından faydalanılarak tahmin edilebileceğini öne sürmüştür. Bu yaklaşıma göre bir yatırımcı; geçmişteki nicel verilere bakarak gelecekle ilgili bir tahmin çalışması yapıp, bu doğrultuda portföy seçimini gerçekleştirmelidir.

Markowitz'e göre, sadece çeşitlendirme yaparak riski azaltmak mümkün değildir. Markowitz modeli ile portföy çeşitlendirilmesi yaparken getiriler arasındaki ilişki de dikkate alınmaktadır. Bu doğrultuda, bilinçli bir yatırımcı menkul kıymetlerin yalnız kendi özelliklerine göre değil, ayrıca her menkul kıymetin diğer menkul kıymetlerle olan ilişkisini de göz önünde bulundurarak tercih yapmalıdır [95].

1.6.2.1. Ortalama-Varyans Portföy Optimizasyonu Yöntemi

Markowitz, Chicago Üniversitesi'nde doktora tezi olarak hazırlamış olduğu tezini 1952 yılında makale olarak yayımlatarak modern portföy teorisinin temelini atmıştır. Geliştirmiş olduğu ortalama-varyans modeli ile ilk defa riskin sayısallaştırılmasını sağlamıştır ve bu eseriyle 1990 yılında Ekonomi bilim dalında Nobel ödülü kazanmıştır. Markowitz'in ortalama-varyans modeli Eşitlik 22' de verildiği gibidir [96].

$$\min \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N} x_i x_j \sigma_{ij}$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_i = 1, \qquad (22)$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_i \mu_i = R,$$

$$0 \leq x_i \leq 1, i = 1, \ldots, N$$

Modelde amaç fonksiyonu, varlıkların portföyde bulunma oranları ile varyans-kovaryans matrisinin çarpımının en küçüklenmesi üzerine kurulmuştur. Seçilen varlıkların portföyde bulunma oranlarının toplamlarının 1 olması kısıtı, yapılacak yatırımın mevcut varlığı aşmamasını sağlanmaktadır. Beklenen getiri ise her bir varlığın portföyde bulunma oranı ile varlığın ortalama getirisinin çarpımlarının toplamlarından elde edilmektedir. Burada,

N : Portföydeki varlıkların sayısı,
x_i : i'inci varlığın portföyde bulunma oranı,
σ_{ij} : i ve j'inci varlığın arasındaki korelasyonu,
μ_i : i'inci varlığın ortalama getirisi,
R : Portföyün beklenen getirisini ifade etmektedir.

Markowitz' in modern portföy alanındaki çalışmaları çeşitli araştırmacılar tarafından geliştirilerek farklı yöntemler öne sürülmeye devam etmiştir. Sharpe [97], Lintner [98] ve Mossin [99] bu araştırmacılardan bazılarıdır. Yapılan araştırmalar sonucunda sermaye varlıklarını fiyatlama modeli geliştirilmiş, model uzun süre kullanıldıktan sonra Richard Roll [100], sermaye varlıklarını fiyatlama modeline alternatif olarak Arbitraj Fiyatlama modelini geliştirmiştir. Yine Markowitz' in modeli üzerinde çalışmalar yaparak doğrusal programlamaya uygun bir çözüm getiren Konno ve Yamazaki [101] de bu araştırmacılardandır.

1.6.2.2. Ortalama-Mutlak Sapma (MAD) Portföy Optimizasyonu Yöntemi

Portföy teorisinin temelini oluşturan ortalama varyans modeli en küçük risk ile en yüksek ortalama getiri oranının hedefleyen portföy dağılımını elde etmek için kullanılan

karesel yapıda bir modeldir. Birçok araştırmacı bu modeli temel alarak farklı alternatif modeller geliştirmişlerdir. Konno ve Yamazaki [101] 1991 yılında bu yönteme alternatif olarak Ortalama Mutlak Sapma yöntemini geliştirmişlerdir. Temel olarak Ortalama Varyans modeli ile MAD modeli birbirlerine benzemelerine karşın, risk fonksiyonu noktasında birbirlerinden ayrılırlar. MAD yönteminde, Ortalama Varyans yönteminin amaç fonksiyonundaki varyans yerine ortalama mutlak sapma kullanılmıştır. Böylece, Ortalama Varyans portföy seçim problemi bir karesel programlama probleminden doğrusal programlama problemine dönüşmüştür [102]. L_1 risk fonksiyonu olarak adlandırılan Ortalama Mutlak Sapma yönteminin matematiksel modeli [101]:

$$w(x) = E\left[\left|\sum_{j=1}^{n} R_j x_j - E\left[\sum_{j=1}^{n} R_j x_j\right]\right|\right] \tag{23}$$

biçiminde tanımlanır. Bu fonksiyon aynı zamanda minimum yapılacak amaç fonksiyonudur. Böylece alternatif L_1 risk probleminin matematiksel modeli;

$$\begin{aligned} &\min E\left[\left|\sum_{j=1}^{n} R_j x_j - E\left[\sum_{j=1}^{n} R_j x_j\right]\right|\right] \\ &\sum_{j=1}^{n} E[R_j] x_j \geq \rho M_0, \\ &\sum_{j=1}^{n} x_j = M_0, \\ &0 \leq x_j \leq u_j, \;\; j = 1, \dots, n \end{aligned} \tag{24}$$

biçiminde kurulur. Burada,

R_j : j. varlığın getirisi,

r_j : j. hisse senedinin ortalama getiri oranı,

x_j : j. hisse senedine yapılan yatırım payı,

ρ : Yatırımcının istediği minimal getiri oranı,

M_0 : Toplam yatırım miktarı,

u_j : j. hisse senedine yapılabilecek yatırımın üst sınırını temsil etmektedir.

Tarihi verilerden elde edilen $t(t = 1, \dots, T)$ süreci boyunca R_j rastgele değişkeninin gerçekleşmesi r_{jt} olsun. Bu durumda beklenen getiri,

$$r_j = E[R_j] = \sum_{t=1}^{T} r_{jt}/T \tag{25}$$

biçiminde elde edilir. Risk fonksiyonu olarak tanımlanan $w(x)$,

$$w(x) = E\left[\left|\sum_{j=1}^{n} R_j x_j - E\left[\sum_{j=1}^{n} R_j x_j\right]\right|\right] = \frac{1}{T}\sum_{t=1}^{T}\left|\sum_{j=1}^{n}(r_{jt} - r_j)x_j\right| \tag{26}$$

biçiminde yazıldığında Eşitlik 24 ile verilen problem,

$$\begin{aligned} &\min \sum_{t=1}^{T}\left|\sum_{j=1}^{n} a_{jt}x_j\right|/T \\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n} r_j x_j \geq \rho M_0, \\ &\textstyle\sum_{j=1}^{n} x_j = M_0, \\ &0 \leq x_j \leq u_j, \;\; j = 1, \dots n \end{aligned} \tag{27}$$

biçiminde yazılır. Problemi daha basit hale indirgemek için,

$$\begin{aligned} &a_{jt} = r_{jt} - r_j, \\ &\left|\sum_{j=1}^{n} a_{jt}x_j\right| = y_t \end{aligned} \tag{28}$$

olarak tanımlanırsa Eşitlik 27 ile verilen doğrusal programlama probleminin eşdeğeri,

$$\begin{aligned} &\min \sum_{t=1}^{T}\frac{y_t}{T} \\ &y_t + \sum_{j=1}^{n} a_{jt}x_j \geq 0, \\ &y_t - \sum_{j=1}^{n} a_{jt}x_j \geq 0, \\ &\sum_{j=1}^{n} r_j x_j \geq \rho M_0, \quad i = 1, \dots n, \end{aligned} \tag{29}$$

$$\sum_{j=1}^{n} x_j = M_0,$$

$$a_{jt} = r_{jt} - r_j,$$

$$0 \leq x_j \leq u_j, \qquad j = 1, \dots, n, \qquad t = 1, \dots T.$$

biçimindedir. Burada;

T : İncelenen dönem sayısı,

t : T dönemi içindeki herhangi bir *t.* dönemi,

r_{jt} : t dönemi boyunca j. hisse senedinin gerçekleşen getiri oranı,

y_t : Yardımcı değişkenlerdir.

1.6.2.3. Kısıtlı Bulanık AHP (CFAHP) Yöntemi

Kısıtlı Bulanık AHP yöntemi, kullanılabilir tüm bilgileri hesaba katabilmek için bulanık AHP içinde dikkate alınması gereken kısıtlamalar üzerine odaklanmaktadır. Bu yöntem portföy seçimi sürecinde alternatiflerin ağırlıklarının hesaplanmasında da kullanılmaktadır. Üçgen bulanık sayı kullanan CFAHP yöntemi ile alternatiflerin ağırlıkları Eşitlik 24-26 ile hesaplanmaktadır. MCDM problemlerinden portföy seçimi probleminin çözüm sürecinde kullanılan üçgen bulanık karşılaştırma matrisindeki $i.$ kritere ilişkin bulanıklık skoru $S_i = (S_i^l, S_i^m, S_i^u)$ ile verilir ve burada l, m ve u indisleri sırasıyla üçgen bulanık sayının alt, merkez ve üst parametrelerini temsil etmektedir. Enea ve Piazza [42] tarafından önerilen CFAHP yöntemine göre $i.$ kritere ilişkin bulanıklık skorunun merkez değeri S_i^m Eşitlik 30 ile verilen matematiksel model;

$$S_i^m = \left(\prod_{j=1}^{n} m_{ij} \right)^{1/n} \Bigg/ \sum_{k=1}^{n} \left[\left(\prod_{j=1}^{n} m_{kj} \right)^{1/n} \right] \qquad (i, j, k = 1, \dots, n) \qquad (30)$$

biçiminde, $i.$ kritere ilişkin bulanıklık skorunun alt sınır değeri S_i^l Eşitlik 31 ile verilen matematiksel model;

$$S_i^l = \min\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}\right] \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right] \qquad (i,j,k=1,\dots,n)$$
$$a_{kj} \in \left[l_{kj}, u_{kj}\right], \quad \forall j > k; \quad a_{jk} = \frac{1}{a_{kj}}, \quad \forall j < k; \quad a_{jj} = 1 \tag{31}$$

biçiminde, i. kritere ilişkin bulanıklık skorunun üst sınır değeri S_i^u Eşitlik 32 ile verilen matematiksel model;

$$S_i^u = \max\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}\right] \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right] \qquad (i,j,k=1,\dots,n)$$
$$a_{kj} \in \left[l_{kj}, u_{kj}\right], \quad \forall j > k; \quad a_{jk} = \frac{1}{a_{kj}}, \quad \forall j < k; \quad a_{jj} = 1 \tag{32}$$

biçiminde hesaplanır [42].

Bu çalışmada, $S_i = (S_i^l, S_i^m, S_i^u)$ bulanık skoru yamuk bulanık sayılar için geliştirilerek bütün parametrelerinin elde edilmesi ile bu bulanık skor portföy seçimi sürecinde belirlenecek kriterlerin ağırlıkları ve bu ağırlıklar bir sonraki aşamada oluşturulacak olan bulanık doğrusal programlama probleminin amaç fonksiyonunda fiyat değişkeni olarak kullanılmıştır.

1.6.2.4. Koşullu Riske Maruz Değer (CVaR)

Koşullu riske maruz değer (CVaR) yöntemi, riske maruz değer (VaR) yöntemine getirilen eleştirilerden yola çıkarak tasarlanan bir modeldir. VaR, normal piyasa koşullarında, belirli bir elde tutma süresi için belirli bir güven düzeyinde ortaya çıkması beklenen en yüksek kayıp tutarını gösteren finansal bir araçtır [103]. Finansal kuruluşların kullandığı en yaygın risk ölçüsüdür. VaR değerinin matematiksel tanımı,

$$VaR_\alpha = \min\{l \in \Re : P(L > 1) \leq \alpha\} = \min\{l \in \Re : F_L(l) \geq 1 - \alpha\} \tag{33}$$

biçimindedir. Burada,

L : Gözlemlenen kayıp oranı,

l : Kayıp eşik değeri,

α : Güven düzeyi,

olarak tanımlanır [104]. Burada, $(1-\alpha)$ için kullanılan değer genellikle %95 veya %99'dur. Finans sektöründe VaR değeri risk ölçüsü olarak yaygın kullanılmasına rağmen araştırmacılar tarafından çarpık dağılımlar için verimsiz bir risk ölçüsü olduğundan ve çeyreklik dışında herhangi bir bilgi vermediğinden eleştirilmektedir [105]. VaR ile yalnızca %95 ya da %99 güven sınırları içinde belli bir eşiğin altına düşen risk ölçülmekte, VaR'ın ötesindeki yani eşiğin dışında kalan risk ölçülememektedir. Ekonomideki ani kriz ve şok durumlarında kuyruk dağılımlarını tahmin etmekte VaR yetersiz kalmaktadır. Bu durumda olan dağılımlar için CVaR tercih edilmektedir. Bu nedenle CVaR, VaR'ın ötesindeki riski nicelleştirmek için önerilmektedir ve aynı zamanda tutarlı bir risk ölçüsüdür [106,107].

1.7. Bulanık Doğrusal Programlama

Doğrusal programlama, değişkenler üzerine belirlenen doğrusal kısıtlar sağlanacak şekilde doğrusal bir amaç fonksiyonunun en büyük ya da en küçük değerini belirleyen en iyileme yöntemi olarak tanımlanır. Bulanık doğrusal programlama ise doğrusal programlamanın bulanık ortamda karar vermek için genişletilmiş halidir. Bulanık doğrusal programlama problemleri, bulanıklık kavramının ele alınış şekillerine göre çeşitli sınıflara ayrılmıştır. Doğrusal programlama probleminin matematiksel yapısında yer alan a_{ij}(kısıtlara ilişkin katsayılar), b_i (sağ yan değerleri) ve , c_j (fiyat değişkenleri) parametrelerinin çeşitli kombinasyonlarda bulanık olmaları durumlarına göre bu sınıflar ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında amaç fonksiyonu parametrelerinin bulanık olması durumu ele alınacağından bu durumda ortaya çıkacak olan bulanık doğrusal programlama probleminin çözümüne ilişkin yönteme izleyen bölümde yer verilmiştir.

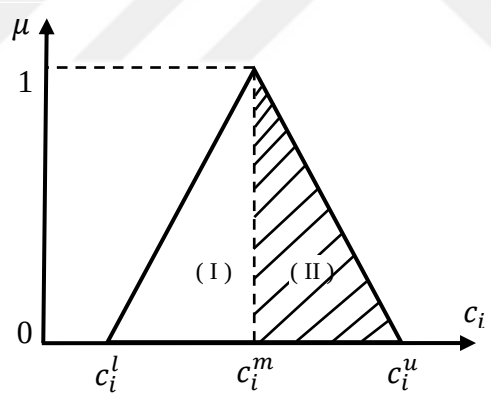
1.7.1. Amaç Fonksiyonunun Bulanık Olduğu Durumda Doğrusal Programlama Probleminin Çözüm Yöntemi

Kısıtlı bulanık AHP yönteminden elde edilen bulanık skorlar, oluşturulan bulanık doğrusal programlama probleminin amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenleri olarak kullanılmaktadır. Amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenlerinin yamuk bulanık sayılardan

oluşması durumunda doğrusal programlama probleminin çözülebilmesi için literatürde mevcut olan bir yöntem ele alınmıştır. Lai ve Hwang 1992 yılında yapmış oldukları çalışmalarında doğrusal programlama probleminin amaç fonksiyonunun katsayılarının belirsiz olduğu durumu ele almışlardır [9]. Uygulamalarında amaçları, belirsiz olan kârın mümkün olan değerini maksimize etmek, daha düşük kâr elde etme riskini en aza indirmek ve daha yüksek kâr elde etme olasılığını en üst düzeye çıkarmaktır. Amaç fonksiyonunda fiyatlara karşılık gelen c_i parametresinin bulanık sayı olması durumunda doğrusal programlama problemi Eşitlik 43'te verildiği gibi modellenir.

$$\max_{x \in X} \sum_{i=1}^{n} \tilde{c}_i x_i$$
$$x \in X = \{x \mid Ax \leq b \; ve \; x \geq 0\} \tag{34}$$

Burada amaç fonksiyonu katsayıları üçgensel bulanık sayılar olup $\tilde{c}_i = (c_i^l, c_i^m, c_i^u)$ biçiminde ifade edilirler ve Şekil 5'te verildiği gibi üçgen olasılık dağılımına sahiptirler.



Şekil 5. $\tilde{c}_i$'nin üçgen olasılık dağılımı

Fiyatlara karşılık gelen c_i parametrelerinin üçgen bulanık sayı olması durumunda Eşitlik 35 ile verilen probleme ilişkin amaç fonksiyonu,

$$\max_{x \in X} \sum_{i=1}^{n} [(c^m)^T x, (c^l)^T x, (c^u)^T x)] \tag{35}$$

biçimine dönüşür. Burada, $c^m = (c_1^m, c_2^m, \dots, c_n^m)$, $c^l = (c_1^l, c_2^l, \dots, c_n^l)$ ve $c^u = (c_1^u, c_2^u, \dots, c_n^u)$ şeklindedir. Böylece amaç fonksiyonu üçgen olasılık dağılımından oluşan kesin olmayan bir amaç fonksiyonu olarak belirlenir. Bu bulanık amaç fonksiyonu, geometrik olarak üç köşe noktası ile,

$$[((c^m)^T x, 1), ((c^l)^T x, 0), ((c^u)^T x, 0)] \tag{36}$$

biçiminde tanımlanır. Böylece, bu üç kritik noktanın sağ tarafa doğru Şekil 6'da izlendiği gibi ötelenmesi ile bulanık hedefin en büyüklenmesi sağlanır. Olasılık dağılımının üçgen şeklini (normalliğini ve dışbükeyliğini) korumak için küçük değişikliler yapmak gerekir. Eşitlik 35 ile verilen amaç fonksiyonunu en büyüklemek;

$$[(c^m)^T x - (c^l)^T x] \tag{37}$$

biçiminde verilen Eşitlik 37'yi en küçüklemek ve eşzamanlı olarak,

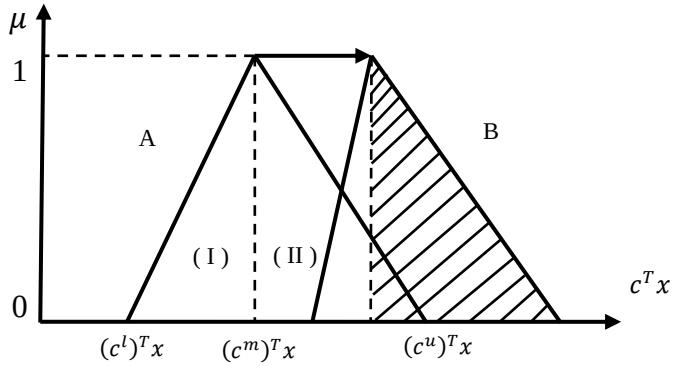
$$(c^m)^T x, \tag{38}$$

$$(c^u)^T x - (c^m)^T x \tag{39}$$

biçiminde verilen Eşitlik 38 ve Eşitlik 39'u en büyüklemek ile eşdeğerdir. Burada Eşitlik 35 ile verilen amaç fonksiyonunu en büyüklemek için, $[(c^u)^T x - (c^m)^T x]$, $(c^m)^T x$ ve $[(c^m)^T x - (c^l)^T x]$ fonksiyonlarına bağlı alt amaç fonksiyonları,

$$\begin{aligned} &\min z_1 = (c^m - c^l)^T x, \\ &\max z_2 = (c^m)^T x, \\ &\max z_3 = (c^u - c^m)^T x,\ x \in X. \end{aligned} \tag{40}$$

biçiminde ifade edilir. Eşitlik 40 ile verilen amaç fonksiyonlarının optimizasyonu ile kesin olmayan kârın mümkün olan en yüksek değerinin elde edilmesi sağlanır. Aynı zamanda olasılık dağılımının sol yayılımı en aza indirilir. Yani "daha düşük kâr elde etme riski" ni ifade eden ve Şekil 6'da işaret edilen, Bölge I' i en aza indirgemek anlamına gelir. Ayrıca, "daha yüksek kâr elde etme olasılığı" anlamına gelen Bölge II maksimum yapılmış olur.



Şekil 6. max $\tilde{c}^T x$ için çözüm stratejisi

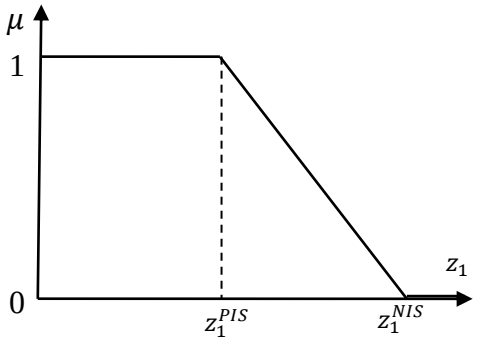
Eşitlik 40'ta verilen amaç fonksiyonlarını en iyilemek için, Çok Ölçütlü Doğrusal Programlama tekniklerinden herhangi biri kullanılabilir. Bu çalışmada, Zimmerman'ın bulanık programlama yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak, üç amaç fonksiyonunun Pozitif İdeal Çözümü (PIS) ve Negatif İdeal Çözümü (NIS) Eşitlik 41-43 ile elde edilir [108].

$$z_1^{PIS} = \min_{x \in X} (c^m - c^l)^T x \qquad z_1^{NIS} = \max_{x \in X} (c^m - c^l)^T x \tag{41}$$

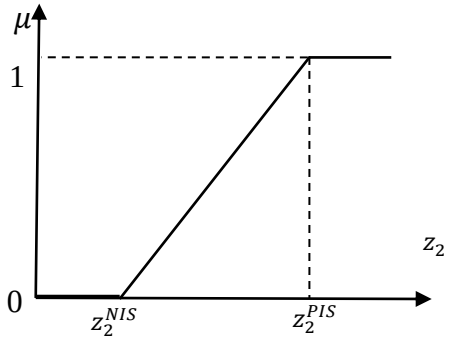
$$z_2^{PIS} = \max_{x \in X} (c^m)^T x \qquad z_2^{NIS} = \min_{x \in X} (c^m)^T x \tag{42}$$

$$z_3^{PIS} = \max_{x \in X} (c^u - c^m)^T x \qquad z_3^{NIS} = \min_{x \in X} (c^u - c^m)^T x \tag{43}$$

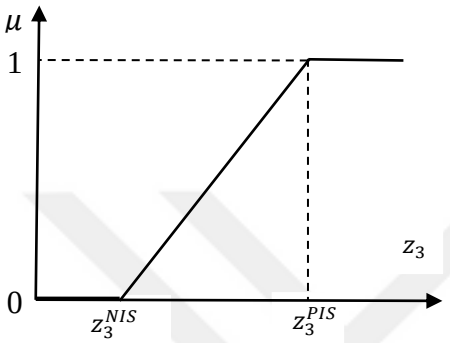
Daha sonra Eşitlik 41-43 ile verilen amaç fonksiyonlarının doğrusal üyelik fonksiyonları sırası ile;



$$\mu_{z_1} = \begin{cases} 1 & z_1 < z_1^{PIS} \\ \dfrac{z_1^{NIS} - z_1}{z_1^{NIS} - z_1^{PIS}} & z_1^{PIS} \le z_1 \le z_1^{NIS} \\ 0 & z_1 > z_1^{NIS} \end{cases} \tag{44}$$



$$\mu_{z_2} = \begin{cases} 1 & z_2 > z_2^{PIS} \\ \dfrac{z_2 - z_2^{NIS}}{z_2^{PIS} - z_2^{NIS}} & z_2^{NIS} \le z_2 \le z_2^{PIS} \\ 0 & z_2 < z_2^{NIS} \end{cases} \qquad (45)$$



$$\mu_{z_3} = \begin{cases} 1 & z_3 > z_3^{PIS} \\ \dfrac{z_3 - z_3^{NIS}}{z_3^{PIS} - z_3^{NIS}} & z_3^{NIS} \le z_3 \le z_3^{PIS} \\ 0 & z_3 < z_3^{NIS} \end{cases} \qquad (46)$$

biçiminde hesaplanır. Elde edilen üyelik fonksiyonlarını kullanan Zimmerman'ın tek amaçlı doğrusal programlama problemi,

$$\begin{aligned} &\max \alpha \\ &\mu_{z_i} \ge \alpha, \qquad i = 1,2,3, \\ &x \in X. \end{aligned} \qquad (47)$$

biçiminde oluşturulur.

Sonuç olarak, Eşitlik 47'de oluşturulan doğrusal programlama probleminin çözülmesi ile Eşitlik 35'te verilen amaç fonksiyonu bulanık olan doğrusal programlama probleminin çözümü elde edilir.

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu tezin amacı, finansal piyasalardaki belirsizlik durumunda yatırım yapmayı planlayan tasarruf sahiplerine en doğru yatırım yapma konusunda yardımcı olacak bir portföy seçim modeli önermektir. Bu kapsamda, portföy seçimi problemleri için literatürde yer alan CFAHP yönteminde kullanılan üçgen bulanık sayılar yerine, yamuk bulanık sayılar tanımlanmıştır. Önerilen bulanık sayıların kullanılması ile kriterlerin ağırlıkları yamuk bulanık sayı olarak elde edilmiştir. Daha sonra portföy dağılımının yapılabilmesi için elde edilen kriterlerin ağırlıklarını kullanan bir doğrusal programlama problemi oluşturulmuştur. Oluşturulan problemin çözümü için literatürde mevcut olan bir bulanık doğrusal programlama yöntemi ele alınmıştır. Bu yöntemde amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenleri üçgen bulanık sayı olarak tanımlanmaktadır. Bu tezde, amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenlerinin üçgen bulanık sayı olarak kullanıldığı yönteme alternatif olarak fiyat değişkenlerini yamuk bulanık sayı olarak kullanan bir doğrusal programlama modeli önerilmiştir. Böylece, çalışmanın ilk aşamasında yamuk bulanık sayılar kullanan CFAHP yönteminden elde edilen ağırlıklar, önerilmiş olan bulanık doğrusal programlama probleminin amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenleri olarak kullanılmıştır. Önerilen bu bulanık doğrusal programlama probleminin çözümü ile optimal portföy dağılımının belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.1. Yamuk Bulanık Sayılar İçin Geliştirilen Kısıtlı Bulanık AHP Yöntemi

Bu bölümde literatürde mevcut olan üçgen bulanık sayılara dayalı CFAHP yönteminin yamuk bulanık sayılar için geliştirilmesine yer verilmiştir. CFAHP yöntemi kullanılabilir tüm bilgileri hesaba katabilmek için dikkate alınması gereken kısıtlamalar üzerine odaklanmaktadır. Bu yöntem portföy seçimi sürecinde alternatiflerin ağırlıklarının hesaplanmasında da kullanılmaktadır. MCDM problemlerinden portföy seçimi probleminin çözüm sürecinde kullanılan yamuk bulanık karşılaştırma matrisindeki i. kritere ilişkin bulanıklık skoru $s_i = (s_i^l, s_i^{m_1}, s_i^{m_2}, s_i^u)$ ile verildiğinde l, m_1, m_2 ve u indisleri sırasıyla yamuk bulanık sayının alt sınır, birinci merkez, ikinci merkez ve üst sınır parametrelerini temsil etmektedir. Yamuk bulanık sayılar için önerilen CFAHP yöntemine göre i. kritere

ilişkin bulanıklık skorunun birinci merkez değeri $s_i^{m_1}$, Eşitlik 48 ile verilen matematiksel model kullanılarak,

$$s_i^{m_1} = \left(\prod_{j=1}^{n} m_{1ij}\right)^{1/n} \Bigg/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} m_{1kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n) \tag{48}$$

biçiminde, i. kritere ilişkin bulanıklık skorunun ikinci merkez değeri $s_i^{m_2}$, Eşitlik 49 ile verilen matematiksel model kullanılarak,

$$s_i^{m_2} = \left(\prod_{j=1}^{n} m_{2ij}\right)^{1/n} \Bigg/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} m_{2kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n) \tag{49}$$

biçiminde, i. kritere ilişkin bulanıklık skorunun alt sınır değeri s_i^l, Eşitlik 50 ile verilen matematiksel model kullanılarak,

$$s_i^l = \min\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{1/n}\right] \Bigg/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n) \tag{50}$$

biçiminde, i. kritere ilişkin bulanık skorunun üst sınır değeri s_i^u, Eşitlik 51 ile verilen matematiksel model kullanılarak,

$$s_i^u = \max\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{1/n}\right] \Bigg/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n) \tag{51}$$

biçiminde hesaplanır.

CFAHP için kriterlere ilişkin bulanıklık skorları Tablo 4'te üçgen bulanık sayılar ve yamuk bulanık sayılar için karşılaştırmalı olarak yer almaktadır.

Tablo 4. Üçgen ve yamuk bulanık sayılara dayalı CFAHP yöntemleri için kriterlere ilişkin bulanıklık skorları

Yamuk bulanık saylara dayalı Kısıtlı Bulanık AHP' ye ilişkin bulanık skorları	**Üçgen bulanık saylara dayalı Kısıtlı Bulanık AHP' ye ilişkin bulanık skorlar**
$s_i = (s_i^l, s_i^{m_1}, s_i^{m_2}, s_i^u)$	$s_i = (s_i^l, s_i^m, s_i^u)$
$s_i^l = \min\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}} \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n)\right]$	$s_i^l = \min\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}} \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n)\right]$
$s_i^{m_1} = \left(\prod_{j=1}^{n} m_{1ij}\right)^{1/n} \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} m_{1kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n)$	$s_i^m = \left(\prod_{j=1}^{n} m_{ij}\right)^{1/n} \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} m_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n)$
$s_i^{m_2} = \left(\prod_{j=1}^{n} m_{2ij}\right)^{1/n} \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} m_{2kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n)$	
$s_i^u = \max\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}} \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n)\right]$	$s_i^u = \max\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}} \Big/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n)\right]$

2.2. Amaç Fonksiyonunun Yamuk Bulanık Sayı Olması Durumunda Bulanık Doğrusal Programlama Probleminin Çözümü

Amaç fonksiyonunda fiyatlara karşılık gelen s_i parametresinin yamuk bulanık sayı olması durumunda doğrusal programlama problemi,

$$\max_{x \in X} \sum_{i=1}^{n} \tilde{s}_i x_i$$
$$x \in X = \{x \mid Ax \leq b \; ve \; x \geq 0\} \tag{52}$$

biçiminde modellenir. Burada amaç fonksiyonu katsayıları yamuk bulanık sayılar olup $\tilde{s}_i = (s_i^l, s_i^{m_1}, s_i^{m_2}, s_i^u)$ biçiminde ifade edilirler.

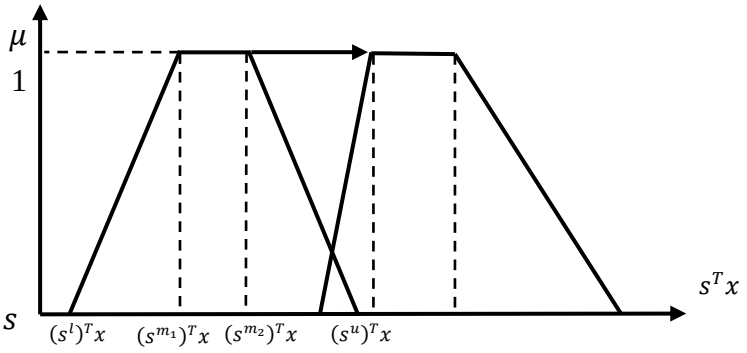
Fiyatlara karşılık gelen s_i parametrelerinin yamuk bulanık sayı olması durumunda probleme ilişkin amaç fonksiyonu,

$$\max_{x \in X} \sum_{i=1}^{n} [(s^l)^T x, (s^{m_1})^T x, (s^{m_2})^T x, (s^u)^T x] \tag{53}$$

biçimine dönüşür. Burada, $s^l = (s_1^l, s_2^l, \dots, s_n^l)$, $s^{m_1} = (s_1^{m_1}, s_2^{m_1}, \dots, s_n^{m_1})$, $s^{m_2} = (s_1^{m_2}, s_2^{m_2}, \dots, s_n^{m_2})$ ve $s^u = (s_1^u, s_2^u, \dots, s_n^u)$ biçiminde yamuk bulanık sayılardır. Eşitlik 53 ile verilen bulanık amaç fonksiyonu, geometrik olarak dört köşe noktası ile,

$$[((s^l)^T x,\ 0), ((s^{m_1})^T x,\ 1), ((s^{m_2})^T x,\ 1), ((s^u)^T x,\ 0)] \tag{54}$$

biçiminde tanımlanır. Böylece, bu dört kritik noktanın sağ tarafa doğru Şekil 7'de izlendiği gibi ötelenmesi ile bulanık hedefin en büyüklenmesi sağlanır.



Şekil 7. $\max \tilde{s}^T x$ için çözüm stratejisi

Olasılık dağılımının yamuk şeklini korumak için küçük değişiklilerin yapılması gerekir. Eşitlik 53 ile verilen amaç fonksiyonunu en büyüklemek;

$$(s^{m_1})^T x \tag{55}$$

$$(s^{m_2})^T x \tag{56}$$

$$(s^u)^T x - (s^{m_2})^T x \tag{57}$$

eşitliklerini en büyüklemek ve eş zamanlı olarak,

$$[(s^{m_1})^T x - (s^l)^T x] \tag{58}$$

eşitliğini en küçüklemek ile eşdeğerdir. Belirtilen en büyükleme ve en küçükleme işlemlerini gerçekleştirmek için Eşitlik 59 ile verilen amaç fonksiyonları oluşturulur.

$$\begin{aligned} &\min Z_1 = (s^{m_1})^T x - (s^l)^T x \\ &\max Z_2 = (s^{m_1})^T x \\ &\max Z_3 = (s^{m_2})^T x \\ &\max Z_4 = (s^u)^T x - (s^{m_2})^T x \end{aligned} \tag{59}$$

Eşitlik 59'da verilen amaç fonksiyonlarını en iyilemek için, dört amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri Eşitlik 60-63 ile elde edilir.

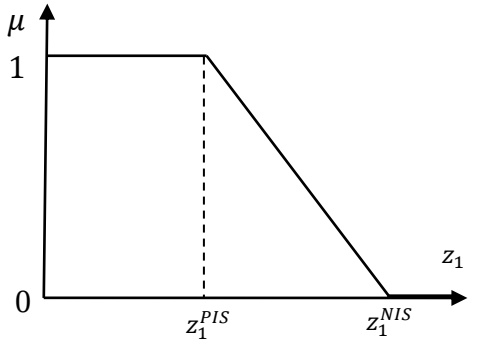
$$z_1^{PIS} = \min_{x \in X} (s^{m_1} - s^l)^T x \qquad z_1^{NIS} = \max_{x \in X} (s^{m_1} - s^l)^T x \tag{60}$$

$$z_2^{PIS} = \max_{x \in X} (s^{m_1})^T x \qquad z_2^{NIS} = \min_{x \in X} (s^{m_1})^T x \tag{61}$$

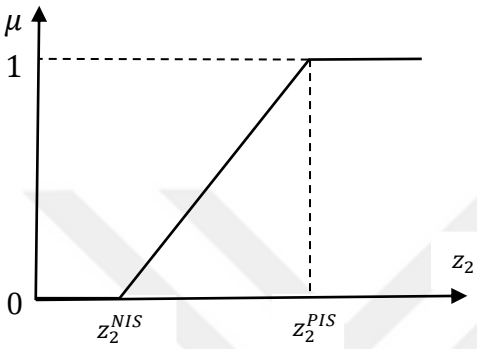
$$z_3^{PIS} = \max_{x \in X} (s^{m_2})^T x \qquad z_3^{NIS} = \min_{x \in X} (s^{m_2})^T x \tag{62}$$

$$z_1^{PIS} = \max_{x \in X} (s^u - s^{m_2})^T x \qquad z_1^{NIS} = \min_{x \in X} (s^u - s^{m_2})^T x \tag{63}$$

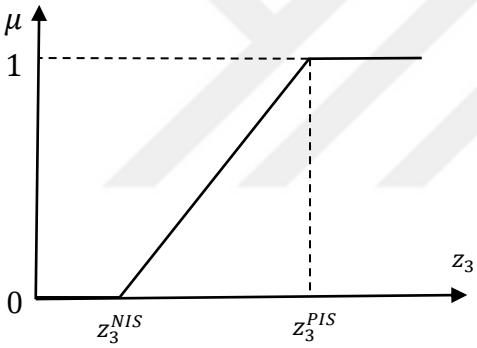
Daha sonra Eşitlik 60-63 ile verilen amaç fonksiyonlarının üyelik fonksiyonları sırası ile,



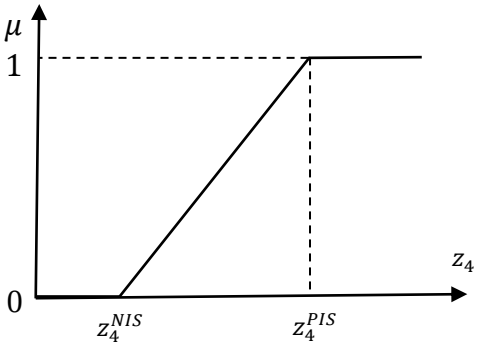
$$\mu_{z_1} = \begin{cases} 1 & z_1 < z_1^{PIS} \\ \dfrac{z_1^{NIS} - z_1}{z_1^{NIS} - z_1^{PIS}} & z_1^{PIS} \le z_1 \le z_1^{NIS} \\ 0 & z_1 > z_1^{NIS} \end{cases} \quad (64)$$



$$\mu_{z_2} = \begin{cases} 1 & z_2 > z_2^{PIS} \\ \dfrac{z_2 - z_2^{NIS}}{z_2^{PIS} - z_2^{NIS}} & z_2^{NIS} \le z_2 \le z_2^{PIS} \\ 0 & z_2 < z_2^{NIS} \end{cases} \quad (65)$$



$$\mu_{z_3} = \begin{cases} 1 & z_3 < z_3^{PIS} \\ \dfrac{z_3 - z_3^{NIS}}{z_3^{PIS} - z_3^{NIS}} & z_3^{NIS} \le z_3 \le z_3^{PIS} \\ 0 & z_3 < z_3^{NIS} \end{cases} \quad (66)$$



$$\mu_{z_4} = \begin{cases} 1 & z_4 < z_4^{PIS} \\ \dfrac{z_4 - z_4^{NIS}}{z_4^{PIS} - z_4^{NIS}} & z_4^{NIS} \le z_4 \le z_4^{PIS} \\ 0 & z_4 < z_4^{NIS} \end{cases} \quad (67)$$

biçiminde hesaplanır. Elde edilen üyelik fonksiyonlarını kullanan Zimmerman yaklaşımının tek amaçlı doğrusal programlama problemi,

$$\begin{aligned} &\max \alpha \\ &\mu_{z_i} \ge \alpha, i = 1,2,3,4 \\ &x \in X. \end{aligned} \quad (68)$$

biçiminde oluşturulur. Sonuç olarak, Eşitlik 68'de oluşturulan doğrusal programlama probleminin çözülmesi ile Eşitlik 52'de verilen amaç fonksiyonunun bulanık olduğu doğrusal programlama probleminin çözümü elde edilir.

2.3. Portföy Seçimi İçin Yamuk Bulanık Sayılara Dayalı Hibrit Algoritma

Bu çalışmada, CFAHP yönteminde kriterlerin ağırlıklarının belirlemek için üçgen bulanık sayıları kullanan portföy seçim modeline alternatif olarak, aynı amaç için yamuk bulanık sayıları kullanan yeni bir algoritma önerilmiştir. Elde edilen ağırlıklar, aşağıdaki algoritma işletilerek, optimal portföy dağılımının belirlenmesi için önerilen bulanık doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonunda kullanılmıştır.

Adım 1: n kriter sayısı ve p karar vericilerin sayısı olmak üzere, karar vericiler tarafından belirlenen her bir kriterin diğerlerine göre önem değerleri (b_{ijp}) Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Kriterlere ilişkin karşılaştırma matrisinin genel gösterimi

	$\mathbf{C_1}$	$\mathbf{C_2}$	$\cdots$	$\mathbf{C_j}$	$\cdots$	$\mathbf{C_n}$
$\mathbf{C_1}$	$(1\ 1\ 1\ 1)$ $\vdots$ $(1\ 1\ 1\ 1)$	b_{121} $\vdots$ b_{12P}	$\cdots$	b_{1j1} $\vdots$ b_{1jP}	$\cdots$	b_{1n1} $\vdots$ b_{1nP}
$\mathbf{C_2}$	b_{211} $\vdots$ b_{21P}	$(1\ 1\ 1\ 1)$ $\vdots$ $(1\ 1\ 1\ 1)$	$\cdots$	b_{2j1} $\vdots$ b_{2jP}	$\cdots$	b_{2n1} $\vdots$ b_{2nP}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\ddots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\mathbf{C_i}$	b_{i11} $\vdots$ b_{i1P}	b_{i21} $\vdots$ b_{i2P}	$\cdots$	b_{ij1} $\vdots$ b_{ijP}	$\cdots$	b_{in1} $\vdots$ b_{inP}
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$
$\mathbf{C_n}$	b_{n11} $\vdots$ b_{n1P}	b_{n21} $\vdots$ b_{n2P}	$\cdots$	b_{nj1} $\vdots$ b_{njP}	$\cdots$	$(1\ 1\ 1\ 1)$ $\vdots$ $(1\ 1\ 1\ 1)$

Her bir kriterin diğer kriterlere göre önem değerleri bir yamuk bulanık sayı olduğunda b^l, b^{m_1}, b^{m_2} ve b^u olmak üzere dört parametreden oluşur ve

$$b_{ijp} = (b_{ijp}^l \quad b_{ijp}^{m_1} \quad b_{ijp}^{m_2} \quad b_{ijp}^u) \tag{69}$$

biçiminde ifade edilir. Burada;

b_{ijp} : p'inci karar vericiye göre, i. kriterin j. kritere karşılık gelen önem değeri

i, j : Kriter sayısı (i:1, …, n; j:1, …, n)

p : Karar verici sayısını (p: 1, …, P) ifade etmektedir.

Adım 2: Tablo 5'te yer alan n tane kriterin ikişerli karşılaştırmalarından yeni yamuk bulanık sayılar elde edilir. C_i ve C_j kriterlerinin karşılaştırılması için karar verici görüşlerini ifade eden yeni bulanık sayılar,

$$A_{ij} = [a_{ij}^l \quad a_{ij}^{m_1} \quad a_{ij}^{m_2} \quad a_{ij}^u] \tag{70}$$

biçiminde ifade edilir ve burada,

$$\begin{aligned} a_{ij}^l &= \left(b_{ij1}^l * b_{ij2}^l * \ldots * b_{ijp}^l\right)^{\frac{1}{p}} \\ a_{ij}^{m_1} &= \left(a_{ij1}^{m_1} * a_{ij2}^{m_1} * \ldots * a_{ijp}^{m_1}\right)^{\frac{1}{p}} \\ a_{ij}^{m_2} &= \left(a_{ij1}^{m_2} * a_{ij2}^{m_2} * \ldots * a_{ijp}^{m_2}\right)^{\frac{1}{p}} \\ a_{ij}^u &= \left(b_{ij1}^u * b_{ij2}^u * \ldots * b_{ijp}^u\right)^{\frac{1}{p}} \end{aligned} \tag{71}$$

ile verilen geometrik ortalamalar kullanılarak elde edilir [71].

Elde edilen yeni yamuk bulanık sayılar kullanılarak oluşturulan karşılaştırma matrisi Tablo 6'da verildiği gibidir.

Tablo 6. A_{ij} yamuk bulanık sayılarından oluşan kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

	$\mathbf{C_1}$	⋯	$\mathbf{C_j}$	⋯	$\mathbf{C_n}$
$\mathbf{C_1}$	(1 1 1 1)	⋯	A_{1j}	⋯	A_{1n}
⋮	⋮	⋯	⋮	⋯	⋮
$\mathbf{C_i}$	A_{i1}	⋯	A_{ij}	⋯	A_{in}
⋮	⋮		⋮	⋯	⋮
$\mathbf{C_n}$	A_{n1}	⋯	A_{nj}	⋯	(1 1 1 1)

Adım 3: Yamuk bulanık sayı kullanılan CFAHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları Eşitlik 72-75 ile verilen matematiksel eşitlikler kullanılarak belirlenir. MCDM problemlerinden portföy seçimi probleminin çözüm sürecinde kullanılan yamuk bulanık sayılardan oluşan karşılaştırma matrisindeki i. kritere ilişkin bulanıklık skoru $S_i = (S_i^l, S_i^{m_1}, S_i^{m_2}, S_i^u)$ ile verildiğinde, l, m_1, m_2 ve u indisleri sırasıyla yamuk bulanık sayının alt sınır, birinci merkez, ikinci merkez ve üst sınır parametrelerini temsil eder ve

$$S_i^{m_1} = \left(\prod_{j=1}^{n} m_{1ij}\right)^{1/n} \Bigg/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} m_{1kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n) \tag{72}$$

$$S_i^{m_2} = \left(\prod_{j=1}^{n} m_{2ij}\right)^{1/n} \Bigg/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} m_{2kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n) \tag{73}$$

$$S_i^{l} = \min\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}\right] \Bigg/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n) \tag{74}$$

$$S_i^{u} = \max\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{ij}\right)^{\frac{1}{n}}\right] \Bigg/ \sum_{k=1}^{n}\left[\left(\prod_{j=1}^{n} a_{kj}\right)^{1/n}\right], (i,j,k = 1,\dots,n) \tag{75}$$

eşitlikleriyle hesaplanırlar. Önerilen bu yöntemde elde edilen kriterlere ait yamuk bulanık sayı biçimdeki ağırlıklar Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Kriterlerin bulanık ağırlıkları

Kriterler	**Ağırlıklar**
C₁	$\left(S_1^l, S_1^{m_1}, S_1^{m_2}, S_1^u\right)$
C₂	$\left(S_2^l, S_2^{m_1}, S_2^{m_2}, S_2^u\right)$
⋮	⋮
Cₙ	$\left(S_i^l, S_i^{m_1}, S_i^{m_2}, S_i^u\right)$

Adım 4: Elde edilen yamuk bulanık sayı biçimindeki ağırlıkların kullanılması ile Eşitlik 76 ile verilen doğrusal programlama modeli oluşturulur.

$$\max \sum_{l=1}^{L} w_l \lambda_l + \sum_{t=1}^{T} \beta_t \gamma_t$$

$$\lambda_l \le \mu_{Z_l}(x), \quad l = 1, \dots, L \text{ (bütün amaç fonksiyonları için)},$$

$$\gamma_t \le \mu_{g_t}(x), \quad t = 1, \dots, T \text{ (bütün bulanık kısıtlar için)}, \tag{76}$$

$$\sum_{l=1}^{L} w_l + \sum_{t=1}^{T} \beta_t = 1,$$

$$g_k(x) \le b_k, \quad k = 1,2, \dots, K \text{ (bütün teknolojik kısıtlar için)},$$

$$\lambda_l, \gamma_t \in [0,1], \; w_l, \beta_t \ge 0, \; x_m \ge 0, (m = 1, \dots, M).$$

Eşitlik 76'da, w_l ve β_t yamuk bulanık sayılardan elde edilen bulanık hedeflerin ve bulanık kısıtların ağırlıklarını, λ_l ve γ_t ise bulanık hedeflerin ve bulanık kısıtların karar değişkenlerini temsil etmektedir.

Adım 5: Elde edilen yamuk bulanık sayı biçimindeki ağırlıkların dört kritik parametresinin Şekil 7'deki gibi sağ tarafa ötelenmesi ile bulanık hedefin en büyüklenmesi sağlanır. Modelin çözümü için oluşturulan yeni dört amaç fonksiyonu,

$$\begin{aligned} &\min Z_1 = (S^{m_1})^T x - (S^l)^T x \\ &\max Z_2 = (S^{m_1})^T x \\ &\max Z_3 = (S^{m_2})^T x \\ &\max Z_4 = (S^u)^T x - (S^{m_2})^T x \end{aligned} \tag{77}$$

biçiminde oluşturulur.

Adım 6: Eşitlik 77 ile verilen amaç fonksiyonlarını en iyilemek için, Zimmerman'ın bulanık doğrusal programlama yaklaşımı kullanılmıştır. İlk olarak, Eşitlik 77 ile verilen amaç fonksiyonlarının PIS ve NIS değerleri Eşitlik 78-81 kullanılarak belirlenir.

$$z_1^{PIS} = \min_{x \in X} (S^{m_1} - S^l)^T x \qquad z_1^{NIS} = \max_{x \in X} (S^{m_1} - S^l)^T x \tag{78}$$

$$z_2^{PIS} = \max_{x \in X} (S^{m_1})^T x \qquad z_2^{NIS} = \min_{x \in X} (S^{m_1})^T x \tag{79}$$

$$z_3^{PIS} = \max_{x \in X} (S^{m_2})^T x \qquad z_3^{NIS} = \min_{x \in X} (S^{m_2})^T x \tag{80}$$

$$z_1^{PIS} = \max_{x \in X} (S^u - S^{m_2})^T x \qquad z_1^{NIS} = \min_{x \in X} (S^u - S^{m_2})^T x \tag{81}$$

Adım 7: Eşitlik 78-81 ile verilen amaçların üyelik dereceleri,

$$\mu_{z_1} = \begin{cases} 1 & z_1 < z_1^{PIS} \\ \dfrac{z_1^{NIS} - z_1}{z_1^{NIS} - z_1^{PIS}} & z_1^{PIS} \le z_1 \le z_1^{NIS} \\ 0 & z_1 > z_1^{NIS} \end{cases} \tag{82}$$

$$\mu_{z_2} = \begin{cases} 1 & z_2 < z_2^{PIS} \\ \dfrac{z_2 - z_2^{NIS}}{z_2^{PIS} - z_2^{NIS}} & z_2^{NIS} \leq z_2 \leq z_2^{PIS} \\ 0 & z_2 < z_2^{NIS} \end{cases} \tag{83}$$

$$\mu_{z_3} = \begin{cases} 1 & z_3 < z_3^{PIS} \\ \dfrac{z_3 - z_3^{NIS}}{z_3^{PIS} - z_3^{NIS}} & z_3^{NIS} \leq z_3 \leq z_3^{PIS} \\ 0 & z_3 < z_3^{NIS} \end{cases} \tag{84}$$

$$\mu_{z_4} = \begin{cases} 1 & z_4 < z_4^{PIS} \\ \dfrac{z_4 - z_4^{NIS}}{z_4^{PIS} - z_4^{NIS}} & z_4^{NIS} \leq z_4 \leq z_4^{PIS} \\ 0 & z_4 < z_4^{NIS} \end{cases} \tag{85}$$

biçiminde verilen üyelik fonksiyonları ile hesaplanır.

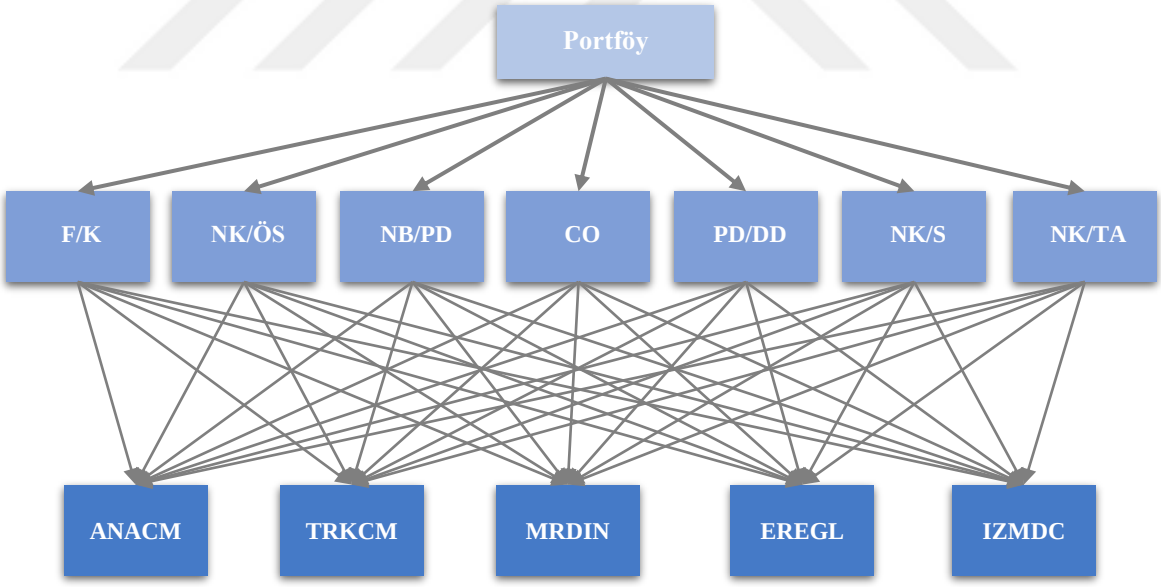
Adım 8: Adım 7'de elde edilen üyelik dereceleri kullanılarak oluşturulan ve Eşitlik 86 ile verilen tek amaçlı doğrusal programlama modeli Zimmerman yaklaşımı ile çözülerek portföyün dağılımına ilişkin sonuçlar elde edilir.

$$\begin{aligned} &\max \alpha \\ &\mu_{z_i} \geq \alpha, \ i = 1,2,3,4 \\ &x \in X. \end{aligned} \tag{86}$$

3. BULGULAR VE İRDELEME

3.1. Uygulama I

Bu bölümde, tez kapsamında önerilen hibrit model ile Borsa İstanbul'da (BİST) işlem gören 5 hisse senedi üzerinde portföy dağılımının elde edilmesi amaçlanmıştır. BİST, Türkiye'de 1985 yılında açılan sermaye piyasasında faaliyet gösteren Türk ve yabancı kaynaklı bankalara, aracı kurumlara saklama ile takas hizmeti verir. İstanbul Menkul Kıymetler Borsası (İMKB) olan adı 5 Nisan 2013 tarihinde "Borsa İstanbul" olarak değiştirilmiştir [109]. Borsa İstanbul endekslerinde 100, 50, 30 rakamları, endekste yer alan şirket sayısını ifade etmektedir. Yani BİST 30 endeksi, Borsa İstanbul'da işlem gören ve piyasa değeri ile işlem hacmi en yüksek olan 30 hisse senedinin ortak performansının ölçülmesiyle oluşmuştur. Bu uygulamada ele alınacak probleme ait hiyerarşik yapı Şekil 8'de verildiği gibidir.



Şekil 8. Uygulama I için hiyerarşik yapı

Bu çalışmada belirlenen 5 hisse senedi; Anadolu Cam (ANACM), Trakya Cam (TRKCM), Mardin Çimento (MRDIN), Ereğli Demir Çelik (EREGL) ve İzmir Demir Çelik (IZMDC) şeklindedir. Bu beş hisse senedi üzerinde portföyün dağılım biçimini belirleyebilmek için mevcut kriterler arasından portföy seçimi problemleri için literatürde

en sık kullanılan Fiyat / Kazanç (F/K), Net Kâr / Öz Sermaye (NK/ÖS), Net Borç / Piyasa Değeri (NB/PD), Cari Oran (CO), Piyasa Değeri / Defter Değeri (PD/DD), Net Kâr / Satışlar (NK/S) ve Net Kâr / Toplam Aktifler (NK/TA) olmak üzere yedi kriter belirlenmiştir. Bu kriterlerin önem derecelerine ilişkin uzman görüşleri ve hisse senetlerine ait finansal oranlar için literatürde mevcut olan bir çalışmadan yararlanılmıştır [90].

Portföyün mevcut alternatifler arasındaki dağılımını belirleyebilmek için, karar vericilerin değerlendirmelerinde kullandıkları kriterler aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Fiyat / Kazanç (F/K): Bir hisse senedinin elde ettiği kâra göre fiyatını ölçme amacıyla kullanılan bir değerleme oranıdır. Kâr çarpanı olarak da bilinen bu oran hisse senetlerinin ucuz ya da pahalı olduğunu anlamak için kullanılır [110]. F/K oranının diğer hisse senetlerine ait orandan yüksek olması hissenin pahalı, düşük olması ise ucuz olabileceğini işaret eder. Bununla beraber, düşük F/K oranı, şirketin büyüme potansiyelinin az olduğunu ya da sonraki yıllarda kârının düşmesinin beklendiğini de işaret ediyor olabilir. Yani bu oranın artması hisse senedinin satılması, azalması ise alınması eğilimini doğurur. Yatırım yapılacağı durumlarda genellikle bu oranın küçük olması istenmektedir.

Net Kâr / Öz Sermaye (NK/ÖS): Bu oran özsermaye karlılığı olarak da bilinmektedir. Bir şirketin hissedarlarının takip ettiği en önemli finansal oranlardan biridir. İşletmenin net kârının öz sermayeye bölünmesi ile hesaplanan bu oran, hissedarların yaptıkları birim yatırım karşılığında ne kadar kâr elde ettiklerini ölçer [111]. Bir işletmenin öz sermaye kârlılığının artması, kâr marjının yükselmesine, öz sermaye devir hızının artmasına bağlıdır. Yatırım planlaması yapılırken bu oranın yüksek olması istenmektedir.

Net Borç / Piyasa Değeri (NB/PD): İşletmenin net borcun piyasa değerine oranı ile bulunur. Yatırım yapılacağı durumlarda genellikle bu oranın küçük olması istenmektedir.

Cari Oran (CO): Cari oran, işletmenin kısa vadeli borçlarını ödeme gücünü gösterir. Her sektörde farklı olmakla birlikte, bu oranın 2 olması genellikle yeterli kabul edilir. Ancak bu oran piyasa koşullarına ve ülkenin ekonomik şartlarına göre değişmektedir. Ülkemiz şartlarında özellikle üretim yapan firmalarda bu oranın 1.8 seviyelerinde olması makul olarak kabul edilir [112]. Cari oranın yüksek olması işletmenin borç ödeme gücünün de yüksek olduğunun göstergesidir. Ancak oranın çok yüksek olması kredi verenlerin lehine olurken, işletme lehine kabul edilemez. Bunun anlamı şirkette kullanılmayan ancak kullanılmaya müsait fonun varlığıdır. Bu çalışmada ele alınan portföy dağılımı problemlerinde cari oranın 1.4 ile 2.5 arasında olması hedeflenmiştir.

Piyasa Değeri / Defter Değeri (PD/DD): Bu oran bir hisse senedinin sahip olduğu özkaynaklara göre fiyatını ölçme amacıyla kullanılan bir değerleme oranıdır [113]. PD/DD hisse senedi yatırımcılarına alma, satma ya da elde tutma kararlarında yardımcı olabilir. Bu oranın artması hisse senedinin fazla değer kazandığını göstermektedir. Yani oranın artması hisse senedinin satılması, oranın azalması ise hisse senedinin satın alınması anlamına gelmektedir. Yatırım planlamalarında genellikle bu oranın yüksek olması istenmektedir.

Net Kâr / Satışlar (NK/S): Bu oran net kâr marjı olarak da bilinir. İşletmenin bütün gelirlerinden bütün giderlerinin düşülmesi sonucu elde edilen net kârı gösterir [114]. Yatırım planlamalarında genellikle bu oranın yüksek olması istenmektedir.

Net Kâr / Toplam Aktifler (NK/TA): Aktif kârlılık oranı olarak da bilinen bu oran, aktiflerin işletmede ne ölçüde etkin kullanıldığını tespit etmek amacıyla hesaplanır. Bu hesaplamanın sonunda çıkan katsayı ne kadar büyükse işletmenin varlıklarının kâr yaratma konusunda o kadar başarılı kullanıldığı düşünülür [115]. Yatırım planlamalarında bu oranın yüksek olması istenmektedir.

Ele alınan problemde, $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ve C_7 sırası ile F/K, NK/ÖS, NB/PD, CO, PD/DD, NK/S ve NK/TA kriterlerini temsil etmektedir. Belirlenen kriterler doğrultusunda portföy dağılımı belirlenecek alternatifler olan ANACM, TRKCM, MRDIN, EREGL ve IZMDC için hisse senetlerine ait finansal oranlar Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Uygulama I'de yer alan hisse senetleri ve finansal oranlar

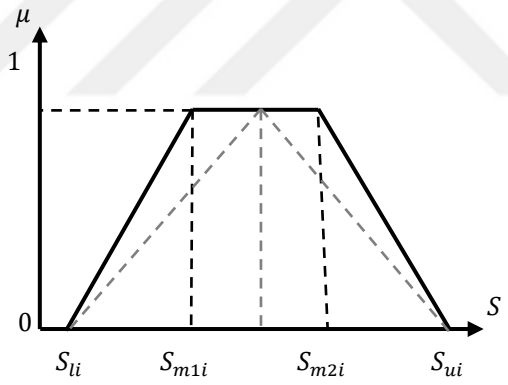
	$\mathbf{C_1}$	$\mathbf{C_2}$	$\mathbf{C_3}$	$\mathbf{C_4}$	$\mathbf{C_5}$	$\mathbf{C_6}$	$\mathbf{C_7}$
ANACM	10.7	11.5	10.0	1.3	12.6	7.6	2.04
TRKCM	8.9	12.5	0.2	1.2	18.3	8.6	2.17
MRDIN	7.1	23.4	-26.2	1.9	34.9	20.7	5.83
EREGL	3.6	18.1	-9.0	0.7	18.0	12.7	1.86
IZMDC	4.1	30.8	2.8	1.3	9.8	19.9	1.55

Literatürdeki çalışmadan yararlanılarak elde edilen, 4 karar verici tarafından belirlenen kriterlerin önem dereceleri üçgen bulanık sayı olarak Tablo 9'da verilmiştir [90].

Tablo 9. Uygulama I için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin üçgen bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
KV1	(5 7 9)	(7 9 10)	(5 7 9)	(5 7 9)	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)
KV2	(7 9 10)	(5 7 9)	(5 7 9)	(7 9 10)	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)
KV3	(9 10 10)	(7 9 10)	(5 7 9)	(9 10 10)	(7 9 10)	(5 7 9)	(5 7 9)
KV4	(5 7 9)	(9 10 10)	(5 7 9)	(7 9 10)	(9 10 10)	(5 7 9)	(3 5 7)

Tablo 9'da üçgen bulanık sayı olarak yer alan önem dereceleri Şekil 9'da gösterildiği gibi yamuk bulanık sayılara dönüştürülmüştür.



Şekil 9. Üçgen bulanık sayının yamuk bulanığa dönüştürülmüş hali

Tablo 9'da verilen üçgen bulanık sayıların alt ve üst sınırlarının sabit tutulması ve en yüksek üyelik değerini aldığı noktanın üçgen bulanık sayının sağ ve sol yayılımlarının dörtte biri kadar genişletilmesiyle elde edilen yamuk bulanık sayılar Tablo 10'da yer almaktadır.

Tablo 10. Uygulama I için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin yamuk bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri

	C_1	C_2	C_3	C_4
KV_1	(5 6.5 7.5 9)	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(5 6.5 7.5 9)
KV_2	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(5 6.5 7.5 9)	(7 8.5 9.25 10)
KV_3	(9 9.75 10 10)	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(9 9.75 10 10)
KV_4	(5 6.5 7.5 9)	(9 9.75 10 10)	(5 6.5 7.5 9)	(7 8.5 9.25 10)

	C_5	C_6	C_7
KV_1	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_2	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_3	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(5 6.5 7.5 9)
KV_4	(9 9.75 10 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)

Yamuk bulanık sayılara dönüştürülen ve Tablo 10'da verilen karar verici görüşlerinin geometrik ortalamaları alınarak kriterlerin önem dereceleri elde edilmiştir. Elde edilen kritere ilişkin önem dereceleri Tablo 11'de verilmiştir.

Tablo 11. Uygulama I için karar vericiler tarafından belirlenen önem derecelerinin yamuk bulanık sayıya dönüştürülmüş biçimi

Kriterler	Önem derecesi
C_1	(6.30 7.69 8.49 9.49)
C_2	(6.85 8.22 8.95 9.74)
C_3	(5.00 6.50 7.50 9.00)
C_4	(6.85 8.22 8.95 9.74)
C_5	(7.45 8.79 9.43 10.00)
C_6	(5.00 6.50 7.50 9.00)
C_7	(3.41 4.93 5.94 7.45)

Probleme ait C_i ile verilen yedi kriter, "portföy seçimi" amacı doğrultusunda birbirleri ile karşılaştırılmış ve kriterlere ilişkin bulanık ikili karşılaştırma matrisi Tablo 12'de verilmiştir.

Tablo 12. Uygulama I için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Hedef	**C_1**	**C_2**	**C_3**
C_1	(1 1 1 1)	(0.65 0.86 1.03 1.39)	(0.70 1.03 1.31 1.90)
C_2	(0.72 0.97 1.16 1.54)	(1 1 1 1)	(0.76 1.10 1.38 1.95)
C_3	(0.53 0.76 0.97 1.43)	(0.51 0.72 0.91 1.32)	(1 1 1 1)
C_4	(0.72 0.97 1.16 1.54)	(0.70 0.92 1.09 1.43)	(0.76 1.10 1.37 1.96)
C_5	(0.79 1.03 1.22 1.59)	(0.76 0.98 1.15 1.45)	(0.83 1.18 1.45 2.00)
C_6	(0.53 0.76 0.97 1.43)	(0.51 0.72 0.91 1.32)	(0.56 0.87 1.15 1.79)
C_7	(0.36 0.58 0.78 1.18)	(0.35 0.55 0.72 1.09)	(0.38 0.66 0.92 1.49)

	C_4	**C_5**	**C_6**
C_1	(0.65 0.86 1.03 1.38)	(0.63 0.82 0.97 1.27)	(0.70 1.03 1.31 1.90)
C_2	(0.70 1.03 1.31 1.90)	(0.69 0.87 1.02 1.31)	(0.76 1.10 1.38 1.95)
C_3	(0.51 0.73 0.91 1.31)	(0.50 0.69 0.85 1.21)	(0.56 0.87 1.15 1.80)
C_4	(1 1 1 1)	(0.69 0.87 1.02 1.31)	(0.76 1.10 1.38 1.95)
C_5	(0.76 0.98 1.14 1.45)	(1 1 1 1)	(0.83 1.17 1.45 2.00)
C_6	(0.51 0.72 0.91 1.32)	(0.50 0.69 0.85 1.20)	(1 1 1 1)
C_7	(0.35 0.55 0.72 1.09)	(0.34 0.52 0.68 1.00)	(0.38 0.66 0.92 1.49)

	C_7
C_1	(0.85 1.29 1.72 2.78)
C_2	(0.92 1.38 1.82 2.86)
C_3	(0.67 1.09 1.52 2.64)
C_4	(0.92 1.38 1.82 2.86)
C_5	(1.00 1.48 1.91 2.93)
C_6	(0.67 1.09 1.52 2.64)
C_7	(1 1 1 1)

Her bir kriterin bulanık ağırlığı, portföy seçiminde yamuk bulanık sayıların kullanıldığı CFAHP yöntemine ilişkin algoritmada Adım 1-3 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Uygulama I için kriterlere ait bulanık ağırlıklar

Kriterler	Ağırlıklar
$\mathbf{C_1}$	(0.09 0.14 0.16 0.21)
$\mathbf{C_2}$	(0.10 0.15 0.17 0.23)
$\mathbf{C_3}$	(0.09 0.12 0.14 0.21)
$\mathbf{C_4}$	(0.11 0.15 0.17 0.23)
$\mathbf{C_5}$	(0.11 0.16 0.18 0.23)
$\mathbf{C_6}$	(0.09 0.12 0.14 0.21)
$\mathbf{C_7}$	(0.05 0.09 0.11 0.17)

Elde edilen bulanık ağırlıkların kullanılacağı doğrusal programlama probleminin oluşturulabilmesi için her bir kriter bir amaç fonksiyonu şeklinde yazılmış, hisse senetlerine yapılacak olan yatırım paylarının toplamının 1 olması gerekliliği kısıt olarak eklenmiş, doğrusal programlama problemleri oluşturulmuş ve P_1 ile verilmiştir.

P_1:

$$Z_{F/K(min)} = 10.7x_1 + 8.9x_2 + 7.1x_3 + 3.6x_4 + 4.1x_5,$$

$$Z_{NK/ÖS(max)} = 11.5x_1 + 12.5x_2 + 23.4x_3 + 18.1x_4 + 30.8x_5,$$

$$Z_{NB/PD(min)} = 10.0x_1 + 0.2x_2 - 26.2x_3 - 9.0x_4 + 2.8x_5,$$

$$Z_{PD/DD(max)} = 1.3x_1 + 1.2x_2 + 1.9x_3 + 0.7x_4 + 1.3x_5,$$

$$Z_{NK/S(max)} = 12.6x_1 + 18.3x_2 + 34.9x_3 + 18.0x_4 + 9.8x_5,$$

$$Z_{NK/TA(max)} = 7.6x_1 + 8.6x_2 + 20.7x_3 + 12.7x_4 + 19.9x_5,$$

$$Z_{CO(1.4\leq CR\leq 2.5)} = 2.04x_1 + 2.17x_2 + 5.83x_3 + 1.86x_4 + 1.55x_5,$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1,$$

$$x_i \geq 0,\ i = 0, \dots, 5$$

Burada,

$Z_{F/K(min)}$:En küçüklenmesi istenen F/K kriterine ilişkin amaç fonksiyonu,

$Z_{NK/ÖS(max)}$:En büyüklenmesi istenen NK/ÖS kriterine ilişkin amaç fonksiyonu,

$Z_{NB/PD(min)}$:En küçüklenmesi istenen NB/PD kriterine ilişkin amaç fonksiyonu,

$Z_{PD/DD(max)}$:En büyüklenmesi istenen PD/DD kriterine ilişkin amaç fonksiyonu,

$Z_{NK/S(max)}$:En büyüklenmesi istenen NK/S kriterine ilişkin amaç fonksiyonu,

$Z_{NK/TA(max)}$:En büyüklenmesi istenen NK/TA kriterine ilişkin amaç fonksiyonu,

$Z_{CO(1.4\leq CR\leq 2.5)}$:[1.4, 2.5] aralığında olması istenen CO kriterine ilişkin amaç fonksiyonu,

x_i :i. hisse senedine yapılacak olan yatırım payını temsil etmektedir.

Her bir amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri WinQSB programı kullanılarak modelin kısıtları altında belirlenmiş ve Tablo 14'te verilmiştir.

Tablo 14. P_1 ile verilen her bir amaç fonksiyonuna ait pozitif ve negatif ideal çözümleri

Amaç fonksiyonları	**PIS**	**NIS**
$Z_{F/K(min)}$	3.6	10.7
$Z_{NK/ÖS(max)}$	30.8	11.5
$Z_{NB/PD(min)}$	-26.2	10
$Z_{PD/DD(max)}$	1.9	0.7
$Z_{NK/S(max)}$	34.9	9.8
$Z_{NK/TA(max)}$	20.7	7.6

Yamuk bulanık sayıların kullanıldığı Kısıtlı Bulanık AHP yönteminden elde edilen bulanık ağırlıklar ve P_1'de verilen amaç fonksiyonları bir kısıt fonksiyonuna dönüştürülerek önerilen bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli P_2 probleminde verildiği gibi oluşturulmuştur.

P_2: $\max\ (0.09\ 0.14\ 0.16\ 0.22)\lambda_1 + (0.10\ 0.15\ 0.17\ 0.23)\lambda_2 + (0.09\ 0.12\ 0.14\ 0.21)\lambda_3 + (0.11\ 0.15\ 0.17\ 0.23)\lambda_4 + (0.11\ 0.16\ 0.18\ 0.23)\lambda_5 + (0.09\ 0.12\ 0.14\ 0.21)\lambda_6 + (0.05\ 0.09\ 0.11\ 0.17)\lambda_7$

$\lambda_1 \leq (10.7 - (10.7x_1 + 8.9x_2 + 7.1x_3 + 3.6x_4 + 4.1x_5))/7.1$

$\lambda_2 \leq ((11.5x_1 + 12.5x_2 + 23.4x_3 + 18.1x_4 + 30.8x_5) - 11.5)/19.3$

$\lambda_3 \leq (10 - (10.0x_1 + 0.2x_2 - 26.2x_3 - 9.0x_4 + 2.8x_5))/36.2$

$\lambda_4 \leq ((1.3x_1 + 1.2x_2 + 1.9x_3 + 0.7x_4 + 1.3x_5) - 0.7)/1.2$

$\lambda_5 \leq ((12.6x_1 + 18.3x_2 + 34.9x_3 + 18.0x_4 + 9.8x_5) - 9.8)/25.1$

$\lambda_6 \leq ((7.6x_1 + 8.6x_2 + 20.7x_3 + 12.7x_4 + 19.9x_5) - 7.6)/13.1$

$\lambda_7 \leq (2.5 - (2.04x_1 + 2.17x_2 + 5.83x_3 + 1.86x_4 + 1.55x_5))/0.5$

$\lambda_7 \leq ((2.04x_1 + 2.17x_2 + 5.83x_3 + 1.86x_4 + 1.55x_5) - 1.4)/0.6$

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1,\ x_i \geq 0,\ i = 0, \dots, 5$.

P_2 probleminde $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ ve λ_6 kısıtları, F/K, NK/ÖS, NB/PD, PD/DD, NK/S ve NK/S kriterleri için oluşturulan üyelik fonksiyonlarına karşılık gelmektedir. Bu kısıt fonksiyonları Tablo 14' te verilen PIS ve NIS değerleri kullanılarak elde edilmiştir. λ_7 kısıtı, uygulamada Cari Oran kriteri için oluşturulan üyelik fonksiyonuna karşılık gelmektedir. Bu çalışmada CO kriteri 1.4 ile 2.5 arasında değer alan bulanık bir kısıt olarak tanımlanmıştır. Bu kriterin belirli bir alt ve üst sınırı olduğu için modelde iki üyelik fonksiyonu yer almaktadır. Portföye alınacak 5 hisse senedi için payların toplamda 1 olması gerektiğini belirten deterministik bir kısıt fonksiyonu da eklenerek P_2 problemi oluşturulmuştur.

Amaç fonksiyonundaki parametrelerin katsayıları yamuk bulanık sayılardan oluşan P_2 probleminin çözümü için önerilen algoritmanın beşinci adımında yer alan amaç fonksiyonları,

$$\begin{aligned}
&\min \ 0.05\lambda_1 + 0.05\lambda_2 + 0.03\lambda_3 + 0.04\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.03\lambda_6 + 0.04\lambda_7 \ (Z_1)\\
&\max \ 0.14\lambda_1 + 0.15\lambda_2 + 0.12\lambda_3 + 0.15\lambda_4 + 0.16\lambda_5 + 0.12\lambda_6 + 0.09\lambda_7 \ (Z_2)\\
&\max \ 0.16\lambda_1 + 0.17\lambda_2 + 0.14\lambda_3 + 0.17\lambda_4 + 0.18\lambda_5 + 0.14\lambda_6 + 0.11\lambda_7 \ (Z_3)\\
&\max \ 0.05\lambda_1 + 0.06\lambda_2 + 0.07\lambda_3 + 0.06\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.07\lambda_6 + 0.06\lambda_7 \ (Z_4)
\end{aligned} \tag{87}$$

biçiminde oluşturulmuştur. Eşitlik 87 ile verilen her bir amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri P_2 probleminin kısıtları altında elde edilmiş ve Tablo 15'te verilmiştir.

Tablo 15. P_2 probleminin çözümü için oluşturulan dört amaç fonksiyonunun pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri

	PIS	**NIS**
Z_1	0	0.197
Z_2	0.605	0
Z_3	0.699	0
Z_4	0.286	0

Her bir amaç fonksiyonu için üyelik fonksiyonları,

$$\mu_{z_1} = \begin{cases} 1 & z_1 < 0 \\ \dfrac{0.197 - z_1}{0.197} & 0 \le z_1 \le 0.197 \\ 0 & z_1 > 0.197 \end{cases} \tag{88}$$

$$\mu_{z_2} = \begin{cases} 1 & z_2 < 0.605 \\ \dfrac{z_2}{0.605} & 0 \le z_2 \le 0.605 \\ 0 & z_2 > 0 \end{cases} \quad (89)$$

$$\mu_{z_3} = \begin{cases} 1 & z_3 < 0.699 \\ \dfrac{z_3}{0.699} & 0 \le z_3 \le 0.699 \\ 0 & z_3 > 0 \end{cases} \quad (90)$$

$$\mu_{z_4} = \begin{cases} 1 & z_4 < 0.286 \\ \dfrac{z_4}{0.286} & 0 \le z_4 \le 0.286 \\ 0 & z_4 > 0 \end{cases} \quad (91)$$

biçiminde elde edilmiş, daha sonra elde edilen üyelik değerleri kullanılarak P_3 ile verilen problem oluşturulmuştur.

P_3: max α

$0.197\alpha + 0.05\lambda_1 + 0.05\lambda_2 + 0.03\lambda_3 + 0.04\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.03\lambda_6 + 0.04\lambda_7 \le 0.197$ (Z_1)

$-0.605\alpha + 0.14\lambda_1 + 0.15\lambda_2 + 0.12\lambda_3 + 0.15\lambda_4 + 0.16\lambda_5 + 0.12\lambda_6 + 0.09\lambda_7 \ge 0$ (Z_2)

$-0.699\alpha + 0.16\lambda_1 + 0.17\lambda_2 + 0.14\lambda_3 + 0.17\lambda_4 + 0.18\lambda_5 + 0.14\lambda_6 + 0.11\lambda_7 \ge 0$ (Z_3)

$-0.286\alpha + 0.05\lambda_1 + 0.06\lambda_2 + 0.07\lambda_3 + 0.06\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.07\lambda_6 + 0.06\lambda_7 \ge 0$ (Z_4)

$7.1\lambda_1 + (10.7x_1 + 8.9x_2 + 7.1x_3 + 3.6x_4 + 4.1x_5) \le 10.7,$

$-19.3\lambda_2 + (11.5x_1 + 12.5x_2 + 23.4x_3 + 18.1x_4 + 30.8x_5) \ge 11.5,$

$36.2\lambda_3 + (10.0x_1 + 0.2x_2 - 26.2x_3 - 9.0x_4 + 2.8x_5) \le 10,$

$-1.2\lambda_4 + (1.3x_1 + 1.2x_2 + 1.9x_3 + 0.7x_4 + 1.3x_5) \ge 0.7,$

$-25.1\lambda_5 + (12.6x_1 + 18.3x_2 + 34.9x_3 + 18.0x_4 + 9.8x_5) \ge 9.8,$

$-13.1\lambda_6 + (7.6x_1 + 8.6x_2 + 20.7x_3 + 12.7x_4 + 19.9x_5) \ge 7.6,$

$0.5\lambda_7 + (2.04x_1 + 2.17x_2 + 5.83x_3 + 1.86x_4 + 1.55x_5) \le 2.5,$

$-0.6\lambda_7 + (2.04x_1 + 2.17x_2 + 5.83x_3 + 1.86x_4 + 1.55x_5) \ge 1.4$

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$

$\alpha \ge 0, x_i \ge 0,\ i = 0, \dots, 5$

Oluşturulan P_3 problemi WinQSB programı kullanılarak çözülmüş ve elde edilen sonuçlar Tablo 16'da verilmiştir.

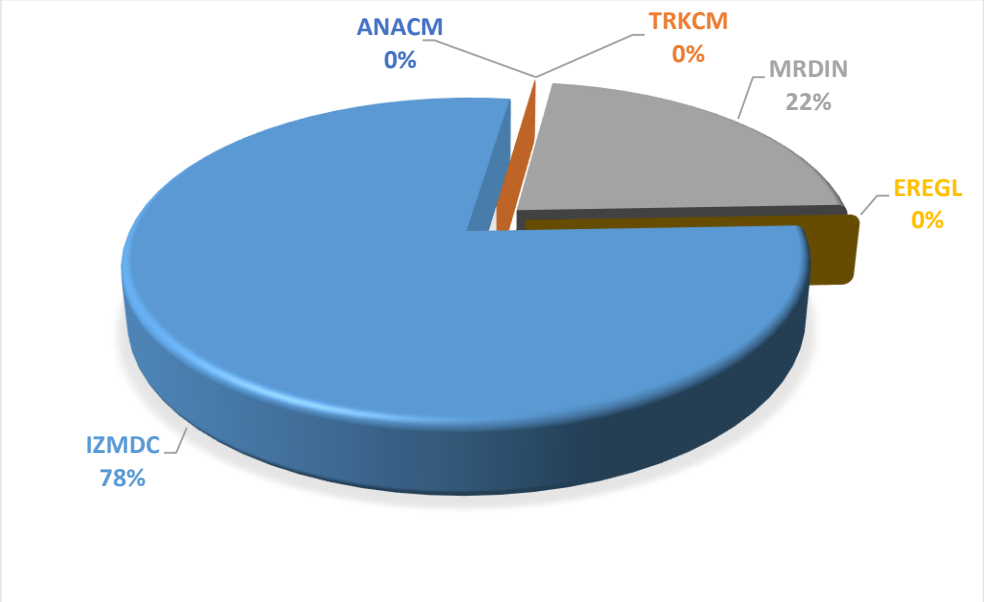
3.1.1. Uygulama I'e İlişkin Sonuçlar

P_3 için, önerilen yöntemin uygulanması ile elde edilen portföy dağılım oranları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. P_3 probleminin çözümünden elde edilen portföy dağılım oranları

	ANACM	TRKCM	MRDIN	EREGL	IZMDC
Hisse senetlerinin yüzdelikleri	0	0	0.222	0	0.778

Şekil 10'dan da görülebileceği gibi önerilen yöntem kullanılarak yatırımcının fonunun Anadolu Cam, Trakya Cam, Mardin Çimento, Ereğli Demir Çelik ve İzmir Demir Çelik hisse senetlerine sırasıyla %0, %0, %22, %0 ve %78 oranlarında tahsis edileceği belirtilmektedir.



Şekil 10. Uygulama I için önerilen yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları

3.2. Uygulama II

Tezin bu kısmında, belirli hisse senetlerinin belirli tarih aralığındaki getiri oranları kullanılarak portföy dağılımı yapılmaktadır. Bu çalışmada ilk olarak 5 hisse senedine ait 1 Ekim 2016 – 30 Eylül 2018 tarihleri arasındaki 24 aylık getiri oranları kullanılarak MAD yöntemi ile portföy dağılımı belirlenmiştir. Ayrıca bu tarihlerdeki getiri oranlarının ortalamaları, bu çalışma kapsamında önerilmiş olan yönteme yeni kriter olarak eklenerek model oluşturulmuş ve portföy dağılımı elde edilmiştir. Yapılan çözümlemeler sonucunda iki yöntemden elde edilen sonuçların karşılaştırılması için yatırım yapılacak hisse senetlerinin 2018 Ekim ayı için getiri oranları ve belirlenen getiri oranları kullanılarak yatırımın getirisi yüzde olarak hesaplanmıştır. Her iki yöntem için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3.2.1. Uygulama II İçin MAD Yöntemi Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi

Bu uygulamada, Borsa İstanbul'da yer alan Türk Hava Yolları (THY), ENKA İnşaat ve Sanayi AŞ (ENKAI), Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret AŞ (AKCNS), Adel Kalemcilik Ticaret ve Sanayi AŞ (ADEL) ve Adana Çimento Sanayi (ADANA) hisse senetlerine ilişkin 1 Ekim 2016 – 30 Eylül 2018 tarihleri arasındaki toplam 24 aylık getiri (%) miktarlarına ilişkin veriler kullanılmıştır. Tablo 17'de bu hisse senetlerine ait aylık getiri oranlarının yüzdelikleri verilmiştir.

Tablo 17. Uygulama II'de belirlenen hisse senetlerine ait 24 aylık getiri miktarları

	Getiri Miktarı (%)				
Tarih	**THY**	**ENKAI**	**AKCNS**	**ADEL**	**ADANA**
Ekim 2016	5.84	7.53	1.21	-1.54	2.63
Kasım 2016	-11.58	-1.07	-2.98	-13.5	-5.29
Aralık 2016	4.16	15.97	9.49	6.76	11.7
Ocak 2017	10.58	6.71	3.45	3.46	6.36
Şubat 2017	-1.44	-1.75	2.17	1.14	-3.28
Mart 2017	0.18	8.16	-4.48	-4.24	-1.19
Nisan 2017	10.79	0.02	-2.31	0.39	4.03
Mayıs 2017	19.47	-1.83	-3.17	17.85	1.15
Haziran 2017	11.19	-0.5	-1.85	4.79	0.42
Temmuz 2017	9.69	2.79	5.14	15.08	0.37
Ağustos 17	10.53	-3.06	-9.2	-12.37	-6.06
Eylül 2017	-10.35	-2.52	-0.09	-10.53	-2.22
Ekim 2017	18.63	11	1.97	1.22	3.4
Kasım 2017	18.11	-1.91	-8.19	-15.71	-0.48
Aralık 2017	27.98	6.91	-1.82	12.35	2.62
Ocak 2018	5.04	-6.3	4.79	2.37	4
Şubat 2018	15.72	-2.83	-4.57	-9.73	-0.64
Mart 2018	0.21	0.36	4	5.72	10.16
Nisan 2018	-12.56	-11.25	-5.82	0.06	-11.26
Mayıs 2018	-0.36	-8.79	-8.28	-2.61	-7.36
Haziran 2018	-18.68	4.71	4.13	-4.4	5.24
Temmuz 2018	27.62	4.5	-8.46	-4.47	-2.01
Ağustos 2018	-5.79	5.12	9.12	-7.48	1.9
Eylül 2018	17.26	1.56	-12.64	3.93	-0.34
Ortalama	**6.34**	**1.40**	**-1.18**	**-0.48**	**0.58**

Beklenen getiri oranı yani yatırımcının kullandığı hisse senetlerinin tümünün ortalaması,

$$\rho = \frac{\sum_{j=1}^{5} r_j}{5} = \frac{(6.34) + (1.40) + (-1.18) + (-0.48) + (0.58)}{5} = 1.33 \qquad (92)$$

biçiminde elde edilmiştir. Tablo 17'de yer alan, 24 ay boyunca 5 hisse senedinin getiri oranlarının ortalamaları ile aralarındaki farkları a_{jt}'ler elde edilerek Tablo 18'de verilmiştir.

Tablo 18. Uygulama II'de belirlenen hisse senetlerine ilişkin, aylık getiri oranları ile ortalama getiri oranı arasındaki farklar (a_{jt})

t	a_{1t}	a_{2t}	a_{3t}	a_{4t}	a_{5t}
1	-0.50	6.13	2.39	-1.06	2.05
2	-17.92	-2.47	-1.80	-13.02	-5.87
3	-2.18	14.57	10.67	7.24	11.12
4	4.24	5.31	4.63	3.94	5.78
5	-7.78	-3.15	3.35	1.62	-3.86
6	-6.16	6.76	-3.30	-3.76	-1.77
7	4.45	-1.38	-1.13	0.87	3.45
8	13.13	-3.23	-1.99	18.33	0.57
9	4.85	-1.90	-0.67	5.27	-0.16
10	3.35	1.39	6.32	15.56	-0.21
11	4.19	-4.46	-8.02	-11.89	-6.64
12	-16.69	-3.92	1.09	-10.05	-2.80
13	12.29	9.60	3.15	1.70	2.82
14	11.77	-3.31	-7.01	-15.23	-1.06
15	21.64	5.51	-0.64	12.83	2.04
16	-1.30	-7.70	5.97	2.85	3.42
17	9.38	-4.23	-3.39	-9.25	-1.22
18	-6.13	-1.04	5.18	6.20	9.58
19	-18.90	-12.65	-4.64	0.54	-11.84
20	-6.70	-10.19	-7.10	-2.13	-7.94
21	-25.02	3.31	5.31	-3.92	4.66
22	21.28	3.10	-7.28	-3.99	-2.59
23	-12.13	3.72	10.30	-7.00	1.32
24	10.92	0.16	-11.46	4.41	-0.92

Tablo 18'de yer alan a_{jt}'ler kullanılarak ortalama mutlak sapma yöntemi ile çözüme ilişkin model;

P_4: $\min (y_1 + y_2 + \cdots + y_{24})/24$

$$y_1 - 0.50x_1 + 6.13x_2 + 2.39x_3 - 1.06x_4 + 2.05x_5 \geq 0$$

$$y_2 - 17.92x_1 - 2.47x_2 - 1.80x_3 - 13.02x_4 - 5.87x_5 \geq 0$$

$$y_3 - 2.18x_1 + 14.57x_2 + 10.67x_3 + 7.24x_4 + 11.12x_5 \geq 0$$

$$y_4 + 4.24x_1 + 5.31x_2 + 4.63x_3 + 3.94x_4 + 5.78x_5 \geq 0$$

$$\vdots$$

$$y_{23} - 12.13x_1 + 3.72x_2 + 10.30x_3 - 7.00x_4 + 1.32x_5 \geq 0$$

$$y_{24} + 10.92x_1 + 0.16x_2 - 11.46x_3 + 4.41x_4 - 0.92x_5 \geq 0$$

$$y_1 + 0.50x_1 - 6.13x_2 - 2.39x_3 + 1.06x_4 - 2.05x_5 \geq 0$$

$$y_2 + 17.92x_1 + 2.47x_2 + 1.80x_3 + 13.02x_4 + 5.87x_5 \geq 0$$

$$y_3 + 2.18x_1 - 14.57x_2 - 10.67x_3 - 7.24x_4 - 11.12x_5 \geq 0$$

$$y_4 - 4.24x_1 - 5.31x_2 - 4.63x_3 - 3.94x_4 - 5.78x_5 \geq 0$$

$$\vdots$$

$$y_{23} + 12.13x_1 - 3.72x_2 - 10.30x_3 + 7.00x_4 - 1.32x_5 \geq 0$$

$$y_{24} - 10.92x_1 + 0.16x_2 + 11.46x_3 - 4.41x_4 + 0.92x_5 \geq 0$$

$$6.34x_1 + 1.40x_2 - 0.13x_3 - 0.48x_4 + 0.58x_5 \geq 1.33$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1,$$

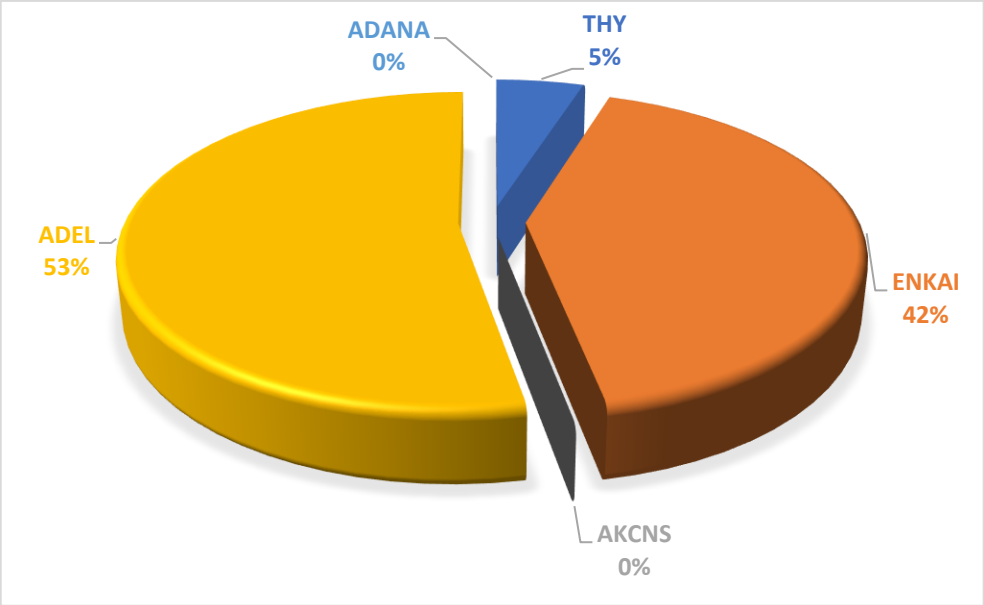
$$x_i \geq 0 \text{ ; i= } 1, \ldots 5.$$

biçiminde kurulur. Model WinQSB paket programında çözüldüğünde, j. hisse senedine yapılacak yatırım payı olarak tanımlanan karar değişkenlerinin aldığı değerler Tablo 19'da yer almaktadır.

Tablo 19. Uygulama II için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılımları

Hisse Senetleri	**Yatırımdaki Payları**
THY	0.05
ENKAI	0.42
AKCNS	0
ADEL	0.53
ADANA	0

Şekil 11'den de görülebileceği gibi ortalama mutlak sapma yöntemi kullanılarak yatırımcı fonunun THY, ENKAI, AKCNS, ADEL ve ADANA hisse senetlerine sırasıyla %5, %42, %0, %53 ve %0 oranlarında tahsis edilebileceği belirtilmektedir.



Şekil 11. Uygulama II için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları

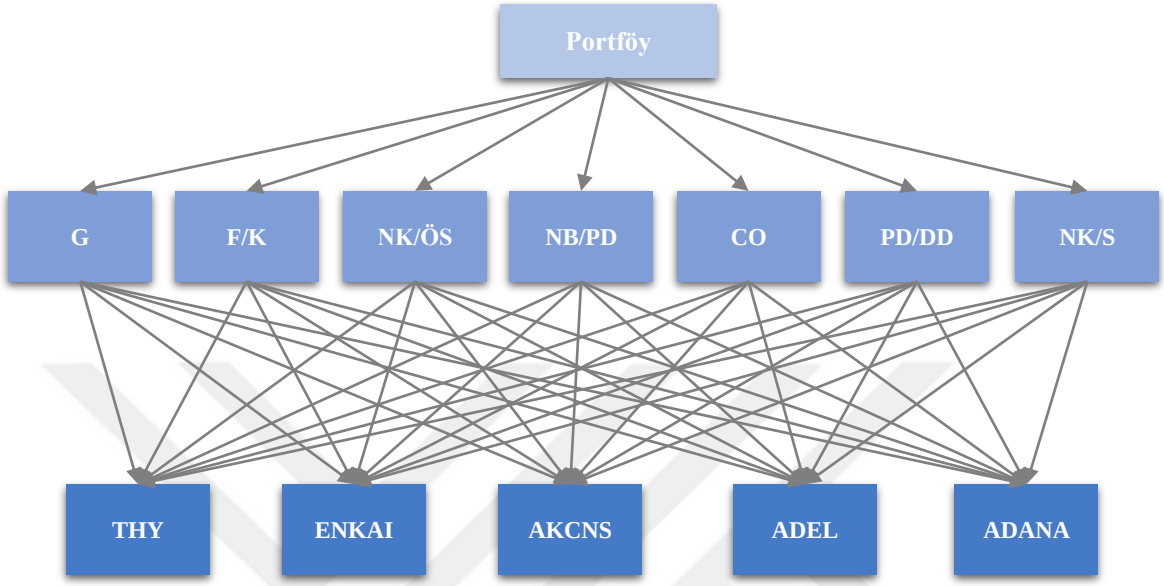
3.2.2. Uygulama II İçin Önerilen Yöntem Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi

Bu bölümde çalışma kapsamında önerilen yamuk bulanık sayılara dayalı yöntem ile portföy dağılımı elde edilmiştir. Ortalama mutlak sapma yönteminden elde edilen sonuçlar ile karşılaştırma yapabilmek için aynı 5 hisse senedi kullanılmıştır. Bu beş firma üzerinde portföyün dağılım şeklini belirleyebilmek için Getiri, Fiyat / Kazanç (F/K), Net Kâr / Öz Sermaye (NK/ÖS), Net Borç / Piyasa Değeri (NB/PD), Cari Oran (CO), Piyasa Değeri / Defter Değeri (PD/DD) ve Net Kâr / Satışlar (NK/S) olmak üzere yedi kriter belirlenmiştir. Belirlenen kriterler doğrultusunda portföy dağılımı belirlenecek alternatifler olan THY, ENKAI, AKCNS, ADEL ve ADANA için hisse senetlerine ait finansal oranlar https://tr.investing.com/ adresinden alınmış ve Tablo 20'de verilmiştir.

Tablo 20. Uygulama II için hisse senetleri ve finansal oranlar

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
THY	6.34	5.92	0.117	0.46	1.05	0.69	0.34
ENKAI	1.40	17.91	0.007	0.07	2.55	0.67	2.00
AKCNS	-1.18	6.42	0.053	0.41	1.14	1.24	0.79
ADEL	-0.48	14.55	0.034	1.24	1.27	1.27	0.74
ADANA	0.58	10.52	0.056	0.27	1.37	2.37	1.52

Problem için belirlenen hedef, kriter ve alternatifleri içiren hiyerarşik yapı Şekil 12' de verildiği gibidir.



Şekil 12. Uygulama II için hiyerarşik yapı

Problemde, $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ve C_7 sırası ile G, F/K, NK/ÖS, NB/PD, CO, PD/ DD ve NK/S kriterlerini temsil etmektedir. Dört karar verici tarafından belirlenen kriterlerin önem derecelerine üçgen bulanık sayı olarak Tablo 21'de yer verilmiştir.

Tablo 21. Uygulama II için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin üçgen bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
KV1	(9 10 10)	(3 5 7)	(7 9 10)	(3 5 7)	(3 5 7)	(5 7 9)	(3 5 7)
KV2	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)	(3 5 7)	(5 7 9)	(5 7 9)	(3 5 7)
KV3	(9 10 10)	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)
KV4	(7 9 10)	(3 5 7)	(7 9 10)	(3 5 7)	(5 7 9)	(7 9 10)	(3 5 7)

Tablo 21'de üçgen bulanık sayı olarak yer alan önem dereceleri Şekil 9'da gösterildiği gibi yamuk bulanık sayılara dönüştürülmüş ve Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 22. Uygulama II için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin yamuk bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri

	C_1	C_2	C_3	C_4
KV_1	(9 9.75 10 10)	(3 4.5 5.5 7)	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)
KV_2	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)	(3 4.5 5.5 7)
KV_3	(9 9.75 10 10)	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_4	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)

	C_5	C_6	C_7
KV_1	(3 4.5 5.5 7)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_2	(5 6.5 7.5 9)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_3	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_4	(5 6.5 7.5 9)	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)

Yamuk bulanık sayılara dönüştürülen ve Tablo 22'de verilen karar verici görüşlerinin geometrik ortalamaları alınarak kriterlerin önem dereceleri elde edilmiştir. Elde edilen kritere ilişkin önem dereceleri Tablo 23'te verilmiştir.

Tablo 23. Uygulama II için karar vericiler tarafından belirlenen önem derecelerinin yamuk bulanık sayıya dönüştürülmüş biçimi

Kriterler	Önem derecesi
C_1	(7.94 9.10 9.62 10.00)
C_2	(4.21 5.78 6.81 8.15)
C_3	(5.21 6.78 7.81 8.91)
C_4	(3.00 4.50 5.50 7.00)
C_5	(4.79 6.34 7.36 8.68)
C_6	(5.44 6.95 7.96 9.24)
C_7	(3.00 4.50 5.50 7.00)

Probleme ait yedi kriter, “portföy seçimi” amacına göre birbirleri ile karşılaştırılmış ve kriterlerin karar vericiler tarafından elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisi Tablo 24’te verilmiştir.

Tablo 24. Uygulama II için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Hedef	$\mathbf{C_1}$	$\mathbf{C_2}$	$\mathbf{C_3}$
$\mathbf{C_1}$	(1 1 1 1)	(0.97 1.32 1.68 2.38)	(0.89 1.15 1.44 1.92)
$\mathbf{C_2}$	(0.42 0.59 0.76 1.03)	(1 1 1 1)	(0.47 0.74 1.01 1.56)
$\mathbf{C_3}$	(0.52 0.70 0.87 1.12)	(0.64 1.00 1.35 2.12)	(1 1 1 1)
$\mathbf{C_4}$	(0.30 0.46 0.61 0.88)	(0.37 0.66 0.95 1.67)	(0.34 0.57 0.81 1.35)
$\mathbf{C_5}$	(0.48 0.65 0.82 1.09)	(0.59 0.93 1.27 2.04)	(0.54 0.81 1.19 1.67)
$\mathbf{C_6}$	(0.54 0.71 0.89 1.16)	(0.67 1.02 1.37 2.17)	(0.61 0.89 1.18 1.79)
$\mathbf{C_7}$	(0.30 0.46 0.61 0.88)	(0.37 0.66 0.95 1.67)	(0.34 0.57 0.81 1.35)

	$\mathbf{C_4}$	$\mathbf{C_5}$	$\mathbf{C_6}$
$\mathbf{C_1}$	(1.13 1.63 2.17 3.33)	(0.91 1.22 1.54 2.09)	(0.86 1.13 1.40 1.84)
$\mathbf{C_2}$	(0.60 1.05 1.51 2.72)	(0.49 0.79 1.07 1.70)	(0.46 0.73 0.98 1.50)
$\mathbf{C_3}$	(0.74 1.23 1.74 2.97)	(0.60 0.92 1.23 1.86)	(0.56 0.85 1.12 1.64)
$\mathbf{C_4}$	(1 1 1 1)	(0.35 0.61 0.87 1.46)	(0.32 0.57 0.79 1.29)
$\mathbf{C_5}$	(0.68 1.15 1.64 2.86)	(1 1 1 1)	(0.52 0.80 1.06 1.60)
$\mathbf{C_6}$	(0.78 1.27 1.75 3.13)	(0.63 0.94 1.25 1.92)	(1 1 1 1)
$\mathbf{C_7}$	(0.43 0.82 1.22 2.33)	(0.35 0.61 0.87 1.47)	(0.32 0.56 0.79 1.29)

	$\mathbf{C_7}$
$\mathbf{C_1}$	(1.13 1.63 2.17 3.33)
$\mathbf{C_2}$	(0.60 1.05 1.51 2.72)
$\mathbf{C_3}$	(0.74 1.23 1.74 2.97)
$\mathbf{C_4}$	(0.43 0.82 1.22 2.33)
$\mathbf{C_5}$	(0.68 1.15 1.64 2.89)
$\mathbf{C_6}$	(0.78 1.26 1.77 3.08)
$\mathbf{C_7}$	(1 1 1 1)

Her bir kriterin bulanık ağırlığı, portföy seçiminde yamuk bulanık sayıların kullanıldığı CFAHP yöntemine ilişkin algoritmada Adım 1-3 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 25. Uygulama II için kriterlere ait bulanık ağırlıklar

Kriterler	**Ağırlıklar**
$\mathbf{C_1}$	(0.13 0.18 0.22 0.28)
$\mathbf{C_2}$	(0.07 0.12 0.15 0.23)
$\mathbf{C_3}$	(0.09 0.14 0.17 0.25)
$\mathbf{C_4}$	(0.05 0.09 0.12 0.19)
$\mathbf{C_5}$	(0.08 0.13 0.16 0.24)
$\mathbf{C_6}$	(0.09 0.14 0.18 0.26)
$\mathbf{C_7}$	(0.05 0.09 0.12 0.17)

Elde edilen bulanık ağırlıkların kullanılacağı doğrusal programlama probleminin oluşturulabilmesi için her bir kriter bir amaç fonksiyonu şeklinde yazılmış, hisse senetlerine yapılacak olan yatırım paylarının toplamının 1 olması gerekliliği kısıt olarak eklenmiş ve doğrusal programlama problemleri oluşturulmuş ve P_5 ile verilmiştir.

P_5: $Z_{\text{Getiri(max)}} = 6.34x_1 + 1.40x_2 - 1.18x_3 - 0.48x_4 + 0.58x_5,$

$Z_{\text{Fiyat/Kazanç(min)}} = 5.92x_1 + 17.91x_2 + 6.42x_3 + 14.55x_4 + 10.52x_5,$

$Z_{\text{NetKar/ÖzSermaye(max)}} = 0.117x_1 + 0.007x_2 + 0.053x_3 + 0.034x_4 + 0.056x_5,$

$Z_{\text{NetBorç/PiyasaDeğeri(min)}} = 0.46x_1 + 0.07x_2 + 0.41x_3 + 1.24x_4 + 0.27x_5,$

$Z_{\text{CariOran(1.4≤CO≤2.5)}} = 1.05x_1 + 2.55x_2 + 1.14x_3 + 1.27x_4 + 1.37x_5,$

$Z_{\text{PiyasaDeğeri/DefterDeğeri(max)}} = 0.69x_1 + 0.67x_2 + 1.24x_3 + 1.27x_4 + 2.37x_5,$

$Z_{\text{NetKar/Satışlar(max)}} = 0.34x_1 + 2.00x_2 + 0.79x_3 + 0.74x_4 + 1.52x_5,$

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1,$

$x_i \geq 0,\ i = 1, \dots 5.$

Burada x_i, i. hisse senedine yapılacak olan yatırımın yüzdesini temsil etmektedir. Her bir amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri WinQSB programı kullanılarak modelin kısıtları altında belirlenmiş ve Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 26. P_5 ile verilen her bir amaç fonksiyonuna ait pozitif ve negatif ideal çözümler

Amaç fonksiyonları	PIS	NIS
$Z_{Getiri(max)}$	6.34	-1.18
$Z_{Fiyat/Kazanç(min)}$	5.92	17.91
$Z_{NetKar/ÖzSermaye(max)}$	0.117	0.007
$Z_{NetBorç/PiyasaDeğeri(min)}$	0.07	1.24
$Z_{PiyasaDeğeri/DefterDeğeri(max)}$	2.37	0.67
$Z_{NetKar/Satışlar(max)}$	2.00	0.34

Yamuk bulanık sayıların kullanıldığı Kısıtlı Bulanık AHP yönteminden elde edilen bulanık ağırlıklar ve P_5'te verilen amaç fonksiyonları bir kısıt fonksiyonuna dönüştürülerek önerilen bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli P_6 probleminde verildiği gibi oluşturulmuştur.

P_6: $\max\ (0.13\ \ 0.18\ \ 0.22\ \ 0.28)\lambda_1 + (0.07\ \ 0.12\ \ 0.15\ \ 0.23)\lambda_2 + (0.09\ \ 0.14\ \ 0.17\ \ 0.25)\lambda_3 + (0.05\ \ 0.09\ \ 0.12\ \ 0.19)\lambda_4 + (0.08\ \ 0.13\ \ 0.16\ \ 0.24)\lambda_5 + (0.09\ \ 0.14\ \ 0.18\ \ 0.26)\lambda_6 + (0.05\ \ 0.09\ \ 0.12\ \ 0.19)\lambda_7$

$\lambda_1 \leq ((6.34x_1 + 1.40x_2 - 1.18x_3 - 0.48x_4 + 0.58x_5) + 1.18)/7.52$

$\lambda_2 \leq (17.91 - (5.92x_1 + 17.91x_2 + 6.42x_3 + 14.55x_4 + 10.52x_5))/11.99$

$\lambda_3 \leq ((0.117x_1 + 0.007x_2 + 0.053x_3 + 0.034x_4 + 0.056x_5) - 0.007)/0.11$

$\lambda_4 \leq (1.24 - (0.46x_1 + 0.07x_2 + 0.41x_3 + 1.24x_4 + 0.27x_5))/1.17$

$\lambda_5 \leq ((1.05x_1 + 2.55x_2 + 1.14x_3 + 1.27x_4 + 1.37x_5) - 1.05)/1.5$

$\lambda_5 \leq (2.55 - (1.05x_1 + 2.55x_2 + 1.14x_3 + 1.27x_4 + 1.37x_5))/1.5$

$\lambda_6 \leq ((0.69x_1 + 0.67x_2 + 1.24x_3 + 1.27x_4 + 2.37x_5) - 0.67)/1.7$

$\lambda_7 \leq ((0.34x_1 + 2.00x_2 + 0.79x_3 + 0.74x_4 + 1.52x_5) - 0.34)/.166$

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1,$

$x_i \geq 0,\ i = 1, \ldots 5.$

P_6 probleminde $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_6$ ve λ_7 kısıtları, G, F/K, NK/ÖS, NB/PD, PD/DD ve NK/S kriterleri için oluşturulan üyelik fonksiyonlarına karşılık gelmektedir. Bu kısıt fonksiyonları Tablo 26' da verilen PIS ve NIS değerleri kullanılarak elde edilmiştir. λ_5 kısıtı, uygulamada Cari Oran kriteri için oluşturulan üyelik fonksiyonuna karşılık gelmektedir. Bu çalışmada CO kriteri 1.4 ile 2.5 arasında değer alan bulanık bir kısıt olarak tanımlanmıştır.

Bu kriterin belirli bir alt ve üst sınırı olduğu için modelde iki üyelik fonksiyonu yer almaktadır. Portföye alınacak 5 hisse senedi için payların toplamda 1 olması gerektiğini belirten deterministik bir kısıt fonksiyonu da eklenerek P_6 problemi oluşturulmuştur.

Amaç fonksiyonundaki parametrelerin katsayıları yamuk bulanık sayılardan oluşan P_6 probleminin çözümü için önerilen algoritmanın beşinci adımında yer alan amaç fonksiyonları,

$$\begin{aligned}
&\min \ 0.05\lambda_1 + 0.05\lambda_2 + 0.05 + 0.06\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.05\lambda_6 + 0.06\lambda_7 \ (Z_1)\\
&\max \ 0.18\lambda_1 + 0.12\lambda_2 + 0.14\lambda_3 + 0.09\lambda_4 + 0.13\lambda_5 + 0.14\lambda_6 + 0.09\lambda_7 \ (Z_2)\\
&\max \ 0.22\lambda_1 + 0.15\lambda_2 + 0.17\lambda_3 + 0.12\lambda_4 + 0.16\lambda_5 + 0.18\lambda_6 + 0.12\lambda_7 \ (Z_3)\\
&\max \ 0.06\lambda_1 + 0.08\lambda_2 + 0.08\lambda_3 + 0.07\lambda_4 + 0.08\lambda_5 + 0.08\lambda_6 + 0.07\lambda_7 \ (Z_4)
\end{aligned} \tag{93}$$

biçiminde oluşturulmuştur. Eşitlik 93 ile verilen her bir amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri P_6 probleminin kısıtları altında elde edilmiş ve Tablo 27'de verilmiştir.

Tablo 27. P_6 probleminin çözümü için oluşturulan amaç fonksiyonlarının pozitif ve negatif ideal çözümleri

	PIS	**NIS**
Z_1	0	0.218
Z_2	0.502	0
Z_3	0.622	0
Z_4	0.304	0

Her bir amaç fonksiyonu için üyelik fonksiyonları,

$$\mu_{z_1} = \begin{cases} 1 & z_1 < 0 \\ \dfrac{0.218 - z_1}{0.218} & 0 \le z_1 \le 0.218 \\ 0 & z_1 > 0.218 \end{cases} \tag{94}$$

$$\mu_{z_2} = \begin{cases} 1 & z_2 < 0.502 \\ \dfrac{z_2}{0.502} & 0 \le z_2 \le 0.502 \\ 0 & z_2 > 0 \end{cases} \tag{95}$$

$$\mu_{z_3} = \begin{cases} 1 & z_3 < 0.622 \\ \dfrac{z_3}{0.622} & 0 \le z_3 \le 0.622 \\ 0 & z_3 > 0 \end{cases} \quad (96)$$

$$\mu_{z_4} = \begin{cases} 1 & z_4 < 0.304 \\ \dfrac{z_4}{0.304} & 0 \le z_4 \le 0.304 \\ 0 & z_4 > 0 \end{cases} \quad (97)$$

biçiminde elde edilmiş, daha sonra elde edilen üyelik değerleri kullanılarak P_7 ile verilen problem oluşturulmuştur.

P_7: max α

$0.218\alpha + 0.05\lambda_1 + 0.05\lambda_2 + 0.05\lambda_3 + 0.06\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.05\lambda_6 + 0.06\lambda_7 \le 0.218$ (Z_1)

$-0.502\alpha + 0.18\lambda_1 + 0.12\lambda_2 + 0.14\lambda_3 + 0.09\lambda_4 + 0.14\lambda_5 + 0.14\lambda_6 + 0.09\lambda_7 \ge 0$ (Z_2)

$-0.622\alpha + 0.22\lambda_1 + 0.15\lambda_2 + 0.17\lambda_3 + 0.12\lambda_4 + 0.16\lambda_5 + 0.18\lambda_6 + 0.12\lambda_7 \ge 0$ (Z_3)

$-0.304\alpha + 0.06\lambda_1 + 0.08\lambda_2 + 0.08\lambda_3 + 0.07\lambda_4 + 0.08\lambda_5 + 0.08\lambda_6 + 0.07\lambda_7 \ge 0$ (Z_4)

$7.52\lambda_1 - (6.34x_1 + 1.40x_2 - 1.18x_3 - 0.48x_4 + 0.58x_5) \le 1.18,$

$11.99\lambda_2 + (5.92x_1 + 17.91x_2 + 6.42x_3 + 14.55x_4 + 10.52x_5) \ge 17.91,$

$0.11\lambda_3 - (0.117x_1 + 0.007x_2 + 0.053x_3 + 0.034x_4 + 0.056x_5) \le -0.007,$

$1.17\lambda_4 + (0.46x_1 + 0.07x_2 + 0.41x_3 + 1.24x_4 + 0.27x_5) \ge 1.24,$

$1.5\lambda_5 - (1.05x_1 + 2.55x_2 + 1.14x_3 + 1.27x_4 + 1.37x_5) \le -1.05,$

$1.5\lambda_5 + (1.05x_1 + 2.55x_2 + 1.14x_3 + 1.27x_4 + 1.37x_5) \ge 2.55,$

$1.7\lambda_6 - (0.69x_1 + 0.67x_2 + 1.24x_3 + 1.27x_4 + 2.37x_5) \le -0.67,$

$1.66\lambda_7 - (0.34x_1 + 2.00x_2 + 0.79x_3 + 0.74x_4 + 1.52x_5) \le -0.34,$

$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1$

$\alpha \ge 0,$

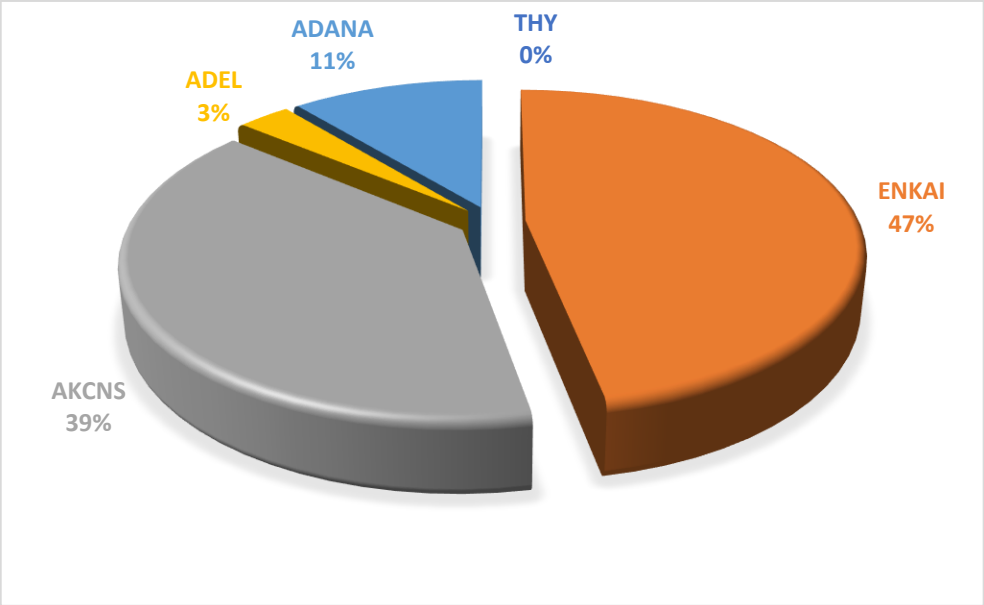
$x_i \ge 0, \quad i = 1, \dots, 5.$

Oluşturulan P_7 problemi WinQSB programı kullanılarak çözülmüş ve elde edilen portföy dağılım oranları Tablo 28'de verilmiştir.

Tablo 28. P_7 probleminin çözümünden elde edilen portföy dağılım oranları

Hisse Senetleri	Yatırımdaki Payları
THY	0
ENKAI	0.47
AKCNS	0.39
ADEL	0.03
ADANA	0.11

Şekil 13'ten de görülebileceği gibi önerilen yöntem kullanılarak yatırımcının fonunun THY, ENKAI, AKCNS, ADEL ve ADANA hisse senetlerine sırasıyla %0, %47, %39, %3 ve %11 oranlarında tahsis edilebileceği belirlenmiştir.



Şekil 13. Uygulama II için önerilen yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları

3.2.3. Uygulama II'ye İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde, BIST'te yer alan THY, ENKAI, AKCNS, ADEL ve ADANA hisse senetlerine ilişkin 1 Ekim 2016 – 30 Eylül 2018 tarihleri arasındaki 24 aylık getiri oranları, hisse senetlerinin finansal oranları ve karar verici görüşleri kullanılarak bu çalışma kapsamında önerilen model ile portföy dağılımı yapılmıştır. Daha sonra önerilen modelin etkinliğini incelemek için Ortalama Mutlak Sapma yöntemi ile de portföy dağılımı belirlenmiştir. Uygulanan yöntemler ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması için 2018

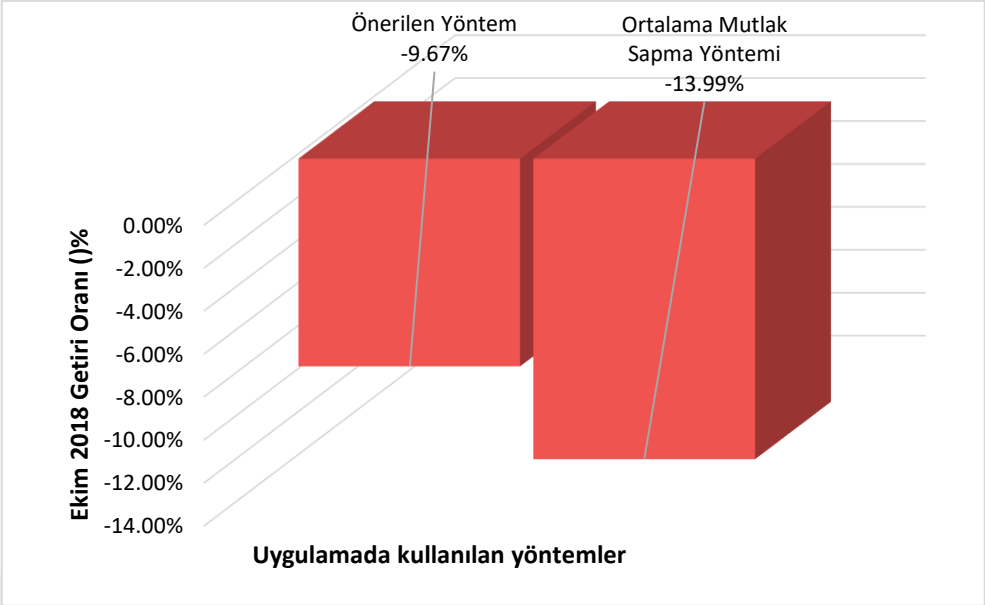
Ekim ayına ait hisse senetlerinin belirlenen getiri oranları kullanılarak yatırımın getirisi yüzde olarak hesaplanmış ve her iki yönteme ilişkin sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tablo 29 bu çalışma kapsamında uygulanan yöntemlerle elde edilen sonuçları ve bu yöntemden elde edilen sonuçlara göre portföy tahsisi yapılacak hisse senetlerinin Ekim 2018 getiri oranlarını göstermektedir. Ayrıca Tablo 29'da iki yöntemden elde edilen sonuçlara göre 2018 Ekim ayında yatırım yapıldığında elde edilen yatırım getirileri karşılaştırılmıştır.

Tablo 29. Uygulama II'de yer alan yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

	Hisse senedi	Yatırım Oranı	Getiri Oranı (%) (Aylık) Ekim 2018	Yatırım Getirisi (%) (Yatırım Oranı × Getiri Oranı)
Önerilen Yöntemden Elde Edilen Sonuçlar	THY	0	-26.4	0
	ENKAI	0.47	-10.36	-4.87
	AKCNS	0.39	-9.57	-3.73
	ADEL	0.03	-15.7	-0.47
	ADANA	0.11	-5.45	-0.60
			Toplam	**-9.67**
Ortalama Mutlak Sapma Yönteminden Elde Edilen Sonuçlar	THY	0.05	-26.4	-1.32
	ENKAI	0.42	-10.36	-4.35
	AKCNS	0	-9.57	0
	ADEL	0.53	-15.7	-8.32
	ADANA	0	-5.45	0
			Toplam	**-13.99**

Tablo 29'dan görülebileceği gibi çalışma kapsamında önerilen yöntemin sonuçları ile 2018 Ekim ayı getiri oranlarına göre ENKAI, AKCNS, ADEL ve ADANA hisse senetlerine yatırım yapıldığında sırası ile %4.87, %3.73, %0.47 ve %0.60 oranlarında zarar elde edilmektedir.

Ortalama Mutlak Sapma yönteminin sonuçları ile 2018 Ekim ayı getiri oranlarına göre THY, ENKAI ve ADEL hisse senetlerine yatırım yapıldığında ise sırası ile %1.32, %4.35 ve %8.32 oranlarında zarar elde edilmektedir.



Şekil 14. Uygulama II için 2018 Ekim ayı getiri oranları

Şekil 14'ten de görülebileceği gibi 2018 Ekim ayına ait getiri verilerine göre önerilen yöntemin sonucunda elde edilen portföy dağılımı ile yatırım yapıldığında toplam %9.67 oranında zarar, ortalama mutlak sapma yöntemin sonucunda elde edilen portföy dağılımı ile yatırım yapıldığında ise toplam %13.99 oranında zarar edildiği görülmektedir.

3.3. Uygulama III

Çalışmanın bu kısmına kadar önerilen yöntem, belirli hisse senetleri üzerine uygulanarak bu hisse senetleri için portföy dağılımı elde edilmiştir. Bu uygulamada ise önerilen yöntemin etkinliğini irdelemek üzere belirli hisse senetleri üzerine değil belirli bir endekste yer alan hisse senetleri için portföy dağılımı belirlenmiştir. Dow Jones endeksi seçilmiş ve bu endekste yer alan hisse senetleri için portföy dağılımı yapılmıştır. Dow Jones, New York Menkul Kıymetler Borsası'nda işlem gören dünyanın en büyük 30 şirketinin hisse senetlerinden oluşan bir endekstir. Dow Jones endeksinde yer alan hisse senetleri Tablo 30'da gösterilmektedir.

Tablo 30. Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedi

	Kısaltmalar	Hisse senedi isimleri
1	**MMM**	3M Company
2	**GOOG**	Alphabet Inc Class C
3	**AMZN**	Amazon.com Inc
4	**AAPL**	Apple Inc
5	**BA**	Boeing Co
6	**CAT**	Caterpillar Inc
7	**CVX**	Chevron Corp
8	**CSCO**	Cisco Systems Inc
9	**KO**	Coca-Cola Company
10	**XOM**	Exxon Mobil Corp
11	**FB**	Facebook Inc
12	**GS**	Goldman Sachs Group Inc
13	**HD**	Home Depot Inc
14	**IBM**	International Business Machines
15	**INTC**	Intel Corporation
16	**JNJ**	Johnson & Johnson
17	**JPM**	JPMorgan Chase & Co
18	**MCD**	McDonald’s Corporation
19	**MRK**	Merck & Company Inc
20	**MSFT**	Microsoft Corporation
21	**NKE**	Nike Inc
22	**PFE**	Pfizer Inc
23	**PG**	Procter & Gamble Company
24	**TSLA**	Tesla Inc
25	**UTX**	United Technologies Corporation
26	**UNH**	UnitedHealth Group Incorporated
27	**VZ**	Verizon Communications Inc
28	**V**	Visa Inc Class A
29	**WMT**	Walmart Inc
30	**DIS**	Walt Disney Company

Bu uygulamada öncelikle 30 hisse senedine ait 01.11.2017 – 31.10.2019 tarihleri arasındaki 24 aylık getiri oranları kullanılarak MAD yöntemi ile portföy dağılımı yapılmıştır. Ayrıca bu tarihlerdeki getiri oranlarının ortalamaları önerilen yönteme yeni bir kısıt olarak eklenerek problem oluşturulmuştur. Çözümlemeler sonucunda iki yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3.3.1. Uygulama III İçin MAD Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi

Bu uygulamada, Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedine ait 1 Kasım 2017–31 Ekim 2019 tarihleri arasındaki toplam 24 aylık getiri miktarlarına ilişkin veriler kullanılmıştır. Tablo 31-33'te bu hisse senetlerine ait aylık getiri oranları yer almaktadır.

Tablo 31. Dow Jones endeksinde yer alan hisse senetlerine ait 24 aylık getiri miktarları

	1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Tarih	**MMM**	**GOOG**	**AMZN**	**AAPL**	**BA**	**CAT**	**CVX**	**CSCO**	**KO**	**XOM**
Kasım 17	5.63	0.47	6.47	1.66	7.30	3.94	2.67	9.22	-0.46	-0.07
Aralık 17	-3.20	2.45	-0.62	-1.52	6.54	11.64	5.21	2.68	0.24	0.42
Ocak 18	6.43	11.81	24.06	-1.06	20.16	3.30	0.13	8.46	3.73	4.38
Şubat 18	-5.98	-5.57	4.24	6.38	2.21	-5.01	-10.71	7.80	-9.18	-13.24
Mart 18	-6.79	-6.60	-4.30	-5.81	-9.48	-4.69	1.89	-4.22	0.49	-1.49
Nisan 18	-11.45	-1.40	8.21	-1.50	1.73	-2.05	9.71	3.26	-0.51	4.21
Mayıs 18	1.46	6.65	4.05	13.08	5.58	5.23	-0.65	-3.57	-0.49	4.49
Haziran 18	-0.26	2.83	4.31	-0.94	-4.73	-10.69	1.71	0.75	2.00	1.83
Temmuz 18	7.93	9.11	4.57	2.80	6.20	5.99	-0.13	-1.72	6.32	-1.47
Ağustos 18	-0.66	0.08	13.24	19.62	-3.79	-3.44	-6.19	12.96	-4.42	-1.64
Eylül 18	-0.10	-2.03	-0.48	-0.83	8.49	9.82	3.22	1.84	3.63	6.05
Ekim 18	-9.71	-9.78	-20.22	-3.05	-4.58	-20.44	-8.69	-5.96	3.66	-6.28
Kasım 18	9.28	1.64	5.77	-18.40	-2.28	11.83	6.53	4.63	5.26	-0.23
Aralık 18	-8.36	-5.37	-11.13	-11.67	-7.00	-6.34	-8.53	-9.48	-6.05	-14.23
Ocak 19	5.12	7.80	14.43	5.52	19.57	4.79	5.39	9.14	1.65	7.46
Şubat 19	3.54	0.32	-4.59	4.03	14.09	3.14	4.30	9.47	-5.80	7.85
Mart 19	0.19	4.77	8.59	9.70	-13.31	-1.35	3.01	4.29	3.35	2.24
Nisan 19	-8.79	1.29	8.19	5.64	-0.98	2.90	-2.53	3.63	4.69	-0.64
Mayıs 19	-15.70	-7.14	-7.86	-12.76	-9.55	-14.07	-5.17	-7.01	0.14	-11.85
Haziran 19	8.51	-2.06	6.68	13.05	6.56	13.76	9.30	5.19	3.64	8.28
Temmuz 19	0.80	12.56	-1.42	7.64	-6.27	-3.39	-1.07	1.22	3.36	-2.96
Ağustos 19	-7.44	-2.35	-4.85	-2.02	6.71	-9.62	-4.38	-15.51	4.58	-7.91
Eylül 19	1.66	2.60	-2.27	7.30	4.50	6.14	0.75	5.55	-1.09	3.11
Ekim 19	0.36	3.37	2.35	11.07	-10.66	9.10	-2.07	-3.85	-0.02	-4.31
Ortalama	**-1.15**	**1.06**	**2.39**	**2.00**	**1.54**	**0.44**	**0.15**	**1.62**	**0.78**	**-0.67**

Tablo 32. Tablo 31'in devamı

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tarih	**FB**	**GS**	**HD**	**IBM**	**INTC**	**JNJ**	**JPM**	**MCD**	**MRK**	**MSFT**
Kasım 17	-1.60	2.13	8.47	-0.06	-1.43	-0.06	3.89	3.03	0.33	1.19
Aralık 17	-0.41	2.88	5.40	-0.36	2.94	0.28	2.32	0.09	1.81	1.63
Ocak 18	5.91	5.15	6.00	6.70	4.29	-1.10	8.16	-0.57	5.30	11.07
Şubat 18	-4.59	-1.85	-9.27	-4.81	2.39	-6.01	-0.15	-7.83	-8.49	-1.31
Mart 18	-10.39	-4.21	-2.21	-1.54	5.66	-1.33	-4.79	-0.86	0.46	-2.67
Nisan 18	7.64	-5.37	3.68	-5.52	-0.88	-1.30	-1.08	7.07	8.08	2.47
Mayıs 18	11.50	-5.22	0.95	-2.52	6.94	-5.43	-1.63	-4.44	1.12	5.69
Haziran 18	1.32	-2.35	4.58	-1.14	-9.95	1.44	-2.63	-2.07	1.97	-0.23
Temmuz 18	-11.19	7.64	1.24	3.74	-3.24	9.21	10.32	0.54	8.52	7.58
Ağustos 18	1.83	0.16	1.65	1.07	0.69	1.64	-0.32	2.98	4.13	5.89
Eylül 18	-6.41	-5.71	3.18	3.23	-2.35	2.58	-1.52	3.12	3.43	1.82
Ekim 18	-7.70	0.50	-15.10	-23.66	-0.87	1.32	-3.39	5.74	3.76	-6.61
Kasım 18	-7.37	-15.39	2.52	7.66	5.18	4.94	1.99	6.56	7.78	3.82
Aralık 18	-6.77	-12.40	-4.71	-8.53	-4.83	-12.15	-12.20	-5.80	-3.69	-8.40
Ocak 19	27.16	18.53	6.82	18.25	0.40	3.12	6.02	0.68	-2.59	2.82
Şubat 19	-3.14	-0.66	0.88	2.76	12.39	2.68	0.83	2.83	9.22	7.28
Mart 19	3.25	-2.39	3.65	2.15	1.40	2.31	-3.00	3.30	2.31	5.28
Nisan 19	16.02	7.26	6.15	-0.59	-4.95	1.01	14.64	4.04	-5.36	10.73
Mayıs 19	-8.24	-11.38	-6.80	-9.47	-13.71	-7.12	-8.69	0.35	0.64	-5.30
Haziran 19	8.75	12.12	9.54	8.59	8.70	6.20	5.51	4.74	5.86	8.31
Temmuz 19	0.64	7.59	2.75	7.50	5.60	-6.50	3.76	1.47	-1.03	1.72
Ağustos 19	-4.41	-7.37	6.65	-8.57	-6.21	-1.43	-5.29	3.44	4.19	1.17
Eylül 19	-4.09	1.63	1.80	7.30	8.69	0.79	7.13	-1.50	-2.65	0.85
Ekim 19	7.62	2.97	1.10	-8.04	9.70	2.06	6.14	-8.39	2.95	3.12
Ortalama	**0.64**	**-0.24**	**1.62**	**-0.24**	**1.11**	**-0.12**	**1.08**	**0.77**	**2.00**	**2.41**

Tablo 33. Tablo 32'in devamı

	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Tarih	**NKE**	**PFE**	**PG**	**TSLA**	**UTX**	**UNH**	**VZ**	**V**	**WMT**	**DIS**
Kasım 17	9.87	3.42	4.23	-6.84	1.41	8.54	6.31	2.37	11.36	7.17
Aralık 17	3.53	-0.11	2.10	0.81	5.04	-3.38	4.01	1.27	1.56	2.57
Ocak 18	9.06	2.26	-6.03	13.80	8.18	7.40	2.15	8.95	7.95	1.08
Şubat 18	-1.74	-1.97	-9.06	-3.18	-2.37	-4.49	-11.71	-1.04	-15.56	-5.07
Mart 18	-0.88	-2.26	0.97	-22.42	-6.62	-5.38	0.17	-2.70	-1.16	-2.64
Nisan 18	2.93	3.16	-8.75	10.43	-4.51	10.47	3.20	6.07	-0.57	-0.11
Mayıs 18	4.99	-1.86	1.15	-3.12	3.89	2.16	-3.40	3.03	-6.69	-0.86
Haziran 18	10.97	0.97	6.68	20.45	0.17	1.59	5.54	1.32	3.77	5.37
Temmuz 18	-3.48	10.06	3.61	-13.07	8.57	3.21	2.64	3.24	4.18	8.35
Ağustos 18	6.88	3.98	2.56	1.18	-2.98	6.02	5.29	7.42	7.43	-1.36
Eylül 18	3.07	6.14	0.34	-12.23	6.16	-0.90	-1.80	2.18	-2.03	4.39
Ekim 18	-11.43	-2.29	6.55	27.40	-11.16	-1.76	6.93	-8.16	6.78	-1.80
Kasım 18	0.11	7.36	6.57	3.90	-1.91	7.66	5.62	2.80	-2.62	0.57
Aralık 18	-1.30	-5.58	-2.74	-5.04	-12.61	-11.46	-6.77	-6.89	-4.61	-5.06
Ocak 19	10.44	-2.75	4.95	-7.75	10.88	8.46	-2.06	2.33	2.88	1.71
Şubat 19	4.70	2.12	2.16	4.19	6.44	-10.36	3.38	9.71	3.30	1.18
Mart 19	-1.77	-2.03	5.58	-12.51	2.56	2.08	3.88	5.45	-1.47	-1.60
Nisan 19	4.30	-4.38	2.34	-14.71	10.64	-5.74	-3.28	5.28	5.44	23.36
Mayıs 19	-12.17	2.24	-3.35	-22.43	-11.44	3.75	-4.97	-1.89	-1.36	-3.60
Haziran 19	8.83	4.34	6.55	20.68	3.09	0.91	5.12	7.57	8.92	5.76
Temmuz 19	2.48	-10.34	7.65	8.12	2.61	2.05	-3.26	2.56	-0.10	2.41
Ağustos 19	-1.78	-8.47	1.86	-6.62	-2.51	-6.03	5.23	1.58	3.52	-4.02
Eylül 19	11.15	1.07	3.45	6.76	4.82	-7.13	3.78	-4.87	3.87	-5.06
Ekim 19	-4.65	6.79	0.10	30.74	5.17	16.28	0.18	3.98	-1.20	-0.31
Ortalama	**2.25**	**0.49**	**1.64**	**0.77**	**0.98**	**1.00**	**1.09**	**2.15**	**1.40**	**1.35**

Beklenen getiri oranı yani yatırımcının kullandığı hisse senetlerinin tümünün ortalaması,

$$\rho = \frac{\sum_{j=1}^{30} r_j}{30} = \frac{(-1.15) + (1.06) + \cdots + (1.35)}{30} = 1.01 \quad (98)$$

biçiminde elde edilmiştir. Tablo 31-33'te verilen 24 aylık sürece ait 30 hisse senedinin getiri oranlarının ortalamaları ile aralarındaki farklar a_{jt}'ler elde edilerek Tablo 34-36'da verilmiştir.

Tablo 34. Dow Jones endeksinde yer alan hisse senetlerine ilişkin, aylık getiri oranları ile ortalama getiri oranları arasındaki farklar (a_{jt})

t	a_{1t}	a_{2t}	a_{3t}	a_{4t}	a_{5t}	a_{6t}	a_{7t}	a_{8t}	a_{9t}	a_{10t}
1	6.78	-0.59	4.08	-0.34	5.76	3.50	2.52	7.60	-1.24	0.60
2	-2.05	1.39	-3.01	-3.52	5.00	11.20	5.06	1.06	-0.54	1.09
3	7.58	10.75	21.67	-3.06	18.62	2.86	-0.02	6.84	2.95	5.05
4	-4.83	-6.63	1.85	4.38	0.67	-5.45	-10.86	6.18	-9.96	-12.57
5	-5.64	-7.66	-6.69	-7.81	-11.02	-5.13	1.74	-5.84	-0.29	-0.82
6	-10.30	-2.46	5.82	-3.50	0.19	-2.49	9.56	1.64	-1.29	4.88
7	2.61	5.59	1.66	11.08	4.04	4.79	-0.80	-5.19	-1.27	5.16
8	0.89	1.77	1.92	-2.94	-6.27	-11.13	1.56	-0.87	1.22	2.50
9	9.08	8.05	2.18	0.80	4.66	5.55	-0.28	-3.34	5.54	-0.80
10	0.49	-0.98	10.85	17.62	-5.33	-3.88	-6.34	11.34	-5.20	-0.97
11	1.05	-3.09	-2.87	-2.83	6.95	9.38	3.07	0.22	2.85	6.72
12	-8.56	-10.84	-22.61	-5.05	-6.12	-20.88	-8.84	-7.58	2.88	-5.61
13	10.43	0.58	3.38	-20.40	-3.82	11.39	6.38	3.01	4.48	0.44
14	-7.21	-6.43	-13.52	-13.67	-8.54	-6.78	-8.68	-11.10	-6.83	-13.56
15	6.27	6.74	12.04	3.52	18.03	4.35	5.24	7.52	0.87	8.13
16	4.69	-0.74	-6.98	2.03	12.55	2.70	4.15	7.85	-6.58	8.52
17	1.34	3.71	6.20	7.70	-14.85	-1.79	2.86	2.67	2.57	2.91
18	-7.64	0.23	5.80	3.64	-2.52	2.46	-2.68	2.01	3.91	0.03
19	-14.55	-8.20	-10.25	-14.76	-11.09	-14.51	-5.32	-8.63	-0.64	-11.18
20	9.66	-3.12	4.29	11.05	5.02	13.32	9.15	3.57	2.86	8.95
21	1.95	11.50	-3.81	5.64	-7.81	-3.83	-1.22	-0.40	2.58	-2.29
22	-6.29	-3.41	-7.24	-4.02	5.17	-10.06	-4.53	-17.13	3.80	-7.24
23	2.81	1.54	-4.66	5.30	2.96	5.70	0.60	3.93	-1.87	3.78
24	1.51	2.31	-0.04	9.07	-12.20	8.66	-2.22	-5.47	-0.80	-3.64

Tablo 35. Tablo 34'ün devamı

t	a_{11t}	a_{12t}	a_{13t}	a_{14t}	a_{15t}	a_{16t}	a_{17t}	a_{18t}	a_{19t}	a_{20t}
1	-2.24	2.37	6.85	0.18	-2.54	0.06	2.81	2.26	-1.67	-1.22
2	-1.05	3.12	3.78	-0.12	1.83	0.40	1.24	-0.68	-0.19	-0.78
3	5.27	5.39	4.38	6.94	3.18	-0.98	7.08	-1.34	3.30	8.66
4	-5.23	-1.61	-10.89	-4.57	1.28	-5.89	-1.23	-8.60	-10.49	-3.72
5	-11.03	-3.97	-3.83	-1.30	4.55	-1.21	-5.87	-1.63	-1.54	-5.08
6	7.00	-5.13	2.06	-5.28	-1.99	-1.18	-2.16	6.30	6.08	0.06
7	10.86	-4.98	-0.67	-2.28	5.83	-5.31	-2.71	-5.21	-0.88	3.28
8	0.68	-2.11	2.96	-0.90	-11.06	1.56	-3.71	-2.84	-0.03	-2.64
9	-11.83	7.88	-0.38	3.98	-4.35	9.33	9.24	-0.23	6.52	5.17
10	1.19	0.40	0.03	1.31	-0.42	1.76	-1.40	2.21	2.13	3.48
11	-7.05	-5.47	1.56	3.47	-3.46	2.70	-2.60	2.35	1.43	-0.59
12	-8.34	0.74	-16.72	-23.42	-1.98	1.44	-4.47	4.97	1.76	-9.02
13	-8.01	-15.15	0.90	7.90	4.07	5.06	0.91	5.79	5.78	1.41
14	-7.41	-12.16	-6.33	-8.29	-5.94	-12.03	-13.28	-6.57	-5.69	-10.81
15	26.52	18.77	5.20	18.49	-0.71	3.24	4.94	-0.09	-4.59	0.41
16	-3.78	-0.42	-0.74	3.00	11.28	2.80	-0.25	2.06	7.22	4.87
17	2.61	-2.15	2.03	2.39	0.29	2.43	-4.08	2.53	0.31	2.87
18	15.38	7.50	4.53	-0.35	-6.06	1.13	13.56	3.27	-7.36	8.32
19	-8.88	-11.14	-8.42	-9.23	-14.82	-7.00	-9.77	-0.42	-1.36	-7.71
20	8.11	12.36	7.92	8.83	7.59	6.32	4.43	3.97	3.86	5.90
21	0.00	7.83	1.13	7.74	4.49	-6.38	2.68	0.70	-3.03	-0.69
22	-5.05	-7.13	5.03	-8.33	-7.32	-1.31	-6.37	2.67	2.19	-1.24
23	-4.73	1.87	0.18	7.54	7.58	0.91	6.05	-2.27	-4.65	-1.56
24	6.98	3.21	-0.52	-7.80	8.59	2.18	5.06	-9.16	0.95	0.71

Tablo 36. Tablo 35'in devamı

t	a_{21t}	a_{22t}	a_{23t}	a_{24t}	a_{25t}	a_{26t}	a_{27t}	a_{28t}	a_{29t}	a_{30t}
1	7.62	2.93	2.59	-7.61	0.43	7.54	5.22	0.22	9.96	5.82
2	1.28	-0.60	0.46	0.04	4.06	-4.38	2.92	-0.88	0.16	1.22
3	6.81	1.77	-7.67	13.03	7.20	6.40	1.06	6.80	6.55	-0.27
4	-3.99	-2.46	-10.70	-3.95	-3.35	-5.49	-12.80	-3.19	-16.96	-6.42
5	-3.13	-2.75	-0.67	-23.19	-7.60	-6.38	-0.92	-4.85	-2.56	-3.99
6	0.68	2.67	-10.39	9.66	-5.49	9.47	2.11	3.92	-1.97	-1.46
7	2.74	-2.35	-0.49	-3.89	2.91	1.16	-4.49	0.88	-8.09	-2.21
8	8.72	0.48	5.04	19.68	-0.81	0.59	4.45	-0.83	2.37	4.02
9	-5.73	9.57	1.97	-13.84	7.59	2.21	1.55	1.09	2.78	7.00
10	4.63	3.49	0.92	0.41	-3.96	5.02	4.20	5.27	6.03	-2.71
11	0.82	5.65	-1.30	-13.00	5.18	-1.90	-2.89	0.03	-3.43	3.04
12	-13.68	-2.78	4.91	26.63	-12.14	-2.76	5.84	-10.31	5.38	-3.15
13	-2.14	6.87	4.93	3.13	-2.89	6.66	4.53	0.65	-4.02	-0.78
14	-3.55	-6.07	-4.38	-5.81	-13.59	-12.46	-7.86	-9.04	-6.01	-6.41
15	8.19	-3.24	3.31	-8.52	9.90	7.46	-3.15	0.18	1.48	0.36
16	2.45	1.63	0.52	3.42	5.46	-11.36	2.29	7.56	1.90	-0.17
17	-4.02	-2.52	3.94	-13.28	1.58	1.08	2.79	3.30	-2.87	-2.95
18	2.05	-4.87	0.70	-15.48	9.66	-6.74	-4.37	3.13	4.04	22.01
19	-14.42	1.75	-4.99	-23.20	-12.42	2.75	-6.06	-4.04	-2.76	-4.95
20	6.58	3.85	4.91	19.91	2.11	-0.09	4.03	5.42	7.52	4.41
21	0.23	-10.83	6.01	7.35	1.63	1.05	-4.35	0.41	-1.50	1.06
22	-4.03	-8.96	0.22	-7.39	-3.49	-7.03	4.14	-0.57	2.12	-5.37
23	8.90	0.58	1.81	5.99	3.84	-8.13	2.69	-7.02	2.47	-6.41
24	-6.90	6.30	-1.54	29.97	4.19	15.28	-0.91	1.83	-2.60	-1.66

Ortalama mutlak sapma yöntemi ile hisse senetlerinin yatırımdaki paylarını belirlemek üzere oluşturulan problem,

P_8: $\min\ ((y_1 + y_2 + \cdots + y_{24})/24)$

$$y_1 + 6.78x_1 - 0.59x_2 + 4.08x_3 - \cdots + 9.96x_{29} + 5.82x_{30} \geq 0,$$

$$y_2 - 2.05x_1 + 1.39x_2 - 3.01x_3 - \cdots + 0.16x_{29} + 1.22x_{30} \geq 0,$$

$$y_3 + 7.58x_1 + 10.75x_2 + 21.67x_3 - \cdots + 6.55x_{29} - 0.27x_{30} \geq 0,$$

$$y_4 - 4.83x_1 - 6.63x_2 + 1.85x_3 + \cdots - 16.96x_{29} - 6.42x_{30} \geq 0,$$

$$\vdots$$

$$y_{23} + 2.81x_1 - 1.54x_2 + 4.66x_3 + \cdots + 2.47x_{29} - 6.41x_{30} \geq 0,$$

$$y_{24} + 1.51x_1 - 2.31x_2 + 0.04x_3 + \cdots - 2.6x_{29} - 1.66x_{30} \geq 0,$$

$$y_1 - 6.78x_1 + 0.59x_2 - 4.08x_3 + \cdots - 9.96x_{29} - 5.82x_{30} \geq 0,$$

$$y_2 + 2.05x_1 - 1.39x_2 + 3.01x_3 + \cdots - 0.16x_{29} - 1.22x_{30} \geq 0,$$

$$y_3 - 7.58x_1 - 10.75x_2 - 21.67x_3 + \cdots - 6.55x_{29} + 0.27x_{30} \geq 0,$$

$$y_4 + 4.83x_1 + 6.63x_2 - 1.85x_3 - \cdots + 16.96x_{29} + 6.42x_{30} \geq 0,$$

$$\vdots$$

$$y_{23} - 2.81x_1 + 1.54x_2 - 4.66x_3 - \cdots - 2.47x_{29} + 6.41x_{30} \geq 0,$$

$$y_{24} - 1.51x_1 + 2.31x_2 - 0.04x_3 - \cdots + 2.6x_{29} + 1.66x_{30} \geq 0,$$

$$-1.15x_1 + 1.06x_2 + 2.39x_3 + \cdots + 1.40x_{29} + 1.35x_{30} \geq 1.01,$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_{29} + x_{30} = 1,$$

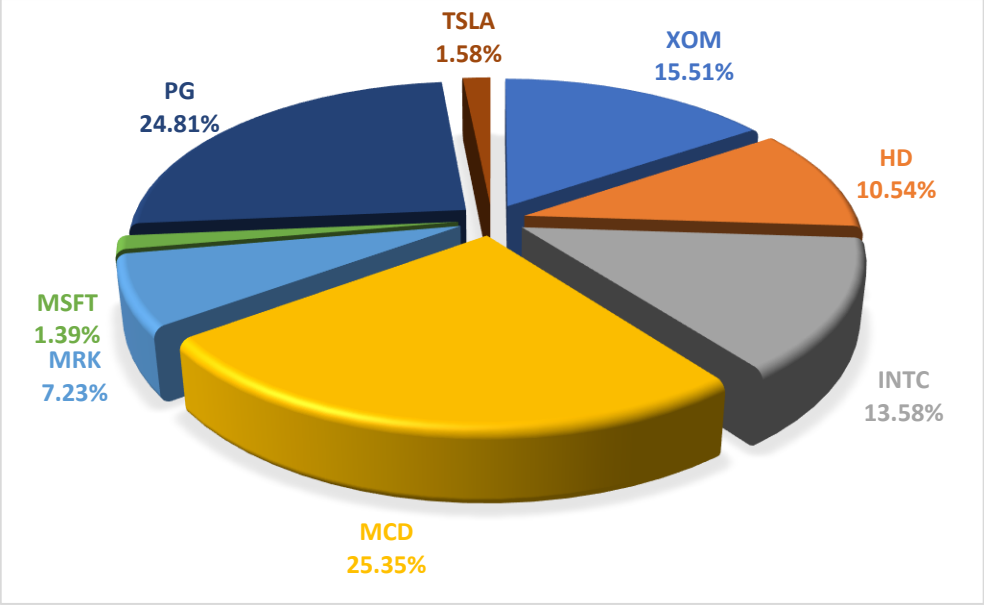
$$x_i \geq 0 \text{ ; i= } 1, \ldots 30$$

biçiminde kurulmuştur. Model WinQSB paket programında çözüldüğünde karar değişkenlerinin alacakları değerler Tablo 37'de verilmiştir.

Tablo 37. Uygulama III için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılımları

Hisse Senetleri	Yatırımdaki Payları
XOM	0.1551
HD	0.1054
INTC	0.1358
MCD	0.2535
MRK	0.0723
MSFT	0.0139
PG	0.2481
TSLA	0.0158

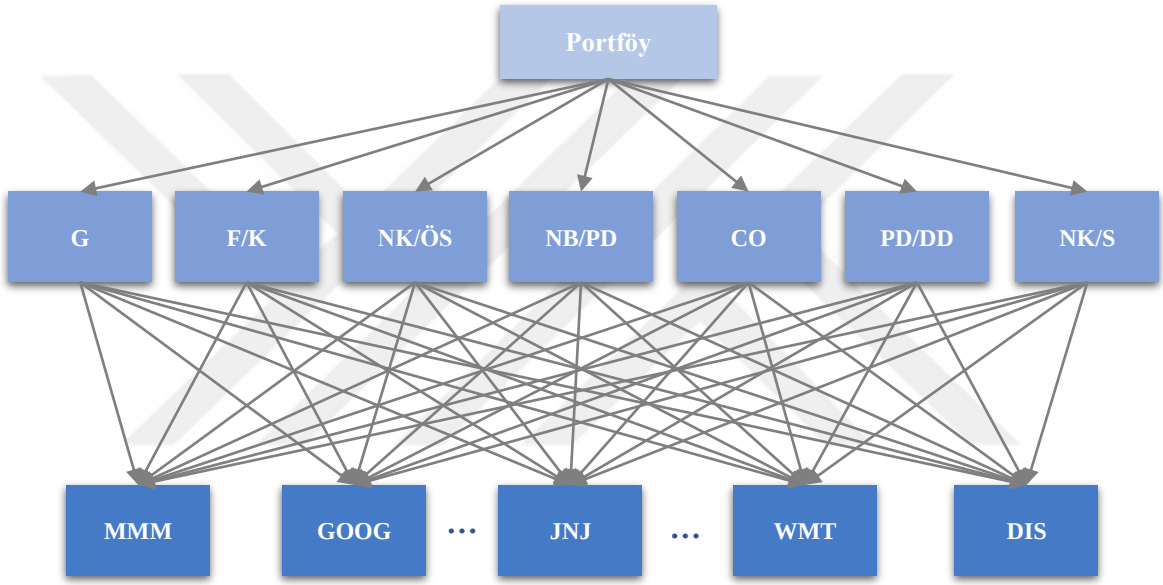
Şekil 15'ten de görülebileceği gibi ortalama mutlak sapma yöntemi kullanılarak yatırımcının fonunun XOM, HD, INTC, MCD, MRK, MSFT, PG ve TSLA hisse senetlerine sırasıyla %15.51, %10.54, %13.58, %25.35, %7.23, %1.39, %24.81 ve %1.58 oranlarında tahsis edilebileceği belirlenmiştir.



Şekil 15. Uygulama III için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları

3.3.2. Uygulama III İçin Önerilen Yöntem Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi

Bu bölümde çalışma kapsamında önerilen yamuk bulanık sayılara dayalı yöntem kullanılarak Dow Jones endeksinde işlem gören 30 hisse senedi üzerine portföy dağılımını elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu otuz hisse senedi üzerine portföyün dağılım şeklini belirleyebilmek için oluşturulan problemde G, F/K, NK/ÖS, NB/PD, CO, PD/DD ve NK/S olmak üzere yedi kriter belirlenmiştir. Probleme ait hiyerarşik yapı Şekil 16' da verilmiştir.



Şekil 16. Uygulama III için hiyerarşik yapı

Problemde, $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ve C_7 sırası ile G, F/K, NK/ÖS, NB/PD, CO, PD/DD ve NK/S kriterlerini temsil etmektedir. Belirlenen kriterler doğrultusunda Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedine ait finansal oranlar https://tr.investing.com/ adresinden alınmış ve Tablo 38'de verilmiştir.

Tablo 38. Uygulama III için hisse senetleri ve finansal oranlar

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
1	**MMM**	-1.15	20.52	0.55	0.149	2.3	9.21	3.08
2	**GOOG**	1.06	29.14	0.17	0.004	3.78	4.75	5.96
3	**AMZN**	2.39	78.59	0.23	0.057	1.1	15.34	3.27
4	**AAPL**	2.00	22.84	0.56	0.097	1.54	13.29	4.62
5	**BA**	1.54	54.32	30.86	0.069	1.11	0	2.15
6	**CAT**	0.44	13.85	0.44	0.463	1.44	5.28	1.43
7	**CVX**	0.15	16.42	0.10	0.154	1.12	1.43	1.53
8	**CSCO**	1.62	16.13	0.00	0.137	1.7	5.4	3.58
9	**KO**	0.78	30.82	0.38	0.190	0.92	12.46	6.61
10	**XOM**	-0.67	20.28	0.11	0.129	0.78	1.55	1.13
11	**FB**	0.64	32.14	0.26	0.000	4.66	6.1	8.62
12	**GS**	-0.24	10.65	0.12	6.577	0	0.99	1.47
13	**HD**	1.62	21.25	5.94	0.116	1.08	0	2.11
14	**IBM**	-0.24	12.17	0.52	0.388	1.09	6.57	1.53
15	**INTC**	1.11	13.31	0.28	0.105	1.2	3.33	3.51
16	**JNJ**	-0.12	20.76	0.26	0.081	0	0	4.29
17	**JPM**	1.08	13.29	0.13	1.260	0	1.79	3.73
18	**MCD**	0.77	25.53	-0.95	0.211	0.84	0	7.04
19	**MRK**	2.00	23.89	0.07	0.111	1.26	8.44	4.92
20	**MSFT**	2.41	30.38	0.20	0.069	2.85	10.92	8.92
21	**NKE**	2.25	36.23	0.20	0.025	2.01	16.45	3.8
22	**PFE**	0.49	13.58	0.18	0.197	0	0	3.85
23	**PG**	1.64	76.91	0.19	0.101	0.72	6.78	4.5
24	**TSLA**	0.77	0	-0.20	0.194	1.08	10.01	2.48
25	**UTX**	0.98	21.82	0.14	0.359	1.06	3.14	1.68
26	**UNH**	1.00	20.38	0.23	0.138	0	4.82	1.11
27	**VZ**	1.09	15.73	0.29	0.447	0.89	4.3	1.93
28	**V**	2.15	35.7	0.35	0.042	1.56	13.47	17.1
29	**WMT**	1.40	23.13	0.13	0.125	0.81	4.75	0.65
30	**DIS**	1.35	22.38	0.26	0.177	0.9	2.96	3.83

Kriterler için dört karar verici tarafından üçgen bulanık sayı olarak belirlenen önem dereceleri Tablo 39'da yer almaktadır.

Tablo 39. Uygulama III için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin üçgen bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
KV_1	(9 10 10)	(3 5 7)	(7 9 10)	(3 5 7)	(3 5 7)	(5 7 9)	(3 5 7)
KV_2	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)	(3 5 7)	(5 7 9)	(5 7 9)	(3 5 7)
KV_3	(9 10 10)	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)
KV_4	(7 9 10)	(3 5 7)	(7 9 10)	(3 5 7)	(5 7 9)	(7 9 10)	(3 5 7)

Tablo 39'da üçgen bulanık sayı olarak yer alan önem dereceleri Şekil 9'da gösterildiği gibi yamuk bulanık sayılara dönüştürülmüş ve Tablo 40'ta verilmiştir.

Tablo 40. Uygulama III için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin yamuk bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri

	C_1	C_2	C_3	C_4
KV_1	(9 9.75 10 10)	(3 4.5 5.5 7)	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)
KV_2	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)	(3 4.5 5.5 7)
KV_3	(9 9.75 10 10)	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_4	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)

	C_5	C_6	C_7
KV_1	(3 4.5 5.5 7)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_2	(5 6.5 7.5 9)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_3	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_4	(5 6.5 7.5 9)	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)

Yamuk bulanık sayılara dönüştürülen ve Tablo 40'ta verilen karar verici görüşlerinin geometrik ortalamaları alınarak kriterlerin önem dereceleri elde edilir. Elde edilen kritere ilişkin önem dereceleri Tablo 41'de verilmiştir.

Tablo 41. Uygulama III için karar vericiler tarafından belirlenen önem derecelerinin yamuk bulanık sayıya dönüştürülmüş biçimi

Kriterler	**Önem derecesi**
$\mathbf{C_1}$	(7.94 9.10 9.62 10.00)
$\mathbf{C_2}$	(4.21 5.78 6.81 8.15)
$\mathbf{C_3}$	(5.21 6.78 7.81 8.91)
$\mathbf{C_4}$	(3.00 4.50 5.50 7.00)
$\mathbf{C_5}$	(4.79 6.34 7.36 8.68)
$\mathbf{C_6}$	(5.44 6.95 7.96 9.24)
$\mathbf{C_7}$	(3.00 4.50 5.50 7.00)

Probleme ait yedi kriter, "portföy seçimi" amacına göre birbirleri ile karşılaştırılmış ve kriterlerin karar vericiler tarafından elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisi Tablo 42'de verilmiştir.

Tablo 42. Uygulama III için kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Hedef	C_1	C_2	C_3
C_1	(1 1 1 1)	(0.97 1.35 1.66 2.38)	(0.89 1.18 1.42 1.92)
C_2	(0.42 0.60 0.74 1.03)	(1 1 1 1)	(0.47 0.75 1.01 1.56)
C_3	(0.52 0.70 0.85 1.12)	(0.64 1.00 1.33 2.13)	(1 1 1 1)
C_4	(0.30 0.47 0.61 0.88)	(0.37 0.67 0.95 1.67)	(0.34 0.58 0.81 1.35)
C_5	(0.48 0.66 0.81 1.10)	(0.59 0.93 1.27 2.04)	(0.54 0.83 1.08 1.67)
C_6	(0.54 0.72 0.87 1.16)	(0.67 1.03 1.37 2.17)	(0.61 0.90 1.16 1.79)
C_7	(0.30 0.47 0.61 0.88)	(0.37 0.67 0.95 1.67)	(0.34 0.58 0.81 1.35)

	C_4	C_5	C_6
C_1	(1.13 1.65 2.14 3.33)	(0.91 1.24 1.52 2.09)	(0.86 1.15 1.38 1.84)
C_2	(0.60 1.05 1.50 2.72)	(0.49 0.79 1.07 1.70)	(0.46 0.73 0.97 1.50)
C_3	(0.74 1.23 1.71 2.97)	(0.60 0.93 1.21 1.86)	(0.56 0.86 1.11 1.64)
C_4	(1 1 1 1)	(0.35 0.62 0.87 1.46)	(0.32 0.57 0.79 1.29)
C_5	(0.68 1.15 1.61 2.86)	(1 1 1 1)	(0.52 0.80 1.05 1.60)
C_6	(0.78 1.27 1.75 3.13)	(0.63 0.95 1.25 1.92)	(1 1 1 1)
C_7	(0.43 0.82 1.22 2.33)	(0.35 0.62 0.87 1.47)	(0.32 0.57 0.79 1.28)

	C_7
C_1	(1.13 1.65 2.14 3.33)
C_2	(0.60 1.05 1.50 2.72)
C_3	(0.74 1.23 1.71 2.97)
C_4	(0.43 0.82 1.22 2.33)
C_5	(0.68 1.15 1.62 2.89)
C_6	(0.78 1.26 1.76 3.08)
C_7	(1 1 1 1)

Her bir kriterin bulanık ağırlığı, portföy seçiminde yamuk bulanık sayıların kullanıldığı CFAHP yöntemine ilişkin algoritmada Adım 1-3 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 43'te verilmiştir.

Tablo 43. Uygulama III için kriterlere ait bulanık ağırlıklar

Kriterler	**Ağırlıklar**
$\mathbf{C_1}$	(0.13 0.18 0.22 0.29)
$\mathbf{C_2}$	(0.07 0.12 0.15 0.23)
$\mathbf{C_3}$	(0.09 0.14 0.17 0.25)
$\mathbf{C_4}$	(0.05 0.09 0.12 0.19)
$\mathbf{C_5}$	(0.08 0.13 0.16 0.24)
$\mathbf{C_6}$	(0.09 0.14 0.18 0.26)
$\mathbf{C_7}$	(0.05 0.09 0.12 0.19)

Elde edilen bulanık ağırlıkların kullanılacağı doğrusal programlama probleminin oluşturulabilmesi için her bir kriter bir amaç fonksiyonu şeklinde yazılmış, hisse senetlerine yapılacak olan yatırım paylarının toplamının 1 olması gerekliliği kısıt olarak eklenmiş ve doğrusal programlama problemleri oluşturulmuş ve P_9 ile verilmiştir.

P_9: $Z_{\text{Getiri(max)}} = -1.15x_1 + 1.06x_2 + \cdots 1.40x_{29} + 1.35x_{30}$,

$Z_{\text{Fiyat/Kazanç(min)}} = 20.52x_1 + 29.14x_2 + \cdots + 23.13x_{29} + 22.38x_{30}$,

$Z_{\text{NetKar/ÖzSermaye(max)}} = 0.55x_1 + 0.17x_2 + \cdots + 0.13x_{29} + 0.26x_{30}$,

$Z_{\text{NetBorç/PiyasaDeğeri(min)}} = 0.149x_1 + 0.004x_2 + \cdots + 0.125x_{29} + 0.177x_{30}$,

$Z_{\text{CariOran(1.4≤CO≤2.5)}} = 2.3x_1 + 3.78x_2 + \cdots + 0.81x_{29} + 0.9x_{30}$,

$Z_{\text{PiyasaDeğeri/DefterDeğeri(max)}} = 9.21x_1 + 4.75x_2 + \cdots + 4.75x_{29} + 2.96x_{30}$,

$Z_{\text{NetKar/Satışlar(max)}} = 3.08x_1 + 5.96x_2 + \cdots + 0.65x_{29} + 3.83x_{30}$,

$x_1 + x_2 + \cdots + x_{29} + x_{30} = 1$,

$x_i \geq 0, i = 1,2, \ldots ,30.$

Burada, x_i, i. hisse senedine yapılacak olan yatırımın yüzdesini temsil etmektedir. Her bir amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri WinQSB programı kullanılarak modelin kısıtları altında belirlenmiş ve Tablo 44'te verilmiştir.

Tablo 44. P_9 ile verilen her bir amaç fonksiyonuna ait pozitif ve negatif ideal çözümler

Amaç fonksiyonları	**PIS**	**NIS**
$Z_{\text{Getiri(max)}}$	2.41	-1.15
$Z_{\text{Fiyat/Kazanç(min)}}$	0	78.59
$Z_{\text{NetKar/ÖzSermaye(max)}}$	30.86	-0.95
$Z_{\text{NetBorç/PiyasaDeğeri(min)}}$	0	6.58
$Z_{\text{PiyasaDeğeri/DefterDeğeri(max)}}$	16.45	0
$Z_{\text{NetKar/Satışlar(max)}}$	17.10	0.65

Yamuk bulanık sayıların kullanıldığı Kısıtlı Bulanık AHP yönteminden elde edilen bulanık ağırlıklar ve P_9'da verilen amaç fonksiyonları bir kısıt fonksiyonuna dönüştürülerek önerilen bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli P_{10} probleminde verildiği gibi oluşturulmuştur.

P_{10}: max $(0.13\ 0.18\ 0.22\ 0.29)\lambda_1 + (0.07\ 0.12\ 0.15\ 0.23)\lambda_2 + (0.09\ 0.14\ 0.17\ 0.25)\lambda_3 +$
$(0.05\ 0.09\ 0.12\ 0.19)\lambda_4 + (0.08\ 0.13\ 0.16\ 0.24)\lambda_5 + (0.09\ 0.14\ 0.18\ 0.26)\lambda_6 +$
$(0.05\ 0.09\ 0.12\ 0.19)\lambda_7$

$\lambda_1 \leq ((-1.15x_1 + 1.06x_2 + \cdots + 1.40x_{29} + 1.35x_{30}) + 1.15)/3.56,$

$\lambda_2 \leq (78.59 - (20.52x_1 + 29.14x_2 + \cdots + 23.13x_{29} + 22.38x_{30}))/78.59,$

$\lambda_3 \leq ((0.55x_1 + 0.17x_2 + \cdots + 0.13x_{29} + 0.26x_{30}) + 0.95)/31.81,$

$\lambda_4 \leq (6.58 - (0.149x_1 + 0.004x_2 + \cdots + 0.125x_{29} + 0.177x_{30}))/6.58,$

$\lambda_5 \leq ((2.3x_1 + 3.78x_2 + \cdots + 0.81x_{29} + 0.9x_{30}))/4.66,$

$\lambda_5 \leq (4.66 - (2.3x_1 + 3.78x_2 + \cdots + 0.81x_{29} + 0.9x_{30}))/4.66,$

$\lambda_6 \leq ((9.21x_1 + 4.75x_2 + \cdots + 4.75x_{29} + 2.96x_{30}))/16.45,$

$\lambda_7 \leq ((3.08x_1 + 5.96x_2 + \cdots + 0.65x_{29} + 3.83x_{30}) - 0.65)/16.45,$

$x_1 + x_2 + \cdots + x_{29} + x_{30} = 1,$

$x_i \geq 0,\ i = 1,2,\ldots,30.$

P_{10} probleminde $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_6$ ve λ_7 kısıtları, G, F/K, NK/ÖS, NB/PD, PD/DD ve NK/S kriterleri için oluşturulan üyelik fonksiyonlarına karşılık gelmektedir. Bu kısıt fonksiyonları Tablo 44'te verilen PIS ve NIS değerleri kullanılarak elde edilmiştir. λ_5 kısıtı, uygulamada Cari Oran kriteri için oluşturulan üyelik fonksiyonuna karşılık gelmektedir. Bu çalışmada CO kriteri 1.4 ile 2.5 arasında değer alan bulanık bir kısıt olarak tanımlanmıştır. Bu kriterin belirli bir alt ve üst sınırı olduğu için modelde iki üyelik fonksiyonu yer almaktadır. Portföye alınacak 30 hisse senedi için payların toplamda 1 olması gerektiğini belirten deterministik bir kısıt fonksiyonu da eklenerek P_{10} problemi oluşturulmuştur. Amaç fonksiyonundaki parametrelerin katsayıları yamuk bulanık sayılardan oluşan P_{10} problemine ait modelin çözümü için önerilen algoritma uygulanır ve Eşitlik 99'daki yeni amaç fonksiyonları,

$$\begin{aligned}
&\min \ 0.05\lambda_1 + 0.05\lambda_2 + 0.05 + 0.04\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.05\lambda_6 + 0.04\lambda_7 \ (Z_1)\\
&\max \ 0.18\lambda_1 + 0.12\lambda_2 + 0.14\lambda_3 + 0.09\lambda_4 + 0.13\lambda_5 + 0.14\lambda_6 + 0.09\lambda_7 \ (Z_2)\\
&\max \ 0.22\lambda_1 + 0.15\lambda_2 + 0.17\lambda_3 + 0.12\lambda_4 + 0.16\lambda_5 + 0.18\lambda_6 + 0.12\lambda_7 \ (Z_3)\\
&\max \ 0.07\lambda_1 + 0.08\lambda_2 + 0.08\lambda_3 + 0.07\lambda_4 + 0.08\lambda_5 + 0.08\lambda_6 + 0.07\lambda_7 \ (Z_4)
\end{aligned} \tag{99}$$

biçiminde oluşturulmuştur. Eşitlik 99 ile verilen her bir amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri P_{10} probleminin kısıtları altında çözülmüş ve elde edilen sonuçlar Tablo 45'te verilmiştir.

Tablo 45. P_{10} probleminin çözümü için oluşturulan amaç fonksiyonlarının pozitif ve negatif ideal çözümleri

	PIS	**NIS**
$\mathbf{Z_1}$	0	0.1848
$\mathbf{Z_2}$	0.5086	0
$\mathbf{Z_3}$	0.6401	0
$\mathbf{Z_4}$	0.2975	0

Her bir amaç fonksiyonu için üyelik fonksiyonları,

$$\mu_{z_1} = \begin{cases} 1 & z_1 < 0 \\ \dfrac{0.1848 - z_1}{0.1848} & 0 \le z_1 \le 0.1848 \\ 0 & z_1 > 0.1848 \end{cases} \tag{100}$$

$$\mu_{z_2} = \begin{cases} 1 & z_2 < 0.5086 \\ \dfrac{z_2}{0.5086} & 0 \le z_2 \le 0.5086 \\ 0 & z_2 > 0 \end{cases} \quad (101)$$

$$\mu_{z_3} = \begin{cases} 1 & z_3 < 0.6401 \\ \dfrac{z_3}{0.6401} & 0 \le z_3 \le 0.6401 \\ 0 & z_3 > 0 \end{cases} \quad (102)$$

$$\mu_{z_4} = \begin{cases} 1 & z_4 < 0.2975 \\ \dfrac{z_4}{0.2975} & 0 \le z_4 \le 0.2975 \\ 0 & z_4 > 0 \end{cases} \quad (103)$$

biçiminde elde edilmiş, daha sonra elde edilen üyelik değerleri kullanılarak P_{11} problemi,

P_{11}: max α

$0.1848\alpha + 0.05\lambda_1 + 0.05\lambda_2 + 0.05\lambda_3 + 0.04\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.05\lambda_6 + 0.04\lambda_7 \le 0.1848$ (Z_1)

$-0.5086\alpha + 0.18\lambda_1 + 0.12\lambda_2 + 0.14\lambda_3 + 0.09\lambda_4 + 0.13\lambda_5 + 0.14\lambda_6 + 0.09\lambda_7 \ge 0$ (Z_2)

$-0.6401\alpha + 0.22\lambda_1 + 0.15\lambda_2 + 0.17\lambda_3 + 0.12\lambda_4 + 0.16\lambda_5 + 0.18\lambda_6 + 0.12\lambda_7 \ge 0$ (Z_3)

$-0.2975\alpha + 0.07\lambda_1 + 0.08\lambda_2 + 0.08\lambda_3 + 0.07\lambda_4 + 0.08\lambda_5 + 0.08\lambda_6 + 0.07\lambda_7 \ge 0$ (Z_4)

$3.56\lambda_1 - (-1.15x_1 + 1.06x_2 + \cdots + 1.40x_{29} + 1.35x_{30}) \le 1.15,$

$78.59\lambda_2 + (20.52x_1 + 29.14x_2 + \cdots + 23.13x_{29} + 22.38x_{30}) \le 78.59,$

$31.81\lambda_3 - (0.55x_1 + 0.17x_2 + \cdots + 0.13x_{29} + 0.26x_{30}) \le 0.95,$

$6.58\lambda_4 + (0.149x_1 + 0.004x_2 + \cdots + 0.125x_{29} + 0.177x_{30}) \le 6.58,$

$4.66\lambda_5 - (2.3x_1 + 3.78x_2 + \cdots + 0.81x_{29} + 0.9x_{30}) \le 0,$

$4.66\lambda_5 + (2.3x_1 + 3.78x_2 + \cdots + 0.81x_{29} + 0.9x_{30}) \le 4.66,$

$16.45\lambda_6 - (9.21x_1 + 4.75x_2 + \cdots + 4.75x_{29} + 2.96x_{30}) \le 0,$

$16.45\lambda_7 - (3.08x_1 + 5.96x_2 + \cdots + 0.65x_{29} + 3.83x_{30}) \le -0.65,$

$x_1 + x_2 + \cdots + x_{29} + x_{30} = 1$

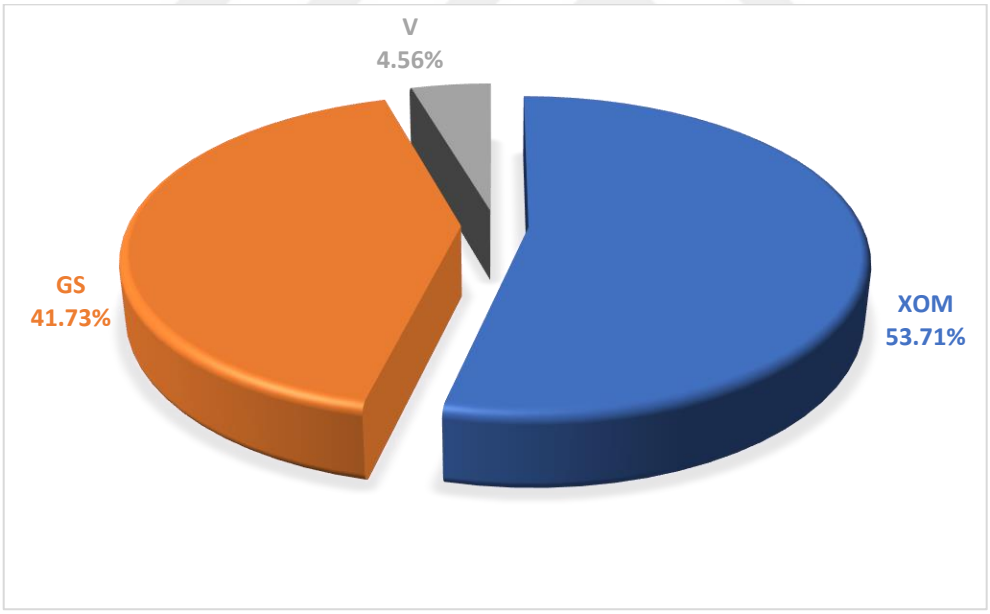
$\alpha, x_1, x_2, \ldots, x_{29}, x_{30} \ge 0,$

biçiminde oluşturulmuştur. P_{11} probleminin WinQSB programı kullanılarak çözülmüş ve elde edilen yatırım payları Tablo 46'da verilmiştir.

Tablo 46. P_{11} probleminin çözümünden elde edilen portföy dağılım oranları

Hisse Senetleri	Yatırımdaki Payları
XOM	0.5371
GS	0.4173
V	0.0456

Şekil 17'den de görülebileceği gibi önerilen yöntem kullanılarak yatırımcının fonunun XOM, GS ve V hisse senetlerine sırasıyla %53.71, %41.73 ve %4.56 oranlarında tahsis edilebileceği belirlenmiştir.



Şekil 17. Uygulama III için önerilen yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları

3.3.3. Uygulama III'e İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde, Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedine ilişkin 1 Kasım 2017 – 31 Ekim 2019 tarihleri arasındaki 24 aylık getiri oranları, hisse senetlerinin finansal oranları ve karar verici görüşleri kullanılarak bu çalışma kapsamında önerilen model

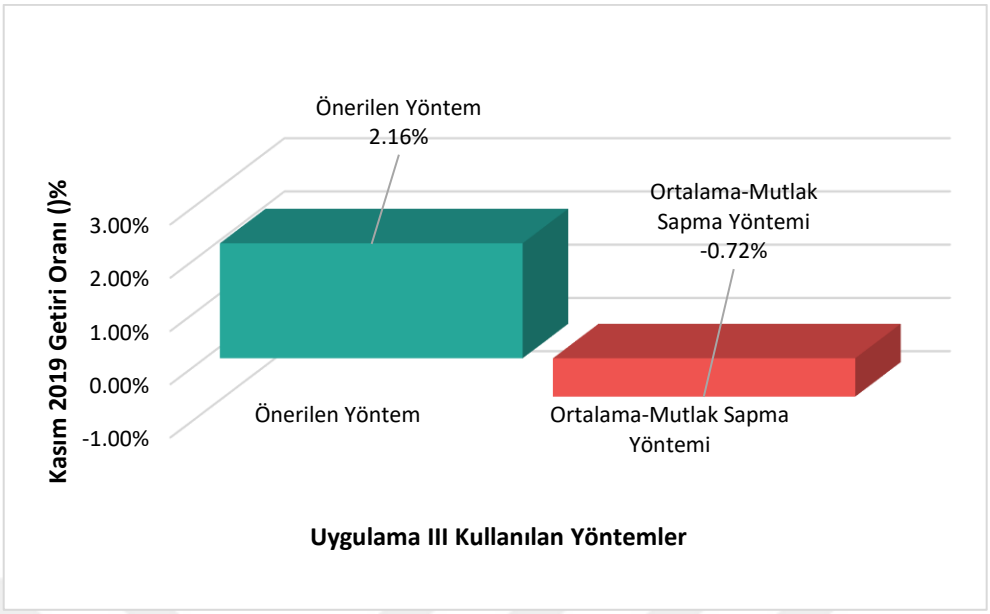
ile portföy dağılımı yapılmıştır. Daha sonra önerilen modelin etkinliğini incelemek için Ortalama Mutlak Sapma yöntemi ile de portföy dağılımı belirlenmiştir. Uygulanan yöntemler ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması için 2018 Ekim ayına ait hisse senetlerinin belirlenen getiri oranları kullanılarak yatırımın getirisi yüzde olarak hesaplanmış ve her iki yönteme ilişkin sonuçlar karşılaştırılmıştır. Tablo 47 bu çalışma kapsamında uygulanan yöntemlerle elde edilen sonuçları ve bu yöntemden elde edilen sonuçlara göre portföy tahsisi yapılacak hisse senetlerinin 2019 Kasım getiri oranlarını göstermektedir. Ayrıca Tablo 47'de iki yöntemden elde edilen sonuçlara göre 2019 Kasım ayında yatırım yapıldığında elde edilen yatırım getirileri karşılaştırılmıştır.

Tablo 47. Uygulama III'te yer alan yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

	Hisse senedi	Yatırım Oranı	Getiri Oranı (%) (Aylık) Kasım 2019	Yatırım Getirisi (%) (Yatırım Oranı × Getiri Oranı)
Önerilen Yöntemden Elde Edilen Sonuçlar	XOM	0.5371	0.83	0.45
	GS	0.4173	3.74	1.56
	V	0.0456	3.16	0.14
			Toplam	2.15
Ortalama Mutlak Sapma Yönteminden Elde Edilen Sonuçlar	XOM	0.1551	0.83	0.13
	HD	0.1054	-6.00	-0.63
	INTC	0.1358	2.69	0.37
	MCD	0.2535	-1.13	-0.29
	MRK	0.0723	0.60	0.04
	MSFT	0.0139	5.59	0.08
	PG	0.2481	-1.97	-0.49
	TSLA	0.0158	4.77	0.08
			Toplam	-0.72

Tablo 47'den görülebileceği gibi çalışma kapsamında önerilen yöntemin sonuçları ile 2019 Kasım ayı getiri oranlarına göre XOM, GS ve V hisse senetlerine yatırım yapıldığında sırası ile %0.45, %1.56 ve %0.14 oranında kâr elde edilmektedir.

Ortalama Mutlak Sapma yönteminin sonuçları ile 2019 Kasım ayı getiri oranlarına göre XOM, INTC, MRK, MSFT ve TSLA hisse senetlerine yatırım yapıldığında sırası ile %0.13, %0.37, %0.04, %0.08 ve %0.08 oranında kâr, HD, MCD ve PG hisse senetlerine yatırım yapıldığında sırası ile %0.63, %0.29 ve %0.49 oranında zarar elde edilmektedir.



Şekil 18. Uygulama III 2019 Kasım ayı getiri oranları

Şekil 18'den görülebileceği gibi 2019 Kasım ayına ait getiri verilerine göre önerilen yöntemin sonucunda elde edilen portföy dağılımı ile yatırım yapıldığında toplam %2.16 oranında kâr, ortalama mutlak sapma yöntemin sonucunda elde edilen portföy dağılımı ile yatırım yapıldığında ise toplam %0.72 oranında zarar edildiği açıkça görülmektedir.

3.4. Uygulama IV

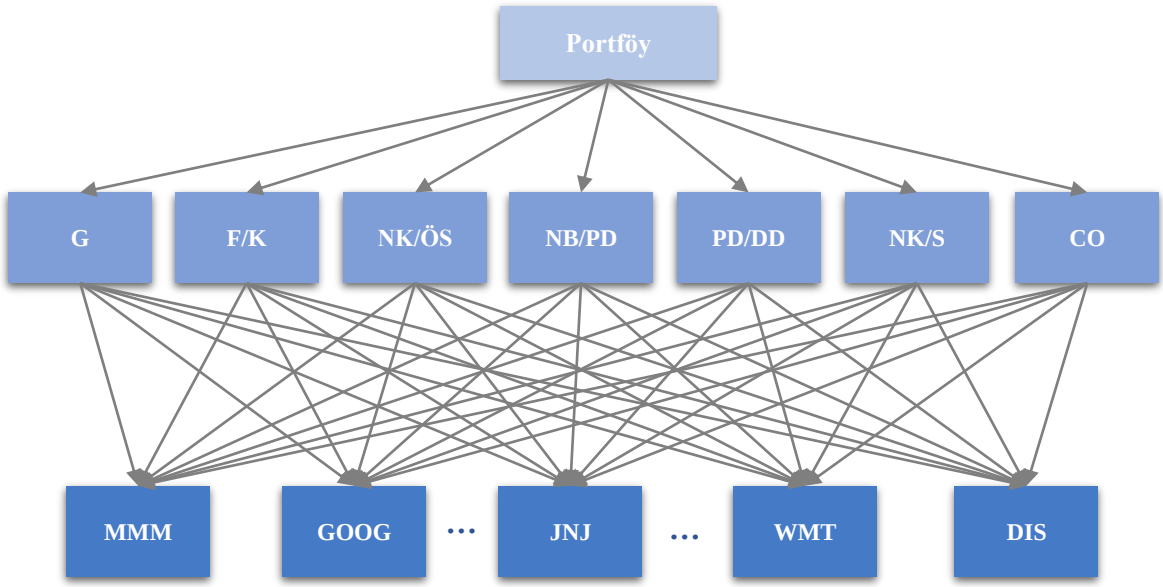
Çalışmanın bu kısmında, hisse senetlerine ait getiri ve finansal oran verileri arttırılarak çalışma kapsamında önerilen modelin etkinliği incelenmiştir. Ayrıca önerilen modelden elde edilen portföy dağılımı literatürde mevcut olan dört farklı portföy optimizasyonu yöntemlerinden elde edilen portföy dağılımlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu uygulamada öncelikle, Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedinin 01 Ocak 2018 – 31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki 36 aylık getiri oranları, hisse senetlerinin finansal oranları ve karar verici görüşleri kullanılarak önerilen model ile portföy dağılımı yapılmıştır. Daha sonra önerilen modelin etkinliğini incelemek için, Üçgen Bulanık Sayılara Dayalı Yöntem, Ortalama Varyans Yöntemi, Ortalama Mutlak Sapma Yöntemi ve CVaR yöntemi olmak üzere dört farklı yöntem kullanılarak portföy dağılımları elde edilmiştir. Markowitz [95] tarafından önerilen Ortalama Varyans portföy optimizasyon yöntemi, yatırım varlıklarını çeşitlendirerek ve aralarındaki korelasyonu kullanarak beklenen getiriyi düşürmeden riski azaltmak üzere modellenmiştir. Bu çalışmada Ortalama Varyans yöntemine ilişkin sonuçlar

MATLAB programı kullanılarak elde edilmiştir. Konno – Yamazaki [101] tarafından önerilen Ortalama – Mutlak Sapma yöntemi, Ortalama Varyans portföy seçim modeline alternatif olarak önerilmiştir. Ayrıca bu uygulamada portföyün dağılımnı elde etmek için CVaR yöntemi [105] de kullanılmıştır. CVaR, önceden belirlenmiş bir güven düzeyi aracılığıyla bir risk eşiği elde etme için kullanılır. Bu uygulamada yer alan problem CVaR yöntemi ile MATLAB programında α=0.95 ve α=0.99 için ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçlar elde edilmiştir.

Son olarak, elde edilen sonuçların karşılaştırılması için uygulanan yöntemler sonucunda yatırım yapılacak olan hisse senetlerinin 2021 Ocak ayına ait getiri oranlarına göre portföy dağılımı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3.4.1. Uygulama IV'te Önerilen Yöntem Kullanılarak Portföy Dağılımının Elde Edilmesi

Bu bölümde önerilen yamuk bulanık sayılara dayalı önerilen yöntem kullanılarak Dow Jones endeksinde işlem gören 30 hisse senedi üzerine portföy dağılımı elde edilmektedir. Bu otuz hisse senedi üzerine portföyün dağılım şeklini belirleyebilmek için G, F/K, NK/ÖS, NB/PD, CO, PD/DD ve NK/S olmak üzere yedi kriter belirlenmiştir. Probleme ait hiyerarşik yapı Şekil 19'da verilmiştir.



Şekil 19. Uygulama IV için hiyerarşik yapı

Problemde, $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6$ ve C_7 sırası ile G, F/K, NK/ÖS, NB/PD, PD/DD, NK/S ve CO kriterlerini temsil etmektedir. Belirlenen kriterler doğrultusunda Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedine ait finansal oranlar https://tr.investing.com/ adresinde alınmış ve Tablo 48'de verilmiştir.

Tablo 48. Uygulama IV için hisse senetleri ve finansal oranlar

		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
1	**MMM**	-0.60	21.47	0.47	1.46	8.92	3.58	1.89
2	**GOOG**	1.68	37.53	0.17	0.07	6.95	8.48	3.07
3	**AMZN**	3.30	80.76	0.22	0.55	18.16	4.4	1.05
4	**AAPL**	1.01	20.79	0.75	3.51	15.73	5.8	1.81
5	**BA**	3.69	36.45	0.68	1.69	34.25	7.7	1.16
6	**CAT**	0.22	22.81	10.53	1.82	10.02	2.43	1.39
7	**CVX**	0.70	43.72	0.35	2.42	8.27	3.04	1.53
8	**CSCO**	-0.67	107.86	0.02	0.34	1.51	2.11	1.18
9	**KO**	0.73	22.13	0.21	0.37	5.7	4.65	1.61
10	**XOM**	0.64	32.35	0.42	2.22	11.44	6.96	1.32
11	**FB**	1.65	29.97	0.22	0.41	6.71	9.99	5.05
12	**GS**	0.56	8.53	0.10	7.30	1.2	1.94	1.69
13	**HD**	1.16	27.37	-1.88	11.29	106.7	2.66	1.23
14	**IBM**	1.28	34.4	0.33	1.28	9.17	4.91	1.47
15	**INTC**	-0.22	22.59	0.41	2.99	5.56	1.61	0.98
16	**JNJ**	0.52	12.88	0.27	0.45	3.19	3.33	1.91
17	**JPM**	0.49	30.13	0.25	0.56	6.77	5.19	1.21
18	**MCD**	0.79	12.12	0.12	2.27	1.85	3.74	1.69
19	**MRK**	0.77	36.77	-0.76	2.11	46.39	9	1.01
20	**MSFT**	1.17	27.95	0.30	1.28	7.76	4.1	1.02
21	**NKE**	2.84	38.54	0.32	0.55	14.99	12.73	2.58
22	**PFE**	2.53	62.58	0.32	0.79	17.54	5.44	2.78
23	**PG**	1.27	25.82	0.18	0.65	7.11	4.55	0.78
24	**TSLA**	2.60	52.21	0.06	0.06	5.11	9.99	1.23
25	**UTX**	9.22	1149.26	-0.10	0.53	30.87	21.75	1.88
26	**UNH**	1.52	22.16	0.24	0.66	5.32	1.4	0.15
27	**VZ**	0.40	13.59	0.29	1.90	3.56	1.88	1.38
28	**V**	2.02	51.95	0.32	0.56	13.18	22.47	2.12
29	**WMT**	1.20	29.49	0.15	0.60	4.87	0.7	0.97
30	**DIS**	1.86	86.16	0.12	0.69	3.97	5.6	1.31

Kriterler için dört karar verici tarafından üçgen bulanık sayı olarak belirlenen önem dereceleri Tablo 49'da yer almaktadır.

Tablo 49. Uygulama IV için karar vericiler tarafından belirlenen üçgen bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7
KV_1	(9 10 10)	(3 5 7)	(7 9 10)	(3 5 7)	(5 7 9)	(3 5 7)	(3 5 7)
KV_2	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)	(3 5 7)	(5 7 9)	(3 5 7)	(5 7 9)
KV_3	(9 10 10)	(7 9 10)	(5 7 9)	(3 5 7)	(7 9 10)	(3 5 7)	(7 9 10)
KV_4	(7 9 10)	(3 5 7)	(7 9 10)	(3 5 7)	(5 7 9)	(3 5 7)	(5 7 9)

Tablo 49'da üçgen bulanık sayı olarak yer alan önem dereceleri Şekil 9'da gösterildiği gibi yamuk bulanık sayılara dönüştürülmüş ve Tablo 50'de verilmiştir.

Tablo 50. Uygulama IV için karar vericiler tarafından belirlenen kriterlerin yamuk bulanık sayı biçimindeki önem dereceleri

	C_1	C_2	C_3	C_4
KV_1	(9 9.75 10 10)	(3 4.5 5.5 7)	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)
KV_2	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)	(3 4.5 5.5 7)
KV_3	(9 9.75 10 10)	(7 8.5 9.25 10)	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)
KV_4	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)

	C_5	C_6	C_7
KV_1	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)	(3 4.5 5.5 7)
KV_2	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)	(5 6.5 7.5 9)
KV_3	(7 8.5 9.25 10)	(3 4.5 5.5 7)	(7 8.5 9.25 10)
KV_4	(5 6.5 7.5 9)	(3 4.5 5.5 7)	(5 6.5 7.5 9)

Yamuk bulanık sayılara dönüştürülen ve Tablo 50'de verilen karar verici görüşlerinin geometrik ortalamaları alınarak kriterlerin önem dereceleri elde edilmiştir. Elde edilen kritere ilişkin önem dereceleri Tablo 51'de verilmiştir.

Tablo 51. Uygulama IV için karar vericiler tarafından belirlenen önem derecelerinin yamuk bulanık sayıya dönüştürülmüş biçimi

Kriterler	**Önem derecesi**
$\mathbf{C_1}$	(7.94 9.10 9.62 10.00)
$\mathbf{C_2}$	(4.21 5.78 6.81 8.15)
$\mathbf{C_3}$	(5.21 6.78 7.81 8.91)
$\mathbf{C_4}$	(3.00 4.50 5.50 7.00)
$\mathbf{C_5}$	(5.44 6.95 7.96 9.24)
$\mathbf{C_6}$	(3.00 4.50 5.50 7.00)
$\mathbf{C_7}$	(4.79 6.34 7.36 8.68)

Probleme ait yedi kriter, "portföy seçimi" amacına göre birbirleri ile karşılaştırılmış ve kriterlerin karar vericiler tarafından elde edilen bulanık ikili karşılaştırma matrisi Tablo 52'de verilmiştir.

Tablo 52. Uygulama IV için kriterlerin karşılaştırma matrisi

Hedef	C_1	C_2	C_3
C_1	(1 1 1 1)	(0.97 1.35 1.66 2.38)	(0.89 1.18 1.42 1.92)
C_2	(0.42 0.60 0.74 1.03)	(1 1 1 1)	(0.47 0.75 1.01 1.56)
C_3	(0.52 0.70 0.85 1.12)	(0.64 1.00 1.33 2.13)	(1 1 1 1)
C_4	(0.30 0.47 0.61 0.88)	(0.37 0.67 0.95 1.67)	(0.34 0.58 0.81 1.35)
C_5	(0.54 0.72 0.87 1.16)	(0.67 1.03 1.37 2.17)	(0.61 0.90 1.16 1.79)
C_6	(0.30 0.47 0.61 0.88)	(0.37 0.67 0.95 1.67)	(0.34 0.58 0.81 1.35)
C_7	(0.48 0.66 0.81 1.10)	(0.59 0.93 1.27 2.04)	(0.54 0.83 1.08 1.67)

	C_4	C_5	C_6
C_1	(1.13 1.65 2.14 3.33)	(0.86 1.15 1.38 1.84)	(1.13 1.65 2.14 3.33)
C_2	(0.60 1.05 1.50 2.72)	(0.46 0.73 0.97 1.50)	(0.60 1.05 1.50 2.72)
C_3	(0.74 1.23 1.71 2.97)	(0.56 0.86 1.11 1.64)	(0.74 1.23 1.71 2.97)
C_4	(1 1 1 1)	(0.32 0.57 0.79 1.29)	(0.43 0.82 1.22 2.33)
C_5	(0.78 1.27 1.75 3.13)	(1 1 1 1)	(0.78 1.26 1.76 3.08)
C_6	(0.43 0.82 1.22 2.33)	(0.32 0.57 0.79 1.28)	(1 1 1 1)
C_7	(0.68 1.15 1.61 2.86)	(0.52 0.80 1.05 1.60)	(0.68 1.15 1.62 2.89)

	C_7
C_1	(0.91 1.24 1.52 2.09)
C_2	(0.49 0.79 1.07 1.70)
C_3	(0.60 0.93 1.21 1.86)
C_4	(0.35 0.62 0.87 1.46)
C_5	(0.63 0.95 1.25 1.92)
C_6	(0.35 0.62 0.87 1.47)
C_7	(1 1 1 1)

Her bir kriterin bulanık ağırlığı, portföy seçiminde yamuk bulanık sayıların kullanıldığı CFAHP yöntemine ilişkin algoritmada Adım 1-3 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 53'te verilmiştir.

Tablo 53. Uygulama IV için kriterlere ait bulanık ağırlıklar

Kriterler	**Ağırlıklar**
$\mathbf{C_1}$	(0.13 0.18 0.22 0.29)
$\mathbf{C_2}$	(0.07 0.12 0.15 0.23)
$\mathbf{C_3}$	(0.09 0.14 0.17 0.25)
$\mathbf{C_4}$	(0.05 0.09 0.12 0.19)
$\mathbf{C_5}$	(0.09 0.14 0.18 0.26)
$\mathbf{C_6}$	(0.05 0.09 0.12 0.19)
$\mathbf{C_7}$	(0.08 0.13 0.16 0.24)

Elde edilen bulanık ağırlıkların kullanılacağı doğrusal programlama probleminin oluşturulabilmesi için her bir kriter bir amaç fonksiyonu şeklinde yazılmış, hisse senetlerine yapılacak olan yatırım paylarının toplamının 1 olması gerekliliği kısıt olarak eklenmiş ve doğrusal programlama problemleri oluşturulmuş ve P_{12} ile verilmiştir.

P_{12}: $Z_{\text{Getiri(max)}} = -0.60x_1 + 1.68x_2 + \cdots 1.20x_{29} + 1.86x_{30}$,

$Z_{\text{Fiyat/Kazanç(min)}} = 21.47x_1 + 37.53x_2 + \cdots + 29.49x_{29} + 86.16x_{30}$,

$Z_{\text{NetKar/ÖzSermaye(max)}} = 0.47x_1 + 0.17x_2 + \cdots + 0.15x_{29} + 0.12x_{30}$,

$Z_{\text{NetBorç/PiyasaDeğeri(min)}} = 1.46x_1 + 0.07x_2 + \cdots + 0.60x_{29} + 0.69x_{30}$,

$Z_{\text{PiyasaDeğeri/DefterDeğeri(max)}} = 8.92x_1 + 6.95x_2 + \cdots + 4.87x_{29} + 3.97x_{30}$,

$Z_{\text{NetKar/Satışlar(max)}} = 3.58x_1 + 8.48x_2 + \cdots + 0.70x_{29} + 5.60x_{30}$,

$Z_{\text{CariOran(1.4≤CO≤2.5)}} = 1.89x_1 + 3.07x_2 + \cdots + 0.97x_{29} + 1.31x_{30}$,

$x_1 + x_2 + \cdots + x_{29} + x_{30} = 1$,

$x_i \geq 0, i = 1,2, \ldots ,30.$

Burada, x_i ise i. hisse senedine yapılacak olan yatırımın yüzdesini temsil etmektedir. Her bir amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri WinQSB programı kullanılarak modelin kısıtları altında belirlenmiş ve Tablo 54'te verilmiştir.

Tablo 54. P_{12} ile verilen her bir amaç fonksiyonuna ait pozitif ve negatif ideal çözümleri

Amaç fonksiyonları	**PIS**	**NIS**
$Z_{\text{Getiri(max)}}$	9.22	-0.67
$Z_{\text{Fiyat/Kazanç(min)}}$	8.53	1149.26
$Z_{\text{NetKar/ÖzSermaye(max)}}$	10.53	-1.88
$Z_{\text{NetBorç/PiyasaDeğeri(min)}}$	0.06	11.29
$Z_{\text{PiyasaDeğeri/DefterDeğeri(max)}}$	106.7	1.2
$Z_{\text{NetKar/Satışlar(max)}}$	22.47	0.70

Yamuk bulanık sayıların kullanıldığı Kısıtlı Bulanık AHP yönteminden elde edilen bulanık ağırlıklar ve P_{12}'de verilen amaç fonksiyonları bir kısıt fonksiyonuna dönüştürülerek önerilen bulanık çok amaçlı doğrusal programlama modeli P_{13} probleminde verildiği gibi oluşturulmuştur.

P_{13}: max $(0.13\ 0.18\ 0.22\ 0.29)\lambda_1 + (0.07\ 0.12\ 0.15\ 0.23)\lambda_2 + (0.09\ 0.14\ 0.17\ 0.25)\lambda_3 +$
$(0.05\ 0.09\ 0.12\ 0.19)\lambda_4 + (0.08\ 0.13\ 0.16\ 0.24)\lambda_5 + (0.09\ 0.14\ 0.18\ 0.26)\lambda_6 +$
$(0.05\ 0.09\ 0.12\ 0.19)\lambda_7$

$\lambda_1 \leq ((-0.60x_1 + 1.68x_2 + \cdots + 1.20x_{29} + 1.86x_{30}) + 0.67)/9.89,$

$\lambda_2 \leq (1149.26 - (21.47x_1 + 37.53x_2 + \cdots + 29.49x_{29} + 86.16x_{30})/1140.73),$

$\lambda_3 \leq ((0.47x_1 + 0.17x_2 + \cdots + 0.15x_{29} + 0.12x_{30}) + 1.88)/12.41,$

$\lambda_4 \leq (11.29 - (1.46x_1 + 0.07x_2 + \cdots + 0.60x_{29} + 0.69x_{30}))/11.23,$

$\lambda_5 \leq ((8.92x_1 + 6.95x_2 + \cdots + 4.87x_{29} + 3.97x_{30}) - 1.2)/105.5,$

$\lambda_6 \leq ((3.58x_1 + 8.48x_2 + \cdots + 0.7x_{29} + 5.6x_{30}) - 0.7)/21.77,$

$\gamma_1 \leq (2.5 - (1.89x_1 + 3.07x_2 + \cdots + 0.97x_{29} + 1.31x_{30}))/0.5,$

$\gamma_1 \leq ((1.89x_1 + 3.07x_2 + \cdots + 0.97x_{29} + 1.31x_{30}) - 1.4)/0.6,$

$x_1 + x_2 + \cdots + x_{29} + x_{30} = 1,\ x_i \geq 0,\ (i = 1,2,\ldots,30),$

$\lambda_j, \gamma_1 \in [0,1],\ (j = 1,2,\ldots,6).$

P_{13} probleminde $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4, \lambda_5$ ve λ_6 kısıtları, G, F/K, NK/ÖS, NB/PD, PD/DD ve NK/S kriterleri için oluşturulan üyelik fonksiyonlarına karşılık gelmektedir. Bu kısıt fonksiyonları Tablo 54'te verilen PIS ve NIS değerleri kullanılarak elde edilmiştir. γ_1 kısıtı, uygulamada CO kriteri için oluşturulan üyelik fonksiyonuna karşılık gelmektedir. Bu çalışmada CO kriteri 1.4 ile 2.5 arasında değer alan bulanık bir kısıt olarak tanımlanmıştır. Bu kriterin belirli bir alt ve üst sınırı olduğu için modelde iki üyelik fonksiyonu yer almaktadır. Portföye alınacak 30 hisse senedi için payların toplamda 1 olması gerektiğini belirten deterministik bir kısıt fonksiyonu da eklenerek P_{13} problemi oluşturulmuştur.

Amaç fonksiyonundaki parametrelerin katsayıları yamuk bulanık sayılardan oluşan P_{13} problemine ait modelin çözümü için önerilen algoritma uygulanır ve Eşitlik 104'teki yeni amaç fonksiyonları,

$$\begin{aligned}
&\min \ 0.05\lambda_1 + 0.05\lambda_2 + 0.05 + 0.04\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.05\lambda_6 + 0.04\gamma_1 \ (Z_1)\\
&\max \ 0.18\lambda_1 + 0.12\lambda_2 + 0.14\lambda_3 + 0.09\lambda_4 + 0.13\lambda_5 + 0.14\lambda_6 + 0.09\gamma_1 \ (Z_2)\\
&\max \ 0.22\lambda_1 + 0.15\lambda_2 + 0.17\lambda_3 + 0.12\lambda_4 + 0.16\lambda_5 + 0.18\lambda_6 + 0.12\gamma_1 \ (Z_3)\\
&\max \ 0.07\lambda_1 + 0.08\lambda_2 + 0.08\lambda_3 + 0.07\lambda_4 + 0.08\lambda_5 + 0.08\lambda_6 + 0.07\gamma_1 \ (Z_4)
\end{aligned} \tag{104}$$

biçiminde oluşturulur. Eşitlik 104 ile verilen her bir amaç fonksiyonunun PIS ve NIS değerleri P_{13} probleminin kısıtları altında çözülmüş ve elde edilen sonuçlar Tablo 55'te verilmiştir.

Tablo 55. P_{13} probleminin çözümü için oluşturulan amaç fonksiyonlarının pozitif ve negatif ideal çözümleri

	PIS	**NIS**
$\mathbf{Z_1}$	0	0.2031
$\mathbf{Z_2}$	0.5391	0
$\mathbf{Z_3}$	0.6814	0
$\mathbf{Z_4}$	0.3332	0

Her bir amaç fonksiyonu için üyelik fonksiyonları,

$$\mu_{z_1} = \begin{cases} 1 & z_1 < 0 \\ \dfrac{0.2031 - z_1}{0.2031} & 0 \le z_1 \le 0.2031 \\ 0 & z_1 > 0.2031 \end{cases} \quad (105)$$

$$\mu_{z_2} = \begin{cases} 1 & z_2 < 0.5391 \\ \dfrac{z_2}{0.5391} & 0 \le z_2 \le 0.5391 \\ 0 & z_2 > 0 \end{cases} \quad (106)$$

$$\mu_{z_3} = \begin{cases} 1 & z_3 < 0.6814 \\ \dfrac{z_3}{0.6814} & 0 \le z_3 \le 0.6814 \\ 0 & z_3 > 0 \end{cases} \quad (107)$$

$$\mu_{z_4} = \begin{cases} 1 & z_4 < 0.3332 \\ \dfrac{z_4}{0.3332} & 0 \le z_4 \le 0.3332 \\ 0 & z_4 > 0 \end{cases} \quad (108)$$

biçiminde elde edilir, daha sonra elde edilen üyelik değerleri kullanılarak P_{14} problemi,

P_{14}: max α

$$0.2031\alpha + (0.05\lambda_1 + 0.05\lambda_2 + 0.05\lambda_3 + 0.04\lambda_4 + 0.05\lambda_5 + 0.05\lambda_6 + 0.04\gamma_1) \le 0.2031$$

$$0.5391\alpha - (0.18\lambda_1 + 0.12\lambda_2 + 0.14\lambda_3 + 0.09\lambda_4 + 0.13\lambda_5 + 0.14\lambda_6 + 0.09\gamma_1) \le 0$$

$$0.6814\alpha - (0.22\lambda_1 + 0.15\lambda_2 + 0.17\lambda_3 + 0.12\lambda_4 + 0.16\lambda_5 + 0.18\lambda_6 + 0.12\gamma_1) \le 0$$

$$0.3332\alpha - (0.07\lambda_1 + 0.08\lambda_2 + 0.08\lambda_3 + 0.07\lambda_4 + 0.08\lambda_5 + 0.08\lambda_6 + 0.07\gamma_1) \le 0$$

$$9.89\lambda_1 - (-0.60x_1 + 1.68x_2 + \cdots + 1.20x_{29} + 1.86x_{30}) \le 0.67,$$

$$1140.73\lambda_2 + (21.47x_1 + 37.53x_2 + \cdots + 29.49x_{29} + 86.16x_{30}) \le 1149.26,$$

$$12.41\lambda_3 - (0.47x_1 + 0.17x_2 + \cdots + 0.15x_{29} + 0.12x_{30}) \le 1.88,$$

$$11.23\lambda_4 + (1.46x_1 + 0.07x_2 + \cdots + 0.60x_{29} + 0.69x_{30}) \le 11.29,$$

$$105.5\lambda_5 - (8.92x_1 + 6.95x_2 + \cdots + 4.87x_{29} + 3.97x_{30}) \le -1.2,$$

$$21.77\lambda_6 - (3.58x_1 + 8.48x_2 + \cdots + 0.7x_{29} + 5.6x_{30}) \le -0.7,$$

$$0.5\gamma_1 + (1.89x_1 + 3.07x_2 + \cdots + 0.97x_{29} + 1.31x_{30}) \le 2.5,$$

$$0.6\gamma_1 - (1.89x_1 + 3.07x_2 + \cdots + 0.97x_{29} + 1.31x_{30}) \le -1.4,$$

$$x_1 + x_2 + \cdots + x_{29} + x_{30} = 1$$

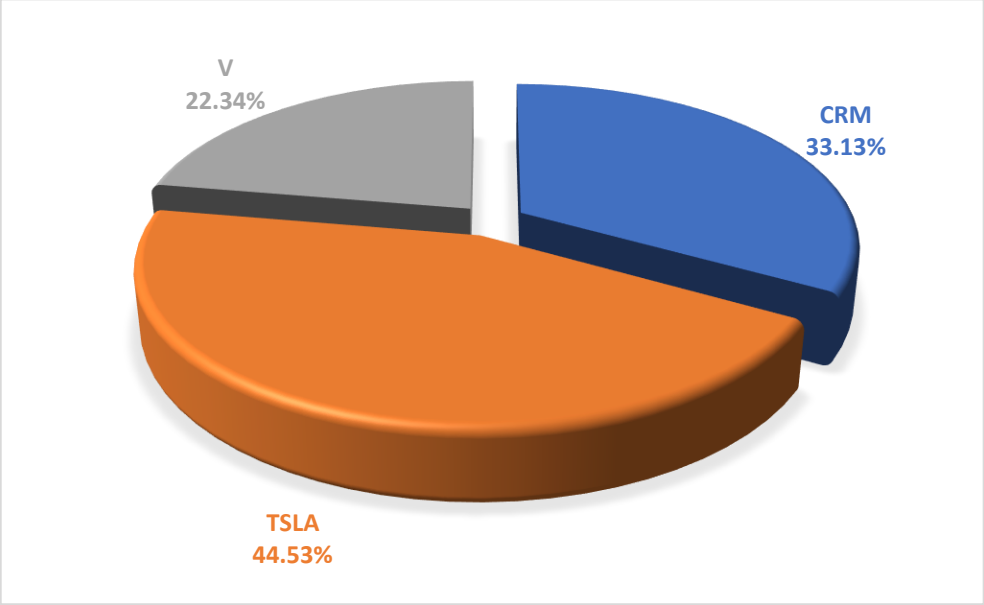
$$x_i \ge 0, (i = 1,2, \dots 30), \alpha, \lambda_j, \gamma_1 \in [0,1], (j = 1,2, \dots ,6).$$

biçiminde oluşturulur. P_{14} probleminin çözülmesi ile elde edilen portföy dağılım oranları Tablo 56'da verilmiştir.

Tablo 56. P_{14} probleminin çözümünden elde edilen portföy dağılım oranları

Hisse Senetleri	Yatırımdaki Payları
CRM	0.3313
TSLA	0.4453
V	0.2234

Şekil 20'den görülebileceği gibi önerilen yöntem kullanılarak yatırımcının fonunun CRM, TSLA ve V hisse senetlerine sırasıyla %33.13, %44.53 ve %22.34 oranlarında tahsis edilebileceği belirtilmektedir.



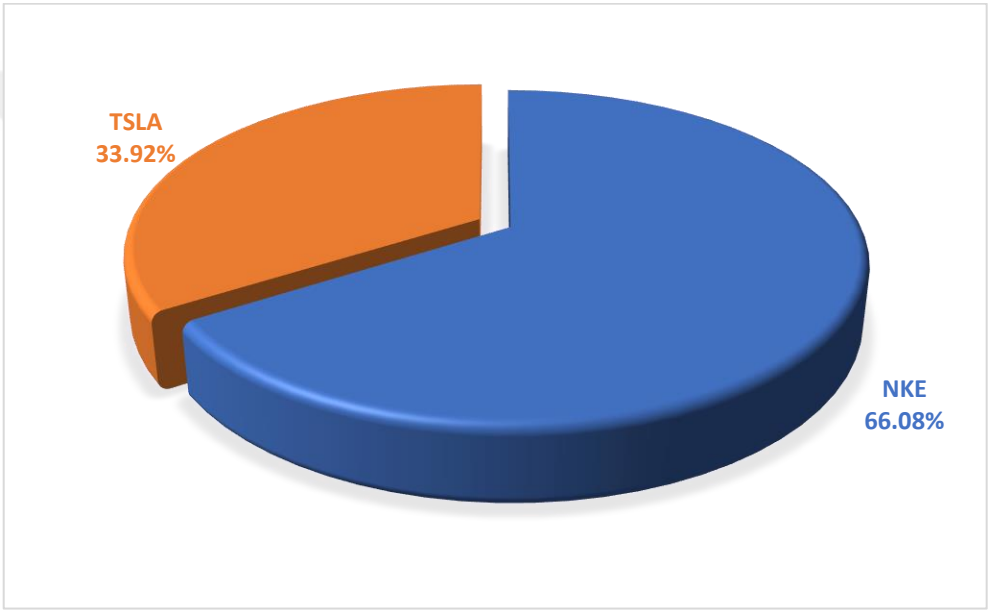
Şekil 20. Uygulama IV için önerilen yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları

3.4.2. Uygulama IV'e İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde, Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedinin 1 Ocak 2018 – 31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki 36 aylık getiri oranları, hisse senetlerinin finansal oranları ve karar verici görüşleri kullanılarak bu çalışma kapsamında önerilen model

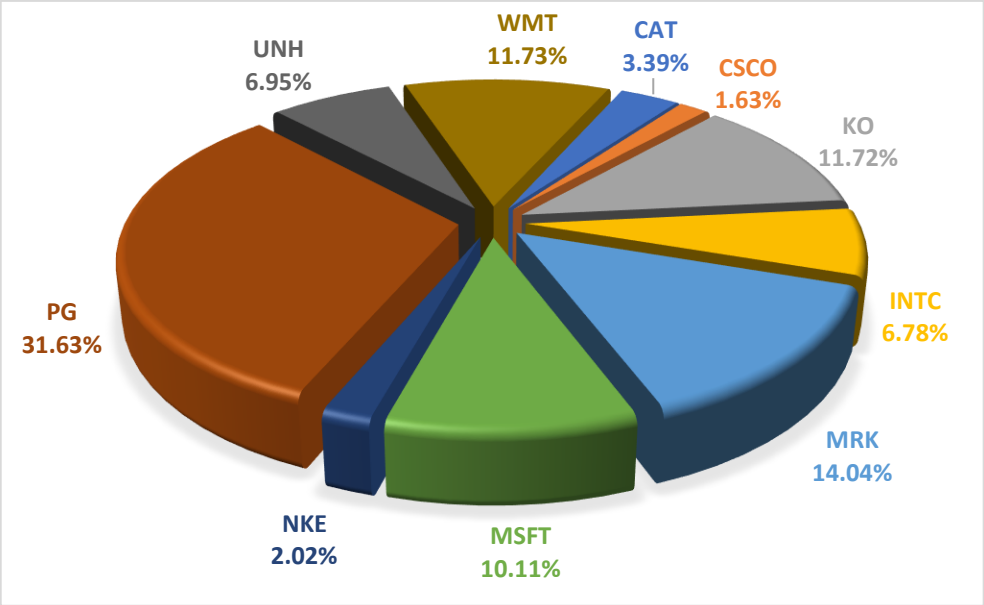
ile portföy dağılımı yapılmıştır. Daha sonra önerilen modelin etkinliğini incelemek için, Üçgen Bulanık Sayılara Dayalı Yöntem, Ortalama Varyans Yöntemi, Ortalama Mutlak Sapma Yöntemi ve CVaR yöntemi olmak üzere dört farklı yöntem kullanılarak portföy dağılımları elde edilmiştir. Bu uygulama CVaR yöntemi ile MATLAB üzerinde α=0.95 ve α=0.99 için ayrı ayrı çözülmüş ve sonuçlar elde edilmiştir.

Şekil 21'den görülebileceği gibi üçgen bulanık sayılara dayalı yöntem kullanılarak yatırımcının fonunun TSLA ve NKE hisse senetlerine sırasıyla %33.92 ve %66.08 oranlarında tahsis edilebileceği belirlenmiştir.



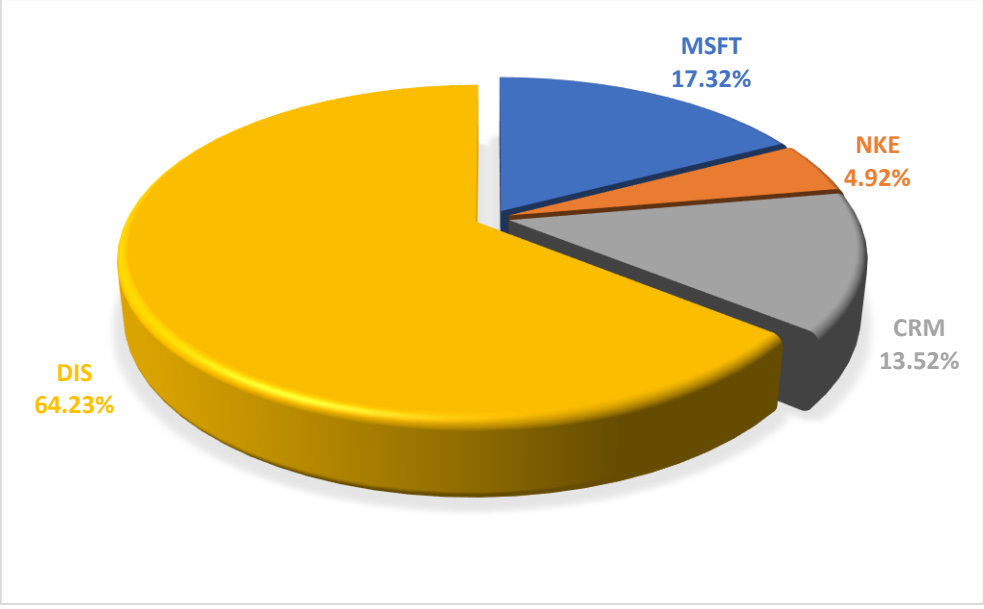
Şekil 21. Uygulama IV için üçgen bulanık sayılara dayalı yöntemden elde edilen portföy dağılım oranları

Şekil 22'den görülebileceği gibi ortalama varyans yöntemi kullanılarak yatırımcının fonunun CAT, CSCO, KO, INTC, MRK, MSFT, NKE, PG, UNH ve WMT hisse senetlerine sırasıyla %3.39, %1.63, %11.72, %6.78, %14.04, %10.11, %2.02, %31.63, %6.95 ve %11.73 oranlarında tahsis edilebileceği belirlenmiştir.



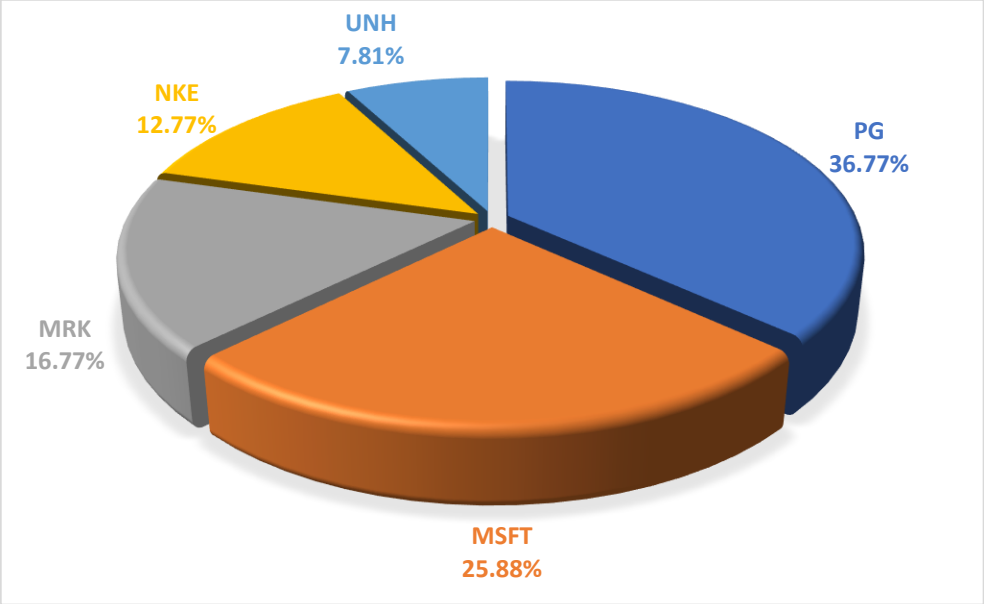
Şekil 22. Uygulama IV için ortalama varyans yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları

Şekil 23'ten görülebileceği gibi MAD yöntemi kullanılarak yatırımcının fonunun MSFT, NKE, CRM ve DIS hisse senetlerine sırasıyla %17.32, %4.92, %13.52 ve %64.23 oranlarında tahsis edilebileceği belirtilmiştir.



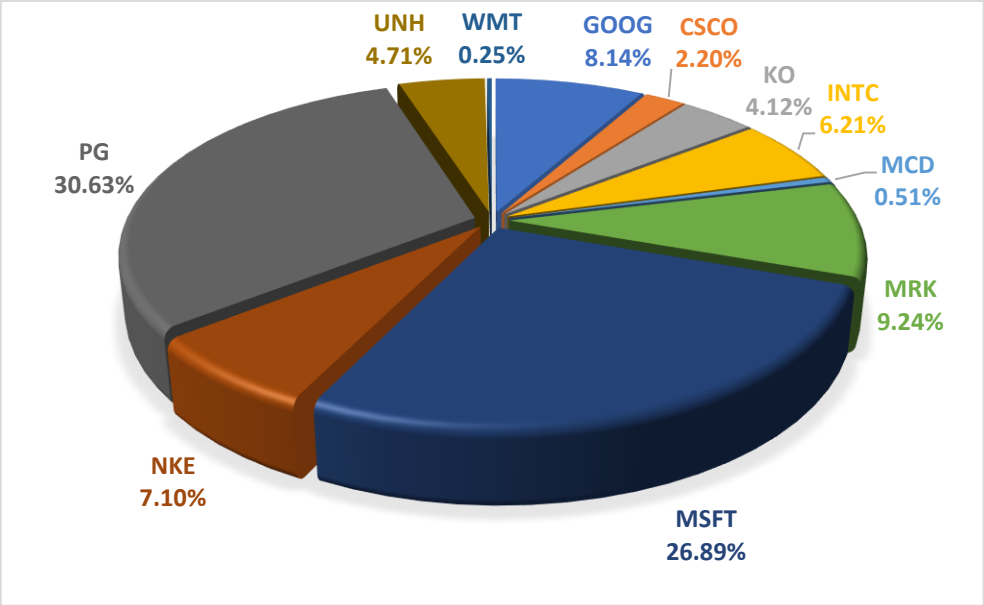
Şekil 23. Uygulama IV için MAD yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları

Şekil 24'ten görülebileceği gibi CVaR (α=0.95) yöntemi kullanılarak yatırımcının fonunun MRK, MSFT, NKE, PG ve UNH hisse senetlerine sırasıyla %16.77, %25.88, %12.77, %36.77 ve %7.81 oranlarında tahsis edilebileceği belirlenmiştir.



Şekil 24. Uygulama IV için CVaR (α=0.95) yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları

Şekil 25'te görülebileceği gibi CVaR (α=0.99) yöntemi kullanılarak yatırımcının fonunun GOOG, CSCO, KO, INTC, MCD, MRK, MSFT, NKE, PG, UNH ve WMT hisse senetlerine sırasıyla %8.14, %2.20, %4.12, %6.21, %0.51, %9.24, %26.89, %7.10, %30.63, %4.71 ve %0.25 oranlarında tahsis edilebileceği belirlenmiştir.



Şekil 25. Uygulama IV için CVaR (α=0.99) yönteminden elde edilen portföy dağılım oranları

Son olarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması için uygulanan yöntemler sonucunda yatırım yapılacak olan hisse senetlerinin 2021 Ocak ayı getiri oranlarına göre portföy dağılımı yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Tablo 57, bu çalışma kapsamında uygulanan yöntemlerle elde edilen sonuçları ve bu yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre portföy tahsisi yapılacak hisse senetlerinin 2021 Ocak ayı getiri oranlarını göstermektedir. Ayrıca Tablo 57'de tüm yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre 2021 Ocak ayında yatırım yapıldığında elde edilen toplam getiri oranları karşılaştırılmıştır.

Tablo 57. Uygulama IV'te yer alan yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılması

		Hisse senedi	Yatırım Oranı	Getiri Oranı (%) (Aylık) Ocak 2021	Yatırım Getirisi (%) (Yatırım Oranı × Getiri Oranı)
Önerilen Yöntemden Elde Edilen Sonuçlar		CRM	0.3313	1.36	0.45
		TSLA	0.4453	12.45	5.54
		V	0.2234	-11.65	-2.60
				Toplam	3.39
Üçgen Bulanık Sayılara Dayalı Yöntemden Elde Edilen Sonuçlar		NKE	0.6608	-5.57	-3.68
		TSLA	0.3392	12.45	4.22
				Toplam	0.54
Ortalama-Varyans Yönteminden Elde Edilen Sonuçlar		CAT	0.0339	0.45	0.02
		CSCO	0.0163	-0.38	-0.01
		KO	0.1172	-12.2	-1.43
		INTC	0.0678	11.42	0.77
		MRK	0.1404	-5.78	-0.81
		MSFT	0.1011	4.29	0.43
		NKE	0.0202	-5.57	-0.11
		PG	0.3163	-7.86	-2.49
		UNH	0.0695	-4.88	-0.34
		WMT	0.1173	-2.54	-0.30
				Toplam	-4.26
Ortalama-Mutlak Sapma Yönteminden Elde Edilen Sonuçlar		MSFT	0.1732	4.29	0.74
		NKE	0.0492	-5.57	-0.27
		CRM	0.1352	1.36	0.18
		DIS	0.6423	-7.18	-4.61
				Toplam	0.14
CVaR Yönteminden Elde Edilen Sonuçlar	$\alpha = 0.95$	MRK	0.1677	-5.78	-0.97
		MSFT	0.2588	4.29	1.11
		NKE	0.1277	-5.57	-0.71
		PG	0.3677	-7.86	-2.89
		UNH	0.0781	-4.88	-0.38
				Toplam	-3.84
				CVaR	0.0589
	$\alpha = 0.99$	GOOG	0.0814	4.79	0.39
		CSCO	0.0220	-0.38	-0.01
		KO	0.0412	-12.2	-0.50
		INTC	0.0621	11.42	0.71
		MCD	0.0051	-3.14	-0.02
		MRK	0.0924	-5.78	-0.53
		MSFT	0.2689	4.29	1.15
		NKE	0.0710	-5.57	-0.40
		PG	0.3063	-7.86	-2.41
		UNH	0.0471	-4.88	-0.23
		WMT	0.0025	-2.54	-0.01
				Toplam	-1.85
				CVaR	0.0787

Tablo 57'den de görülebileceği gibi çalışma kapsamında önerilen yöntemin sonuçları ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre CRM ve TSLA hisse senetlerine yatırım yapıldığında %0.45 ve %5.54 kâr, V hisse senedine yatırım yapıldığında ise %2.60 zarar elde edilmektedir. Önerilen yöntem ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre yatırım yapıldığında toplam %3.39 oranında kâr elde edilmektedir.

Üçgen bulanık sayılara dayalı yöntemin sonuçları ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre TSLA hisse senedine yatırım yapıldığında %4.22 kâr, NKE hisse senedine yatırım yapıldığında %3.68 zarar elde edilmektedir. Üçgen bulanık sayılara dayalı yöntem ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre yatırım yapıldığında toplam %0.54 oranında kâr elde edilmektedir.

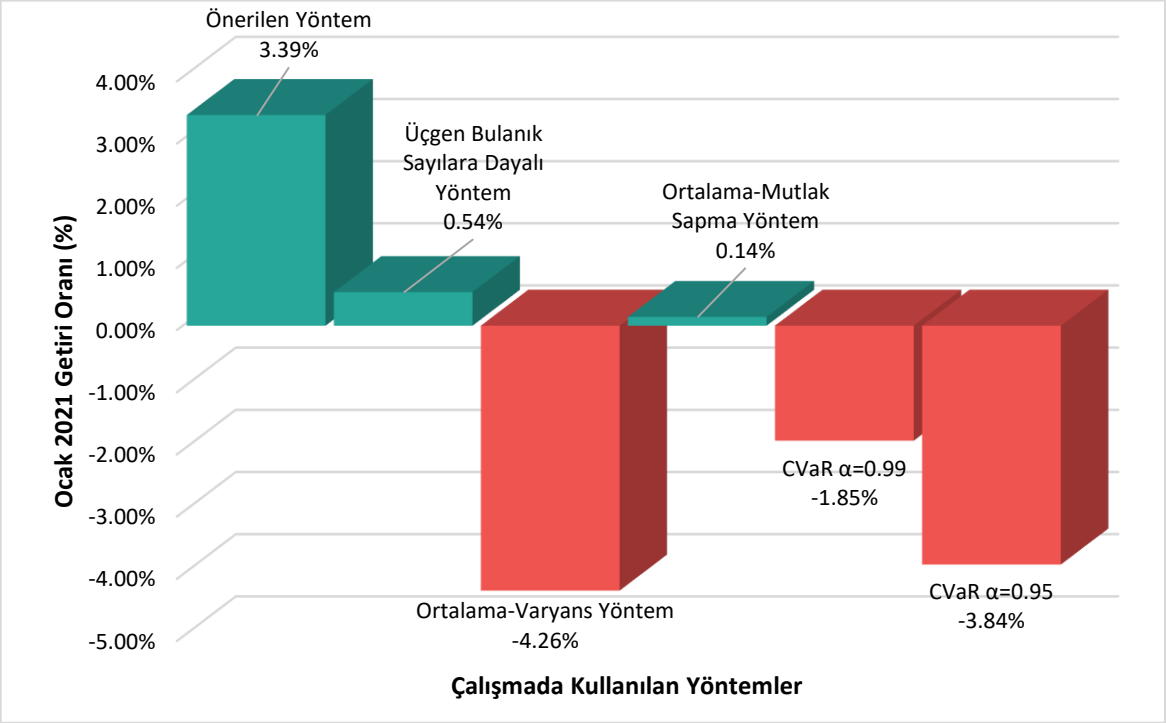
Ortalama Varyans yönteminin sonuçları ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre CAT, INTC ve MSFT hisse senedine yatırım yapıldığında sırası ile %0.02, %0.77 ve %0.43 kar, CSCO, KO, MRK, NKE, PG, UNH ve WMT hisse senetlerine yatırım yapıldığında sırası ile %0.01, %1.43, %0.81, %0.11, %2.49, %0.34 ve %0.30 zarar elde edilmektedir. Ortalama-Varyans yöntemi ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre yatırım yapıldığında toplam %4.26 oranında zarar elde edilmektedir.

Ortalama-Mutlak Sapma yönteminin sonuçları ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre MSFT ve CRM hisse senetlerine yatırım yapıldığında sırası ile %0.74 ve %0.18 kâr, NKE ve DIS hisse senetletine yatırım yapıldığında sırası ile %0.27 ve %4.61 zarar elde edilmektedir. Ortalama Mutlak Sapma yöntemi ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre yatırım yapıldığında toplam %0.14 oranında kâr elde edilmektedir.

$\alpha = 0.95$ olarak belirlendiğinde ve CVaR yöntemi ile portföy dağılımı yapıldığında CVaR değeri 0.0589 olarak elde edilmiştir. CVaR yönteminin ($\alpha = 0.95$) sonuçları ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre MSFT hisse senedine yatırım yapıldığında %1.11 kar, MRK, NKE, PG ve UNH hisse senetlerine yatırım yapıldığında sırası ile %0.97, %0.71, %2.89 ve %0.38 zarar elde edilmektedir. CVaR yöntemi ($\alpha = 0.95$) ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre yatırım yapıldığında toplam %3.84 oranında zarar elde edilmektedir.

$\alpha = 0.99$ olarak belirlendiğinde ve CVaR yöntemi ile portföy dağılımı yapıldığında CVaR değeri 0.0787 olarak elde edilmiştir. CVaR yönteminin ($\alpha = 0.99$) sonuçları ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre GOOG, INTC ve MSFT hisse senetlerine yatırım yapıldığında %0.39, %0.71 ve %1.15 kar, CSCO, KO, MCD, MRK, NKE, PG, UNH ve WMT hisse senetlerine yatırım yapıldığında sırası ile %0.01, %0.50, %0.02, %0.53, %0.40, %2.41,

%0.23 ve %0.01 zarar elde edilmektedir. CVaR yöntemi ($\alpha = 0.99$) ile Ocak 2021 getiri oranlarına göre yatırım yapıldığında toplam %1.85 oranında zarar elde edilmektedir.



Şekil 26. Uygulama IV için 2021 Ocak ayı getiri oranları

Şekil 26'da gösterildiği gibi Ocak 2021 ayına ait getiri verilerine göre önerilen yöntem ile yatırım yapıldığında %3.39 oranında kâr, üçgen bulanık sayılara dayalı yöntem ile yatırım yapıldığında %0.54 oranında kâr, ortalama varyans yöntemi ile yatırım yapıldığında %4.26 oranında zarar, ortalama mutlak sapma yöntemi ile yatırım yapıldığında %0.14 oranında kâr, CVaR ($\alpha = 0.99$) yöntemi ile yatırım yapıldığında %1.85 oranında zarar ve CVaR ($\alpha = 0.95$) yöntemi ile yatırım yapıldığında %3.84 oranında zarar edildiği açıkça görülmektedir.

4. SONUÇLAR

Bu tez kapsamında, finansal piyasalardaki belirsizlikler altında yatırım yapmayı planlayan tasarruf sahiplerine en doğru yatırım yapma konusunda yardımcı olacak bir portföy seçim modeli önerilmiştir. Önerilen modelin kurulması iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, literatürde mevcut olan CFAHP yönteminde kullanılan üçgen bulanık sayılar yerine, yamuk bulanık sayılar tanımlanmıştır. Tanımlanan yamuk bulanık sayıların kullanılması ile seçim için belirlenen kriterlerin ağırlıkları yamuk bulanık sayı olarak elde edilmiştir. İkinci aşamada ise, elde edilen kriter ağırlıklarını kullanan bir bulanık doğrusal programlama problemi oluşturulmuştur. Kriter ağırlıkları, oluşturulan bulanık doğrusal programlama probleminin amaç fonksiyonunda fiyat değişkenleri olarak yer almaktadır. Oluşturulan bu bulanık doğrusal programlama probleminin çözümü için literatürde mevcut olan bir yöntem ele alınmıştır. Bu yöntemde amaç fonksiyonundaki fiyatları üçgen bulanık sayı olarak kullanılmaktadır. Bu tez kapsamında, fiyatların yamuk bulanık sayı olduğu problemlere yeni bir çözüm yöntemi önerilmiştir. Böylece, yamuk bulanık sayılar kullanan CFAHP yönteminden elde edilen ağırlıkların doğrusal programlama probleminde amaç fonksiyonundaki fiyat değişkenleri olarak kullanılması sağlanmış ve problem çözüme ulaşmıştır. Bu iki aşamada kullanılan yöntemler yamuk bulanık sayılar için geliştirilmiş ve bu yöntemlerin bir arada kullanılması ile portföy seçim süreci problemlerinde kullanılacak yeni bir hibrit model önerilmiştir. Son olarak, önerilen hibrit modelin etkinliğini irdelemek üzere dört farklı uygulamaya yer verilmiştir.

İlk uygulamada, tez kapsamında önerilen yöntem kullanılarak Borsa İstanbul'da işlem gören ANACM, TRKCM, MRDIN, EREGL ve IZMDC hisse senetleri üzerinde portföy dağılımının elde edilmesi amaçlanmıştır. Önerilen model ile portföy dağılımı; %22'si MRDIN hisse senedine ve %78'i IZMDC hisse senedine olacak biçimde gerçekleştirilmiştir.

İkinci uygulamada, MAD portföy optimizasyon yöntemi ve bu tez kapsamında önerilen hibrit yöntem olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak portföy dağılımı yapılmıştır. İlk olarak Borsa İstanbul'da yer alan THY, ENKAI, AKCNS, ADEL ve ADANA hisse senetlerine ait 24 aylık getiri oranları kullanılarak MAD yöntemi ile portföy dağılımı yapılmıştır. MAD yöntemi ile portföy dağılımı; %5'i THY, %42'si ENKAI ve %53'ü ADEL hisse senetlerine olacak biçimde gerçekleştirilmiştir. Daha sonra hisse senetlerine ait 24 aylık getiri oranlarının ortalamaları bu tez kapsamında önerilen hibrit

modele yeni kısıt olarak eklenerek, problem yeniden modellenmiş ve çözülmüştür. Önerilen model ile portföy dağılımı; %47'si ENKAI, %39'u AKCNS, %3'ü ADEL ve %11'i ADANA hisse senetlerine olacak biçimde gerçekleştirilmiştir. Bu iki farklı yöntem sonucunda elde edilen portföy oranlarını karşılaştırabilmek için yöntemler sonucunda yatırım yapılacak olan hisse senetlerinin veri setinde kullanılan 01 Ekim 2016-30 Eylül 2018 tarih aralığını takip eden aya (Ekim 2018) ait getiri oranlarına göre portföy dağılımı yapılmış ve getiri oranları karşılaştırılmıştır. İki farklı yöntemden elde edilen portföy dağılımlarına göre Ekim 2018 ayında yatırım yapıldığında önerilen yöntem ile %9.67 oranında zarar, MAD yöntemi ile yatırım yapıldığında %13.99 oranında zarar elde edildiği görülmüştür. Yapılan yatırımlar sonucunda önerilen yöntem ile yatırım yapıldığında %4.32 daha az zarar edildiği görülmektedir.

Üçüncü uygulamada ise ilk iki uygulamadan farklı olarak sadece belirli hisse senetleri kullanmak yerine, belirli bir endekste yer alan daha fazla sayıda hisse senedinin olduğu bir veri seti ele alınmıştır. Uygulamada Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedine ait 01 Kasım 2017 – 31 Ekim 2019 tarihleri arasındaki 24 aylık getiri oranları, hisse senetlerine ait finansal oranlar ve kriterlere ait karar verici görüşleri kullanılmıştır. İkinci uygulamada olduğu gibi bu uygulamada da iki farklı yöntem ile portföy dağılımı yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. MAD yöntemi ile portföy dağılımı; %16'sı XOM, %11'i HD, %14'ü INTC, %25'i MCD, %7'si MRK, %1'i MSFT, %25'i PG ve %1'i TSLA hisse senetlerine, önerilen yöntemi ile portföy dağılımı; %54'ü XOM, %42'si GS ve %4'ü V hisse senetlerine olacak biçimde gerçekleştirilmiştir. İki farklı yöntemden elde edilen portföy dağılımlarına göre Kasım 2019 ayında yatırım yapıldığında önerilen yöntem ile %2.15 oranında kâr, MAD yöntemi ile yatırım yapıldığında %0.72 oranında zarar elde edildiği görülmüştür.

Dördüncü ve son uygulamada, hisse senetlerine ait getiri ve finansal oran verileri arttırılarak çalışma kapsamında önerilen modelin etkinliği incelenmiştir. Bu uygulamada ilk olarak, Dow Jones endeksinde yer alan 30 hisse senedinin 01 Ocak 2018 – 31 Aralık 2020 tarihleri arasındaki 36 aylık getiri oranları, hisse senetlerinin finansal oranları ve karar verici görüşleri kullanılarak bu tez kapsamında önerilen model ile portföy dağılımı yapılmıştır. Daha sonra, üçgen bulanık sayılara dayalı yöntem, ortalama varyans yöntemi, MAD yöntemi ve CVaR yöntemi olmak üzere dört farklı portföy optimizasyon yöntemi kullanılarak da portföy dağılımları elde edilmiştir. Önerilen yöntem ile portföy dağılımı; %33'ü CRM, %45'i TSLA ve %22'si V hisse senetlerine, üçgen bulanık sayılara dayalı yöntem ile portföy

dağılımı; %66'sı NKE ve %34'ü TSLA hisse senetlerine, ortalama varyans yöntemi ile portföy dağılımı; %3'ü CAT, %2'si CSCO, %12'si KO, %7'si INTC, %14'ü MRK, %10'nu MSFT, %2'si NKE, %32'si PG, %7'si UNH ve %12'si WMT hisse senetlerine, $\alpha = 0.95$ güven düzeyinde CVaR yöntemi ile portföy dağılımı; %17'si MRK, %26'sı MSFT, %13'ü NKE, %37'si PG ve %8'i UNH hisse senetlerine, $\alpha = 0.99$ güven düzeyinde CVaR yöntemi ile portföy dağılımı; %8.14'ü GOOG, %2.20'si CSCO, %4.12'si KO, %6.21'i INTC, %0.51'i MCD, %9.24'ü MRK, %26.89'u MSFT, %7.10'u NKE, %30.63'ü PG, %4.71'i UNH ve %0.25'i WMT hisse senetlerine olacak biçimde gerçekleştirilmiştir. Farklı yöntemlerden elde edilen portföy dağılımlarına göre Ocak 2021 ayında yatırım yapıldığında önerilen yöntem ile %3.39 oranında kâr, üçgen bulanık sayılara dayalı yöntem ile yatırım yapıldığında %0.54 oranında kâr, ortalama varyans yöntemi ile yatırım yapıldığında %4.26 oranında zarar, MAD yöntemi ile yatırım yapıldığında %0.14 oranında kâr, $\alpha = 0.99$ güven düzeyinde CVaR yöntemi yöntemi ile yatırım yapıldığında %1.85 oranında zarar ve $\alpha = 0.95$ güven düzeyinde CVaR yöntemi yöntemi ile yatırım yapıldığında ise %3.84 oranında zarar elde edildiği görülmüştür.

Yapılan tüm uygulamaların sonucunda, portföy seçimi için tez kapsamında önerilen hibrit yöntemin literatürdeki diğer portföy seçim yöntemlerine alternatif olarak kullanılabileceği söylenebilmektedir.

5. ÖNERİLER

Bu tezde, finansal piyasalardaki belirsizlikler karşısında yatırım yapacak olan tasarruf sahiplerine maksimum kâr ve minimum risk ile çeşitli kriterler altında portföylerini oluşturmada yardımcı olacak bir hibrit portföy seçim modeli önerilmiştir.

İlerleyen çalışmalarda, portföy seçimi problemleri modellenirken dikkate alınacak kriterler, yatırım alanında uzman kişilerden görüşler alınarak değerlendirilebilir, bu kriterlerin sayıları arttırılarak getirisi yüksek portföyler oluşturulması sağlanabilir. Ayrıca, portföyde yer alacak hisse senetlerinin ve bu hisse senetlerinin portföyde yer alma oranlarının belirlenmesi için ele alınan veri setindeki hisse senetlerine bulanık kümeleme algoritmaları kullanılarak bir ön indirgeme adımının eklenmesi ile daha az hisse senedinin yer alacağı portföy seçimi problemleri modellenerek önerilen yöntem ile daha hızlı ve etkili bir portföy seçimi yapılabilir. Hisse senedi sayısı fazla olan büyük endeksler (örneğin; S&P500, Nasdaq) sektörel bazda ayrıştırılarak portföy seçim modelleri kurulabilir.

.

6. KAYNAKLAR

1. Klir, G. J. ve Yuan, B., Fuzzy sets and fuzzy logic theory and applications. New Jersey: Prentice Hall, 1995.

2. Cevik, O. ve Yildirim, Y., An Application in Milk Products Factory with Fuzzy Linear Programming, Karamanoglu Mehmetbey University Journal of Social Economic Research, 12, 18 (2010) 15–26.

3. Zimmermann, H.-J., Fuzzy programming and linear programming with several objective functions, Fuzzy Sets Systems, 1, 1 (1978) 45–55.

4. Nakamura, K., Some extensions of fuzzy linear programming, Fuzzy Sets Systems, 14, 3 (1984) 211–229.

5. Tanaka, H. ve Asai, K., Fuzzy linear programming problems with fuzzy numbers, Fuzzy Sets Systems, 13, 1 (1984) 1–10.

6. Verdegay, J. L., A dual approach to solve the fuzzy linear programming problem, Fuzzy Sets Systems, 14, 2 (1984) 131–141.

7. Werners, B., An interactive fuzzy programming system, Fuzzy Sets Systems, 23, 1 (1987) 131–147.

8. Dombi, J., Membership function as an evaluation, Fuzzy Sets Systems, 35, 1 (1990) 1–21.

9. Lai, Y.-J. ve Hwang, C.-L., A new approach to some possibilistic linear programming problems, Fuzzy Sets Systems, 49, 2 (1992) 121–133.

10. Lai, Y.-J. ve Hwang, C.-L., Interactive fuzzy linear programming, Fuzzy Sets Systems, 45, 2 (1992) 169–183.

11. Chen, M. ve Wang, S., Fuzzy clustering analysis for optimizing fuzzy membership functions, Fuzzy Sets Systems, 103, 2 (1999) 239–254.

12. Shaw, K., Shankar, R., Yadav, S. S. ve Thakur, L. S., Supplier selection using fuzzy AHP and fuzzy multi-objective linear programming for developing low carbon supply chain, Expert Systems with Applications, 39, 9 (2012) 8182–8192.

13. Ashtiani, M. ve Abdollahi Azgomi, M., A multi-criteria decision-making formulation of trust using fuzzy analytic hierarchy process, Cognition, Technology and Work, 17, 4 (2015) 465–488.

14. Yadav, V. ve Sharma, M. K., Multi-criteria decision making for supplier selection using fuzzy AHP approach, Benchmarking An International Journal, 22, 6 (2015) 1158–1174.

15. Jaiswal, R. K., Ghosh, N. C., Lohani, A. K. ve Thomas, T., Fuzzy AHP Based Multi Crteria Decision Support for Watershed Prioritization, Water Resources Management, 29, 12 (2015) 4205–4227.

16. Ceylan, A. ve Korkmaz, T., Borsada Uygulamalı Portföy Yönetimi, 3. Baskı. Ekin Kitabevi Yayınları, 1998.

17. Marasović, B. ve Babić, Z., Two-step multi-criteria model for selecting optimal portfolio, International Journal of Production Economics, 134, 1 (2011) 58–66.

18. Meghwani, S. S. ve Thakur, M., Multi-criteria algorithms for portfolio optimization under practical constraints, Swarm Evolutionary Computation, 37, (2017) 104–125.

19. Liu, Y.-J., Zhang, W.-G. ve Xu, W.-J., Fuzzy multi-period portfolio selection optimization models using multiple criteria, Automatica, 48, 12 (2012) 3042–3053.

20. Keisler, J. M., The value of assessing weights in multi-criteria portfolio decision analysis, Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 15, 5–6 (2008) 111–123.

21. Ballestero, E., Günther, M., Pla-Santamaria, D. ve Stummer, C., Portfolio selection under strict uncertainty: A multi-criteria methodology and its application to the Frankfurt and Vienna Stock Exchanges, Europen Journal of Operarional Research, 181, 3 (2007) 1476–1487.

22. Srivastava, P. R. ve Eachempati, P., A Hybrid Portfolio Selection Model, International Journal of Intelligent Information Technologies, 16, 3 (2020) 100–116.

23. Mehlawat, M. K., Gupta, P., Kumar, A., Yadav, S. ve Aggarwal, A., Multiobjective Fuzzy Portfolio Performance Evaluation Using Data Envelopment Analysis under Credibilistic Framework, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 28, 11 (2020) 2726–2737.

24. Basilio, M. P., de Freitas, J. G., Kämpffe, M. G. F. ve Bordeaux Rego, R., Investment portfolio formation via multicriteria decision aid_ a Brazilian stock market study, Journal of Modelling in Management, 13, 2 (2018) 394–417.

25. Yu, L., Wang, S., Wen, F. ve Lai, K. K., Genetic algorithm-based multi-criteria project portfolio selection, Annals Operations Research, 197, 1 (2012) 71–86.

26. Li, C., Wu, Y., Lu, Z., Wang, J. ve Hu, Y., A Multiperiod Multiobjective Portfolio Selection Model With Fuzzy Random Returns for Large Scale Securities Data, IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 29, 1 (2021) 59–74.

27. Frej, E. A., Ekel, P. ve de Almeida, A. T., A benefit-to-cost ratio based approach for portfolio selection under multiple criteria with incomplete preference information, Information Science, 545 (2021) 487–498.

28. Bernal, M., Anselmo Alvarez, P., Muñoz, M., Leon-Castro, E. ve Gastelum-Chavira, D. A., A multicriteria hierarchical approach for portfolio selection in a stock exchange, Journal of Intelligent Fuzzy Systems, 40, 2 (2021) 1945–1955.

29. Zhao, D. ve Fang, Y., Representation Bias, Return Forecast, and Portfolio Selection in the Stock Market of China, Mathematical Problems in Engineering, 2014 (2014) 1–8.

30. Chen, L., Li, B., Dong, S. ve Pan, H., A combined CFAHP-FTOPSIS approach for portfolio selection, China Finance Review International, 3, 4 (2013) 381–395.

31. Zhang, W. G., Mei, Q., Lu, Q. ve Xiao, W. L., Evaluating methods of investment project and optimizing models of portfolio selection in fuzzy uncertainty, Computers and Industrial Engineering, 61, 3 (2011) 721–728.

32. Raei, R. ve Jahromi, M., Portfolio optimization using a hybrid of fuzzy ANP, VIKOR and TOPSIS, Managemant Science Letters, 2, 7 (2012) 2473–2484.

33. Mohagheghi, V. ., Mousavi, S. M. . ve Vahdani, B. ., A New Optimization Model for Project Portfolio Selection Under Interval-Valued Fuzzy Environment, Arabian Journal for Science Engineering, 40, 11 (2015) 3351–3361.

34. Nguyen, T. T. ve Gordon-Brown, L., Constrained Fuzzy Hierarchical Analysis for Portfolio Selection Under Higher Moments, IEEE Transactions Fuzzy Systems, 20, 4 (2012) 666–682.

35. Östermark, R., A fuzzy control model (FCM) for dynamic portfolio management, Fuzzy Sets Sysems., 78, 3 (1996) 243–254.

36. Ramaswamy, S., Portfolio selection using fuzzy decision theory, Bank for International Settlements, 59 (1998).

37. Mansour, N., Cherif, M. S. ve Abdelfattah, W., Multi-objective imprecise programming for financial portfolio selection with fuzzy returns, Expert Systems with Applications, 138 (2019) 112810.

38. Duan, L. ve Stahlecker, P., A portfolio selection model using fuzzy returns, Fuzzy Optimization and Decision Making, 10 (2011) 167–191.

39. Li, T., Zhang, W. ve Xu, W., A fuzzy portfolio selection model with background risk, Applied Mathematics and Computation, 256 (2015) 505–513.

40. Inuiguchi, M. ve Ramík, J., Possibilistic linear programming: a brief review of fuzzy mathematical programming and a comparison with stochastic programming in portfolio selection problem, Fuzzy Sets Systems, 111, 1 (2000) 3–28.

41. Ammar, E. ve Khalifa, H. A., Fuzzy portfolio optimization a quadratic programming approach, Chaos, Solitons and Fractals, 18, 5 (2003) 1045–1054.

42. Enea, M. ve Piazza, T., Project Selection by Constrained Fuzzy AHP, Fuzzy Optimization and Decision Making, 3, 1 (2004) 39–62.

43. Tiryaki, F. ve Ahlatcioglu, B., Fuzzy portfolio selection using fuzzy analytic hierarchy process, Information Sciences (Ny)., 179, 1–2 (2009) 53–69.

44. Liu, Y. ve Wu, X., A Class of Fuzzy Portfolio Optimization Problems: E-S Models, Int. Conf. Swarm Intel., Haziran 2010, Heidelberg (Berlin), 43–50.

45. Sadjadi, S. J., Seyedhosseini, S. M. ve Hassanlou, K., Fuzzy multi period portfolio selection with different rates for borrowing and lending, Applied Soft Computing, 11, 4 (2011) 3821–3826.

46. Garcia, F., González-Bueno, J., Guijarro, F., Oliver, J. ve Tamošiūnienė, R., Multiobjective approach to portfolio optimization in the light of the credibility theory, Technological and Economic Developmet of Economy, 26, 6 (2020) 1165–1186.

47. Ghazanfar Ahari, S., Ghaffari-Nasab, N., Makui, A. ve Ghodsypour, S. H., A Portfolio Selection Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process: A Case Study of Iranian pharmaceutical industry, International Journal of Industrial Engineering Computations, 2, 2 (2011) 225–236.

48. Ghapanchi, A. H., Tavana, M., Khakbaz, M. H. ve Low, G., A methodology for selecting portfolios of projects with interactions and under uncertainty, International Journal of Project Management, 30, 7 (2012) 791–803.

49. Rahmani, N., Talebpour, A. ve Ahmadi, T., Developing aMulti Criteria Model for Stochastic IT Portfolio Selection by AHP Method, Procedia - Social and Behavioral Scienes, 62 (2012) 1041–1045.

50. Oktavera, R. ve Saraswati, R., Framework for Implementation Project Portfolio Selection Decision in Shipping Company, Academic Research International, 3, 3 (2012) 163–174.

51. Gupta, P., Mehlawat, M. K. ve Saxena, A., Hybrid optimization models of portfolio selection involving financial and ethical considerations, Knowledge-Based Systems, 37 (2013) 318–337.

52. Gomede, E. ve de Barros, R. M., A multicriteria approach to project portfolio selection: Using multiobjective optimization and Analytic Hierarchy Process, 2014 9th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Haziran 2014, IEEE, 1–7.

53. Ferreira, L. M. D. F., Arantes, A. ve Kharlamov, A. A., Development of a purchasing portfolio model for the construction industry: an empirical study, Production Planning Control, 26, 5 (2014) 377–392.

54. Jiang, Z., Zhang, H. ve Sutherland, J. W., Development of multi-criteria decision making model for remanufacturing technology portfolio selection, Journal of Cleaner Production, 19, 17–18 (2011) 1939–1945.

55. Yue, W. ve Wang, Y., A new fuzzy multi-objective higher order moment portfolio selection model for diversified portfolios, Physica A Statistical Mechanics and its Applications, 465 (2017) 124–140.

56. Baltas, I., Xepapadeas, A. ve N. Yannacopoulos, A., Robust portfolio decisions for financial institutions, Journal of Dynamics and Games, 5, 2 (2018) 61–94.

57. Agram, N. ve Øksendal, B., Infinite horizon optimal control of forward–backward stochastic differential equations with delay, Journal of Computational Applied Mathematics, 259, PART B (2014) 336–349.

58. Kalaycı, B., Özmen, A. ve Weber, G.-W., Mutual relevance of investor sentiment and finance by modeling coupled stochastic systems with MARS, Annals of Operations Research, 295, 1 (2020) 183–206.

59. Savku, E. ve Weber, G.-W., A Stochastic Maximum Principle for a Markov Regime-Switching Jump-Diffusion Model with Delay and an Application to Finance, Journal of Optimization Theory Applications, 179, 2 (2018) 696–721.

60. Fliege, J. ve Werner, R., Robust multiobjective optimization & applications in portfolio optimization, Europen Journal of Operational Research, 234, 2 (2014) 422–433.

61. Kara, G., Özmen, A. ve Weber, G.-W., Stability advances in robust portfolio optimization under parallelepiped uncertainty, Central European Journal of Operations Research, 27, 1 (2019) 241–261.

62. Özmen, A., Kropat, E. ve Weber, G.-W., Robust optimization in spline regression models for multi-model regulatory networks under polyhedral uncertainty, Optimization, 66, 12 (2017) 2135–2155.

63. Dallagnol, V. A. F., Van Den Berg, J. ve Mous, L., Portfolio management using value at risk: A comparison between genetic algorithms and particle swarm optimization, International Journal of Intelligent Systems, 24, 7 (2009) 766–792.

64. Konno, H., Shirakawa, H. ve Yamazaki, H., A mean-absolute deviation-skewness portfolio optimization model, Annals Operations Research, 45 (1993) 205–220.

65. Genç, A. ve Çelik, N., Applied Mathematics Konno-Yamazaki Portfolio Optimization Model and an Application to Istanbul Stock Exchange, Selçuk Journal of Applied Mathematics, 10, 1 (2009) 141–146.

66. Zhang, P. ve Zhang, W. G., Multiperiod mean absolute deviation fuzzy portfolio selection model with risk control and cardinality constraints, Fuzzy Sets Systems, 255 (2014) 74–91.

67. Babazadeh, H. ve Esfahanipour, A., A novel multi period mean-VaR portfolio optimization model considering practical constraints and transaction cost, Journal of Computational and Applied Mathematics, 361 (2019) 313–342.

68. Omidi, F., Abbasi, B. ve Nazemi, A., An efficient dynamic model for solving a portfolio selection with uncertain chance constraint models, Journal of Computational and Applied Mathematics, 319 (2017) 43–55.

69. Park, S., Song, H. ve Lee, S., Linear programing models for portfolio optimization using a benchmark, The Europen Journal of Finance, 25, 5 (2019) 435–457.

70. Liu, S.-T., A fuzzy modeling for fuzzy portfolio optimization, Expert Systems with Applications, 38, 11 (2011) 13803–13809.

71. Gürsakal, S., Karar Verme. Bursa: Dora Yayınları, 2015.

72. Scholl, A., Manthey, L., Helm, R. ve Steiner, M., Solving multiattribute design problems with analytic hierarchy process and conjoint analysis: An empirical comparison, European Journal of Operational Research, 164, 3 (2005) 760–777.

73. Huizingh, E. ve Vrolijk, H., Decision support for information systems management: applying analytic hierarchy process, Graduate School Research Institute Systems, Organisation and Management, (1995) 1–15.

74. Özbek, A. ve Tamer, E., Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Firmanın Analitik Hiyerarşi Süreciyle (AHS) Belirlenmesi, International Journal of Engineering Research and Development, 4, 2 (2012) 46–54.

75. Chandran, B., Golden, B. ve Wasil, E., Linear programming models for estimating weights in the analytic hierarchy process, Computers and Operations Reserach, 32, 9 (2005) 2235–2254.

76. Byun, D.-H., The AHP approach for selecting an automobile purchase model, Information and Management, 38, 5 (2001) 289–297.

77. Saaty, T. L., The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill, 1980.

78. Dağdeviren, M., Akay, D. ve Kurt, M., Analytical Hierarchy Process For Job Evaluation and Application, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 19, 2 (2004) 131–138.

79. Vargas, L. G., An overview of the analytic hierarchy process and its applications, European Journal of Operational Research, 48, 1 (1990) 2–8.

80. Saaty, T. L., Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process. RWS Publications, 1994.

81. Kwiesielewicz, M. ve van Uden, E., Inconsistent and contradictory judgements in pairwise comparison method in the AHP, Computers and Operations Research, 31, 5 (2004) 713–719.

82. Özbek, A., Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ve Excel İle Problem Çözümü. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2017.

83. Zadeh, L., Fuzzy sets, Information and Control, 353 (1965) 338–353.

84. Dalkiliç, T. E., Switching Regresyon'da Bulanık Sinir Ağları Yaklaşımı ile Parametre Tahmini, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.

85. Keskin, R., Bulanık Hedef Programlama ve Portföy Analizi Uygulaması, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.

86. Seçme, N. Y., Klasik Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği, Erciyes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2005.

87. Korkmaz, T. ve Ceylan, A., Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım, 2012.

88. URL-1, https://www.spk.gov.tr/Sayfa/AltSayfa/447 Portföy Yöneticiliği. 10 Haziran 2022.

89. Baker, K. H. ve Filbeck, G., Portfolio Theory and Management. Oxford University Press, 2013.

90. Ahlatcioglu, B., Fuzzy approaches to portfolio selection, Marmara University, Institute of Banking and Insurance, 2005.

91. Münyas, T., Finansal Yönetim ve Portföy Yönetim Teorisi. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2018.

92. Karaşin, G., Sermaye Piyasası Analizleri. Ankara: Sermaye Piyasası Yayınları, 1986.

93. Üstünel, İ. E., Durağan portföy analizi ve İMKB verilerine uygulanması. İstanbul: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Yayınları, 2000.

94. Fischer, D. E. ve Jordan, R. J., Security Analysis and Portfolio Management, Second Edi. New Jersey: Prentice Hall, 1979.

95. Markowitz, H., Portfolio Selection, The Journal of Finance, 7, 1 (1952) 77–91.

96. Markowitz, H., Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investment. New York, NY: Wiley, 1959.

97. Sharpe, W. F., A Simplified Model for Portfolio Analysis, Management Science, 9, 2 (1963) 277–293.

98. Lintner, J., Security Prices, Risk and Maximal Gains From Dicersificaiton, Journal of Finance, 20, 4 (1965) 587–615.

99. Mossin, J., Equilibrium in a Capital Asset Market, Econometrica: Journal of Econometric Sciety, 34, 4 (1966) 768.

100. Roll, R., A critique of the asset pricing theory's tests Part I: On past and potential testability of the theory, Journal of Financial Economics, 4, 2 (1977) 129–176.

101. Konno, H. ve Yamazaki, H., Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Applications to Tokyo Stock Market, Management Science, 37, 5 (1991) 519–531.

102. Konno, H. ve Koshizuka, T., Mean-absolute deviation model, IIE Transactions, 37, 10 (2005) 893–900.

103. Jorion, P., Value at Risk, 2nd editio. USA: McGraw-Hill, 2001.

104. McNeil, A. J., Frey, R. ve Embrechts, P., Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools. New Jersey: Princeton Universitr Press, 2005.

105. Rockafellar, R. T. ve Uryasev, S., Optimization of conditional value-at-risk, Journal of Risk, 2, 3 (2000) 21–41.

106. Rosenberg, J. V. ve Schuermann, T., A general approach to integrated risk management with skewed, fat-tailed risks, Journal of Financial Economics, 79, 3 (2006) 569–614.

107. Artzner, P., Delbaen, F., Eber, J. M. ve Heath, D., Coherent measures of risk, Mathematical Finance., 9, 3 (1999) 203–228.

108. Hwang, C. L. ve Yoon, K., Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications. Berlin: Springer-Verlag, 1981.

109. URL-2, https://www.borsaistanbul.com/tr/sayfa/471/borsa-istanbul-hakkinda Borsa İstanbul Hakkında. 15 Haziran 2022.

110. URL-3, https://fintables.com/akademi/degerleme-analizi-101/fk-orani Fiyat/Kazanç Oranı. 22 Haziran 2022.

111. URL-4, https://fintables.com/akademi/oran-analizi-101/karlilik-analizi-2 Özsermaye Karlılık Oranı. 22 Haziran 2022.

112. URL-5, https://www.dalifinans.com/oran-analizi/cari-oran Cari Oran. 22 Haziran 2022.

113. URL-6, https://fintables.com/akademi/degerleme-analizi-101/pddd-orani Piyasa Değeri / Defter Değeri Oranı. 22 Haziran 2022.

114. URL-7, https://fintables.com/akademi/oran-analizi-101/karlilik-analizi Net Kâr Marjı. 22 Haziran 2022.

115. URL-8, https://fintables.com/akademi/oran-analizi-101/karlilik-analizi-2 Aktif Karlılık. 22 Haziran.

7. EKLER

```
% 1. Adım
 prompt1 = 'Kaç kriteriniz var? ';
kriterSayisi=input(prompt1);
prompt2='Kaç karar verici var?';
kararVerici=input(prompt2);
kriterMatrisi= cell(kararVerici,kriterSayisi);
kvDeger = csvread('UzmanGorusu.csv');
kuralIndex = 1;
for i=1:kararVerici
   iter=1;
   for j=1:kriterSayisi
      a=kvDeger(kuralIndex,3:5);
      kriterMatrisi(i,j) = {a};
      altSinir(i,iter)=a(1);
      merkez(i,iter)=a(2);
      ustSinir(i,iter)=a(3);
      iter=iter+1;
      kuralIndex = kuralIndex + 1;
   end
end
sinirSayisi=nchoosek(kriterSayisi,2);

% 2. Adım
onemDerecesi=zeros(kriterSayisi,3);
 for i=1:kriterSayisi
   onemDerecesi(i,1)=geomean(altSinir(:,i));
   onemDerecesi(i,2)=geomean(merkez(:,i));
   onemDerecesi(i,3)=geomean(ustSinir(:,i));
end
onemDerecesi=round(onemDerecesi,2);
yamukOnemDerecesi=zeros(kriterSayisi,4);
```

```
 for i=1:kriterSayisi
    yamukOnemDerecesi(i,1)=onemDerecesi(i,1);
    yamukOnemDerecesi(i,2)=onemDerecesi(i,2)-((onemDerecesi(i,2)-
onemDerecesi(i,1))/4);
    yamukOnemDerecesi(i,3)=onemDerecesi(i,2)+((onemDerecesi(i,3)-
onemDerecesi(i,2))/4);
    yamukOnemDerecesi(i,4)=onemDerecesi(i,3);
end
 yamukOnemDerecesi=round(yamukOnemDerecesi,2);

% 3. Adım
 ikiliKarsilastirma=cell(kararVerici,kriterSayisi);
altSinir=zeros(1,sinirSayisi);
ustSinir=zeros(1,sinirSayisi);
iter=1;
for i=1:kriterSayisi
    ikiliKarsilastirma{i,i}=[1 1 1 1];
    for j=i+1:kriterSayisi
        sirali=sort(yamukOnemDerecesi(j,:),'descend');
        ikiliKarsilastirma{i,j}=round(yamukOnemDerecesi(i,:)./sirali,2);
        altSinir(1,iter)=ikiliKarsilastirma{i,j}(1);
        ustSinir(1,iter)=ikiliKarsilastirma{i,j}(4);
        iter=iter+1;
        ikiliKarsilastirma{j,i}=round(sort(1./ikiliKarsilastirma{i,j},2),2);
    end
end

% 4. Adım
 kriterAgirliklari=round(agirlikHesapla(kriterSayisi,ikiliKarsilastirma,altSinir,ustSinir),2);

% 5. Adım
finansOran=csvread('Veri.csv');
[hisseSenedi kriterSayisi]=size(finansOran);
```

```
% 6. Adım
 birinciDPsonucu=zeros(kriterSayisi,2);
  for i=1:kriterSayisi
      Aeq=ones(1,hisseSenedi);
      beq=1;
      A=-eye(hisseSenedi);
      b=zeros(1,hisseSenedi);
      f=finansOran(:,i);
      [x,fval] = linprog(f,A,b,Aeq,beq);
      birinciDPsonucu(i,1)=round(fval,2);
      [x,fval] = linprog(-f,A,b,Aeq,beq);
      birinciDPsonucu(i,2)=round(-fval,2);
  end

  finansIkili=birinciDPsonucu;
  finansUclu=[finansIkili,finansIkili(:,2)-finansIkili(:,1)];

  % 7. Adım
  fprintf('Kriterlerinizin tipini giriniz\n',kriterSayisi);
  prompt10 ='max için 1, min için 0 girin:';
  kriterTipi=input(prompt10);
  minmaxx=minmaxbul(kriterTipi);
  progMatris1=zeros(kriterSayisi,hisseSenedi);
  progMatris2=zeros(kriterSayisi,hisseSenedi);
  for i=1:hisseSenedi
      progMatris11=(finansOran(i,:)'.*minmaxx(1,:)');
      progMatris1(:,i)=progMatris11;
      progMatris22=(finansOran(i,:)'.*minmaxx(2,:)');
      progMatris2(:,i)=progMatris22;
  end
  progMatrisSon=progMatris1+progMatris2;
  diagC=diag(finansUclu(:,3));
  diagC;
```

```
    gecici2=finansIkili.*minmaxx';
    gecici3=gecici2(:,1)+gecici2(:,2);
    amacAgirliklari=[kriterAgirliklari(:,2)-
kriterAgirliklari(:,1),kriterAgirliklari(:,2),kriterAgirliklari(:,3),kriterAgirliklari(:,4)-
kriterAgirliklari(:,3)]';
    gecici=-eye(hisseSenedi);
    xKisiti=[gecici,zeros(hisseSenedi,kriterSayisi)];

    % 8. Adım
       YeniA=[progMatrisSon,diagC];
    YeniASon=[xKisiti;YeniA];
    YeniASonV1 =
zeros(kriterSayisi*2+hisseSenedi+kriterSayisi,kriterSayisi+hisseSenedi);
    xx = [-eye(kriterSayisi);eye(kriterSayisi)];
    xxZeros = zeros(kriterSayisi*2,hisseSenedi);
    SifirBirKisiti = [xxZeros,xx];
    YeniASonV1 = [SifirBirKisiti;YeniASon];
    yeniA1=YeniASonV1;

    Aeq=[ones(1,hisseSenedi),zeros(1,kriterSayisi)];
    beq=1;
    b=[zeros(kriterSayisi,1);ones(kriterSayisi,1);zeros(hisseSenedi,1);gecici3];
    yeniB=b;
    son=zeros(4,2);
    for i=1:4
          f=[zeros(1,hisseSenedi),amacAgirliklari(i,:)];
          [x1,fval] = linprog(f,yeniA1,yeniB,Aeq,beq);
          son(i,1)=fval;
          f=[zeros(1,hisseSenedi),amacAgirliklari(i,:)];
          [x2,fval] = linprog(-f,yeniA1,yeniB,Aeq,beq);
          son(i,2)=-fval;
    end
```

```
% 9. Adım
 sonFark=[son(:,2)-son(:,1)];
t=[0 -1 -1 -1;
   1  0  0  0];
ekMatris1=(amacAgirliklari.*t(1,:)');
ekmatris2=(amacAgirliklari.*t(2,:)');
ekMatrisSon=ekMatris1+ekmatris2;

y=[0 -1 -1 -1;
   1  0  0  0];
ekMatris3=(son.*y');
ekMatris4=ekMatris3(:,1)+ekMatris3(:,2);
ekMatrisSon1=[ekMatrisSon,sonFark];
ekMatrisSon2=[zeros(4,hisseSenedi),ekMatrisSon1];

yeniASon=[yeniA1,zeros(2*kriterSayisi+hisseSenedi+kriterSayisi,1)];
 yeniASonV2=[yeniASon;ekMatrisSon2];
 xxx = [-eye(1);eye(1)];
 xxxZeros = zeros(2,hisseSenedi+kriterSayisi);
 SifirBirKisiti2 = [xxxZeros,xxx];
 yeniASonV3=[SifirBirKisiti2;yeniASonV2];
 gecicib=[zeros(1,1);ones(1,1)];
 yeniBSonV2=[yeniB;ekMatris4];
 yeniBSonV3=[gecicib;yeniBSonV2];
    yeniAeqV2=[Aeq,0];
 fSon=[zeros(1,hisseSenedi+kriterSayisi),1];
 [x,fSonval] = linprog(-fSon,yeniASonV3,yeniBSonV3,yeniAeqV2,beq);
 fSonval=-fSonval;
 sonnn=x;
```

ÖZGEÇMİŞ

Serkan AKBAŞ ilköğrenimini Mehmet Akif Ersoy İlköğretim Okulu'nda bitirdikten sonra lise eğitimini Trabzon Lisesi'nde tamamladı. 2007 yılında girdiği Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, İstatistik Bölümü'nden 2011 yılında mezun oldu ve aynı yıl KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2013 yılında ERASMUS programı ile Macaristan Esterhazy Caroly Foiskola'da lisansüstü eğitimine devam etti. 2014 yılında KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim dalına araştırma görevlisi olarak atandı. 2015 yılında "Bulanık Çok Ölçütlü Programlama Probleminin AHP'ye Dayalı Çözümü" başlıklı yüksek lisans tezini tamamlayarak aynı anabilim dalında doktora eğitimine başladı. Halen KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik ve Bilgisayar Bilimleri Anabilim dalında araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır. İyi derece İngilizce bilmektedir.

Tezden üretilen SCI-Expanded dizininde makale:

AKBAŞ, S., ve ERBAY DALKILIÇ, T., 2021. A hybrid algorithm for portfolio selection: An application on the Dow Jones Index (DJI), Journal of Computational and Applied Mathematics, 398.

Tezden üretilen ESCI dizininde makale:

AKBAŞ, S., ve ERBAY DALKILIÇ, T., 2019. Decision Making For Portfolio Selection By Fuzzy Multi Criteria Linear Programming, Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series A1 Mathematics and Statistics, 68(2), 2238-2257.

AKBAŞ, S., ve ERBAY DALKILIÇ, T., 2019. Portfolio Optimization with Linear Programming Based on Trapezoidal Fuzzy Numbers, Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty, 6(3), 634-650.