

Yayın Geliş Tarihi: 22.05.2019

Yayın Onay Tarihi: 23.06.2019

DOI No: 10.35343/kosbed.568820

Saffet AKDAĞ •

Döviz Kurları ve Değerli Madenlerin Portföy Sürecine Dâhil Edilmesinin Optimizasyon Sonuçları Üzerine Etkisi: Bulanık Doğrusal Programlama ile Bir Uygulama

*The Effect of the Inclusion of Exchange Rates and
Precious Metals in to the Portfolio Process on
Optimization Results: An Application with Fuzzy
Linear Programming*

Özet

Bu çalışmanın amacı, döviz kurlarının ve değerli madenlerin portföy optimizasyon sürecine dâhil edilmesinin, portföy optimizasyonu sonuçları üzerindeki etkilerini test etmektir. Çalışmada BİST sektör endeksleri ile dolar ve euro kuru, altın ve gümüş madenlerinin 1 Ocak 2017 ile 31 Aralık 2018 tarihleri arasında günlük verileri ile portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Sadece sektör endeksleri ile gerçekleştirilen optimizasyon sonucunda optimal portföyün beklenen günlük getirisi %0,17 iken portföyün riski %0,4 olarak tespit edilmiştir. Döviz kurlarının ve değerli madenlerin optimizasyon sürecine dâhil edilmesi ile gerçekleştirilen portföy optimizasyonu sonucunda portföyün beklenen günlük getirisi %0,19 iken portföyün riski %0,37 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre portföy optimizasyon süreçlerine döviz kurlarının ve değerli madenlerin ilave edilmesinin portföyün beklenen getirisini artırırken, riskini azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Portföy Optimizasyonu, Doğrusal Programlama, Bulanık Mantık, Sektör Endeksleri, Değerli Madenler, Döviz Kurları.

Jel Kodları: C61, D81, G11, G23.

Abstract

The purpose of this study is to test the effects of exchange rates and precious metals on portfolio optimization results as a result of inclusion in portfolio optimization process. In the study, portfolio optimization was realized with the daily data of BIST Sector indices, Dollar exchange rate, Euro exchange rate, Gold prices and Silver prices, between January 1, 2017 and December 31, 2018. As a result of the optimization of the sector indices, the expected daily return of the optimal portfolio was 0,17% and the risk of the portfolio was determined as 0,4%. As a result of portfolio optimization performed with the addition of exchange rates and precious metals to the optimization process, the expected daily return of the portfolio was 0.19% and the risk of the portfolio was determined as 0.37%. According to these results, the addition of exchange rates and

• Dr. Öğr. Üyesi, Yozgat Bozok Üniversitesi, İİBF, Bankacılık ve Finans, E-mail: saffet.akdag@bozok.edu.tr, Orcid: 0000-0001-9576-6786

precious metals to the portfolio optimization processes increased the expected return on the portfolio and decreased the risk.

Keywords: Portfolio Optimization, Linear Programming, Fuzzy Logic, Sector Indices, Precious Metals, Exchange Rates.

Jel Codes: C61, D81, G11, G23.

Giriş

Yatırım kararlarının alınmasının iki boyutunu beklenen getiri ve risk oluşturmaktadır. Getiri, belli bir dönemde yatırım karşılığında elde edilecek gelir olarak ifade edilebilirken risk, bir olayın gerçekleşme ihtimali olarak ifade edilebilir (Karan, 2013:131). Finans biliminde ise risk beklenen getiri oranındaki belirsizlik olarak tanımlanmaktadır (Reily ve Brown, 2011:12). Bu bağlamda yatırımın beklenen getirisi ile riski, yatırımcıların yatırım kararlarının temel belirleyicisi olmuştur. Özellikle yatırımcıların, risklerini minimize etmek için bir finansal varlığa yatırım yapmaktan ziyade farklı türdeki finansal varlıkların yer aldığı bir topluluğa yatırım yapma isteği portföy kavramının doğmasına neden olmuştur. Portföy yatırımcılarının kazanç sağlamak amacıyla bono, tahvil, hisse senedi ve altın gibi çeşitli finansal varlıkların bir araya getirilmesiyle oluşan bileşke olarak ifade edilebilir. Bu manada portföy geniş bir yelpazede yatırımcılara koruma ve fırsatlar sağlayan dengeli bir bileşkedir (Markowitz, 1959:3). Yatırımcıların bir portföye yatırım yapma isteği ve düşüncesi finans literatüründe portföy teorilerinin doğmasına neden olmuştur. Bu kapsamda ortaya çıkan portföy teorilerinden ilki Geleneksel Portföy Teorisidir. Teori, portföy içerisinde yer alacak finansal varlıklar ne kadar çok çeşitlendirilirse portföyün riski de o derece düşeceğini ifade etmektedir. Çünkü portföyde yer alacak finansal varlıkların getirilerinin aynı yönde hareket etmeyeceği varsayılmaktadır (Francis ve Kim, 2013:1-5). Bir diğer teori ise Markowitz (1952) çalışmasıyla literatüre giren ve matematiksel bir temele dayanan Modern Portföy Teorisidir. Teoriye göre çeşitlendirme, menkul kıymetlerin getirileri arasındaki korelasyona göre yapılmalıdır ve portföyün riskinin düşürülmesi için portföye alınacak menkul kıymetler seçilirken, getirileri arasındaki korelasyon dereceleri düşük olanlar tercih edilmelidir (Markowitz, 1952:89). Modern Portföy Teorisinde portföyün risk ölçütü olarak portföyün varyansının temel alınmış olması nedeniyle portföyün beklenen getirisi ve riskini hesaplamak için oluşturulan model Ortalama Varyans Modeli olarak ifade edilmiştir. Ortalama Varyans Modelinin, kareli programlama gerektirmesi ve özellikle büyük ölçekli portföylerde kullanılması zorluğu sebebiyle eleştirilmiştir. Bu eleştiriler sonucunda Ortalama Varyans Modeline alternatif birçok portföy optimizasyon modeli doğmuştur. Bu süreçte ortaya çıkan portföy optimizasyon modellerinden biri de Konno ve Yamazaki (1991) çalışmasında ortaya konan Ortalama Mutlak Sapma Modelidir. İlgili modelde doğrusal programlamanın kullanılması ve özellikle büyük ölçekli portföylere uygulamada kolaylık sağlaması nedeniyle en çok tercih edilen portföy optimizasyon modellerinden biri olmuştur. Diğer yandan son yıllarda özellikle belirsizlik süreçleri

içeren uygulamalı çalışmalarda yapay zekâyöntemleri akademik çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden biri olan bulanık mantık Zadeh (1965) çalışmasıyla literatüre girmiştir. Bulanık mantık çok değerli mantık ile belirsizlik altında akıl yürütmenin birleştirildiği mantıksal bir sistemdir (Özkan, 2003:122). Bulanık mantık özellikle çalışılan konunun sofistike olması ve o alanda bilgi ve verilerin yetersiz olması durumunda başvurulmuş bir yöntemdir (Baykal ve Beyan, 2004:39). Bu çalışmada doğrusal programlama modeli ile bulanık mantık birlikte kullanılarak portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ilgili modelin tercih edilmesinin en önemli nedenlerinden biri, literatür taraması esnasında Bekçi (2001), Güngör vd. (2005), Pelitli (2007), Aliev vd., (2008), Pai ve Michel (2010), Cebeci (2011), Sarokolaei vd. (2013), Solatikia vd., (2014), Erdaş ve Demir (2016), Konak ve Bağcı (2016), Akdağ (2017), İskenderoğlu ve Akdağ (2017) ve Akdağ ve İkinci (2018) çalışmalarında bulanık doğrusal programlama modelinin portföy optimizasyonlarında başarılı sonuçlar verdiğinin ifade edilmiş olmasıdır.

Bu çalışmada bulanık doğrusal programlama modeli ile ilk etapta BİST sektör endeksleri ile portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiş daha sonra ise BİST sektör endeksleri ile birlikte döviz kurları ve değerli madenler optimizasyon sürecine dâhil edilerek sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla ilgili finansal enstrümanların 1 Ocak 2017–31 Aralık 2018 tarihleri arasında günlük yüzdelik getirileri kullanılmıştır. Çalışma altı bölüme ayrılmıştır. Birinci bölümde portföy süreci ve portföy optimizasyonuna yönelik genel bilgiler verilmiş, ikinci bölümde çeşitli finansal enstrümanlar ile gerçekleştirilen portföy optimizasyonuna yönelik literatüre yer verilmiştir. Üçüncü bölümde portföy optimizasyonunda kullanılan veriler dördüncü bölümde ise analizde kullanılan bulanık doğrusal programlama modeline ilişkin bilgiler verilmiştir. Beşinci bölümde analizden elde edilen bulgulara yer verilmiş olup son bölümde bulgular yorumlanarak önerilerde bulunulmuştur.

1. Literatür

Literatür taraması sırasında endekslerin ve diğer yatırım enstrümanlarının portföy optimizasyonlarında kullanılmasına yönelik az sayıda çalışmaya rastlanmıştır. İlgili çalışmalarda portföy optimizasyonunda farklı finansal enstrümanların kullanılmasının portföy getirisi ve riski üzerinde olumlu etkilerinin olacağı ifade edilmektedir. Bu bağlamda literatürde endekslerin ve çeşitli finansal enstrümanların kullanıldığı çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Altın ve gümüş gibi değerli madenleri ve döviz kurlarının portföy çeşitlendirmesinde kullanan çalışmalar değerlendirildiğinde, altının portföy çeşitlendirmesinde kullanılmasına yönelik ilk çalışmalardan biri McDonald ve Solnik (1977) çalışmasıdır. Daha sonra Sherman (1982), Jaffe (1989), Chua vd., (1990), Bloise ve Shieh (1995), Davidson vd., (2003), Lucey vd., (2006), Creti vd., (2013), Hood ve Malik (2013), Arouri vd., (2015), Hoang vd., (2015) çalışmalarında altının portföy çeşitlendirmesindeki olumlu etkisini ortaya koymaktadırlar. Ciner vd., (2013) çalışmasında ise ABD ve İngiltere'de hisse senedi, tahvil, altın ve petrolün birbirleri için güvenli bir sığınak olarak kullanılabilmesi ifade edilmiştir. Ancak Morales ve Andreosso-O'Callaghan (2011) çalışmasında ise altın haricindeki değerli madenler, özellikle krizlerden etkilenmemesi

nedeniyle, güvenli liman olarak ifade edilmiş ve portföy çeşitlendirilmesinde kullanılabileceği ima edilmiştir. Lagoarde-Segot ve Lucey (2007) çalışmasında ise dolar kuru ve MENA ülkelerin yerel para birimlerinin portföy çeşitlendirmesinde kullanılmasının özellikle portföy riskini minimize etmede önemli faydalar sağladığı ifade edilmiştir.

Hisse senedi endeksleri ile değerli madenlerin ve döviz kurlarının portföy çeşitlendirmesinde kullanıldığı ve Türkiye özelinde yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde ilk çalışmalardan biri Hanna vd., (2001) çalışmasıdır. Hanna vd., (2001) çalışmasında Ocak 1991 ile Ocak 1999 tarihleri arasında aylık veriler üzerinde BİST endeksi, S&P 500 endeksi, DAX endeksi, altın, Türk lirası, Amerikan doları ve Alman markı mevduat faiz oranlarını kullanarak ortalama varyans modeli ile portföy optimizasyonu gerçekleştirmiştir. Analiz sonucunda optimal portföyün beklenen yıllık getirisi %84 iken riski %3,7 olarak hesaplanmıştır. Optimal portföyde yer alan finansal enstrümanlar ise % 97,5 ile TL mevduat faizi ve %2,5 ile altındır. Kapusuzoğlu ve İbicioğlu(2013) çalışması Türkiye özelinde yapılan diğer bir çalışmadır. İlgili çalışmada BİST sektör endekslerinden BİST Gıda, BİST Tekstil, Deri BİST Orman, Kağıt ve Basım, BİST Kimya Petrol ve Plastik, BİST Taş ve Toprak, BİST Metal Eşya ve Makine, BİST Elektrik, BİST İletişim, BİST Banka, BİST Sigorta, BİST Finansal Kiralama, Faktöring ve BİST Bilişim olmak üzere toplam 12 BİST sektör endeksin Ocak 2005- Aralık 2012 dönemine ait verileri kullanılmıştır. Çalışmada endeksler arasındaki ilişki çok boyutlu ölçekleme analizi ile test edilmiştir. Çalışma sonucunda, BİST İletişim endeksi ile BİST Bilişim endeksi, BİST Tekstil ve Deri endeksi ile BİST İletişim endeksi ve BİST Gıda ve İçecek ile BİST İletişim endeksi arasındaki ilişkilerin ön plana çıktığı ifade edilmiştir. Bu sonuçlara göre yatırımcıların, portföy oluşturma sürecinde aralarında yakın ilişki bulunmayan endekslerin portföye dahil edilmesinin portföy çeşitlendirmesinin başarısını artıracığı belirtilmiştir. Türkiye özelinde yapılan bir diğer çalışma ise Yıldız (2014) çalışmasıdır. Yıldız (2014) çalışmasında Mart 2001 ile Haziran 2013 tarihleri arasında BİST 100 endeksi, Ons altın fiyatı, dolar kuru, aylık mevduat faiz oranı verileri kullanılmıştır. VAR modelinin Granger nedensellik testi, etki-tepki analizi ve varyans ayrıştırması analizlerinin kullanıldığı çalışma sonucunda yatırımcıların portföylerinde kısa ve uzun vadede faiz araçlarını, kısa vadede döviz kurunu ve altını bir yatırım aracı olarak düşünebileceği ve portföylerini ilgili yatırım araçları ile çeşitlendirerek yatırımdan beklenen getiriyi artırıp riskini ise düşürebileceği ifade edilmiştir. Türkiye özelinde yapılan ve 33 farklı BİST endeksinin kullanıldığı Çakar vd., (2017) çalışmasında ise 04.01.2010 ile 01.12.2016 tarihleri arasındaki günlük veriler üzerinde ortalama varyans ve kareli programlama ile portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sonucunda değişim katsayısını minimum yapan, Sharpe oranını maksimum yapan ve portföy riskini minimize eden üç farklı portföy oluşturulmuştur. Değişim katsayısını minimum yapan portföyün beklenen günlük getirisi %0,9 riski ise %1,4 olarak hesaplanmış olup optimal portföyde yer alan endeksler sırasıyla %51 ile BİST Teknoloji, %45 ile BİST Metal ve Makine ve % 3 ile BİST Basit Metaller endeksinden oluşmaktadır. Sharpe oranını maksimum yapan optimal portföyün beklenen getirisi % 0,9 riski ise %1,5 olarak hesaplanmıştır. Optimal portföyde yer alan endeksler ise sırasıyla %55 ile BİST Teknoloji, %44 ile BİST Metal ve Makine, %1 ile BİST Kocaeli endeksidir. Portföy riskini minimize eden optimal portföyün beklenen günlük ortalama getirisi %0,3 riski ise %1,1

olarak hesaplanmıştır. Optimal portföyde yer alan endeksler ise %23 ile BİST Yiyecek ve İçecek, %20 ile BİST Telekomünikasyon, %19 ile BİST Adana, %12 ile BİST İzmir, %10 ile BİST Hizmet %8 ile BİST Metal Harici Mineral Ürünler, %5 ile BIST Tekstil ve Deri, %1 ile BİST Orman, Kağıt ve Basım ve %1 ile BİST Kocaeli endeksinden oluşmaktadır. Deniz vd., (2018) çalışmasında değerli madenlerin portföy çeşitlendirmedeki katkısının tespit edilmesi amaçlanmıştır. Nisan 1999 ile Nisan 2018 tarihleri arasında aylık verilerin kullanıldığı çalışmada altın başta olmak üzere gümüş ve paladyumun portföy çeşitlendirmesinde kullanılmasının fayda sağlayacağı ifade edilmiştir. Çin üzerinde gerçekleştirilen Wong vd., (2015) çalışması ise 13 Temmuz 2004 ile 31 Temmuz 2014 tarihler, arasında Şangay Kompozitendeksi, Devlet tahvili, özel kesim tahvili ve altın fiyatlarının günlük verileri kullanılarak ortalama varyans modeli portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda riskten kaçınan yatırımcıların altının yer almadığı portföyleri tercih ettiği, risk arayan yatırımcıların altının yer aldığı portföyleri tercih ettiği ifade edilmiştir. Ancak ilgili çalışmada altının portföy çeşitlendirmesinde kullanılmasının portföyün riski üzerine olumlu etkisinin olacağı bu yüzden Çinli yatırımcıların portföylerinde altına yer vermesi tavsiye edilmiştir.

2. Veriler

Çalışmada 1 Ocak 2017 ile 31 Aralık 2018 tarihleri arasında Borsa İstanbul'da işlem gören sektör endekslerinin, dolar ve euro kuru ile altın ve gümüşün günlük yüzdelik getirileri kullanılmıştır. Tarih aralığının kısa olmasının temel nedeni endeksler içerisinde yer alan hisse senetlerinin uzun dönemde çok değişmesi ve bunun da endeks getirisini etkilemesidir. Sektör endekslerine ait veriler *investing.com* internet sitesinden alınmıştır. Dolar ve euro kuru verileri TCMB efektif alış kuru olarak analize dâhil edilmiştir. Ons altın fiyatları ile gram gümüş fiyatları da *investing.com* internet sitesinden alınmıştır. Analize dâhil edilen finansal enstrümanlar ve analizde kullanılan kodları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Analize Dâhil Edilen Finansal Enstrümanlar

Kodlar	Finansal Enstrümanlar	Kodlar	Finansal Enstrümanlar
X1	Banka Endeksi	X13	Teknoloji
X2	Ana Metal	X14	Tekstil ve Deri
X3	Elektrik	X15	İletişim
X4	Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı	X16	Toptan ve Perakende
X5	Holding	X17	Turizm
X6	Kimya, Petrol, Plastik	X18	Orman, Kağıt ve Basım
X7	Leasing/Faktöring	X19	Gıda ve İçecek
X8	Maden	X20	Dolar Kuru
X9	Metal Eşya ve Makina	X21	Euro Kuru
X10	Ulaştırma	X22	Altın
X11	Sigorta	X23	Gümüş
X12	Spor		

3. Yöntem

Çalışmada portföy optimizasyonu için bulanık doğrusal programlama modeli kullanılmıştır. Konno ve Yamazaki (1991) çalışmasında geliştirilen model, Markowitz'in (1959) çalışmasında geliştirilen Ortalama Varyans Modelinin büyük ölçekli portföylere uygulanmasında yaşanan zorluklar nedeniyle alternatif olarak geliştirilmiştir. Konno ve Yamazaki (1991) çalışmasında, kareli programlama gerektiren Ortalama Varyans Modeli ile optimal çözüme ulaşmanın daha zor olduğunu ve yatırımcıların risk ölçümünde standart sapma yerine genellikle mutlak sapmayı temel almışlardır (Konno ve Yamazaki, 1991: 521). beklenen getiri ve riskin normal dağıldığı varsayımı altında doğrusal programlama modeline göre portföy riskini ve getirisini ifade eden denklemler (1 ve 2) aşağıdaki gibidir (Wang ve Xia, 2002:7; Fabozzi vd., 2007:56).

Portföy riski:

$$w(x) = E(|\sum_{j=1}^N \mu_j w_j - E(\sum_{j=1}^N \mu_j w_j)|) \quad (1)$$

Portföyün Beklenen Getirisi

$$(R_p) = \sqrt{\frac{2}{\pi}} \sigma_p \quad (2)$$

(R_p) : Portföyün beklenen getirisi.

$w(x)$: Getirilerin ortalama mutlak sapma fonksiyonu.

E : Parantez içindeki rastgele değişkenin beklenen değeri,

μ_j : j varlığının getiri oranı,

w_j : j varlığının portföy içerisindeki ağırlığı,

σ_p : Portföyün standart sapması,

Bulanık mantığın doğrusal programlama sürecinde kullanılması ile bulanık doğrusal programlama modeli geliştirilmiştir. Yapay zekâ uygulamalarının alt bir dalı olan bulanık mantık, kesin ve net bilgiye ulaşılamayan olaylarda daha doğru karar alınmasına yardımcı olmaktadır. (Şen, 1999:6). Zadeh (1965) çalışması bulanık mantık alanındaki ilk çalışmalardan biridir. İlgili çalışmasında bulanık mantık, mantık sistemine fayda sağlayan bir yapı olarak tanımlanmıştır. Bulanık mantık iki durumda tercih edilmektedir. İlki üzerinde çalışılan konunun sofistike olması; ikincisi ise insanların kavrayış ve yargısına gerek duyulan konular olması durumunda tercih edilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004:39).

Bulanık doğrusal programlama modeli, doğrusal programlama ile çözülebilen ancak karar süreçlerinde tespit edilen belirsizlikler nedeniyle tercih edilen bir yöntemdir (Hansen, 1996: 32). Bulanık doğrusal programlama modelinde amaç, en yüksek memnuniyet düzeyine sahip optimal karara ulaşmaktır. (Tuncel, 1997:45-48).

Doğrusal programlama ile bulanıkdoğrusal programlama modelleri arasındaki temel fark, bulanık parametreler için “ ~ ” simgesinin kullanılması ve bulanık kısımlar için 0 ile 1 aralığında tanımlı bir üyelik fonksiyonunun tespit edilmesidir. Genel olarak bir bulanık doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılarıdenklemler (3) ve denklemler (4)’teki gibi gösterilebilir (Gülcan, 2012:63):

Amaç fonksiyonu:

$$\max Z = \sum_{j=1}^n \tilde{r}_j x_j \quad (3)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n \tilde{a}_{ij} x_j \leq \tilde{b}_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad x \geq 0 \quad (4)$$

Bulanık doğrusal programlama modelinin çözümünde üç çözüm yaklaşımından birikullanılmaktadır. Bu yaklaşımlarWerners (1987), Zimmermann (1983) veVerdegay (1982) yaklaşımlarıdır. Maksimum ve minimum üyelik derecelerini modeldeki max-min işlemcisini kullanarak belirlemesi,Werners (1987) yaklaşımının literatürde daha çok tercih edilmesini sağlamıştır. Bu nedenle çalışmanın uygulama kısmında Werners (1987) yaklaşımı tercih edilmiştir. Konno veYamazaki (1991) doğrusal programlama modelinin temel alındığı bulanık doğrusal programlama modelinde, amaç fonksiyonu bulanıklaştırılarakdoğrusal programlama modeli bulanık doğrusal programlama modeline dönüşmektedir. Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtları gösteren denklemler (5,6,7,8 ve 9) aşağıda verilmiştir. (Kocadağlı, 2006:133).

Amaç Fonksiyonu:

$$\min Z \sum_{t=1}^T \frac{y_t}{T} \quad (5)$$

Kısıt

$$y_t - \sum_{j=1}^n a_{tj} x_j \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (6) \quad 1:$$

Kısıt

$$y_t + \sum_{j=1}^n a_{tj} x_j \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (7) \quad 2:$$

Kısıt

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \geq \rho M_0 + \alpha \tau \quad \alpha \in [0, 1] \quad (8) \quad 3:$$

Kısıt

$$\sum_{j=1}^n x_j = M_0 \quad (9) \quad 4:$$

Bulanık doğrusal programlama modeli kullanılarakportföyün beklenen getirisi farklı memnuniyet düzeylerine (0 ile 1 arasında) göre hesaplanmaktadır.Tespit edilen memnuniyet düzeyinde hangi yatırım araçlarına hangi oranda yatırım yapılabileceğibelirlenebilmektedir. Bu süreçte tespit edilen memnuniyet düzeyini karşılayanportföyünbeklenen getirisi ve riski de belirlenebilir.

Modelde öncelikle $\alpha = 0,1 (\rho M_0)$ ve $\alpha = 1 (\rho M_0 + \tau)$ memnuniyet düzeylerinde beklenen getiriler için minimum ve maksimum riski ifade eden Z^0 ve Z^1 amaç

fonksiyonu tespit edilir. Portföyün beklenen getirisi arttıkça portföyün riski de artacağından $Z^1 > Z^0$ olacaktır. Z^0 ve Z^1 değerleriyle oluşturulan üyelik fonksiyonu denklemler (10 ve 11) aşağıdaki gibidir (Kocadağlı, 2006:134):

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1, & Z < Z^0 \\ 1 - [Z - Z^0]/Z^1 - Z^0, & Z^0 \leq Z \leq Z^1 \\ 0, & Z > Z^1 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_k(x) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^n r_j x_j < \rho M_0 \\ [\sum_{j=1}^n r_j x_j - \rho M_0]/\tau, & \rho M_0 \leq \sum_{j=1}^n r_j x_j \leq \rho M_0 + \tau \\ 1, & \sum_{j=1}^n r_j x_j > \rho M_0 + \tau \end{cases} \quad (11)$$

Portföyün beklenen getirisinin üyelik fonksiyonu ($\mu_k(x)$) ile Portföyün riskinin üyelik fonksiyonu ($\mu_z(x)$), max ve minilemcisi kullanılarak bulanık doğrusal programlama modelinin amaç fonksiyonu ve kısıtları oluşturulmaktadır. Modelin amaç fonksiyonu ve kısıtlarını gösteren denklemler (12, 13, 14, 15, 16 ve 17) aşağıdaki gibidir (Wang, 1997:385).

Amaç fonksiyonu:

$$\text{Max } \alpha \quad (\mu_z(x) \geq \alpha, \mu_k(x) \geq \alpha, x \geq 0, \alpha \in [0,1]) \quad (12)$$

Kısıt 1:

$$\sum_{t=1}^T y_t/T + \alpha(Z^1 - Z^0) \leq Z^1 \quad (13)$$

Kısıt 2:

$$y_t - \sum_{j=1}^n a_{tj} x_j \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (14)$$

Kısıt 3:

$$y_t + \sum_{j=1}^n a_{tj} x_j \geq 0 \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (15)$$

Kısıt 4:

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \geq \rho M_0 + \alpha \tau \quad \alpha \in [0,1] \quad (16)$$

Kısıt 5:

$$\sum_{j=1}^n x_j = M_0 \quad (17)$$

$$(0 \leq x_j \leq \mu_j, y_t \geq 0)$$

Modelde kullanılan parametreler ve açıklamaları aşağıda verilmiştir.:

α : Memnuniyet düzeyi

t : T dönemi içindeki yer alan bir t. dönem,

T : İncelenen dönem sayısı,

- M_0 : Toplam yatırım miktarı,
 Y_t : Yardımcı değişken,
 ρ : Beklenen getiri oranı,
 ρM_0 : Beklenen getiri miktarı,
 τ : Beklenen getirinin önceden bilinen tolerans değeri
 x_j : j. varlığına yapılan yatırımın payı,
 r_{jt} : j varlığının t döneminde gerçekleşen getiri oranı
 r_j : j. varlığının ortalama getiri oranı,
 a_{tj} : j. varlığının riski ($r_{jt} - r_j$)
 μ_j : j. varlığına yapılan yatırımın üst sınırı,

4. Bulgular

Öncelikle analizde kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistikler Ek 1'de verilmiştir. İlgili istatistikler incelendiğinde en yüksek günlük ortalama getiriye sahip ilk üç yatırım enstrümanı sırasıyla %0,28 ile BİST Leasing & Faktöring endeksi, %0,24 ile BİST Ulaştırma endeksi ve %0,13 BİST Banka endeksidir. Enyüksek oynaklığa sahip üç yatırım enstrümanı ise sırasıyla 0,034 ile BİST Leasing & Faktöring endeksi, 0,029 BİST Banka endeksi ve 0,024 ile BİST Ulaştırma endeksidir.

Birinci aşamada bulanık doğrusal programlama modeli ile sektör endeksleri kullanılarak optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise sektör endekslerine ilave olarak döviz kurları ile değerli madenler ilave edilerek portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her iki analiz sonuçları karşılaştırılarak döviz kurlarının ve değerli madenlerin portföy optimizasyon sürecine dahil edilmesinin sonuçlar üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

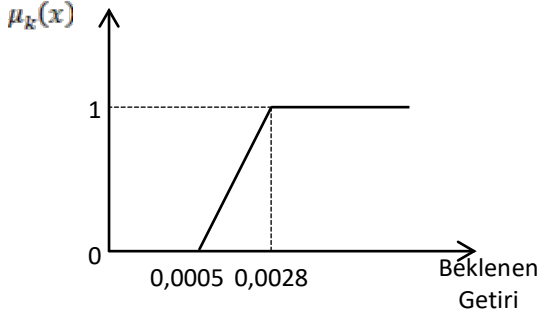
4.1. BİST Sektör Endeksleri ile Gerçekleştirilen Portföy Optimizasyonu Sonuçları

Bulanık doğrusal programlama ve analizde kullanılan sektör endekslerinin günlük yüzdeler getirileri ile optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Analizde 1 Ocak 2017 ile 31 Aralık 2018 tarihleri arasındaki toplamda her bir değişken için 504 günlük veri kullanılmıştır. Toplamda 9.576 veri ile analiz gerçekleştirilmiştir. Analize konu değişkenlerin günlük getirileri hesaplandıktan sonra beklenen günlük getiri (ρ) 0,0005, değişkenlerin beklenen maksimum getiri oranı (ρ_{\max}) 0,0028 olarak hesaplanmıştır. Beklenen getirinin toleransı ise (τ) 0,0023 ($\tau = 0,0028 - 0,0005$) olarak tespit edilmiştir. Bu durumda beklenen getirinin üyelik fonksiyonu ($\mu_k(x)$) $M_0=1$ alması durumunda aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$\mu_k(x) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^{19} r_j x_j < 0,0005 \\ [\sum_{j=1}^{19} r_j x_j - 0,0005] / 0,0023, & 0,0006 \leq \sum_{j=1}^{19} r_j x_j \leq 0,0028 \\ 1, & \sum_{j=1}^{19} r_j x_j > 0,0028 \end{cases} \quad (18)$$

Şekil 1’de beklenen getirinin üyelik fonksiyonu verilmiştir.

Şekil 1: Portföyün Beklenen Günlük Getirisinin Üyelik Fonksiyonu



Şekil 1’de portföyün beklenen günlük getirisi, 0,0005 günlük ortalama getiri düzeyinden, 0,0028 maksimum günlük getiriye doğru yaklaştıkça modeldeki memnuniyet düzeyi, 0 tam memnuniyetsiz düzeyinden 1 tam memnuniyet düzeyine yaklaşmaktadır.

Werners yaklaşımının modele uygulanması için öncelikle $\alpha = 0$ ve $\alpha = 1$ (memnuniyet düzeyleri için) beklenen getiriler tespit edilerek Z^0 ve Z^1 portföy riskini ifade eden amaç fonksiyonu değerleri bulunur. Z^0 ve Z^1 için amaç fonksiyonu ve kısıtları ifade eden denklemler Ek 1’de verilmiştir. Modelin çözülmesiyle amaç fonksiyonu $Z^0 = 0,0005$ ve $Z^1 = 0,0081$ değerleri elde edilir. Z^0 ve Z^1 değerlerin modele ilave edilmesiyle amacın üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1, & Z < 0,0005 \\ 1 - [Z - 0,0005] / 0,0081 - 0,0005, & 0,0005 \leq Z \leq 0,0081 \\ 0, & Z > 0,0081 \end{cases} \quad (19)$$

Üyelik fonksiyonun yerine yazılmasıyla bulanık doğrusal programlama modeli, doğrusal programlama modeli halini alır. Bu süreçte amaç fonksiyonu $Max \alpha$ olurken, her bir dönem için hesaplanan y_t fonksiyonu değişikliğe uğrayarak kısıta dönüşmektedir.

Bulanık doğrusal programlama ile kurulan model çözüldüğünde optimal portföyün memnuniyet düzeyi (α) %54 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen memnuniyet düzeyinde (α) portföyün riski ise aşağıdaki gibihesaplanabilir.

$$\mu_z(x) \Rightarrow 0,54 = 1 - \left[\frac{Z - 0,0005}{0,0076} \right]$$

$$1 - 0,54 = \left[\frac{Z - 0,0005}{0,0076} \right]$$
$$0,46 = \left[\frac{Z - 0,0005}{0,0076} \right]$$
$$0,0035 = Z - 0,0005$$
$$0,0040 = Z$$

%54 memnuniyet düzeyinde portföyün riski %0,4 olarak tespit edilmiştir. %54 memnuniyet düzeyinde portföyün beklenen günlük getiri oranı ise aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\text{Beklenen Getiri Oranı} = \rho M_0 + \alpha \tau$$
$$= 0,0005 * 1 + 0,54 * 0,0023$$
$$= 0,0005 + 0,0012$$
$$= 0,0017$$

%54 memnuniyet düzeyinde portföyün riski %0,4 iken portföyün beklenen günlük getiri oranı %0,17 olarak gerçekleşmiştir. Tablo 2’de model ile oluşturulan optimal portföyde yer alan finansal enstrümanlar ve ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 2: Portföyde Yer Alan Finansal Enstrümanlar ve Ağırlıkları

Kodlar	Değişkenler	Portföydeki Ağırlığı	Ortalama Günlük Getirisi
X3	Elektrik	0,211	0.0003
X6	Kimya, Petrol, Plastik	0,105	0.0009
X7	Leasing ve Faktöring Endeks	0,315	0,0028
X10	Nakliye Endeksi	0,239	0,0024
X16	Toptan ve Perakende Endeksi	0,130	0,0009

Tablo 2’ye göre optimal portföy içerisinde yer alması gereken BİST endeksleri %31,5 ile BİST Leasing ve Faktöring endeksi, %23,9 ile BİST Nakliye endeksi, %21,1 ile BİST Elektrik endeksi, %13 ile BİST Toptan ve Perakende endeksi, %10,5 ile BİST Kimya, Petrol ve Plastik endeksidir.

4.2. BİST Sektör Endekslerine Döviz Kurları ve Değerli Madenlerin İlave Edilmesiyle Elde Edilen Portföy Optimizasyonu Sonuçları

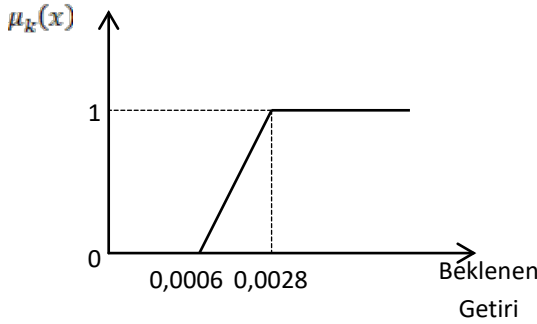
Bulanık doğrusal programlama ile analizde kullanılan sektör endekslerinin, döviz kurlarının ve değerli madenlerin günlük yüzdeler getirileri ile optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Analizde 1 Ocak 2017 ile 31 Aralık 2018 tarihleri arasındaki her bir finansal enstrüman için 504 günlük veri kullanılmıştır. Toplamda 11.592 veri ile analiz gerçekleştirilmiştir. Analize konu değişkenlerin günlük getirileri hesaplandıktan sonra beklenen günlük getiri (\bar{P}) 0,0006, değişkenlerin beklenen maksimum getiri oranı (\bar{P}_{\max}) 0,0028 olarak hesaplanmıştır. Beklenen getirinin toleransı ise (\bar{T}) 0,0023 ($\bar{T} = 0,0028 - 0,0006$)

olarak tespit edilmiştir. Bu durumda portföyün beklenen getirisinin üyelik fonksiyonu ($\mu_k(x)$) $M_{0=1}$ olması durumunda aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$\mu_k(x) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^{23} r_j x_j < 0,0006 \\ [\sum_{j=1}^{23} r_j x_j - 0,0006]/0,0022, & 0,0006 \leq \sum_{j=1}^{23} r_j x_j \leq 0,0028 \\ 1, & \sum_{j=1}^{23} r_j x_j > 0,0028 \end{cases} \quad (18)$$

Şekil 1'de beklenen getirinin üyelik fonksiyonu verilmiştir.

Şekil 2: Portföyün Beklenen Günlük Getirisinin Üyelik Fonksiyonu



Şekil 2'de portföyün beklenen günlük getirisi, 0,0006 günlük ortalama getiri düzeyinden, 0,0028 maksimum günlük getiriye doğru yaklaştıkça modeldeki memnuniyet düzeyi, 0 tam memnuniyetsiz düzeyinden 1 tam memnuniyet düzeyine yaklaşmaktadır.

Werners yaklaşımının modele uygulanması için öncelikle $\alpha = 0$ ve $\alpha = 1$ memnuniyet düzeyleri için beklenen getiriler tespit edilerek Z^0 ve Z^1 portföy riskini ifade eden amaç fonksiyonu değerleri bulunur. Z^0 ve Z^1 için amaç fonksiyonu ve kısıtları ifade eden denklemler Ek 1'de verilmiştir. Modelin çözülmesiyle amaç fonksiyonu $Z^0=0,0005$ ve $Z^1=0,0084$ değerleri elde edilir. Z^0 ve Z^1 değerlerin modele ilave edilmesiyle amacın üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1, & Z < 0,0005 \\ 1 - [Z - 0,0005]/0,0084 - 0,0005, & 0,0005 \leq Z \leq 0,0084 \\ 0, & Z > 0,0084 \end{cases} \quad (19)$$

Üyelik fonksiyonun yerine yazılmasıyla bulanık doğrusal programlama modeli, doğrusal programlama modeli halini alır. Bu süreçte amaç fonksiyonu $Max \alpha$ olurken, her bir dönem için hesaplanan y_t fonksiyonu değişikliğe uğrayarak kısıta dönüşmektedir.

Bulanık doğrusal programlama modeli ile kurulan çözüldüğünde optimal portföyün memnuniyet derecesi (α) %59 olarak bulunmuştur. %59 memnuniyet düzeyinde portföyün minimize edilen riski ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\mu_z(x) \Rightarrow 0,59 = 1 - \left[\frac{Z - 0,0005}{0,0079} \right]$$

$$1 - 0,59 = \left[\frac{Z - 0,0005}{0,0079} \right]$$
$$0,41 = \left[\frac{Z - 0,0005}{0,0079} \right]$$
$$0,0032 = Z - 0,0005$$
$$0,0037 = Z$$

%59 memnuniyet düzeyinde minimize edilen risk %0,37 olarak tespit edilmiştir. %59 memnuniyet düzeyinde portföyün beklenen günlük getirisi ise aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\begin{aligned} \text{Beklenen Getiri Oranı} &= \rho M_0 + \alpha \tau \\ &= 0,0006 * 1 + 0,59 * 0,0022 \\ &= 0,0006 + 0,0013 \\ &= 0,0019 \end{aligned}$$

%59 memnuniyet düzeyinde portföyün riski %0,37 iken portföyün günlük beklenen getirisi %0,19 olarak hesaplanmıştır. Tablo 3'te optimal portföyde yer alan finansal enstrümanlar ve ağırlıkları verilmiştir.

Tablo 3: Portföyde Yer Alan Finansal Enstrümanlar ve Ağırlıkları

Kodlar	Değişkenler	Portföydeki Ağırlığı	Ortalama Günlük Getirisi
X7	Leasing ve Faktöring Endeks	0,323	0,0028
X10	Nakliye Endeksi	0,267	0,0024
X16	Toptan ve Perakende Endeksi	0,012	0,0009
X21	Euro	0,312	0,0008
X23	Gümüş	0,087	0,0009

Tablo 2'ye göre optimal portföy içerisinde yer alması gereken finansal enstrümanlar sırasıyla %32,3 ile BİST Leasing ve Faktöring endeksi, %31,2 ile Euro kuru, %26,7 ile BİST Nakliye endeksi, %8,7 ile Gümüş ve %1,2 ile BİST Toptan ve Perakende endeksidir.

Sonuç ve Öneriler

Yatırımcıların belirli bir varlığa yatırım yapmaktan ziyade çeşitli yatırım araçlarının yer aldığı bir portföye yatırım yapma fikri, portföyde hangi tür yatırım araçlarının ne oranda yer alması sorusunu beraberinde getirmiştir. Bu sorunun çözümüne yönelik çeşitli portföy optimizasyon modelleri kullanılmaktadır. Bu bağlamda özellikle büyük ölçekli portföylerde kullanım kolaylığı sağlaması ve literatürdeki çalışmalarda ifade edildiği üzere başarılı sonuçlar vermesi nedeniyle Konno ve Yamazaki (1991) çalışmasında geliştirilen doğrusal programlama modeli portföy optimizasyon modelleri içerisinde daha çok tercih edilen modellerden biri olarak kabul görmektedir. Diğer yandan belirsizlik süreçlerinde modellere dâhil edilen ve yapay zeka temelli bir yaklaşım

olan bulanık mantık yaklaşımı da son yıllarda özellikle optimizasyon süreçlerinde kullanılmaktadır.

Çalışmada bulanık doğrusal programlama modeli ile özellikle değerli madenlerin ve döviz kurlarının portföy optimizasyon sürecine dâhil edilmesinin, portföyün beklenen getirisi ve riski üzerinde bir etkisinin olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada 1 Ocak 2017 ile 31 Aralık 2018 tarihleri arasında 19 farklı BİST sektör endeksinin, altın ve gümüş fiyatlarının, dolar ve euro kurunun günlük verileri kullanılmıştır. İlk etapta 19 farklı BİST sektör endeksi ile portföy optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon sonucunda portföyün beklenen günlük getirisinin % 0,17, riskinin % 0,4 ve memnuniyet düzeyinin de %54 olduğu tespit edilmiştir. Optimal portföy içerisinde yer alan BİST endeksleri %31,5 ile BİST Leasing ve Faktöring endeksi, %23,9 ile BİST Nakliye endeksi, %21,1 ile BİST Elektrik endeksi, %13 ile BİST Toptan ve Perakende endeksi, %10,5 ile BİST Kimya, Petrol ve Plastik endeksidir. Değerli madenlerin ve döviz kurunun optimizasyon sürecine dahil edilmesiyle portföyün beklenen getirisinin % 0,19, riskinin % 0,37 memnuniyet düzeyinin ise %59 olarak tespit edilmiştir. Optimal portföy içerisinde yer alan finansal enstrümanlar ise %32,3 ile BİST Leasing ve Faktöring endeksi, %31,2 ile Euro kuru, %26,7 ile BİST Nakliye endeksi, %8,7 ile Gümüş ve %1,2 ile BİST Toptan ve Perakende endeksidir.

Sonuçlar değerlendirildiğinde; değerli madenlerin ve döviz kurlarının portföy optimizasyon sürecine dâhil edilmesinin, portföyün beklenen getirisini artırırken riskini azalttığı söylenebilir. Özellikle çalışma dönemi için değerli madenlerden gümüşün döviz kurlarından ise euronunoptimal portföy içerisinde yer aldığı görülmektedir. Sonuçlar endeksler bakımından değerlendirildiğinde öne çıkan endekslerin BİST Leasing ve Faktöring endeksi ile BİST Nakliye endeksi olduğu görülmektedir.

Sonuçlar yatırımcılar açısından değerlendirildiğinde; yatırımcıların portföy tercihlerinde değerli madenleri ve döviz kurlarını göz önünde bulundurmaları, özellikle geleneksel olarak altını yatırım aracı olarak gören bireysel yatırımcıların yatırım aracı olarak gümüşe de portföylerinde yer vermesinin, portföyün performansına olumlu katkısının olacağı söylenebilir. Benzer şekilde euro kurunun da portföylerde yer almasının getiri ve risk bakımından portföyün performansına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Portföy sürecine yabancı ülkelerin hisse senedi endekslerinin ve kripto paraların ilave edilmesi yeni çalışmaların konusunu oluşturabilir.

Kaynakça

- Akdağ, S. ve Ekinci, M.A. (2018). Bulanık KonnoYamazaki Doğrusal Programlama Modeli Kullanılarak Uluslararası Çeşitlendirme ile Portföy Optimizasyonu: Gelişmiş Ve Gelişmekte Olan Ülkelerin Hisse Senedi Endeksleri Üzerine Bir Uygulama.Uluslararası Ekonomi Araştırmaları Ve Finansal Piyasalar Kongresi. Ankara: Detay Yayıncılık, 80-98.
- Aliev, R.,Abiyev, R. andMenekay, M. (2008). "FuzzyApproachto Portfolio Selection Using GeneticAlgorithms".IntelligentAutomationandSoft Computing, 14(4):525-540.

- Arouri, M. E. H., Lahiani, A., & Nguyen, D. K. (2015). "World Gold Prices And Stock Returns in China: Insights for Hedging and Diversification Strategies". *Economic Modelling*, 44(1): 273-282.
- Baykal, N. ve Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri*. Ankara: Bıçaklar Kitabevi.
- Bekçi, İ. (2001). *Optimal Portföy Oluşturulmasında Bulanık Doğrusal Programlama Modeli ve İMKB'de Bir Uygulama*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Blose, L.E., Shieh, J.C.P. (1995). "The Impact of Gold Price on The Value of Gold Mining Stock". *Review of Financial Economics*, 4(2): 125-139.
- Cebeci, M. (2011). *Bulanık Doğrusal Programlama ile Portföy Optimizasyonu*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Chua, J.H., Sick, G. And Woodward, R.S. (1990). "Diversifying with Gold Stocks". *Financial Analysts Journal*, 46(4): 76-79.
- Ciner, C., Gurdgiev, C. and Lucey, B.M. (2013). "Hedges and Safe Havens: An Examination of Stocks, Bonds, Gold, Oil and Exchange Rates". *International Review of Financial Analysis*, 29(1): 202-211.
- Creti, A., Joëts, M. And Mignon, V. (2013). "On The Links Between Stock and Commodity Markets Volatility". *Energy Economics*, 37(1): 16-28.
- Davidson, S., Faff, R., Hillier, D. (2003). "Gold Exposures in International Asset Pricing". *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money* 13(3): 271-289.
- Deniz, D., Okuyan, H.A. ve Sakarya, Ş. (2018). "Kıymetli Madenlerin Portföy Çeşitlendirme Katkısı: BİST Uygulaması". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(2): 366-382.
- Erdaş, M.L. ve Demir, Y. (2016). "Bulanık Doğrusal Programlama Yöntemiyle Bir Portföy Optimizasyonu Modelinin Geliştirilmesi: BİST30 Endeksinde Bir Uygulama". *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(45): 768-789.
- Fabozzi, F.J., Kolm, P.N., Pachamanova, D.A. and Focardi, S.M. (2007). *Robust Portfolio Optimization and Management (1. Edition)*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Francis, J.C. and Kim, D. (2013). *Modern Portfolio Theory*. Kanada: John Wiley & Sons Ltd.
- Gülcan, B. (2012). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Bisküvi İşletmesinde Optimum Ürün Formülü Oluşturma*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Karaman.
- Güngör, İ., Aycan, M. ve Demir, Y. (2005). "Bulanık Ortamda Portföy Optimizasyonu". *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 10: 104-120.
- Hanna, M. E., Kıymaz, H. and Perdue, G. (2001). "Portfolio Diversification in A Highly Inflationary Emerging Market". *Financial Services Review*, 10(1-4), 303-314.

- Hansen, K. B. (1996). Fuzzy Logic and Linear Programming Find Optimal Solutions for Meteorological Problems. Nova Scotia: Terms Paper for Fuzzy Course at Technical University of Nova Scotia.
- Hoang, T.H.V., Wong, W. K., and Zhu, Z. (2015). "Is Gold Different for Risk-Averse and Risk-Seeking Investors? An Empirical Analysis of The Shanghai Gold Exchange". *Economic Modelling*, 50(1): 200-211.
- Hood, M. and Malik, F.(2013). "Is Gold The Best Hedge and A Safe Haven Under Changing Stock Market Volatility?". *Review of Financial Economics* 22(2): 47-52.
- İskenderoğlu, Ö. ve Akdağ, S. (2017). "Bulanık Ortalama Mutlak Sapma Modeli ile Portföy Optimizasyonu: BİST 30 Örneği". *Uluslararası Sosyal Alan Araştırmaları Dergisi* 6(2), 101-113.
- Jaffe, J.F.(1989). "Gold and Gold Stocks As Investments for Institutional Portfolios". *Financial Analysts Journal*, 45(2): 53-59.
- Karan, M.B. (2013). *Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi* (4. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Kocadağlı, O. (2006). *Bulanık Matematiksel Programlama ve Portföy Analizi Uygulaması*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Konak, F. ve Bağcı, B. (2016). "Fuzzy Linear Programming on Portfolio Optimization: Empirical Evidence from FTSE 100 Index". *Global Journal of Management and Business Research: C Finance*, 16(2):65-69.
- Konno, H. and Yamazaki, H. (1991). "Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Applications to Tokyo Stock Market". *Management Science*, 37(5):519-531.
- Lagoarde-Segot, T. and Lucey, B. M. (2007). "International Portfolio Diversification: Is There a Role for the Middle East and North Africa?". *Journal of Multinational Financial Management*, 17(5): 401-416.
- Lucey, B., Tully, E. and Poti, V.(2006). "International Portfolio Formation, Skewness and The Role of Gold". *SSRN Electronic Journal*, 3(1): 49-67.
- Markowitz, H. (1952). "Portfolio Selection". *The Journal of Finance*, 7(1):77-91.
- Markowitz, H. (1959). *Portfolio Selection Efficient Diversification of Investments*. New York: John Wiley & Sons Ltd.
- Morales, L. And Andreosso-O'Callaghan, B.(2011). "Comparative Analysis on The Effects of The Asian and Global Financial Crises on Precious Metal Markets". *Research in International Business and Finance*, 25(2): 203-227.
- McDonald, J.G. and Solnik, B.H.(1977). "Valuation and Strategy for Gold Stocks". *The Journal of Portfolio Management*, 3(3): 29-33.
- Özkan, M.M. (2003). *Bulanık Hedef Programlama* (1.Baskı). Bursa: Ekin Kitabevi.

- Reilly, F.K. and Brown, K.C. (2011). *Investment Analysis and Portfolio Management* (10. Edition). Boston: Cengage Learning.
- Pai, G.A.V. and Michel, T. (2010). *Fuzzy Decision Theory Based Optimization Of Constrained Portfolios Using Metaheuristics*. University Grants Commission. Major Research Project 2010, F.No. 39-125/2010(SR).
- Sarokolaei, M.A., Salteh, H.M. and Edalat, A. (2013). "Presenting a Fuzzy Model for Fuzzy Portfolio Optimization with the Mean Absolute Deviation Risk Function". *European Online Journal of Natural and Social Sciences*. 2(3): 1793-1799.
- Solatikia, F., Kiliç, E. and Weber, G.W. (2014). "Fuzzy Optimization for Portfolio Selection Based on Embedding Theorem in Fuzzy Normed Linear Spaces". *Organizacija Journal of Management, Informatics and Human Resources*, 47(2):90-97.
- Sherman, E.J. (1982). "Gold: A Conservative, Prudent Diversifier". *The Journal of Portfolio Management*, 8(3): 21-27.
- Şen, Z. (1999). *Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Modelleme İlkeleri*. İstanbul: İ.T.Ü. Uçak Ve Uzay Bilimleri Fakültesi.
- Tuncel, S. Ö. (1997). *Bulanık Doğrusal Programlama*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Verdegay, J.L. (1982) *Fuzzy Mathematical Programming*, in: M.M. Gupta, E. Sanchez (Eds.), *Fuzzy Information and Decision Processes*, Amsterdam: North-Holland.
- Werners, B. (1987). "An Interactive Fuzzy Programming System". *Fuzzy Sets and Systems*, 23:131-147.
- Wang, L.X. (1997). *A Course in Fuzzy-Systems and Control* (1. Edition). Eastbourne: Prentice Hall Inc.
- Wang, S. and Xia, Y. (2002). *Portfolio Selection and Asset Pricing* (1. Edition). Berlin: Springer-Verlag.
- Zadeh, L. A. (1965). "Fuzzy Sets". *Information and Control*, 8(3):338-353.
- Zimmermann, H.J. (1983). "Fuzzy Mathematical Programming". *Computers & Operations Research*, 10(4):291-298.

EK - Tablo 4: Analizde Kullanılan Değişkenlerin Tanımlayıcı İstatistikleri

Kodlar	Değişkenler	Ortalama Getiri	Maksimum Getiri	Minimum Getiri	Standart Sapma
X1	Banka Endeksi	0,0013	0,3230	-0,0978	0,0285
X2	Ana Metal	0,0010	0,0612	-0,0710	0,0199
X3	Elektrik	0,0003	0,0428	-0,0526	0,0135
X4	Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı	-0,0007	0,0569	-0,0607	0,0123
X5	Holding	0,0004	0,0377	-0,0404	0,0119
X6	Kimya, Petrol, Plastik	0,0009	0,0769	-0,0656	0,0144
X7	Leasing/Faktöring	0,0028	0,1558	-0,1709	0,0339
X8	Maden	-0,0003	0,0315	-0,0328	0,0104
X9	Metal Eşya ve Makina	-0,0001	0,0439	-0,0572	0,0127
X10	Ulaştırma	0,0024	0,0732	-0,1036	0,0244
X11	Sigorta	0,0006	0,0276	-0,0450	0,0082
X12	Spor	-0,0014	0,0836	-0,0833	0,0173
X13	Teknoloji	0,0009	0,0757	-0,1406	0,0194
X14	Tekstil ve Deri	0,0011	0,0474	-0,0633	0,0158
X15	İletişim	0,0005	0,0795	-0,0882	0,0183
X16	Toptan ve Perakende	0,0009	0,0467	-0,0419	0,0127
X17	Turizm	0,0005	0,0918	-0,0845	0,0191
X18	Orman, Kağıt ve Basım	0,0002	0,0506	-0,0746	0,0151
X19	Gıda ve İçecek	0,0001	0,0695	-0,0571	0,0129
X20	Dolar Kuru	0,0007	0,1590	-0,0769	0,0134
X21	Euro Kuru	0,0008	0,1473	-0,0821	0,0130
X22	Altın	0,0006	0,0449	-0,0361	0,0110
X23	Gümüş	0,0009	0,0590	-0,0521	0,0145