



Article Info/Makale Bilgisi

✓Received/Geliş:17.04.2019 ✓Accepted/Kabul:19.11.2019

DOI:10.30794/pausbed.554863

Araştırma Makalesi/ Research Article

Avşarlıgil, N. (2020). "Bulanık Programlamayla Portföy Optimizasyonu Üzerine Bir Uygulama" *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, sayı 38, Denizli, s.197-209.

BULANIK PROGRAMLAMAYLA PORTFÖY OPTİMİZASYONU ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Nuri AVŞARLIGİL*

Özet

Bu çalışmanın amacı, finansal yatırımcılar için portföy tercihi aşamasında bulanık modellerin kullanılabilirliğini araştırmaktır. Bu amaçla, yatırımcıların ellerinde bulunan finansal kaynakları yatırıma dönüştürmek için kullanacakları portföylerin oluşturulmasında, geçmiş fiyat değişimlerinden yararlanılarak, Bulanık Verdegay yöntemi aracılığıyla yüksek getiri elde etmeye çalışılacaktır. Borsa İstanbul'da işlem gören, 10 adet endeks verisi kullanılarak, optimal portföy kararı verilmeye çalışılmıştır. Endekslerin geçmiş değerleri kullanılarak, ortalama getiri ve maksimum getiri eşik değerleri belirlenmiştir. Yatırımcılar tarafından bir yatırım kararı alınırken, literatürde portföy seçimi için kullanılan optimizasyon tekniklerinden bir tanesi olan Verdegay bulanık modeli, karma stratejiler arasından amaç fonksiyonuna göre optimal ağırlıklandırma işlemi yapmaktadır. Yapılan ağırlıklandırma işlemi sonrası, çalışmanın son bölümünde ulaşılabilecek sonucun başarısı geriye dönük testler aracılığıyla tartışılmıştır.

Keywords: *Optimal Portföy, Bulanık Doğrusal Programlama, Verdegay Modeli.*

AN APPLICATION ON PORTFOLIO OPTIMIZATION WITH FUZZY PROGRAMMING

Abstract

The purpose of this study is to investigate the availability of fuzzy models in the portfolio preference phase for financial investors. For this purpose, in establishing the portfolios that investors will use to invest in the financial resources of the investors, they will try to obtain high returns through the Fuzzy Verdegay method, using past price changes. An optimal portfolio decision was made by using 10 index data traded in Borsa Istanbul. The average return and maximum return thresholds are determined using the historical values of the Indices. When an investment decision is taken by investors, the Verdegay fuzzy model, which is one of the optimization techniques used for portfolio selection in the literature, performs optimal weighting according to the objective function among the mixed strategies. After the weighting process, the success of the result to be reached in the last part of the study was discussed through retrospective tests.

Keywords: *Optimal Portfolio, Fuzzy Linear Programming, Verdegay Model.*

*Dr. Öğr. Üyesi, Akdeniz Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bankacılık ve Finans Bölümü, ANTALYA.
e-posta: nuriavsarligil@akdeniz.edu.tr (orcid.org/0000-0002-4401-2236)

1. GİRİŞ

Yatırımcılar, özellikle de finansal yatırımcılar ellerinde bulunan kaynakları çeşitli yatırım araçlarını kullanarak yatırımın toplam değerini arttırmayı yani getiri elde etmeyi amaçlamaktadır. Fakat bu amaca ulaşmak için yatırım araçlarına ne oranda ve ne kadar zaman aralığı boyunca yatırım yapılacağı konusunda belirsizlikler ortaya çıkabilmektedir.

Genel olarak hisse senetleri veya diğer yatırım araçlarından portföy oluşturulurken, geleneksel yöntemler kullanılarak bir dağıtım yapılabileceği gibi, portföy içerisinde yatırım araçlarının aralarındaki ilişkiyi dikkate alan ve riski azaltarak getiriyi arttırmaya çalışan modern portföy yöntemleri de kullanılmaktadır. Yatırımcı hangi portföy bileşimini seçeceğini riske karşı duyduğu hassasiyete göre belirleyecektir.

Bir yatırımcı, yatırım çeşitlendirmesi yaparken, portföy içerisinde yer alan varlıklarının birlikte hareket edebilme özelliklerini ve durumların da göz önünde bulundurulmalıdır. Bu davranış biçiminin incelenerek yapıldığı yatırımlar, gerçekleşen getiriler açısından, ilişkilerin önemsenmeden yapıldığı yatırımlardan oldukça farklı sonuçlar doğurmaktadır. Bu sebeplerden dolayı yıllardır, portföy seçim sorunu olarak adlandırılabilen bu durum üzerinde ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Çalışmalar sonucu geliştirilen portföy optimizasyon teknikleri sıklıkla kullanılmakta ve oldukça fazla rağbet görmektedir (Elton vd., 1997:1444).

Modern portföy teorisi açısından bakıldığında, gelecekle ilgili alınacak kararlar içinde bulunulan zaman döneminde belirsizlikler içermektedir. Bu sebeple, getirilerden bahsederken belirsizlik sebebiyle, beklenen getiri kavramı kullanılmaktadır. Beklenen getiriyi en yüksek düzeye çıkarmak, optimizasyon kavramının tanımını ifade etmektedir. Bu optimizasyon işlemi için bir çok model, teori ve çözüm yaklaşımı geliştirilmiştir (Atan, 2012:75).

Son yıllarda, karma stratejilerin bulunduğu optimizasyon problemlerinde, doğrusal programlama modellerinin kullanımı artmaktadır. Ayrıca, doğrusal programlama modellerine bulanık yaklaşımı da dahil eden yeni bulanık doğrusal programlama modelleri türetilmiştir. Bu çalışmamızda, Borsa İstanbul endekslerinden oluşan bir portföyün optimize edilmesinde, Bulanık doğrusal modellerden bir tanesi olan Verdegay yaklaşımından faydalanılacaktır.

2. AMAÇ VE KAPSAM

Bu çalışmanın amacı, bulanık doğrusal programlama tekniklerinin, portföy optimizasyonunda kullanılabilirliğinin incelenmesidir. Bulanık doğrusal programlama tekniklerinden olan Verdegay yaklaşımı ile belirsizlik içeren portföy oluşturma sorunu, riski tamamen kabullenen yatırımcılar için açıklanmaya çalışılacaktır. Bu veri seti yöntemin beklenen getirisini ölçmek amacıyla seçilmiştir. Yöntem farklı veri setlerinde farklı sonuçları doğurabileceği gibi, aynı yatırım araçlarına farklı zamanlarda yapılan yatırımlarda farklı getiri seviyeleri oluşabilecektir. Bu yöntem nihai bir sonuç vermemekte, dönemsel bir analiz yapmaktadır. Riski tamamen kabullenme tanımından kasıt, yatırımcı açısından elde edilebilecek maksimum getiriye ulaştıracak sonucun, modele bir kısıt olarak eklenmesidir. Yatırımcıların yaptıkları yatırımın, yılın ayları için farklılık arz ettiği düşünülerek, aylık bazda ardışık olarak portföy ağırlıklandırması yapılmış ve hesaplanan ağırlıklandırma değerleri üzerinden yatırım yapılması durumunda elde edilecek sonuçlar incelenmiştir. İncelenecek veri seti Ocak 2014 – Aralık 2017 tarihleri arasında aylık büyüme hızları ele alınarak elde edilmiş 48 aylık veriden oluşmaktadır. Analiz, endeks değerlerinin aylık fiyat değişimleri kullanılarak yapılacaktır. Oluşturulacak portföyde optimize edilecek toplam 10 adet BIST Endeksi değeri, yatırım aracı olarak ele alınmıştır.

Çalışmada risk alma tolerans değerinin 1 olduğu Bulanık Verdegay Modeli kullanılarak portföy optimize edilmeye çalışılacaktır.

3. BULANIK YAKLAŞIM

Bulanık kümeler teorisinin geliştirilmesinin temel sebebi, belirsiz yani sonucu kesin olmayan gözlemlerin ve durumların yer aldığı problemlerde çözüm değerlerinin belirlenebilmesidir.

Bireylerin genel tecrübelerinden ve nicel verilerden yararlanmak suretiyle elde edilen bilgileri çeşitli algoritmalar yardımıyla işleme koyup, belirli matematiksel denklemlerden de faydalanarak sonuç elde edilmesi işlemine bulanık mantık adı verilmektedir. Aristo'nun ileri sürdüğü ve Batı medeniyetinde 0 ve 1 gibi kodlanan ikili değer mantığı bulunmaktadır. Bulanık mantık bu iki değeri aralıktaki tüm değerleri de hesaba katarak sonuçlar üretmektedir. Sonuçlar kesinlikten çok dereceli bir ifade ile sunulur. Sonuçlardaki ikili değer sınırlandırmasına ortadan kaldırarak, çok değerli bir yaklaşım ortaya koyar (Keskenler, 2017:3).

Yani, bir bulanık küme, 0 ile 1 arasında bir üyelik derecesine sahip olan bir üyelik fonksiyonuyla ifade edilir. Bulanık kümelerin karar verme problemlerinde kullanılması, karar verme teorilerinin bir uzantısı olması şeklinde açıklanmaktadır. Eldeki problem ve alınacak kararlar belirsizlik ve belirli bir risk oranına sahipse bulanık karar verme yaklaşımı amaç fonksiyonunun ve modelin kısıtlarının belirsizliklerini ortadan kaldırmaya çalışmaktadır (Zimmermann, 1987:10).

Uygulamalarda, birim maliyetler, karlılık, faiz oranları ve nakit akımları gibi modellenen amaç fonksiyonu ve katsayıları her zaman belirlenebilir yani kesin olmayabilir. Bu gibi durumlarda, olasılık teorisi kullanılarak katsayıların dağılımları belirlenebilse bile, Klasik Doğrusal Programlama yöntemlerinden birisi kullanılarak çözülememektedir. Çözüm için daha farklı tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır (Lai vd., 1992b:203).

Bu çözüm tekniklerinden, Bulanık doğrusal programlama son yıllarda oldukça fazla rağbet gören tekniklerden birisidir.

Doğrusal programlamaya bulanık mantığın 1978 yılında Zimmermann tarafından eklenmesiyle, bu yeni yaklaşım, problemlerin modellenmesinde ve çözümlenmesinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Öyle ki klasik doğrusal programlamanın uygulandığı her alanda bulanık doğrusal programlama kullanılmaya başlanmıştır (Karadayı, 2007:14).

Bulanık doğrusal programlamaya, doğrusal programlamaya bulanık mantığın bir birleşimi olarak bakılabilmektedir. Başka bir açıdan bakıldığında ise bulanık doğrusal programlama, klasik doğrusal programlamanın genişletilmiş bir versiyonudur. Bulanık doğrusal programlama, klasik doğrusal programlamada karar verilirken ortaya çıkan belirsizliğin içselleştirildiği durumlar için kullanılan bir yöntemdir (Hansen, 1996, 32).

Doğrusal programlamada bulanıklık modele birçok şekilde dahil edilebilmektedir. Modelde bazı durumlarda, amaç fonksiyonu, bazı durumlarda kısıtlar bazı durumlarda dakatsayılar bulanık olabilmektedir. Bazen de, bu model içerisinde bahsedilen unsurların birden fazlası bulanık olarak yer alabilmektedir. Genel olarak literatürde bulanıklık sınıflandırması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır (Özkan, 2005:164);

- Amaç fonksiyonunun bulanıklaştırıldığı problemler
- Modelin sağ taraf sabitlerinin bulanıklaştırıldığı problemler
- Hem amaç fonksiyonunun hem de kısıt denklemlerinin bulanıklaştırıldığı problemler

Literatürde kabul edilen üç grup bulanık doğrusal programlama modelinin çözüm kümesine ulaşabilmek için kullanılan 3 farklı yaklaşım bulunmaktadır.

Zimmerman tarafından ileri sürülen bulanık doğrusal programlama yönteminde, modelin sadece amaç fonksiyonu bulanıktır. Zimmermann, bulanık olan amaç fonksiyonunun, karar vericiden elde edilen subjektif bilgi ile oluşturulan bulanık bir kısıt şeklinde ele alınabileceğini ifade etmiştir (Wang, 1997:61).

Verdegay yaklaşımında amaç fonksiyonu doğrusal, kısıtlar ise bulanıktır (Verdegay, 1984:132). Verdegay'ın amaç fonksiyonunun bulanık olmadığı durumlarda, ileri yaklaşım simetrik olmayan çözüm yaklaşımı olarak adlandırılabilir. Verdegay'a göre kurulan model simetrik olmadığı için parametrik doğrusal programlama problemi şekline dönüştürülerek çözümlenebilmektedir (Ertuğrul vd., 2007:33).

Werners yaklaşımında ise hem amaç fonksiyonu hem de kısıtlar bulanıktır. Werners, amaç fonksiyonunda yer alan üyelik fonksiyonlarının bulanık olması sebebiyle karar verici tarafından önceden belirlenemeyeceğini ileri sürmüştür. (Werners, 1987:135).

Özellikle amaç fonksiyonun doğrusal, kısıt denklemlerinin bulanıklaştırıldığı Verdegay bulanık doğrusal programlama modelinin, daha kullanışlı olduğu söylenebilir.

3.1 Literatür Taraması

Literatürde, doğrusal programlama ve bulanık mantık çerçevesinde ele alınmış, portföy optimizasyonu ve portföy seçimi yapılan bir çok akademik çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalar özetlenirse;

Li ve Ng (2000) çok dönemli portföy seçimi sorununu dinamik bir programlama yaklaşımıyla ele almıştır. Zhu ve diğerleri (2004) iflası, çok dönemli portföy optimizasyonu modeline dahil etmiş ve bunu ortalama ve varyans olarak çift yönlü bir sorun olarak ifade etmişlerdir. Chen (2005) ise, CVAR'ı çok dönemli tüketim ve yatırım sorununu çözmede, riskin bir ölçüsü olarak kullanmıştır. Bertsimas ve Pachamanova (2008), çok dönemli portföy optimizasyon problemini, verimlilik üzerine kurulu bir optimizasyon yaklaşımının yardımıyla incelemişlerdir. Geyer ve diğerleri (2009), çok dönemli yatırım sorununu stokastik bir doğrusal programlama yaklaşımı aracılığıyla ele almışlardır. Sadjadi ve diğerleri (2011), çok dönemli portföy optimizasyon modeline borçlanma konusunda yeni oranlar eklemişlerdir. Wang ve Liu (2013) sabit ve oransal işlem maliyetlerini, çok dönemli ve ortalama değişkenli portföy optimizasyon modeline dahil etmişlerdir. Geleneksel portföy optimizasyon modelleri, borsadaki gelecekteki koşulların geçmiş verilerle doğru bir şekilde tahmin edilebileceği varsayımına sahiptir. Bununla birlikte, geçmiş veriler ne kadar doğru olursa olsun, bu öncül piyasa ortamındaki yüksek dalgalanma nedeniyle finansal piyasada bulunmayan ve karar vermedeki kesin olmayan bilgileri nicel olarak ele alabilmek için Zadeh (1978), bulanıklık kavramını ortaya koymuştur. Zimmermann (1974), bulanık doğrusal programlama mantığıyla ilk çalışmayı yapmıştır. Bulanık mantığı ilk kez optimizasyon probleminde kullanmıştır. Negoita (1981), Robust programlama modeli olarak adlandırdığı yeni bir bulanık doğrusal programlama problemi tasarlamıştır. Verdegay (1984), belirli kısıtlara sahip bulanık bir doğrusal programlama modeli için bulanık bir küme tasarlanması gerektiğini söylemiştir. Werners (1987), ise amaç fonksiyonuna ait üyelik fonksiyonlarının araştırmacı tarafından belirlendiğini fakat problemin kısıtlarının bulanık olması sebebiyle üyelik fonksiyonlarının araştırmacı tarafından belirlenemediğini, 0 ve 1 arasında bulanık katsayılar aracılığıyla hesaplanabileceğini ileri sürmüştür. Song ve Chissom (1993/1994), tarafından zaman serilerinin bulanık modellemesinin nasıl yapılacağı üzerine bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada evreninin bölünmesi, bulanık ilişkilerin kurulması ve çıktılarının tahmin edilmesi aşamalarının üzerinde durulmuştur. Bunların yanı sıra, Inuiguchi ve Sakawa (1998) ise, bulanık bir amaç fonksiyonuna sahip bir problemin optimalitesinin esnek olduğunu ve optimalitenin gücünün ölçülebileceğini savunmuşlardır. Bir beklenti olarak, portföy probleminde parametreler bulanık ise, portföyün sonuçları da bulanık olacaktır ve artık problem bulanık bir portföy optimizasyon problemidir. Bu sebeple, Ammar ve Khalifa (2003), temeli Markowitz'in ortalama varyans modeline dayanan bulanık bir portföy optimizasyon formülü geliştirmişlerdir. İnce ve Trafilis (2006), Portföy optimizasyon problemlerinin çözümü için genetik algoritma (GA) ve destek vektör makineleri (SVM) gibi yeni tekniklerin geçerliliğini ortaya koymuşlardır. Pelitli (2007) hisse senetleri fiyatlarını kullanarak optimal portföyün oluşturulması üzerinde durmuştur. 3 farklı bulanık yaklaşım modelini kullanarak portföyler oluşturmuş ve getirilerini karşılaştırmıştır. Ammar (2008) problemi, hem amaçların hem de kısıtların bulanık olduğu multiobjective kuadratik programlama problemi olarak formüle etmiştir. Gupta, Mehlatat ve Saxena (2008), bulanık küme teorisini yatırımcılar için yarı mutlak sapmalı portföy seçim modeli için uygulamışlardır. Aslantaş (2008) çalışmasında klasik ve bulanık olmak üzere çoklu karar verme yöntemlerini karşılaştırmıştır. Tiryaki ve Ahlatcıoğlu (2009), bulanık analitik hiyerarşi sürecini (AHP) portföy seçim problemiyle birleştiren çalışmalarını ortaya koymuşlardır. Fang ve diğerleri (2010), bulanık bir doğrusal programlama problemini çözebilmek amacıyla temel çizgi algoritması adını verdikleri yeni bir model önerisinde bulunmuşlardır. Gülgör (2010), çalışmasında Klasik ve Bulanık olmak üzere analitik hiyerarşi sürecini kullanarak portföy optimizasyonu yapmıştır. Zhang ve diğerleri (2012) bulanık portföy seçimi için ortalama bir entropi modeli önerisinde bulunmuşlardır. Tsaur (2013), bulanık portföy seçimi için etkili bir yöntem bulmak amacıyla yatırımcıların risk tutumlarını incelemiştir. Son zamanlarda, Zhou ve arkadaşları (2015), güvenlik risklerini tahmin etmek, yatırım riskini ve bulanık zaman serisi tekniklerini ölçmek amacıyla bilgi entropisini birleştiren bir portföy optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Kocadağlı ve Keskin (2015), piyasadaki hareketli trendlerin yanı sıra, risk hareketlerini de dikkate alan yeni bir bulanık portföy seçim modeli ileri sürmüşlerdir. Zhou ve diğerleri (2016), ortalama yarı entropi modellerinin belirsizliği ölçülebilmek için, bulanık bir yarı-entropi modeli önererek, yatırım dağılımının iyileştirebileceğini göstermişlerdir. Tüfekçi ve Avşarlıgil (2016), çalışmalarında Verdegay bulanık doğrusal programlama modelinden faydalanmışlardır. Bulanık

Verdegay yaklaşımına yeni bir kısıt eklenmesi halinde portföyün getiri düzeyini hesaplamış ve diğer modelin sonucuyla karşılaştırmışlardır. Sun (2016), farklı rasyonel-duygusal, iyimser-kötümser ve risk tercihi tutumlarına sahip olan, farklı yatırımcı psikolojisine ve davranışına sahip yeni bir portföy seçim modeli önermiştir. Momen ve diğerleri (2017), ise ardışık dönemlerde önemli değişimler yaşamayan portföyler türetmek amacıyla, beklenen getiriler için sağlam bir tahminci kullanan, davranışsal bir portföy seçim modeli geliştirmişlerdir.

4. VERİ SETİ VE METODOLOJİ

Bu çalışmada, Verdegay Bulanık Yaklaşımı kullanılarak optimal portföy seçimi yapılmaya çalışılacaktır. İncelenecek veri seti Ocak 2014 – Aralık 2017 tarihleri arasında aylık büyüme hızları ele alınarak elde edilmiş 48 aylık veriden oluşmaktadır. Analiz, endeks değerlerinin aylık fiyat değişimleri kullanılarak yapılacaktır. Oluşturulacak portföyde optimize edilecek toplam 10 adet BIST Endeksi değeri, yatırım aracı olarak ele alınmıştır. Endeks verileri Matrics Gold bilgi dağıtım hizmetleri terminalinden elde edilmiştir.

4.1. Verdegay Bulanık Doğrusal Programlama Modeliyle Optimizasyon

Doğrusal programlama modellerinin birçoğunda, kısıtlar sabit bir değer almamaktadır. Genellikle kısıtların değerleri karar vericilerin tolerans seviyelerine bağlı olabilmektedir. Bu gibi durumlarda, Verdegay'ın ileri sürdüğü bulanık doğrusal programlama modelinin kullanılabilmesi kabul edilmektedir.

Verdegay bulanık yaklaşımında, kısıtların sağ taraf sabitlerinin bulanıklaştırıldığı bir doğrusal programlama probleminin, standart bir parametrik programlama problemiyle aynı şey olduğunu ispatlayabilmiştir (Lai vd., 1992a:79).

Verdegay modelinin kurulabilmesi için ilk olarak, portföyde yer alan yatırım araçlarının ortalama getirileriyle birlikte beklenen getirilerinin de belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra, maksimum getiri düzeyi belirlenerek yatırımcı açısından tolerans düzeyi saptanmalıdır. Çalışmada kullanılan veri setinde yer alan 10 adet BIST endeks değerinin ortalama getirileri hesaplandıktan sonra, bu ortalama getirilerin ortalaması alınmak suretiyle beklenen getiri düzeyi belirlenmiştir. Beklenen getiri oranı ρ ile ifade edilmektedir. Maksimum beklenen getiri oranı ise ρ_{\max} ile ifade edilmektedir. Yapılan hesaplamalar sonucu çalışmamızdaki değerler şu şekilde belirlenmiştir;

$$\rho = 0,1461 \quad \rho_{\max} = 0,5147$$

Yatırımcılar açısından beklenen getiri tolerans düzeyi olarak ifade edilen π ise; $\pi = \rho_{\max} - \rho$ eşitliği kullanılarak 0,3686 olarak belirlenmiştir.

Verdegay'ın ileri sürdüğü Bulanık Doğrusal Programlama problemi ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilmektedir (Verdegay, 1984:135);

$$\text{Amaç Fonksiyonu} \quad : \quad \text{Max}Z = \sum_{t=1}^T Y_t / T$$

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

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

$$\text{Kısıt 3} \quad : \quad \sum_{j=1}^n r_j x_j \geq \rho M_0 + \alpha_T \quad t = 1, 2, \dots, T$$

$$\text{Kısıt 4} \quad : \quad \sum_{j=1}^n x_j = M_0$$

$$\text{Kısıt 5} \quad : \quad 0 \leq x_j \leq u_j \quad y_t \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, T$$

T = İncelenen dönem sayısı

t = İncelenen her hangi bir dönem

ρ = Beklenen getiri oranı

r_j = j 'nci yatırım aracının beklenen getiri oranı

α_r = Yatırımcı tolerans seviyesi

a_{ij} = j 'nci yatırım aracının t 'nci dönemdeki getiri oranı

X_j = j 'nci yatırım aracının toplam yatırımdaki payı

u_j = j 'nci yatırım aracına yapılan yatırımın üst sınırı

M_0 = Toplam yatırım miktarı

Y_t = Yardımcı değişken

Çalışmada ele alınan veri seti Verdegay bulanık doğrusal programlama modeline uygun şekilde dönüştürülmüş ve Microsoft Office Excel solver eklentisi kullanılarak optimize edilmiştir. Hesaplamalar sonrasında, aylar bazında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

4.1.1. Ocak ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Ocak ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 1: Bulanık verdegay modeli ocak ayı çözümü

OCAK	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,6170	0	0	0	0	0	0	0	0,3835	0

Ocak ayı için portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 61,5'i BIST Adana Endeksine, % 38,5'i ise BIST Teknoloji Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.2. Şubat Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Şubat ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 2: Bulanık verdegay modeli şubat ayı çözümü

ŞUBAT	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,658	0	0	0	0	0	0	0	0,3424	0

Şubat ayı için tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 65,5'i BIST Adana Endeksine, % 34,5'i ise BIST Teknoloji Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.3. Mart Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Mart ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 3: Bulanık verdegay modeli mart ayı çözümü

MART	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,962	0	0	0	0	0	0	0	0,0377	0

Mart ayı için portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 96'sı BIST Adana Endeksine, % 4'ü ise BIST Teknoloji Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.4. Nisan Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Nisan ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 4: Bulanık verdegay modeli nisan ayı çözümü

NİSAN	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,958	0	0	0	0	0	0	0	0,0419	0

Nisan ayı için de portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 96'sı BIST Adana Endeksine, % 4'ü ise BIST Teknoloji Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.5. Mayıs Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Mayıs ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 5: Bulanık verdegay modeli mayıs ayı çözümü

MAYIS	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,688	0	0	0	0	0	0	0	0,3118	0

Mayıs ayı için de tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 69'u BIST Adana Endeksine, % 31'ini ise BIST Teknoloji Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.6. Haziran Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Haziran ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 6: Bulanık verdegay modeli haziran ayı çözümü

HAZİRAN	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,60	0	0	0	0	0	0	0	0,40	0

Haziran ayı için de portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 60'ı BIST Adana Endeksine, % 40'ını ise BIST Teknoloji Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.7. Temmuz Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Temmuz ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 7: Bulanık verdegay modeli temmuz ayı çözümü

TEMMUZ	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,488	0	0	0	0,512	0	0	0	0	0

Temmuz ayı için, portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 49'unu BIST Adana Endeksine, % 51'ini ise BIST Kayseri Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.8. Ağustos Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Ağustos ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 8: Bulanık verdegay modeli ağustos ayı çözümü

AĞUSTOS	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,805	0	0	0	0,195	0	0	0	0	0

Ağustos ayı için, portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 80'ünü BIST Adana Endeksine, % 20'sini ise BIST Kayseri Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.9. Eylül Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Eylül ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 9: Bulanık verdegay modeli eylül ayı çözümü

EYLÜL	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,883	0	0	0	0,117	0	0	0	0	0

Eylül ayı için, portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 88'ini BIST Adana Endeksine, % 12'sini ise BIST Kayseri Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.10. Ekim Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Ekim ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 10: Bulanık verdegay modeli ekim ayı çözümü

EKİM	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,891	0	0	0	0,109	0	0	0	0	0

Ekim ayı için, portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 89'unu BIST Adana Endeksine, % 11'ini ise BIST Kayseri Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.11. Kasım Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Kasım ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 11: Bulanık verdegay modeli kasım ayı çözümü

KASIM	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,587	0	0	0	0	0	0,262	0	0,1507	0

Kasım ayı için, portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 59'unu BIST Adana Endeksine, % 26'sını BIST Maden Endeksine ve % 15'ini ise BIST Teknoloji Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

4.1.12. Aralık Ayı için ağırlıklandırma ortalaması

Bulanık Verdegay yaklaşımıyla, Aralık ayında amaç fonksiyonuna uygun olarak hesaplanmış olan yatırım aracı ağırlıkları aşağıdaki gibi gerçekleşmiştir.

Tablo 12: Bulanık verdegay modeli aralık ayı çözümü

ARALIK	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Yüzde	0,9	0	0	0	0	0	0	0	0,0998	0

Aralık ayı için de portföy oluştururken tam risk seviyesinde yatırımcılar, portföyün yaklaşık olarak % 90'u BIST Adana Endeksine, % 10'unu ise BIST Teknoloji Endeksine yatırdıkları durumda optimal portföyü elde edeceklerdir.

Bulanık Verdegay doğrusal programlama modeliyle, tam risk alma durumunda yapılan hesaplamalar ve sonuçları çalışmanın yukarıdaki bölümlerinde tablo şeklinde ifade edilmiştir. İlerleyen bölümlerde bu sonuçlardan yararlanarak portföy ağırlıklandırma işlemi yapılacaktır.

4.2. Sanal portföy senaryosu

Bulanık Verdegay Doğrusal Programlama yöntemi kullanılarak yapılan ağırlıklandırma hesaplamaları şu anki şekliyle ilk bakışta bir anlam ifade etmemektedir. Sonuçların daha anlaşılır bir hal alması için bir senaryo kurgulanarak, bu senaryo üzerinde açıklanması daha spesifik bir sonuç ortaya koyacaktır.

Sanal portföy senaryosu aşamasında, hesaplanan yatırım aracı ağırlıkları kullanılarak bir portföy oluşturulduğu düşünülecek ve belirli bir bekleme süresi sonunda, portföyün olası getiri durumu incelenecektir. Bu şekilde uygulanan senaryonun yatırımcısına sağladığı kazanç veya uğrattığı kayıplar ortaya koyulmaya çalışılacaktır. Bu mantıkla yöntemin başarısı incelenmek istenmektedir.

4.2.1. Sanal portföy Uygulaması

Bu bölümde, sanal portföy uygulaması amacıyla belirli bir tutarda portföy belirlenecek ve yöntemin ortaya koyduğu sonuçlardan yararlanarak yatırıma dönüştürülecektir. Hesaplamalarda kolaylık sağlaması adına 100.000 TL'lik bir sanal portföyün kullanılması uygun görülmüştür. Yatırım Ocak 2018 ayından başlamak üzere, ardışık olarak aylık şekilde hesaplanarak

Sanal portföy senaryosunu uygulayabilmek amacıyla belirli bir miktarda hayali bir portföye sahip olduğu varsayılacaktır. Bu portföy yöntemin öngördüğü sonuçlar kullanılarak yatırıma dönüştürülecektir. Yüzde ifadelerin daha kolay anlaşılması ve hesaplama kolaylığı olması amacıyla hayali portföyün başlangıç yatırım tutarı 100.000 TL olarak belirlenmiştir. Aylık bazda yöntemin ileri sürdüğü oranlarda art arda yatırım tekrarlanacaktır.

1 yıl ardışık yapılan alım ve satımlar sonucu, başlangıç yatırım tutarının ne şekilde değiştiği incelenmeye çalışılacaktır. Çıkan sonucun kar yada zarar ifade etmesinin yanı sıra karın veya zararın yüzde cinsinden değeri de belirlenebilecektir. Getiriler, yatırım araçlarının 2018 yılı aylık ortalama fiyatları kullanılmak suretiyle hesaplanacaktır. Yatırım araçlarının ortalama aylık değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir;

Tablo 13: BIST Endeksleri 2018 yılı aylık ortalama fiyatları

Ay/ Endeks	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Ocak	60941,22	29281,64	59656	87982,4	142931,2	68697,42	16995,5	85848,72	56095,71	75979,48
Şubat	65561,68	32194,49	60512,1	91435,6	140419,8	69483,38	19581,66	92721,02	56206,76	76678,33
Mart	73931,73	37524,03	64434,4	101157,9	130325,5	74922,99	22204,99	112521,5	60514,17	81106,4
Nisam	78513,8	36494,9	70590,4	103079,9	128061,2	71816,88	22888,71	122569,2	61406,39	72781,32
Mayıs	68689,36	36245,29	58464,2	98352,21	126343,3	66671,36	18120,97	109542,5	61089,52	66099,52
Haziran	67293,27	33331,53	53799,8	90325,8	130998,1	63420,25	16247,27	107623,1	56966,33	60086,08
Temmuz	71047,58	30769,9	52581	93886,3	121828,9	64771	13762,98	117562,6	56629,76	54501,49
Ağustos	68736,33	33161,32	54619	99977,45	130965,3	62276,54	17597,7	117095,2	55399,63	53997,43
Eylül	68513,92	37669,64	55109,5	102805,3	148476,7	61479,56	22488,43	109349,3	58156,64	54493,91
Ekim	71458,4	36955,52	55718,9	100183,9	148745,3	64571,16	25987,66	111179	57711,56	57535,75
Kasım	68775,27	33680,99	51334,3	89108,9	147684,2	65191,17	23164,1	118553,3	61435,42	51345,49
Aralık	81393,56	37769,5	60505,5	92636,08	174847,5	68545,49	24087,89	128712,6	68203,36	54558,01

Kaynak: Matriks Gold Veri Terminali

4.3.1. Verdegay Bulanık Doğrusal Programlama Test Sonuçları

Verdegay bulanık doğrusal programlama modeli kullanılarak yapılan optimizasyon işlemi sonucu aylık bazda aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır;

Tablo 14: Verdegay bulanık doğrusal programlama modeli analiz sonuçları

Verdegay	Adana	Antalya	Balıkesir	İzmir	Kayseri	Kimya	Maden	Metal Ana	Teknoloji	Ulaştırma
Ocak	0,6165	0	0	0	0	0	0	0	0,3835	0
Şubat	0,6576	0	0	0	0	0	0	0	0,3424	0
Mart	0,9623	0	0	0	0	0	0	0	0,0377	0
Nisam	0,9581	0	0	0	0	0	0	0	0,0419	0
Mayıs	0,6882	0	0	0	0	0	0	0	0,3118	0
Haziran	0,5995	0	0	0	0	0	0	0	0,4005	0
Temmuz	0,4876	0	0	0	0,5124	0	0	0	0	0
Ağustos	0,8051	0	0	0	0,1949	0	0	0	0	0
Eylül	0,8827	0	0	0	0,1173	0	0	0	0	0
Ekim	0,8914	0	0	0	0,1086	0	0	0	0	0
Kasım	0,5874	0	0	0	0	0	0,2619	0	0,1507	0
Aralık	0,9002	0	0	0	0	0	0	0	0,0998	0

Bu aşamadan sonra 2018 yılında ortaya çıkan ortalama fiyatlar oluşturulan portföylerdeki yatırım aracı miktarları ile çarpılmak suretiyle, böyle bir yatırım yapıldığı takdirde elde edilecek getiri düzeyleri hesaplanmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibidir;

Tablo 15: Yatırım Sonuçları (Riski Tam Yüklenen Yatırımcı)

a=1	YATIRIM	SONUÇ	KAR/ZARAR
OCAK	100000	104750	0,0475
ŞUBAT	104750	116293	0,1102
MART	116293	123293	0,0602
NİSAN	123293	108485	-0,1201
MAYIS	108485	112451	0,0366
HAZİRAN	112451	109279	-0,0282
TEMMUZ	109279	111745	0,0226
AĞUSTOS	111745	114366	0,0235
EYLÜL	114366	118729	0,0381
EKİM	118729	114663	-0,0342
KASIM	114663	130122	0,1348
ARALIK	130122	138540	0,0647
OCAK-ARALIK	100.000	138.540	0,3854

Bulanık Verdegay doğrusal programlama modeli sonucunda elde edilen sonuçların risk alma tolerans düzeyi a değerinin, 1 olarak alınmasıyla ortaya çıkan kazanç seviyelerini yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. Tablo, Ocak 2018 döneminden başlayarak aylık ortalama fiyatlarla 100.000 TL'lik bir yatırım yapıldığı durumda ve bir yıl yatırıma devam edilmesi sonucunda, portföyün ulaşacağı toplam değerleri göstermektedir. a değerinin 1 olarak ele alınması, yatırımcıların riski tamamen üstlendiklerini göstermektedir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Çalışmada, Verdegay bulanık doğrusal programlama modeli kullanılarak, portföy optimizasyonu yapılmıştır. Türkiye’de 2014-2017 yıllarındaki getiri oranlarına göre belirlenmiş, BIST Endekslerinden ilk 10 sıradaki endeks değerleri ele alınarak portföy oluşturulmuştur. Portföy oluşturulurken, bir yıldaki 12 aylık optimizasyon işlemi ayrı ayrı olmak üzere aylara uygulanmış ve ortaya çıkan sonuçlara göre ardışık olarak modelin öngördüğü şekilde yatırıma dönüştürülmüştür. Bir yatırımcının elinde 100.000 TL tutarında bir kaynak olduğu varsayımı ve modelin sonuçlarının öngördüğü şekilde aylık olarak hayali bir portföy oluşturulmuştur.

Yatırımın 1 aylık bekleme süresi sonrası yeni fiyatından satılması ve bir sonraki ayın öngörüldüğü şekliyle tekrar yatırıma dönüştürülmesi sağlanmıştır. Bu aylık bazda yapılan ardışık yatırım işlemi sonunda ve 1 yıllık bekleme süresi sonucu portföyün yıl sonundaki toplam değeri hesaplanmıştır. Ortaya çıkan sonuçlara göre, 2017 Ocak ayında 100.000 TL ile başlayan yatırım 2018 Aralık ayı sonunda toplam 138.540 TL’ye ulaşmıştır. Görüldüğü gibi yıllık ortalama getiri oranı % 38,54 olarak gerçekleşmiştir. Microsoft Excel Solver eklentisi aracılığıyla yapılan optimizasyon hesaplamaları sonucu, BIST Adana Endeksi, BIST Kayseri Endeksi ve BIST Ulaştırma Endeksi yatırım yapılmaya değer nitelikte, karlı yatırım araçları olarak ifade edilebilmektedir.

Bu çalışmanın önemli noktalarından birisi, yatırımcıların en yüksek riski alacak şekilde yatırım araçlarına yatırım yapması şeklinde açıklanabilir. Bu riskin en yüksek olması durumu, bulanık doğrusal programlama modelinde risk alma tolerans değerinin en yüksek olduğu değer olan 1 olarak ele alınmasıyla sağlanmaktadır.

Eğer yatırımcı risk almak istemeyen ürkek bir yatırımcı ise risk alma tolerans değeri modelde 0 olarak alınacaktır. Riskten kaçan bir yatırımcı için a değerinin 0 olarak alınması tüm sonuçları değiştirecektir. Risk alma seviyesi 0 ile 1 arasında her hangi bir değer de olabilmektedir. Çalışmamızda risk alma seviyesinin en yüksek olarak alındığı durum incelenmeye çalışılmıştır. Diğer risk alma alternatifleri başka çalışmalarda incelenebilir.

Çalışmanın, literatüre sağladığı katkı açısından bakıldığında, Bulanık Verdegay Programlama Modeliyle yapılan optimizasyon işlemi sonucu, BIST endeksleri açısından yıllık % 38,54 gibi yüksek bir kazanç sağladığı görülmektedir. Bu sonuçlardan dolayı, Bulanık Verdegay Yaklaşımı yatırımcılar açısından portföy oluşturulurken kullanılabilir, başarılı bir teknik olarak kullanılabilir olduğu görülmektedir. Yatırım sonucunda elde edilebilecek getiriler açısından bakıldığında çalışmada kullanılan optimizasyon uygulamasının ortalama piyasa beklentilerinin üzerinde bir getiri sağlamaya olanak verdiği söylenebilir. Farklı zaman dilimlerinde ve farklı yatırım araçlarında uygulama tekrarlanabilir veya farklı bulanık yaklaşım modelleriyle yeni çalışmalar yapılabilir.

KAYNAKÇA

- Ammar, Elsaid El (2008), "On solutions of fuzzy random multiobjective quadratic programming with applications in portfolio problem" *Information Sciences*, 178, 468–484.
- Ammar, Elsaid El, Khalifa, Hamdeen Abdulwahid (2003), "Fuzzy portfolio optimization: A quadratic programming approach", *Chaos, Solutions & Fractals*, 18, 1045–1054
- Aslantaş, Cem (2008), *Portföy yönetiminde fuzzy yaklaşımı*, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye
- Atan, Sibel (2012), "0-1 Tamsayı Programlama İle Portföy Seçim Modeli ve İmkb–30 Endeksinde Bir Uygulama", *e-Journal of New World Sciences Academy*, Volume: 7, Number: 2, 74-86
- Bertsimas, Dimitris, Pachamanova, Dessislava (2008), "Robust multi period portfolio management in the presence of transaction costs", *Computers and Operations Research*, 35, 3–17
- Chen, Zhiping (2005), "Multiperiod consumption and portfolio decisions under the multivariate GARCH model with transaction costs and CVaR-based risk control", *ORSpectr*, 27, pp. 603–632
- Elton, Edwin, Gruber, Matthias (1997), "Modern Portfolio Theory, 1959 to date", *Journal of Banking & Finance*, 21, pp: 1743 – 1759
- Ertuğrul, İrfan, Tuş, Ayşegül (2007), "Interactive fuzzy linear programming and an application at a textile firm", *Fuzzy Optimal Decision Making*, 6(1)
- Fang, Ling Lu, Ji Xian Xiao, Xin Chun Wang (2010), "A new algorithm for solving fuzzy linear programming", *2010 Second International Conference on Computer Modeling and Simulation*, Çin, 125-127
- Geyer, Alois, Hanke, Michael, Weissensteiner, Alex (2009), "A stochastic programming approach for multiperiod portfolio optimization", *Computer Management Science*, V:6, 187–208
- Gupta, Pankaj, Mehlatat, Mukesh Kumar, Saxena Anand (2008), "Asset portfolio optimization using fuzzy mathematical programming", *Information Sciences*, 178, 1734–1755
- Gülgör, Gonca (2010), "İmkb 30 endeksinde klasik ve bulanık analitik hiyerarşi süreci ile portföy seçimi ve performanslarının karşılaştırılması", *Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir, Türkiye
- Hansen, Bjerna (1996), "Fuzzy Logic and Linear Programming Find Optimal Solutions for Meteorological Problems", *Term Paper for Fuzzy Course at Technical University of Nova Scotia*
- Ince, Hüseyin, Trafalis, Theodore B. (2006), "Kernel methods for short-term portfolio management", *Expert Systems with Applications*, 30, 535–542
- Inuiguchi, Masahiro, Sakawa, Masatoshi, (1998), "Robust optimization under softness in a fuzzy linear programming problem", *International Journal of Approximate Reasoning*, 21-34
- Karadayı, Turgay (2007), *Bulanık doğrusal programlama kullanılarak yapısal sistemlerin boyutlandırılması*, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, yüksek lisans tezi
- Keskenler, Mustafa Furkan, " Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi", *Takvim-i Vekayi*, Cilt: 5 No: 1 2017, Sayfa: 1-10
- Kocadağlı, Ozan, Keskin, Rıdvan (2015), "A novel portfolio selection model based on fuzzy goal programming with different importance and priorities", *Expert Systems with Applications* 42/20, 6898-6912
- Konno, Hiroshi, Yamazaki, Hiroaki (1991), "Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market", *Management Science*, 37, 519–531
- Lai, Young-Jou, Hwang, Ching-Lai (1992a), *Fuzzy Mathematical Programming: Methods And Application*, . Berlin: Springer-Verlag
- Lai, Young-Jou, Hwang, Ching-Lai (1992b), "A new approach to some possibilistic linear programming problem", *Fuzzy Sets and Systems*, 49, 121-133
- Li, Duan, Wan-Lung Ng (2000), "Optimal dynamic portfolio selection: multiperiod mean–variance formulation" *Mathematical Finance*, 10/3, 387–406
- Momen, Omid , Esfahanipour, Akbar, Seifi, Abbas (2017), "A robust behavioral portfolio selection: model with investor attitudes and biases", *Operational Research*, 2/1–20

- Negoita, Constantin Virgil (1981), *Fuzzy systems*, Tunbridge Wells, Abacus Pres
- Özkan, Şule (2005), *Lineer Programlama*, Nobel Yayın Dağıtım, 1. Basım, Ankara
- Pelitli, Dilek (2007), *Portföy analizinde bulanık mantık yaklaşımı ve uygulama örneği*, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, Türkiye
- Rubio, Angel, Jose, Bermúdez, Ernesto, Vercher (2007), “Comparative Analysis Of Forecasting Portfolio Returns Using Soft Computing Technologies”, *Advances in Intelligent Systems Research*, vol.89, pp.617–623.
- Sadjadi, Seyed-Jafar, Seyedhosseini, Seyed Muhammad, Hassanlou, Khadijeh (2011) “Fuzzy multi period portfolio selection with different rates for borrowing and lending”, *Applied Soft Computing*, 11, 3821– 3826
- Song, Qiang, Brad Chissom (1993), “Forecasting enrollments with fuzzy time series – part I”, *Fuzzy Sets Systems*, 54/1–9
- Song, Qiang, Brad Chissom (1994), “Forecasting enrollments with fuzzy time series – part II”, *Fuzzy Sets Systems*, 62, 1–8
- Sun, Wei (2016), “Portfolio selection strategies with investor psychology and behavior under fuzzy random environment”, *8th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, 208–211
- Tiryaki, Fatma, Ahlatcioglu, Beyza (2009), “Fuzzy portfolio selection using fuzzy analytic hierarchy process”, *Information Sciences*, 179, 53–69
- Tsaur, Ruey-Chyn (2013), “Fuzzy portfolio model with different investor risk attitudes”, *European Journal of Operational Research*, 227/2, 385–390
- Tüfekçi, Ömer Kürşad, Avşarlıgil Nuri, “Optimal Portföy Kuramı ve Oyun Teorisi Yaklaşımı: BIST’ta Bir İnceleme”, *Journal of Strategic Research in Social Science*, Cilt:2, Sayı:4, 2016, 41-64
- Verdegay, Jose Luis (1984), “A dual approach to solve the fuzzy linear programming problem”, *Fuzzy Sets and Systems* 14, 131-141
- Wang, Dingwei (1997), “An Inexact Approach For Linear Programming Problems With Fuzzy Objective And Resources”, *Fuzzy Sets and Systems*, 89(1), 61-68
- Wang, Zhen, Liu, Sanyang (2013), “Multi-period mean–variance portfolio selection with fixed and proportional transaction costs”, *Journal of Industrial & Management Optimization*, 9/3, 643–657
- Werners, Brigitte (1987), “An interactive fuzzy programming system”, *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 23, 131-147
- Zadeh, Lotfi (1999), “Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility”, *Fuzzy Sets and Systems*, 100, 9–34
- Zhang, Wei-Guo, Liu, Yong-Jun, Xu, Wei-Jun (2012), “A possibilistic mean semivariance-entropy model for multi-period portfolio selection with transaction costs”, *European Journal of Operational Research*, 222/2, 341–349
- Zhou, Jiandong, Xiang Li, Witold Pedrycz (2016), “Mean-semi-entropy models of fuzzy portfolio selection”, *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, 99, 1-1
- Zhou, Rongxi, Yang, Zebin, Yu, Mei, Ralescu, Dan (2015), “A portfolio optimization model based on information entropy and fuzzy time series”, *Fuzzy Optimization and Decision Making* 14/381–397
- Zhu, Shu-Shang, Li, Duan, Wang, Shou-Yang (2004), “Risk control over bankruptcy in dynamic portfolio selection: A generalized mean–variance formulation”, *IEEE Transactions on Automatic Control*, 49/3, 447–457
- Zimmermann, Hans-Jürgen (1987), *Fuzzy Sets, Decision Making, And Expert Systems*, Kluwer Academic Publishers, Boston
- Zimmermann, Hans-Jürgen (1974), “Optimization in fuzzy environment”, *XXI International TIMS and 46th ORSA Conference*, San Juan, Puerto Rico