Black Sea Journal of Engineering and Science
doi: 10.34248/bsengineering.1537402

Open Access Journal
e-ISSN: 2619 – 8991

Araştırma Makalesi (Research Article)
Cilt 7 - Sayı 6: 1139-1147 / Kasım 2024
(Volume 7 - Issue 6: 1139-1147 / November 2024)

YENİ KARARSIZ BULANIK PORTFÖY OPTİMİZASYONU MODELİ VE TÜRKİYE UYGULAMASI

Tusan DERYA[1]*, Mehveş Güliz KELCE[1], Kumru Didem ATALAY[1]

[1]Başkent University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, 06730, Ankara, Türkiye

Özet: Geleneksel portföy teorisi bir dizi hisse senedi ve diğer finansal varlıkların getiri ve riskler gibi niceliksel verilere bağlı olarak optimum yatırım oranlarının bulunması üzerine tasarlanmıştır. Ancak getiri ve risk arasındaki ilişki önemli bir kuram olup getirisini yükseltmek isteyen yatırımcı büyük risk oranlarına katlanmak zorunda kalabilir. Bu veriler her zaman net olarak bilinmeyebilir ve belirsizliğe sebep olurlar. Bu durumda kesin verilerle çalışmak yerine bulanık teorinin yardımıyla oluşturulan yeni modellerin gelişmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu çalışmada bulanık teorinin genişletilmiş bir uzantısı olan kararsız bulanık teori ele alınmış ve portföy optimizasyonu için yeni bir karasız bulanık matematiksel model geliştirilmiştir. Model bulanık riskin enküçüklenmesi halinde bulanık getirinin en büyük değerinin bulunması üzerine kurulmuştur. Bu model Türkiye'de Borsa İstanbul 50 (BIST 50)'da yer alan hisse senetlerinin günlük kapanış değerleri alınarak portföy seçeneklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmış ve yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Portföy optimizasyonu, Kararsız bulanık teori, Karasız bulanık matematiksel programlama

New Hesitant Fuzzy Portfolio Optimization Model and Application in Türkiye

Abstract: Traditional portfolio theory is designed to find optimum investment rates for a set of stocks and other financial assets based on quantitative data such as returns and risks. However, the relationship between return and risk is an important theory and investors who want to increase their returns may have to bear large risk rates. These data may not always be known clearly and cause uncertainty. In this case, instead of working with exact data, there was a need to develop new models created with the help of fuzzy theory. In this study, hesitant fuzzy theory, which is an extended extension of fuzzy theory, is discussed and a new unsteady fuzzy mathematical model is developed for portfolio optimization. The model is based on finding the maximum value of fuzzy return if the fuzzy risk is minimized. This model was used and interpreted to determine portfolio options by taking the daily closing values of the stocks listed in Borsa Istanbul 50 (BIST 50) in Türkiye.

Keywords: Portfolio optimization, Hesitant fuzzy theory, Hesitant fuzzy mathematical programming

***Tusan Derya (Corresponding author):** Başkent University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, 06730, Ankara, Türkiye
E mail: tderya@baskent.edu.tr (T. DERYA)
Tusan DERYA https://orcid.org/0000-0002-2851-4463
Mehveş Güliz KELCE https://orcid.org/0009-0008-0533-7434
Kumru Didem ATALAY https://orcid.org/0000-0002-9021-3565

Gönderi: 22 Ağustos 2024 **Received:** August 22, 2024
Kabul: 30 Eylül 2024 **Accepted:** September 30, 2024
Yayınlanma: 15 Kasım 2024 **Published:** November 15, 2024

Cite as: Derya T, Kelce MG, Atalay KD. 2024. New hesitant fuzzy portfolio optimization model and application in Türkiye. BSJ Eng Sci, 7(6): 1139-1147.

1. Giriş

Portföy optimizasyonu, yatırımcının risk ve getiri hedeflerine en uygun şekilde yatırım yapmasını sağlayan bir süreçtir. Temel amacı, en uygun risk seviyesinde en büyük getiriyi elde etmek veya kendilerine en uygun getiri değeri için risk seviyesini enküçüklemektir. Portföy optimizasyonunda yaygın olarak kullanılan araçlardan biri, Markowitz'in Modern Portföy Teorisi'dir (Markowitz, 1952). Bu teori, bir portföyün riskini enküçüklerken getirisini enbüyüklemeyi amaçlar ve varlıkların risk-getiri profillerini dikkate alarak en iyi portföy kombinasyonunu bulmayı hedefler. Teori risk ölçüsünü ortalama varyans yöntemi ile ifade etmektedir. Markowitz diğer bir çalışmasında varyans yerine yarı varyansı risk ölçüsü olarak kullanmayı önermiştir (Markowitz, 1959). Markowitz'in teorisine dayanarak literatürde çok çalışma yürütülmüştür, bunlardan bazıları, Sharpe (1964), Lintner (1965) ve Mossin (1966) olarak sıralanabilir. Konno ve Yamazaki (1991), risk ölçümü olarak ortalama mutlak sapmayı önermiştir. Kerstens ve ark. (2011) ile Kim ve ark. (2014) risk ölçüsü olarak çarpıklık ve basıklık katsayılarını kullanmışlardır.

Zadeh (1965) belirsizliği tanımlamak amacıyla bulanık teorinin temellerini atmıştır. Bu teorinin temel ilkeleri kullanılarak bulanık teori genişletilerek sezgisel bulanık küme kavramı Atanassov (1986) tarafından geliştirilmiştir. Torra (2010) kararsız bulanık kümeler teorisini ortaya atmıştır. Dual kararsız bulanık kümeler Zhu ve ark. (2012) tarafından kurgulanmıştır. Kararsız bulanık dilsel terim kavramı Rodríguez ve ark. (2012) tarafından geliştirilmiştir. Chen ve ark. (2013a) aralık değerli karasız bulanık kümeler, Hao ve ark. (2017) olasılıklı dual kararsız bulanık kümeler, Zeng ve ark. (2021) ise ağırlıklı hiyerarşi kararsız bulanık kümeler konularında çalışmışlardır.

Literatürde belirsiz parametrelere sahip portföy optimizasyon problemini araştıran birçok makale bulanmaktadır. Örneğin, Watada (1997), bulanık portföy seçimi problemini ele alarak beklenen getiri ve riskteki belirsizleri incelemiştir. Parra ve ark. (2001) üç kriterli (getiri, risk ve likidite) bir portföy seçimi modeli önermiş ve modeli bulanık hedef programlama yaklaşımı kullanarak çözmüşlerdir. Lin ve ark. (2005) yöneticilerin iş portföylerinin genel rekabet gücünü daha iyi anlamalarına yardımcı olmak için bulanık küme teorisini dahil ederek, portföy matrisleriyle birlikte sistematik bir yaklaşım önermişlerdir. Fang ve ark. (2006) bulanık karar teorisine dayalı üç kriterli (getiri, risk ve likidite) bir portföy yeniden dengeleme modeli sunmuşlardır.

Ammar (2007) bulanık portföy optimizasyon problemini dışbükey karesel programlama problemi olarak modelleyerek, kabul edilebilir bir çözüm sağlamıştır. Huang (2011), getirilerin belirsiz olduğu durumda, bir risk eğrisi sunmuş ve buna bağlı olarak ortalama risk modeli geliştirmiştir. Huang ve Qiao (2012), getirilerin karar vericilerin bilgileri temel alınarak bulanık değişkenler olarak tanımlandığı bulanık ortamlarda çok dönemli portföy seçimini araştırmışlardır. Li ve Xu (2013) yatırımcılar için bulanık rastgele getirilere sahip çok amaçlı portföy seçimi modelini getiri, risk ve likidite olmak üzere üç kritere bağlı olarak incelemişlerdir. Ning ve ark. (2013) üçgensel entropiyi bir kısıt olarak kullanarak belirsiz ortalama-varyans portföy optimizasyon problemini ele almışlardır.

Chen ve ark. (2017) güvenlik getirilerinin uzmanların tahminlerine göre öznel olarak verildiği ve belirsiz değişkenler olarak gösterildiği çeşitlendirilmiş portföy seçimi için bir yarı varyans yöntemi önermişlerdir. Portföy seçimi için en iyi tahsis planını genetik algoritmaya dayalı olarak belirlemişlerdir. Li ve ark. (2019) belirsizlik teorisini kullanarak bölünebilirlikli dinamik proje portföyü seçim problemini ele almışlardır. Geliştirdikleri matematiksel model yatırım hedef fonksiyonu ve finansal kaynak kısıtlamalarının riskini kontrol etmeyi amaçlamaktadır. Yadav ve ark. (2023) sezgisel bulanık bir çerçevede sürdürülebilir bir finansal portföy seçimi yaklaşımı önermişlerdir.

Bu çalışmada, finansal belirsizliklerden dolayı net ve kesin verilerle ifade edilemeyen beklenen getiri ve risk oranlarının kararsız bulanık elemanlar olarak ele alınarak yeni bir karasız bulanık portföy optimizasyonu modeli oluşturmak amaçlanmıştır. Bulanık matematiksel programlama temel alınarak yeni bir karasız bulanık matematiksel model geliştirilmiştir. Bu matematiksel model literatürde bulunmamaktadır ve belirsizlikleri geleneksel bulanık portföy optimizasyonu modeline göre daha kapsamlı tanımlayabilmektedir. Geleneksel bulanık matematiksel modelde kullanılan tek üyelik fonksiyonu yerine kararsız küme kavramına göre birden fazla üyelik derecesine sahiptir. Buna bağlı olarak oluşturulan model, yatırımcılara alternatif portföyler sunmaktadır. Bu da karar aşamasında karşılaştırma ve farklı yatırımlar yapma olanağına sahip olacak olan yatırımcıların lehine bir durum olacaktır. Çalışma kapsamında önerilen model, BIST 50 (Borsa İstanbul 50)'den elde edilen hisse senetleri kullanılarak çözülmüş ve çözümler yorumlanmıştır.

Literatürde getiri ve risk değerlerini kararsız bulanık elemanlar alarak modelleme yapan ve üyelik fonksiyonlarını farklı alt ve üst sınırlara göre tanımlayarak kurgulayan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma bu yönüyle yenilik içermektedir. Ayrıca gerçek hayat verilerini kullanarak önerilen model çözülmüş ve portföy optimizasyonu yapılarak sonuçlar üç farklı tür risk yatırımcısı için yorumlanmıştır.

Çalışmanın ikinci bölümünde kararsız bulanık küme kavramı açıklanarak, karasız bulanık getiri ve risk verilerine sahip portföy optimizasyonu için geliştirilen matematiksel model sunulmuştur. Üçüncü bölümde önerilen modellerin BIST 50'de işlem görmüş olan birer aylık 30 adet hisse senedine ait verilerin günlük kapanış fiyatları alınarak uygulaması yapılmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. Dördüncü bölüm ise sonuçlar sunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Kararsız Bulanık Kümeler ve Önerilen Matematiksel Model

Torra kararsız bulanık kümeleri tanımlarken, bulanık mantıkta bir kümeye ait olma derecesini belirten üyelik fonksiyonunun belirlemenin zorluğunu hataya bağlı olmadığını olası değerlerin birden fazla olabileceğini ve bunu bir küme ile belirtmek gerektiğini savunmuştur (Torra, 2010). Bu nedenle, Torra ve Narukawa, olası değerler kümesiyle üyeliği tanımlayabilmek için kararsız bulanık kümeleri önermişlerdir (Torra ve Narukawa, 2009). Kararsız bulanık küme kavramı Tanım 1 ile verilmiştir.

Tanım 1: X bir referans küme olsun, X üzerinde tanımlanan kararsız bulanık küme h fonksiyonu cinsinden ifade edilir. h fonksiyonu, X kümesini $[0,1]$ alt kümesine dönüşür. Kararsız bulanık kümenin her bir elemanı $h(x)$ sonlu ve boş olmayan $[0,1]$ aralığının bir alt kümesidir.

A kararsız bulanık kümesi $A=\{x, h_A(x)\,|x\in X\}$ matematiksel semboller ile verilir ve burada $h_A(x), x\in X$ olmak üzere A kümesinin olası üyelik derecelerini temsil eder. $h=h_A(x)$ kararsız bulanık eleman olarak adlandırılır (Xia ve Xu, 2011; Xu ve Xia, 2011).

Kolaylık olması açısından kararsız bulanık elemanlar $h_A(x)=\{\mu_1,\mu_2,\dots,\mu_l\}$ biçiminde tanımlanabilir. Bunlar kararsız bulanık kümenin elemanlarıdır. Burada μ_s $(s=1,2,\dots,l)$ farklı üyelik fonksiyonlarını temsil eder. Dolayısıyla kararsız bulanık kümede l tane farklı üyelik fonksiyonu bulunmaktadır.

2.2. Geliştirilen Karasız Bulanık Portföy Matematiksel Modeli

Portföy optimizasyonu modelleri literatürde oldukça sıklıkla kullanılan modellemelerdir. İlk olarak Markowitz tarafından ortalama varyans modeli olarak geliştirilen model daha ilerleyen zamanlarda farklı risk ölçütleri kullanılarak modellenmiştir. Literatürde karesel programlamaya dayalı olarak modellenen Markowitz modeline alternatif olarak geliştirilen ortalama mutlak sapmayı risk ölçütü olarak kullanan Konno-Yamazaki modeli tercih edilen modeller arasında yer almaktadır

(Konno ve ark., 2002).

Ortalama mutlak sapmayı tabanlı Konno-Yamazaki portföy optimizasyonu modeli Eşitlik 1-7 ile verilmiştir. Getiri ve risk değerlerini nicel kesin değerler olarak alan model geleneksel Konno-Yamazaki modeli (GKYM) olarak adlandırılmıştır. Tablo 1 ile model içinde kullanılan simge, parametre ve karar değişkenleri tanımlanmıştır.

Tablo 1. Konno-Yamazaki matematiksel modeline ait simge, parametre ve karar değişkenleri

Simgeler	
n	Hisse senedi sayısı
j	Hisse senedi indisi $j=1,2,\dots,n$
T	İncelenen dönem sayısı
t	T dönemi içerisinde herhangi bir dönem $t=1,2,\dots,T$
Parametreler	
r_{jt}	j. hisse senedinin t döneminde gerçekleşen getiri oranı
r_j	j. hisse senedinin ortalama getiri oranı
a_{jt}	j. hisse senedinin t. dönem ve T dönemdeki ortalama getirisi arasındaki farktır. $a_{jt}=r_{jt}-r_j$, $j=1,2,\dots,n$, $t=1,2,\dots,T$
u_j	j. hisse senedine yapılan yatırım miktarının üst sınırı
μ_0	Toplam yatırım miktarı
ρ	Beklenen getiri oranı
ρM_0	Beklenen getiri miktarı
Karar Değişkenleri	
x_j	j. hisse senedine ait yatırım payı
y_t	Yardımcı değişken

GKYM yukarıdaki değişkenler yardımıyla aşağıdaki gibi modellenmiştir.

$$Min \sum_{t=1}^{T} y_t/T \tag{1}$$

Kısıtlar:

$$y_t-\sum_{j=1}^{n} a_{jt}x_j \geq 0 \ , t=1,\dots,T \tag{2}$$

$$y_t+\sum_{j=1}^{n} a_{jt}x_j \geq 0 \ , t=1,\dots,T \tag{3}$$

$$\sum_{j=1}^{n} r_j x_j \geq \rho M_0 \tag{4}$$

$$\sum_{J=1}^{n} x_j = M_0 \tag{5}$$

$$0 \leq x_j \leq u_j \ , j=1,\dots,n \tag{6}$$

$$y_t \geq 0 \ , t=1,\dots,T \tag{7}$$

Bulanık matematiksel programlama, optimizasyon problemlerine bulanık mantık prensiplerini entegre eden bir yöntemdir. Bu yaklaşım, karar değişkenleri, kısıtlamalar ve amaç fonksiyonları gibi problemin çeşitli bileşenlerinin kesin değerlerden ziyade belirsiz, yaklaşık veya bulanık değerlerle ifade edildiği durumları ele almak için kullanılır. Bulanık matematiksel programlama, belirsiz verilerle çalışabilme ve çeşitli karar alternatiflerini değerlendirebilme yeteneği ile, karar verme süreçlerini daha esnek ve gerçekçi hale getirebilir (Lai ve ark., 1992).

Bulanık küme teorisinin uzantısı olarak kararsız bulanık kümeler kısa sürede birçok araştırmacı dikkatini tarafından benimsenmiştir. Bunun sebebi kararsızlık gerçek hayat problemlerinde sıklıkla karşılaşılan bir durumdur. Literatür incelendiğinde kararsız bulanık küme teorisinin uygulamalarının literatürde yaygın olduğu gözlenmiştir (Chen ve ark., 2013b; Liao ve Xu, 2015; Farhadinia, 2016; Ranjbar ve ark., 2018; Rodriguez ve ark., 2018)

Karasız Bulanık Matematiksel Programlama, bulanık matematiksel programlamanın genişletilmiş bir halidir ve özellikle karar problemlerinde belirsizliği ve karmaşıklığı daha iyi modellemeye odaklanır. Bu yaklaşım, özellikle belirsiz veya değişken koşullarla başa çıkmada kullanılan bir tekniktir (Wan ve ark., 2017).

Bu makalede, risk ve beklenen getiri değerleri karasız bulanık sayılar olan GKYM modelinin deterministik modele dönüştürülmesi ve uygulanması üzerine çalışılmıştır. eşitlik 1-7 ile verilen matematiksel modelde ρM_0 ile verilen sağ taraf sabiti ve amaç fonksiyonu kararsız bulanık sayı olması durumunda elde edilen doğrusal programlama problemi eşitlik 8-10 ile verilmiştir. Bu model Kararsız Bulanık Konno Yamazaki Modeli (KBKYM) olarak adlandırılmıştır.

$$Enb\ \alpha \tag{8}$$

Kısıtlar

(2-3)

$$\mu_{0s}(y) \geq \alpha, s=1,2\dots,l \tag{9}$$

$$\mu_{1s}(r) \geq \alpha, s=1,2\dots,l \tag{10}$$

(5-7)

GKYM modelinde, amaç fonksiyonu ve sağ taraf sabitlerinde kararsız bulanık parametreler içeren kararsız bulanık model, KBKYM ile çözülebilir. Eşitlik 9 ve 10 sırasıyla kararsız bulanık sayılar içeren risk ve beklenen getiriye ait üyelik fonksiyonlarını göstermektedir. Bu çalışmada kararsız eleman sayısı 3 alınmış ve s=1, 2, 3 için üyelik fonksiyonlarının açık halleri eşitlik 11-13 ile verilmiştir.

$$\mu_{01}(y)=\begin{cases} 1, & \sum_{t=1}^{T} y_t/T < z_L-(k*z_L) \\ 1-\frac{[\sum_{t=1}^{T} y_t/T]-(z_L-(k*z_L))}{(z_U-z_L)-k*(z_U-z_L)}, & z_L-(k*z_L) \leq \sum_{t=1}^{T} y_t/T \leq z_U-(k*z_U) \\ 0, & \sum_{t=1}^{T} y_t/T > z_U-(k*z_U) \end{cases} \tag{11}$$

$$\mu_{02}(y)=\begin{cases}1, & \sum_{t=1}^{T} y_t/T \ < z_L \\ 1-\frac{[\sum_{t=1}^{T} y_t/T]-z_L}{(z_U-z_L)}, & z_L \le \sum_{t=1}^{T} y_t/T \ \le z_U \\ 0, & \sum_{t=1}^{T} y_t/T > \ z_U\end{cases} \tag{12}$$

$$\mu_{03}(y)=\begin{cases}1, & \sum_{t=1}^{T} y_t/T \ < z_L+(k*z_L) \\ 1-\frac{[\sum_{t=1}^{T} y_t/T]-(z_L+(k*z_L))}{(z_U-z_L)+k*(z_U-z_L)}, & z_L+(k*z_L) \le \sum_{t=1}^{T} y_t/T \ \le z_U+(k*z_U) \\ 0, & \sum_{t=1}^{T} y_t/T > z_U+(k*z_U)\end{cases} \tag{13}$$

Burada z_U, GKYM modelinin optimal çözünden elde edilen y_t, $t=1,\dots,T$ karar değişkenlerine bağlı olarak elde edilmiş ve $z_U=\max_t y_t$ olarak belirlenmiştir. z_L, GKYM modelinin en iyi değeridir. Kararsız bulanık elemanları oluşturan 3 adet üyelik fonksiyonu, $s=1,2,3$ olmak üzere k =0,10; 0,20;…,0,90 oranları için çalışılmıştır (eşitlik 14).

$$\mu_{1s}(r)=\begin{cases}0, & \sum_{J=1}^{n} r_j x_j < \left(L_{\rho M_0}\right)_s, s=1,2,3 \\ 1-\frac{\left(U_{\rho M_0}\right)_s-\sum_{j=1}^{n} r_j x_j}{\left(U_{\rho M_0}-L_{\rho M_0}\right)_s}, & \left(L_{\rho M_0}\right)_s \le \sum_{J=1}^{n} r_j x_j \le \left(U_{\rho M_0}\right)_s, s=1,2,3 \\ 1, & \sum_{J=1}^{n} r_j x_j > \left(U_{\rho M_0}\right)_s, \ s=1,2,3\end{cases} \tag{14}$$

$\mu_{1s}(r), s=1,2,3$ üyelik fonksiyonlarını oluşturmak için, beklenen getiri değerlerinin yani ρM_0'ların farklı güven düzeylerindeki güven aralıklarından yararlanılmıştır. Burada L ve U notasyonları güven aralıklarının alt ve üst güven seviyeleridir. Güven aralıkları oluşturulurken güven düzeylerinin yüksek olması istatistiksel analizlerde istenilen bir durumdur. Bu sebeple, çalışma kapsamında üç farklı güven seviyesi kullanılmış olup bunlar $s=$ 1 için 0,90; $s=2$ için 0,95; $s=3$ için 0,99'dır. Güven aralıkları oluşturulurken veri setinin özelliğine ve varsayım sınamalarına göre t veya z dağılımına bağlı olarak hesaplamalar yapılmıştır. Güven aralıkları eşitlik 15 ve 16 ile hesaplanmıştır.

$$P\left(\overline{X_{\rho M_0}}+z_{\alpha/2}\left(\frac{\sigma_{\rho M_0}}{\sqrt{n}}\right)<\mu_{\rho M_0}<\overline{X_{\rho M_0}}+z_{\alpha/2}\left(\frac{\sigma_{\rho M_0}}{\sqrt{n}}\right)\right)=1-\alpha' \tag{15}$$

$$P\left(\overline{X_{\rho M_0}}+t_{\alpha/2}\left(\frac{S_{\rho M_0}}{\sqrt{n}}\right)<\mu_{\rho M_0}<\overline{X_{\rho M_0}}+t_{\alpha/2}\left(\frac{S_{\rho M_0}}{\sqrt{n}}\right)\right)=1-\alpha' \tag{16}$$

Burada, α' anlamlılık düzeyidir. Yukarıda verilen açıklamalar sonucunda, Eşitlik (8-10) ile oluşturulan doğrusal programlama problemi en iyi çözümü tek olan kesin doğrusal matematiksel modele dönüşmektedir.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu bölümde Bölüm 2'de önerilen kararsız bulanık portföy optimizasyonu matematiksel modelinin gerçek bir uygulaması yapılmıştır. Borsa İstanbul (BIST 50)'da yer alan hisse senetlerinin her bir aylık dönem için 30 aya ait günlük kapanış değerleri alınarak, önerilen kararsız bulanık programlama model sonuçlarına bağlı olarak portföy seçenekleri belirlenmiştir.

Öncelikle KBKYM'nde Eşitlik (9-10) kısıtlarındaki üyelik fonksiyonlarını oluşturmak için farklı k değerleri ve güven düzeyleri belirlenmiştir. Eşitlik (11-13) ile verilen üyelik fonksiyonları kararsız bulanık risk değerlerine ait fonksiyonu tanımlamakta olup alternatif seçeneklerde tüm ayırtıları görebilmek amacıyla (0-1) aralığında 0,1 artışla k = 0,1; 0,2; …; 0,9 değerleri için model çözümleri elde edilmiştir. Eşitlik (14) ile verilen üyelik fonksiyonu kararsız bulanık getiri değerlerinin fonksiyonu olup KBKYM'nde 0,9; 0,95 ve 0,99 olmak üzere üç farklı güven seviyesinde çalışılmıştır. Buna göre 30 ay için elde edilen çözümler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2'de her bir satır farklı bir aylık döneme ait günlük kapanış değerlerinin 30 farklı aya ait günlük kapanış değerlerini kullanarak oluşturulan model sonuçlarından elde edilen getiri, risk ve atama yapılan hisse senedi sayılarını (HSS) göstermektedir. Burada, A1 birinci aya ait bir aylık günlük kapanış değerlerini kullanarak oluşturulan modeli, A2 ikinci aya ait bir aylık günlük kapanış değerlerini kullanarak oluşturulan modeli temsil etmektedir. Dolayısıyla, 30. aya ait problem, A30 ile notasyonlandırılmıştır.

Örneğin A1 problemi için, $z_U=0{,}0623$ ve $z_L=0{,}0064$ olup, $k=0{,}1$ ve $s=1,2,3$ için kararsız bulanık risklere ait, kararsız bulanık elemanların üyelik fonksiyonları $\mu_{01}(y)$, $\mu_{02}(y)$, $\mu_{03}(y)$ ile gösterilmiştir ve eşitlik 17-19 ile gösterilmiştir.

$$\mu_{01}(y)=\begin{cases}1, & \sum_{t=1}^{T} y_t/22 < 0{,}0064-(0{,}1*0{,}0064)\\ 1-\frac{[\sum_{t=1}^{T} y_t/22]-(0{,}0064-(0{,}1*0{,}0064))}{(0{,}0623-0{,}0064)-0{,}1*(0{,}0623-0{,}0064)}, & 0{,}0064-(0{,}1*0{,}0064)\le \sum_{t=1}^{T} y_t/22 \le 0{,}0623-(0{,}1*0{,}0623)\\ 0, & \sum_{t=1}^{T} y_t/22 > 0{,}0623-(0{,}1*0{,}0623)\end{cases} \tag{17}$$

$$\mu_{02}(y)=\begin{cases}1, & \sum_{t=1}^{T} y_t/22 < 0{,}0064\\ 1-\frac{[\sum_{t=1}^{T} y_t/22]-0{,}0064}{(0{,}0623-0{,}0064)}, & 0{,}0064\le \sum_{t=1}^{T} y_t/22 \le 0{,}0623\\ 0, & \sum_{t=1}^{T} y_t/22 > 0{,}0623\end{cases} \tag{18}$$

$$\mu_{03}(y)=\begin{cases}1, & \sum_{t=1}^{T} y_t/22 < 0{,}0064+(0{,}1*0{,}0064)\\ 1-\frac{[\sum_{t=1}^{T} y_t/22]-(0{,}0064+(0{,}1*0{,}0064))}{(0{,}0623-0{,}0064)+0{,}1*(0{,}0623-0{,}0064)}, & 0{,}0064+(0{,}1*0{,}0064)\le \sum_{t=1}^{T} y_t/22 \le 0{,}0623+(0{,}1*0{,}0623)\\ 0, & \sum_{t=1}^{T} y_t/22 > 0{,}0623+(0{,}1*0{,}0623)\end{cases} \tag{19}$$

Tablo 2. Kararsız bulanık doğrusal programlama modeli sonuçları

	$k=0{,}1$				$k=0{,}2$				$k=0{,}3$			
A.No	Alfa	Getiri	Risk	HSS	Alfa	Getiri	Risk	HSS	Alfa	Getiri	Risk	HSS
A1	0,9015	0,0328	0,0107	18	0,8838	0,0309	0,0103	18	0,8628	0,0286	0,0098	18
A2	0,6060	-0,0048	0,0000	20	0,6058	-0,0048	0,0000	22	0,6059	-0,0048	0,0000	22
A3	0,9407	0,0306	0,0093	18	0,9189	0,0289	0,0090	18	0,8922	0,0269	0,0086	18
A4	1,0000	0,0591	0,0000	23	0,9818	0,0560	0,0000	22	0,9793	0,0560	0,0000	22
A5	0,8379	0,0280	0,0039	21	0,8223	0,0262	0,0037	21	0,8046	0,0242	0,0034	21
A6	0,9616	0,0166	0,0041	22	0,9459	0,0151	0,0040	22	0,9262	0,0133	0,0040	22
A7	0,7700	0,0471	0,0041	22	0,7515	0,0453	0,0038	22	0,7309	0,0433	0,0036	22
A8	0,8995	0,0428	0,0033	20	0,8795	0,0412	0,0032	20	0,8552	0,0393	0,0031	20
A9	0,7262	0,0455	0,0030	22	0,7078	0,0436	0,0028	22	0,6877	0,0415	0,0026	22
A10	0,8797	0,0564	0,0033	22	0,8642	0,0551	0,0031	22	0,8464	0,0535	0,0030	22
A11	0,7099	-0,0138	0,0032	21	0,6907	-0,0160	0,0030	21	0,6695	-0,0183	0,0028	21
A12	0,6237	0,0322	0,0000	22	0,6236	0,0322	0,0000	22	0,6235	0,0322	0,0000	22
A13	0,9807	0,0534	0,0091	19	0,9666	0,0521	0,0090	19	0,9486	0,0505	0,0090	19
A14	0,8577	-0,0060	0,0000	23	0,8577	-0,0060	0,0000	23	0,8577	-0,0060	0,0000	23
A15	1,0000	0,0208	0,0000	23	1,0000	0,0208	0,0000	23	1,0000	0,0208	0,0000	23
A16	0,9207	0,2657	0,0524	18	0,9046	0,2576	0,0507	20	0,8818	0,2462	0,0496	21
A17	0,9111	0,2531	0,0061	22	0,9012	0,2488	0,0057	22	0,8901	0,2441	0,0053	22
A18	0,9936	0,1753	0,0000	23	0,9755	0,1690	0,0000	23	0,9721	0,1678	0,0000	23
A19	1,0000	-0,0065	0,0000	23	1,0000	-0,0065	0,0000	23	1,0000	-0,0065	0,0000	23
A20	0,6656	-0,1419	0,0000	23	0,6656	-0,1419	0,0000	23	0,6656	-0,1419	0,0000	23
A21	0,7895	0,0263	0,0301	20	0,7696	0,0168	0,0285	21	0,7464	0,0057	0,0267	21
A22	0,8339	-0,1483	0,0245	21	0,8139	-0,1578	0,0234	21	0,7900	-0,1693	0,0222	21
A23	1,0000	-0,0050	0,0000	23	1,0000	-0,0050	0,0000	23	1,0000	-0,0050	0,0000	23
A24	0,9323	-0,1520	0,0000	23	0,9323	-0,1520	0,0000	23	0,9323	-0,1520	0,0000	23
A25	0,9226	-0,0633	0,0000	23	0,9166	-0,0671	0,0000	23	0,9121	-0,0699	0,0000	23
A26	1,0000	0,1869	0,0000	23	1,0000	0,1869	0,0000	23	1,0000	0,1869	0,0000	23
A27	0,8848	-0,0925	0,0098	21	0,8745	-0,0981	0,0091	21	0,8624	-0,1048	0,0084	21
A28	1,0000	0,4203	0,0000	23	1,0000	0,4203	0,0000	23	1,0000	0,4203	0,0000	23
A29	0,9333	-0,0309	0,0000	23	0,9333	-0,0309	0,0000	23	0,9333	-0,0309	0,0000	23
A30	0,8144	-0,2108	0,0220	20	0,7999	-0,2171	0,0205	21	0,7812	-0,2252	0,0191	22
	$k=0{,}4$				$k=0{,}5$				$k=0{,}6$			
A.No	Alfa	Getiri	Risk	HSS	Alfa	Getiri	Risk	HSS	Alfa	Getiri	Risk	HSS
A1	0,8377	0,0259	0,0093	18	0,8069	0,0226	0,0086	18	0,7685	0,0184	0,0077	18
A2	0,6057	-0,0048	0,0000	22	0,6056	-0,0048	0,0000	22	0,6054	-0,0048	0,0000	22
A3	0,8546	0,0241	0,0083	19	0,7930	0,0194	0,0082	19	0,7040	0,0127	0,0080	19
A4	0,9489	0,0560	0,0000	22	0,9703	0,0560	0,0000	22	0,9629	0,0560	0,0000	22
A5	0,7846	0,0218	0,0031	21	0,7600	0,0190	0,0028	21	0,7118	0,0135	0,0026	21
A6	0,9005	0,0109	0,0039	21	0,8655	0,0077	0,0038	21	0,8148	0,0030	0,0037	21
A7	0,7067	0,0409	0,0032	21	0,6759	0,0379	0,0029	21	0,6375	0,0341	0,0025	21
A8	0,8249	0,0369	0,0030	20	0,7860	0,0338	0,0028	20	0,7343	0,0297	0,0027	20

Tablo 2. Kararsız bulanık doğrusal programlama modeli sonuçları (devamı)

	$k=0{,}4$				$k=0{,}5$				$k=0{,}6$			
A.No	Alfa	Getiri	Risk	HSS	Alfa	Getiri	Risk	HSS	Alfa	Getiri	Risk	HSS
A9	0,6652	0,0391	0,0023	22	0,6400	0,0365	0,0020	22	0,6118	0,0336	0,0017	22
A10	0,8239	0,0515	0,0028	21	0,7953	0,0490	0,0025	21	0,7562	0,0456	0,0023	21
A11	0,6460	-0,0210	0,0025	21	0,6194	-0,0239	0,0022	22	0,5890	-0,0273	0,0019	22
A12	0,6235	0,0322	0,0000	22	0,6234	0,0322	0,0000	22	0,6224	0,0321	0,0000	23
A13	0,9251	0,0484	0,0089	19	0,8929	0,0455	0,0088	19	0,8458	0,0412	0,0086	18
A14	0,8577	-0,0060	0,0000	23	0,8577	-0,0060	0,0000	23	0,8577	-0,0060	0,0000	23
A15	1,0000	0,0208	0,0000	23	1,0000	0,0208	0,0000	23	1,0000	0,0208	0,0000	23
A16	0,8528	0,2317	0,0481	21	0,8150	0,2128	0,0462	21	0,7628	0,1868	0,0438	22
A17	0,8777	0,2387	0,0048	22	0,8638	0,2328	0,0042	22	0,8465	0,2254	0,0036	21
A18	0,9447	0,1582	0,0000	23	0,9604	0,1637	0,0000	23	0,9507	0,1603	0,0000	23
A19	1,0000	-0,0065	0,0000	23	1,0000	-0,0065	0,0000	23	1,0000	-0,0065	0,0000	23
A20	0,6656	-0,1419	0,0000	23	0,6656	-0,1419	0,0000	23	0,6656	-0,1419	0,0000	23
A21	0,7194	-0,0072	0,0246	21	0,6879	-0,0223	0,0222	21	0,6490	-0,0410	0,0195	21
A22	0,7617	-0,1829	0,0207	21	0,7277	-0,1991	0,0190	21	0,6861	-0,2191	0,0169	21
A23	1,0000	-0,0050	0,0000	23	1,0000	-0,0050	0,0000	23	1,0000	-0,0050	0,0000	23
A24	0,9323	-0,1520	0,0000	23	0,9323	-0,1520	0,0000	23	0,9323	-0,1520	0,0000	23
A25	0,9020	-0,0764	0,0000	23	0,8962	-0,0801	0,0000	23	0,8767	-0,0925	0,0000	23
A26	1,0000	0,1869	0,0000	23	1,0000	0,1869	0,0000	23	1,0000	0,1869	0,0000	23
A27	0,8470	-0,1132	0,0077	21	0,8294	-0,1228	0,0068	21	0,8089	-0,1341	0,0059	20
A28	1,0000	0,4203	0,0000	23	1,0000	0,4203	0,0000	23	1,0000	0,4203	0,0000	23
A29	0,9333	-0,0309	0,0000	23	0,9333	-0,0309	0,0000	23	0,9333	-0,0309	0,0000	23
A30	0,7587	-0,2349	0,0175	22	0,7329	-0,2461	0,0157	22	0,6984	-0,2611	0,0137	22

	$k=0{,}7$				$k=0{,}8$				$k=0{,}9$			
A.No	Alfa	Getiri	Risk	HSS	Alfa	Getiri	Risk	HSS	Alfa	Getiri	Risk	HSS
A1	0,6924	0,0102	0,0071	21	0,5363	-0,0066	0,0065	20	0,0407	-0,0414	0,0060	21
A2	0,6053	-0,0049	0,0000	22	0,6053	-0,0049	0,0000	22	0,6002	-0,0050	0,0000	22
A3	0,5396	0,0127	0,0080	19	0,2108	0,0127	0,0080	19	0,0000	0,0104	0,0048	19
A4	0,8949	0,0560	0,0000	22	0,8424	0,0560	0,0000	22	0,5181	0,0560	0,0000	22
A5	0,6450	0,0058	0,0023	22	0,5457	-0,0056	0,0018	22	0,3352	-0,0227	0,0013	22
A6	0,7362	-0,0043	0,0036	21	0,5879	-0,0180	0,0033	21	0,1141	-0,0380	0,0032	20
A7	0,5872	0,0291	0,0021	21	0,5246	0,0230	0,0016	21	0,4107	0,0151	0,0009	20
A8	0,6623	0,0240	0,0024	20	0,5513	0,0152	0,0020	21	0,2710	-0,0001	0,0015	22
A9	0,5798	0,0303	0,0014	22	0,5320	0,0253	0,0010	22	0,3922	0,0150	0,0006	22
A10	0,6932	0,0400	0,0020	22	0,5850	0,0305	0,0017	22	0,1040	0,0283	0,0017	21
A11	0,5545	-0,0311	0,0015	22	0,5151	-0,0355	0,0011	22	0,4532	-0,0405	0,0006	22
A12	0,6206	0,0319	0,0000	23	0,5863	0,0287	0,0000	23	0,5679	0,0270	0,0000	23
A13	0,7650	0,0339	0,0085	20	0,5992	0,0294	0,0085	19	0,0983	0,0294	0,0085	19
A14	0,8577	-0,0060	0,0000	23	0,8577	-0,0060	0,0000	23	0,8577	-0,0060	0,0000	23
A15	1,0000	0,0208	0,0000	23	1,0000	0,0208	0,0000	23	1,0000	0,0208	0,0000	23
A16	0,6865	0,1486	0,0402	22	0,5654	0,0881	0,0347	21	0,1597	-0,0505	0,0305	20
A17	0,7667	0,2205	0,0036	21	0,6000	0,2205	0,0036	21	0,1003	0,2205	0,0036	21
A18	0,8875	0,1512	0,0000	22	0,8312	0,1512	0,0000	22	0,5195	0,1512	0,0000	22
A19	1,0000	-0,0065	0,0000	23	1,0000	-0,0065	0,0000	23	1,0000	-0,0065	0,0000	23
A20	0,6656	-0,1419	0,0000	23	0,6656	-0,1419	0,0000	23	0,6656	-0,1419	0,0000	23
A21	0,5953	-0,0666	0,0163	22	0,5271	-0,0993	0,0124	22	0,4084	-0,1396	0,0075	22
A22	0,6294	-0,2462	0,0144	21	0,5414	-0,2884	0,0114	22	0,3536	-0,3519	0,0076	22
A23	1,0000	-0,0050	0,0000	23	1,0000	-0,0050	0,0000	23	1,0000	-0,0050	0,0000	23
A24	0,9323	-0,1520	0,0000	23	0,9323	-0,1520	0,0000	23	0,9323	-0,1520	0,0000	23
A25	0,8474	-0,1111	0,0000	23	0,7998	-0,1414	0,0000	23	0,5403	-0,1946	0,0000	22
A26	1,0000	0,1869	0,0000	23	1,0000	0,1869	0,0000	23	1,0000	0,1869	0,0000	23
A27	0,7669	-0,1548	0,0050	20	0,6004	-0,1548	0,0050	20	0,1008	-0,1548	0,0050	20
A28	1,0000	0,4203	0,0000	23	1,0000	0,4203	0,0000	23	1,0000	0,4203	0,0000	23
A29	0,9333	-0,0309	0,0000	23	0,9333	-0,0309	0,0000	23	0,9333	-0,0309	0,0000	23
A30	0,6438	-0,2848	0,0117	21	0,5479	-0,3264	0,0094	22	0,3314	-0,3928	0,0066	22

A1 probleminde kararsız bulanık getirilere ait, $s = 1$ için $U_{\rho M_0} = 0{,}0231$ ve $L_{\rho M_0} = -0{,}0441$ $s = 2$ için $U_{\rho M_0} = 0{,}0298$ ve $L_{\rho M_0} = -0{,}0508$ ve $s = 3$ için $U_{\rho M_0} = 0{,}0434$ ve $L_{\rho M_0} = -0{,}0644$ hesaplanmış ve kararsız bulanık elemanları oluşturulan üç üyelik fonksiyonu eşitlik 20-22 ile verilmiştir.

$$\mu_{11}(r) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^{n} r_j x_j < -0{,}0441 \\ 1 - \frac{0{,}0231 - \sum_{j=1}^{n} r_j x_j}{0{,}0231 + 0{,}0441}, & -0{,}0441 \le \sum_{j=1}^{n} r_j x_j \le 0{,}0231 \\ 1, & \sum_{j=1}^{n} r_j x_j > 0{,}0231 \end{cases} \tag{20}$$

$$\mu_{12}(r) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^{n} r_j x_j < -0{,}0508 \\ 1 - \frac{0{,}0298 - \sum_{j=1}^{n} r_j x_j}{0{,}0298 + 0{,}0508}, & -0{,}0508 \le \sum_{j=1}^{n} r_j x_j \le 0{,}0298 \\ 1, & \sum_{j=1}^{n} r_j x_j > 0{,}0298 \end{cases} \tag{21}$$

$$\mu_{13}(r) = \begin{cases} 0, & \sum_{j=1}^{n} r_j x_j < -0{,}0644 \\ 1 - \frac{0{,}0434 - \sum_{j=1}^{n} r_j x_j}{0{,}0434 + 0{,}0644}, & -0{,}0644 \le \sum_{j=1}^{n} r_j x_j \le 0{,}0434 \\ 1, & \sum_{j=1}^{n} r_j x_j > 0{,}0434 \end{cases} \tag{22}$$

Tablo 2'de A1 problem sonuçları incelendiğinde, amaç fonksiyonu değeri olan alfa 0,901517, getiri değeri 0,032779, risk değeri ise 0,010707 elde edilmiştir. Bu çözüme karşılık gelen 50 hisse senedi içerisinden yatırım yapılan hisse senedi sayısı 18 bulunmuştur. Ayrıca, A1 probleminde k=0,2 alınarak bulunan çözüm sonuçlarında, alfa değerinin 0,883769 seviyesine, getiri değerinin 0,030865 seviyesine, risk değerinin 0,010311 olup azalma gösterdiği izlenmiştir.

30 aylık veri üzerinden alınan tüm çözümlerin her k değerleri için elde edilen alfa, getiri ve risk değerlerinin ortalaması alınmıştır. Her k değeri için hesaplanan ortalama alfa, ortalama getiri ve ortalama risk değerleri Tablo 3 ile özetlenmiştir.

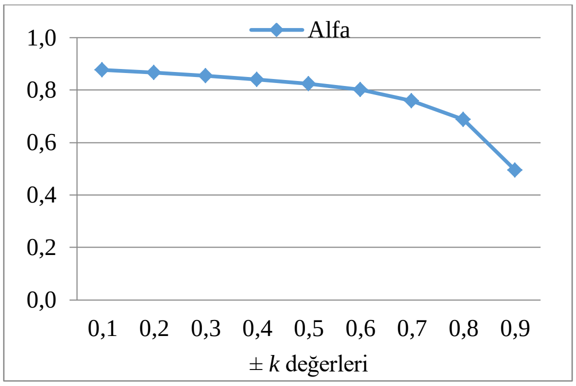
Tablo 3. k değerlerine göre alfa, getiri ve risk ortalamaları

	Ort Alfa	Ort Getiri	Ort Risk	MS Oranı*
$k = 0{,}1$	0,876566	0,030569	0,006627	4,484473
$k = 0{,}2$	0,866240	0,028123	0,006333	4,306828
$k = 0{,}3$	0,855254	0,025547	0,006033	4,093883
$k = 0{,}4$	0,840001	0,022063	0,005693	3,726157
$k = 0{,}5$	0,824540	0,018514	0,005299	3,333449
$k = 0{,}6$	0,801075	0,013278	0,004837	2,569498
$k = 0{,}7$	0,759612	0,005875	0,004338	1,158430
$k = 0{,}8$	0,687455	-0,003822	0,003733	-1,251440
$k = 0{,}9$	0,493611	-0,019774	0,002998	-6,879261

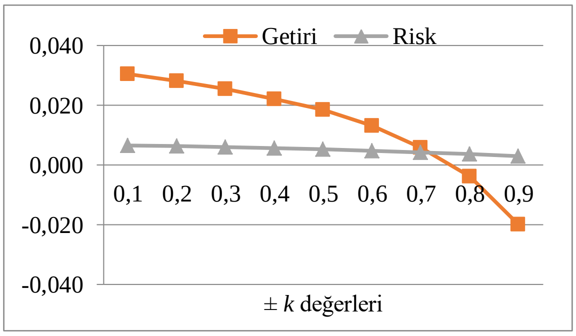
Ort= ortalama, MS= modifeye sharpe, *Risksiz faiz oranı %0,085 alınmıştır.

k'nın farklı değerleri için elde edilen çözümlerdeki alfa, getiri ve risk değerlerinin grafikleri sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2 ile verilmiştir. Her iki grafikte incelendiğinde, k değeri arttıkça alfa, getiri ve risk değerlerinin birlikte azaldığı görülmektedir.

Grafikler incelendiğinde, k değeri arttıkça alfa, getiri ve risk değerlerinin birlikte azaldığı görülmektedir. Bu durumda k değeri küçük alındığında, riskin yüksek ve getirinin yüksek olduğu yatırım seçenekleri bulunurken, k değeri büyük alındığında ise riskin düşük ve getirinin düşük seviyede olduğu yatırım seçenekleri elde edilmektedir.



Şekil 1. k değerlerinin alfaya göre değişimi.



Şekil 2. k değerlerinin getiri ve risk oranlarına göre değişimi.

Tablo 2'de verilen tüm sonuçlar ve bu sonuçlardan hesaplanan ortalama getiri ve ortalama risk değerleri üzerinden çizilen grafikler birlikte değerlendirildiğinde, riskten kaçınan yatırımcı, sharpe oranı en düşük olan ve k değerinin yüksek olduğu (k = 0,7; k = 0,8 ve k = 0,9) model sonuçlarını kullanarak yatırım yapabilirler. Bu sonuçlarda risk ve getiri en düşük seviyesindedir. Risk arayan yatırımcı, sharpe oranı en yüksek olan ve k değerinin düşük alındığı (k = 0,1; k = 0,2 ve k = 0,3) model sonuçlarına göre yatırım yapabilirler. Bu portföy seçeneklerinde risk ve getiri en yüksek seviyesindedir. Riske karşı nötr olan yatırımcı ise, diğer k değerleri (k = 0,4; k = 0,5 ve k = 0,6) için elde edilen model sonuçlarını kullanabilirler.

4. Sonuç

Bu çalışmada, literatürdeki mevcut modellerin temel öncülüğünde belirsiz risk ve getiri oranlarının bulunduğu kararsız bulanık portföy optimizasyonu için matematiksel model önerilmektedir. Portföy seçiminin yatırımcılar için oldukça güç olmasının temel nedeni belirsizlik ve buna bağlı olarak parametrelerin net olmamasına bağlı olmasıdır. Bununla birlikte bu makalede önerilen modelin çözümleri sonucunda, alternatif hisse senedi atamaları ve oranları elde edilmiştir. Bu sayede öncelikleri farklı olan yatırımcıların olası seçenekler içerisinden kendilerine en uygun olan hisse senedine yatırım yapmalarına olanak sağlanabilir.

Finansal piyasaların zaman zaman dalgalanması nedeniyle, bazı finansal değişkenler her zaman kesin sayılarla ifade edilemeyebilir bu durumunda çalışma kapsamında önerilen kararsız bulanık portföy matematiksel modeli uygun bir araç olarak literatüre katkı sağlayabilir.

Önerilen model, geleneksel yöntemlerle çözülemeyen ve finansal parametrelerdeki farklılaşmalardan kaynaklı belirsizliklerle başa çıkmak için özel bir olasılık sunar. Bu model ve sonuçları hem teorisyenler hem de uygulayıcılar için uygun bir araç olabilir.

Çalışma kapsamında önerilen yöntemin literatüre sağladığı katkılar ve içerdiği yenilikler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

1. Önerilen matematiksel model, mevcut veriler ve/veya firmalardan/diğer kurumlardan gelen raporlar yetersiz bilgiye sahip olduğunda bilgi eksikliği ile başa çıkmak amacıyla kullanılabilir. Yatırımcının risk ve getiriye bakış açısına bağlı olarak farklı alternatiflerin kurgulanması ve kendisine göre en iyi portföy seçiminin oluşturulabilmesi için kapsamlı bir çerçeve sağlar.
2. Yatırımcıların kişisel tercihlerine göre sonuçların elde edilebilmesine olanak sağlayan modelde kararsız bulanık küme kuramına bağlı olarak birden fazla üyelik derecesine sahip olarak modellenen ve literatürde bulunmayan yeni bir karasız bulanık portföy optimizasyonu modeli sunulmuştur.

Katkı Oranı Beyanı

Yazarların katkı yüzdeleri aşağıda verilmiştir. Yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	T.D.	M.G.K.	K.D.A.
K	50	20	30
T	40	30	30
Y	40	25	35
VTI	50	30	20
VAY	40	30	30
KT	40	35	25
YZ	40	25	35
KI	40	30	30
GR	50	20	30
PY	50	25	35
FA	40	30	30

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu araştırmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Kaynaklar

Ammar EE. 2007. On solutions of fuzzy random multiobjective quadratic programming with applications in portfolio problem. Inf Sci, 178(2): 468-484.

Atanassov KT. 1986. Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets Syst, 20(1): 87–96.

Chen N, Xu Z, Xia M. 2013a. Correlation coefficients of hesitant fuzzy sets and their applications to clustering analysis. Appl Math Model, 37(4): 2197-2211.

Chen N, Xu Z, Xia M. 2013b. Interval-valued hesitant preference relations and their applications to group decision making. Knowl Based Syst, 37: 528–540.

Chen L, Peng J, Zhang B, Rosyida I. 2017. Diversified models for portfolio selection based on uncertain semivariance. Int J Syst Sci, 48(3): 637–648.

Fang Y, Lai KK, Wang SY. 2006. Portfolio rebalancing model with transaction costs based on fuzzy decision theory. Eur J Oper Res, 175: 879–893.

Farhadinia B. 2016. Multiple criteria decision-making methods with completely unknown weights in hesitant fuzzy linguistic term setting. Knowl Based Syst, 93: 135–144.

Hao Z, Xu Z, Zhao H, Su Z. 2017. Probabilistic dual hesitant fuzzy set and its application in risk evaluation. Knowl Based Syst, 127: 16–28.

Huang X. 2011. Mean-risk model for uncertain portfolio selection. Fuzzy Optimization and Decision Making, 10 (1): 71–89.

Huang X, Qiao L. 2012. A risk index model for multi-period uncertain portfolio selection. Inf Sci, 217: 108–116.

Kerstens K, Mounir A, Van de Woestyne I. 2011. Geometric representation of the mean–variance–skewness portfolio frontier based upon the shortage function. Eur J Oper Res, 210(1): 81-94.

Kim WC, Fabozzi FJ, Cheridito P, Fox C. 2014. Controlling portfolio skewness and kurtosis without directly optimizing third and fourth moments. Econ Lett, 122(2): 154-158.

Konno H, Yamazaki H. 1991. Mean-absolute deviation portfolio optimization model and its applications to Tokyo stock market. Manage Sci, 37(5): 519-531.

Konno H, Waki H, Yuuki A. 2002. Portfolio optimization under lower partial risk measures. Asia-Pacific Financial Markets, 9: 127-140.

Lai YJ, Hwang CL, Lai YJ, Hwang CL. 1992. Fuzzy mathematical programming. Springer, Berlin, Heidelberg, pp: 74-186.

Li J, Xu J. 2013. Multi-objective portfolio selection model with fuzzy random returns and a compromise approach-based genetic algorithm. Inf Sci, 220: 507-521.

Li X, Wang Y, Yan Q, Zhao X. 2019. Uncertain mean-variance model for dynamic project portfolio selection problem with divisibility. Fuzzy Optimiz Decis Making, 18: 37-56.

Liao H, Xu Z. 2015. Extended hesitant fuzzy hybrid weighted aggregation operators and their application in decision making. Soft Comput, 19(9): 2551–2564.

Lin C, Tan B, Hsieh PJ. 2005. Application of the fuzzy weighted average in strategic portfolio management. Decis Sci, 36: 489–511.

Lintner J. 1965. Security prices risk and maximal gains from diversification. J Finance, 20(4): 587-615.

Markowitz HM. 1952. Portfolio selection. J Finance, 7(1): 77–91.

Markowitz H. 1959. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments. New York: Wiley, pp: 245.

Mossin J. 1966. Equilibrium in a capital asset market. Econometrica, 34(4): 768-783.

Ning Y, Yan L, Xie Y. 2013. Mean-TVaR model for portfolio selection with uncertain returns. Inter Inform Instit Inform, 16(2): 977-985.

Parra MA, Terol AB, Urı´a MVR. 2001. A fuzzy goal programming approach to portfolio selection. Eur J Oper Res, 133: 287–297.

Ranjbar M, Effati S, Kamyad AV. 2018. T-operators in hesitant fuzzy sets and their applications to fuzzy rule-based classifier. Appl Soft Comput, 62: 423–440.

Rodríguez RM, Martínez L, Herrera F. 2012. Hesitant fuzzy linguistic term sets for decision making. IEEE Trans Fuzzy Syst, 20(1): 109–119.

Rodriguez RM, Xu ZS, Martinez L. 2018. Hesitant fuzzy information for information fusion in decision making. Inf Fusion, 42: 62–63.

Sharpe FW. 1964. Capital asset prices: A Theory of market equilibrium under conditions of risk. J Finance, 19: 425-442.

Torra V, Narukawa Y. 2009. On hesitant fuzzy sets and decision. In: The 18th IEEE International Conference on Fuzzy Systems, Jeju Island, Korea, pp: 1378–1382.

Torra V. 2010. Hesitant fuzzy sets. Int J Intell Syst, 25(6): 529–539.

Wan SP, Qin YL, Dong JY. 2017. A hesitant fuzzy mathematical programming method for hybrid multi-criteria group decision making with hesitant fuzzy truth degrees. Knowl Based Syst, 138: 232-248.

Watada J. 1997. Fuzzy portfolio selection and its applications to decision making. Tatra Mount Math Public, 13: 219–248.

Xia M, Xu Z. 2011. Hesitant fuzzy information aggregation in decision making. Int J Approx Reason, 52(3): 395-407.

Xu Z, Xia M. 2011. On distance and correlation measures of hesitant fuzzy information. Int J Intell Syst, 26(5): 410-425.

Yadav S, Kumar A, Mehlawat MK, Gupta P, Charles V. 2023. A multi-objective sustainable financial portfolio selection approach under an intuitionistic fuzzy framework. Inf Sci, 646: 119379.

Zadeh LA. 1965. Fuzzy sets. Inf Comput, 8(3): 338–353.

Zeng W, Xi Y, Yin Q, Guo P. 2021. Weighted dual hesitant fuzzy set and its application in group decision making. Neurocomputing, 458: 714–726.

Zhu B, Xu Z, Xia M. 2012. Dual hesitant fuzzy sets. J Appl Math, 2012(1): 1–13.