



## YENİ BİR ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI “OLABİLİRLİK DEĞERLENDİRME SİSTEMİ”: KATILIM FONLARI ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Furkan GÖKTAŞ<sup>1\*</sup>, Fatih GÜÇLÜ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karabük University, Faculty of Management, Department of Business, 78050, Karabük, Türkiye

**Özet:** Katılım hisse senedi şemsiye fonları, İslami finans ilkeleri çerçevesinde filtrelenmiş hisse senetlerine yatırım imkânı sağlayan bir yatırım alternatifidir. Olabilirlik teorisi karar vermede önemli bir araçtır. Bu çalışmada katılım hisse senedi şemsiye fonlarının karşılaştırılması gibi problemler için olabilirlik teorisine dayanan yeni bir çok kriterli karar verme (ÇKKV) yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşım Olabilirlik Değerlendirme Sistemi (PES) olarak adlandırılmıştır. PES, temel ÇKKV yöntemlerinden olan maksimin kuralı, ağırlıklı toplam yöntemi ve maksimums kuralı ile ilişkilidir. Alternatiflerin öncelik vektörü PES ile tek olarak elde edilmektedir. Başka bir deyişle portföy seçimi problemi gibi çok amaçlı karar verme problemleri için tek bir çözüm vermektedir. PES, çok nitelikli karar verme problemleri için en yüksek önceliğe sahip alternatifin seçilmesine dayanmaktadır. PES, 31.07.2020 ve 30.12.2022 arasında Türkiye’de işlem gören beş farklı katılım hisse senedi şemsiye fonunun gerçek veri seti kullanılarak tanıtılmıştır. Yapılan uygulamada, PES’in bu temel yöntemlerden daha fazla bilgi ortaya koyduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Bulanık sayı, Çok kriterli karar verme, İslami finans, Katılım fonları, TOPSIS, Portföy seçimi


### A New Multi-Criteria Decision Making Approach “Possibilistic Evaluation System”: An Application on Participation Funds


**Abstract:** Participation stock umbrella funds are an investment alternative that provides the opportunity to invest in stocks filtered within the framework of Islamic finance principles. Possibility theory is an important tool in decision making. In this study, we propose a new multi-criteria decision making (MCDM) approach based on possibility theory for problems such as comparing participation stock umbrella funds. We call this approach as the Possibilistic Evaluation System (PES). PES is related to the maximin rule, weighted sum method and maximax rule, which are the elementary MCDM methods. We uniquely derive alternatives’ priority vector with PES. In other words, it gives a unique solution for multi-objective decision making problems such as portfolio selection. It depends on selecting the alternative having the highest priority for multi-attribute decision making problems. We illustrate PES by using the real data set of five different participation stock umbrella funds traded in Türkiye between 31.07.2020 and 30.12.2022. In our application, we observe that PES reveals more information than these elementary methods.

**Keywords:** Fuzzy number, Multi-criteria decision making, Islamic finance, Participation funds, TOPSIS, Portfolio selection

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Karabük University, Faculty of Management, Department of Business, 78050, Karabük, Türkiye

E mail: furkangoktas@karabuk.edu.tr (F. GÖKTAŞ)

Furkan GÖKTAŞ  <https://orcid.org/0000-0001-9291-3912>

Fatih GÜÇLÜ  <https://orcid.org/0000-0002-1007-4594>

**Gönderi:** 11 Ağustos 2023

**Kabul:** 27 Ekim 2023

**Yayınlanma:** 15 Ocak 2024

**Received:** August 11, 2023

**Accepted:** October 27, 2023

**Published:** January 15, 2024

**Cite as:** Göktaş F, Güçlü F. 2024. A new multi-criteria decision making approach “possibilistic evaluation system”: An application on participation funds. BSJ Eng Sci, 7(1): 1-8.

### 1. Giriş

COVID-19 pandemi sürecinin ardından tüm dünyada etkisini gösteren yüksek enflasyon, şirketlerin büyük bir kısmına pozitif anlamda yansımış, piyasada bollaşan para talebe dönüşerek şirketlerin finansal tablolarına olumlu anlamda etki etmiş, bu durum şirketlerin piyasa değerlerine de yansımıştır. Türkiye özelinde faizlerin düşüklüğü ve kur korumalı mevduat sisteminin etkisiyle altın ve döviz kurunun da sabit bir seyir izlemesi nedeniyle ellerindeki paranın alım gücünü korumak isteyen kişilerin hisse senedi piyasalarına olan ilgisi artmıştır. Türkiye’de 2020 Mart ayında yaklaşık 1 milyon 350 bin kişi olan hisse senedi yatırımcı sayısı, 2023 Eylül ayı itibarıyla yaklaşık 7 milyon 800 bine ulaşmıştır (MKK, 2023).

Hisse senedi yatırımları tasarruf sahipleri tarafından bireysel olarak yapılabileceği gibi, profesyonel fon yöneticileri tarafından yönetilen ve pek çok yatırımcıdan katılım belgeleri ile fon toplayan yatırım fonları aracılığıyla da gerçekleştirilebilir. Türkiye’de hisse senedi yatırım fonları, hisse senedi şemsiye fonları adı altında faaliyet göstermektedir. Hisse senedi şemsiye fonlarının bir türü de katılım hisse senedi şemsiye fonlarıdır. Portföyünün büyük bir kısmı, İslami finans ilkeleri uyarınca yapılan filtreleme sonucu İslami açıdan uygun olduğu belirlenen hisse senetlerinden oluşan bu fonlar, tahvil, bono ya da türev ürünler gibi konvansiyonel yatırım araçlarına portföylerinde yer verememektedirler. Hisse senetlerinin filtrelenmesi sürecinde, borsaya kote şirketler öncelikle faaliyet alanı açısından izlenmekte,



İslam finans ilkelerine göre faaliyette bulunulması yasak olan alanlarda (alkollü içecek, tütün ürünleri, faizli bankacılık, domuz ve domuz ürünleri vb.) faaliyet gösteren şirketlerin hisse senetleri dışarıda bırakılmaktadır. Sonraki süreçte ise faaliyet alanı açısından uygun olan şirketler, faizli borç, faizli alacak ve İslami açıdan uygun olmayan geliri ölçen oranlar aracılığıyla ikinci bir filtrelemeye tabi tutulmaktadır.

Portföy seçimi gibi birçok alanda oldukça geniş bir kullanım yelpazesi olan bulanık mantık Zadeh (1965)'in çalışmasında tanıtılmıştır. Bunlardan biri olan olabilirlik teorisi Zadeh (1978)'in çalışmasında önerilmiştir. Söz konusu teori, Dubois ve Prade (1988)'nin çalışmasında geliştirilmiştir. Diğer belirsizlik teorilerine oranla olabilirlik teorisinin kullanım kolaylığı vardır (Dubois, 2006). Bu nedenle söz konusu teori birçok alanda kullanılmaktadır. Bunlardan biri ÇKKV problemleridir (Fuller ve Harmati, 2018).

ÇKKV, yöneylem araştırmasının bir alt dalıdır ve bakış açısına göre tarihi eskiye veya yeniye dayanabilir. ÇKKV, sürekli problemler için çok amaçlı karar verme (ÇAKV) olarak adlandırılırken kesikli problemler için çok nitelikli karar verme (ÇNKV) olarak adlandırılır (Zavadskas ve ark., 2014). ÇKKV problemleri, satırlarında alternatifler olan sütunlarında kriterler olan bir karar matrisi ile temsil edilebilir (Taherdoost ve Madanchian, 2023). Karar matrisinin normalizasyonunda orana dayalı normalizasyon gibi çeşitli yöntemler kullanılabilir (Vafaei ve ark., 2017). ÇKKV problemleri için en çok kullanılan iki temel yöntem, ağırlıklı toplam ve ağırlıklı çarpım yöntemleridir (El Gibari ve ark., 2019). İyimser yaklaşıma dayanan maksimaks kuralı ve kötümser yaklaşıma dayanan maksimin kuralı da temel yöntemlerdendir (Moghaddam ve ark., 2011). Bu çalışmada olabilirlik teorisine dayanan yeni bir ÇKKV yaklaşımı önerilmiştir. Bu yaklaşım; maksimin kuralı, ağırlıklı toplam yöntemi, maksimaks kuralıyla ilişkilidir ve tanımı gereği söz konusu temel yöntemlere oranla daha fazla bilgi ortaya koymaktadır.

Literatürde olabilirlik teorisine dayanan birçok ÇKKV yaklaşımı önerilmiştir. Bulanık kümelerin oldukça kompleks uzantılarının kullanıldığı Wan ve Li (2013), Yi ve Li (2018), Garai ve ark. (2020), Foroozesh ve ark. (2022), Garai ve Gark (2022), Reig-Mullor ve Salas-Molino (2022) çalışmaları bunlara örnek olarak verilebilir. Bu çalışmada önerilen PES'in söz konusu çalışmalardan temel farkları bulanık kümelerin özel hali olan ve kullanım kolaylığına sahip olan bulanık sayılara dayanması ve söz konusu temel yöntemlerle ilişkili olmasıdır. PES'e benzer şekilde olabilirlik teorisi ve bulanık sayılardan yararlanarak TOPSIS yönteminin farklı uzantılarını oluşturan Ye ve Li (2014) ile Wang ve ark. (2015) ise söz konusu çalışmalardan ayrılmaktadır. Uygulama açısından bu çalışma ile benzerlik taşıyan Deng ve Yuan (2021) çalışmasında ise olabilirlik teorisi ve bulanık sayılardan yararlanarak ve hedef programlama kullanılarak portföy seçimi yapılmıştır. Bu çalışmanın devamı şu şekilde organize edilmiştir.

Bölüm 2'de, PES olarak kısaltılan Olabilirlik Değerlendirme Sisteminin teorik altyapısı oluşturulmuştur. Bölüm 3'te, 31.07.2020 ve 30.12.2022 arasında Türkiye'de işlem gören beş farklı katılım hisse senedi şemsiye fonunun gerçek veri seti kullanılarak PES tanıtılmıştır. Bölüm 4'teki son değerlendirmelerle çalışma sonuçlandırılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

Karar matrisinin (A) orana dayalı normalizasyonu aşağıda gösterilmiştir (Eşitlik 1). Burada  $a_{ij}$ , A matrisinin i. satır j. sütun elemanı iken  $\beta_j$  ( $\alpha_j$ ), A matrisinin j. sütununun eş değeri olarak j. kriterin en iyi (kötü) değeridir. Başka bir deyişle fayda (malîyet) yönlü kriter için  $\beta_j$  değeri, sütunun en yüksek (düşük) değeridir. Normalize edilmiş karar matrisinin (B) tüm elemanları [0,1] aralığında değer alır (Vafaei ve ark., 2017).

$$b_{ij} = \frac{|a_{ij} - \alpha_j|}{|\beta_j - \alpha_j|}, \forall i, j \quad (1)$$

Kriterlerin ağırlık vektörünü (x) belirlemek için birçok yöntem kullanılabilir. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS), bunlardan biridir (Odu, 2019). Bu yöntemle kriterlerin ağırlıklarını en doğru şekilde belirlemek için kriterlerin pozitif ikili karşılaştırma matrisinin Perron vektörü kullanılmalıdır. Perron vektörü, elemanları pozitif olan kare matrisin özvektörleri içinde tüm elemanları pozitif olan tek özvektördür. Bu özvektörle ilişkili olan özdeğer, bu matrisin en büyük özdeğeridir ve ikili karşılaştırmaların tutarlılığını belirlemede kullanılır (Saaty, 2003; Alonso ve Lamata, 2006).

Uyarı: Bu çalışmada kriterlerin ağırlık vektörü bulunurken bulanık AHS yerine orijinal AHS'nin kullanılmasının temel nedeni, ikili karşılaştırma matrislerini bulanıklaştırmanın değil iyi yargılarda bulunmanın kararın geçerliliğini artırmasıdır (Saaty ve Tiran, 2007). Kriterlerin ağırlık vektörünü bulmak için AHS'den farklı yöntemler de kullanılabilir.

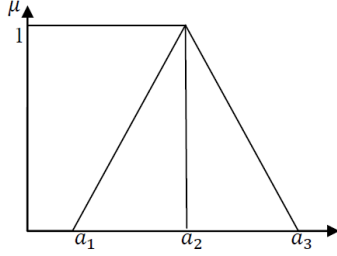
Ağırlıklı toplam yönteminde, B matrisinin her bir satırı için ağırlıklı toplam değeri bulunduktan sonra ağırlıklı toplam değeri en yüksek olan alternatif seçilir. Burada  $B \cdot x$  sütun vektörü hesaplanır (Sorooshian ve Parsia, 2019). Maksimaks kuralında, B matrisinin her bir satırı için satırın en yüksek değeri iyimserlik düzeyi olarak atanır ve en yüksek iyimserlik düzeyine sahip alternatif seçilir. ÇNKV için maksimin kuralı, B matrisinin her bir satırının en düşük değerinin güvenlik düzeyi olarak atanması ve en yüksek güvenlik düzeyine sahip alternatifin seçilmesidir (Moghaddam ve ark., 2011). ÇAKV için maksimin kuralı, aşağıdaki doğrusal programlama ile verilebilir (Eşitlik 2). Burada w vektörü, alternatiflerin ağırlık vektörüdür (Sikalo ve ark., 2022). Üçgensel bulanık sayılar, üç parametre ile temsil edilir. ( $a_1, a_2, a_3$ ) üçgensel bulanık sayısının üyelik fonksiyonunun grafiği Şekil 1'deki gibidir (Ali ve ark., 2016).

maks  $v$

$$\text{öyle ki } \sum_{i=1}^n B_{ij} w_i \geq v, \forall j$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$w_i \geq 0, \forall i$$



**Şekil 1.** Üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonunun grafiği.

Alternatifin güvenlik düzeyi ( $b_{i,1}$ ), ağırlıklı toplam değeri ( $b_{i,2}$ ) ve iyimserlik düzeyi ( $b_{i,3}$ ) kullanılarak,  $i$ . alternatifin faydasının ( $b_{i,1}, b_{i,2}, b_{i,3}$ ) üçgensel bulanık sayısı ile verilen olabilirlik dağılımı oluşturulsun. Fuller ve ark. (2011) çalışmasında verilen olabilirlik ortalaması ve varyansı tanımları ağırlık fonksiyonu 1'e eşit iken kullanıldığında,  $w$  vektörüne karşı gelen olabilirlik ortalaması ve varyansı sırasıyla Eşitlik 3'teki gibi bulunur (Göktaş ve Duran, 2019).

$$E_p \left( \sum_{i=1}^n w_i (b_{i,1}, b_{i,2}, b_{i,3}) \right) = \sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{b_{i,1} + 2b_{i,2} + b_{i,3}}{4} \right) \quad (3)$$

$$Var_p \left( \sum_{i=1}^n w_i (b_{i,1}, b_{i,2}, 1) \right) = \sum_{i=1}^n w_i^2 \left( \frac{1 - b_{i,1}}{6} \right)^2$$

**Uyarı:** Bu tanımlar, Laplace'nin yetersiz neden prensibine ve sürekli düzgün olasılık dağılımına dayanmaktadır (Dubois, 2006; Fuller ve ark., 2011). Olabilirlik varyansının hesabında  $b_{i,3}$  yerine 1 kullanılmasının nedeni, olabilirlik varyansının aşağı yönlü bir risk ölçüsüne benzer sonuç vermesini sağlamaktır.

Olabilirlik teorisi, olasılık teorisi ve bulanık küme teorisi ile ilişkilidir. Söz konusu teori, kesin olmayan olasılık için alt ve üst sınırları belirler (Dubois, 2006). Buna göre  $i$ . alternatifin faydasının, ( $b_{i,1}, b_{i,2}, b_{i,3}$ ) üçgensel bulanık sayısı ile verilen olabilirlik dağılımının herhangi bir  $\alpha$ -kesmesinde olmasının olasılığının alt ve üst sınırları sırasıyla  $1-\alpha$  ve  $1$  olarak bulunur. Ayrıca faydanın  $[b_{i,1}, b_{i,3}]$  kapalı aralığında olmasının olasılığı 1'dir (Göktaş ve Duran, 2019).

Bu çalışmada önerilen PES ile bulunan alternatiflerin öncelik vektörü ( $w^*$ ), aşağıda verilen maksimizasyon probleminin optimal sonucudur. Başka bir deyişle  $w^*$  vektörü, olabilirlik ortalaması olabilirlik standart sapmasına bölüldüğünde elde edilen ve olabilirlik performansı olarak adlandırılan  $P(w)$  fonksiyonunu maksimum yapar (Eşitlik 4).

$$\text{maks } P(w) := \frac{\sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{b_{i,1} + 2b_{i,2} + b_{i,3}}{4} \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n w_i^2 \left( \frac{1 - b_{i,1}}{6} \right)^2}} \quad (4)$$

$$\text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i = 1$$

$$w_i \geq 0, \forall i$$

Eşitlik 4'teki negatif değer almayan amaç fonksiyonu,  $w$  vektörünün homojen fonksiyonu olduğundan Eşitlik 5'teki kesin konveks kuadratik minimizasyon probleminin tek optimal çözümü standardize edildiğinde yani elemanları toplamına bölüldüğünde Eşitlik 4'ün tek optimal çözümü elde edilir (Goldfarb ve Iyengar, 2003; Tütüncü ve Koenig, 2004).

$$\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} w_i^2 \left( \frac{1 - b_{i,1}}{6} \right)^2$$

$$\text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{b_{i,1} + 2b_{i,2} + b_{i,3}}{4} \right) = 1 \quad (5)$$

$$w_i \geq 0, \forall i$$

Eşitlik 5'in optimal çözümü MATLAB gibi paket programlarla bulunabilir. Burada  $w$  vektörünün elemanları için negatif olmama kısıdı kaldırıldığında aşağıdaki kesin konveks kuadratik minimizasyon problemi elde edilir. Eşitlik 6'nın tek optimal çözümü Lagrange çarpanları yöntemi yardımıyla bulunabilir. Eğer Eşitlik 6'nın optimal çözümünün tüm elemanları negatif olmayan değerler alıyorsa bu çözüm Eşitlik 5'in de optimal çözümüdür ve dolayısıyla alternatiflerin öncelik vektörü Eşitlik 6'nın optimal çözümünün standardize edilmiş halidir.

$$\min \sum_{i=1}^n \frac{1}{2} w_i^2 \left( \frac{1 - b_{i,1}}{6} \right)^2$$

$$\text{öyle ki } \sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{b_{i,1} + 2b_{i,2} + b_{i,3}}{4} \right) = 1 \quad (6)$$

$\lambda$ , Lagrange çarpanı iken Eşitlik 6 için Lagrange fonksiyonu Eşitlik 7'deki gibi oluşturulur.

$$L(w, \lambda) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n w_i^2 \left( \frac{1 - b_{i,1}}{6} \right)^2 - \lambda \left[ \sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{b_{i,1} + 2b_{i,2} + b_{i,3}}{4} \right) - 1 \right] \quad (7)$$

Eşitlik 6'nın tek optimal çözümü,  $\lambda$ 'ya bağlı olarak aşağıdaki gibi bulunur. Eşitlik 6'daki kısıdın sağlanabilmesi için  $\lambda$ 'nın pozitif olması gerektiği açıktır. Orana dayalı normalizasyon yöntemi ile elde edilen B matrisinin elemanları pozitif olduğundan tüm  $w_i$ 'ler de pozitifdir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial L(w, \lambda)}{\partial w_i} &= w_i \left( \frac{1 - b_{i,1}}{6} \right)^2 - \lambda \left( \frac{b_{i,1} + 2b_{i,2} + b_{i,3}}{4} \right) = 0, \forall i \\ \rightarrow w_i &= 9\lambda \frac{(b_{i,1} + 2b_{i,2} + b_{i,3})}{(1 - b_{i,1})^2}, \forall i \end{aligned} \quad (8)$$

Eşitlik 8 ile verilen, Eşitlik 6'nın tek optimal çözümü standardize edildiğinde aşağıdaki bilgi elde edilir. Buna göre i. alternatifin öncelik değeri Eşitlik 9'daki gibidir ve görüldüğü üzere  $b_{i,1}$ ,  $b_{i,2}$ ,  $b_{i,3}$  parametrelerinin kesin artan fonksiyonudur.

$$w_i^* = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{b_{i,1} + 2b_{i,2} + b_{i,3}}{(1-b_{i,1})^2}}, \forall i \quad (9)$$

Bu çalışmada önerilen PES'in adımları şu şekildedir.

Adım 1: Karar matrisi (A) oluşturulur.

Adım 2: (1) ifadesi ile A normalize edilir ve normalize edilmiş karar matrisi (B) oluşturulur.

Adım 3: Kriterlerin ağırlıklı vektörü (x), AHS gibi bir yöntem ile belirlenir.

Adım 4: B matrisinin i. satırının güvenlik düzeyi ( $b_{i,1}$ ), ağırlıklı toplam değeri ( $b_{i,2}$ ) ve iyimserlik düzeyi ( $b_{i,3}$ ) kullanılarak i. alternatifin faydası için ( $b_{i,1}$ ,  $b_{i,2}$ ,  $b_{i,3}$ ) üçgensel bulanık sayısı ile verilen olabirlik dağılımı oluşturulur.

Adım 5: (4) ifadesinin optimal sonucu olan alternatiflerin öncelik vektörü ( $w^*$ ) (9) ifadesi ile bulunur.

Adım 6: i. ÇNKV problemlerinde en yüksek önceliğe sahip alternatif seçilir.

ii. ÇAKV problemlerinde öncelik vektörü, kaynakların alternatiflere dağıtılmasında kullanılabilir. Öncelik vektörü, olabirlik performansını maksimum yapan kaynak dağıtım planına karşı gelir.

Öncelik vektörü (9) ifadesi ile verilen PES'in; kötümser yaklaşıma dayanan maksimum kuralı, iyimser yaklaşıma dayanan maksimum kuralı ve en çok kullanılan temel yöntemlerden olan ağırlıklı toplam yönteminden elde edilen bilgileri olabirlik teorisinden ve üçgensel bulanık sayılardan yararlanarak sentezlediği söylenebilir.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamına 31.07.2020 ve 30.12.2022 arasında Türkiye'de işlem gören Ziraat portföye ait ZPE fonu, Albaraka portföye ait RBH fonu, Mükafat portföye ait MPS fonu, KT portföye ait KPC fonu ve QInvest portföye ait ELZ fonu dahil edilmiştir. Söz konusu fonlar, katılım hisse senedi şemsiye fonlarının karşılaştırılması ÇKKV problemi için alternatiflerdir. Bu problem için kriterler ise Güçlü (2022)'nin çalışmasında olduğu gibi belirlenmiştir. Buna göre kriterler; ortalama getiri (K1), bilgi oranı (K2), Sharpe oranı (K3), Treynor oranı (K4), standart sapma (K5) ve beta katsayısı (K6) olarak sıralanabilir. Bunlardan ilk dördü fayda yönlü kriter iken son ikisi maliyet yönlü kriterdir. Söz konusu ÇKKV probleminin çözümünde PES kullanılmıştır.

Adım 1: Belirtilen tarihler arasında alternatiflerin haftalık getiri verileri kullanılarak oluşturulan karar matrisi (A) Tablo 1'deki gibidir.

Adım 2: Orana dayalı normalizasyon kullanılarak oluşturulan normalize edilmiş karar matrisi (B) Tablo 2'deki gibidir. K6 hariç tutulduğunda, RBH diğer alternatiflerden üstün iken KPC de RBH ve ZPE dışındaki alternatiflerden üstündür.

Adım 3: AHS'de kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi Tablo 3'teki gibi oluşturulmuştur. Bu matrisin Perron vektörünü bulmak için MATLAB paket programı kullanılmıştır. Buna göre kriterlerin ağırlık vektörü (x) AHS ile (0,1291, 0,1291, 0,3185, 0,3185, 0,0524, 0,0524)<sup>T</sup> sütun vektörü olarak bulunmuştur. İkili karşılaştırmaların tutarlılık oranı 0,0123 olarak hesaplanmıştır. Burada 0,0123 < 0,1 olduğundan yapılan ikili karşılaştırmalar tutarlıdır (Saaty ve Vargas, 2012).

Adım 4: Tablo 2'deki bilgiler doğrultusunda i. alternatif için güvenlik düzeyi ( $b_{i,1}$ ), ağırlıklı toplam değeri ( $b_{i,2}$ ) ve iyimserlik düzeyi ( $b_{i,3}$ ) Tablo 4'teki gibi bulunmuştur.

**Tablo 1.** Karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
ZPE	0,0133	-0,0025	0,3148	0,0127	0,0316	0,7844
RBH	0,0144	0,0333	0,3600	0,0161	0,0307	0,6840
MPS	0,0117	-0,0518	0,2586	0,0110	0,0323	0,7573
KPC	0,0135	0,0052	0,3169	0,0138	0,0321	0,7401
ELZ	0,0081	-0,1060	0,0965	0,0090	0,0495	0,5301

**Tablo 2.** Normalize edilmiş karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
ZPE	0,8238	0,7431	0,8285	0,5134	0,9524	0
RBH	1	1	1	1	1	0,3950
MPS	0,5690	0,3893	0,6152	0,2814	0,9160	0,1064
KPC	0,8633	0,7986	0,8364	0,6665	0,9219	0,1743
ELZ	0	0	0	0	0	1

**Tablo 3.** Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1	1	1/3	1/3	3	3
K2	1	1	1/3	1/3	3	3
K3	3	3	1	1	5	5
K4	3	3	1	1	5	5
K5	1/3	1/3	1/5	1/5	1	1
K6	1/3	1/3	1/5	1/5	1	1

**Tablo 4.** PES için parametreler

	Güvenlik Düzeyi	Ağırlıklı Toplam D.	İyimserlik Düzeyi
ZPE	0	0,6796	0,9524
RBH	0,3950	0,9683	1
MPS	0,1064	0,4629	0,9160
KPC	0,1743	0,7507	0,9219
ELZ	0	0,0524	1

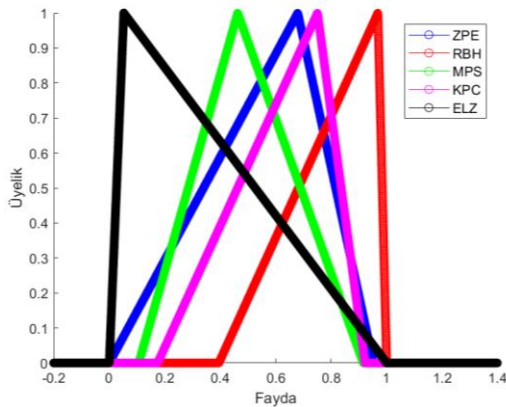
**Tablo 5.** Olabilirlik teorisine dayanan bilgiler

	Olabilirlik Ortalaması	Olabilirlik Varyansı	Ol Ort. / Ol. Var.
ZPE	0,5779	0,0278	20,80
RBH	0,8329	0,0102	81,92
MPS	0,4870	0,0222	21,96
KPC	0,6494	0,0189	34,29
ELZ	0,2762	0,0278	9,94

Tablo 4'teki bilgiler doğrultusunda alternatiflerin faydaları için aşağıdaki bilgiler verilebilir.

- ZPE için olabilirlik dağılımı (0, 0,6796, 0,9524) üçgensel bulanık sayısıdır.
- RBH için olabilirlik dağılımı (0,3950, 0,9683, 1) üçgensel bulanık sayısıdır.
- MPS için olabilirlik dağılımı (0,1064, 0,4629, 0,9160) üçgensel bulanık sayısıdır.
- KPC için olabilirlik dağılımı (0,1743, 0,7507, 0,9219) üçgensel bulanık sayısıdır.
- ELZ için olabilirlik dağılımı (0, 0,0524, 1) üçgensel bulanık sayısıdır.

Şekil 2'de bu üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonlarının grafikleri verilmiştir. Alternatiflerin renkleri sırasıyla mavi, kırmızı, yeşil, eflatun ve siyah olarak belirlenmiştir.



**Şekil 2.** Alternatiflerin faydaları için olabilirlik dağılımları.

Tablo 5'te, alternatiflerle ilgili bazı önemli bilgiler verilmiştir. (PES, (9) ifadesi ile öncelik vektörünü bulur. Eş değer olarak Tablo 5'in son sütunu standardize edildiğinde de aynı öncelik vektörü elde edilir). Görüldüğü üzere RBH, olabilirlik ortalama-varyans düzleminde diğer alternatiflere baskındır. Başka bir deyişle RBH, diğer alternatiflere göre daha yüksek olabilirlik ortalamasına ve daha düşük olabilirlik standart sapmasına sahiptir. KPC bu düzlemde RBH dışındaki alternatiflere baskındır. Bu değerlendirmeler, Tablo 2 için yapılan değerlendirmelerle uyumludur.

Tablo 5 için;

Adım 5: (9) ifadesi kullanılarak veya Tablo 5'in son sütunu standardize edilerek alternatiflerin öncelik vektörü (0,1232, 0,4850, 0,1300, 0,2030, 0,0589)<sup>T</sup> olarak bulunmuştur.

Adım 6: Tablo 1'deki karar matrisi ve Tablo 3'teki ikili karşılaştırma matrisinde verilen bilgiler doğrultusunda PES ile bulunan en iyi kaynak dağıtım planı; ZPE için %12,32, RBH için %48,50, MPS için %13,00, KPC için %20,30 ve ELZ için %5,89 olarak belirlenmiştir.

İkili karşılaştırmalara ve öznel yargılara dayanan AHS'nin aksine TOPSIS yöntemi, Öklid uzaklığına dayanır (Chakraborty, 2022). Tablo 6'da maksimin kuralıyla, ağırlıklı toplam yöntemiyle, maksimaks kuralıyla, TOPSIS yöntemiyle ve PES yaklaşımı ile bulunan öncelik vektörleri verilmiştir. Maksimaks kuralı hariç, öncelik vektörleri tek olarak bulunmuştur. RBH ile ELZ'nin Tablo 4'te verilen iyimserlik düzeyleri aynı olduğundan bunların öncelikleri maksimaks kuralında eşit alınmıştır.

**Tablo 6.** Öncelik vektörleri

	Maksimin Kuralı	Ağırlıklı Toplam Yöntemi	Maksimaks Kuralı	TOPSIS	PES
ZPE	0	0	0	0,2437	0,1232
RBH	0,6231	1	0,5	0,3255	0,4850
MPS	0	0	0	0,1553	0,1300
KPC	0	0	0	0,2629	0,2030
ELZ	0,3769	0	0,5	0,0126	0,0589

**Tablo 7.** Kriterlerin farklı ağırlık vektörleri için PES ile bulunan öncelik vektörleri

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ZPE	0,1232	0,1318	0,1289	0,1320	0,1112	0,1359	0,0701
RBH	0,4850	0,4703	0,4903	0,4692	0,5210	0,4413	0,4393
MPS	0,1300	0,1372	0,1192	0,1427	0,1115	0,1701	0,1139
KPC	0,2030	0,2099	0,2088	0,2054	0,2001	0,2051	0,1559
ELZ	0,0589	0,0507	0,0529	0,0506	0,0562	0,0476	0,2208

**Tablo 8.** Kriterlerin farklı ağırlık vektörleri için PES ile bulunan öncelik sıralamaları

	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6
ZPE	4.	4.	3.	4.	4.	4.	5.
RBH	1.	1.	1.	1.	1.	1.	1.
MPS	3.	3.	4.	3.	3.	3.	4.
KPC	2.	2.	2.	2.	2.	2.	3.
ELZ	5.	5.	5.	5.	5.	5.	2.

TOPSIS ile bulunan öncelik vektörü, TOPSIS ile bulunan genel tercih skor vektörü standardize edilerek yani elemanları toplamına bölünerek elde edilmiştir. Görüldüğü üzere PES ve TOPSIS ile bulunan öncelik sıralamaları neredeyse aynıdır. PES ile yapılan sıralama RBH, KPC, MPS, ZPE ve ELZ şeklindeyken, TOPSIS ile yapılan sıralama RBH, KPC, ZPE, MPS ve ELZ şeklindedir. ÇNKV problemleri için beş yöntem de RBH'yi seçer. ÇAKV problemleri için bulunan öncelik vektörü, kaynakların alternatiflere dağıtılmasında kullanılabilir. Örneğimizde bu durum Tablo 6'daki öncelik vektörleri ile portföy oluşturulmasına karşı gelmektedir. Maksimin ve maksimaks kuralları, diğer alternatiflere göre geride olduğu görülen ELZ için yüksek öncelik değeri verirken, en iyi ikinci alternatif olduğu görülen KPC için öncelik değerini sıfır olarak vermiştir. Ağırlıklı toplam yöntemi, en iyi alternatif olan RBH'ye tüm önceliği vermiştir. Öte yandan PES ile elde edilen öncelik vektörü dengelidir ve en iyi (ikinci) alternatif olan RBH'ye (KPC'ye) en yüksek (ikinci) önceliği vermiştir. Örneğimizde, normalize edilmiş karar matrisindeki veriyi işlemede daha başarılı olduğu için, PES'in söz konusu temel yöntemlere oranla daha fazla bilgi ortaya koyduğu söylenebilir. Yani örneğimizde verilen bilgiler doğrultusunda portföy oluşturmak isteyen bir yatırımcı, Tablo 6'daki öncelik vektörleri içinden TOPSIS ile bulunan hariç PES ile bulunanı tercih edebilir. PES ve TOPSIS arasındaysa herhangi bir üstünlük ilişkisi yoktur. Bu nedenle PES ya da TOPSIS ile bulunan öncelik vektörlerinden hangisinin portföy seçiminde kullanılacağı karar vericinin tercihinine bağlıdır.

PES ile bulunan sonuçlar kriterlerin ağırlık vektöründen

etkilenmektedir. PES için yapılan duyarlılık analizinin sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8'de verilmiştir. Burada  $(0,1291, 0,1291, 0,3185, 0,3185, 0,0524, 0,0524)^T$  sütun vektörüyle verilen ve bu çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlık vektörü S0 ile gösterilmiştir, SX ise X. kriterin ağırlığının %100 olduğu diğer kriterlerin ağırlığının %0 olduğu duruma karşı gelmektedir.

Tablo 8'de görüldüğü üzere RBH tüm durumlarda en yüksek önceliğe sahiptir. S6 dışındaki durumlarda KPC (ELZ) en yüksek ikinci (beşinci) önceliğe sahiptir. S2 ve S6 dışındaki durumlarda MPS (ZPE) en yüksek üçüncü (dördüncü) önceliğe sahiptir.

Tablo 7 ve Tablo 8'de görüldüğü üzere PES ile bulunan sonuçlar, kriterlerin ağırlık vektöründeki değişimlere karşı aşırı duyarlı değildir. Bu durumun temel nedeni, (9) ifadesindeki  $b_{i,1}$ ,  $b_{i,2}$  ve  $b_{i,3}$  parametrelerinden sadece  $b_{i,2}$  parametresinin kriterlerin ağırlık vektöründen etkilenmesidir.

#### 4. Sonuç

Ülkemizde hisse senedi piyasasına duyulan ilgi hızla artmaktadır. Buna paralel olarak hisse senedi yatırım fonları, Borsa İstanbul'un önemli bir güç merkezi haline gelmiştir. Katılım hisse senedi şemsiye fonları, dini hassasiyetleri nedeniyle hisse senedi evrenindeki tüm hisse senetlerine yatırımda bulunamayan tasarruf sahiplerine, İslami finans ilkeleri çerçevesinde filtrelenmiş hisse senetlerine yatırım imkânı sağlayan bir yatırım alternatifidir. Nainggolan ve ark. (2016), Bayraktar ve Aksoy (2020), Climent ve ark. (2020), Güçlü ve Şekkeli (2020), Güçlü (2022) gibi çalışmalardan bilindiği üzere katılım hisse senedi şemsiye fonları, diğer

hisse senedi yatırım fonlarının büyük bölümünden daha kötü performans vermemektedir. Bu çalışmada katılım hisse senedi şemsiye fonlarının karşılaştırılması gibi önemli ÇKKV problemleri için Olabilirlik Değerlendirme Sistemi (PES) önerilmiştir. PES, temel ÇKKV yöntemleri olan maksimum kuralı, ağırlıklı toplam metodu ve maksimum kuralı ile ilişkilidir. Maksimum kuralı kötümser yaklaşıma dayanırken, maksimum kuralı iyimser yaklaşıma dayanır. Ağırlıklı toplam değeriye, iş hayatına ek olarak günlük hayatta da sıklıkla kullandığımız bir referans noktasıdır. Yapılan uygulamada PES'in söz konusu temel yöntemlere oranla daha fazla bilgi ortaya koyduğu görülmüştür. Çünkü tanımı gereği PES, söz konusu temel yöntemlerden edilen bilgileri olabilirlik teorisinden ve üçgensel bulanık sayılardan yararlanarak sentezlemektedir. Bu nedenle PES müstakil bir ÇKKV yöntemi olarak değil, söz konusu temel yöntemlerle ilişkili olan yeni bir ÇKKV yaklaşımı olarak görülebilir. Bu ilişkinin, PES ile elde edilecek bilgi için bir sınırlılık oluşturduğu iddia edilebilir. PES'in; AHS, TOPSIS gibi diğer ÇKKV yöntemlerinden üstün olduğuna dair herhangi bir hipotez ise söz konusu değildir ve dolayısıyla bununla ilgili herhangi bir analiz yapılmamıştır. Kullanım kolaylığı olan PES, öncelik vektörünü tek olarak vermektedir. Sonuç olarak PES'in dikkate değer bir ÇKKV yaklaşımı olduğu söylenebilir. İlerideki çalışmalarda grup karar verme problemleri için PES genelleştirilebilir. Farklı ÇKKV problemlerinin incelendiği akademik çalışmalarda ve ÇKKV problemi olarak formalize edilebilecek herhangi bir işletme probleminin çözümünde PES kullanılabilir.

## Katkı Oranı Beyanı

Yazar(lar)ın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	F.Gö.	F.Gü.
K	50	50
T	50	50
Y	50	50
VTI	50	50
VAY	50	50
KT	50	50
YZ	50	50
KI	50	50
GR	50	50
PY	50	50
FA	50	50

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

## Kaynaklar

- Ali MY, Sultana A, Khan AFMK. 2016. Comparison of fuzzy multiplication operation on triangular fuzzy number. *IOSR J Math*, 12(4): 35-41.
- Alonso JA, Lamata MT. 2006. Consistency in the analytic hierarchy process: a new approach. *Int J Uncert Fuzzy Knowledge-bas Syst*, 14(04): 445-459.
- Bayraktar M, Aksoy M. 2020. Katılım esasına dayalı bireysel emeklilik fonlarının performans analizi. *Muhas Finan Derg*, 86: 153-184.
- Chakraborty S. 2022. TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis. *Decis Analyt J*, 2: 100021.
- Climent F, Mollá P, Soriano P. 2020. The investment performance of U.S. Islamic mutual funds. *Sustainability*, 12(3530): 1-18.
- Deng X, Yuan Y. 2021. A novel fuzzy dominant goal programming for portfolio selection with systematic risk and non-systematic risk. *Soft Comput*, 25(23): 14809-14828.
- Dubois D. 2006. Possibility theory and statistical reasoning. *Computl Stat Data Analysis*, 51(1): 47-69.
- Dubois D, Prade H. 1988. Possibility Theory. Plenum Press, New York, US.
- El Gibari S, Gómez T, Ruiz F. 2019. Building composite indicators using multicriteria methods: A review. *J Busin Econ*, 89(1): 1-24.
- Foroozesh N, Mousavi SM, Mojtahedi M, Gitinavard H. 2022. Maintenance policy selection considering resilience engineering by a new interval-valued fuzzy decision model under uncertain conditions. *Sci Iranica*, 29(2): 783-799.
- Fullér R, Harmati IA. 2018. On possibilistic dependencies: A short survey of recent developments. *Soft Comput Based Optimiz Decision Models*, 2018: 261-273.
- Fullér R, Mezei J, Varlaki P. 2011. An improved index of interactivity for fuzzy numbers. *Fuzzy Sets Syst*, 165(1): 50-60.
- Goldfarb D, Iyengar G. 2003. Robust portfolio selection problems. *Math Operat Res*, 28(1): 1-38.
- Göktaş F, Duran A. 2019. A new possibilistic mean-variance model based on the principal components analysis: an application on the Turkish holding stocks. *J Multiple-Valued Logic Soft Comput*, 32(5-6): 455-476.
- Garai T, Dalapati S, Garg H, Roy TK. 2020. Possibility mean, variance and standard deviation of single-valued neutrosophic numbers and its applications to multi-attribute decision-making problems. *Soft Comput*, 24: 18795-18809.
- Garai T, Garg H. 2022. Multi-criteria decision making of water resource management problem (in Agriculture field, Purulia district) based on possibility measures under generalized single valued non-linear bipolar neutrosophic environment. *Expert Syst Appl*, 205: 117715.
- Güçlü F. 2022. Katılım hisse senedi şemsiye fonlarının performansının gri ilişkisel analiz yöntemi ile incelenmesi. *Finans Ekon Sos Araş Derg*, 7(1): 121-130.
- Güçlü F, Şekkel FE. 2020. Türkiye'deki İslami ve konvansiyonel hisse senedi yatırım fonlarının performans analizi ve karşılaştırılması. *Busin Manag Stud*, 8(5): 4463-4486.
- MKK. 2023. Uyrak bazında yatırımcı sayıları. Veri Analiz Platformu. URL: <https://www.vap.org.tr/uyruk-bazinda-yatirimci-sayilari> (erişim tarihi: 29 Eylül 2023).

- Moghaddam NB, Nasiri M, Mousavi SM. 2011. An appropriate multiple criteria decision making method for solving electricity planning problems, addressing sustainability issue. *Int J Environ Sci Technol*, 8(3): 605-620.
- Nainggolan Y, How J, Verhoeven P. 2016. Ethical screening and financial performance: The case of Islamic equity funds. *J Busin Ethics*, 137(1): 83-99.
- Odu GO. 2019. Weighting methods for multi-criteria decision making technique. *J Appl Sci Environ Manag*, 23(8): 1449-1457.
- Reig-Mullor J, Salas-Molina F. 2022. Non-linear neutrosophic numbers and its application to multiple criteria performance assessment. *Int J Fuzzy Syst*, 24(6): 2889-2904.
- Saaty TL. 2003. Decision making with the AHP: why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of J Operat Res*, 145(1): 85-91.
- Saaty TL, Tran LT. 2007. On the invalidity of fuzzifying numerical judgments in the analytic hierarchy process. *Math Comput Model*, 46(7-8): 962-975.
- Saaty TL, Vargas LG. 2012. *models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. Springer, New York, US, pp: 78.
- Sikalo M, Arnaut-Berilo A, Zaimovic A. 2022. Efficient asset allocation: Application of game theory-based model for superior performance. *Int J Finan Stud*, 10(1): 20.
- Sorooshian S, Parsia Y. 2019. Modified weighted sum method for decisions with altered sources of information. *Math Stat*, 7(3): 57-60.
- Taherdoost H, Madanchian M. 2023. Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts. *Encyclopedia*, 3(1): 77-87.
- Tütüncü RH, Koenig M. 2004. Robust asset allocation. *Annals Operat Res*, 132: 157-187.
- Vafaei N, Ribeiro RA, Camarinha-Matos LM. 2016. Normalization techniques for multi-criteria decision making: Analytical hierarchy process case study. *Doctoral conference on computing, electrical and industrial systems*. Springer, Cham, New York, US, pp: 261-269.
- Wan SP, Li DF. 2013. Possibility mean and variance based method for multi-attribute decision making with triangular intuitionistic fuzzy numbers. *J Intell Fuzzy Syst*, 24(4): 743-754.
- Wang X, Yang F, Wei H, Zhang L. 2015. A new ranking method based on TOPSIS and possibility theory for multi-attribute decision making problem. *Optik*, 126(24): 4852-4860.
- Ye F, Li Y. 2014. An extended TOPSIS model based on the possibility theory under fuzzy environment. *Knowledge-Based Syst*, 67: 263-269.
- Yi ZH, Li HQ. 2018. Triangular norm-based cuts and possibility characteristics of triangular intuitionistic fuzzy numbers for decision making. *Int J Intell Syst*, 33(6): 1165-1179.
- Zadeh LA. 1965. Fuzzy sets. *Info Control*, 8(3): 338-353.
- Zadeh LA. 1978. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility. *Fuzzy Sets Syst*, 1(1): 3-28.
- Zavadskas EK, Turskis Z, Kildienė S. 2014. State of art surveys of overviews on MCDM/MADM methods. *Technol Econ Devel Econ*, 20(1): 165-179.