

AHP, ARAS ve bulanık TOPSIS ile yeni şube yeri seçimi: Denizcilik sektöründe bir tedarikçi firma örneği

New branch location selection with AHP, ARAS and fuzzy TOPSIS: An example of a supplier company in the maritime industry

Abdülşamet KARA¹, Ahmet MASRI¹, Gülsüm Kübra KAYA^{1*}

¹Endüstri Mühendisliği, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
a.sametkara34@gmail.com, a.masri.2002@gmail.com, kubra.kaya@medeniyet.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 13.02.2021
Kabul Tarihi/Accepted: 31.07.2021

Düzeltilme Tarihi/Revision: 30.07.2021

doi: 10.5505/pajes.2021.40460
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Bir firmanın yeni bir şubesinin yer seçimi, firmanın karlılığı ve sürdürülebilirliği adına kritik bir karardır. Yer seçimi problemleri çok sayıda ve birbirleri ile çelişebilen kriterler altında alternatiflerin değerlendirilmesini gerektirir. Bu çalışma, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinden AHP, ARAS ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanarak denizcilik sektöründeki bir tedarikçi firmanın yeni bir şubesi için en uygun yerin belirlenmesini ve farklı yöntemlerden elde edilen sonuçların karşılaştırılmasını amaçlamaktadır. Çalışmada, maliyet, ulaşım, doğal faktörler, kalifiye iş gücü, tedarikçi bağlantıları, rakip firmaların varlığı ve liman potansiyeli kriterleri altında sekiz alternatif değerlendirilmiştir. Çalışma bulguları en önemli kriterin "maliyet" olduğunu ve firmanın yeni şubesi için en uygun lokasyonun İzmit olduğunu ortaya koymuştur. ÇKKV yöntemlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında ise en iyi alternatifin kullanılan üç yöntemle de aynı bulunduğu fakat kalan diğer alternatiflerin sıralamalarında farklı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bu da ÇKKV yöntemlerinin karar destek amaçlı kullanılması gerektiğini bir kez daha göstermiştir.

Anahtar kelimeler: AHP, ARAS, Bulanık TOPSIS, ÇKKV, Yer seçimi.

Abstract

Selecting the new branch location of a company is a critical decision for the profitability and sustainability of the company. Site selection problems require the evaluation of alternatives under multiple and conflicting criteria. This study aims to determine the most suitable location for a new branch of a supplier company in the maritime industry and compare the results obtained from different Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) methods using AHP, ARAS, and fuzzy TOPSIS. In the study, eight alternatives were evaluated under the criteria of cost, transportation, natural factors, qualified workforce, supplier connections, presence of competitors and port potential. The findings revealed that the most important criterion is "cost" and the most suitable location for the new branch of the company is İzmit. Having compared the results obtained from the MCDM methods, it was seen that the best alternative was the same with all three methods. Still, different results were obtained in the rankings of the remaining alternatives. This once again showed that MCDM methods should be used for decision support purposes.

Keywords: AHP, ARAS, Fuzzy-TOPSIS, MCDM, Location selection.

1 Giriş

Denize kıyısı olan ülkeler ticari anlamda önemli bir avantaj elde ederler [1]. Yapılan araştırmalara göre dünya ticaretinde her 5 üründen 4'ü gemiler ile taşınmaktadır. Türkiye'de de ticaretin büyük bir kısmı deniz taşımacılığı ile gerçekleşmektedir. Deniz taşımacılığı yolcu ve mal taşımacılığını içerir. Deniz taşımacılığında kullanılan gemilerin özelliklerinin yanı sıra limanların, tersanelerin ve gemilere tedarik sağlayan firmaların da deniz ticaretine etkisi büyüktür [2],[3].

Denizcilik sektörü, içinde yer alan tüm paydaşların uygun etkileşimi ile gelişir [2],[4]. Firmalar gelişen sektörde tutunabilmek ve kâr paylarını arttırabilmek için yeni girişimlere başvururlar ve sektörde genişleme yoluna giderler. Gemilere malzeme tedariki sağlayan firmalar da bunlardan biridir. Bu firmalar potansiyeli olan limanlara ya da tersanelere tedarik sağlayacak yeni şubeler açarak firmanın kâr payını arttırmayı hedeflerler.

Türkiye'de özel sektöre ait 84 adet tersane bulunmaktadır [5]. Bu durumda, tedarikçi firmaların yeni bir şube yeri belirleme karar problemlerinde çok sayıda alternatif yer almaktadır. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin varlığı da düşünülünce karar verme problemi

kompleks bir hal almaktadır. Bu noktada, rasyonel kararların verilebilmesi için matematiksel temellere dayanan yöntemlerin kullanılmasının ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Literatürde karar verme problemlerinde optimal alternatifini seçebilmek adına Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerine sıklıkla başvurulmuştur [6]-[8]. ÇKKV yöntemleri, birden fazla ve genellikle birbirleri ile çelişen kriterlerin bulunduğu ortamda en uygun alternatifini tercih etmede karar vericiye çözüm önerileri üretirler [9],[10].

ÇKKV yöntemleri, hizmet sektöründen imalat sektörüne çeşitli alanlarda karar verme problemlerine çözüm üretmek adına kullanılmıştır. Bunlara örnek vermek gerekirse, ÇKKV yöntemleri yer seçimi [11]-[15], proje seçimi [16], tedarikçi seçimi [17]-[21], personel seçimi [22]-[24] ve malzeme seçimi [21],[25] gibi çeşitli karar problemlerinde uygulanmıştır. Literatürde kullanılan yöntemlere bakıldığında ise Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), TOPSIS, VIKOR, PROMETHEE, ELECTRE ve MOORA gibi yöntemlerin sıklıkla kullanıldığı, son yıllarda ise bu yöntemlerin bulanık mantık ile entegreli kullanıldığı gözlemlenmiştir [20],[24],[26]-[28].

Bu çalışmada, ana yerleşkesi İstanbul'un Tuzla ilçesinde yer alan bir tedarikçi firma için uzakta yer alan limanlardan gelen talepleri daha iyi karşılayabilmek adına yeni bir şube yeri belirlenmesi karar problemi ele alınmıştır. Bu tedarikçi firması,

*Yazışılan yazar/Corresponding author

gemi inşaat sektöründe faaliyet gösteren mühendislik ve danışmanlık firmasıdır.

Çalışmada, mevcut ÇKKV yöntemleri arasından AHP, ARAS ve bulanık TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır. AHP kriter ağırlıklandırmasında ve seçim problemlerinde literatürde yaygın olarak kullanıldığından ve etkinliğini ispatlamış bir yöntem olduğundan tercih edilmiştir. Çalışmada karar verme süreçlerindeki belirsizlikleri göz önünde bulundurmak ve sonuçların güvenilirliğini ve doğruluğunu en üst seviyeye çıkarmak için bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca, literatürde AHP ve TOPSIS yöntemlerine nispeten daha az kullanıldığı gözlemlenen ARAS metodu da oransal derecelendirmede etkin bir yöntem olması sebebi ile tercih edilmiştir.

Bu çalışmada kullanılacak olan ÇKKV yöntemlerini daha önceden ele almış olan çalışmalardan bahsetmek gerekirse, Konstantinos ve diğerleri [29] AHP ve TOPSIS yöntemlerini rüzgar çiftliği kurulum yerlerini belirleme karar probleminde uygulamışlardır. Aydemir-Karadağ [30] hedef programlama ve AHP yöntemi kullanılarak katı atık depolama tesisi için ideal yerin seçimini gerçekleştirmiştir. Kabadayı ve Çakır Esen [31] gri ilişkisel temelli TOPSIS ile bir lojistik firmasına depo yeri seçimi probleminde çözüm önerisinde bulunmuşlardır. Emre ve Akman [32] AHP ve TOPSIS yöntemlerini ana üs karargah yerleşkesini belirlemede kullanmışlardır. Karagöz ve diğerleri [33] ARAS yöntemini tip-2 bulanık mantık altında kullanarak geri dönüşüm tesisi lokasyonunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde, Oruç ve Arıcan [34] bulanık ARAS yöntemi ile polis merkezi kuruluş yeri karar probleminde öneride bulunmuşlardır.

Bu çalışmada AHP, bulanık-TOPSIS ve ARAS yöntemleri kullanılarak en uygun şube yerinin belirlenmesi ve bu üç yöntemden elde edilen sonuçların karşılaştırılması amaçlanmıştır.

2 Metotlar

2.1 Kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi

Hemen hemen her sektörde, yer seçimi problemlerinde maliyet, iş gücü, doğal faktörler, ulaşım ve rakip firmaların varlığı gibi temel kriterler belirlenir [35],[36]. İlaveten, firmaya özgü karar vericilerin tercihini yansıtan kriterler dahil edilir.

Bu çalışmada, denizcilik sektöründeki bir tedarikçi firmasının yeni açılacak şubesi için en uygun yerin belirlenmesi amacıyla alternatifler yedi adet kriter altında değerlendirilecektir. Kriterler literatür taramasından ve firmada çalışan beş mühendisin uzman görüşünden faydalanılarak belirlenmiştir. Çalışmaya dahil olan uzmanların hepsi endüstri mühendisi olmak ile birlikte bu uzmanlar ilgili firmada çeşitli pozisyonlarda çalışarak dokuz yıldan yirmi yıla kadar iş tecrübesine sahiptirler. Bu çalışmada belirlenen değerlendirme kriterleri şu şekilde açıklanabilir:

Maliyet (K1): Yeni açılacak şubenin bulunduğu bölgedeki metrekare başına kira veya satın alma bedelini referans alan kriterdir. Maliyet kriteri açısından en uygun yer en düşük maliyete sahip olan yerdir.

Ulaşım (K2): Açılacak olan yeni şubenin bulunduğu bölgedeki gemilere tedarik hizmeti ve şubeye gelip satın alma işlemini gerçekleştiren müşteriler için ulaşım imkanlarını referans alan kriterdir.

Doğal faktörler (K3): Şubenin yer alacağı bölgedeki iklim, coğrafi ve diğer doğal faktörlerin etkisini değerlendiren kriterdir.

Kalifiye iş gücü (K4): Şubenin üretiminde bulunduğu bazı özel sipariş ürünler için yer alacağı bölgede bulunan kalifiye insan sayısını ifade eden kriterdir.

Tedarikçi bağlantıları (K5): Firmanın yeni açacağı şubenin bulunduğu bölge üreticilerinden, ana büyük tedarikçilerden veya İstanbul'da bulunan ana şubeden ürün tedarik edebilme esnekliğini ifade eden kriterdir.

Rakip firmaların varlığı (K6): Yeni şubenin yer alacağı bölgede gemilere tedarik hizmetinde bulunan rakip firmaların sayısını, potansiyelini, sektördeki varlıklarını ve önemlerini referans alan kriterdir.

Liman potansiyeli (K7): Yeni açılacak şubenin bulunduğu bölgedeki tersanenin veya limanın talep noktasında firmaya sunacağı fırsatları ifade eden kriterdir.

Bu çalışmada mevcut limanlar, firmanın ana yerleşkesinin bulunduğu liman ve firmaya gelen talepler göz önünde bulundurularak yeni şube yeri için sekiz alternatif firmada çalışan mühendislerce belirlenmiştir. Bunlar: Bandırma (A1), İskenderun (A2), İzmir (A3), İzmit (A4), Mersin (A5), Samsun (A6), Tekirdağ (A7) ve Zonguldak (A8).

2.2 AHP

AHP 1968 yılında Myers ve Alpert ikilisi sayesinde ortaya atılmış ve daha sonra 1977 yılında Thomas Lorie Saaty tarafından geliştirilmiş bir karar verme yöntemidir [37].

Bu çalışmada AHP, kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanmasında kullanılmıştır. AHP yöntemi ile kriterlerin ağırlıklandırılması 7 adımda tanımlanabilir.

- Adım 1: Bu aşamada karar problemi tanımlanır ve ne amaca ulaşmak istenildiği belirlenir.
- Adım 2: Tanımlanan karar problemi doğrultusunda alternatiflerin değerlendirileceği kriterler belirlenir
- Adım 3: Karar vericinin amacına uygun çözüm alternatifleri listelenir
- Adım 4: Karar probleminin hiyerarşik yapısı oluşturulur. Bu yapıda, 1. seviyede amaç, 2. seviyede kriterler ve 3. seviyede alternatifler yer alır
- Adım 5: Bu aşamada kriterler (a_1, a_2, \dots, a_n) arasında ikili karşılaştırma yapmak için Tablo 1'de verilen 1 ile 9 arasında skorlar kullanılır. Bu skorlar hangi kriterin ne derecede daha önemli olduğunu belirlemek için verilir.

Tablo 1. Standart tercih tablosu [37].

Table 1. Standard preference table [37].

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit önemde
3	Biraz daha önemli (az üstünlük)
5	Oldukça önemli (fazla üstünlük)
7	Çok önemli (çok üstünlük)
9	Son derece (kesin üstünlük)
2,4,6 ve 8	Ara değer (uzlaşma değerleri)

Yapılan ikili karşılaştırma ile karşılaştırma matrisi (A) oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{1j} & a_{1n} \\ a_{i1} & a_{ij} & a_{in} \\ a_{in} & a_{nj} & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Daha sonra karşılaştırma matrisinde (A) bulunan her eleman normalize edilir. Normalizasyon işlemi her bir sütundaki hücre elemanının bulunduğu sütundaki tüm elemanlar toplamına bölünmesi ile gerçekleştirilir. Normalize karar matrisinin satır elemanlarının ortalamasının hesaplanmasıyla da öncelikler vektörü elde edilir.

Bu adımda kriterler için uygulanan aşamalar her kritere göre alternatifler arasında karşılaştırmalar yapılarak tekrardan izlenir.

Adım 6: Bu adımda, ikili karşılaştırmalarda oluşabilecek olası subjektif yargılardan kaynaklı tutarsızlıkların oranı hesaplanır. AHP'den elde edilen sonuçların kullanılabilirliği adına Denklem (2) ile hesaplanan tutarlılık oranının (CR) 0.1' den az olması beklenir.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Burada, tutarlılık indeksi (CI) Denklem (3)'teki formül ile hesaplanır iken rassal tutarlılık indeksi (RI) rassal tutarlılık tablosundan kriter sayısına (n) karşılık gelen değerden hesaplanır.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Adım 7: Bu son adımda, 5. adımda hesaplanan kriterlerin öncelik vektörü ile her kritere göre alternatiflerin karşılaştırmalarından elde edilen öncelikler vektörleri çarpılır. Bunun sonucunda elde edilen değerlerden en yüksek değere sahip olan alternatif en uygun alternatiftir.

2.3 ARAS

ARAS yöntemi 2010 yılında E.K. Zavadskas ve Z. Turskis tarafından nicel ölçümlere dayalı bir yöntem olarak geliştirilmiştir [38]. ARAS yöntemi ile alternatiflerin performans düzeyleri hesaplanır ve ideal alternatife oranlarını hesaplanır [39]. ARAS yöntemi 4 adımdan oluşmaktadır.

Adım 1: ARAS yönteminde de tüm ÇKKV yöntemlerinde olduğu gibi ilk önce karar problemi tanımlanır, alternatifler ve kriterler belirlenir. Alternatifler ve kriterler belirlendikten sonra her alternatifin her bir kriterden elde ettiği değerleri gösteren karar matrisi (4) oluşturulur. ARAS yönteminde karar matrisinin ilk satırında her bir kritere ait optimal değerler yer alır.

$$\begin{bmatrix} X_{01} & X_{0j} & \dots & X_{0n} \\ X_{i1} & X_{ij} & \dots & X_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{m1} & X_{mj} & \dots & X_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 0, 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (4)$$

Karar matrisi üzerinde X_{mj} m. alternatifin j. kriterde gösterdiği performans değeridir. X_{0n} n. kriterin optimal performans değerini gösterir. Karar probleminde j kriterine ait optimum değer (X_{0j}) bilinmiyorsa, fayda durumu için Denklem (5) ve maliyet durumu için Denklem (6) uygulanır.

$$X_{0j} = \max_i X_{ij} \quad (5)$$

$$X_{0j} = \min_i X_{ij} \quad (6)$$

Adım 2:

Bu adımda, normalizasyon işlemi yapılarak kriterlerin farklı birimlerdeki performans değerleri karşılaştırılabilir bir hale dönüştürülür. ARAS yönteminde \bar{X} normalize karar matrisi \bar{x}_{ij} değerlerinden oluşmaktadır. Karar matrisindeki her bir elemanın normalizasyon işlemi, kriterin fayda durumu olmasında Denklem (7)'de maliyet durumunda ise Denklem (8)'de gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$\bar{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=0}^m x_{ij}} \quad (7)$$

$$\bar{x}_{ij} = \frac{\frac{1}{x_{ij}}}{\sum_{i=0}^m \frac{1}{x_{ij}}} \quad (8)$$

Normalize değerler hesaplandıktan sonra \bar{X} normalize karar matrisi oluşturulur (9).

$$\bar{X} = \begin{bmatrix} \bar{x}_{01} & \bar{x}_{0j} & \dots & \bar{x}_{0n} \\ \bar{x}_{i1} & \bar{x}_{ij} & \dots & \bar{x}_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{x}_{m1} & \bar{x}_{mj} & \dots & \bar{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 0, 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (9)$$

Adım 3:

Kriterlerin önem dereceleri kullanılarak Denklem (10)'daki işlemler sonucu ağırlıklı normalize karar matrisine (\hat{X}) oluşturulur (11). Kriterlerin ağırlık değerleri toplamı 1 olmalıdır.

$$\hat{x}_{ij} = \bar{x}_{ij} \cdot w_j \quad (10)$$

Yukarıdaki formül ile ağırlıklandırma işlemi yapılır ve \hat{X} ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} \hat{x}_{01} & \hat{x}_{0j} & \dots & \hat{x}_{0n} \\ \hat{x}_{i1} & \hat{x}_{ij} & \dots & \hat{x}_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \hat{x}_{m1} & \hat{x}_{mj} & \dots & \hat{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i = 0, 1, \dots, m \text{ ve } j = 1, \dots, n \quad (11)$$

Adım 4:

ARAS yönteminin son aşamasında alternatiflerin değerlendirilmesi için her bir alternatif için optimallik fonksiyon değeri (S_i) Denklem (12) ile bulunur.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{x}_{ij}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (12)$$

Hesaplanan S_i değerleri S_0 optimal fonksiyon değerlerine oranlanarak fayda oranları dereceleri (K_i) Denklem (13) ile hesaplanır.

$$K_i = \frac{S_i}{S_0}, \quad i = 0, 1, \dots, m \quad (13)$$

K_i değerleri [0,1] arası değer almaktadır. K_i değerleri büyükten küçüğe sıralanır bu şekilde alternatiflerin seçim sıralaması yapılmış olur.

2.4 Bulanık TOPSIS

ÇKKV problemlerinde sıklıkla kullanılan TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon tarafından 1981 yılında geliştirilmiştir [40]. TOPSIS, temelinde ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan alternatif seçimine dayanır. Klasik

TOPSIS'de kriter ağırlıkları ve alternatiflerin performans değerleri kesin sayılar kullanılarak belirlenmektedir. Ancak karar vericiler kesin sayıları kullanarak tercih belirten zorlanabilmektedirler. Ayrıca karar verme problemleri çoğu zaman belirsizlikler içermektedir. Tüm bunların üstesinden gelebilmek adına bulanık TOPSIS yöntemi geliştirilmiştir [41]-[43].

Bu çalışmada, bulanık TOPSIS yönteminde literatürde de sıklıkla tercih edilen üçgen bulanık sayılar kullanılmıştır. Bulanık-TOPSIS yöntemi 8 adımda açıklanabilir.

Adım 1: Öncelikle, karar problemi tanımlanır ve bu doğrultuda karar problemini çözmek üzere uzmanlardan oluşan bir grup oluşturulur. Uzmanlar alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriterleri belirler, kriterlerin önem derecelerini belirtir ve alternatifleri bu kriterleri göz önünde bulundurarak değerlendirir. Kriterlerin önceliklendirilmesinde ve alternatiflerin değerlendirilmesinde Tablo 2 ve Tablo 3'te verilen üçgen bulanık sayılarla kullanılmıştır.

Tablo 2. Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan sözel değişkenler [42].

Table 2. Linguistic variables used in the evaluation of the criteria [42].

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok düşük (ÇD)	(0,0,0.1)
Düşük (D)	(0,0.1,0.3)
Orta düşük (OD)	(0.1,0.3,0.5)
Orta (O)	(0.3,0.5,0.7)
Orta yüksek (OY)	(0.5,0.7,0.9)
Yüksek (Y)	(0.7,0.9,0.10)
Çok yüksek (ÇY)	(0.9,1.0,1.0)

Tablo 3. Alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan sözel değişkenler [42].

Table 3. Linguistic variables used in the evaluation of the alternatives [42].

Sözel Değişkenler	Üçgen Bulanık Sayılar
Çok kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Orta kötü (OK)	(1,3,5)
Epeyce (E)	(3,5,7)
Orta iyi (OI)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok iyi (Çİ)	(9,10,10)

Adım 2: K tane karar vericiden oluşan bir grupta j. karar kriterinin önem ağırlığı (\tilde{w}_j) Denklem (14) ile hesaplanır.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^K] \quad (14)$$

Tüm kriterlerin önem ağırlıklarının hesaplanması ile de \tilde{W} , bulanık ağırlıklar matrisi oluşturulur (15).

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (15)$$

Adım 3: K tane karar vericiden oluşan bir grupta, i. alternatifin j. kriter değeri (\tilde{x}_{ij}) Denklem (16) ile hesaplanır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^K] \quad (16)$$

Tüm \tilde{x}_{ij} değerlerinin belirlenmesi ile bulanık karar matrisi (\tilde{D}) oluşturulur (17).

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (17)$$

Kriterlerin önceliklendirilmesi için Tablo 2'de verilen sözel ifadeler $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ üçgen bulanık sayılar ile ifade edilir. Benzer şekilde alternatiflerin değerlendirilmesinde Tablo 3'te gösterilen sözel ifadeler $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ üçgen bulanık sayıları ile ifade edilir.

Adım 4: Bu adımda bulanık karar matrisi normalize edilir. Normalize bulanık karar matrisi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad (18)$$

B fayda ve C de maliyet kriterleri olmak üzere üçgen bulanık sayıların [0,1] aralığı içinde olmalarını sağlayan normalizasyon işlemi Denklem (19) ve (20)'de gösterilir.

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in B \text{ ve } c_j^* = \max_i c_{ij} \quad (19)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{a_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{b_{ij}^-}, \frac{a_j^-}{a_{ij}^-} \right), j \in C \text{ ve } a_j^- = \min_i a_{ij} \quad (20)$$

Adım 5: Bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra her bir kriterin önem ağırlığı göz önüne alınarak ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi (\tilde{V}) Denklem (21) ve (22)'de gösterildiği gibi hesaplanır.+

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } j = 1, 2, \dots, n \quad (21)$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(x) \tilde{w}_j \quad (22)$$

Adım 6: Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisinden bulanık pozitif ideal çözüm (A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (A^-) değerleri Denklem (23), (24) ve (25) kullanılarak belirlenir.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (23)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (24)$$

$$\tilde{v}_j^* = (1,1,1) \text{ ve } \tilde{v}_j^- = (0,0,0) \quad j = 1,2,3, \dots, n \quad (25)$$

Sonrasında Denklem (26) ve (27) ile her bir alternatifin A^* ve A^- değerlerinden uzaklıkları d_i^* ve d_i^- hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (26)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (27)$$

Burada $d(\tilde{m}, \tilde{n})$, iki bulanık sayı arasındaki uzaklığı göstermekte ve Vertex metodu yardımıyla hesaplanmaktadır. $\tilde{m} = (m_1, m_2, m_3)$ ve $\tilde{n} = (n_1, n_2, n_3)$ gibi iki üçgen bulanık sayı arasındaki uzaklık Vertex metodu ile Denklem (28)'de gösterildiği şekilde hesaplanır.

$$d(\tilde{m}, \tilde{n}) = \sqrt{\frac{1}{3}[(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (28)$$

Adım 7: Her alternatifin yakınlık katsayısının (CC_i) hesaplanması yapılır. Yakınlık katsayısı, bulanık pozitif ideal çözüme (A^*) ve bulanık negatif ideal çözüme (A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alır. Her alternatifin yakınlık katsayısı Denklem (29)'da gösterildiği gibi hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (29)$$

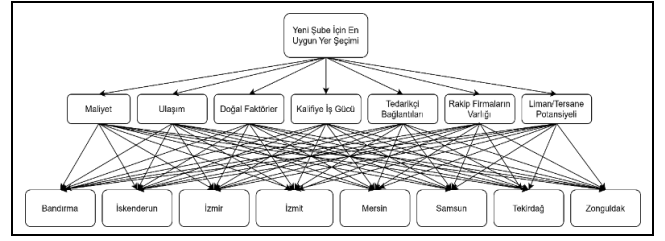
Adım 8: Yakınlık katsayısına göre elde edilen değerler büyükten küçüğe sıralanır ve en büyük değere sahip olan alternatif tercih edilir.

3 Uygulama

Çalışmanın bu kısmında AHP, bulanık TOPSIS ve ARAS yöntemlerinin uygulama sonuçlarına yer verilecektir. Çalışmada AHP ile kriterlerin ağırlıklandırılması ve alternatiflerin sıralaması yapılmıştır. Bulanık TOPSIS ile uzmanların görüşlerinden faydalanılarak kriterlerin ağırlıklandırılması ve alternatiflerin sıralanması gerçekleştirilmiştir. ARAS yönteminde ise AHP'den elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak alternatifler değerlendirilmiştir.

3.1 AHP uygulaması

- Adım 1: AHP ile 5 uzman kişinin görüşü alınarak en uygun şube yeri seçimi probleminin çözümü amaçlanmıştır,
- Adım 2: Problemin çözümü için maliyet, ulaşım, doğal faktörler, kalifiye iş gücü, tedarikçi bağlantıları, rakip firmanın varlığı ve liman potansiyeli olmak üzere yedi kriter belirlenmiştir,
- Adım 3: Yeni şube yeri seçimi problemi için uygun görülen alternatifler Bandırma, İskenderun, İzmir, İzmit, Mersin, Samsun, Tekirdağ ve Zonguldak'tır,
- Adım 4: Yeni şube için en uygun yer seçimi karar probleminin hiyerarşik modellemesi Şekil 1'de gösterilmiştir,
- Adım 5: Kriter ağırlıklarının hesaplanması için 5 uzmanın görüşlerinden elde edilen değerlerin geometrik ortalaması alınarak Tablo 4'teki karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.



Şekil 1. Yeni bir şube seçimi için hiyerarşik model.

Figure 1. The hierarchical model for the selection of a new branch.

Alternatiflerin her bir kriter altında yapılan ikili karşılaştırmalarına örnek Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5'te maliyet kriteri için alternatiflerin karşılaştırılması yapılmıştır. Benzer karşılaştırmalar diğer 6 kriter için de yapıldıktan sonra karar matrisi oluşturulmuştur.

Tüm ikili karşılaştırmalar sonucu elde edilen karar matrisi normalize edilerek Denklem (30)'daki normalize karar matrisi elde edilmiştir.

$$\begin{bmatrix} 0.122 & 0.067 & 0.098 & 0.058 & 0.138 & 0.237 & 0.061 \\ 0.068 & 0.121 & 0.050 & 0.129 & 0.127 & 0.094 & 0.209 \\ 0.059 & 0.251 & 0.199 & 0.150 & 0.148 & 0.074 & 0.111 \\ 0.094 & 0.195 & 0.111 & 0.257 & 0.208 & 0.063 & 0.229 \\ 0.047 & 0.137 & 0.250 & 0.193 & 0.194 & 0.046 & 0.151 \\ 0.152 & 0.078 & 0.061 & 0.071 & 0.076 & 0.121 & 0.080 \\ 0.260 & 0.050 & 0.149 & 0.044 & 0.058 & 0.163 & 0.051 \\ 0.193 & 0.097 & 0.078 & 0.094 & 0.048 & 0.198 & 0.105 \end{bmatrix} \quad (30)$$

Normalize karar matrisindeki her bir sütun kendisine ait kriterin ağırlığıyla çarpılarak Denklem (31)'deki ağırlıklı normalize karar matrisi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} 0.0358 & 0.0102 & 0.0072 & 0.0070 & 0.0300 & 0.0216 & 0.0032 \\ 0.0201 & 0.0183 & 0.0037 & 0.0157 & 0.0276 & 0.0086 & 0.0110 \\ 0.0172 & 0.0381 & 0.0146 & 0.0183 & 0.0321 & 0.0068 & 0.0058 \\ 0.0274 & 0.0296 & 0.0081 & 0.0313 & 0.0453 & 0.0058 & 0.0121 \\ 0.0140 & 0.0208 & 0.0184 & 0.0234 & 0.0421 & 0.0042 & 0.0079 \\ 0.0445 & 0.0119 & 0.0045 & 0.0087 & 0.0165 & 0.0110 & 0.0042 \\ 0.0760 & 0.0076 & 0.0109 & 0.0053 & 0.0127 & 0.0149 & 0.0027 \\ 0.0567 & 0.0147 & 0.0058 & 0.0114 & 0.0104 & 0.0181 & 0.0055 \end{bmatrix} \quad (31)$$

Adım 6: Denklem (2) ve (3)'te yer alan formüller ile tüm ikili karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranları hesaplanmış ve $CR < 0.1$ olması koşulu sağlanmıştır (Tablo 6),

Adım 7: Alternatiflerin sıralama sonuçları Tablo 7'de gösterilmiştir. AHP uygulaması ile yeni şube açımı için en ideal alternatif yer A4 (İzmit) olarak bulunmuştur. En kötü yer seçimi ise A6 (Samsun) alternatifi olmuştur.

Tablo 4. Kriterler için ikili karşılaştırma matrisi.

Table 4. Pairwise comparison matrix for criteria.

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
K1	1.00	1.89	3.87	2.93	1.89	2.93	3.90
K2	0.53	1.00	1.89	1.89	0.53	1.78	2.61
K3	0.26	0.53	1.00	0.57	0.35	0.53	1.89
K4	0.34	0.53	1.74	1.00	0.53	1.89	2.86
K5	0.53	1.89	2.86	1.89	1.00	2.86	3.81
K6	0.34	0.56	1.89	0.53	0.35	1.00	1.78
K7	0.26	0.38	0.53	0.35	0.26	0.56	1.00

Tablo 5. Maliyet kriteri için alternatiflerin ikili karşılaştırma matrisi.
Table 5. Pairwise comparison matrix of alternatives for the cost criterion.

K1	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	1.00	1.89	2.61	1.74	3.35	0.57	0.35	0.53
A2	0.53	1.00	1.78	0.53	1.74	0.34	0.27	0.35
A3	0.38	0.56	1.00	0.56	1.78	0.38	0.27	0.35
A4	0.57	1.89	1.78	1.00	2.61	0.57	0.35	0.34
A5	0.30	0.57	0.56	0.38	1.00	0.35	0.27	0.38
A6	1.74	2.93	2.61	1.74	2.83	1.00	0.53	0.56
A7	2.86	3.73	3.73	2.83	3.76	1.89	1.00	1.74
A8	1.89	2.93	2.83	2.93	2.61	1.78	0.57	1.00

Tablo 6. Tüm ikili karşılaştırmalar için tutarlılık oranı değerleri.
Table 6. Consistency ratio values for all pairwise comparisons.

İkili Karşılaştırmalar	CR değeri
Kriterler Arası	0.016
Maliyet	0.017
Ulaşım	0.033
Kalifiye İş Gücü	0.018
Tedarikçi Bağlantıları	0.070
Rakip Firmaların Varlığı	0.015
Liman Potansiyeli	0.039

Tablo 7. Sıralama tablosu.
Table 7. Ranking table.

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	Toplam	Sıralama	
A1	0.035894	0.010246	0.007282	0.007046	0.030017	0.021679	0.003231	0.115394	6
A2	0.020115	0.018355	0.00372	0.015722	0.027648	0.008675	0.011045	0.105279	7
A3	0.017223	0.038158	0.014672	0.018303	0.032143	0.006802	0.005885	0.133185	2
A4	0.027466	0.029647	0.008195	0.031319	0.045338	0.005848	0.012113	0.159926	1
A5	0.014003	0.020847	0.018421	0.023473	0.042158	0.004241	0.007987	0.13113	3
A6	0.044575	0.011927	0.004532	0.008732	0.016512	0.01106	0.004251	0.101588	8
A7	0.076052	0.007629	0.010982	0.005342	0.012741	0.014919	0.002721	0.130386	4
A8	0.056573	0.014791	0.005797	0.011464	0.010444	0.018177	0.005568	0.122812	5

3.2 ARAS uygulaması

Adım 1: Yer seçimi probleminde Denklem (5) ve (6) kullanılarak optimal değerler karar matrisinin en üstüne yazılmış ve Denklem (32)'deki karar matrisi elde edilmiştir,

Adım 2: Denklem (32)'de verilen karar matrisi Denklem (7) ve (8)'deki işlemler ile normalize edilerek Denklem (33)'teki normalize karar matrisi elde edilmiştir.

$$\begin{bmatrix} 60 & 19 & 15 & 11900 & 57 & 5 & 38 \\ 70 & 6 & 12 & 5600 & 33 & 5 & 14 \\ 100 & 16 & 10 & 8400 & 30 & 7 & 36 \\ 110 & 19 & 15 & 10500 & 45 & 10 & 28 \\ 90 & 18 & 13 & 11900 & 57 & 11 & 38 \\ 110 & 17 & 15 & 11200 & 51 & 12 & 32 \\ 70 & 7 & 11 & 7700 & 30 & 8 & 18 \\ 60 & 5 & 13 & 6300 & 30 & 7 & 12 \\ 65 & 12 & 11 & 8400 & 24 & 6 & 22 \end{bmatrix} \quad (32)$$

$$\begin{bmatrix} 0.14 & 0.16 & 0.13 & 0.15 & 0.16 & 0.16 & 0.16 \\ 0.12 & 0.05 & 0.10 & 0.07 & 0.09 & 0.16 & 0.06 \\ 0.09 & 0.13 & 0.09 & 0.10 & 0.08 & 0.11 & 0.15 \\ 0.08 & 0.16 & 0.13 & 0.13 & 0.13 & 0.08 & 0.12 \\ 0.10 & 0.15 & 0.11 & 0.15 & 0.16 & 0.07 & 0.16 \\ 0.08 & 0.14 & 0.13 & 0.14 & 0.14 & 0.07 & 0.13 \\ 0.12 & 0.06 & 0.10 & 0.09 & 0.08 & 0.10 & 0.08 \\ 0.14 & 0.04 & 0.11 & 0.08 & 0.08 & 0.11 & 0.05 \\ 0.13 & 0.10 & 0.10 & 0.10 & 0.07 & 0.13 & 0.09 \end{bmatrix} \quad (33)$$

Adım 3: Kriterlerin önem değerlerini belirlemede AHP uygulaması sonucu elde edilen kriter ağırlıkları (0.291, 0.151, 0.073, 0.121, 0.217, 0.091, 0.052) kullanılmıştır. Bu ağırlıkların kullanımı ile de ağırlıklı normalize karar matrisi Denklem (34)'te verilmiştir.

$$\begin{bmatrix} 0.0417 & 0.0242 & 0.0095 & 0.0175 & 0.0346 & 0.0145 & 0.0083 \\ 0.0357 & 0.0076 & 0.0076 & 0.0082 & 0.0200 & 0.0145 & 0.0030 \\ 0.0250 & 0.0203 & 0.0063 & 0.0124 & 0.0182 & 0.0103 & 0.0078 \\ 0.0227 & 0.0242 & 0.0095 & 0.0155 & 0.0273 & 0.0072 & 0.0061 \\ 0.0278 & 0.0229 & 0.0082 & 0.0175 & 0.0346 & 0.0066 & 0.0083 \\ 0.0228 & 0.0216 & 0.0095 & 0.0165 & 0.0310 & 0.0060 & 0.0069 \\ 0.0357 & 0.0089 & 0.0069 & 0.0113 & 0.0182 & 0.0090 & 0.0039 \\ 0.0417 & 0.0063 & 0.0082 & 0.0093 & 0.0182 & 0.0103 & 0.0026 \\ 0.0385 & 0.0152 & 0.0069 & 0.0124 & 0.0145 & 0.0121 & 0.0048 \end{bmatrix} \quad (34)$$

Adım 4: Denklem (12) ve (13) kullanılarak Tablo 8'de S_i ve K_i değerleri hesaplanmış ve alternatiflerin sıralama sonuçları sunulmuştur. K_i değerleri optimalliğe yakınlığı referans alan bir ölçüdür. Bu değerlerin arasından % 83.80 oranla İzmit en iyi alternatif ve %62.64 oranla Samsun en kötü alternatif olmuştur.

3.3 Bulanık TOPSIS uygulaması

Adım 1: Yeni şube yeri seçimi probleminin Bulanık TOPSIS yöntemi ile çözümünde 5 karar verici tarafından kriterler Tablo 2'deki sözel değişkenler kullanılarak Tablo 9'de gösterildiği gibi değerlendirilmiştir. Bu değişkenlere karşılık gelen ifadeler üçgen bulanık sayılara dönüştürülerek Tablo 10 oluşturulmuştur.

Daha sonra her bir karar verici tarafından alternatiflerin her bir kriter için değerlendirilmesi Tablo 3'teki sözel değişkenler kullanılarak yapılmıştır. Her bir karar vericinin değerlendirmesi Tablo 11'da gösterildiği gibi üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür.

Adım 2: 5 karar vericinin kriterleri değerlendirme sonuçları hesaplanan kriter ağırlıkları üçgen sayılar ile Tablo 12'de verilmiştir.

Adım 3: Bulanık karar matrisi Tablo 13'te verilmiştir.

Adım 4: Bulanık karar matrisi Denklem (19) ve (20)'deki işlemler ile normalize edilir ve Tablo 14'te sunulan normalize bulanık karar matrisi elde edilir.

Adım 5: Tablo 12'de yer alan kriter ağırlıkları kullanılarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi Tablo 15'teki gibi bulunmuştur.

Adım 6: Ağırlıklı normalize matristen bulanık pozitif ideal çözüm (A^*) ve bulanık negatif ideal çözüm (A^-) değerleri belirlenir.

7 adet kriter olduğundan:

$$A^* = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$$

Her bir alternatifin A^* ve A^- den uzaklıkları d_i^* ve d_i^- şu şekilde hesaplanır:

$$d(A_1, A^*) = \sqrt{\frac{1}{3}[(1 - 0.24)^2 + (1 - 0.48)^2 + (1 - 0.69)^2]} = 0.56$$

$$d(A_1, A^-) = \sqrt{\frac{1}{3}[0 - 0.24)^2 + (0 - 0.48)^2 + (0 - 0.69)^2]} = 0.51$$

Hesaplamaların sonuçları Tablo 16 ve Tablo 17'da yer almaktadır.

Adım 7: Elde edilen göreceli uzaklık değerleri ile de alternatiflerin sıralanması Tablo 18'de gösterilmiştir. Alternatiflerin göreceli uzaklık değerlerine bakılarak alternatifler büyükten küçüğe sıralanır. A4 (İzmit) 0.352047 yakınlık katsayısı ile birinci sırada ve A7 (Tekirdağ) 0.232672 yakınlık katsayısı ile sonuncu sırada yer alır.

Tablo 8. Optimallik fonksiyon değerleri ve alternatif sıralamaları.

Table 8. The values of optimality function and ranking order of alternatives.

	S_i	K_i	$\%K_i$	Sıra
A1	0.096962	0.644143	64.41	6
A2	0.100667	0.668754	66.87	5
A3	0.112743	0.748977	74.89	3
A4	0.126144	0.838004	83.80	1
A5	0.114538	0.760905	76.09	2
A6	0.094301	0.626467	62.64	8
A7	0.096903	0.643753	64.37	7
A8	0.104612	0.695846	69.58	4

Tablo 9. Kriterlerin karar vericiler tarafından değerlendirilmesi.

Table 9. The evaluation of criteria by decision makers.

Kriterler	KV_1	KV_2	KV_3	KV_4	KV_5
K1	Y	ÇY	ÇY	Y	Y
K2	OD	OD	OD	D	D
K3	ÇD	D	ÇD	ÇD	D
K4	O	O	OD	OD	OD
K5	Y	O	Y	OY	OY
K6	OD	OD	OD	OY	O
K7	O	OY	O	OD	O

Tablo 10. Kriter değerlendirme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklinde ifadesi.

Table 10. The expression of the criteria evaluation results in the form of triangular fuzzy numbers.

Kriterler	KV_1	KV_2	KV_3	KV_4	KV_5
K1	(0.7,0.9,1)	(0.9,1,1)	(0.9,1,1)	(0.7,0.9,1)	(0.7,0.9,1)
K2	(0,0.1,0.3)	(0.1,0.3,0.5)	(0.1,0.3,0.5)	(0,0.1,0.3)	(0.1,0.3,0.5)
K3	(0,0,0.1)	(0,0,0.1)	(0,0.1,0.3)	(0,0.1,0.3)	(0.1,0.3,0.5)
K4	(0.1,0.3,0.5)	(0.1,0.3,0.5)	(0.3,0.5,0.7)	(0.3,0.5,0.7)	(0.1,0.3,0.5)
K5	(0.5,0.7,0.9)	(0.7,0.9,1)	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)	(0.7,0.9,1)
K6	(0.1,0.3,0.5)	(0.3,0.5,0.7)	(0.1,0.3,0.5)	(0.1,0.3,0.5)	(0.5,0.7,0.9)
K7	(0.3,0.5,0.7)	(0.3,0.5,0.7)	(0.3,0.5,0.7)	(0.3,0.5,0.7)	(0.3,0.5,0.7)

Tablo 11. Alternatiflerin değerlendirme sonuçlarının üçgen bulanık sayılar şeklinde ifadesi.

Table 11. The expression of the alternative evaluation results in the form of triangular fuzzy numbers.

Kriterler	Alternatifler	KV_1	KV_2	KV_3	KV_4	KV_5
K1	A1	(1,3,5)	(3,5,7)	(7,9,10)	(1,3,5)	(3,5,7)
	A2	(1,3,5)	(0,1,3)	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,1,3)
	A3	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)
	A4	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
	A5	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)
	A6	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)
	A7	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A8	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)
K2	A1	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)
	A2	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)
	A3	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A4	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(5,7,9)	(9,10,10)
	A5	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
	A6	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)
	A7	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)	(0,0,1)
	A8	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)	(5,7,9)	(5,7,9)
K3	A1	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)
	A2	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)
	A3	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
	A4	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)
	A5	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A6	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)
	A7	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(3,5,7)	(7,9,10)
	A8	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)
K4	A1	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)
	A2	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
	A3	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)
	A4	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A5	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)
	A6	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)
	A7	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)
	A8	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)
K5	A1	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)
	A2	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)
	A3	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(7,9,10)
	A4	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A5	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)
	A6	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)
	A7	(1,3,5)	(1,3,5)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)
	A8	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)
K6	A1	(5,7,9)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A2	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)
	A3	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)
	A4	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)
	A5	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)
	A6	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)
	A7	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)
	A8	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)
K7	A1	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)
	A2	(5,7,9)	(7,9,10)	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)
	A3	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(1,3,5)	(5,7,9)
	A4	(7,9,10)	(7,9,10)	(9,10,10)	(9,10,10)	(9,10,10)
	A5	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,10)	(7,9,10)
	A6	(0,1,3)	(0,1,3)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,3,5)
	A7	(0,0,1)	(0,0,1)	(0,1,3)	(0,1,3)	(0,1,3)
	A8	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)

Tablo 12. Kriter ağırlığının üçgen bulanık sayılar ile ifadesi.

Table 12. The expression of criterion weights in the form of triangular fuzzy numbers.

Kriter	Ağırlık
K1	(0.78, 0.94, 1)
K2	(0.06, 0.22, 0.42)
K3	(0.02, 0.1, 0.26)
K4	(0.18, 0.38, 0.58)
K5	(0.54, 0.74, 0.9)
K6	(0.22, 0.42, 0.62)
K7	(0.3, 0.5, 0.7)

Tablo 13. Bulanık karar matrisi.

Table 13. Fuzzy decision matrix.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
K1	(3,5,6.8)	(0.4,1.8,3.8)	(0,0.4,1.8)	(3.8,5.8,7.8)	(0.2,1.4,3.4)	(4.6,6.6,8.4)	(8.2,9.6,10)	(7.8,8.9,8)
K2	(0.4,1.6,3.4)	(5.4,7.4,9)	(8.2,9.6,10)	(7.8,8.9,8)	(6.2,8.2,9.6)	(1.6,3.4,5.4)	(0.2,1.2,3)	(3.4,5.4,7.4)
K3	(5.8,7.8,9.4)	(0.4,1.6,3.4)	(3.4,5.4,7.4)	(0,0.6,2.2)	(7.8,6,9.4)	(1,2.6,4.6)	(5,7,8.8)	(5.8,7.8,9.4)
K4	(0.4,1.6,3.4)	(3.4,5.4,7.4)	(5.4,7.4,9)	(8.2,9.6,10)	(6.6,8.4,9.6)	(2.2,4.2,6.2)	(0,0.4,1.8)	(1.6,3.4,5.4)
K5	(2.6,4.6,6.6)	(2.2,4.2,6.2)	(4.6,6.6,8.4)	(7.8,9.2,9.8)	(6.6,8.4,9.6)	(1.2,3,5)	(0.4,1.8,3.8)	(0,0.4,1.8)
K6	(7.8,9.2,9.8)	(6.6,8.6,9.8)	(1.2,6.4,6)	(0.4,1.6,3.4)	(0,0.4,1.8)	(4.6,6.6,8.4)	(2.6,4.6,6.6)	(5.8,7.8,9.4)
K7	(0.2,1.4,3.4)	(7.8,8.9,8)	(3,5,7)	(8.2,9.6,10)	(4.6,6.6,8.2)	(0.6,2.2,4.2)	(0,0.6,2.2)	(3.8,5.8,7.8)

Tablo 14. Normalize bulanık karar matrisi.

Table 14. Normalised fuzzy decision matrix.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
K1	(0.31,0.51,0.69)	(0.04,0.18,0.39)	(0.00,0.04,0.18)	(0.38,0.58,0.78)	(0.02,0.15,0.35)	(0.55,0.79,1.00)	(0.82,0.96,1.00)	(0.71,0.90,1.00)
K2	(0.4,0.16,0.35)	(0.55,0.76,0.92)	(0.82,0.96,1.00)	(0.70,0.88,0.98)	(0.65,0.85,1.00)	(0.19,0.40,0.64)	(0.02,0.12,0.30)	(0.35,0.55,0.76)
K3	(0.59,0.80,0.96)	(0.04,0.16,0.35)	(0.34,0.54,0.74)	(0.00,0.06,0.22)	(0.73,0.90,0.98)	(0.12,0.31,0.55)	(0.50,0.70,0.88)	(0.59,0.80,0.96)
K4	(0.4,0.16,0.35)	(0.35,0.55,0.76)	(0.54,0.74,0.90)	(0.82,0.96,1.00)	(0.69,0.88,1.00)	(0.26,0.50,0.74)	(0.00,0.04,0.18)	(0.16,0.35,0.55)
K5	(0.27,0.47,0.67)	(0.22,0.43,0.63)	(0.46,0.66,0.84)	(0.78,0.92,0.98)	(0.69,0.88,1.00)	(0.14,0.36,0.60)	(0.04,0.18,0.38)	(0.00,0.04,0.18)
K6	(0.80,0.94,1.00)	(0.67,0.88,1.00)	(0.10,0.26,0.46)	(0.04,0.16,0.34)	(0.00,0.04,0.19)	(0.55,0.79,1.00)	(0.26,0.46,0.66)	(0.59,0.80,0.96)
K7	(0.02,0.14,0.35)	(0.71,0.90,1.00)	(0.30,0.50,0.70)	(0.82,0.96,1.00)	(0.48,0.69,0.85)	(0.07,0.26,0.50)	(0.00,0.06,0.22)	(0.39,0.59,0.80)

Tablo 15. Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi.

Table 15. Weighted normalised fuzzy decision matrix.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
K1	(0.24,0.48,0.69)	(0.03,0.17,0.39)	(0.00,0.04,0.18)	(0.30,0.55,0.78)	(0.02,0.14,0.35)	(0.43,0.74,1.00)	(0.64,0.90,1.00)	(0.56,0.84,1.00)
K2	(0.00,0.04,0.15)	(0.03,0.17,0.39)	(0.05,0.21,0.42)	(0.04,0.19,0.41)	(0.04,0.19,0.42)	(0.01,0.09,0.27)	(0.00,0.03,0.13)	(0.02,0.12,0.32)
K3	(0.01,0.08,0.25)	(0.00,0.02,0.09)	(0.01,0.05,0.19)	(0.00,0.01,0.06)	(0.01,0.09,0.25)	(0.00,0.03,0.14)	(0.01,0.07,0.23)	(0.01,0.08,0.25)
K4	(0.01,0.06,0.20)	(0.06,0.21,0.44)	(0.10,0.28,0.52)	(0.15,0.36,0.58)	(0.12,0.33,0.58)	(0.05,0.19,0.43)	(0.00,0.02,0.10)	(0.03,0.13,0.32)
K5	(0.14,0.35,0.61)	(0.12,0.32,0.57)	(0.25,0.49,0.76)	(0.42,0.68,0.88)	(0.37,0.65,0.90)	(0.08,0.26,0.54)	(0.02,0.13,0.34)	(0.00,0.03,0.17)
K6	(0.18,0.39,0.62)	(0.15,0.37,0.62)	(0.02,0.11,0.29)	(0.01,0.07,0.21)	(0.00,0.02,0.12)	(0.12,0.33,0.62)	(0.06,0.19,0.41)	(0.13,0.33,0.57)
K7	(0.01,0.07,0.24)	(0.21,0.45,0.70)	(0.09,0.25,0.49)	(0.25,0.48,0.70)	(0.14,0.34,0.60)	(0.02,0.13,0.35)	(0.00,0.03,0.15)	(0.12,0.30,0.56)

Tablo 16. Her kritere göre A_i ve A^* arasındaki uzaklık.

Table 16. The distance between A_i ve A^* for each criterion.

	$d(A_1, A^*)$	$d(A_2, A^*)$	$d(A_3, A^*)$	$d(A_4, A^*)$	$d(A_5, A^*)$	$d(A_6, A^*)$	$d(A_7, A^*)$	$d(A_8, A^*)$
K1	0.56	0.82	0.93	0.50	0.84	0.36	0.22	0.27
K2	0.94	0.82	0.79	0.80	0.80	0.88	0.95	0.86
K3	0.89	0.97	0.92	0.98	0.89	0.94	0.90	0.89
K4	0.91	0.78	0.72	0.66	0.68	0.79	0.96	0.85
K5	0.66	0.69	0.54	0.39	0.42	0.73	0.84	0.94
K6	0.63	0.65	0.87	0.91	0.96	0.67	0.79	0.67
K7	0.90	0.58	0.74	0.56	0.66	0.84	0.94	0.70

Tablo 17. Her kritere göre A_i ve A^- arasındaki uzaklık.

Table 17. The distance between A_i ve A^- for each criterion.

	$d(A_1, A^-)$	$d(A_2, A^-)$	$d(A_3, A^-)$	$d(A_4, A^-)$	$d(A_5, A^-)$	$d(A_6, A^-)$	$d(A_7, A^-)$	$d(A_8, A^-)$
K1	0.51	0.25	0.11	0.58	0.22	0.76	0.86	0.82
K2	0.09	0.24	0.27	0.26	0.27	0.16	0.07	0.20
K3	0.15	0.05	0.12	0.03	0.16	0.08	0.14	0.15
K4	0.12	0.28	0.35	0.40	0.39	0.27	0.06	0.20
K5	0.41	0.38	0.54	0.69	0.68	0.35	0.21	0.10
K6	0.44	0.43	0.18	0.13	0.07	0.41	0.26	0.40
K7	0.15	0.50	0.32	0.51	0.41	0.22	0.09	0.37

Tablo 18. Alternatiflerin sıralaması.

Table 18. The ranking order for alternatives.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
d_i^*	5.50	5.30	5.51	4.79	5.25	5.23	5.61	5.18
d_i^-	1.86	2.13	1.88	2.60	2.18	2.25	1.70	2.24
$d_i^+ + d_i^-$	7.36	7.43	7.39	7.39	7.44	7.49	7.31	7.42
CC_i	0.252754	0.286594	0.254227	0.352047	0.293781	0.301014	0.232672	0.301665
Sıralama	7	5	6	1	4	3	8	2

3.4 Bulguların karşılaştırılması

Bu çalışmada, AHP, ARAS ve bulanık TOPSIS yöntemleri ile sekiz alternatifin yedi kriter altında değerlendirilmesi yapılarak en uygun şube yeri seçimi karar problemine çözüm önerisi sunulmuştur. Bu üç yöntemden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, tüm yöntemlerin aynı alternatifi (İzmit) en uygun çözüm olarak bulduğu görülmüştür. Tablo 19'da yer alan alternatiflerin sıralamasında iki veya daha fazla yöntem aynı alternatifi önerdiği görülse de sadece ilk sıralamada tüm yöntemlerin aynı sonuca ulaştığı ve geri kalan sıralamalarda farklılıklar olduğu ortaya çıkmıştır. Buna rağmen, AHP ve ARAS yöntemlerinden elde edilen sıralamaların diğer ikili karşılaştırmalara göre daha uyumlu olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 19. Alternatiflerin sıralamalarının karşılaştırılması.

Table 19. The comparison of the rankings of alternatives.

Alternatif	AHP	ARAS	Bulanık TOPSIS
Bandırma	6	6	7
İskenderun	7	5	5
İzmir	2	3	6
İzmit	1	1	1
Mersin	3	2	4
Samsun	8	8	3
Tekirdağ	4	7	8
Zonguldak	5	4	2

Tablo 19'da sunulan sıralama sonuçları uzmanlar ile paylaşıldığında ise üç uzmanın bulanık TOPSIS yönteminden elde edilen sonuçları daha etkin bulduğu ve iki uzmanın ise AHP yönteminden elde edilen sonuçları daha etkin bulduğu görülmüştür.

4 Sonuçlar

Bu çalışmada, denizcilik sektöründe ürün tedarik eden bir firmanın yeni şube yeri seçiminde ÇKKV yöntemleri karşılaştırmalı olarak kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve alternatiflerin performanslarının değerlendirilmesi için AHP kullanılmıştır. Daha sonra AHP uygulamasından elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak alternatiflerin değerlendirilmesi için ARAS yöntemi uygulanmıştır. Son olarak, kriter ağırlıklarını belirlemek ve alternatifleri değerlendirmek için bulanık TOPSIS kullanılmıştır.

Bulgular, yeni şube lokasyonu için en uygun alternatifin İzmit olduğunu ortaya koymuştur. Her bir yöntemin matematiksel yaklaşım temellerindeki farklılıklarına rağmen kullanılan üç yöntemde en iyi çözüm olarak aynı alternatif bulduğu gözlemlenmiştir. Ancak, geri kalan alternatiflerin farklı sıralarda yer aldığı bulunmuştur. Böyle bir sonuç, "Önceliklendirmede ÇKKV yöntemleri ne kadar güvenilir?" gibi önemli bir soruyu gündeme getirmektedir. Bu, ÇKKV yöntemlerinin bir karar verme aracı değil, bir karar destek aracı olarak kullanılmasının önemini bir kez daha göstermiştir.

Bu çalışma, ÇKKV yöntemlerinin karşılaştırmalı uygulaması ile bir şube yeri seçimine rasyonel bir çözüm önerisi sunmaktadır. Bu çalışma, hem pratikte hem bilimde önemli bir değere sahip olmasına rağmen bazı sınırlılıkları da vardır. Bu çalışmada yazarlar, kriter ağırlıklarını değiştirerek bir duyarlılık analizi yapmamışlardır. Kriter ağırlıklarındaki küçük değişiklikler, farklı sıralama sonuçlarına neden olabilir. Birinci ve ikinci alternatiflerin değerlerinin birbirine yakın olduğu durumlarda duyarlılık analizinin seçim tipi karar problemlerinde kritik

olduğu unutulmamalıdır. Ayrıca, bu çalışma literatürü gözden geçirerek ve uzman görüşlerini kullanarak alternatifleri değerlendirmek için yedi kriter belirlemiştir. Ancak çalışmada daha fazla kriter belirlenebilirdi. Daha kapsamlı bir analiz için yeni kriterler eklenebilir veya kriterler alt kriterlere de ayrılabilir.

Tüm bunlara rağmen, bu çalışma gerçek bir vaka çalışması sunarak ve uygulama adımlarını detaylı açıklayarak ÇKKV yöntemlerinin özellikle yeni şube yeri seçimi problemlerinde uygulanabilirliğini bir kez daha ortaya koymuştur. Gelecekteki çalışmalarda ÇKKV yöntemlerinin performansının analizinde farklı normalizasyon tekniklerinin etkisini anlamak için derinlemesine bir analiz yapılabilir.

5 Conclusions

In this study, MCDM methods were comparatively used to choose a new branch location that supplies products in the maritime sector. In the study, first, AHP was used to determine criteria weights and evaluate the performances of the alternatives. Then, the ARAS method was applied to evaluate alternatives using the criterion weights obtained from the AHP application. Finally, the fuzzy TOPSIS was used to determine criteria weights and evaluate alternatives.

The findings revealed that Izmit is the most suitable alternative for the new branch location. It has been observed that all methods found the same alternative as the best solution despite their scientific differences. However, the rest of the alternatives were ranked in different orders. Such a conclusion raises an important question such as "How reliable MCDM methods in prioritisation?". This has once again demonstrated the importance of using MCDM methods as a decision support tool, not a decision-making tool.

This study presents a rational solution to choosing a branch location with the comparative application of MCDM methods. Despite the study having a significant value in both practice and science, it has some limitations. In this study, the authors did not perform a sensitivity analysis by changing the criteria weights. Minor changes in criterion weights may result in different ranking results. It must be noted that the sensitivity analysis is critical in cases where the values of the first and second alternatives are close to each other. In addition, this study identified seven criteria to evaluate alternatives by reviewing the literature and using experts' opinions. However, more criteria could have been identified; more could be added, or the criteria could also be separated into sub-criteria.

Despite all this, the study once again demonstrated the applicability of MCDM methods, especially in new branch location selection problems, by offering a real case study and presenting the application steps. In future studies, an in-depth analysis can be done to understand the effect of different normalization techniques on the analysis of the performance of MCDM methods.

6 Yazar katkı beyanı

Bu çalışmada, Abdülşamet KARA ve Ahmet MASRİ fikrin oluşturulması, tasarım yapılması, veri toplaması, veri analizi, literatür taraması ve yazım kısımlarında; Gülsüm Kübra KAYA veri analizi, literatür taraması, yazım, eleştirel inceleme ve makale kontrolü kısımlarında katkı sunmuşlardır.

7 Etik kurul onayı ve çıkar çatışması beyanı

Hazırlanan makalede etik kurul izni alınmasına gerek yoktur. Hazırlanan makalede herhangi bir kişi/kurum ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

8 Kaynaklar

- [1] Balık İ. "Ordu ili denizcilik faaliyetleri üzerine bir değerlendirme". *Kent Akademisi*, 10(3), 351-361, 2017.
- [2] Yalçın E, Arslan Ö. "Gemi işletmeciliğinde satın alınan yönetimsel ve operasyonel boyutunun yarı yapılandırılmış görüşmelerle analizi". *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi*, 12(2), 241-257, 2020.
- [3] Kalaycı İ. "Deniz ticareti ve küresel mali kriz: İpek Yolu'nda Türkiye için yeni stratejiler". *Avrasya Etüdüleri*, 45(1), 87-122, 2014.
- [4] Balbaş O, Turan E. "Tersanelerde inşa edilecek gemi tipinin belirlenmesinde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerinin uygulanması". *Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi*, 215, 1-19, 2019.
- [5] Türkiye Cumhuriyeti Ekonomi Bakanlığı. "Gemi İnşa Sektörü". Ankara, Türkiye, 89, 2014.
- [6] Öztürk F, Kaya GK. "Afet sonrası toplanma alanlarının Promethee metodu ile değerlendirilmesi". *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, 25(3), 1239-1252, 2020.
- [7] Antmen ZF, Miç P. "Çocuk yoğun bakım ünitesinde çok kriterli karar verme ile mekanik ventilatör seçimi ve bir uygulama örneği". *Çukurova Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 17-30, 2018.
- [8] Zeydan M, Bostancı B, Oralhan B, Eroğlu D, Aydın U. "Mekânsal bulanık karar destek sisteminin geliştirilmesi". *European Journal of Science and Technology*, Özel Sayı, 418-429, 2020.
- [9] Yıldırım B, Önder B. *Operasyonel, Yönetimsel Ve Stratejik Problemlerin Çözümünde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri*. 3. Baskı. Bursa, Türkiye, Dora Yayıncılık, 2018.
- [10] Korkmaz C, Aktar Demirtaş E, Erol D. "Selection of disposal contractor by multi criteria decision making methods". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 22(4), 305-313, 2016.
- [11] Balkan D. "Endüstri 4.0 sürecinde Electree yöntemi ile enerji tesis yer seçiminin gerçekleştirilmesi". *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 238-253, 2020.
- [12] Miç P, Antmen ZF. "A healthcare facility location selection problem with fuzzy TOPSIS method for a regional hospital". *European Journal of Science and Technology*, 16, 750-757, 2019.
- [13] Çeliker M, Yıldız O, Koçer NN. "Evaluating solid waste landfill site selection using multi-criteria decision analysis and geographic information systems in the city of Elazığ, Turkey". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(6), 683-691, 2019.
- [14] Kabadayı N, Dağ S. "Dealership performance evaluation in supply chain with DEMATEL and ELECTRE methods". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 26(1), 241-253, 2020.
- [15] Uyan M, Yalçın Ş. "Site selection for medical waste sterilization plants by Integration of multi criteria decision making model with GIS". *Afyon Kocatepe University Journal of Science and Engineering*, 16(3), 642-654, 2016.
- [16] Gür Ş, Hamurcu M, Eren T. "Selecting of monorail projects with Analytic Hierarchy Process and 0-1 goal programming methods in Ankara". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(4), 437-443, 2017.
- [17] Durmaz ED, Akagündüz E, Şahin R. "Tedarikçi seçim probleminde hedef programlama ve MOORA yöntemi: uygulama çalışması". *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(3), 1021-1044, 2017.
- [18] Soyer A, Türkay BA. "Yeşil satın alma ve yeşil tedarikçi seçimi: beyaz eşya sektöründe bir uygulama". *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(4), 1202-1222, 2020.
- [19] Supçiller AA, Çapraz O. "Ahp-Topsis yöntemine dayalı tedarikçi seçimi uygulaması". *İstanbul Üniversitesi Ekonomi ve İstatistik e-Dergisi*, 13, 1-22, 2011.
- [20] Ayvaz B, Kuşakçı AO. "A trapezoidal type-2 fuzzy multi-criteria decision making method based on TOPSIS for supplier selection". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 23(1), 71-80, 2017.
- [21] Coşkun S, Polat O, Kara B. "A decision model for supplier selection based on business system management and safety criteria and application of the model". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 21(4), 134-144, 2015.
- [22] Kuşakçı AO, Ayvaz B, Öztürk F, Sofu F. "Bulanık MULTIMOORA ile personel seçimi: havacılık sektöründe bir uygulama". *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(1), 96-110, 2019.
- [23] Öztürk F, Kuşakçı AO, Ayvaz B, Sırakaya Karakoç M. "Biyoyakıt tedarik zinciri ağ tasarımı çalışmaları için öz düzenleyici haritalar". *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(2), 345-356, 2020.
- [24] Öztürk F, Kaya GK. "Personnel selection with fuzzy VIKOR: an application in automotive supply industry". *Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology*, 8(1), 94-108, 2020.
- [25] Çalış Boyacı A, Tüzemen MÇ. "Bütünleşik SWARA-MULTIMOORA yaklaşımı ile uçak gövdesi için malzeme seçimi". *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 8(4), 768-782, 2020.
- [26] Wiguna KA, Sarno R, Ariyani NF. "Optimization solar farm site selection using multi-criteria decision making fuzzy AHP and PROMETHEE: case study in Bali". *International Conference on Information, Communication Technology and System Optimization*, India, 4-5 March 2016.
- [27] Rouyendegh B, Erkan T. "An application of the Fuzzy ELECTRE method for academic staff selection". *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing and Service Industries*, 23(2), 107-115, 2013.
- [28] Tolga AC, Parlak IB, Castillo O. "Finite-interval-valued Type-2 gaussian fuzzy numbers applied to fuzzy TODIM in a healthcare problem". *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 87, 1-13, 2020.
- [29] Konstantinos I, Georgios T, Garyfalos A. "A decision support system methodology for selecting wind farm installation locations using AHP and TOPSIS: case study in Eastern Macedonia and Thrace region, Greece". *Energy Policy*, 132, 232-246, 2019.
- [30] Aydemir-Karadag A. "Katı atık depolama tesisi yer seçimi için birleştirilmiş hedef programlama ve AHP yaklaşımı". *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 11(1), 211-225, 2019.
- [31] Kabadayı N, Çakır Esen TE. "Gri ilişkisel temelli TOPSIS yöntemi ile depo yeri seçimi". *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 169-184, 2021.

- [32] Emre U, Akman G. "AHP-TOPSIS teknikleriyle kuruluş yeri seçimi probleminin çözümü: barış destekleme hareketi örneği". *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 8(2), 1-10, 2018.
- [33] Karagöz S, Deveci M, Simic V, Aydın N. "Interval type-2 fuzzy ARAS method for recycling facility location problems". *Applied Soft Computing*, 102, 1-14, 2021.
- [34] Oruç KO, Arıcan M. "Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve bulanık ARAS yöntemleri ile polis merkezi kuruluş yeri seçimi: Isparta örneği". *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(3), 715-734, 2019.
- [35] Oğuzhan Y. "Depo yeri seçimi probleminde Gri Sistem Teorisi ve VIKOR yönteminin karşılaştırmalı analizi," *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1), 169-191, 2018.
- [36] Gerçin RE, Peker I. "Literature review on success factors and methods used in warehouse location selection". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(9), 1062-1070, 2019.
- [37] Saaty RW. "The analytic hierarchy process-what it is and how it is used". *Mathematical Modelling*, 9(3-5), 161-176, 1987.
- [38] Zavadskas EK, Turskis Z. "A new additive ratio assessment (ARAS) method in multi criteria decision-making". *Ukio Technologinis ir Econominiis Vystymas*, 16(2), 159-172, 2010.
- [39] Altın FG, Tunca MZ, Ömürbek N. "Entropi temelli SAW ve ARAS yöntemleri ile Nato ülkeleri askeri güçlerinin sıralanması". *Alanya Akademik Bakış*, 4(3), 731-753, 2020.
- [40] Hwang CL, Yoon K. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. 1st ed. New York, USA, Springer-Verlag, 1981.
- [41] Ballı S, Karasulu B. "Parallel computing in fuzzy decision making systems". *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 19(2), 61-67, 2013
- [42] Chen C-T. "Extension of fuzzy TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment". *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1-9, 2000.
- [43] Wang TC, Da Lee H. "Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights". *Expert Systems with Applications*, 36(5), 8980-8985, 2009.