

Bulanık EDAS yöntemi ile tıbbi aromatik bitki işleme tesisi yer seçimi: Artvin örneği

Location selection of medicinal and aromatic plant processing facility with fuzzy EDAS method: Artvin example

Enis KÜÇÜK^{1*}, Ertan DİNÇ², Tayfun ÖZTÜRK²

¹Artvin Çoruh Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Merkez, Artvin

²Artvin Çoruh Üniversitesi, Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi, Merkez, Artvin

Eser Bilgisi / Article Info

Araştırma makalesi / Research article

DOI: 10.17474/artvinofd.1453305

Sorumlu yazar / Corresponding author

Enis KÜÇÜK

e-mail: eniskucuk@artvin.edu.tr

Geliş tarihi / Received

15.03.2024

Düzeltilme tarihi / Received in revised form

17.04.2024

Kabul Tarihi / Accepted

22.04.2024

Elektronik erişim / Online available

15.05.2024

Anahtar kelimeler:

Tıbbi ve aromatik bitkiler

Tesis yeri seçimi

EDAS

Bulanık mantık

Yamuk bulanık sayılar

Keywords:

Medicinal and aromatic plants

Facility location selection

EDAS

Fuzzy Logic

Trapezoidal fuzzy numbers

Özet

İklim değişikliği, biyoçeşitlilik ve toprağın iyi yönetilmesi dünyadaki hızlı nüfus artışı ile birlikte kıt olan bu tür kaynakların daha iyi yönetilmesi ve verimli kullanılması gerekliliğinin önemini artırmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler de (TAB) bu kaynaklar arasında yer almakta ve ekonomik açıdan da bir katma değer potansiyeli bulunmaktadır. Doğadan doğrudan veya kültür yolu ile üretimi gerçekleştirilen TAB'ların işlenmesi için tesis yeri seçimi önemli bir stratejik karar unsuru olmaktadır ve genel olarak tesis yeri seçimi problemi, işletmelerin veya örgütlerin karşılaştığı en temel stratejik karar verme problemlerinden biri olarak ortaya çıkmaktadır. Çok fazla faktörün minör veya majör etkilerinin bulunduğu bu karmaşık karar verme sürecini çözümlemek için bu çalışmada çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKV) biri olan EDAS (The evaluation based on distance from average solution) metodolojisinin adımları izlenmiştir. Bunun yanı sıra bulanık teorinin belirsizlik ve eksik bilgi ile baş edebilme yeteneğinden faydalanarak (trapezoidal fuzzy numbers – yamuk bulanık sayılar) problemin çözümüne ulaşmada zaman ve kaynak tasarrufu olarak önemli bir avantaj elde edilmiştir. Çözüm sürecinde üç karar verici ve altı alternatif lokasyonu dilsel terimlerle değerlendirilerek bir öncelik sıralaması oluşturulmuş ve en uygun konum (A2- Seyitler Yerleşkesi) belirlenmiştir.

Abstract

Climate change, biodiversity and good soil management, together with the rapid population growth in the world, increase the importance of better management and efficient use of such scarce resources. Medicinal and aromatic plants (MAPs) are among these resources and have an economic added value potential. Facility location selection for the processing of MAPs produced directly from nature or through culture is an important strategic decision element, and in general, the facility location selection problem emerges as one of the most fundamental strategic decision-making problems faced by businesses or organizations. To analyze this complex decision-making process, where many factors have minor or significant effects, this study followed the steps of the EDAS (The evaluation based on distance from average solution) methodology, one of the multi-criteria decision-making methods (MCDM). In addition, by taking advantage of the fuzzy theory's ability to deal with uncertainty and incomplete information (here with trapezoidal fuzzy numbers), a significant advantage has been achieved in terms of saving time and resources to solve the problem. In the solution process, three decision-makers evaluated six alternative locations in linguistic terms. A priority order was formed, and the most suitable location (A2- Seyitler Campus) was determined.

GİRİŞ

Günümüzde iklim, toprak ve sürdürülebilirlik gibi değerler ön plana çıkmakta ve bu konularda uluslararası bir hareketlilik görülmeye başlanmıştır. Bu amaçla Birleşmiş Milletler tarafından 2012 yılında Rio de Janeiro (Brezilya) düzenlenen Sürdürülebilir Kalkınma Konferansında slogan; “Biz geleceği istiyoruz” ve ana teması; “Toprağın iyi yönetilmesi ve sürdürülebilirliği” olarak ifade edilmiştir. Bu toplantının üzerinde durduğu noktalar iklim değişikliği, biyoçeşitlilik ve ormanların korunması sürdürülebilir bir tarım ve gıda güvenliğinin sağlanması

için toprağın en iyi yönetilmesidir (Keesstra ve ark. 2016). Biyoçeşitlilik ve ormanların sürdürülebilirliği göz önüne alındığında akla gelen önemli doğal kaynaklardan biri de tıbbi ve aromatik bitkilerdir.

TAB'ların tanımına bakıldığında: tıbbi bitkiler hastalıklara karşı korunmayı sağlayan ve de tedavi amacı ile kullanılmakta olan bitki çeşitlerini ifade etmekte iken aromatik bitkiler ise, kokusu ve tadı ile ön plana çıkan bitki çeşitlerini ifade etmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere tıbbi bitkiler ilâç, beslenme, kozmetik gibi sağlık amaçlı; aromatik bitkiler güzel kokusundan faydalanılarak yapılan

tütsüler ya da yemeklere tat vermesi amacıyla gastronomide kullanılan baharatlar olabilmektedir (Lubbe ve Verpoorte 2011).

Christenhusz ve Byng (2016)'a göre bilinen, tanımlanan ve kabul edilen bitki türlerinin sayısı yaklaşık 374.000 adettir. Dünya çapında tıbbi olarak kullanılmakta olan çiçekli bitki çeşidi ise 50.000 ila 80.000 arasında yer almaktadır (Marinelli 2005, IUCN Species Survival Commission 2007). Ülkemizin bitki potansiyeli incelendiğinde ise TAB'ın mevcut durumu ve üretim potansiyeli nispeten yüksek olup, Ege, Marmara, Akdeniz, Doğu Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde yoğun olarak görülmektedir (Güner ve Aslan 2012). Başer (2000)'e göre Türkiye florasında 1000'e yakın bitki türü tıbbi amaçlarda kullanılmakta iken 3000'e yakın aromatik bitki taksonu yer almaktadır. Kültüründen çok genellikle yöre halkı tarafından doğadan toplanarak elde edilen TAB'ların pazarlanması yapılmaktadır. TAB'ların sürdürülebilir bir biçimde üretiminin yapılması ve pazarlama faaliyetlerinin en iyi şekilde gerçekleştirilebilmesi için bu ürünlerin miktarı ve kalitesi belli bir düzeyin üzerinde olması gerekmektedir. TAB'ların üretim ve pazarlama imkânlarının geliştirilmesi için tüketici ve sanayici istekleri göz önünde bulundurulmalı ve bu bitkilerin ülkemiz ekolojik durumu değerlendirilmeli ve tespit edilmelidir. Tespit edilen bu bitkiler doğayı bozmadan toplanmalı, işleme teknolojileri ve yöntemleri geliştirilmelidir (Bayram ve ark. 2010). Toplanan bu bitkilerin işlenmesi de üretimin önemli bir kısmını teşkil etmektedir. Bu bağlamda işleme tesis yeri seçimi de üreticiden/toplayıcıdan son kullanıcıya doğru akışta bir köprü oluşturmakta ve bu köprüünün (işleme tesisinin) nereye kurulması gerektiği de önem arz etmektedir. Bu durum bir karar verme problemini ortaya çıkarmakta ve tesis yeri için en uygun alanın neresinin olabileceği konusunda bir araştırma yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Türkiye'nin çeşitli bölgelerinde hâlihazırda TAB üretim ve/veya işleme tesisleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları bölge ekonomisini desteklemek için (özellikle belediyelerin müdahil oldukları), bazıları ise özel sermaye şirketleri tarafından kurulmuş ve işletilmektedir (URL-1, URL-2, URL-3, URL-4, URL-5, URL-6, URL-7). Bu tesislerde

elekten geçirme, açık veya kapalı alanlarda kurutma, distilasyon, soğuk sıkım, hidrosol tanklarında depolama gibi işlemler gerçekleştirilmektedir. Tesislerde genellikle distilasyon işlemleri gerçekleştirilerek bitkilerin uçucu yağ ve hidroselleri üretilmektedir. Bu bağlamda Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Sekapark A.Ş. Tıbbi ve Aromatik Bitki Üretim ve İşleme Tesis, Muğla Büyükşehir Belediyesi Tıbbi ve Aromatik Bitkiler ve Yerel Tohum Merkezi bünyesinde kurduğu distilasyon tesisi, Balıkesir büyükşehir belediyesine ait çiftçi eğitim merkezinde Distilasyon ünitesi bölümü, Konya Güneysınır Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Distilasyon Merkezi, Ekolojik Üreticiler Eğitim ve Yardımlaşma Derneği tarafından yapılan Samsun'da kurutma tesisi, Çalışkan Tarım Şirketinin Denizli ve Mersin'de bulunan mantar üretim tesisi, baharat ve şifalı bitki üretim tesisi ve defneyaprağı üretim tesisi, Bursa'nın Mustafakemalpaşa ilçesinde Uludağ Agro firmasına ait tesis, işleme tesislerine örnek verilebilir.

Tesis yeri, işletmenin rekabet gücü üzerinde önemli bir şekilde etkilemektedir ve dolayısıyla işletmenin gelecekteki varlığını devam ettirebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Maliyetlerin optimal düzeye çekilerek, kaynaklardan en yüksek verimde faydalanmayı sağlamasını mümkün kılmaktadır. Genel bir tanım vermek gerekirse, tesis yeri/lokasyonu, firmaların üretim, lojistik, satın alma fonksiyonlarını gerçekleştirebilecekleri stoklarını tutabilecekleri ve ekonomik hedeflerini ve varlıklarını sürdürebilecekleri en uygun lokasyondur (Ko 2005). Günümüz rekabetçi ortamı, tesis yeri seçimine ayrı bir önem katmakta, bununla bağıntılı olarak literatürde de tesis yeri seçiminde karar verme ile ilgili çok sayıda çalışmanın mevcut olduğu görülmektedir.

Gelişigüzel seçilmiş bir yerin, işletme operasyonları açısından yükler doğurabileceği, üretim ve lojistik açısından ekstra maliyetler yaratabileceği, ayrıca işletmenin faaliyetleri açısından (işgücü bulma sıkıntısı, devlet desteklerinden faydalanamama, altyapının yetersizliği) elzem kaynaklara ulaşılmasında zorluklar oluşturabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca yer seçimi, taşıma ve lojistik gibi bazı değişken maliyetleri belirli seviyelerde sabit maliyet olarak dönüştürebilmektedir (Drezner ve Hamacher 2004). Ürün türü, üretim ve hizmetin sağlanacağı yere göre, taşıma

maliyetleri ürünün satış fiyatının %25'ini bulabilmekte, bu maliyetlere vergiler, maaş ödemeleri, hammadde maliyetleri ve kiralama gibi maliyetler eklenince, operasyonel giderler %50 seviyelerine çıkabilmektedir (Heizer ve ark. 2008). Yanlış konumlandırılmış bir tesisin, farklı konumlara taşınması fazladan maliyet oluşturacaktır ve bu işlem yüksek maliyetli olabilmekte veya taşınma mümkün olmayabilmektedir. Bu gibi sebeplerden dolayı mülk edinme ve tesis inşası yüksek maliyetler

doğurduğundan, tesis yer seçimi ve tesisin yerinin değiştirilmesi gibi projeler uzun süreli yatırımlar olarak görülmektedir (Owen ve Daskin 1998).

Yer seçiminin kararının verilmesinde çok çeşitli faktörler değerlendirilebilmektedir. Buna örnek olarak Heizer ve ark. (2008)'e göre lokasyon yeri kararını etkileyen faktörler Çizelge 1'de sıralanmıştır.

Çizelge 1. Heizer ve ark. (2008)'e göre lokasyon yeri kararını etkileyen faktörler

Ülke seçimi	Bölge seçimi	Alan seçimi
Politik riskler, yönetim uygulamaları, tutumları ve teşvikler	İşletmenin istekleri ve hedefleri	Alanın boyutları ve maliyeti
Kültürel ve ekonomik sorunlar	Bölgenin çekimi (kültür, vergiler, iklim vb.)	Hava, demiryolu, karayolu ve deniz yolları
Pazar lokasyonu	Maliyetler ve imkânlarla ulaşılabilirlik	İmar kısıtlamaları
İşçilerin yeteneği, tutumu, maliyetleri	İşçi bulunabilirliği, maliyetleri ve sendika tutumu	İhtiyaç olan hizmetlerin/malzemelerin yakınlığı
Tedarikçilerin, bulunabilirliği, iletişim, enerji	Çevre ile ilgili düzenlemeler/kurallar	Çevresel etki sorunları
Döviz kurları ve riskleri	Devlet teşvikleri ve politikaları	Müşteri yoğunluğu ve demografisi
	Hammadde ve müşteriler yakınlık	
	Araz ve inşaa maliyeti	
	Bölgesel Seçim	

Karar verme ile ilgili problemler gerçek hayatta sıklıkla karşılaşılan veya karşılaşılabilen durumlardır. Bu durumlarda bazı karar verme problemlerinin çözümüne ulaşırken birden fazla amaç veya özellikleri göz önünde bulundurulmaktadır. Bu formda şekillenen problemlere çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemleri denilmektedir. Bu amaçla çok kriterli karar verme yöntemleri geliştirilmiş ve çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Literatürde de odak noktalarına göre çeşitli sayıda literatür çalışması bulunmaktadır. Bunlardan bir kısmı; öz sermaye portföy yönetimi (Xidonas ve Psarras 2009) ve tesis yeri seçimi (Farahani ve ark. 2010), ekonomi çalışmaları (Zavadskas ve Turskis 2011), tedarikçi seçimi (Renganath ve Suresh 2016), malzeme seçimi (Emovon ve Oghenenyerovwho 2020), yenilenebilir enerji teknolojilerinin değerlendirilmesidir (Siksnyte-Butkiene ve ark. 2020, Chowdhury ve Paul 2020). İlgili literatürden de anlaşılacağı üzere, ÇKKV yöntemlerinin çok çeşitli alanlarda karar verme problemlerinin çözümünde kullanıldığı görülmektedir. Pek çok kriterin hesaba katılması gereken bu tür yer seçimi problemleri için aralarında yine ÇKKVlerin de bulunduğu faktör-puan yöntemi, konumsal maliyet-hacim analizi, ağırlık merkezi yöntemi, sevkiyat-uzaklık yöntemi, ulaştırma modelleri ve Brown-Gibson modeli

gibi araçlardan faydalanılabilmektedir (Heizer ve ark. 2008). Bu çalışmada da tesis yeri belirlenmesi için ÇKKV yöntemlerinden ve bulanık teoriden faydalanılmıştır. ÇKKV yöntemlerinin yer seçimi ile ilgili çalışmalarda uygulama açısından herhangi bir sınırlandırılmasının bulunmadığını ve kamu tesislerinden özel tesislere, askeri çevreden iş alanlarına kadar birçok uygulama alanı ile kapsamlar ilgili literatürde görülmektedir (Farahani ve ark. 2010). Bunun yanı sıra bulanık mantık teorisi belirsizlik ve eksik bilgi gibi kesinlik taşımayan durumlarla başa çıkmada önde gelen kavramlardan biri olarak görülmektedir. Tesis yeri seçimi kararı için klasik yöntemlerle kesin bilgiler toplamak zahmetli, uzun zaman almakta ve maliyetli bir süreci teşkil etmektedir. Ancak bu çalışmada bulanık yöntemlerden yararlanılarak daha kısa sürede ve belirsizliklerin de işlemlerde hesaba katıldığı ve uzmanların bilgi ve deneyimlerinden faydalanılarak dilsel terimler ile veri elde edildiği kalitatif bir değerlendirme süreci izlenebilmiştir.

Bu kapsamda Artvin Çoruh Üniversitesi 2020 yılında TAB alanında ihtisas üniversitesi olarak YÖK tarafından seçilmiş dolayısı ile bu alanda yapılacak her türlü çalışma ve ilerleme önem arz etmektedir. Bölgenin ve üniversitenin bu özelliği göz önünde bulundurulduğunda,

TAB'ların üretiminden pazarlanmasına dek birçok konuda çalışmalar yapılması gerekmektedir. Deneysel çalışmaların yanı sıra uygulamaya yönelik olacak işletme düşüncesi açısından bilimsel yaklaşımların da uygulanması bu alandaki ilerleme ve kalkınma seviyesine önemli katkıda bulunacaktır. Bu nedenle, bu çalışmada Yamuk Bulanık Sayılı EDAS yöntemi alternatifler arasından Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesinde yer alacak en uygun tesis lokasyonunun tespiti için uygulanmıştır.

Çalışmanın ilerleyen bölümleri şu şekilde devam etmektedir. İlk olarak literatür taramasında elde edilen bilgiler paylaşılmış, sonrasında Materyal ve Yöntem kısmında bulanık yöntemler hakkında genel bilgiler verilmiş ve Yamuk Bulanık Sayılı EDAS Metot aşamaları anlatılmıştır. Daha sonrasında Bulgular kısmında yöntem uygulanarak analiz gerçekleştirilmiş ve son olarak sonuç kısmında ilgili bulgular özetlenmiştir.

LİTERATÜR TARAMASI

Bulanık Edas Yöntemi Kullanan Çalışmalar

Ortalama Çözümünden Uzaklığa Dayalı Değerlendirme (EDAS) yöntemi, çok kriterli envanter sınıflandırması için Keshavarz ve ark. (2015) tarafından geliştirilmiştir. Yer seçimi konusunda bulanık EDAS yöntemleri kullanılan kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalarında bazılarında çeşitli yöntemler ve bulanık kümeler, EDAS yöntemi ile entegre edilerek araştırmacılar problemlerine çözüm önerisinde bulunmuşlardır. Bu nedenle güncel literatüre göz atıldığında bazı çalışmalara örnek vermek gerekirse: Akram ve ark. (2023) pisagor bulanık CRITIC-EDAS yöntemi kullanarak en iyi endüstriyel atık yönetim tekniğini seçmede; Cakmak ve Guney (2023) havacılık sektöründe aralık değerli nütrosifik bulanık EDAS yöntemi kullanılarak yedek parça envanter sınıflandırmasında; Dumrul ve ark. (2024) sezgisel-bulanık EDAS metodolojisi kullanılarak Türkiye'deki yenilenebilir enerji alternatiflerinin değerlendirilmesinde; Garg ve Sharaf (2022) küresel bulanık EDAS yöntemi kullanarak endüstriyel robot seçiminde; Menekşe ve ark. (2023) pisagor bulanık CRITIC EDAS kullanarak otomotiv endüstrisi için katmanlı üretim süreci seçiminde; Menekşe ve Camgöz Akdağ (2022) küresel bulanık AHP EDAS yöntemi geliştirerek uzaktan eğitim aracı seçimi

probleminde; Özkan ve ark. (2022) küresel bulanık AHP tabanlı EDAS yaklaşımı uygulayarak Asya ülkelerinin veri merkezi güvenlik endeksi kullanılarak değerlendirilmesinde; Paul ve ark. (2023) kübik pisagor bulanık EDAS yaklaşımı uygulayarak kentsel katı atık yönetim tekniği seçiminde; Polat ve Bayhan (2022) Yamuk Bulanık Sayılı EDAS yöntemi kullanılarak ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemi tedarikçisi seçiminde; Samastı ve ark. (2024) aralık değerli nütrosifik bulanık EDAS yöntemi kullanarak İstanbul'daki tıbbi atık imha tesisi yerleşim alternatiflerinin değerlendirilmesinde ilgili çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Bu çalışmada Yamuk Bulanık Sayılı EDAS uygulanmasının temel nedeni, bulanık EDAS yönteminin hem kriter ağırlıklarının hesaplanmasına hem de alternatiflerin basit ve kolay bir şekilde sıralanmasına olanak sağlamasıdır. Bulanık COPRAS, bulanık ARAS vb. diğer ÇKKV yöntemleri seçilseydi, AHP, DEMATEL vb. kriter ağırlıklandırma yöntemleriyle entegre edilmeleri gerekirdi. Ancak bu durum sorunu karmaşık hale getirebilirdi (Stević ve ark. 2018).

Lokasyon Seçimi Hakkında Yapılan Çalışmalar

Çalışma kapsamında literatür taraması gerçekleştirilmiş ve TAB işleme tesisi yer seçimi veya benzerlik içerebilecek olan bitki işleme tesisi yer seçimleri ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Bu sebeple literatür, tesis yeri seçimi konusunda genel bir başlık altında incelenmiştir. İncelenen çalışmalardaki kriterlerden herhangi bir tesis yeri seçiminde kullanılabilecek ya da TAB işleme tesisi için uygun olabilecek kriterler değerlendirmeye alınmıştır. İlgili literatür çok çeşitli örnekler içermektedir. Bunlar yenilenebilir enerji kaynakları tesislerinden hastane yeri seçimine kadar çok çeşitli amaçları bünyesinde barındırmakta ve AHP (Analytical Hierarchy Process), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal) Solution, DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) gibi çeşitli ÇKKV yöntemleri uygulanmaktadır. Ancak araştırma dâhilinde TAB'ları konu edinen benzer bir çalışmaya rastlanmamıştır. Genel bir çerçeveden bakılarak araştırılan literatüre örnek vermek gerekirse öne çıkan çalışmalar ve kısa içerikleri şu şekildedir.

Almutairi (2022) yaptıkları çalışmada ÇKKV yöntemlerinden faydalanarak rüzgâr enerjisinden hidrojen üretimi için en iyi lokasyonu belirlemek istemiştir. Çalışma kapsamında 12 kriterden faydalanılarak 13 alternatif lokasyonun değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Çeşitli ÇKKV yöntemleri kullanılarak tesis yeri için en uygun konum tespit edilmiş ve farklı yöntemler arasında kıyaslamalarda bulunulmuştur. Khorshid ve ark. (2022) ÇKKV bulanık (mantık) yöntemlerini kullanarak güneş enerjisi santrali yer seçimi konusunda bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında beş il dört ana kriter (12 alt kriter) baz alınarak değerlendirme yapılmıştır. Nhi ve ark. (2022) yaptıkları çalışmada güneş enerjisi santrali yer seçimi için bulanık ÇKKV modeli önermiştir. Dört faktör (kriter) ve bunlara bağlı alt faktörler dikkate alınarak altı aday lokasyon değerlendirmeye alınmış ve önceliklendirilmiştir. Suman ve ark. (2021) ÇKKV yöntemlerinden faydalanarak mobilya endüstrisi için tesis yeri seçimi konusunu ele almışlardır. Çalışma kapsamında beş lokasyon yedi kriter açısından değerlendirilerek mobilya üretim tesisi için en uygun yer belirlenmiştir. Gul ve Guneri (2021) hastane yeri seçimi konusunda detaylı bir sistematik literatür çalışması ortaya koyarak seçilen kriterler ve uygulanan yöntemlere derinlemesine bir bakış açısı sunmuşlardır. Kheybari ve ark. (2019) araştırmada biyoetanol üretimi için en iyi lokasyonun neresi olabileceğinin belirlenmesi hakkında bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yaptıkları çalışmada en uygun lokasyonun seçilmesi için İran'da bulunan 30 şehir, belirlenen 28 kriter açısından uygulanan yöntem aracılığıyla (The Best-Worst Method) değerlendirmeye alınmıştır. Rhaman ve ark. (2018) plastik üretim endüstrisini baz alarak tesis yeri seçimi değerlendirmesinde bulunmuşlardır. Çalışmalarında beş ticari bölgeyi en uygun tesis yeri seçimi açısından 10 adet kriteri baz alarak değerlendirmişlerdir. Beş farklı bölgenin değerlendirilmesi için AHP yönteminden faydalanılarak bir sırlama elde edilmiş ve en uygun lokasyon tespit edilmiştir. Kahraman ve ark. (2017) bulanık mantık temelli bir ÇKKV yöntemi geliştirmişler (sezgisel bulanık EDAS yöntemi) ve bunu katı atık depolama sahası seçimine yönelik bir uygulama olarak değerlendirmişlerdir. Çalışma teorik bir yaklaşım olduğundan üç kriter ve üç alternatif dikkate alınarak değerlendirmeler gerçekleştirilmiş ve en

uygun saha seçimi sonucuna ulaşılmıştır. Halil ve Demiral (2016) yaptıkları çalışmada üç alternatif lokasyon altı kriter açısından gri sistem teorisi kullanılarak değerlendirilerek optimal lokasyon belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Yaşloğlu ve Önder (2016) çalışmalarında plastik eşya üreten bir firmanın tesis yeri seçim problemine çözüm bulmak amacıyla ÇKKV yöntemlerinden faydalanmışlardır. Bu kapsamda dört aday lokasyon literatür taraması ve firmada çalışan uzmanların görüşünden faydalanarak belirlenen altı kriter (36 alt kriter) baz alınarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Çebi ve Otay (2015) yaptıkları çalışmada çok kriterli ve çok aşamalı tesis yeri seçimi konusuna yönelik sistematik olarak yaklaşımda bulunmuşlardır. Oluşturdıkları bulanık yaklaşım metodolojisini bir çimento fabrikası için yer seçimi probleminin çözümünde kullanmışlardır. İki aşama da yaklaştıkları çözüm sürecinde, ilk aşamada üç bölge altı kriter baz alınarak değerlendirilmiş ve seçim gerçekleştirilmiş: ikinci aşamada ise yedi alternatif alan altı ana kriter (ve bunlara bağlı alt kriterler baz alınarak değerlendirme gerçekleştirilerek alternatifler arasında bir öncelik sıralaması elde edilmiştir. Silva ve ark. (2014) ÇKKV ve CBS tekniklerinin entegre olduğu bir metodoloji uygulayarak biogaz tesis yeri seçimi için çalışma gerçekleştirmişlerdir. CBS üzerinde belirledikleri muhtemel alternatifleri 13 faktör (kriteri) dikkate alarak değerlendirmişler ve alternatifleri az uygun orta derecede uygun ve yüksek uygunlukta olarak kategorize etmişlerdir. Kengpol ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada güneş enerjisi santrali yer seçiminde taşkınların önlenmesine yönelik bir karar destek sistemi önermişleridir. Uyguladıkları metodoloji ile üç muhtemel tesis alanı beş kriter ve bunlara bağlı alt kriterler dikkate alınarak bir değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Vahdani ve ark. (2013) yaptıkları çalışmada fabrika kurulum yeri seçiminde kullanılabilecek üç aşamalı hibrit bir ÇKKV metodolojisi sunmuşlardır. Yöntemin uygulanabilirliği açısından verilen sayısal örnekte üç alternatif lokasyon beş fayda-maliyet kriteri dikkate alınarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Athawale ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada üretim ortamındaki karmaşık sorunların üstesinden gelmek için sıklıkla uygulanan etkili bir ÇKKV aracından faydalanmış (PROMETHEE II- preference ranking organization method for enrichment evaluation)

ve tesis yeri seçimi problemi çözümüne uygulamışlardır. Verdikleri sayısal örnekte, sekiz tesis yeri seçim kriteri ve üç alternatif tesis yeri dikkate alınarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Vahidnia ve ark. (2009) yaptıkları çalışmada minimum zaman ve maliyet gibi kavramları temel edinerek hizmetlerini hedef kitleye taşıyabilmek amacıyla bir hastane ağı oluşturma sorununu ele almışlardır. Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) analizini Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci (FAHP) ile birleştiren bir Çok Kriterli Karar Analizi süreci geliştirmişlerdir. Bu yaptıkları çalışmada beş aday alan beş kriter dikkate alınarak değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008) tesis yeri seçiminde kullanılabilen iki ÇKKV yöntemi (AHP ve TOPSIS) arasında farklılıklar ve benzerlikleri tespit etme ve değerlendirme amacıyla bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bir tekstil şirketi için tesis yeri seçimi değerlendirmesi üç alternatif arasından en uygununu belirlemek amacıyla beş kriter açısından değerlendirmeye alınmıştır. İki farklı yöntem sonucunda alternatifler açısından önem sıralamaları aynı şekilde ortaya çıkmıştır. Yong (2006) yaptıkları çalışmada bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı geliştirmiş, verilerin toplanmasında dilsel terimlerden faydalanarak alternatif lokasyonların değerlendirilmesinde ve çeşitli kriterlerin ağırlıklandırılmasında bu terimlerin karşılık geldiği bulanık sayılardan istifade edilmiştir. Sayısal olarak verilen örnekte üç farklı alternatif dört farklı kriter baz alınarak tesis yeri seçimi değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. MacCarthy ve Atthirawong (2003) uluslararası düzeyde lokasyon kararlarını etkileyen faktörleri (kriterleri) belirlemek amacıyla Delphi yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda ana faktörler ve bunlara bağlı alt faktörler belirlenmiştir. Yang ve Lee (1997) yaptıkları çalışmada yeni bir tesis için yer arayan veya mevcut bir tesisin yerini değiştiren kuruluşlar için bir AHP lokasyon karar modeli sunmaktadır. Literatür taraması sonucu ortaya değerlendirme de kullanılabilecek faktörler konulmuş bu faktörlerden dört ana başlık ve 12 alt faktör dikkate alınarak 3 aday alan değerlendirilerek teorik bir yaklaşımla sonuç elde edilmiştir.

Literatür taraması sonucu incelenen çalışmalarda hangi yöntemlerden faydalanarak lokasyon tercihin belirlendiğini gösteren bilgiler Çizelge 2’de belirtilmiştir. Çizelge 2’den anlaşılabileceği üzere literatürden kriterlerin

(göstergelerin) belirlenmesi sürecinde çoğunlukla ÇKKV yöntemlerinin uygulandığı çalışmalardan faydalanılmıştır. Yazarlar çoğunlukla AHP ve/veya TOPSIS (veya bunların bulanık versiyonları) yöntemlerini uygulayarak araştırmalarının sonuçlarına ulaşmışlardır.

Çalışmalarda Kullanılan Göstergeler

Çizelge 2’de yer alan çalışmalardan faydalanılarak bir başlangıç kriter seti listesi oluşturulmuştur. İlk aşamada TAB tesisi yer seçimi kavramı baz alınmadan çalışmalarda yer alan bütün kriterler gözden geçirilmiştir. Bu aşamada tekrarlı, aynı veya çok yakın anlam taşıyan kriterler bir filtrelemeden geçirilmeden önce 247 tane kriter belirlenmiştir. Sonraki aşamada tekrar eden aynı veya yakın anlamlı ifadeler gözden geçirilerek aynı veya şemsiye terimler altında toplanmıştır ve elde edilen sonuçlar Çizelge 3’te ifade edilmektedir.

Çizelge 3’te belirtilen, literatür taraması sonucu ulaşılan kriterlerden bazıları farklı bir kriter ile yakın anlam ifade edebilir veya farklı bir kriter tarafından kapsanabilir ve TAB tesis yeri seçiminde öncelikli bir faktör olmayabilir. Bu nedenlere son aşamada, uzman görüşlerinden faydalanarak aşağıda belirtilen kriterlerde karar kılınmıştır.

- C1-İşgücü-ihtiyaç duyulan vasıflı-vasıfsız personele erişebilme imkânı
- C2-Ticari bölge – ticari destekler, teşvikler, sanayi bölgesi vb. imkanlara erişim
- C3-Lokasyon ve altyapı-ana yollara yakınlık, su, elektrik vb. altyapı durumu
- C4-Maliyetler-toplam maliyet, inşaat, başlangıç yatırım, hammadde, enerji, üretim, yatırım vb. maliyetleri (destek, teşvik ve fon gibi olanaklar maliyet üzerinde olumlu etkisi olabilir)
- C5-Hammadde ve kaynaklar-hammadde, su ve enerji gibi ihtiyaç olan kaynaklara erişim, sürekliliği
- C6-Pazara ve müşteriye yakınlık – pazarlara yanıt verme ve teslimat süresi vb. gibi avantajlar (Pazara en yakın lokasyon her zaman malların minimum maliyetle dağıtılması avantajını sağlar. Eğer lokasyon geniş bir pazarın merkezinde ise firma taleplerini kısa sürede karşılayabilir ve dağıtım maliyeti az olur.)

• C7- Lojistik-ulaşım, tedarik, nakliye vb. olanakları ilgili örneklerden anlaşılacağı üzere yer seçimi çalışmalarında ÇKKV yöntemleri sıklıkla kullanılmakta ve somut sonuçlar ortaya çıkararak karar vericilere yol göstermektedir. ÇKKV yöntemlerinin başarıyla ve sıklıkla

uygulanmasından dolayı bu çalışmada Yamuk Bulanık Sayılı EDAS yöntemi tercih edilmiştir ve belirlenen yedi kriter dikkate alınmıştır.

Çizelge 2. Çalışma kapsamında yararlanılan araştırmalarda kullanılan yöntemler

Yazarlar	Yöntemler
Almutairi (2022)	SWARA, WASPAS, EDAS, WSM
Khorshidi ve ark. (2022)	FUZZY DEMATEL, FUZZY MOORA, FUZZY AHP
Nhi ve ark. (2022)	FANP, TOPSIS
Suman ve ark. (2021)	AHP, FUZZY AHP
Kheybari ve ark. (2019)	BWM
Rahman ve ark. (2018)	AHP
Kahraman ve ark. (2017)	FUZZY EDAS, CRISP EDAS, ORDINARY FUZZY EDAS
Halil ve Demiral (2016)	GRAY RELATIONAL ANALYSIS, AHP
Yaşlıoğlu ve Önder (2016)	AHP, TOPSIS
Çebi ve Otay (2015)	FUZZY TOPSIS
Silva ve ark. (2014)	ELECTRE Trı
Kengpol ve ark. (2013)	FUZZY AHP, TOPSIS
Vahdani ve ark. (2013)	DELPHI, AHP, VIKOR
Athawale ve ark. (2012)	PROMETHEE II
Vahidnia ve ark. (2009)	FUZZY AHP
Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008)	FUZZY AHP, FUZZY TOPSIS
Yong (2006)	FUZZY TOPSIS
MacCarthy ve Atthirawong (2003)	DELPHI
Yang ve Lee (1997)	AHP

AHP - Analytic Hierarchy Process, BWM - Best Worst Method, COPRAS - Complex Proportional Assessment, DEMATEL - Decision Making Trial and Evaluation Laboratory, EDAS - Evaluation based on Distance from Average Solution, ELECTRE - Elimination and Choice Expressing Reality, FANP - The Fuzzy Analytic Network Process, MOORA - Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis, PROMETHEE - Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation, SWARA - Step-wise Weight Assessment Ratio Analysis, TOPSIS - Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, VIKOR - VlseKriterijumska Optimizacijal Kompromisno Resenje, WASPAS - Weighted Aggregated Sum Product Assessment , WSM - Weighted Sum Model

Çizelge 3. Kriterler ve bunları içeren çalışmalar

Kriterler	Almutairi (2022)	Khorshidi ve ark. (2022)	Nhi ve ark. (2022)	Suman ve ark. (2021)	Kheybari ve ark. (2019)	Rahman ve ark. (2018)	Halil ve Demiral (2016)	Yaşlıoğlu ve Önder (2016)	Çebi ve Otay (2015)	Silva ve ark. (2014)	Kengpol ve ark. (2013)	Vahdani ve ark. (2013)	Athawale ve ark. (2012)	Vahidnia ve ark. (2009)	Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2008)	Yong (2006)	MacCarthy ve Atthirawong (2003)	Yang ve Lee (1997)
Enerji (kaynakları)				✓				✓	✓									
Su (kaynakları)	✓				✓	✓		✓	✓									
Nüfus (yoğunluğu)	✓								✓					✓				
İşgücü (bulunabilirliği)	✓			✓	✓	✓		✓	✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓
Nakliye, taşımacılık	✓			✓				✓	✓				✓					✓
Erişilebilirlik, ulaşım	✓			✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓							
Ticari bölge (olanakları)	✓			✓			✓	✓		✓								
Sosyal ve kültürel faktörler	✓	✓	✓		✓				✓						✓		✓	
Lokasyon ve altyapı		✓	✓					✓			✓	✓				✓	✓	
Hükümet ve siyasi faktörler			✓		✓	✓		✓	✓								✓	
Hammadde ve kaynaklara erişim				✓				✓	✓			✓	✓		✓	✓		✓
Tedarik					✓			✓	✓						✓		✓	
Rakiplere yakınlık								✓									✓	
Çevresel faktörler				✓				✓	✓									
Yerleşim yerlerine uzaklık								✓		✓	✓							
Maliyetler		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Pazara/müşterilere yakınlık				✓		✓		✓					✓		✓		✓	✓

MATERYAL VE YÖNTEM

Bulanık Kümeler

Bulanık kümeler teorisi ilk olarak Zadeh (1965) tarafından ortaya atılmış olup, uygulaması karar vericilerin belirsizliklerle etkili bir şekilde başa çıkmalarını sağlamaktadır. Klasik küme teorisinde, bir kümedeki elemanların üyeliği iki değerlikli bir koşula göre ikili terimlerle değerlendirilir; bir eleman kümeye ya aittir ya da değildir. Bulanık kümeler genellikle belirsiz bulanık sayıları dönüştüren üçgen (TFN), yamuk ve Gauss bulanık sayılarını kullanır. Bulanık EDAS yönteminde kullanılan bulanık kümeler ve bulanık sayılara ilişkin tanımlardan bazıları şu şekilde ifade edilmektedir:

Tanım 1. Bir X evrensel kümesinin bulanık bir alt kümesi $\tilde{A}$, üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ile şu şekilde tanımlanmaktadır: (Zimmermann 2010);

$$\tilde{A} = (x, \mu_{\tilde{A}}(x)) \mid x \in X \quad (1)$$

Burada $x \in X$ evrensel kümeye ait elemanları belirtir ve $\mu_{\tilde{A}}(x): X \rightarrow [0, 1]$

Tanım 2. Bir bulanık sayı, R $\mu_{\tilde{A}}(x): R \rightarrow [0, 1]$ gerçek çizgisinin dışbükey, normalleştirilmiş bulanık alt kümesinin ($\sup \mu_{\tilde{A}}(x)=1$) özel bir durumudur. (Wang ve Lee 2007);

Tanım 3. Bir bulanık sayı $\tilde{A}$, üyelik fonksiyonu şu şekilde ise yamuk bulanık sayıdır (TFN): (Olcer ve Odabasi 2005);

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3} & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Tanım 4. Kesin bir k sayısı yamuk bulanık bir sayı $\tilde{K}=(k,k,k,k)$ ile temsil edilmektedir.

Tanım 5. $\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3, a_4)$ ve $\tilde{B}=(b_1, b_2, b_3, b_4)$ 'nin iki pozitif yamuk bulanık sayı ($a_1 \geq 0$ ve $a_2 > 0$) ve k 'nin kesin bir sayı olduğunu varsayalım. Bu bulanık sayılarla yapılan aritmetik işlemler şu şekilde tanımlanmaktadır: (Chen ve Hwang 1992);

Toplama:

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3, a_4 + b_4) \quad (3)$$

$$\tilde{A} + k = (a_1 + k, a_2 + k, a_3 + k, a_4 + k) \quad (4)$$

Çıkarma:

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = (a_1 - b_4, a_2 - b_3, a_3 - b_2, a_4 - b_1) \quad (5)$$

$$\tilde{A} - k = (a_1 - k, a_2 - k, a_3 - k, a_4 - k) \quad (6)$$

Çarpma:

$$\tilde{A} \otimes \tilde{B} = (a_1 \times b_1, a_2 \times b_2, a_3 \times b_3, a_4 \times b_4) \quad (7)$$

$$\tilde{A} \times k = \begin{cases} (a_1 \times k, a_2 \times k, a_3 \times k, a_4 \times k) & \text{if } k \geq 0 \\ (a_4 \times k, a_3 \times k, a_2 \times k, a_1 \times k) & \text{if } k < 0 \end{cases} \quad (8)$$

Bölme:

$$\tilde{A} \oslash \tilde{B} = (a_1/b_4, a_2/b_3, a_3/b_2, a_4/b_1) \quad (9)$$

$$\tilde{A}/k = \begin{cases} (a_1/k, a_2/k, a_3/k, a_4/k) & \text{if } k > 0 \\ (a_4/k, a_3/k, a_2/k, a_1/k) & \text{if } k < 0 \end{cases} \quad (10)$$

Tanım 6. Yamuk şeklinde bir $\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3, a_4)$ bulanık sayı olsun. O halde bu bulanık sayının durulaştırılmış (kesin) değeri şu şekilde tanımlanmaktadır: (Keshavarz ve ark. 2015)

$$k(\tilde{A}) = \frac{1}{3} \left(a_1 + a_2 + a_3 + a_4 - \frac{a_3 \times a_4 - a_1 \times a_2}{(a_3 + a_4) - (a_1 + a_2)} \right) \quad (11)$$

Tanım 7. $\tilde{A}=(a_1, a_2, a_3, a_4)$ 'ün yamuk şeklinde bir bulanık sayı olduğunu varsayalım. Aşağıda yamuk bulanık sayı ile sıfır arasındaki maksimumu bulmak için ψ (ψ) adı verilen bir fonksiyon tanımlanmıştır.

$$\psi(\tilde{A}) = \begin{cases} \tilde{A} & \text{if } k(\tilde{A}) > 0 \\ \tilde{0} & \text{if } k(\tilde{A}) \leq 0 \end{cases} \quad (12)$$

$$\tilde{0} = (0,0,0,0).$$

Yamuk Bulanık Sayılı EDAS Metodu

Ortalama Çözümünden Uzaklığa Dayalı Değerlendirme (EDAS) yöntemi, çok kriterli envanter sınıflandırması için (Keshavarz ve ark. 2015) tarafından geliştirilmiştir. Bulanık EDAS yönteminde karar vericiler, kriterlerin ağırlıklarını ve alternatiflerin her bir kriterle göre derecelendirilmesini dilsel terimlerle ifade etmektedir. Bu dilsel terimler pozitif yamuk bulanık sayılarla ölçülür. Genişletilmiş bulanık Yamuk Bulanık Sayılı EDAS

yönteminin adımları şu şekilde sunulmaktadır: (Keshavarz ve ark. 2016).

Adım 1: Aşağıda gösterilen ortalama karar matrisi (X) oluşturulur:

$$X = [\tilde{x}_{ij}]_{n \times m} \quad (13)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} \oplus_{p=1}^k \tilde{x}_{ij}^p \quad (14)$$

Burada $\tilde{x}_{ij}^p$, p^{th} karar vericisi ($1 \leq p \leq k$) tarafından atanan c_j ($1 \leq j \leq m$) kriterine göre A_i ($1 \leq i \leq n$) alternatifinin performans değerini belirtir.

Adım 2: Aşağıda gösterilen kriter ağırlıklarının matrisi oluşturulur:

$$W = [\tilde{w}_j]_{1 \times m} \quad (15)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} \oplus_{p=1}^k \tilde{w}_j^p \quad (16)$$

Burada $\tilde{w}_j^p$, p^{th} 'inci karar verici ($1 \leq p \leq k$) tarafından atanan c_j ($1 \leq j \leq m$) kriterinin ağırlığını belirtir.

Adım 3: Aşağıda gösterilen ortalama çözüm matrisi oluşturulur:

$$AV = [\tilde{a}_j]_{1 \times m} \quad (17)$$

$$\tilde{a}_j = \frac{1}{n} \oplus_{i=1}^n \tilde{x}_{ij} \quad (18)$$

Bu matrisin a_{vj} elemanları her bir kritere göre ortalama çözümleri temsil eder. Dolayısıyla matrisin boyutu kriter ağırlıkları matrisinin boyutuna eşittir.

Adım 4: B'nin faydalı kriterler seti ve N'nin faydalı olmayan kriterler seti olduğunu varsayalım. Bu adımda, ortalamaya pozitif mesafe (PDA) ve ortalamaya negatif mesafe (NDA) matrisleri, aşağıda gösterildiği gibi kriter türüne (faydalı ve faydalı olmayan) göre hesaplanır:

$$PDA = [pda_{ij}]_{n \times m} \quad (19)$$

$$NDA = [nda_{ij}]_{n \times m} \quad (20)$$

$$p\tilde{d}a_{ij} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{x}_{ij} \ominus \tilde{a}_j)}{\kappa(\tilde{a}_j)} & \text{if } j \in B \\ \frac{\psi(\tilde{a}_j \ominus \tilde{x}_{ij})}{\kappa(\tilde{a}_j)} & \text{if } j \in N \end{cases} \quad (21)$$

$$n\tilde{d}a_{ij} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{a}_j \ominus \tilde{x}_{ij})}{\kappa(\tilde{a}_j)} & \text{if } j \in B \\ \frac{\psi(\tilde{x}_{ij} \ominus \tilde{a}_j)}{\kappa(\tilde{a}_j)} & \text{if } j \in N \end{cases} \quad (22)$$

Burada $p\tilde{d}a_{ij}$ and $n\tilde{d}a_{ij}$ sırasıyla i. alternatifi performans değerinin j. kriter açısından ortalama çözümden pozitif ve negatif uzaklığını ifade etmektedir. Adım 5: Aşağıda gösterilen şekilde tüm alternatifler için pozitif ve negatif mesafelerin ağırlıklı toplamı hesaplanmaktadır:

$$\tilde{s}p_i = \oplus_{j=1}^m (\tilde{w}_j \otimes p\tilde{d}a_{ij}) \quad (23)$$

$$\tilde{s}n_i = \oplus_{j=1}^m (\tilde{w}_j \otimes n\tilde{d}a_{ij}) \quad (24)$$

Adım 6: Tüm alternatifler için $\tilde{s}_i$ and $\tilde{s}n_i$ 'nin normalizasyon değerleri aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$n\tilde{s}p_i = \frac{\tilde{s}p_i}{\max_i(\kappa(\tilde{s}p_i))} \quad (25)$$

$$n\tilde{s}n_i = 1 - \frac{\tilde{s}n_i}{\max_i(\kappa(\tilde{s}n_i))} \quad (26)$$

Adım 7: Aşağıda gösterilen tüm alternatifler için değerlendirme puanı ($\tilde{a}_i$) hesaplanmaktadır:

Adım 8: Değerlendirme puanlarının azalan değerlerine ($\tilde{a}s_i$) göre alternatifleri sıralanır. Diğer bir ifadeyle, değerlendirme puanı en yüksek olan alternatif, aday alternatifler arasında en iyi olmaktadır.

$$\tilde{a}s_i = \frac{1}{2} (n\tilde{s}p_i \oplus n\tilde{s}n_i) \quad (27)$$

Problem Tanımı

Artvin Çoruh Üniversitesi "Üniversitelerimizin Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması" temalı proje çalışması kapsamında, TAB alanında ihtisas üniversitesi olarak belirlenmiştir (URL-8). İhtisas üniversitesi olmasının önemi, bu alanda yapılacak çalışma ve araştırmaların önceliklendirilmesi ve finansal vb. kaynaklara erişim imkânının daha kolay olmasıdır.

Bölgenin ve üniversitenin durumu göz önünde bulundurulduğunda, TAB'ların üretiminden pazarlanmasına dek pek çok alanda çalışmalar ve geliştirilmeler yapılması gerekmektedir. Bunun bir sonucu olarak üniversite ve bölge halkının kalkınmasına daha etkili bir biçimde fayda sağlanması mümkün olacaktır. Üniversitenin bu özel durumunda desteklediği TAB işleme tesisi kurulması bu alanda atılabilecek somut adımlardan biridir. Bu bağlamda üniversitenin sahip olduğu bazı arazilerin değerlendirilebilmesi mümkün ve yerinde olacaktır. Yetkililerle görüşme ve ilgili belgelerin (stratejik plan vb.) incelenmesinden elde edilen sonuçlara göre alternatifler: A1-Merkez Yerleşke, A2-Seyitler Yerleşkesi, A3-Hopa Arsa, A4-Arhavi Arsa, A5-Botanik Bahçesi, A6-Borçka Yerleşkesi olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada literatür taraması ve uzman görüşleri ile belirlenen yedi kriter bu altı alternatif lokasyonun değerlendirilmesinde kullanılacaktır.

BULGULAR

Literatür taraması ve uzman görüşlerinden faydalanarak belirlenen kriterlerden bazıları maliyet kriterleri (yüksek maliyetli bir durum negatif fayda sağlamaktadır) olabilmektedir. Bu çalışmada belirlenen kriterlerden "C4-maliyeti" uzmanlar tarafından alternatifler arasından avantajı yüksek-düşük olacak şekilde değerlendirmeleri istenerek maliyet kriterinden fayda kriteri gibi dönüştürülerek değerlendirilmesi istenmiştir. Bu sayede uzmanlardan daha kolay yanıt elde edilmiştir. (Örnek. A1 konumu için gerekli maliyetler düşüğe avantaj olarak değerlendirilip yüksek derecede önemli skoru verilmiştir). İlk aşamada Çizelge 4'te yer alan dilsel değişkenlerden faydalanarak uzmanlardan kriterleri değerlendirmeleri istenmiş ve elde edilen veriler Çizelge 5'te belirtilmiştir. Daha sonra Çizelge 4'ten faydalanarak alternatiflerin kriterlere göre değerlendirilmesi istenmiş ve Çizelge 6'da paylaşılmıştır.

Çizelge 4. Değerlendirmede kullanılan sözel değişkenler ve yamuk bulanık sayı karşılıkları

Sözel değişkenler	Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan yamuk bulanık sayılar	Kriterlerin değerlendirilmesinde kullanılan yamuk bulanık sayılar
Çok düşük (ÇD)	(0, 0, 0.1, 0.2)	(0, 0, 1, 2)
Düşük (D)	(0.1, 0.2, 0.2, 0.3)	(1, 2, 2, 3)
Orta düşük (OD)	(0.2, 0.3, 0.4, 0.5)	(2, 3, 4, 5)
Orta (O)	(0.4, 0.5, 0.5, 0.6)	(4, 5, 5, 6)
Orta yüksek (OY)	(0.5, 0.6, 0.7, 0.8)	(5, 6, 7, 8)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.8, 0.8, 0.9)	(7, 8, 8, 9)
Çok yüksek (ÇY)	(0.8, 0.9, 1.0, 1.0)	(8, 9, 10, 10)

Çizelge 5. Kriter ağırlıklarının dilsel terimler ile değerlendirilmesi

	U1	U2	U3
C1	ÇY	OY	O
C2	OY	OY	OY
C3	O	Y	Y
C4	ÇY	ÇY	ÇY
C5	OY	O	O
C6	OY	O	Y
C7	Y	OY	OY

Çizelge 6. Alternatiflerin kriterlere göre dilsel terimler ile değerlendirilmesi

	U1						U2						U3					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A1	A2	A3	A4	A5	A6
C1	Y	OY	Y	OY	O	OY	OY	Y	OD	OD	OY	O	Y	Y	OY	OY	Y	O
C2	O	OD	Y	Y	OY	O	O	O	OY	OY	O	O	O	O	OY	O	O	O
C3	Y	Y	Y	Y	Y	Y	OY	Y	OY	OY	OY	OY	OY	Y	OY	OY	OY	OY
C4	D	OD	D	D	O	OD	OY	Y	O	OY	O	O	O	Y	OY	OY	O	O
C5	O	Y	Y	OY	OY	O	Y	Y	OY	OY	Y	Y	Y	Y	OY	OY	Y	Y
C6	Y	OY	Y	OY	OD	O	O	O	OD	OY	O	OY	O	O	OY	OY	O	OY
C7	Y	OY	ÇY	ÇY	OY	Y	O	O	Y	Y	O	O	O	O	OY	OY	O	O

Ortalama kriter ağırlıkları matrisi Eşitlik 14 ve Eşitlik 16'dan faydalanılarak hesaplanmış ve elde edilen değerler Çizelge 7'de belirtilmiştir. Çizelge 8 ise her bir kritere göre değerlendirilmesi gerçekleştirilmiş ortalama bulanık karar matrisi belirtilmektedir.

Çizelge 7. Ortalama bulanık kriter ağırlıkları

Kriterler	Kriter Ağırlıkları			
C1	0.57	0.67	0.73	0.80
C2	0.50	0.60	0.70	0.80
C3	0.60	0.70	0.70	0.80
C4	0.80	0.90	1.00	1.00
C5	0.43	0.53	0.57	0.67
C6	0.53	0.63	0.67	0.77
C7	0.57	0.67	0.73	0.83

Karar matrisinden verileri kullanarak ve Eşitlik 18'den faydalanarak her kriter açısından alternatifler için ortalama çözüm matrisi oluşturulmuştur. Sonraki aşamada PDA (ortalama çözümünden pozitif uzaklık) ve NDA

(ortalama çözümünden negatif uzaklık) matrisleri Eşitlik 19 ve Eşitlik 20 kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen değerler Çizelge 9 ve Çizelge 10'da gösterilmektedir. PDA ve NDA hesaplamaları yapılırken Eşitlik 12'de yer alan ψ fonksiyonundan yararlanarak, yamuk bulanık sayı ile sıfır arasındaki maksimum değer hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Sonraki aşamada Eşitlik 23 ve Eşitlik 24'te ifade edildiği üzere uzaklık değerleri ve kriter ağırlıkları çarpılarak ağırlıklı pozitif ve negatif uzaklıkların hesaplanması gerçekleştirilmiştir. Eşitlik 25 ve Eşitlik 26'dan yararlanılarak uzaklık değerlerinin normalizasyonu gerçekleştirilmiştir. Daha sonra her bir alternatif için normalize edilmiş uzaklık değerleri Eşitlik 27 kullanılarak bir değerlendirme skoru hesaplanması yapılmış ve belirlenen değerler Çizelge 11'de gösterilmektedir.

Çizelge 8. Ortalama karar matrisinin ve ortalama çözüm matrisinin değerleri

	A1				A2				A3							
C1	0.63	0.73	0.77	0.87	0.63	0.73	0.77	0.87	0.47	0.57	0.63	0.73				
C2	0.40	0.50	0.50	0.60	0.33	0.43	0.47	0.57	0.57	0.67	0.73	0.83				
C3	0.57	0.67	0.73	0.83	0.70	0.80	0.80	0.90	0.57	0.67	0.73	0.83				
C4	0.33	0.43	0.47	0.57	0.53	0.63	0.67	0.77	0.33	0.43	0.47	0.57				
C5	0.60	0.70	0.70	0.80	0.70	0.80	0.80	0.90	0.57	0.67	0.73	0.83				
C6	0.50	0.60	0.60	0.70	0.43	0.53	0.57	0.67	0.47	0.57	0.63	0.73				
C7	0.50	0.60	0.60	0.70	0.43	0.53	0.57	0.67	0.67	0.77	0.83	0.90				
	A4				A5				A6				AV			
C1	0.40	0.50	0.60	0.70	0.53	0.63	0.67	0.77	0.43	0.53	0.57	0.67	0.52	0.62	0.67	0.77
C2	0.53	0.63	0.67	0.77	0.43	0.53	0.57	0.67	0.40	0.50	0.50	0.60	0.44	0.54	0.57	0.67
C3	0.57	0.67	0.73	0.83	0.57	0.67	0.73	0.83	0.57	0.67	0.73	0.83	0.59	0.69	0.74	0.84
C4	0.37	0.47	0.53	0.63	0.40	0.50	0.50	0.60	0.33	0.43	0.47	0.57	0.38	0.48	0.52	0.62
C5	0.50	0.60	0.70	0.80	0.63	0.73	0.77	0.87	0.60	0.70	0.70	0.80	0.60	0.70	0.73	0.83
C6	0.50	0.60	0.70	0.80	0.33	0.43	0.47	0.57	0.47	0.57	0.63	0.73	0.45	0.55	0.60	0.70
C7	0.67	0.77	0.83	0.90	0.43	0.53	0.57	0.67	0.50	0.60	0.60	0.70	0.53	0.63	0.67	0.76

Çizelge 9. Pozitif uzaklık değerleri (PDA)

A1					A2					A3																	
C1	(	-0.21	,	0.10	,	0.23	,	0.55	)	(	-0.21	,	0.10	,	0.23	,	0.55	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C2	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.19	,	0.17	,	0.34	,	0.70	)
C3	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.20	,	0.08	,	0.16	,	0.43	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C4	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.17	,	0.23	,	0.37	,	0.77	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C5	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.19	,	0.09	,	0.14	,	0.42	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C6	(	-0.35	,	0.00	,	0.09	,	0.43	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.41	,	-0.06	,	0.14	,	0.49	)
C7	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.14	,	0.15	,	0.31	,	0.57	)
A4					A5					A6																	
C1	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.36	,	-0.05	,	0.08	,	0.39	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C2	(	-0.25	,	0.11	,	0.22	,	0.58	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C3	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C4	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C5	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.28	,	0.00	,	0.09	,	0.37	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)
C6	(	-0.35	,	0.00	,	0.26	,	0.61	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	-0.41	,	-0.06	,	0.14	,	0.49	)
C7	(	-0.14	,	0.15	,	0.31	,	0.57	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)	(	0.00	,	0.00	,	0.00	,	0.00	)

Çizelge 10. Negatif uzaklık değerleri (NDA)

	A1	A2	A3
C1	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.34 , -0.03 , 0.16 , 0.47)
C2	(-0.28 , 0.08 , 0.13 , 0.49)	(-0.22 , 0.14 , 0.25 , 0.61)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)
C3	(-0.34 , -0.06 , 0.11 , 0.39)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.34 , -0.06 , 0.11 , 0.39)
C4	(-0.37 , 0.03 , 0.17 , 0.57)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.37 , 0.03 , 0.17 , 0.57)
C5	(-0.28 , 0.00 , 0.05 , 0.33)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.33 , -0.05 , 0.09 , 0.37)
C6	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.38 , -0.03 , 0.12 , 0.46)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)
C7	(-0.26 , 0.05 , 0.10 , 0.40)	(-0.21 , 0.10 , 0.21 , 0.50)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)
	A4	A5	A6
C1	(-0.29 , 0.03 , 0.26 , 0.57)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.23 , 0.08 , 0.21 , 0.52)
C2	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.40 , -0.04 , 0.07 , 0.43)	(-0.28 , 0.08 , 0.13 , 0.49)
C3	(-0.34 , -0.06 , 0.11 , 0.39)	(-0.34 , -0.06 , 0.11 , 0.39)	(-0.34 , -0.06 , 0.11 , 0.39)
C4	(-0.50 , -0.10 , 0.10 , 0.50)	(-0.43 , -0.03 , 0.03 , 0.43)	(-0.37 , 0.03 , 0.17 , 0.57)
C5	(-0.28 , 0.00 , 0.19 , 0.47)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.28 , 0.00 , 0.05 , 0.33)
C6	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.20 , 0.14 , 0.29 , 0.64)	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)
C7	(0.00 , 0.00 , 0.00 , 0.00)	(-0.21 , 0.10 , 0.21 , 0.50)	(-0.26 , 0.05 , 0.10 , 0.40)

Çizelge 11. Uzaklıkların ağırlıklı toplamı, normleştirilmiş değerleri ve değerlendirme puanları

	spi	sni	nspi
A1	(-0.30 , 0.07 , 0.23 , 0.77)	(-0.90 , 0.07 , 0.44 , 1.81)	(-0.48 , 0.11 , 0.36 , 1.21)
A2	(-0.45 , 0.38 , 0.73 , 1.83)	(-0.43 , 0.13 , 0.40 , 1.26)	(-0.71 , 0.60 , 1.14 , 2.87)
A3	(-0.39 , 0.17 , 0.56 , 1.41)	(-0.83 , -0.06 , 0.41 , 1.50)	(-0.61 , 0.26 , 0.88 , 2.21)
A4	(-0.39 , 0.17 , 0.55 , 1.40)	(-0.89 , -0.12 , 0.47 , 1.58)	(-0.61 , 0.26 , 0.87 , 2.20)
A5	(-0.33 , -0.03 , 0.11 , 0.56)	(-0.98 , 0.06 , 0.50 , 1.99)	(-0.51 , -0.05 , 0.17 , 0.88)
A6	(-0.22 , -0.04 , 0.10 , 0.38)	(-1.04 , 0.12 , 0.59 , 2.23)	(-0.34 , -0.06 , 0.15 , 0.59)
	nsni	asi	K (asi)
A1	(-2.59 , 0.14 , 0.86 , 2.79)	(-1.5 , 0.12 , 0.61 , 2)	0.283
A2	(-1.49 , 0.20 , 0.73 , 1.85)	(-1.1 , 0.4 , 0.94 , 2.36)	0.643
A3	(-1.97 , 0.19 , 1.11 , 2.64)	(-1.3 , 0.23 , 0.99 , 2.43)	0.584
A4	(-2.12 , 0.07 , 1.23 , 2.76)	(-1.4 , 0.17 , 1.05 , 2.48)	0.577
A5	(-2.94 , 0.01 , 0.87 , 2.93)	(-1.7 , -0 , 0.52 , 1.9)	0.149
A6	(-3.41 , -0.16 , 0.76 , 3.05)	(-1.9 , -0.1 , 0.46 , 1.82)	0.048

Çizelge 11’de $k(\widetilde{a}_{ij})$ sütunundaki değerler Eşitlik 11 kullanılarak hesaplanmış ve değerlendirme skorları yamuk bulanık sayılardan gerçel (crisp) sayılara dönüştürülmüştür. Elde edilen değerler göz önüne alındığında alternatiflerin $A2>A3>A4>A1>A5>A6$ şeklinde sıralandığı görülmektedir. Bu durumda A2 alternatifi TAB tesis yeri seçimi konusunda en uygun alternatif olarak görünmektedir.

Limitler ve Varsayımlar

Çalışma kapsamında Artvin Çoruh Üniversitesi kampüsleri ve sahip olduğu araziler potansiyel olarak uygun tesis yeri olarak düşünülmüştür. Bu sayede tesis yeri için satın alım veya kira bedeli gibi maliyetlerin bulunmayacağı varsayılmıştır. Ayrıca A2 alternatifi (Seyitler Kampüsü) hazır, tesis için uygun olabilecek bir kapalı alan bulunmaktadır. Dolayısıyla uzmanlardan değerlendirme yapmaları istenirken bunu da göz önünde bulundurmaları

istenmiştir (inşaat yapım maliyetleri azalması gibi etkileri bulunmaktadır). Uzmanların Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesinden olması, bölge koşullarına daha hâkim olmalarından dolayı önceliklendirilmiştir.

SONUÇ

Artvin Çoruh Üniversitesi tıbbi ve aromatik bitkiler (TAB) konusunda ihtisas üniversitesi olarak belirlenmiş dolayısı ile bu alanda yapılacak her türlü çalışma ve gelişme öncelik arz etmektedir. Bölgenin ve üniversitenin bu durumu dikkate alındığında, TAB’ların üretiminden pazarlanmasına dek pek çok alanda çalışmalar ve geliştirilmeler yapılması gerekmektedir. Deneysel çalışmaların yanı sıra uygulamaya yönelik olacak işletme düşüncesi açısından bilimsel yaklaşımların da uygulanması bu alandaki ilerleme ve kalkınma seviyesine önemli katkıda bulunacaktır.

Bu çalışmada üniversite bünyesinde kurulabilecek TAB işleme tesisi yeri seçimi problemi ele alınmış ve üniversitenin sahip olduğu alan ve kampüslerden yararlanarak belirlenen altı alternatif lokasyonun öncelik değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Analiz yöntemi olarak nitel ve nicel kriterlerden yararlanan bulanık ÇKKV yöntemlerinden biri olan Yamuk Bulanık Sayılı EDAS yönteminin uygulaması yapılmıştır. Gerçekleştirilen literatür taraması ve uzman görüşlerinden faydalanarak yedi adet değerlendirme kriteri belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterler her bir alternatif üzerinde uzmanlar tarafından dilsel terimler vasıtasıyla değerlendirilmiştir.

Alternatif lokasyonların değerlendirilmesi sürecinde Yamuk Bulanık Sayılı EDAS yöntemi aşamaları izlenmiştir. Yöntemin uygulanması sonucunda A2 (Seyitler Yerleşkesi) en yüksek puanı alarak öncelik sırası en yüksek lokasyon olarak belirlenmiştir.

Bulanık küme teorisi belirsizlik durumları ile baş edebilme yeteneği ile bilinen bir teoridir. Dolayısıyla farklı zamanlarda uzmanlardan elde edilen verilerde eksik veri olması, kararsızlık ve uzmanların algı seviyelerindeki farklılık gibi durumların dikkate alınması sağlanmıştır. Yamuk sayıların bulanıklığı yüksek derece temsil etme yeteneği sayesinde de muğlalık minimum düzeylere inmektedir. Alternatif lokasyonların belirlenmesi ve değerlendirilmesi uzun süreler alabilmektedir. Geleneksel istatistiksel yöntemlerde çok fazla sayıda kişiye ulaşılması, daha fazla sayıda kişi çalıştırma gibi sebeplerle veri toplama ve değerlendirme süreci daha uzun ve zahmetli olabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan yöntem ile karar vericilerin lokasyon tercihi konusunda daha hızlı sonuca varması sağlanmaktadır.

Bu çalışma, TAB temelli ve kendi bölgesi içinde bir kuruluş yeri analizini konu edinen bir çalışmadır. Çalışma kapsamında literatür taraması gerçekleştirilmiş ve TAB işleme tesisi yer seçimi veya benzerlik içerebilecek olan bitki işleme tesisi yer seçimleri ile ilgili çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışmanın sonraki TAB işleme tesisi yer seçimi veya benzerlik içerebilecek olan bitki işleme tesisi yer seçimleri çalışmalarına öncü olacağı ve katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra gelecek çalışmalar açısından, bu çalışmada ortaya konan Yamuk

Bulanık Sayılı EDAS yöntemi ve bu yöntemden elde edilen sonuçlar ile farklı bölgelerde benzer faaliyet alanına sahip tesislerin (TAB) kurulu olduğu yerlerin karşılaştırılması ve verimliliklerinin ortaya koyulması da önemli bir hal alacaktır. Bununla birlikte kuruluş yeri seçimi aşamasında olan benzer tesis (TAB) yatırımları için de bu çalışma önemli bir yol gösterici rolündedir. Bu çalışmanın yöntemi ve elde edilen sonuçlar ile sözü edilen yatırımların yöntemleri veya kuruluş yeri seçimi sonrasında elde edilen sonuçlar ile verimliliklerinin kıyaslanması başka bir araştırmada ele alınabilir. Ayrıca bu çalışmanın önerdiği yöntemin ve göstergelerin başka yatırımlarda kullanılması durumunda elde edilecek sonuçların kıyaslanması da yine başka bir araştırma kapsamında karşılaştırılabilir. Böylece önerilen yöntemin verilecek kararlarda ne kadar etkin olduğu teyit edilmiş olacaktır. Aksi durumda olası alternatif arayışlar başka bir çalışmanın konusu olarak düşünülebilir.

Sonuç olarak alternatifler arasında Artvin Çoruh Üniversitesi bünyesinde yer alacak en uygun Tıbbi ve Aromatik Bitkiler tesis lokasyonunun tespiti için etkinlik ve verimlilik temelli bir çalışma ortaya koyulmuştur. Bu çalışmanın literatürde Tıbbi ve Aromatik Bitkiler vb. tesislerin kurulum sürecinde yer seçimi yapılırken nasıl bir yol izleneceği konusunda önemli bir boşluğu doldurduğu düşünülmektedir. Bu nedenle literatüre önemli katkılar sunacağı ve yol göstereceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akram M, Ramzan N, Deveci M (2023) Linguistic pythagorean fuzzy CRITIC-EDAS method for multiple-attribute group decision analysis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 119: 105777.
- Almutairi K (2022) Determining the appropriate location for renewable hydrogen development using multi-criteria decision-making approaches. *International Journal of Energy Research*, 46(5): 5876-5895.
- Athawale VM, Chatterjee P, Chakraborty S (2012) Decision making for facility location selection using PROMETHEE II method. *International Journal of Industrial and Systems Engineering* 1, 11(1-2): 16-30.
- Başer KHC (2000) Sustainable wild harvesting of medicinal and aromatic plants: an educational approach, harvesting on non-wood forest products. In *Seminar Proceedings, Menemen-İzmir, Turkey*.
- Bayram E, Kırıcı S, Tansı S, Yılmaz G, Kızıl OAS, Telci İ (2010) Tıbbi ve aromatik bitkiler üretiminin arttırılması olanakları. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11, 15.

- Cakmak E, Guney E (2023) Spare parts inventory classification using Neutrosophic Fuzzy EDAS method in the aviation industry. *Expert Systems with Applications*, 224: 120008.
- Chen SJ, Hwang CI (1992) Fuzzy multiple attribute decision making: methods and applications. Berlin Heidelberg: Springer.
- Chowdhury P, Paul SK (2020) Applications of MCDM methods in research on corporate sustainability: a systematic literature review. *Management of Environmental Quality: An International Journal*.
- Christenhusz MJ, Byng JW (2016) The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa*, 261(3): 201-217.
- Çebi F, Otay İ (2015) Multi-criteria and multi-stage facility location selection under interval type-2 fuzzy environment: a case study for a cement factory. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 8(2): 330-344.
- Drezner Z, Hamacher HW (Eds.) (2004) Facility location: applications and theory. Springer Science Business Media.
- Dumrul C, Bilgili F, Zarali F, Dumrul Y, Kiliçarslan Z (2024) The evaluation of renewable energy alternatives in Turkey using intuitionistic-fuzzy EDAS methodology. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(10): 15503-15524.
- Emovon I, Oghenenyerovwho OS (2020) Application of MCDM method in material selection for optimal design: a review. *Results in Materials*, 7: 100115.
- Ertuğrul İ, Karakaşoğlu N (2008) Comparison of fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods for facility location selection. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 39: 783-795.
- Farahani RZ, SteadieSeifi M, Asgari N (2010) Multiple criteria facility location problems: a survey. *Applied Mathematical Modelling*, 34(7): 1689-1709.
- Garg H, Sharaf IM (2022) A new spherical aggregation function with the concept of spherical fuzzy difference for spherical fuzzy EDAS and its application to industrial robot selection. *Computational and Applied Mathematics*, 41(5): 212.
- Gul M, Guneri AF (2021) Hospital location selection: a systematic literature review on methodologies and applications. *Mathematical Problems in Engineering*, 2021: 1-14.
- Güner A, Aslan S (Eds.) (2012) Türkiye bitkileri listesi:(damarlı bitkiler) Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.
- Halil Ş, Demiral MF (2016) Hospital location selection with grey system theory. *International Advisory Board*, 23: 373.
- Heizer J, Render B, Munson C (2008) Operations management. Prentice-Hall.
- IUCN Species Survival Commission Medicinal Plant Specialist Group (2007) "Why Conserve and Manage Medicinal Plants?" Web resource: www.iucn.org/themes/ssc/sgs/mpsg/main/Why.html.
- Kahraman C, Keshavarz Ghorabae M, Zavadskas EK, Cevik Onar S, Yazdani M, Oztaysi B (2017) Intuitionistic fuzzy EDAS method: an application to solid waste disposal site selection. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 25(1): 1-12.
- Keesstra SD, Bouma J, Wallinga J, Tiltonell P, Smith P, Cerdà A, Fresco, LO (2016) The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil*.
- Kengpol A, Rontlaong P, Tuominen M (2013) A decision support system for selection of solar power plant locations by applying fuzzy AHP and TOPSIS: An empirical study.
- Keshavarz Ghorabae MK, Zavadskas EK, Amiri M, Turskis Z (2016) Extended EDAS Method for Fuzzy Multicriteria Decision-making: an application to supplier selection. *International Journal of Computers Communications & Control*, 11(3): 358–371.
- Keshavarz Ghorabae MK, Zavadskas EK, Olfat L, Turskis Z (2015) Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS). *Informatica*, 26(3): 435–451.
- Kheybari S, Kazemi M, Rezaei J (2019) Bioethanol facility location selection using best-worst method. *Applied energy*, 242: 612-623.
- Khorshidi M, Erkeyman B, Albayrak Ö, Kılıç R, Demir Hİ (2022) Solar power plant location selection using integrated fuzzy DEMATEL and fuzzy MOORA method. *International Journal of Ambient Energy*, 43(1): 7400-7409.
- Ko JS (2005) Solving a distribution facility location problem using an analytic hierarchy process approach. *ISAHF Proceedings Honolulu Hawaii: 1991-1996*.
- Lubbe A, Verpoorte R (2011) Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Industrial Crops and Products*, 34: 785–801.
- MacCarthy BL, Atthirawong W (2003) Factors affecting location decisions in international operations—a Delphi study. *International Journal of Operations Production Management*, 23(7): 794-818.
- Marinelli J (Ed.) (2005) Plant: the ultimate visual reference to plants and flowers of the world. New York: DK Publishing, Inc.
- Menekşe A, Camgöz Akdağ H (2022) Distance education tool selection using novel spherical fuzzy AHP EDAS. *Soft Computing*, 26(4): 1617-1635.
- Menekşe A, Ertemel AV, Camgöz Akdağ H, Gorener A (2023) Additive manufacturing process selection for automotive industry using Pythagorean fuzzy CRITIC EDAS. *Plos One*, 18(3): e0282676.
- Nhi THT, Wang CN, Van Thanh N (2022) Fuzzy multi-criteria decision making for solar power plant location selection. *Computers, Materials Continua*, 72(3): 4853-4865.
- Olcer AY, Odabasi AY (2005) A new fuzzy multiple attributive group decision making methodology and its application to propulsion/manoeuvring system selection problem. *European Journal of Operational Research*, 166(1): 93–114.
- Owen SH, Daskin MS (1998) Strategic facility location: a review. *European Journal of Operational Research*, 111(3): 423-447.
- Özkan B, Erdem M, Özceylan E (2022) Evaluation of Asian countries using data center security index: a spherical fuzzy AHP-based EDAS approach. *Computers & Security*, 122: 102900.
- Paul TK, Jana C, Pal M (2023) Multi-criteria group decision-making method in disposal of municipal solid waste based on cubic Pythagorean fuzzy EDAS approach with incomplete weight information. *Applied Soft Computing*, 144: 110515.
- Polat G, Bayhan HG (2022) Selection of HVAC-AHU system supplier with environmental considerations using Fuzzy EDAS method. *International Journal of Construction Management*, 22(10): 1863-1871.
- Rahman MS, Ali MI, Hossain U, Mondal TK (2018) Facility location selection for plastic manufacturing industry in Bangladesh by using AHP method. *International Journal of Research in Industrial Engineering*, 7(3): 307-319.
- Renganath K, Suresh M (2016) Supplier selection using fuzzy MCDM techniques: A literature review. In 2016 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICIC), IEEE, pp: 1-6.
- Samastı M, Türkan YS, Güler M, Ciner MN, Namlı E (2024) Site selection of medical waste disposal facilities using the interval-valued neutrosophic fuzzy EDAS Method: the case study of Istanbul. *Sustainability*, 16(7): 2881.
- Siksnylyte-Butkiene I, Zavadskas EK, Streimikiene D (2020) Multi-criteria decision-making (MCDM) for the assessment of renewable energy technologies in a household: a review. *Energies*, 13(5): 1164.

- Silva S, Alçada-Almeida L, Dias LC (2014) Biogas plants site selection integrating multicriteria decision aid methods and GIS techniques: a case study in a Portuguese region. *Biomass and Bioenergy*, 71: 58-68.
- Stević Ž, Vasiljevic M, Zavadskas EK, Sremac S, Turskis Z (2018) Selection of carpenter manufacturer using fuzzy EDAS method.
- Suman MNH, Sarfaraj N, Chyon FA, Fahim MRI (2021) Facility location selection for the furniture industry of Bangladesh: Comparative AHP and FAHP analysis. *International Journal of Engineering Business Management*, 13: 18479790211030851.
- URL-1: <https://bacem.com.tr/sayfa/distilasyon-unitesi-bolumu>
- URL-2: <https://guneysinir.bel.tr/haberler/guneysinir-tibbi-aromatik-bitkiler-distilasyon-merkezi-acildi.html>
- URL-3: <https://mushrooms.caliskantarim.com/tr/mushrooms/about.html>
- URL-4: <https://www.mugla.bel.tr/haber/buyuksehirden-tibbi-aromatik-bitki-ureticilerine-distilasyon-hizmeti>
- URL-5: <https://www.samsungazetesi.com/samsunda-tibbi-ve-aromatik-bitkiler-icin-kurutma-tesisi-kuruldu>
- URL-6: <https://www.sekapark.com.tr/sayfa/Tesislerimiz>
- URL-7: <https://www.uludagagro.com/>
- URL-8: <https://tibbiaromatik.artvin.edu.tr/genel-bilgiler-108>
- Vahdani B, Mousavi SM, Tavakkoli-Moghaddam R (2013) Plant location selection by using a three-step methodology: Delphi-AHP-VIKOR. *International Journal of Industrial and Manufacturing Engineering*, 7(6): 1289-1292.
- Vahidnia MH, Alesheikh AA, Alimohammadi A (2009) Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management*, 90(10): 3048-3056.
- Wang YJ, Lee HS (2007) Generalizing TOPSIS for fuzzy multiple-criteria group decision making. *Computers & Mathematics with Applications*, 53(11): 1762-1772.
- Xidonas P, Psarras J (2009) Equity portfolio management within the MCDM frame: a literature review. *International Journal of Banking, Accounting and Finance*, 1(3): 285-309.
- Yang J, Lee H (1997) An AHP decision model for facility location selection. *Facilities*, 15(9/10): 241-254.
- Yaşlıoğlu MM, Önder E (2016) Solving facility location problem for a plastic goods manufacturing company in Turkey using AHP and TOPSIS methods. *Yönetim Bilimleri Dergisi*.
- Yong D (2006) Plant location selection based on fuzzy TOPSIS. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 28: 839-844.
- Zadeh LA (1965) Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3): 338-353.
- Zavadskas EK, Turskis Z (2011) Multiple criteria decision making (MCDM) methods in economics: an overview. *Technological and Economic Development of Economy*, 17(2): 397-427.
- Zimmermann HJ (2010) Fuzzy set theory. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 2(3): 317-332.