Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi
International Journal of Engineering Research and Development
UMAGD, (2020) 12(2), 753-763.
10.29137/umagd.732978
Cilt/Volume:12 Sayı/Issue:2 Haziran/June 2020
Araştırma Makalesi / Research Article

Deprem Sonrası Mobil Hizmet Tesisi Seçim Problemi için Çok Kriterli Bir Karar Modeli Önerisi

A Multi-Criteria Decision Model Proposal for the Selection of the Mobile Service Plant Problem After Earthquake

Burcu Tezcan [1], Nermin Avşar Özcan [2], Evrencan Özcan [1], Tamer Eren [*1]

[1]Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 71452 Yahşihan Kırıkkale, TÜRKİYE
[2]Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, 06510 Çankaya Ankara, TÜRKİYE

***Başvuru/Received**: 06/05/2020* ***Kabul / Accepted**: 11/06/2020* ***Çevrimiçi Basım / Published Online:** 30/06/2020*
***Son Versiyon/Final Version**: 30/06/2020*

Öz
Afetler meydana geldiği bölgede büyük zararlar vermekte ve toplumsal yaşamı kesintiye uğratmaktadır. Afet öncesinde zararların önlenmesi için alınması gereken tedbirler olduğu gibi sonrasında da afete maruz kalan bölgede kişilerin sağlık, barınma, beslenme, temizlik gibi ihtiyaçları karşılanmalıdır. Deprem gibi yüksek zararlara yol açan ve birçok alanı kullanılamaz hale getiren afetlerde kişilerin ihtiyaçlarının sağlanması için yeni tesislerin kurulması gerekmektedir. Bu aşamada, olası bir deprem öncesinde söz konusu tesislerin yerlerinin analitik bir temelle uygun olarak belirlenmesi, deprem sonrasında depremzedelere hizmetin etkin bir şekilde ulaşmasını sağlayacaktır. Kırıkkale, deprem üretme potansiyeli yüksek fay zonlarına mesafesi nedeniyle deprem tehlikesi yüksek olan bir şehirdir. Ayrıca, Türkiye'nin en önemli ve stratejik sanayi kuruluşlarının üretim tesislerini sınırları içinde bulundurmaktadır. Bunlara ek olarak, Ankara'ya en yakın il olan Kırıkkale, 46 ilin kesiştiği noktada yer almaktadır ve Kırıkkale-Ankara arasında kritik ve büyük sanayi tesisleri bulunmaktadır. Bu gerçekler, söz konusu yerlerde bir felaket için Kırıkkale'de kurulacak mobil hizmet tesislerini daha da önemli hale getirmektedir. Bu kapsamda bu çalışmada, literatürde ilk kez Kırıkkale ilinde mobil hizmet tesisi seçim problemi için çok kriterli bir karar modeli önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler
"Afet Yönetimi, Tesis Yeri Seçimi, AHP, TOPSIS"

Abstract
Disasters cause great damage in the region where they occur and disrupt social life. As well as the measures to be taken to prevent the damages before the disaster, health, shelter, nutrition and cleaning needs of the people who are exposed to the disaster should be met afterwards. It is necessary to establish new facilities to meet the needs of people in disasters that cause high damages such as earthquake which makes many areas unusable. At this stage, determining the locations of the relevant facilities prior to a possible earthquake on an analytical basis will ensure that the services reach the earthquake victims effectively after the earthquake. Kırıkkale is a city with high earthquake hazard due to its distance to important fault zones. Also, it has important manufacturing facilities of Turkey's most important and strategic industrial organizations within its borders. In addition to these, Kırıkkale, which is the closest province to Ankara, is located at the intersection of 46 cities and between Kırıkkale-Ankara there are critical and large industrial facilities. These facts make even more important the mobile service facilities to be established in Kırıkkale for a disaster in relevant locations. In this context, in this study, for the first time in the literature, a multi-criteria decision model is proposed for the mobile service facility selection problem in Kırıkkale province.

Key Words
"Disaster Management, Plant Location Selection, AHP, TOPSIS"

***Sorumlu Yazar: teren@kku.edu.tr**

1. Giriş

Afet yönetimi; afet öncesi, afet esnası ve afet sonrası olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Doğal afetler zamanı net olarak tahmin edilemeyen ve engellenemeyen olaylardır ve bu nedenle, afetlerin tüm aşamalarına karşı hazır durumda olmak, can ve mal güvenliği açısından oldukça önemlidir. Yaşanan bir afet sonrası, insanlar en temel ihtiyaçlarını karşılayamama gibi büyük sorunlarla karşı karşıya kalabilmektedir. Bu gibi durumlarda can kaybını minimize etmek amacıyla afetzedelerin temel ihtiyaçlarının sistematik bir şekilde giderilmesi oldukça önemlidir. Özellikle deprem gibi ulaşım imkanlarının da kullanılamaz hale gelebileceği büyük afetler düşünüldüğünde, afetzede ihtiyaçlarının karşılanması için bilimsel yöntemlerin kullanıldığı bir afet yönetim planı hazırlanması bir gereklilik halini almaktadır. Bu planlamanın önemli aşamalarından birini ise, afet sonrası mobil hizmet tesislerinin yerlerinin analitik bir temele dayandırılarak belirlenmesi oluşturmaktadır.

Afet yönetiminin öneminden hareketle literatürde araştırmacılar bu konuya odaklanmışlar ve önemli çalışmalar gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmalardan bir kısmı ise, afet sonrası planlama kapsamında yer alan ve bu çalışmanın da odaklandığı tesislerin yer seçimi problemidir. Bu çalışmalarda, küme kapsama yöntemi (Chen vd., 2019), hedef programlama (Vitoriano vd., 2009), (Eren ve Ünal 2016), (Körpeli vd., 2012), (Özcan vd., 2017) ve çok ölçütlü karar verme yöntemleri (Yalçın, 2012), (Chen vd., 2019) (Çalışkan ve Eren, 2016), (Kutlu vd., 2012), (Eren vd., 2017) gibi teknikler çözüm yöntemi olarak kullanılmıştır. Bununla birlikte, problemin kapsamının belirli değerlendirme kriterleri altında alternatif lokasyonların öncelik sıralamasının belirlenmesinden oluşması ve çok kriterli karar verme yaklaşımlarının bu kapsama uygun çözüm yöntemleri içermesinden dolayı sıklıkla tercih edilen yöntem grubu çok kriterli karar verme teknikleridir. Bu grup içinde en sık kullanılan yöntem kombinasyonu ise AHP-TOPSIS (Asoğlu ve Eren, 2018). (Donevska vd., 2012), (Taş vd., 2018), (Yanık ve Eren, 2017), (Chu ve Su, 2012)'tir. Afet tipine göre afet sonrası hizmet sunacak tesislerin yer seçimi problemine odaklanan çalışmalardan bu çalışma ile ilgili olan bazıları Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Literatür Özeti

Araştırmacılar	Afet Tipi	Metot	Problem	Uygulama Yeri
El-Anwar vd. (2009)	Kasırga	AHP	Konut hizmeti yer seçimi	ABD
Erden ve Coşkun (2010)	Afet	AHP-CBS	İtfaiye istasyonlarının yer seçimi	Türkiye
Chu ve Su (2012)	Deprem	AHP-TOPSIS	Acil durum sığınağı yer seçimi	Çin
Cheng ve Yang (2012)	Deprem	AHP	Acil durum sığınağı yer seçimi	Çin
Roh vd. (2013)	Afet	AHP	Depo yer seçimi	Kore
Bilgilioğlu (2014)	Heyelan	AHP	Duyarlılık haritası belirleme	Türkiye
Ahmadi vd. (2015)	Deprem	GAMS	Dağıtım yer seçimi	İran
Peker vd. (2016)	Deprem	AHP	Dağıtım merkezi yer seçimi	Türkiye
Şahin (2017)	Afet	TOPSIS-Bulanık VIKOR	Konut hizmeti yer seçimi	Türkiye
Ofluoğlu vd. (2017)	Afet	SAW, TOPSIS, VIKOR	Depolama yer seçimi	Türkiye
Uslu (2018)	Afet	DEMATEL, FANP, TOPSIS	Hizmet yer seçimi	Türkiye
Junian ve Azizifar (2018)	Deprem	AHP	Konut hizmeti yer seçimi	İran
Şahin ve Hazırcı (2019)	Deprem	AHP, P-Medyan, GAMS	Geçici iskân yer seçimi	Türkiye

Bu kapsamda bu çalışmada, deprem sonrası yaşanması kuvvetle muhtemel olan kargaşa ve hizmet eksikliği ortamında, depremzedelerin en temel ihtiyaçları olan gıda ve sağlık hizmetlerinden etkin bir şekilde yararlanabilmeleri için mobil hizmet tesisi yer seçimi problemi ele alınmıştır ve çalışmanın uygulama yeri olarak Kırıkkale seçilmiştir. Çünkü Kırıkkale, deprem üretme potansiyeli yüksek Kuzey Anadolu, Bala, Seyfe, Karakeçili, Kırıkkale-Sungurlu ve Keskin gibi önemli fay zonlarına mesafesi sebebi ile deprem tehlikesi yüksek olan bir şehirdir (Sönmezer vd., 2015). Ayrıca, Türkiye'nin en önemli ve stratejik sanayi kuruluşlarından Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) ve Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. (TÜPRAŞ)'nin önemli fabrikalarını sınırları içinde bulundurmaktadır. İl merkezinin bu sanayi kuruluşlarına yakın olması dolayısıyla, deprem gibi büyük bir afet anında zararın daha da artması olasıdır. Bununla birlikte, girilmesi yasak ve korumalı bölgelerin varlığı, deprem sonrası tesislerin seçiminde ve ulaşım planlamasında bu alanların dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bunların yanı sıra, 46 ilin kesişim noktasında oluşu, özellikle Ankara'ya olan yakınlığı ve Ankara ile arasında yer alan Roketsan, Barutsan ve Başta gibi kritik ve büyük sanayi kuruluşlarının varlığı Kırıkkale'yi, sınırları haricindeki lokasyonlarda olabilecek bir depremde de mobil hizmet tesislerinin kurulumu açısından önemli bir konuma taşımaktadır.

Tüm bu açıklamalar ışığında bu çalışmanın literatüre sağladığı katkılar aşağıda özetlenmiştir:

- Çalışmanın hareket noktası, olası bir depremde depremzedelerin temel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için mobil hizmet tesisinin kurulacağı yerin tüm gerekli parametreleri dikkate alarak analitik bir yaklaşımla belirlenmesi gerekliliğidir. Bu tesisin olası deprem durumundan etkilenmemesi için arazi zemininin uygunluğu ile bu tesisin afetzedelere olan mesafesi literatürde ilk kez bu çalışmada birlikte dikkate alınmıştır.
- Literatürdeki çalışmalar dikkate alındığında problemin çözümündeki en uygun yöntem kombinasyonunun AHP-TOPSIS olduğu görülmektedir (Eren ve Gür, 2017), (Özcan vd., 2017), (Ayan vd., 2016), (Donevska vd., 2012), (Chu ve Su, 2012). Buradan hareketle bu çalışmada da deprem sonrası mobil hizmet tesislerinin seçimi probleminin çözümünde yöntemlerin sağladığı avantajlar da (bkz. Materyal ve Metot) dikkate alınarak AHP-TOPSIS kombinasyonu kullanılmıştır. Tablo 1'deki ilgili çalışmalar incelendiğinde, problemin depremzedelerin afet sonrası ihtiyaçlarını kapsamlı bir düzeyde karşılaması temelinde bir tesisin yer seçimi bağlamında ilk kez bu çalışmada söz konusu yöntem kombinasyonu ile gerçekleştirildiği görülmektedir.
- Çalışmanın uygulama yeri seçiminde literatürde ilk kez Kırıkkale belirlenmiştir. Kırıkkale'nin seçiminde yukarıda verilen gerekçeler dikkate alındığında mobil hizmet tesisinin bu ilde kurulması için bir öneri sunması, bu çalışmanın literatüre sağlayacağı bir diğer katma değerdir.

2. Materyal ve Metot

Sonsuz sayıda seçeneğin örneklendirilme, sıralama, eleme, sınıflandırılma ya da seçilme gibi genel olarak ağırlıklandırılmış, nitel değerler alabilen ve birbirleriyle tutarsız fazla sayıda kriter kullanılarak değerlendirilmesi çok kriterli karar verme uygulamalarını beraberinde getirmiştir (Kütükçü ve Eren 2017). Yukarıda da belirtildiği üzere bu çalışma kapsamında belirlenen problemin çözümünde, problemin yapısı bu yöntemler grubunun çözüm üretme kabiliyetleri içerisinde olduğu için çok kriterli karar verme yöntemlerine başvurulmuş olup, bu yöntemler grubundan afet sonrası hizmet tesislerinin seçiminde en etkin yöntem konfigürasyonu olması açısından AHP-TOPSIS seçilmiştir. Problemin çözüm yöntemleri olarak bu tekniklerin seçilme gerekçesine etki eden söz konusu yöntemlerin muadillerine nazaran avantajları ile uygulama adımları aşağıda özetlenmiştir.

2.1. AHP

AHP, alternatiflerin karşılaştırılması ve kişisel önyargıların azaltılmasında literatürde geniş bir uygulama alanına sahip olan etkin bir yöntemdir. Bu yöntem diğer çok kriterli karar verme yöntemlerinin yanı sıra, kalite fonksiyonu, bulanık mantık, doğrusal programlama vb. analitik yöntemlerle uygulama esnekliğine sahiptir. Özellikle, bir karar problemindeki değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanmasında etkin sonuçlar sağlaması (Özcan vd., 2019) sebebiyle, olası bir deprem sonucunda afetzedelere sağlık, barınma, gıda, temizlik gibi hizmetlerinin verilebilmesi için en uygun mobil hizmet yerinin seçim probleminde değerlendirme kriterlerinin ağırlıklarının hesaplanmasında AHP yöntemi kullanılacaktır. Saaty (1980) tarafından geliştirilen yöntem, kriterleri belirli bir hiyerarşiye göre düzenlemekte, ağırlıkları hesaplamakta ve kriterler bazında alternatiflerin karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır. Yöntemin adımları aşağıda sunulmuştur:

Adım 1: AHP yönteminde karar sürecini etkileyen uzman kişilerin görüşleri nitel ve nicel olarak değerlendirilir. Bu değerlendirilme sonucunda amaç, alternatifler, kriterler ve alt kriterler oluşturulur.

Adım 2: Problem tanımı kapsamında Tablo 2'deki skala kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri (kriterler arası ve kriter temelinde alternatifler arası) oluşturulur.

Tablo 2. Saaty 1-9 Skalası

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit derecede önemli
3	Kısmen daha önemli
5	Çok daha önemli
7	Kuvvetli derecede önemli
9	Kesinlikle daha önemli
2,4,6,8	Ara değerler

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisinde yer alan bütün sütunların değeri, bulunan sütun toplamına bölünür ve matris normalizasyonu gerçekleştirilir. Bu işlem için (1) nolu formül kullanılır.

$$b_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} \alpha_{ij}} \quad (1)$$

Sonra satırda bulunan değerlerin ortalamaları alınarak öz vektörü hesaplayabilmek için (2) nolu formül kullanılmıştır.

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^{n} b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Adım 4: Tutarlılık oranını (CR) hesaplayabilmek için ikili karşılaştırma matrisinin λ_{max} en büyük özvektörünü hesaplamak gereklidir. Bunun için (3) ve (4) nolu formüller kullanılır.

$$[\alpha_{ij}]_{nxm} * [w_i]_{mx1} = [d_i]_{nx1} \quad (3)$$

$$\lambda_{max} = (\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{w_i})/n \quad (4)$$

Tutarlılık indeksini (CI) hesaplamak için $CI=\frac{\lambda_{max}-n}{n-1}$ formülü kullanılır. Bu formülde en büyük öz vektör değerini λ_{max}, matrisin eleman sayısını ise n ifade etmektedir. CR için ise, $CR=\frac{CI}{RI}$ formülü kullanılır. Rassal indeks oranını RI ifade etmektedir. RI değerleri Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. RI Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	0

İkili karşılaştırma matrislerinde tutarlılık oranı 0,10'dan az olduğunda matris tutarlıdır (Kütükçü ve Eren, 2017).

Adım 5: Değeri en yüksek olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilir.

2.2. TOPSIS

Çalışma kapsamında ele alınan problemde alternatif lokasyonların sıralanması için, diğer sıralama algoritmalarına nazaran uygulama kolaylığına sahip olması, niteliksel bilgileri tam olarak kullanması, en iyi çözüme yaklaşırken en kötü çözümden uzaklaşarak sonuç üretmesi ve bu sayede, uzmanlar tarafından doğru olarak belirlenmiş karar matrisleri kullanılması koşuluyla gerçek hayatla yüksek tutarlılıkta sonuçlar üretmesi (Özcan vd., 2019) sebebiyle TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Hwang ve Yoon tarafından geliştirilen yöntemin uygulama adımları aşağıda sunulmuştur:

Adım 1: Karar matrisinde (A_{ij}), satırlarda alternatifler sütunlarda kriterler yer almaktadır. Karar matrisi, (5) nolu formülde sunulmuştur.

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} \alpha_{11} & \cdots & \alpha_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \alpha_{m1} & \cdots & \alpha_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Matrisde yer alan m, alternatif sayısını ve n, kriter sayısını ifade etmektedir.

Adım 2: (A_{ij})'nin normalizasyonu ile standart karar matrisi (R_{ij}) (6) nolu formül ile elde edilir.

$$r_{ij} = \frac{\alpha_{ij}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{m} a^2 kj}} \quad (6)$$

Adım 3: R_{ij} matrisinde yer alan sütunlardaki elemanların kriter ağırlıkları (W_i) ile çarpılması sonucunda ağırlıklı normalize karar matrisi (V_{ij}) elde edilir ((7) nolu formül).

$$V_{ij} = \begin{bmatrix} w_1 r_{11} & \cdots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & \cdots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (7)$$

Adım 4: V_{ij} matrisinde sütun değerlerinin sırasıyla en büyüğü ve en küçüğü seçilerek pozitif ve negatif ideal çözüm kümeleri olan A^+ ve A^- oluşturulur ((8) ve (9) nolu formüller).

$$A^+ = \{(maxV_{ij} | j \in J), (minV_{ij} | j \in J')\} \quad (8)$$

$$A^- = \{(minV_{ij} | j \in J), (maxV_{ij} | j \in J')\} \quad (9)$$

Adım 5: Ayrım ölçüleri (S^+,S^-)'nin hesaplanması için (10) ve (11) nolu formüller kullanılır.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^+)^2} \quad (10)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^-)^2} \quad (11)$$

Adım 6: İdeal çözüme göreli yakınlık (C_i^*) $C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}$ ile hesaplanır. $0 \leq C_i^* \leq 1$'dir (Kütükcü ve Eren, 2017).

3. Bulgular

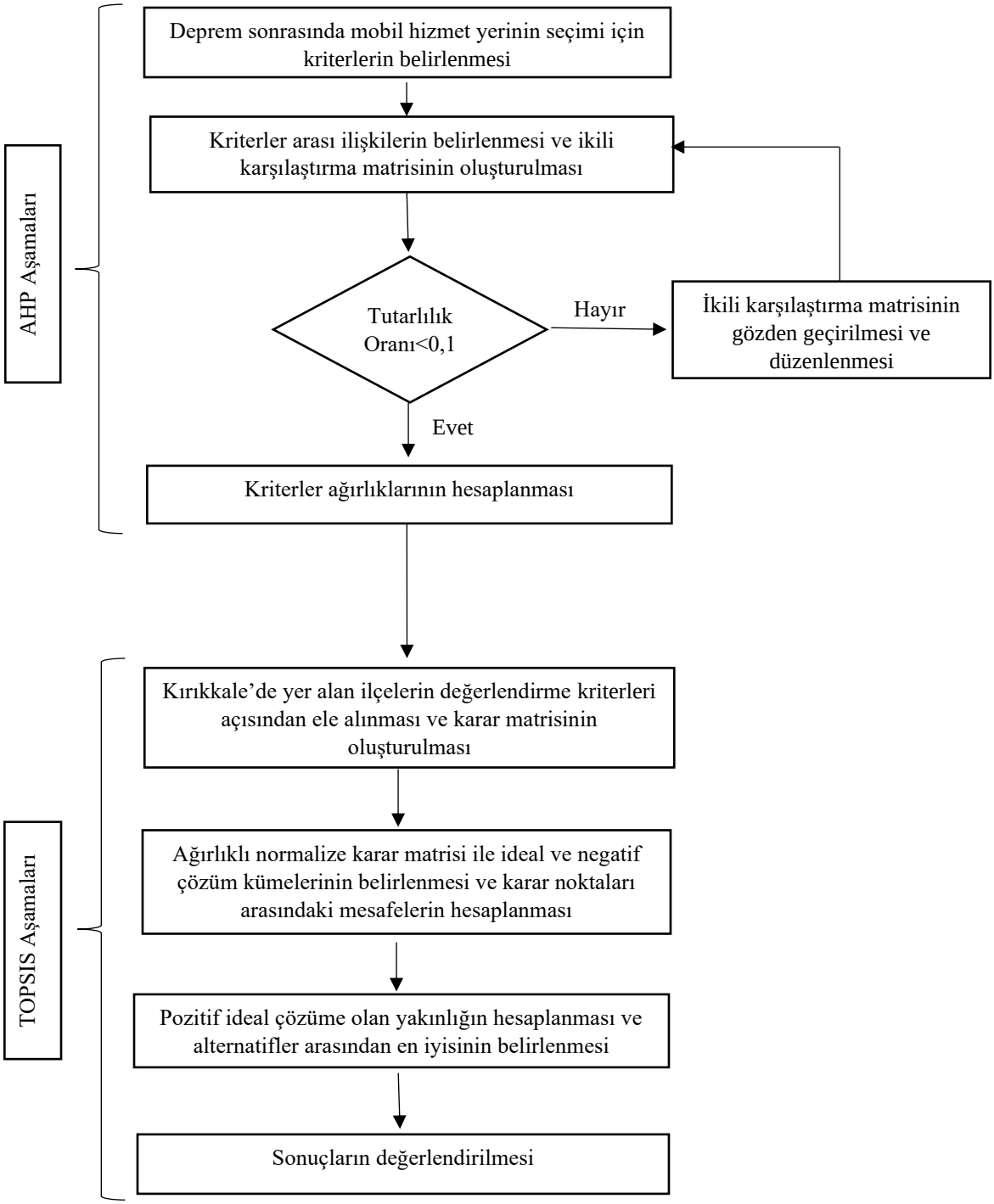
Depremler, herhangi bir yerde ve herhangi bir zamanda meydana gelebilmektedir. Dolayısıyla deprem anı ve sonrası oluşabilecek can ve mal kayıplarını minimize etmek, bilimsel yöntemlerin kullanıldığı iyi bir planlamayla mümkündür. Bir deprem sonrası insanların temel ihtiyaçlarını karşılayamaması istenmeyen bir durumdur. Depremlerin neden olabileceği zararların belirsiz olmasından dolayı deprem sonrasında bir plansızlık ya da bilimsel yöntemlerle destekli olmayan bir plan durumu, depremzedelerin en temel ihtiyaçlarını karşılayamaması ile sonuçlanacaktır. Buradan hareketle bu çalışma, deprem sonrası afetzedelerin en temel insani ihtiyaçlarını karşılayabilmesi amacıyla hizmet sunacak olan en uygun mobil hizmet tesisinin yer seçimine odaklamıştır. Bu noktada öneminden dolayı, jeolojik özelliklerden tesis yerinin kullanıcılara olan mesafesine kadar tüm kriterler tesisin yerinin belirlenmesinde dikkate alınmıştır. Böylece, deprem sonrası meydana gelmesi muhtemel can kayıpları, kargaşa ortamı ve hizmet eksikliği gibi istenmeyen durumların en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın gerçekleştirildiği Kırıkkale ilindeki olası bir deprem için deprem sonrası yönetim organizasyon planı, Kırıkkale'nin sahip olduğu güçlü sanayi ve coğrafi konumu düşünüldüğünde sadece Kırıkkale için değil aynı zamanda ülke ekonomisi ve diğer iller için de oldukça önemlidir. Çalışmanın uygulama aşamaları Şekil 1'de gösterilmektedir.

3.1. Problem Kapsamı ve Çalışmanın Gerekçesi

Kırıkkale, İç Anadolu bölgesinde başkent Ankara'dan 70 km uzaklıkta konumlanmış, Türkiye'nin batı bölgelerini Doğu Anadolu, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne bağlayan ulaşım ağlarının merkezinde bulunan bir kenttir. Şehre uzaklıkları yaklaşık 5 km olan Karakeçili ve Kırıkkale-Sungurlu Fay Zonları ile Keskin Fayı ve uzaklıkları 50 km olan Bala Fayı ve Seyfe Fay Zonu Kırıkkale'yi çevrelemiş durumdadır. Bu tektonik yapılar Kırıkkale'yi deprem tehlikesi yüksek olan bir şehir haline getirmektedir (Sönmezer vd., 2015). Ayrıca Kırıkkale sahip olduğu sanayi kuruluşları, endüstriyel tesisler ve coğrafi konumu açısından oldukça kritik bir şehirdir. Kırıkkale, bünyesinde bulundurduğu kuruluşlarıyla, savunma ve petro-kimya alanında ülkemizin can damarlarından birisi konumundadır. Bu kuruluşlar; TÜPRAŞ Orta Anadolu Rafinerisi, MKEK Ağır Silah ve Çelik Fabrikası, MKEK Hafif Silah Fabrikası, MKEK Mühimmat Fabrikası, MKEK Barut Fabrikası, MKEK Pirinç Fabrikası, MKEK Hurda İşletim Fabrikası ve Kırdemir Kırıkkale Demir Çelik Fabrikası'dır. Bu tarz kuruluşlarda yapılan üretim çeşitlerinin tehlikesinden dolayı, en ufak olağan dışı gelişen bir oluşum çok büyük can ve mal kayıplarına neden olabilecektir. Bir depremin bu kuruluşları etkilemesi, deprem sonrası doğması muhtemel kargaşa ortamını bir hayli artıracak ve depremden etkilenen kuruluş çevresine çok büyük zararlar verecektir. Bu gibi önemli kuruluşların bölgede var olması, deprem sonrası organizasyon planlarının çok daha hassas ve bilimsel temelli olarak yapılmasını gerektirmektedir. Kırıkkale'de bulunan bu kuruluşların, il merkezine yakın olmasından dolayı deprem meydana geldiğinde getirebileceği maddi ve manevi zararların daha da tehlikeli ve yıkıcı olması muhtemeldir. Bunun yanı sıra, bölge içinde deprem zararlarını artıracak bir diğer husus, Kırıkkale ilinin nüfus yoğunluğu bakımından ülke ortalamasının üzerinde olmasıdır. Bu da Kırıkkale için bir deprem sonrası yönetiminin önemini artırmaktadır. Herhangi bir bölgedeki yoğun nüfus, olası bir depremin zararlarını özellikle de can kaybını artıracaktır.

Şehir içerisinde bulunan kritik kuruluşlar dışında, kendisine yaklaşık 40 kilometre uzaklıkta olan Roketsan, MKEK Barutsan Roket ve Patlayıcı Fabrikası ve Baştaş Çimento A.Ş. gibi sanayi alanında önemli olan kuruluşlara da Kırıkkale, bazı depremler düşünüldüğünde yakın sayılabilecek bir konumdadır. Bu kuruluşları etkileyecek bir deprem düşünüldüğünde de coğrafi konumu baz alınarak Kırıkkale'nin destek sağlayabilecek ilk şehir olduğu söylenebilir. Özellikle de kuruluşların genel olarak hizmet verdiği savunma sanayii, her ülke için büyük bir önem taşımaktadır. Bu kuruluşların olası bir deprem sonrası üretimlerinin aksaması durumu ülke ekonomisi için büyük zararlara neden olacak ve savunma konusunda ülkemizi zafiyete düşürecektir.

Kırıkkale, ülkemizde diğer şehirlerle etkileşimi en fazla olan ildir. Dolayısıyla yapılacak bir deprem sonrası yönetim çalışması, Kırıkkale'nin coğrafi konumu ele alındığında çalışmanın önemini daha da artırmaktadır. Kırıkkale, başkent Ankara ile etkileşimi başta olmak üzere toplam 46 tane ilin kesişim noktasında bulunmaktadır. Şehrin bu özelliği düşünüldüğünde diğer illerde meydana gelebilecek bir deprem sonrasında, lojistik destek sağlanması noktasında Kırıkkale oldukça kritik bir konumdadır. Türkiye'nin başkenti ve en büyük ikinci şehri olan Ankara'da meydana gelebilecek bir deprem sonrası ilk desteğin geleceği ve başkente açılan bir kapı görevinde olacağı il de Kırıkkale'dir. Ayrıca diğer birçok ilden gelebilecek destekler de Kırıkkale içerisinden geçecektir. Geniş çaplı bir deprem olması durumunda Kırıkkale, lojistik merkez konumunda olacaktır. Kırıkkale içerisinde yapılacak olan bir deprem sonrası organizasyon planı, diğer birçok şehri de hayati derecede etkileyecektir. Kırıkkale hem sahip olduğu kritik kuruluşlar hem bulunduğu lojistik merkezi niteliğindeki konumu açısından ülkemiz için oldukça önemlidir. Bu kapsamda, bu çalışma ile ülke ekonomisi ve savunma sanayi gibi kritik konuların da olası bir deprem sonrası minimum zararla yönetilmesi hedeflenmektedir.



Şekil 1. Uygulama Aşamaları

3.2. En Uygun Mobil Hizmet Yeri Seçimi

Kırıkkale ilinde mobil hizmet yerinin en uygun bölgeye kurulması için değerlendirme kriterleri literatürdeki çalışmalar temel alınarak belirlenmiştir. Bu kriterler açıklamaları ile Tablo 4'te sunulmuştur.

Özellikle jeolojik özellikleri temel alındığında, olası bir depremden etkilenme düzeyinin minimum seviyede olacağı yetkili kuruluşlarca teyit edilen Kırıkkale'nin 4 ilçesi mobil bir hizmet tesisi için uygun alternatifler olarak belirlenmiş ve aşağıda sunulmuştur.

A1: Kırıkkale'nin Yahşihan ilçesi.
A2: Kırıkkale'nin Delice ilçesi.
A3: Kırıkkale'nin Çevrimli Sulakyurt ilçesi.
A4: Kırıkkale'nin Balışeyh ilçesi.

Tablo 4. Kriterlerin Açıklanması

Kriterler	Açıklama
K1 (Depoların Afetzedelere Mesafesi)	Seçimi yapılan uygun hizmet yerlerinin afetzedelere mesafesi (Özcan vd., 2011).
K2 (Arazinin Zemini)	Arazinin jeolojik yapısı, topografyası ve hizmet merkezinin kurulması için uygun arazi olup olmaması (Chan vd., 2007).
K3 (Karayolu Mesafesi)	Yardım malzemelerinin en kısa zamanda ve en az maliyetle nakledilmesi için karayollarına olan mesafe (Awasti vd., 2011, Roh vd., 2013).
K4 (İşgücü)	Alternatif hizmet yerlerinin iş gücü çeşitliliği (Ureten, 2006, Kobu, 2008).
K5 (Arazi Maliyeti)	Uygun görülen arazinin kamulaştırılması esnasında gereken maliyetler (Chen ve Qu, 2006, Liu, 2011, Yang vd., 2011).

Tablo 4'de verilen değerlendirme kriterleri altında 4 alternatif lokasyonun öncelik sıralamasının elde edilmesi için ilk aşamada, değerlendirme kriterlerinin ağırlıkları AHP yöntemi ile hesaplanmıştır. Kriterler arasında oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0,0256 olarak hesaplanmış olup, bu değer matrisin tutarlı olduğunu göstermektedir. Kriter ağırlıkları Tablo 5'de sunulmuştur.

Tablo 5. Kriter Ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar
K1	0,26
K2	0,16
K3	0,05
K4	0,44
K5	0,09

Hesaplanan kriter ağırlıkları incelendiğinde, en önemli kriterin %44'lük oran ile alternatiflerdeki işgücü çeşitliliği olduğu dikkat çekmektedir. Bu durum, mobil hizmet tesisinin depremzedelerin sağlık, beslenme ve temizlik gibi temel ve çeşitlilik gösteren hayati ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla kurulduğu düşünüldüğünde anlamlı bir sonuca işaret etmektedir. Çünkü, bu faaliyetlerin yerine getirilmesi farklı uzmanlıkları beraberinde getirmektedir ve Kırıkkale'nin ilçeleri olan alternatiflerde bu bağlamdaki bir işgücü çeşitliliği değişiklik göstermektedir. Bu nedenle, en uygun mobil hizmet yeri seçim problemini bu kriterin en üst seviyede etkilemesi gerçeklerle tutarlıdır. İşgücü çeşitliliği kriterini alternatiflerin halka olan mesafesi kriteri %26'lık bir oranı ile takip etmektedir. Hayati ihtiyaçlara bu hizmet tesisi ile erişileceği düşünüldüğünde, hizmete erişim süresi kritik önem arz etmektedir ve bu süreyi etkileyen en temel unsurlardan birisi de mesafedir. Alternatif lokasyonların zemin özellikleri (%16), hiç şüphesiz ki karayoluna olan uzaklık (%5) ve arazi maliyeti (%9) kriterlerinden daha önemlidir. Burada, zemin özelliklerinin en önemli kriter olarak çıkmaması akıllarda bir soru işareti oluşturabilir. Bu durum, belirlenen alternatiflerin zaten depremden etkilenme tehlikesinin az olanlar arasından seçilmiş olmasıyla açıklanmaktadır. Karayoluna uzaklık kriterinin çok düşük bir oranla hesaplanmış olmasına rağmen bu durum, probleme etki eden tüm gerekli kriterleri belirleyen yapının kurgulandığına da bir işarettir.

Kriter ağırlıklarının hem matematiksel hem de gerçek hayatla tutarlı sonuçlar ürettiğinin belirlenmesinin ardından TOPSIS algoritmasına göre alternatif lokasyonların önem sırasının belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Bu kapsamda, karar matrisinin belirlenmesi için alternatiflerin kriterler temelindeki veri tablosu Tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Karar Matrisi için Veri Tablosu

Kriterler/ Alternatifler	Depoların Afetzedelere Mesafesi (km)	Arazinin Zemini	Karayolu Mesafesi (km)	İş Gücü (50 konteyner taşıma TL)	Arazi Maliyeti (TL)
Yahşihan	14	Kil	20,6	25.000	78.000
Delice	50	Çakıl-Kum-Kil	85	40.000	80.000
Çevrimli Sulakyurt	56	Çakıl-Kum-Kil	52	47.500	65.000
Balışeyh	22	Kil	55,6	55.000	43.000

Bu veriler temel alınarak 0-10 arasında değişen bir skala dahilinde karar matrisi Tablo 7'deki şekilde hesaplanmıştır.

Tablo 7. Karar Matrisi

Kriterler/ Alternatifler	K1	K2	K3	K4	K5
A1	10	6	8	9	8
A2	7	5	5	6	7
A3	5	9	10	5	6
A4	8	7	7	8	10

Daha sonra AHP yönteminden elde edilen ağırlıklarla standart karar matrisi elde edilmiştir. Bu matrisin normalizasyonundan elde edilen matris üzerinden ideal ve negatif ideal çözüm setlerinden sapmalar dikkate alınarak karar noktalarından ideal çözüme olan yakınlıklar hesaplanmıştır. Sonuçta, ideal çözüme göreli yakınlık değeri olarak tanımlanan alternatif öncelikleri hesaplanarak Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Alternatiflerin Sıralaması

Alternatifler	Öncelik Değerleri
A1	0,80
A2	0,28
A3	0,25
A4	0,68

4. Sonuç ve Tartışma

Deprem potansiyeli yüksek fay zonlarına olan yakınlığı, sınırları içinde ve yakınında önemli sanayi kuruluşlarının varlığı, Türkiye'nin batı bölgelerini Doğu Anadolu, Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ne bağlayan ulaşım ağlarının merkezinde bulunması gibi birçok stratejik özelliğinden dolayı Kırıkkale veya yakınında olabilecek bir depremde Kırıkkale'de konumlandırılacak bir mobil hizmet tesisinin en uygun yerinin seçim probleminin ele alındığı bu çalışma, hem uygulama yeri olan Kırıkkale'nin söz konusu stratejik önemi hem hizmet tesisinin geniş kapsamı hem de tüm bunlar bağlamında afet sonrası planlama kapsamında yer alan bu problem için literatürde en sık kullanılan çok kriterli karar verme algoritmalarından AHP-TOPSIS kombinasyonunun kullanılması açısından literatürde ilk olma özelliğine sahiptir.

Yapılan değerlendirmede, deprem sonrası hizmet verecek mobil tesisin kurulması en uygun yerin Yahşihan olduğu tespit edilmiştir. Bu alternatife en yakın diğer alternatif ise Balışeyh ilçesidir. Değerlendirme kriterleri arasından probleme en çok etki eden parametrelerin iş gücü çeşitliliği ve depremzedelere olan mesafe olduğu dikkate alındığında, Yahşihan'ın en avantajlı yer olduğu Tablo 6'dan görülmektedir. Ayrıca, Yahşihan'ın kil zemini depreme dayanıklılık açısından belirlenen alternatifler arasından en uygun malzemedir. Bununla birlikte, ikinci sıradaki Balışeyh iş gücü çeşitliliği açısından en kötü durumda olan ilçe olması açısından bu sırada yer almıştır. Birbirlerine yakın öncelik değerlerine sahip Delice ve Sulakyurt'un üçüncü ve dördüncü sırada yer almasındaki en önemli nedenler, depremzedelere en uzak alternatifler olmasının yanında, iş gücü çeşitliliği, zemin kalitesi, arazi maliyetleri ve karayoluna

olan uzaklık kriterleri açısından daha kötü değerlere sahip olmalarıdır. Elde edilen bu sonuçlar, Tablo 6'daki veri matrisi bağlamında gerçeğe uygun bir şekilde karar matrisinin oluşturulduğunu ve tutarlı sonuçların elde edildiğini göstermektedir.

Yukarıdaki bölümlerde önemi detaylı bir şekilde açıklanan probleme bu çalışma ile sunulan tutarlı sonuçlar göz önüne alındığında, afet sonrası planlama ile ilgili daha kapsamlı çalışmaların yapılması hem uygulamacılara hem de literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Bu kapsamda, Kırıkkale ya da Kırıkkale gibi stratejik öneme sahip olan şehirlerimizde deprem sonrası hizmet verecek tesislerin sunacağı hizmetler, depolanacak malzemeler ve buralarda çalışacak personel ile ilgili seçim, sıralama ve planlama problemleri için matematiksel modelleme yöntemleri, yapay zekâ teknikleri, istatistiksel analiz metotları ve çok ölçütlü karar verme yöntemleriyle ileri çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından 2020/032 numaralı proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı BAP Birimine teşekkürlerimizi sunarız.

Referanslar

Ahmadi, M., Seifi, A. & Tootooni, B. (2015). A Humanitarian Logistics Model for Disaster Relief Operation Considering Network Faile and Standard Relief Time: A Case Study on San Francisco District. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 75, 145-163.

Afet, B., Başkanlığı, A. D. Y. (2011). Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı. 2012-2023.

Asoğlu, İ., & Eren, T. (2018). AHP, TOPSIS, PROMETHEE Yöntemleri ile Bir İşletme için Kargo Şirketi Seçimi. Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, 8(16), 102-122.

Awasti, A., Chauhan, S.S. & Goyal, S.K. (2011). A Multi-CriteriaDecisionMaking Approach for Location Planning for Urban Distribution Centers Under Uncertainty. Mathematical and Computer Modelling, 53, 98-109.

Ayan, E., Cihan, Ş., Eren, T., Topal, T., & Yıldırım, E. K. (2016). AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Ekokardiografi Cihazı Seçimi. Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi, 4(1), 41-49.

Bilgilioğlu, S.S, (2014). Ulusal Heyelan Haritaları için Coğrafi Veri Modelinin Geliştirilmesi ve Afet Yönetiminde Kullanılması. (Yüksek Lisans Tezi). Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.

Chan F.T.S. & Kumar, N. (2007). Global Supplier Development Considering Risk Factors Using Fuzzy Extended. AHP-Based Approach, Omega-The International Journal of Management Science, 35, 417-431.

Chan F.T.S., Kumar, N. & Choy, K. L. (2007). Decision Making Approach for the Distribution Centre Location Problem in an Supply Chain Network Using the Fuzzy-Based Hierarchical Concept. Journal of Engineering Manufacture, 221 (B): 725-739.

Cheng, H. & Yang, X. K., (2012). A Comprehensive Evaluation Model for Earthquake Emergency Shelter. Sustainable Transportation Systems, 412- 2.

Chen, N., Chen, L., Ma, Y., Chen, A. (2019). Regional Disaster Risk Assessment of China Based on Self-OrganizingMap Clustering, Visualization and Ranking. International Journal of Disaster Risk Reduct, 33, 196–206.

Chen, Y. & Qu, L. (2006). Evaluating the Selection of Logistics Centre Location Using Fuzzy MCDM Model Based on Entropy Weight. Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control on Automation, 21-23 June Dalian China, 7128-7132.

Chu, J. & Su, Y. (2012). The Application of Topsıs Method in Selecting Fixed Seismic Shelter for Evacuation in Cities. Systems Engineering Procedia, 3, 391-397.

Çalışkan, E., & Eren, T., (2016). Bankaların Performanslarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle Değerlendirilmesi. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(2), 85-107.

Donevska, K. R., Gorsevski, P. V., Jovanovski, M. & Peševski, I. (2012). Regional Non-Hazardous Landfill Site Selection by İntegrating Fuzzy Logic AHP and Geographic İnformation Systems. Environmental Earth Sciences, 67(1), 121-131.

El-Anwar, O., El-Rayes, K. & Elnashai, A. S. (2009). Maximizing The Sustainability of İntegrated Housing Recovery Efforts. Journal of Construction Engineering and Management, 136(7), 794-802.

Eren, T., Cihan, Ş., Enes, A., Topal, T., & Yıldırım, E. K. (2017). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Ekokardiyografi Cihazı Seçiminin Yapılması. Sağlık Bilimleri ve Meslekleri Dergisi, 4(1), 41-49.

Eren, T, & Gür, Ş., (2017). Onlıne Alışveriş Siteleri İçin AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile 3pl Firma Seçimi. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 10(2), 819-834.

Eren, T., & Ünal, F. M. (2016). Hedef Programlama ile Nöbet Çizelgeleme Probleminin Çözümü. Akademik Platform Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, *4*(1), 28-37.

Erden, T. & Coşkun, M.Z. (2010). Acil Durum Servislerinin Yer Seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve CBS Entegrasyonu. İTÜ Mühendislik Dergisi, 9(6), 37-50.

Junian, J. & Azizifar, V. (2018). The Evaluation of Temporary Shelter Areas Locations Using Geographic Information System and Analytic Hierarchy Process. Civil Engineering Journal, 4(7), 1678-1688.

Kobu B. (2008). Üretim Yönetimi. Genişletilmiş Güncellenmiş 14.Baskı, Beta Basım Yayım, İstanbul.

Körpeli, S., Şahin, B., & Eren, T., (2012). Hedef Programlama ile Menü Planlaması: Bir Örnek Uygulama. Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2(1), 121-142.

Kutlu, B., Abalı, Y., & Eren, T., (2012). Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Seçmeli Ders Seçimi. Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2(2), 5-25.

Kütükçü, A. & Eren, T., (2017). Acil Durum Haberleşmesinde Kullanılan El Telsizinin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ile Seçilmesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(2), 183-203.

Liu, S., Chan, F. T. S. & Chung, S. H. (2011). A Study of Distribution Center Location Based on the RoughSets and Interactive Multi-Objective Fuzzy Decision Theory. Robotics and Computer Integrated Manufacturing, 27: 426-433.

Özcan, T., Çelebi, N. & Esnaf, Ş. (2011). Comparative Analysis of Multi-Criteria Decision Making Methodologies and Implementation of A Warehouse Location Selection Problem. Expert Systems with Applications, 38: 9773–9779.

Özcan, E., Danışan, T. & Eren, T. (2019). Hidroelektrik Santralların En Kritik Elektriksel Ekipman Gruplarının Bakım Stratejilerinin Optimizasyonu için Matematiksel Bir Model Önerisi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 25(4), 498-506.

Özcan, E. C., Ünlüsoy, S., & Eren, T. (2017). A Combined Goal Programming–AHP Approach Supported with TOPSIS for Maintenance Strategy Selection in Hydroelectric Power Plants. Renewable And Sustainable Energy Reviews, 78, 1410-1423.

Özcan, E. C., Varlı, E., & Eren, T., (2017). Hidroelektrik Santrallerde Vardiya Çizelgeleme Problemleri için Hedef Programlama Yaklaşımı. Bilişim Teknolojileri Dergisi, 10(4), 363-370.

Peker, İ., Korucuk, S., Ulutaş, Ş., Okatan, B. S. & Yaşar, F. (2016). Afet Lojistiği Kapsamında En Uygun Dağıtım Merkez Yerinin AHS-VIKOR Bütünleşik Yöntemi ile Belirlenmesi: Erzincan İli Örneği. Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 14(1), 82-103.

Roh, S., Jang, H. & Han, C. (2013). Warehouse Location Decision Factors in Humanitarian Relief Logistics. The Asian Journal of Shipping and Logistics, 29(1): 103-120.

Saaty, T.L., (1980). The Analytic Hierarchy Process. USA: Mcgraw-Hill International Book Company.

Sönmezer, Y. B., Akbaş, S. O. & Işık, N. S. (2015). Kırıkkale İli Yerleşim Alanı için En Büyük İvme, Zemin Büyütmesi ve Hâkim Titreşim Periyodu Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(4).

Şahin, Y. & Hazırcı, M. (2019). Geçici İskân Alanlarının Seçimi için AHP Temelli P-Medyan Modeli: Burdur Örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(2), 403-417.

Şahin, S. (2017). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Bulanık Ortamda Afet Yönetimi Sisteminde Geçici Barınma Alanları Yer Seçimi. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Taş, C., Bedir, N., Eren, T., Alağaş, H. M., & Çetin, S. (2018). AHP-TOPSIS Yöntemleri Entegrasyonu ile Poliklinik Değerlendirilmesi: Ankara'da Bir Uygulama. Sağlık Yönetimi Dergisi, 2(1), 1-17.

Uslu, A. (2018). Afet Sonrası Hizmet Noktası Yer Seçimi için Kullanılacak Kriterlerin Belirlenmesi ve Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Bir Uygulama. (Yüksek Lisans Tezi). Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırıkkale.

Üreten, S., (2006). Üretim/İşlemler Yönetimi Stratejik Kararlar ve Karar Modelleri. Gazi Kitabevi, Ankara.

Vitoriano, B., Ortuno, T., & Tirado, G. (2009). HADS, A Goal Programming-Based Humanitarian Aid Distribution System. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, 16(1-2), 55-64.

Yalçın, M. (2012). Afet Yönetimi-Hazırlık Bileşeni için Konumsal Veri Altyapısı Tasarlanması, Sel ve Taşkına Duyarlı Alanlar: İstanbul Avrupa Yakası Örneği. (Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Yang, H., Yang, L. & Yang, S. (2011). Hybrid Zigbee RFID Sensor Network for Humanitarian Logistics Centre Management. Journal of Network and Computer Applications, (34): 938–948.

Yanık, L., & Eren, T. (2017). Borsa İstanbul'da İşlem Gören Otomotiv İmalat Sektörü Firmalarının Finansal Performanslarının AHP, TOPSIS, ELECTRE ve VIKOR Yöntemleri ile Analizi. Yalova Sosyal Bilimler Dergisi, 7(13), 165-188.