



POLİTEKNİK DERGİSİ

JOURNAL of POLYTECHNIC

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



Afet sonrası geçici depo yeri seçimi ve çok araçlı araç rotalama uygulaması: Kırıkkale ilinde bir uygulama

Post-disaster temporary storage location selection and multi-vehicle vehicle routing application: an case in Kirikkale province

Yazar(lar) (Author(s)): Barcu TEZCAN¹, Hacı Mehmet ALAKAŞ², Evrencan ÖZCAN³, Tamer EREN⁴

ORCID¹: 0000-0002-0997-7761

ORCID²: 0000-0002-9874-7588

ORCID³: 0000-0002-3662-6190

ORCID⁴: 0000-0001-5282-3138

Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz (To cite to this article): Tezcan B., Alakaş H.M., Özcan E., ve Eren T., "Afet sonrası geçici depo yeri seçimi ve çok araçlı araç rotalama uygulaması: Kırıkkale ilinde bir uygulama", *Politeknik Dergisi*, *(*) : *, (*).

Erişim linki (To link to this article): <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

DOI: 10.2339/politeknik.906704

Afet Sonrası Geçici Depo Yeri Seçimi ve Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama

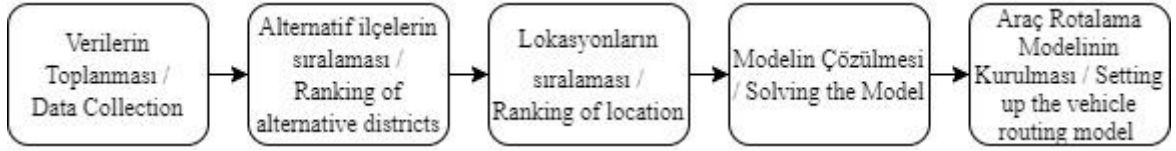
Post-Disaster Temporary Storage Location Selection and Multi-Vehicle Vehicle Routing Application: An Case in Kirikkale Province

Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Çok Kriterli Karar Verme / Multi-Criteria Decision Making
- ❖ Matematiksel Modelleme / Mathematical Model
- ❖ Araç Rotalama Problemi / Vehicle Routing Problem
- ❖ Depo yeri seçimi / Warehouse location selection
- ❖ Afet yönetimi / Disaster management

Grafik Özet (Graphical Abstract)

Kırıkkale ilinde geçici depo yeri seçimi için alternatif ilçeler ve lokasyonlar arasından uygun yer tespit edilmiştir. Depodan afetzedelere yiyecek dağıtımının yapılması için matematiksel model kurulmuş ve çözülmüştür. / A suitable location has been determined among alternative districts and locations for temporary storage location in Kirikkale province. A mathematical model has been established and solved for the delivery of food from the warehouse to the victims.



Şekil. Uygulama Akış Şeması /Figure. Application Flowchart

Amaç (Aim)

Çalışmanın amacı, afet sonrası insanların yiyecek ihtiyacını karşılayabilmek için geçici deponun uygun yere kurulmasını sağlamaktır. / The aim of the study is to ensure that the temporary warehouse is established in a suitable place to meet the food needs of people after the disaster.

Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

Problemin çözülmesinde AHP, BAHP, TOPSIS, PROMETHEE, VIKOR ve Tam Sayılı Programlama yöntemleri kullanılmıştır. / AHP, BAHP, TOPSIS, PROMETHEE, VIKOR and Integer Programming methods were used to solve the problem.

Özgünlük (Originality)

Bu çalışmanın problemi gerçek hayat problemidir. Geçici deponun konumlandırılabilceği ilçeler İl Afet AFAD Müdürlüğü'nde çalışan personelden alınmıştır. / The problem with this study is the real life problem. The districts where the temporary warehouse can be located were taken from the personnel working in the Provincial Disaster AFAD Directorate.

Bulgular (Findings)

Geçici deponun konumlandırıldığı bölgenin afet sonrası minimum şekilde etkileneceği ilçenin seçilmesi dikkate alınarak çalışma sürdürülmüştür. / The study has continued by taking into account the selection of the district where the temporary warehouse is located, where it will be affected minimally after the disaster.

Sonuç (Conclusion)

Geçici deponun uygun ilçesi ve lokasyonu tespit edilmesi ile birlikte bütün kısıtlara ve afetzedelerin yiyecek ihtiyacını karşılayabilen bir çalışma gerçekleştirilmiştir. / With the determination of the appropriate district and location of the temporary warehouse, a study was carried out to meet all the restrictions and the food needs of disaster victims.

Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The author(s) of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

Afet Sonrası Geçici Depo Yeri Seçimi ve Çok Araçlı Araç Rotalama Uygulaması: Kırıkkale İlinde Bir Uygulama

Araştırma Makalesi / Research Article

Burcu TEZCAN¹, Hacı Mehmet ALAKAŞ², Evrencan ÖZCAN², Tamer EREN^{2*}

¹Kapadokya Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri, Türkiye

²Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 30.03.2021 ; Kabul/Accepted : 24.06.2021 ; Erken Görünüm/Early View : 06.07.2021)

ÖZ

Afetlerin ne zaman ve nerede meydana geleceği belli değildir. Bundan dolayı hem toplumsal yaşam kesintiye uğramakta hem de çevreye zarar vermektedir. Ayrıca, afet sonrası insanların yiyecek, barınma, temizlik gibi ihtiyaçları hızlı ve düzenli bir şekilde karşılanmalıdır. Deprem gibi büyük zararlara neden olan ve birçok yeri kullanılmaz hale getiren afetlerde insanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek için geçici deponun konumlandırılması gerekmektedir. Dolayısıyla deprem olmadan önce geçici deponun konumları uygun analitik yöntemlerle belirlenmelidir. Kırıkkale, fay zonlarına olan mesafesi sebebiyle deprem olasılığı yüksek bir ildir. Bunun yanı sıra, Türkiye'nin önemli stratejik sanayi kuruluşlarının üretim tesisleri sınırları içerisinde bulunmaktadır. 43 ilin kesişim noktası olması, özellikle Ankara'ya yakınlığı ve Ankara ile arasında yer alan büyük sanayi kuruluşlarının olması Kırıkkale dışında olası bir depremde Kırıkkale'de konumlandırılacak geçici deponun önemini arttırmaktadır. Bu çalışmada, Kırıkkale ilinde geçici depo yeri seçim problemi 3 aşamada ele alınmıştır. Birinci aşamada alternatif dört ilçe, ikinci aşamada alternatif altı lokasyon çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak altışar farklı sıralama sonucu karşılaştırılmıştır. Geçici deponun konumlandırılacağı yer belirlendikten sonra üçüncü aşamada yiyecek dağıtımının hangi rotalarla dağıtım yapacağı dört ayrı senaryo ile tespit edilmiştir. Çalışmada depo yeri seçim ve dağıtım planlaması için bütünsel bir yaklaşım önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Afet yönetimi, depo yeri seçimi, çok kriterli karar verme, araç rotalama.

Post-Disaster Temporary Storage Location Selection and Multi-Vehicle Vehicle Routing Application: An Case in Kırıkkale Province

ABSTRACT

It is unclear when and where disasters will occur. Therefore, both social life is interrupted and it harms the environment. In addition, after the disaster, people's needs such as food, shelter and cleaning should be met quickly and regularly. In order to meet the needs of people in disasters that cause great damage such as earthquakes and make many places unusable, the temporary warehouse should be located. Therefore, the locations of the temporary storage should be determined using appropriate analytical methods before an earthquake occurs. Kırıkkale is a city with high probability of earthquakes due to its distance to fault zones. This, as well as production facilities are located within the boundaries of Turkey's major strategic industry. The fact that 43 provinces are the intersection point, especially its proximity to Ankara and the large industrial establishments located between Ankara increase the importance of the temporary warehouse to be located in Kırıkkale in a possible earthquake outside Kırıkkale. In this study, the problem of temporary warehouse location selection in Kırıkkale province has been addressed in 3 stages. In the first stage, four alternative districts were compared, in the second stage, six alternative locations were compared by using multi-criteria decision-making methods. After determining the location of the temporary warehouse, in the third stage, the routes through which the food distribution will be distributed were determined with four different scenarios. In this study, an integrated approach for warehouse location selection and distribution planning is proposed to the literature.

Keywords: Disaster management, warehouse location selection, multi-criteria decision making, vehicle routing problem.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Afetler Dünya'nın dört bir yanında meydana gelmekte ve üç milyon insanın hayatının son bulması ile birlikte maddi kayıplara sebep olmaktadır. Bu afetler şiddetlerine, oluşma zamanlarına ve etkilerine göre sınıflandırıldığında öncelikle kuraklık, kasırga, sel olarak

görülmektedir. Türkiye'de ise fazla sayıda afet meydana gelmektedir. Özellikle bu afetler can ve mal kaybı yönünden büyük zararlara neden olmuştur. Bu afetler zararları açısından değerlendirildiğinde %55 oranında deprem, %21 oranında heyelan, %8 oranında su baskını, %7 oranında kaya düşmesi, %2 oranında çığ ve %7 oranında diğer afetler olarak ayrılmaktadır. Bütün bu afetlere yaklaşık 284996 kişi maruz kalmıştır. Türkiye'de yerleşim bölgelerinin yarısı en az bir afet olayı yaşamakta

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)
e-posta : tamereren@gmail.com

ve en fazla görülen afet türü ise depremdir [1]. Bu bağlamda afet meydana gelmeden önce afet öncesi, afet esnası ve afet sonrasında yapılması gerekenler vardır. [2]. Bunlar; ilk olarak afet öncesinde ortaya konulması gereken faaliyetler vardır. Bununla birlikte geçmişte yaşanan olaylar ve yaşanabilecek tüm olumsuzluklara çözüm aranmaktadır. [3]. Afet esnasında, afet gerçekleştikten sonra bölgeye hızlı bir şekilde ulaşılmalıdır [4]. Afet sonrası, uzun zamanlı iyileştirme dönemi olarak adlandırılmaktadır [5].

Bu iyileştirme döneminde geçici depo; afetzedelerin temel ihtiyaçlarını buldukları yerde ve anında karşılamak amacıyla ihtiyaç duyulan malzemelerin miktarını elinde bulundurmalı ve depodan hizmet verilecek noktaya kadar optimum fayda sağlayabilmek için planlama, kontrol ve uygulama yapılmalıdır [6]. Genellikle geçici depo faaliyetleri; beslenme, sağlık, barınma, temizlik gibi hizmetlerin tedarik merkezlerinden dağıtım olan afet alanlarına dağıtım ile afetzedelerin buldukları yerlere emniyetli ve hızlı bir şekilde ulaşımın sağlanmasıdır [7].

Bu çalışmada, Kırıkkale ilinde geçici depo yeri seçim probleminde odaklanılmıştır. Çalışma üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada İl Afet Müdürlüğü'nde hizmet veren uzman ile birlikte alternatif ilçeler tespit edilmiştir. Bu alternatif ilçeler 16 kriter altında değerlendirilip uygun ilçenin bulunması problemi ele alınmaktadır. İkinci aşamada geçici deponun hizmet vereceği ilçede uygun lokasyonu tespit edebilmek amacıyla buradaki toplanma alanları 16 kriter altında değerlendirildikten sonra lokasyon belirlenmektedir. Üçüncü aşamada tespit edilen ilçe ve lokasyon ışığında geçici depodan afetzedelere yiyecek dağıtımının yapılabilmesi için araç rotalama probleminde odaklanılmaktadır.

Çalışma planı şöyledir: ikinci bölümde afet yönetimi ve aşamalarından bahsedilmiş, üçüncü bölümde çok kriterli karar verme yöntemleri ve araç rotalama probleminin matematiksel modeli anlatılmış, dördüncü bölümde literatürdeki çalışmalar açıklanmış, beşinci bölüm ise uygulamada problem tanımı, gereken verilerin elde edilmesi, problem çözümlü ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. AFET YÖNETİMİ (DISASTER MANAGEMENT)

Afet yönetimi dört evreden meydana gelmek ve afet yönetim döngüsü Şekil 1.'de sunulmuştur. Bunlar hazırlık, müdahale, iyileştirme ve risk, zarar azaltmadır. Bu evreler art arda gelmektedir ve birbirinden ayrılma ihtimali yoktur. Dolayısıyla afetlerin minimum can ve mal kaybı ile atlatılabilmesi için her evre dikkatli bir şekilde yönetilmelidir [8].



Şekil 1. Afet Yönetim Döngüsü

Risk zarar azaltma: Meydana gelen bir afet sonucunda can ve mal kaybını, kargaşa ve meydana gelebilecek muhtemel zararlar olmaması için alınması gereken önlemleri, yapılacak çalışmaları kapsar. Risk ve zarar azaltmanın hedefi; farklı kaynakları, toplumun huzurunu, kalkınmayı ve toplumu korumaktır. Dahası, afete anında müdahaleyi gerçekleştirip etkinliklerinin maliyetini minimum yapmak önemlidir. Bundan dolayı kurum ve kuruluşlar, çalışmalar, bireylerle ilgili, çeşitli disiplinlerin bir hedef yönünden birleştirilerek ve uzun zamanda yapılacak etkinliklerdir. [9].

Hazırlık: Afet veya acil bir durum olmadan önce çeşitli çalışmalar yapılmalıdır [10]. Ayrıca bu aşamada, afetlerin oluşturabileceği zararları önleyebilmek, afet sonrasında iyileştirmeyi sağlamak ve güçlendirmek için yapılan çalışmalar, planlamalar ve düzenlemelerdir. Bununla birlikte afet sonrasında gereksinim duyulacak temizlik, sağlık, gıda, barınma gibi malzemeler depolandıktan sonra dağıtım süreçleri planlanmalıdır [1].

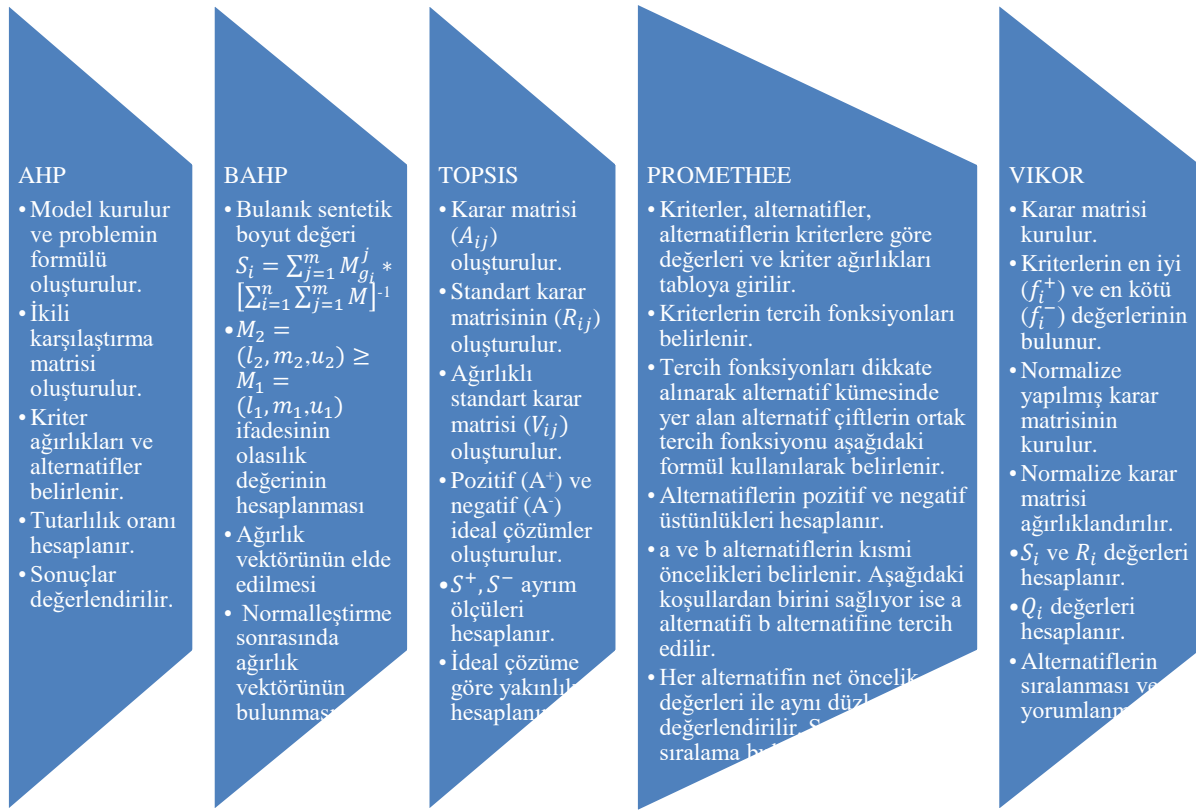
Müdahale: Gerçekleşen afet sonrasında, afetin şiddet durumuna göre münasip zamanda yürütülen müdahale faaliyetidir. Bu aşamada; görevlendirilecek bireylerin seçilmesi, güvenli yerlerin tespit edilmesi, barınma alanları, arama kurtarma faaliyetleri, afetzedelerin temel ihtiyaçlarının giderilmesi, hasarın belirlenmesi, sağlıkla ilgili yardım yapılması gibi bütün faaliyetlerin hızlı ve verimli olarak gerçekleştirilmesi için iyi bir planlamaya ihtiyaç duyulmaktadır [1].

İyileştirme: Müdahaleden sonra, afete maruz kalan insanlara yardım edilmesi, ekonominin eski durumuna geri getirilmesi, ticaret ve sanayinin geliştirilmesi, altyapının zenginleştirilmesi, psikolojik ve sosyal destek hizmetlerinin sağlanması gibi faaliyetler bu aşamada bulunmaktadır. [11]. Afet sonrasında oluşan ciddi durumlarla ilgili sorumlulukların yönetilmesinin ardından asıl süreç toplumun en kısa sürede afet olmadan önceki hayat şartlarına dönebilmesini sağlamaktadır [12]. İyileştirme aşamasında sosyal ve ekonomik uygulamaların minimum seviyede olsa da karşılanabilmesi temel amacdır [13].

3. YÖNTEMLER (METHODS)

Çok kriterli karar verme yöntemleri, belirlenen alternatiflerin sıralama, sınıflandırma, eleme, seçilme veya örnekleme gibi genellikle ağırlıklandırılmış, nitel değerlerle ifade edilebilen ve birbirleriyle tutarlı fazla sayıda kriter altında değerlendirilmesidir [14]. Bu bölümde problemin çözümünde kullanılan AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi), BAHP (Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi), TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), PROMETHEE (The Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation) ve VIKOR (VIse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje) yöntemleri kullanılmıştır.

TOPSIS yöntemi; uygulamanın kolay olması ve nicel ölçüleri desteklemesinden ötürü tercih edilmiştir. Bununla birlikte anlaşılır olması sebebi ile uzman kişilerin bu yöntemi kolay yorumlayıp ve anlamasını sağlamaktadır. PROMETHEE yöntemi; karar vericiler probleme göre tercih fonksiyonu seçebilmeleri, kriterlerin önem dereceleri dikkate alındığında maksimum-minimum değerlendirme açısından seçilmiştir. VIKOR yöntemi; nihai sıralama sonucunda ideal çözümden uzaklık göz önüne alınır. Fayda grubunu maksimum yaparken, pişmanlık grubunu minimum yaparak en iyi alternatif tercih etmesinden dolayı kullanılmıştır. Bu yöntemlerin aşamaları Şekil 2.'de sunulmuştur.



Şekil 2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Araç rotalama problemi Dantzing ve Ramser tarafından 1959 yılında ortaya atılmıştır. Bir depodan başladıktan sonra yine aynı depoda sona eren ve müşterilerin talepleri önceden bilinmek üzere araç rotalarını en az maliyetle birlikte en az mesafe kat edecek şekilde tespit edilmesi olarak tanımlanmaktadır. Araç rotalama probleminin en temel haline Genel Araç Rotalama Problemi (Genel ARP) ya da Klasik Araç Rotalama Problemi (Klasik ARP) denir ve modele eklenen kısıtlara göre problem farklılaşmaktadır. Klasik ARP modelinin aşamaları aşağıda verilmiştir [15]. AHP ve BAHP yöntemleri ile kriter ağırlıkları elde edilmiştir.

İndis ve Karar Değişkenleri:

$$x_{ijv} =$$

$$\begin{cases} 1, & i \text{ noktasından } j \text{ noktasına } v \text{ aracı gidiyor} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad \forall_{ija}$$

J: Malzemelerin taşınacağı noktalar

V: Araçlar

π_j : Alt tur oluşmasını engelleyen değişken

C_{ij} : i ve j arası mesafe

n: Toplama düğümleri sayısı

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in J} \sum_{j \in J} \sum_{v \in V} C_{ij} x_{ijv} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{i \in J} \sum_{v \in V} x_{ijv} = 1 \quad (j \in J, i \neq j) \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} x_{0jv} = 1 \quad (\forall v \in V) \quad (3)$$

$$\sum_{i \in J} x_{i0v} = 1 \quad (\forall v \in V) \quad (4)$$

$$\pi_j \geq \pi_i + 1 - n(1 - \sum_{v \in V} x_{ijv}) \quad (i \in J, j \in J, j \neq i) \quad (5)$$

$$\pi_j \geq 0 \quad (j \in J) \quad (6)$$

$$x_{ijv} \in \{0,1\} \quad (\forall i, j \in J, v \in V) \quad (7)$$

Amaç fonksiyonu (1) araçların kat ettiği mesafeyi minimum yapmayı sağlar. Kısıt (2) tüm düğümlere bir defa gidilir. Kısıt (3) ve (4) her düğüme bir giriş ve bir çıkış olmasını sağlar. Kısıt (5) ve (6) alt tur meydana gelmesini engeller. Kısıt (7) tam sayı kısıtıdır.

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE RESEARCH)

Depo yeri seçimi ve araç rotalama problemleri üzerinde oldukça fazla çalışılmış ve farklı yöntemler kullanılmıştır. Bu bölümde literatürde yer alan benzer çalışmalar özetlenmiştir.

Vieira vd. [16], çalışmalarında kuraklıktan etkilenen insanların su dağıtım sorununu dikkate almıştır. Bu sorundan dolayı araç rotalama problemi modellenmiş ve çözülmüştür. Brezilya'da su dağıtımının verimli, ekonomik ve adil bir şekilde yapılması sağlanmıştır. Wei vd. [17], çalışmalarında afetten etkilenen bölgenin yardım ihtiyaçlarının en kısa sürede karşılanmasına odaklanılmıştır. Araç rotalama problemi çözülmüştür. Balcık ve Beamon [18], çalışmalarında olası bir afet sonrasında insanların ihtiyaçlarını karşılayabilmek için tesis yeri seçim problemini ele almıştır. Tesislerin hem sayısını hem de konumunu belirlemek için maksimum kapsama modeli kurmuş ve çözülmüştür. Ortuño vd. [19], çalışmalarında afetten etkilenen bir ülkenin afetzedelere yardım malzemelerinin dağıtımının sağlanabilmesi için hedef programlama modeli kurulmuştur. Roh vd. [20], çalışmalarında insani yardım depo yeri seçim problemini AHP yöntemi kullanarak seçilmiştir. Kaya [21], çalışmasında Üsküdar ilçesinde olası bir deprem için tesis yeri seçim problemine odaklanmıştır. Problem iki aşamadan oluşan matematiksel model önerilmiştir. Birinci aşamada, küme kapsama yöntemi tesis sayısı tespit edilmiş, ikinci aşamada ise tesislerin lokasyonları belirlenmiştir. Peker vd. [22], çalışmalarında afet lojistiği seçim problemini Erzincan ilinde uygulama yapılmıştır. Belirlenen kriterler AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmış, VIKOR yöntemi ile uygun yer tespit edilmiştir. Ofluoğlu vd. [23], çalışmalarında Trabzon'da afet lojistiğinin nereye kurulacağına çok kriterli karar verme yöntemlerinden SAW, TOPSIS ve VIKOR tekniklerini kullanılmıştır.

Roh vd. [24], çalışmalarında insani yardım lojistiğinin belirlenmesinde bulanık AHP ve bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanılmıştır. Emeç ve Akkaya [25], çalışmalarında belirsiz koşullar altında depo yeri seçim problemini ele alınmıştır. Problem çözümünde AHP ve bulanık VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. Ergün vd. [26], çalışmalarında Giresun ilinde afet depo yeri seçim problemini ele alınmıştır. Alternatiflerin ağırlıklandırılması AHP ile yapılmış, SAW ve MAUT yöntemleri ile uygun konum tespit edilmiştir. Anuar vd. [27], çalışmalarında afetten etkilenen insanlara yardım edebilmek amacıyla araç rotalama problemine odaklanılmıştır. Kokaji ve Kainuma [28], çalışmalarında afet sonrası yardım malzemelerinin eşit ve adil dağıtımının sağlanması için matematiksel model oluşturulmuştur. Çalışmanın uygulama yeri Japonya'dır. Sepúlveda vd. [29], çalışmalarında afet meydana geldikten sonra afetzedelere yardım malzemelerinin dağıtımı için araç rotalama problemini ele alınmıştır. Katsuma ve Yoshida [30], çalışmalarında afet ve acil durumlarda ambulansların ve itfaiyelerin varış noktasına zamanında ulaşmaları için simülasyon yöntemi ile öneride bulunulmuştur. Gökçe ve Ercan [31], çalışmalarında afet öncesinde afet istasyonlarında bulunan ilaçların son kullanma tarihleri vardır. Bu tarihlere göre zamanında değişim sağlanması için model önerilmiştir. Khorsi vd. [32], çalışmalarında afet anında araçlarının en iyi şekilde kullanılabilmesi için matematiksel model kurmuş ve çözülmüştür. Fragkos vd. [33], çalışmalarında afet ve acil durumlarda barınakların ve ekiplerin planlaması için karma tam sayılı programlama modeli önerilmiştir. Xavier vd. [34], çalışmalarında afet sonrası erişimin zor olan yerlere helikopter ile ulaşım planlaması için model oluşturulmuştur. Şekkel [35], çalışmasında Kahramanmaraş'ın Onikişubat ilçesinde acil durum toplanma alanlarının tespit edilmesinde AHP yöntemi ile çözüm önerilmiştir. Ergün vd. [36], çalışmalarında afet depo yeri seçim problemini ele alınmıştır. Kriterlerin ağırlıklandırılması AHS yöntemi ile bulunmuşlar, alternatiflerin sıralamasında MAUT ve SAW yöntemlerini kullanılmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalarda depo yeri seçim probleminde oldukça farklı yaklaşımlarda bulunulmuştur. Bu çalışmada gerçekleştirilen problem gerçek hayat problemidir. Çalışmada, afet sonrasında hizmet verecek geçici deponun uygulama yeri Kırıkkale'dir. Kırıkkale olası bir deprem durumunda kuvvetle muhtemel büyük zararlar alacağı bölgedir [37]. Dolayısıyla bu çalışma hem afetzedelerin temel ihtiyaçlarının karşılanması hem de ülke ekonomisi için önemlidir. Bunlar dikkate alınarak geçici depo yeri seçilmiş ve model kurulmuştur. Geçici depo yeri seçiminde tekrar afet olduğunda en az etkilenmesi, ulaşım kolaylığının sağlanması, konumun uygun büyüklüğe sahip olması gibi kriterler altında uygun ilçe ve lokasyon belirlemek hedeflenmiştir. Modelde ise, bir kişiye ne kadar yiyecek verileceği, araçların

kapasitelerinin homojen ve araçların kat ettiği mesafelerin en az olması amaçlanmıştır. Böylece, literatüre depo yeri seçimi ve dağıtım planlaması için bütünlüklük bir yaklaşım önerilmiştir.

5. UYGULAMA (THE CASE STUDY)

Bu çalışma, olası bir afet sonrasında afetzedelerin temel ihtiyaçlarının karşılanabileceği geçici depo yeri seçim probleminde odaklanmıştır. Bu çalışma 3 aşamadan meydana gelmekte ve yer seçim probleminde 16 tane uygulama gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada, alternatif dört ilçe arasından uygun bölgenin belirlenmesi, ikinci aşamada alternatif altı lokasyon arasından uygun konumun tespit edilmesi ve üçüncü aşamada geçici depoda afetzedelere gıda malzemelerinin ulaşım rotalarının bulunması hedeflenmiştir.

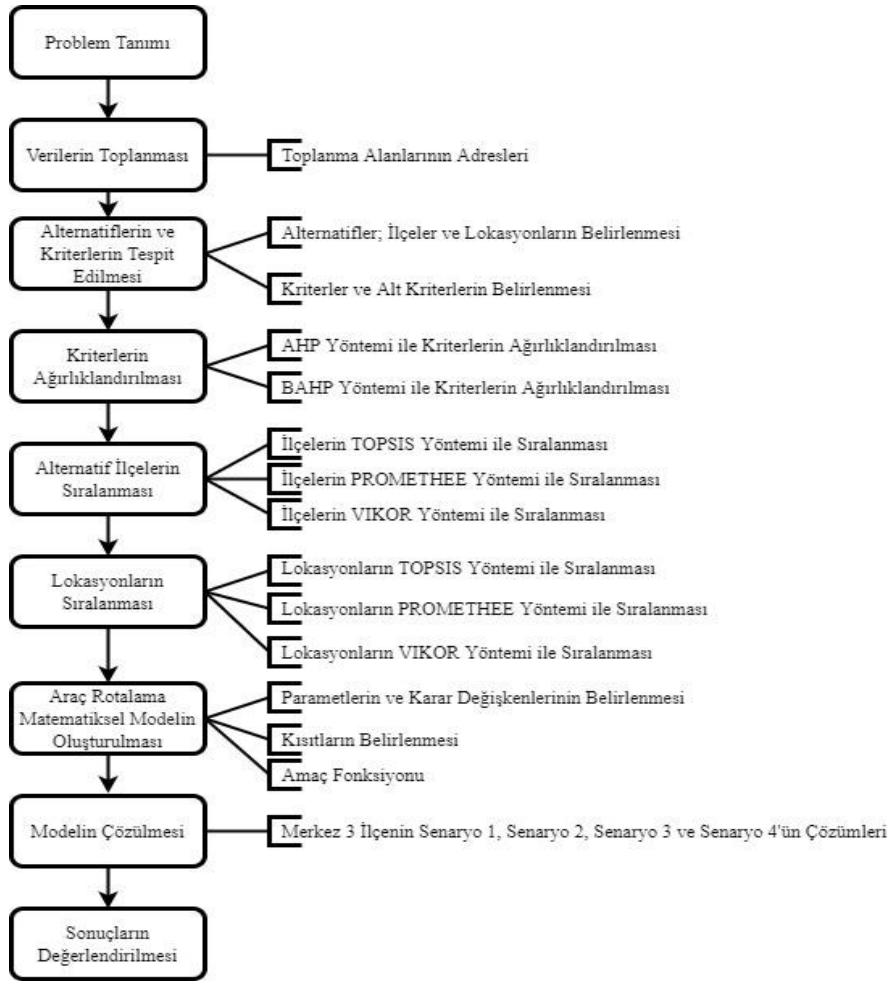
5.1. Problem Tanımı

Bu çalışma geçici depo yer seçim probleminde Kırıkkale ilinin Balışeyh, Bahşılı, Keskin ve Yahşihan ilçeleri arasından uygun konumun belirlenmesini ele almıştır.

Tespit edilen ilçenin toplanma alanlarının adresleri İl AFAD Müdürlüğü'nden alınmıştır.

Uygun ilçede bulunan toplanma alanları arasından geçici deponun hangi lokasyondan hizmet vereceğini bulabilmek için tekrar seçim probleminde odaklanılmıştır. Belirlenen lokasyondan toplanma alanlarına yiyecek yardımının dağıtılması için matematiksel model kurulmuştur. Model, her aracın aldığı mesafeyi minimum olmasını dikkate alarak rotalar oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışma sadece yiyecek dağıtımını dikkate almıştır.

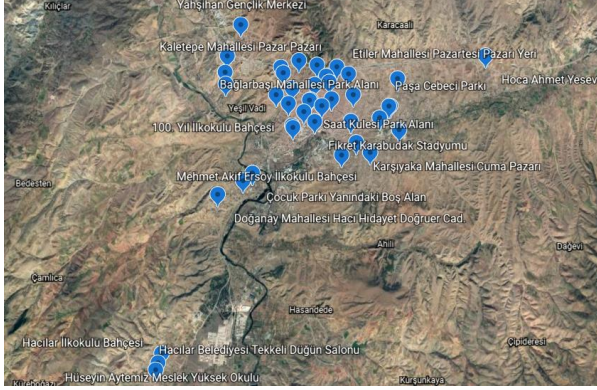
Uygulama Kırıkkale ilinde geçici depo yeri seçimine ve uygun yerden afetzedelere yiyecek dağıtımına odaklanmıştır. Uygulama aşamaları Şekil 3.'te sunulmuştur. Şekil 3 incelendiğinde problem tanımı, verilerin toplanması, alternatiflerin ve kriterlerin tespit edilmesi, kriterlerin ağırlıklandırılması, alternatif ilçelerin sıralanması, lokasyonların sıralanması, araç rotalama matematiksel modelinin oluşturulması, modelin çözülmesi ve sonuçların değerlendirilmesi aşamaları yer almaktadır.



Şekil 3. Uygulama Aşamaları

5.2. Verilerin Toplanması

Kırıkkale İl AFAD Müdürlüğü'nden toplanma alanlarının adresleri alınmıştır. Bunlar; Kırıkkale Merkez'de 32 tane, Bahşılı ilçesinde 3 tane ve Yahşihan ilçesinde 6 tane olmak üzere 41 tane toplanma alanı bulunmaktadır. Bu 41 adresin haritadaki konumları Şekil 4.'te verilmiş, aralarındaki mesafeler tespit edilmiştir.



Şekil 4. Kırıkkale'nin Merkezindeki Toplanma Alanları

5.3. Alternatiflerin ve Kriterlerin Belirlenmesi

Kırıkkale'nin jeolojik özellikleri dikkate alındığında, olası bir afet durumunda etkilenme seviyesinin en az olacağı yetkili kuruluşlarca teyit edilen Balışeyh (Ba), Bahşılı (Bah), Keskin (Ke) ve Yahşihan (Y) ilçeleri alternatif olarak belirlenmiştir.

Kriterler ve alt kriterler tespit edilirken literatürdeki çalışmalar ve İl AFAD Müdürlüğü'ndeki uzmanların görüşleri göz önüne alınarak saptanmıştır. Ana kriter ulaşım, kapasite, güvenlik ve alt yapıdır. Bu ana kriterler Tablo 1'de açıklanmaları ile verilmiştir. Ulaşım ana kriterinin alt kriterleri ikamet yerine yakınlık, ulaşım kolaylığı, toplanma alanına olan mesafe ve karayolu mesafesidir. Kapasite ana kriterinin alt kriterleri araç kapasitesi, depo kapasitesi, iş gücü ve konumun uygun büyüklüğe sahip olmasıdır. Güvenlik ana kriterinin alt kriterleri nüfus yoğunluğu, tekrar bir afet ile karşılaşmak, mevcut su kaynağı ve elektrik, doğalgaz güvenliğidir. Alt yapı ana kriterinin alt kriterleri arazi zemini, hazineye ait arazi, arazi maliyeti ve zemin etüdüdür. Bu alt kriterler Tablo 2'de açıklamaları ile verilmiştir.

Tablo 1. Ana Kriterlerin Açıklaması

Ana Kriterler	Açıklama
Ulaşım (U)	Depoda bulunan malzemelerin afetzedelere kolay ulaşımı olması için iyi bir planlama yapılmalıdır.
Kapasite (K)	Deponun kapasitesi afetten etkilenen bölgenin ihtiyaçlarını karşılamaya yeterli olmalıdır.
Güvenlik (G)	Afet sonrasında bölgenin güvenliği sağlanmalıdır.
Alt Yapı (A)	Deponun kurulacağı yerin afetten en az etkilenen alan olmalıdır.

Tablo 2. Alt Kriterlerin Açıklaması

Alt Kriterler	Açıklama
Toplanma alanlarına olan mesafe (TAM)	Afet sonrası toplanma alanlarına en kısa zamanda ulaşılmalıdır [38].
Ulaşım kolaylığı (UK)	Geçici depoda bulunan malzemelerin afetzedelere kolay bir şekilde ulaştırılmalıdır [39].
İkamet yerine yakınlık (İYY)	Deponun kurulacağı yerin ikamet yerine mesafesi kısa olmalıdır [40,41].
Karayolu mesafesi (KM)	Yardım malzemelerinin en kısa zamanda ve en az maliyetle yapabilmek için karayollarına olan mesafesi önemlidir [39, 42].
Araç kapasitesi (AK)	En fazla seviyede malzeme taşınabilmesi için araç kapasitesi önemlidir [43].
Depo kapasitesi (DK)	Geçici deponun kapasitesi ne kadar büyük olursa o kadar malzeme konulabilir [44].
İş gücü (İG)	Seçilen hizmet yerlerinin iş gücü çeşitliliği [45, 46].
Konumun uygun büyüklüğe sahip olması (KB)	Geçici deponun kurulacağı alanın büyük olması daha fazla malzeme saklanması için önemlidir [47].
Nüfus yoğunluğu (NY)	Nüfus yoğunluğu fazla olan bölgelerin afetten etkilenme olasılığı yüksektir [40].
Tekrar Bir Afet ile Karşılaşmak (TA)	Muhtemel bir afete maruz kalınması durumunda gereken önlem alınmalıdır [42, 44].
Mevcut su kaynağı (MS)	Su kaynaklarının güvenliği önemlidir [44, 47].
Elektrik, doğalgaz güvenliği (EDG)	Afet sonrasında elektrik ve doğalgazlardan kaynaklanan yeni bir afet yaşanmaması için güvenlik sağlanmalıdır [47].
Arazi zemini (AZ)	Arazinin jeolojik yapısı, topografyası ve hizmet merkezinin kurulması için uygun arazi olup olmadığı değerlendirilmelidir [48].
Hazineye ait arazi (HA)	Geçici deponun hazineye ait olması maliyeti ortadan kaldırmaktadır [42, 44].
Arazi maliyeti (ARM)	Uygun görülen arazinin kamulaştırılması esnasında gereken maliyettir. Arazinin konumuna göre kamulaştırma maliyeti değişmektedir [47, 49].
Zemin etüdü (ZE)	Yeraltı katmanlarının nasıl durumda oldukları, hangi tür jeolojik yapıya sahip oldukları ve katmanların derinlikleri ile kalınlıkları değerlendirilmelidir [37].

5.4. Kriterlerin Ağırlıklandırılması

Kırıkkale ilinde olası bir afet sonrası afetzedelerin temel ihtiyaçlarının karşılanması için geçici depo yeri seçim problemi ele alınmıştır. Bu problem için kriterler belirlenmiş, AHP yönteminin aşamaları uygulanmıştır. Kriterlerin hiyerarşik yapısı oluşturulduktan sonra Saaty'in 1-9 skalası kullanılmıştır. Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi uzman görüşü ile oluşturulmuş, Tablo 3'te sunulmuştur. Daha sonra ikili karşılaştırma matrisinin tutarlılık oranı 0,095 olarak tespit edilmiş, bu sonuç matrisin tutarlı olduğu göstermektedir. AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 3. AHP Yönteminde Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

	U	A	G	K
U	1,00	0,25	0,33	2,00
A	4,00	1,00	0,50	3,00
G	3,00	2,00	1,00	4,00
K	0,50	0,33	0,25	1,00

Geçici depo yeri seçimi için elde edilen kriterlerin ağırlıkları BAHP yöntemi tespit edilmiştir. Tablo 4'deki bulanık sayılar dikkate alınarak ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 4. İkili Karşılaştırma Matrisi Oluşturmak için Kullanılan Bulanık Sayılar

Üçgensel Bulanık Sayılar	Açıklama
(1,1,1)	Aynı: Bir kriter kendisi ile karşılaştırıldığında
(2/3,1,3/2)	Denk: Bir kriter diğeri ile değerlendirilmedi ise
(3/2,2,5/2)	Önemli: Bir kriter diğeriinden iki seviye önemli puan aldı ise
(5/2,3,7/2)	Çok Önemli: Bir kriter diğeriinden iki seviye önemli puan aldı ise
(7/2,4,9/2)	Kesin Önemli: Bir kriter diğeriinden üç veya daha fazla seviyede önemli puan aldı ise

İkili karşılaştırma matrisinde kriterler arası değerlendirme uzman görüşü yardımıyla yapılmıştır. Tablo 4'te yer alan bulanık sayılar kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi kurulmuş, Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. BAHP Yönteminden Ana Kriterlerin İkili Karşılaştırma Matrisi

	U	A	G	K
U	1,1,1	2/7,1/3,2/5	2/5,1/2,2/3	2/3,1,3/2
A	5/2,3,7/2	1,1,1	3/2,2,5/2	7/2,4,9/2
G	3/2,2,5/2	2/5,1/2,2/3	1,1,1	5/2,3,7/2
K	2/3,1,3/2	2/9,1/4,2/7	2/7,1/3,2/5	1,1,1

AHP ve BAHP yöntemlerinden elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 6'da sunulmuştur. Tablo 6 incelendiğinde AHP yönteminde ana kriterler arasında %44,8'lik oranda güvenlik kriteri önemlidir. Bundan dolayı afet sonrasında hem bölgenin hem de afete maruz kalan insanların güvenliği sağlanmalıdır. Bu kriterin yüksek orana sahip olması insanların güvenliğinin sağlanması açısından düşünüldüğünde bu sonuç anlamlıdır. Burada, kapasite kriterinin önemli kriter olarak çıkmaması akıllarda soru işareti bırakabilir. Bunun sebebi, alternatifler arasından geçici deponun kurulacağı bölgelerin neredeyse eşit kapasite büyüklüğüne sahip olması ile açıklanabilir. Ulaşım kriteri altında toplanma alanlarına olan mesafe %44,5'lik oranla sahiptir. Afet sonrasında toplanma alanlarına en kısa sürede ulaşım sağlanması önemlidir. Bu ana kriter altında en düşük karayolu mesafesi %8,2 oranını almıştır. Bu kriterin düşük oran almış olmasına rağmen, deponun konumlandırılacağı bölge belirlenirken göz ardı edilmemelidir. Kapasite kriteri altında %54,8'lik oran ile iş gücü yer almaktadır. Bu durum, geçici deponun afetzedelere beslenme, sağlık, temizlik, barınma gibi hayati ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla konumlandırılacağı düşünüldüğünde anlamlı bir sonuç ifade etmektedir. %10,5 oranla araç kapasitesi kriteri bulunmaktadır. Bu kriter düşük orana sahip olmasına rağmen, afetzedelerin ihtiyaçlarını hızlı karşılamak için uygun kapasitedeki araçlar seçilmelidir. Güvenlik kriteri altında %43,6 oranı ile tekrar bir afet ile karşılaştırma kriteri ve %32,3 oranı ile elektrik, doğalgaz güvenliği kriteri yer almaktadır. Bu iki kriterin oranlarının birbirine yakın olmasının sebebi, kriterlerin önem seviyelerinin birbirlerine yakın olmasıdır. Alt yapı kriteri altında %35,9'luk oranla arazi zemini kriteri ve zemin etüdü kriteri bulunmaktadır. Bu durum, arazi zeminin çakıl, kum, kil olmasının yanı sıra zemin etüdü ile yeraltı katmanlarının nasıl oldukları ve jeolojik yapısının da önemli olduğu görülmektedir. Tablo 6'da BAHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları incelendiğinde ana kriterler arasından %41,4'lük oranla alt yapı kriteri yer almaktadır. Bu durum, geçici deponun konumlandırılacağı bölgenin zemini ve alt katmanlarının nasıl olduğu bilinmesi gerektiğini göstermektedir. Ulaşım kriteri altında yine %34,8 oranla toplanma alanına olan mesafe kriteri bulunmaktadır. Karayolu mesafesi %18,3'lük orana sahiptir. Afet sonrasında karayollarının kullanılmaz hale gelmesi istenmeyen bir olaydır. Bu yüzden geçici depo konumuna yakın karayollarının en az hasar alacağı bölgeler seçilmelidir. Kapasite kriteri altında iş gücü %44,3 oranında önemlidir. Bunun sebebi, afet anında kargaşa ve panik ortamı olmasından dolayı afet öncesinde iyi bir planlama yapılması gerektiğini ifade etmektedir. İlaveten, kaç kişinin nerede, nasıl hizmet vereceği dikkate alınmalıdır. Araç kapasitesi kriteri %5'lik orana sahiptir. Bu durum, diğer kriterlerin bu kriterle göre daha önemli olduğundan dolayı bu kriterin oranı azdır. Güvenlik kriteri altında %37,4'lük oranla tekrar bir afet ile karşılaşmak ve %35,9'luk oranla

elektrik, doğalgaz güvenliği kriterleri yine birbirlerine yakın değerler almıştır. Alt yapı kriteri altında %36,3'lük oranla arazi zemini ve zemin etüdü bulunmaktadır.

Yapıldıktan sonra ideal ve negatif ideal çözüm gruplarından sapmalar dikkate alınarak karar noktalarından ideal çözüme yakınlıklar elde edilmiştir.

Tablo 6. AHP ve BAHP Yöntemlerinden Elde Edilen Kriter Ağırlıkları

Ana Kriter	Kriter Ağırlığı		Alt Kriter	Kriter Ağırlığı	
	AHP	BAHP		AHP	BAHP
Ulaşım	0,137	0,169	İkamet yerine yakınlık (İYY)	0,335	0,258
			Ulaşım kolaylığı (UK)	0,139	0,212
			Toplanma alanına olan yakınlık (TAY)	0,445	0,348
			Karayolu mesafesi (KM)	0,082	0,183
Kapasite	0,093	0,113	Araç kapasitesi (AK)	0,105	0,050
			Depo kapasitesi (DK)	0,184	0,215
			İş gücü (İG)	0,548	0,443
			Konumun uygun büyüklüğe sahip olması (KB)	0,163	0,292
Güvenlik	0,448	0,304	Nüfus yoğunluğu (NY)	0,071	0,074
			Tekrar bir afet ile karşılaşmak (TA)	0,436	0,374
			Mevcut su kaynağı (MS)	0,169	0,193
			Elektrik, doğalgaz güvenliği (EDG)	0,323	0,359
Alt yapı	0,322	0,414	Arazi zemini (AZ)	0,359	0,363
			Hazineye ait arazi (HA)	0,200	0,174
			Arazi maliyeti (ARM)	0,082	0,101
			Zemin etüdü (ZE)	0,359	0,363

5.5. Alternatif İlçelerin Sıralaması

Kırıkkale ilinde geçici depo yeri seçim probleminde öncelikle uygun ilçenin seçim problemi ele alınmıştır. AHP ve BAHP yöntemlerinden bulunan kriter ağırlıkları kullanılmıştır. Hem matematiksel hem de gerçek hayatta tutarlı sonuçlar vermesi ile TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanılarak ilçelerin sıralaması hedeflenmiştir. TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemlerinde Tablo 7'de sunulan karar matrisi kullanılmıştır.

Tablo 7. Alternatif İlçeler için Karar Matrisi

K	İYY	UK	TAM	KM	AK	DK	İG
A							
Y	9	8	8	10	8	10	10
Bal	7	8	9	7	6	7	6
Bah	6	7	5	8	8	8	7
Ke	8	8	5	9	8	9	8

K: Kriterler A: Alternatifler

Tablo 7. Alternatif İlçeler için Karar Matrisi (Devamı)

K	NY	TA	MS	EDG	AZ	HA	ARM
A							
Y	9	6	10	8	9	9	8
Bal	3	4	5	9	5	8	10
Bah	3	5	6	7	5	9	9
Ke	6	5	9	8	6	9	7

K: Kriterler A: Alternatifler

AHP kriter ağırlıkları ile ilk olarak TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Sonrasında standart karar matrisi oluşturulmuştur. Bu matris normalizasyon işlemi

Sonuçta, ideal çözüme göreli yakınlık değerleri bulunmuştur. Alternatif sıralaması Tablo 8'de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde en iyi konumun %64,2 oranla Yahşihan ilçesi olduğu görülmüştür. Bu durum, Yahşihan'ın ulaşım kolaylığı ve alt yapısı düşünüldüğünde tutarlı bir sonuca işaretler. %24,6 oranla Bahşılı ilçesinin düşük orana sahip olması diğer ilçelerin kriterlere uygunluğunun daha yüksek olmasından kaynaklıdır. İkinci olarak PROMETHEE yöntemi kullanılarak sıralama elde edilmiştir. Problemin çözümünde Visual PROMETHEE kullanılmıştır. Bu programa, tercih fonksiyonu olarak Lineer kullanılmış, skala başlığı ise nümerik olarak girilmiştir. Sonuçlar Tablo 8'de verilmiş, tablo 8 incelendiğinde en iyi değeri Yahşihan ilçesi almışken en düşük değeri Bahşılı ilçesi almıştır. Üçüncü olarak VIKOR yöntemi kullanılarak sıralama bulunmuştur. VIKOR yönteminden elde edilen sonuçlar Tablo 8'de sunulmuş, Tablo incelendiğinde en iyi bölgenin Yahşihan ilçesi olduğu görülmektedir. Alternatif ilçelerin sıralamasında AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemlerinin aşamaları aynı şekilde bu bölümde de kullanılmıştır. BAHP yönteminden bulunan kriter ağırlıkları ile birlikte Tablo 7'de verilen karar matrisi kullanılarak ilk olarak TOPSIS yönteminden çözüm tespit edilmiştir. Sonuçlar Tablo 8'de sunulmuş ve Tablo 8 incelendiğinde %66,8 oranla Yahşihan en iyi ilçe olarak belirlenmiştir. İkinci olarak, PROMETHEE yönteminin aşamaları uygulandığında bulunan sonuçlar Tablo 8.'de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde en iyi yerin Yahşihan ilçesi olduğu belirlenmiştir. Üçüncü olarak VIKOR yöntemi kullanılmış, sonuçlar Tablo 8.'de verilmiştir.

Tablo 8. Alternatif İlçelerin Sıralaması

İlçeler	Yöntem	Y	Bal	Bah	Ke	Y	Bal	Bah	Ke
		AHP				BAHP			
TOPSIS	dd^+	15,114	24,751	23,758	18,393	12,594	23,711	21,680	16,111
	dd^-	27,083	13,653	7,744	13,502	25,294	11,280	7,328	13,174
	CC_i	0,642	0,356	0,246	0,423	0,668	0,322	0,253	0,450
	S.	1	3	4	2	1	3	4	2
PROMETH	Phi	0,5209	-0,3656	-0,4052	0,2499	0,5209	-0,3656	-0,4052	0,2499
	Phi+	0,5209	0,0475	0,0000	0,2711	0,5209	0,0475	0,0000	0,2711
	Phi-	0,0000	0,4132	0,4052	0,0212	0,0000	0,4132	0,4052	0,0212
	S.	1	3	4	2	1	3	4	2
VIKOR	S_j	0,736	2,545	2,992	1,835	0,674	2,623	3,033	1,745
	R_j	0,436	0,548	0,445	0,445	0,374	0,443	0,363	0,348
	Q_j	0,318	0,860	0,743	0,534	0,175	0,920	0,579	0,248
	S.	1	4	3	2	1	4	3	2

S.: Sıralama Y: Yahşihan Bal: Balışeyh Bah: Bahşılı Ke: Keskin

Tablo incelendiğinde en iyi yerin Yahşihan ilçesi olduğu görülmüştür.

Yapılan bu altı uygulamanın sonucunda en iyi bölgenin Yahşihan ilçesi olduğu bulunmuştur. Bu durum; Yahşihan'ın konumu, zemini, ulaşımı düşünüldüğünde tutarlı bir sonuçtur. Dolayısıyla Yahşihan'da kurulacak geçici depo ile afetzedelerin temel ihtiyaçlarının kolay bir şekilde karşılanacağı tespit edilmiştir.

5.6. Lokasyonların Sıralaması

Kırıkkale ilinde geçici depo yeri seçim probleminde en iyi ilçe Yahşihan olarak bulunmuştur. Yahşihan'da altı tane toplanma alanı vardır. Bunlar; aile çay bahçesi, güney park alanı, Pazar yeri, gençlik merkezi, Podium park alanı ve asude park alanıdır. Bu toplanma alanları arasından hangi lokasyona geçici deponun kurulacağına karar verilecektir. AHP ve BAHP yöntemlerinden bulunan kriter ağırlıkları hem matematiksel hem de gerçek hayatla tutarlı sonuçlar vermesi ile TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri kullanarak lokasyonların sıralaması hedeflenmiştir. Bu üç yöntemin uygulama aşamaları bir önceki bölümde olduğu gibi kullanılmış ve Tablo 9'da verilen karar matrisinden yararlanılmıştır.

Tablo 9. Lokasyon Yerlerinin Karar Matrisi

K	IYY	UK	TAM	KM	AK	DK
AÇB	6	9	7	5	7	6
GPA	10	9	9	8	8	10
PY	6	7	8	6	6	5
GM	7	7	8	5	9	9
PPA	8	8	7	6	8	7
APA	9	7	8	7	9	8

K: Kriterler A: Alternatifler

Tablo 9. Lokasyon Yerlerinin Karar Matrisi (Devamı)

K	İG	KB	NY	TA	MS
AÇB	5	6	5	8	7
GPA	8	10	9	6	8
PY	7	5	8	7	8
GM	6	9	8	9	6
PPA	9	7	8	8	7
APA	8	8	6	7	8

K: Kriterler A: Alternatifler

Tablo 9. Lokasyon Yerlerinin Karar Matrisi (Devamı)

K	EDG	AZ	HA	ARM	ZE
AÇB	8	7	7	9	6
GPA	9	8	10	7	8
PY	7	6	7	9	7
GM	7	9	8	8	7
PPA	8	6	8	7	8
APA	8	7	9	8	8

K: Kriterler A: Alternatifler

AHP yönteminden bulunan kriter ağırlıkları ile TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR aşamaları uygulanması ile sonuçlar Tablo 9.'da sunulmuştur. Tablo incelendiğinde en iyi lokasyonun güney park alanı olduğu bulunmuştur. BAHP yönteminden bulunan kriter ağırlıkları ile TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR aşamaları uygulanması ile sonuçlar Tablo 9.'da sunulmuştur. Tablo incelendiğinde en iyi lokasyonun güney park alanı olduğu bulunmuştur.

Bu altı uygulama sonucunda güney park alanı uygun lokasyon olarak belirlenmiştir. Bu durum, Yahşihan ilçesinde bulunan kaymakamlığın yanındaki güney park alanı hem alan açısından hem de alt yapısından dolayı en iyi yer olarak bulunmuştur. Dolayısıyla geçici depo buradan hizmet verecektir.

Tablo 10. Lokasyon Yerlerinin Sıralaması

Y.	L.	AÇ	GP	PY	GM	PP	AP	AÇ	GP	PY	GM	PP	AP
		AHP						BAHP					
TOPSIS	dd^+	21,35	3,71	11,21	9,54	7,28	5,99	19,37	3,22	12,81	8,03	8,51	6,62
	dd^-	2,84	12,84	6,55	9,05	13,27	11,08	3,55	13,73	5,49	10,50	11,50	10,48
	CC_i	0,013	0,776	0,369	0,487	0,646	0,649	0,018	0,810	0,300	0,567	0,575	0,613
	S.	6	1	5	4	3	2	6	1	5	4	3	2
PROMETHEE	Phi	-0,55	0,49	-0,31	-0,03	0,24	0,15	-0,47	0,55	-0,35	0,10	0,15	0,03
	Phi+	0,05	0,49	0,10	0,24	0,36	0,29	0,06	0,55	0,08	0,31	0,30	0,23
	Phi-	0,60	0,00	0,41	0,27	0,11	0,14	0,54	0,00	0,43	0,21	0,16	0,20
	S.	6	1	5	4	2	3	6	1	5	3	2	4
VIKOR	S_j	1,56	0,15	1,33	0,70	0,51	0,57	1,56	0,14	1,48	0,70	0,66	0,71
	R_j	0,55	0,12	0,35	0,36	0,35	0,23	0,44	0,12	0,36	0,29	0,36	0,24
	Q_j	0,67	0,45	0,49	0,68	0,74	0,53	0,51	0,41	0,50	0,57	0,69	0,49
	S.	5	1	2	4	6	3	4	1	3	5	6	2

L.: Lokasyonlar Y.: Yöntemler S.: Sıralama AÇ: Aile çay bahçesi GP: Güney park alanı PY: Pazar yeri GM: Gençlik merkezi PP: Podium park alanı AP: Asude park alanı

5.7. Araç Rotalama Problemi

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin ışığında, Kırıkkale ilinin Yahşihan ilçesinin Güney Park Alanına geçici deponun konumlandırılması tespit edilmiştir. Bu bölümde ise geçici deponun toplanma alanlarına ulaşım rotaları tespit edilecektir.

5.7.1. Varsayımlar

Araç rotalama probleminin varsayımları;

- Geçici depo mevcut kaynaklarla sınırlıdır.
- Sınırlı sayıda toplanma alanı mevcuttur.
- Her toplanma alanına bir araç hizmet vermektedir.
- Her araç homojen ve kapasiteleri 4000 kg'dır.
- Araç rotalama problemi Kırıkkale il sınırları içinde yapılmaktadır.
- Afetzedelerin ihtiyaçları bir depodan karşılanmaktadır.
- Maliyet modelin kurulumunda ihmal edilmiştir.
- Toplanma alanlarının hangi mahallede kaç tane olduğu Tablo 11.'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde her mahallenin nüfusu toplanma sayısına bölünerek her toplanma alanında kaç kişi olacağı bulunmuştur.
- Kırıkkale'de son 50 yılda kaydedilen verilere göre şehir merkezinin afetten etkilenme büyüklüğü $M_w=7,0$ olarak elde edilmiştir [49]. 24 Ocak 2020 tarihinde Elâzığ'da $M_w=6,8$ büyüklüğünde deprem meydana gelmiştir. Deprem 22 saniye sürmüş, Malatya ve Doğu Anadolu bölgesinde hissedilmiştir. Deprem merkez üssü Elâzığ ilinin Sivrice ilçesine bağlı Çevrimli köyüdür [50]. Bu deprem sonrasında

yardım ve dağıtım faaliyetlerine bakıldığında 53920 kişiye 3 öğün sıcak yemek verilmiştir. Elâzığ'ın nüfusu 591098 kişidir yani yaklaşık nüfusun %9,12 \cong %10'una 3 öğün gıda yardımı yapılmıştır. Tüm bu söylenenler doğrultusunda, Elâzığ depremi dikkate alındığında Kırıkkale'de olası bir depremde gıda dağıtım mahallelerin nüfusunun %10, %15, %20 ve%25 olarak 4 senaryo halinde hesaplanmıştır.

- Bir kişiye verilecek örnek yemek menüsünün enerji değerleri Tablo 12.'de verilmiştir. Tablo 12 incelendiğinde bir kişiye 2184 Kcal yani yaklaşık 300 gramdır. Her öğünün yanında 200 ml bardak suda 200 grama eşittir. Dolayısıyla bir kişiye 900 gram=0,9 kg \cong 1 kg verilmektedir [51].

Tablo 12. Yemek Menüsü Enerji Tablosu

Yemek Menüsü	
Yemek Türü	Kcal
Kahvaltı: Süt, Kaşar, Peynir, Zeytin, Fındık Ezmesi	343
Öğle Yemeği: Mercimek Çorbası	145
Etlili Pilav	435
Akşam Yemeği: Tavuk Haşlama	644
Pirinç Pilavı	351
Bir Günlük Kalori Değeri	
Öğün	Kcal
Öğle ve Akşam Yemeği	1575
Kahvaltı	343
Ekmek (100 gr)	266
Toplam	2184

Tablo 11. Toplanma Alanlarının Mahalle Nüfusları

İ	M	K	N	Y	İ	M	K	N	Y
Merkez	Bağlarbaşı	2-3-8	12341	4114	Sulakyurt	Yeni Öz	35	414	414
Merkez	Etiler	5	9535	9535	Delice	Cumhuriyet	36	492	492
Merkez	Kaletepe	4-6-7	15908	5303	Delice	Fevzi Çakmak	37	133	133
Merkez	Sanayi	5-9	12406	6203	Delice	Sakarya	38-39	546	273
Merkez	Çahlıöz	10-11-12-16	23223	5806	Keskin	Yenice	40-43	1745	873
Merkez	Güzeltepe	13	8656	8656	Keskin	Maden	41	663	663
Merkez	Yenidoğan	14	2043	2043	Keskin	Yeni	42	3430	3430
Merkez	Güler	15	8754	8754	Keskin	Gündoğdu	44	895	895
Merkez	Yaylacık	17	13981	13981	Bahşılı	Hüseyin Onbaşı	45-47	1356	678
Merkez	Fabrikalar	17-18	2491	1246	Bahşılı	Doğanay	46	2144	2144
Merkez	Yenimahalle	19-20	18331	9166	Yahşihan	Yenişehir	48	12982	12982
Merkez	Osmangazi	21	4116	4116	Yahşihan	Emirler	49	639	639
Merkez	Gündoğdu	21-22-23-25	5545	1387	Yahşihan	Alaaddin	49	773	773
Merkez	Bahçelievler	24	9183	9183	Yahşihan	Seyrantepe	50	2995	2995
Merkez	Yuva	26	5128	5128	Yahşihan	Erenler	1-51	882	441
Merkez	Karşıyaka	27-28	3126	3063	Yahşihan	Bayraktepe	52	2855	2855
Merkez	Selim Özer	29	4554	4554	Karakeçili	Hoca Ahmet Yesevi	53	575	575
Merkez	Kimeski	30	762	762	Çelebi	Gülveren	54	182	182
Merkez	Hacıbey	31	1341	1341	Çelebi	Barbaros	55	248	248
Merkez	Altınova	32	778	778	Balışeyh	Yeni	56-57	787	394
Merkez	Sağlık	33	1318	1318					
Sulakyurt	Yükselen	34	385	385					

İ: İlçe M: Mahalle K: Kapsadığı Toplanma Alanı No N: Nüfus Y: Yaklaşık

5.7.2. Matematiksel Model

Matematiksel modelin kurulmasında indis, karar değişkeni ve parametreler aşağıda verilmiştir [15].

Parametreler:

J: Temel malzemelerin gideceği toplanma alanlarının kümesi (0,1,2,...,J)

A: Araç kümesi

d_{ij} : i. toplanma alanı ile j. toplanma alanı arasındaki mesafe ($\forall i, j \in J$)

k_i : i. toplanma alanına gidecek temel malzeme miktarı ($\forall i \in J$)

y_a : a tipi araçtan kullanılabilir araç sayısı ($a \in A$)

z_a : a tipi aracın kapasitesi ($a \in A$)

Karar değişkenleri:

$$x_{ija} = \begin{cases} 1, & i. \text{ toplanma yerinden} \\ & j. \text{ toplanma yerine} \\ & a. \text{ araç gidiyor ise} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad \forall i, j, a$$

l_a : araç kümesinden seçilecek a tipi araç sayısı $\forall a$

n: Tur sayısı

m_{ij} : araçların j düğümüne gelene kadar dağıttığı temel malzeme miktarı ($\forall i, j \in J$)

u_j : alt tur üretmesini engelleyen değişken ($\forall j \in J$)

Model:

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in J} \sum_{j \in J} \sum_{a \in A} d_{ij} x_{ija} \quad (1)$$

$$\sum_{i \in J, j \neq 0} \sum_{a \in A} x_{0ja} \leq n \quad (2)$$

$$\sum_{i \in J, i \neq 0} \sum_{a \in A} x_{i0a} \leq n \quad (3)$$

$$\sum_{i \in J, i \neq j} \sum_{a \in A} x_{ija} = 1 \quad (j \in J, j \neq 0) \quad (4)$$

$$\sum_{j \in J, i \neq j} x_{ija} = \sum_{j \in J, i \neq j} x_{jia} \quad (i \in J, i \neq 0, a \in A) \quad (5)$$

$$m_{ij} \leq \sum_{a \in A} z_a x_{ija} \quad (i, j \in J, i \neq j) \quad (6)$$

$$\sum_{j \in J, i \neq j} m_{ij} - \sum_{j \in J, i \neq j} m_{ji} = k_i \quad (i \in J, i \neq 0) \quad (7)$$

$$\sum_{a \in A} k_i x_{ija} \leq m_{ij} \leq \sum_{a \in A} (z_a - k_i) x_{ija} \quad (i \neq j) \quad (8)$$

$$m_{0j} = 0 \quad (j \in J, i \neq j) \quad (9)$$

$$\sum_{a \in A} l_a \leq n \quad (10)$$

$$l_a \leq y_a \quad (a \in A) \quad (11)$$

$$\sum_{j \in J, j \neq 0} x_{0ja} = l_a \quad (a \in A) \quad (12)$$

$$u_j \geq u_j + 1 - J(1 - \sum_{a \in A} x_{ija}) \quad (i, j \in J, j \neq i) \quad (13)$$

$$u_j \geq 0 \quad (j \in J) \quad (14)$$

$$x_{ija} \in \{0,1\} \quad (\forall i, j \in J, a \in A) \quad (15)$$

$$l_a \geq 0 \text{ ve tamsayı} \quad (a \in A) \quad (16)$$

$$m_{ij} \geq 0 \quad (i, j \in J) \quad (17)$$

$$n \geq 0 \quad (18)$$

Amaç fonksiyonu (1) araçların kat ettiği mesafenin en az olmasını sağlar. Kısıt (2) ve Kısıt (3) geçici depodan maksimum n aracı ayrılır ve geçici depoya maksimum n aracı döner. Kısıt (4) herhangi bir düğümde sadece bir düğümün gelmesini sağlar. Kısıt (5) herhangi bir düğümde gelen ve ayrılan aynı tip araç olmasını sağlar. Kısıt (6) herhangi bir aracın kapasitesinin geçilmemesini sağlar. Kısıt (7) Araca yüklenen temel malzemelerin araç turda ilerlerken dağılmasını sağlar. Kısıt (8) Aracın dağıttığı temel malzemelerin alt ve üst değerini belirler. Kısıt (9) Araç yeniden dağıtım yapabilmesi için sifıra eşitlenir. Kısıt (10) maksimum n tane aracın seçilmesini sağlar.

Kısıt (11) her araç tipinden en fazla mevcut miktar kadar seçilebilir. Kısıt (12) geçici depodan çıkacak a tipi araç sayısının, araç kümesinden seçilecek a tipi araç sayısına eşit olmasını sağlar. Kısıt (13) alt tur oluşmasını engeller. Kısıt (15), (16), (17) ve (18) işaret kısıtlarıdır.

numaralı mahalle geçici deponun konumlandırıldığı yer olduğundan dolayı buradaki afetzedelere direkt yiyecek yardımı verilmiş ve bu mahalleye araç ile taşıma yapılmamıştır. Ayrıca araçlar homojen ve 4000 kg'dır.

Tablo 13. Merkezde Bulunan Üç İlçenin Nüfuslarına Göre Senaryolar

SENARYO 1				SENARYO 2			
A	TM (Km)	G(Kg)	R	A	TM (Km)	G(Kg)	R
1	21,75	3995	1-9-14-13-18-4-5-30-1	1	11,65	3513	1-3-15-19-25-1
2	48,6	3506	1-25-21-2-31-33-32-6-27-29-39-40-38-41-1	2	16,3	3855	1-9-41-38-17-1
3	22,57	3982	1-11-12-17-37-1	3	11,3	3755	1-23-16-13-24-1
4	16,01	3693	1-22-23-10-16-8-3-24-26-1	4	22,5	3640	1-14-40-39-37-12-1
5	28,1	3895	1-20-7-34-35-36-19-15-28-1	5	10,5	2579	1-22-26-29-28-27-1
Amaç Fonksiyonu: 137,03				Amaç Fonksiyonu: 156,2			
SENARYO 3				SENARYO 4			
1	15,2	3610	1-26-29-28-7-1	1	12,9	3217	1-15-2-1
2	10,65	3964	1-18-13-16-8-1	2	13,8	3996	1-29-28-27-4-1
3	27,7	3752	1-23-10-21-30-4-1	3	24,9	3478	1-18-19-36-34-35-1
4	10,15	3944	1-20-19-25-1	4	9,15	3351	1-25-22-26-21-1
5	10,6	3425	1-5-22-1	5	22,9	3994	1-37-39-1
6	10,82	3972	1-9-14-12-11-1	6	20,6	3957	1-24-9-40-1
7	17	3899	1-17-38-41-1	7	26,35	3983	1-23-10-6-32-33-31-1
8	30,45	3874	1-27-15-3-32-33-31-1	8	8,6	3935	1-5-1
9	35,7	3767	1-24-6-39-36-34-1	9	9,5	3617	1-7-20-1
10	33,6	3936	1-2-40-37-35-1	10	12,75	3509	1-8-16-3-1
Amaç Fonksiyonu: 201,87				Amaç Fonksiyonu: 215,82			
A: Araçlar TM: Toplam Mesafe G: Gıda R: Rotalar							

Model, Kırıkkale ilinde olası bir afet durumunda geçici depodan toplanma alanlarına hangi rota ile hizmet vereceğini tahmin edecektir.

5.7.3. Matematiksel Modelin Çözümü

Kırıkkale ilinde olası bir deprem gerçekleşmesi durumunda büyüklüğü $M_w=7,0$ olarak beklenmektedir [49]. Yahşihan ilçesinin güney park alanında hizmet verecek olan geçici depo Kırıkkale'nin merkezinde bulunan üç ilçedeki toplanma alanlarına yiyecek dağıtacaktır. Toplamda 41 adet toplanma alanı bulunmaktadır. Her mahalle nüfusu %10, %15, %20 ve %25 oranında kişi sayısına göre yiyecek dağıtımı yapıldığı varsayılarak senaryolar üretilmiştir. Senaryo 1 mahallelerin %10 oranında yani 19071 kişiye, senaryo 2 mahallelerin %15 oranında yani 28607 kişiye, senaryo 3 %20 oranında yani 38143 kişiye ve senaryo 4 %25 oranında yani 47678 kişiye yiyecek dağıtımının hangi rotalarla yapılacağı Tablo 13'te verilmiştir. Modelde, bir

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME (CONCLUSION AND EVALUATION)

Kırıkkale deprem potansiyeli yüksek bir ildir. Bununla birlikte yakınında ve sınırları içerisinde önemli sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Ayrıca Türkiye'nin batı bölgelerinin Karadeniz, Güney Doğu Anadolu ve Doğu Anadolu'yu bağlayan ulaşım ağlarının merkezinde yer alması gibi birçok stratejik özelliği sebebiyle Kırıkkale'nin konumu önemlidir. Bu çalışma Kırıkkale'de konumlandırılacak bir geçici deponun en uygun yerinin seçim problemini ele almıştır. Afet sonrası planlama kapsamında yer alan bu problem için literatürde en sık kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden yararlanılmıştır.

Yapılan değerlendirmede, seçim ve analiz aşamasında belirlenen kriterlerin ağırlıklandırılmasında çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve BAHP, sıralama ve uygun konumun elde edilmesinde TOPSIS, PROMETHEE ve VIKOR yöntemleri ile birlikte

belirlenen kısıtlar altında ise matematiksel modelleme kullanılmıştır.

Çalışmada geçici depo yeri seçim problemi 3 aşama olmak üzere 16 uygulama yapılmıştır. İlk aşamada, Kırıkkale ilinde bulunan alternatif dört ilçe belirlenen kriterler altında değerlendirilmesinin ardından çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak altı tane sıralama elde edilmiştir. Bu sıralama sonuçları karşılaştırıldığında en iyi konumun Yahşihan ilçesi olduğu görülmüştür. Yahşihan ilçesinin seçilmesinin sebebi alt yapısı, ulaşımın kolay sağlanması gibi avantajlardan dolayı bu sonuç tutarlıdır. İkinci aşamada, geçici deponun Yahşihan ilçesinde altı lokasyondan nerede hizmet vereceği problemine odaklanılmıştır. Bu altı lokasyon tespit edilen kriterler altında çok kriterli karar verme yöntemleriyle değerlendirilmiş, altı farklı sıralama bulunmuştur. Bu sıralama sonuçları değerlendirildiğinde en uygun yer güney park alanı olarak tespit edilmiştir. Kaymakamlığın yanında bulunan güney park alanı hem konumunun büyüklüğü hem de zemininden dolayı tutarlı bir sonuca işaretler. Üçüncü aşamada ise, geçici depodan yiyeceklerin afetzedelere hangi rotalarla ulaşımı sağlanacağı problemi ele alınmıştır. Bu problemde Kırıkkale ilinin merkezinde üç ilçenin kırk adet toplanma alanlarının nüfusları %10, %15, %20 ve %25 oranlarda hesaplanmış, her kişiye bir kilogram yemek verilecek ve her araç homojen 4000 kilogram varsayımı ile matematiksel model kurumuştur. Model, IBM ILOG CPLEX programına 10800 sn zaman kısıtı eklenerek sonuçlar bulunmuştur.

Çalışmanın literatüre asıl katkısı, Kırıkkale’de ilk kez afet sonrasında hizmet verecek olan geçici deponun uygun konumu belirlendikten sonra yiyecek dağıtım planlaması yapılmıştır.

Detaylı olarak açıklanan probleme bu çalışma ile sunulan tutarlı sonuçlar göz önüne alındığında, afet sonrası planlama konusunda daha kapsamlı çalışmaların yapılması hem uygulamalara hem literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Bu kapsamda, Kırıkkale’nin stratejik öneme sahip olduğu gibi diğer illerimizde de afet sonrası hizmet verecek depoların seçimi yapılabilir. Bu depolarda saklanacak malzemeler ve burada görev alacak personel açısından seçim, planlama ve sıralama problemlerine odaklanılabilir. Yöntem olarak istatistiksel analiz metotları, matematiksel modellemeler, çok kriterli karar verme yöntemleri ve yapay zekâ tekniklerini ileride yapılacak çalışmalar kullanabilir.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENT)

Bu proje Kırıkkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 2020/32 numaralı proje ile desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı BAP Birimine teşekkür ederiz.

ETİK STANDARLARIN BEYANI (DECLARATION OF ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

Burcu TEZCAN: Bilimsel yayın araştırması, verilerin toplanması ve düzenlenmesi, yöntemin uygulanması ve makalenin oluşturulması

Hacı Mehmet ALAKAŞ: Kullanılan yöntemin belirlenmesi, modelin kurulması ve sonuçların yorumlanması

Evrencan ÖZCAN: Kullanılan yöntemin belirlenmesi, alternatiflerin belirlenmesi, kriterlerin tespit edilmesi ve lokasyon yerlerinin uygunluğu

Tamer EREN: Bilimsel araştırma yeterliliği, yöntemlerin uygunluğu, uygulama süreç incelemesi ve makalenin genel incelenmesi

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Temiz H., “Afet Yönetiminde Lojistik Depo Seçimi ve Bir Uygulama.”, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, (2018).
- [2] Kovacs, G., Spens, K. M., “Relief supply chain management for disasters: humanitarian aid and emergency logistics.”, *Hershey*, PA: Information Science Reference, (2012).
- [3] Wassenhove, V. J. N., “Humanitarian aid logistics: supply chain management in high gear.”, *Journal of the Operational Research Society*, 57: 475-489, (2006).
- [4] Cozzolino, A., Rossi, S., ve Conforti, A., “Agile and lean principles in the humanitarian supply chain: the case of the united nations world food programme.”, *Journal of Humanitarian Logistics and Supply Chain Management*, 2(1): 16-33, (2012).
- [5] Demirci, A., ve Karakuyu, M., “Afet yönetiminde coğrafi bilgi teknolojilerinin rolü.”, *Doğu Coğrafya Dergisi*, 12: 67-100, (2004).
- [6] Thomas, A. S., Kopczak, L. R., “From logistics to supply chain management: the path forward in the humanitarian sector.”, *Fritz Institute*, 15, 1-15, (2005).
- [7] Barbarosoğlu, G., Özdamar, L., ve Çevik, A., “An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operations.”, *European Journal of Operational Research*, 140(1): 118-133, (2002).
- [8] Şahin, N., “Afet yönetimi ve acil yardım planları.”, *TMMOB İzmir Kent Sempozyumu*, 131-142, (2009).
- [9] Kadioğlu, M., Afet yönetimi. *T.C. Marmara Belediyeler Birliği*, (2011).
- [10] Gözaydın, O., Can, T., “Deprem yardım istasyonları için lojistik merkezi seçimi: Türkiye örneği.”, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 6 (2), 17-31, (2013).
- [11] Gülkan, P., Balamir, M., Yakut, A., “Afet yönetiminin stratejik ilkeleri: Türkiye ve dünyadaki politikalara genel bakış.”, *Orta Doğu Teknik Üniversitesi Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi*, 30-32, (2003).

- [12] Gökçe, O., Tetik, Ç., “Teoride ve pratikte afet sonrası iyileştirme çalışmaları.”, *AFAD yayınları*, 270, (2012).
- [13] Altay, N., Green III, W. G., “OR/MS Research In Disaster Operations Management.”, *European Journal of Operational Research*, 175(1), 475-493, (2006).
- [14] Kütükçü, A., Eren, T., “Acil durum haberleşmesinde kullanılan el telsizinin çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile seçilmesi.”, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 183-203, (2017).
- [15] Alakaş, H. M., Kızıltaş, Ş., Eren, T., Özcan, E., “Sıfır atık projesi kapsamında atıkların toplanması: Kırıkkale ilinde homojen çok araçlı araç rotalama uygulaması.”, *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 3(3), 190-196, (2018).
- [16] Vieira, Y. E. M., de Mello Bandeira, R. A., & da Silva Júnior, O. S., “Multi-depot vehicle routing problem for large scale disaster relief in drought scenarios: The case of the Brazilian northeast region.”, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 58, 102193, (2021).
- [17] Wei, X., Qiu, H., Wang, D., Duan, J., Wang, Y., Cheng, T. C. E., “An integrated location-routing problem with post-disaster relief distribution.”, *Computers & Industrial Engineering*, 147, 106632, (2020).
- [18] Balcik, B., Beamon, B. M., “Facility location in humanitarian relief.”, *International Journal of Logistics*, 11(2), 101-121, (2008).
- [19] Ortuño, M. T., Tirado, G., Vitoriano, B., “A Lexicographical goal programming based decision support system for logistics of humanitarian aid.”, *Top*, 19(2), 464-479, (2011).
- [20] Roh, S., Jang, H., Han, C., “Warehouse Location Decision Factors in Humanitarian Relief Logistics.”, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 29(1): 103-120, (2013).
- [21] Kaya, S., “Afetlerde geçici tesis yeri seçimi: Üsküdar ilçesi için bir uygulama.”, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2018).
- [22] Peker, İ., Korucuk, S., Ulutaş, Ş., Okatan, B. S., Yaşar, F., “Afet lojistiği kapsamında en uygun dağıtım merkez yerinin AHS-VIKOR bütünleşik yöntemi ile belirlenmesi: Erzincan ili örneği.”, *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 14(1), 82-103, (2016).
- [23] Ofluoğlu, A., Baki, B., Ar, I., “Multi-criteria decision analysis model for warehouse location in disaster logistics.”, *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(2), 89-106, (2017).
- [24] Roh, S. Y., Shin, Y. R., Seo, Y. J., “The Pre-positioned warehouse location selection for international humanitarian relief logistics.”, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 34(4), 297-307, (2018).
- [25] Emeç, Ş., Akkaya, G., “Stochastic AHP and Fuzzy VIKOR approach for warehouse location selection problem.”, *Journal of Enterprise Information Management*, 31(6), 950-962, (2018).
- [26] Ergün, M., Korucuk, S., Memiş, S., “Sürdürülebilir afet lojistiğine yönelik ideal afet depo yeri seçimi: Giresun ili örneği.”, *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 144-165, (2020).
- [27] Anuar, W. K., Lee, L. S., Pickl, S., Seow, H. V., “Vehicle Routing Optimisation in Humanitarian Operations: A Survey on Modelling and Optimisation Approaches.”, *Applied Sciences*, 11(2), 667, (2021).
- [28] Kokaji, K., Kainuma, Y., “Development of a disaster relief logistics model minimizing the range of delivery time.”, *Operations and Supply Chain Management*, 11(2), 66-72, (2018).
- [29] Sepúlveda, J. M., Arriagada, I. A., Derpich, I., “A decision support system for distribution of supplies in natural disaster situations.”, *In 2018 7th International Conference on Computers Communications and Control (ICCC)*, 295-301, IEEE, (2018).
- [30] Katsuma, R., Yoshida, S., “Dynamic Routing for Emergency Vehicle by Collecting Real-Time Road Conditions.”, *International Journal of Communications, Network and System Sciences*, 11(2), 27-44, (2018).
- [31] Gökçe, M. A., Ercan, E., “Multi-period vehicle routing & replenishment problem of neighbourhood disaster stations for pre-disaster humanitarian relief logistics.”, *IFAC-PapersOnLine*, 52(13), 2614-2619, (2019).
- [32] Khorsi, M., Chaharsooghi, S. K., Bozorgi-Amiri, A., Kashan, A. H., “A Multi-Objective Multi-Period Model for Humanitarian Relief Logistics with Split Delivery and Multiple Uses of Vehicles.”, *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 29, 360-378, (2020).
- [33] Fragkos, M. E., Zeimpekis, V., Koutras, V., Minis, I., “Supply planning for shelters and emergency management crews.”, *Operational Research*, 1-37, (2020).
- [34] Xavier, I. R., Bandeira, R. A., Bandeira, A. P., Campos, V. B., Silva, L. O., “Planning the use of helicopters in distribution of supplies in response operations of natural Disasters.”, *Transportation Research Procedia*, 47, 633-640, (2020).
- [35] Şekkel, Z. H., “Afet ve Acil Durum Lojistiği Kapsamında Acil Durum Toplanma Merkezi Seçiminde AHP Yöntemi: Kahramanmaraş On İki Şubat Belediyesinde Bir Uygulama.”, *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 903-930, (2020).
- [36] Ergün, M., Korucuk, S., Memiş, S., “Sürdürülebilir Afet Lojistiğine Yönelik İdeal Afet Depo Yeri Seçimi: Giresun İli Örneği.”, *Çanakkale Onsekiz*

- Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6(1), 144-165, (2020).
- [37] Sönmez, Y. B., Bas, S., Isik, N. S., Akbas, S. O., "Linear and Nonlinear Site Response Analyses to Determine Dynamic Soil Properties of Kirikkale.", *Geomech. Eng*, 16(4), 435-448, (2018).
- [38] Özcan, T., Çelebi, N., Esnaf, Ş., "Comparative analysis of multi-criteria decision making methodologies and implementation of a warehouse location selection problem.", *Expert Systems with Applications*, 38(8), 9773-9779, (2011).
- [39] Awasthi, A., Chauhan, S. S., "Goyal, S. K. A multi-criteria decision making approach for location planning for urban distribution centers under uncertainty.", *Mathematical and Computer Modelling*, 53(1-2), 98-109, (2011).
- [40] Şekkeli, Z. H., "Afet ve Acil Durum Lojistiği Kapsamında Acil Durum Toplanma Merkezi Seçiminde AHP Yöntemi: Kahramanmaraş On İki Şubat Belediyesinde Bir Uygulama.", *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 9(2), 903-930, (2020).
- [41] Xu, J., Yao, L., Zhao, X., "A multi-objective chance-constrained network optimal model with random fuzzy coefficients and its application to logistics distribution center location problem.", *Fuzzy Optimization and Decision Making*, 10(3), 255-285, (2011).
- [42] Roh, S. Y., Jang, H. M., Han, C. H., "Warehouse location decision factors in humanitarian relief logistics.", *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 29(1), 103-120, (2013).
- [43] Liu, S., Chan, F. T., "Chung, S. H. A study of distribution center location based on the rough sets and interactive multi-objective fuzzy decision theory.", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27(2), 426-433, (2011).
- [44] Şahin, Y., Hazırcı, M., "Geçici İskân Alanlarının Seçimi İçin Ahp Temelli P-Medyan Modeli: Burdur Örneği.", *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 403-417, (2019).
- [45] Üreten, S., "Üretim/işlemler yönetimi: stratejik kararlar ve karar modelleri." *Gazi Kitabevi*, (2006).
- [46] Kobu, B., "Üretim Yönetimi.", Genişletilmiş Güncellenmiş 14 Baskı, *Beta Basım Yayın*, İstanbul, (2008).
- [47] Chen, Y., Qu, L., "Evaluating the selection of logistics centre location using fuzzy MCDM model based on entropy weight.", *In 2006 6th World Congress on Intelligent Control and Automation 2*, 7128-7132, IEEE, (2006).
- [48] Chan, F. T. S., Kumar, N., Choy, K. L., "Decision-making approach for the distribution centre location problem in a supply chain network using the fuzzy-based hierarchical concept.", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, *Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 221(4), 725-739, (2007).
- [49] Yang, H., Yang, L., Yang, S. H., "Hybrid Zigbee RFID sensor network for humanitarian logistics centre management.", *Journal of Network and Computer Applications*, 34(3), 938-948, (2011).
- [50] Tatar, O., Sözbilir, H., Koçbulut, F., Bozkurt, E., Aksoy, E., Eski, S., Metin, Y., "Surface Deformations of 24 January 2020 Sivrice (Elâzığ)–Doğanyol (Malatya) Earthquake (Mw= 6.8) Along The Pütürge Segment of The East Anatolian Fault Zone And its Comparison with Turkey's 100-Year-Surface Ruptures.", *Mediterranean Geoscience Reviews*, 2(3), 385-410, (2020).
- [51] Kızılay, "Afetlerde Beslenme Hizmetleri Kılavuzu.", (2017).