



Konferans Bildirisi

TOPSIS Destekli Maksimum Kapsama Modeli ile Afet Sonrası Toplanma Alanlarının Belirlenmesi

Betül Yıldırım^{1*}

¹ Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü,
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-0177-6540>

* Sorumlu Yazar: byildirim@nny.edu.tr

(First received October 30, 2023 and in final form December 24, 2023)

**3rd International Conference on Design, Research and Development
(RDCONF 2023)
December 13 - 15, 2023**

Reference: Yıldırım, B. TOPSIS Destekli Maksimum Kapsama Modeli ile Afet Sonrası Toplanma Alanlarının Belirlenmesi. Orclever Proceedings of Research and Development, 3(1), 64-77.

Özet

Doğal afetler afet merkezinde ya da merkeze yakın yerlerde pek çok insanı olumsuz etkilemektedir. Ülkemizin özellikle deprem ülkesi olması nedeniyle afet yönetiminin en doğru şekilde yapılması gerekmektedir. İl afet müdürlükleri tarafından belirlenen toplanma alanları da afetten etkilenen halkın geçici olarak toplanabileceği alanlardır. Bu çalışma kapsamında afet sonrasında halkın toplanması için oluşturulmuş toplanma alanlarının belirli bir sistematik ile belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Kayseri ili Talas ilçesi uygulama alanı olarak seçilmiş ve mevcut toplanma alanlarının belirli kısıtlar altında belirlenmesi ve değerlendirilebilmesi için öncelikle literatürde toplanma alanları seçiminde kullanılan temel kriterler belirlenerek literatürdeki çalışmalar ve uzman görüşü dikkate alınarak AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemiyle bu kriterler ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen ağırlıklar elde mevcut sayısal veri bulunduğu için TOPSIS (İdeal Çözüme Benzerliğe Göre Sıralama Tekniği) yöntemine entegre edilmiş ve bu yöntemle mevcut toplanma alanlarının önem ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra belirlenen bu ağırlıklar ile birlikte kapsanan nüfusu da maksimize edecek şekilde belirli kısıtlar altında matematiksel model geliştirilmiştir. Bu model karar vericiye elde mevcut toplanma alanlarını nasıl kullanması gerektiği konusunda bilgi vermekle birlikte belirli mesafe limiti ile ne kadar nüfusa hizmet edilebileceği ve bunun kaç toplanma alanıyla sağlanabileceği konusunda yardımcı olmaktadır. Bu durum afet sonrası toplanma alanlarının geçici barınma alanlarına



dönüştürülmesi noktasında da karar vericiye öncelikli yerleri belirleyebilme noktasında yardımcı olacaktır. Çalışmada, parametre değerlerine bağlı değişen sonuçlar için detaylı analizler sunulmuştur.

Anahtar: Afet sonrası toplanma alanları, AHP, TOPSIS, Maksimum kapsama modeli

Conference Article

Determination of Post-Disaster Gathering Areas with the TOPSIS Supported Maximum Coverage Model

Abstract

Natural disasters negatively affect many people at or near the disaster center. Since our country is an earthquake country, disaster management must be done in the most accurate way. The gathering areas determined by the disaster directorates are also areas where the people affected by the disaster can gather temporarily. In this study, it is aimed to determine the gathering areas created for the gathering of the public after the disaster with a certain systematic. In the study, Kayseri province Talas district was chosen as the application area and in order to determine and evaluate the existing gathering areas under certain constraints, the basic criteria used in the selection of gathering areas in the literature were determined and these criteria were weighted by the AHP (Analytical Hierarchy Process) method by taking the literatures and opinions of the experts. The weights obtained were integrated into the TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) method since there were available numerical data and these methods were determined by the importance weights of the existing gathering areas. Then, with these determined weights, a mathematical model was developed under certain constraints so as to maximize the population covered. This model not only informs the decision maker about how to use the available gathering areas, but also helps to determine how much population can be served with a certain distance limit and how many gathering areas can be provided. This situation will help the decision maker to determine the priority places at the point of transforming the post-disaster assembly areas into temporary shelters. In the study, detailed analyzes are presented for the changing results depending on the parameter values.

Keywords: Post-disaster gathering areas, AHP, TOPSIS, Maximum coverage model



1. Giriş

Doğal afetler büyüklüğüne ve şiddetine göre pek çok olumsuz duruma sebep olabilir. Depremler de yoğun nüfuslu, depreme eğilimli bölgelerde meydana geldiğinde yıkıcı sonuçlar doğuran dünyanın en büyük doğal afetleri arasındadır [1]. Ülkemizin deprem bölgesi olması sebebiyle deprem öncesi ve sonrası için yapılacak çalışmalar önem taşımaktadır. Deprem sonrası toplanma alanlarının uygun olarak belirlenmesi, halkın bu alanlara yönlendirilmesi de bu çalışmalar arasındadır.

Toplanma alanları, afet ve acil durumlar sonrasında geçici barınma merkezleri hazır olana kadar geçecek süre içerisinde yaşanacak paniği önlemek ve güvenli bilgi alışverişini sağlamak amacıyla halkın tehlikeli bölgeden uzaklaşarak toplanabileceği güvenli alanlar olarak tanımlanmaktadır [2]. Toplanma alanlarında yetkililer tarafından afet ile ilgili halka bilgi verilirken, deprem sonrası izlenecek süreç, yapılacak faaliyetler de aktarılır [3]. Bu alanlar genel olarak temel ihtiyaçlara yakın, güvenli, ulaşılabilirliği kolay alanlar arasından seçilir [2].

Literatürde toplanma alanlarının belirlenmesi ve çeşitli kriterler açısından değerlendirilmesine yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir [4-5]. Yer seçimi problemlerinde sıkça kullanılan çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri de yine bu tip problemlerde sıkça tercih edilmektedir. Bunun yanında toplanma ve geçici barınma alanları belirlenirken matematiksel modellerden de yararlanılmaktadır. P-medyan, p-merkez (p-center), maksimum kapsama gibi modellerle farklı amaçlar ve kısıtlar altında en uygun yerler belirlenebilmektedir [6-7-8-9-10-11]. Şahin ve Hazırcı [9], geçici barınma alanlarının belirlenmesi ve mahallelerin buralara atanması için p-medyan modeline AHP yöntemiyle belirledikleri ağırlıkları katsayı olarak eklemişlerdir.

Bu çalışmada, Kayseri ili Talas ilçesi uygulama alanı olarak seçilmiştir. Toplanma alanları belirlenirken, nüfus yoğunluğu, ulaşılabilirlik ve erişilebilirlik, yangın, su taşkını gibi ikincil tehlikelerden, fay hatlarından uzak alanlar olması, mümkün olduğunca düz arazilerde olması, elektrik, su, tuvalet gibi temel ihtiyaçların karşılanabileceği alanlara yakın olması gibi seçim kriterleri göz önüne alınmaktadır [2]. Bu kapsamda, çalışmada ele alınacak kriterler belirlenirken bu bilgiler ve literatürdeki çalışmalar göz önüne alınarak 5 ana kriter esas alınmıştır. Bu kriterler: Ulaşım ve Erişilebilirlik (C1), Güvenlik (C2), Alan Kapasitesi (C3), Alt Yapı (C4) ve Arazi Yapısı (C5)' tir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için AHP yöntemi uygulanmıştır. Bu noktada literatürde konuyla ilgili yapılmış çalışmalar göz önüne alınmış, farklı ildeki AFAD çalışanı görüşüne



başvurulmuştur. Mevcut toplanma alanlarına ilişkin Kayseri il Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nden alınan veriler ile birlikte, AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları TOPSIS yöntemine entegre edilmiş ve böylece eldeki toplanma alanlarının önem değerleri (ağırlıkları) belirlenmiştir. Toplanma alanlarının bu yöntemlerle belirlenen ağırlıkları, geliştirilen maksimum kapsama modeline dahil edilmiştir. Bu model ile birlikte kapsanan nüfus ile birlikte alanların sağladığı fayda maksimize edilecek şekilde alan seçimi yapılabilecektir. Model karar vericiye mevcut alanların sayısını değiştirdiğinde eldeki amaç fonksiyonun nasıl değişeceği konusunda bilgi verirken, toplanma alanlarına erişim için mesafe limitini değiştirerek en uygun alanları belirleyebilme noktasında da yardımcı olacaktır. Ayrıca mevcut toplanma alanlarının performansı da afetin büyüklüğüne bağlı olarak bu alanların geçici barınma alanlarına çevrilmesi konusunda karar vericinin öncelikli alanları belirlemesine yardımcı olacaktır. Modelin performansı değişen parametre değerleriyle analiz edilmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki bölümlerinden kriter ağırlıklarını belirlemek için literatürde sıkça kullanılan AHP yöntemi, mevcut alanların önem değerlerinin belirlenmesi için AHP'den elde edilen kriter ağırlıklarının kullanıldığı TOPSIS yöntemi hakkında genel bilgiler verilmiş, sonraki bölümlerde yapılan uygulama, geliştirilen matematiksel model ve analizler sunulmuştur.

2. Materyal ve Yöntem

2.1.AHP Yöntemi

AHP yöntemi, yer seçim problemlerinde olduğu gibi pek çok problemde başvuru alan yaygın çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. Saaty [12], tarafından geliştirilen AHP yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır [13]:

Adım 1: Problemin tanımlanıp amacının blirlenmesi,

Adım 2: Kriterleri ve alternatifleri içeren hiyerarşik yapının oluşturulması,

Adım 3: Kriterler ve varsa alt kriterler için ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması,

Adım 4: Kriter ağırlıklarının hesaplanması,

Adım 5: Alternatiflerin önceliklerinin belirlenerek sıralamalarının yapılması.

Bu yöntem kullanılırken ikili karşılaştırmalar için Saaty 1-9 ölçeğinden yararlanılır. Bu ölçeğe ilişkin önem dereceleri Tablo 1'de gösterilmiştir [12].

İkili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra bu matrislerin tutarlılıkları hesaplanır. Bir matrisin tutarlı kabul edilebilmesi için hesaplanan tutarlılık oranının 0,10'dan küçük olması gerekir.

Tablo 1: Önem dereceleri

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit önem derecesi
3	Orta önem derecesi
5	Kuvvetli önem derecesi
7	Çok kuvvetli önem derecesi
9	Aşırı önem derecesi
2,4,6,8	Ara değerler

2.2.TOPSIS Yöntemi

Literatürde yer seçimi problemlerinde sıkça kullanılan TOPSIS yöntemi, Hwang ve Yoon [14] tarafından geliştirilmiştir. TOPSIS yöntemi alternatifleri seçerken, alternatifin faydayı maksimize edip maliyeti minimize eden pozitif ideal çözüme yakın, maliyeti maksimize edip faydayı minimize eden negatif ideal çözümünden uzak olması prensibine dayanır [15].

TOPSIS sırasıyla aşağıdaki aşamalardan [16-17]:

Adım 1: Karar verici tarafından karar matrisi oluşturulur.

Adım 2: Satırlar kriterler, sütunlar alternatiflerdir. Karar matrisi oluşturulduktan sonra Denklem (1)'de gösterildiği gibi matris normalize edilir. Burada a_{ij} değeri karar matrisindeki kriter ve alternatif değerleridir.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m a_{ij}^2}} \quad (1)$$

Adım 3: Normalize matris ile kriter ağırlıkları çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize matris elde edilir.

Adım 4: Problemin yapısına bağlı olarak pozitif ve negatif ideal çözümler belirlenir. Amaç maksimizasyon ise her sütuna ait maksimum değerler, minimizasyon ise minimum değerler belirlenir. Pozitif ideal matris için her kriterin en yüksek değeri seçilirken, negatif ideal matris en düşük değerleri seçilir.

Adım 5: Alternatiflerin ideal ve ideal olmayan noktalara uzaklıklarını Öklit yöntemiyle Denklem (2) ve (3)'teki gibi hesaplanır. Burada v_{ij} normalize değerleri, v^* normalize matriste her alternatifin maksimum değerini, v_j^- ise minimum değerini gösterir.

$$\text{İdeal uzaklık: } S_i^+ = \sqrt{\sum_j^m (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad (2)$$

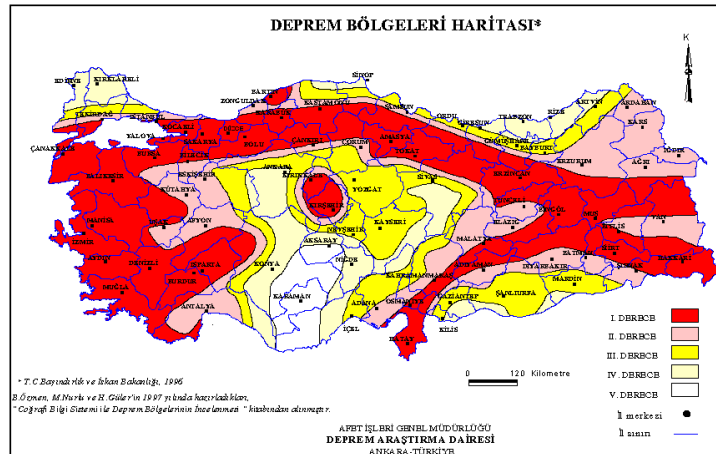
$$\text{Negatif ideal uzaklık: } S_i^- = \sqrt{\sum_j^m (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (3)$$

Adım 6: Her bir alternatifin ideal çözüme göreli yakınlığı Denklem (4)'te gösterildiği gibi hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)} \quad (4)$$

3. Uygulama

Kayseri ili, 16 ilçe ve 714 mahallesi bulunan ve konumu itibariyle ülkemizin pek çok iline komşu olan ve bununla birlikte 3. derece deprem bölgesinde olmasına rağmen Şekil 1'de [18] görüldüğü gibi 1. derece deprem bölgelerine yakın olan büyük şehirdir. Uygulama alanı olarak seçilen Kayseri'ye bağlı Talas ilçesi ise nüfusun hızla arttığı merkez ilçelerdendir. Çalışma kapsamında Talas ilçesinde yer alan, toplamda 169214 nüfusa sahip 30 mahalle ele alınmıştır [19].



Şekil 1: Deprem Bölgeleri Haritası [18]

3.1.AHP ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde, afet sonrası toplanma alanlarının belirlenmesine yönelik yapılan çalışmalar ve il AFAD Müdürlüğü toplanma alanları tanım ve kriterleri (URL 1) incelenerek, kriterler: Ulaşım ve Erişilebilirlik (C1), Güvenlik (C2), Alan Kapasitesi (C3), Alt Yapı (C4) ve Arazi Yapısı (C5) olarak 5 ana başlıkta toplanmıştır. Kriter ağırlıklarının belirlenmesi için literatürün yanısıra farklı şehirden AFAD çalışanı görüşleri alınmıştır. Bunun sonucunda elde edilen ikili karşılaştırmalar matrisi Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2: İkili karşılaştırmalar matrisi

KRİTERLER	Ulaşım ve Erişilebilirlik (C1)	Güvenlik (C2)	Alan Kapasitesi (C3)	Alt Yapı (C4)	Arazi Yapısı (C5)
Ulaşım ve Erişilebilirlik (C1)	1	1/2	4	5	6
Güvenlik (C2)	2	1	6	7	7
Alan kapasitesi(C3)	1/4	1/6	1	1	3
Alt yapı (C4)	1/5	1/7	1	1	1
Arazi yapısı(C5)	1/6	1/7	1/3	1	1

İkili karşılaştırma matrisi elde edildikten sonra matris normalize edilip kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Tutarlılık oranı ise 0,03 olarak hesaplandığı için veriler tutarlıdır. Normalize edilen bu matris ve ağırlıklar Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3: Normalize matris ve kriter ağırlıkları

Kriterler	C1	C2	C3	C4	C5	Ağırlıklar (w)
C1	0,276	0,256	0,324	0,333	0,333	0,305
C2	0,553	0,512	0,486	0,467	0,389	0,481
C3	0,069	0,085	0,081	0,067	0,167	0,094

C4	0,055	0,073	0,081	0,067	0,056	0,066
C5	0,046	0,073	0,027	0,067	0,056	0,054

Tablo 3'e bakıldığında en fazla ağırlığa sahip kriterin Güvenlik (C2) kriteri olduğu görülmektedir. Bu kriter, toplanma alanı olarak belirlenen alanın emniyet kurumlarına yakın, riskli bölgelerden uzak olma durumunu kapsamaktadır. Güvenlik kriterini ise Ulaşım ve Erişilebilirlik (C3) kriteri takip etmektedir. Tablodan hareketle sonraki kriterlerin sırasıyla Alan Kapasitesi (C3), Alt Yapı (C4) ve Arazi Yapısı (C5) olduğu görülmekle beraber bu kriterlere ait ağırlıklar birbirine çok yakındır.

3.2.TOPSIS ile Alternatiflerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Çalışmanın bu bölümünde ise AHP yöntemiyle elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak TOPSIS yöntemi uygulanmış ve alternatiflerin önem değerleri yani ağırlıkları elde edilmiştir. Alternatiflerin belirlenmesi aşamasında Kayseri AFAD Müdürlüğü'nden, Talas ilçesinde bulunan mevcut 16 adet afet sonrası toplanma alanları bilgileri alınmıştır. Bölüm 2.2' de verilen adımlar uygulanarak elde edilen TOPSIS yöntemi sonuçları Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4: Alternatiflerin önem değerleri

Alternatifler	Önem Değerleri
Mevlana Mahallesi Toplanma Alanı (A1)	0,117
Yenidoğan Mahallesi Toplanma Alanı (A2)	0,080
Kıçıköy Mahallesi Toplanma Alanı (A3)	0,136
Bahçelievler Mahallesi Toplanma Alanı (A4)	0,135
Harman Mahallesi Toplanma Alanı (A5)	0,746
Yenidoğan Mahallesi 2. Toplanma Alanı (A6)	0,859
Yenidoğan Mahallesi 3. Toplanma Alanı (A7)	0,139
Mevlana Mahallesi 2. Toplanma Alanı (A8)	0,214
Kepez Mahallesi Toplanma Alanı (A9)	0,191
Başakpınar Toplanma Alanı (A10)	0,169



Başakpınar 2. Toplanma Alanı (A11)	0,215
Zincidere Toplanma Alanı (A12)	0,578
Kuruköprü Toplanma Alanı (A13)	0,041
Yenidoğan Mahallesi Diyanet Tesisleri Toplanma Alanı (A14)	0,443
Talas Kapalı Spor Salonu Toplanma Alanı (A15)	0,700
Talas Harman Mahallesi 2. Toplanma Alanı (A16)	0,192

3.3. Maksimum Kapsama Modeli

Maksimum kapsama, p-medyan, p-merkez gibi modeller acil durumlar için tercih edilen matematiksel modellerdir. Acil durumlarda çok sayıda nüfusa kısa sürede hizmet verilmesi önem taşımaktadır. Literatürde ilk olarak Church ve Reville [20] tarafından önerilen temel maksimum kapsama modeli, afet sonrası toplanma alanlarının belirlenmesi için, alternatiflerin farklı önem değerlerini de hesaba katacak şekilde geliştirilmiştir. Modele eklenen bu ağırlıklar (Tablo 4) sayesinde amaç fonksiyonunda sadece kapsanan nüfus değil, alternatif ağırlıklarının da göz önüne alınması sağlanmıştır.

Parametreler:

M : Mahalleler kümesi

A : Alternatifler kümesi

P_i : i . mahallenin nüfusu

$\forall i = 1, 2, \dots, M$

w_j : j . Alternatifin ağırlığı (önem değeri)

$\forall j = 1, 2, \dots, A$

b : açılacak alternatif sayısı

t : i . mahalle ve j . alternatif arasında olması istenen maksimum mesafe limiti (km)

$a_{ij} =$

$\begin{cases} 1 & i \text{ mahallesi ile } j \text{ alternatifi arasındaki mesafe } t' \text{ den küçükse, } \forall i = 1, 2, \dots, M \forall j = 1, 2, \dots, A \\ 0 & \text{diğer durumda.} \end{cases}$

Karar Değişkenleri:

$x_i = \begin{cases} 1 & i \text{ mahallesi kapsanırsa, } \forall i = 1, 2, \dots, M \\ 0 & \text{diğer durumda.} \end{cases}$

$y_j = \begin{cases} 1 & \text{alternatif } j \text{ seçilirse, } \forall j = 1, 2, \dots, A \\ 0 & \text{diğer durumda.} \end{cases}$

$$\text{Max. } Z = \sum_i P_i * x_i + \sum_j w_j * y_j \quad (5)$$

Kısıtlar:

$$x_i \leq \sum_j a_{ij} y_j \quad \forall i = 1, 2, \dots, M \quad (6)$$

$$\sum_j y_j = b \quad (7)$$

$$x_i \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, 2, \dots, M \quad (8)$$

$$y_j \in \{0, 1\} \quad \forall j = 1, 2, \dots, A \quad (9)$$

Amaç fonksiyonu (5), kapsanan mahalle nüfusuyla birlikte seçilecek alternatiflerin önem değerlerini de maksimize etmektedir. Kısıt (6), mahalle ve seçilen alternatif arasındaki mesafenin belirli bir değerden küçük olmasını sağlar. Kısıt (7) ise seçilen alternatif sayısını sınırlar. Kısıt (8)-(9) karar değişkenlerini tanımlar.

Model ILOG Cplex Opt. Studio IDE 12.9.0 kullanılarak çözülmüştür. Çözüm süreleri ortalama olarak 5-6 saniye aralığındadır. Modele girdi olarak Kayseri İl Afet ve Acil Yardım Müdürlüğü'nden temin edilen Talas ilçesi mevcut toplanma yerleri alternatifler kümesi olarak verilmiştir. Modelde yer alan b ve t parametreleri karar verici tarafından belirlenmektedir. Böylece model, karar vericiye farklı parametre değerleri için mevcut alternatifleri değerlendirme imkânı sunmaktadır. Acil toplanma alanları afetin durumuna göre geçici barınma alanlarına dönüştürülebilmektedir. Geliştirilen model sayesinde karar verici seçeceği alternatif sayısına bağlı olarak geçici barınma alanı oluşturması halinde kapsamanın ne oranda değişebileceğini görebilmektedir. Model ayrıca mevcut alternatiflerin önem sırası hakkında da fikir vermektedir. Örneğin $b = 3$ değeri için modelin belirlediği alternatifler belirlenen amaç ve kısıtlar altında model için en uygun 3 alternatiftir. Değişen b ve t değerlerine bağlı olarak elde edilen amaç fonksiyonu değeri ve seçilen alternatifler Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5: b ve t parametrelerine göre değişen sonuçlar

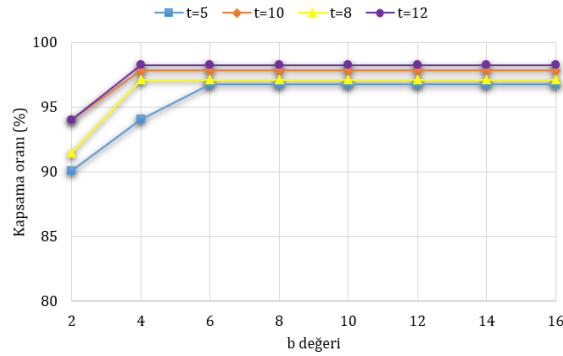
t	b	Amaç Fonksiyonu Değeri	Alternatifler
5	2	152460,939	A2,A6
	4	159200,345	A2,A6,A9,A11
	6	163768,964	A2,A6,A9,A11,A12,A13



	8	163770,41	A2,A5,A6,A9,A11,A12,A13,A15
	10	163771,067	A2,A5,A6,A8,A9,A11,...,A15
	12	163771,428	A2,A5,A6,A8,...,A16
	14	163771,703	A2,A3,A5,...,A16
	16	163771,955	A1,A2,...,A16
8	2	154846,78	A2,A15
	4	164359,012	A2,A9,A13,A15
	6	164360,617	A2,A5,A6,A9,A13,A15
	8	164361,638	A2,A5,A6,A9,A12,A13,A14,A15
	10	164362,067	A2,A5,A6,A8,A9,A11,...,A15
	12	164362,428	A2,A5,A6,A8,...,A16
	14	164362,703	A2,A3,A5,...,A16
	16	164362,955	A1,A2,...,A16
10	2	159094,659	A2,A12
	4	165536,358	A2,A5,A9,A16
	6	165537,617	A2,A5,A6,A9,A13,A15
	8	165538,638	A2,A5,A6,A9,A12,A13,A14,A15
	10	165539,067	A2,A5,A6,A8,A9,A11,...,A15
	12	165539,395	A2,A3,A5,A6,A8,A9,A11,...,A16
	14	165539,703	A2,A3,A5,...,A16
	16	165539,955	A1,A2,...,A16
12	2	159094,659	A2,A12
	4	166292,345	A2,A6,A9,A11
	6	166293,79	A2,A5,A6,A9,A11,A15
	8	166294,812	A2,A5,A6,A9,A11,A12,A14,A15
	10	166295,218	A2,A5,A6,A8,A9,A11,A12,A14,A15,A16
	12	166295,493	A2,A3,A5,A6,A7,A8,A9,A11,A12,...,A16
	14	166295,779	A1,A2,A3,A5,A6,A7,A8,A9,A10,A11,A12,A14,A15,A16
	16	166295,955	A1,A2,...,A16

Tablo 5'e bakıldığında alternatifler ve mahalleler arası mesafe limiti (t) arttıkça beklenildiği gibi amaç fonksiyonu değerlerinde iyileşmeler olmaktadır. Bu durum modelin ilgili kısıtta gevşemesini sağlamaktadır. Benzer şekilde seçilecek alternatif sayısı arttığında amaç fonksiyonu değeri de artmaktadır. Seçilen alternatiflere bakıldığında ise modelin öncelikli olarak A2 alternatifine yöneldiği görülmektedir. Bu durumda A2 alternatifinin modelin amaç fonksiyonuna önemli katkı sağladığı söylenebilir. TOPSIS sonucunda elde edilen önem değerlerine baktığımızda ise A2 alternatifinin önem değerinin diğer alternatiflere göre nispeten az olduğu görülmektedir. Bu durumda matematiksel modelin yine de o alternatife öncelik verildiği görülmüştür. Alternatif 2'nin uygulama alanındaki çoğu mahalleden kısa mesafede ulaşım sağlanabilen merkezi bir

alan olduğu dolayısıyla modelin amaç fonksiyonunun ilk kısmına katkı sağladığı söylenebilir. A15 ise özellikle mesafe limiti artmaya başladığında öncelik verilen alternatiflerden biri olmuştur. Tablo 4'e baktığımızda bu alternatifin ağırlığının da diğer alternatiflerin çoğundan fazla olduğu görülmektedir. Yine değişen b ve t değerlerine bağlı olarak kapsanan nüfus oranında oluşan değişiklikler de Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: b ve t değerlerine bağlı değişen kapsama oranları

Şekil 2'ye bakıldığında kapsama oranlarının en düşük b ve t değerlerinde bile %90 civarında olduğu görülmektedir. Bu durum uygulama alanındaki mevcut kapsama alanlarının yine bu alandaki nüfusun büyük bir kısmının belirli mesafede ulaşabileceği alanlar olduğunu göstermektedir. Mesafeye bağlı limit arttırıldığında modele esneklik sağlandığı için kapsama oranlarının %98 civarına ulaştığı görülmektedir. b değerinde ise bu artış ortalama 4 civarında sabitlenmektedir.

4. SONUÇ

Afetler, sonucunda pek çok kişiyi olumsuz yönde etkileyen olaylardır. Depremler de en fazla can kaybının yaşandığı doğal afetlerdendir. Ülkemizin çok sayıda aktif fay hattı üzerinde olması nedeniyle, deprem öncesi ve sonrası hazırlıkların en uygun şekilde yapılması da önemlidir. Bu çalışma kapsamında, afet sonrası acil toplanma alanlarının belirlenmesi ve değerlendirilebilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda mevcut alternatiflerin önem değerlerini göz önüne alarak matematiksel model yardımıyla değişen parametre değerlerine bağlı olarak karar vericinin değişen sonuçları görebilmesi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle kriterlerin belirlenerek kriter ağırlıklarının hesaplanması gerekmektedir. Çalışmada, literatür çalışmaları ve il AFAD Müdürlüğü toplanma alanı tanım ve kriterleri göz önüne alınarak 5 ana kriter belirlenmiş ve literatürdeki çalışmalar ve farklı ilden AFAD çalışanı görüşleri alınarak AHP yöntemi uygulanmış, kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Elde edilen ağırlıklar mevcut alternatiflerin



ağırlıklarının belirlenmesi için girdi olarak TOPSIS yöntemine verilmiş ve uygulama sonunda toplam 16 alternatife ait farklı önem değerleri elde edilmiştir. Bu değerler geliştirilen maksimum kapsama modeline entegre edilmiştir. Modelde yer alan seçilecek alternatif sayısı ve alternatif ve mahalle arasındaki mesafe limiti gibi parametreler değişkendir. Bu parametreler karar verici tarafından belirlenmektedir. Modelin sonucunda parametre değerlerine bağlı olarak değişen sonuçlar analiz edilmiştir. Yani, önerilen model karar vericiye mevcut alanların sayısını ve toplanma alanlarına erişim süresini değiştirdiğinde eldeki amaç fonksiyonu değeri ve seçilen alanların nasıl değişeceği konusunda bilgi verir. Bunun yanında afetin büyüklüğü ve seyrine bağlı olarak mevcut toplanma alanları arasından (kapasiteler de göz önüne alındığı takdirde) geçici barınma alanları seçilmesi noktasında karar vericinin alanları belirlemesine yardımcı olacaktır. Gelecek çalışmalarda model, uygulamanın amaç ve gerekliliklerine göre geliştirilebilecektir. Bunun yanında literatürde yer seçim problemlerinde kullanılan farklı matematiksel modeller ya da yöntemler kullanılabilir.

Referanslar

- [1] Zhang, L., Tao, Z., & Wang, G. (2022). Assessment and determination of earthquake casualty gathering area based on building damage state and spatial characteristics analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 67, 102688. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102688>
- [2] URL1, <https://kayseri.afad.gov.tr/ilimizde-toplanma-ve-barinma-alanlari> (Son Erişim: 11.04.2023)
- [3] Maral, H., Akgün, Y., Çınar, A., & Karaveli, A. (2015). İzmir'deki Afet Sonrası Toplanma Ve Acil Barınma Alanları Üzerine Bir Değerlendirme. *Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı*.
- [4] Çelik, H. Z., Aydın, B. S., Partigöç, N. S., & Erdin, H. E. (2018, May). Deprem Riskleri Bağlamında Toplanma Alanlarının Güvenlik Kriterleri Temelinde Değerlendirilmesi Bayraklı (İzmir) Örneği. In *2nd International Symposium on Natural Hazards and Disaster Management, Sakarya University Culture and Congress Center, Sakarya-Turkey 04-06 May 2018*.
- [5] Erdin, H. E., Aydın, M. B. S., Partigöç, N. S., Çelik, H. Z., Palazca, A., & Horoz, Ç. (2021). Kentiçi yol kademelenmesinin afet durumunda toplanma alanlarının erişilebilirliğine etkisi açısından irdelenmesi. *Academic Platform-Journal of Engineering and Science*, 9(1), 103-111. <https://doi.org/10.21541/apjes.478601>
- [6] Ma, Y., Xu, W., Qin, L., & Zhao, X. (2019). Site selection models in natural disaster shelters: a review. *Sustainability*, 11(2), 399. <https://doi.org/10.3390/su11020399>
- [7] Pan, A. (2010, December). The applications of maximal covering model in typhoon emergency shelter location problem. In *2010 IEEE international conference on industrial engineering and engineering management* (pp. 1727-1731). IEEE. 10.1109/IEEM.2010.5674577



- [8] Şahin, Y., & Altın, F. G. (2016). Çadırkent yer seçimi problemi için bir atama modeli: Isparta örneği-an assignment model for shelter site selection problem: a case of Isparta. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(16), 323-336. <https://doi.org/10.20875/sb.35069>
- [9] Şahin, Y., & Hazirci, M. (2019). Geçici İskân Alanlarının Seçimi İçin Ahp Temelli P-Medyan Modeli: Burdur Örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(2), 403-417. <https://doi.org/10.21923/jesd.443206>
- [10] Dalal, J., Mohapatra, P. K., & Mitra, G. C. (2007). Locating cyclone shelters: a case. Disaster Prevention and Management: An International Journal.
- [11] Alizadeh, R., Nishi, T., Bagherinejad, J., & Bashiri, M. (2021). Multi-period maximal covering location problem with capacitated facilities and modules for natural disaster relief services. Applied sciences, 11(1), 397. <https://doi.org/10.3390/app11010397>
- [12] Saaty, T. L. (1974). Measuring the fuzziness of sets. Journal of Cybernetics, 4(4), 53-61. <https://doi.org/10.1080/01969727408546075>
- [13] Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSci.2008.01759>
- [14] Hwang, C. L., Yoon, K., Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Methods for multiple attribute decision making. Multiple attribute decision making: methods and applications a state-of-the-art survey, 58-191.
- [15] Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of the-art survey of TOPSIS applications. Expert Systems with Applications, 39(17), 13051-13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- [16] Uygurtürk, H., & Korkmaz, T. (2012). Finansal performansın TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi: Ana metal sanayi işletmeleri üzerine bir uygulama. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi, 7(2), 95-115.
- [17] Dumanoglu, S., & Ergül, N. (2010). İMKB'de işlem gören teknoloji şirketlerinin mali performans ölçümü. Muhasebe ve Finansman Dergisi, (48), 101-111.
- [18] URL 2, <https://www.afad.gov.tr/turkiye-deprem-tehlike-haritasi> (Son Erişim: 09.06.2023)
- [19] URL 3, <https://cbs.kayseri.bel.tr/> (Son Erişim: 10.04.2023)
- [20] Church, R., & ReVelle, C. (1974, December). The maximal covering location problem. In Papers of the regional science association (Vol. 32, No. 1, pp. 101-118). Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag.