



ÇADIRKENT YER SEÇİMİ PROBLEMİ İÇİN BİR ATAMA MODELİ: ISPARTA ÖRNEĞİ

AN ASSIGNMENT MODEL FOR SHELTER SITE SELECTION PROBLEM: A CASE OF ISPARTA

Yusuf ŞAHİN¹, Fatma Gül ALTIN²

Öz

Toplumun geniş bir kesiminin günlük yaşamını etkileyen, ani gelişen, büyük kayıplara yol açan ve toplumun kendi kaynakları ile başa çıkamayacağı olaylar afet olarak tanımlanmaktadır. Zamani önceden kestirilemeyen bu tür olayların en az can ve mal kaybı ile atlatılabilmesi, yapılacak iş ve işlemlerin olay öncesi etkili bir şekilde planlanmasıyla mümkündür. Olası bir afet sonrasında afetzedelerin acil barınma ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılacak geçici iskan alanlarının belirlenmesi bir yer seçimi problemi olup bu planlar çerçevesinde gerçekleştirilen faaliyetlerden biridir. Yer seçimi önemli bir karar problemidir. Problemin gerçek hayatta uygulanabilirliğini arttırmak için çeşitli kısıtlar eklemek suretiyle bugüne kadar birçok uzantısı tanımlanmıştır. Bu çalışmada, Isparta ilinde meydana gelecek olası bir deprem sonrası kullanılacak geçici iskan alanlarının ve bu alanlara atanacak mahallerin belirlenmesi için problem p-medyan problemi olarak modellenmiş ve GAMS paket programı ile çözülmüştür. Altı aday alandan dört tanesinin geçici iskan alanı olarak kullanılmasının uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Yer seçimi, afet yönetimi, p-medyan problemi, atama modeli

Abstract

A sudden event that causes great damage, and affects the large section of society that cannot overcome with own resources is called disaster. These events are not predictable, it is only possible to survive with minimal loss of life and damage with making an efficient emergency plan by defining the operations before the event. After a possible disaster, assigning a temporary shelter area for the victims of disaster is a site selection problem and one of these operations. Site selection is an important decision problem. In order to increase the applicability of this problem in real life, many extensions are defined by including various constraints up until today. In this study, selecting temporary shelter areas after a possible earthquake in Isparta and assigning the neighborhood to these areas is modeled as a p-median problem and solved with GAMS software package. The result of the study indicated that four of six candidate areas can be used as temporary shelter areas.

Keywords: Site selection, disaster management, p-median problem, assignment model

¹ Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, ysahin@mehmetakif.edu.tr

² Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Zeliha Tolunay Uygulamalı Teknik ve İşletmecilik Yüksek Okulu, gulaltin@mehmetakif.edu.tr

1. GİRİŞ

Toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan, normal hayatın akışını ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olaylar afet olarak tanımlanmaktadır (Açıklamalı Afet Terimleri Sözlüğü, 2014: s. 23). Jeolojik özellikleri ve iklim karakteristiği nedeniyle afetlerin sık yaşandığı ülkelerden birisi de Türkiye'dir. Deprem başta olmak üzere heyelan, sel, kaya düşmesi ve çığ ülkemizde en fazla yaşanan doğal afet türleridir. Afetler neticesinde yıkılan konut sayısı dikkate alındığında, konutların %76'sı için yıkım sebebi depremdir (Özmen vd., 2005: s. 1472). Türkiye nüfusunun %98'i, coğrafi alanlarının %91'i, sanayi tesislerinin %98'i ve barajlar başta olmak üzere temel altyapı tesislerinin %90'unun aşkın bölümü deprem riski taşıyan topraklar üzerinde yer almaktadır. Sadece birinci ve ikinci derece deprem kuşağı göz önüne alındığında dahi ülke nüfusunun ve ekonomik varlığının yaklaşık %80'lik bölümünün deprem riskiyle karşı karşıya kaldığı görülmektedir (Karaesmen vd., 2004: s. 3-4).

Günümüzde, teknoloji alanında önemli gelişmeler ve başarılar elde edilmesine karşın çoğu insan hala afetlere karşı korunmasız durumdadır. Plansız yerleşim yerleri ve yoğun nüfus artışı, sağlıksız ve denetimsiz bina stoku, yasal mevzuatın uygulanmasındaki zafiyetler ve yetersiz afet ve acil durum hazırlıklarığı gibi durumlar özellikle depremi Türkiye için önemli bir tehlike haline getirmektedir (Kadioğlu, 2011: s.11). Bugüne kadar ülkemiz deprem başta olmak üzere heyelan, sel, kaya düşmesi ve çığ afetlerine sık sık maruz kalmış ve maalesef maruz kalmaya da devam edecektir. Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 2008 yılında hazırlanan Afet Bilgileri Envanterine göre 1958 - 2008 yılları arasında Türkiye genelinde 29.807 adet afet olayı gerçekleşmiş ve meydana gelen bu afetlerden toplam 284.996 kişi etkilenmiştir. Afet türüne göre, olay sayısı ve afetzede sayılarının genel dağılımı ile ilgili oranlar Çizelge 1'de gösterilmektedir. Çizelgede yer alan bilgilere göre, toplam afetzede sayısının %56'lık kısmını depremden etkilenen afetzedeler oluşturmaktadır. İkinci sırada ise %21'lik oranla heyelan yer almaktadır. Çığ afeti etkilediği kişi sayısı bakımından %2'lik oranla en alt sırada yer almaktadır.

Çizelge 1. Afetin türüne göre olay sayısı ve afetzede sayılarının genel dağılımı

Afetler	Olay sayısı	AFETZEDELER				Etkilenen Toplam Afetzede Sayısı (1+2+3+4)	ORAN (%)
		Etkili Nakil (1)	İlave Nakil (2)	Etkisiz Nakil (3)	Nakil İptali (4)		
Heyelan	13.494	65.759	2.622	3.998	13.034	59.345	21
Kaya Düşmesi	2.956	19.699	935	2.442	3.654	19.422	7
Su Baskını	4.067	29.020	506	1.197	8.566	22.157	8
Deprem	5.318*	157.794	45	637	235	158.241	56
Diğer Afetler	1.175	11.309	8	85	2.165	9.237	3
Çığ	731	4.409	181	336	542	4.384	2
Çoklu Afetler	2.024	17.221	629	838	6.478	12.210	4
Tasnif Edilmemişler	42	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	29.807	305.211	4.926	9.533	34.674	284.996	100

Kaynak: Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., (2008). "Türkiye'de Afetlerin Mekânsal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri", Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü verilerine göre 1903-2014 yılları arasında ülkemizde 200'den fazla can kaybı ile sonuçlanan 23 büyük deprem yaşanmış ve bu depremlerde

toplamda 81.082 kişi hayatını kaybederken, 440.019 konut hasar görmüştür³. Yaşanan bu depremlere ilişkin bilgiler Çizelge 2’de gösterilmektedir.

Çizelge 2. Türkiye’de yaşanan büyük depremler

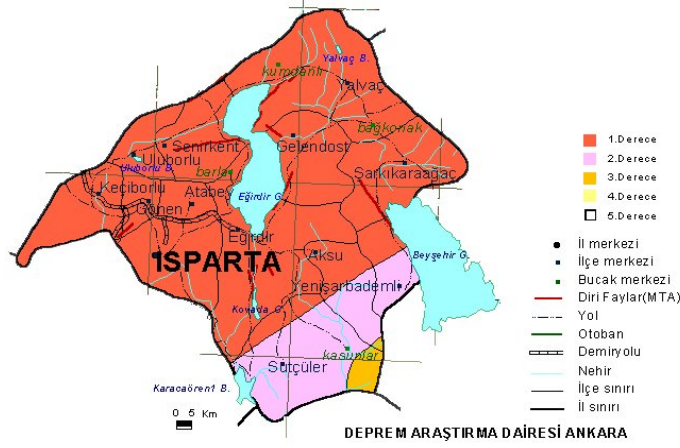
TARİH	OLAY SAATİ	YER	ŞİDDETI MAG (Ms)	CAN KAYBI	HASARLI BİNA
29.04.1903	01:46	Malazgirt (Muş)	6,7	600	450
9.08.1912	03:29	Mürefte (Tekirdağ)	7,3	216	5.540
4.10.1914	00:07	Burdur	6,9	300	6.000
22.10.1926	21:59	Kars-Ermenistan	6,0	355	-
7.05.1930	00:34	Türk-İran Sınırı	7,2	2514	-
27.12.1939	01:57	Erzincan	7,9	32.968	11.6720
20.12.1942	16:03	Erbaa (Tokat)	7,0	3.000	32.000
20.06.1943	17:32	Hendek (Adapazarı)	6,6	336	2240
27.11.1943	00:20	Ladik (Samsun)	7,2	4.000	40.000
1.02.1944	05:22	Gerede-Çerkeş (Bolu)	7,2	3.959	20.865
31.05.1946	05:12	Varto-Hıms (Muş)	5,9	839	3.000
17.08.1949	20:44	Karlıova (Bingöl)	6,7	450	3.500
18.03.1953	21:06	Yenice (Çanakkale)	7,2	265	6.750
19.08.1966	14:22	Varto (Muş)	6,9	2.396	20.007
28.03.1970	23:02	Gediz (Kütahya)	7,2	1086	19.291
22.05.1971	18:43	Bingöl	6,8	878	9.111
6.09.1975	12:20	Lice (Diyarbakır)	6,6	2.385	8.149
24.11.1976	14:22	Muradiye (Van)	7,5	3.840	9.232
30.10.1983	07:12	Erzurum – Kars	6,9	1155	3.241
13.03.1992	19:08	Erzincan	6,8	653	8.057
17.08.1999	03:01	Gölcük (Kocaeli)	7,8	17.480	73.342
12.11.1999	18:57	Düzce	7,5	763	35.519
23.10.2011	13:41	Van	7,2	644	17.005
			TOPLAM	81.082	440.019

Kaynak: <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/> (Erişim Tarihi: 01.03.2016)

Çalışma alanı olarak belirlenen Isparta İlinin afetselliği incelendiğinde, tarihsel süreç içerisinde deprem, heyelan-feyezan, çığ, yangın ve kaya düşmesi olaylarının sıklıkla meydana geldiği görülmektedir. En fazla can ve mal kaybına neden olan depremin 04 Ekim 1914 tarihinde meydana gelen ve Richter Ölçeği ile 6.9 büyüklüğünde olan Burdur depremi olduğu bilinmektedir. Senirkent, Sütçüler ve Yalvaç ilçelerinde meydana gelen sel ve çamur akması olaylarında toplam 81 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. 1966 yılından bu yana il sınırları içerisinde meydana gelen kaya düşmesi olaylarında ise can kaybı yaşanmazken toplam 248 ev hasar görmüştür.

Isparta, Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde yer alan, 30.09 ve 31.06 doğu boylamları ile 37.35 ve 38.48 kuzey enlemleri arasında bulunan bir şehirdir. 8.933 km²'lik yüzölçümüne sahip olan Isparta, kuzey ve kuzeybatıdan Afyon İli'nin Sultandağı, Çay, Şuhut, Dinar ve Dazkırı, batıdan ve güneybatıdan Burdur İli'nin Merkez, Ağlasun ve Bucak, güneyden Antalya İli'nin Serik ve Manavgat, doğu ve güneydoğudan ise Konya İli'nin Akşehir, Doğanhisar ve Beyşehir İlçeleri ile çevrilmiştir. Ortalama 1050 metrelik rakıma sahip olan ilin büyük bölümü 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. İlin birinci, ikinci ve üçüncü derece deprem bölgesinde yer alan kısımları Şekil 2'de gösterilmektedir (Isparta Afet Çalışma Rehberi, 2014; Şahin ve Uyan, 2016, s. 782)

³<http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/> (Erişim tarihi: 01.03.2016)



Şekil 1. Isparta Deprem Haritası (Deprem Araştırma Dairesi-1996)

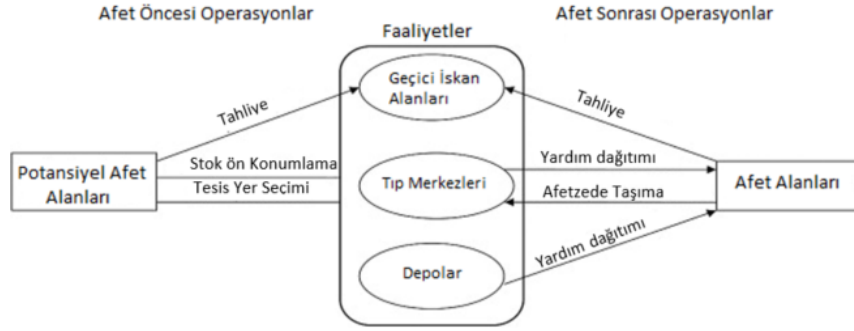
Bu çalışmanın amacı, Isparta İlinde yaşanabilecek olası bir deprem sonrası afetzedelerin geçici barınma ihtiyaçlarının karşılanması için kurulacak olan çadırkent alanlarının ve bu çadırkentlere atanacak mahallerin belirlenmesidir. Bu kapsamda, 2015 yılında İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından hazırlanan İl Afet Müdahale Planı kapsamında çadırkent kurulabilecek alanlar olarak belirlenen altı aday bölgeden hangilerinin kullanımının uygun olacağı ve bu alanlara hangi mahallelerin atanacağı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu bölümde ülkemizde afet ve afet yönetimi ile ilgili özet bilgiler sunulmuştur. İkinci bölümde afet yönetimi ile ilgili yer seçimi çalışmalarını içeren literatüre yer verilmiştir. Üçüncü bölümde yer seçim problemi ve kullanılan atama modeli açıklanmıştır. Dördüncü bölümde elde edilen çözümler ve son bölümde ise sonuçlar yer almaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Afetzedelerin geçici barınma alanı olarak kullanacakları çadırkentlerin yer seçimi afet yönetimi içerisinde oldukça önemli bir faaliyettir. Seçilen alanların, depremzedeler için asgari yaşam koşullarını sağlaması gerekir. Geçici barınma alanlarının seçiminde konunun uzmanları tarafından belirlenen çeşitli ölçütler kullanılarak seçim çalışmaları yapılır. Planlama ve yer seçimi, afet yönetimi döngüsü içerisinde afet öncesi hazırlık aşamasında yapılan başlıca çalışmalardır. Uygunsuz alanların seçimi afet sonrasında güvenlik ve hizmet eksikliği, ikincil afetler ve salgın hastalıklar gibi istenmeyen durumların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bunların yanı sıra, sosyal ve kültürel sorunlar ile barınak temininde yaşanabilecek aksaklıklar da karşılaşılabilecek diğer önemli sorunlardır. Bu noktada, afetlerin yarattığı olumsuzlukların en aza indirilmesi veya tamamen ortadan kaldırılabilmemesinin ancak etkili bir Afet Yönetim Sistemi ile sağlanabileceği unutulmamalıdır.

Afet yönetimi döngüsünde gerçekleştirilecek faaliyetlerin afet öncesi ve afet sonrası çalışmalar olarak ayrıldığı görülmektedir. Potansiyel afet alanlarının belirlenmesi, bu alanlarda yaşayan kişilerin geçici iskân alanlarına taşınması (tahliye), afet sonrası kurulacak tesisler için yer seçimi, müdahale ve acil yardım malzemelerinin konumlandırılması afet öncesi yapılacak çalışmalardır. Afet sonrası dönemde ise afetzedelerin geçici iskân alanlarına taşınması, yaralıların tıp (medikal) merkezlerine taşınması ve daha önceden depolanan acil yardım ekipmanlarının afet alanlarına taşınması gibi faaliyetler gerçekleştirilir. Genel anlamda afet lojistiği ile ilgili olan bu konular içerisinde, afet sonrası kullanılacak tesislerin yerinin belirlenmesi önemli bir karar problemi olup son yıllarda akademisyenler ve afet ve acil durum yönetimi

alanlarında çalışan uygulayıcıların üzerine yoğunlaştığı önemli bir alandır. Afet operasyonları, ilgili faaliyetler ve akışlarla ilgili genel çerçeve Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2. Afet operasyonları, ilgili faaliyetler ve akışlarla ilgili genel çerçeve

Kaynak: Caunhye vd., 2012, s. 6.

Afet lojistiği deposunun kurulacağı yerinin belirlenmesi afete hazırlık aşamasında yapılacak bir yer seçimi faaliyetidir. Afet sonrasında hem afetzedelerin hem de görev yapmak üzere afet bölgesine gidecek olan Sivil Toplum kuruluşu (STK) ve kamu kurumlarında görevli personelin ihtiyaçlarının karşılanması için çadır ve acil müdahale malzemelerinin depolandığı bu tesislerin yer seçimi için çeşitli çalışmalar literatürde yer almaktadır. Balcık ve Beamen (2008) ve Günneç (2007) afet lojistik deposu yer seçim problemini maksimum kapsama, Hale ve Moberg (2005) ve Murali vd., (2012) ise küme kapsama problemi olarak ele almıştır. Duran vd., (2011), uluslararası bir yardım kuruluşuna (CARE) ait insani yardım depolarının sayısını ve konumu belirlemek için karma tamsayı programlama modeli önermiştir. Görmez vd., (2011) İstanbul’da afet müdahale faaliyetlerinin konumlandırılması için iki aşamalı ve çok amaçlı bir matematiksel model önermiştir. Han vd., (2011), acil durum malzemelerinin tedariki için rota kapasitesi ve teslim zamanı gibi uygulama durumlarının dikkate alındığı tedarik yeri seçimi ve rotalama problemlerinin çözümüne yönelik olarak lagrange esnetmesi esaslı bir çözüm yöntemi geliştirmiştir. Rawls ve Turnquist (2010) ve Mete ve Zabinsky (2010) depreme hazırlık çalışmaları kapsamında tıbbi malzemelerin nerede ve ne miktarda depolanması gerektiğini belirlemek için stokastik modeller önermiştir. Campbell ve Jones (2011) tek bir talep noktasına hizmet verecek tedarik noktasında malzemelerin konumlandırılması ile ilgili maliyetleri değerlendirmek için risk faktörünün dikkate alındığı matematiksel model önermiştir. Yushimito vd. (2012) afetlerde dağıtım merkezi olarak kullanılacak alanların en kısa sürede hizmet verecek şekilde belirlenmesi için Varonoi diyagramlarını esas alan bir sezgisel çözüm yöntemi önermiştir.

Afetsonrası kurulacak bir diğer tesis tıp merkezidir. Literatürde bu tesislerin kurulacağı yerlerin belirlenmesi probleminin çözümü için matematiksel modellerin yanı sıra çeşitli sezgisel yöntemler de önerilmiştir. Acil tıp merkezlerinin yer seçimi problemini Dekle vd., (2005) ve Ablenedo-Rosas vd.,(2009) küme kapsama problemi, Lu vd., (2011) ise p-merkez problemi olarak modelleyerek çözüm aramıştır. Jia vd., (2007), maksimum kapsama problemi olarak modelledikleri probleminin çözümü için genetik algoritma, lagrange esnetmesi ve tahsis sezgiseli olmak üzere 3 farklı sezgisel yöntem önermiştir. Aynı problemin çözümü için Lu ve Yun-xian (2009) karınca kolonisi esaslı bir sezgisel yöntem

geliştirmiştir. Toro-Díaz vd., (2013) ise ambulans yerleşim ve sevk noktası belirlemek için genetik algoritma esaslı bir yöntem önermiştir.

Yaşanacak yıkıcı bir doğal afet sonrası evsiz kalan afetzedelerin konut ihtiyacının karşılanabilmesi için kurulması gereken tesisler geçici barınma merkezleridir. Literatür incelendiğinde, uygun geçici barınma merkezlerinin kurulacağı alanların alanlarının belirlenmesi noktasında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) (Jianyu ve Youpo, 2011; Jianyu ve Youpo, 2012; Cheng ve Yang, 2012; Givechi vd., 2013), TOPSIS (Jianyu ve Youpo, 2012) ve entropi (Jianyu ve Youpo, 2012) gibi çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışmaların yanı sıra matematiksel modellerin ve sezgisel yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar da yine literatürde yer almaktadır. Kaili vd. (2012), Çin'in Wuhan Bölgesi için acil durum barınma merkezlerinin yerini belirlemek için çeşitli kriterler belirlemiş ve kriter ağırlıkları, ağırlıklandırılmış Voroni Diyagramları ve ArcGIS yardımıyla problemi ele almışlardır. Kılıcı vd., (2012), olası bir afet sonrası İstanbul Anadolu yakasında kurulacak olan çadırkent alanlarının lokasyon seçimi için ağırlıklı ortalama fonksiyonu ile sıralanan alanlara mahalle ataması için matematiksel bir model önermiştir. Zhao vd., (2015), Çin'in Beijing kentinde bulunan Chaoyang bölgesinde kurulacak çadırkentlerin yerini belirlemek için çok amaçlı bir yerleşim modeli geliştirmiş ve bu modeli parçacıklı sürü algoritması kullanarak çözmüştür. Kılıcı vd., (2015), İstanbul Kartal Bölgesi için çadırkent yer seçim problemini karma tam sayılı programlama modeli kullanarak çözmüştür.

Bugüne kadar yapılan literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde, çadırkent alanlarının belirlenmesi probleminin çözümü için özellikle çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmasına karşın problemin p-medyan problemi olarak modellendiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Kullanılan matematiksel model ile hem kullanılacak alanlar hem de bu alanlara atanacak olan mahalleler belirlenmiştir.

3. ÇADIRKENT YER SEÇİM PROBLEMİ

Yer seçim problemi günlük hayatta oldukça sık karşılaşılan bir problem türüdür. İşletmenin kuruluş aşamasında üzerinde en fazla durması gereken konular kapasite, üretim yöntemi ve kuruluş yeridir. Zaman içerisinde belirli sınırlar dâhilinde kapasite ve üretim yöntemi ile ilgili değişiklikler yapmak mümkündür. Ancak kuruluş yeri olarak elverişsiz bir bölgenin seçimi gereksiz harcama ve zararlara yol açmanın yanı sıra, işletmenin bir yerden diğer bir yere taşınmasını gerektirebileceği için uzun vadede ciddi maliyetleri beraberinde getirir. Bu açıdan bakıldığında, bir işletmenin faaliyet göstereceği veya bir kamu kurumunun (okul, hastane vb.) hizmet vereceği yerin seçimi üretim girdilerin temini, üretim ve dağıtım ile ilgili maliyetleri etkilediği için verimliliği doğrudan etki eden uzun vadeli ve stratejik bir karardır.

Yer seçim problemi, m adet tesisin n adet noktaya ($m < n$) toplam yatırım ve taşıma maliyetlerini minimize edecek şekilde atanması ile ilgili bir problemdir. Afet yönetimi kapsamında da ele alınan bu problem için geçmişten günümüze bu çeşitli model ve çözüm yöntemleri geliştirilmiştir. Problemin büyüklüğüne ve özelliğine göre kesin çözüm yöntemleri (Balcık ve Beamen, 2008; Gunneç, 2007) ve kabul edilebilir bir süre içerisinde optimuma yakın çözümler elde edilebilecek sezgisel yöntemler (Lu ve Yun-xian, 2009; Toro-Díaz vd., 2013) literatürde yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında, Rolland vd.,

(1996) tarafından önerilen model kapasite ve kullanım oranı kısıtlarının eklenmesiyle çadırkent yer seçim problemine uyarlanmıştır. Modeldeki değişkenler, amaç fonksiyonu ve kısıtlar aşağıda gösterilmektedir.

Karar değişkenleri ve parametreler:

i : mahalle no, $i = 1, 2, 3, \dots, m$

j : olası geçici iskan alanları, $j = 1, 2, 3, \dots, n$

$a_i = i$. mahallede oluşacak talep, $i = 1, 2, 3, \dots, m$

$d_{ij} = i$. mahalle ile j . çadırkent alanı arasındaki mesafe

$C_j = j$. çadırkent alanının toplam kapasitesi (kişi sayısı olarak)

$p =$ kurulacak çadırkent sayısı

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ mahalle } j. \text{ alana atanırsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

$y_j = \begin{cases} 1, & j. \text{ alan çadırkent kurmak için seçilmişse} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$

Model:

$$\min. z = \sum_i \sum_j a_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_j x_{ij} = 1, \quad \forall i, \quad (2)$$

$$x_{ij} - y_j \leq 0, \quad \forall i, j, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p, \quad (4)$$

$$\sum_i \sum_j a_i x_{ij} y_j \leq C_j \quad (5)$$

$$\sum_i \sum_j a_i x_{ij} y_j - 0.5 C_j \geq 0 \quad (6)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\} \forall i, j \quad (7)$$

Amaç fonksiyonu (1) ile açılacak çadırkent alanlarına atanacak olan mahallelerin ağırlıklı mesafesi minimize edilmek istenmektedir. Kısıt (2) her bir mahallenin sadece bir çadırkent alanına atanmasını garanti etmektedir. Kısıt (3) yer seçimi değişkeni (y_j) ile atama değişkenini (x_{ij}) birbirin bağlar. Bu kısıt, j . alana bir çadırkent kurulduğunda ($y_j = 1$) i . mahallenin talebinin bu alan ile karşılanacağını gösterir. Kısıt (4), p adet çadırkent kurulacağını ifade etmektedir. Kısıt (5), j . Alan ile ilgili kapasite kısıtıdır. Bu alana atanan toplam kişi sayısı alanın kapasitesinden büyük olmamalıdır. Kısıt (6), açılacak çadırkentlerin en az yarı kapasite ile hizmet vermesini, ihtiyaçtan çok daha fazla kapasiteye sahip alanların çadırkent alanı olarak seçilmemesi için modele eklenen kısıttır. Kısıt (7) ise karar değişkenlerinin 0 veya 1 değeri alabileceğini göstermektedir.

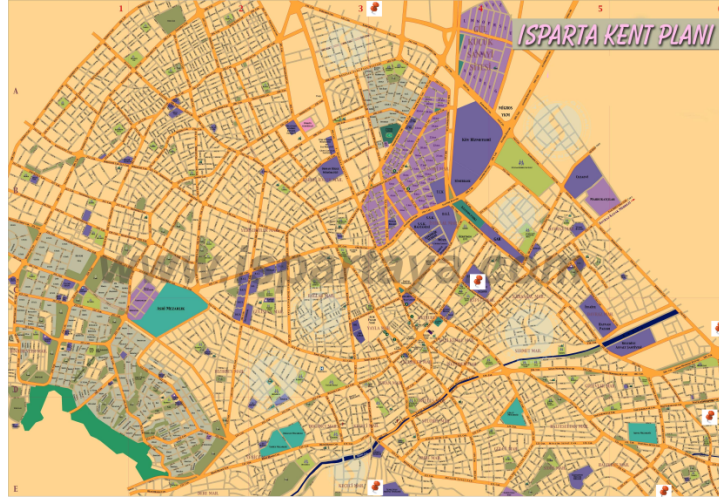
4. UYGULAMA

4.1. Uygulama Yapılan Bölge İle İlgili Bilgiler

Çalışma bu kısmında 3. Bölümde ayrıntıları verilen atama modelinin uygulaması yapılmıştır. Isparta İl merkezinde toplam 44 mahalle bulunmaktadır. Afet senaryosuna göre meydana gelecek 7.1 şiddetindeki bir depremin ardından il merkezinde 22.965 kişinin geçici iskân alanı ihtiyacı ortaya çıkacaktır. Yine plan kapsamında, belediye ile yapılan görüşmeler neticesinde çadırkent kurmak için uygun 6 adet alan belirlenmiştir. 22.965 kişilik talebin çadırkent alanlarına ataması yapılmadan önce, mahalle bazında kaç kişinin geçici iskân ihtiyacı olacağı mahalle nüfusunun toplam nüfus içerisindeki oranı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Mahalle nüfusları, mahallenin geçici iskân alanlarına uzaklıkları, iskân alanlarının kapasitesi ve mahallelerin kişi sayısı olarak ihtiyaç miktarları Çizelge 3'te, geçici iskân alanı olarak kullanılması planlanan alanlar Şekil 3'te yer alan harita üzerinde gösterilmektedir.

Çizelge 3. Nüfus ve uzaklık bilgileri

MAHALLE ADI	NÜFUS	NÜFUS ORANI (%)	İHTİYAÇ (kişi)	MAHALLERİN ÇADIRKENT ALANLARINA UZAKLIKLARI					
				STADYUM (4.160)	AYAZMANA (20.328)	GÖKÇAY (34.400)	FUAR (26.300)	AYM (5.756)	VATAN MH. (3.424)
Akkent	2.843	1,37	315	8,1	10,8	10,7	9,9	9,1	11
Anadolu	7.304	3,52	809	2,2	5,9	4,6	2,3	4,3	5,1
Ayazmana	6.224	3	690	3,1	0,5	3,8	7,1	2	0,6
Bağlar	8.151	3,93	903	1,7	4,9	2,6	3,7	4,1	4,6
Bahçelievler	7.188	3,47	796	2,3	5,4	3,8	2,5	5,5	4,6
Batıkent	6.691	3,23	741	4,4	7,3	4,6	4,6	7,7	6,5
Binbirevler	2.464	1,19	273	3,1	5,5	2,9	4,4	5,5	4,9
Çelebiler	825	0,4	91	1,1	3,3	2,3	4,6	3,1	2,5
Çünür	8.005	3,86	887	6,8	9,8	8,9	2,8	8,6	9
Davraz	19.980	9,64	2.214	2	3,2	3,3	5,5	1,2	1,4
Dere	1.737	0,84	192	3,1	5,5	2,9	4,4	5,5	4,9
Doğancı	2.045	0,99	227	2,2	4	1,2	5,4	3,9	3,2
Emre	3.976	1,92	441	3	3,7	0,8	6	4,2	4,2
Fatih	11.946	5,76	1.324	4	7	5,4	1,8	6,3	6,1
Gazi Kemal	1.162	0,56	129	0,85	2,9	2,2	4,4	2,9	2,1
Gülcü	3.009	1,45	333	2	2,1	2,2	5,6	2,8	1,3
Gülevler	2.649	1,28	294	2	1,9	3,4	5,9	1,5	1
Gülistan	3.749	1,81	415	2,7	5,4	2,6	4,1	5,9	4,6
Halkent	6.971	3,36	772	3	1,1	3,5	6,3	2	2,7
H.Sultan	5.473	2,64	606	2	1,7	2,7	5,5	2,3	0,9
Hızırbey	9.891	4,77	1.096	2,3	3	2,5	4,6	5,3	4,5
Hisar	1.853	0,89	205	1,6	2,6	2	5,1	2,7	1,8
Işıkent	7.623	3,68	845	3,1	5,5	2,9	4,4	5,5	4,9
İskender	1.622	0,78	180	3,1	5,7	2,9	4,4	5,8	4,9
İstiklal	7.509	3,62	832	0,7	4,6	3,7	3,6	3,8	3,7
Karaağaç	7.143	3,45	791	0,55	3,1	3,4	4,7	2,3	3,1
Kepeci	1.304	0,63	144	3,1	5,5	2,9	4,4	5,5	4,9
Kepeci	2.905	1,4	322	0,6	3,3	2,7	4,4	2,5	3
Kurtuluş	1.063	0,51	118	1,6	3,4	1,3	5,2	3,2	2,6
Kütübey	357	0,17	40	0,7	3,5	2,6	3,8	3,5	2,7
M. Türkeş	3.612	1,74	400	3,5	6,4	4,1	3,7	6,7	5,5
M. Tönge	2.629	1,27	291	9,3	11,9	10,6	4,5	10,3	12,5
M. Evler	6.544	3,16	725	3,4	6,4	5,5	2,2	4,8	5,6
Pirimehmet	4.775	2,3	529	1,4	4,1	2,9	3,5	4,2	3,3
Sanayi	1.171	0,56	130	3,1	5,7	2,9	4,4	5,8	4,9
Sermet	1.756	0,85	195	0,6	3,3	2,7	4,4	2,9	3
Sidre	2.233	1,08	247	2,3	1,6	2,5	9,4	3	1
Sülübey	1.211	0,58	134	2,1	2,8	1,5	5,8	3,1	3,1
Turan	1.695	0,82	188	2,8	3,6	1,2	5	3,3	2,8
Vatan	4.528	2,18	502	3	1,1	4,1	8,2	1,4	1
Yayla	1.942	0,94	215	1,2	3,8	2,4	4,4	3,8	3,5
Yedişehitler	12.831	6,19	1.422	2,4	5,3	3,4	3,6	5,7	4,5
Yenice	1.228	0,59	136	3	4,8	1,4	6,2	4,9	4
Zafer	7.449	3,59	825	3,8	6,7	4,9	2,7	7,1	5,9
TOPLAM	207.266	100	22.965						



Şekil 3. Çadırkent için belirlenen aday alanlar

Kaynak: <http://32.ispartaya.com/> (Erişim tarihi: 10.05.2016)

4.2. Modelin Çözümü

Bölüm 3'te detayları verilen matematiksel model GAMS programı ile çözülmüş ve 44 mahallenin çeşitli p değerleri için çadırkent alanlarına atamaları yapılmıştır. Buna göre p değerinin 5 ve 6 olması durumunda kullanılan kısıtlar nedeniyle uygun bir çözüm elde edilememektedir. Bu değer 4 olması durumunda, parantez içerisindeki değer atanacak mahalle sayısını göstermek üzere, Atatürk Stadyumu (15), Fuar Alanı (21), AYM (3) ve Vatan Mahallesi Park Alanının (5) çadırkent kurulmak üzere seçilmesinin uygun olacağı sonucuna ulaşılmıştır. En düşük amaç fonksiyonu değeri 58.367,91 ile 4 adet çadırkent kurulması durumunda elde edilmektedir. Diğer taraftan, kurulacak çadırkent sayısının azaltılması ortalama kullanım oranını arttırırken amaç fonksiyonu değerinin artmasına da neden olmaktadır. Farklı p değerleri için elde edilen sonuçların tamamı Çizelge 4'te özetlenmiştir.

Çizelge 4. Elde edilen sonuçlar

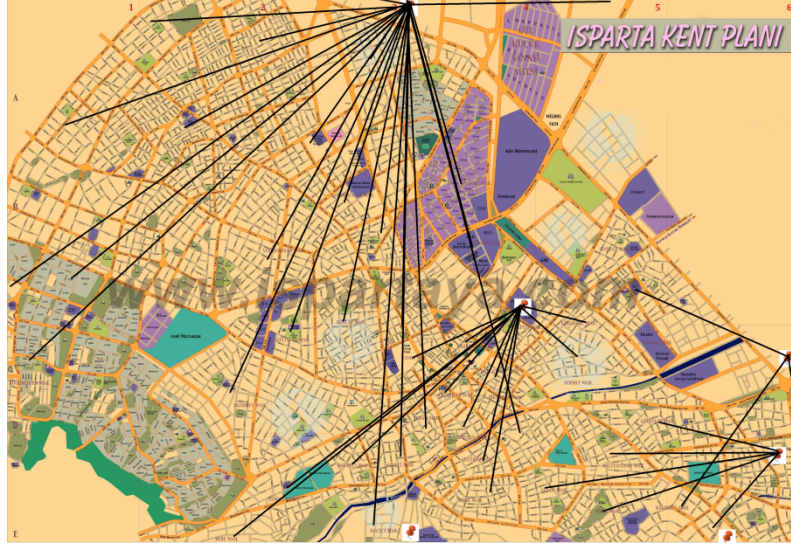
	Alan	p değerleri					
		6	5	4	3	2	1
Atanan Mahalle Sayıları	Atatürk Stadyumu	-	-	15	14	0	0
	Ayazmana Mesireliği	-	-	0	0	0	0
	Gökçay Mesireliği	-	-	0	0	0	44
	Fuar Alanı	-	-	21	22	30	0
	AYM	-	-	3	9	14	0
	Vatan Mahallesi	-	-	5	0	0	0
Kapasite Kullanım Oranı	Atatürk Stadyumu	-	-	97,8	97,9	0	0
	Ayazmana Mesireliği	-	-	0	0	0	0
	Gökçay Mesireliği	-	-	0	0	0	66,76
	Fuar Alanı	-	-	50,4	52,1	65,5	0
	AYM	-	-	60,6	98,1	99,9	0
	Vatan Mahallesi	-	-	63,4	0	0	0
Ortalama Kapasite Kullanım Oranı (Toplam Kullanım Oranı / p)		-	-	68,05	82,70	82,70	66,76
Amaç Fonksiyonu		-	-	58.367,91	61.122,40	77.537,96	86.838,74

Çizelge 4'te yer alan amaç fonksiyonu değerleri incelendiğinde, tanımlanan kısıtları karşılayan en iyi çözüme p 'nin 4 değerini almasıyla ulaşıldığı görülmektedir. $p=4$ için elde edilen çözümün detayları Çizelge 5 ve Şekil 4'te gösterilmektedir. 15 mahalle Atatürk Stadyumuna, 21 mahalle Fuar Alanına, 3

mahalle Afet Yönetim Merkezi (AYM) olarak ayrılan bölgeye ve 5 mahalle ise Vatan Mahallesiinde bulunan Park Alanına atanmıştır. Kapasite kullanım oranlarına bakıldığında %97,8 ile Atatürk Stadyumu en yüksek kullanım oranı sahip geçici iskan alanıdır.

Çizelge 5. $p=4$ için elde edilen çözümün detayları

MAHALLE NO	MAHALLE ADI	İHTİYAÇ (kişi)	ÇADIRKENT ALANLARI ve KAPASİTELERİ					
			STADYUM (4.160)	AYAZMANA (20.328)	GÖKÇAY (34.400)	FUAR (26.300)	AYM (5.756)	VATAN (3.424)
1	Akkent	315				√		
2	Anadolu	809				√		
3	Ayazmana	690						√
4	Bağlar	903				√		
5	Bahçelievler	796				√		
6	Batıkent	741				√		
7	Binbirevler	273				√		
8	Çelebiler	91	√					
9	Çünür	887				√		
10	Davraz	2214					√	
11	Dere	192	√					
12	Doğancı	227	√					
13	Emre	441	√					
14	Fatih	1324				√		
15	Gazi Kemal	129	√					
16	Gülcü	333						√
17	GülevlerMh.	294						√
18	Gülistan	415				√		
19	Halikent	772					√	
20	Halife Sultan	606						√
21	Hızırbey	1096				√		
22	Hisar	205	√					
23	Işikkent	845				√		
24	İskender	180				√		
25	İstiklal	832	√					
26	Karaağaç	791	√					
27	Keçeci	144				√		
28	Kepeci	322	√					
29	Kurtuluş	118	√					
30	Kutlubey	40	√					
31	Mehmet Töngge	291				√		
32	Modern Evler	725				√		
33	M.Türkeş	400				√		
34	Pirimehmet	529				√		
35	Sanayi	130				√		
36	Sermet	195	√					
37	Sidre	247						√
38	Sülübey	134	√					
39	Turan	188				√		
40	Vatan	502					√	
41	Yayla	215	√					
42	Yedişehitler	1422				√		
43	Yenice	136	√					
44	Zafer	825				√		
Toplam Kişi Sayısı (adet)		22.965	4.068	0	0	13.238	3.488	2.170
Mahalle Sayısı (adet)		44	15	0	0	21	3	5
Kapasite Kullanım Oranı (%)		-	97,79	0,00	0,00	50,33	60,60	63,38



Şekil 4. $p=4$ için elde edilen çözümün harita gösterimi

5. SONUÇ

Bu çalışmada, Isparta İlinde yaşanması olası bir deprem sonrasında kullanılacak olan çadırkent alanlarının belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Isparta İl Afet Müdahale Planı çerçevesinde belirlenen altı aday bölgeden hangilerinin kullanımının uygun olacağı ve bu alanlara hangi mahallelerin atanacağı bu çalışmanın ana konusudur. Çadırkent kurmak için uygun olduğu değerlendirilen alanların belirli bir kapasitesinin olması ve gereğinden fazla çadırkent kurmanın yönetim ve kaynak sıkıntılarına yol açma ihtimaline karşın Rolland vd., (1996) tarafından önerilen matematiksel modele kapasite ve kullanım oranı kısıtları eklenmiştir. Bu sayede p -medyan problemi kapasiteli p -medyan problemine dönüştürülerek çalışma kapsamında ele alınan probleme uyarlanmıştır. Gerçek uygulama ile uyumlu olması için İl Afet Müdahale planı kapsamında kullanılan senaryoda yer alan bilgiler kullanılarak problem çözülmeye çalışılmıştır. Bu senaryoda, 7.1 şiddetinde bir deprem olması durumunda Isparta İl merkezinde 22.965 kişilik barınma ihtiyacı ortaya çıkacağı tahmin edilmektedir. Yakın zamanda meydana gelen Van Depreminin sonuçları ile kıyaslandığında ise bu tahminin gerçekçi olduğu görülmüştür.

Uyarlanan model GAMS programı ile çözülmüş ve aday alanlar içerisinde en az maliyetle Atatürk Stadyumuna, Fuar Alanına, AYM olarak ayrılan bölgeye ve Vatan Mahallesi Park Alanına çadırkent kurulabileceği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada, bütün aday alanların çadırkent kurmak için aynı derecede uygun olduğu kabul edilerek atama işlemi gerçekleştirilmiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda, iki aşamalı bir yaklaşımın daha uygun olacağı görülmektedir. Bu kapsamda, afet yönetimi konusunda uzman teknik ve idari personellerden oluşan bir grup tarafından belirlenen ve ağırlıklandırılankriterler kullanılarak aday alanların uygunluk değerleri belirlendikten sonra atama işlemi yapılabilir. Belediye tarafından 6 alan belirlenmiş olmasına karşın, konum ve özellikleri bakımından çadırkent kurmaya elverişli başka alanlar da il içerisinde yer almaktadır. Gelecekte Isparta için yapılacak çalışmalarda bu durum da dikkate alınmalıdır.

6. KAYNAKÇA

- Ablanedo-Rosas, J.H., Gao, H., Alidaee, B., & Teng, W. (2009). "Allocation of emergency and recovery centres in Hidalgo, Mexico". *International Journal of Services Sciences*, Cilt.2, Sayı.2, (206–218).
- Balcik B., Beamon, B.M., (2008). "Facility location in humanitarian relief". *International Journal of Logistics*, Cilt.11, Sayı.2, (101–121).
- Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2014), *Açıklamalı Afet Terimleri Sözlüğü*, Ankara.
- Campbell, A. M., Jones, P. C. (2011). "Prepositioning supplies in preparation for disasters". *European Journal of Operational Research*, Cilt.209, Sayı.2, (156–165).
- Caunhye, A.M., Nie, X., Pokharel, S., (2012). "Optimization models in emergency logistics: A literature review", *Socio-Economic Planning Sciences*, Cilt.46, Sayı.1, (4–13).
- Cheng, H., Yang, X., (2012). "A Comprehensive Evaluation Model for Earthquake Emergency Shelter". *Sustainable Transportation Systems*: Sayfa.412-422, doi: 10.1061/9780784412299.0050.
- Dekle, J., Lavieri, M. S., Martin, E., Emir-Farinas, H., Francis, R. L. (2005). "A Florida county locates disaster recovery centers". *Interfaces*, Cilt.35, Sayı.2, (133-139).
- Duran, S., Gutierrez, M. A., Keskinocak, P. (2011). "Pre-positioning of emergency items for care international". *Interfaces*, Cilt.41, Sayı.3, (223-237).
- Givechi, S., Attar, M.A., Rashidi, A., Nasbi, N., (2013). "Site selection of temporary housing after earthquake by GIS and AHP method Case study: Region 6 of Shiraz", *Urban - Regional Studies and Research Journal*, Cilt.5, Sayı.17, (29-32).
- Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., (2008). *Türkiye’de Afetlerin Mekânsal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri*, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Görmez, N., Köksalan, M., Salman, F. S. (2011). "Locating disaster response facilities in Istanbul". *Journal of the Operational Research Society*, Cilt.62, Sayı.7, (1239-1252).
- Günneç, D. (2007). *Network optimization problems for disaster mitigation: Network reliability, investment for infrastructure strengthening and emergency facility location*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Koç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Hale, T., Moberg, C.R. (2005). "Improving supply chain disaster preparedness: A decision process for secure site location". *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Cilt.35, Sayı.3, (195–207).
- Han, Y., Guan, X., Shi, L. (2011). "Optimization based method for supply location selection and routing in large-scale emergency material delivery". *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, Cilt.8, Sayı.4, (683–693).
- Isparta İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (2014), *Isparta Afet Çalışma Rehberi*, Isparta.
- Jia, H., Ordóñez, F., Dessouky, M. M., (2007). "Solution approaches for facility location of medical supplies for large-scale emergencies". *Computers & Industrial Engineering*, Cilt.52, Sayı.2, (257–276).

Jianyu C, Youpo S. "Comprehensive evaluation index system in the application for earthquake emergency shelter site". *Advanced Materials Research*, Cilt.156-157, (79-83).

Jianyu C, Youpo S. "The application of TOPSIS method in selecting fixed seismic shelter for evacuation in cities". *Systems Engineering Procedia*, Cilt.3, (391-397).

Kadioğlu, M., (2011). *Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek*, T.C. Marmara Belediyeler Birliği Yayını, İstanbul.

Kaili , D., Qingming, Z., Li, S., (2012). "GIS-based responsibility areas subdivision for metropolitan emergency shelters - Case study of Wuchang district, Wuhan city", 6th International Association for China Planning (IACP) Conference, June 17-19, Wuhan, Hubei Province, China.

Karaesmen, E., Boyacı Yakut, N., Güngör, E., (2004). *Deprem ve Kurumsal Yapılanma-Afet Yönetimine Giriş*, Türkiye Mühendisler Birliği (TMB Yayın No:13), Ankara.

Kılıcı, F., (2012). *A Decision Support System for Shelter Site Selection with GIS Integration: Case for Turkey*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Bilkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Kılıcı, F., Yetiş Kara, B., Bozkaya, B., (2015). "Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey", *European Journal of Operational Research*, Cilt.24, (323-332).

Lu, X.L., Hou, Y.X., Lin, W. (2011). "Functional Optimization of Emergency Medical Service Centre of Small Town Based on Facility Location Theory: A Case Study of Tengzhou City in Shandong Province". *Economic Geography*, Cilt.31, Sayı.1119-1123.

Lu, X.L., Yun-xian, H. (2009). "Ant colony optimization for facility location for large-scale emergencies. *International Conference on Management and Service Science (MASS 2009)*, Wuhan, China.

Mete, H.O., Zabinsky, Z. B. (2010). Stochastic optimization of medical supply location and distribution in disaster management. *International Journal of Production Economics*, Cilt.126, Sayı.1, (76-84).

Murali, P., Ordóñez, F., Dessouky, M.M. (2012). "Facility location under demand uncertainty: Response to a large-scale bio-terror attack". *Socio-Economic Planning Sciences*, Cilt.46, Sayı.1, (78-87).

Özmen, B., Nurlu, M., Kuterdem, K., Temiz, A., (2005), *Afet Yönetimi ve Afet İşleri Genel Müdürlüğü*, Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.

Rawls, C.G., Turnquist, M.A. (2010). Pre-positioning of emergency supplies for disaster response. *Transportation Research Part B: Methodological*, Cilt.44, Sayı.4, (521-534).

Rolland, E., Schilling, D.A., Current, J.R., (1996). "An efficient tabu search procedure for the p-Median Problem", *European Journal of Operational Research*, Cilt.96, (329-342).

Şahin, Y., Uyan, Y., (2016), "Afet Risk Analizi ve Sınıflandırması: Bir Uygulama Örneği", *Doğal Afet ve Afet Yönetimi Sempozyumu (DAAYS'16)*, 2-4 Mart 2016, Karabük, Türkiye, (781-785).

Toro-Díaz, H., Mayorga, M.E., Chanta, S., McLay, L.A. (2013). Joint location and dispatching decisions for Emergency Medical Services. *Computers & Industrial Engineering*, Cilt.64, Sayı.4, (917-928).

Zhao,X., Xu, W., Ma, Y., Hu, F., (2015). " Scenario-Based Multi-Objective Optimum Allocation Model for EarthquakeEmergencyShelters Using a ModifiedParticleSwarmOptimizationAlgorithm: A Case Study in ChaoyangDistrict, Beijing, China", *PlosOne*, DOI:10.1371/journal.pone.0144455

İnternet Kaynaklari

[1] <http://www.koeri.boun.edu.tr/sismo/2/deprem-bilgileri/buyuk-depremler/> (Erişim tarihi: 01.03.2016)

[2] <http://32.ispartaya.com/> (Erişim tarihi: 01.03.2016)