AFET YÖNETİMİNDE LOJİSTİK DEPO YER SEÇİMİ PROBLEMİ: ÜMRANİYE İLÇESİNDE BİR UYGULAMA

Hilal Aydın
İstanbul Ticaret Üniversitesi

Berk Ayvaz
İstanbul Ticaret Üniversitesi

ÖZET

Son zamanlardaki doğal afetler felakete hazırlığın önemini ortaya koymaktadır. Afet sonrası yardım faaliyetlerine yönelik gereken malzemelerin önceden temini ve depolanması faaliyetleri afet yönetimi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada, afet lojistiği kapsamında ihtiyaç noktalarına ilaç, su, battaniye vb. acil yardım malzemelerinin en kısa sürede ulaştırılması için kurulacak lojistik depolarının yer seçimi problemi ele alınmıştır. Önerilen model iki aşamadan meydana gelmektedir. İlk aşamada, tüm afetzedelerin taleplerinin belirli bir hizmet düzeyinde karşılanabilmesi için küme kapsama problemi modellenmiştir. İkinci aşamada ise, ilk modelin sonuçları kullanılarak, ağırlıklı mesafe minimizasyonu amaçlı, p-medyan problemi modellenmiştir. Önerilen model İstanbul ilinin Ümraniye ilçesinde afet yönetimi kapsamında lojistik depolarının yer seçimi problemine uygulanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Afet Lojistiği, Küme Kapsama Problemi, P-medyan

IN DISASTER MANAGEMENT SELECTING LOGISTIC WAREHOUSE LOCATION PROBLEM: AN APPLICATION IN UMRANIYE DISTRICT

ABSTRACT

Lately natural disasters have presented the importance of disaster preparedness. Post-disaster relief activities have great importance in terms of first aid supplies and storages. In this study, the scope of the disaster logistics, we addressed facility location problem in order to delivery emergency relief supplies (water, blankets, drugs etc.) to demand points as soon as possible. The presented model consist of two stages. In the first stage, set covering problem is handled to meet the demands of all the victims at a certain service level. In the second stage, using the results of the first model, aimed at minimizing the weighted distance, p-median problem is developed. The proposed model is applied to the selection of the logistics location centers in Umraniye district of Istanbul province.

Keywords: Disaster Logistics, Set Covering Problem, P-median.

1. GİRİŞ

Birçok tanımla ifade edilebilen afet genel olarak; insan ve diğer canlıların yaşamını ve faaliyetlerini kesintiye uğratabilen, büyük hasar, yıkım ve insan acılarına neden olan, ulusal veya uluslararası düzeyde dışarıdan yardım gerektiren, beklenmedik ve genelde ani şekilde gelişen bir durum ya da olay olarak ifade edilmektedir (Hoyois vd., 2007). Ülkemiz, jeolojik, jeomorfolojik yapısı ve sahip olduğu iklimsel özellikleri nedeni ile büyük can ve mal kaybına yol açan doğal afetlerle sık karşılaşmaktadır. Ülke nüfusunun % 70'inin ve büyük sanayi tesislerinin % 75'inin kurulmuş bulunduğu bölgelerde, her an büyük bir deprem olma olasılığı yüksektir. Ülkemizde sadece depremler yüzünden, 1950'den bu yana yaklaşık 32.000 birey hayatını kaybetmiştir.(Gökçe vd., 2008).

Afet safhalarında yapılması gereken faaliyetlerin koordine edilmesi, yönetilmesi afet yönetimi olarak tanımlanmaktadır (Sarp, 1999). Afet yönetimi kavramı; risk ve zarar azaltma aşaması, hazırlık aşaması, müdahale aşaması ve iyileştirme aşaması olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır (AFAD).

Hazırlık aşamasında afet öncesinde beklenen tehlikelere karşı planlama, kaynak yönetimi, karşılıklı yardımlaşma, toplum bilgilendirmesi ve müdahale personelinin eğitilmesi gibi faaliyetler yer almaktadır.

Bu süreçlerde lojistik destek faaliyetlerinin aksamadan gerçekleştirilmesi ve özellikle afet anında ve sonrasında, insani yardım malzemelerinin afetzedelere ulaştırılması afet lojistiği kapsamında kurulacak dağıtım merkezlerinin uygun yerleşimi önemli bir rol üstlenmektedir.

Afet anında acil yardım lojistiği hakkında ilk optimizasyon çalışmaları 1960'lar ve 1970'leri etkileyen deniz felaketleri sonucu olarak 1970'lerin sonlarına doğru geliştirilmiştir. Gözaydın ve Can (2013) Türkiye'de lojistik deposu seçim problemini P-Medyan problemi ve maksimum kapsama alanı problemini kullanarak iki aşamada çözmüştür. Döyen vd. (2012) bölgesel ve yerel kurtarma merkezlerinin kurulması problemini karma tam sayılı doğrusal programlama ile modellenmiş ve model Lagranj Rahatlatma tabanlı sezgisel bir algoritmayla çözülmüştür. Mohammadi vd. (2014) yardım malzemelerinin depolanması, optimal stok miktarı ve optimal emtia akış miktarının belirlenmesi üzerine çalışmışlardır. Çok amaçlı stokastik programlama modeli kurulmuştur. Modelin çözümü için parçacık sürü optimizasyonu algoritması geliştirilmiştir. Liu vd. (2013) depo seçimini konu alan çalışmalarında bulanık mantık altında, çok amaçlı karma tam sayılı programlama modeli kurmuşlardır. Model sezgisel algoritma kullanılarak çözülmüştür. Balcik ve Beamon (2008) malzeme dağıtım merkezlerinin yerini, sayısını ve bu merkezlerde depolanacak malzemelerin miktarını belirleyen bir maksimum kapsama modeli kurmuştur. Rath ve Gutjahr (2014)afet çalışmaları kapsamında, malzeme depolarının kurulması ve dağıtım üzerine yaptıkları çalışmalarında üç amaçlı optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Karma tam sayılı doğrusal programlama modeli üzerinden sezgisel bir algoritma kurularak da çözüme ulaşılmıştır. Bu çalışmada afet öncesi hazırlık aşamasına yönelik, malzeme lojistik depolarının yer seçimi problemi ele alınmıştır. Bu amaçla literatürde küme kapsama ve medyan modelini geliştirilerek iki aşamalı bir model kurulmuştur. İlk aşamada, afetzedelerin taleplerinin belirli bir hizmet düzeyinde karşılanabilmesi için küme kapsama problemi modellenmiştir. İkinci aşamada ise küme kapsama probleminden elde edilen tesis sayısı kullanılarak, ağırlıklı mesafe minimizasyonu amaçlı, p-medyan problemi modellenmiştir. Çalışmanın birinci bölümde uygulanacak yöntemlerin metodolojisinden bahsedilmiş, ikinci bölümde problemin uygulaması gerçekleştirilmiş, son bölümde ise sonuçlar belirlenmiş ve değerlendirmeler yapılmıştır.

2. METODOLOJİ

2.1.Küme Kapsama Problemi

Küme kapsama problemi tüm talep noktalarını belirli bir hizmet seviyesinde kapsayacak en az sayıdaki hizmet verecek tesisi belirlemeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda tesis yerleştirme maliyetini, belli bir hizmet seviyesini karşılayacak şekilde minimize etmeyi amaçlar. Modelin matematiksel formülasyonu (Tablo-1) aşağıdaki gibidir (Farahani vd., 2012).

Tanımlar	Denklemler
i: talep noktalarının indisi, *j*: tesislerin indisi, *m:* talep noktası sayısı, *n:* potansiyel tesis sayısı, x_j: j noktasına bir tesis eklenmişse *1*, değilse *0* *S*: kabul edilebilir maksimum hizmet seviyesi, *cj*: j noktasına tesis yerleştirmenin sabit maliyeti *aij*: i talep noktası ve j tesisi arasındaki mesafe S'den küçük veya S'ye eşitse *1*, değilse *0*.	Amaç fonksiyonu $\text{enk } z = \sum_{j=1}^{n} c_j . x_j$ (1) Kısıtlar $\sum_{j \in J} a_{ij} . x_j \geq 1 \quad \forall i \quad i = 1, \dots, m$ (2) $x_j \in \{0,1\} \quad j=1,\dots,n$ (3)

Tablo-1 Küme kapsama problemi

Eşitlik (1) ile gösterilen amaç fonksiyonu ile açılan tesislerin maliyetinin minimize edilmesi amaçlanmaktadır. Eğer her tesis için maliyetler eşitse amaç fonksiyonu (4)

$$\text{enk z} = \sum_{j=1}^{n} x_j \qquad (4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Eşitlik (2), her talep noktasının, hizmet şartını sağlayan en az 1 tesis tarafından kapsanması gerektiğini ortaya koyar. Eşitlik (3) 0-1 tamsayı olma kısıtıdır.

2.2.P-Medyan Problemi

P-medyan problemi n adet talep noktasına hizmet verecek olan p adet tesisin tüm sistemin ağırlıklı maliyetini minimize edecek şekilde şebeke üzerinde yerleştirilmesidir(Hakimi, 1965). Aynı zamanda yerleştirilen tesislerden hizmet alacak talep noktalarının en yakın tesise atanmasını da içerir (Bastı, 2012). P-medyan problemine ait matematiksel formülasyon (Tablo-2) aşağıdaki gibidir(Rolland vd., 1997).

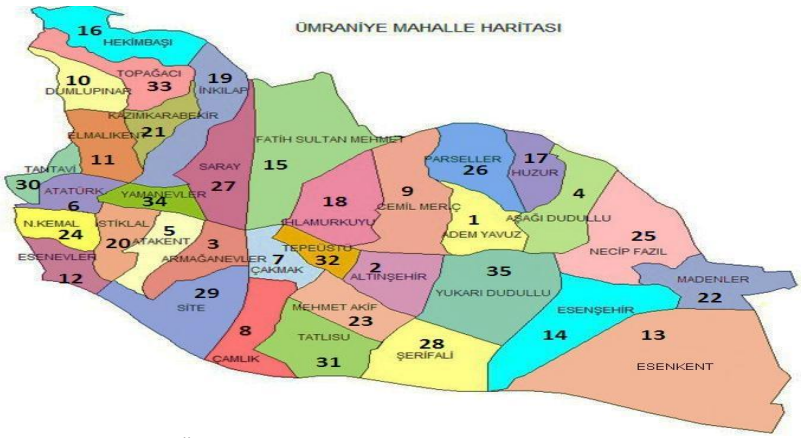
Tanımlar	Denklemler
n = toplam talep noktası sayısı ai = i noktasındaki talep dij = i noktası ile j noktası arasındaki en kısa mesafe p = yerleştirilecek olan hizmet verecek tesis (medyan) sayısı Karar değişkenleri z_{ij}=eğer i müşterisi j tesisine atanmışsa 1, değilse 0 y_j=eğer j noktasında bir tesis açılmışsa 1, değilse 0	Amaç fonksiyonu $\text{Enk z} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_i d_{ij} z_{ij}$ (5) Kısıtlar $\sum_{j=1} zij = 1 \quad \forall \text{i} \quad \text{i} = 1, \dots, \text{n}$ (6) $z_{ij} \leq y_j \quad \forall \text{i, j}$ (7) $\sum_{j=1}^{n} y_j = p$ (8) $\text{z}_{\text{ij}}, y_j \in \{0,1\}$ (9)

Tablo-2 P-Medyan problemi

Eşitlik (5) ile gösterilen amaç fonksiyonuyla hizmet veren tesisler ile talep noktaları arasında oluşan toplam maliyeti minimize etmek amaçlanmaktadır. Eşitlik (6) ile her talep noktasının yalnız bir tesisten hizmet alacağı kısıtı verilmiştir. Eşitlik (7) ile açık olmayan bir tesise talep noktası atanmaması ifade edilmektedir. Eşitlik (8) ise açılacak olan tesis sayısını p adet ile sınırlandırmaktadır. Eşitlik (9) 0-1 tamsayı olma kısıtıdır.

3. PROBLEMİN MODELLENMESİ VE ÇÖZÜMÜ

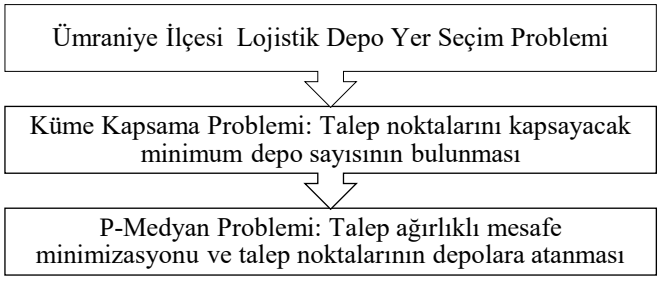
Çalışmanın bu bölümünde, Türkiye'yi önemli derecede etkileyen afet türlerinden olan depremlere yönelik olarak; ihtiyaç noktalarına ilaç, su, battaniye vb. acil yardım malzemelerinin en kısa sürede ulaştırılması için kurulacak lojistik depolarının yer seçimi problemi ele alınmıştır. Örnek uygulama bölgesi olarak İstanbul ilinin Ümraniye ilçesi seçilmiştir. Ümraniye ilçesinde 35 mahalle bulunmaktadır(bakınız Şekil-1). Her mahalle birer talep noktası, aynı zamanda da birer potansiyel lojistik deposu olarak düşünülmüştür.



Şekil-1 Ümraniye mahalle haritası ve mahalle numaraları

Problem iki aşamadan meydana gelmektedir(bakınız Şekil-4). İlk aşamada küme kapsama modeli ile açılması gereken minimum lojistik depo sayısı bulunmuştur. İlk modelden elde edilen çıktı ikinci modelde kullanılarak, p-medyan modelinin aday depoları belirlenmiş, modelin çözümü ile de kurulacak

tesisler ile tesislere atanacak talep noktaları belirlenmiştir. Senaryolar oluşturularak aday lojistik deposu ve talep noktası arasındaki kapsama mesafesi sırasıyla 1,2,3,4,5 km alınarak, senaryoların sonuçları karşılaştırılmıştır.



Şekil-2 Problemin akış şeması

Mesafe hesaplamalarında kullanılmak üzere mahalle muhtarlıkları, mahalle merkezleri olarak kabul edilmiştir. P-Medyan probleminde ağırlıklar mahalle nüfusları olarak belirlenmiştir. İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Japon Uluslararası İş Birliği Ajansının (JICA ve İBB, 2002) yılında ortak hazırladığı raporun verileri baz alınarak, acil durum ilk yardım hizmetleri için hesaplanan yaralı sayısı nüfusun %2'si olarak belirlenmiştir. Talep noktaları ve tesisler arasındaki mesafeler *Öklid Uzaklığı* formülüyle belirlenmiştir. Her tesisin sabit maliyeti eşit kabul edildiği için (4) numaralı amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Problemin matematiksel modeli (Tablo-3) aşağıdaki gibidir:

i: talep noktalarının indisi,
j: tesislerin indisi,
x_j: j noktasına bir tesis eklenmişse *1*, değilse *0*
S: kabul edilebilir maksimum hizmet seviyesi
aij: i talep noktası ve j tesisi arasındaki mesafe *S*'den küçük veya *S*'ye eşitse *1*, değilse *0*
ai = i noktasındaki talep
dij = i noktası ile j noktası arasındaki en kısa mesafe
p = yerleştirilecek olan hizmet verecek tesis (medyan) sayısı
z_{ij}=eğer i müşterisi j tesisine atanmışsa *1*, değilse *0*
y_j=eğer j noktasında bir tesis açılmışsa *1*, değilse *0*

Aşama-1: Küme kapsama problemi	Aşama-2: P- medyan problemi
$\min z_1 = \sum_{j=1}^{n} x_j$ $\sum_{j \in J} a_{ij}.x_j \geq 1 \quad \forall i \quad i = 1,\dots,35$ $x_j \in \{0,1\} \qquad j=1,\dots,35$	$\min z_2 = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_i d_{ij} z_{ij}$ $\sum_{j=1} zij = 1 \quad \forall i \quad i = 1,\dots,35$ $z_{ij} \leq y_j \quad \forall i,j$ $\sum_{j=1}^{n} y_j = z_1$ $z_{ij}, y_j \in \{0,1\}$

Tablo-3 Önerilen modeller

Problem GAMS 23.5 paket programı kullanılarak çözülmüştür. Sonuçlar aşağıdaki tabloda görüldüğü gibidir.

mesafe (km)	lojistik depo numarası	talebi karşılanan mah. no	amaç fonksiyonu değeri	mesafe (km)	lojistik depo numarası	talebi karşılanan mahalle numaraları	amaç fonksiyonu değeri
1	2	2,9,18,35	5319,125	**2**	1	1,2,4,17,26,35	
	4	1,4,14,25			7	3,7,8,9,15,18,23,28,29,31,32	
	7	7,32			10	10,16,21,33	13979,789
	10	10			14	13,14,22,25	
	13	13			19	5,6,11,12,19,20,24,27,30,34	
	15	3,15,27		**3**	4	1,2,4,13,14,17,22,25,26,35	
	16	16			8	3,5,7,8,9,12,15,18,20,23,28,29,31,32	19934,713
	19	19,34			21	6,10,11,16,19,21,24,27,30,33,34	
	20	5,12,20		**4**	4	1,2,4,7,8,9,13,14,17,18,22,23,25,26,28,31,32,35	25087,914
	21	11,21,33			11	3,5,6,10,11,12,15,16,19,20,21,24,27,29,30,33,34	
	22	22		**5**	2	1,2,4,9,13,14,17,18,22,23,25,26,28,31,32,35	
	26	17,26			3	3,5,6,7,8,10,11,12,15,1619,20,21,24,27,29,30,33, 34	23302,030
	29	29					
	30	6,24,30					
	31	8,23,28,31					

Tablo-4 Problemin çözüm sonuçları

Kapsama mesafesi sırasıyla 1,2,3,4,5 km alınarak Tablo-4'teki şu bulgular elde edilmiştir. Kapsama mesafesi 1 km olarak alındığında tüm talebi karşılayacak minimum tesis sayısı on beş, ağırlıklı mesafe değeri ise 5319,125 olarak bulunmuştur. Kapsama mesafesi 2 km alındığında açılan tesis sayısı beş, ağırlıklı mesafe değeri 13979,789; kapsama mesafesi 3 km iken açılan tesis sayısı üç, ağırlıklı mesafe değeri 19934,713; kapsama mesafesi 4 km iken açılan tesis sayısı iki, ağırlıklı mesafe değeri 25087,914 ve kapsama mesafesi 5 km iken açılan tesis sayısı iki, ağırlıklı mesafe değeri 23302,030 olarak belirlenmiştir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Afetler can ve mal kaybına yol açan doğal olaylardır. Afet sonrasında afetzedelerin ihtiyaçlarına en kısa sürede ve yeterli düzeyde cevap verebilmek, afetlerden en az düzeyde etkilenilmesini sağlamaktadır. Afet sonrası yardım faaliyetlerine yönelik gereken malzemelerin depolanması afet yönetimi açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, afet lojistiği kapsamında ihtiyaç noktalarına ilaç, su, battaniye vb. acil yardım malzemelerinin en kısa sürede ulaştırılması için kurulacak lojistik depolarının yer seçimi problemi ele alınmıştır. Bu amaçla iki aşamadan oluşan bir yöntem geliştirilmiştir. İlk aşamada, afetzedelerin taleplerinin belirli bir hizmet düzeyinde karşılanabilmesi için küme kapsama problemi ele alınmıştır. İkinci aşamada ise küme kapsama probleminden elde edilen tesis sayısı parametresi, ağırlıklı mesafe minimizasyonu amaçlı, p-medyan problemine girdi olarak verilmiştir. Çalışmada ayrıca kapsama mesafesi için farklı mesafeler için analizler yapılmıştır. Bu şekilde afetzedelere daha hızlı ulaşılabilmesi için ne kadar tesis açılması gerektiği ve açılan tesislerin hangi noktalara hizmet vereceği tespit edilmiştir. Çalışmada önerilen model İstanbul'un Ümraniye ilçesinde uygulanmıştır.

Gelecek çalışmalarda afetten etkilenebilecek kişi sayısı belirsiz parametre olarak alınarak stokastik bir model geliştirilebilir. Aynı şekilde p-medyan probleminin amaç fonksiyonundaki ağırlık için lokasyonların afetten etkilenme durumlarını yansıtan bir endeks geliştirilerek model gerçek hayat koşullarına daha uygun bir duruma getirilebilir.

KAYNAKÇA

Balcik, B., & Beamon, B. M. (2008). Facility location in humanitarian relief. *International Journal of Logistics: Research & Applications*, *11*(2), 101–121. http://doi.org/10.1080/13675560701561789

Bastı, M. (2012). P-medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları. *Online Academic Journal of Information Technology*, *3*(7), 47–75. http://doi.org/10.5824/1309-1581.2012.2.004.x

Döyen, A., Aras, N., & Barbarosoğlu, G. (2012). A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics. *Optimization Letters*, *6*(6), 1123–1145. http://doi.org/10.1007/s11590-011-0421-0

Farahani, R. Z., Asgari, N., Heidari, N., Hosseininia, M., & Goh, M. (2012). Covering problems in facility location: A review. *Computers and Industrial Engineering*, *62*(1), 368–407. http://doi.org/10.1016/j.cie.2011.08.020

Gökçe, O., Özden, Ş., & Demir, A. (2008). *Türkiye'de Afetlerin Mekansal Ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri*.

Gözaydın, O., & Can, T. (2013). Deprem Yardım İstasyonları İçin Lojistik Merkezi Seçimi: Türkiye Örneği. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, *6*(2), 17–31.

Hakimi, S. L. (1965). Optimum Distribution of Switching Centers in a Communication Network and Some Related Graph Theoretic Problems. *Operations Research*, *13*(3), 462–475.

Hoyois, P., Below, R., Scheuren, J.-M., & Guha-Sapir, D. (2007). Annual Disaster Statiscal Review: Numbers and Trends 2006.

JICA, & İBB. (2002). *Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması* (Vol. 5).

Liu, C., Chen, Z. H., & Gong, Y. Y. (2013). Site selection of emergency material warehouse under fuzzy environment. *Journal of Central South University*, *20*(6), 1610–1615. http://doi.org/10.1007/s11771-013-1653-1

Mohammadi, R., Ghomi, S. M. T. F., & Jolai, F. (2014). Prepositioning emergency earthquake response supplies: A new multi-objective particle swarm optimization algorithm. *Applied Mathematical Modelling*. http://doi.org/10.1016/j.apm.2015.10.022

Rath, S., & Gutjahr, W. J. (2014). A math-heuristic for the warehouse location-routing problem in disaster relief. *Computers and Operations Research*, *42*, 25–39. http://doi.org/10.1016/j.cor.2011.07.016

Rolland, E., Schilling, D. a., & Current, J. R. (1997). An efficient tabu search procedure for the p-Median Problem. *European Journal of Operational Research*, *96*(2), 329–342. http://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00141-5

Sarp, N. (1999). Sağlık Hizmetlerinde Afet Yönetimi. *Deprem Araştırma Enstitüsü Bülteni*, *29*, 81.