



V. International Caucasus-Central Asia Foreign Trade and Logistics Congress

September 19-10, 2019, İstanbul

<http://www.ulk.ist/>



Determination of a Logistic Warehouse Location Based on the P-Median Problem Before a Possible Earthquake Disaster: The Case of the Province of Erzincan

Abstract

Pınar Yıldız Kumru

Assist. Prof.

Kocaeli University
pinarki@kocaeli.edu.tr

Kasım Baynal

Assoc. Prof.

Kocaeli University
kbaynal@kocaeli.edu.tr

Zerrin Aladağ

Prof.

Kocaeli University
zaladag@kocaeli.edu.tr

Mustafa Serdar Toksoy

Lecturer

Erzincan Binali Yıldırım
University
mstoksoy@gmail.com

Disasters are all events that affect directly and indirectly all living things, nature and locations and appear suddenly and the society cannot cope individually. Although the concept of disaster in our country is mostly referred to with earthquakes, disasters can also be seen with hurricane, landslide, avalanche and flood-like events. It forms the concept of disaster logistics, which consists of processes such as preparation, transportation, location, supplying, storage, distribution and monitoring. The choice of logistic warehouse locations for disaster victims is an important decision-making problem within this concept. P-median problem is one of the discrete facility location problems that are widely investigated in the literature. In this study, the locations and populations of the province of Erzincan, which was exposed to destructive earthquakes on the North Anatolian Fault Zone, were obtained with the help of GOOGLEMAT and TUIK, respectively. Then, the determination of the logistic warehouse areas to be located before a possible earthquake disaster were modeled as p-median problem and solved with Matlog: Logistics Engineering Matlab Toolbox program. Results were compared for 5 different scenarios.

Keywords:

Disaster Logistics, P-median Problem, Matlog

Olası Bir Deprem Felaketi Öncesinde P-Medyan Problemi Tabanlı Bir Lojistik Depo Yeri Seçimi: Erzincan İli Örneği

Özet

Afetler tüm canlıları, doğayı, yerleşim alanlarını doğrudan ve dolaylı olarak etkileyen, ani bir şekilde gelişen, toplumun bireysel olarak başa çıkamayacağı olaylardır. Ülkemizde afet kavramı daha çok depremler ile

anılrsa da afetler kasırga, heyelan, çığ ve taşkın benzeri olaylarla da kendini gösterebilir Sosyal ve ekonomik büyük kayıplara sebebiyet veren bu tarz olayların minimum can ve mal kaybı ile atlatılabilmesi afet öncesi ve sonrası süreçlerin etkin bir şekilde planlamasını gerekir. Hazırlık, ulaşım, yerleşim, tedarik, depolama, dağıtım ve izleme gibi süreçler afet lojistiği kavramını oluşturmaktadır. Felaketzedeler için oluşturulacak lojistik depo yerlerinin seçimi bu kavram içinde yer alan önemli bir karar verme problemidir. P-medyan problemi literatürde çokça yer alan kesikli tesis yerleşim problemlerinden birisidir. Bu çalışmada, Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde bulunan ve geçmişte yıkıcı depremlere maruz kalmış olan Erzincan İline ait yerleşim birimleri ve nüfusları sırasıyla GOOGLEMAR ve TUİK yardımı ile araştırma verisi olarak elde edilmiştir. Daha sonra, olası bir deprem felaketi öncesinde kurulacak lojistik depo alanlarının belirlenmesi p-medyan problemi olarak modellenmiş ve Matlog (Lojistik Mühendisliği MATLAB Araç Çubuğu) programı ile çözülmüştür. 5 farklı senaryo için sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler:

Afet Lojistiği, P-medyan Problemi, Matlog

1. Giriş

Tanım olarak afet; beklenmedik ve genellikle de ani şekilde gelişen, insan ve diğer tüm canlıların yaşamsal faaliyetlerinde kesintilere sebep olabilen, uğratabilen, maddi manevi büyük kayıplara neden olan, ulusal veya uluslararası dış yardım gerektiren durum ya da olayları ifade eder (Hoyois vd., 2007).

Türkiye sahip olduğu jeolojik yapısı ve iklimsel özelliklerinden dolayı sık sık büyük ölçekli felaketler ile karşılaşmakta olup sadece depremler yüzünden, 1950’den bu yana yaklaşık 32.000 insan hayatını kaybetmiştir (Gökçe vd., 2008). Genel olarak afet süreçlerin koordine edilmesi ve yönetilmesinden oluşan afet yönetimi kavramı olarak risk ve zarar azaltma aşaması, hazırlık aşaması, müdahale aşaması ve iyileştirme aşaması olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır (AFAD). Bu süreçlerde lojistik faaliyetlerinin eksiksiz yürütülmesi ve özellikle afetin gerçekleşme ve sonrasındaki süreçte insani yardım malzemelerinin afetzedelere optimal bir sürede ulaştırılması kapsamında, kurulacak lojistik depoların (dağıtım merkezlerinin) optimal yerleşimi uygun yerleşimi kararı oldukça önemlidir.

Bu bağlamda “tesis” terimi ile hava ve deniz limanları, imalathaneler, depolar, perakende satış yerleri, okullar, hastaneler, çocuk bakım merkezleri, otobüs durakları, metro istasyonları, elektronik santral merkezleri, bilgisayar terminalleri, plüviyometreler, acil durum uyarıcı sirenleri ve uydular gibi öğeleri içeren geniş bir anlam kastedilmektedir. Ancak bu öğelerden pek azı araştırmalarda incelenmiştir (Drezner ve Hamacher, 2002). Yerleşim Kararı Verme Probleminin aynı anda yöneylem araştırması ve yönetim bilimi gibi pek çok alanla ilişkin olması ile yerleşim analizleri ve modellemeleri büyük ilgi görmüştür. Stratejik olan yerleşim kararları, birey ve ailelerden firmalara, yönetim birimlerine ve hatta uluslararası örgütlenmelere kadar insan topluluklarının her alanında sıklıkla gerçekleşmektedir. Bu tarz kararlar, yüksek sermaye kaynaklarına içerirken ekonomik etkileri uzun vadede gerçekleşir. Geniş ölçekli problem örnekleri için en basit modeller dahi sayısal olarak kolay elde edilmez. Aslında, yerleşim modellerinin sayısal açıdan karmaşıklığı, böylesi modelleri

formüle etmek ve uygulamaya geçirme konusunda yaygın eğilime sebep olmaktadır. Bu tarz modeller yüksek hızda çalışan bilgisayarların geliştirilmesine kadar ortaya çıkmamıştır.

Yerleşim modelleri, her seferinde kendine has uygulamaları gerektirir. Yani, yapısal şekilleri (amaçları, kısıtları ve değişkenleri) üzerinde çalışılan yerleşim problemine göre belirlenir (Mirchandani ve Francis, 1990). Kesikli optimizasyon çalışması içerisinde ilerlemiş olan Kesikli Yerleşim Teorisi, yaklaşık otuz yıla yayılmış olan bir gelişim periyodunu kapsar. Literatür buna rağmen hızlı bir şekilde büyümekte ve gelişmektedir. Kesikli Yerleşim Teorisinde göz önünde bulundurulmuş pek çok yerleşim problemi arasında özellikle, p-medyan problemi, p-center problemi, Kapasite Kısıtsız Tesis Yerleşim Problemi ve İkinci Dereceden Atama Problemlerini içeren sadece 4 problem türü baskın rolleri üstlenmiştir. Bu modeller, yerleşim problemlerinin çeşitlendirilmesinde önemli bir paya sahiptir ve onların yansımaları basit gözükmesine rağmen, önemli ve nicel temelli çeşitli uygulamalı yerleşim kararı verme problemlerini sağlamışlardır (Mirchandani ve Francis 1990). Kesikli Yerleşim Teorisi alanında başlıca dört problemi oluşturan bu modeller, tesis yerleşim seçiminde ve talep noktalarının tekli ya da çoklu tesislere atanmasında kullanılır. Bu sebepten dolayı, daha çok yerleşim-atama problemleri olarak adlandırılırlar.

Bu çalışmaya konu olan yerleşim teorisi literatüründe ki en iyi bilinen yerleşim-atama problemlerinden birisi olan p-medyan problemi; Hakimi tarafından orijinal olarak 1964 ve 1965 yıllarında tanımlanmış ve tüm talebi karşılamaya yönelik toplam ağırlıklandırılmış/veya ağırlıklandırılmamış mesafenin en küçüklendiği bir şebeke üzerinde ki p kadar tesisin seçimini içermektedir. Talep noktaları ile tesis arasındaki toplam mesafeyi dikkate alan bu modele yönelik bazı çözüm metotları üzerine yapılan birtakım çalışmalar 1995 yılından itibaren yayınlanmaya başlanmıştır. Devam eden 10 yıl içinde, çözüm metotları üzerine yapılan araştırmalarda artış gözlenmiştir (Reese, 2005).

Bu çalışmada afet öncesi hazırlık aşamasına yönelik, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat Bölümü'nde yer alan ve Türkiye'nin jeolojik açıdan en karmaşık yörelerinden KAF (Kuzey Anadolu Fayı) zonu üzerinde konumlanan, sismotektonik bakımdan çok aktif bir düğüm noktasında kalan Erzincan kenti (Tüysüz, 1993) değerlendirilmiştir. Lojistik depolarının yer seçimi ve bu depolara atanacak yerleşim birimlerinin belirlenmesi süreci ağırlıklandırılmış p-medyan problemi tabanlı ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci bölümü uygulanacak metodolojisinden, üçüncü bölümü problemin uygulanmasından, son bölüm ise sonuçlar ve değerlendirmelerden oluşmaktadır.

2. Metodoloji

P-medyan Problemi Literatür

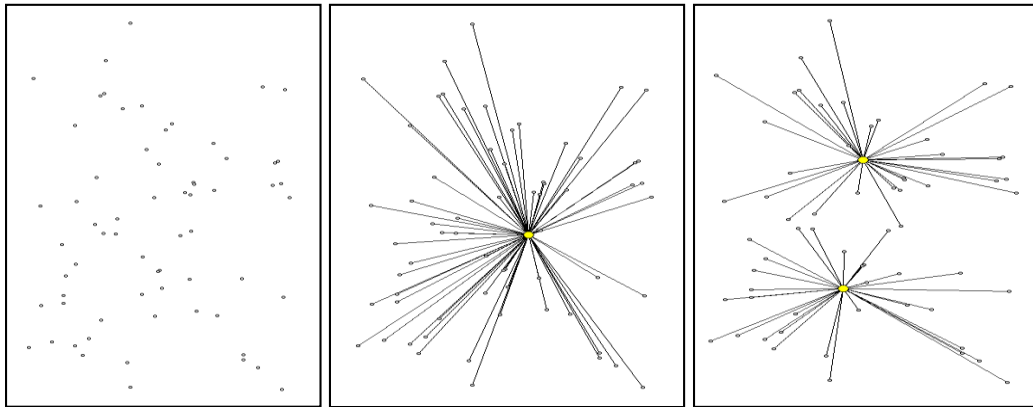
P-medyan problemi talep noktaları ile tesis arasındaki toplam mesafeyi dikkate alan literatürde yoğun bir şekilde çalışılmış bir yerleşim-atama problemi olup yerleşim teorisinin temel konularından biridir. Uzaysal dağılım ve belirli bir servis ya da tesis için talep bilindiğinde, talep noktalarından en yakın tesise ağırlıklandırılmış dolaşım faktörleri (süre-maliyet-mesafe) minimize edilirse tesis yerleşimleri için optimalite sağlanır. P-medyan problemi orijinal olarak Hakimi (1964) tarafından tanımlanarak, bir şebekenin düğümlerindeki optimal çözüm olarak ispatlanmıştır. ReVelle ve Swain (1970) p-medyan problemini bir tamsayı programlama problemi şeklinde göstermiştir. Carbone (1974) çok sayıda kullanıcının tıbbi ya da günlük bakım merkezleri gibi sabit kamu tesislerine olan dolaşım mesafesini minimize etmeyi amaçlayan bir deterministik model geliştirmiştir. P-medyan ya da diğer bilinen adı ile minisum problemi, p-medyan probleminin genişletilme çalışmalarının nedeni, p-medyan problemine yönelik bölgesel kısıtlamaları açıklayabilmedir. Bunun için, her bir bölge, tesislerin alt ve üst sınırları arasında kabul edilmektedir. Bu durum politik alt bölümlerin nedenini

açıklamaktadır. Chardaire ve Lutton (1993) her biri birbirine bağlı olan telekomünikasyon terminalleri gibi birbirini etkileyen yerleştirilmiş tesislerin farklı tiplerini açıklamak için p-medyan problemini genişletmişlerdir. Densham ve Rushton (1996) her bir tesisin minimum iş yüküne ihtiyaç duyduğu bir p-medyan problemi üzerinde çalışmalar yapmıştır (Reese, 2005).

Daha önce belirtildiği gibi p-medyan problemlerine bu kadar ilginin nedeni çeşitli planlama problemlerinde pratik uygulamalara sahip olmasındandır. Bu problemler düğümlerle noktalar arasındaki maksimum mesafeyi minimize etmeyi amaçlayan minimax yerleşim-atama problemlerinde (p-center problemleri) olduğu gibi düğümler arasındaki merkezleri bulma hedefinden farklı olarak, mevcut düğümler arasında ki medyan noktaları bulmayı amaçlamaktadır. Chandrasekaran ve Tamir (1990) tarafından oluşturulan toplamın en küçüklenmesi problemleri, belirli bir üçgende (düzlem üzerinde üç nokta) her bir talep noktasından medyan noktaya olan uzaklıkların toplamını minimize edecek bir medyan bulunmasıyla sağlanır. 20. yüzyılın başlarında, Weber (1909) müşteri talebini simüle etmek için üç noktanın her biri üzerindeki ağırlıkların ilave edildiği aynı problemi sunmuştur. Burada, medyan noktasını bulma, noktalardaki talepleri karşılamak için en iyi yerleşimi sağlayan tesisi bulmaya yönelik uygun bir yaklaşımdır. Bu problem genellikle ilk yerleşim-atama problemi olarak kabul edilmektedir. Bu problem daha sonra düzlem üzerinde bulunan çok sayıda noktanın arasındaki $p > 1$ medyanlarının durumunu genelleştiren çok tesisli Weber problemi için düzlemde bulunan $n \geq 3$ noktalarının ortancasını bulmak için genelleştirilmiştir (Reese, 2005).

N_p -hard yapıya sahip olan p-medyan probleminin çözümü için literatürde kesin çözüm algoritmaları ve sezgisel çalışmaların kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur. Özellikle son büyük ölçekli problemlerin çözümünde dönemlerde meta sezgisel yöntemler yoğun olarak kullanılmaktadır.

Aşağıda Şekil 1'de ağırlıklandırılmamış $p=1$ ve $p=2$ için p-median problem örneklerinin yansıması görülmektedir.



Şekil 1. 1median ve 2median Problemi Temsili Gösterimi

Matematiksel Formülasyon

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 değişkenler, amaç fonksiyonu ve kısıtları içeren matematiksel formülasyon aşağıdaki gibidir (Rolland vd., 1997).

Karar değişkenleri ve parametreler:

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

j = olası lojistik depo 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 . lojistik deposu arasındaki mesafe

p = kurulacak lojistik deposu sayısı

$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ mahalle } j. \text{ lojistik deposuna atanırsa} \\ 0, & \text{aksihalde} \end{cases}$

$y_j = \begin{cases} 1, & j. \text{ alan lojistik deposu olarak seçilmişse} \\ 0, & \text{aksihalde} \end{cases}$

Model

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

Kısıtlar

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

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

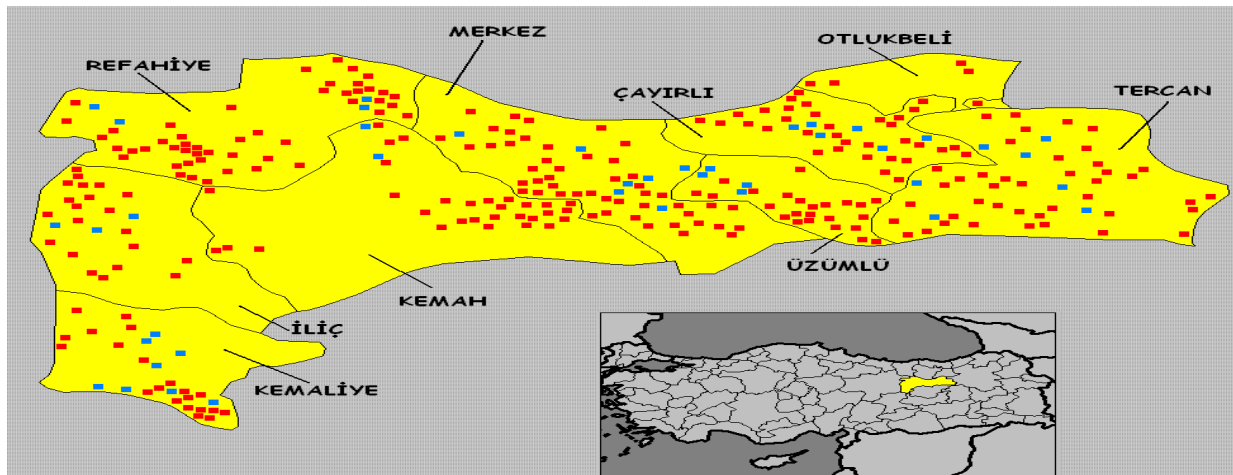
$$\sum_{j=1}^n y_j = p, \quad (4)$$

$$x_{ij}, y_j \in \{0,1\} \quad \forall ij \quad (5)$$

Amaç fonksiyonu (1) açılacak lojistik depo alanları ile bu depolara atanacak en küçük birimler olan mahallelerin ağırlıklı toplam mesafesi minimize edilmek istenmektedir. Kısıt (2) her bir mahallenin sadece bir lojistik depo alanına atanmasını garanti eder. Kısıt (3) j . alana bir lojistik deposu kurulduğunda ($y_j = 1$), i . mahallenin talebinin bu depodan karşılanacağını gösterir. Kısıt (4), p adet lojistik deposu kurulacağını belirtir. Kısıt (5) ise karar değişkenlerinin 0 veya 1 tamsayı olma kısıtıdır.

Problemin Modellenerek Çözülmesi

Bu bölümde, öncelikli olarak Türkiye'nin birinci derece deprem bölgesinde bulunan ve Kuzey Anadolu deprem kuşağının çok etkin bir bölümünü içeren Erzincan Ovası içinde yer alan ve son bin yılda 11 kez yıkıcı depremlere maruz kalmış olan Erzincan şehrine ait nüfus ve coğrafi veriler elde edilmiştir. Talep yerine kullanılacak mahalle (köy) nüfus verileri 2018 TÜİK web sitesinden elektronik ortamda temin edilmiştir. Bu verilere göre Erzincan nüfusu coğrafi olarak en küçük yerleşim birimi olarak mahalle (köy) bazında 676 birimden oluşmaktadır (Şekil 1).

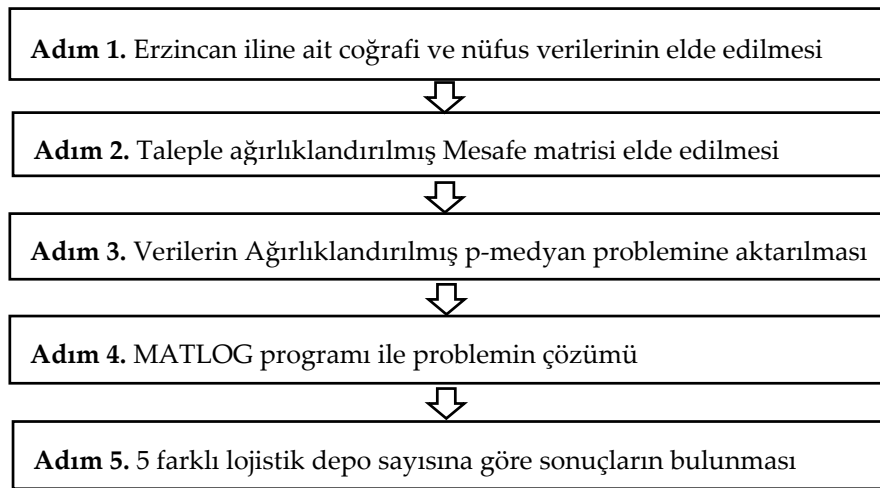


Şekil 2. Erzincan Yerleşim Haritası

Mevcut coğrafi birimler GOOGLEMARP yardımı ile elde edilmiş olup haritada yerleşim ikonu olarak belirtilen noktaya ait enlem ve boylam değerleri sırası ile alınmıştır (Ek-1). Bu verilerden öklid uzaklıklarına göre MATLAB programında 676x676 hücreden oluşan yönlendirilmemiş (simetrik) mesafe matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra bu mesafe matrisinin oluşturan mahalle (köy) nüfusları talep verisi şeklinde değerlendirilerek, mesafelerle çarpılıp talep ağırlıklı mesafe cetveli haline getirilmiştir. Böylece modelde kullanılmak üzere i, j, a_i, d_{ij} indisleri oluşturan veriler belirlenmiştir.

P-medyan probleminin çözümüne yönelik olarak ilgili literatürde oldukça geniş bir kullanım alanına sahip olan test problemleri Beasley (1985) tarafından OR-Library içerisinde araştırmacıların kullanımına açılmıştır. Bu amaçla kullanılan 40 farklı test problemi sırası ile örnek numarası, toplam aday tesis sayısı (m) ve açılması planlanan tesis sayısı (p) olmak üzere 40 tane problemden oluşmaktadır. Çalışmada 676 birim olduğundan açılması planlanan lojistik depo sayısı sırası ile 5, 10, 15, 20 ve 25 tesisten oluşmaktadır.

Problem birçok lojistik ve terarik zinciri probleminin çözüm metotlarını içeren ve büyük ölçekli problemlerde bir etkili bir çözüm aracı olan Matlog: Logistics Engineering Matlab Toolbox (Kay, 2016) yardımıyla MATLAB programında çözülmüştür. Uygulanan modelin akış şeması aşağıdaki gibi gösterilebilir.



Şekil 3. Uygulanan Modelin Akış Şeması

Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibidir.

Tablo 1. p=5, 10, 15, 20 ve 25 İçin Açılacak Lojistik Depolar ve Toplam Maliyet

Toplam Birim	p	Toplam maliyet	Lojistik depo alanı için seçilen alan numaraları
676	5	26635708	130, 262, 277, 544, 561
676	10	17845651	8, 75, 122, 247, 300, 484, 539, 558, 610, 650
676	15	14386992	53, 99, 118, 180, 199, 218, 300, 413, 439, 524, 549, 581, 625, 626, 650
676	20	12223284	51, 99, 122, 148, 179, 182, 199, 218, 282, 323, 411, 419, 439, 524, 549, 558, 625, 626, 646, 669
676	25	10829755	4, 90, 107, 110, 122, 179, 180, 182, 205, 206, 243, 282, 323, 411, 413, 432, 498, 508, 512, 542, 565, 583, 625, 646, 669

Çalışmada açılması planlanan lojistik depo sayıları sırasıyla 5, 10, 15, 20 ve 25 alınarak birim talepleri ile ağırlıklandırılmış p-medyan problemi çözülmüştür. Modele göre elde edilen toplam maliyetler ve açılması gereken lojistik depolar görülmektedir. Tablodan da görüldüğü üzere depo sayısının artması sadece talep ve mesafelerin göz önüne alındığı modelde maliyeti düşürmektedir. 25 lojistik deponun açıldığı durum maliyet açısından en elverişlidir.

3. Sonuç ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada geçmiş 1000 yıl içerisinde büyük depremlerin yaşandığı ve en son 1992 depremi ile yüksek maddi ve manevi kayıplara uğramış olan Erzincan ili ele alınarak olası bir deprem felaketi öncesinde kurulması gereken lojistik depoların belirlenmesine yönelik olarak bir model geliştirilmiştir. Kesikli yerleşim teorisinin önemli çalışma alanlarından birisi olan p-medyan problemi çalışmada temel alınmıştır. Problemin temel yapısına ilave olarak nüfus verileri müşteri talepleri gibi düşünülerek model ağırlıklandırılmış p-medyan problemi olarak çözülmüştür. TÜİK 2018 verileri ve coğrafi koordinatlar alınarak en küçük birimler olan mahalle ve köy verileri oluşturularak problem çözülmüştür. Bu amaçla sırasıyla açılması düşünülen lojistik depo sayıları 5, 10, 15, 20 ve 25 alınarak, amaç fonksiyonunu oluşturan ağırlıklandırılmış toplam mesafenin minimizasyonua göre maliyetler bulunmuştur. Sonuçlara göre depo sayısı arttıkça toplam maliyet düşmektedir. Ancak depo açılma ve kullanılacak araç maliyetlerinde göz önüne alınması daha sağlıklı bir değerlendirme sağlayacaktır. Gelecekte yapılabilecek çalışmalar şöyle özetlenebilir; modelin yapısına tesis kapasitesi kısıtı eklenebilir, model çok amaçlı karar verme problemi şekline dönüştürülebilir ve farklı uygulama alanları için geliştirilebilecek yeni modellere uyarlanabilir.

Kaynakça

- 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>
- Beasley, J. E. (1985). A note on solving large p-median problems. *European journal of operational research*, 21(2), 270-273. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(85\)90040-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(85)90040-2)
- Carbone, R. (1974). Public facility location under stochastic demand, *Infor*, 12 (3), 261-270. <https://doi.org/10.1080/03155986.1974.11731580>
- Chandrasekaran, R. & Tamir, A. (1990). Algebraic optimization: The fermat-weber location problem, *Mathematical programming*, 46(1-3), 219-224. <https://doi.org/10.1007/BF01585739>
- Chardaire, P. and Lutton, J.L., (1993). Using simulated annealing to solve concentrator location problems in telecommunication networks. *Applied simulated annealing*, 396, 175-199. https://doi.org/10.1007/978-3-642-46787-5_9
- Densham, P.J. and Rushton, G., (1992b). A more efficient heuristic for solving large p-median problems. *Papers in regional science*, 171, 307-29. <https://doi.org/10.1111/j.1435-5597.1992.tb01849.x>
- Drezner, Z. and Hamacher, H.W., (2002). *Facility location, applications and theory*. Springer
- Gökçe, O., Özden, Ş., & Demir, A. (2008). Türkiye’de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı afet bilgileri envanteri.
- Hakimi, S.L., (1965). Optimum distribution of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems. *Operations research* 13, 462-475. <https://doi.org/10.1287/opre.13.3.462>
- Hoyois, P., Below, R., Scheuren, J.-M., & Guha-Sapir, D. (2007). *Annual disaster statistical review: Numbers and Trends*.
- Kay, M. G. (2016). Matlog: logistics engineering using matlab, *Suleyman demirel university journal of engineering sciences and design*, 4(1), 15-20.
- Mirchandani, P.B. and Francis. R.L., (1990). *Discrete location theory*. Wiley, New York. <https://doi.org/10.1002/net.3230240212>
- Reese, J., (2005). *Methods for solving the p-median problem: An annotated bibliography*, Department of mathematics, Trinity university.
- ReVelle, C. and Swain, R., 1970. Central Facilities Location. *Geographical Analysis*, 2, 30-42. <https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1970.tb00142.x>

- 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](http://doi.org/10.1016/S0377-2217(96)00141-5)
- Tüysüz O., (1993), Erzincan Çevresinin Jeolojisi ve Tektonik Evrimi, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 271-280.
- Weber, A. (1909). *Über den Standort der Industrien. Erster Teil: Reine Theorie des Standorts.*

Ek 1. Erzurum İline Ait Veriler

No	Mahalle/Köy	2017	Enlem	Boylam	No	Mahalle/Köy	2017	Enlem	Boylam	No	Mahalle/Köy	2017	Enlem	Boylam	No	Mahalle/Köy	2017	Enlem	Boylam
1	Atatürk M.	2482	39.83	40.05	114	Beşikçi	91	39.60	39.02	227	Demir K.	27	39.07	38.66	340	Demetlevler M.	846	39.75	39.52
2	Barbaros M.	1733	39.81	40.04	115	Çarşı M.	1079	39.60	39.03	228	Dilli K.	28	39.27	38.40	341	Gazi M.	843	39.76	39.53
3	Fatih M.	1118	39.82	40.02	116	Çarşı M.	1079	39.61	39.04	229	Dolunay K.	11	39.25	38.59	342	Münir M.	3427	39.75	39.54
4	Asağıköy M.	82	39.80	40.06	117	Çarşı M.	1047	39.61	39.03	230	Dutluca K.	141	39.14	38.61	343	Yenidoğan M.	448	39.74	39.53
5	Asağıköy M.	82	39.79	40.20	118	Çarşı M.	97	39.60	39.03	231	Efelet K.	31	39.13	38.57	344	Akşemsettin M.	482	39.77	39.46
6	Balıklı K.	218	39.84	40.01	119	Çarşı M.	72	39.60	39.04	232	Eğri K.	36	39.22	38.53	345	Cumhuriyet M.	1124	39.76	39.45
7	Başköy K.	48	39.89	39.79	120	Çarşı M.	32	39.60	39.04	233	Esence K.	13	39.24	38.68	346	Hamiydiye M.	2744	39.76	39.46
8	Böğüova K.	37	39.90	40.05	121	Çarşı M.	68	39.60	39.04	234	Eserteppe K.	15	39.29	38.50	347	Tarzababa M.	2317	39.78	39.45
9	Bozbeyli K.	8	39.92	39.89	122	Çarşı M.	32	39.59	39.03	235	Gözaydın K.	24	39.23	38.38	348	Ağlıoğlu K.	49	39.89	39.31
10	Bozğazı K.	79	39.88	40.03	123	Çarşı M.	69	39.73	38.94	236	Güldibi K.	4	39.32	38.51	349	Ahmetli K.	33	39.87	39.33
11	Boyuğtepe M.	25	39.93	39.82	124	Çarşı M.	20	39.80	39.07	237	Gümüşçeme K.	12	39.25	38.41	350	Aydoğan K.	338	39.74	39.38
12	Boyuğtepe M.	114	39.77	40.00	125	Çarşı M.	22	39.60	39.03	238	Günyolu K.	54	39.21	38.69	351	Bahçelikköy K.	383	39.76	39.35
13	Caykışık K.	91	39.98	40.20	126	Çarşı M.	11	39.79	39.09	239	Harmankaya K.	43	39.33	38.39	352	Bahçevan K.	31	39.78	39.36
14	Çaykent K.	215	39.81	40.16	127	Çarşı M.	24	39.66	39.39	240	Kabataş K.	43	39.35	38.59	353	Balıbeyli K.	185	39.70	39.57
15	Çayönü K.	84	39.77	40.11	128	Çarşı M.	49	39.63	39.25	241	Karakoçluğu K.	36	39.33	38.48	354	Balı K.	26	39.74	39.30
16	Ceunepınar K.	195	39.93	39.96	129	Çarşı M.	21	39.58	38.79	242	Karapınar K.	43	39.14	38.61	355	Balıtaş K.	33	39.85	39.17
17	Çilhoroz K.	8	39.88	39.72	130	Çarşı M.	45	39.64	39.00	243	Kavacık K.	11	39.23	38.68	356	Besaryar K.	425	39.71	39.43
18	Çilliğöl K.	46	39.80	39.99	131	Beşikçi	45	39.66	39.29	244	Köküman K.	57	39.15	38.77	357	Bınok K.	216	39.66	39.49
19	Doğuyayva K.	87	39.86	39.87	132	Beşikçi	21	39.61	38.89	245	Kıslaklık K.	46	39.07	38.68	358	Bıgıyık K.	176	39.76	39.56
20	Doluca K.	40	39.94	40.23	133	Beşikçi	63	39.63	38.81	246	Kocaçimen K.	12	39.31	38.54	359	Bıyıklıman K.	229	39.75	39.61
21	Esençay K.	19	39.86	39.77	134	Çarşı M.	21	39.58	39.25	247	Kozluçay K.	67	39.22	38.57	360	Çarşı M.	62	39.63	39.45
22	Esençay K.	65	39.89	39.91	135	Çarşı M.	40	39.61	39.09	248	Kınak K.	81	39.16	38.52	361	Çatalarmut K.	212	39.81	39.32
23	Gelinpinar K.	71	39.78	40.05	136	Çarşı M.	28	39.84	39.07	249	Kulca K.	14	39.18	38.65	362	Çatalören K.	316	39.67	39.51
24	Göllük K.	23	39.79	39.97	137	Çarşı M.	24	39.73	39.31	250	Osak K.	49	39.15	38.59	363	Çevizli K.	73	39.73	39.35
25	Harmantepe K.	282	39.83	40.09	138	Çarşı M.	82	39.73	39.08	251	Sahinler K.	140	39.18	38.73	364	Çubuklu K.	46	39.62	39.44
26	Hastarla K.	60	39.83	39.89	139	Çarşı M.	39	39.60	38.75	252	Salihli K.	30	39.36	38.50	365	Demirgençli K.	320	39.61	39.60
27	Karataş K.	25	39.87	40.16	140	Dadık K.	18	39.56	39.00	253	Sandık K.	33	39.28	38.47	366	Ekinli K.	27	39.79	39.30
28	Küçüktepe M.	19	39.96	39.86	141	Çarşı M.	38	39.75	39.98	254	Sırakonak K.	47	39.22	38.47	367	Ekmekçi K.	66	39.74	39.34
29	Mazlumcağa K.	24	39.77	40.22	142	Dere K.	28	39.53	39.25	255	Subaşı K.	26	39.30	38.65	368	Elmalı K.	101	39.79	39.35
30	Mirzaoğlu K.	30	39.93	40.13	143	Çarşı M.	47	39.62	38.78	256	Topkapı K.	265	39.09	38.69	369	Ergan K.	227	39.67	39.61
31	Oğuztaş K.	9	39.72	40.11	144	Çarşı M.	119	39.78	38.92	257	Toybelen K.	61	39.25	38.57	370	Çarşı M.	279	39.68	39.46
32	Ortaçık K.	16	39.90	40.11	145	Düğün K.	47	39.70	39.14	258	Tuğlu K.	20	39.22	38.63	371	Gölpınar K.	138	39.83	39.25
33	Ozanlı K.	50	39.83	39.94	146	Çarşı M.	11	39.46	38.75	259	Yaka K.	14	39.28	38.50	372	Göyne K.	31	39.76	39.42
34	Pınarıyurd K.	20	39.79	39.94	147	Dutluca K.	10	39.68	39.02	260	Yayladamı K.	6	39.28	38.59	373	Günışığı K.	1518	39.59	39.63
35	Paşazade K.	18	39.75	40.08	148	Beşikçi	73	39.78	38.99	261	Yazmakaya K.	29	39.05	38.70	374	Günbatın K.	349	39.76	39.65
36	Sarıçık K.	27	39.78	40.08	149	Erzurum	57	39.51	38.88	262	Yeşilyamaç K.	17	39.26	38.55	375	Günbakan K.	479	39.58	39.73
37	Sarıgünç K.	88	39.81	40.03	150	Bağcı M.	121	39.61	39.26	263	Yeşilyamaç K.	11	39.27	38.68	376	Gürlevik K.	21	39.83	39.55
38	Tappığı K.	41	39.81	40.06	151	Beşikçi	37	39.54	39.02	264	Yeşilyurt K.	31	39.20	38.56	377	Hacıoğlu K.	56	39.70	39.59
39	Sarıtaş K.	59	39.85	40.00	152	Beşikçi	50	39.64	38.84	265	Yıldız K.	23	39.18	38.70	378	Hacıoğlu K.	368	39.84	39.58
40	Topraklık K.	14	39.75	40.07	153	Beşikçi	86	39.71	39.21	266	Yükürümüşlü K.	45	39.27	38.87	379	Hançerler K.	21	39.83	39.32
41	Tosunlar K.	13	39.72	40.04	154	Çarşı M.	64	39.62	38.96	267	Yuva K.	32	39.25	38.51	380	Hoşyol K.	148	39.79	39.32
42	Tuşaçın K.	12	39.86	39.72	155	Çarşı M.	41	39.66	38.69	268	Akşemsettin M.	2481	39.75	39.51	381	İldere K.	51	39.79	39.47
43	Verimli K.	229	39.85	39.91	156	Habış K.	195	39.70	38.90	269	Arslanlı M.	5642	39.76	39.48	382	İşkpınar K.	583	39.57	39.74
44	Yaylakent K.	140	39.87	39.85	157	İlpar K.	10	39.71	39.00	270	Atatürk M.	5005	39.75	39.50	383	Kalecik K.	94	39.69	39.58
45	Yaylakent K.	35	39.85	39.81	158	Çarşı M.	11	39.62	39.34	271	Bahçelievler M.	3629	39.75	39.48	384	Karadığın K.	438	39.60	39.68
46	Yaylakent K.	266	39.92	39.93	159	Çarşı M.	44	39.70	38.73	272	Barbaros M.	1989	39.75	39.50	385	Karataş K.	206	39.79	39.45
47	Yeşilyaka K.	147	39.85	39.96	160	Kandık K.	60	39.66	39.11	273	Başbağlar M.	4537	39.76	39.50	386	Kılıçkaya K.	559	39.56	39.57
48	Yeşilyaka K.	58	39.80	40.11	161	Kandık K.	96	39.64	38.82	274	Çarşı M.	2749	39.74	39.46	387	Köküçü K.	106	39.69	39.48
49	Yükürümüşlü K.	69	39.76	40.12	162	Çarşı M.	50	39.52	38.67	275	Cumhuriyet M.	6580	39.76	39.50	388	Kilimli K.	302	39.89	39.20
50	Yüreklî K.	23	39.88	40.10	163	Çarşı M.	30	39.64	39.41	276	Ergenekon M.	7081	39.75	39.46	389	Koçtaşı K.	93	39.44	39.29
51	Abdullah Paşa M.	823	39.45	38.56	164	Kandık K.	20	39.83	39.02	277	Erseverler M.	1068	39.73	39.50	390	Konakbaşı K.	177	39.76	39.60
52	Fatih M.	1417	39.47	38.56	165	Kandık K.	116	39.55	39.07	278	Fatih M.	3833	39.75	39.51	391	Konakbaşı K.	20	39.64	39.67
53	İ. Çeçen M.	623	39.47	38.58	166	Kerem K.	321	39.75	39.29	279	Güllübbey M.	1471	39.74	39.50	392	Konakbaşı K.	290	39.81	39.50
54	K. Karabekir M.	913	39.46	38.74	167	Kandık K.	180	39.61	38.51	280	Hallipaşa M.	2715	39.74	39.42	393	Konakbaşı K.	576	39.85	39.51
55	Ağlıdere K.	31	39.56	38.82	168	Çarşı M.	172	39.56	39.02	281	Hecabekir M.	1706	39.74	39.49	394	Mecidiye K.	66	39.76	39.40
56	Akçayın K.	9	39.72	38.41	169	Çarşı M.	74	39.66	39.05	282	İnönü M.	5425	39.75	39.49	395	Oklaçtepe K.	228	39.62	39.55
57	Akdöğü K.	14	39.42	38.77	170	Çarşı M.	70	39.61	39.30	283	Lizetpaşa M.	2725	39.74	39.51	396	Ortaçık K.	114	39.61	39.60
58	Altıntaş K.	132	39.49	38.33	171	Çarşı M.	27	39.69	39.17	284	Karağağaç M.	514	39.74	39.50	397	Pekmezci K.	35	39.69	39.36
59	Atma K.	55	39.52	38.64	172	Kılıp K.	62	39.63	39.36	285	K. Karabekir M.	3638	39.77						