

## Suriye Mülteci Kamplarının ve İnsani Yardım Depo Konumlarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Doğrusal Programlama ile Modellenmesi

**Metehan ATAY<sup>\*1</sup>** ORCID 0000-0003-2025-9899

**Mohamad ALHAMAD<sup>2</sup>** ORCID 0000-0002-8111-8574

**Cihan ÇETİNKAYA<sup>3</sup>** ORCID 0000-0002-5899-8438

**Serap ULUSAM SEÇKİNER<sup>2</sup>** ORCID 0000-0002-1612-6033

<sup>1</sup>Hasan Kalyoncu Üniversitesi, İnsansız Hava Araçları Teknolojisi ve Operatörlüğü Programı,  
Gaziantep

<sup>2</sup>Gaziantep Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Gaziantep

<sup>3</sup>Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi. Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü,  
Adana

Geliş tarihi: 15.03.2023

Kabul tarihi: 29.09.2023

Atıf şekli/ How to cite: ATAY, M., ALHAMAD, M., ÇETİNKAYA, C., ULUSAM SEÇKİNER, S., (2023).  
Suriye Mülteci Kamplarının ve İnsani Yardım Depo Konumlarının Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve Doğrusal  
Programlama ile Modellenmesi. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 38(3), 633-645.

### Öz

Tüm dünyada yüzlerce sivil toplum kuruluşu, savaşlar ve afetler nedeniyle ülkelerinden göç etmek zorunda kalan ve kamplarda yaşayan mültecilere destek olmak için çaba göstermektedir. Suriye bu konuda bir örnektir. Suriye'de bulunan sivil toplum kuruluşlarının insani yardım depolarından kamplara gidecek olan malzemelerin lojistiği ise bilinen ve çözümlenebilen bir insani yardım lojistiği problemidir. Bu makalenin amacı, Sivil Toplum Kuruluşlarının (STK) depo alanları için uygun yerleri araştırmaktır. Her insani yardım lojistiği probleminde olduğu gibi belirlenen depo lokasyonlarından nihai kullanıcı ve ihtiyaç sahiplerine ulaştırılması gereken malzemelerin taşıma işlemleri gerçekleştirilirken minimum miktarda maliyet ile maksimum miktarda ürün dağıtımı amaçlanmıştır. Bu çalışma, Doğrusal Programlama (LP) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) kullanılarak tanımlanmış, çözülmüş ve her bir çözüm yönteminin sonuçları arasında bir karşılaştırma gösterilerek maliyet analizleri yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tesis konumu, Coğrafi bilgi sistemi, Sivil toplum kuruluşları, Envanter

### Modeling of Syrian Refugee Camps and Humanitarian Aid Warehouse Locations with Geographic Information System (GIS) and Linear Programming

#### Abstract

Hundreds of non-governmental organizations all over the world strive to support refugees who have had to migrate from their countries due to wars and disasters and live in camps. Syria is an example in this regard.

\*Sorumlu yazar (Corresponding Author): Metehan ATAY, [metehan.atay@hku.edu.tr](mailto:metehan.atay@hku.edu.tr)

The logistics of the materials that will go to the camps from the humanitarian aid depots of the non-governmental organizations in Syria is a known and solvable humanitarian aid logistics problem. The purpose of this article is to research suitable places for non-governmental organizations (NGOs) warehouse areas. As in every humanitarian aid logistics problem, it is aimed to distribute the maximum amount of products with minimum cost while carrying out the transportation of the materials that need to be delivered to the end users and the needers from the designated warehouse locations. This study was defined and solved using Linear Programming (LP) and Geographic Information System (GIS), and cost analyzes were performed by showing a comparison between the results of each solution method.

**Keywords:** Facility location, Geographic information system, Non-governmental organizations, Inventory

## 1. GİRİŞ

Son on yılda dünya, savaşlar, terörizm ve doğal afetler nedeniyle birçok felakete tanık olmuştur. Bu felaketler binlerce insanın ölümüne, milyonlarca insanın yerinden olmasına ve milyonlarca insanın mülteci olarak ülkelerinden ayrılmasına yol açmıştır. Çeşitli siyasi, çevresel ve çatışma durumları nedeniyle dünya mülteci sayıları artmaya devam ederken, ülkelerini terk ettikten sonra, birçok mülteci komşu ülkelerdeki kamplara yerleşmiş ve ev sahibi ülkede mülteciler için temel ihtiyaçları karşılanması çözülmesi gereken bir problem haline gelmiştir. İnsanların ülkelerini terk etmelerine neden olan ister insan kaynaklı ister doğal bir afet olsun, bu afetlerden etkilenen kişilere afet dönemlerinde ve sonrasında hemen insani yardım sağlanmalıdır. Acil durum malzemeleri arasında yiyecek, su, temizlik, ilaç, barınak vb. yer alır. İnsani yardımın tedarikçilerden yararlanıcılara ulaştırılması mümkün olan en kısa sürede gerçekleştirilmelidir. Yararlanıcılar arasında kişisel hijyen, yiyecek hazırlama ve sağlık hizmetlerinin iyileştirilmesine yardımcı olmak için herhangi bir topluluğa yeterli miktarda temiz su sağlamak hayati bir ihtiyaçtır. Özellikle insanlara sürekli olarak yüksek kalitede ve insan sağlığına en az riskle içme suyu ve yiyecek sağlamak son derece önemlidir ve onların özel, sosyal, ekonomik ve politik özelliklerini dikkate alınmalıdır.

Bu çalışmada, gerçek bir ulaştırma problemi coğrafi bilgi sistemi (CBS) desteğiyle p-medyan ve küme kapsama problemi olarak ele alınarak çözümlenmeye çalışılmıştır. Ulaşım sistemleri problemini çözmek için genellikle bir ulaşım biçimini temsil eden demiryolları, karayolları, yaya ve bisiklet yolları, nehir/deniz ve hava ağlarına

bakmamız gerekir. Her ağ diğerlerine transfer terminaleri (otobüs/tren istasyonları, eşler/limanlar, havaalanları) aracılığıyla bağlıdır. Günümüzde bu ağlar üzerinden hem yük hem de yolcu için iki tür hizmet bulunmaktadır: ilki isteğe bağlı hizmettir. Oldukça kolay bir örnek taksi hizmetidir. Bu hizmet maksimum esneklik sunar, ancak daha yüksek maliyetler ve çevresel etkilere neden olur. İkinci tür hizmet ise, konsolidasyonlu hizmettir. Servisler düzenli aralıklarla planlanmakta ve yük veya yolcu akışları ana dağıtım üsleri aracılığıyla konsolide edilmektedir. Bu hizmet türü zamanlama açısından isteğe bağlı hizmetten daha az esnek olsa da, araç ve konteyner gibi ulaşım kaynaklarını daha iyi doldurma avantajına sahiptir. Böylece, daha az kaynak harcayarak, taşıyıcılar daha düşük fiyatlar önerebilir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Tesis Yeri Seçim Problemi

Malzemeleri ve bitmiş ürünleri bir noktadan diğerine taşımak için gereken tesislerin sayısının, kapasitelerinin ve konumlarının belirlenmesi genellikle Endüstri Mühendisliğinin geleneksel rollerinden biri olarak kabul edilir. Bölgesel dağıtım merkezi konumlarının kullanılması ve yerel bir terminalin hizmet verdiği bölgenin belirlenmesi, ulaşım sistemi tasarım sürecinin bir parçasıdır. Ayrıca her müşteriye nasıl hizmet verilmesi gerektiğinin belirlenmesine de tahsis problemi denir. Buna ek olarak, endüstri mühendisleri, bir tesisin otomatikleştirilmiş "Endüstri 4.0" mı yoksa manuel ayırma sistemleri kullanılarak mı inşa edilmesi gerektiğine karar verme sürecinde genellikle yardımcı olacaktır. Mevcut ve potansiyel

depoların kapsama kapasitesini belirlemek ve yapılacak depo sayısını en aza indirmek için bir set-covering matematiksel modeli ele alınmaktadır. Ayrıca, potansiyel depoları açmak ve açılan depolara tesis atamak için P-merkezi ve P-medyan matematiksel modeller uygulanarak toplam mesafe ve talebin kaynağa olan en uzun mesafesi en aza indirilmiştir. Geliştirilen tamsayı programlama (IP) modelleri ve Coğrafik Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımları bir vaka çalışması ile karşılaştırılmıştır. Hesaplamalı deneyler, yaklaşımımızın mevcut depolardan daha geniş alanları kapsayan yeni potansiyel tesis depolarından şehirdeki hizmet tesislerine kadar bulabileceğini kanıtlıyor. Desteğin konumlandırılması ve dağıtılması, özellikle mevcut veriler olduğunda CBS kullanımından yararlanabilir. İstenilen yol ve mevkilerin tespiti için çalışma alanını bölgelere, sayımlara, ilçelere vb. ayırmak gerekir [1].

İnsani lojistik bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmış ve özellikle afet müdahalesine tahsis edilen fonların yaklaşık %75'inin tedarik zinciri ile ilgili olduğu gerçeği göz önüne alındığında, son on yılda önemli ilgi görmüştür [2]. Alan ve arkadaşlarının (2006) ve Van Wassenhove'un (2006) ilk eserlerine dayanmaktadır ve o zamandan beri zengin bir araştırma alanına dönüşmüştür [3]. İnsani yardım lojistiğine ilişkin araştırmalar için okuyucuya, Çelik ve arkadaşları (2012), Galindo ve Batta (2013), Özdamar ve Ertem, (2015), Kara ve Savaşer (2017) ve Besiou ve Van Wassenhove (2019) eserleri kaynak olarak gösterilebilir [4-8]. Afet operasyonları genel olarak dört aşamada sınıflandırılır: azaltma, hazırlık, müdahale ve geliştirme [4]. Besiou ve Van Wassenhove (2019), insani lojistik tarihini geçmiş, bugünü ve geleceği araştırarak üç aşamada tasvir etmektedir [8]. Alanın geleceğinin, çalışmamızın merkezinde yer alan çok sayıda mültecinin yönetimi de dahil olmak üzere birçok faktör tarafından yönlendirildiğini belirtmektedirler. Yer seçim problemleri, taktik ve operasyonel seviyelerden alınan kararları birleştirir. Son yapılan çalışmalar arasında Prodhon ve Prins (2014), Albareda-Sambola (2015) ve Drexl ve Schneider (2017) araştırmalarıdır [9-11]. İnsani yardım lojistiğinde, yerleşim sorunları tipik olarak azaltma ve hazırlık aşamalarında çözülürken [12,13], yönlendirme sorunları müdahale

aşamasında ortaya çıkar [14-19]. Örnekler, bozulabilir gıdaları refah kurumlarına adil ve verimli bir şekilde dağıtmaya yönelik sosyal yardım operasyonlarını [20,21] ve bir depremden sonra ambulanslar için dinamik ulaşım planlamasını [22] içerir. Lokasyon ve yönlendirme entegrasyonu, insani lojistik literatürde nadiren görülmektedir. İlk çalışmalardan biri, afet müdahale aşamasında entegre bir lojistik destek ve tahliye operasyonlarını düşünen Yi ve Özdamar'a (2007) aittir [23]. Balcık (2017), afet sonrası hızlı ihtiyaç değerlendirmesi için yer seçimi ve araç rotalama için bir tabu arama algoritması geliştirmiştir [24]. Cherkesly ve arkadaşları (2019) yakın zamanda Liberya'da bir toplum sağlık bakım ağının tasarımında ortaya çıkan bir konum, kapsama ve yönlendirme sorununu çözmüştür [25].

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Tesis Yeri ve STK Envanterlerinin Tahsisi

Kamp hizmetlerinde lojistiğin sağlanması önemli bir konudur [30]. Bu nedenle kampların ve kamp depolarının yerlerinin belirlenmesi stratejik bir karardır [31]. Bu bölümde, depoların ilgili kamplara optimal dağılımını sağlamak için yer tahsis modelleri kullanılmıştır. Küme kapsama ve P-medyan problemleri olarak adlandırılan iki farklı yer tahsis modeli iki farklı senaryoya uygulanmıştır. Kullanılan mesafeler iz düşünüm mesafesidir. Organizasyon depolarının konumlarına göre önerilen senaryolar aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır;

- Senaryo 1: Mevcut üç depoyu dikkate alan durumdur.
- Senaryo 2: Üç mevcut ve üç potansiyel ambarın birlikte ele alındığı durumdur.

#### 3.1.1. Küme Kapsama Probleminin STK Depolarına Uygulanması

Küme kapsama problemi, önceden belirlenmiş bir zaman diliminde her kümeye en az bir kez ulaşacak şekilde tesis yer seçimi problemi olarak tanımlanır [32]. Problemi kapsayan kümenin formülasyonu aşağıdaki gibidir;

$$\text{Min} \sum f_j X_j \quad j \in J \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$\sum a_{ij} X_j \geq 1 \quad j \in J \quad (2)$$

$$X_j \in [0,1] \quad (3)$$

Notasyonlar;

$I$	Kamp noktaları kümesi; $i \in I$
$J$	Depo noktaları kümesi; $j \in J$
$h_i$	$I$ noktasındaki kamp
$f_j$	$J$ alanında bir deponun sabit maliyeti
$TC$	1 km taşımanın sabit maliyeti
$a_{ij}$	$\begin{cases} 1 & \text{Eğer } I \text{ noktasındaki kamp } j \\ & \text{noktasındaki depo tarafından} \\ & \text{kapsanıyorsa} \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$
$X_j$	$\begin{cases} 1 & \text{Eğer aday depo } j \text{ lokasyonuna} \\ & \text{kuruluyorsa} \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$
$Z_{ij}$	$\begin{cases} 1 & \text{Eğer } I \text{ noktasındaki kamp } j \\ & \text{noktasındaki depo tarafından tedarik} \\ & \text{ediliyorsa} \\ 0 & \text{Diğer} \end{cases}$

Burada; Eşitlik 2, modelin amaç fonksiyonlarına karşılık gelir. Açılacak depo sayısını minimize etmektir. Eşitlik 1, en az bir açık depodan tüm kamplara belirlenen süre içerisinde hizmet vermektir. Eşitlik 3, karar değişkeninin bütünlük kısıtıdır. Sonuçlar, LP modelinin 10 km, 20 km ve 30 km kapsama alanları için optimal bir çözüm bulamadığını göstermiştir. Başka bir deyişle, kapsama alanı olmayan bazı kamplar olduğu için optimal senaryolar yoktur.

### 3.1.2. STK Envanterleri İçin P-Medyan Problemi

Önceki bölümde tanımlanan ağda, yüksek olarak tanımlanan kamplar ve TC olarak tanımlanan tüm müşteriler arasında birim başına taşıma maliyetleri dikkate alınır [33]. P-medyan problemi, açılacak olan P miktarı aday deposunu ve her bir depoya

hangi kampların atanacağını belirlemeye çalışır. P-medyan probleminin formülasyonları aşağıdaki gibidir;

$$\text{Min} \sum \sum a_{ij} Z_{ij} h_i \quad (4)$$

$$\text{Min} \sum f_j X_j + \sum \sum Z_{ij} h_i + TC \sum \sum Z_{ij} h_i \quad (5)$$

Kısıtlar;

$$\sum X_j \leq P \quad (6)$$

$$\sum Z_{ij} \leq 1 \quad \forall j \in J \quad (7)$$

$$Z_{ij} \leq a_{ij} X_j \quad \forall i \in I, j \in J \quad (8)$$

$$X_j Z_{ij} \in [0,1] \quad (9)$$

Burada; Eşitlik 4, hizmet verilen kamplar için en az miktardaki kamp ile çok hizmet götürmeyi hedefler. Eşitlik 5, üç faktörü kapsayan toplam maliyeti minimize eder: bir depo kurma ve açma maliyeti olan sabit bir maliyet; bir depo işletmek için değişken bir maliyet ve ilgili kampa desteği ulaştırmak için bir nakliye maliyetidir. Eşitlik 6, bulunan depoların sayısını izin verilen depo sayısı olan belirli bir değerden (P=3) ve veya ona eşit olacak şekilde sınırlar ki açılabilir. Eşitlik 7, her kampın çoğunlukla bir kez kapsanabileceğini garanti eder. Eşitlik 8,  $i \in I$  düğümündeki kampın,  $i$  düğümünü kapsayan depo alanlarından en az biri bulunmadıkça kapatılamayacağını ifade eder. Yerleşik depolar ve kapsanan düğümler için ikili değişkenler Eşitlik 9'da sunulmuştur.

### 3.2. CBS Kullanarak STK Envanterlerinin Lokasyon Tahsis Probleminin Optimize Edilmesi

CBS, mekansal ve coğrafi verileri yakalama ve analiz etme yeteneği sağlayan kavramsallaştırılmış bir çerçevedir. CBS uygulamaları, kullanıcının etkileşimli sorgular oluşturmaya (kullanıcı

tarafından oluşturulan aramalar), mekansal ve mekansal olmayan verileri depolamasına ve düzenlemesine, mekansal bilgi çıktısını analiz etmesine ve bu işlemlerin sonuçlarını haritalar halinde sunarak görsel olarak paylaşmasına olanak tanıyan bilgisayar tabanlı araçlardır [26]. Coğrafi bilgi sistemleri birden fazla teknoloji, süreç, teknik ve yöntemde kullanılmaktadır. Mühendislik, planlama, yönetim, nakliye/lojistik, sigorta, telekomünikasyon ve işletme ile ilgili çeşitli operasyonlara ve sayısız uygulamaya bağlıdır. Bu nedenle, coğrafi analiz ve görselleştirmeye dayanan konum destekli hizmetlerin temelinde CBS ve konum istihbaratı uygulamaları yer almaktadır. CBS, "anahtar indeks değişkeni" olarak konumun kullanılması yoluyla, daha önce ilgisiz bilgileri ilişkilendirme yeteneği sağlar. Dünya'nın uzay-zamanında bulunan konumlar ve kapsamlar, x, y ve z koordinatlarıyla birlikte meydana gelme tarihi ve saati aracılığıyla kaydedilebilir; temsil eden boylam (x), enlem (y) ve yükseklik (z). Tüm Dünya tabanlı, uzamsal-zamansal, konum ve kapsam referansları, birbirleriyle ve nihayetinde "gerçek" bir fiziksel konum veya kapsama ilişkilendirilebilir olmalıdır. CBS'nin bu temel özelliği, bilimsel araştırma ve araştırmaların yeni yollarını açmaya başlamıştır [27].

### 3.2.1. CBS Teknikleri ve Teknolojisi

Modern CBS teknolojileri, çeşitli sayısallaştırılmış veri oluşturma yöntemlerinin kullanıldığı sayısal bilgileri kullanır. En yaygın veri oluşturma yöntemi, basılı bir haritanın veya anket planının bir CAD programı ve coğrafi referanslama yetenekleri kullanılarak dijital bir ortama aktarıldığı dijitalleştirilmiştir. Orto-rektifiyeli görüntülerin (uydulardan, uçaklardan, Helikopterlerden ve İHA'lardan) geniş bir şekilde mevcudiyeti ile birlikte, baş üstü sayısallaştırma, coğrafi verilerin çıkarıldığı ana metot haline gelmiştir [28]. Head-up sayısallaştırma, coğrafi biçimin ayrı bir sayısallaştırma tabletinde izlenmesinin geleneksel yöntemi (baş aşağı sayısallaştırma) yerine coğrafi verilerin doğrudan havadan alınan görüntülerin üzerinde izlenmesini içerir. Baş aşağı sayısallaştırma veya manuel sayısallaştırma, özdeş, dijital bir harita oluşturmak için bilgileri bilgisayara besleyen özel bir manyetik kalem veya ekran

kalemi kullanır. Bazı tabletler, ekran kalemi yerine disk adı verilen fare benzeri bir araç kullanır [29].

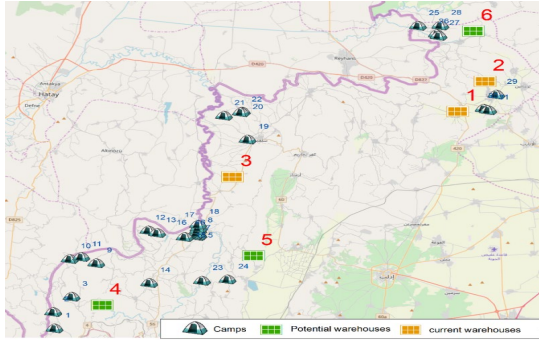
Disk, daha fazla hassasiyete ve harita özelliklerini tam olarak belirlemeye izin veren artı işaretli küçük bir pencereye sahiptir. Head-up sayısallaştırma daha yaygın olarak kullanılsa da, head-down sayısallaştırma düşük kaliteli haritaları sayısallaştırmak için hala kullanışlıdır. Geoprocessing, mekansal verileri işlemek için kullanılan bir CBS işlemidir. Tipik bir coğrafi işleme işlemi, bir girdi veri kümesini alır, bu veri kümesi üzerinde bir işlem gerçekleştirir ve işlemin sonucunu bir çıktı veri kümesi olarak döndürür. Yaygın coğrafi işleme işlemleri, coğrafi özellik yerleşimi, özellik seçimi ve analizi, topoloji işleme, raster işleme ve veri dönüştürmeyi içerir. Coğrafi işleme, kararları oluşturmak için kullanılan bilgilerin tanımlanmasına, yönetilmesine ve analizine izin verir.

### 3.2.2. Problemin CBS ile Optimize Edilmesi

Bu bölüm, depo problemleri için GIS tarafından lokasyon tahsis probleminin kısa bir incelemesini ve ardından doğrusal programlama modeli için aynı adımları sunmaktadır. Bu çalışmada öncelikle mevcut ve potansiyel depoların dağılımını incelemek gerekir, 3 mevcut ve 3 potansiyel depo deposunun coğrafi bilgileri, CBS kullanılarak toplamda 31 depo olarak toplanmıştır. İkinci olarak, mevcut ve potansiyel depoların kapsama kapasitesini belirlemek ve açılacak depo sayısını en aza indirmek için küme kapsama matematiksel modeli ele alınmaktadır. Son olarak, potansiyel depoları açmak ve açılan depoları kamp atamak için P-medyan matematiksel modeller uygulanmakta, böylece toplam mesafe ve talebin kaynağa olan en uzun mesafesi en aza indirilmektedir.

Çalışma alanı İdlib'de olup, önce coğrafi bilgi sistemi GBS ile 31 depo (BALAD'ın kapsadığı), 3 mevcut depo ve 3 potansiyel depo ambarını belirledik, ardından mesafeleri hesapladık. Potansiyel depoların depo yerleri İdlib'deki Kamp Yönetim Ofisi tarafından belirlenir. Her tesisin (kamplar, mevcut ve potansiyel depolar) mekansal konumları, coğrafi koordinatlar (enlem ve boylam)

ile belirlenir. ESRI ArcGIS 10.4, bir ağdaki kuruluşlar arasındaki gerçek mesafeleri hesaplamak için bir CBS aracı olarak kullanılır. 31 kamp, 3 mevcut depo ve 3 potansiyel depo aşağıdaki Şekil 1'de gösterilmektedir;



Şekil 1. Kamp ve depoların dağılımı

Aşağıdaki Çizelge 1 ve 2, sırasıyla çalışmada analiz edilen kampları ve depoların güncel durumunu göstermektedir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan kamplara ait bilgiler

#	Bulunduğu yer	Bölge	Kamp Adı	Kapasitesi (kişi)
1	Idleb	Jisir ashugur	Al Hanbushiyeh	2125
2	Idleb	Jisir ashugur	Alziyara	1381
3	Idleb	Jisir ashugur	Badama 2	277
4	Idleb	Jisir ashugur	Salah Alden (Kherbet Eljoz)	3557
5	Idleb	Jisir ashugur	Omar	2356
6	Idleb	Jisir ashugur	Ein Albayda	5841
7	Idleb	Jisir ashugur	Ataa Alkheir	3252
8	Idleb	Jisir ashugur	Alfateha	677
9	Idleb	Jisir ashugur	Az-zawf 1 (Sham)	4723
10	Idleb	Jisir ashugur	Az-zawf 2 (Sadaka)	1266
11	Idleb	Jisir ashugur	Az-zawf 3 (Alikhaa)	2583
12	Idleb	Jisir ashugur	Ali Bin Abitaleb	909
13	Idleb	Jisir ashugur	Albonyan	413
14	Idleb	Jisir ashugur	Alkaderiye	129
15	Idleb	Salqin	Alfarouk (Darkosh)	2027
16	Idleb	Salqin	Aleppo 1	614

17	Idleb	Salqin	Aleppo 2	365
18	Idleb	Salqin	Aleppo 3	3739
19	Idleb	Salqin	Ghouta Sharkiye	2818
20	Idleb	Salqin	Ayidoun 1	491
21	Idleb	Salqin	Samidoon	266
22	Idleb	Salqin	Ayidoun 2	75965
23	Idleb	Salqin	Sheikh Essa	1485
24	Idleb	Salqin	Meriamen	1167
25	Idleb	Al-dana	Atmeh	2439
26	Idleb	Al-dana	Sahl Alghab	649
27	Idleb	Al-dana	Shuhada sahl alghab	5321
28	Idleb	Al-dana	Nasaem Alkhayr	237
29	Idleb	Al-dana	Alnahda	569
30	Idleb	Al-dana	Tal Alkarama	749
31	Idleb	Al-dana	Algharbal	325

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan depolara ait bilgiler

#	Yer	Depo	Durumu
1	Idleb	Sarmada	Mevcut
2	Idleb	Al-dana	Mevcut
3	Idleb	Azmareen	Mevcut
4	Idleb	Zeyniyh	Potansiyel
5	Idleb	Sheikh essa	Potansiyel
6	Idleb	Kaah	Potansiyel

### 3.3. Tesis Yeri ve Tahsis Problemi İçin Matematiksel Modelleme

Bu bölümde, İdlib'deki iki senaryo için küme kapsama ve P-medyan problemleri olmak üzere iki farklı lokasyon tahsis modeli uygulanmıştır;

- Senaryo 1: Mevcut üç deponun ele alındığı durum,
- Senaryo 2: İdlib'de üç mevcut ve üç potansiyel antreponun birlikte ele alındığı durum.

#### 3.3.1. Problemin Küme Kaplama Problemi Olarak Modellenmesi ve Çözümü

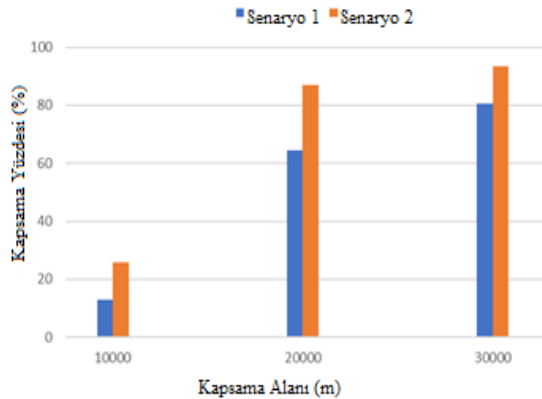
Küme kaplama modeli öncelikle iki senaryonun kapsama kabiliyetini araştırmak için CBS'ye dayalı olarak elde edilen verilerle çözülmüştür. 10km, 20km ve 30km olmak üzere 3 farklı kapsama alanı incelenmiş ve sonuçlar sunulmuştur. Çizelge 3, ArcGIS Network Analysis aracı ile elde edilen

modeli kapsayan setin sayısal sonuçlarını aşağıda göstermektedir;

**Çizelge 3.** CBS kullanarak küme kapsama modelinin sayısal sonuçları

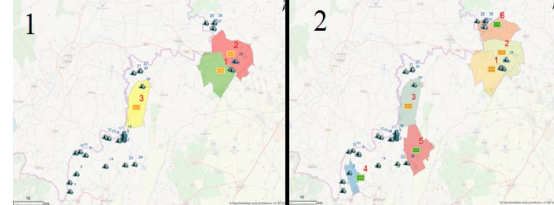
Kapsama Alanı (km <sup>2</sup> )	Senaryo	Kapsanan Kamplar	Kapsanmayan Kamplar	Açılan Depolar	Toplam açılan depo sayısı
10	1	4	27	1, 3	2
	2	8	23	2, 3, 4, 5, 6	5
20	1	20	11	1, 2, 3	3
	2	27	4	2, 3, 4, 5	4
30	1	25	6	1, 3	2
	2	29	2	2,3, 4	3

Sonuçlara göre aşağıdaki sonuçlar gözlemlenebilir; Senaryo 2, tüm kapsama alanında Senaryo 1'den daha geniş bir kapsama kabiliyetine sahiptir. Örneğin, kamp depoları (Senaryo 1) 20 kampı kapsayabilirken, Senaryo 2, 20 km'lik bir kapsama alanında 27 kampı kapsayabilir. Bu sonuç, mevcut depoların beklendiği gibi mevcut kampları tedarik etmek için yeterli olmadığını göstermektedir. Artan kapsama alanı, kapsanan talep noktalarını da artırmaktadır. 10km, 20km ve 30km'lik kapsama alanının artırılması, mevcut depolar için kapsama yüzdesinin %13'ten %80'e yükselmesine neden oluyor. Şekil 2, iki farklı senaryo arasındaki kapsama alanını m<sup>2</sup> cinsinden kapsama yüzdesini göstermektedir;



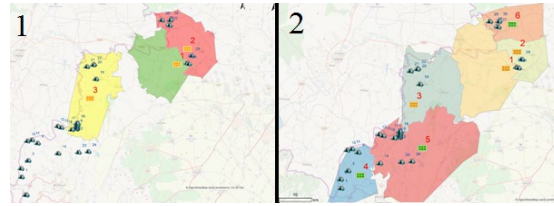
**Şekil 2.** İki farklı senaryoya göre % kapsama alanı

10000 m<sup>2</sup> için CBS ile elde edilen iki senaryo için set kapsayan çözümler sırasıyla Şekil 3'te gösterilmiştir;



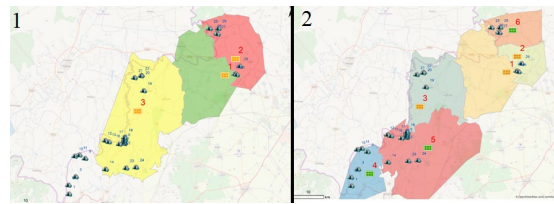
**Şekil 3.** Senaryolara göre 10 km<sup>2</sup> için kapsama alanları

İlk senaryoda sadece 4 kampın kapsanabileceği, 2. senaryoda ise 31 kamptan 8 kampın kapsanabileceği görülmektedir. 20000 m<sup>2</sup> için CBS ile elde edilen iki senaryo için set kapsayan çözümler sırasıyla Şekil 4'te gösterilmiştir;



**Şekil 4.** Senaryolara göre 20 km<sup>2</sup> için kapsama alanları

İlk senaryoda 20 kampın kapsanabileceği, 2. senaryoda ise 31 kamptan 27 kampın kapsanabileceği görülmektedir. 30000 m<sup>2</sup> için CBS ile elde edilen iki senaryo için problem çözümlerini kapsayan set sırasıyla aşağıdaki Şekil 5'te gösterilmektedir;



**Şekil 5.** Senaryolara göre 30 km<sup>2</sup> için kapsama alanları

İlk senaryoda 25 kampın kapsanabileceği, 2. senaryoda ise 31 kamptan 29 kampın kapsanabileceği görülmektedir.



### 3.3.2. Problemin P-Medyan Olarak Modellenmesi ve Çözümü

Potansiyel depoların faydalı olduğuna dair alınan sonuçları takiben, toplam taşıma mesafesini en aza indirmek için mevcut ve potansiyel depoları talep noktalarına atamak için P-medyan modelleri uygulanmıştır. P için 1 ila 6 değerleri seçilerek talep noktaları için P-medyan modelini uygulanmış, sonuçlar da sorunu kapsayan bir küme olarak iki senaryoya göre sınıflandırılmıştır. Aşağıdaki Çizelge 4, aşağıdaki ESRI ArcGIS yazılımı kullanılarak elde edilen P-medyan probleminin sayısal sonuçlarını göstermektedir;

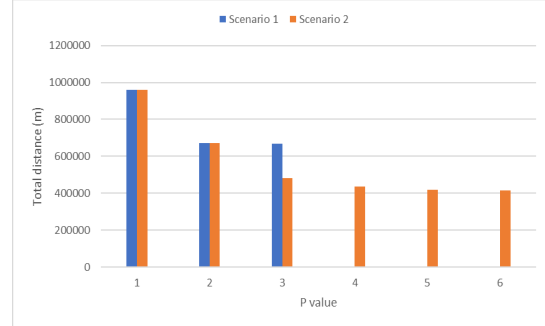
Çizelge 4. ArcGIS yazılımı kullanılarak elde edilen P-medyan probleminin sayısal sonuçları

P	Senaryo 1		Senaryo 2	
	Toplam mesafe (m)	Açık depolar	Toplam mesafe (m)	Açık depolar
1	960501	3	960501	3
2	669930	2, 3	669930	2, 3
3	667274	1, 2, 3	481234	2, 3, 4
4	-	-	435825	2, 3, 4, 5
5	-	-	416963	2, 3, 4, 5, 6
6	-	-	414307	1, 2, 3, 4, 5, 6

Beklendiği gibi, P sayısını artırmak, tüm çözümlerde depolar ve talep noktaları arasındaki toplam mesafeyi azaltır. Şekildeki sonuçlar, kamp depolarının sayısını 1'den 3'e çıkarmanın, toplam seyahat mesafesini Senaryo 1 ve 2 için sırasıyla %30.52 ve %49.89 azalttığını göstermektedir.

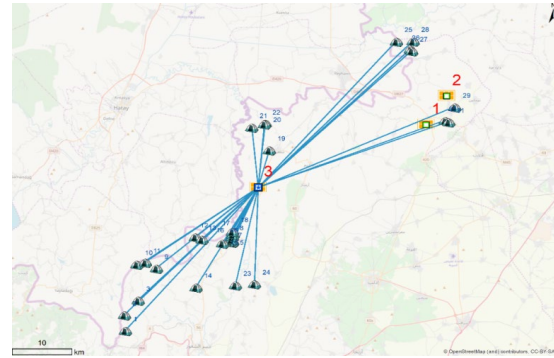
- Kamp depolarının sayısını 3'ten 6'ya çıkarmak, Senaryo 2 için toplam seyahat mesafesini %13,9 azaltır.
- Kamp depolarının sayısını 4'ten 6'ya çıkarmak, Senaryo 2 için toplam seyahat mesafesini %4,9 azaltır.
- P (1 ve 2) olduğunda iki senaryo 1 ve 2'nin eşit toplam mesafesine dikkate alınmalıdır.

Aşağıdaki Şekil 6, aşağıdaki iki senaryo için sayısal toplam mesafenin P değerini göstermektedir;



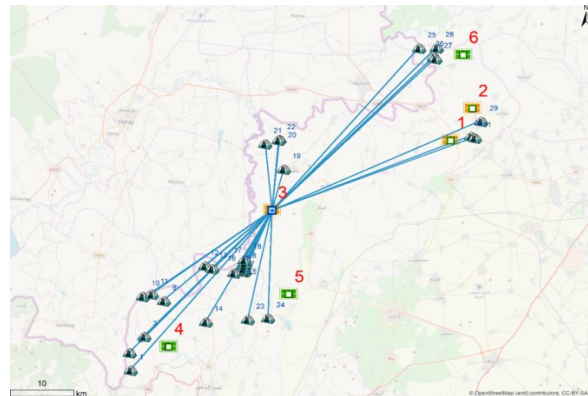
Şekil 6. P-değeri ve toplam mesafe ilişkisi

Şekil 7, aşağıda CBS ile elde edilen 1. senaryoda Aracın sadece bir envanter açık olduğu durumda geçtiği toplam mesafe için P-Median çözümünü göstermektedir;



Şekil 7. 1.Senaryo (P=1) Toplam Mesafe 960501 m

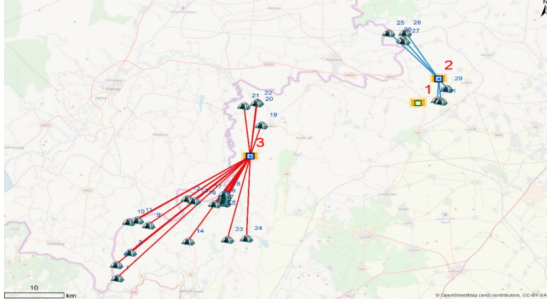
Aynı envanter için açık (P3) ancak 2. senaryoda, aşağıdaki Şekil 7' de gösterildiği gibi toplam mesafede herhangi bir fark yoktur;



Şekil 8. 2. Senaryo (P=1) Toplam Mesafe 960501 m

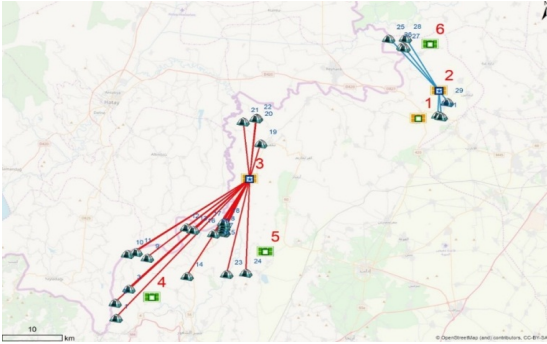


Şekil 8, GIS ile elde edilen 1. senaryoda iki envanterin açık olması durumunda aracın geçtiği toplam mesafe için P-Ortancasının çözümünü göstermektedir;



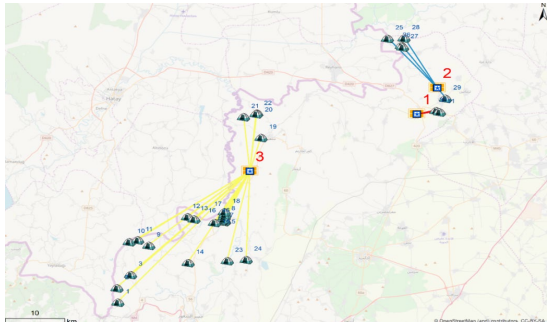
Şekil 9. 1. Senaryo (P=2) Toplam Mesafe 669930 m

Aynı envanterler için (P2 ve P3) ancak 2. senaryoda aşağıdaki Şekil 9'da gösterildiği gibi toplam mesafede bir fark yoktur;



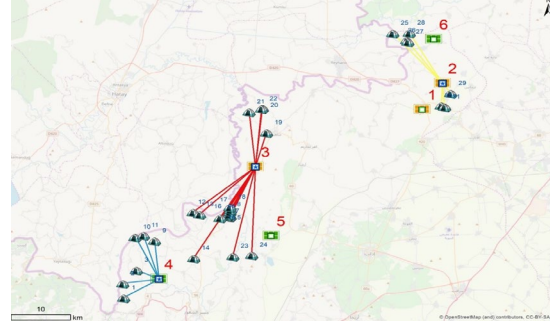
Şekil 10. 2. Senaryo (P=2) Toplam Mesafe 669930 m

Açık olan üç depo (P1, P2 ve P3) için toplam mesafe aşağıdaki Şekil 10'da gösterilmektedir;



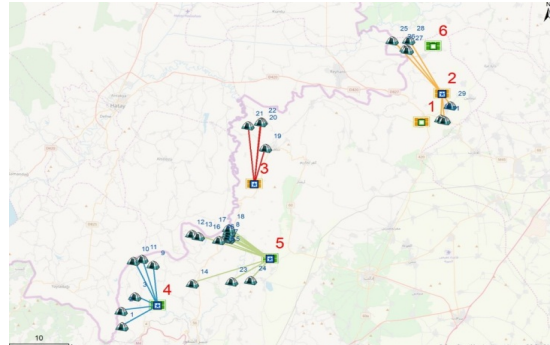
Şekil 11. 1. Senaryo (P=3) Toplam Mesafe 667274 m

Aynı depoların açık olduğu 2. senaryo için, aşağıdaki Şekil 11'te gösterildiği gibi 1. senaryoya göre %27.8 daha kısa mesafede iyileşme var;

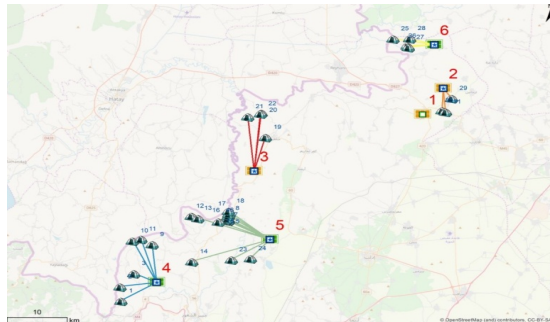


Şekil 12. 2. Senaryo (P=3) toplam mesafe 481234 m

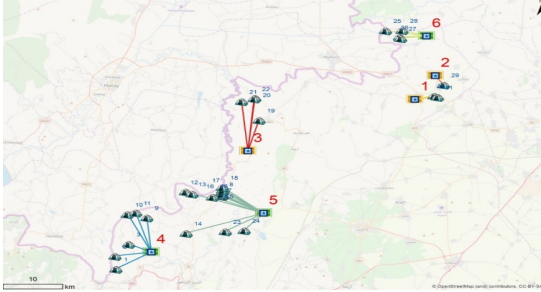
Açılacak 4, 5 ve 6 numaralı depolar için 2. senaryo mesafeleri iyileşme gösteriyor. Ancak, STK'nın sadece 3 envanter ve açık olan üç envantere kıyasla daha küçük bir iyileştirme aralığı seçmesi gerekiyor, bu mesafeler aşağıdaki Şekiller 12, 13 ve 14'te gösterilmektedir;



Şekil 13. 2. Senaryo (P=4) toplam mesafe 435825 m



Şekil 14. 2. Senaryo (P=5) toplam mesafe 416963 m



Şekil 15. 2. Senaryo (P=6) toplam mesafe 414307 m

Aşağıdaki Çizelge 5, LP'ye göre P-medyan probleminin sonuçlarını göstermektedir;

Çizelge 5. P-medyan probleminin sonuçları

P	Senaryo 1		Senaryo 2	
	Toplam mesafe (m)	Açık depolar	Toplam mesafe (m)	Açık depolar
1	960501	3	960501	3
2	669930	2,3	669930	2, 3
3	667274	1, 2, 3	481234	2, 3, 4
4	-	-	414633	2, 3, 4, 5
5	-	-	416963	2, 3, 4, 5, 6
6	-	-	411519	1, 2, 3, 4, 5, 6

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE KARŞILAŞTIRMA

Bu bölüm, hem CBS hem de Doğrusal Programlama (DP) kullanan Küme Örtüsü ve P medyan çalışmalarının sonuçlarını sunar. Bu sonuçlar arasında karşılaştırma yapılmamaktadır, çünkü doğrusal programlama yöntemi ilkesi, bir veya birden fazla kampın kapsanmaması durumunda soruna çözüm vermemektedir. Sonuçlar Çizelge 6 ve 7'de gösterilmektedir;

Çizelge 6. CBS kullanılarak küme kapsama probleminde elde edilen sonuçlar

Kapsama alanı (km <sup>2</sup> )	Senaryo	Kapsanan kamp sayısı	Kapsanmayan kamp sayısı	Açık depolar	Açık depo sayısı
10	1	4	27	1, 3	2
	2	8	23	2, 3, 4, 5, 6	5
20	1	20	11	1, 2, 3	3
	2	27	4	2, 3, 4, 5	4
30	1	25	6	1, 3	2
	2	29	2	2, 3, 4	3

CBS ile elde edilen sonuçlar, aşağıdaki Çizelge 7 ve 8'de gösterildiği gibi DP ile elde edilen sonuçlara benzer görünmektedir;

Çizelge 7. GIS kullanılarak P-medyan probleminde elde edilen sonuçlar

P	Senaryo 1		Senaryo 2	
	Toplam Mesafe (m)	Açık depolar	Toplam mesafe (m)	Açık depolar
1	960501	3	960501	3
2	669930	2, 3	669930	2, 3
3	<b>667274</b>	<b>1, 2, 3</b>	<b>481234</b>	<b>2, 3, 4</b>
4	-	-	435825	2, 3, 4, 5
5	-	-	416963	2, 3, 4, 5, 6
6	-	-	414307	1, 2, 3, 4, 5, 6

Çizelge 8. LP kullanılarak P-medyan probleminde elde edilen sonuçlar

P	Senaryo 1		Senaryo 2	
	Toplam Mesafe (m)	Açık depolar	Toplam mesafe (m)	Açık depolar
1	960501	3	960501	3
2	669930	2, 3	669930	2, 3
3	667274	1, 2, 3	481234	2, 3, 4
4	-	-	<b>414633</b>	2, 3, 4, 5
5	-	-	416963	2, 3, 4, 5, 6
6	-	-	<b>411519</b>	1, 2, 3, 4, 5, 6

Çizelge 9'da koyu renkle gösterilen sonuçlar daha iyi görünüyor ancak bu sonuçlar optimum değil, bunun nedeni DP'nin harita veri tabanına sahip CBS programından farklı olarak şekli dikkate almadan doğrudan mesafe ile ilgilenmesidir. Bu bölümde ayrıca, hangi depoları seçmemiz gerektiğini görmek için CBS kullanılarak elde edilen 1. ve 2. depo seçimi senaryolarının sonuçlarının maliyeti karşılaştırılmıştır. Çizelge 9, mevcut ve potansiyel depoların her birini çalıştırmanın sabit maliyetini göstermektedir ve Çizelge 10 ve 11, sırasıyla 1. ve 2. senaryolar için toplam maliyet analizi hesaplamasını gösterir.

**Çizelge 9.** Ambar sabit maliyeti

Depo sabit maliyeti					
1	2	3	4	5	6
\$2,303	\$2,100	\$1,250	\$1,500	\$3,480	\$2,220

**Çizelge 10.** İlk senaryonun maliyet analizi

Depo sayısı	Depo	Sabit maliyet	Taşıma maliyeti	Aylık toplam maliyet
1	3	\$1,250	\$960.50	\$2210.501
2	2, 3	\$3,350	\$669.93	\$4,019.93
3	1, 2, 3	\$5,653	\$667.27	\$6,320.27

**Çizelge 11.** İkinci senaryonun maliyet analizi

#	Depo	Sabit Maliyet	Değişken Maliyet	Toplam maliyet
1	3	\$1250	\$960.50	\$2,210.60
2	2, 3	\$3350	\$669.93	\$4,019.93
3	2, 3, 4	\$4850	\$481.23	\$5,331.23
4	2, 3, 4, 5	\$8330	\$435.83	\$8,765.83
5	2, 3, 4, 5, 6	\$10504	\$416.96	\$10,956.94
6	1, 2, 3, 4, 5, 6	\$12843	\$414.30	\$13,257.30

2., 3. ve 4. depolar için sabit maliyetlerin 5653 dolardan 4850 dolara (% 14,2) düşürüldüğü görülmektedir. Ayrıca, değişken maliyet 667.274 dolardan 481.234 dolara (%27,9) düşmüştür. Toplam maliyet \$6320.274'dan \$5331.234'a düşmüştür.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, kamp hizmeti kullanımını teşvik etmek için bir araç olarak CBS'nin faydası gösterilmiştir. Potansiyel düğümleri, noktaları ve konum veri kümelerini birlikte atama yeteneği, erişimin coğrafi yönünü içeren kamuya açık birçok başka konuya çevrilebilir. Ayrıca, harita erişimi ve hizmet kullanım oranları coğrafi bölgelerin belirlenmesine yardımcı olabilir. Suriye'deki insani acil durum ortamında insanlar mülteci kamplarında yaşamakta ve sığınma talep etmekte ve hatta yiyecek, su, battaniye vb. temel ihtiyaç maddelerine ihtiyaç duymaktadırlar. Kampların yönetimine ilişkin yer tahsisi sorunu ile ilgili herhangi bir

çalışma bulunmamaktadır. Buna göre, Suriye bağlamında depo yeri tahsisi sorununu ele alan bir çalışma bulunmamaktadır, bu da bu alana akademik ve bilimsel ilginin hala yetersiz olduğu anlamına gelmektedir. Bu katkılar, alandan gerçek veriler kullanılarak çok amaçlı matematiksel modelin CBS ile birleştirilmesiyle en uygun çözüme ulaşılabildiği elde edilebilir.

Bu çalışmada, BALAD ile birlikte İdlib ilinde kamp sağlayan depolara dağıtım için optimal bir çözüm bulmaya çalışılmıştır. Mevcut tüzükte üç antrepo bulunmaktadır ve BALAD'ın 30 km'lik bir kapsama alanında kapsadığı 31 kampı GIS ve DP kullanarak kapsamak ve açılan depoları kurmak ve atamak için küme kaplama ve p-medyan problem modellerini kullanmayı amaçlayan üç potansiyel depo önerilmiştir. Kamplar, en uygun çözüm, 1 mevcut deponun (p1) ortadan kaldırıldığını ve yeni potansiyel depoda (p4) ikame etmesini sağlamıştır. Projenin artan verimliliğini anlayabilmek için (p=1, 2, 3)'ün mevcut maliyeti için maliyet analizi oluşturulmuş ve ulaşım maliyetini bulduğumuz (p=2, 3, 4) potansiyel maliyeti ile karşılaştırılmıştır. (%27,9) ve toplam maliyet (%15,65) azaltılmalıdır.

Gerçek dünyadaki bir problemde esinlenerek mülteci kampı yeri ve kamu hizmeti planlama problemi tanımlanmış, modellenmiş ve çözülmüştür. Problem, kullanıcı lokasyonlarını optimize ederek lokasyon seçimi ve rotalama literatürüne yeni bir uygulama örneği kazandırmaktadır. Bu özellik, planlama yetkilileri hem hizmet sağlayıcıların hem de hizmetten yararlananların konumlarına karar verme olanağına sahip olduğunda, kamu sektörü hizmet planlamasını modelleme potansiyeline sahiptir. Bu tür uygulamalar, büyük bir nüfus bir bölgeyi tahliye ettiğinde ve tahliye edilenler için temel hizmetlerin sağlanması gerektiğinde kamu hizmeti planlamasını içerir. Bu sorun modellenmiş ve modelin özelliklerinden yararlanarak verimli bir CBS uygulamasıyla doğrulanmıştır. Gelecekteki araştırmalar potansiyel olarak diğerlerinin yanı sıra şehirlerarasındaki eşitliği, mültecilerin kökenlerini ve mültecilerin kentsel konumlarını hesaba katabilir.

## 6. KAYNAKLAR

1. Farahani, R.Z., Asgari, N., Heidari, N., Hosseini, M., Goh, M., 2012. Covering Problems in Facility Location: A Review. *Computers & Industrial Engineering*, 62 (1), 368-407.
2. Van Wassenhove, L.N., 2006. Humanitarian Aid Logistics: Supply Chain Management in High Gear. *Journal of the Operational Research Society*, 57(5), 475-489.
3. Altay, N., Green, W.G., 2006. OR/MS Research in Disaster Operations Management. *Eur. J. Oper. Res.*, 175, 475-493.
4. Çelik, M., Ergun, Ö., Johnson, B., Keskinocak, P., Lorca, A., Pekkün, P., Swann, J., 2012. Humanitarian Logistics. *New Directions in Informatics, Optimization, Logistics, and Production*, 18-49.
5. Galindo, G., Batta, R., 2013. Review of Recent Developments in OR/MS Research in Disaster Operations Management. *Eur. J. Oper. Res.*, 230, 201-211.
6. Özdamar, L., Ertem, M.A., 2015. Models, Solutions and Enabling Technologies in Humanitarian Logistics. *Eur. J. Oper. Res.*, 244(1), 55-65.
7. Kara, B.Y., Savaş, Er, S., 2017. Humanitarian Logistics. In: *Leading Developments From INFORMS Communities*, 263-303.
8. Besiou, M., Van Wassenhove, L.N., 2019. Humanitarian Operations: A World of Opportunity for Relevant and Impactful Research. *Manufacturing & Service Operations Management* 22(1), 135-145.
9. Prodhon, C., Prins, C., 2014. A Survey of Recent Research on Location-Routing Problems. *Eur. J. Oper. Res.*, 238, 1-17.
10. Albareda-Sambola, M., 2015. *Location-Routing and Location-Arc Routing*. Springer, Cham, 399-418.
11. Drexler, M., Schneider, M., 2017. A Survey of the Standard Location-Routing Problem. *Ann. Oper. Res.*, 259, 389-414.
12. Balcik, B., Beamon, B.M., Smilowitz, K.R., 2008. Last Mile Distribution in Humanitarian Relief. *Journal of Intelligent Transportation Systems*, 12(2), 51-63.
13. Paul, J.A., Wang, X., 2019. Robust Location-Allocation Network Design for Earthquake Preparedness. *Transportation Research Part B: Methodological*, 119, 139-155.
14. Balcik, B., Beamon, B.M., 2008. Facility Location in Humanitarian Relief. *International Journal of Logistics*, 11(2), 101-121.
15. Campbell, A.M., Vandenbussche, D., Hermann, W., 2008. Routing for Relief Efforts. *Transportation Science*, 42(2), 127-145.
16. Huang, M., Smilowitz, K.R., Balcik, B., 2012. Models for Relief Routing: Equity, Efficiency and Efficacy. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(1), 2-18.
17. Huang, M., Smilowitz, K.R., Balcik, B., 2013. A Continuous Approximation Approach for Assessment Routing in Disaster Relief. *Transportation Research Part B: Methodological*, 50, 20-41.
18. Sheu, J.B., 2014. Post-Disaster Relief-Service Centralized Logistics Distribution with Survivor Resilience Maximization. *Transportation Research Part B: Methodological*, 68, 288-314.
19. Oruc, B.E., Kara, B.Y., 2018. Post-Disaster Assessment Routing Problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 116, 76-102.
20. Eisenhandler, O., Tzur, M., 2019. The Humanitarian Pickup and Distribution Problem. *Oper. Res.*, 67(1), 10-32.
21. Eisenhandler, O., Tzur, M., 2019. A Segment-Based Formulation and A Heuristic for the Humanitarian Pickup and Distribution Problem. *Transportation Science*, 53(5), 1389-1408.
22. Mills, A.F., Argon, N.T., Ziya, S., 2018. Dynamic Distribution of Patients to Medical Facilities in the Aftermath of a Disaster. *Oper. Res.*, 66(3), 716-732.
23. Yi, W., Özdamar, L., 2007. A Dynamic Logistics Coordination Model for Evacuation and Support in Disaster Response Activities. *Eur J Oper Res*, 179, 1177-1193.
24. Balcik, B., 2017. Site Selection and Vehicle Routing for Post-Disaster Rapid Needs Assessment. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 101, 30-58.

25. Cherklesly, M., Rancourt, M.È., Smilowitz, K.R., 2019. Community Healthcare Network in Underserved Areas: Design, Mathematical Models, and Analysis. *Production and Operations Management*, 28(7), 1716-1734.
26. Maliene, V., Grigonis, V., Palevičius, V., Griffiths, S., 2011. Geographic Information System: Old Principles with New Capabilities. *Urban Design International*, 16(1), 1-6.
27. Li, X., Zhao, Z., Zhu, X., Wyatt, T., 2011. Covering Models and Optimization Techniques for Emergency Response Facility Location and Planning a Review. *Mathematical Methods of Operations Research*, 74(3), 281-310.
28. Caprara, A., Toth, P., Fischetti, M., 2000. Algorithms for the Set Covering Problem. *Annals of Operations Research*, 98(1-4), 353-371.
29. Puotinen, M., 2009. A Primer of GIS: Fundamental Geographic and Cartographic Concepts - by Francis Harvey. *Geographical Research*, 47(2), 219-221.
30. Ye, M., Zhou, G. 2007. A Local Genetic Approach to Multi-Objective, Facility Layout Problems with Fixed Aisles. *Int. J. Prod. Res.*, 45, 5243-5264.
31. Singh, S.P., Singh, V.K., 2011. Three-Level AHP-Based Heuristic Approach for a Multi-Objective Facility Layout Problem. *Int. J. Prod. Res.*, 49, 1105-1125.
32. Teixeira, J.C., Antunes, A.P., 2008. A Hierarchical Location Model for Public Facility Planning. *European Journal of Operational Research*, 185(1), 92-104.
33. Lovett, A., Haynes, R., Sünnerberg, G., Gale, S., 2002. Car Travel Time and Accessibility by Bus to General Practitioner Services: A Study Using Patient Registers and GIS. *Social Science & Medicine*, 55(1), 97-111.

