

Deprem Sonrasında Temel İhtiyaçların Dağıtımında Kullanılacak Kapasite Kısıtlı Araçların Genetik Algoritmalar ile Planlanması

¹Abdullah H. Kökçam, ²Buket Şen, ²Mine Büşra Gelen, ²Tuğba Havuç

¹Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye

²Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Sakarya, Türkiye

Özet

Dünyada her yıl deprem, sel, erozyon gibi doğal afetler meydana gelmektedir. Türkiye sahip olduğu yeryüzü şekilleri, iklim şartları, coğrafi konumu sebebiyle bölgesel olarak sıklıkla doğal afetlere maruz kalmaktadır. Ayrıca Türkiye dünyanın en aktif fay hatlarından Kuzey Anadolu fay hattı üzerinde yer almaktadır. Bu fay hattı üzerinde 1999 yılında gerçekleşen Marmara depremi bölgedeki illeri fazlasıyla etkilemiştir. Sakarya en çok etkilenen illerden biridir ve bu fay hattının batı ucunda bulunmaktadır. Bu nedenle her zaman büyük risk taşıyan Sakarya ili, çalışma alanı olarak seçilmiştir.

İnsanlar üzerinde fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar oluşturması nedeniyle depremler afet yönetimi kavramı içerisinde önemli bir yere sahiptir. Deprem gerçekleşmeden önce ve deprem anında yapılması gereken faaliyetler önemli olduğu gibi deprem sonrasında da en kısa zamanda yardımın yapılması önemlidir. Çalışmada Sakarya İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü-AFAD aracılığıyla elde edilen deprem senaryosu verilerinden yararlanılmıştır. Bu veriler ışığında AFAD'ın belirlemiş olduğu depo yerlerine Genetik Algoritma yöntemi kullanılarak temel ihtiyaçların dağıtım kapasite kısıtlı araç rotalama ile yapılmıştır. Sonuç olarak dağıtım problemi için mevcut uygulamadan daha kısa mesafeler bulunarak dağıtımın daha kısa sürede ve daha az sayıda araçla yapılması sağlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Genetik Algoritmalar, Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama, Afet Yönetimi

Planning of Basic Needs Distribution with Capacitated Vehicles after an Earthquake using Genetic Algorithms

Abstract

Natural disasters such as earthquakes, floods and erosion occur each year in the world. Due to its geographical location, climate conditions and geographical location, Turkey is frequently exposed to natural disasters locally. Furthermore, Turkey is located on the North Anatolian fault line which is one of the most active fault lines of the earth. The Marmara earthquake that took place on this fault line in 1999 has

greatly affected the cities in the region. Sakarya is one of the most affected cities and is located at the western end of this fault line. For this reason, Sakarya province, which always has great risk, was chosen as a study area.

Earthquakes has an important place among the disaster management as they can cause physical, economic, social and environmental losses on people. It is important to provide emergency service in the shortest time after the earthquake as well as the activities to be done before and during the earthquake. Earthquake scenario data are obtained through the Sakarya Provincial Directorate of Disaster and Emergency-AFAD. Distribution of the basic needs are made using Genetic Algorithm method. As a result shorter distances are found, which takes less time and vehicle compared to current situation.

Key words: Genetic Algorithm, Capacitated Vehicle Routing Problem, Disaster Management

1. Giriş

Afet, genel olarak insanların fiziksel, sosyal, ekonomik kayıplar yaşamasına sebep olan ve toplumların yaşamını devam ettirmesini olumsuz yönde etkileyen, doğal sebeplerle veya insan ve teknoloji sebebiyle meydana gelen olaylar olarak ifade edilebilir. Deprem, sel, nükleer olaylar, yangınlar gibi çeşitli sebeplerle meydana gelen birçok afet çeşidi bulunmaktadır. Afetler içerisinde toplumların en çok maruz kaldıklarından biri depremdir. Deprem, yer kabuğundaki kırılmalarla oluşan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları sarsma olayı olarak ifade edilebilir [1].

Deprem önlenemeyen bir doğal afettir. Bu nedenle depremin oluşturacağı kayıpları azaltmak hatta yok etmek için deprem öncesinde tedbir alınmalıdır. Deprem, insanların yiyecek, giyecek, barınma, hastalıktan korunma gibi birçok şeye ihtiyaç duymasına neden olabilir. AFAD, afetlerin oluşturduğu zararı önlemek ve afetten olumsuz etkilenenlere ihtiyaç duydukları yardımı sağlamak amacıyla çalışmalar yapmaktadır. İhtiyaçların gereken miktarda gereken yerde bulundurulması deprem öncesinde iyi bir planlama yapılması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu planlamanın yapılması lojistik faaliyetlerin önemini arttırmıştır. Çünkü ihtiyaç sahiplerine ihtiyaçların uygun kapasiteli araçlarla, yeterli miktarda ve minimum sürede ulaştırılması sağlanmalıdır. Bu çalışmalar afet yönetimi kapsamında yapılan çalışmalardır.

Bu çalışmada, Sakarya ili bazında meydana gelebilecek bir depremde, ihtiyaçların depremedelere ulaştırılması konusu ele alınmıştır. İhtiyaçların dağıtımında, kapasitesi belirli araçların afet yaşanması durumunda dağıtım yapılacak alanlara eldeki imkânlar dâhilinde minimum sürede dağıtımı gerçekleştirmesi hedeflenmektedir. Bu hedef yapısı itibarıyla kapasite kısıtlı araç rotalama problemi (KARP) olarak ele alınmış ve çözümünde genetik algoritmalarla yararlanılarak araçların minimum sürede, belirlenmiş dağıtım noktalarına rotalanması

sağlanmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, çeşitli kısıtlar kullanılarak kısıtlandırılmış araç rotalama ile ilgili çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Çoğunlukla zaman pencereli ve kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinin çözümü elde edilmeye çalışılmıştır. Bu araç rotalama problemlerinin çözümünde genetik algoritmanın kullanıldığı çeşitli örnekler görülmektedir.

Zaman pencereli araç rotalama problemlerine genetik algoritma kullanımı ile çözüm getirilen, literatürdeki bazı çalışmalar sıralanmıştır. Potvin vd. zaman pencereli araç rotalama problemi genetik algoritma ile çözülmüştür [2]. Berger vd. zaman pencereli araç rotalama probleminin çözümünde geliştirdikleri yeni bir melez genetik algoritma kullanmış, elde ettikleri sonuçları benzer tekniklerle karşılaştırmışlardır [3]. Zaman pencereli araç rotalama problemlerinin çözümünde genetik ve evrimsel algoritmaların kullanımı üzerine Bräysy vd. bir çalışma yapmış, test verileri ile deneysel sonuçlar elde etmişlerdir [4]. Hwang v d. genetik algoritma (GA) operatörlerini ve başlangıç popülasyonunu değiştirerek bir GA-TSP modeli geliştirmişlerdir. Geliştirdikleri bu model ile uyumlu bir GUI (grafiksel kullanıcı arabirimi) bilgisayar programı oluşturarak zaman kısıtlı araç rotalama problemine bir çözüm getirilmiştir [5]. Berger vd. zaman pencereli araç rotalama problemine genetik melez bir yaklaşım ile çözüm getirilmiştir [6]. Zaman pencereli araç rotalama problemine Ombuki vd. Pareto sıralama tekniğini kullanarak bir genetik algoritma çözümü sunmuşlardır [7].

Literatürde yer alan, kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinde genetik algoritmanın uygulandığı bazı çalışmalar ifade edilmiştir. Wan-Rong vd. dört farklı çaprazlama operatörü ve üç mutasyon operatörü ile melez bir genetik algoritma yaklaşımı kullanarak KARP'ın deneysel sonuçlarını elde etmişlerdir [8]. Berger vd. genetik algoritma ile melez bir algoritma geliştirerek KARP için çözüm önermişlerdir [9]. Alba vd. KARP'ın çözümü için hücreli genetik algoritma ile bir çözüm önermişlerdir [10]. Alba vd. tarafından dokuz farklı KARP için hücreli genetik algoritma kullanmış ve en iyi sonuçları göstermiştir [11]. Wang vd. tarafından yapılan bir çalışmada Tayvan'daki silahlı kuvvetlerin yerel etkin dağıtım göreviyle ilgili gerçek bir uygulama üzerinde önerdikleri melez GA'yı kullanmışlardır [12]. Nazif vd. optimize edilmiş çaprazlama operatörü ile genetik algoritma kullanarak KARP'a çözüm önermişlerdir [13]. Kuo vd. GA'nın çaprazlama ve mutasyonu ile PSO'nun yerel en iyi çözümünü kullanarak KARP'a çözüm önermişlerdir [14]. Alizadeh bir motor firmasının aday acenteleri arasından birkaçının seçilmesi ve mevcut müşterilerin işletme acentelerine tahsis edilmesini amaçlayan çalışmasında LINGO yazılımının orta ve büyük boyutlu problemlerin çözümünde yetersiz kalması sebebiyle çözümde GA ve sömürge rekabet algoritmasını kullanmış ve daha iyi sonuçlar elde edildiği tespit etmiştir [15]. Cardoso vd. mevcut bir kurumsal kaynak planlama (KKP) yazılımı ile bütünleştirilmek üzere bir araç rotalama optimizasyon sistemi sunmuşlardır. Bu sistem ile yeni gelen siparişlere göre uygun çözümü dinamik olarak üretmişlerdir [16].

2. Afet Yönetimi

Literatürde afet yönetimi ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, çoğunlukla afet yönetiminde lojistik faaliyetlerin önemi üzerinde durulduğu görülmektedir. Ayrıca lojistik faaliyetleri

problemlerinin temelinde yer alan araç rotalama problemi ile ilgili de birçok çalışma yapıldığı tespit edilmiştir. 2012 yılında afet yönetiminde lojistik altyapı ve planlamasının önemi üzerine Börühan vd. tarafından bir çalışma yapılmıştır [17]. Özdamar ve Aksu afet sonrası lojistik faaliyetlerde kullanılacak rotaların tamsayı programlama yöntemi kullanılarak iyileştirilmesi konusunu ele almışlardır [18]. Afet sonrası acil müdahale sırasında ilkyardım ihtiyaçlarının dağıtımını Barbarosoğlu ve Arda tarafından, gerçek verilerle doğrulanan iki aşamalı stokastik bir planlama modeli geliştirilerek yapılmıştır [19]. 1999 Marmara depreminde Sakarya ilinde lojistik ve tıbbi desteğin yeterli olmamasından dolayı İsrail’den uzman bir ekip gelerek hasta ve yaralıları müdahalede bulunmuştur. Bar-Dayana vd. tarafından yapılan bu çalışmada afet öncesi hazırlığın önemi vurgulanmıştır [20].

Çalışmada afet yönetimi kapsamında, KARP olarak değerlendirilen ihtiyaçların dağıtım rotalarının belirlenmesi problemine genetik algoritmalar ile çözüm getirilmeye çalışılmıştır.

3. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama

Araç rotalama problemi, önemli bir lojistik problemidir. Klasik bir araç rotalama problemi, belirli bir merkezden farklı noktalarda bulunan depolara, mağazalara, müşterilere vb. çeşitli yerlere araçlarla dağıtım yapılması olarak ifade edilebilir. Bu dağıtımın yapılmasında hangi rotaların kullanılacağı araç rotalama probleminin çözüme ulaştırmak istediği hedeflerden biridir. Bir araç rotalama probleminde, dağıtım yapılacak noktaların her biri yalnızca bir defa ve bir araç tarafından ziyaret edilmeli, tüm rotalar belirlenmiş merkez noktadan başlamalı ve burada bitmelidir [21].

Araç rotalama problemleri, NP-Zor sınıfı problemlerdir. Bu problemlerin uygulamalarında genellikle problem çeşitli kısıtlarla kısıtlandırılır. Kapasite kısıtı, rota mesafesi kısıtı, zaman kısıtı gibi kısıtlar araç rotalama problemlerinde çokça kullanılan kısıtlardır. Araç rotalama problemlerine bahsedilenler gibi kısıtlar eklendiğinde problemler, kapasite kısıtlı araç rotalama problemi olarak adlandırılır. KARP’ın çözümünde çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan bazı kesin yöntemler; Dal-Kesme Algoritması, Dal-Sınır Algoritması, Dinamik Programlama ve Küme Bölme olarak verilebilir. Sezgisel yöntem olarak Tasarruf (Savings), En Yakın Komşu (NN), Süpürme (Sweep), İki Aşamalı Yöntem, Geliştirilmiş Petal Sezgisel yöntemleri kullanılmaktadır. Meta-sezgisel yöntemlerden Tabu Arama, Genetik Algoritma, Benzetimli Tavlama, Karınca Kolonisi, Yapay Arı Kolonisi, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Lokal Arama, Kabul Eşiği gibi yöntemlerden KARP’ın çözümünde yararlanılmaktadır [22].

3.1. Matematiksel Model

Çalışmada kullanılan matematiksel model ve matematiksel modeli oluşturan ifadelerin anlamları aşağıda belirtilmiştir.

$$V = \text{araç sayısı}$$

N = hedef sayısı

d_{ij} = i ve j noktaları arasındaki mesafe

q_i = i . hedefin talep miktarı

C = araç kapasitesi

Değişken;

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & k \text{ nolu araç } i \text{ noktasından } j \text{ noktasına hareket ederse} \\ 0, & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu;

$$\min \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} d_{ij} x_{ijk} \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{k \in V} \sum_{j \in N} x_{ijk} = 1, \quad \forall i \in N \quad (2)$$

$$\sum_{i \in Q} q_i \sum_{j \in N} x_{ijk} \leq C, \quad \forall k \in V \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N} x_{0jk} = 1, \quad \forall k \in V \quad (4)$$

$$\sum_{i \in N} x_{i0k} = 1, \quad \forall k \in V \quad (5)$$

$$\sum_{i \in N} x_{izk} - \sum_{j \in N} x_{zjk} = 0, \quad \forall z \in N, \forall k \in V \quad (6)$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\}, i \neq j, \forall i, j \in N, \forall k \in V \quad (7)$$

Sistemde N hedef ve eşit kapasiteli V araç bulunmaktadır. x_{ijk} k aracının (i, j) yolunu kullanıp kullanmadığını gösteren ikili değişkendir. Denklem 1’de amaç fonksiyonu verilmiştir. Buna göre k adet araç ile (i, j) arasındaki mesafelerin en küçüklenmesine çalışılmaktadır. Herhangi bir i noktasının talebi d_i ile gösterilmektedir. Denklem 2 ile her noktaya sadece bir aracın gitmesi sağlanmaktadır. Denklem 3 ile rota üzerinde gidilecek noktaların talebinin araç kapasitesi olan q_k değerini aşmaması sağlanmaktadır. Denklem 4 ve Denklem 5 ile araçların ana depoya gidiş gelişleri sağlanmıştır. Denklem 6 bir noktaya gelen aracın o noktadan başka tek bir noktaya gitmesini sağlamaktadır.

Günümüzde NP-Zor sınıfı problemlerinin hızlı ve kolay çözümünü veren evrimsel yaklaşımların sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Evrimsel yaklaşımlardan olan genetik algoritmalar da uygulamalarda önemli rol almaktadır. Genetik algoritmalar, çözümlerin kodlanmasını,

uygunlukların hesaplanmasını, çoğalma, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanmasını içermektedir [23].

4. Uygulama

Çalışmada, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın hazırlamış olduğu acil durum senaryosundan yararlanılmıştır. Bu senaryoya göre nüfusu 917373 olan Sakarya ilinde Aralık ayında saat 14:48'de büyüklüğü 7.4 olan bir deprem meydana gelmiştir. Deprem sonucunda ilçe bazında yaralı depremzede ve can kaybı, hasarlı ve yıkık binalar bulunmaktadır. Sakarya iline bağlı ilçelerin nüfus verileri Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Sakarya'nın ilçelerine ait nüfus verileri

İlçe	Nüfus	İlçe	Nüfus	İlçe	Nüfus	İlçe	Nüfus
Adapazarı	274898	Hendek	80264	Sapanca	40045	Kocaali	20878
Serdivan	128121	Karasu	61533	Pamukova	28955	Söğütü	14031
Akyazı	86704	Geyve	48496	Ferizli	25386	Karapürçek	12578
Erenler	83984	Arifiye	40568	Kaynarca	23626	Taraklı	6881

Aynı bağışlar, bağışçı tarafından her il ve ilçede kurulu vakıflara teslim edilecek olup, bu bağışlar ilçe tasnif depolarında toplanarak her ilin merkez vakfı koordinasyonundaki lojistik merkezine ulaştırılacaktır. Merkez vakıfları ise bu bağışları ana depoya iletecektir. Ana depodan yardım dağıtım merkezleri aracılığıyla afetzedeye ulaştırılacaktır.

Belirlenen plan çerçevesinde, afetzedelere temel ihtiyaç olan barınma malzemelerinin dağıtımının en kısa zamanda ve minimum maliyetle yapılması üzerine çalışılmıştır. Çalışma kapsamında şehre en yakın AFAD lojistik deposu Düzce'de olup Sakarya'ya 65 km uzaklıktadır. Bir diğer lojistik deposu Yalova'dadır ve yaklaşık 130 km uzaklıktadır.

Aynı Bağış Depo yönetimi hizmet grubu teşkili kapsamında 16 dağıtım merkezi bulunmaktadır. Bu dağıtım merkezleri arasında, Google Maps kullanılarak elde edilmiştir.

Hazırlanan plana göre afet sonrası dağıtımı yapılacak malzemelerin miktarları ve taşımaya esas olan kapladıkları alan Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Afet sonrası dağıtımı yapılacak malzemelerin miktarları

Destek	Senaryoda	Kapladıkları	Destek	Senaryoda	Kapladıkları
--------	-----------	--------------	--------	-----------	--------------

Ekipmanları	Öngörülen (adet)	Birim Alan	Ekipmanları	Öngörülen (adet)	Birim Alan
Çadır	50000	5	Yastık	250000	1
Isıtıcı	60000	1	Uyku Tulumu	250000	1
Aile Mutfak Seti	60000	3	Nevresim	250000	1
Battaniye	250000	1	Temizlik Seti	250000	1
Yatak	250000	2			

Dağıtım merkezlerine dağıtılacak malzemeleri taşıyan kamyonların belirli kapasiteleri bulunmaktadır. Bir kamyon 18000 birim malzeme taşıma kapasitesine sahiptir. Malzemeler kapladıkları alanlara göre kamyonlara yüklenmektedir. Dağıtılacak malzemeler dağıtım bölgesindeki nüfusla orantılı olarak belirlenmektedir. Buna göre kapladıkları birim alana göre bölgelere dağıtılacak malzemelerin miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Afet sonrası bölge bazında dağıtımı yapılacak malzemelerin kapladıkları birim alan

Bölge	Çadır	Aile Mutfak Seti	Isıtıcı	Yatak	Yastık	Uyku Tulumu	Battaniye	Nevresim	Temizlik Seti
Adapazarı	70355	50652	16884	140694	70347	70347	70347	70347	70347
Serdivan	32785	23607	7869	65572	32786	32786	32786	32786	32786
Akyazı	22185	15975	5325	44374	22187	22187	22187	22187	22187
Erenler	21490	15474	5158	42982	21491	21491	21491	21491	21491
Hendek	20540	14787	4929	41078	20539	20539	20539	20539	20539
Karasu	15745	11337	3779	31492	15746	15746	15746	15746	15746
Geyve	12410	8934	2978	24820	12410	12410	12410	12410	12410
Arifiye	10380	7476	2492	20762	10381	10381	10381	10381	10381
Sapanca	10245	7377	2459	20494	10247	10247	10247	10247	10247
Pamukova	7410	5334	1778	14820	7410	7410	7410	7410	7410
Ferizli	6495	4677	1559	12992	6496	6496	6496	6496	6496
Kaynarca	6045	4353	1451	12092	6046	6046	6046	6046	6046
Kocaali	5345	3846	1282	10686	5343	5343	5343	5343	5343
Söğütü	3590	2586	862	7182	3591	3591	3591	3591	3591
Karapürçek	3220	2316	772	6438	3219	3219	3219	3219	3219
Taraklı	1760	1269	423	3522	1761	1761	1761	1761	1761

Malzemeler bölgelere dağıtılırken öncelikle bir tek aracın kapasitesini aşan miktarlar için sadece bu bölgeye gitmek üzere ayrı araç verilmektedir. Buna göre Tablo 5'te malzemelerin toplam kapladıkları birim alana göre kullanılacak araç sayıları verilmiştir. Bu araçlar tek bir bölgeye gideceği için ayrıca rotalama yapılmasına gerek yoktur. Bir aracı doldurmayan kalan miktarlar üzerinde ise rotalama yapılarak en kısa yol ve en az sayıda araç ile dağıtım yapılmaktadır. Toplam 2240000 birim alan kaplayan malzeme 124 tam dolu araçla taşınmakta ve geriye 116000 birim alan kaplayan rotalama yapılacak malzeme kalmaktadır.

Tablo 5. Malzemelerin toplam kapladıkları birim alana göre kullanılacak araç sayıları

Bölge	Toplam	Kamyon	Kalan	Bölge	Toplam	Kamyon	Kalan
-------	--------	--------	-------	-------	--------	--------	-------

	Malzeme Birim Alanı	Sayısı	Malzeme Birim Alanı		Malzeme Birim Alanı	Sayısı	Malzeme Birim Alanı
Adapazarı	630320	35	320	Sapanca	91810	5	1810
Serdivan	293763	16	5763	Pamukova	66392	3	12392
Akyazı	198794	11	794	Ferizli	58203	3	4203
Erenler	192559	10	12559	Kaynarca	54171	3	171
Hendek	184029	10	4029	Kocaali	47874	2	11874
Karasu	141083	7	15083	Söğütlü	32175	1	14175
Geyve	111192	6	3192	Karapürçek	28841	1	10841
Arifiye	93015	5	3015	Taraklı	15779	0	15779

Dağıtım sırasında depodan dağıtım merkezlerine en kısa mesafede ulaşmayı sağlayan rotaların belirlenmesinde Genetik Algoritma yaklaşımı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar normal şartlar altında izlenecek rota ile karşılaştırılmış olup sonuçları tabloda ifade edilmiştir. Mevcut durumda izlenecek rotalar Tablo 6’de verilmiştir. Buna göre mevcut durumda kalan malzemelerin taşınması için 9 araç kullanılacak olup toplamda 2015,9 km yol gidilecektir.

Tablo 6. Normal şartlar altında izlenecek rota

Rota 1	Rota 2	Rota 3	Rota 4	Rota 5	Rota 6	Rota 7	Rota 8	Rota 9
AFAD	AFAD	AFAD	AFAD	AFAD	AFAD	AFAD	AFAD	AFAD
Düzce	Düzce	Düzce	Düzce	Düzce	Düzce	Düzce	Düzce	Düzce
Sapanca	Karasu	Hendek	Taraklı	Ferizli	Söğütlü	Erenler	Karapürçek	Kocaali
Pamukova	AFAD	Akyazı	AFAD	Geyve	Adapazarı	Arifiye	Serdivan	AFAD
AFAD	Düzce	AFAD	Düzce	AFAD	AFAD	AFAD	Kaynarca	Düzce
Düzce		Düzce		Düzce	Düzce	Düzce	AFAD	
							Düzce	
275,1 km	164,2 km	154,7 km	300 km	307 km	215,7 km	197,9 km	263,3 km	138 km

Problem Genetik Algoritma ile çözüldüğünde ise kalan malzemelerin taşınması için 7 araç yeterli olup toplamda 1630,8 km yol gidilecektir. Dolayısıyla 2 araç daha az kullanılacak ve 385,1 km daha az yol gidilecektir. Bu dağıtımı gerçekleştirmek için kullanılacak toplam araç sayısı ise $124+7=131$ olacaktır.

Tablo 7. Genetik algoritma sonucu elde edilen yeni rota

Rota 1	Rota 2	Rota 3	Rota 4	Rota 5	Rota 6	Rota 7
AFAD Düzce	AFAD Düzce	AFAD Düzce	AFAD Düzce	AFAD Düzce	AFAD Düzce	AFAD Düzce
Karasu	Geyve	Taraklı	Ferizli	Söğütlü	Hendek	Karapürçek
AFAD Düzce	Pamukova	AFAD Düzce	Kaynarca	Adapazarı	Erenler	Akyazı
	Sapanca		Kocaali	Arifiye	AFAD Düzce	Serdivan
	AFAD Düzce		AFAD Düzce	AFAD Düzce		AFAD Düzce
164,2 km	297,2 km	300 km	262,9 km	227,3 km	160,1 km	219,1 km

5. Sonuç

Afet yönetimi kapsamında Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'ndan elde edilen deprem senaryosu baz alınarak Sakarya ilinde meydana gelecek bir depremde, depremzedelerin temel ihtiyaçlarının en kısa zamanda ulaştırılması konusunda çalışılmıştır. Çalışma kısıtlı kapasitedeki araçların rotalanması ile yapılması sebebiyle, kapasite kısıtlı araç rotalama (KARP) problemi olarak değerlendirilmiştir. KARP probleminin çözümünde literatür incelendiğinde genetik algoritma ile uygun çözümün bulunabileceği düşünülerek bu metodun kullanımı ile araçlar temel ihtiyaçların dağıtımı için oluşturulan dağıtım merkezlerine minimum mesafe ile rotalanmaya çalışılmıştır. Metodun kullanımı öncesinde temel ihtiyaçların dağıtımında kullanılacak rotalama için 9 araç kullanımı ile 2015,9 km'lik mesafenin katedilmesi gerektiği görülmüştür. Genetik algoritma ile elde edilen yeni rotalama ile ise 7 araç kullanılarak 1630,8 km'lik mesafenin katedilmesi planlanmıştır. Kullanılan metod ile dağıtım için, kullanılacak araç sayısı 2 araç, katedilecek mesafe ise 385,1 km azaltılmıştır.

Gelecekte farklı kapasitede dağıtım araçlarının kullanımı ve belirli zaman kısıtları altında farklı boyutlardaki temel ihtiyaçların dağıtımı için genetik algorithmadan veya diğer sezgisel yöntemlerden yararlanarak rotalama üzerine çalışmalar yapılabilir.

Kaynakça

- [1] C. İşçi, "Deprem nedir ve nasıl korunuruz," *Journal of Yasar University*, vol. 3, no. 9, pp. 959-983, 2008.
- [2] J.-Y. Potvin and S. Bengio, "The Vehicle Routing Problem With Time Windows Part II: Genetic Search," *INFORMS journal on Computing*, vol. 8, no. 2, pp. 165-172, 1996.
- [3] J. Berger, M. Salois and R. Begin, "A hybrid genetic algorithm for the vehicle routing problem with time windows," in *12th Biennial Conference of the Canadian Society for Computational Studies of Intelligence*, Berlin, Heidelberg, 1998.
- [4] O. Bräysy and M. Gendreau, "Genetic Algorithms For The Vehicle Routing Problem With Time Windows," *SINTEF Applied Mathematic*, Oslo, Norway, 2001.
- [5] Hwang and Heung-Suk, "An improved model for vehicle routing problem with time constraint based on genetic algorithm," *Computers & Industrial Engineering*, vol. 42, no. 2, pp. 361-369, 2002.
- [6] Jean, Berger and M. Barkaoui, "A parallel hybrid genetic algorithm for the vehicle routing problem with time windows," *Computers & operations research*, vol. 31, no. 12, pp. 2037-2053, 2004.
- [7] B. Ombuki, B. J. Ross and F. Hanshar, "Multi-objective genetic algorithms for vehicle routing problem with time windows," *Applied Intelligence*, vol. 24, no. 1, pp. 17-30, 2006.
- [8] W. R. Jih and J. Y. J. Hsu, "Dynamic vehicle routing using hybrid genetic algorithms," in *Proceedings. 1999 IEEE International Conference on. Vol. 1. IEEE*, Detroit, MI, USA, USA, 1999.
- [9] Berger, Jean and M. Barkaoui, "A Hybrid Genetic Algorithm For The Capacitated Vehicle Routing Problem," in *Genetic And Evolutionary Computation Conference*, Berlin, Heidelberg, 2003.

- [10] Alba, Enrique and B. Dorronsoro, "Solving The Vehicle Routing Problem By Using Cellular Genetic Algorithms," in *European Conference on Evolutionary Computation in Combinatorial Optimization*, Berlin, Heidelberg, 2004.
- [11] E. Alba and B. Dorronsoro, "Computing Nine New Best-So-Far Solutions For Capacitated VRP With A Cellular Genetic Algorithm," *Information Processing Letters*, vol. 98, no. 6, pp. 225-230, 2006.
- [12] C.-H. Wang and J.-Z. Lu, "A Hybrid Genetic Algorithm That Optimizes Capacitated Vehicle Routing Problems," *Expert Systems with Applications*, vol. 36, no. 2, pp. 2921-2936, 2009.
- [13] H. Nazif and L. S. Lee, "Optimised Crossover Genetic Algorithm For Capacitated Vehicle Routing Problem," *Applied Mathematical Modelling*, vol. 36, no. 5, pp. 2110-2117, 2012.
- [14] R. J. Kuo, F. E. Zulvia and K. Suryadi, "Hybrid Particle Swarm Optimization With Genetic Algorithm For Solving Capacitated Vehicle Routing Problem With Fuzzy Demand—A Case Study On Garbage Collection System," *Applied Mathematics and Computation*, vol. 219, no. 5, pp. 2574-2588, 2012.
- [15] M. Alizadeh, I. Mahdavi, N. Mahdavi-Amiri and S. Shiripour, "A Capacitated Location-Allocation Problem With Stochastic Demands Using Sub-Sources: An Empirical Study," *Applied Soft Computing* 34, pp. 551-571, 2015.
- [16] P. J. Cardoso, G. Schütz, A. Mazayev, E. Ey and T. Corrêa, "A Solution For A Real-Time Stochastic Capacitated Vehicle Routing Problem With Time Windows," *Procedia Computer Science*, pp. 2227-2236, 2015.
- [17] G. Börühen, P. Ersoy and Ö. B. Tek, "Afet Yönetiminde Lojistik Planlama ve Kontrol Listesi Yönetiminin Önemi," in *Ulusal Lojistik Ve Tedarik Zinciri Kongresi*, Konya, 2012.
- [18] L. Ozdamar and D. T. Aksu, "A Mathematical Model For Post-Disaster Road Restoration: Enabling Accessibility And Evacuation," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, pp. 56-67, 2014.
- [19] G. Barbarosoğlu and Y. Arda, "A Two-Stage Stochastic Programming Framework For Transportation Planning In Disaster Response," *Journal of the Operational Research Society*, pp. 43–53, Vol. 55, 2004.
- [20] Y. Bar-Dayana, D. Mankuta, Y. Wolf, Y. Levy, M. VanRooyen, P. Beard, A. Finestone, C. Gruzman, P. Benedek and G. Martonovits, "An Earthquake Disaster in Turkey: An Overview of the Experience of the Israeli Defence Forces Field Hospital in Adapazari," *Disasters*, vol. 24, p. 262–270, 2000.
- [21] E. Düzakın and M. Demircioğlu, "Araç Rotalama Problemleri ve Çözüm Yöntemleri," *Çukurova Üniversitesi İİBF Dergisi*, pp. 68-87, 2009.
- [22] Y. Şahin and A. Eroğlu, "Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi İçin Metasezgisel Yöntemler: Bilimsel Yazın Taraması," *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 19, no. 4, pp. 337-355, 2014.
- [23] G. G. Emel and Ç. Taşkın, "Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları," *Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, vol. 21, no. 1, pp. 129-150, 2002.