






# Arama Kurtarma Faaliyetlerinde Optimal Takım Dağıtımının Sağlanması İçin 3 Boyutlu Yüzeyle Genetik Algoritma Yönteminin Uygulanması

*Application of Genetic Algorithm Method for 3D Surface to Ensure Optimal Distribution of Tools at Search and Rescue Operations*

Şengül Doğan<sup>1</sup> , Gonca Özmen Koca<sup>2</sup> , Hicran Yılmaz<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Adli Bilişim Mühendisliği, Elazığ, Türkiye

<sup>2</sup>Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği, Elazığ, Türkiye

## Öz

Her yıl binlerce insan çeşitli afetlerde olay yerine ulaşamadan hayatını kaybetmektedir. Arama kurtarma faaliyetlerinde; olay yerine hızlı ulaşım, anında müdahalenin yapılması ve hızlı kurtarım planlarının sağlanması durumlarında ölümler belirli oranda azaltılabilmektedir. Araştırmacılar arama kurtarma faaliyetlerini kolaylaştırmak ve daha verimli bir hale getirmek için sürekli iyileştirmeler yapmaktadır. Bu çalışmada; olası bir afette veya canlı hayatını tehlikeye düşüren durumlarda arama ve kurtarma ekiplerinin tehlikeye uğramış canlıların olduğu bölgeye en kısa sürede ulaşması problemi literatürde geniş yer bulan Gezgin Satıcı Problemine benzetilmiştir. Makalede, Genetik Algoritma Yönteminin 3 boyutlu küre yüzeyine uygulanması ile arama kurtarma çalışmalarında yeryüzündeki yükseklik ve derinlik hesaba katılarak daha gerçekçi sonuçların elde edilmesi hedeflenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 3 boyutlu yüzey, Genetik algoritma, Gezgin satıcı problemi, Optimum yol

## Abstract

Thousands of people lose their lives in every year without reaching the scene in various disasters. In the case of rapid access to the scene, immediate intervention and rapid recovery plans can be reduced deaths in a certain way at search and rescue activities. Researchers make continual improvements to make search and rescue operations easier and more efficient. In this study; the problem of reaching to victims of the search and rescue team in the event of a possible disaster or a life-threatening situation is likened to the Travelling Salesman Problem which is widely found in the literature. In the paper, more realistic results at search and rescue works are aimed to obtain by adding height and depth of the earth with the implementation of Genetic Algorithm Method to 3 dimensional surface.

**Keywords:** 3D surface, Genetic algorithm, Travelling salesman problem, Optimum path


## 1. Giriş


Dünyada çeşitli afetler ve olaylar nedeniyle her yıl binlerce insan hayatını kaybetmektedir. Doğal afetler ve ani gelişen olaylarda, arama kurtarma çalışmalarının etkili ve hızlı gerçekleştirilmesi kayıpları azaltmakta kilit rol oynar. Arama kurtarma, herhangi bir afet veya olayın meydana geldiği bölge içinde durumdan etkilenen canlıların yerlerinin tespitinin yapılması ve konumları tespit edilen canlıların kurtarılması için planlanan ve bu yapılan plan çerçevesinde gerçekleştirilen çalışmalara verilen genel addir. Arama


kurtarma çalışmalarında asıl hedef, duruma en hızlı şekilde tabi olarak en etkin olan müdahaleyi gerçekleştirmektir (Şen vd. 2004).

Bu amaçla yapılan çalışmaları afet öncesi, afet anı ve sonrası olarak iki ana grupta inceleyebiliriz. Afet öncesi hazırlık çalışmaları kapsamında, olası bir afette insanların toplanacağı yerlerin saptanması amacıyla bir üniversite kampüsü içerisinde kümeleme analizi yardımıyla yerleşke içerisinde yer alan birimler gruplandırılmış ve ağırlık merkezi metodu ile de birey sayıları gözetilerek her bir birim için en uygun toplanma yerinin tespiti yapılmıştır (Gencer ve Açıköz 2006). Acil servis sistemleri için müdahale süresi en hayati öneme sahip performans kriteridir. Bu kriteri iyileştirmek için başvurulacak yollardan biri araç yerleşim düzeni için uygun modelin geliştirilmesidir. Bu amaçla doğrusal

\*Sorumlu yazarın e-posta adresi: [sdogan@firat.edu.tr](mailto:sdogan@firat.edu.tr)

Şengül Doğan  [orcid.org/0000-0001-9677-5684](https://orcid.org/0000-0001-9677-5684)

Gonca Özmen Koca  [orcid.org/0000-0003-1750-8479](https://orcid.org/0000-0003-1750-8479)

Hicran Yılmaz  [orcid.org/0000-0003-4626-1874](https://orcid.org/0000-0003-4626-1874)

bir yerleşim düzeni kapsama modeli gerçekleştirilmiştir (Özdemir vd. 2015). Benzer bir çalışmada, yeni kurulacak itfaiye istasyonlarının yerlerinin saptanması amacıyla küme kapsama modelini içeren bir programlama modeli ile kapsama alanının %100 olması ve her vakaya en fazla beş dakikada ulaşılması hedeflenmiştir (Öztürk 2003). Bir başka çalışmada, %100 kapsama alanına sahip olmak için gerekli minimum sayıdaki aracın yokluğunda en büyük şartlı kapsama modellerinin farklı özelliklere sahip varyasyonları denenmiştir (Selim ve Özkarahan 2003). Kazazedeye hızlı ulaşım amacıyla kurulan Arama Kurtarma İstasyonlarının konumları da performans açısından önemli bir parametredir. Hızlı ulaşım amacıyla Arama Kurtarma İstasyonlarının konumlarının saptanması Maksimum Kaplama Problemi ile modellenmiştir (Çiçekdağı ve Kırış 2012). Doğal afet anı ve sonrası arama kurtarmayı hızlandırmak amacıyla yapılan çalışmalar da literatürde geniş yer tutmaktadır. Deprem gerçekleştikten hemen sonra depreme ait şiddet haritasının oluşturulması amacıyla internet bağlantılı bir algoritma geliştirilmiştir. Bu çalışma ile depreme ait ilk verilerin ışığında acil müdahale gereken bölgelerin, barınma ve yemek ihtiyaçlarının tespitinin depremin hemen sonrasında eş zamanlı olarak gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir (Söylemez 2007). Deprem sonrası göçük altında kalan canlıların yerlerinin bulunması amacıyla Arama Kurtarma İşaret Sistemi (AKİS) olarak adlandırılan sistem ile arama ve kurtarma çalışmalarına yeni nesil bir çözüm önerisi sunulmuştur. Bu çalışmada kazazedelerin yerlerini bulan bir tarama modülü ve RF alıcı/verici modülü içeren giyilebilir bir sistem ile göçük altında kalan canlılara hızlı ulaşım amaçlanmıştır (Tarhan vd. 2013). Kayıp bir nesneyi en hızlı şekilde ve doğru kaynak ile bulmak amacıyla Coğrafi Bilgi Sistemlerine dayalı Çok Ölçütlü Karar Verme Analizini kullanarak bir prototip model geliştirilmiştir. Bu model ile yüksek güvenilirlikte bir varsayım haritası elde edilerek varsayımlara göre en uygun bölgenin araştırılıp en kısa sürede kayıp nesneye ulaşılması hedeflenmektedir (Çevre vd. 2007).

Arama kurtarma çalışmaları, bir afet veya olay sonucu kayıpları belirli bir alanda en kısa sürede ve en uygun kaynak kullanarak bulmayı hedefler. Hayatta kalan canlıların en iyi durumda ve olabilecek en kısa sürede kurtarılması, kazazedelere olası yardım takımlarının optimum şekilde ulaştırılması ve imkânların etkili ve hızlı bir şekilde kullanımı sağlanmalıdır. Arama kurtarma operasyonlarını kolaylaştırmak ve daha verimli hale getirmek için farklı optimizasyon yöntemleri ile sürekli iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır

(Şen vd. 2004). Deprem gibi doğal afetlerde kazazedeye hızlı ulaşım amacıyla Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) yöntemi kullanılarak arama kurtarma çalışmalarının verimliliğinin artırılması sağlanmaya çalışılmıştır (Sansarcı vd. 2009). Güçlü bir deprem sonrası ilk araştırma ve kurtarma periyodunun etkin ve hızlı olması zararı büyük ölçüde azaltacağı için operasyon bölgesine uygun kaynakların etkili şekilde ulaşımını sağlayan dinamik optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Bu modelde sezgisel optimizasyon yöntemlerinden olan Benzetilmiş Tavlama ve Tabu Arama algoritmaları kullanılmıştır (Koç 2007).

Bu çalışmada da; olası bir afette veya canlı hayatını tehlikeye düşüren durumlarda arama ve kurtarma ekiplerinin canlıların olduğu bölgeye en kısa sürede ulaşabilmesi için zaman ve maliyet açısından iyileştirme yapılabilmesi amaçlanmıştır. Böylelikle arama kurtarma faaliyetlerine hız katmak ve verimi artırmak amacıyla Gezgin Satıcı Problemi'nin (GSP) çözümünden faydalanılarak literatürde geniş bir kullanım alanına sahip sezgisel yöntemlerden biri olan Genetik Algoritma (GA) yöntemi ile küre yüzeyinde uygulaması yapılmış ve yöntemin 3 boyutlu çözümü araştırılmıştır.

## 2. Gereç ve Yöntem

### 2.1. Gezgin Satıcı Problemi

GSP hemen hemen her alanda en iyileme problemlerinden üzerinde en çok çalışılanların başında yer almaktadır. GSP, bir satıcının bulunduğu şehirden başlayarak "n" tane şehrin her birine sadece bir kez uğrayıp sonrasında başladığı şehre geri dönmesi işlemindeki en kısa toplam mesafeyi belirleme problemidir. Çözümü için birçok sezgisel algoritma geliştirilmiştir. Bu çalışmalardan biri, iki boyutlu GSP'nin GA kullanılarak çözülmesi amacıyla Java tabanlı bir model geliştirilmesini amaçlamıştır. Bu model internetle etkileşimli olarak kullanılabilir (Aytekin ve Kalaycı 2010). GSP'nin iki boyutlu çözümü için bir başka çalışmada, Yapay Sinir Ağları ve GA bir arada kullanılarak memetik bir algoritma geliştirilmiştir. Çalışmada benzer olmayan sonuçlar seçilerek paralel öğrenme sürecinden geçirilmiş ve yöntemin çapraz eşleme ve mutasyon sonuçlarına etkisi irdelenmiştir (Öztürk 2002). GSP'nin çözümü için önerilen diğer bir en iyileme yöntemi tam sayılı karar modeli olarak sunulmuştur. Bu model ile rassal olarak seçilmiş farklı problemlerde çözüm süresinin kısaltılması sağlanmıştır (Zeyveli 2007).

GSP'nin önemli bir problem olmasının nedeni geniş bir uygulama alanına sahip olmasıdır. Gerçek hayatta karşılaşılan

birçok problemin çözümünde, GSP ve çözüm yöntemleri dikkate alınmaktadır. GSP;

- Araç rotası tayin etme
- Zaman çizelgeleri problemleri
- Entegre devre tasarımı
- Fiziki harita problemleri
- Genetik bilimler için filo-genetik ağaç yapılandırması problemi gibi birçok farklı alanda kullanılan genelleştirilmiş bir problemdir (Öztürk 2002, Zeyveli 2007, Haupt and Haupt 2004).

GSP 'de, seyyar satıcı mallarını  $n$  tane şehirde satmak ve  $n$  tane şehrin bulunduğu güzergâhı her şehre sadece bir kere uğrayarak mümkün olan en kısa mesafeye sahip olan tur ile tamamlamak istemektedir.

GSP'de şehirler arasındaki mesafeler iki boyutlu yüzeyde Öklid uzaklığı baz alınarak bulunur. Düzlemsel olmayan gezgin satıcı problemlerinde şehirlerarasındaki mesafeler ise problemin uygulama ortamındaki uygun mesafe bulma teknikleri kullanılarak hesaplanır (Öztürk 2002).

Yapay zekâ ve optimizasyon alanında da en çok araştırılan ve çözümler üretilen, algoritmalar geliştirilen bir problem olan GSP, (Emel ve Taşkın 2012) durum uzayının oldukça büyük olmasından dolayı sezgisel yöntemlerle geliştirilen algoritmalarla da çözülebilmektedir (Öztürk 2002). Bu problemlerin çözümüne yönelik pek çok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir (Bulut ve Subaşı 2015, Bayrak 2010, Uğur 2008, Eldem ve Erkan 2014). GSP'ye çözüm üreten optimizasyon yöntemlerden biri de GA'dır (Emel ve Taşkın 2012).

Bu çalışmada, arama kurtarma faaliyetleri kapsamında zaman ve maliyet açısından iyileştirme yapmak için gezgin satıcı probleminden yola çıkılarak GA yönteminin 3 boyutlu yüzey olan küreye uygulaması yapılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. 3 boyutlu küre yüzeyinin tercih edilme sebebi yeryüzündeki yükseklik ve derinliğin hesaba katılmasıyla daha gerçekçi sonuçların elde edilmesidir.

## 2.2. Genetik Algoritma

GA, arama ve optimizasyon problemlerinin çözümünde kullanılan ve güncelliği her geçen gün artan sezgisel yöntemlerden biridir. Probleme bakış kaynağı canlı organizmalardır. Evrim sürecini model alan GA'nın temel prensipleri ise ilk defa J. Holland tarafından ortaya konulmuştur (Erden ve Coşkun 2010, Alsalloum and Rand 2006). Genetik algoritma yöntemi, problemin çözüm uzayının karmaşık ve geniş

olduğu durumlar için iyi sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Yalnızca amaç fonksiyonu bilgisine ihtiyaç duyan GA, arama yaparken çözüm uzayını rasgele bir şekilde tarayarak sonuca ulaşmaya çalışır (Kara ve Demir 2006, Elloumi vd. 2014).

Literatürde genetik algoritma yöntemi

- Coğrafi planlama
- Gezgin satıcı
- Ulaştırma
- Çizelgeleme gibi pek çok problemde en iyileme amacı için kullanılmaktadır (Alsalloum and Rand 2006).

Bu çalışmada çözüm uzayının karışık ve doğrusal olmamasından dolayı arama kurtarma operasyonlarında izlenecek güzergâhın iyileştirilmesi amacıyla GA kullanılmıştır.

GA'nın ilk işlem basamağı uygun popülasyonun oluşturulması ve uyum değerinin hesaplanmasıdır. Sonrasında oluşturulan popülasyona, GA'nın temel operatörleri olan seçilme, çaprazlama ve mutasyon işlemleri uygulanarak yeni jenerasyon oluşturulur. Oluşan tüm yeni jenerasyon uyum değerleri belirlenerek ebeveynler seçilir. Bu durum durdurma kriteri sağlanıncaya kadar devam eder. GA işlem adımlarını gösteren akış şeması Şekil 1'de sunulmuştur (Alsalloum and Rand 2006, Fiedrich vd. Kara ve Demir 2006, Elloumi vd. 2014).

Bu işlem basamaklarını içeren GA sözde kodu;

```
t ← 0;
başlangic(GA(t=0));
değerlendir(GA(t=0));
while kriterkontrol()
    GAp(t) ← GA(t).secim();
    GAc(t) ← GA(t).uret(GAp);
    mutasyon(GAc(t));
    değerlendir(GAc(t));
    GA(t+1) ← yeninesil(GAp(t), GA(t));
    t ← t+1;
end
```

olarak verilebilir. Burada  $GA_p(t)$  popülasyonda  $t$ . işlem basamağındaki en iyi uyum değerine sahip bireyi,  $GA_c(t)$  ise en iyi bireyin çaprazlama sonrası elde edilecek olan yeni bireyini temsil eder.

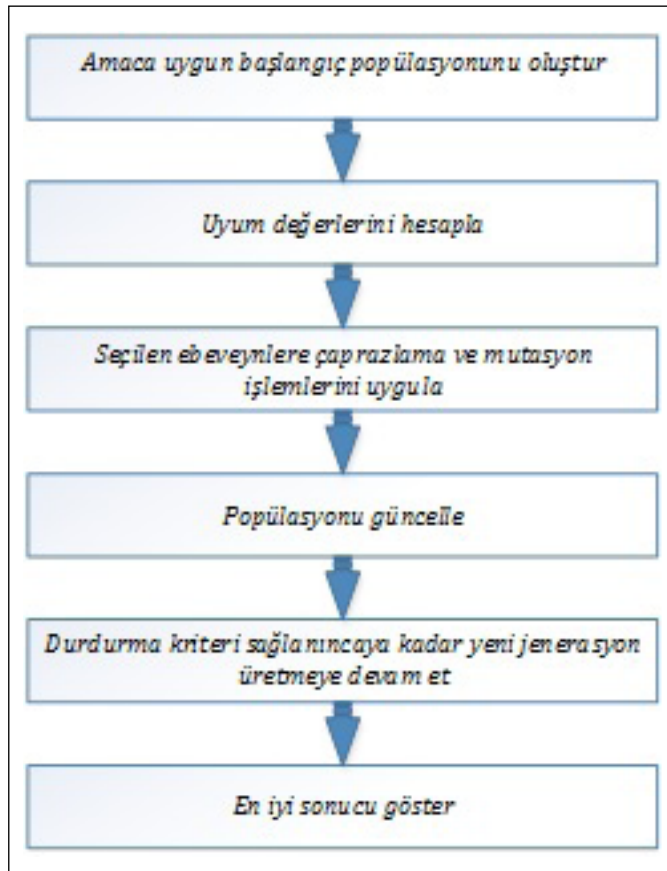
### 2.2.1. Genetik Algoritma Operatörleri

Seçilme, çaprazlama ve mutasyon genetik algoritmada kullanılan temel operatörler olarak tanımlanabilir.

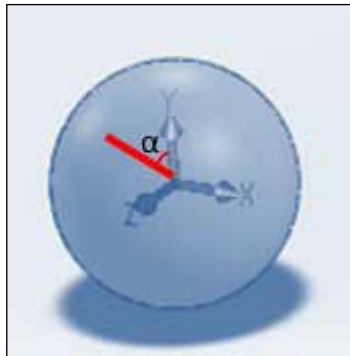
- Seçilme operatörü; popülasyonda ebeveynleri belirlemek için gerekli seçimin yapıldığı aşamadır.
- Çaprazlama operatörü; belirlenen çaprazlama noktasına göre ebeveynlerin yeni bireyleri oluşturması sürecidir.
- Mutasyon Operatörü; popülasyonu oluşturan dizide yapılan rastgele karakter değişikliği işlemidir (Aytekin ve Kalaycı 2010, Fiedrich vd. 2000, Shi vd. 2007).

### 2.2.2. Genetik Algoritma İçin Temel Kriterler

Seçilme, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinden sonra bir



Şekil 1. GA akış şeması.



Şekil 2. Üç boyutlu yüzeyde küre.

kriter belirlenerek genetik algoritma işlem basamaklarının sonsuz kere tekrar etmesi engellenir. Genetik algorithmada sürecin sonsuza gitmesini engelleyen parametre durdurma kriteri olarak bilinir. Durdurma kriteriyle ilgili olarak çeşitli yöntemler mevcuttur.

*Hesaplama Zamanı Kriteri:* Önceden belirlenen zaman veya döngü sayısına ulaşıldığında işlemin sona ulaşması yöntemidir.

*Optimizasyon Hedefi Kriteri:* Amaç fonksiyonun belirli bir değere ulaşması durumunda algoritmanın durdurulduğu yöntemdir.

*Minimum İyileşme Kriteri:* Problemden daha fazla iyileşmenin olmayacağını belirlemenin işlemidir (Fiedrich vd. 2000).

### 2.3. Genetik Algoritma Yönteminin Küre Yüzeyine Uygulanması

Arama kurtarma çalışmalarında kazazedeye en hızlı ve etkin şekilde ulaşmak için bu problem literatürde geniş yer bulan GSP'ye benzetilmiştir. Problemin çözümü için sezgisel bir yöntem olan GA yöntemi kullanılmış olup GA yöntemi 3 boyutlu geometrik bir şekil olan küreye uygulanarak yöntemin 3 boyutlu tekniği geliştirilmiştir. Arama kurtarma çalışmaları yeryüzünde engebeli, yüksekliği veya derinliği olan noktalarda gerçekleşebilir. Bu durum 2 boyutlu çalışmaların problemi çözmede yetersiz kalacağını göstermektedir. Bu nedenle çalışmada 3 boyutlu uygulama yapılmıştır. Çalışmada küre şeklinin tercih edilmesinin nedeni yeryüzünün derinliğinin ve yüksekliğinin yatay, dikey konumlarını temsil etmedeki yeterliliğidir. Bu benzerlik ve yeterlilik problemin çözümüne yansıtılmaya çalışılmıştır.

Bu uygulamanın doğrusal uygulamalardan farkı GSP için şehir olarak isimlendirilen ve bu çalışmada nokta olarak belirttiğimiz konumların 2 boyutlu düzlem yerine 3 boyutlu küre şekli üzerinde temsil edilmesidir. Noktalar 3 boyutlu bir düzlem üzerinde olduğu için noktalar arasındaki mesafe hesaplaması da 2 boyutlu düzlemdeki hesaplamadan farklı olacaktır. Noktalar arası geçiş küre şeklinde temsil edildiği için 3 boyutta gerçekleşecektir. Çalışmada tespitinin önceden gerçekleştirildiği varsayılan rastgele noktalar kullanılmıştır.

#### 2.3.1. Uygulama adımları

Gerçek hayatta karşılaşılan çoğu problemde en kısa yol planlanması büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, arama kurtarma faaliyetlerine destek sağlayacak bir yol planlaması hedeflenmiştir. Problemin çözümü için GSP'den faydalanılarak 3 boyutlu küre yüzeyinde GA yöntemi ile optimal takım dağıtımı ve kazazedeye en kısa sürede ulaşmak

amaçlanmıştır. Geliştirilen yol planlama algoritmasına ait işlem adımları aşağıda verilmiştir.

**Adım-1:** Giriş değişkenlerinin temsili yapılıdır. Giriş değişkenleri noktaların 3 boyuttaki koordinatlarıdır.

**Adım-2:** Küre şekli üzerinde bulunan tüm noktaların birbirlerine olan mesafelerinin hesaplanması yapılır ve küre şeklinde iki nokta arasındaki mesafe iki nokta arasındaki yayın uzunluğu ile ölçülür. Yay uzunluğunu yani iki nokta arasındaki mesafeyi hesaplamak için kullanılan formüller denklem (1)-(4)'de verilmiştir. Yayın uzunluğunu hesaplamak için denklem (1)'den yararlanılır.  $\alpha$  açısının hesaplanmasında iki vektörün skaler çarpımı kullanılmaktadır. Burada denklem (2) ve (3) birbirine eşitlenerek skaler çarpım bulunup (1) denkleminde yerine yazılarak  $\alpha$  açısı hesaplanmaktadır. Bulunan  $\alpha$  açısı denklem (4)'te yerine yazılarak yay uzunluğu (Y) yani iki nokta arasındaki mesafe elde edilmektedir.

$$\alpha = \arccos(\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2) \quad (1)$$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = |\vec{v}_1| \cdot |\vec{v}_2| \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

$$\vec{v}_1 \cdot \vec{v}_2 = P_{1x} \cdot P_{2x} + P_{1y} \cdot P_{2y} + P_{1z} \cdot P_{2z} \quad (3)$$

$$Y = (2 \cdot \pi \cdot r \cdot \alpha) / 360 \quad (4)$$

**Adım-3:** Aralarındaki mesafeleri hesaplanan noktalar genetik algoritma yönteminde popülasyon oluşturmak için kullanılır.

**Adım-4:** Oluşturulan popülasyona genetik algoritma operatörleri (seçme, çaprazlama ve mutasyon) uygulanır.

**Adım-5:** Genetik algoritma adımları durdurma kriteri sağlanana yani en iyi çözümü bulana kadar tekrarlanır.

Elde edilen çözüm, tüm çözüm uzayında en kısa yolu içeren çözümdür (Yang vd. 2008, Liuand Zeng 2009).

### 3. Bulgular ve Tartışma

Meydana gelebilecek bir felaket esnasında yardım gereçlerinin verimli bir şekilde dağıtılmasını ve kazazedelere hızlı bir şekilde ulaşılmasını sağlamak amacıyla hazırlanan bu çalışma; GA yöntemi kullanılarak küre yüzeyinde seçilen rasgele düğümler ile GSP baz alınarak en iyileştirilmiş sonucu bulmaya yöneliktir. Bu çalışmada küre yüzeyi  $250 \times 250 \times 250$ ,  $750 \times 750 \times 750$  ve  $1000 \times 1000 \times 1000$  olarak üç farklı boyutta seçilmiştir. Bu boyutların yüzeylerinde sırasıyla 10, 20, 30, 40, 50 rasgele düğümler ele alınmıştır. Rastgele belirlenen düğümlerin denklem (5) baz alınarak küre yüzeyinde seçilmesi sağlanmıştır.

$$r = \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 + (z - z_1)^2} \quad (5)$$

Burada

$r$ : Küre yarıçapı

$x, y, z$ : Küre yüzeyinden seçilen noktaların koordinatları

$x_1, y_1, z_1$ : Küre yüzeyinin başlangıç koordinat değerlerini temsil etmektedir. Çalışmada kullanılan GA parametreleri Çizelge 1'de belirtilmiştir.

Tanımlanan engel düğümleri engel numaralarıyla Çizelge 2'de verilmiştir.

Seçilen engel düğümlerinin her bir yüzey için koordinatları özel bir dizide tutularak genetik algoritma basamakları bu koordinatlar üzerine uygulanmış ve mesafe hesapları elde edilmiştir. 20 düğüm için rastgele seçilen koordinatlar Çizelge 3'de verilmiştir. Rastgele belirlenen engel düğümleri Çizelge 3'de koyu renkle vurgulanmıştır.

Seçilen 20 düğümde her bir boyut için hesaplanan en kısa mesafe uzunlukları Çizelge 4-6'da verilmiştir.

Ayrıca Çizelge 3'de verilen rasgele seçilmiş 20 düğüm için tüm yüzey boyutlarında evrim sayılarına [20:20:100] karşılık elde edilen en kısa mesafe değerleri Şekil 3'de sunulmuştur.

Şekil 3 incelendiğinde, üç boyutlu yüzeyde her bir yüzey boyutu 250, 750, 1000 olan küre yüzeylerinde elde edilen en kısa yol mesafeleri sırasıyla mavi, kırmızı ve yeşil ile ifade edilmiştir. Her bir renk için evrim sayısı arttıkça mesafede

**Çizelge 1.** GA parametreleri.

Parametreler	Seçilen Değerler
Maksimum İterasyon Sayısı	1000
Seçim Metodu	Rulet Tekeri
Çaprazlama Metodu	Rasgele- Tek Nokta Çaprazlama
Jenerasyon Boyutu	100
Popülasyon Boyutu	250
Çaprazlama Oranı	0.80
Mutasyon Oranı	0.01

**Çizelge 2.** Tüm yüzey boyutları için seçilen ortak engeller.

Düğüm Sayısı	Engel Numarası
10	2-4-5-7
20	1-4-8-10-13-15
30	2-5-8-11-14-17-20-23
40	4-9-14-19-20-23-25-27-29-31
50	1-3-5-10-15-20-25-30-32-33-36-39

**Çizelge 3.** Tüm yüzey boyutlarında 20 düğüm için rastgele seçilen koordinat noktaları.

	Yüzey Boyutu						
	250x250x250	750x750x750	1000x1000x1000		250x250x250	750x750x750	1000x1000x1000
<b>1</b>	<b>81-233-80</b>	<b>49-410-557</b>	<b>740-596-72</b>	11	197-225-104	150-87-291	116-712-740
2	241-113-170	41-388-545	68-740-576	12	178-65-221	10-425-445	36-680-452
3	81-80-17	65-212-241	884-212-360	<b>13</b>	<b>5-125-160</b>	<b>145-122-221</b>	<b>932-320-676</b>
<b>4</b>	<b>221-185-72</b>	<b>27-339-240</b>	<b>932-260-424</b>	14	205-221-128	5-325-410	288-116-740
5	113-65-16	121-353-100	980-388-416	<b>15</b>	<b>225-200-125</b>	<b>100-145-265</b>	<b>260-932-576</b>
6	101-218-205	149-650-493	884-200-612	16	197-90-221	116-305-637	320-740-900
7	53-29-90	5-377-436	800-100-500	17	16-185-137	74-257-185	452-936-740
<b>8</b>	<b>29-128-205</b>	<b>74-257-565</b>	<b>500-968-676</b>	18	97-29-200	135-96-447	676-500-32
9	72-221-185	15-438-459	180-740-200	19	185-17-144	135-384-663	36-452-320
<b>10</b>	<b>185-106-17</b>	<b>121-265-628</b>	<b>404-128-180</b>	20	185-113-16	89-145-298	820-884-512

**Çizelge 4.** 250x250x250 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ( $\times 10^3$ ).

Düğüm Sayısı	Evrım Sayısı				
	20	40	60	80	100
10	0.6613	0.5898	0.5478	0.5130	0.5047
20	1.8478	1.7263	1.6566	1.5888	1.5746
30	2.9775	2.8390	2.7489	2.7066	2.6927
40	4.1148	3.9996	3.9270	3.8636	3.8390
50	5.5808	5.4208	5.3027	5.2584	5.2476

**Çizelge 5.** 750x750x750 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ( $\times 10^3$ ).

Düğüm Sayısı	Evrım Sayısı				
	20	40	60	80	100
10	0.7335	0.5658	0.5407	0.5284	0.5003
20	3.0930	2.9251	2.8806	2.7722	2.5894
30	4.8534	4.5740	4.5291	4.4371	4.2548
40	6.9625	6.6737	6.5457	6.4498	6.2927
50	9.0336	8.6800	8.4832	8.2774	8.1464

**Çizelge 6.** 1000x1000x1000 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ( $\times 10^3$ ).

Düğüm Sayısı	Evrım Sayısı				
	20	40	60	80	100
10	2.3149	1.7130	1.3774	1.1245	1.0506
20	7.1777	6.7893	6.6180	6.4475	6.0746
30	12.254	11.893	11.619	11.387	11.081
40	17.213	16.711	16.344	16.185	15.713
50	21.507	20.784	20.620	20.166	19.858

iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Bu iyileşme 250, 750 ve 1000 olan her bir boyut için 50 düğümde sırasıyla % 5.97, 9.82, 7.66 olarak elde edilmiştir. İyileşme miktarı evrim sayısı en küçük değer 20 ile en büyük değer 100 için mesafedeki iyileşme olarak hesaplanmıştır. Aynı zamanda 250x250x250 boyutlu yüzey üzerinde seçilen rastgele 30 düğüm için izlenmesi gereken güzergâhın 3 boyutlu yüzeyde üç farklı açıdan görünümü Şekil 4 a,b,c'de verilmiştir. Burada evrim sayısı 100 olarak seçilmiştir.



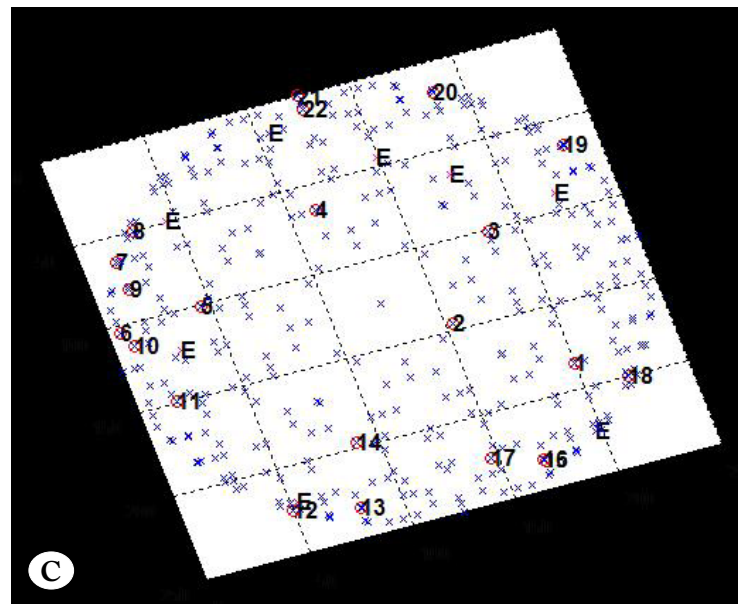
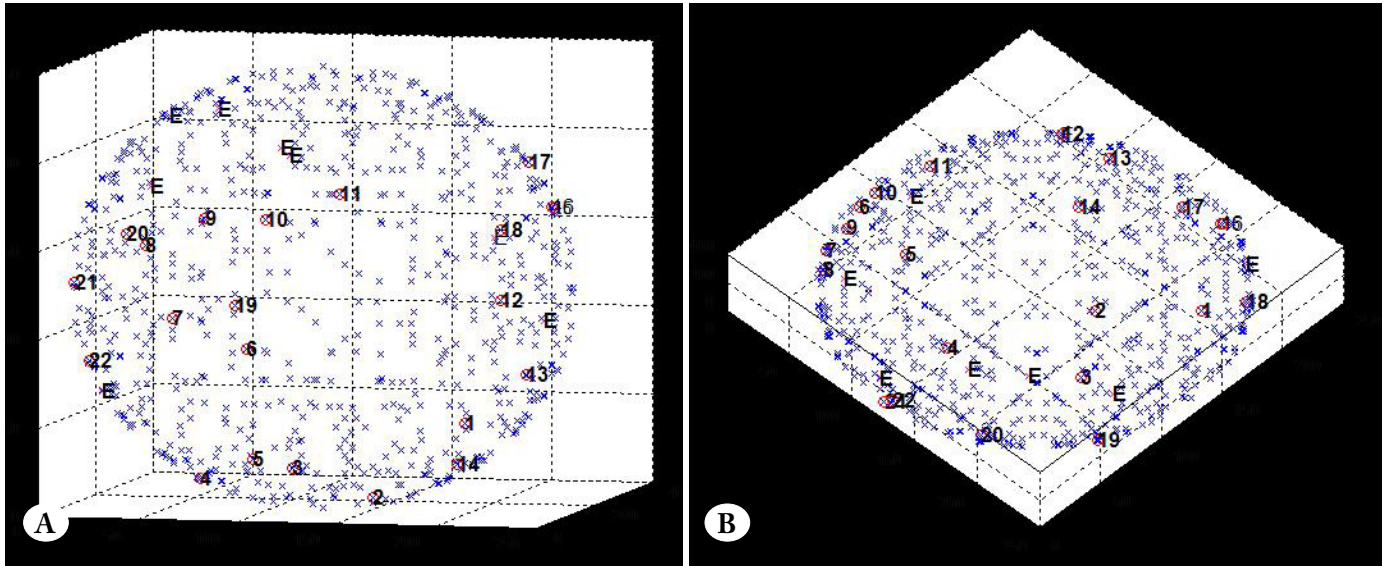
**Şekil 3.** 20 düğüm için tüm yüzey boyutlarında evrim sayısına karşılık en kısa mesafeler.

Şekil 4'de gösterilen güzergâh ve bu güzergâh için Çizelge 7'de verilen koordinat değerlerinde en kısa mesafe Çizelge 4'de verildiği gibi 2.6927 olarak elde edilmiştir.

Seçilen 30 düğümün 8 tanesinin engel olduğu kabul edilmiş ve şekillerde 'E' ile gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında engel düğümü olarak belirlenen düğümler

Çizelge 7. 250x250x250 boyutlu yüzeyde takip edilecek 30 düğüm için en kısa yolun koordinatları.

Düğüm No	Koordinat Değerleri	Düğüm No	Koordinat Değerleri	Düğüm No	Koordinat Değerleri
1	185-200-45	11	122-29-205	21	65-233-106
2	17-106-65	12	233-169-170	22	197-90-29
3	18-185-149	13	233-80-81	23	45-149-218
4	65-113-16	14	65-178-221	24	8-125-81
5	221-53-160	15	200-221-153	25	225-146-197
6	149-18-185	16	101-45-32	26	0-125-125
7	225-50-125	17	225-197-104	27	113-9-170
8	90-221-197	18	146-153-5	28	104-5-97
9	81-17-170	19	233-170-169	29	50-29-153
10	101-185-18	20	50-45-185	30	65-16-113



Şekil 4A-C. 250x250x250 boyutta rastgele seçilen 30 düğümden elde edilen yol sıralamasının farklı açılardan görünümü.

dışında kalan 22 düğüm noktası üzerinden en kısa yol hesabı oluşturulmuştur. Takip edilecek yol 1'den başlayarak 22'ye kadar şekil üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca bu düğümlerin koordinat değerleri Çizelge 7'de sunulmuştur.

Çizelgede 30 düğüm içinden rastgele seçilen 8 engel düğümü koyu gösterilmiştir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Canlı hayatını tehlikeye düşürecek olası bir afet durumunda acil kurtarma operasyonlarının hızlı bir şekilde yapılması ve müdahale anında gerekli yardım malzemelerinin etkin bir şekilde dağıtılması kriz anının iyileştirilmesi için önemli faktörler arasında yer alır. Bu çalışmada, GA yöntemi üç boyutlu küre yüzeyine GSP baz alınarak optimum mesafelerin bulunması amacıyla uygulanmıştır. Böylece kriz anı yönetim sürecinin bir sistem dahilinde kontrolünün sağlanması ve en kısa sürede sonuca ulaşılması amaçlanmıştır. Uygulama alanı olan yer yüzeyinin küre şekline benzemesi nedeniyle hesaplamalar 3 boyutlu küre yüzeyinde yapılmıştır. Küre yüzey boyutları (x,y,z) her boyutta sırasıyla 250, 750 ve 1000 olacak şekilde yüzeyde [10:10:50] düğüm seçilmiştir. Optimum mesafe hesabının elde edilmesinde GA yöntemi kullanılarak [20:20:100] evrim sayıları için en kısa mesafeye sahip yol değerleri hesaplanmıştır. Yüzeyde rasgele seçilen 20 düğüm için her boyutta (250, 750, 1000) ortalama uzunluk değerleri sırasıyla 1.6788, 2.8521 ve 6.6214 olarak hesaplanmıştır. Çalışmada, 250x250x250 boyutlu küre yüzeyinde rasgele seçilmiş 8 engel düğümü dikkate alınarak engeller hariç 1'den 22'ye kadar uğranacak tüm düğüm koordinatlarına ve bu rota ile elde edilen en kısa yol mesafesine ulaşılmıştır. Engellerin ve sırasıyla uğranacak noktaların konumları küre yüzeyinde 3 boyutlu olarak konumlandırılmıştır. Çalışmada, yeryüzündeki yükseklik ve derinliğin 3 boyutlu küre yüzeyi seçilerek hesaba katılması problemin gerçek sistemler için iyi bir çözüm önerisi sunduğunu göstermektedir.

Gelecek çalışmalarda kriz anı yönetim sürecinde farklı optimizasyon teknikleri ile optimizasyon başarımının kıyaslanması ve sonuçların değerlendirilmesi planlanmaktadır.

#### 5. Kaynaklar

- Alsalloum, OI., Rand, GK. 2006.** Extension to Emergency Vehicle Location Models. *Comp. and Oper. Res.*, 33: 2725-2743.
- Aytekin, MA., Kalaycı, TE. 2010.** Gezgin Satıcı Probleminin İkili Kodlanmış Genetik Algoritmalarla Çözümünde Yeni Bir Yaklaşım. *Muğla Ünv. Akad. Bil.Konf.*, Muğla, 10-12.

- Bayrak, AE. 2010.** Hava Harekât Planı Kaynak Paylaştırma Problemi için Optimizasyon Algoritmaları. *Yük. Lis. Tezi*, Orta Doğu Tek. Ün. Ankara.
- Bulut, F., Subaşı Ş. 2015.** Merkezi Sınavlar İçin Genetik Algoritmalar İle En İyi Oturma Planı. *Dokuz Eylül Ün. Müh. Fak. Fen ve Müh. Derg.*, 17( 3): 122-137.
- Çevre, U., Özkan, B., Uğur, A. 2007.** Gezgin Satıcı Probleminin Genetik Algoritmalarla En İyilemesi Ve Etkileşimli Olarak İnternet Üzerinde Görselleştirilmesi. *XII. "Türkiye'de İnternet" Konf.*, Ankara, 104-112.
- Çiçekdağı, H.İ., Kırış Ş. 2012.** Afet İstasyonu ve Toplanma Merkezi İçin Yer Seçimi ve Bir Uygulama. *DPÜ Fen Bil. Enst. Dergisi*, 28: 67-76.
- Eldem, H., Erkan Ü. 2014.** Küre Üzerinde 3 Boyutlu Gezgin Satıcı Problemi Çözümünde Parçacık Sürü Optimizasyonu Uygulaması. *XVI. Akademik Bil.- AB 2014*, Mersin.
- Elloumi, W., Abed, H., Abraham, A., Alimi, A. M. 2014.** A comparative study of the improvement of performance using a PSO modified by ACO applied to TSP, *Appl. Soft Comp.*, 25: 234-241.
- Emel, GG., Taşkın Ç. 2012.** Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları. *Uludağ Ün. İktisadi ve İdari Bil. Fak. Der.*, 11(1): 129-152.
- Erden, T., Coşkun, MZ. 2010.** Acil durum servislerinin yer seçimi: Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve CBS entegrasyonu. *İtü Derg./ Müh.*, 9 (6): 2-12.
- Fiedrich, F., Gehbauer, F., Rickers, U. 2000.** Optimized resource allocation for emergency response after earthquake disaster, *Safety Sci.*, 35(1-3): 41-57.
- Gencer, C., Açıkgöz A. 2006.** Türk Silahlı Kuvvetleri Arama Kurtarma Timlerinin Yerleşiminin Yeniden Düzenlenmesi. *Gazi Ün. Müh. ve Mim. Fak. Dergisi*, 21(1): 87-105.
- Haupt R.L., Haupt S.E. 2004.** Practical genetic algorithms, Wiley, New York.
- Kara, İ., Demir, E. 2006.** Genelleştirilmiş Gezgin Satıcı Poblemi İçin Yeni Tamsayı Karar Modelleri, *Yöneylem Arst./ Endüstri Müh.26. Ulusal Kong.*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli.
- Koç İ.O. 2007.** Gezgin Satıcı Problemi için Çok Populasyonlu Paralel Bir Genetik Algoritma Tasarımı, Geliştirilmesi ve Analizi. *Dok. Tezi*, Eskişehir Osmangazi Ün. Eskişehir.
- Liu, F., Zeng G. 2009.** Study of genetic algorithm with reinforcement learning to solve the TSP, *Expert Sys. with App.*, 36 (3/2): 6995-7001.
- Özdemir, G., Karabıyık M., Çalışkan S., Büyükçulcu, A. 2015.** Parçacık Sürüsü Optimizasyonu Yöntemi Kullanılarak Arama Ve Kurtarma Faaliyetlerinin Verimliliğinin Arttırılması. *AFAD15*, 1-10.



- Öztürk, A. 2002.** Gerçel Sayı Kodlamalı Genetik Algoritmaların Optimizasyonda Kullanımı. *Yük. Lis. Tezi*, İstanbul Teknik Üniv., İstanbul.
- Öztürk N. 2003.** Türkiye’de Afet Yönetimi: Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 12(4): 42-64.
- Sansarcı, E., Çelebi D., Aktel A., Bayraktar, D. 2009.** Gezgin Satıcı Problemi İçin Bir Memetik Algoritma Önerisi. *Yöneylem Araş. ve Endüstri Müh. 29. Ulusal Kong.*, Ankara.
- Selim, H., Özkarahan, İ. 2003.** Acil Servis Araçları Yerleşiminin Belirlenmesinde Yeni Bir Model, *Endüstri Müh. Dergisi*, 14 (1): 18-27.
- Şen, B., Şenyürek, LH., Türk, AS., Lana, A., Pelitçi, N. 2004.** Arama Kurtarma Çalışmaları İçin Geliştirilmiş Bir Gezer RF Algılayıcı Sistemi. *URSI-Türkiye’2004 Bilimsel Kong.*, 161-163.
- Shi, X.H., Liang, Y.C., Lee, HP., Lu, C., Wang, QX. 2007.** Particle swarm optimization-based algorithms for TSP and generalized TSP, *Inf. Process. Lett.*, 103 (5): 169-176.
- Söylemez, E. 2007.** Cbs - Destekli Arama Teorisi Uygulaması Ve Arama Kurtarma Planlaması. *Yük. Lis. Tezi*, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Tek. E.A.B.D., Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye.
- Tarhan, C., Coşkun, Z., Zülfikar, C. 2013.** Deprem Bilgi Sistemi. *2. Türkiye Deprem Müh.ve Sismoloji Konf. Hatay*, 1(9): 25-27.
- Uğur A. 2008.** Path Planning on a Cuboid Using Genetic Algorithms. *Information. Sci.*, 178(16): 3275-3287.
- Yang, J., Shi, X., Marchese, M., Liang Y. 2008.** An ant colony optimization method for generalized TSP problem, *Progress in Nat. Sci.*, 18 (11): 1417-1422.
- Zeyveli, M. 2007.** Genetik Algoritmalar Ve Mekanik Tasarım Problemleri Uygulamaları. *Makine Tek. Elektronik Der. 2*: 1-13.