

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**ROTA ANALİZİ İÇİN ÜÇ BOYUTLU GENETİK
ALGORİTMA YÖNTEMİNİN GERÇEK ZAMANLI
PROBLEMLERE UYGULANMASI**

Hicran YILMAZ

Yüksek Lisans Tezi
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şengül DOĞAN

EYLÜL-2017

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ROTA ANALİZİ İÇİN ÜÇ BOYUTLU GENETİK ALGORİTMA YÖNTEMİNİN
GERÇEK ZAMANLI PROBLEMLERE UYGULANMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hicran YILMAZ

(132134104)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 08.08.2017

Tezin Savunulduğu Tarih: 24.08.2017

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Şengül DOĞAN (F.Ü.)
Diğer Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Mehmet ÜSTÜNDAĞ (B.Ü.)
Yrd. Doç. Dr. Cafer BAL (F.Ü.)



AĞUSTOS-2017

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, eğitim hayatımda desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, her daim umut veren, ahlaki ve insani değerleriyle bana çok şey katan, danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Şengül DOĞAN' a teşekkürü bir borç bilirim.

Hicran YILMAZ

ELAĞIĞ-2017



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER	III
ÖZET.....	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
SEMBOLLER LİSTESİ.....	X
1. GİRİŞ	1
2. İNSANSIZ SİSTEMLER VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ	7
3. OPTİMİZASYON VE YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	11
4. SEZGİSEL OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ	15
5. GENETİK ALGORİTMA (GA)	18
5.1. Genetik Algoritma Operatörleri.....	21
5.2. Genetik Algoritma İçin Temel Kriterler	21
5.3. Genetik Algoritma Yönteminin Klasik Yöntemlerden Farklılıkları ve Üstünlükleri	22
6. GELİŞTİRİLEN UYGULAMALAR.....	24
6.1. Kübik Yüzeyler İçin Genetik Algoritma Üzerine Çok Amaçlı Bir Rota Planlama Modeli.....	24
6.1.1. Gezgin Satıcı Problemi (GSP)	25
6.1.2. Kübik Yüzeyde GSP	26
6.1.3. Kübik Yüzeyde GSP Uygulaması.....	26
6.1.4. Kübik Yüzeyde Mesafe Hesaplaması	28
6.1.5. Kübik GSP' nin Genetik Algoritma İle Çözülmesi	31
6.1.6. Kübik GSP için Önerilen Yöntem	32
6.1.7. Kübik GSP için Deneysel Sonuçlar	36
6.1.8. Kübik GSP için Sonuç ve Öneriler	45
6.2. Arama Kurtarma Faaliyetlerinde Optimal Takım Dağıtımının Sağlanması İçin 3 Boyutlu Yüzeylere Genetik Algoritma Yönteminin Uygulanması	46
6.2.1. Genetik Algoritma Yönteminin Küre Yüzeyine Uygulanması.....	48
6.2.2. Uygulama adımları.....	49

6.2.3. Bulgular ve Tartışma.....	50
6.2.4. Sonuç ve Öneriler.....	55
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	61



ÖZET

Rota planlama problemlerinde belirli veriler doğrultusunda canlı ya da insansız sistemin farklı rotalara yönlendirilmesi amaçlanmaktadır. Rota analizi planlamalarının yapılmasındaki amaç maliyet ve verimliliğin kontrolünü sağlamaktır. Uygulama alanı olarak bir binada çıkan yangın durumunda insanların tahliyesi ve deprem, sel gibi afetler sonucu arama kurtarma çalışmaları gibi gerçek zamanlı konular ele alınmıştır. Rota planlama karmaşık ve doğrusal olmayan bir problem türü olduğu için çözümünde sezgisel optimizasyon yöntemlerinden genetik algoritma yöntemi kullanılmıştır. Genetik algoritma yöntemi küp ve küre gibi 3 boyutlu yüzeylere uygulanarak yeni yaklaşımların geliştirilmesi hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rota planlaması, Araç Rotalama Problemi, İnsansız Sistemler, Genetik Algoritma(GA), Kübik Yüzeyde GA ile rota planlama, Küre Yüzeyinde GA ile rota planlama

SUMMARY

Implementation of Real-Time Problems of Three-Dimensional Genetic Algorithm Method for Route Analysis

In route planning problems, it is aimed to direct different rods to live or unmanned system in the direction of certain data. The goal of planning route analysis is to ensure cost and efficiency control. As a field of application, real-time issues such as evacuation of people in case of a fire in a building and earthquake and flood disasters such as search and rescue work are discussed. Since route planning is a complex and nonlinear problem type, genetic algorithm method has been used as an intuitive optimization method. Genetic algorithm method applied to three-dimensional surface such as a cube and sphere is aimed to develop a new approach.

KeyWord: Route planning, Vehicle Routing Problem, Unmanned Systems, Genetic Algorithm(GA), Route planning with GA on Cubic Surface, Route planning with GA on the Sphere Surface

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. ARP Problemlerinin genel sınıflandırılması.....	4
Şekil 1.2. Problem çözümü için izlenecek adımlar.....	6
Şekil 2.1. İHA sistemlerinin unsurları	7
Şekil 2.2. Yerleşim yerlerinde engel ve ulaşım noktası gösterimi.....	9
Şekil 3.1. Optimizasyon işlemi için izlenecek adımlar.....	13
Şekil 4.1. Sezgisel optimizasyon teknikleri	16
Şekil 5.1. Çaprazlama işlemi	19
Şekil 5.2. Mutasyon işlemi	19
Şekil 5.3. Genetik algoritma akış şeması	20
Şekil 6.1. Kübiğin 3 boyutlu temsili ve yüzeyleri	26
Şekil 6.2. Kübiğin yüzeylerinin temsili	27
Şekil 6.3. Küboidin ön ve arka karşı iki yüzeyi üzerindeki iki nokta arasındaki mesafeler.....	29
Şekil 6.4. Küboidin alt ve sağ komşu iki yüzeyi üzerindeki iki nokta arasındaki mesafeler.....	30
Şekil 6.5. Kübik GSP'nin işlem basamakları	31
Şekil 6.6. Bina içinin temsili gösterimi.....	33
Şekil 6.7. Farklı boyutlardaki düz yüzeylerde elde edilen ortalama mesafe	38
Şekil 6.8. Kattaki insanların potansiyel tıkanıklık durumunda elde edilen ortalama mesafe	39
Şekil 6.9. Farklı boyutlardaki küboid yüzeyler için binanın içinden elde edilen ortalama mesafe	40
Şekil 6.10. Farklı boyutlara sahip küboid yüzeyler için binanın dış yüzeylerinden elde edilen ortalama mesafe	41
Şekil 6.11. İnsan yoğunluğuna göre yönlendirme	43
Şekil 6.12. a) Üstten görünüm b) yandan görünüm bina içinin en uygun rota planlaması	44
Şekil 6.13. İnsanların potansiyel sıklığı durumunda bina içinin en uygun güzergah planlamasının yandan görünüşü	44

Şekil 6.14. a) Önden-sağ üstten görünüşü b) Arka sol üst görünümü c) Üstten görünümü Binanın dış yüzeyi	45
Şekil 6.15. Üç boyutlu yüzeyde küre	49
Şekil 6.16. 20 düğüm için tüm yüzey boyutlarında evrim sayısına karşılık en kısa mesafeler.....	53
Şekil 6.17. a,b,c. 250x250x250 boyutta rastgele seçilen 30 düğümden elde edilen yol sıralamasının farklı açılardan görünümü	54



TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 6.1. Tüm durumlar için rotalar	32
Tablo 6.2. İşlem aşamalarında kullanılan değerler.....	33
Tablo 6.3. Renklerle çıkışlar	34
Tablo 6.4. Genetik algoritma parametreleri	34
Tablo 6.5. Düz yüzey için bina içinde seçilen engel noktaları	37
Tablo 6.6. Küboid yüzey için bina içinde seçilen engel noktaları	37
Tablo 6.7. Farklı boyutta seçilen düz bir yüzey için elde edilen optimum mesafeler	38
Tablo 6.8. Kattaki insanların tıkanıklığı durumunda farklı boyutlarda elde edilen optimum mesafeler.....	39
Tablo 6.9. Farklı boyutlarda seçilen katlar arasında elde edilen optimal mesafeler .	40
Tablo 6.10. Binanın farklı boyutlarda seçilen dış yüzeyleri için elde edilen optimal mesafeleri.....	41
Tablo 6.11. 1000x1000 (düz) ve 1000x1000x1000 (küboid) koordinatları	43
Tablo 6.12. GA parametreleri.....	50
Tablo 6.13. Tüm yüzey boyutları için seçilen ortak engeller	51
Tablo 6.14. Tüm yüzey boyutlarında 20 düğüm için rastgele seçilen koordinat noktaları	51
Tablo 6.15. 250x250x250 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ($\times 10^3$).	52
Tablo 6.16. 750x750x750 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ($\times 10^3$).	52
Tablo 6.17. 1000x1000x1000 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ($\times 10^3$).	52
Tablo 6.18. 250x250x250 boyutlu yüzeyde takip edilecek 30 düğüm için en kısa yolun koordinatları.....	54

SEMBOLLER LİSTESİ

α	: İki vektör arasındaki açı
r	: Küre yarıçapı
Y	: Yay uzunluğu
i	: Geçerli kat
n	: Kat sayısı
Floor_i	: i . kat ($i=1,2,\dots,n$)
s	: Kat sayısındaki değişmeyi gösteren değişken
Level_i	: i katında bulunan duman ve ısı seviyesi
Γ_1	: Duman ve ısı için eşik değeri
Γ_2	: Merdiven, duman ve ısı düzeyi için eşik değeri
δ	: Sistem tarafından önerilen emniyet limit değeri
tpn	: Geçiş noktalarının sayısı
lpc	: Potansiyel tıkanıklık düzeyi
Γ_{pc}	: Potansiyel tıkanıklık eşik değeri
tpl	: Geçiş noktalarının konumu
dpn	: Engelli nokta sayısı
spn	: Merdivendeki devre dışı nokta sayısı

1. GİRİŞ

Gerçek zamanlı ve doğrusal olmayan problemlerin çözümleri karmaşık ve zordur. Bu tez kapsamında bu problemlerin çözümlerinde kullanılan yöntemlerin geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve var olan çözüm yöntemlerine yeni yaklaşımlar getirilmesi doğrultusunda çalışılacaktır. Bu tez çalışmasının temel amacı, herhangi bir canlının yada sistemin rota planlama analizinin gerçekleştirilmesi için genetik algoritma optimizasyon yönteminin üç boyutlu gerçek zamanlı problemlere uygulanmasıdır.

Bu tez çalışmasında rota planlaması analizinin yapılmasında gerçek zamanlı problemlerin çözümü için genetik algoritma yönteminin 3 boyutlu yüzeylere uygulanarak yeni yaklaşımların geliştirilmesi sağlanarak gerçeğe daha yakın sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir. 3 boyutlu çalışma alanı ile 2 boyutlu çalışmalardan elde edilen sonuçlardaki eksiklikler giderilmeye çalışılmaktadır.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin(CBS) çeşitli sorunların çözümleri için konuma veya mekâna dayalı olarak coğrafi verilerin toplanıp işlenerek sorgulanması ve kullanıcıya sunulması işlemlerini sağlayan sistemin bütünüdür. Bu sistemde donanım, yazılım, personel, coğrafi veriler ve yöntem yer almaktadır. CBS' nin farklı uygulamaları her geçen gün artmaktadır. 3 boyutlu hazırlanan yazılımlar bilgisayar, mobil cihazlar veya internet üzerinden kullanıcılara sunulmaktadır [1]. CBS' nin temel işlevi bir amaç için konum bilgilerinin çeşitli yapılarda birleştirilip ve analiz ile bilgi oluşturmak için kullanılmasıdır. CBS genel anlamda kamu ve özel çalışma alanlarında karar alma işlemlerinin gerçekleştirilmesini ve bu karar alma süreçlerinin geliştirilmesini konu alan bir problem çözme yöntemidir. Ayrıca CBS sorgulama ve analiz etme yapısı sayesinde diğer sistemlerden ayrılmaktadır.

CBS teknolojisinin hızla gelişmesi ile GPS ve CBS birlikte kullanılmaya başlamıştır. İki alanın etkileşimli kullanımı problem çözme alanını ve uygulama sayısını da artırmıştır. Bu şekilde konum bilgisine ihtiyaç duyulan ulaşım gibi birçok alanda kolaylık ve hız sağlanmıştır. CBS' nin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

- Coğrafi verilerin toplanması ve üretilmesi
- Haritaların ve planların üretilmesi
- Kaynak teşhisinin yapılması

- İzleme ve gözlem süreçleri
- Rota ve akış optimizasyonu
- Rota seçiminin yapılması ve navigasyon uygulamaları [2].

Görüldüğü gibi CBS' nin çalışma alanlarından biri de rota planlama problemidir. Rota planlaması bir canlının veya insansız sistemlerin önceden belirlenmiş bir başlangıç noktasından başlayarak hedefe ulaşmaya kadar hangi yolu kullanması gerektiğini analiz eden bir problem türüdür. Rota planlaması yapılmasındaki amaç maliyet ve verimliliğin kontrolünü sağlamaktır. Yani hedefe minimum maliyet ve minimum zaman harcanarak ulaşılabilen bir sistem kurmak hedeflenmektedir. Örneğin lojistik gibi fiziksel dağıtımlarda müşterinin siparişi istenilen zamanda ve en az maliyetle teslim edilmelidir. Bunu yönetmedeki amaç en düşük maliyet ile çalışacak bir dağıtım sisteminin tasarlanması ve bu sistemin işlerlik kazanmasıdır [3].

Rota planlamasının yapılacağı cihazda gidilecek hedeflere ait konum bilgilerini içeren veriler bulunmaktadır. Rota planlayıcı cihaz tarafından hedeflerin konum bilgisi sorgulanarak mevcut hedeflerden en yakın hedefe ulaşılmasını sağlayan güzergâh bulunur. Bu güzergâhı bulabilmek için çeşitli algoritmalar kullanılmaktadır ve bu şekilde rota planlayıcı cihazlar sayesinde canlı, insansız sistem ya da sistem sürücülerini yönlendirilme işlemi gerçekleştirilir. Sistemde bu rotayı bildirirken bir başlangıç noktasından hareket etmeye başlayıp gidilmesi gereken hedefe ulaşılması için takip edilmesi gereken tüm noktaların konumları bellidir. Bütün alternatif yollar için hedef noktaya gidebilecek en kısa yolun hesaplanmasında sistemdeki bu verilerden faydalanılır. Belirlenen rotaya alternatif daha iyi bir rota planı gerçekleşirse sistem değerlendirmesi yapılır ve yeni rota kullanıcıya bildirilir [4, 5].

Araç rotalama problemi (ARP) 1950'li yıllarda bilim insanlarının ilgi alanına girmeye başlamıştır. 1970'li yıllarda petrol krizi ortaya çıkmış ve taşımacılık alanında gelişmeler yaşanınca bu konu daha da ilgi odağı haline gelmiştir. 1980'li yıllarda ekonomik sıkıntıların yanı sıra ulaştırma alanında da yaşanan rekabet bu konuya önem kazandırmıştır. Günümüzde de daha az maliyetle daha kaliteli ve hızlı hizmet yakından ilgilenilen bir konudur [6].

Genel anlamda araç rotalama ile ilgili çalışmalar ilk olarak 1959 yılında Dantzig ve Ramser tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmalarında benzin dağıtımının istasyonlara dağıtılması problemi ile ilgilenmişlerdir. Bu problemi çözmek için ilk matematiksel programlama modelini oluşturmuşlardır [7].

Clark and Wright 1964 yılında problemin çözümü için sezgisel bir çözüm önerisi sunmuşlardır. Bu öneriden sonra uygulama alanına ilgi daha da artmıştır ve sürekli yöntemler geliştirilen popüler bir konu haline gelmiştir.

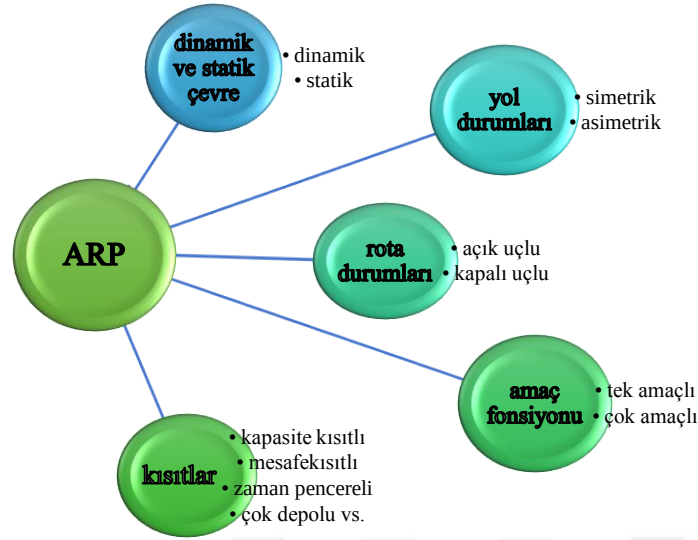
Solomon problemlerde zaman kısıtlaması konusunu incelemiştir. Koskosidis ise bu anlamda problemlerinde daha esnek olan çalışma zamanı kısıtları için izin sağlamıştır.

Malakandri ve Daskin çalışmalarını trafik sıkışıklığını çözme üzerine yoğunlaştırmışlardır. Çalışmalarının sonucunda ise trafik sıkışıklığı olduğu zamanlarda sabit bir rota olmayacağını ileri sürmüşlerdir [3].

Literatür çalışmalarında İHA'ların rota planlaması için de birçok çalışma bulunmaktadır. Özellikle bu çalışmalarda statik ve dinamik engeller ile karşılaşılması problemi daha zor hale getirmektedir. Bu nedenle İHA'ların rota planlaması konusu birçok çalışma alanında kullanılmıştır. Bu konu ile ilgili Öz ve arkadaşlarının çalışmalarında İHA'lar havada keşif, haritalama, arama kurtarma çalışmaları, trafik kontrolü çalışmaları gibi birçok görevde kullanılmaktadır [8].

Rota planlama konusunun literatürde ele alınan birçok farklı türü mevcuttur. Bu çalışmalar beş sınıfta incelenebilir:

- Dinamik ve statik çevre durumlarına göre
- Rotalama durumlarına göre
- Kısıtlara göre
- Yolların durumuna göre
- Amaç fonksiyonlarına göre [7].



Şekil 1.1. ARP Problemlerinin genel sınıflandırılması

Gezgin Satıcı Problemi (GSP-TSP) de 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, İki boyutlu GSP ’inin GA kullanılarak çözülmesi amacıyla Java tabanlı bir model geliştirilmesini amaçlamıştır. Bu model internetle etkileşimli olarak kullanılabilir [9]. 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. GSP’ nin çözümü için önerilen diğer bir en iyileme yöntemi tamsayılı karar modeli olarak sunulmuştur. Bu model ile rassal olarak seçilmiş farklı problemlerde çözüm süresi kısalmıştır.

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 problemidir.

GSP 'nde

- Seyyar satıcı mallarını n tane şehirde satmak ve
- n tane şehrin bulunduğu güzergâhı her şehre sadece bir kere uğrayarak ve mümkün olan en kısa mesafeye sahip olan tur ile tamamlamak istemektedir.

GSP 'nde 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.

Yapay zekâ ve optimizasyon alanında da en çok araştırılan ve çözümler üretilen, algoritmalar geliştirilen bir problem olan GSP, durum uzayının oldukça büyük olmasından dolayı sezgisel yöntemlerle geliştirilen algoritmalarla da çözülebilmektedir. Bu problemlerin çözümüne yönelik pek çok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. GSP 'ne çözüm üreten optimizasyon yöntemlerden biri de GA'dır [10].

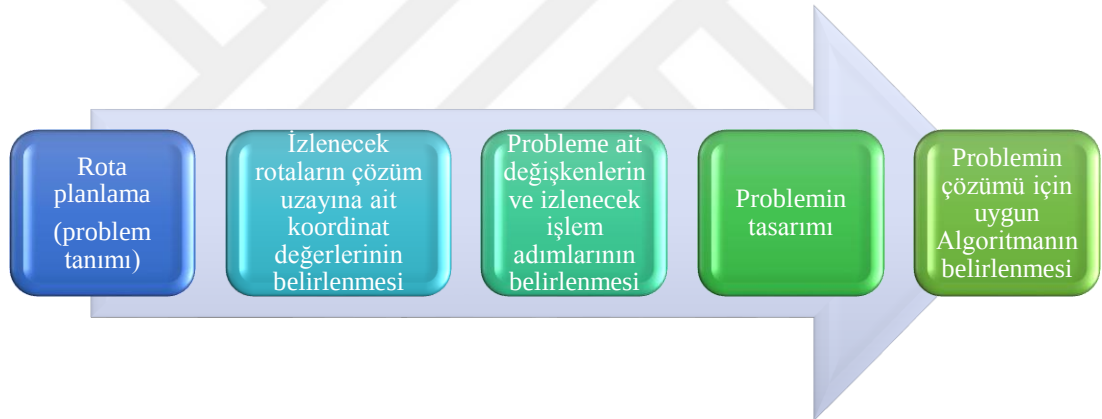
Rota planlaması konusu oldukça karmaşık bir problemidir. Özellikle insansız sistemler gibi araçların yakıt miktarı dikkate alındığında rota planlaması büyük bir önem taşımaktadır. Rota analizi problemlerinde gidilmesi gereken belli hedefler ve uğranılmaması gereken engeller bulunmaktadır. Planlama dâhilinde bu hedeflerin en kısa süre içerisinde gezilmesi gerekmektedir. Rota planlaması yapılırken en önemli konulardan biri de sistemin karşılaşacağı riskli ya da tehlikeli alanlardır. Sistemin bu bölgelerden korunması gerekmektedir. Bu gibi etkenler rota planlama probleminin maliyet kısmı için de önemlidir. Bu sebeple en uygun rotanın planlanması zaman tasarrufu sağlamakta, riskleri en aza indirmekte ve yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Özellikle insansız sistemlerin riskli bölgelerden korunması ve de maliyetin en aza indirgenmesi için güzergâh planlaması mutlaka yapılmalıdır. Bunun gibi birden çok çözüm olasılığı bulunan problemlerde problemin amacına uygun en iyi çözümün belirlenmesi gerekir. Bu gibi en iyi olasılığın belirlenmesi işlemine optimizasyon (en uygun şekle sokma) adı verilmektedir. Optimizasyon işlemi lineer olmayan problemlerin çözümlerini kolaylaştırmaktadır.

Rota planlaması yapılırken tüm hedeflere ait en iyi rotalama kümeleri ve çeşitli kısıtlar(zaman, maliyet, en kısa yol vb.) dikkate alınır. Rotalama problemlerinin tasarlanmasında ve çözümlerinin bulunup gerçekleştirilmesinde gerçek hayattaki

problemlere uygulanması daha doğru sonuçlar elde etmeye yarayacaktır. Gerçek problemlere uygulanan rota planlama tasarımları için farklı algoritmalar kullanılarak çözümün bulunması gerekmektedir. Bu sayede en iyi çözüme ulaşılabilecektir [4, 11].

Algoritma kelimesinin kökeni bilim adamı El-Harezmi' ye dayanmaktadır. Algoritma bir problemin çözümüne ulaşmak için izlenecek adımların sonucu elde etmek amacı ile probleme uygulanmasıdır. Problem olarak alınan konu hedefe ulaşmayı engellemektedir. Çözüm ise hedefe ulaşma durumu olarak tanımlanmaktadır.

Problem olarak tanımlanan durumlar günlük hayatta karşılaşılabilecek pek çok konuya ait olabilir. Bir problemi çözerken ilk ve en önemli adım problemi doğru tanımlamaktır. Problem tanımlı yapıldıktan sonra elde bulunan verilerin analizini yapıp mevcut çözüm yöntemine yani algoritmaya karar vermek gerekmektedir. Eğer problemin çözümü literatürde yer almıyorsa probleme uygun algoritmayı yeniden tasarlamak gerekir. Algoritma tasarımından sonra değişkenler belirlenerek uygun teknik geliştirilir [12].



Şekil 1.2. Problem çözümü için izlenecek adımlar

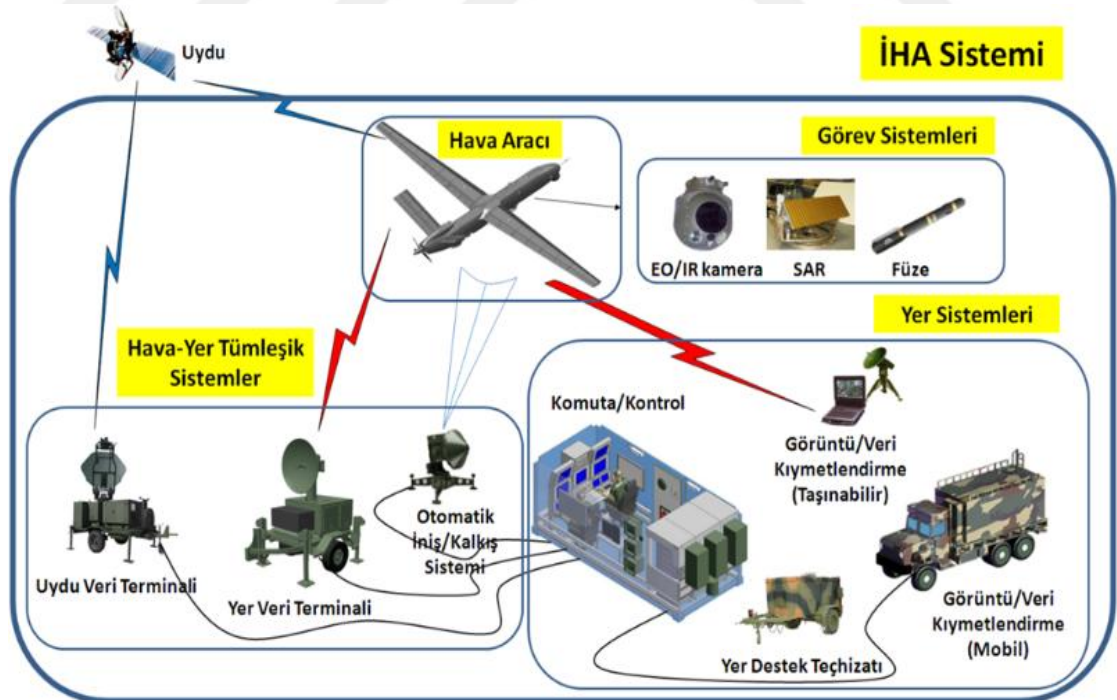
Şekil 1.2' de bir problemin çözümü için izlenilmesi gereken adımlar sunulmuştur. Bu çalışmada problem olarak canlı veya insansız sistemlerin rota planlamasının gerçekleştirilmesi ele alınmıştır.

Son zamanlarda tehdit yaratabilecek veya engelli ortamlarda rota planlaması çalışmalarında insansız sistemler kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmelerin sürekli ilerlemesine bağlı olarak insansız sistemlerin de uygulama alanları artmıştır. İnsansız sistemlerin kullanımındaki verimlilik ve ekonomikliğin artırılması için rota planlama problemleri etkin bir araç olarak kullanılmaktadır [13].

2. İNSANSIZ SİSTEMLER VE ARAÇ ROTALAMA PROBLEMİ

İnsansız sistem; içinde insan bulundurulmayan hava, kara ve deniz araçları olarak tanımlanmaktadır. İnsansız sistemler kendini otonom olarak yönlendirebilir ya da uzaktan bir kumanda ile bu sistemin kontrolü sağlanabilir [14, 15]. Bu sistemler diğer uçak gibi araçların maliyetine göre daha ucuzdur. İnsansız sistemlerin uygulama alanının ve bu sistemlere olan talebin gün geçtikçe artmasının nedeni risk durumu yüksek olan veya insanların gidemediği yerlere bu sistemlerin gönderilebilir olmalarından kaynaklanmaktadır [16]. Gelişen insansız sistemlerde insan etkisinin en aza indirilmesi amacıyla otonom özellik kazandırılmıştır. Böylece yetişmiş insan kaybının da en aza indirilmesi amaçlanmaktadır [17].

İnsansız Hava Araçları (İHA) son zamanlarda İHA ifadesinin sadece uçan platformu karşılaması dolayısıyla “İHA sistemleri” olarak ifade edilmektedir. İHA sistemleri dört temel unsurdan oluşmaktadır (Şekil 2.1). Bunlar; hava aracı, görev sistemleri, yer sistemleri ve hava-yer tümleşik sistemlerdir [18].



Şekil 2.1. İHA sistemlerinin unsurları [19].

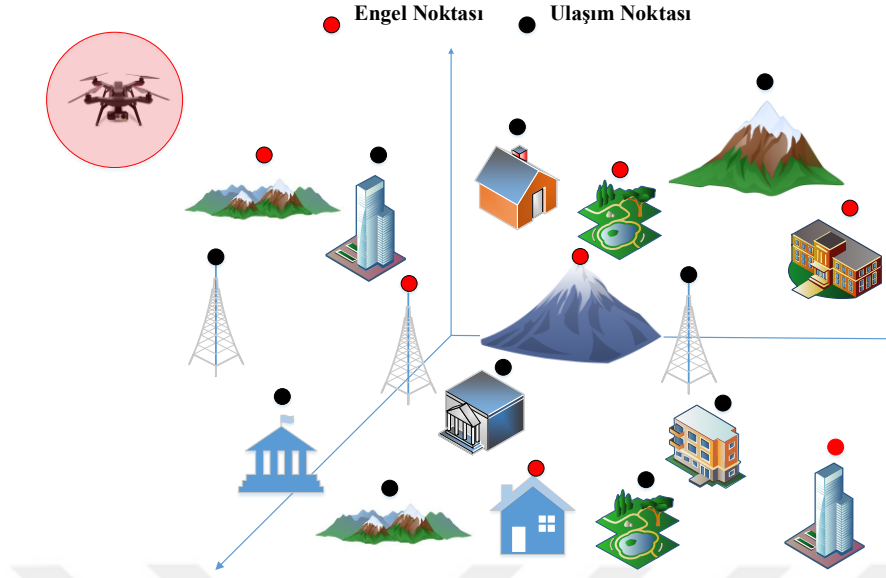
İnsansız sistemlerden en yaygın kullanılanı İHA yüksek teknoloji ve son derece karmaşık bir yapıya sahiptir. İHA' larda elektronik, elektro-mekanik, bilgisayar, yazılım ve havacılık gibi disiplinler bir arada kullanılmaktadır.

İnsansız sistemlerde kullanıcı sistemi amaca uygun olarak planlama yetkisine sahiptir ve bu sistemler zamanla uygulanabilecek değişikliklere de uyum sağlamaktadır. Ayrıca insansız sistem bir ağ üzerinde verimli ve uyumlu olarak çalıştırılabilir ve ağda karar verici unsurlarla gerekli olan bilgileri doğru ve eş zamanlı olarak paylaşabilir [13, 15].

İnsansız sistemler askeri ve sivil alanlarda farklı kullanım ait uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu kapsamda;

- Keşif, gözetleme ve istihbarat
- Asimetrik tehditler ile mücadele
- Kritik tesislerin güvenliği
- Sınır gözetleme
- El yapımı patlayıcılar ile mücadele
- Mayın tespiti ve etkisiz hale getirilmesi
- Biyolojik ve kimyasal tehditlerin tespiti
- Arama ve kurtarma çalışmaları
- Kolluk kuvvetlerinin desteklenmesi
- Liman, boğaz ve deniz ticareti güvenliği
- Lojistik destek sağlama
- Yangınla mücadele
- Deprem, volkan gibi doğal afetleri gözleme
- Trafik durumunun izlenmesi gibi farklı uygulama alanlarında insansız sistemler üzerinde çalışmalar yapılmaktadır.

İHA sistemleri için rota planlama problemi çok önemlidir. İHA sistemlerine birden fazla görev verildiği durumlarda verimin artırılması ve maliyetin azaltılması için güzergâh planlaması yapılmalıdır. İHA rota problemi belirli koordinat değerlerine sahip hedef noktaların bazı kısıtlar (yakıt, menzil vs.) altında gezilmesini sağlayan güzergâh planlamasıdır.



Şekil 2.2. Yerleşim yerlerinde engel ve ulaşım noktası gösterimi

İHA Sistemlerinin rota planlaması problemi için temel unsurlar;

- Başlangıç noktası, sistemin rotayı izlemeye başlayacağı ilk konum
- Hedef, sistemin bulunduğu konumdan sonra gideceği konum veya alan
- Boş uçuş yolu, sistemin iki konum arasında geçiş yaparken izlediği yol
- Bitiş noktası, sistemin en son uğrayacağı hedef noktasıdır.

İHA sistemlerinin yerleşkelerde ve stratejik görevlerde kullanılmasında görev zamanlarında karşılaşılan ARP önem arz etmektedir. Çeşitli sektörlerde yüksek maliyetlere sebep olan ARP için insansız sistemlerin rota planlaması probleminin çözümünün sağlanması ile büyük tasarruflar sağlanacaktır.

ARP bir sistemin merkezi bir başlangıç noktasından başlayarak coğrafi olarak farklı konumlardaki noktalara en kısa sürede, en düşük maliyetle ve en az sayıda araç kullanarak uğranılmasını en iyileyen problem çeşididir [4].

ARP' nin ilk çalışma alanı benzin istasyonlarına benzin dağıtımı problemi üzerine olmuştur. Bu problemin çözümünde ilk önce matematiksel programlama modeli kurulmuştur. Daha sonra probleme sezgisel çözüm yöntemleri sunulmuş ve bunun üzerine ARP' ye olan ilgi de artmıştır. ARP çözümü için birçok yöntemin geliştirildiği bir problem türüdür [20].

Araç problemleri için kullanılabilecek genel amaçlar aşağıdaki gibidir:

- Sistemde kullanılan araç sayısının minimize edilmesi

- Araçların gideceği mesafenin minimize edilmesi
- Araçların görev tamamlama sürelerinin minimize edilmesi
- Tüm rotaların sistemde kullanılan araçlar için dengelenmesi [3].

ARP ile araç rotası belirlenirken kalite düzeyinin artırılması için dikkat edilmesi gereken kısıtlara örnek olarak aşağıdakiler verilebilir:

- Her bir konum sadece bir kez ziyaret edilir.
- Her araç rota planına aynı konumda başlayıp sonlandırır.
- Araç sayısı belli bir sayıda olmalıdır ve sayının az olması gereken bir kriter olmalıdır.
- Araçların yol kapasitesi belirlenmelidir [3, 20].

Bu amaçlar ve kısıtlar doğrultusunda bir ARP' nin çözümünün sağlanması için hedef sayısına, hedeflere ait konum bilgilerine, konumlar arasındaki mesafe bilgisine, mesafeler arasındaki ulaşım süresi bilgisine ve araç sayısı gibi bilgilere ihtiyaç duyulur [20]. ARP uygulama alanlarına;

- Ürün veya hizmetlerin depolardan talep noktalarına dağıtımın yapılması
- Ham maddelerin ya da mamullerin fabrikalara dağıtımının yapılması
- Havayolu şirketlerinde yolcu ve ürün taşımalarının yapılması
- Posta hizmetleri
- Çöplerin toplanması
- ATM kontrollerinin sağlanması
- Hedef bulma problemleri
- Tehlikeli maddelerin ulaşımının sağlanması örnek olarak verilebilir.

Rota planlama problemleri insansız sistemler ve insanların etkileşimde bulunduğu sistemleri kapsamaktadır. Rota planlama problemlerinde çözüm için birçok olasılık bulunabilir. Birçok olasılığın yer aldığı rotalar kümesi içerisinde en kısa olanını bulmak gerekmektedir. Bu işlem zor ve uzun zamana ihtiyaç duyulan bir süreçtir. Bu nedenle bu tür problemler NP-Zor tipi problemlerdir. Bu tür problemlerde rota belirlenmesi amacından çok işlem zamanının kısa sürede tamamlanması önemlidir. Özellikle görev kritik ve zamana hassas ise mümkün olan en kısa sürede en uygun rotanın çizilmesi gerekir. Bu durumlara örnek olarak yangın, sel gibi felaketlerde gerçekleştirilen arama kurtarma çalışmaları, kentsel trafik sıkışıklığını önleme çalışmaları, askeri operasyonlar gibi problemler verilebilir [21].

3. OPTİMİZASYON VE YÖNTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Gerçek hayatta karşılaşılabilecek problemlerin birden fazla çözümleri olabilmektedir. Bu çözümler tespit edildikten sonra geliştirilen modeller üzerinde denenmekte ve test edilmektedir. Bu şekilde bir problemin model üzerinde matematiksel olarak modellenmiş çözümü gerçek probleme uygulanmaktadır [22].

Bir problemin çözüm aşamasına geçilmesi için öncelikle ihtiyaçlar açıklanmalıdır. Bu ihtiyaçlardan harekete geçerek bir düşünce ortaya konulmalıdır. Problemin çözümü için ilk önce gerekli bilgiler araştırılıp incelenmelidir. Daha sonra bu bilgiler incelenip istenen bilgilerden sistem tasarımı yapılmalıdır. Sistemin tasarlanması ve tasarlanan sistemin analiz edilmesi süreçlerinin tamamı mühendisliğin alanıdır. Bu şekilde ihtiyaçtan doğan ve ona uygun şekilde geliştirilen tasarımın analiz edilerek gerçekleştirilmesi ile amaca ulaşılması hedeflenmektedir.

Bir sistemdeki problemi çözmenin birden fazla alternatif yolu bulunabilir. Sistemdeki problemin çözümüne yönelik alternatif çözümlerden en iyisinin bulunması gerekmektedir. Bunun nedeni ise sistemin verimliliğinin ve kapasitesinin artırılmasını sağlamaktır. Problemin çözüm alternatifleri içerisinde en uygun olanının minimum zamanda bulunabilmesi işlemi bir mühendislik uygulaması olup bu uygulama optimizasyon çalışması olarak adlandırılmaktadır [23].

Optimum kelimesi “nihai ideal” anlamına gelmekte ve Latince kökenli bir kelimedir. Optimum kelimesinden türetilen optimizasyon bir problemin belirli şartlar altındaki tüm bilinen çözümlerin içerisinde en iyi sonuç veren çözümü veya tasarımı bulma işlemi olarak tanımlanmaktadır [24, 25]. Optimizasyon işlemi en iyi olan çözümü bulur ve bulunan çözüm hedeflenen sonuçtur. Optimizasyon işlemi sonrası elde edilen sonuca optimum sonuç denilmektedir. Sistemlerdeki problemlerin çözümlerinin optimizasyon işlemine tabi tutulmasının nedeni optimum olan tüm çözümler arasından en iyi olan çözüme ulaşabilmektir [26].

Problemin çözüm sayısının artması sistemin optimum sonucu bulmasını zorlaştıracaktır. Probleme optimizasyon işlemi uygulanması demek bir küme içerisinde en iyiyi sistematik bir şekilde arama adımlarının uygulanmasıdır. Bu küme ne kadar kalabalık olursa işlem o kadar karmaşık bir hal alacaktır [23].

Bir sistemin belirli şartlar ve sınırlamalar altında bilinmeyen parametre değerlerinin bulunması ve bu değerlerin optimumlarını bulmak için sisteme optimizasyon işleminin uygulanması gerekmektedir. Optimizasyon uygulamalarında sistemin kaynaklarının en iyi şekilde kullanılarak sistemin kapasite ve verimliliğinin maksimum düzeye çıkarılması amaçlanmaktadır [23, 27, 28].

Mühendislik uygulamaları iki gruba ayrılmaktadır. Birincisi sistem tasarım aşaması olup ikincisi ise tasarlanan sistemin analizinin yapılması işlemidir. Tasarım ve analiz çalışmaları yapıldıktan sonra bu çalışmalardan en iyi şekilde sonuç elde etmek için tasarım ve analiz çalışmalarına en iyileme yani optimizasyon işlemi uygulanmalıdır. Optimizasyon ile sistem tasarımı ve analizi değerlendirilip iyileştirmeler yapılmaktadır. Böylece hedef sonuca ulaşma olasılığı da artırılmaktadır [23]. Bu çalışmalar tüm mühendislik alanlarında uygulanmaktadır. Bu alanlara örnek olarak;

- Minimum ağırlık ve en iyi mukavemet ile uçak tasarımı
- Optimum kargo yükünün belirlenmesi
- Rota analizlerinin ve uzay aracı yörüngelerinin planlanma çalışmaları verilebilir [22].

Optimizasyon işlemlerinin sürekli ve her alanda kullanılmasına bağlı olarak zamanla birçok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin bazıları optimum değeri bulmak için matematiksel ifadelere dayanan çözümler üretmektedir. Matematiksel ifadeler kullanılan yöntemlerde bazı kısıtlamalar ile karşılaşılmaktadır. Matematiksel ifadeler sadece o probleme özel olabilir ve matematiksel fonksiyon tanımlanması gerekliliği bulunması bu yöntemlerin kısıtları arasındadır. Optimizasyon yöntemleri de bu işlemler kullandıkça gelişme göstermiş olup birçok optimizasyon yöntemi geliştirilmiştir. Matematiksel ifadeler kullanılan yöntemler “klasik optimizasyon yöntemleri” olarak ifade edilmektedir. Ancak optimizasyon alanında yapılan çalışmalar daha esnek, probleme özel olmayan daha genel amaçlı ve performansı klasik yöntemlere göre daha yüksek olan yöntemlerin geliştirilmesi için kaynak olmuştur ve bu çalışmalar hala sürdürülmektedir. Bu çalışmalar esnasında bilim adamların dikkatlerini tabiattaki sistemler çekmiştir [23]. Tabiattaki sistemler ile kendi sistemlerine uyguladıkları optimizasyon işlemleri arasında benzerlikler kurarak yöntemler geliştirmişlerdir. Bu şekilde doğadaki sistemleri temel olarak oluşturulan optimizasyon yöntemlerinde sezgisel yöntem, zeki yöntem ya da yapay zeka denilmektedir. Günümüzde klasik yöntemler yerine genellikle sezgisel ve meta-

sezgisel yöntemler kullanılmakta ve bu yöntemlerin farklı problem türlerini kapsayacak şekilde geliştirilme çalışmaları da sürekli olarak devam etmektedir.

Optimizasyon çalışmalarında problemlerin çözümleri arasında en iyi olanının seçilmesi durumunda etkili bir metot bulunmamaktadır. Optimizasyon işlemi için kullanılan uygulama metotları problemin en uygun ve en iyi çözümünün bulunmasını garantisini vermezler. Ancak minimum zaman harcayarak en uygun ve iyi olan çözümün bulunması için yapılan çalışmalarda başarı elde etmektedirler [26].



Şekil 3.1. Optimizasyon işlemi için izlenecek adımlar

Optimizasyon çalışmaları yapılırken;

- Probleme ait parametre tanımlamaları tasarıma uygun bir şekilde yapılmalıdır.
- En iyinin elde edilmesi için fonksiyon tanımlamaları yapılmalıdır.
- Sınırlayıcı fonksiyonlar ve kısıtlamalar tanımlanmalıdır [23].

Optimizasyon problemlerinin çözülmesi için izlenilmesi gereken adımlar:

Adım 1: Probleme ait verilerin toplanması

Adım 2: Başlangıç değişkenlerinin ve tasarımının oluşturulması

Adım 3: Hedef fonksiyonunun oluşturulması

Adım 4: Sınırlayıcı fonksiyonun oluşturulması

Adım 5: Probleme uygun optimizasyon yönteminin seçilmesi

Adım 6: Tasarımın optimizasyon yönteme göre hazırlanması

Adım 7: Performans kriteri sağlanıyorsa, Git *Adım 9*

Adım 8: Git Adım 5

Adım 9: Dur [24].

Çözüm uzayı küçük olan uygulamaların optimizasyon işlemleri için kesin algoritmalar kullanılabilir. Ancak rota planlaması gibi zor ve lineer olmayan uygulamaların çözümü için daha çok sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır.

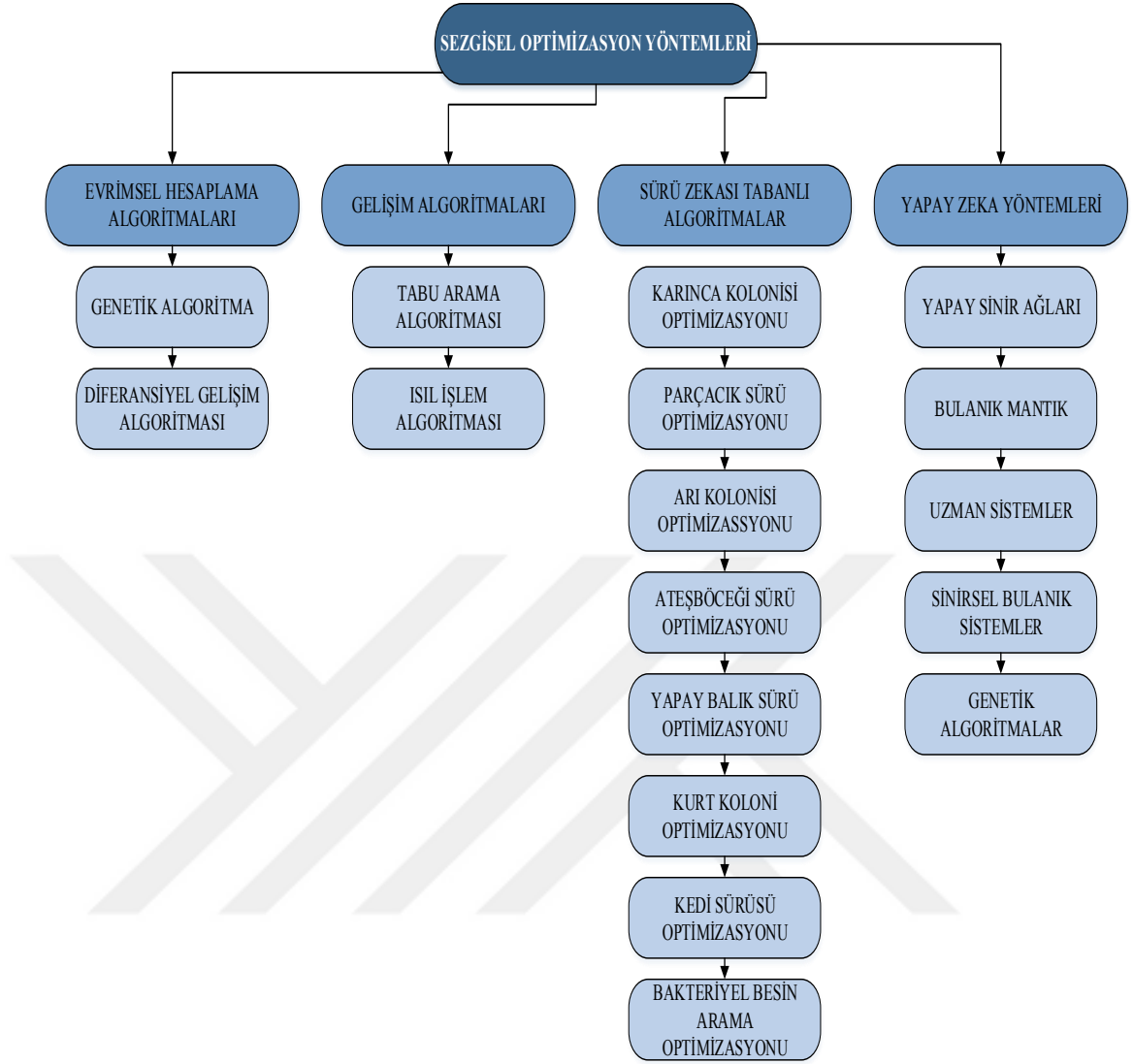
Sezgisel algoritmalar doğadan esinlenerek problem çözme arayışında insan ve bilgisayar etkileşiminin de artmasıyla ortaya çıkan algoritmalarlardır. Doğal süreçlerdeki problem çözme davranışları en uygun çözümü en az maliyette çözmeye yatkın davranışlardır. Doğal süreçlerde kaotik durumlardan durağan konumlara geçme amacı vardır. Bu kaotik durumlar yiyecek bulma veya üreme gibi davranışlar olarak karşımıza çıkabilmektedir. Sezgisel teknikler de bu süreçlerden esinlenerek oluşan tekniklerdir.

4. SEZGİSEL OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ

Matematiksel ifadelerle dayalı yöntemler klasik yöntem olarak adlandırılmakta ve günümüzde çok fazla tercih edilen yöntemler değildir. Klasik yöntemler gibi matematiksel ifadelerle değil tabiattaki canlıların problem çözme süreçlerinden esinlenen algoritmalara sezgisel optimizasyon metotları denilmektedir. Sezgisel yöntemler klasik yöntemlere göre daha az bir zaman zarfında problem çözümüne ulaşmaktadırlar ve bu yöntemlerle elde edilen bu çözüm birçok problem alanına da uygulanmaktadır [26].

Sezgisel metotların uygulandığı problemlerin elde edilen çözümlerinin gerçekteki en iyi ve en uygun çözüm olup olmadığı konusu belirsizdir. Sezgisel yöntemlerde ayrıca birçok parametre sistem tasarımına uygun bir şekilde tasarlanmalıdır ve bu da bu yöntemlerin olumsuz yönünü teşkil etmektedir. Sezgisel metotlarla problemin en iyi çözümüne kesin olarak ulaşıldığı ispat edilemez. Zaten sezgisel metotlar gerçek ve kesin olan çözümü bulmayı garanti etmezler. Ancak sezgisel metotlar ile kesin ve gerçek olan çözüme en yakın ve en iyi uyum değerine sahip bir çözüm bulmayı garanti edebilirler. Kısacası sezgisel metotlar kesin ve gerçek çözüme yakın olan çözümler kümesi içerisinde en iyi uyum değerine sahip olan çözümü bulmaya çalışan metotlardır [23, 27]. Sezgisel yöntemler bu tez çalışmasında 4 farklı gruba ayrılarak incelenmiştir:

1. Evrimsel hesaplama algoritmaları
2. Gelişim algoritmaları
3. Sürü temelli algoritmalar
4. Yapay zekâ yöntemleri



Şekil 4.1. Sezgisel optimizasyon teknikleri

Sezgisel metotlara ait algoritmalara klasik yöntemlerden daha çok ihtiyaç duyulmasındaki sebepler:

- Problemlerin gerçek çözümlerine klasik ve kesin çözüm bulma yöntemleri ile ulaşamayabilir.
- Klasik yöntemlerdeki uzun matematiksel ifadelerle anlaşılması daha kolay algoritmalarıdır.
- Sezgisel algoritmalar birçok problem alanına uygulanabilmektedir.
- Sezgisel algoritmalar ile birçok çözüm içerisinde en iyi uyum değerine sahip olan çözüm bulunmaya çalışılır.
- Sezgisel algoritmalar sayesinde sistemi öğrenme çalışmaları yürütülebilir.

- Sezgisel algoritmalar klasik yöntemlere göre daha esnek bir yapı ile çalışma imkânı sunmaktadır.
- Sezgisel algoritmaların kullanılabileceği uygulama alanları ve problem uzayı oldukça geniştir [23].

Rota planlama problemleri zor problemler kategorisinde yer aldığı için klasik metotlar çözümlerinde yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bu problemlerin çözümü için en uygun yöntem sezgisel yöntemlerdir. Büyük uzaya sahip rotaların tasarlanması ve planlanması bilgisayarın çok zaman harcamasına sebep olduğu için daha kısa zamanda en iyi çözümü üretecek sezgisellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu şekilde rota planlama probleminde olduğu gibi çok amaçlı ve kısıtlama alanı geniş olan problem türlerinin çözümünde kullanılan tekniklere sezgisel kurallar eklemek problemin daha kolay ve kısa zamanda en doğru sonucunun bulunması açısından uygun olacaktır.

Optimizasyon uygulamalarında literatürde yer alan çalışmaların büyük kısmında genellikle sezgisel yöntemlerden faydalanılmaktadır. Rota planlama uygulamalarının çözümünde de daha çok sezgisel yöntemler kullanılmıştır. Sezgisel yöntemler kesin ve en iyi çözümler olmayabilir ancak rota çözümleri değerlendirilerek kabul edilebilir en iyi bir çözümün bulunması gerekmektedir. Çözümler arasında değerlendirme yapılırken kullanılan değerlendirme ölçütleri kullanılan sezgisel yönteme göre farklılık gösterebilmektedir.

Her yöntem her problem için optimum sonuç vermeyeceği gerçeğinden hareketle problemlerin çözümünde kullanılan yöntemler probleme uygun olarak geliştirilmelidir. Bu tez çalışması kapsamında problemlerin çözümünde kullanılan sezgisel yöntemlerden genetik algoritmanın geliştirilmesi, iyileştirilmesi ve var olan çözüm yöntemlerine yeni yaklaşımlar getirilmesi amaçlanmaktadır.

5. GENETİK ALGORİTMA (GA)

Genetik algoritma sezgisel optimizasyon metotlarından evrimsel hesaplamalara dayalı bir optimizasyon yöntemi olup bu algoritma Darwin'in Evrim kuramından esinlenerek John Holland tarafından ortaya atılmıştır [29-32]. Evrimsel hesaplama yöntemleri popülasyon temelli algoritmalar ve başlangıçta rastgele herhangi bir popülasyon ile çözüme başlayıp daha sonra çözüme başlanılan popülasyonu bir döngü içerisinde genişleten ve geliştiren algoritmalar oluşmaktadır. Genetik algoritmalarda evrimsel bir yöntem olduğu için popülasyon arama tabanlı bir yöntemdir [29-33].

Genetik algoritmaların kullanımı özellikle son yıllarda birçok alanda gittikçe artmıştır. Genetik algoritmaların temeli doğal biyolojik süreçlerin taklit edilmesine dayanmaktadır. Genetik algoritmalarda diğer yöntemlerde olduğu gibi noktalar yani değişkenle bazında bir arama işlemi yapılmamaktadır. Genetik algoritma yönteminde arama işlemi değişkenlerin yani noktaların oluşturduğu popülasyonlarda gerçekleşmekte olup aynı zamanda bu yöntem problem uzayına ait popülasyonlardaki en iyi olan popülasyonun hayatta kalması kuralına dayanmaktadır.

Genetik algoritma yönteminde probleme ait tasarım değişkenleri birey ya da nokta olarak ifade edilmektedir. Tanımlanması yapılan bu bireylerin birleşimi ile bazı parçalar yani kromozomlar oluşturulmaktadır. Bu yöntemde her bir kromozom farklı bir çözümü temsil etmektedir. Yöntemde ilk başta birçok rastgele kromozom ve bu kromozomların bulunduğu bir çözüm uzayı oluşturulmaktadır. Bu çözüm uzayındaki kromozomlara seçme, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik algoritma operatörleri uygulanarak yeni kromozomlar yani çözümler üretilmektedir.

Genetik algoritma yönteminde olası çözüm kümesi popülasyon olarak adlandırılmaktadır. Popülasyonlar ise yapı taşı gen olan birey veya kromozom olarak tanımlanan yapılardan oluşur. Bu yapılar 0 ve 1 'ler halinde kodlanmıştır. Genetik algoritmada probleme ait en iyi çözümün bulunabilmesi problemin uygun şekilde modellenmesine ve oluşturulacak gen-kromozom yapısına dönüştürülmesine bağlıdır. Başlangıç popülasyonunda genetik çeşitliliğin sağlanması için çaprazlama ve mutasyon olarak adlandırılan genetik operatörlere ihtiyaç duyulur. Çaprazlama; Şekil 5.1'de gösterildiği gibi popülasyondan seçilen bireylerin belirli noktalarındaki gen bloğunun yer değiştirmesi ile yeni bireylerin oluşması sürecidir [34, 35].

1	0	0	1	0	1	1	1	Ebeveyn 1
1	1	0	0	1	1	1	0	Ebeveyn 2
1	0	0	0	1	1	1	0	Çocuk 1
1	1	0	1	0	1	1	1	Çocuk 2

Şekil 5.1. Çaprazlama işlemi

Aynı şekilde mutasyon işleminde de popülasyondaki bir bireyin belirli bir veya birkaç geninin değiştirilmesi ile yeni bireyler oluşturularak popülasyonda çeşitliliğin oluşturulması sağlanır. Mutasyon işlemi Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

1	1	0	1	0	1	1	1	Ebeveyn 1
1	1	0	0	0	1	1	1	Çocuk 1

Şekil 5.2. Mutasyon işlemi

Genetik algoritma yönteminde çözümlerin üretimi için en iyinin belirlenmesini sağlayan probleme göre bir uygunluk fonksiyonu kullanılmaktadır. Uygunluk fonksiyonu ile tüm çözümlerin yer aldığı bir uzay içerisinde iyi olan çözümler alınmakta ve uygun olmayan kötü uyum değerine sahip çözümler elenmektedir. Genetik algoritma yönteminde kullanılan bir diğer operatör ise seçme işlemidir. Seçme operatörünün kullanılması için öncelikle genetik algoritmanın uygulandığı problemin var olan çözümlerinin bir kritere göre uyumluluğu değerlendirilmektedir. Değerlendirme işleminden sonra uyum değeri yüksek olan iyi çözümler seçilmektedir. Burada ilk seçim işlemi rastgele yapılmaktadır. Bundan sonraki seçimlerde başlangıçta alınan rastgele seçimdeki çözümlerin seçilme ihtimalini problem için tanımlanan uygunluk fonksiyonlarından aldıkları uygunluk değerleri belirlemektedir. Böylece uygunluk değeri iyi olan seçilecek ve uygunluk değeri düşük olan çözümler çeşitli operatörlerin kullanımı ile problemin çözüm uzayından çıkarılacaktır. Tüm bu işlemler bir döngü dâhilinde probleme ait bir durdurma kriteri sağlanana kadar ya da belli bir iterasyon değerine ulaşıncaya kadar devam edecektir.

Genel olarak genetik algoritma yöntemine ait uygulama adımları aşağıdaki gibi ilerlemektedir:

Adım 1: Probleme ait değişken tanımlamaları ve dizi kodlamaları yapılır.

Adım 2: Rastgele popülasyonlardan oluşan bir çözüm uzayı üretilir.

Adım 3: Başlangıç uzayından rastgele iki popülasyon seçilir.

Adım 4: Tüm çözümlere ait uygunluk fonksiyonundan elde edilen uygunluk değerleri hesaplanır.

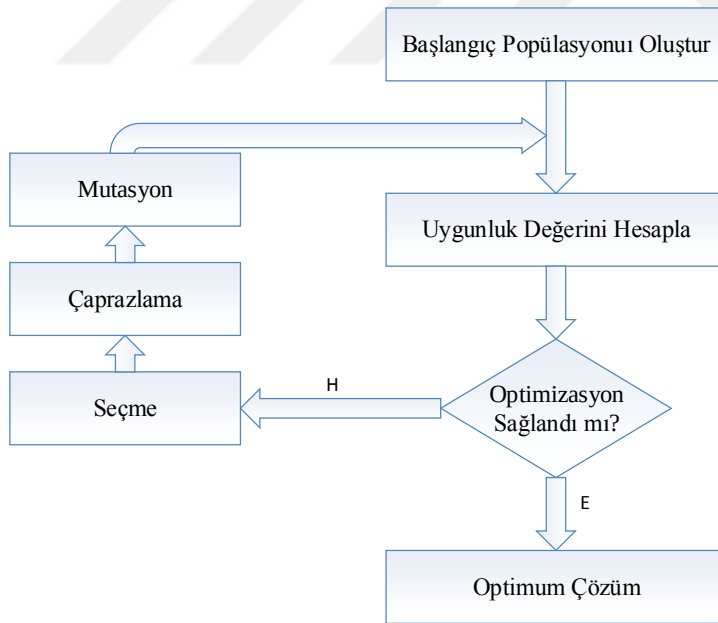
Adım 5: Rastgele seçilen popülasyonlara çaprazlama operatörü uygulanır.

Adım 6: Seçilen popülasyonlara mutasyon operatörü uygulanır.

Adım 7: Yeni bireyler popülasyona eklenir veya kötü uyum değerine sahip bireylerle yer değiştirir.

Adım 8: Durdurma kriteri veya iterasyon sağlanıncaya kadar *Adım 3*’ ten itibaren işlemler devam eder.

Adım 9: Algoritma sonlandırılınca en iyi uygunluk değerine sahip çözüm optimum sonuç olarak kabul edilir.



Şekil 5.3. Genetik algoritma akış şeması

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.

5.1. Genetik Algoritma Operatörleri

Seçilme, çaprazlama ve mutasyon genetik algorithmada 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 [9].

5.2. Genetik Algoritma İçin Temel Kriterler

Seçilme, çaprazlama ve mutasyon işlemlerinden sonra bir 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 yöntemidir.

Minimum İyileşme Kriteri: Problemden daha fazla iyileşmenin olmayacağını belirlemesi işlemidir.

5.3. Genetik Algoritma Yönteminin Klasik Yöntemlerden Farklılıkları ve Üstünlükleri

- Genetik algoritma yönteminde tasarım parametrelerinin kendileri ile çalışılmamaktadır. Bu parametrelerin kodlanmış setleri ile işlem yapılmaktadır. Bu şekilde uygunluk yani amaç fonksiyonunda bir süreksizlik durumu oluşması halinde bile parametrelerin kodlanmış halleri ile çalışıldığı için sorun yaşanmamaktadır.
- Genetik algoritma yöntemi tek bir noktada çözüm aramamaktadır. Arama yaptığı alan noktaların kodlanmış dizileridir. Bu da genetik algoritma ile optimum sonucun yakalanabileceği anlamına gelmektedir.
- Genetik algoritmada türev ya da başka bilgilere ihtiyaç duyulmamaktadır. Sadece probleme ait uygunluk yani amaç fonksiyonu bilgisine ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece birçok farklı türden parametre ve fonksiyon ile çalışılabilmektedir.
- Genetik algoritmada kesin ve belli kuralları değil rastsal geçiş operatörleri kullanılmaktadır.

Genetik algoritma yöntemi kullanılırken karşılaşılan zorluklar aşağıda belirtilmiştir:

- Rastgele işlemlere dayanan bir yöntem olduğu için uygun olmayan çözümlere yakınsayabilirler.
- İşlem zamanı uzundur.
- Parametrelerin ayarlanması için sayısal işlem ve deneyim gereklidir [34, 36, 37].

Klasik yöntemlerle geniş çözüm uzayına sahip problemler çözülürken harcanan zaman sezgisel yöntemlere göre oldukça fazladır. Genetik algoritma yöntemi daha kısa bir sürede en uygun sonuca gidebilmektedir. Genetik algoritma yöntemi ile başarılı sonuçlar elde edilen durumlar genellikle çözüm uzayının geniş, süreksiz ve karmaşık olduğu uygulama alanlarıdır.

Literatürde genetik algoritma yöntemi

- Dişli çark, mekanizma tasarımı
- Coğrafi planlama
- Gezgin satıcı

- Ulaştırma
- Çizelgeleme
- Rota planlama gibi pek çok problemde en iyileme amacı için kullanılmaktadır [38].

Bu tez çalışması kapsamında çözüm uzayının karışık ve doğrusal olmamasından dolayı rota planlaması konusu üzerinde çalışılmaktadır. Uygulama çalışmalarında rota planlaması analizinin yapılmasında gerçek zamanlı problemlerin çözümü için genetik algoritma yöntemi 3 boyutlu yüzeylere uygulanarak yeni yaklaşımların geliştirilmesi hedeflenmektedir. Böylece gerçek sonuçlara daha yakın çözümler elde edilebilecek ve 2 boyutlu çalışmalardaki eksiklikler giderilebilecektir. Her yöntem her problem için optimum sonuç vermeyeceği gerçeğinden hareketle problemlerin çözümünde kullanılan yöntemler probleme uygun olarak geliştirilmelidir. Tez çalışmasındaki uygulamalarda rota planlamasının gerçek zamanlı problemleri için genetik algoritma yönteminin üç boyutlu teknikleri küp ve küre şekillerine uygulanmıştır.

6. GELİŞTİRİLEN UYGULAMALAR

6.1. Kübik Yüzeyler İçin Genetik Algoritma Üzerine Çok Amaçlı Bir Rota Planlama Modeli

Yangın felaketi çoğu zaman önceden önlenemediği için diğer felaketlere oranla daha sık meydana gelmektedir. Bu nedenle yangının önlenmesi her zaman mümkün olmadığı için yangından korunmaya yönelik güvenlik önlemleri gerçekleştirilmektedir [39]. Yangın güvenliği ile ilgili projeler dünyanın çeşitli ülkelerinde "yangın" kodlu projelerle yürütülmektedir. Yani bir proje demetini açtığınızda nasıl mimar, mekanik, elektrik vb. konular kodlanmışsa "yangın" kodu ile üretilmiş bir dizide de yangın projesinin bulunduğu görülmektedir. Bugüne kadar bizdeki yangın uygulamaları yangın dolapları, sprink sistemi ve su deposunun yerinin gösterilmesiyle sınırlı kalmıştır. Yangın güvenliğinin sağlanması için birçok disiplinin yan yana gelmesi gerekliliği projelerin ortaya çıkarılması için yeterli olamamaktadır. Çünkü yangın güvenliği ile ilgili bazı konular, hiçbir disiplinin sadece kendi konusu kapsamına girmemektedir. Bu konuları kimin çözeceği belirsizdir. Yangın güvenliğini ilgilendiren parametrelerin bir arada bulunması için hazırlanan projelerin, yangınla ilgili kısımlarının(acil durum aydınlatma, algılama ve uyarı sistemleri vb.) ayrıştırılması gerekmektedir. Ayrıştırılan yangın güvenliği konuları bir araya getirildiğinde, etkileşimleri de ortaya çıkacaktır. Örneğin kaçış yolları mesafesinin belirlenmesinde, yapıda sprinkler olup olmaması önemli bir parametredir [40]. Yangın güvenliğini ilgilendiren çok önemli bir faktör daha bulunmaktadır ki, o da insan davranışlarıdır. Beklenmedik bir olay karşısında sergilenen davranışlar çoğu zaman tahmin edilemez ve kontrol edilmesi de oldukça zordur [39].

Yangın esnasında, insanların bulundukları yerden güvenli bir alana ulaşmalarını sağlamak için gerekli zaman, tahliye süresidir. Yangın esnasında, binada bulunan insan sayısı, mekanlara göre dağılımları, hareket kabiliyetleri ve tehlike anında davranışlarının bilinmesi, tahliye süresinin sağlıklı saptanabilmesi için etkili olacaktır [39, 41, 42].

Günümüzde yüksek katlı binalarda asansör hizmetinden yararlanmak bir zorunluluk haline gelmiştir [43]. Günümüzdeki asansör teknolojisinde acil durumlarda otomatik olarak kabini en yakın kata ulaştırmaya ve yolcuların asansörü güvenli olarak terk etmelerini sağlayan acil kurtarma sistemleri geliştirilmiştir [44, 45].

Hastane gibi binalarda ise elektrik kesilmesi durumunda jeneratör vasıtasıyla asansör sistemleri çalıştırılmaktadır [46]. Asansör tesislerinde acil durumlarda kullanılmak üzere yerleştirilen bir kabin kurtarma sistemi minimum enerjiye ihtiyaç duyacak (en yakın kata ulaşabilecek ve kapısını açabilecek) şekilde tasarlanmalı ve bu işlemi minimum sürede gerçekleştirmelidir [44].

Bu uygulama kapsamında yüksek katlı bir binada yangın gibi bir felaket durumunda en iyi çıkış yolunun bulunması ve en hızlı şekilde insanların binadan tahliyesi amaçlanmıştır. Binada çıkabilecek bir yangın durumunda bina içerisindeki ve yüzeyindeki yol planlaması için kübik optimizasyon uygulaması uygulanmaktadır. Bu problem için bina içerisindeki çıkış yolu bilgisi ve bina yüzeyindeki çıkışlar parametre olarak alınıp problemin çözümünde ise genetik algoritma optimizasyon yöntemi kullanılarak gezgin satıcı problemi küp yüzeyine uygulanmaktadır.

6.1.1. Gezgin Satıcı Problemi (GSP)

Gezgin satıcı problemi bir optimizasyon problemidir. Bu problem, bir satıcının gezilmesi gereken bütün şehirleri en ucuz maliyet ile dolaşıp tekrar başlangıç şehrine dönmesini ifade eder [47]. Yani bu problem aralarındaki mesafeleri bilinen belirli sayıdaki noktaların her birinden bir kez geçmek koşuluyla en iyi turun bulunmasını hedefleyen bir problemdir [48]. Bu problem için nokta sayısı arttıkça problem daha karmaşık hale gelir.

Bu uygulama 3 aşamadan oluşmaktadır. Yüksek katlı bir binada yangın gibi bir durum ortaya çıkması halinde en güvenilir ve hızlı bir şekilde insanların tahliyesi amaçlanmaktadır.

Adım 1: Bina içerisindekilerin asansörde bulunmaları halinde bir yol planlamasının çıkarılması

Adım 2: Bina içerisindekilerin herhangi bir konumda bulunmaları halinde bir yol planlamasının çıkarılması

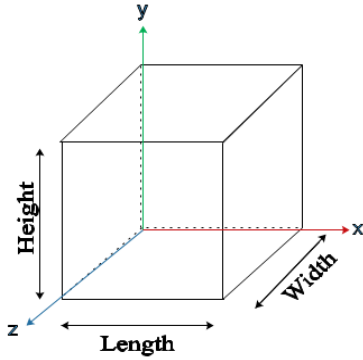
Adım 3: Bina yüzeyindeki çıkışlara ulaşan insanların bina yüzeyinden en kısa zamanda toplanması.

Burada bahsedilen 3 aşamanın her biri için ayrı ayrı GSP uygulanmaktadır. Asansörün en uygun kata ulaşması için düz GSP, bina içerisinden çıkışlara ulaşmak için düz GSP, bina yüzeyindeki çıkışlardan insanların toplanması için ise kübik GSP uygulanmaktadır. Düz GSP’ de noktalar düzlem üzerinde düşünülerek en uygun (en kısa

mesafeye sahip ve en az tehlikeli) yol belirlenmektedir. Kübik GSP' de ise noktalar bir kübik şekil üzerinde düşünülerek yol planlaması yapılmaktadır.

6.1.2. Kübik Yüzeyde GSP

Kübik, 6 dikdörtgen paralel yüz tarafından sınırlanan bir geometrik şekildir. Şekil 6.1' de gösterildiği gibi tüm yüzeyleri kare olan küp, kübik şekillerin özel bir durumudur. Kübik şekiller daha çok kitaplar, oyuncaklar, zar, bilgisayar çantaları, dolaplar, mobilyalar, odalar ve binalar için kullanılır. Optimizasyon için kübiğin şekli, düzlük, denge ve az yer tüketimi özelliklerinden dolayı tercih edilir.



Şekil 6.1. Kübiğin 3 boyutlu temsili ve yüzeyleri

Bu uygulamada genetik algoritma yöntemi kullanılıp kübik üzerinde GSP' ye çözüm üretilmiştir. Bu problemin diğer GSP' lerden farkı noktaların düzlem yerine kübik yüzey üzerinde olmasıdır. Kübik üzerinde TSP farklıdır. Çünkü noktalar arasındaki mesafenin hesaplanması doğrudan Öklid uzaklığı ile hesaplanamaz. Kübik üzerinde TSP uygulamasında yol sadece kübik üzerinde yer almaktadır. Kübik üzerinde TSP için üretilen çözüm rota planlama, parça toplama, parça yerleştirme, kutu şeklindeki nesnelere yazma gibi problemlerin çözüm uygulamalarına doğrudan uygulanabilir [49].

6.1.3. Kübik Yüzeyde GSP Uygulaması

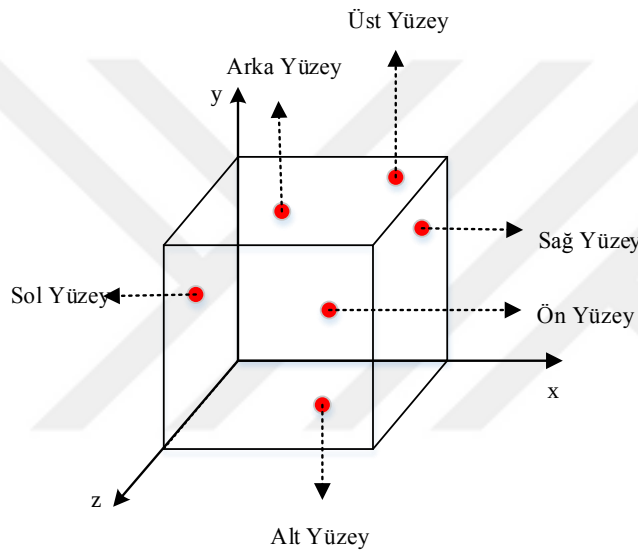
Uygulamanın bu aşamasında tüm noktalar(bina çıkışları) kübiğin yanal yüzeylerinde yer almaktadır. Yanal yüzeylerde yer alan noktalarda bir başlangıç noktasından başlayıp

tüm noktalar dolaşarak tekrar başlangıç noktasına dönülmektedir. Bunun için optimum rota planlaması çizilmelidir.

Kübik üzerinde GSP için düşünülen çözüm:

- Kübik yüzeydeki noktaların çiftleri arasındaki en kısa mesafeler bulunmaktadır.
- Genetik algoritma yöntemi kullanılarak GSP sorunu çözülmektedir.

kübik üzerinde noktalar arasındaki mesafeleri hesaplamak için öncelikle kübiğin 6 yüzeyi Şekil 6.2’ de verildiği gibi temsil edilmektedir. Kübiğin bir köşesine koordinat sisteminin merkezi yerleştirilmektedir.



Şekil 6.2. Kübiğin yüzeylerinin temsili

Noktalar arasındaki mesafeyi hesaplama durumunda kübik üzerindeki nokta çiftlerinin konumu için üç olasılık vardır.

- i. Her iki nokta da aynı yüz üzerinde,
- ii. Noktalar karşıt yüzeyler üzerinde,
- iii. Noktalar komşu yüzeyler üzerinde bulunmaktadır [19, 49].

6.1.4. Kübik Yüzeyde Mesafe Hesaplaması

Nokta çifti i ve j olmak üzere noktalar üç boyutta (x_i, y_i, z_i) ve (x_j, y_j, z_j) temsil edilmektedir. Bu nokta çiftleri aralarındaki uzaklık $mesafe_{ij}$ olarak adlandırılırsa mesafenin hesaplaması aşağıdaki gibi olmaktadır:

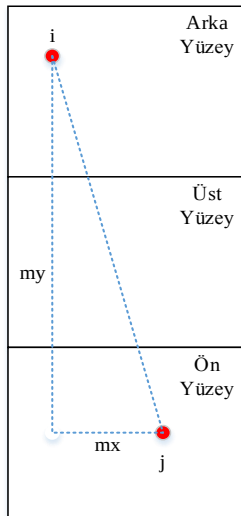
I. Eğer i ve j aynı yüz üzerinde ise iki nokta arasındaki en kısa mesafe düz bir çizgi ile ifade edilir. Böylece uzaklık öklidsel ifade ile doğrudan tespit edilebilir.

$$mesafe_{ij} = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2 + (z_j - z_i)^2} \quad (1)$$

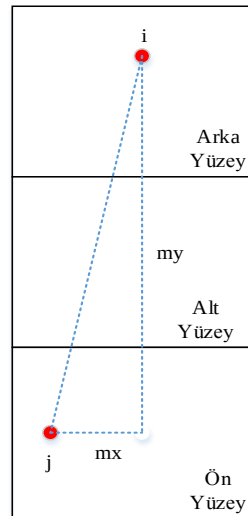
II. Eğer i ve j karşıt yüzeyler üzerinde ise uzaklığı hesaplamak için dört alternatif yol vardır. Bir küp üzerinde 3 tane karşıt yüzey vardır. Her bir karşıt yüzey için dört alternatif hesaplama yolu bulunur. Bu dört yoldan uzaklıklar hesaplanır ve en kısa olan mesafe seçilir. Örneğin kübiğin ön ve arka yüzeylerindeki karşıt iki nokta arasındaki mesafeyi hesaplamak için dört alternatif güzergâh şöyledir:

- i. Ön yüzey-üst yüzey-arka yüzey
- ii. Ön yüzey-alt yüzey-arka yüzey
- iii. Ön yüzey-sağ yüzey-arka yüzey
- iv. Ön yüzey-sol yüzey-arka yüzey

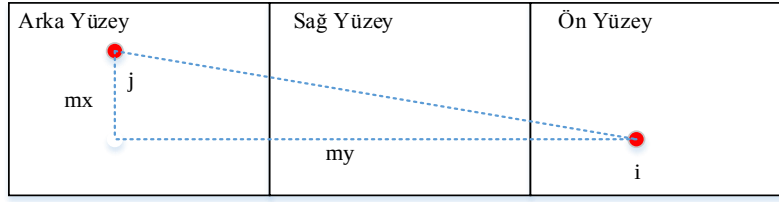
Karşıt yüzeylerden ön yüzey ve arka yüzey için mesafe hesaplamalarında kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir. Bu denklemler küpün açık hali üzerindeki noktalara Öklid bağıntısı uygulanarak Şekil 6.3' deki gibi elde edilmektedir.



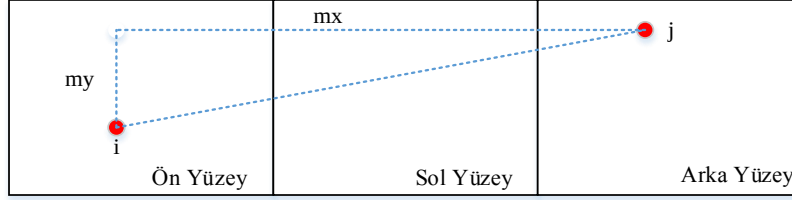
Durum 3.1 Ön-üst-arka



Durum 3.2 Ön-alt-arka



Durum 3.3 Ön-sağ-arka



Durum 3.4 Ön-sol-arka

Şekil 6.3. Küboidin ön ve arka karşı iki yüzeyi üzerindeki iki nokta arasındaki mesafeler

Karşılıklı yüzeylerden ön yüzey ve arka yüzey için mesafe hesaplamasında kullanılan denklemler aşağıda verilmektedir (2-5). Bu denklemler küboidin açık halindeki noktalara uygulanarak elde edilmektedir ve sırasıyla 3.1-3.4 durumları için denklemler aşağıda verilmektedir (2-5).

$$\begin{aligned} mx &= |x_j - x_i| \\ my &= |height - y_j| + width + |height - y_i| \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} mesafe_{ij} &= \sqrt{mx^2 + my^2} \\ mx &= |y_j - y_i| \\ my &= |length - x_j| + width + |length - x_i| \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} mesafe_{ij} &= \sqrt{mx^2 + my^2} \\ mx &= |x_j - x_i| \\ my &= y_j + width + y_i \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} mesafe_{ij} &= \sqrt{mx^2 + my^2} \\ mx &= |y_j - y_i| \\ my &= x_j + width + x_i \end{aligned} \quad (5)$$

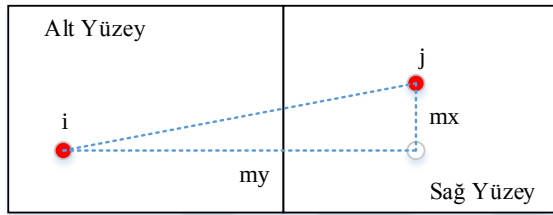
III. Eğer i ve j komşu yüzeyler üzerinde ise uzaklığı hesaplamak için üç alternatif yol vardır. Bu üç yoldan uzaklıklar hesaplanır ve en kısa olan mesafe seçilir. Örneğin kübiğin alt ve sağ yüzeylerindeki komşu iki nokta arasındaki mesafeyi hesaplamak için üç alternatif yol hesaplaması şöyledir:

- i. Noktaları içeren yüzlerin ortak bir kenarı boyunca (alt yüzey- sağ yüzey)
- ii. Noktaların bulunduğu yüzlerin ilk bitişik yüzü üzerinden (alt yüzey- ön yüzey – sağ yüzey)

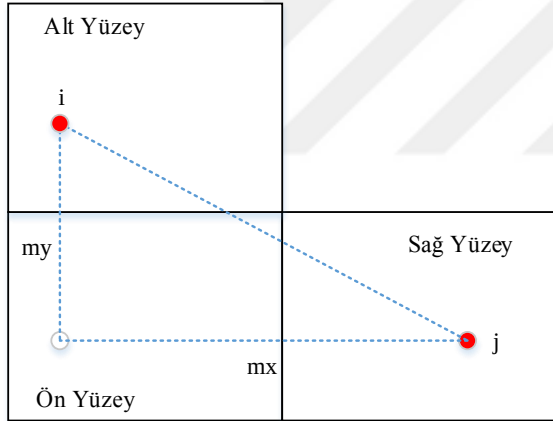
- iii. Noktaların bulunduğu yüzlerin ilk bitişik yüzü üzerinden (alt yüzey- arka yüzey - sağ yüzey) mesafeler hesaplanır.

Komşu yüzeylerden alt yüzey ve sağ yüzey için mesafe hesaplamalarında kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir. Bu denklemler küpün açık hali üzerindeki noktalara Öklid bağıntısı uygulanarak çıkarılmıştır.

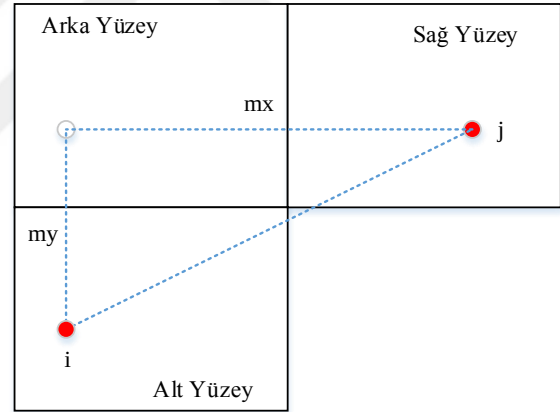
Komşu yüzeylerden alt ve sağ yüzey için üç alternatif mesafe hesaplama yolu Şekil 6.4'de özetlenmiştir. Komşu yüzeylerin alt ve sağ yüzeylerinde bulunan noktalar arasındaki mesafe hesaplamasında kullanılan denklemler sırasıyla 4.1-4.3 durumları için aşağıda verilmektedir (6-8) .



Durum 4.1 Alt-sağ



Durum 4.2 Alt-ön-sağ



Durum 4.3 Arka-alt-sağ

Şekil 6.4. Küboidin alt ve sağ komşu iki yüzeyi üzerindeki iki nokta arasındaki mesafeler

$$\begin{aligned} mx &= |z_j - z_i| \\ my &= y_j + |length - x_i| \end{aligned} \quad (6)$$

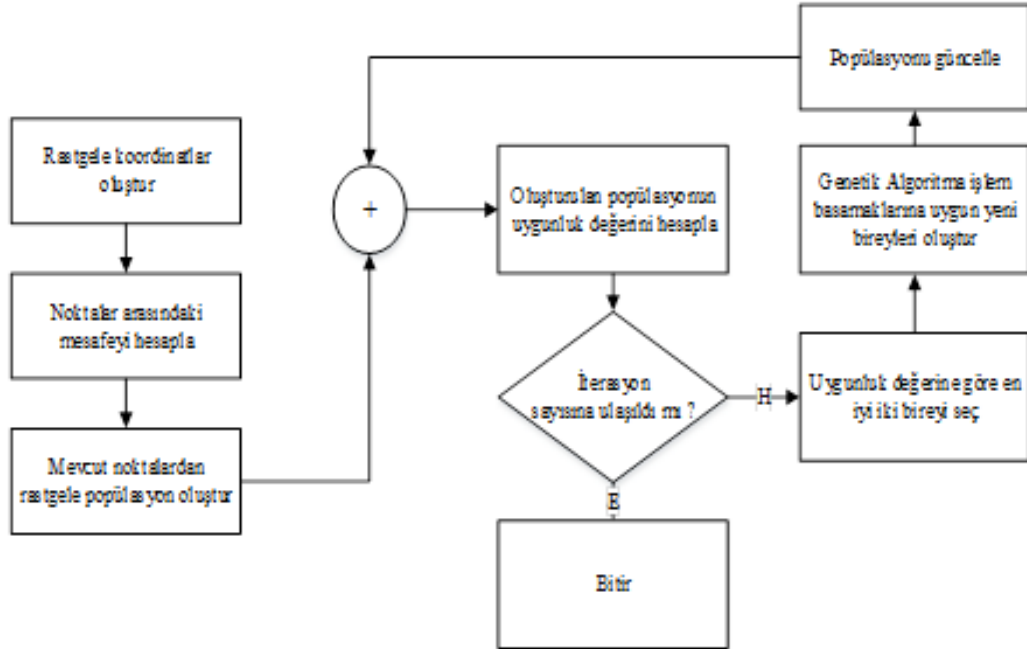
$$\begin{aligned} mesafe_{ij} &= \sqrt{mx^2 + my^2} \\ mx &= |width - z_j| + |length - x_i| \\ my &= y_i + |width - z_j| \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} mesafe_{ij} &= \sqrt{mx^2 + my^2} \\ mx &= |length - x_i| + z_j \\ my &= y_j + z_i \end{aligned} \quad (8)$$

Noktalar arasındaki alternatif mesafe hesaplamaları yapıldıktan sonra genetik algoritmada kullanılmak üzere en kısa olan mesafe uzunluğu seçilmektedir.

6.1.5. Kübik GSP' nin Genetik Algoritma İle Çözülmesi

Kübik üzerindeki noktalar arası mesafeler hesaplandıktan sonra bir mesafe matrisi oluşturulur. Kübik üzerindeki tüm noktaları ziyaret etmek ve bu işlem sonunda izlenen yolun mesafesini minimum olarak elde etmek gerekir. Burada mesafenin optimize edilmesi için genetik algoritma yöntemi ile problem çözülmüştür. Kübik GSP'nin işlem basamakları Şekil 6.5' te verilmiştir.



Şekil 6.5. Kübik GSP'nin işlem basamakları

Probleme GSP' nin küboid yüzeyine uygulanması ile üçüncü bir boyut kazandırılmaktadır. Böylece gerçek hayatta karşılaşılan sorunlar için gerçekçi sonuçlar elde edilmiş olacaktır.

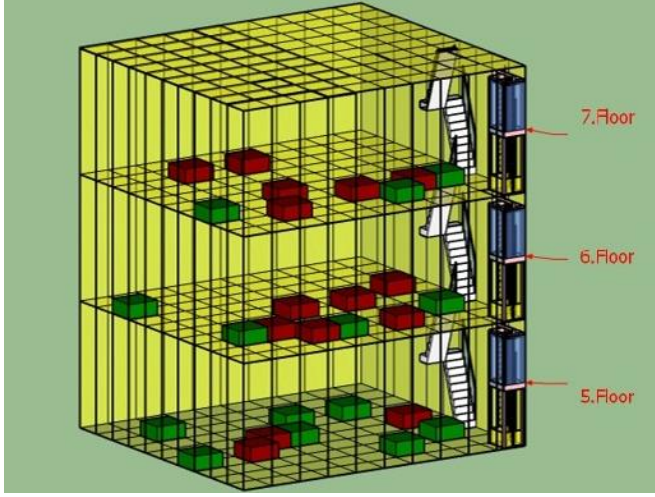
6.1.6. Kübik GSP için Önerilen Yöntem

Bu uygulamanın amacı, yüksek katlı binalarda insanların tahliye edilmesi için en uygun rotayı belirlemektir. İnsanların konum bilgileri, amaçlanan sistemin girdi değeri olarak seçilmiştir. Bu sistemde, insanları toplama alanlarına kanallandırmak için iki farklı Rota planı (G1, G2) tanımlanmakta ve toplama alanında kurtarma bekleyen kişileri toplamak için de farklı bir rota planı (G3) tanımlanmaktadır. Sistemin temel amacı, tüm durumlar için en uygun yolları bulmaktır. Düzlemler ve kullanılan yöntemler dikkate alınarak toplama alanlarına (G1, G2) ve toplama yoluna (G3) ait kaçış yolları Tablo 6.1' de verilmektedir.

Tablo 6.1. Tüm durumlar için rotalar

Toplanma alanlarına kaçış rotası			
Hareketler	Düzlemler	Rota	Yöntem
Asansörde hareket	x-y düzlemi	G1	GSP
Kattaki Hareket	x-y-z düzlemi	G2	GSP- Kübik GSP
Katlar arasındaki hareket			
Toplanma yolu			
Hareketler	Düzlemler	Rota	Yöntem
Bina yüzeyinde toplanma	x-y-z düzlemi	G3	Kübik GSP

Önerilen sistem, Şekil 8.6'de gösterilen bir yüksek katlı binaya uygulanmaktadır. Şekil 6.6'e dayalı önerilen sistemde G1, G2 ve G3 olguları değerlendirilerek en kısa ve güvenli olan rotadan tahliye noktalarına ulaşmak için bir yapı oluşturulmaktadır.



Şekil 6.6. Bina içinin temsili gösterimi

Önerilen sistemin işlem adımları aşağıda verilmektedir ve değerlerin tanımları Tablo 6.2'de gösterilmektedir. Çıkış noktalarına ulaşmak için yol gösterici sinyaller, yeşil, sarı ve kırmızı gibi üç farklı renk ile ifade edilmektedir. Tablo 6.3'te gösterildiği gibi yeşil, sarı ve kırmızı sırasıyla güvenli, orta seviyede güvenli ve güvensiz güzergahları göstermektedir.

Tablo 6.2. İşlem aşamalarında kullanılan değerler

Değişkenler	Tanımlar	Değişkenler	Tanımlar
i	Geçerli kat	δ	Sistem tarafından önerilen emniyet limit değeri
n	Kat sayısı	tpn	Geçiş noktalarının sayısı
$Floor_i$	i . kat ($i=1,2,\dots,n$)	lpc	Potansiyel tıkanıklık düzeyi
s	Kat sayısındaki değişmeyi gösteren değişken	Γ_{pc}	Pptansiyel tıkanıklık eşik değeri
$Level_i$	i katında bulunan duman ve ısı seviyesi	tpl	Geçiş noktalarının konumu
Γ_1	Duman ve ısı için eşik değeri	d_{pn}	Devre dışı nokta sayısı
Γ_2	Merdiven, duman ve ısı düzeyi için eşik değeri	spn	Merdivendeki devre dışı nokta sayısı

Tablo 6.3. Renklerle çıkışlar

Renklerle çıkışlar	Renk tanımlamaları
Yeşil çıkış	Güvenli rota
Sarı çıkış	Orta seviye güvenli rota
Kırmızı çıkış	Emniyetsiz rota

Tanım G1. G1 rotasının ana amacı asansörün içindeki insanları kurtarmak için ısı ve duman seviyesine göre en yakın katta asansörün konumlandırılmasıdır.

Adım G1_1. Asansörde biri var mı?

Eğer asansörde insan yoksa {git adım G1_3}

Adım G1_2. $Level_{i+1} > Level_i$? //İki kat arasındaki duman seviyesi karşılaştırılmaktadır

Eğer koşul sağlanıyor ise {TSP kullanarak $Floor_i$ ye git}

Eğer koşul sağlanmıyor ise { TSP kullanarak $Floor_{i+1}$ e git}

Adım G1_3. Git adım G2_1

Tanım G2. G2 rotasının temel amacı, daha az ısı ve duman seviyesine sahip olan noktaları seçmek ve doğrudan insanları en güvenli ve en kısa yoldan yönlendirmektir. Aynı güvenlik düzeyine sahip iki güzergah varsa, güzergah, tıkanıklık gecikmeleri nedeniyle güvenlik seviyesini düşürebilecek olası tıkanıklık seviyesine göre belirlenebilir. Genetik algoritma işlemi yangın puanlarına göre binanın dış yüzeyine ulaşılması için TSP uygulanır. Önerilen yöntemde kullanılan genetik algoritma parametreleri Tablo 6.4'te verilmiştir.

Tablo 6.4. Genetik algoritma parametreleri

Genetik algoritma parametreleri	Varsayılan değerler
İterasyon sayısı	100
Popülasyon sayısı	250
Çaprazlama oranı	0.80
Mutasyon oranı	0.05

Bir kişi, geçerli katta çok sayıda engelli noktanın olması durumunda kendisinin güvenliği için bir başka yere yönlendirilir. Başka bir kata gidiş durumunda, merdiven emniyetli olarak kabul edilir.

Adım G2_1. ısı ve duman seviyesinin miktarı ve çeşitli belirlenen bölgeler için potansiyel tıkanıklığı (lpc) düzeyine göre geçiş noktalarının sayısını (TPN), konum (tpl) belirlenir

Adım G2_2. tpl dis_TSP matrisine yerleştirilir

$$\text{dis_TSP} = \begin{bmatrix} x_1 & z_1 \\ x_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_{\text{tpn}} & z_{\text{tpn}} \end{bmatrix}_{(\text{tpn} \times 2)}$$

Adım G2_3. Belirlenen noktalarda herhangi bir engel var mı?

Eğer evet ise $\left\{ \begin{array}{l} \text{Dis_TSP matrisinden devre dışı bırakılan noktalar çıkarılır} \\ \text{size(dis_TSP) = (tpn - dpn) \times 2} \end{array} \right\}$

Adım G2_4. $\Gamma_1 \geq \delta \left\{ \Gamma_1 = \frac{\text{dpn}}{\text{tpn}} \right\}?$

Eğer hayır ise $\left\{ \begin{array}{l} \text{Yeşil çıkışlı TSP'yi kullanarak en kısa rota bul} \\ \text{lpc'yi dikkate alarak yol seç} \end{array} \right\}$

Adım G2_5. Bir toplama noktasına ulaşabilir mi?

Eğer evet ise $\left\{ \begin{array}{l} \text{Sarı çıkışlı TSP'yi kullanarak en kısa rota bul} \\ \text{lpc'yi dikkate alarak yol seç} \end{array} \right\}$

Adım G2_6. (Merdiven var mı? & (spn < Γ_2 ?)

Eğer hayır ise {TSP ile pencereye git}

Adım G2_7. Merdivenlerden çıkışa ulaşabilir miyiz?

Eğer evet ise {kübik TSP'yi kullanarak çıkışa git}

Adım G2_8. $\text{Level}_{i+s} \geq \text{Level}_{i-s} ?$

Eğer evet ise {Kübik TSP kullanarak Floor_{i-s} e git}

Eğer hayır ise {Kübik TSP kullanarak Floor_{i+s} e git}

Adım G2_9. Adım G2_4 e git

Buna ek olarak olanakları denedikten sonra kat veya katlar arasındaki güvenli rotayı bulunamazsa o kattaki en yakın pencereye gidilir ve yeni bir tahliye noktası oluşur.

Tanım G3. G3 rotasının asıl amacı, en kısa rota ile binanın dış yüzeyine ulaşan insanları toplamaktır. Bu aşamada genetik algoritmaya dayalı küboid TSP uygulanmaktadır.

Adım G3_1. Tahliye noktalarının sayısını (epn) ve konumunu (epl) belirle

Adım G3_2. epl'yi Dis_CTSP matrisine yerleştir

$$\text{dis_CTSP} = \begin{bmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{\text{epn}} & y_{\text{epn}} & z_{\text{epn}} \end{bmatrix}_{(\text{epn} \times 3)}$$

Adım G3_3. Kübik TSP kullanarak en kısa rotayı bul

Adım G3_4. Rotayı takip et

6.1.7. Kübik GSP için Deneysel Sonuçlar

Bu uygulamanın amacı, binada bulunan kişilerin toplama alanına en kısa sürede ve en güvenli şekilde ulaştırılmasını sağlamaktır. Bu problem en güvenli yolu kullanarak rotayı optimize etmek için düz ve küboid yüzeyler için TSP GA'ya uyarlanmıştır. Yöntem, Core i5 işlemci ve 8GB RAM bulunan bir bilgisayarda MATLAB2014a kullanılarak gerçekleştirildi.

Binanın iç yüzeyinde önerilen sistemde sırasıyla düz ve küboid yüzeyler için sırasıyla seçilen (10-50) şehir sayısı için rasgele seçilen engel noktaları Tablo 6.5 ve Tablo 6.6'da verilmektedir. İnsanlar bulunduğu konumda çok sayıdaki yangın noktası nedeniyle ilerleyemezlerse katlar arasında geçiş yapar ve bu sorunu çözmek için küboid TSP kullanılır. Katların eşit güvenlik seviyesinde olması durumunda, gecikmeyi önlemek için en az insan yoğunluğuna sahip olan doğru katı seçmek için zeminin insan yoğunluğu dikkate alınır. Böylece, güvenlik, kattaki insanların olası tıkanıklığını önleyerek de sağlanmaktadır.

Tablo 6.5. Düz yüzey için bina içinde seçilen engel noktaları

Nokta sayısı	Rastgele seçilen yangın noktaları
10	4 engel nokta (2, 4, 5, 7)
20	6 engel nokta (1, 4, 8, 10, 13, 15)
30	8 engel nokta (2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23)
40	10 engel nokta (4, 9, 14, 19, 20, 23, 25, 27, 29, 31)
50	12 engel nokta (1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 32, 33, 36, 39)

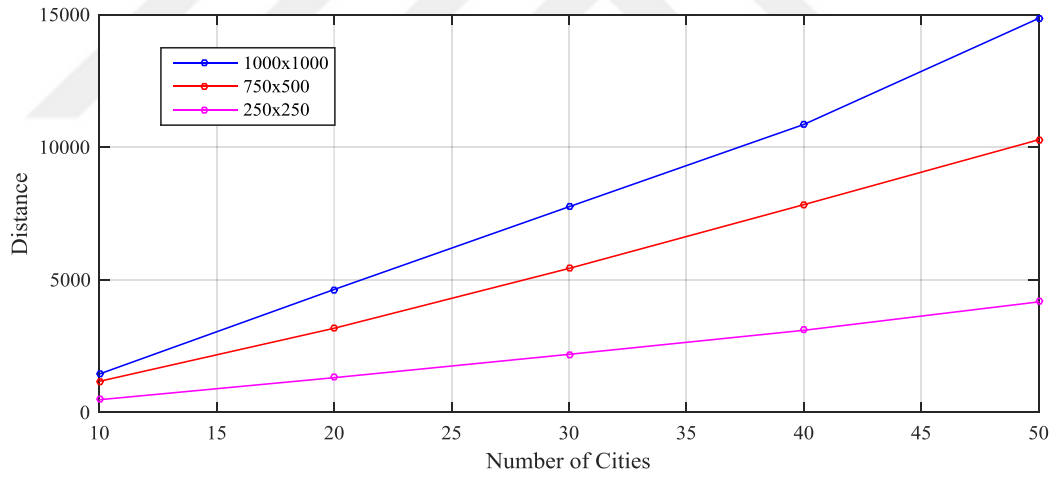
Tablo 6.6. Küboid yüzey için bina içinde seçilen engel noktaları

Nokta sayısı	Rastgele seçilen yangın noktaları
10	8 engel nokta (10, 9, 7, 6, 5, 4, 3, 2)
20	13 engel nokta (19, 18, 16, 15, 13, 12, 11, 10, 8, 6, 4, 3, 1)
30	18 engel nokta (23, 22, 21, 20, 19, 18, 17, 15, 14, 12, 11, 8, 7, 6, 5, 3, 2, 1)
40	23 engel nokta (33, 31, 29, 28, 27, 25, 24, 23, 20, 19, 18, 17, 15, 14, 12, 11, 10, 9, 7, 5, 4, 3, 1)
50	28 engel nokta (50, 49, 48, 46, 44, 42, 39, 37, 36, 33, 32, 30, 28, 26, 25, 23, 20, 19, 17, 15, 14, 12, 11, 10, 7, 4, 3, 1)

Engelli noktalara göre sırasıyla, katta, insanların potansiyel tıkanıklığı durumunda katlar arasında ve bina dış yüzeyi arasındaki düz bir yüzey için elde edilen uygun mesafeler Tablo 6.7, 6.8, 6.9 ve 6.10 'da verilmiştir. Aynı zamanda, geçerli nokta ile mevcut kattaki en yakın mevcut toplama noktası arasındaki ortalama mesafeler Şekil 6.7'de gösterilmektedir. Katta hareket eden ve katlar arasında hareket eden insanların olası tıkanıklığı durumunda ortalama mesafeler de Şekil 6.8 ve 6.9'da sunulmuştur. Şekil 6.10'da toplama yerlerindeki tahliye noktalarına ulaştıkları ortalama mesafeler sunulmuştur.

Tablo 6.7. Farklı boyutta seçilen düz bir yüzey için elde edilen optimum mesafeler
(S_1=1000x1000, S_2=750x500, S_3=250x250)

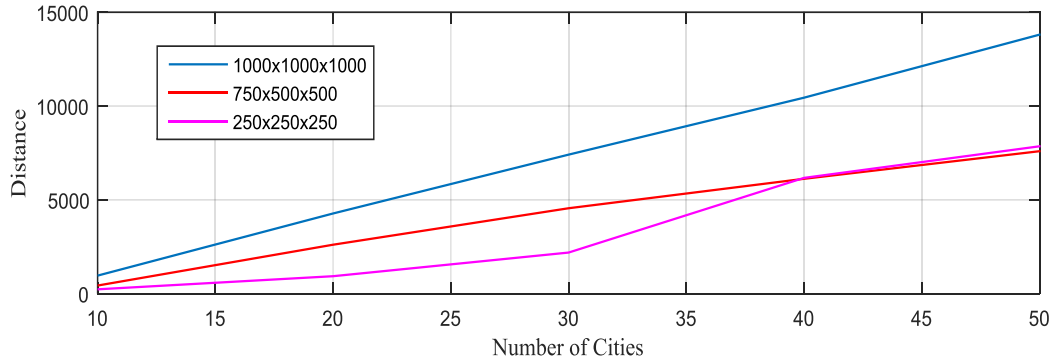
Nokta sayısı	Boyut	Genetik algoritma iterasyon sayısı				
		20	40	60	80	100
10	S_1	1649.3	1087.8	828.3	642.0	597.6
	S_2	759.3	503.1	378.9	284.6	232.1
	S_3	448.9	259.0	187.2	135.4	122.7
20	S_1	4758.8	4573.6	4283.8	3949.5	3801.8
	S_2	2941.1	2769.2	2494.0	2434.2	2405.1
	S_3	1049.4	961.4	897.7	881.3	859.8
30	S_1	8003.5	7653.9	7344.8	7046.5	6998.3
	S_2	5018.4	4592.9	4583.5	4315.6	4249.6
	S_3	2288.3	2222.3	2189.0	2141.1	2110.4
40	S_1	11151	10802	10331	10106	9839.5
	S_2	6529.8	6194.3	6080.3	5906.8	5897.0
	S_3	6737.4	6304.9	6032.0	5948.4	5831.6
50	S_1	14244	14157	13723	13585	13319
	S_2	8001.8	7769.4	7586.2	7440.5	7165.5
	S_3	8446.7	8023.0	7779.8	7511.8	7511.4



Şekil 6.7. Farklı boyutlardaki düz yüzeylerde elde edilen ortalama mesafe

Tablo 6.8. Kattaki insanların tıkanıklığı durumunda farklı boyutlarda elde edilen optimum mesafeler
(S_1=1000x1000x1000, S_2=750x500x500, S_3=250x250x250)

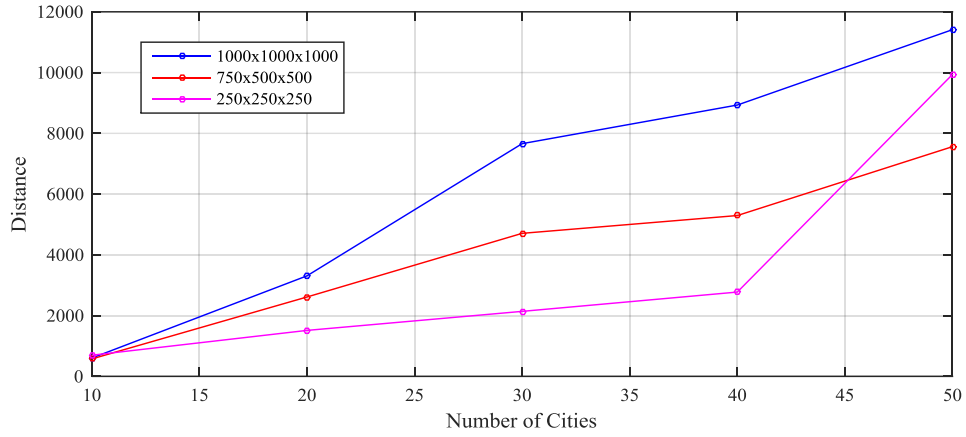
Nokta sayısı	Boyut	Genetik algoritma iterasyon sayısı				
		20	40	60	80	100
10	S_1	1077.3	979.9	901.5	891.7	863.4
	S_2	1031.3	911.3	879.1	844.8	832.8
	S_3	890.1	799.5	748.9	706.2	693.8
20	S_1	4470.3	4007.0 2659.31969.4	3652.3	3612.4	3440.6
	S_2	2988.5		2413.7	2300.1	2284.1
	S_3	2121.0		1830.5	1654.9	1637.4
30	S_1	8906.4	8570.3	8206.4	7928.6	7531.2
	S_2	5259.1	4955.7	4750.3	4628.0	4538.1
	S_3	3327.3	3026.2	2815.8	2733.7	2718.9
40	S_1	11400	10720	10236	9896.4	9868.8
	S_2	6575.6	6245.5	5949.1	5684.4	5586.7
	S_3	4469.0	4279.9	3969.1	3920.6	3901.9
50	S_1	13582	12737	12509	12189	11893
	S_2	7799.8	7491.6	7297.8	7069.1	6920.1
	S_3	5297.0	4985.2	4802.4	4652.3	4537.0



Şekil 6.8. Kattaki insanların potansiyel tıkanıklık durumunda elde edilen ortalama mesafe

Tablo 6.9. Farklı boyutlarda seçilen katlar arasında elde edilen optimal mesafeler
(S_1=1000x1000x1000, S_2=750x500x500, S_3=250x250x250)

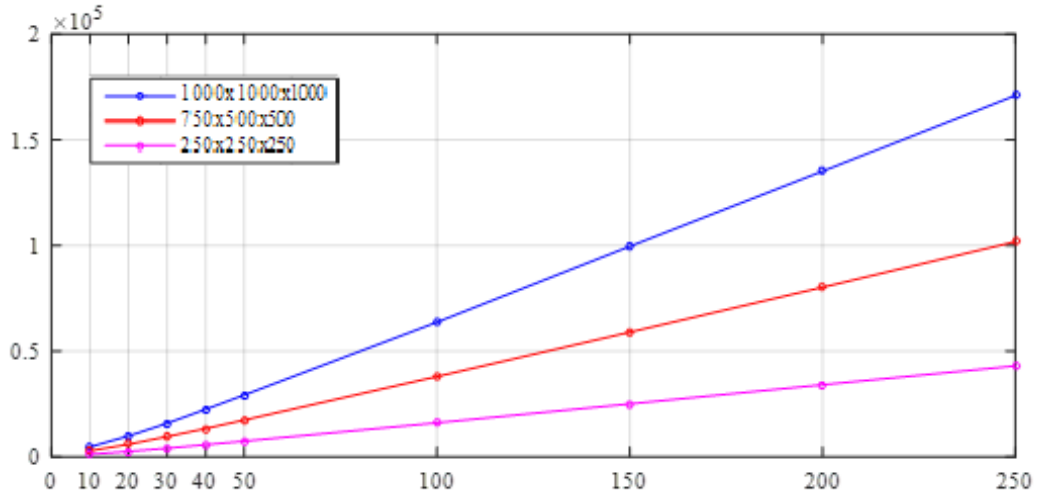
Nokta sayısı	Boyut	Genetik algoritma iterasyon sayısı				
		20	40	60	80	100
10	S_1	1042.4	931.0	907.9	831.6	785.6
	S_2	974.9	901.9	866.8	840.1	804.0
	S_3	867.1	793.4	679.0	658.0	648.1
20	S_1	4226.8	3773.4	3591.9	3286.3	3045.4
	S_2	3203.5	2829.9	2680.9	2501.9	2271.5
	S_3	2101.9	1964.1	1718.2	1700.0	1636.2
30	S_1	8731.5	8356.3	7889.7	7661.0	7299.3
	S_2	5186.9	4891.0	4748.8	4549.8	4474.7
	S_3	3670.5	3418.2	3187.5	3143.3	3029.2
40	S_1	11497	10705	10220	9878.8	9734.0
	S_2	6531.3	6311.7	5884.7	5777.2	5417.6
	S_3	6993.2	6652.5	6551.0	5965.7	5932.9
50	S_1	13575	12843	12287	12081	11774
	S_2	7752.6	7531.2	7127.4	7002.4	6896.4
	S_3	7150.3	6756.2	6564.4	6478.6	6336.0



Şekil 6.9. Farklı boyutlardaki küboid yüzeyler için binanın içinden elde edilen ortalama mesafe

Tablo 6.10. Binanın farklı boyutlarda seçilen dış yüzeyleri için elde edilen optimal mesafeleri
(S_1=1000x1000x1000, S_2=750x500x500, S_3=250x250x250)

Nokta sayısı	Boyut	Genetik algoritma iterasyon sayısı				
		20	40	60	80	100
10	S_1	6470.2	5952.5	5553.1	5301.5	5159.9
	S_2	3698.7	3463.3	3321.2	3201.1	3102.6
	S_3	3439.6	3063.5	2920.2	2909.6	2799.3
20	S_1	13384	13020	12374	12357	11850
	S_2	8050.0	7599.7	7372.3	7283.1	7147.8
	S_3	7552.1	6994.9	6748.7	6483.2	6257.8
30	S_1	21888	20940	20589	19725	19597
	S_2	12711	12312	11777	11762	11662
	S_3	11481	11050	10627	10274	9924.1
40	S_1	29609	28562	28057	27215	26792
	S_2	17287	16792	16065	15972	15267
	S_3	15850	15229	15065	14045	14269
50	S_1	36899	36455	35561	34390	34504
	S_2	21432	21021	20512	20257	19961
	S_3	22901	21761	21423	20473	20338

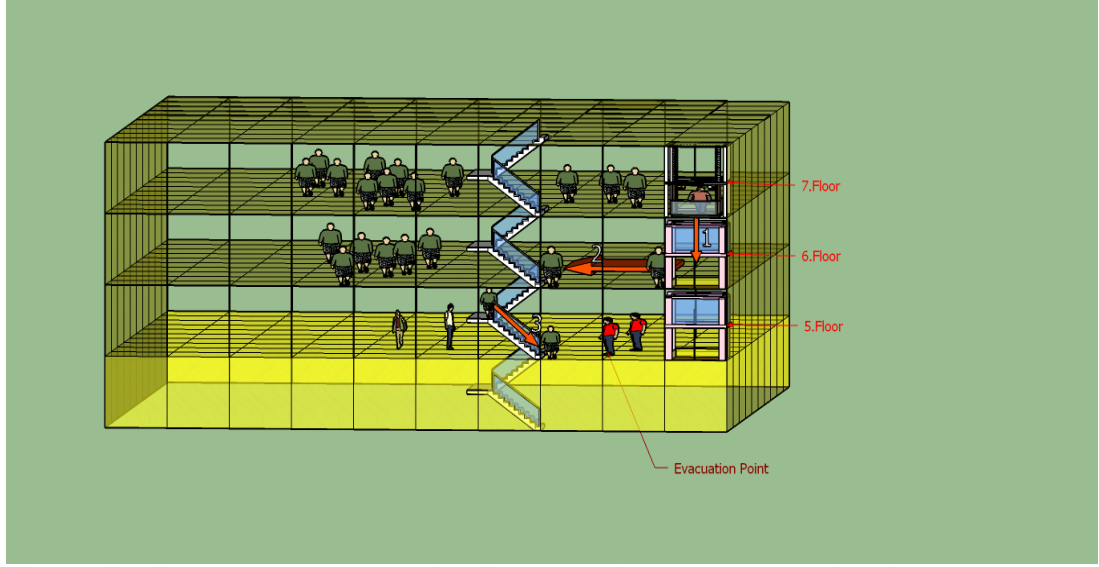


Şekil 6.10. Farklı boyutlara sahip küboid yüzeyler için binanın dış yüzeylerinden elde edilen ortalama mesafe

Rasgele seçilen binaya ait kat, binadaki katlar arası ve bina dış yüzeyi arasında uzaklık değerleri ayrı ayrı elde edilmiş ve sonuçlar Tablo 6.7, 6.8 ve 6.9'da verilmiştir.

Seçilen 30 noktaya (şehir sayısı) göre, elde edilen yolun koordinatları Tablo 6.11'de verilmiştir ve küboid yüzeyde 1000x1000 taban boyutları için ortalama uzaklık değeri 7409.4 ve 1000x1000x1000 taban boyutları için ise ortalama uzaklık değeri 7987.56 ve 20547.8 olarak bulunmuştur. Aynı sayıda noktayı kullanarak bulunan uzaklıkların ortalama değeri, 750x500 taban boyutu için 4552 ve 750x500x500 taban boyutunda ise 4770.24 ve 12044.8 olarak elde edilir. Her biri 250 boyutta olan iki ve üç boyutlu yüzeyler için 2190.22, 3289.74 ve 10671.22 değeri elde edilmiştir. Tablo 6.11'de, ilk iki sütun, 6. kattaki insan tıkanıklığı durumunda, 6. ila 5. ve 6. ila 7. katlar için 1000x1000x1000 boyutundaki yüzey boyutları için koordinatları temsil etmektedir. Eşik değeri üzerindeki insanların yoğunluğundan dolayı, 6. kattaki bir kişi, güvenlik seviyesi güvenlik sınır değeri eşikinin (δ) altında olmadığı sürece, diğer katlara katta potansiyel tıkanıklık (Γ_{pc}) değeri dikkate alınarak (öncelikle üst (7) veya alt kat (5)) yönlendirilebilir.

Uygulamada katlardaki güvenlik durumunun eşit olması halinde en doğru katı seçmek için katlardaki insan yoğunluğu faktörü dikkate alınmıştır. Bu durumda aynı güvenlik seviyesine sahip iki kat arasında seçim yapılması gerektiği durumda insan yoğunluğu en az olan kat tercih edilir. Böylece kattaki karmaşa durumu önlenip güvenlik korunmuş olur. Örneğin aşağıdaki 6.11 şeklinde olduğu gibi 6. katta bulunan bir bireyin bulunduğu katın güvenlik seviyesinin düşük olmasından dolayı 7. ve 5. katlardan birine yönlendirilmesi gerekmektedir. Bunun için ilk önce katların duman, ısı ve güvenlik seviyeleri karşılaştırılır buna göre seçim yapılır. Fakat katların güvenlik seviyelerinin eşit olması durumunda katlardaki insan faktörü dikkate alınır. Şekil 6.11 temsil edildiği gibi 6 kattaki birey 7 veya 5. kata yönlendirilecektir ve bu katların güvenlik seviyeleri birbirine eşittir. 7. katta 12 birey, 5.katta ise 4 birey bulunmaktadır. Bu durumda birey 5 kata yönlendirilir.

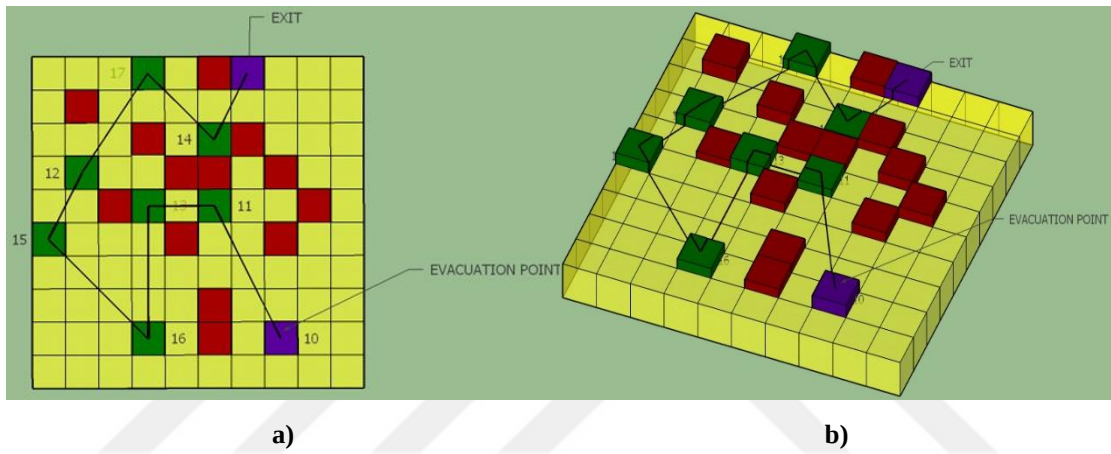


Şekil 6.11. İnsan yoğunluğuna göre yönlendirme

Tablo 6.11. 1000x1000 (düz) ve 1000x1000x1000 (küboïd) koordinatları

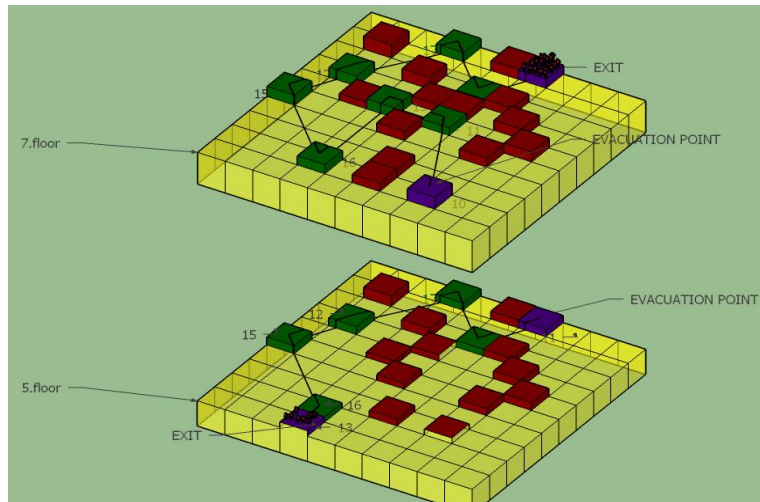
Yüzey boyutları		Binanın içinde küboïd yüzey	Binanın içi düz yüzey için	Binanın dışında (küboïd)	Yüzey sayısı
1000x1000x1000 6. kattan 5. kata	1000x1000x1000 6. kattan 7. kata				
1 400-500-300	400-700-300	400-600-300	400-600-300	100-200-0	3
2 500-500-600	500-700-600	500-600-600	500-600-600	100-1000-300	4
3 300-500-800	300-700-800	300-600-800	300-600-800	0-100-400	2
4 1000-500-700	1000-700-700	1000-600-700	1000-600-700	1000-200-500	5
5 900-500-700	900-700-700	900-600-700	900-600-700	200-100-1000	6
6 200-500-1000	200-700-1000	200-600-1000	200-600-1000	100-500-0	3
7 700-500-100	700-700-100	700-600-100	700-600-100	300-1000-500	4
8 800-500-300	800-700-300	800-600-300	800-600-300	0-400-600	2
9 500-500-800	500-700-800	500-600-800	500-600-800	1000-400-700	5
10 600-500-1000	600-700-1000	600-600-1000	600-600-1000	400-300-1000	6
11 500-500-300	500-700-300	500-600-300	500-600-300	300-400-0	3
12 500-500-700	500-700-700	500-600-700	500-600-700	400-1000-600	4
13 300-500-600	300-700-600	300-600-600	300-600-600	0-300-500	2
14 1000-500-500	1000-700-500	1000-600-500	1000-600-500	1000-600-400	5
15 800-500-700	800-700-700	800-600-700	800-600-700	500-100-1000	6
16 400-500-1000	400-700-1000	400-600-1000	400-600-1000	400-500-0	3
17 700-500-200	700-700-200	700-600-200	700-600-200	600-1000-400	4
18 200-500-900	200-700-900	200-600-900	200-600-900	0-600-300	2
19 900-500-800	900-700-800	900-600-800	900-600-800	1000-500-100	5
20 700-500-1000	700-700-1000	700-600-1000	700-600-1000	500-300-1000	6
21 500-520-0	700-680-0	600-580-0	700-680-0	500-600-0	3
22 500-540-0	700-660-0	600-560-0	700-660-0	600-1000-700	4
23 500-560-0	700-640-0	600-540-0	700-640-0	0-500-700	2
24 500-580-0	700-620-0	600-520-0	700-620-0	1000-700-300	5
25 500-570-0	700-600-0	600-500-0	700-600-0	800-200-1000	6
26 500-530-0	700-670-0	600-570-0	700-670-0	600-200-0	3
27 500-550-0	700-650-0	600-550-0	700-650-0	700-1000-500	4
28 500-600-0	700-630-0	600-530-0	700-630-0	0-800-100	2
29 500-590-0	700-610-0	600-510-0	700-610-0	1000-400-300	5
30 500-510-0	700-630-0	600-530-0	700-630-0	700-200-1000	6

Şekil 6.12- 6.14' te en uygun rota planlaması için elde edilen en kısa mesafeler gösterilmiştir. Optimal yollar GA kullanılarak bulunmuş ve birinci öncelik rota güvenliğidir. Elde edilen optimum mesafeler, binanın farklı yüzeylerindeki en uygun rotaları göstermek için SketchUp 2015 programına aktarılır. Rasgele seçilen 30 noktada (katlar için 20, merdiven için 10) optimal güzergah çizimi, Tablo 6.3'te verilen güvenlik rengine göre Şekil 6.12 (a, b) 'de gösterilmiştir. Kırmızı noktalar üzerinden geçmek için daha düşük bir güvenliği veya yangın veya dumanı (δ daha yüksek) ve yeşil noktalar ise yüksek seviyede güvenliği temsil etmektedir.



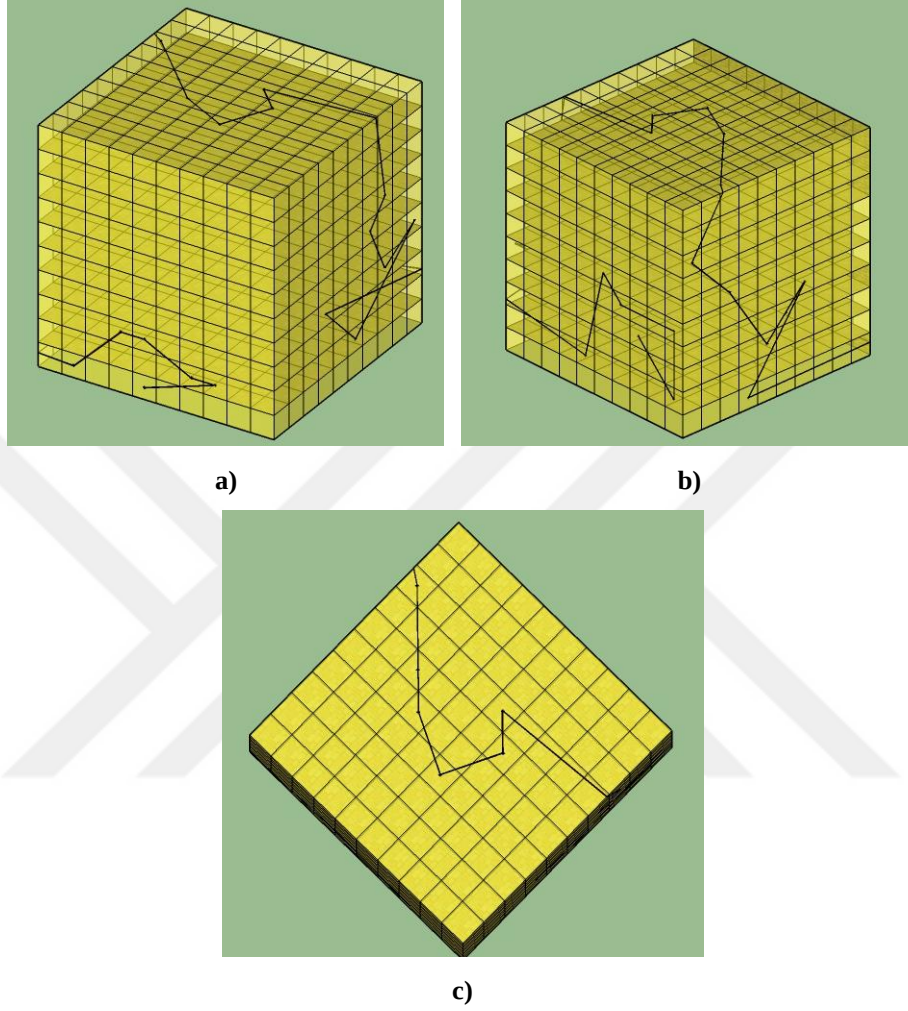
Şekil 6.12. a) Üstten görünüm b) yandan görünüm bina için en uygun rota planlaması

Şekil 6.13, 6. kattaki insanların tıkanıklığı durumunda en uygun rota planlamasını göstermektedir.



Şekil 6.13. İnsanların potansiyel sıkışıklığı durumunda bina için en uygun güzergah planlamasının yandan görünüşü

Binanın dış yüzeyinde tahliye noktalarına ulaşan toplama insanların rota senaryosunun farklı yönlerinden görüntüler Şekil 6.14 (a-c) 'de gösterilmektedir.



Şekil 6.14. a) Önden-sağ üstten görünüşü b) Arka sol üst görünümü c) Üstten görünümü Binanın dış yüzeyi

Uygulamanın bu bölümünde, senaryoyu oluşturmak için rasgele seçilen 30 noktanın konumu kullanılmıştır. Noktalar, şekillerde görüldüğü gibi binanın farklı taraflarından seçilmiştir.

6.1.8. Kübik GSP için Sonuç ve Öneriler

Bir yangın durumunda, en önemli konu insanların tahliyesidir. Bu nedenle, uygun yapı tasarımı aşamalarında en önemli nokta tahliye yolları ve çıkışların yapısıdır. Bir binayı tasarlarken, tahliye yollarının, yangın çıkışlarının, asansörlerin ve havalandırma

yerinin mümkün olan en kısa sürede binalardan duman çıkması için yaşamsal öneme sahip olan düzenlemelerine dikkat edilmelidir. Binadan çıkışın sağlanmasında en tehlikeli konumda bulunan birinin en fazla ne kadar mesafede çıkışa ulaşacağı, binayı terk ederken güvenli yollardan geçmesi ve çıkış noktasının konumu önemli faktörlerdir.

Bu uygulamanın temel amacı, binalarda yangın afeti durumunda en güvenli yolu bulmayı ve asgari zamanda boşaltmayı sağlamaktır. Binanın ve yüzeyin boşaltılması için kaçış yollarının planlanmasında en yaygın kullanılan optimizasyon yöntemlerinden biri olan genetik algoritma sırasıyla düz ve küboid yüzeylere uygulanmaktadır. Bu sorunun gerçekçi çözümü için, üç boyutlu TSP uygulaması, katlar arasındaki hareket ve bina yüzeylerinden toplama işlemleri için uygulanmaktadır. Aynı zamanda TSP, insanları asansörlerden tahliye etmek ve insanları binadaki toplama alanına yönlendirmek amacıyla düz yüzeyler için de kullanılır. Gelecekteki uygulamalarda, zaman kavramını iyileştirmek için optimizasyon teknikleri test edilecek ve tahliye noktalarına ulaşan öncelik durumuna göre toplama insanları da optimum bir mesafe için sağlanacaktır.

6.2. Arama Kurtarma Faaliyetlerinde Optimal Takım Dağıtımının Sağlanması İçin 3 Boyutlu Yüzeylere Genetik Algoritma Yönteminin Uygulanması

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 addır. Arama kurtarma çalışmalarında asıl hedef, duruma en hızlı şekilde tabi olarak en etkin olan müdahaleyi gerçekleştirmektir [50].

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 [51]. 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 bir yerleşim düzeni kapsama modeli gerçekleştirilmiştir [52]. 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 [53]. Bir başka çalışmada, % 100 kapsama alanına sahip olmak için gerekli minimum sayıdaki aracın yokluğunda en büyük şartlı kapsama modellerinin farklı özelliklere sahip varyasyonları denenmiştir [54]. 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 [55]. Doğal afet anı ve sonrası arama kurtarmayı hızlandırmak amacıyla yapılan çalışmalar da literatürde geniş yer tutmaktadır. Deprem gerçekleşikten 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 [56]. 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 [57]. 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 [58].

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 [50]. Deprem gibi doğal afetlerde kazazedeye hızlı ulaşım amacıyla Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) yöntemi kullanılarak arama kurtarma çalışmalarının

verimliliğinin artırılması sağlanmaya çalışılmıştır [59]. Güçlü bir deprem sonrası ilk araştırma ve kurtarma periyodunun etkin ve hızlı olması zararı büyük ölçüde azaltacağı için operasyon bölgesine uygun kaynakların en etkili şekilde ulaşımını sağlayan dinamik optimizasyon modeli oluşturulmuştur. Bu modelde sezgisel optimizasyon yöntemlerinden olan Benzetilmiş Tavlama ve Tabu Arama algoritmaları kullanılmıştır [60].

Bu uygulamada 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.

6.2.1. Genetik Algoritma Yönteminin Küre Yüzeyine Uygulanması

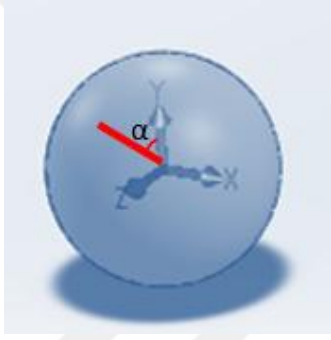
Arama kurtarma çalışmalarında kazazedeye en hızlı ve etkin şekilde ulaşmak için bu problem literatürde geniş yer bulan GSP'ine benzetilmiştir. Problemin çözümü için sezgisel bir yöntem olan GA yöntemi kullanılmış olup GA yöntemi 3 boyutlu geometrik bir şekil olan küreye uygulanarak yöntemin 3 boyutlu bir tekniği geliştirilmiştir. Arama kurtarma çalışmaları yeryüzünde engebeli, yüksekliği veya derinliği olan noktalarda gerçekleştirilebilir. Bu da 2 boyutlu çalışmaların problemi çözmede yetersiz kalacağını göstermektedir. Bu nedenle çalışmada 3 boyutlu uygulama yapılmıştır. Uygulamada 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 hesaplardan farklı olacaktır. Noktalar arası geçiş küre şeklinde temsil edildiği için 3 boyutta gerçekleşecektir. Uygulamada tespitinin önceden gerçekleştirildiği varsayılan rastgele noktalar kullanılmıştır.

6.2.2. Uygulama adımları

Gerçek hayatta karşılaşılan çoğu problemde en kısa yol planlanması büyük öneme sahiptir. Bu uygulamada, arama kurtarma faaliyetlerine destek sağlayacak bir yol planlaması hedeflenmiştir. Problemin çözümü için GSP'nden 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.



Şekil 6.15. Üç boyutlu yüzeyde küre

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 aşağıda verilmiştir. Yayın uzunluğunu hesaplamak için denklem (1)'den yararlanılır. α açısının hesaplamasında iki vektörün skaler çarpımı kullanılmaktadır. Burada denklem (2) ve (3) birbirine eşitlenerek skaler çarpım bulunup (1) denkleminde yerine yazılarak α açısı hesaplanmaktadır. Bulunan α açısı denklem (4)'te yerine yazılarak yay uzunluğu (Y) yani iki nokta arasındaki mesafe elde edilmektedir.

$$\alpha = \arccos(\vec{v1} \cdot \vec{v2}) \quad (1)$$

$$\vec{v1} \cdot \vec{v2} = |\vec{v1}| \cdot |\vec{v2}| \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

$$\vec{v1} \cdot \vec{v2} = P_{1x} \cdot P_{2x} + P_{1y} \cdot P_{2y} + P_{1z} \cdot P_{2z} \quad (3)$$

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

Adım 3: Aralarındaki mesafeleri hesaplanan noktalar genetik algoritma yönteminde popülasyon oluşturmada 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 [61].

6.2.3. 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 uygulamada küre yüzeyi 250x250x250, 750x750x750 ve 1000x1000x1000 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.

Uygulamada kullanılan GA parametreleri Tablo 6.12' de belirtilmiştir.

Tablo 6.12. GA parametreleri

Parametreler	Seçilen Değerler
Jenerasyon Boyutu	100
Popülasyon Boyutu	250
Çaprazlama Oranı	0.80
Mutasyon Oranı	0.05

Tanımlanan engel düğümleri engel numaralarıyla Tablo 6.13'de verilmiştir.

Tablo 6.13. 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

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 Tablo 6.14'de verilmiştir. Rastgele belirlenen engel düğümleri Tablo 6.14'de koyu renkle vurgulanmıştır.

Tablo 6.14. Tüm yüzey boyutlarında 20 düğüm için rastgele seçilen koordinat noktaları

Yüzey Boyutu							
250x250x250		750x750x750		1000x1000x1000		250x250x250	
750x750x750		1000x1000x1000		250x250x250		750x750x750	
1	81-233-80	49-410-557	740-596-72	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	13	5-125-160	145-122-221	932-320-676
4	221-185-72	27-339-240	932-260-424	14	205-221-128	5-325-410	288-116-740
5	113-65-16	121-353-100	980-388-416	15	225-200-125	100-145-265	260-932-576
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
8	29-128-205	74-257-565	500-968-676	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
10	185-106-17	121-265-628	404-128-180	20	185-113-16	89-145-298	820-884-512

Seçilen 20 düğümde her bir boyut için hesaplanan en kısa mesafe uzunlukları Tablo 6.15-6.17' de verilmiştir.

Tablo 6.15. 250x250x250 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ($\times 10^3$).

Düğüm Sayısı	Evrin 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

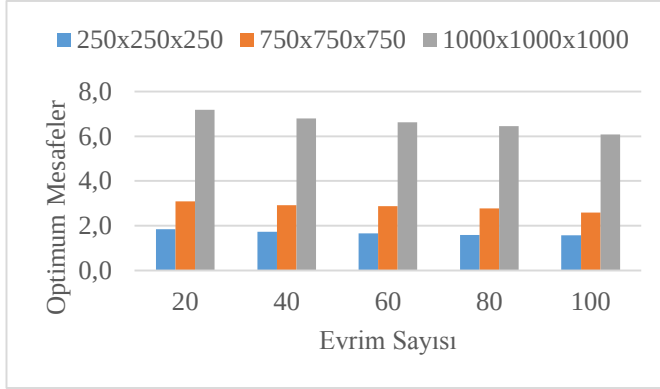
Tablo 6.16. 750x750x750 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ($\times 10^3$).

Düğüm Sayısı	Evrin 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

Tablo 6.17. 1000x1000x1000 boyutlu yüzey için farklı düğüm sayılarında elde edilen en kısa yol değerleri ($\times 10^3$).

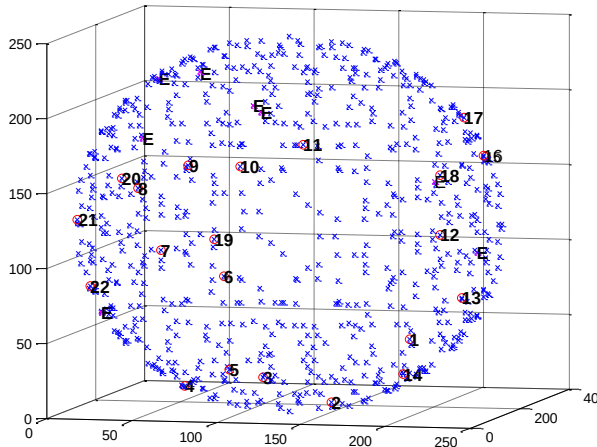
Düğüm Sayısı	Evrin Sayısı				
	20	40	60	80	100
10	2.3149	1.7130	1.3774	1.1245	1.0506
20	7.1777	6.7893	6.6180	6.4475	6.0746
30	12.254	11.893	11.619	11.387	11.081
40	17.213	16.711	16.344	16.185	15.713
50	21.507	20.784	20.620	20.166	19.858

Ayrıca Tablo 6.14’de verilen rasgele seçilmiş 20 düğüm için tüm yüzey boyutlarında evrim sayılarına [20:20:100] karşılık elde edilen en kısa mesafe değerleri Şekil 6.16’de sunulmuştur.

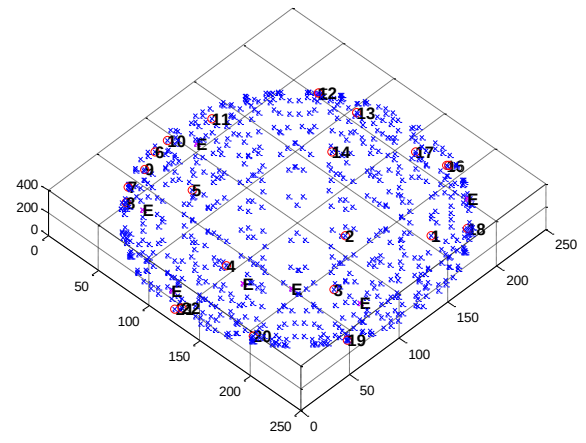


Şekil 6.16. 20 düğüm için tüm yüzey boyutlarında evrim sayısına karşılık en kısa mesafeler.

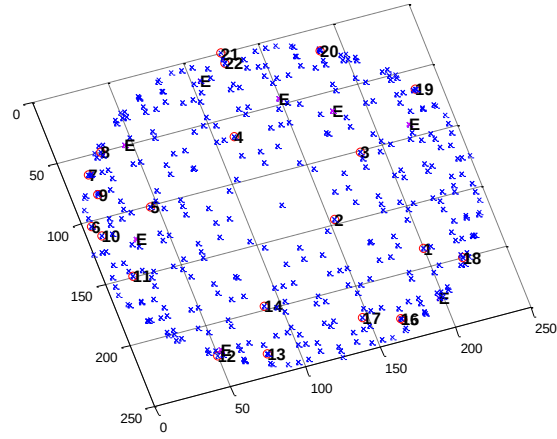
Şekil 6.16 incelendiğinde, üç boyutlu yüzeyde her bir yüzey boyutu 250, 750, 1000 olan küre yüzeylerinde elde edilen en kısa yol mesafeleri sırasıyla mavi, kırmızı ve yeşil ile ifade edilmiştir. Her bir renk için evrim sayısı arttıkça mesafede iyileşme olduğu gözlemlenmiştir. Bu iyileşme 250, 750 ve 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 6.17 a,b,c'de verilmiştir. Burada evrim sayısı 100 olarak seçilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 6.17. a,b,c. 250x250x250 boyutta rastgele seçilen 30 düğümden elde edilen yol sıralamasının farklı açılardan görünümü

Şekil 6.17’ de gösterilen güzergâh ve bu güzergâh için Tablo 6.18’ de verilen koordinat değerlerinde en kısa mesafe Tablo 6.15’ 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 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 Tablo 6.18’de sunulmuştur.

Tablo 6.18. 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

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

6.2.4. 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 uygulamada, GA yöntemi üç boyutlu küre yüzeyine GSP baz alınarak optimum mesafelerin bulunması amacıyla uygulanmıştır. Böylece kriz anı yönetim sürecinin bir sistem dâhilinde 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. Uygulamada yeryüzündeki yükseklik ve derinliğin 3 boyutlu küre yüzeyi seçilerek hesaba katılması problemin gerçek sistemler için iyi bir çözüm önerisi sunduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Aydoğan, T., ve Bahar, H.**, 2011. Web Tabanlı Turistik Rota Planlayıcısı Tasarımı Ve Uygulaması, TMMOB Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu.
- [2] **Özyağcı, N. ve Oral, E.Z.**, 2012. Lojistik Süreç Yönetimi Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs), Dokuz Eylül Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi Dergisi, Cilt:4 ,Sayı:1.
- [3] **Şeker, Ş.**, 2007. Araç Rotalama Problemleri Ve Zaman Pencereli Stokastik Araç Rotalama Problemine Genetik Algoritma Yaklaşımı
- [4] **Bayzan Ş.**, 2009. GPRS Verileri Yardımıyla Araç Rotalarının Belirlenmesi Problemine Farklı Bir Yaklaşım, Akademik Bilişim'09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, pp. 243-249, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- [5] **Yılmaz S., Ezercan Kayır H., Kaleci B., Parlaktuna O.** 2009. Gezgin robotlarda parçacık süzgeci tabanlı konumlandırma yönteminde algılayıcı veri hassasiyeti analizi”, <https://www.researchgate.net/publication/237342427>
- [6] **Erol, V.**, 2006. Araç Rotalama Problemleri için Populasyon ve Komsuluk Tabanlı Metasezgisel Bir Algoritmanın Tasarımı Ve Uygulaması.
- [7] **Ercan, C., Gencer, C.**, 2013. Dinamik İnsansız Hava Sistemleri Rota Planlaması Literatür Araştırması ve İnsansız Hava Sistemleri Çalışma Alanları, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 19, Sayı 2, 104-111.
- [8] **Özalp, N.**, “3 Boyutlu Arazi Üzerinde Çoklu Otonom İnsansız Hava Aracı Rota Planlaması,” Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu
- [9] **Aytekin, M.A, Kalaycı, T.E.**, “Gezgin Satıcı Probleminin İkili Kodlanmış Genetik Algoritmalarla Çözümünde Yeni Bir Yaklaşım”, Akademik Bilişim'10 - XII. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri,10-12 Şubat 2010,Muğla Üniversitesi.
- [10] **Emel, G.G., Taşkın, Ç.**, “Genetik Algoritmalar ve Uygulama Alanları”, Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt XXI, Sayı 1, 2002, s. 129-152.
- [11] **Laporte, G. ve diğerleri.**, 2000. Ropke, S. Ve Pisinger, D., 2004.

- [12] **Aygun, S. ve Akçay, M.**, 2015. Matlab Paralel Hesaplama Aracı ile A* Algoritmasının Rota Planlama İçin Analizi.
- [13] **Goraj, Z.**, 2003. Civilian Unmanned Aerial Vehicles – Overview Of European Effort and Challenges for the Future, Aviation Journal, Vilnius, VII (1), 3-15.
- [14] **Özalp, N.**, “3 Boyutlu Arazi Üzerinde Çoklu Otonom İnsansız Hava Aracı Rota Planlaması,” Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu
- [15] **Ercan, C., Gencer, C.**, 2013. İnsansız Hava Sistemleri Rota Planlaması Dinamik Çözüm Metotları Ve Literatür Araştırması, S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Derg., c.1, s.2, 51-72.
- [16] **Aksoy, R. ve Kurnaz, S.**, 2009. İnsansız Kara Araçları Ve Muharebe Gereksinimleri, Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Dergisi, c.4.,s.1.,1-10.
- [17] **Altıntop, T.**, 2015. Genetik Algoritma ile Dilsel Özetlerin Çıkarılması”, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Y. Lisans Tezi, Ankara.
- [18] **Karaağaç, C.**, 2015. Enerji Sektöründe İHA uygulamaları, ICT dergisi
- [19] Savunma Sanayii Müsteşarlığı, "İHA Sistemleri Yol Haritası (2011-2030)".
- [20] **Erol, V.**, 2006. Araç Rotalama Problemleri için Populasyon ve Komsuluk Tabanlı Metasezgisel Bir Algoritmanın Tasarımı Ve Uygulaması.
- [21] **Ercan, C., Gencer, C.**, 2013. Dinamik İnsansız Hava Sistemleri Rota Planlaması Literatür Araştırması ve İnsansız Hava Sistemleri Çalışma Alanları, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 19, Sayı 2, 104-111.
- [22] **Chapra, Steven C., and Raymond P. Canale.**, 2012. Numerical methods for engineers. Vol. 2. New York: McGraw-Hill.
- [23] **Seker T.**, 2008. Düzlemsel Çelik Çerçevelerin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [24] **Kaymaz İ.**, “Optimizasyon Teknikleri”, Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü.
- [25] **X. S. Yang, X.S.**, 2009. Firefly Algorithms Formultimodal Optimization, Proceedings of the Stochastic Algorithms: Foundations and Applications, Lecture Notes in Computing Sciences, vol. 5792, 178-178, Springer, Sapporo, Japan.

- [26] **Akyol S., Alataş B.**, 2012. Güncel Sürü Zekâsı Optimizasyon Algoritmaları, Nevşehir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitü Dergisi 1, 36-50.
- [27] **Atabay S.**, 2004. Perdeli betonarme yapı sistemlerinin genetik algoritma ile algoritma ile optimum tasarımı, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [28] **Bekiroğlu S., Ayvaz Y. ve Dede T.**, 2003. Değer kodlaması kullanılarak kafes sistemlerin genetik algoritma ile minimum ağırlıklı boyutlandırılması, III. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- [29] **Zeyveli M.**, Genetik Algoritmalar Ve Mekanik Tasarım Problemleri Uygulamaları
- [30] **Holland J. H.**, 1975. Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- [31] **Goldberg D. E.**, 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison Wesley, New York.
- [32] **Sarıççek İ.**, 2013. Meta Sezgisel Yöntemler, Endüstriyel Çizelgeme Dersi Projesi.
- [33] **Chambers L.**, 1995. Practical Handbook of Genetic Algorithms, Crc Press, 30-95.
- [34] **Şenel S.**, 2006. Genetik Algoritmalar ile Enerji İletim Kayıpları ve Saatlik Yakıt Giderleri Optimizasyonu, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [35] **Momoh, James A.**, 2001. Electric Power System Applications of Optimization, New York : Marcel Dekker, ,6-21, 338-399, 446-450
- [36] **Artaç T.**, 2003. Genetik Algoritma ile Dağıtım Şebekelerinin Optimum Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul,7-10.
- [37] **Haupt, R. L., Haupt, S. E.**, 1998. Practical, Genetic Algorithms”, New York: John Wiley, 17,52.
- [38] **Alsalloum, O.I., Rand, G.K.** 2006. Extension to Emergency Vehicle Location Models, Computers and Operations Research, 33, 2725-2743.
- [39] **Brown, C., Milke, M., Seville, E.** 2011. Disaster waste management: a review article, Waste Management, 31 (6), pp. 1085–1098.
- [40] **Ozkaya A., Sarikaya ,S.** 2007. Binaların yangından korunması hakkında yönetmelik, Mimarlık Odası Ankara Şubesi Teknik Bülteni, Ankara.

- [41] **Kapancı, F. E.** 2006. Binalarda Yangın Güvenliği Bağlamında Kaçış Yollarının Analizi Ve Bir Örnek Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 13, 56-58.
- [42] TÜYAK, 2009. Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik 2009”, Türkiye Yangından Korunma ve Eğitim Vakfı/Derneği, İstanbul.
- [43] **Bolat, B.,** 2006. The Simulation and Optimization of Lift Control Systems with Genetic Algorithms, Journal of Engineering and Natural Sciences, Sigma, 2, pp. 14-20.
- [44] **İmrak, C.E, Fetvaci, M.C.,** 2003. Asansörlerde Acil Kurtarma Sistemleri ve Güç Kaynaklarının Belirlenmesi, Mühendis ve Makina Dergisi, 44, pp. 19-25.
- [45] **Schwedt, H., Benczek, G.,** 2001. Mechatronic for Elevator Installers and Drive Technicians, Lift Report, 6, pp. 94-96.
- [46] **Strakosch G.R.,** 1982. Vertical Transportation: Elevators and Escalators, 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- [47] **Bozüyük, T., Yağcı, C., Gökçe, İ., Akar, G.,** 2004-2005. Yapay Zeka Teknolojilerinin Endüstrideki Uygulamaları, Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Elektrik Programı Tezi.
- [48] **Ugur A., Aydın D.,** 2009. An interactive simulation and analysis software for solving TSP using Ant Colony Optimization algorithms, Advances in Engineering Software, 40, pp. 341–349.
- [49] **Ugur, A.,** 2008. Path planning on a cuboid using genetic algorithms. Information Sciences, 178, pp. 3275–3287.
- [50] **Şen B., Şenyürek L.H., Türk A.S., Lana A., Pelitçi N.,** 2004. Arama Kurtarma Çalışmaları İçin Geliştirilmiş Bir Gezer RF Algılayıcı Sistemi. URSI-Türkiye'2004 Bilimsel Kong., 161-163.
- [51] **Gencer C., Açıkgöz A.,** 2006. Türk Silahlı Kuvvetleri Arama Kurtarma Timlerinin Yerleşiminin Yeniden Düzenlenmesi. *Gazi Üniv. Müh. ve Mim. Fak. Dergisi*, 21(1): 87-105.
- [52] **Özdemir G., Karabıyık M., Çalışkan S., Büyükçulcu A.,** 2015. Parçacık Sürüşü Optimizasyonu Yöntemi Kullanılarak Arama Ve Kurtarma Faaliyetlerinin Verimliliğinin Arttırılması. *AFAD15*, 1-10.
- [53] **Öztürk N.,** 2003. Türkiye’de Afet Yönetimi: Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Çağdaş Yerel Yönetimler*, 12(4): 42-64.

- [54] **Selim H., Özkarahan, İ.**, 2003. Acil Servis Araçları Yerleşiminin Belirlenmesinde Yeni Bir Model, *Endüstri Müh. Dergisi*, 14 (1): 18-27.
- [55] **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.
- [56] **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.
- [57] **Tarhan C., Coşkun Z., Zülfikar C.**, 2013. Deprem Bilgi Sistemi. 2. *Türkiye Deprem Müh.ve Sismoloji Konf.* Hatay, 1(9): 25-27.
- [58] **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.
- [59] **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.
- [60] **Koç İ.O.**, 2007. Gezgin Satıcı Problemi için Çok Populasyonlu Paralel Bir Genetik Algoritma Tasarımı, Geliştirilmesi ve Analizi. *Dok. Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniv. Eskişehir.
- [61] **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.

ÖZGEÇMİŞ

20.07.1991 Malatya doğumluyum. İlkokulu Elazığ Mehmet Zeki İlköğretim okulunda okudum. Liseyi Elazığ Balakgazi Lisesinde, lisans eğitimimi 2009-2013 yılları arasında Elazığ Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bilgisayar Öğretmenliği bölümünde tamamladım. 2014 yılından itibaren Milli Eğitim Bakanlığında Bilişim Teknolojileri öğretmeni olarak çalışmaktayım.

