

# ÜÇ BOYUTLU KARAYOLU GÜZÂRGÂH OPTİMİZASYONUNDA KARAR DESTEK SİSTEMİ OLARAK GENETİK ALGORİTMALARIN KULLANIMI

N. Tunalıoğlu<sup>1</sup>, T. Öcalan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>YTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [ntunali@yildiz.edu.tr](mailto:ntunali@yildiz.edu.tr)

<sup>2</sup>YTÜ, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul, [tocalan@yildiz.edu.tr](mailto:tocalan@yildiz.edu.tr)

## ÖZET

Günümüzde ulaşım ihtiyacının artmasıyla birlikte ulaştırma planlaması önemli bir yere gelmiştir. Bir bütün olarak ele alınması gereken ulaştırma planlaması, günümüzde arazi kullanım alanlarının daralması, hızla artan otomotiv endüstrisinin karayolu ulaşımını desteklemesi, çarpık kentleşme sonucu yerleşim alanlarına göre karayolu ulaşım ağının planlanması gibi nedenlerle içinden çıkılmaz bir durum almıştır. Bununla birlikte, ulaşım sistemleri arasındaki entegrasyonun sağlanamaması bu problemin sürekli artan bir hal almasına neden olmuştur.

İşte bu noktada yapay zekâ, insan beyninin çalışma sistemini kopyalayarak ulaşım problemleri gibi karışık ve çok yönlü problemlerin çözümünde farklı bir yaklaşım sunmaktadır. Yapay Zekâ Araçlarından birisi olan Genetik Algoritmalar; kombinatoriyel eniyileme araçları içinde yer almakta ve aynı zamanda bu tip problemler için optimizasyon olanağı sağlamaktadırlar.

Bu çalışmada ilk olarak; yapay zekâ ve araçlarına değinilmiş, evrimsel algoritmalar, genetik algoritmalar ve genetik algoritmaların çalışma adımlarından bahsedilerek, evrim teorisinin doğal sürecinin sanal ortamda oluşturulması ve optimizasyon tekniği olan genetik algoritmaların ulaştırma alanında karayolu güzergahlarının belirlenmesi gibi kombinatoriyel problemlere uygulanması incelenmiştir.

**Anahtar Sözcükler:** Karar Destek Sistemleri, Genetik Algoritmalar, Karayolu Güzergâh Optimizasyonu

## USING GENETIC ALGORITHMS AS DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THREE DIMENSIONAL HIGHWAY ALIGNMENT OPTIMIZATIONS

### ABSTRACT

Nowadays, by increasing of intercommunication need, transportation planning becomes an important position all around the world. By the fact of the some reasons such as the limited spaces on land use areas, a highway transportation system that supported by the hugely increasing automotive industry and irregular urbanization have done the problem fix by the day. Nevertheless, not to make an entegration of the trasportation systems is caused the problem becoming continuously increasing case.

At this point, Artificial Intelligence that works as copying the human brain study system, is represented as an approach of a solution for the complex and multi aspect problems such as transportation problems. Genetic Algorithms which is the implementation of the Artificial Intelligence is placed in the combinatorial optimizations and a solution for this type problems.

Firstly, in this study, Artificial Intelligence and its implements are represented and also, evolution algorithms, genetic algorithms and the stage of the genetic algorithms are discussed. In this study, constituting of the natural process of evolution theory and determination of the genetic algorithm applications on transportation problems as determining the highway alignments are investigated.

**Key Words:** Decision Support Systems, Genetic Algorithms, Highway Alignment Optimizations

## 1. GİRİŞ

Temel karayolu projesi tasarım problemi, verilen iki ana zorunlu noktayı topoğrafyaya, zemin koşullarına, sosyo-ekonomik faktörlere ve çevresel etkilere bağlı olarak tasarım ve işletme kısıtlarının da sağlanması koşulu ile birleştiren en ekonomik güzergâhın oluşturulmasıdır. Bu noktada probleme yaklaşım, ilk olarak emniyetli yol tasarım ilkelerini sağlayan ve bu ilkeler doğrultusunda en ekonomik yol planlarının hazırlanması olmalıdır. Sonuç olarak problemin çözümü en uygun güzergâhın oluşturulması için çok sayıda alternatif güzergâh içerdiğinden fazla seçenekli belirsizlik halinde karar verme durumuna gelmektedir.

Karayolu güzergâhlarının oluşturulması problemi, problemin çok fazla faktör ve kısıtlamaya bağlı olarak gelişmesinden dolayı karmaşık yapıda olup, aynı zamanda hem güvenliğin hem de ekonominin düşünülmesi gerektiğinden önemli bir mühendislik çalışmasıdır. Problemin bu kısıtlamalar ve koşullar altında çözülmesi sırasında, çok sayıda alternatif güzergâhın oluşturulması ve bunların ön etüd maliyetlerinin hesaplanması gerekmektedir. Bu yapıdaki çalışmaların, yapay zekâ araçları kullanılmadan yapılması sonucunda, optimum yada optimuma en yakın çözümünün ele alınmasından ziyade, özellikle projeyi yapan mühendisin tecrübesine bağlı olarak muhtemel çözümlere ulaşılmaktadır. Bu noktada, bir optimizasyon tekniği olan genetik algoritmalar en iyinin hayatta kalması ilkesine göre oluşturulup biyolojik yapıdaki çözümlere bağlı olarak çalıştığından, makul ve uygulanabilir sonuçlar vermektedir.

Karayolu güzergâhlarının oluşturulması, genel olarak iki aşamada tasarlanmaktadır. İlk aşamada, projenin yatay tasarımı yapılmaktadır. Bu aşamada, yolun geçeceği arazinin topoğrafyası, zemin özellikleri, yolu kullanacakların beklentileri (yoğun olarak kullanılacak taşıtların cinsi-yaya durumu) gibi özellikler yatay kurpların yerinin belirlenmesi sırasında yatay tasarım projesi kısıtı olarak düşünülmektedir. Bunun yanında yatay tasarımda önemli olan bir diğer unsur da minimum kurp yarıçapıdır. İkinci aşama ise karayolunda düşey tasarımıdır. Düşey tasarım yapılırken yerleştirilecek düşey someler, maliyet bileşenlerine büyük ölçüde etki etmektedir. Burada proje kısıtı olarak ele alınacak en önemli unsur öncelikle görüş uzunluklarını sağlayacak biçimde ve öngörülen maksimum boyuna eğimin aşılmaması durumunda düşey some yerleştirilmesidir.

Genel olarak bu istekleri sağlayacak şekilde oluşturulan algoritma içerisindeki amaç fonksiyonu, toplam karayolu yapım ve işletim maliyetini minimum yapan güzergâhın bulunmasıdır. Karayolundan öncelikli olarak beklenen güvenlik şartı, belirlenen kısıtlamalar altında sağlanırken; bir diğer özellik olan mühendislik yapılarının yapım maliyetlerinin ekonomik olması ise belirlenen amaç fonksiyonunu minimum yapan güzergâhın en uygun çözüm olması biçiminde sağlanmaktadır.

Bu araştırma çalışması kapsamında, açıklanmaya çalışılacak olan genetik algoritmalar kombinatoriyal problemler içerisinde yer alan karayolu tasarımı için uygulanabilir ve makul çözüm olanakları sunabilmektedir.

## 2. GENETİK ALGORİTMALAR

Evrimsel algoritmaların ana kaynağı olan ve yapay zekâyâ bağlı olarak gelişen yapay zekâ araçlarından birisi de, Darwin' in evrim teorisinden esinlenerek oluşturulan ve geliştirilen genetik algoritmalarıdır. Genetik Algoritmalar, çözüm için aday olabilecek bir popülasyon topluluğu oluşturur ve arama uzayında çözümü aramaya herhangi bir noktadan başlar. Popülasyon, aday olabilecek çözümler topluluğuna verilen addır. Popülasyon içindeki her aday çözüm birey olarak adlandırılır. Bu topluluk içinde genetik algoritma operatörleri ile yapılan işlemler sonucunda oluşan yeni popülasyona jenerasyon adı verilir. Popülasyon içinde çözüm olabilecek bireyler bir sonraki jenerasyona aktarılarak sanal olarak evrimleştirilirler. Burada amaç yapılan işlemlerle çözümün en iyiye doğru gitmesini sağlamaktır. Oluşturulan popülasyon içinde adayın çözüme ne kadar yakın olduğu, uygulamaya bağlı olarak oluşturulan uyum fonksiyonuna göre belirlenmektedir. Bir çözüm adayını bir parametreler topluluğunu, bir kuralı, bir kurallar grubunu veya ağaç yapısında bir bilgisayar programını temsil edebilir. Hepsinde de, algoritma her adayın ne kadar güçlü olduğunu hesaplar ve buna göre bir sonraki neslin ebeveynleri olacak ya da yok olacak bireyleri belirler. Daha sonra, makul bir yeni nesil oluşturmak için ebeveynlere genetik arama işlemcileri (yeniden yapılanma ve mutasyon) uygulanır. Bu döngü her defasında daha güçlü bireyler oluşturularak tekrarlanır (URL 1).

Yapay zekânın gittikçe genişleyen bir kolu olan evrimsel algoritmaların alt dalları olarak genetik algoritmalar, genetik programlama, yapay sinir ağları (neural networks), benzetimli tavlama, tabu arama ve bunlarla birlikte bulanık mantık (fuzzy logic) işletme, temel bilimler ve mühendislik problemlerinde tek başına veya karma sistemler olarak kullanılabilir (Back vd., 2000).

Çözümü araştırılan bir uygulamada muhtemel çözüm olabilecek çok fazla sayıda olasılık olmasına karşın, olasılıklar dâhilindeki en iyi ve en uyumlu çözümlerin tek tek incelenmesi genetik algoritma yordamı ile olanaklı hale getirilmektedir. Sanal olarak evrimden geçirilen problemin çözümünün bilgisayarlar yardımıyla simülasyonunun yapılması sağlanmaktadır.

Genetik algoritmalar, ilk defa Michigan Üniversitesi'nde John Holland ve çalışma arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Holland, araştırmalarını, arama ve optimumu bulma için, doğal seçme ve genetik evrimden yola çıkarak yapmıştır. İşlem boyunca, biyolojik sistemde bireyin bulunduğu çevreye uyum sağlayıp daha uygun hale gelmesi örnek alınmış, optimum bulma ve makine öğrenme problemlerinde, bilgisayar yazılımları geliştirilmiştir (Goldberg, 1989).

Genetik Algoritmalar, en iyinin korunumu ve doğal seçim ilkesinin benzetim yoluyla bilgisayarlara uygulanması ile elde edilen bir arama yöntemidir. Çoğu pratik optimizasyon problemlerinde karışık değişkenler (sürekli ve kesikli) ve araştırma alanında süreksizlikler söz konusudur. Eğer bu durumlarda standart doğrusal olmayan programlama teknikleri kullanılırsa hesaplamalar açısından çok pahalı ve etkin olmayan durumlarla karşılaşılır. Genetik algoritmalar bu durumlar için iyi bir çözüm oluşturmaktadır (Bingül vd., 2000). Genetik Algoritmalar, çözüm topluluğuna adım adım genetik operatörler uygulayarak ve uygun topluluktan arama yoluyla yeni nesiller üreterek en iyi çözümlere ulaşılmasını sağlar.

Genetik Algoritmaların ana fikri, bir kromozoma sahip bireyler tarafından karakterize edilen toplumun değiştirilmesidir. Kromozomlar, verilen bir  $l$  uzunluğunda semboller zincirleriyle temsil edilebilirler. Oluşturulan her bir kromozom optimizasyon problemi için uygun bir çözümü temsil eder. Her bir sembol gen olarak adlandırılır ve gen hangi parametreyi temsil ediyorsa sırasıyla dizilerek kromozom oluşturulur. Genetik Algoritmalar ile problem arasındaki bağlantı uygunluk fonksiyonu ( $F$ ) ile sağlanır.  $F$  fonksiyonu kromozomların gerçel sayılara çevrilmesini sağlar. Eğer  $F$  değeri büyükse kromozomun temsil ettiği çözüm diğer kromozomlara göre daha iyidir.

## 2.1 Temel Genetik Algoritma Operatörleri

### 2.1.1 Seçim (Yeniden Üretim)

Seçim işlemi, uygunluk fonksiyonundan hesaplanarak bulunan uygunluk değerine göre popülasyon içindeki bireylerin bir sonraki jenerasyona aktarılması veya elenmesidir. Uygunluk değeri yüksek olan bireyler bir sonraki jenerasyona aktarılırken, uygunluk değeri düşük olanlar ise elenmektedir. Diğer bir deyişle uygunluk değeri, hangi bireyin sonraki topluluğa taşınacağını belirler. Bir dizinin uygunluk değeri, problemin amaç fonksiyonu değerine eşittir. Bir dizinin gücü uygunluk değerine bağlı olup, iyi bir dizi problemin yapısına göre maksimizasyon problemi ise yüksek, minimizasyon problemi ise düşük uygunluk değerine sahiptir.

Seçim aşamasının önemi, topluluğun boyutu ile ilişkilidir. Seçimde küçük topluluk boyutu ile çalışılması durumunda topluluk çeşitlendirmesinin olası iyi alternatiflerin oluşması için yetersiz kalması sorunu yaşanabilir. Bu sebeple seçimde, topluluktaki bireylerin çeşitlendirmesini daraltan bir yöntemin uygulanması iyi sonuç vermeyebilir (Back vd., 2000).

Darwin' in evrim teorisine göre en iyi olan bireyler hayatta kalmalı ve bunlar yeni bireyleri oluşturulmalıdır. Bu popülasyon havuzu içerisinde en iyi kromozomları seçmek için, Rulet Tekerleri seçimi, Boltzman seçimi, Turnuva seçimi, Sıralama seçimi, Sabit Durum seçimi gibi birçok işlem vardır.

a) Rulet Tekerleri Seçimi: Rulet Tekerleri seçiminde, bütün kromozomlar uyum değerlerine göre bir rulet etrafında dağıtılırlar. Rulet üzerinde uyum değerlerine göre sıralanan kromozomlar rasgele olarak seçilirler. Bu şekilde her birey seçilmek için kendi uyum değerine göre bu rulet tekerinden bir pay almaktadır. Daha büyük alana sahip bireyin seçilme şansı daha fazla olacaktır. Bu metod yardımıyla kromozomlar istatistiksel yöntemler kullanılarak uygunluk fonksiyonu değerlerinin toplam uygunluk fonksiyonuna oranları ölçüsünde seçilirler. Ancak bu seçim yönteminde uyum değeri büyük olan bireylerin seçilme olasılığı yüksek olduğu için, hep aynı kromozomların seçilmesine neden olmaktadır. Bu da popülasyon içindeki çeşitliliği etkileyerek sorun yaratır.

b) Sıralama Seçimi: Sıralama seçiminde, önce popülasyon içindeki bütün bireyler sıralanmakta ve daha sonra her kromozomun bu sıralamadaki uygunluğu aranmaktadır. Bu yöntem ile popülasyondaki bütün bireylerin seçilme şansının oluşmasına karşın, en iyi birey ile diğerleri arasındaki farkın çok fazla olmamasından dolayı çözüme ulaşmak yavaş olmaktadır.

c) Sabit Durum Seçimi: Sabit Durum Seçimi yönteminde, ebeveynlerin seçimi için kromozomların büyük parçaları bir sonraki jenerasyona taşınmalıdır. Her nesilde yeni bir birey oluşturmak için büyük uygunlukta iyi olan birkaç kromozom seçilir. Daha sonra az uygunlukta bazı kromozomlar atılır ve yeni birey onların yerine getirilir. Popülasyonun geri kalanı değiştirilmeden yeni nesile aktarılır.

d) Seçkinlik: Çaprazlama ve mutasyonla yeni popülasyon üretildiği zaman, en iyi kromozomun kaybedilme olasılığı ortaya çıkmaktadır. Seçkinlik ilkesine göre, popülasyonda mevcut olan en iyi kromozom veya kromozomlar yeni jenerasyona değiştirilmeden aktarılır. Popülasyondaki diğer bireyler için ise mutasyon ve çaprazlama işlemleri aynı

şekilde uygulanır. Elitizm, bulunan en iyi sonucun kaybını engelleyerek Genetik Algoritmalarından hızlı sonuç alınmasını sağlar.

### **2.1.2 Çaprazlama**

Çaprazlama operatörü ile iyi uygunluk değerine sahip iki bireyin iyi özelliklerini birleştirerek daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Fakat hangi özelliklerin iyi performans sağladığına yönelik bir fikir edinilemediği için özelliklerin değiş tokuşu şeklinde birleşim rastlantısal olarak gerçekleştirilir. Bu şekilde rastlantısal olarak yapılan birleşimler ile iyi sonuçlar alınması beklenir. Bazen en kötü özelliklerin toplandığı bir birey oluşumu da söz konusu olabilir. Bu durumda bu birey elenecektir (Back vd., 2000).

### **2.1.3 Mutasyon**

Genetik Algoritmalarda, popülasyonda çeşitlendirme sağlanması için mutasyondan faydalanılır. Mutasyonda genlerden biri rastlantısal olarak değiştirilir. Genellikle kullanılan mutasyon oranı, birin birey gen uzunluğuna bölümü seviyesindedir. Örneğin 100 gen birimine sahip bir birey için oran 0.01'dir. Diğer deyişle rastlantısal olarak düşünüldüğünde her bir genin mutasyona uğrama olasılığı % 1'dir (Back vd., 2000).

## **2.2 Genetik Algoritma Yordamı**

Genetik operatörlerin kullanımı ile en iyi uygunluk değerine ulaşmaya çalışan genetik algoritmaların akış diyagramına göre algoritmanın durması için sağlanması gereken kriter, genellikle belli bir uygunluk değerinin yakalanması veya belirlenen sayıda döngünün sağlanması olarak verilmektedir.

Bu noktada Genetik Algoritmaların uygulama adımları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

a) Başlangıç: Olası çözümlerin kodlandığı bir çözüm grubu oluşturulur. n adet kromozom içeren toplumun oluşturulması ve problemin kodlanması ile başlanılır. Çözüm grubuna popülasyon ya da toplum adı verilir. Çözüm grubundaki, her çözüm kodu da kromozom olarak adlandırılır. Burada problemin çözümünde önemli olan ilk faktör ise popülasyon genişliğinin belirlenmesidir. Bunun için genel bir yargı belirtilmemekle birlikte, 100-300 aralığında bir değer uygun görülmektedir. Popülasyon genişliği, popülasyon içindeki birey sayısını veren bir büyüklüktür. Bu büyüklüğün seçimine etki eden faktörler ise yapılan işlemlerin karmaşıklığı ve aramanın derinliğidir. İlk yaklaşımda popülasyon rasgele oluşturulur. Daha sonra, birey sayısı yani popülasyon genişliğine karar verilir. Popülasyonda var olan bütün bireyler, yani kromozomlar probleme göre uygun kodlama yöntemiyle kodlanırlar.

b) Uygunluk: Toplumdaki her kromozomun ne kadar iyi olduğu bulunur. Her x kromozomu için uygunluk fonksiyonunun (F(x)) değeri hesaplanır. Bu fonksiyona göre, kromozomların uygunluklarının bulunması işlemine evrimleşme (evaluation) adı verilir. Genetik Algoritmalarda probleme özel çalışan tek kısım, amaç (uygunluk) fonksiyonudur. Uygunluk fonksiyonu, kromozomları problemin parametreleri haline getirerek, onların bir bakıma şifresini çözmekte (decoding) ve sonra bu parametrelere göre hesaplamayı yaparak kromozomların uygunluklarını bulmaktadır. Genetik Algoritmalarından beklenen performans, uygunluk (amaç) fonksiyonlarının hassas olarak belirlenmesi ile alakalıdır.

c) Yeni Toplum: Seçilen kromozomları eşleyerek yeniden kopyalama ve değiştirme operatörlerinin uygulanmasıdır. Buna göre yeni bir toplum oluşturulur ve burada kromozomların uygunluk değerlerine göre eşleşme yapılır. Eşleşme için farklı operatörlerden yararlanılır. Yeniden kopyalama (recombination) genlerdeki genetik bilginin birinden diğerine geçmesi işlemine benzediği için "çaprazlama (crossover)" olarak adlandırılır. Mutasyon işlemi ile çeşitlilik sadece bir çözüm üzerinde yapılır.

d) Değiştirme: Yeni kromozomlara yer açmak için eski kromozomlar çıkarılarak sabit büyüklükte bir toplum sağlanır.

e) Test: Eğer elde edilen sonuç tatmin ediyorsa, algoritmanın sona erdirilmesi ve son toplumun çözüm olarak sunulması adıdır. Bu aşamada; bütün kromozomların uyum değerleri tekrar hesaplanır ve popülasyonun başarısı bulunur.

f) Döngü: Test sonucuna göre eğer istenilen uygunlukta bir sonuca ulaşılmamışsa tekrar ikinci adıma geri dönülerek işlemler tekrarlanıp döngü oluşturulur. Döngüye göre, işlemler tekrar edilerek, verilmiş zaman içerisinde daha iyi olan yeni nesiller oluşturulur.

g) Sonuç: Yeterli uygunlukta bireyler elde edildiğinde en iyi ya da en iyiye yakın sonuç elde edilmiş olur.

## 2.3 Kromozomların Şifrelenmesi (Encoding)

Kromozomların şifrelenmesi için dört farklı yöntem kullanılmaktadır. Bunların içerisinde hangisinin seçileceği ve kromozom kodlamalarının nasıl yapılacağı probleme göre değişmektedir.

### 2.3.1. İkili Kodlama

Bu kodlama biçiminde, kromozomdaki genler 0 ve 1 değerlerini almakta ve kromozom bu değerlerin bir vektör şeklinde yazılması ile oluşmaktadır. Her gen kromozom için bir özelliği ifade etmekte ve kromozom değerinin uyum değeri hesaplanmaktadır. Bu tip kodlamalar, küçük problemler için uzun vektörlerin oluşmasına neden olmaktadır.

### 2.3.2. Permütasyon Kodlama

Bu kodlama, gezgin satıcı problemi ve iş sıralama problemleri gibi permütasyon problemlerinde kullanılmaktadır. Permütasyon kodlama içerisinde de ikili kodlama sistemi kullanılabilir. Bu tip bir kullanımda, sistemde tanımlanacak değerlerin uzunluğu ile probleme katılacak gen sayısının çarpımı kromozomun büyüklüğünü vermektedir.

### 2.3.3. Değer Kodlama

Gerçek sayılar gibi kompleks sayıların kullanıldığı problemlerde de bu tip kodlama kullanılır. Her kromozom değerler dizisi halini alır. Değerler dizisi, probleme özgü olarak değişmekte ve gerçek sayı, karakter ve kompleks nesnelere dönüşmektedir.

### 2.3.4. Ağaç Kodlama

Ağaç kodlamada, her kromozom nesnelere ve nesnelere arası işlemleri içeren bir ağaç yapısından oluşur. Ağaç kodlama, program geliştirmek için kullanılan en ideal kodlama biçimlerinden birisidir. Ağaç kodlamada, çaprazlama ve mutasyon operatörleri de daha kolay uygulanmaktadır.

## 2.4 Gen Takası (Çaprazlama) ve Mutasyon

### 2.4.1 İkili Kodlanmış Kromozomlar

a) İkili Kodlanmış Kromozomlarda Çaprazlama İşlemi: İkili kodlamalarda çaprazlama işlemi 4 şekilde yapılmaktadır.

- Tek Noktalı Çaprazlama: Çaprazlama için bir çaprazlama noktası seçilir. Bu noktaya kadar olan genler birinci kromozomdan, bu noktadan sonraki genler ise ikinci kromozomdan alınarak yeni kromozomlar oluşturulur.
- Çift Noktalı Çaprazlama: İki farklı kırılma noktası seçilerek çaprazlama işlemi tamamlanır.
- Tek Biçimli (Üniform) Çaprazlama: Ebeveyn kromozomdan yeni birey oluşturma işlemi rasgele olacak şekilde yeni kromozoma kopyalama ile yapılır.
- Aritmetik Çaprazlama: Yeni kromozom oluşturmak için değişik aritmetik işlemler uygulanır.

b) İkili Kodlanmış Kromozomlarda Mutasyon İşlemi: Mutasyon işlemi daha önce de belirtildiği gibi problemin yerel minimumlara takılmasını engellemek için kullanılır. Mutasyonda, yeni bireyin geni rasgele olarak değiştirilir. İkili kodlama içerisinde, 0 ve 1'lerden oluşan kodlamada; 0 olan genler 1'e, 1 olan genler 0'a dönüştürülmek suretiyle yapılmaktadır.

### 2.4.2 Permütasyon Kodlanmış Kromozomlar

a) Permütasyon Kodlanmış Kromozomlarda Çaprazlama İşlemi: Bir çaprazlama noktası seçilmekte ve bu noktaya kadar olan ifade birinci ebeveyn, geriye kalan ise diğer ebeveyn kopyalanarak yeni kromozom oluşturulmaktadır.

b) Permütasyon Kodlanmış Kromozomlarda Mutasyon İşlemi: Permütasyon kodlanmış kromozomda iki gen seçilir ve bunların yerleri değiştirilir.

### 2.4.3 Değer Kodlanmış Kromozomlar

- Değer Kodlanmış Kromozomlarda Çaprazlama İşlemi: İkili kodlanmış kromozomlarda yer alan tüm çaprazlama türleri burada da uygulanır.
- Değer Kodlanmış Kromozomlarda Mutasyon İşlemi: Seçilen değerlerden küçük bir sayı çıkartılarak veya eklenerek yeni bir kromozom oluşturulur.

### 2.4.4 Ağaç Kodlanmış Kromozomlar

- Ağaç Kodlanmış Kromozomlarda Çaprazlama İşlemi: Her iki ebeveynde birer takas noktası seçilerek parçalanır.
- Ağaç Kodlanmış Kromozomlarda Mutasyon İşlemi: Seçilen düğümlerdeki numaralar veya işlemler değiştirilir.

## 2.5 Genetik Algoritmaların Parametreleri

### 2.5.1 Mutasyon Olasılığı

Mutasyon olasılığı (pm) mutasyonun hangi sıklıkta yapılacağını belirler. Yeni birey eğer mutasyona tabi tutulmazsa bu birey çaprazlama veya kopyalama sonrasında olduğu gibi kalır. Eğer mutasyon olur ise yeni bireyin bir kısmı değiştirilmiş olur. Eğer bu oran %100 olursa kuşak içindeki bireyler tamamen değişir, %0 olursa hiç değişmeden kalır. Mutasyon olasılığının (değiştirme olasılığı) aralığı 0.01-0.001' dir.

### 2.5.2 Çaprazlama Olasılığı

Çaprazlama olasılığı çaprazlamanın hangi sıklıkta yapılacağını belirtmektedir. Eğer hiç çaprazlama işlemi yapılmazsa (çaprazlama olasılığı %0) yeni bireyler eski bireylerin aynısı olmaktadır. Ancak bu olay yeni jenerasyonun eskisi ile aynı olduğu anlamına gelmemektedir. Eğer bu oran %100 olursa yeni bireyler tamamıyla çaprazlama ile elde edilmiştir denir. Çaprazlama işlemi, eski bireylerden iyi taraflar alınarak elde edilen yeni bireylerin daha iyi olması umuduyula yapılmaktadır. Eğer çaprazlama yapılmayacaksa seçilen iki kromozom aynen gelecek jenerasyon için kopyalanır. Eğer çaprazlama uygulanacaksa, seçilen iki kromozom gelişigüzel bir noktadan kesilip iki kromozomun kesilen noktalarından itibaren genler yer değiştirilir. Yer değiştiren bu kromozomlar potansiyel olarak yeni birey olmaya elverişlidir. Çaprazlama olasılığı (gen takası) aralığı 0.5-1.0' dir.

### 2.5.3 Diğer Parametreler

Diğer önemli parametre popülasyon büyüklüğüdür. Popülasyon büyüklüğü, popülasyonda kaç tane birey olacağını gösterir. Popülasyon büyüklüğünün, optimum değerden uzak olması algoritmanın performansını etkilemektedir. Eğer popülasyondaki birey sayısı az ise arama uzayında bulunan çözümler yeterli gelmeyecek ve birey yerel minimumlara takılacaktır.

## 3. KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

Karar Destek Sistemleri (KDS), yöneticilerin karar vermesine yardımcı olan interaktif ve bilgisayar ortamında olan sistemlerdir. Bu sistemler yöneticilerin karar vermede yardımcı olacak veriye ulaşmasına, özetlemesine ve analiz etmesine yardımcı olur. Bu sistemler sadece veri odaklı veya model odaklı karar destek sistemleri şeklinde olmaktadır. KDS' ler tüm kurum çapında geniş kullanıcı gruplarını destekleyen ağ bağlantılı veri ambarları olabileceği gibi, tek bir yöneticinin masasında yüklü bir program da olabilir. Başarılı bir KDS tasarlamak ve hayata geçirmek için en önemli kriter, ne çeşit bir sistem inşa etmeye çalışıldığını bilmekle beraber, iş hedefleri ve ihtiyaçları doğrultusunda analiz yapabilmek için gereken bilgilerin operasyonel sistemde güncel olarak beslenmesini sağlamaktır.

Karar destek sistemleri, karar vericilerin yarı-yapılanmış ve yapılanmamış veri ve modellerden yararlanmalarına yardım ederek, modern analitik tekniklerle tavsiyelerde bulunan bilgisayar tabanlı ve etkileşimli sistemlerdir.

Karar destek sistemleri karar vermenin yeterliliğini geliştirmekten çok, etkinliğini geliştirmeyi hedefler. Bu sistemlerin amaçları yönetsel hükümleri yerleştirmek değil, bu hükümleri desteklemektir. Karar destek sistemleri, karar vericilerin kendi özel koşul ve tercihlerini anlamalarında oldukça değerli yardımcılardır.

Ancak karar destek sistemlerinin (KDS) farklı işlev ve özellikleri sayesinde kullanıcıya sağladığı katkılar yanında bir takım yetersizlikleri de mevcuttur. Bunlar;

- KDS' nin kullanıcıya yakınlığı yetersizdir. Genel olarak kullanıcılar, uygulama ve bilgisayar sistemi hakkında çok şey bilmek isterler. Ancak, kullanıcının yeterli düzeyde bilgisayar bilgisi yoksa bu sistemlerden faydalanması sınırlı kalır.
- KDS' nin fonksiyonelliği ve esnekliği kısıtlıdır.
- KDS' nin çözüm için bir açıklama mekanizması yoktur.

KDS' nin bu eksiklikleri, bütünlük bir yapı içerisinde yapay zekâ kullanan bilgi tabanlı sistemlerin kullanılmasıyla giderilebilir. Böylece gerçek zamanlı çalışan ve çok zor işlerin yürütülmesini sağlayan sistemler oluşturulabilir.

Bilgi tabanlı sistemlerin temel bileşenleri, geleneksel karar destek sistemi elemanları ile bütünleştirildiğinde daha güçlü bir karar desteği sağlanmakla birlikte daha kaliteli kararların verilebilmesine olanak sağlarlar. Böylece yeni sistem; bilgi tabanlı sistem ve karar destek sistemlerinin her birinin ayrı ayrı yararlarını, sistemin kullanıcılarına sunar.

Hem karar destek sistemleri fikrinin, hem de bilgi tabanlı sistem yaklaşımının bütünlükmesi ve sonuçta yeteneklerinin artması ile mantıksal bir genişleme sağlanmaktadır. Yani eldeki problemin özel karakterlerine bağlı olarak, analitik araçları (matematiksel model ve algoritmalar) ve bilgi tabanlı sezgisel yaklaşımları aynı problem için birlikte kullanma olanağı sağlarlar.

Karar Destek Sistemlerinin sağladığı bu bütünlük bilgi tabanlı yaklaşım, karayolu güzergâh optimizasyonu uygulamalarında sonuç ürünün veya ürünlerinin kullanıcı tarafından hazırlanmış ara yüz programı vasıtası ile görülmesine ve kullanıcının en son olarak bırakılan sonuç ürünlerini kendi tecrübe ve bilgisi ile seçmesine olanak sağlar. Ayrıca oluşturulan ara yüz programı ile genetik algoritmaların temel operatörlerinin ve parametrelerinin kullanıcı tarafından seçilerek, problemin biçimine göre değiştirilmesine olanak sağlar.

#### **4. KARAYOLU GÜZERGÂH OPTİMİZASYONUNDA GENETİK ALGORİTMALARIN KULLANIMI**

Çok fazla seçenek altında belirsizlik söz konusu olan çalışmalarda Genetik Algoritmaların kullanılması çözüm adayları için muhtemel sonuçların bulunmasına olanak sağlamaktadır. Problemin karmaşıklığından dolayı ve çözüm için çok fazla sayıda alternatif olması nedeniyle çok fazla alternatif güzergâh çalışmaları yapılmakta ve ön etüd maliyetleri hesaplanmaktadır. Ancak yine de tam olarak optimum çözüme ulaşamama durumu söz konusu olabilmektedir. Bu tip problemler için uygun çözümler veren Genetik Algoritmaların karayolu güzergâh optimizasyonunda kullanılmaları makul ve kabul edilebilir sonuçlar vermektedir. Çok fazla sayıda kısıt ve kriterin göz önüne alınması gereken karayolu güzergâh optimizasyonu problemleri, sunulan bu yaklaşım ile en uygun veya en uyguna yakın sonuçları çözüm olarak verebilmektedir.

Karar Destek Sistemlerinin ise sağladığı bu bütünlük bilgi tabanlı yaklaşım, karayolu güzergâh optimizasyonu uygulamalarında sonuç ürünün veya ürünlerinin kullanıcı tarafından hazırlanmış ara yüz programı vasıtası ile görülmesine ve kullanıcının en son olarak bırakılan sonuç ürünlerini kendi tecrübe ve bilgisi ile seçmesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca oluşturulan ara yüz programı ile genetik algoritmaların temel operatörlerinin ve parametrelerinin kullanıcı tarafından seçilerek, problemin biçimine göre değiştirilmesine olanak tanınmaktadır.

Genetik yapının oluşturulmasında en önemli etken amaç fonksiyonunun doğru seçilmesidir. Karayolu projelerinde amaç fonksiyonu toplam maliyetin minimum olma koşuluna göre değerlendirilir. Toplam maliyet olarak alınacak değerler, çoğu karayolu projesi için aynı iken bazı değişiklikler de içerebilir.

Üç boyutlu karayolu güzergâh optimizasyonun genetik algoritma uygulamasında seçilen formu, işletme maliyeti, kullanıcı maliyeti ve ceza maliyetleri ile bunların içinde yer alan alt grup maliyetlerinin toplamı olan maliyetin minimum olma koşuluna göre güzergâhlar seçilir.

#### **5. ÖNERİLER**

Hem yatay tasarımın hem de dikey tasarımın aynı anda yapıldığı üç boyutlu karayolu güzergâh optimizasyonu problemlerinde evrimsel programlama teknikleri ile birlikte kullanılacak bir diğer sistemde coğrafi bilgi sistemleridir. Bütünlük bir yapıda kullanılan bu sistemler ayrıntılı maliyet hesaplamalarına olanak sağlamaktadır. Bununla birlikte, Genetik Algoritma ile amaç fonksiyonunun doğrusallık ve diferansiyellik gibi engeller ile sınırlanmasının ortadan kalkması durumunda, ayrıntılı maliyet fonksiyonuna dayalı güzergâh optimizasyonunun yapılması olanaklı hale gelmektedir. Buna ek olarak, çalışma bölgesine ait detaylı coğrafi bilgiler mevcut ise

oluşturulacak programa maliyet çıktısı olarak yer bağımlı maliyeti ve toprak işi maliyeti hesapları da eklenerek bu bilgilerin kullanılması ile algoritma genişletilebilmektedir.

Literatürde bahsi geçen güzergâh oluşturma işlemleri için öncelikli adım olan yatay güzergâhın tasarım çalışmasında yatay some noktalarının sayısının ve yerinin seçilmesi rastlantısal hale getirilebilir. Ayrıca, oluşturulan algoritmanın Yapay Sinir Ağı içerisinde eğitilmesi, yani evrimsel eniyileme için Yapay Sinir Ağlarının kullanımı, problemde çözüme yaklaşımı güçlendirecektir. Yapay Sinir Ağı ile Güçlendirilmiş Genetik algoritmaların kullanımı farklı bir yaklaşım getirebilir.

Çözüm için kullanılacak operatörler, probleme özgü olarak değiştirilip geliştirilebilmektedir. Algoritmanın tamamlanması için zaman kısıtı ya da jenerasyon sayısı kısıtlarından birisi konulabilmektedir. Buna göre hesaplama zamanına göre önerilen programın etkisinin ne kadar olduğu da bulunabilmektedir. Eğer model kullanıcısı, optimum güzergâhlar için öncül bilgi ve fikirlere sahip ise, bu gibi çözümler başlangıç popülasyonuna dahil edilebilmektedir. Buna karşın kullanıcıların tercih edilen başlangıç sonuçlarına sahip olmamaları durumunda bile, oluşturulacak program ile optimum çözüm desteklenebilir. İnsan gücü ile yapıldığında yorulma gibi sorunlar ortaya çıkmasına karşın, bu tip sürekli tekrarlanan hesaplamalarda, bilgisayarlaştırılmış tasarım aracı, kayda değer bir hesaplama hızı sunarken daha iyi sonuç vermektedir.

## KAYNAKLAR

**Akay, D., Çetinyokuş, T. ve Dağdeviren, M.,** 2002. *Portföy Seçimi Problemi İçin KDS/GA Yaklaşımı*, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 17(4), 125-138.

**Aydoğmuş K.,** 1984. *Çocukta Zeka Geriliği*, Psikiyatri, Düzenleyen S. Özaydın, İstanbul Tıp Fakültesi Kitapları

**Back.,T., Fogel, D.B. ve Michalewich, T.,** 2000. *Evolutionary Computation 1: Basic Algorithms and Operators*, Institute of Physics Publishing , Bristol and Philadelphia.

**Bielli, M., Caramiao, M., Carotenuto, P.,** 2000. *Genetic Algorithms in Bus Network Optimization*, Transportation Research Part C 10, 19-34

**Bingül, Z., Sekmen, A.S., Palaniappan, S. ve Sabattp, S.,** 2000. *Genetic Algorithms Applied to Real Time Multiobjective Optimization Problems*, Proceedings of the 2000 IEEE SoutheastCon Conference, 95-103.

**Ceylan, H. And Bell, M.G.H.,** 2003. *Traffic Signal Timing Optimisation based on Genetic Algorithm Approach, Including Drivers' routing*, Transportation Research 38B(4), pp. 329-342,2003.

**Ceylan H., Haldenbilen S.,** 2005. *Şehirlerarası Ulaşım Talebinin Genetik Algoritma ile Modellenmesi*, İMO Teknik Dergi, 2005 3599-3618, Yazı 238

**Drezner, Z., Wesolowsky, G.O.,** 2002. *Network design: selection and design of links and facility location*, Transportation Research Part A 37, 241-256

**Er, H., Çetin, M.K., Çetin, E.İ.,** 2005. *Evolutionary Algorithmic Approaches in Finance: Applications of Genetic Algorithms*, Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi (10) 2005, 73-94

**Goldberg. D.E.,** 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine learning*, Addison-Wesley, Harlow, England, 1989.

**Jha, M.K.,** 2003. *Criteria-Based Decision Support System for Selecting Highway Alignments*, Journal of Transportation Engineering, Vol:129

**Jha, M.K., Schonfeld, P.,** 2004. *A highway alignment optimization model using geographic information systems*, Transportation Research Part A 38, 455-481

**Jong, J.C., Schonfeld, P.,** 2001. *An Evolutionary Model for Simultaneously Optimizing Three-Dimensional Highway Alignments*, Transportation Research Part B 37, 107-128

**Kim, E., Jha, M.K.,** 2004. *Intersection Modeling for Highway Alignment Optimization*, Computer Aided Civil and Infrastructure Engineering 19, 119-129



- Kim, E., Jha, M.K., Son, B.**, 2004. *Improving the Computational Efficiency of Highway Alignment Optimization Models through a Stepwise Genetic Algorithms Approach*, Transportation Research Part B 39, 339-360
- Michalewicz, Z.**, 1996. *Genetic Algorithms+Data Structures= Evaluation Programs*, Third ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 387p.
- Nabiyev, V.**, 2005. *Yapay Zeka: Problemler, Yöntemler, Algoritmalar*, Seçkin Yayıncılık, Ankara
- Pospelov D. A.**, 1990. *Expert Systems*, Znanie, Moscow
- Taniguchi E., Shimamoto H.**, 2004. *Intelligent transportation system based dynamic vehicle routing and scheduling with variable travel times*, Transportation Research Part C 12, 235-250
- Wiener N.**, 1961. *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*, 2 edition, Wiley, New York
- Zhong, M., Lingras, P., Sharma, S.**, 2003. *Estimation of missing traffic counts using factor, genetic, neural, and regression techniques*, Transportation Research Part C 12, 139-166

## İNTERNET KAYNAKLARI

URL 1, Boğaziçi Üniversitesi internet Sitesi, <http://robot.cmpe.boun.edu.tr/593/evrim.pdf>, 2007