

## Genetik Algoritmaların İşleyişi ve Genetik Algoritma Uygulamalarında Kullanılan Operatörler

Gülşah KEKLİK<sup>1\*</sup>, Bahri Devrim ÖZCAN<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü Biyometri ve Genetik Anabilim Dalı, Adana

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0002-1775-2773>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-9198-656X>

\*Sorumlu yazar: gulsahkeklik@gmail.com

### Derleme

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 12.08.2022

Kabul tarihi: 19.01.2023

Online Yayınlanma: 10.03.2023

#### Anahtar Kelimeler:

Genetik algoritma

Genetik operatörler

Seleksiyon

Çaprazlama

Mutasyon

### ÖZ

Genler, canlılardaki görünüş, davranış, kişilik gibi özellikleri belirleyen ve bu canlılarla ilgili bilgi edinmek üzere kullanılan birimler olması ile birlikte canlıya ait bir özelliği denetleyen kromozom parçası olarak tanımlanmaktadır. İlk kez bir mühendis ve biyolog olan Holland tarafından 1975 yılında kullanılan genetik algoritma (GA), canlılardaki genetik kod mantığı aracılığı ile karmaşık problemleri hızlı ve kolay bir biçimde en iyi çözüme ulaştırmayı hedeflemektedir. Genetik algoritmalar, bir çözüm uzayındaki her noktayı, kromozom olarak adlandırılan ikili bit dizisi şeklinde kodlamaktadır. Bu noktaların her birine ait bir uygunluk değeri vardır. Dolayısıyla, tek bir nokta yerine noktalar kümesini muhafaza etmektedir. Genetik algoritmalar, çözümlerin kodlanması, uygunlukların hesaplanması, seçim, çaprazlama ve mutasyon operatörlerinin uygulanması adımlarını içermekte olup bu operatörlerden faydalanarak yeni bir popülasyon oluşturmaktadır. Bu derleme makalesinde genetik çalışmalarda çözümü oldukça zor olan problemlerin çözümünü kolaylaştırmak ve kısa zamanda mümkün olan en iyi çözümü ortaya çıkarmak adına geliştirilmiş olan genetik algoritmaların işleyişi ve uygulamalarında kullanılan operatörler ele alınmıştır.

## Functioning of Genetic Algorithms and Operators Used in Genetic Algorithm Applications

### Review

#### Article History:

Received: 12.08.2022

Accepted: 19.01.2023

Published online: 10.03.2023

#### Keywords:

Genetic algorithm

Genetic operators

Selection

Crossover

Mutation

### ABSTRACT

Genes are defined as the parts of chromosomes that determine features such as appearance, behaviour and personality in living things and are used to obtain information about these living things, as well as control a feature of the living thing. Genetic algorithm (GA), which was first used by Holland, an engineer and biologist, in 1975, aims to quickly and easily find the best solution to complex problems through the logic of the genetic code in living things. Genetic algorithms encode each point in a solution space as a binary string of bits called chromosomes. Each of these points has a fitness value. Hence, it preserves a set of points rather than a single point. Genetic algorithms include the steps of coding solutions, calculating fitness, applying selection, crossover, and mutation operators, and creating a new population by using these operators. In this review, operators used in the operation and applications of genetic algorithms, which have been developed to facilitate the solution of problems that are very difficult to solve in genetic studies and to reveal the best possible solution in a short time, are discussed.

**To Cite:** Keklik G., Özcan BD. Genetik Algoritmaların İşleyişi ve Genetik Algoritma Uygulamalarında Kullanılan Operatörler. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2023; 6(1): 1052-1066.

## 1. Giriş

Karmaşık günümüz şartları sebebiyle problemlere pratik çözüm üreten güncel çözüm metotları arayışı ortaya çıkmıştır. Sert (hard) optimizasyon yöntemleri yerine, yumuşak hesaplama (soft computing) ve evrimsel algoritma (evolutionary algorithm) yaygın bir halde kullanılmaya başlanmıştır. Bu anlamda, genetik algoritmaların diğer yumuşak hesaplama yöntemleri ile beraber kullanıldığı hibrid (hybrid) çözümlerin geliştirilmesi için çalışılmaktadır.

Genetik algoritmalar, temelde doğal seçime dayanan arama ve sayısal optimizasyon yöntemlerinden biridir ve evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçasını oluşturarak zor problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Genetik algoritmalar, biyolojik evrimin işleyişini izleyerek bazı doğal olayları modellemektedir. Genetik algoritmaların, fonksiyon optimizasyonu, deneysel çalışmaların optimizasyon aşaması, mekanik öğrenme, finans, pazarlama, tasarım, çizelgeleme, hücresel üretim, endüstriyel uygulamalar, sınıflandırmalar gibi başlıca alanlarda iyi sonuçlar vermesi mümkündür (Emel ve Taşkın, 2002). Genetik algoritmalar, tipik optimizasyon yöntemlerine kıyasla parametre kümesi yerine kodlanmış şekilleri kullanır ve sadece amaç fonksiyonuna ihtiyaç duyar. Böylece, kısa zamanda çözüm elde edilmiş olur (Goldberg, 1989).

Evrimsel hesaplama ilk olarak Rechenberg'in "Evrimsel Stratejileri" adlı eserinde bahsedilmiştir (Rechenberg, 1973). Holland, bilgisayar aracılığıyla genetik algoritmaları oluşturan ilk kişidir (Holland, 1975). 1989 yılında, Holland'ın öğrencisi olan Goldberg, "Makine Öğrenmesi, Arama ve Optimizasyonu İçin Genetik Algoritma" isimli kitabında genetik algoritmaların çeşitli konularda kullanılabilmesini ve temel ilkelerin ortaya atılmasını takiben genetik algoritmalarla ilgili çok sayıda bilimsel çalışma yayımlandığını belirtmiştir (Goldberg, 1989). Koza, 1992 yılında yapmış olduğu bir çalışmada genetik algoritmadan faydalanarak genetik programlamanın gelişmesine katkı sağlamıştır (Koza, 1992). Reeves, hükümetler tarafından genetik algoritma tabanlı projelere, diğer bazı projelere oranla daha fazla bütçe ayrıldığını ifade etmiştir (Yeniay, 2001). Dolayısıyla bu durumun, birtakım yapay zekâ tekniklerine göre avantajları olduğu söylenebilmektedir.

### **Genetik Algoritma ve Genetik Algoritma ile İlgili Tanımlar**

İnsan hayatını yöneten genler, canlılarda davranış, kişilik, görünüş vb. nitelikleri belirlemek ve canlılara dair bilgi edinmek üzere kullanılan yapıtaşlarıdır (Man ve ark., 1999). Genetik algoritmanın kökeni Charles Darwin'e dayanmaktadır. Darwin, 1859 yılında yayınlanan "Türlerin Kökeni" adlı yapıtında birtakım tezler ortaya sunmuştur (Beasley ve ark., 1999; Özkan, 2003). Bu tezler:

- I. Türler daima bir gelişim gösterirler.
- II. İnsanların kökeni maymunlar olabilir.
- III. Üreme potansiyeli yüksek olmasına rağmen sağ kalan bireylerin sayısı oldukça düşüktür.
- IV. Bir türe ait bireyler arasında yüksek farklılıklar söz konusudur.

V. Bu farklılıklar kalıtsal bir şekilde evlatlara aktarılmaktadır.

İlk defa 1975 yılında, Holland tarafından oluşturulan genetik algoritma, genetik kod aracılığıyla en iyi sonuca ulaşmayı amaçlamaktadır. Bu sonuç, doğal seçilimi yani en iyi olan bireyin yaşama olasılığının daha mümkün olduğunu ifade etmektedir. Genetik algoritma kullanımı sonucunda sağ kalan birey en iyi sonuç olarak alınmaktadır (Man ve ark., 1999).

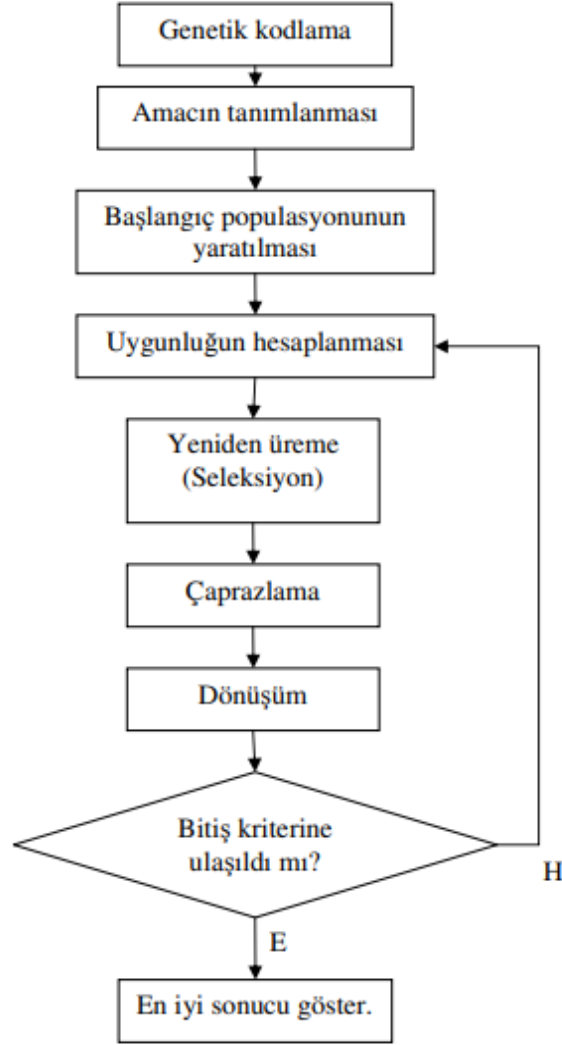
Genetik algoritmaya ilişkin tanımlara aşağıda yer verilmiştir (Tablo 1; Goldberg, 1989; Vural, 2005):

**Tablo 1.** Genetik algoritma ile ilgili bazı terimler, genetik algoritmadaki karşılıkları ve tanımlar (Goldberg, 1989; Vural, 2005).

Terimler	Genetik Algoritmadaki Karşılıkları	Tanımlar
Gen	Karakter özelliği	Bit şeklinde de tanımlanmaktadır. Bireyin değerini ifade eden terimdir.
Kromozom	Birey	Dizi şeklinde tanımlanmaktadır. Genler bir araya gelerek kromozomları oluşturmaktadır.
Genotip	Gen yapısı	Kromozomlardaki birtakım gen topluluklarıdır.
Fenotip	Deşifre edilmiş yapı	Deşifre edilmiş genotipi ifade etmektedir.
Allel	Özellik değeri	Genlerin alabildiği farklı değerler topluluğudur.
Lokus (Locus)	Karakterin pozisyonu (yeri)	Genin kromozom üzerindeki pozisyonudur.
Popülasyon	Aday çözümler topluluğu	Bir araya gelen kromozomlar ile oluşan topluluklardır ve 10 ila 100 değerleri arasında değişim göstermektedir.
Uygunluk Fonksiyonu	Amaç fonksiyonu	Bireyin uyumunu gösteren değer olup bu değer yüksek olması, sağ kalma olasılığının da yüksek olmasını belirtmektedir.
Seleksiyon	Seçim	Sağ kalan canlıların popülasyondan seçilmesidir.

### Genetik Algoritmaların Çalışma Prensibi

Genetik algoritmalar, Şekil 1'de verilen akış şemasındaki prensibe göre çalışmaktadır. İlk olarak, eldeki problem için rastgele  $n$  kromozoma sahip bir popülasyon oluşturulmaktadır. Sonrasında, popülasyondaki kromozomların her biri için  $f(x)$  uygunluk fonksiyonu hesaplanmaktadır. Kromozomları problemin parametreleri haline getirerek hesaplama yapan bu fonksiyonun verimli ve hassas olması, genetik algoritmaların sonuçlarını başarılı kılmaktadır. Yeni bir popülasyon elde edene kadar aşağıda verilmiş olan aşamalar tekrar edilmektedir (Şekil 1; Zhou, 2006; Altay, 2007):



Şekil 1. Genetik algoritmanın aşamaları (Zhou, 2006; Altay, 2007)

**1. Aşama (Genetik Kodlama):** Fenotipin genotipe dönüştürülme adımıdır. Kromozoma ait yapı aşağıdaki gibidir:

$$S = s_1 s_2 \dots s_j \dots s_n \quad (1)$$

$s_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  genleri,  $i$  değeri de genin lokusunu ifade etmektedir.  $s_i$  geninin farklı değerleri allel şeklinde ifade edilmektedir. Kromozom uzunluğunu ifade eden ( $n$ ) genellikle sabit tutulmaktadır (Sakawa, 2002). Bir sayıyı genetik şifre şekline dönüştürme işlemi bir fonksiyon olarak incelemek mümkündür. Fonksiyondaki fenotipler çözüm uzayında, genotipler ise kod uzayında yer almaktadırlar. Çözüm uzayı ve kod uzayının bire bir eşlenebilir olması, herhangi bir kodlama fonksiyonunun başarılı olabilmesi için gereklidir (Eren, 2002). Kodlama için gerçek sayılar, tam sayılar, harfler ya da birtakım semboller uygun olmasına rağmen Holland'ın geliştirdiği 0-1 ikili kodlama sistemi en sık kullanılan

yöntemdir. Genetik algoritmanın işleyişi, kodlamanın hatasız bir şekilde yapılması açısından önem arz etmektedir (Sakawa, 2002).

Genetik algortmada bağımsız parametreler, kromozomlar içerisinde kodlanmaktadır. İki farklı kodlama tekniği bulunmaktadır. Bunlar:

**İkili kodlama:** Bu kodlama türünde sayılar, ikilik sisteme göre 0 ve 1'den meydana gelmektedir.

**Permütasyonlu kodlama:** Bu kodlama, sıralama problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Kromozomların her biri, dizideki bir sırayı belirten sayılardan meydana gelmektedir.

Büyük popülasyonlarda, çözüm uzayının iyi örneklenmesi dolayısıyla arama etkinliği artmaktadır. Ancak, küçük popülasyonlarda, çözüm uzayı iyi örneklenememe ve ani yakınsama sorunlarıyla karşı karşıya kalabilmektedir (Altıparmak ve Dengiz, 1998).

**2. Aşama (Amacın Tanımlanması):** Bir çözüm kümesindeki çözümlerin uygunluğunu tespit etmek amacıyla bir amaç fonksiyonu tanımlanmaktadır. Formülleştirmenin güç olduğu problemlerdeki basit kullanımı, genetik algoritmanın faydalarından biridir.

**3. Aşama (Başlangıç Popülasyonunun Yaratılması):** Bu aşamada, algortmada yer alacak bireyler (ebeveynler) oluşturulmaktadır. Birey sayısının az olması halinde, çaprazlamanın az sayıda birey arasında gerçekleşerek çeşitliliği azaltacak olması sebebi ile algortmada kullanılacak birçok değer işlenmeden atlanmaktadır. Çok sayıda birey olması durumunda ise algortma yavaşlamaktadır. Popülasyon sayısının belli bir değeri aşması halinde bu sayıyı daha da arttırmak, algortmanın verimliliği üzerinde negatif bir etkiye sahiptir. Problemin türüne göre en uygun çözümün başlangıç popülasyon sayısı farklı olup bu sayı genel olarak nesiller boyunca korunmaktadır (Özkan, 2003; Vural, 2005).

**4. Aşama (Seçim [Seleksiyon] Operatörü):** Uygunluk durumuna göre çaprazlanmak üzere popülasyondan iki tane kromozom seçilmektedir. Yüksek uyum gösteren bireylerin seçilme olasılığı daha yüksek olduğundan bu bireyin sonraki nesile kopyalanması amaçlanmıştır. A. Rulet Çemberi, B. Turnuva ve C. Elitist seçim teknikleri sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir.

A. Rulet Çemberi seçim tekniği, ilk kez Holland tarafından ortaya konmuştur (Holland, 1975). Bireylerin tamamına ait uygunluk değerleri bir tabloda yazılarak toplanır. Bu değerler, toplama bölünür ve (0-1) aralığında sayılar oluşturulup bir çizelgede bir araya getirilir. Sonrasında sayıların birbirine eklenmesi ile herhangi bir sayıya kadar gelinir ve son eklenen sayıya ilişkin çözüm seçilir.

Adım 1: Tüm fonksiyonlar için uygunluk değeri olan ( $f_i$ ) hesaplanır.

Adım 2: Toplam uygunluk değeri olan ( $\sum f$ ) belirlenir.

Adım 3: Bireylere ait seçilme olasılığı olan  $p_i = f_i / \sum f$  hesaplanır.

Adım 4: Bireylerin her biri için olasılık değerleri sınır alınır ve rassal sayı aralıkları oluşturulur.

Adım 5: Birey sayısının rassal sayı atılır.

Adım 6: Bu sayıların karşılığı olan kromozomlar yeni bireyler olarak seçilir.

B. Turnuva seçim tekniğinde, yerine koyarak ya da yerine koymadan rassal olarak  $t$  adet birey seçilmektedir ve bu büyüklük, turnuva genişliğini ifade etmektedir. Grubun en iyi bireyi yeni popülasyona kopyalanarak öncesinde belirlenen çevrim sayısının yinelenmektedir. Bunun için  $[0.5-1]$  aralığında bir  $p$  olasılığı seçilmektedir. Bu yöntem biçiminde en iyi 1. birey diğer kuşağa  $p$ , 2. birey diğer kuşağa  $p(1 - p)$  ve 3. birey ise diğer kuşağa  $p(1 - p)^2$  olasılığıyla geçmektedir.

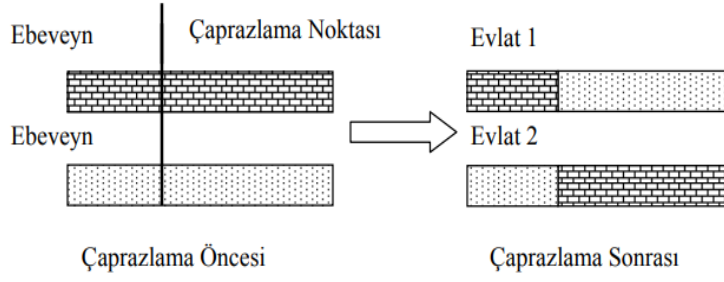
C. Elitist seçim tekniği, popülasyonun en iyi uyum sağlayan bir bireyinin korunarak sonraki nesilde olmasını garanti altına almak ve güçlü nesiller elde etmek amacıyla uygulanmaktadır. En güçlü bireyin yeni nesilde olmaması halinde en güçsüz olan birey yok edilerek hemen bir önceki nesile ait en güçlü bireyin yerine geçmesi sağlanmaktadır (Vural, 2005).

**5. Aşama (Çaprazlama [Crossover] Operatörü):** Bu operatörün amacı, popülasyonda olmayan bireylerin yaratılarak aralarındaki çeşitliliğin artırılmasıdır (Vural, 2005; Sakawa, 2002). Genel olarak çaprazlama operatörlerinin tamamında çiftleşme havuzundan iki birey alınır ve karşılıklı olarak gen değiştirilmesi sağlanır (Deb, 2011). Çaprazlama operatörünün en önemli özelliği, popülasyon içindeki herhangi bir bireyin çaprazlama olasılığı olan ( $p_c$ )'dir ve genellikle 0.6 ile 1.0 arasındaki değerleri almaktadır. Çaprazlama olasılığı nesilden nesile değişebilmektedir ve bu olasılığın küçük veya büyük değerler alması birtakım sıkıntılara yol açabilmektedir (Vural, 2005).

Seçilmiş ebeveyn kromozomlar, çaprazlama oranı dikkate alınarak yeni bireyler oluşturmak amacıyla çaprazlanmaktadır. Çaprazlama uygulanmaması durumunda bireyler atalarının tamamen kopyası olacaktır. Çaprazlamada  $L$  dizi uzunluğunu ifade eder ve  $1 \leq k \leq L - 1$  değer aralığında  $k$  tam sayısı seçilerek bu tam sayı için diziyeye çaprazlama uygulanmaktadır. Tek noktalı çaprazlama yöntemi en basit çaprazlama yöntemi olup bu yöntemin uygulanma şartı, iki kromozoma ait genlerin aynı uzunluğa sahip olmasıdır. İki noktalı çaprazlama yöntemi ise kromozomun iki noktadan kesilerek pozisyonlarının karşılıklı bir biçimde yer değiştirmesidir (Della Croce ve ark., 1995).

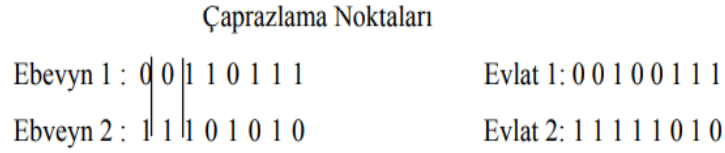
Çaprazlamada, bireylerin iyi özelliklerinin birleştirilmesi ile daha iyi çözümler oluşturması beklenmektedir. Problemin çeşidine göre en çok kullanılan çaprazlama operatörleri; (a) tek nokta, (b) iki nokta, (c) çok nokta ve (d) uniform çaprazlamadır (Katoch ve ark., 2021).

(a) Tek nokta çaprazlama, en basit çaprazlama olarak tanımlanmaktadır. Rassal olarak seçilen kromozom çiftine uygulanmaktadır. Ebeveynlerin özelliklerinden bazılarını alarak elde edilen yeni birey, her iki ebeveyninin de bir kopyası şeklindedir (Eksin ve Erol, 2001). Tek noktalı çaprazlamaya ilişkin bir örnek Şekil 2'de gösterilmiştir (Koza, 1994; Karakoca, 2009).



Şekil 2. Tek nokta çaprazlama (Koza, 1994; Karakoca, 2009).

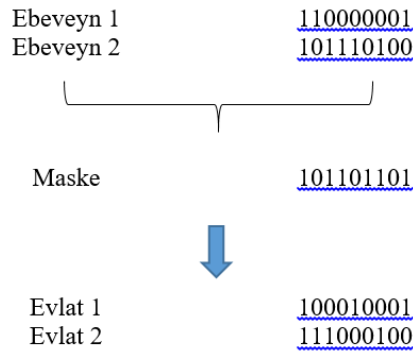
(b) İki noktalı çaprazlama, iki sabit nokta belirlenerek bu iki nokta arasındaki genlerin yer değiştirmesi ile oluşmaktadır. İki noktalı çaprazlamaya ilişkin bir örnek aşağıda şematize edilmiştir (Şekil 3; Karakoca, 2009).



Şekil 3. İki noktalı çaprazlama (Karakoca, 2009).

(c) Çok nokta çaprazlama, iki nokta çaprazlamanın uzantısı şeklindedir. Çözümler,  $k$  çaprazlama noktası ile  $k$  parçaya bölünür ve birer atlanarak oluşturulan allel bloklarının çiftler arasında değiştirilmesiyle döller elde edilmektedir (Yeniay, 1999).

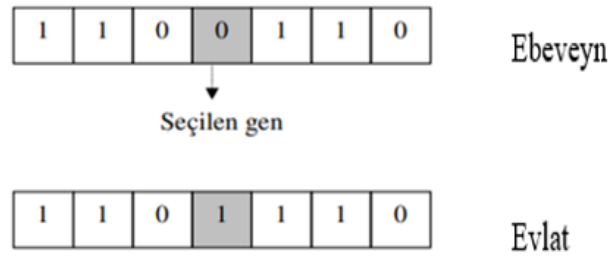
(d) Uniform çaprazlama,  $n$  noktalı çaprazlamanın spesifik bir çeşididir. Bu metotta,  $n$  genlik kromozom için  $n$  gene sahip bir çaprazlama maskesi oluşturulmaktadır. Evlat 1'e ait genler, maskede 0 genin yerindeki değer 1 ise Ebeveyn 1'den, 0 ise Ebeveyn 2'den gelmektedir. Evlat 2'ye ait genler ise maskede 0 genin yerindeki değer 0 ise Ebeveyn 1'den, 1 ise Ebeveyn 2'den gelir. Uniform çaprazlamaya ilişkin bir örnek aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 4; Sakawa, 2002; Altay, 2007).



Şekil 4. Uniform çaprazlama (Sakawa, 2002; Altay, 2007)

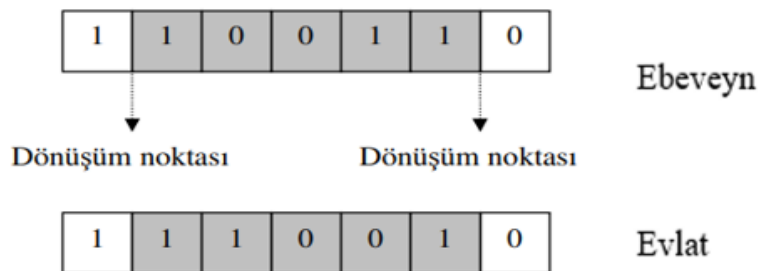
**6. Aşama (Mutasyon [Dönüşüm] Operatörü):** Mutasyon esnasında, kromozom üzerindeki DNA dizilerinden bazılarının yerleri değiştirilerek mutasyon oranına göre birtakım farklılıklar yapılmaktadır. Yeni popülasyon kabul edilerek sonrasında oluşturulan popülasyon eskisiyle yer değiştirilmektedir. Uygunluk hedef değerine erişildiğinde program durdurularak en iyi çözüm alınmaktadır (Jang ve ark., 1997). Mutasyon operatörü, yeni çözümlerin önceki çözümü kopyalamasının önüne geçmek ve hızlı bir şekilde çözüm elde etmek amacıyla kullanılmaktadır (Kurt ve Semetay, 2001). Mutasyon operatörü, nesiller boyunca yitirilmiş bir allelin geri çağrılmasında ve bir geni allellerinden biriyle değiştirmek amacıyla kullanılmaktadır (Deb, 2011).  $(p)_m$ , mutasyon operatörünün en önemli özelliği olup dönüşüm olasılığı olarak tanımlanmaktadır ve bu olasılık, bir genin mutasyona uğrama olasılığını ifade etmektedir. Popülasyonda beklenen dönüşümün değeri,  $(p)_m$ 'nin o popülasyonda bulunan gen sayısı ile çarpımına eşittir (Vural, 2005). Bu olasılık değeri genel olarak 0.001 ile 0.01 arasında değişim göstermektedir (Man ve ark., 1999). Aşağıda dönüşüm yöntemlerine ilişkin açıklamalara yer verilmiştir:

**Basit Dönüşüm:** Herhangi bir genin kromozomdan seçilerek alleli ile değiştirilmesidir (Şekil 5; Man ve ark., 1999; Altay, 2007).



**Şekil 5.** Basit dönüşüm (Man ve ark., 2001; Altay, 2007)

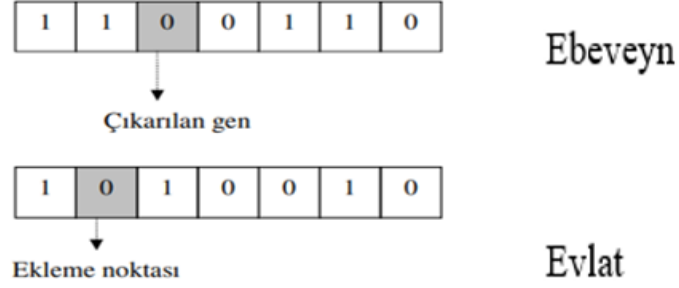
**Değiştirme Dönüşümü:** İki dönüşüm noktası belirlenerek, genlerin ters çevrilmesidir (Şekil 6; Sakawa, 2002; Altay, 2007).



**Şekil 6.** Değiştirme dönüşümü (Sakawa, 2002; Altay, 2007)

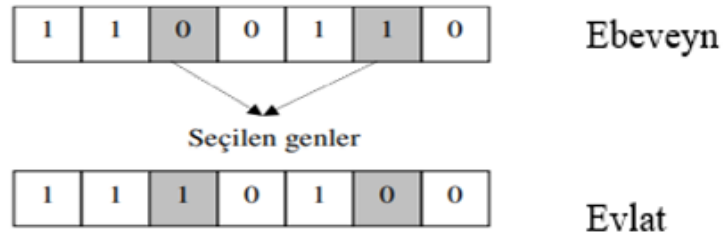


Ekleme Dönüşümü: Rastgele bir genin seçilerek rassal bir noktaya yerleştirilmesidir (Şekil 7; Sakawa, 2002; Altay, 2007).



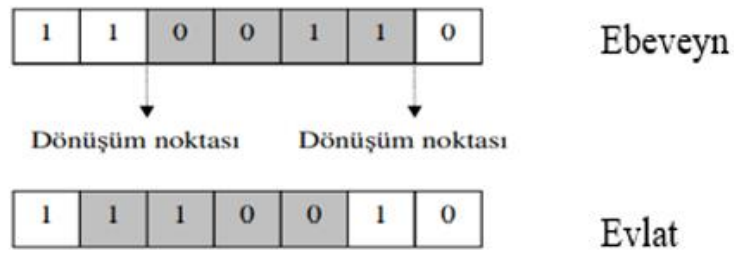
Şekil 7. Ekleme dönüşümü (Sakawa, 2002; Altay, 2007)

Karşılıklı Değişim Dönüşümü: Rastgele iki genin seçilerek yerlerinin değiştirilmesidir (Şekil 8; Gen ve Cheng, 1997; Altay, 2007).



Şekil 8. Karşılıklı değişim dönüşümü (Gen ve Cheng, 1997; Altay, 2007)

Yer Değiştirme Dönüşümü: Bu mutasyon çeşidi, değiştirme dönüşümünün özel bir şeklidir ve değiştirme dönüşümünde olduğu üzere iki nokta arasındaki genler ters çevrilmektedir (Şekil 9; Gen ve Cheng, 1997; Altay, 2007).



Şekil 9. Yer değiştirme dönüşümü (Gen ve Cheng, 1997; Altay, 2007)

Mevcut gen potansiyellerini araştırmak üzere çaprazlama kullanılmaktadır; ancak, popülasyonun ihtiyaç duyulan bilgiyi içermemesi durumunda elle tutulur bir çözüm üretemeyebilmektedir. Bu sebeple eldeki kromozomlardan yeni kromozomlar üretebilecek bir operatöre gereksinim vardır ve bu operatör mutasyon tarafından gerçekleştirilmektedir. Mutasyon operatörünün amacı, elde edilmesi güç çözüm kayıplarının önüne geçmektir (Goldberg, 1989).

**7. Aşama (Bitiş Ölçütlerine Ulaşılması):** Nesillerin döngülerinin sonlandırılması için ihtiyaç duyulan kıstaslar çeşitli biçimlerde tanımlanabilmektedir. Bu ölçütlerden bazıları aşağıda verildiğı gibidir:

- i. Nesil sayısı sonlandırıldıktan sonra döngüler durdurularak hangisinin en çok uygunluk gösterdiğine bakılır (Man ve ark., 1999).
- ii. Uygunluk fonksiyonundaki iyileşmenin belli bir değerin altına düşmesi halinde döngüler sonlandırılır (Man ve ark., 1999).
- iii. Evrim için belirli bir zaman tanınır ve bu zaman sona erdiğinde evrim durdurulabilir (Vural, 2005).
- iv. Uygunluk fonksiyonuna verilen değer aşıldığında evrim sonlandırılabilir (Man ve ark., 1999).

**8. Aşama (En İyi Sonucun Gösterilmesi):** Sonlandırma kıstaslarına erişildiğinde, en iyi değer problemin çözümü şeklinde kabul edilmektedir.

### Genetik Algoritmalarda Parametre Seçimi

Genetik algoritma performansı bakımından önemli olan parametreleri tespit etmek üzere çok sayıda araştırma yapılmasına rağmen problemlerin hepsi için kullanılacak genel parametreler tanımlanamamıştır (Altıparmak ve ark., 2000). Kontrol parametreleri şeklinde adlandırılan bu parametrelere ilişkin açıklamalar aşağıda yer verildiğı gibidir (Sinriech ve Samakh, 1999; Yeniay, 2001).

**Popülasyon Büyüklüğü:** Genetik algoritma kullanıcısının verdiğı en önemli kararlardan biridir. Popülasyon büyüdükçe çözüme ulaşma süresi artmaktadır. Goldberg, sadece kromozom uzunluğuna bağlı bir popülasyon büyüklüğü hesaplama yönteminden bahsetmiştir.

**Çaprazlama Olasılığı:** Var olan iyi kromozomların birtakım özelliklerinin birleştirilmesi ile daha iyi kromozomlar yaratmak çaprazlamanın amacıdır. Kromozom ikilileri,  $P(c)$  olasılığı ile aprazlanmak için seçilmektedirler. Çaprazlamanın çoğalması ile yapı blokları artıyorken iyi kromozomlardan bazılarının bozulma olasılığı da artmaktadır.

**Mutasyon Olasılığı:** Popülasyondaki genetik eşitliliğı korumak mutasyonun amacı olup  $P(m)$  olasılığı ile kromozomun her bitinde mutasyon oluşabilmektedir. Genetik arama, mutasyon olasılığının artması ile rassal bir aramaya dönüşmektedir.

**Kuşak Aralığı:** Yeni kromozomun her kuşaktaki oranına kuşak aralığı adı verilmektedir. Genetik operatörler için seçilen kromozom sayısını ifade etmektedir. Bu aralığın yüksek olması durumunda kromozomların birçoğunun pozisyon değiştirdiği anlaşılmaktadır.

**Seçim Stratejisi:** Kuşaksal stratejiye göre yavrular, mevcut popülasyondaki kromozomlar ile yer değiştirmektedir. Popülasyondaki en uygun kromozomun yenilenmesi sonucunda sonraki kuşağa aktarılması mümkün olmadığından elitist stratejisi ile birlikte çalışmaktadır. Denge durumu stratejisine göre her kuşakta sadece birkaç kromozomun yenilenmesi mümkün olabilmektedir.

**Fonksiyon Ölçeklemesi:** En iyi ölçekleme tekniğinin belirlenmesi, genetik algoritmanın düzgün bir biçimde çalışması bakımından önemlidir. Doğrusal ölçekleme ve üstsel ölçekleme gibi birtakım metotlar bulunmaktadır.

### **Genetik Algoritmaların Uygulama Alanları**

Genetik algoritmalar, karmaşık problemleri en iyiye yakın, pratik ve başarılı bir şekilde çözümlenebilmektedir. Geleneksel yöntemler hesaplama süresini arttırdığı için genetik algoritmalar yardımıyla güç problemlere kısa zamanda ve makul çözümler sunulabilmektedir (Gonzalez, 2000). Genetik algoritma çalışmalarının birçoğu fonksiyon optimizasyonu ile ilgili olup geleneksel yöntemlere oranla güç, sürekli olmayan ve gürültülü (noisy) fonksiyonları çözüme ulaştırmada oldukça başarılıdır (Bull ve Martin, 1993; Beasley, 2003).

Hücrel üretim kavramı, üretim sistemlerinin verimliliğini arttırmak için kullanılan etkenlerden biridir. Parça ailelerini belirleyip her bir parça ailesini ayrı bir üretim hücresinde üreterek hücreler arası taşımaları minimum düzeye indirmeyi hedeflemektedir (Brown ve Sumichrast, 2001). İşler'in hücrel üretim konulu araştırmasında, üretim hücrelerinin yapısını belirten bilgiler iki kısım şeklindedir. Birinci kısımda, tezgâh-hücre ilişkilerinden, ikincisinde ise parça-hücre ilişkilerinden bahsedilmiştir. Genetik algoritmalar sayesinde birden çok çözümün eş zamanlı olarak ele alınması ve farklı bölgelerin aynı anda taranması mümkündür. Sonuç olarak, kısa zamanda uygun sonuçların elde edilmesi sağlanmaktadır (İşler, 2001).

Genetik algoritmalarla faydalanarak bilgisayar ağlarının tasarımı yapılabilmektedir. Bu problem türünde çap, bilgisayar ağ güvenilirliği ve ortalama uzaklık gibi ağ güvenilirlik parametrelerini optimize etmek üzere birden çok amaç fonksiyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Ağ tasarımı yapmak üzere genetik algoritmaların kullanılması, tasarım maliyetleri ve sürelerinin azalması bakımından önemli katkılar sağlamıştır. Bilhassa, çok büyük miktardaki verinin asgari iletişim kanalıyla taşınmasında oldukça iyi bir performans sergilemiştir (Davis ve Coombs, 1987).

Genetik algoritmalar, finans problemlerinin çözümünde bulanık mantık ve yapay sinir ağları ile beraber kullanılmaktadır. Hibrid ve yumuşak hesaplama, bu alanda sıklıkla uygulanan genetik algoritma yaklaşım türlerindedir (Schlottmann ve Seese, 2001).

Pazarlama stratejileri uygulamak ve tüketicilere ait verileri analiz etmek pazarlamanın en önemli fonksiyonlarından. Tüketici profillerinin çıkarılması ile birtakım satın alma kalıpları yakalanabilmektedir; ancak, bunun yapılabilmesi için oldukça büyük veri tabanlarının işletme amaçlarına uygun bir biçimde hızlı ve etkili bir şekilde kullanılması önemlidir. Burada kullanılan teknik, pazarı ve tüketiciyi tanımada oldukça önemli bir yer tutan ve çok geniş veri tabanlarından veriyi ayıklama yöntemi olarak tanımlanan veri madenciliğidir. Bu yöntem sayesinde verinin bilgiye, bilginin de güvenli kararlara dönüştürülmesi sağlanmış olur. Rekabet kabiliyeti, karar alma kalitesine bağlı olduğundan işletmeler karar kalitelerini geliştirmek için daima çalışmaktadırlar (Bhattacharyya, 1999). Genetik algoritmalar, veri madenciliği tatbikinde, çözüm uzayının sadece bir bölümünü taramasından dolayı diğer tekniklere kıyasla daha hızlı ve pratik çözümler sunmaktadır. Genetik algoritmaların, veri madenciliğinde özellikle diğer yumuşak hesaplama yöntemleri ile beraber kullanılarak önemli bir uygulama alanı oluşturması beklenmektedir (Taşkın ve Emel, 2002).

### **Sonuç**

Genetik algoritmalar, geleneksel yöntemlerle çözümü zor ya da mümkün olmayan problemlerin çözümünde, türev ve integral gibi hesaplaması daha karmaşık matematiksel ifadelerde ve diğer alanlardaki birtakım optimizasyon problemlerinde çok fazla kullanım olanağı bularak oldukça başarılı sonuçlar vermektedir (Bolat ve ark., 2004; Mirjalili ve ark., 2020). Geleneksel yöntemler hesaplama süresini arttırdığı için güç problemler, genetik algoritmalar aracılığı ile kısa zamanda elverişli çözümler sunmaktadır (Bull ve Martin, 1993; Beasley, 2003). Genetik algoritmalar sayesinde birden çok çözüm eş zamanlı olarak ele alınarak farklı bölgeler aynı anda taranmaktadır. Sonuç itibariyle, en kısa süre içerisinde uygun sonuçların elde edilmesi mümkün olabilmektedir (İşlier, 2001).

Bu çalışmada, genetik algoritma ile ilgili tanımlar, genetik algoritmanın çalışma prensibi ve akış diyagramındaki adımlar incelenmiştir. En iyi bireyi elde etmek için yararlanılan seçim, çaprazlama ve mutasyon gibi genetik operatörlere özelliklerine göre karşılaştırmalı olarak yer verilmiştir. Genetik algoritma performansı üzerinde önemli etkileri olan parametre seçimleri tanıtılarak en uygun kontrol parametrelerini belirlemek üzere birçok çalışma yapılmasına rağmen tüm problemler için ortak bir kullanıma sahip parametreler bulunamadığının altı çizilmiştir. Genetik algoritmaların uygulama imkânı bulduğu ve farklı birçok problemin çözümünde kullanıldığı alanlardan genel hatları ile bahsedilmiştir.

Genetik algoritma alanındaki gelişmeler, gelecekteki araştırmalara ışık tutması açısından büyük bir önem taşımaktadır. Genetik kodlama mantığı kullanılarak en iyi çözüme sahip bir sonuç bulmayı hedefleyen genetik algoritmanın, gelişen teknoloji ve bilgisayar ağı sayesinde veri madenciliği, yapay zekâ, bulanık mantık, makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi çeşitli yöntem ve yaklaşımlarla birlikte çalışarak önemli bir uygulama alanı bulacağı beklenmektedir.

## **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

## **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye benzer oranda katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

## **Kaynakça**

- Altay A. Genetik algoritma ve bir uygulama. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Türkiye, 2007.
- Altıparmak F., Dengiz B. Genetik algoritmalar. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 1998; 11(3): 523-541.
- Altıparmak F., Dengiz B. Smith AE. An evolutionary approach for reliability optimization in fixed topology computer networks. Transactions On Operational Research 2000; 12(1-2): 57-75.
- Beasley D., Bull DR., Martin RR. An overview of genetic algorithms: Part 1, fundamentals. University Computing 1993; 15(2): 56-69.
- Bhattacharyya S. Direct marketing performance modeling using genetic algorithms. Journal on Computing 1999; 11(3): 248-267.
- Bolat B., Erol K., Imrak C. Genetic algorithms in engineering applications and the function of operators. Sigma 2004; 4: 264-271.
- Brown EC., Sumichrast RT. CF-GGA: a grouping genetic algorithm for the cell formation problem. International Journal of Production Research 2001; 39(16): 3651-3669.
- Davis L., Coombs S. Genetic algorithms and communication link speed design: theoretical considerations. In ICGA 1987. 252-256.
- Deb K. Multi-objective optimisation using evolutionary algorithms: an introduction. In: Multi-Objective Evolutionary Optimisation for Product Design and Manufacturing Springer 2011. 3-34.
- Della Croce F., Tadei R., Volta G. A genetic algorithm for the job shop problem. Computers & Operations Research 1995; 22(1): 15-24.
- Eksin I., Erol OK. Evolutionary algorithm with modifications in the reproduction phase. IEE Proceedings-Software 2001; 148(2): 75-80.
- Emel GG., Taşkın Ç. Genetik algoritmalar ve uygulama alanları. Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2002; 21(1): 129-152.
- Eren H. Akış tipi çizelgeleme problemlerinin genetik algoritma (GA) ile çözüm performansının artırılmasında deney tasarımı uygulaması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, Türkiye, 2002.

- Gen M., Cheng R. Genetic algorithms & engineering design. John Wiley& Sons. Inc. 1997; 10: 9780470172254.
- Goldberg DE. Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning. Addison. Reading, 1989.
- Gonzalez EL., Fernandez MAR. Genetic optimisation of a fuzzy distribution model. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, 2000.
- Holland JH. Adaptation in natural and artificial systems, ann arbor: University of Michigan Press, 1975.
- İşlier AA. Üretim hücrelerinin bir genetik algoritma kullanılarak oluşturulması. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi: A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik 2001; 2(1): 137-157.
- Jang JSR., Sun CT., Mizutani E. Neuro-fuzzy and soft computing-a computational approach to learning and machine intelligence [Book Review]. IEEE Transactions on Automatic Control 1997; 42(10): 1482-1484.
- Karakoca A. Çok değişkenli lineer olmayan modellerde genetik algoritma. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya, Türkiye, 2009.
- Katoch S., Chauhan SS., Kumar V. A review on genetic algorithm: past, present, and future. Multimedia Tools and Applications 2021; 80(5): 8091-8126.
- Koza JR. Genetic programming, on the programming of computers by means of natural selection. A Bradford Book. MIT Press; 1992.
- Koza JR. Genetic programming II: automatic discovery of reusable programs. MIT press; 1994.
- Kurt M., Semetay C. Genetik algoritma ve uygulama alanları. Mühendis ve Makine 2001; 42(501): 19-24.
- Man KF., Tang KS., Kwong S. Genetic algorithms. Springer Publishing; 1999.
- Mirjalili S., Dong JS., Sadiq AS., Faris H. Genetic algorithm: theory, literature review, and application in image reconstruction. Nature-Inspired Optimizers, Studies in Computational Intelligence 811 2020; 69-85.
- Özkan R. Tek modelli deterministik montaj hattı dengeleme problemlerine genetik algoritma ile çözüm yaklaşımı. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, Türkiye, 2003.
- Rechenberg I. Evolutionstrategie (Evolution strategy). Stuttgart: Frommann-Holzboog; 1973.
- Sakawa M. Genetic algorithms and fuzzy multiobjective optimization. Springer Science & Business Media, 2002; 4.
- Schlottmann F., Seese D. A hybrid genetic-quantitative method for risk-return optimisation of credit portfolios. In Proceedings of the Conference of Quantitative Methods in Finance, University of Technology, Sydney, Australia, 2001. 55.

- Sinriech D., Samakh E. A genetic approach to the pickup/delivery station location problem in segmented flow based material handling systems. *Journal of Manufacturing Systems* 1999; 18(2): 81-99.
- Vural M. Genetik algoritma yöntemi ile toplu üretim planlama İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul, Türkiye, 2005.
- Yeniay MÖ. Taguchi deney tasarımı problemlerine genetik algoritma yaklaşımı. Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, Türkiye, 1999.
- Yeniay Ö. An overview of genetic algorithms. *Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi* 2001; 2(1): 37-49.
- Zhou Y. Study on genetic algorithm improvement and application. Worcester Polytechnic Institute, PhD Thesis, 2006.