



SÜREKLİ BİR KİRİŞTE MAKSİMUM MOMENTLERİN GENETİK ALGORİTMALAR İLE BELİRLENMESİ

(THE DETERMINATION OF MAXIMUM MOMENTS IN A CONTINUOUS BEAM BY GENETIC ALGORITHMS)

Paki TURĞUT*, Abdussamet ARSLAN**

ÖZET/ABSTRACT

Genetik Algoritma, bilgisayar üzerinde oluşan bir evrim şeklidir. Genetik Algoritmalar ile oluşturulan seleksiyon, doğal topluluklara benzer bir şekilde bilgisayar hafızasına depo edilmiş kromozomlar üzerinde icra edilmektedir. Evrim teorisi, biyolojik sistemleri doğal seleksiyon işleminin devamlı üretimi olarak tanımlamaktadır. Buna benzer olarak, Genetik Algoritmalar el ile yapıldığında uzun süren hesaplamalar yerine bilgisayar üzerinde oluşturulan evrimle mühendislik problemlerinin çözümünde etkili olmaktadır. Bu çalışmada altı açıklıklı sürekli bir kirişte maksimum açıklık ve mesnet momentlerini veren hareketli yük kombinasyonlarının Genetik Algoritmalarla otomatik bir şekilde düzenlenmesi incelenmiştir. Sunulan metodun hesaplama hızı tesir çizgileri yöntemi gibi klasik yöntemlerle yapılan çözüme kıyasla oldukça yüksektir.

Genetic Algorithm is a form of evolution that takes place in a computer. The selection by Genetic Algorithm operates on strings of binary digits stored in the computer's memory in much the same way that natural populations of individuals evolve. The evolution theory describes the biological systems as the continuous process of the natural selections. Similar to that, since computations made by hand are time consuming, Genetic Algorithms are effective for solving engineering problems by forming evaluation in computer. In this study, the live load arrangements for maximum bending and support moments on a continuous six-span beam are obtained automatically by Genetic Algorithms. Computation speed of presented method is higher as compared to that of conventional methods like influence line method.

ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Genetik algoritmalar, Ölü yük, Hareketli yük, Tesir çizgisi
Genetic algorithms, Dead load, Live load, Influence line

*GÜ, Müh. Mim. Fak., İnş. Müh. Böl., Maltepe, ANKARA

**HRÜ, Müh. Fak., İnş. Müh. Böl., ŞANLIURFA

1. GİRİŞ

Genetik Algoritmalar, insan ve ekosistemlerdeki doğal gelişme, sosyal sistemlerdeki taklit etme ve psikolojideki sonuçları değerlendirmeyi içine alan dinamik metotların geniş bir şekilde modellenmesi ile oluşmaktadır. Evrim sistemlerinin bilgisayarda modellenmesini yapmak çoğu konvensiyonel modellemelere kıyasla biraz daha zor olmaktadır. (Lieppins vd., 1989).

Teknolojide ilerlemeler için, doğanın sonsuz esin kaynağı olabileceğini bir kez de Michigan Üniversitesi'nden John Holland'ın çalışmaları kanıtlamıştır. Makine öğrenmesi (Machine Learning) konusunda çalışmalar yapan Holland, evrim kuramından etkilenerek canlılarda yaşanan genetik süreci bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi düşünmüştür. Genetik Algoritma ilk ismini biyoloji, ikinci ismini ise bilgisayar biliminden almaktadır (Holland, 1975). Sadece bir tane mekanik yapının öğrenme yeteneğinin geliştirilmesi yerine, böyle yapılardan oluşan bir topluluğun çoğalma, çiftleşme, değişim vb. genetik süreçlerden geçirilerek, başarılı (öğrenebilen) yeni bireylerin oluştuğu görülmüştür. Holland'ın çalışmalarının sonuçlarını açıkladığı kitabının 1975'de yayınlanmasından sonra geliştirdiği yöntemin adı Genetik Algoritmalar yada kısaca GA olarak yerleşmiştir. Ancak 1985 yılında Holland'ın öğrencisi olarak doktorasını veren David E.Goldberg adlı inşaat mühendisi 1989'da konusunda bir klasik sayılan kitabını yayınlıncaya kadar, Genetik Algoritmaların pek pratik yararı olmayan araştırma konusu olduğu düşünülmekteydi. Halbuki Goldberg'in gaz borusu hatlarının denetimi üzerine yaptığı çalışma ona sadece 1985 National Science Foundation Genç Araştırmacı ödülünü kazandırmakla kalmayıp, Genetik Algoritmaların pratik kullanımının da olabirliğini kanıtlamıştır (Goldberg, 1983).

Genetik Algoritma bilgisayar üzerinde oluşan bir evrim şeklidir. Genetik Algoritmanın amacı hem problemleri çözmek hem de evrimsel sistemleri modellemektir. Değişik planlama teknikleri, bir fonksiyonun optimizasyonu veya ardışık değerlerin tespitini içine alan bir çok problem tipleri için çözüm geliştirmektedir. Genetik Algoritma ile oluşturulan seçim, doğal topluluklara benzer bir şekilde bilgisayar hafızasına depo edilmiş kromozomlar üzerinde icra edilmektedir. Bilgisayara uyarlama tabiatla mukayese edilemeyecek kadar basitleştirilmesine rağmen, Genetik Algoritmalar karışık olmasının yanında hayret uyandıracak kadar da ilginç yapıya sahiptirler (Lieppins vd., 1989).

Yapılan bu çalışmada, Genetik Algoritma altı açıklıklı sürekli bir kirişin maksimum açıklık ve mesnet momentlerinin bulunması işlemine başarılı bir şekilde uygulanmıştır. Sunulan metodun en önemli özelliği çok sayıda alternatif üretmesi ve bu alternatifleri çabuk ve doğru bir şekilde değerlendirerek otomatik bir şekilde sonuca ulaştırmasıdır. Ayrıca çok küçük bir olasılık olan erken yaklaşım dışında herhangi bir hatanın olması mümkün değildir.

2. GENETİK ALGORİTMA

Ünlü matematikçi J. Hadamard "Gerek matematikte, gerek başka alanlarda buluş ve icatlar farklı alanlardan düşüncelerin bir araya gelmesiyle gerçekleşir" demiştir (Goldberg, 1983). Bu söz Genetik Algoritmaların nasıl doğduğunu özetlediği gibi temel çalışma ilkesini de açıklamıştır. Aşağıda Genetik Algoritmanın yapısı genel hatları ile verilmektedir.

Başlangıç anını belirle.

t:0;

Toplulukta yer alacak bireyleri oluştur.

P(t);

Bireylerin yaşam koşullarına uygunluğunu değerlendir.

Değerlendir P(t);

```
İstenilen düzeye ulaşılan kadar.  
While not başarılı-birey-bulundu do  
Zaman sayacını artır.  
t:= t+1;  
Bir sonraki topluluğa döl verecek bireyleri seç.  
P'(t) :=Ebeveynleri seç P(t);  
Seçilen bireyleri çiftleştir.  
Çiftleştir P(t);  
Geçici toplulukta rasgele değişimler olmasını sağla.  
Değişime- uğrat P(t);  
Geçici topluluğun başarı durumunu değerlendir.  
Değerlendir P(t);  
Bir sonraki topluluğu oluştur.  
P(t+1):=P(t);  
End do :
```

Buradaki terimlerde topluluk havuz ile, birey kromozom ile, çiftleşme çaprazlama ile, uygunluk fonksiyonu tasarımın kalitesi ile, sosyal başarı da tasarımın ekonomikliği ile yer değiştirdiğinde ortaya Genetik Algoritmalar çıkmaktadır. Görüldüğü gibi başlangıçta topluluğu oluşturma işlemi yapılmaktadır. Bu adımda genellikle uygulanan yöntem başlangıç topluluğunun rasgele oluşturulması şeklindedir. Fakat topluluk oluşturulurken bireylerin mümkün olduğu kadar biri birine benzememesini sağlamak toplumsal çeşitlilik açısından faydalı olmaktadır ve dolayısıyla çözüme daha hızlı yaklaşmaktadır.

Toplulukları evrim sürecine sokmadan önce yapılması gereken bir başka işlemde, başlangıç bireylerinin değerlendirilmesidir. Bu aşama evrim süreci içerisinde bir sonraki nesle döl verecek olan bireylerin belirlenmesi için gerekmektedir. Daha sonra istenilen düzeyde başarılı birey bulununcaya kadar veya topluluk başarıda artış sağlayamaz duruma gelince veya önceden belirlenen evrim sayısı tamamlanuncaya kadar sürecek olan evrim başlayacaktır. Her evrim sürecinde tekrar edilecek olan işlemler ise aşağıdaki şekilde sıralanacaktır.

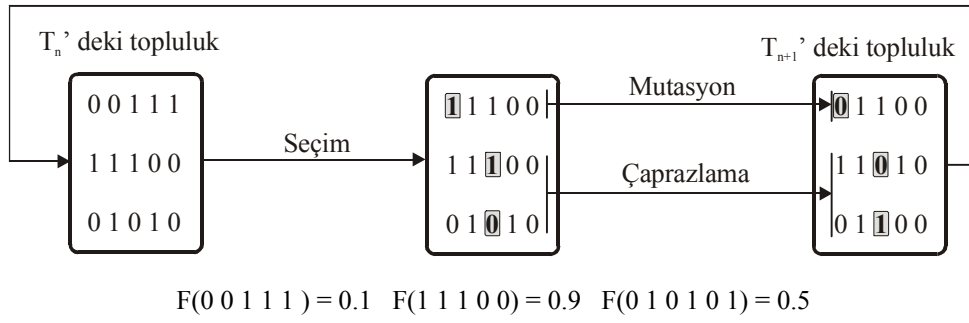
Bir sonraki nesle döl verecek olan bireyler daha önce hesaplanmış olan başarı değerlerine bağlı olarak seçilmektedir. Daha sonra, seçilen bireyler istenilen bir yöntemle çiftleştirilmektedir. Çiftleştirme sonucu oluşturulan bireyler genellikle, % 0.1 olasılıkla değişime uğratılmaktadır. Son adım olarak ta oluşturulan yeni bireylerin başarı değeri hesaplanmaktadır (Arslan vd., 1996).

3. GENETİK ALGORİTMA OPERATÖRLERİ

3.1. Gen Havuzu

Gen havuzu, kromozomların uygunluklarının değerlendirilip kopyalama işleminin yapıldığı yerdir. Şekil 1'de gen havuzunda yapılan işlemler görülmektedir. Burada $F(00111)=0.1$, $F(11100)=0.9$, $F(01010)=0.5$, topluluğun uygunluk değerlerini göstermektedir. Bu topluluk içerisinde uygunluk değeri yüksek olan bireyler seçilerek, en yüksek uygunluklu birey, uygunluğu düşük olan bireyin yerini almaktadır. Daha sonraki adımda ise ilk birey mutasyona uğratılmakta, ikinci ve üçüncü bireyler ise çaprazlama işlemine tabi tutulmaktadır. Bir sonraki adımda yeni bireyler oluşmaktadır. Bu işlemler daha önce verilmiş bir jenerasyon sayısına kadar veya topluluk artık başarıda artış sağlayamaz duruma gelinceye kadar devam etmektedir (Jenkins, 1993).

Genetik Algoritma ile yapılan işlemler genellikle aşağıda belirtilen üç operatör yardımıyla icra edilmektedir.



Şekil 1. Genetik algoritma işlemleri

3.2. Seçim

Bu operatör yeni topluluk içerisinde, uygunluğu yüksek bireylerin bulunmasını sağlamaktadır. Burada bahsedilen uygunluk değeri, Genetik Algoritma ile bulunan problemin sonuç değerini göstermektedir.

Bireylerin uygunluk değerleri esas alınarak seçim işlemi yapılmaktadır. Seçim işlemi topluluk içerisinde uygunlukları düşük olan bireyleri eleyip, elenenler yerine uygunlukları yüksek olan bireylerin birkaç adet kopyasını yaparak tamamlanmaktadır.

3.3. Çaprazlama

Biyolojik terim olarak çaprazlama genel olarak, bir bireyin içerisindeki değişimi kastetmesine rağmen, çaprazlama terimi burada bireyler arasındaki benzer alt kromozomların değişimlerini ifade etmektedir. Genetik Algoritmada çaprazlama iki kromozomun bir araya gelerek genetik bilgi değişimi yapmasıdır. İki ebeveyn arasında seçilmiş olan sitelerdeki genlerin yerleri değiştirilerek çaprazlama işlemi tamamlanmaktadır. En çok kullanılan çaprazlama çeşitleri bir noktalı çaprazlama, iki noktalı çaprazlama, üniform çaprazlama ve sıralı çaprazlamadır (Jenkins, 1993).

Yavru kromozomlar, ebeveynlerden farklı olmasına rağmen onların özelliklerini taşımaktadır. Aşağıda görüldüğü gibi, kromozom uzunluğu $L_k=10$ olan iki ebeveyn arasında 6. ve 10. sitelerde yapılan çaprazlama işlemiyle iki yavru birey oluşmaktadır.

$$\begin{array}{ll}
 1.\text{Ebeveyn} = 11001\underline{0}000\underline{0} & 1.\text{Çocuk} = 1100110001 \\
 2.\text{Ebeveyn} = 01011\underline{1}000\underline{1} & 2.\text{Çocuk} = 0101100000
 \end{array}$$

3.4. Mutasyon

Sınırlı bir topluluk üzerinde çalışıldığında, toplulukta birkaç genetik bilginin erkenden kaybolma ihtimali bulunmaktadır. Örnek olarak, bir kromozomu oluşturan genlerin tamamı 0 yada 1 olabilmektedir. Böyle bir kromozomu çaprazlama operatörü ile değiştirmek mümkün olmamaktadır.

Çaprazlama vasıtasıyla üretilmeyen uygunluk değeri yüksek kromozomların, mutasyon vasıtasıyla üretmek mümkün olmaktadır. Bunun yanında uygunluk değeri oldukça yüksek olan kromozomları bozma ihtimali de bulunmaktadır. Aşağıda görüldüğü gibi $L_k = 8$ uzunluğundaki bir kromozomda, rasgele seçilmiş olan 5 numaralı sitede, 1 değeri yerine 0 yazılarak kromozom mutasyona uğratılmıştır.

0100110101000101

4. EN ELVERİŞSİZ YÜKLEME KOMBİNEZONLARI VE GENETİK ALGORİTMA UYGULAMASI

Sürekli yapı kirişlerinin düşey yükler için analizinde ölü ve hareketli yük olarak tanımlanan iki tür yük göz önünde tutulmaktadır. Ölü yükler yer değiştirmeyen sabit yüklerdir. Hareketli yükler ise insan, makine ve eşyaların oluşturduğu yerleri sabit olmayan yüklerdir. Sürekli bir yapı kirişi, hareketli yüklerden dolayı oluşacak olan en elverişsiz yükleme kombinezonları dikkate alınarak düzenlenmelidir. Hareketli yüklerin hepsinin aynı anda bütün açıklıklarda bulunması olasılığı oldukça azdır (Nilson vd, 1991).

Sürekli bir kirişte elverişsiz yükleme durumları klasik olarak, gerek mesnette gerekse açıklıkta elastik eğrinin şeklinden faydalanılarak tespit edilmektedir. Bu elverişsiz yükleme kombinezonları dikkate alınarak maksimum açıklık veya mesnet momentlerinin bulunması için sistemin birkaç defa çözülmesi gerekmektedir. Bu ise uzun zaman almakta ve pratik olmaktan çıkmaktadır. Bu amaçla birçok basitleştirilmiş yükleme modelleri geliştirilmiştir. Bunlardan en önemlileri Furlong ve Ersoy tarafından geliştirilenleridir. Ancak tüm bu yöntemler yaklaşık sonuç vermektedir (Furlong,1981; Ersoy,1989).

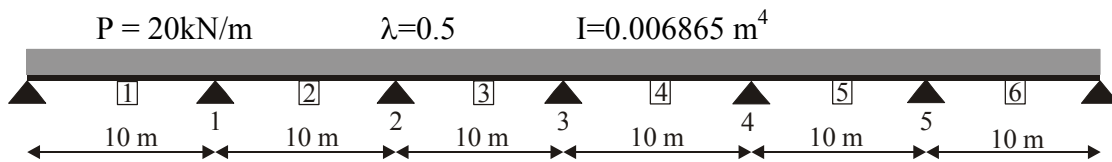
Günümüzde bilgisayar kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, yapı sistemlerinin çözümünde de bilgisayar uygulamaları ağırlık kazanmıştır. Bu nedenle, elverişsiz yük kombinezonlarının basitleştirilerek kullanılması ve yaklaşık çözüm sonucunun yeterli görülmesi anlamsız olmaktadır. Bu amaçla yük kombinezonlarını otomatik olarak oluşturan ve buna göre kesin çözüm yapabilen sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada verilen örneğin dışında, geliştirilen metot kat çerçevelerine de uygulanmış ve oldukça iyi sonuçlar alınmıştır (Arslan vd., 1996). Özellikle çerçevenin düzensiz olması halinde bilinen metotlara göre daha yüksek kesit tesirlerini veren yük kombinezonları elde edilmiş, ayrıca kiriş-kolon boyutu/açıklık oranının yük dağılımına olan etkileri incelenmiştir.

5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada uygulama bir sürekli kiriş üzerinde yapılmıştır. Üzerinde çalışılan altı açıklıklı sürekli kirişin çözümünde, her bir açıklığa 0 veya 1 geni verilmiştir. Bu genlerin toplamıyla oluşan kromozomun uzunluğu dolayısıyla kiriş açıklık sayısına eşit olmaktadır. Burada 0 geni kiriş açıklığının hareketli yükle yüklenmeyeceğini, 1 geni ise yükleneceğini ifade etmektedir. Bu genlerinin yerinin sürekli olarak değiştirilmesi sonucunda açıklıklarda veya mesnetlerde farklı moment değerleri elde edilmektedir. Ölü yükün toplam yüke oranı λ katsayısı ile gösterilmektedir.

Şekil 2'de, üzerinde çalışılan altı açıklıklı sürekli kiriş verilmektedir. Kiriş bütün açıklıklarda sabit kesitli olup 30/65 cm boyutlarında alınmıştır. Toplam yük değeri pratikte kullanılan ortalama değerlere yakın olarak seçilmiş ve $P = 20$ kN/m olarak alınmıştır. Tüm açıklıklar eşit olup $L = 10$ m'dir. Hareketli yükün toplam yüke oranı $\lambda = 0.5$ alınmıştır. Bu değerler ve diğer özellikler şekil üzerinde gösterilmektedir.



Şekil 2. Sürekli kiriş ve özellikleri

Çizelge 1’de girişin üç numaralı açıklığını maksimum yapacak olan Genetik Algoritmaya ait birinci jenerasyonu göstermektedir. Bu çizelgede, ilk kolonda bireylerin numaraları 2. kolonda rasgele oluşturulmuş olan topluluk verilmektedir. 3. kolonda ise uygunluk değeri olarak tanımlanan moment değerleri verilmektedir. Başlangıçta oluşturulan topluluk bu moment değerleri dikkate alınarak büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır. Bu sıralama işlemine aynı zamanda "bireylerin başarı sıralaması" ismi de verilmektedir. 4. kolonda gen havuzu oluşturulmakta, gen havuzu içerisinde başarısız olan 9. ve 10. bireyler (110110,110101) gen havuzunun dışına atılarak elimine edilmektedir. Elimine edilen başarısız bireylerin yerine başarılı olan 1. ve 2. (101001,101101) bireyler alınmaktadır. 4. kolonda gen havuzu içerisindeki bireylerden bir çift rasgele seçilip eşleştirilmektedir. Örneğin 1. jenerasyonda 3. birey (111001) ile 9. birey (101101) eşleştirilmektedir. Bu işlemden sonra 6. ve 7. kolonlardaki rasgele oluşturulmuş sitelere göre bireyler çaprazlanmaktadır. Daha önceden eşleştirilmiş olan 3. birey ile 9. birey arasında 4 ve 6 numaralı sitelerde çaprazlama yapıldığında 3. (111101) ve 9. (101001) yeni bireyler oluşmaktadır. Bu çaprazlama işleminin aşamaları Şekil 3’de seçilmiş örnek üzerinde verilmektedir. Bir sonraki aşama olarak, bu bireylerin tekrar başarı sıralaması yapılmaktadır. Bu işlemler önceden belirlenmiş bir jenerasyon sayısına kadar devam etmektedir.

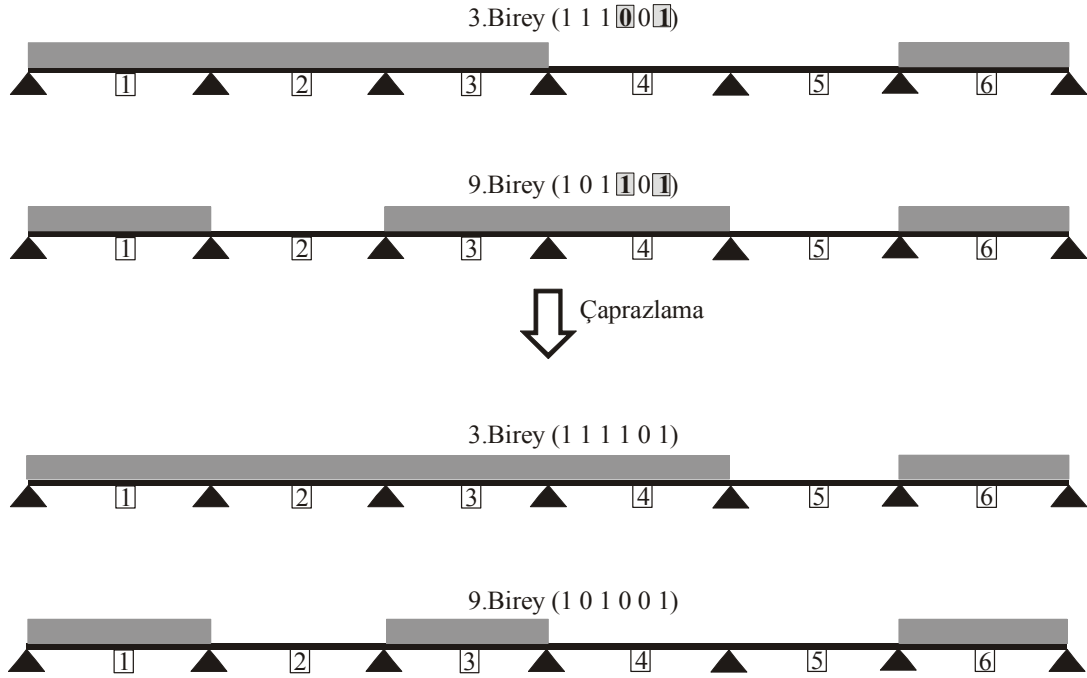
Çizelge 2’de 10. yani, son jenerasyona ait işlemler gösterilmektedir. Moment değerleri dikkate alındığında bireylerin birbirine benzediği yani bu aşamadan sonra artık toplulukta gelişme sağlanamayacağı görülmektedir. Bu durum ise evrim sürecinin doyuma ulaştığını yani en başarılı bireyin bulunduğunu göstermektedir. Aynı şekilde başlangıçta oluşturulan topluluk bu moment değerleri dikkate alınarak büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır ve 3. kolonda verilmektedir. Evrimin son aşamasında 2. kolonda görülebileceği gibi, ilk açıklık toplam yükü yüklenmekte, sonraki açıklık sadece ölü yük ve diğer açıklıkların bu şekilde bir düzenleme ile yüklenmesi öngörülmektedir. Bu yükleme şekli Large metodunun yani tesir çizgilerinin verdiği yük kombinezonuna benzemektedir. Çizelge 1 ve 2’de görüleceği gibi, 1. bireyin başarısı başlangıçta 120.72 iken 10. jenerasyonda 127.46’e, 10. bireyin başarısı da 9.70 ten 122.38’a yükselmektedir.

Şekil 4’de ise evrimin oluşum süreci giriş üzerinde jenerasyon sırasına göre verilmektedir. Buradan görülebileceği gibi 5. jenerasyonda en başarılı birey bulunmuştur. Evrim süresi jenerasyon sayısı kadar verildiğinden işlem 10. jenerasyona kadar devam etmektedir. 5. ve 10. jenerasyon arasındaki maksimum moment değerleri ve yükleme şekli başarılı birey ile aynı özelliği taşımaktadır.

Çizelge 1. Birinci jenerasyona ait hesaplamalar

jenerasyon:1							
Birey No	Topluluk	Moment	Gen Havuzu	Eşleme	ÇaprS1	ÇaprS2	Yeni Topluluk
1	101001	120.72	101001	7	3	6	100001
2	101101	103.76	101101	8	2	6	101101
3	111001	100.86	111001	9	4	6	111101
4	001100	97.64	001100	10	2	4	001000
5	111110	88.34	111110	6	4	5	111100
6	011100	76.46	011100	5	4	5	011110
7	100001	48.82	100001	1	3	6	101001
8	000001	41.62	000001	2	2	6	000001
9	110110	16.10	101101	3	4	6	101001
10	110101	9.66	101001	4	2	4	101101

Maksimum Moment: 120.72



Şekil 3. Çaprazlama işlemi

Çizelge 3'te kiriş eleman numaralarına göre açıklıklarda ve mesnetlerde oluşacak maksimum momentleri veren yük düzenlemesi verilmektedir. Açıkça görülebileceği gibi her kritik nokta için maksimum kesit tesiri oluşturacak yükleme şekli Genetik Algoritma tekniği kullanılıp otomatik olarak tespit edilebilmektedir (Turgut, 1995).

Çizelge 2. Onuncu jenerasyona ait hesaplamalar

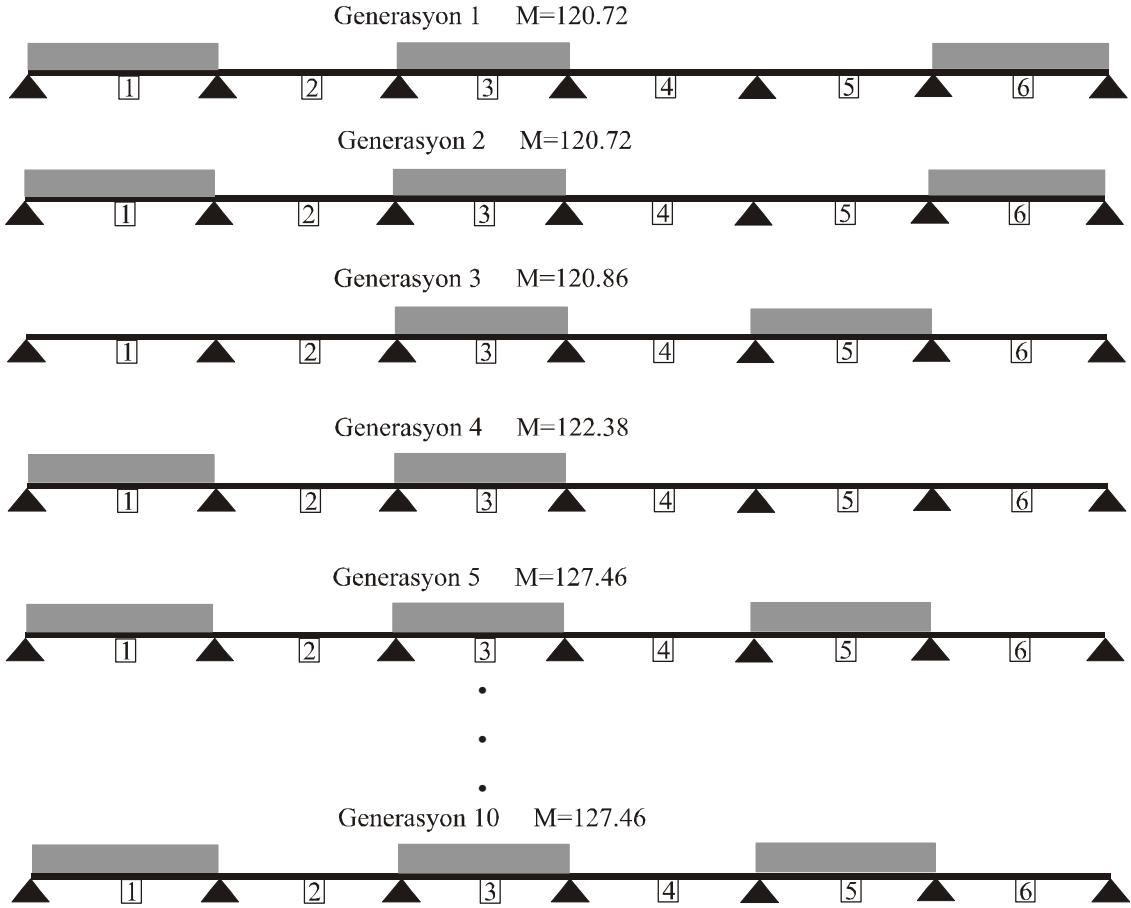
jenerasyon:10							
Birey No	Topluluk	Moment	Gen Havuzu	Eşleme	ÇaprS1	ÇaprS2	Yeni Topluluk
1	101010	127.46	101010	8	1	3	101010
2	101010	127.46	101010	7	3	4	101010
3	101010	127.46	101010	10	1	5	101010
4	101010	127.46	101010	6	3	6	101010
5	101010	127.46	101010	9	3	5	101010
6	101010	127.46	101010	4	3	6	101010
7	101010	127.46	101010	2	3	4	101010
8	101011	125.74	101011	1	1	3	101011
9	101000	122.38	101010	5	3	5	101010
10	101000	122.38	101010	3	1	5	101010

Maksimum Moment:127.46

Çizelge 3. Maksimum açıklık ve mesnet momentini veren hareketli yük kombinasyonları

Eleman No	Kromozomlar	
	Açıklıklar	Ara Mesnetler
1	101010	110101
2	010101	011010
3	101010	101101
4	010101	010110
5	101010	101011
6	010101	-

Hareketli yük var ise 1
Hareketli yük yok ise 0



Şekil 4. Üç Numaralı açıklıkta oluşan evrim süreci

6. SONUÇLAR

Genetik Algoritmalar, evrim sürecinden etkilenilerek canlılarda yaşanan genetik sürecin bilgisayar ortamında gerçekleştirilmesidir. Bir tek mekanik yapının öğrenme yeteneğini geliştirmek yerine, böyle yapılardan oluşan bir topluluğun çoğalma, çiftleşme ve değişim gibi genetik süreçlerden geçirerek başarılı bireyleri oluşturmak, Genetik Algoritmanın temel felsefesidir. Yapılan bu çalışmada, altı açıklıklı sürekli bir kirişe ait maksimum mesnet ve açıklık momentleri için yük kombinezonunu otomatik olarak düzenleyen G.A. esaslı program geliştirilmiştir. Genetik Algoritmanın sürekli kirişler için verdiği sonuçlar klasik yöntemle aynıdır. Takdim edilen metodun hızı konvensiyonel programlama tekniği ile yapılan çözüme kıyasla oldukça yüksektir.

Bilgisayarların tüm bilim dallarında hakim olduğu günümüzde, evrimsel modellemelere olan bağımlılık gittikçe artmaktadır. Bunun sonucu olarak, Genetik Algoritmalar inşaat mühendisliği problemlerinin hassas bir şekilde çözümünde ve optimizasyonunda gelecekte kullanımı oldukça önemli bir yer tutacaktır. Yapılan çalışma ile Genetik Algoritmanın özellikle yapı mühendisliği problemlerinin çözümünde kullanılabilirliği ortaya konmaktadır.

KAYNAKLAR

- Arslan A., Turgut P., Calayır Y. (1996): "A Genetic Search Based Arrangement of Load Combinations in Structural Frames", CST 96 The Third International Conference on Computational Structures Technology, Budapest, Hungary, Ed. B.H.V. Topping, CIVIL-COMP Press, Edinburgh, Scotland.
- Arslan A., Turgut P. (1996): "Yapı Mühendisliğinde Genetik Algoritmalar ve Uygulama Potansiyeli", İnşaat Mühendisliğinde Bilgisayar Kullanımı V. Sempozyumu, İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Ersoy U. (1989): "Çok Katlı Yapıların Çözümünde Hareketli Yük Düzenlemesi", Çok Katlı Yapılar Sempozyumu, T.M.M.O.B. İnşaat Mühendisleri İzmir Şubesi.
- Furlong R.W. (1981): "Rational Analysis of Multistory Concrete Structures", Concrete International, American Concrete Inst., V.3, No.6.
- Goldberg D.E. (1983): "Computer-Aided Gas Pipeline Operation Using Genetic Algorithms and Rule Learning", PhD Dissertation University of Michigan, Ann Arbor.
- Holland J.H. (1975): "Adaptation in Natural and Artificial Systems", University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Jenicins W.M. (1993): "Plane Frame Optimum Design Environment Based on Genetic Algorithms", Journal of Structures Engineering, V. 118, No. 11, pp:3103-3112.
- Lieppins G.E., Hilliard M.R. (1989): "Genetic Algorithms Foundation and Applications", Annals of Operations Research, V.21, pp:31-58.
- Nilson A.H., Winter G. (1991): "Design of Concrete Structures", McGraw-Hill Publication, Eleventh Edition.
- Turgut P. (1995): "Yapılarda Hareketli Yük Kombinezonlarının Genetik Algoritmalar ile Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ (Tez Danışmanı: Prof. Dr. Abdussamet Arslan).