

BURULMAYA ZORLANAN DÜZGÜN KESİTLİ MİLLERİN TASARIMINDA GENETİK ALGORİTMA TEKNİĞİNİN KULLANILMASI

Mustafa KURT*
M.Sinan KONURALP**
Mehmet TEKTAŞ***

Özet: Bu çalışmada, statik bakımdan belirli olan dairesel ve içi boş çubuk sistemlerinin, sadece eksenleri etrafında bir burulma momentine maruz kaldıkları dikkate alınarak suretiyle, sisteme ait çözüm denklemleri elde edilmiştir. Bu denklemlerin çözümü için bir takım kısıt tanımlamaları yapılarak ele alınan matematiksel modele pratik anlamda bir yaklaşım sağlanması düşünülmüştür. Çubuk sisteminin minimum kütle probleminin çözümünde Genetik Algoritma Tekniği kullanılmıştır. Önceden bilinen bir problem için uygulama yapılmış ve bilinen sonuçlara çok yakın değerler elde edilmiştir. Genetik Algoritma Tekniğinin optimum tasarım problemlerinde kullanılabileceği gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler : *Genetik Algoritma, Optimum Tasarım*

USING GENETIC ALGORITHM TECHNIQUE TO DESIGN TORSION RODS

Summary: In this study, the solving equations for the statically defined circular hollow bar systems are obtained by assuming that they are subjected to a torsion. By making some constraints, an approach to the mathematical model was obtained. Genetic Algorithm Technique was used in solving the minimum mass problem of the bar system. Genetic Algorithm Program was applied for a known problem and values very near to the solution was obtained. By this way, it was shown that Genetic Algorithm Technique could be used in the optimum design problems.

Key words: *Genetic Algorithm, Optimum Design*

1. TASARIMDA OPTİMİZASYON

Mühendislik alanına giren bir çok sistemin tasarımı oldukça karmaşık işlemlerden meydana gelmektedir. Günümüzdeki mevcut metodların ele alınan problemin sistemlerin çözümünü yapabilmesi için, kullanılacak çözüm modelinin iyi analiz edilmesi, bu modeller üzerine bir takım varsayım ve kabullerin yapılmasıyla mümkündür. Sistemlerin formüleleştirilmesi sırasında bir çok ihtimaller göz önünde

* Marmara Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, İstanbul.

** Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Zonguldak.

*** Marmara Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O., İstanbul.

bulundurulmalıdır. Bu işlem yapılmadığı zaman ise çoğu kez ele alınan sistemle incelenen model arasında çözüm bakımından farklılıklar doğabilmektedir. Bu farklar ihmal edilse bile, bulunan sonuçlar ifade sistemi tam olarak etmemektedir. Bu bakımdan sistemimizi olabileceği kadar gerçek kavramlarla ifade etmemiz ve bu sistemin çözümünü yapabilecek en uygun çözüm metodunu seçmemiz gerekmektedir[4].

2. GENETİK ALGORİTMA TEKNİĞİNİN İŞLEYİŞİ

Genetik Algoritma Tekniği (GAT) insanın fizyolojik bir özelliği olan hücre bölünmeleri ve mutasyon gibi temel yapıları kapsadığı için diğer optimizasyon tekniklerinden bazı noktalarda farklılık göstermektedir. Bu farkları şu şekilde maddeleyebiliriz.

- Problem için gerekli olan değişkenlerin ikilik veya başka bir kodlama sistemi ile ilişkilendirilmesi,
- Problemin çözümü için gerekli olan objektif fonksiyonun ve sınır şartlarının belirlenmesi,
- Genetik Algoritma Tekniği yapısal operatörlerin kullanılarak genetik sürecin başlatılması,
- Elde edilen sonuçların referans değeriyle karşılaştırılması ve optimum olanlarının saklanması.

2.1. Tasarım Değişkenlerinin Tanıtılması

Sistemin tasarımını tanımlamak için seçilen parametrelere tasarım değişkenleri adı verilir. Bu bakımdan ele alınan problemi en uygun şekilde ifade edebilmemiz için bu tip parametrelerin belirlenmesi çok önemlidir. Alternatif bir tasarım elde edebilmemiz için ele alınan değişkenlerin olabildiğince birbirlerinden bağımsız olarak ifade edilmesi gerekmektedir[4]. Fakat bu çoğu zaman mümkün olamamaktadır. Bu durum da formüllerin karmaşık bir hal almasına neden olmaktadır. Genetik Algoritma Tekniğinde ele alınan parametreler, daha önceden problemler üzerinde denenene ve başarılar sonuçlar veren ikilik sayı sistemi ile ifade edilmektedirler. Parametreler tamamıyla bilgisayar tarafından rastgele şekilde atanan 1 ve 0 değerleriyle temsil edilirler. Bu sayıların herbirine birey elemanı adı verilmekte ve bunların oluşturduğu diziye de birey topluluğu adı verilmektedir. Bu birey topluluklarının temsil ettiği değerler de ondalık sayı sistemindeki karşılıklardır. Elde edilen bu değerler objektif fonksiyonda yerine konarak, bulunan sonuçlar referans değeriyle karşılaştırılır.

2.2. Amaç(Objektif) Fonksiyonun Tanımlanması ve Sınır Şartları

Genetik Algoritma Tekniğinin bir probleme uygulanabilmesi için ilk önce ele alınan sistemin bir objektif fonksiyona indirgenmesi gerekmektedir. Tasarımda yer alan bütün sınırlayıcıların da ayrıca belirlenmesi gerekmektedir. Burda dikkat edilmesi gereken, her bir kısıtlayıcı bir veya daha fazla bir tasarım değişkenini etkilemesidir. Problemi tam manasıyla formülüze ettikten sonra ele alınan problemin minimizasyon veya maksimizasyon tipinde mi olduğunun tesbit edilmesi problemin çözümü için gerekli şarttır[1].

2.3. Genetik Algoritma Tekniğinin Yapısı

Genetik Algoritma Tekniğinin yapısı üç ana üiteden oluşmaktadır[3]. Bunlar,

- Üreme (Reproduction)
- Çaprazlama (Crossover)
- Mutasyon (Mutation)

2.3.1. Üreme (Reproduction)

Genetik Algoritma Tekniğinin seçici temel yapısıdır. Bu operatörün kullanılmasıdaki ana prensip ise birey ve birey topluluklarının ikili kodlama sistemiyle tespit edilmesidir. Yalnız burada dikkat edilecek en önemli husus ise birey ve birey topluluklarının imkanlar nispetinde çok miktarda oluşturulmasıdır. Çünkü birey toplulukları ne kadar çok seçilirse işleme giren değerlerde okadar çok olacağından problemin çözülmesi de o derece çabuk olacaktır. Fazla sayıda seçilen bu elemanlardan işleme girenler arasından sonuca en yakın olan değerlerin tespit edilmesi ise bir takım ara kademelerden sonra rulet tekerleğinin oluşturulmasıdır. Meydana gelen bu tablodan bir sonraki nesile aktarılacak olan değerler belirlenerek bir sonraki yapı olan çaprazlama ünitesine gönderilir. Şekil 1. üreme için örnek olarak gösterilebilir.

2.3.2. Çaprazlama (Crossover)

Üreme operatöründen elde edilen en iyi birey toplulukları, Genetik Algoritma Tekniği yapısı içersinde çaprazlama işlemine tabi tutulacaktır. Çaprazlama sırasında bireyler arasında bir gen aktarımı olacak, böylece bir önceki nesile nazaran çok daha iyi sonuç vermesi beklenen yeni birey toplulukları elde edilmiş olacaktır. Çaprazlama yapılacak birey topluluklarının yeri ve sırası tamamıyla program tarafından rastgele olarak seçilmektedir. Çaprazlamaya örnek olarak şekil 2. verilebilir.

2.3.3. Mutasyon (Mutation)

Üreme ve çaprazlama operatörleriyle işlem yapıldığında, daha önceden belirlenen referans değerine ulaşlamaması durumunda veya işleme konulan evrim süresinin bittiği durumlarda başvuru ve birey elemanlarının yapısını değiştirerek Genetik Algoritmanın kilitlenmesi gibi durumları ortadan kaldırmaya yarayan bir ünite dir. Mutasyonun yapılacağı gende aynı çaprazlama ünitesinde olduğu gibi tamamıyla rastgele olarak seçilmektedir. Buna ait gösterim şekil 3. de verilmiştir.

	İkili sistemde	Onluk sistemde
A Birey Topluluğu	1 0 1 0 1 1 1 1 0 1	701

Şekil 1. Üreme birey eleman toplulukları

Çaprazlamadan önceki birey elemanları	Çaprazlamadan sonraki birey elemanları
1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1	1 1 0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0

Şekil 2. Çaprazlama Ünitesi

Mutasyondan önceki birey elemanları	Mutasyondan sonraki birey elemanları
1 1 1 0 0 0 1 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 0 0 1 0 1	1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 0 0 1 0 1

○ Mutasyona tabi tutulacak elemanlar

Şekil 3. Mutasyon Ünitesi

3. PROBLEMİN TANITILMASI

Bu çalışmada, şekil 4.de gösterilen ve burulmaya zorlanan içi boş silindirik çubuğu, aşağıda verilen şartları sağlayacak minimum kütle problemi ele alınmış ve parametreler için bir takım kısıtlamalar verilmiştir[2].

İstenilen şartlar:

- 1) Hesaplanan kayma gerilmesi τ , normal burulma operasyonunda müsaade edilebilir kayma gerilmesini geçmemelidir.
- 2) Hesaplanan burulma açısı θ , müsaade edilebilir burulma açısını geçmemelidir.
- 3) Eleman kısa süreli maksimum burulma gerilmesi sırasında burkulmamalıdır.

Tasarım değişkenleri:

d_i = İç çap

d_o = Dış çap

$$0.02 \leq d_o \leq 0.5 \text{ m} \quad 0.60 \leq \frac{d_i}{d_o} \leq 0.999$$

Çubuk için tanımlar

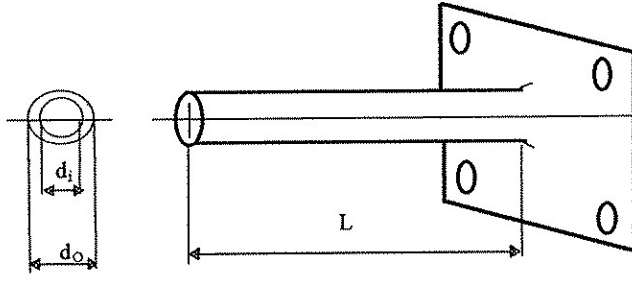
$$\text{Çubuk kütlesi : } M = \frac{\pi \rho L (d_o^2 - d_i^2)}{4} \quad (\text{kg})$$

$$\text{Kayma Gerilmesi: } \tau = \frac{c T_o}{J} \quad (\text{Pa})$$

$$\text{Kayma Açısı: } \theta = \frac{L T_o}{G J} \quad (\text{Rad})$$

Kritik Burulma Momenti:

$$T_{CR} = \frac{\pi d_o^3 E}{12 \sqrt{2} (1 - \nu^2)^{0.75}} \left(1 - \frac{d_i}{d_o} \right)^{2.5} \quad (\text{Nm})$$



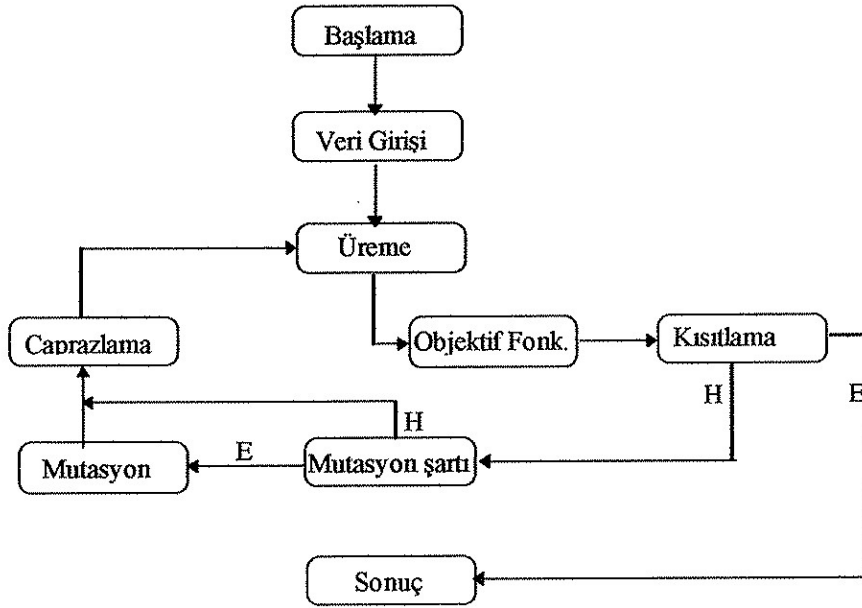
Şekil 4. İncelenen Burulma Çubuğu

3.1. Problemin Çözümü ve Aşamaları

Ele alınan burulma çubuğunun verilen şartlar doğrultusunda minimum kütlede olması istenmektedir. Burada çubuk parametresi olan iç ve dış çap genetik algoritma tekniği kullanılarak hesaplatılmış, diğer parametreler ise tablolardan seçilmiştir.

İlk adım olarak program tarafından rastgele ikilik sayı sisteminde iç ve dış çapı temsil edecek birey toplulukları atanmaktadır. Bu bireylerin sayısı ise programcı tarafından daha önceden programa tanıtılmaktadır. Atanan bu sayılar onluk sayı sisteminde karşılığı bir ölçek parametresi yardımıyla bulunarak objektif fonksiyonda yerine konulması suretiyle başlangıç sonuçları elde edilir. İkinci adım olarak elde edilen bu sonuçlar tek tek referans değeriyle karşılaştırılarak uygunlukları araştırılır. Eğer bulunan sonuçlar istenilen çözüm aralığında ise direkt olarak sonuç yazdırılmakta ve program durmaktadır. Aksi durumda ise bir takım ara kademelere bu birey toplulukları gönderilmektedir. Bu kademelerde bulunan sonuçlar doğrultusunda rulet tekerleği denilen ana bir tablo oluşturulmaktadır. Bu tablonun oluşturulma amacı, bir sonraki nesile gönderilecek birey eleman topluluklarının tesbitinin yapılmasıdır. Üçüncü adım olarak ise bu tablodan elde edilen birey toplulukları çaprazlama ünitesine gönderilmesidir. Bu ünite tamamiyle rastgele şekilde eşleşecek topluluklar tesbit edilip yine rastgele (random) olarak hangi noktalardan kaçar tane bireyin çaprazlama işlemine tabi tutulacağı tesbit edilir. Daha sonra çaprazlama işlemi tamamlanır ve yeni bulunan birey topluluklarının sayısal değerleri objektif fonksiyonda tekrar yerine konarak işlemlere devam edilir. İşlemler silsilesinde öyle bir an vardır ki tüm değerler birbirine eşit çıkmaktadır. Bu anda Genetik Algoritma Tekniği yeni sayılar üretmez ve sonuca ulaşamaz. Bu gibi durumda dördüncü adım dediğimiz mutasyon ünitesi devreye girer ve birey topluluklarından bir kısmına müdahale ederek yapılarını değiştirir. Yapılan bu

müdahaleler Genetik Algoritma yapısına bir zarar vermemektedir. Ele alınan problem için program akış şeması şekil 5.de verilmiştir.

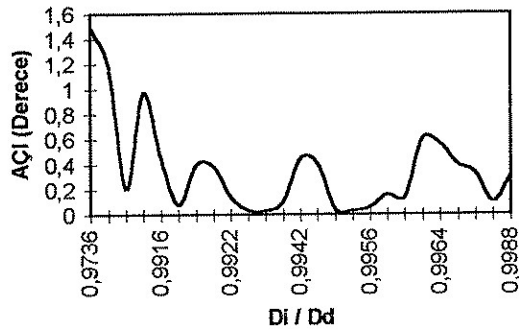


Şekil 5. Program Akış Şeması

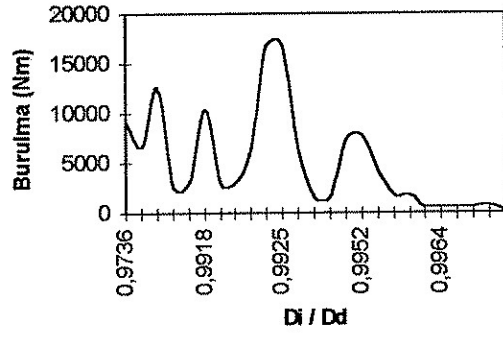
4. Sonuç

Bu çalışmada daha önceden özellikleri belirlenmiş içi boş silindirik bir çubuğun minimum kütleyi sağlayacak şekilde iç ve dış çaplarının boyutlandırılması problemi ele alınmıştır. Bu problemin çözümünde, yapay zeka disiplininin bir alt branşı olan Genetik Algoritma Tekniği (GAT) kullanılarak elde edilen sonuçlar, grafik optimizasyon metodu ile elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmış ve bir mukayese yapılması yoluna gidilmiştir. Genetik Algoritma Tekniği ana ünitelerinden faydalınarak bulunan çaplar oranlarına bağlı olarak kütle, burulma açısı, gerilme ve moment diyagramları sırasıyla şekil 6,7,8 ve 9 'da verilmiştir. Grafiklerde sıçramaların olması değerlerin lineer bir azalma göstermediklerindendir. Bunun sebebi Genetik Algoritma Tekniğinin tamamıyla insan müdahalesi olmadan rastgele bir şekilde verileri elde etmesidir. Elde ettiği bu değerleri varsa kısıt değerleri ile karşılatırarak yorumlamakta, eğer sonuçlar uygun mertebelerde ise programı bitirmekte veya bu değerleri hafızasında saklamaktadır. Problemin amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcıları dikkate alınarak, Genetik Algoritma Tekniğinin uygulanması

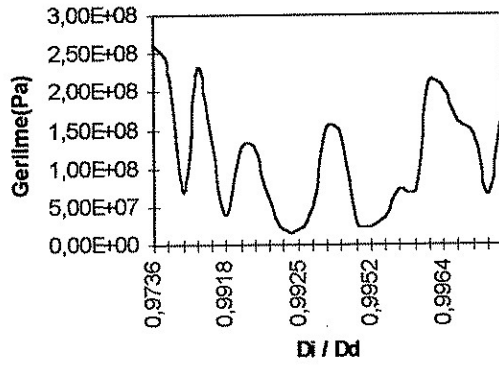
neticesinde elde edilen algoritma için QBasic programlama dili ile hazırlanan optimizasyon programı çalıştırılarak aşağıdaki neticeler elde edilmiştir. Şekil 6 ve 7 de emniyet sınırları içerisinde elde edilen çubuk çapları oranı dikkate alınarak minimum çubuk kütlesi hesaplanmıştır. $L=0.5$ m , $T_0 = 10$ kN.m, $T_{max}=20$ kN.m $D_i/D_d=0.9963744$ değerleri için yapılan analitik hesaplamalarda çubuk kütlesi $M= 1.494775$ kg olarak elde edildi. Bu değerlere karşılık gelen burulma açısı 0.5634849° dir ve bu değer emniyetli burulma açısı (2°)ndan oldukça küçüktür. Şekil 8 dende gerilme değeri 203.938 MPa olarak okunmaktadır ve bu değer de emniyetli kayma gerilmesinden (275 MPa) düşüktür. Benzer şekilde şekil 7 de moment değerine baktığımızda 572.6434 N.m olarak bulunmakta, bu değer de kritik burulma momentinden (20 kN.m) oldukça düşüktür. Bu sonuçlar analitik sonuçlarla oldukça yakındır. Bu sonuçlardan görülmüştür ki analitik çözüm ile genetik Algoritma kullanılarak bulunan sonuçlar arasında hata payı 0.0012 mertebesinde elde edilmiştir ve bu hata payı çok düşüktür. Bu hesaplamalar Genetik Algoritma Tekniğinin optimum tasarım problemlerinde kullanılabileceğini göstermektedir. Böylece tasarım problemlerinin, çok kısa sürede Genetik Algoritma Teknikleri kullanılarak maliyet açısından da kolayca minimizasyonu yapılabileceği görülmektedir.



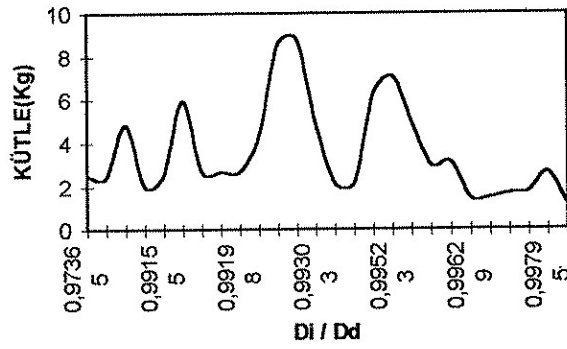
Şekil 6. Açı - Çap Oranları Grafiği



Şekil 7. Burulma - Çap Oranları Grafiği



Şekil 8. Gerilme - Çap Oranları Grafiği



Şekil 9. Kütle - Çap Oranları Grafiği

KAYNAKLAR

1. Wilson,E.C., Computer Integrated Machine Design,Prentice-Hall,Inc., International Edition,1997,London,New Jersey Institute of Technology.
2. Arora,S.J., Introduction to Optimum Design, MacGraw-Hil, Inc., University of Iowa,1989.
3. Konuralp,S., Genetik Algoritma Tekniđinin Düzlemsel Mekanizmaların Kinematik Sentezinde Kullanılması, Yüksek Lisans Tez, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü ,1995.
4. Kurt,M., Güç İleten Makine Elemanlarının Optimizasyonu, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 1992.
5. Kurt,M., Makine Elemanlarının Tasarımında Optimizasyon Metotlarının Kullanılması, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Ders Notları,1996.