

# Genetik Algoritmaların Aktif Filtrelerde Kullanımı

## Using of Genetic Algorithms in Active Filters

Turgay Kaya<sup>1</sup>, Melih Cevdet İnce<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Fırat Üniversitesi  
tkaya@firat.edu.tr, mcince@firat.edu.tr

### Özet

Aktif filtre tasarımında temel amaç, istenen özellikleri sağlayacak filtre transfer fonksiyonunun hesaplanması ve eleman değerlerinin bulunmasıdır. Klasik hesaplama yöntemlerinin aktif filtre eleman değerlerinin hesaplanmasında kullanımı, aşırı zaman ve işlem yükü meydana getirmektedir. Değişen her yeni durum için tasarım işleminde istenilen özellikleri sağlayacak filtre transfer fonksiyonunun kolayca hesaplanması arzu edilen bir durumdur. Bu çalışmada, aktif analog filtrelerde eleman değerlerinin hesaplanması için Genetik Algoritma (GA) kullanımı önerilmiştir. Yapılan çalışma yardımıyla, aktif filtrelerde artan filtre derecesine bağlı olarak ortaya çıkan işlem yükü ortadan kaldırılmıştır. Ayrıca, istenilen filtre karakteristiğine ulaşmak için kullanılan yaklaşım yönteminden elde edilen genlik cevapları ile arzu edilen genlik cevapları karşılaştırılmış ve tatmin edici sonuçlar alınmıştır.

### Abstract

The basic purpose in active filters designed, is calculations of filters transfer function providing desired features and is to find component values. By using of classical calculation methods in active filters component values calculations causes over time and process load. For changing of every new condition, in design process, it is easily to calculate filter transfer function that provides desired features. In this study, the using of GA is recommended for calculation of component value in active analogue filters. With helping of implemented study, the increasing process load depending on filter degree is eliminated. Additionally, obtained amplitude response from the used approach methods to reach desired filter characteristic and desired amplitude response were compared and observed satisfactory results.

### 1. Giriş

Aktif analog filtre tasarımında izlenen yol genellikle denenmiş bir devre modelinden hareketle eleman değerlerinin belirlenmesi biçimindedir [1,2]. Ele alınan devre modelleri genellikle bir işlemsel yükselteç, dirençler ve kondansatörlerden oluşur. Bu eleman değerleri, belirli seri değerleri içinden seçilerek sistem yaklaşımları gerçekleştirilir [3].

Yapılan çalışmalarda kullanılan geleneksel yöntemlerde, belirli eleman değerlerini başlangıçta birbirine eşit seçilerek ya da birbirlerinin katları seçilerek çeşitli çözüm yaklaşımları geliştirilmiştir. Tasarımdaki bu kabullerin amacı standart seri değerlerinden herhangi birinin kullanılması ile en düşük hata değerleri ile devrenin gerçekleştirilmesidir. Fakat bu kabuller ile tasarımcı kısıtlanmakta ve belirli eleman değerlerine sabit kalarak tasarımı gerçekleştirmek zorunda kalmaktadır. Bu durumda, tasarımcı mevcut eleman değerleri için yeniden hesap yapmak zorunda kalacak belki de tasarlamak istediği filtre genlik cevabının kötü olmasına neden olacaktır.

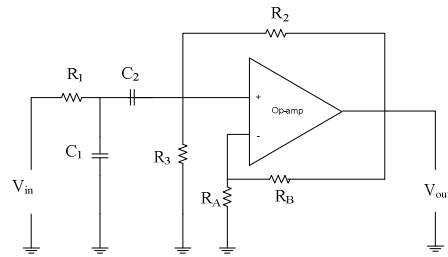
Eleman değerlerinin farklı olduğu çözümlerin gerçekleştirilmesi klasik yöntemlerle oldukça karmaşık ve uzun süreler almaktadır. Tasarımda karşılaşılan işlem yükünden kurtulmak için farklı yöntemler önerilmiştir. Alternatif hesaplama yöntemi olarak, sezgisel hesaplama yöntemlerinden biri olan GA, hesaplamalardaki işlem yükünden kurtulmamızı sağlamıştır [3-5].

Bu çalışmada diğer çalışmalardan [1,2] farklı olarak GA içerisindeki kromozomlar ikili olarak değil değer kodlanarak işlenmişlerdir.

Yapılan uygulama yardımıyla istenen filtre katsayılarına ulaşmada başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

### 2. Analog Aktif Filtre

Analog aktif filtre tasarımında kullanılan devre, genellikle işlemsel kuvvetlendiricisi (op-amp), direnç ve kondansatörler elemanlarının uygun şekilde bağlanmalarıyla meydana gelmektedirler. Uygulama kısmında kullanılan devre modeli meşhur Sallen-Key aktif filtre katından yararlanılarak oluşturulmuştur [3]. Band geçiren aktif filtre için devre şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Sallen-Key Band Geçiren Aktif Filtre Katı

Band geçiren filtre için devrenin transfer fonksiyonu, devre elemanlarına bağlı olarak yazıldığında denklem 1'deki ifade elde edilir.

$$H_{c,p}(s) = \frac{\frac{Ks}{R_1 C_1}}{s^2 + \left[ \frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_3 C_1} + \frac{1}{R_3 C_2} + \frac{(1-K)}{R_1 C_1} \right] s + \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 R_3 C_1 C_2}} \quad (1)$$

Transfer fonksiyonu içerisindeki K kazanç değeri denklem 2 yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$K = 1 + (R_B/R_A) \quad (2)$$

Kullanılan devre modelinde eleman yerleri değiştirildiğinde farklı filtre türleri (alçak geçiren, yüksek geçiren, band-durduran filtre gibi) elde edilmektedir. Devre içerisindeki eleman değerleri aynı seçilerek R1=R2=R3 ve C1=C2, transfer fonksiyonu sade bir hale getirilmektedir.

$$H_{c,p}(s) = \frac{\frac{Ks}{RC}}{s^2 + \left[ \frac{(4-K)}{RC} \right] s + \frac{2}{R^2 C^2}} \quad (3)$$

Elde edilen transfer fonksiyonu genel olarak ifade edilmek istendiğinde,

$$H_{a,H}(s) = \frac{a_1 s}{s^2 + b_1 s + b_2} \quad (4)$$

şeklinde yazılabilir. Denklem 4'deki genel transfer fonksiyonu ile denklem 3'deki transfer fonksiyonları eşleştirdiğinde katsayı değerleri aşağıdaki gibi olacaktır.

$$b_1 = (4-K)/RC \quad (5)$$

$$b_2 = 2/R^2 C^2 \quad (6)$$

$$R = \sqrt{2/b_2} C \quad (7)$$

$$K = 4 - \sqrt{2b_1^2/b_2} \quad (8)$$

$$R_B/R_A = 3 - \sqrt{2b_1^2/b_2} \quad (9)$$

Aktif analog filtrelerde filtre derecesini, devrede kullanılan ve frekansa bağlı eleman sayısı (kondansatör ve bobin) belirlemektedir. Şekil 1'deki devrede frekansa bağlı iki eleman olduğundan devrenin derecesi ikinci derecedendir. Farklı filtre dereceleri benzer devrelerin birbirine kaskat bağlanmalarıyla elde edilmektedir.

Aktif filtrelerde eleman değerlerinin hesaplanması için elle yapılan işlemlerde, yukarıdaki denklemler kullanılarak filtrenin transfer fonksiyonu bulunmakta, daha sonra bu fonksiyon üzerinden katsayıların eşitliği kullanılarak istenilen

özellikleri sağlayacak devrenin eleman değerleri hesaplanmaktadır. Uygulamalarda, her değişen yeni durum için yeniden transfer fonksiyonu ve yeni eleman değerleri hesaplanacaktır. Meydana gelen hesaplama karmaşıklığını ortadan kaldırmak için yeni çözüm yolları geliştirilmiştir. Sezgisel hesaplama yöntemlerinden bir olan ve en iyinin korunması ilkesine dayalı GA, geniş bir arama uzayından değerler üreterek sonuca ulaşmada başarılı sonuçlar elde etmektedir.

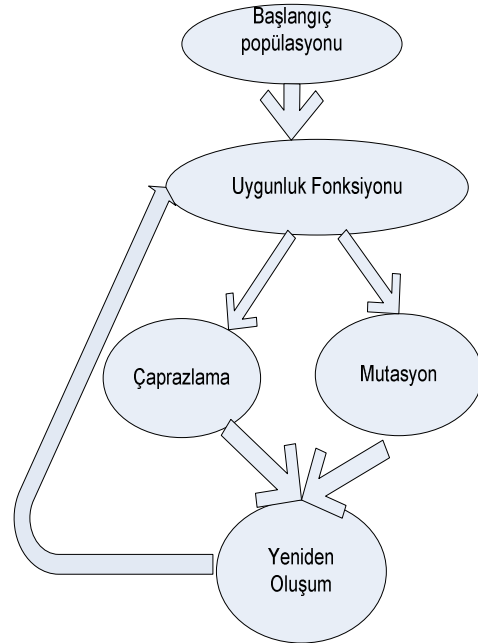
### 3. Genetik Algoritmalar

Sonuca farklı arama noktalarından yaklaşılarak ulaşan GA, en iyinin korunması ilkesine dayanmaktadır. Sahip olduğu operatörler yardımıyla, başlangıçta rastgele değerlerden oluşan kromozomlar üzerinde işlemler yaparak sonuca ulaşmaktadır [5-8].

GA'lar ilk olarak başlangıç popülasyonu oluşturmakta, daha sonra bu kromozomların her biri GA'da özel çalışan tek birim olan uygunluk fonksiyonunda yerine yazılarak her bir kromozomun uygunluk değeri hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değerlere göre kromozom, kendisini bir sonraki nesillerde bulundurabilecek veya ortadan kaybolacaktır. Uygunluk değeri iyi olan kromozomlar yeni nesilleri oluşturabilmek için kendi aralarında çaprazlama işlemine girmektedirler. Çaprazlama işleminde kromozomlar, sahip oldukları kodlama yöntemlerine göre farklı farklı çaprazlama işlemine uğramaktadırlar.

GA'nın diğer bir operatörü olan mutasyon işleminde ise, aramanın tek bir bölgede olmaması için seçilen kromozomun genleri kodlama yöntemine göre farklı bir mutasyon işlemine uğramaktadır.

Basit bir GA şeması aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 2: GA akış diyagramı

Program içerisinde benzer işlemler, istenen genlik cevaplarını sağlayacak filtre transfer fonksiyonu katsayılarına yakınsayınca kadar devam etmektedir.

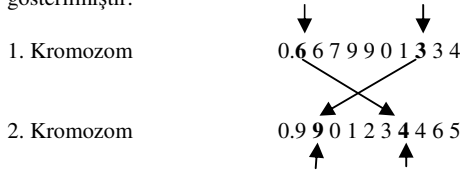
#### 4. Geliştirilen Model Uygulamaları

Yapılan çalışmada, analog aktif filtre tasarımı için istenilen özellikleri sağlayacak transfer fonksiyonunu oluşturacak eleman değerleri, GA için başlangıç popülasyonu olarak 0 ile 1 arasında rastgele değerlerden oluşturulmuştur [8]. Değer kodlanmış kromozomlar aşağıda gösterilmiştir.

Kromozom 1: 0.6679901334

Kromozom 2: 0.9901234465

İstenen özellikleri sağlayacak filtrenin eleman değerlerine göre transfer fonksiyonu elde edilerek sağlaması gereken genlik cevapları çizdirilmiş ve bu değerler program için olması gereken değerleri oluşturmaktadır. Başlangıç popülasyonunda yer alan kromozom değerleri ise, uygunluk fonksiyonunda yerine yazılarak GA'nın bulmuş olduğu filtre genlik cevabı elde edilmiş, bu iki genlik cevabı karşılaştırılmıştır. Programda amaç, bu iki değer arasındaki farkı en aza indirebilmektir. Bu amaçla, değer kodlanmış kromozomlar kendi aralarında çaprazlama işlemine uğramaktadırlar. Çaprazlama işlemi, değer kodlanmış kromozomlar için rasgele seçilen iki kromozomun yine rasgele seçilen iki nokta üzerinden karşılıklı yer değiştirmesi şeklinde yapılmaktadır. Değer kodlanmış kromozomlar için bu durum aşağıda gösterilmiştir.



yapılan çaprazlama işlemi neticesinde ise,

1. Kromozom      0.4679901934

2. Kromozom      0.9301236465

şeklinde olmaktadır.

Çaprazlama işlemi sonrasında ortaya çıkan kromozom değerleri ile çaprazlama öncesindeki kromozom değerleri arasında uygunluk değerleri en iyi olan kromozomlar bir sonraki nesil için, yeni bir başlangıç popülasyonu oluşturmaktadır. Aramanın belirli bir bölgede kalmasını önlemek için GA içerisinde yer alan kromozomlar mutasyon işlemine girerken, herhangi bir kromozomun herhangi bir geni değiştirerek bu işleme uğramaktadırlar. GA için mutasyon işlemi aşağıdaki gibidir.

Mutasyon öncesi:

1. Kromozom      0.6679901334

Mutasyon sonrası:

1. Kromozom      0.6629901334

Benzer işlemler istenen yakınsama sağlanıncaya kadar devam ettirilip sonuçta, GA'nun sahip olduğu kromozom değerleri istenen özellikleri sağlayacak analog aktif filtrenin pay ve payda katsayılarını temsil edecektir.

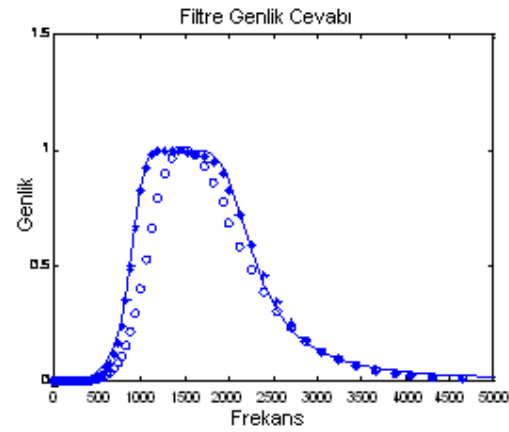
#### 4.1. Band-Geçiren Filtre Uygulaması

Band-geçiren filtre uygulaması için program, Tablo 1'de verilen başlangıç koşulları için çalıştırılmıştır.

Tablo 1: Başlangıç koşulları

Süzgeç derecesi	6
Popülasyon sayısı	8
Jenerasyon sayısı	250
Mutasyon oranı	1/100
Süzgeç türü	BG
Geçirme- durdurma bandı dal.	1.5-28 dB
Durdurma bandı alt kesim frekansı	500 (Hz)
Geçirme bandı alt kesim frekansı	1000 (Hz)
Geçirme bandı üst kesim frekansı	2000(Hz)
Durdurma bandı üst kesim frekansı	4000 (Hz)

Verilen başlangıç koşullarında program çıktılarına göre genlik cevapları Şekil 3'de verilmiştir.

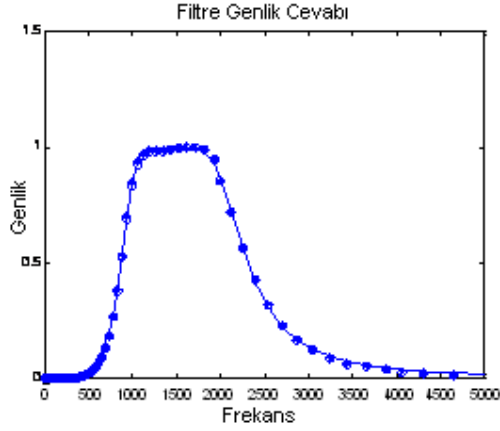


Şekil 3: Band-geçiren filtre genlik cevapları (\_\_\_ arzu edilen genlik cevabı, \*\*\*\* en iyi kromozom için genlik cevabı, ooo en kötü kromozom için genlik cevabı )

GA'nın operatörü olan popülasyon sayısının ve jenerasyon sayısının program üzerine etkisini inceleyebilmek için bu iki değişkene farklı başlangıç değerleri verilerek program Tablo 2'deki koşullarla yeniden çalıştırıldığında Şekil 4'deki program çıktıları elde edilmiştir.

Tablo 2: Başlangıç koşulları

Süzgeç derecesi	6
Popülasyon sayısı	14
Jenerasyon sayısı	350
Mutasyon oranı	1/100
Süzgeç türü	BG
Geçirme- durdurma bandı dal.	1.5-28 dB
Durdurma bandı alt kesim frekansı	500(Hz)
Geçirme bandı alt kesim frekansı	1000(Hz)
Geçirme bandı üst kesim frekansı	2000(Hz)
Durdurma bandı üst kesim frekansı	4000 (Hz)



Şekil 4: Band-geçiren filtre genlik cevapları (\_\_\_\_ arzu edilen genlik cevabı, \*\*\*\* en iyi kromozom için genlik cevabı, ooo en kötü kromozom için genlik cevabı )

Yapılan uygulamalarda, her üç filtre katı için kondansatör değerleri  $C1=C2$  alınmış ve değer olarak  $0.01 \mu F$  seçilmiştir. Klasik hesaplama yöntemleri ile yapılan hesaplama işleminde işlem yükünden kurtulmak için her bir filtre katmanındaki direnç değerleri aynı alınarak işlemler yapılmıştır. Geliştirilen program yardımıyla katmanlardaki kapasite değerleri aynı seçilmiş ve istenen özellikleri sağlayacak filtre katmanındaki direnç değerleri farklı hesaplanmıştır. Klasik hesaplama yöntemlerinden bulunan sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3: Klasik hesaplama yöntemleri ile bulunan sonuçlar

m (Filtre katı)	Rm
1	15.92 K
2	22.68K
3	11.17K

Program yardımıyla bulunan sonuçlar ise Tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4: Program sonuçları

m(Filtre katı)	R1	R2	R3
1	8.6685K	5.1599K	4.4434K
2	9.8982K	9.7780K	1.8189K
3	9.9910K	3.6738K	1.5516K

## 5. Sonuçlar

MATLAB’da yapılan bu çalışmada aktif analog filtreler GA kullanılarak tasarlanmışlardır. Tasarımda karşılaşılan hesaplama zorlukları, kullanılan GA yardımıyla ortadan kaldırılmıştır.

Bulunan sonuçlar programın her çalıştırılmasında farklı olmasına rağmen istenen genlik cevabına yaklaşımda başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Klasik hesaplama yöntemlerinde işlem yükünden kurtulmak için eleman değerlerinin birbirine eşit seçilmesi, tasarımcıyı farklı eleman değerlerini kullanma imkânını engellemiştir. Yapılan çalışma yardımıyla kondansatör değerleri standart değerler arasından herhangi bir değer seçilerek işlem yapılmış ve her bir filtre katındaki direnç değerleri için farklı değerler hesaplanmıştır. Bu durum filtre tasarımında tek bir eleman değerine bağımlılığı ortadan kaldırıp farklı eleman değerleri ile istenen özellikleri sağlayacak filtre transfer fonksiyonuna ulaşma imkânı sağlamıştır.

Ayrıca programın her bir bölümü (çaprazlama, mutasyon, uygunluk değeri hesaplaması gibi) m-fonksiyon şeklinde yazıldığından esnek bir yapıya sahip olup farklı uygulamalar için kullanılabilir yapıdadır.

## 6. Kaynaklar

- [1] Horrocks D.H., “Component Value Selection for Active Filters using Genetic Algorithms”, C-2, 553-556, 1995.
- [2] Kalınlı A., “Aktif Filtreler için Devre Eleman Değerlerinin Karınca Koloni Algoritması Kullanarak Seçimi” *DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*,5-3., 41-53, 2003.
- [3] Theede, L. “*Analog and Digital Filter Design*”, Prentice Hall.,New Jersey,1996.
- [4] Lee A., Ahmed, M., Jullien, G.A., Miller, W.C., Lashkar, R.S., “Digital Filtre Design Using Genetic Algorithm” *IEEE*, 1998, 34- 38.
- [5] Karaboğa N., ve Çetinkaya B., “Genetik Algoritma Tabanlı Adaptif Sistem Modelleme” *IEEE 15. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*,2007, 1-4.
- [6] Suckley, D., ” Genetic Algorithm in the Design of FIR Filtres”, *IEE Proceedings*, 1991, 234- 238.
- [7] Mitchell T.M. “*Machine Learning*”, MIT Pres and The McGraw-Hill Companies, Singapore, 1997
- [8] Nabyev, V.V., ” *Yapay Zeka*”, Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2005.