

# Sincap Arama Algoritması Kullanarak Sonlu Dürtü Yanıtlı Filtre Tasarımı

## Finite Impulse Response Filter Design Using Squirrel Search Algorithm

Mehmet Fatih KARAKAŞ, Fatma LATİFOĞLU  
Erciyes Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği  
Kayseri, Türkiye  
mfkarakas@erciyes.edu.tr flatifoglu@erciyes.edu.tr

**Özetçe**—Yeni ortaya konan metasezgisel algoritmalarından olan Sincap Arama Algoritmasının MATLAB ortamında yüksek performanslı ve düşük dereceli FIR filtre tasarımı için uygulaması yapılmış ve bu tasarıma ait sonuçlar paylaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler** — *sincap arama algoritması, metasezgisel, fir filtre tasarımı*

**Abstract**—The Squirrel Search Algorithm, one of the newly introduced metaheuristic algorithm, has been applied for high performance and low grade FIR filter design in MATLAB environment and the results of this design are shared.

**Keywords** — *squirrel search algorithm, metaheuristic, fir filter design*

### I. GİRİŞ

Bir sinyalin frekans spektrumundaki belirli özelliklerini güçlendiren, sinyalin frekans spektrumunu yeniden şekillendiren veya sinyalin frekans spektrumunu istenen belirli özelliklere göre değiştiren sistemler genellikle dijital filtreler olarak adlandırılmaktadır. Filtreleme, haberleşme, ses sinyali işleme, biyomedikal sistemler, görüntü işleme, endüstriyel uygulamalar gibi birçok uygulamada, sinyallerin belirli frekanslardaki bileşenlerini kaldırmak ve büyüklük, faz veya grup gecikmesini iyileştirmek için kullanılan en yaygın sinyal işleme biçimidir [1]–[3]. Dürtü yanıtına veya dijital filtrelerin frekans yanıtına göre Sonsuz Dürtü Yanıtlı Dijital Filtreler (IIR) ve Sonlu Dürtü Yanıtlı Dijital Filtreler (FIR) olmak üzere iki sınıfta incelenmektedir. IIR ve FIR filtrelerinin bazı avantajları ve dezavantajları vardır. IIR filtrelerinin FIR filtrelerine göre avantajı, IIR filtrelerinin genellikle benzer filtreleme işlemlerini gerçekleştirmek için daha az katsayı gerektirmesidir. Bu nedenle, IIR filtreleri daha hızlı çalışır ve daha az bellek alanı gerektirir. Ancak IIR filtreler, doğrusal olmayan faz tepkisine sahiptir. FIR filtreleri her zaman kararlıdır. Doğrusal faz tepkisine sahiptir ve sonlu kelime uzunluğu etkisine daha az duyarlıdır[4]. Ancak FIR filtrelerinin başlıca dezavantajı, genellikle IIR filtersinden daha fazla filtre

katsayı gerektirmesidir. Bu nedenle hız ve bellek kullanımında dezavantaj oluşturmaktadır.

FIR filtre tasarımı teknikleri genellikle geleneksel veya optimizasyon yöntemlerine dayalı yaklaşımları içeren iki temel sınıfa içermektedir. Geleneksel teknikler arasında Equiripple, Parks-McClellan, En Küçük Kareler, Pencereleme, Frekans Örneklemme teknikleri FIR filtre tasarımı için yaygın olarak kullanılmaktadır[1]–[4]. Bu tekniklerin anlaşılması ve uygulanmasının oldukça kolay avantajları vardır, ancak tasarım sırasında geçirme / durdurma bandı frekansları, geçirme / durdurma bandı dalgalanmalarının tam olarak belirtilmemesi gibi bazı dezavantajları vardır. Bu nedenle, bu geleneksel teknikleri kullanarak filtre tasarımı sırasında, dalgalanma, zayıflama, geçiş bant genişliği, geçiş bandı ve durdurma bandı kesme frekansı [1]–[4] gibi bazı filtre parametrelerinin doğru bir şekilde kontrol edilmesi mümkün değildir.

Son zamanlarda FIR filtre tasarımında, optimum frekans yanıtını elde etmek için optimizasyon yöntemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde, sürü ve evrimsel hesaplama şemaları gibi farklı optimizasyon tekniklerinin kullanılması, bazı filtre parametrelerinin doğru kontrolü ile farklı filtre katsayıları için daha iyi sonuçlar sağlar[5]–[13].

Günümüzde biyoloji, fizik gibi disiplinlerden ilham alınarak genel amaçlı, esnek, probleme uyarlanabilir ve yüksek performanslı metasezgisel algoritmalar geliştirilmektedir. Son yıllarda karmaşıklığı yüksek problemlerin çözümü için geliştirilen metasezgisel algoritmalar genellikle biyoloji tabanlıdır. Biyoloji tabanlı metasezgisel algoritmalar, öncelikle doğadaki var olan olayları anlamak, davranışları incelemek ve taklit etmek ile modellenmektedir [14]. Canlılar referans olarak taklit edilen bu davranışlar, genellikle yiyecek arama davranışlarıdır. Sincap Arama Algoritması (SSA), son yıllarda geliştirilmiş, biyoloji tabanlı, başarılı metasezgisel algoritmalarından bir tanesidir.

SSA, Jain ve arkadaşları tarafından 2019 yılında doğadan esinlenilerek geliştirilmiş; yeni, basit ve güçlü bir küresel optimizasyon algoritmasıdır. Uçan sincapların dinamik arama

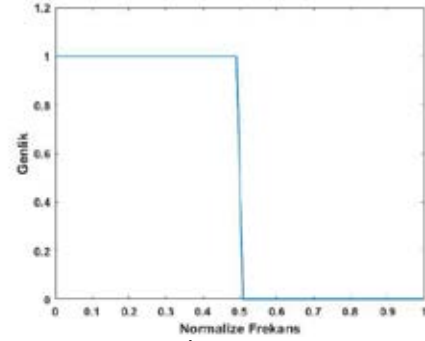
davranışlarını ve süzülme hareketlerini taklit etmektedir. Süzülme hareketi, küçük memelilerin uzun mesafelerde yol almak amacıyla kullandığı etkili bir harekettir. SSA, bu davranışı kullanarak problemlerin optimizasyonunu gerçekleştirmeyi hedeflemektedir [15]. Bu çalışmada yeni nesil metasezgisel algoritmalarından Sincap Arama algoritması kullanılarak literatürde ilk kez optimizasyon tabanlı FIR filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1 Tasarlanan Algoritmaya Ait Kaba Kod

```
Başla: Giriş parametrelerinin tanımlanması  
N adet uçan sincap için, rastgele başlangıç konumlarının belirlenmesi (FİLTRE KATSAYILARI)  
Uçan sincapların konumlarının uygunluk değerlerinin hesaplanması (İDEAL FİLTRE İLE KARŞILAŞTIRMA)  
Uçan sincapların konumlarının uygunluk değerlerine göre artan sırada sıralanması, bu sıralamaya göre ceviz ağacı, meşe palamudu ve normal ağaçlara konumlandırılması  
Normal ağaçlarda bulunan sincapların rastgele olarak, bazılarının ceviz ağacına, bazılarının meşe palamudu ağaçlarına yönlendirilmesi  
While (Anlık İterasyon < İterasyon Sayısı)  
For t=1 n1 (n1=meşe palamudu ağaçlarından ceviz ağacına doğru hareket eden toplam uçan sincap sayısı)  
If (R1 ≥ Pdp)  
Else  
Rastgele Konum (RASTGELE FİLTRE KATSAYILARININ OLUŞTURULMASI)  
End  
End  
For t=1 n2 (n2=normal ağaçlardan meşe palamudu doğru hareket eden toplam uçan sincap sayısı)  
If (R2 ≥ Pdp)  
Else  
Rastgele Konum (RASTGELE FİLTRE KATSAYILARININ OLUŞTURULMASI)  
End  
End  
For t=1 n3 (n3=normal ağaçlardan ceviz ağacına doğru hareket eden toplam uçan sincap sayısı)  
If (R3 ≥ Pdp)  
Else  
Rastgele Konum (RASTGELE FİLTRE KATSAYILARININ OLUŞTURULMASI)  
End  
End  
Mevsimsel Sabiti Hesapla (S_c)  
If (S_c < S_min)  
Uçan Sincapların Rastgele Konumlandırılması (RASTGELE FİLTRE KATSAYILARININ OLUŞTURULMASI)  
End  
Minimum Mevsimsel Sabit Değerinin Güncellenmesi (S_min)  
End  
Ceviz ağacındaki uçan sincap optimum çözümdür. (OPTİMUM FİLTRE KATSAYILARI)  
End
```

Gerçekleştirilen çalışmada öncelikle tasarlanmak istenen filtreye ait parametreler belirlenmiştir. Bu parametreler; normalize geçirme bandı frekansı, normalize durdurma bandı

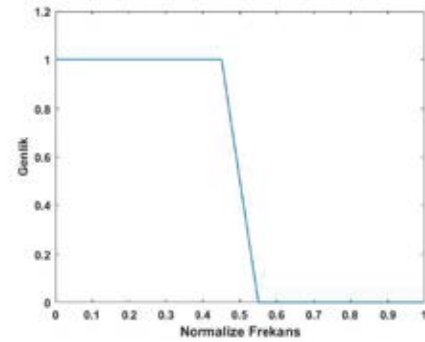
frekansıdır. Bu parametreler belirlendikten sonra optimum filtre (Hd, istenen frekans yanıtı) için istenen frekans cevabı aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



Şekil 1 0.49-0.51 rad/pi İdeal Alçak Geçiren Filtre Frekans Cevabı

Algoritmanın çalışması sırasında ortaya çıkan filtre katsayıları kullanılarak bu katsayılara ait frekans yanıtı bulunmuştur. Bulunan frekans yanıtı (He) ve istenen frekans yanıtı (Hd) ile aşağıdaki hata fonksiyonu kullanılarak FIR filtre katsayıları elde edilmeye çalışılmıştır.

$$hata = (1 - corr(Hd, He)) + mse(|Hd - He|) + uzaklık$$



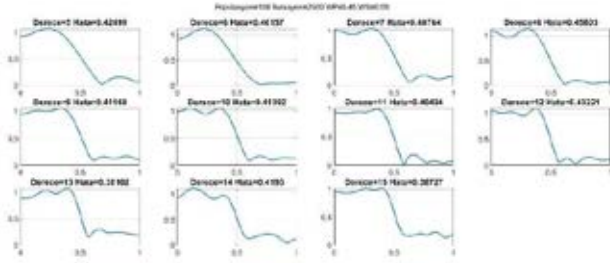
Şekil 2 0.45-0.55 rad/pi İdeal Alçak Geçiren Filtre Frekans Cevabı

Burada corr; Hd ve He frekans cevabının korelasyon katsayıları, mse; Hd ve He frekans cevabının minimum karesel hatasını ve uzaklık sıfır kutup diyagramında birim çember dışında kalan kutup ve sıfırların birim çembere olan uzaklıklarının toplamıdır.

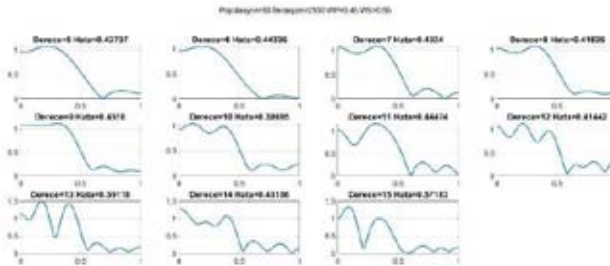
## II. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Nihai çözümde 50 ve 100 popülasyon büyüklüklerinde normalize durdurma bandı frekansı 0.55 rad/pi, normalize geçirme bandı frekansı 0.45 rad/pi olan ve normalize durdurma frekansı 0.51 rad/pi, normalize geçirme bandı frekansı 0.49 rad/pi olan 5. dereceden 15. dereceye kadar optimize FIR filtre katsayıları elde edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda

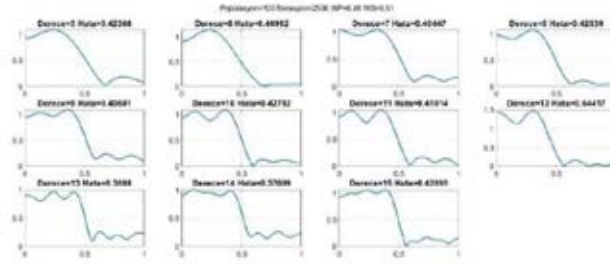
literatürde yaygın bir şekilde kullanılan geleneksel Equiripple FIR filtre tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımda da yine normalize durdurma bandı frekansı 0.55 rad/pi, normalize geçirme bandı frekansı 0.45 rad/pi olan ve normalize durdurma frekansı 0.51 rad/pi, normalize geçirme bandı frekansı 0.49 rad/pi olan 5. dereceden 15. dereceye kadar FIR filtre yapıları oluşturulmuştur. SSA ile optimize edilmiş filtre katsayılarından oluşturulan FIR filtrelere ait frekans yanıtları Şekil-3, Şekil-4, Şekil-5 ve Şekil-6' da verilmiştir. Ayrıca Equiripple yöntemi ile oluşturulan FIR filtrelere ait frekans cevapları ise Şekil-7 ve Şekil-8 de verilmiştir. Oluşturulan bu filtrelere ait frekans cevaplarının hataları ise Tablo-2 de verilmiştir.



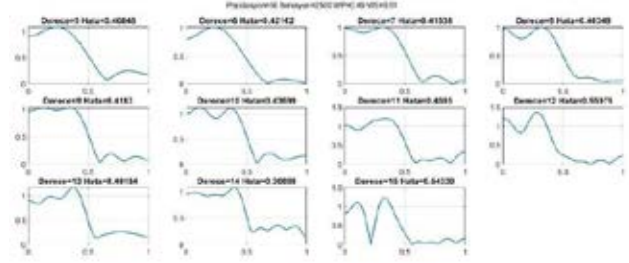
Şekil 3 SSA Popülasyon=50 WP=0.45 WS=0.55 5-15  
Dereceler Arası Filtre Yanıtları



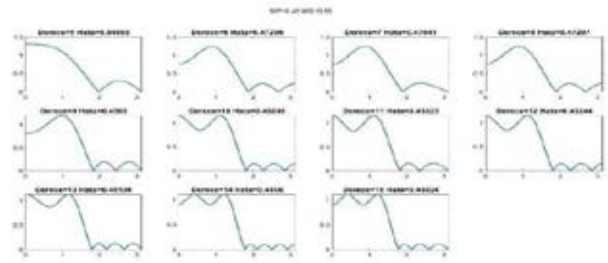
Şekil 4 SSA Popülasyon=100 WP=0.45 WS=0.55 5-15  
Dereceler Arası Filtre Yanıtları



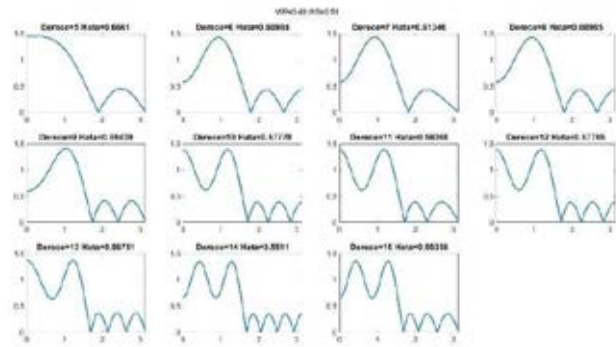
Şekil 5 SSA Popülasyon=50 WP=0.49 WS=0.51 5-15  
Dereceler Arası Filtre Yanıtları



Şekil 6 SSA Popülasyon=100 WP=0.49 WS=0.51 5-15  
Dereceler Arası Filtre Yanıtları



Şekil 7 Equiripple FIR Filtre WP=0.45 WS=0.55



Şekil 8 Equiripple FIR Filtre WP=0.49 WS=0.51

Tablo 2 SSA Optimizasyonu ve Equiripple FIR Filtre ile Elde Edilen Filtre Yanıtlarına Ait Hata Değerlerinin Karşılaştırılması

WP=0.45 WS=0.55			
	SSA Popülasyon=50	SSA Popülasyon=100	FIR Equiripple Filtre

Derece	Hata		
5	0,427368117	0,424991061	0,540887192
6	0,443362947	0,461569666	0,472955706
7	0,432401696	0,407635221	0,478407759
8	0,418263416	0,458027099	0,472968317
9	0,451803530	0,411676570	0,456502762
10	0,386954073	0,413919681	0,452492900
11	0,444737130	0,404941947	0,453230378
12	0,414416792	0,432214001	0,452438937
13	0,591177944	0,381015607	0,451086820
14	0,451557097	0,419302277	0,450595964
15	0,571828786	0,387273754	0,450238549

WP=0.49 WS=0.55			
	SSA Popülasyon=50	SSA Popülasyon=100	FIR Equiripple Filtre
Derece	Hata		
5	0,441262767	0,457103382	0,666098709
6	0,455321948	0,503755718	0,609878568
7	0,450749444	0,436006491	0,613460709
8	0,435070932	0,460241774	0,609847081
9	0,448108574	0,43464178	0,594388639
10	0,465261083	0,456580858	0,577783573
11	0,496132072	0,439270484	0,580683719
12	0,595444785	0,675224501	0,577849763
13	0,42598428	0,382826329	0,567510348
14	0,390231927	0,402351606	0,551101626
15	0,570783044	0,454228601	0,553577884

Şekil 3,4,5,6 Şekil-7 ve Şekil-8 ile karşılaştırıldığında ve Tablo 2' incelendiğinde görüleceği üzere SSA tabanlı FIR filtre tasarımının düşük derecelerde geleneksel FIR filtre tasarım metodu olan Equiripple yöntemi ile oluşturulandan daha yüksek performansa sahip olduğu görülmektedir.

Yapılan çalışmada düşük derecelerde yüksek performansa sahip FIR filtre tasarımı için son zamanlarda ortaya konan yeni metasezgisel algoritmalarından olan SSA, MATLAB ortamında kullanılmıştır. Böylece tek boyutlu ve yüksek performanslı filtre tasarımı SSA algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### III. KAYNAKLAR

- [1] A. V Oppenheim, *Discrete-time signal processing*. Pearson Education India, 1999.
- [2] K. Najarian and R. Splinter, *Biomedical signal and*

- [3] *image processing*. Taylor & Francis, 2012.
- [3] J. G. Proakis and D. G. Manolakis, "Digital signal processing," *PHI Publ. New Delhi, India*, 2004.
- [4] I. W. Selesnick, C. S. Burrus, L. J. Karam, and J. H. McClellan, "11.4 Other Developments in Digital Filter Design," *Digit. Signal Process. Fundam.*, p. 38, 2009.
- [5] L. M. San-José-Revuelta and J. I. Arribas, "A new approach for the design of digital frequency selective FIR filters using an FPA-based algorithm," *Expert Syst. Appl.*, vol. 106, pp. 92–106, 2018.
- [6] M. Joaquim and C. Lucietto, "A nearly optimum linear-phase digital FIR filters design," *Digit. Signal Process.*, vol. 21, pp. 690–693, Dec. 2011.
- [7] R. Kar, D. Mandal, S. Mondal, and S. P. Ghoshal, "Craziness based Particle Swarm Optimization algorithm for FIR band stop filter design," *Swarm Evol. Comput.*, vol. 7, pp. 58–64, 2012.
- [8] J. Dash, B. Dam, and R. Swain, "Design of multipurpose digital FIR double-band filter using hybrid firefly differential evolution algorithm," *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 59, pp. 529–545, 2017.
- [9] A. Aggarwal, T. K. Rawat, and D. K. Upadhyay, "Design of optimal digital FIR filters using evolutionary and swarm optimization techniques," *AEU - Int. J. Electron. Commun.*, vol. 70, no. 4, pp. 373–385, 2016.
- [10] J. I. Ababneh and M. H. Bataineh, "Linear phase FIR filter design using particle swarm optimization and genetic algorithms," *Digit. Signal Process. A Rev. J.*, vol. 18, no. 4, pp. 657–668, 2008.
- [11] P. Apostolov, "Method for FIR filters design with compressed cosine using Chebyshevs norm," *Signal Processing*, vol. 91, no. 11, pp. 2589–2594, 2011.
- [12] A. Aggarwal, T. K. Rawat, M. Kumar, and D. K. Upadhyay, "Optimal design of FIR high pass filter based on L1 error approximation using real coded genetic algorithm," *Eng. Sci. Technol. an Int. J.*, vol. 18, no. 4, pp. 594–602, 2015.
- [13] S. K. Saha, S. P. Ghoshal, R. Kar, and D. Mandal, "Cat Swarm Optimization algorithm for optimal linear phase FIR filter design," *ISA Trans.*, vol. 52, no. 6, pp. 781–794, 2013.
- [14] "Brownlee, J. (2011). *Clever algorithms: nature-inspired programming recipes*. Jason Brownlee."
- [15] "Jain, M., Singh, V., & Rani, A. (2019). A novel nature-inspired algorithm for optimization: Squirrel search algorithm. *Swarm and evolutionary computation*, 44, 148-175."