

Süzgeç Bankası Tasarımında Kullanılan ABC Algoritmasının Kontrol Parametrelerindeki Değişimin Performansa Etkisinin İncelenmesi

Analysis of the Effects of Control Parameters' Variation of ABC Algorithm Used in Filter Bank Design on the Performance

Gokcen Ozdemir¹, Nurhan Karaboga¹

¹Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye.
{ gozdemir, nurhan_k }@erciyes.edu.tr

Özetçe—Bu çalışmada, Yapay Arı Kolonisi Algoritması kullanılarak Kosinüs Modüleri Süzgeç Bankası tasarlanmıştır. Sezgisel algoritmalarla algoritmanın performansını etkileyen önemli faktörlerden birisi, algoritmanın kontrol parametrelerinin belirlenmesidir. Tasarlanan süzgeç bankasının performansı, algoritmanın kontrol parametrelerindeki değişime bağlı olarak incelenmiştir. Kontrol parametrelerdeki değişimin süzgeç bankası performans parametreleri üzerindeki etkileri detaylandırılmıştır.

Anahtar Kelimeler—Kosinüs Modüleri Süzgeç Bankası; ABC Algoritması; limit; koloni boyutu.

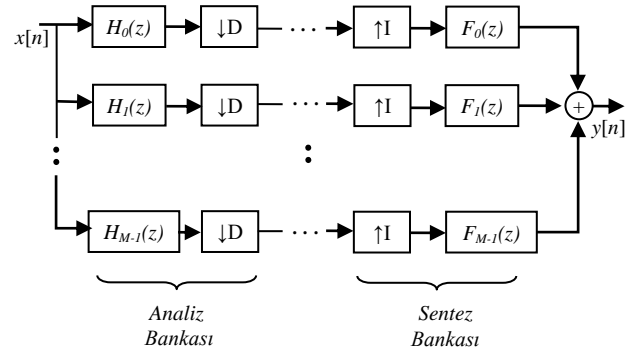
Abstract—In this work, Cosine Modulated Filter Bank (CMFB) is designed using Artificial Bee Colony (ABC) Algorithm. In heuristic algorithms, one of the important factors affecting the performance of the algorithm is to determine the control parameters of the algorithm. The performance of the designed filter bank is investigated according to the change in the control parameters of the ABC Algorithm. The effects on the filter bank performance parameters of the change in the control parameters are detailed.

Keywords—Cosine Modulated Filter Bank, ABC Algorithm; limit; colony size.

I. GİRİŞ

Sistemin farklı kısımlarında farklı örnekleme hızları kullanan sistemlere ‘çoklu hızlı (multirate) sistemler’ adı verilir [1]. Çoklu hızlı sistemlerin ya da bir başka deyişle süzgeç bankalarının temel işlevi, bir işaretin bir dizi alt-bant bileşene ayrıştırarak daha düşük veri oranlarında işlem yapmaktır. Bir süzgeç bankası analiz bankası ve sentez bankası olmak üzere iki temel kısımdan oluşur. Analiz bankasında işaretin örnekleme hızını azaltmak için seyreltme (decimation:D), sentez bankasında ise

örnekleme hızını arttırmak için aradeğerleme (interpolation:I) işlemleri yapılır. Şekil 1’ de M-Kanallı süzgeç bankası yapısı görülmektedir [2]. $H(z)$ ve $F(z)$ sırasıyla analiz ve sentez süzgeçlerine ait sonlu dürtü yanıtlı prototip süzgeçlerin transfer fonksiyonları olmak üzere, seyreltme ve ara değerlendirme blokları analiz ve sentez kısımlarında sırasıyla D ve I ile gösterilen bloklardır.



Şekil 1. M-Kanallı süzgeç bankası.

Sezgisel algoritmalar, klasik algoritmalarla göre daha kısa sürelerde daha az işlemle sonuç elde edebilme kabiliyetleri sayesinde mühendislik, finans, ekonomi gibi birçok farklı alanda farklı türde problemlerin çözümleri için sıklıkla kullanılmaktadırlar [3]. Literatürde farklı sezgisel algoritmaların kullanıldığı kosinüs modüleri süzgeç bankası (Cosine Modulated Filter Bank: CMFB) tasarımları mevcuttur. İlk sezgisel tabanlı CMFB çalışması Chan ve arkadaşları tarafından sunulmuş, çarpansız süzgeç katsayılarının bulunması için Genetik Algoritma kullanılmıştır [4]. Youlian ve arkadaşları yaptıkları çalışmada durdurma bandı zayıflamasını hedef fonksiyon olarak belirleyerek prototip süzgeç tasarımı için Parçacık

Sürüşü Algoritmasını kullanmışlardır [5]. Değişken Komşuluk Arama algoritması, Harmoni Arama Algoritması ve Yerçekimi Arama algoritması gibi farklı sezgisel algoritmalarla yapılmış olan çalışmalar da literatürde mevcuttur [6-8]. Liu ve arkadaşlarının Değişken Komşuluk Arama algoritması kullanarak yaptıkları çalışma, literatürde sezgisel algoritma kullanılarak yapılan CMFB tasarımları arasında prototip süzgeç uzunluğu $N=13312$ ile en yüksek olan çalışma olarak dikkat çekmektedir [6]. Yapay arı kolonisi (*Artificial Bee Colony: ABC*) algoritması kullanılarak yapılan bazı çalışmalar da vardır. Ancak yapılan bu çalışmalar gerek amaç fonksiyonunun seçimi açısından, gerekse problemin türü açısından farklılık göstermektedirler. Örneğin, Kalathil ve arkadaşları uniform olmayan CMFB tasarımında ABC kullanırken, Sakthivel ve arkadaşları süzgeç bankasının farklı bir çeşidi olan Ayırık Fourier Dönüşümlü (DFT) süzgeç bankası tasarlamışlardır [7, 8]. Baderia ve arkadaşları Lagrange çarpanı metodu ve ABC algoritması kullanarak karma bir yöntem önermişlerdir [9]. Sharma ve arkadaşları çarpansız süzgeç bankası yapısını birkaç sezgisel algoritma ile tasarlayarak karşılaştırmalı sonuçlar vermişlerdir [10]. Özdemir ve arkadaşları iki kanallı CMFB ve QMF yapılarını aynı tasarım kriterleri ile ABC algoritması kullanarak tasarlanmış ve performans karşılaştırması yapmışlardır [11]. Bir başka çalışmada süzgeç bankası tasarımı için qABC ve ABC algoritmaları kullanılarak algoritmaların performansları karşılaştırılmıştır [12]. Görüldüğü gibi literatürde sezgisel algoritmalar kullanılarak tasarlanan süzgeç bankaları oldukça farklı tasarım özelliklerine sahiptir. Bu çalışmada ABC algoritması kullanılarak tasarlanan 4 kanallı uniform CMFB nin, algoritma kontrol parametrelerindeki değişime karşı performans değişimi incelenmiştir.

Çalışmanın devamı şu şekilde düzenlenmiştir: II. Kısımda Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankası ile ilgili kısa bir giriş yapılmıştır. III. Kısımda Yapay Arı Kolonisi (ABC: *Artificial Bee Colony*) Algoritması anlatılarak, ABC algoritması ile tasarlanan süzgeç bankası yapısından bahsedilmiştir. IV. Kısımda süzgeç bankası tasarımında kullanılan parametreler yer alırken, V. kısımda algoritmanın performans parametrelerinin belirlenmesi

aşamasında yapılan çalışmalar ve elde edilen bulgulara yer verilmiştir.

II. KOSİNÜS MODÜLELİ SÜZGEÇ BANKALARI

Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankaları tasarımlarının kolaylığı, basit bir biçimde uygulanabilir olmaları ve tüm süzgeç katsayılarında imajiner bileşen bulunmamasından dolayı süzgeç bankaları içerisinde oldukça popülerdir. Tüm analiz ve sentez süzgeçleri bir alçak geçiren prototip süzgecin kosinüs modüleli versiyonları olup, eş zamanlı olarak üretilirler. Bu sayede tüm bir süzgeç bankasının tasarımı tek bir prototip süzgecin tasarımına indirgenmiş olur [13].

Kosinüs Modüleli Süzgeç Bankalarına ait analiz ve sentez süzgeçlerin katsayıları sırasıyla Denklem 1 ve 2 ile verildiği gibidir [14]:

$$h_k(n) = 2 \cdot h(n) \cdot \cos \left[(2k+1) \frac{\pi}{2M} \left(n - \frac{N}{2} \right) + (-1)^k \frac{\pi}{4} \right], \quad 0 \leq k \leq M-1 \quad (1)$$

$$f_k(n) = 2 \cdot h(n) \cdot \cos \left[(2k+1) \frac{\pi}{2M} \left(n - \frac{N}{2} \right) - (-1)^k \frac{\pi}{4} \right], \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2)$$

Burada $h(n)$ prototip süzgecin dürtü yanıtının katsayılarını ifade etmekte olup M süzgeç bankasının kanal sayısı, N ise prototip süzgeç uzunluğudur.

III. ABC ALGORİTMASI

ABC Algoritması, doğadaki bal arısı sürülerinin zeki besin arama davranışlarından esinlenerek 2005 yılında sunulmuştur [15]. Bal arısı sürüsündeki kraliçe, işçi ve erkek arıların yerini algoritmada işçi, gözcü ve kaşif arılar almıştır. ABC Algoritması kendi içinde İşçi Arı Fazı, Gözcü Arı Fazı ve Kaşif Arı Fazı olmak üzere üç farklı fazdan oluşmakta; bu fazlar tekrarlanarak olası çözümleri bulabilmek için çözüm uzayı taranmaktadır [16]. ABC algoritmasının adımları şu şekildedir [17]:

- Başlangıç popülasyonunu oluştur;
- Değerlendir;

CS L	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30	40	50
50	1.38360 7E-8	1.36733 5E-8	1.36731 0E-8	1.367301 E-8	1.36731 7E-8	1.36733 2E-8	1.36730 8E-8	1.36732 1E-8	1.367313 E-8	1.367315 E-8	1.367301 E-8	1.367317 E-8
100	1.32839 9E-8	1.36737 E-8	1.36731 9E-8	1.367310 E-8	1.36732 3E-8	1.36730 2E-8	1.36731 5E-8	1.36730 9E-8	1.367317 E-8	1.367316 E-8	1.367303 E-8	1.367325 E-8
150	1.33380 6E-8	1.36735 3E-8	1.36733 0E-8	1.367324 E-8	1.36730 7E-8	1.36732 6E-8	1.36732 2E-8	1.36730 4E-8	1.367327 E-8	1.367314 E-8	1.367308 E-8	1.367319 E-8
200	1.08517 4E-8	1.36729 1E-8	1.36733 2E-8	1.367308 E-8	1.36731 5E-8	1.36732 3E-8	1.36730 7E-8	1.36732 1E-8	1.367316 E-8	1.367327 E-8	1.367309 E-8	1.367308 E-8
250	1.17427 7E-9	1.36732 8E-8	1.36731 9E-8	1.367331 E-8	1.36732 9E-8	1.36732 3E-8	1.36730 2E-8	1.36732 0E-8	1.367321 E-8	1.367325 E-8	1.367308 E-8	1.367320 E-8
500	2.19121 9E-8	1.36736 5E-8	1.36730 6E-8	1.367316 E-8	1.36732 3E-8	1.36732 2E-8	1.36731 2E-8	1.36731 7E-8	1.367325 E-8	1.367327 E-8	1.367307 E-8	1.367320 E-8

“Tablo I. ‘CS: Koloni Boyutu’ ve ‘L: Limit’ teki değişime karşılık PRE değerindeki değişim.

CS L	4	6	8	10	12	14	16	18	20	30	40	50
50	0.061420	1.44766 8E-2	8.26166 6E-2	8.344977 E-4	4.71730 6E-17	1.55436 7E-17	1.31263 7E-17	1.05820 1E-17	1.013097 E-17	6.155273 E-18	4.139718 E-18	4.904583 E-18
100	0.101238	0.38304 8E-2	0.83342 5E-3	7.536579 E-4	3.20892 8E-13	1.43462 9E-17	1.72851 7E-17	1.23195 8E-17	1.311372 E-17	7.923385 E-18	8.736615 E-18	6.513174 E-18
150	0.102985	4.78517 6E-2	1.11983 8E-3	3.634099 E-4	5.85735 9E-9	4.44007 4E-17	3.31451 9E-17	1.50907 3E-17	1.016081 E-17	8.739855 E-18	7.152381 E-18	7.273907 E-18
200	0.120506	4.78184 4E-2	1.20937 8E-3	2.198886 E-12	2.52072 8E-17	2.69034 1E-17	1.32943 5E-17	1.71460 7E-17	1.098682 E-17	7.159421 E-18	5.957779 E-18	7.456954 E-18
250	0.172098	5.20995 3E-2	0.01308 9E-3	5.241140 E-17	2.08105 2E-17	1.57955 5E-17	2.04445 6E-17	1.28941 5E-17	1.313430 E-17	7.947268 E-18	5.915997 E-18	6.549170 E-18
500	0.099937	5.07793 9E-2	1.24071 9E-3	7.783891 E-8	3.18097 8E-17	7.51145 2E-17	1.93790 1E-17	1.33317 6E-17	1.386534 E-17	9.750343 E-18	8.968689 E-18	5.502880 E-18

Tablo II. ‘Koloni Boyutu’ ve ‘Limit’ teki değişime karşılık MSE değerindeki değişim.

- İşçi arıları hafızadaki besin kaynaklarına yerleştir;
- Gözcü arıları hafızadaki besin kaynaklarına yerleştir;
- Kaşif arıları yeni yiyecek kaynakları keşfetmek için arama alanına gönder;
- En iyi çözümü sakla;
- Şartlar yerine getirilene kadar algoritmayı tekrarla.

IV. SÜZGEÇ BANKASI TASARIMI PARAMETRELERİ

Bu çalışmada parametreleri incelenen süzgeç bankası 4 kanallı uniform CMFB olarak tasarlanmıştır. Bu süzgeç bankalarını 2 kanaldan M kanala kadar farklı boyutlarda tasarlamak mümkündür [6, 12, 18]. Liu ve arkadaşları M=2 ve M=512 kanal için iki farklı tasarım örneği sunmuşlardır [6]. Ozdemir ve Karaboga, M=4 değeri için uniform CMFB tasarlamışlardır. Roldan ve arkadaşları M=16 ve M=32 olacak şekilde iki uniform süzgeç bankası tasarlamışlardır [18]. Bu çalışmalarda kullanılan algoritmaların kontrol parametre değerleri de birbirinden farklıdır. Görüldüğü gibi gerek CMFB tasarım kriterleri, gerekse algoritmaların kontrol parametreleri yapılan çalışmaya göre çeşitlilik göstermektedir. Bu yüzden bu çalışmada, ABC algoritmasının kontrol parametrelerinin performans üzerindeki etkisi incelenmiştir. Süzgeç bankasının tasarımında kullanılan parametreler şu şekildedir:

- Süzgeç Derecesi: N=32
- Geçiş bandı frekansı $w_p=0.1$,
- Durdurma bandı frekansı $w_s=0.15$
- Kanal sayısı: M=4

ABC Parametreleri:

- Maksimum çevrim sayısı=200
- runtime=50

Süzgeç bankasının performansını gösteren parametrelerden olan Tepe Yeniden Yapılanma Hatası (PRE: Peak Reconstruction Error) ve Ortalama Karesel Hata (MSE: Mean Square Error) ifadeleri sırasıyla Denklem 3 ve 4 ile verilmiştir:

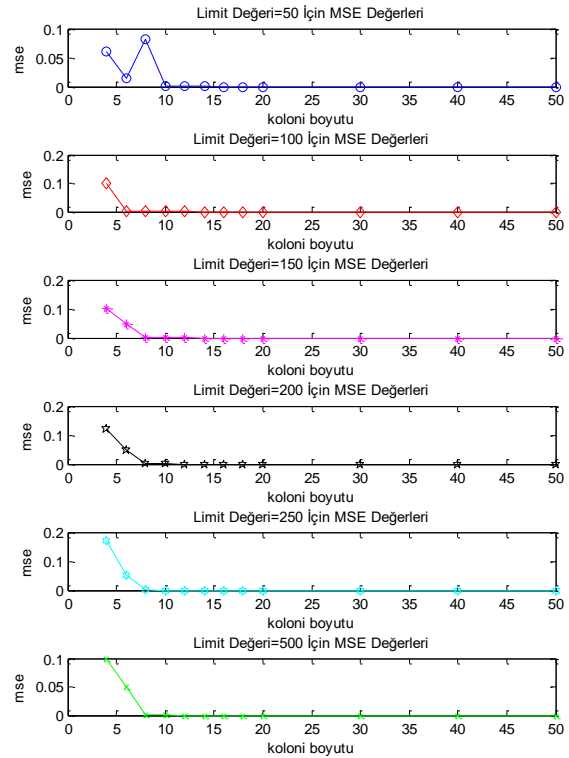
$$PRE = \max_{\omega} \left\{ 10 \log \left(\sum_{i=1}^M |H_i(e^{j\omega})|^2 \right) \right\} \quad (3)$$

$$MSE = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} [x(n) - y(n)]^2 \quad (4)$$

Burada $H_i(e^{j\omega})$, sonlu dürtü yanıtı sistemin frekans yanıtı olup; $x(n)$ giriş işareti, $y(n)$ ise çıkış işaretidir.

V. BENZETİM SONUÇLARI

Tasarım parametreleri bir önceki bölümde verilen süzgeç bankasının, ABC algoritmasının performans parametrelerindeki değişime bağlı olarak incelemesinin yapıldığı tablolar aşağıda verilmiştir. Tablo I’ de Koloni Boyutu ve Limit değerlerindeki değişime bağlı olarak PRE değerindeki değişim görülmektedir. Bu tabloya göre CMFB



Şekil 2. Farklı koloni boyutu ve limit değerleri için elde edilen MSE değerleri.

performans parametresi olan PRE'ye bakılacak olursa, CS=4 ve L=250 değeri için elde edilen değerler minimumdur. Tablo II ye bakılacak olursa, CS ve L değerlerindeki değişime bağlı olarak MSE değeri değişkenlik göstermiştir. CS nin 14 değerinden sonra MSE değerinde kayda değer bir değişim gözlenmemiştir. CS=10,12 değerleri için dikkat çeken değişimler koyu renkle işaretlenmiştir. CS ve L değerlerindeki değişime bağlı olarak MSE grafikleri Şekil 2' de verilmiştir.

VI. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada sezgisel algoritmalarından olan Yapay Arı Kolonisi Algoritması kullanılarak tasarlanan kosinüs modüleri süzgeç bankasının performansı, algoritmanın kontrol parametrelerindeki değişime bağlı olarak incelenmiştir. Algoritmanın kontrol parametrelerinin doğru belirlenmesi, performansı arttıran önemli faktörlerden birisidir. Yapılan incelemeler sonucunda ABC algoritmasının kontrol parametrelerinden olan CS=4 ve L=250 değeri için tasarlanan süzgeç bankasının performansının diğerlerinden daha iyi olduğu görülmüştür.

YAZAR KATKILARI

Genel olarak ABC algoritmasının süzgeç bankası tasarımında kullanılması hakkında yapılan çalışmalar ile sunulan tasarımın benzetim çalışmalarında *birinci ve ikinci yazarlar* birlikte çalışarak, çalışmaya eşit düzeyde katkı sağlamışlardır.

KAYNAKÇA

- [1] L. Milic, Multirate Filtering for Digital Signal Processing: MATLAB Applications: Information Science Reference - Imprint of: IGI Publishing, 2009.
- [2] A. Mertins, Signal Analysis: Wavelets, Filter Banks, Time-Frequency Transforms, and Applications. England.: Wiley, 1999.
- [3] P. Vasant, Meta-Heuristics Optimization Algorithms in Engineering, Business, Economics, and Finance: IGI Global, 2012.
- [4] S. C. Chan, W. Liu, and K. L. Ho, "Multiplierless perfect reconstruction modulated filter banks with sum-of-powers-of-two coefficients," Ieee Signal Processing Letters, vol. 8, pp. 163-166, Jun 2001.
- [5] Zhu Youlian, Huang Cheng, and T. Weige, "Frequency Domain Optimization Design of Linear Phase Cosine Modulated Filter Banks," in 2010 International Conference on Measuring Technology and Mechatronics Automation, 2010, pp. 313-316.
- [6] H. Liu, Z. Yang, and Z. Cao, "Design perfect reconstruction cosine-modulated filter bank by variable neighbourhood search-least-mean-square error," Iet Signal Processing, vol. 6, pp. 273-280, May 2012.
- [7] S. Kalathil and E. Elias, "Non-uniform cosine modulated filter banks using meta-heuristic algorithms in CSD space," Journal of Advanced Research, vol. 6, pp. 839-849, Nov 2015.
- [8] V. Sakthivel and E. Elias, "Design of low complexity sharp MDFT filter banks with perfect reconstruction using hybrid harmony-gravitational search algorithm," Engineering Science and Technology, an International Journal, vol. 18, pp. 648-657, 2015.
- [9] K. Baderia, A. Kumar, and G. K. Singh, "Design of Multi-Channel Filter Bank using ABC Optimized Fractional Derivative Constraints," 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (Iccsp), pp. 490-494, 2015.
- [10] I. Sharma, A. Kumar, and G. K. Singh, "Adjustable window based design of multiplier-less cosine modulated filter bank using swarm optimization algorithms," Aeu-International Journal of Electronics and Communications, vol. 70, pp. 85-94, 2016.
- [11] G. Ozdemir, N. Karaboga, and T. Koza, "ABC Algoritması ile Tasarlanan İki Kanallı CMFB ve QMF Bankalarının Performans Karşılaştırması," 25. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, Siu 2017, Antalya, Türkiye, May 2017.
- [12] G. Ozdemir and N. Karaboga, "Design of M-Channel Uniform Cosine Modulated Filter Bank Using qABC Algorithm," in International Workshop on Mathematical Methods in Engineering, MME2017, Ankara, Turkey, 2017, p. 111.
- [13] Y. P. Lin and P. P. Vaidyanathan, "Linear-Phase Cosine-Modulated Maximally Decimated Filter Banks with Perfect Reconstruction," Ieee Transactions on Signal Processing, vol. 43, pp. 2525-2539, Nov 1995.
- [14] P. P. Vaidyanathan, Multirate systems and filter banks: Prentice-Hall, Inc., 1993.
- [15] D. Karaboga, "An idea based on honey bee swarm for numerical optimization," Technical report-tr06, Erciyes university, engineering faculty, computer engineering department2005.
- [16] D. Karaboga, "Artificial bee colony algorithm," Scholarpedia, vol. 5, p. 6915, 2010.
- [17] D. Karaboga and B. Basturk, "A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC) algorithm," Journal of Global Optimization, vol. 39, pp. 459-471, Nov 2007.
- [18] F. Cruz-Roldan, S. Salcedo-Sanz, J. A. Portilla-Figueras, and N. Gimeno-Martinez, "Evolutionary programming techniques for designing M-channel cosine modulated filter banks," 2007 Ieee International Symposium on Intelligent Signal Processing, Conference Proceedings Book, pp. 279-284, 2007.