Lineer Dizi Anten Geometrisinin Yapay Bağışıklık Sistemi İle Tasarımı

Hatice Tokat[1] Yavuz Cengiz[1] Fırat Yücel[2] İ.Burcu Toprak[3]

[1] Süleyman Demirel Üniversitesi
Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Isparta
[2]Ege Üniversitesi
Uluslararası Bilgisayar Enstitüsü
Bornova, İzmir
[3]Akdeniz Üniversitesi
Teknik Bilimler MYO, Biyomedikal Cihaz Teknolojisi Programı
Antalya

haticetokat@hotmail.com ycengiz@mmf.sdu.edu.tr fyucel@ieee.org ibmutlu@akdeniz.edu.tr

Özet: *Lineer anten dizi sentezinin amacı, dizinin fiziksel boyutlarını belirleyerek istenilen ışıma paternini elde etmektir. İstenilen ışımanın şekli çok farklı uygulama alanlarına bağlı olarak belirlenir. Çoğu sentez metodu, ana bandın kazanç seviyesini korurken yan bandları bastırma üzerine odaklanmıştır. Bu çalışmada Yapay Bağışıklık Sistemi Algoritması (YBS), dizi anten yerleşiminin tasarımında, düşük yan band seviyesi ve istenen bölgelerde sıfır derinliği elde etmek için kullanılmıştır. Yapay Bağışıklık Sistemi, omurgalıların bağışıklık sisteminden esinlenilerek geliştirilmiş bir optimizasyon algoritmasıdır. Dizi geometri sentezi, ilk olarak istenilen yan band seviyesi ve sıfır derinliği için formülüze edilmesi; ardından yapay bağışıklık sistemi algoritması ile optimize edilerek en uygun çözümlerin üretilmesinden oluşmaktadır.*

1. Giriş

Anten sistemlerinde bazı uygulamalarda tek bir anten arzu edilen beklentileri karşılayamayabilir. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak amacıyla ya anten boyutlarında değişikliğe gidilir ya da çeşitli yapılarda dizi antenler kullanılabilir. Lineer dizi antenler, özellikle radar uygulamalarında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Dizi antenlerin radar sistemlerinde sağladığı temel avantajlar, dizideki birçok anten elemanının gücünün birbirine eklenmesi ve durağan olmayan ve hızlı hareket edebilen bir ana huzmenin gerçekleştirilebilmesi olarak sıralanabilir. Dizilerin ilgi çeken diğer bir özelliği de çeşitli hava ve kara araçları yüzeyine, bu araçların aerodinamik yapılarını bozmadan yerleştirilebilmeleridir [1,2].

Lineer anten dizi sentezinin amacı, dizinin fiziksel boyutlarını belirleyerek istenilen ışıma paternini elde etmektir. İstenilen ışımanın şekli çok farklı uygulama alanlarına bağlı olarak belirlenir. Çoğu sentez metodu, ana bandın kazanç seviyesini korurken yan bandları bastırma üzerine odaklanmıştır. Diğer metodlar ise efektif girişimi ve karışımı düşürmek için sıfır kontrol ile ilgilenirler. Bu tasarımlar, lineer dizi geometrisi için yapılabilir bütün dizi geometrisi üzerinde uniform bir uyartım durumundayken elemanlar arasındaki boşluk tasarlanarak yapılabilir. Dizi ışımasını kontrol eden diğer metodlar, faz dizileri veya nonuniform uyartımlarla gerçekleştirilebilinir [3].

Çok karmaşık problemler, optimal çözümün bulunması için çok sayıda çözümün değerlendirilmesini gerektirir. Karmaşık optimizasyon problemleri için tam çözüm yöntemleri bilinse dahi, aşırı hesaplama zorunluluğu birer engel olarak ortaya çıkmaktadır. Kullanışlı bir tam algoritma geliştirmek ve mevcut kaynaklarla bu engellemeleri ortadan kaldırmak için, sezgisel metotların katkısı gerekmektedir. Sezgisel metotları kullanmanın sağladığı bazı avantajlar şöyledir.

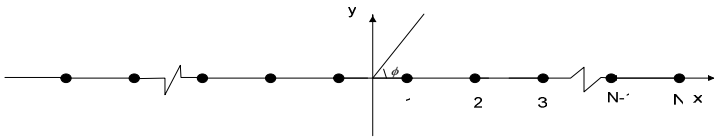
- Karar verici mekanizma için sadeleştirici olabilir.
- Herhangi bir yöntemin parçası olarak öğrenme amacıyla kullanılabilir.

- Her zaman matematiksel formülasyon kurmak çok kolay olmayabilir. Bu basitleştirme sonucu oluşan hata, bir sezgisel metodun sağladığı optimale yakın çözümün sahip olduğu hatadan daha büyük olabilir.

Türevsel optimizasyon algoritmaları çok modlu ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde veya türevi alınamayan fonksiyonların optimizasyonunda arzu edilen başarıyı gösterememektedirler. Bu tür algoritmalar karmaşık bir sistemin sadece bir parçasını diğer bir deyişle bir bölümü optimize etmek için uygundur. Böyle durumlarda rastgele araştırmalı (random-search) optimizasyon algoritmalarına ihtiyaç duyulur[4].

Işıma paterninin elde edilmesinde kullanılan dizi faktörü (DF) fonksiyonu x uzaklığa bağlı bir fonksiyondur. Elemanlar arası mesafenin birbirinden farklı olmasını istediğimiz durumlarda DF fonksiyonu çözümü zor bir problem haline gelir. Farklı alanlarda, farklı optimizasyon yöntemleri değişik verimlikte sonuç vermektedirler [5]. Çalışmamızda son zamanlarda göze çarpan algoritmalardan olan Yapay Bağışıklık Sistemi algoritması (YBS) ile dizi anten tasarımları yapılmış ve performansları karşılaştırılmıştır.

2. Problemin Tanımı



Şekil 1.:Simetrik olarak yerleştirilmiş 2N elemanlı dizi anten gösterimi

Simetrik olarak x eksenine yerleştirilmiş dizi antenlerde uzak alan dizi faktörü formülü aşağıda gösterildiği gibi yazılabilir.

$$\mathrm{DF}(\phi)=2\sum_{n=1}^{N} a_n \cos[\frac{2\pi}{\lambda} x_n \cos(\phi)+\varphi_n] \quad (1)$$

Formülde a_n genlik uyarım katsayısı, $x_{n,\,n}$. sırada bulunan antenin orijine uzaklığı, φ_n fazı ϕ ise dizi yüzeyi ile yapılan açıyı ifade etmektedir. Eğer genlikle ve fazla değişmeyen uyarım olduğunu farz edersek; $a_n=1$, $\varphi_n=0$ kabulleri yapılarak dizi faktörü aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\mathrm{DF}(\phi)=2\sum_{n=1}^{N} \cos[\frac{2\pi}{\lambda} x_n \cos(\phi)] \quad (2)$$

Dizi geometrisini oluştururken, yalnızca yan bant bastırımı yapılacaksa kullanılması gereken formül (3) te verilmiştir.

$$\text{Uyum}=\sum_i \frac{1}{\Delta\phi_i}\int_{\phi_{li}}^{\phi_{ui}} \left|DF(\phi)^2\right| d\phi \quad (3)$$

İstenilen bölgede sıfır derinliği elde etmek istiyorsak kullanacağımız fonksiyon aşağıda görüldüğü gibidir.

$$\text{Uyum}=\sum_k \left|DF(\phi_k)\right|^2 d\phi \quad (4)$$

ihtiyaca göre anten tasarlamak için bazı antenler hem belirli açılarda sıfır derinliği istenirken aynı zamanda yan bant seviyelerinde bastırım istenebilir, bu gibi durumlarda (3) ve (4) fonksiyonlarının toplamının optimize edilmesi gerekir. (3)'te $\Delta\phi_i$ bastırılacak olan bant genişliğini ifade eder, $\phi_{ui}-\phi_{li}$'ye eşittir. (4)'te ϕ_k, sıfır derinliği olması gereken açıları ifade eder. Problem x_n anten yerleşimlerini fonksiyonlara göre ayarlanması ile çözülür[1,6].

3. Yapay Bağışıklık Algoritması

Yapay Bağışıklık Sistemi (YBS) optimizasyon algoritması, omurgalıların bağışıklık sisteminden esinlenilerek ortaya çıkmıştır. Omurgalıların bağışıklık sistemi, zengin bir kuramsal birikime sahiptir ve bilgisayar tabanlı çözümleme için ilham kaynağı olmuştur [7]. YBS, değişik mühendislik uygulamalarına yönelik görevleri

gerçekleştirebilecek sistemler geliştirmek amacıyla organizmaların göstermiş olduğu bağışık özelliğinden fikir almıştır [8]. YBS, 1990'larda Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks) ve Yapay Hayat (Artificial Life) gibi biyolojik tabanlı birçok hesaplama yöntemini birleştiren yeni bir sistem olarak ortaya çıkmıştır [9,10].

Yapay bağışıklık sistemi, insan vücudundaki doğal bağışıklık sisteminin çalışma prensiplerine göre oluşturulmuştur. Vücuttaki doğal bağışıklık sistemi ile ilgili doku ve organlar; timüs bezi, kemik iliği, lenf düğümleri, dalak ve bademciklerdir. Bağışıklık sisteminde ilgili doku, organ, molekül ve hücrelerin çalışmalarını koordine edecek bir merkezi organ yoktur. Bağışıklık sistemi kendi özel hücreleri ile vücuda giren yabancı hücreleri tanır ve onları etkisiz hale getirir. Temel bağışıklık hücresi lenfosittir [11]. Lenfositler "T" ve "B" hücreleri olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. "B" hücreleri antijenleri çözelti içinde serbest olarak tanıyabilirken, "T" hücreleri antijenlerin diğer yardımcı hücreler tarafından tanıtılmasına ihtiyaç duyarlar [12]. Doğal bir bağışıklık tepkisi basitçe şu şekilde verilir: Vücuda yabancı bir molekül girdiği zaman, özel moleküller (macrophages) bu yabancı molekülün etrafını sararak diğer bağışıklık hücrelerinin onu görmesini sağlar. Yardımcı "T" hücreleri özel molekülleri gördüğünde beyaz kan hücrelerini uyarır ve bu hücreler çoğalırlar. "B" hücreleri antikor denilen kimyasal maddeler üretmeye başlarlar, antikorlar antijenle birleşerek antijenin yok edilmesini daha kolay hale getirir. Yardımcı "T" hücreleri tarafından uyarılan yok edici "T" hücreleri antijenin yok edilmesini sağlar. Doğal bağışıklık sistemi hücrelerinin yukarıda tanımlanan faaliyetleri yerine getirmesi için vücudun kendi hücreleri ile yabancı hücre ve molekülleri (antijen) birbirinden ayırt edebilmesi gerekir. Vücudun kendisine ait hücreler "self" ve yabancı hücreler ise "nonself" olarak adlandırılır. "Nonself" hücreler yok edilirken "self" hücrelerin zarar görmemesi sağlanır.

Doğal bağışıklık sistemi temellerine göre çalışan yapay bağışıklık sistemlerinde farklı tip problemlerde çözüme ulaşmak için iki farklı seçim yöntemi kullanılmaktadır.

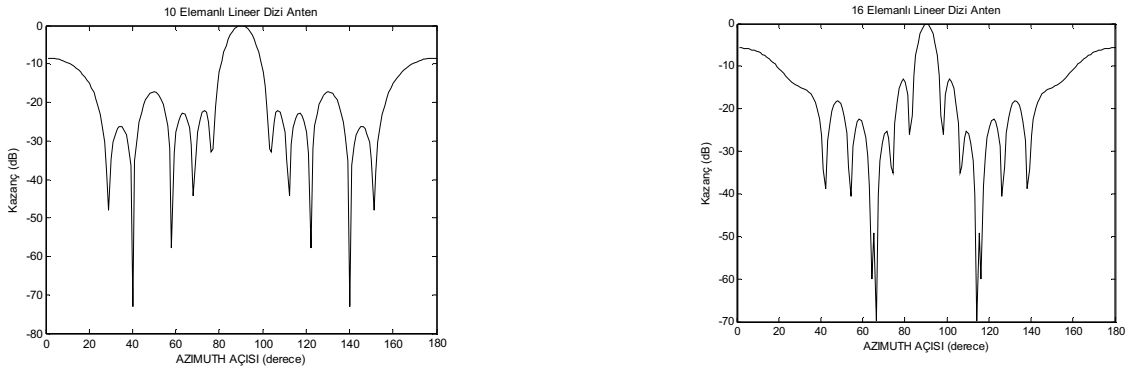
Desen tanıma (pattern recognition), anormallik belirleme (anomaly detection) problemleri, bilgisayar ve ağ güvenliği, zaman serileri analizi gibi problemler için negatif seçim mekanizması kullanılmaktadır. İkinci yöntem olan klonal seçim mekanizması ise özellikle çok amaçlı ve kombinatoriyel optimizasyon, bilgisayar ve ağ güvenliği ve hata denetimi problemleri için kullanılmaktadır.

Yapay bağışıklık sistemlerinde kullanılan bu problem çözme yöntemleri, insan vücudunun sahip olduğu doğal bağışıklık sistemindeki mekanizmaları aynen taklit etmektedir. Bu çalışmada, optimizasyon probleminin çözümü amacıyla bir Klonal Seçim algoritması (CLONALG) kullanılmıştır.

4. Tasarım Örnekleri

Uygulamalarda, anten dizi elemanları simetrik olarak yerleştirilerek, hesaplama süresinin yarıya düşürülmesi amaçlanmıştır. Uyum fonksiyonları TAA ve MA ile optimize edilmiştir.

İlk örnekte 10 elemanlı dizi anten geometrisi [39°, 141°] açı değerlerinde sıfır derinliğine, [21° 75°; 105° 159°] band aralığında band bastırımına sahip dizi anten tasarımı sonuçları Tablo 1'de ve kazanç grafiği de Şekil 2a'da verilmiştir.



(a) **(b)**

Şekil 2a. 10 Elemanlı [30° 70°] ve [110° 150°] band bastırım sonuçları
Şekil 2b. 16 Elemanlı [41° 76°] ve [106° 141°] band bastırım sonuçları

Tablo 1. 10 Elemanlı [30° 70°] ve [110° 150°] bant bastırımı için x ekseninde λ/2 ye göre yerleştirilmiş anten geometrisi

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5
YBS	±0.656	±1.004	± 2.205	± 3.012	± 4.376

İkinci örnekte ise 16 elemanlı dizi anten geometrisi [41° 76°] ve [106° 141°] yan bantlarını bastırmak ve 71° 111° açılarında sıfır derinliği elde etmek için tasarlanmış ve bulunan en uygun değerlere göre x yerleşimleri Tablo 2'de verilmiştir. Kazanç grafiği Şekil 2b' de gösterilmiştir.

Tablo 2. 10 Elemanlı [41° 76°; 106° 141°] bant bastırımı için x ekseninde λ/2 ye göre yerleştirilmiş anten geometrisi

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
YBS	± 0.294	± 1.876	± 2.140	± 3.884	± 4.002	± 5.597	± 6.319	± 7.968

5. Sonuç

İhtiyaç duyulan performans kriterlerine uygun anten sistemlerinin tasarımı, yaygın olarak üzerinde çalışılmakta olan bir konudur. Bu amaçla farklı gereksinimlere cevap verebilecek çok değişik konfigürasyonlarda anten dizileri tasarlanabilmektedir. Bu çalışmada bahsi geçen tasarım problemi yapay bağışıklık algoritması ile çözülerek hedeflenen değerleri sağlayan anten dizileri gerçekleştirilmiştir. Farklı sezgisel optimizasyon algoritmaları ile karşılaştırıldığında olabildiğince az sayıda iterasyon ile hedeflere ulaşılmış olması, yapay bağışıklık algoritmasının daha karmaşık dizi anten tasarımlarında da başarı ile kullanılabileceğini göstermiştir.

6. Kaynaklar

[1]. E. Atay, "Lineer Anten Dizilerinde Genetik Algoritma Kullanarak Işıma Paterni Sentezi", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 63, 2007.

[2]. Özkaya, U., güneş, F., "Parçacık Sürü Optimizasyonu Tabanlı Lineer Dizi Anten Tasarımı", SDÜ 15. Yıl Mühendislik Mimarlık Sempozyumu Bildiriler Kitabı Cilt II, 62-69, 2007

[3]. M. Khodier, C.G. Christodoulou," Linear Array Geometry Synthesis With Minimum Side lobe Level and Null Control Using Particle Swarm Optimization", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. Vol. 53, No.8, 2005

[4]. A. Akdağlı, "Lineer Anten Dizisinin Genlik Uyarım Katsayılarının Genetik ve Tabu Araştırma Algoritmaları Kullanılarak Optimize Edilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi,1997.

[5]. Cengiz, Y., Güneş, F., Tokat, H., 2008, Lineer Anten Geometrisinin tabu Arama Algoritması ve Memetik Algoritma ile Sentezi, ASYU 2008 Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, 19-21 Haziran 2008 Isparta, 237-240.

[6]. K. Güney, M. Onay," Amplitude Only Pattern Nulling of Linear Antenna Arrays with the Use of Bees Algorithm", Progress In Electromagnetics Research, PIER70,21–36,2007.

[7]. L., Zhang, Y., Zhong, P., Li, "Applications of Artificial Immune Systems In Remote Sensing Image Classification",

[8]. L. N. De Castro, F. .J. Von Zuben., "Learning and optimization using the Clonal Selection Principle", IEEE Transactions on Evolutionary Computation, Special Issue on Artificial Immune Systems,6(3), pp. 239-251.

[9]. O., Engin, A., Döyen, "Artificial Immune Systems and Applications In Industrial Problems", G.U. Journal of Science 17(1): 71-84, 2004

[10]. Nasaroui, O., Dasgupta, D., Gonzales, F., "The Promise and Challenges of Artificial Immune System Based Web Usage Mining: Preliminary Results" Workshop on Web Analytics at Second SIAM International Conference on Data mining(SDM), Arlington, VA, April 11-13, 2002.

[11]. Trojanowski, K., Wierzchon, S.T., "Searching for Memory in Artificial Immune System", The Elevent International Symposium on Intelligent Information Systems, June 3-6, 2002.

[12]. De Castro,L.N. and Timmis J., "A Novel approach to pattern recognition", Artificial Neural Networks in pattern Recognition, University of Paisley: 67-84, 2002.