Atomik Yörünge Arama Algoritması Kullanarak Doğrusal Anten Dizi Sentezi

Linear Antenna Array Synthesis Using Atomic Orbital Search Algorithm

Ali DURMUŞ [*,1], Zafer YILDIRIM[2], Rıfat KURBAN[3]

[*]: *alidurmus@kayseri.edu.tr*, ORCID: 0000-0001-8283-8496
[1]: *Elektrik ve Enerji Bölümü, Kayseri Üniversitesi, Türkiye, alidurmus@kayseri.edu.tr*
[2]: *Elektrik Elektronik Mühendisliği, Kayseri Üniversitesi, Türkiye, zaferyildirim@mail.com.tr*
[2]: *Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kayseri Üniversitesi, Türkiye, rifatkurban@kayseri.edu.tr*

Özet Günümüzde hızla gelişen iletişim ve kablosuz haberleşme teknolojisindeki yenilikler yüksek boyutta ve daha kısa sürede veri transfer ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamada en önemli etkenlerden biri de etkin bir anten dizisi tasarlamaktır. Bu çalışmada da yönelticiliği ve kazancı yüksek bir doğrusal anten dizisi tasarlamak için dizi elemanlarının sadece genlikleri optimize edilmiştir. Doğrusal anten dizisini sentezlemek için literatüre yeni kazandırılmış Atomik Yörünge Arama (Atomic Orbital Search-AOS) optimizasyon metodu kullanılmıştır. Anten dizi sentezi için farklı eleman sayısına sahip doğrusal diziler ele alınmıştır. AOS metodunun performansını test etmek için dizi eleman sayısı 10, 16 ve 24 olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar AOS metodunun anten dizilerinde yan demet seviyelerini bastırmak için oldukça başarılı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: *Atomik yörünge arama algoritması, metasezgisel algoritmalar, yan demet bastırma.*

Abstract Today, the rapidly developing in communication technology innovations reveal the need for data transfer at a higher size and in a shorter time. One of the most important factors in meeting this need is to design an effective antenna array. In this study, only the amplitudes of the array elements are optimized to design a Linear Antenna Array (LAA) with high directivity and gain. To synthesize the linear antenna array, Atomic Orbital Search (AOS) optimization method, which has just entered the literature, is used. Linear arrays with different element number are considered for antenna array synthesis. To test the performance of the AOS method, the number of array elements is determined as 10, 16 and 24. The results show that the AOS method is quite successful in suppressing the side lobe levels in antenna arrays.

Keywords: Atomic orbital search algorithm, metaheuristic algorithms, sidelobe level suppression.

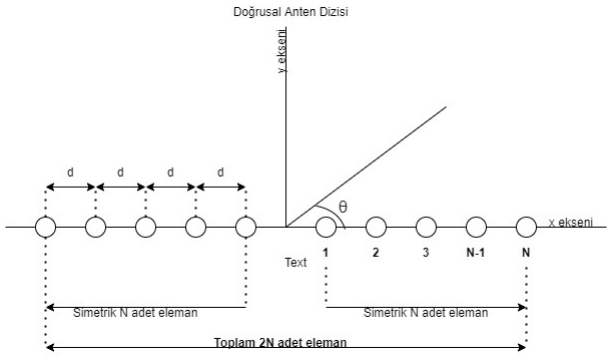
I. GİRİŞ

İnsanların iletişim ve haberleşme teknolojilerine olan ihtiyacı arttıkça sistemlerin bant genişliklerinin artırılması ve bağlantı kalitelerinin iyileştirilmesi gereksinimi ortaya çıkmaktadır. Bu ihtiyacı karşılamak için en önemli etkenlerden biri de etkin bir anten dizisi sentezlemektir. Bu sentezi gerçekleştirirken anten dizilerinin genlik, yer ve faz gibi parametreleri optimize edilir. Haberleşme sistemlerindeki artan elektromanyetik kirliliğin ve istenmeyen elektromanyetik gürültünün önlenmesi için anten dizilerinde yan demet seviyelerinin (Side Lobe Level-SLL) bastırılması oldukça önemlidir. Yan demet seviyeleri bastırılırken anten dizilerinin sadece genlikleri optimize edilmiştir. Anten dizilerinin optimizasyon işlemi birçok mühendislik probleminde olduğu gibi metasezgisel yöntemlerle yapılması oldukça popülerdir [3-10]. Metasezgisel yöntemler karmaşık matematiksel ifadeler kullanmak yerine problemlere oldukça basit uygulanabilmeleri ve daha hızlı sürede optimum sonucu bulmalarından dolayı optimizasyon problemlerinde oldukça yaygın kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, literatüre yeni kazandırılmış Atomik yörünge arama (Atomic Orbital Search-AOS) optimizasyon metodu doğrusal anten dizi (Linear Antenna Array-LAA) sentezinde kullanılmıştır. Doğrusal anten dizisine ait ışıma diyagramının yan demet seviyesi bastırılarak optimum anten ışıma diyagramları elde edilmiştir. Işıma diyagramları elde edilirken anten dizi elemanlarının sadece genlikleri AOS tarafından belirlenmiştir. Ayrıca AOS metodunun performansını test etmek için 10, 16 ve 24 elemanlı doğrusal anten dizilerinin sentezi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen simülasyon sonuçları da AOS metodunun doğrusal anten dizi sentezinde oldukça başarılı olduğunu göstermiştir.

II. PROBLEM FORMÜLASYONU

2N elemanlı x ekseni etrafında simetrik olarak yer alan doğrusal anten dizisinin yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. 2N elemana sahip doğrusal anten dizisinin yapısı

Anten dizi elemanları orijin noktası etrafında simetrik olarak yerleştirildiği için Dizi Faktörü ifadesi aşağıdaki gibi gösterilir [1]:

$$DF = 2 * \sum_{n=1}^{N} I_n e^{(jkd_n cos\theta)} \quad (1)$$

Burada *n*, dizideki elemanın sırasını temsil eder. *N* ise eleman sayısını temsil etmektedir. d_n elemanlar arasındaki mesafeyi temsil etmektedir. I_n dizinin genliğini temsil etmektedir. θ

antenin açısını temsil etmektedir. *k* dalga sayısını gösterir ve $2\pi/\lambda$ ile temsil edilir. Şekil 1'den görüleceği üzere yapıda toplam 2N eleman x eksenine simetrik olarak dizildiğinden dolayı anten dizisinin sentezi yapılırken yarısı yani *N* adet elemanın genliklerini optimize etmek yeterlidir. Bu optimizasyon sürecinde de Denklem 2'deki maliyet fonksiyonu kullanılarak optimum ışıma diyagramları elde edilmiştir.

$$Cost_{func} = W_{SLL} \cdot F_{SLL} + W_{HPBW} \cdot F_{HPBW} \tag{2}$$

Burada W_{SLL} ve W_{HPBW} maliyet fonksiyonunun ağırlık faktörleridir. F_{SLL} ve F_{HPBW} sırasıyla Yarı Güç Demet Genişliğini (Half Power Beam Width-HPBW) minimuma indirmek ve SLL değerlerini bastırmak için kullanılan işlevlerdir.

III. ATOMİK YÖRÜNGE ARAMA (ATOMİC ORBİTAL SEARCH-AOS)

Atomik yörünge arama (Atomic Orbital Search-AOS) kuantum mekaniği ve atomun yörünge modelinden esinlenilerek Mahdi A. tarafından önerilmiştir [2]. Elektronlar cisim olarak değil konumu belirsiz dalgalar olarak kabul edilir. Elektron enerji emebilir ve enerjisi yörünge tarafından emilebilir. Atom yörüngesinin belirli bir yeri yoktur. Yörüngeler elektronun olası konumuna göre belirlenen matematiksel bir fonksiyonla hesaplanarak bulunur. Buradaki esinlenilen elektronlar her zaman konumlarını değiştiren bir yük bulutu gibi davranır. Hayali yörüngenin yarı çapı *r*'dir ve elektronların enerji seviyesini gösteren *n* katsayısı vardır. Eğer n katsayısı yüksekse *r* değeri yüksektir. Eğer *n* katsayısı düşükse *r* değeri düşüktür. Elektronlar fotonlarla uyarılarak enerji yüklendirilir. Ayrıca AOS algoritmasında her elektronu yörüngeden çıkarmak için gereken enerji miktarını temsil eden bir bağlanma enerjisi belirlenir. Kuantum merdiven benzetmesine göre elektronların farklı yörüngede dolaşmaları mümkün olduğundan enerji seviyeleri de değişebilir. Elektronun enerjisi eğer bağlama enerjisinden azsa elektron daha yüksek konumlara geçecektir. Fakat daha fazla ise iç yörüngede kalıp daha düşük enerji seviyelerine doğru geçiş yapacaktır. Fotonların çekirdeğin etrafındaki elektronlar üzerindeki hareketini matematiksel olarak temsil edildiği ifade aşağıdaki gibidir [2].

$$X_{i+1}^{k} = X_{i}^{k} + \frac{a_i \times (\beta_i) \times LE - \gamma_i \times BS}{k}, \begin{cases} i = 1,2,\ldots.,p. \\ k = 1,2,\ldots.,n. \end{cases} \tag{3}$$

Burada *i*, çözüm adayının sırasını temsil etmektedir. *LE* arama uzayındaki en düşük enerji düzeyine sahip elektronu temsil etmektedir. α_i, β_i ve γ_i emilecek enerji miktarını belirtmek için 0 ila 1 arasında rastgele değerlere sahip olan katsayılardır. *k* hayali katmanın sırasını belirtir. *BS* ise bağlanma durumunu temsil etmektedir. X_{ik} ve X_{ik+1} mevcut ve gelecek pozisyonları ifade etmektedir. Elektronların yörünge etrafındaki dolaşım şeklinden esinlenilerek Mahdi A. Tarafından geliştirilen AOS algoritması hakkında daha fazla bilgiye ulaşmak için ana makalesine göz atabilirsiniz [2].

IV. SAYISAL SONUÇLAR

Bu çalışmada Atomik yörünge arama (Atomic Orbital Search-AOS) metodu kullanılarak 10, 16 ve 24 elemana sahip doğrusal anten dizilerinin sentezi yapılmıştır. Bu sentezi yaparken hedefimiz HPBW değerini minimumda tutarak SLL değerlerini bastırmaktır. AOS

optimizasyon yöntemi doğrusal anten dizisinin sadece genliklerinin optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon işleminde popülasyon sayısı 50 ve iterasyon sayısı 1000 olarak belirlenmiştir. Yapılan simülasyonlarda MATLAB yazılımı kullanılmıştır. Bu simülasyonlar 2.5GHz CPU

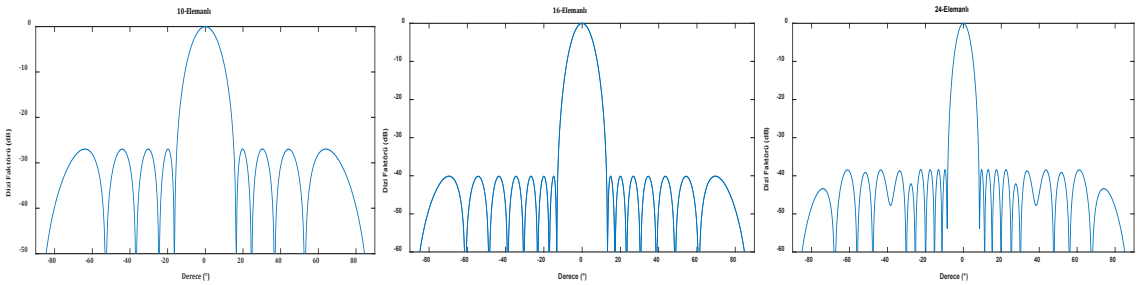
TABLO I. AOS İLE ELDE EDILEN SLL VE GENLIK DEĞERLERI

	$SLL_{Enİyi}$ (dB)	Genlik Değerleri (I_n)
10 Elemanlı	-26.95 (dB)	1.0000, 0.8905, 0.7002, 0.4742, 0.3314
16 Elemanlı	-40.15 (dB)	1.0000, 0.9351, 0.8157, 0.6604, 0.4913, 0.3306, 0.1951, 0.1123
24 Elemanlı	-38.40 (dB)	1.0000, 0.9396, 0.9074, 0.8420, 0.7317, 0.6247, 0.5411, 0.4021, 0.3125, 0.2421, 0.1509, 0.1134

hızına sahip i5 işlemciyle yapılmıştır. 10, 16 ve 24 elemana sahip doğrusal anten dizilerinin AOS optimizasyon yöntemi ile elde edilen SLL ve genlik değerleri Tablo I'de gösterilmiştir.

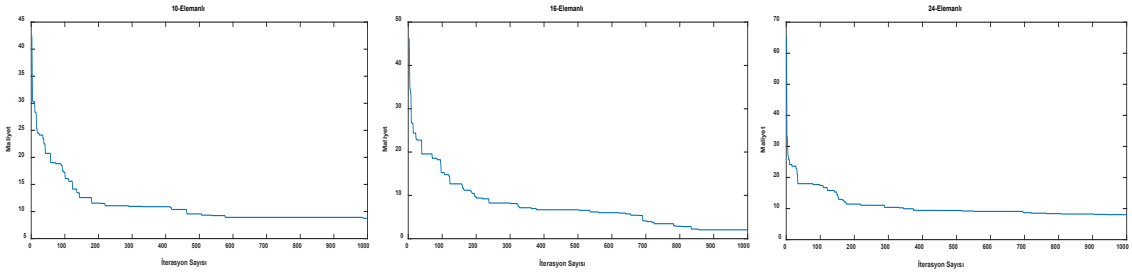
Bu tabloda elde edilen sonuçlara göre 10 elemanlı doğrusal anten dizisinde elde edilen en iyi SLL -26.95 (dB)'dir. 16 elemanlı dizide elde edilen en iyi SLL değeri -40.15 (dB)'dir. 24 elemanlı anten dizisinde ise en iyi SLL -38.4 (dB) olarak elde edilmiştir.

Tablo I'de AOS optimizasyon metoduyla elde edilen genlik verileri kullanarak tasarladığımız antenlerin ışıma diyagramları Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. AOS ile elde edilen 10, 16 ve 24 elemana sahip doğrusal anten dizilerinin ışıma diyagramı gösterilmektedir.

Bir algoritmanın iyi bir ışıma diyagramı ve SLL değeri elde etmesinin yanında hızlı bir şekilde yakınsaması da önemlidir. Şekil 3'te elde edilen 10, 16 ve 24 elemanlı doğrusal anten dizilerinin yakınsama eğrileri gösterilmektedir. AOS metodu ile doğrusal anten dizilerinin sadece genlikleri optimum olarak belirlenmiştir.



Şekil 3. 10, 16 ve 24 elemanlı anten dizilerinin AOS algoritması ile olan yakınsama eğrileri gösterilmektedir.

Şekil 3'te gösterilen yakınsama eğrilerine bakıldığında AOS algoritması yaklaşık 800 iterasyonda optimum sonuca ulaşmıştır.

V. SONUÇ

Literatüre yeni kazandırılmış olan AOS metoduyla 10, 16 ve 24 elemana sahip doğrusal anten dizilerinin sentezi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu optimizasyon sürecinde doğrusal anten dizilerinin sadece genlikleri optimize edilmiş ve istenilen ışıma diyagramları elde edilmiştir. Ayrıca bu çalışma sonucunda elde edilen veriler AOS'un farklı geometrideki anten dizilerinin sentezinde de kullanılabileceği sonucunu ortaya çıkarmıştır.

KAYNAKLAR

[1] C. A. Balanis, "Antenna theory: analysis and design," John wiley & sons, 2015.

[2] M. Azizi, "Atomic orbital search: A novel metaheuristic algorithm," Applied Mathematical Modelling, vol. 93, pp. 657-683, 2021.

[3] Z. Zhang, T. Li, F. Yuan, & L. Yin, "Synthesis of linear antenna array using genetic algorithm to control side lobe level," In Computer engineering and networking, Springer, Cham, 2014, pp. 39-46, 2014.

[4] D. Mandal, & Y. N. Tapaswi, "Radiation pattern synthesis of linear antenna arrays by amplitude tapering using Genetic Algorithm," In 2011 IEEE Applied Electromagnetics Conference (AEMC), pp. 1-6, 2011. IEEE.

[5] U. Singh, & R. Salgotra, "Synthesis of linear antenna array using flower pollination algorithm," Neural Computing and Applications, vol. 29(2), pp. 435-445, 2018.

[6] Q. Liang, B. Chen, H. Wu, C. Ma, & S. Li, "A Novel Modified Sparrow Search Algorithm with Application in Side Lobe Level Reduction of Linear Antenna Array," Wireless Communications and Mobile Computing, 2021.

[7] A. Das, D. Mandal, S. P. Ghoshal, & R. Kar, "A heuristic approach to design linear and circular antenna array for side lobe reduction," Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering, vol. 43(1), pp. 67-76, 2019.

[8] A. Sharaqa, & N. Dib, "Design of linear and circular antenna arrays using biogeography based optimization," In 2011 IEEE Jordan Conference on Applied Electrical Engineering and Computing Technologies (AEECT), pp. 1-6, 2011. IEEE.

[9] S. B., Sharma, & S. Banerjee, "Optimization Algorithm for the Synthesis of Linear Antenna Array,".

[10] S. K. Mohanty, G. P. Mishra, & B. B. Mangaraj, "Implementing Taguchi and cuckoo search to optimize LAA," In 2014 Annual IEEE India Conference (INDICON), pp. 1-5, 2014. IEEE.