

Dairesel Anten Dizilerinin Genetik Algoritma ile Tasarımı

Design of Circular Array Antennas using Genetic Algorithm

Banu ÖZEN¹, Erkan AFACAN²

¹Orman Genel Müdürlüğü
banuozen@gmail.com

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi
Gazi Üniversitesi
eafacan@gazi.edu.tr

Özet

Mobil haberleşmedeki ve askeri uygulamalardaki gereksinimlerin artmasıyla birlikte daha iyi kapsama alanı, yüksek kapasite ve daha iyi bir iletim kalitesi gerekmektedir. Bu nedenle, tek elemanlı antenlerin yetersiz olduğu durumlarda, anten dizileri tercih edilmektedir. Çünkü anten dizileri, gerekli parametreler değiştirilerek istenilen ışıma örüntüsünün elde edilebilmesini sağlamakta ve endüstriyel uygulamalarda tercih edilmektedir. Anten dizilerinin istenilen doğrultudan gelen sinyalleri maksimum kazançla alma ve istenmeyen doğrultulardan gelen sinyalleri bastırma özellikleri, anten dizilerinin haberleşmede önemli bir çalışma alanı olarak ortaya çıkmasına yol açmıştır.

Bu çalışmada, dairesele anten dizilerinin ışıma örüntüsünü istenilen doğrultuda yönlendirmek, yan hüzmeleri sıfırlamak amacıyla optimizasyon çalışmaları yapılmıştır. Karmaşık problemlerde başarılı sonuçlar vermesi sebebiyle optimizasyon metodu olarak genetik algoritma tercih edilmiştir. Simülasyon sonuçlarında, genetik algoritma yönteminin antenin ışıma örüntüsünü istenilen doğrultuda yönlendirmek amacıyla gereken parametre değerlerini hesaplamak için uygun bir yöntem olduğu gösterilmiştir.

Abstract

It is more critical than ever to have better coverage, high capacity and better transmission quality in communication due to increase in demand for mobile communications and military applications. Therefore, when single element antenna is unable to meet the demand, antenna arrays are preferred. Since antenna arrays enable desired radiation pattern by changing related parameters, today they are widely adapted in industrial applications. Also they are capable of processing signals with maximum gains coming from desired directions and blocking signals coming from undesired directions. These characteristics make antenna arrays a popular and an important field in the field of communications.

The aim of this study is to steer the radiation patterns of the circular array antennas to the desired direction and to

suppress the sidelobes. Because of its ability to solve complex problems, genetic algorithm is used as the optimization method. Simulation results show that genetic algorithm is a suitable method for calculating the parameters needed to steer the radiation pattern as desired.

1. Giriş

Tek elemanlı bir antenin ışıma örüntüsü nispeten geniştir ve tek bir eleman düşük değerde kazanç sağlar. Uzak mesafe haberleşmenin gereksinimlerini karşılamak amacıyla pek çok uygulamada yüksek kazançlı anten tasarlamak gerekir [1]. Anten kazancı, antenin elektriksel boyutu büyütülerek artırılır. Antenin boyutlarını büyütmenin bir diğer yolu da, her bir elemanın boyutunu arttırmaya gerek olmadan, ışıma elemanlarını belirli bir elektriksel ve geometrik düzende yerleştirmektir. Birden fazla elemandan oluşan bu anten yapısı, anten dizisi olarak adlandırılır. Daha basit ve pratik olması amacıyla pek çok uygulamada özdeş dizi elemanları seçilir. Bununla birlikte anten dizisinin elemanları farklı yapıda da seçilebilir.

Anten dizilerinin toplam elektrik ve manyetik alanı, her bir elemandan çıkan elektrik ve manyetik alanların vektörel toplamıyla elde edilir. İstenilen doğrultuda ışıma örüntüsü elde etmek için, diziyi oluşturan antenlerden çıkan alanların istenilen doğrultuda toplanması, diğer doğrultularda birbirini yok etmesi gerekir. Özdeş elemanlardan oluşan dizide, anten dizisinin toplam ışıma örüntüsü aşağıdaki yöntemlerle şekillendirilebilir:

1. Anten dizisinin geometrik konfigürasyonu (lineer, dairesele, küresel, vs.),
2. Dizi elemanları arasındaki mesafe,
3. Her bir elemanın uyarım genliği,
4. Her bir elemanın uyarım fazı,
5. Her bir elemanın ışıma örüntüsü [2].

Dairesel anten dizileri, elemanların dairesel bir halka etrafında yerleştirildiği anten dizileridir. Dairesel anten dizileri, sonar, radar, mobil ve uydu haberleşme sistemlerinde kullanılmaktadır.

Bu bildiride, genetik algoritma kullanılarak, dairesel anten dizisinin ışıma örüntüsü optimize edilmiştir.

2. Genetik Algoritma

Genetik algoritma, doğal seçim ve genetik bilimini temel alan, John Holland ve Michigan Üniversitesi'ndeki öğrencisi David Goldberg tarafından geliştirilmiş bir optimizasyon tekniğidir [3]. Optimizasyon, bir işlemin sonuçlarını en iyi hale getirmeye çalışmaktır. Bir problemin tek bir sonucu değil de birden fazla sonucu var ise, sonuçlar arasından en iyisini elde etmek için optimizasyon teknikleri kullanılır. Genetik algoritma, rasgele arama tekniklerine dayanan, parametre kodlama tekniklerini kullanan sezgisel bir algoritma tekniğidir. Doğayı örnek alır, iyi genlerin kendini koruyacağına, kötü özellikli genlerin zamanla özelliklerini kaybedeceğine inanır. Seçim yaparken çaprazlama, mutasyon gibi operatörleri kullanır.

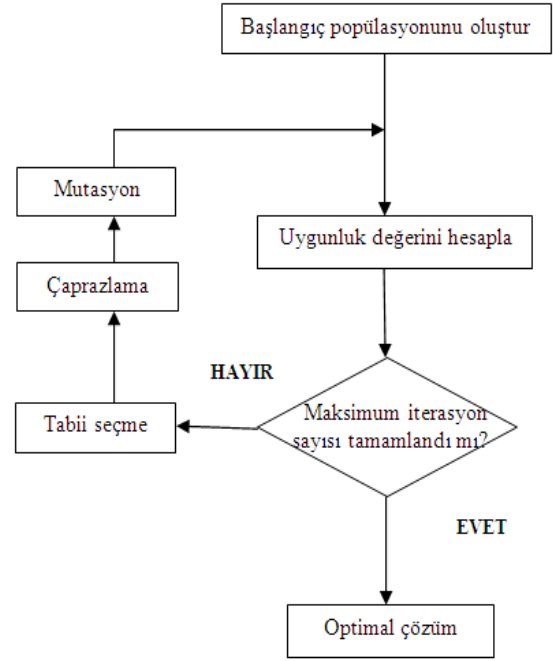
Genetik algoritmanın diğer sezgisel algoritmalarından farkları şu şekilde sıralanabilir [3]:

- 1) Parametrelerle değil, parametre kodlarıyla uğraşır.
- 2) Tek bir noktada değil, yığının tamamında tarama yapar.
- 3) Rasgele değerlerle uğraşır, kesin çözüm tekniği kullanmaz.
- 4) Problemin doğasıyla ilgili detaylı bilgiye ihtiyaç duymaz.
- 5) Büyük sayılarda değişkenlerle çalışabilir.
- 6) Birden fazla optimum sonucu liste halinde sunabilir.

2.1. Genetik Algoritmanın Yapısı

Genetik algoritma, çözümlenmesi hedeflenen problemin verilerinden başlangıç popülasyonu oluşturulması ile başlar. İterasyon sayısı ve çevrimi durdurma kriteri belirlenir, bireylerin uygunluk değeri hesaplanır, uygunluk değerlerine göre bireyler eşleştirilir [4]. Eşlenen bireyler çaprazlanarak çeşitlilik sağlanır. Verilen orana bağlı olarak bazı bireyler mutasyona uğrar. Oluşan yeni bireylerin kromozom içerikleri gerçek kromozom içeriği ile karşılaştırılır. Oluşan yeni bireylerin uygunluk değerleri hesaplanarak uygunluk değeri yüksek olan bireyler ebeveynlerle yer değiştirerek uygunluk popülasyonu oluşturulur. Belirlenen durdurma kriteri sağlandıysa, iterasyon sayısı yeterliyse veya sistemde iyileşme durduysa hesaplanan uygunluk değeri problemin çözümü olarak alınır.

Şekil 1'de genetik algoritma yapısının akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 1. Genetik Algoritma Akış Diyagramı

Genetik algoritma gen, kromozom, popülasyon, uygunluk değeri gibi kavramları kullanır.

Gen, kısmi bilgiler taşıyan birimlerdir. Bu birimlerin bir araya gelmesiyle çözüm kümesini oluşturan kromozom dizini meydana gelir. Kromozomlar, problemin çözümüne ait bilgileri içinde barındıran yapılardır. Olası çözümlerin bulunduğu yığına popülasyon denir. Uygunluk değeri, hangi dizinin bir sonraki nesle aktarılacağını, hangi dizinin yok olacağını belirler. Uygunluk değeri problemin amacını yansıtır [5].

Uygunluk değeri yüksek olan bireylerin bir araya getirilmesi ile iyi bir arama uzayı elde edilmiş olur. Problemden aranan en iyi çözümün bulunabilmesi için, bireylerin gösterimi doğru yapılmalı, uygunluk fonksiyonu etkin bir şekilde oluşturulmalı ve doğru genetik işlemciler seçilmelidir. Bu kriterler yerine getirildiğinde, istenen çözüm kümesine en iyi yaklaşım sağlanır. Genetik algoritmalar, diğer optimizasyon yöntemlerine göre oldukça büyük arama uzayına sahip problemlerde başarı göstermektedir. Bir problemin en iyi çözümünü bulma garantisi vermez; ancak problemlere makul süre içinde, kabul edilebilir en iyi çözümü sunarlar.

Genetik algoritmalar, bilinen çözüm yöntemi olmayan problemler için çözüm aramak üzere kullanılır. Mutlak sonuçları ve kendine has çözüm teknikleri olan problemlerde genetik algoritma yöntemi tercih edilmemektedir. Fakat; arama uzayının çok büyük ve karmaşık olduğu, belirli bir matematiksel modelle ifade edilemeyen, geleneksel optimizasyon yöntemleriyle istenen sonucun alınamadığı problemler için etkili bir çözümdür.

3. Dairesel Anten Dizileri

Dairesel anten dizisi uygulamalarında, dizi elemanları dairesele bir halka şeklinde yerleştirilirler. Dairesel anten dizileri, radyo yön bulmasında, hava ve uzay navigasyonunda, yeraltı dalga yayılımında, radarda, sonarda ve daha birçok sistemde kullanılmaktadır.

Şekil 2’de gösterildiği gibi, N adet izotropik elemanın a yarıçaplı dairesele bir halka boyunca x - y düzleminde eşit aralıklarla yerleştirildiğini kabul edelim. Dairesel dizinin normalize elektrik alanı aşağıdaki gibi yazılabilir [2]:

$$E_n(r, \theta, \phi) = \sum_{n=1}^N a_n \frac{e^{-jkR_n}}{R_n}. \quad (1)$$

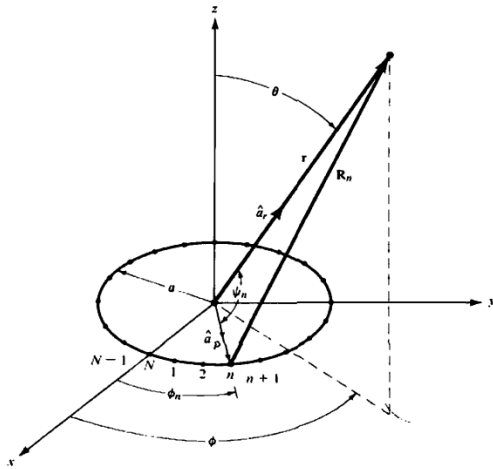
Burada, R_n n . elemanın gözlem noktasına uzaklığıdır, N anten sayısıdır, a_n n . elemanın uyarım katsayısıdır.

$$R_n = (r^2 + a^2 - 2ar \cos \psi_n)^{1/2} \quad (2)$$

şeklinde verilir.

$r \gg a$ için denklem aşağıdaki ifadeye indirgenir:

$$R_n \approx r - a \cos \psi_n = r - a(\hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_r) = r - a \sin \theta \cos(\phi - \phi_n). \quad (3)$$



Şekil 2. N elemanlı dairesele dizinin geometrisi [2]

Burada,

$$\begin{aligned} \hat{a}_\rho \cdot \hat{a}_r &= (\hat{a}_x \cos \phi_n + \hat{a}_y \sin \phi_n) \cdot (\hat{a}_x \sin \theta \cos \phi + \hat{a}_y \sin \theta \sin \phi + \hat{a}_z \cos \theta) \\ &= \sin \theta \cos(\phi - \phi_n) \end{aligned} \quad (4)$$

olmaktadır. Böylece, genlik değişimleri için $R_n \approx r$ olduğu kabul edilerek, denklem aşağıdaki ifadeye indirgenir:

$$E_n(r, \theta, \phi) = \frac{e^{-jkr}}{r} \sum_{n=1}^N a_n e^{+jka \sin \theta \cos(\phi - \phi_n)}. \quad (5)$$

Burada,

$a_n = n$. elemanın uyarım katsayısı (genlik ve faz) ve

$\phi_n = 2\pi \left(\frac{n}{N}\right)$, x - y düzleminde n . elemanın açısal konumudur.

Genelde, n . elemanın uyarım katsayısı aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$a_n = I_n e^{j\alpha_n}. \quad (6)$$

Burada,

$I_n = n$. elemanın genlik uyarımı,

$\alpha_n = n$. elemanın faz uyarımıdır.

Eşitlik (5) ve (6) aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$E_n(r, \theta, \phi) = \frac{e^{-jkr}}{r} [AF(\theta, \phi)]. \quad (7)$$

Burada, $AF(\theta, \phi)$ dizi faktörü olup

$$AF(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^N I_n e^{+j[ka \sin \theta \cos(\phi - \phi_n) + \alpha_n]} \quad (8)$$

şeklinde verilmektedir. Eşitlik (8), eşit aralıklarla dizilmiş N tane elemandan oluşan dairesele dizi antenin dizi faktörünü göstermektedir. Ana hüzmünün tepe noktasını (θ_0, ϕ_0) doğrultusunda yönlendirmek için n . elemanın faz uyarımı aşağıdaki gibi seçilebilir:

$$\alpha_n = -ka \sin \theta_0 \cos(\phi_0 - \phi_n). \quad (9)$$

Böylece Eşitlik (8)’deki dizi faktörü aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$AF(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^N I_n e^{jka[\sin \theta \cos(\phi - \phi_n) - \sin \theta_0 \cos(\phi_0 - \phi_n)]}. \quad (10)$$

4. Simülasyon Sonuçları

Bu bölümde, 10 elemanlı düzgün dairesele dizi antenin ışıma örüntüsünü, istenilen doğrultuda yönlendirmek, istenilmeyen açılarda sıfırlamak amacıyla genetik algoritma kullanılmıştır. Maliyet fonksiyonu

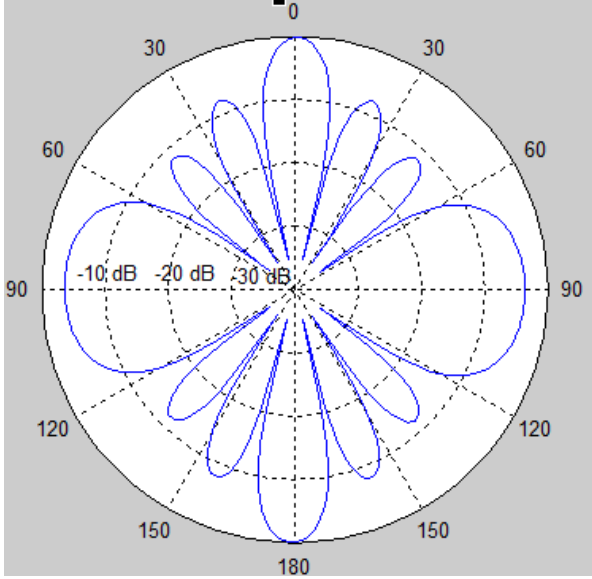
$$f = \sqrt{\sum_{k=1}^K w_k | |AF_k| - ND_k |^2} \quad (11)$$

şeklinde alınmıştır [6]. Burada K istenen sıfırların sayısını, AF_k k . yön için dizi faktörü değerini, ND_k k . sıfır için elde edilmek istenen sıfır düzeyini göstermektedir. $|AF_k| < ND_k$ olması durumunda $w_k=0$ alınmaktadır. Uygunluk fonksiyonu maliyet fonksiyonunun negatifi olarak seçilmiştir.

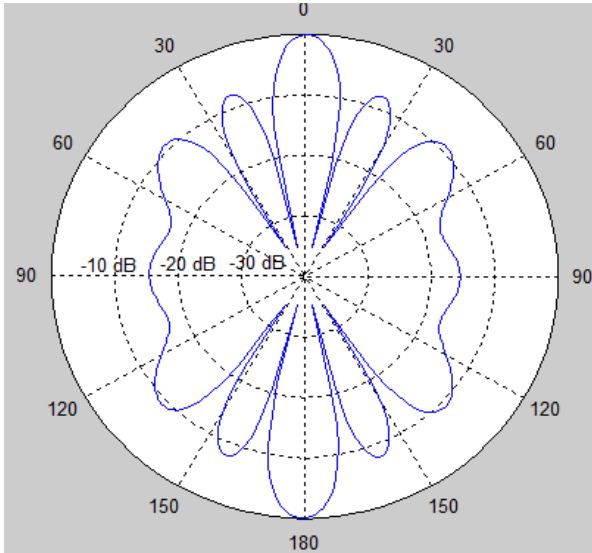
Şekil 3.(a)’da, $ka=10$ ve $\phi = 0^\circ$ için, Şekil 3.(b)’de $ka=10$ ve $\phi = 90^\circ$ için 10 elemanlı düzgün dairesele dizi antenin, iki boyutlu ışıma örüntüsü görülmektedir.

Daha sonra anten dizisinin ışıma örüntüsünü bastırmak amacıyla genetik algoritma kullanılmıştır. Popülasyon sayısı 200, yakınsama koşulu 10^{-6} , istenen sıfır düzeyi 40 dB olarak alınmıştır. Şekil 4’de, $ka=10$ ve $\phi = 0^\circ$ için, 10 elemanlı düzgün dairesel dizi antenin, örnek olarak 25° - 30° aralığında bastırılmış ışıma örüntüsü görülmektedir. Benzer biçimde, Şekil 6’da, $ka=10$ ve $\phi = 0^\circ$ için, 10 elemanlı düzgün dairesel dizi antenin, yine örnek olarak 50° - 53° aralığında bastırılmış ışıma örüntüsü görülmektedir. Şekil 5 ve Şekil 7’den görüldüğü gibi söz konusu açılar için bastırma düzeyi -40 dB’nin altındadır.

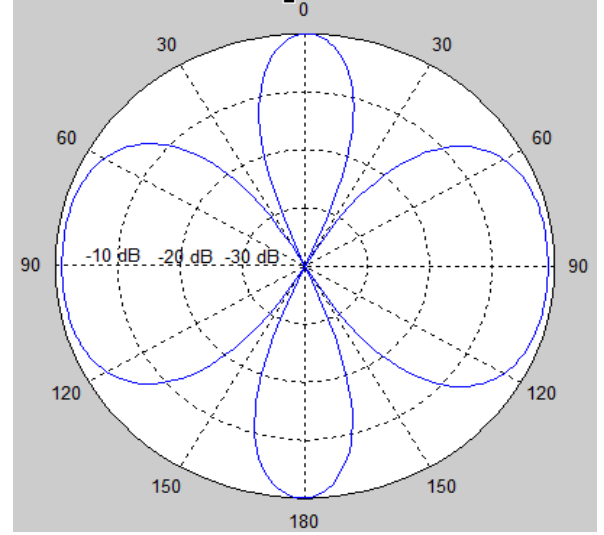
Simülasyonların gerçekleştirilmesi için esnekliği dolayısıyla C/C+ programlama dili kullanılmıştır. Şekillerin çizilmesinde Matlab kullanılmıştır.



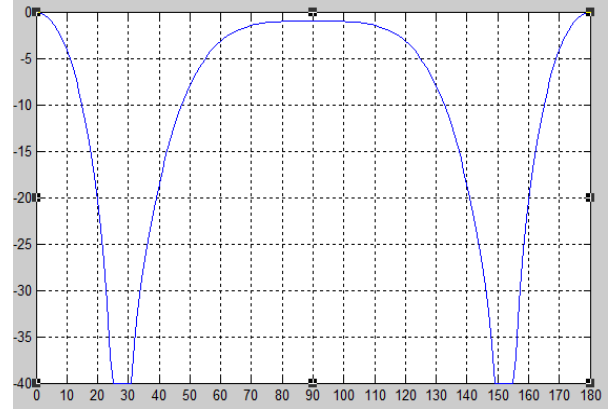
Şekil 3. (a) 10 elemanlı düzgün dairesel dizi için ışıma örüntüsü ($\phi = 0^\circ$)



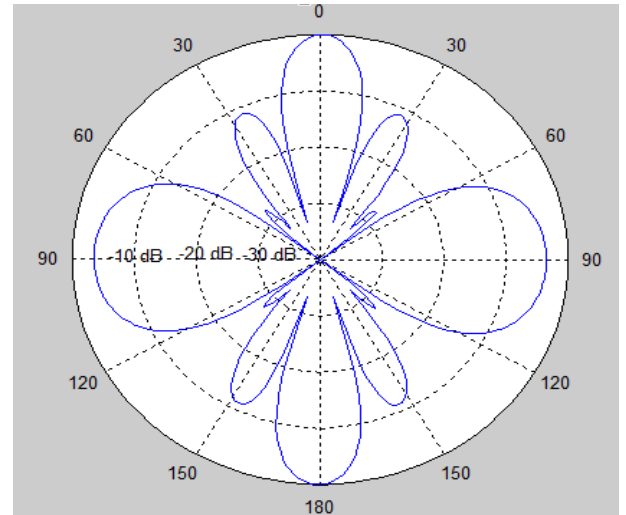
Şekil 3. (b) 10 elemanlı düzgün dairesel dizi için ışıma örüntüsü ($\phi = 90^\circ$)



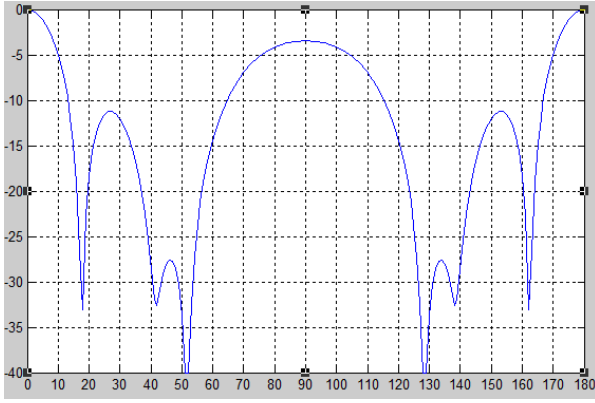
Şekil 4. 10 elemanlı düzgün dairesel dizi için 25° - 30° derece aralığında bastırılmış ışıma örüntüsü (polar gösterim)



Şekil 5. 10 elemanlı düzgün dairesel dizi için 25° - 30° derece aralığında bastırılmış ışıma örüntüsü (dikdörtgensel gösterim)



Şekil 6. 10 elemanlı düzgün dairesel dizi için 50° - 53° derece aralığında bastırılmış ışıma örüntüsü (polar gösterim)



Şekil 7. 10 elemanlı düzgün dairesel dizi için 50° - 53° derece aralığında bastırılmış ışıma örüntüsü (dikdörtgensel gösterim)

Şekillerden görüldüğü üzere istenilen açı aralığında bastırma gerçekleştirilmiştir. Böylece optimizasyon sağlanmış ve amaca ulaşılmıştır.

5. Sonuçlar

Dairesel anten dizileri, uzak mesafe haberleşmenin gereksinimlerini karşılamak amacıyla pek çok uygulamada kullanılmaya başlanmıştır. Anten dizilerinin tercih edilmesinin en önemli sebebi, donanımsal değişikliklere ihtiyaç duymadan, yazılımsal olarak ışıma örüntüsünün değiştirilebilmesidir. Simülasyon sonuçlarında görülen ışıma örüntülerinin elde edilebilmesi için dizi faktörü denklemini kullanılmaktadır ve bu denklemin parametrelerinin hesaplanması oldukça karmaşık bir problemidir.

Anten dizilerinin, maksimum ışıma hızmasının istenen doğrultuda olması ve maksimum kazanç elde edilmesi karmaşık bir optimizasyon problemidir. Bu çalışmada optimizasyon metodu olarak, genetik biliminden esinlenerek ortaya atılan ve karmaşık problemlerde başarılı sonuçlar veren genetik algoritma metodu kullanılmıştır.

Öncelikle 10 elemanlı düzgün dairesel anten dizisinin ışıma örüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra genetik algoritma kullanılarak istenilen doğrultuda ışıma örüntüsü elde edilebildiği görülmüştür. Uygulamalarda yan hüzmelerin istenilen doğrultularda bastırılmasının mümkün olduğu gözlenmiştir. Simülasyon sonuçlarında, anten dizisinin fiziksel özelliklerinde değişiklik yapılmadan, istenilen ışıma örüntüsünün sağlandığı görülmektedir.

6. Kaynaklar

- [1] Roy, G. G.; Das, S.; Chakraborty, P.; Suganthan, P. N., 2011, "Design of Non-Uniform Circular Antenna Arrays Using a Modified Invasive Weed Optimization Algorithm", *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 59, 110-118.
- [2] Balanis C. A., "Antenna theory analysis and design", 2nd ed., *John Wiley & Sons*, New York, (1997).
- [3] Goldberg, D. E., "Genetic algorithms in search, optimization, and machine Learning", *Reading, MA Addison-Wesley*, (1989).
- [4] Panduro, M. A.; Mendez, A. L.; Romero, G.; Dominguez, R. F., 2006, "Design of Non-uniform Circular Phased Arrays using Genetic Algorithms to Reduce the Maximum Side Lobe During Scanning", *IEEE Vehicular Technology Conference*, 6, 2696 – 2700.
- [5] Mang, K., Tang, K. and Kwong, S., 1996. "Genetic Algorithms: Concepts and Applications", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 43, 519-534.
- [6] Aksoy, E. and Afacan, E., 2009. "Planar antenna pattern nulling using differential evolution algorithm", *Int. J. Electron. Commun. (AEÜ)*, 63, 116-122.