

# KLONAL SEÇME ALGORİTMASI KULLANARAK GENLİK VE FAZ KONTROLÜ İLE DOĞRUSAL ANTEN DİZİ DİYAGRAMINDA SIFIRLARIN ÜRETİLMESİ

Bilal BABAYİĞİT<sup>1</sup> ve Kerim GÜNEY<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi  
38039, Kayseri. e-posta: bilalb@erciyes.edu.tr

<sup>2</sup> Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi  
38039, Kayseri. e-posta: kguney@erciyes.edu.tr

## ABSTRACT

*In this paper, a method based on clonal selection algorithm (CLONALG) is presented for null steering of linear antenna arrays by controlling both the amplitude and phase of array elements. The CLONALG is a population-based evolutionary algorithm inspired by the clonal selection principle of the human immune system. Simulation results for Chebyshev patterns with the imposed single, multiple and broad nulls are given to illustrate the performance of the proposed method.*

**Anahtar sözcükler:** Klonal Seçme Algoritması, Doğrusal Anten Dizileri, Diyagram Sıfırlama

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda gelişen haberleşme teknolojisi ile birlikte elektromanyetik ortam kirlilik artmıştır. Bunun paralelinde, elektromanyetik kirlilikten dolayı oluşan girişimleri bastırmak ve böylece işaret-gürültü oranındaki düşmeği en aza indirebilmek için, girişimlerin olduğu doğrultularda sıfırları olan diyagrama sahip anten dizisi tasarlamak, radar ve haberleşme sistemleri için oldukça önem kazanmıştır [1-12]. Literatürde bu konuda yoğun çalışmalar yapılmasına rağmen, esnek ve basit olması şartıyla hiçbir metot anten sentez problemine mükemmel bir çözüm henüz üretememiştir. Bu çalışmada lineer anten dizisinin genlik ve faz uyarım katsayıları, istenilen doğrultularda sıfırlara sahip anten dizi diyagramını elde etmek için esnek ve basit bir yapıya sahip olan klonal seçme algoritması (KSA) [13] ile belirlenmiştir.

KSA, insan bağışıklık sistemindeki klonal seçme prensibinden [14] esinlenerek geliştirilmiş nispeten yeni bir optimizasyon algoritmasıdır. KSA, yerel

minimumdan kurtulabilme, belirli kurallar yerine rasgele geçiş kuralları kullanma, çok parametrelili optimizasyon problemleri ile rahatlıkla çalışabilme yeteneklerine sahiptir. Ayrıca uygulanması basit ve anlaşılması kolaydır. Çeşitli mühendislik problemlerinin çözümünde başarılı bir şekilde kullanılmıştır [13, 15-18]. Kaynak [18]'de sadece uyarım genlik katsayıları KSA ile belirlenerek anten dizi diyagramında sıfırlar üretilmiştir. Bu çalışmada ise, hem genlik hem de faz KSA ile aynı anda belirlenerek lineer anten dizisinin diyagram sıfırlama sentezi başarıyla gerçekleştirilmiştir.

## 2. FORMÜLASYON

Dizi merkezi civarında simetrik olarak yerleştirilen ve eşlenik simetrik olarak uyarılan  $2N$  tane yönsüz elemanlı doğrusal anten dizisi için dizi faktörü ifadesi aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$F(\theta) = 2 \sum_{k=1}^N a_k \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_k \sin\theta + \delta_k\right) \quad (1)$$

Burada  $\lambda$ ,  $d_k$ ,  $a_k$  ve  $\delta_k$ , sırasıyla, dalgaboyu, dizi merkezi ile  $k$ . eleman arasındaki mesafe,  $k$ . elemanın uyarım genliği ve  $k$ . elemanın uyarım fazıdır. Bu çalışmada, istenilen doğrultularda sıfırlara sahip dizi diyagramını üretmek için Denklem (1)'de verilen dizi faktörü ifadesindeki her bir elemanın uyarım genliği ( $a_k$ ) ve fazı ( $\delta_k$ ) KSA ile optimum olarak belirlenmiştir. Üretilen diyagramı kontrol edebilmek amacıyla KSA ile minimize edilecek maliyet fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$C = \sum_{\theta=-90^\circ}^{90^\circ} W(\theta) |F_o(\theta) - F_d(\theta)| \quad (2)$$

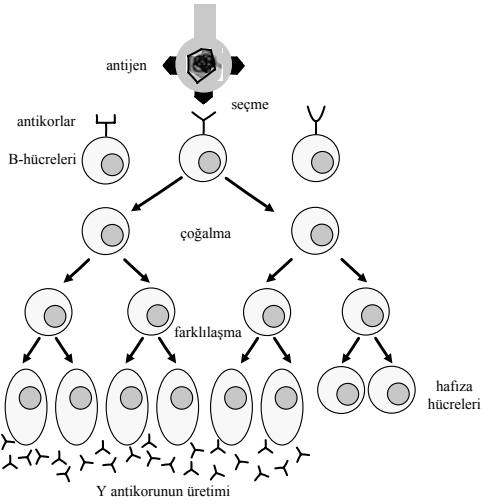
Burada  $AF_o$  ve  $AF_d$ , sırasıyla, KSA ile elde edilen diyagram ve arzu edilen diyagramdır. Sıfır derinlik seviyesini kontrol edebilmek amacıyla maliyet fonksiyonuna  $W(\theta)$  ağırlık faktörü dahil edilmiştir.

### 3. KLONAL SEÇME ALGORİTMASI

#### 3.1 Klonal Seçme Prensipleri

Klonal seçme prensibi [14], bağışıklık sisteminin davranışını açıklamak için kullanılan modellerden birisidir. Bu prensip, bağışıklık sisteminin bir antijenik uyarıya karşı bağışıklık cevabının temel özelliklerini tanımlamak amacıyla kullanılır. Şekil 1’de bağışıklık sisteminin klonal seçme mekanizması görülmektedir.

Bağışıklık sisteminin en büyük amacı antijen ismi verilen zararlı ve yabancı maddelere karşı insan vücudunu korumaktır. Bir antijen tespit edildiği zaman, antijeni en iyi tanıyan B-hücreleri uyarılır. B-hücreleri uyarılma ile birlikte klonlanarak çoğalır ve plazma hücreleri denilen bölünmeyen antikor salgılayan hücrelere dönüşürler. B-hücrelerinin klonlanarak çoğalması bölünme (mitoz) yoluyla olur ve kopya yavru hücreler oluşur. Antijeni en iyi tanıyan hücreler, daha az tanıyan hücrelere göre daha fazla çoğalır. Klonlanan hücreler somatik hipermutasyona uğrarlar. Bu hipermutasyon işlemi, oluşan yeni hücrelerin antijene daha çok uyum sağlamasını sağlar. B-hücreleri çoğalma ve/veya plazma hücrelerine dönüşmelerinin dışında uzun ömürlü hafıza hücrelerine de dönüşürler. Uyarılmamış veya antijeni daha az tanıyan B-hücreleri ölürler ve yerlerine yeni hücreler üretilir. Sonuçta bağışıklık sistemi antijeni en iyi tanıyıp yok eden hücreleri geliştirmiş olur. Klonlama ve mutasyon işlemlerinin tamamına klonal seçme prensibi denir.

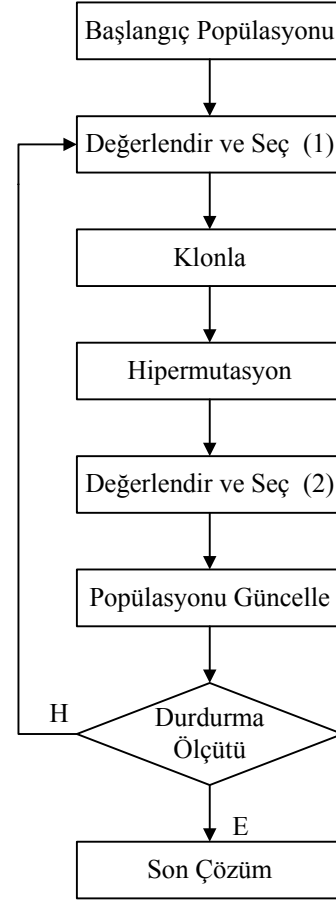


Şekil 1: Klonal Seçme Prensipleri.

#### 3.2 Klonal Seçme Algoritması

Klonal Seçme Algoritması (KSA) [13], insan bağışıklık sistemindeki klonal seçme prensibinden [14] esinlenerek geliştirilmiş yeni bir optimizasyon

algoritmasıdır. KSA’nın akış diyagramı Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2: KSA akış diyagramı.

KSA’nın çalışması şu şekildedir: İlk olarak rasgele üretilen hücrelerden verilen sınırlar dahilinde bir başlangıç popülasyonu ( $N_{pop}$ ) oluşturulur. Her bir hücre muhtemel bir çözümü, antijen ise problemi temsil etmektedir. Hücreler ikili bit dizilerinden oluşur. Bit dizilerinin uzunluğu kullanıcı tarafından problem için istenen hassasiyete göre seçilir. Daha sonra popülasyondaki her hücreye ait maliyet fonksiyonu değeri (uygunluk) hesaplanır ve hücreler uygunluk değerlerine göre sıralanır. En yüksek uygunluk değerine sahip n tane hücre seçilir ve sonra uygunluk değerleri ile orantılı olarak klonlanır. Seçilen n tane hücrenin her biri için oluşturulan klon sayısı

$$N_c = \sum_{i=1}^n \text{round}\left(\frac{\beta N_{pop}}{i}\right) \quad (3)$$

ile verilir. Burada  $\beta$  çarpım faktörü ve round (.) argümanını en yakın tam sayıya tamamlayan bir operatördür. Oluşturulan klonlar, uygunluk değerleri ile ters orantılı olarak mutasyona uğrarlar. Daha sonra mutasyona uğratılmış klonların uygunluk değerleri hesaplanır. Seçilen her bir hücre ve klonları bir alt popülasyon oluşturur. Her bir alt popülasyonun en yüksek uygunluk değerine sahip hücresi seçilir ve yaşamasına izin verilir. Popülasyonun en düşük

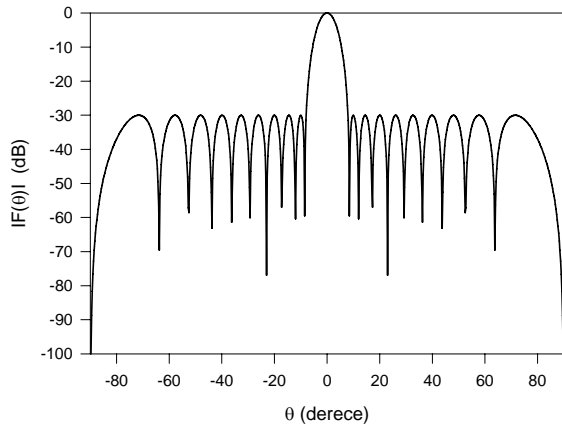
uygunluk değerlerine sahip d tane hücresi rasgele üretilen hücrelerle değiştirilir. Böylelikle popülasyondaki farklılaşma sağlanmış olur. Bu işlemler durdurma ölçütü sağlanana kadar devam eder.

#### 4. SAYISAL ÖRNEKLER

Bu bölümde, KSA ile istenen doğrultularda sıfırlara sahip dizi diyagramlarının üretilebildiğini göstermek için, beş farklı örnek verilmiştir. Bütün örneklerde başlangıç diyagramı olarak Şekil 3'te verilen elemanlar arası mesafe  $0.5\lambda$  ve yan demet seviyesi 30 dB olan 20 elemanlı Chebyshev dizi diyagramı seçilmiştir. KSA için antikorların uygunluk değeri

$$AFF = \frac{1}{1+C} \quad (4)$$

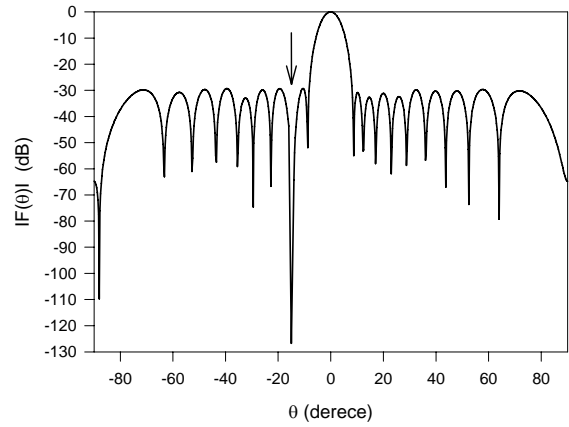
ile hesaplanmıştır. İterasyon sayısı ve antikor popülasyon büyüklüğü ( $N_{pop}$ ), sırasıyla, 80 ve 200 olarak seçilmiş, KSA'nın parametre değerleri  $n$ ,  $\beta$ , ve  $d$  ise, sırasıyla, 50, 2 ve 30 olarak seçilmiştir. Antikorlar 10 bitlik dizilerle temsil edilmiştir.



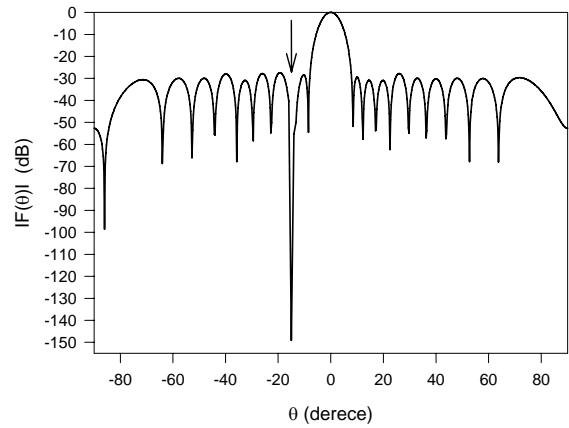
Şekil 3: Chebyshev dizi diyagramı.

Birinci örnekte,  $-15^\circ$  de sıfırı olan Chebyshev dizisinin eleman uyarım genlikleri ve fazları belirlenmiş ve elde edilen diyagram Şekil 4'te gösterilmiştir. Bu diyagram için maksimum yan demet seviyesi, sıfır derinliği ve genliklerin çalışma aralığı oranı değerleri sırasıyla,  $-29.47$  dB,  $126.71$  dB ve  $4.13$  olarak elde edilmiştir.

İkinci örnekte, daha küçük çalışma aralığında daha derin sıfırlar elde etmek için maliyet fonksiyonu içindeki ağırlık faktörünün değeri artırılarak birinci örnekte verilen  $-15^\circ$  de sıfıra sahip dizi diyagramı yeniden üretilmiş ve elde edilen diyagram Şekil 5'te verilmiştir. Şekil 5'teki diyagram için maksimum yan demet seviyesi, sıfır derinliği ve çalışma aralığı oranı değerleri, sırasıyla,  $-27.48$  dB,  $149.1$  dB ve  $3.6$  olarak elde edilmiştir. Böylece, ağırlık faktörünün uygun seçimiyle, maksimum yan demet seviyesinden taviz verilerek daha düşük çalışma aralığında daha derin bir sıfır elde edilmiştir.

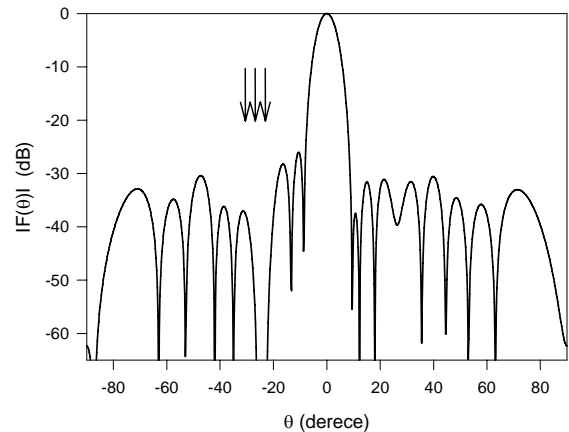


Şekil 4: Genlik ve faz kontrolü ile üretilen  $-15^\circ$  de sıfıra sahip dizi diyagramı.



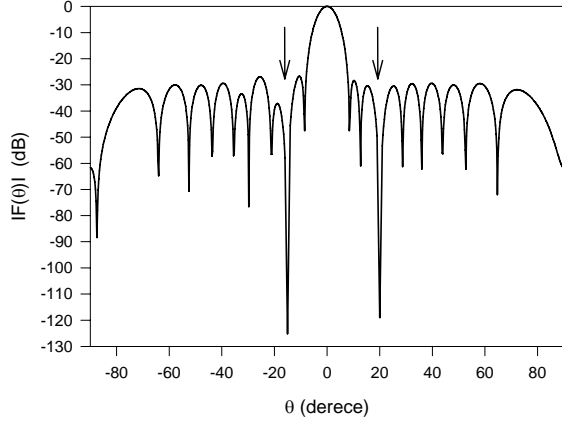
Şekil 5: Genlik ve faz kontrolü ile üretilen sıfır derinliği baskın ve çalışma aralığı oranı kısıtlı  $-15^\circ$  de sıfıra sahip dizi diyagramı.

Genlik ve faz kontrolü ile sıfırlamanın üçüncü örneğinde,  $-25^\circ$  merkez olmak üzere  $5^\circ$  lik bir bölgede geniş sıfırları olan diyagram,  $65$  dB'nin üzerinde sıfır derinlikleri ile elde edilmiş ve Şekil 6'da gösterilmiştir.

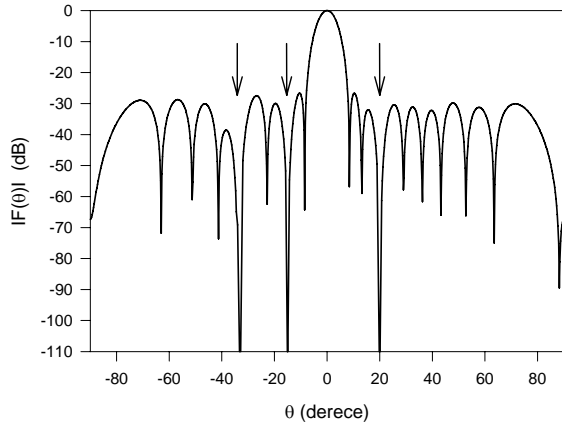


Şekil 6: Genlik ve faz kontrolü ile üretilen  $-25^\circ$  merkezli  $5^\circ$  lik bölgede geniş sıfıra sahip dizi diyagramı.

Dördüncü ve beşinci örneklerde ise  $-15^\circ$  ve  $20^\circ$  de iki sıfırı olan diyagram ve  $-33^\circ$ ,  $-15^\circ$  ve  $20^\circ$  de üç sıfırı olan diyagram, 110 dB'in üstünde sıfır derinlikleri ile elde edilmiş ve bu diyagramlar sırasıyla, Şekil 7 ve Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 7: Genlik ve faz kontrolü ile üretilen  $-15^\circ$  ve  $20^\circ$  de sıfırlara sahip dizi diyagramı.



Şekil 8: Genlik ve faz kontrolü ile üretilen  $-33^\circ$ ,  $-15^\circ$  ve  $20^\circ$  de sıfırlara sahip dizi diyagramı.

Şekil 4-8'de verilen diyagramları elde etmek için belirlenen genlik ve faz değerleri, eşlenik simetrik formda Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'de verilen eleman genlik değerleri merkezdeki elemanlara göre normalize edilmiştir.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, önceden belirlenmiş doğrultularda sıfırları olan dizi diyagramı elde etmek için lineer anten dizisinin uyarım genlik ve faz değerleri KSA kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen uyarım değerleri kullanılarak elde edilen diyagramların istenilen gereksinimleri sağladığı gösterilmiştir. Ayrıca, genlik uyarım katsayılarına kısıtlama getirilerek yani dinamik aralık değiştirilerek farklı diyagramların elde edilebileceği gösterilmiştir. KSA'nın anten dizi

sentezinde kullanılmasının en önemli avantajları, verimliliği, esnekliği, doğruluğu ve uygulanabilirliğidir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Balanis C. A., *Antenna Theory: Analysis and Design*, John Wiley and Sons, New York, 1982.
- [2] Steyskal, H., "Synthesis of antenna pattern with prescribed nulls", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-30, pp. 273–279, 1982.
- [3] Steyskal, H., "Methods for null control and their effects on the radiation pattern", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-34, pp. 404–409, 1986.
- [4] Er, M. H., "Technique for antenna array pattern synthesis with controlled broad nulls", *IEE Proc.*, Vol. 135, pt. H, pp. 375–380, 1988.
- [5] Mailloux R. J., *Phased Array Antenna Handbook*, Artech House, Dedham, 1994.
- [6] Shpak, D. J., "A method for the optimal pattern synthesis of linear arrays with prescribed nulls", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. AP-44, pp. 286–294, 1996.
- [7] Liao, W. P., and Chu, F. L., "Array pattern synthesis with null steering using genetic algorithms by controlling only the current amplitudes", *Int. J. Electron.*, Vol. 86, pp. 445–457, 1999.
- [8] Karaboga, N., Guney, K., Akdagli, "A. Null steering of linear antenna arrays with the use of modified touring ant colony optimization algorithm", *Int. J. RF Microwave Computer Aided Eng.*, Vol. 12, pp. 375–383, 2002.
- [9] Hejres J. A., "Null steering in phased arrays by controlling the positions of selected elements", *IEEE Trans. Antennas. Propagat.*, Vol. 52, 2891–2895, 2004.
- [10] Karaboga, D., Guney, K., Akdagli A., "Antenna array pattern nulling by controlling both the amplitude and phase using modified touring ant colony optimization algorithm", *Int. J. Electron.*, Vol. 91, 241–251, 2004.
- [11] Khodier, M. M., and Christodoulou, C. G., "Linear array geometry synthesis with minimum sidelobe level and null control using particle swarm optimization", *IEEE Trans. Antennas Propagat.*, Vol. 53, pp. 2674–2679, 2005.
- [12] Abu-Al-Nadi, D.I., Ismail, T. H., Mismar, M. J., "Interference suppression by element position control of phased arrays using LM algorithm", *Int. J. Electron. Commun.*, Vol. 60, pp. 151–158, 2006.
- [13] De Castro, L. N., and Von Zuben, F. J., "Learning and optimization using the clonal selection principle", *IEEE Trans. Evol. Comput.*, Vol. 6, pp. 239–251, 2002.
- [14] Ada, G. L., and Nossal, G., "The clonal selection theory", *Scientific American*, Vol. 257, pp. 50–57, 1987.

Tablo 1. Şekil 4-8’de verilen diyagramlar için KSA ile hesaplanan genlik ( $a_k$ ) ve derece cinsinden faz değerleri ( $\delta_k$ ).

k	Şekil 4		Şekil 5		Şekil 6		Şekil 7		Şekil 8	
	$a_k$	$\delta_k$	$a_k$	$\delta_k$	$a_k$	$\delta_k$	$a_k$	$\delta_k$	$a_k$	$\delta_k$
±1	1.00000	0.0000	1.00000	0.0000	1.00000	0.0000	1.00000	0.0000	1.00000	0.0000
±2	0.97544	±0.0037	0.95819	∓1.2260	0.99333	±0.8443	0.9301	∓0.4710	0.95512	∓1.1358
±3	0.93205	∓1.1595	0.91985	∓1.2507	0.91307	∓0.5998	0.87345	∓1.9687	0.88543	∓2.2202
±4	0.86219	∓0.2041	0.86582	±0.2869	0.81245	∓4.1535	0.81293	∓1.0827	0.85059	∓0.8922
±5	0.74635	±1.9136	0.76421	±1.7985	0.67781	∓2.6114	0.75131	±1.4064	0.78647	±1.7189
±6	0.61651	±2.1706	0.63170	±1.4324	0.59792	∓0.0743	0.63511	±2.5156	0.63220	±3.4366
±7	0.49021	±2.0185	0.49373	±1.9693	0.51643	∓0.1667	0.50862	±1.1224	0.48485	∓4.0101
±8	0.36128	±1.1459	0.36644	±1.1011	0.37023	±4.1681	0.34104	∓0.9549	0.39732	∓3.9570
±9	0.24190	±0.4047	0.27797	∓1.4184	0.20295	±7.3403	0.22280	∓1.1347	0.22836	±1.7407
±10	0.29875	∓0.9855	0.32996	∓1.3932	0.19361	∓0.8082	0.27851	∓2.1479	0.26561	∓2.8513

- [15] Campelo, F., Guimaraes, F .G., Igarashi, H., Ramirez, J. A., “A clonal selection algorithm for optimization in electromagnetics”, *IEEE Trans. Magn.*, Vol. 41, pp. 1736–1739, 2005.
- [16] Stevens, D., Das, S., Natarajan, B., A multi-objective algorithm for DS-CDMA code design based on the clonal selection principle, *Proceedings of Genetic and Evolutionary Computation Conference, Washington*, pp. 2015–2020, 2005.
- [17] Coello Coello, C.A., and Cortes, N. C. “Solving multiobjective optimization problems using an artificial immune system”, *Genetic Programming and Evolvable Machines*, Vol. 6, pp. 163–190, 2005.
- [18] B. Babayigit, A. Akdagli, K. Guney, “A clonal selection algorithm for null synthesizing of linear antenna arrays by amplitude control,” *J. Electromagn. Waves Applicat.*, Vol. 20, pp. 1007–1020, 2006.