

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GENETİK ALGORİTMA İLE ANTEN DİZİSİ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Cihan YILDIZ

Anabilim Dalı: ELEKTRONİK ve HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ

Programı: TELEKOMÜNİKASYON MÜHENDİSLİĞİ

OCAK 2008

GENETİK ALGORİTMA İLE ANTEN DİZİSİ TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Cihan YILDIZ
(504041307)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 24 Aralık 2007
Tezin Savunulduğu Tarih: 29 Ocak 2008

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tayfun GÜNEL
Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Cevdet IŞIK
Doç. Dr. Özcan KALENDERLİ

OCAK 2008

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın danışmanlığını yapan, büyük bir hoşgörü ile çalışmamın gerçekleşmesi için gerekli ortamı hazırlayan, her aşamada beni yönlendiren ve destekleyen Sayın Prof. Dr. Tayfun GÜNEL’e çok teşekkür ederim.

Tüm yaşamım boyunca maddi-manevi desteklerini esirgemeyen ve her zaman arkamda olan sevgili annem Yurdanur Yıldız, babam Yılmaz Yıldız ve kardeşim Canan Yıldız’a teşekkür ederim.

Her zaman olduğu gibi bu çalışma sırasında da karşılıksız yardımlarını esirgemeyen ve hep yanımda olan arkadaşım Ayşegül Yörür’e teşekkür ederim.

Tezin oluşum aşamasında bana sabır gösteren ve motivasyonumu arttıran arkadaşım Salih Obut’a teşekkür ederim.

Ocak 2008

Cihan Yıldız

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
SÖZLÜK	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENETİK ALGORİTMALAR	4
2.1 Giriş	4
2.2 Genetik Algoritmanın Tanımı	4
2.3 En İyileme Yöntemleri, Yerel ve Evrensel En İyileme Teknikleri	5
2.4 Genetik Algoritmaların Yerel Yöntemlerden Farkı	6
2.5 Basit Bir Genetik Algoritmanın Yapısı	6
2.5.1 Uygunluk veya Kalite Değerlendirilmesi	8
2.5.2 Temel Genetik İşlemciler	8
2.5.3 Tekrar üreme işlemcisi	8
2.5.4 Çaprazlama İşlemcisi	9
2.5.5 Mutasyon İşlemcisi	9
2.5.6 İleri İşlemciler	10
2.5.6.1. Çok noktalı Çaprazlama İşlemcisi	10
2.5.6.2. Çevrim işlemcisi	10
2.5.7 Kontrol Değişkenleri	11
2.5.7.1. Yoğunluk Büyüklüğü	11
2.5.7.2. Çaprazlama Oranı	12
2.5.8 Mutasyon oranı	12
2.6 Tezde Çalışılan Genetik Algoritma Türleri	12
2.6.1 Basit İkili ve Sürekli Genetik Algoritma Örnekleri	13
2.6.1.1 İkili Genetik Algoritma	13
2.6.1.2 Sürekli Genetik Algoritma	15
2.7 Genetik Algoritmanın Uygulamaları	17
3. ANTEN DİZİ YAPILARI VE UYGULAMALARI	19
3.1 Sabit Yönlü Diziler	20
3.2 Mekanik Olarak Yönlendirilebilen Sabit Yönlü Diziler	20
3.3 Tek Boyutta Elektronik Olarak Yönlendirilebilen Diziler	20
3.4 İki Boyutta Elektronik Olarak Yönlendirilebilen Diziler	21
3.5 Dizilerin Radar Uygulamaları	21

3.6 Adaptif Anten Uygulamaları	21
3.7 Anten Dizileri İçin Genel Formülasyon	22
4. DOĞRUSAL ANTEN DİZİLERİ	27
4.1 Doğrusal Dizilerin Anten Problemlerinde Kullanılması	27
4.2 Doğrusal Anten Dizileri İçin Dizi Faktörü	28
4.3 Eşit Aralıklı Olmayan Doğrusal Anten Dizileri	29
4.3.1. Dizi faktörü	30
4.4 İkili genetik algoritma kullanılarak elemanlar arasındaki uzaklık eşit olmayan anten dizisi tasarım örneği	31
4.5 Sürekli genetik algoritma kullanılarak elemanlar arasındaki uzaklık eşit olmayan anten dizisi tasarım örneği	36
4.6 Dolph-Chebsyhev Anten Dizisi	38
4.6.1. Dolph-Chebsyhev anten dizisine ait dizi faktörü	38
4.6.2. Chebsyhev anten dizisinin uyarım katsayılarının analitik yöntemlerle çözülmesi	42
4.6.3. Chebsyhev anten dizisine ait uyarım katsayılarının genetik algoritma ile çözülmesi	45
5. DÜZLEMSEL ANTEN DİZİLERİ	50
5.1 Düzlemsel Anten Dizileri İçin Dizi Faktörü	50
5.2 Tasarım Sonucu	54
5.2.1 Düzlemsel dizilerde ikili genetik algoritma ile sadece anten uyarım katsayısı genliklerinin ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagram şeklinin elde edilmesi	54
5.2.2 Düzlemsel dizilerde sürekli genetik algoritma ile sadece anten uyarım katsayısı genliklerinin ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramı şeklinin elde edilmesi	56
5.2.3 Düzlemsel dizilerde ikili genetik algoritma ile anten elemanları arasındaki uzaklığın ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının elde edilmesi	58
5.2.4 Düzlemsel dizilerde sürekli genetik algoritma ile anten elemanları arasındaki uzaklığın ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının elde edilmesi	61
6. DAİRESEL ANTEN DİZİLERİ	63
6.1 Dairesel Anten Dizileri Dizi Faktörü	63
6.2 Dairesel dizilerde anten genlik uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının ikili genetik algoritma ile elde edilmesi	65
6.3 Dairesel dizilerde anten genlik uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının sürekli genetik algoritma ile elde edilmesi	69
6.4 Dairesel dizilerde anten faz uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının sürekli genetik algoritma ile elde edilmesi	72
6.5 Dairesel dizilerde anten faz uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının ikili genetik algoritma ile elde edilmesi	73

6.6 Dairesel dizilerde hem anten faz uyarım hem de genlik uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının ikili genetik algoritma ile elde edilmesi	76
7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER	80
KAYNAKLAR	82
EKLER	85
ÖZGEÇMİŞ	86

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1 Tek noktalı çaprazlama işleminin gösterimi.....	9
Tablo 2.2 Mutasyon işleminin gösterimi	9
Tablo 2.3 İki noktalı çaprazlama işleminin gösterimi.....	10
Tablo 2.4 Çevrim işleminin gösterimi.....	11
Tablo 2.5 İkili ve sürekli genetik algoritma başlangıç popülasyonu örnekleri (sırasıyla).....	12
Tablo 2.6 İkili genetik algoritma başlangıç popülasyonu örneği.....	13
Tablo 2.7 Sınıflandırma ve kategorizasyonun ikili GA da uygulanması.....	14
Tablo 2.8 İkili genetik algoritma çiftleşme havuzu.....	14
Tablo 2.9 İkili genetik algortmada çiftleşme örneği.....	15
Tablo 2.10 İkili genetik algortmada yeni neslin oluşması.....	15
Tablo 2.11 Sürekli genetik algoritma başlangıç popülasyonu örneği.....	16
Tablo 2.12 Sürekli genetik algoritma çiftleşme havuzu.....	16
Tablo 2.13 Sürekli genetik algortmada yeni neslin oluşması.....	17
Tablo 4.1 Tasarım-1’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	32
Tablo 4.2 Tasarım-1 sonucunda elde edilen uzaklık değerleri.....	33
Tablo 4.3 Tasarım-2’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	34
Tablo 4.4 Tasarım-2 sonucunda elde edilen uzaklık değerleri.....	36
Tablo 4.5 Tasarım-3’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	36
Tablo 4.6 Tasarım-3 sonucunda elde edilen uzaklık değerleri.....	38
Tablo 4.7 $R_0 = 20$, $N = 10$ elemanlı Chebsyhev dizisinde yatay eksenin θ ’nın fonksiyonu olarak aldığı değerler.....	43
Tablo 4.8 Tasarım-4’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	46
Tablo 5.1 Tasarım-5’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	54
Tablo 5.2 Tasarım-5 sonucunda elde edilen genlik uyarım katsayıları.....	56
Tablo 5.3 Tasarım-6’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	57
Tablo 5.4 Tasarım-6 sonucunda elde edilen genlik uyarım katsayıları.....	58
Tablo 5.5 Tasarım-7’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	58
Tablo 5.6 Düzlemsel anten serisi için anten elemanları arasındaki uzaklık (λ) (Tasarım - 7).....	59
Tablo 5.7 Tasarım-8’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	61
Tablo 5.8 Düzlemsel anten serisi için anten elemanları arasındaki uzaklık (λ) (Tasarım - 8).....	62
Tablo 6.1 Tasarım-9’da kullanılan değişkenlere ait değerler.....	65
Tablo 6.2 Dairesel anten dizisinde ikili GA, $N = 5$ için anten genlik uyarım katsayıları (amper) (Tasarım-9).....	67
Tablo 6.3 Tasarım-10’da kullanılan değişkenlere ait değerler.....	67
Tablo 6.4 İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 10$) anten genlik uyarım katsayıları (amper) (Tasarım-10).....	69
Tablo 6.5 Tasarım-11’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	70
Tablo 6.6 Sürekli GA ile dairesel anten dizisinde anten genlik uyarım katsayıları (amper) (Tasarım-11).....	71

Tablo 6.7	Tasarım-12’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	72
Tablo 6.8	Sürekli GA ile dairesel anten dizisinde anten genlik uyarım katsayıları (amper) (Tasarım-12).....	73
Tablo 6.9	Tasarım-13’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	74
Tablo 6.10	İkili GA ile dairesel anten dizisinde anten faz uyarım katsayıları (radyan) (Tasarım-13).....	75
Tablo 6.11	Tasarım-14’de kullanılan değişkenlere ait değerler.....	76
Tablo 6.12	Dairesel anten dizisinde anten faz uyarım ve genlik uyarım katsayıları (radyan) (Tasarım-14).....	79

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1 : Bir genetik algoritmanın basit akış şeması	7
Şekil 3.1 : N elemanlı genel bir dizi yapısı.....	22
Şekil 4.1 : Doğrusal anten dizi yapısı.....	28
Şekil 4.2 : İterasyonlar sonrası maliyet değerlerinin değişimi (Tasarım -1)..	32
Şekil 4.3 : İkili GA kullanılarak hesaplanan dizi faktörünün θ ile değişimi (Tasarım-1).....	33
Şekil 4.4 : İterasyonlar sonrası maliyet değerlerinin değişimi (kodlama seviyesi = 12).....	34
Şekil 4.5 : İkili GA kullanılarak hesaplanan dizi faktörünün θ ile değişimi (kodlama seviyesi = 12).....	35
Şekil 4.6 : Maliyet değerinin iterasyonla değişimi (Kodlama seviyesi = 12, Tasarım-2).....	35
Şekil 4.7 : Sürekli GA kullanılarak hesaplanan dizi faktörünün θ ile değişimi (Tasarım-3).....	37
Şekil 4.8 : İterasyonlar sonrası minimum maliyet değerinin değişimi (Tasarım-3).....	37
Şekil 4.9 : 0. dereceden 5. dereceye kadar olan Chebseyhev polinomları.....	42
Şekil 4.10 : Chebseyhev dizisinde örüntü şeklinin θ ile değişimi (tasarım-4)...	47
Şekil 4.11 : Maliyet fonksiyonunun iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-4)	47
Şekil 4.12 : Parametre değerlerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-4)	48
Şekil 5.1 : İki boyutlu düzlemsel anten dizi yapısının genel görünümü.....	50
Şekil 5.2 : İki boyutlu düzlemsel anten dizi yapısı.....	51
Şekil 5.3 : Düzlemsel anten serisi için yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-5).....	55
Şekil 5.4 : Maliyet fonksiyonunun iterasyon ile değişimi (Tasarım-5).....	55
Şekil 5.5 : Düzlemsel anten serisi için sürekli genetik algoritma kullanılarak yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-6).	57
Şekil 5.6 : Düzlemsel anten serisi için ikili genetik algoritma kullanılarak yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-7).....	59
Şekil 5.7 : Tasarım 7'ye ait anten yerleşim şekli.....	59
Şekil 5.8 : Tasarım 7'ye ait anten eleman uzaklıklarının iterasyon sayısı ile değişimi.....	60
Şekil 5.9 : Tasarım 7'ye ait amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi.....	60
Şekil 5.10 : Düzlemsel anten serisi için ikili genetik algoritma kullanılarak yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (tasarım-8).....	62
Şekil 6.1 : Dairesel dizi yapısı	63
Şekil 6.2 : İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-9).....	66
Şekil 6.3 : Tasarım 9'a ait amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi.....	66

Şekil 6.4	: İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 10$) yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi(Tasarım-10).....	68
Şekil 6.5	: Tasarım 10'a ait amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi.....	68
Şekil 6.6	: Sürekli genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-11).....	70
Şekil 6.7	: Tasarım 11'e ait amaç fonksiyon değerinin iterasyon sayısı ile değişimi.....	71
Şekil 6.8	: Sürekli genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) ışıma diyagramı (Tasarım-12).....	72
Şekil 6.9	: Tasarım 12'ye ait amaç fonksiyon değerinin iterasyon sayısı ile değişimi.....	73
Şekil 6.10	: İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N=5$) ışıma diyagramı (Tasarım-13).....	74
Şekil 6.11	: İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) maliyet fonksiyonunun iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-13).....	75
Şekil 6.12	: Işıma diyagramı (Tasarım-14).....	77
Şekil 6.13	: Amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-14).....	77
Şekil 6.14	: Genlik uyarım parametrelerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-14).....	78
Şekil 6.15	: Faz uyarım parametrelerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-14).....	78
Şekil A.1	: Genetik algoritma ile anten tasarımı için yazılan arayüz programı görüntüsü.....	87

GENETİK ALGORİTMA İLE ANTEN DİZİSİ TASARIMI

ÖZET

Anten ışıma örüntülerinde, yüksek yöneltililik, düşük yan kulakçık seviyesi, dar ana huzme genişliği ve belirli açılarda örüntü şeklinin bastırılmış olması (sıfırlanması) gibi özelliklerin elde edilmesinde tek bir anten kullanımının başarımı sınırlı olmaktadır. Dizi antenler ise her bir dizi elemanının genlik ve faz uyarım katsayılarıyla elemanlar arasındaki uzaklığın ayarlanması ve dizi geometrisinin uygun tasarımıyla ışıma örüntüsü şeklinde istenilen özelliklerin sağlanabilmesine daha fazla olanak tanıdıklarından pratik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, genetik algoritma en iyileme yöntemi kullanılarak doğrusal, düzlemsel ve dairesel anten dizileri tasarlanmıştır. Genetik algoritma çeşitleri (ikili, sürekli) ayrıntılı olarak açıklanmış, anten dizileri için istenen tasarım kriterleri hem ikili hem de sürekli algoritma ile sağlanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Minimum yan kulakçık seviyesi veya hedeflenen değerde yan kulakçık seviyesinin elde edilmesi ya da istenen ışıma örüntüsünün Gaussian dağılımına sahip olması gibi tasarım hedefleri doğrusal, düzlemsel ve dairesel anten dizi çeşitleri için kullanılmıştır. Bu tasarımlarda istenen optimum anten genlik uyarım katsayıları, anten elemanları arasındaki uzaklıklar ve anten faz uyarım katsayıları; genetik algoritma çeşitleri ve parametreleri elde edilen sonuçlar tartışılmıştır. İstenen tasarım hedefleri için ışıma örüntüleri çizilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Genetik algoritma, Anten dizisi, Işıma örüntüsü

DESIGN OF THE ANTENNA ARRAYS VIA GENETIC ALGORITHM

SUMMARY

Single element antennas exhibit limited performance in the achievement of high directivity, low sidelobe levels, narrow main beam and nulls at particular angles in the radiational characteristics. On the other hand, antenna arrays, which are often used in practical applications, have better performance in obtaining the desired radiation pattern due to determination of the proper element amplitude and phase excitations and antenna element intervals and design of the suitable array geometry.

In this study linear, planar and circular antenna arrays are designed by genetic algorithm for determined design criterions. Variety of genetic algorithms is explained in detail. Desired antenna array criterions are verified with both binary and continuous genetic algorithm and the results for determined antenna array criterions are compared. Design criterions such as minimum or specified side lobe level, desired radiation pattern are used for linear, planar and circular antenna arrays. Excitation of antenna array elements, the distance between antenna array elements and phase stimulation coefficients are calculated with different type of genetic algorithm parameters and their results are discussed. The results obtained by genetic algorithms for antenna array criterions are compared with each other.

Keywords: Genetic algorithm, Antenna array, Radiation pattern

1. GİRİŞ

Bu bölümde, anten dizisi incelemeleri ve genetik algoritmalar hakkında temel bilgiler verilerek literatürdeki mevcut çalışmalara değinilmiştir.

Genel anten incelemelerinde, seçilen bir anten modelinin ana parametreleri (ışım diyagramı, empedans, ana huzme genişliği, bant genişliği) literatürde bilinen yöntemlerle hesaplanır. Anten dizi incelemelerinde temel amaç ise arzu edilen ışıma örüntüsünü en iyi yaklaşıklıkla üretecek anten dizisinin eleman uyarım katsayılarını, elemanlar arasındaki mesafeyi belirlemektir. Böylece önceden hedeflenmiş, uygulamaya bağlı olarak geniş bir alanda değişebilen ışıma karakteristiklerini en iyi şekilde sağlayacak bir anten dizisi tasarlamak istenir. Örneğin çok genel bir talep, uzak alan ışıma diyagramının dar demet genişliği ve düşük yan kulakçık seviyelerine sahip bir anten sisteminin tasarımı olabilir (Balanis,1992).

Genel olarak anten örüntü incelemeleri üç grupta sınıflandırılır. Birinci grup, önceden belirlenmiş doğrultularda sıfırlara sahip ışıma diyagramını oluşturan çalışmalardır. Birinci gruba örnek olarak Schelkunoff yöntemi (1943) verilebilir. İkinci grupta, tüm görünen bölgede arzu edilen ışıma diyagramını yaklaşık olarak verebilecek bir antenin tasarımı yer alır. Woodward (1946) ve Fourier dönüşüm (Balanis, 1992) yöntemleri bu amaçla kullanılan tekniklerdir. Üçüncü grup ise, dar ana huzme ve düşük yan kulakçık seviyelerine sahip ışıma diyagramlarını üreten teknikleri içerir. Binom yöntemi (Balanis, 1992), Dolph-Chebyshev (Balanis, 1992) ve Taylor yöntemleri (Taylor, 1995) bu üçüncü gruba birer örnektir.

Literatürde dizi antenlerde örüntü şekillendirme amacıyla yapılan çalışmalarda ana huzme genişliği ve yan kulakçık seviyelerinin ayarlanması üzerinde sıkça durulmuştur. Bu konularla ilgili yapılan çalışmalarda farklı yöntemler kullanılmıştır. Örneğin Dolph, verilen en yüksek yan kulakçık seviyesi için en az ana huzme genişliğini veren eş aralıklı dizi elemanlarının uyarım katsayılarını elde etmiştir (Dolph, 1946). Bu katsayılarla elde edilen eş yan kulakçık seviyelerine sahip ışıma diyagramlarının, Chebyshev polinomlarıyla da elde edilebildiğini göstermiştir. Chebyshev dizilerinin tasarımı için Chebyshev polinomlarını doğrudan kullanmadan, dizi faktörünü kosinüs ve hiperbolik-kosinüs fonksiyonları cinsinden ifade eden yeni bir formülasyon geliştirmiştir.

Dizi incelemeleri ile ilgili çalışmalarda bir iyileştirme yöntemi olarak kullanılan genetik algoritma, sezgisel algoritmalar olarak adlandırılan, deneyime ve eğitime dayalı kuralları içeren algoritmalarlardır. Bu tip algoritmalar, tam çözümü garanti edemeyip sadece ona yaklaşırlar. Genetik algoritma kavramı, genetik biliminden esinlenerek ortaya atılmıştır. Genetik algoritmaların elektronik mühendisliği dışında makine mühendisliği (Goodman, 1998), istatistik (Chatterje, 1997) ve müzik (Horner ve Goldberg, 1991) gibi değişik alanlarda uygulamaları ile ilgili bir çok çalışmalar yapılmıştır. Mang ve arkadaşları (Mang, 1996), genetik algoritmanın içeriği ve uygulamaları ile ilgili genel bir çalışma gerçekleştirmişlerdir.

Literatürde genetik algoritmaların anten örüntü sentezi amacıyla kullanıldığı çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmaların büyük bir çoğunluğunda doğrusal diziler kullanılmıştır. Örneğin Tennant (1994), çizgisel dizi elemanlarının yerleşimini genetik algoritma kullanarak düzenlemiştir. İzleyen çalışmalarda Markus (1998), örüntü şekillendirme amacıyla çizgisel antenlerde anten genlik uyarım katsayılarını genetik algoritma kullanarak hesaplamıştır.

Literatürde halen dizilerde ışıma diyagramı şekillendirme üzerinde farklı bir çok çalışma, farklı iyileştirme yöntemlerinin farklı yapılar üzerinde uygulanması şeklinde sürdürülmektedir.

Sunulan bu çalışmada ise önceden belirlenmiş hedeflerin (ışıma diyagramının) farklı özelliklerde doğrusal, düzlemsel ve dairesel dizilerin uyarım katsayılarının, antenler arasındaki uzaklıkların genetik algoritma ile hesaplanmasıyla elde edilebilirliği araştırılmıştır.

Birinci bölümde verilen genel bir girişin ardından ikinci bölümde tez çalışmasında en iyileme yöntemi olarak seçilen ikili ve sürekli genetik algoritma tanıtılmıştır. Bu iki en iyileme yöntemi ve geçirilen evreleri ayrıntılı ve örnekli olarak anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde anten dizi yapıları ve uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Bunun yanında anten dizileri için genel formülasyonlar (dizi faktörü ve güç formülleri) sunulmuştur.

Bölüm 4’de, eşit aralıklı olmayan doğrusal anten dizileri için istenen optimum anten uzaklıkları hem ikili genetik algoritma ile hem de sürekli genetik algoritma ile hesaplanmıştır. Bunun yanında doğrusal Chebysev anten dizisi için anten uyarım katsayıları hem analitik yöntemlerle hem de genetik algoritma ile çözülerek %1,2 hata payı ile hesaplanmıştır.

Bölüm 5’de genetik algoritmanın, düzlemsel bir anten dizisine uygulaması sunulmuştur. İstenen ışıma diyagramının oluşturulabilmesi için, düzlemsel dizi elemanlarının genlik uyarım katsayıları gerek ikili gerekse de sürekli genetik

algoritma ile hesaplanmıştır. Bu tasarımlara ek olarak istenen tasarım ölçütleri için gerekli olan anten elemanları arasındaki uzaklık da ikili ve sürekli genetik algoritma ile hesaplanmıştır.

Bölüm 6’da, dairesel anten dizilerine ait anten uyarım genliklerinin optimum değerleri belirlenen tasarım ölçütleri için (minimum yan kulakçık seviyesi) ikili ve sürekli genetik algoritma ile hesaplanmıştır. Bu tasarımlara ek olarak istenen tasarım ölçütleri için gerekli olan anten faz uyarım katsayıları da ikili ve sürekli genetik algoritma ile hesaplanarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Son bölümde genel sonuçlar ve öneriler sunulmuştur.

2. GENETİK ALGORİTMALAR

2.1 Giriş

Bu bölümde genetik algoritmaların temel altyapısı açıklanmaktadır. Temel en iyileme yöntemleri yerel ve evrensel teknikler olarak iki grupta incelenmektedir. Evrensel bir en iyileme tekniği olan genetik algoritma, diğer tekniklerle kıyaslanmıştır ve özellikle elektromanyetik alan problemlerinde tercih edildiği açıklanmıştır. Genetik algoritmanın üç temel evresi incelenmiştir. Bunlar başlangıç evresi, yeniden üretim evresi ve mevcut neslin yeni nesille yer değiştirme evresidir.

2.2 Genetik Algoritmanın Tanımı

Genetik algoritma J. H. Holland (1974) tarafından geliştirilmiştir. Holland, karmaşık yapıların basit veri dizileri kullanılarak kodlanabileceğini göstermiştir. Bu yapılar uygun olan tüm çözümleri içine alan araştırma uzayından alınır. Bu dizilerin veya çözümlerin belli bir sayısı, genetik algoritma için topluluğu oluşturur. Daha sonra temel genetik işlemcilerin belli bir seti, artarda gelen kuşaklarda çözümleri geliştirmek için kullanılır. Şayet bu işlem uygun bir şekilde kontrol edilirse, algoritma yoğunluğunun ortalama kalitesi çok hızlı bir gelişme kaydeder. Aynı zamanda bu olay çözülecek probleme çok iyi uyarlanmış yapıların bir yoğunluğunun ortaya çıkmasını sağlar.

Genetik algoritmalar doğal seçim ve doğal genetik temeline dayanan en iyileme algoritmalarıdır. Genetik algoritmalar biyolojik bir metafor şeklinde davranıp doğal evrimleşmede gözlenen bazı yöntemleri kullanmaktadır (Goldberg, 1989).

Alışlagelmiş en iyileme yöntemleri, çok modlu ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde veya türevi alınamayan fonksiyonlarda arzu edilen başarıyı gösterememektedir. Bu tür algoritmalar karmaşık bir sistemin sadece bir parçasını diğer bir değişle bir bölümünü en iyilemek için uygundurlar. Böyle durumlarda rasgele en iyileme algoritmasının büyük bir araştırma sahasında ideal çözümü bulması için oldukça uzun bir süreye ihtiyaç vardır.

Genetik algoritmalar, bir dizi yapıda en uygun olanların hayatta kalma prensibi üzerine kurulmuştur. Rasgele bilgi değişimiyle araştırma algoritmasını oluştururlar. Her nesilde, veriler ve eskilerin en uygunlarındaki parçalar kullanılarak yeni bir

yapay dizi oluşturulur. Genetik algoritmaları olasılıksal yöntemlere dayandığı için basite indirgememek gerekir (Goldberg, 1989). Bunun nedeni, genetik algoritmaların tarihi bilgiyi etkin bir şekilde kullanarak yeni araştırma noktalarında beklenen ve istenen performansı sağlamak üzere tahmin yürütmesidir.

Genetik algoritmaların temel avantajı, en iyilemeye çalıştıkları problemin genel doğası ile ilgili herhangi bir bilgiye ihtiyaç duymamalarıdır. Bunlar karmaşık çok boyutlu bir araştırma alanında ideal genel bir çözümü rahatlıkla bulabilmektedir. Genetik algoritmalar, bu evrensel güçlerden dolayı en iyileme problemine bir sistem yaklaşımı olarak bilinir.

2.3 En İyileme Yöntemleri, Yerel ve Evrensel En İyileme Teknikleri

Temel en iyileme yöntemleri yerel ve evrensel olmak üzere ikiye ayrılır. Bu tekniklere ait bazı yöntemler aşağıdaki şekilde gruplandırılabilir.

1) Yerel Teknikler:

- a) Eşlenik Eğim Yöntemleri
- b) Quasi-Newton Yöntemleri
- c) Simplex Yöntemi

2) Evrensel Teknikler

- a) Rasgele Arama
- b) Isıl İşlem Benzetimi
- c) Genetik Algoritma

Yerel yöntemler çok parametrelili ve parametrelerin bir kısmının ayrık, bir kısmının sürekli olduğu problemleri çözemez. Ancak genetik algoritmalar bu tip problemlerde etkilidir.

Genetik algoritmalar özellikle yüksek boyutlu, çoklu modelli fonksiyon kümesinde yaklaşık olarak en büyük değeri veya en küçük değeri bulmada etkili olur.

Evrensel teknikler özellikle süreksizlik, kısıtlı parametreler ve pek çok potansiyel yerel maksimum olan büyük boyutlu çözüm uzaylarında daha başarılıdır. Araştırma süreci boyunca evrensel yöntemler, yerel çözüm uzayının karakteristiklerinin avantajını almadığı için, yerel tekniklere kıyasla daha yavaş yakınsar. Elektromanyetik tasarım problemlerinde çözüm elde etmek yakınsama hızından daha önemlidir.

Çözüm aranırken, esas hedef en iyi çözümü veya evrensel maksimumu bulmaktır. Bu uygulamalarda, evrensel yöntemlerin yerel yöntemlere göre bazı üstünlükleri vardır. Evrensel teknikler yerel en iyi değer yerine evrensel en iyi değer veya evrensel en iyi değere yakın olan en büyük değeri bulurlar. Oysa yerel teknikler, evrensel bir çözüm bulamaz.

2.4 Genetik Algoritmaların Yerel Yöntemlerden Farkı

Genetik algoritmalar diğer en iyileme ve araştırma yöntemlerinden dört temel şekilde ayrılır. Bunlar aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir;

- 1) Genetik algoritmalar parametrelerin kendisiyle değil, parametre kümesinin kodlanmış haliyle çalışmaktadırlar. Parametreler kromozomlardan oluşmaktadır. Kromozomlar ise genlerden, yani ikili bitlerden oluşur.
- 2) Genetik algoritmalar tek bir noktadan değil, noktalar kümesinden arama yapmaktadır.
- 3) Genetik algoritmalar türev ve yardımcı /ikincil bilgileri değil çıkış yani iyilik fonksiyonunu kullanmaktadır.
- 4) Genetik algoritmalar neden- sonuç ilişkisi değil, olasılık kurallarını kullanırlar.

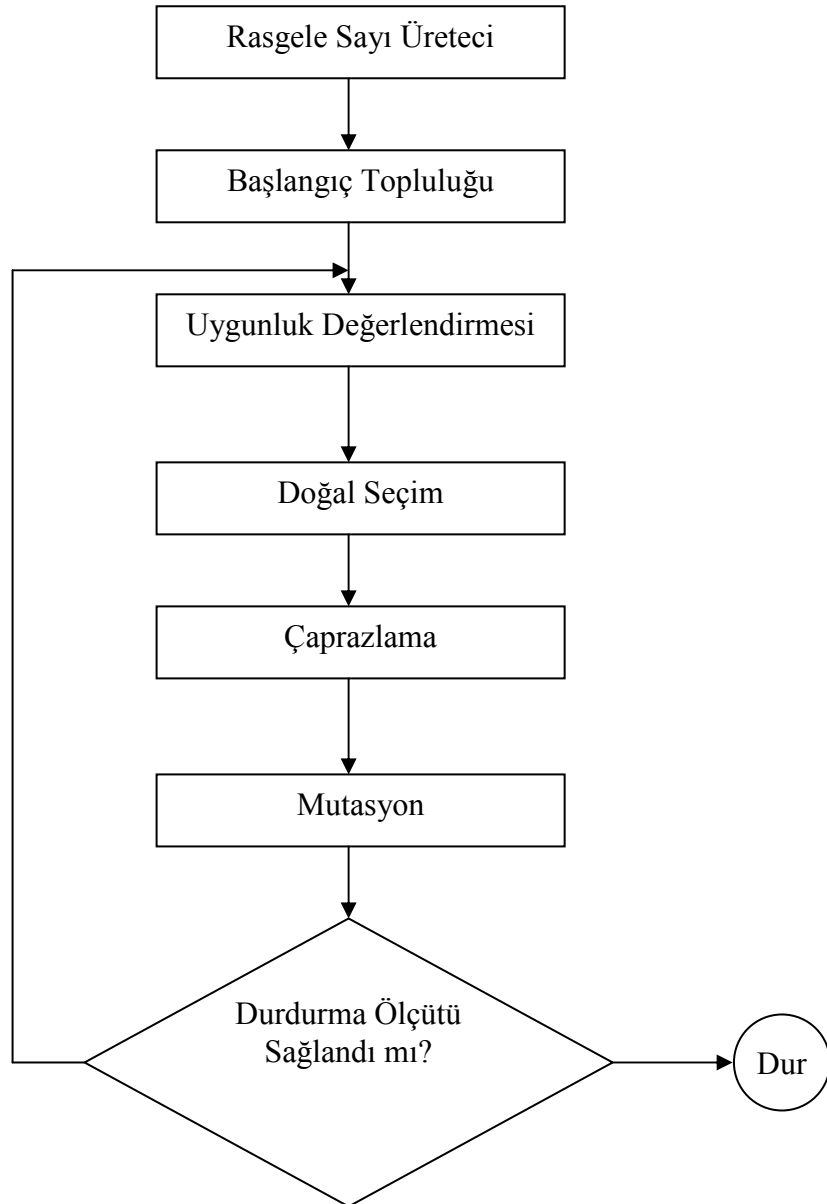
Genetik algoritmalar, evrensel bir en iyileme yöntemidir. Başlangıç koşullarından büyük ölçüde bağımsız olup en iyi çözümü bulmak için noktalar kümesinden arama yapmaktadır. Bunun için neden sonuç ilişkisi değil olasılık kurallarını kullanır. Bu nedenle pek çok potansiyel yerel maksimum olan büyük boyutlu çözüm uzaylarında daha başarılıdır.

2.5 Basit Bir Genetik Algoritmanın Yapısı

Basit bir genetik algoritmanın akış diyagramı Şekil 1.1’de verilmektedir. Algoritmada öncelikle, başlangıç topluluğu oluşturulmakta daha sonra genetik işlemciler tekrar üreme, çaprazlama ve mutasyon bir sonraki kuşaktaki çözümleri üretmek için kullanılmaktadır. Kalite veya uygunluk değerlendirme işlemi, tekrar üreme olayı boyunca uygulanan seçme işlemini gerçekleştirebilmek için her bir bireye uygulanır. Birbirini takip eden kuşakların gelişmesi ve değerlendirilmesi çevrimi ise en iyi çözüm buluncaya kadar devam etmektedir.

Basit bir genetik algoritma beş temel adımdan oluşur. Bunlardan her biri algoritmanın performansını önemli derecede etkiler (Davis, 1987). Bu adımlar

- a) Çözümlerin gösterimi
- b) Başlangıç topluluğu oluşturma şekli
- c) Uygunluk veya kalite değerlendirme ölçütü
- d) Genetik işlemciler
- e) Kontrol parametreleri olarak verilebilir



Şekil 2.1: Bir genetik algoritmanın basit akış şeması

2.5.1 Uygunluk veya Kalite Değerlendirilmesi

Her bir çözümün kalitesinde kullanılan teknik, genetik algoritmanın performansında oldukça etkilidir. Araştırma ilerledikçe iyi ile daha iyi çözümler arasındaki farkı ayırt etmek daha fazla zorlaşır. Bu durumda genetik algoritmanın ideal bir çözüm bulması oldukça zordur. Bu yüzden kalite değerlendirme biriminde, ölçeklendirme işlemine gerek duyulur. Genetik algoritma, ölçeklendirme işlemine karşı oldukça hassastır. Araştırma bir taraftan iyi çözümlerin bulunduğu tarafa odaklanmaya çalışırken, diğer taraftan algoritmanın genel optimizasyon işlemini gerçekleştirebilmesi için araştırmaya yeterli bir iraksamanın sağlanması gerekir. Aksi halde erken yakınsaklık problemi ortaya çıkar ki bu da araştırma uzayının bütün olarak taranmasını engelleyecektir.

2.5.2 Temel Genetik İşlemciler

İkili diziler üzerinde işlem yapmaya yarayan bu işlemcilerle ilgili oldukça fazla çalışmalar yapılmış ve farklı tipler geliştirilmiştir (Jong, 1975). Bununla birlikte genetik algoritmalar çoğunlukla, tekrar üreme, çaprazlama ve mutasyon işlemcilerinin değişik biçimlerini içerirler. Bu işlemcilerin uygun seçimi ve birleşimi genetik algoritmanın performansı için oldukça etkilidir. Kısaca, karmaşık genetik algoritma uygulamalarının ileri ve probleme has özel genetik işlemcilere ihtiyaç gösterdiği söylenebilir. Bu işlemcilere aşağıda kısaca değinilmiştir.

2.5.3 Tekrar üreme işlemcisi

Tekrar üreme işlemcisi, doğal seçme işlemi olarak adlandırılan ve kaliteli olanların hayatta kalmaları prensibine göre çalışan bir genetik algoritma elemanıdır. Doğada bu seçme işlemi çevre tarafından, yapay sistemlerde ise kalite değerlendirme işlemleri tarafından kontrol edilir. Bireysel yapılar bir kuşaktan diğer kuşağa geçerken kalite değerlerine göre kopya edilerek çoğaltılır. Kalitesi daha yüksek olan çözümlerin diğerlerine göre daha fazla kopya edilme şansları vardır. Bundan dolayı daha kaliteli çözümlerin yoğunlukta baskın olmaları, kalitesiz olanların ise yavaş yavaş kaybolmaları sağlanır. Bu işlemcinin uygulanması için kullanılan en basit yöntem, rulet çarkı seçim tekniğidir. Bu teknikte, her bir çözüme kalite değerinin oranına göre tekerlek üzerinde bir delik verilir. Daha sonra tekerlek, tekrar üremeye tabi tutularak bireylerin seçimi için yeterli sayıda döndürülür. Başarılı adaylar eşleştirme havuzu olarak adlandırılan havuzda toplanarak, diğer genetik işlemcilerin uygulanması için hazırlanırlar.

2.5.4 Çaprazlama İşlemcisi

Çaprazlama işlemcisi, doğal sistemlerde meydana gelen veya genetik çaprazlama olayıyla ortaya çıkan melez yapıların üretilmesinde genetik algoritmaya eşdeğer bir fonksiyon özelliği kazandırır. Eşleştirme havuzunda bulunan yapıların birer çifti rasgele seçilir ve çaprazlama işlemcisi bu iki yapıdan yeni iki yapı meydana getirmek için kullanılır. Tablo 2.1'de, çaprazlama operatörünün nasıl çalıştığı gösterilmektedir.

Tablo 2.1: Tek noktalı çaprazlama işleminin gösterimi.

Eski birinci dizi	1	0	1	1	0	1	0	0
Eski ikinci dizi	1	1	0	1	1	0	0	1

↑

Çaprazlama noktası

Yeni birinci dizi	1	0	1	1	0	0	0	1
Yeni ikinci dizi	1	1	0	1	1	1	0	0

2.5.5 Mutasyon İşlemcisi

Mutasyon işlemcisi de, çaprazlama işlemcisi gibi doğada bulunan genetik mutasyon olayını işleme alır ve genetik algoritmanın başarısında önemli bir rol oynar. Yeni yoğunluktaki her veri tek tek kontrol edilir ve mutasyon oranına göre “1” ise “0”, “0” ise “1”e çevrilir yani tersi alınır. Tablo 2.2, bu işlemcinin nasıl çalıştığını göstermektedir.

Tablo 2.2: Mutasyon işleminin gösterimi.

Eski dizi	1	0	1	1	0	1	0	0
Yeni dizi	1	0	0	1	0	1	1	0

Mutasyon, yeni ve araştırılmamış çözüm elemanlarının bulunması için kullanılmaktadır. Mutasyon işlemcisi kullanılmayan genetik algoritma için iyi bir performans, ancak yoğunluk büyüklüğünün oldukça büyük tutulması ile garanti edilebilir. Mutasyon, aynı zamanda algoritmanın alt-optimal çözüme kilitlenmesini

daha önceden atılmış daha iyi çözüm elemanlarının tekrar üretilmesini sağlayarak engellemektedir.

2.5.6 İleri İşlemciler

Bir genetik algoritmanın başarımlı gücü, uygun bir zaman içerisinde, gerçeğe en yakın çözüm bulma yeteneğidir. İleri genetik işlemciler de, genetik algoritmanın gücünü artırmak için yukarıda tanımlanan işlemcilere ek olarak geliştirilen ve kullanılan tabii işlemcilerdir. Birçok karmaşık problemler ancak ileri genetik işlemcilerin kullanılmasıyla çözülebilmektedir. Bunlardan çok sık kullanılan bazıları aşağıda tanıtılmıştır.

2.5.6.1 Çok noktalı Çaprazlama İşlemcisi

Üstte tanımlı yapılan çaprazlama işlemcisinin gelişmiş bir şekli, çok noktalı çaprazlama işlemcisidir. Bu işlemcide, yapılar üzerinde gelişigüzel bir yer seçmek yerine iki farklı nokta seçilmekte ve bu noktalardan kesmeler yapılmaktadır. Yapıların değişik parçaları kendi aralarında yer değiştirmektedir. Tablo 2.3'te çok noktalı çaprazlama işlemcisinin çalışması gösterilmiştir.

Tablo 2.3: İki noktalı çaprazlama işleminin gösterimi.

Eski birinci dizi	1	1	0	1	0	1	0	0
Eski ikinci dizi	1	1	0	1	1	0	0	1
			↑		↑			
Yeni birinci dizi	1	1	0	1	1	1	0	0
Yeni ikinci dizi	1	1	0	1	0	0	0	1

2.5.6.2. Çevrim işlemcisi

Çevrim işlemcisi, bir tekrar dizme (sıraya koyma) işlemi gerçekleştirir. Bu işlemci, özellikle genetik algoritmanın dizilmiş parametrelerinin bir setinin iyileştirilmesinde kullanılan problemlerde faydalıdır. Böyle bir duruma VLSI devre tasarımlarında eleman yerleştirme problemleri örnek olarak verilebilir.

Çevrim işleminde veri dizisi, parametre dizisi olarak düşünülmelidir. Bu işlemde, yapı üzerinden gelişigüzel iki nokta seçilir ve bu noktalardan yapı kesilir. Ortada

kalan parça ters çevrilir (Tablo 2.4). Çok noktalı çaprazlamaya benzer olarak çoklu çevrim de geliştirilebilir.

Tablo 2.4: Çevrim işleminin gösterimi.

Eski dizi	birinci	1	0	1	1	0	1	0	0
Kesme noktaları			↑				↑		
Yeni dizi		1	0	1	0	1	1	0	0

2.5.7 Kontrol Değişkenleri

Bir önceki bölümde tanımlanan işlemcilerin kullanıcı tarafından seçildiği gibi genetik algoritmanın kontrol değişkenlerinin de kullanıcı tarafından belirlenmesi gerekir. Bu değişkenlerin seçimi, algoritmanın performansı açısından oldukça önemlidir. Basit bir genetik algoritmanın temel kontrol değişkenleri yoğunluk büyüklüğü, çaprazlama ve mutasyon oranı ile verilebilir.

2.5.7.1 Yoğunluk Büyüklüğü

Genetik algoritmanın yoğunluğu (topluluğu), algoritmanın performansına iki şekilde etki eder. Yoğunluğu (topluluğu) küçültmek yetersiz örneklemeye sebep olacağından ıraksamayı sağlamak zorlaşır ve araştırma bir alt optimal noktaya doğru sürüklenir. Tersine yoğunluk (topluluk) sayısı çok büyükse bir kuşaklık gelişim oldukça uzun bir zaman gerektirecektir. Bu da özellikle gerçek zamanlı problemlerin çözümünde hiç istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle çözülecek probleme uygun bir yoğunluk büyüklüğünün belirlenmesi gerekmektedir.

2.5.7.2 Çaprazlama Oranı

Yeni bir üretimde, yapılara (yoğunluğun bireylerine) uygulanacak çaprazlama işlemcisinin frekansını belirlemek için kullanılan bir parametredir. Düşük bir çaprazlama oranı, üretime çok az sayıda yeni yapının girmesine sebep olmaktadır. Dolayısıyla tekrar üreme işlemcisi, algortmada etkili hale gelecek ve araştırma belli bir yerde tıkanacaktır. Yüksek çaprazlama oranı, araştırma uzayının çok hızlı bir şekilde araştırılmasına sebep olmaktadır. Fakat oran çok yüksek olduğundan, çaprazlama işlemcisi benzer veya daha iyi yapıları üretmeden kuvvetli olan yapılar çok hızlı bir şekilde bozulmuş olacağından algoritmanın performansı düşmektedir.

2.5.8 Mutasyon oranı

Mutasyon işlemi, araştırma sahasına yeni bölgelerin girmesini sağlaması bakımından önemlidir. Mutasyon işleminin oranı etkili bir genetik algoritma tasarlamak için iyi bir şekilde kontrol edilmelidir. Örneğin, yüksek mutasyon oranı, araştırmaya rasgelelik kazandıracağından işlemleri çok hızlı olarak ıraksatacaktır. Bu durumun tersine çok düşük bir mutasyon oranı, ıraksamayı aşırı düşüreceğinden araştırmanın ideal olmayan bir noktayı çözüm olarak bulmasına sebep olacaktır.

2.6 Tez de Çalışılan Genetik Algoritma Türleri

Tezde en iyilemeler gerçekleştirirken iki adet genetik algoritma türü kullanılmıştır. Bunlar:

- 1) İkili (Binary) Genetik Algoritma
- 2) Sürekli (Continuous) Genetik Algoritma

Yukarıdaki iki algoritmada temel olarak Şekil 1.2’de belirtilen şekilde bir yapıya sahiptir. Aralarındaki yapısal tek fark ikili genetik algoritmada verilen parametrelerin ikili olarak kodlanıp yine yapı içerisinde kodunun çözülmesi işlemlerinin yapılmasıdır.

Tablo 2.5: İkili ve Sürekli Genetik Algoritma Başlangıç Topluluğu Örnekleri (Sırasıyla)

Kromozom	Karşılık
00100110011101	-13778
00010100011011	-13360
01010110000100	-13338
00010110000010	-13255

X	Y	Karşılık
9,04	8,3	-16,25
9,13	5,26	-13,52
7,61	9,1	-12,22
2,77	8,46	-11,48

Yapısal farkın dışında sürekli genetik algoritma da,

- Yuvarlama hataları
- Bellek kullanımı
- Çalışma süresi

ikili genetik algoritmaya göre daha azdır.

2.6.1 Basit İkili ve Sürekli Genetik Algoritma Örnekleri

2.6.1.1 İkili Genetik Algoritma

Başlangıç topluluğu oluşturulur:

Tablo 2.6: İkili genetik algoritma başlangıç topluluğu örneği

Kromozom	Karşılık
00000000000000	-13000
11111011010010	-11800
00010110000010	-13255
11000011001010	-12347
01111111101001	-12560
01000111010001	-12700
01010110000100	-13338
11101111001110	-11890
01111100111100	-12953
00100001011110	-12881
10001110111010	-12759
10111000111100	-12320
11011011101000	-11797
00100110011101	-13778
00010100011011	-13360
01110010101011	-12220
11000011001100	-12452
10011101110000	-12335
10100000000011	-12857
00001101010110	-13166
00010000110101	-12164
01101100110010	-12927
01101111000010	-13079
10001001011111	-12756

Sınıflandırma yapılır.

Tablo 2.7: Sınıflandırmanın ikili GA da uygulanması

	Kromozom	Maliyet	
Niyi	00100110011101	-13778	Npop
	00010100011011	-13360	
	01010110000100	-13338	
	00010110000010	-13255	
	00001101010110	-13166	
	00010000110101	-13164	
Nkötü	01101111000010	-13079	
	00000000000000	-13000	
	01111100111100	-12953	
	01101100110010	-12927	
	00100001011110	-12881	
	10100000000011	-12857	
	10001110111010	-12759	
	10001001011111	-12756	
	01000111010001	-12700	
	01111111101001	-12560	
	11000011001100	-12452	
	11000011001010	-12347	
	10011101110000	-12335	
	10111000111100	-12320	
	01110010101011	-12220	
	11101111001110	-11890	
	11111011010010	-11800	
	11011011101000	-11797	

Çiftleşme havuzu oluşturulur.

Tablo 2.8: İkili genetik algoritma çiftleşme havuzu

n	Kromozom	$C_n = C_n + C_{ngood} + 1$	Pn	Σp_i
1	00100110011101	-13778+13079= -699	0.4401	0.4401
2	00010100011011	-13360+13079= -281	0.1772	0.6174
3	01010110000100	-13338+13079= -259	0.1632	0.7805
4	00010110000010	-13255+13079= -176	0.1109	0.8915
5	00001101010110	-13166+13079= -87	0.0547	0.9461
6	00010000110101	-13164+13079= -85	0.0539	1.0000

Ebeveynler arası eşleşme gerçekleştirilerek çocuklar ve yeni nesil oluşturulur.

Tablo 2.9: İkili genetik algoritma da çiftleşme örneği

Kromozom	Aile	İkili Dizi	Karşılık
1	ebeveyn1	00100110011 101	-13778
3	ebeveyn2	01010110000 100	-13338
7	çocuk1	00100110011 100	-13372
8	çocuk2	01010110000101	-13563
1	ebeveyn3	0010011001 1101	-13778
1	ebeveyn4	001001100 11101	-13778
9	çocuk3	00100110011101	-13778
10	çocuk4	00100110011101	-13778

Mutasyon sonrası yeni nesil elde edilir.

Tablo 2.10: İkili genetik algoritma da yeni neslin oluşması

Kromozom	Karşılık
00100110011101	-13778
11 010100011011	-11956
01010110000100	-13338
00010110001010	-13553
00001100010111	-13259

2.6.1.2 Sürekli Genetik Algoritma

24 kromozomlu başlangıç topluluğunu oluşturulur. Bunun ardından ikili genetik algorithmada olduğu gibi sınıflandırma yapılır.

Tablo 2.11: Sürekli genetik algoritma başlangıç topluluğu örneği

Sayı	X	Y	Karşılık
1	9.0465	8.3097	-16.2555
2	9.1382	5.2693	-13.5290
3	7.6151	9.1032	-12.2231
4	2.7708	8.4617	-11.4863
5	8.9766	9.3469	-10.3505
6	5.9111	6.3163	-5.4305
7	4.1208	2.7271	-5.0958
8	2.7491	2.1896	-5.0251
9	3.1903	5.2970	-4.7452
10	9.0921	3.8350	-4.6841
11	0.6056	5.1942	-4.2932
12	4.1539	4.7773	-3.9545
13	8.4598	8.8471	-3.3370
14	7.2541	3.6534	-1.4709
15	3.8414	9.3044	-1.1517
16	8.6825	6.3264	-0.8886
17	1.2537	0.4746	-0.7724
18	7.7020	7.6220	-0.6458
19	5.3730	2.3777	-0.0419
20	5.0071	5.8898	0.0394
21	0.9073	0.6684	0.2900
22	8.8857	9.8255	0.3581
23	2.6932	7.6649	0.4857
24	2.6614	3.8342	1.6448

Çiftleşme havuzu oluşturulur:

Tablo 2.12: Sürekli genetik algoritma çiftleşme havuzu

n	P _n	Σp_i
1	0.2265	0.2265
2	0.1787	0.4052
3	0.1558	0.5611
4	0.1429	0.7040
5	0.1230	0.8269
6	0.0367	0.8637
7	0.0308	0.8945
8	0.0296	0.9241
9	0.0247	0.9448

10	0.0236	0.9724
11	0.0168	0.9892
12	0.0108	1.000

Çiftleşme ve mutasyon işlemlerinden sonra yeni nesil oluşur.

Tablo 2.13: Sürekli genetik algoritma da yeni neslin oluşması

X	Y	Karşılık
9.0465	8.3128	-16.2929
9.0465	8.3097	-16.2555
9.1382	5.2693	-13.5290
7.6151	9.1032	-12.2231
7.6151	9.1032	-12.2231
7.6151	9.1032	-12.2231
2.7708	8.4789	-11.6107
2.7708	8.4617	-11.4863
9.1382	8.0094	-10.4131
8.9766	9.3438	-11.0227
8.9766	9.3469	-10.3505
9.0465	7.9025	-9.8737
1.5034	9.0860	-6.6667
4.4224	9.3469	-5.6490
5.9111	6.3163	-5.4305
7.6151	6.3631	-5.1044
9.0921	4.2422	-5.0619
2.7491	2.1896	-5.0251
3.1903	5.2970	-4.7452
9.0921	3.8350	-4.6841
0.6056	5.1942	-4.2932
4.1539	4.7773	-3.9545
8.6750	2.7271	-3.4437
4.1208	3.1754	-2.6482

2.7 Genetik Algoritmanın Uygulamaları

Genetik algoritmanın günümüzdeki uygulamaları üç ana gruba ayrılabilir. Bunların ilki olan deneysel uygulamalar, mevcut diğer en iyileme algoritmalarına karşı genetik algoritmanın üstünlüğünü ispat etmek amacı ile belli problem çözümlerini bulmak için kullanılmaktadır. İkinci ana grup olan pratik uygulamalar, genetik algoritmaların endüstri ve diğer gerçek problemlerin çözümünde kullanıldığı uygulamalardır.

Üçüncü ve son grup ise, sınıflandırıcı sistem uygulamalarını ihtiva etmektedir. Bu uygulamalarda genetik algoritma, bilgi çıkarılması amacıyla kullanılır.

İlk gruba örnek olarak gezgin satıcı problemi, kör Knapsack problemi, çift kollu ve k kollu yol kesme problemleri ve grafik bölme problemi vb. verilebilir (Brockus, 1983, Goldberg, 1987). İkinci grup için sayısal en iyileme problemleri, tablo problemleri, yerleşim problemleri ve görüntü işleme uygulamaları örnek olarak verilebilir (Booker vd., 1989). Üçüncü grup içinse bir uzman sistemin bilgi tabanını oluşturan kuralların elde edilmesi örnek gösterilebilir (Mansfield, 1990).

3. ANTEN DİZİ YAPILARI VE UYGULAMALARI

Anten dizileri, farklı veya benzer antenlerin değişik şekillerde birleştirilmesiyle oluşturulmuş anten sistemleridir. 1899-1926 yılları arasında dizilerle ilgili bir çok makale yayınlanmıştır (Blondel, 1902, 1903; Foster, 1926). Anten dizilerinde, elemanlar arası karşılıklı etkileşimi ise ilk olarak, 1932 yılında fark incelenmiştir (Carter, 1932).

Dizilerin, pratikte ilk kullanımı, bu alanda daha önce yapılmış çalışmaların ışığında 1937 yılında gerçekleştirilmiştir. Altı adet rombik anten, 1.2 km uzunluğunda düz bir hat boyunca yerleştirilmiştir. Bu altı antenin fazlarının uygun şekilde ayarlanmasıyla Holmdel, New Jersey (ABD) ve İngiltere arasındaki iletişim kanalında 7-8 dB sinyal / gürültü oranı iyileştirmesi sağlanmıştır. 1948'de, H. A. Wheeler, aynı fazlı dipollerden oluşan düzlemsel dizilerin ışıma direncini hesaplayarak sonraki yıllarda yayınlanarak birçok makale için referans oluşturmuştur (Wheeler, 1948). Dizilerin teori ve uygulamalarında en önemli gelişmeler ise 1960'lı yıllarda olmuş, hızlı faz kaydırıcılar vs bunları kontrol edebilecek bilgisayarların geliştirilmesi ile birlikte bu gelişmeler hız kazanmıştır.

Literatürdeki çalışmalar anten dizilerinde, antenlere uygulanan beslemenin genlik ve fazları ayarlanarak istenilen özellikte ışıma diyagramları oluşturulabildiğini göstermektedir. Eğer dizideki bütün antenler aynı fazda beslenirse oluşan ışıma diyagramının, ana huzmesi dizi düzlemine dik olmaktadır. Diğer durumlarda, ana huzme de θ_1 , θ_2 , θ_3 , ... gibi farklı doğrultulara yönlendirilebilir. Fazlar, elektronik olarak değiştirilebildikleri için, dizideki antenlerin ışıma diyagramı ile tanımlanan görüş alanı içinde ve istenilen her doğrultuda ana huzme oluşturulabilir.

Dizilerin, radar uygulamalarında önemli yer tutan iki özelliği vardır. Bu özelliklerden birincisi, dizideki birçok anten elemanının gücünün birbirine eklenmesi, ikincisi de durağan olmayan ve çabuk hareket ettirilebilen bir ana huzmenin gerçekleştirilebilmesidir. Dizilerin ilgi çeken diğer bir özelliği de çeşitli hava ve kara araçları yüzeyine, bu araçların aerodinamik yapılarını bozmadan yerleştirebilmeleridir.

Diziler, şekilsel olarak çizgisel ve düzlemsel olmak üzere iki ana gruba ayrılabilirler. Çizgisel diziler fan şeklinde huzme oluştururken, düzlemsel diziler kalem şeklinde huzme oluştururlar. Fan şeklindeki huzme, dizinin yerleşim yönüne

dik yönde geniş, yerleşim yönünde dar olan huzme şeklidir. Kalem şeklinde huzme ise her iki yönde de dardır.

Düzlemsel diziler; sabit yönlü diziler, mekanik olarak yönlendirilebilen sabit yönlü diziler ve tek ve iki yönde elektronik olarak yönlendirilebilen diziler şeklinde gruplara ayrılabilir.

3.1 Sabit Yönlü Diziler

Eğer alıcı veya vericiye aynı fazlı antenler yerleştirilmişse, oluşan ana huzmenin yönü, dizinin düzlemine dik yönde olacaktır. Bu dizilere örnek olarak, dünya çapındaki okyanus ve kara parçalarını uzaydan görüntüleme amacıyla kullanılan SEASAT ve SIR-A sistemlerinde kullanılan 128 elemanlı, düzlemsel anten dizileri verilebilir.

3.2 Mekanik Olarak Yönlendirilebilen Sabit Yönlü Diziler

Bu diziler, sabit yönlü dizilerin, iki boyutta mekanik olarak hareket ettirilebilen biçimleridir. Bu tip diziler, mekanik olarak hareket edebilme yeteneklerinden dolayı, sabit yönlü dizilere göre daha geniş görüş açısına sahiptirler. Bu dizilerin dezavantajlarından biri, çabuk bozulabilen mekanik dönen aksamalarının olmasıdır. Örneğin F-15 uçaklarının AN/APG-63 radarının mekanik olarak dönebilen anteni, radarın en çok bozulan parçasıdır. Bu dizilerin bir diğer sınırlaması ise, birden fazla yüksek hızlı hedef takip edilirken veya radar birden fazla fonksiyon gerçekleştirmek zorunda kaldığında hızlarının yetersizliğidir. Bu sınırlama, elektronik olarak yönlendirilebilen dizilerde yoktur. F-15, F-16 ve F-18 gibi birçok Amerikan savaş uçağında mekanik olarak yönlendirilebilen sabit yönlü dizilere sahip radarlar bulunmaktadır. Bu diziler genellikle uçağın burun kısmına yerleştirilmektedir.

3.3 Tek Boyutta Elektronik Olarak Yönlendirilebilen Diziler

Bu diziler, iki boyutta elektronik olarak yönlendirilebilen dizilere göre gerçekleştirilmesi daha kolay ve maliyeti düşük dizilerdir. Bu tür diziler genellikle dikey yönde elektronik olarak, yatayda ise mekanik olarak yönlendirilirler. Bu şekilde 360 derecelik bir kapsama alanı sağlanmış olur. Bu tip dizilere tipik bir örnek olarak E-3A AWACS (Erken Uyarı ve Kontrol) uçaklarında kullanılan S-bant AN/APY-1 radarının anten dizisi verilebilir.

3.4 İki Boyutta Elektronik Olarak Yönlendirilebilen Diziler

Bu tip dizilerde bulunan N adet elemana ait N adet programlanabilir faz kaydırıcı (veya geciktirme hattı) mevcuttur. Bilgisayar kontrolündeki fazlar (veya geciktirme hatları), anten huzmesini istenilen yöne elektronik olarak yönlendirecek şekilde ayarlanabilir. Dar bant uygulamalarda faz ayarlaması yöntemi kullanılırken, geniş bant uygulamalarında geciktirme hatları kullanılır. Birçok dizi tabanlı sistemler, iki boyutta elektronik olarak yönlendirilebilen dizilere sahiptir. Bunlara en önemli iki örnek olarak, Amerika'da bulunan ve büyük diziler içeren radyo-astronomi tesisi ve yine Amerika'da kurulmuş olan en büyük dizi antenli radar sistemlerinden olan PAVE PAWS sistemi verilebilir.

3.5 Dizilerin Radar Uygulamaları

Dizi anten kullanılan ilk radarlardan biri, 1974 yılında üretilen RCA's AEGIS sistemi olarak da bilinen AN/SPY-1 radarıdır (Scudder ve Sheppard, 1974). Bu sistem, birçok Amerikan kruvazörlerinde kullanılmıştır (Patton, 1975).

Dizi anten kullanılmayan geleneksel radarlardan farklı olarak, dizi antenli radarlar

- çoklu hedef izleme (oldukça hareketli bir anten huzmesi ile 1000'e yakın hedef izlenebilmektedir)
- hızlı aç tarama / izleme
- arazi izleme / önlem alma
- atış kontrol ve güdüm

fonksiyonlarını farklı zaman dilimlerinde gerçekleştirebilirler.

3.6 Adaptif Anten Uygulamaları

Elektronik karşı önlem denilen; radarlardan elektronik olarak savunma yöntemlerinden biri, düşman radarının çalışma frekansına yakın frekansta, şiddetli bir sinyal göndererek o radarın alışını bozmaktır. Bilindiği gibi, radarın hedeften dönen işareti, uzaklığın -4'üncü kuvveti ile orantılı olduğundan, zayıf bir işarettir. Tabii, bu işaretin radar alıcısına çok zayıf bir işaret olmayarak girmesini sağlayan bir husus, alıcı anten kazancının büyük olmasıdır.

Anten serisi kullanılan bir radarda, hedeften dönen yankının dönüş doğrultusu tam ana demet doğrultusundadır. Anten dizisinin ışıma diyagramında ana demet ile belli bir açı yapan bir doğrultuda genel bir bozucu düşman işareti bulunsun. Bu işaret bir

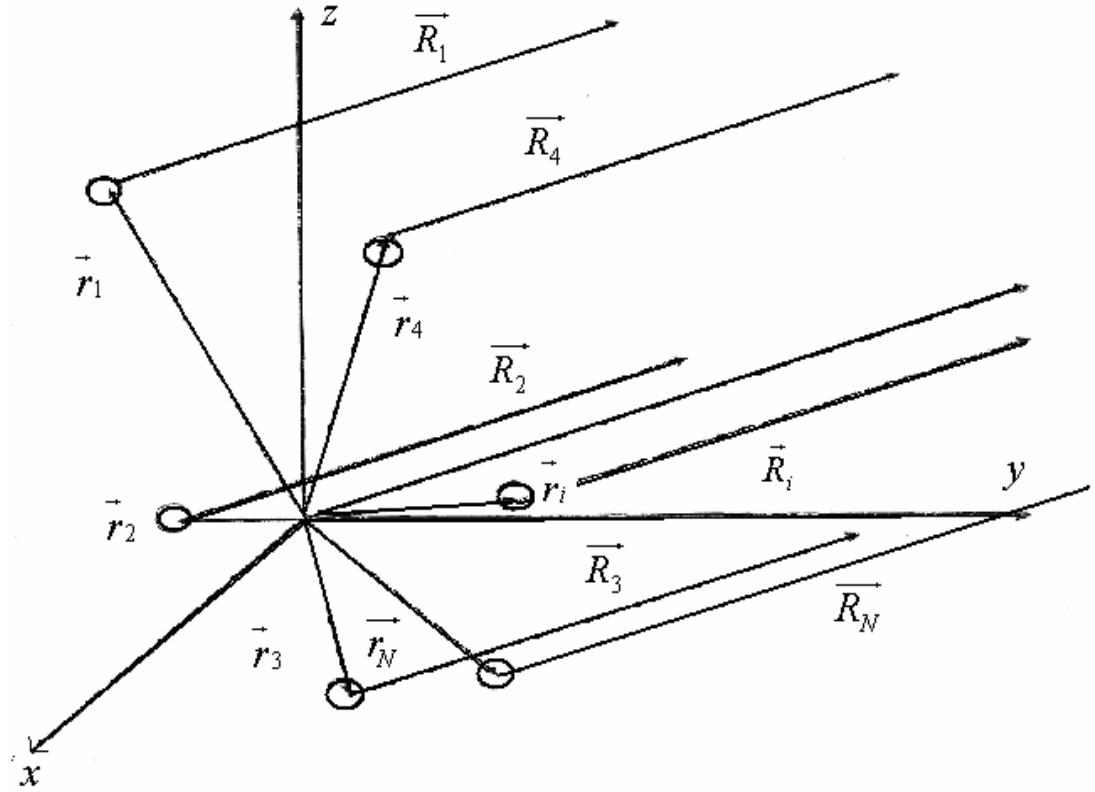
yankı değil, doğrudan doğruya gönderilmiş bir işarettir. Dolayısıyla esas hedeften dönecek olan küçük güçlü işarete göre çok kuvvetlidir.

Bu bozucu işaret, istenen ve asıl hedeften gelecek olan işaretleri şiddetle perdeler. Bu bozucu olayın önüne geçmek için,

- 1- bozucu işaretin, antenin hangi demetinden içeri girdiğinin tespit edilmesi gerekir
- 2- anten ışıma diyagramının, kısmen değiştirilerek, tam o doğrultuda diyagram genliğinin sıfır olması sağlanmalıdır.
- 3- ışıma diyagramı değişirken, ana demet değişmemelidir. Bu işlemlere adaptif işlem denir. Adaptif işlemlerin yapılması, anten dizisini besleyen devreye otomatik kontrol ve kumanda yapılmasıyla sağlanır (Akkaya, 2004).

3.7 Anten Dizileri İçin Genel Formülasyon

N adet birbirinden farklı antenin düzgün olmayan yapıda yerleştirilmesi en genel dizi yapısını oluşturur. Bu bölümde dizi elemanlarının uzak alanda oluşturduğu elektrik alanın hesaplanması için Şekil 3.1’de verilen bu genel dizi yapısı kullanılmıştır.



Şekil 3.1: N elemanlı genel bir dizi yapısı

$\vec{r}_i$ i. elemanın konum vektörüdür. Uzayda, belirli bir noktada, diziden yayılan elektrik alan şiddeti, her bir dizi elemanın o noktada oluşturduğu elektrik alan şiddetinin toplamına eşittir. Her bir elemanın oluşturduğu elektrik alan şiddeti, kendi uyarım katsayısıyla orantılıdır. Uyarım katsayısı, genellikle karmaşık bir değer olup, genlik ve faz bileşenlerinden oluşmaktadır. Uzak bölgede ($|\vec{r}| \ll r_i$), her bir elemana ait i. elemanın, belirlenen uzak bölge noktasına olan uzaklığı $R_i = r - \hat{r}_0 \cdot \vec{r}_i$ olarak yazılabilir. Burada r, koordinat merkezi ile belirlenen uzak bölge noktası arasındaki uzaklığı, $\hat{r}_0$ ise (θ, φ) yönündeki birim vektörü göstermektedir. i. elemandan yayılan elektrik alan, $k_0 R_i$ kadar yayılım faz gecikmesine uğrayacak ve genliği $(4\pi R_i)^{-1}$ kadar azalacaktır. Sonuç olarak, i. elemanın uzak bölgede oluşturacağı elektrik alan

$$\vec{E}_i(r) = A_i f_i(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 R_i}}{4\pi R_i} \hat{e}_i \quad (3.1)$$

olarak gösterilebilir. Burada $f_i(\theta, \varphi)$; i. elemanın ışıma yoğunluğunun açısal dağılımını, $\hat{e}_i$: i. elemandan yayılan elektrik alan yönündeki birim vektörü göstermektedir. Toplam elektrik alan, bütün elemanlara ait elektrik alanların toplamı olarak

$$\vec{E}(r) = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i(r) = \sum_{i=1}^N A_i f_i(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 R_i}}{4\pi R_i} \hat{e}_i \quad (3.2)$$

yazılabilir.

Dizideki elemanların birbiriyle özdeş ve eş yerleştirime sahip elemanlar olduğu varsayıldığında, i. elemanın yaydığı elektrik alan

$$\vec{E}_0(r) = f_0(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 R_i}}{4\pi R_i} \hat{e}_0 \quad (3.3)$$

olarak yazılabilir. i. elemanın örüntü fonksiyonu $f_0(\theta, \varphi)$ ve i. elemana ait elektrik alan birim vektörü $\hat{e}_0$ bütün elemanlar için aynıdır. Toplam elektrik alan hesaplanmadan önce, $R_i = r - \hat{r}_0 \cdot \vec{r}_i \approx r$ yaklaşıklığı elektrik alan formülünde paydada yer alan genlik faktöründe kullanılabilir. Fakat bu yaklaşım, payda bulunan üstel fonksiyonda kullanılamaz. R_i 'deki pozisyon vektörü $\vec{r}_i$ 'den kaynaklanan küçük değişimler birkaç dalga boyuna tekabül edebileceğinden, faz ifadesinde bu değişimler dikkate alınmalı ve herhangi bir yaklaşım kullanılmamalıdır. Buna göre dizinin oluşturduğu toplam elektrik alan

$$\vec{E}(r) = \sum_{i=1}^N \vec{E}_i(r) = \sum_{i=1}^N A_i f_0(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0(\vec{r} \cdot \hat{r}_0 \cdot \vec{r}_i)}}{4\pi r} \hat{e}_0 \quad (3.4)$$

veya

$$\vec{E}(r) = f_0(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{e}_0 \sum_{i=1}^N A_i e^{jk_0 \hat{r}_0 \cdot \vec{r}_i} \quad (3.5)$$

şeklinde yazılabilir. Eşitlik (3.5)'den görüldüğü gibi dizinin uzak bölge elektrik alan denklemi, iki farklı terimin çarpımı şeklinde verilmektedir. İlk terim (3.6) eleman faktörü, ikinci terim (3.7) ise dizi faktörü olarak tanımlanabilir. Bu ifade, koordinat sisteminin merkezine yerleştirilmiş, uyarım katsayısı “1” olan bir eleman tarafından yayılan elektrik alan ifadesine eşittir. Bu ifade

$$\vec{E}_0(r) = f_0(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 R_i}}{4\pi R_i} \hat{e}_0 \quad (3.6)$$

denklemleriyle gösterilebilir. İkinci ifade ise dizi elemanlarından bağımsız bir ifadedir ve

$$F(r_0) = \sum_{i=1}^N A_i e^{-jk_0 \hat{r}_0 \cdot \vec{r}_i} \quad (3.7)$$

ile verilir. Bu ifade, dizi elemanlarının yerleşimlerine bağlı ve eleman uyarım katsayılarıyla orantılı olup, dizi faktörü olarak adlandırılır.

Dizi faktörü, karmaşık bir fonksiyondur. Dizi faktörünün gerçel kısmı

$$\text{Re}\{F(\theta, \varphi)\} = \sum_{i=1}^N |A_i| \cos(k_0 \hat{r}_0 \cdot \vec{r}_i + \delta_i) \quad (3.8)$$

sanal kısmı ise

$$\text{Im}\{F(\theta, \varphi)\} = \sum_{i=1}^N |A_i| \sin(k_0 \hat{r}_0 \cdot \vec{r}_i + \delta_i) \quad (3.9)$$

olarak gösterilebilir. Burada $|A_i|$ i. eleman uyarım katsayısı genliği, δ_i ise i. elemanın faz uyarım katsayısıdır. Dizi faktörünün mutlak değeri için

$$|F(\theta, \varphi)| = \sqrt{[\text{Re}\{F(\theta, \varphi)\}]^2 + [\text{Im}\{F(\theta, \varphi)\}]^2} \quad (3.10)$$

yazılabilir.

Tek bir dizi elemanından yayılan uzak bölge elektrik alan vektörü, $\hat{r}_0$ vektörüne dik bir yüzeyde birbirine dik iki bileşenden oluşmaktadır. Küresel koordinat sisteminde (r, θ, φ) artan θ ve φ yönünde $\hat{\theta}_0$ ve $\hat{\varphi}_0$ birim vektörler tanımlandığında, birim vektörler yönündeki elektrik alan bileşenleri

$$\vec{E}_{0\theta}(r) = f_0(\theta, \varphi) e_{0\theta}(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\theta}_0 = f_0(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\theta}_0 \quad (3.11)$$

$$\vec{E}_{0\varphi}(r) = f_0(\theta, \varphi) e_{0\varphi}(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\varphi}_0 = f_0\varphi(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\varphi}_0 \quad (3.12)$$

ile verilebilir. Burada

$$e_{0\theta}(\theta, \varphi) = \hat{e}_0 \cdot \hat{\theta}_0 \quad (3.13)$$

ve

$$e_{0\varphi}(\theta, \varphi) = \hat{e}_0 \cdot \hat{\varphi}_0 \quad (3.14)$$

şeklinde olup, bütün dizinin oluşturduğu elektrik alan vektör bileşenleri

$$\vec{E}_\theta(r) = f_{0\theta}(\theta, \varphi) F(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\theta}_0 = F(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\theta}_0 \quad (3.15)$$

$$\vec{E}_\varphi(r) = f_{0\varphi}(\theta, \varphi) F(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\varphi}_0 = F(\theta, \varphi) \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} \hat{\varphi}_0 \quad (3.16)$$

olarak gösterilebilir.

(3.15) ve (3.16) denklemlerinden de görüldüğü gibi, dizinin oluşturduğu elektrik alan yoğunluğunu ve polarizasyonunu tamamıyla tanımlayabilmek için üç adet karmaşık fonksiyon gerekmektedir. Bu fonksiyonlar dizideki her bir elemana ait örüntü fonksiyonları $f_{0\theta}(\theta, \varphi)$, $f_{0\varphi}(\theta, \varphi)$ ve dizi faktörüdür $F(\theta, \varphi)$.

$F_\theta(\theta, \varphi) = f_{0\theta}(\theta, \varphi) F(\theta, \varphi)$ ve $F_\varphi(\theta, \varphi) = f_{0\varphi}(\theta, \varphi) F(\theta, \varphi)$ fonksiyonları yarıçapsal uzaklık r 'den bağımsızdır. Mutlak değerleri sabit bir r yarıçapında elektrik alan yoğunluğuyla orantılı olup

$$|F_\theta(\theta, \varphi)| = |f_{0\theta}(\theta, \varphi)| |F(\theta, \varphi)| \quad (3.17)$$

ve

$$|F_\varphi(\theta, \varphi)| = |f_{0\varphi}(\theta, \varphi)| |F(\theta, \varphi)| \quad (3.18)$$

ile verilmektedir.

Elektrik alan yoğunluğu grafiği, alan yeğînlîk örüntüsü olarak adlandırılır. $|f_{0\theta}(\theta, \varphi)|$ ve $|f_{0\varphi}(\theta, \varphi)|$ mutlak değeri fonksiyonları, dizideki her bir elemana ait alan yeğînlîk fonksiyonunu göstermektedir.

Bir anten sisteminden yayılan güç, elektrik alan yoğunluğunun karesiyle $(|E|^2)$ orantılı olduğundan

$$P(\theta, \varphi) = |f_0(\theta, \varphi)|^2 |F(\theta, \varphi)|^2 \quad (3.19)$$

veya

$$P(\theta, \varphi) = (|f_{0\theta}(\theta, \varphi)|^2 + |f_{0\varphi}(\theta, \varphi)|^2) |F(\theta, \varphi)|^2 \quad (3.20)$$

olarak gösterilebilir.

Elde edilen (3.20) denklemi, dizinin güç örüntüsü olarak adlandırılır. Bu denklemdeki ilk faktör ise dizideki tek bir elemana ait olan güç örüntüsü ifadesidir. (3.17), (3.18) ve (3.19) denklemlerinin sonucunda, bir dizinin ışımaya diyagramının, dizideki tek bir elemanın ışımaya diyagramı ile dizi faktörünün çarpımı şeklinde ifade edilebileceği görülmektedir.

Eşitlik (3.20)'de elde edilen ifade, dizideki bütün elemanların ışımaya diyagramının birbiriyle aynı olduğu varsayıldığında doğrudur. Ancak dizi elemanlarının birbirleri ile etkileşimi sonucu, her bir elemanın yayılma örüntüsünde değışiklikler olması nedeniyle pratik uygulamalarda bu yaklaşım genellikle tam olarak doğru olmaz. Ancak, birçok uygulamada, dizi elemanlarının doğru yerleşimi ile bu etki oldukça azaltılmakta ve hesaplamalarda ihmal edilmektedir (Lo ve Lee, 1988). Bunun en önemli nedeni ihtiyaç duyulan hesaplamaların oldukça karmaşık oluşudur. Bu tez çalışmasında da anten dizi elemanları arasında gerekli mesafe bırakılarak $(\lambda/2)$, karşılıklı etkileşim etkisi hesaplamalarda dikkate alınmamıştır.

4. DOĞRUSAL ANTEN DİZİLERİ

4.1 Doğrusal Dizilerinin Anten Problemlerinde Kullanılması

Anten ve elektromanyetik alan problemlerinde dizilerin kullanılması son yıllarda yaygınlaştırmıştır. Özellikle düzlemsel yakın alan elde etme ve demet şekli elektronik olarak biçimlendirilebilir radar anteni uygulamalarında anten dizilerinin kullanılması avantaj olarak görülmektedir.

Çok boyutlu giriş ve çıkış kümesi olan en iyileme problemlerinde, işlem süresinin uzaması ve karar verme sayısının artması, karar verme işleminin de bilgisayara yaptırılmasını gerekli kılar. Bu iş için kullanılacak olan program olmayıp aynı zamanda kullanıcısı için bazı temel kararları alıp daha uygun sonucu veren bir program da olması gerekir. Bu algoritmalarından biri de genetik algoritmadır ve elektromanyetik problem çözümlerinde yaygın olarak, hatta anten şekli tasarımlarında da bir çözüm yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Genel de tek bir elemanın ışıma diyagramı geniş kulakçıklara sahiptir ve her eleman düşük bir kazanç sağlar. Çoğu uygulamalarda uzak mesafe haberleşmesini sağlamak için çok yüksek kazançlı antenler tasarlamak gerekmektedir. Yüksek kazanç, antenin fiziksel yapısı ile orantılıdır.

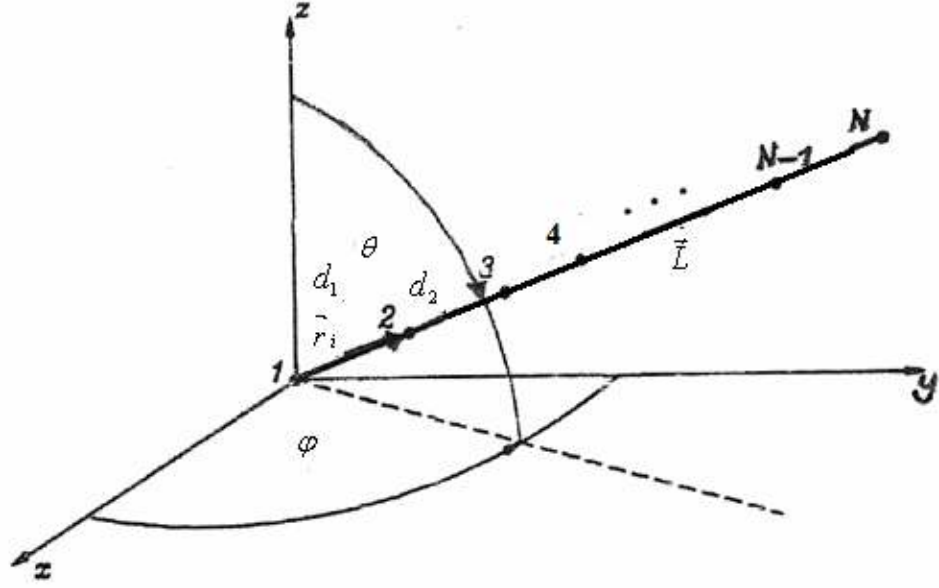
Tek tek elemanların boyutlarını arttırmak daha yüksek kazanç sağlayabilir. Antenin kazancını her bir boyutunu arttırmadan genişletmenin bir diğer yolu, ışıma elemanlarının uygun elektriksel ve geometrik yapıda eşleştirilmesidir. Çoklu elemanlardan oluşan bu yeni anten, dizi olarak adlandırılır. Çoğu uygulamada dizinin elemanları aynı seçilmektedir. Dizi elemanlarının aynı olması kesin bir şart değildir, ancak aynı seçilmesi problemi daha uygun, pratik ve basit hale getirecektir. Elemanlar arasındaki kuplaj ihmal edilirse, dizinin toplam alanı diziyi oluşturan elemanlar tarafından ışıyan alanların vektörel toplamı olacaktır. Yüksek kazançlı ışıma diyagramları elde etmek için istenen yönlerde eleman alanlarının toplanması, kalan yönlerde ise eleman alanlarının birbirini yok etmesi gerekir. İdealde böyledir, ancak pratikte bu duruma yaklaşmak zordur. Eş elemanlardan oluşan dizide antenin toplam ışıma diyagramını etkileyen faktörler şunlardır (Balanis, 1982):

- 1) Tüm dizinin geometrik yapısı (doğrusal, dairesel vb .)
- 2) Anten elemanları arası uzaklık

- 3) Elemanların uyarım genlikleri
- 4) Elemanların uyarım fazları
- 5) Elemanların ışıma diyagramları

4.2 Doğrusal Anten Dizileri İçin Dizi Faktörü

Şekil 4.1’de $\hat{L}(\theta, \varphi)$ birim vektörü yönünde yerleştirilmiş, birinci elemanı koordinat sistemi merkezinde, N elemanlı çizgisel bir dizi görülmektedir.



Şekil 4.1: Doğrusal anten dizi yapısı.

Dizideki N adet eleman, N-1 adet farklı aralık değerleriyle yerleştirilebilir. Elemanlar arasındaki fiziksel uzaklık D_i ($i = 1, 2, \dots, N-1$) ile gösterildiğinde bu uzaklık, dalga boyu cinsinden $D_i = d_i \lambda$ olarak yazılabilir.

Dizideki i. elemanın konum vektörü

$$\vec{r}_i = (d_0 + d_1 + d_2 \dots + d_{i-1}) \lambda \vec{L} = \left(\sum_{k=0}^{i-1} d_k \right) \lambda \vec{L} \quad (4.1)$$

olarak yazılabilir (birinci eleman merkezde olduğunda, $d_0 = 0$ olmaktadır).

$$\hat{L}(\theta_l, \varphi_l) = l_x \hat{x}_0 + l_y \hat{y}_0 + l_z \hat{z} = \sin \theta_l \cos \varphi_l \hat{x}_0 + \sin \theta_l \sin \varphi_l \hat{y}_0 + \cos \theta_l \hat{z}_0 \quad (4.2)$$

ve

$$\hat{r}(\theta, \varphi) = r_{0x}\hat{x}_0 + r_{0y}\hat{y}_0 + r_{0z}\hat{z} = \sin \theta \cos \varphi \hat{x}_0 + \sin \theta \sin \varphi \hat{y}_0 + \cos \theta \hat{z}_0 \quad (4.3)$$

olacağından (3.7) denkleminde verilen dizi faktörü ifadesinde bulunan $\hat{r}_0 \vec{r}_i$ skaler çarpımı

$$\hat{r}_0 \cdot \vec{r}_i = \hat{r}_0 \cdot \hat{L} \lambda \left(\sum_{k=0}^{i-1} d_k \right) = \lambda \left(\sum_{k=0}^{i-1} d_k \right) (r_{0x}l_x + r_{0y}l_y + r_{0z}l_z) \quad (4.4)$$

ile gösterilebilir. (3.7) denkleminde verilen dizi faktöründe $k_0 = 2\pi / \lambda$ ve $|A_i| = |A_i| e^{i\delta_i}$ ifadeleri de yerlerine konulduğunda

$$F(\theta, \varphi) = \sum_{i=1}^N |A_i| \exp \left[j \left\{ 2\pi \left(\sum_{k=0}^{i-1} d_k \right) (r_{0x}l_x + r_{0y}l_y + r_{0z}l_z) + \delta_i \right\} \right] \quad (4.5)$$

elde edilir.

Dizi faktörünün gerçekte ve sanal kısımları

$$\text{Re}\{F(\theta, \varphi)\} = \sum_{i=1}^N |A_i| \cos \left[2\pi \left(\sum_{k=0}^{i-1} d_k \right) (r_{0x}l_x + r_{0y}l_y + r_{0z}l_z) + \delta_i \right] \quad (4.6)$$

$$\text{Im}\{F(\theta, \varphi)\} = \sum_{i=1}^N |A_i| \sin \left[2\pi \left(\sum_{k=0}^{i-1} d_k \right) (r_{0x}l_x + r_{0y}l_y + r_{0z}l_z) + \delta_i \right] \quad (4.7)$$

şeklinde yazılabilir.

Böylece dizi faktörü

$$|F(\theta, \varphi)| = \sqrt{[\text{Re}\{F(\theta, \varphi)\}]^2 + [\text{Im}\{F(\theta, \varphi)\}]^2} \quad (4.8)$$

şeklinde hesaplanabilir.

4.3 Eşit Aralıklı Olmayan Doğrusal Anten Dizileri

Bu benzetimde elemanlar arası uzaklığın eşit olmadığı doğrusal anten dizileri incelenmiştir. Dizi faktörü çıkarılmıştır. Tasarımda elemanlar arası uzaklığın farklı, ancak eleman uyarım katsayılarının aynı olduğu doğrusal dizi kullanılmıştır. Tasarım ölçütü dizi faktörü diyagramının Gaussian dağılımı şeklinde olmasıdır. Bu koşulu sağlayacak elemanlar arası uzaklıklar genetik algoritma ile hesaplanmıştır.

4.3.1 Dizi faktörü

z eksenini boyunca yerleştirilmiş (2N) adet eş elemanın arasındaki uzaklık eşit değilse dizi faktörü (Güney ve Akdağlı, 2001)

$$F(\theta) = 2 \sum_{k=1}^N a_k \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_k \cos \theta + \alpha_k\right) \quad (4.9)$$

olarak ifade edilir. Örneğin, 2N = 10, N = 5 Eş. (4.9)'da yerine konursa aşağıdaki denklem elde edilecektir.

$$F(\theta) = 2 \sum_{k=1}^5 a_k \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_k \cos \theta + \alpha_k\right) \quad (4.10)$$

Dizi faktörü Eş. (4.10)'a eşit olacaktır;

$$\begin{aligned} & 2 \left[a_1 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_1 \cos \theta + \alpha_1\right) \right] + 2 \left[a_2 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_2 \cos \theta + \alpha_2\right) \right] + 2 \left[a_3 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_3 \cos \theta + \alpha_3\right) \right] \\ & + 2 \left[a_4 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_4 \cos \theta + \alpha_4\right) \right] + 2 \left[a_5 \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} d_5 \cos \theta + \alpha_5\right) \right] \end{aligned} \quad (4.11)$$

Belirtilen doğrusal anten dizisinde elemanlar arasındaki uzaklık eşit değildir;

$$d_1 \neq d_2 \neq d_3 \neq \dots \neq d_N$$

Burada d_1 , 1. elemanın dizi merkezine uzaklığı, d_2 , 2. elemanın dizi merkezine uzaklığı, ..., d_N , N. elemanın dizi merkezine uzaklığıdır.

F(θ) denkleminde:

a_k = k. ncı elemanın uyarım katsayısı,

d_k = k. ncı elemanın bulunduğu noktanın dizi merkezine uzaklığı,

α_k = k. ncı elemanın fazı β 'dir.

Dizinin simetrik olduğu kabul edilirse, $d_k = d_{-k}$ ve $a_k = a_{-k}$ olacaktır. İstenen diziyi ve ışın diyagramını elde etmek için elemanların uyarım katsayıları a_k ve pozisyonları d_k bulunmalıdır.

2N = 10 elemanlı dizide, N = 5 olup eş elemanların genlik uyarım katsayıları a_1 , a_2 , a_3 , a_4 ve a_5 olarak ifade edilir. Düzgün uyarılmış elemanlardan oluşan anten dizisinde $a_1 = a_2 = a_3 = a_4 = a_5 = \frac{1}{2N} = 0.1$ olduğu varsayılabilir.

Enine ışımalı dizide $\theta = 90^\circ$ 'de en büyük ışıma gerçekleşeceği için, $\psi = kd \cos \theta + \beta = 0$ ifadesinden $\alpha = \beta = 0$ elde edilir. Enine ışımalı doğrusal dizide $k = 1, 2, \dots, N$ için tüm eş elemanların uyarım faz farkı birbirine eşit olup $\alpha_k = 0$ 'dır. α_k 'nın 0 olması tüm eş elemanların aynı fazda uyarıldığı anlamına gelmektedir.

4.4 İkili genetik algoritma kullanılarak elemanlar arasındaki uzaklığı eşit olmayan anten dizisi tasarım örneği

Tasarımda elemanlar arası uzaklığın farklı ancak eleman uyarım katsayılarının aynı olduğu doğrusal dizi kullanılacaktır. 10 adet eş elemandan oluşan düzgün uyarılmış dizide elemanlar arası uzaklıklar farklı ise, dizi faktörü Eş. (4.10)'a eşittir (Güney ve Akdağlı, 2001):

$$F(\theta) = 2 \sum_{k=1}^N a_k \cos(2\pi / \lambda * d_k * \cos \theta + \alpha_k) \quad (4.12)$$

$$\alpha_k = 0$$

için;

$$F(\theta) = 2 \sum_{k=1}^N a_k \cos(2\pi / \lambda * d_k * \cos \theta) \quad (4.13)$$

olacaktır.

Her genetik algoritma probleminde bir çıkış, amaç yani iyilik fonksiyonu tanımlanır. Bu tasarımda iyilik fonksiyonu:

$$y = |e^{-15(\theta - \pi/2)^2 - F_n}| \quad ; \quad F_n = |F / \max(F)| \quad (4.14)$$

ifadesine eşittir. Amaç, iyilik fonksiyonunu istenen değere yani 0'a yaklaştıracak d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 parametrelerini genetik algoritmayla hesaplamaktır.

İterasyon, tasarım koşulu sağlandığında durdurulur. Bu noktada elde edilen d_1, d_2, d_3, d_4, d_5 uzaklıkları doğrusal dizideki eş elemanların merkeze olan uzaklıklarının en iyi değeridir.

Tasarım ölçütleri aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir;

1) Belirtilen özellikteki doğrusal diziye ait dizi faktörü diyagramının Gaussian dağılımı şeklinde olması istenmektedir. İstenen Gaussian dağılımı;

$$d(\theta) = e^{-15(\theta - \pi/2)^2} \quad (4.15)$$

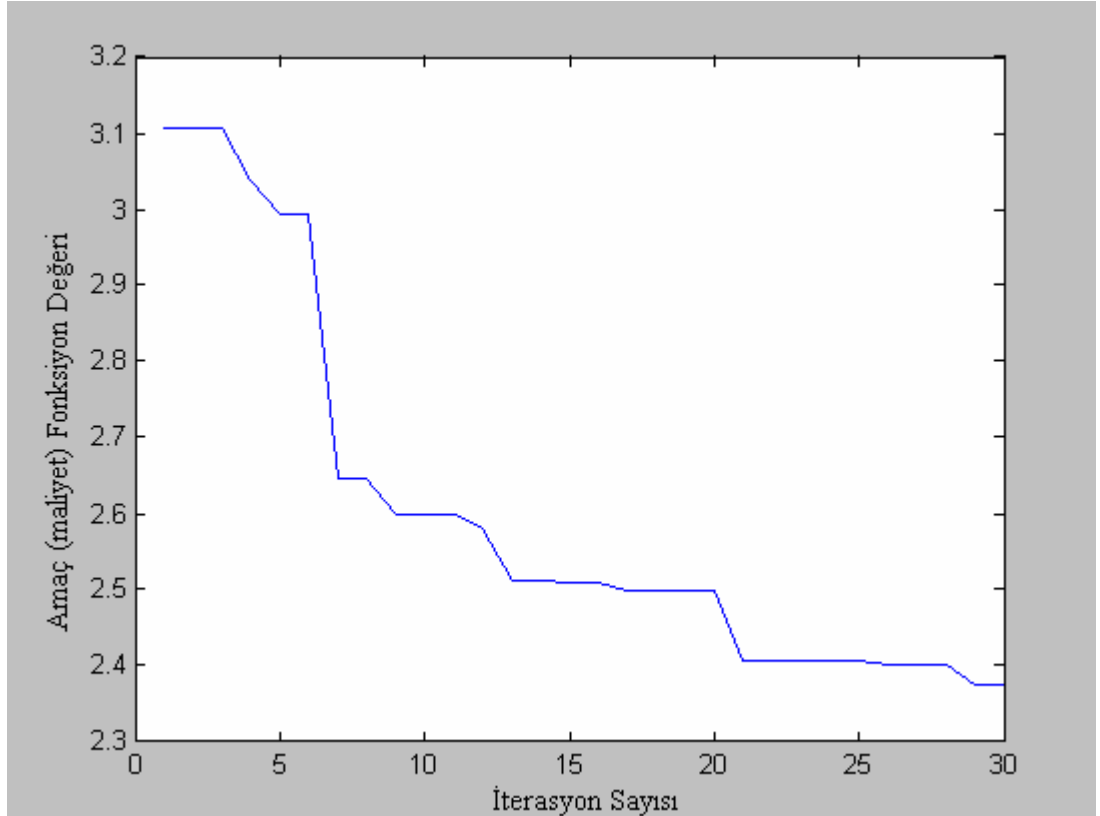
ifadesine eşittir.

- 2) Eş elemanların genlik uyarım katsayıları eşit olup değeri $1/2N$ olmalıdır.
- 3) Eş elemanlar arası uzaklık farklı olmalıdır.

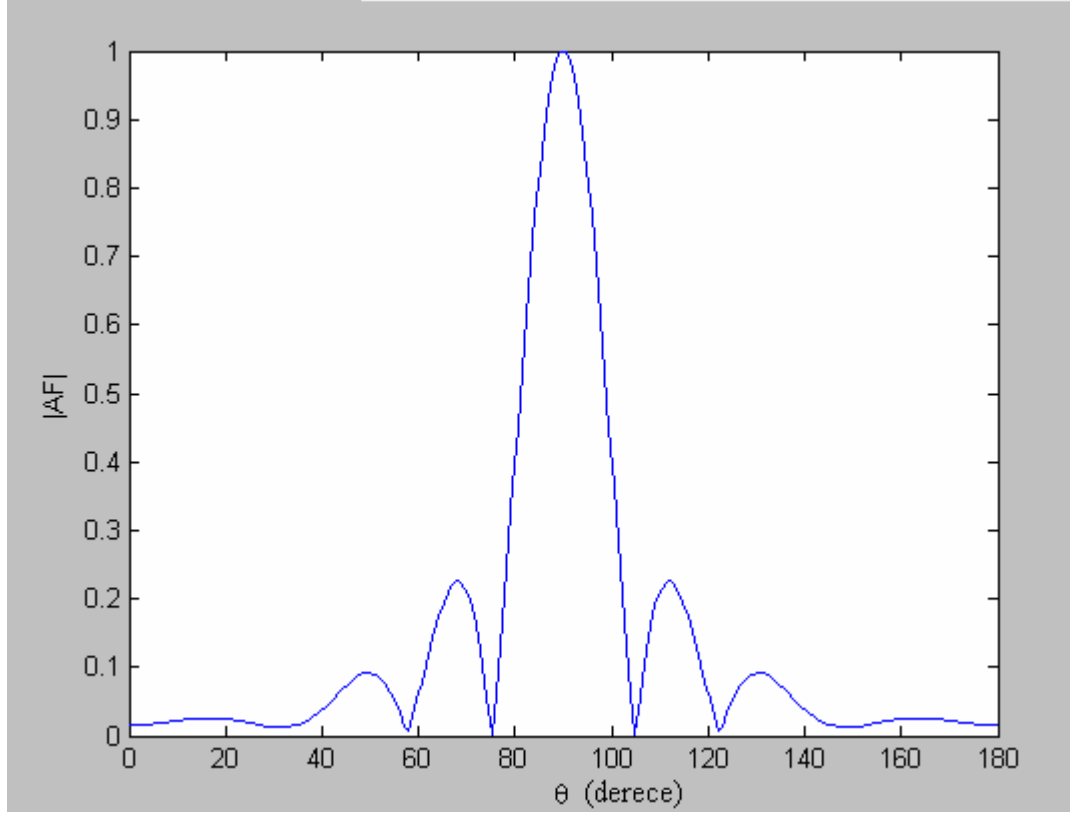
Tezdeki tasarımlarda kullanılan değişkenlere ait en iyi değerler bazı denemeler sonucunda bulunmuş ve değişken tablolarında bu en iyi sonuç veren değerlere yer verilmiştir. Aşağıdaki değişkenlerle Matlab’de yazılan ikili genetik algoritma programı çalıştırıldığında istenen tasarım ölçütüne ilişkin ışıma diyagramı elde edilmiştir (Tasarım -1);

Tablo 4.1: Tasarım-1’de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	30
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Kodlama seviyesi	8
Anten sayısı	6
Mutasyon oranı	0,01
θ	$0^\circ < \theta < 180^\circ$
d	$\lambda < d < 2\lambda$



Şekil 4.2: İterasyon sayısı ile amaç fonksiyonu değerinin değişimi (Tasarım-1)



Şekil 4.3: İkili genetik algoritma kullanılarak hesaplanan dizi faktörünün θ ile değişimi (Tasarım-1)

Optimum anten uzaklıkları aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

Tablo 4.2: Tasarım-1 sonucunda elde edilen en iyi uzaklık değerleri (uzaklık değerleri λ 'nın katı cinsindendir)

d_1	1,9394
d_2	1,0058
d_3	1,7207
d_4	1,0019
d_5	1,7402

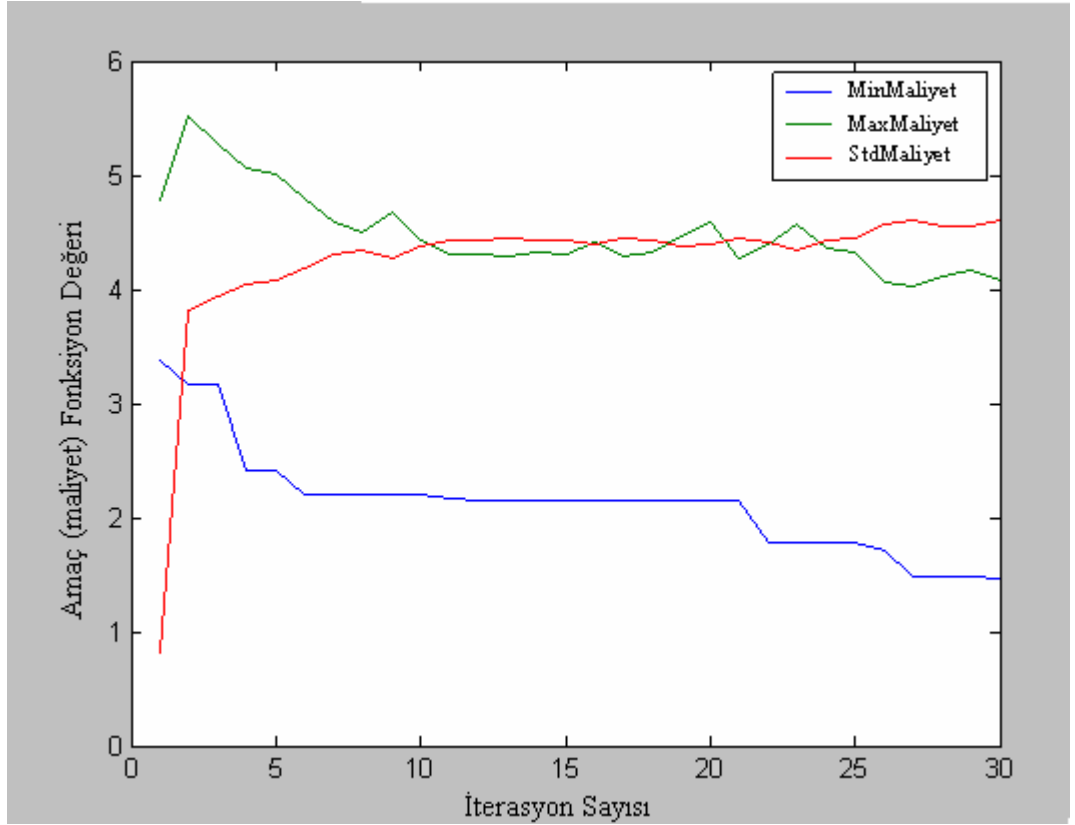
Dizi faktörünün θ ile değişiminin istenildiği gibi Gaussian dağılımı şeklinde olduğu görülmektedir.

Genetik algoritmada kullanılan parametrelerden biri olan kodlama seviyesi aynı iterasyon sayısı için arttırılarak oluşturulan benzetim de (Tasarım-2);

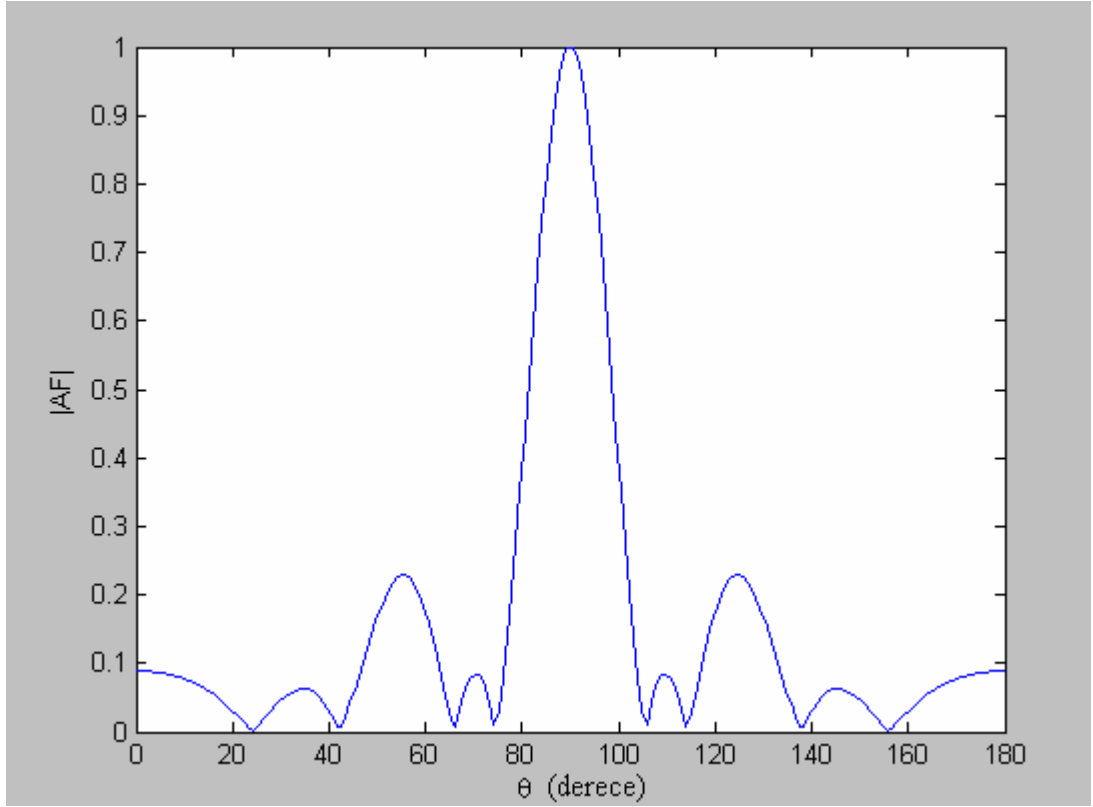
Tablo 4.3: Tasarım-2’de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	30
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Kodlama seviyesi	12
Anten sayısı	6
Mutasyon oranı	0,01
θ	$0^\circ < \theta < 180^\circ$
d	$\lambda < d < 2\lambda$

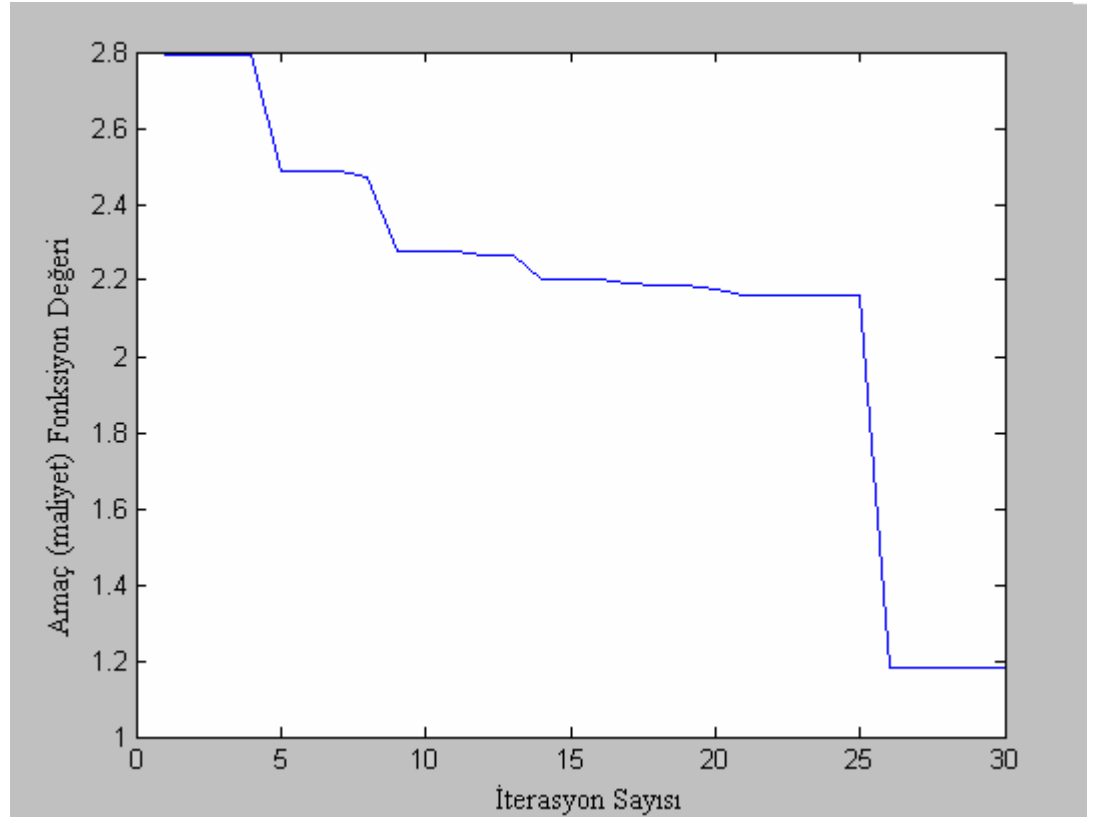
Tablo 4.3’deki değerler kullanılarak Pentium 2.1 GHz işlemcili, 1Gb RAM’e sahip bir bilgisayarda program yaklaşık 1 saat çalıştırılmıştır.



Şekil 4.4: İterasyon sayısı ile amaç fonksiyonu değerinin değişimi (Tasarım-2)



Şekil 4.5: İkili genetik algoritma kullanılarak hesaplanan dizi faktörünün θ ile değişimi (Tasarım-2)



Şekil 4.6: Amaç (maliyet) fonksiyon değerinin iterasyonla değişimi (Tasarım-2)

Optimum anten uzaklıkları aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

Tablo 4.4: Tasarım-2 sonucunda elde edilen uzaklık değerleri (birimi λ 'dır.)

d_1	1,3621
d_2	1,7532
d_3	1,7384
d_4	1,0010
d_5	1,5931

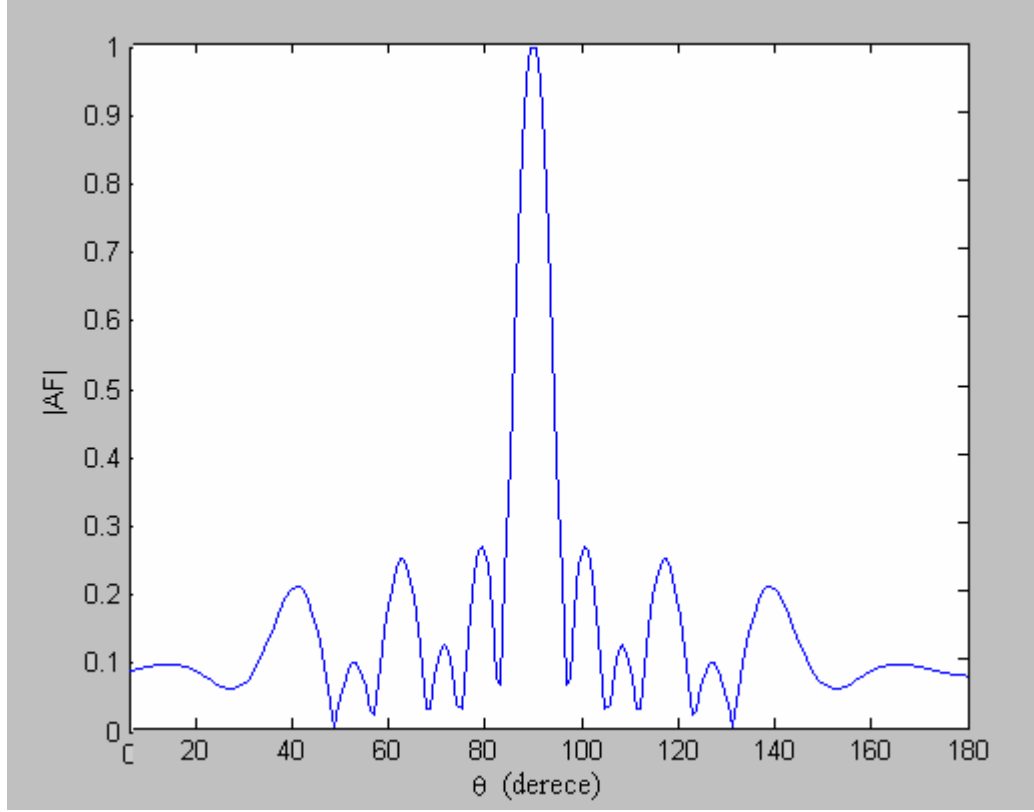
Dizi faktörünün θ ile değişiminin istenildiği gibi Gaussian dağılımı şeklinde olduğu görülmektedir. Kodlama seviyesinin arttırılması ile amaç fonksiyon (maliyet) değerlerinin daha fazla düşmesi kodlama seviyesinin artmasıyla daha iyi sonuçların elde edilebileceğini göstermektedir.

4.5 Sürekli genetik algoritma kullanılarak elemanlar arasındaki uzaklıkları eşit olmayan anten dizisi tasarım örneği

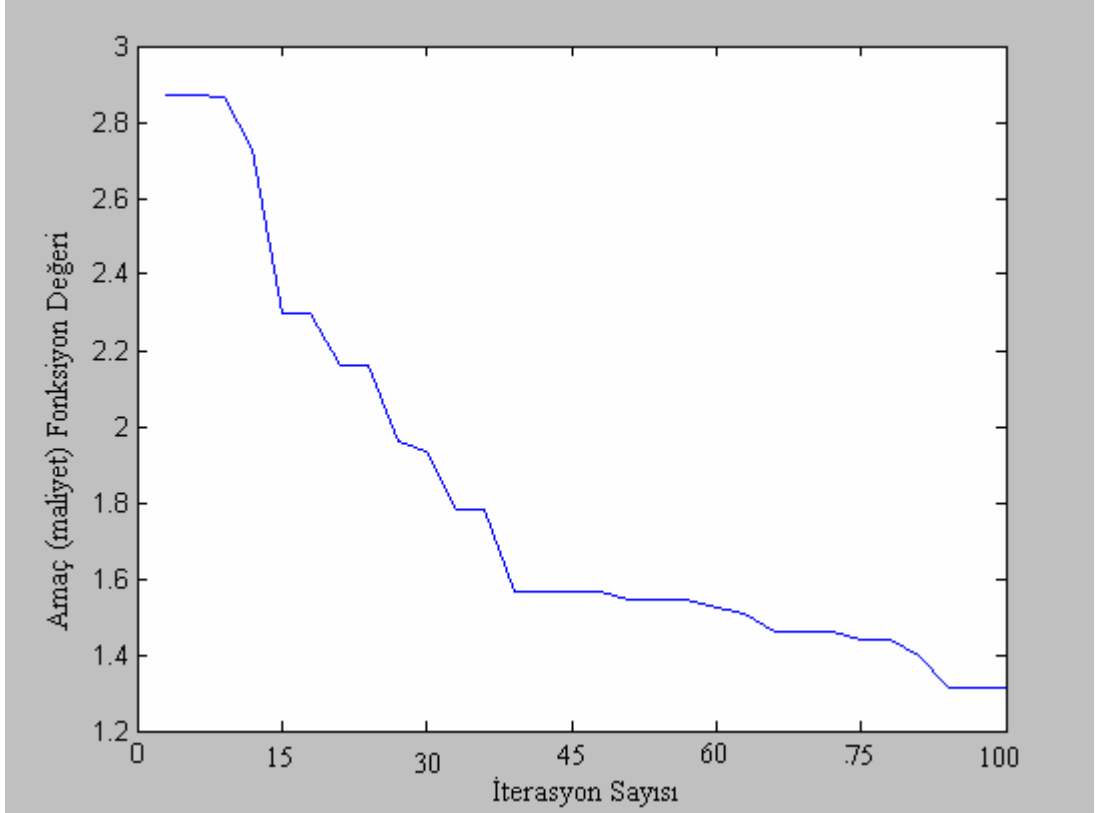
Tasarımda bir önceki örnekte olduğu gibi elemanlar arası uzaklığın farklı ancak eleman uyarım katsayılarının aynı olduğu doğrusal dizi kullanılacaktır. Fakat genetik algoritma tekniği olarak sürekli genetik algoritma kullanılacaktır. Aşağıdaki değişkenlerle genetik algoritma programı çalıştırılır (Tasarım-3);

Tablo 4.5: Tasarım-3'de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	100
Başlangıç topluluğu	1024
Doğal seçim büyüklüğü	64
Eşleşecek kromozom sayısı	32
Anten sayısı	6
Mutasyon oranı	0,01
θ	$0^\circ < \theta < 180^\circ$
d	$\lambda < d < 2\lambda$



Şekil 4.7: Sürekli genetik algoritma kullanılarak hesaplanan dizi faktörünün θ ile değişimi (Tasarım-3)



Şekil 4.8: İterasyonlar sonrası minimum amaç fonksiyonu değerinin değişimi (Tasarım-3)

Optimum anten uzaklıkları aşağıdaki şekilde bulunmuştur:

Tablo 4.6: Tasarım-3 sonucunda elde edilen uzaklık değerleri (birimi λ 'dır)

d_1	1,6845
d_2	1,6108
d_3	1,2444
d_4	1,6522
d_5	1,9294

Sürekli genetik algoritma da ikili genetik algoritmaya göre daha kısa sürede sonuç alınmıştır.

4.6 Dolph-Chebsyhev Anten Dizisi

Pek çok pratik uygulaması olan bir diğer dizi Chebsyhev dizisidir. Chebsyhev dizisinin uyarım katsayıları Chebsyhev polinomuna bağlıdır. Binom dizileri en küçük kenar kulakçığa sahiptir. Binom dizilerin sırayla Chebsyhev dizileri ve düzgün diziler takip eder. Kenar kulakçıkları olmayan veya $-\infty$ dB kenar kulakçığı olan Chebsyhev dizisi, binom tasarımına dönüşür. Bu durumda her iki yöntemle elde edilen uyarım katsayıları birbirinin aynı olacaktır.

4.6.1 Dolph-Chebsyhev anten dizisine ait dizi faktörü

Simetrik genlik uyarımından oluşan çift veya tek eleman sayısı dizinin dizi faktörü M veya $M + 1$ adet kosinüs teriminin toplamını içerir. Kosinüs terimlerinin en büyük harmoniği, dizideki toplam eleman sayısından bir azdır. Bağımsız değişkeni, bir tamsayıyla temel frekansın çarpımı olan her kosinüs terimi, bağımsız değişkeni temel frekans olan kosinüs fonksiyonlarının serisi olarak yazılabilir.

Euler formülü $\left[e^{ju}\right]^m = (\cos u + j \sin u)^m = e^{jmu} = \cos(mu) + j \sin(mu)$ ifadesine eşittir. Euler formülü ve $\sin^2 u = 1 - \cos^2 u$ trigonometrik eşitliği kullanılarak aşağıdaki denklemler elde edilir (Balanis, 1992).

$$m = 0 \quad \cos(mu) = 1 \quad (4.16.a)$$

$$m = 1 \quad \cos(mu) = \cos u \quad (4.16.b)$$

$$m = 2 \quad \cos(mu) = \cos 2u = 2\cos^2 u - 1 \quad (4.16.c)$$

$$m = 3 \quad \cos(mu) = \cos(3u) = 4\cos^3 u - 3 \cos u \quad (4.16.d)$$

$$m = 4 \quad \cos(mu) = \cos(4u) = 8\cos^4 u - 8\cos^2 u + 1 \quad (4.16.e)$$

$$m = 5 \quad \cos(mu) = \cos(5u) = 16\cos^5 u - 20\cos^3 u + 5\cos u \quad (4.16.f)$$

$$m = 6 \quad \cos(mu) = \cos(6u) = 32\cos^5 u - 48\cos^4 u + 18\cos^2 u - 1 \quad (4.16.g)$$

$$m = 7 \quad \cos(mu) = \cos(7u) = 64\cos^7 u - 112\cos^5 u + 56\cos^3 u - 7\cos u \quad (4.16.h)$$

$$m = 8 \quad \cos(mu) = \cos(8u) = 128\cos^8 u - 256\cos^6 u + 160\cos^4 u - 32\cos^2 u + 1 \quad (4.16.i)$$

$$m = 9 \quad \cos(mu) = \cos(9u) = 256\cos^7 u - 576\cos^5 u + 432\cos^3 u - 120\cos u + 9\cos u$$

$$\text{olacaktır.} \quad (4.16.j)$$

$z = \cos u$ için:

$$m = 0 \quad \cos(mu) = 1 = T_0(z) \quad (4.17.a)$$

$$m = 1 \quad \cos(mu) = z = T_1(z) \quad (4.17.b)$$

$$m = 2 \quad \cos(mu) = 2z^2 - 1 = T_2(z) \quad (4.17.c)$$

$$m = 3 \quad \cos(mu) = 4z^3 - 3z = T_3(z) \quad (4.17.d)$$

$$m = 4 \quad \cos(mu) = 8z^4 - 8z^2 + 1 = T_4(z) \quad (4.17.e)$$

$$m = 5 \quad \cos(mu) = 16z^5 - 20z^3 + 5z = T_5(z) \quad (4.17.f)$$

$$m = 6 \quad \cos(mu) = 32z^6 - 48z^4 + 18z^2 - 1 = T_6(z) \quad (4.17.g)$$

$$m = 7 \quad \cos(mu) = 64z^7 - 112z^5 + 56z^3 - 7z = T_7(z) \quad (4.17.h)$$

$$m = 8 \quad \cos(mu) = 128z^8 - 256z^6 + 160z^4 - 32z^2 + 1 = T_8(z) \quad (4.17.i)$$

$$m = 9 \quad \cos(mu) = 256z^9 - 576z^7 + 432z^5 - 120z^3 + 9z = T_9(z) \quad (4.17.j)$$

olacaktır. Bunların her biri $T_m(z)$ Chebyshev polinomu ile bağlantılıdır. Kosinüs fonksiyonları ve Chebyshev polinomları arasındaki bu bağıntılar sadece $-1 \leq z \leq 1$ aralığında geçerlidir.

$|\cos(mu)| \leq 1$ 'dir. $-1 \leq z \leq 1$ aralığında her Chebyshev polinomu $T_m(z) \leq 1$ olacaktır. $|z| > 1$ için, Chebyshev polinomları hiperbolik kosinüs fonksiyonlarıyla bağlantılıdır. Chebyshev polinomları için $T_m(z) = 2zT_{m-1}(z) - T_{m-2}(z)$ ifadesi geçerlidir. Önceki iki dereceden olan polinomlar biliniyorsa, bu denklemle ilgili Chebyshev polinomu bulunabilir. Ayrıca her polinom aşağıdaki eşitliklerle hesaplanabilir;

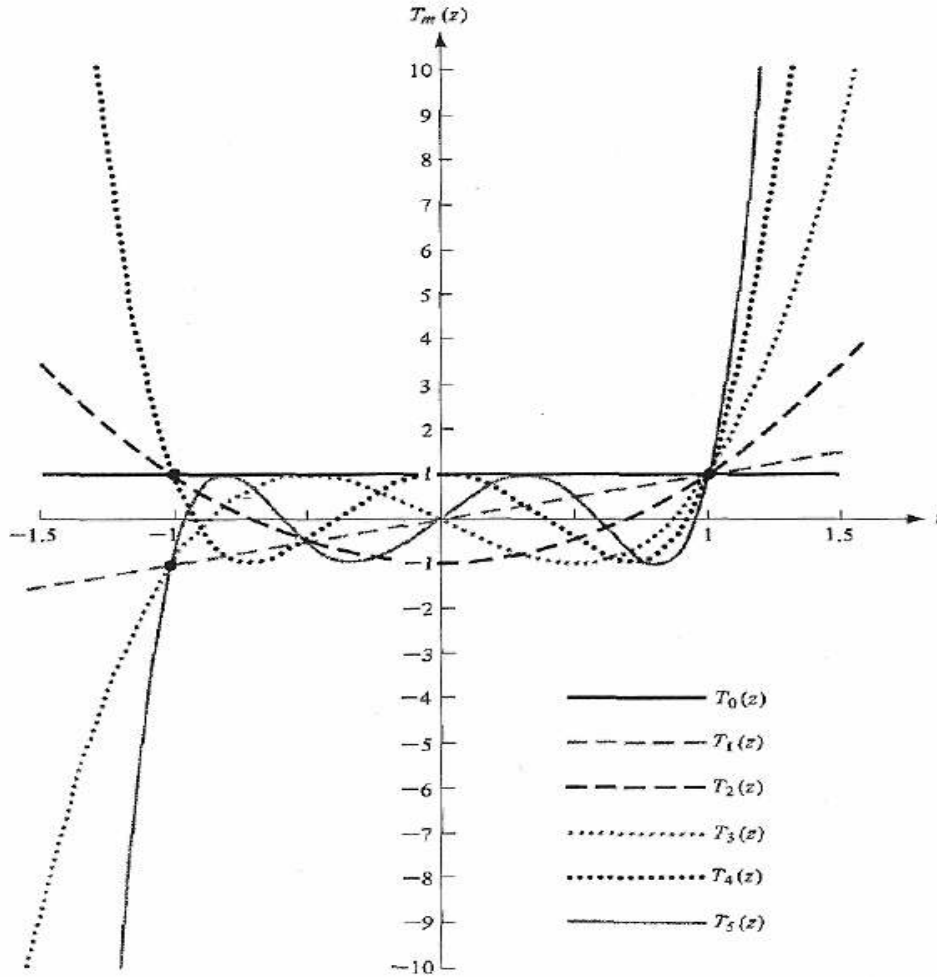
$$T_m(z) = \cos[m \cos^{-1}(z)] \quad -1 \leq z \leq 1$$

$$T_m(z) = \cosh[m \cos^{-1}(z)]^* \quad z < -1, z > 1$$

$$x^* = \cosh^{-1}(y) = \ln[y \pm (y^2 - 1)^{1/2}] \quad (4.18)$$

ifadesine eşittir.

Şekil 4.9'da Chebsyhev polinomunun 5. dereceye kadar grafikleri görülmektedir.



Şekil 4.9: 0. dereceden 5. dereceye kadar olan Chebsyhev polinomları (Balanis, 1992)

- 1) Tüm derecelerdeki Chebsyhev polinomları (1, 1) noktasından geçer.
- 2) $-1 \leq z \leq 1$ aralığında, Chebsyhev polinomları -1 ile +1 arasında değerler alır.
- 3) Tüm kökler $-1 \leq z \leq 1$ aralığındadır. Ayrıca tüm en büyük ve en küçük değerler -1 ile +1 arasında değer alır. $R_0 = 20$ olan $N = 10$ elemanlı Chebsyhev dizisi için $\theta = 0^\circ - 180^\circ$ arasında $T(z)$ polinomunda absis olan z 'nin açıya bağlı aldığı değerler Tablo 4.7'de verilmiştir. Burada R_0 , ana kulakçığın yan kulakçığa oranıdır.

Tablo 4.7: $R_0 = 20$, $N = 10$ elemanlı Chebsyhev dizisinde yatay eksenin θ 'nın fonksiyonu olarak aldığı değerler (Balanis, 1992)

Açı(Derece)	$z (d = 0.25\lambda)$	$z (d = 0.5\lambda)$	$z (d = 0.75\lambda)$	$z (d = \lambda)$
0	0.7673	0.0	-0.7673	-1.0851
10	0.7764	0.0259	-0.7394	-1.0839
20	0.8028	0.1026	-0.6509	-1.0657
30	0.8436	0.2267	-0.4912	-0.9904
40	0.8945	0.3899	-0.2518	-0.8049
50	0.9497	0.5774	0.0610	-0.4706
60	1.0025	0.7673	0.4153	0.0
70	1.0462	0.9323	0.7514	0.5167
80	1.0750	1.0450	0.9956	0.9276
90	1.0851	1.0851	1.0851	1.0851
100	1.0750	1.0450	0.9956	0.9276
110	1.0462	0.9323	0.7514	0.5167
120	1.0025	0.7673	0.4153	0.0
130	0.9497	0.5774	0.0610	-0.4706
140	0.8945	0.3899	-0.2518	-0.8049
150	0.8436	0.2267	-0.4912	-0.9904
160	0.8028	0.1026	-0.6509	-1.0657
170	0.7764	0.0259	-0.7394	-1.0839
180	0.7673	0.0	-0.7673	-1.0851

$$z_0 = 1.0851$$

$$z = z_0 \cos u = z_0 \cos \left(\frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta \right) \quad (4.19)$$

denklemleri kullanılarak Tablo 4.7'den aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

1) $d = \lambda/4$, $N = 10$, $R_0 = 20$ için $\theta = 0^\circ$ 'de $z = 0.7673$ (A noktası)'dır. θ daha büyük değerler aldıkça z artar ve $\theta = 90^\circ$ 'de en büyük değeri 1.0851'e ulaşır. 90° 'nin üzerinde z azalır ve $\theta = 180^\circ$ 'de ilk değeri olan 0.7673'e ulaşır. Bu nedenle $d = \lambda/4$ için, Chebsyhev polinomunun yalnızca $0.7673 \leq z \leq 1.0851$ ($A \leq z \leq z_0$) arasındaki değerleri kullanılarak dizi faktörünün ışıma diyagramı oluşturulur.

2) $d = \lambda/2$, $N = 10$, $R_o = 20$ için $\theta = 0^\circ$ 'de $z = 0$ (B noktası)'dır. θ arttıkça z artar ve $\theta = 90^\circ$ 'de en büyük değeri 1.0851'e ulaşır. $\theta = 90^\circ$ 'nin üzerinde z azalarak $\theta = 180^\circ$ 'de ilk baştaki değerine ulaşır. $d = \lambda/2$ için Chebsyhev polinomunun daha büyük bir kısmı kullanılarak $0 \leq z \leq 1.0851$; $B \leq z \leq z_o$ dizi faktörünün ışıma diyagramı oluşturulur.

3) $d = 3\lambda/4$, $N = 10$, $R_o = 20$ için $\theta = 0^\circ$ 'de $z = -0.7673$ (C noktası)'dır. θ arttıkça z artar ve $\theta = 90^\circ$ 'de en büyük değeri 1.0851'e ulaşır. $\theta = 90^\circ$ 'nin üzerinde tekrar ilk baştaki değerine doğru yaklaşır ($-0.7673 \leq z \leq z_o$; $C \leq z \leq z_o$)

4) $d = \lambda$, $N = 10$, $R_o = 20$ durumu incelenecektir. Dizi elemanları arasındaki uzaklık arttıkça Chebsyhev polinomunun daha büyük bir kısmı kullanılarak dizi faktörünün ışıma diyagramı oluşturulur. $d = \lambda$ için, $\theta = 0^\circ$ 'de $z = -1.0851$ (D noktası)'dır. D noktasının genliği z 'nin en büyük değerine eşittir. θ arttıkça z artar ve $\theta = 90^\circ$ 'de en büyük değeri 1.0851'e ulaşır. Bu noktada polinom ve dizi faktörü, tekrar en büyük değerine ulaşır. $\theta = 90^\circ$ 'nin ilerisinde, z , polinom ve dizi faktörü eski değerlerini tekrar alırlar. $-1.0851 \leq z \leq 1.0851$ ve $D \leq z \leq z_o$, $d = \lambda$ için 4 tane en büyük değer vardır. Tüm küçük kulakçıkları aynı seviyede tutmak için $d_{\max} \leq \left(\frac{\lambda}{\pi}\right) \cos^{-1}(-1/z_o)$ olmalıdır.

$z_o = 1.0851$ için $d_{\max} \leq \left(\frac{\lambda}{\pi}\right) \cos^{-1}(-1/z_o) = 0.8731 \lambda$ olarak hesaplanabilir.

4.6.2 Chebsyhev anten dizisinin uyarım katsayılarının analitik yöntemlerle çözülmesi

Elemanlar arası uzaklıkları eşit ve d olan $N = 10$ elemanlı Chebsyhev dizisi olsun. Bu dizide ana kulakçığın yan kulakçığa oranı 26dB'dir. Dizi faktöründeki uyarım katsayıları analitik yöntemlerle hesaplanacaktır. (Balanis, 1992).

Chebsyhev dizisi için dizi faktörü;

$$F = \sum_{n=1}^{N/2} a_n \cos[(2n-1)u] \quad (4.21)$$

Eleman sayısı çift ve $N = 10$ olan Chebsyhev dizisi için dizi faktörü;

$$(F)_{10} = \sum_{n=1}^5 a_n \cos[(2n-1)u] \quad (4.22.a)$$

ifadesine eşittir.

$$u = \frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta \quad (4.22.b)$$

$$(F)_{10} = a_1 \cos u + a_2 \cos 3u + a_3 \cos 5u + a_4 \cos 7u + a_5 \cos 9u \quad (4.23)$$

$(F)_{10}$ denkleminde $\cos 3u$, $\cos 5u$, $\cos 7u$ ve $\cos 9u$ ifadelerinin $\cos u$ cinsinden karşılığı yazılınca,

$$\begin{aligned} (F)_{10} = & a_1 \cos u + a_2 (4\cos^3 u - 3\cos u) + a_3 (16\cos^5 u - 20\cos^3 u + 5\cos u) + \\ & a_4 (64\cos^7 u - 112\cos^5 u + 56\cos^3 u - 7\cos u) + \\ & a_5 (256\cos^9 u - 576\cos^7 u + 432\cos^5 u - 120\cos^3 u + 9\cos u) \end{aligned} \quad (4.24)$$

$$\begin{aligned} (F)_{10} = & 256a_5 \cos^9 u + \cos^7 u (64a_4 - 576a_5) + \cos^5 u (432a_5 - 112a_4 + 16a_3) + \\ & + \cos^3 u (4a_2 - 120a_5 + 56a_4 - 20a_3) + \cos u (9a_5 + a_1 - 3a_2 - 7a_4 + 5a_3) \end{aligned} \quad (4.25)$$

elde edilir. Ana kulakçık/yan kulakçık oranı $R_0, \text{dB} = 26 \text{ dB}$ olup $20\log(R_0) = 26$ eşitliğinden $R_0 \cong 20$ 'ye eşit olduğunu bulmak için Chebsyhev polinomu $T_m(z)$ kullanılır.

Chebsyhev polinomunun derecesi her zaman Chebsyhev dizisindeki eleman sayısının 1 eksigidir. Dizi 10 elemanlı olduğu için polinom $m = 10 - 1 = 9$. derecedendir.

$$T_m(z) = \cos[m \cos^{-1}(z)] \quad z < -1, z > 1 \quad (4.26.a)$$

$$T_9(z) = \cosh[9 \cosh^{-1}(z)] \quad (4.26.b)$$

$$T_9(z_0) = R_0 = 20 = \cosh[9 \cosh^{-1}(z_0)] \quad (4.26.c)$$

$$z_0 = \cosh\left[\frac{1}{9} \cosh^{-1}(20)\right] = 1.0851 \quad (4.26.d)$$

$$\cos u = \frac{z}{z_0} = \frac{z}{1.0851}$$

F denkleminde $\cos u$ yerine $\frac{z}{1.0851}$ yazınca;

$$\begin{aligned} F = & 256a_5 \left(\frac{z}{1.0851}\right)^9 + \left(\frac{z}{1.0851}\right)^7 (64a_4 - 576a_5) + \left(\frac{z}{1.0851}\right)^5 (432a_5 - 112a_4 + 16a_3) + \\ & + \left(\frac{z}{1.0851}\right)^3 (4a_2 - 120a_5 + 56a_4 - 20a_3) + \left(\frac{z}{1.0851}\right) (9a_5 + a_1 - 3a_2 - 7a_4 + 5a_3) \end{aligned} \quad (4.27)$$

elde edilir.

Chebsyhev polinomu $T_9(z) = 256z^9 - 576z^7 + 432z^5 - 120z^3 + 9z$ 'dir. AF dizi faktörü ifadesi ile $T_9(z)$ ifadesinde aynı dereceli z terimleri birbirine eşitlenerek a_n katsayıları bulunur,

$$\begin{aligned} F &= 256a_5 \left(\frac{z}{1.0851}\right)^9 + \left(\frac{z}{1.0851}\right)^7 (64a_4 - 576a_5) + \left(\frac{z}{1.0851}\right)^5 (432a_5 - 112a_4 + 16a_3) \\ &\quad + \left(\frac{z}{1.0851}\right)^3 (4a_2 - 120a_5 + 56a_4 - 20a_3) + \left(\frac{z}{1.0851}\right)(9a_5 + a_1 - 3a_2 - 7a_4 + 5a_3) \\ &= 256z^9 - 576z^7 + 432z^5 - 120z^3 + 9z \end{aligned} \quad (4.28)$$

Polinom eşitliğinden $256a_5 \frac{z^9}{(1.0851)^9} = 256z^9$ yazılır. Bu ifadeden $a_5 = 2.086$ elde edilir. Benzer şekilde aynı dereceli z terimleri birbirine eşitlenerek diğer katsayılar hesaplanır.

$$\frac{z^7}{(1.0851)^7} (64a_4 - 576a_5) = -576z^7 \quad (4.29)$$

$$64a_4 - 576a_5 = -1020$$

$$a_4 = 2.8308$$

$$\frac{z^5}{(1.0851)^5} (432a_5 - 112a_4 + 16a_3) = 432z^5 \quad (4.30)$$

$$a_3 = 4.1184$$

$$\frac{z^3}{(1.0851)^3} (4a_2 - 120a_5 + 56a_4 - 20a_3) = -120z^3 \quad (4.31)$$

$$a_2 = 5.2073$$

$$\frac{z}{1.0851} (9a_5 - a_1 - 3a_2 - 7a_4 + 5a_3) = 9z \quad (4.32)$$

$$a_1 = 5.8374$$

elde edilir. a_5 'e göre a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 katsayıları ölçeklendirilirse, $a_5 = 1, a_4 = 1.357, a_3 = 1.974, a_2 = 2.496, a_1 = 2.798$ olacaktır.

a_1 'e göre a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 katsayıları ölçeklendirilirse, $a_1 = 1, a_2 = 0.890, a_3 = 0.706, a_4 = 0.485, a_5 = 0.357$ olacaktır.

İlk setteki ölçeklendirilmiş katsayılar kullanılarak dizi faktörü oluşturulduğunda,

$$(F)_{10} = a_1 \cos u + a_2 \cos^3 u + a_3 \cos^5 u + a_4 \cos^7 u + a_5 \cos^9 u \quad (4.33)$$

$$(F)_{10} = 2.798 \cos u + 2.496 \cos^3 u + 1.974 \cos^5 u + 1.357 \cos^7 u + \cos^9 u$$

elde edilir. Burada

$$u = \frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta \quad (4.34)$$

dır.

$$d = \lambda/4 \text{ için } u = \frac{\pi d}{\lambda} \cos \theta = \frac{\pi}{4} \cos \theta \quad (4.35)$$

ifadesine eşittir.

$$\begin{aligned} (F)_{10} = 2.798 \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos \theta\right) + 2.496 \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos \theta\right) + 1.974 \cos\left(\frac{5\pi}{4} \cos \theta\right) + \\ + 1.357 \cos\left(\frac{7\pi}{4} \cos \theta\right) + \cos\left(\frac{9\pi}{4} \cos \theta\right) \text{ elde edilir.} \end{aligned} \quad (4.36)$$

4.6.3 Chebsyhev anten dizisine ait uyarım katsayılarının genetik algoritma ile çözülmesi

Chebsyhev dizisini genetik algoritma ile çözmek için öncelikle başlangıç ölçütleri belirlenmelidir. $N = 10$ elemanlı Chebsyhev dizisinde tasarım ölçütü ana kulakçıgn yan kulakçığa oranının 26dB olmasıdır. Bunu sağlayan Chebsyhev dizisinin genlik uyarım katsayıları genetik algoritma ile hesaplanacaktır.

Her genetik algoritma probleminde bir çıkış yani iyilik fonksiyonu tanımlanır. Chebsyhev dizisinde iyilik (amaç ya da maliyet) fonksiyonu:

$$y = \sum (1 - F_n(1 : 25)) + \sum F_n(26 : 30) \quad (4.37)$$

ifadesine eşittir. Burada:

$$F_n = |F / \max(F)| \quad (4.38)$$

olup dizi faktörünün normlandırılmış değeridir. F değeri (4.21)'deki formülde belirtilmiştir.

Amaç, iyilik fonksiyonu y 'i istenen değere ulaştıracak yani 0 yapacak parametre değerlerini genetik algoritma ile hesaplamaktır. Bu parametreler genlik uyarım katsayılarıdır. Chebsyhev dizisi $N = 10$ çift eleman sayılı olduğu için 5 adet genlik uyarım katsayısı olacaktır. Bunlar a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 olarak gösterilir.

y 'nin 0 olması $\theta = 72^\circ$ 'ye kadar olan $\overline{F_n}$ değerini 1, $\theta = 72^\circ$ 'den 90° 'ye kadar olan $\overline{F_n}$ 'i 0 yapmak anlamına gelir. Böylece, $\theta = 0^\circ$ ile $\theta = 90^\circ$ arasında istenen açı değerlerinde yayın yapılabilir.

Dizideki elemanlar arası uzaklık d 'dir. d, λ cinsinden $d = c\lambda$ olarak gösterilir. c değeri genetik algortmada sabit olarak girilir. Tasarım ölçütü ana kulakçık/yan kulakçık oranının 26 dB olmasıdır. Bu şartı sağlayan z_0 değeri Chebsyhev polinomu yardımıyla 1.0851 olarak hesaplanmıştır. F_n, F 'nin en büyük değerine göre normlandırılmış halidir.

Analitik yöntemlerle elde edilen sonuçlar:

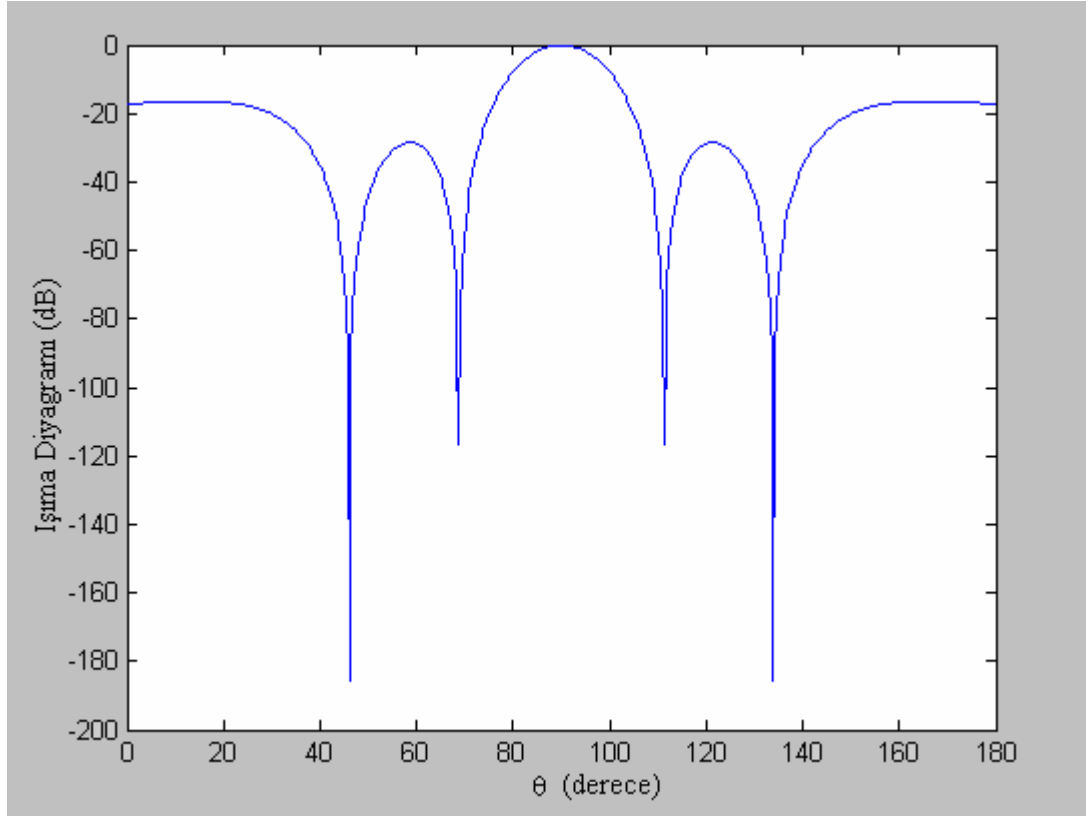
$a_1 = 5.8374 \quad a_2 = 5.2073 \quad a_3 = 4.1184 \quad a_4 = 2.8308 \quad a_5 = 2.086$ değerine eşittir.

Aşağıdaki değişkenlerle genetik algoritma programı çalıştırılır (Tasarım-4).

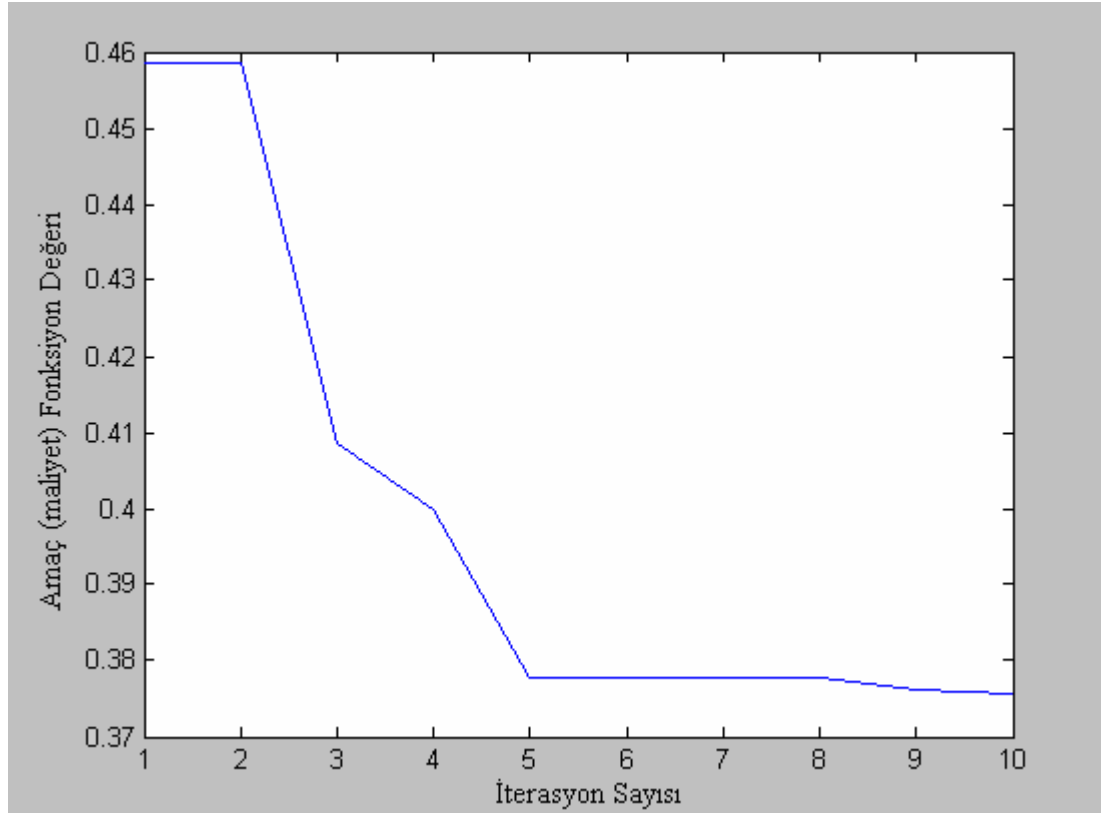
Tablo 4.8: Tasarım-4 de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	10
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Anten sayısı	10
Mutasyon oranı	0,01
θ	$0^\circ < \theta < 90^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/4$
Uyarım katsayıları	$1 < a_n < 8$
Kodlama seviyesi	8

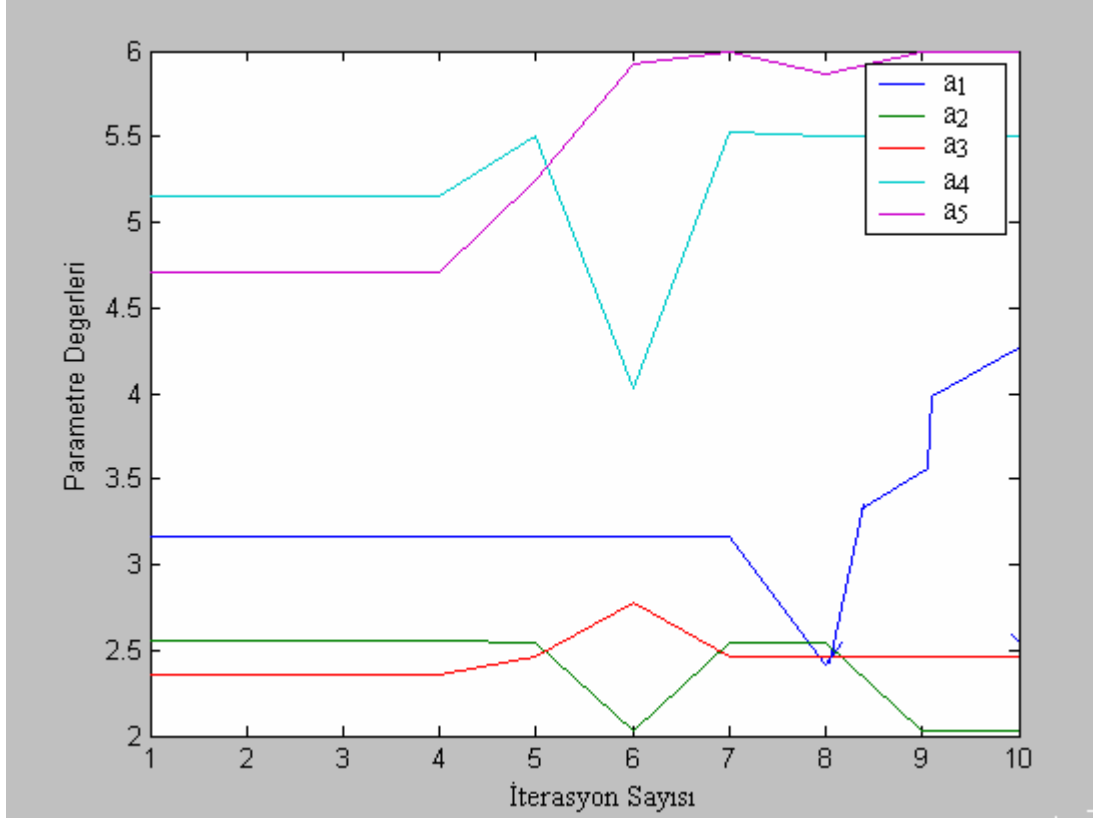
Program, Pentium 2.1 GHz işlemciye, 1 Gb RAM'e sahip bilgisayarla yaklaşık 15 dakika çalışmıştır.



Şekil 4.10: Chebyshev dizisinde ışıma diyagramının θ ile değişimi (Tasarım-4)



Şekil 4.11: Amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-4)



Şekil 4.12: Parametre değerlerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-4)

Genetik algoritma ile 10 iterasyonda elde edilen katsayılar; $a_1 = 5.9609$; $a_2 = 5.4106$; $a_3 = 4.3515$; $a_4 = 2.2578$; $a_5 = 2.0078$ olup, bu katsayılar a_5 'e göre normlandırılırsa,

$a_5 = 1$, $a_4 = 1.124$, $a_3 = 2.167$, $a_2 = 2.694$, $a_1 = 2.9688$ elde edilir. Normlandırılmış katsayılarla dizi faktörü oluşturulduğunda,

$$(F)_{10} = 2.9688 \cos u + 2.694 \cos^3 u + 2.167 \cos^5 u + 1.124 \cos^7 u + \cos^9 u \quad (4.39)$$

elde edilir. $d = \lambda/4$ için $u = \frac{\pi}{4} \cos \theta$ olup dizi faktöründe yerine konulduğunda;

$$(F)_{10} = 2.9688 \cos\left(\frac{\pi}{4} \cos \theta\right) + 2.694 \cos\left(\frac{3\pi}{4} \cos \theta\right) + 2.167 \cos\left(\frac{5\pi}{4} \cos \theta\right) + 1.124 \cos\left(\frac{7\pi}{4} \cos \theta\right) + \cos\left(\frac{9\pi}{4} \cos \theta\right) \quad (4.40)$$

elde edilir.

Genetik algoritma ile elde edilen katsayılarla oluşturulan dizi faktörü için ana kulakçığin yan kulakçığa oranı hesaplanır. Tasarımda istenen, ana kulakçığin yan kulakçığa oranının 26 dB olmasıdır. Bu durumda (R_0) istenen 26 dB'dir.

$$\text{Bağıl Hata \%} = \varepsilon = \frac{(R_0)_{\text{istenen}} - (R_0)_{\text{genetik algoritma}}}{(R_0)_{\text{istenen}}} * 100 \quad (4.41)$$

Genetik algoritma ile elde edilen katsayılar kullanılarak $(R_0)_{\text{genetik algoritma}}$ hesaplanır. Bu durumda hata %1,2'dir.

İterasyon sayısı arttıkça, hata payı azalmaktadır. Ancak, program yavaşlamaktadır. Bazı problemlerde iterasyon sayısının belli bir değerin üstüne çıkması durumunda gerçek sonuçtan uzaklaştığı görülmüştür. Bu örnekte de, 100 iterasyon için elde elden sonuçlar analitik çözümle elde edilen sonuçlara en yakındır. Burada amaç, $\theta = 72^\circ$ 'ye kadar olan normlandırılmış dizi faktörü değerlerini 1'e yaklaştırmak, $\theta = 72^\circ$ 'den 90° 'ye kadar olan kısmı 0 yapmaktır. y amaç fonksiyonudur. Böylece 0° ile 90° arasında istenen açı değerlerinde yayın yapılabilir. Bu durum, frekanstan bağımsız olarak istenen ışınma diyagramının elde edilmesine olanak sağlar.

Bu bölümde elemanlar arası uzaklığın eşit olmadığı doğrusal anten dizileri incelenmiştir. Dizi faktörü dağılımını Gaussian dağılımına yaklaştıracak doğrusal anten dizisi genetik algoritma ile tasarlanmıştır. Bu koşulu sağlayacak elemanlar arası uzaklıklar genetik algoritma ile hesaplanmıştır. Elde edilen d_1 , d_2 , d_3 , d_4 ve d_5 uzaklıkları Gaussian dağılım şartını sağlamıştır. Bu durum genetik algoritmanın doğrusal anten dizi tasarımları için kullanışlı olduğunu göstermektedir.

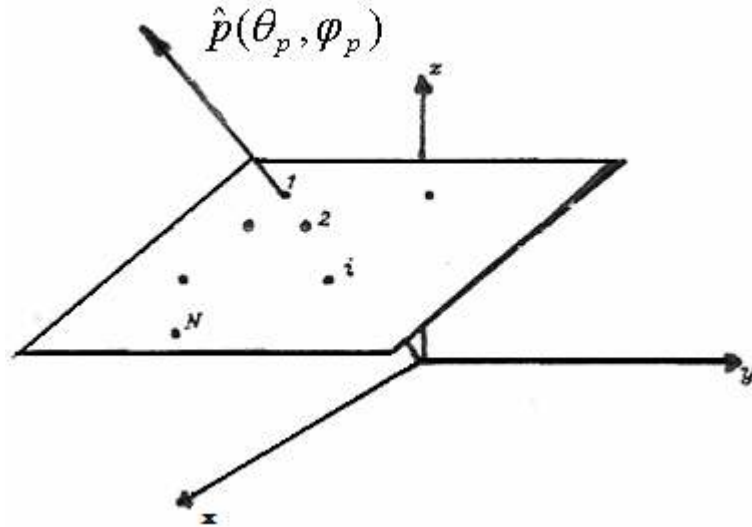
Farklı özellikteki anten dizilerinde istenen tasarım ölçütünü sağlayacak parametreler hem analitik yöntemlerle hem de genetik algoritmayla hesaplanmıştır. Her iki yöntemle elde edilen sonuçlar kıyaslanmıştır. Elemanlar arası uzaklık d olan $N=10$ elemanlı Chebyshev dizisinde tasarım ölçütü temel kulakçığın yan kulakçığa oranının 26dB olmasıdır. Bu şartı sağlayan dizi faktöründeki genlik uyarım katsayısı analitik yöntemlerle ve genetik algoritmayla hesaplanmıştır. Sonuç olarak genetik algoritmayla %1,2'lik hata payıyla genlik uyarım katsayıları hesaplanmıştır. Bu, tasarımın kabul edebileceği bir hata payıdır.

5. DÜZLEMSEL ANTEN DİZİLERİ

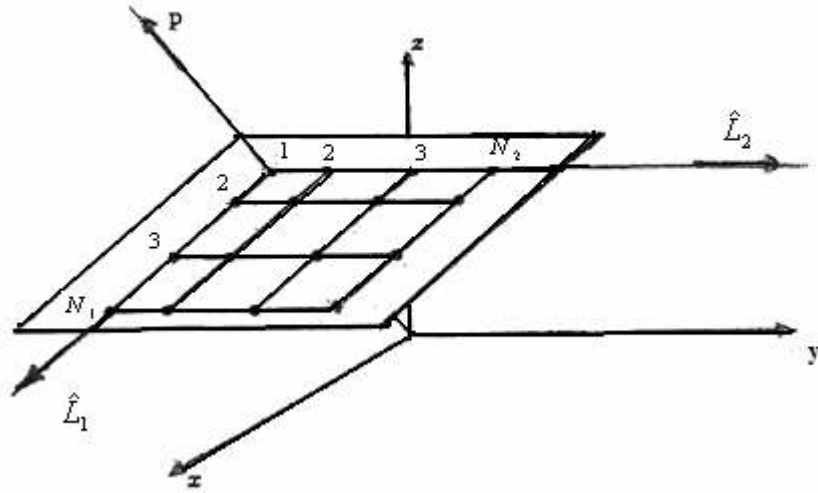
Düzlemsel anten dizileri hava ve kara platformlarında kullanılan radar sistemlerinde, yön bulma, hava ve uzay sistemleri navigasyonu gibi birçok uygulamalarda kullanılırlar. Bu bölümde, düzlemsel anten dizileri için genel formülasyon adımları verilerek tez çalışması kapsamında farklı uygulamalara yönelik olarak elde edilen düzlemsel dizi tasarım sonuçları sunulmuştur.

5.1 Düzlemsel Anten Dizileri İçin Dizi Faktörü

Bir düzlem üzerinde yerleştirilmiş, iki boyutlu, yayın yapan düzlemsel dizi yapısı Şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1: İki boyutlu düzlemsel anten dizi yapısının genel görünümü.



Şekil 5.2: İki boyutlu düzlemsel anten dizi yapısı.

Dizi faktörü ifadesi çıkarımının basitleştirilmesi amacıyla, dizinin, her birinde N_1 adet eleman bulunan N_2 adet birbirine paralel alt dizilerden oluştuğu varsayılabilir. Dolayısıyla, dizideki toplam eleman sayısı $N = N_1 \times N_2$ olacaktır. Diğer bir varsayım ise alt dizi eksenlerinin, birbirine dik $\hat{L}_1$ ve $\hat{L}_2$ birim vektörlerine paralel olduğudur. Böyle bir dizi Şekil 5.2’de gösterilmiştir.

Dizi düzlemi $\hat{p}(\theta_p, \varphi_p)$ birim vektörüne dik bir düzlemdir. $\hat{p}$, $\hat{L}_1$ ve $\hat{L}_2$ vektörlerinin birbirine dikliğini garantilemek için, bu vektörler, küresel koordinat sistemi birim vektörleri $\hat{r}_0$, $\hat{\theta}_0$ ve $\hat{\phi}_0$ ’a benzer şekilde tanımlanabilir.

$\hat{p}$, $\hat{L}_1$ ve $\hat{L}_2$ ’nin kartezyen koordinatlardaki bileşenleri

$$\begin{aligned}\hat{p}(\theta_p, \varphi_p) &= p_x \cdot \hat{x}_0 + p_y \cdot \hat{y}_0 + p_z \cdot \hat{z}_0 \\ &= \sin \theta_p \cos \varphi_p \hat{x}_0 + \sin \theta_p \sin \varphi_p \hat{y}_0 + \cos \theta_p \hat{z}_0\end{aligned}\quad (5.1)$$

$$\begin{aligned}\hat{L}_1(\theta_p, \varphi_p) &= l_{1x} \hat{x}_0 + l_{1y} \hat{y}_0 + l_{1z} \hat{z}_0 \\ &= \cos \theta_p \cos \varphi_p \hat{x}_0 + \cos \theta_p \sin \varphi_p \hat{y}_0 - \sin \theta_p \hat{z}_0\end{aligned}\quad (5.2)$$

$$\begin{aligned}\hat{L}_2(\theta_p, \varphi_p) &= l_{2x} \hat{x}_0 + l_{2y} \hat{y}_0 + l_{2z} \hat{z}_0 \\ &= -\sin \varphi_p \hat{x}_0 + \cos \varphi_p \hat{y}_0 + 0 \hat{z}_0\end{aligned}\quad (5.3)$$

şeklinde ifade edilir.

$\hat{L}_1$ ve $\hat{L}_2$ vektörleri, γ_p açısı ile döndürüldüğünde, $\hat{p}$, $\hat{L}_1$ ve $\hat{L}_2$ vektörlerinin birbirine olan dikliği korunmaktadır. Döndürme işleminin $\hat{L}_1$ vektöründen $\hat{L}_2$ vektörüne doğru yapıldığı varsayıldığında

$$\begin{aligned}\hat{L}_1(\theta_p, \varphi_p, \gamma_p) &= (\cos\gamma_p \cos\theta_p \cos\varphi_p - \sin\gamma_p \sin\varphi_p) \hat{x}_0 \\ &\quad + (\cos\gamma_p \cos\theta_p \sin\varphi_p + \sin\gamma_p \cos\varphi_p) \hat{y}_0 - \cos\gamma_p \sin\theta_p \hat{z}_0\end{aligned}\quad (5.4)$$

$$\begin{aligned}\hat{L}_2(\theta_p, \varphi_p, \gamma_p) &= (-\cos\gamma_p \sin\varphi_p - \sin\gamma_p \cos\theta_p \cos\varphi_p) \hat{x}_0 \\ &\quad + (\cos\gamma_p \cos\varphi_p - \sin\gamma_p \cos\theta_p \sin\varphi_p) \hat{y}_0 + \sin\gamma_p \sin\theta_p \hat{z}_0\end{aligned}\quad (5.5)$$

denklemleri elde edilir. Buna göre, uygun θ_p , φ_p ve γ_p seçimi ile düzlemsel bir dizi, koordinat sisteminde x, y ve z eksenine göre herhangi bir pozisyonda konumlandırılabilir. N_2 elemanlı alt diziler arasında N_{1-1} adet farklı uzaklık değeri D_{1i} ($i = 1, 2, \dots, N_2-1$), N_1 elemanlı alt diziler arasında ise N_{2-2} adet farklı uzaklık değeri D_{2j} ile gösterildiğinde bu uzaklık, dalga boyu cinsinden $D_{1i} = d_{1i}\lambda$ ve $D_{2i} = d_{2i}\lambda$ olarak yazılabilir.

Alt dizilerin j. yer alan i. elemanın konum vektörü

$$\begin{aligned}\vec{r}_{i,j} &= (d_{10} + d_{11} + d_{12} + \dots + d_{1i-1})\lambda\hat{L}_1 + (d_{20} + d_{21} + d_{22} + \dots + d_{2j-1})\lambda\hat{L}_2 \\ &= \left(\sum_{k=0}^{i-1} d_{1k}\right)\lambda\hat{L}_1 + \left(\sum_{k=0}^{j-1} d_{2k}\right)\lambda\hat{L}_2\end{aligned}\quad (5.6)$$

veya kartezyen koordinat sisteminde

$$\begin{aligned}\vec{r}_{i,j} &= \left[\left(\sum_{k=0}^{i-1} d_{1k}\right)\lambda l_{1x} + \left(\sum_{k=0}^{j-1} d_{2k}\right)\lambda l_{2x} \right] \hat{x}_0 + \left[\left(\sum_{k=0}^{i-1} d_{1k}\right)\lambda l_{1y} + \left(\sum_{k=0}^{j-1} d_{2k}\right)\lambda l_{2y} \right] \hat{y}_0 \\ &\quad + \left[\left(\sum_{k=0}^{i-1} d_{1k}\right)\lambda l_{1z} + \left(\sum_{k=0}^{j-1} d_{2k}\right)\lambda l_{2z} \right] \hat{z}_0\end{aligned}\quad (5.7)$$

olarak yazılabilir (birinci eleman merkezde olduğunda, $d_{10} = d_{20} = 0$ olmaktadır).

Eşitlik (4.5)'de belirtilen dizi faktörü ifadesi, düzlemsel dizi için ikili toplam ifadesi haline gelir ve

$$F(\theta, \varphi) = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} A_{i,j} e^{jk_0 \hat{r}_0 \vec{r}_{ij}} \quad (5.8)$$

olarak gösterilir.

$\hat{r}_0 \vec{r}_{i,j}$ skaler çarpımı

$$r_0 \vec{r}_{i,j} = \lambda \left[\left(\sum_{k=0}^{i-1} d_{1k} \right) (r_{0x} l_{1x} + r_{0y} l_{1y} + r_{0z} l_{1z}) + \left(\sum_{k=0}^{j-1} d_{2k} \right) (r_{0x} l_{2x} + r_{0y} l_{2y} + r_{0z} l_{2z}) \right] \quad (5.9)$$

şeklinde yazılabilir.

Dizi faktörü ifadesinde, $k_0 = 2\pi / \lambda$ ve $A_{i,j} = |A_{i,j}| e^{i\delta_{ij}}$ ifadeleri ve $\hat{r}_0 \vec{r}_{i,j}$ çarpımı yerlerine konulduğunda

$$F(\theta, \varphi) = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} |A_{i,j}| \exp(j2\pi \{ (\sum_{k=0}^{i-1} d_{1k}) (r_{0x} l_{1x} + r_{0y} l_{1y} + r_{0z} l_{1z}) + (\sum_{k=0}^{j-1} d_{2k}) (r_{0x} l_{2x} + r_{0y} l_{2y} + r_{0z} l_{2z}) \} + \delta_{i,j}) \quad (5.10)$$

ifadesi elde edilir.

Dizi faktörünün gerçel kısmı

$$\text{Re}\{F(\theta, \varphi)\} = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} |A_{i,j}| \cos(\{2\pi \{ (\sum_{k=0}^{i-1} d_{1k}) (r_{0x} l_{1x} + r_{0y} l_{1y} + r_{0z} l_{1z}) + (\sum_{k=0}^{j-1} d_{2k}) (r_{0x} l_{2x} + r_{0y} l_{2y} + r_{0z} l_{2z}) \} + \delta_{i,j} \}) \quad (5.11)$$

ile hesaplanabilir.

Dizi faktörünün sanal kısmı ise

$$\text{Im}\{F(\theta, \varphi)\} = \sum_{i=1}^{N_1} \sum_{j=1}^{N_2} |A_{i,j}| \sin(\{2\pi \{ (\sum_{k=0}^{i-1} d_{1k}) (r_{0x} l_{1x} + r_{0y} l_{1y} + r_{0z} l_{1z}) + (\sum_{k=0}^{j-1} d_{2k}) (r_{0x} l_{2x} + r_{0y} l_{2y} + r_{0z} l_{2z}) \} + \delta_{i,j} \}) \quad (5.12)$$

olarak gösterilebilir.

Böylece, dizi faktörünün mutlak değeri (5.11) ve (5.12) kullanılarak

$$|F(\theta, \varphi)| = \sqrt{[\text{Re}\{F(\theta, \varphi)\}]^2 + [\text{Im}\{F(\theta, \varphi)\}]^2} \quad (5.13)$$

şeklinde hesaplanabilir.

5.2 Tasarım Sonucu

Bu bölümde, x-y düzlemine yerleştirilmiş, x ekseninde 5, y ekseninde 2 sıradan oluşan ve eş yönlü yayılım yapan toplam 10 adet anten elemanı içeren düzlemsel dizi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Birbirini takip eden 2 anten arasındaki uzaklık her iki ekseninde de bütün antenler için eşit olup karşılıklı etkileşim etkisini ihmal edebilmek amacıyla dalga boyunun yarısı olacak şekilde ayarlama yapılmıştır.

5.2.1 Düzlemsel dizilerde ikili genetik algoritma ile sadece anten uyarım katsayısı genliklerinin ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagram şeklinin elde edilmesi

Yapılan benzetimde, izotropik anten dizinin ışıma diyagramında, ana kulakçık ile ilk yan kulakçık seviyesinin -35 dB'yi geçmemesi ve aynı zamanda ana huzme genişliğinin en az olması, tasarım ölçütü olarak belirlenmiştir (Bu bölümdeki tasarımlarda $\delta_{i,j} = 0$ olarak alınmıştır).

Bu benzetim de kullanılacak olan iyilik fonksiyonu ;

$$y = |35 + \max (SSL)| + FNBW \quad (5.14)$$

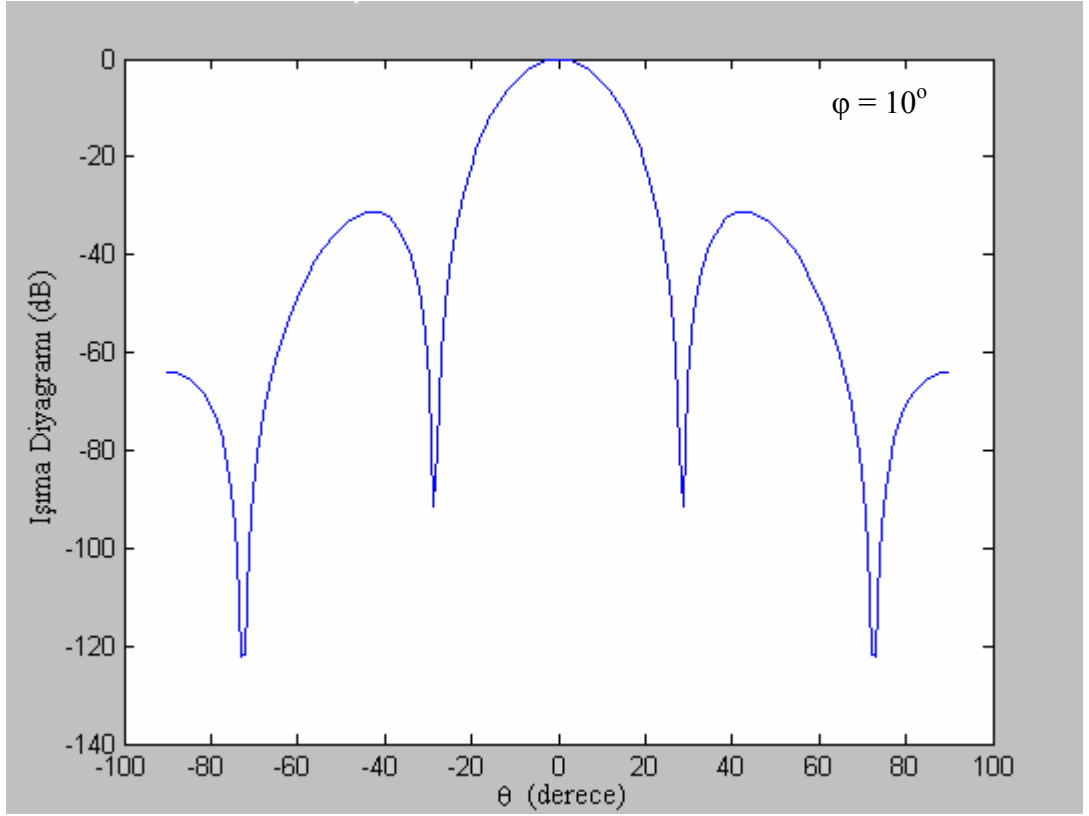
olarak belirlenmiştir. Burada max (SLL) ışıma diyagramında oluşan en yüksek yan kulakçık seviyesi, FNBW ise ana huzmenin ilk sıfırları arasında kalan genişliği olarak ayarlanmıştır.

Benzetimde aşağıdaki parametreler kullanılarak genetik algoritma programı yaklaşık 20 dakika çalıştırılmıştır (Tasarım - 5) :

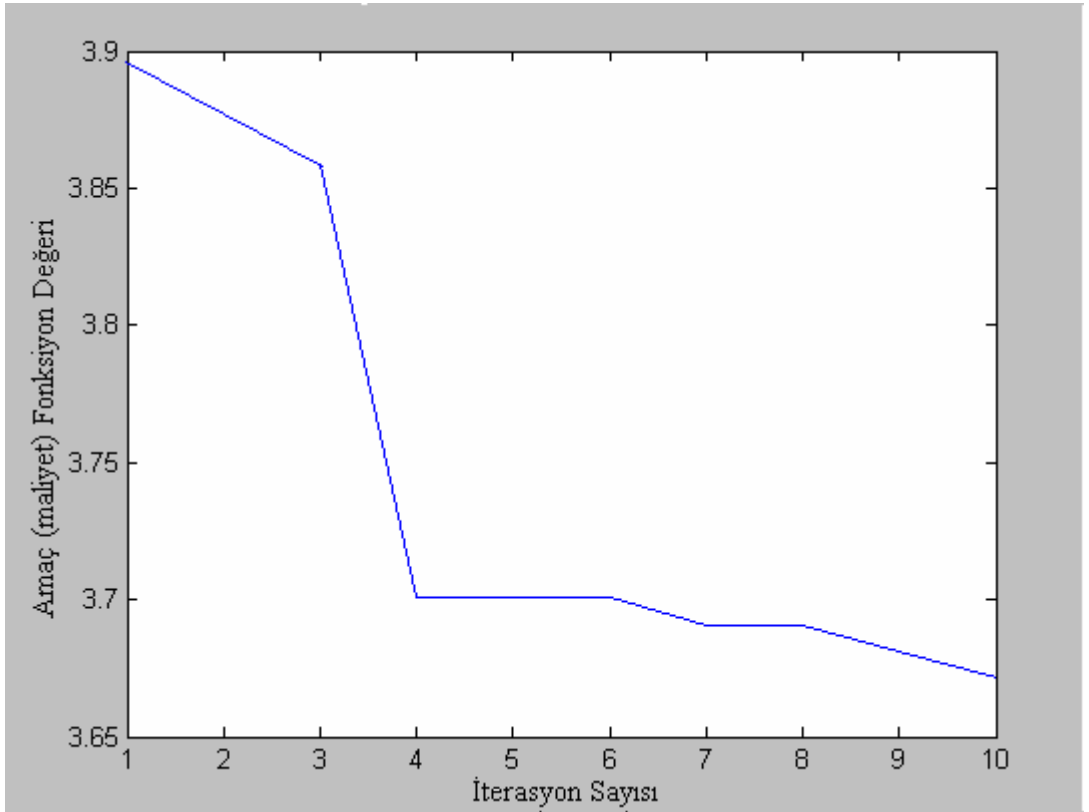
Tablo 5.1: Tasarım-5’de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	10
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Anten sayısı	10
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-90^\circ < \theta < 90^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/2$
φ	10°
Kodlama Seviyesi (bit sayısı)	8
Genlik uyarım katsayıları	[0, 1]

Bunun sonucunda istenilen tasarıma ait ışıma diyagramı Şekil 5.3’deki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.3: Düzlemsel anten serisi için yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-5)



Şekil 5.4: Amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-5)

Böylece, tasarımda belirlenen en yüksek yan kulakçık seviyesinin -35 dB olma koşulu genetik algoritma ile hesaplanan genlik uyarım katsayıları ile sağlanmıştır.

Bu benzetim sonucunda oluşan anten genlik uyarım katsayıları Tablo 5.2’de verilmiştir. Bu tabloda x_1 satırının yanında bulunan değerler, x ekseninde birinci sıraya yerleştirilen 2 adet antenin uyarım katsayılarını göstermektedir. Aynı şekilde, y_1 sütununda bulunan değerler y ekseninde birinci sıraya yerleştirilmiş 5 adet antenin uyarım katsayılarını göstermektedir. Örneğin x_3 satırı ve y_2 sütununda bulunan değer, dizide x ekseninde 3. y ekseninde 2. sırada yerleştirilmiş olan antene ait uyarım katsayılarının bilgisidir.

Tablo 5.2: Tasarım-5 sonucu elde edilen genlik uyarım katsayıları

	y_1	y_2
x_1	0,811	0,072
x_2	0,056	0,712
x_3	0,935	0,224
x_4	0,271	0,419
x_5	0,076	0,251

5.2.2 Düzlemsel dizilerde sürekli genetik algoritma ile sadece anten uyarım katsayısı genliklerinin ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramı şeklinin elde edilmesi

Yapılan benzetimde, izotropik anten dizinin ışıma diyagramında, ana kulakçık ile ilk yan kulakçık seviyesinin -35 dB’yi geçmemesi ve aynı zamanda ana huzme genişliğinin en az olması, tasarım ölçütü olarak belirlenmiştir.

Bu benzetim de kullanılacak olan iyilik fonksiyonu ;

$$y = |35 + \max (SSL)| + FNBW \quad (5.15)$$

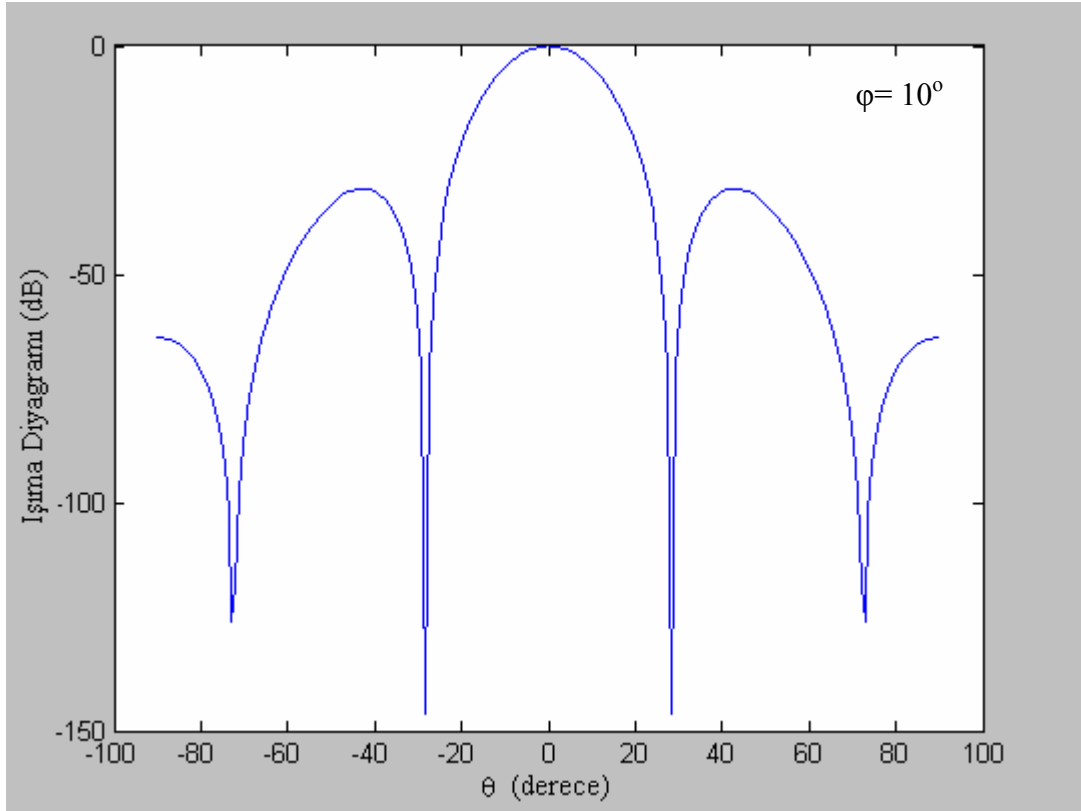
olarak belirlenmiştir. Burada $\max (SLL)$ ışıma diyagramında şeklinde oluşan en yüksek yan kulakçık seviyesi, FNBW ise ana huzmenin ilk sıfırları arasında kalan genişliği olarak ayarlanmıştır.

Benzetimde aşağıdaki parametreler kullanılarak genetik algoritma programı çalıştırılmıştır (Tasarım-6):

Tablo 5.3: Tasarım-6’da kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	100
Başlangıç topluluğu	1024
Doğal seçim büyüklüğü	64
Eşleşecek kromozom sayısı	32
Anten sayısı	10
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-90^\circ < \theta < 90^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/2$
φ	10°
Genlik uyarım katsayıları	[0, 1]

Bunun sonucunda istenilen tasarıma ait ışıma diyagramı Şekil 5.5’deki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.5: Düzlemsel anten serisi için sürekli genetik algoritma kullanılarak yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-6)

Tablo 5.4: Düzlemsel anten serisi için genlik uyarım katsayıları (Tasarım-6)

	y_1	Y_2
x_1	0,801	0,446
x_2	0,054	0,733
x_3	0,955	0,415
x_4	0,282	0,418
x_5	0,107	0,541

5.2.3 Düzlemsel dizilerde ikili genetik algoritma ile anten elemanları arasındaki uzaklığın ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının elde edilmesi

Yapılan benzetimde, izotropik anten dizinin ışıma diyagramında, ana kulakçık ile ilk yan kulakçık seviyesinin -35 dB'yi geçmemesi ve aynı zamanda ana huzme genişliğinin en az olması, tasarım ölçütü olarak belirlenmiştir.

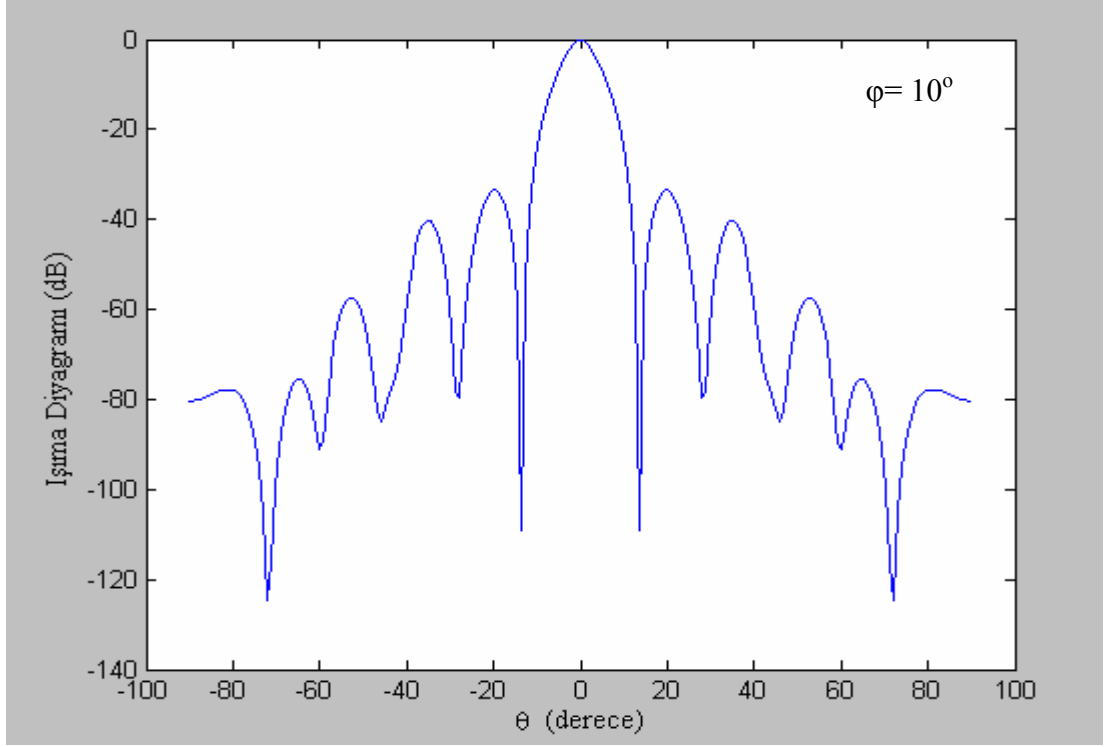
Bu benzetim de kullanılacak olan iyilik fonksiyonu (5.15)'de belirtilen fonksiyon olarak belirlenmiştir.

Benzetimde aşağıdaki parametreler kullanılarak genetik algoritma ile çalıştırılmıştır (Tasarım-7):

Tablo 5.5: Tasarım-7 de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	10
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Anten sayısı	10
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-90^\circ < \theta < 90^\circ$
Anten uyarım genliği	0,1
ϕ	10°
Kodlama Seviyesi	8
Elemanlar arasındaki uzaklık	$\lambda < d < 6\lambda$

Bunun sonucunda istenilen tasarıma ait ışıma diyagramı Şekil 5.6'deki gibi gerçekleştirilmiştir.

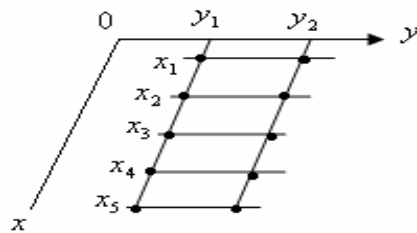


Şekil 5.6: Düzlemsel anten serisi için ikili genetik algoritma kullanılarak ışıma diyagramının θ ile değişimi (Tasarım-7)

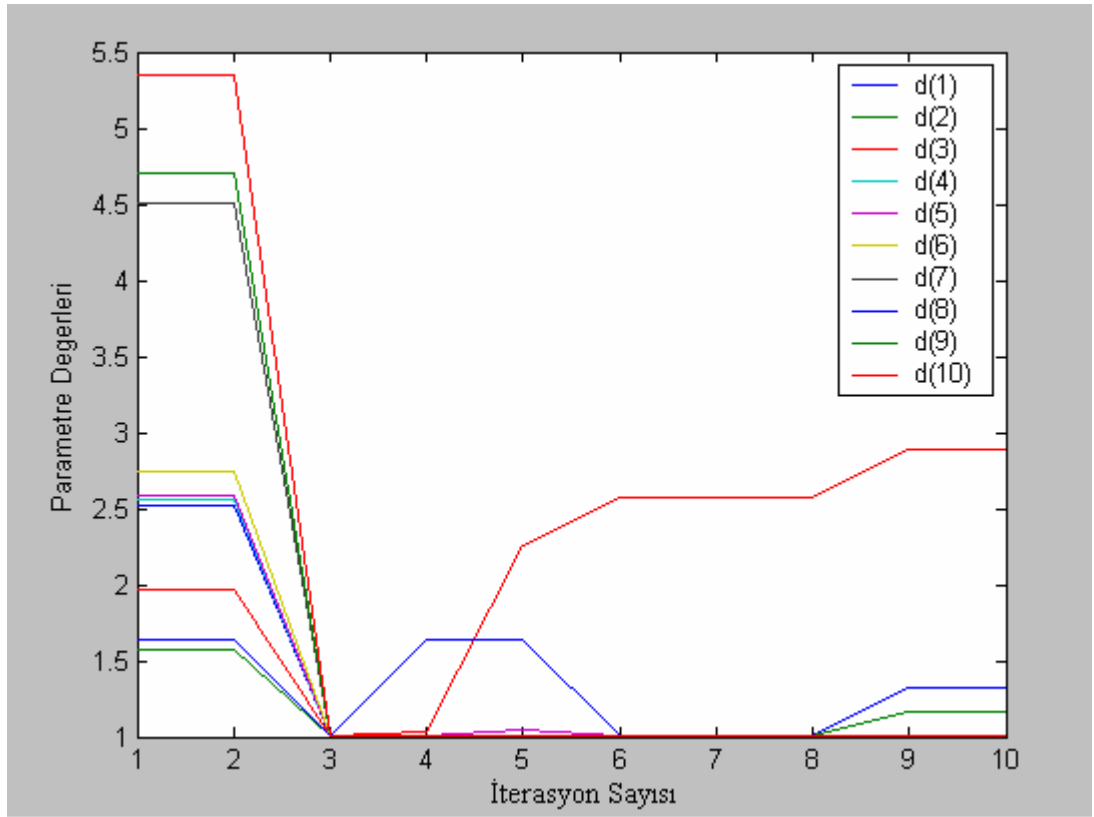
Tablo 5.6: Düzlemsel anten serisi için anten elemanları arasındaki uzaklık (uzaklık birimi λ 'dır) (Tasarım-7)

	y_1	y_2
x_1	2,886	2,511
x_2	1,761	1,107
x_3	1,011	1,011
x_4	1,191	1,011
x_5	1,011	1,386

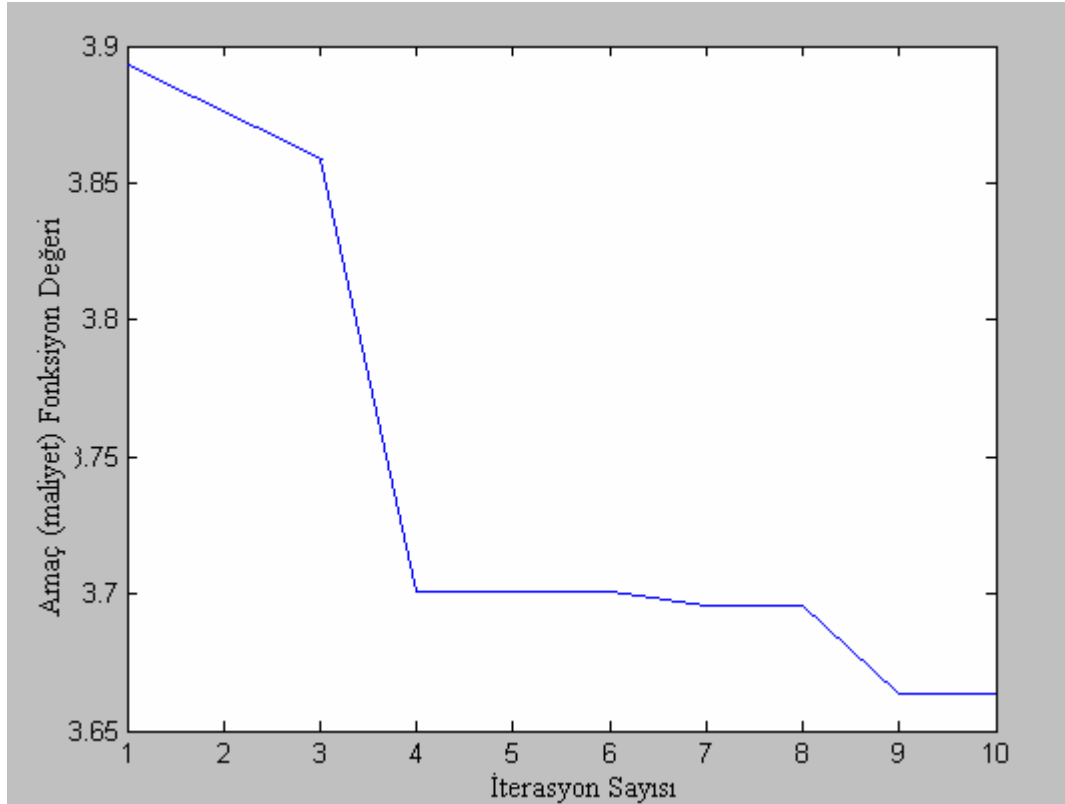
Elde edilen x_1 - y_1 0 noktasına olan uzaklıktır. Tabloda belirtilen diğer değerler antenlerin birbirlerine olan uzaklığını göstermektedir.



Şekil 5.7: Tasarım 7'ye ait anten yerleşim şekli



Şekil 5.8: Tasarım 7'ye ait anten eleman uzaklıklarının iterasyon sayısı ile değişimi



Şekil 5.9: Tasarım 7'ye ait amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi

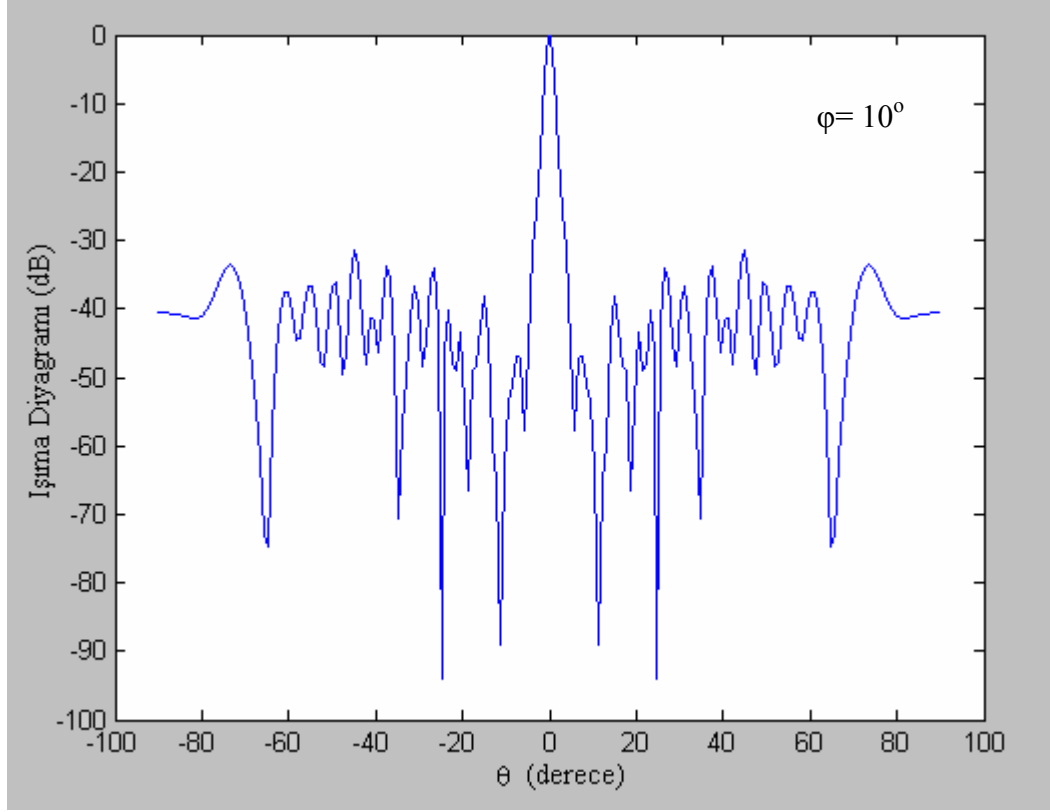
5.2.4 Düzlemsel dizilerde sürekli genetik algoritma ile anten elemanları arasındaki uzaklığın ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının elde edilmesi

Yapılan benzetimde, izotropik anten dizinin ışıma diyagramında yan kulakçık seviyelerinin -35 dB'yi geçmemesi ve aynı zamanda ana huzme genişliğinin en az olması, tasarım ölçütü olarak belirlenmiştir. Bu benzetim de kullanılacak olan iyilik fonksiyonu (5.15)'de belirtilen fonksiyon olarak belirlenmiştir. Benzetimde aşağıdaki parametreler kullanılarak genetik algoritma ile çalıştırılmıştır (Tasarım-8):

Tablo 5.7: Tasarım-8'de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	100
Başlangıç topluluğu	1024
Doğal seçim büyüklüğü	64
Eşleşecek kromozom sayısı	32
Anten sayısı	10
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-90^\circ < \theta < 90^\circ$
Antenler arası uzaklık	$2\lambda < d < 6\lambda$
φ	10°
Anten uyarım katsayıları	0,1

Bunun sonucunda istenilen tasarıma ait ışıma diyagramının şekli aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.10: Düzlemsel anten serisi için sürekli genetik algoritma kullanılarak ışıma diyagramının θ ile değişimi (Tasarım-8)

Tablo 5.8: Düzlemsel anten serisi için anten elemanları arasındaki uzaklık (uzaklık birimi λ 'dır) (Tasarım-8)

	y_1	y_2
x_1	2,346	4,501
x_2	5,305	3,851
x_3	4,149	3,864
x_4	3,696	4,579
x_5	5,556	5,793

Sürekli genetik algoritma ve ikili genetik algoritma ile de istenen ışıma diyagramı elde edilmiştir. Sürekli genetik algoritma benzetim sonuçları ikili genetik algoritmaya göre daha kısa sürede elde edilmiştir.

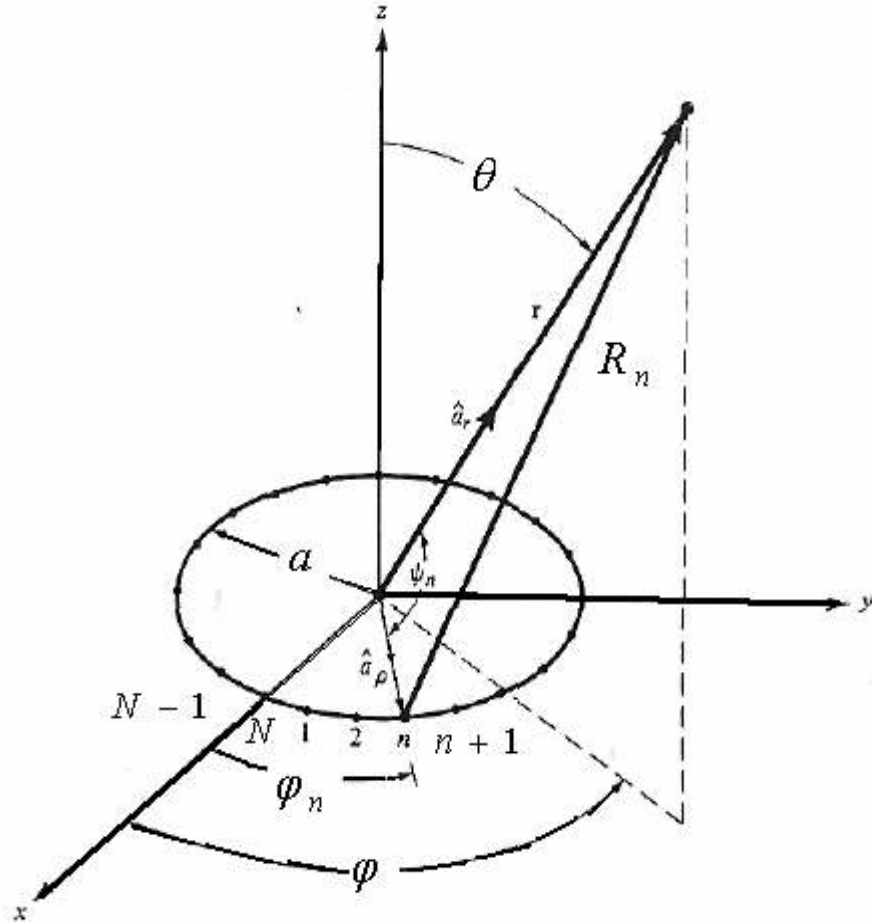
6. DAİRESEL ANTEN DİZİLERİ

Çember bir yapı üzerine yerleştirilerek yayın yapan elemanlar bütününe dairesel anten dizisi adı verilir. Bu diziler, yön bulma, hava ve uzay sistemleri navigasyonu, yer altı yayılımı, radar ve sonra gibi birçok uygulamalarda kullanılmaktadır.

Bu bölümde, elemanları bir çember üzerine yerleştirilmiş dairesel anten dizileri için genel bir formülasyon verilerek farklı amaçlara yönelik olarak elde edilen benzetim sonuçları sunulmuştur.

6.1 Dairesel Anten Dizileri Dizi Faktörü

Şekil 6.1’de genel bir dairesel dizi gösterilmiştir (Balanis, 1992).



Şekil 6.1: Dairesel dizi yapısı.

Diziye ait i. elemanın konum vektörü

$$\begin{aligned}\vec{r}_i &= a(\cos\varphi_i \hat{x}_0 + \sin\varphi_i \hat{y}_0) \\ \hat{r}_0 &= \sin\theta \cos\varphi \hat{x}_0 + \sin\theta \sin\varphi \hat{y}_0 + \cos\theta \hat{z}_0\end{aligned}\quad (6.1)$$

şeklinde yazılabilir.

Eşitlik (3.7)'de verilen dizi faktörü ifadesinde bulunan $\hat{r}_0 \vec{r}_i$ skaler çarpımı

$$\begin{aligned}\hat{r}_0 \vec{r}_i &= (\sin\theta \cos\varphi \hat{x}_0 + \sin\theta \sin\varphi \hat{y}_0 + \cos\theta \hat{z}_0) a(\cos\varphi_i \hat{x}_0 + \sin\varphi_i \hat{y}_0) \\ &= a(\sin\theta \cos\varphi \cos\varphi_i + \sin\theta \sin\varphi \sin\varphi_i) = a\sin\theta (\cos\varphi \cos\varphi_i + \sin\varphi \sin\varphi_i) \\ &= a\sin\theta \cos(\varphi - \varphi_i)\end{aligned}\quad (6.2)$$

olarak gösterilebilir. Eşitlik (3.7)'de verilen dizi faktöründe $k_0 = 2\pi / \lambda$ ve $|A_i| = |A_i| e^{i\delta_i}$ ifadeleri yerlerine konulduğunda

$$F(\theta, \varphi) = \sum_{i=1}^N |A_i| \exp \left[j \left\{ \frac{2\pi}{\lambda} a \sin\theta \cos(\varphi - \varphi_i) + \delta_i \right\} \right] \quad (6.3)$$

ifadesi elde edilir. i. elemanın açısal konumu için

$$\varphi_i = 2\pi \left(\frac{i}{N} \right) \quad (6.4)$$

yazılabilir. Dizi faktörünün gerçel ve sanal kısımları

$$\text{Re}\{F(\theta, \varphi)\} = \sum_{i=1}^N |A_i| \cos \left[\frac{2\pi}{\lambda} a \sin\theta \cos(\varphi - \varphi_i) + \delta_i \right] \quad (6.5)$$

$$\text{Im}\{F(\theta, \varphi)\} = \sum_{i=1}^N |A_i| \sin \left[\frac{2\pi}{\lambda} a \sin\theta \cos(\varphi - \varphi_i) + \delta_i \right] \quad (6.6)$$

şeklindedir. Böylece dizi faktörünün mutlak değeri

$$|F(\theta, \varphi)| = \sqrt{[\text{Re}\{F(\theta, \varphi)\}]^2 + [\text{Im}\{F(\theta, \varphi)\}]^2} \quad (6.7)$$

ifadesi kullanılarak hesaplanabilir.

6.2 Dairesel dizilerde anten genlik uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının ikili genetik algoritma ile elde edilmesi

Bu uygulama da Şekil 6.1’de görülen x-y düzlemine yerleştirilmiş eş yönlü yayılım yapan N adet izotropik anten elemanından oluşan daireysel dizi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Dairesel dizinin yarıçapı 8λ dalga boyu büyüklüğünde ayarlanmıştır.

Birbirini takip eden iki anten arasındaki uzaklık bütün antenler için eşit olup dalga boyunun yarısı ($\lambda/2$) olacak şekilde ayarlanmıştır. Antenler izotropik seçildiği için dizinin ışıma deseni dizinin dizi faktörüne eşit olacaktır.

Tasarım ölçütü daireysel anten dizi elemanlarına ait genlik uyarım katsayılarını yan kulakçık seviyesini maksimum azaltacak şekilde hesaplamaktır. Bu tasarım ölçütü doğrultusunda amacımız aşağıdaki iyilik fonksiyonunu minimum yapan değerleri bulmak olacaktır.

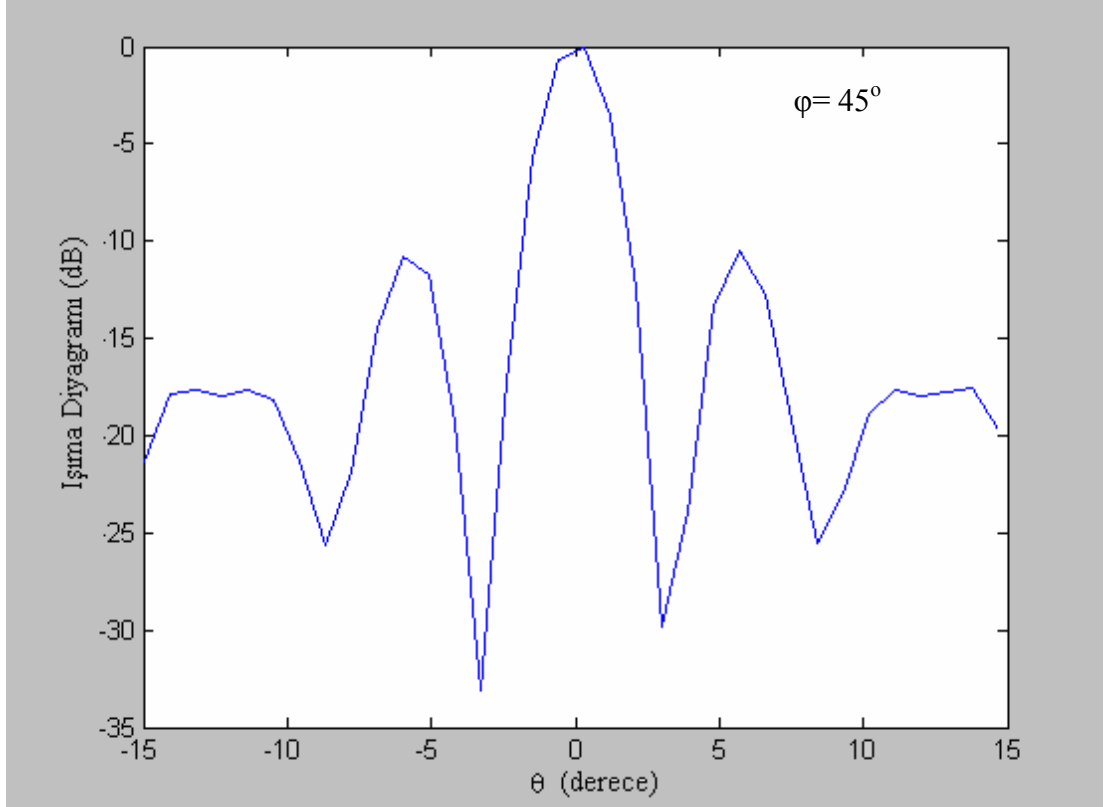
$$y = |F_{\theta_{msl}}| / |F_{\theta_0}| \quad (6.8)$$

θ_{msl} maksimum yan kulakçık seviyesinin elde edildiği, θ_0 ise ışıma örüntüsünde evrensel (global) maksimumun elde edildiği açıdır. Amaç bu y fonksiyonunu minimum yapan genlik uyarım katsayılarını hesaplamaktır.

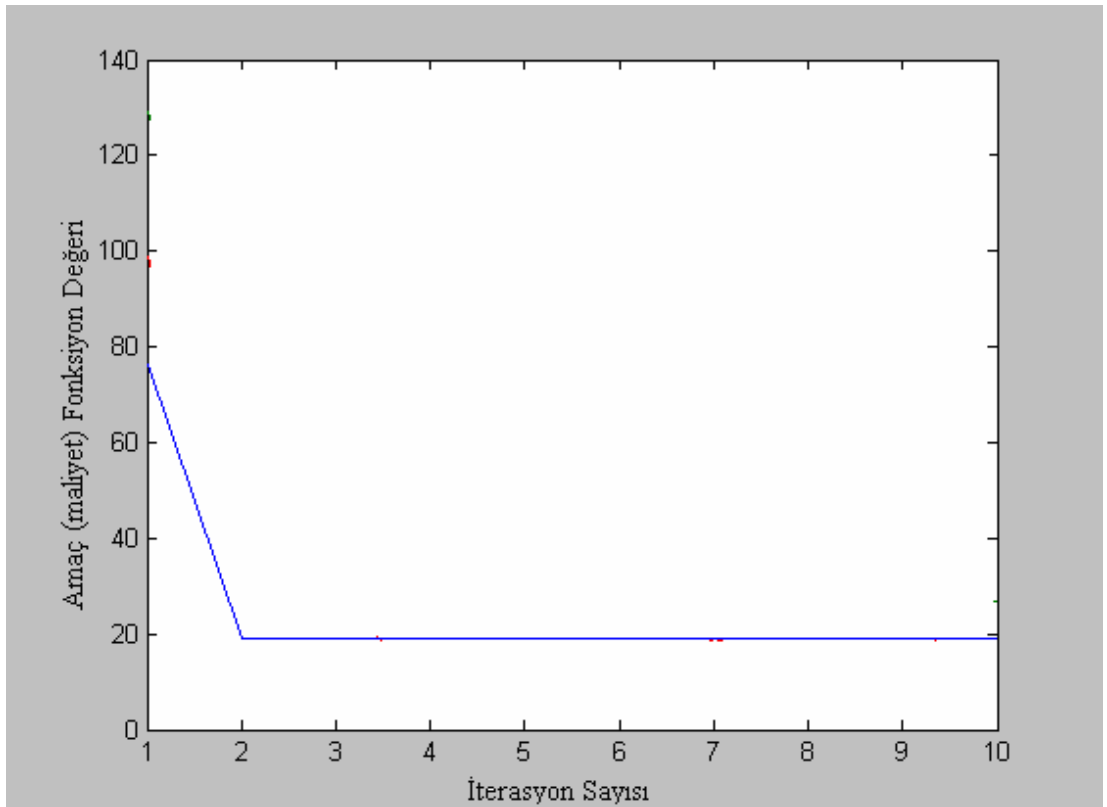
İlk benzetimde ikili genetik algoritma kullanılmıştır. Benzetime ait parametreler Tablo 6.1’deki gibi alınarak genetik algoritma programı çalıştırılmıştır (Tasarım - 9):

Tablo 6.1: Tasarım-9’da kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	10
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Anten sayısı	5
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-15^\circ < \theta < 15^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/2$
Kodlama Seviyesi	8
φ	45°
Anten genlik uyarım katsayısı	[0, 1]
δ_i	0



Şekil 6.2: İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-9)



Şekil 6.3: Tasarım 9'a ait amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi

Genetik algoritma sayesinde yan kulakçıkların -10,08 dB'den daha düşük olması sağlanarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Ana huzmenin ilk sıfırları arasında kalan genişlik ise 8 derece olarak bulunmuştur. Bu tasarım sonucunda oluşan antenlere ait genlik uyarım katsayılarının optimum değerleri Tablo 6.2'deki gibi oluşmuştur.

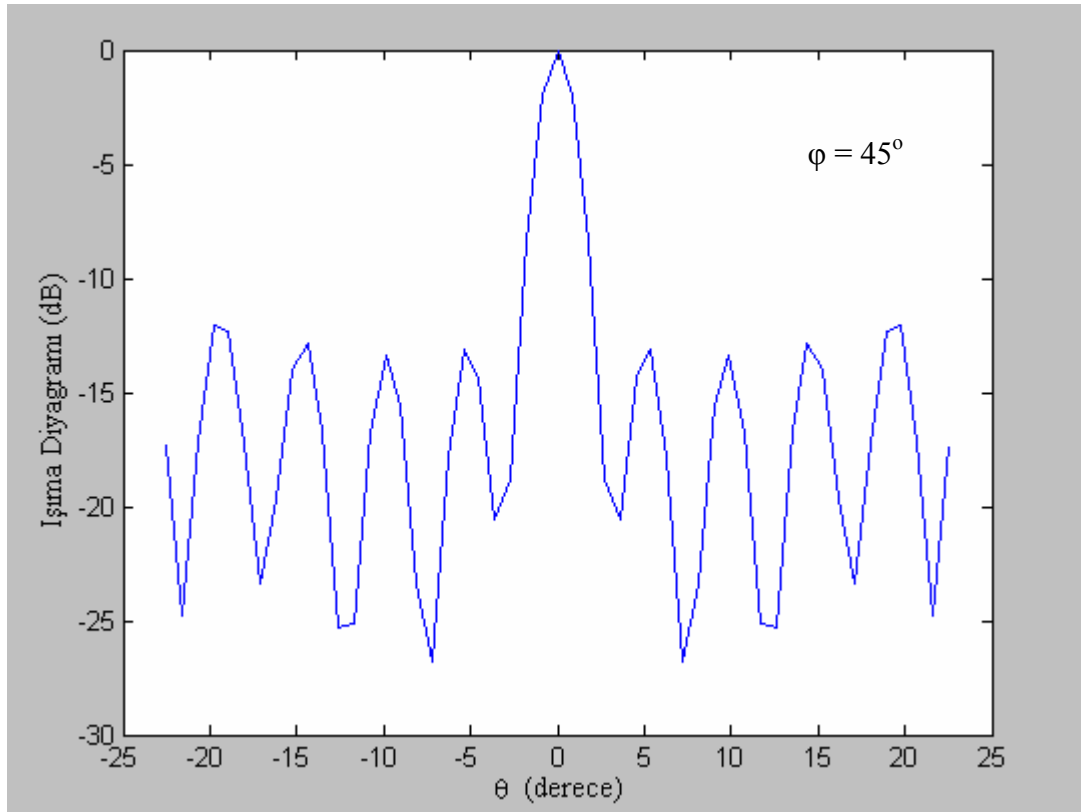
Tablo 6.2: Dairesel anten dizisinde ikili GA, $N = 5$ için anten genlik uyarım katsayıları (Tasarım-9)

A_1	0.00976563
A_2	0.59570313
A_3	0.91210938
A_4	0.80664063
A_5	0.53710938

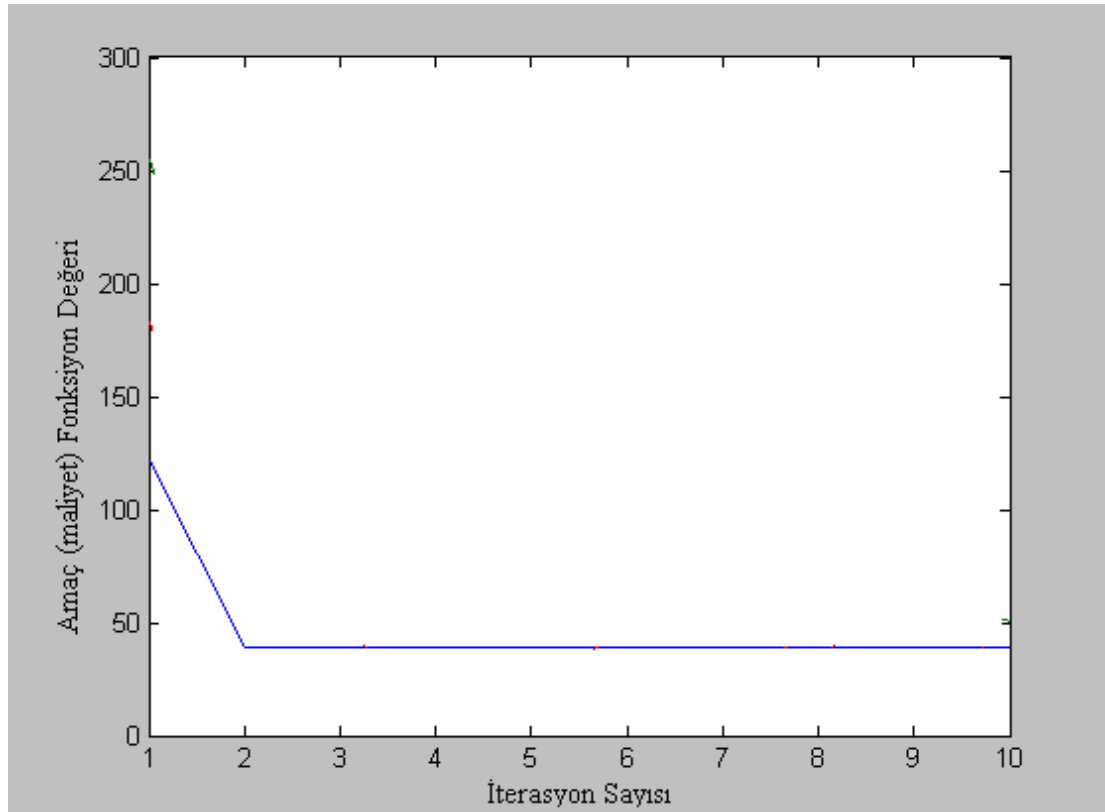
Dairesel antenlerdeki ikinci benzetimde dizideki anten sayısı arttırılmıştır. İlgili parametreler Tablo 6.3'de belirtildiği gibi alınarak ikili genetik algoritma programı ile çalıştırılmıştır (Tasarım-10).

Tablo 6.3: Tasarım-10 de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	10
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Anten sayısı	10
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-22,5^\circ < \theta < 22,5^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/2$
Kodlama Seviyesi	8
φ	45°
Anten genlik uyarım katsayısı	[0, 1]
δ_i	0



Şekil 6.4: İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 10$) yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-10)



Şekil 6.5: Tasarım 10'a ait amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi

Genetik algoritma sayesinde yan kulakçıkların -12,58 dB'den daha düşük olması sağlanarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Ana huzmenin ilk sıfırları arasında kalan genişlik ise 8 derece olarak bulunmuştur. Bu tasarım sonucunda oluşan antenlere ait genlik uyarım katsayılarının optimum değerleri Tablo 6.4' deki gibi oluşmuştur.

Tablo 6.4: İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 10$) anten genlik uyarım katsayıları (Tasarım- 10)

A_1	0.60351563
A_2	0.77929688
A_3	0.91601563
A_4	0.63476563
A_5	0.71289063
A_6	0.77929688
A_7	0.72070313
A_8	0.25585938
A_9	0.86523438
A_{10}	0.05664063

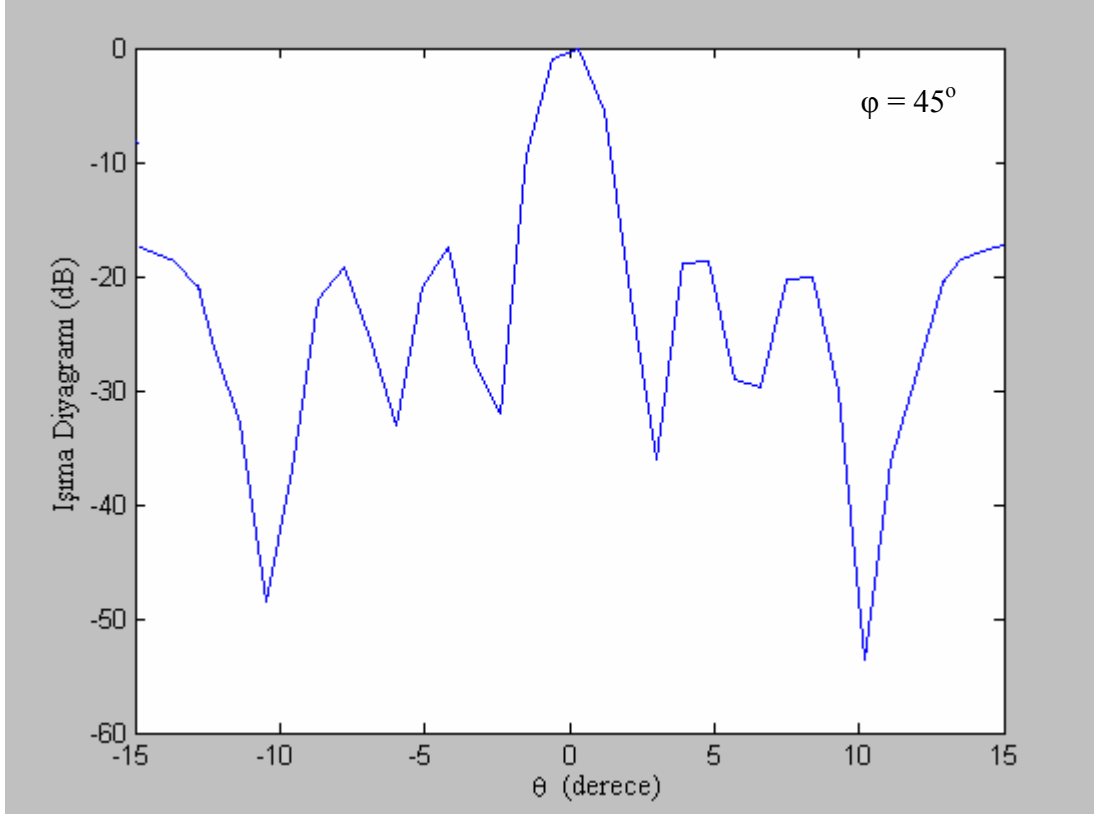
6.3 Dairesel dizilerde anten genlik uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının sürekli genetik algoritma ile elde edilmesi

Bir önceki benzetimde olduğu gibi (Tasarım-10) bu uygulamada da Şekil 6.1'de görülen x-y düzlemine yerleştirilmiş eş yönlü yayılım yapan N adet izotropik anten elemanından oluşan dairesel dizi üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Dairesel dizinin yarıçapı 8 dalga boyu büyüklüğünde ayarlanmıştır. Birbirini takip eden iki anten arasındaki uzaklık bütün antenler için eşit olup dalga boyunun yarısı olacak şekilde ayarlanmıştır.

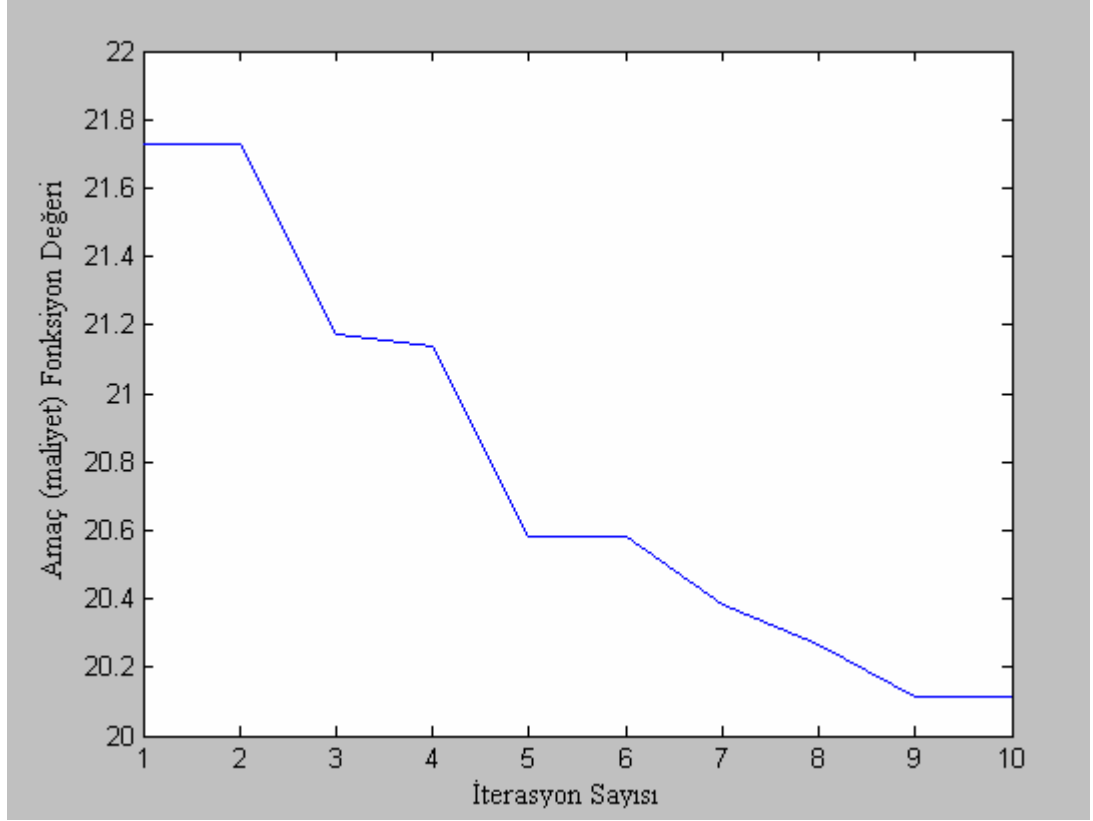
Tasarım ölçütü dairesel anten dizi elemanlarına ait genlik uyarım katsayılarını yan kulakçık seviyesini maksimum azaltacak şekilde hesaplamaktır. Bu tasarım ölçütü doğrultusunda (6.8)'deki iyilik fonksiyonu kullanılacaktır. Benzetime ait parametreler Tablo 6.5'deki gibi alınarak genetik algoritma programı çalıştırılmıştır (Tasarım-11).

Tablo 6.5: Tasarım-11’de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	1000
Başlangıç topluluğu	1024
Doğal seçim büyüklüğü	64
Eşleşecek kromozom sayısı	32
Anten sayısı	5
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-15^\circ < \theta < 15^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/2$
φ	45°
Genlik uyarım katsayısı	[0, 1]
δ_i	0



Şekil 6.6: Sürekli genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) yan kulakçık seviyesinin θ ile değişimi (Tasarım-11)



Şekil 6.7: Tasarım 11'e ait amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi

Genetik algoritma sayesinde yan kulakçıkların -17,03 dB'den daha düşük olması sağlanarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Ana huzmenin ile sıfırları arasında kalan genişlik ise 6 derece olarak bulunmuştur.

Bu tasarım sonucunda oluşan antenlere ait genlik uyarım katsayılarının optimum değerleri aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Tablo 6.6: Sürekli GA ile dairesel anten dizisinde anten genlik uyarım katsayıları
(Tasarım -11)

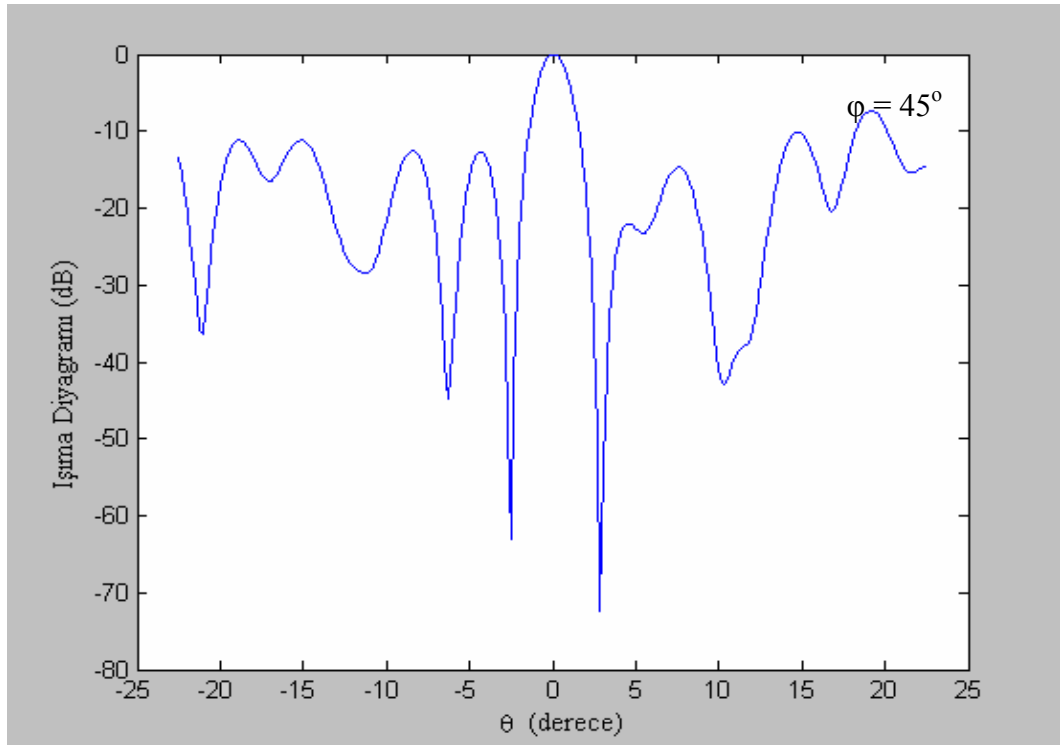
A_1	0.53145752
A_2	0.93925514
A_3	0.64503147
A_4	0.90118711
A_5	0.13093738

6.4 Dairesel dizilerde anten faz uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının sürekli genetik algoritma ile elde edilmesi

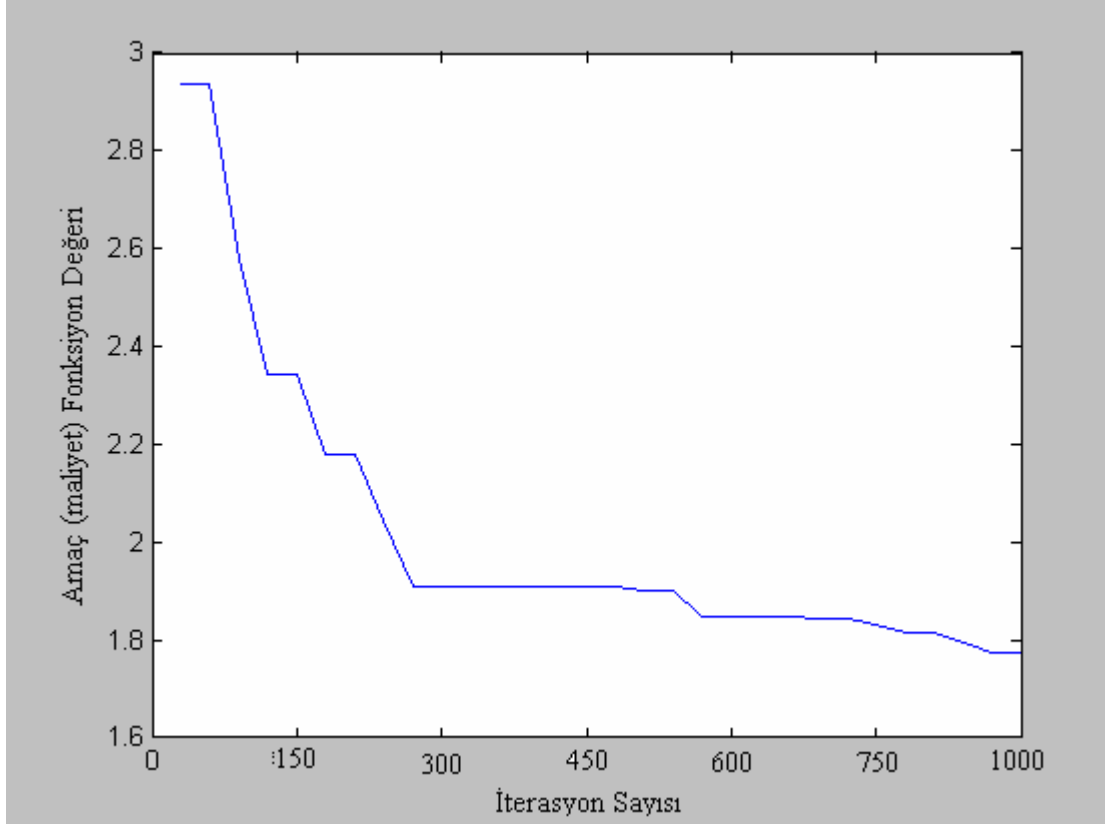
Tasarım ölçütü dairesel anten dizi elamanlarına ait faz uyarım katsayılarını yan kulakçık seviyesini maksimum azaltacak şekilde hesaplamaktır. Bu tasarım ölçütü doğrultusunda (6.8)'deki iyilik fonksiyonu kullanılacaktır. Benzetime ait parametreler Tablo 6.7'deki gibi alınarak genetik algoritma programı çalıştırılmıştır (Tasarım-12).

Tablo 6.7: Tasarım-12'de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	1000
Başlangıç topluluğu	1024
Doğal seçim büyüklüğü	64
Eşleşecek kromozom sayısı	32
Anten sayısı	5
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-22,5^\circ < \theta < 22,5^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/2$
Genlik uyarım katsayısı	0,1
φ	45°



Şekil 6.8: Sürekli genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) ışıma diyagramı (Tasarım-12)



Şekil 6.9: Tasarım 12'ye ait amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi

Genetik algoritma sayesinde yan kulakçıkların -10,73 dB'den daha düşük olması sağlanarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Ana huzmenin ile sıfırları arasında kalan genişlik ise 6 derece olarak bulunmuştur. Bu tasarım sonucunda oluşan antenlere ait faz uyarım katsayılarının optimum değerleri aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Tablo 6.8: Sürekli GA ile dairesel anten dizisinde anten faz uyarım katsayıları (birimi radyan'dır) (Tasarım -12)

δ_1	0.260417
δ_2	0.176298
δ_3	0.770260
δ_4	0.688480
δ_5	0.608759

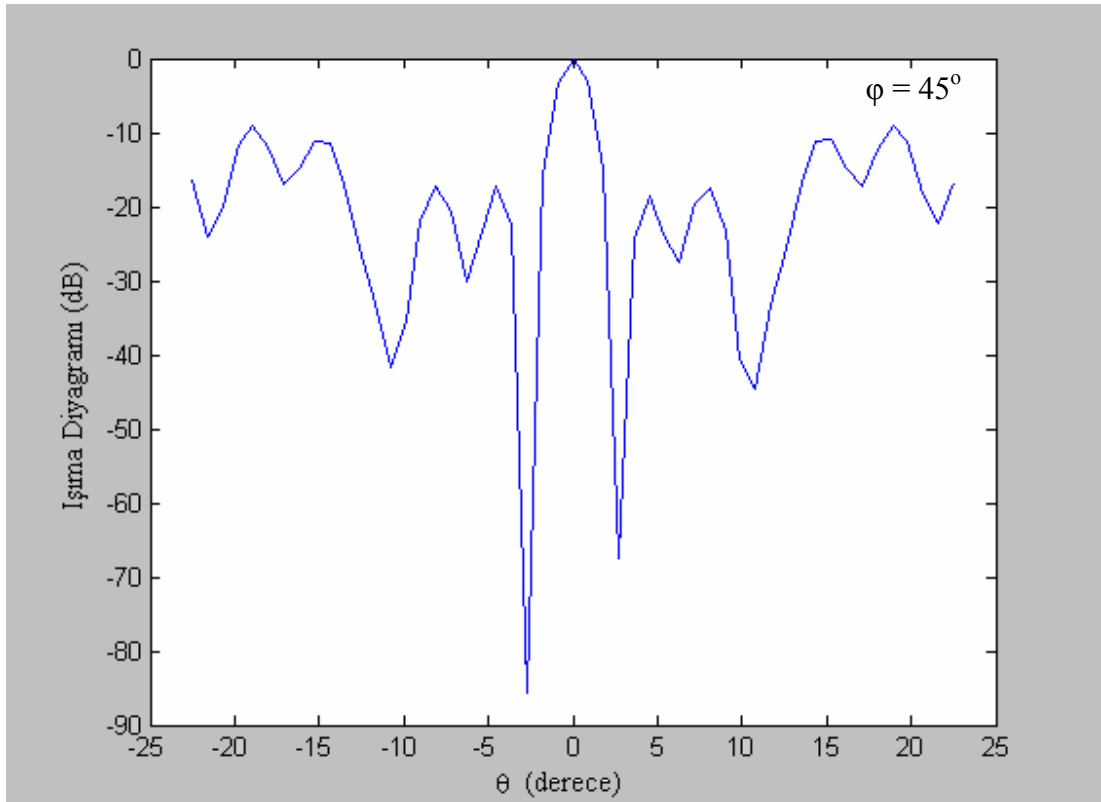
6.5 Dairesel dizilerde anten faz uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının ikili genetik algoritma ile elde edilmesi

Tasarım ölçütü dairesel anten dizi elemanlarına ait faz uyarım katsayılarını yan kulakçık seviyesini maksimum azaltacak şekilde hesaplamaktır. Bu tasarım ölçütü

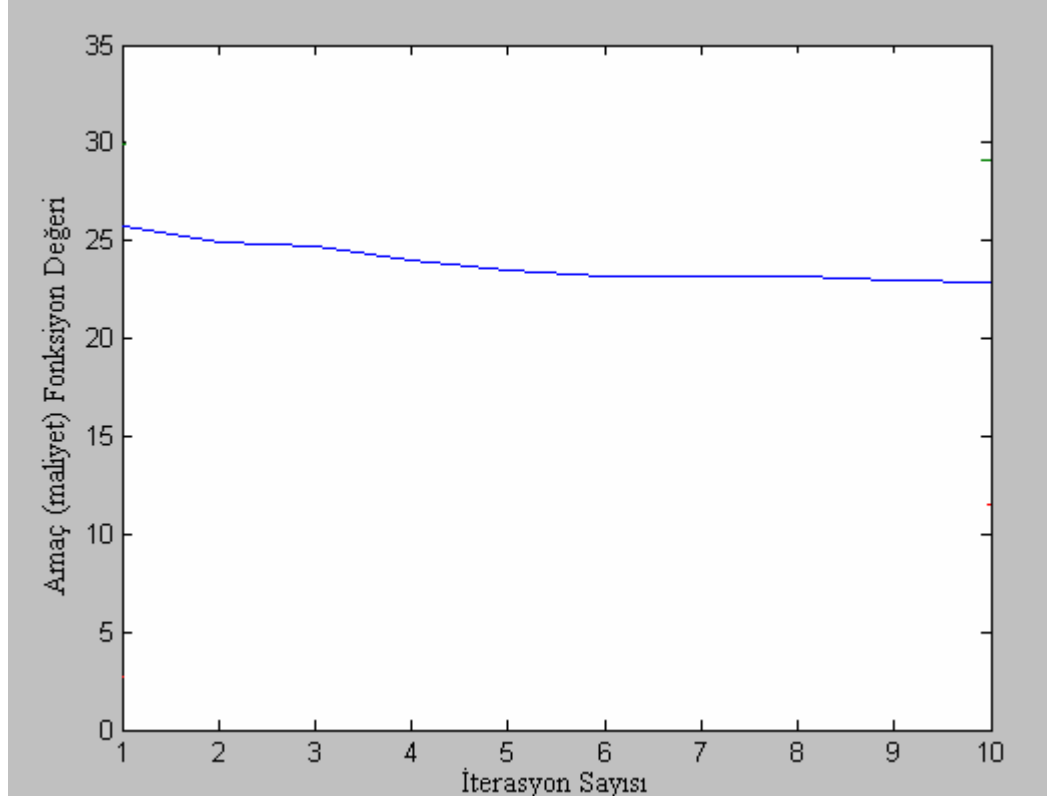
doğrultusunda (6.8)'deki iyilik fonksiyonu kullanılacaktır. Benzetime ait parametreler Tablo 6.9'daki gibi alınarak genetik algoritma programı çalıştırılmıştır (Tasarım-13).

Tablo 6.9: Tasarım-13'de kullanılan değişkenlere ait değerler

Maksimum iterasyon sayısı	10
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Anten sayısı	10
Mutasyon oranı	0,01
θ	$-22,5^\circ < \theta < 22,5^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/2$
Kodlama Seviyesi	8
φ	45°
Genlik uyarım katsayısı	0,1
δ_i	[0, 1]



Şekil 6.10: İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) ışıma diyagramı (Tasarım-13)



Şekil 6.11: İkili genetik algoritma ile dairesel anten serisi için ($N = 5$) amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-13)

Genetik algoritma sayesinde yan kulakçıkların $-8,36$ dB'den daha düşük olması sağlanarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Ana huzmenin ile sıfırları arasında kalan genişlik ise 8 derece olarak bulunmuştur. Bu tasarım sonucunda oluşan antenlere ait faz uyarım katsayılarının optimum değerleri aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Tablo 6.10: İkili GA ile dairesel anten dizisinde anten faz uyarım katsayıları (birimi radyan'dır) (Tasarım -13)

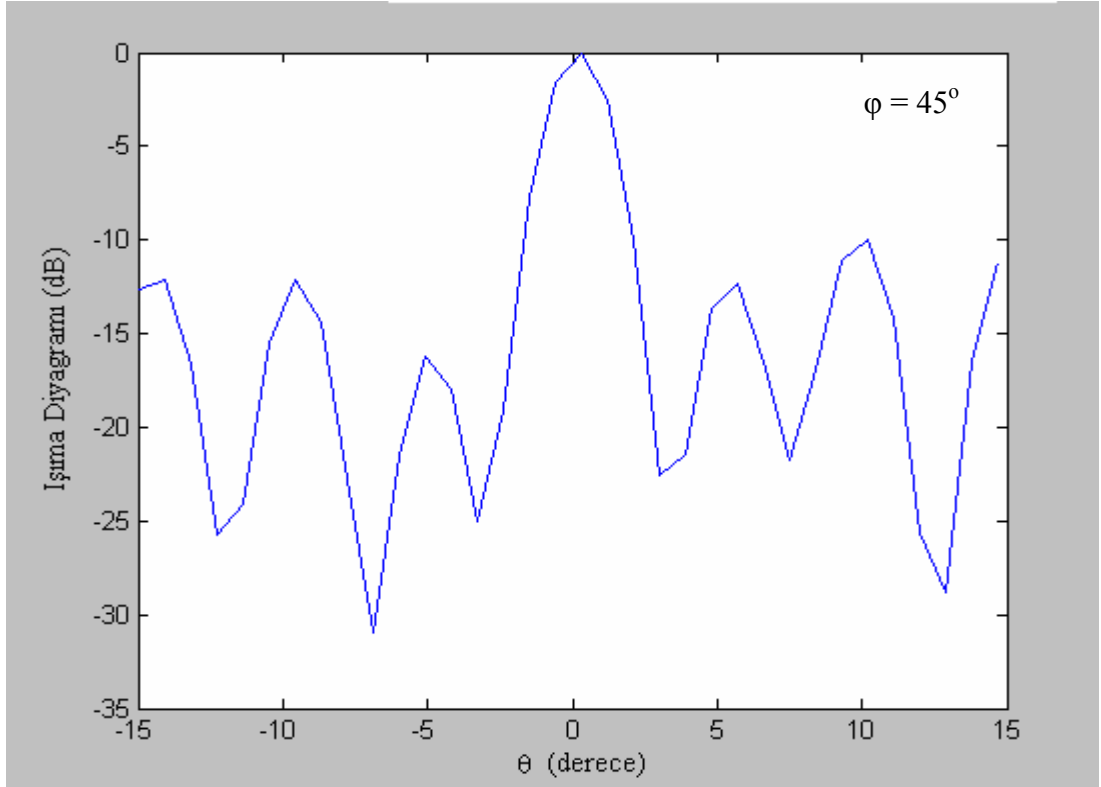
δ_1	0.978515
δ_2	0.427734
δ_3	0.001953
δ_4	0.212890
δ_5	0.849609

6.6 Dairesel dizilerde hem anten faz uyarım hem de genlik uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla istenen ışıma diyagramının ikili genetik algoritma ile elde edilmesi

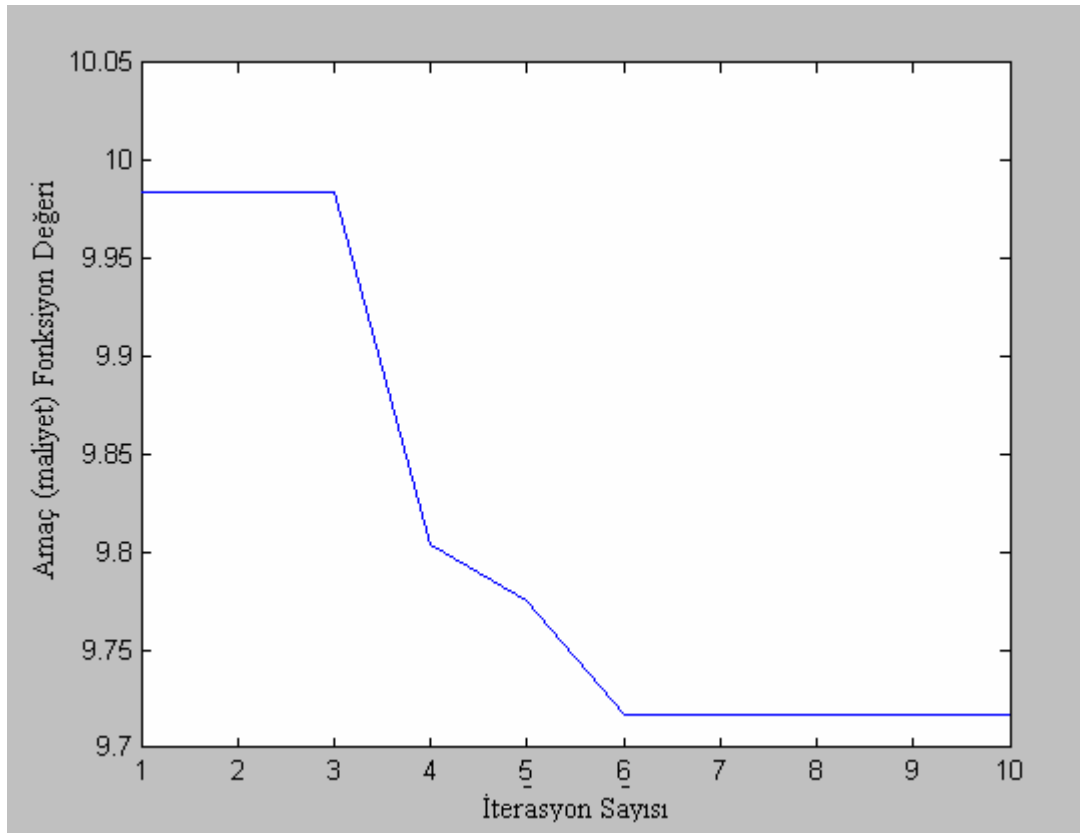
Tasarım ölçütü dairesel anten dizi elemanlarına ait faz uyarım katsayılarını yan kulakçık seviyesini maksimum azaltacak şekilde hesaplamaktır. Bu tasarım ölçütü doğrultusunda (6.8)'deki iyilik fonksiyonu kullanılacaktır. Benzetime ait parametreler Tablo 6.11'deki gibi alınarak genetik algoritma programı çalıştırılmıştır (Tasarım-14).

Tablo 6.11: Tasarım-14'de kullanılan değişkenlere ait değerler

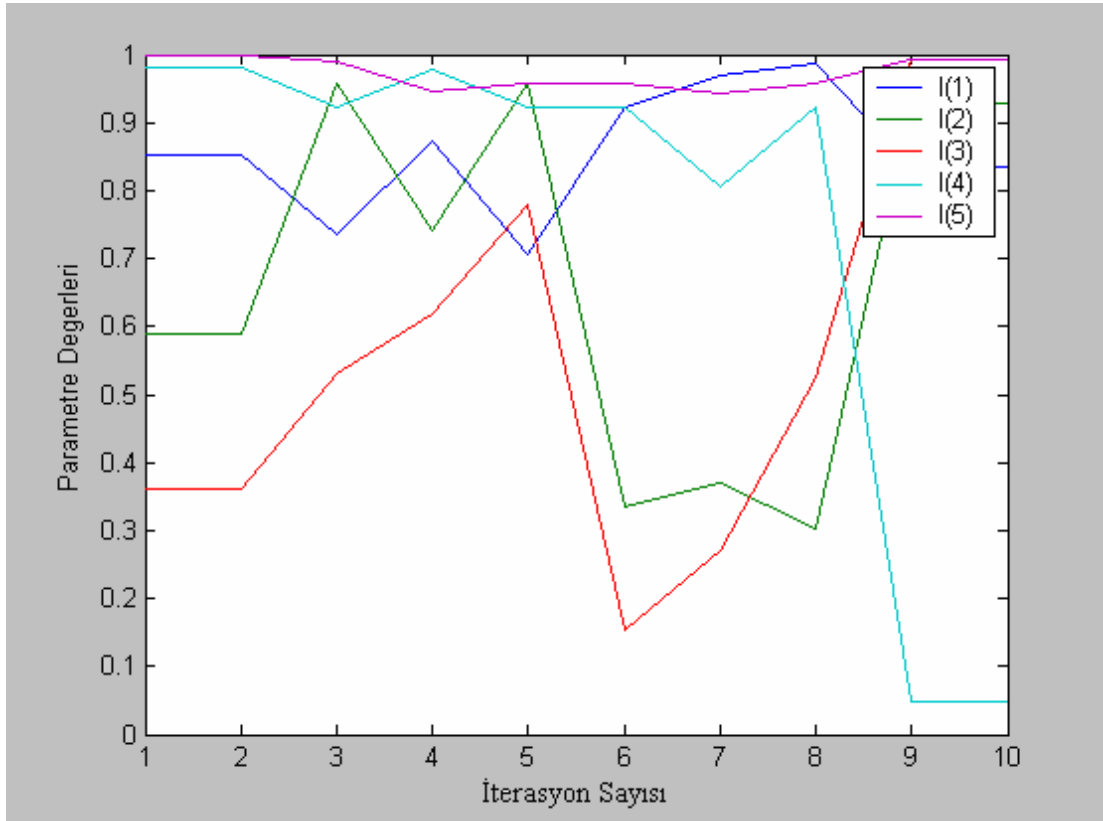
Maksimum iterasyon sayısı	10
Başlangıç topluluğu	48
Doğal seçim büyüklüğü	24
Eşleşecek kromozom sayısı	12
Anten sayısı	10
Mutasyon oranı	0,1
θ	$-15^\circ < \theta < 15^\circ$
Antenler arası uzaklık	$\lambda/2$
Kodlama Seviyesi	8
φ	45°
Genlik uyarım katsayısı	[0, 1]
δ_i	[0, 1]



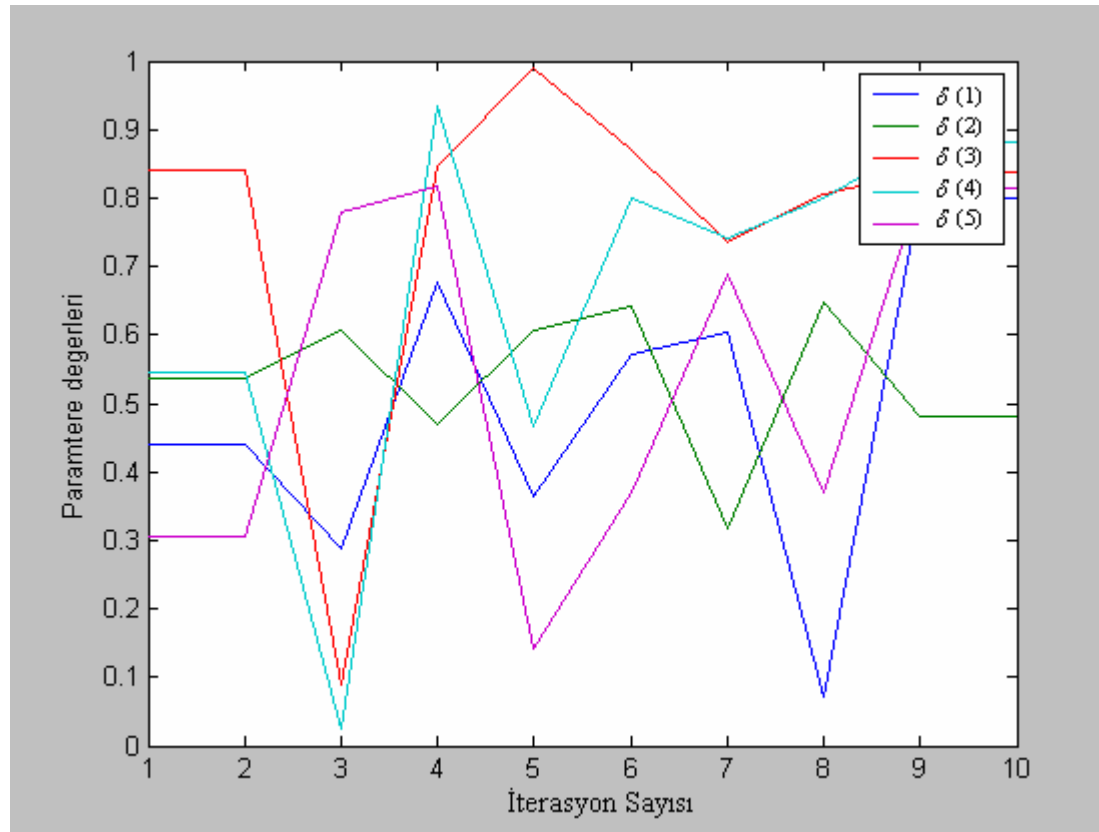
Şekil 6.12: Işıma diyagramı (Tasarım-14)



Şekil 6.13: Amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-14)



Şekil 6.14: Genlik uyarım parametrelerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-14)



Şekil 6.15: Faz uyarım parametrelerinin iterasyon sayısı ile değişimi (Tasarım-14)

Genetik algoritma sayesinde yan kulakçıkların -12,11 dB'den daha düşük olması sağlanarak tasarım gerçekleştirilmiştir. Ana huzmenin ile sıfırları arasında kalan genişlik ise 6 derece olarak bulunmuştur. Bu tasarım sonucunda oluşan antenlere ait faz uyarım katsayılarının optimum değerleri aşağıdaki gibi oluşmuştur.

Tablo 6.12: Dairesel anten dizisinde anten faz uyarım ve genlik uyarım katsayıları (radyan) - (Tasarım -14)

δ_1	0.9707	A_1	0.8183
δ_2	0.8339	A_2	0.5136
δ_3	0.4941	A_3	0.9394
δ_4	0.6035	A_4	0.8261
δ_5	0.9707	A_5	0.5332

Sürekli genetik algoritma ile hesaplanan minimum yan kulakçık seviyesi ikili genetik algoritmaya göre daha düşüktür. Ayrıca sürekli genetik algoritmayla elde edilen ana huzme ile ilk sıfırlar arasında kalan genişlik ise daha az elde edilmiştir.

Genlik uyarım katsayılarının genetik algoritma ile ayarlanmasıyla elde edilen yan kulakçık seviyesi faz uyarım katsayılarının genetik algoritma ile ayarlanmasıyla elde edilen yan kulakçık seviyesinden daha düşüktür.

Hem genlik uyarım hem de faz uyarım katsayılarının genetik algoritma ile ayarlanmasıyla elde edilen yan kulakçık seviyesi faz uyarım katsayılarının genetik algoritma ile ayarlanmasıyla elde edilen yan kulakçık seviyesinden daha düşüktür.

Dairesel anten dizileri kullanılarak istenen tasarım ölçütü için anten uyarım katsayıları hem ikili hem de sürekli genetik algoritma ile değişik anten eleman sayıları için hesaplanmıştır.

7. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, doğrusal, düzlemsel ve dairesel anten dizileri genetik algoritma kullanılarak tasarlanmıştır.

Öncelikle genetik algoritmalar tanımlanmış, yerel ve evrensel en iyileme teknikleri ile kıyaslanmıştır. Genetik algoritmalar evrensel en iyileme algoritmalarıdır. Evrensel teknikler içinde özellikle genetik algoritmalar elektromagnetik problemlerde daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Genetik algoritmanın üç temel evresi açıklanmıştır. Bu fazlar, başlangıç kümesinin oluşturulması, yeniden üreme ve neslin yeni nesille yer değiştirmesinden oluşur. Genetik algoritmanın üç temel işlemi olan üreme, çaprazlama ve mutasyon işlemleri açıklanmıştır.

Anten elemanları arası uzaklığın eşit, ancak genlik uyarım katsayıları farklı olduğu doğrusal anten dizileri ele alınmıştır. Bu elemanlar arasındaki uzaklıklar genetik algoritma ile hesaplanmıştır. İlgili tasarım ölçütü, belirtilen özellikteki doğrusal dizinin dizi faktörü diyagramının Gaussian dağılımı şeklinde olmasıdır. Bu tasarım ölçütü genetik algoritma kullanılarak sağlanmıştır.

Doğrusal, düzlemsel ve dairesel anten dizileri için istenen ölçütler hem ikili genetik algoritma ile hem de sürekli genetik algoritma ile hesaplanmıştır. İkili genetik algoritmaya ait programın kodlamayı içermesi nedeniyle sürekli genetik algoritmaya göre aynı iterasyon sayısı için daha uzun çalıştığı ve sonuca daha yakın değerler elde edildiği görülmüştür. Bunun yanında istenen tasarım ölçütü için iterasyon sayısı belli bir seviyeye kadar arttırıldığında da sonuca daha yakın değerlerin elde edildiği görülmüştür. Dolph-Chebyshev anten dizisine ait anten uyarım katsayılarını; ana kulakçığın yan kulakçıga oranının 26 dB olması tasarımı için hem analitik yöntemlerle hem de genetik algoritma ile elde edilmiştir. İstenen tasarım ölçütü analitik çözüme göre %1,2 hata payı ile genetik algoritma ile yapılmıştır.

Düzlemsel anten dizilerinde ana demetin ilk yan demete oranının -35 dB'yi geçmemesi ve ana huzme genişliğinin az olması için anten uyarım katsayısı genlikleri ile anten elemanları arasındaki uzaklıkları hem ikili hem de sürekli genetik algoritma ile başarılı bir şekilde hesaplanarak tasarım ölçütleri sağlanmıştır. Amaç fonksiyonu değerinin iterasyon sayısı ile değişimi sunulmuştur.

Dairesel anten dizilerinde yan kulakçık seviyesi en az olacak şekilde hedeflenen tasarım ölçütü çerçevesinde anten genlik uyarım katsayıları ve anten faz uyarım

katsayılarının hem ikili hem de sürekli genetik algoritma ile hesaplanarak 5 elemanlı ve 10 elemanlı dairesel anten dizileri için istenen tasarım ölçütü elde edilmiştir. Sürekli genetik algoritma ile hesaplanan minimum yan kulakçık seviyesi ikili genetik algoritmaya göre daha düşüktür. Ayrıca sürekli genetik algoritmayla elde edilen ana huzme ile ilk sıfırlar arasında kalan genişlik ise daha az elde edilmiştir. Genlik uyarım katsayılarının genetik algoritma ile ayarlanmasıyla elde edilen yan kulakçık seviyesi faz uyarım katsayılarının genetik algoritma ile elde edilen yan kulakçık seviyesinden daha düşük olduğu gözlenmiştir. Hem genlik uyarım hem de faz uyarım katsayılarının genetik algoritma ile elde edilen yan kulakçık seviyesi faz uyarım katsayılarının genetik algoritma ile elde edilen yan kulakçık seviyesinden daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Bu tez çalışmasında izotropik antenler için tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Literatürde bulunan çalışmaların %90'ı izotropik antenler kullanılarak yapılmaktadır. İzotropik anten dışında farklı anten türleri için de (mikroşerit, yagi-uda gibi) benzer tasarımlar yapılabilir.

İlerdeki çalışmalarda ise bu çalışmada yer almayan ancak bazı uygulamalarda rağbet görmekte olan silindirselsel ve küresel anten dizi yapıları için de benzer uygulamalar gerek genetik algoritmalar gerekse de diğer iyileme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir ve yönteminin başarımları kıyaslanabilir.

KAYNAKLAR

- Akdağlı, A., Güney, K. ve Karaboğa, N.,** 2001. Dolph-Chebyshev Dizisinin Genetik Algoritma ile Tasarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, **14**, 219-225.
- Akkaya, İ.,** 2004. Radar Temelleri, Sistem yayıncılık A.Ş., İstanbul.
- Allard, R. J. and Werner, D. H.,** 2003. Radiation Pattern Synthesis for Arrays of Conformal Antennas Mounted on Arbitrary-Shaped Three-Dimensional Platforms Using Genetic Algorithms, Pennsylvania.
- Arifovic, J.,** 1997. The Behavior of the Exchange Rate in the Genetic Algorithm and Experimental Economics, *Journal of Political Economy*, **104**, 510-541.
- Balanis, C. A.,** 1992. Antenna Theory Analysis and Design, Arizona State University, John Wiley and Sons, New York.
- Blondel, A.,** 1902, Belg. Pat. **163**; 1903, Br. Pat **11**, 427.
- Booker, L. B., Goldberg, D. E. and Holland, J. H.,** 1989. Classifier System and Genetic Algorithms, *Artificial Intelligence*, **40**, 235-282.
- Brockus, C. G.,** 1983. Shortest Path Optimization Using a Genetics Search Technique, Modeling and Simulation, *Proc. of the 14th Annual Pittsburgh Conference*, **14**, 241-245.
- Carrol, D. C.,** 1996. Chemical Laser Modelling With Genetic Algorithms, **34**, 633-651.
- Carter, P. S.,** 1932, Circuit Relations in Regarding Systems and Applications to Antenna Problems, *Proc IRE* **20**, 1004.
- Chatterce, S.,** 1997. Genetic Algorithms and Their Statistical Applications, *Computational Statistics and Data Analysis*, **22**, 633-651.
- Davis, L.,** 1987. Genetic Algorithm and Simulated Annealing, Pitman, London.
- Erentok, A. and Melde, K. L.,** 2004. Comparision of Matlab and GA Optimization for Theree-Dimensional Pattern Systhesis of Circular Arc Arrays, Tucson.

- Foster, R. M.**, 1926, Directive Diagrams of Antenna arrays, Bell Syst. Tech. 1. 5, 292.
- Günel, T.**, 2000. An Optimization Approach to the Synthesis of Rectangular Microstrip Antenna Elements with Thick Substrates for the Specified Far-Field Radiation Pattern, *International Journal of Electronics and Communication*, Vol.54, pp.303-366, AEÜ.
- Günel, T., Aydemir, E. ve Karaca, A. E.**, 2001. Genetik algoritma ile transmisyon hatlı empedans uydurucu devrelerin sentezi, Elektrik-elektronik-Bilgisayar Mühendisliği, 9. *Ulusal Kongresi*, 294-297.
- Goldberg, D. E.**, 1987. Computer-Aided Pipeline Operation Using a Genetic Algorithms and Rule Learning-Part I-Genetic Algorithms in Pipeline Optimization, *Engineering with Computers*, **3**, 35-45.
- Goodman, E. and Averil, R.**, 1998. Parallel Genetic Algorithms in the Optimization of Composite Structures, *Soft Computing in Engineering Design and Manufacture*, Springer Verlag.
- Hassaine, H., Bendimerad, F. T. and Boukli-Hacene, N.**, 2002. Analysis of Periodic Microstrip Arrays by Equivalent Models, Tlemcem, Algeria.
- Haupt, R. L. and Haupt, S. E.**, 1998. Practical Genetic Algorithms, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Haupt, R. L.**, 1994. An introduction to Genetic Algorithms for Electromagnetics, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, **37**, 7-15.
- Haupt, R. L.**, 1985. Reducing Grating Lobes Due to Subarray Amplitude Tapering, *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **33**, 846-850.
- Holland, J. H.**, 1987. Genetic Algorithms and Classifier Systems, Foundations and Future Directions; Genetic Algorithms and Their Applications, *Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms*, 82-89.
- Hsu, C. H.**, 2005. Optimizing Beam Pattern of Adaptive Linear Phase Array Antenna Using Local Genetic Algorithm, Taiwan.
- Jones, E. A.**, 1997. Design of Yagi-Uda Antennas Using Genetic Algorithms, Durham, USA.
- Jones, E. A. and Joines, W. T.**, 2000. Genetic Design of Linear Antenna Arrays Durham, USA.

- Krischuk, V., Schilo, G. and Artyushenko B.,** 2007. Tolerable Linear Antenna Array Design with Genetic Algorithm, Zaporizhzhia, Ukraine.
- Liao, W. P. and Chu, F. L.,** 1997. Null Steering in Planar Arrays by Controlling Only Current Amplitudes Using Genetic Algorithms, Microwave and Optical Technology Letters, **16**, 97-103.
- Lo, Y. T. and Lee, S. W.,** 1988. Antenna Handbook, Theory, Applications, and Design, Van Nostrand Reinhold Company Inc.
- Lu, Y. and Wang, Y.,** 2003. A Fast Adaptive Low Sidelobe Wide Nulling Method for Arbitrary DBF Array, IEEE AP-S International Symposium on Antennas and Propagation, Columbus, Ohio, USA, 22-27 June 2003.
- Ma, M. T.,** 1974. Theory and Application of Antenna Arrays, John Wiley and Sons, New York.
- Mang, K., Tang, K. and Kwong, S.,** 1996. Genetic Algorithms: Concepts and Applications, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, **43**, 519-534.
- Mansfield, R. A.,** 1990. Genetic Algorithms, University of Wales College of Cardiff, ELSYM Department, Master Thesis, Cardiff, UK .
- Marcus, K. and Vaskelainen, L.,** 1998. Optimization of Synthesized Array Excitations Using Array Polynome Complex Root Swapping and Genetic Algorithms, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, **145**, No. 6.
- Mitchell, R. J., Chambers, B. and Anderson, A. P.,** 1996. Array Pattern Synthesis in the Complex Plane Optimized by a Genetic Algorithm, Electronics Letters, **32**, 1843-1845.
- Nagesh, S. R. and Vedavathy, T. S.,** 1995. Procedure for Synthesizing a Specified Sidelobe Topography Using an Arbitrary Array, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, **43**, 742-745.
- Olen, C. A. and Compton, R. T.,** 1990. A Numerical Pattern Synthesis Algorithm for Arrays, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, **38**, 63-68.
- Panduro, M. A., Mendez, A. L., Dominguez, R. and Romero, G. ,** 2005. Design of non-uniform circular antenna arrays for side lobe reduction using the method of genetic algorithms, Mexico.

- Patton, W. T.**, 1975. Compact Constrained Feed Phased Array for AN/SPY-I Microwave J. Intens. Course Notes, Prac. Phased-Array Syst. Lect., 8.
- Rocha-Alicano, C., Covarrubias-Rosales, D., Brizuela-Rodriguez, C. and Panduro-Mendoza, M.**, 2006. Differential Evolution Algorithm Applied to Sidelobe Level Reduction on a Planar Array, Tam, Mexico.
- Sampson, J. R.**, 1984. Biological Information Processing, John Wiley and Sons, New York.
- Samii, R. Y. and Michielsson, E.**, 1999. Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithms, John Wiley and Sons, New York.
- Scutter, R. M. and Sheppard, W. H.**, 1974. AN/SPY-I Phased Array Antenna, Microwave J. 17, pp. 51.
- Sim, S. L. and Er, M. H.**, 1996. Constrained Optimization Technique for General Array Pattern Synthesis, Electronics Letters, **32**, pp. 861-862.
- Standy, I.**, 1987. Schema Recombination in Pattern Recognition Problems, Genetic Algorithms and Their Applications, *Proceeding of the Second International Conference on Genetic Algorithms*, 27-35.
- Stutzman, L. W. and Coffey, L. E.**, 1975. Radiation Pattern Synthesis of Planar Antennas Using the Iterative Sampling Method, IEE Transactions on Antennas and Propagation, **23**, pp. 764-769.
- Tennat, A.**, 1995. Numerical Pattern Synthesis of Difference Beams in Conformal Arrays, Electronics Letters, **31**, 938-939.
- Tonn, D. A. and Bansal, R.**, 2007. Reduction of Sidelobe Levels in Interrupted Phased Array Antennas by Means of a Genetic Algorithm, America.
- Taşkın, A. and Gürel, Ç.**, 2003. Antenna Array Pattern Optimization in the case of Array Element Failure, *33rd European Microwave Conference*, Munich, Germany.
- Taylor, T. T.**, 1955. Design of Line Source Antennas for Narrow Beamwidth and Low Sidelobe, IRE Trans. Antennas Propag., **3**, 16-28.
- Tennat, A.**, 1995. Numerical Pattern Synthesis of Difference Beams in Conformal Arrays, Electronics Letters, **31**, 938-939.
- Villeneuve, T. A.**, 1984. Taylor Patterns for Discrete Arrays, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, **32**, 1089-1093.

- Villegas, F. J., Cwik T., Rahmat-Samii, Y. and Manteghi, M.,** 2004. A Parallel Electromagnetic Genetic Algorithm Optimization (GEO) Application for Patch Antenna Design, Los Angeles.
- Wang, F., Balakrishnan V., Zhou, P. Y., Chen, J. J., Yang, R. and Frank, C.,** 2003. Optimal Array Pattern Synthesis Using Semidefinite Programming, *IEEE Transactions on Signal Processing*, **51**, No: 5.
- Wheeler, H. A.,** 1948. The Radiation Resistance of an Antenna in an Infinite Array or Waveguide. *Proc. IRE*, pp. 478.
- Wilson S. W.,** 1987. The Genetic Algorithm and Biological Development, Genetic Algorithms and Their Applications, *Proceedings of the International Conference on Genetic Algorithms*, 247-251.
- Wang, J. H. and Jen, L.,** 1994. Shaped Dipole Arrays with Maximum Gain, *Electronics Letters*, **30**, 374-375.
- Yang, D. and Haupt, R. L.,** 2002. Low Sidelobe Patterns Synthesis of Spherical Arrays Using a Genetic Algorithm, **32**, 412-414.

EK-A

GENETİK ALGORITMA İLE ANTEN DİZİSİ TASARIMINDA KULLANILAN MATAB ARAYÜZ PROGRAMI

Tez çalışmasında belirtilen tasarım kriterleri MATLAB’de yazılan program ile gerçekleştirilmiştir. Programın daha kolay çalıştırılabilmesi için Şekil A.1’deki gibi bir ara yüz hazırlanmıştır.

Bu ara yüzde genetik algoritma türü (ikili, sürekli), anten türü ve özelliği seçildikten sonra Tablo-6.11 veya Tablo 6.9’daki gibi istenen tasarım kriterine ait değişkenler ara yüze girilip iterasyona başla tuşuna basılarak program çalıştırılmıştır. Bu şekilde istenen tasarım kriterleri için ilgili sonuç değerleri elde edilmiştir.

İkili ve Sürekli Genetik Algoritma ile Anten Dizisi Tasarımı

☒ İkili Genetik Algoritma ☐ Sürekli Genetik Algoritma

Maksimum İterasyon Sayısı: 100

Başlangıç Topluluğu: 32

Doğal Seçim Büyüklüğü: 16

Eşleşecek Kromozom Sayısı: 8

Anten Adedi/Parametre Sayısı: 5

Kodlama Seviyesi: 4

Mutasyon Oranı: 0.01

Beta Değeri: 0.5

☒ Dairesel ☒ Eşit Aralık

☐ Düzlemsel ☐ Eşit Olmayan Aralık

☐ Lineer

İterasyona Başla

Şekil A.1: Genetik algoritma ile anten dizisi tasarımı için yazılan arayüz programı görüntüsü

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Cihan YILDIZ

Doğum Yeri : Batman

Doğum Yılı : 1982

Medeni Hali : Bekar

Eğitim Durumu:

Lise : 1997-2000 Isparta Süleyman Demirel Fen Lisesi

Lisans : 2000-2004 İstanbul Teknik Üniversitesi Elektronik-Haberleşme
Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce

İş Tecrübesi:

2004- : TURKCELL İletişim Hizmetleri A.Ş. , Servis Yöneticisi