

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LİNEER ANTEN DİZİLERİNDE GENETİK ALGORİTMA
KULLANARAK IŞIMA PATERNİ SENTEZİ**

Elektronik ve Haberleşme Müh. Erdiñ ATAY

**FBE Elektronik ve Haberleşme Mühendisliğı Anabilim Dalı Haberleşme Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Filiz GÜNEŞ

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	iv
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Konusu ve Amacı	1
2. GENETİK ALGORİTMA	2
2.1 Genetik Algoritma Kavramı	2
2.2 Geleneksel Optimizasyon Yöntemleri	2
2.3 Genetik Algoritmanın Sağladığı Kolaylıklar	4
2.4 Genetik Algoritma ile Diğer Geleneksel Yöntemler Arasındaki Farklar	5
2.5 Genetik Algoritmanın Çalışma İlkesi	5
2.6 Seçim Yöntemleri	10
2.7 Çaprazlama	11
2.8 Mutasyon (Rakam Değişimi)	16
2.9 GA ile İlgili Bilgiler	17
2.10 Parametre Seçimi	19
2.11 Gen Büyüklüğü	19
2.12 Toplum Büyüklüğü	19
2.13 Matlab ve GA Toolbox	20
3. ANTEN DİZİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ VE UYGULAMALAR	21
3.1 Dizilerin Radar Uygulamaları	21
4. ANTEN DİZİLERİ VE FORMÜLASYON	23
4.1 Anten Dizileri İçin Formülasyon	23
4.1.1 İki Elemanlı Dizi İçin Dizi Faktörünün Bulunması	24
4.1.2 N Elemanlı Dizi İçin Dizi Faktörünün Bulunması	29
4.2 Anten Dizileri İle Yapılmış Bazı Çalışmalar	31
4.2.1 Uçtan Işımalı (Ordinary Endfire) Dizi	31
4.2.2 Hansen-Woodyard Uçtan Işımalı (Hansen-Woodyard Endfire) Dizi	32
4.2.3 Genlik Katsayıları Eşit Olmayan Dizi Çalışmaları	34
4.2.4 Faz Dizili Antenler (Phased Array) İle Elektronik Tarama	37
5. LİNEER ANTEN DİZİLERİNDE GENETİK ALGORİTMA KULLANARAK İŞİMA PATERNİ SENTEZİ	39
5.1 Genlik Uyarım Katsayıları İle İşıma Paterni Sentezi	39
5.2 Dizi Elemanlarının Birbirleri Arasındaki Mesafeler İle İşıma paterni Sentezi	47

6.	SONUÇLAR VE YORUMLAR	52
	KAYNAKLAR.....	53
	ÖZGEÇMİŞ.....	54

KISALTMA LİSTESİ

GA	Genetik Algoritma
AF	Dizi Faktörü (Array Factor)
D	Doğrultuculuk (Directivity)
HPBW	Yarım Güç Hüzme Genişliği (Half Power Beam Width)
SLL	Yan Kulakçık Seviyesi (Side Lobe Level)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1	a-Tek tepe noktalı uzay b-Çok tepe noktalı uzay.....	3
Şekil 2.2	Pratikte karşılaşılan bir amaç fonksiyon örneği(Goldberg,1989).....	4
Şekil 2.3	Genetik Algoritma Akış Diyagramı.....	8
Şekil 2.4	Bir Kromozomun Yapısı.....	9
Şekil 2.5	Çaprazlamanın Şematik Gösterimi	12
Şekil 4.1	İki Elemanlı Dizi Geometrisi	24
Şekil 4.2	İki Elemanlı Dizi İçin Dizi Faktörü ($d=\lambda/2$ ve $\alpha=0$).....	25
Şekil 4.3	İki Elemanlı Dizi İçin Dizi Faktörünün Polar Formu ($d=\lambda/2$ ve $\alpha=0$).....	25
Şekil 4.4	Dizi Faktörü ($d=\lambda/2$ ve $\alpha=180^\circ$)	26
Şekil 4.5	Dizi Faktörünün Polar Formu ($d=\lambda/2$ ve $\alpha=180^\circ$)	26
Şekil 4.6	Dizi Faktörü ($d=\lambda/4$ ve $\alpha=-90^\circ$)	27
Şekil 4.7	Dizi Faktörünün Polar Formu ($d=\lambda/4$ ve $\alpha=-90^\circ$).....	27
Şekil 4.8	Dizi Faktörü ($d=\lambda$ ve $\alpha=0^\circ$)	28
Şekil 4.9	Dizi Faktörünün Polar Formu ($d=\lambda$ ve $\alpha=0^\circ$)	28
Şekil 4.10	N Elemanlı Dizi Geometrisi.....	29
Şekil 4.11	Ordinary Endfire Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.45\lambda$, $\alpha=0.9\pi$).....	31
Şekil 4.12	Ordinary Endfire Dizi Polar Formu ($N=5$, $d=0.45\lambda$, $\alpha=0.9\pi$).....	32
Şekil 4.13	$N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=\pi$ için Dizi Faktörünün Polar Formu	32
Şekil 4.14	Hansen-Woodyard Endfire Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.37\lambda$, $\alpha=0.94\pi$)	33
Şekil 4.15	Hansen-Woodyard Endfire Dizinin Polar Formu Örneği ($N=5$, $d=0.37\lambda$, $\alpha=0.94\pi$)	34
Şekil 4.16	Uniform Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A:1\ 1\ 1\ 1\ 1$).....	34
Şekil 4.17	Üçgensel Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A:1\ 2\ 3\ 2\ 1$)	35
Şekil 4.18	Binomial Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A:1\ 4\ 6\ 4\ 1$)	35
Şekil 4.19	Dolph-Chebyshev Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A:1\ 1.61\ 1.94\ 1.61\ 1$)	36
Şekil 4.20	Dolph-Chebyshev Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A:1\ 2.41\ 3.14\ 2.41\ 1$)	36
Şekil 4.21	Ana Hüzmenin 60° 'ye kaydırılması ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=-1.5708$, $A:1\ 1\ 1\ 1\ 1$)	37
Şekil 4.22	Ana Hüzmenin 75° 'ye kaydırılması ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=-0.8131$, $A:1\ 1\ 1\ 1\ 1$)	38
Şekil 5.1	Birinci Optimizasyon Sonucu ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A: 0.6923\ 1.0550\ 1.2923\ 1.1180\ 0.7393$)	39
Şekil 5.2	İkinci Optimizasyon Sonucu ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A: 0.6497\ 1.1493\ 1.3958\ 1.1274\ 0.6106$)	40
Şekil 5.3	On Elemanlı Dizi $[0-79^\circ]$ ve $[101-180^\circ]$ arası bastırılmış $D=9.7663$	42
Şekil 5.4	On Elemanlı Dizi $[0-75^\circ]$ ve $[105-180^\circ]$ arası bastırılmış $D=8.8242$	42
Şekil 5.5	On Elemanlı Dizi $[0-71^\circ]$ ve $[109-180^\circ]$ arası bastırılmış $D=8$	43
Şekil 5.6	On Elemanlı Dizi $[0-40^\circ]$, $[40-60^\circ]$, $[60-75^\circ]$ ve bunların simetrikleri arası bastırılmış $D=8.2396$	44
Şekil 5.7	24 Elemanlı Dizi $[0-87^\circ]$ ve $[93-180^\circ]$ arası bastırılmış, $60-120^\circ$ 'de sıfırlar (- 50dB), $D=23.9842$	45
Şekil 5.8	32 Elemanlı Dizi $[0-87^\circ]$ ve $[93-180^\circ]$ arası bastırılmış, $60-120^\circ$ 'de sıfırlar (- 50dB), $D=31.9766$	46
Şekil 5.9	32 Elemanlı Dizi $[0-87^\circ]$ ve $[93-180^\circ]$ arası bastırılmış, $45-60-120-135^\circ$ 'lerde sıfırlar (-50dB olmak üzere), $D=24.3855$	47

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 5.1 Optimizasyon sonuçları ile yapılmış çalışmaların karşılaştırılması.....	40
Çizelge 5.2 Optimizasyon sonucundaki genlik katsayıları ile yapılmış çalışmaların genlik katsayıları.....	41

ÖNSÖZ

Tezimin hazırlanması aşamasında katkılarını hiç eksik etmeyen değerli hocam Prof. Dr. Filiz GÜNEŞ'e teşekkür ederim.

Her konuda sorularımı yanıtlayan Ar. Gör. Salih DEMİREL'e ve tezimin hazırlanma sürecini benimle birlikte paylaşan aileme sonsuz teşekkürler.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı lineer anten dizilerinde genetik algoritma kullanarak istenen özelliklere sahip ışıma paterninin, antenlerin akım genlik katsayılarının ve birbirleri arasındaki mesafelerinin hesaplanmasıyla elde edilmesidir. Ayrıca minimum yan kulakçık seviyesi ve istenen noktalarda sıfırlar oluşturulması amaçlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Lineer anten dizileri, genetik algoritma, yan kulakçık seviyelerinin bastırılması, sıfırlar oluşturma.

ABSTRACT

The goal of this thesis is desired linear array radiation pattern synthesis depending on the optimization of current amplitudes and element locations by using genetic algorithm. Furthermore, it is aim that minimum side lobe level and null control that desired points.

Keywords: Linear antenna arrays, genetic algorithm, sidelobe level suppression, null control.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Konusu ve Amacı

Lineer anten dizilerinde genel amaç istenen bir ışıma paternini, elemanların akım genlik ve faz uyarım katsayılarının ayarlanmasıyla veya elemanlar arası mesafelerin ayarlanmasıyla gerçekleştirebilmektir. Bu çalışmada ise istenen ışıma paternine, genetik algoritma kullanarak akım genlik uyarım katsayılarının ve elemanlar arası mesafelerin hesaplanmasıyla ulaşılması amaçlanmaktadır.

Bu amaçla ilk olarak ikinci bölümde genetik algoritma ele alınmıştır. Öncelikle algoritma kavramı irdelenmiş, diğer optimizasyon yöntemleri ele alınmış ve genetik algoritma ile aralarındaki farklar anlatılmıştır. Daha sonra genetik algoritmanın sağladığı kolaylıklar anlatılmış ve temel çalışma prensipleri irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde anten dizilerinin tarih süreci içerisinde gelişimleri anlatılmış ve uygulamada kullanım alanlarına yer verilmiştir.

Dördüncü bölümde lineer anten dizileri ele alınmış, lineer anten dizilerinde dizi faktörünün formülasyonuna aşama aşama ulaşılmıştır. Formülasyondaki parametrelerin etkileri örneklerle irdelenmiştir. Ayrıca lineer anten dizileriyle ilgili yapılmış bazı çalışmalar ele alınmıştır.

Beşinci bölümde ise genlik uyarım katsayılarıyla ve elemanlar arası mesafelerle yapılan optimizasyonlar ve sonuçları yer almaktadır.

Son bölümde ise optimizasyon sonuçları yorumlanmış ayrıca genlik katsayılarıyla yapılan optimizasyonlarla, elemanlar arası mesafelerle yapılan optimizasyonlar karşılaştırılmıştır.

2. GENETİK ALGORİTMA

Bu kısımda genetik algoritmanın temel yapısı anlatılmıştır.

2.1 Genetik Algoritma Kavramı

Algoritma, belirli tek bir problemi çözecek davranışın, var olan veya sonradan tanımlanan veri modeline dayandırılarak adım adım ortaya konulması ve bunun bilgisayar ortamında herhangi bir programlama diliyle kodlanmasıdır (Çölkesen, 2002).

Günümüzde çözülmesi zor ya da olanaksız olan çok sayıda problem vardır. Bu problemlerin çözülmesinde geliştirilmiş bir matematiksel fonksiyon olmadığı gibi olası çözümlerin hesaplanması ve en iyi çözümün seçilmesi de çok zaman almaktadır. Olası tüm çözümlerin değil de salt bazı seçilmiş çözümlerin denenmesi yöntemiyle, beklenen optimum sonucun elde edilmesini sağlayacak algoritmalar araştırılmış ve pek çok yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemlerden biri de Genetik Algoritmalarıdır (Akoğlu, 2007).

Genetik Algoritma (GA), rastsal arama tekniklerini kullanarak çözüm bulmaya çalışan, parametre kodlama esasına dayanan bir arama tekniğidir ve bir veri grubu içinde özel bir veriyi bulmak için kullanılır (Goldberg, 1989).

GA' lar doğada geçerli olan en iyinin yaşaması kuralına dayanarak sürekli iyileşen çözümler üretir. Bunun için “iyi”nin ne olduğunu belirleyen bir uygunluk fonksiyonu ve yeni çözümler üretmek için yeniden kopyalama, değiştirme gibi operatörleri kullanır. GA' ların bir diğer önemli özelliği de bir grup çözümle uğraşmasıdır. Bu sayede çok sayıda çözümün içinden iyileri seçilip kötülerini elenebilir.

2.2 Geleneksel Optimizasyon Yöntemleri

Geleneksel optimizasyon yöntemlerini üç ana başlık altında toplayabiliriz:

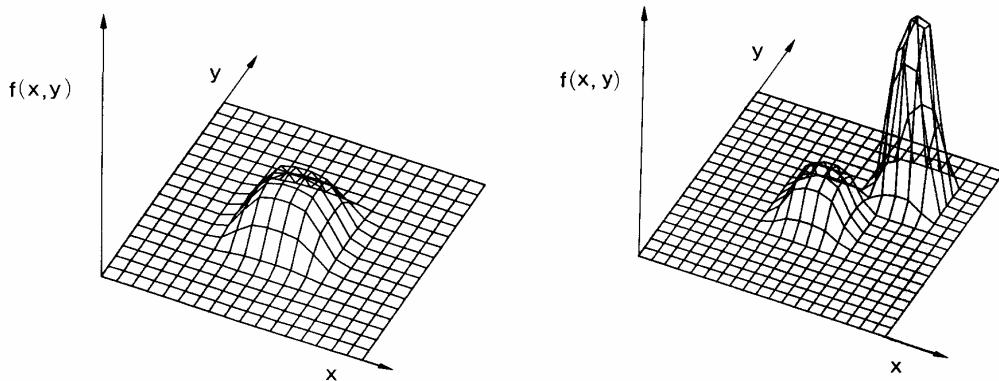
- Hesaba dayanan,
- Nümerik,
- Olasılıklı yöntemler.

Hesaba dayanan yöntemler bugüne kadar yoğun bir biçimde incelenmişlerdir. Bunlar da kendi aralarında, doğrudan ve dolaylı olmak üzere ikiye ayrılırlar. Dolaylı metot, amaç

fonksiyonunun gradyanının sıfıra eşit alınması sonucu çıkan nonlinear denklem takımının çözülmesi esasına dayanır. Bu Şekil 2.1.a'da gösterilen yüzey üzerindeki yerel maksimumun n-boyutlu yüzeylere genellenmesidir. Arama, her yöndeki türevi sıfır olan bu tepe veya çukur olması muhtemel noktalar civarında yapılır.

Diğer taraftan, doğrudan arama yönteminde maksimum noktasının yeri hakkında bir tahminde bulunulur ve buna yakın herhangi bir noktanın gradyanı veya tersi yönde hareket edilerek arama sürdürülür.

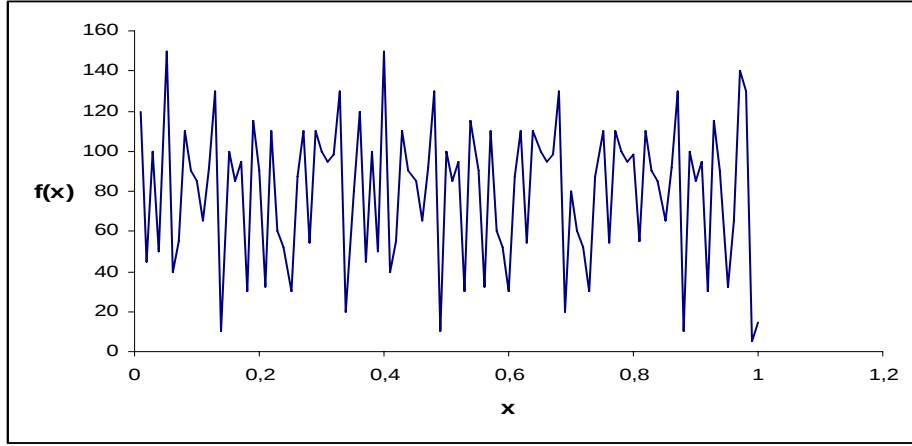
Bu yöntemlerin en önemli eksikliği yerel bakış açısıyla yürütölmeleridir. Aradıkları en iyi nokta, hareket noktasının yakınındadır. Örneğin, Şekil 2.1.a'da gösterilen, uzayın bir bölgesi olsun. Bu uzayın daha geniş bir görüşü de Şekil 2.1.b'de verilmiş olsun. Bu ikinci şekilden de göröleceğı üzere, alçak tepenin yanından aramaya başlanırsa, en iyi nokta olarak alçak tepenin üzerinde kalınacaktır. Oysa bulunacak bu noktadan daha iyi bir nokta vardır ki o da daha yüksek olan ikinci tepe noktasıdır. Alçak tepenin yakınındaki bir noktadan başlamak bize esas en iyi noktasını kaybettirecektir. Buna bir çözüm olarak, rasgele seçilmiş başka bir noktadan tekrar başlanabilir. Şekil 2.1.a' daki gibi tek tepe noktalı fonksiyonlar hesaba dayalı arama yöntemleri için kolay olmasına rağmen Şekil 2.1.b'deki gibi fonksiyonlarında hangi tepeye tırmanılacağı ayrı bir problemidir. İkinci önemli eksiklik ise, amaç fonksiyonunun türevlerinin var olmasının gerekliliğidir. Teorik olarak hesabı kolay quadratik amaç fonksiyonlarının bulunabilmesine karşın, gerçek hayatta karşılaşılanlar teoriden uzaktır. Parça parça süreksizlikler içerebileceğı gibi, güröltölü Şekil 2.2.'teki gibi pek çok tepe noktalı olabilir.



Şekil 2.1 a-Tek tepe noktalı uzay b-Çok tepe noktalı uzay

Bundan da anlaşılabilirceğı gibi hesaba dayalı yöntemler ancak sınırlı sayıda uygulamalar için

kullanışlı olup, bütün uygulamalar için kullanışlı değildir.



Şekil 2.2 Pratikte karşılaşılan bir amaç fonksiyon örneği(Goldberg,1989)

Nümerik yöntemlerin de üzerinde pek çok çalışmalar yapılmıştır. Bu tip arama yöntemlerinde temel düşünce, sınırlı bir arama uzayındaki noktaların amaç fonksiyon değerlerine bakıp ona göre yeni noktaların bulunmasıdır. Ancak bu tip arama yöntemleri de pratikte arama uzayının geniş olması ve bundan dolayı noktaların birer birer ele alınmasının mümkün olamamaktadır.

Rastgele arama yöntemleri, diğer arama yöntemlerinin bu zayıf yönlerinden dolayı gitgide artan bir ilgiyle araştırma konularından biri olmuştur. Bununla beraber, rastgele bir yönde tepe tırmanma veya rastgele noktalar seçerek bunların amaç fonksiyonlarını bulma gibi düşünceler rastgele arama yöntemlerinin dışında tutulmalıdır, çünkü etkin değildirler. Genetik algoritmalar, bu gibi rastgele arama yöntemlerinden farklı olarak, olasılığı, kodlanmış parametre uzayında işlem yapmada bir araç olarak kullanırlar.

2.3 Genetik Algoritmanın Sağladığı Kolaylıklar

Oldukça karmaşık hedef fonksiyonlarını modellemede kullanılan GA'ların bünyesinde biyolojik gelişimi temsil eden değişik alt kümeler bulunmaktadır. GA'da önce değişik bireylerden (kromozomlardan) meydana gelmiş bir topluluğa izin verilir. Bu topluluk belirli kurallarla hedef fonksiyonunu daha da optimize edecek biçimde değiştirir. Bazı kromozomlar ölerek süreçten ayrılırken diğerleri daha da sağlıklı olarak hayatlarına devam eder. Genetik algoritma ile optimizasyonun bazı faydalar şunlardır:

- Kesikli veya sürekli değişkenlerle optimizasyon yapılabilir.
- Türev alma işlemine gerek yoktur.
- Çözüm uzayında aynı anda geniş bir alanda çok sayıda noktadan araştırmaya başlanır.
- Çok fazla sayıda değişkenle optimizasyon yapılabilir.
- Çok fazla uç (en büyük ve en küçük, ekstrem) değeri olan hedef fonksiyonları durumunda bile optimizasyon yapılabilir.
- Yerel en küçüklemleri sıçrayarak aşabilir.
- Sadece mutlak en iyi çözümü değil en iyi çözümlemelerin listesini bile verebilir.
- Karar değişkenlerini kodlayarak optimizasyonu kodlama dünyasında yapar.
- Genetik sayı sistemine göre üretilen sayılarla çalışır. Bunlar deney verileri veya analitik fonksiyonlar olabilir (Şen, 2004).

2.4 Genetik Algoritma ile Diğer Geleneksel Yöntemler Arasındaki Farklar

Genetik algoritmaların temel özellikleri, aşağıdaki dört maddede toplanabilir:

- GA parametrelerin kodlanmış halleriyle çalışır, parametrelerin kendileri ile değil.
- GA tek bir nokta yerine noktalar topluluęundan hareket eder.
- GA türev ve daha farklı bilgileri değil sadece amaç fonksiyonu değerlerini kullanır.
- GA belirgin değil, olasılık kurallara dayanır.

GA çözüm algoritmasının klasik optimizasyon yöntemlerinden çok farkı vardır. GA' ların temelinde rastgele örnekleme bulunur ve bu nedenle GA' lar belirgin olmayan yöntemlerdir. GA' larda belirsizlik yöntemleri kullanılır ve algoritmanın işleyişinde belirginlik yoktur. Burada belirsizliği özellikle ihtimal, şans oyunu veya stokastik olarak tanımlayabiliriz. Bunun doğal sonucu olarak aynı sorun için aynı GA modeli değişik defalar kullanılınca birbirinden biraz farklı olan sonuçlar verebilir. Halbuki doğrusal, dinamik veya eğrisel (doğrusal olmayan) örgün optimizasyon yöntemlerinin hepsi belirgin yöntemlerdir. İşleyişlerinde rast geleklik yoktur ve vardıkları sonuçlar aynı sorun ve şartlar altında hep aynıdır.

2.5 Genetik Algoritmanın Çalışma İlkesi

Genel anlamıyla GA, bir araştırma konusu olup model hâline getirilmiş neden-sonuç işleminin tersine rasgele örnekleme olgusu altında modellenmiştir. Kontrol edilerek

onaylanan bilgi, organizma olarak adlandırılan aday çözümler içerisinde saklanmıştır. Organizmalar popülasyon olarak adlandırılıp grup halinde yer almışlardır. GA'lar ile ilgili temel kavramlar aşağıda kısaca anlatılmaktadır:

Gen: Kalıtsal molekülde bulunan ve organizmanın karakterlerinin tayininde rol oynayan kalıtsal birimlere denir. Yapay sistemlerde gen, kendi başına anlamlı bilgi taşıyan en küçük birim olarak alınır.

Kromozom (Birey): Birden fazla genin bir araya gelerek oluşturduğu diziye denir. Kromozomlar, alternatif aday çözümleri gösterirler.

Popülasyon: Kromozomlardan oluşan topluluğa denir. Popülasyon, geçerli alternatif çözüm kümesidir. Popülasyondaki birey sayısı (kromozom) genelde sabit tutulur. GA' da popülasyondaki birey sayısı ile ilgili genel bir kural yoktur. Popülasyondaki kromozom sayısı arttıkça çözüme ulaşma süresi (iterasyon sayısı) azalır (Croce ve diğ., 1995).

Bir problemin GA ile çözümünde izlenecek işlem adımları aşağıda verilmektedir (Croce ve diğ., 1995).

1) Kullanıcının önceden tanımladığı kurallara göre genellikle rastsal bir çözüm grubu seçilir veya kullanıcı kendisi ilk çözüm grubunu belirleyebilir. İlk çözüm grubuna başlangıç popülasyonu denir.

2) Her bir kromozom için bir uygunluk değeri hesaplanır; bulunan uygunluk değerleri dizilerin çözüm kalitesini gösterir. Popülasyonda yer alan en iyi uygunluk değerine sahip olan birey (kromozom), bir sonraki yeni nesile (popülasyon) doğrudan değiştirilmeden aktarılır. Buna elitizm denir.

3) İki grup dizi (kromozom), belirli bir seçim yöntemine göre (uygunluk değerlerine göre hesaplanmış olasılık değerlerine göre) rastsal olarak seçilirler.

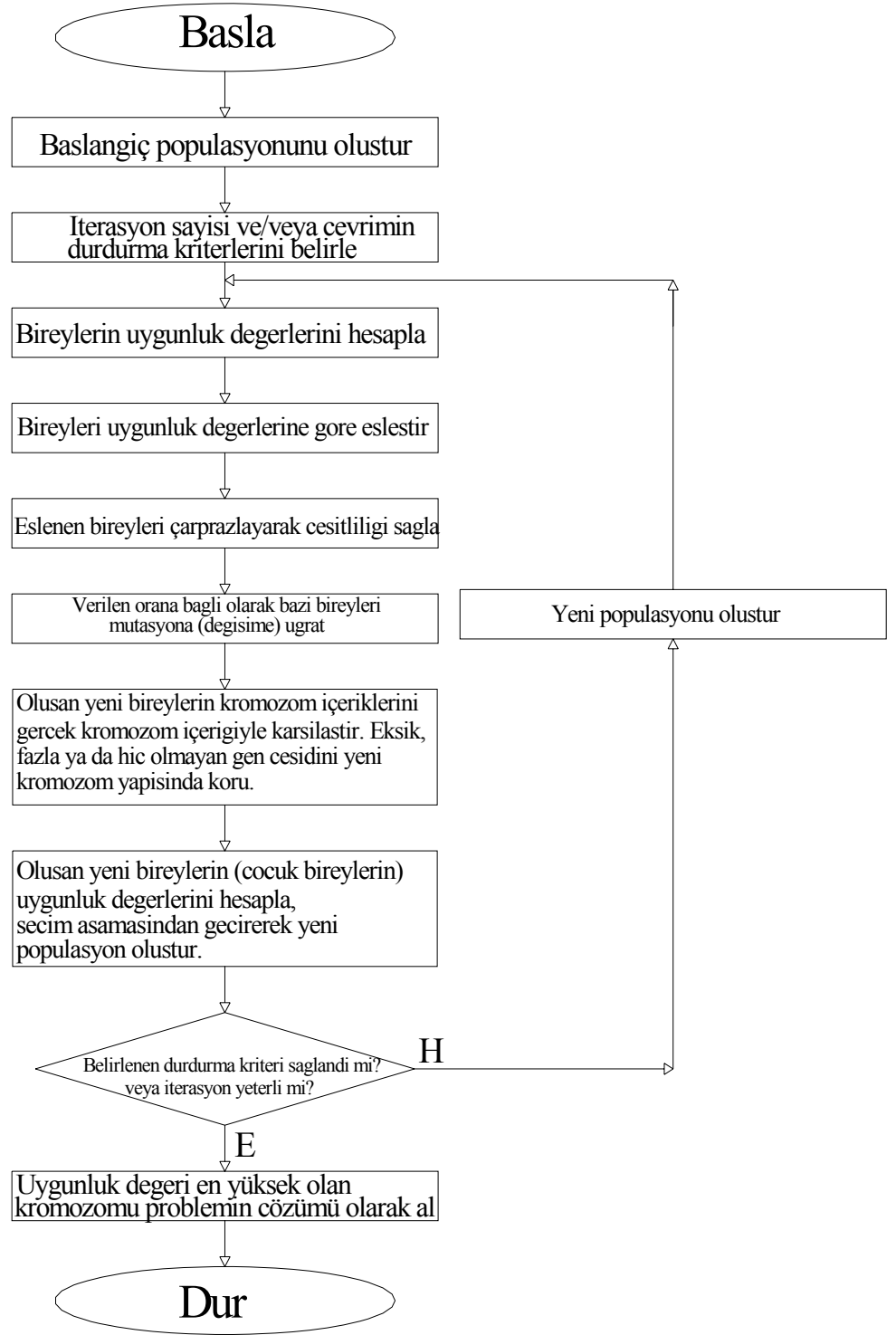
4) Seçilen iki kromozom için rastsal olarak genetik operatörler kullanılarak çaprazlama işlemi gerçekleştirilir. Sonuçta yeni popülasyonda yer alacak iki yeni birey

(kromozom) oluşur. Çaprazlama, yeni popülasyonda yer alacak birey sayısına ulaşılan dek sürer.

5) Yeni popülasyondaki bireyler, rastsal olarak mutasyon işleminden geçerler.

6) Önceden belirlenen nesil sayısı boyunca yukarıdaki işlemler sürdürülür. Eğer en büyük nesil sayısına ulaşılmamışsa adım-2'ye dönülür. İterasyon, en büyük nesil sayısına ulaşıncaya işlem bitirilir. Uygunluk değeri en yüksek olan kromozom (çözüm) seçilir.

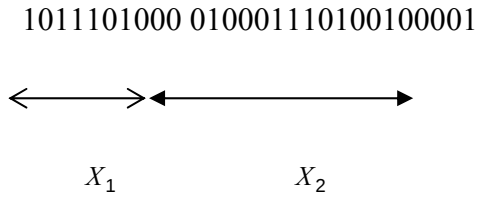
GA'lar, popülasyon adını verdiğimiz bir çözüm kümesi (kromozom grubu) ile başlar. Bir popülasyondan alınan çözümler, diğer bir popülasyonun oluşturulmasında kullanılırlar. Bu durumda yeni popülasyonun bir öncekinden daha iyi (bulmaya çalıştığımız en uygun sonuca daha yakın) olması umulur. Yeni çözümler oluşturmak için diğer popülasyondan alınan çözümler, problemin uygunluk ölçütüne göre belirlenir. Buradaki uygunluk, en uygun çözüme ne kadar yakın olduğu şeklinde düşünülebilir. Bu işlem belli bir koşul (en iyi çözümün bulunması) sağlanana kadar sürer. Şekil 2.3.'te bu süreç gösterilmektedir.



Şekil 2.3 Genetik Algoritma Akış Diyagramı

GA, bireylerin uygunluk ve iyiliklerine göre ayrılıp fark edilmesine gerek duyar. Bu sayede üstün ve başarılı olanlar bir sonraki neslin bireylerini oluşturur. Çaprazlama, iki kromozomun bir araya gelerek genetik bilgi değişimi yapmasıdır. Mutasyon ise bir kromozomun taşıdığı genetik bilgide bir nedene bağlı olmaksızın değişme olmasıdır. Mutasyon aramada kısır döngüye girilmemesini sağlamak, toplulukta çözümü olmayan birbirine benzer bireylerden kurtulmak ve yeni alt optimal çözümler bulunmasını sağlamak için kullanılır (Holland, 1975).

GA'lar genelde ikili taban (0 ve 1) sayı sistemi ile çalışırlar. Her ne kadar GA'ların kodlaması ikili sayı sistemine göre yapılıyor ise de ondalık sayı sisteminde de yapılabilir. Ancak hesaplamalar bakımından kolaylığı dolayısı ile çoğunlukla (0,1) sisteminin kullanılmasıdır. Eğer bir sorunun çözülmesi sırasında X_1 ve X_2 gibi iki değişken varsa bunların ikili taban sayılı sistemdeki kromozom yapısı Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4 Bir Kromozomun Yapısı

Bu kromozomda X_1 ve X_2 , sırası ile 10 ve 18 hane ile temsil edilmiştir. Kromozomların en küçük yapı taşı olan bu hanelere İngilizceden gelen 'bit' de denir. Şekil 2.4.'teki kromozomda iki karar değişkeninin her birini temsil eden 0 ve 1 sayı dizisine de biyoloji çalışmalarına benzer olarak gen adı verilir. O halde kromozomlar gen'lerden meydana gelmiştir. Yukarıda verilen kromozom kendi başına bir anlam ifade etmez. Şekil 2.4.'te kromozom ikili sayı sisteminde verilmiştir. Bu sayının daha iyi anlaşılması için kromozomdaki X_1 ve X_2 değişkenleri değerlerinin ondalık sisteme $X_1 = 744$ ve $X_2 = 729993$ çevrilmesi gereklidir. GA çalışmaları sırasında girdi ve çıktılar ondalık, GA iç işleyişi ise ikili tabanlı sayı sistemi uzayında bulunur.

GA işlemleri sırasında kodlanmış sayıları içeren kromozomlar kullanılır. Karar

değişkenlerinin kromozomlar vasıtası ile bu şekilde kodlanmasından sonra toplumda bulunan her kromozomun dinçliğinin ayrı ayrı hesaplanması gerekir. Üyelerin dinçliklerinin hesaplanmasına yarayacak bir hedef fonksiyonu bulunmalıdır. Eldeki sorunun türüne göre hedef fonksiyonu seçilir. Hedef fonksiyonu kriterine göre topluma üye olan kromozomlar ya hayatlarını devam ettirirler veya o toplumu terk etmeleri gerekir. Hedef fonksiyonunun en önemli özelliği eşleşerek toplumda daha dinç üyelerin meydana gelmesine sebep olacak üyelerin seçilmesine yardımcı olmasıdır. Her yenilenme aşamasında toplumdaki kromozomlar hiçbir iş yapmadan önce hedef fonksiyonuna göre dinçlik dereceleri alır. Bu dereceler daha sonra daha dinç kromozomların üremesi için kullanılır. Dinçlik derecesi yüksek olanların birçok nesil boyunca toplumda kalması ihtimalleri yüksek, ama dinçlik derecesi düşük olanların o toplumda kalması ihtimali düşüktür. Her üyenin dinçlik derecesi tüm toplumun dinçliğinde göreceli bir oran olarak ifade edilir.

GA işlemleri devreye girerek ve kromozomların genlerinde işlemler yaparak bazı üyelerin genlerinin kuvvetli olmasından dolayı gelecek toplumda da kalacağına karar verirler. İki veya daha fazla genetik sayı çiftleri arasında GA işlemleri yapılarak bir sonraki toplum için hazırlanırlar.

2.6 Seçim Yöntemleri

Yeni popülasyonun oluşturulmasında kaç ferdin seçileceği ve hangi fertlerin eşleşme için seçileceği, seçim fonksiyonuyla sağlanır. Seçim operatörü, yapay bir seleksiyondur (Goldberg, 1989). Seçim yöntemi, algoritmanın başarısı açısından önemlidir. Ebeveynler, uygunluk değerlerine göre eşleşmek üzere seçilirler. Bunun için kullanılan yöntemler aşağıdaki gibidir:

- Rulet-çemberi seçim yöntemi
- Rank Seçim Yöntemi
- Kararlı Hâl Seçim Yöntemi

Seçim yönteminde genellikle rulet çemberi yöntemi kullanılır. Var olan popülasyondaki en uygun kromozomlar rulet çemberi üzerine yerleştirilir, çember popülasyondaki dizi sayısı kadar döndürülerek çaprazlanacak bireyler elde edilir.

Rulet-Çemberi Seçim Tekniği: Seçim yöntemleri içinde en basit ve en kolay uygulanabilir nitelikteki yöntem, rulet-çemberi yöntemidir. Rulet-çemberi yöntemi durağan bir yöntemdir ve şu tekniği içermektedir:

Tüm fertler bir çizgi üzerinde birbirine bitişik bölümler şeklinde dizilirler. Bununla birlikte her bir ferde ilişkin bölümün uzunluğu, onun uygunluk değeri kadar olur. Rast gele sayı üretilir ve rast gele sayı hangi bölüm içine denk gelirse, o bölümün ait olduğu fert seçilir. İşlem eşleşecek popülasyonun gerekli adedine ulaşıncaya dek sürdürülür. Bu teknik, üzerinde bölümleri olan rulet-çemberine benzediği için bu şekilde adlandırılmıştır. Bu teknikte, ebeveynler uygunluk değerlerine göre seçilirler. Kromozomlar ne kadar iyiye, seçilme şansları o kadar yüksektir. Bir kromozom birden fazla seçilebilir.

Rank Seçim Yöntemi: Yukarıdaki seçim eğer uygunluklar çok fazla değişiyorsa bâzı sorunlara yol açacaktır. Örneğin en iyi kromozom uygunluğu, tüm rulet tekerleğinin %90'ı ise diğer kromozomların seçilme şansları çok az olacaktır. Rank seçimi önce popülasyonu sıralar ve daha sonra her kromozom, uygunluğu bu sıralamadan sonra alır. En kötüsü 1 uygunluğunu alacak, ikinci en kötü 2 ve en iyisi N uygunluk değerini alacaktır. N de popülasyondaki kromozom sayısıdır.

Bu yöntemde her kromozomun seçilme hakkı olacaktır. Ama bu yöntem daha yavaş çalışır, çünkü en iyi kromozomlar diğerlerinden fazla değişiklik göstermez.

Kararlı Hâl Seçim Yöntemi: “Yerine Geçme Yöntemleri” olarak da adlandırılabilirler. Bu, ebeveynleri seçmek için kısmî bir yöntem değildir. Bu seçimin ana düşüncesi, kromozomların büyük kısmının bir sonraki nesilde hayatta kalmak zorunda olmasıdır.

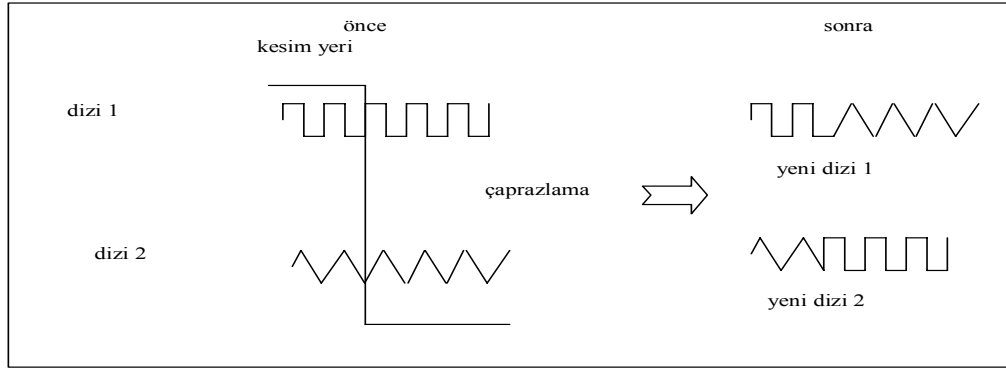
O zaman GA şu şekilde çalışır: Yeni çocuklar oluşturmak için her nesilde güzel ve iyi uygunluklu birkaç kromozom seçilir. Sonra kötü ve düşük uygunluklu bazı kromozomlar atılır ve yeni çocuk onun yerine yerleştirilir. Popülasyonun geri kalan kısmı yeni nesilde hayattadır. Yani kısaca bu yöntemde alt popülasyon oluşturulduktan sonra uygunluklar hesaplanır, en kötü kromozomlar yerlerini başlangıç popülasyonundaki en iyi kromozomlara bırakır (Engin, 2001).

2.7 Çaprazlama

Eşlerin bir araya gelerek birleşmesi ile yeni ürünlerin ortaya çıkmasına GA' nın çaprazlama aşaması denir. Burada ilk olarak GA' da hedef yüzeyi araştırılır. Kromozom sayısı aynı

kalmak şartı ile GA, optimum çözümüne yaklaşım gösterir.

Çözüm araması sırasında çözüme aday olan iki farklı karar uzayı noktası arasında yaptığı bir çaprazlama ile öncekilerden daha iyi yani en iyi çözüme daha yakın olabilecek iki tane yeni çözüm noktası (karar noktası) ortaya çıkarılır. Bu iki yeni çözüm noktası önceki noktalardan kalıtmı olarak doğar. Böylece çözüm toplumundaki karar noktaları daha iyiye doğru evrimleşecek biçimde yeni bir toplum meydana getirir. Burada iki çözüm noktasının sayısal değerleri bazı haneleri aralarında çaprazlama yaparak yeni çözüm noktalarının ortaya çıkmasına sebep olurlar. Bu da biyolojik organizmaların DNA'larındaki çaprazlamaya benzer olarak gerçekleştirilir. Kromozomların dinçliklerinin daha da artırılabilmesi için ayrıca rakam değişimi (mutasyon) gibi bir başka seçenek de mevcuttur.

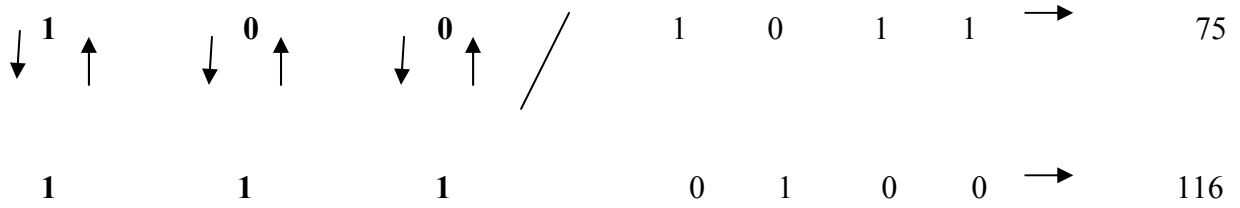


Şekil 2.5 Çaprazlamanın Şematik Gösterimi

Çaprazlama, kromozomların genlerini birbirleriyle değiştirmelerini sağlayan bir işlemdir. Önce çaprazlamaya tabi tutulacak kromozom eşleri rast gele seçilir. Daha sonra bu kromozom eşlerinin hangi genlerden itibaren kesileceği yine rast gele seçim ile belirlenir. Kesilen genler kromozom eşleri arasında değiştirilir. Burada amaç eldeki toplumdaki farklı toplumlar (nesiller) elde etmektir. Bu işlemde çaprazlanacak kromozom eşleri ve bunların hangi genlerden itibaren çaprazlanacağı rast gele olarak belirlenir. Bu konudaki değişik işlemler aşağıdaki dört işlemle yapılır. Okların sağ taraflarında her kromozomun temsil ettiği ondalık sayısal değerleri gösterilmiştir.

Tek Kesimli Çaprazlama: Burada eşleşen iki kromozom ikiz doğurarak kromozom sayısının aynı kalmasını sağlar. Öncelikle iki kromozomun ilk ve son rakamları arasında bir yerde rast gele olarak çapraz geçiş noktası tespit edilir. Bir kromozomun çapraz geçiş noktasının solunda bulunan hanelerdeki tüm rakamlar olduğu gibi diğer kromozom ile yer değiştirilir. Önce ilk iki esas kromozomdan birindeki çapraz noktanın solundaki tüm haneler yeni bireyin kromozomuna geçer. Benzer şekilde diğer kromozomunun çapraz geçiş

noktasının solundakiler de diğer yeni doğacak kromozoma geçer. Bundan sonra birinci esas kromozom çapraz geçiş noktasının sağındaki haneler ikinci yeni doğanın önceki hanelerinin sağına geçer. Böylece, ilk yeni doğanın kromozomu tamamlanmıştır. Benzer olarak ikinci esas kromozomun çapraz geçiş noktası sağındaki haneler de birinci yeni doğanın sağına yerleşir. Böylece, yeni doğan iki kromozom kısmi olarak öncekilerin hanelerini ihtiva eder. Esas kromozomlar toplam olarak $N_{\text{kötü}}$ tane yeni doğuşa sebep olmalıdır ki toplum büyüklüğü sabit kalsın ($N_{\text{top}} = \text{sabit}$). Buna basit veya tek çapraz geçiş noktalı doğumlar adı verilir. Bu işlemde kromozomlar rast gele bir yerinden kesilir ve sonra ilgili genler ile yer değiştirilir.



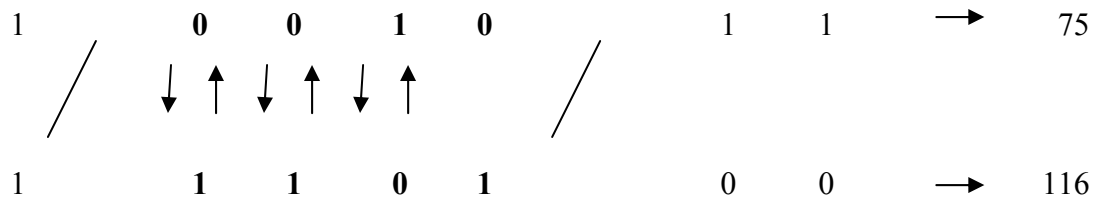
Yukarıdaki kromozom ikilisi 3. haneden hemen sonra kesilmiş ve koyu genler yer değiştirilerek aşağıdaki yeni kromozomlar elde edilmiştir.

1 1 1 1 0 1 1 → 123

1 0 0 0 1 0 0 → 68

Tek kesimli çaprazlama ile birbirinden farklı sadece iki yeni kromozom elde edilebilir.

Çift Kesimli Çaprazlama: Öncelikle benzer işlem, kesimin kromozom boyunca iki kez yapılması ile aynen tekrarlanır.



Burada kromozom eşleri iki farklı yerden kesilerek çaprazlama uygulanır. Koyu renkli genler çaprazlanmıştır.

1 1 1 0 1 1 1 → 119

1 0 0 1 0 0 0 → 72

İki noktalı çaprazlamada her kromozom üç parçaya bölünür. Bu parçalardan karşılıklı her ikisinin çaprazlama yer değiştirmesi ile birbirinden farklı 6 (3!) tane yeni kromozom elde edilir. Aşağıda iki noktalı çaprazlamaya maruz bırakılan kromozomlarda düz, italik ve koyu kısımlar olmak üzere üç parça gösterilmiştir.

0000101110**00110**

0011111000**01001**

Çaprazlamanın sırası ile düz, italik ve koyu parçalar arasında yapılması ile birbirinden farklı kromozomlar düz kısımlar arasında

0010101110**00110**

0001111000**01001**

italik kısımlar arasında

0001111000**00110**

0010101110**01001**

ve son olarak da koyu kısımlar arasında

0000101110**01001**

0011111000**00110**

şeklinde olmak üzere 6 tanedir. Yeni kromozomların tümünün kullanılması gerekli değildir. Bu seçimde ya düz, ya italik veya koyu parçaların değiştirilmesinden 6 yeni kromozomdan istenilen kadar rast gele seçimi ile topluma katılabilir.

Çok Kesimli Çaprazlama: Kromozomların çapraz olarak ikiden daha fazla yerden rast gele kesilerek genlerin yer değiştirilmesi ile sağlanır.

$$\begin{array}{ccccccc}
 1 & / & 0 & & 0 & / & 1 & & 0 & / & 1 & & 1 & \longrightarrow & 75 \\
 1 & / & \downarrow \uparrow & & \downarrow \uparrow & / & 0 & & 1 & / & \downarrow \uparrow & & 0 & \longrightarrow & 116
 \end{array}$$

Bu çaprazlama sonucunda yeni kromozom ve sayılar aşağıdaki gibidir.

$$\begin{array}{ccccccc}
 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & \longrightarrow & 121 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & \longrightarrow & 70
 \end{array}$$

Burada da karşılıklı parçalar arasında çaprazlama ile çok sayıda yeni kromozom elde edilir. Eğer n parça sayısını gösteriyorsa n^2 kadar yeni kromozom elde edilebilir.

Tekdüze (Üniform) Çaprazlama: Bu işlemin aslı rastgele hanelerin iki kromozom arasında yer değiştirmesi ile olur.

$$\begin{array}{ccccccc}
 1 & & \downarrow \uparrow & & 0 & & \downarrow \uparrow & & 0 & & 1 & & \downarrow \uparrow & \longrightarrow & 75 \\
 1 & & \downarrow \uparrow & & 1 & & \downarrow \uparrow & & 1 & & 0 & & \downarrow \uparrow & \longrightarrow & 116
 \end{array}$$

Burada her hane için yazı tura atılır. Örneğin yazı gelirse çaprazlama yapılsın, tura gelirse çaprazlama yapılmamasın kuralına uyulur. Koyu renkli genler için yazı geldiğinden bu genler için çaprazlama uygulanarak kromozomların yeni şekilleri şöyle olur.

$$\begin{array}{ccccccc}
 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \rightarrow & 98 \\
 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & \rightarrow & 93
 \end{array}$$

Buradan da tekdüze çaprazlamanın, tekli, ikili, ve diğer çaprazlamaların bir genellemesi olduğu anlaşılır.

Çoklu çaprazlamada sadece rasgele seçilmiş olan haneler arasında karşılıklı yer değiştirmeler yapılmıştır. Hâlbuki tekdüze çaprazlama işleminde her hane çaprazlamaya aynı derecede açık bırakılır.

Çaprazlama oranı, fertlerin eşleştiklerinde çaprazlama yapıp yapmayacaklarına ilişkin olasılığı ifade eden orandır. Eğer eşleşme sonucunda çaprazlama da olursa, yeni ve genellikle ebeveynlerinden farklı bireyler elde edilmiş olur. Eğer çaprazlama gerçekleşmezse, bu takdirde ebeveynlerinin kopyası olan yeni fertler oluşur.

2.8 Mutasyon (Rakam Değişimi)

Rakam değişimi tek kromozom üzerinde yapılan bir GA işlemidir. Bu işlem sayesinde en iyi çözümün aranması sırasında GA' lar bir adım sonraki çözüm arama alanının uzağında çok daha iyi veya kötü bir çözümü de dener. Kötüye doğru gitmesinde bile bir sonraki adımda yapılacak bir rakam değişimi işlemi ile algoritma kendisini toplayarak en iyiye doğru hızla yaklaşabilir. Böyle bir fırsat klasik yöntemlerde yoktur, çünkü hepsi önceden belirli bir sistem dahilinde karar uzayında bir sonraki adımı atar. Bu tür atılımlar her zaman başarılı olmasa da algoritma kendisini rastgele yenilediği için fazla zaman kaybı olmayabilir. Rakam değişikliği (mutasyon) kromozomun bir hanesindeki 0 değerini 1 veya 1 değerini 0 yapma işlemidir. Bu işlem kromozomun bir hanesinde yapılabileceği gibi birden fazla hanede de yapılabilir. Böylece ortaya bir rakamın bile değişmesi ile çok farklı bir sayı çıkar. Genelde, her iterasyonda hanelerin %1'i ile %0,1'i miktarında rakam değişimi yapılır. En son iterasyonda artık rakam değişimi yapılmaz. Genel olarak, en iyi çözümlerlerde de rakam değişikliğine müsaade edilmez. En iyi kromozomların dışındakiler arasından mesela %5 yani 0.05 miktarında rakamların değiştirilmesi yapılır.

Rakam değişimi çaprazlamadan farklı olarak iki kromozomun yerine bir tek kromozom üzerinde rast gele belirlenen hanelerin karşıt rakamlarla yer değiştirilmesi ile yapılan işlemidir. Burada hedef verilen belli bir rakam değişimi değeriyle 0 olan rakamları 1, 1 olan rakamları

da 0 yaparak yerel en iyilerin dışında mümkün olabilecek en iyileri de araştırmaktır. Rakam değişimi değeri yani rakam değişimine tabi tutulacak hanelerin sayısı küçük tutulur, çünkü olaya rast geleliğin hakim olması arzu edilmez. Mesela,

$$1 \quad 0 \quad \mathbf{0} \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad \rightarrow \quad 75$$

kromozomunda rakam değişimi üçüncü haneye uygulanırsa önceki kromozomun yeni şekli

$$1 \quad 0 \quad \mathbf{1} \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad \rightarrow \quad 91$$

Bir kromozom içindeki hanelerden birisinin konumu rast gele seçildikten sonra, o hanedeki rakam karşıt rakama dönüştürülürse yeni bir kromozom elde edilir. GA işlemleri sırasında rakam değişimi işlemi nadir olarak yapıldığından düşük ihtimaller göz önünde tutularak uygulanır. Pratik çalışmalar bu ihtimal değerinin 0.01 ile 0.001 arasında değişmesi sonucuna varılmıştır (Akoğlu, 2006).

2.9 GA ile İlgili Bilgiler

GA' ların başarısı genlerde kodlanan bilginin özellikle çaprazlama yoluyla sürekli farklı şekillerde bir araya gelmesine ve bu birlikteliklerden de en başarılı sonucu verenlerin seçilmesine dayanmaktadır. GA' larla alakalı bazı önemli özellikler ise şu şekilde özetlenebilir (Akoğlu, 2006):

- Kromozom sorunun çözümü için gerekli olan bilgiyi üzerinde taşıyan genler topluluğu olarak değerlendirilebilir. Kromozom sayısının fazla olması çalışma süresini arttırmasına karşılık az olması da çeşitliliği ortadan kaldırır.
- Rakam değişikliği en ideal çözüme ulaşmak için kullanılan bir işlemdir. Sistemin sıçramalar yaparak daha farklı alanları da incelemeye imkan verir. Rakam değişikliği oranının yüksek tutulması rast geleliği arttıracağı gibi ideal noktaya ulaşmayı da zorlaştıracaktır.
- Normal olarak çaprazlama tek noktada yapılır. Bazı sorunlarda çok noktalı çaprazlamanın daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.
- İkili sayı sistemine göre kodlama yaygın olarak kullanılır.
- Her toplum bir önceki toplum ile bağlantılı olarak meydana gelir.

- Genel olarak, GA' da ilk toplumlar rastgele olmasına rağmen eğer olayın fiziği biliniyorsa ilk toplumlar çözüme yakın kromozomlardan da seçilebilirler. Bu durumda hesaplama zamanı azalır.

Yukarıda ayrıntılı olarak izah edilen GA' ların genel işleyişi adım adım aşağıdaki şekilde açıklanabilir:

1) Önce toplumun kromozomları rastgele seçilir. Eğer olayın fiziği biliniyorsa toplumu meydana getiren kromozomlar uzman görüşleri göz önünde tutularak istenildiği uygunlukta seçilebilir. Bu seçim amaca ulaşmayı kolaylaştırır.

2) Kromozomların dinçlikleri $d(x) = \frac{h(x_i)}{\sum_{j=1}^{N_g} h(x_j)}$ denklemi ile hesaplanır.

3) Kromozomların dinçlik derecelerine bakılarak çevresine uyum sağlamış olanlar özelliklerini gelecek topluma aktarırken çevresine uyum sağlayamamış olanlar elenir (seçim operatörü).

4) Yeni toplumu teşkil eden kromozomlar çaprazlama işlemi ile eşleştirilir.

5) Bazı kromozomlar üzerinde rastgele değişimler yapılır (rakam değişimi işlemi).

6) Elde edilen yeni kromozomların dinçlikleri hesaplanır, eğer bunlar istenilen düzeydeyse işlemlere son verilir. İstenilen düzeye ulaşamamışsa iyiler seçilip kötüler elenerek çaprazlama ve rakam değişimi işlemlerine devam edilir. Bu işlemlere kromozomlar istenilen düzeye gelinceye kadar ya da belirlenen bir iterasyon tamamlanıncaya kadar devam edilir.

2.10 Parametre Seçimi

GA' nın toplum büyüklüğü ve rakam değiştirme oranı gibi büyüklüklerinin seçimi çok seçenekli bir durum olduğundan sıkıntılıdır. GA' lar toplum büyüklüğü ile çaprazlama ve rakam değiştirme oranlarının seçiminde başlangıçta rastgelelik içerir. Diğer taraftan da değişik çaprazlama ve rakam değiştirme türleri vardır. Kromozomların yaşlanması ve gri kodlama da mümkündür. Bütün bu seçeneklerin ayrı ayrı sınanması ile en iyisinin belirlenmesi söz konusu olamayacak kadar zaman alıcı ve imkânsız olabilir. De Jong (1975) tarafından yapılan değişik sınamalardan sonra GA en iyi parametre seçimi için iki ölçütünün olduğunu söylemiştir. Bunlardan biri başlangıç toplumundan son topluma kadar olan süredeki tüm toplumların dinçlik ortalamasının kullanılmasıdır. Çok fazla sayıdaki zayıf çözümler için GA cezalandırılırken en düşük dinçlik durumları da mükâfatlandırılır. İkinci olarak herhangi bir iterasyondaki topluma kadar bulunan en iyi dinçlik değerini göz önünde tutulur.

2.11 Gen Büyüklüğü

Bir GA' nın çözüme yaklaşması esnasında gerekli zaman ve çözümlerin sağlığı değişkenlerin temsili için kullanılacak hanelerin veya genlerin büyüklüklerine bağlıdır. Çözümler yapılırken bilgisayar kullanıcıları lüzumsuz yere aşırı hassasiyet peşinde koşarlar. Bunun için virgülden sonra anlamsız bile olsa birçok ondalık hanesini göz önünde tutarlar. Ondalık sayılarda her bir ondalık hanesi için bir gende yaklaşık 3,3 kadar haneye gerek vardır. Bu sebeple, eğer 8 haneye kadar doğruluk istenirse değişken gen'inin $8 \times 3,3 = 26,4$ veya 27 haneden meydana geliyor olması gerekir. Mesela, 10 tane değişken varsa kromozom uzunluğu $27 \times 10 = 270$ haneli olmalıdır. Buradan sadece istenilen hassasiyet fazlası dolayısı ile GA çözümlemesinde faydadan fazla zarar getirir. Bunun için önceden problemin çözümünden beklenecek doğruluk derecesinin ne kadar olmasının gerekliliği göz önünde tutulmalıdır (Akoğlu, 2006).

2.12 Toplum Büyüklüğü

GA' da başlangıç ve daha sonraki aşamalardaki toplum büyüklüğüne karar vermek önemlidir. Burada da toplum büyüklüğü ile GA' nın yaklaşımı için gerekli iterasyon sayısı arasında bir alış verişi vardır. Kaç tane GA değişkeni göz önünde tutulmalıdır ki hedef fonksiyonu hesapları en az olsun?

Küçük topluluklarda GA çok kısa zamanda bir yerel en küçük noktaya yaklaşır. Çünkü böyle bir toplum gereği kadar çözüm alanını örnekleyemez. Diğer taraftan, büyük topluluklarda en iyi çözümün bulunması için gerekli zaman çok uzar. Goldberg (1989) tarafından ileriye

sürülen bir kurala göre oldukça küçük olan topluluklar seri olarak bağlantılı sorun çözümlemelerinde ve oldukça büyük topluluklarda paralel olarak bağlı sorun çözümlerinde yararlıdır. Syswerda (1991) aşağıdaki kurala göre toplum büyüklüğünün belirlenmesini tavsiye etmektedir.

“Genel akılcılık büyük toplulukların çok daha düşük hızlarda çözüme yaklaşacağı ama sonuçta küçük topluluklardan daha iyi çözümlere ulaşacağını gösterir.”

Yapılan çalışmalar sonunda elde edilen tecrübeler bu kaba kuralın her zaman doğru olmadığına işaret etmiştir. En iyi toplum büyüklüğü eldeki sorunun davranış biçimine göre ayarlanmalıdır (Akoğlu, 2006).

2.13 Matlab ve GA Toolbox

Genetik algoritmaların işleyişi ve uygulanışı yukarıda anlatıldı. Optimizasyon yapmak istediğimiz problemin algoritmasını kurup kısıtların belirlenmesi zaman alıp bazen de çok zor olabilir. Matlab (gatool) programı bu durum kolaylaştırmıştır. Program maksimize ya da minimize yapmak istediğimiz uygunluk fonksiyonunu (fitness function), belirlediğimiz kriterlere göre çözümler. Matlab uygunluk fonksiyonunu minimum yapan değerleri bulmak için çalışır. Maksimum yapan değerleri bulmak için sadece uygunluk fonksiyonunu (-1) ile çarpabiliriz.

3. ANTEN DİZİLERİNE GENEL BİR BAKIŞ VE UYGULAMALAR

Anten dizileri, farklı veya benzer antenlerin değişik şekillerde birleştirilmesiyle oluşturulmuş anten sistemleridir. Anten dizilerinde, elemanlar arası karşılıklı etkileşimi ise ilk olarak P. S. Carter 1932 yılında fark etmiştir (Carter, 1932).

Dizilerin pratikte ilk kullanımı, bu alanda daha önce yapılmış çalışmaların ışığında 1937 yılında gerçekleştirilmiştir. Altı adet rombik anten, 1.2km 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 Wheeler, aynı fazlı dipollerden oluşan dizilerin ışıma direncini hesaplayarak sonraki yıllarda yayınlanacak birçok makale için referans oluşturmuştur (Wheeler, 1948). Dizilerin teori ve uygulamalarında en önemli gelişmeler ise 1960’lı yıllarda olmuş, hızlı faz kaydırıcılar ve bunları kontrol edebilecek bilgisayarların geliştirilmesi ile bu gelişmeler hız kazanmıştır (Stark, 1974).

3.1 Dizilerin Radar Uygulamaları

Dizilerin radar uygulamalarında önemli yer tutan iki özelliği vardır. Birincisi, dizideki birçok anten elemanının gücünün birbirine eklenmesi, ikincisi ise durağan olmayan ve hızlı hareket ettirilebilen bir ana hüzmelerin gerçekleştirilebilmesidir. Dizilerin ilgi çeken diğer bir özelliği de çeşitli hava ve kara araçları yüzeyine, bu araçların aerodinamik yapılarını bozmadan yerleştirilebilmeleridir (Taşkın, 2003).

Dizi anten kullanılan ilk radarlardan biri, 1974 yılında üretilen RCA’s AEGIS sistemi olarak da bilinen AN/SPY-1 radarıdır (Scudder ve Sheppard, 1974).

Dizi antenli radarlar geleneksel radarlardan farklı olarak;

- çoklu hedef izleme (oldukça hareketli bir anten hüzmesi ile 1000’e yakın hedef)
- hızlı açı tarama/izleme
- arazi izleme/önlem alma
- atış kontrol ve güdüm

fonksiyonlarını farklı zaman diliminde gerçekleştirebilirler.

Bunlara örnekler verecek olursak, okyanus ve karaları uzaydan görüntüleme amacıyla kullanılan SEASAT ve SIR-A sistemlerinde 128 elemanlı diziler kullanılmaktadır. Bunlar

sabit yönlü dizilerdir. F-15, F-16 ve F-18 gibi savaş uçaklarında ise mekanik olarak yönlendirilebilen sabit yönlü diziler kullanılmaktadır. Fakat bunların mekanik yönlendirme hızı yetersizdir ve mekanik dönen aksam çabuk bozulabilmektedir. Bunun çözümü ise elektronik olarak yönlendirilen dizilerin kullanılmasıdır. Bunun diğer adı faz dizili antenlerdir ve E-3A AWACS (Erken Uyarı ve Kontrol) uçaklarında bulunan S-bant AN/APY-1 radarında kullanılmaktadır. Ayrıca Amerika'da radyo-astronomi tesisinde ve PAVE PAWS UHF sisteminde kullanılmaktadır (Taşkın, 2003).

4. ANTEN DİZİLERİ VE FORMÜLASYON

Anten dizileri tek bir anten ile yeterli olarak sağlanamayan düşük yan kulakçık seviyesi, dar ana hüzmeye, yüksek doğrultuculuk gibi özellikleri sağlamak amacı ile kullanılmaktadır.

Diziler çeşitli geometrik şekillerde konumlandırılabilirler. Bir çizgi üzerinde konumlandırılırlarsa buna lineer anten dizileri adı verilmektedir.

Ayrıca anten dizileri elektronik taramada da kullanılmaktadır. Bu özellikleri özellikle radarlarda kullanılmaktadır.

4.1 Anten Dizileri İçin Formülasyon

Formülasyon lineer anten dizileri için ve izotropik elemanların uzak alan elektrik alanı hesaplanarak gerçekleştirilecektir.

Orjinde bulunan bir izotropik eleman için; uzak alanda akımı sabit ($I_0 = sbt$) olarak düşünülebileceği için dizi faktörü (AF);

$$AF = I_0 \quad (4-1)$$

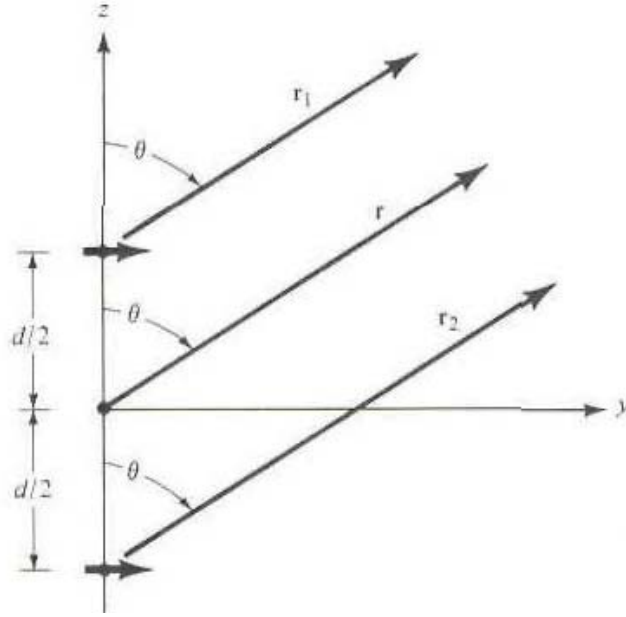
yazılabilir.

Bu bir elemana farklı akımlara sahip yeni elemanlar eklenirse dizi faktörü;

$$AF = I_0 e^{j\xi_0} + I_1 e^{j\xi_1} + I_2 e^{j\xi_2} + \dots \quad (4-2)$$

şekline dönüşür. Burada $\xi_0, \xi_1, \dots$ dizi elemanlarının aralarındaki mesafeden kaynaklanan faz farklarıdır. Bu dizi faktörünün en genel şeklidir. Dizilerin basit olarak davranışlarını incelemek amacıyla iki elemanlı dizileri incelemek yerinde olacaktır.

4.1.1 İki Elemanlı Dizi İçin Dizi Faktörünün Bulunması



Şekil 4.1 İki Elemanlı Dizi Geometrisi

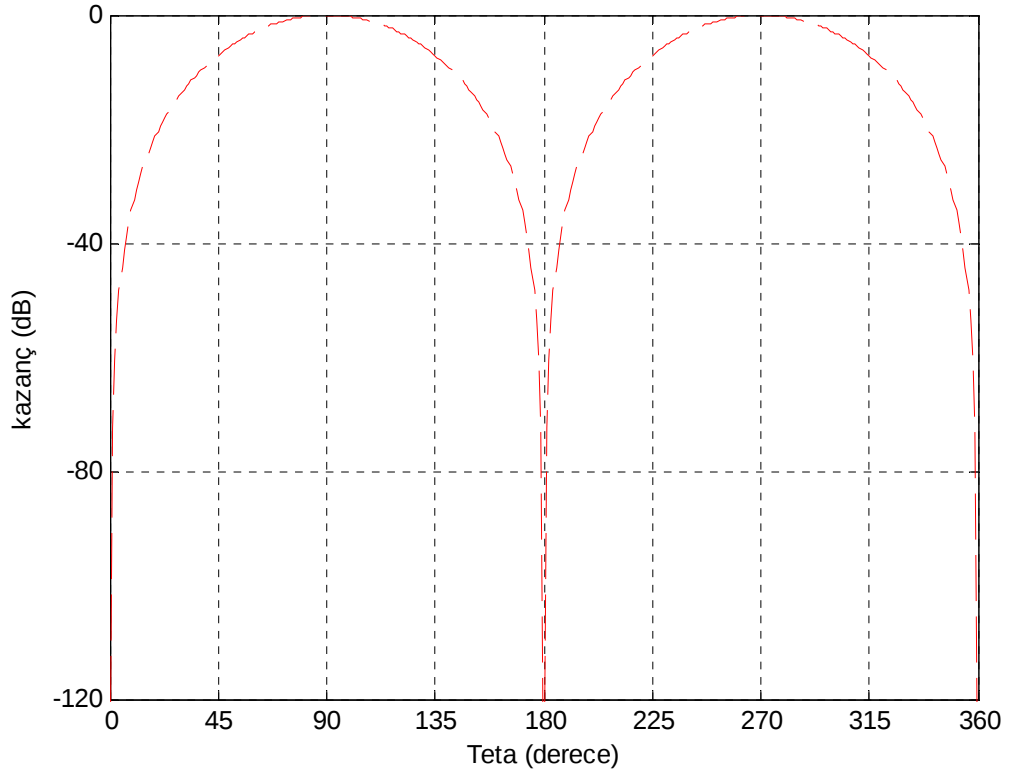
z-eksenine yerleştirilmiş şekil 4.1 deki izotropik antenler eşit genlik ve faz uyarım katsayıları ile beslenmiş olsun ($A_0=A_1=I$, $\alpha=0$). Aralarındaki mesafe ($d=\lambda/2$) ise yarım dalga boyu olsun. Dizi Faktörü;

$$AF = 1e^{-j\beta(d/2)\cos\theta} + 1e^{j\beta(d/2)\cos\theta} = 2\cos\left(\beta\frac{d}{2}\cos\theta\right) \quad (4-3)$$

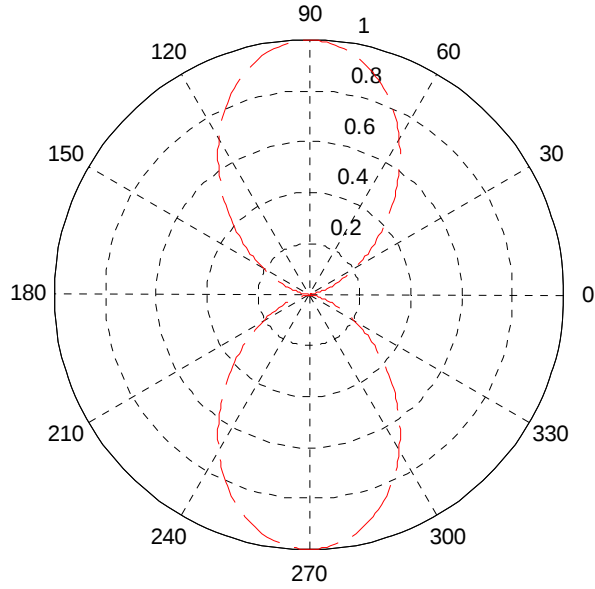
$d=\lambda/2$ ve $\beta d/2=\pi/2$ (β dalga numarasıdır ve $\beta=2\pi/\lambda$) yerine koyarsak;

$$AF = 2\cos\left(\frac{\pi}{2}\cos\theta\right) \text{ olacaktır.} \quad (4-4)$$

4-4'ün normalize edilmiş şeklini çizdirecek olursak şekil 4.2 ve şekil 4.3'e ulaşabiliriz.

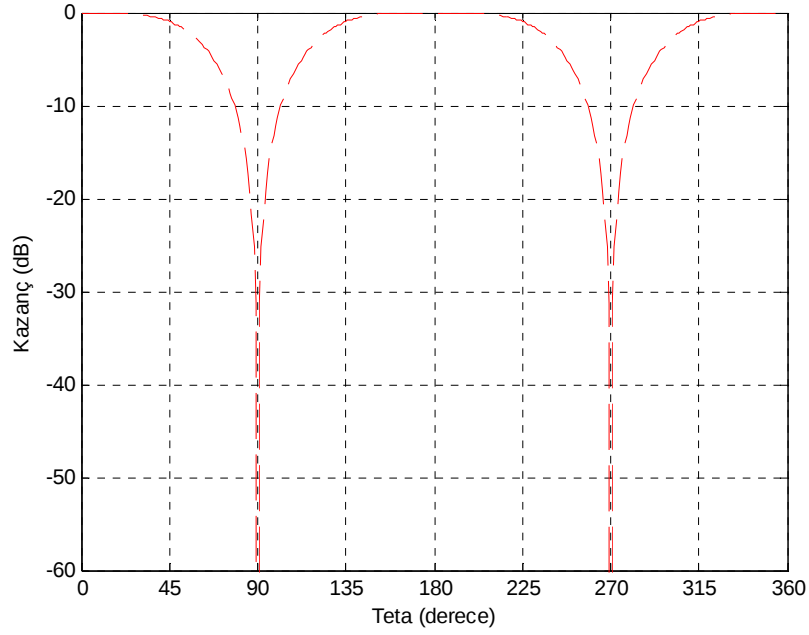


Şekil 4.2 İki Elemanlı Dizi İçin Dizi Faktörü ($d=\lambda/2$ ve $\alpha=0$)

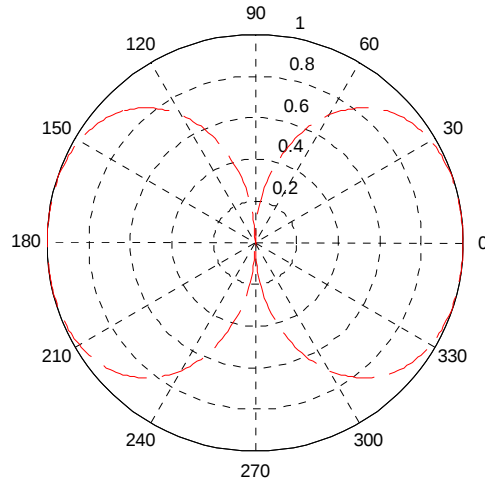


Şekil 4.3 İki Elemanlı Dizi İçin Dizi Faktörünün Polar Formu ($d=\lambda/2$ ve $\alpha=0$)

İki elemanlı dizide elemanları eşit genlik ve zıt faz ile beslersek ($A_0=A_1=1$, $\alpha=180^\circ$) ve aralarındaki mesafeyi $d=\lambda/2$ alırsak şekil 4.4 ve şekil 4.5 sonuçlarına ulaşılabilir.



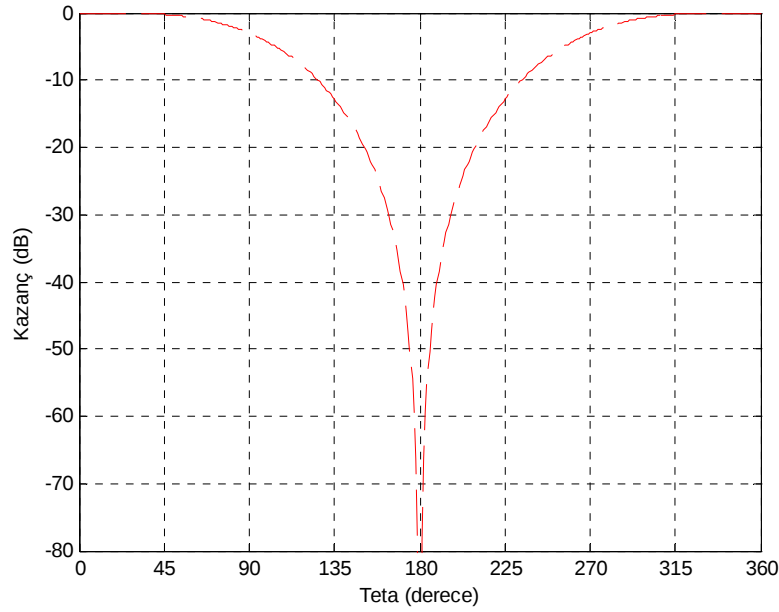
Şekil 4.4 Dizi Faktörü ($d=\lambda/2$ ve $\alpha=180^\circ$)



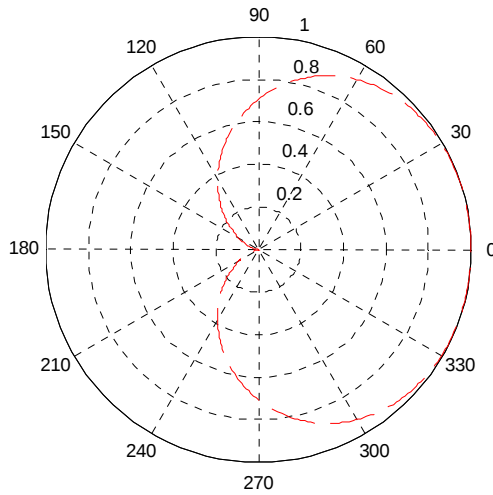
Şekil 4.5 Dizi Faktörünün Polar Formu ($d=\lambda/2$ ve $\alpha=180^\circ$)

Şekil 4.4 ve şekil 4.5’de görüldüğü gibi faz uyarım katsayısının değişmesi ana hüzmenin yönünün değişmesine neden oldu.

Elemanları eşit genlik ve 90° faz farkı ile beslersek ($A_0=A_1=1$, $\alpha=-90^\circ$) ve aralarındaki mesafeyi $d=\lambda/4$ alırsak şekil 4.6 ve şekil 4.7 sonuçlarına ulaşılabilir.



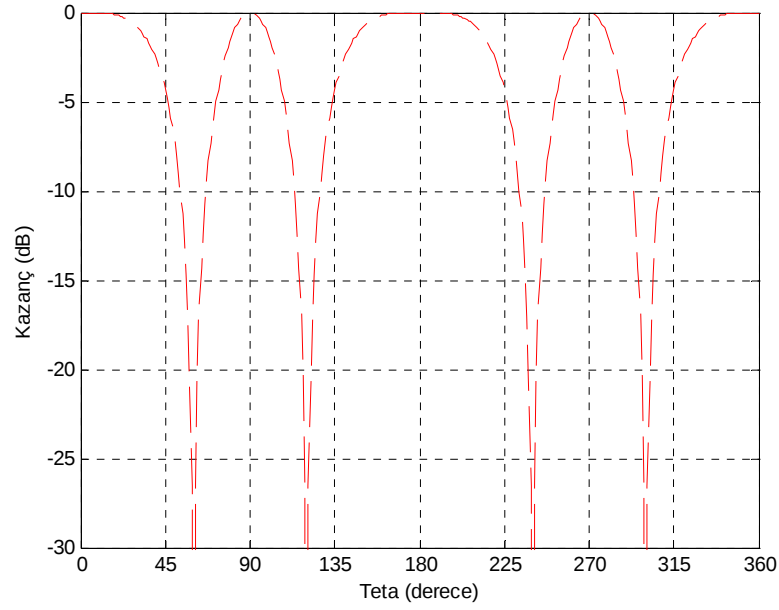
Şekil 4.6 Dizi Faktörü ($d=\lambda/4$ ve $\alpha=-90^\circ$)



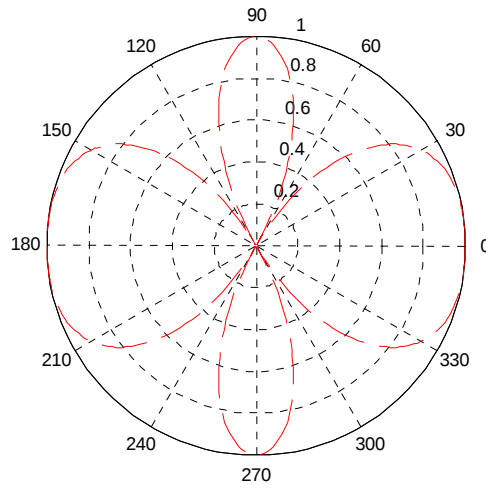
Şekil 4.7 Dizi Faktörünün Polar Formu ($d=\lambda/4$ ve $\alpha=-90^\circ$)

Şekil 4.6 ve 4.7’de görüldüğü gibi dizi faktörü elemanların aralarındaki mesafeyi ve faz farkını ayarlayarak şekillendirilebilir. Kardioid patern olarak da anılan bu ışınma paterni akustik alanlarda kullanılabilir (Studzman ve Thiele, 1998).

Elemanları eşit genlik ve faz ile beslersek ($A_0=A_I=1$, $\alpha=0^\circ$) ve aralarındaki mesafeyi $d=\lambda$ alırsak şekil 4.8 ve şekil 4.9 sonuçlarına ulaşılabilir.



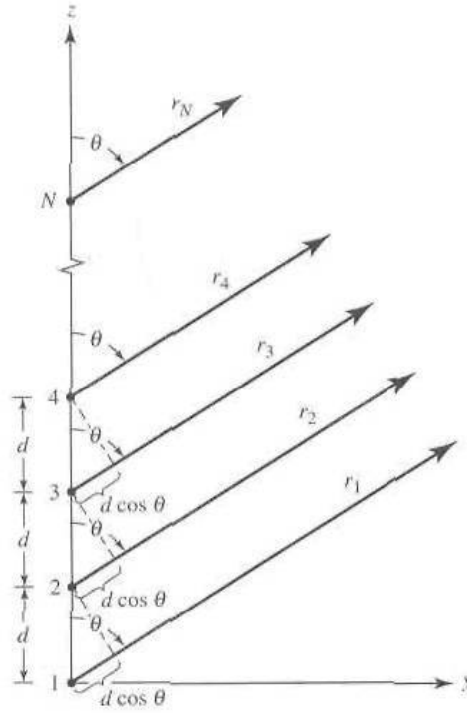
Şekil 4.8 Dizi Faktörü ($d=\lambda$ ve $\alpha=0^\circ$)



Şekil 4.9 Dizi Faktörünün Polar Formu ($d=\lambda$ ve $\alpha=0^\circ$)

Şekil 4.8 ve 4.9' da mesafenin artmasından kaynaklanan yan kulakçıkların oluştuğu görülmektedir.

4.1.2 N Elemanlı Dizi İçin Dizi Faktörünün Bulunması



Şekil 4.10 N Elemanlı Dizi Geometrisi

(4-2) bağıntısında ilk elemanın orjinde olduğu kabul edilirse $\zeta_0=0$ olacaktır ve şekil 4.10' dan hareketle $\zeta_l=\beta d \cos \theta$ olacaktır. O halde dizi faktörü;

$$AF = I_0 + I_1 e^{j\beta d \cos \theta} + I_2 e^{j\beta 2d \cos \theta} + \dots = \sum_{n=0}^{N-1} I_n e^{j\beta n d \cos \theta} \quad (4-5)$$

olacaktır. α ; elemanın progresif fazı, A ise genliği olmak üzere elemanın üzerinden akan akımı genlik ve faz cinsinden yazacak olursak;

$$I_n = A_n e^{jn\alpha} \quad (4-6)$$

olacak ve bunu (4-5) de yerine koyarsak;

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} A_n e^{jn(\beta d \cos \theta + \alpha)} \quad (4-7)$$

olacaktır. Burada elemanların eşit aralıklarla yerleştirildiği düşünülmüştür. (4-7) bağıntısında

$$\beta d \cos \theta + \alpha = \psi \quad (4-8)$$

yerine konursa;

$$AF = \sum_{n=0}^{N-1} A_n e^{jn\psi} \quad (4-9)$$

olur.

Elemanların akımlarının genlikleri de eşit alınırsa;

$$A_0 = A_1 = A_2 = \dots \quad (4-10)$$

$$AF = A_0 \sum_{n=0}^{N-1} e^{jn\psi} = A_0 (1 + e^{j\psi} + \dots + e^{j(N-1)\psi}) \quad (4-11)$$

Eşitliğin iki tarafını da $e^{j\psi}$ ile çarparsak;

$$AF e^{j\psi} = A_0 (e^{j\psi} + e^{j2\psi} + \dots + e^{jN\psi}) \quad (4-12)$$

(4-11)'den (4-12)'yi taraf tarafa çıkarır düzenlersek;

$$AF = A_0 \frac{e^{jN\psi} - 1}{e^{j\psi} - 1} = A_0 \frac{e^{jN\psi/2}}{e^{j\psi/2}} \frac{e^{jN\psi/2} - e^{-jN\psi/2}}{e^{j\psi/2} - e^{-j\psi/2}} = A_0 e^{j(N-1)\psi/2} \frac{\sin(N\psi/2)}{\sin(\psi/2)} \quad (4-13)$$

(4-13) ifadesindeki önemsiz olan faz faktörü ihmal edilirse;

$$AF = A_0 \frac{\sin(N\psi/2)}{\sin(\psi/2)} \quad (4-14)$$

Bu ifade normalize edilirse;

$$AF = \frac{\sin(N\psi/2)}{N \sin(\psi/2)} \quad (4-15)$$

olarak bulunmaktadır ki bu ifade eşit genliklerle beslenmiş ve aralarında eşit mesafe bulunan anten dizilerinin genel dizi faktörü bağıntısıdır.

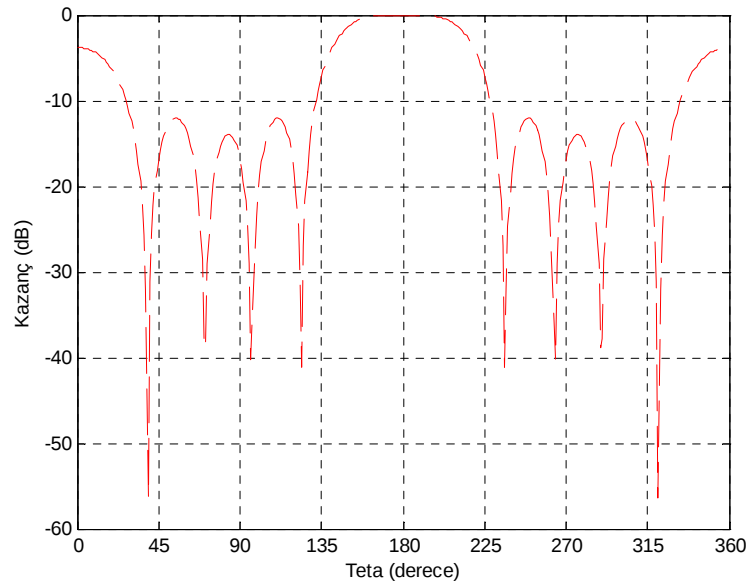
4.2 Anten Dizileri İle Yapılmış Bazı Çalışmalar

4.2.1 Uçtan Işımalı (Ordinary Endfire) Dizi

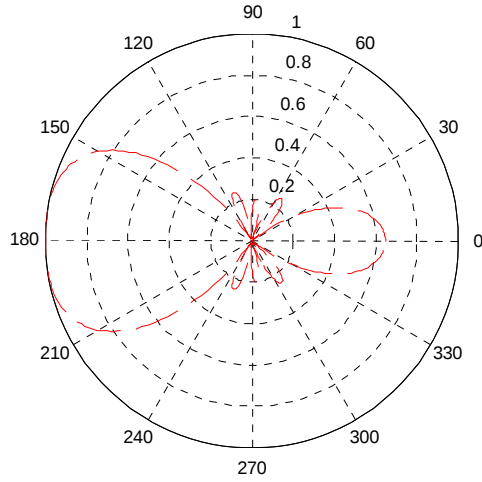
Çoğu uygulamada antenlerin tek kalem hüzmeye (single pencil beam) şeklinde yayın yapmaları istenir. Yandan ışımalı (Broadside) yani elemanların akım fazlarının 0 olduğu ($\alpha=0$) dizi antenler ise fan hüzmeye (fan beam) şeklinde yayın yaparlar. Bu sebeple kalem hüzmeye şeklini oluşturmak uçtan ışımalı diziler ile mümkündür. Faz farkının $-\beta d$ ve βd ($\alpha = \pm \beta d$) olduğu faz dizi antenler uçtan ışımalı diziler olarak anılır. Antenler arası mesafe yarım dalga boyu ise 2 tane ana hüzmeye oluşur. Tek kalem hüzmeye oluşturmanın en kolay yolu mesafeyi yarım dalgadan az tutmaktır. Bunu formülüze edecek olursak;

$$d \leq \frac{\lambda}{2} \left(1 - \frac{1}{2N} \right) \text{ ordinary endfire} \quad (4-16)$$

Örneğin $N=5$, $d=0.45\lambda$ ve faz farkı $\alpha=0.9\pi$ için dizi faktörü;

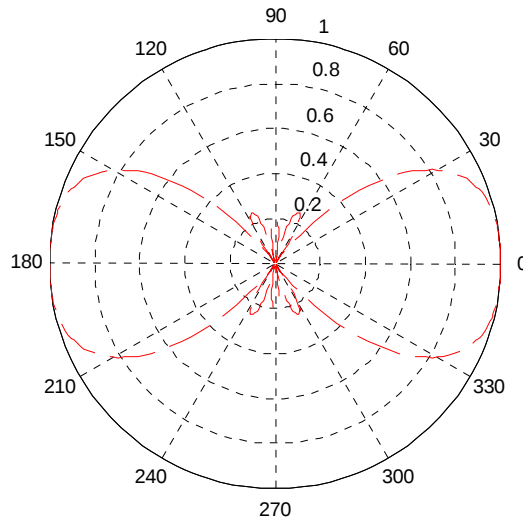


Şekil 4.11 Ordinary Endfire Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.45\lambda$, $\alpha=0.9\pi$)



Şekil 4.12 Ordinary Endfire Dizi Polar Formu ($N=5$, $d=0.45\lambda$, $\alpha=0.9\pi$)

Görüldüğü gibi tek bir kalem hüzme oluştu ama bunun aksine mesafeyi yarım dalga yaparsak ve dolayısıyla $\alpha=\pi$ olursa; $N=5$, $d=0.5\lambda$ ve faz farkı $\alpha=\pi$ için;



Şekil 4.13 $N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=\pi$ için Dizi Faktörünün Polar Formu

dizi faktörü hesaplandığında şkil 4.13’de görüldüğü gibi 2 ana hüzme oluştu.

4.2.2 Hansen-Woodyard Uçtan Işımalı (Hansen-Woodyard Endfire) Dizi

Ordinary Endfire’da faz farkı $\alpha = \pm\beta d$ idi. Fakat bu durumda doğrultuculuk azdır. Ancak;

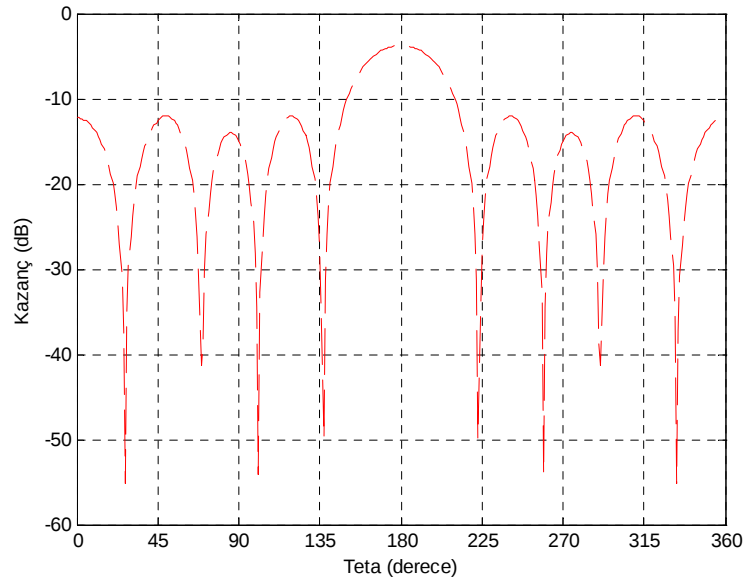
doğrultuculuk faz farkını arttırarak yükseltilebilir. Yani;

$$\alpha = \pm(\beta d + \delta) \quad (4-17)$$

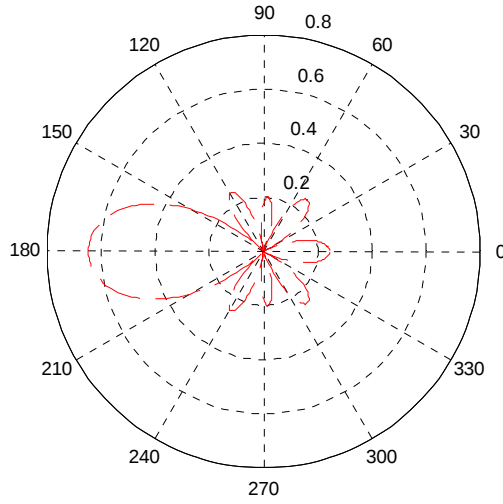
Bu durum Hansen-Woodyard olarak anılır (Studzman ve Thiele, 1998). Bu durum uzun dizilere uygulanır. Bu durumda oluşacak paternin görünür kısmında olması ve maksimum doğrultuculuğun sağlanması için $\delta = \frac{\pi}{N}$ alınmalıdır. (Uzun dizilerde N çok büyük olacağından $\alpha = \pm(\beta d + \delta) \cong \pm\beta d$ olacaktır.) Bu durumda;

$$\alpha = \pm\left(\beta d + \frac{\pi}{N}\right), \quad d \leq \frac{\lambda}{2}\left(1 - \frac{1}{N}\right) \quad (4-18)$$

olur. Örneğin $N=5$, $d=0.37\lambda$ ve faz farkı $\alpha=0.94\pi$ için;



Şekil 4.14 Hansen-Woodyard Endfire Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.37\lambda$, $\alpha=0.94\pi$)



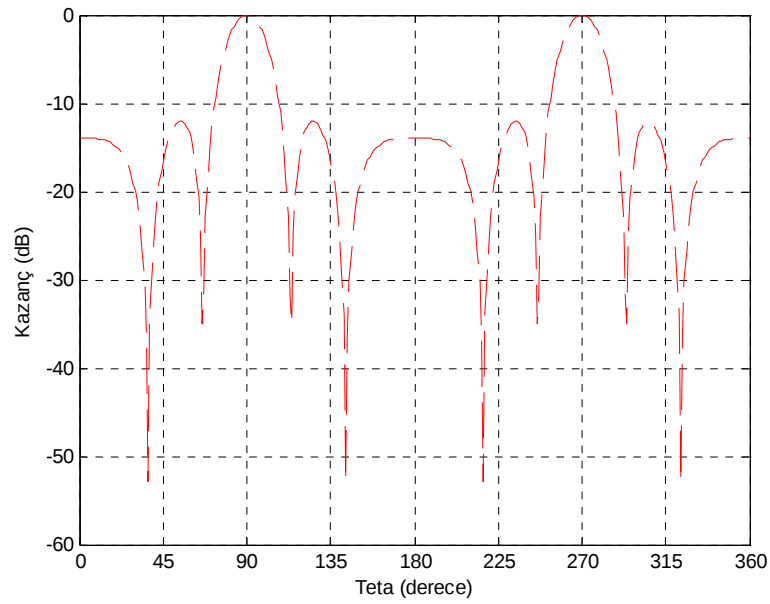
Şekil 4.15 Hansen-Woodyard Endfire Dizinin Polar Formu Örneği ($N=5$, $d=0.37\lambda$, $\alpha=0.94\pi$)

Görüldüğü gibi doğrultuculuk arttı fakat bu kez yan kulakçık seviyeleri yükseldi.

4.2.3 Genlik Katsayıları Eşit Olmayan Dizi Çalışmaları

5 dizili bir anten için genlik katsayıları değişik şekillerde seçilerek incelenecek olursa;

Uniform genlik katsayıları A: 1 1 1 1 1 için;



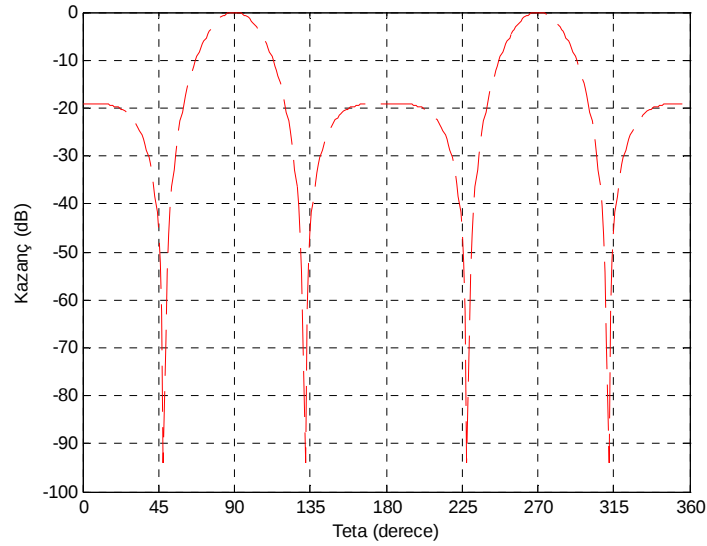
Şekil 4.16 Uniform Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, A:1 1 1 1 1)

Doğrultuculuk (Directivity) $D=5$

Yarım güç hüzme genişliği (HPBW-Half Power Beam Width) $HP=20.8^\circ$

Maksimum Yan Kulakçık Seviyesi (SLL-Side Lobe Level) $SLL=-12.05\text{dB}$ çıkmaktadır.

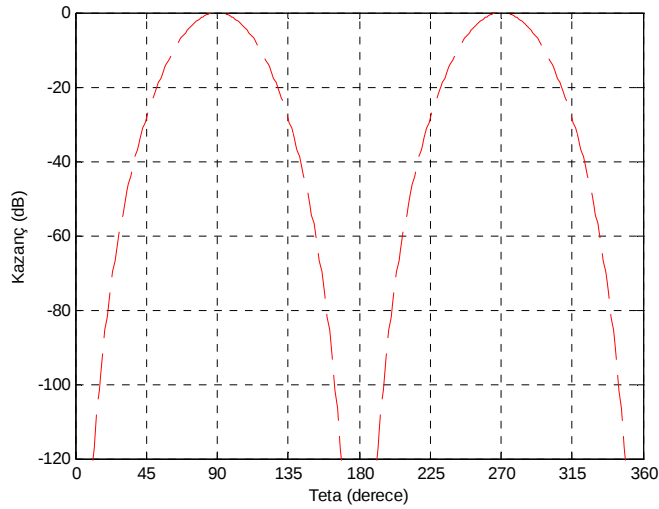
Üçgensel (Triangular) genlik katsayıları $A: 1\ 2\ 3\ 2\ 1$ için;



Şekil 4.17 Üçgensel Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A:1\ 2\ 3\ 2\ 1$)

$D=4.2632$, $HP=26^\circ$, $SLL=-19.08\text{dB}$ çıkmaktadır.

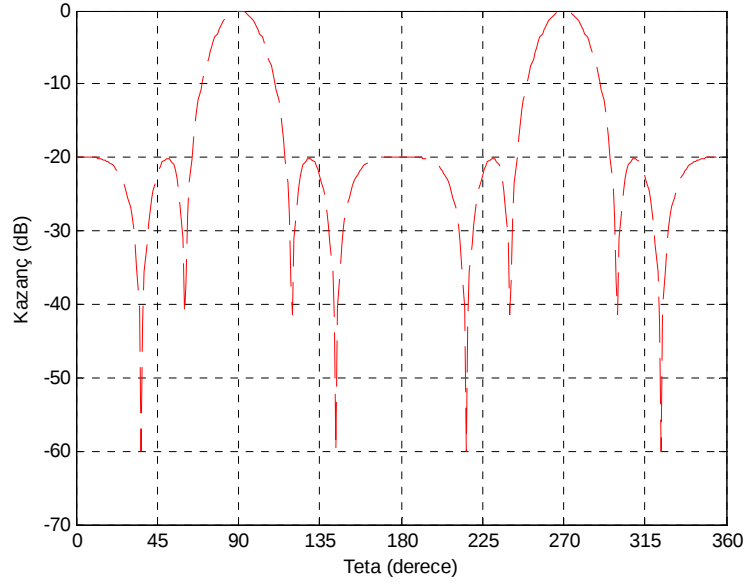
Binomial genlik katsayıları $A: 1\ 4\ 6\ 4\ 1$ için;



Şekil 4.18 Binomial Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A:1\ 4\ 6\ 4\ 1$)

$D=3.6571$, $HP=30.3^\circ$, $SLL=-\infty dB$ çıkmaktadır.

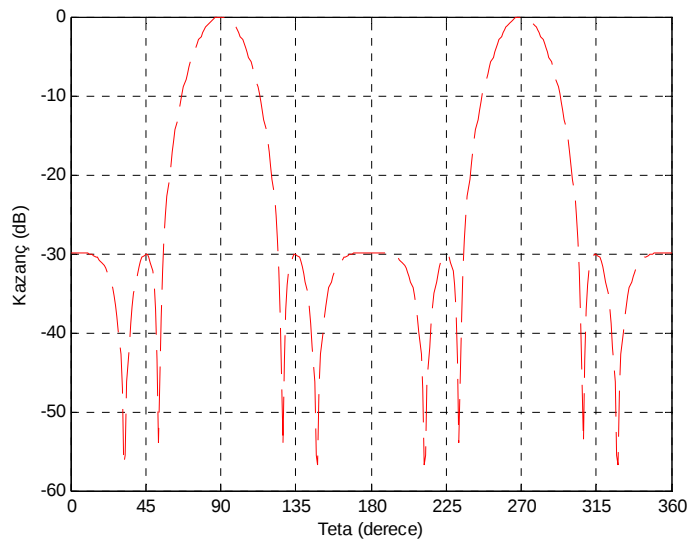
Dolph-Chebyshev genlik katsayıları $A: 1 : 1.61: 1.94: 1.61: 1$ için;



Şekil 4.19 Dolph-Chebyshev Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A: 1 \ 1.61 \ 1.94 \ 1.61 \ 1$)

$D=4.6827$, $HP=23.7^\circ$, $SLL=-19.95dB$ çıkmaktadır.

Dolph-Chebyshev genlik katsayıları $A: 1 : 2.41: 3.14: 2.41: 1$ için;



Şekil 4.20 Dolph-Chebyshev Genlikli Dizi Örneği ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A: 1 \ 2.41 \ 3.14 \ 2.41 \ 1$)

$D=4.2257$, $HP=26.4^\circ$, $SLL=-29.86\text{dB}$ çıkmaktadır.

4.2.4 Faz Dizili Antenler (Phased Array) İle Elektronik Tarama

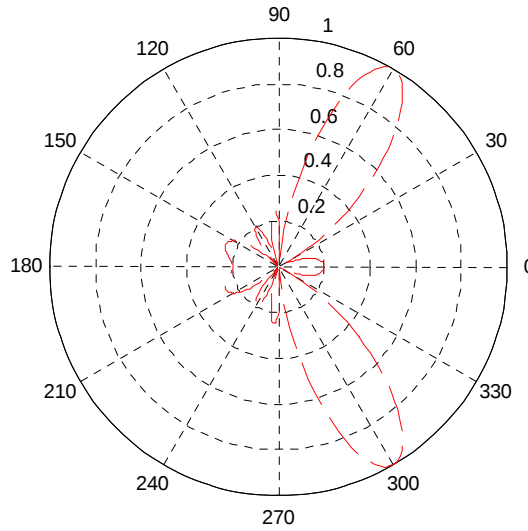
(4-9) eşitliğini ele alacak olursak, dizi faktörü AF , $\psi=0$ 'da maksimum değerini almaktadır. O halde dizi faktörünün ana hüzmesi istenilen bir θ_0 derecesine (4-8) eşitliğinden hareketle;

$$\beta d \cos \theta_0 + \alpha = \psi = 0, \quad \alpha = -\beta d \cos \theta_0 \quad (4-19)$$

kaydırılabilir.

Örneğin üniform genlikli şekil 4.16' da çizdirilen dizi faktörünü ele alacak olursak, bu dizi faktörünün ana hüzmesini $\theta_0 = 60^\circ$ (ve simetriği 300° 'ye) 'ye kaydırılmak istenirse;

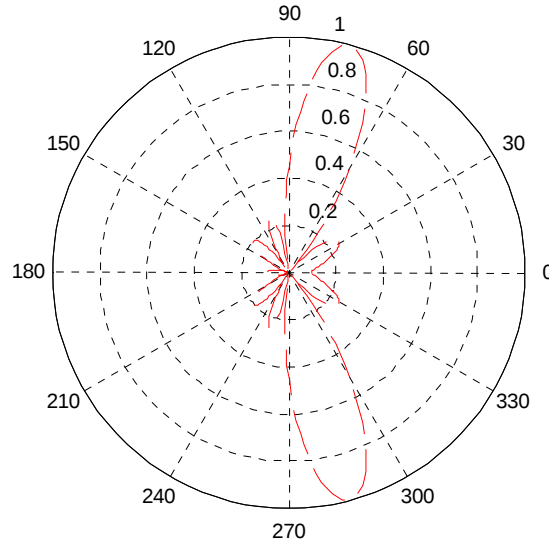
$$\alpha = -\beta d \cos 60^\circ = -\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} \cos 60^\circ = -1.5708 \text{ olarak çizdirirsek};$$



Şekil 4.21 Ana Hüzmenin 60° 'ye kaydırılması ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=-1.5708$, $A:1\ 1\ 1\ 1\ 1$)

Ana hüzme $\theta_0 = 75^\circ$ (ve simetriği 285° 'ye) 'ye kaydırılmak istenirse;

$$\alpha = -\beta d \cos 75^\circ = -\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{2} \cos 75^\circ = -0.8131 \text{ olarak çizdirirsek};$$



Şekil 4.22 Ana Hüzmenin 75° 'ye kaydırılması ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=-0.8131$, $A:1\ 1\ 1\ 1\ 1$)

Elektronik tarama bu şekilde elemanların akımlarının fazı olan , α değerini değiştirerek gerçekleştirilebilir. Uygulamada bu faz kaydırıcıları (phase shifter) ile yapılabilir.

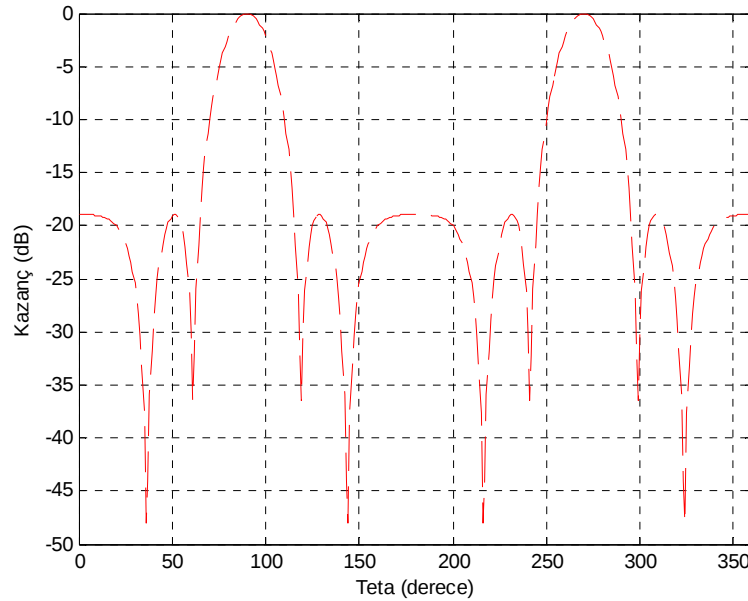
5. LİNEER ANTEN DİZİLERİNDE GENETİK ALGORİTMA KULLANARAK IŞIMA PATERNİ SENTEZİ

Dördüncü bölümde lineer anten dizileri ve lineer anten dizileriyle ilgili yapılan çalışmalar incelenmişti. Genel olarak bakıldığında faz uyarım katsayısı α değeri değiştirilerek dizi faktörünün ana hüzmesi istenen noktaya kaydırılabilmekte, genlik uyarım katsayıları A_n değerlerinde ayarlama yapılarak ışımada paterni şekillendirilebilmekte idi. Bu bölümde ise genetik algoritma yardımıyla, genlik uyarım katsayıları A_n ve dizilerin birbirlerine uzaklıkları d_n değerleri hesaplanarak ışımada paterni sentezi yapılacaktır.

5.1 Genlik Uyarım Katsayıları İle Işıma Paterni Sentezi

4.2.3 bölümünde yapılan çalışmalara baktığımızda doğrultuculuğun (D) arttığında yan kulakçık seviyelerinin (SLL) de arttığı veya yan kulakçık seviyesinin azaltıldığı durumlarda ise doğrultuculuğun azaldığı görülmektedir. Bu durumu genetik algoritma ile optimize edecek olursak;

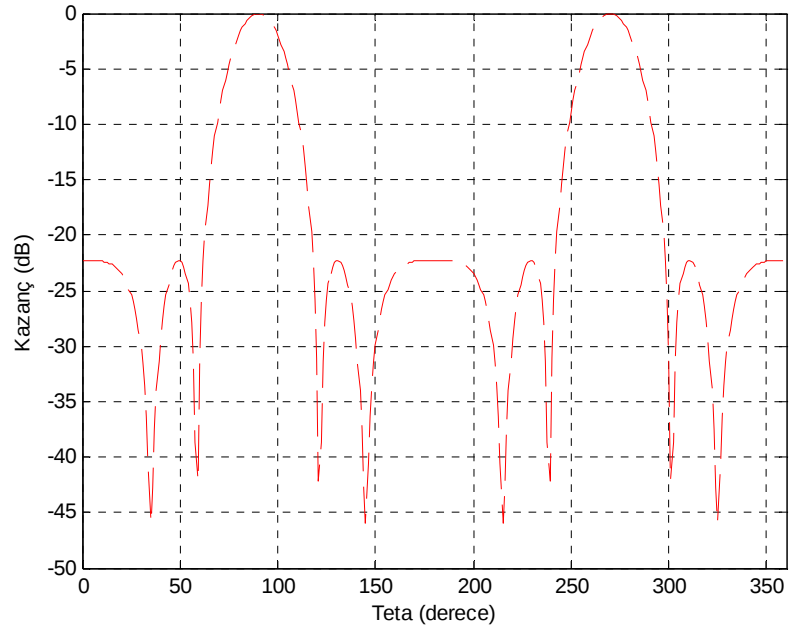
Birinci optimizasyon sonucu;



Şekil 5.1 Birinci Optimizasyon Sonucu ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, A : 0.6923 1.0550 1.2923 1.1180 0.7393)

$D=4.7402$, $HP=22^\circ$, $SLL=-19dB$, A : [0.6923 1.0550 1.2923 1.1180 0.7393] çıkmaktadır.

İkinci optimizasyon sonucu;



Şekil 5.2 İkinci Optimizasyon Sonucu ($N=5$, $d=0.5\lambda$, $\alpha=0$, $A: 0.6497 \ 1.1493$
 $1.3958 \ 1.1274 \ 0.6106$)

$D=4.56$, $HP=24^\circ$, $SLL=-22.3\text{dB}$, $A: [0.6497 \ 1.1493 \ 1.3958 \ 1.1274 \ 0.6106]$ çıkmaktadır. Diğer sonuçlarla karşılaştıracak olursak;

Çizelge 5.1 Optimizasyon sonuçları ile yapılmış çalışmaların karşılaştırılması

	SLL (dB)	HP (derece)	D
Uniform	-12.05	20.8	5
Üçgensel	-19.08	26	4.2632
Binomial	$-\infty$	30.3	3.6571
Dolph-Chebyshev1	-19.95	23.7	4.6827
Dolph-Chebyshev2	-29.86	26.4	4.2257
Optimizasyon1	-19	22	4.7402
Optimizasyon2	-22.3	24	4.56

Çizelge 5.2 Optimizasyon sonucundaki genlik katsayıları ile yapılmış çalışmaların genlik katsayıları

	Akım genlik katsayıları (A_n)				
Uniform	1	1	1	1	1
Üçgensel	1	2	3	2	1
Binomial	1	4	6	4	1
Dolph-Chebyshev1	1	1.61	1.94	1.61	1
Dolph-Chebyshev2	1	2.41	3.14	2.41	1
Optimizasyon1	0.6923	1.0550	1.2923	1.1180	0.7393
Optimizasyon2	0.6497	1.1493	1.3958	1.1274	0.6106

Yapılan optimizasyonlarda uygunluk fonksiyonu (Fitness function) U olarak;

$$U = \max(SLL) + (5 - D) \quad (5-1)$$

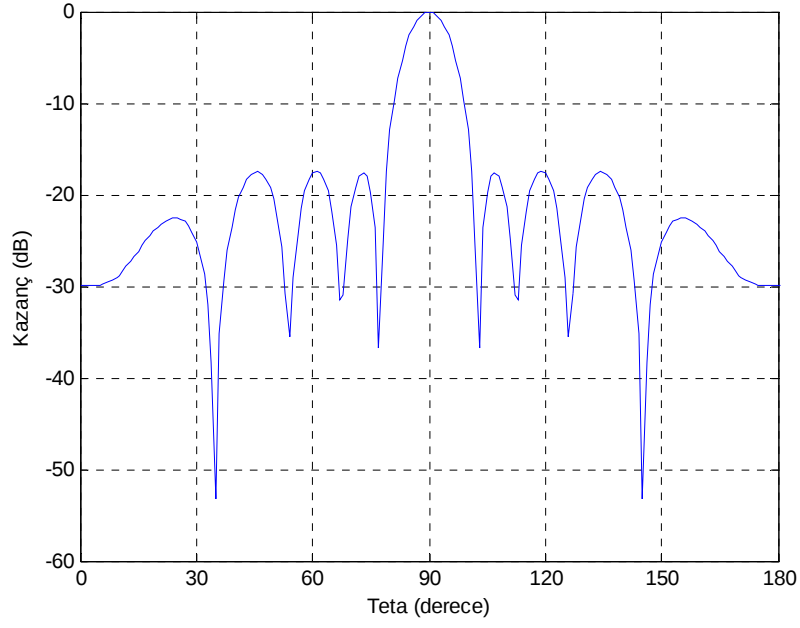
kullanılmıştır.

Bundan sonraki optimizasyonlarda uygunluk fonksiyonu olarak;

$$U_1 = \sum_l \max \left[|AF(\theta)| \right]_{\theta=\theta_l}^{n_l} + \sum_k |AF(\theta_k)| - D \quad (5-2)$$

kullanılacaktır. Bu fonksiyonun ilk terimi istenen θ dereceleri arasındaki yan kulakçık seviyelerinin bastırılmasını (m ile n arasında l tane bölgenin bastırılmasını), ikinci terimi istenen k tane θ derecelerinde sıfırlar (null) oluşmasını ve üçüncü terim ise maksimum doğrultuculuk elde edilmesini amaçlamaktadır.

Öncelikle sadece birinci ve üçüncü terimi ele alınarak 10 elemanlı bir dizide optimizasyon çalışmasını ele alalım (Aralarındaki mesafe ve faz uyarım katsayıları, $d=\lambda/2$, $\alpha=0$ eşit).

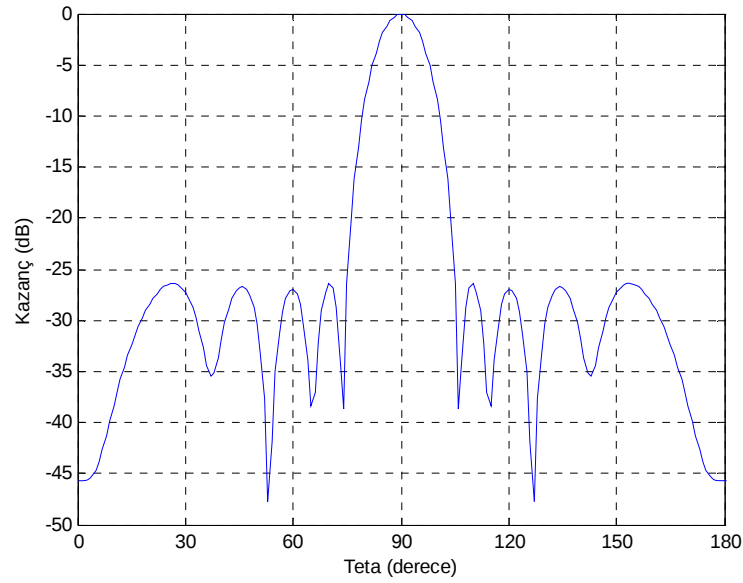


Şekil 5.3 On Elemanlı Dizi $[0-79^\circ]$ ve $[101-180^\circ]$ arası bastırılmış $D=9.7663$

Optimizasyon sonucu genlik uyarım katsayıları;

$A=[0.6809 \quad 0.7335 \quad 0.7241 \quad 1.0304 \quad 0.9721 \quad 1.0263 \quad 0.9446 \quad 0.7291 \quad 0.7532$
 $0.8233]$

çıkıştır.

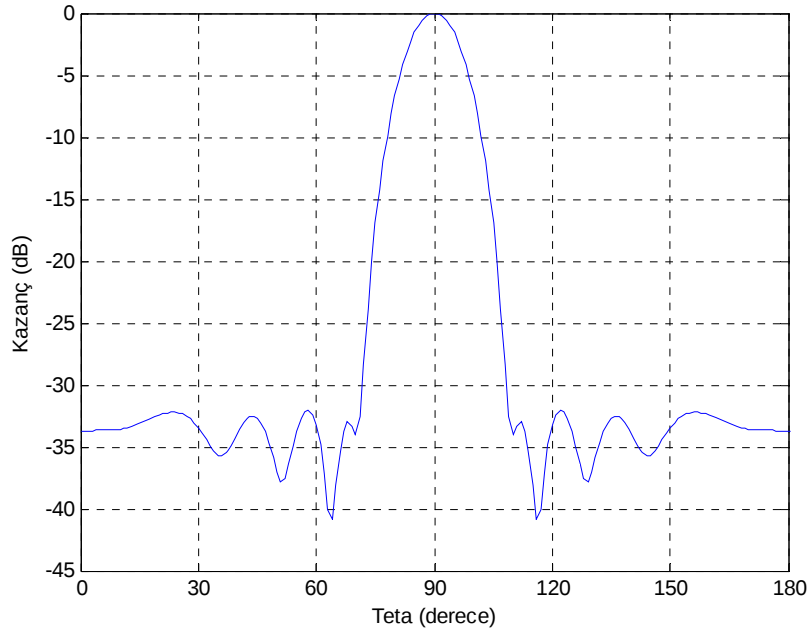


Şekil 5.4 On Elemanlı Dizi $[0-75^\circ]$ ve $[105-180^\circ]$ arası bastırılmış $D=8.8242$

Optimizasyon sonucu genlik uyarım katsayıları;

$A=[0.3637 \quad 0.5790 \quad 0.8000 \quad 0.9794 \quad 1.1273 \quad 1.0841 \quad 0.9878 \quad 0.7717 \quad 0.4744$
 $0.3781]$

çıkıştır.



Şekil 5.5 On Elemanlı Dizi $[0-71^\circ]$ ve $[109-180^\circ]$ arası bastırılmış $D=8$

Optimizasyon sonucu genlik uyarım katsayıları;

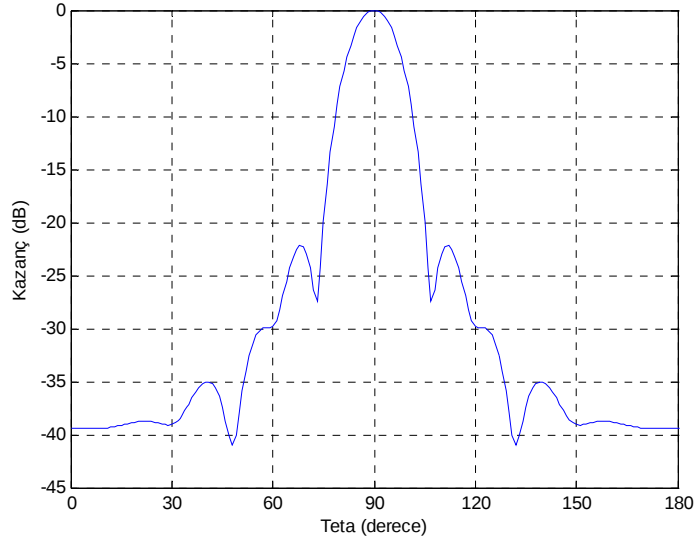
$A=[0.1473 \quad 0.3015 \quad 0.5248 \quad 0.7916 \quad 0.9216 \quad 1.0572 \quad 0.8993 \quad 0.7215 \quad 0.4707$
 $0.2171]$

çıkıştır.

Bu sonuçlara bakarak yan kulakçıkların bastırıldığı bölge küçüldükçe yan kulakçık seviyelerinin de düştüğü fakat aynı oranda doğrultuculuğun da azaldığı söylenebilir. Ayrıca uygunluk fonksiyonun ilk terimi ile ana hüzmelenin genişliğinin de ayarlanabildiği görülmektedir. Örneğin şekil 5.4'te $[0-75^\circ]$ ve $[105-180^\circ]$ arası bastırılmış ve ana hüzmeye $73-107^\circ$ arasında oluşmuştur aynı şekilde şekil 5.5'te $[0-71^\circ]$ ve $[109-180^\circ]$ arası bastırılmış ve ana hüzmeye $70-110^\circ$ arasında oluşmuştur.

Uygunluk fonksiyonun ilk terimi sayesinde yan kulakçıklar kademeli olarak da bastırılabilir. Örneğin şekil 5.6'da yan kulakçıklar $[0-40^\circ]$, $[40-60^\circ]$, $[60-75^\circ]$ ve bunların simetrikleri arası

ayrı ayrı bastırılmıştır.



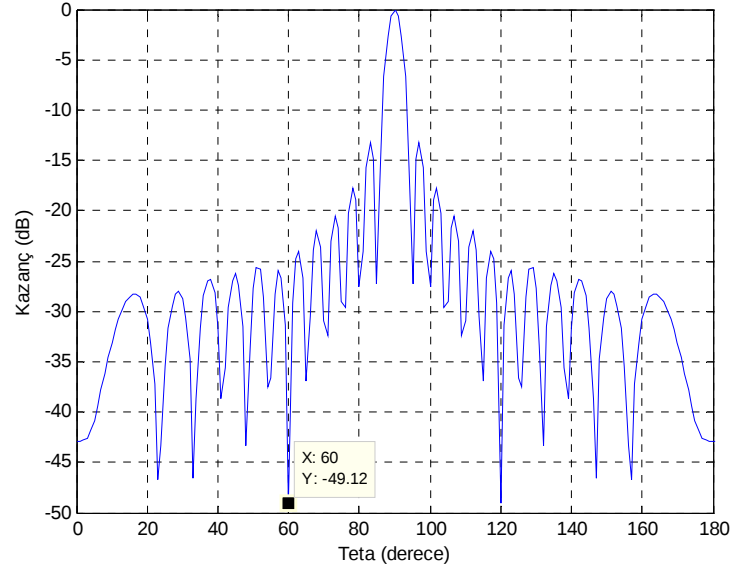
Şekil 5.6 On Elemanlı Dizi $[0-40^\circ]$, $[40-60^\circ]$, $[60-75^\circ]$ ve bunların simetrikleri arası bastırılmış $D=8.2396$

Optimizasyon sonucu genlik uyarım katsayıları;

$A=[0.1138 \quad 0.3603 \quad 0.6356 \quad 0.9173 \quad 1.1128 \quad 1.1653 \quad 1.1559 \quad 1.0613 \quad 0.8101$
 $0.4063]$

çıkılmıştır.

(5-2) bağıntısındaki uygunluk fonksiyonunu kullanarak 24 elemanlı bir diziye ele alalım. 60° ve 120° 'lerde sıfırlara sahip (-50dB olsun), $[0-87^\circ]$ ve $[93-180^\circ]$ arasındaki yan kulakçıklar bastırılmış ve doğrultuculuğu maksimum bir ışıma paterni elde etmeye çalışalım:



Şekil 5.7 24 Elemanlı Dizi $[0-87^\circ]$ ve $[93-180^\circ]$ arası bastırılmış, $60-120^\circ$ de sıfırlar (-50dB), $D=23.9842$

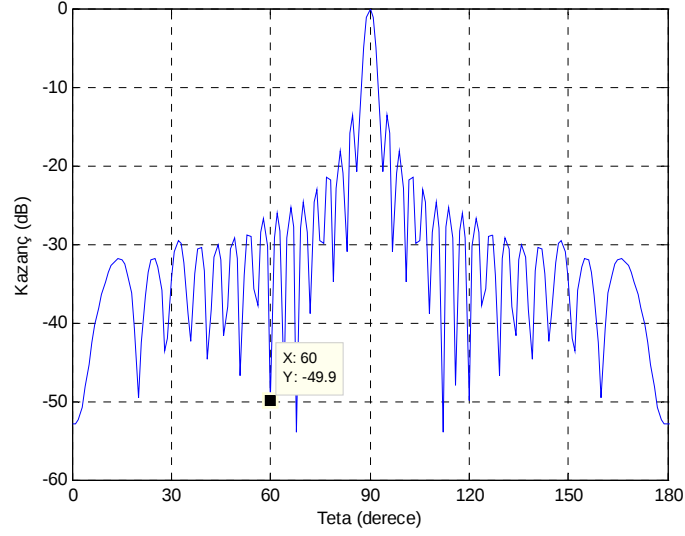
Genlik uyarım katsayıları;

$A=[0.7488 \quad 0.7646 \quad 0.7400 \quad 0.7956 \quad 0.7453 \quad 0.7723 \quad 0.7652 \quad 0.7600 \quad 0.7930$
 $0.7621 \quad 0.7676 \quad 0.7908 \quad 0.7380 \quad 0.7872 \quad 0.7598 \quad 0.7198 \quad 0.7746 \quad 0.7917 \quad 0.7483$
 $0.7504 \quad 0.7517 \quad 0.7782 \quad 0.7859 \quad 0.7771]$

çıkıştır.

Şekil 5.7’de görüldüğü gibi istenen ışıma paterni elde edilebildi.

Yukarda istenilen geometriyi 32 elemanlı bir dizi ile yapacak olursak;



Şekil 5.8 32 Elemanlı Dizi $[0-87^\circ]$ ve $[93-180^\circ]$ arası bastırılmış, $60-120^\circ$ de sıfırlar (-50dB), $D=31.9766$

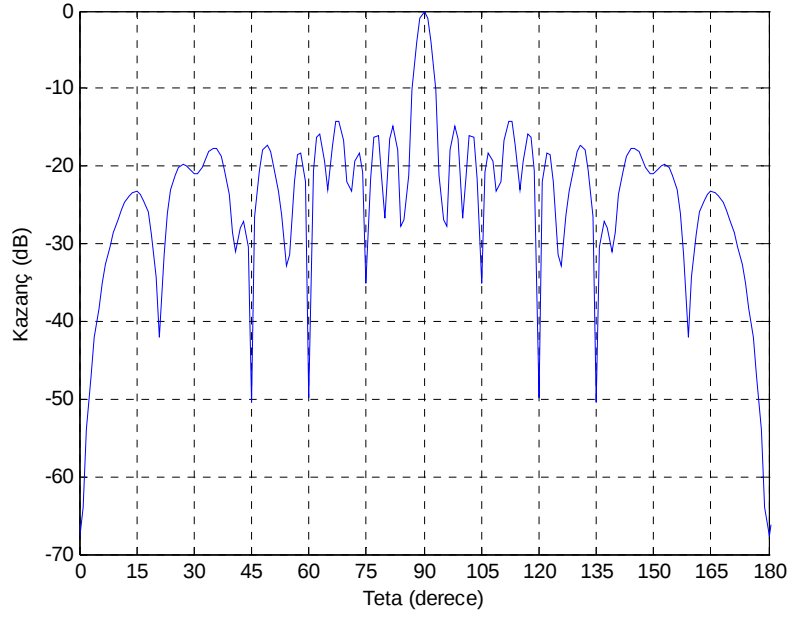
Optimizasyon sonucunda;

$A=[0.7891 \quad 0.8373 \quad 0.7719 \quad 0.7868 \quad 0.8160 \quad 0.8182 \quad 0.8125 \quad 0.8175 \quad 0.8420$
 $0.8587 \quad 0.8467 \quad 0.8442 \quad 0.8480 \quad 0.8520 \quad 0.8288 \quad 0.8366 \quad 0.8527 \quad 0.8571 \quad 0.8073$
 $0.8563 \quad 0.8174 \quad 0.8472 \quad 0.8239 \quad 0.8294 \quad 0.8413 \quad 0.8077 \quad 0.8704 \quad 0.8286 \quad 0.8295$
 $0.8128 \quad 0.8449 \quad 0.8120]$

bulunmuştur.

Şekil 5.8'de ise 24 elemanlı dizide istenen geometri 32 elemanlı bir dizi ile gerçekleştirildi.

Yine 32 elemanlı bir dizi ile daha fazla noktada sıfırlar oluşturulmak istenirse örneğin $45-60-120-135^\circ$ 'lerde sıfırlar (-50dB olmak üzere) oluşturulmak istenirse;



Şekil 5.9 32 Elemanlı Dizi $[0-87^\circ]$ ve $[93-180^\circ]$ arası bastırılmış, 45-60-120-135°'lerde sıfırlar (-50dB olmak üzere), $D=24.3855$

sonucuna ulaşılmıştır. İstenenin gerçekleştiği görülmektedir. Optimizasyon sonucu;

$$A = \begin{bmatrix} 0.6352 & 0.1746 & 0.2422 & 0.8055 & 0.9715 & 0.4153 & 0.2228 & 0.2242 & 0.4936 \\ 0.6893 & 0.6683 & 0.3369 & 0.6288 & 0.8903 & 0.4864 & 0.8692 & 0.4130 & 0.5507 & 0.9028 \\ 0.7964 & 0.7028 & 0.2318 & 0.6863 & 0.2082 & 0.2308 & 0.5700 & 0.0173 & 0.1599 & -0.1303 \\ 0.4414 & 0.7018 & 0.5161 \end{bmatrix}$$

değerlerine ulaşılmıştır.

5.2 Dizi Elemanlarının Birbirleri Arasındaki Mesafeler İle Işıma Paterni Sentezi

Bölüm 5.1' de dizi elemanlarını aralarındaki mesafe eşit ($d=\lambda/2$) kabul edilmişti. Bu bölümde ise elemanların akım genlik ve faz uyarım katsayıları eşit ($A_n=1$, $\alpha_n=0$) kabul edilip, elemanlar arası mesafe ayarlanarak istenen ışıma paterni elde edilecektir. İlk elemanın orjinde olduğu kabul edilecektir. Dizi faktörünün ifade edildiği (4-7) bağıntısı;

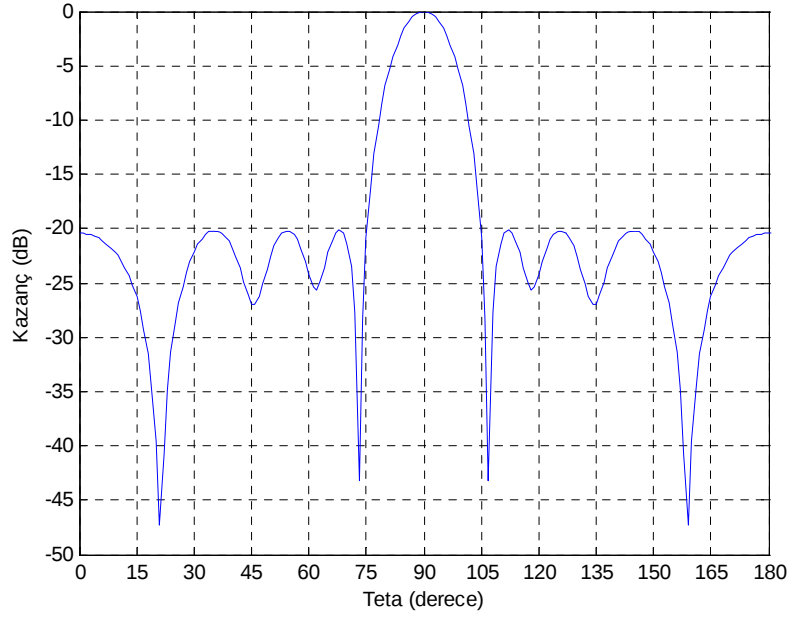
$$AF = \sum_{n=1}^N A_n e^{j(\beta d_n \cos \theta + \alpha_n)} \quad (5-3)$$

halini alacaktır. İlk eleman orjinde olduğu için her zaman $d_1=0$ olacaktır. Uygunluk fonksiyonu olarak;

$$U_2 = \sum_l \max_{\theta=ml} [AF(\theta)]^{nl} + \sum_k |AF(\theta_k)| \quad (5-4)$$

kullanılacaktır.

İlk olarak onbir elemanlı bir dizide, $[0-75^\circ]$ ve $[105-180^\circ]$ arası bastırılmış ışıma paterni elde etmeye çalışalım;



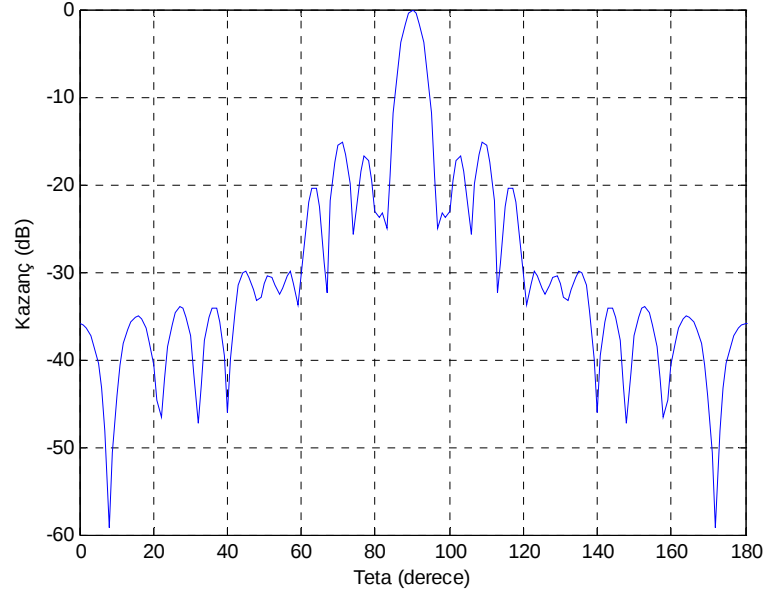
Şekil 5.10 Onbir Elemanlı Dizi $[0-75^\circ]$ ve $[105-180^\circ]$ arası bastırılmış

Optimizasyon sonucu antenler arası mesafeler λ cinsinden;

$d=[0 \quad 0.5484 \quad 0.4530 \quad 0.2282 \quad 0.3535 \quad 0.2160 \quad 0.3248 \quad 0.3734 \quad 0.2989 \quad 0.3853 \quad 0.4783]$

olarak bulunmuştur.

Bu kez 24 elemanlı bir diziyi ele alalım ve yan kulakçıkları kademe kademe bastırılmış bir ışıma paterni elde etmeye çalışalım. $[0-40^\circ]$, $[40-60^\circ]$, $[60-83^\circ]$ ve bunların simetrikleri arası bastırılmış bir ışıma paterni elde etmek istersek;



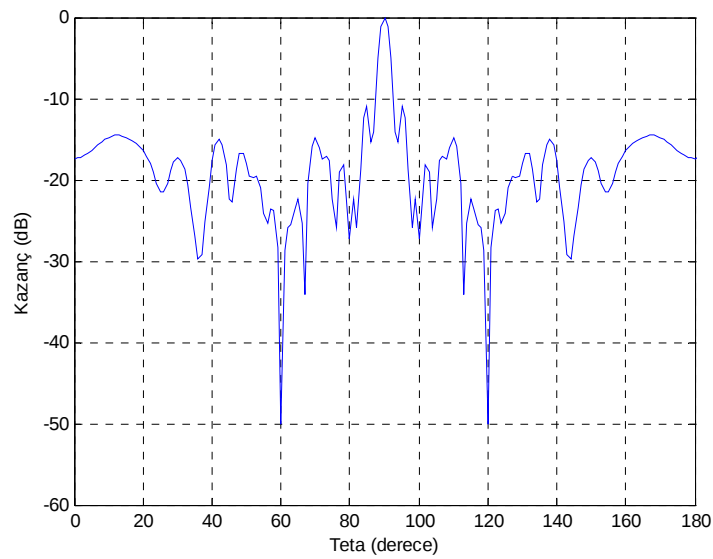
Şekil 5.11 24 Elemanlı Dizi $[0-40^\circ]$, $[40-60^\circ]$, $[60-83^\circ]$ ve bunların simetrikleri arası bastırılmış

Optimizasyon sonucu antenler arası mesafeler λ cinsinden;

$d=[0 \ 0.574 \ 0.39 \ 0.64 \ 0.819 \ 0.412 \ 0.313 \ 0.373 \ 0.037 \ 0.56 \ 0.032 \ 0.346 \ 0.484 \ 0.023$
 $0.674 \ 0.046 \ 0.622 \ 0.252 \ 0.558 \ 0.385 \ 0.713 \ 0.721 \ 0.409 \ 0.541]$

olarak bulunmuştur.

Yine 24 elemanlı bir dizide $60-120^\circ$ 'lerde sıfırlar (-50dB) oluşturulmak istenirse;



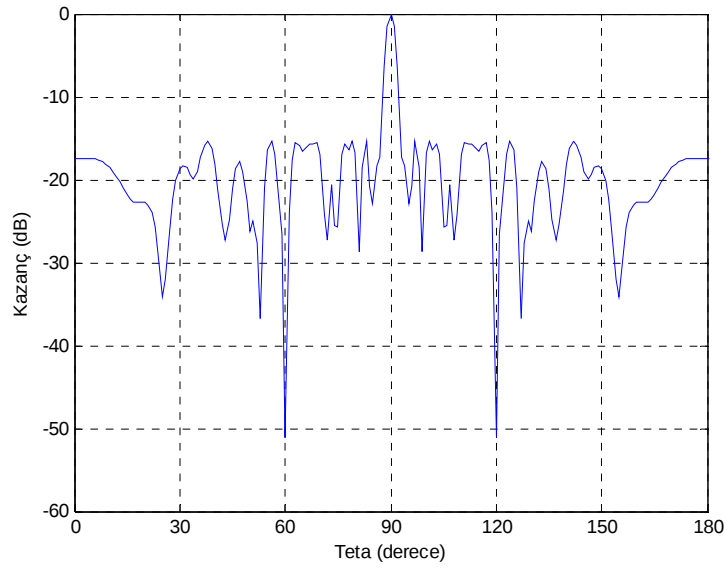
Şekil 5.12 24 Elemanlı Dizi $[0-83^\circ]$, $[97-180^\circ]$ arası bastırılmış $60-120^\circ$ 'lerde sıfırlar (-50dB)

Mesafeler λ cinsinden;

$d=[0 \ 0.0460 \ 0.6352 \ 0.6584 \ 0.6175 \ 0.8760 \ 0.1580 \ 0.4251 \ 0.3888 \ 0.4788$
 $0.5320 \ 0.9194 \ 0.7429 \ 0.6803 \ 1.1589 \ 0.8708 \ 0.3002 \ 0.7794 \ 0.8059 \ 0.7729$
 $0.7031 \ 0.8503 \ 0.7297 \ 0.7981]$

bulunmuştur.

32 elemanlı bir dizide $60-120^\circ$ 'lerde sıfırlar (-50dB) oluşturulmak istenirse;



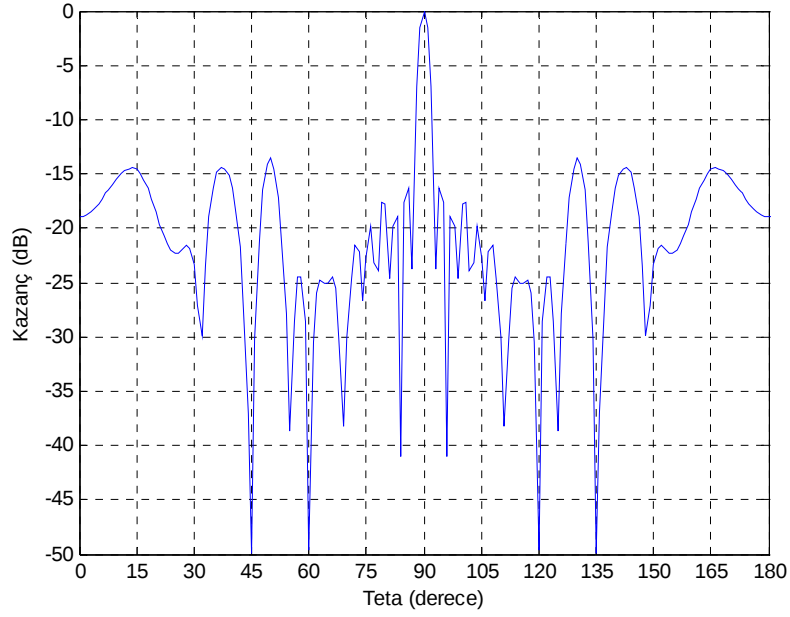
Şekil 5.13 32 Elemanlı Dizi $[0-87^\circ]$, $[93-180^\circ]$ arası bastırılmış $60-120^\circ$ 'lerde sıfırlar (-50dB)

Optimizasyon sonucu mesafeler λ cinsinden;

$d=[0 \ 0.2523 \ 0.2279 \ 0.4067 \ 0.5251 \ 0.3588 \ 0.7775 \ 0.9679 \ 0.3018 \ 0.7028$
 $0.6815 \ 0.3517 \ 0.4746 \ 0.2847 \ 0.0902 \ 0.8786 \ 0.7370 \ 0.7560 \ 0.1284 \ 0.2089$
 $0.6243 \ 0.8697 \ 0.1266 \ 0.4325 \ 0.3921 \ 1.3903 \ 0.7494 \ 0.8796 \ 0.8992 \ 0.9398$
 $0.9725 \ 0.6530]$

bulunmuştur.

Son olarak 32 elemanlı bir dizide $45-60-120-135^\circ$ 'lerde sıfırlar (-50dB) oluşturulmak istenirse;



Şekil 5.14 32 Elemanlı Dizi $[0-87^\circ]$, $[93-180^\circ]$ arası bastırılmış $45-60-120-135^\circ$ 'lerde sıfırlar (-50dB)

Optimizasyon sonucu antenler arası mesafeler λ cinsinden;

$d=[0 \quad 0.8961 \quad 0.6387 \quad 0.3587 \quad 0.9134 \quad 0.6913 \quad 0.9559 \quad 0.3490 \quad 0.6847 \quad 0.4246$
 $0.4538 \quad 0.6969 \quad 0.6770 \quad 0.3983 \quad 0.9466 \quad 0.4806 \quad 0.4605 \quad 0.6029 \quad 0.3365 \quad 0.0946$
 $0.9677 \quad 0.3143 \quad 0.6525 \quad 0.6559 \quad 0.6982 \quad 0.3981 \quad 0.6884 \quad 0.7126 \quad 0.7547 \quad 0.2777$
 $0.4880 \quad 0.6714]$

olarak bulunmuştur.

Görüldüğü gibi yan kulakçıkların bastırılması, ana hüzmünün genişliğinin belirlenmesi ve istenen noktalarda istenen seviyede sıfırlar oluşturulması elemanlar arası mesafelerin optimizasyonu ile de mümkün olmaktadır fakat elemanların akım genlik katsayıları ile yapılan optimizasyonlarda daha düşük seviyede yan kulakçıklar oluşturulabilmiştir.

6. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Bu çalışmada lineer anten dizilerinde istenen bir ışıma paterninin genetik algoritma kullanarak elemanların akım genlik uyarım katsayılarının ve eleman arası mesafelerin hesaplanmasıyla elde edilmesi amaçlanmıştır. Lineer anten dizilerinde genel beklentiler belli noktalarda sıfırlar oluşturmak veya dar ana hüzmeye oluşturmak veya minimum yan kulakçık seviyeleri ve maksimum doğrultuculuk elde etmektir. Bu çalışma ile bu beklentilerin hepsine birden aynı anda cevap verilmeye çalışılmıştır.

İlk olarak beş elemanlı bir dizi ele alınmıştır. Dördüncü bölümde yapılan çalışmalar beş elemanlı dizide örneklenmiş daha sonra beşinci bölümde aynı dizide yapılan optimizasyonlarla daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır.

On elemanlı dizide elemanların genlikleri ile yapılan optimizasyon çalışmalarında, belirlenen uygunluk fonksiyonu sayesinde ana hüzmeye genişliğinin, yan kulakçık seviyelerinin ve doğrultuculuğun aynı anda kontrol edilebildiği ayrıca yan kulakçıkların kademe kademe de bastırılabilceği gösterilmiştir.

Yirmidört elemanlı ve otuziki elemanlı dizilerle yapılan çalışmalarda ise minimum yan kulakçık seviyesi, maksimum doğrultuculuk yanında istenen noktalarda ve istenen seviyelerde sıfırlar oluşturulmak istenmiş ve başarılı olunmuştur. Hepsinde sıfırlar istenen seviyede ve noktada oluşmuştur fakat dizideki eleman sayısının artmasıyla yan kulakçık seviyelerinin bastırılmasının kolaylaştığı görülmektedir. Ayrıca istenen sıfırların sayısının artması da yan kulakçık seviyelerinin bastırılmasını zorlaştırmıştır.

Elemanların genlik uyarım katsayıları ile yapılmış optimizasyonlarla, elemanlar arası mesafeler ile yapılmış optimizasyonları karşılaştıracak olursak genlik optimizasyonlarının daha başarılı olduğu görülmektedir. İki çalışmada da sıfırlar istenen noktalarda ve seviyelerde oluşmuştur fakat genlikler ile yapılmış optimizasyonlarda yan kulakçık seviyeleri daha kolay bastırılabilmiştir.

KAYNAKLAR

- Akoğlu, K., “Konteyner Limanının Dpolama Sahasının Genetik Algoritma İle Optimizasyonu”, Celal Bayar Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, 2006, Manisa.
- Carter, P. S., (1932). “Circuit Relations in Radiating Systems and Applications to Antenna Problems”, Proc. IRE 20, 1004.
- Croce, F. D., Tadei, R., Volta, G., “A Genetic Algorithm for Job Shop Scheuling”, Computers and Industrial Engineering, Vol:25, No: 1-4, 1995, Pergamon.
- Çölkesen, R., “Veri Yapıları ve Algoritmalar”, Papatya Yayıncılık, 2002, İstanbul.
- De Jong, K. A., “Analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems”. Ph. D., Dissertation, The University Of Michingan, 1975, Ann Arbor.
- Engin, O., “Akış Tipi Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritmalar İle Çözüm Performansının Artırılmasında Parametre Optimizasyonu”, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001, İstanbul.
- Goldberg, D.E., “Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning”. Addison-Wesley, MA, 1989.
- Holland, J. H., “Adaptation in Natural and Artificial Systems”, University Of Michingan Pres, 1975, Ann Arbor.
- Scudder, R. M. ve Sheppard W. H.,(1974). ”AN/SPY-1 Phased Array Antenna”, Microwave J. 17, pp. 51.
- Stark, L., (1974). “Theory of Phased Arrays”. Proc. IEEE 62 (12), pp.1661.
- Studzman, W. L. ve Thiele G. A., “Antenna Theory and Design”, 2nd Edition, John Wiley, 1998
- Syswerda, G., (1991). “Schedule optimization using genetic algorithms”. İn L. Davis (ed.), Handbook of Genetic Algorithms, New York: Van Nostrand Reinhold, pp. 332-349.
- Şen, Z. “Genetik Algoritma ve Eniyileme Yöntemleri”, Su Yayınları, 2004, İstanbul.
- Taşkın, A. “Çizgisel, Düzlemsel ve Dairesel Anten Dizilerinde Genetik Algoritma Kullanarak Örüntü Şekillendirme”, Hacettepe Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, 2003, Ankara.
- Wheeler, H. A., (1948). “The Radiation Resistance of an Antenna in an Infinite Array or Waveguide”. Proc. IRE 36, pp.478.

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 14.09.1982

Doğum yeri İzmir

Lise 1996-2000 İzmir Sıdıka Rodop Lisesi

Lisans 2000-2004 Yıldız Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak.
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2004-2007 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı,
Haberleşme Programı

Çalıştığı kurumlar

2005-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Elektronik ve
Haberleşme Müh. Bölümü Haberleşme Anabilim
Dalı Arş. Gör.
2006- Türk Hava Kuvvetleri