
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

GENİŞBANT ANTEN OPTİMİZASYONU

Mustafa Öner DİKDERE

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KASIM 2017

Mustafa Öner DİKDERE tarafından hazırlanan "GENİŞBANT ANTEN OPTİMİZASYONU" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Erkan AFACAN

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum ...……

Başkan: Prof. Dr. Erdem YAZGAN

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, TED Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum ……...

Üye: Yrd. Doç. Dr. Süleyman Sungur TEZCAN

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum ……...

Tez Savunma Tarihi: 06/11/2017

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

……

Prof. Dr. Hadi GÖKÇEN

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Mustafa Öner DİKDERE

06/11/2017

GENİŞBANT ANTEN OPTİMİZASYONU

(Yüksek Lisans Tezi)

Mustafa Öner DİKDERE

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kasım 2017

ÖZET

Günümüzde askeri ve endüstriyel çalışmalarda kablosuz veri aktarımında yüksek hızlara ulaşılma gereksinimi duyulmaktadır. Bu amaçla, genişbant sistemler kullanılmaktadır. Antenler ise genişbant sistemler için önemli bir eleman olup tasarımında değişik teknikler kullanılmaktadır. Bu antenlerin kullanım amaçları tasarımlarında bazı optimizasyonları gerektirmiş, optimizasyonda çok fazla giriş parametreleri kullanılması ise değişik optimizasyon teknikleri kullanılmasına neden olmuştur. Bu tezde, mikroşerit anten kullanılmıştır. Geniş bandın sağlanması için doğrusal dizi antenler ve en uygun sonuca yakın sonuç verecek bir yaklaşım ile genetik algoritmalar kullanılarak genişbant anten optimizasyonu yapılmıştır.

Bilim Kodu	:	90516
Anahtar Kelimeler	:	Genişbant, Doğrusal dizi antenler, Mikroşerit antenler, Genetik algoritmalar
Sayfa Adedi	:	61
Danışman	:	Prof. Dr. Erkan AFACAN

WIDEBAND ANTENNA OPTIMIZATION

(M. Sc. Thesis)

Mustafa Öner DİKDERE

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

November 2017

ABSTRACT

Today, there is a need to reach high speeds in military and industrial wireless data transfer applications. For this purpose, broadband systems are used. Antennas are an important element for broadband systems and different techniques are used to design wideband antennas. These usage purposes of antennas required some optimizations in their designs, using too many input parameters in optimization have led to the use of different optimization techniques. In this thesis, the microstrip antenna is used. To provide wideband, linear array antenna and genetic algorithms with an approach to find the closer result to the optimal outcome are used for the optimization of wideband antenna.

Science Code	:	90516
Key Words	:	Wideband, Linear antenna arrays, Microstrip antennas, Genetic algorithms
Page Number	:	61
Supervisor	:	Prof. Dr. Erkan AFACAN

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Erkan AFACAN'a, eşime, aileme, arkadaşım Mergen AGAYEV' e teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ vii

ŞEKİLLERİN LİSTESİ ix

SİMGELER VE KISALTMALAR xii

1. GİRİŞ 1

2. ANTENLER 3

2.1. Giriş 3

2.2. Anten Çeşitleri 10

2.3. Mikroşerit Antenler 10

2.4. Dikdertgensel Mikroşerit Yama Antenler 13

3. DİZİ ANTENLER 21

3.1. Giriş 21

3.2. Dizi Faktörü 22

3.3. N Elemanlı Doğrusal Dizi 24

4. SEZGİSEL ALGORİTMALAR 29

4.1. Giriş 29

4.2. Yaklaşık Algoritmalar 31

4.3. Çözüm Kurucu Algoritmalar 32

4.4. Yerel Arama Algoritmaları 32

4.5. Genel Amaçlı Arama Algoritmaları 33

Sayfa

4.6. Genetik Algoritmalar 36

5. GENİŞBANT ANTEN OPTİMİZASYONU 41

5.1. Giriş 41

5.2. Elektrik Alanı Eşitlikleri 41

5.3. Optimizasyon Algoritması ve Aşamaları 45

5.4. Uygunluk Fonksiyonu için C ve D Değerlerinin Elde Edilmesi 49

6. SONUÇ VE ÖNERİLER 57

KAYNAKLAR 59

ÖZGEÇMİŞ 61

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. Tavlama benzetimi süreci 34

Çizelge 5.1. Anten özelliklerinin kromozoma atanması 48

Çizelge 5.2. C değerine göre uygunluğun değişimi 49

Çizelge 5.3. D değerine göre uygunluğun değişimi 51

Çizelge 5.4. Kromozomlardan elde edilen sonuçlar 53

Çizelge 5.5. Çizelge 5.4.'teki sonuçların frekans aralıkları 53

Çizelge 5.6. Yeni neslin şekilsel büyüklükleri 54

Çizelge 5.7. Yeni neslin frekans büyüklükleri 55

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Antenlerde yayım 3

Şekil 2.2. Elektrik ve manyetik alanlar arası ilişkiler 4

Şekil 2.3. Dalga formunu oluşturan, ardışık olarak yaratılan alanlar 5

Şekil 2.4. Elektromanyetik dalgalar 8

Şekil 2.5. Mikroşerit yama antenler 12

Şekil 2.6. Mikroşerit anten 13

Şekil 2.7. W >> h ve W << h durumları 14

Şekil 2.8. Etkin uzunluklar 15

Şekil 2.9. Mikroşerit yama antende ışıma yönü 18

Şekil 2.10. Antende ışıma lobları 19

Şekil 3.1. Anten dizisi dizilişleri 22

Şekil 3.2. Dizi antenlerde ışıma örüntüleri 23

Şekil 3.3. Δl uzunluğuna sahip anten 24

Şekil 3.4. Δl uzunluğuna ve aralarındaki mesafe 2h olan iki anten 24

Şekil 3.5. d uzaklığındaki N sayıda dizi anten 25

Şekil 4.1. Gezgin satıcı problemi 30

Şekil 4.2. Dünyanın en büyük gezgin satıcı problemi 31

Şekil 4.3. Basit bir çözüm kurucu algoritmanın genel yapısı 32

Şekil 4.4. Yerel arama algoritmaların genel yapısı 33

Şekil 4.5. Basit bir tavlama benzetimi algoritmasının genel yapısı 35

Şekil 4.6. Basit bir genetik algoritmanın genel yapısı 37

Şekil 4.7. Uygunluk ve meşruluk 38

Şekil 5.1. Mikroşerit hat beslemesi eşdeğer devre analizi 41

Şekil **Sayfa**

Şekil 5.2. Etkin dielektrik sabiti, frekans değişimi 42

Şekil 5.3. Genetik algoritmanın aşamaları 45

Şekil 5.4. Kromozom yapısı..... 47

Şekil 5.5. C Değerine Göre Uygunluğun Değişimi..... 50

Şekil 5.6. D Değerine Göre Uygunluğun Değişimi 52

Şekil 5.7. Yeni neslin örüntüleri 54

Şekil 5.8. Yeni neslin fiziksel olarak görünümü..... 56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
$\vec{\mathbf{E}}$	Elektrik alan şiddeti (Volt/metre)
$\vec{\mathbf{H}}$	Manyetik alan şiddeti (Amper/metre)
$\vec{\mathbf{D}}$	Elektriksel akı yoğunluğu (Kolomb/metrekare)
$\vec{\mathbf{B}}$	Manyetik akı yoğunluğu (Tesla, Weber/metrekare)
$\boldsymbol{\rho}$	Elektriksel yük yoğunluğu (Kolomb/metreküp)
$\vec{\mathbf{J}}$	Akım yoğunluğu (Amper/metrekare)
$\overrightarrow{dA}$	Sonsuz küçük A yüzeyinin diferansiyel vektör elemanı
$\overrightarrow{dV}$	S yüzeyini kapatan diferansiyel V hacmi
$\overrightarrow{dl}$	S yüzeyini çevreleyen C kontorunun teğetsel diferansiyel vektör elemanı
∇x	Rotasyonel
∇.	Diverjans
mm	Milimetre
m	Metre

Kısaltmalar	Açıklamalar
FBW	Kesirsel Bant Genişliği
FCC	A.B.D. Ulusal Haberleşme Komisyonu
GA	Genetik Algoritmalar
LTE	Uzun Vadeli Evrim (Long Term Evolution)
YAA	Yerel Arama Algoritmaları
WIFI	Kablosuz Bağlantı Alanı (Wireless Fidelity)
WIMAX	Mikrodalga Erişimi İçin Evrensel Uyumluluk (Worldwide Interoperability for Microwave Access)

1. GİRİŞ

Kablosuz iletişim, teknolojinin getirdiği imkanlarla haberleşmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Kablosuz haberleşmeyi sağlayan en önemli devre elemanlarından biri de antendir. Maliyet, boyutlandırma, ışıma özellikleri, istenilen uygulamalar ile kullanılabilme kolaylığı nedenleri ile anten tasarımları değişiklik göstermekte olup anten tasarımı ve optimizasyonu günümüzün en önemli uğraş alanlarından biridir. Tasarımlarda sezgisel algoritma teknikleri en etkin yöntemlerden biri olarak kullanılmaktadır. Darwin'in evrim teorisinden etkilenerek John Holland tarafından ortaya konulan, 1992 yılında John Koza tarafından uygulamaları açıklanan ve uygulamaları genetik programlama olarak isimlendirilen genetik algoritmalar son dönemlerde anten tasarımlarında yoğun olarak kullanılmaktadır [1]. Genişbant antenler, özelliklerinden dolayı antenlerle ilgili konularda sıklıkla kullanılmaktadır.

Genetik programlamada, uygunluk değerine göre başarılı bireyler sonraki nesile aktarılmakta, başarılı olmayan bireyler ise mutasyon ve çaprazlama yöntemleri ile düzenlenmekte ve tekrar uygunluk değeri kontrolüne tabi tutulmaktadır. Bireyler uygunluk değerine göre tekrar işleme alınmakta ve böylelikle makul bir sürede en iyiye yakın sonuç elde edilmektedir.

Bu tezde, genişbant anten optimizasyonu çalışması yapılmıştır. Başlangıçta elimizde olan ya da rasgele elde edilen anten popülasyonundan yola çıkılarak yeni bireyler elde edilmekte, uygunluk fonksiyonuna göre değerlendirilmekte, başarısız olan bireyler tekrar işlemlere tabi tutularak en iyiye yakın sonuç elde edilmektedir.

İkinci bölümde, antenler hakkında tarihsel bir bilgilendirme yapılarak Maxwell denklemleri, anten çeşitleri, mikroşerit antenler anlatılmıştır. Mikroşerit antenler çalışmada kullanıldığından detaylıca irdelenmiştir.

Üçüncü bölümde, dizi antenler hakkında bilgi verilerek, dizinin anten ışıma örüntüsüne etkilerinden bahsedilmiştir.

Dördüncü bölümde, sezgisel algoritmalar hakkında bilgilendirme yapılmış, bazı önemli algoritmalarla birlikte genetik algoritma yapısı anlatılmıştır.

Beşinci bölümde, genetik algoritmalar ile genişbant anten optimizasyonu konusunda yapılan çalışma hakkında bilgi verilmektedir. Çalışmada kullanılan algoritma yapısı, ölçekleme yöntemi, mutasyon, çaprazlama konularına değinilmiş, değişik eleman sayılarıyla bulunan sonuçlar irdelenmiştir.

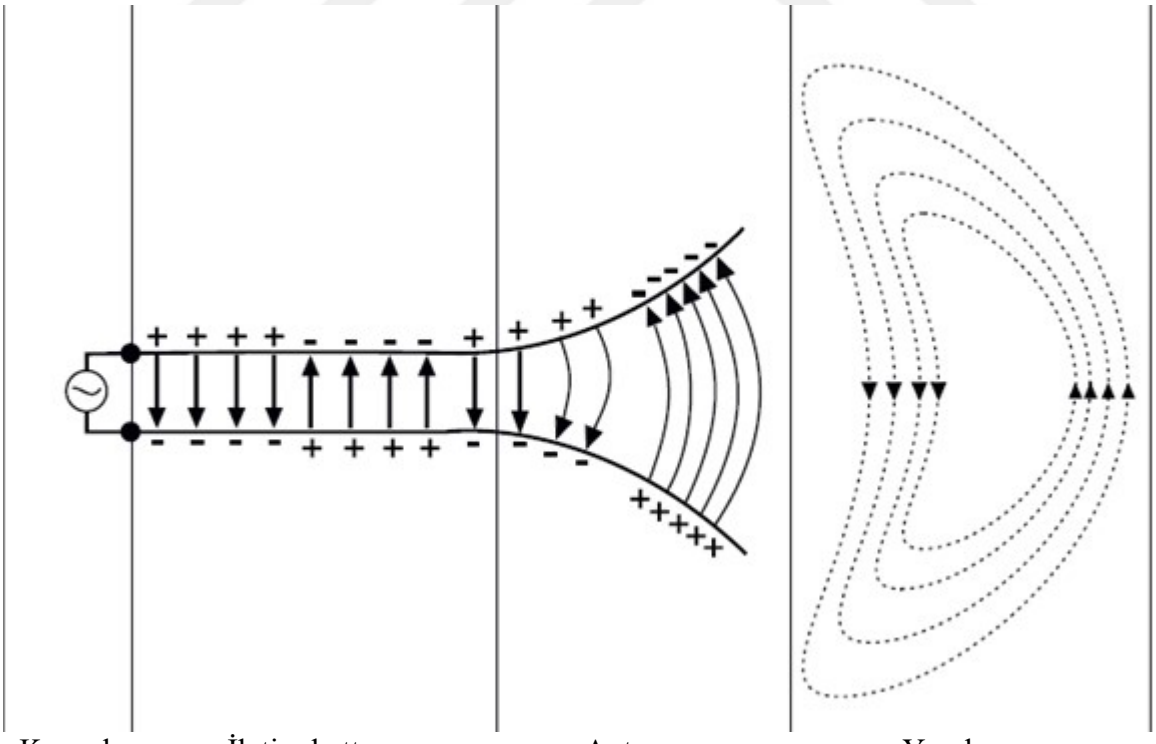
Altıncı bölümde, çalışmada elde edilen sonuç ve bu konuda yapılacak çalışmalar için öneriler paylaşılmıştır.

2. ANTENLER

Bu kısımda, antenler hakkında genel bilgiler verilmektedir.

2.1. Giriş

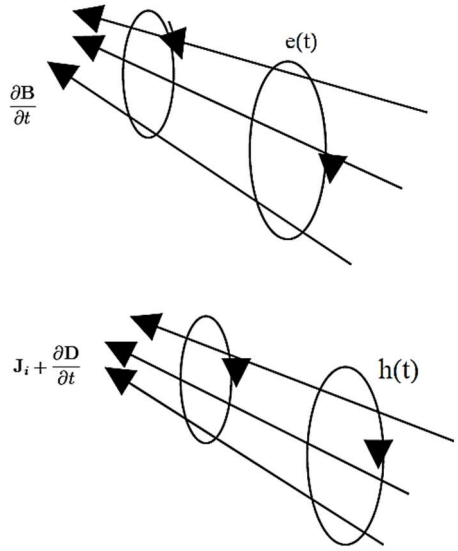
Antenler, yüksek frekanslı elektriksel enerjiyi elektromanyetik dalgalar halinde yayan veya gelen elektromanyetik dalgaları alan ve elektrik akımına çeviren sistemlere verilen genel addır [2]. Bu tanımdan antenlerin elektromanyetik dalgaları alan, veren ya da her ikisini de yapan haberleşme cihazları olduğu anlaşılmaktadır. Cep telefonu anteni, baz istasyonu antenleri, radar antenleri gibi bazı antenler hem alıcı hem verici antenlere örnek verilebilir. Diğer bir tanım "Boşlukta yayılan elektromanyetik dalgaları toplayarak bu dalgaların transmisyon hatları içerisinde yayılmasını sağlayan cihaz." [2] olarak yapılmış olup IEEE dokümanlarında ise "radyo dalgaları alıcı ve vericisi" olarak tanımlanmıştır [3]. Şekil 2.1.'de antenlerde yayılım görülmektedir.



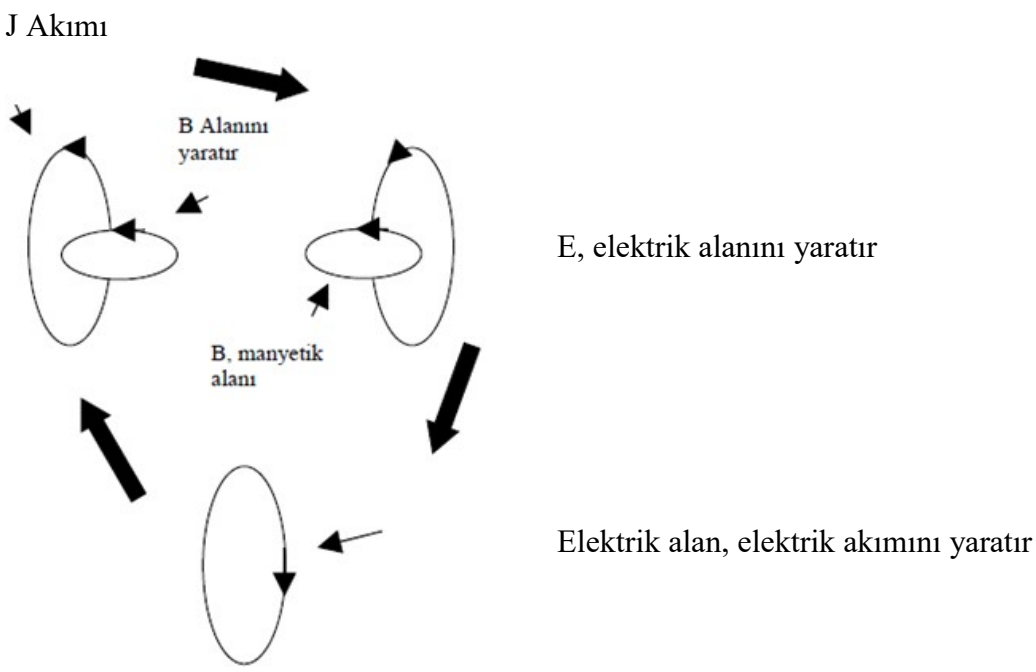
Şekil 2.1. Antenlerde yayılım

James Clerk Maxwell, 18. yüzyıl bilim adamlarından Gauss, Ampere ve Faraday'ın çalışmalarını toparlayarak dört temel denklem oluşturmuştur [4]. Maxwell denklemleri,

zamanla değişen elektromanyetik alanları tanımlamıştır. Bu denklemler; zamanla değişen elektrik alanın bir manyetik alan oluşturacağını, yine aynı şekilde zamanla değişen manyetik alanın da elektrik alan oluşturacağını açıklamıştır. Bunu Şekil 2.2.'de görmemiz mümkündür.



Şekil 2.2. Elektrik ve manyetik alanlar arası ilişkiler [5]



Şekil 2.3. Dalga formunu oluşturan, ardışık olarak yaratılan alanlar [6]

Sürekli olarak tekrarlanan alan oluşturma işlemi dalganın ortamda ilerlemesiyle Şekil 2.3.'teki gibi devam etmektedir. Elektromanyetik dalgadaki bu ilerleme genlik, frekans vb.

kayıplara bağlı olarak ortam geçişi ya da dalga hareketi olarak gelişir ve dalganın ilerlemesi ışık hızı ile olur.

Maxwell'in birinci denklemi ile Gauss yasası olarak bilinen aşağıdaki denklemlerde, elektrik alanın Elektriksel yük yoğunluğundan kaynaklandığı açıklanmaktadır. Herhangi bir kapalı yüzeydeki elektrik akı yoğunluğunun o yüzey içindeki toplam yükle doğru orantılı olduğu ifade edilmektedir.

Diferansiyel formu;

$$\nabla.\vec{\mathrm{D}} = \rho \qquad (2.1)$$

Burada:

$\nabla.$: Diverjans

$\vec{\mathrm{D}}$: Elektriksel akı yoğunluğu

ρ : Elektriksel yük yoğunluğu

olarak ifade edilmektedir.

İntegral formu;

$$\oint_s \vec{\mathrm{D}}.\overrightarrow{dA} = \int_{\mathrm{V}} \rho.dV \qquad (2.2)$$

Burada:

$\overrightarrow{dA}$: Diferansiyel yüzey elemanı

dV : Hacim

olarak ifade edilmektedir.

Gauss yasasına göre, $\vec{\mathrm{D}}.\overrightarrow{dA}$ 'nın kapalı yüzey integrali, çevrelenen yüke eşittir. Eğer, hacmin her yanında yük yoğunluğu işlevi ρ biliniyorsa, çevrelenen yük, ρ işlevinin hacim üzerinde integralinin alınmasıyla bulunabilir.

Maxwell'in ikinci denklemi, manyetik alan için Gauss yasası; manyetik alanlar için elde edilmiş aşağıdaki denklemlerde, manyetik alanın skaler bir kaynağının olmadığı yani

manyetik yükün olmadığı belirtilmektedir. Bu denklemler herhangi bir kapalı yüzeydeki manyetik alanın akı yoğunluğunun sıfır olduğunu, manyetik alanın hep kendi üzerine sonlandığını ifade eder.

Diferansiyel formu;

$$\nabla.\vec{B} = 0 \tag{2.3}$$

Burada:

$\nabla.$: Diverjans

$\vec{B}$: Manyetik akı yoğunluğu

olarak ifade edilmektedir.

İntegral formu;

$$\oint_s \vec{B}.\overrightarrow{dA} = 0 \tag{2.4}$$

Burada;

$\vec{B}$: Manyetik akı yoğunluğu

$\overrightarrow{dA}$: Diferansiyel yüzey elemanı

olarak ifade edilmektedir

Maxwell'in üçüncü denklemi, Faraday'ın indüksiyon yasası olarak tanımlanan aşağıdaki denklemler, zamanla değişen manyetik akı yoğunluğunu $\vec{B}$ nın elektrik alan $\vec{E}$ oluşturduğunu gösterir. Bu denklemin anlamı elektrik alanın vektörel kaynağının zamanla değişen manyetik akı yoğunluğu olduğudur.

Diferansiyel formu;

$$\nabla x\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \tag{2.5}$$

Burada;

∇x : Rotasyonel

$\vec{E}$: Elektrik alan şiddeti

$\vec{B}$: Manyetik akı yoğunluğu

olarak ifade edilmektedir.

İntegral formu;

$$\oint_C \vec{E}.\overrightarrow{dl} = -\frac{d}{dt}\int_S \vec{B}.\overrightarrow{dA} \quad (2.6)$$

Burada;

$\vec{E}$: Elektrik alan şiddeti

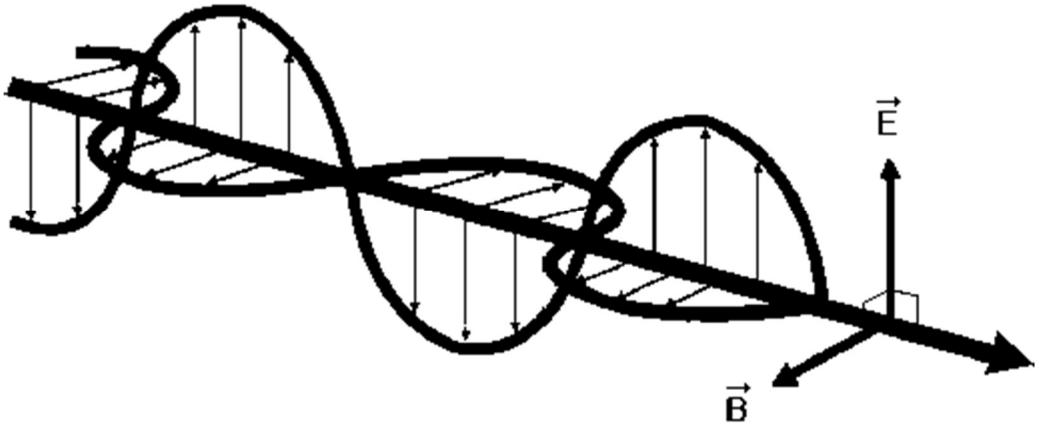
$\overrightarrow{dl}$: Diferansiyel uzunluk elemanı

$\overrightarrow{dA}$: Diferansiyel yüzey elemanı

$\vec{B}$: Manyetik akı yoğunluğu veya manyetik indüksiyon

olarak ifade edilmektedir.

Maxwell'in dördüncü denklemi; Ampere yasası olarak tanımlanan aşağıdaki denklemler, ortamda akan elektrik akımlarının oluşturduğu elektriksel akı yoğunluğunun $\vec{D}$ manyetik alan $\vec{H}$ oluşturduğunu gösterir. Denklemin anlamı, manyetik alanın vektörel kaynağının akım yoğunluğu ve elektrik alanın zamanla değişimi olduğudur. Kapalı bir alanda bu denklemi düşünürsek, alanın üzerinden geçen net akım denklemin sağ tarafının ilk kısmını ifade eder, Maxwell'in eklemiş olduğu ikinci kısım ise bu kapalı alanın sınırladığı elektrik alandaki zamanla değişimin manyetik alan oluşturduğunu ifade eder. Elektrik ve manyetik dalgaların birbirlerine konumları Şekil 2.4.'te verilmektedir.



Şekil 2.4. Elektromanyetik dalgalar

Ampere Yasası'nda iki çeşit akım tanımlanmaktadır. Birisi galvanik veya ohmik akım diğeri ise yerdeğiştirme akımı. Galvanik veya ohmik akımda, elektrik yükü herhangi bir ortamdan akar, iletim elektron alış verişi ile gerçekleşir. Yerdeğiştirme akımı ise yalıtkan malzemelerde zorlayıcı bir elektrik alan ile ortaya çıkar, elektron alışverişi gerçekleşmez, tam bir iletim söz konusu değildir. Ortamda oluşacak manyetik alan iletkenlik ve yer değiştirme akımlarının toplamı ile orantılıdır.

Diferansiyel formu;

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{J} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \qquad (2.7)$$

Burada;

$\vec{H}$: Manyetik alan şiddeti

$\vec{J}$: Akım yoğunluğu

$\vec{D}$: Elektriksel akı yoğunluğu

olarak ifade edilmektedir.

İntegral formu;

$$\oint_C \vec{H}.\vec{dl} = \int_S \vec{J}.\vec{dA} + \frac{d}{dt}\int_S \vec{D}.\vec{dA} \qquad (2.8)$$

Burada;

$\vec{H}$: Manyetik alan şiddeti

l : Uzunluk

$\vec{J}$: Akım yoğunluğu

$\overrightarrow{dA}$: Diferansiyel yüzey elemanı

$\vec{D}$: Elektriksel akı yoğunluğu

olarak ifade edilmektedir.

Özet olarak Maxwell'in bu dört denklemi; zamanla değişen elektrik ve manyetik alanların birbirleri ile ilişkili olduğunu, zamanla değişen elektrik alanın Maxwell'in dördüncü denklemi yani Ampere yasasına göre bir manyetik alan oluşturduğunu, bu zamanla değişen manyetik alanın da Maxwell'in üçüncü denklemi yani Faraday yasasına göre bir elektrik alan oluşturduğunu ve bunun böyle devam ederek elektromanyetik dalganın uzaya yayıldığını açıklamaktadır.

2.2. Anten Çeşitleri

Antenler çeşitli türde ve geometrik yapıdadır. Antenin tür ve geometrik şekillerine göre parametreleri ve özellikleri değişmekte, antenler spesifik özelliklerini bu şekilde kazanmaktadır.

Tel antenler, tek çalışma frekansıyla bir frekans bandında verimle çalışırlar, kazançları düşüktür. Şekilleri uygun olduğu için ulaşım araçları, binalar, uzay araçlarında sıklıkla kullanılırlar.

Açıklık antenler, çok yüksek frekanslarda kullanılırlar. Uçak ve uzay araçlarında tercih edilirler, kazançları yüksektir.

Dizi antenler, istenilen ışıma özelliğinin tek bir anten ile elde edilemediği durumlarda bu özelliğin elde edilmesi için kullanılırlar. Bunun için tercih edilen anten tipinin dizilişi, besleme durumu antenin ışıma örüntüsünde değişikliklere sebep olur. Tasarımda dizi antenler kullanıldığından bu konu Bölüm 3' te detaylı olarak incelenmiştir.

Yansıtıcı antenler, uzak mesafeler için kullanılan anten türüdür.

2.3. Mikroşerit Antenler

İstenilen şekillerde kullanılabildiği için kullanım alanı oldukça yaygındır. Özellikle uzay çalışmalarının başladığı 1970'li yıllardan sonra oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [7]. Mikroşerit anten tasarımında önceleri deneysel yöntemler kullanılmış, daha sonra matematiksel yöntemlere son olarak da yazılımsal yöntemlere geçilmiştir. Günümüzde bu antenlerin tasarımı için yaygın olarak simülasyon programları kullanılmaktadır. Mikroşerit yama antenler üstün olan yönlerinden dolayı Wi-Fi [8] ve Wi-Max [9] gibi teknolojilerde de çoğu kez tercih edilmektedir.
Mikroşerit yapıların ışıma yapan yayıcı bir eleman olduğu fikri ilk defa 1953 yılında Deschamps tarafından ortaya atılmış ve mikroşerit yapılar ile ilgili çalışmalar böylelikle başlamıştır. 1955 yılında Gutton ve Bassiton tarafından yoğun olarak çalışılmış ve ilk mikroşerit anten Munson ve Howell tarafından 1970 yılında elde edilmiştir [7]. İlk mikroşerit antenler roket ve füzelerde kullanılma amaçlı üretilmiştir.

1970'li yıllardan sonra uzay araçları, uçaklar, radarlar, uydu haberleşmesi, güdümlü mermi gibi birçok askeri alanda, telekomünikasyonda ve uzaktan kontrol sağlama amacı ile diğer elektronik endüstrilerinde mikroşerit antenlerin kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmıştır [10]. Seri ve kolay üretim teknikleri ile üretilebilmesi, kullanılacağı sistemlere kolay entegre edilebilmesi bu yaygınlaşmanın temelini oluşturan etkenler olarak görülmektedir.

Mikroşerit antenler yaklaşık olarak 100MHz'den 50GHz'e kadar geniş bir frekans aralığında kullanılırlar [10]. Bilinen diğer mikrodalga antenlerine göre üstünlükleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

i. hafifliği, küçük hacimli olması,
ii. düşük üretim maliyeti,
iii. düzlemsel biçimliliği nedeniyle kullanışlı olması,
iv. çok ince biçimli yapılabilmesi nedeniyle uzay araçlarının aerodinamik yapısını bozmaması,
v. güdümlü mermiler, roketler ve uydular üzerinde önemeli değişikliklere neden olmaksızın yerleştirilebilmesi,
vi. düşük saçılma kesit alanına (scattering crosssection) sahip olması,
vii. besleme konumundaki ufak değişikliklerle doğrusal ve dairesel kutuplanmış ışıma

yapabilmesi,

viii. ikili frekans antenlerinin kolaylıkla yapılabilir olması,

ix. boşluk desteği gerektirmemesi,

x. osilatör, yükselteç, değişken zayıflatıcılar, anahtarlar, modülatörler, karıştırıcılar, faz değiştiricileri vs. gibi katıhal araçlarının mikroşerit antenlerin alt taşına ilave edilerek bileşik sistemler geliştirilebilmesi,

xi. besleme hatlarının ve uyumlandırma devrelerinin, antenle birlikte aynı zamanda üretilebilir biçimde olması [10].

Dezavantajları ise;

i. dar bant genişliği,

ii. düşük kazançlı olmaları,

iii. çoğunun yarı düzlem içinde ışıması,

iv. -20 dB olan en üst kazancının elde edilmesinde pratik güçlüklerin olması,

v. düşük boyuna (endfire) ışıma performansı,

vi. besleyici ve ışıma elemanı arasında zayıf yalıtıma sahip olması,

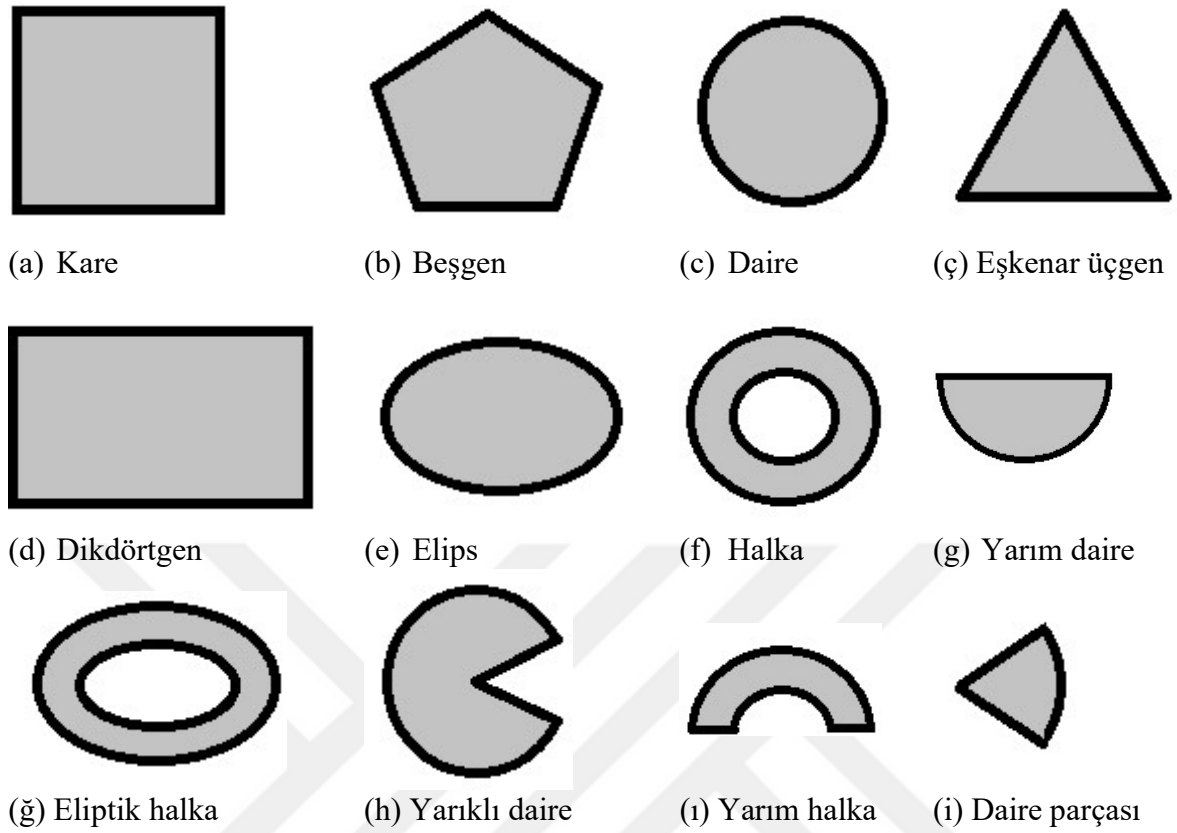
vii. yüzey dalgaları uyarımının mümkün olabilmesi,

viii. düşük güç kapasitesi,

olarak sıralanabilir [10].

Mikroşerit antenler gibi kullanışlı antenlerde dar bant önemli bir sorun olarak görülmektedir. Çeşitli yöntemler ile bant genişliğini genişbantlar düzeyine çıkarılabilmek için birçok yöntem araştırılmıştır. Elektriksel olarak kalın elemanların kullanımı, çok katlı elemanların kullanımı, çoklu rezonatör elemanları kullanımı bu yöntemlere örnek verilebilir [11]. Bant genişliğinin sağlanması için kullanılan eleman yapısının seçilmesinin yanı sıra anten dizisi yapısının kullanımı da oldukça yaygındır. Tüm bu bant genişletici elemanlar ışıma yapısındaki karmaşıklığı da artırmaktadır. Çoğunlukla bant genişliği karakteristiği artarken ışıma parametreleri zayıflamaktadır.

Mikroşerit antenler ışıma yapan iletken kısmın geometrisine göre; kare, beşgen, daire, eşkenar üçgen, dikdörtgen, elips, halka, yarım daire, eliptik halka, yarıklı daire, yarım halka, daire parçası olmak üzere Şekil 2.5.'deki gibi gruplandırılabilirler. Bu tezde dikdörtgensel mikroşerit yama anten kullanıldığından ayrı bir başlık altında detaylı olarak incelenecektir.



(a) Kare (b) Beşgen (c) Daire (ç) Eşkenar üçgen

(d) Dikdörtgen (e) Elips (f) Halka (g) Yarım daire

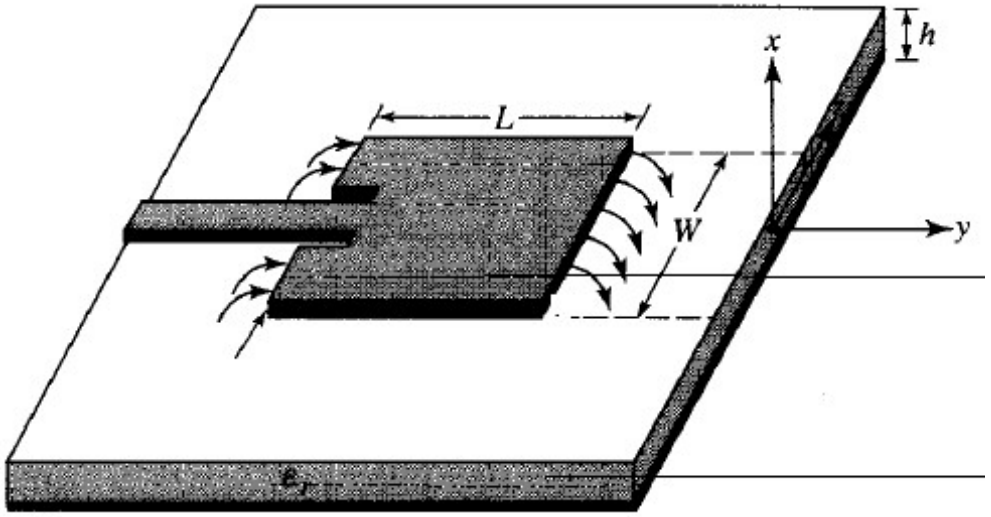
(ğ) Eliptik halka (h) Yarıklı daire (ı) Yarım halka (i) Daire parçası

Şekil 2.5. Mikroşerit yama antenler [10]

2.4. Dikdörtgensel Mikroşerit Yama Antenler

Dikdörtgensel mikroşerit yama anten biçim itibari ile yazılımsal tasarımlara uygun olması ve fabrikasyonunun kolay olması nedeni ile en çok kullanılan mikroşerit anten çeşididir. Manyetik olmayan bir ϵ_r dielektrik katsayısına sahip bir tabana, L uzunluğuna, W genişliğine ve h yüksekliğine sahip anten Şekil 2. 6.'da gösterilmiştir.

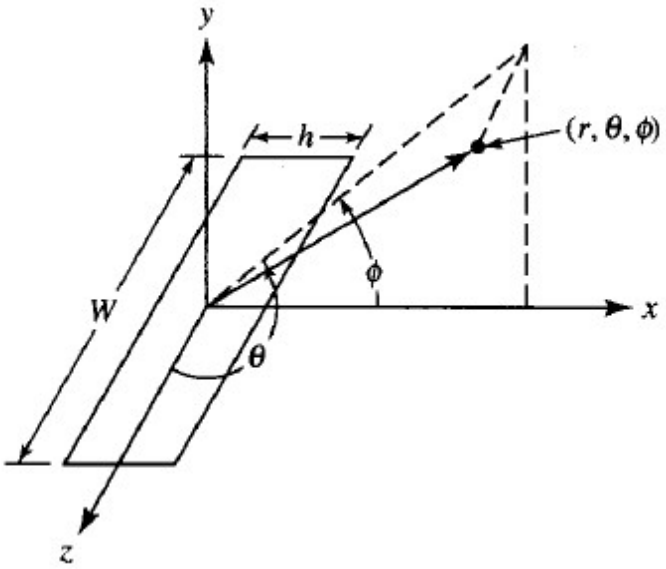
Mikroşerit yama antenlerin bantgenişliğinin dar olması, verimlik düşük olması ve düşük kazanca sahip olması gibi eksikliklere dikdörtgensel mikroşerit antenlerde de rastlanmaktadır.



(a) Mikroşerit anten



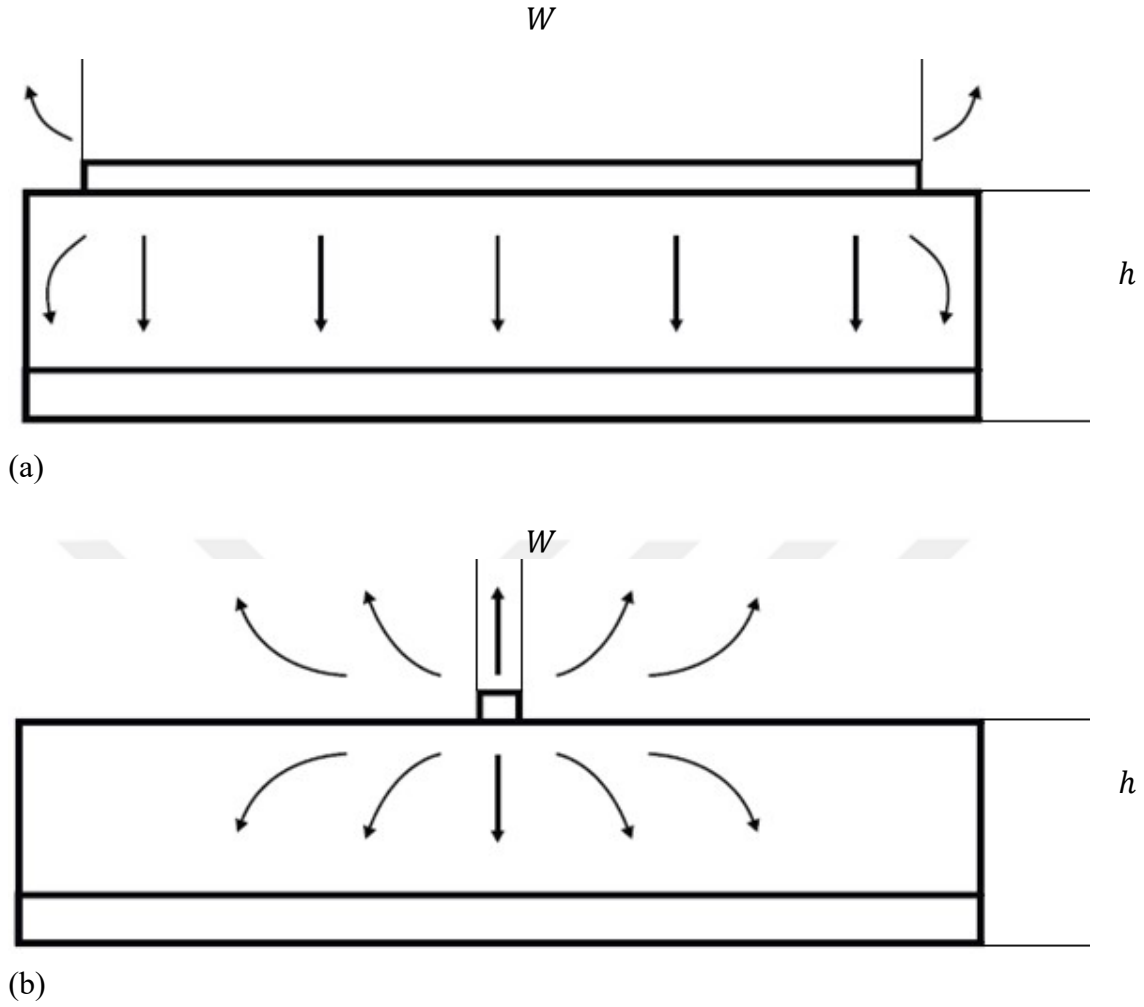
(b) Yan görünüm



(c) Koordinat sistemi

Şekil 2.6. Mikroşerit anten [4]

Mikroşerit antenlerde uzunluk ve kalınlık arasında iki ekstrem durum vardır. Bunlardan birincisi mikroşerit antenin kalınlığının uzunluğundan çok büyük olması durumu ($W << h$), ikincisi ise uzunluğunun kalınlığından çok büyük olması durumudur($W >> h$). Şekil 2.7.'de bu durum görülebilmektedir.



Şekil 2.7. (a) $W >> h$, (b) $W << h$ durumları

Düşük dielektrik sabiti ve kalın yalıtkan zemine sahip mikroşerit antenler daha etkili anten ışıması ve daha genişbant yayım yaparlar. W / h > 1 için aşağıdaki denklem yazılabilir[4].

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r+1}{2} + \frac{\epsilon_r-1}{2}\left[1 + 12\frac{h}{W}\right]^{-1/2} \quad (2.9)$$

Burada;

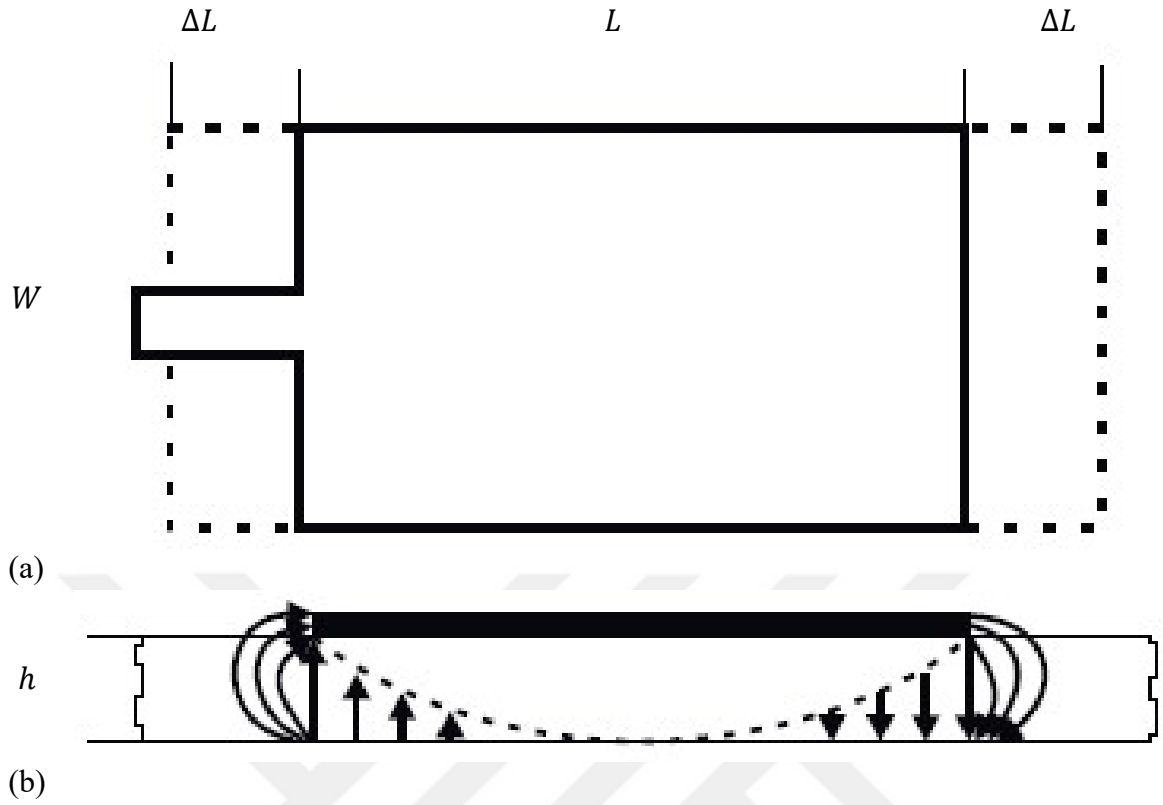
ϵ_{reff} :Etkin dielektrik sabiti

ϵ_r :Yüzeyin dielektrik sabiti

h :Yükseklik

W :Genişlik

olarak belirtilmiştir.



Şekil 2.8. Etkin uzunluklar (a) Üst görünüm, (b) Yan görünüm

Etkin uzunluklar Şekil 2.8.'de görülmektedir. Etkin uzunluğun en çok kullanılan ve pratik bir yaklaşım sağlayan denklemi aşağıdaki gibidir [4].

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412 \frac{(\epsilon_{\text{reff}}+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}}-0.258)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)} \tag{2.10}$$

$$L_{\text{eff}} = L + 2\Delta L \tag{2.11}$$

Burada;

ϵ_{reff} :Etkin dielektrik sabiti

ϵ_{r} :Yüzeyin dielektrik sabiti

h :Yükseklik

W :Genişlik

L_{eff} :Etkin uzunluk

L :Uzunluk

olarak belirtilmiştir.

$$E_r \cong E_\theta \cong 0 \tag{2.12}$$

$$E_\varphi = +j\frac{k_0 hWE_0 e^{-jk_0 r}}{2\pi r}\left\{\sin\theta\,\frac{\sin(X)}{X}\,\frac{\sin(Z)}{Z}\right\} \tag{2.13}$$

Burada;

E_ϕ : Elektrik alan

k_0 : Dalga sayısı

W : Genişlik

E_0 : Elektrik alan farkı

r : Uzaklık

olarak verilmektedir.

$$X = \frac{k_0 h}{2}\sin\theta\cos\varphi \tag{2.14}$$

$$Z = \frac{k_0 W}{2}\cos\theta \tag{2.15}$$

$$\frac{\Delta L}{h} = 0.412\,\frac{(\epsilon_{\text{reff}}+0.3)\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{\text{reff}}-0.258)\left(\frac{W}{h}+0.8\right)} \tag{2.16}$$

$$L_{\text{eff}} = L + 2\Delta L = L_{\text{e}} \tag{2.17}$$

Çok küçük yükseklik olduğu varsayılarak,

$$(k_0 h \ll 1) \tag{2.18}$$

$$E_\varphi \cong +j\frac{V_0 e^{-jk_0 r}}{\pi r}\left\{\sin\theta\,\frac{\sin(\frac{k_0 W}{2}\cos\theta)}{\cos\theta}\right\} \tag{2.19}$$

$$V_0 = hE_0 \tag{2.20}$$

$$E - \text{Düzlemi } (\theta = 90^o, 0^o \leq \varphi \leq 90^o \leq \text{ ve } 270^o \leq \varphi \leq 360^o) \tag{2.21}$$

$$E_\varphi^t = +j\frac{k_0 W V_0 e^{-jk_0 r}}{\pi r}\left\{\frac{\sin(\frac{k_0 h}{2}\cos\varphi)}{\frac{k_0 h}{2}\cos\varphi}\right\}\cos(\frac{k_0 L_e}{2}\sin\varphi) \tag{2.22}$$

Burada;

E_ϕ : Elektrik alan

k_0 : Dalga sayısı

W : Genişlik

V_0 : Voltaj farkı

r : Uzaklık

h : Yükseklik

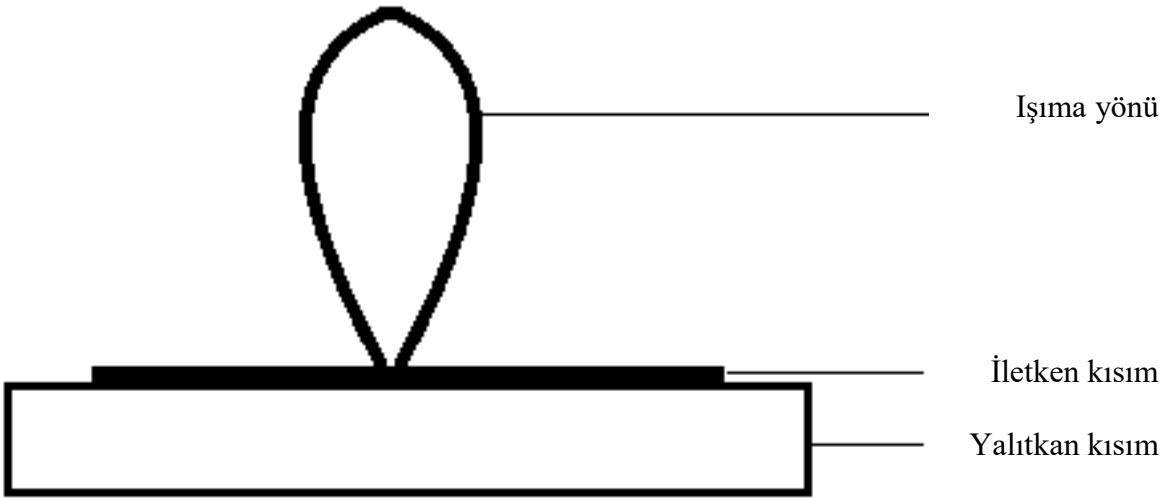
L_e : Etkin uzunluk

olarak verilmektedir.

$$H - \text{Düzlemi } (\varphi = 0^o, 0^o \leq \theta \leq 180^o) \tag{2.23}$$

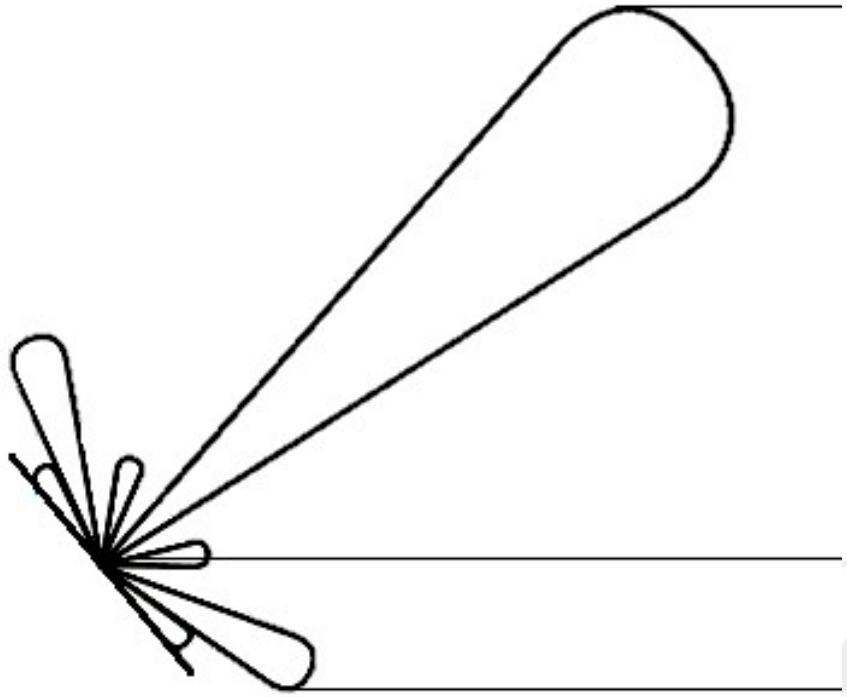
$$E_\varphi^t \cong +j\frac{k_0 W V_0 e^{-jk_0 r}}{\pi r}\left\{\sin\theta\,\frac{\sin(\frac{k_0 h}{2}\sin\theta)}{\frac{k_0 h}{2}\sin\theta}\,\frac{\sin(\frac{k_0 W}{2}\cos\theta)}{\frac{k_0 W}{2}\cos\theta}\right\} \tag{2.24}$$

Mikroşerit antenin ışıma yönü Şekil 2.9.'da verilmektedir. Bu ışıma yönü gösteriminde antenin ışıma örüntüsündeki tüm loblar gösterilmemektedir.



Şekil 2.9. Mikroşerit yama antende ışıma yönü

Bu tezde dikdörtgensel mikroşerit yama antenler boşluk modeli (cavity model) ile analiz edilmiştir. Bu modelde mikroşerit antenler yalıtkan, yüklü boşluklara benzetilmiştir [4]. Mikroşerit yama antende ışıma örüntüsünde yan loblar zayıf olmakla birlikte güçlü bir merkezcil lob oluşmaktadır, bu da mikro şerit yama antenin dar bant olması ile ilişkilidir. Şekil 2.10.'da anten ışımasında loblar ifade edilmekte olup, mikroşerit antenlerde ışıma bu şekilde olmaktadır.



Şekil 2.10. Antende ışıma lobları

Bu çalışmada, teorik hesaplamalara göre optimum sonuca ulaşılabilmesi için dikdörtgensel mikroşerit yama antenler analiz edilirken boşluk modeli tercih edilmiştir.

3. DİZİ ANTENLER

Bu kısımda, dizi antenler hakkında genel bilgilendirme verilmektedir.

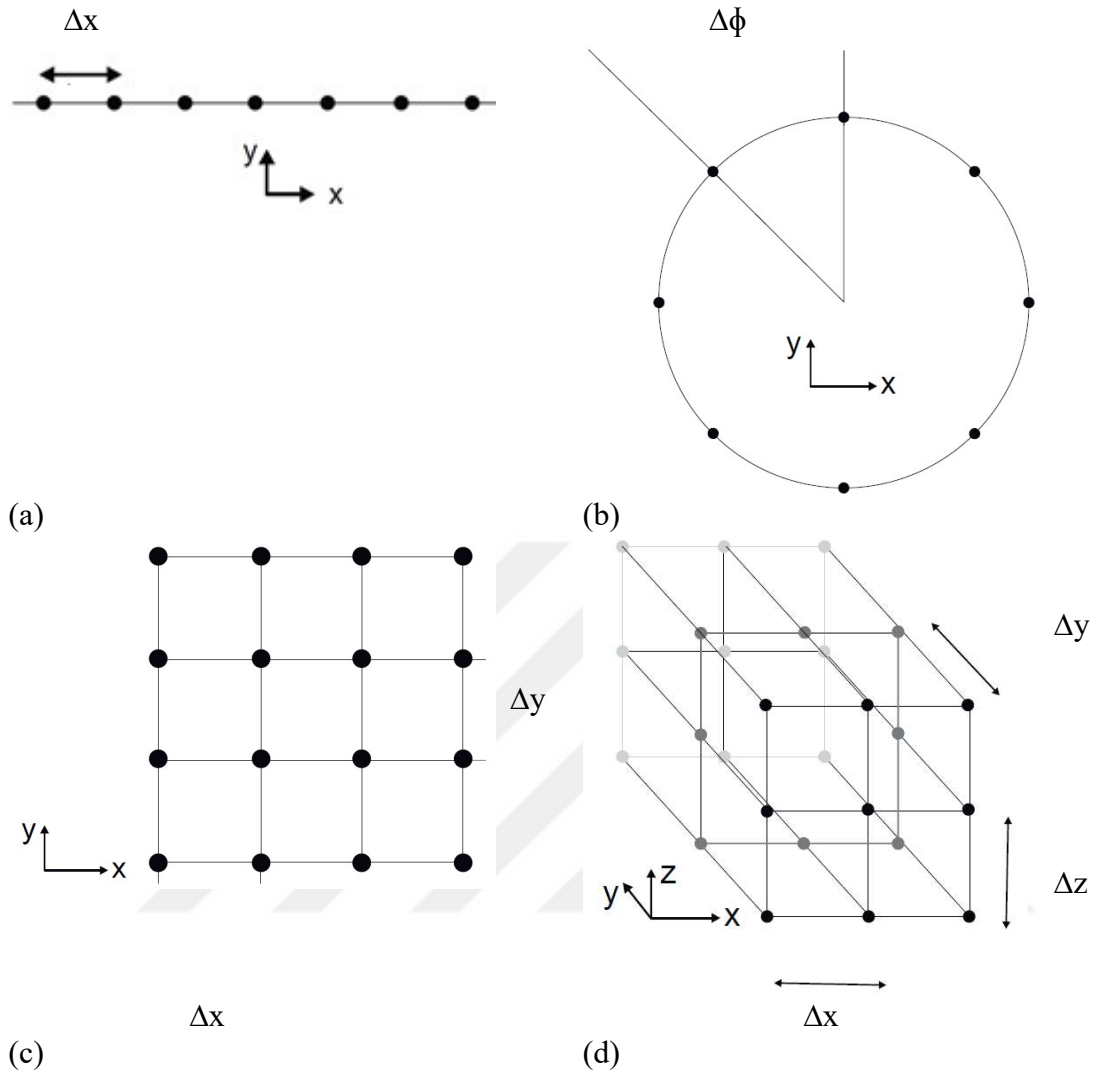
3.1. Giriş

Antenlerin -özellikle mikroşerit antenlerin- sadece tek bir eleman olarak değil dizi antenler şeklinde kullanımı da oldukça yaygındır [4]. İhtiyaç olunan ışıma örüntüsünün, yönlülüğün (directivity), kazancın (gain) ve bazı istenen özelliklerin tek bir eleman ile elde edilemediği durumlarda dizi anten kullanımı gerekli bir çözümdür. İki veya daha fazla anten bir arada belirli yöntemlere göre kullanıldığında dizi antenleri oluştururlar. Bu tezde ise mikroşerit anten ile elde edilemeyen bant genişliği dizi antenler kullanılarak elde edilmiştir.
Ticari ve askeri bir çok alanda farklı anten tipleri ile kullanılan dizi antenler haberleşme sektöründe mobil iletişim sağlayan baz istasyonlarında sıkça kullanılmaktadır. Dipol antenlerin dizi olarak kullanılması ile oluşturulan Yagi Uda dizi antenler tv alıcısı olarak ve amatör radyoculukta sıkça görülmektedir.

Dizi antenin aşağıdaki özellikleri değiştirilerek istenilen radyasyona sahip olması sağlanabilir.

- Genel dizi şekli (doğrusal, dairesel, düzlemsel…)
- Elemanlar arasındaki mesafeler
- Elemanların özellikleri
- Dizi anten elemanlarının ışıma şekli

Anten dizileri basit bir şekilde ışıma yapan antenler topluluğu olarak düşünülebilir. İstenilen ışıma karakteristiğinin elde edilebilmesi için geometrik olarak spesifik bir şekilde yerleştirilirler. Dizideki bulunan antenlere örnek verecek olursak dipol anten, boynuz (horn) ya da mikroşerit yama anten olabilir. Dizi antenler; elemanların diziliş şekillerine göre doğrusal diziler, dairesel diziler, düzlemsel diziler ya da 3 boyutlu diziler olarak gruplandırılabilir.



Şekil 3.1. Anten dizisi dizilişleri (a) doğrusal (b) dairesel (c) düzlemsel (d) 3 boyutlu

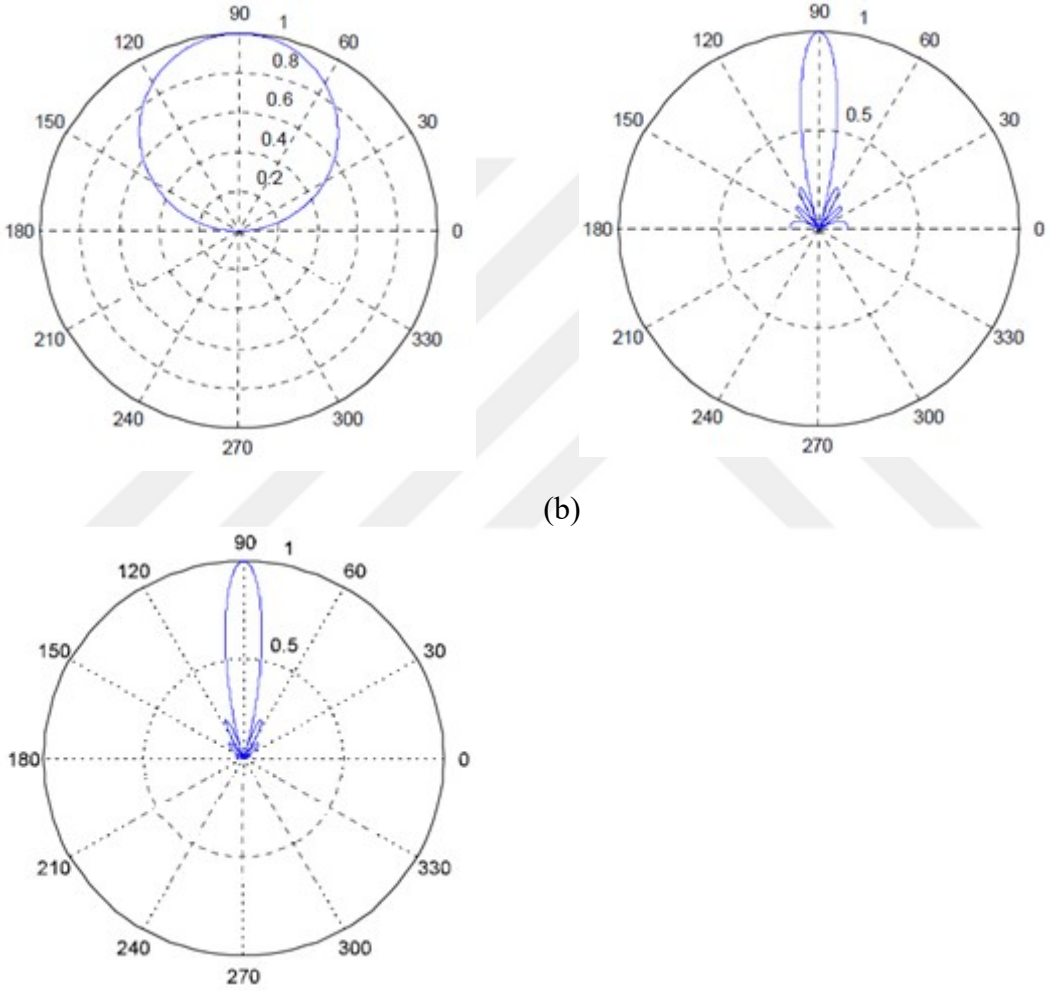
Şekil 3.1.'de doğrusal, dairesel, düzlemsel ve kübik anten dizileri görülmektedir. Dizi antenler üniform olabilir veya olmayabilir. Her elemanda aynı genlikte ve aynı fazda beslendiğinde üniform dizi anten oluşturulmaktadır. Bu diziler ile dar ana kulak ve çok fazla yan kulaklar elde edilmektedir. Üniform olmayan dizi antenlerde ise antenler eşit olmayan genliklerde beslenir bu da daha kontrollü yan kulaklar elde edilmesini sağlar.

3.2. Dizi Faktörü

Spesifik değerleri ile verilen bir antenin dizi haline geldiğindeki ışıma örüntüsünü bulmak için örüntü çarpımı yapılmaktadır. Bu çarpım Şekil 3.2.'de görülmektedir.

Dizi Elektrik Alanı = [Dizideki Tek Bir Elemanın Elektrik Alanı] X [Dizi Faktörü] (3.1)

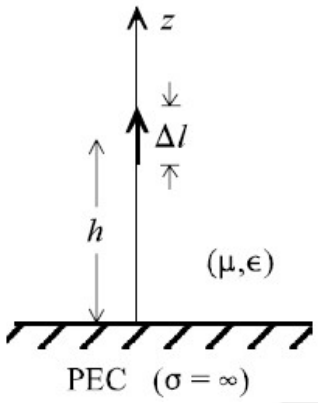
Her dizi kendi dizi faktörüne sahiptir. Dizi faktörü; eleman sayıları, elemanların geometrik yerleşimleri, birbirlerine olan mesafeleri, besleme sinyalinin faz ve büyüklüklerine bağlıdır. Dizi elemanlarının birbirleri ile aralarındaki mesafeler, antenlerin diziliş şekilleri, faz farkları değiştirilerek anten dizisin ışıma örüntüsü istenildiği gibi elde edilebilir.



Şekil 3.2. Dizi antenlerde ışıma örüntüleri (a) bir anten (b) dizi faktörü (c) dizi anten

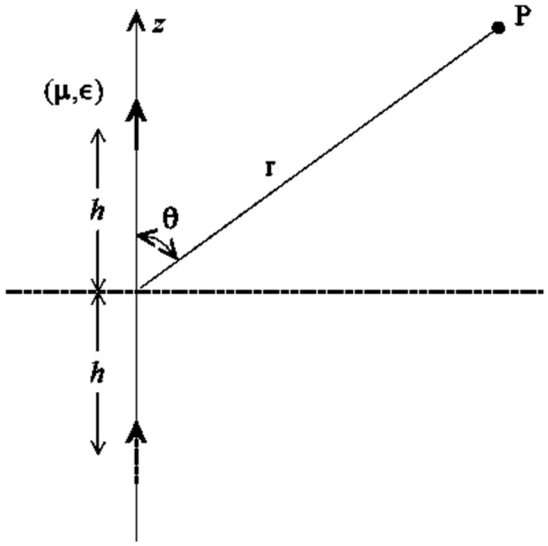
3.3. N Elemanlı Doğrusal Dizi

Anten dizisi eşit genlik ve eşit boşluklara sahip elemanlar ile doğrusal bir yapıya sahip bir şekilde oluşturulabilir. Δl uzunluğuna sahip iletkenlik katsayısı sonsuz ($\sigma = \infty$) olan bir zeminden z ekseninde h yüksekliğinde olan Şekil 3.3.'teki gibi bir anten düşünelim.



Şekil 3.3. Δl uzunluğuna sahip anten [4]

Bu antene eşdeğer özelliklere sahip bir başka antenin ise doğrusal olarak 2h uzaklığında yerleştirilmiş olduğunu Şekil 3.4.'deki gibi kabul edebiliriz.



Şekil 3.4. Δl uzunluğuna ve aralarındaki mesafe 2h olan iki anten

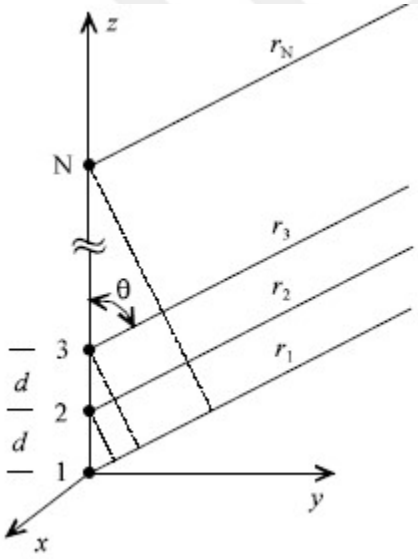
Bu dizi anten yapı için uzak alan etkisini aşağıdaki eşitlikler ile açıklayabiliriz [4].

$$E_\theta \cong jn\frac{kI_0\Delta l e^{-jkr}}{4\pi r}\sin\theta[2\cos(kh\cos\theta)] \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte $[2\cos(kh\cos\theta)]$ kısmı dizi faktöründen gelen kısımdır. Dizideki tüm antenlerin eşit özelliklere sahip olduğu varsayımıyla eşitlik aşağıdaki gibi sadeleştirilmektedir.

$$E_\theta = I_0\frac{e^{-jkr}}{4\pi r} \quad (3.3)$$

Dizi elemanlarının Şekil 3.5.'te olduğu gibi birbirlerinden d eşit uzaklığıyla ayrıldığını kabul edelim.



Şekil 3.5. d uzaklığındaki N sayıda dizi anten [4]

r uzaklıkları bu durumda aşağıdaki gibi olacaktır.

$$r_1 = r \quad (3.4)$$

$$r_2 \cong r - d\cos\theta \quad (3.5)$$

$$r_3 \cong r - 2d\cos\theta \quad (3.6)$$

.

.

.

$$r_N \cong r - (N-1)d\cos\theta \tag{3.7}$$

Dizideki elemanların akım büyüklüklerinin eşit olduğunu ve orijindeki elemanın referans olarak kabul edildiğini düşünürsek akım büyüklükleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$I_1 = I_0 \tag{3.8}$$

$$I_2 = I_0 e^{j\varphi_2} \tag{3.9}$$

$$I_3 = I_0 e^{j\varphi_3} \tag{3.10}$$

.

.

.

$$I_N = I_0 e^{j\varphi_N} \tag{3.11}$$

Dizi elemanlarının her birinin uzak alan ifadeleri aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$E_{\theta 1} \cong I_0 \frac{e^{-jkr}}{4\pi r} = E_0 \tag{3.12}$$

$$E_{\theta 2} \cong I_0 e^{-j\varphi_2} \frac{e^{-jk(r-d\cos\theta)}}{4\pi r} = E_0 e^{-j(\varphi_2 + kd\cos\theta)} \tag{3.13}$$

$$E_{\theta 3} \cong I_0 e^{-j\varphi_3} \frac{e^{-jk(r-2d\cos\theta)}}{4\pi r} = E_0 e^{-j(\varphi_3 + 2kd\cos\theta)} \tag{3.14}$$

.

.

.

$$E_{\theta N} \cong I_0 e^{-j\varphi_N} \frac{e^{-jk[r-(N-1)d\cos\theta]}}{4\pi r} = E_0 e^{-j(\varphi_N + (N-1)kd\cos\ )} \tag{3.15}$$

Toplam uzak alan aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$E_\theta = E_{\theta 1} + E_{\theta 2} + E_{\theta 3} + \cdots + E_{\theta N} \quad (3.16)$$

$$= E_0[1 + e^{j(\varphi_2 + kd\cos\theta)} + e^{j(\varphi_3 + 2kd\cos\theta)} + \cdots + e^{j(\varphi_N + (N-1)kd\cos\theta)}] \quad (3.17)$$

$$= E_0[AF] \quad (3.18)$$

N elemanlı eşit uzaklıklı doğrusal dizi için dizi faktörü aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$AF = [1 + e^{j(\varphi_2 + kd\cos\theta)} + e^{j(\varphi_3 + 2kd\cos\theta)} + \cdots + e^{j(\varphi_N + (N-1)kd\cos\theta)}] \quad (3.19)$$

Üniform dizi için faz terimi elemandan elemana doğrusal olarak değişmektedir.

$$\varphi_1 = 0 \quad (3.20)$$

$$\varphi_2 = \alpha \quad (3.21)$$

$$\varphi_3 = 2\alpha \quad (3.22)$$

.

.

.

$$\varphi_N = (N-1)\alpha \quad (3.23)$$

Doğrusal faz yaklaşımını genel N elemanlı dizi eşitliğine eklersek aşağıdaki hali alır.

$$AF = [1 + e^{j(\alpha + kd\cos\theta)} + e^{j2(\alpha + kd\cos\theta)} + \cdots + e^{j(N-1)[\alpha + kd\cos\theta]}] \quad (3.24)$$

$$AF = \sum_{n=1}^{N} e^{j(n-1)(\alpha + kd\cos\theta)} \quad (3.25)$$

Dizi antenlerde elektrik alan, bir antenden oluşan ışıma örüntüsünün vektörel olarak toplanmasıyla elde edilir. İstenilen ışıma örüntüsünün elde edilebilmesi için her bir antendeki istenilen ışıma doğrultularının birbirine eklenmesi, istenmeyen ışıma doğrultularının silinmesi gerekmektedir.

Bu tezde, doğrusal faz yaklaşımı genel N elemanlı dizi eşitliği kullanılarak (3.25) eşitliği ele alınarak ilerlenmiştir.

4. SEZGİSEL ALGORİTMALAR

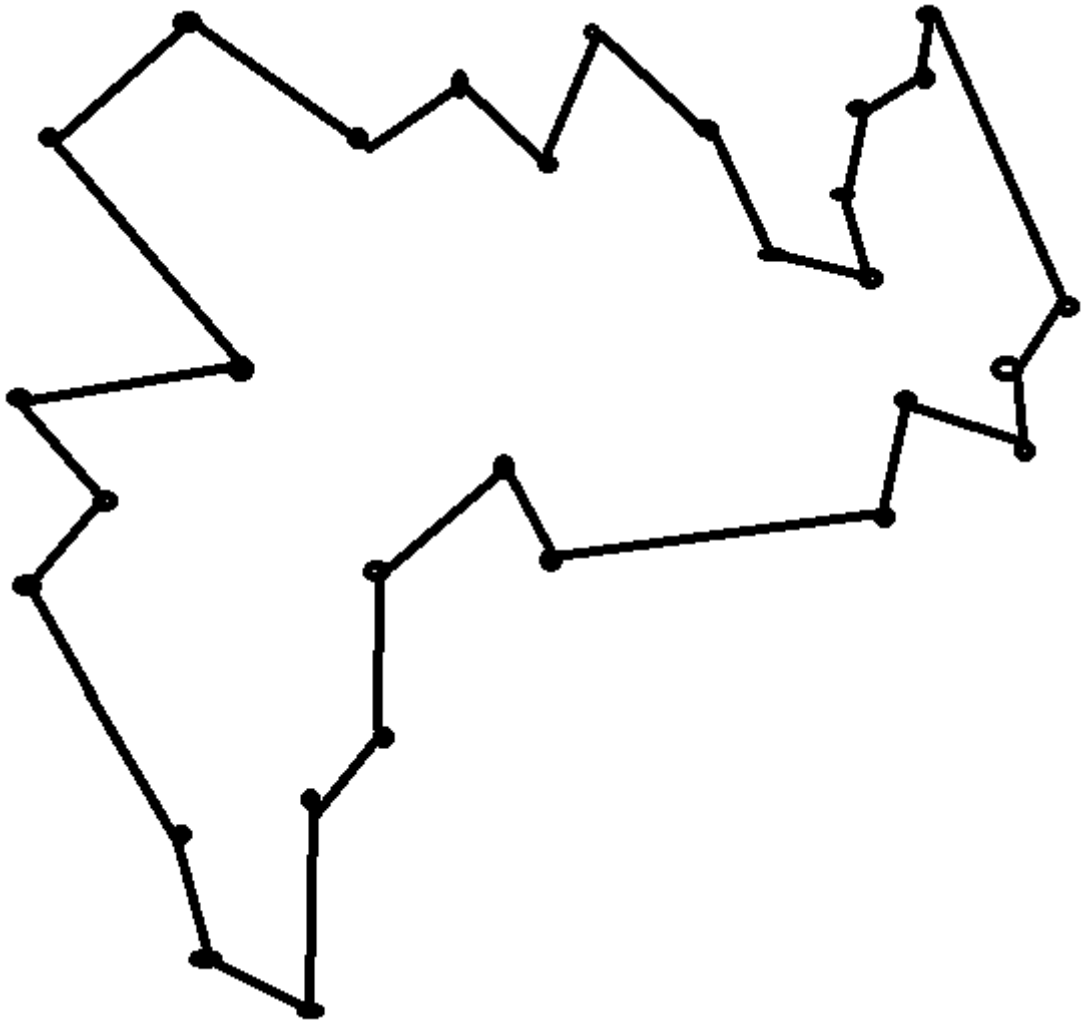
Bu kısımda, sezgisel algoritmalar hakkında genel bilgiler verilmektedir.

4.1. Giriş

Son kullanılan optimizasyon yöntemlerinde sıklıkla sezgisel yöntemlerin tercih edildiği görülmektedir. Bu ilginin sebebi endüstriyel ya da askeri mühendislik tasarım çalışmalarında en iyi çözümün bulunmasının mümkün olduğu ya da makul zamanlarda mümkün olmadığı durumlarda kombinasyonel eniyileme yöntemlerinin tercih edilmesidir [12].
Sezgisel algoritmalar her ne kadar bir problem çözme tekniği olsa da sonucun doğruluğu önemsenmez ve garanti edilemez. Farklı çözüm yöntemleriyle makul zamanda en iyiye yakın sonucu elde edilmesi amaçlanır.

Çözüm uzayı kesikli bir yapıda olan problemler için en iyi çözümü arayan ya da bulan yöntemler kombinasyonel eniyileme yöntemleri olarak tanımlanmaktadır. Kombinasyonel eniyileme problemleri ise dikkate alınan amaç fonksiyonu kullanılarak en iyi sonuçların elde edilmesi ile ilgilenir. Kombinasyonel eniyileme problemlerindeki amaç global eniyi çözümü bulmaktır.

Tüm kombinasyonel eniyileme problemleri P ve NP-zor olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. P sınıfındaki bir problem en iyi sonuçlara makul zamanlarda erişilebilir (tractable), NP-zor sınıfındaki bir problem ise en iyi sonuçlara makul zamanlarda erişilemez (intractable) problemdir. P sınıfına örnek verilecek olursa, inşaat mühendisliği su şebekesi akış problemleri bu sınıfa örnek verilebilir. NP-zor sınıfına ise gezgin satıcı problemi, araç rotalama problemi (Şekil 4.1.), baz istasyonları yerleşimi problemi örnek olarak gösterilebilir [13].



Şekil 4.1. Gezgin satıcı problemi

Gezgin satıcı problemi, en önemli ve en temel algoritma problemlerinden biridir. NP-zor olan gezgin satıcı probleminin amacı, satıcının bütün varış noktalarına uğramak üzere en kısa yolun bulunmasıdır. Satıcı ilk şehre vardığında gideceği ikinci şehri seçerken n değişik seçeneği vardır; ikinci şehirde iken gideceği üçüncü şehir için n-1 farklı seçeneği bulunmaktadır. Üçüncü şehre vardığında ise dördüncü gideceği şehri seçerken n-2 farklı seçeneği olacak, dolayısıyla, sonuç olarak satıcının (n-1)! değişik tur arasından seçim hakkı olacaktır. Böylelikle 100 şehirlik bir tur için $9{,}33 \times 10^{157}$ değişik tur bulunmaktadır. [13]

Bugüne kadar çözülen en büyük gezgin satıcı problemi 24 978 noktalıdır ve İsveç'te yerleşimi olan her nokta için çözülmüştür. Bu çözüm, Intel Xeon 2.8 GHz işlemciye sahip 96 bilgisayarlı bir ağ üzerinde 3 yıl sürmüştür [14].

Bu konudaki en büyük problemlerden biri Şekil 4.2.'de verilen Dünya üzerinde kayıtlı yerleşim olan her nokta için en kısa yolun ne olduğudur. Bu problem 1 904 711 şehir içermektedir [15].



Şekil 4.2. Dünyanın en büyük gezgin satıcı problemi

Kombinasyonel eniyileme problemlerinin çözümünde kullanılan algoritmalar kesin algoritmalar ve yaklaşık algoritmalar olarak iki sınıfa ayrılmaktadır. Kesin algoritmalar, en iyi çözümü verebilen algoritmalardır. Yaklaşık algoritmalar ise en iyi çözümü garanti edemezler ancak en iyi çözüme yaklaşabilecek bir iyi çözümü elde etmeye çalışırlar. Bir anten yapısında diferansiyel evrim algoritmasıyla düzlemsel anten örüntüsü elde edilmesi buna örnek olarak verilebilir [16].

4.2. Yaklaşık Algoritmalar

Yaklaşık algoritmalar, bir diğer isim olarak sezgisel yöntemler olarak da anılırlar. Sezgisel yöntemler, en iyi çözümü garanti etmeksizin daha az çözüm zamanı ile en iyiye yakın iyi bir çözümü elde etmeyi hedeflerler.

Sezgisel yöntemlerde kullanılan algoritmalar ile çözümlenmeye çalışılan NP-zor problemlerinin çözümlenme süresi problemin giriş sayısına göre üstel artış göstermektedir.

4.3. Çözüm Kurucu Algoritmalar

Çözüm kurucu algoritmalar, yaklaşık algoritmaların bir alt sınıfından olup başlangıçta bir çözüm parçasını seçer ve probleme tam bir çözümü elde edinceye kadar adım adım çözüm parçalarını kısmi çözüme ekler. Basit bir çözüm kurucu algoritmanın genel yapısı özetle Şekil 4.3.'te verilmektedir.

Adım 1: $S_0 \leftarrow$BirinciSecenegiSec
Adım 2: S_0 tam bir çözümse Adım 7
Adım 3: C$\leftarrow$CozumKurucuSecenek(S_p)
Adım 4: $S_p \leftarrow S_o$ U C
Adım 5: S_p tam bir çözüm değilse Adım 3
Adım 6: S$\leftarrow S_p$
Adım 7: S'yi dön

Şekil 4.3: Basit bir çözüm kurucu algoritmanın genel yapısı

4.4. Yerel Arama Algoritmaları

Yerel arama algoritmaları, bir başlangıç çözümü ile başlar ve yerel değişmeler ile bu çözümü iyileştirmeye çalışır. YAA ile bulunan çözüm, yerel değişimler acısından en iyi çözümdür. Ancak, bu çözüm global en iyi çözüm olmayabilir. Basit bir yerel arama algoritmasının genel yapısı özetle Şekil 4.4.'te verilmektedir.

Çoğu optimizasyon probleminde, hedefe ulaşmada tercih edilen giden yol veya uygulanan hareket yöntemleri önemsizdir. Sadece hedef durumun kendisine ulaşılması aranan çözümdür. Amaç arama uzayında istenen özelliklere sahip, fayda fonksiyonunu maksimum yapan çözümü bulmaktır. Bu tip problemlerin çözümünde yerel arama algoritmaları kullanılmaktadır. Sadece mevcut durumu bilir ve sürekli onu iyileştirmeye çalışmaktadır, bu nedenle bu algoritmalarda çok az hafıza gereksinimi duyulmaktadır.

Adım 1: S_0←BirinciSecenegiSec
Adım 2: S_2 ← S_0
Adım 3: S_1 ← S_2
Adım 4: S_2 ←gelistir(S_1)
Adım 5: S_2 yeterliyse S_2 dön
Adım 6: S_2 yeterli değilse Adım 3

Şekil 4.4. Yerel arama algoritmaların genel yapısı

4.5. Genel Amaçlı Arama Algoritmaları

Genel amaçlı arama algoritmalar sınıfı; tavlama benzetimi, tabu arama, genetik algoritma gibi algoritmalardan oluşmaktadır.

Tavlama benzetimi, bir katının minimum enerji durumu elde edilene kadar yavaş yavaş soğutulduğu fiziksel tavlama sürecini taklit eden bir arama yöntemidir. Tavlama, fizik biliminde bir katının ısı banyosunda düşük enerji durumlarının elde edilmesi için bir ısıl süreç olarak tanımlanmaktadır [17]. Bu süreç, aşağıda belirtilen iki adımı içermektedir:

- Isı banyosunun sıcaklığının katının eriyebileceği en yüksek değere yükseltilmesi.
- Düşük enerjili durum elde edilinceye kadar ısı banyosunun sıcaklığının kontrollü bir şekilde azaltılması.

Tavlama benzetiminde belli şartlar arasındaki kötü çözümler kabul edilmektedir. Bu tür kötü çözümlerin kabul edilmesindeki amaç, bir yerel en iyi etrafında yapılan çalışmadan çıkıp global eniyi için aramaya devam etmektir.

Tavlama süreci ile kombinasyonel optimizasyon problemleri arasındaki benzerlik Çizelge 4.1.'deki gibi açıklanabilir [18]:

Çizelge 4.1. Tavlama benzetimi süreci

Termodinamik Benzetimi	Kombinasyonel Eniyileme
Sistemin durumları	Uygun Çözümler
Enerji	Amaç fonksiyonu değeri
Durumun değişimi	Komşu çözüm
Sıcaklık	Parametre
Kristalleşme	Sezgisel Çözüm

Basit bir tavlama benzetimi algoritmasının genel yapısı özetle Şekil 4.5.'te verilmektedir. Termodinamikteki sistemin durumları tavlama benzetiminde uygun çözümlere, enerji tavlama benzetiminde amaç fonksiyonu değerine, durumun değişimi tavlama benzetiminde komşu çözüme, sıcaklık tavlama benzetiminde parametreye karşılık gelmektedir.

Tabu aramayı diğer sezgisellerden ayıran en önemli özelliği hafızayı etkin bir biçimde kullanmasıdır. Tabu arama, esnek hafıza fonksiyonlarını kullanarak arama boyunca elde edilen geçmiş çözümlerin belli özelliklerini eski haline getiren hareketleri yasaklar. Tabu aramada;

- çevrimi önlemek,
- yerel eniyi tuzağına düşmemek,
- aramayı güçlendirmek

amacıyla bu hareketler yasaklanmıştır [19].

Adım 1: Bir başlangıç çözümünü seç: $S_0 \in S$ ve amaç fonksiyonu $f(S_0)$ hesapla
Adım 2: Bir başlangıç sıcaklığı belirle: $T>0$;
Adım 3: Sıcaklık değişim sayacını sıfırla: $t \leftarrow 0$;
Adım 4: $S \leftarrow S_0$
Adım 5: $f(S) \leftarrow f(S_0)$
Adım 6: $S_{iyi} \leftarrow S_0$
Adım 7: $f(S_{iyi}) \leftarrow f(S_0)$
Adım 8: $n \leftarrow 0$
Adım 9: s'e yakın bir s' çözümünü $s' \in S$ olacak şekilde rasgele üret
Adım 10: $\Delta \leftarrow f(S')-f(S)$
Adım 11: $\Delta \leq 0$ ise $S \leftarrow S'$
Adım 12: $\Delta>0$ ise (0,1) aralığında düzgün dağılımdan bir rasgele sayı üret (u)
Adım 13: $u<\exp(-\Delta/T)$ ise $S \leftarrow S'$
Adım 14: $f(S')<f(S_{iyi})$ ise $S_{iyi} \leftarrow S'$
Adım 15: $n \leftarrow n+1$
Adım 16: $n<M$ ise Adım 9
Adım 17: $t \leftarrow t+1$
Adım 18: $T=T(t)$
Adım 19: Uygunluk değeri sağlanmadıysa Adım 8
Adım 20: S_{iyi} problem için bulunan çözümdür

Şekil 4.5. Basit bir tavlama benzetimi algoritmasının genel yapısı

Yerel aramayı kullanan tabu aramadaki en önemli temel eleman, arama işlemini kontrol etmek için kullanılan esnek hafızadır.
Yapılmasına izin verilmeyen hareketler *"tabu"* olarak adlandırılır. Bu hareketler *"Tabu listesi"* adı verilen bir liste üzerinde kısa dönemli hafızaya kaydedilir. Belli bir süre sonra *tabu listesinden* çıkarılır.

Tabu olan bir hareket, tabu yıkma kriterlerinden birini veya birkaçını sağlıyorsa tabu olmasına rağmen mevcut çözümü oluşturmak için seçilebilir.

Veri yapısı ne olursa olsun, yeniliğe dayanan hafıza fonksiyonları kullanıldığında, tabu süresinin (tabu listesi uzunluğunun) iyi belirlenmesi çok önemlidir. Tabu süresi çok kısa ise, arama sürekli olarak yerel en iyi çözümler etrafında gerçekleşecektir. Tabu süresi çok uzun olduğunda ise, hareketlerin çoğu tabu olacağından bulunan iyi çözümlerin kalitesi düşecektir.

Tabu yıkma kriterleri genel olarak,

- yokluk,
- amaç,
- arama yönü

açısından sınıflandırılmaktadır.

4.6. Genetik Algoritmalar

1970'li yıllarda John Holland tarafından önerilen Genetik algoritma (GA), herhangi bir problemin çözümünde biyolojik sistemlerin gelişim sürecini taklit eden bir stokastik arama algoritmasıdır [20].
İsminden de anlaşıldığı üzere, evrimsel hesaplama tekniğinin bir parçası olan genetik algoritma Darwin in evrim teorisinden esinlenerek oluşturulmuştur. Herhangi bir problemin genetik algoritma ile çözümü, problemi sanal olarak evrimden geçirmek suretiyle yapılmaktadır. Genetik algoritma geleneksel yöntemlerle çözümü zor veya imkânsız olan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Mühendislik problemlerinde optimizasyon amaçlı olarak kullanılmaktadır [20].

GA, parametrenin kendisi yerine parametreleri temsil eden dizileri kullanması, noktadan noktaya arama yerine noktaların bir yığını ile arama yapması ve stokastik olması nedeniyle bilinen eniyileme metotlarından ayrılmaktadır [20].

Basit bir genetik algoritmanın genel yapısı Şekil 4.6.'da açıklanmıştır.

Adım 1: t=0
Adım 2: P_0 başlangıç popülasyonunu oluştur
Adım 3: P_0 'ı değerlendir uygunluk fonksiyonu sağlanırsa Adım 10
Adım 4: t=t + 1
Adım 5: P_{t-1} 'den P_t 'yi seç (Bu aşamada yeniden popülasyon üretilmektedir.)
Adım 6: P_t 'yi değişime uğrat (Bu aşamada çaprazlama ve mutasyon yapılmaktadır.)
Adım 7: P_t 'yi değerlendir uygunluk fonksiyonunu sağlamıyorsa Adım 4
Adım 8: n ← 0
Adım 9: s'e yakın bir s' çözümünü s'∈ S olacak şekilde rasgele üret
Adım 10: Δ← f(S')-f(S)
Adım 11: Δ≤0 ise S ← S'
Adım 12: Δ>0 ise (0,1) aralığında düzgün dağılımdan bir rasgele sayı üret (u)
Adım 13: u<exp(-Δ/T) ise S ← S'
Adım 14: f(S')<f(S_{iyi}) ise S_{iyi} ← S'
Adım 15: n ← n+1
Adım 16: n<M ise Adım 9
Adım 17: t ← t+1
Adım 18: T=T(t)
Adım 19: Uygunluk değeri sağlanmadıysa Adım 8
Adım 20: S_{iyi} problem için bulunan çözüm

Şekil 4.6. Basit bir genetik algoritmanın genel yapısı

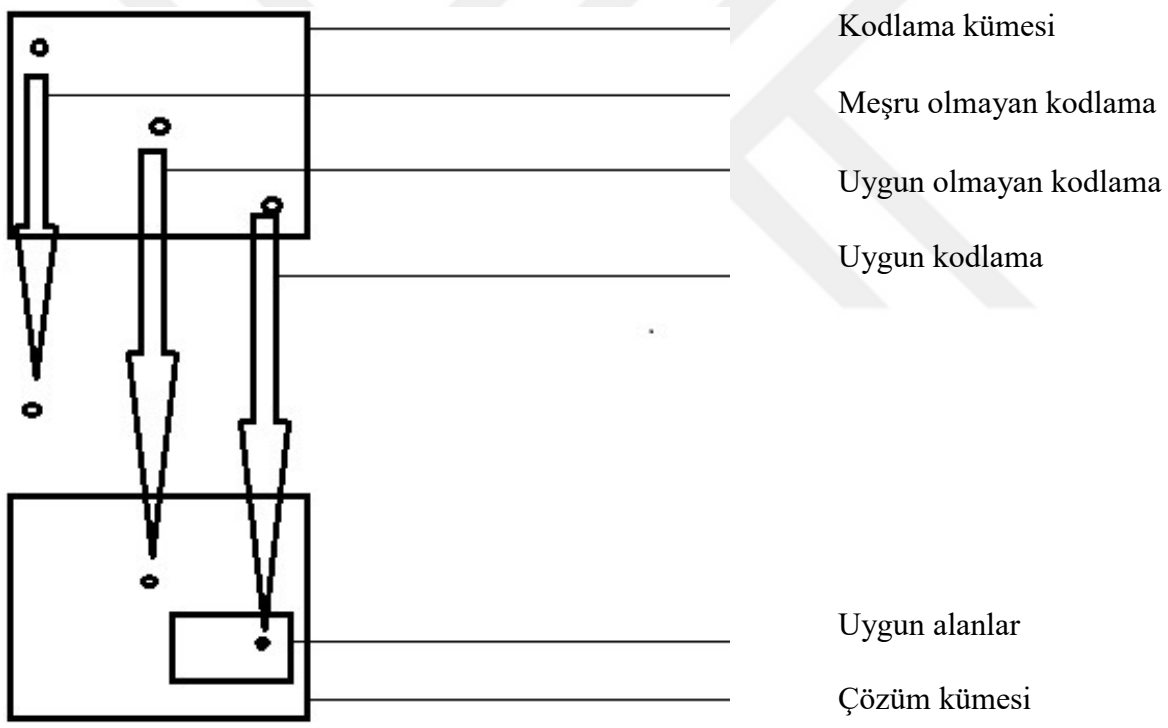
Bir GA, popülasyon olarak adlandırılan mümkün çözümlerin kodlandığı dizilerle biyolojik özelliği taklit eden kromozomlar kümesinden oluşur. Basit bir GA' nın ilk aşamasında, tüm mümkün çözümlerden oluşan bir başlangıç kümesi elde edilir. Bu kümenin her elemanı uygun bir kodlama yöntemiyle kodlanır ve her eleman bir uygunluk değerine sahiptir. Bir elemanın uygunluk değeri, problemin amaç fonksiyonu değerine eşittir. Uygunluk değeri, hangi bireylerin bir sonraki popülasyonda kullanılacağının belirlenmesinde kullanılır.
GA'yı diğer arama metotlarından ayıran en önemli özellik, problemde yer alan parametreleriyle değil parametreleri temsil eden kromozomlarla çalışmasıdır. Kromozomları oluştururken yapılan kodlamada ikili sisteme alternatif diğer dizi

kodlamaların kullanıldığı durumda, diziler ve çözümler arasındaki kodlama ve kod çözümü ile ilgili 3 önemli husus söz konusudur. Bunlar:

- Bir dizinin uygunluğu
- Bir dizinin meşruluğu
- Eşlemenin tekliği

olarak belirtilebilir [21].

Uygunluk ve meşruluk Şekil 4.7.'de gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Uygunluk ve meşruluk

GA'yı diğer metotlardan ayıran diğer önemli bir özellik ise, noktadan noktaya değil, noktaların oluşturduğu bir yığın içinde aramayı gerçekleştirmesidir. GA' da kullanılan en genel iki genetik operatör çaprazlama ve mutasyon operatörleridir. Çaprazlama, farklı çözümler arasında bilgi değişimini sağlayarak arama uzayının benzer ancak araştırılmamış bölgelerine ulaşmayı sağlayan bir arama operatörüdür. Çaprazlama operatörü, yığından rasgele seçilen iki dizinin belirli bölümlerini karşılıklı değiştirerek arama uzayında yeni

noktaları verecek yeni iki farklı diziyi elde eder. Mutasyon, GA' nın çalışmasında ikinci dereceden rol oynar. GA' da mutasyon operatörü, küçük bir olasılıkla bir dizi içindeki bir veya birkaç değeri rasgele değiştirerek yığında yeni dizilerin (yani, arama uzayında yeni çözüm noktalarının) elde edilmesini sağlar. Özellikle, GA' nın son iterasyonlarında mutasyonun etkinliği artmaktadır. Çünkü son iterasyonlarda yığın iyi çözümlere yakınsadığından, diziler birbirlerine çok benzemektedir. Bu durum ise çaprazlama operatörünün aramasını kısıtlar. Sonuç olarak da çaprazlama sonucu elde edilen diziler birbirlerine benzer olacaklardır. Bu aşamada mutasyon, yığındaki değişkenliği gerçekleştirerek arama uzayında yeni çözüm noktalarının elde edilmesini sağlamaktadır [21].

5. GENİŞBANT ANTEN OPTİMİZASYONU

Bu kısımda, genişbant anten optimizasyonu hakkında genel bilgilere yer verilmektedir.

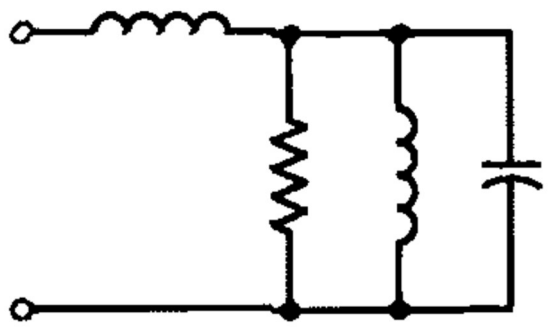
5.1. Giriş

Dar bant antenler pratikte düşük güç tüketimi gerektiren kısa mesafeli veri iletiminde kullanılmaktadır. Ancak günümüzde daha uzak mesafelere daha fazla veri iletimini sağlayacak genişbant sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bir genişbant sistem hazırlamak ise çok fazla teorik bilgi temelli hesaplamalar, yaklaşımlar ile mümkündür. Genişbant anten optimizasyonu bu çalışmanın en zor kısımlarından biridir.
Mikroşerit anten değişik anten tasarım uygulamalarında sağladığı birçok avantaj nedeniyle kullanılmaktadır. Bu avantajların başlıcaları hafifliği, boyutlarının küçük olması, düşük üretim maliyeti ile pratik olarak uygulanabilir olması, algoritmasal yaklaşımlara elverişli olmasıdır [10].

Bu çalışmada da mikroşerit anten kullanımı bu sebeplerden ötürü uygun görülmüştür.

5.2. Elektrik Alanı Eşitlikleri

Mikroşerit anten beslemelerinde değişik yöntemler kullanılabilmektedir. Mikroşerit hat beslemesi Şekil 2.6.'daki gibi olmaktadır.
Bu anten beslemesinin eşdeğer devre analizi Şekil 5.1.'deki gibidir.



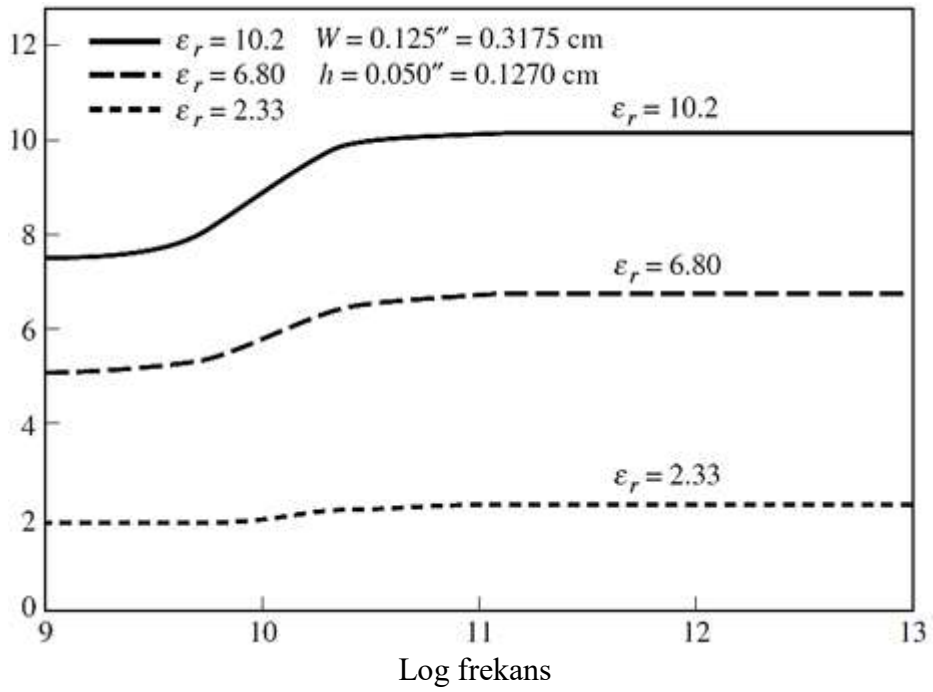
Şekil 5.1. Mikroşerit hat beslemesi eşdeğer devre analizi [4]

Dielektrik sabiti anten tasarımında önemli bir yer tutmaktadır. Düşük frekanslarda etkin dielektrik değeri (ϵ_{eff}) sabittir [22].

$$\frac{h}{W}>1 \tag{5.1}$$

Kabul edilir.

Etkin dielektrik sabitinin değişik yalıtkan malzemeler için frekansa göre değişimi Şekil 5.2.'de açıklanmıştır.



Şekil 5.2. Etkin dielektrik sabiti, frekans değişimi [4]

Kenar etkilerinden ötürü, elektriksel olarak anten fiziksel boyutlarından daha büyük olmaktadır. Şekil 2.8.'de bu durum gösterilmeye çalışılmıştır.
Etkin dielektrik sabiti, antenin uzunluk, genişlik, yükseklik değerleri; elektriksel olarak antenin boyutlarının büyümesine etki etmektedirler. Bu durum aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmiştir [4] [22].

$$\Delta L = 0.412 \cdot h \cdot \frac{(\epsilon_{eff}+0.3)\cdot\left(\frac{W}{h}+0.264\right)}{(\epsilon_{eff}-0.258)\cdot\left(\frac{W}{h}+0.8\right)} \tag{5.2}$$

Burada;

ΔL : Elektriksel olarak ilave edilen uzunluk

ϵ_{eff} : Etkin dielektrik sabiti

h : Yükseklik

W : Genişlik

olarak verilmektedir.

Uzunluk her iki yüzeyde ΔL kadar arttığından etkin uzunluk TM010 modunda kenar etkisi görülmeyen uzunluğa göre aşağıdaki gibi ifade edilebilir [4][22].

$$L_e = L + \Delta L \tag{5.3}$$

Burada;

L_e : Etkin uzunluk

ΔL : Elektriksel olarak ilave edilen uzunluk

L : Uzunluk

olarak verilmektedir.

Mikroşerit anten için; x-y düzlemi Elektrik Alan Düzlemi olarak kabul edilmektedir. Mikroşerit antenin elektrik alanı (2.22)'deki eşitlikte verilmiştir [4].

Eşitliğin ilk çarpanını A ile ifade ederek,

$$A = +j \cdot \frac{k_0 \cdot W \cdot V_0 \cdot e^{-j \cdot k_0 \cdot r}}{\pi \cdot r} \tag{5.4}$$

ve yarıklar arasındaki voltaj farkını eşitliğe ilave ederek,

$$V_0 = h \cdot E_0 \tag{5.5}$$

$$A = +j \cdot \frac{k_0 \cdot W \cdot h \cdot E_0 \cdot e^{-j \cdot k_0 \cdot r}}{\pi \cdot r} \tag{5.6}$$

elde edilmektedir.

$$k_0 = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda_0} \tag{5.7}$$

k_0 eşitliği (5.6.)'da kullanılırsa,

$$A = +j \cdot \frac{\frac{2 \cdot \pi}{\lambda_0} W \cdot h \cdot E_0 \cdot e^{-j \cdot \frac{2 \cdot \pi}{\lambda_0} r}}{\pi \cdot r} \tag{5.8}$$

eşitlik halini alır.

$$A = +j \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot \frac{W}{\lambda_0} \cdot h \cdot E_0 \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot \frac{r}{\lambda_0}}}{\pi \cdot r} \tag{5.9}$$

buluruz.

r' , W', h',

$$r' = \frac{r}{\lambda_0} \tag{5.10}$$

$$W' = \frac{W}{\lambda_0} \tag{5.11}$$

$$h' = \frac{h}{\lambda_0} \tag{5.12}$$

olarak alınırsa,

$$A = +j \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot W' \cdot h' \cdot E_0 \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot r'}}{\pi \cdot \frac{r}{\lambda_0}} \tag{5.13}$$

$$A = +j \cdot \frac{2 \cdot W' \cdot h' \cdot E_0 \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \pi \cdot r'}}{r'} \tag{5.14}$$

eşitlik hali alır.

Eşitlik bu sadeleştirme ile;

$$E_\phi = A \cdot \left\{ \frac{\sin\left[\frac{k_0 \cdot h}{2} \cdot cos(\phi)\right]}{\frac{k_0 \cdot h}{2} \cdot cos(\phi)} \right\} \cdot \cos\left[\frac{k_0 \cdot L_e}{2} \cdot sin(\phi)\right] \tag{5.15}$$

halini alır.

Burada;

E_ϕ : Elektrik alan

k_0 : Dalga sayısı

A : Açılımı değişkenlerden oluşan verilmiş olan eşitlik

h : Yükseklik

L_e : Etkin uzunluk

olarak verilmektedir.

Antenin ışıma örüntüleri çizdirilirken bu eşitlik kullanılmaktadır. Yüzeyin dielektrik sabiti ϵ_r: 2,2 alınmış olup, elemanlar arası etkileşim ihmal edilmiştir.

5.3. Optimizasyon Algoritması ve Aşamaları

Bu çalışmada elimizde olan anten parametreleri kullanılarak sezgisel algoritma ile başlangıçta giriş olarak alınan olasılıklara göre mutasyon, çaprazlama işlemleri yapılarak yeni bireyler elde edilmektedir. Yeni bireyler tekrar uygunluk değerine göre algoritmaya girerek başlangıçta istenen döngü sayısına gelinene kadar bu süreç sürmektedir. Döngü sonunda elde edilen değer en iyi sonuca yakın değerdir. Sezgisel algoritma olarak genetik algoritma kullanılmıştır.

Şekil 5.3.'teki aşamalar genetik algoritmanın yapısını oluşturmaktadır [21].

Adım 1: Başlangıç: n adet kromozom içeren popülasyonun oluşturulması,
Adım 2: Uyumluluk: her x kromozomu için uyumluluğun f(x) değerlendirilmesi,
Adım 3: Yeni popülasyon: Yeni popülasyon oluşuncaya kadar aşağıdaki adımlar tekrar,

1. Seçim: İki ebeveyn kromozomun uyumluluğuna göre seçimi (daha iyi uyum seçilme şansını artırır.),
2. Çaprazlama: Yeni bir fert oluşturmak için ebeveynlerin bir çaprazlama olasılığına göre çaprazlanması. Eğer çaprazlama yapılmazsa yeni fert anne veya babanın kopyası olacaktır.
3. Mutasyon: Yeni ferdin mutasyon olasılığına göre kromozom içindeki konumu değiştirilir.
4. Ekleme: Yeni bireyin yeni popülasyona eklenmesi.

Adım 4: Algoritmanın yeniden çalıştırılmasında oluşan yeni popülasyonun kullanılması,
Adım 5: Eğer sonuç tatmin ediyorsa algoritmayı sona erdir ve son popülasyon çözümdür
Adım 6: Döngü: Adım 2'ye geri dönülmesi.

Şekil 5.3. Genetik algoritmanın aşamaları [21]

Kromozomların algoritmalarda tanımlanması ile ilgili "kromozomlar ikili sayı sistemine göre belirlenir." ifadesine [20] rağmen günümüzde kromozomların ikili sayı sistemi ile kodlanmasının bir önemi kalmamış olup değişik kodlama şekilleri pratikte kullanılmıştır ve kullanılmaya devam etmektedir. Goldberg (1989) ikili sayı sistemine göre kodlanması üzerine geliştirmeler açıklamıştır ancak Antonisse (1989) ve Radcliffe (1991) birlik sayı

sisteminin problem çözümünde pratik olmadığı yönde çalışmaları olmuştur [12]. Bu çalışmada ise antenin değerleri indeksleme yöntemi ile ikili sayı sisteme aktarılarak "double integer" olan bir değişkene atanmıştır.

Genetik algoritmanın en önemli kısımları çaprazlama ve mutasyon işlemleridir. Seçme ölçütlerinin uyumluluğu esas alınarak birbiriyle uyumlu olan bireyleri seçilir. Daha sonra çaprazlama ve mutasyon uygulanacak olan bireylerden daha uyumlu yeni bireylerin ortaya çıkması olasıdır. Bireylerin tamamı uyumluluğa göre seçilebilir veya bir kısmı rasgele seçilerek yeni kuşağa aktarılabilir.

Genetik algoritma tekniğinin çaprazlama olasılığı ve mutasyon olasılığı olmak üzere iki temel parametresi vardır. Teoriye göre iyi olan bireyler yaşamını sürdürmeli ve bu bireylerden yeni bireyler oluşmalıdır. Bu seçim çeşitli kriterlere göre yapılabilir. Rulet seçimi, Boltzman seçimi, turnuva seçimi, sıralı seçim bunlardan bazılarıdır. Bu çalışmada bireyler uygunluk değer fonksiyonuna göre kıyaslanarak başarılı bireyler sonraki topluluğa olduğu gibi aktarılarak başarısız bireyler girişte istenen olasılıklara göre çaprazlama ve mutasyona uğramaktadır.

Mutasyon ve çaprazlama ürünü olan yeni bireyler elde edilen bir uygunluk fonksiyonuna tabi tutulmaktadır. Uygunluk değeri olarak aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$Uygunluk = A + B \tag{5.16}$$

Bu eşitliğe göre;

$$\mathrm{A} = FBW \ \mathrm{X} \left(\frac{BW}{f_r}\right) \tag{5.17}$$

$$\mathrm{B} = \frac{C}{D+N} \tag{5.18}$$

olarak verilmektedir.

Burada;

FBW : Kesirsel bant genişliği

BW : Bant genişliği

f_r : Resonans frekansı

C : Kullanıcı tarafından girilecek 1. sabit

D : Kullanıcı tarafından girilecek 2. sabit

N : Eleman sayısı

olarak verilmektedir.

C ve D değerleri programın giriş kısmında kullanıcıya bırakılmıştır. Bu değerler bant genişliği ve eleman sayısının uygunluğa olan etkisini kontrol etmek için kullanılmaktadır.

Kromozom yapısı Şekil 5.4.'de verilmektedir.

Bit	Anten özellikleri
0	Eleman Sayısı
1	
2	
3	
4	Mesafe
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	Yükseklik
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	Genişlik
22	
23	
24	
25	
26	Uzunluk
27	
28	
29	
30	

Şekil 5.4. Kromozom yapısı

Tüm bu algoritmalardaki değerler kromozoma atanmadan önce ölçeklendirilerek bitlere yerleştirilecek hale getirilmektedir. Kromozoma yerleştirme işlemi ise, başlangıç popülasyonun oluşturulması ve yeni nesillerin birlik sistemde 32 bitlik değişkenlere atanması aşamalarından oluşmaktadır. Bu atamalarda tüm bitler öncelikle sıfırlanır, daha sonra ilk değerler yerleştirilerek kaydırma işlemi ile tüm değerlerin yerleştirilmesi gerçekleştirilmektedir. Bu yerleştirmede sonuç olarak ilk 5 bit uzunluğu, sonraki 5 bit genişliği, sonraki 7 bit boşluk, sonraki 4 bit eleman sayısını vermektedir. Anten özelliklerinin kromozoma atanması Çizelge 5.1.'deki gibidir.

Çizelge 5.1. Anten özelliklerinin kromozoma atanması

Değer	Ölçeklenmiş büyüklüğü	Kromozomda Bulunduğu Lokasyon	Ölçeklenme Yöntemi	SI birimi
Uzunluk	5 bit	26,27,28,29,30	min 0,5 step 0,5	Milimetre
Genişlik	5 bit	21, 22, 23, 24, 25	min 0,5 step 0,5	Milimetre
Yükseklik	10 bit	11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	min 0,01 step 0,01	Milimetre
Mesafe	7 bit	4,5,6,7,8,9,10	min0,5 step0,1	Milimetre
Eleman sayısı	4 bit	0,1,2,3		15'e kadar bir sayı vermektedir

Uzunluk 0,5 mm adımlarla kromozomda ayrılan kısımdaki indeksin 0,5 mm ile çarpımının 0,5 mm ile toplamından elde edilmektedir.

$$L(mm)= 0,5+\text{Uzunluk indeksi}*0,5 \quad (5.19)$$

Örneğin, kromozomda bulunduğu indeksin değeri 3 ise:

$$L=0,5+0,5*3=2 \quad (5.20)$$

eşitliğiyle uzunluk 2 mm çıkacaktır. Bu sonuç program çıktısında metreye dönüştürülmektedir.

5.4. Uygunluk Fonksiyonu için C ve D Değerlerinin Elde Edilmesi

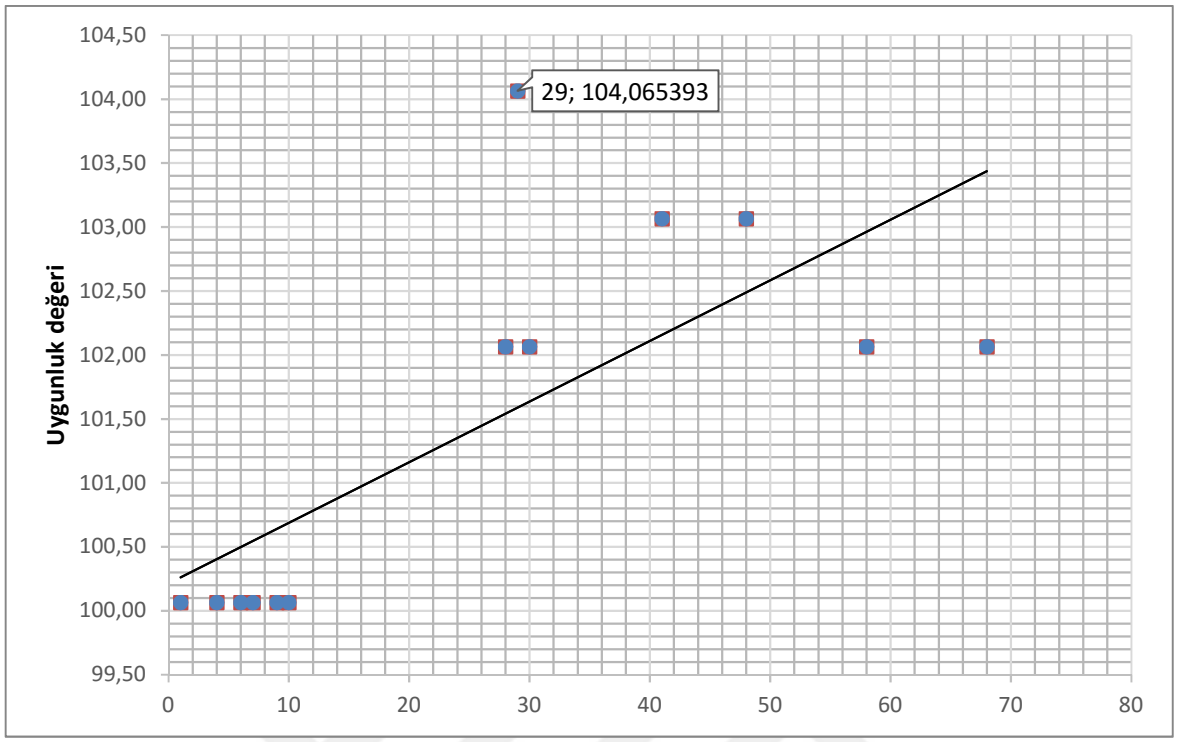
Uygunluk fonksiyonundaki C ve D değerleri için en uygun değerler, bu değerlerin azaltılıp artırılarak denenmesi yöntemi ile elde edilmiştir.

En uygun C değerini bulabilmek için, D değeri sabit tutularak C değeri değiştirilerek elde edilmeye çalışılmıştır. C değerine göre uygunluğun değişimi Çizelge 5.2. ve Şekil 5.5.'te verilmektedir.

Çizelge 5.2. C Değerine Göre Uygunluğun Değişimi

Değer No	Turnuva Sayısı (Her Birey için)	Başlangıç Popülasyonu	Çaprazlama İhtimali	Mutasyon İhtimali	C	D	Uygunluk*
1	5	10	0,015	0,0009	29	7	104.065393
2	5	10	0,015	0,0009	9	7	100.065393
3	5	10	0,015	0,0009	30	7	102.065393
4	5	10	0,015	0,0009	41	7	103.065393
5	5	10	0,015	0,0009	28	7	102.065393
6	5	10	0,015	0,0009	48	7	103.065393
7	5	10	0,015	0,0009	58	7	103.065393
8	5	10	0,015	0,0009	68	7	102.065393
9	5	10	0,015	0,0009	10	7	100.065393
10	5	10	0,015	0,0009	6	7	100.065393
11	5	10	0,015	0,0009	7	7	100.065393
12	5	10	0,015	0,0009	4	7	100.065393
13	5	10	0,015	0,0009	1	7	100.065393

*Buradaki uygunluk sonuçta elde edilen en iyi sonuç yani en iyiye yakın kabul edilen değerdir.



Şekil 5.5. C Değerine Göre Uygunluğun Değişimi

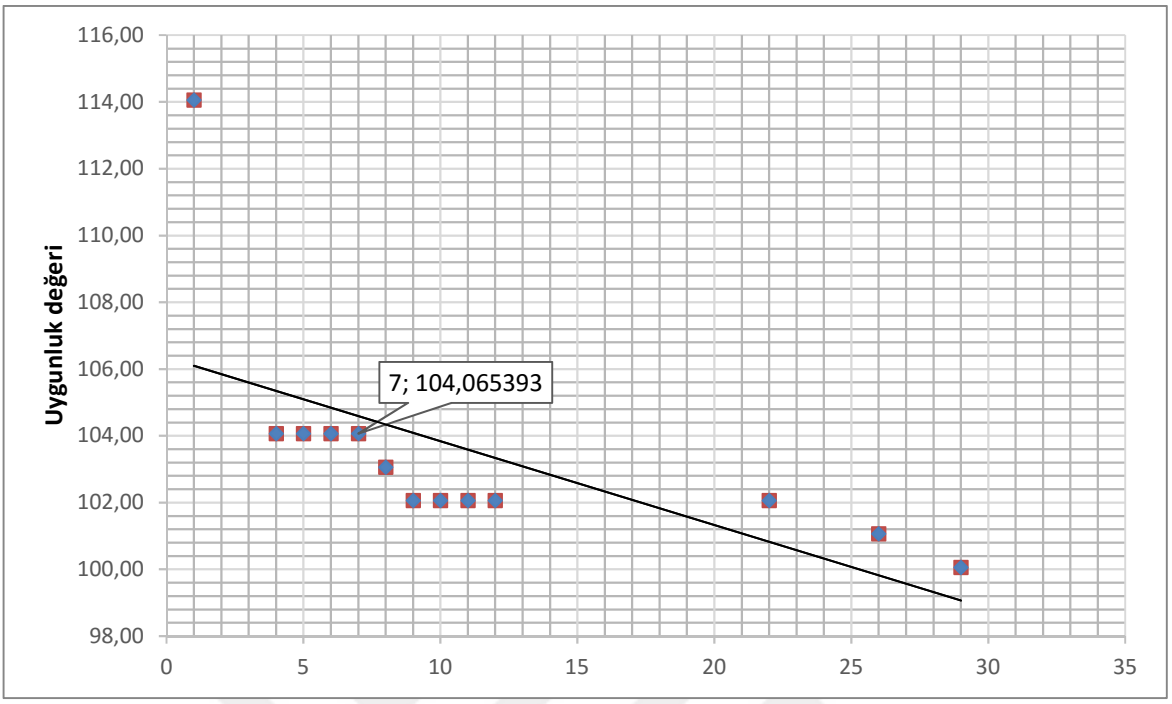
Yaklaşık olarak 50 değerinin üzerinde seçiciliğin azaldığı, C değeri için en uygun değerin 29 olduğu görülmüştür.

En uygun D değerini bulabilmek için, C değeri sabit tutularak D değeri değiştirilerek elde edilmeye çalışılmıştır. D değerine göre uygunluğun değişimi Çizelge 5.3. ve Şekil 5.6.'da verilmektedir.

Çizelge 5.3. D Değerine Göre Uygunluğun Değişimi

Değer No	Turnuva Sayısı (Her Birey için)	Başlangıç Popülasyonu	Çaprazlama İhtimali	Mutasyon İhtimali	C	D	Uygunluk*
1	5	10	0,015	0,0009	29	7	104.065393
2	5	10	0,015	0,0009	29	8	103.065393
3	5	10	0,015	0,0009	29	9	102.065393
4	5	10	0,015	0,0009	29	10	102.065393
5	5	10	0,015	0,0009	29	11	102.065393
6	5	10	0,015	0,0009	29	12	102.065393
7	5	10	0,015	0,0009	29	22	102.065393
8	5	10	0,015	0,0009	29	26	101.065393
9	5	10	0,015	0,0009	29	29	100.065393
10	5	10	0,015	0,0009	29	6	104.065393
11	5	10	0,015	0,0009	29	5	104.065393
12	5	10	0,015	0,0009	29	4	104.065393
13	5	10	0,015	0,0009	29	1	114.065393

*Buradaki uygunluk sonuçta elde edilen en iyi sonuç yani en iyiye yakın kabul edilen değerdir.



Şekil 5.6. D Değerine Göre Uygunluğun Değişimi

Yaklaşık olarak 6 değerinde ve altında uygunluk değeri artmakta ancak seçiciliğin azalmakta olduğu görülmektedir. D değeri için en uygun değerin 7 olduğu görülmüştür. Böylelikle uygunluk fonksiyonu optimal bir şekilde belirlenmiştir.

Başlangıç popülasyonundan rasgele iki birey seçilerek kullanıcının belirlediği birey başına turnuva sayısı kadar turnuvaya girmektedir. Burada turnuvaya girmedeki kural seçilen iki bireyin aynı olması durumunda ve farklı yeni bir birey alınmasıdır. Yeni bireyler simülatöre alınarak uygunlukları hesaplanmaktadır. Kazanan bireyin kromozomu alınmakta, kazanamayan birey ise başlangıçta istenen olasılıkta mutasyon ve çaprazlamaya uğramaktadır. Bu işlem tüm bireyler için başlangıçta girilen turnuva sayısına varılana kadar devam etmektedir. Bu durumda programın kaç döngüde sonlandığı aşağıdaki eşitlik ile elde edilebilir.

$$Döngü\ Sayısı = Popülasyon\ Sayısı\ X\ Başlangıçta\ Girilen\ Turnuva\ Sayısı \quad (5.21)$$

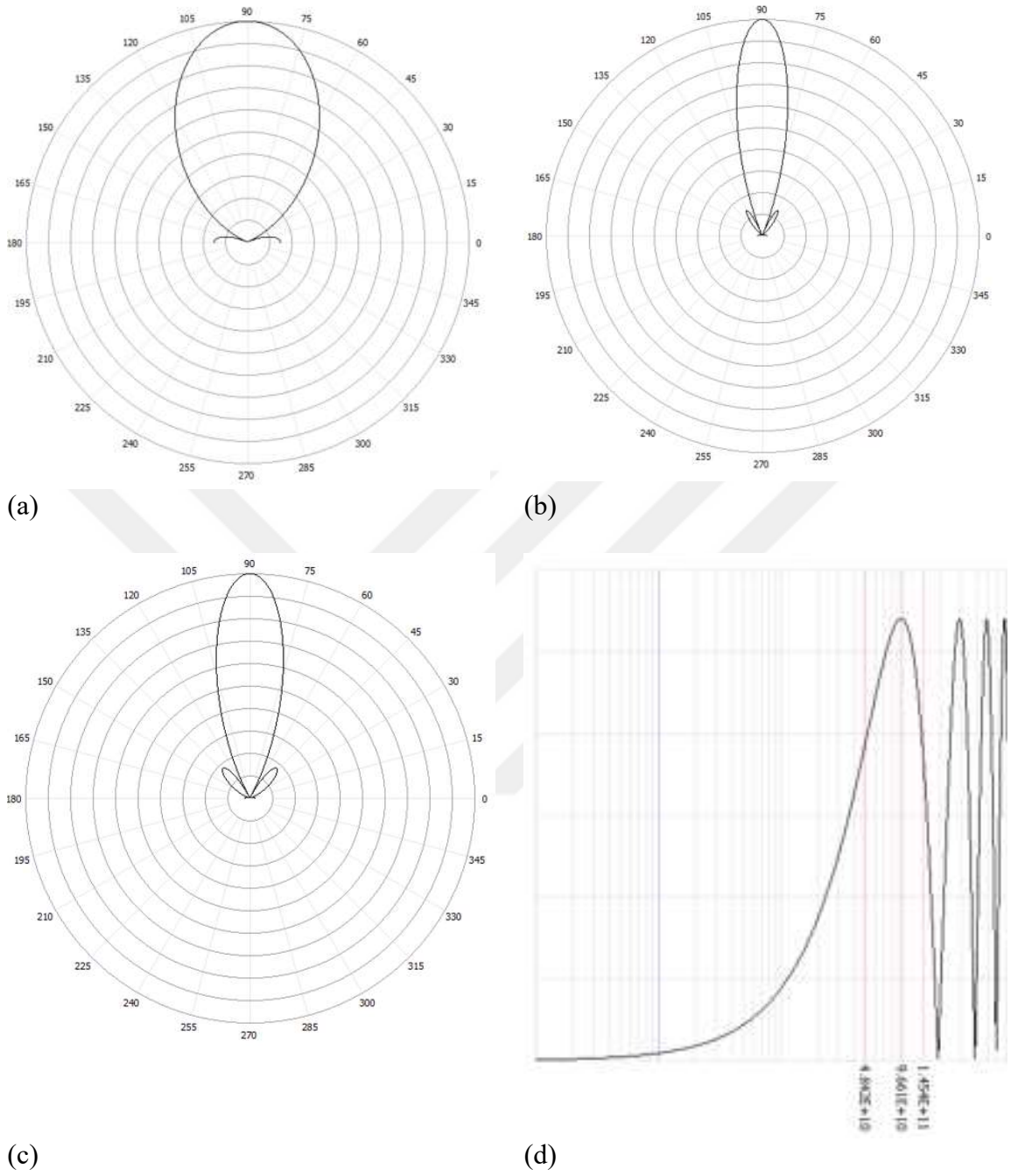
C ve D optimal değerleri bulunduktan sonra antenin yapısına bağlı değişkenler doldurularak algoritma çalıştırılmıştır. İlk aşamada başlangıç popülasyonu rasgele atanarak Çizelge 5.4.'teki değerler elde edilmiştir.

Çizelge 5.4. Kromozomlardan elde edilen sonuçlar

	Uzunluk (cm)	Genişlik (cm)	Yükseklik (cm)	Elemanlar arası mesafe (cm)	Eleman sayısı	Uygunluk
1	3	12,5	8,165	5,2	12	101,065
2	5,5	11,5	19,7	8,9	4	102,065
3	4	3,5	0,57	12,3	14	101,065
4	15,5	0,6	1,55	8,6	9	101,065
5	11	8,5	0,47	12	10	101,065
6	7,5	11,5	2,94	2,5	12	101,065
7	9	0,5	1,8	8	6	102,065
8	5,5	15,5	1,7	6	14	101,065
9	12,5	2,5	2,53	1,24	7	102,065
10	14,5	15,5	1,12	4,9	15	101,065
11	15	11,5	1,12	4,1	15	101,065
12	11,5	8,5	1,85	7,6	8	101,065
13	11,5	8	8,44	13	13	101,065
14	5,5	15,5	1,69	6	14	101,065
15	15	11,5	1,28	4	15	101,065
16	12	8,5	1,85	10,7	8	101,065

Çizelge 5.5. Çizelge 5.4.'teki sonuçların frekans aralıkları

	f_1 (GHz)	f_2 (GHz)	f_c (GHz)	FBW
1	0,9173	2,754	1,841	0,997664313
2	3,802	11,42	7,63	0,998427261
3	13,18	39,58	26,3	1,003802281
4	4,842	14,54	9,661	1,003829831
5	15,94	47,86	31,99	0,997811816
6	2,556	7,674	5,129	0,997855332
7	4,169	12,52	8,31	1,004933815
8	4,441	13,34	8,861	1,004288455
9	2,968	8,913	5,957	0,997985563
10	6,761	20,3	13,49	1,00363232
11	6,683	20,07	13,41	0,998284862
12	4,074	12,23	8,175	0,997675841
13	8,886	26,61	17,78	0,996850394
14	4,441	13,34	8,861	1,004288455
15	2,483	7,456	4,955	1,003632694
16	5,099	15,31	10,23	0,998142717



Şekil 5.7. Yeni neslin örüntüleri (a) tek eleman (b) dizi faktörü (c) dizi (d) frekans ekseni

Çizelge 5.6. Yeni neslin şekilsel büyüklükleri

Uzunluk (cm)	Genişlik (cm)	Yükseklik (cm)	Elemanlar arası mesafe (cm)	Eleman sayısı	Uygunluk
15,5	0,5	1,55	8,6	9	101,065

Çizelge 5.7. Yeni neslin frekans büyüklükleri

f_1 (GHz)	f_2 (GHz)	f_c (GHz)	FBW
4,842	14,54	9,661	1,00383

Dizi anten frekans değerleri f1: 4,842GHz, f2: 14,54GHz, fc: 9,661GHz olarak bulunmuştur. A.B.D. Ulusal Haberleşme Komisyonu "U.S. Federal Communication Commission" (FCC) çok genişbant anten çalışma aralığını 3,1 ile 10,6 GHz arasında belirlemiştir [23]. Aynı kurum tarafından yapılan regülasyon değerlendirmesinde ise, pek genişbant kesirsel bant genişliğinin "Fractional Band Width" (FBW) 0.2'den eşit ya da büyük olması gerektiği belirtilmiştir [24]. Böylelikle, elde edilen sonuçlar ile genişbant anten optimizasyonu yapıldığı anlaşılmaktadır.

Teknolojinin gerektirdiği yenilikler anten dizilerinin kullanımını artırmaktadır. Anten dizilerinin tercih edilmesinin en önemli sebebi, örüntüsünün donanımsal değişikliklere ihtiyaç duymadan, yazılımsal olarak değiştirilebilmesidir [25].

Bu çalışmada elimizde olan bir anten popülasyonu ya da rasgele olarak elde edilen bir anten popülasyonu ile genetik algoritma kullanılarak, programa verdiğimiz uygunluk değerine göre sonuçlar sıralanarak en iyiye yakın sonuç elde edilmektedir.

Mobil haberleşmedeki ve askeri uygulamalardaki gereksinimlerin artmasıyla birlikte daha iyi kapsama alanı, yüksek kapasite ve daha iyi bir iletim kalitesi gerekmektedir. Bu nedenle, tek elemanlı antenlerin yetersiz olduğu durumlarda, anten dizileri tercih edilmektedir [26].



Genişlik (W) = 0,5cm

Uzunluk (L) = 15,5cm

Elemanlar arası mesafe (Spacing) = 8,6cm

Yükseklik (h) = 1,55



Şekil 5.8. Yeni neslin fiziksel olarak görünümü

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genişbant antenler kablosuz haberleşmede pek çok uygulamada kullanılmaktadır. Uygulamada gereksinimleri sağlamak adına optimizasyon teknikleri geliştirilerek farklı özelliklere sahip genişbant antenler elde edilmektedir. Anten dizilerinin optimizasyonu karmaşık bir problem olsa da sezgisel algoritmalarla en iyiye yakın sonuçlar elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada, mikroşerit anten dizisi C++ kodlama yöntemi ve genetik algoritmalarla optimize edilerek genişbant anten dizisi elde edilmiştir. Öncelikle etkin bir popülasyon oluşturulabilmesi için uygunluk fonksiyonu oluşturulmuştur, bu uygunluk fonksiyonuna göre rasgele 20 anten dizisi üretilmiştir. Sonrasında bu popülasyon kullanılarak 16 anten dizisi elde edilmiştir. Bu popülasyon kullanılarak da 9 elemanlı pek genişbant anten özelliğine sahip bir anten dizisine ulaşılmıştır.

Mikroşerit antenlerin kullanıldığı LTE, WIFI, WIMAX gibi teknolojinin getirdiği son endüstriyel ürünlerde daha genişbant genişlikleri elde etmede bu yöntem etkin bir şekilde kullanılabilecektir. Bu sayede saniyede iletilen veri büyüklüğünde artışlar sağlanabilecektir. Sonraki çalışmalarda spesifik bir anten özelliği belirlenerek bu anten özelliğine göre uygunluk değeri belirlenip optimizasyon yapılabilecektir.

KAYNAKLAR

1. Xie, L., Jiao, Y.C. (2011). Design Of An Ultra-Wideband Antenna Using Boolean Differentıal Evolutıon Algorıthm. *Progress In Electromagnetics Research Letters*, 135-141.

2. Türk Dil Kurumu. (1969). Türkçe sözlük (genişletilmiş baskı). Ankara: TDK.

3. IEEE Antennas and Propagation Society. (1993). *IEEE Standard Definitions of Terms for Antennas*, New York: IEEE. 1-145.

4. Balanis, C. A. (1997). *Antenna theory analysis and design*, (Second Edition). New York: John Wiley & Sons, 1-27, 249-337, 722-784.

5. West, G. F. (1965). *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, New York: McGraw-Hill. 1-100.

6. Annan, A.P. (1992). *Ground penetrating radar workshop notes*, Ontario: Sensors and Software Inc.,128

7. Howell, J. Q. (1975). Microstrip Antennas. *IEEE Transactions On Antennas and Propagation*, 90-93.

8. Carver, K. R., Mink, J.W. (1981). Microstrip Antenna Technology. *IEEE Transactions On Antennas and Propagation*, 1-24.

9. Chung, K., Nam, Y., Yun, T., Choi, J. (2006). Reconfigurable Microstrip Patch Antenna with Switchable Polarization, *Electronics and Telecommunications Research Institute Journal*, 28, 3.

10. Yazgan, E. (1987). Mikroşerit Antenler, *Elektrik Mühendisliği Dergisi*, 262-268.

11. Pues, H.F., Capelle, A.R. (1989). An impedance matching technique for increasing the bandwidth of microstrip antennas, *IEEE Antennas and Propagation*, 1345-1354.

12. Reeves, C. R. (1997). Genetic Algorithms for the Operations Researcher, *Informs Journal on Computing,* 231-250.

13. Cook, W., Espinoza, D., Goycoolea, M. (2007). Computing with Domino-Parity Inequalities for the TSP, *Journal on Computing*, 356–365.

14. Applegate, D. L., Bixby, R. E., Chvátal, V., Cook, W. J. (2006). *The Traveling Salesman Problem: A Computational Study,* New Jersey: Princeton University Press, 25-100.

15. Aigner, M., Behrends, E. (2016). *Alles Mathematik: Von Pythagoras zu Big Data*, München: Springer Spektrum, 68.

16. Afacan, E., Aksoy, E. (2009). Planar Antenna Pattern Nulling Using Differential Evolution Algorithm, *International Journal of Electronics and Communications, 116*-122.

17. Kirkpatrick, S. (1983), Optimization by simulated annealing*, Journal of Science*, 220(4598), 671-680.

18. R.W. Eglese, (1990). Simulated annealing: a tool for operational research, *European Journal of Operational Research*, 46, 271-281.

19. F. Glover, M. Laguna, (1993). *Modern Heuristic Techniques For Combinatorial Problems*, Oxford: Blackwell Syntefic Publications, 100-150.

20. Holland, J. (1992). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*, Cambridge: MIT Press, 10-150.

21. Goldberg, D.E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*, Boston: Addison Wesley, 1-85.

22. Milligan, T. A. (2005). *Modern Antenna Design*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc. Publication, 15-100.

23. Federal Communications Commission, (2002). *Revision of Part 15 of the Commission's Rules Regarding Ultra-Wideband Transmission Systems*, Washington: ET-Docket 98-153.

24. Breed, G. (2005). A Summary of FCC Rules for Ultra Wideband Communications*, Summit Technical Media*, 42.

25. Can, M. S. (2010). *Faz Dizili Dairesel Mikroşerit Antenlerin Genetik Algoritma ile Optimizasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 100.

26. Afacan, E., Özen, B. (2014). *Dairesel Anten Dizilerinin Genetik Algoritma ile Tasarımı*, Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, Bursa, 472.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DİKDERE, Mustafa Öner

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 04.08.1984, Amasya

Medeni hali : Evli

Telefon : 0 (506) 692 84 06

e-posta : monerd@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Elektrik Elektronik Müh.	Devam Ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Elektrik Elektronik Müh.	2008
Lise	Amasya Lisesi	2003

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2013 - Halen	Türksat A.Ş.	Uzman
2008-2013	Türk Telekom A.Ş.	Uzman

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

-

Hobiler

Kitap okumak, Müzik, Bilgisayar teknolojileri.



GAZİ GELECEKTİR..