



## H ŞEKLİ MİKROŞERİT ANTENİN YABANI OT ALGORİTMASI İLE REZONANS FREKANSININ BELİRLENMESİ

### (DETERMINATION OF H SHAPED MICROSTRIP ANTENNA'S RESONANT FREQUENCY WITH INVASIVE WEED ALGORITHM)

Bülent URUL<sup>1</sup>, Yavuz CENGİZ<sup>2</sup>

#### ÖZET/ABSTRACT

Antenler elektromanyetik dalgaları yaymak ve gelen elektromanyetik dalgaları yakalayarak elektriksel sinyallere dönüştürmek için kullanılan devre elemanlarıdır. Anten kazancı, rezonans frekansı, band genişliği ve yönlülük anten tasarımındaki en önemli parametreler arasındadır. Bu çalışmada 1-3 GHz frekans bandı için tasarlanmış H şekilli kompakt mikroşerit antenlerin rezonans frekansının belirlenmesinde anten boyutlarına bağlı olarak Yabani Ot Algoritması (YOA) ile bir yöntem önerilmiştir. YOA, yabancı otların istilacı ve dirençli yapılarından esinlenerek geliştirilmiş bir optimizasyon algoritmasıdır. Çalışmada, 190 adet farklı boyutlarda ve farklı elektriksel parametrelere sahip H şekilli kompakt mikroşerit antenlerin rezonans frekansı YOA ile amprik rezonans frekansı formülüne dayanarak optimize edilmiştir. Daha sonra bu sonuçlar bir simülasyon programı ile test edilerek önerilen yöntemin başarısı test edilmiştir. H şekilli mikroşerit antenin istenilen rezonans frekansında çalışması için boyutlarının ne olacağı YOA yardımı ile % .4'lük yanılma payı ile elde edilmiş ve YOA'nın H şekilli mikroşerit antenin rezonans frekansının belirlenmesindeki etkisi ortaya konulmuştur.

*Antennas are circuit elements used to radiate electromagnetic waves and by capturing them convert incident electromagnetic waves into electrical signals. Antenna gain, resonant frequency, bandwidth and directivity are among the most important parameters in the antenna design. In this study, to determining the resonant frequency of H-shaped compact microstrip antennas designed for 1-3 GHz frequency band, depending on the antenna size, a method has been proposed by Invasive Weed algorithm (IWO). IWO is a optimization algorithm which has been developed inspired by invasive and resistant structures of invasive weeds. In the study, 190 having different sizes and different electrical parameters H-shaped compact microstrip antenna resonance frequency based on the empirical formula resonance frequency is optimized by IWO. Then these results can be tested by an simulation software the success of proposed method was tested. To work in the desired resonant frequency of the H shaped microstrip antenna, what would be the size by the help of IWO, have been obtained with 0.4% margin of error and the effect of IWO in determining the resonant frequency of H shaped microstrip antenna has been demonstrated.*

#### ANAHTAR KELİMELER/KEYWORDS

Mikroşerit anten, Rezonans frekansı, YOA  
Microstrip antenna, Resonant frequency, IWA

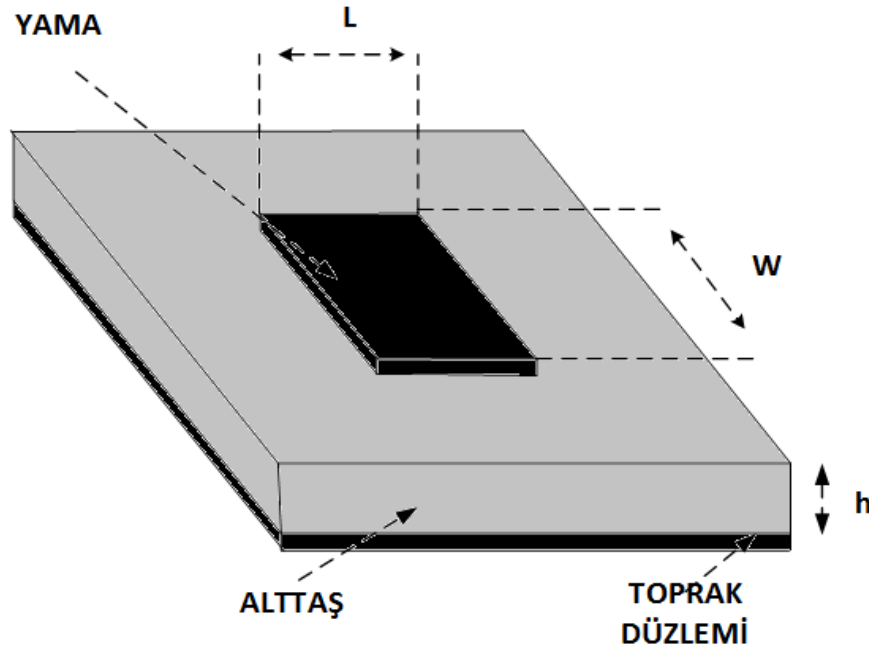
<sup>1</sup>SDÜ, Elek. Hab. Müh., ISPARTA, bulenturul@sdu.edu.tr

<sup>2</sup>SDÜ, Elek. Hab. Müh., ISPARTA, yavuzcengiz@sdu.edu.tr

## 1. GİRİŞ

Mikroşerit antenler, iki boyutlu küçük ebatlı basit fiziksel geometrileri, baskı devre teknolojisiyle üretilebilmeleri ve maliyetlerinin düşük olmaları sebebiyle genellikle UHF ve daha yüksek frekans bölgesinde tercih edilen anten yapılarıdır.

Geleneksel mikroşerit antenler, iletken toprak zemin üzerinde bulunan yalıtkan alttaşın üzerinde bulunan genellikle bakır, gümüş veya altından yapılmış farklı desenlerdeki iletken yapılardan oluşur. Yalıtkan alttaş olarak genellikle manyetik olmayan malzeme kullanılır (Mabrook, 2013). Anten performansı, alttaş malzemesinin cinsine, kalınlığına, alttaş üzerindeki iletken desenli yapının boyutlarına ve malzeme yapısı ile alt iletken zeminin karakteristiğine bağlıdır. Performansı yüksek bir anten elde edebilmek için, genelde düşük elektriksel geçirgenlik sabitine sahip olan kalın alttaş tercih edilir. Bu sayede anten verimi, band genişliği ve etkin ışınma performansı elde edilir (Yıldırım vd., 2008).



Şekil 1. Mikroşerit anten yapısı

Çok farklı geometrilere üretilebilen mikroşerit antenlerin literatürde dikdörtgen, kare, çember ve üçgen gibi geleneksel şekilli yapılar için rezonans frekansını belirleyen formüller mevcuttur (Balanis, 1997; Garg vd., 2001; Bhattacharyya vd., 1991). Geleneksel şekiller dışında herhangi bir geometrideki mikroşerit antenin rezonans frekansı çok uzun nümerik yöntemler ile bulunabilmektedir. Bu çalışmada referans baz alınarak, YOA ile H şekilli bir mikroşerit antenin rezonans frekansı, boyutlara bağlı olarak belirlenmeye çalışılmıştır (Toktaş, 2009).

Çok sayıda değişkene sahip problemlerin optimum çözümünü bulmak için geliştirilen yöntemlerdeki aşırı hesaplamadan kaynaklı zaman ve iş gücü kaybı, tasarımcılar için bir handicap oluşturmaktadır. Geleneksel türeve dayalı optimizasyon algoritmaları, çok modlu ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde veya türevi alınamayan fonksiyonların optimizasyonlarında istenilen başarıyı gösteremediğinden, sezgisel algoritmalar genel olarak deneme yanılma yöntemine dayanmasına rağmen türevsel algoritmalara göre oldukça başarılı sonuçlar üretmektedir.

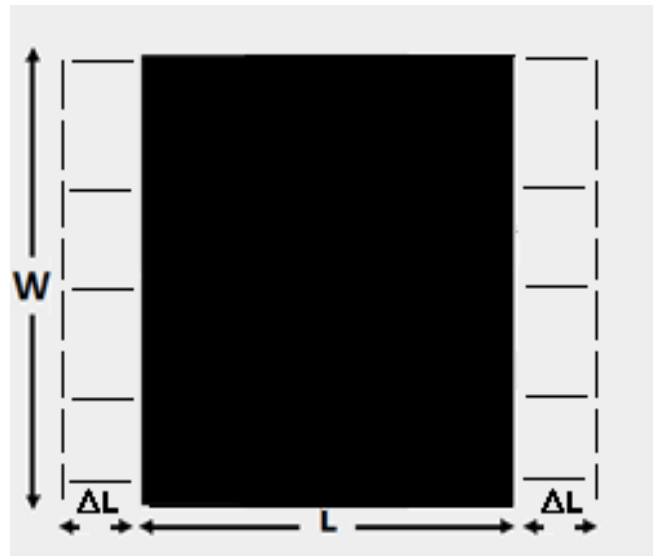
H şekilli bir mikroşerit antenin rezonans frekansı antenin boyutlarına bağlıdır. Bu çalışmada toplam 6 farklı parametreye bağlı olarak H şekilli bir mikroşerit antenin rezonans frekansı, yabancı otların istilacı ve dirençli yapılarından etkilenilerek ortaya konulmuş olan YOA ile optimize edilmiştir.

## 2. H ŞEKLİ MİKROŞERİT ANTEN YAPISI

H şekilli bir mikroşerit anten, Şekil 2 ve Şekil 3’de görüldüğü üzere bir dikdörtgen mikroşerit antenden 2 dikdörtgen parçanın çıkartılmasıyla elde edilmiş bir antendir. Basit yapıları ve parametrelerinin diğer antenlere nispeten daha kolay hesaplanabilmesi nedeniyle bu dikdörtgen şekilli mikroşerit antenler, tasarımcılar tarafından çok tercih edilmektedir (Toktaş, 2009; Gao vd., 2001; Pierantoni, 2002). Antenin rezonans frekansı, anten boyutları olan  $W$ ,  $L$ ,  $s$ ,  $d$ , yama yüksekliği, alttaş yüksekliği ve dielektrik katsayısı  $\epsilon'$ a bağlıdır. Bu çalışmada tüm denemeler için yama yüksekliği pratik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan 0.1cm kabul edilmiştir. Anten boyutlarının sınır değerleri Çizelge 1’de verildiği şekilde seçilmiştir.

Çizelge 1. H şekilli mikroşerit antenin boyutlarının sınır değerleri

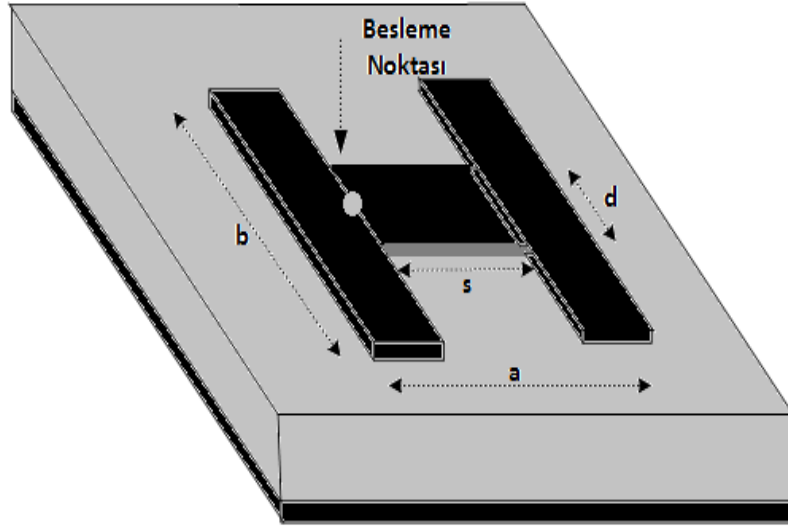
a	b	s	d	e	h
28	28	6	6	2.5	2
36	36	22	22	5	5



Şekil 2. Dikdörtgen şekilli mikroşerit anten (Garg vd., 2001)

H şekilli mikroşerit antenin rezonans frekans formülü, dikdörtgen mikroşerit antenin hesaplama denklemlerinden elde edilmiştir. Dikdörtgen şekilli antendeki  $W$  boyutu H tipi anten denklemlerinde  $b$  parametresiyle ifade edilmiştir. H şekilli mikroşerit anteni elde etmek için dikdörtgen mikroşerit antende oluşturulan boşluklar nedeniyle rezonans frekans formülünde  $L$  yerine  $L_e$  kullanılmıştır. Dikdörtgen mikroşerit antene, iletim hattı modeli uygulanarak elde edilen denklemlere, HMA için üretilen yeni parametreler yerleştirilmiş ve aşağıdaki denklemler elde edilmiştir (Sağiroğlu vd., 1998; Deshmukh ve Kumar, 2006).

$$\epsilon_{reff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[ 1 + 10 \frac{h}{b} \right]^{-1/2} \quad (1)$$



Şekil 3. H şekilli bir mikroşerit anten (Bhattacharyya vd., 1991)

$$\Delta L = 0.412 \times h \frac{(\epsilon_{reff} + 0.3) \left(\frac{b}{h} + 0.264\right)}{(\epsilon_{reff} - 0.258) \left(\frac{b}{h} + 0.8\right)} \quad (2)$$

Burada  $\epsilon_{reff}$  değeri, içinde alttaş ve havanın dielektrik sabitini bulunduran dielektrik sabitidir. Ayrıca yamanın uzunluğunun  $\epsilon_{reff}$  ve  $b/h \gg 1$  oranına bağlı bir fonksiyon olarak her iki uçta  $\Delta L$  kadar uzadığı varsayılmaktadır [6]. (1) ve (2) nolu denklemlerde elde edilen  $\epsilon_{reff}$  ve  $\Delta L$  değerleri kullanılarak eşitlik (3)'deki H şekilli antenin rezonans denklemi oluşturulmuştur.

$$f_r = \frac{c}{2(L_e + 2\Delta L)\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

Çok sayıda deneme ile elde edilmiş olan  $L_e$  değeri, Eşitlik 4 ve Eşitlik 5'de verilmiştir (Garg vd., 2001).

$$L_e = (\alpha_1 \cdot a + \alpha_2 \cdot d) \left(\frac{a}{b}\right)^{\alpha_3} + (\alpha_4 \cdot a + \alpha_5 \cdot s) \left(\frac{s}{d}\right)^{\alpha_6} + (\alpha_7 \cdot d) \left(\frac{d}{b}\right)^{\alpha_8} \quad (4)$$

$$\alpha_1 = 0.893 \quad \alpha_2 = -0.317 \quad \alpha_3 = -0.561 \quad \alpha_4 = 0.721 \quad \alpha_5 = -0.634 \quad \alpha_6 = 0.644$$

$$\alpha_7 = 0.147 \quad \alpha_8 = -1.586 \quad (5)$$

### 3. YABANI OT ALGORİTMASI

Yabani ot algoritması ilk olarak Mehrabian tarafından 2006 yılında ortaya konulmuş bir sezgisel optimizasyon algoritmasıdır (Mehrabian vd., 2006). Bu algoritma, doğadaki yabani otların, tüm zirai mücadelelere rağmen ayakta kalıp, soyunu sürekli güçlendirerek devam etmesinden esinlenilerek ortaya konulmuştur. Yabani ot ekolojisinde, iyilerin daima ayakta

kalabildiği bir mekanizma vardır. Yabani otların bu özellikleri YOA'nın temelini oluşturmaktadır.

Algoritmanın işleyişi 4 kısımda ifade edilebilir:

### 3.1. Başlangıç Popülasyonu

Belirli sayıda birey problem uzayında rasgele dağıtılarak başlangıç popülasyonu oluşturulur. Başlangıç popülasyonunun ne kadar olacağı başlangıçta kendimiz tarafından belirlenir. Örneğin optimize edilecek denklemin bilinmeyenleri  $x$ ,  $y$  olarak düşünüldüğünde belirlediğimiz sayı kadar  $(x, y)$  ikilileri eşitlik(6)' da ifade edildiği şekilde oluşturulabilir. Bu çalışmada başlangıç popülasyon sayısı 15 olarak alınmıştır.

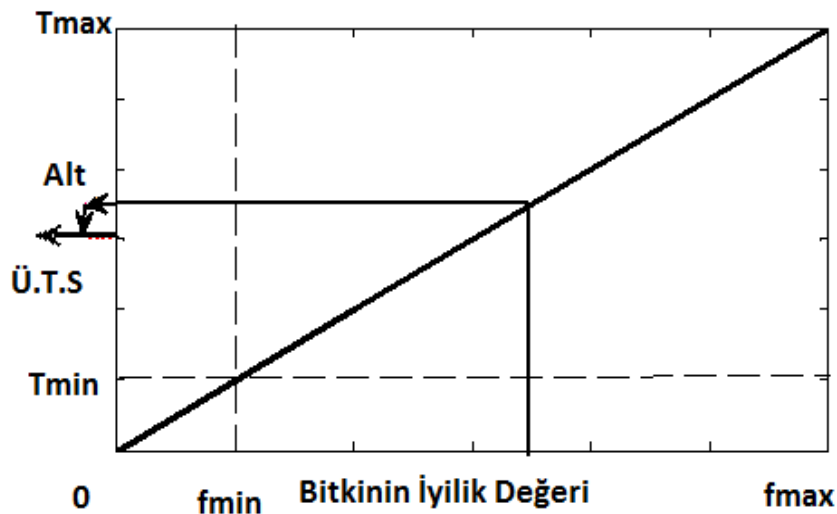
$$x_{yeni} = x_{min} + (x_{max} - x_{min}) * rand(0,1) \quad (6)$$

### 3.2. Üreme

Her bir bireyden kendi sağlık durumuyla orantılı olarak belirli sayıda yeni bireyler türetilmesi gerekmektedir. Şekil 4 ve 5'de gösterildiği üzere lineer olarak en iyi bireyden en fazla, en kötü bireyden en az olacak şekilde yeni bireylerden ne kadar sayıda birey üretileceği grafik olarak gösterilmektedir. Bu aşamada eğer optimize edilmek istenen denklemin maksimum değeri bulunacaksa Eşitlik 7 ve eğer minimum değeri bulunacaksa Eşitlik 8 kullanılarak hangi bireyden kaç tane yeni birey oluşturulacağı belirlenir.

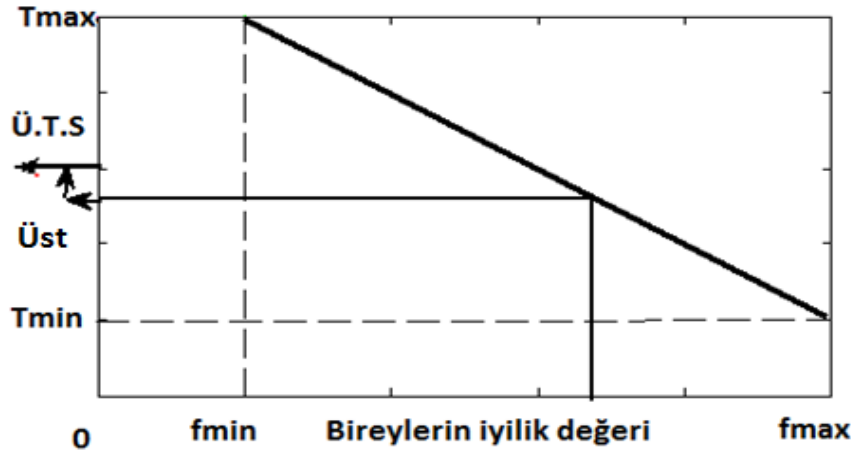
$$ÜTS = Taban \left[ (T_{min}) + \frac{f(W_i) - f_{min}}{f_{max} - f_{min}} (T_{max} - T_{min}) \right] \quad (7)$$

Burada  $f(W_i)$  belirli bir iterasyonda bir değer optimize edilecek denkleminde yerine konduğunda elde edilen değerdir ve bu iyilik değeri olarak ifade edilir.  $f_{min}$  ve  $f_{max}$ , o iterasyonda tüm değerler yerine konduğunda elde edilen en kötü ve en iyi iyilik değerleridir.  $T_{max}$  ve  $T_{min}$  değerleri ise üretilecek maksimum ve minimum birey sayılarıdır ve başlangıçta sabit olarak belirlenir. Bu çalışmada  $T_{max} = 5$  ve  $T_{min} = 1$  olarak alınmıştır.



Şekil 4. Üretilecek birey sayısı grafiği (maksimum için) (Sağiroğlu vd., 1998)

$$\text{ÜTS} = T_{\text{avan}} \left[ (T_{\text{max}}) - \frac{f_{\text{min}} - f(W_i)}{f_{\text{max}} - f_{\text{min}}} (T_{\text{max}} - T_{\text{min}}) \right] \quad (8)$$



Şekil 5. Üretilecek birey sayısı grafiği (minimum için)

### 3.3. Konumsal Dağıtma

Bir önceki adımdaki belirlenen sayıda birey, zamanla azalan değişim parametresine bağlı olarak Eşitlik 9 ve Eşitlik 10'a göre rasgele olacak şekilde problem uzayına dağıtılır.

$$\sigma_{\text{iter}} = \frac{(\text{iter}_{\text{max}} - \text{iter})^n}{\text{iter}_{\text{max}}^n} * (\sigma_{\text{baş}} - \sigma_{\text{son}}) + \sigma_{\text{son}} \quad (9)$$

$$x_{\text{yeni}} = x_i + \sigma_{\text{iter}} * \text{randn}(0,1) \quad (10)$$

Burada,  $\sigma_{\text{iter}}$  her bir iterasyon için standart sapma değeri,  $\sigma_{\text{baş}}$  başlangıç standart sapma değeri,  $\sigma_{\text{son}}$  ulaşılabilir son standart sapma değeri, n modülasyon indeksi,  $x_i$  bir önceki iterasyonda bulunan değer ve  $x_{\text{yeni}}$  standart sapmaya bağlı olarak rastgele bir şekilde bulunan yeni birey değeridir.

Bu aşamada iyi bireyler bir yere doğru toparlanır ve kötü bireyler zamanla elenir. Bu şekilde en iyi çözüme doğru yaklaşılır.

### 3.4. Rekabetçi Eleme

Birkaç iterasyon sonrası yeni üretilen bireyler nedeniyle maksimum popülasyon sayısı geçileceğinden, en kötü bireyler elenerek birey sayısı başlangıçta belirlenen popülasyonun maksimum birey sayısına geri çekilir. Bu şekilde zayıfın elenip kuvvetlilerin devam ettiği bir popülasyon elde edilir. Bu işlem tüm iterasyonlar bitene veya diğer durdurucu kriterler limit değerine ulaşana kadar devam eder.

Bu işlemler neticesinde, hayatta kalan en iyi birey, optimizasyon probleminin aranan en iyi çözüm noktasını verir.

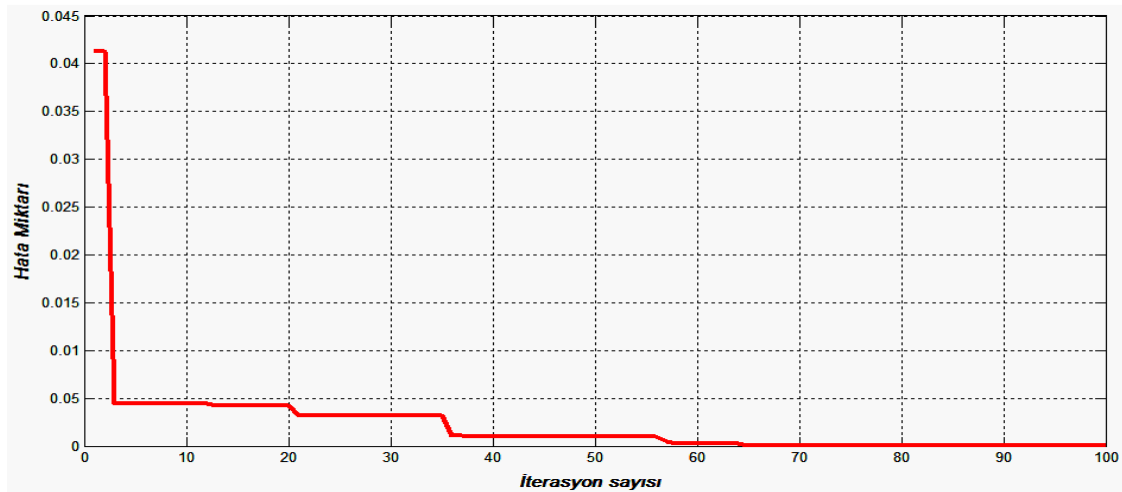
#### 4. YOA İLE H ŞEKLİ MİKROŞERİT ANTENİN REZONANS FREKANS FORMÜLÜNÜN OPTİMİZASYONU

Düzgün bir geometriye sahip bir antenin analizi, bazı analitik yöntemlerle yapılabilmektedir. Kompleks geometrilere sahip antenlerin analizleri, çok sayıda hesaplama gerektirdiğinden, bazı elektromanyetik simülasyon programları kullanılarak bu işlemler yapılabilmektedir. Fakat istenen frekans bandında çalışacak bir antenin boyutları çok sayıda deneme yapılarak belirlenebilmektedir. Denemeler zaman ve iş gücü kaybına neden olduğundan, bu yöntem tasarımcılar için bir dezavantaj oluşturmaktadır.

Bu çalışmada istenilen frekans bandında çalışacak bir antenin boyutları, yukarıda bahsedildiği üzere zaman ve iş gücü kaybı olmaksızın YOA ile yaklaşık % 0.4'lük hata payı ile hesaplanmıştır. Antenin boyutları (a,b,s,d,h) ve elektriksel geçirgenliğine bağlı rezonans frekans ifadesi, YOA'da hedef fonksiyonu olarak kullanılmıştır (Toktaş, 2009). Bu parametrelerin sınır değerleri, Çizelge 1'de verilmiştir. Örneğin 2.1 GHz frekansı için aralıklar Çizelge 1'deki şekilde ve hedef 2.1 GHz olarak belirlenerek YOA'ya girilmiştir. YOA sonucu Çizelge 2'deki değerler ve Şekil 6'daki hata sonuç grafiği elde edilmiştir. YOA tarafından bulunan Çizelge 2'deki değerler elektromanyetik simülasyon programında anten boyutları olarak kullanıldığında 2.1 GHz rezonans frekansının tam olarak elde edildiği ortaya konulmuştur.

Çizelge 1. GHz için YOA sonucu elde edilen parametreler

a	34.8984
b	28.2792
s	12.2754
d	18.4945
e	2.8597
h	2.9682



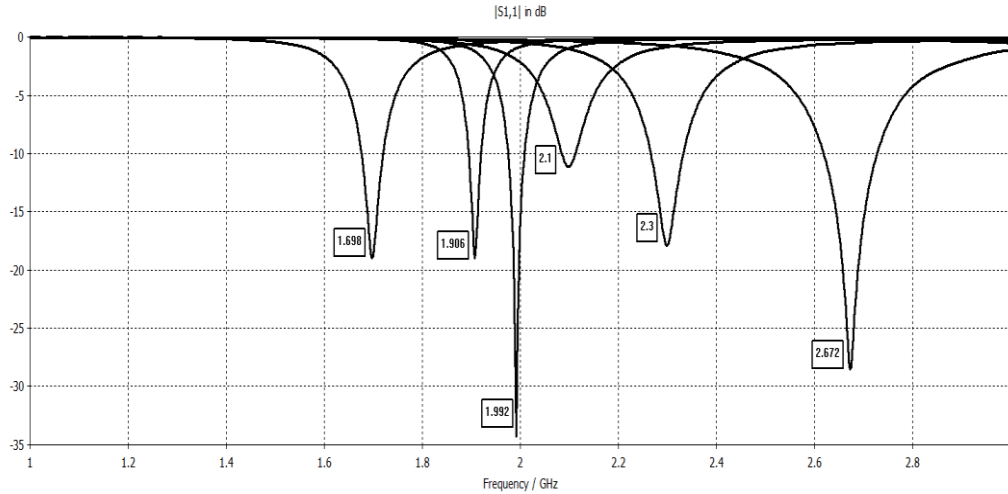
Şekil 6. GHz için YOA sonucu elde edilen hata miktar grafiği

1-3 GHz frekans bandında 0.1 GHz aralıklarla toplam 19 farklı mikroşerit anten tasarımı yapılmıştır. İterasyon sayısı 100 olarak belirlenen YOA algoritması ile her bir anten konfigürasyonu 10 kez denenmiş, en optimum çözümler seçilmiştir. Bulunan anten boyutları, bir elektromanyetik simülasyon programı ile test edilmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı bir şekilde

Çizelge 3’de verilmiştir. Ayrıca bazı frekans değerleri için YOA ile bulunan parametrelere göre antenin S11 grafiği Şekil 7’de gösterilmiştir.  $fr_{gerçek}$  değeri antenin çalışması istenilen rezonans frekansı ve  $fr_{yoa}$  değeri ise YOA tarafından elde edilen a, b, s, d, e, h parametrelerine bağlı simülasyon programından elde edilen rezonans frekansıdır.

YOA algoritması için;

Maksimum iterasyon sayısı 100, modülasyon indeksi 3, başlangıç standart sapma değeri 3, son standart sapma değeri 0.000001, maksimum birey sayısı 5, minimum birey sayısı 1 olarak seçilmiştir.



Şekil 7. HMA’nın YOA ile bulunmuş değerlere göre bazı değerler için S11 grafiği

Çizelge 3. YOA ve simülasyon programı ile elde edilen parametreler ve rezonans frekansı

a	b	s	d	e	h	$fr_{yoa}$	$fr_{gerçek}$
35.7418	32.8228	17.7905	6.792	4.8652	2.182	1.053	1
35.3708	34.411	14.1492	9.0027	4.7838	3.064	1.166	1.1
34.6593	33.4062	18.9729	10.5213	4.9292	2.2482	1.224	1.2
33.3142	32.3715	12.9754	9.5083	4.2504	2.059	1.328	1.3
33.0632	29.7589	20.2706	11.9819	4.9942	2.8647	1.432	1.4
35.5449	32.7092	6.1419	16.6637	4.9004	4.4306	1.504	1.5
35.4766	31.097	18.659	20.6985	4.7994	2.5462	1.614	1.6
34.2592	30.6826	10.3764	21.6549	4.7134	4.8942	1.698	1.7
35.439	28.4421	19.3925	20.1445	4.0731	2.8326	1.804	1.8
30.3214	30.3181	7.0547	16.5877	4.0701	2.8025	1.906	1.9
33.5242	32.5089	9.3617	20.4634	3.3032	2.5528	1.992	2
34.8984	28.2792	12.2754	18.4945	2.8597	2.9682	2.1	2.1
31.566	29.1367	13.0546	20.6853	3.2596	3.0098	2.206	2.2
31.6673	29.1236	11.5272	20.0869	2.8845	3.5415	2.3	2.3
30.91	30.6018	14.6518	21.4963	2.7818	2.8696	2.4	2.4
30.1281	28.0924	15.9126	21.0725	2.8738	3.5997	2.5	2.5
29.4262	28.3772	19.2921	18.7892	2.6046	3.5444	2.598	2.6
29.1553	28.6748	11.8765	21.7208	2.5554	4.2581	2.672	2.7
28.6752	28.404	19.7568	20.6594	2.5705	3.7937	2.778	2.8



## 5. SONUÇ

Mikroşerit anten tasarımında rezonans frekansının belirlenmesi, en önemli kriterlerden birisidir. Antenin istenilen rezonans frekansında çalışmasını deneme yanılma yöntemi yerine kolay ve hızlı bir şekilde belirlemek iş gücü kaybını minimum seviyeye indirecektir. Bu amaçla yapılan bu çalışmada HMA'nın rezonans frekansının belirlenmesi için YOA algoritması kullanılmış ve yaklaşık %0.4 hata ile tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma ile YOA algoritmasının, H şekilli mikroşerit antenin rezonans frekansının belirlenmesinde etkili bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur.

## KAYNAKLAR

- Mabrook A. S. A. (2013): "Dual-Band Microstrip Loop Antenna For Wireless Application", Yüksek Lisans Tezi, Tun Hussein Onn Malaysia Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Müh. Fakültesi, Malaysia.
- Yıldırım A., Yağcı H. B., Paker S. (2008): "2.4 GHz'de Yüksek Kazançlı Mikroşerit Yama Anten Tasarım ve Gerçekleştirimi", Eleco 2008.
- Balanis C. A. (1997): "Antenna Theory: Analysis and Design", John Wiley and Sons, New York, s.941.
- Garg R., Bhartia P., Bahl I., Ittipiboon A. (2001): "Microstrip Antenna Design Handbook", Artech House, London, s.845.
- Bhattacharyya A. K., Shafai L., Gary R. (1991): "Microstrip Antenna—A Generalized Transmission Line", Progress In Electromagnetics Research, Cilt 4, s.45-84.
- Toktaş A. (2009): "Farksal Gelişim Algoritması Kullanarak H Şekilli Mikroşerit Antenlerin Rezonans Frekansının Hesaplanması", Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Ana bilim Dalı, Mersin.
- Gao S. C., Li L. W., Leong M. S., Yeo T. S. (2001): "Analysis of an H-Shaped Patch Antenna by Using FDTD Method", Prog Electromagn Res, Cilt 34, s.165-187.
- Pierantoni L., Farina M., Rozzi T. (2001): "Accurate Analysis of H-Shaped Antenna Coupled to Microstripfeed-Line", Electronics Letters, Cilt 38, No. 14, s.676-677.
- Sağiroğlu S., Güney K., Erler M. (1998): "Resonant Frequency Calculation for Circular Microstrip Antennas Using Artificial Neural Networks", John Wiley and Sons, Cilt 8, s.270-277.
- Deshmukh A. A., Kumar G. (2006): "Formulation of Resonant frequency for Compact Rectangular Microstrip Antennas", Microwave and Optical Technology Letters, Cilt 49, No. 2, s.498-501.
- Mehrabian R., Lucas C., Mohagheghi S. (2006): "A Novel Numerical Optimization Algorithm Inspired from Weed Colonization", Ecological Informatics, Cilt 1, No. 4, s.355-366.