

MATLAB® GRAFİKSEL ARABİRİMİ YARDIMIYLA "GÖRSEL MİKRODALGA ARAÇ KUTUSU" TASARIMI

Mehmet Sait VURAL Caner ÖZDEMİR

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü,
Mühendislik Fakültesi, Mersin Üniversitesi,
Çiftlikköy, 33343 MERSİN

saitbm412@yahoo.com

cozdemir@mersin.edu.tr

Anahtar sözcükler: Mikrodalga Teorisi, Grafikselleştirme

ABSTRACT

This paper introduces a new and visual Matlab toolbox that we have developed for Microwave field theory. In this toolbox, different topics including transmission line theory, transmission lines and waveguides, microwave network analysis, microwave resonators, impedance matching and tuning have been transferred to visual medium to offer a simpler usage capability to the end user. With this construct, the user does not need to know the Matlab basics since he or she will only enter the parameter values visually. The toolbox has been put into Matlab GUI (Graphical User Interface) by applying some visual components in Visual Basic, C and Visual C++ computer languages. Different simulations and animations are given as examples to better describe the usage of the toolbox.

1.GİRİŞ

Son yıllarda, kişisel bilgisayarların hem hız hem de hafıza olarak kapasitelerinin çok çabuk bir şekilde artması ve paralel olarak bilgisayarların programlanabilme işlevliklerinin gelişmesi, Elektromagnetik problemlerin de rahatlıkla bilgisayar ortamında benzetimlerinin yapılmasına olanak sağlamıştır [1, 2]. Mikrodalga problemleri çözen benzer programlar da mevcuttur [3]. Ancak, Elektrik Mühendislerinin araştırmalarında çok sık kullandıkları bir program olan Matlab [4]'da bu konuda bir araç kutusu henüz geliştirilememiştir. Bu çalışmada, Matlab ortamında "görsel" olarak geliştirdiğimiz "Matlab Görsel Mikrodalga Araç Kutusu" tasarımı tanıtılmaktadır.

Matlab Grafikselleştirme Kullanıcı Arayüzü (GUI), Matlab programcısı tarafından hazırlanan grafik tabanlı uygulamaların, son kullanıcıya fare ve klavye arabirimi ile enteraktif olarak hitap etmesini sağlayan bir platformdur [5-8]. Matlab GUI uygulamalarının gerekliliğinin temel

sebeplerinin başında günümüzde hazırlanan uygulamaların grafik tabanlı oluşu ve bu uygulamaların son kullanıcı tarafından kullanım kolaylığına sahip olması gelmektedir [6-8]. Bu sebeplerden dolayı, hazırlanan araç kutusunda Matlab GUI kullanılarak; "Düğme", "Metin Kutuları", "Etiket" ve "Mönüler" kullanılarak görsel ortam programına işlevlik kazandırılmıştır. Ayrıca, Matlab ortamında herhangi bir görsel öğe kullanılmadan da menü ('Property name') ile tanımlamalar yapılmıştır. Örneğin, *Menutasar = menu ('Animasyon', 'Oklu Animasyon', 'Dikdörtgen Dalga Kılavuzu Animasyonu')* gibi sabit, ancak programlamaya görsel öğelerin katıldığı alt programlar da eklenebilmektedir. Altta gösterilen program parçasında olduğu gibi, 'Giriş', 'Çıkış' adlı iki seçeneği menü ortamında, görsel olarak ve öncelik sırası belirleme opsiyonunu da sunarak kontrol etmek mümkündür.

```
sec1=uimenu('Label','Giriş');
sec2=uimenu('Label','Çıkış');
k=get(sec1,'position');
if k==1
    msgbox('Şu an 1. seçenektensiniz');
    set(sec1,'Position',2);
else
    set(sec1,'Position',1);
    set('dugme1','Checked','off');
end;
```

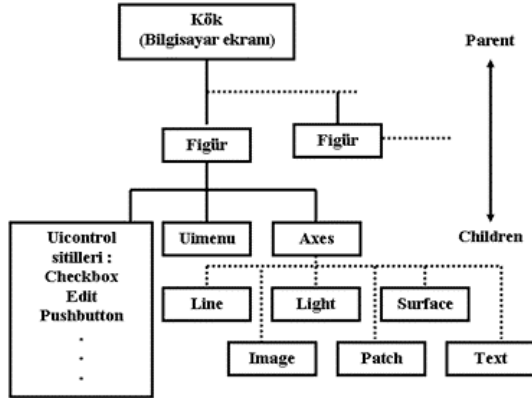
Aynı zamanda kullanılan bir menü tasarımı içerisinde de menünün seçilmesi durumunda yapacağı işlevi tanımlayabiliriz. Bunu yapmak için aşağıda gösterildiği üzere 'Callback' komutu kullanılmıştır.

```
Ust=uimenu ('Label','Ornek');
Alt=uimenu(ust,'Label','Axis ','
    'Callback',[
```

Görüldüğü gibi 'Uimenu' nesneleri kullanıcı arabirim nesneleri olup; şekil pencerelerinde mönü tasarlamak için kullanılırlar. Bunlar, şekil nesnelere türetilir ve eksenlerden bağımsızdır. 'Uicontrol' nesneleri ise kullanıcı arabirim nesneleri olup; kullanıcının seçtiği nesnelere üzerinde fonksiyonların nasıl işletileceklerini ayarlarlar [5]. Pascal programlama dilinin nesneye yönelik programlama özelliğinden de faydalanılarak, Visual C++'dan Matlab GUI içerisine, nesnelere yerleştirilmiştir.

2. GÖRSEL MİKRODALGA ARAÇ KUTUSUNUN TASARIM AŞAMALARI

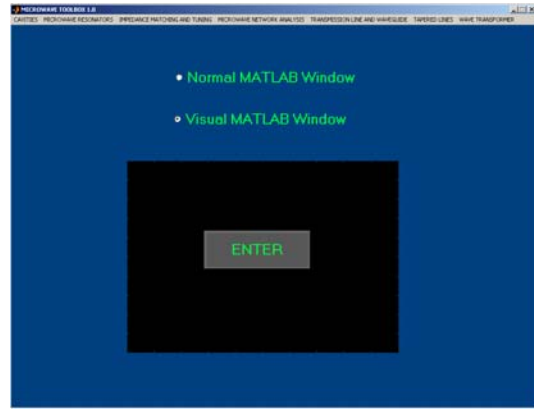
Geliştirilen mikrodalga araç kutusunun grafiksel arabiriminin hazırlanmasında, bir görüntüleme ekranı, birden fazla şekil içerebilir bir yapıda ve her şekil ise bir veya daha fazla 'uimenu' ve 'uicontrol' içerecek şekilde tasarlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Grafiksel Arabirimin Genel Algoritması

Oluşturulan görsel mikrodalga araç kutusunun geliştirilmesi 5 farklı aşamada yapılmıştır: 1) Tasarımlar ilk önce *Visual Basic*, *Visual C++* ve *Matlab GUI* baz alınarak hazırlanmıştır. Buralarda hazırlanan özel benzetimler Matlab GUI içerisine çalıştırılabilir *.exe formatında dönüştürülmüştür. 2) Daha sonra mönülerin seçeneklerinde kullanacak ve Mikrodalga konularının değişik denklemlerini çözen Matlab *.m dosyaları hazırlanmıştır. 3) Ardından, bu m-dosyalarında oluşacak şekiller ve Matlab GUI görsel kodları yazılmıştır. 4) Bunun ardından, mikrodalga elemanlarında fiziksel olayların animasyonları hazırlanmıştır. Örneğin, bir dalga kılavuzunda elektrik ve magnetik alanların

çizilmesi ve zamana göre bu alanların ilerlemesi gibi animasyonlar yapılmıştır. 5) Son aşamada ise, geliştirilen araç kutusunun kullanıcı tarafından nasıl etkin kullanılacağı anlatıldığı ve *.pdf, *.html formatlarında hazırlanmış "Yardım" mönüsü programla ilişkilendirilmiştir. Burada *.bat dosyalarıyla Matlab komut sistemi üzerinden yardım dosyaları yönlendirmeleri oluşturulmuştur. Böylece, hazırlanan araç kutusunun hem Matlab hem de görsel ortamda çalışması sağlanmıştır. Aynı zamanda *Visual Basic Script* ve *Java Script*'ler ile bir açılış sayfası şeklinde kullanılmıştır. Şekil 2'de program çalıştırıldığında karşılaşılan ilk ekran görülmektedir.



Şekil 2. Programın çalışır ekran görüntüsü

Programda esas olarak iki seçenek sunulmuş olup; ilk seçenekte klasik Matlab editörüne geçiş yaparak, hazırlanan m-dosyaların kullanımı sağlanmıştır. Burada az da olsa, kullanıcıya görsel mesaj kutuları ile o anki mevcut dosyalar ve konularla ilgili yardımlar veya klasörlerde hangi bilgilerin olduğuna dair ipuçları da verilmektedir. Ancak bu kullanımın fonksiyonel bir çalışma yapısı bulunmamaktadır. Bunun yanında; ikinci seçenek olan görsel ortamda ise, program nesne tabanı desteği sağladığından dolayı, araç kutusunun kullanımı çok fonksiyonel hale gelmiştir. Bu ortamda, kullanıcının Matlab programlama dilini bilmesi de gerekmemektedir. Çünkü, kullanılacak olan m-dosyaları görsel mönüler şeklinde, içerindeki gereken parametre sorgularıyla beraber kullanıcıya sunulmaktadır. Kullanıcının sadece bu parametreleri uygun değerlerle doldurup, gerekli düğmelere basması yeterlidir.

3. ÖRNEK UYGULAMALAR

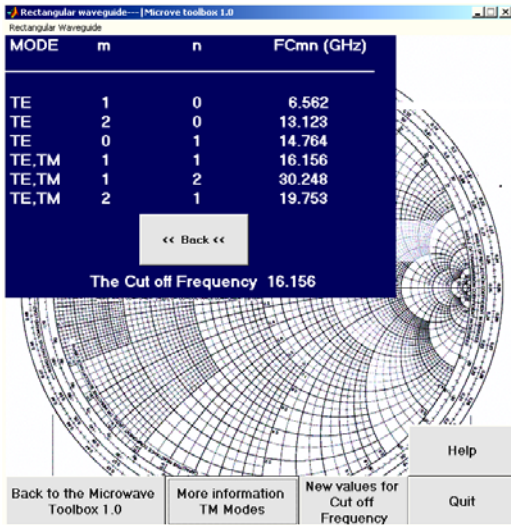
Hazırlanan Mikrodalga araç kutusu için bazı nümerik örnekler aşağıda verilmiştir. İlk olarak, dikdörtgenel dalga kılavuzunun içerisinde oluşan TE ve TM modlarının bulunması, bu modlar için karakteristik empedansların hesaplanması ve modların kesim frekanslarının tespit edilmesi gösterilecektir. Programda görsel olarak dikdörtgenel dalga kılavuzunun en (a) ve boy (b) boyutları girilecek ve istenilen modlara göre aşağıdaki formülle, modların kesim frekansı hesaplanacaktır [9]:

$$f_{c_{mn}} = \frac{1}{2\sqrt{\mu_r \epsilon_r}} \sqrt{(m/a)^2 + (n/b)^2} \quad (1)$$

Bunun sonucunda bazı modlar için kesim frekans değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir.

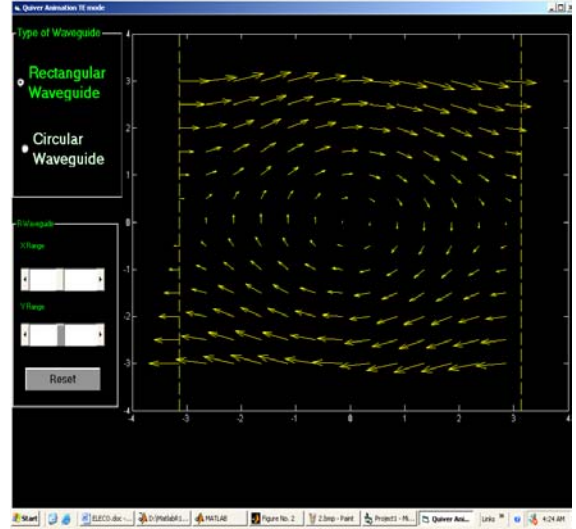
Mode	m	n	$f_{c_{mn}}$ (GHz)
TE	1	0	6.562
TE	2	0	13.123
TE	0	1	14.764
TE,TM	1	1	16.156
TE,TM	1	2	30.248
TE,TM	2	1	19.753

Tablo 1. Dikdörtgenel dalga kılavuzunda TE ve TM modları için m ve n değerlerine göre kesim frekans değerleri



Şekil 3. Dalga kılavuzu için araç kutusunun hesapladığı kesim frekans değerleri

Mikrodalga araç kutusu çalıştırıldığında, Şekil 3'de görülen kesim frekans yanıtları alınacaktır. Ayrıca, dalga kılavuzunun içinde oluşan alan değerlerinin animasyonunu da elde etmek mümkündür (Şekil 4).



Şekil 4. Değerleri girilen dalga kılavuzu için sunulan alan animasyon

İkinci örnek olarak, bir dairesel dalga kılavuzunun dalga empedans benzetimi gösterilmiştir. Dairesel dalga kılavuzu için alan bileşenleri aşağıdaki gibidir [9]:

$$E_p = \frac{-j\omega\mu n}{k_c^2 \rho} (A \cos n\phi - B \sin n\phi) J_n(k_c \rho) e^{-j\beta z}$$

$$E_o = \frac{j\omega\mu}{k_c} (A \sin n\phi + B \cos n\phi) J'_n(k_c \rho) e^{-j\beta z} \quad (2)$$

$$H_p = \frac{-j\beta}{k_c} (A \sin n\phi + B \cos n\phi) J'_n(k_c \rho) e^{-j\beta z}$$

$$H_o = \frac{-j\beta n}{k_c \rho} (A \cos n\phi - B \sin n\phi) J_n(k_c \rho) e^{-j\beta z}$$

Ayrıca dalga empedansı ise şu şekilde tanımlanmıştır [9]:

$$Z_{TE} = \frac{k\eta}{\beta} \quad (3)$$

Bu empedansın bulunması için yazılmış olan m-dosyası aşağıdaki gibidir:

```

function [Zte] = circle_tewaveimp(a,fre,Mr,Er)
% Input Parameters
% -----
% a      : Radius of the circular waveguide
% fre    : Frequency
% Mr     : The relative permeability
% Er     : The relative permittivity
%
% Output Parameters
% -----
% ZTE    : The wave impedance of the
% TE modes for circular waveguide
%
%  $K = \omega \sqrt{\epsilon_0 \mu_0} \sqrt{\mu_r \epsilon_r}$ 
%
%  $M = 120 \pi \sqrt{\mu_r \epsilon_r}$ 
%
%  $\beta = \sqrt{K^2 - K_c^2}$ 
%
%  $ZTE = \frac{K M}{\beta}$ 
if nargin==4
w=2*pi*fre;
k=w*sqrt(Mr*Er);
clc
R=[ 3.832 7.016 10.174 ; 1.841 5.331 8.536; ...
    3.054 6.706 9.970];
disp(' Rnm values ');
disp('-----');
for i=1:3
    for j=1:3
        fprintf(' %f\n',R(i,j))
    end
end
end
pause
clc
n=input('n : ');
m=input('m : ');
test1 = ((n>=0) & (n<=2));
test2 = ((m>=1) & (m<=3));
n=n+1;
if (test1 & test2)
    Rnm=R(n,m);
    kc=(Rnm)/a;
    fprintf('The Cut off wavenumber %f\n',kc);
else
    errordlg('You must control m and n...',
        'values Warning' , 'modal')
end
end
Beta=sqrt(k^2-kc^2);
M=120*pi*sqrt(Mr/Er);
Zte=(k*M)/(Beta);
fprintf('The wave impedance of the' ...
    'TE modes %f\n',Zte)
elseif (nargin==3) | (nargin==2) | (nargin==1)
errordlg('You must enter the 7 parameters' ...
    '(m,n,a,b,fre,Mr,Er) ? ',...
    'Warning','modal')
else
    errordlg('Missing function parameters',...
        'Warning','modal')
end
end

```

Yukarıda hesaplanan m-dosyasında

```

al=findobj(gcf,'Tag','edit1');
a=get(al,'String')
a=str2num(a);

```

işlemi *fre*, *Mr*, *Er* değerleri için de yapılmaktadır ve 'edit' kutularından alınan bu değerler kontrol edildikten sonra yukarıdaki m-dosyasındaki gibi hesaplanarak,

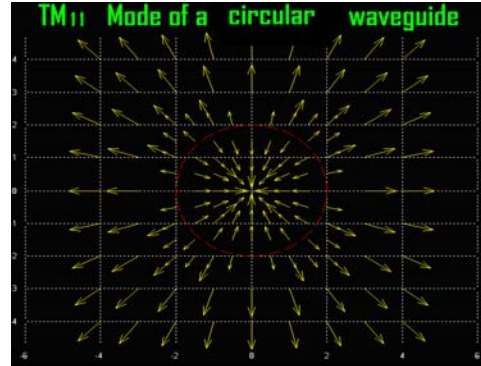
```

Sonuc=findobj(gcf,'Tag','Yaz')
Set(str3,'String',Zte)

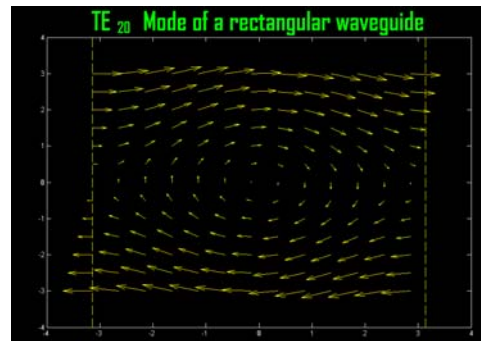
```

program parçası ile "yaz" adlı statik metin kutusuna yazdırılmış olur. Böylece, bir m-dosyası görsel yapı içerisine aktarıldığında "nargin" giriş, "nargout" çıkış kontrol elemanları kullanılmadan, metin kutuları, etiketler ile parametre değerleri elde edilerek, gerekli hesaplamalar yapıp tekrar görsel platforma sonuçlar aktarılmış olmaktadır. Böylece kullanıcının yanlış bir parametre girmesi veya yanlış işlem yapması önlenmiş olur.

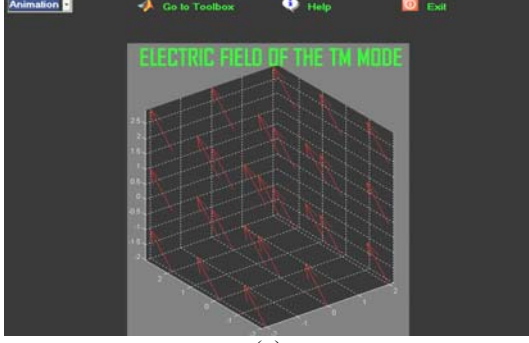
Hazırlanan mikrodalga araç kutusuna, Elektrik ve Magnetik alan animasyon özelliği de eklenmiştir. Şekil 6'da bir dikdörtgensel dalga kılavuzu için kılavuzunun içindeki alan çizgilerinin animasyonu görülmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5. (a) Dairesel dalga kılavuzunda TM_{11} modu için elektrik alan animasyonu. (b) Dikdörtgenel dalga kılavuzunda TE_{20} modu için elektrik alan animasyonu. (c) Dikdörtgenel dalga kılavuzunda TM_{11} için 3 boyutlu elektrik alan animasyonu.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada Matlab GUI ile etkileşimli görsel olarak hazırlanmış bir mikrodalga araç kutusu tasarlanmıştır. Bu çalışmada görsel bileşenler ve Matlab GUI etkileşimli olarak kullanılmıştır. Hazırlanan araç kutusu için fonksiyonel öğeler kaldırılıp, verilen bir teoremin hesaplamasında kullanılacak formül veya bir komutu bilmeye gerek kalmadan, sadece gerekli parametreleri girerek, görsel olarak mikrodalga uygulamaları yapmak mümkün olmaktadır. Ayrıca hazırlanan yardım mөнüsü ile o konu hakkında teknik bilgi, teoremin açıklamaları, kullanılan değişkenlerin giriş ve çıkış olarak birimleri, m-dosyasının içeriği gibi son kullanıcıya kolaylıklar sağlayan bilgiler sunulmaktadır.

5. KAYNAKÇA

- [1] USER REFERENCE FOR AGILENT HFSS (High Frequency Structure Simulator), ver. 5.5, Dec. 1999.
- [2] USER REFERENCE NEC-WIN PRO, ver. 1.3, Nittany Scientific Inc., 2001.
- [3] USER REFERENCE FOR MICROWAVE OFFICE 2004, Applied Wave Research Inc., 2004.
- [4] USER REFERENCE FOR MATLAB ver. 6.5, Mathworks Inc., 2003.
- [5] Hanselman D., Littlefield B., MASTERING MATLAB, Prentice-Hall Int, London, Inc. 1995.
- [6] Biran A., Breiner M., MATLAB FOR ENGINEERS, Addison-Wesley Pub. Co., London, 1995.
- [7] Yüksel İ., MATLAB İLE MÜHENDİSLİK SİSTEMLERİNİN ANALİZİ VE ÇÖZÜMÜ, Türkmen Yayınevi, 2000.
- [8] Uzunoğlu M., Kızıl A., Onar Ö. Ç., KOLAY ANLATIMI İLE MATLAB 6.0-6.5, Türkmen Yayınevi, 2002.
- [9] Pozar D. M., MICROWAVE ENGINEERING, John Wiley & Sons, Dedham, MA 1997.
- [10] Collin R. E., FIELD THEORY OF GUIDED WAVES, New York, McGraw Hill, 1960 (reprinted by IEEE Pres), 1991.
- [11] Mosig J.R., Static Green's functions with Conformal Mapping and MATLAB, IEEE ANTENNAS AND PROPAG. MAG., vol. 45, No.5, pp. 123-135, Oct.2003