

Sürekli Parametrel Genetik Algoritma Yardımı ile Geniş Bantlı ve Çok Katmanlı Radar Soğurucu Malzeme Tasarımı

Günay KÖROĞLU, Tayfun GÜNEL*

Hava Harp Okulu
Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü
Elektronik Mühendisliği Bölümü
Yeşilyurt İstanbul
gunaykoroglu@yahoo.com

*İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
34469, Maslak, İstanbul
tgunel@ehb.itu.edu.tr

Özet: Radar kesit alanının azaltılması için birçok teknik bulunmaktadır. Bu yöntemler içinde en kullanışlı ve en yaygın olan yöntemlerden biri de yansıtma katsayısını minimum yapan radar soğurucu malzemelerin kullanılmasıdır. Radar soğurucu malzemeler (RSM) çok çeşitli olup, en çok kullanılan malzemeler çok katmanlı ve geniş bantlı pasif radar soğurucu malzemelerdir. Global optimizasyon yöntemi olan genetik algoritma, parametrelerin kodları ile işlem yapmaktadır ve optimizasyon problemlerinin çözümünde evrimin temel basamaklarından biri olan doğal seleksiyonu baz almaktadır. Bu çalışmada RSM tasarımı için genetik algoritma yaklaşımı kullanılmıştır.

1. Giriş

Bu çalışmada çok katmanlı ve geniş bantlı radar soğurucu malzemelerin tasarlanmasında, dalga empedansları yaklaşımı ile elde edilen formülasyonlar kullanılmış ve sürekli parametrel genetik algoritma yardımıyla en düşük yansıtma katsayısını veren, katman sayıları üç ile on iki arasında değişen malzemeler, malzeme sırası ve malzeme kalınlıkları belirlenerek tasarlanmıştır.

2. Teori

Bu çalışmada elektrik geçirgenlik ve manyetik geçirgenlik katsayılarının frekansa bağımlı olduğu göz önüne alınarak aşağıdaki maliyet fonksiyonu oluşturulmuştur.

$$e = \sum_{i=1}^{NF} \sum_{j=1}^{NA} \left[\left(\left| \Gamma_{oi}''(\theta_j) \right| + \left| \Gamma_{oi}^{\perp}(\theta_j) \right| \right) \sum_{k=1}^{N_K} h_k \right] \quad (1)$$

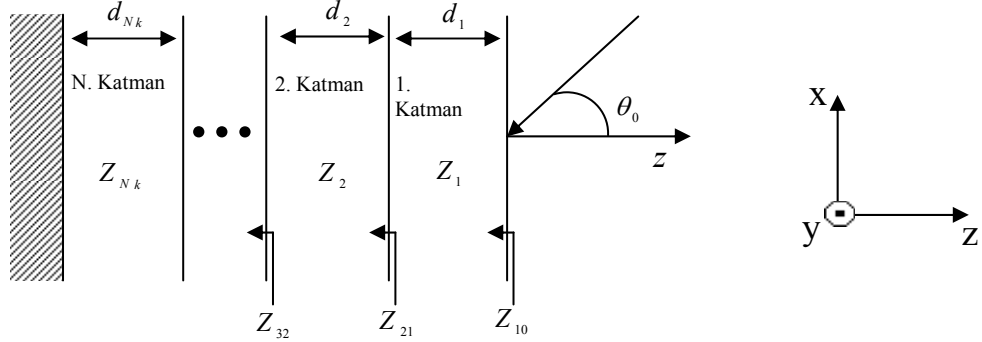
Maliyet fonksiyonu içinde görülen NF, frekans sayısını ; NA, açı sayısını ; Γ_{oi}'' , paralel polarizasyon için yansıtma katsayısını ; $\Gamma_{oi}^{\perp}$, dik polarizasyon için yansıtma katsayısını ; N_K , tabaka sayısını ; h_K , tabakaların kalınlıklarını göstermektedir. Maliyet fonksiyonu ifadesi ile minimum yansıtma ile beraber, minimum kalınlık elde edilmeye çalışılmıştır. Maliyet fonksiyonundaki çok katmanlı yapı göz önüne alındığında yansıtma katsayısının bulunabilmesi için giriş empedansının bulunması gerekmektedir. Bir RSM'nin yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir. Paralel polarizasyonda, elektrik alanı xz düzleminde bulunmaktadır ve bu polarizasyon için giriş empedansının ifadesi aşağıdaki gibi olacaktır [1]:

$$Z_{girispar\ 10} = Z_1 \frac{Z_{girispar\ 21} \cos \theta_2 + Z_1 \cos \theta_1 \tanh(\gamma_1 d_1 \cos \theta_1)}{Z_1 \cos \theta_1 + Z_{girispar\ 21} \cos \theta_2 \tanh(\gamma_1 d_1 \cos \theta_1)} \quad (2)$$

Giriş empedansı bulunduğundan sonra paralel polarizasyon durumu için yansıtma katsayısı aşağıdaki formülle bulunabilmektedir :

$$\Gamma^{\perp} = \frac{Z_0 \cos \theta_0 - Z_{\text{girispar } 10} \cdot \cos \theta_1}{Z_0 \cos \theta_0 + Z_{\text{girispar } 10} \cdot \cos \theta_1} \quad (3)$$

Yukarıdaki formüllerde geçen Z ifadesi bulunulan ortamın dalga empedansı değerini, γ ortamın iletim katsayısını, d katmanın kalınlığı, θ ise elektromagnetik dalganın katmana giriş açısı olarak alınmıştır.



Şekil 1. Çok katmanlı radar soğurucu malzemenin yapısı

Dik polarizasyonda elektrik alanı xz düzlemine diktir ve bu polarizasyonda giriş empedansını bulmak için aşağıdaki formül kullanılmaktadır.

$$Z_{\text{girisdik } 10} = Z_1 \frac{Z_{\text{girisdik } 21} \cos \theta_1 + Z_1 \cos \theta_2 \tanh(\gamma_1 d_1 \cos \theta_1)}{Z_1 \cos \theta_2 + Z_{\text{girisdik } 21} \cos \theta_1 \tanh(\gamma_1 d_1 \cos \theta_1)} \quad (4)$$

Yansıma katsayısı ise

$$\Gamma^{\perp} = \frac{Z_{\text{girisdik } 10} \cos \theta_0 - Z_0 \cos \theta_1}{Z_{\text{girisdik } 10} \cos \theta_0 + Z_0 \cos \theta_1} \quad (5)$$

olacaktır.

3. Sürekli Parametrelili Genetik Algoritma (SPGA)

İlk defa John Holland tarafından geliştirilen ve şema teorisi ile ortaya atılan genetik algoritmanın günümüzde elektromagnetik ve mikrodalga alanlarında kullanımı yaygınlaşmıştır [2-6]. En son geliştirilen genetik algoritma tekniklerinden olan SPGA gerçek değerlerle işlem yapmaktadır. Böylece amaç fonksiyonu daha iyi temsil edilmekte ve daha iyi sonuçlar alınmaktadır. Çalışma şekli klasik genetik algoritma ile hemen hemen aynı olmakla beraber, kendi özelliğinden dolayı bazı farklılıklar göstermektedir.

İlk basamakta başlangıç popülasyonu oluşturulup, bu popülasyonu maliyet değerlerine göre sıralanmaktadır. Bu işlemlerden sonra kötü bireyler ayıklanarak, ebeveyn seçimine gidilir. Ebeveyn seçimi için birçok yöntem bulunmaktadır. Bu çalışmada sıra değer seçim yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde maliyet değerine göre sıralanan kromozomlara, popülasyon içindeki sırasına göre bir yüzde atanmaktadır. Maliyet değeri düşük olan kromozomun yüzdesi büyük olmakta ve seçilme şansı artmaktadır.

Seçilen ebeveynler çaprazlama işlemine tabi tutularak yeni nesil elde edilmektedir. Elde edilen yeni nesil yeni popülasyonu oluşturacaktır. Çaprazlama işleminde SPGA'nın farkı çaprazlama noktalarında ortaya çıkmaktadır. Çaprazlama noktalarının yeni değerlerini hesaplayan yöntemler içinde aşağıdaki yöntem seçilmiştir [7]:

$$p_{\text{yeni1}} = p_{\text{anne}} - \beta(p_{\text{anne}} - p_{\text{baba}}) \quad (6)$$

$$p_{\text{yeni2}} = p_{\text{baba}} + \beta(p_{\text{anne}} - p_{\text{baba}}) \quad (7)$$

Yukarıdaki formüllerde geçen β sayısı, 0 ile 1 arasında herhangi bir sayıyı; p_{anne} , p_{baba} ise çaprazlama noktalarında ebeveynlerde bulunan genleri temsil etmektedir. Yine p_{yeni1} , p_{yeni2} çaprazlama işleminden sonra, yeni oluşan kromozomların genlerini oluşturmaktadır. Çaprazlamadan sonra mutasyon işlemi

uygulanmaktadır. Mutasyon işlemi, mutasyon oranı ile belirlenen sayıda genin değerlerinin değiştirilmesidir. Yeni değerler, ilgili genin istenilen maksimum ve minimum değerleri arasında olmalıdır. SPGA’da mutasyon oranı %1 ile %20 arasında değişmektedir. Çeşitli oranlar, çeşitli problemler için daha iyi sonuç verebilmektedir.

Son olarak, elde edilen popülasyonun en iyi bireyi sonlandırma kriteri ile kontrol edilir. Eğer kriter karşılanıyorsa döngü sonlandırılır, karşılanıyorsa döngüye devam edilir.

4. Tasarım Örnekleri

Bu çalışmada radar soğurucu malzemelerin elektromanyetik özellikleri [8] kullanılarak, SPGA yardımı ile minimum yansıma verecek şekilde malzeme sıraları ve kalınlıkları belirlenerek, katman sayıları 3 ile 12 arasında olacak şekilde tasarımlar yapılmıştır. Tasarım yapılan frekans aralığı 8-12 GHz, açı aralığı ise 0-45 derece, mutasyon oranı %10, çaprazlama oranı %100, ilk iterasyonda popülasyon sayısı 400, sonraki iterasyonlarda popülasyon sayısı 100 olarak alınmıştır. Ayrıca ortamın lineer, homojen ve kayıplı olduğu varsayılmıştır.

Tablo 1. Tasarım sonuçları

Katman sayısı	Maks. yansıma (dB)	Toplam kalınlık (mm)	h_1 (mm)	h_2 (mm)	h_3 (mm)	h_4 (mm)	h_5 (mm)	h_6 (mm)	h_7 (mm)	h_8 (mm)	h_9 (mm)	h_{10} (mm)	h_{11} (mm)	h_{12} (mm)
3	-30.687	0.21	0.15	0.02	0.04									
4	-30.868	0.23	0.17	0.03	0.02	0.01								
5	-25.429	0.25	0.15	0.02	0.03	0.02	0.03							
6	-32.277	0.30	0.14	0.04	0.04	0.02	0.02	0.04						
7	-20.35	0.35	0.17	0.02	0.03	0.02	0.01	0.05	0.05					
8	-25.999	0.59	0.16	0.09	0.10	0.04	0.03	0.04	0.05	0.08				
9	-11.225	0.29	0.13	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.01	0.01			
10	-15.49	0.76	0.14	0.03	0.06	0.05	0.06	0.02	0.15	0.07	0.12	0.06		
11	-31.454	3.45	0.16	0.25	0.24	0.24	0.36	0.10	0.75	0.32	0.38	0.58	0.08	
12	-30.129	1.23	0.16	0.03	0.10	0.19	0.10	0.03	0.10	0.05	0.16	0.04	0.11	0.16

Tablo 1.’de gösterilen tasarımların tabaka kalınlıkları ve 0 derece geliş açısında , 8 ile 12 GHz frekans aralığında bulunan maksimum yansıma katsayı değerleri verilmektedir.

5. Sonuç

Bu çalışmada SPGA yardımı ile çok katmanlı ve geniş bantlı RSM tasarımı yapılmıştır. Özellikle askeri havacılıktaki uygulamalarda RSM’lerin hafif ve ince olmaları beklenmektedir. Burada yansımayı minimum seviyeye indirmekle beraber, RSM kalınlığının oldukça düşük seviyelerde olması sağlanmıştır.

Kaynaklar

- [1] K.J.Vinoy ve R.M.Jha, Radar Absorbing Materials, Kluwer Academic Publishers, A.B.D., 1996.
- [2] J.H. Holland, 'Genetic Algorithms', Scientific American, sf. 44-50, July 1992.
- [3] D.S. Weile, E. Michielssen, "Genetic algorithm optimization applied to electromagnetics: A review", IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol.45, No.3, sf.343-353, 1997.
- [4] Y.Rahmat-Samii ve E.Michielssen, Electromagnetic optimization by genetic algorithms, J. Wiley, New York, 1999.
- [5] T.Günel, S.Kent, "An optimization approach for the synthesis of microstrip radial stub", AEÜ (International Journal of Electron. Commun.), Vol.52, No.5, sf.337-340, 1998.
- [6] T.Günel, "An optimization approach to the synthesis of rectangular microstrip antenna elements with thick substrates for the specified far-field radiation pattern", AEÜ (International Journal of Electron. Commun.), Vol.54, sf.303-306, 2000.
- [7] Randy L. Haupt ve Sue Ellen Haupt, Practical genetic algorithms, Wiley-Interscience, New York, 1998.
- [8] Eric Michielssen, Jean-Michel Sajer, S.Ranjithan ve Raj Mittra, "Design of lightweight, broad-band microwave absorbers using genetic algorithms", IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 41, sf.1024-1031, 1993.