



**ZAMAN BÖLGESİ SAÇILIM SİNYALLERİNİN YAPISAL
ÖZNETELİKLERİ VE YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK
DİELEKTRİK KÜRESEL HEDEFLERİN SINIFLANMASI**

**(DIELECTRIC SPHERICAL TARGET CLASSIFICATION USING TIME
DOMAIN SCATTERING SIGNAL FEATURES AND ARTIFICIAL
NEURAL NETWORKS)**

Mehmet Mert TAYGUR¹, M. Alper SELVER², E. Yeşim ZORAL²

ÖZET/ABSTRACT

Benzer şekilli cisimlerden saçılan elektromanyetik dalgaları kullanarak ayırt etme probleminin çözümü, geliş açısına bağımlılıktan dolayı oldukça zordur. Bu bağımlılığı ortadan kaldırmak için, saçılım sinyallerinden ayırıcı öznetelikler çıkarılmalı ve işlenmelidir. Bu çalışmada, küresel geometriye sahip dielektrik hedeflerin tanınması için bir sınıflandırma yöntemi önerilmektedir. İlk olarak saçılım sinyallerinin yapısal özellikleri kullanılarak öznetelikler elde edilmiştir. Daha sonra bu öznetelikler ile yapay sinir ağı tabanlı bir sınıflayıcı tasarlanmıştır. Dielektrik küreler temel alınarak yapılan benzetimler ile sistem başarımı incelenmiştir.

Solving the problem of classifying the targets, which look-alike, using electromagnetic scattering signals, is difficult as it heavily depends on the aspect angle. For removing this dependency, distinctive features should be extracted from the signals and they should be processed. A target classification technique for objects having spherical shape, is proposed in this study. A set of features is extracted from the scattered signals first. Then a classifier, based on artificial neural networks, is designed with these features. System performance is investigated by simulations based on dielectric spheres.

ANAHTAR KELİMELELER/KEYWORDS

Radar, Öznetelik çıkarımı, Sınıflama
Radar, Feature extraction, Classification

¹ Fen Bilimleri Enstitüsü, Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca, İZMİR

² Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Buca, İZMİR

1. GİRİŞ

Elektromanyetik saçılım sinyallerini kullanarak hedef tanıma, dalga'nın geliş açısına bağımlı olduğundan çözümü zor bir problemdir (Zhou vd., 2000). Tanıma işleminin etkin bir biçimde yapılabilmesi için saçılım sinyalinden ayırt edici öznitelikler çıkarılmalı ve uygun şekilde işlenmelidir (Chen, 1990). Bununla birlikte, çıkarılan öznitelikler gürültüye karşı da dayanıklı olmalıdır (Seçmen ve Turhan, 2009).

Tasarlanacak bir hedef sınıflama sisteminde iki ana bileşen bulunmaktadır. Bunlardan ilki hedeflerin karakteristik özelliklerini ifade ederek diğer hedeflerden ayrılmasını sağlayacak özniteliklerin çıkarılmasıdır. Çıkarılan öznitelikler, hedefe bağlı karakteristik özellikleri edeflin pozisyon ve görüldüğü açıdan bağımsız olarak tanımlanabilmelidir (Silverstein vd., 1991). Gerçek hayatta uygulanabilirliğin artırılması içinse, çıkartılacak özniteliklerin gürültüye karşı gürbüz olmaları gerekmektedir (Turhan, 2005).

Bu çalışmada, geç-zaman sinyallerinden doğrudan çıkarılan yapısal özniteliklerin hedef sınıflamada kullanılabilirliği üzerine bir sınıflayıcı tasarımı gerçekleştirilmiştir. Farklı yarıçaptaki dielektrik kürelerin hedef olarak seçildiği çalışmada, küre yarıçapının geç zaman saçılım sinyallerinde neden olduğu yapısal değişimlerin çıkarılması ile yeni bir öznitelik kümesi tanımlanmıştır. Tanımlanan yeni öznitelik kümesi ile ifade edilen farklı yarı çaplardaki dielektrik küresel hedeflerin sınıflanması için yapay sinir ağları kullanılmış, elde edilen sonuçlar ile geliştirilen sistemin başarımı değerlendirilmiştir.

2. SAÇILIM SİNYALLERİNİN ELDE EDİLMESİ

Polarizasyonu x eksenine ve yayılma doğrultusu z eksenine olan bir dalga'nın dielektrik küreye çarptıktan sonra saçılmasının analitik olarak ifade edilmesi, Hertz ve Debye potansiyelleri kullanılarak mümkündür (Seçmen ve Turhan, 2009). Saçılım verisi küresel koordinatlarda $\phi = \pi/2$ düzleminde, hedef küreden 72 cm uzaklıkta ($R=72$ cm) ve 18 farklı bistatik en-boy açısı ($\theta = 10^0, 20^0, \dots, 180^0$) için alınmıştır. Uzak alan ifadeleri frekans uzayında 0-12 GHz bant aralığında 873 veri noktası ve 13.75 MHz frekans çözünürlüğü kullanılarak elde edilmiştir. Daha sonra IFFT (Inverse Fast Fourier Transform) kullanılarak toplam 5.115 ns'lik 1024 tane örnek içeren saçılım sinyali zaman uzayında elde edilmiştir.

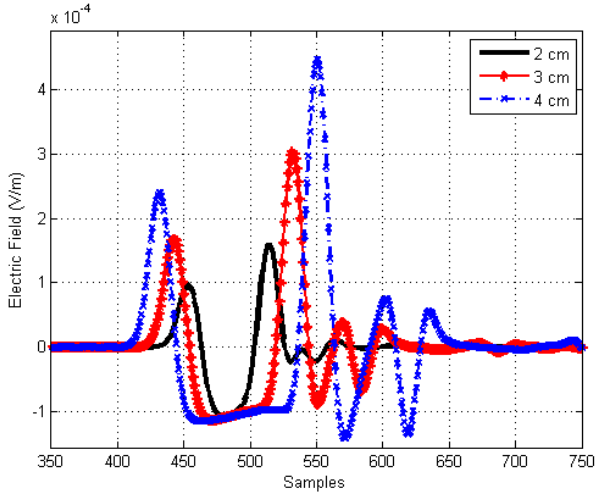
Şekil 1'de farklı yarıçaptaki kürelerden saçılan geç zaman sinyalleri verilmiştir. Sinyallerin farklı yapısal özellikler gösterdiği aşıkardır. Şekil 2'de ise aynı yarıçaptaki küreden farklı görüş açıları için elde edilen geç zaman sinyallerindeki değişimler gösterilmiştir. Farklı yarıçaptaki dielektrik kürelerin, görüş açısından bağımsız olarak sınıflaması için Şekil 1'deki değişimlere duyarlı olması ve Şekil 2'deki değişimlerden etkilenmemesi gerekmektedir.

Sınıflandırıcının başarımı ilk olarak gürültüsüz saçılım sinyalleriyle ölçülmüş, daha sonra bu sinyallere gürültü eklenerek aynı benzetimler tekrar edilmiştir.

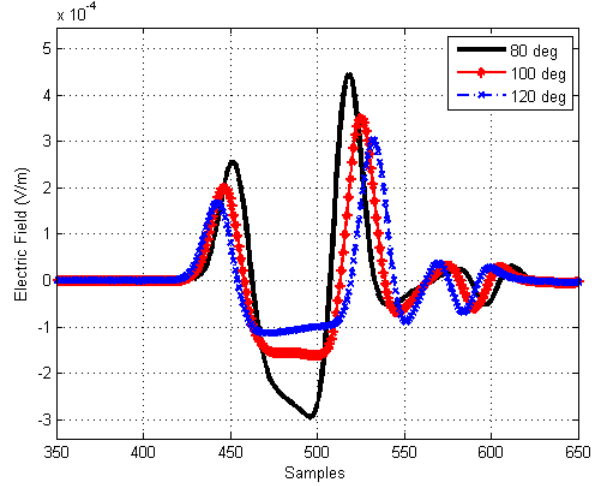
3. ÖZİNTELİK ÇIKARMA

Öznitelik çıkarma algoritması saçılım sinyallerinin görsel özellikleri temel alınarak çalışmaktadır. Sinyallerin salınım yapan bir karakteristiğe sahip olduğu göz önünde bulundurularak (Şekil 1, 2) 6 tane öznitelik belirlenmiştir. Bu öznitelikler aşağıdaki gibidir;

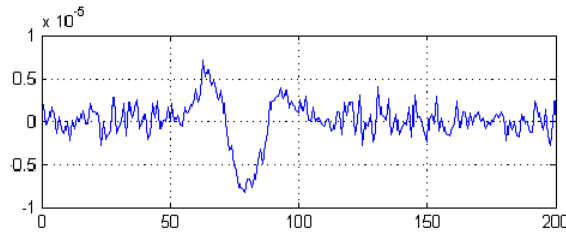
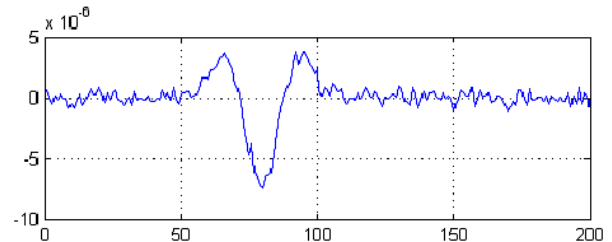
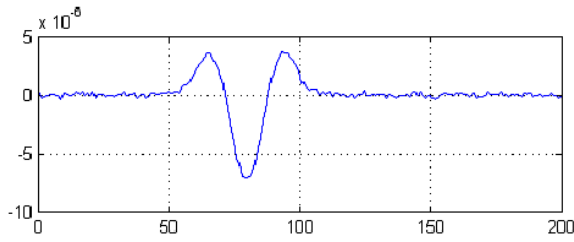
- 1) Tepe ve dip noktaların genişliği
- 2) Tepe ve dip dalga şekillerinin yatay eksene göre soldan genişliği
- 3) Tepe ve dip dalga şekillerinin yatay eksene göre sağdan genişliği
- 4,5) Tepe ve dip dalga şekillerinin yatay eksenin sağ ve sol taraflarına göre eğimleri
- 6) Tepe ve dip noktaların birbirine olan uzaklığı



Şekil 1. 120 derece geniş açısında 3 farklı yarıçapa sahip (2cm, 3cm, 4cm) dielektrik küreden elde edilen saçılma sinyali



Şekil 2. 3 cm yarıçapa sahip dielektrik küreden 3 farklı geniş açısında (80°, 100°, 120°) elde edilen saçılma sinyali



Şekil 3. 0.4 cm yarıçaplı küreden 90° açıyla elde edilmiş 15, 5, -5 dB SNR değerine sahip saçılım sinyalleri

Bu veriler ışığında, verilmiş tek bir saçılım sinyalinde toplam n tane tepe ve dip nokta olduğu düşünülürse sonuç olarak $6n-1$ tane öznelilik elde edilecektir. Özneliliklerin doğruluğu öncelikli olarak tepe ve dip noktaların doğru tespit edilmesini gerektirmektedir. Sinyalin gürültüye maruz kalması sonucu ortaya çıkacak olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için kural tabanlı bir yöntem kullanılmıştır.

Öncelikle sinyal belli bir eşik seviyesi belirlenerek kırılmış, bu sayede sinyalin anlamlı kısımları korunmuştur. Daha sonra sinyal örnek bazında incelenerek belli bir eşik seviyesini belli bir aralık boyunca geçen diziler aranır ve bu sayede tepe veya dip noktaları bulunur. Bu dönüm noktalarının bulunmasından sonra dalga şeklinin genişliğine ilişkin öznelilikler sıfır geçiş noktalarından faydalanarak bulunur.

4. ÇOK ÖLÇEKLİ YAKINSAMA İLE SAÇILIM SİNYALLERİNİ TEMSİLİ

Özniteliklerin çıkarılması için belirlenen algoritmik kurallar, sinyalin üzerine gelecek gürültünün etkilerini azaltmak üzere belirlenmiştir. Gürültünün az olduğu durumlarda tanıma başarımının daha yüksek olduğu deneysel olarak görülmüştür. Bu sebeple, gürültülü sinyaller bir yakınsama yöntemiyle yeniden oluşturulmuştur. Geliştirilen algoritma 3 ana adımdan oluşmaktadır.

1) Sinyal eşit uzunluklu parçalara ayrılır.

2) Her parçanın merkezine simetrik Gauss eğrileri yerleştirilir. Gauss eğrilerinin standart sapması üzerinde çalışılan parça uzunluğunun 0.125 katı olarak belirlenmiştir. Eğrinin mutlak maksimum değeri orijinal sinyalin mutlak maksimum değerinin 0.01 katı olarak alınmıştır.

3) Her parçanın sınırları içerisinde, hatayı minimum kılacak şekilde Gauss eğrileri eklenir.

Dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta, parçaların uzunluklarının ardışıl olarak değiştiriliyor olmasıdır. Yukarıda bahsedilen yöntemde parça uzunluğu 256'dan 32'ye kadar 31 adımda azalarak gitmektedir. Seçilen uzunluklar 2'nin 0.1 aralıklı kuvvetleri olarak belirlenmiştir. Bu sayede parçalar ardışıl olarak birbirlerinin üzerine gelerek yeniden oluşturulmuş dalga şeklinin daha düzgün olmasını sağlar.

5. SINIFLAMA

Yapılan benzetimlerde 4 farklı yarıçapa sahip küreler ($r=1.8, 2.4, 3.0, 3.6$ cm) temel alınmıştır. Her küre için 18 farklı açı değeri kullanılarak toplamda 72 tane örnek elde edilmiş ve eğitim yapılmıştır. Çalışmada yapay sinir ağı olarak çok katmanlı ileri beslemeli ve geri yayımlı yapay sinir ağı doğrusal olmayan eğri yakınsama görevinde etkin bir yöntem olan Levenberg-Marquardt yordamı ile birlikte kullanılmıştır (Haykin, 1998; Reed ve Marks, 1999). Veri kümesinin küçük olmasından dolayı, K-kat çapraz doğrulama kullanılmıştır (Fukunaga, 1986). Çalışmada farklı sayıdaki katlarda çapraz onaylama ile benzetimler yapılmıştır ancak bu bildiride 9 kat için elde edilen sonuçlar verilmiştir. 30 deneyin ortalaması alınarak elde edilen Doğru Sınıflama Oranı değerleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de sunulmuştur. Çizelge 1'de gürültüden arındırarak daha verimli öznitelik çıkarılması için önerilen çok ölçekli yakınsama yönteminin kullanılması ile elde edilen sonuçlar verilmiştir. Çizelge 2'de ise saçılım sinyalinin önerilen özniteliklerin doğrudan çıkarılması ile elde edilen benzetimler için doğruluk değerleri verilmiştir.

Çizelge 1. Yakınsama yapılmış sinyal için sınıflandırma doğruluk çizelgesi

Doğruluk (%)	Küre 1	Küre 2	Küre 3	Küre 4
SNR=1000	96.25	94.81	92.13	93.1
SNR=-5	92.73	86.66	73.65	76.48

Çizelge 2. Yakınsama yapılmamış sinyal için sınıflandırma doğruluk çizelgesi

Doğruluk (%)	Küre 1	Küre 2	Küre 3	Küre 4
SNR=1000	95.83	92.54	87.52	88.56
SNR=-5	78.98	70.37	65.04	69.86

6. SONUÇ

Çalışma sonucunda elde edilen veriler yakınsama işleminin düşük SNR koşullarında gözle görülür bir iyileşme sağladığını göstermektedir. Bununla beraber, geliş açısına olan bağımlılık ortadan kalkmıştır. Benzetim sonuçları dielektrik kürelerin önerilen öznelik kümesi ile çok yüksek başarımla sınıflanabildiğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Chen S. (1990): “Radar Target Identification With Relative Amplitudes and Unknown Target Aspect Angles”, IEEE Aerospace and Electronics Conference, Cilt 1.
- Fukunaga K. (1986): “Statistical Pattern Recognition”, Hand. Of Pattern Recognition Image Processing, NY, s.3-32.
- Haykin S. (1998): “Neural Networks: A Comprehensive Foundation”, Prentice Hall 2. Basım.
- Reed R., Marks R. J. (1999): “Neural Smthing: Supervised Learning in Feed Forward Artificial Neural Networks”, MIT Press.
- Seçmen M., Turhan S. G. (2009): “Radar Target Classification Method With Reduced Aspect Dependency and Improved Noise Performance Using MUSIC Algorithm”, IET Radar Sonar and Navigation, Cilt 3, No. 6, s. 583-595.
- Silverstein P. B., Sands O. S., Garber F. D. (1991): “Radar Target Classification and Interpretation by Means of Structural Descriptions of Backscatter Signals”, Proceedings of IEEE Radar Conference, s. 21-25.
- Turhan S. G. (2005): “Real Time Electromagnetic Target Classification Using A Novel Feature Extraction Technique With PCA Based Fusion”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Cilt 53, No. 2, s.766-776.
- Zhou D., Liu G., Wang J. (2000): “Spatio-Temporal Target Identification Method of High Range Resoulution Radar”, Pattern Recognition, Cilt 33, s.1-7.