

# HEDEF TANIMA İÇİN SİNYAL İŞLEME YÖNTEMLERİ İLE BANTGEÇİRİCİ ELEKTROMAGNETİK GERİ YANSIMA ÖLÇÜM ANALİZİ

Mustafa Seçmen, Gönül Turhan-Sayan, Altuncan Hızal  
Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ankara  
[msecmen@metu.edu.tr](mailto:msecmen@metu.edu.tr), [gtsayan@metu.edu.tr](mailto:gtsayan@metu.edu.tr), [hizal@metu.edu.tr](mailto:hizal@metu.edu.tr)

## ÖZET

*Bu bildiri, sınırlı büyüklükteki hedeflere ait elektromanyetik saçınım verilerinden yola çıkarak hedef tanıma ve sınıflandırma problemini incelemektedir. Söz konusu veriler frekans ve zaman uzaylarında, 4-12 GHz bandında çalışan ve hemen hemen monostatik konumdaki iki horn anten ve HP8720D Vektör Devre Analizörü kullanılarak ölçüm yolu ile elde edilmiştir. Bildiride öncelikle iletken küreler için elde edilen ölçümlerin teorik sonuçlarla karşılaştırılması ve kurulan deney düzeneğinin doğru sonuçlar verdiği gösterilecektir. Daha sonra ise, ölçülen sinyallere zaman-frekans dönüşüm (ZFD) teknikleri uygulanıp, öznelik vektörleri çıkartılarak, mevcut düzenele ölçülebilen verilerin geç-zaman hedef tanıma yöntemi ile işlenmeye uygun olup olmadıkları araştırılacaktır.*

## GİRİŞ

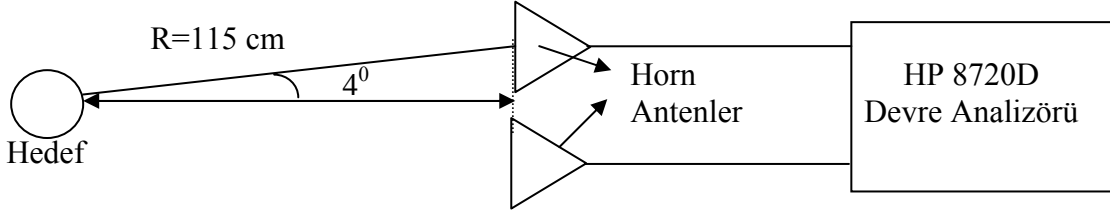
Elektromanyetik hedef tanımlama ve sınıflandırma problemlerinin sivil ve askeri çeşitli alanlarda önemli uygulamaları vardır. Bu problemlerde asıl amaç, hedefe ait elektromanyetik saçınım sinyallerinden hedefle ilgili ayırtedici özellikleri (öznelik bilgileri) süzmek ve bu özneliklerin karşılaştırılması bazında hedefleri tanımlamaktır. Öznelikler, hedefin büyüklüğü, şekli ya da maddesel yapısı gibi fiziksel özelliklerine ilişkin direkt ya da dolaylı bilgiler olabileceği gibi, hedefin konumu, hızı veya ivmesi gibi dinamik özellikleri ile ilişkili parametreler de olabilir. Örneğin, ayırtedilmesi istenen hedefler sadece farklı büyüklüklerdeki iletken kürelerden oluşuyorsa, küre yarıçapı bu hedef tanıma probleminin direkt öznelik parametresidir ve kürenin erken-zaman tepkisi incelenerek tahmin edilip, karar üretme sürecinde doğrudan kullanılabilir. Alternatif olarak, her bir iletken kürenin doğal rezonans frekansları (sistem kutupları) da öznelik setleri olarak kullanılabilir, çünkü verilen bir hedefin sistem kutupları o hedefi açı ve polarizasyon faktörlerinden bağımsız olarak tanımlarlar. Kısaca söylemek gerekirse, hedef öznelikleri o hedefi benzerlerinden mümkün olduğunca hassas bir biçimde ayırmaya yarayan her türlü bilgi olabilir.

Hedef tanımlama probleminde hedefleri birbirinden ayırtetmek için kullanılan çeşitli teknikler mevcuttur. Bu tekniklerden bazıları hedefe ait, analitik veya sayısal çözüm teknikleri ile elde edilebilen hedef sistem fonksiyonu veya hedef impulse tepkisi bilgilerini kullanarak, ve bu bilgileri ölçüm bilgileri ile karşılaştırarak, hedefin bazı fiziksel özelliklerini tahmin etmeye dayanmaktadır. Ancak, sadece küre, sonsuz uzunlukta ince silindir gibi basit ve simetrik geometrilere sahip, sınırlı sayıda hedef tipi için analitik çözümler mevcuttur. Sayısal çözümlerin kolaylıkla elde edilebileceği hedef tipleri de benzer şekilde sınırlıdır. Bu nedenle, yukarıda sözünü ettiğimiz yöntemin uygulamaları pratikte çok yaygın değildir. Hedef geometrisinin ve/veya materyal yapısının karmaşık olduğu önemli pratik uygulamalarda ise, mümkün olabildiğince geniş bir frekans bandı üzerinde, çeşitli bakış açısı/polarizasyon kombinasyonlarında ölçüm yolu ile elde edilmiş elektromanyetik veritabanlarının işlenmesine dayalı hedef tanıma/sınıflandırma teknikleri kullanılmaktadır[1-4]. Bu tekniklerin ortak amacı, sınıflandırılacak hedeflere ait zaman tepkisi/frekans spektrumu gibi ham veritabanlarından yola çıkıp çeşitli sinyal işleme teknikleri kullanarak, hedeflere ait hassas bir biçimde karşılaştırılabilir özneliklerden oluşan bir referans veritabanı elde etmektir. Referans veri tabanlarını hedeflerin kutup dizilerinden oluşturmak bir alternatif olmakla birlikte, hedef kutuplarının elektromanyetik verilerden az hatalı olarak çıkarımı mümkün olmadığından, pratikte bu yöntem pek kullanılamaz. Bunun yerine, öznelik referans veri tabanı hedeflerin zaman ve/veya frekans tepkilerinden elde edilen iki boyutlu zaman-frekans dönüşüm (ZFD) haritaları kullanılarak oluşturulabilir. Bu dönüşüm, klasik Fourier dönüşümünden farklı olarak, ölçülen sinyallerin iki boyutlu zaman-frekans uzayında yaklaşık enerji dağılım haritalarını üreterek, karmaşık sinyal yapılarının ana bileşenlerine ayrılabilmesini ve böylelikle sınıflandırmadaki doğruluk oranının artmasını mümkün kılmaktadır. Ancak, ZFD haritaları yüksek hafıza yeri tuttuğu ve işlenmeleri uzun zaman aldığı için, bu haritaların daha farklı yöntemlerle, daha ileri derecede işlenmesinden elde edilen öznelik vektörlerinin hedef tanımda kullanılması

çok daha uygundur. Bu ek sinyal işleme basamakları ile hem işlemsel olarak verimli hem de doğru hedef tanıma oranı çok daha yüksek hedef tanıma algoritmaları üretmek mümkündür[3-4].

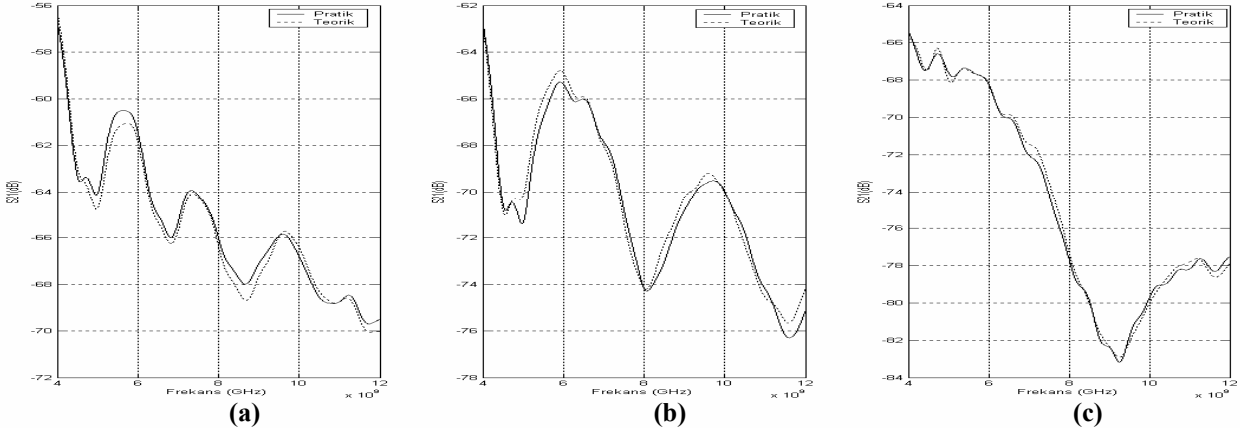
## DENEY DÜZENEGİ ve TEORİK SONUÇLAR ile UYUMLULUK

Deneyel elektromanyetik saçınım verilerini elde edebilmek için Mikrodalga ve Milimetre Laboratuvar'ında kurulan düzenek temel olarak iki horn anten ve HP8720D Vektör Devre Analizöründen oluşmaktadır. Düzenek blok şeması Şekil 1'de verilmektedir. Bu düzenekteki antenler efektif olarak 4-12 GHz bandında çalıştığı için sistemin çalışma frekansları da aynı banda sınırlıdır. Analizör, frekans boyutunda 801 noktada veri aldığı için sistemin frekans çözünürlüğü 10 MHz'dir. Sistemdeki iki anten arasındaki karşılıklı etkileşim en kötü -90 dB olarak ölçülmüştür ki bu da oldukça yüksek bir sinyal-gürültü oranı sağlamaktadır. Deneyel veriler sistemin iletim katsayısı ( $S_{21}$  parametresi) ölçülerek elde edilmektedir.



Şekil 1. Deney Düzenegi

Bu deney düzeneginin doğruluğunu ölçmek amacıyla, analitik olarak frekans tepkisi hesaplanabilen iletken kürelere ait ölçüm sonuçları ile teorik beklentilerin karşılaştırılması yoluna gidildi. Teorik sistem tepkisi, MATLAB programı yardımıyla simüle edilen küre hedef tepkisi ile anten sistemine ait tepkinin frekans uzayında çarpılması ile elde edildi. Şekil 2 (a), (b) ve (c)'de çeşitli çaplardaki iletken kürelere ait simülasyon ve ölçüm sonuçları görülmektedir. Deneyel sonuçlar teorik verilerle oldukça uyumaktadır. Bu üç iletken küre hedef için, Şekil 2' de görülen frekans tepkeleri basit bir ham veritabanı oluşturmakta kullanılabilirler. Hedef şeklinin simetrik küre olduğu göz önünde tutularak, düşük sinyal-gürültü oranları için bile, bu veritabanı yüksek doğruluk oranı ile hedef tanıma yapmakta kullanılabilir. Asimetrik hedef geometrileri için ise, bu kadar basit bir veri tabanının yeterli olmayacağı açıktır.



Şekil 2. İletken küreler için teorik ve deneysel frekans tepkeleri (a) 59 mm. çaplı küre (b) 36 mm. çaplı küre (c) 18 mm. çaplı küre.

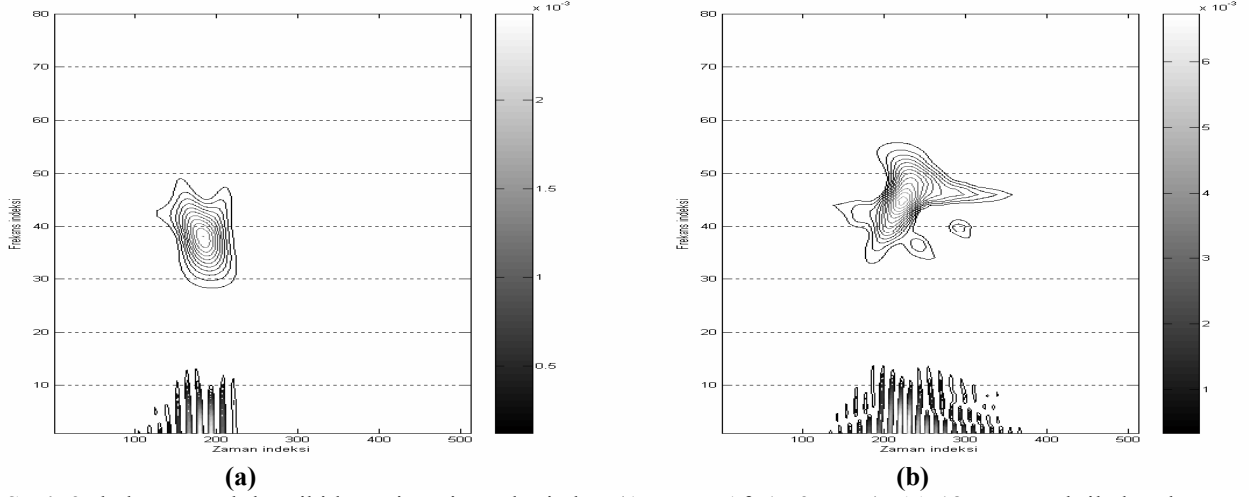
## ZAMAN-FREKANS DÖNÜŞÜM TEKNİĞİ

Bir sinyalin zaman-frekans dönüşümü zaman ya da frekans uzayında tanımlanmış tek boyutlu bir sinyali, iki boyutlu zaman ve frekans uzayında tanımlanmış bir fonksiyona çevirir. Üç boyutlu ZFD haritaları, hedefe ait sinyalin toplam enerjisinin zamana ve frekansa göre dağılımını verir. Bu haritalar hedefin yaydığı toplam elektromanyetik sinyali oluşturan yansıma, saçılma, yüzey dalgaları, doğal rezonans sinyalleri gibi çeşitli bileşenler hakkında detaylı zaman ve frekans bilgisi sağlayarak hedef tanıma amacıyla kullanılabilirler.

Hedef tanıma problemlerinde en çok kullanılan ZFD tekniklerinden biri de Wigner Dağılım yöntemidir[5]. Wigner Dağılımı, gerçek değerlikli ve doğrusal olmayan bir dönüşüm olup, sinyaldeki zaman ve frekans kaymalarını korumaktadır. Bir sinyalin Wigner dağılımı şöyle ifade edilebilir:

$$W_x(t, f) = \int_{t'} x\left(t + \frac{t'}{2}\right) x^*\left(t - \frac{t'}{2}\right) e^{-j2\pi f t'} dt'$$

Bir sinyalin Wigner Dağılımı, o sinyalin birleşik zaman-frekans uzayındaki yaklaşık enerji dağılım fonksiyonudur. Bu dağılımın hedef tanıma problemine yararını görmek için birtakım hedeflere ait zaman uzayındaki ölçümsel veriler kullanılarak Wigner Dağılım haritaları çıkartıldı. Şekil 3 (a) ve (b)'de biri iletken diğeri yalıtkan iki küre için elde edilen Wigner haritaları görülmektedir.



**Şekil 2** Iletken ve yalıtkan iki kürenin Wigner haritaları ( $\Delta t=5$  ps;  $\Delta f=1.53$  MHz) (a) 18 mm. çaplı iletken küre (b) 16.5 mm çaplı yalıtkan küre

Buna benzer enerji dağılım haritaları hedef tanıma sistem veritabanlarına yerleştirilerek daha karmaşık fakat daha yüksek oranda doğruluk içeren bir hedef tanıma yapılabilir. Ancak bu tür enerji dağılım öznelikleri de hedef tanıma istenen doğruluk oranını genellikle vermezler. İşlemsel anlamda daha verimli ve daha rafine bilgi içeren öznelik vektörlerinin çıkarılması gerekir, Esas Bileşenler Analizi ve benzeri yöntemler bu amaçla kullanılabilir[4]. Ölçümsel veriler kullanılarak oluşturulan veritabanlarına da bu tür metodlar uygulandığında elde edilecek sonuçlar bu bildirinin sunumunda aktarılacaktır.

## SONUÇ

Bu çalışmada laboratuvar ortamında oluşturulan deney düzeneği ve birtakım sinyal işleme yöntemleri yardımıyla çeşitli hedeflere ait özneliklerin çıkartılması ve bu öznelikler ile hedeflerin tanınması problemi sunulmuştur. Kurulan düzenden elde edilen deneysel hedef tepkeleri analitik yollarla elde edilen tepkelerle karşılaştırılmış ve pratik sonuçların doğruluğu gösterilmiştir. Çeşitli hedeflerin ölçüm sonuçlarından faydalanarak hedeflerin enerji dağılımlarını temel alan bir veritabanı oluşturma ve bu veritabanından daha rafine öznelik vektörleri elde etmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır.

## KAYNAKLAR

- [1]. Kim K.-T., Seo D.K.ve Kim H.-T., “Efficient Radar Target Recognition Using the MUSIC Algorithm and Invariant Features”, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 50, no. 3, s.325-337, 2002.
- [2]. Zhou D., Liu G., Wang J., “Spatio-temporal target identification method of high-range resolution radar”, Pattern Recognition, vol. 33, s. 1-7, 2000.
- [3]. Turhan-Sayan G., “Natural resonance-based feature extraction with reduced aspect sensitivity for electromagnetic target classification”, Pattern Recognition, vol. 36., no. 7, s. 1449-1466, Temmuz 2003.
- [4]. Turhan-Sayan G., “Real Time Electromagnetic Target Classification Using a Novel Feature Extraction Technique with PCA-Based Fusion”, accepted for publication at IEEE Trans. On Antennas and Propagation”.
- [5]. Hlawatsch F., Boudreaux-Bartels G.F., “Linear and Quadratic Time-Frequency Signal Representations”, IEEE Signal Process Mag. 9, s. 21-67, 1992.