

# YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK HEDEF TİPİ BELİRLEME

Kerim GÜNEY<sup>1</sup>

İlke TİTİ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Müh. Bölümü, 38039, Kayseri

<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi, Sivil Havacılık MYO, 38039, Kayseri

<sup>1</sup>e-posta:kguney@erciyes.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: titi@erciyes.edu.tr

*Anahtar Sözcükler: Yapay Sinir Ağları, Hedef Belirleme*

## ABSTRACT

*Radar target discrimination in a noisy environment is an important problem in military applications. Radar targets, such as aircraft, ships, land vehicles, etc., provide signature in the scattered field when excited by electromagnetic waves. In this study, a method based on artificial neural networks is presented to discriminate radar targets such as cargo, commercial, fighter, bomber aircrafts. Target trajectories are obtained from the real aircraft radars. It was shown that a feed-forward neural network can be trained to successfully discriminate between different radar targets.*

## 1. GİRİŞ

Elektromanyetik dalgalar tarafından uyarılan bir hedefin zaman domeni cevabı, ilgilenilen hedefin karakteristik özelliklerini taşımaktadır. Bir hedefin toplam cevabı; uyarım amacıyla gönderilen sinyalin, hedeften ileriye geçtiği zaman ortaya çıkan önceki-zaman saçılma cevabı ve sinyalin hedeften yansımaları sonucunda ortaya çıkan sonraki zaman saçılma cevabı olarak modellenir. Farklı hedef tiplerini belirlemek için bu karakteristik cevaplar kullanılmaktadır. Literatürde, bu amaçla geliştirilmiş olan yöntemler bulunmaktadır [1]. Bu yöntemlerde, sonraki-zaman cevabı frekans domeninde modellenmektedir. Bu frekans domeni modelinde, kutupların Laplace domenindeki konumları, incelenen hedeflerin şekil ve büyüklüklerinin bir fonksiyonudur. Böylece hedef belirleme problemi, hedefin ait olduğu kümeyi belirlemek için bir zaman serisinden tahmin edilmesi gereken kutup sayısının sabitlenmesi işlemi olarak tanımlanabilir.

Son yıllarda gürültülü çevrelerde hedef belirleme ve türünü tespit etme problemlerinde kullanılmaya başlayan yapay sinir ağları (YSA), oldukça iyi sonuçlar vermektedir. İnsan beyninin çalışma prensibi üzerine oluşturulmuş olan YSA'lar [2,3], giriş ve çıkış veri kümelerini kullanarak sistem davranışını öğrenebilen yapay sistemlerdir. YSA'lar herhangi bir problem hakkında girdiler ve

çıkıtlar arasındaki ilişkiyi (doğrusal olsun veya olmasın), elde bulunan mevcut örneklerden genelleme yaparak daha önce hiç görülmemiş olan veya uygulanmamış olan örneklere kabul edilebilir çözümler üretirler. Bu özellik YSA'lardaki zeki davranışın temelini oluşturur. Öğrenme yeteneği, kolayca farklı problemlere uyarlanabilirliği, genelleme yapabilmesi, daha az bilgi gerektirmesi, paralel yapılarından dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve kolay bir şekilde uygulanabilmesi gibi pek çok avantajından dolayı yapay sinir ağları mühendisliğin pek çok alanında farklı problemlerin çözümünde kullanılmaktadır. Daha önceki çalışmalarda [4-7], dairesel, dikdörtgen ve üçgen mikroserit antenlerin çeşitli parametreleri YSA ile başarılı bir şekilde hesaplanmıştır. Bu çalışmada ise altı farklı hedefin tipi YSA'lar kullanılarak belirlenmiştir. Belirlenen hedeflere ait yörünge verileri gerçek uçaklardan elde edilmiştir [8]. Aşağıdaki bölümlerde, ilk önce çok katlı perseptronlar ve geri yayılım algoritması kısaca açıklanacaktır. Daha sonra, YSA'nın hedef tipi belirlenmesinde kullanımı ve çalışmanın sonuçları sunulacaktır.

## 2. ÇOK KATLI PERSEPTRONLAR

Çok katlı perseptronlar (ÇKP) [2], oldukça basit bu sebeple de yaygın bir şekilde kullanılan yapay sinir ağlarıdır. Bu çalışmada, ÇKP'ler altı farklı hedefin tipini belirlemek amacıyla uyarlanmıştır. ÇKP'ler farklı öğrenme algoritmaları kullanılarak eğitilebilirler. Bu çalışmada, ÇKP'ler danışmanlı öğrenme algoritmalarından birisi olan geri yayılım (GY) algoritması kullanılarak eğitilmişlerdir. Şekil 1'de gösterildiği gibi temel bir ÇKP, üç ana kattan oluşur: Giriş katı, çıkış katı ve gizli kat. Bu çalışmada iki gizli kat kullanılmıştır. Giriş katındaki işlem elemanları veya nöronlar, sadece giriş sinyali  $x_n$ 'nin, gizli kattaki nöronlara dağıtılmasını sağlayan tampon görevini yaparlar. Gizli katta bulunan herbir  $j$  indisli işlem elemanı:  $x_j$  giriş sinyalini, giriş katından  $w_{ij}$  ağırlıkları ile çarpıttıktan sonra toplar ve toplamın bir  $f$  fonksiyonu olarak  $y_j$  çıkışını aşağıdaki gibi hesaplar.

$$y_i = f\left(\sum w_{ji}x_j\right) \quad (1)$$

Burada  $f$ , sigmoidal veya hiperbolik tanjant fonksiyonu gibi basit bir eşik fonksiyonu olabilir. Çıkış katındaki nöronların çıkışları da benzer şekilde hesaplanır.

## 2.1 Geri Yayılım Algoritması

Geril yayılım (GY) algoritması [2], ÇKP'lere yaygın bir şekilde uygulanan bir öğrenme algoritmasıdır. GY, gradyan azalan bir algoritmadır ve  $i$  ile  $j$  indisli nöronlar arasındaki bağlantının  $\Delta w_{ji}(t)$  değişimini aşağıdaki gibi verir.

$$\Delta w_{ji}(t) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji}(t-1) \quad (2)$$

Burada,  $\eta$  öğrenme katsayısı,  $\alpha$  momentum katsayısı ve  $\delta_j$   $j$  indisli nöronun, çıkış nöronu veya gizli kat nöronu olup olmamasına bağlı olan bir faktördür. Çıkış nöronları için,

$$\delta_j = \left( \frac{\partial f}{\partial \text{net}_j} \right) (y_j^{(n)} - y_j) \quad (3)$$

ile, gizli nöronlar için ise

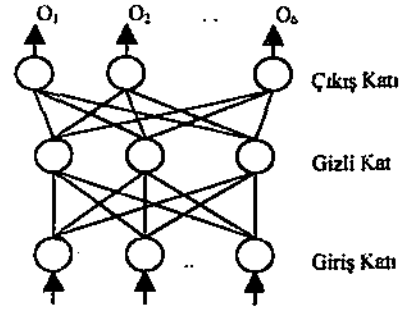
$$\delta_j = \left( \frac{\partial f}{\partial \text{net}_j} \right) \sum_q w_{qj} \delta_q \quad (4)$$

ile verilir. Eşitlik (3) de,  $\text{net}_j = \sum x_i w_{ij}$  ve  $y_j^{(n)}$ ,  $j$  indisli işlem elemanı için hedef çıkışıdır.

## 3. YAPAY SİNİR AĞLARININ HEDEF TİPİ BELİRLEMEDE KULLANILMASI

Bu çalışmada; kargo uçağı, savaş uçağı, bombardıman uçağı ve ticari uçaklar gibi değişik tipteki altı farklı uçak için, radardan 0.05 s aralıklarla alınan, pozisyon, hız ve ivme bilgileri kullanılarak, YSA'a dayanan bir hedef tipi belirleme yöntemi sunulmuştur. Çalışmada kullanılan yörüngeler gerçek uçaklara aittir.

Şekil 1'de, çalışmada kullanılan YSA'nın giriş ve çıkışları gösterilmektedir. ÇKP'de 12 giriş ve 6 çıkış nöronu kullanılmıştır. Her bir hedef için radardan elde edilen  $x$ ,  $y$  ve  $z$  yönlerindeki pozisyon, hız, ivme ve zaman bilgileri YSA'nın girişlerini oluşturmaktadır. Altı farklı hedef tipi belirleneceği için YSA'da 6 çıkış bulunmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi, ÇKP'yi eğitmek için GY algoritması kullanılmıştır.



Şekil 1 Çok katlı perseptronların temel yapısı

Tipi belirlenecek olan hedeflere ait yörüngeler Şekil 2'de gösterilmektedir. İlk uçağın yörüngesi, askeri kargo uçakları gibi büyük uçaklara aittir. Burada hedef 80 km başlangıç sahasından başlayarak 290 m/s hızla 1.26 km yükseklikte 1 dakika sabit bir yönde hareket etmektedir. Hedef daha sonra hafif bir 2g dönüş meydana getirip 30 s boyunca bu yöndeki hareketine devam etmektedir. Burada  $g$  yerçekimi ivmesini ifade etmektedir. Bu süre sonunda 3g dönüşü meydana getirip 70 km bitiş sahasına kadar bu yöndeki hareketine devam etmektedir.

İkinci hedef yörüngesi, Learjet veya diğer benzer yüksek performanslı ticari uçaklar gibi, daha küçük ve daha manevralı uçakların gösterdiği bir yörüngedir. İkinci hedef 63 km saha değerine, 305 m/s hıza ve 4.57 km yüksekliğe sahip olarak hareketine başlar. Uçak, 90° yön değişikliği ile bir 2.5g dönüşü yerine getirir. Dönüşten sonra, yaklaşık 3.05 km yüksekliğe kademeli olarak inişe geçer. 305 m/s sabit hızla bir 4g dönmesi meydana getirir ve yörünge 28 km sahasında sona erer.

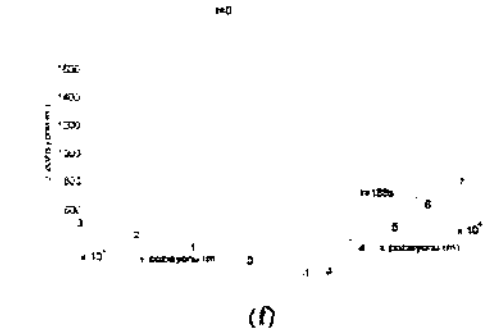
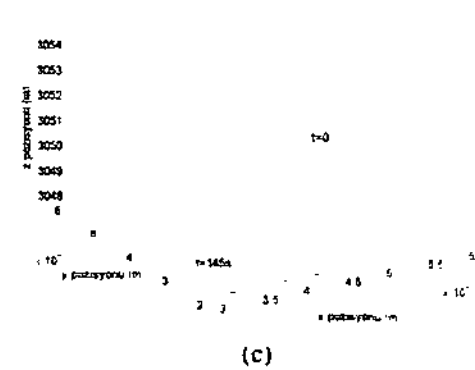
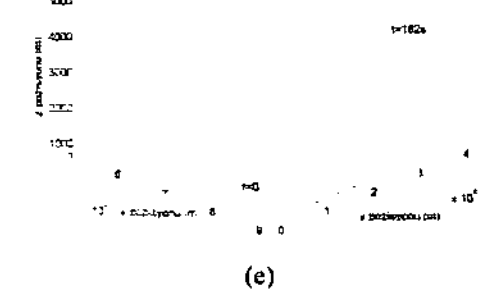
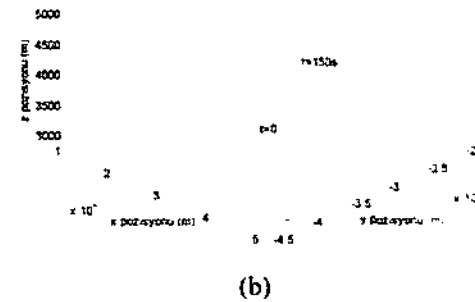
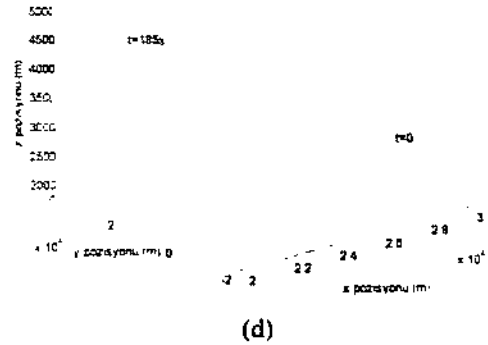
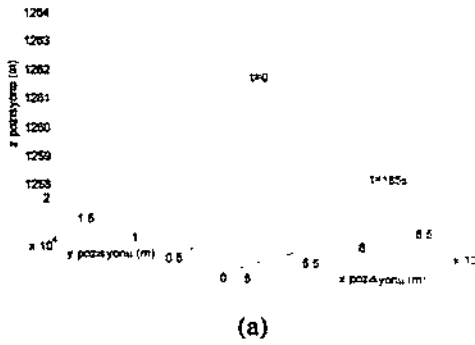
Üçüncü yörünge iyi manevra yapabilme yeteneğine sahip, yüksek hızlı ve orta büyüklükte bir bombardıman uçağına aittir. Üçüncü hedef, 457m/s başlangıç hızına sahiptir ve 30 s süre ile düz olarak uçuşa devam etmektedir. Uçak, 45° yön değişikliği ile bir 4g dönüşü meydana getirir. Sonraki 30 s boyunca ivmesiz uçuşa düz bir seviyede devam eder. Uçak hızını 274 m/s'e düşürürken 90° yön değişikliği ile bir 4g dönüşü meydana getirir.

Dördüncü yörünge de iyi manevra yapabilme yeteneğine sahip yüksek hızlı orta büyüklükte bir bombardıman uçağına aittir. Dördüncü hedef ilk 30s'i 2.29 km yükseklikte ve 251 m/s hızla sürdürür. 45°'lik yön değişikliği ile bir 4g dönüşü meydana getirir. Bu yöndeki 30s hareketten sonra bir 6g dönüşü meydana getirir. Uçak 4.57 km yüksekliğe tırmanır, bu tırmanışı yörünge bitimine kadar ivmesiz uçuş izler.

Beşinci yörünge savaş/saldırı uçaklarına aittir. Uçak, 1.5 km yükseklikte bir ivme ile harekete başlar. 30 s'lik bir periyottan sonra 5g dönme meydana getirir. Bu dönüş 20 s sonra bir 7g dönüşü ile izlenir. Bu ikinci dönüşten sonra 30s'lik ivmesiz uçuş yapılır ve tırmanma ile eşzamanlı olarak bir 6g dönüşü yerine getirilir. 4.45 km yüksekliğe ulaşıldıktan sonra yörüngeyi tamamlamak için düz ivmesiz uçuş yapılır.

Altıncı yörünge savaş/saldırı uçaklarına aittir. Uçak, 426 m/s hız ve 1.55 km yükseklikte

hareketine başlar. Sabit hız ve yön ile harekete, bir 7g dönüşü yapılmaya kadar 30 s devam edilir. Uçak yeni yönde 30 s harekete devam eder. Bir 6g dönmesi meydana getirir ve yüksekliği azaltmak için ani düşüşe geçer. 0.79 final yüksekliğine ulaşıldıktan sonra diğer bir 6g dönüşü meydana getirir. Yaklaşık 30s sonra bir 7g dönüşü meydana getirir. Dönüş gerçekleştirildikten sonra, uçak yörüngeyi tamamlamak için bu yöndeki ivmesiz hareketine devam eder.



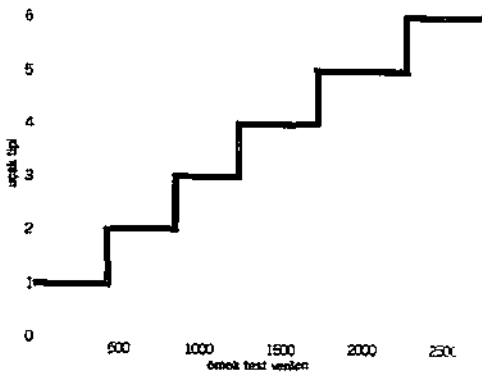
Şekil 2 Hedef Yörüngeleri (a) Birinci hedef (b) İkinci hedef (c) Üçüncü hedef (d) Dördüncü hedef (e) Beşinci hedef (f) Altıncı hedef

Herbir hedef için pozisyon, hız ve ivme değerlerinden oluşan radar ölçümleri kullanılarak YSA'yı eğitmek ve test etmek için gerekli olan veri kümesi oluşturulmuştur. YSA'yı eğitmek için 17533 adet veri kümesi bulunmaktadır. 2767 veri YSA'yı test etmek amacıyla kullanılmaktadır. Test etmede kullanılan veriler rasgele belirlenmiştir. GY algoritması için iterasyon sayısı 50000 olarak seçilmiştir. Bu durumda elde edilen rms hata, 0.9383 tür.

-0.1 ile +0.1 arasında düzgün olarak dağıtılmış rasgele değerlerden oluşan bir küme, ağdaki bağlantı ağırlıklarının başlangıç değerlerini atamada kullanılmıştır. Aynı zamanda giriş verileri -1.0 ile +1.0 arasında ve çıkış verileri -0.8 ile +0.8 arasında skalalandırılmıştır.

Çalışmada, birkaç denemeden sonra en uygun ağ yapısının, ilk ve ikinci gizli katta altı nöron kullanıldığı zaman elde edildiği görülmüştür. GY algoritması için parametre değerleri: İlk gizli kat için öğrenme katsayısı 0.3, ikinci gizli kat için 0.2 ve çıkış katı için 0.15 dir. Momentum katsayısı 0.4 olarak seçilmiştir.

Bu şartlar altında YSA'nın eğitilmesi sonucunda elde edilen test sonuçları Şekil 3'de gösterilmektedir. Şekil 3'de yatay eksen YSA'yı test etmede kullanılan test verilerini, düşey eksen ise bu verilerin hangi tipteki uçağa ait olduğunu göstermektedir. Daha önce de belirtildiği gibi YSA'yı test etmek amacıyla 2767 veri kümesi kullanılmıştır. Test amacıyla kullanılan veriler rasgele belirlendiği için her bir hedef için kullanılan test verisi sayısı farklıdır. Şekil 3'den de açıkça görülebileceği gibi gerçek uçak radarlarından alınan verilerle yapılan YSA ile eğitime işlemi sonucunda altı farklı uçağın tipi başarıyla tespit edilmiştir.



Şekil 3 Hedef tipi belirlenmesi için YSA test verisi sonuçları

#### 4. SONUÇ

Gürültülü çevrelerde radar hedef tipi belirleme özellikle askeri amaçlı uygulamalar için oldukça önemli bir problemdir. Bu çalışmada altı farklı gerçek uçağın tipi, YSA'lar kullanılarak başarılı bir şekilde belirlenmiştir. YSA'yı eğitime işlemi off-line olarak gerçekleştirilmiştir. Uygun VLSI gerçekleştirilerek YSA'nın gerçek zaman (real-time) performansı da belirlenebilir. Burada kullanılan YSA modelinin avantajları, kolaylıkla uygulanabilmesi ve elde edilen sonuçların doğruluğudur. Mühendislik uygulamaları için, basit modeller oldukça kullanışlıdır. Bu sebeple bu çalışmada verilen YSA modeli, mühendisliğin birçok alanında farklı amaçlar için kullanılabilir.

#### KAYNAKLAR

- [1] Baum C. E., The singularity expansion method, in Transient Electromagnetic Fields, L.B. Felsen, Ed. New York: Springer-Verlag, 1976. Ch. 3, pp 129-179.
- [2] Rumelhart, D.E. and McClelland, J. L., Parallel distributed Processing, Vol. 1, MIT Press, Cambridge, (1986)
- [3] Maren, A., Harston, C. and Pap., R., Handbook of neural computing applications, Academic Press, London, ISBN 0-12-471260-6. (1990)
- [4] Sagioglu, S. and Güney, K., Calculation of Resonant Frequency for an Equilateral Triangular Microstrip Antenna Using Artificial Neural Networks, Microwave Opt. Technol. Lett., 14, no.2, 89-93, (1997).
- [5] Sagioglu, S., Güney, K., and Erler, M., Resonant Frequency Calculation for Circular Microstrip Antennas Using Artificial Neural Networks, Int. J. of RF Microwave and Millimeter Wave Computer Aided Engineering, 8, 270-277, (1998).
- [6] Sagioglu, S., Güney, K. and Erler, M., Calculation of Bandwidth for Electrically Thin and Thick Rectangular Microstrip Antennas with the Use of Multilayered Perceptrons, Int. J. of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 9, 277-286, (1999).
- [7] Karaboga, D., Güney, K., Sagioglu, S. Erler M., Neural Computation of Resonant Frequency of Electrically Thin and Thick Rectangular Microstrip Antennas, IEE Proceedings-Microwaves, Antennas and Propagation, Pt.H., 146, 155-159, (1999).
- [8] Blair, W.D., Watson, G.A., Kirubarajan, T. Bar-Shalom, Y., Benchmark for Radar Allocation and Tracking in ECM, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 34, 4, 1097-1114, (1998).