

Akıllı Anten Dizileri ile Hedef İzlemede Yapay Sinir Ağları Kullanan Yeni bir Sistem

Selçuk Çaylar, Kemal Leblebicioğlu, Gülbin Dural
ODTÜ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü

06531, Ankara

caylar@napma.nato.int, kleb@metu.edu.tr, gulbin@metu.edu.tr

Özet: Bu çalışmada akıllı anten dizileri ile hedef izlemede yapay sinir ağları kullanan yeni bir algoritma önerilmektedir. Bu algoritma, (Modified Neural Multiple Source Training, MN-MUST) hedef tespit etme, filtreleme ve geliş yönünü bulma olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada daha önce literatürde yer alan N-MUST algoritmasına benzer bir şekilde yapay sinir ağları eğitilmekte, ikinci aşamada bir konumsal filtre uygulaması ile ilgilenilen bölgenin dışında kalan bölgelerden gelen sinyaller elenmekte, üçüncü aşamada ise geliş yönü kestirimi yapılmaktadır. İkinci aşamada yer alan filtreleme, özellikle birden fazla açısız bölgede kaynak bulunması durumunda algoritmanın performansını büyük ölçüde iyileştirmektedir. Ayrıca yön kestirim aşamasında da matris boyutları önemli ölçüde küçülmüş ve işlem zamanı düşmüştür.

1. Giriş

Geliş yönü kestirimi ve hedef izleme problemleri üzerinde uzun yıllardır çalışılmakta olup bu konuda birçok algoritma geliştirilmiştir [1] - [5]. Bu algoritmaların bir çoğunun uzun hesaplama süreleri gerektirmeleri nedeniyle gerçek zamanda uygulanmaları zorluklar taşımaktadır. Son yıllarda yapay sinir ağları içeren algoritmalar, geliş yönü kestirimi ve hedef izleme problemlerinde kullanıldıkları zaman hesaplama süresinde sağladıkları hız nedeniyle önem kazanmışlardır.

Yakın zamanda yayınlanan bir çalışmada, çoklu hedeflerden geliş yönü kestiriminde yapay sinir ağları kullanan bir algoritma (Neural-Multiple Source Training, N-MUST) yer almıştır [1]. Bu çalışmada anten görüş alanını açısız bölgelere ayırıp önce eğiten, daha sonra da o bölgedeki kaynaklardan gelen sinyalleri tespit eden yapay sinir ağlarına dayalı iki aşamalı bir sistem önerilmiştir. İlk aşamada elde edilen sonuçlara göre ikinci aşamada ilgili bölgeler aktif hale getirilerek hedefin yeri tespit edilebilmektedir. N-MUST algoritmasının en önemli katkısı eğitim matrisinin daha küçük olması ve dizi eleman sayısından daha çok sayıda hedefi tespit edebilmesidir.

Bu çalışmada önerilen algoritma (Modified Neural Multiple Source Training, MN-MUST) hedef tespit etme, filtreleme ve geliş yönünü bulma olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada N-MUST algoritmasına benzer bir şekilde yapay sinir ağları eğitilmekte, ikinci aşamada bir konumsal filtre uygulaması ile ilgilenilen bölgenin dışında kalan bölgelerden gelen sinyaller elenmekte, üçüncü aşamada ise geliş yönü kestirimi yapılmaktadır. İkinci aşamada yer alan filtreleme, özellikle birden fazla açısız bölgede kaynak bulunması durumunda algoritmanın performansını büyük ölçüde iyileştirmektedir. Ayrıca yön kestirim aşamasında da matris boyutları önemli ölçüde küçülmüş ve hata oranı düşmüştür.

Algoritma değişik senaryolara uygulanarak literatürde bulunan sonuçlarla karşılaştırılmış, gerek başarımlar gerekse süre açısından gerçek zamanda hedef izleme probleminde doğru ve hızlı sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir.

2. Yapay Sinir Ağları ile Yön Bulma

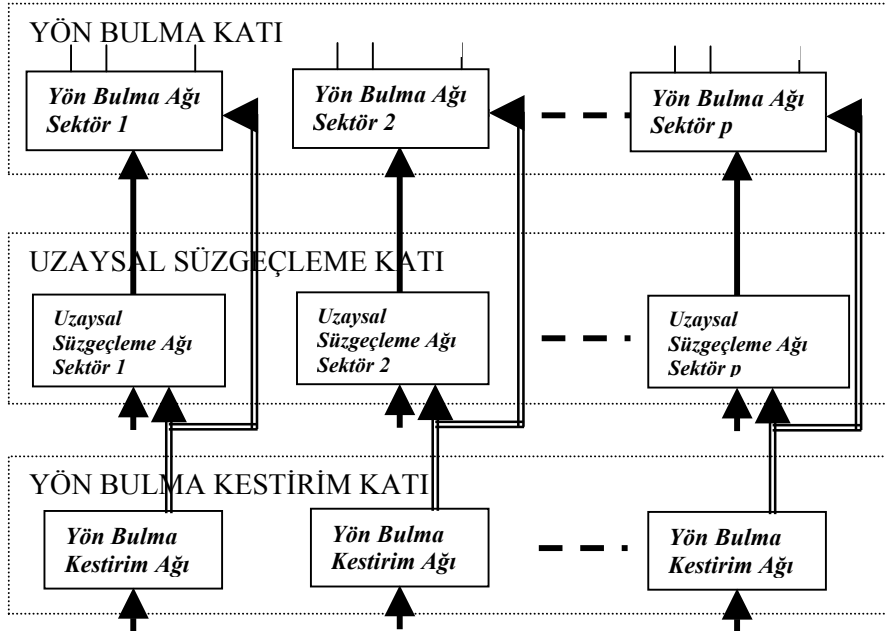
Bu çalışmada yön bulma konusunda daha önce literatürde yer alan çalışmalara [2] benzer bir yaklaşım izlenmiştir. Genel olarak dizi işleme algoritmaları, geliş yönü bulma amaçlı uygulamalarda, gerçek dizi çıktısı yerine yeterli bilgi içeriyor olmasından dolayı ilinti matrislerini kullanmaktadırlar. Anten dizisi çıktısını $X(t)$ ile gösterdiğimiz zaman ilinti matrisi, R aşağıdaki gibi verilmektedir.

$$R = E\{X(t)X(t)^H\} = \frac{1}{P} \sum_{l=1}^P X\left(\frac{2\pi}{P}l\right)X\left(\frac{2\pi}{P}l\right)^H \quad (1)$$

Hesaplamalarda R matrisinin tümü yerine herhangi bir satırının kullanılması yeterli olmakta, bu ise daha küçük boyutlu yapay sinir ağları kullanılmasına imkan vermekte ve algoritmanın performansını iyileştirmektedir. Örneğin $8 \times 8 = 64$ elemanlı bir dizi kullanıldığı zaman N-MUST ve MN-MUST algoritmalarına ait olan yapay sinir ağlarının çıktı boyutlarının aynı olmasına karşın girdi boyutları N-MUST için 4160, MN-MUST için 127 olmuştur.

3. MN-MUST Algoritması

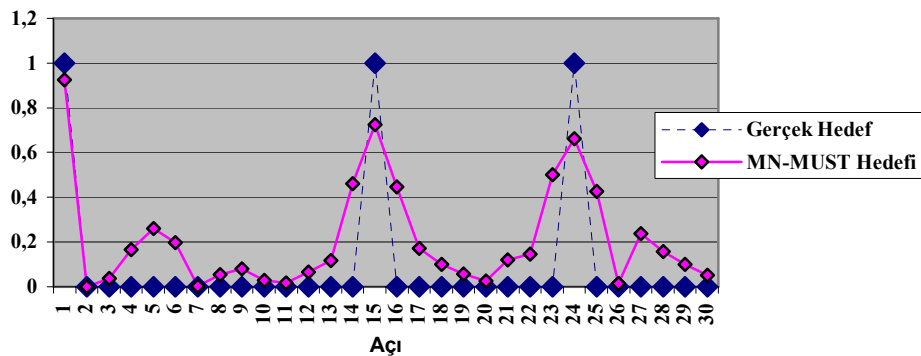
MN-MUST algoritması, hedef tanıma, süzgeçleme ve DOA kestirim olmak üzere 3 katmandan oluşmaktadır (Şekil 1). İlk katmanda, N-MUST algoritmasına [1] benzer biçimde, ancak daha az sayıda girdi kullanarak, ışınsal temelli yapay sinir ağları eğitilmektedir. Daha sonra gelen uzaysal süzgeçleme aşaması bu çalışmanın özgün katkısıdır. Temel olarak bant geçiren süzgeçler kullanılarak, algoritmanın içinde hedef bulunan sektörlerle, diğerlerinden bağımsız olarak odaklanabilmesi sağlanmıştır. Üçüncü katmanda, yön bulma amaçlı çok katmanlı yapay sinir ağları eğitilmiştir. Burada da, kullanılan yapay sinir ağlarının boyutları, bilinen diğer yöntemlerdekine göre büyük ölçüde küçülmüştür.



Şekil 1. MN-MUST hedef izleme sistemi.

4. Uygulamalar

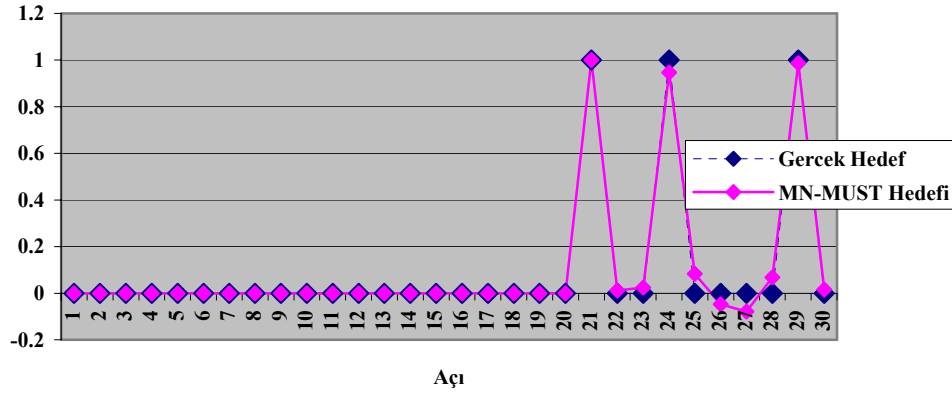
MN-MUST algoritmasının 1 ile 30 derece arasındaki 30 derecelik bölgeye uygulaması yapılmıştır. 1-30 derece arası önce 1-10, 11-20 ve 21-30 derece olmak üzere 3 ana sektöre ayrılmıştır. Sektörlerin içerisindeki açılar birer derece aralıklara bölünmüştür. MN-MUST algoritmasının her üç katmanı 3 farklı hedefin bir birinden en az bir derece olmak üzere farklı şekillerde yerleşmesi durumuna göre eğitilmiştir. Eğitilen katmanlar tarafından, rasgele seçilen hedefleri bulunması uygulamalarına geçilmiştir. Bu uygulamalar için 3 elemanlı anten dizini kullanılmıştır. İlk uygulamada her üç sektöre hedef yerleştirilmiştir. MN-MUST Algoritması hedeflerin bulundukları açıları tespit etmek için ilk aşamada yön bulma kestirme katını kullanmış bu aşamada her üç sektörde hedef bulunduğunu saptamıştır. İkinci aşamada ise hedef bulunan sektörler için uzaysal süzgeçleme katını kullanarak diğer sektördeki hedefler elenmiştir. Üçüncü ve son aşamada ise her bir sektördeki hedeflerin bulundukları açıları tespit edilmiş olup sonuçları Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. 3 elemanlı anten dizini ile 3 hedefin bulunması. Hedefler 1, 15 ve 24 derecelere yerleştirilmiştir.

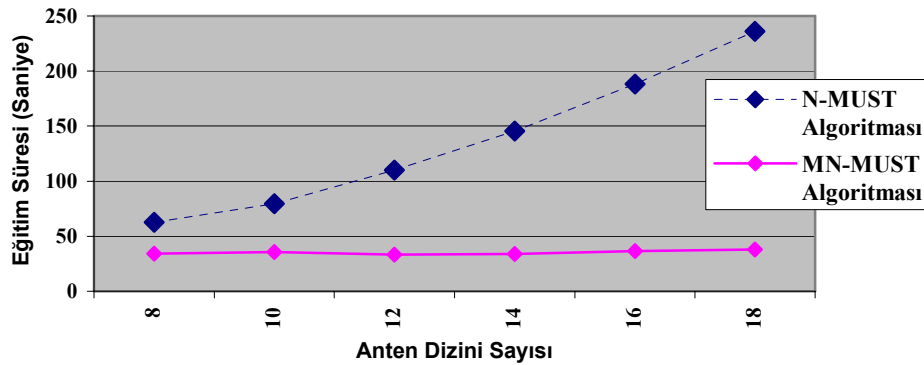
İkinci uygulamada ise aynı sektöre (21- 30 derece) üç hedef yerleştirilmiştir. MN-MUST algoritması ilk aşamada hedeflerin sadece 21-30 derece sektöründe olduklarını tespit etmiştir. İkinci aşamada ise hedefler aynı sektörde

oldukları için uzaysal süzgeçleme katı kullanılmamıştır. Birinci aşamayı müteakip hedeflerin bulundukları açılar tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. 3 elemanlı anten dizini ile aynı sektördeki 3 hedefin bulunması. Hedefler 21, 24 ve 29 derecelere yerleştirilmiştir.

Her üç katmanda için yapay sinir ağlarının eğitilmesi ve çalıştırılması aşamaları için N-MUST ve MN-MUST algoritmaları karşılaştırılmıştır. N-MUST ve MN-MUST algoritmalarına ait olan yapay sinir ağlarının çıktı boyutlarının aynı olmasına karşın girdi boyutları N-MUST için anten dizini sayısı n olduğunda $n(n+1)$ olmakta, MN-MUST algoritması için ise $2n-1$ olmaktadır. Çıktı boyutları ise her iki algoritma için aynıdır. Değişik sayıda anten dizinileri için her iki algoritma ile yapay sinir ağları eğitilmiş ve eğitim süreleri Şekil 4’de verilmiştir. MN-MUST algoritması aynı performansı daha kısa sürede vermekte olup anten dizini sayısı arttığında eğitim süresi arasındaki fark açılmaktadır.



Şekil 4. MN-MUST algoritmasının N-MUST algoritması ile değişik sayıda anten dizini ile eğitim süresi karşılaştırılması

5. Sonuç

Bu çalışmada verilen MN-MUST algoritması ile gerçek zamanlı hedef tespit edebilme için tespit süresi küçültülmüş birden çok sektörde hedef olması durumunda hedef bulunan sektörlerin birbirine etkileri uzaysal süzgeçleme katı ile giderilmiştir. Uygulama sonuçları MN-MUST algoritmasının gerçek senaryolarda uygulanabileceğini ve diğer algoritmalarından daha hızlı sonuç vereceğini göstermiştir.

Kaynaklar

- [1] A. H. El Zooghby, C. G. Christodolu, ve M. Georgiopoulos, “A Neural network-based smart antenna for multiple source tracking,” IEEE Trans. on Antennas and Propagat, cilt 48, no. 5, sf. 768-776, Mayıs 2000.
- [2] L. Long and L. Y. Da, “Real-time computation of noise subspace for the MUSIC algorithm,” in Proc. ICASSP, cilt. 1, sf. 485-488, 1993.
- [3] D. Goryn and M. Kaveh, “Neural networks for narrowband and wide-band direction finding,” in Proc. ICASSP, sf. 2164-2167, 1988.
- [4] A. H. El Zooghby, C. G. Christodolu, and M. Georgiopoulos, “Performance of radial-basis function networks for direction of arrival estimation with antenna arrays,” IEEE Trans. on Antennas and Propagat., cilt 45, no. 11, sf. 1611-1617, Kasım 1997.
- [5] A. H. El Zooghby, C. G. Christodolu, and M. Georgiopoulos, “Neural network-based adaptive beamforming for one- and two- dimensional antenna arrays,” IEEE Trans. on Antennas and Propagat., cilt 46, no. 12, sf. 1891-1893, Aralık 1998.