

BULANIK SİNİR AĞI TABANLI ESNEK ANAHTARLAMALI KARMA SÜZGEÇ

Hasan ZORLU¹, Şaban ÖZER^{2,†}

^{1,2}Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri
e-posta: hzorlu@erciyes.edu.tr, sozer@erciyes.edu.tr

ABSTRACT

In this paper, a new soft switching operator based on neuro-fuzzy network in α -stable noisy environments is proposed. The proposed operator is a hybrid filter obtained by appropriately combining an adaptive Finite Impulse Response (FIR) filter, an adaptive weighted Myriad filter and a neuro-fuzzy network. The proposed model were tested with α -stable noise signal and compared with adaptive FIR and adaptive weighted myriad filters. The proposed method is illustrated by simulations. These simulations indicate that the performance of proposed model is better than FIR and Myriad filters.

Anahtar sözcükler: Myriad süzgeç, Bulanık Sinir Ağı, Esnek Anahtarlama.

1. GİRİŞ

İstatistiksel işaret işleme probleminde en iyi çözümü elde etmek için genel yaklaşım, probleme ait belirli işaret ve gürültü modellerinin oluşturulması şeklindedir. Ancak bu yaklaşım kullanılarak elde edilen en iyi çözümde küçük sapmalar göz ardı edilmektedir. Klasik istatistiksel işaret işleme teorisinde istatistiksel karakteristiklerin modellenmesinde Gaussian modeller sıklıkla kullanılmaktadır. Gaussian model bazı gerçek dünya işlemleri için geçerli olmaktadır. Ancak gerçek hayatta bir çok Gaussian olmayan durum meydana gelmektedir. Örneğin, fiziksel işlemlerin büyük bir kısmı doğada dürtü şeklinde olup Gaussian olmayan dağılımlarla daha kesin bir şekilde modellenebilmektedir. Dürtü işaretleri ve gürültüleri, bir veri dizisi içerisinde, keskin, sivri veya arada sırada oluşan durumlar şeklinde karakterize edilmektedir. Dürtü işlemlerine örnek olarak, radyo hatlarında meydana gelen atmosferik gürültü, okyanus akustik gürültüsü ve telefon kanallarında anahtarlama geçişleri esnasında oluşan gürültüler, verilebilir [1,2]. Sistemler, Gaussian olmayan gürültülü durumlarda Gaussian modellerle optimize edildiğinde performans

düşmesi olmaktadır [2]. Örnek olarak, doğrusal bir süzgeç ile süzgeçlenen herhangi bir veri dizisi içinde aykırı değerlerin olduğu durumlarda, süzgeç performansı düşmektedir. Dürtü gürültüsü ile mücadele etmek için güçlü istatistik (robust statistics) teorisine dayanan bir çok teknik geliştirilmiştir [3,4]. Son yıllarda, dürtü gürültülü işlemlerin tam bir modeli olarak kabul edilen α -sabitli dağılıma dayalı işaret işleme çalışmaları önemli ölçüde artmaktadır [5]. α -sabitli gürültü α 'nın $0 < \alpha \leq 2$ şeklindeki değişimine bağlıdır. Burada $\alpha=1$ durumunda oluşan gürültü Cauchy dağılımlı, $\alpha=2$ durumunda oluşan gürültü ise Gaussian dağılımlıdır. α -bağımlı gürültü $\Phi(\omega) = e^{-\gamma|\omega|^\alpha}$ şeklinde bir karakteristik fonksiyona sahiptir. Burada γ dispersiyon parametresi ve α karakteristik değişkendir. Myriad süzgeç yapısı son yıllarda, dürtü gürültülü ortamlar (özellikle α -sabitli gürültü) için güçlü bir doğrusal olmayan süzgeç yapısı olarak kullanılmaktadır [6]. Bu süzgeç yapısı haberleşme, işaret ve görüntü işleme alanlarına başarıyla uygulanmıştır [6-9].

Bu çalışmada, sayısal işaretlerden α -sabitli gürültüyü gidermek için uyarlanabilir FIR süzgeç, uyarlanabilir ağırlıklandırılmış Myriad süzgeç ve Bulanık Sinir Ağı (BSA) tabanlı esnek anahtarlama mekanizmasından oluşan karma bir süzgeç sunulmaktadır. Sunulan süzgecin başarımı alfa sabitli gürültülü durumda test edilmiş ve uyarlanabilir sonlu impuls cevaplı (FIR) süzgeç ve uyarlanabilir ağırlıklandırılmış Myriad süzgeç başarımları ile karşılaştırılmıştır. Benzetim sonuçları, önerilen karma süzgecin, FIR süzgeç ve Myriad süzgeçlere göre daha iyi performans verdiğini göstermektedir.

2. MYRIAD SÜZGEÇ YAPISI

Myriad süzgeç yapısı son yıllarda, α -sabitli gürültü ortamlar için güçlü bir doğrusal olmayan süzgeç yapısı olarak kullanılmaktadır [6]. Bu süzgeç yapısı haberleşme, işaret ve görüntü işleme alanlarına başarıyla uygulanmıştır [6-9] Myriad süzgeç yapısı

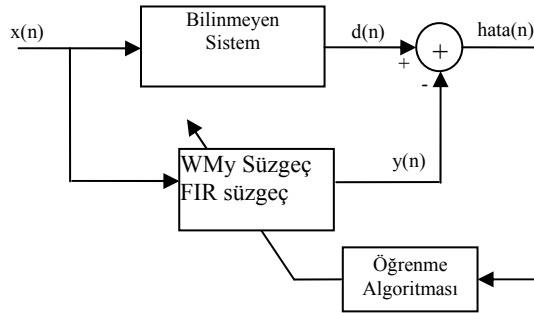
[†] Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından FBA-04-22 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

$$\beta_K = \text{myriad}(K; x_1, x_2, \dots, x_N) = \arg \min \sum_{i=1}^N \log [K^2 + (x_i - \beta^2)] \quad (1)$$

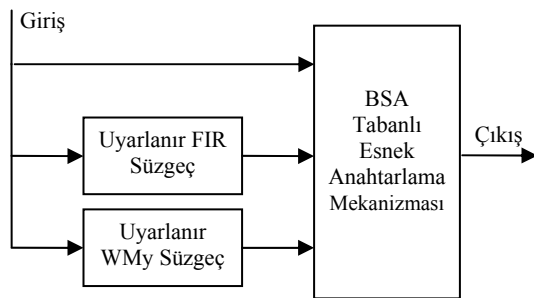
şeklinde bir amaç (cost) fonksiyonuna sahiptir. Oluşacak olan myriad değeri, fonksiyonu minimum yapan β değeridir. Burada N, süzgeç uzunluğu, x_i giriş verilerinden alınan örnek veri değerleri, K ise doğrusallık faktörüdür. Ağırlıklandırılmış myriad süzgeç yapısı, myriad süzgeç yapısında yer alan giriş örneklerinin pozitif ağırlıklandırılması ile daha genel hale getirilmiş halidir. Ağırlıklandırılmış myriad süzgeç yapısı

$$\beta_K = \text{myriad}(K; w_1 \circ x_1, w_2 \circ x_2, \dots, w_N \circ x_N) = \arg \min \sum_{i=1}^N \log [K^2 + w_i (x_i - \beta^2)] \quad (2)$$

şeklinde bir amaç fonksiyonuna sahiptir. Ağırlıklandırılmış myriad süzgeç yapısı daha çok uyarlanabilir yapıda kullanılır [6-9]. Yani ağırlık değerlerinin bulunabilmesi için öğrenme algoritmalarına ihtiyaç duyar. Bilinmeyen bir sistemin WMy süzgeç kullanılarak adaptif olarak modellenmesinin blok şeması Şekil 1' de gösterilmektedir.



Şekil-1. WMy ve FIR süzgeç kullanılarak uyarlanabilir modelleme



Şekil-2. BSA tabanlı Esnek Anahtarlama Mekanizması (EAKS) modeli

3. BSA TABANLI ESNEK ANAHTARLAMALI KARMA SÜZGEÇ MODELİ

Yapay zeka teknikleri öğrenme, genelleme yapma, kolaylıkla farklı problemlere uygulanabilme ve gürültüye karşı toleranslarından dolayı farklı problemlerin çözümünde sıklıkla kullanılmaktadır [10]. Bazı yapay zeka parametrelerinin sisteme

bağımlı olarak doğru şekilde seçilmesi ve çeşitli deneme-yanılma işlemlerinin yapılması bu yaklaşımlarda karşılaşılan güçlüklerdir. Yapay zeka tekniklerinden olan Yapay Sinir Ağı (YSA) ve Bulanık Mantık tekniklerinin her ikisi de temel olarak insan beyninin çalışma mantığına dayanmaktadır. Bu sistemler insan beyninin sonuç çıkarma mekanizmasını taklit etmektedirler. Her iki teknik de kontrol edilecek sistemin matematiksel modeline ihtiyaç duymadıklarından dolayı karmaşık ve doğrusal olmayan sistemleri yeterli doğruluk dereceleriyle modelleyebilirler [11].

Bulanık mantık kontrolü, sağduyuya dayalı kurallar kullanılarak sistemleri tanımlar ve kontrol eder. Bulanık mantıkta matematiksel değişkenler yerine insanın karar verme mekanizmasını taklit edecek şekilde kelimelerle ifade edilen değişkenler kullanılır. Geleneksel mantıkta bir değişkenin gerçeklik değeri ya '1' ya da '0' olabilir. Ancak bulanık mantıkta bu değer 0 ile 1 aralığı içindeki tüm değerleri alabilir. Bu değere üyelik değeri adı verilir. Bir girdinin hangi üyelik değerini alacağını belirleyen eğriler üyelik fonksiyonları olarak adlandırılır. Kullanılan matematiğin basit olması, doğrusal olmayan sistemleri modelleyebilme yeteneği, günlük dile dayalı olması, esnek olması (kesin sınırlardan oluşmaması), ve kesin olmayan bilgiye karşı toleranslı olması bulanık mantığa dayalı sistemlerin kullanımının getirdiği en önemli avantajlar arasındadır [11].

Yapay sinir ağları ise beynin fizyolojik yapısı temel alınarak tasarlanan sistemler olup birbirleriyle paralel çalışan çok sayıda basit işlemciden (nöron) oluşurlar. Bir sinir ağının davranış biçimini büyük oranda nöronlar arasındaki bağlantılar belirler; öğrenilen tüm bilgi bu bağlantılarda saklıdır. Yapay sinir ağları belirli bir işlevi yerine getirmek için eğitilebilirler ve bu eğitim bağlantıların değerlerini değiştirmekle sağlanır. Yapay sinir ağlarının geleneksel sistemlerden ayıran en önemli özellikleri öğrenme, genelleme yapabilme ve paralel çalışma özellikleridir. Bu özellikler yapay sinir ağlarına hız, hataya karşı tolerans ve verimlilik gibi avantajlar kazandırmaktadır [10].

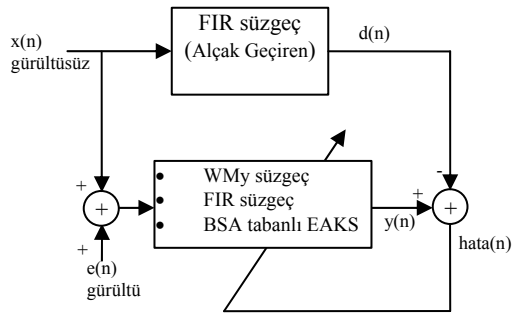
Yapay sinir ağlarının eğitim kabiliyeti ile bulanık mantığın sonuç çıkarım mekanizmasının birleşmesinden elde edilen sistemler ise bulanık sinir ağları (BSA) olarak adlandırılır. Bu çalışmada, sayısal işaretlerden α -sabitli gürültüyü gidermek için BSA tabanlı esnek anahtarlama karma süzgeç (EAKS) modeli gerçekleştirilmiş olup blok şeması Şekil 2' de verilmiştir.

4. BENZETİM ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada sayısal işaretlerden dürtü gürültü işaretinin giderilmesi için BSA tabanlı EAKS modeli sunulmuştur. Sunulan karma süzgecin performansı uyarlanabilir FIR süzgeç ve uyarlanabilir WMy süzgeçlerle karşılaştırılmıştır. Benzetim çalışmaları esnasında kullanılan uyarlanabilir FIR süzgeç, uyarlanabilir WMy süzgeç ve sunulan BSA tabanlı EAKS yapılarının

eğitim modeli Şekil 3'te verilmektedir. Şekil 3'te görüldüğü gibi istenilen işaret $d(n)$, giriş işareti $x(n)$ 'in alçak geçiren FIR süzgeçten geçirilmesi ile elde edilmiştir ve Şekil 5'de verilmektedir. Alçak geçiren FIR süzgeç $\pi/50$ kesim frekansında ve $N=11$ pencere uzunluğuna sahiptir. Optimizasyonda kullanılacak olan giriş işareti $x(n)=\sin[w(n)]$, $n=0,1,\dots,L-1$, ve $w(n)=(\pi/3)\cdot[L/(L-1)]\cdot[n/L-1]^2$ radyan frekansına sahip bir işarettir ve Şekil 4'de verilmektedir.

Uyarlanırlı FIR ve WMy süzgeçlerin optimizasyonu blok olarak Şekil 1'de görülmektedir. Burada FIR süzgeç optimizasyonunda öğrenme algoritması olarak LMAD algoritması [9], WMy süzgeç optimizasyonunda ise [9] nolu referansta Kalluri ve Arce tarafından geliştirilen algoritma kullanılmıştır. Bu iki süzgecin eğitimi esnasında giriş işareti olarak Şekil 4'teki giriş işaretine, parametreleri $\alpha = 1.6$ ve $\gamma = 0.01$ olarak seçilen α -sabitli gürültü işareti eklenmiş ve çıkış olarak yine Şekil 5'de verilen işaret kullanılmıştır. Sunulan EAKS modelinin blok şeması Şekil 2' de verilmektedir. Bu şekle göre uyarlanırlı FIR süzgeç çıkışı, WMy süzgeç çıkışı ve giriş işareti, BSA'nın girişine beslenmektedir. Kullanılan BSA yapısı 3 giriş ve 1 çıkıştan oluşan birinci derece Sugeno tipi bulanık sinir ağıdır. Bu ağın her bir girişinde 2 adet Gaussian tipi üyelik fonksiyonu, çıkışında ise doğrusal üyelik fonksiyonu bulunmaktadır. BSA yapısı en küçük kareler metodu ile geri yayılım algoritmasının birleşiminden oluşan Hybrid algoritma olarak adlandırılan eğitim algoritması ile eğitilmiştir. Süzgeçlerin başarımlarının test edilmesi için yapılan işlem esnasında kullanılan giriş işareti süzgeçlerin eğitimi için kullanılan işaret (Şekil 4) ile aynıdır. Ancak test işlemi esnasında giriş işaretine eklenen gürültü işareti parametreleri $\alpha = 1.4$ ve $\gamma = 0.01$ olarak seçilmiştir ve Şekil 6'da verilmektedir. Yapılan test işlemi sonucunda uyarlanırlı FIR süzgeç çıkışı, WMy süzgeç çıkışı ve önerilen EAKS model çıkışının istenilen cevaba göre davranışları Şekil 7, 8 ve 9'da gösterilmiştir.

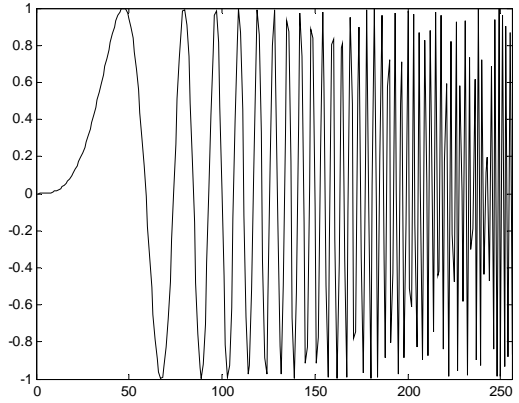


Şekil-3. Benzetim çalışmaları esnasında kullanılan eğitim modeli

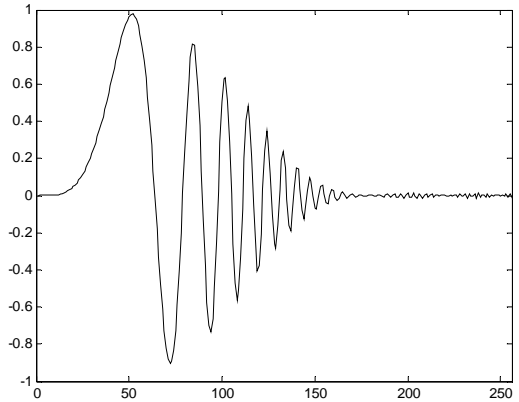
5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sayısal işaretlerden α -sabitli gürültüyü gideren Bulanık Sinir Ağı (BSA) tabanlı esnek anahtarlama yeni ve basit bir karma süzgeç önerilmiştir. Karma süzgeç, bir uyarlanırlı FIR süzgeç,

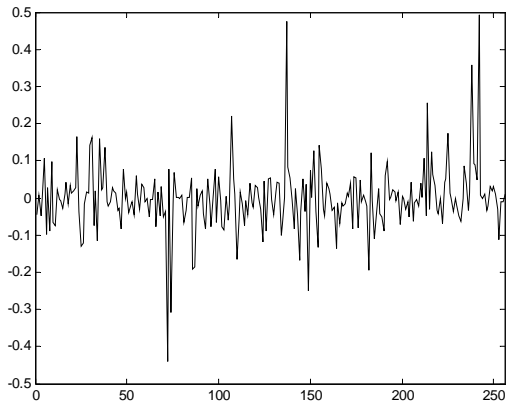
bir uyarlanırlı ağırlıklandırılmış Myriad (WMy) süzgeç ve bir BSA tabanlı esnek anahtarlama mekanizmasından oluşmaktadır. Sunulan süzgecin başarımları α -sabitli gürültülü durumda test edilmiş ve uyarlanırlı FIR süzgeç ve uyarlanırlı WMy süzgeç başarımları ile karşılaştırılmıştır. Şekil 7, 8 ve 9'dan hareketle önerilen yöntemin çok daha iyi sonuç verdiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak, önerilen modelin sistemin girişine eklenen α -sabitli gürültüden, FIR ve WMy süzgeçlere göre daha az etkilendiği ve istenilen çıkışa daha çok yakınsadığı görülmektedir.



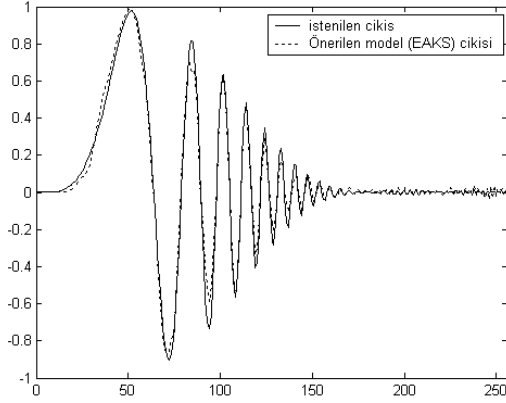
Şekil-4. Giriş işareti



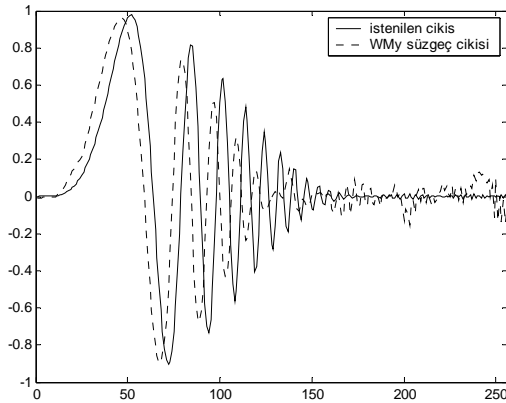
Şekil-5. İstenilen işaret



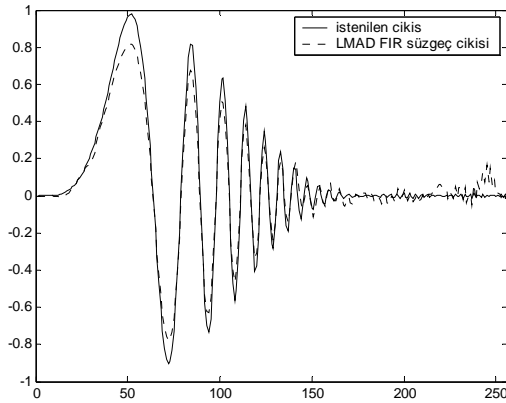
Şekil-6. Test işleminde giriş işaretine eklenen α -sabitli gürültü işareti



Şekil-7. İstenilen işaret ile EAKS modelinin çıkışı



Şekil-8. İstenilen işaret ile uyarlanı WMy süzgecin çıkışı



Şekil-9. İstenilen işaret ile uyarlanı FIR süzgecin çıkışı

KAYNAKLAR

- [1] Shinde M. P. ve Gupta S. N., "Signal detection in the presence of atmospheric noise in tropics," *IEEE Trans. Commun.*, 22, s. 1055-1063, 1974.
- [2] Huber P. J., *Robust Statistics*. New York: Wiley, 1981.
- [3] Hampel F. R., Ronchetti E. M., Rousseeuw P. J., ve W. A. Stahel, *Robust Statistics: The Approach Based on Influence Functions*. New York: Wiley, 1986.
- [4] Nikias C. L. ve Shao M., *Signal Processing with*

Alpha-Stable Distributions and Applications. New York: Wiley, 1995.

- [5] Samorodnitsky G. ve Taqqu M. S., *Stable Non-Gaussian Random Processes*. New York: Chapman & Hall, 1994.
- [6] Kalluri, S., *Nonlinear Adaptive Algorithms For Robust Signal Processing and Communications In Impulsive Environments*, Doktora Tezi, University Of Delaware, 1998.
- [7] Gonzalez, J.G., Griffith, D.W., Arce, G.R., "Matched Myriad Filtering For Robust Communications", *In Proc. Of The 1998 Conf. on Information Science and Systems*, Princeton University, 1998.
- [8] Kalluri, S., Arce, G.R., "A General Class Of Nonlinear Adaptive Filtering Algorithms", *IEEE Trans. on Signal Processing*, 47, s. 2262-2272, 1999.
- [9] Kalluri, S., Arce, G.R., "Adaptive Weighted Myriad Filter Algorithms For Robust Signal Processing In α -Stable Noise Environments", *IEEE Trans. on Signal Processing*, 46, s. 322-334.
- [10] Haykin, S., *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Macmillan College Publishing Company, New York, USA, ISBN 0-02-352761-7, 1994
- [11] Jang J.T.R., Sun C.T., and Mizutani E., 1997, *Neuro-Fuzzy and soft computing*. PTR Prentice Hall, 1997.