

EEG İŞARETLERİNİN AYRIŞTIRILMASINDA, ALTUZAY YÖNTEMLERİNİN KULLANILMASI

USAGE OF SUBSPACE METHODS IN EEG SIGNAL DECOMPOSITON

Ahmet ALKAN*

ÖZET

Electroensefalogram (EEG) işaretleri beyin yüzeyinden algılanan düşük genlikli biyoelektrik işaretler olup, beyin fonksiyonları hakkında çok miktarda bilgi içermektedir. Bu sebeple, EEG işaretleri özellikle tıp'ta bir çok beyin rahatsızlıkları nın teşhisinde yaygın olarak kullanılır. Bu çalışmada, sağlıklı ve hasta (epilepsi şikayeti olan) kişilerden toplanan EEG işaretlerinin spektrumlarının incelenmesinde, altuzay yöntemlerinden MUSIC (Multiple Signal Classification) ve özvektör (Eigenvektor:EV) yöntemleri kullanılmıştır. Bir karşılaştırma yapabilmek için elde edilen spektrumlar, klasik yöntemlerden Welch yöntemi ile frekans çözünürlüğü ve frekans içeriğinin belirlenmesini kolaylaştıran etkiler açısından karşılaştırılmıştır. Net bir sonuç alabilmek amacıyla yöntemler önce gerçek EEG işaretlerine uygulanmış daha sonra da frekans içeriği bilinen simüle işaretlere uygulanarak karşılaştırma yapılmıştır. Elde edilen spektrumlar incelendiğinde EEG'de frekans analizi yapılmasında alt uzay yöntemlerinin kullanılmasının daha iyi frekans çözünürlüğü verdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : EEG, Frekans Çözünürlüğü, Altuzay Yöntemleri, Welch Yöntemi.

ABSTRACT

Electroencephalograph (EEG) signals perceived from the surface of the brain are bioelectric signals with low amplitudes. Careful analyses of the EEG records can provide valuable insight and improved understanding of the mechanisms causing brain disorders.

* Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yaşar Üniversitesi, Bornova 35500, İzmir. ahmet.alkan@yasar.edu.tr

There fore it is used in neurology for diagnosis of brain disorders in medicine. In this study, EEG signals recorded from both epileptic patients and normal subjects are analyzed to detect the frequency content of it by using the subspace methods (MUSIC and Eigenvector method). These power spectra were then used to compare with the classical Welch method in terms of their frequency resolution and the effects in determination of frequency content of the signals. To get the net results the proposed methods are applied to simulated signals which the frequency components are known. If the obtained spectrums are examined, it can be say that subspace methods give better frequency resolution.

Key Words : EEG; Frequency Resolution; Subspace Methods; Welch Methods.

GİRİŞ

EEG işaretleri beyin yüzeyin den elektrotlarla algılanan düşük genlikli biyoelektrik işaretleridir. İnsan beyni gibi merkezi sinir sisteminin merkezinden algılanan bu işaretlerde çok miktarda bilgi saklandığı bilinmektedir. Ancak beynin kompleks yapısı ve kontrol ettiği karmaşık işlemlerle birlikte, algılanan işaretlerin düşük genlikli olması bu bilgilere ulaşılmasını zorlaştırmaktadır. Günümüzde başta epilepsi olmak üzere beynin bir çok rahatsızlık ve zihinsel süreçlerinin izlenmesinde en ucuz ve hastaya acı vermeyen bir yöntem olarak EEG incelemesi önemini korumaktadır.

Bu sebeple nöroloji kliniklerinde EEG cihazı beyin rahatsızlıklarının gözlenmesinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat uzmanların bu bilgileri değerlendirme ve sınıflandırma imkanları sınırlıdır. Uzmanların yaptığı değerlendirmelerde kesin kıstasların olmaması EEG işaretlerinin görsel analizinin yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Rutin klinik teşhislerde EEG işaretlerinin analizine duyulan ihtiyaç, otomasyon ve bilgisayar tekniklerinin kullanımını zorunlu kılmıştır. Bu nedenle objektif bir değerlendirme yapabilmek için EEG işaretlerinin farklı yöntemlerle analiz edilmesi yoluna gidilmiştir. Son yıllarda geliştirilen bu yöntemlerin bazıları işaretlerin istatistiksel analizinin yapılmasında, diğerleri ise özel dalga şekillerinin belirlenip, ayrıştırılıp incelenmesinde kullanılmaktadır [1].

Bu çalışmada EEG işaretlerinin spektrumlarının incelenmesi için alt uzay yöntemlerden MUSIC ve özvektör yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemler kullanılarak elde edilen spektrumlar klasik yöntemlerden welch yöntemi ile elde edilen spektrumlarla frekans

çözünürlüğü ve frekans içeriğinin belirlenmesini kolaylaştıran etkiler açısından karşılaştırılmıştır.

EEG işareti geniş bir frekans bandına sahip olmakla birlikte, klinik ve fizyolojik ilgi 0.5 ile 30 Hz arasına yoğunlaşmıştır. Bu frekans aralığı aşağıda verildiği gibi belli frekans bandlarına ayrılmıştır [2]. Bu yaklaşım EEG spektrumunun temelde delta (0.5-4Hz), teta (4-8Hz), alfa (8-13 Hz) ve beta (13-30Hz) şeklinde dört frekans bandı içerdiği gözlemlerine dayanmaktadır [2].

Rutin klinik teşhislerde EEG işaretlerinin analizine duyulan ihtiyaç, otomasyon ve bilgisayar tekniklerinin kullanımını zorunlu kılmıştır. Bu nedenle objektif bir değerlendirme yapabilmek için EEG işaretlerinin farklı yöntemlerle analiz edilmesi yoluna gidilmiştir. Son yıllarda geliştirilen bu yöntemlerin bazıları işaretlerin istatistiksel analizinin yapılmasında, diğerleri ise özel dalga şekillerinin belirlenip, ayrıştırılıp incelenmesinde kullanılmaktadır. Bu yöntemlere örnek olarak frekans analizi, özilişki ve çapraz ilişki analizi, auto-regressive (AR) modelleme yöntemi ve dalga şekillerinin ayrıştırılması ve sınıflandırılması sayılabilir [1].

Belli spektral tahmin teknikleri geliştirilerek, standart HFD ile karşılaştırılmaktadır. Özbağlanımlı (AR) yöntem, model-tabanlı yöntemlerden olup, Burg ve Yule-Walker algoritmaları kullanılarak model parametreleri ve işaretin güç spektral yoğunluğu hesaplanmaktadır. Altuzay yöntemleri gürültülü işaretlerin güç spektral yoğunluğunu belirlemede kullanılan yöntemlerdir. Katlı işaret sınıflandırma (MUSIC) ve özvektör (eigenvektör :EV) yöntemleri bu kategoride yer alan yöntemlerdendir. Bu yöntemler özellikle sinüzoidal işaretlerin spektrumunu oluşturulmasına uygundur ve özellikle düşük işaret gürültü oranlı, gürültüye gömülmüş sinüzoidlerin belirlenmesinde etkilidirler [3]. Welch yöntemi klasik spektral analiz yöntemlerinden olup, hızlı Fourier dönümü temelli, iyileştirilmiş periodogramların ortalamasının alınmasına dayanır.

MATERYAL ve YÖNTEM

MATERYAL

EEG VERİ TOPLAMA

Çalışmada kullanılan EEG verileri değişik yaşlardan sağlıklı ve hasta (epilepsi geçiren) kişilere aittir. Mevcut EEG verileri kişisel bilgisayar ortamında analiz edilmiştir. Kullanılan EEG işaretleri 23.6 saniyelik bölümler halinde olup, 173 Hz'lik örnekleme frekansıya örneklendirilmiştir. Uluslar arası 10-20 elektrot yerleştirme düzenine göre toplanmış olan veriler, 12 bitlik analog-sayısal dönüşümden sonra örneklendirilerek kaydedilmiştir. Veriler 0.53-40 Hz'lik band geçiren filtreden geçirilerek, EEG'deki klinik ilginin odaklandığı aralığın varlığı sağlanmıştır [4].

YÖNTEM

ALTUZAY YÖNTEMLERİ

Altuzay yöntemleri aynı zamanda yüksek çözünürlük yöntemleri olarak ta bilinmektedirler. Bu yöntemta bir işaretin korelasyon matrisinin eigenanalizi temelli frekans bileşeni tahminleri yapılır. Katlı işaret sınıflandırma(MUSIC) ve eigenvektör(EV) yöntemleri bu kategoride yer alan yöntemlerdendir. Bu yöntemler özellikle sinüzoidal işaretlerin spektra sının oluşturulmasına uygundur ve özellikle düşük işaret gürültü oranlı, gürültüye gömülmüş sinüzoidlerin belirlenmesinde etkilidirler.

MUSIC YÖNTEMİ

MUSIC (multiple signal classification) yöntemi Schmidt (R.O. Schmidt., 1986) tarafından önerilmiş bir altuzay frekans tahmincisi olup, gürültü altuzayına karşılık gelen tüm eigenvektörlerin ortalaması alınmış spektrumunu kullanarak, şüpheli (spurious) sıfırların etkisini ortadan kaldırır.

Güç spektral yoğunluğu (PSD) aşağıdaki ifadeden elde edilir.

$$P_{MUSIC} (f) = \frac{I}{1 / K \sum_{i=0}^{K-1} |A_i (f)|^2} \quad (1)$$

Burada K gürültü altuzayının boyutunu, $A_i(f)$ ise gürültü altuzayının tüm özvektörlerini ifade etmektedir [3, 5-8].

ÖZVEKTÖR YÖNTEMİ

Şüpheli sıfırları gerçek sıfırlardan ayırtetmek için, özvektör yöntemi şüpheli sıfırları birim çember içine zorlayarak, gürültü veya işaret altuzay özvektörlerinden istenen bir gürültü altuzay vektörü hesaplanmasını sağlar.

Özvektör yöntemiyle güç spektral yoğunluğu (GSY) aşağıdaki ifadeden elde edilir [3, 5-8].

$$P_{ev} (f) = \frac{I}{\left(\sum_{i=0}^{K-1} |A_i (f)|^2 / \lambda_i \right)} \quad (2)$$

WELCH YÖNTEMİ

Periodogram yöntemi Fourier dönüşümü temelli bir yöntem olup, klasik spektral kestirim yöntemi olarak bilinir. Bir EEG işaretinin periodogram yöntemi ile güç spektral yoğunluğunun elde edilmesi için, EEG işareti 64, 128, 256' ...lık şeklinde 2'nin üssü olacak şekilde çerçevelere bölünür.

Periodogramın iyileştirilmiş yapısı Welch tarafından önerilmiş olup, bu yöntem zaman serisi işaretin üst üste çakışada bilecek bölümlere ayrılır. Daha sonra da her bölümün iyileştirilmiş periodogramı alınıp, sonrada elde edilen bu bölümlere ait periodogramların ortalaması alınır.

İyileştirilmiş periodogramların ortalaması tüm verinin tek bir periodogram kestirimine göre varyansını azaltır. Bölümler arasında üst üste binme gereksi bilgiye yol açsa da bu etki üstüste binen, bölümlerin sonlarındaki örneklerin ağırlığını azaltan dikdörtgensel olmayan pencere kullanımı ile azaltılır.

Welch yöntemi güç spektral yoğunluğunu iyileştirilmiş periodogramların ortalamasını olarak kestirir. İ'inci iyileştirilmiş periodogram

$$P_{xx}^{A(i)}(f) = \frac{T_S}{K.M} \left| \sum_{n=0}^{M-1} x_i(n)w(n).e^{-j2\pi fn} \right|^2 \quad (3)$$

Şeklinde verilir. Burada $f = fs$ normalize frekans değişkenidir. K normalize sabiti, $w(n)$ ise pencereleme fonksiyonudur [9-10].

$$K = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{M-1} w^2(n) \quad (4)$$

Sonuçta güç spektral yoğunluğu kestirimi :

$$P_{xx}^{AW}(f) = \frac{1}{L} \sum_{i=0}^{L-1} P_{xx}^{A(i)}(f) \quad (5)$$

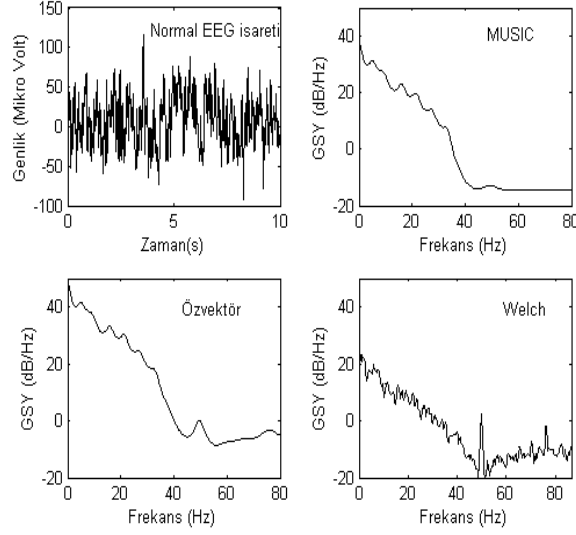
TARTIŞMA VE SONUÇ

EEG işaretlerinde çok miktarda bilgi saklı olduğu bilinmektedir. Ancak bu bilgilerin ortaya çıkartılması, EEG'nin kompleks bir işaret olmasından dolayı oldukça zordur. Bu amaçla birçok işaret işleme ve bilgisayar tekniklerinden faydalanılmaktadır. Bunda da amaç, kompleks yapıdaki EEG işaretinden mümkün olduğunca açık ve uzman tecrübesine gereksinim olmadan net bilinin çıkartılabilmesi olmaktadır.

Bu çalışmada EEG işaretlerinin spektrumlarının incelenmesi için altuzay yöntemlerinden MUSIC ve özvektör yöntemleri kullanılmıştır. Elde edilen spektrumlar klasik yöntemlerden Welch yöntemiyle elde edilen spektrumlarla frekans çözünürlüğü ve frekans içeriğinin belirlenmesini kolaylaştıran etkiler açısından karşılaştırılmıştır.

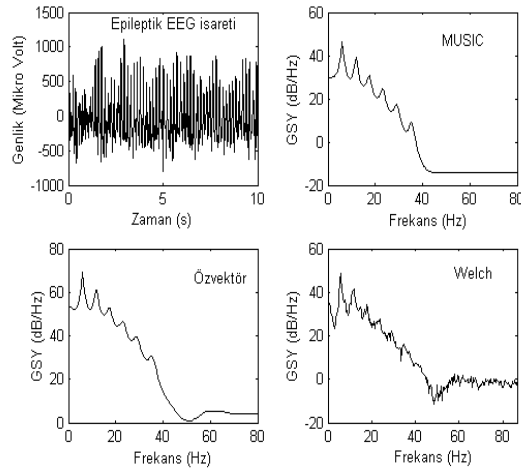
Şekil.1'de sağlıklı bir kişiden alınmış EEG işareti ve bu işarete ait üç yöntemle elde edilen frekans spektrumları verilmiştir. Spektrumlar incelendiğinde, MUSIC ve özvektör yöntemlerinde her iki spektrumun birbirine oldukça yakın olduğu, EEG işaretindeki temel frekans bantlarının (delta (0.5-4Hz), teta (4-8Hz), alfa (8-13 Hz) ve beta (13-30Hz))

gözlendiği görülmektedir. Ancak bu durum Welch yönteminde aynı netlikte görülememektedir.

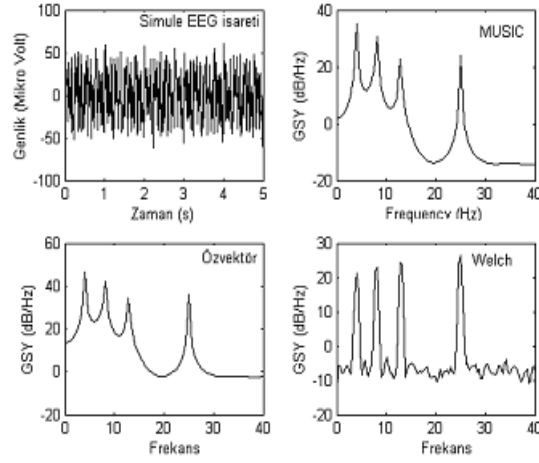


Şekil.1: Normal bir kişiden alınmış EEG işareti ve bu işarete ait spektrumlar.

Şekil.2’de ise epilepsi hastası bir kişiden alınmış EEG işareti ve bu işarete ait spektrumlar görülmektedir. Epilepsi anında EEG işaretinin genliğini yükselten diken, keskin ve yavaş dalgalar görülmektedir. Şekilde epileptik EEG işaretinin genliğinin büyüdüğü görülmektedir. Yine epileptik EEG işaretlerinin frekans spektrumunda düşük frekanslarda yani yüksek genlikli delta (0.5-4Hz) bandında yığılma olduğu görülmektedir [1]. Bu durumlar altuzay yöntemlerinde Welch yöntemine göre daha net bir görülmektedir. Welch yönteminde şüpheli frekans pikleri görülebilmektedir.



Şekil.2: Epilepsi geçiren bir kişiden alınmış EEG işareti ve bu işarete ait spektrumlar



Şekil.3: Simule EEG işareti ve bu işarete ait spektrumlar

Şekil.3'te beyaz gürültü ilaveli 4, 8, 13 ve 25 Hz'lik dört sinüzoidal işaretler oluşturulmuş simule EEG işareti ve bu işarete ait spektrumlar verilmiştir. Belirtilen frekanslar her üç yöntemle yakalanmıştır. Yalnız altuzay yöntemleriyle elde edilen spektrumlarda Welch spektrumuna göre daha keskin piklerle, daha iyi frekans çözünürlüğü görülebilmektedir.

Sonuç olarak, üç yöntemde frekans piklerini belirleyebildiği görülmekle birlikte, Altuzay yöntemlerinin, Welch yöntemine göre daha keskin pikler vererek, daha iyi frekans çözünürlüğü ortaya koyduğu söylenebilir. Yukarıda da bahsedildiği gibi EEG gibi kompleks bir işaretten net bilginin çıkartılabilmesi özellikle tıbbi teşhislerde oldukça önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Güler I, Kıymık M K, Akin M, Alkan A.,2001. AR Spectral Analysis Of EEG Signals By Using Maximum Likelihood Estimation. *Comp in Biology and Medicine* , 31: 441-450.
- [2] H. Adeli, Z. Zhou and N. Dadmehr., 2003. Analysis Of EEG Records In An Epileptic Patient Using Wavelet Transform”, *Journal Of Neuroscience Methods*, 123 , pp. 69-87.]
- [3] Ubeyli E D, Guler I., 2003. Comparison of eigenvector methods with classical and model-based methods in analysis of internal carotid arterial Doppler signals”, *Computers in Biology and Medicine* 33,sf. 473–493
- [4] Andrzejak R.G., Lehnertz K., Rieke C., Mormann F., David P., Elger C.E. (2001), Indications of Nonlinear Deterministic And Finite Dimensional Structures In Time Series Of Brain Electrical Activity: Dependence On Recording Region And Brain State, *Phys. Rev. E*, 64, 061907
- [5] Abdulhamit Subasi, Ergun Erçelebi, Ahmet Alkan and Etem Koklukaya., Comparison of Subspace-Based Methods With AR Parametric Methods In Epileptic Seizure Detection *Computers in Biology and Medicine*, Volume 36, Issue 2, February 2006, Pages 195-208.
- [6] R.O. Schmidt, Multiple emitter location and signal parameter estimation, *IEEE Trans. Antennas Propag.* AP-34 (3) (1986), p.276–280.
- [7] A.L. Swindlehurst, T. Kailath,A performance analysis of subspace-based methods in the presence of model errors, part II: multidimensional algorithms, *IEEE Trans. Signal Process.* 41 (9) (1993) 2882–2890.
- [8] B. Porat, B. Friedlander, Analysis of the asymptotic relative efficiency of the MUSIC algorithm, *IEEE Trans. Acoust. Speech Signal Process.* 36 (4) (1988) 532–544.
- [9] Proakis, J., ve Manolakis, D., 1996. *Digital Signal Processing Principles, Algorithms, and App.* Prentice Hall, USA.
- [10] *Signal Processing Toolbox User’s Guide* 1988 - 2002 by The MathWorks, Inc.