

EEG İşaretlerinin FFT ve Dalgacık Dönüşümü ile Analizi

Mustafa COŞKUN Ayhan İSTANBULLU

coskunmus{at}hotmail.com ayhanistan{at}yahoo.com

*Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Çağış, Balıkesir

Özet:

Elektroensefalogram (EEG) işaretleri beyin yüzeyinden elektrotlarla alınan düşük genliğe sahip elektriksel işaretlerdir. Günümüzde, durağan bir yapıya sahip olmayan bu işaretler çeşitli işaret işleme yöntemleri ile değerlendirilmektedir. Bu çalışmalar neticesinde, EEG işaretlerini kullanarak epilepsi, operasyon altındaki hastaların anestezi seviyesinin belirlenmesi ya da uyku ile ilgili hastalıkların tespitine kadar birçok farklı alanda başarılı çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, anestezi altındaki bir hastadan alınan EEG verileri; band geçiren filtre, Fourier dönüşümü (FFT), dalgacık dönüşümü ve güç spektral yoğunluğu gibi farklı yöntemler ile incelenmiştir. Neticede, bu inceleme sonuçlarına göre elde edilen bulgular yardımıyla yapılacak yeni çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: EEG, Fourier Dönüşümü, Dalgacık Dönüşümü, Güç Spektral Yoğunluğu

Abstract:

The electroencephalograph (EEG) signals are the bioelectric signals with low amplitudes perceived from the surface of the brain using electrodes. Today, EEG signals that do not have a static structure are worked with different types of processing methods. The results of these works, using EEG signals, different kind of successful studies are processed like determining the depth of anesthesia, detection of epilepsy or disorders of the sleep. In this work, EEG signals, perceived from the patient under anesthesia, are investigated using bandpass filters, Fourier transform, wavelet transform and power spectral density and according to results, a road map is suggested to planned new work.

Key Words: EEG, Fourier Transform, Wavelet Transform, Power Spectral Density.

Giriş:

EEG işaretleri beyin yüzeyinden elektrotlarla algılanan düşük genlikli biyolojik işaretlerdir. Henüz tam olarak açığa çıkarılmamakla birlikte, insan beyninden elde edilen bu işaretlerde çok miktarda bilgi saklandığı bilinmektedir. Ancak beynin kompleks yapısı itibarı ile, elde edilen EEG işaretlerinin düşük genlikli olması bu bilgilere ulaşılmasını zorlaştırmaktadır [1]. Günümüzde, anestezi altındaki hastanın anestezi seviyesinin belirlenmesine, epilepsi hastalığının tespitine, kafa travmaları ve uyku ile ilgili hastalıkların tespitine kadar birçok alanda en ucuz ve hastaya acı vermeyen bir yöntem olarak EEG incelemesi önemini korumaktadır. Ancak ilgili uzmanlarca bu bilgilerin değerlendirilmesi kesin kıstasların olmaması sebebi ile sınırlı kalmaktadır. Bu sebeple, klinik teşhislerde EEG işaretlerinin

analizine duyulan ihtiyaç, artan teknolojik gelişmelerin bu alanda kullanılmasına imkân sağlamıştır. 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 [2].

EEG işaretlerinin frekans aralığı 0.5-100 Hz olarak değerlendirilse de, çalışmaların yoğunlukla yapıldığı frekans aralığı 0.5-70 Hz olarak göze çarpmaktadır. Frekans aralıkları Tablo-1'de görülmektedir.

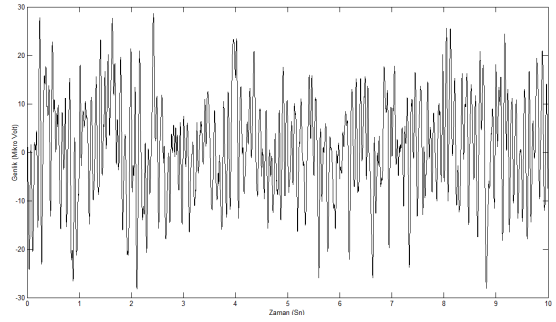
Tablo 1: EEG Frekans Bandları

Delta	0,5-3,5 Hz	Yetişkinlerde:Uyku Modunda Oluşur, derin uyku
Teta	4-7 Hz	Yetişkinlerde aurosasal ,Tembellik etme
Alfa	8-12 Hz	Rahat yansı gözleri kapatış
SMR	12-15 Hz	SMR
Beta	12-38 Hz	uyarı çalışmasında, meşgul aktif ya da endişeli düşünme, etkin konsantrasyonu
Beta (Orta)	15-21 Hz	uyarı çalışmasında, meşgul aktif ya da endişeli düşünme, etkin konsantrasyonu, normal konsantrasyon
Beta (Yüksek)	21-38 Hz	Stres, anksiyete
Gamma	34-100+ Hz	Belirli motor beyin işlevleri

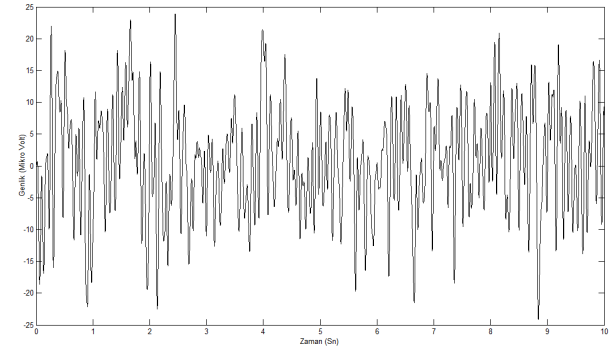
Bu çalışmada elde edilen EEG işaretlerinin çeşitli yöntemler ile analizleri yapılmış (gürültüden arındırma, analiz etme, spektral yoğunluk hesaplama vb.), elde edilen bulgular objektif değerlendirmelere tabi bırakılmıştır. Müteakip bölümlerde Şekil-1'de görülen örnek EEG işaretinin değişik işleme metotları irdelenecektir.

EEG Verisi:

Bu çalışmada kullanılan EEG verisi Nihon Kohden 9200 marka 22 kanallı EEG cihazı ile tarafından kaydedilmiş, kayıt elektrotlarının montajında, Amerikan EEG Derneği'nin Klinik EEG de kullanılan standart montajlar için önerdiği uluslararası 10-20 montaj sistemi kullanılmıştır. EEG verileri 2 msn. de bir (sn'de 500 adet veri) örneklenerek kaydedilmiştir [3]. Alınan EEG kaydı 52 yaşında bayan ve Troidektomi operasyonu sırasında anestezi altında bulunan hasta kayıdır.

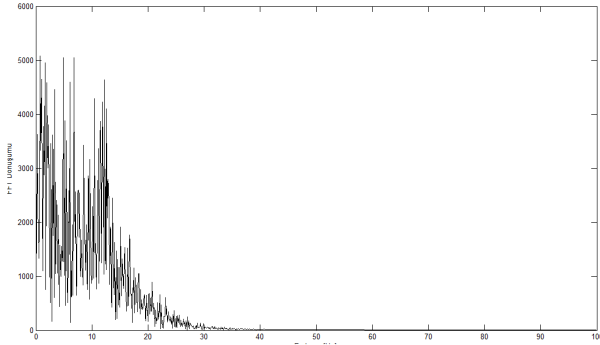
**Şekil-1: Ham EEG verisi**

Band Geçiren Filtre ve Fourier Dönüşümü:

**Şekil-2: Band Geçiren Filtreden geçirilen Ham EEG Verisi**

EEG işaretleri incelerken anlamlı ve temiz veriyi analiz etmek gerekmektedir. Bu noktada Şekil-1'de gösterilen EEG işaretini 0.5-70 Hz arası band geçiren filtreden geçirdikten sonra elde edilen işaret Şekil-2'de gösterilmiştir [8]. Ancak EEG işaretinin anlamlı olması frekans-genlik bölgesinde incelenmesine bağlıdır. Özellikle EEG işaretinin bantları arasında beyin fonksiyonlarının farklı bilgiler barındırması bu incelemeyi zorunlu kılmaktadır. EEG işaretlerinin incelenmeye başlandığı ilk dönemlerde en iyi sinyal işleme yöntemlerinden olan Fourier dönüşümü sıklıkla kullanılmış olup, bu şekilde yayınlanmış çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Fourier dönüşümü, sinyali dönüştürürken frekans bölgesine taşır, sinyalin zaman bilgisi kaybolur [4]. (1) nolu denklemde gösterilen Fourier denkleminin Şekil-2'de gürültülerden arındırılmış EEG işaretine uygulanması sonucu frekans bölgesine aktarılmış hali Şekil-3'de gösterilmiştir.

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{j\omega t} dt \quad (1)$$



Şekil-3: İşlenmiş EEG Verisinin Fourier Dönüşümü

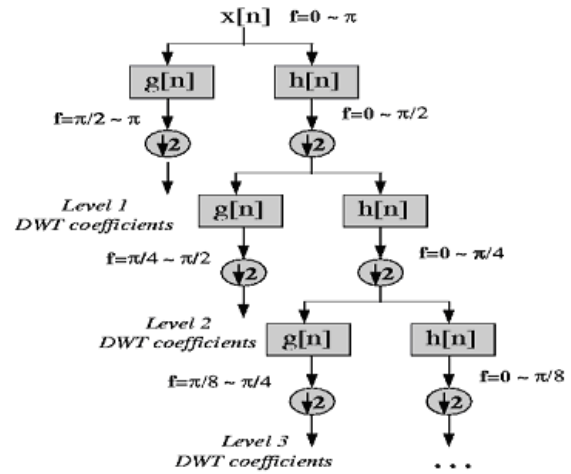
Şekil-3 dikkatle incelendiğinde özellikle ilk 20Hz'e kadar olan bölümde yüksek genlikte işaretlerin varlığını görmek mümkündür. Bu da anestezi altında düşük frekanslı ancak yüksek genlikli işaretlerin varlığının teyidi olarak algılanmaktadır.

Dalgacık (Wavelet) Dönüşümü

İşaret işleme tekniklerinin zamanla değişim ve gelişim göstermesi sonucunda EEG işaretleri inceleme metotları da bu farklılığa uyum göstermiştir. Şöyle ki, EEG işaretleri durağan ve kendini sürekli tekrar eden sinyallerden oluşmamaktadır, aslında EEG işaretleri durağan olmayan yani ne zaman ne değer alacağı ve ne olacağı belli olmayan sinyallerdir. Her ne kadar Fourier dönüşümü kullanılarak EEG işaretleri ile çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da, takip eden çalışmalarda EEG gibi durağan olmayan (non-stationary) sinyallerin analizinde Fourier dönüşümünün yeterli olmadığı görülmüştür.

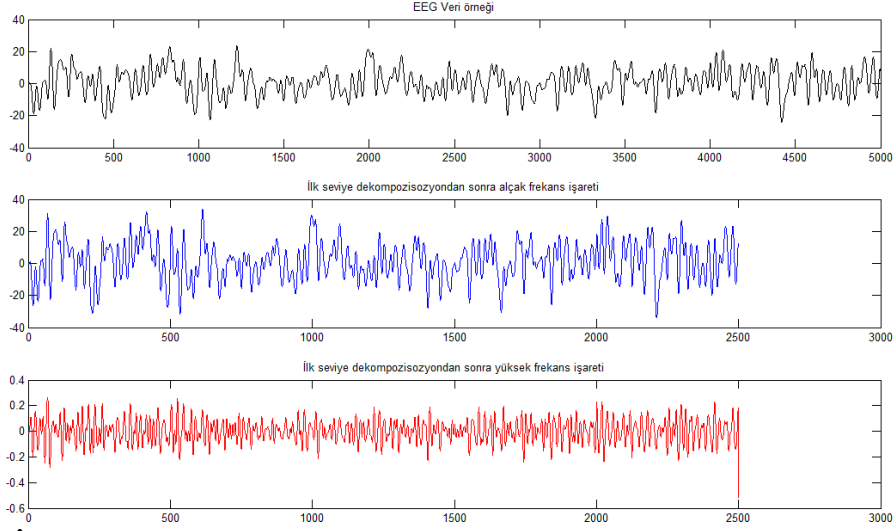
Birçok veri sinyali, önemli sayılabilecek durağansızlıklar veya geçici özellikler (eğim, ansızın değişim, kırılma ve olayların başlangıç ve bitişleri) içerebilir. Bu beklenmedik özellikler ve durağansızlıklar, özellikle EEG gibi veri sinyalinin en önemli kısımları olabilmektedir.

EEG gibi durağan olmayan işaretlerin işlenmesinde karşımıza dalgacık dönüşümü olarak adlandırılan yeni bir metod çıkmaktadır [5]. Dalgacık dönüşümünün Fourier dönüşümünden farklı olarak düşük frekanslar için geniş, yüksek frekanslar için dar olacak şekilde değişen pencere boyutlarına sahiptir. Böylece, bütün frekans aralıklarında optimum zaman-frekans çözünürlüğü sağlanabilmektedir. Dalgacık dönüşümü farklı frekanslarda durağan olmayan güce sahip zaman serisi sinyallerin analizinde kullanılabilir [6]. Bunun yanı sıra, Fourier dönüşümünün aksine sadece zaman-frekans bölgesinde değil, aynı zamanda zaman-ölçek bölgesini kullanır.

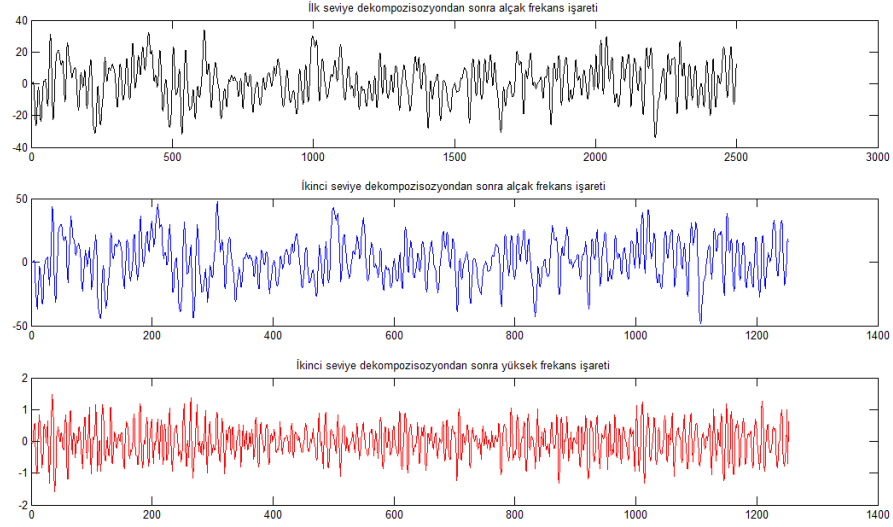


Şekil-4: Dalgacık Dönüşümü Akış Diagramı

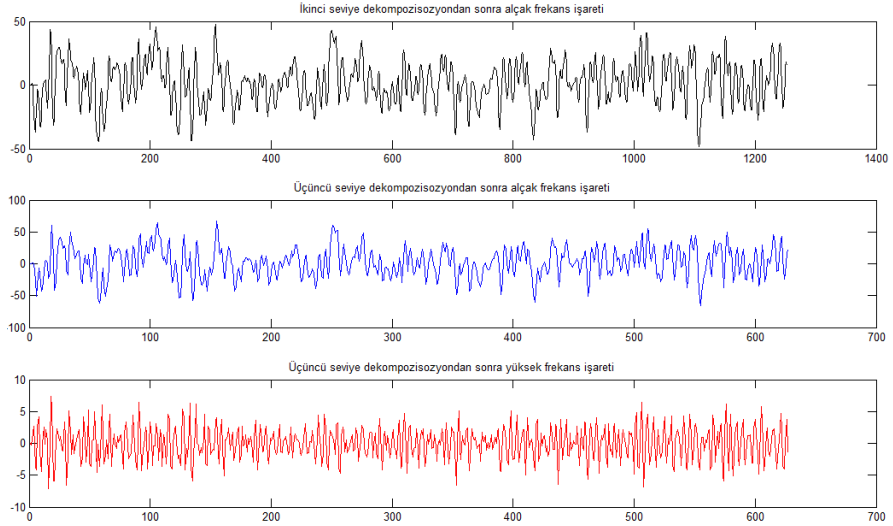
Şekil-4'de görüldüğü üzere dalgacık dönüşümünün temelini oluşturan esas, ana sinyalin yüksek ve alçak geçiren filtreler yardımıyla alt bileşenlere ayrılma işlemidir [7]. İlk seviyenin ardından elde edilen düşük frekanslı işaret tekrar dalgacık dönüşümüne tabi tutularak kendi alt bileşenlerine ayrılır ve işlem bu şekilde beklenen ya da istenen işaretlerin elde edilmesine kadar devam eder. Takip eden Şekil-5, Şekil-6 ve Şekil-7'de ayrıntılı dalgacık dönüşümüne tabi tutulmuş ham EEG işaretinin (Şekil-1) dönüşümleri gösterilmektedir.



Şekil-5: İlk seviye ayrıştırımdan sonra oluşan alçak ve yüksek frekanslı işaretler



Şekil-6: İkinci seviye ayrıştırımdan sonra oluşan alçak ve yüksek frekanslı işaretler



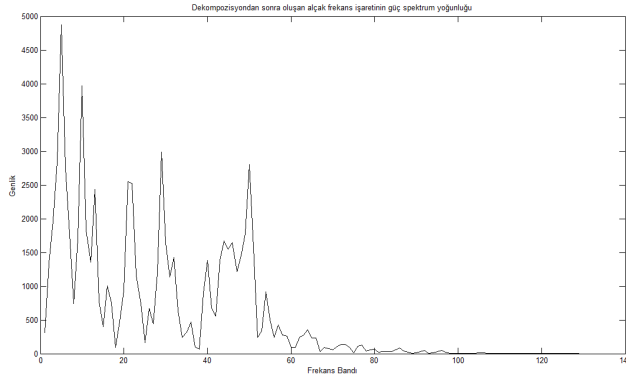
Şekil-7: Üçüncü seviye ayrıştırımdan sonra oluşan alçak ve yüksek frekanslı işaretler

Güç Spektral Yoğunluğu:

Üçüncü seviye ayrıştırımdan sonra elde edilen alçak frekanslı EEG sinyalinin güç

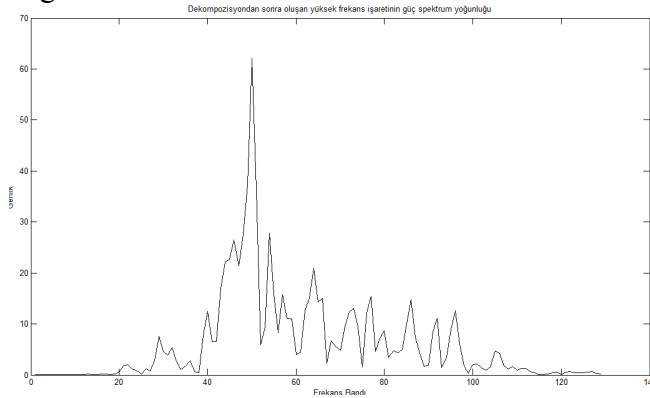
spektral yoğunluğu incelendiğinde, güç yoğunluğunun Şekil-8'de gösterilen ve özellikle delta-teta bantlarında en üst

seviyede olduğu görülmektedir. Bu noktada, anestezi altında bulunan hastanın EEG kayıtlarının doğruluğu teyit edilmiş bulunmaktadır.



Şekil-8: Alçak frekanslı EEG işaretinin spektral yoğunluğu

Üçüncü seviye ayrıştırımdan sonra elde edilen yüksek frekanslı EEG sinyalinin güç spektral yoğunluğu incelendiğinde, güç yoğunluğunun Şekil-9'da görüldüğü gibi delta-teta bantlarında görülmediği, artan frekansa yönelik olarak beliren maksimum yoğunluğun 50 Hz civarında gözlemlendiği, bunun da sebebinin şebeke gürültüsü olabileceği değerlendirilmektedir.



Şekil-9: Yüksek frekanslı EEG işaretinin spektral yoğunluğu

Sonuç ve Yorum:

EEG işaretleri beyin yüzeyinden alınan düşük genlikli ve periyodik olarak tekrar etmeyen (durağan olmayan) işaretler olmakla birlikte içlerinde beyinsel aktivitelere yönelik önemli bilgiler barındırırlar. Gelişen işaret işleme tekniklerine paralel olarak, uzun ve zahmetli kayıtlar sonucu elde edilen EEG işaretleri üzerinden anlamlı bilgiler çıkarmak mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada da Fourier

dönüşümü, dalgacık dönüşümü gibi teknikler incelenmiş, dalgacık dönüşümünün durağan olmayan EEG işaretlerine yönelik daha başarılı sonuçlar verdiği anlaşılmıştır. Bu noktadan hareketle dalgacık dönüşümü ile çalışılarak, ham EEG verisinin güç spektral yoğunlukları çıkarılmış, özellikle alçak frekanslı işaretlerin (delta-teta bantları) güç spektral yoğunluklarının anestezi altındaki hasta EEG'sine uyumlu olarak yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda, yüksek frekanslı işaretlerin (istenmeyen gürültü, ya da bozulma işaretleri) güç spektral yoğunluklarının da düşük seviyelerde kaldığı görülmüştür.

Bu veriler ışığında, bundan sonra yapılacak çalışmalarda, anestezi altındaki hastanın EEG verileri belirtilen yöntemlerle işlendikten sonra, anestezi derinliğini belirlemede metot geliştirmek için uğraş verilecektir.

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] Alkan A., 2006. Eeg İşaretlerinin Ayrıştırılmasında, Altuzay Yöntemlerinin Kullanılması, *Journal Of Yaşar University*, 1(3), pp. 211-213
- [3] Tosun, M., Gunturkun, R, Anesthetic gas control with neuro-fuzzy system in anesthesia, *Expert Systems with Applications*, 37:3, March, 2010
- [4] S. V. Vaseghi, *Advanced Digital Signal Processing and Noise Reduction*, John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, 2006.
- [5] Shaker M.M., EEG Waves Classifier using Wavelet Transform and Fourier Transform. *International Journal of Biological and Life Sciences* 1:2 2005, 85-88.
- [6] A. Procházka, J. Jech, and J. Smith, "Wavelet transform use in signal processing," in 31st International Conference in Acoustics. 1994, pp. 209-213, Czech Technical University.
- [7] Tawade L., Warpe H., Detection of Epilepsy Disorder Using Discrete Wavelet Transforms Using MATLABs. *International Journal of Advanced Science and Technology* Vol. 28, March, 2011, pages 17-20.
- [8] *Filter Design Toolbox Toolbox User's Guide* 1988 - 2002 by The MathWorks, Inc.