



Sınav Öncesi ve Sınav Sonrası Öğrencilerde Elektrookülogram Sinyallerinin Analizi Analysis of Electrooculogram Signals from Students Before and After Exam

Çiğdem Gülüzar Altıntop, Fatma Latifoğlu, Mustafa Yasin Esas
Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
{ciğdemacer, flatifoglu, 4012231401}@erciyes.edu.tr

Özetçe—Elektrookülogram (EOG) yüzey elektrotları kullanarak göz hareketlerinin kayıdır. EOG sinyalleri pek çok alanda çeşitli analiz yöntemleri kullanılarak incelenmektedir. Bu çalışmada görsel uyaranı takip edebilme kabiliyeti incelenmek üzere, altı bayan ve altı erkek gönüllü üniversite öğrencilerinden sınav öncesi ve sonrasında EOG sinyalleri kaydedilmiştir. Bireyler bilgisayar ortamında görsel test görüntülerini takip etmiştir. Bu esnada eşzamanlı olarak EOG sinyalleri kaydedilmiştir. Test görüntüsü takibini gerçekleştirme oranını analiz etmek için EOG sinyallerindeki sıfır geçişleri incelenmiştir. Elde edilen analizler sonucunda EOG sinyallerinden hesaplanan sıfır geçiş sayısı sınav sonrası bayanlarda anlamlı farklılık oluşturmuştur.

Anahtar Kelimeler —Elektrookülogram; görsel uyaran; sıfır-geçiş.

Abstract— Electrooculogram is record of eye movement using surface electrodes. EOG signals are analyzed in many areas using various methods. In this study, EOG signals were recorded from male and female volunteer university students before and after exam to examine capability of following visual stimulant. Volunteers followed visual test program on computer. In the meantime EOG signals were recorded simultaneously. Zero-crossings of the EOG signals were examined in order to analyze the ratio of following success. As a result, zero-crossing number that calculated from EOG signals, created significant difference in women after exam.

Keywords—Electrooculogram; visual stimulant; zero-crossing.

I. GİRİŞ

EOG sinyallerinin kaynağı kornea-retina arasında oluşan durağan potansiyeldir. Göz küresinin göz merkezi çevresindeki hareketlerinden dolayı, bu potansiyelin değişiminden oluşan sinyal EOG 'yi oluşturur[1].

EOG sinyalleri non-invaziv yüzey elektrotları ile algılanabilmektedir. Elektrotlar göz çevresine yerleştirilerek EOG kaydı yapılabilmektedir [1]. Göz

küresinin elektriksel potansiyelinin göz hareketlerine bağlı olarak elektrotlarda algılanan değerleri değişmektedir. Bu elektriksel değişim izlenerek göz hareketlerinin tespiti kolayca yapılabilmektedir [1].

Göz bölgesine yapıştırılan yüzey elektrotu kayıt alınan kişi için herhangi bir risk oluşturmamaktadır. Bu elektrotların en büyük dezavantajı gürültüye (elektromanyetik gürültü, fizyolojik gürültü, şebeke kaynaklı gürültü vb.) karşı dirençsiz olmalarıdır. Ayrıca EOG sinyalinin frekans bandının dar olması ve düşük frekanslı bir sinyal olması, sinyal eldesini zorlaştıran unsurlardandır [2].

EOG sinyallerinin frekans bandı 0.1 Hz ile 10 Hz arasında bulunmaktadır. Genlik değerleri ise 0.01-0.1 mV düzeyindedir. EOG sinyallerinin algılanması için band geçiren filtreler kullanılmaktadır. Ayrıca fizyolojik sinyallerin algılanmasında yüksek CMRR' ye (common mod rejection ratio-ortak mod bastırma oranı) sahip enstrümantasyon kuvvetlendiriciler kullanılmaktadır [2].

EOG sinyallerinin analizleri zaman ve frekans ekseninde yapılmaktadır. Sinyallerden anlamlı sonuçlar çıkarabilmek için sinyal değişiminin hangi anda gerçekleştiğinin analizi de önemlidir. Sinyal değişim anları göz hareketlerini vermektedir. Ayrıca sinyal değişim anlarından anlamlı veriler elde edebilmek için göz küresinin refleksif titreşim hareketleri analiz sırasında belirli eşik değerler belirlenerek elimine edilmelidir. Göz hareketinin miktarı genlik değişim değerleri ile analiz edilebilmektedir. Gözün hareketinin yönüne göre sinyalde artan ve azalan genlik değerleri ortaya çıkmaktadır.

Literatürde EOG sinyalleri kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Örneğin HS Dhillon ve ark. Beyin-Bilgisayar ara yüzü için EOG ve Elektromiyogram (EMG) tabanlı sanal klavye çalışması gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada gözün baktığı yönler EOG sinyali ile kaş hareketleri de EMG sinyalleri ile saptanarak özellikle felçli hastaların iletişim ve çeşitli amaçlarla kullanabileceği sanal klavye çalışması ortaya konulmuştur [3].

Sinyal İşleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Göz yorgunluğunun incelenmesi için Sommer ve ark. yaptığı çalışmada yorgunluk izleme teknolojili piyasada bulunan üç cihazın doğruluğunu tespit etmek için onaltı gönüllü onbeş dakika dinlenme aralığı ile ayrılmış sekiz seans (her bir seans 40 dk) boyunca sürüş görevleri gerçekleştirmiştir. Cihazların ana çıkış değişkeni gözün kapanma yüzdesidir. Gönüllülerden sürüş sırasında EOG ve Elektroensefalogram (EEG) kaydı alınmıştır. Çalışmada bu cihazlarla EOG/EEG analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. Sınıflandırma aşamasında Destek Vektör Makineleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre EOG/EEG analizinin göz yorgunluğunu daha iyi ifade ettiği belirlenmiştir [4].

Wright ve ark. uzun görev süresi boyunca devam eden sivil hava operasyonlarında görevli personelin uçuş sırasında uyumasının önüne geçebilmek için alarm sistemine sahip uyanıklık cihazı geliştirmiştir. Uyku halinin tespiti için yirmibir gönüllü pilottan alınan EOG ve EEG sinyalleri incelenmiştir [5].

Neri ve ark. uzun uçuş sürelerinin pilotlar üzerine etkisini araştırmıştır. Pilotların düzenli aralıklarla dinlendiği fakat bu dinlenmelerin uyanıklığa ve performansa olan etkisinin incelendiği kontrollü bir çalışma olmadığını belirterek çalışmalarında gönüllülerden EOG ve EEG kaydı almışlardır Bir Boeing 747-400 uçuş simülatörü gece uçuşunda ondört kişilik iki uçuş ekibi tarafından uçurulmuştur. İşlem grubu saatlik yolculuk sırasında beş kısa mola, kontrol grubundaki ondört kişi ise bir mola almıştır. Sürekli olarak EEG / EOG, subjektif uyku hali ve psikomotor teyakkuz performans verileri toplanmıştır. Gecenin ikinci yarısında, işlem grubunda onbeş dakikalık molalar sonrası yavaş göz hareketlerinde önemli azalmalar gözlenmiştir. EEG sinyallerinin teta bandı aktivitesi ve istenmeyen uyku nöbetleri kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, işlem grubundaki bireylerde 25 dk sonrası için önemli ölçüde daha fazla uyanıklık durumu olduğunu ve biyolojik saate güçlü etkisi olduğu rapor edilmiştir. Elde edilen fizyolojik verilerin analizi kısa süreli molaların uçuş yorgunluğu için yararlı bir önlem olduğunu göstermiştir [6].

Bu çalışmada bayan ve erkek öğrencilerden bilgisayar ortamında görsel uyaranlar içeren test sistemi eşliğinde EOG sinyalleri sınav öncesi ve sınav sonrası kaydedilmiştir. Çalışmada, uyarı takip edebilme kabiliyeti işlem yoğunluğu ve süresi fazla olan bir sınav sonrasında öğrencilerde EOG sinyalleri ile analizi amaçlanmıştır. Böylece sınav öncesinde ve sonrasında dikkatin etkisi analiz edilmesi hedeflenmiştir.

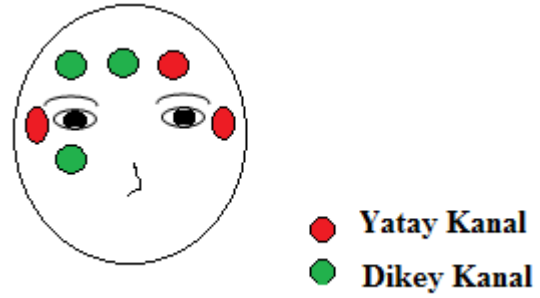
II. MATERYAL VE YÖNTEM

A. Veri Seti

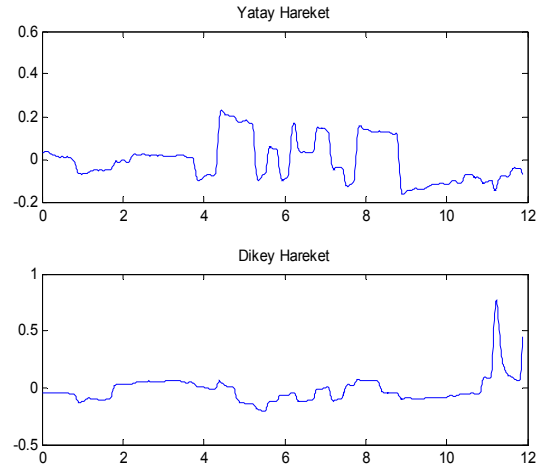
EOG sinyalleri 18-25 yaş aralığında bulunan altı bayan ve altı erkek gönüllüden olmak üzere toplam oniki kişiden alınmıştır. Çalışmada Biopac-MP36 sistemi kullanılmıştır.

Elektrotlar Şekil 1'de belirtildiği gibi yerleştirilmiştir. Kayıtlar sınav öncesi ve sınav sonrası olmak üzere iki aşamada elde edilmiştir. İkinci aşama EOG kaydı, bireylerden 90 dakikalık işlem yoğunluğu çok olan yazılı bir sınav sonrası yapılmıştır.

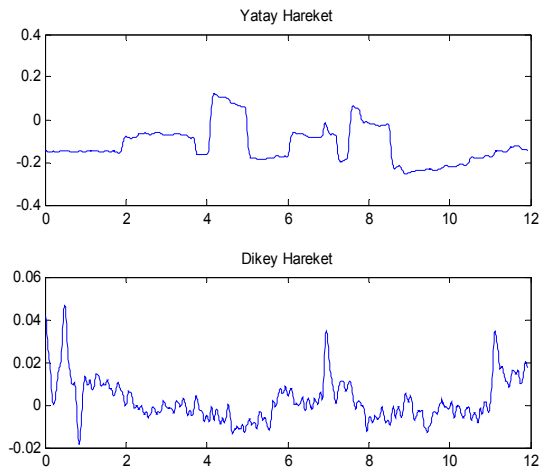
Şekil 2 ve 3'te örnek EOG sinyalleri gösterilmektedir.



Şekil 1. EOG kaydı için elektrot yerleşimi



Şekil 2. Bayan gönüllüden sınav öncesi alınan EOG sinyali



Şekil 3. Bayan gönüllüden sınav sonrası alınan EOG sinyali

Sinyal İşleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Gönüllüler kayıt sırasında iki farklı testi takip etmiştir. Şekil 4'te gösterilen Test-1 (Saat ibresi yönünde uyarının ortaya çıkması) ve Şekil 5'te gösterilen Test-2 de (Z şeklinde uyarının ortaya çıkması) ekran görüntüsü (daire şeklinde) 500 ms ve 750 ms aralıklarda ortaya çıkmaktadır.

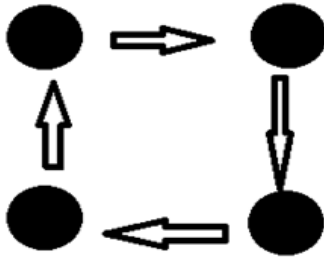
Bireylerden bu görüntüleri gözle takip etmeleri istenmiştir. EOG sinyalleri iki uyarın süresi ve iki test olmak üzere 4 farklı işlem aşamasında alınmıştır:

- Test-1, 500 ms aralıkta uyarın
- Test-1, 750 ms aralıkta uyarın
- Test-2, 500 ms aralıkta uyarın
- Test-2, 750 ms aralıkta uyarın

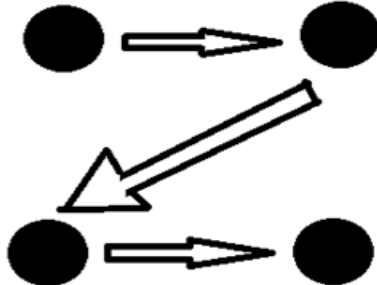
Test yazılımı C # programı aracılığıyla hazırlanmıştır ve diğer hesaplamalar MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir.

B. EOG Sinyal Analizi

Elde edilen sinyallerin sıfır geçiş değerleri hesaplanarak analiz edilmiştir. Öncelikle sinyallerin genliği -1,+1 aralığına normalize edilmiştir. Ardından sıfır geçiş oranı ve sıfır geçiş sayısı olmak üzere iki özellik çıkarılmıştır. Böylelikle 90 dakikalık yoğun işlem gerektiren bir sınavın neticesinde bayan ve erkek öğrencilerdeki test takip yeteneğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 4. Test-1 noktalarının hareketi



Şekil 5. Test-2 noktalarının hareketi

Sıfır geçiş (Zero-crossing) bir sinyalin sıfır değerini geçtiğini belirtmektedir. Sıfır geçiş oranı (Zero-crossing rate) sinyalin ne kadar sıklıkla işaret değiştirdiğini

göstermektedir. Sıfır geçiş sayısı sinyalin pozitiften negatife ya da negatiften pozitifte geçtiği durum sayılarak elde edilmektedir. Hesaplanması kolay bir yöntem olduğu için ses sinyali işleme, akışkanlar mekaniği, nöro-fizyoloji, sinyal işleme, yapı dinamiği, haberleşme sistemleri ve görüntü işleme gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır [7].

Zaman domeni analizlerinde kullanılabildiği gibi frekans domeni analizlerinde de kullanılabilir [8].

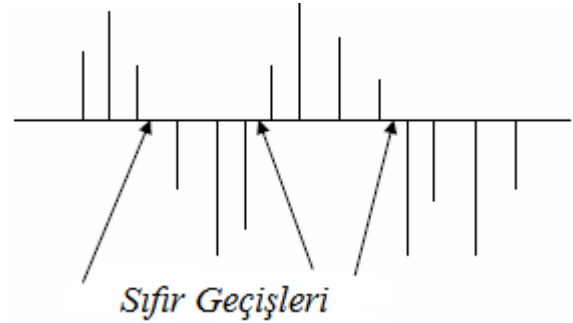
Sıfır geçiş sayısı ile sinyalin temel periyodu hakkında ilişki kurulabilir. Sinyal cosinüs sinyali gibi tek bileşenden oluşan bir sinyal ise bir periyot boyunca iki defa işaret değiştirecektir [9]. Sıfır geçiş oranı hesabı aşağıdaki gibidir [4]:

$$ZCR_k = \sum_{n=-\infty}^{\infty} |\text{sgn}[x(n)] - \text{sgn}[x(n-1)]| w(k-n) \quad (1)$$

$$\text{sgn}[x(n)] = \begin{cases} 1 & x(n) \geq 0 \\ -1 & 0 > x(n) \end{cases} \quad (2)$$

w(n), pencere fonksiyonu ve N örnek sayısıdır.

$$w(n) = \begin{cases} 1/2N & 0 \leq n \leq N-1 \\ 0 & \text{diğer} \end{cases} \quad (3)$$



Şekil 6. Bir sinyalin sıfır geçişleri [10]

III. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada gönüllüden sınav öncesi ve sınav sonrası alınan EOG sinyalleri sıfır geçiş sayıları ve sıfır geçiş oranı özellikleri kullanılarak incelenmiştir. Örneğin Test-1 (500 ms) için, dikey göz hareketine ait sinyal için oluşturulan bilgiler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Gönüllü	Sıfır Geçiş Oranı	Sıfır Geçiş Sayısı
Bayan-1	0.002525	3
Bayan-2	0.001415	2
Bayan-3	0.008287	9
Bayan-4	0.015289	27
Bayan-5	0.003409	3
Bayan-6	0.00382	4



Sinyal İşleme 1

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Grup	Sıfır Geçiş Oranı	Sıfır Geçiş Sayısı
Erkek-1	0.014472	20
Erkek-2	0.009441	12
Erkek-3	0.00426	4
Erkek-4	0.038793	54
Erkek-5	0.010509	13
Erkek-6	0.008746	12

Tablo 1. Sınav öncesi EOG sinyal analizi

Gönüllü	Sıfır Geçiş Oranı	Sıfır Geçiş Sayısı
Bayan-1	0,010067	12
Bayan-2	0,020185	24
Bayan-3	0,014787	16
Bayan-4	0,004789	6
Bayan-5	0,029762	40
Bayan-6	0,024871	29
Erkek-1	0.008666	10
Erkek-2	0.008361	10
Erkek-3	0.005758	6
Erkek-4	0.004831	6
Erkek-5	0.010248	12
Erkek-6	0.00186	2

Tablo 2. Sınav sonrası EOG sinyal analizi

Tablo 1 ve 2'de belirtildiği şekilde diğer 3 test içinde aynı analiz sonuçları elde edilmiştir. Gruplar arasındaki farklılık Bağımsız Örneklem t-testi (BÖTT) ile incelenmiştir. Bu test ile elde edilen özelliklerin anlamlılık düzeyi sig.<0.05 ise gruplar arasında anlamlı farklılık oluşturduğu sonucuna varılmaktadır [11].

Özellik	F	Anlamlılık Düzeyi (sig.)
Sıfır Geçiş Oranı	2.754	0.029

Tablo 3. Bayanlardan elde edilen dikey kanala ait sinyalin BÖTT ile analizi sonucu

Bayanlardan ve erkeklerden sınav öncesi ve sınav sonrası elde edilen EOG sinyalleri dikey ve yatay kanal sinyalleri için, her bir test ayrı ayrı incelenerek özellik çıkarılmıştır. Bu özellikler bayan ve erkek gruplar arasında incelendiğinde sadece bayanlardan elde edilen dikey kanal sinyalinde sınav öncesi ve sınav sonrası (Test-1, 500 ms) için anlamlı farklılık elde edilmiştir.

Erkeklerde, 4 test uygulanarak elde edilen sinyallerde sınav öncesi ve sınav sonrasında anlamlı farklılık görülmemiştir. Bayanlarda ise Test-1'in uygulanması sonucu (Şekil 4'te gösterilmektedir) dikey kanal sinyalinde sınav öncesi ve sonrası anlamlı farklılık elde edilmiştir.

Bu sonuca göre bayanlara uygulanan test sistemi eşliğinde elde edilen EOG sinyallerinde sıfır geçiş sayılarının sınav sonrası belirgin oranda arttığı görülmektedir. Elde edilen sonuçlardan sınav sonrası dikkatin bayanlarda daha azaldığı ortaya çıkmıştır. İleriki

çalışmalarda veri sayısının artırılması ve EOG sinyallerinin analizinde dikkatin etkisinin de incelenmesi amaçlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Banerje A., Konar A., Tibarewala DN., Janarthanan R., "Detecting eye movement direction from stimulated Electro-oculogram by intelligent algorithms" *Computing Communication & Networking Technologies (ICCCNT)*, 1-6 pp, 2012.
- [2] Webster, J. G., Fatton, G., Fraden, J., Lenz, J.E., Pallás-Areny, R., Swyt, D., Sydenham, P.H., Thomsen, C., *The Measurement, Instrumentation and Sensors*, CRC Press, 1999.
- [3] Dhillon, HS., Singla, R., Rekhi, N.S. and Jha, R., "EOG and EMG based Virtual Keyboard: A Brain-Computer Interface", *2nd IEEE International Conference on Computer Science and Information Technology*, 259-262, 2009.
- [4] Sommer, D., Golz, M., "Evaluation of PERCLOS based current fatigue monitoring Technologies", *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.*, 4456-9, 2010.
- [5] Wright N, Powell D, McGown A, Broadbent E, Loft P., "Avoiding involuntary sleep during civil air operations: validation of a wrist-worn alertness device", *Vol. 76(9):847-56*, 2005.
- [6] Neri, D.F., Oyung, R.L., Colletti, L.M., Mallis, M.M., Tam, P.Y., Dinges, D.F., "Controlled breaks as a fatigue countermeasure on the flight deck", *Aviat Space Environ Med*, Vol. 73(7):654-64, 2002.
- [7] Benjamin, K., "Spectral analysis and discrimination by zero-crossings", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 74(11): 1477-1493, 1986.
- [8] Yazgan E., Korürek M., *Tıp Elektroniği*, İTÜ, İstanbul, 1996.
- [9] Wall, R.W., "Simple methods for detecting zero crossing", *Industrial Electronics Society*, Vol.3: 2477 - 2481, 2003.
- [10] Bachu, R.G., Kopparthi, S., Adapa, B., Barkana, B.D., "Voiced/Unvoiced Decision for Speech Signals Based on Zero-Crossing Rate and Energy", *Advanced Techniques in Computing Sciences and Software Engineering*, 279-282, 2009.
- [11] Vasfi, T.N., *SPSS Uygulamalı İstatistik Teknikleri*. Seçkin Yayıncılık, 2009, 296 pp.