

Zihinsel Dikkat Durumu İzlemi İçin Pasif Bir Beyin- Bilgisayar Arayüzü

A passive brain-computer interface for monitoring mental attention state

Murat KAYA ve Çiğdem ACI

Bilgisayar Mühendisliği
Mersin Üniversitesi
Mersin, Türkiye

ug.murat.kaya@toros.edu.tr, caci@mersin.edu.tr

Yuriy MISHCHENKO

Biyomedikal Mühendisliği
İzmir Ekonomi Üniversitesi
İzmir, Türkiye

yuriy.mishchenko@gmail.com

Özetçe—Robotik ve otomatikleşen sistemlerin hızlı gelişmesi ile birlikte operatörlerin (herhangi bir cihazı kullanan kimse) üzerinden kontrol yükü kalkmakta ve bu durum önemli kontrol süreçlerinde operatörün dikkat kaybı yaşamasına neden olmaktadır. Bu çalışmada, elektroensefalografik (EEG) beyin aktivitesi görüntüleme ve makine öğrenmesi yöntemlerinden Destek Vektör Makinesi'ni kullanarak, operatörlerin zihinsel dikkat durumlarını izlemek için pasif bir beyin bilgisayar arabirimi geliştirilmiştir. Ayrıca, EEG verilerinden zihinsel durum tespiti yapan bir sistem tasarlanmıştır. 1-5 Hz ve 10-15 Hz frekans bantlarında ortaya çıkan frontal ve parietal loblardaki EEG aktivitesinde oluşan değişikliklerin, dikkat durumundaki değişikliklerle ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu tür değişiklikler, deneysel olarak oluşturulan görevlerde %90 ila %95 doğrulukla tespit edilmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçları, EEG beyin aktivite verileri vasıtasıyla operatörlerin durumunu izlemek için gelecekteki sistemlerin tasarımına rehberlik edecektir.

Anahtar Kelimeler —EEG; BBA; DVM; dikkat durumu tespiti.

Abstract—Operators who use a vehicle have less control load with fast improvements of robotic and autonom systems so that situation causes losing of attention an operator while important control processes. In this paper, a passive brain computer interface for monitoring mental attention state of human individuals by using electroencephalographic (EEG) brain activity imaging is developed using a machine learning data analysis method Support Vector Machine. Also a mental state detection system using EEG data is evolved as well. It has been determined that changes in EEG activity in the frontal and parietal lobes occurring in the 1-5 Hz and 10-15 Hz frequency bands are associated with changes in attention state. Such changes were detected with 90% to 95% accuracy in experimental settings. The results of the work done will guide the design of future systems to monitor the status of the operators via EEG brain activity data.

Keywords—EEG; BCI; SVM; attention state detection.

I. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde, operatörlerin (herhangi bir araca hükmeden kişiler) dikkat durumunu tespit etmek oldukça önemli bir problem haline gelmiştir. Gelişen teknoloji ile birlikte insan kullanımının yerini yavaş yavaş makine kullanımının alması ile operatörlerin üzerindeki kontrol yükü azalmıştır. Bu durum operatörler üzerinde dalgınlık ve uyku gibi problemlere neden olmaktadır. Oysaki, yaşadığımız dünyada güvenliğimizin garantisi operatörlere bağlıdır.

Yapılan araştırmalara göre gerçekleşen araç kazalarının önemli bir çoğunluğu sürücü yorgunluğundan kaynaklanmaktadır. Öyle ki tüm trafik kazalarının %20'si yorgunluk ve dikkatsizlik ile bağlantılıdır[1]. Buradan yola çıktığımızda operatör durum tespiti probleminin önemi ortaya çıkmaktadır[1]–[8].

Bu çalışmada, electroencephalography tabanlı beyin bilgisayar arayüzü (EEG-BBA) kullanarak dikkat kaybını tespit etmek amacıyla bir metot geliştirilmiştir. Çalışmada odaklanılan senaryoda operatörler taşınabilir EEG-BBA cihazı giymekte ve aynı zamanda çoğunlukla otonom olan bir araç kullanmaktadırlar. Araç kullanımı esnasında operatörlerden cihaz yardımı ile alınan EEG sinyallerindeki aktif, dalgın ve uykulu olmayı ifade eden alanlar yüksek doğruluk oranlarıyla tespit edilebilmiştir.

Yapılan çalışma, gelecekte operatörler için EEG tabanlı BBA sistemleri kullanılarak geliştirilecek durum tespit sistemlerine öncülük ve yardım edebilecek potansiyele sahiptir.

II. YÖNTEM (METHOD)

Durum kontrolünde bilinen bazı metotlar, özellikle günümüz araçlarında da kullanılan video sistemleri veya

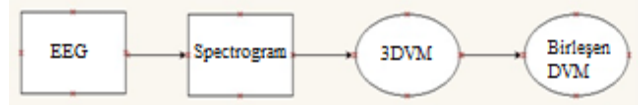
hareket izleme sistemlerinden farklı olarak, bu çalışmada EEG tabanlı BBA sistemi geliştirilmiştir. Bilinen metotlara göre avantajı ise yüksek doğruluk oranına sahip olması ve operatörün beyin aktivitesinin direkt incelenebilmesi nedeniyle bilinen metotlarda ortaya çıkan yalancı durum verilerini yaratmamasıdır. Aynı zamanda geliştirilen sistem otomobiller, insansız hava araçları ve otonom sistemlerin birçoğunda kullanılabilir.

Çalışmada 5 gönüllü katılımcı "Microsoft Train Simulator" yazılımı yardımıyla tren simülasyonu kontrol etmektedir. Buradaki amaç, tren sisteminin oldukça otonom özellikler taşıması ve operatörün dikkat kontrolünü sağlayacak bir sisteme sahip olmamasıdır. Gönüllüler treni kullandığı esnada EEG verileri de toplanmaktadır. Deney sırasında gönüllüler bilgisayar karşısına oturduktan sonra gönüllüler tarafından bilinen, belirlenmiş bir seyahat rotasını kullanmışlardır. Bu seyahat rotası olabildiğince düz ve yaklaşık olarak 45 dakikalık bir seyahat uzunluğuna sahiptir. Her gönüllü, bilinen deney prosedürüne göre ilk 10 dakika "aktif" sonraki 10 dakika gözler açık fakat trene ya da herhangi bir noktaya dikkat vermeden, "dalgın" ve daha sonra gözler kapalı "uyku" durumuna geçiş şeklinde treni kullanarak deneyi tamamlamıştır. Bu alanlar, deney esnasında bir araştırmacı ve tepki süresi ölçen yazılım ile birlikte gözlemlenip, tespit edilmiştir. Araştırmacı, gönüllüyü gözlemleyerek belirlenen aktif, dalgın ve uykulu durumlarına geçişi not eder. Bu esnada, tepki süresi yazılımı rastgele 2 dakikalık zaman dilimleri içerisinde gönüllüye deney boyunca sesli olarak uyarı göndermektedir. Gönüllü sesi duyduktan sonra klavyede kendisine önceden söylenen "L" tuşuna basmaktadır. Sesin gönderildiği zaman ile tuşa basım zamanı arasındaki farkı hesaplayarak tepki sürelerini kaydeder.

Deney esnasında kaydedilen EEG verileri ise modifiye edilmiş taşınabilir EPOC EEG aracı (EMOTIV) yardımı ile sağlanır. EPOC aracı, EEG çekimlerinde ucuz bir alternatif olmasına karşın bazı dezavantajları nedeniyle değişikliğe uğratılmıştır. Bu dezavantajları şöyle sıralayabiliriz: düşük elektrot sayısı (14) ve sahip olduğu elektrot yerleşim düzeninin uluslararası 10/20 sistemi kullanarak sadece AF3/4, F3/4, F7/8, FC5/6, T7/8, P7/8, ve O1/2 bölgelerini kapsamasıdır. Yapılan değişiklikte, iki adet EEG cihazının var olan elektrot kaplarının çıkarılarak, elektrotların daha uzun kablolarla yerleştirdikten sonra özel yapım EEG kep üzerine yerleştirilmesidir. Bu sayede daha fazla elektrot ve uluslararası 10/20 sistemi dahilinde F3/4, C3/4, Fz, Cz, ve Pz bölgelerine de elektrot yerleşimi sağlanmıştır.

EEG verileri kablolu olarak 128 Hz örneklem oranı ile bir adet dizüstü bilgisayar ve Matlab ortamında geliştirilmiş yazılım sayesinde kaydedilmiş ve çevrimdışı analiz edilmiştir. Analizde ilk olarak her EEG kanalından gelen ham veriler 1024-nokta kısa-zaman fourier dönüşümü ile 15 saniyelik Blackman Penceresi kullanarak

spektrogramlar olarak hesaplanmıştır. Bu spektrogramlar 1/8 Hz ve 64 Hz arasında, 500 ms zaman aralığında, Matlab firmasına ait Signal Processing Toolbox kullanılarak hesaplanmıştır. Bu şekilde elde edilen spektrogramlar görsel olarak incelenmiş ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda "aktif" durumun karakteristik olarak 0-10 Hz aralıklarında yüksek seviyeli EEG aktivitesine sahip olduğu görülmüştür. Diğer taraftan "dalgınlık" durumu ise girilen EEG frekanslarının da altında oldukça düşük seviyeli bir aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Son olarak "uykulu" kısımda ise 10-15 Hz aralığında alfa bandında belirgin EEG aktivitesi gözlemlenmiştir. Deneyler sonucunda ayrıca tespit ettiğimiz bir nokta ise F3, F4, Fz, Cz ve Pz bölgelerinin gönüllü katılımcıların durum tespitinde en fazla bilgiyi vermiş olduğudur.



Şekil 1. EEG ve SVM tabanlı "operatör durum izleme" BBA sisteminin çalışma diyagramı. (EEG and SVM based "operator status monitoring" BCI system operation diagram)

Gönüllü durumlarının otomatik olarak tespit edilmesi amacı ile Destek Vektör Makinesi (DVM) [9-10] yöntemine dayalı sınıflandırıcı tasarlanmıştır. DVM tanınmış bir makine öğrenme yaklaşımıdır. Çalışmadaki DVM sınıflandırıcısı, verilen her zaman noktası için spektrogramlardan aldığı frekans vektörlerini kullanmaktadır. Toplanan veriler, her gönüllü için üç adet DVM sınıflandırıcı inşa edilerek işlenmiştir. Bu üç DVM aktif, dalgın ve uykulu kısımların her birisi için inşa edilmiş olup final sınıflandırmasını yapmak için üç DVM sınıflandırıcı üç-yol XOR kullanılarak kombine edilmiştir. Eğer tek bir sınıflandırıcı spektrogramın frekans vektörü için pozitif çıktı verirse, vektör pozitif DVM sınıflandırıcısının kimliğine göre sınıflandırılır. İki ya da üç sınıflandırıcı aynı anda pozitif çıktı verir veya hiç bir sınıflandırıcı pozitif çıktı vermezse, vektör daima arka plan olarak sınıflandırılır. Şekil 1'de sistemin akış diyagramı gösterilmiştir.

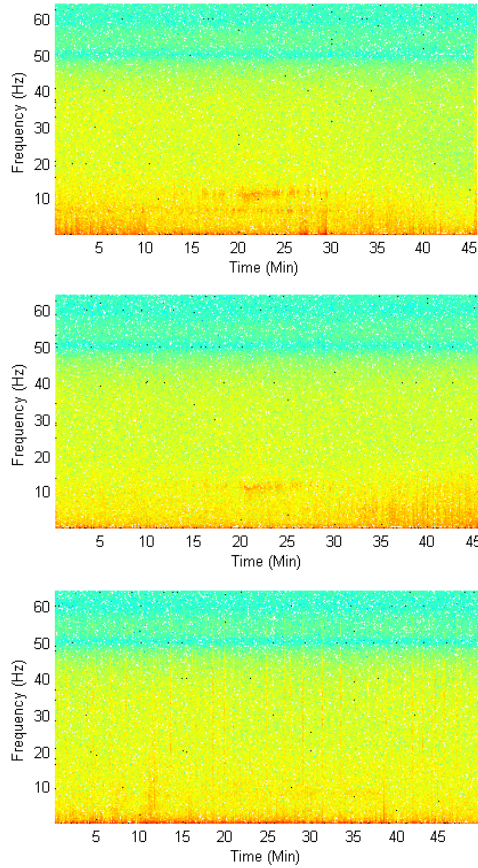
Sınıflandırıcılar her gönüllü için gönüllünün her deneyinden elde edilen spektrogram verileri ile eğitilmiştir. Bu eğitim verisi, tüm veri noktalarından rastgele olarak %20 oranında seçilerek oluşturulmuştur. Eğitilmiş sınıflandırıcının performansı ise çapraz-doğrulama yaklaşımı ile test edilmiştir. Özellikle test veri kümesi EEG spektrogram içerisinden %20 oranında rastgele seçilip eğitim verisi hariç tutularak oluşturulmuştur. Yaratılan bu veri kümelerine DVM sınıflandırıcı uygulanmış ve final performansının doğruluk yüzdesi test veri kümesi üzerinden hesaplanmıştır.

III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Bu çalışma, operatörün dikkat seviyesinin EEG tabanlı BBA sistemi ile nasıl incelenebileceğini göstermektedir. Çalışmalarda tren simülasyonu yazılımı kullanılarak gönüllü katılımcılara 35 ve 55 dakika aralığında seyahat süresi tanıyan aynı rota verilmiş ve bu sayede düşük dikkat seviyesi modellenmiştir.

EEG verileri modifiye edilmiş bir cihaz yardımıyla toplanmış ve çevrimdışı analiz edilmiştir. Bu veriler her EEG kanalı ve her deney için alınan spektrogramlar Matlab yazılımı ile hesaplanarak analiz edilmiştir.

Şekil 2'deki her spektrogram; her denek ve her deney için 1'den 64 Hz'e kadar EEG spektrumunu göstermektedir. İlk spektrogram Fz ve Pz kanalları aracılığıyla Gönüllü1'den toplanan EEG verileriyle oluşturulmuştur. Son spektrogram ise Fz kanalı aracılığıyla Gönüllü2'den Toplanan EEG verileri ile oluşturulmuştur. İlk spektrogramda 0-10 dakikalarında aktiflik durumu, 10-20 dakikalarında dalgınlık durumu ve 20-35 dakikalarında uykulu durumu açıkça gözlemlenebilmektedir. Ortadaki spektrogram ise Gönüllü1'e ait olup aynı gönüllünün farklı kanallarından



Şekil 2. Farklı kanal ve gönüllülerle oluşturulmuş spektrogram örnekleri (Spectrogram samples with different channels and volunteers)

alınan verilerin farklılıklarını göstermektedir. Son spektrogram ise Gönüllü2'e ait olup farklı gönüllülerden alınan verilerin farklılıklarını göstermektedir.

Spektrogramların görsel olarak incelenmesi "aktif", "dalgın", "uykulu" durumları arasındaki farkları EEG verilerinde göstermiştir. Tipik olarak, aktif ve dalgın durumları sırasıyla 0-10 Hz düşük frekanslı EEG aktivitesiyle ayrılmakta ve bu durum frontal lobe elektrotlarında F3, F4 ve Fz sağ-sol ayrıık loblardaki farklılıklarla beraber açıkça gözlemlenebilmektedir. Uykulu durum ise 10-15 Hz bandında aralıklı veya devamlı alfa bandı olarak gözlemlenmektedir bu durum parietal elektrotlarda C3, C4, Cz ve Pz açıkça gözlemlenmiştir.

Bahsedilen farklılıklar bir gönüllünün verisinde tutarlı bir biçimde gözlenmektedir ama gönüllüler arasında oldukça güçlü farklılıklarda bulunmaktadır. Bu farklılıklara rağmen üretilen durum tespit sistemi kişilere özel olarak eğitildiğinde yüksek performanslı ve oldukça hassas çalışmaktadır. Öyle ki, bir gönüllüye ait tüm verilerle eğitilen DVM neredeyse %95 gibi bir doğruluk oranıyla çalışmaktadır. Fakat bütün gönüllülerin verileriyle karışık olarak eğitilmiş DVM'nin doğruluk performansı, kişiye ait DVM'ye göre biraz daha azalmış ve %75 olarak tespit edilmiştir.

TABLO I. Gönüllü katılımcıların kendi verileriyle eğitilmiş DVM sisteminin doğruluk tablosu. (Accuracy chart of the DVM system trained by volunteers' own data)

Gönüllü	Deney 1	Deney 2	Deney 3	Deney 4	Deney 5	Ortak
S1	% 98	% 99	% 93	% 95	% 97	% 96.7
S2	% 90	% 87	% 91	% 90	% 88	% 89.7
S3	% 88	% 88	% 88	% 86	% 91	% 88.6
S4	% 91	% 95	% 92	% 96	% 92	% 93.5
S5	% 90	% 81	% 93	% 91	% 93	% 90.1

Artan teknolojiyle birlikte insan kontrolü araçlar üzerinden azalmakta fakat hala operatörler bizim güvenliğimizin garantisi durumundadır. Otomatikleşen sistemlerle birlikte operatörler daha az kontrol işi yapmalarına nedeniyle uyku ve dalgınlık durumu en büyük tehlike haline gelmektedir. Öncelikle can kayıplarının azaltılması sonra dikkatsizliğe bağlı ekonomik giderlerin ortadan kaldırılması amacıyla geliştirilen EEG tabanlı BBA sistemi taşınabilir bir EEG makinası ve DVM tabanlı veri analiz metodu kullanarak

çalışmaktadır. Ayrıca gönüllü katılımcılarla yapılan deneyler göstermiştir ki operatör durum tespitinde yüksek hassasiyete sahiptir. Sonuç olarak bu çalışma göstermiştir ki operatörün dikkat durumu geliştirilen sistemle neredeyse kesin olarak tespit edilebilir ve operatöre bağlı dikkatsizliklerin önüne bu yolla geçilebilir.

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] V. Saini and R. Saini, "Driver Drowsiness Detection System and Techniques: A Review," *Int. J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 4245–4249, 2014.
- [2] H.-Y. Hsieh, S.-F. Liang, L.-W. Ko, M. Lin, and C.-T. Lin, "Development of a Real-Time Wireless Embedded Brain Signal Acquisition/Processing System and its Application on Driver's Drowsiness Estimation," in *2006 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2006, pp. 4374–4379.
- [3] C. Lin, R. Wu, S. Liang, W. Chao, Y. Chen, and T. Jung, "EEG-based drowsiness estimation for safety driving using independent component analysis," *IEEE Trans. Circuits Syst. I Regul. Pap.*, vol. 52, no. 12, pp. 2726–2738, Dec. 2005.
- [4] A. Hashemi, V. Saba, and S. N. Resalat, "Real Time Driver's Drowsiness Detection by Processing the EEG Signals Stimulated with External Flickering Light," *Basic Clin. Neurosci.*, vol. 5, no. 1, pp. 22–27, 2014.
- [5] J. Touryan, G. Apker, B. J. Lance, S. E. Kerick, A. J. Ries, and K. McDowell, "Estimating endogenous changes in task performance from EEG," *Front. Neurosci.*, vol. 8, no. June, p. 155, Jan. 2014.
- [6] S. R. Raut and S. M. Kulkarni, "A Real Time Drowsiness Detection System for Safe Driving," *Int. J. Electron. Electr. Comput. Syst.*, vol. 3, no. 5, pp. 15–19, 2014.
- [7] B.-G. Lee, S.-J. Jung, and W.-Y. Chung, "Real-time physiological and vision monitoring of vehicle driver for non-intrusive drowsiness detection," *IET Commun.*, vol. 5, no. 17, pp. 2461–2469, Nov. 2011.
- [8] H. Yu, H. Lu, T. Ouyang, H. Liu, and B.-L. Lu, "Vigilance detection based on sparse representation of EEG," in *32nd Annual International Conference of the IEEE EMBS*, 2010, pp. 2439–42.
- [9] E. Byvatov and G. Schneider, "Support vector machine applications in bioinformatics," *Appl. Bioinformatics*, vol. 2, no. 2, pp. 67–77, 2002.
- [10] L. Wang, Ed., *Support Vector Machines: theory and applications*. Springer, 2005, p. 431.
- [11] Y. Mishchenko and M. Kaya, "Detecting the attention state of an operator in continuous attention task using EEG-based brain-computer interface," *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2015 23th. IEEE, 2015..