

# EEG Tabanlı Beyin Makine Arayüzü Kullanılarak Devamlı Dikkat Gerektiren Görevde Operatörün Dikkat Durumunun Tespiti

## Detecting The Attention State Of An Operator In Continuous Attention Task Using EEG-Based Brain-Computer Interface

Yuriy Mishchenko, Murat Kaya  
Bilgisayar-Yazılım Mühendisliği Bölümü  
Toros Üniversitesi  
Mersin, Türkiye  
{yuriy.mishchenko,muratkaya.de}@gmail.com

**Özetçe**—Günümüzde robotik ve otomatikleşen sistemlerin hızla gelişmesi ile birlikte operatörler (herhangi bir cihazı kullanan kimse) üzerinde ki kontrol yükü azalmakta ve bu durum önemli kontrol süreçlerinde operatörün dikkat kaybı yaşamasına neden olmaktadır. Can ve mal kaybına neden olan iş ve trafik kazalarının büyük bir kısmı dikkat kaybı problemiyle bağlantılıdır. Bu sorunların önüne geçmek için dikkat kayıplarının tespit edilmesi birinci önceliklidir. Bu çalışmada, operatörün dikkat kaybını tespit etmek için, EEG ve SVM tabanlı operatör durum tespit Beyin Makine Arayüzü sistemi geliştirildi. Geliştirilen sistemin devamlı dikkat gerektiren bir sanal araç kontrol görevinde yüksek doğruluk oranıyla çalışabildiği deneysel olarak gösterildi.

**Anahtar Kelimeler** — EEG BMA; SVM; dikkat kaybı; dikkat durumu tespiti;

**Abstract**—Modern rapid developments of robotic and automated systems created novel operating environments for machinery and industrial process operators in which the reduction of the level of control exercised by operators can lead to their losing attention during important machinery or process operation tasks. Loss of attention is currently one of the most important causes of work and traffic related accidents. The problem of detecting the loss of operator's attention attracted substantial attention in recent years. In this work, an EEG and SVM-based Brain-Computer Interface system was developed for determining an operator's attention state. Using a virtual continuous attention vehicle control task, the ability of the system to detect different operator attention states with high degree of reliability was demonstrated.

**Keywords** — EEG BCI; SVM; attention loss; attention state determination;

### I. GİRİŞ

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

Yapılan araştırmalara göre gerçekleşen araç kazalarının önemli bir çoğunluğu sürücü yorgunluğundan kaynaklanmaktadır. Tüm trafik kazalarının %20'si yorgunluk ve dikkatsizlik ile bağlantılıdır [1]. Burdan yola çıktığımızda operatör durum tespiti probleminin büyük önemi ortaya çıkmakta ve literatürde yapılmış araştırmalarda farklı dikkat durumu tespit yöntemleri de incelenmiştir [1]–[8].

Bu çalışmada, dikkat kaybını tespit etmek amacıyla electroencephalography tabanlı beyin bilgisayar arayüzü (EEG-BCI) kullanılarak bir method geliştirilmektedir. Çalışmada odaklanılan senaryo; operatörler taşınabilir EEG-BCI cihazı giymekte aynı zamanda çoğunlukla otonom olan bir araç kullanmaktadır. Operatörlerden sözü geçen cihaz yardımı ile alınan EEG sinyallerinde aktif, dalgın ve uykulu durumları yüksek doğruluk oranlarıyla tespit edilebildi. Bu çalışma, gelecekte operatörler için daha gelişmiş EEG tabanlı BCI sistemi kullanılarak geliştirilecek, durum tespit sistemlerine öncülük ve yardım edebilecektir.

### II. YÖNTEM

Dikkat durumu kontrolünde bilinen bazı methodlar özellikle günümüz araçlarında da kullanılan video sistemleri veya hareket izleme sistemlerinden [1]–[8] farklı olarak, bu çalışmada EEG tabanlı BCI sistemi geliştirildi. Bilinen metotlara göre avantajı ise; yüksek

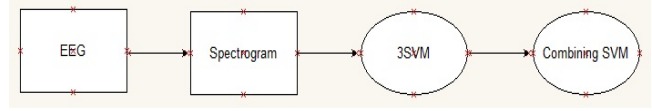
doğruluk oranına sahip olması ve operatörün beyin aktivitesinin direkt incelenebilmesiyle bilinen metotlarda ortaya çıkan yalancı durum verilerini yaratmamasıdır. Aynı zamanda bu çalışmada geliştirilen sistem otomobiller, insansız hava araçları veya otonom sistemlerinde değişikliğe uğramadan kullanılabilir.

Çalışmada 3 gönüllü denek Microsoft Train Simulator yazılımı yardımıyla tren simülasyonu kontrol etmiştir. Burada ki amaç tren sisteminin oldukça otonom özellikler taşıması ve operatörün dikkat kontrolünü sağlaması için bir sisteme sahip olmamasıdır. Denekler treni kullandığı esnada EEG verileri toplanmıştır. Deney sırasında denekler bilgisayar karşısına oturduktan sonra denekler tarafından bilinen, belirlenmiş bir seyahat rotasını kullandılar. Bu seyahat rotası olabildiğince düz ve yaklaşık olarak 45 dakikalık bir seyahat uzunluğuna sahiptir. Denekler bilinen deney prosedürüne göre ilk 10 dakika "aktif", sonraki 10 dakika gözler açık fakat trene ya da herhangi bir noktaya dikkat vermeden yani "dalgin", daha sonra ise gözler kapalı "uyku" moduna geçiş şeklinde treni kullanarak deneyi tamamladılar. Bu alanlar deney esnasında bir araştırmacı ve tepki süresi ölçen yazılım ile birlikte gözlemlendi ve tespit edildi.

Deney esnasında kaydedilen EEG verileri ise modifiye edilmiş, taşınabilir EPOC EEG aracı (EMOTIV, San Francisco) yardımı ile sağlandı. EPOC EEG çekimlerinde ucuz bir alternatif olması karşın bazı dezavantajları nedeniyle tarafımızca modifiye edildi. Bu dezavantajlar 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 kapsamıydı. Modifiye işlemi için iki adet EEG cihazının var olan elektrot kapları çıkarıldı ve elektrotların daha uzun kablolarla yerleştirilmesinden sonra özel yapım EEG kep üzerine yerleştirildi. Bu sayede daha fazla elektrot ve uluslararası 10/20 sistemi dahilinde F3/4, C3/4, Fz, Cz, ve Pz bölgelerine de elektrot yerleşimi sağlandı.

EEG verileri kablosuz olarak 128 HZ örnekleme oranı ile bir adet laptop ve Matlab'ta özel olarak geliştirilmiş yazılım sayesinde kaydedildi ve çevrimdışı analiz edildi. Analizde ilk olarak, her EEG kanalından gelen ham veriler için 1024-nokta kısa-zaman Fourier Dönüşümü ile 15 saniyelik Blackman Penceresi kullanılarak spektrogramlar hesaplandı. Bu spektrogramlar 1/8 HZ ve 64 HZ arasında, 500 ms zaman aralığında, Matlab'ta Signal Processing Toolbox kullanılarak hesaplandı. Bu şekilde elde edilen spektrogramlar görsel olarak incelendi ve elde edilen sonuçlar doğrultusunda "aktif" durumun karakteristik olarak 0-10 HZ EEG frekans aralıklarında yüksek seviyeli aktiviteye sahip olduğu görüldü. Diğer taraftan "dalginlık" durumu ise girilen EEG frekanslarının da altında oldukça düşük seviyeli aktiviteye sahipti. Son olarak "uykulu" kısımda ise 10-15 HZ EEG frekans aralığında "Alpha" bandında belirgin EEG aktivitesi gözlemlendi. Deneyler

sonucunda ayrıca gözlemlenen bir diğer durum ise F3, F4, Fz, Cz ve Pz bölgelerinin deneklerin durum tespitinde en fazla bilgiyi vermiş olduğudur.



Şekil 1. EEG ve SVM tabanlı "operatör durum tespit" BMA sisteminin çalışma diagramı.

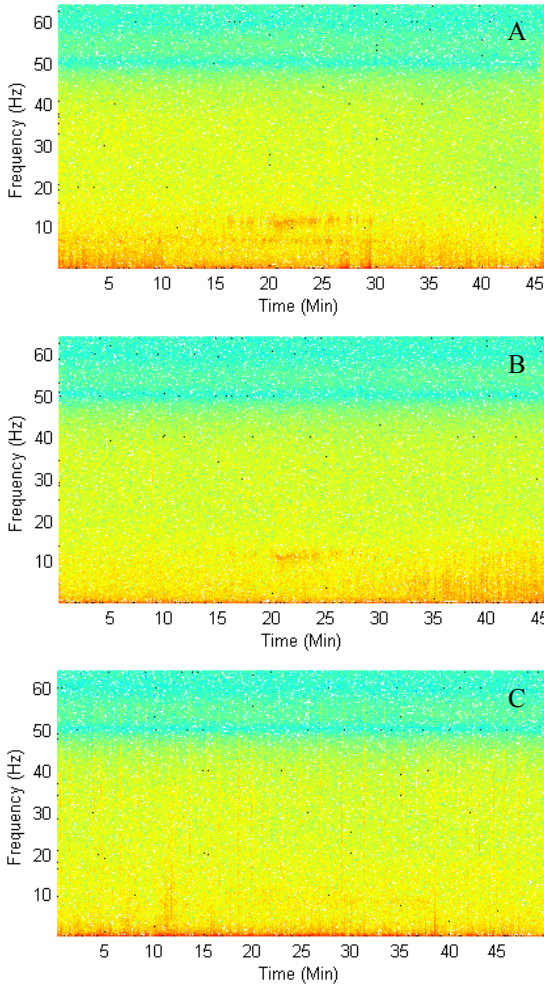
Denek durumlarının otomatik olarak tespit edilmesi amacı ile Support Vector Machines (SVM [9], [10]) sistemine göre makine öğrenmesine dayalı sınıflandırıcı dizayn edildi. Bu çalışmada ki SVM sınıflandırıcı verilen her zaman noktası için spektrogramlardan aldığı frekans vektörlerini kullandı. Toplanan veriler her denek için üç adet SVM sınıflandırıcı inşa edilerek işlendi. Bu üç SVM aktif, dalgin ve uykulu kısımların her birisi için teke-karşı-tüm yaklaşımı kullanılarak inşa edildi. Final sınıflandırmasını yapmak için 3 SVM sınıflandırıcı üç-yol XOR kullanılarak kombine edildi. Eğer tek bir sınıflandırıcı bir spektrogramın frekans vektörü için pozitif çıktı verdiyse, vektör pozitif svm sınıflandırıcısının kimliğine göre sınıflandırıldı. İki ya da üç sınıflandırıcı aynı anda pozitif çıktı verir veya hiç bir sınıflandırıcı pozitif çıktı vermediyse, vektör daima arka plan olarak sınıflandırıldı.

Sınıflandırıcılar her denek için denegın her deneyinden elde edilen spektrogram verileri ile eğitildi. Bu eğitim verisi tüm veri noktalarından rastgele olarak %20 oranında bir durumun örnek frekans vektörleri seçilerek inşa edildi. Eğitilmiş sınıflandırıcının performansı çapraz-doğrulama yaklaşımı kullanılarak değerlendirildi. Özellikle test veri seti EEG spektrogramlarının içerisinde %20 oranında frekans vektörleri rastgele seçilerek oluşturuldu. Yaratılan bu veri setlerine SVM sınıflandırıcı uygulandı ve final performansının doğruluk yüzdesi test veri seti üzerinden hesaplandı.

### III. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma operatörün dikkat seviyesinin EEG tabanlı BCI sistemi ile nasıl tespit edilebileceğini göstermektedir. Çalışmalarda tren simülasyon yazılımı kullanılarak deneklere 35 ve 55 dakika aralığında seyahat süresi tanıyan aynı rota verildi ve bu sayede düşük dikkat seviyesi modellendi.

EEG verileri modifiye edilmiş bir cihaz yardımıyla toplandı ve çevrimdışı analiz edildi. Bu veriler her EEG kanalı ve her deney için spektrogramlar olarak Matlab kullanılarak analiz edildi.



**Şekil 2.** Farklı kanal ve deneklerle oluşturulmuş spektrogram örnekleri. Her spektrogram, her denek ve her deney için 1'den 64 HZ'e kadar EEG spektrum göstermektedir. Şekil 2-A spektrogram Fz ve Pz kanalları aracılığıyla Denek1'den toplanan EEG verileriyle oluşturulmuştur. Şekil 2-C spektrogram ise Fz kanalı aracılığıyla Denek2'den Toplanan EEG verileri ile oluşturulmuştur. Şekil 2-A spektrogramda 0-10 dakikalarında aktiflik durumu, 10-20 dakikalarında dalgınlık durumu ve 20-35 dakikalarında uykulu durumu açıkça gözlemlenebilmektedir. Şekil 2-B spektrogram ise Denek1'e ait olup aynı deneyin farklı kanallarından alınan verilerin farklılıklarını göstermektedir. Şekil 2-C spektrogram ise Denek2'e ait olup farklı deneklerden alınan verilerin farklılıklarını göstermektedir.

Spektrogramların görsel olarak incelenmesi "aktif", "dalgın", "uykulu" durumları arasında EEG verilerindeki farkları gösterdi. Tipik olarak, aktif ve dalgın durumları sırasıyla 0-10 HZ düşük frekanslı EEG aktivitesiyle ayrılmaktadır. Bu durum frontal lobe elektrotlarında; F3, F4 ve Fz sağ-sol ayrıık loblarda ki farklılıklarla beraber gözlemlenebilmektedir. Uykulu durum ise 10-15 HZ bandında aralıklı veya devamlı "Alpha" bandı olarak gözlemlenmektedir. Bu durum pariyetal elektrotlarda (C3, C4, Cz ve Pz) gözlemlenebilmektedir.

Bahsedilen farklılıklar bir deneyin verisinde tutarlı bir biçimde gözlenmektedir ama denekler arasında oldukça

güçlü farklılıklarda bulunmaktadır. Bu farklılıklara rağmen, bu çalışmada geliştirilen durum tespit sistemi kişilere özel olarak eğitildiğinde yüksek performanslı ve hassas çalışmaktadır. Öyle ki, bir deneye ait tüm verilerle eğitilen SVM %95'e varan doğruluk oranıyla çalışmaktadır. Fakat bütün denekler için bir ortak SVM kullanılarak çalıştırılan tespit sisteminin doğruluk performansı, kişiye ait SVM'e göre azaldı ve %75 olarak tespit edildi.

Denek	Deney1	Deney2	Deney3	Deney4	Deney5	Ortalama
Denek1	93,7%	96,8%	95,1%	97,1%	95,4%	96,2%
Denek2	88,6%	95,8%	96,0%	95,4%	95,5%	94,9%
Denek3	87,0%	92,8%	93,4%	94,1%	92,3%	93,3%

**Tablo 1.** Deneklerin kendi verileriyle eğitilmiş durum tespit etme yüzde doğruluk tablosu.

Günümüzde, gelişen teknolojiyle birlikte insan kontrolü araçlar üzerinden giderek azalmakta fakat hala operatörler bizim güvenliğimizin garantisi konumunda kalmaktadır. Otomatikleşen sistemlerle birlikte operatörler daha az kontrol işi yapmaları nedeniyle uyku ve dalgınlık durumu en büyük tehlike haline gelmektedir. Bu çalışmada öncelikle can kayıplarının azaltılması sonra dikkatsizliğe bağlı ekonomik giderlerin ortadan kaldırılması amacıyla EEG tabanlı operatör dikkat durumu tespit sistemi geliştirilmektedir. Bu sistem, taşınabilir bir EEG makinası ve SVM tabanlı veri analiz metodu kullanarak çalışmaktadır. Denekler ile yapılan deneyler kullanılarak sözü geçen sistemin operatör durum tespitinde yüksek hassasiyete sahip olduğu gösterilmiştir. Bu sistem, gelecekte operatörlerin durum tespit sistemlerine öncülük ve yardım edebilecektir.

#### IV. BİLGİLENDİRME

Bu araştırma TUBITAK ARDEB 1001 projesi 113E611, Toros Üniversitesi BAP fonu projesi TUBAP135001 ve Bilim Akademisi (İstanbul, Türkiye) BAGEP burs ödülü tarafından desteklenmiştir.

#### KAYNAKÇA

- [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.