



# Beyin Dalgaları ve Baş Hareketiyle Gerçek Zamanlı Robotik Araba Kontrolü

## Real-Time Robotic Car Control Using Brainwaves and Head Movement

Nedime ÖZTÜRK ve Bülent YILMAZ

Elektrik ve Bilgisayar Anabilim Dalı  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Abdullah Gül Üniversitesi  
Kayseri, Türkiye

[nedime.ozturk@agu.edu.tr](mailto:nedime.ozturk@agu.edu.tr), [bulent.yilmaz@agu.edu.tr](mailto:bulent.yilmaz@agu.edu.tr)

Ahmet Yasin ÖNVER

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
Abdullah Gül Üniversitesi  
Kayseri, Türkiye

[ahmetyasin.onver@agu.edu.tr](mailto:ahmetyasin.onver@agu.edu.tr)

**Özetçe**—Emotiv Epoc baş seti portatif ve düşük maliyetli bir cihazdır. Bu çalışmada Emotiv Epoc cihazı EEG ve çayro sinyallerini gerçek zamanlı olarak elde etmek için kullanıldı. Çalışmanın amacı, çayro verileri ve göz açıp kapama hareketleri ile robotik bir arabanın gerçek zamanlı kontrolünü sağlamaktır. Çayro sinyallerinin en büyük ve en küçük değerleri, O1 ve O2 kanal sinyallerinin alfa dalgalarının beta dalgalarına oranları eşik değeri olarak kullanıldı. Bu eşik değerleri ise robotik arabanın yönünü belirlemek için kullanıldı. Robotik arabanın kontrolünde ulaşım ve uygulama kolaylığı nedeniyle Arduino Uno tercih edildi. Bu çalışma, beyin dalgalarının ve baş hareketinin bir cihazın kontrolünü gerçek zamanlı olarak yapabileceğini göstermiştir. Böyle bir sistemin farklı nörogeribesleme ve beyin bilgisayar arayüzü uygulamalarında kullanılması potansiyeli mevcuttur.

**Anahtar Kelimeler** —EEG; çayro; Emotiv Epoc baş seti; gerçek zamanlı veri analizi.

**Abstract**—Emotiv Epoc Headset is a portable and low-cost device. In this study, Emotiv Epoc headset was used in order to obtain real-time gyro and EEG signals. The aim of this study was to control a robotic car in real-time by using head movement and opening and closing of the eyes. The maximum and minimum amplitude of the gyro signal, and the ratios of the beta waves of O1 and O2 channel to alpha waves of the same channels were used as threshold values. These threshold values were used to determine the direction of the robotic car. Because of its low-cost and easy implementation, Arduino Uno was used to manage the robotic car. This study has shown that brain waves and head movements can control a device in real time. This system has the potential to be used in neurofeedback and brain-computer interface applications.

**Keywords** —EEG; gyro signal processing; Emotiv Epoc headset; real-time data analysis.

### I. GİRİŞ

Beyin sinyallerini elde etmek için intrakortikal sistemler, elektrokortikogram (EKOg) ve elektroensefalogram (EEG) sistemleri kullanılmaktadır. İntrakortikal sistemler ve EKOg girişimsel yöntemlerdir. EEG ise girişimsel olmayan ve tarihi yaklaşık 100 yıl öncesine dayanan bir sistemdir. İntrakortikal sistemler ve EKOg yöntemleri ile çok daha kaliteli sinyaller alınabilmesine rağmen, EEG ameliyat gerektirmediği için kullanımı daha kolaydır.

Beynin görsel işleme merkezi oksipital lobdur [1]. Bu nedenle göz açıp kapama hareketleri çoğunlukla oksipital lobdan gözlenebilmektedir [2]. Alfa (8-13 Hz) ve beta (15-30 Hz) aktivitesi göz açıp kapama hareketleri ile değişiklik göstermektedir. Yaklaşık 50 yıl önce yapılan bir çalışmada alfa aktivitesindeki artışın, görsel uyaranların yok edilmesi veya göz kapatma hareketi ile gözlenebildiği gösterilmiştir [3]. Benzer şekilde, göz açma hareketi ve mental düşünme alfa aktivitesindeki azalmaya neden olmaktadır [3].

EEG sinyallerinin elde edilmesinde Emotiv Epoc baş seti (EBS) kullanılabilir. EBS maliyeti düşük, portatif bir cihazdır ve kablolu sinyal iletimi ve başa elektrotların rahatça yerleştirilebilmesi açısından kullanımı kolaydır. Ayrıca gerçek zamanlı uygulamaları desteklemektedir [4]. EBS 14 kanallı olup ek olarak 2 referans elektrota sahiptir. Kanallar uluslararası 10/20 sistemine uygun olarak yerleştirilmiştir. Ek olarak üzerindeki çayroskop ile başın hareketlerinin pozisyon bilgisi elde edilmektedir [4].

Bu çalışmada Çayro ve EEG sinyallerini elde etmek için Emotiv Epoc baş seti kullanıldı. Elde edilen sinyaller MATLAB R2017a yazılımı ile işlendi ve komut verilerine dönüştürüldü. Robotik arabanın motor kontrolü için Arduino

Uno ve Arduino motor sürücü kartı kullanıldı. Matlab ile Arduino haberleşmesi, HC-05 Bluetooth modülü kullanılarak sağlandı. Komut verileri Bluetooth modülü ile Arduino'ya aktarıldı. Bu sayede robotik arabanın motor kontrolü Arduino'ya bağlı olan motor sürücü ile sağlanmıştır.

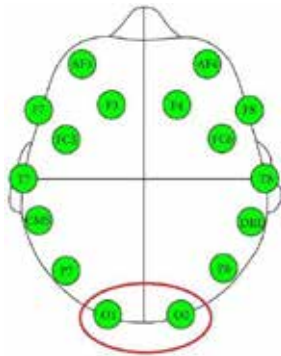
Çalışmamızın amacı, bir robotik arabanın kontrolünün beyin dalgaları ve baş hareketinden elde edilen sinyalleri kullanarak gerçek zamanlı olarak yapılabileceğini göstermektir. Böyle bir sistemin farklı nörogeribesleme ve beyin bilgisayar arayüzü uygulamalarında kullanıma potansiyeli mevcuttur.

## II. YÖNTEM

### A. Sinyallerin Elde Edilmesi

Bu çalışmada EEG sinyalleri 25 yaşında kadın ve 27 yaşında erkek gönüllü katılımcılardan elde edildi. Sinyallerin elde edilmesinde Emotiv Epc baş seti (EBS) kullanıldı. Kayıt alınmadan önce kullanıcılar deney hakkında bilgilendirildi. Toplamda onar saniyelik kayıtlar alındı. Katılımcılardan 5 sn gözlerini açık tutmaları ve 5 sn gözlerini kapatmaları istendi. Bu işlem sırasında sesli uyarı (bip sesi) verilerek kullanıcıların gözlerini açmaları veya kapatmaları sağlandı. Göz açıp kapatma hareketleri oksipital lobdan izlenebilmesi nedeniyle EBS'de oksipital lob üzerine denk gelen O2 kanalından elde edilen veriler kullanılmıştır. Şekil 1'de bu O1 ve O2 kanalları EBS üzerinde görülmektedir. Sinyaller 128 Hz örnekleme frekansı ile elde edildi.

Cayro sinyalleri doğrudan EBS üzerinden alındı. Kullanıcıların başını sağ-sol, ön-arka yönlerine hareket ettirmesi ile sinyaller elde edildi. Saniyede 128 örnek alındı. Şekil 2'te örnek bir Cayro verisi görülmektedir.



Şekil 1. Bu çalışmada kullanılan Emotiv kanalları kırmızı ile işaretlendi.

### B. Sinyallerden Özellik Çıkarılması

O2 kanalından elde edilen sinyaller çentik filtreyle (50 Hz) filtrelenmiş, böylelikle şebeke gürültüsünden arındırılmıştır.

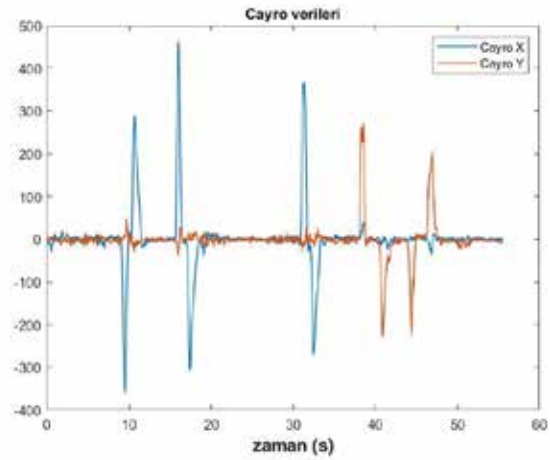
Bu sinyaller ortalamadan çıkarılarak sıfır ortalamalı hale dönüştürüldü. Bu verilerin frekans güçlerini elde etmek için sinyallerin hızlı Fourier dönüşümü (FFT) yaklaşımıyla katsayılar elde edildi. Bu katsayıların karelerinin 8-13 Hz arasında olanlarının ortalaması alınarak sinyallerin alfa gücü, 15- 30 Hz arasında olanların ortalaması alınarak ise beta gücü elde edildi. Alfa gücünün beta gücüne oranı ise eşik değeri olarak belirlendi. Ancak, EEG verileri kişiden kişiye değişiklik göstermektedir. Bu nedenle gerçek zamanda her kişi için kararlı çalışabilen bir sistem tasarlamak için eşik değerinin uyarlanabilir olması sağlandı. Uyarlanabilen eşik değerini elde etmek için gerçek zamanlı çalışan sistemde ilk 10 sn eşik değeri belirleme amacıyla kullanıldı. Buna göre, ilk 5 sn'de kullanıcılar gözlerini açık tutup bu verilerin ortalamasına bakıldı. Aynı şekilde sonraki 5 sn'de kullanıcılar gözlerini kapattı ve bu verilerin ortalaması alındı. Böylelikle açık göz ve kapalı göz hareketlerinin eşik değerleri kişi bazlı olarak tanımlanmış oldu.

Cayro sinyalleri için kaydırılan pencerede en küçük ve en büyük değerler alınarak cayro sinyalleri için özellik çıkarma işlemi gerçekleştirildi.

### C. Sinyallerin Komut Verilerine Dönüştürülmesi

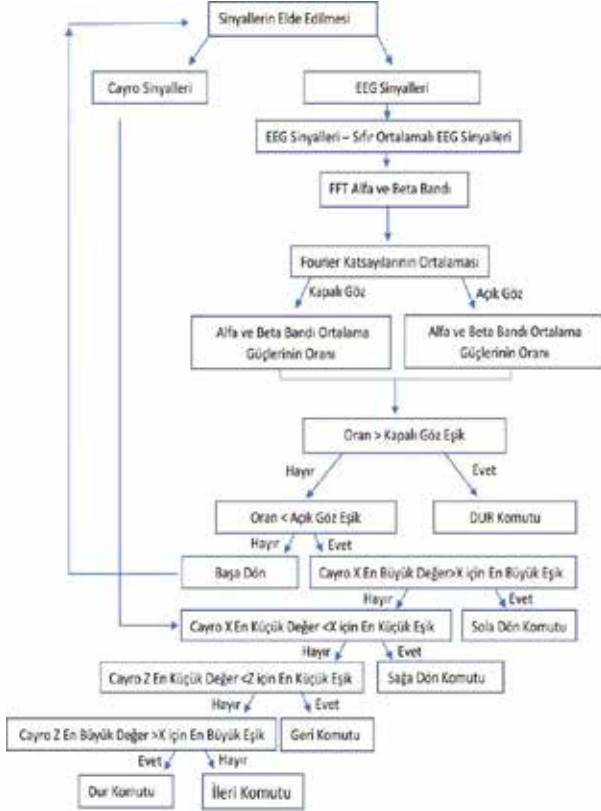
O2 kanalından elde edilen uyarlanabilir eşik değerleri ile kullanıcı gözünü kapattığında arabanın durması, gözünü açtığında ise arabanın ilerlemesi sağlanacak şekilde bir algoritma uygulandı.

Cayro verilerinin en küçük ve en büyük değerleri, önceden belirlenen eşik değerleri ile karşılaştırıldı ve robotik arabanın sağ-sol ve ön-arka yönlü ilerlemesi için uygulandı. Bu eşik değerleri gözün açık ve kapalı hareketinden bağımsızdır. Uygun eşik değerleri, cayro verilerinin genliklerinin incelenmesiyle oluşturuldu.



Şekil 2. Kadın denekten alınan cayro verileri. Mavi X sinyalleri sırasıyla başın sağ ve sol yönlü hareketini, kırmızı Y sinyalleri sırasıyla başın öne ve arkaya olan hareketini temsil etmektedir.

Her bir yön için bir eşik değeri olmak üzere dört ayrı eşik değeri belirlendi. Başın öne hareketi arabayı durduran hareket olarak belirlendi. Başın sağ yönlü hareketi arabanın sağa dönmesi, sol yönlü hareketi ise arabanın sola dönmesi için ayarlandı. Başın geriye doğru hareketi arabanın geri gitmesi için uygulandı. İlgili algoritma Şekil 3'te detaylı olarak görülmektedir.



Şekil 3. Komut verilerinin elde edilmesinde kullanılan algoritma.

#### D. Cihaz Kontrolü

Robotik arabanın kontrolü için Arduino Uno kullanıldı. Cihaz kontrolü için akış şeması Şekil 4'de görülmektedir. Arduino, elektronik cihazların programlaması için kullanılan açık kaynaklı bir platformdur [5]. Çoğu cihazdan bilgi alabilir ve gönderebilir [5]. Bu çalışmada Arduino, Matlab'dan aldığı bilgiyi motor sürücüyü aktarmak için kullanıldı. Arduino ile Matlab arasında kablosuz bağlantıyı sağlamak için HC-05 Bluetooth modülü kullanıldı.

Arduino motor sürücü kartı, Arduino üzerine takılarak, 4 adet DC motor, 2 adet step motor ve 2 adet servo motorun kontrol edilmesini sağlayan bir devre kartıdır. Ek olarak, motorların hız ve yönlerini birbirlerinden bağımsız olarak kontrol etmeyi mümkün kılmaktadır [6]. Bu çalışmada 2 adet DC motor, Arduino motor sürücü kartı kullanılarak kontrol edilmiştir.

Sonuç olarak, uygulanan algoritma ile gerçek zamanlı robotik araba kontrolü sağlanmıştır.

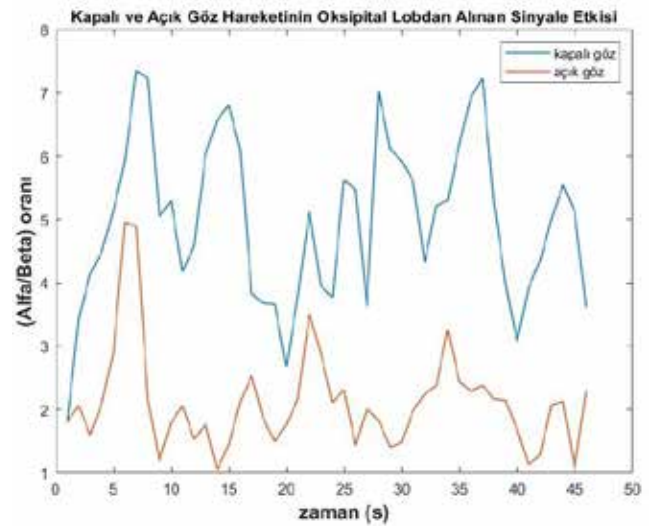


Şekil 4. Beyin bilgisayar arayüzü akış şeması.

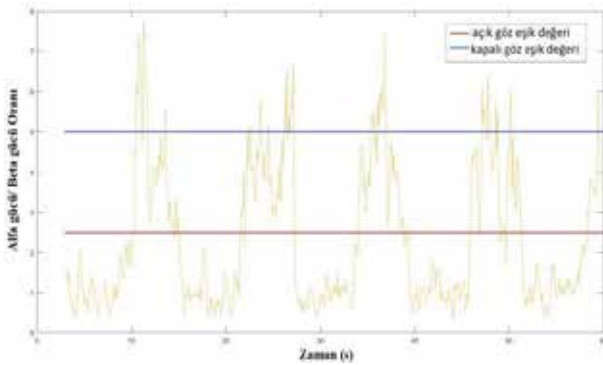
### III. SONUÇLAR

Sonuç olarak, açık ve kapalı göz hareketinin alfa bant gücünün beta bant gücüne oranında ciddi farklılık gözlenmiştir. Kapalı ve açık göz hareketlerinin oksipital lobdan alınan sinyallerin alfa gücünün beta gücüne oranları Şekil 5'te görülmektedir.

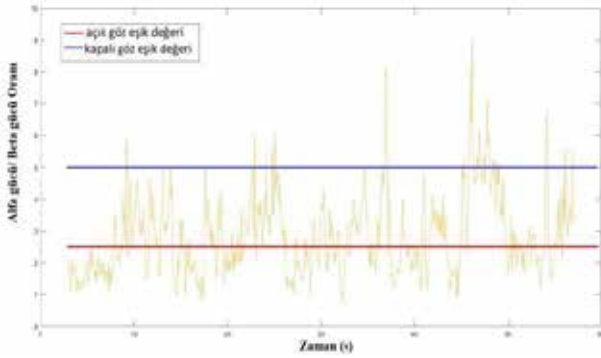
Yapılan deneyler sonucunda EEG verilerinin kişiden kişiye değiştiği gözlenmiştir. Şekil 6'da sırasıyla iki farklı denek için aynı kanaldan alınan alfa bant gücünün beta bant gücüne oranları görülmektedir. Bu verilerden de açıkça görüldüğü gibi sabit bir eşik değerinin her kullanıcı için elverişli olmadığı gözlenmiştir. Bu nedenle, EEG verileri ile çalışırken kişiye özel yaklaşımlar uygun görülmüştür.



Şekil 5. Mavi sinyaller göz kapalı iken oksipital lobdan alınan sinyallerin alfa güçlerinin beta güçlerine oranını temsil etmektedir. Kırmızı sinyaller ise göz açıkken aynı bölgeden alınan sinyallerin alfa güçlerinin beta güçlerine oranını temsil etmektedir.

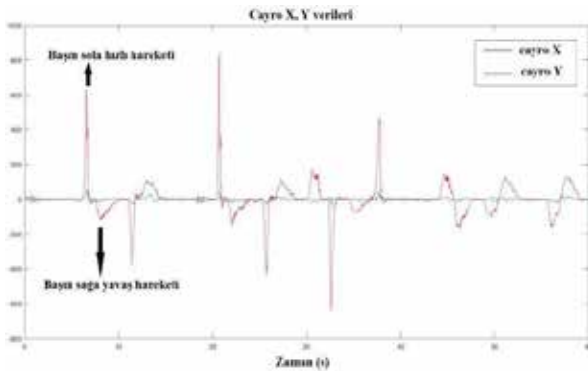


Şekil 6.a. Denek 1 için oksipital lobdan alınan EEG verilerinden elde edilen oranın zamanla değişimi.



Şekil 6.b. Denek 2 için oksipital lobdan alınan EEG verilerinden elde edilen oranın zamanla değişimi.

Cayro verileri konuma dayalı sinyallerdir. Cayro sinyallerinin genliğinin baş döndürme hızına bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Şekil 7'de hızlı hareket etme ve yavaş hareket etme durumları görülmektedir.



Şekil 7. Farklı hızda ve yöndeki baş hareketlerinin oluşturduğu sinyaller.

### III. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma ile, beyin bilgisayar etkileşiminin gerçek zamanlı bir uygulaması olarak robotik bir arabanın Emotiv Epc baş

seti kullanılarak kişiye özel olarak kontrol edilebileceği gösterildi.

Dikkat eksikliği ve hiperaktivite bozukluğu (DEHB), çocukluk çağında başlayan kronik bir rahatsızlıktır. DEHB tedavisinde farmakolojik ve psikolojik yaklaşımlar kullanılmaktadır. Günümüzde bu tedavilere alternatif olarak nörogeribeslemeli sistemler üzerine çalışmalar yapılmaktadır [7]. Bu sistemler elektrotlardan ölçülen elektriksel sinyaller hakkında video, ses veya dokunma bilgisi sağlar. Böylelikle hasta, kendi düzenini iyileştirmek için beyni eğiten öğrenme mekanizmaları (odaklanma, alfa bant gücünü arttırmaya çalışma vb.) aracılığıyla tedavi edilmektedir [7]. Bu tip uygulamalar, klinik kullanımının yanı sıra oyun/oyuncak ve robotik sektöründe de kullanılmaktadır. Burada çocuğun odaklanarak mental bir görevi yerine getirmesi ve bu zorluğu aşması sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu hedefle çocuğun kafa derisinde özel bölgelere yerleştirilen elektrotlar yardımıyla beyninden sinyaller alınırken bilgisayar ekranındaki bir oyunu oynaması sağlanmaktadır [8].

Bu çalışma, beyin dalgalarının ve baş hareketinin bir cihazın kontrolünü gerçek zamanlı olarak yapabileceğini ve çocukların ilgisini çekerek dikkat eksikliği olan çocuklarda sanal bilgisayar yazılım programlarına alternatif olarak somut bir araç ile dikkat ve odaklanma eksikliğinin önüne dair bir fikrin bir ön çalışması niteliğindedir. Bu çalışmanın ileriki adımı, dikkat eksikliği olan çocuklarda odaklanmayı arttırmak için prefrontal korteksten alınan verilerle gerçek bir oyuncuğun EBS ile kontrolü hedeflenmektedir.

### BİLGİLENDİRME

Nedime Öztürk YÖK 100/2000 burs programı kapsamında desteklenmektedir. Bu desteğinden dolayı Yüksek Öğretim Kuruluna teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

- [1] "Occipital Lobe", En. Wikipedia.Org, 2018. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Occipital\\_Lobe](https://en.wikipedia.org/wiki/Occipital_Lobe). [Accessed: 07- Aug-2018].
- [2] H. Laufs Et Al., "EEG-Related fMRI of Human Alpha Activity," Neuroimage, Vol. 19, No. 4, pp. 1463-1476, 2003.
- [3] R. M. Chapman, S. A. S. Jr, And H. R. Bragdon, "Eeg Alpha Activity Influenced by Visual Input and Not by Eye Position," Clin. Neurophysiol., Vol. 28, No. 2, pp. 183-189, 1969.
- [4] Emotiv Web Site. <http://www.emotiv.com/>. Accessed August 5, 2018.
- [5] Y. A. Badamasi, "The Working Principle of An Arduino," Proc. 11<sup>th</sup> Int. Conf. Electron. Comput. Comput. Icecco 2014, 2014.
- [6] <https://www.robotistan.com/> (2018). Buy Arduino Motor Driver Shield with Cheap Price. [Online] Available At: <https://www.robotistan.com/arduino-motor-driver-shield> [Accessed 8 Aug. 2018].
- [7] C. G. Lim et al., "A Brain-Computer Interface Based Attention Training Program for Treating Attention Deficit Hyperactivity Disorder," PLoS One, vol. 7, no. 10, 2012.
- [8] N. Lofthouse, L. E. Arnold, S. Hersch, E. Hurt, and R. DeBeus, "A Review of Neurofeedback Treatment for Pediatric ADHD," J. Atten. Disord., vol. 16, no. 5, pp. 351-372, 2012.