# Fizyolojik Sinyallerin Askerî Amaçlı Kullanılabilirliği: Elektroensefalografi ve Yakın Kızılaltı Spektroskopisi Örnekleri

*Araştırma Makalesi / Research Article*

**Ali Bülent UŞAKLI***

KTO Karatay Üniversitesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya,

(Geliş/Received : 26.07.2017 ; Kabul/Accepted : 07.09.2017)

**ÖZ**

İnsan beynindeki nöronlar vücut fonksiyonlarıyla ilişkili olarak elektriksel aktivite üretirler. Oluşan potansiyel dağılımı, saçlı deri üzerine yerleştirilen elektrotlar ile ölçülebilmektedir (elektroansefalografi, EEG). EEG sinyalleri; spontan, olaya ilişkin veya uyarılmış potansiyel kayıtları ile ilişkili olabilmekte ve tetikte olma, dinlenme veya uyku durumlarında değişmektedirler. μ ve P300 dalgalarının işlenmesiyle dış dünya ile iletişim kurulabilmekte ve bilgisayar ya da başka bir cihazın kontrolü yapılabilmektedir. Bu sistemler insan beyin ara yüzleri ya da etkileşimleri (BCI) olarak geniş uygulama alanı bulmaktadır. Beyindeki oksijenlenme fonksiyonel kızılaltı spektroskopisiyle (fNIRS) gözlemlenebilmektedir. Bu sistemlerin kullanımıyla yüksek dikkat gerektiren görevlerde çalışan personelin beyin fonksiyonlarının takibi mümkün olabilmektedir. Bu çalışmada EEG ve fNIRS'in askerî amaçlı olarak kullanılabileceği önerilmektedir. Baskı altında hızlı ve doğru karar vermek zorunda kalınan ve bilinç kaybının yaşanabildiği jet pilotluğu gibi görevlerde, hassas bölge ya da cihazlar için takip ve kontrol görevi yapan personelin durumları, bir merkez tarafından izlenerek gerektiğinde ikaz edilebilmeleri, görevin tam olarak yapılmasını destekleyecektir. Ayrıca EEG sinyallerinin, savaş sonrasında gazilerin beyin travmalarının incelenmesinde, beyin fonksiyonları normal olan ancak konuşma ve hareket zorluğu çekenlerin yaşamlarını kolaylaştırmak için iletişim ve kontrol için kullanılması mümkündür.

**Anahtar Kelimeler: Elektroensefalografi, EEG'nin askerî uygulamaları, fonksiyonel yakın kızılaltı spektroskopisi.**

# Usability of Physiological Signals for Military Purpose: Examples of Electroencephalography and Near Infrared Spectroscopy

**ABSTRACT**

The neurons of the human brain generate electrical activities related to body functions. The generated potential distribution can be measured with elctrodes placed on the scalp (electroencephalography, EEG). EEG signals can be related to sponteneous, event related or evoked potential recordings. The EEG pattern change in stiuations of alertness, resting or sleep. It is possible to communicate with the environment and control a computer or another device, by using μ and P300 waves. These systems are called brain computer interfaces or interactions, and widely used. Oxygenation in the brain can be observed with functional near-inrared spectroscopy (fNIRS). By using these systems, brain functions of people whose work require attention, can be monitored. In this study, EEG and fNIRS are proposed for some military purpose. A person whose task requires high alertness can be monitored using their brain functions. Observance of a person by a command center in some critical tasks such as the jet piloting where it is required to give rapid and correct decisions under stress or under the risk of loss of conscious, or the surveillance of critical areas or devices would highly support the performance of the mission. Inaddition, it is possible to use EEG signals to make easier the lives of veterans who have normal brain functions but suffer from physical or speech disabilities or in the investigation of their brain trauma.

**Keywords: Electroencephalography, EEG in military applications, functional near-infrared spectroscopy**

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

İnsan beynindeki sinir hücreleri; işitme, görme veya dokunma gibi vücut fonksiyonlarıyla ilişkili olarak beyindeki farklı bölgelerde elektriksel aktivite üretirler. Bu aktiviteler sonucunda oluşan elektriksel potansiyel dağılımı, saçlı deri yüzeyine yerleştirilen elektrotlarla ölçülebilmektedir (Elektroensefalografi, EEG). Beyin aktivitesi ile EEG sinyallerinin frekansı ve genliği arasında bir ilişki vardır. Aktivite arttıkça frekans yükselmekte bununla birlikte genlik düşmektedir. EEG'nin spektral analizi incelendiğinde bu ayrım daha açık olarak görülebilmektedir. İlk kayıt edildiğinden (Berger, 1929) günümüze, EEG ile ilgili temiz sinyal alma, yüksek çözünürlükte analiz için çok kanallı kayıt ve sinyal sınıflandırma konularında çalışmalar yapılmaktadır.

**Sorumlu Yazar (Corresponding Author)*
*e-posta : abulent.usakli@karatay.edu.tr*

Genel olarak, insan beyninin elektriksel sinyalleri ve özellikleri aşağıdaki gibidir.

Delta (0,5-4 Hz, <100 µV): Derin uykuda, süt çocuğu çağında ve ciddi organik beyin hastalıklarında, cerrahi anestezi ve uykuda ortaya çıkmaktadırlar. Bu dalgalar, beyinin alt bölgelerinden bağımsız olarak, doğrudan beyin kabuğunun aktifleşmesiyle ortaya çıkarlar.

Teta (4-8 Hz, <100 µV): Özellikle çocuklarda parietal ve temporal bölgelerde, psikomotor epilepsi, süt çocuklarında ve yetişkinlerde ise gerginlik durumlarında görülmektedirler.

Alfa (8-13 Hz, ~10 µV): Uyanıkken, sakin ve tam dinlenme durumunda, oksipital bölgede ortaya çıkarlar, uyku durumunda görülmemektedirler.

Beta (13-30 Hz, nadiren 50 Hz, <20 µV): Dinlenme durumunda merkezi bölgede baskındırlar. Gerginlik durumunda ve merkezi sinir sisteminin aktivasyonunda, yoğun mental aktivite dönemlerinde gözlenmektedirler.

Gama (22-30 Hz, <2 µV): Yüksek dikkat durumunda veya uyarım esnasında ortaya çıkmaktadırlar.

Hareket veya harekete niyet edildiğinde azalan µ dalgaları, alfa bandında olmasına rağmen motor korteks üzerinde motor davranışlarıyla ilişkili dalgalardır. µ dalgaları ve P300 dalgaları beyin-bilgisayar arabirimlerinde (BCI) kullanılmaktadır. BCI, EEG sinyalleri kullanılarak; sadece beyin fonksiyonları olan felçli hastalar için dış dünya ile iletişim kurabilmelerinde yeni bir haberleşme kanalı oluşturmaktadır.

Teşhis amaçlı EEG kaydının genel olarak kullanıldığı başlıca alanlar: 1) Beyin lezyonlarının tespiti ve yerlerinin belirlenmesi (EEG izlerinde asimetri veya düzensizlikten), 2) Epilepsi çalışmaları (nöbetlerin ve epileptik bölgenin tespiti), 3) Bilinç durumu incelemesi, uyuşturucu nöbeti incelemeleri, 4) Koma durumu ve menenjit gibi bulaşıcı hastalıkların incelenmesi, 5) Şizofreni, alzheimer ve parkinson gibi hastalıkların teşhisi, 6) Depresyon, dikkat toplayamama durumlarıyla ilgili beyin bölgelerinin araştırılması, 7) Uyku bozukluklarının incelenmesi, 8) Beyin ölümü ya da anestezi derinliği tespiti, 9) Uyarı algılamalarının gözlenmesi ve 10) Beyin haritalanması ve kaynak yeri tespitidir. Ayrıca EEG sinyalleri kullanılarak kişilik bozuklukları ile ilgili çalışmalar yapılabilmektedir.

Bu çalışmada uygulaması kolay, noninvaziv, düşük çözünürlükte EEG ve fNIRS'in askerî amaçlı olarak kullanılabilirliği tartışılmıştır. Gelecekteki savaşlarda kritik personel için vücut sıcaklığı, kalp atım hızı, bilinç ve algı durumu gibi fizyolojik özelliklerinin anlık takibi; kaçınılmaz olarak değerlendirilmektedir. Askerî personelin özellikle muharebe şartlarında görevini yaparken kendisine ve komutanların hızlı ve doğru kararlarında etkili olabilecek anlık EEG verisinin kullanılabilirliği üzerinde durulmuş ve gerçekleştirilen bir ölçme sisteminden bazı durumlar için alınan gerçek kayıtlar verilmiştir.

## 2. ASKERÎ UYGULAMALAR (MILITARY APPLICATIONS)

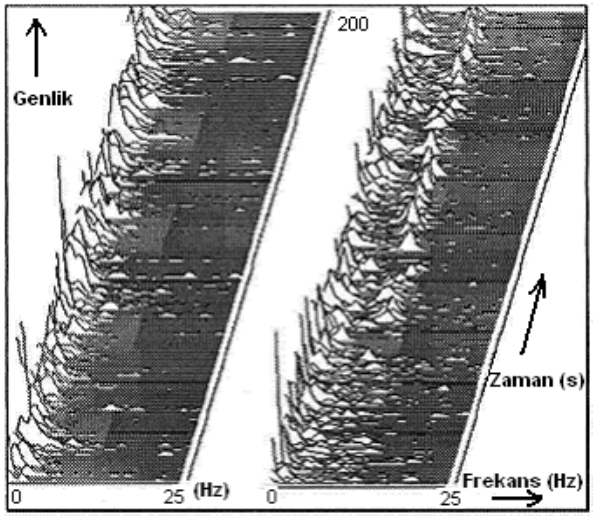
Gelişen teknolojiyle beraber gündeme gelen Ağ Merkezli Savaş (AMS)'ın bir girdisi olarak savaşçıların muharebe performanslarına yönelik olarak, nabız, vücut sıcaklığı, dikkat durumlarını anlık ölçebilecek elbiseye monteli; giyilebilir küçük elektro fizyolojik ölçme sistemlerinin geliştirilmesi mümkündür. Ölçülen biyolojik sinyaller sınıflandırılarak personelin fizyolojik durumu takip edilebilecektir. EEG sinyallerinin askerî amaçlı uygulamalarında sinyallerin sınıflandırılması konusu öne çıkmaktadır. EEG sinyalleri askerin dikkat durumu, bilinci, yorgunluk ve uykusuzluğu takip edilerek muharebede karar vermeye destek olarak kullanılabilecektir. Ölçülen her bir sinyalden belirgin özellik çıkarılmasına yetecek sayıda kullanılacak sözgelimi başlığa monteli elektrotlarla; yüksek hassasiyet gerektirecek görev yapan personelin, zihinsel etkinliğine dayalı eylemleri takip edilebilecektir.

Geliştirilen akıllı başlıktan alınan EEG ve göğüs üzerinden alınan elektrokardiyograf (EKG) sinyalleri işlenerek yaşam sinyallerinin takip edilebildiği çalışmada [1] ve muharebe alanlarında kullanılmak üzere geliştirilen ve üzerinde gömülü elektrotların bulunduğu başlık kullanılarak beyin yaralanmalarının hızlı tespiti amaçlanmış böylece tedavinin çabuklaştırılması hedeflenmiştir [2]. Bu çalışmada uyarılmış potansiyeller kullanılmıştır. Pilotlara yönelik bir çalışmada [3], pilottan kaynaklanan osilasyonların sınıflandırılması yapılmıştır. Bu çalışmada uçuş esnasında kuru tip elektrotlardan alınan EEG sinyalleri sınıflandırılmıştır.

Amerika Birleşik Devletlerinin İleri Araştırma Projeleri Ajansı (DARPA)'nın 1970'li yılların başından beri beyin bilgisayar arabirimleri (BCI) üzerinde araştırmalar yaptığı açık kaynaklardan bilinmektedir. Non-invaziv yöntem olarak EEG'nin yanı sıra kafatası açılarak beyin kabuğuna elektrotların yerleştirilerek sinyal alınan invaziv bir yöntem olarak elektrokortigorofi (ECoG) kullanılan diğer etkili bir yöntemdir. Ayrıca beynin ilgilenilen bölgelerine elektrotların yerleştirildiği cerrahi müdahale gerektiren yöntemler kullanılmaktadır. Kafatasının altından doğrudan beyin kabuğundan ya da beyinin derinliklerinden alınan sinyaller saçlı deri üzerinden alınan EEG sinyallerine göre daha yüksek Sinyal-Gürültü Oranına (SNR) sahiptir. Dolayısıyla bu sinyallerin sınıflandırılmaları daha kolay yapılabilmektedir.

Uykusuz kalmış insanların EEG kayıtlarında dinlenmiş durumdakine göre farklılık ortaya çıkmaktadır. Bu durumda EEG sinyallerinin spektral analizi yapıldığında, uykusuzluk durumunda alfa bandında (8-13 Hz), delta

bandına göre (<4Hz) yükselme olduğu Şekil 1'de görülmektedir [4]. Uzun süreli konvoy yolculuklarında, öndeki araçla aynı mesafeyi korumak zorunda olan ve monoton bir sürüş rejimi içerisinde kalan sürücülerin beyin sinyallerinin takip edilerek uykulu duruma geçtiklerinde ikaz verebilecek bir sistemin araç içerisinde bulunması kazaları önleyecektir. Bu konuda Sandia Laboratuvarında gerçekleştirilen deneylerde (Şekil 2) başarılı sonuçlar alınmıştır [5].




**Şekil 1.** Tetikte (sol) ve uykusuzluk çekilirken (sağ) alınan EEG kayıtları. Uykusuzluk durumunda alfa bandındaki yükselme görülmektedir [4].



**Şekil 2.** Sürücünün beyin sinyallerinin takip edildiği aracın test sürüşü [5].

Bu çalışmada sürücünün beyin sinyallerinin takip edildiği bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, sürücünün uykulu duruma geçmesi durumunda ikaz vermektedir. Çalışmada kullanılan çok kanallı EEG başlığının uzun süreli kullanımında sıkıntı vereceğinden, sürücünün rahatlığı bakımından sistemin başlıkla bütünleştirilmiş bir kaç kanallı ve kablosuz olarak tasarlanmasının mümkün olduğu değerlendirilmektedir. Uykusuzluğun tespiti ile ilgili başka bir çalışmada da yapay sinir ağları kullanılarak beyin sinyallerinden gerçek zamanlı olarak uyarı üretilebilmektedir [6].

Uçuş esnasında pilotun EEG sinyallerindeki değişimin gözlemine dayalı çalışmalar uzun zamandır yapılmaktadır. EEG kayıtları ile askerî jet pilotlarının düşüşleri arasındaki ilişkinin incelendiği bir çalışmada, düşme oranının EEG'si anormal olarak işaretlenen pilotlarda, normallere göre üç kat daha fazla bir düşüş oranı tespit edilmiştir. Bu oran pilotaj hatası olarak kabul edilen durumlarda daha da belirleyici olmaktadır [7]. Jet pilotlarında, ivmelenme anında yaşanan baskının EEG sinyalleri üzerindeki etkisinin analiziyle; bilinç kaybının önlem alınması için uygun bir süre önceden tespiti için yapılan çalışmada, EEG sinyalleri özbağlanımlı (autoregressive) süreç kabul edilerek spektral kestirim yöntemi önerilmiştir [8]. Pilotların uçuş esnasındaki solunum, kalp atış hızı, göz hareketleri ve beyin dalgaları gibi fizyolojik ölçümleri uçuşla ilgili bilgi vermektedir. Bu konuda yapılan çalışmalarda uçuş esnasında pilottaki fizyolojik ölçümlerdeki farklılaşma gözlemlenmiştir [9]. Laboratuvar ve uçuş anında yapılan deneylerde, EEG sinyallerinin izlenmesi ile merkezi sinir sistemi ve g kuvveti etkisinin performans ilişkisini ortaya çıkaran başarılı sonuçlar alınmıştır [10].

Günümüzde yüksek teknoloji ürünü modern askerî sistemler, muharebe şartlarının ağır baskısı altında bile kullanıcıların yüksek algılama yeteneğini gerektirmektedir. EEG tabanlı sistemlere alternatif olarak yakın infrared spektroskopisi (fNIRS) de ucuz ve pratik bir sistem olarak kullanılabilmektedir. İnfrared görüntüleme ile beyin kabuğu (korteks) üzerindeki hemodinamik (kan akışı ile ilgili) değişiklikler görüntülenebilmektedir. Beyin kabuğundaki oksijen harcama miktarı ile beyin fonksiyonları arasında bir ilişki vardır. Beyindeki aktivasyon bir kaç saniye içerisinde serebral kan akışını dolayısıyla oksijen harcanmasını artırmaktadır. Oksijen harcanmasındaki fark, beyin fonksiyonu hakkında bilgi vermektedir [11]. Bu çalışmadaki sistem Şekil 2'de gösterilmiştir. Bir silah sisteminin kullanılması esnasında beyinde ortaya çıkan aktivasyondan kaynaklanan oksijen harcama farkı,




**Şekil 2**. Fonksiyonel yakın infrared (fNIRS) görüntüleme için veri toplama sistemi[11].

özellik çıkarma ve örüntü algılama algoritmalarıyla ayırt edilebilmesi mümkündür. Usta avcı ya da keskin nişancı eğitimlerinde bu yaklaşımın önemli bir pozitif etki yaratabilecektir.

Çeşitli nedenlerle travmatik beyin yaralanması geçiren yaralılar için EEG sinyallerinden elde edilen indeks ayırtedici özellik olarak kullanılabilmektedir. [12] Askerî amaçlı olarak yapılan bir çalışmada askerî bilgisayar oyunu oynayan deneklerin P300 dalgaları ölçülmüştür. Çalışmanın ikinci aşamasında deneklere kontrollü olarak; kokain, amfetamin ve özellikle methilfenidate gibi merkezî sinir sistemini etkileyen uyarıcılar verildiğinde P300 sinyalleri ölçülerek her iki durumda benzer kayıtlar elde edilmiştir [13]. Modern muharebe şartlarında komutanlara hızlı karar vermeye yardımcı olacak şekilde çeşitli algılayıcılardan gelen veriler kullanılmaktadır. Gelecekte ağ merkezli savaşta (AMS) kullanılan algılayıcıların sayısı ve çeşidinin artacağı öngörülmelidir. Savaşan askerlerin stres, yorgunluk, uykusuzluk ve dikkat gibi durumlarının anlık olarak izlenmesi mümkündür. Personelin tek tek durumlarının takip edilerek hızlı ve doğru karar verilmesine destek oluşturması gelecekteki harekâtlarda önemli bir katkı sağlayacaktır.

Askerin muharebe şartlarındaki algısına dayalı performans ölçüleri olarak: 1) Tetikte olma durumu, 2) Tepki süresi, 3) Reaksiyon seçenekleri içerisinden doğru olanın seçilmesi, 4) Dikkat durumu ve 5) Yaşanan olayın tekrar hatırlanması sayılabilir. Savaş gemisinde komutanın göreviyle ilgili eğitiminde, tetikte olma, algı durumu ve hafıza konuları ile ilişkili indeks elde etmek üzere geliştirilmiş bir EEG sisteminde öğrenme, hafıza ve algıya dayalı başarılı sonuçlar alınmıştır [14]. Doğru ve yanlış tercihlerin anlaşılmasında değişen beyin sinyalleri ileri seviye eğitimlerin verilmesinde önemli bir girdi olabilecektir.

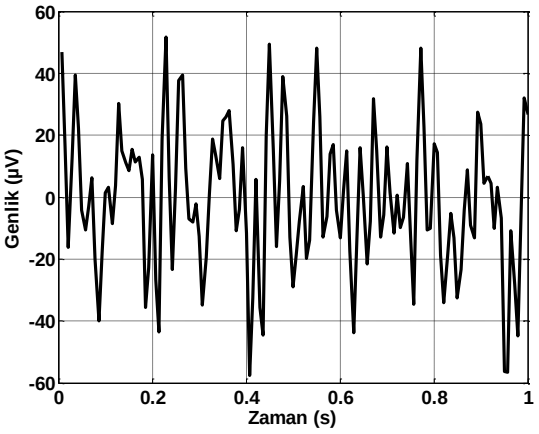
## 3. EEG KAYITLARI (EEG RECORDINGS)

EEG sinyalleri ortalama 100 µV'tan küçük ve 0,5-70 Hz arasında sinyallerdir. Bu sinyallerin zaman, frekans analizi kolayca yapılabilmekte ve oluşan potansiyel dağılımına göre beyin haritası çizilebilmektedir. Beyinde ortaya çıkan aktivite ile bağlantılı olarak modellenen akım dipolleri vücut fonksiyonu ile ilişkilidir. Bu modeller kullanılarak küresel ya da gerçekçi kafa modelleri üzerinde kaynak görüntülemesi yapılabilmektedir. Bu analizler oluşan aktivitenin yerinin doğru bir şekilde tespiti için önemlidir. Şekil 4'te, geliştirilen elektriksel kaynak görüntüleme amaçlı EEG veri toplama sisteminden [15] alınan örnek bir EEG kaydı, frekans spektrumu ve işitsel bir uyarıcı için çizilen beyin haritası gösterilmiştir. Şekil 5'te ise bazı vücut fonksiyonlarıyla ilişkili olarak alınan kayıt örnekleri gösterilmiştir.

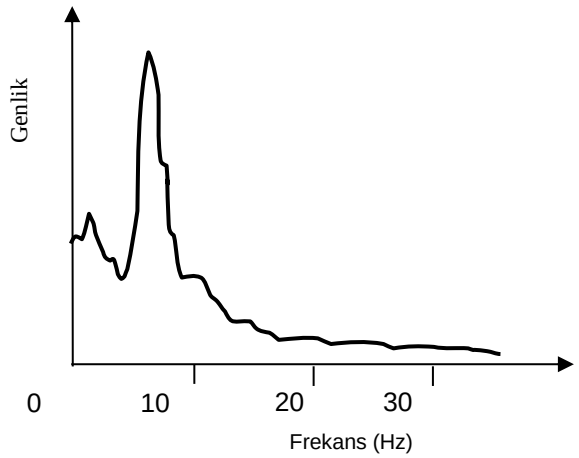
## 4. SONUÇ ve TARTIŞMA

(CONCLUSION and DISCUSSION )

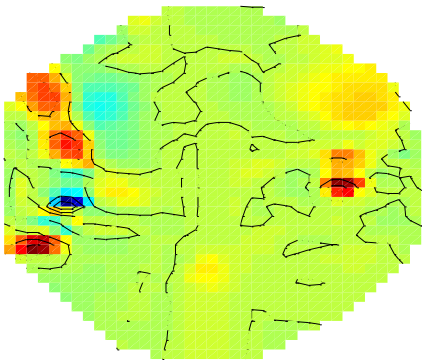
Modern savaş teknolojileri, muharebe ortamıyla ilgili olarak algılayıcılardan karargahlara daha hızlı bilgi akmasını sağlamaktadır. AMS kapsamında bir ağla birbirine bağlı unsurlar, gelecekte daha fazla sayıda algılayıcıdan alınan verinin etkili bir düzenlemeyle karargaha ulaştırılarak, komutanların doğru ve hızlı karar vermesinde etkili olacaktır. Akan verinin sadece muharebe sahası ile sınırlı kalmayıp tek tek savaşçıların ve hassas görev yürüten personelin fizyolojik durumlarının takibi kaçınılmaz bir şekilde gündeme gelecektir.




(a)

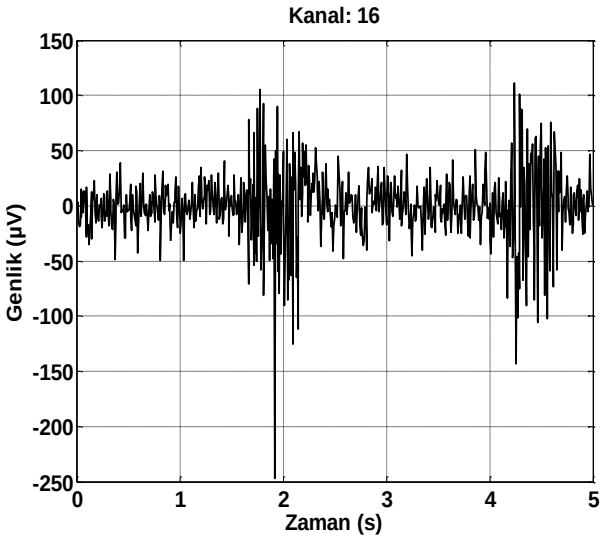



(b)

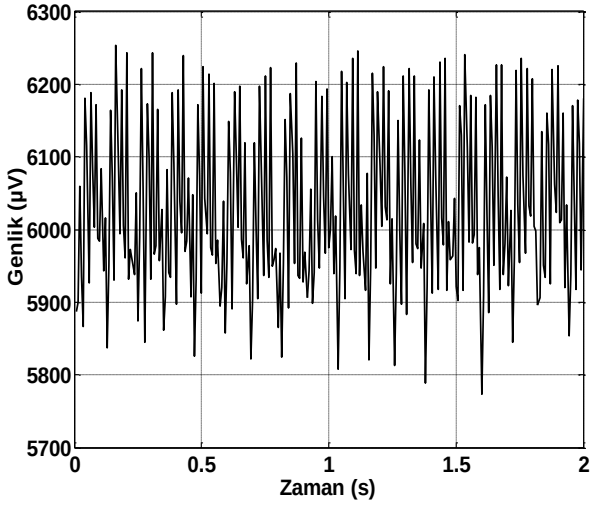


(c)

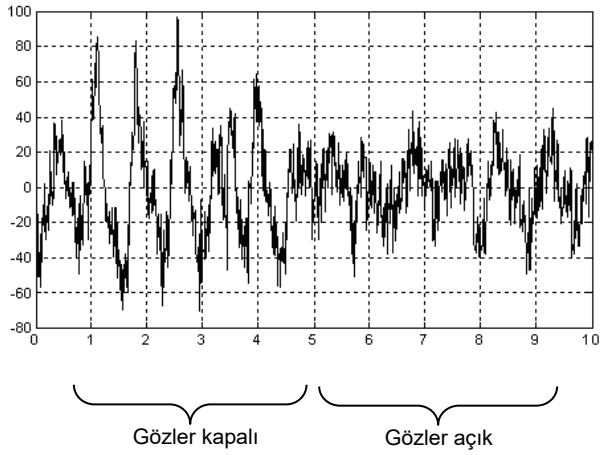
**Şekil 4**. EEG kaydı. a) Spontane EEG kaydı (27 yaşındaki erkek deneğin sol kulak üzerinden alınan 1 s'lik sinyal. b) Spontane bir EEG dalgasının frekans spektrumu. c) Sol kulaktan verilen işitsel uyarı (klik) için beyin haritası.




(a)




(b)




**Şekil 5.** Bazı vücut fonksiyonlarıyla ilgili olarak farklı kanallardan alınan EEG kayıtları (27 yaşındaki erkek deneğin sol kulak üstünden): a) Yaklaşık 1~2 saniye aralıklarla dişlerin sıkılması durumu. b) Dişlerin sürekli sıkılması durumu. c) Gözlerin aralıklarla açılıp kapanması durumu.

Geliştirilen prototip sistemle insan vücuduna ait bazı fonksiyonların beyinde oluşturduğu EEG sinyalleri, başarılı bir şekilde ölçülmüştür. Daha az sayıda kanal sayısı ile daha hafif olacak şekilde tasarlanacak sistemle EEG kayıtlarının askerî amaçlı farklı durumlar için geliştirilecek deneylerde ölçümlerin alınması ve analizi gelecekte yapılması planlanan çalışmalardır. Ayrıca etkili ve hibrid beyin-bilgisayar arabirimi geliştirme çalışmalarından başarılı sonuçlar alınmıştır [16] ve etkili sistem geliştirmeye yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bu tür çalışmalarda uygulamaya özel tasarımın, donanım ve yazılımıyla bütünleşik ve kullanımı kolay olması gerekmektedir. Elektronik gürültünün azaltılması, uygun bir sayısallaştırma, kablosuz veri iletimi ve mümkün olan en az güç sarfiyatının sağlanması önemlidir.

Beynin elektriksel sinyalleri ya da oksijenlenme seviyesine yönelik sinyaller; etkili öznitelik çıkarma ve yüksek başarımlı hızlı sınıflandırma algoritmalarıyla işlenerek personelin durumuyla ilgili bilgi vermesi görev performansının takibi açısından önem arz etmektedir. Askerî başlığa monte edilebilecek elektrotlarla fazla güç harcamayan hafif ve giyilebilir cihazlarla beyin sinyallerinin gerektiğinde izlenmesi ve kablosuz olarak gönderilmesi mümkündür. Bu şekilde tek er seviyesinde personel takibi, uçuş gibi dikkat gerektiren hassas görevin yürütülmesi ve nişancılık eğitimine benzer konularda zihinsel fonksiyonlar anlık izlenebilecektir ve böylece başarının yükseltilmesine katkı sağlanabilecektir.

## **KAYNAKLAR** (REFERENCES)


[1] Rosenberg, W.V., Chanwimalueang, T., Goverdovsky, V., Looney, D., Sharp,D., and Mandic, D.P., "Smart Helmet: Wearable Multichannel ECG and EEG**", IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine**, 4, (2016).

[2] Fisher, J.A.N., Huang, S., Ye, M., Nabili, M., Wilent, W.B., Krauthamer, V., Myers, M.R. and Welle, C.G., "Real-Time Detection And Monitoring Of Acute Brain Injury Utilizing Evoked Electroencephalographic Potentials", **IEEE Transactions On Neural Systems And Rehabilitation Engineering**, 24(9): (2016).

[3] Scholl, C.A., Chi, Y.M., Elconin, M., Gray, W.R., Chevillet, M.A., and Pohlmeyer, E.A., "Classification of Pilot-Induced Oscillations during In-Flight Piloting Exercises Using Dry EEG Sensor Recordings", 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), (2016).

[4] Egan, B.F., Mizutani, T., Thurlow, A., "Data Fusion for Wearable Physiological Sensor Platforms", Information Fusion, 2005 8th International Conference, 2: 1412-1419, (2005).

[5] Guizzo, E., "Smart Cars That Can Tell When You're Bored To Death", Albuquerque, Sandia National Laboratories, **IEEE Spectrum**, (2007).

[6] Belenky, G., Sing, H.C., Thomas, M.L., Shaham, Y., Balwinski, S., Redmond, D.P., Balkin, T.J., "Discrimination of rested from sleep-deprived EEG in awake normal humans by artificial neural network", Proc. IEEE Int Conf Neural Networks, **IEEE Piscataway**, NJ, 3521–3524, (1994).

[7] Lennox-Buchthal, M., Buchthal, F., Rosenfalck, P., "Correlation of Electroencephalographic Findings with Crash Rate of Military Jet Pilots" **Epilepsi**a, 1(1-5): 366–372, (1959).

[8] Yarman-Vural, F., Onaral, B., Çetin, E., "Enhanced Parametric Estimation of Electroencephalograms Under Acceleration Stress", Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 12(2): 837-839, (1990).

[9] Wilson, G.F., Purvis, B., Skelly, J., Fullenkamp, P., Davis, I., "Physiological data used to measure pilot workload in actual flight and simulator conditions", **Proceedings of the Human Factors Society**, 779-783, (1987).

[10] Sterman, B., Schummer, G., Dushenko, T., Smith, J., "Electroencephalographic correlates of pilot performance: simulation and flight studies" Jesse, K. (editor) **Electrical and Magnetic Activity of the Central Nervous System: Research and Clinical Applications in Aerospace Medicine** AGARD, CP 432, (1987).

[11] Izzetoglu, K., Bunce, S., Izzetoglu, M., Onaral, B., Pourrezaei, K., "fNIR spectroscopy as a measure of cognitive task load", Engineering in Medicine and Biology Society, 2003. Proceedings of the 25th Annual International, Conference of the IEEE 4, 3431- 3434 (2003).

[12] Thatcher, R.W., North, D.M., Curtin, R.T., Walker, R.A., Biver, C.J., Gomez, J.F., Salazar, A.M. "An EEG Severity Index of Traumatic Brain Injury" **J Neuropsychiatry Clin Neurosci**, 13(1): 77-87, (2001).

[13] Stefan, A., "America's Army Game: Its (Virtual) Reality Representation and Cocaine", **Proceedings of the International Conference on Cyberworlds** (CW'04), (2004).

[14] Berka, C., Levendowski, D.J. Cvetinovic, M., Petrovic, M., Miroslav, M., et al. "Real-time analysis of EEG indexes of alertness, cognition, and memory acquired with a wireless EEG headset", **International Journal of Human- Computer Interaction**, Norwood, 17(2): 151, (2004).

[15] Usakli, A.B. Gencer, N.G. "USB-Based 256-Channel Electroencephalographic Data Acquisition System for Electrical Source Imaging of the Human Brain", **Instrumentation Science & Technology**, 35(3): 255-273, (2007).

[16] Uşaklı, A.B., Gurkan, S., Aloise, F., Vecchiato, G., Babiloni, F., "A hybrid platform based on EOG and EEG signals to restore communication for patients afflicted by progressive motor neurons diseases", Engineering The Future of the Biomedicine IEEE EMBC 2009 Conference, Minneapolis USA, 543 - 546 DOI 10.1109/IEMBS.2009.5333742, (2009).