İnsan Bilgisayar Arabirim Uygulamaları için Taşınabilir Elektrookülogram Veri Yakalama Sistemi Tasarımı

Designing a Portable Data Acquisition System for Human-Computer Interface Applications

Serkan Gürkan[1], Poyraz Alper Öner[2], Ayhan İstanbullu[2], Seydi Doğan[2]

[1] Elektrik-Elektronik Bölümü
Kara Kuvvetleri Astsubay Meslek Yüksek Okulu
serkangurkan@mynet.com

[2] Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Balıkesir Üniversitesi
alper_oner@yahoo.com, iayhan@balikesir.edu.tr , dogans@balikesir.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada insan bilgisayar arabirimi (İBA) uygulamalarında kullanılmak üzere, taşınabilir bir elektrookülogram (EOG) veri yakalama sisteminin tasarımı ve uygulaması gerçekleştirilmiştir. Sistemde düşey ve yatay göz hareketlerinden elde edilen EOG sinyalleri 5 adet Ag-AgCl elektrot ile algılanmıştır. Elde edilen biyopotansiyel sinyaller tasarlanan yükselteç ve filtre devreleri tarafından değerlendirilerek 0 ile +5V aralığında analog EOG verileri elde edilmiştir. Analog EOG verilerinin mikrodenetleyici birimi tarafından işlenmesi neticesinde İBA uygulamalarında kullanılmak üzere birer adet analog, optik, USB ve bluetooth kanalı elde edilmiştir. İBA uygulaması geliştirecek olan araştırmacı, ihtiyaçlarına uygun olan herhangi bir kanaldan EOG verilerini alabilmektedir. Sayısal kanallardan elde edilen verilerin görsel hale getirilmesi maksadıyla geliştirilen arayüz sayesinde araştırmacı EOG sinyallerini gerçek zamanlı görüntüleme ve kaydetme imkanına sahip olmaktadır. Alınan EOG kayıtları; Matlab, Labview gibi bilgisayar programlarında analiz, sınıflandırma veya sinyal işleme uygulamalarında kullanılabilmektedir.

Abstract

In this study, a portable electrooculogram (EOG) data acquisition sytem were designed and applied for human computer interface (HCI) applications. EOG signals sensed from horizontal and vertical eye movements were detected in the system by 5 Ag-AgCl electrodes. Biopotential signals were applied to the amplifier and filter circuits that were designed. Then EOG analogue data were obtained between the range of 0 and 5 volts. EOG analogue data was processed by a microcontroller unit. Thus, the analogue data was converted to optical, bluetooth and USB digital data formats. HCI researchers who need to develop their applications can receive EOG data from any appropriate channel. Furthermore, an interface was developed to monitorize the data received from digital channels. With this princible, researchers are able to monitorize and record EOG data in real time. Received EOG data records may be used for analysing, classification or signal processing applications in computer programmes such as Matlab, Labview etc.

1. Giriş

İnsan ortalama ömrünün giderek uzaması ve 60 yaş üzeri nüfusun genç nüfusa olan oranının artması bazı rahatsızlıkların toplumda daha fazla görünmesine sebep olmaktadır. Felç ve motor nöron rahatsızlıkları gibi kas gruplarının kısmen veya tamamen fonksiyonlarını yitirmesi şeklinde gelişen rahatsızlıklar, yaşın ilerlemesi ile görülme ihtimali artan rahatsızlıklardır. Bu nedenle, İBA alanında yapılan çalışmalar ve geliştirilen uygulamalar önemini giderek artırmaktadır. Kas rahatsızlıklarına odaklı olarak çalışacak İBA uygulamaları; hastanın yaşam kalitesini artırmakta, etrafındaki kişilerle iletişimini sağlamakta ve bazı temel ihtiyaçlarını karşılamasına yardımcı olabilmektedir [1].

İBA uygulamaları incelendiğinde elektroensefalogram (EEG), elektromiyogram (EMG) ve EOG tabanlı sistemler üzerine çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Sinyal genliklerinin daha yüksek olması, sınıflandırma işlemleri neticesinde başarım oranlarının daha yüksek olması gibi sebeplerden dolayı EMG ve EOG tabanlı sistemler İBA uygulamalarında daha sık tercih edilmektedir [2].

EEG ve EMG tabanlı İBA sistemlerinde etkin bir sistem geliştirmek için çok fazla ölçüm kanalına ihtiyaç duyulmasına karşın EOG tabanlı sistemlerde 2 ölçüm kanalıyla başarımı çok yüksek uygulamalar geliştirilebilmektedir.

Göz yuvarlarının hareketinden dolayı gözdeki kornea ve retina arasında elektriksel potansiyel fark oluşmaktadır. Bu elektriksel potansiyeller, kornea-retina potansiyeli olarak isimlendirilir ve EOG'nin kaynağını oluştururlar. EOG'nin oluşumu korneanın retinaya göre daha pozitif olduğu bir dipolle modellenebilmektedir [3].

Literatürde sanal klavye, tekerlekli sandalye kontrolü, uyku kalitesi ölçümleri gibi bazı İBA uygulamalarının EOG tabanlı olarak gerçekleştirilebildikleri görülmektedir [1,4-6].

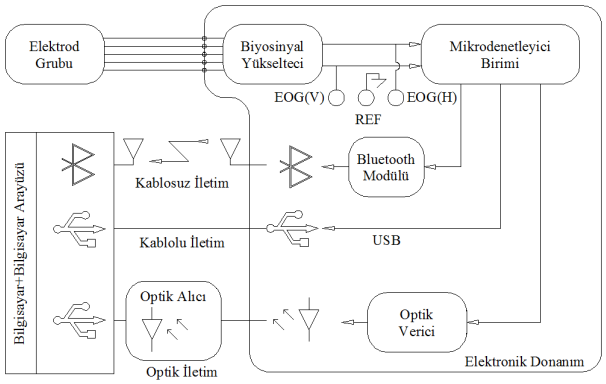
Bu çalışma kapsamında; EOG tabanlı İBA uygulamaları geliştirirken ihtiyaç duyulan analog ve sayısal veri tipleri, kablolu, kablosuz ve optik iletime uygun dönüşüm yapılarak

978-1-4673-7765-2/15/$31.00 ©2015 IEEE

araştırmacıların kullanımına sunulmaktadır. Sistemde; düşey ve yatay EOG sinyallerinin gerçek zamanlı alınabildiği 2 adet analog çıkış, EOG verilerinin bilgisayar ortamına sayısal olarak aktarılması için bir adet USB çıkış, bir adet bluetooth kanalı ve bir adet optik çıkış bulunmaktadır. Bahsi geçen tüm çıkış/kanallar gerçek zamanlı ve senkron olarak düşey ve yatay EOG verisini barındırmaktadır. Bunların yanısıra, sayısal EOG kanallarından alınan verileri görsel hale getirmek maksadıyla geliştirilen arayüz sayesinde araştırmacı göz hareketlerini takip edebilmekte, istenilen bir aralıkta bu hareketlere karşılık gelen sayısal verileri kaydedebilmekte ve kaydedilen bu verileri Matlab, Labview gibi analiz/simülasyon programlarına aktararak inceleme yapabilmektedir.

2. Sistem Tasarımı

Tasarlanan sistemi; elektronik donanım ve bilgisayar arayüzü başlıkları altında incelemek mümkündür. Bu çerçevede oluşturulan sistemin genel blok şeması Şekil 1'de ve tasarlanarak gerçekleştirilen elektronik devrenin görüntüsü Şekil 2'de verilmiştir.



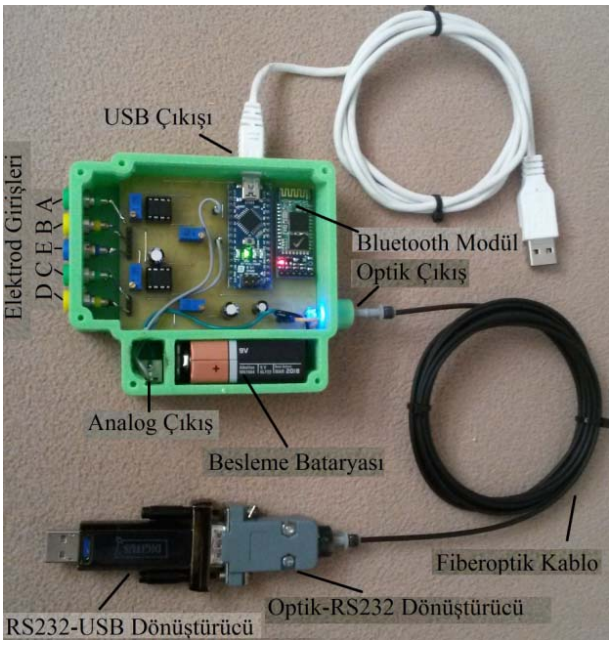
Şekil 1: Tasarlanan sistemin blok şeması

2.1. Elektronik Donanım

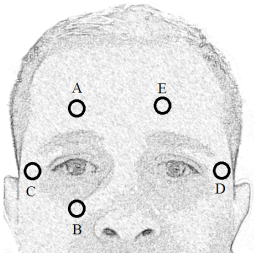
Geliştirilen elektronik donanımın işlevi; elektrotlar ile algılanan düşük genlikli EOG sinyallerini 0 ile +5V aralığına kadar yükseltmek ve elde edilen analog veriyi mikrodenetleyici birimine aktararak USB, bluetooth ve optik kanallardan iletilebilecek özellikteki sayısal veriler elde etmektir.

2.1.1. Elektrotlar ve Elektrot Yerleşimi

Sistemde, yatay ve düşey göz hareketlerini algılayarak 2 kanalda analog veri elde edebilmek için 5 adet Ag-AgCl yüzey elektrotlar tercih edilmiştir. Tercih edilen elektrotlar esasen EEG probu olarak imal edilmesine karşın EOG uygulamalarında da kullanılabilmektedir. Elektrotların yüzdeki yerleşimi Şekil 3'te verilmiştir. Burada E elektrodu referans elektrodudur. A-B elektrotları düşey, C-D elektrotları yatay göz hareketlerini algılamak için kullanılmıştır.



Şekil 2: Elektronik donanımın görüntüsü

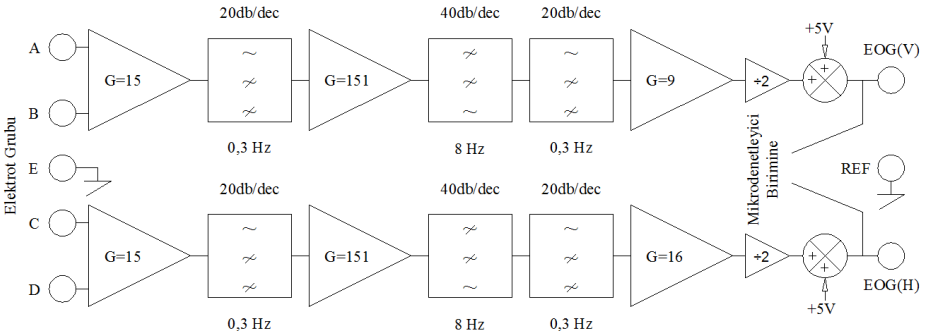


Şekil 3: Elektrotların yerleşimi

2.1.2. Biyosinyal Yükselteci

Biyosinyal yükselteci temel olarak; yükselteç, filtre ve kuplaj devrelerinden oluşmaktadır. Elektronik donanım içerisinde yer alan biyosinyal yükseltecinin blok şeması Şekil 4'te, düşey kanala ait biyosinyal yükselteç şeması Şekil 5'te verilmiştir.

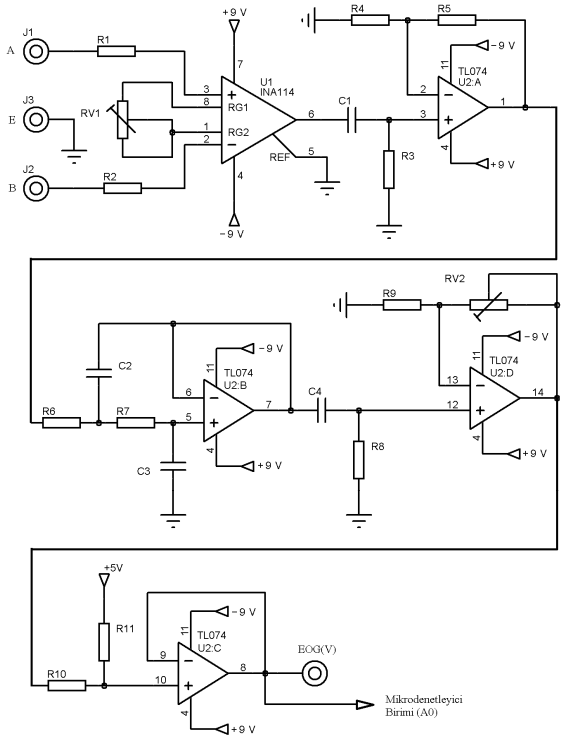
Elektrot grubundan alınan sinyaller ortak mod bastırma oranı yaklaşık 115dB olan bir enstrümantasyon yükseltecine uygulanmıştır. Enstrümantasyon yükseltecinin kazancı 15 olarak belirlenmiştir. Enstrümantasyon yükseltecinin çıkışında meydana gelen DC bileşenleri ortadan kaldırmak maksadıyla 20db/decade 0.3Hz kesim frekansına sahip yüksek geçiren bir pasif filtre, ardından kazancı 151 olan bir evirmeyen yükselteç kullanılmıştır. 50 Hz şebeke gürültüsü başta olmak üzere EOG sinyal spektrumunun dışında kalan frekansları zayıflatmak üzere 40dB/decade 8 Hz alçak geçiren filtre tercih edilmiştir. Filtre düzenlemesinde kullanılan işlemsel yükseltecin çıkışında meydana gelen DC bileşenleri ortadan kaldırmak maksadıyla 20db/decade 0.3Hz kesim frekansına sahip yüksek geçiren bir pasif filtre ve ardından bir evirmeyen yükselteç kullanılmıştır. Bu yükseltecin kazancı düşey ölçüm kanalı için 9, yatay ölçüm kanalı için 16 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4: Biyosinyal yükseltecine ait blok şema

Gelinen noktada düşey ve yatay göz hareketlerinin algılanması neticesinde oluşan EOG sinyalleri ±5V aralığına yükseltilmiştir. Toplam kazanç düşey kanal için 86.1 dB, yatay kanal için 91.1 dB olarak optimize edilmiştir.

±5V aralığında elde edilen EOG sinyallerini mikrodenetleyici birimine aktarabilmek için DC seviye kaydırma işlemi gerçekleştirilmiş ve yatay ve düşey EOG kanalları için 0 ile 5V aralığında değişim gösteren sinyaller elde edilerek mikrodenetleyici birimine aktarılmıştır. İki kanaldan alınan bu sinyaller elektronik donanımda EOG(V), EOG(H) ve REF olmak üzere 3 farklı terminale aktarılarak EOG sinyallerinin alınabileceği analog çıkışlar elde edilmiştir.



*Şekil 5:*Düşey EOG kanalına ait devre şeması

2.1.3. Mikrodenetleyici Birimi

Mikrodenetleyici birimi biyosinyal yükseltecin 2 kanalından alınan analog EOG verilerini değerlendirerek USB, bluetooth ve optik veri biçimlerinin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu amaca yönelik sistemde mikrodenetleyici olarak Atmega328 tabanlı Arduino Nano kartı kullanılmıştır. Bu kartın A0 analog girişine biyosinyal yükseltecinden gelen EOG(V), A1 analog girişine ise biyosinyal yükseltecinden gelen EOG(H) kanalı uygulanmıştır. Her iki kanal için mikrodenetleyicide 10 bitlik analogtan sayısala dönüştürme işlemi gerçekleştirilmektedir. Düşey ve yatay EOG kanalları için elde edilen sayısal veriler mikrodenetleyicinin UART modülü sayesinde seri bilgiye dönüştürülerek TX0 hattına yönlendirilir. TX0 hattındaki veri; Arduino Nano kartı üzerinde bulunan FT232 denetleyicisi tarafından USB biçimine, elektronik donanım üzerinde kullanılan HC-05 bluetooth modülü sayesinde bluetooth biçimine ve yine elektronik donanım üzerinde bulunan optik verici modülü sayesinde optik biçime dönüştürülür. TX0 hattından üretilen EOG verisinin iletişim hızı 9600 bps olarak belirlenmiştir. Her bir EOG kanalından saniyede 225 örnek alınmaktadır. Bu değer 0-6 Hz arasında değişim gösteren göz hareketleri için uygun bir örnekleme değeri olarak kabul edilebilir.

Bu haliyle elektronik donanım tarafından algılanan EOG verileri önce analog veriye, ardından kablolu, kablosuz ve optik iletimin gerçekleştirilebileceği 3 farklı veri biçimine çevrilmiştir.

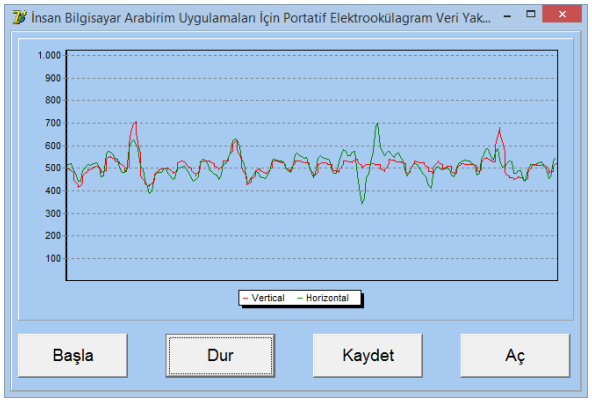
2.2. Bilgisayar Arayüzü

Bilgisayar arayüzü, elektronik donanımda üretilen sayısal kanallarda bulunan EOG verilerini görüntülemek, incelemek ve kayıt altına almak için geliştirilmiştir. Bu işlemi gerçekleştirmek için Delphi 7.0 programlama dili kullanılmıştır. Geliştirilen arayüzün ekran görüntüsü Şekil 6'da verilmiştir. Arayüz grafik alanında görüntülenen EOG verileri, 'txt' uzantılı olarak kaydedilmektedir. Her deney için zaman bilgisini içeren yeni bir veri kaydı oluşturulmaktadır. Bu sayede araştırmacıya EOG veri bankası oluşturma, verileri Matlab veya Labview gibi analiz ve simülasyon programlarında kullanma imkânı sağlanmıştır.

Bilgisayar arayüzünde, USB kanalından gelen verileri görüntüleme esnasında sanal bir iletişim portundan faydalanılmaktadır. Elektronik donanım USB kablosu ile bilgisayara irtibatlandırıldığında, donanım için bir sanal iletişim portu oluşturulmaktadır. Bu port üzerinden UART iletişim teknikleri kullanılarak EOG verileri alınabilmektedir.

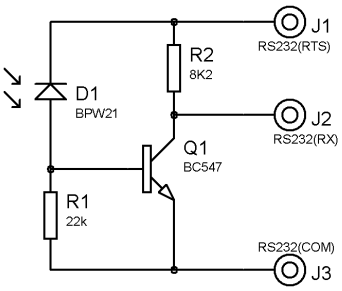
Bluetooth kanalından veri alımı gerçekleştirirken de yine sanal iletişim portundan faydalanılmaktadır. Elektronik donanıma enerji verildiği anda, donanımın bluetooth modülü ile bilgisayarın bluetooth birimi eşleştirilmekte, bunun ardından bilgisayarda oluşturulan sanal iletişim portu

üzerinden UART iletişim teknikleri kullanılarak EOG verileri alınabilmektedir.



Şekil 6: Geliştirilen bilgisayar arayüzü

Optik kanaldan veri alımı gerçekleştirebilmek için sistemin bilgisayar katmanında bir optik dönüştürücü birimi kullanmak gerekmektedir. Bu maksatla gerçekleştirilen optik dönüştürme devresinin şeması Şekil 7'de verilmiştir. Optik dönüştürücü çıkışı RS232 biçiminde veri ürettiğinden RS232-USB dönüştürücüsü kullanılarak USB biçimine dönüştürülmüş, USB kanalından veri alımı gerçekleştirmek için kullanılan işleyiş kullanılarak EOG verileri bilgisayara aktarılmıştır.



Şekil 7: Optik dönüştürücü devre şeması

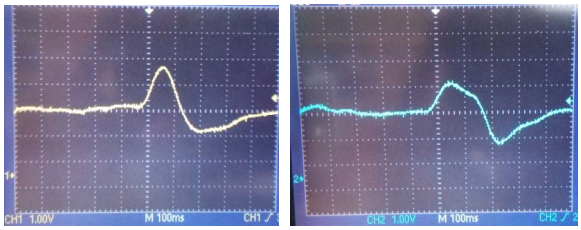
3. Sonuçlar

Uygulaması gerçekleştirilen sistem sağlıklı 5 kadın ve 5 erkek gönüllüden alınan ölçümler ile test edilmiştir. Ölçümler karanlık ortamda gerçekleştirilmiştir. Denekler bir sandalyeye oturtulmuş, iki gözün ortası hizasında 3 metrelik mesafeye 10cm genişliğinde beyaz dairenin bulunduğu bir işaret yerleştirilmiştir. Bu işaretin bulunduğu nokta "Merkez" olarak adlandırılmıştır. Her gönüllüye sisteme uyum sağlaması için 10 dakikalık ön süre verilmiştir. Ardından deneklerden 2'şer saniye aralıklarla merkez-sağ-merkez-sol-merkez-kırpma-merkez-yukarı-merkez-aşağı-merkez-kırpma-merkez-sol, yukarı-merkez-sağ, yukarı-merkez-sol, aşağı-merkez-sağ, aşağı-merkez şeklindeki göz hareketlerini gerçekleştirmeleri istenmiştir. Bu esnada analog, USB, bluetooth ve optik kanallardan alınan veriler ölçülerek kaydedilmiştir.

Deneyler sonucunda EOG veri toplama sisteminin göz hareketlerini etkin bir şekilde algıladığı, kanalların gerçek zamanlı ve senkron iletişim yapabildiği gözlemlenmiştir.

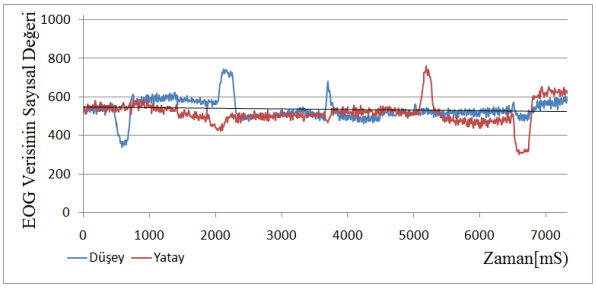
Geliştirilen sistemin İBA uygulamalarında farklı veri biçimlerine ihtiyaç duyulduğu noktalarda fayda sağlayabileceği değerlendirilmektedir.

Şekil 8'de göz hareketlerine bağlı olarak analog çıkış terminallerinde oluşan sinyal şekilleri verilmiştir. Şekil 9'da ise bilgisayar arayüzü ile bluetooth kanalından alınan örnek bir kaydın Matlab programında elde edilen grafiği verilmiştir.



(a) (b)

*Şekil 8:*Göz hareketlerine bağlı olarak analog çıkış terminallerinde oluşan sinyaller (a) Merkez-yukarı hareketi (b) Merkez-sağ hareketi



*Şekil 9:*Bluetooth kanalından elde edilen bir örnek kayıt (Merkez-Aşağı-Yukarı-Kırpma-Sağ-Sol göz hareketleri)

4. Kaynakça

[1] Uşaklı, A.B., Gürkan,S., "Design of a novel efficient human–computer interface: An electrooculagram based virtual keyboard", Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on, 59, 8, 2099-2108, 2010.

[2] Lopez, N.M., Orosco, E., Hybrid Human-Machine Interface to Mouse Control for Severely Disabled People", International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), 4, 11, 2015.

[3] S. Venkataramanan, S. Prabhat, P. Choudhury, S.R. Nemade, H.B. Sahambi, J.S. , "Biomedical Instrumentation based on EOG Signal Processing and Application to a Hospital Alarm System," Proc. of IEEE ICISIP 2005, pp 535-540, Chennai, India.

[4] Tangsuksant, W., "Directional eye movement detection system for virtual keyboard controller", 1-5, 2012

[5] Jose, J.," Development of EOG Based Human Machine Interface Control System for Motorized Wheelchair", Department of Biotechnology and Medical Engineering National Institute Of Technology Rourkela, Master Thesis, 2013.

[6] Ruban, N., Panda, S.K., " Sleep Quality Monitor Stress Analysis and REM Sleep Detection", Journal of Theoretical & Applied Information Technology, 54, 2, 320-324, 2013.