

# BILGISAYAR ORTAMINDA EKG VE EEG ÜRETİMİ

Computer Based ECG and EEG Generation

Mehmet ENGIN\*, Erkan Zeki ENGIN\* ve Ömer Ragip ÖZKAN\*\*

\*Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, 35100 Bornova-Izmir

([mengin@bornova.ege.edu.tr](mailto:mengin@bornova.ege.edu.tr), [erkanzeki@yahoo.com](mailto:erkanzeki@yahoo.com))

\*\*Bogaziçi Üniversitesi, Biyo-Medikal Mühendisliği Enstitüsü, 80815 Bebek-Istanbul

([ozkanome@boun.edu.tr](mailto:ozkanome@boun.edu.tr))

**Özetçe** – Klinik uygulamalarda, fizyolojik isaretlerin islenerek tani konmasi önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada, bunlardan önemli iki tanesi olan Elektrokardiyogram (EKG) ve Elektroensefalogram (EEG) isaretleri bilgisayar ortamında yapay olarak üretilmiştir. Bu sayede, invazif veya invazif olmayan metotlarla gerçek isaretlerin alimindeki zorluklardan kurtulunulacaktır. Dolayısıyla, isaret isleme algoritmalarını, EKG ve EEG isaretleri üzerinde kolaylıkla ve kısa sürede deneme fırsatı olmaktadır. Ayrıca, EKG ve EEG makinelerinin ve monitörlerinin doğruluk kontrolü yapılabilecektir. EKG isareti; kalp atis sayısı ve önemli dalgacıkların genlik ve süreleri ayarlanarak oluşturulur. EEG isaretleri rasgele özellik gösterdiğinden, yazılım ortamında üretilebilmesi için modellenmesi gerekir. Bu çalışmada, özbağlanım (AR) modeli kullanılmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** EKG, örnekleme frekansı, kalp atis sayısı, EKG dalgacıkları, EEG, özilinti, AR model

**Abstract** - Diagnosis of physiological disorders by processing of the physiological signals is very important in the clinical applications. In this study, ECG and EEG, two most important of these signals, are artificially produced at the computer. Thus, the difficulties of taking real ECG signals with invasive and non-invasive methods are removed and signal processing algorithms are easily tested on a short time duration. Thus, the accuracy control of ECG machines and monitors could be easily made. Heart rate and the amplitude and time parameter of ECG waves is adjusted for producing the ECG signal. EEG is a random signal so it only produces by modelling and in this study, auto-regressive (AR) model is used.

**Keywords:** ECG, ECG waves, EEG, autocorrelation, AR model

## I. GİRİŞ

Kalp ve beyin yasamsal olarak insanın en önemli organlarının basında gelmektedir. Bu nedenle, bu organların sağlıklı olarak çalışması hayati önem kazanmaktadır.

EKG isareti incelenerek hastanın; kalp sistemine ilişkin bir rahatsızlığının olup olmadığına karar verilebilmektedir. Hastalığın tespiti sonucunda da tedaviye en kısa sürede başlanmaktadır.

EEG isareti; tümör gibi anormal dokuların yerlerinin belirlenmesinde, anestezi derinliğinin tespiti ile zihinsel ve organik bir beyin hastalığının tanısında kullanılmaktadır.

EKG ve EEG isaretlerinin analizi konusunda birçok çalışma yapılmaktadır. Ancak, bu isaretlerin fizyolojik ortamdaki kayıtlarının zaman almaktadır. Ayrıca; EKG ve EEG makinelerinin test ve kalibrasyonlarında kullanılmak üzere yapay olarak üretilmeleri kolaylık sağlanacaktır.

EKG isareti; örnekleme frekansı, kalp atis sayısı ve EKG dalgacıklarının (P, Q, R, S, T) genlikleri ve süreleri ayarlanarak oluşturulur. Bu parametreler isaretin ait olması istenen gruba (normal veya hastalıklı) göre ayarlanır. EEG üretilirken özbağlanım isaret modeli kullanılmıştır. Gerçek EEG isareti alınarak süzgecin model katsayıları bulunmuş ve bundan sonra bu süzgece beyaz gürültü verilerek yapay isaret elde edilmiştir.

Piyasadaki bazı EKG benzetimci cihazların teknik özellikleri şöyledir:

- EKG200 [1] ve Lionheart 1 benzetimcileri [2]; 12 uç EKG ve 12 ritimsiz seçenekleri vardır. Ayrıca, kalp atis sayısı 30-240 ve genlik değerleri 0.5-2.0 mV aralarında değiştirilebilmektedir.
- M311 benzetimcisi [3]; kalp atis sayısı 40-300 arasında 10 basamakta, genlik de 0.05-5.0 mV arasında 11 basamakta ayarlanabilmektedir. Ayrıca, 10 uç EKG seçeneği bulunmaktadır.

## II. ELEKTROKARDİYOGRAM (EKG) VE ELEKTROENSEFALOGRAM (EEG)

### Elektrokardiyogram

Kalp, göğüs kafesi içinde ters çevrilmiş bir koni şeklindedir ve kanın vücutta dolması için pompa görevi görmektedir. Kalp; sağ - sol kulakçık ve sağ - sol karıncık

olmak üzere 4 odaya ayrılır. Kulakçıklar, ince duvarlı ve alçak basınçlı odacıklardır [4]. Asıl pompalama işlevini kulakçıklar yapmaktadır [5].

Kalbin dinlenme veya dolma evresine diyastol, kasılma veya pompalama evresine sistol denir [5]. Yetişkinlerde, normal koşullarda, sistol basıncı 95-140 mmHg arasındadır ve ortalama değeri 120 mmHg'dir. Diğer yandan, ortalama diyastol basıncı 80 mmHg olup 60-90 mmHg arasında değişmektedir.

Kalp gövde içerisinde bir elektrik üretici olarak düşünülebilir. Kalp kaslarının aynı anda kasılması ve daha sonra gevşemesi sonucu oluşan elektriksel işaret Elektrokardiyogram (EKG) olup, 0.001-250 Hz sıklık aralığındaki bileşenlerden oluşmaktadır.

Algılama işlemi, vücut yüzeyindeki çeşitli noktalar arasındaki gerilim farkı ölçümleri ile gerçekleştirilir. Farklı elektrot çiftleri ile değişik yüzeylerden alınan gerilimler de farklıdır. Bu yüzden, klinik değerlendirmeler için belirli standart bağlantılar kullanılmalıdır [5].

Klinik uygulamalarında, kalbin elektriksel etkinliğini tam olarak tanımlamak için birden fazla uç kullanılır [5]. En yaygın olanlar; Eindhoven üçgeni ve Wilson bağlantısıdır.

EKG dalgacıkları sırasıyla P, Q, R, S, T olarak adlandırılırlar. P dalgacığı, kulakçıkların kasılmasıyla oluşur ve genliği kulakçık kaslarının işlevsel etkinliğine göre değişir. PQ aralığı, his demeti iletim zamanını gösterir. QRST dalgacığı, karincıkların kutupsuzlaşma olmasına karşılık gelir. İki EKG işaretinin P-T aralığı kalp kaslarının dinlenme süresine denk gelmektedir.

- **P dalgacığı:** Genliği 0.2-0.25 mV arasında, süresi ise genelde 0.1 saniyedir (0.12 saniyeden küçük).
- **Q dalgacığı:** Genliği R dalgasının ¼'ü kadardır ve süresi de 0.4 saniyedir.
- **PR yada PQ aralığı:** Normal şartlarda PQ aralığıdır ama bazen Q dalgası bulunmayabilir. Süreyi kalp hızı belirler.
- **R dalgacığı:** Genliği genellikle 0.5-4 mV arasındadır.
- **T dalgacığı:** Boyu R dalgasının 1/8-2/3'ü kadar olup süresi 0.10-0.25 saniye arasında değişir.
- **QRS dalgacığı:** Q dalgasının başlangıcından S dalgasının sonuna kadar geçen süreyi belirler ve 0.06-0.1 saniye arasında değişir.

Kalp atış hızı, kalbin bir dakika içinde oluşturduğu atma sayısıdır ve 60/(PP veya RR)'ye eşittir. Kalp atış hızının farklı değerleri için Tablo-1'de PP veya RR, Tablo-2'de ise PR ve QT süre değerleri verilmektedir.

ÇİZELGE 1.  
PP/RR SÜRE DEĞİŞİMLERİ

Kalp hızı	PP/RR (msn)	Kalp hızı	PP/RR (msn)
40	1500	80	750
50	1200	90	667
60	1000	100	600
70	800	110	545

#### Elektroensefalogram

Beynin sinirsel faaliyeti sonucu elde edilen biyoelektrik işaretlere Elektroensefalogram (EEG) adı verilir. EEG'nin çok karmaşık bir değişim şekli vardır ve yorumlanması zordur. Yüzeyden ölçülen EEG işareti; alt katmandaki beyin zarının oldukça geniş bir bölgesinden gelen gerilimlerinin toplamından oluşur.

ÇİZELGE 2.  
PR VE QT SÜRE DEĞİŞİMLERİ

Kalp hızı	PR (sn)	QT (sn)
50	0.21	0.40
60	0.20	0.38
80	0.18	0.34
100	0.16	0.30
120	0.14	0.28

Kafa derisi üzerinden alınan EEG'lerin genliği tepeden tepeye 1-100  $\mu$ V olup sıklık bandı da 0.5-100 Hz arasındadır. Beyin yüzeyinden doğrudan ölçüm alındığında genlik 10 kat kadar artmaktadır. [6]

EEG işaretleri rasgele karakterde olup; genlik, evre ve sıklıkları sürekli değişir. Bu nedenle, anlamlı bir veri elde edebilmek için ileri işaret işleme yöntemlerine gereksinim vardır.

EEG sıklık bandı, normalde 5 sınıfta incelenir: Delta (0.5-4 Hz), teta (4-8 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (13-22 Hz) ve gama (22-30 Hz) [6].

- **Alfa dalgası:** Genliği tepeden tepeye 10  $\mu$ V'tan azdır. Uyanık ve gözleri kapalı kişilerde ortaya çıkmaktadır. Gözleri açık ve dikkatin bir noktaya odaklanması durumunda oldukça zayıflar. [6]

- **Beta dalgasi:** Tüm beyinde, genligi tepeden tepeye 20  $\mu\text{V}$ 'tan azdir, fakat dinlenme durumunda merkez bölgede baskindir [6].

- **Gama dalgasi:** Genligi, tepeden tepeye 2  $\mu\text{V}$ 'tan azdir. Duygusal ve dikkat uyarimlari sonucu olusan düşük genlikli ve yüksek siklikli dalgalar içerir [6].

- **Teta ve delta dalgaları:** Genlikleri tepeden tepeye 100  $\mu\text{V}$ 'tan azdir ve en güçlü olarak merkez bölgesindedir. Bu dalgalar, uykunun belirtisidir [6]

EEG ölçümlerinde bes farkli tipte elektrot kullanilmakla birlikte en yaygin olani tekrar kullanilabilir kafa derisi elektrotlaridir. Bunlar uygun bir iletken krem yardimiyla deriye temas ettirilirlr. Elektrot temas direnci 10  $\text{k}\Omega$ 'un altinda olacak sekilde temas bölgeleri temizlenir. Elektrotların baglantısında uluslararası standartlar kullanilir. En çok kullanilani 10-20 EEG elektrot sistemidir.

### EEG Sinyal Modellenmesi

EEG sinyalleri rasgele isaret özelligi tasidigindan, yazilim ortamında üretilmesi için model tabanlı yöntemler gerekir. Bu çalışmada, modelleme tekniklerinden özbaglanım (AR) yöntemi kullanilmistir.

Denklem-1'de [7] görüldüğü gibi AR modellemesinde, aktarım islevinde “p” tane kutup bulunmaktadir. Sonsuz darbe yanitli süzgeç (IIR) modeli asagidaki gibidir:

$$H(z) = \frac{b(0)}{1 + \sum_{k=1}^p a_p(k)z^{-k}} \quad (1)$$

AR modellemesinde, süzgeç girişine beyaz gürültü verilip çıkışta EEG isareti elde edilmesi amaçlanır.

Model katsayılarının bulunmasında, Yule-Walker denklemi kullanılmaktadır ve asagidaki biçimdedir [7].

$$\begin{bmatrix} R_x(0) & R_x(1) & \Lambda & R_x(p-1) \\ R_x(1) & R_x(0) & \Lambda & R_x(p-2) \\ \text{M} & \text{M} & \text{M} & \text{M} \\ R_x(p-1) & R_x(p-2) & \Lambda & R_x(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \text{M} \\ a_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_x(1) \\ R_x(2) \\ \text{M} \\ R_x(p) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Denklem-2'de  $R_x(p)$ , gerçek EEG sinyalimizin özilinti islevidir.  $a_p$ 'ler, AR modeli süzgecimizin kutuplarını belirtmektedir. Özilinti fonksiyonu bilinen gerçek EEG isaretinin, AR modeldeki kutuplarını bulabiliriz.

### III. SIMÜLASYON ÇALIŞMALARI

#### EKG Benzetimi

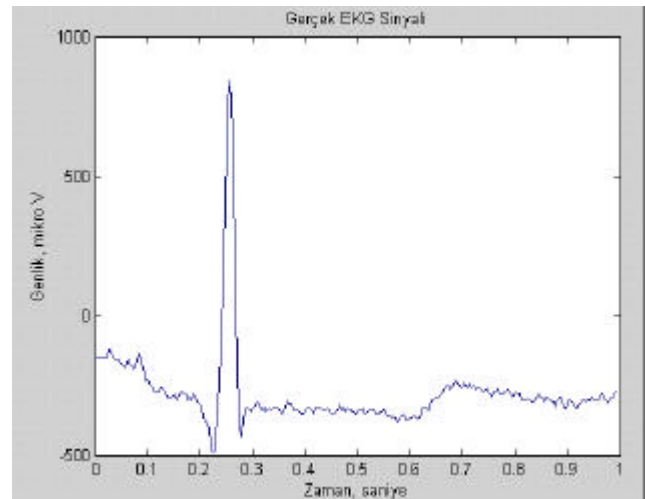
EKG isareti üretilirken EKG parametrelerinin (P, Q, R, S, T) genlik ve zaman değerleri temel alınmıştır. Programda, disardan girilebilen parametre değerleri ile değişik tiplerde EKG isaret şekilleri üretilmektedir. Parametreler;

- EKG isaretinin örnekleme frekansı,
- Kalp atış sayısı,
- QRS dalgacığı genliği,
- QRS dalgacığı genişliği,
- T dalgacığı genliği,
- T dalgacığı genişliği,
- P dalgacığı genliği,
- P dalgacığı genişliği,
- Q dalgacığı genişliği,
- S dalgacığı genişliği,
- R dalgacığı genişliği,
- P dalgacığı bitisi ile QRS dalgası başlangıç arası genişlik,
- QRST aralığı.

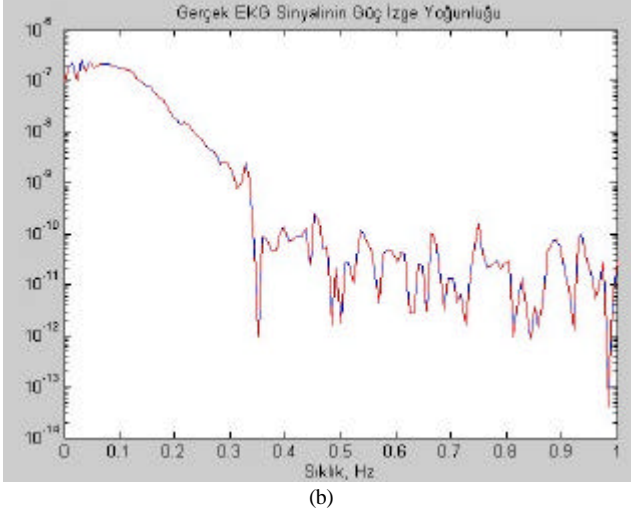
Üretilen EKG isaretlerine, vücuttan yapılan ölçümlerde oluşan gürültülere karşılık gelmesi amacıyla beyaz gürültü eklenmiştir.

Şekil-1'de, kalp atış hızı 60 olan gerçek EKG isareti ve güç izge yoğunluğu görülmektedir.

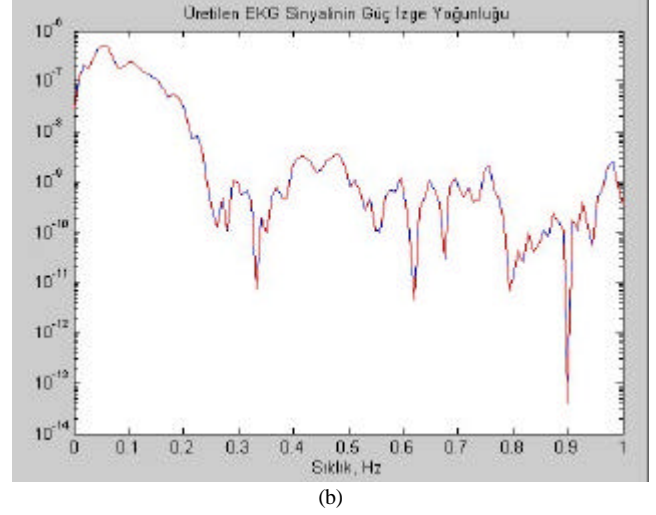
Şekil-2'de, kalp atış hızı 60 olarak üretilen EKG isareti ve güç izge yoğunluğu görülmektedir. Üretilen EKG için parametre değerleri şöyledir: Örnekleme sıklığı 200 Hz, kalp atış sayısı 60, QRS dalgacığı genliği 1mV, QRS genişliği 0.08sn, T ve P dalgacıkları genlikleri 150 $\mu\text{V}$ , Q genişliği 0.0625sn, R aralığı 0.4375sn, T genişliği 0.2sn, P dalgacığı genişliği 0.1sn, QRST aralığı 0.38sn ve P dalgacığının bitisi ile QRS'nin başlangıcı arası genişlik 0.1sn.



(a)



Sekil 1. (a) Kalp atis hizi 60 olan gercek EKG isareti (MIT\_BIH veri tabanindan alindi), (b) isaretin güç izge yogunlugu



Sekil 2. (a) Kalp atis hizi 60 olan uretilen EKG isareti (b) isaretin güç izge yogunlugu.

Sekil-2'de, kalp atis hizi 60 olarak uretilen EKG isareti ve güç izge yogunlugu görülmektedir. Üretilen EKG için parametre degerleri şöyledir: Örnekleme sikligi 200 Hz, kalp atis sayisi 60, QRS dalgacigi genligi 1mV, QRS genisligi 0.08sn, T ve P dalgaciklari genlikleri 150 $\mu$ V, Q genisligi 0.0625sn, R araligi 0.4375sn, T genisligi 0.2sn, P dalgacigi genisligi 0.1sn, QRST araligi 0.38sn ve P dalgaciginin bitisi ile QRS'nin baslangici arasi genislik 0.1sn.

Sekil-2'de gösterilen uretilmis EKG isareti DC bilesen içermezken, Sekil-1'de verilen gercek EKG isareti negatif DC bileseni bulunmaktadir. Sekil 1 ve 2'de de görüldüğü gibi iki isaretin güç izge yogunluklarinda benzerlikler vardir. Aradaki küçük farklılıklar, iki isaretin parametre degerlerinin birebir ayni olmamasi ve gercek EKG isaretinde gürültü bileseninin daha fazla olmasidir.

### EEG Benzetimi

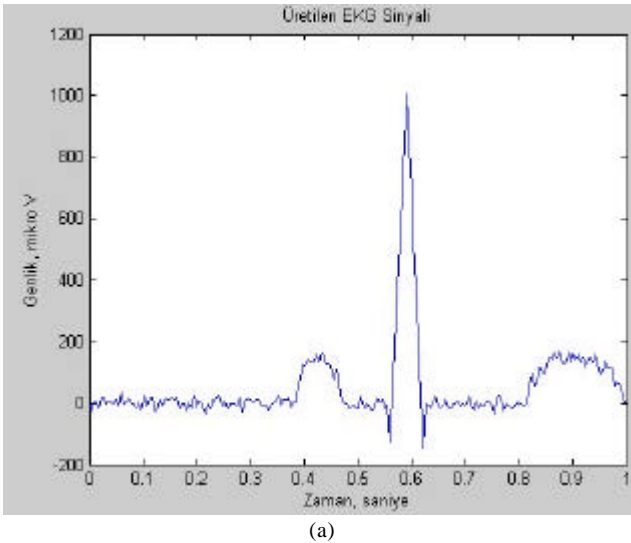
EEG isaretini üretmek için, önce gercek EEG isaretinin özilinti islevini elde ettik, daha sonra denklem 2'yi kullanarak süzgecimizin kutuplarini bulduk. Son asamada ise, süzgecimize beyaz gürültü vererek çıkisinda gercek EEG isaretine yakin bir isaret elde ettik.

Sekil-3'de, gercek EEG isaretimizin özilinti islevi verilmektedir.

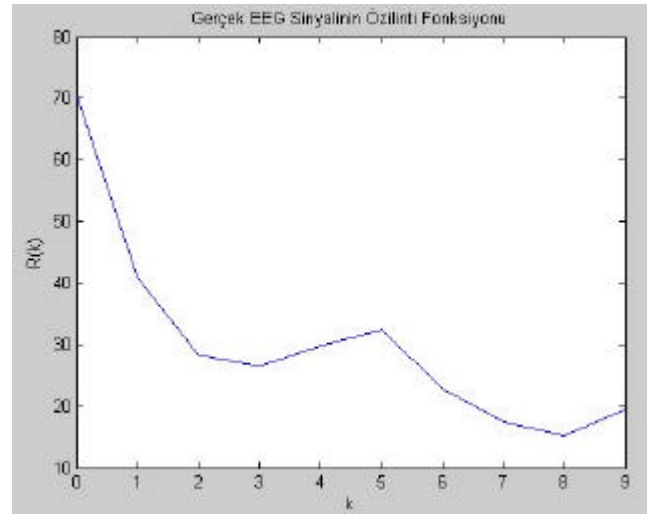
Sekil-4'de, gercek EEG isareti ve güç izge yogunlugu görülmektedir.

Sekil-5'de, süzgeç derecesi 10 için uretilen EEG isareti ve güç izge yogunlugu verilmektedir.

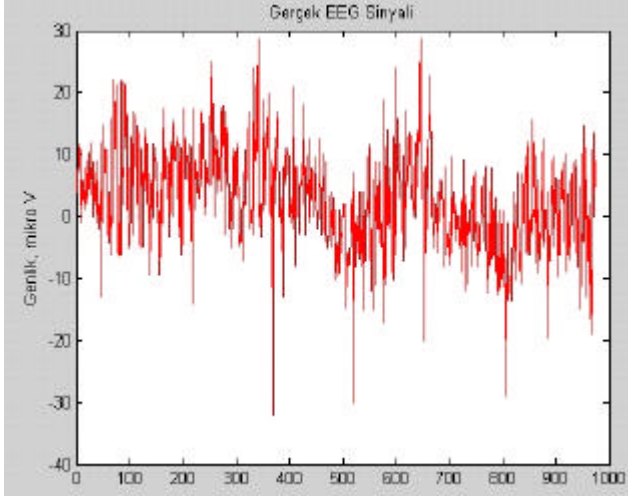
İki isaret incelendiginde birbirlerine benzedikleri görülmektedir. Aradaki farklılıklarda, modelmeden kaynaklanan hatadir.



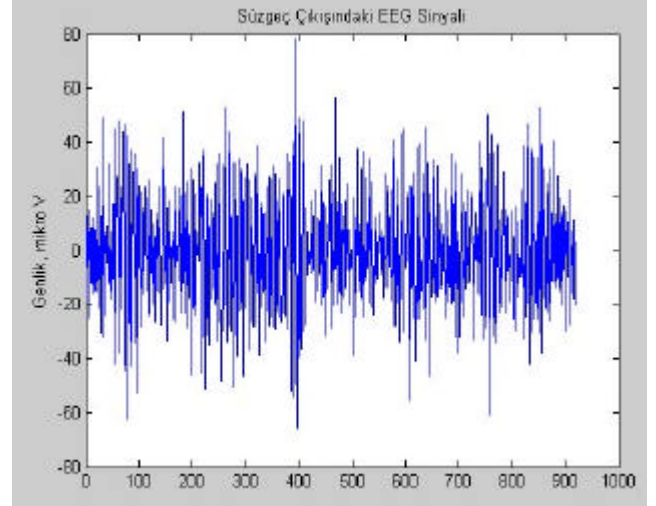
(a)



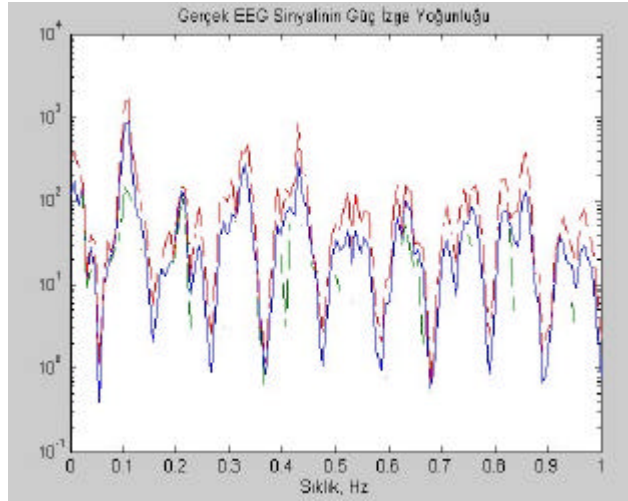
Sekil 3. Gercek EEG isaretinin özilinti fonksiyonu



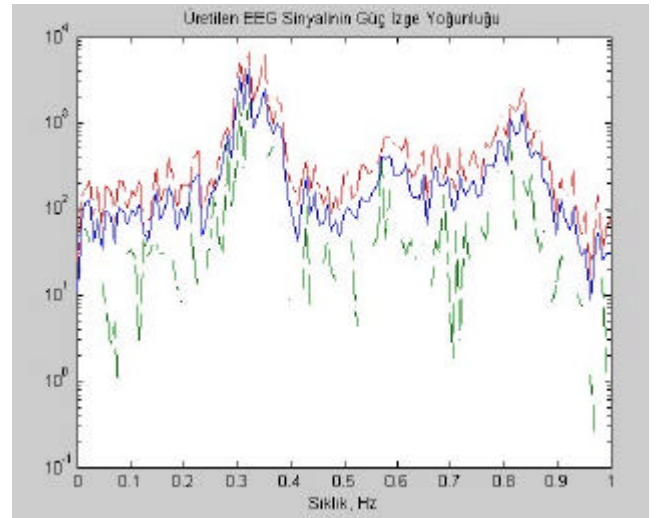
(a)



(a)



(b)



(b)

Sekil 4. (a) Gerçek EEG isareti (b) isaretin güç izge yogunlugu.

Sekil 5. (a) Üretilen EEG isareti (b) isaretin güç izge yogunlugu.

Süzgeç derecesi belli bir degeri astiktan sonra (bu deger çalismamizda 13 olarak bulundu), süzgeç çıkisindaki EEG isaretinde bozulmalar meydana gelir.

#### IV. SONUÇLAR

Bu çalismada, bilgisayar ortamında MATLAB 6.0 programi kullanilarak yapay EKG ve EEG isaretleri üretilmistir. Parametre degisimi ile; uygulamada kullanabilecek uygun EKG isaretleri kolaylikla üretilmektedir. Ayrica, EEG isareti üretiminde, belirli bir model derecesi araliginda EEG'ler üretilmektedir. Sonuç olarak; gelistirilen bu sistemle test ve kalibrasyon amaçli uygulamalar için uygun EKG ve EEG isaretleri üretilmektedir.

*Tesekkür:*

Bu projedeki katkilarindan dolayi; Elektrik-Elektronik Mühendisi Sayin Mehmet Dokumaci'ya tesekkür ederiz.

#### SÖZLÜK

<u>İngilizce</u>	<u>Türkçe</u>
<b>autocorrelation</b>	özilinti
<b>autoregressive</b>	özbaglanim
<b>depolarization</b>	kutupsuzlasma
<b>filter</b>	süzgeç
<b>frequency</b>	siklik
<b>function</b>	islevsel
<b>impulse response</b>	darbe yaniti
<b>lead</b>	uç
<b>phase</b>	evre
<b>potential</b>	gerilim
<b>random</b>	rasgele
<b>simulation</b>	benzetim
<b>simulator</b>	benzetimci
<b>spectrum</b>	izge
<b>transfer</b>	aktarim

**Türkçe   İngilizce**

<b>aktarım</b>	transfer
<b>benzetim</b>	simulation
<b>benzetimci</b>	simulator
<b>darbe yaniti</b>	impulse response
<b>evre</b>	phase
<b>gerilim</b>	potential
<b>islevsel</b>	function
<b>izge</b>	spectrum
<b>kutupsuzlasma</b>	depolarization
<b>özbaglanım</b>	autoregressive
<b>özilinti</b>	autocorrelation
<b>rasgele</b>	random
<b>süzgeç</b>	filter
<b>sıklık</b>	frequency
<b>uç</b>	lead

**KAYNAKLAR**

- [1]. [http://www.dninevada.com/spec\\_sheets/ecg200\\_s.htm](http://www.dninevada.com/spec_sheets/ecg200_s.htm)
- [2]. [http://www.biotekbiomedical.com/biomed\\_product.asp?pid=19](http://www.biotekbiomedical.com/biomed_product.asp?pid=19)
- [3]. <http://www.foggsystem.com/product.asp>
- [4]. Olansen, Jon B. and Rasow, Eric, *Virtual Bio-Instrumentation*, Prentice Hall, 2002.
- [5]. Webster, J.G., *Medical Instrumentation*, John Wiley & Sons, 1998.
- [6]. Carr, Joseph J. And Brown, John M., *Introduction to Biomedical Equipment Technology*, Prentice Hall, 1998.
- [7]. Hayes, Manson H., *Statistical Digital Signal Processing and Modelling*, John Wiley & Sons, 1996.