



Sporcularda Sempatik Aktivitenin Belirlenmesinde Elektrodermal Aktivitenin Ölçülmesi ve Sinyal İşleme Yöntemleriyle Sinyal Karakteristiklerinin Çıkarılması

Measuring Electrodermal Activity To Determining Sympathetic Activity In Sportsman And Feature Extraction With Signal Processing Methods

Serhat ALADAĞ¹, Ayşegül GÜVEN¹, Nazan DOLU², Hatice Özbek²,

¹ Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
serhat.aladag@saglik.gov.tr, aguven@erciyes.edu.tr,

² Tıp Fakültesi, Fizyoloji Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, Türkiye
dolu@erciyes.edu.tr, haticeozbek38@hotmail.com

Özetçe

Bu çalışmada spor yapan kişilerde emosyonel terlemeyi ölçen elektrodermal aktivite kullanılarak hemisferik farklılıkların sinyal işleme ve öznelite çıkarımı metoduyla tespit edilmesi hedeflenmiştir. Çalışma, aktif spor yapan (n=17) ve spor yapmayan (n=21) üniversite öğrencisinde yapılmıştır. Yaş ortalaması 20±0.4'tür. Elde edilen EDA sinyalleri sinyal işleme metodları ile gürültüden arındırılmış ve saf bilgi içeren EDA verileri üzerinden araştırma yapılmıştır. Saf bilgi içeren EDA sinyallerine ise öznelite çıkarma fonksiyonları uygulanarak öznelite vektörü üzerinden karşılaştırma yapılmıştır. Öznelite vektörü 14 parametre içermektedir. Yapılan karşılaştırma sonucunda gruplar arası fark oluşturan parametreler seçilmiştir. Spor yapan kişilerden oluşan deney grubumuzdan elde ettiğimiz bulgulara göre, spor yapmanın her iki hemisferi de geliştirmeye yardımcı olabileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: sinyal işleme; öznelite çıkarımı; istatistiksel karşılaştırma; gürültü giderme yöntemleri.

Abstract

Our study aimed to determine hemispheric differences using Galvanic Skin Response (GSR) which is measure to emotional sweating with signal processing and feature extraction methods. Active sportsmans (n=17) and non-sportsmans (n=21) who are student at university have been used in this study. The average of ages is 20±0.4. We worked on GSR records which have been denoise with signal processing method and include pure information. We applied feature extraction function to GSR signals and we compared from feature vector. Feature vector has 14 parameters. We chose parameters which are making difference. According to findings from group of volunteers which are sportsman, doing sport improves both of hemisphere.

Keywords: signal processing; feature extraction; statistical comparison; denoising methods.

1. Giriş

Elektrodermal aktivite (EDA), ter bezleri ile komşu epidermal ve dermal tabakalardan kaynaklanan ve deri yüzeyinde özel bölgelere yerleştirilen elektrodlarla kayıt altına alınan elektriksel aktivite olarak tanımlanmaktadır [1-2].

Literatürde, galvanik deri cevabı – galvanic skin response (GSR), sempatik deri cevabı – sympathetic skin response (SSR) gibi isimlerle de anılan EDA, sempatik aktivitenin değerlendirilmesini sağladığından klinik nörofizyoloji ve psikofizyolojide kullanılan bir yöntemdir.

EDA sinyalleri çoğunlukla tek başına kullanılmazlar. Poligrafik yöntemlerde destekleyici parametre olarak kullanılmaktadır. Ayrıca EDA, hemisferik asimetri, heyecan, stres, depresyon, diyabet, tiroit, şizofreni gibi hastalıkların incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

EDA sinyallerinin etkilerinin araştırıldığı birçok çalışma bulunmaktadır.

Bakker ve arkadaşlarının çalışmalarında “Çalışanların Günlük Yaşamındaki Mevcut ve Değişken Stres Seviyelerinin Ortaya Konulması” amacıyla kayıt altına alınan GSR sinyallerine median filtre ve sembolik birleştirme yaklaşımı ayrıştırma yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın çıktılarında ise hangi parametrelerin stres seviyesini artırdığı ve hangilerinin rahatlamaya sebep olduğu ortaya konulmuştur [4].

George ve arkadaşlarının çalışmalarında “Sürücülerin Yaşadığı Stres Temelli Olayların Gerçek Zamanlı Olarak Tespit Edilmesi” amacıyla sürücülerden EKG, EMG ve EDA kayıtları alınmıştır. Bu üç biyopotansiyel sinyal birbiriyle karşılaştırılmıştır [5].

Stres seviyelerinin tespit edilmesinde biyopotansiyel sinyallerin incelendiği bir çalışmada ETCO₂ (end-tidal carbon dioxide), EMG, EKG, HRV (heart rate variability), EEG sinyalleri eş zamanlı olarak kaydedilmiş ve birbirleri ile kıyaslanmıştır [6].

EDA, derideki tüm elektriksel olayları kapsayan genel bir kavram olarak kullanılmaktadır. Bu elektriksel olaylar, deri ve onun ikinci derecede önemli yapılarının aktif ve pasif elektriksel özelliklerini kapsar. Bu elektriksel karakteristiklerin incelenmesinde endosomatik ve egzosomatik olarak iki yöntem kullanılmaktadır [7-13]. Çalışmamızda EDA kayıtları egzosomatik yöntem kullanılarak alınmıştır.

Bu çalışmada, spor yapmanın el dominansı ve hemisferik dominans üzerine etkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Yöntem

2.1. Çalışma Grubu ve Kayıtların Alınması

Çalışmaya yaşları 20±0.4 arasında değişen sporcu olmayan sağlıklı 11 kişi, sporcu olmayan solak 10 kişi, sporcu sağlak 8 kişi ve sporcu solak 9 kişi olmak üzere toplam 38 birey katılmıştır.

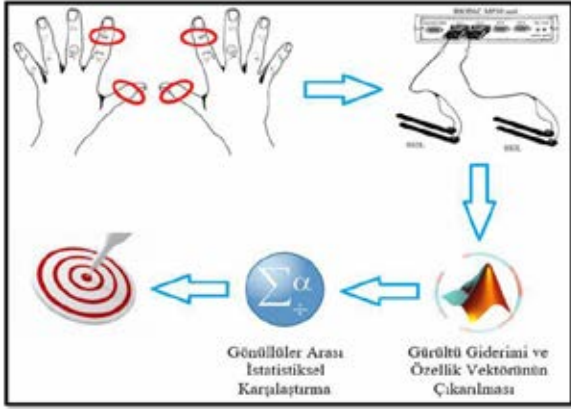
Kayıtların alınması için Erciyes Üniversitesi Klinik Bilimler Etik Kurulu'ndan onay alınmıştır. Gönüllüler Erciyes Üniversitesi Beden Eğitimi Spor ve Yüksek Okulu'nda eğitim gören öğrencilerden oluşmaktadır.

Sinyal İşleme 2

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Çalışma kapsamında EDA sinyalleri, sporcu ve sporcu olmayan gönüllülerde sempatik aktivite ve hemisferik baskınlık durumunu değerlendirilmek üzere kaydedilmiştir. Kayıtlar Erciyes Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji Anabilim Dalı, Beyin Dinamiği Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir.

EDA kayıtları, Resim 1'de görüldüğü üzere MP30 (Biopac, ABD) düzeneği ile gönüllülerin her iki elinin baş ve işaret parmaklarının distal falanklarının palmar bölümlerine yerleştirilen elektrotlar kullanılarak 200 Hz örnekleme frekansı üzerinden alınmıştır.



Resim 1. Kayıtları Alınırken Uygulanan Elektrod Yerleşimi ve Çalışma İş Akışı

Sinyal işleme, gürültü giderme, öznitelik çıkarımı işlemleri Erciyes Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümünde gerçekleştirilmiştir.

2.2. Fazık ve Tonik EDA Kaydı

Çalışmada dinlenme durumundaki (tonik) EDA kaydı 120 saniye süresince alınırken, fazık EDA kaydı Raven Progresif Matrisler (RSPM) testine ait 20 soru cevaplandırılırken alınmıştır. Kayıtların alınmasına başlamadan gönüllülere önce hemisferik dominantlık testi daha sonra anette el tercih anketi uygulanmıştır. Yine kayıtlar alınmadan gönüllülerin hormonal, çevresel, emosyonel, fizyolojik etki altında bulunmadığından emin olmak üzere SPO2 (oksijen saturasyonu) ve EKG (elektrokardiyografi) Bilekliği incelenerek uygun koşulların oluşması beklenmiştir. EKG Bilekliği Android/IOS desteklidir ve gönüllünün o an sınırlı, karamsar, heyecanlı ve dengeli olup olmadığını analiz edebilmektedir. SPO2 cihazında okunan nabız, respirasyon ve kandaki oksijen miktarı değerleri normal değerlere geldiğinde EDA kaydı alınmıştır. Bu stabilite ve güvenilirlik katmanı, çalışmanın sonuçlarını olumlu yönde etkilemiştir.

2.3. Gürültü Giderimi

Biyopotansiyel sinyaller düşük frekans bileşenlerine sahiptirler. EDA sinyallerinin karakteristik sinyal frekansı 0.0167–0.25 Hz'dir. Dolayısıyla şehir şebekesi de dahil olmak üzere çevresel gürültülerden yüksek oranda etkilenirler [14]. Bu doğrultuda [14] kaynak numaralı çalışmamızda gürültü giderme yöntemlerine ilişkin performanslar karşılaştırılmıştır.

SSA (Singular Spectral Analysis – Tekil Spektrum Analizi); ayrıştırma hassasiyeti ve bilgi içeren veri kaybının olmaması sebebiyle EDA sinyali için en verimli gürültü giderme tekniği olarak saptanmıştır [14].

2.4. Öznitelik Çıkarımı

Gruplar arası karşılaştırma yaparak anlamlı farkların elde edilmesinden önceki aşama, öznitelik vektöründe hangi parametrelerin bulunması gerektiğine karar verilmesidir. Bir öznitelik vektöründe istatistiksel anlamlılığı araştırılabilecek parametreler aşağıdaki gibidir.

2.4.1. Ortalama Galvanik Deri Cevabı (Galvanic Skin Response – GSR) Değeri

Gönüllülerden alınan EDA sinyallerinin kayıt boyunca sahip olduğu genlik değerlerinin kümülatif toplamının kayıt süresine bölünmesi ile elde edilir.

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

2.4.2. Ortalama Güç Değeri

Gönüllülerden alınan EDA sinyallerinin kayıt boyunca sahip olduğu genlik değerlerinin karelerinin ortalamasıdır.

$$E(i) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N |x_i(n)|^2 \quad (2)$$

2.4.3. Medyan

Medyan bir serideki ortanca değeri ifade etmektedir.

2.4.4. Standart Sapma

Standart sapma, verilerin aritmetik ortalamaya göre nasıl bir yayılım gösterdiğini ifade eder. Standart sapma hesaplanırken 1) Verilerin aritmetik ortalaması bulunur. 2) Her bir veri ile aritmetik ortalama arasındaki fark bulunur.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} \quad (3)$$

2.4.5. Varyans

Varyans bir serideki değerlerin ortalamaya göre değişimi hakkında bilgi vermektedir. Veri grubunun dağılımının bir ölçütüdür. Standart sapmanın karesi alınarak hesaplanır.

2.4.6. Maksimum Genlik

Gönüllülerden alınan EDA sinyallerinin kayıt boyunca sahip olduğu en büyük GSR değeridir.

2.4.7. Minimum Genlik

Gönüllülerden alınan EDA sinyallerinin kayıt boyunca sahip olduğu en küçük GSR değeridir.

2.4.8. Maksimum ve Minimum Arası Fark

Bir EDA sinyalinin sahip olduğu maksimum GSR değeri ile minimum değeri arasındaki farkı ifade etmektedir.

2.4.9. En Çok Tekrar Eden GSR Değeri

Bir EDA sinyalinde kayıt süresi boyunca en çok tekrar eden GSR değerini ifade etmektedir.

2.4.10. Entropi

Entropi enformasyonda belirsizliğin ölçütüdür ve karar verme ölçütü olarak kullanılır. Birçok çeşidi bulunmaktadır. Çalışmamızda Shannon Entropisi kullanılmıştır. Burada H sinyalin entropisi, M sinyalin uzunluğu, $p_i = P(X=x_i)$ olasılık dağılım fonksiyonudur.

$$H(X) = -\sum_{i=1}^M P(X=x_i) \cdot \log_2 P(X=x_i) \quad (4)$$

Sinyal İşleme 2

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

2.4.11. Çarpıklık (Skewness)

Bir rastgele sürecin olasılık dağılım asimetrisinin bir ölçüsü olarak ifade edilir. Rastgele sürecin, 3. momenti ile hesaplanır. \bar{Y} ortalama, s standart sapma, N veri sayısıdır.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^3}{(N-1)s^3} \quad (5)$$

2.4.12. Basıklık (Kurtosis)

Bir rastgele sürecin olasılık dağılım basıklığının bir ölçüsü olarak ifade edilir. Rastgele sürecin, 4. momenti ile hesaplanır. \bar{Y} ortalama, s standart sapma, N veri sayısıdır.

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \bar{Y})^4}{(N-1)s^4} \quad (6)$$

2.4.13. Karekök Ortalama (Root Mean Square)

Değişen miktarların büyüklüğünün ölçülmesinde kullanılan istatistiksel bir ölçüttür. Özellikle değişimin artı ve eksi yönde olduğu dalgalarda çok faydalıdır. Karekök ortalama ismi karelerin ortalamasının karekökünün alınmasından gelir.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i^2} \quad (7)$$

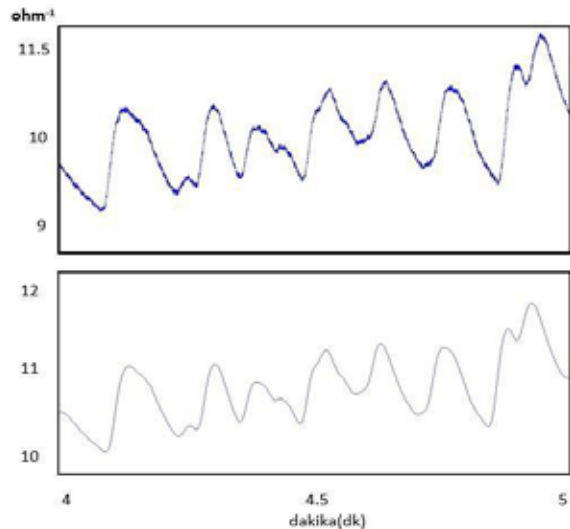
2.4.14. Tepe Sayısı

EDA sinyaline ait lokal maksimallerin toplam sayısını ifade etmektedir.

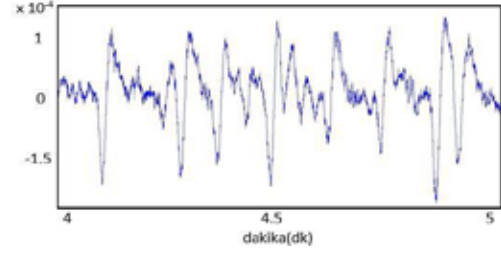
3. Öznitelik Çıkarımına Elverişli Sinyalin Elde Edilmesi

3.1. SSA (Singular Spectral Analysis – Tekil Spektrum Analizi)

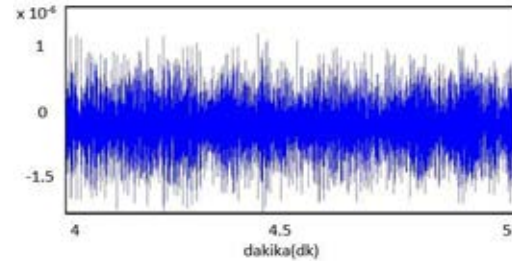
SSA, sinyalleri belirlenen pencere uzunluğu doğrultusunda orijinal sinyali öz değerlere ayırmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü üzere SSA ile gürültü giderimi yapılan EDA sinyallerine ait alt bileşenlerden oluşan tarafımızca kombinasyonları denenmiş sinyale uygulanacak olan öznitelik çıkarma fonksiyonu aracılığı ile istatistiksel karşılaştırma yapılmıştır.



Şekil 1. 14 Numaralı Gönüllüye Ait Gürültülü EDA Sinyali ve SSA ile Gürültüsü Giderilmiş EDA Sinyali



Şekil 2. SSA R2+R3 Sinyali



Şekil 3. SSA R4+R7 Sinyali

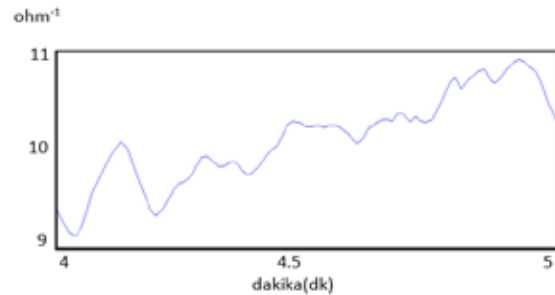
Bu doğrultuda SSA modelinde pencere uzunluğu 7 seçilmiştir ve her birine R ismini verdiğimiz 7 alt sinyal elde edilmiştir. R1 sinyaline, Şekil 2'de gösterilen R2+R3 sinyaline, R2+R4 sinyaline, Şekil 3'te gösterilen R4+R7 sinyaline ve diğer kombinasyonlara öznitelik çıkarma fonksiyonu uygulanmıştır ancak $p < 0,05$ değeri elde edilememiştir.

3.2. Orijinal Sinyal

Belirlenen 14 parametre gönüllülerden alınan orijinal sinyallere hiç müdahale edilmeden uygulanarak grup içi ve gruplar arası farklılıklar araştırılmıştır. Araştırma esnasında IBM SPSS Statistics 22 kullanılmıştır. Bir karşılaştırma sonucunun istatistikî olarak anlamlı kabul edilebilmesi için p (probability:olasılık) değerinin 0,01 ile 0,05 arasında olması gerekmektedir. Ancak gruplar arası karşılaştırma $p < 0,05$ değeri elde edilememiştir.

3.3. Ayrık Dalgacık Dönüşümü (Discrete Wavelet Transform – DWT)

Gönüllülerden alınan sinyallere 10. dereceden haar filtrelemeli dalgacık dönüşü uygulanmıştır. Uygulama sonucunda ayrıştırılan bileşenlerinden elde edilen ve Şekil 4'te gösterilen (a10+d9+d8+d1) sinyale öznitelik çıkarma fonksiyonu uygulanarak karşılaştırma yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalara ait detaylar aşağıdaki gibidir.



Şekil 4. 10. Dereceden haar Filtrelemeli DWT a10+d9+d8+d1 Sinyali

4. Öznitelik Vektörünün Belirlenmesi

Öznitelik vektörünün belirlenmesi, gruplar arası benzerlik elde edebilmek adına dikkatle çalışılması gereken bir husustur. Sinyaller için karakteristik olan parametrelerin tespit edilmesi sınıflandırma başarısını artırmaktadır. Ayırma gücü yüksek ve istatistiksel olarak anlamlı parametreler seçilmelidir.



Sinyal İşleme 2

1. Gün / 27 Ekim 2016, Perşembe

Gönüllülerden alınan EDA sinyallerinden elde edilen özneliktik vektörleri IBM SPSS Statistics 22 kullanılarak istatistiksel karşılaştırma yapılmıştır. Bu aşamada Bağımsız Örneklem T Testi (Independent Samples T-Test) karşılaştırma metodu kullanılmıştır. Bağımsız Örneklem T Testi, iki örneklem grubu arasında ortalamalar açısından fark olup olmadığını araştırmak amacıyla kullanılır [15].

Tablo 1. Grup İçi Karşılaştırmaların Anlamlılık Değerleri

Özellik	sporcu olmayan sağlak sağ el - sol el (grup1)	sporcu olmayan solak sağ el - sol el (grup2)	sporcu sağlak sağ el - sol el (grup3)	sporcu solak sağ el - sol el (grup4)
Entropi	0,99	0,92	1,00	1,00

Tablo 2. Sporcu ve Sporcu Olmayan Aynı El Tercihli Grupların Karşılaştırmasına İlişkin Anlamlılık Değerleri

Özellik	sporcu - sporcu olmayan sağlak sağ el	sporcu - sporcu olmayan sağlak sol el	sporcu - sporcu olmayan solak sağ el	sporcu - sporcu olmayan solak sol el
Basıklık	0,38	0,23	0,05	0,13

Tablo 3. Sporcu ve Sporcu Olmayan Farklı El Tercihli Grupların Karşılaştırmasına İlişkin Anlamlılık Değerleri

Özellik	sağlak - solak sporcu sol el	sağlak - solak sporcu sağ el	sağlak - solak sporcu olmayan sol el	sağlak - solak sporcu olmayan sağ el
Entropi	0,70	0,70	0,05	0,05
Çarpıklık	0,04	0,04	0,87	0,16
Basıklık	0,23	0,28	0,05	0,05

5. Sonuçlar

Çalışmamızda “Spor Yapan Bireylerde Hemisferik Dominansın Ortadan Kalktığı” hipotezini doğrulamak üzere uygulama yapılmıştır. Bu hipotezi test edebilmek için deri iletkenlik seviyelerinin spor yapan ve spor yapmayan kişilerde istirahat halinde ve bir uyaran etkisinde değişip değişmediği araştırılmıştır.

Çalışmamızdan elde ettiğimiz bulgulara göre literatürde yer alan diğer çalışmalarla aynı doğrultuda annette el tercihi anketi sonuçlarının spor yapmayan ve spor yapan kişilerde farklı olduğu bulunmuştur.

Spor yapmayan kişilerde kullandıkları el ile hemisferik dominantlık testi arasında uyum varken sporcularda bu uyum azalmıştır. Bu uyum azalması sporcuların farkında olmadan her iki elini ya da hemisferini çalıştırmaya başladıklarını göstermiştir.

Literatürde yer alan geçmiş çalışmalarda GSR değerleri üzerinden yaklaşımla sonuç alınmamıştır. Çalışmamızın özgün yanı EDA sinyallerine sinyal işleme yöntemleri ve özneliktik çıkarımı uygulanarak sonuç elde edilmesidir.

Tablo 1'e göre sporcu olmayan gönüllülere ait sağ ve sol el entropi değerleri birbirinden farklıyken sporcu gönüllülere ait EDA sinyallerinin sağ ve sol el entropi değerleri eşit çıkmıştır. Entropi değerlerinin eşit çıkması sporcuların sağ ve sol ellerinden alınan entropik geri dönüşümün yani el kullanım oranının eşit olduğu anlamına gelmektedir. Dolayısıyla sporcuların her iki hemisferini de kullandıklarını ifade etmektedir.

Tablo 2'ye göre sporcu ve sporcu olmayan solak gönüllülerin sağ ellerinden alınan EDA değerlerine ait basıklık değerinde de anlamlı fark tespit edilmiştir. Basıklık değeri, sporcu ve sporcu olmayan gönüllülerin farklı fizyolojiye sahip olduklarını ifade etmektedir. Tablo 3 ise Tablo 2'de olduğu gibi sporcu olmayan sağlak ve solak gönüllülerin de farklı fizyolojiye sahip olduklarını göstermektedir. Bu fark ise entropi, çarpıklık ve basıklık üzerinden tespit edilmiştir.

Spor yapan kişilerde hemisferik dominansın ortadan kalktığına ilişkin çalışmamızın sonucuna Shannon Entropisi ve destekleyici diğer özellikler ile ulaşılmış olduk.

Sonuç olarak, spor yapan kişilerden oluşan deney grubundan elde edilen bulgulara göre, spor yapmanın her iki hemisferi de geliştirmeye yardımcı olabileceği ortaya konmuştur.

Bilgilendirme: Bu çalışma; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmektedir. (Proje Kodu: FYL-2015-5684)

6. Kaynakça

- [1] Boussein W. Electrodermal Activity. Newyork, Plenum Pres. 1992, 1-372.
- [2] Dolu N, Özbek H, Sporcularda Dikkat Düzeyindeki Hemisferik Farklılıkların Elektrodermal Aktivite İle Belirlenmesi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2009
- [3] Dolu N, Yüksek A, Sizer A, Alay M. Arousal and continuous attention during Ramadan intermittent fasting. J Basic Clin Physiol Pharmacol. 2007;18(4):315-22.
- [4] Bakker J., ,ensor data, ICDMW '11 Proceedings of the 2011 IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops.
- [5] Rigas G., Goletsis Y., and Fotiadis DI., Real-Time Driver's Stress Event Detection, IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems 2012; 13:221-234.
- [6] Begum S., Ahmed MU., Funk P., Xiong N., and Schéele B.V, (2009), Case-Based Decision Support System for Individual Stress Diagnosis Using Fuzzy Similarity Matching, The Journal of Computational Intelligence (CI), vol 25, nr 3, p180-195.
- [7] Stefan Schmidt and Harald Walach, (2000), Electro Dermal Activity (EDA) Research – State of the art measurement and techniques for Parapsychological purposes.
- [8] Boucsein W. Electrodermal Activity. New York: Plenum Press. 1992.
- [9] www.stanfordchildrens.org, “What is a superficial SDYst-degree burn?”, Stanford's Children Health Lucile Packard Children's Hospital, Stanford
- [10] Ethan Leng, Mihir Mongia, Charles Park, Tiffany Varughese, Andrew Wu, SMART Belt: A Low-cost Seizure Detection Device, Rice University
- [11] Geddes LA, Baker LE. Principles of Applied Biomedical Instrumentation, 3rd ed. New York: John Wiley and Sons.1989.
- [12] Qiao ZG, Morkrid L, Grimnes S. Three-electrode Method to Study Event-related Responses in Skin Electrical Potential, Admittance and Blood Flow. Med Biol Eng Comput 1987;25: 567-72.
- [13] Stern RM, Ray WJ, Davis CM. Psychophysiological Recording. New York: Oxford: Oxford Universty Press. 1980: 196-210.
- [14] Aladağ S., Güven A., Özbek H., Dolu N., "Elektrodermal Aktivite Sinyallerinde Gürültü Giderme Yöntemlerinin Karşılaştırılması", Tıp Teknolojileri Kongresi 2015, MUĞLA, TÜRKİYE, 15-18 Ekim 2015, ss.213-216
- [15] Vasfi T.N., “SPSS Uygulamalı İstatistik Teknikleri”, 2009. Ural A., Kılıç İ., “Bilimsel Araştırma Süreci ve SPSS ile Veri Analizi”, 2006.