



Yapay Zeka Teknikleri ile Fizyolojik Sinyallerde Duygu Durum Sınıflandırması Classification of Emotion from Physiological Signals via Artificial Intelligence Techniques

Ümran IŞIK ve Ayşegül GÜVEN

Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

Erciyes Üniversitesi

Kayseri, Türkiye

umran@erciyes.edu.tr, aguven@erciyes.edu.tr

Özetçe— Fizyolojik sinyallerden faydalanılarak duygu durum analizinin yapılmasına yönelik çeşitli çalışmalar son yıllarda literatürde görülmektedir. Bu çalışmayla çeşitli sinyal işleme yöntemleri ile özellik çıkarma ve çeşitli yapay zeka yöntemleri kullanılarak duygu durumunun sınıflandırılması amaçlanmıştır. DEAP veriseti kullanıldığı çalışmada EOG, EMG, GSR, Solunum kemeri, Pletismografi, Sıcaklık fizyolojik sinyallerinin bazı istatistiksel özellikleri (ortalama, varyans, standart sapma ve entropi) ve Wavelet dalgacık dönüşümü kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. Elde edilen veriler duygu durumunun sınıflandırılmasında kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler — *duygu durum analizi; yapay zeka; dalgacık dönüşümü*

Abstract— Recently, there are various studies in the literature for emotion analysis by using physiological signals. In this study, classifying emotion by using various signal processing methods, feature extraction and various artificial intelligence methods is objected. DEAP dataset is used in the study. Calculations of Wavelet transform and some statistical properties (mean, variance, standard deviation and entropy) of EOG, EMG, GSR, Respiratory belt, Plethysmography, and Temperature physiological signals. Obtained data were done for the emotion classification.

Keywords — *emotion analysis; artificial intelligence; wavelet transform.*

I. GİRİŞ

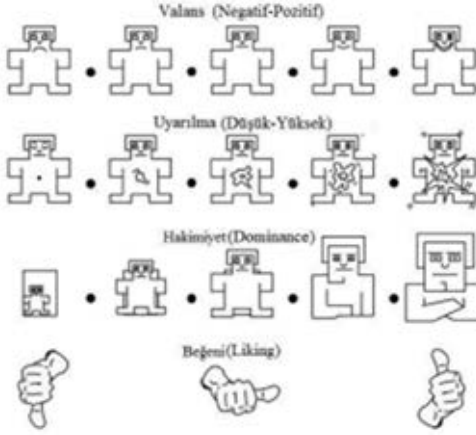
Duygu, çeşitli fiziksel yapıları içeren karmaşık bir olgudur. Karar verme, davranışlar ve diğer sosyal iletişimde önemli bir rol oynar. İnsan duygularını anlama ve tanıma yeteneği, güvenli sürüş, sağlık bakımı, sosyal güvenlik, multimedya dijital eğlence ve diğer alanlar gibi farklı akıllı sistemlerde bulunan araştırma grupları tarafından kilit odak alanlarından biri olarak tanımlanmıştır [1]. Ancak duyguların soyut olması, kişiden kişiye değişiklik göstermesi, evrensel bir tanımının olmaması ve duyguların çok sayıda iç ve dış etkilere açık olması, bu alanda yapılan çalışmaları zorlaştırmaktadır [2].

Fizyolojik sinyallerden faydalanılarak duygu durum analizinin yapılmasına yönelik çeşitli çalışmalar son yıllarda literatürde görülmektedir. Farklı yöntemlerin kullanılmasıyla daha doğru ve kesin kararlar vermek ve değerlendirme yapmak esas olmaktadır. Bu tekniklere örnek olarak çeşitli istatistiksel yöntemler, evrimsel algoritmalar, yapay sinir ağları, bulanık mantık vb. yada bunların kombinasyonundan oluşan yapay zeka teknikleri verilebilir.

Literatürde duygu tahmininde kullanılan genel fizyolojik sinyallerin tanımlarına bakılacak olursa; Elektroensefalografi (EEG) ölçümleri, merkezi sinir sisteminin nöral salınımlarını yansıtır ve duygu da dahil olmak üzere çeşitli üst düzey bilişsel süreçlerle doğrudan ilişkilidir [3]. Elektrokardiyografi (EKG) kalp hücreleri tarafından üretilen elektriksel aktivitenin algılanması ve elde edilen aktivasyon çizelgesinin okunması ve değerlendirilmesi işlemidir [4]. Elektromiyografi (EMG) kasların kasılmasını sağlayan elektriksel aktivitenin izlendiği ve yorumlandığı bir kas incelemesidir [5]. Galvanik Deri Direnci (GSR) otonom sinir sistemine bağlı ter bezi fonksiyonunu bir parametre olarak elde etmenin basit bir yoludur. Derinin elektriksel özelliklerindeki küçük değişimler parmak sensörleri ve elektrotları yardımıyla ölçülür. Galvanik deri yanıtı, stres ve rahatlama ile bağlantılıdır. Derinin elektriksel direnci zihinsel, fiziksel ve duygusal uyarılma süresince hızlı bir şekilde dalgalanır [6]. Elektrookülografi (EOG) negatif elektrik yüküne sahip kornea ile pozitif yük taşıyan retinanın arasındaki istirahat potansiyelini ölçen elektrofizyolojik bir yöntemdir [7].

Şekil 1’de görülen öz değerlendirme formu uyarılma, valans, hakimiyet ve beğeni olmak üzere dört durumdan meydana gelmekte ve 1 ile 9 arasında değer almaktadır. Valans memnuniyet parametresini ölçmektedir (5’in altında ise mutsuz, aksi durumda ise mutlu); Uyarılma duygunun fizyolojik durumunu temsil etmekte ve pasif yada aktif olmak üzere sınıflandırılmaktadır (5 ve üstü olduğunda heyecan, diğer durumda ise sakin duygusu ön planda); Hakimiyet duygunun baskınlığını kontrol etmektedir (5’in altı kişinin duyguya hakim

olması, 5 ve üstü duyguya tam hakim olması). Beğeni gösterilen uyarının beğenilip beğenilmediğiyle alakalıdır [2].



Şekil 1. Öz değerlendirme formu [2].

Duygu analizine yönelik literatür çalışmalarına bakıldığında video, resim yada müzik gibi uyarıların kullanılmasıyla yüz ifadesi, ses ve fizyolojik sinyallerden elde edilen verilerle farklı çalışmaların yapıldığı görülmektedir. EEG ise en çok kullanılan fizyolojik sinyal olarak karşımıza çıkmaktadır.

Literatürde duygu durumu değerlendirilmesinde EEG ile ilgili çalışmalardan örnekler bakılacak olursa; Özer ve diğ., 2017'de çok değişkenli senkrosizasyon yöntemi kullanarak EEG sinyallerinde duygu durum sınıflandırması yapmışlardır [8]. 2017'de yaptıkları diğer bir çalışmada ise çok değişkenli görgül kip ayrışımı ve ayrık dalgacık dönüşümü ile çok kanallı EEG sinyallerinden duygu durum analizi üzerinde çalışmışlardır [9]. Pereira ve diğ. 2018'de duyguların değişmez sınır tanımlayıcılarını bulmak amacıyla faktör analizini kullanmışlardır [10]. Hemanth ve diğ. 2018'de beyin sinyalleri bazlı duygu analizi üzerine çalışmışlar ve dairesel geri yayılım ve derin Kohonen sinir ağları kullanmışlardır [11]. Chakladar ve diğ., 2018'de korelasyona dayalı alt küme seçimi yöntemini kullanarak EEG tabanlı duygu sınıflaması üzerinde çalışmışlardır [12]. Li ve diğ., 2018'de k-en yakın komşuluk sınıflandırmasını kullanarak çok kanallı EEG sinyallerinden duygu tanıma üzerinde çalışmışlardır [13]. Zoubia ve diğ., 2018'de sıvı hal makinesi bazlı bir temel kullanarak EEG verilerinden herhangi bir zamanda çok amaçlı duygu tanıma üzerinde çalışmışlardır [14].

EMG ve EEG ile yapılan bir çalışmaya bakılacak olursa Elamir ve diğ. 2018'de tekrarlama miktarı analizini kullanarak akıllı bir duygu tanıma sistemi üzerinde çalışmışlardır [15]. GSR ile ilgili bazı çalışmalara bakılacak olursa; Machot ve diğ., 2018'de aktif ve asiste edilmiş bir yaşam için elektrodermal aktivite sensörlerini kullanarak kişiden-bağımsız duygu tanımlamanın geliştirilmesi üzerinde çalışmışlardır [16]. Feng ve diğ., 2018'de GSR sinyallerini kullanarak duygu sınıflandırması için Wavelet-bazlı bir yaklaşım üzerinde çalışmışlardır [17]. Ayata ve diğ., 2018'de giyilebilir fizyolojik sensörleri kullanarak duygu bazlı bir müzik öneri sistemi geliştirmek üzerinde çalışmışlardır [18]. Kalp Atış Hızı (HR) ile

yapılan bir çalışmaya bakılacak olursa Melhart ve diğ., 2018'de etki model geçerliliği: nominal ve ordinal etiketler üzerinde çalışmışlardır [19].

Literatürde duygu analizlerinde kullanılan özellikler için çeşitli istatistiksel özellikler (ortalama, varyans, standart sapma, entropi, eğrilik, basıklık vb), spektral güç, fourier dönüşümü, ayrık dalgacık dönüşümü vb. örnekler verilebilir.

Bu çalışmayla çeşitli sinyal işleme yöntemleri ile özellik çıkarma ve yapay zeka yöntemleri kullanılarak duygu durumunun analizi amaçlanmıştır. Literatürde duygu analiziyle ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Ancak EEG dışındaki sinyallerin yada çeşitli sinyal işleme yöntemlerinin kullanılmasıyla elde edilecek özelliklerin analizde / sınıflandırmada kullanılmasına yönelik çalışmalar nispeten daha azdır. Yapılan çalışmayla son yıllarda analizlerde, çıkarımlarda ve sınıflandırmada sıklıkla kullanılmaya başlayan yapay zeka yöntemleri kullanılarak; sadece yüz ifadeleri yada konuşmaya değil vücuttan elde edilen EOG, EMG vb. sinyallere dayalı yöntem / yöntemlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

II. MALZEME VE YÖNTEM

Çalışmada DEAP veritabanı kullanılmıştır. DEAP veritabanında insan duygulanım durumlarının analizi için multimodal bir veri seti sunulmuştur. Katılımcılar müzik video parçası izlerken Elektroensefalogram ve periferik fizyolojik sinyalleri kaydedilmiştir. Katılımcılar her videoyu uyarılma, valans, beğeni, baskınlık ve aşinalık düzeylerine göre derecelendirmiştir [20].

Yapılan çalışmada DEAP veritabanında bulunan EOG, EMG, GSR, Solunum kemeri, Pletismografi, Sıcaklık fizyolojik sinyalleri hep beraber değerlendirilmiş (8 kanal) ve bu 8 kanalda herbir 32 katılımcı için ve izlenen 40 video parçasının herbiri için ayrı ayrı olacak şekilde Wavelet dalgacık dönüşümü kullanılarak ortalama, varyans, standart sapma ve entropi değerleri MATLAB programı yardımıyla hesaplanmıştır. Kullanılan kanallar; EOG (hEOG (yatay EOG, hEOG1 - hEOG2), vEOG (dikey EOG, vEOG1 - vEOG2)); EMG (Zygomatonic Major (yüzdeki kaslardan biri) EMG, zEMG1 - zEMG2), tEMG (Trapez (boynun her iki tarafında yer alan kas) EMG, tEMG1 - tEMG2)); GSR; Solunum kemeri; Pletismografi ve Sıcaklıktır. Sınıflandırma için WEKA programı (Waikato Environment for Knowledge Analysis) Version 3.8.3. kullanılmıştır [21].

Wavelet dalgacık dönüşümü, bir işaretin zaman-frekans analizi için kullanılan bir dönüşüm türüdür. Adından da anlaşıldığı gibi dalgacıklar yardımı ile yapılmaktadır. Kısa zamanlı Fourier dönüşümüne (KZFD) benzer olarak pencere görevini ana dalgacık denilen bir fonksiyon üstlenir, fakat bu ana dalgacık dönüşüm işlemi süresince hem ölçeklenir hem de ötelenir. KZFD'de dönüşüm boyunca sabit kalan pencere fonksiyonunun genişliği wavelet dalgacık dönüşümünde sürekli değiştiğinden, hem zaman hem de frekans domeninin çözünürlüğü artmaktadır, bu da wavelet dalgacık dönüşümünü Fourier dönüşümünden daha üstün kılmaktadır. Dalgacık analizi; kısa zamanlı Fourier analizinin aksine zaman frekans alanını değil, zaman-ölçek alanını kullanır. Wavelet dalgacık dönüşümünün en önemli özelliği sinyali yerel olarak analizinin yapılabilmesidir. Tekniğin bu özelliği ile büyük bir sinyal küçük

bir alanda analiz edilebilmektedir. Bu analiz metodu sinyali zaman ölçek alanında analiz edilmesine olanak tanır ve böylece hem uzun zaman aralığında alçak frekans bilgisi, hem de kısa zaman aralığında yüksek frekans bilgisi tanımlanır. Bu avantajlarından dolayı, Wavelet analiz tekniği birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [22]. Çalışmada fizyolojik sinyaller için d1, d2, d3, d4, d5, d6, a6 Wavelet katsayıları ve Reverse Bior dalgacı kullanılmıştır.

III. BULGULAR VE SONUÇLAR

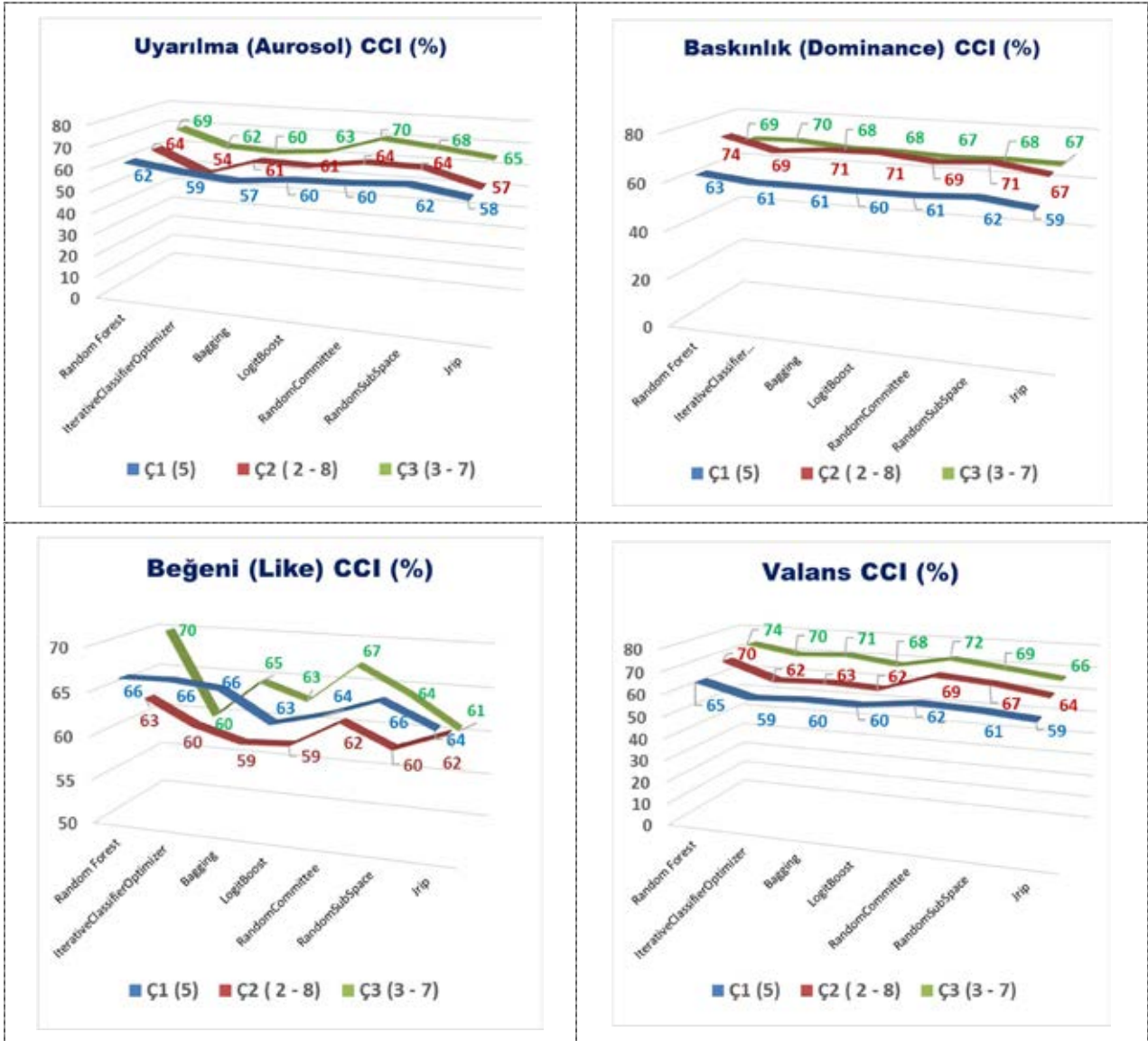
Çalışmada uyarılma, valans, hakimiyet ve beğeni için ayrı ayrı olacak şekilde skalada (1-9 skalası) 5'in altında ve üstünde kalan değerler belirlenerek sınıflandırma yapılmıştır (Çalışma 1; Ç1). Yine aynı analiz 2 ve altında kalan değerler ile 8 ve üstünde kalan değerler belirlenerek (Çalışma 2; Ç2) ve 3 ve altında kalan değerler ile 7 ve üstünde kalan değerler belirlenerek (Çalışma 3;

Ç3); tekrarlanmıştır. Elde edilen test sonuçları Şekil 2 de verilmiştir.

Çalışmada WEKA programında bulunan sınıflandırıcılar denenerak doğruluk oranları vb. gibi sonuçlara bakılmıştır. Yararlanılan sınıflandırıcılara örnek olarak Rasgele Orman, Logiboot, Rasgele Komite vb. verilebilir.

Çalışmada normalize edilmiş veri edilmeyene göre daha yüksek doğruluk oranları vermiş dolayısıyla sınıflandırma öncesinde tüm verilere normalizasyon uygulanmıştır.

Sınıflandırmada verilere 10 fold çapraz doğrulama (cross validation) uygulanmıştır. Burada yöntem 10 kere çalışarak, her bir adımda veri kümesinin 1/10 kadarı test için; geri kalanı ise eğitim için ayırır. Bu işlem 10'a kadar olan tüm parçalar için aynı şekilde uygulanır. Sonuçta her adım için hata oranları elde edilip en son ortalama alınarak genel hata oranı hesaplanır.



Şekil 2. Uyarılma, Baskınlık, Beğeni, Valans için CCI (%) Değerleri



1-9 skalasında 5 değeri civarı aslında duygu durumunda kararsız kalınan bir bölgeyi işaret edebilmektedir. Dolayısıyla Ç2 ve Ç3 çalışmaları yapılarak bu kararsız bölgenin bir oranda elimine edilmesi düşünülmüş elde edilen bulgularla da bu durum desteklenmiştir. Şekil 2 incelendiğinde uyarılma, baskınlık ve valans değerleri için Ç2 ve Ç3 sınıflandırmalarının Ç1'e göre biraz daha yüksek CCI-Correctly Classified Instances (doğru sınıflandırılan örnek yüzdesi) değerleri verdiği gözlenmiştir. Beğeni için ise Ç2 sınıflandırmasında doğruluk oranının Ç1 ve Ç3'e göre daha düşük değerler verdiği gözlenmiştir.

Uyarılma, beğeni ve valans doğruluk oranlarına bakıldığında Rasgele Orman ve Rasgele Komite sınıflandırıcılarının diğerlerine göre nispeten biraz daha yüksek değerler verdiği gözlenmiştir. Örneğin Ç3'de beğeni için Rasgele Orman sınıflandırıcısından elde edilen CCI değeri % 69,9 Rasgele Komite değeri % 67,2 şeklindedir. Uyarılma için bu iki değer sırasıyla % 69 ve % 70,2; valans için ise sırasıyla % 73,6 ve % 72,3 şeklindedir. Baskınlık için ise sınıflandırıcılardaki doğruluk oranlarının birbirlerine daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir (şekil 2)

Literatürde duygu analiziyle ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmayla duygu analizinin sadece yüz ifadeleri yada konuşmaya dayalı değil aynı zamanda vücuttan elde edilen fizyolojik sinyallere dayalı yapılabileceği üzerinde yoğunlaşmıştır. Yine fizyolojik sinyallere bakıldığında EEG dışındakilerin sınıflandırmada kullanılmasına yönelik çalışmalar nispeten daha azdır. Bu çalışmada EOG, EMG vb. gibi sinyallere dayalı yöntem / yöntemlerin geliştirilmesiyle duygu analizinin yapılabilebilirliğinin araştırılması hedeflenmiştir.

Çalışmada farklı frekans spektrumlarına sahip fizyolojik sinyallere aynı öznelik çıkarımı işlemi uygulanmıştır. Bunun sebebi verilerin burada toplu olarak değerlendirilmiş olmasıdır. Daha sonra yapılması planlanan çalışmalarla verilerde gruplar arasındaki ilişkileri en iyi şekilde tespit edecek özneliklerin seçilmesi planlanmaktadır. Bunun için veri indirgeme yöntemlerinden de faydalanılacaktır.

Yapılan çalışmada duygu durumunun fizyolojiyi etkilediği dolayısıyla da fizyolojik sinyallerin duygu durumuyla değiştiği gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen doğruluk oranları nispeten düşük; ortalama karesel hata ve ortalama mutlak hata nispeten yüksek değerler vermekle birlikte çalışmada kullanılan özelliklere yenilerinin eklenmesi yada özelliklerin seçilerek çalışmanın yinelenmesiyle daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşılması üzerinde çalışılması planlanmaktadır. Yine sinyallere EEG sinyallerinin de eklenmesi ile daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşmaya çalışılacaktır.

TEŞEKKÜR

Çalışmamızda DEAP verisetine erişim imkanı tanıyan tüm veritabanı yetkililerine teşekkürlerimizi bir borç biliriz [20].

KAYNAKLAR

- [1] Ali, M., Machot, F. A., Mosa, A. H., Jdeed, M., Machot, E.A., Kyamakya, K., A., "Globally Generalized Emotion Recognition System Involving Different Physiological Signals", *Sensors*, 18, 1905, 2018.
- [2] Alakuş, T.B., Türkoğlu, İ., "EEG Tabanlı Duygu Analiz Sistemleri", *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi (Cilt:11 - Sayı:1) - 26*, 2018.

- [3] Li, X., Song, D., Zhang, P., Zhang, Y., Hou, Y., Hu, B., "Exploring EEG Features in Cross-Subject Emotion Recognition", *Frontiers in Neuroscience, March | Volume 12 | Article 162*, 2018.
- [4] EKG (Elektrokardiyografi), TC Milli Eğitim Bakanlığı, Acil Sağlık Hizmetleri, Ankara, 2011.
- [5] *Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Kas Sinir Sinyal İzleyicilerde Kurulum, TC Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2012.*
- [6] Besler K., YL Tezi, "İnsan Biyogeribesleme Sistemi", Haziran, 2010.
- [7] *Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, Göz Sinyal İzleyicilerde Kurulum, TC Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2012.*
- [8] Özel, P., Akan, A., Yılmaz, B., "Çok Değişkenli Senkrosıkıştırma Yöntemi Kullanılarak EEG Sinyallerinde Duygu Durum Sınıflandırma", *IEEE, 978-1-5386-0633*, 2017.
- [9] Özel, P., Akan, A., Yılmaz, B., "Çok Değişkenli Görgül Kip Ayırımı ve Ayrık Dalgacık Dönüşümü ile Çok Kanallı EEG Sinyallerinden Duygu Durum Analizi", *IEEE, 978-1-5386-0633*, 2017.
- [10] Pereira, V., Tavares, F., Mihaylova, P., Mladenov, V., Georgieva, P., "Factor Analysis for Finding Invariant Neural Descriptors of Human Emotions", *Hindawi Complexity, Volume 2018*.
- [11] Hemanth, D., J., Anitha, J., Son, L.H., "Brain signal based human emotion analysis by circular back propagation and Deep Kohonen Neural Networks", *Computers and Electrical Engineering* 68, 170-180, 2018.
- [12] Chakladar, D.D., Chakraborty, S., "EEG based emotion classification using "Correlation Based Subset Selection"", *Biologically Inspired Cognitive Architectures* 24, 98-106, 2018.
- [13] Li, M., Xu, H., Liu, X., Lu, S., "Emotion recognition from multichannel EEG signals using K-nearest neighbor classification", *Technology and Health Care* 26, S509-S519, 2018.
- [14] Zoubia, O.A., Awada, M., Kasabov, N.K., "Anytime multipurpose emotion recognition from EEG data using a Liquid State Machine based framework", *Artificial Intelligence in Medicine*, 86, 1-8, 2018.
- [15] Elamir, M., Alatabany, W., Aldosoky, M., "Intelligent emotion recognition system using recurrence quantification analysis (RQA)", *National Radio Science Conference (NRSC) 2018*.
- [16] Machot, F.A., Ali, M., Ranasinghe, S., Mosa, A.H., Kyandoghre, K., "Improving Subject-independent Human Emotion Recognition Using Electrodermal Activity Sensors for Active and Assisted Living", *PETRA '18, June, Corfu, Greece, 2018*.
- [17] Feng, H., Golshan, H.M., Mahoor, M.H., "A wavelet-based approach to emotion classification using EDA signals". *Expert Systems With Applications* 112, 77-86, 2018.
- [18] Ayata, D., Yaslan, Y., and Kamasak, M.E., "Emotion Based Music Recommendation System Using Wearable Physiological Sensors", *IEEE Transactions On Consumer Electronics, Vol. 64, No. 2, May 2018*.
- [19] Melhart, D., Giannakakis, G., Yannakakis, G.N., "A Study on Affect Model Validity: Nominal vs Ordinal Labels" *Journal of Machine Learning Research* 86:148, 2018.
- [20] DEAP: A Database for Emotion Analysis using Physiological Signals", S. Koelstra, C. Muehl, M. Soleymani, J.-S. Lee, A. Yazdani, T. Ebrahimi, T. Pun, A. Nijholt, I. Patras, *IEEE Transactions on Affective Computing*, vol. 3, no. 1, pp. 18-31, 2012.
- [21] Eibe Frank, Mark A. Hall, and Ian H. Witten (2016). *The WEKA Workbench. Online Appendix for "Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques"*, Morgan Kaufmann, Fourth Edition, 2016.
- [22] Öner, İ.V., Yeşilyurt, M. K., Yılmaz, E.Ç., "Wavelet Analiz Tekniği Ve Uygulama Alanları", *Ordu Univ. J. Sci. Tech.*, Vol:7, No:1, 2017, 42-56, 2017.