

Elektrookülogram (EOG) Sinyallerinden Göz Kırma Kusurlarının Veri Madenciliği Teknikleri Kullanılarak Sınıflandırılması

Classification of Refractive Disorders from Electrooculogram (EOG) Signals by Using Data Mining Techniques

Ceren KAYA, Okan ERKAYMAZ, Orhan AYAR ve Mahmut ÖZER

Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Göz Hastalıkları Anabilim Dalı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bülent Ecevit Üniversitesi
Zonguldak, Türkiye

ceren.kaya@beun.edu.tr, okan.erkaymaz@beun.edu.tr, orhanayar@gmail.com, mahmutozer2002@yahoo.com

Özetçe— Göz kırma kusurları toplumda sık rastlanan sağlık sorunlarından ve en önemli görme bozukluğu nedenlerindedir. Bu çalışmada hipermetropi ve miyopi göz kırma kusuru bulunan ve bulunmayan bireylerin sınıflandırılmasının yapılması amaçlanmıştır. Bunun için bireylerin sağ ve sol gözünden alınan yatay ve dikey Elektrookülogram (EOG) sinyal verileri kullanılmıştır. Verilerin Lojistik Regresyon (LR), Naive Bayes (NB), Random Forest (RF) ve REP Tree (RT) veri madenciliği yöntemleri kullanılarak sınıflandırmadaki başarımları araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre REP Tree yöntemi ile Elektrookülogram (EOG) sinyallerinden hipermetropi ve miyopi göz kırma kusurlarının sınıflandırma başarımının en yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler — Elektrookülogram (EOG); Veri Madenciliği; Hipermetropi; Miyopi.

Abstract— Refractive disorders are common health problems in the community and they are the most important cause of visual impairment. In this study, it was aimed to classify the individuals who have hypermetropia and myopia refractive disorders or not. For this, horizontal and vertical Electrooculogram (EOG) signal data from the right and left eyes of the individuals were used. The performance of the data was investigated by using Logistic Regression (LR), Naive Bayes (NB), Random Forest (RF) and REP Tree (RT) data mining methods. According to the obtained results, REP Tree method has shown the most successful classification performance to detect hypermetropia and myopia refractive disorders from Electrooculogram (EOG) signals.

Keywords — Electrooculogram (EOG); Data Mining; Hypermetropia; Myopia.

I. GİRİŞ

Elektrookülogram (EOG) sinyallerinin mühendislik alanında yapay zekâ teknikleri ile uygulamaları konusunda yapılan literatürdeki çalışmalar incelendiğinde sinyal analizi için yapılan işlem basamaklarında kullanılan yöntemlerin tasarımcıya ait olduğu görülmüştür [1]. Barea ve arkadaşları, hareket etmekte zorluk çeken felçli hastaların EOG sinyallerini kullanarak tekerlekli sandalye sistemi geliştirmişlerdir [2]. Venkataramanan ve Prabhat yaptıkları çalışmalarında EOG sinyali temelli hastane alarm sistemi tasarlayarak, hastanede yatan felçli hastaların göz hareketlerine göre başka bir odada bulunan doktoru çağırabilmesini sağlamışlardır [3]. Chieh ve arkadaşları, tasarladıkları görüntüleme sistemi ile sürücülerin aşırı yorgunluklarını ve uykulu hallerini %80'nin üzerinde tespit etmişlerdir [4]. Rajan ve arkadaşları yaptıkları bir çalışmada, EOG tabanlı bir enstrümantasyon kontrol sistemi tasarlamışlardır [5]. Trikha ve arkadaşları, medikal enstrümantasyon devrelerinde kullanılabilen EOG sinyalini sınıflandıran mikroişlemci tabanlı bir model tasarlamışlardır [6]. Lawrence ve arkadaşları, elde ettikleri göz hareketlerini analiz edebilen bir insan-bilgisayar arabirimi tasarlamışlardır [7]. Erkaymaz ve arkadaşları, EOG sinyallerini kullanarak sinirsel bulanık ve yapay sinir ağları tabanlı rehabilitasyon amaçlı akıllı yön tespit sistemi tasarlamışlardır [8-9]. Banerjee ve arkadaşları, EOG sinyallerinin sınıflandırılması için yapılan çalışmada k en yakın komşu algoritması ve yapay sinir ağları yöntemlerini karşılaştırmışlardır [10]. Tıbbi işaret işlemede, ham biyolojik işaretleri işleyerek tanı değeri taşıyan bilgi elde edilmektedir. Elde edilen biyolojik işaretler farklı yöntemler kullanılarak sınıflandırılmaktadır ve yapılan bu sınıflandırma

işlemleri tıpta karar destek sistemi olarak kullanılabilir [11].

Hipermetropi ve miyopi göz kırma kusurları toplumda sık rastlanan sağlık sorunlarıdır. Hipermetropi göz kırma kusurunda göze giren ışık retina üzerine düşmeyip daha geriye odaklanmaktadır. Hipermetropi göz kırma kusuru bulunan hipermetrop bireyler genellikle uzağı net görebilirken yakın mesafelerde zorluk çekmektedirler. Miyopi göz kırma kusurunda ise göze giren ışık retinanın önünde odaklanarak bulanık görmeye yol açmaktadır. Miyopi göz kırma kusuru bulunan miyop bireyler uzağı görmekte zorlanırken, yakını net görmektedirler [12].

Bu çalışmada hipermetropi ve miyopi göz kırma kusuru bulunan ve bulunmayan bireylerin sınıflandırılmasının yapılması amaçlanmıştır. Bunun için bireylerin sağ ve sol gözünden alınan yatay ve dikey Elektrokülogram (EOG) sinyal verileri kullanılmıştır. Elde edilen veri setinin veri madenciliği yöntemleri kullanılarak sınıflandırmadaki başarımı araştırılmıştır.

II. EOG SİNYAL ÖLÇÜMÜ

Metrovision MonPackOne Elektrokülografi cihazı ile 680 Hz örnekleme oranı kullanılarak 7'si sağlıklı; 8'i hipermetropi ve 7'si miyopi göz kırma kusuru bulunan, yaşları 25-65 arasında değişen 22 gönüllü katılımcıdan "Bülent Ecevit Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu" izni ile Elektrokülogram (EOG) sinyalleri alınmıştır. Sinyal alımı esnasında katılımcılar 15 dakika karanlık ve 15 dakika aydınlık adaptasyonda bekletilmiştir. EOG sinyalinde korneofundal dinlenme potansiyelindeki artışa bağlı olan değişim ışık yükselmesi (Arden Oranı) olarak tanımlanmaktadır. Işık yükselmesi; aydınlık adaptasyondaki maksimum genliğin tepe noktasının (LP), karanlık adaptasyondaki minimum genliğin tepe noktasına (DT) oranıdır [13]. Elde edilen EOG sinyallerinden göz kırma kusurları sınıflandırması yapmak amacıyla sırasıyla Lojistik Regresyon (LR), Naive Bayes (NB), Random Forest (RF) ve REP Tree (RT) veri madenciliği yöntemleri kullanılmıştır.

III. VERİ MADENCİLİĞİ İLE SINIFLANDIRMA

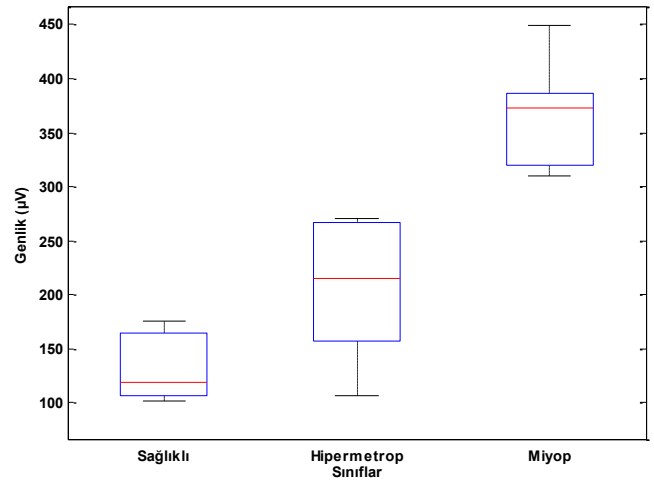
Bu çalışmada alınan EOG sinyallerinden elde edilen DT ve LP değerleri, veri madenciliği algoritmalarından olan LR, NB, RF ve RT) girişleri olarak kullanılmıştır. Lojistik Regresyon (LR) algoritmasında, ikili sonuç değişkeni ile bağımsız değişkenler kümesi arasındaki ilişkinin analizi yapılmaktadır [14]. Naive Bayes (NB), bayes teoremine dayalı bir sınıflandırma algoritmasıdır. Bu algoritmada niteliklerin birbirinden bağımsız olduğu varsayımıyla örneklerin hangi olasılık değeriyle hangi sınıfa ait olduğu hesaplanmaktadır [15]. Random Forest (RF) algoritması, eğitim veri setindeki örneklerin rastgele olarak seçilmesiyle oluşturulan sınıflandırma ve regresyon ağaçlarını içeren bir modeldir [16]. REP Tree (RT) algoritması, hızlı sonuç veren bir karar ağacının oluşturulmasında bilgi kazancı oranını hesaplayarak,

oluşturulan ağacı, azaltılmış hata budaması yöntemi ile budama işlemine tabi tutmaktadır [17].

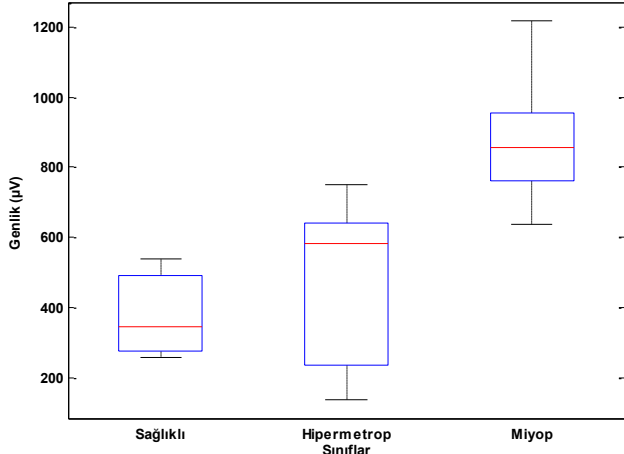
Kullanılan yöntemlerin doğruluk, hassasiyet, F-skor, ortalama karakök hatası ve özgüllük değerleri Weka programında ayrı ayrı hesaplanarak, veri madenciliği algoritmalarının birbirlerine göre sınıflandırma başarımı üstünlüklerine bakılmıştır.

IV. SONUÇLAR

Çalışmanın ilk işlem basamağında aydınlık ve karanlık adaptasyon durumlarında EOG sinyalleri alınmıştır. Bu sinyallerden karanlık adaptasyonda DT değerleri ve aydınlık adaptasyonda da LP değerleri tespit edilmiştir. Şekil 1'de sağlıklı, hipermetrop ve miyop sınıflarına ait karanlık adaptasyondaki DT genlik değerlerinin ve Şekil 2'de ise karanlık adaptasyondaki LP genlik değerlerinin dağılımı verilmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2'den görüldüğü gibi EOG sinyal genliklerinin miyop bireylerde daha yüksek ve sağlıklı bireylerde daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 1. Sağlıklı, hipermetrop ve miyop sınıflarında karanlık adaptasyondaki DT genlik değerleri



Şekil 2. Sağlıklı, hipermetrop ve miyop sınıflarında aydınlık adaptasyondaki LP genlik değerleri

DT ve LP değerlerinin giriş olarak alındığı dört farklı veri madenciliği algoritması kullanılarak veri setinin performans analizi yapılmıştır. Tablo I'den görüldüğü üzere REP Tree yöntemi karanlık adaptasyonda %90.91 sınıflandırma doğruluğu ile kullanılan diğer yöntemlere göre daha yüksek sınıflandırma başarımına ve daha düşük ortalama karakök hatasına (0.2581) sahip olduğu gözlenmiştir.

Tablo I. Karanlık adaptasyon için elde edilen veri setinin performans analizi

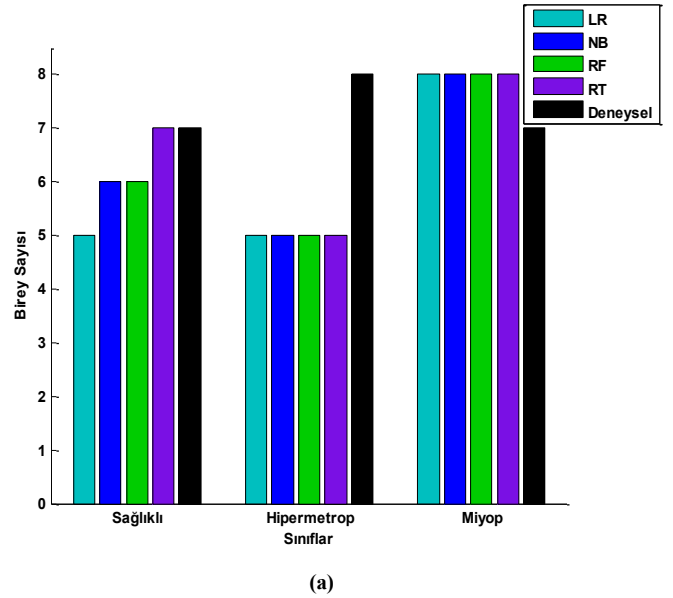
	Doğruluk (%)	Ortalama Karakök Hatası	Özgüllük (%)	Hassasiyet (%)	F-Skor (%)
Lojistik Regresyon	81.82	0.2842	81.8	81.8	81.8
Naive Bayes	86.36	0.3196	86.7	86.4	86.3
Random Forest	86.36	0.293	86.7	86.4	86.3
REP Tree	90.91	0.2581	92.9	90.9	90.7

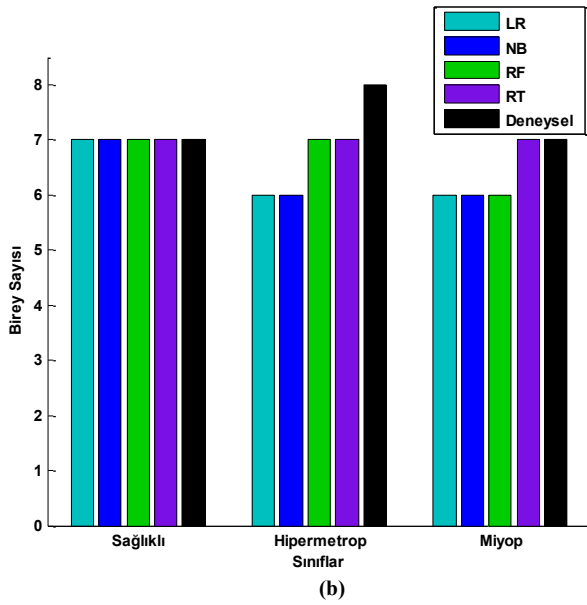
Buna ek olarak, Tablo II'den görüldüğü gibi REP Tree yöntemi aydınlık adaptasyonda %95.45 sınıflandırma doğruluğu ile kullanılan diğer yöntemlere göre daha yüksek sınıflandırma başarımına ve daha düşük ortalama karakök hatasına (0.184) sahip olduğu gözlenmiştir. Aynı zamanda, REP Tree yönteminin göz kırma kusuru tespitinde %95.5 hassasiyet ve %96 özgüllük değerleri ile güçlü bir karaktere sahip olduğu görülmüştür.

Tablo II. Aydınlık adaptasyon için elde edilen veri setinin performans analizi

	Doğruluk (%)	Ortalama Karakök Hatası	Özgüllük (%)	Hassasiyet (%)	F-Skor (%)
Lojistik Regresyon	86.36	0.2779	86.3	86.4	86.1
Naive Bayes	86.36	0.233	86.3	86.4	86.1
Random Forest	90.91	0.2185	90.9	90.9	90.9
REP Tree	95.45	0.184	96	95.5	95.5

Son olarak, göz kırma kusurunu tespit edebilmek için veri setindeki üç sınıf (sağlıklı, hipermetrop ve miyop), dört farklı veri madenciliği yöntemine göre analiz edilmiştir. Analizler sonucu elde edilen karışıklık matrisi sonuçları Şekil 3'te aydınlık ve karanlık adaptasyon durumları için grafiksel olarak sunulmuştur.





Şekil 3. Yöntemlerden elde edilen karışıklık matrisi sonuçları

a) Karanlık adaptasyon durumu b) Aydınlik adaptasyon durumu

Sonuç olarak, bu çalışmada klinik ortamdan alınan EOG sinyalleri ile hipermetropi ve miyopi göz kırma kusurlarının yüksek sınıflandırma başarıyla tespit edildiği gözlemlenmiştir. Böylece EOG sinyallerinin göz kırma kusuru tespitinde kullanılabilirliği gösterilerek klinik karar destek sistemlerine ışık tutulmuştur.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, Bülent Ecevit Üniversitesi tarafından desteklenmiştir (BAP Proje No: 2015-38701644-01).

KAYNAKLAR

- [1] Güven, A., "Göze ait elektrofizyolojik sinyaller kullanılarak yapay sinir ağları destekli bazı göz hastalıklarının teşhisi", *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Doktora Tezi, 2005.
- [2] Barea, R., Boquete, L., Mazo, M., López, E. and Bergasa, L. M., "Electrooculographic Guidance of a Wheelchair Using Eye Movements Codification", *The International Journal of Robotics Research*, 22 (7-8):641-652, 2003.
- [3] Venkataramanan, S. and Prabhat, P., "Biomedical instrumentation based on Electrooculogram (EOG) signal processing and application to a hospital alarm system", *Proceedings of ICISIP*, 535-540, 2005.
- [4] Chieh, T. C., Mustafa, M. M., Hussain, A., Hendi, S. F. and Majlis, B. Y., "Development of Vehicle Driver Drowsiness Detection System Using Electrooculogram (EOG)", *Comp., Commun., & Signal Proc. with Spec. Track on Biomed. Eng. (CCSP)*, 165-168, 2005.
- [5] Rajan, A., Shivakeshavan, R. G. and Ramnath, J. V., "Electrooculogram based Instrumentation and Control System (IC System) and its applications for Severely Paralyzed Patients", *Intl. Conf. on Biomedical and Pharmaceutical Engineering*, 2006.

- [6] Trikha, M., Bhandari, A. and Gandhi, T., "Automatic Electrooculogram Classification for Microcontroller Based Interface Design", *Systems and Information Engineering Design Symposium (SIEDS) IEEE*, 1-6, 2007.
- [7] Lawrence, Y., Chun-Liang, H., Tzu-Ching, L., Jui-Sen, T. and Shih-Ming, C., "EOG-Based Human-Computer Interface System Development", *Expert Systems with Applications*, 37:3337-3343, 2009.
- [8] Erkamaz, H., Ozer, M., Kaya, C. ve Orak, I. M., "Ön Eşik Filtreleme Algoritması ile EOG Temelli Akıllı Yön Tespit Sistemi", *23. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU)*, 1228-1231, 2015.
- [9] Erkamaz, H., Ozer, M. ve Kaya, C., "Sinirsel Bulanık Yaklaşımı İle EOG Kontrollü Yön Tespit Sistemi", *19. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı (BIYOMUT)*, 1-4, 2015.
- [10] Banerjee, A., Datta, S., Pal, M., Konar, A., Tibarewala, D. N. and Janarthanan, R., "Classifying Electrooculogram to Detect Directional Eye Movements", *Int. Conf. on Comp. Intellig.: Model. Tech. and App. (CIMTA)*, 10: 67-75, 2013.
- [11] Erkamaz, H., Ozer, M. and Orak, İ. M., "Detection of directional eye movements based on the electrooculogram signals through an artificial neural network", *Chaos, Solitons & Fractals*, 77: 225-229, 2015.
- [12] O'Dwyer, A. P. ve Akova, A. Y., "Temel Göz Hastalıkları", *Güneş Tıp Kitabevleri*, 2015.
- [13] Brown, M., Marmor, M., Zrenner, E., Brigell, M. and Bach, M., "ISCEV standard for clinical electro-oculography (EOG) 2006", *Documenta ophthalmologica*, 113(3): 205-212, 2006.
- [14] Ng, A. Y., and Jordan, M. I., "On discriminative vs. generative classifiers: A comparison of logistic regression and naive bayes", *In Advances in neural information processing systems*, pp. 841-848, 2002.
- [15] Orhan, U. ve Adem, K., "Naive Bayes Yönteminde Olasılık Çarpanlarının Etkileri", *Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO)*, ss.722-724, Bursa, 2012.
- [16] Breiman, L., "Random Forests", *Machine Learning*, 45(1): 5-32, 2001.
- [17] Zhao, Y., and Zhang, Y., "Comparison of Decision Tree Methods for Finding Active Objects", *Advances in Space Research*, 41(12): 1955-1959, 2008.