

OBSTÜKTİF UYKU APNESİ HASTALARI İÇİN HORLAMA SESLERİNİN SPEKTOGRAM TABANLI ANALİZİ

Spectrogram Based Analysis of Snoring Sounds For Obstructive Sleep Apnea Patients

Mustafa Çavuşoğlu*, Mustafa Kamaşak**, Yeşim Serinağaoğlu*, Timur Akçam***, Osman Eroğul**

* Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fak., Elektrik-Elektronik Müh Bölümü., 06530, Ankara

** Gülhane Askeri Tıp Akademisi, Biyomedikal ve Klinik Mühendislik Merkezi, 06018, Ankara

*** Gülhane Askeri Tıp Akademisi, KBB Ana Bilim Dalı Başkanlığı, 06018, Ankara

Özetçe - Obstrüktif uyku apnesi sendromu (OSAS) ile horlama arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik olarak pek çok çalışma yapılmıştır. Apnenin tedavisi için hastaya yapılan müdahalelerde karşılaşılan en önemli sorunlardan birisi, uygulanan yöntemin hasta üzerinde ne kadar etkin olduğunu objektif kriterlere dayandırılarak belirlenememesidir. Bu kriterlerin belirlenmesinde horlama seslerinin analizinden yararlanılmaktadır. Bu çalışmada, uzun süreli solunum seslerini analiz etmek amacıyla bölütlenmiş horlama sesleri için bir sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir. Sistem basit horlayanlardan ve OSAS hastalarından alınan kayıtlardaki her bir episodeun horlama olup olmadığına karar vererek, sinyaldeki istenilmeyen dalga şekillerini reddetmektedir. Ses kayıtları, Gülhane Askeri Tıp Akademisi (GATA) Uyku Çalışmaları Laboratuvarı'nda OSAS patolojisinden şüphelenilen hastalardan gece uykusu boyunca, hastalar polisomnografi cihazına bağlı iken alınmıştır. Farklı apne/hipopne indeksine (AHI) sahip 30 hastadan alınan episodelar geliştirilen algoritma ile sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma sonucunda horlama sesleri %94,4, istenilmeyen dalga şekilleri ise %90 doğrulukla sınıflandırılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Horlama, Apne, OSAS, Sınıflandırma

Abstract- Several studies have been done in order to determine the relationship between snoring and obstructive sleep apnea syndrome (OSAS). One of the common problem that is faced during the medical treatment of the apnea is the undetermination of the efficiency of the applied treatment in terms of objective criteria. In this study, a classification system for segmented acoustic snoring signals has been designed, to work with long duration respiratory sound recordings. The system was designed to determine whether the episode is snoring or not in order to reject undesired waveforms. The sound recordings were taken from patients that are suspected of OSAS pathology while they were connected to the polysomnography in Gülhane Military Medical Academy (GMMA) Sleep Studies Laboratory. The episodes taken from 30 patients with different apnea/hypopnea index (AHI) are classified using the proposed algorithm. The snoring episodes and undesired waveforms are classified with an accuracy of 94.4 % and 90% respectively.

Keywords: Snoring, Apnea, OSAS, Classification

I.GİRİŞ

Horlama, uyku sırasında üst hava yolunun titreşmesi sonucu oluşan solunum sesidir. Horlamanın, sistemik arteriyel hipertansiyon, koroner arter hastalıkları, uyku bozuklukları ve buna benzer pek çok farklı hastalığın gelişiminde bir risk faktörü olduğu saptanmıştır[1].

Uyku esnasında solunumun en az 10 saniye süreyle durması uyku apnesi olarak tanımlanmaktadır[2]. Obstrüktif uyku apnesi ise solunum çabası sürerken ağız ve burunda hava akımının olmamasıdır. Bu durumda hastanın özellikle üst solunum yollarında bir obstrüksiyon olduğu düşünülür. Tıkanmayla başetmek için göğüs ve karın bölgesinde yoğun aktivite dikkati çekmektedir[2]. Apneye neden olan tıkanmanın nereden kaynaklandığını tespit etmeye yönelik olarak yapılan çalışmalar devam etmektedir.

Son yıllarda, horlama ile obstrüktif uyku apnesi sendromu (OSAS) arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik olarak pek çok çalışma yapılmıştır[3]. Bu yüzden, horlama seslerinin analizi, obstrüktif uyku apnesi veya üst solunum yolları direnci sendromu gibi diğer patolojilerle ilişkili olan solunum bozukluklarının belirlenmesinde etkin bir yöntemdir. Bu amaca yönelik olarak polisomnografi altında, horlama seslerinin şiddeti belirlenmekte ve horlama sinyallerinin spektral özelliklerinin ve şekillerinin analizi yapılmaktadır[4,5]. Bu analizler, OSAS hastası olan ve olmayan grupların horlamalarının şiddetlerinde ve spektral özelliklerinde önemli farklılıklar olduğunu ortaya koymaktadır[1]. Buradan elde edilen bulgular OSAS'ın tanısında kullanılan temel parametrelerden biridir. Bu

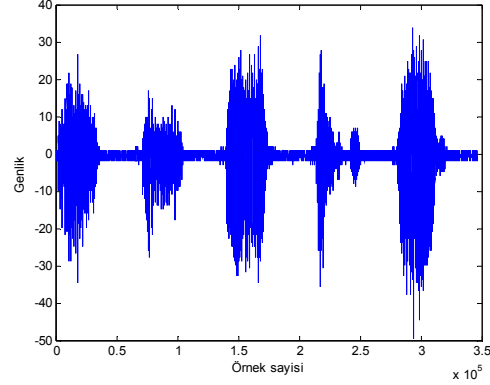
analizler sırasında karşılaşılan temel sorun horlama sinyallerini ölçmek, analiz etmek ve yorumlamak için standart bir yöntemin bulunmamasıdır. [6]

Horlama seslerinin analizinde, sinyali zaman ve frekans bölgesinde karakterize eden özelliklerin hesaplanabilmesi için her bir horlama episodunun algılanması gerekmektedir. Burada amaç horlama episodlarını seçip kayıta bulunan öksürme, konuşma, tıkanma gibi diğer istenilmeyen gürültülerin reddedilmesidir. Her bir horlama episodunu algıladıktan sonra, verilen bir zaman dilimindeki horlama süresi ve bu sürenin uyku süresine oranı, iki horlama episoduna arasında geçen süre, maksimum horlama şiddeti, frekans seğirmesi (jitter) ve genlik kırışması (shimmer) gibi parametrelerin nasıl değiştiği, uykunun hangi evrelerinde horlama şiddetinin ve sıklığının arttığı gibi objektif bilgileri hekime sunmak hastanın teşhis ve tedavi sürecinde son derece önemlidir. [7]

II.YÖNTEM

Bu çalışma için, Gülhane Askeri Tıp Akademisi (GATA) Uyku Çalışmaları Laboratuvarı'nda OSAS patolojisinden şüphelenilen hastalardan gece uykusu boyunca, hastalar polisomnografi cihazına bağlı iken alınan ses kayıtlarından bir veri tabanı oluşturulmuştur. Sınıflandırma probleminde kullanılmak üzere oluşturulan veri tabanı eğitim ve test kümesi olmak üzere iki kümeye ayrılmıştır. Polisomnografi hastaya apne/hipopne indeksini belirlemek ve ilerleyen çalışmalarda hastanın diğer fizyolojik sinyalleri ile horlama seslerinin arasındaki ilişkileri inceleyebilmek amacı ile bağlanmıştır.

Ses kayıtları, SONY marka ICD-MS11 model ses kayıt cihazı ile uyku esnasında, cihaz hastadan 15 cm uzaklığa konularak elde edilmiştir. Cihazın örnekleme frekansı 16 KHz'dir. Bu frekans değeri horlama seslerinin analizi için yeterli olmaktadır. Şekil 1' de, oluşturulan veri tabanından alınan bir OSAS hastasına ait 20 saniyelik horlama sinyali görülmektedir.

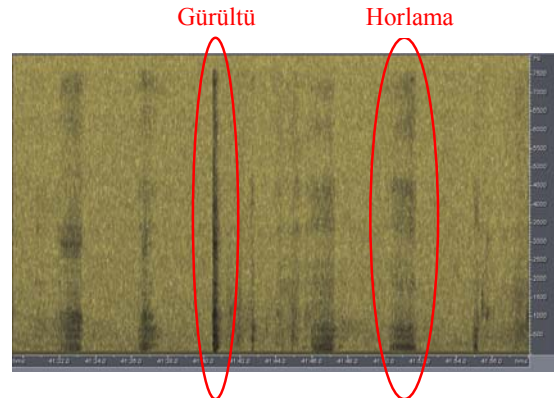


Şekil 1. Hastadan alınan 20 saniyelik horlama sinyali

Horlama sesleri ile istenilmeyen dalga şekillerinin spektogramları incelendiğinde frekans bandlarına göre enerji dağılımlarının yoğunluklarının farklı olduğu görülmüştür. Enerji dağılımındaki bu farklılıktan dolayı horlama seslerinin diğer gürültülerden ayırt edilmesi için spektrogram tabanlı özneliktir vektörleri kullanılmıştır. Spektrogram sinyalin kayan bir pencere içerisindeki kısmının ayrık zamanlı Fourier dönüşümünün genliği olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada 512 örnek uzunluğunda bir Hanning penceresi kullanılmıştır. Spektrogram matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$y(\tau, f) = \left| \int_{-\infty}^{\infty} x(t)w(t - \tau)e^{-2\pi f t} dt \right| \quad (1)$$

Şekil 2'de bir OSAS hastasından alınan ses kaydına ait spektrogram görülmektedir.



Şekil 2. OSAS hastasından alınan ses kaydına ait spektrogram

Yukarıdaki şekilde görüldüğü üzere horlama seslerinin enerjisi belli frekans bölgelerinde yoğunlaşırken, istenilmeyen dalga şekillerinin enerjilerinin frekans bandlarına göre dağılımında bir yoğunlaşma görülmemektedir.

Spektogram tabanlı öznelik vektörleri hesaplamak amacıyla 0-7500 Hz aralığı 500 Hz'lik frekans bandlarına ayrılarak her bir banddaki toplam enerji miktarı bulunmuştur. Kayıtlardaki episodların genlikleri hastadan hastaya değişebilmektedir. Özneliklerin hastadan bağımsız hale getirilebilmesi için 500 Hz'lik frekans bandlarının enerjisi episodun toplam enerjisi ile normalize edilmiştir. Bu işlem ile elde edilen öznelikler aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir.

$$\xi_i = \frac{\sum_{\tau} \sum_{f=500(i-1)}^{500i} |y(\tau, f)|^2}{\sum_{\tau} \sum_{f=0}^{7500} |y(\tau, f)|^2} \quad (2)$$

Yukarıdaki eşitlikte ξ_i öznelik vektörünün i 'nci elemanını, $y(\tau, f)$ ise (1)'den elde edilen spektogramın değerini ifade etmektedir.

Elde edilen öznelik vektörlerinin oluşturduğu uzaydan, sınıflandırma probleminde temel olarak kullanılacak özneliklerin bulunduğu altuzayın belirlenmesi için ana bileşenler analizi (principal component analysis) kullanılmıştır [8]. Bu alt uzayda yer alan yeni öznelik vektörleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$C = (\xi - \bar{\xi})^T (\xi - \bar{\xi}) \quad (3)$$

Bu eşitlikte $\bar{\xi}$, eğitim veri kümesinden elde edilen öznelik vektörlerinin ortalamasını, C matrisi ise bu vektörlerin kovaryansını ifade etmektedir. Bu kovaryans matrisinin ana bileşenleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

$$W_{opt} = \arg \max_W |W^T C W| \quad (4)$$

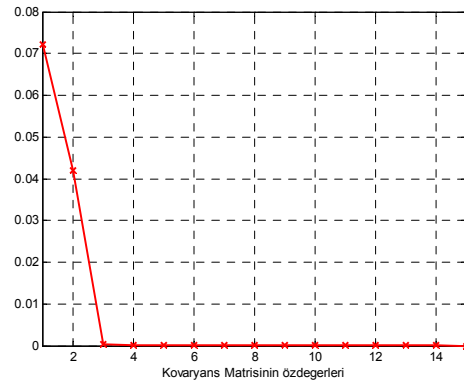
Bu analizden elde edilen kovaryans matrisinin yüksek özdeğerlerine karşılık gelen özvektörler, sınıflandırma probleminde kullanılacak alt uzayın temel bileşenleridir. Diğer bir söyleyişle bu özvektörler sınıflandırma probleminde kullanılacak alt uzayı gerer. Öznelik vektörlerinin bu alt uzaydaki izdüşümleri yeni öznelik vektörlerini oluşturur. Bu izdüşümler aşağıdaki eşitlikle ifade edilmektedir.

$$\hat{\xi} = W_{opt} \cdot \xi \quad (5)$$

Her bir episodun sınıflandırılması (5)'den elde edilen yeni öznelikler üzerinde tanımlanan doğrusal metrik kullanılarak yapılmıştır.

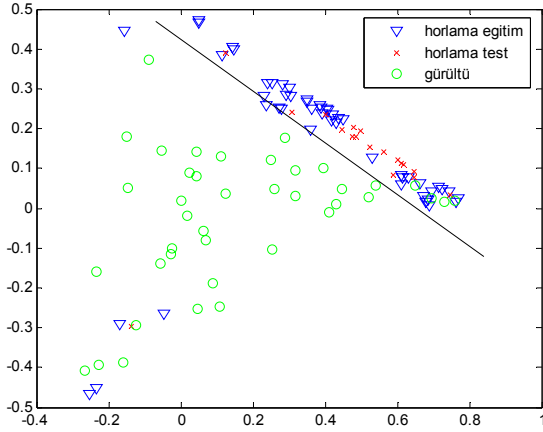
III. SONUÇ

Hastalardan gece uykusu boyunca alınan ses kayıtları hekim tarafından bölütlenerek sınıflandırılmıştır. Bölütleme işlemi otomatik olarak da yapılabilmektedir [7]. Bu sınıflandırma dikkate alınarak oluşturulan veri tabanı eğitim ve test kümesi olmak üzere iki kümeye ayrılmıştır. Farklı apne/hipopne indeksine(AHI) sahip 30 farklı hastadan alınan episodlar için öznelik vektörleri hesaplanmıştır. Yukarıda anlatılan biçimde elde edilen kovaryans matrisinin özdeğerlerinden ilk ikisinin yüksek çıkması sınıflandırma problemi için kullanılacak alt uzayın iki boyutlu olmasının yeterli olacağını göstermektedir. Şekil 3'te kovaryans matrisinin özdeğerleri verilmektedir.



Şekil 3. Kovaryans matrisinin özdeğerleri

Eğitim veri kümesinden elde edilen öznitelik vektörlerinin kullanılan alt uzaydaki iz düşümleri incelendiğinde bu yeni öznitelik vektörlerinin bir çizgi üzerinde toplandığı görülmüştür. Şekil 4'te eğitim ve test kümelerinin kullanılan alt uzaydaki yerleri gösterilmektedir. Dolayısıyla sınıflandırma için bu alt uzayda doğrusal bir sınır belirlenmiş ve episodlar bu sınır temel alınarak sınıflandırılmıştır. Kullanılan doğrusal sınır Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Eğitim ve test kümelerinin alt uzaydaki yerleri

Geliştirilen algoritma ile yapılan sınıflandırma sonucunda horlama sesleri %94.4, istenilmeyen dalga şekilleri ise %90 doğrulukla sınıflandırılmıştır.

IV. TARTIŞMA

Bu çalışmada, uzun süreli solunum seslerinin kayıtlarını analiz etmek amacıyla akustik horlama sesleri için otomatik sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir. Sistemde spektrogram tabanlı öznitelik vektörleri kullanılmıştır. Bu öznitelik vektörlerinin ana bileşenler analizi (principal component analysis) yapılarak ayırıcılığı yüksek yeni öznitelik vektörleri bulunmuştur. Episodların sınıflandırılması yeni öznitelikler üzerinde tanımlanan doğrusal metrik kullanılarak yapılmıştır. Sonuç olarak horlama sesleri %94.4, istenilmeyen dalga şekilleri ise %90 doğrulukla sınıflandırılmıştır.

Her bir horlama episodunu algıladıktan sonra, verilen bir zaman dilimindeki horlama süresi ve bu sürenin uyku süresine oranı, iki horlama episodunu arasında geçen süre, maksimum ve minimum horlama şiddeti, frekans seğıirmesi (jitter) ve genlik kırpışması (shimmer) gibi parametrelerin nasıl değıştiğı, uykunun hangi evrelerinde horlama şiddetinin ve sıklığının arttığı gibi objektif bilgileri hekime sunmak hastanın teşhis ve tedavi sürecinde son derece önemlidir. Horlama karakteristikleri ve değışimi uyku çalışmaları için çok kullanışlı bir araçtır.

V.KAYNAKÇA

- [1] K.Wilson, R.A. Stoohs, T.F. Mulrooney, L.J. Johnson, C.Guillemainault, Z. Huang, "The Snoring Spectrum: Acoustic assesment of snoring sound intensity in 1.139 individuals undergoing polysomnography." Chest , vol, 115:3 762-70, March 1999
- [2] H.Aydın, F.Özgen, S. Yetkin, L.Sütçigil "Uyku ve Uykuda Solunum Bozuklukları" GATA Basımevi, Ankara 2005, sayfa 17
- [3] Gavriely N: "Breath Sounds Methodology" ed. CRC Press, 1995
- [4] J.A. Fiz, J.Abad, R. Jane, M. Riera, M.A. Mananas, P. Caminal, D. Rodenstein, J. Morera, "Acoustic Analyses of snoring sound in patients with simple snoring and OSA" European Respiration Journal, vol 9, pp 2365-2370, 1996
- [5] J.R. Perez- Padilla, E. Slawinski, L.M. Difrancesco, R.R. Feige, J.E. Remmers, W.A. Whitelaw, "Characteristics of the snoring noise in patients with and with out sleep apnea." Am Rev Respir Dis. Vol 147, 635-644, 1993
- [6] R.Jane, J.A.Fiz., J.Sola-Soler, S. Blanch, P.Artis, J. Morera "Automatic Snoring Signal Analaysis in Sleep Studies", Proceeding of the 25th International Conference of the IEEE EMBS, Cancun, Mexico, September 17-21 2003
- [7] M.Cavusoglu, Y.Serinağaoğlu, O.Erogul, "Obstrüktif Uyku Apnesi Hastaları İçin Horlama Seslerinin Analizi", SİU2006 Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Konferansı, Antalya
- [8]] Oppenheim, A.V., and R.W. Schaffer, Discrete-Time Signal Processing, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1989, pp. 713-718
- [9] Jackson, J. E., A User's Guide to Principal Components, John Wiley and Sons, Inc., 1991, p. 592.