

## Multipl Skleroz Erken Tanısında Ses Analizi Yönteminin Kullanılabilirliğinin İncelenmesi

Zeynep Zeliha BAYAZIT<sup>1</sup>, Ali Rıza SONKAYA<sup>2</sup>

### Öz

Bu çalışmada multipl skleroz (MS)' te akustik ses karakteristiklerinin betimlenmesi ve ses değişimi kriterlerinin saptanmasıyla MS'te erken tanı amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda çalışmamızda hastalığa özgü bir foniatrik reedüksiyon yöntemi geliştirilerek MS' te erken tanıda kullanılacak ses değişimi kriterlerini belirleyici parametrelerin oluşturulması planlanmıştır. Mart 2013-Mart 2014 yılları arasında Sultan Abdülhamid Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nöroloji Kliniğine gelen McDonald 2010 tanı kriterlerine göre hastalığı ilk kez teşhis edilen veya hastalık süresi 0-10 yıl arasında olan 55 (30 kadın+25 erkek) MS hastası ile herhangi bir nörolojik ve ses patolojisi olmayan 55 (33 kadın+ 22 erkek) sağlıklı gönüllü üzerinde yürütülmüştür. Hastaların yaşları 18 ile 55 (ort: 29,86, std sapma: 8,97), sağlıklı bireylerin yaşları ise 18 ile 50 (ort: 32,55, std sapma: 10,79) arasında değişmektedir. Seslerin akustik incelenmesinde The Multi-Dimensional Voice Program (MDVP) akustik ses analizi programı, seslerin öznitelik sınıflandırmasında ise k-En Yakın Komşu (k-EYK) algoritması kullanılmıştır. k-EYK sınıflandırıcısının kullanıldığı bu çalışmada MS ve sağlıklı bireylere ait ses özniteliklerine bakılarak hasta-sağlıklı ayrımı yapmada en yüksek ses tanımlama başarımı sürdürülmüş fonasyonlar /a/,/e/ ve /u/ seslerin (%88.76) özniteliklerinden elde edilmiştir. k-EYK algoritması kullanılarak MS hastalarında görülen patolojik seslerin sağlıklı bireylerden ayrılmasında başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Sürdürülmüş fonasyonlar, kelimeler ve cümle bazında genel bir değerlendirme yapıldığında MS hastalarının /a/ ve /e/ vokallerini belirgin derecede her üç grupta da sağlıklı bireylere göre patolojik seslettiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Multipl skleroz, disfoni, akustik ses analizi, k-EYK öznitelik seçme

### Yayın Bilgisi

Gönderi Tarihi: 06.11.2018  
Kabul Tarihi: 12.11.2018  
Online Yayın Tarihi: 31.12.2019  
DOI: 10.26453/otjhs.479261

### Sorumlu Yazar

Zeynep Zeliha BAYAZIT  
Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri  
Fakültesi Cebeci Kampüsü  
Çankaya-ANKARA  
Tel: 05333462491  
e-Mail: zeliha.bayazit@gmail.com

## The Investigation of Using Voice Analysis Method on Early Diagnosis of Multiple Sclerosis

Zeynep Zeliha BAYAZIT<sup>1</sup>, Ali Rıza SONKAYA<sup>2</sup>

### Abstract

The aim of this study is to delineate the acoustic characteristic of Multiple Sclerosis (MS). In accordance with this goal, it was planned the affordance of phoniatric table specific to the disease, and from this point of view, development of parameters that determine the phonetic change criterias which can be used in the diagnosis in MS. The study was conducted at Sultan Abdülhamid Trainin and Research Hospital Department of Neurology between March 2013 and March 2014. This research was carried out 55 RRMS (30 female+25 male) patients diagnosed for the first time according to McDonald's 2010 diagnostic criteria, or duration of disease between 1-10 years and EDSS≤3. Control group consisted of 55 (33 female+22 male) healthy volunteers without any neurological and voice pathology. Acoustic investigation of sound was analyzed by The Multi-Dimensional Voice Program (MDVP). Classification of sound features that are extracted from the voice samples of each subject were fed into k-nearest neighbor algorithm (k-EYK). In this study using k-EYK classifier, the highest voice recognition success was achieved sustained phonations that / a /, / e / and / u / sounds features (88.76%), in making patient-healthy discrimination based on the sound features of MS and healthy individuals. It was observed that using k-EYK algorithm has been succesful in separating pathological sounds which seen in MS patients from healthy individuals. It was found that MS patients had pathological vocalization of / a / and / e / vocals at significantly higher levels in all three groups compared to healthy subjects when a general evaluation is made based on sustained phonations, words and sentences.

**Keywords:** Multiple Sclerosis, dysphonia, acoustic voice analysis, k-EYK selecting attribute

### Article Info

Received: 06.11.2018  
Accepted: 12.11.2018  
Online Published: 31.12.2019  
DOI: 10.26453/otjhs.479261

### Corresponding Author

Zeynep Zeliha BAYAZIT  
Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri  
Fakültesi Cebeci Kampüsü  
Çankaya-ANKARA  
Tel: 05333462491  
e-Mail: zeliha.bayazit@gmail.com

<sup>1</sup>Dr. Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi, Ankara

<sup>2</sup>Dr. Okmeydanı Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nöroloji Bölümü, İstanbul

## GİRİŞ

Konuşma kompleks bir mekanizmadır ve santral sinir sisteminin art arda veya eş zamanlı olarak bütünleşmesiyle ortaya çıkmaktadır. Konuşurken gönderilen sinyallerin entegrasyonu beyin fonksiyonlarının periferik seviyesinin nöromusküler koordinasyonu ile sağlanır. Beynin motor konuşma bölgelerinin zarara uğraması birtakım konuşma bozuklukları ile sonuçlanır. Nörolojik disfonksiyonlu hastaların tanı özellikleri genellikle kelime bulmada güçlük çekme, konuşma süresinin uzaması ve bozulması ya da telaffuz belirsizlikleri şeklinde görülmektedir. Bu karakteristik özellikler kullanılarak nörolojik uygulamalar ile hastalara pratik araştırmalar yapılabilir ve protatik yapı ile konuşma deformasyonunun ilgisi incelenebilir. Nöromusküler sistemdeki bu tarz koordinasyon anomalileri hastanın konuşmasına nazal yayma, ses kalitesinin nazal kaviteye yayılımı, sesin ihmalî, sesin atlanması, yerine başka ses konulması ve ses bozuklukları biçiminde yansır.<sup>1</sup>

Dil üretimi; temel dil fonksiyonları ve genel kognitif işlevler de dâhil olmak üzere pek çok farklı süreçlerin kombinasyonu ile oluşmaktadır. MS hastalarının büyük bir kısmında kognitif fonksiyonların bozulduğu bilinmektedir. Buna paralel olarak genellikle dizartri ve akıcılık kaybı olmak üzere hastalarda birtakım dil defisitleri de görülmekte, bu da hastaların dil üretimini etkileyerek yaşam kalitelerini düşürmektedir. Özellikle de merkezi sinir

sistemi veya periferik sinir sistemi ya da her iki sistem hasarına bağlı olarak, konuşma düzeneğini kontrol eden kaslarda spastisite, flaksidite, koordinasyon bozukluğu, paralizi sonucu konuşmanın solunum, sesleme, rezonans, sesletim ve prozodik özelliklerinin etkilendiği, dolayısıyla anlaşılabilirlik özelliğinin sınırlandığı motor konuşma bozukluğu olan dizartrik konuşmanın MS hastalarının yaklaşık %40'nda görüldüğü bildirilmektedir.<sup>2</sup> Literatürde, konuşma kaslarının koordinasyonsuzluğu nedeniyle yavaş ve heceleri birbirine ekmeden ve bazı heceleri uygunsuz vurgulayarak patlayıcı seslerle konuşma biçiminin MS'in kardinal semptomlarından biri olarak düşünülebileceğine yönelik çalışmalar bulunmaktadır.<sup>3,4</sup> Ancak ses ve konuşma bozuklukları tanı ve tedavisi multi disiplinler bir çalışma gerektirmektedir. Bu konuda ses ve konuşma bozukluklarının tanı ve tedavisini inceleyen foniatri bilim dalına da önemli görevler düşmektedir; çünkü ses analiz yöntemleri ile erken dönemde ses değişiklikleri saptanabilmekte, eğer patolojik bir değişim var ise patolojinin derecesi belirlenebilmekte ve mevcut olan patolojik durumun hangi mekanizmalar ile oluştuğu anlaşılabilir. Nitekim son yıllarda hızla gelişen teknoloji ve disiplinler arası çalışmalar ile gittikçe önem kazanan dil ve konuşma bozuklukları konusunda objektif ses analizi yöntemlerinin kullanıldığı araştırmalar hız kazanmış, tanı ve tedavide büyük ilerlemeler sağlanmıştır. Bu

yöntemlerden biri olan akustik ses analizi, özellikle yardımcı laboratuvar yöntemlerine alternatif bir tanı koyma yöntemi olarak daha çok kabul görmektedir. Ses işaretinin sayısal işlenmesine dayanan bu analiz türü vokal ve ses hastalıklarına erken tanı konulabilmesi, vokal işlevdeki bozulmanın nesnel olarak belirlenebilmesi, cerrahi ve farmakoloji tedavi uygulanmadan önceki ses ile sonraki sesin nesnel olarak karşılaştırılabilmesi gibi olanaklar sağlamaktadır.<sup>5</sup> Bu disiplinlerarası çalışmada da akustik ses analizinden yararlanarak MS hastalarının ses karakteristikleri ile hastalık aktivitesi arasındaki ilişkiyi belirlemek, patolojik seslerin değerlendirilmesi ve algılanması için tanıya yardımcı olabilecek bir sistemin tasarlanması amaçlanmıştır. Tasarlanan bu sistem ile hastalığa özgü bir foniatrik reedükasyon yöntemi oluşturmak ve bu yöntemle de MS' te erken tanıda kullanılacak ses değişimi kriterlerini belirleyici parametrelerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Bu hedef doğrultusunda 55 MS hastasından elde edilen veriler sağlıklı bireyler ile karşılaştırılarak tartışılmıştır.

## **MATERYAL VE METOT**

### ***Çalışma Grubu ve Veri Setlerinin***

#### ***Oluşturulması***

Bu çalışma Mart 2013- Mart 2014 yılları arasında Sultan Abdülhamid Eğitim ve Araştırma Hastanesi Nöroloji Kliniğine gelen McDonald 2010 tanı kriterlerine göre hastalığı

ilk kez teşhis edilen veya hastalık süresi 0-10 yıl arasında olan 55 (30 kadın+25 erkek) MS hastası ile herhangi bir nörolojik ve ses patolojisi olmayan 55 (33 kadın+ 22 erkek) sağlıklı gönüllü üzerinde yürütülmüştür. Hastaların yaşları 18 ile 55 (29,86 ±8,97), sağlıklı bireylerin yaşları ise 18 ile 50 (32,55±10,79) arasında değişmektedir. Ses kayıtları için dinamik AKG C.1000 S mikrofon, Eva 2. SQLAB ses analiz cihazı, Creative SB Audigy 2ZS(VDM) ses kartı içeren Pentium 4 3.GHz işlemcili bilgisayar ve Sesane Manager donanımlı analiz programı kullanılmıştır.

MS hastalarının konuşmalarında ve seslerinde oluşabilecek belirtiler genellikle dizartri ve disfoni adı verilen sorunlardır. Disfoni, hastalığın göstergelerinden olmakla birlikte hastalığın belirtilerinin gelişimini takip etmek açısından önemli bir yere sahiptir. Seste gürlük, net olmama, pürüzlülük, düşüş ve titreme disfoniye ait tipik belirtilerdir.<sup>6</sup> Bu belirtiler sese ait çeşitli frekansların analizi ile belirlenebilir. Bu nedenle sadece muayene sırasında hastanın konuşulmasıyla elde edilen veriler ses kayıtları şeklinde dijital ortama aktarılmıştır. Çünkü MS hastası bir kişinin sesindeki özelliklere bağlı olarak hastalıkla ilgili erken teşhis sağlanabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışmada her bireye ortalama 5 dakika süren bir konuşma testi yapılmıştır. Ses kaydı alınırken distorsiyon ve modifikasyonları önlemek amacıyla hastalar dinamik mikrofona 15 cm uzaklıkta olacak şekilde tutulmuş ve her

hastadan ses örnekleri alınmıştır. Ses örnekleri alınırken öncelikle doğru kelime ve ses gruplarının belirlenmesi gerekmektedir. Çünkü hastanın konuşacağı ya da çıkaracağı bir ses, MS'te ayırt edici bir bulgu elde edilmesini sağlayabilmektedir. Bu sebeple söylenecek kelimeler seçilirken sesteki değişimin en rahat görüleceği sürekli sesler, cümlecikler ve kelimelerden oluşan ses grupları bu çalışmada kullanılmıştır. Ardından hastalara Ömer Seyfettin'in "Diyet" pasajı okutturulmuştur. Aynı işlem sağlıklı bireylere de uygulanmıştır. Çalışma için yerel etik kurul onayı alınmıştır (Protokol no: 48670771-514.10).

### **Öznitelik Çıkarımı**

Toplanan ses verilerinden öznitelik çıkarmak için Kay Elemetrics Corporation, 2006 tescilli bir program olan MDVP Model 5105 Version 2.5 akustik ses analizi programından yararlanılmıştır. MDVP tek bir seslendirme üzerinde 33'den fazla parametreyi hesaplayabilen ses kalitesinin kantitatif akustik değerlendirilmesinde kullanılan oldukça etkili bir yazılım programıdır.<sup>7</sup> Alınan bu ses kayıtları, editör programıyla içeriğindeki farklı ses gruplarına göre ses dosyalarına ayrılmıştır. Sonuçta 55'i MS hastası, 55'i kontrol grubundan olmak üzere farklı ses dosyaları oluşturulup dijital ortamda kaydedilmek ve daha sonra işlenmek üzere veri tabanına kaydedilmiştir. MS hastalığı ses belirleme sisteminin performansını test edebilmek için ise Edinburgh Üniversitesi Foniatri

Laboratuvarı'nda oluşturulan Ses Veri Tabanı (SVD) baz alınmış ve işlenmek üzere her bir ses örneğinden 26 farklı öznitelik belirlenmiştir. Bu öznitelikler [Tablo 1](#)'de gösterilmektedir.

### **Örüntü Sınıflandırma ve Parametre Ayarları**

MS hastalığı ses özelliklerini belirleme deneylerinin değerlendirilmesi için sınıflandırıcı olarak k-EYK algoritması kullanıldı. [Tablo 1](#)'de tanımlanan öznitelikler kullanılarak, SVD veri tabanındaki ses örnekleri hasta veya sağlam kişiye ait olarak sınıflandırıldı. Her bir hastadan alınan örneklerden çıkarılan öznitelikler, ortalamaları 0 ve standart sapmaları 1 olacak şekilde normalize edildikten sonra, k-EYK sınıflandırıcısı algoritmasında sistemin MS teşhisi için doğruluk, duyarlılık ve özgüllükleri ölçüldü. Sınıflandırıcıların MS hastalarıyla kontrol deneklerini ayırma başarısının ölçülmesi amacıyla birini-dışarda-bırakma (BDB) sına yöntemi kullanıldı. k-EYK sınıflandırıcısı için aykırı değerlerin etkisinin azaltılması amacıyla uzaklık metriği olarak Manhattan mesafesi alındı ve k parametresinin değeri 3 olarak belirlendi.

MS hastalarının seslerinin değerlendirilmesi ve algılanması için tanıya yardımcı olabilecek şekilde tasarlanan blok diyagramı [Şekil 1](#)'de gösterilmektedir. Sistemde ilk olarak MS hastası ve sağlıklı kişilere ait ses ölçümlerini içeren veri setleri belirlenir. Daha sonra bu veri setlerindeki en yüksek sınıflandırma başarımını sağlayacak öznitelikleri belirlemek için, öznitelik seçme

yöntemi test edilir. Öznitelik çıkartım aşamasında, sesli olduğu tespit edilen bölütlerden; genlik değişim oranı, perde değişim oranı, sessizlik derecesi, Teager enerji ortalamalı dalgacık dönüşüm katsayıları ve yüksek dereceli istatistik parametreleri hesaplanır. Son kısımda ise k en yakın komşu (k-EYK) sınıflandırıcısı kullanılarak konuşmacının MS hastası olup olmadığını anlamak için bir benzerlik skoru hesaplanır ve sesin sağlıklı veya hastalıklı olduğuna karar verilir.

## BULGULAR

Bu çalışmada MS hastalığı teşhisinde kullanmak üzere, seslerin özniteliklerinin çıkartılması yöntemiyle hasta ve sağlıklı bireylere ait sesleri doğru tanıma başarıları incelenmiştir. Hasta ve sağlıklı kişilerin özniteliklerinin ortalama ve standart sapma değerleri [Tablo 2](#)'de verilmektedir.

[Tablo 2](#)'de de görüldüğü gibi hasta ve sağlıklı kişilerin ortalama değerleri farklı olup, MS hastaları için tüm özniteliklerin sağlıklı kişilere göre ortalama değerlerinin arttığı ve MS hastalarının tüm öznitelik değerleri için standart sapma değerleri sağlıklı kişilerden daha fazla olduğu görülmektedir. MS hastaları ve sağlıklı bireyler için ses örneklerinin akustik ses analizi ve veri setlerindeki en yüksek sınıflandırma başarımlarını test eden öznitelikler [Şekil 2](#) 'de gösterilmektedir.

Hasta ve kontrol grubundan toplanan her bir ses örneğinin k-EYK sınıflandırıcısına

beslenmesiyle elde edilen doğruluk, duyarlılık ve özgüllük sonuçları [Tablo 3](#), [Tablo 4](#) ve [Tablo 5](#)'de gösterilmiştir.

k-EYK sınıflandırıcısı ile en yüksek doğru ses tanımlama başarımları, % 88,76 ile sürdürülmüş /a/,/e/ ve /u/ seslerinin özniteliklerinin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Başka bir söylemle MS ve sağlıklı gönüllülerin oluşturduğu toplam 110 denekten 97 tanesinin hasta veya sağlıklı olduğu, bireylere ait seslerin özniteliklerinin kullanıldığı bu algoritma ile doğru teşhis edilmiştir. Sınıflandırıcının sürdürülmüş /a/ vokali için duyarlılığı %78,23, özgüllüğü % 75,34; sürdürülmüş /e/ vokali için duyarlılığı %72,41, özgüllüğü %67,98; sürdürülmüş /u/ sesi için ise duyarlılığı %75,23, özgüllüğü %75,34'tür. Bu sonuçlar, /a/,/e/ ve /u/ vokallerinin özniteliklerini girdi olarak kullanan k-EYK sınıflandırıcısının, hasta ve kontrol deneklerini dengeli bir şekilde doğru sınıflandırdığını göstermektedir.

k-EYK sınıflandırıcısı ile en yüksek doğruluk, %80,50 ile "banka" ve "tente" kelimelerine ait özniteliklerin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Diğer bir ifadeyle bu algorithmada yer alan "banka" ve "tente" sözcüklerinin öznitelikleri, çalışmaya katılan MS ve sağlıklı gönüllülerin oluşturduğu toplam 110 denekten 88 tanesinin hasta veya sağlıklı olduğunun doğru teşhis edilmesini sağlamıştır. Sınıflandırıcının "banka" kelimesi için duyarlılığı % 80,00, özgüllüğü % 76,45; "tente" kelimesi için ise duyarlılığı % 79,45, özgüllüğü % 76,50'dir. Bu sonuçlar,

“banka” ve “tente” kelimelerinin özniteliklerini girdi olarak kullanan k-EYK sınıflandırıcısının, hasta ve kontrol deneklerini dengeli bir şekilde doğru sınıflandırdığını göstermektedir.

k-EYK sınıflandırıcısı ile en yüksek doğruluk, % 85,15 ile ‘kuş sesi, taşı at’ cümlesindeki özniteliklerin kullanılmasıyla elde edilmiştir. Başka bir söylemle MS ve sağlıklı gönüllülerin oluşturduğu toplam 110 denekten 93 tanesinin hasta veya sağlıklı olduğu doğru teşhis edilmiştir. Sınıflandırıcının duyarlılığı %78,25, özgüllüğü ise %87,01’dir. Bu sonuçlar, “kuş sesi, taşı at” cümlesinin özniteliklerini girdi olarak kullanan k-EYK sınıflandırıcısının, hasta ve kontrol deneklerini dengeli bir şekilde doğru sınıflandırdığını göstermiştir.

## TARTIŞMA VE SONUÇ

k-EYK sınıflandırıcısının kullanıldığı bu çalışmada MS ve sağlıklı bireylere ait ses özniteliklerine bakılarak hasta-sağlıklı ayrımı yapmada en yüksek ses tanımlama başarımı sürdürülmüş /a/,/e/ ve /u/ sesleri, ‘banka’ ve ‘tente’ kelimeleri ile ‘kuş sesi, taşı at’ cümlesinin özniteliklerinden elde edilmiştir. Dolayısıyla elde edilen sonuçlara göre k-EYK algoritması kullanılarak MS hastalarında görülen patolojik seslerin sağlıklı bireylerden ayrılmasında başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Sürdürülmüş fonasyonlar, kelimeler ve cümle bazında genel bir değerlendirme yapıldığında ise MS hastalarının /a/ ve /e/ vokallerini belirgin derecede her üç

grupta da sağlıklı bireylere göre patolojik seslettiği görülmüştür.

Ülkemizde MS hastalarının ses analizlerine yönelik yapılan çalışmalar kısıtlı olmakla birlikte, bilgisayar tabanlı karar destek sistemlerinin hastanelerde kullanımı pek yaygın değildir. Son yıllarda akustik ses analizi yöntemiyle bazı nörolojik hastalıkların teşhisi için yurt dışında çalışmalar yapılmaya başlanmışsa da farklı araç-gereçlerle ses ve yazı ölçümleri yaparak bu verileri örüntü tanıma yöntemleri kullanarak hastaların MS hastalığıyla ilgilerini tespit edecek olan çalışmalara literatürde rastlanamamıştır. Lee ve arkadaşları<sup>8</sup> tarafından Parkinson hastaları üzerinde yapılan çalışmada Parkinson hastalığına bağlı olarak ortaya çıkan disfoni ölçülmüş ve hastalığın şiddetinin derecelendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma 23’ü Parkinson hastası olmak üzere toplam 31 kişi üzerinde yürütülmüştür. Bu bireylere uygulanan konuşma testleri bir mikrofon aracılığıyla kaydedilip, sesteki titreşim, ton, ses düzeyi, kişiye özgü öznitelikler çıkartılıp, hangilerinin bu hastalığın teşhisinde kullanılabileceği saptanmıştır. Diğer bir çalışmada ise İsenkul ve ark.<sup>9</sup> Parkinson hastalarından topladıkları ses örneklerinden ölçütler çıkarıp disfoniye tespit ederek, Parkinson hastalarını sağlıklı bireylerden ayırmayı hedeflemişlerdir. 21 Parkinson ve 20 sağlıklı birey üzerinde yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar, hastalardan alınan farklı ses örneklerinin merkezi eğilim

ölçülerinden medyan ve ortalama ile temsil edilmesinin en istikrarlı ve başarılı sonuçları verdiğini göstermiştir. Bu çalışmada ise MS hastalarının ses bilgileri dijital ortama aktarılarak ve sistemde var olan bir hastanın varsa veri tabanından eski ses kayıtlarını da kullanarak, bu verilerin istatistikî analizini yapan ve böylece klinisyenlere yönelik bilgisayar tabanlı bir “karar destek sistemi” şeklinde kullanılabilecekleri bir sistem geliştirilmeye çalışılmıştır. Bunun yanında yazı ve ses analizi gibi konularda, klinisyenin bireysel çıkarımlarına destek sağlamak amacıyla, örüntü tanıma yöntemleri kullanılarak bu verilerden MS ile alakalı dataları eksiksiz bir şekilde çıkartmaya yardımcı olması hedeflenmiştir.

Çalışmamızda oluşturulan veri toplama sisteminde farklı bireylerden birçok ses donesi alınmış ve bu verileri hasta olup olmama durumuna göre k-EYK algoritması kullanılarak öznitelik sınıflandırması yapılmıştır. Çıkartılan özniteliklerin her biri, Edinburgh Üniversitesi Foniatri Laboratuvarı’nda oluşturulan SVD skorlarıyla korelasyonları hesaplanarak sınıf bilgisini taşıyan en iyi özniteliklerin, her bir hastanın ses örneğinin jitter ve shimmer özniteliklerinin ortalaması ve minimum değerleri olduğu belirlenmiştir. Öznitelikler dışında her bir ses örneği kelime bazında da değerlendirmiştir. Çünkü söylenen bazı kelimelerdeki karmaşıklık ya da sadeliğin sınıflandırmayı ne yönde etkileyeceği

bilinmediği için her biri farklı değerlendirilmiştir. Tüm özniteliklerin ortalaması kullanılarak elde edilen yeni değerler k-EYK sınıflandırma algoritmasında kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, k-EYK sınıflandırmasının MS hastalarına ait ses ile sağlıklı bireylere ait ses örneklerinin ayırımında başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Fakat en iyi sonuçların farklı örneklerde görülmesi her bir ses örneğinin aynı oranda başarılı olamayacağını göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada akustik ses analizinden yararlanılarak bir öznitelik belirleme yöntemi olan k-EYK algoritması kullanılmış ve ham bir sestten MS hastası bireyin ses ayırımını gösterebilecek bir sistem denemesi yapılmıştır. k-EYK algoritmasının kullanıldığı bu sistemde başarılı sonuçlar alınmıştır. Benzer şekilde Yunjung<sup>10</sup> tarafından yapılan çalışmada da vokal patolojiye sahip bireylerden alınan akustik ses parametreleri k-EYK algoritmasıyla değerlendirilmiş ve elde edilen sonuçlar ile önerilen metodun başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışmada sağlıklı ve patolojik seslerin ayrıştırılmasında %99 üzerinde başarı elde edildiği bildirilmiştir.<sup>10</sup>

Farklı özniteliklerin bulunması, alınan ses kayıtlarının kalitesinin artırılması veya farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılması sistemin başarı performansını olumlu yönde etkileyecektir. Veri toplama aşamasında toplanan tüm bilgiler daha sonraki çalışmalar için bir otomasyon sistemi oluşturularak

saklanabileceğinden, hem araştırmacılar için hem de klinisyenler için çalışmalarını

kolaylaştıracak bir sistem olarak önerilebilmektedir.

## KAYNAKLAR

1. Madran F. Tam Protezlerde Fonasyon (Danışman: Prof.Dr. Gökhan Yılmaz). İzmir, Ege Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Protetik Diş Tedavisi Ana Bilim Dalı Bitirme Tezi; 2013.
2. Merson RM, Rolnick MI. Speech-language pathology and dysphagia in multiple sclerosis. *Phys Med Rehabil Clin N Am.*1998; 9(3): 631-641.
3. Bauer HJ, Hanefeld F. Multiple sclerosis: its impact from childhood to old age. London, WB Saunders; 1993.
4. Matthews WB, Compston A, Allen IV et al. *McAlpine's Multiple Sclerosis*, 2 ed. Edinburgh, Churchill-Livingstone; 1991.
5. Martinez C, Rufiner H. Acoustic analysis of speech for detection of laryngeal pathologies. *Proceedings of the 22nd Annual EMBS International Conference*;2000: 2369-2372.
6. Cho S, Byeon H. Acoustic characteristics of vowel sounds in patients with Amyotrophic lateral sclerosis. *Advanced Science and Technology Letters.* 2016;132: 204-207.
7. Üngör C. Maksiller Sinüs Augmentasyonun Ses Kalitesi Üzerine Etkisinin Akustik Analizler İle Değerlendirilmesi.(Danışman: Prof.Dr. Onur İçten). Ankara, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Doktora Tezi; 2011. 8.
8. Lee VS, Zhou XP, Rahn DA et al. Perturbation and nonlinear dynamic analysis of acoustic phonatory signal in Parkinsonian patients receiving deep brain stimulation. *Journal of Communication Disorders.* 2008; 41: 485–500.
9. İsenkul ME. Parkinson hastalığı'nın teşhisi için veri toplama ve örüntü tanıma sistemi.(Danışman: Prof.Dr. Ahmet Sertbaş).İstanbul, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi; 2011.
10. Yunjung K. Acoustic Characteristics of Fricatives /s/ and /ʃ/ Produced by Speakers with Parkinson's Disease. *Clinical Archives of Communication Disorders.* 2017; 2(1): 7-14.



**Tablo 1.** Ses örneklerinden çıkarılan frekans-zaman tabanlı öznelikler ve açıklamaları.

Öznelikler	Açıklama	Öznelikler	Açıklama	Öznelikler	Açıklama
Jitter (ddp)		Shimmer(apq3)		Mean Pitch	
Jitter (ppg5)	<b>Frekans</b>	Shimmer(apq5)	<b>Genlik</b>	Median Pitch	
Jitter (local)	<b>Pertürbasyonu ile ilgili Parametreler</b>	Shimmer(apq11)	<b>Pertürbasyonu ile ilgili Parametreler</b>	Maximum pitch	<b>Perde Parametreleri</b>
Jitter (local,absolute)		Shimmer(ddd)		Minimum pitch	
Jitter(rap)		Shimmer(local)		Standard dev.	
Number of Period		Shimmer(local,ddd)			
Number of pulses	<b>Sinyal Parametreleri</b>	Fraction of locally unvoiced frames	<b>Seslendirme Parametreleri</b>		
Mean period		Number of voice Breaks			

**Tablo 2.** MS Hastaları ve sağlıklı kişilerin ortalama ve standart sapma değerleri.

Öznitelik etiketi	MS Hasta Grubu	Sağlıklı Gönüllüler
	Ortalama ± standart sapma	Ortalama ± standart sapma
Jitter (ddp)	0,009 ± 0,0085	0,006 ± 0,003
Jitter (ppg5)	4,53e-5 ± 3,44e-5	2,43e-5 ± 1,59e-5
Jitter (local)	0,006 ± 0,046	0,004 ± 0,002
Jitter (local,absolute)	0,531 ± 0,104	0,443 ± 0,092
Jitter(rap)	0,003 ± 0,003	0,002 ± 0,001
Number of Period	0,221 ± 0,089	0,123 ± 0,045
Number of pulses	0,531 ± 0,104	0,443 ± 0,092
Mean period	0,0198 ± 0,0624	0,0034 ± 0,1072
Shimmer(apq3)	0,301 ± 0,011	0,009 ± 0,003
Shimmer(apq5)	0,017 ± 0,015	0,010 ± 0,003
Shimmer(apq11)	0,027 ± 0,021	0,013 ± 0,004
Shimmer(ddp)	0,033 ± 0,208	0,163 ± 0,058
Shimmer(local)	0,033 ± 0,022	0,018 ± 0,005
Shimmer(local,ddp)	0,049 ± 0,034	0,028 ± 0,010
Fraction of locally unvoiced frames	0,009 ± 0,0085	0,006 ± 0,003
Number of voiceBreaks	0,531 ± 0,104	0,443 ± 0,092
Mean Pitch	0,221 ± 0,089	0,123 ± 0,045
Median Pitch	0,003 ± 0,003	0,002 ± 0,001
Maximum pitch	0,512 ± 0,105	0,442 ± 0,093
Minimum pitch	0,303 ± 0,011	0,007 ± 0,005
Standart sapma	0,015 ± 0,016	0,010 ± 0,007

**Tablo 3.** k-EYK algoritmasında sürdürülmüş /a/,/e/,/ı/,/o/ ve /u/ ve sesleri için elde edilen doğruluk, duyarlılık ve özgüllük sonuçları.

Ses Örneği	k-en yakın komşu Doğruluk*	Duyarlılık**
aaaa...	<b>88,76*</b>	78,23
eeee..	<b>88,76*</b>	72,41
ııııı...	68,45	58,38
oooo...	70,75	60,54
Uuuu..	<b>88,76*</b>	75,23

\*doğruluk: ölçülen değer gerçeğe yakınlığı

\*\*duyarlılık: Aranan özelliğin gerçeğe bulunması durumunda test sonucunun pozitif olma olasılığı

\*\*\*özgüllük: Aranan özelliğin gerçeğe bulunmaması durumunda test sonucunun negatif olma olasılığı

**Tablo 4.** k-EYK algoritmasında sesletilen kelimeler için elde edilen doğruluk, duyarlılık ve özgüllük sonuçları.

Kelimeler	k-en yakın komşu (%)	
	Doğruluk*	Duyarlılık**
Şaka	78,45	76,65
Banka	<b>80,50*</b>	80,00
Bere	69,15	81,76
Tente	<b>80,50</b>	79,45
Koro	76,57	71,00
Onko	67,78	84,25
Duru	81,25	77,15
Burnu	78,50	83,60

\*doğruluk: ölçülen değer gerçek değere yakınlığı

\*\*duyarlılık: Aranan özelliğin gerçek değerde bulunması durumunda test sonucunun pozitif olma olasılığı

\*\*\*özgüllük: Aranan özelliğin gerçek değerde bulunmaması durumunda test sonucunun negatif olma olasılığı

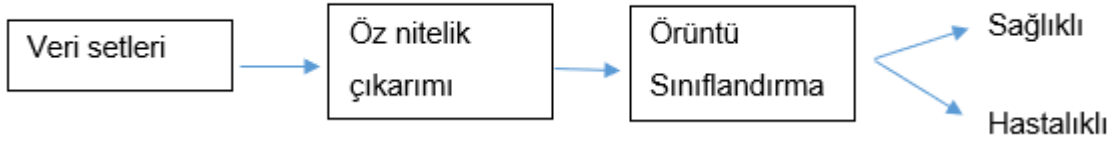
**Tablo 5.** k-EYK algoritmasında sesletilen basit ve kısa cümleler için elde edilen doğruluk, duyarlılık ve özgüllük sonuçları.

Cümleler	k-en yakın komşu (%)	
	Doğruluk*	Duyarlılık**
Topu tut, saati kur.	80,10	76,85
Eve gel, narı al.	76,45	69,45
Şuna bak, pili tak.	70,98	67,75
Kuş sesi, taşı at.	<b>85,15*</b>	78,25

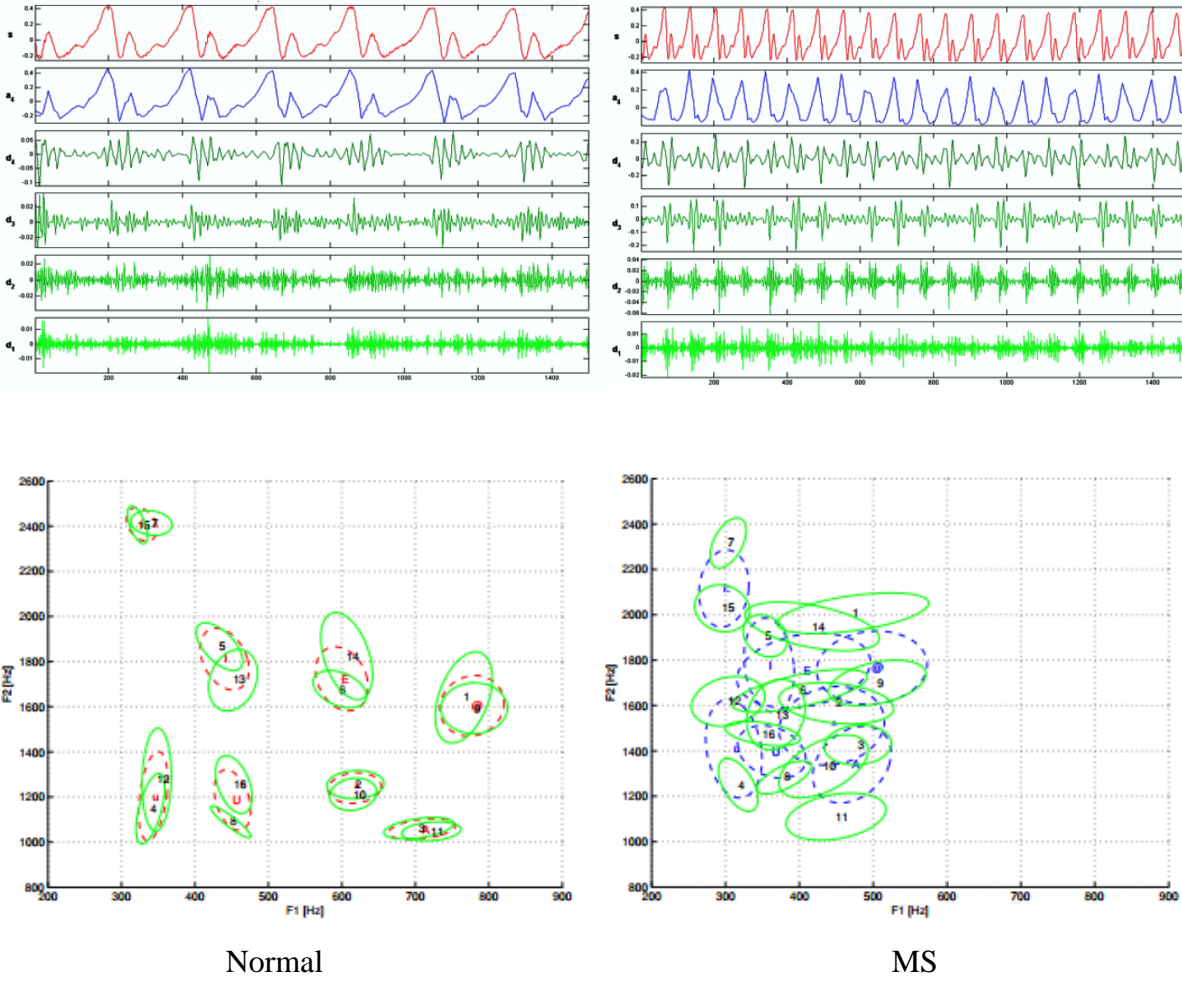
\*doğruluk: ölçülen değer gerçeğe yakınlığı

\*\*duyarlılık: Aranan özelliğin gerçeğe bulunması durumunda test sonucunun pozitif olma olasılığı

\*\*\*özgüllük: Aranan özelliğin gerçeğe bulunmaması durumunda test sonucunun negatif olma olasılığı



**Şekil 1.** MS hastalığı teşhisi için tasarlanan blok diyagramı.



Şekil 2. MS hastaları ve sağlıklı bireyler için akustik ses analizi ve veri setlerindeki en yüksek sınıflandırma başarımını test eden öznelilikler.