

# SOLUNUM SESLERİNİN GERÇEK ZAMANDA SINIFLANDIRILMASI İÇİN GELİŞTİRİLEN DSP TABANLI AYGIT

**Sameer Alsmadi:** Boğaziçi Üniversitesi, Biyomedikal Müh. Enstitüsü, 34342 Bebek, İstanbul  
Tel.: 0 212 225 21 83; Fax: 0 212 234 22 44; [salsmadi@hotmail.com](mailto:salsmadi@hotmail.com)

**Yasemin P. Kahya:** Boğaziçi Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü, 80815 Bebek, İstanbul  
Tel.: 0 212 358 15 40 – 1851; Fax: 0 212 287 24 65; [kahya@boun.edu.tr](mailto:kahya@boun.edu.tr)

## I. GİRİŞ

Solunum sisteminde meydana gelen hastalıklar, akciğerlerin yapısında değişimler meydana getirip göğüs duvarı üzerinde duyulan seslerin karakteristiğini ve zamanlamasını etkilemektedir. Geleneksel olarak stetoskoplar solunum seslerinin dinlenmesinde ve tanı konulmasında kullanılan en yaygın araçlardır. Ancak bu şekilde konulan tanılar oldukça öznel olup tanıyı koyanın kendi duyma yeteneğine ve deneyimine fazlasıyla bağlı olabilmektedir. Bu nedenle, son yıllarda bilgisayarların akciğer sesleri analizinde daha fazla kullanılmasına yönelik bir eğilim ortaya çıkmıştır ve buna paralel olarak bu tür çalışmaların standartlaşması konusunda yoğun çabalar gösterilmektedir.

Solunum seslerinin analizi genelde sayısal hale dönüştürülüp bloklar halinde saklanan veriler üzerinde gerçekleştirilmektedir. Ancak, sinyal işleme teknolojisi alanında meydana gelen gelişmeler ve sayısal sinyal işlemlerin gerçekleştirilmesi için özel olarak tasarlanan ve yüksek hızda çalışabilen mikro işlemcilerin ortaya çıkmasıyla birlikte, karmaşık sinyal işleme algoritmalarını gerçek zamanda uygulayabilen sistemlerin geliştirilmesi artık mümkün hale gelmiştir. Yüksek hızda çalışan DSP'ler sayesinde solunum sesleri üzerinde karmaşık sinyal işleme algoritmaların gerçek zamanda uygulanması artık mümkün hale gelmiştir. Bu çalışmada, Motorola 56311 Sayısal İşaret İşlemci (DSP) tabanlı, akciğer seslerini sağlıklı ve hastalıklı olmak üzere iki sınıftan birine ayırabilen ve gerçek zamanda çalışan bir tanı sistemi tasarlanmış olup oldukça olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

## II. YÖNTEM

Bu cihazda iki girdi bulunmaktadır: birinci girdi hastanın göğüs duvarına yerleştirilen bir mikrofondan elde edilen ses işareti, diğeri ise akciğer seslerinin iç-soluma ya da dış-soluma evresine ait olduğunu belirleyen akış-ölçerden elde edilen akış işaretinden oluşmaktadır. Kuvvetlendirildikten sonra, akciğer sesleri bant genişliği 80-2,000 Hz arasında değişen bant-geçiren analog bir filtreden geçirilmektedir. Fleisch tipi akış-ölçer kullanarak elde edilen akış işareti ise kesim frekansı 30 Hz olan analog bir filtreden geçirilmektedir. Her iki giriş kanalı DSP56311EVM kartında bulunan 16-bitlik codec tarafından 8 kHz hızında örneklendikten sonra akış verisinin her 64'uncü örneği seçilerek akış işaretinin örnekleme hızı 125 Hz değerine düşürülmektedir.

Solunum sisteminin transfer fonksiyonu sadece kutuplardan oluşan bir filter ile temsil edilebilir, öyle ki bu filtre farklı giriş işaretleriyle uyarıldığında yanıt olarak istenilen solunum sesleri elde edilmektedir. Böylece, tümü kutuplardan oluşan filtrenin katsayılarını hesaplayarak göğüs duvarı üzerinde kayıt edilen seslerin modellenmesi mümkün hale gelecektir.

Taşıdıkları bilgiye ve onları üreten farklı mekanizmalara dayanarak, tam bir nefes süresi boyunca elde edilen akciğer sesleri akış işareti yardımı ile altı adet alt-evreye, ayrıca her bir alt-evre yüzde 25 oranında örtüşen on adet parçaya bölünmektedir. Levinson-Durbin algoritması kullanılarak, 512 noktalık Hamming penceresi ile ağırlıklandırılan her bir parça altıncı dereceden

bir özbağlanımlı (AR) model ile temsil edilmektedir. Tam bir solunum devresine ait akciğer seslerinden elde edilen 60 öznitelik vektörün sınıflandırılması iki farklı sınıflandırıcı kullanarak yapılabilmektedir: Itakura, Euclidean, veya city-blok uzaklık ölçütüne dayanan *k-en yakın komşu* sınıflandırıcısı, ve Mahalanobis uzaklık ölçütüne dayanan *minimum uzaklık* sınıflandırıcısı.

Tüm solunum devresine ait seslerin sınıflandırılması ise çoğunluğun oyuna bakarak yapılmaktadır DSP'nin kesme hatlarına (interrupt lines) bağlı olan ve cihazın ön panelinde bulunan tuşları kullanarak, teşhis işleminde kullanılacak sınıflandırıcı türünün ve uzaklık ölçütünün seçimi kolayca yapılabilmektedir. Yazılımın tümü çevirici (assembler) dilinde yazılmış olup sınıflandırma sonucu, seçilen menü öğesi ve sistemin genel durumu hakkındaki mesajlar cihaza eklenen LCD ekranda gösterilmektedir. Sınıflandırıcı türünün seçimine ilaveten, cihazda, bulunan



Şekil 1 Solunum Sesleri Sınıflandırıcı aygıtı.

tuşları kullanarak solunum seslerinin kaydedilmesi, sonradan dinlenmesi, sayısal olarak filtrelenmesi de mümkündür. Burada sayısal FIR (Finite Impulse Response) filtreleme işlemi 56311 DSP'de bulunan filtreleme modülü (Enhanced Filter Coprocessor-EFCOP) tarafından gerçekleştirilmektedir. EFCOP modülü bir çok kanaldan gelen işaretler üzerinde FIR filtreleme işlemi uygulayabilen ve programlanabilme özelliğine sahip bir filtreleme modülüdür.

### III. SONUÇLAR

21 sağlıklı kişiye ve restriktif veya/ve obstrüktif akciğer hastalıklardan şikayetçi 21 kişiye ait akciğer seslerinden oluşturulan referans kütüphaneler bu iki sınıflandırıcının eğitilmesinde kullanılmıştır.

Gerçek kişiler üzerinde denemeden önce, cihazın başarımı hakkında fikir sahibi olabilmek için cihazda bulunan sınıflandırıcıların performansı çevrimdışı (offline) olarak leave-one-out yöntemiyle ölçülmüştür. Tablo 1'den görüldüğü gibi genel olarak *k-en yakın komşu* sınıflandırıcıları, minimum uzaklık ölçütü ile karşılaştırıldığında, belirgin bir şekilde daha iyi sonuçlar vermektedir.

TABLO 1 ÇEVİRİMDIŞI (OFFLINE) SINIFLANDIRMA SONUÇLARI

Sınıflandırıcı İsmi	Uzaklık Ölçütü	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	Doğruluk (%)
<i>k-en yakın komşu</i>	<i>Itakura</i>	100	95.24	97.62
	<i>Euclidean</i>	52.38	100	76.19
	<i>City-block</i>	52.38	100	76.19
<i>Minimum Uzaklık</i>	<i>Mahalanobis</i>	57.14	61.9	59.52

Gerçek zamanda çalıştırıldığında, cihazın performansı hakkında daha fazla fikir sahibi olabilmek için toplam 20 kişinin akciğer sesleri sınıflandırılmıştır: 9 hastalıklı ve 11 sağlıklı. Hastalıklı seslerin başarımları ölçümleri Heybeliada sanatoriumunda ve Cerrahpaşa hastanesinde yapılmıştır. Geriye kalan 11 sağlıklı kişinin ölçümleri ise Boğaziçi Üniversitesinde bulunan sessiz bir odada yapılmıştır (Tablo 2).

TABLO 2 GERÇEK ZAMANDA YAPILAN DENEYLERİN SINIFLANDIRMA SONUÇLARI

Sınıflandırıcı İsmi	Uzaklık Ölçütü	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	Doğruluk (%)
<i>k-en yakın komşu</i>	<i>Itakura</i>	100	72.73	85
	<i>Euclidean</i>	88.89	90.91	90
	<i>City-block</i>	100	90.96	95