

## TÜRKÇEDEKİ ÖTÜMSÜZ SÜRTÜNME Lİ ÜNSÜZLERİN AKUSTİK ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. Mehmet Akif KILIÇ  
Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
makilic@yahoo.com

## Sürtü nmeli Ünsüzler

- Ses yolunun ileri derecede daralmasıyla ortaya çıkan konuşma sesleridir.
- Akustik olarak, gürültü sesi ve (ötümlülerde) ötü m enerjisinden oluşur.
- Gürültü sesinin kaynakları:
  - Darlıktan geçen havanın yaptığı girdap
  - Hızla akan havanın bir engele çarpması
- Sürtü nmeli akustiğiyle ilgili bilimsel çalışmaların büyük çoğunluğu İngilizce konuşan deneklerden elde edilen verilere dayanmaktadır.
- Türkçedeki sürtü nmelilerin akustik özellikleri İngilizcedekilere benzeyebilir veya onlardan farklı olabilir. Bu konuda herhangi bir çalışma yapmadan karar verilmesi doğru olmayacaktır.

2

## Sınıflandırma

(Boğumlanma Noktasına Göre)

- Türkçede koartikülasyon sonucu oluşan veya bölgesel ağızlarda görülen sürtü nmelilere de yer verilmiştir.
  - Çift dudak: [  $\phi$ ,  $\beta$  ]\*
  - Diş-dudak: [  $f$ ,  $v$  ]
  - Dişeti: [  $s$ ,  $z$  ]
  - Dişeti ardı (damak-dişeti): [  $j$ ,  $z$  ]
  - Sert damak: [  $ç$ ,  $j$  ]
  - Yumuşak damak: [  $x$ ,  $ç$  ]
  - Küçük dil: [  $ç$ ,  $ç$  ]
  - Yutak: [  $h$ ,  $ç$  ]
  - Gırtlak: [  $h$ ,  $ç$  ]

\*Ünsüz çiftlerinden birinci sıradakiler ötümsüz, ikinci sıradakiler ötümlüdür.

3

## Sınıflandırma

(İslıksı - İslıksı Olmayan)

- Dişeti ve dişeti ardı sürtü nmelileri ([  $s$ ,  $z$ ,  $j$ ,  $z$  ]) ıslıksı (*sibilant*, *strident*), diğerleri ıslıksı olmayan şekilde gruplandırılır.
- İslıksı sürtü nmeliler: Ses yolunda tını kazandığı için bu ünsüzlerin genliği daha yüksektir. Tını boşluğunun hacmi spektrumun şeklini belirler; boşluk küçüldükçe yüksek frekansların, büyüdü kçe düşük frekansların genliği artar.
  - [  $s$  ] ünsüzünde yüksek frekansların genliği yüksektir.
  - [  $j$  ] ünsüzünde düşük frekansların genliği yüksektir
- İslıksı olmayan sürtü nmeliler: Genlikleri daha azdır.
  - [  $f$  ] ünsüzünün boğumlanması sırasında önünde bir boşluk olmadığı için spektrumu düzdür.
  - [  $h$  ] ünsüzünde, ses yolunun tamamı tını boşluğu görevi görür; bu nedenle spektrogramda, komşu ünlünün formantlarına yakın bölgelerde formant benzeri yapılar (yalancı formantlar) görülür.

4

## Türkçedeki Sürtü nmeli Fonemler ve Alofonları

İslıksı:

- /  $s$  / :
  - [  $s$  ]: Dişeti, ötümsüz
- /  $z$  / :
  - [  $z$  ]: Dişeti, ötümlü
- /  $j$  / :
  - [  $j$  ]: Dişeti ardı, ötümsüz
- /  $ç$  / :
  - [  $ç$  ]: Dişeti ardı, ötümlü
  - [  $çç$  ]: Dişeti ardı, patlamalı-sürtü nmeli

İslıksı olmayan:

- /  $f$  / :
  - [  $f$  ]: Diş-dudak, ötümsüz
  - [  $\phi$  ]: Çift dudak, ötümsüz
- /  $v$  / :
  - [  $v$  ]: Diş-dudak, ötümlü
  - [  $\beta$  ]: Çift dudak, ötümlü
  - [  $w$  ]: Dudak-yumuşak damak, yaklaşmalı
- /  $h$  / :
  - [  $h$  ]: Gırtlak, ötümsüz
  - [  $ç$  ]: Gırtlak, ötümlü
  - [  $ç$  ]: Sert damak, ötümsüz
  - [  $x$  ]\*: Yumuşak damak, ötümsüz
  - [  $ç$  ]\*: Küçük dil, ötümsüz

\*Özsoy A.S., Türkçe'nin Yapısı - I: Sesbilim (2004)  
\*Bazı Anadolu ağızlarında

5

## Praat

- Genel bilgiler Praat programı temel alınarak verilmiş ve örnekler bu program kullanılarak elde edilmiştir.
- Amsterdam Üniversitesinden Paul Boersma ve David Weenink tarafından fonetik araştırmalarda kullanmak üzere geliştirilmiş bir programdır.
- Ağ adresi: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
- Avantajları:
  - Ücretsizdir.
  - Her türlü fonetik analize imkan verir.
  - Eklenti (*script*) kullanılarak geliştirilebilir.

6

## Praat Eklentileri

- Eklentiler, Praat programıyla toplu iş yapmaya imkan verir. Örneğin, binlerce ses dosyası içinde yer alan on binlerce ünlünün temel frekansı (F0), genliği, formantları eklenti kullanarak tek bir komutla hesaplanabilir.
- Pek çok Praat eklentisi, ses dosyası yanında segmentasyon bilgilerini içeren TextGrid dosyasına ihtiyaç duyar. Bu dosyaların kullanıcı tarafından hazırlanması gerekir.
- Dilbilim alanında kullanılabilecek Praat eklentileri ve kullanımları konusunda detaylı bilgi için, [http://www.dilbilimi.net/praat\\_kurulum.zip](http://www.dilbilimi.net/praat_kurulum.zip) adresine başvurulabilir.\*

\*Praat'a daha sonra eklenen eklentiler, yazardan e-posta ile istenebilir.

7

## Sürtünmeli Konuşma Seslerinin Akustik Özellikleri

- Genlik:
  - Mutlak genlik
  - Normalleştirilmiş genlik
  - Eşitlenmiş genlik
- Süre:
  - Mutlak süre
  - Normalleştirilmiş süre
- Formant ölçümüne dayalı parametreler:
  - Ünlü başlangıç noktasındaki ikinci formant (F2) değeri
  - Lokus denklemleri
  - Yalancı formantlar
- Gürültü spektrumuyla ilgili parametreler
  - Spektral tepe yerleşim yeri
  - Frekans aralığı
  - Spektral momentler:
    - Spektral ağırlık merkezi (1. moment)
    - Varyans (2. moment)
    - Çarpıklık (3. moment)
    - Basıklık (4. moment)

8

## Genlik

- Sürtünmelinin tamamının karekök ortalama (root mean square, RMS) yöntemiyle ölçülen genliği
- Birimi dB'dir. Standart bir ölçüm söz konusu olmadığı için, sadece aynı şartlarda kaydedilmiş sesler birbiriyle karşılaştırılabilir.
  - Mutlak genlik: Ses dosyası (veya ölçülen değer) üzerinde değişiklik yapılmadan ölçülen genlik değeri
  - Normalleştirilmiş genlik: Ünlü genliğinin sürtünmeli genliği üzerindeki etkisini ortadan kaldırmak için aşağıdaki formülle hesaplanır. Ünlü genliği hemen her zaman daha yüksek olduğu için değeri (-)'dir (Jongman ve ark., 2000):

**Normalleştirilmiş Genlik = (Sürtünmeli Genliği) – (Ünlü Genliği)**

Sürtünmeli genliği: Sürtünmelinin tamamının karekök ortalama genliği  
Ünlü genliği: Genliğin en yüksek olduğu bölgede yer alan üç periyodun karekök ortalama genliği

- Eşitlenmiş genlik: Ünlünün genliğine göre sürtünmelinin genliğini ayarlamayı amaçlayan, normalleştirilmiş genlik parametresine alternatif olarak, bu çalışma için geliştirilmiş genlik türü. Bütün ses dosyalarının genliği, ünlünün en yüksek genlik düzeyinde eşitlendikten sonra sürtünmeli genliği ölçülür.

9

## Süre

- Sürtünmelilerin başlangıç ve bitiş noktaları arasında kalan süre
  - Mutlak süre: Ölçülen değer üzerinde değişiklik yapılmamış olan süre değeri
  - Normalleştirilmiş süre: Konuşma hızının sürtünmeli süresi üzerindeki etkisini ortadan kaldırmak için kullanılan türetilmiş süredir. Aşağıdaki formülle hesaplanır (Jongman ve ark., 2000):

**Normalleştirilmiş Süre = (Sürtünmeli Süresi)/(Kelime Süresi)**

- Bu çalışmada, sürtünmelilerin normalleştirilmiş süre değerleri 100 ile çarpılarak kelime süresinin yüzdesi olarak verilmiştir.

10

## Formantlar ve Formant Ölçümüne Dayalı Parametreler

- Formantlar, ses yolunun etkisiyle ortaya çıkan yüksek enerji bölgeleridir. Ünlülerin ve tınlamalı (*resonant*) ünsüzlerin akustik özelliğidir: F1, F2, F3... şeklinde gösterilir.
- Formant ölçümüne dayalı parametreler:
  - Ünlü başlangıç noktasındaki F2 değeri
  - Lokus denklemleri
  - Yalancı formantlar

11

## Ünlü Başlangıç Noktasındaki F2 Değeri

- Ünlü başlangıç noktasındaki F2 değeri o ünsüzün boğumlanma noktası hakkında bilgi verir.
- Bazı ünsüzler için, kendinden sonra hangi ünlü gelirse gelsin, ünlünün ikinci formantı belirli bir odaktan başlar; bu ortak çıkış noktasına F2 lokusu adı verilir.

12

## Lokus Denklemi (Locus Equation)

- ZÜ (Z: ünsüz, Ü: ünlü) dizilerinde, ünlü başlangıç noktasındaki F2 değeriyle (y eksenini), ünlü orta noktasındaki F2 değeri (x eksenini) kullanılarak hesaplanan basit doğrusal regresyon denklemidir.
- Bir ünlünün kendinden önce gelen ünsüz üzerindeki koartikülasyon etkisini gösterir.
- Eğim değeri 0.0 ise, yani ünlünün orta noktasında ölçülen F2 değeri ne olursa olsun başlangıç noktasındaki F2 değeri değişmiyorsa, ünlünün ünsüz üzerinde koartikülasyon etkisi yoktur. Bu durumda belirgin bir F2 lokusu gözlenir.
- Eğim değeri 1.0 ise, diğer bir ifadeyle ünlünün F2 değeri değişikçe başlangıç noktasında ölçülen F2 değeri de değişiyorsa, koartikülasyon etkisi en üst düzeydedir.

13

## Yalancı Formantlar

- Tıkanmalı (*obstruent*) ünsüzlerde görülen formant benzeri yüksek enerji bölgeleridir.
- Gerçek formant olmadıkları için yalancı formant (*pseudo-formant*) terimini kullanmak daha uygun olacaktır.
- Formantlarla karışmaması için pF1, pF2, pF3... şeklinde gösterilir.

14

## Praat Programında Spektrogram ve Formant Ayarları

Erkek sesi için:

- Spectrogram settings...:
  - View range (Hz): 0.0-5000.0
  - Window length (s): 0.005 (=260 Hz bandwidth\*)
  - Dynamic range (dB): 50.0-60.0 arası
- Formant settings...:
  - Maximum formant (Hz): 5000

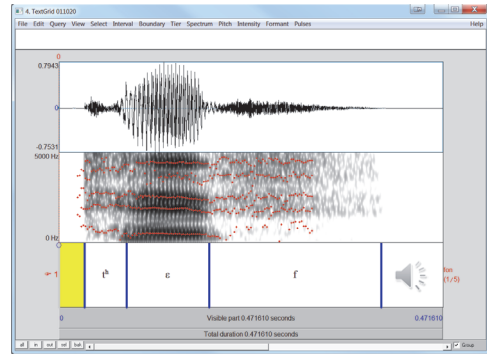
\*Bant genişliği = 1,2982804 / Pencere genişliği

15

Kadın sesi için:

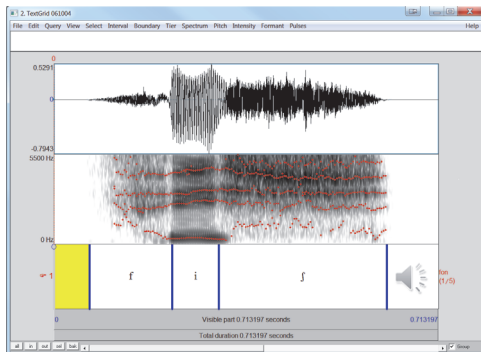
- Spectrogram settings...:
  - View range (Hz): 0.0-5500.0
  - Window length (s): 0.004 (=325 Hz bandwidth\*)
  - Dynamic range (dB): 50.0-60.0 arası
- Formant settings...:
  - Maximum formant (Hz): 5500

Bir Erkek Tarafından Seslendirilen [ t<sup>h</sup>ef ] Kelimesinin Spektrogramı ve Formantları  
(Frekans aralığı = 0-5000 Hz, Bant genişliği = 260 Hz, Dinamik aralık = 50 dB)



16

Bir Kadın Tarafından Seslendirilen [ fi ] Kelimesinin Spektrogramı ve Formantları  
(Frekans aralığı = 0-5500 Hz, Bant genişliği = 325 Hz, Dinamik aralık = 60 dB)



17

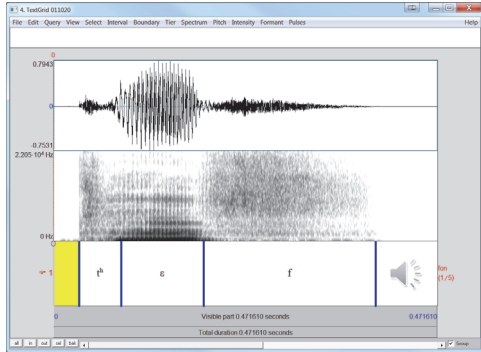
## Sürtünmeliler İçin Spektrogram Ayarları

Her iki cinsiyet için ortak:

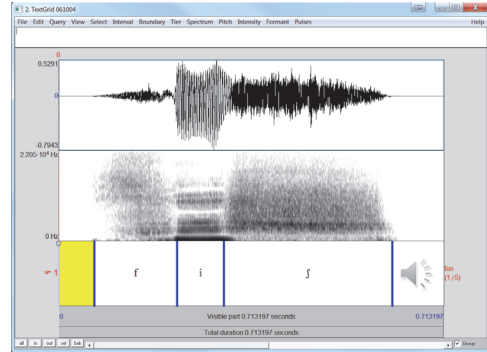
- Spectrogram settings...:
  - View range (Hz): 0.0-22050.0
  - Window length (s): 0.002 (=649 Hz bandwidth)
  - Dynamic range (dB): 60.0
- Advanced spectrogram settings...:
  - Preemphasis (dB/oct): 0.0

18

Bir Erkek Tarafından Seslendirilen [ t<sup>h</sup>ef ] Kelimesinin Spektrogramı  
(Frekans aralığı = 0-22050 Hz, Bant genişliği = 649 Hz, Dinamik aralık: 60 dB, Preemphasis: 0.0)



Bir Kadın Tarafından Seslendirilen [ fi ] Kelimesinin Spektrogramı  
(Frekans aralığı = 0-22050 Hz, Bant genişliği = 649 Hz, Dinamik aralık: 60, Preemphasis: 0.0)



## Gürültü Spektrumuyla İlgili Parametreler

- FFT\*, LPC† veya LTA‡ spektrumu üzerinde ölçülür.
- Spektrum veya spektral kesit, kaydedilmiş sesin herhangi bir noktasında (seçilen pencere genişliğindeki bir bölgenin) frekans ve genlik özelliklerini gösterir. FFT spektrumu, tüm frekans bileşenlerini detaylı olarak gösterir. LPC spektrumu ise, genlik artışı veya azalması olan bölgeleri gösterir.
- Parametreler:
  - Spektral tepe yerleşim yeri
  - Frekans aralığı
  - Spektral momentler:
    - Spektral ağırlık merkezi (1. moment)
    - Varyans (2. moment)
    - Çarpıklık (3. moment)
    - Basıklık (4. moment)

\*FFT: Fast Fourier Transform (Hızlı Fourier Dönüşümü)

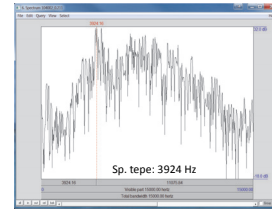
†LPC: Linear Predictive Coding (Çizgisel Öngörülü Kodlama)

‡LTAS: Long Time Average Spectrum (Uzun Süreli Ortalama Spektrum)

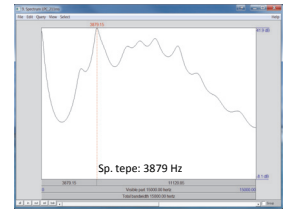
21

## Spektral Tepe Yerleşim Yeri

- Spektrum üzerinde genliği en yüksek olan frekans
- [f] sürtünmesinin FFT ve LPC spektrumu üzerinde spektral tepe yerleşim yeri:



FFT Spektrumu

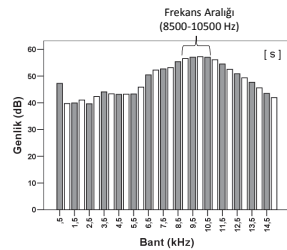


LPC Spektrumu

22

## Frekans Aralığı

- Genliği yüksek olan bölgenin alt ve üst sınırlarını gösterir.
- Bu amaçla, ortalama spektrum veya bu çalışma için geliştirilen dar bant genlik histogramı kullanılabilir.



[s] sürtünmesine ait dar bant genlik histogramı ve frekans aralığı (Histogramın x ekseninde yer alan değerler frekans bandının üst sınırını göstermektedir.)

23

## Spektral Momentler

- Spektrumun (veya herhangi bir veri dağılımının) şekli hakkında bilgi verir.
  - Spektral ağırlık merkezi
  - Varyans
  - Çarpıklık
  - Basıklık

24

## Spektral Ağırlık Merkezi

- Spektral ağırlık merkezi (SAM, *center of gravity* - COG, ortalama, *centroid*, 1. moment, 0 değeri etrafındaki 1. moment)
- Spektrumu oluşturan frekansların aritmetik ortalaması olup birimi Hz'tir.

25

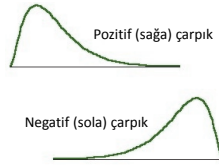
## Varyans

- Varyans (*variance*, 2. moment, ortalama etrafındaki 2. moment)
- Spektrumu oluşturan frekansların dağınıklık göstergesidir.
- Ortalamayla aynı birime sahip olduğu için varyansın karekökü olan standart sapma (SS) daha çok tercih edilir.

26

## Çarpıklık

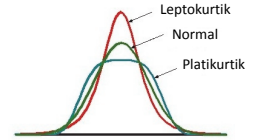
- Çarpıklık (ÇRP, *skewness*, 3. moment, ortalama etrafındaki 3. moment)
- Bir veri dağılımının simetrikliğindeki bozulmayı gösterir, birimi yoktur.
  - Normal dağılımda çarpıklık değeri 0'dır.
  - Düşük değerlerde yığılma varsa, dağılım pozitif (sağa) çarpık; yüksek değerlerde yığılma varsa dağılım negatif (sola) çarpıktır.



27

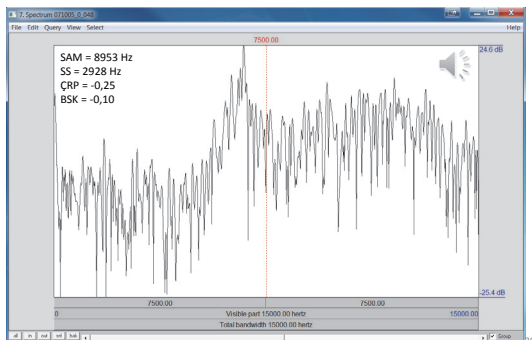
## Basıklık

- Basıklık (BSK, *kurtosis*, 4. moment, ortalama etrafındaki 4. moment)
- Dağılımın sivriliğini (veya yayvanlığını) gösterir, birimi yoktur.
  - Normal dağılımda basıklık değeri 0'dır.
  - Dağılım normaldekinden yayvan ise (platikurtik) basıklık değeri 0'dan küçüktür, sivri ise (leptokurtik) değer 0'dan büyüktür.

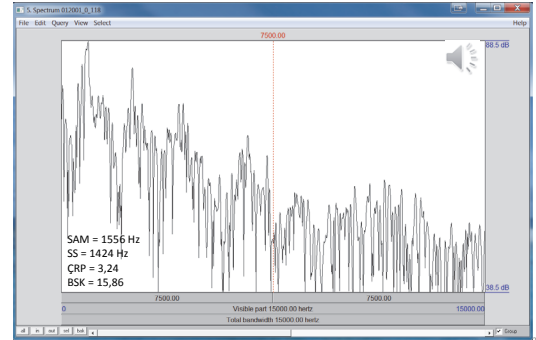


28

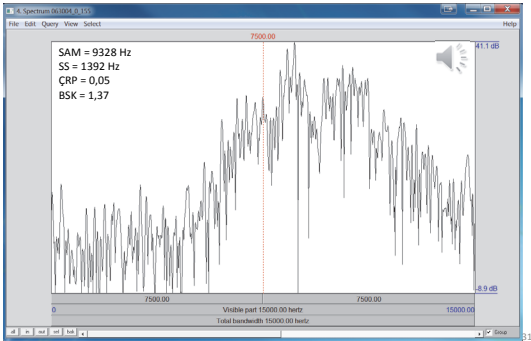
## [ f ] Sürtünmelisinin FFT Spektrumu ve Ölçülen Spektral Moment Değerleri



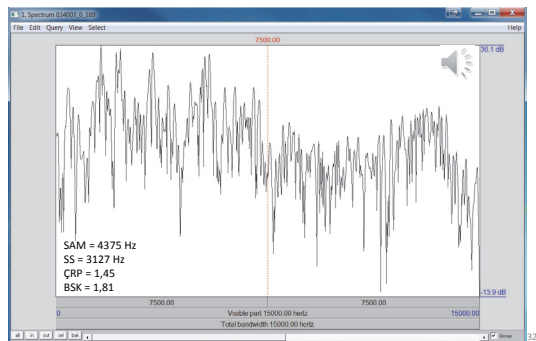
## [ h ] Sürtünmelisinin FFT Spektrumu ve Ölçülen Spektral Moment Değerleri



### [ s ] Sürtünmelisinin FFT Spektrumu ve Ölçülen Spektral Moment Değerleri



### [ j ] Sürtünmelisinin FFT Spektrumu ve Ölçülen Spektral Moment Değerleri



## GEREÇ VE YÖNTEM

- Veri toplama:
  - Denekler
  - Konuşma malzemesi:
    - Kelime listesi
  - Kayıt ortamı ve düzeneği
- Analiz:
  - Analiz programı ve kullanılan eklentiler
  - Kısa ses dosyalarının hazırlanması
  - Genlik eşitleme
  - Segmentasyon ve etiketleme
  - Akustik analiz
- İstatistiksel analiz

33

## Denekler

- Yaşları 20 ile 55 arasında değişen, standart Türkçe konuşan, beşi kadın, beşi erkek toplam 10 sağlıklı gönüllü, denek olarak çalışmaya dahil edildi.
- Deneklerin işitme ve konuşma problemi olmamasına özellikle dikkat edildi.

34

## Konuşma Malzemesi

- İncelenen dört sürtünmeliyi ([ f, h, s, j ]), sekiz farklı ünlü komşuluğunda ([ a, e, ɛ, ɪ, ɔ, œ, u, y ]) içeren, SÜT (S: sürtünmeli, Ü: ünlü, T: tıkanmalı) veya TUS kalıbında anlamlı veya anlamsız tek heceli kelimeler kullanıldı.
- Ötümlü sürtünmelilerde ötümlü enerjisiyle gürültüyü birbirinden ayırmanın güçlüğü nedeniyle ve gürültü spektrumuyla ilgili ötümsüz sürtünmeliler için elde edilen değerlerin ötümlüler için de geçerli olacağı varsayıldığından, ötümlü sürtünmeliler çalışmaya dahil edilmedi.
- Kelimeler "Ahmet \_\_\_\_\_ dedi" taşıyıcı cümlesi içinde seslendirilerek kaydedildi.

35

## Kelime Listesi

- [ f ]:
  - Kelime başı: fak, fes, fis, fiş, fok, fôt, fut, füs
  - Kelime sonu: saf, tef, tif, şif, kof, pöf, puf, küf
- [ h ]:
  - Kelime başı: hat, hep, hız, hiç, hoş, hôt, huk, hüç
  - Kelime sonu: vah, deh, tih, tih, poh, köh, şuh, tüh
- [ s ]:
  - Kelime başı: sap, set, sık, siz, sop, söz, suç, süt
  - Kelime sonu: pas, kes, cıs, pis, pos, kös, pus, küs
- [ j ]:
  - Kelime başı: şak, şef, şıp, şiş, şok, şöf, şut, şüp
  - Kelime sonu: taş, keş, kış, fiş, boş, döş, tuş, düş

36

## Kayıt Ortamı ve Düzenliği

- Kayıtlar, aşağıdaki düzenek kullanılarak gürültü düzeyi 20 dB (A)'nın altında olan IAC (Industrial Acoustics Company) marka sessiz kabinde, bilgisayar kabin dışında kalacak şekilde yapıldı.
- Kayıt düzeniği:
  - Mikrofon ve aksesuarları: MXL 990 kapasitif mikrofon (frekans cevabı: 30 – 20000 Hz) , MXL 90 şok emici, MXL PF001 patlama filtresi, K & M 25400 kollu mikrofon ayağı, Mogami Gold Studio mikrofon kablosu
  - Ses arayüzü: Shure X2u
  - Bilgisayar: Windows 7 (64 bit) işletim sistemi yüklü dizüstü bilgisayar
  - Kayıt programı: Adobe Audition CS5.5'
- Ağız-mikrofon ilişkisi: Ağız, mikrofon kapsülüyle aynı eksenide; uzaklık 15 cm
- Kayıt özellikleri:
  - Örnekleme hızı: 44100 Hz
  - Nispetleme düzeyi: 16 bit
  - Kanal sayısı: Tek
  - Dosya türü: PCM wav

\*Kayıt için ücretsiz bir program olan Audacity de kullanılabilir.

37

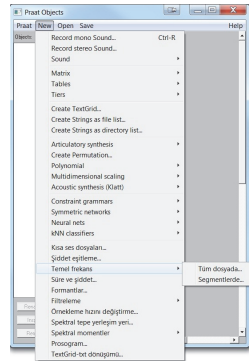
## Analiz Programı

- Analiz için Praat (sürüm 5.3.13) programı kullanıldı, eklenti kullanılarak yapılabilen işlemler tercih edildi.
- Bu programla segmentasyon ve etiketleme işlemi yapıldıktan sonra, ses dosyaları üzerinde yapılan filtreleme ve akustik parametrelerin hesaplanması gibi tüm işlemler eklenti kullanılarak yapıldı.

38

## Kullanılan Eklentiler

- Objects penceresinde:
  - Kısa ses dosyaları...
  - Şiddet eşitleme...
  - Temel frekans
    - Segmentlerde...
  - Süre ve şiddet...
  - Formantlar...
  - Filtreleme
    - Bant geçirgen...
    - Yüksek geçirgen...
  - Spektral tepe yerleşim yeri...
  - Spektral momentler...
- Edit penceresinde:
  - LPC analizi...



39

## Kısa Ses Dosyalarının Hazırlanması

- Kısa ses dosyaları: Her denek için, 64 cümle içeren uzun ses kayıtları sadece hedef kelimeyi içeren kısa wav dosyalara dönüştürülerek kaydedildi. Bu amaçla Praat programı kullanıldı.
- Dosyaların isimlendirilmesi: Kısa ses dosyaları; ait olduğu denegi, sürtünmeli pozisyonunu ve komşu ünlüyü belli edecek şekilde isimlendirildi.

Denek Ünlü  
012006  
Sürtünmeli

- Denek: 01-05: Erkek, 06-10: Kadın
- Sürtünmeli: 10: [ f ], 20: [ h ], 30: [ s ], 40: [ j ]
- Ünlü:
  - Sürtünmeli kelime başında: 01: [ a ], 02: [ e ], 03 [ u ], 04: [ i ], 05: [ o ], 06: [ œ ], 07 [ u ], 08: [ y ]
  - Sürtünmeli kelime sonunda: 10: [ a ], 20: [ e ], 30 [ u ], 40: [ i ], 50: [ o ], 60: [ œ ], 70 [ u ], 80 [ y ]

40

## Genlik Eşitleme

- Bütün sesler aynı şartlarda kaydedilmiş olsa da deneklerin okuma alışkanlıklarından kaynaklanan genlik farklılıklarını ortadan kaldırmak için bütün ses dosyalarının genliği aynı düzeyde eşitlendi.
- Bu amaçla **Şiddet eşitleme...** eklenti komutu kullanıldı. (Eşitleme düzeyini belirleyen New absolute peak değeri eklenti dosyasına 0.90 olarak girildi.

41

## Segmentasyon ve Etiketleme

- Ses dosyası açıldıktan sonra dinamik menüde yer alan Annotate – komutuyla üç adet açıklama satırı (*interval tier*) oluşturuldu.
  - 1. satır: Sürtünmeli ve sınırları
  - 2. satır: Ünlü ve sınırları
  - 3. satır: Kelime ve sınırları
- Bu bilgiler, TextGrid uzantılı olarak ses dosyasıyla aynı adı taşıyacak şekilde kaydedildi.

42

## Akustik Analiz

- Genlik (eşitlenmiş genlik)
- Süre:
  - Mutlak süre
  - Normalleştirilmiş süre
- Geçiş bölgesi özellikleri:
  - Ünlü başlangıç noktasındaki F2 değeri
  - Ünlü orta noktasındaki F2 değeri
- Spektral özellikler:
  - Yalancı formantlar
  - Spektral tepe yerleşim yeri
  - Frekans aralığı
  - Spektral momentler

} Lokus denklemi

43

## Genlik (Eşitlenmiş)

- Komşu ünlülerin etkisiyle ortaya çıkan 0-500 Hz bandındaki yüksek enerjinin genliği etkilememesi için, bütün ses dosyaları **Filtreleme** → **Yüksek geçirgen...** eklenti komutu kullanılarak 500 Hz yüksek geçirgen filtre ile filtrelendi.
- Daha sonra, **Süre ve şiddet...** eklenti komutu kullanılarak sürtünmelilerin genlik değerleri (süre parametresiyle birlikte) hesaplandı.
- Kullanılan ayarlar\*:
  - Tier=1 (sürtünmelilerin bulunduğu satır)
- Bu çalışmada genlikler eşitlenmiş olduğu için aynı amaçla kullanılan normalleştirilmiş genlik parametresi kullanılmadı.

\*Sadece, değiştirilenler

44

## Süre

- **Süre ve şiddet...** eklenti komutu kullanılarak genlik parametresiyle birlikte hesaplandı.
- Kullanılan ayarlar\*:
  - Tier=1 (sürtünmelilerin bulunduğu satır)
- Normalleştirilmiş süre parametresini hesaplamak için ise aynı komutla kelime süreleri ölçüldü, bu işlem için Tier=3 olarak seçildi.
- Daha sonra aşağıdaki formülle normalleştirilmiş süre hesaplandı:

**Normalleştirilmiş Süre = (Sürtünmeli Süresi/Kelime Süresi) X 100**

\*Sadece, değiştirilenler

45

## Ünlü Başlangıç Noktasındaki F2 Değeri

- **Formantlar...** eklenti komutuyla ünlülerin sol kenarında (sürtünmeli-ünlü birleşim yerindeki) formantlar ölçüldü.
- Kullanılan ayarlar\*:
  - Tier=2 (ünlülerin bulunduğu satır)
  - Edges (seçili)
- Kullanılan parametre:
  - F2\_left

\*Sadece, değiştirilenler

46

## Lokus Denklemi - I

- Ünlü başlangıç noktasında F2 değerleri ölçüldükten sonra yine **Formantlar...** eklenti komutuyla ünlülerin orta noktasındaki F2 değerleri ölçüldü.
- Kullanılan ayarlar\*:
  - Tier=2 (ünlülerin bulunduğu satır)
  - Center (seçili)
- Lokus denklemi için kullanılan parametreler: F2\_mid ve F2\_left

\*Sadece, değiştirilenler

47

## Lokus Denklemi - II

- Veriler SPSS programına aktarıldıktan sonra Analyze → Regression → Linear... komutuyla F2\_left bağımlı, F2\_mid bağımsız değişken olarak seçilerek dört sürtünmeli için ayrı ayrı çizgisel regresyon formülleri hesaplandı.
- Graphs, Scatter/Dot..., Simple Scatter yoluyla regresyon çizgileri çizildi.

48



## Yalancı Formantlar

- **Formantlar...** eklenti komutuyla sürtünmelilerin orta noktasında, ünlülerdekine benzer şekilde ölçüldü.
- Kullanılan ayarlar\*:
  - Tier=1 (sürtünmelilerin bulunduğu satır)
  - Center (seçili)
- Kullanılan parametreler:
  - F1\_mid, F2\_mid, F3\_mid

\*Sadece, değiştirilenler

49

## Spektral Tepe Yerleşim Yeri

- Komşu ünlüye ait ötüm enerjisinin etkisi ortadan kaldırmak için bütün ses dosyaları **Filtreleme → Yüksek geçirgen...** eklenti komutu kullanılarak 500 Hz ve 1500 Hz yüksek geçirgen filtrelerle filtrelendi.
- Spektral tepe yerleşim yerleri, **Spektral tepe yerleşim yeri...** eklenti komutu kullanılarak bulundu. Filtrenmemiş sesler üzerinde yapılan ölçümlerde çok sayıda hata gözlemlendiği için değerlendirmeye alınmadı.
- Kullanılan ayarlar:
  - High freq=15000 (Hz)
  - Window length=0.03 (saniye)

50

## Frekans Aralığı

- Ses dosyaları 0-15000 Hz arasında ve 500 Hz genişliğinde 30 adet dar bant filtre ile filtrelendi. Bu amaçla, **Filtreleme → Bant geçirgen...** eklenti komutu kullanıldı.
- Kullanılan ayarlar\*:
  - Low border = Bandın alt sınırı (Hz)
  - High border = Bandın üst sınırı (Hz)
- Filtrelenen ses dosyalarında yer alan sürtünmelilerin genlik düzeyleri, **Süre ve şiddet...** eklenti komutu kullanılarak ölçüldü.
- Kullanılan ayarlar\*:
  - Tier=1
- Her bant için ortalama genlik düzeyi hesaplandı ve bu değerlere göre 4 sürtünmeli için dar bant genlik histogramları çizildi.
- Histogramlar üzerinde her sürtünmeli için (ünlülerin ilk iki formantının yer aldığı 0-2500 Hz bandı dışında kalan bölgelerde) en yüksek genliğe sahip dört bant seçildi.

\*Sadece, değiştirilenler

51

## Spektral Momentler

- Spektral tepe yerleşim yeri ölçümlerinde olduğu gibi, bütün ses dosyaları **Filtreleme → Yüksek geçirgen...** eklenti komutu kullanılarak 500 ve 1500 Hz yüksek geçirgen filtrelerle filtrelendi.
- Filtrenmemiş, 500 Hz filtrelenmiş ve 1500 Hz filtrelenmiş ses dosyaları üzerinde **Spektral momentler...** eklenti komutu kullanılarak spektral momentler hesaplandı.
- Kullanılan ayarlar\*:
  - High freq=15000 (Hz)
  - Window length=0.03 (saniye)

\*Sadece, değiştirilenler

52

## İstatistiksel Analiz

- Verilerin dağılımının normal olup olmadığı belirlemek için Shapiro-Wilk veya Lilliefors düzeltmesi yapılmış Kolmogorov-Smirnov testi kullanıldı.
- Çoklu karşılaştırmalar:
  - Bağımlı gruplar için (ünlülerin etkisi):
    - Friedman varyans analizi
- İkili karşılaştırmalar:
  - Bağımlı gruplar için (pozisyonun etkisi):
    - Dağılım normalse: Bağımlı gruplar t testi
    - Normal değilse: Wilcoxon testi
  - Bağımsız gruplar için (cinsiyetin etkisi, sürtünmelilerin ikili karşılaştırılması):
    - Dağılım normalse: Bağımsız gruplar t testi
    - Normal değilse: Mann-Whitney U testi
- Korelasyon analizi:
  - Dağılım normalse: Pearson testi
  - Normal değilse: Spearman testi
- İstatistiksel analiz için SPSS v.15.0 programı kullanıldı. *p* değerinin 0,01'den küçük olması anlamlı olarak kabul edildi.

53

## BULGULAR

- Genlik (eşitlenmiş)
- Süre:
  - Mutlak süre
  - Normalleştirilmiş süre
- Geçiş bölgesi özellikleri:
  - Ünlü başlangıç noktasındaki F2 değeri
  - Lokus denklemi
- Spektral özellikler:
  - Yalancı formantlar
  - Spektral tepe yerleşim yeri
  - Frekans aralığı
  - Spektral momentler

54

## Genlik (Eşitlenmiş)

- Sürtünmelilerin filtresiz ve 500 Hz yüksek geçirgen filtrelili eşitlenmiş genlik düzeyleri\*
- Birim: dB
- [ h ] sürtünmelisinde iki değer arasındaki fark dikkati çekmektedir.

Srt.	E. Genlik	Ort.	SS
[ f ]	Filtresiz	63,0	5,2
	Filtrelili	60,6	5,1
[ h ]	Filtresiz	62,1	4,6
	Filtrelili	54,9	4,3
[ s ]	Filtresiz	70,2	4,0
	Filtrelili	69,4	4,1
[ j ]	Filtresiz	70,4	4,3
	Filtrelili	69,5	4,4

\*İstatistiksel analizde sadece 500 Hz yüksek geçirgen filtrelili E. Genlik değerleri kullanılmıştır.

55

## Süre

- Sürtünmelilere göre Süre (mutlak süre) ve N. Süre (normalleştirilmiş süre) değerleri
- Birim: ms
- İslıksı sürtünmelilerde sürenin daha uzun olduğu görülmektedir.

Srt.	Süre	Ort.	SS
[ f ]	Süre	166,9	51,5
	N. Süre	38,6	12,2
[ h ]	Süre	112,8	38,6
	N. Süre	31,0	11,8
[ s ]	Süre	204,9	42,8
	N. Süre	46,7	8,7
[ j ]	Süre	204,7	40,9
	N. Süre	45,0	7,4

56

## Ünlü Başlangıç Noktasındaki F2 Değeri

- Bu parametre hesaplanırken sadece SÜ dizileri kullanılmıştır.
- Birim: Hz
- [ j ] sürtünmelisinin standart sapmasının düşük olması dikkati çekmektedir.

Srt.	Ort.	SS
[ f ]	1395	445
[ h ]	1441	467
[ s ]	1457	385
[ j ]	1716	347

57

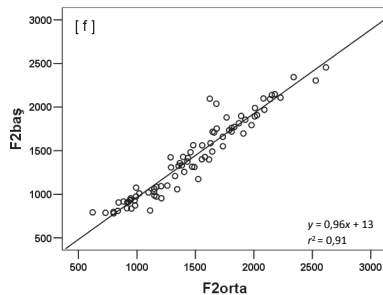
## Lokus Denklemleri

- Sürtünmeliler için hesaplanan eğim ve kesme noktası değerleri
- Kesme noktasının birimi: Hz

Srt.	Eğim	Kesme Noktası	$r^2$
[ f ]	0,96	13	0,91
[ h ]	0,88	125	0,84
[ s ]	0,87	186	0,81
[ j ]	0,81	438	0,90

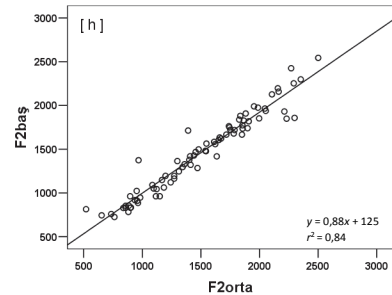
58

## [ f ] için Lokus Denklemi ve Regresyon Çizgisi



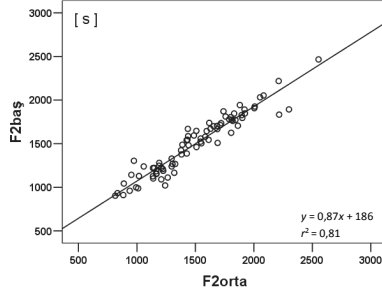
59

## [ h ] için Lokus Denklemi ve Regresyon Çizgisi



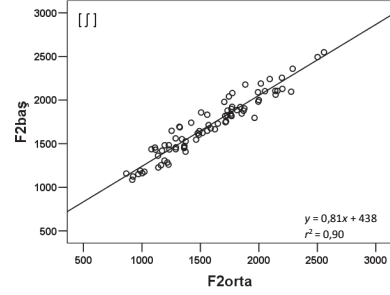
60

## [ s ] için Lokus Denklemi ve Regresyon Çizgisi



61

## [ j ] için Lokus Denklemi ve Regresyon Çizgisi



62

## Yalancı Formantlar

- Sürtünmelilere ait ilk 3 yalancı formantın ortalama ve standart sapma değerleri tabloda görülmektedir.
- Birim: Hz

Srt.	Parametre	Ort.	SS
[ f ]	pF1	1106	257
	pF2	1925	231
	pF3	2834	254
[ h ]	pF1	796	231
	pF2	1697	350
	pF3	2691	317
[ s ]	pF1	1172	208
	pF2	2034	330
	pF3	3032	276
[ j ]	pF1	1546	454
	pF2	2463	267
	pF3	3132	295

63

## Spektral Tepe Yerleşim Yeri

- Sürtünmelilere ait spektral tepe yerleşim yerleri (ST500\* ve ST1500\*)
- Birim: Hz

Srt.	Parametre	Ort.	SS
[ f ]	ST500	7787	3634
	ST1500	8206	3334
[ h ]	ST500	1533	792
	ST1500	2388	1112
[ s ]	ST500	9242	1716
	ST1500	9242	1716
[ j ]	ST500	4330	1711
	ST1500	4330	1711

\*Parametrelerin sağında yer alan 500 ve 1500 değerleri, bu parametrelerin 500 Hz ve 1500 Hz yüksek geçiren filtrelerle filtrelendikten sonra elde edildiğini göstermektedir.

64

Frekans Aralığı  
(Dar Bant Genlik Histogramı)

- Genel özellikler:
  - 0-500 Hz bandının genlik düzeyi dört sürtünmelide de yüksek (F0, ötümlilik)
  - 1500-2000 Hz bandının genlik düzeyi dört sürtünmelide de yüksek (pF2)

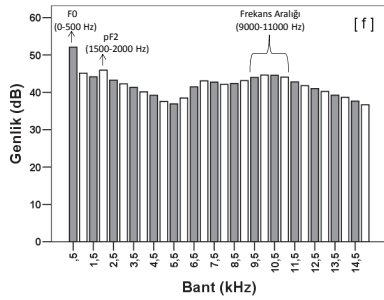
65

## [ f ] Sürtünmelisinin Frekans Aralığı

- En yüksek genliğe sahip dört bant 9000-11000 Hz arasındadır.
- 6500-7500 Hz arasında ikinci bir spektral tepe?

66

## [ f ] Sürtünmelisinin Frekans Aralığı



Genlik histogramlarında x ekseninde yer alan değerler kHz cinsinden bantın üst sınırını göstermektedir, alt sınır ise bu değer 0,5 kHz altıdır.

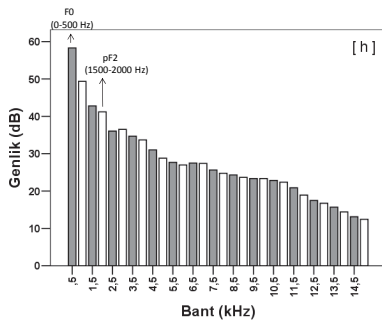
67

## [ h ] Sürtünmelisinin Frekans Aralığı

- Ötümün ve ilk iki formantın yer aldığı 0-2000 Hz arasında genlik yüksektir.
- Genlik düzeyi, ünlülerin harmoniklerinde olduğu gibi giderek azalıyor (yaklaşık 8 dB/oktav hızında)
- Spektrumu (ötüm dışında) ünlülere çok benziyor.

68

## [ h ] Sürtünmelisinin Frekans Aralığı



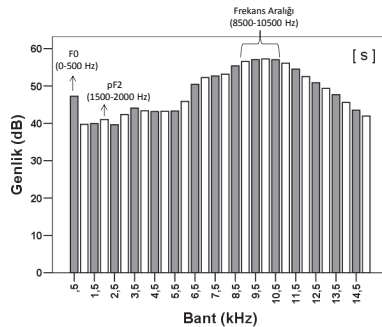
69

## [ s ] Sürtünmelisinin Frekans Aralığı

- En yüksek genliğe sahip dört bant 8500-10500 Hz arasındadır.
- 6000-12500 Hz arasında geniş bir aralık?

70

## [ s ] Sürtünmelisinin Frekans Aralığı



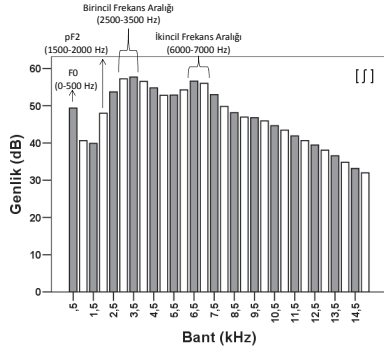
71

## [ j ] Sürtünmelisinin Frekans Aralığı

- En yüksek genliğe sahip 4 bant ikişerli olarak iki farklı noktada yer alıyor.
- 2500-3500 Hz arasında birincil frekans aralığı
- 6000-7000 Hz arasında ikincil frekans aralığı

72

## [ f ] Sürtünmelisinin Frekans Aralığı



73

## En Yüksek - En Düşük Genlik Değeri Farkı

- Dar bant genlik histogramında, en yüksek ve en düşük genlik değerleri arasındaki fark, spektrumun düz veya bir bölgede yoğunlaşmış olduğunu gösterir.
  - Ünlülerin etkisi nedeniyle 0-2500 Hz bandı değerlendirmeye alınmamıştır.
- Birim: dB

Srt.	En Yüksek	En Düşük	Fark
[ f ]	44,6	36,7	7,9
[ h ]	34,7	12,4	22,3
[ s ]	57,2	41,9	15,3
[ j ]	57,7	32,0	25,7

74

## Spektral Momentler ([ f ])

- SAM, SAM500, SAM1500, spektral ağırlık merkezi; SS, SS500, SS1500, standart sapma (2. moment); ÇRP, ÇRP500, ÇRP1500, çarpıklık; BSK, BSK500, BSK1500, basıklık.
- Birim: SAM ve SS için Hz, ÇRP ve BSK birimsiz

Parametre	Ort.	SS
SAM	7152	2203
SAM500	7935	1728
SAM1500	8326	1567
SS	3629	939
SS500	3310	768
SS1500	3064	711
ÇRP	-0,15	1,21
ÇRP500	-0,32	0,84
ÇRP1500	-0,31	0,87
BSK	1,06	5,93
BSK500	0,43	2,44
BSK1500	0,59	2,51

75

## Spektral Momentler ([ h ])

- SAM, SAM500, SAM1500, spektral ağırlık merkezi; SS, SS500, SS1500, standart sapma (2. moment); ÇRP, ÇRP500, ÇRP1500, çarpıklık; BSK, BSK500, BSK1500, basıklık.
- Birim: SAM ve SS için Hz, ÇRP ve BSK birimsiz

Parametre	Ort.	SS
SAM	1177	805
SAM500	1982	796
SAM1500	3281	921
SS	1257	600
SS500	1442	515
SS1500	1849	593
ÇRP	4,94	4,50
ÇRP500	3,94	2,50
ÇRP1500	2,76	1,89
BSK	70,49	151,63
BSK500	29,40	49,51
BSK1500	14,13	33,81

76

## Spektral Momentler ([ s ])

- SAM, SAM500, SAM1500, spektral ağırlık merkezi; SS, SS500, SS1500, standart sapma (2. moment); ÇRP, ÇRP500, ÇRP1500, çarpıklık; BSK, BSK500, BSK1500, basıklık.
- Birim: SAM ve SS için Hz, ÇRP ve BSK birimsiz

Parametre	Ort.	SS
SAM	9304	1029
SAM500	9336	1026
SAM1500	9351	1025
SS	1946	574
SS500	1882	547
SS1500	1857	535
ÇRP	-0,79	1,34
ÇRP500	-0,58	1,15
ÇRP1500	-0,50	1,14
BSK	5,92	23,63
BSK500	4,48	17,28
BSK1500	4,16	16,92

77

## Spektral Momentler ([ j ])

- SAM, SAM500, SAM1500, spektral ağırlık merkezi; SS, SS500, SS1500, standart sapma (2. moment); ÇRP, ÇRP500, ÇRP1500, çarpıklık; BSK, BSK500, BSK1500, basıklık.
- Birim: SAM ve SS için Hz, ÇRP ve BSK birimsiz

Parametre	Ort.	SS
SAM	4777	1060
SAM500	4826	1060
SAM1500	4837	1059
SS	1902	417
SS500	1864	386
SS1500	1858	382
ÇRP	1,09	1,14
ÇRP500	1,16	1,13
ÇRP1500	1,17	1,13
BSK	3,25	3,60
BSK500	3,29	3,63
BSK1500	3,30	3,65

78

## İstatistiksel Analizler

- Karşılaştırmalar:
  - Sürtünmelinin kelime içindeki pozisyonuna göre
  - Cinsiyete göre
  - Ünlü komşuluğuna göre
  - Sürtünmeliler kendi aralarında
- Korelasyon analizi

79

## Pozisyona Göre Karşılaştırma

- Kelime içindeki pozisyonun akustik parametreler üzerindeki etkisi, sürtünmelilere göre gruplandırma yapıldıktan sonra araştırıldı.
- N. Süre'nin dört sürtünmelide de farklı (kelime sonunda daha uzun) olduğu gözlemlendi.
- Pozisyona göre diğer farklılıklar:
  - [ f ]: Süre, ST500, ST1500, SAM, SAM500, SAM1500
  - [ h ]: E. Genlik, Süre
  - [ s ]: E. Genlik

80

## Pozisyona Göre Karşılaştırma

Srt.	Parametre	Kelime Başı		Kelime Sonu		p
		Ort.	SS	Ort.	SS	
[ f ]	E. Genlik	60,9	5,4	60,3	4,9	0,389
	Süre	<b>143,6</b>	<b>44,4</b>	<b>190,2</b>	<b>48,1</b>	<b>0,000</b>
	N. Süre	<b>30,6</b>	<b>9,1</b>	<b>46,6</b>	<b>9,2</b>	<b>0,000</b>
[ h ]	E. Genlik	<b>54,0</b>	<b>4,8</b>	<b>55,7</b>	<b>3,5</b>	<b>0,003</b>
	Süre	<b>88,6</b>	<b>32,5</b>	<b>136,9</b>	<b>27,7</b>	<b>0,000</b>
	N. Süre	<b>21,5</b>	<b>6,4</b>	<b>40,5</b>	<b>7,6</b>	<b>0,000</b>
[ s ]	E. Genlik	<b>68,7</b>	<b>4,0</b>	<b>70,3</b>	<b>4,0</b>	<b>0,001</b>
	Süre	199,9	41,0	209,8	44,3	0,136
	N. Süre	<b>41,9</b>	<b>8,5</b>	<b>51,6</b>	<b>5,6</b>	<b>0,000</b>
[ j ]	E. Genlik	69,4	4,3	69,7	4,4	0,544
	Süre	204,5	35,8	204,8	45,7	0,962
	N. Süre	<b>40,7</b>	<b>6,0</b>	<b>49,5</b>	<b>6,0</b>	<b>0,000</b>

81

## Cinsiyete Göre Karşılaştırma

- Sürtünmelilere göre ayrı ayrı karşılaştırma yapılmıştır.
- Genel özellikler:
  - Mutlak süre değerlerinin kadınlarda daha yüksek olduğu gözlemlendi (aradaki fark [ f ] hariç anlamlı); ancak, normalleştirilmiş süre değerleri arasında istatistiksel açıdan fark bulunamadı.
    - Kelime ve sürtünmeli sürelerinin uzun olması, kadınların yavaş ve dikkatli konuşmalarının yanı sıra hedef kelimeyi vurgulu söylemelerine bağlanabilir.
  - Standart sapma değerleri, cinsiyete göre önemli bir değişiklik göstermemektedir.
  - [ s ] ve [ j ] sürtünmelilerine ait çarpıklık ve basıklık değerleri cinsiyete göre değişmektedir.

82

## Cinsiyete Göre: [ f ]

- pF2 ve pF3 değerleri erkeklerde daha düşük bulunmuştur.
- Spektral tepe yerleşim yeri (ST500, ST1500) ve spektral ağırlık merkezi (SAM, SAM500, SAM1500) değerleri erkeklerde daha yüksektir. Spektral ağırlık merkezi değerleri arasındaki farklar istatistiksel açıdan anlamlıdır.
  - Jongman ve ark. (2000), [ f, v ] sürtünmelileri için erkek deneklere ait ortalama spektral tepe yerleşim yeri değerinin kadın deneklerinden daha yüksek olduğunu bildirmiştir.
  - Fox ve Nissen (2005), [ f ] sürtünmelisinin spektral tepe değeri üzerinde cinsiyetin önemli bir etkisi olmasa da erkek deneklere ait ortalama değerin daha yüksek olduğunu bildirmiştir.

Parametre	Erkek		Kadın		p
	Ort.	SS	Ort.	SS	
E. Genlik	59,7	4,8	61,5	5,3	0,024
Süre	157,9	33,4	175,9	64,1	0,028
N. Süre	39,4	9,4	37,7	14,4	0,501
pF1	1096	231	1115	282	0,639
pF2	<b>1851</b>	<b>179</b>	<b>2000</b>	<b>254</b>	<b>0,000</b>
pF3	<b>2791</b>	<b>248</b>	<b>2876</b>	<b>256</b>	<b>0,003</b>
ST500	8297	3591	7277	3627	0,139
ST1500	8580	3288	7831	3359	0,278
SAM	<b>7954</b>	<b>1777</b>	<b>6350</b>	<b>2304</b>	<b>0,000</b>
SAM500	<b>8297</b>	<b>1749</b>	<b>7573</b>	<b>1639</b>	<b>0,008</b>
SAM1500	<b>8658</b>	<b>1568</b>	<b>7995</b>	<b>1504</b>	<b>0,007</b>
SS	3569	832	3688	1036	0,135
SS500	3304	745	3316	794	0,756
SS1500	3067	701	3062	726	0,967
CRP	-0,47	0,79	0,17	1,45	0,001
CRP500	-0,44	0,85	-0,20	0,82	0,113
CRP1500	-0,43	0,87	-0,20	0,85	0,198
BSK	0,44	2,34	1,69	8,03	0,076
BSK500	0,57	2,54	0,29	2,35	0,227
BSK1500	0,71	2,71	0,47	2,32	0,449

83

## Cinsiyete Göre: [ h ]

- Erkeklerde pF3 değeri daha düşüktür.

Parametre	Erkek		Kadın		p
	Ort.	SS	Ort.	SS	
E. Genlik	54,7	3,7	55,1	4,8	0,492
Süre	<b>101,3</b>	<b>34,9</b>	<b>124,2</b>	<b>38,9</b>	<b>0,000</b>
N. Süre	29,8	11,5	32,2	12,1	0,222
pF1	772	251	819	208	0,135
pF2	1665	371	1728	327	0,135
pF3	<b>2639</b>	<b>319</b>	<b>2743</b>	<b>308</b>	<b>0,003</b>
ST500	1537	767	1529	821	0,927
ST1500	2320	966	2456	1244	0,134
SAM	<b>1329</b>	<b>761</b>	<b>1025</b>	<b>824</b>	<b>0,008</b>
SAM500	2018	805	1946	790	0,364
SAM1500	3288	872	3275	973	0,832
SS	1376	578	1139	602	0,012
SS500	1500	536	1384	489	0,153
SS1500	1929	565	1769	612	0,087
CRP	4,21	3,08	5,66	5,49	0,553
CRP500	4,04	2,56	3,83	2,46	0,725
CRP1500	2,64	1,35	2,87	2,31	0,902
BSK	45,49	96,97	95,49	188,69	0,371
BSK500	30,23	49,97	28,57	49,34	0,819
BSK1500	10,49	12,45	17,76	46,03	0,827

84

## Cinsiyete Göre: [ s ]

- Spektral tepe yerleşim yeri (ST500, ST1500) ve spektral ağırlık merkezi (SAM, SAM500, SAM1500) değerleri kadınlarda daha yüksektir.
- Fox ve Nissen (2005), kadınlarda [ s ] sürtünmesine ait SAM değerinin erkeklerdekinden anlamlı düzeyde yüksek olduğunu bildirmiştir.
- Çarpıklık (ÇRP, ÇRP500, ÇRP1500) değerleri her iki cinsiyet için de negatif tarafta olup mutlak değerler kadınlarda daha yüksektir (yüksek frekans hakimiyeti).
- Baskılık (BSK, BSK500, BSK1500) değerleri kadınlarda daha yüksektir.

Parametre	Erkek		Kadın		p
	Ort.	SS	Ort.	SS	
E. Genlik	68,8	4,1	70,2	3,9	0,033
Süre	191,1	38,6	218,6	42,7	0,000
N. Süre	47,1	7,7	46,4	9,5	0,635
pF1	1209	207	1135	204	0,025
pF2	2084	371	1984	278	0,070
pF3	3072	297	2992	249	0,196
ST500	8264	1670	10220	1096	0,000
ST1500	8264	1670	10220	1096	0,000
SAM	8678	833	9929	804	0,000
SAM500	8700	833	9973	778	0,000
SAM1500	8712	831	9989	772	0,000
SS	1993	488	1900	648	0,253
SS500	1952	479	1811	603	0,101
SS1500	1932	474	1782	584	0,077
ÇRP	-0,35	0,86	-1,24	1,56	0,000
ÇRP500	-0,21	0,84	-0,94	1,29	0,000
ÇRP1500	-0,15	0,84	-0,85	1,29	0,000
BSK	2,70	3,83	9,14	32,98	0,000
BSK500	2,21	3,48	6,76	24,05	0,004
BSK1500	2,04	3,41	6,28	23,57	0,013

## Cinsiyete Göre: [ j ]

- Spektral tepe yerleşim yeri (ST500, ST1500) ve spektral ağırlık merkezi (SAM, SAM500, SAM1500) değerleri kadınlarda daha yüksektir.
- Fox ve Nissen (2005), kadınlarda [ j ] sürtünmesine ait SAM değerinin erkeklerdekinden anlamlı düzeyde yüksek olduğunu bildirmiştir.
- Çarpıklık (ÇRP, ÇRP500, ÇRP1500) değerleri [ s ] sürtünmesinin aksine her iki cinsiyet için de pozitif tarafta olup erkeklerde daha yüksektir (düşük frekans hakimiyeti).
- Baskılık (BSK, BSK500, BSK1500) değerleri erkeklerde daha yüksektir.

Parametre	Erkek		Kadın		p
	Ort.	SS	Ort.	SS	
E. Genlik	68,7	4,0	70,4	4,6	0,010
Süre	186,5	38,3	222,8	35,1	0,000
N. Süre	44,7	6,5	45,4	8,3	0,538
pF1	1758	182	1333	538	0,000
pF2	2452	265	2474	270	0,609
pF3	3074	302	3191	276	0,035
ST500	3591	1505	5070	1588	0,000
ST1500	3591	1505	5070	1588	0,000
SAM	4150	870	5404	841	0,000
SAM500	4169	874	5482	791	0,000
SAM1500	4181	874	5492	788	0,000
SS	1819	349	1985	463	0,012
SS500	1803	342	1925	419	0,045
SS1500	1798	339	1917	415	0,049
ÇRP	1,69	0,94	0,49	1,00	0,000
ÇRP500	1,74	0,93	0,57	1,00	0,000
ÇRP1500	1,75	0,93	0,59	1,00	0,000
BSK	4,94	4,09	1,56	1,87	0,000
BSK500	5,02	4,14	1,55	1,82	0,000
BSK1500	5,05	4,15	1,55	1,83	0,000

## Ünlülerin Sürtünmeli Akustiği Üzerindeki Etkisi

- Ünlülerin sürtünmeliler üzerindeki etkilerini göstermek amacıyla Friedman varyans analizi kullanılarak elde edilen p değerleri
- Çalışmanın boyutunu sınırlı tutmak amacıyla *post-hoc* testlere yer verilmemiştir.

Parametre	Sürtünmeli			
	[ f ]	[ h ]	[ s ]	[ j ]
E. Genlik	0,000	0,007	0,000	0,000
Süre	0,000	0,037	0,004	0,011
N. Süre	0,000	0,067	0,000	0,000
pF1	0,000	0,000	0,004	0,889
pF2	0,159	0,000	0,167	0,000
pF3	0,104	0,000	0,012	0,001
ST500	0,003	0,000	0,878	0,317
ST1500	0,021	0,000	0,878	0,317
SAM	0,021	0,000	0,721	0,025
SAM500	0,003	0,000	0,876	0,014
SAM1500	0,002	0,000	0,879	0,018
SS	0,023	0,000	0,225	0,002
SS500	0,185	0,000	0,496	0,012
SS1500	0,006	0,000	0,466	0,010
ÇRP	0,168	0,000	0,000	0,000
ÇRP500	0,041	0,000	0,000	0,000
ÇRP1500	0,170	0,000	0,000	0,000
BSK	0,803	0,000	0,008	0,039
BSK500	0,699	0,000	0,001	0,106
BSK1500	0,256	0,000	0,000	0,106

## Ünlülerin Genel Etkileri

- [ h ] için süre parametreleri dışındaki parametreler ünlülerden etkileniyor.
- Genlik parametresi, 4 sürtünmelide de ünlülerden etkileniyor.
- [ s ] ve [ j ] sürtünmelilerine ait çarpıklık parametresi ünlülerden etkileniyor.

## Ünlülere Göre Ortalama Genlik Değerleri

- [ h ] dışındaki üç ünsüz için dar ünlü komşuluğunda genliğin artması dikkati çekmektedir.
- Birim: dB

Srt.	Ünlüler							
	[ a ]	[ e ]	[ w ]	[ i ]	[ ɔ ]	[ œ ]	[ u ]	[ y ]
[ f ]	57,6	59,6	60,4	62,4	58,7	58,5	63,3	64,1
[ h ]	57,5	56,5	55,5	54,5	53,8	53,8	53,5	54,1
[ s ]	68,1	69,4	71,9	73,0	67,2	65,5	69,9	70,9
[ j ]	67,1	70,5	72,0	72,9	66,8	66,4	70,1	70,5

## [ s ] ve [ j ] Sürtünmelilerinin Ünlülere Göre Ortalama Çarpıklık Değerleri

Srt.	Parametre	Ünlüler							
		[ a ]	[ e ]	[ w ]	[ i ]	[ ɔ ]	[ œ ]	[ u ]	[ y ]
[ s ]	ÇRP	-0,20	-0,33	-0,42	-0,26	-1,11	-1,65	-1,38	-1,00
	ÇRP500	0,01	-0,15	-0,19	-0,10	-0,84	-1,33	-1,15	-0,85
	ÇRP1500	0,09	-0,07	-0,10	-0,03	-0,76	-1,28	-1,08	-0,78
[ j ]	ÇRP	1,69	1,49	1,66	1,42	0,83	0,76	0,48	0,38
	ÇRP500	1,77	1,57	1,74	1,46	0,89	0,81	0,57	0,44
	ÇRP1500	1,79	1,58	1,75	1,47	0,90	0,83	0,59	0,45

## Sürtünmelilerin Birbiriyle Karşılaştırılması

- [ f ] - [ h ]: Bütün parametreler farklı
- [ f ] - [ s ]: ÇRP1500 hariç farklı
- [ f ] - [ j ]: Bütün parametreler farklı
- [ h ] - [ s ]: SS1500 hariç farklı
- [ h ] - [ j ]: SS1500 hariç farklı
- [ s ] - [ j ]: pF1, pF2, pF3, ST500, ST1500, SAM, SAM500, SAM1500 değerleri farklı

91

## Korelasyon Analizi

- [ h ] sürtünmelisi:
  - Yalancı formantlarla komşu ünlünün formantları arasında orta ve iyi derecede korelasyon gözlemlendi.  $r$  değerleri, pF1-F1 için 0,414; pF2-F2 için 0,708 ve pF3-F3 için 0,423 olarak bulundu ( $p < 0,01$ ).
  - SAM değeriyle komşu ünlünün F2 değeri arasında orta derecede, SAM500 değerleriyle F2 değeri arasında iyi derecede bir korelasyon gözlemlendi.  $r$  değerleri sırasıyla 0,47 ve 0,71 olarak bulundu ( $p < 0,01$ ).
  - F2 bölgesi filtrelediği için SAM1500 ile F2 arasında bir korelasyon gözlemlenmedi.
- [ s ] ve [ j ] ünsüzlerinin genlik değerleri arasında orta derecede ( $r = 0,45$ ;  $p < 0,01$ ) bir korelasyon gözlemlendi.

92

## TARTIŞMA

- Bu çalışmada elde edilen bulgular, Behrens ve Blumstein (1988), Jongman ve ark. (2000) ve Al-Khairy (2005) tarafından elde edilen bulgularla karşılaştırılmıştır.
- İlk iki çalışma Amerikan İngilizcesi, üçüncü çalışma modern standart Arapça sürtünmelileri üzerinde yapılmıştır.

93

## Behrens ve Blumstein (1988) - I

- Behrens ve Blumstein (1988), 3 erkek denek üzerinde Amerikan İngilizcesindeki 4 ötümsüz sürtünmelinin ([ f, θ, s, j ]) akustik özelliklerini araştırmışlardır.
- Bu amaçla, 5 ünlü ([i, e, a, o, u]) komşuluğunda, SÜ (S: sürtünmeli, Ü: ünlü) kalıbında heceler kullanarak sürtünmelilerin süre, genlik ve frekans aralığı değerlerini ölçülmüştür.
- Bu çalışmada incelenen en yüksek frekans, 9000 Hz'tir.

94

## Behrens ve Blumstein (1988) - II

- Araştırmacılar tarafından bildirilen genlik, süre ortalamaları ile frekans aralıkları
- [ f ] ve [ θ ] sürtünmelilerinin spektrumu düz olduğu için frekans aralığı geniştir.
- Birimler: Genlik için dB, Süre için ms, Frekans Aralığı için Hz

Srt.	Genlik	Süre	Frekans Aralığı
[ f ]	50	149	1800-8500
[ θ ]	49	134	1800-8500
[ s ]	64	174	3500-5000
[ j ]	65	175	2500-3500

95

## Jongman ve ark. (2000) - I

- Jongman ve ark. (2000); 10'u erkek, 10'u kadın 20 denekten aldıkları kayıtlarla Amerikan İngilizcesindeki 8 sürtünmeliyi ([ f, v, θ, δ, s, z, j, ʒ ]) incelemişler, spektral tepe yerleşim yeri ortalamalarını; [ f, v ] için 7733; [ θ, δ ] için 7470; [ s, z ] için 6839 ve [ j, ʒ ] için 3820 Hz olarak bulmuşlardır.
- Bu çalışmada incelenen en yüksek frekans, 11025 Hz'tir.
- Spektral tepe yerleşim yeri üzerinde ötümlün, cinsiyetin ve ünlülerin etkisi:
  - Ötümsüz sürtünmelilerin spektral tepe yerleşim yeri ortalamaları daha yüksek bulunmuştur.
  - Erkeklerde [ f, v ] için spektral tepe yerleşim yeri ortalamaları kadınlardakinden daha yüksek, diğer sürtünmelilere ait değerler ise kadınlarda daha yüksek bulunmuştur.
  - Ünlülerin sürtünmelilerin spektral tepe yerleşim yeri değerleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığı saptanmıştır.

96



## Jongman ve ark. (2000) - II

- İngilizcedeki sürtünmelilerin ortalama genlik, süre ve normalleştirilmiş süre\* değerleri
- Birim: Genlik, dB; N. Süre, ms

Srt.	Genlik	Süre	N. Süre
[ f ]	55,7	166	42,0
[ v ]	63,2	80	24,5
[ θ ]	54,7	163	41,5
[ ð ]	62,7	88	26,4
[ s ]	64,9	178	43,8
[ z ]	67,7	118	32,6
[ ʃ ]	66,4	178	44,8
[ ʒ ]	68,2	123	33,8

\*Çalışmamızdaki değerlerle karşılaştırılması için normalleştirilmiş süreler 100 ile çarpılmıştır.

97

## Jongman ve ark. (2000) - III

- İngilizcedeki sürtünmelilerin ortalama spektral ağırlık merkezi (SAM), standart sapma\* (SS), çarpıklık (ÇRP); basıklık (BSK) değerleri
- Birim: SAM ve SS için Hz

Srt.	SAM	SS	ÇRP	BSK
[ f, v ]	5108	2524	0,077	2,11
[ θ, ð ]	5137	2490	-0,083	1,27
[ s, z ]	6133	1709	-0,229	2,36
[ ʃ, ʒ ]	4229	1838	0,693	0,42

\*Makalede varyans olarak verilen değerler, karekökleri alınarak standart sapmaya dönüştürülmüştür.

98

## Al-Khairy (2005) - I

- Al-Khairy (2005), modern standart Arapçadaki 13 sürtünmeliinin ([ f, θ, ð, ð̣, s, ṣ, z, ʃ, ʒ, x, h, ʕ, ḥ]) akustik özelliklerini araştırmıştır. Bu seslere ait genlik ve süre özellikleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.\*
- Bu çalışmada incelenen en yüksek frekans, 11025 Hz'tir.
- Birim: Genlik için dB, süre için ms

Srt.	N. Genlik	Süre	N. Süre*
[ f ]	-23,94	127,86	37,5
[ θ ]	-22,50	131,68	37,0
[ s ]	-15,38	149,86	41,2
[ ʃ ]	-14,40	142,59	40,1
[ x ]	-20,17	138,59	38,8
[ h ]	-19,09	134,84	37,9
[ ḥ ]	-14,01	98,55	30,7

\*Ötümli sürtünmelilere ve [ ṣ ] sürtünmelisine ait olan değerler tabloya alınmamıştır. \*Çalışmamızla karşılaştırılabilir için verilen değerler 100 ile çarpılmıştır.

99

## Al-Khairy (2005) - II

- Arapça sürtünmelilerin ortalama spektral tepe yerleşim yeri (ST), spektral ağırlık merkezi (SAM), standart sapma (SS)\*, çarpıklık (ÇRP) ve basıklık (BSK) değerleri
- Birim: ST, SAM ve SS için Hz

Srt.	ST	SAM	SS*	ÇRP	BSK
[ f ]	7363	4802	2443	0,70	2,96
[ θ ]	7671	5266	2447	0,25	0,72
[ s ]	6958	5546	2095	0,44	1,05
[ ʃ ]	3502	3888	1900	1,33	2,38
[ x ]	3476	3652	2098	1,36	3,97
[ h ]	2434	2522	1565	2,42	9,79
[ ḥ ]	1751	2513	2105	1,76	4,56

\*Varyans olarak verilen değerlerin karekökü alınmıştır.

100

## Ertan ve Kopkallı-Yavuz (2012)\*†

- Ertan ve Kopkallı-Yavuz (2012), Türkçedeki üç ötüksüz sürtünmeliinin ([ f, s, ʃ ]) akustik özelliklerini araştırdıkları özet olarak yayınlanan çalışmalarında, sadece frekans aralıklarıyla ilgili rakamsal değerlere yer vermiştir:
  - [ f ]: 1500-10500 Hz
  - [ s ]: 3500-10800 Hz
  - [ ʃ ]: 1800-9400 Hz

\*Ertan, E. ve Kopkallı Yavuz, H. (2012). Acoustic properties of Turkish voiceless fricatives. Acoustics 2012, 13-18 Mayıs 2012, Hong Kong (Poster Bildiri). Özet, *The Journal of the Acoustical Society of America*'da yayınlanmıştır (131:4, 2012, s.3346).

†Ertan'ın doktora tezi olan bu çalışmanın 2011 yılında tamamlandığı bildirilmekte ise de (<https://academy.anadolu.edu.tr/xdisplay.asp?kod=0&acc=hyavuz>) 16.09.2012 tarihi itibarıyla tam metnine (veya özetine) ulaşamamıştır.

101

## Kılıç – Jongman ve ark. – Al-Khairy

Srt.	Parametre	Kılıç*	Jongman†	Al-Khairy
[ f ]	ST	7787	7733	7363
	SAM	7152	5108	4802
	ÇRP	-0,15	0,077	0,70
[ h ]	ST	1533	-	1751
	SAM	1177	-	2513
	ÇRP	4,94	-	1,76
[ s ]	ST	9242	6839	6958
	SAM	9304	6133	5546
	ÇRP	-0,79	-0,229	0,44
[ ʃ ]	ST	4330	3820	3502
	SAM	4777	4229	3888
	ÇRP	1,09	0,693	1,33

\*ST değerleri, 500 Hz yüksek geçiren filtrelemeden sonra ölçülmüştür.

†Ötümli sürtünmelileri de kapsamaktadır.

102

## Sonuç ve Öneriler

- Bu çalışmada, Türkçedeki ötümsüz sürtünmeli ünsüzlerin akustik özelliklerini araştırmak için Praat programına dayalı, kolay uygulanabilir bir yöntem geliştirilmiştir.
- Bu yöntemle Türkçedeki ötümsüz sürtünmelilerin akustik özellikleri ortaya konmuş, yöntemden kaynaklanan bazı farklılıklar olsa da incelenen sürtünmelilerin büyük ölçüde diğer dillerdeki sürtünmelilere benzediği gözlenmiştir.
- Bu konuda çalışma yapmak isteyen araştırmacılar için öneriler:
  - Benzer bir yöntemle ötümlü sürtünmelilerin de incelenmesi gerekir.
  - Sürtünmelilerin akustik özellikleriyle ilgili daha detaylı bilgi için tekrarlanan yalın kelimeler ve bağlantılı konuşma üzerinde ölçümler yapılması gerekir.
  - Verilerin karışık desenler için ANOVA ve diskriminant analizi gibi ileri istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak analiz edilmesi daha detaylı bilgiler verecektir.

103

## Seçilmiş Kaynaklar

1. Al-Khairy, M.A. (2005). *Acoustic characteristics of Arabic fricatives*. Basılmamış doktora tezi, Florida Üniversitesi, ABD.
2. Behrens, S.J. & Blumstein, S.E. (1988) Acoustic characteristics of English voiceless fricatives: A descriptive analysis. *Journal of Phonetics*, **16**, 295-298.
3. Fox, R.A. & Nissen, S.L. (2005). Sex-related acoustic changes in voiceless English fricatives. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* **48**, 753-765.
4. Jongman, A., Wayland, R. & Wong, S. (2000) Acoustic characteristics of English fricatives. *Journal of the Acoustical Society of America*, **108**, 1252-1263.

104

## Sabrınız ve ilginiz için teşekkürler

**Not:** Bu çalışma, 18-21 Eylül 2012 tarihleri arasında ODTÜ/Ankara'da düzenlenen 16. Uluslararası Türk Dilbilim Kurultayında sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

105