AĞIZ ARAŞTIRMALARINDA KONUŞMA SESLERİNİN FONETİK ÇÖZÜMLEME YÖNTEMLERİYLE BELİRLENMESİ

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

Fonetik Çözümleme: Niçin?

- Konuşma sesleriyle ilgili nesnel değerler ortaya koyar.
- İnsan kulağıyla ayırt edilemeyen pek çok özellik fonetik incelemeyle ortaya çıkarılabilir.
- Tekrarlayan ölçümlerde elde edilen değerler değişmez (kaydedilmiş belirli bir ses için).
- Aynı yöntemle yapılmış çalışmaları karşılaştırma imkanı verir.

2

Fonetik Çözümleme: Nerede ve Nasıl?

- Fonetik çözümleme, fonetik laboratuvarında ve akustik çözümleme yazılımları kullanılarak yapılmaktadır.
- Bilgisayar teknolojisindeki hızlı ilerlemeler sayesinde fonetik laboratuvarı kurmak hayal olmaktan çıkmıştır.

3

Mütevazı Bir Fonetik Laboratuvarı

1. seçenek:
- Mikrofon: Kapasitif (MXL 990)
- Ses arayüzü: Shure X2u
  - USB bağlantı kablosu (pakete dahil)
- Masaüstü mikrofon sehpası
- Mikrofon kablosu
- Dizüstü bilgisayar
- Ücretsiz yazılımlar:
  - Audacity (kayıt için)
  - Praat (analiz için)

2. seçenek:
- Mikrofon: Kapasitif , USB'den bağlanan (MXL USB.008)
- Ses arayüzü: İçinde
- Masaüstü mikrofon sehpası (pakete dahil)
- USB bağlantı kablosu (pakete dahil)
- Dizüstü bilgisayar
- Ücretsiz yazılımlar:
  - Audacity (kayıt için)
  - Praat (analiz için)

Ekim 2011 itibarıyla, 1. seçeneğin maliyeti 600 TL, 2. seçeneğin maliyeti 500 TL civarındadır.

4

Fon – Alofon – Fonem

- **Fon (ses)**: Fiziksel bir varlık olarak ele alınan konuşma sesi. Hiçbir fon diğerine benzemez.
- **Alofon (alt sesbirim, sesbirimcik)**: Bir fonemi gösteren ancak fonetik özellikleri birbirinden farklı olan fonların oluşturduğu alt gruplar.
- **Fonem (sesbirim)**: Bir dilde anlam ayırt etme özelliği olan ses ögesi

5

Fonetik Bilgi - Fonolojik Yorum - I

- Fonetik bilgi:
  - Konuşma sesleriyle ilgili nesnel değerler
  - Dile göre farklılık göstermez.
- Fonolojik yorum:
  - Farklı fonetik özelliklere sahip seslerin gruplandırılması
  - Dile göre farklılık gösterir.

6

Fonetik Bilgi - Fonolojik Yorum - II

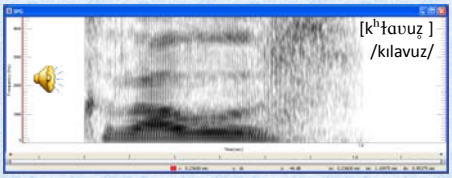
Örnek 1:

- Bilgi: 26 yaşında, 167 cm boyunda bir erkek
- Yorum:
  - Pigme: Uzun boylu
  - Türk: Orta boylu
  - Alman: Kısa boylu

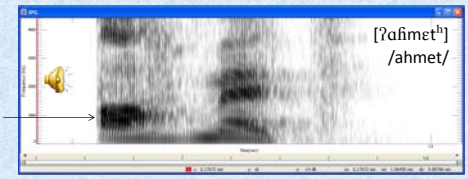
Örnek 2:

- Bilgi: ÖBZ değeri 10 ms olan çift dudak, ağız patlamalı ünsüzü
- Yorum:
  - İspanyol: /p/
  - İngiliz: /b/
  - Arap: /b/

Bir sesin fiziksel olarak var olmaması, bir fonetik özellik olabilir.



Bir sesin fiziksel olarak var olması, fonem olarak algılanması için yeterli değildir.

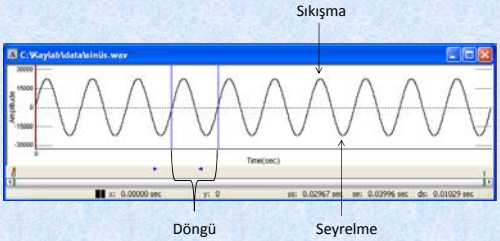


Temel Bilgiler

- Sesin tanımı
- Ses türleri:
  - Döngüsel (periyodik) ses
  - Döngüsel olmayan (aperiyodik) ses
- Rezonans
  - Formant
  - Karşı formant (antiformant)
  - Gürültü spektrumunda değişiklik

Ses

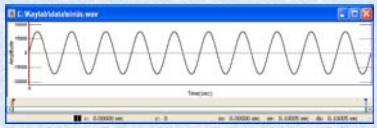
- Ses, sıkışma ve seyrelme şeklinde ilerleyen basınç dalgalarıdır.
- Döngü (periyot): Bir sıkışma-seyrelme süresi (birim: ms)
- Frekans (sıklık): Bir saniyedeki döngü sayısı (birim: Hz)



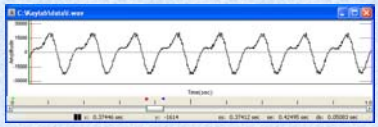
Döngüsel Sesler

- Saf ses: Sinüs dalgası
- Karmaşık ses: Çok sayıda sinüs dalgasının bir araya gelmesiyle oluşan ses (ünlüler, yarıünlüler)

Saf ses (100 Hz)



Karmaşık ses ([i])

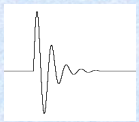


Döngüsel Olmayan Sesler

- Sürekli gürültü (sürtünmeli ünsüzler)
- Sönümlü ses (patlamalı ünsüzlerin patlama evresi)

Sürekli gürültü (beyaz)

Sönümlü ses



Temel Frekans ve Harmonikler

- İnsan sesi, bir temel frekans ile harmonik adı verilen bu temel frekansın katlarından oluşur.
- Temel frekans, ses kıvrımlarının bir saniyedeki titreşim sayısına eşittir.

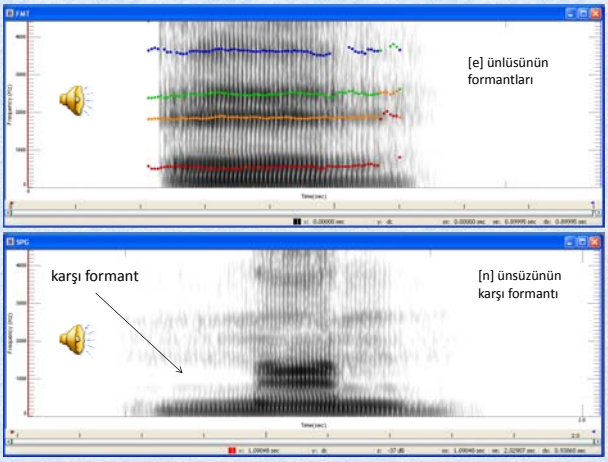
Ses kıvrımları düzeyindeki işlenmemiş sesin dar bant spektrogramında, en alttaki koyu çizgi temel frekansı, diğer çizgiler harmonikleri göstermektedir.

13

Rezonans

- Ötümün veya ses yolunda oluşan gürültünün frekans yapısının ses yolunun şekline bağlı olarak değişmesi
- Rezonansla ortaya çıkan akustik özellikler:
  - Formant: Bazı frekans bölgelerinde bir grup harmoniğin şiddetinin artması
  - Karşı formant: Burun ünsüzleri ve yan yaklaşmalı ünsüzün boğumlanması sırasında bir grup harmoniğin şiddetinin azalması
  - Gürültü spektrumunda değişiklik

14



Gürültü Spektrumunda Değişiklik

[s] [ş]

[ş] sesinde darlığın önünde kalan boşluk, [s] sesine göre daha büyük olduğu için, gürültü sesi daha düşük frekanslıdır.

16

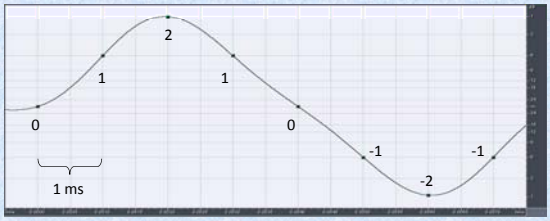
Sayısal Ses Kaydı

- Bir sesin bilgisayarda incelenebilmesi için sayısallaştırılması gerekir.
- Bu işlem üç aşamada gerçekleşir:
  1. Örnekleme
  2. Niceleme
  3. Kodlama

17

Örnekleme

- Analog bir sesten belirli aralıklarla örnek alma işlemi.
- Yatay çözünürlük
- Birim zamandaki örnek sayısı ne kadar fazla ise tiz sesler o kadar doğru kaydedilir.
- En sık kullanılan örnekleme hızı 44 100 Hz'tir.

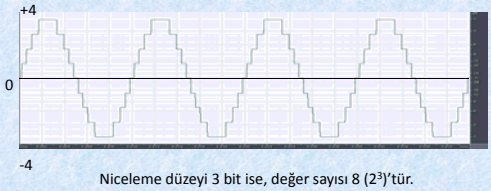


Bir saniyedeki örnek sayısı 1 000 ise örnekleme hızı 1 000 Hz'tir.

18

Niceleme

- Her örnek için, şiddet düzeyine göre farklı değerler atanması.
- Dikey çözünürlük
- Ara değerler alt veya üst değere yuvarlanır. Niceleme düzeyi ne kadar yüksekse yuvarlama işleminin yol açtığı hata o kadar azdır.
- En sık kullanılan niceleme düzeyi 16 bit (2^{16} yani 65 536)'dır.



Niceleme düzeyi 3 bit ise, değer sayısı 8 (2^3)'tür.

19

Kodlama

- Örnekleme ve niceleme ile belirlenen değerlerin sıralanarak bilgisayar tarafından okunabilecek bir dosyaya dönüştürülmesi

```
SAMPLES:    8
BITSPERSAMPLE:      2
CHANNELS:  1
SAMPLERATE:         1000
NORMALIZED:         FALSE
0
1
2
1
0
-1
-2
-1
```

txt formatında bir ses dosyası

20

Konuşma Kaydı ve Ön Hazırlık

- Yüksek kalitede bir mikrofon ve ses arayüzü kullanılarak gürültüsüz bir ortamda kayıt yapılmalıdır.
- Kayıt özellikleri:
  - 96 000 Hz örnekleme hızı (en az 44 100 Hz)
  - 24 bit niceleme düzeyi (en az 16 bit)
  - Tekli (mono)
- Dosya boyutu 2 GB'ın altında olmalıdır.
- Çözümleme öncesi hazırlık:
  - İncelenecek ses dosyalarının örnekleme hızının ve niceleme düzeyinin 44 100 Hz / 16 bit düzeyine düşürülmesi
  - Uzun ses dosyalarının kısa dosyalara dönüştürülmesi
  - Şiddet eşitleme

21

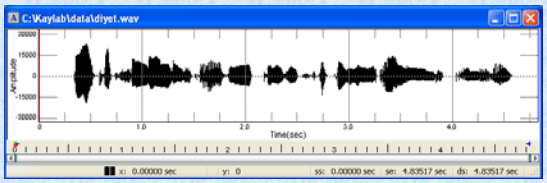
Akustik Fonetikte Görüntüleme Yöntemleri

- Dalga şekli (osilogram)
- Spektrogram
- Frekans eğrisi
- Şiddet eğrisi
- Çizgisel Öngörülü Kodlama (LPC)
- Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT)

22

Dalga Şekli (Osilogram)

- Zaman yatay eksende, şiddet dikey eksende gösterilir.
- Dalga şekline bakarak konuşma seslerinin başlama ve bitiş noktaları belirlenebilir.



23

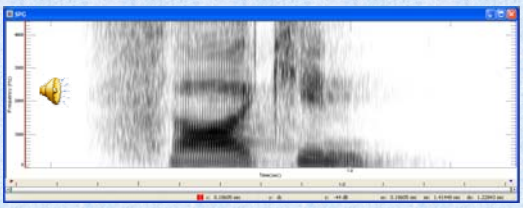
Spektrogram

- Sesin süre, frekans ve şiddet özelliklerini bir arada incelemeye yarayan bir çözümleme yöntemidir.
- Konuşma seslerinin sınırlarının belirlenmesinde en fazla kullanılan yöntemdir.
- Süre yatay eksende, frekans dikey eksende yer alır. Şiddet ise grinin tonlarıyla belirtilir.
- Frekans ve zaman çözünürlüğüne göre iki tür spektrogram vardır:
  - Geniş bant
  - Dar bant

24

Geniş Bant Spektrogram

- Frekans çözünürlüğü düşük, zaman çözünürlüğü yüksektir.
- Formantları incelemek için kullanılır.
- Formantlar yatay olarak uzanan siyah bantlar, ses kıvrımlarının titreşimi dikey çizgiler şeklinde görülür.

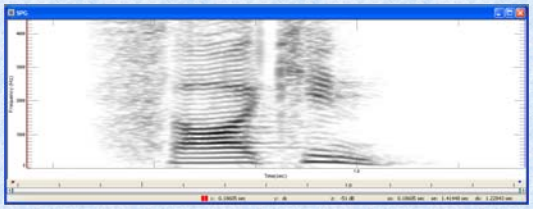


[sakin] kelimesinin spektrogramı (bant genişliği: 215 Hz)

25

Dar Bant Spektrogram

- Frekans çözünürlüğü yüksek, zaman çözünürlüğü düşüktür.
- Harmonikler yatay olarak uzanan ince çizgiler şeklinde görülür.
- Pratikte kullanımı sınırlıdır.

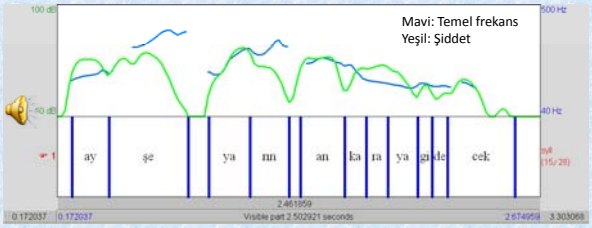


[sakin] kelimesinin spektrogramı (bant genişliği: 32 Hz)

26

Frekans ve Şiddet Eğrileri

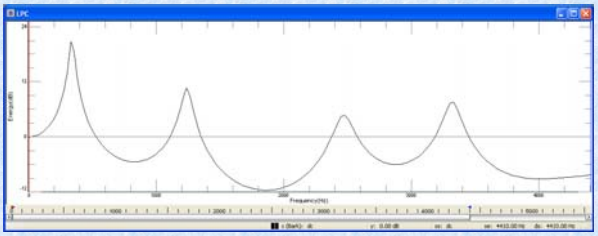
- Vurgu ve tonlama analizi için kullanılır.



27

Çizgisel Öngörülü Kodlama (LPC)

- Formantlar tepeler şekilde görülür.
- Tepe ne kadar sivri ise formantın bant genişliği o kadar azdır.

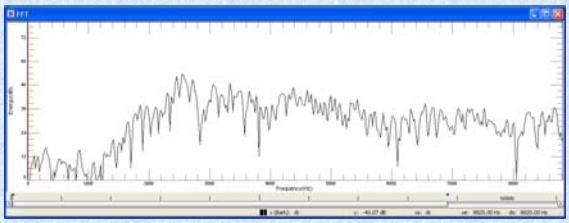


[ı] ünlüsünün LPC analizi

28

Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT)

- Kaydedilmiş sesin herhangi bir noktasındaki (seçilen pencere genişliğindeki) bir bölgenin frekans bileşenlerini gösterir.
- Frekans yatay eksende, şiddet dikey eksende gösterilir.
- Gürültü analizi için uygundur.



[ş] ünsüzünün FFT analizi

29

KONUŞMA SESLERİNİN ANALİZİ (SEGMENTAL ANALİZ)

30

Konuşma Sesleri (Fonlar)

Tınlamalılar
- Ünlüler: a, ince a; e, kapalı e; ı; i; o; ö; u; ü
- Ünsüzler:
  - Yarıünlüler: ğ; y
  - Yan yaklaşmalı ünsüz: l (ince-kalın) — Akıcılar
  - Orta yaklaşmalı r — r grubu
  - Çok çarpmalı r — r grubu
  - Tek çarpmalı r — r grubu
  - Burun ünsüzleri: m; n, damak n'si (ince-kalın)

Tıkanmalılar
- Patlamalı ünsüzler: p,b; t,d; k,g (ince-kalın)
- Sürtünmeli ünsüzler: f; v; s; z; ş; j; h; sürtünmeli r
- Patlamalı-sürtünmeli ünsüzler: ç; c

31

Ünlüler

- Yüksek enerjiye sahip konuşma sesleridir. Kolay analiz edilir ve tanınırlar.
- Ünlü türleri:
  - Saf ünlü
  - İkili ünlü (diftong)
- Akustik özellikleri:
  - Temel frekans
  - Formantlar
  - Süre

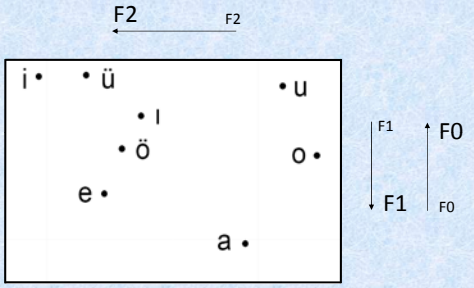
32

Ünlülerin Özellikleri

- İnce-kalın (ön-arka): F2 değeri kalın ünlülerde düşük, ince ünlülerde yüksek
- Dar-geniş (kapalı-açık): F1 değeri dar ünlülerde düşük, geniş ünlülerde yüksek
- Yuvarlak-düz: Yuvarlak ünlülerde F2 değeri daha düşük olmakla birlikte ünlünün yuvarlak olup olmadığına akustik analizle karar vermek güçtür.
- Uzun-kısa: Uzunluğun anlam değiştirici özelliği olabilir.

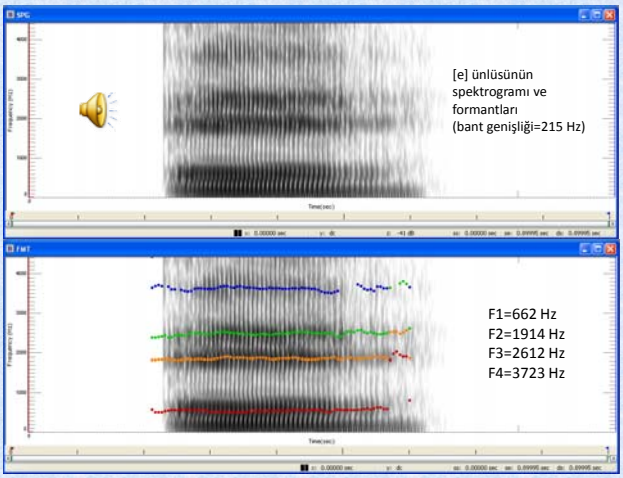
33

Ünlü Dörtgeni



Kaynak: Kılıç, M.A., "Türkiye Türkçesi'ndeki ünlülerin sesbilgisel özellikleri", *Studies in Turkish Linguistics*, 3-18, Boğaziçi University Press, İstanbul, 2003.

34



Ünsüzler

- Ses yolunun daralması ve kapanması sonucu çıkan konuşma sesleridir.
- Ünlülere oranla enerjileri daha düşük ancak anlam taşıyıcı özellikleri daha fazladır.

36

Ünsüzlerin Sınıflandırılması

- Hava akımı mekanizmasına göre:
  - Akciğer kaynaklı
  - Akciğer kaynaklı olmayan
- Boğumlanma noktasına göre
- Boğumlanma şekline göre
- Ses kıvrımlarının titreşim durumuna göre:
  - Ötümlü
  - Ötümsüz

37

Boğumlanma Noktasına Göre Sınıflandırma

- Çift dudak: p, b, m
- Diş-dudak: f, v
- Dişlerarası: θ, ð
- Diş: t, d, n
- Dişeti: s, z, r, l (ince-kalın)
- Dişeti ardı: ş, j, ç, c
- Sert damak: ince k, ince g, ince damak n'si, y
- Yumuşak damak: k, g, ğ, kalın damak n'si, x, ɣ
- Küçük dil: χ, ʁ
- Yutak: ħ, ʕ
- Gırtlak: h, ötümlü h, ʔ

38

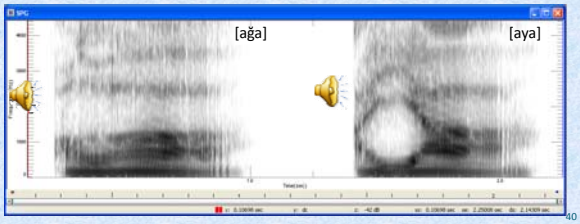
Boğumlanma Şekline Göre Sınıflandırma

- Yarıünlü: ğ, y
- Yan yaklaşmalı: l (ince-kalın)
- r grubu (çok/tek çarpmalı, orta yaklaşmalı, sürtünmeli)
- Burun: m, n, damak n'si (ince-kalın)
- Patlamalı: p, b, t, d, ince k, ince g, k, g, ʔ
- Sürtünmeli: f, v, s, z, ş, j, x, ɣ, χ, ʁ, ħ, ʕ, h, ötümlü h
- Patlamalı-sürtünmeli: ç, c

39

Yarıünlüler

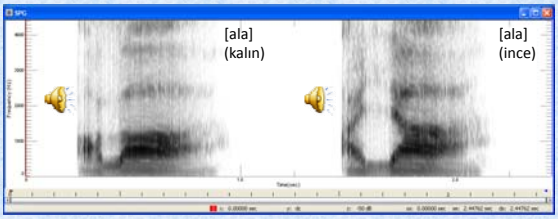
- Akustik açıdan dar ünlülere benzer:
  - ğ ≈ ı
  - y ≈ i
- Ünlülere göre daha kısadır.
- Hızlı formant geçişleri görülür.



40

Yan Yaklaşmalı Ünsüz

- İnce ve kalın alofonların arasındaki fark kalın l'nin boğumlanması sırasında dil kökünün yükselmesidir (ikincil boğumlanma).
- Akustik özellikler:
  - İnce l: Düşük F1, yüksek F2
  - Kalın l: Yüksek F1, düşük F2
  - F2-F3 arasında karşı formant



41

r Grubu

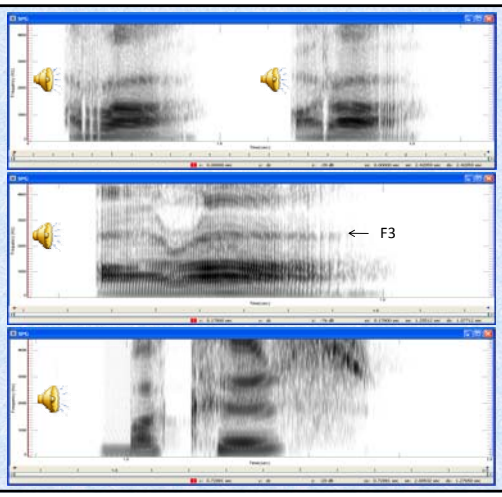
- Çok çarpmalı: 3-5 adet enerji azalması bölgesi
- Tek çarpmalı: 1 adet enerji azalması bölgesi
- Orta yaklaşmalı: Genellikle hece sonlarında görülür.
  - Akustik özellikleri:
    - Düşük F3 değeri
    - Hızlı F3 hareketi
- Sürtünmeli: Orta yaklaşmalı r'nin ötüm kaybetmesiyle oluşur.

42

Çok ve tek çarpmalı r

Orta yaklaşmalı r

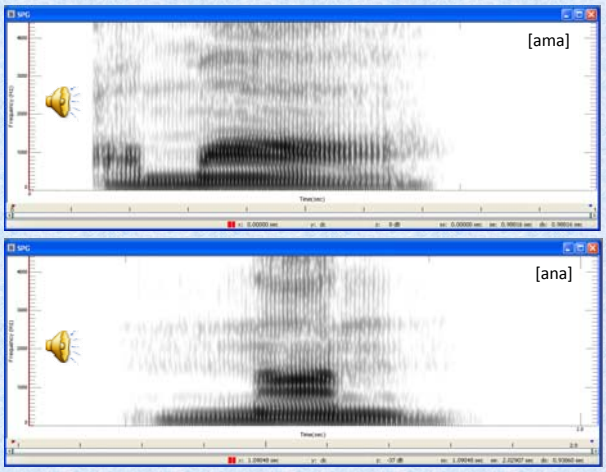
Sürtünmeli r



Burun Ünsüzleri

- Ünlülere çok benzer, aralarındaki fark enerjilerinin düşük olmasıdır.
- Akustik özellikleri:
  - Formantların zayıflamasına bağlı olarak bant genişlikleri artar.
  - Burun formantları (N1-N4):
    - En önemlisi N1 (250-300 Hz civarında)
  - Karşı formant: Şiddetin ileri derecede azaldığı bölgeler
  - Formant geçişi: Boğumlanma noktasına göre değişir.

44



Patlamalı Ünsüzler

- Ünsüzün hece içindeki pozisyonuna göre farklı evreleri vardır.
- Ünlü öncesi:
  - Kapanma evresi: Bazen çarpma sesi duyulabilir.
  - Kapalı evre: Sessizlik, ötümlü patlamalılarda ötüm çubuğu
  - Açılma evresi:
    - Patlama (sönümlü ses)
    - Sürtünme
    - Üfleme: Gırtlakta oluşan sürtünme sesi, [h] sesine benzer.
  - Formant geçişi
- Ünlü sonrası:
  - Formant geçişi
  - Kapanma evresi
  - Kapalı evre
  - Açılma evresi: Gerçekleşmeyebilir.
    - Patlama
    - Sürtünme
    - Üfleme

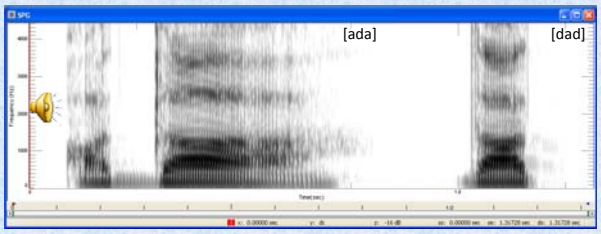
46

Patlamalıların Akustik Özellikleri

- Patlama sesinin spektrumu:
  - Çift dudak: Düşük frekans
  - Diş/dişeti: Yüksek frekans
  - Sert/yumuşak damak: Orta frekans (F2, F3 civarı)
- Formant hareketleri (F2 çıkış noktası): Boğumlanma noktasına göre değişir.
- Ötüm Başlama Zamanı (ÖBZ):
  - Patlama ile ses kıvrımlarının titreşmeye başlama zamanı arasındaki ilişkiyi gösterir.
    - Patlama ile ötüm eş zamanlı başlıyorsa ÖBZ = 0
    - Ötüm önce başlıyorsa ÖBZ değeri (–)
    - Ötüm daha sonra başlıyorsa ÖBZ değeri (+)
  - Ötümlü patlamalılarda ÖBZ değeri (–), 0 veya küçük (+)'dır.
  - Ötümsüz patlamalılarda ÖBZ, büyük (+) bir değerdir.

47

F2 Çıkış Noktası ve ÖBZ



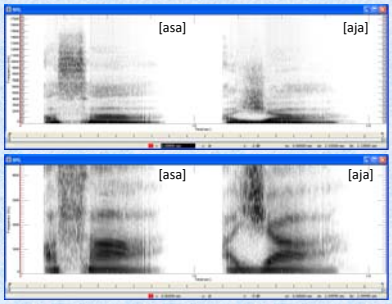
- "ada" için F2 çıkış noktası = 1248 Hz
- "dad" için ÖBZ = -24 saniye

48

Sürtünmeli Ünsüzler

- Islıksı sürtünmeliler: Şiddetleri ve frekansları yüksektir. Tanınmalarında frekans yapısı ön plandadır.
  - Dişeti
  - Dişeti ardı
- Islıksı olmayan sürtünmeliler: Tanınmalarında formant hareketi daha önemlidir.
  - Diş-dudak
  - Gırtlak

49



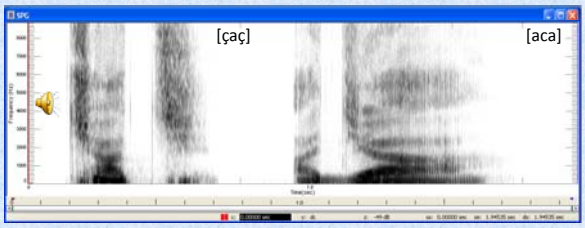
- [s] sesinde yüksek frekans bölgesinde enerji yoğunlaşması
- [j] sesinde ötüm (çubuğu) ve F2-F3 birleşmesi

(Üstte 0-18 000 Hz, altta 0-5 000 Hz arası frekanslar görünmektedir.)

50

Patlamalı-Sürtünmeliler

- Hem patlamalıların hem de sürtünmelilerin özelliklerini taşırlar.
- Sürtünme süresi, sürtünmeli ünsüzlerinkinden daha kısadır.



51

PROZODİ ANALİZİ (SUPRASEGMENTAL ANALİZ)

52

Prozodi
(Suprasegmental Özellikler)

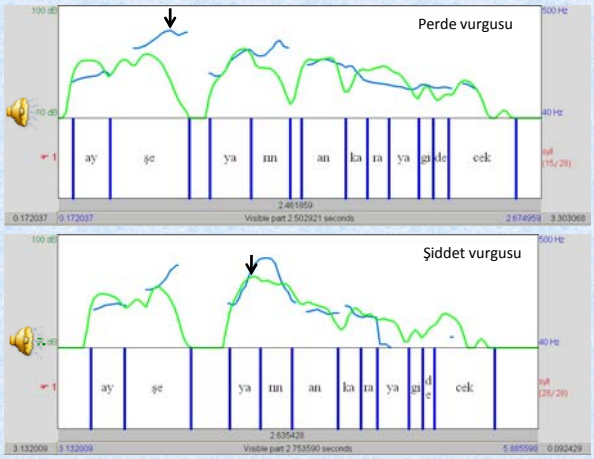
- Vurgu:
  - Perde vurgusu
  - Şiddet vurgusu
- Ton
- Tonlama (ezgi)
- Süre (ritm) özellikleri:
  - Segment süresi
  - Boşluk süresi
  - Konuşma hızı

53

Vurgu

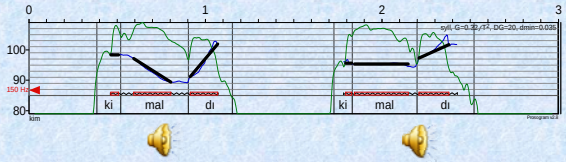
- Cümle içinde bir kelimeyi veya kelime içinde bir heceyi öne çıkarmak amacıyla bazı hecelerin daha belirgin söylenmesi
- Vurgu algısına katkıda bulunan akustik özellikler:
  - Perde incelmesi
  - Şiddet artışı
  - Süre uzaması
- Vurgu düzeyi:
  - 1. derece vurgu
  - 2. derece vurgu
  - Vurgusuz

54



Tonlama (Ezgi)

- Cümle boyunca perdenin incelip kalınlaşması
- Anlamı değiştirebilir.
- Fonetik karşılığı:
  - Perde değişikliği



Süre (Ritm) Özellikleri

- Segment süresi (ve ortalaması, standart sapması):
  - Çift ünlü veya ünsüz
  - Ses olaylarına bağlı ünlü uzaması
  - Vurgu
- Duraklama süresi:
  - Ulama: Kelimeler arasında aralık olmaması
  - Kavşak: Kelimeler veya heceler arasında kısa süreli duraklama
  - Prozodik sınır: Kelime gruplarını (prozodik cümle) birbirinden ayıran uzun süreli duraklama
    - Zayıf sınır (virgül)
    - Güçlü sınır (nokta)
- Konuşma hızı = hece sayısı / toplam süre (saniye)

(Duraklamalar değerlendirmeye dahil edilmeyecektir.)

"Ağız araştırmaları için özelleştirilmiş Praat programı" ile uygulama

Bu çalışma, 27-29 Ekim 2011 tarihleri arasında Edirne'de yapılmış olan "4. Uluslararası Türkiye Türkçesi Ağız Araştırmaları Çalıştayı"nda sunulmuştur.