



Digital Speech Processing

به نام خدا



گروه هوش مصنوعی، دانشکده مهندسی
کامپیوتر

گفتار پردازشی رقمی

ساختار زبان گفتاری

حمیدرضا برادران کاشانی

پاییز ۱۴۰۱



سرفصل مطالب

❖ تعریف صدا (Sound)

❖ تعریف زبان شناسی

❖ تعریف آواشناسی

❖ تعریف واج شناسی

❖ واج، آوا و واج گونه

❖ انواع نگارش گفتار

❖ خط آوانگار

Hamidreza Baradaran Kashani



سرفصل مطالب

- ❖ سیستم تولید گفتار
- ❖ دسته بندی واج های زبان
- ❖ واج های واکدار و بیواک
- ❖ واکه ها و همخوان ها
- ❖ دسته بندی همخوان ها و دسته بندی واکه ها
- ❖ مختصه های تولید ثانویه همخوان ها و واکه ها
- ❖ فرمنت و اسپکتروگرام
- ❖ هجا

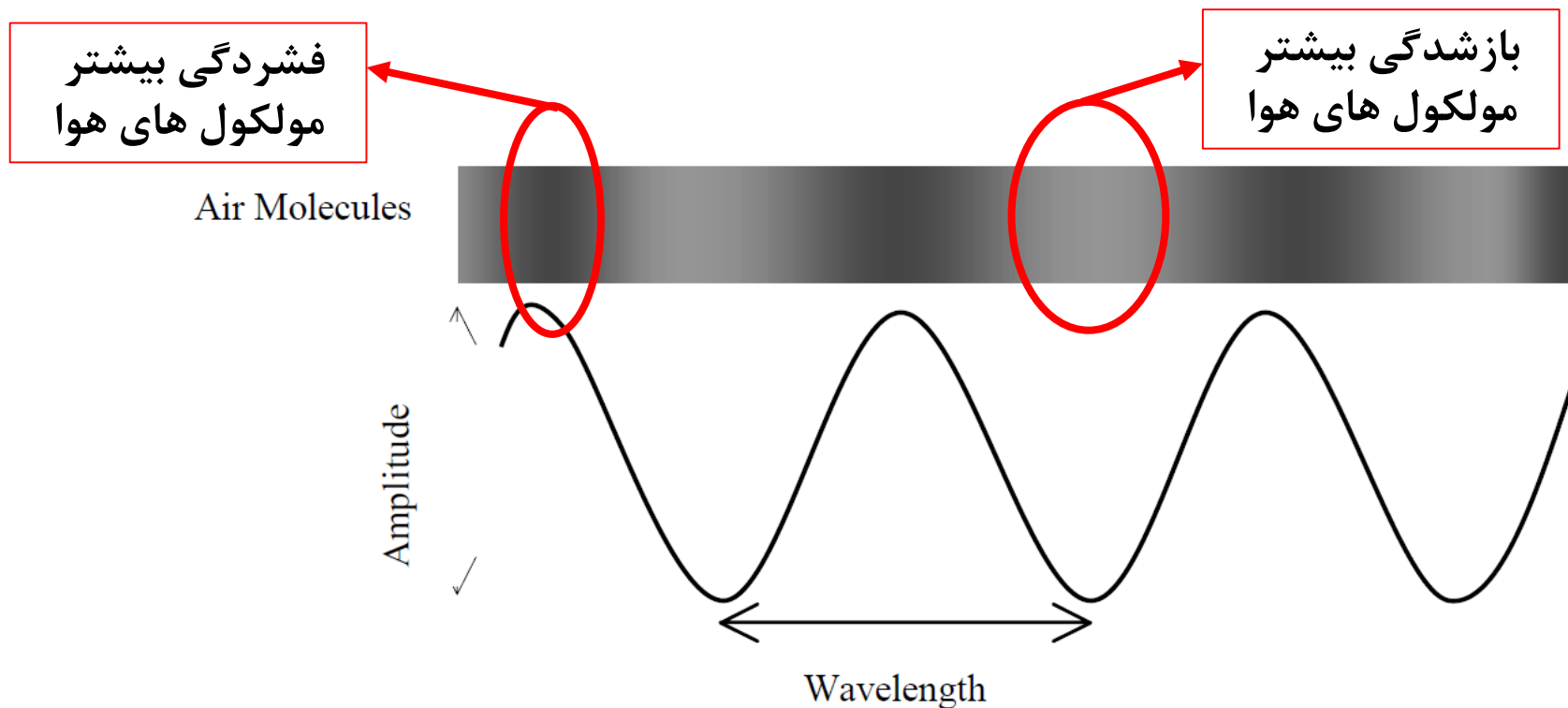
Hamidreza Baradaran Kashani



تعریف صدا و انواع آن

❖ تعریف صدا (Sound)

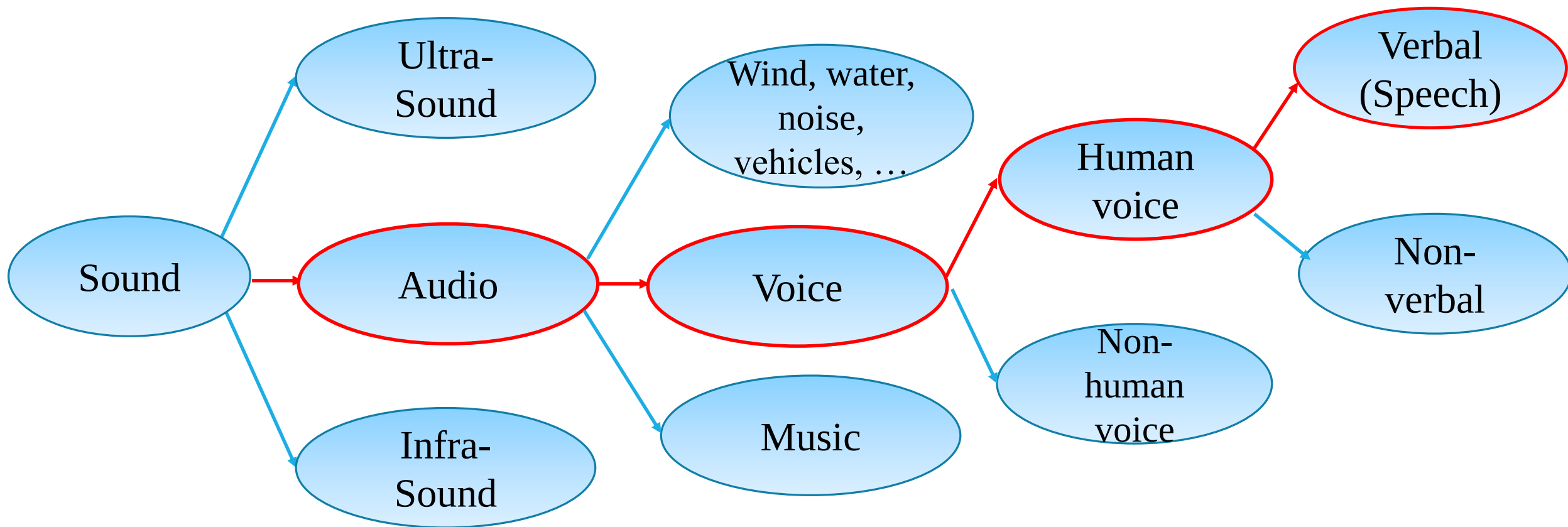
❖ موجی که در اثر حرکت مولکول های هوا (فشاردگی و بازشدگی مولکول های هوا) بوجود می آید.



Hamidreza Baradaran Kashani



تعريف صدا و انواع آن



Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی صدا

❖ دسته ۱: مادون صوت (فروصوت) یا Infrasound

- ❖ صداهایی که فرکانس آنها کمتر از حد پایین شنوایی انسان یعنی ۲۰ هرتز است و انسان آنها را نمی شنود.
- ❖ مثلاً برخی از امواج زلزله در این گروه قرار می گیرند و برخی از حیوانات مانند زرافه آنها را می شنوند.

❖ دسته ۲: مافوق صوت (فراصوت) یا Ultrasound

- ❖ صداهایی که فرکانس آنها بیشتر از حد بالای شنوایی انسان یعنی ۲۰ کیلوهرتز است و انسان آنها را نمی شنود.
- ❖ خفاش ها و برخی از دلفین ها از این صدا برای حرکت استفاده می کنند.
- ❖ در دستگاه سونوگرافی از همین امواج استفاده میشود.



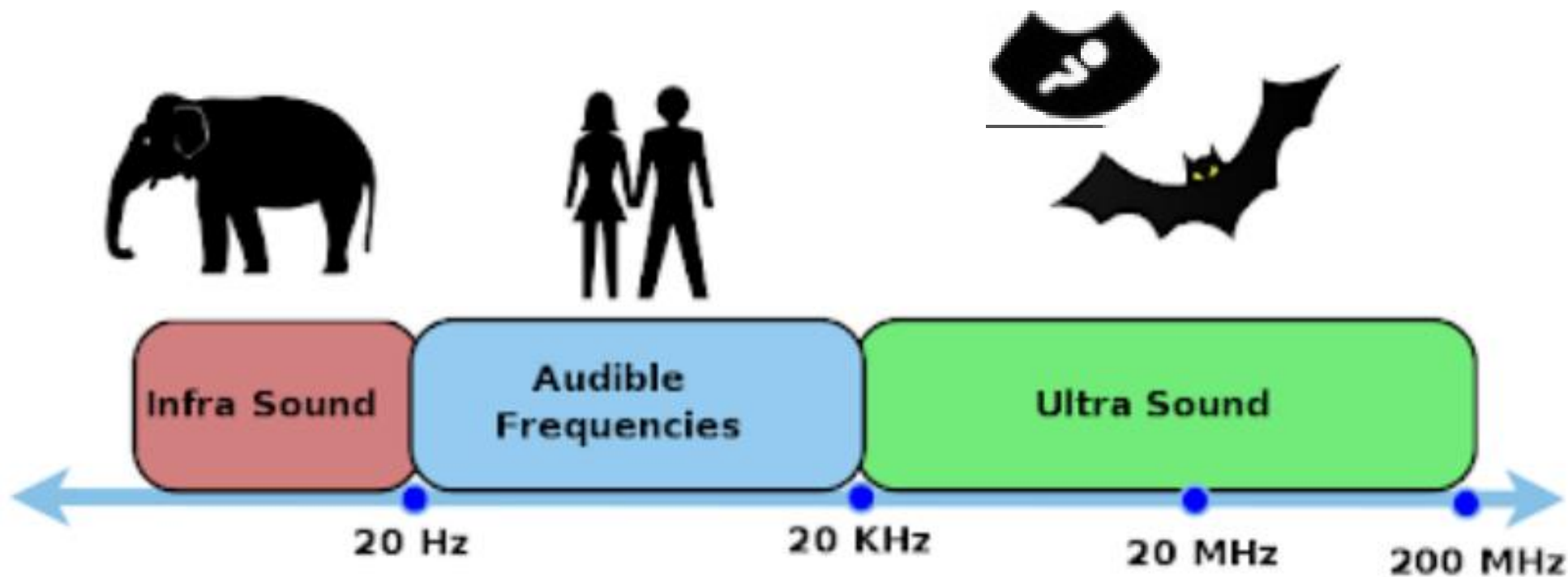
❖ دسته ۳: صوت در محدوده شنوایی انسان (Audio or Audible)

- ❖ صداهایی که فرکانس آنها در رنج شنیداری انسان است یعنی بین ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلوهرتز

Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی صدا



Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی Audio یا سیگنالهای شنیداری

❖ موسیقی (Music)

❖ Classic, Rock, Jazz و ...

❖ صداهای محیطی (Environmental Sounds)

❖ صداهای طبیعی مثل صدای آب، باد، ...

❖ صداهای مصنوعی مثل صدای وسایل نقلیه، صدای بوق و انواع نويزها

❖ صدای اکثر موجودات زنده (Voice)

❖ صدای اکثر حیوانات

❖ صدای انسان ها

❖ کلامی (verbal) که به آن Speech می گوییم.

❖ غیر کلامی مثلاً صدای خنده و گریه



Hamidreza Baradaran Kashani



زبان شناسی

❖ زبان

❖ یک پدیده مجرد و غیرمادی است و زبان‌شناسان آن را مجموعه‌ای پیچیده از نظام‌های مجرد و ذهنی تعریف می‌کنند که جز توانایی‌های مغز انسان به شمار رفته و برای ارتباط بین افراد بشر به کار می‌رود.

❖ زبان شناسی

❖ دانشی است که زبانها و قواعدی را که در زبانها برای تولید گفتار و برقراری ارتباطات گفتاری وجود دارند را مورد مطالعه قرار می‌دهد.

□ همین نظام قاعده‌هاست که به او امکان می‌دهد که حتی معنی جمله‌هایی را که هرگز پیشتر نشنیده و برایش کاملاً جدید است را درک نماید و یا هر بار جمله‌ای تازه تولید نماید.

Hamidreza Baradaran Kashani



زبان شناسی

❖ زبان نوشتاری

✓ زبانی که با آن می نویسیم

✓ واحد پایه: نویسه/حروف (Alphabet,)
(Letter, Character)

○ فارسی: ۳۲ حرف

○ انگلیسی: ۲۶ حرف

❖ زبان گفتاری

✓ زبانی که با آن صحبت می کنیم

✓ واحد پایه: آوا / واج (Phone/Phoneme)

○ فارسی: ۲۹ واج

○ انگلیسی: ۴۱ واج

❖ گفتار در انتقال زبان دقیقتر از نوشتار است.

❖ پیدایش زبان گفتاری خیلی قبل تر از زبان نوشتاری بوده است.

Hamidreza Baradaran Kashani



آواشناسی

❖ تعریف

- ❖ دانشی است که موضوع مطالعه آن تولید آوا در انسان خصوصا شرح، دسته بندی و آوانگاری گفتاری باشد.
- ❖ مطالعه و توصیف علمی آواهای زبان

❖ اهداف آواشناسی

- آواهای زبان چگونه تولید می شوند.
- در تولید آن ها چه اندام هایی بکار می روند.
- طبیعت فیزیکی آن ها چیست.
- چه عوامل فیزیکی موجب می شوند که یک آوای زبانی متفاوت از آوای زبانی دیگری بشود.
- آواها چگونه درک می شوند (دریافت).
- آواها در ترکیب با هم دستخوش چه تغییراتی می شوند و چگونه این تغییرات حاصل می شود.
- پس در آواشناسی مراد **شناخت آوا از نظر تولید، ذات فیزیکی و دریافت آن** است.

Hamidreza Baradaran Kashani



واج شناسی

❖ تعریف

❖ یکی از شاخه های زبانشناسی است که به مطالعه نظام صوتی بین آواها، نقش اصوات و قواعد حاکم بر آواها می پردازد.

❖ اهداف واج شناسی

- واج شناسی مطالعه نظام صوتی است و کاری با نحوه تولید، ذات فیزیکی و شیوه دریافت آواها ندارد (بر خلاف آواشناسی)
- در یک زبان خاص، هر آوائی چه نقشی بر عهده دارد.
- کدام آوا چنانچه در یک بافت صوتی خاص به جای آوای دیگری بکار رود موجب یک تغییر زبانی می شود، مثلاً "معنی را عوض میکند مثل باد و بید و کدام یک از آواها چنانچه به جای آوای دیگری بکار رود، تغییری بوجود نمی آید و تنها موجب اختلال در تلفظ میشود مثل گوشت و گوشت"
- ترکیبهای ممکن صوتی یک زبان و قواعد ترکیب را بررسی می کند.

Hamidreza Baradaran Kashani



واج، آوا و واج گونه

❖ واج (Phoneme)

- واحدهای اساسی انتزاعی که به لحاظ تئوری برای انتقال معانی در یک زبان نیاز است را فونم یا واج گویند.
- کوچکترین جزء در هر زبان است (بدون توجه به مشخصات فیزیکی آن)

❖ آوا (Phone)

- بر خلاف واج ها که واحدهای اساسی لازم برای بیان و انتقال معانی در یک زبان بگونه ای تئوریک بودند، آواها صداهای واقعی هستند که حین صحبت تولید می شوند.
- در نظر گرفتن واج به همراه مشخصات فیزیکی یا سیگنالی آن

❖ واج گونه (Allophone)

- حالت‌های مختلف تلفظ یک واج

Hamidreza Baradaran Kashani



واج، آوا و واج گونه

❖ واج گونه (Allophone) – ادامه

- مثلاً واج /b/ را در نظر بگیرید که می‌توان برای این تک واج، دو واج گونه مختلف داشت:
- واج گونه $\underline{b}$ (بدون انجام): وقتی که b قبل از m و p بیاید مثلاً "شب پره"
- واج گونه $\bar{b}$ (بدون آمادگی): وقتی که b پس از m و p بیاید مثلاً "توپ بازی"



انواع نگارش گفتار

❖ نگارش املائی:

○ نگارش گفتار به کمک الفبای معمولی آن زبان را نگارش املائی گویند

○ واج نویسی (Phonemic Transcription):

○ نگارش گفتار توسط مجموعه ای از علائم که بیانگر واج ها باشند.

○ در واج نویسی نشانه را بین دو علامت / / قرار می دهند.

○ واج نویسی: نوشتن واج های ادا شده بدون توجه به مشخصات فیزیکی و بدون توجه به واج گونه

❖ آوانویسی (Phonetic Transcription):

○ نگارش گفتار توسط مجموعه ای از علائم حرفی و نشانه های زیر و بمی که بیانگر واجگونه ها باشند.

○ در آوانویسی نشانه یا نشانه های آوا یا آواها را بین دو علامت [] قرار می دهند.

○ واج گونه ها در آوانویسی مشخص می شوند.

Hamidreza Baradaran Kashani



انواع نگارش گفتار

❖ مثال: "نوح از دست پسرش دق کرد:

○ عبارت "دق کرد"

○ واج نویسی: *deq kard*

○ آوانویسی: *dex kard* یا *deq kar*

❖ مثال: "توپ بازی"

○ واج نویسی: *t u p b â z i*

○ آوانویسی: *t u p b̄ â z i*

Hamidreza Baradaran Kashani



لزوم استفاده از خط آوا نگار

- ❖ برای آوانویسی نیاز به یک دستگاه الفبایی آوایی نیاز داریم که به آن **خط آوانگار** می گویند.
- ❖ با الفبای موجود این امکان وجود ندارد چرا که الفبای موجود دارای کمبودهایی است که از عهده تلفظ دقیق زبانها بر نمی آید.

❖ نمونه هایی از کمبود الفبای موجود:

- ❖ یک آوا ممکن است با چند نشانه نوشته شود:
 - مثلاً آوای [z] در فارسی که بصورت های ز، ذ، ض و ظ نوشته می شود.
- ❖ ممکن است چند آوا با یک نشانه نوشته شوند:
 - مثلاً در زبان فارسی آواهای [v]، [o] و [u] را همه با نشانه "و" می توان نوشت مثلاً کلمات نوار، نو و رود.
 - یا در انگلیسی آواهای [s] و [k] را می توان با نشانه "c" نوشت: **can**، **re**ceive، **e**scape

Hamidreza Baradaran Kashani



لزوم استفاده از خط آوا نگار

❖ گاهی ترکیب چند نشانه برای نمایش یک آوا بکار می رود:

○ مثلا در فارسی اغلب ترکیب "خ" و "و" برای آوای [x] استفاده می شود (مثلا واژه ی خواهر)

❖ ممکن است دو آوای متوالی با یک نشانه نوشته شوند:

○ مثلا توالی آواهای [k] و [x] در کلمه box

❖ گاهی یک یا چند آوا در نوشتار توصیف نمی شوند:

○ مثلا آواهای [a] ، [e] و [o] در کلمات فارسی نشانه ای ندارند: در، مهر، پر و ..



الفبای آوانویسی

❖ الفبایی را که با آن بتوان تلفظ دقیق گفتار را نشان داد خط یا الفبای آوانگار می گویند.

❖ دو دسته الفبای آوانگاری رایج:

❖ **IPA (International Phonetic Alphabet)**

❖ عمدتاً از نشانه های یونانی و یا لاتین برای هر آوا استفاده کرده است.

❖ در برخی موارد برای نشان دادن تفاوت های آوایی جزئی از نشانه های زیر و زبری استفاده کرده است

❖ **SAMPA**

❖ از آوانگاری با کدهای اسکی استفاده می کند.

❖ ارایه روشی برای نمایش فونتیکی تمام زبانهای رایج دنیا

Hamidreza Baradaran Kashani



IPA

IPA	Char	Code	Farsi Letter	Phonetic Description
I	i	105	ای	high front unrounded
e	e	101	ا	mid front unrounded
a	a	97	آ	low front unrounded
u	u	117	او	high back rounded
o	o	111	أ	mid back rounded
/	/	47	ا	low back rounded
\	\	92	پ	unvoiced bilabial plosive closure
p	p	112	پ	unvoiced bilabial plosive
`	`	96	ب	voiced bilabial plosive closure
b	b	98	ب	voiced bilabial plosive
-	-	45	ت، ط	unvoiced alveolar plosive closure
t	t	116	ت، ط	unvoiced dental plosive
=	=	61	د	voiced dental plosive closure
d	d	100	د	voiced dental plosive
@	@	64	ک	unvoiced palatal plosive closure
c	c	99	ک	unvoiced palatal plosive
*	*	42	ک	unvoiced velar plosive closure
k	k	107	ک	unvoiced velar plosive
!	!	33	گ	voiced palatal plosive closure
;	;	59	گ	voiced palatal plosive
&	&	38	گ	voiced velar plosive closure

حالت ۴۴ واجی

Hamidreza Baradaran Kashani



IPA

g	g	103	گ	voiced velar plosive
ʌ	ʌ	94	ق، غ	voiced uvular plosive closure
q	q	113	ق، غ	voiced uvular plosive
(	(	40	أ، و، ع	glottal stop closure
]	]	93	أ، و، ع	glottal stop
\$	\$	36	ج	unvoiced alveopalatal affricate closure
'	'	39	ج	unvoiced alveopalatal affricate
#	#	35	ج	voiced alveopalatal affricate closure
,	,	44	ج	voiced alveopalatal affricate
f	f	102	ف	unvoiced labiodental fricative
v	v	118	و	voiced labiodental fricative
s	s	115	س، ث، ص	unvoiced alveolar fricative
z	z	122	ز، ذ، ظ، ض	voiced alveolar fricative
.	.	46	ش	unvoiced alveopalatal fricative
[	[	91	ژ	voiced alveopalatal fricative
x	x	120	خ	unvoiced uvular fricative
h	h	104	ه، ح	unvoiced glottal fricative
l	l	108	ل	lateral alveolar
r	r	114	ر	trill alveolar
m	m	109	م	nasal bilabial
n	n	110	ن	nasal alveolar
y	y	121	ي	approximant palatal

حالت ۴۴ واجی

Hamidreza Baradaran Kashani



SAMPA

SAMPA		IPA		Unicode		label and exemplification
symbol	ASCII			hex	dec.	
Vowels						
A	65	ɑ	script a	0251	593	open back unrounded, Cardinal 5, Eng. <i>start</i>
{	123	æ	ae ligature	00E6	230	near-open front unrounded, Eng. <i>trap</i>
6	54	ɐ	turned a	0250	592	open schwa, Ger. <i>besser</i>
Q	81	ɒ	turned script a	0252	594	open back rounded, Eng. <i>lot</i>
E	69	ɛ	epsilon	025B	603	open-mid front unrounded, C3, Fr. <i>même</i>
@	64	ə	turned e	0259	601	schwa, Eng. <i>banana</i>
3	51	ɜ	rev. epsilon	025C	604	long mid central, Eng. <i>nurse</i>
I	73	ɪ	small cap i	026A	618	lax close front unrounded, Eng. <i>kit</i>
O	79	ɔ	turned c	0254	596	open-mid back rounded, Eng. <i>thought</i>
2	50	ø	o-slash	00F8	248	close-mid front rounded, Fr. <i>deux</i>
9	57	œ	oe ligature	0153	339	open-mid front rounded, Fr. <i>neuf</i>
&	38	æ	s.c. OE lig.	0276	630	open front rounded
U	85	ʊ	upsilon	028A	650	lax close back rounded, Eng. <i>foot</i>
}	125	ʉ	barred u	0289	649	close central rounded, Swedish <i>sju</i>
V	86	ʌ	turned v	028C	652	open-mid back unrounded, Eng. <i>strut</i>
Y	89	ɹ	small cap Y	028F	655	lax [ɹ], Ger. <i>hübsch</i>

Hamidreza Baradaran Kashani



SAMPA

Consonants					
B	66	β	beta	03B2 946	voiced bilabial fricative, Sp. <i>cabo</i>
C	67	ç	c-cedilla	00E7 231	voiceless palatal fricative, Ger. <i>ich</i>
D	68	ð	eth	00F0 240	voiced dental fricative, Eng. <i>then</i>
G	71	ɣ	gamma	0263 611	voiced velar fricative, Sp. <i>fuego</i>
L	76	ʎ	turned y	028E 654	palatal lateral, It. <i>famiglia</i>
J	74	ɲ	left-tail n	0272 626	palatal nasal, Sp. <i>año</i>
N	78	ŋ	eng	014B 331	velar nasal, Eng. <i>thing</i>
R	82	ʀ	inv. s.c. R	0281 641	vd. uvular fric. or trill, Fr. <i>roi</i>
S	83	ʃ	esh	0283 643	voiceless palatoalveolar fricative, Eng. <i>ship</i>
T	84	θ	theta	03B8 952	voiceless dental fricative, Eng. <i>thin</i>
H	72	ɥ	turned h	0265 613	labial-palatal semivowel, Fr. <i>huit</i>
Z	90	ʒ	ezh (yogh)	0292 658	vd. palatoalveolar fric., Eng. <i>measure</i>
?	63	ʔ	dotless ?	0294 660	glottal stop, Ger. <i>Verein</i> , also Danish <i>stød</i>

Hamidreza Baradaran Kashani

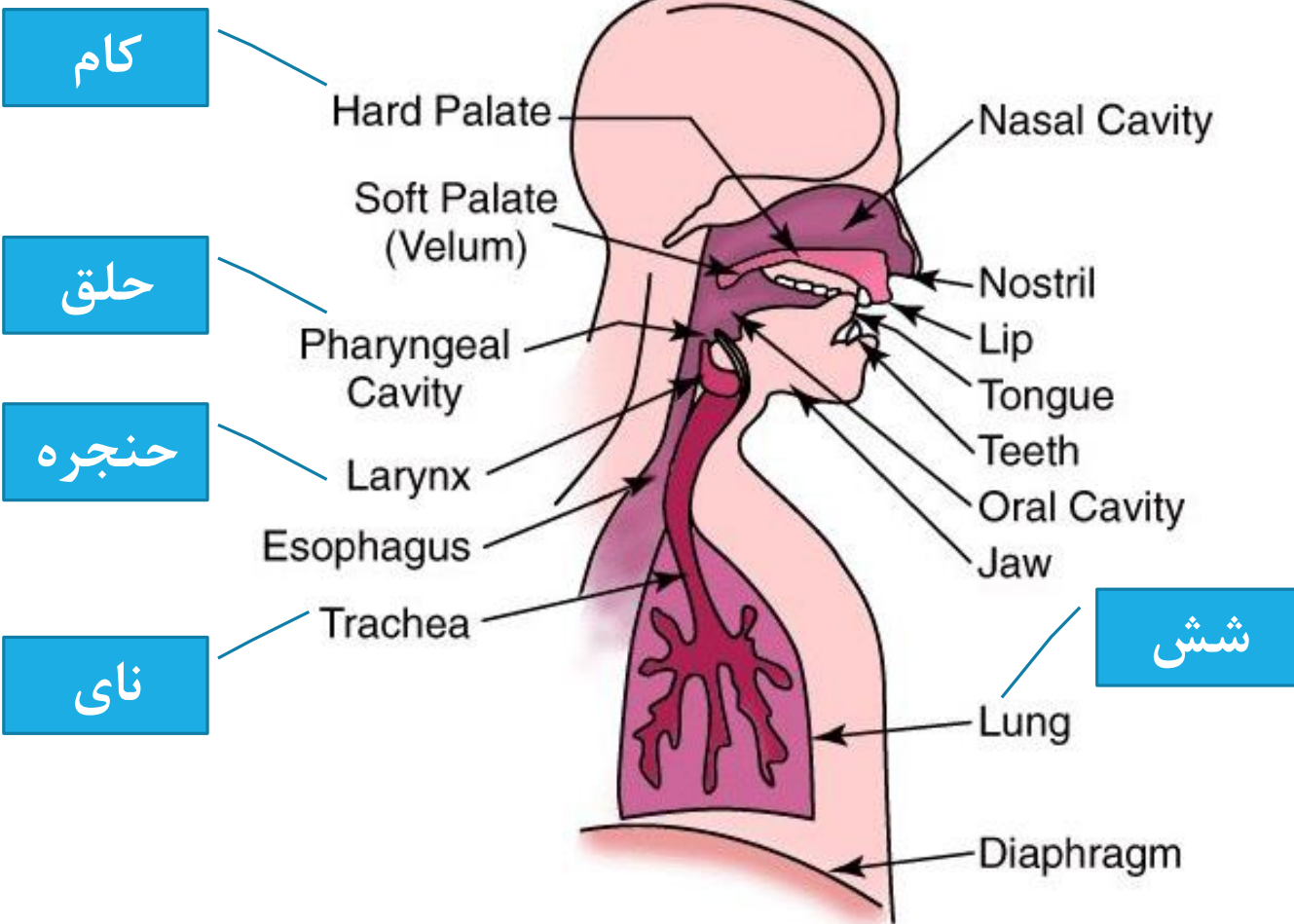


سیستم تولید گفتار

❖ اندام های اولیه گفتار:

❖ شش و نای

- منبع ایجاد جریان هوا در زمان تولید گفتار
- اگر هوایی از سمت شش وارد حنجره نشود، هیچ صدایی نمی توان تولید کرد.
- شدت فشار هوایی ایجاد شده توسط شش و نای نقش مستقیم در شدت صوت تولیدی دارد.



Hamidreza Baradaran Kashani

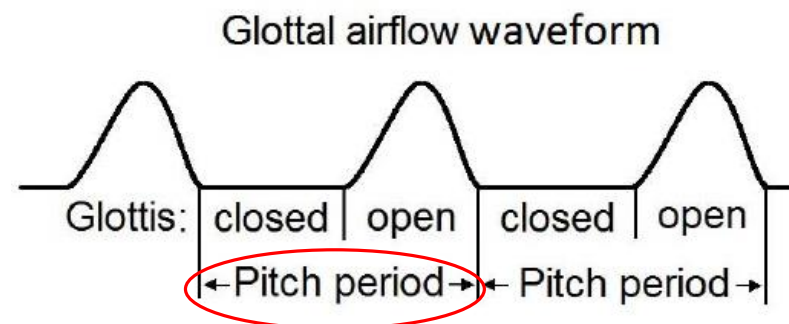
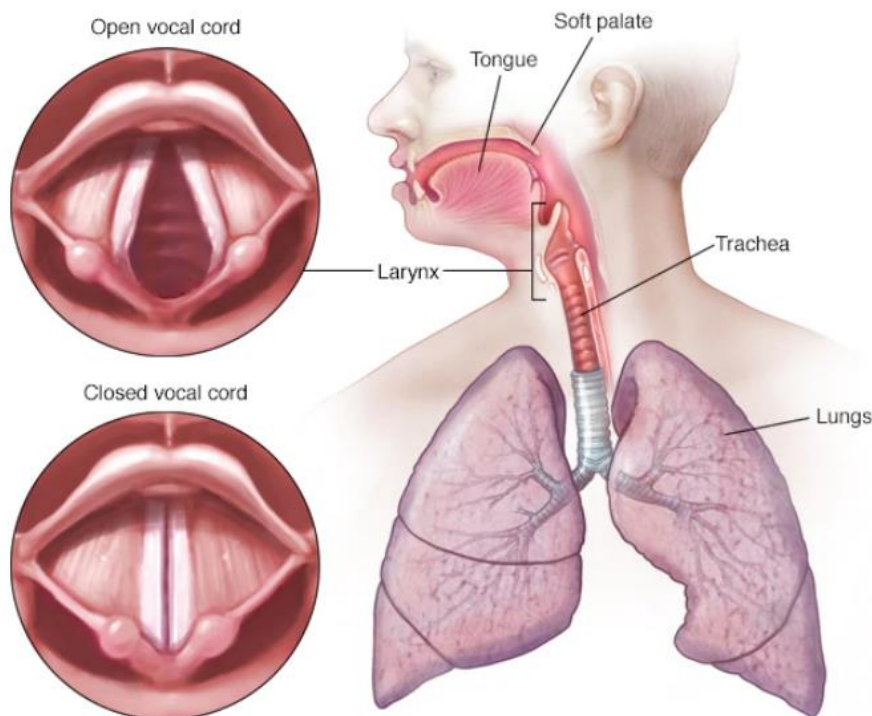


سیستم تولید گفتار

❖ حنجره (Larynx)

- حنجره شامل تارهای صوتی (vocal cords) است.
- در طی صحبت کردن، فشار داخل نای بطور متناوب در حال افزایش و کاهش است که این مساله باعث باز و بسته شدن مکرر تارهای صوتی می شود.

○ محل به هم رسیدن تارهای صوتی = چاکنای (glottis)



Hamidreza Baradaran Kashani



سیستم تولید گفتار

Vocal Tract (simplified)
resonates voice and
creates speech sounds

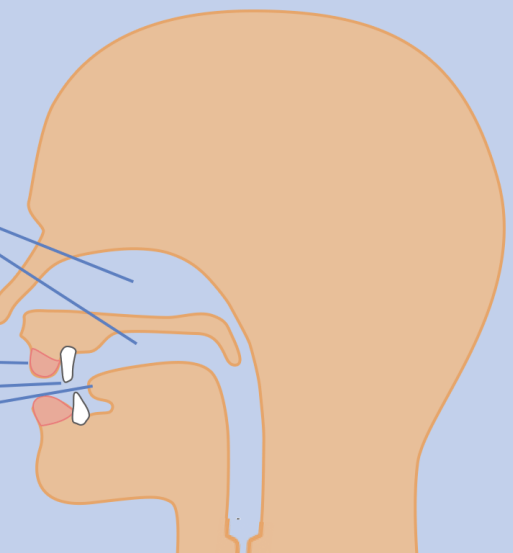
NASAL CAVITY

ORAL CAVITY

Articulators that form
speech sounds include

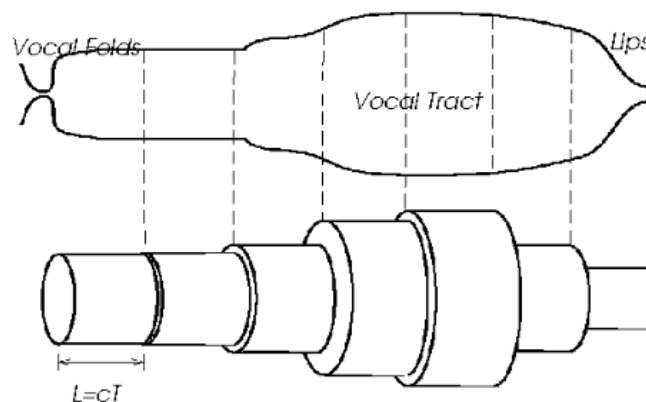
- lips
- teeth
- tongue

www.englishclub.com



❖ مجرای گفتار (Vocal Tract)

- از حنجره به بالا را مجرای گفتار می گویند که شامل دو حفره اصلی دهان و بینی است (بخش آبی رنگ شکل روبرو).
- مجرای گفتار نقش یک فیلتر را ایفا می کند.
- مجرای گفتار شبیه یک لوله صوتی است و شکل این لوله در انسان های مختلف متفاوت است.

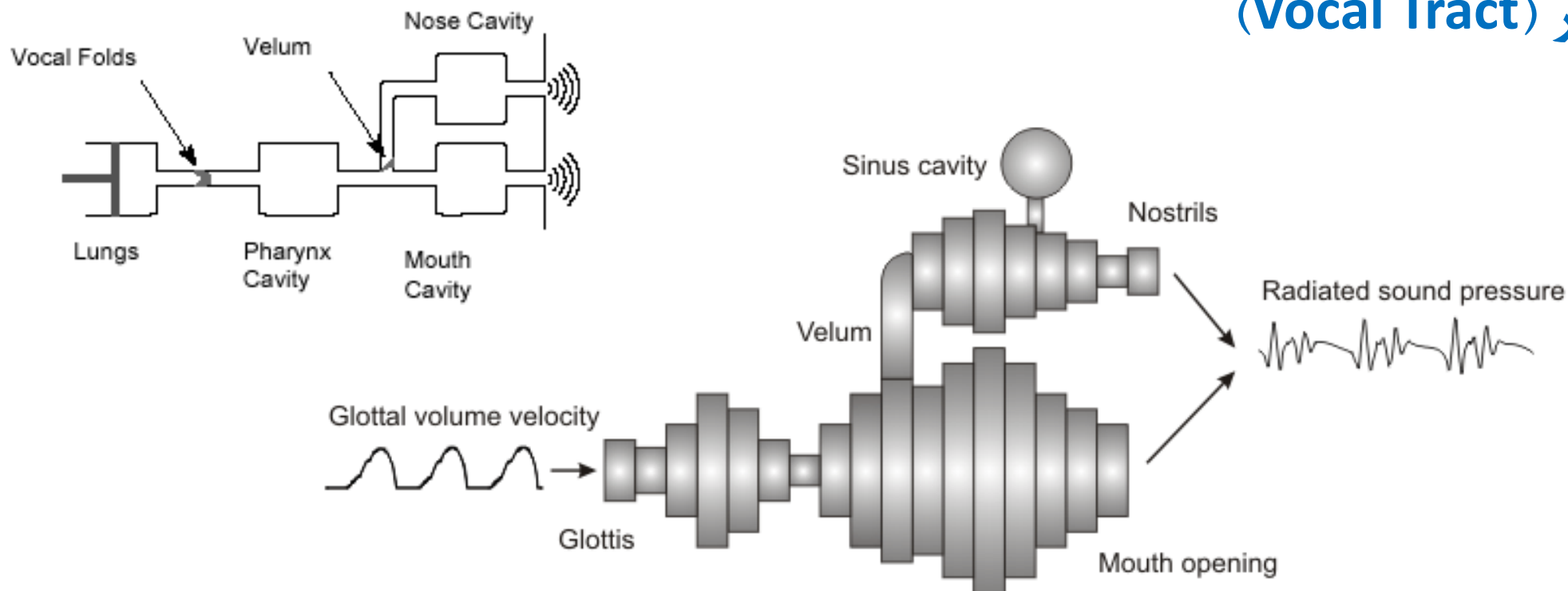


Hamidreza Baradaran Kashani



سیستم تولید گفتار

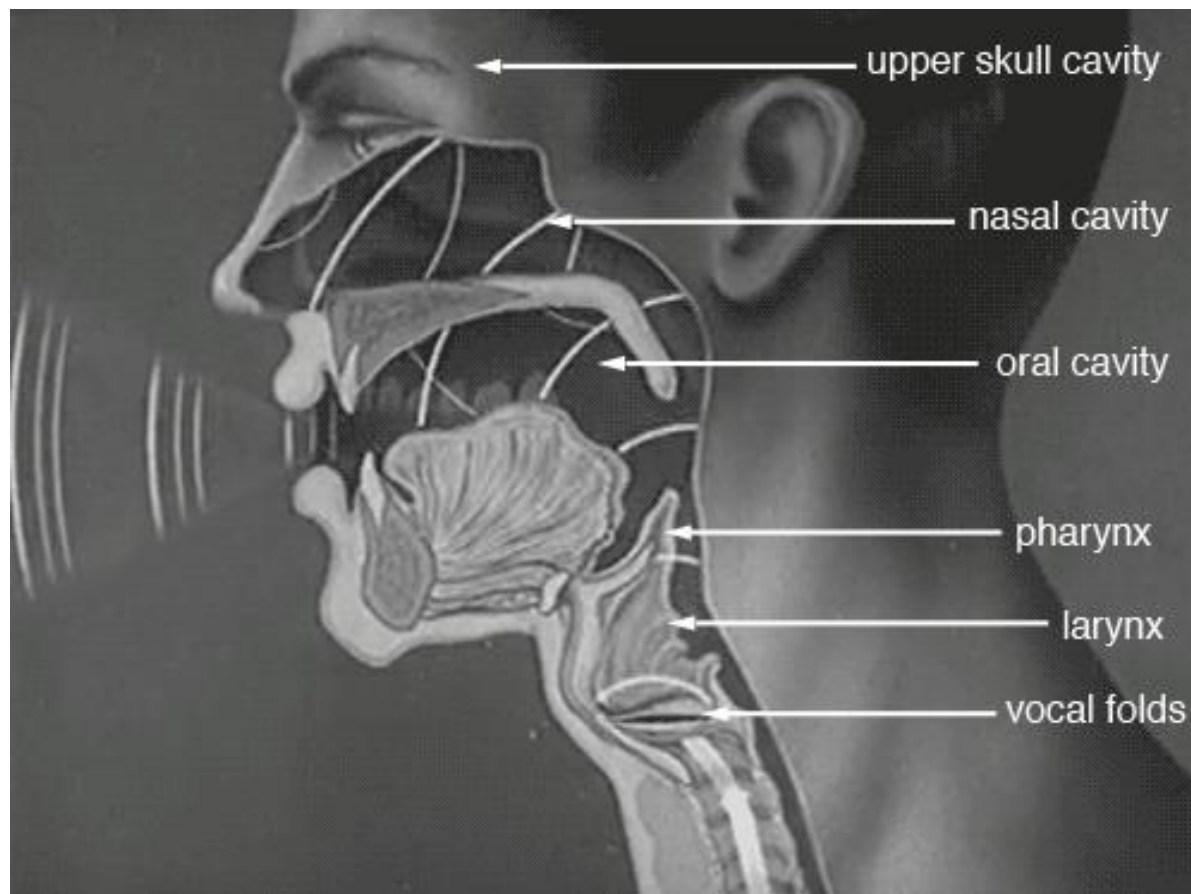
❖ مجرای گفتار (Vocal Tract)



Hamidreza Baradaran Kashani



سیستم تولید گفتار



Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی واج های زبان

❖ واج های زبان از لحاظ انسداد در مجرای گفتار:

○ واکه ها (مصوت ها) (Vowels)

○ همخوان ها (صامت ها) (Consonants)

❖ واج های زبان از لحاظ ارتعاش تارهای صوتی:

○ واکدار (Voiced)

○ بیواک (Unvoiced)

Hamidreza Baradaran Kashani



واج های واکدار و بیواک

❖ **واج های بیواک:** عدم لرزش تارهای صوتی

○ **واج های واکدار:** لرزش تارهای صوتی

○ در تولید واج های واکدار، تارهای صوتی با فرکانس F_0 ارتعاش می یابند.

○ واج های واکدارها انرژی بیشتری دارند.

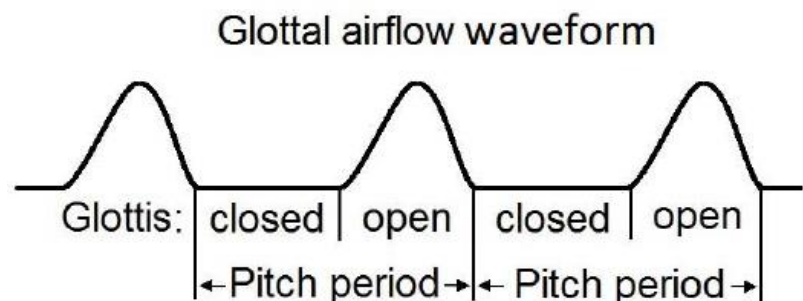
○ فرکانس F_0 را فرکانس پایه (Fundamental Frequency) یا گام (Pitch Frequency) گویند و به

ضخامت و جرم تارهای صوتی بستگی دارد.

○ فرکانس گام در مردها حدود ۵۰ تا ۲۵۰ هرتز،

○ در زن ها حدود ۱۵۰ تا ۴۵۰ هرتز،

○ در کودکان بین ۳۰۰ تا ۷۰۰ هرتز است.

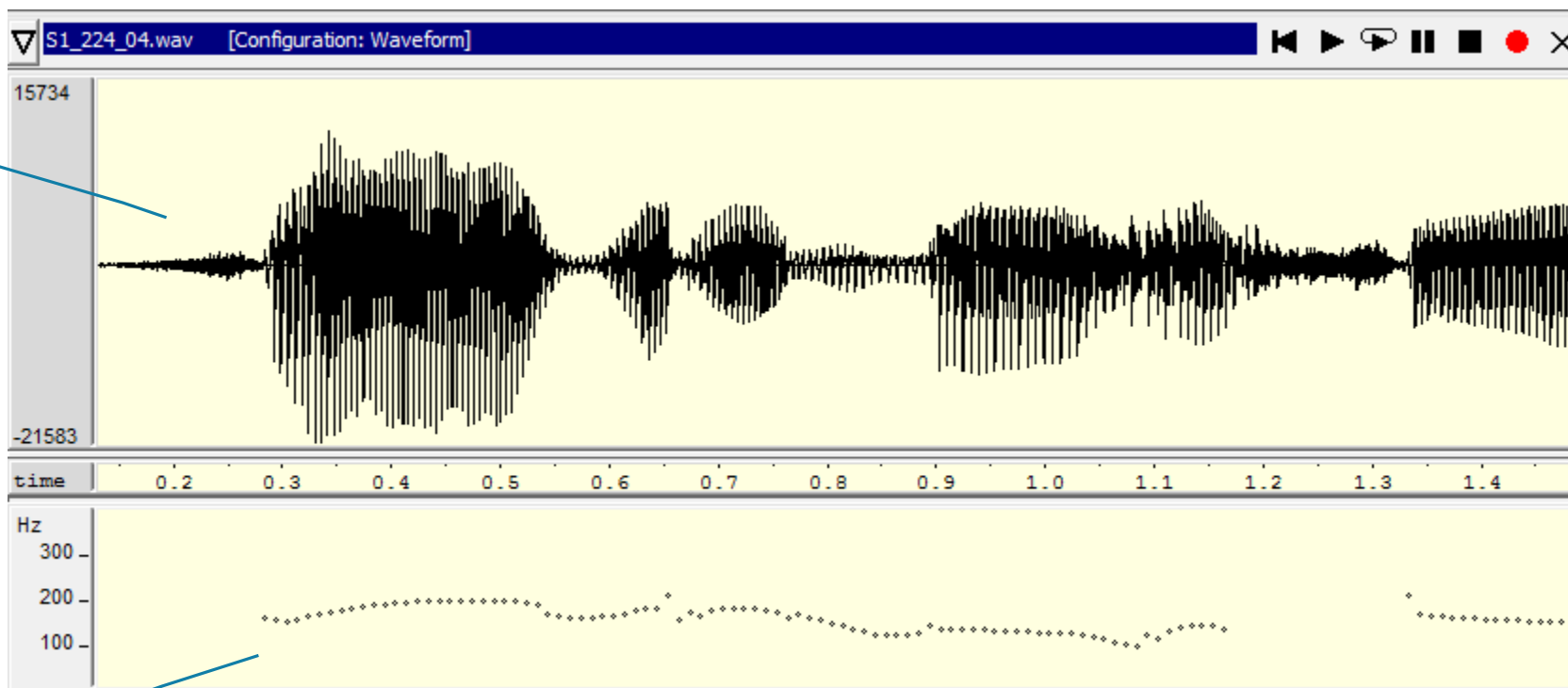


Hamidreza Baradaran Kashani



واج های واکدار و بیواک

منحنی شکل
موج



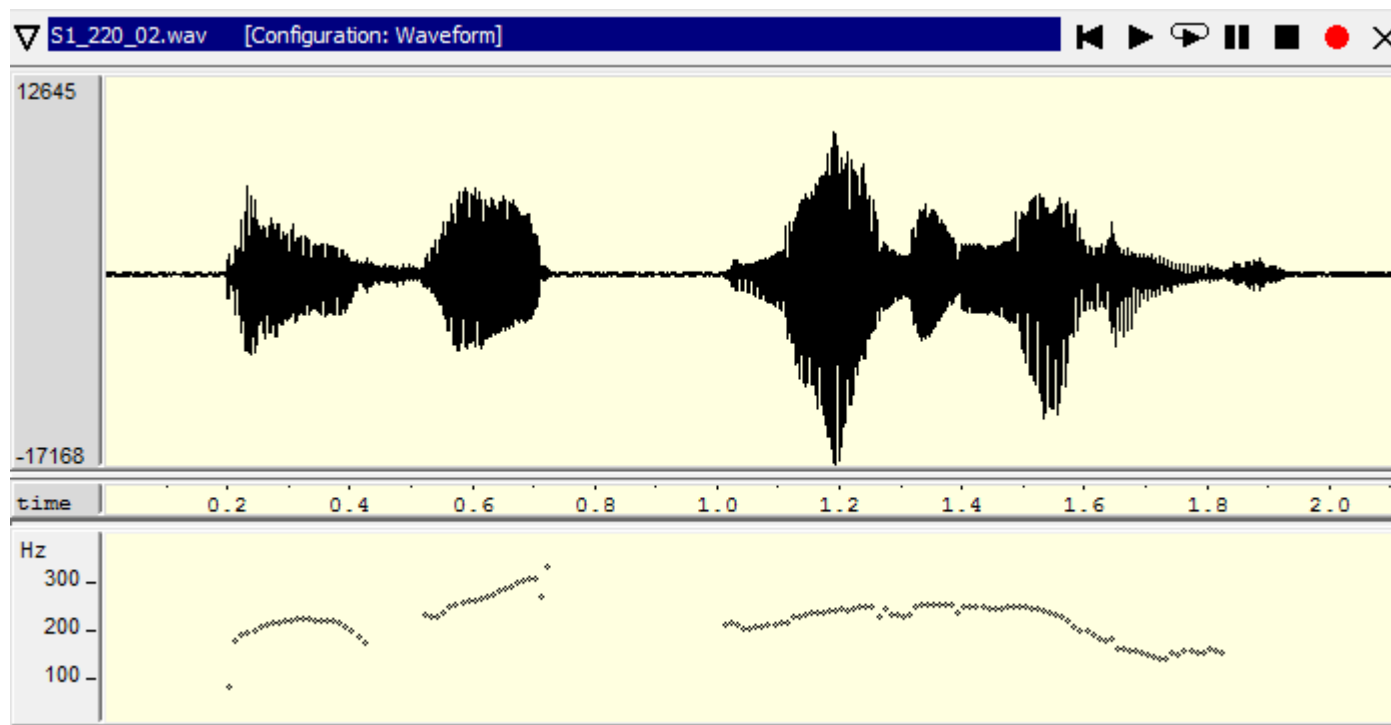
منحنی
فرکانس گام

عبارت: "فقر باعثِ ... (/f a q r b A e s e/)"
گوینده: مرد
متوسط فرکانس گام روی این عبارت: ۱۶۰/۵ هرتز

Hamidreza Baradaran Kashani



واج های واکدار و بیواک



عبارت: "آن زیپ مال من است" (/w An zip m Ale man wast/)
گوینده: زن
متوسط فرکانس گام روی این عبارت: ۲۲۲/۳ هرتز

Hamidreza Baradaran Kashani



واکه ها و همخوان ها

❖ واکه ها (Vowels)

- تولید آوا بدون هیچ تنگنا یا انسدادی در طول مجرای گفتار
- به عبارتی در طی تولید واکه ها وضعیت دهان، زبان و لبها کاملاً یکنواخت بوده و هیچ تغییری در طی زمان ندارند، مثلاً /A/ یا /o/
- تمام واکه ها واکدار هستند.

○ همخوان ها (Consonants)

- تولید آوا با وجود تنگنا در طول مجرای گفتار مثلاً بصورت سایش (/s/ یا /z/) و یا انسداد (آواهای /b/ و /p/ و /d/ و ...)
- همخوان ها ممکن است واکدار باشند یا بیواک.

Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی همخوان ها

❖ دسته بندی همخوان ها از نظر مختصه های تولید اولیه:

○ محل تولید (Place of Articulation): محل اصلی انسداد در مجرای گفتار

○ مثلاً دندانی (Dental) مانند /ت/، لثوی (Alveolar) مثل /س/ یا /ن/ یا ...

○ روش تولید (Manner of Articulation): میزان انسداد و نحوه آزادسازی صدا

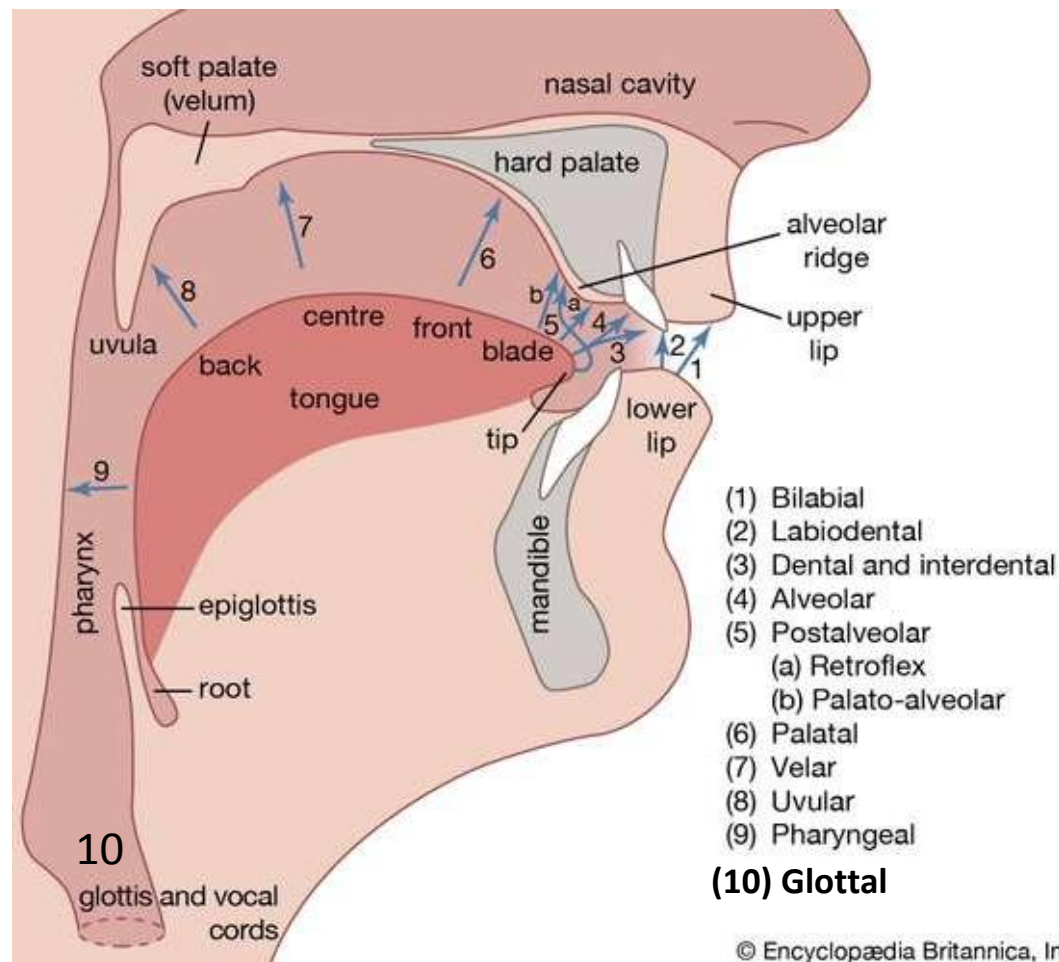
○ انفجاری (Plosive) مثل /ب/ یا /پ/، سایشی (Fricatives) مثل /س/ یا /ز/ یا ...

○ واگذاری و بیواکی

Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی همخوان ها از لحاظ جایگاه تولید



- (1) Bilabial
- (2) Labiodental
- (3) Dental and interdental
- (4) Alveolar
- (5) Postalveolar
 - (a) Retroflex
 - (b) Palato-alveolar
- (6) Palatal
- (7) Velar
- (8) Uvular
- (9) Pharyngeal
- (10) Glottal

© Encyclopædia Britannica, Inc.

- (1) لبی
- (2) لبی-دندانی
- (3) دندانی
- (4) لثوی
- (5) پسا لثوی
- (6) کامی
- (7) نرمکامی
- (8) ملازی
- (9) حلقومی
- (10) چاکنایی

Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی همخوان ها از لحاظ شیوه تولید

❖ ۱- انفجاری/انسدادی (Plosive)

- تولید آوا در سه مرحله: ۱- انسداد کامل در حفره دهان (Closure) ۲- تارکم هوا در پشت نقطه انسداد و ۳- رهش هوا (Release)، مانند: /ب/، /پ/، /ت/، /د/، /ک/، /گ/ و ...

❖ ۲- سایشی (Fricative)

- انسداد ناقص مسیر هوا و عبور هوا با فشار از محفظه تنگ مانند /ف/، /و/، /س/، /ز/ و ...

❖ ۳- انسدادی-سایشی (Affricate)

- انسداد کوتاه جریان هوا و رهایی محدود مانند /چ/، /ج/



دسته بندی همخوان ها از لحاظ شیوه تولید

❖ ۴- لرزشی/غلتان (Roll)

○ تماس ملایم نوک زبان و لثه بالا به گونه ای که با فشار کم هوا نوک زبان از لثه جدا می شود (لرزش نوک زبان)،
مانند /ر/

❖ ۵- خیشومی (Nasal)

○ انسداد در دهان و خارج شدن هوا از راه بینی. فقط در این حالت نرمکام (ملاز یا velar) پایین بوده و حفره خیشوم باز است. مانند /م/ و /ن/

❖ ۶- روان (Liquid)

○ علیرغم وجود انسداد احتمالی هوا در دهان، جریان هوا بدون برخورد به مانع از دهان خارج می شود مانند /ی/ یا /ل/

Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی همخوان ها از لحاظ شیوه و جایگاه تولید

دسته بندی همخوان ها از لحاظ شیوه تولید (ردیف ها) و جایگاه تولید (ستون ها)

چاکنایی	نرم کامی	کامی	لثوی-کامی	لثوی	دندانی	لبی-دندانی	لبی	
ء، ع	ق	ک، گ			ت، د		ب، پ	انفجاری
				ن			م	خیشومی
ه	خ		ش، ژ	س، ز		ف، و		سایشی
			چ، ج					انفجاری-سایشی
		ی		ل				روان
				ر				لرزشی

Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی همخوان ها از لحاظ واگذاری

❖ ۱- همخوان ها واگذار

- تارهای صوتی در فاصله نزدیکی از همدیگر قرار می گیرند و به طور تناوبی حرکت می کنند،
- مانند: /ب، /د، /گ، /ز، /ژ، /و، /ج/

❖ ۲- همخوان های بیواک

- تارها آنقدر از همدیگر فاصله گرفته و یا محکم و سفت شده که نمی توانند حرکت تناوبی داشته باشند.
- مانند: /پ، /ت، /ک، /س، /ش، /ف، /چ/

❖ در فارسی و انگلیسی واگذاری تمایز بین همخوانهایی است که محل و روش تولید آنها یکسان است.

کامی	لثوی-کامی	لثوی	دندانی	لبی-دندانی	لبی	
ک، گ			ت، د		ب، پ	انفجاری
	ش، ژ	س، ز		ف، و		سایشی
	چ، ج					انفجاری-سایشی

Hamideh Baradaran Kashani



دسته بندی همخوان ها

❖ ۱- همخوان ساده

❖ همخوانی که در تولید آن بیش از یک جایگاه و یک شیوه تولید به کار گرفته نشود.

❖ ۲- همخوان مرکب

- همخوانی که در تولید آن از ادغام دو همخوان ساده استفاده می شود.
- جایگاه تولید همخوان مرکب از برآیند تاثیر دو جایگاه حاصل می شود.
- مثلاً همخوان واکدار /ج/ که ترکیبی از /د/ و /ژ/ است یعنی شیوه تولید آن ابتدا انسدادی واکدار و سپس سایشی واکدار است.
- یا همخوان بیواک /چ/ که ترکیبی از /ت/ و /ش/ است یعنی شیوه تولید آن ابتدا انسدادی بیواک و سپس سایشی بیواک است.

Hamidreza Baradaran Kashani



مختصه های تولید ثانویه همخوان ها

❖ در حین گفتار کیفیت ها یا خصوصیات ویژه ای می توانند وجود داشته باشند که تنها با کمک مختصه های اولیه قابل بیان نیستند، این گونه خصوصیات توسط مختصه های تولید ثانویه بیان می شوند، از جمله:

❖دمش (Aspiration)

○ آواهای انفجاری بیواک مثل /p/، /t/ و /k/ در هنگام رهایی هوای بند آمده (در شش نه در پشت مانع دهان) ایجاد یک سایش خفیف در چاکنای کرده و صدای /h/ تولید می کنند، مثل sepah، cerm

❖واکرفتگی (Devoicing)

○ از دست دادن بخشی از واکداری در مجاورت آواهای بیواک، مثال rabt، nasb، pesm?

○ برعکس هم ممکن است: واک دار شدن آواهای بیواک مثلاً nahar

Hamidreza Baradaran Kashani



مختصه های تولید ثانویه همخوان ها

❖ کشش یا گستردگی

- سایشی های بیواک معمولاً طول بیشتری از جفت واکدار خود دارند (/s/ در مقابل /z/)، صدای /s/ در کلمه sireh

❖ بدون آمادگی

- مثلاً صدای /p/ در "شب پره"

❖ بدون انجام

- مثلاً صدای /p/ در "توپ بازی"

Hamidreza Baradaran Kashani



دسته بندی واکه ها

❖ دسته بندی واکه ها از نظر مختصه های تولید اولیه:

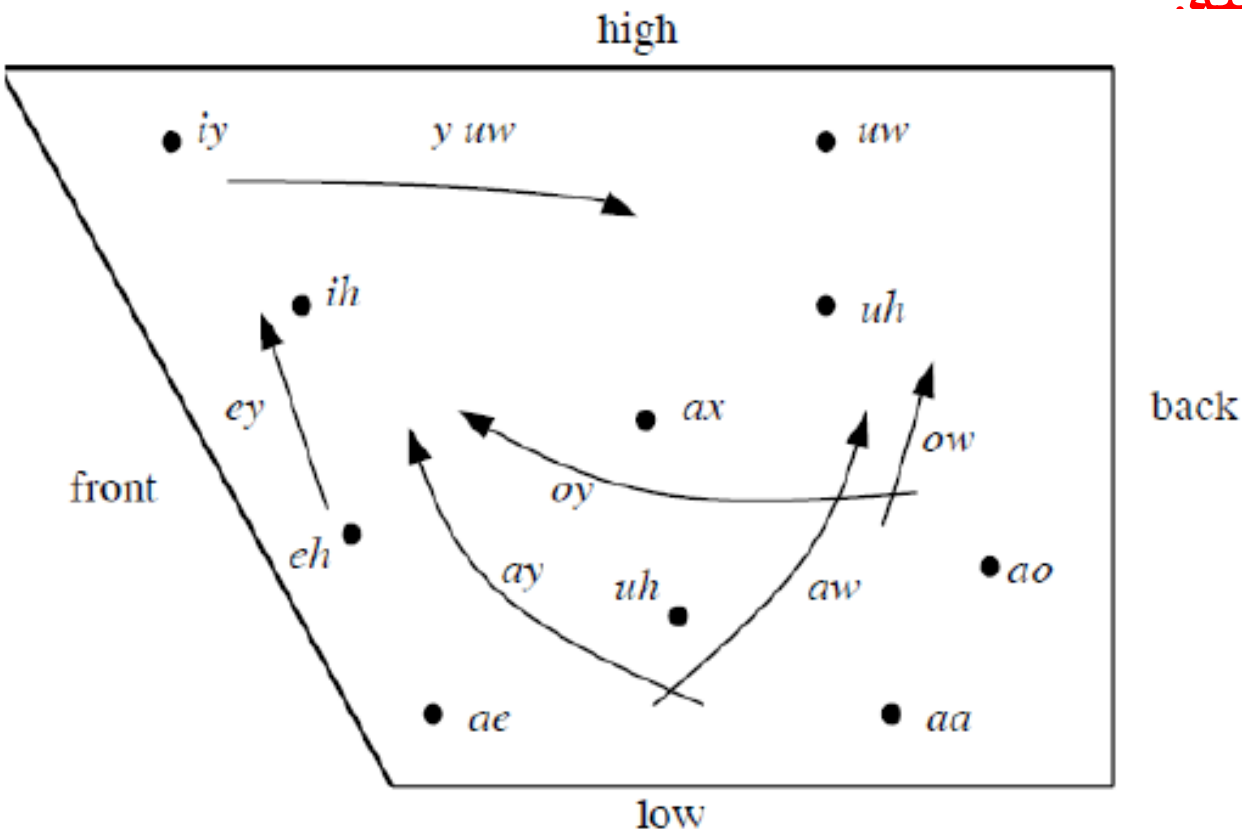
○ ارتفاع زبان: فاصله بین زبان و سقف دهان

○ ارتفاع کمتر = دهان بازتر و ارتفاع زیادتر = دهان بسته تر

○ مثلاً برای /ای/ دهان بسته و برای /-/ باز است.

○ جایگاه زبان (جلوی دهان، میانه، یا عقب دهان)

○ وضعیت گردی و یا کشیدگی لب ها





دسته بندی واکه ها

❖ تعداد واکه های اصلی در زبان فارسی ۸ است:

○ واکه های ساده (۶ تا)

○ /u/ ، /i/ ، /o/ ، /e/ ، /A/ ، /a/

عقب (پسین)	جلو (پیشین)	
/u/	/i/	بسته
/o/	/e/	میانه
/A/	/a/	باز

○ واکه های مرکب (۲ تا) (Diphtong)

○ /ey/ (میل، کی، عیش)

○ /ow/ (روشن، فردوسی)

○ واکه های مرکب از نوع فرودین هستند، یعنی این که ارتفاع دهان از باز به بسته حرکت می کند.

Hamidreza Baradaran Kashani



مختصه های تولید ثانویه واكه ها

❖ خيشومي شدگی

○ مثلاً صدای /a/ در کلمه /nam/

❖ کشش

○ مثلاً صدای /i/ در کلمه /bist/

○ نیمه واكرفتگی

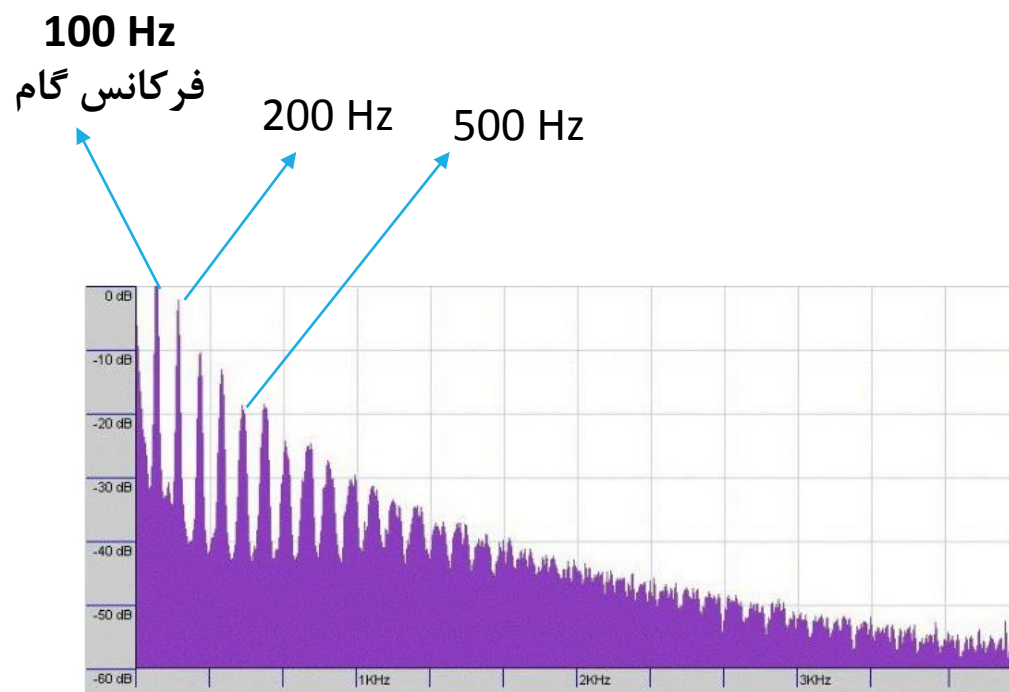
○ مثلاً صدای /o/ در کلمه /por/

Hamidreza Baradaran Kashani

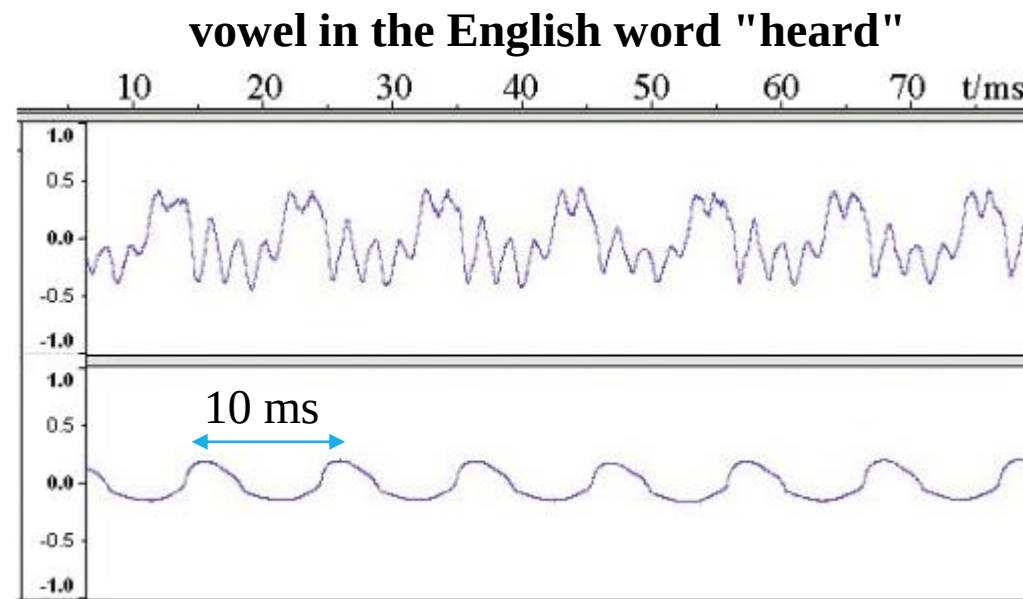


سیگنال چاکنای و طیف آن

❖ سیگنال تولید شده در چاکنای (glottal signal) یا همان سیگنال تحریک، دارای فرکانس پایه F_0 و مضارب این فرکانس یعنی هارمونیک ها است.



Spectrum of the EGG signal



An electroglottograph (EGG) measures the glottal movement (i.e. the vibration of the vocal folds).

Hamidreza Baradaran Kashani

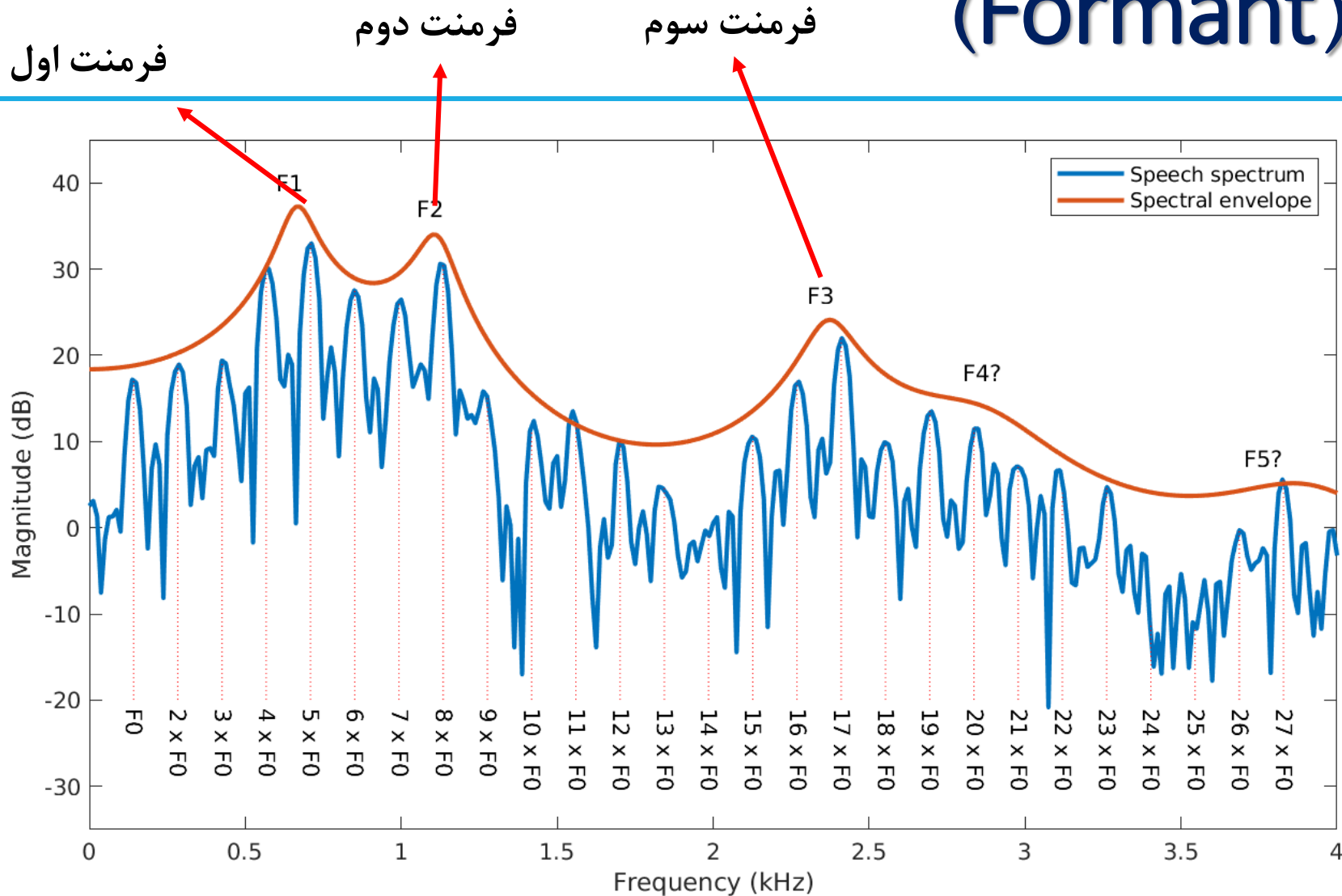


فرمنت (Formant)

- ❖ پس از ورود سیگنال تحریک به داخل مجرای گفتار، بسته به شکل مجرای گفتار، برخی از فرکانس های سیگنال تحریک تشدید می شوند.
- ❖ به فرکانس های تشدید شده فرمنت (Formant) می گویند.
- ❖ فرمنت ها نقاط بیشینه طیف فرکانسی سیگنال گفتار هستند.
- ❖ اگر مجرای گفتار را بصورت یک تابع تبدیل در نظر بگیریم، فرمنت ها ریشه های مخرج آن تابع تبدیل هستند.



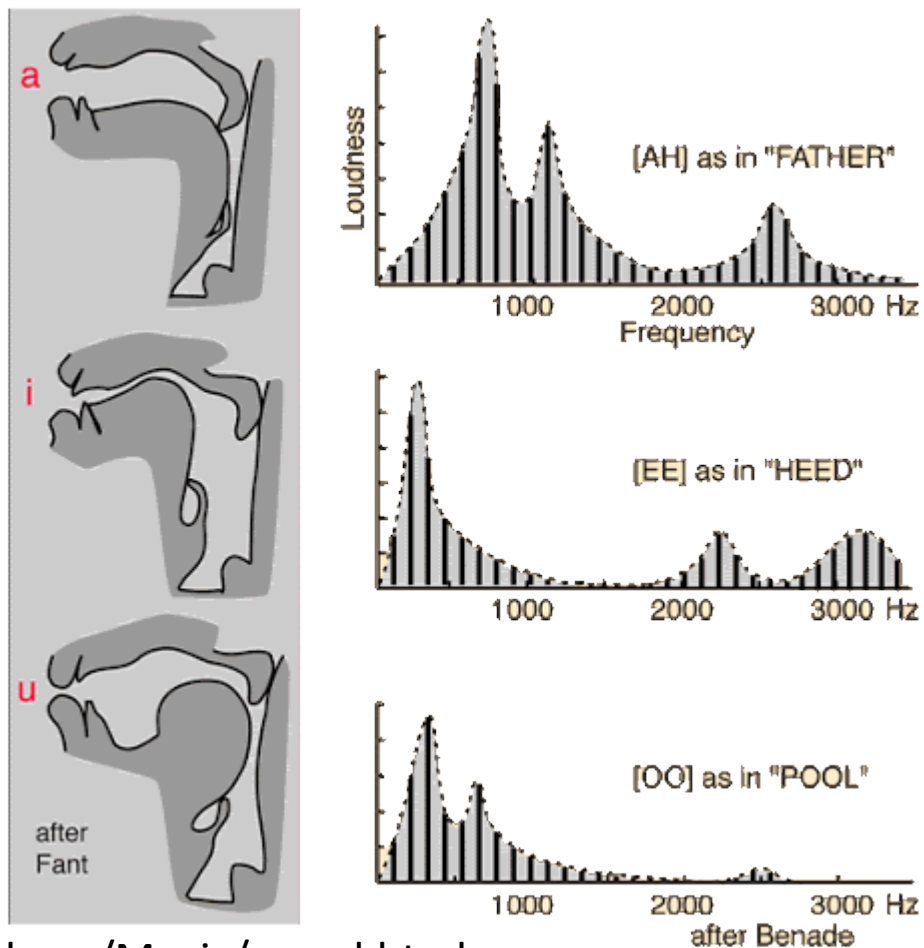
فرمنت (Formant)



Hamidreza Baradaran Kashani



فرمنت (Formant)



<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/Music/vowel.html>

Hamidreza Baradaran Kashani



مقادیر فرکانس های فرمنت ها برای واکه های مختلف

Formant frequencies for common vowels in American English (from Peterson and Barney, 1952)

Phonetic Symbol	Example Word	F_1 (Hz)	F_2 (Hz)	F_3 (Hz)
/ow/	bought	570	840	2410
/oo/	boot	300	870	2240
/u/	foot	440	1020	2240
/a/	hot	730	1090	2440
/uh/	but	520	1190	2390
/er/	bird	490	1350	1690
/ae/	bat	660	1720	2410
/e/	bet	530	1840	2480
/i/	bit	390	1990	2550
/iy/	beet	270	2290	3010

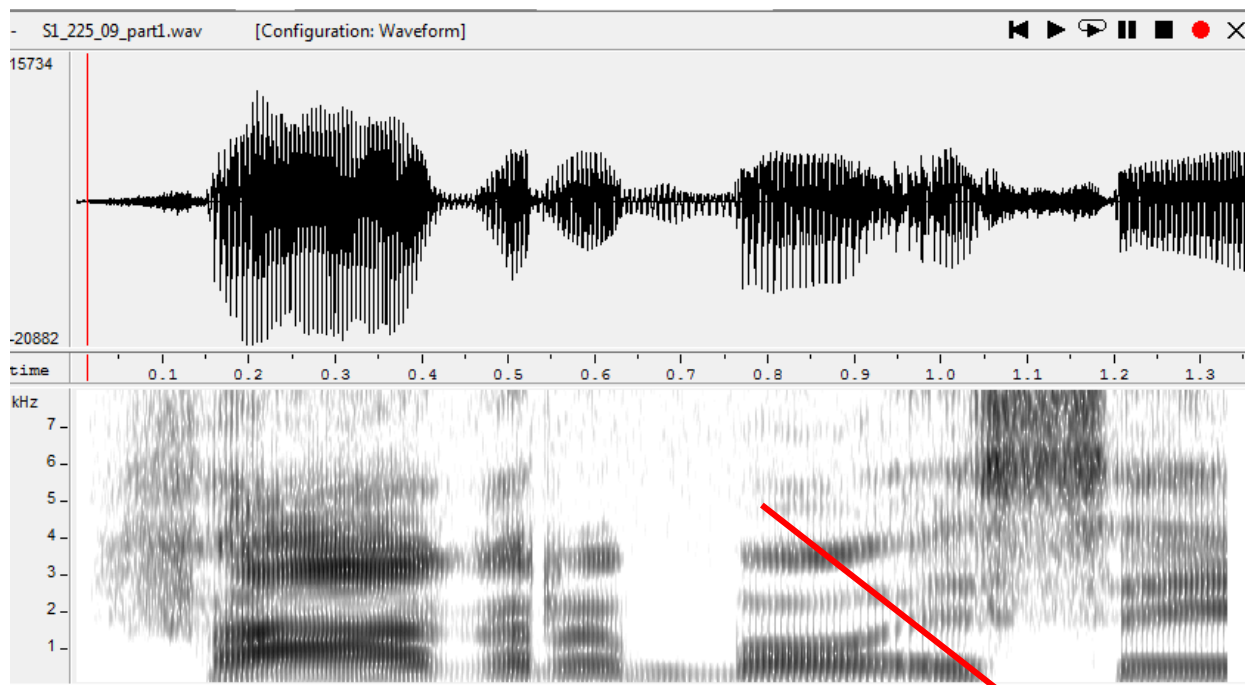


طیف نگار (Spectrogram)

❖ اسپکتروگرام برای نمایش زمان-فرکانسی سیگنال گفتار استفاده می شود.

❖ تیرگی یا روشنی اسپکتروگرام میزان انرژی را نشان می دهد.

❖ فرمت ها بخوبی از روی اسپکتروگرام قابل تشخیص و استخراج هستند.



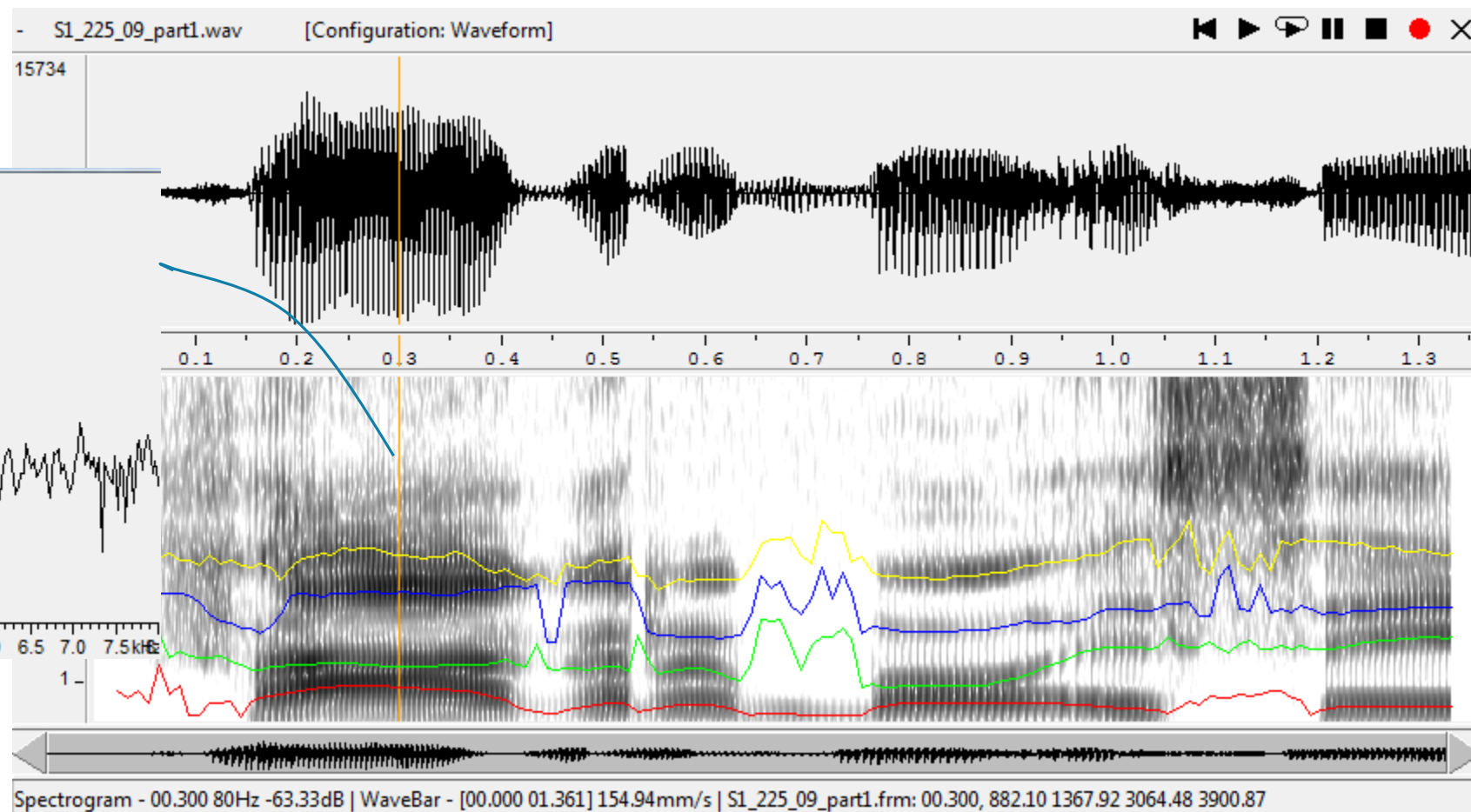
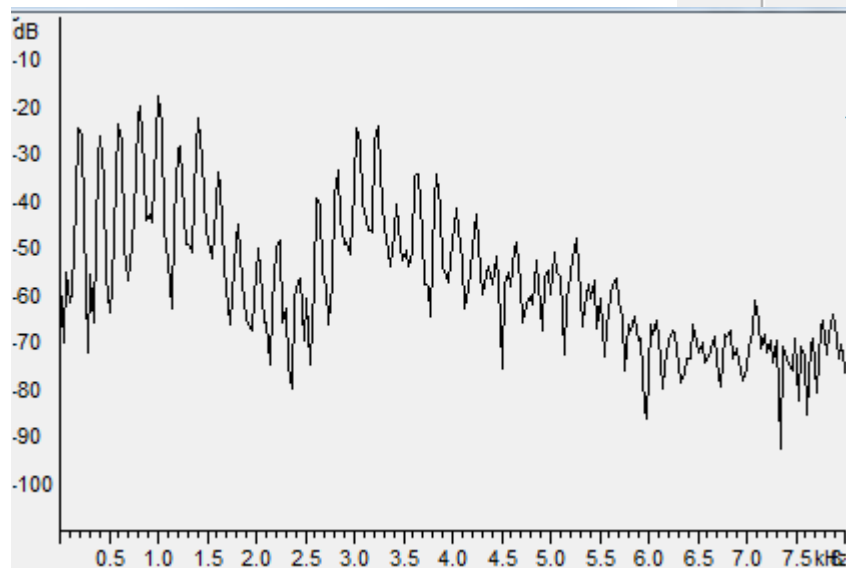
اسپکتروگرام

Hamidreza Baradaran Kashani



طیف نگار (Spectrogram)

طیف فریم گفتاری استخراج
شده حول زمان ۰.۳ ثانیه



Hamidreza Baradaran Kashani



هجا (Syllable)

- ❖ هجا واحد میانی بین سطح واج و واژه (کلمه)
- ❖ هجا یک رشته آوایی پیوسته است که از یک واکه و چند همخوان تشکیل شده است.
- ❖ اصولاً واکه (vowel) مرکز یا محور هجا است و همخوان در حکم حاشیه یا دامنه آن است.
- ❖ موجودیت هجا به واکه بستگی دارد و اگر حذف شود هجا از بین می رود. البته اگر یک یا چند همخوان از هجا حذف شود، هجا ممکن است باقی بماند، مثلاً: /barf/، /bar/ یا /ba/
- ❖ تعداد هجاها با شمارش تعداد واکه ها قابل انجام است.



هجاء (Syllable)

❖ اگر C بیانگر همخوان و V بیانگر واكه باشد:

❖ در زبان انگلیسی ۲۰ نوع هجا داریم كه با فرمول $((((C)C)C)V(C(C(C(C))))$ مشخص می شود.

نمایش آوایی	مثال	ساختار هجا	
mA	ما	CV	نوع ۱
bid	بید	CVC	نوع ۲
raft	رفت	CVCC	نوع ۳

❖ در زبان فارسی ۳ نوع هجا داریم:

○ حداقل تعداد همخوان های بین دو واكه ۱ و حداكثر ۳ است

○ هیچ هجایی با واكه شروع نمی شود

○ در زبان فارسی (با فرض ۶ واكه و ۲۳ همخوان ۳ نوع هجا)، تعداد بالقوه هجاها بیش از ۷۶۰۰۰ است.

○ در عمل بدلیل محدودیت و فشار ساختی برای همنشینی واج ها نمی توان هر آوایی را در کنار هر آوای دیگر بكار برد و در نتیجه تعداد بالفعل هجاها در زبان فارسی کمتر از یک دهم مقدار فوق است.



با تشکر از اساتید و همکاران گرامی:
آقای دکتر همایونیپور
آقای دکتر کبودیان
آقای دکتر ویسی