

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پیشگفتار

زبان‌شناسی همواره در جستجوی این واقعیت مهم است که ذهن و جسم انسان چگونه او را قادر به سخن گفتن می‌نماید. از آنجا که زبان نیز مانند هر پدیده قابل مطالعه دیگر می‌تواند از جهات مختلف بررسی شود، برای رسیدن به پاسخ این سوال مهم، راه‌های متعددی وجود دارد. برای مثال می‌توان ساختار مغزی انسان را مورد مطالعه قرار داد و پا در عرصه عصب‌شناسی زبان گذارد؛ و یا وارد حیطه زبان‌شناسی جامعه‌شناختی شده، کاربرد زبان را در جامعه بررسی نمود و یا حتی روند پیشرفت فراگیری زبان در انسان‌ها را با حیوانات مقایسه کرد. اما به هر حال آنچه تمامی این روش‌ها را کامل می‌کند توجه به تولیدات زبانی بشر است. به بیانی دیگر برای مطالعه زبان و کشف چگونگی تولید و پردازش آن، ناگزیر از مطالعه واحدهایی هستیم که گویشوران زبان‌های مختلف تولید می‌کنند. این واحدها در هر اندازه‌ای که باشند (متن، جمله، واژه و...) از آواهایی تشکیل شده‌اند که مطالعه‌شان از دیرباز مورد توجه دانشمندان سراسر دنیا قرار گرفته است. در واقع ماهیت فیزیکی زبان در سطح گفتاری، از آواهای تعریف شده در هر زبان تشکیل شده است. آواشناسی شاخه‌ای از زبان‌شناسی است که به بررسی این آواها می‌پردازد. آواهای زبان را می‌توان از سه منظر تولیدی^۱، شنیداری^۲ و صوت‌شناختی^۳ (آکوستیکی) مورد مطالعه قرار داد. به این معنا که شیوه، جایگاه، و دیگر مشخصات تولیدی هر آوا بررسی شود و یا چگونگی دریافت این آواها توسط دستگاه شنوایی مخاطبان مورد مطالعه قرار گیرد.

¹ articulatory phonetics

² auditory phonetics

³ acoustic phonetic

قدیمی‌ترین بررسی‌های آواشناختی محدود به مطالعات تولیدی بوده است. علاقه‌مندان به این رشته به علت در اختیار نداشتن تجهیزات آزمایشگاهی لازم، به صورت نظری اقدام به گمانه‌زنی در مورد شیوه تولید هر آوا می‌نمودند. اگر چه پیشرفت‌های قابل توجه آنان در این زمینه همواره قابل تحسین است، اما از دقت علمی کافی برخوردار نبوده است. به همین دلیل آواشناسی آزمایشگاهی، یعنی آن زیرشاخه از آواشناسی که با کمک فن‌آوری به مطالعه آواهای زبان می‌رود، پا به عرصه ظهور نهاد. محققان در این رشته، آواهای زبان را در محیطی کنترل شده مطالعه می‌نمایند. این مطالعه ممکن است از منظر تولیدی یا شنیداری و به کمک تجهیزات پزشکی مانند دستگاه‌های رادیوگرافی اشعه ایکس و... انجام پذیرد و یا به کمک دستگاه‌های تحلیل صوت، بر ویژگی‌های صوت‌شناختی آواها متمرکز گردد. آواشناسی صوت‌شناختی آن قسمت از آواشناسی آزمایشگاهی است که به بررسی خصوصیات فیزیکی امواج تولید شده توسط اندام گویایی انسان می‌پردازد. امواجی که هنگام سخن گفتن تولید می‌شوند، مانند دیگر امواج صوتی می‌توانند مورد تجزیه تحلیل قرار گیرند. پژوهش حاضر تلاشی است در حیطه آواشناسی صوت‌شناختی که به مطالعه برخی از آواهای زبان فارسی پرداخته است.

۲-۱- بیان مسئله

آواهای زبان به دو دسته اصلی همخوان^۱ و واکه^۲ تقسیم می‌شوند. به دلیل ماهیت تولیدی واکه‌ها، مطالعه آنان از منظر آواشناسی تولیدی و بدون کمک گرفتن از آواشناسی آزمایشگاهی بسیار سخت‌تر از مطالعه همخوان‌ها می‌نماید. از این رو در نوشته حاضر واکه‌های زبان فارسی معیار مورد

^۱ consonant

^۲ vowel

تحلیل صوت‌شناختی قرار خواهند گرفت. همانطور که می‌دانیم آنچه ماهیت اصلی یک واکه را شکل می‌دهد، اندازه بسامد^۱ سه سازه^{۲*} اول آن است. سازه‌ها در واقع منعکس کننده سه مشخصه تولیدی‌ای هستند که در تعریف واکه‌ها بدان‌ها توجه می‌شود. این سه مشخصه عبارتند از ارتفاع زبان، جایگاه تقریبی تولیدی واکه و شکل لب‌ها به هنگام تولید آن. میزان دقیق ارتفاع زبان و یا میزان دقیق پسین یا پیشین بودن یک واکه در آواشناسی تولیدی قابل تعیین نیست اگرچه به طور سنتی واکه‌ها را به دو دسته پیشین^۳ و پسین^۴ قسمت می‌کنند؛ اما چنانکه در ادامه خواهیم دید تمام واکه‌هایی که پسین قلمداد می‌شوند، به یک اندازه پسین نیستند. همانطور که تمام واکه‌های پیشین در یک جایگاه واحد تولید نمی‌شوند. به علاوه تعیین دقیق میزان ارتفاع زبان در تولید هر واکه کار دشواریست. بنابراین به ابزاری احتیاج است تا با توسل به آن بتوان توصیفی دقیق از هر واکه ارائه نمود. مسئله حائز اهمیت دیگر این است که تمامی عواملی که در کیفیت یک واکه نقش تعیین کننده دارند (مانند ارتفاع زبان، میزان پسین یا پیشین بودگی، گردی لب)، ممکن است تحت تاثیر عواملی دستخوش تغییر گردند. یکی از این عوامل بافت همخوانی‌ای است که یک واکه در آن قرار می‌گیرد. می‌دانیم که آواها با فاصله از هم تولید نمی‌شوند. به بیانی دیگر اندام گویایی در همان لحظه که درگیر ادای یک آواست، خود را برای تولید آوای بعد نیز آماده می‌سازد. پس می‌توان انتظار داشت آوای مجاور یک واکه، در کیفیت آن تاثیرگذار باشد. مطالعاتی که در زبان‌های دیگر مانند زبان انگلیسی انجام پذیرفته‌اند، تاثیر بافت همخوانی را بر کیفیت واکه گزارش کرده‌اند. با این حال بررسی تاثیر واج مجاور یک واکه بر کیفیت آن، در زبان فارسی به

¹ frequency

² formant

³ front

⁴ back

* برای آشنایی با مفاهیم بسامد و سازه به فصل سوم مراجعه شود.

اندازه دیگر زبان‌ها مورد استقبال واقع نشد. از آنجا که در زبان فارسی همخوان‌هایی وجود دارند که در زبانی مانند انگلیسی دیده نمی‌شوند (مانند همخوان‌های ملازی) بررسی تاثیر همخوان مجاور بر کیفیت یک واکه می‌تواند دستاوردهای نوینی به همراه داشته باشد.

۱-۳- هدف و ضرورت تحقیق

سعی این نوشته بر تعیین میانگین سه بسامد اول شش واکه ساده زبان فارسی خواهد بود. به غیر از بسامد سه سازه اول، آنچه غالباً در مطالعه واکه‌ها مدنظر قرار می‌گیرد میزان بسامد پایه^۱، شدت^۲ و دیرش واکه^۳ می‌باشد. از این رو در این مطالعه به پارامترهای نامبرده شده نیز پرداخته خواهد شد. واقعیت مهمی که وجود دارد این است که اندازه تمامی این متغیرها، تحت تاثیر عوامل زیادی از قبیل تکیه، آهنگ و بافت همخوانی دستخوش تغییر می‌گردند. از این میان در این پژوهش تاثیر بافت همخوانی بر کیفیت واکه مدنظر قرار خواهد گرفت. پرداختن به چنین موضوعی از آنجا حائز اهمیت می‌باشد که توصیفی علمی از واکه‌های زبان فارسی به دست می‌دهد. اگرچه واکه‌های زبان فارسی پیش از این نیز (چنانکه در فصل بعد بدان اشاره خواهد شد) مورد مطالعه قرار گرفته‌اند، اما به روز رسانی دستاوردهای پیشین به خودی خود می‌تواند سودمند واقع شود. به علاوه در مطالعات پیشینی که در زمینه واکه‌های زبان فارسی صورت گرفته است، تاثیر بافت همخوانی بر کیفیت واکه به دقت بررسی نشده است، لذا پژوهش حاضر امید آن را دارد که بتواند نتایج جدیدی در زمینه هم‌تولیدی واکه با همخوان در زبان فارسی به دست دهد. این نتایج همانطور که بر همگان مشخص

¹ fundamental frequency

² intensity

³ duration

است، می‌تواند در پژوهش‌های بین رشته‌ای مانند زبانشناسی رایانه‌ای و یا گفتار درمانی نیز مفید واقع شود.

۴-۱- پرسش‌های پژوهش

این پژوهش سعی در یافتن پاسخ پرسش‌های زیر خواهد داشت:

۱. وضعیت سه سازه اول تا سوم هر واکه در زبان فارسی چگونه است؟
۲. وضعیت شدت هر واکه چگونه است؟
۳. میزان بسامد پایه در هر واکه چقدر است؟
۴. دیرش (طول زمان) هر واکه چقدر است؟
۵. واج مجاور یک واکه در کیفیت آن چه اندازه تاثیرگذار است؟

۵-۱- فرضیه‌های پژوهش

آنچنان که مطالعه واکه‌ها در زبان‌های دیگر نشان داده است، می‌توان انتظار داشت که:

۴-۱-۱ F_1 واکه‌های افراشته پائین‌تر از واکه‌های افتاده باشد.

۴-۱-۲ F_2 واکه‌های پسین پائین‌تر از واکه‌های پیشین باشد.

۴-۱-۳ F_3 واکه‌های گرد، از واکه‌های گسترده پائین‌تر باشد.

۴-۱-۲- از آنجا که شدت هر واکه با میزان انرژی تولیدی آن مرتبط است، می‌توان در پاسخ به

این سوال به فرضیه صفر قائل شد. به عبارتی می‌توان تصور نمود هیچ رابطه‌ای بین

شدت و نوع واکه وجود ندارد.

۱-۴-۳- از آنجا که میزان بسامد پایه با میزان افراستگی^۱ واکه مرتبط است می‌توان چنین فرض کرد که واکه‌های افراشته، بسامد پایه بالاتری نسبت به دیگر واکه‌ها داشته باشند اگرچه این فرکانس تحت تاثیر عواملی نظیر آهنگ ممکن است تغییر یابد که بررسی آن در حوزه این پژوهش نیست.

۱-۴-۴- میزان کشش سه واکه /a/, /e/, /o/ کمتر از سه واکه /i/, /u/, /a/ می‌باشد.

۱-۴-۵- نوع آوایی که در مجاورت واکه قرار دارد می‌تواند در کیفیت واکه تاثیر گذار باشد به این شکل که:

۱-۵-۱- کشش واکه‌ها در مجاورت همخوان‌های بی‌واک کم‌تر از همخوان‌های واکدار می‌باشد.

۱-۵-۲- بسامد پایه در مجاورت همخوان‌های واکدار پائین‌تر از بسامد پایه همان واکه در مجاورت همخوان بی‌واک است.

۱-۵-۳- محیط همخوانی بر شدت واکه تاثیری ندارد.

۱-۵-۴- بسامد سازه اول واکه تحت تاثیر واکداری همخوان مجاور کاهش می‌یابد.

۱-۵-۵- بسامد سازه دوم واکه تحت تاثیر جایگاه و شیوه تولید همخوان مجاور تغییر می‌یابد. به بیانی روشن‌تر، می‌توان انتظار داشت، بسامد سازه دوم در مجاورت همخوان‌های

¹ height

سایشی کاهش یابد. این سازه همچنین، در مجاورت همخوان‌های لبی کاهش و در مجاورت همخوان‌های کامی افزایش می‌یابد.

۱-۶- روش پژوهش

۱-۶-۱- جامعه آماری و نمونه

از آنجا که هدف بررسی واژه‌های زبان فارسی معیار می‌باشد، جامعه آماری این تحقیق را واژه‌های تولید شده توسط گویشوران بومی فارسی معیار تشکیل می‌دهند. از این میان، به صورت اتفاقی ۱۱۴۰ واژه ضبط و مورد تحلیل قرار می‌گیرد که این مقدار، جامعه نمونه پژوهش حاضر را شکل می‌دهد.

۱-۶-۲- روش جمع‌آوری داده‌ها و ابزار سنجش

به منظور دستیابی به میزان بسامد سازه‌ها، کشش و شدت هر واژه، همچنین به جهت بررسی میزان تاثیر واج مجاور بر کیفیت واژه، هر شش واژه در بافت هجایی CVC قرار گرفتند. به جهت تفکیک تاثیر واج پیشین و پسین بر کیفیت واژه، همخوان پایانی هجای فوق به صورت ثابت انسدادی لبی واکنار (/b/) در نظر گرفته شد. در جایگاه همخوان آغازین این هجا بیست همخوان زبان فارسی که عبارتند از: /b,p,d,t, g,k,G, ʔ,v,f,z,s, dʒ, tʃ, ʃ, ʒ,x,h/

قرار گرفتند. از شرکت کنندگان خواسته شد هر واژه را دوبار در آزمایشگاه آواشناسی دانشگاه الزهراء(س) و در اتاق آکوستیک تلفظ کنند. با استفاده از نرم افزار تحلیل صوت پرات^۱ ویرایش ۵/۰/۸۳، پنجاه میلی ثانیه میانی هر واژه مورد تحلیل صوت شناختی قرار گرفت و به منظور به دست آوردن میزان دیرش هر واژه، طول آن مجدداً اندازه گیری شد. سپس برای بررسی آماری، نتایج حاصله وارد نرم افزار آماری اس پی اس اس^۲ ویرایش ۱۷/۰ شد.

۱-۶-۳- اعتبار سنجی ابزار مورد استفاده

به منظور بررسی اعتبار ابزار مورد استفاده از روش بازآزمایی استفاده شده است و طی آن، ده درصد از آزمودنی‌ها، شش ماه پس از تحلیل اولیه مورد ارزیابی و نمره گذاری مجدد قرار گرفته‌اند و میزان رابطه نتایج حاصل از اجرای دوم با نتایج حاصل از اجرای اول با استفاده از آزمون همبستگی پیرسون ارزیابی شده است. و در تمامی متغیرهای مورد اندازه گیری، مقدار همبستگی بالایی گزارش شده که همگی در سطح ۰/۰۱ معنادار می باشند. این امر حاکی از اعتبار بالای ابزار مورد استفاده می باشد.

^۱ praat

^۲ spss

جدول الف نتایج آزمون پیرسون

متغیرها	میزان همبستگی	سطح معناداری
	(R)	(Sig)
F0	۰/۷۸	۰/۰۰۰۱
intensity	۰/۹۶	۰/۰۰۰۱
F1	۰/۹۶	۰/۰۰۰۱
F2	۰/۹۵	۰/۰۰۰۱
F3	۰/۸۸	۰/۰۰۰۱

۱-۷- ساختار پژوهش

نوشته حاضر متشکل از پنج فصل می‌باشد که هر کدام هدف خاص خود را دنبال می‌کنند. فصل اول عنوان کننده کلیاتی در مورد موضوع، پرسش‌ها و فرضیات و همچنین روش کار پژوهش می‌باشد. فصل دوم به بررسی پیشینه مطالعاتی می‌پردازد که تا کنون در زمینه واژه‌ها صورت پذیرفته است. این فصل خود به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود. در بخش ابتدایی آن مطالعاتی مطرح می‌شوند که یا توسط محققان ایرانی انجام پذیرفته‌اند و یا در ارتباط با واژه‌های زبان فارسی شکل گرفته باشند. بخش دوم این فصل به مطالعات غیر ایرانی که در زمینه واژه‌های زبان‌های دیگر به ویژه انگلیسی صورت پذیرفته‌اند، اختصاص می‌یابد. فصل سوم به معرفی چارچوبی می‌پردازد که تحقیق حاضر در حیطه آن شکل خواهد گرفت. بدین معنا که به معرفی آواشناسی آزمایشگاهی و مشخصاً آواشناسی صوت‌شناختی می‌پردازد. مفاهیم مرتبط با این زیرشاخه از

آواشناسی نامبرده و توضیح مختصری از هرکدام ارائه خواهد شد. از جمله این مفاهیم می‌توان به موج صوتی، بسامد و سازه، طیف‌نگاشت، اندام گویایی و مشخصا ویژگی‌های صوت‌شناختی واکه‌ها اشاره نمود. در فصل چهارم نخست روش کار تحقیق حاضر معرفی خواهد شد و پس از آن نتایج حاصل از آن در قالب جداول و نمودارها ارائه خواهد گردید. در بخش انتهایی این فصل این نتایج به بحث و تحلیل گذارده خواهند شد. فصل پایانی نیز به مرور روند کار انجام گرفته شده و نتیجه گیری از آن اختصاص خواهد یافت.

فصل دوم

بیسینہ تنظیمی

۲-۱- پیشگفتار

در این فصل به بررسی پیشینه مطالعه واژه‌ها در زبان فارسی و زبان‌های مختلف پرداخته خواهد شد. در ابتدا واژه‌های زبان فارسی معرفی شده، مطالعاتی که بر روی آن‌ها به عمل آمده است مورد توجه قرار خواهد گرفت. در ادامه به مطالعاتی که توسط محققان خارجی بر روی واژه‌های زبان‌های مختلف صورت پذیرفته است، اشاره خواهد شد. مطالعه واژه‌ها در بین آشناسان غربی سابقه‌ای بس طولانی‌تر دارد. قدمت مطالعات صوت شناختی واژه‌ها به قبل از جنگ جهانی دوم برمی‌گردد. موضوع این مطالعات نیز از گستردگی و تنوع چشمگیری برخوردار است اما از آنجا که تمرکز اصلی این نوشته بر روی تاثیر واج مجاور بر بسامد سازه‌های واژه‌هاست، لذا به مطالعاتی که به این مهم پرداخته‌اند بیشتر از موضوعات دیگر اشاره خواهد شد.

۲-۲- واژه‌های زبان فارسی و پیشینه مطالعاتی آن

زبان فارسی از خانواده زبان‌های هند و اروپایی است. زبان‌های هند و اروپایی از حدود هزاره اول پیش از میلاد مسیح در بخش بزرگی از اروپا و جنوب و جنوب غربی آسیا رایج بوده و از نیمه دوم سده پانزدهم میلادی در آمریکا و آفریقا و اقیانوسیه هم رایج گشته‌اند (ابوالقاسمی، ۱۳۸۶: ۳). زبان فارسی مشخصاً از دسته زبان‌های هند و ایرانی این گروه است که خود دارای دو شاخه هندی و ایرانی می‌باشد. شاخه ایرانی در هزاره اول پیش از میلاد مسیح در ایران و افغانستان، و در شمال در منطقه میان مجارستان و ترکستان چین رایج بوده است (همان، ۴). از زبان ایرانی باستان در طول سده هفتم پیش از میلاد مسیح دست کم چهار زبان منشعب شده‌اند: ۱. سکایی. ۲. مادی. ۳.

فارسی باستان. ۴. اوستایی. نظام واکه‌ای زبان ایرانی باستان متشکل از سه واکه کوتاه: a, i, u و پنج واکه ساده: ā, ā, ū, ai, au و دو واکه مرکب: āi, āu بوده است (همان، ۲۰).

این ده واکه وقتی به ایرانی میانه غربی می‌رسند دچار تغییراتی گردیده و از تعداد آن‌ها کاسته می‌شود. زبان فارسی میانه غربی از سال ۲۴۷ پیش از میلاد مسیح تا سال ۲۲۴ میلادی رواج داشته است و در اوایل دوره اسلامی از میان می‌رود (همان، ۱۳۰). زبان فارسی امروز در واقع فرزند همین انشعاب غربی ایرانی باستان قلمداد می‌شود. نظام واکه‌ای ایرانی میانه غربی داری هشت واکه /ō, ē, ā, a, i, u, ī/ بوده است. که فارسی دری تمام این هشت واکه را حفظ می‌نماید.

پسیویچ (۱۹۶۰: ۹۶) معتقد است نظام واکه‌ای زبان فارسی در قرن سیزدهم میلادی متشکل از هشت واکه ساده بوده است که زبان فارسی امروز شش واکه آن را حفظ کرده است. وی در جدولی شکل تغییر یافتن این واکه‌ها را به این شکل نمایش می‌دهد (همان، ۸۹):

قرن سیزدهم میلادی	قرن بیستم
واکه: /ǎ/	/a/
/ā/	/a/
/ĩ/	/e/
/ī/ و /ē/	/i/
/u/ و /o/	/u/

شماره (۸۶:۱۳۶۴) نیز دستگاه واکه‌ای فارسی امروز را متشکل از شش واکه می‌داند که عبارتند از:

/a, a, e, i, o, u /

لازار (۱۳۸۴) هم به وجود همین شش واکه قائل است و اشاره می‌کند سه واکه / a, i, u / از امتدادی به نسبت ثابت برخوردارند و در زبان روزمره تغییر و تبدیل‌های مهمی در کیفیت این واکه‌ها روی نمی‌دهد. اما سه واکه / o, e, a / دارای امتداد متغیرند و اغلب کیفیتی شناور دارند (همان، ۱۸). این در حالی است که حاج (۳۵۷:۱۹۵۷) به وجود یک واکه کاهش یافته نیز در این نظام قائل است. بنا به نظر وی واکه / ə / نیز گاهی در محاوره حضور پیدا می‌کند که البته بیشتر از سبک فردی تاثیر می‌پذیرد برای مثال بعضی افراد ممکن است واژه‌ای نظیر [dahən] را به صورت [dəhən] تلفظ کنند. به طور کلی واکه‌های زبان فارسی امروز به دو دسته کوتاه و بلند تقسیم می‌شوند. اگرچه آنچه باعث تمایز واکه‌ای در این نظام می‌گردد کشش واکه‌ای نیست. به بیانی ساده‌تر واکه /a/ جفت کشیده واکه /a/ محسوب نمی‌شود بلکه آنچه باعث تمایز واجی بین این دو واکه می‌گردد، تفاوت کیفی بین آنهاست.

در سال ۱۳۵۱ برای اولین بار واکه‌های زبان فارسی توسط سپنتا به صورت مصنوعی تولید گردیدند. وی زبان فارسی معیار را مورد توجه قرار داد. در این تحقیق دیرش واکه‌ها در محیط‌های همخوانی مختلف مورد توجه خاص قرار گرفتند. پائین‌ترین بسامد سازه ۲۵۰ سیکل در ثانیه در واکه و بالاترین بسامد ۲۲۵۰ سیکل در ثانیه در همین واکه گزارش شد.

یکی از نام‌دارترین مطالعات در زمینه آواهای زبان فارسی را، ثمره به سال ۱۳۶۴ انجام داده باشد. او به بررسی واکه‌های زبان فارسی از منظر آواشناسی تولیدی می‌پردازد و واکه‌های زبان فارسی را از نظر ارتفاع زبان^۱ به هنگام تولید، به سه طبقه بسته^۲، متوسط^۳ و باز^۴* تقسیم می‌کند. در این میان واکه‌های /i/ و /u/ در طبقه واکه‌های بسته و دو واکه /o/ و /e/ در طبقه واکه‌های نیمه باز یا متوسط و واکه‌های /a/ و /â/ در گروه واکه‌های باز قرار می‌گیرند. او سپس هر یک از این واکه‌ها را به تفصیل مورد بررسی قرار داده و واجگونه‌های آن‌ها را از این قرار معرفی می‌کند:

واکه /i/ : واکه‌ای پیشین، بسته، گسترده و کشیده است. این واکه در محیط‌هایی نظیر قبل از خوشه‌های همخوانی پایانی و یا در موضع تکیه، به صورت کشیده تلفظ می‌گردد. همچنین قبل از واج /j/ کوتاه و در مجاورت با همخوان‌های خیشومی، خیشومی شده می‌شود. به علاوه بعد از همخوان‌های دمیده تبدیل به واکه نیم وا گرفته می‌گردد.

واکه /e/ : واکه‌ای پیشین، متوسط، نیم گسترده و کوتاه است. قبل از خوشه‌های همخوانی پایانی و قبل از همخوان‌های چاکنایی یا در موضع تکیه کشیده‌تر از حالت طبیعی خود تلفظ

¹tongue height

² close

³ mid

⁴ open

* باز و یا بسته بودن واکه به وضعیت زبان هنگام تولید آن بستگی دارد. هرچه ارتفاع زبان، یا درجه برخاستگی آن، به هنگام تولید واکه بیشتر باشد واکه بسته‌تر و هر چه فاصله سطح زبان با سطح کام بیشتر باشد واکه بازتر قلمداد می‌شود.

° . مقصود از واکه /â/ همان واکه a است. اما از آنجا که برخی نویسندگان ا در متن اصلی از نشانه â بهره جسته اند، در نقل قول از آن‌ها، از همین نشانه استفاده خواهد شد.

می‌شود. این واکه در مجاورت با همخوان‌های خیشومی، خیشومی شده و در مجاورت با همخوان‌های دمیده نیم‌واکرفته می‌گردد.

واکه /a/ : واکه‌ای پیشین، باز، گسترده و کوتاه است. این واکه قبل از خوشه‌های دو همخوانی پایانی، قبل از همخوان‌های چاکنایی و در موضع تکیه کشیده‌تر و در مجاورت با همخوان‌های خیشومی، خیشومی شده تلفظ می‌گردد. همچنین این واکه نیز بعد از همخوان‌های دمیده نیم‌واکرفته تلفظ می‌شود.

واکه /u/ : که یک واکه پسین، بسته، گرد و کشیده است مانند دیگر واکه‌ها در محیط‌هایی که به آن‌ها اشاره شد کشیده و قبل از واکه /o/ کوتاه‌تر تلفظ می‌شود. به علاوه بعد از همخوان‌های پایانی دمیده نیم‌واکرفته می‌گردد.

واکه /o/ : پسین، متوسط، نیم‌گرد و کوتاه است. این واکه قبل از همخوان‌های واگذار پایانی، و نیز در موضع تاکید کشیده‌تر تلفظ می‌گردد و چنانچه بعد از همخوان‌های دمیده واقع شود، به صورت نیم‌واکرفته تلفظ می‌گردد.

واکه /â/ : واکه‌ای پسین، باز، گرد باز و کشیده است. این واکه قبل از خوشه‌های همخوانی و مقام تاکید کشیده‌تر و در پایان هجا و قبل از /n/ کوتاه تلفظ می‌شود. همچنین در مجاورت با واج‌های خیشومی، خیشومی شده و در مجاورت با همخوان‌های دمیده نیم‌واکرفته می‌گردد.

او سپس تاکید می‌کند که واکه‌های زبان فارسی همگی دهانی‌اند و کشش واکه در فارسی نقش واجی ندارد. این مطالعه چنان که پیشتر اشاره شد، از منظر آواشناسی تولیدی انجام پذیرفته است.

اما به لحاظ صوت شناختی، بی جن خان (۱۳۶۹) به بررسی واکه‌های زبان فارسی بر اساس نظریه آواشناسی فانت پرداخت. او که با استفاده از نرم افزار LPC به تجزیه و تحلیل صوتی واکه‌ها پرداخت بسامد بسامد پایه و سازه‌های اول و دوم هر واکه را از این قرار گزارش می‌کند:

واکه /i:/ بسامد پایه ۱۲۵، سازه اول ۴۲۰ و سازه دوم ۲۰۱۶ هرتز

واکه /e:/ بسامد پایه ۱۱۳، سازه اول ۵۸۸ و سازه دوم ۱۸۴۸ هرتز

واکه /a:/ بسامد پایه ۱۲۱، سازه اول ۷۵۶ و سازه دوم ۱۵۹۶ هرتز

واکه /u:/ بسامد پایه ۱۲۹، سازه اول ۴۲۰ و سازه دوم ۱۰۰۸ هرتز

واکه /o:/ بسامد پایه ۱۲۱، سازه اول ۵۸۸ و سازه دوم ۱۰۹۲ هرتز

واکه /â:/ بسامد پایه ۱۲۱، سازه اول ۴۲۰ و سازه دوم ۱۱۷۶ هرتز

در این پژوهش همچنین فاصله تولید واک تا حنجره در هر واکه بدین ترتیب گزارش می‌شود:

واکه /i:/ فاصله محل تولید واک تا حنجره ۱۲ سانتی‌متر

واکه /e:/ فاصله محل تولید واک تا حنجره ۸ سانتی‌متر

واکه /a:/ فاصله محل تولید واک تا حنجره ۴ سانتی‌متر

واکه /u:/ فاصله محل تولید واک تا حنجره ۱۲ سانتی‌متر

واکه /o:/ فاصله محل تولید واک تا حنجره ۸ سانتی‌متر

واکه /â:/ فاصله محل تولید واک تا حنجره ۴ سانتی‌متر

به غیر از این پژوهش، مطالعه دیگری که در این زمینه انجام شد، مربوط است به وحید صادقی در سال ۱۳۸۵. او در بررسی واج‌های زبان فارسی که بر مبنای نظریه بهینگی انجام داده است، الگوی تولیدی و صوت شناختی واج‌های زبان فارسی را ارائه می‌کند. صادقی در ارتباط با الگوی تولیدی واکه‌های افراشته^۱، جهاز صوتی در تولید واکه /i/ را متشکل از دینامیک بدنه زبان می‌داند که باعث باریک شدگی حد فاصل میان جلوی زبان^۲ و پیشکام^۳ می‌شود و در تولید واکه /u/ عقب زبان^۴ و نرمکام^۵ این باریک شدگی را به وجود می‌آورند. صادقی F_۱ واکه‌های افراشته [u] و [i] را در کلمات "تیر و تور" حدود ۲۵۰ هرتز و نزدیک بسامد پایه محاسبه می‌نماید. هم‌چنین، اشاره می‌کند F_۲ [i] حدود ۲۰۰۰ هرتز و F_۲ [u] ۷۵۰ هرتز می‌باشد. او اضافه می‌کند این تفاوت محسوس ناشی از متغیر مسیر سطح مقطع طولی حفره‌های حلق و دهان است. در [u] طول حفره حلق به علت عقب رفتن بدنه زبان به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر از [i] است که موجب می‌شود سازه‌های بسامدی دوم و سوم در بسامدهای پائین‌تر تظاهر یابند. در مورد واکه‌های نیمه افراشته [e] و [o] جهاز صوتی عبارتست از دینامیک بدنه زبان که باعث متوسط شدگی حد فاصل میان جلوی زبان و پیشکام (/e/) و عقب زبان و نرمکام (/o/) می‌شود علاوه بر این همزمان با فعالیت بدنه زبان، ریشه^۶ زبان به سمت جلو پیش آمده و از دیواره عقبی حفره حلق فاصله می‌گیرد که نتیجه آن بازشدگی سطح مقطع گرفتگی حفره حلق است. چون میزان افراستگی بدنه زبان به هنگام تولید واکه‌های نیمه‌افراشته کمتر از واکه‌های افراشته است بنابراین ریشه زبان کمتر به سمت جلو کشیده می‌شود که پیامد آن گستردگی کمتر حفره حلق است. او تفاوت واکه‌های افراشته و نیمه افراشته را در این

¹ high vowel

² Front of the tongue

³ palate

⁴ back of the tongue

⁵ velar

⁶ root

نکته می‌بیند که سطح مقطع گرفتگی حفره زبان مرکزی به علت ارتفاع کمتر بدنه زبان در واکه‌های نیمه افراشته بازتر است. همچنین سطح مقطع گرفتگی حلق به علت افراستگی کمتر بدنه زبان در واکه‌های نیمه افراشته تا حدودی باریک‌تر است. در این واکه‌ها F_1 به طور متوسط ۲۰۰ تا ۳۰۰ هرتز بالاتر از واکه‌های افراشته است. F_2 در واکه [e] تا حدودی کمتر از واکه [i] و در واکه [o] تا حدودی بیشتر از [u] گزارش می‌شود. او علت این تفاوت را در تغییراتی می‌داند که در طول حفره حلق در اثر کاهش سطح مقطع گرفتگی حفره زبان ایجاد شده است.

در ارتباط با الگوی تولیدی واکه‌های افتاده می‌نویسد: تولید واکه‌های افتاده دینامیک بدنه زبان باعث بازشدگی حدفاصل میان جلوی زبان و پیشکام (/a/) و عقب زبان و نرمکام (/ɑ/) و دینامیک ریشه زبان باعث باریک‌شدگی سطح مقطع گرفتگی حلق می‌شود. در تولید این واکه‌ها کناره‌های زبان نیز همچون مرکز زبان باز است بنابراین حفره مرکب زبان نیز که از ترکیب موازی حفره زبان مرکزی و کناری در یک سطح بالاتر ایجاد می‌شود، باز است همچنین چون لب‌ها هنگام تولید این واکه‌ها باز است، حفره دهان هم که مرکب از حفره‌های زبان و لب‌هاست در وضعیت باز قرار دارد. بسامد F_1 این واکه‌ها در حد بیشینه است علت آن این است که وقتی انتهای بسته یک لوله باریک و انتهای باز آن گسترده باشد F_1 افزایش می‌یابد.

علاوه بر مطالعاتی که زبان‌شناسان انجام داده‌اند، گروه‌های گفتار درمانی نیز به اندازه‌گیری بسامد سازه‌ای واکه‌های زبان فارسی پرداخته‌اند که در اینجا به یکی از آن‌ها اشاره می‌شود.

صالحی و همکاران (۱۳۸۷)، بسامد سه سازه اول واکه‌های تولید شده توسط ۶۰ دانشجوی

۱۸ تا ۲۴ ساله دختر و پسر را اندازه‌گیری کردند. اندازه این سازه‌ها به قرار زیر اعلام شد: