

بررسی زیرویمی ذاتی در واک‌های خیشومی و دهانی گونه خودبخودی فارسی

محمود بی‌جن‌خان*

هنگامه صالحی کوپائی**

چکیده

هدف از این پژوهش، بررسی زیرویمی ذاتی در واک‌های خیشومی و دهانی گونه خودبخودی فارسی است. به این منظور واک‌های دهانی و خیشومی از پیکره زبان فارسی گفتاری فارس دات استخراج شده‌اند و سپس توسط نرم‌افزار پرت مورد تحلیل قرار گرفته‌اند. نتایج نشان می‌دهند که تمایز معنی‌داری میان مقادیر فرکانس پایه در دو گروه واک‌های خیشومی و واک‌های دهانی وجود دارد ولی تنهادر گروه واک‌های پیشین (i, e, a)، مقادیر فرکانس پایه در واک‌های خیشومی بیشتر از همتای دهانی آنها است. با توجه به اینکه در واک‌های پسین فارسی مشخصه گردی لب‌ها نیز وجود دارد به نظر می‌رسد که گردی لب‌ها باعث کاهش خیشومی‌شدگی در واک‌های پسین و در نتیجه کاهش مقادیر فرکانس پایه در آنها شده است. در زمینه زیرویمی ذاتی واک‌ها، نتایج این نوشته نشان می‌دهد که در هر دو گروه واک‌های خیشومی و دهانی، واک‌های افراشته نسبت به واک‌های افتاده، بطور معنی‌داری زیرویمی ذاتی بیشتری دارند.

کلیدواژه‌ها: واک‌های دهانی، واک‌های خیشومی، فرکانس پایه، زیرویمی ذاتی، گونه خودبخودی فارسی، واجشناسی پیکره‌بنیاد

* استاد زبان‌شناسی، دانشگاه تهران، mbjkhan@ut.ac.ir

** دکترای زبان‌شناسی، پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی (نویسنده مسئول)،
salehgameh@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۲۵، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۰

Copyright © 2018, IHCS (Institute for Humanities and Cultural Studies). This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International, which permits others to download this work, share it with others and Adapt the material for any purpose

۱. مقدمه

بسیاری از پژوهش‌ها، واکه‌های به طور مجزا تولیدشده را مبنای بررسی ویژگی‌های آکوستیکی قرار داده‌اند (Altenberg & Ferrand, 2006:90). این نوع بررسی دارای این مزیت است که پیچیدگی تولید گفتار را کاهش می‌دهد اما از سوی دیگر دارای این ایراد است که واکه‌های مجزا نماینده معتبری برای الگوهای گفتار عادی سخنگویان نیست (ibid). بررسی‌های انجام‌شده بر روی واکه‌ها و فضای واکه‌ای زبان فارسی امروز، همگی بر روی داده‌های گونه رسمی زبان فارسی هستند و تاکنون بر روی واکه‌های گونه خودبخودی فارسی بررسی انجام نشده است؛ بررسی‌های انجام شده مذکور، بر روی داده‌های تولید شده در شرایط آزمایشگاهی و بصورت کلمات مجزا هستند و این نوع از داده‌ها از گفتار طبیعی با سرعت طبیعی و در شرایط کاملاً کنترل‌شده استخراج می‌شوند. این درحالی است که اساساً گونه خودبخودی، گونه پرکاربرد زبان است و از اینرو ضروری است که در کنار گونه رسمی، برای این گونه نیز در بررسی‌های زبانی جایگاه ویژه‌ای در نظر گرفت و داده‌های این گونه را نیز مورد بررسی قرار داد. در بررسی حاضر به بررسی گونه خودبخودی، پرداخته شده و داده‌های مورد بررسی از پیکره تلفنی استخراج گردیده است؛ این داده‌ها مانند داده‌های آزمایشگاهی کنترل‌شده نیستند و با سرعت‌های مختلف گفتار تولید شده‌اند؛ سرعت‌های متفاوت مذکور ویژگی طبیعی گفتار خودبخودی است و همین ویژگی یکی از دلایل دشواری بررسی گونه خودبخودی و عدم بررسی آن در بررسی‌های زبانی است.

سبک (style) گفتاری سخنگویان در نوشته حاضر سبک محاوره‌ای (conversational) و سیاق (register) آن مکالمه تلفنی است.

پارامتر آکوستیکی مورد بررسی در این نوشته فرکانس پایه است. فرکانس پایه نشان‌دهنده میزان ارتعاش تارآواها است و با ارتفاع زبان رابطه مستقیم دارد؛ به عبارت دیگر هرچه ارتفاع زبان کاهش یابد، مقدار فرکانس پایه نیز کاهش می‌یابد (هی‌وارد، ۲۰۰۰: ۱۵۷ و ۱۵۸). با توجه به این امر که واکه‌های مورد بررسی در نوشته حاضر از دو نوع خیشومی و دهانی هستند، ابتدا مقادیر فرکانس پایه در گروه واکه‌های دهانی و واکه‌های خیشومی مورد بررسی خواهد گرفت و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار در دو گروه مذکور، رابطه مقادیر فرکانس پایه و افراستگی واکه‌ها در هر یک از دو گروه بطور جداگانه بررسی می‌شوند. ذکر این نکته ضروری است که بررسی‌هایی که تاکنون بر روی فرکانس پایه انجام شده است بر روی گفتار خودبخودی نبوده است.

بنابراین در بررسی حاضر به دنبال پاسخگویی به سوالات زیر هستیم:

الف- در گونه خودبخودی زبان فارسی، واکه‌های دهانی و واکه‌های خیشومی به لحاظ زیروبمی متفاوتند؟ در صورت متفاوت بودن، زیروبمی کدام یک از دو گروه بیشتر است؟
ب- در صورت متفاوت بودن واکه‌های دهانی و واکه‌های خیشومی به لحاظ زیروبمی، آیا میان افراستگی زبان در هر یک از دو گروه واکه‌های گونه خودبخودی زبان فارسی و زیروبمی ارتباطی وجود دارد؟ به عبارت دیگر آیا واکه‌های افراشته، نسبت به واکه‌های افتاده دارای زیروبمی بیشتری هستند؟

در ادامه، در بخش دوم پیشینه پژوهش و مبانی نظری ارائه می‌شوند. بخش سوم به روش‌شناسی اختصاص یافته است؛ بخش چهارم به تجزیه و تحلیل داده‌ها پرداخته است و بخش پنجم بحث و نتیجه‌گیری خواهد بود.

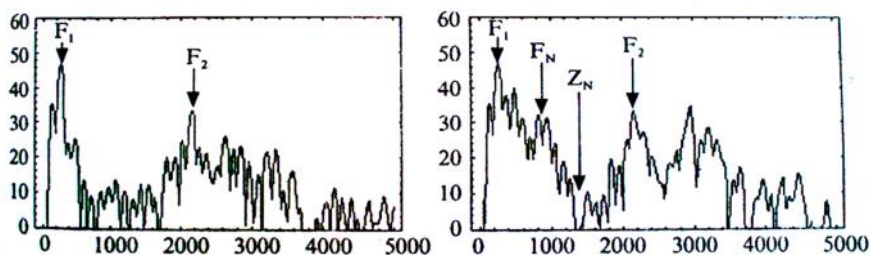
۲. مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۱.۲ واکه‌های زبان فارسی

در زبان فارسی بررسی‌هایی بر روی نظام واکه‌ای زبان فارسی انجام شده است و نظامی شش واکه‌ای را برای زبان فارسی امروز متصور شده‌اند (سپینتا، ۱۳۶۶: ۱۳۴؛ حق-شناس، ۱۳۷۰: ۳۰۴-۲۸۵؛ ثمره، ۱۳۷۸: ۱۰۲؛ لاس، ۱۹۸۴؛ بی‌جن‌خان، ۱۳۸۴: ۱۰۰-۹۴). این شش واکه عبارتند از /i,e,a,u,o,a/. ثمره (۱۳۸۷: ۸۶) اشاره می‌کند که در زبان فارسی تنها دو مشخصه پیشین/پسین بودن و میزان ارتفاع زبان نقش واجی دارند و شکل لب‌ها را در هنگام تولید نمی‌توان در زبان فارسی به عنوان مشخصه واجی به حساب آورد. با توجه به مشخصه پیشین و پسین بودن، سه واکه /i,e,a/ واکه‌های پیشین و سه واکه /u,o, / واکه‌های پسین هستند؛ با توجه به مشخصه ارتفاع زبان واکه‌های زبان فارسی به سه دسته تقسیم می‌شوند: واکه‌های افراشته /i,u/، واکه‌های میانه /e,o/ و واکه‌های افتاده /a,a/. همچنین واکه‌های زبان فارسی را از لحاظ کشش می‌توان به دو دسته کوتاه و کشیده تقسیم کرد. واکه‌های /a,o,o/ کوتاه و واکه‌های /u,i, / واکه‌های کشیده به شمار می‌روند (همان).

۲.۲ تاثیر خیشومی شدگی بر واکه‌ها

در زمینه خصوصیات آکوستیکی واکه‌های خیشومی، بررسی‌های متعددی صورت گرفته است. به لحاظ آکوستیکی، آنچه در مورد واکه‌ها حائز اهمیت است، فرکانس سازه‌ها یا بازخوان‌ها است. در واکه‌های دهانی، حفره دهان نقش بازخوان را دارد و در واکه‌های خیشومی شده حفره دهان و حفره خیشوم، به طور همزمان نقش بازخوان را ایفا می‌کنند. یکی از نتایج جفت شدن دو حفره خیشوم و دهان، ظهور ضدبازخوان‌ها (anti-resonance) یا صفرهایی (zero) است که به شکل افت دامنه نوسان در قسمت‌هایی از طیف پدیدار می‌شوند. در شکل ۲.۱ (برگرفته از هی‌وارد ۱۶۳: ۲۰۰۰: Hayward, 2000)، افاف‌تی (FFT) سازه‌های اول و دوم و همچنین ضدبازخوان (FN) و صفر (ZN) نشان داده شده‌اند.



شکل ۲.۱. اف اف تی مربوط به واکه دهانی [i] و خیشومی [i̠] برگرفته از (هی‌وارد ۲۰۰۰: ۱۶۳). در واکه دهانی (تصویر سمت چپ)، سازه‌های اول و دوم نمایش داده شده است. در واکه خیشومی (تصویر سمت راست)، علاوه بر سازه‌های اول و دوم، سازه خیشومی (FN) نیز اضافه شده است. این سازه در سمت راست سازه اول، باعث ظهور یک شیب تند در طیف نگاشته شده است. این مسئله، منجر به افت ناگهانی دامنه نوسان و بوجود آمدن صفر (ZN) شده است

هر ضد بازخوان که به دلیل جفت شدن حفره دهان با حفره خیشوم بوجود می‌آید، به یک بازخوان مرتبط است. اگرچه عموماً بازخوان‌های بوجود آمده در اثر جفت‌شدگی دو حفره دهان و خیشوم، سازه‌های خیشومی نامیده میشوند، این نامگذاری صحت چندانی ندارد، زیرا فرکانس سازه‌ها توسط کل اندام‌های گویایی تعیین می‌شوند، نه فقط حفره خیشوم.

همچنین، زمانی که حفره خیشوم و حفره دهان با یکدیگر جفت می‌شوند، در ساختار طیفی سازه‌های دهانی نیز تغییراتی بوجود می‌آید؛ واکه‌های خیشومی نسبت به واکه‌های دهانی به لحاظ فرکانس، دامنه نوسان و پهنای باند (Band width) متفاوت هستند و بیشترین

تفاوت‌ها در ناحیه سازه اول رخ می‌دهد. بعلاوه در واژه‌های خیشومی، دامنه نوسان نسبی (Relative amplitude) کل واژه نیز کاهش می‌یابد.

استایلر (Styler, 2015: 45) اشاره می‌کند فرکانس پایه ارتباطی با خیشومی شدگی ندارد؛ به نظر او فرکانس پایه مشخصه منبع (source) و خیشومی شدگی مشخصه صافی (filter) است و بنابراین انتظار نمی‌رود تعامل آکوستیکی میان آن دو وجود داشته باشد.

از سوی دیگر، ونیراندا (Veniranda, 2015: 107) در بررسی که بر روی یکی از گویش‌های زبان چینی انجام داده است نشان می‌دهد که فرکانس پایه در تمام واژه‌های خیشومی از همتای دهانی خود بیشتر است. با این‌وجود در بررسی‌های او، تحلیل‌های آماری نشان می‌دهد که در واژه‌های ساده، تنها واژه خیشومی / / از همتای دهانی خود تفاوت معنی‌دار دارد.

۳.۲ زیروبمی ذاتی

پارامتر آکوستیکی مورد بررسی در این نوشته فرکانس پایه است. فرکانس پایه یک سرنخ صوتی در حوزه زمان است که میزان ارتعاش تار آواها را محاسبه می‌کند: در واقع، مشخص می‌کند که تار آواها در یک ثانیه چند بار باز و بسته می‌شوند (بی‌جن‌خان، ۱۳۹۲: ۱۱۸). تار آواها به لحاظ تولیدی ممکن است دارای درجات مختلفی از ارتعاش باشند؛ این مسئله به لحاظ آکوستیکی بوسیله فرکانس پایه (F_0) نمایش داده می‌شود. همین موضوع به لحاظ ادراکی بوسیله زیروبمی (pitch) عنوان می‌شود؛ بنابراین هرچه نرخ ارتعاش تار آواها در تولید آوایی بیشتر باشد، آن آوا به لحاظ آکوستیکی دارای فرکانس پایه بیشتری است و به لحاظ ادراکی زیرتر درک می‌شود. فرکانس پایه بر پایه مقیاس هرتز (دور بر ثانیه) مورد سنجش قرار می‌گیرد.

هیوارد (Hayward, 2000:30) بیان می‌کند که فرکانس تمام اجزاء سازندهٔ موج پیچیده - مضربی از فرکانس پایه است. کلارک و یالوپ (Clark & Yallop, 1997:215) نیز تصریح می‌کند که فرکانس ارتعاش موج‌های منظم پیچیده، فرکانس کمترین موج سینوسی سازندهٔ این امواج است. لدی فوگد (Ladefoged, 2006:23) به رابطهٔ میان زیروبمی و فرکانس پایه اشاره می‌کند. مدرسی قوامی نیز تصریح می‌کند:

فرکانس پایه همبسته آکوستیکی ارتعاش پرده‌های صوتی است که به هرتز (چرخه در ثانیه) محاسبه می‌شود. ... همبسته شنیداری فرکانس پایه را زیرویمی می‌نامند. به عبارت دیگر، اگر فرکانس پایه در تولید یک واکه به نسبت دیگر واکه‌ها در بافتی خاص افزایش یابد، شنوندگان زبان آن واکه را زیرتر از سایر واکه‌ها خواهند شنید (مدرسی قوامی ۱۳۹۰: ۱۱۱)

همچنین فرکانس پایه می‌تواند نشان‌دهنده بعد ارتفاع واکه باشد، به عبارتی دیگر فرکانس پایه واکه‌های افراشته بیشتر از فرکانس پایه واکه‌های افتاده است. علت این موضوع آن است نرخ ارتعاش تارهای صوتی در واکه‌های افراشته بیشتر از نرخ ارتعاش تارهای صوتی در واکه‌های افتاده است. این مطلب، زیرویمی ذاتی واکه‌ها (Intrinsic pitch of vowels) نامیده می‌شود (Hayward, 2000:157, 158).

در زمینه زیرویمی ذاتی واکه‌ها، بررسی‌هایی در زبان‌های مختلف انجام شده است. والن و لویت (Walen & Levitt, 1995: 326) با بررسی زیرویمی ذاتی در ۳۱ زبان، نشان می‌دهند که زیرویمی ذاتی در واکه‌های افراشته بیشتر از واکه‌های افتاده است. از جمله بررسی‌های دیگر در این زمینه می‌توان به کونل (Connell, 2002)، کینگستون (Kingston, 2007)، ون-هوف و ورهون (Van Hoof & Verhoeven, 2011) و جیس‌ویتز و فاکس (Jacewicz & Fox, 2015) اشاره کرد.

شیخ سنگ‌تجن و بی‌جن‌خان (۱۳۹۲) در بررسی که بر روی واکه‌های فارسی در گفتار اظهاری (citation form) انجام داده‌اند نشان می‌دهند که فرکانس پایه در واکه‌ها با میزان افراستگی واکه، نسبت مستقیم دارد.

۴.۲ گونه معیار

ترادگیل (Trudgil, 1995: 5-6) اشاره می‌کند که گونه معیار زبان انگلیسی آن گونه‌ای از این زبان است که معمولاً در نوشتار به‌کار می‌رود و عموماً در مدارس و برای زبان‌آموزان غیربومی زبان تدریس می‌گردد. همچنین گونه معیار معمولاً توسط تحصیل‌کردگان و در رسانه‌های خبری و موقعیت‌های مشابه مورد استفاده قرار می‌گیرد. تفاوت میان دو گونه معیار و غیرمعیار، اساساً ارتباطی با تفاوت میان سبک رسمی و محاوره‌ای ندارد و گونه معیار، خود، دارای سبک‌های رسمی و محاوره‌ای است. مدرسی (۱۳۸۷: ۲۳۲) نیز اشاره می‌کند که زبان معیار گونه‌ای معتبر از یک زبان است که بیشتر به‌وسیله گویندگان تحصیل-

کرده‌ای که در مراکز فرهنگی و سیاسی یک کشور زندگی می‌کنند، به کار گرفته می‌شود. گونه معیار در ورای گونه‌های منطقه‌ای و اجتماعی یک زبان قرار دارد و غالباً به‌عنوان زبان رسمی در آموزش، رسانه‌های گروهی، نوشتار و سایر موقعیت‌های مشابه مورد استفاده واقع می‌شود (همان: ۲۳۳). گونه معیار که ممکن است در یک روند طبیعی و طولانی یا در زمانی نسبتاً کوتاه‌تر و از طریق برنامه‌ریزی به‌وجود آید، در واقع یک الگوی زبانی معتبر است که گویندگان گونه‌های اجتماعی و جغرافیائی گوناگون یک زبان می‌کوشند به آن نزدیک شوند و در موقعیت‌های مناسب از آن استفاده کنند (همان). گاروین (Garvin, 1973) معتقد است گونه معیار، یک گونه مدون و تثبیت‌شده زبان است که از سوی بخش قابل ملاحظه‌ای از یک جامعه زبانی، به عنوان الگو پذیرفته شده و به کار گرفته می‌شود و ویژگی‌های معینی را به‌طور نسبی داراست (همان). همچنین صادقی (۱۳۶۲) اشاره می‌کند زبان معیار زبانی است که در ورای لهجه‌های محلی و اجتماعی رایج در یک کشور قرار دارد و وسیله ارتباط اجتماعی، علمی و ادبی کسانی است که ممکن است در شرایط دیگر به‌لهجه‌های محلی یا اجتماعی خاص خود تکلم کنند این زبان معمولاً همان زبان درس خوانندگان است و غالباً با زبان نوشتار یکی است.

۵.۲ گونه خودبه‌خودی

گفتار خودبخودی اساساً به عنوان گفتار از پیش آماده نشده (unprepared speech) در نظر گرفته می‌شود؛ این نوع گفتار در تقابل با گفتار از پیش آماده شده (prepared speech) قرار دارد. در گفتار از پیش آماده شده، پاره‌گفتارها حاوی جملات خوش فرم (well-formed) هستند که مشابه جملات موجود در نوشتار است. در گفتار خودبخودی سخنگویان آزادانه واژه‌ها و موضوع مکالمه خود را برمی‌گزینند. البته گفتار خودبخودی ممکن است در رابطه با موضوعی از پیش تعیین شده نیز باشد. تفاوت عمده میان گفتار خوانداری (read speech) و گفتار خودبخودی آن است که گفتار خوانداری دارای واژه‌ها و نحو ثابت است درحالی‌که گفتار خودبخودی به سخنگویان این آزادی را می‌دهد که واژه‌ها و نحو خود را برگزینند (ibid). زمانیکه سخنگویان آزاده واژه‌های خود را انتخاب می‌کنند، طبیعی بودن گفتار افزایش می‌یابد.

تولید عناصر زبانی در گفتار خودبه‌خودی دارای ویژگی تغییرپذیری بالا در بعد زمان است. دلیل این امر عوامل متعددی همچون گوینده، بافت، تکیه، جایگاه عنصر زبانی در

واژه/گروه، تغییرات در سرعت تولید گفتار، سبک گوینده، محدودیت‌های گفتمان که عوامل نوایی (prosodic) همچون جایگاه کانون (focus) را تحت تاثیر قرار می‌دهد و غیره هستند (Nicolaidis, 2003: 3221). اساساً گفتار خودبه‌خودی و مکالمه‌ای دارای ویژگی کاهش واکه‌ای هستند. علت این موضوع آن است که واکه‌ها در این نوع از گفتار دارای دیرش کمتری در مقایسه با واکه‌های گفتار از پیش آماده شده هستند و واکه‌های با دیرش کمتر موفق به رسیدن به هدف (target) خود نمی‌شوند (Lindblom, 1963) و (Moon & Lindblom, 1994). در نتیجه عناصر زبانی ممکن است دستخوش درجات مختلفی از کاهش شوند و در میان پیوستاری از فرم‌های بسیار کاهش‌یافته تا فرم‌های کاهش‌نیافته واقع شوند (Nicolaidis, 2003: 3221).

۳. روش شناسی

۱.۳ جمع‌آوری داده‌ها

تحقیق حاضر در چارچوب واجشناسی آزمایشگاهی انجام شده است. بعلاوه با توجه به اینکه داده‌های مورد بررسی در این نوشته، از پیکره زبان فارسی گفتاری فارس دات استخراج شده است، این نوشته پژوهشی پیکره‌بنیاد نیز هست. پیکره زبان فارسی گفتاری فارس دات شامل جمع‌آوری، تقطیع و برچسب‌دهی داده‌های گفتار مکالمه‌ای زبان فارسی بر روی خط تلفن ثابت است. اجرای طرح مذکور توسط گروه پردازش گفتار در پژوهشکده پردازش هوشمند علائم در سال ۱۳۸۱ آغاز گردید. در این طرح ۲۰۰ سخنگوی بومی زبان فارسی بر حسب سن، جنس، لهجه و میزان تحصیلات انتخاب شده‌اند. بعلاوه ۱۲ موضوع اصلی به عنوان موضوع مکالمه تعیین شده است؛ این موضوعات عبارتند از گروه فرهنگی، گروه سیاسی، گروه اجتماعی، گروه اقتصادی، گروه علمی، گروه آموزش و پرورش و آموزش عالی، گروه فرهنگ و هنر، گروه خانواده، گروه ورزشی، گروه صنعت و تکنولوژی، گروه کشاورزی و دام‌داری، گروه عمران و خدمات و گروه پراکنده. سپس ۲۴۴ مکالمه تلفنی بر حسب مشخصات سخنگو و موضوع مکالمه ضبط شده است و در ادامه داده‌ها تقطیع و برچسب‌دهی شده‌اند.

در این طرح ۲۰۰ سخنگو مشارکت داشته‌اند که ۷۰ نفر از سخنگویان دارای گویش تهرانی، ۲۸ نفر گویش ترکی، ۲۵ نفر گویش اصفهانی، ۲۰ نفر گویش شمالی، ۱۵ نفر گویش

بررسی زیرویمی ذاتی در واکه‌های خیشومی و دهانی گونهٔ ... ۹

یزدی، ۱۱ نفر گویش جنوبی، ۹ نفر گویش خراسانی، ۸ نفر گویش بلوچی، ۷ نفر گویش کردی و ۷ نفر گویش لری بوده‌اند.

لازم به ذکر است که فرکانس نمونه‌برداری در ضبط داده‌های تلفنی در پیکره زبان فارسی گفتاری فارس دات ۱۱۰۲۵ هرتز بوده است. از پیکره مذکور، در مجموع ۱۳۷۹ واکه استخراج شده است که ۵۰۳ واکه، واکه خیشومی و ۸۷۶ واکه، واکه دهانی بوده‌اند. واکه‌های خیشومی در این نوشته واکه‌هایی هستند که در آن‌ها پیش از واکه، یا پس از واکه یا هم پیش و هم پس از واکه، یکی از دو همخوان خیشومی /m/ و /n/ تولید شده است. واکه‌های دهانی واکه‌هایی هستند که در بافت همخوان‌های غیر خیشومی، فارق از محل تولید و شیوه تولید آن همخوان‌ها، تولید شده‌اند.

۲.۳ آزمودنی‌ها

همانطور که پیشتر ذکر شد، داده‌های مورد بررسی در این نوشته، از پیکره زبان فارسی گفتاری فارس دات استخراج شده است. در نوشته حاضر داده‌ها از مکالمات سخنگویان دارای گویش تهرانی که در طرح مذکور شرکت داشته‌اند، به دست آمده است. علت این امر نزدیک‌تر بودن گویش تهرانی به گویش معیار نسبت به گویش‌های دیگر است. ۳۵ سخنگوی مرد در بازه سنی ۱۹ تا ۵۲ سال مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مجموعاً ۴۸ فایل مکالمه میان ۳۵ سخنگوی مذکور مورد مطالعه قرار گرفته است. مدت زمان فایل‌های مورد بررسی ۱۰۸۱ دقیقه و ۵۲ ثانیه بوده است.

۳.۳ نرم‌افزار مورد بررسی

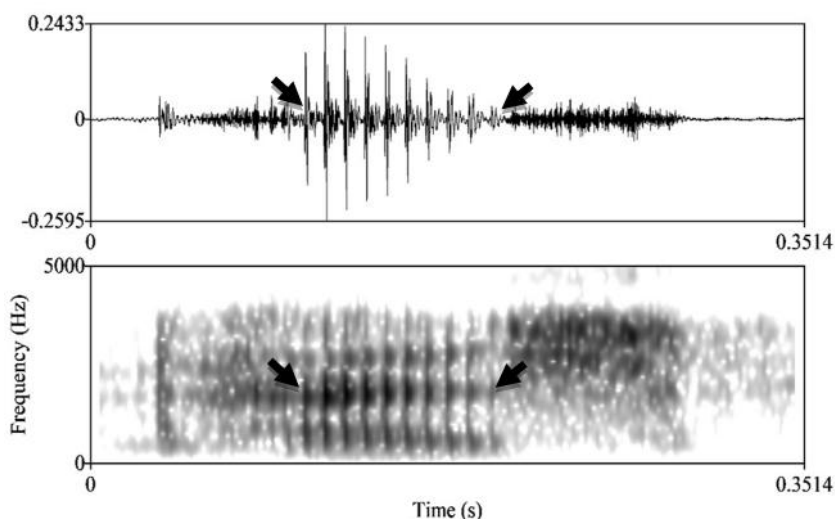
به منظور تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار پرت (PRAAT) ویرایش ۵.۰.۶ استفاده شده است. جهت تحلیل آماری داده‌های حاصل از اندازه‌گیری واکه‌ها از نرم‌افزار اکسل و اس‌پی‌اس-اس استفاده شده است. هنگام تحلیل داده‌ها، تنظیمات طیف‌نگاشته بین صفر تا ۵۰۰۰ هرتز، سقف نمایش سازه‌ها ۵۰۰۰ هرتز و تنظیمات تکیه زیرویمی بین ۷۵ تا ۲۵۰ هرتز بوده است.

۴.۳ شیوه استخراج واکه‌ها

پیشتر اشاره شد که در این نوشته گفتار خودبخودی مورد بررسی قرار گرفته است. در گفتار خودبخودی اساساً پاره‌گفتارهای ناتمام، مکث و در برخی موارد جملات به لحاظ نحوی ناستوری مشاهده می‌گردد. در این بررسی این نوع پاره‌گفتارها لحاظ نشده‌اند. همچنین، در مواردی نیز علیرغم مناسب بودن وضعیت پاره‌گفتار، طیف‌نگاشته متناظر واکه مورد بررسی وضعیت مطلوبی نداشته است. موارد مزبور نیز از بررسی حذف شده‌اند.

با توجه به اینکه در این پژوهش کل واکه انتخاب شده است، در هر یک از واکه‌های مورد نظر، ابتدا و انتهای واکه تعیین شده‌اند. در ادامه با توجه به شیوه‌های تولید در همخوان‌ها، روش تعیین ابتدا و انتهای واکه شرح داده شده است.

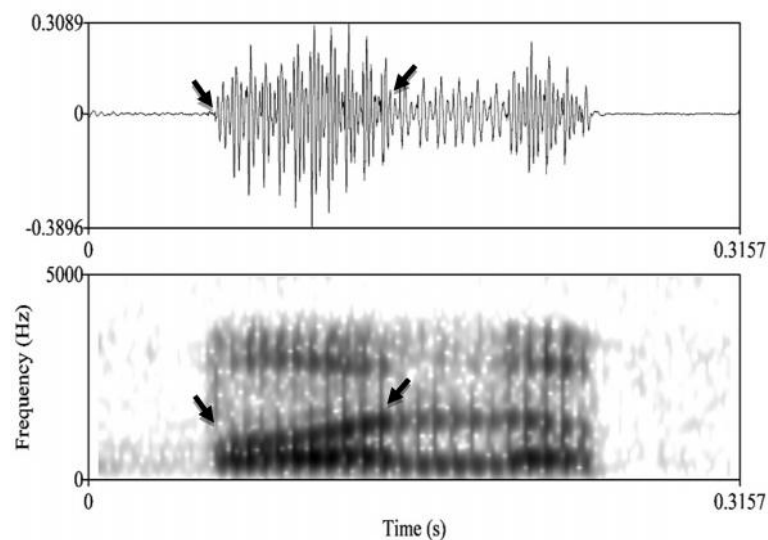
بطور کلی به منظور تعیین ابتدای واکه اولین نی‌بندی (striation) که بر روی سازه دوم قابل مشاهده بوده است همچنین موج صوتی متناظر آن و برای تعیین انتهای واکه آخرین نی‌بندی قابل مشاهده بر روی سازه دوم و موج صوتی متناظر با آن معیار قرار گرفته است. در مورد واکه‌هایی که پیش از آن‌ها همخوان‌های انفجاری بی‌واک وجود داشته‌اند، اولین نی-بندی قابل مشاهده در سازه دوم بعد از رهش بست، و همچنین متناظر بودن نی‌بندی مذکور با آغاز تناوب در موج صوتی پس از رهش بست به عنوان ابتدای واکه در نظر گرفته شده است. به عنوان مثال شکل شماره ۳. ۴. ۱ نشان‌دهنده موج صوتی (شکل بالا) و طیف-نگاشته (شکل پایین) مربوط به توالی [taʃ] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۷ است. در شکل مذکور، پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از رهش بست همخوان دندانی-لثوی انفجاری بی‌واک [t] هستند. در همخوان‌های انفجاری به دلیل وجود بست، هم در موج صوتی و هم در طیف‌نگاشته، مرز قاطعی میان همخوان مذکور و واکه پس از آن مشاهده می‌شود همچنین در شکل مذکور، پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان لثوی-کامی سایشی بی‌واک [ʃ] است. در همخوان‌های سایشی بی‌واک نیز چنانکه در موج صوتی و طیف‌نگاشته قابل مشاهده است مرز واضحی میان همخوان و واکه وجود دارد.



شکل ۳.۴.۱. موج صوتی (شکل بالا) و طیف‌نگاشته (شکل پایین) مربوط به توالی [taf] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۷. در این شکل، پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واژه پس از رهش بست همخوان دندان-لثوی انفجاری بی‌واک [t] هستند. همچنین پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واژه پیش از همخوان لثوی-کامی سایشی بی‌واک [f] است

شکل شماره ۳.۴.۲ نشان‌دهنده موج صوتی و طیف‌نگاشت توالی [bal] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۰ است. در شکل مذکور پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واژه پس از رهش بست همخوان لبی انفجاری واکدار [b] هستند. در همخوان‌های انفجاری به دلیل وجود بست، هم در موج صوتی و هم در طیف‌نگاشته، مرز قاطعی میان همخوان مذکور و واژه پس از آن مشاهده می‌شود. همچنین در شکل مذکور، پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واژه پیش از همخوان روان کناری [l] است. همانگونه که در طیف‌نگاشته نمایان است در همخوان‌های روان نیز نی‌بندی‌های منظم وجود دارد و همچنین موج صوتی آن نیز نشان‌دهنده تناوب موجی است. در مورد همخوان‌های مذکور که خود، دارای ساختار سازه‌ای هستند و مرز قاطعی میان آن‌ها و واژه‌ها وجود ندارد و تغییرات از همخوان رسا به سوی واژه تدریجی است، ابتدا (شکل ۳.۴.۷) و یا انتهای واژه نقطه‌ای در نظر گرفته شده

است که شدت (amplitude)، بیشتر بوده و به عبارت دیگر نی‌بندی‌ها در سازه دوم، قوی‌تر و پررنگ‌تر بوده‌اند

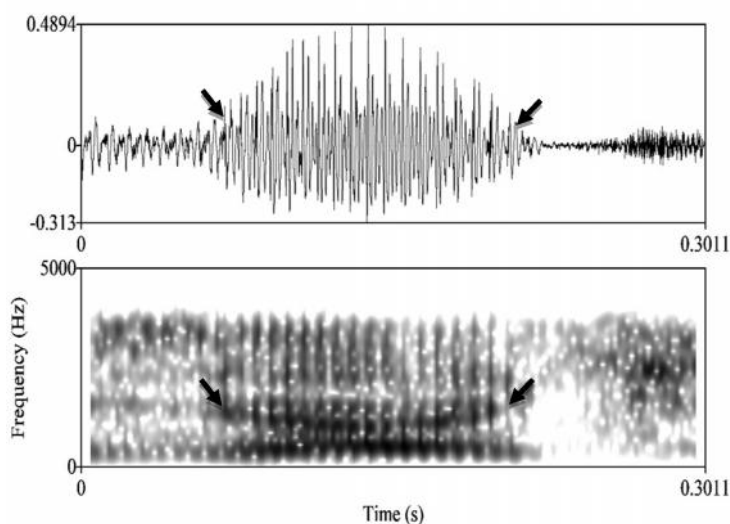


شکل ۲.۴.۳. موج صوتی (شکل بالا) و طیف‌نگاشته (شکل پایین) توالی [bal] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۰. در این شکل پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از رهش بست همخوان لبی انفجاری واکدار [b] هستند. همچنین پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان روان کناری [l] است.

شکل شماره ۳.۴.۳ نشان‌دهنده موج صوتی و طیف‌نگاشته توالی [zac] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۸۳ است. در شکل مذکور پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از همخوان لثوی سایشی واکدار [z] هستند. در این نوع از همخوان‌ها اگرچه به دلیل واکدار بودن، موج صوتی منظم است ولی نوفه نیز در آن قابل مشاهده است و تغییر موج صوتی از همخوان‌های مذکور به واکه‌ها که بدون نوفه هستند کاملاً واضح است. بعلاوه همانگونه که در طیف‌نگاشته دیده می‌شود با شروع واکه نی‌بندی‌های منظم نیز نمایان می‌گردند. همچنین در شکل مذکور، پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان پیش-

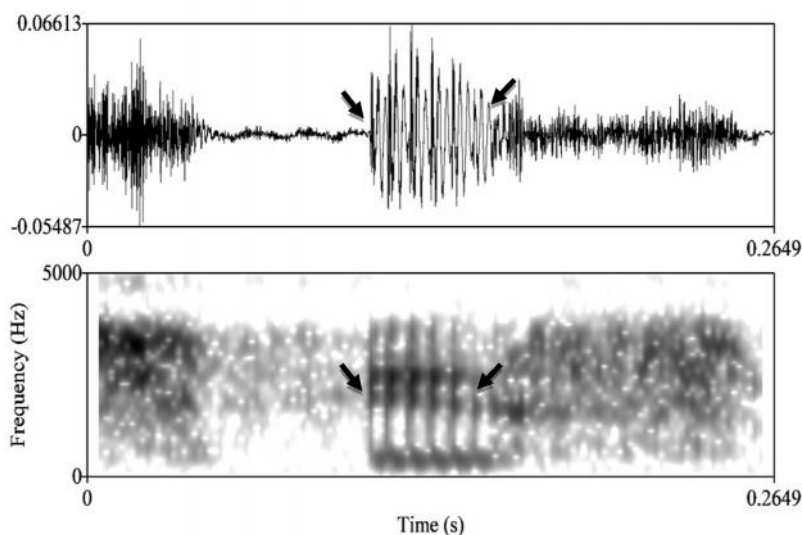
بررسی زیروبمی ذاتی در واکه‌های خیشومی و دهانی گونهٔ ... ۱۳

کامی انفجاری بی‌واک [c] است. در مورد این نوع از همخوان‌ها نیز به دلیل وجود بست بی‌واک، مرز قاطعی میان انتهای واکه و ابتدای همخوان مشاهده می‌شود.



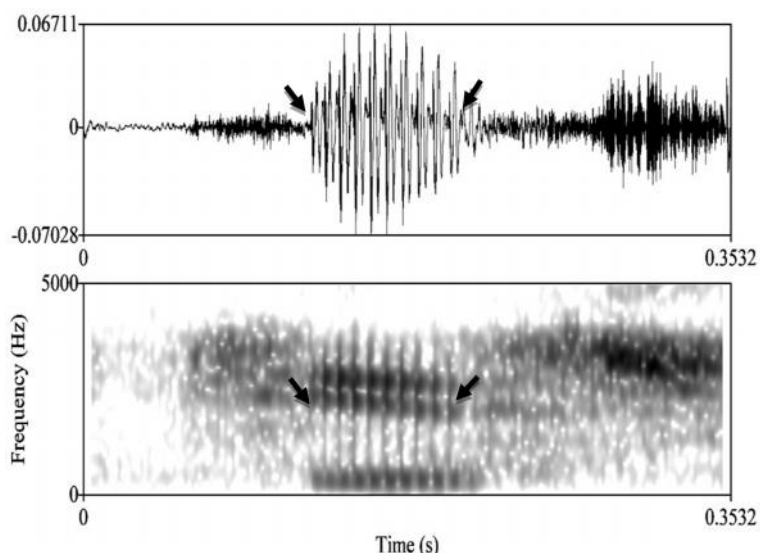
شکل ۳.۴.۳. موج صوتی (شکل بالا) و طیف‌نگاشته (شکل پایین) توالی [zac] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۸۳ در شکل مذکور پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از همخوان لثوی سایشی واکدار [z] هستند. همچنین پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان پیش‌کامی انفجاری بی‌واک [c] است.

شکل شماره ۳.۴.۴ نشان‌دهنده موج صوتی و طیف‌نگاشته توالی [xis] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۷ است. در شکل مذکور پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از همخوان ملازی سایشی بی‌واک [x] هستند. در این نوع از همخوان‌ها به دلیل بی‌واک بودن، موج صوتی نامنظم و تغییر موج صوتی از همخوان‌های مذکور به واکه‌ها کاملاً واضح است. بعلاوه همانگونه که در طیف‌نگاشته دیده می‌شود با شروع واکه نی‌بندی‌های منظم نیز نمایان می‌گردند. همچنین در شکل مذکور، پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان لثوی سایشی بی‌واک [s] است. در مورد این نوع از همخوان‌ها نیز به دلیل وجود نوفه هنگام سایش، مرز قاطعی میان انتهای واکه و ابتدای همخوان مشاهده می‌شود.



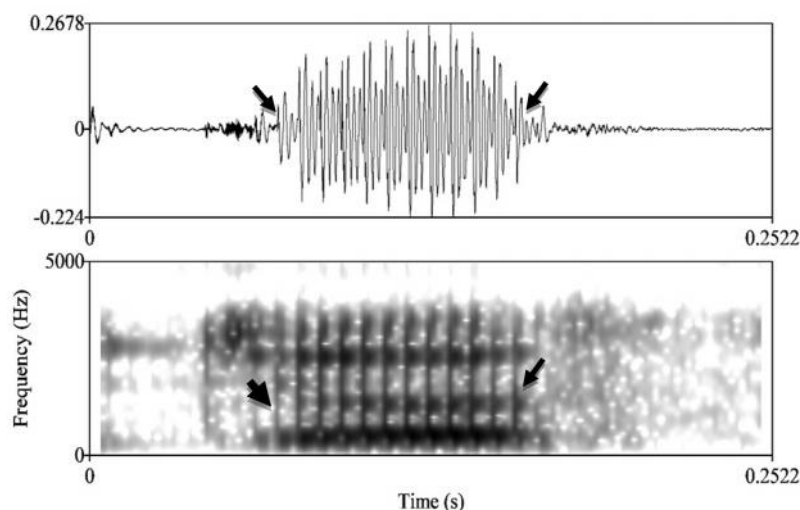
شکل ۴.۴.۳. موج صوتی (شکل بالا) و طیف‌نگاشته (شکل پایین) توالی [xis] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۷. در این شکل پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از همخوان ملازی سایشی بی‌واک [x] هستند. همچنین پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشت نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان لثوی سایشی بی‌واک [s] است.

شکل شماره ۴.۴.۳. ۵ نشان‌دهنده موج صوتی و طیف‌نگاشته توالی [iz] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۲ است. در شکل مذکور پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از همخوان پس‌لثوی انسایشی بی‌واک [] هستند. در این نوع از همخوان‌ها ابتدا رهش بست و سپس سایش رخ می‌دهد و هم در موج صوتی و هم طیف‌نگاشته شروع واکه با تغییر موج صوتی و آغاز نی‌بندی‌های منظم قابل تشخیص است. همچنین در همخوان [] به دلیل بی‌واک بودن، شکل موج صوتی نامنظم و تغییر موج صوتی از همخوان‌های مذکور به واکه‌ها کاملاً واضح است. بعلاوه همانگونه که در طیف‌نگاشته دیده می‌شود با شروع واکه نی‌بندی‌های منظم نیز نمایان می‌گردند. همچنین در شکل مذکور، پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان لثوی سایشی واکدار [z] است. در مورد این نوع از همخوان‌ها نیز به دلیل وجود نوفه هنگام سایش، مرز قاطعی میان انتهای واکه و ابتدای همخوان مشاهده می‌شود.



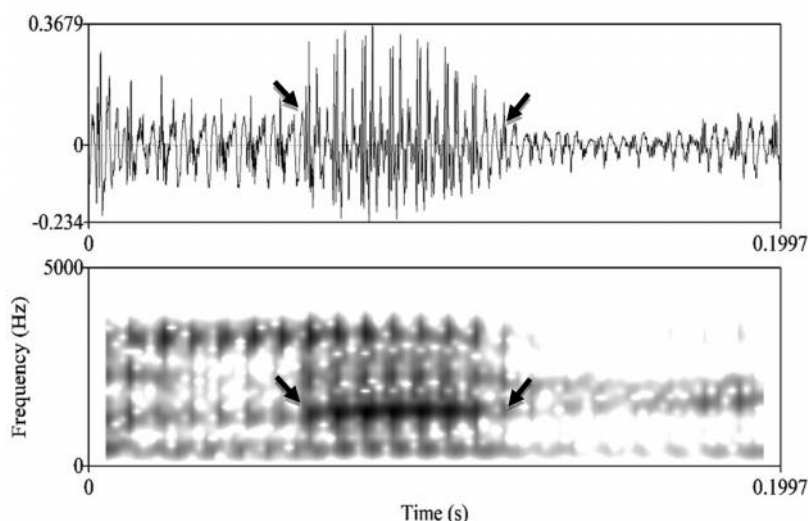
شکل ۳.۴.۵. موج صوتی (شکل بالا) و طیف‌نگاشته (شکل پایین) توالی [ʃiz] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۲. در این شکل پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکنش پس از همخوان پس‌لثوی انسایشی بی‌واک [ʃ] هستند. همچنین پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکنش پس از همخوان لثوی سایشی واکدار [z] است.

شکل شماره ۳.۴.۶ نشان‌دهنده موج صوتی و طیف‌نگاشته توالی [as] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۲۰۰ است. در شکل مذکور پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکنش پس از همخوان پس‌لثوی انسایشی واکدار [] هستند. در این نوع از همخوان‌ها ابتدا رهش بست و سپس سایش رخ می‌دهد و هم در موج صوتی و هم طیف‌نگاشته شروع واکنش با تغییر موج صوتی و آغاز نی‌بندی‌های منظم قابل تشخیص است. همچنین در شکل مذکور، پیکان‌های سمت راست در شکل موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکنش پس از همخوان لثوی سایشی بی‌واک [s] است. در مورد این نوع از همخوان‌ها نیز به دلیل وجود نوفه هنگام سایش، مرز قاطعی میان انتهای واکنش و ابتدای همخوان مشاهده می‌شود.



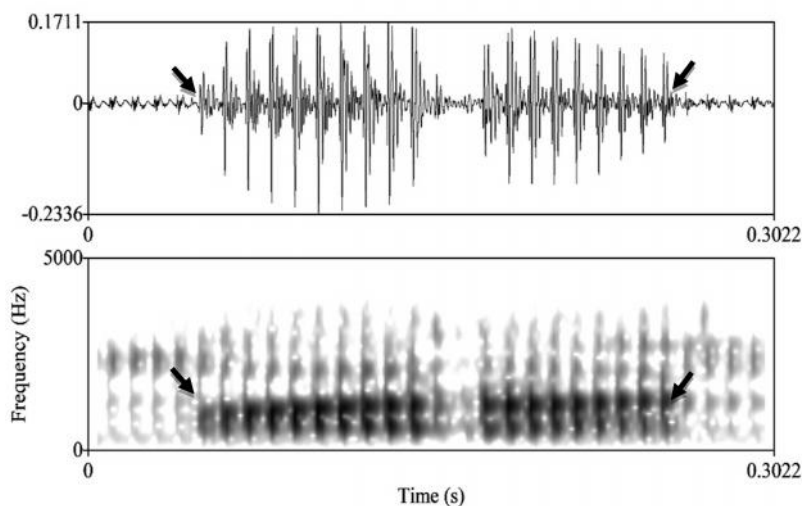
شکل ۳.۴.۶. موج صوتی (شکل بالا) و طیف‌نگاشته (شکل پایین) توالی [dʒas] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۲۰۰. در این شکل پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از همخوان پس‌لثوی انسایشی واکدار [dʒ] هستند. همچنین پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان لثوی سایشی بی‌واک [s] است.

شکل شماره ۳.۴.۷ نشان‌دهنده موج صوتی و طیف‌نگاشته توالی [leb] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۸۲ است. در شکل مذکور پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از همخوان لبی روان واکدار [l] هستند. همانگونه که در طیف‌نگاشته نمایان است در همخوان‌های روان نیز همانند واکه‌ها نی‌بندی‌های منظم وجود دارد و همچنین موج صوتی آن نیز نشان‌دهنده تناوب موجی است. در مورد همخوان‌های مذکور که خود، دارای ساختار سازه‌ای هستند و مرز قاطع‌میان آن‌ها و واکه‌ها وجود ندارد و تغییرات از همخوان رسا به سوی واکه تدریجی است، ابتدای واکه نقطه‌ای در نظر گرفته شده است که شدت (amplitude)، بیشتر بوده و به عبارت دیگر نی‌بندی‌ها در سازه دوم، قوی‌تر و پررنگ‌تر بوده‌اند. همچنین در شکل مذکور، پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان لبی انفجاری واکدار [b] است. در همخوان‌های انفجاری به دلیل وجود بست، هم در موج صوتی و هم در طیف‌نگاشته، مرز قاطعی میان همخوان مذکور و واکه پیش از آن مشاهده می‌شود.



شکل ۳.۷.۴. موج صوتی و طیف‌نگاشته توالی [leb] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۸۲ در اینسخنگوی پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکنش پس از همخوان لبی روان واکدار [l] هستند. همچنین پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکنش پیش از همخوان لبی انفجاری واکدار [b] است

شکل شماره ۳.۴.۸ نشان‌دهنده موج صوتی و طیف‌نگاشته توالی [maran] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۵ است. در شکل مذکور پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکنش پس از همخوان لبی خیشومی [m] هستند. همانگونه که در طیف‌نگاشته نمایان است در همخوان خیشومی روان نیز همانند واکنش‌ها نی-بندی‌های منظم وجود دارد و همچنین موج صوتی آن نیز نشان‌دهنده تناوب موجی منظم است. در مورد همخوان‌های مذکور که خود، دارای ساختار سازه‌ای هستند و مرز قاطع‌میان آن‌ها و واکنش‌ها وجود ندارد و تغییرات از همخوان خیشومی به سوی واکنش تدریجی است، ابتدای واکنش نقطه‌ای در نظر گرفته شده است که شدت (amplitude)، بیشتر بوده و به عبارت دیگر نی‌بندی‌ها در سازه دوم، قوی‌تر و پررنگ‌تر بوده‌اند. همچنین در شکل مذکور، پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکنش پیش از همخوان لثوی خیشومی [n] است. در همخوان مزبور نیز به دلیل توضیحات ذکر شده در بالا، انتهای واکنش، پایان نی‌بندی‌ها پررنگ‌تر و قوی‌تر بوده است.



شکل ۳.۴.۸ موج صوتی و طیف‌نگاشته توالی [maran] تولید شده توسط سخنگوی دارای کد ۷۵. در این شکل پیکان‌های سمت چپ در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده ابتدای واکه پس از همخوان لبی خیشومی [m] هستند. همچنین پیکان‌های سمت راست در موج صوتی و طیف‌نگاشته نشان‌دهنده انتهای واکه پیش از همخوان لثوی خیشومی [n] است.

پس از تعیین ابتدا و انتهای واکه‌ها و برچسب‌زنی داده‌ها، با بهره‌جویی از یک اسکریپت که بطور جداگانه بر روی هر فایل صوتی و فایل متنی متناظر آن اجرا شده است، مقادیر بسامد پایه استخراج شده‌اند. این مقادیر برای هر واکه در هفت نقطهٔ ابتدا، نقطه ۲۰ درصد، نقطه ۳۵ درصد، نقطه ۵۰ درصد، نقطه ۶۵ درصد، نقطه ۸۰ درصد و نقطه انتهای واکه استخراج شده است؛ به عبارت دیگر برای هر واکه، هفت داده در نقاط ذکر شده استخراج شده است.

گوسن هاون (۲۰۰۴: ۱۱) اشاره می‌کند که بافت همخوانی بر مقادیر فرکانس پایه اثر می‌گذارد؛ به صورتی که پس از همخوان‌ها گرفته بی‌واکه، مقادیر فرکانس پایه واکه‌ها بیشتر از مقادیر فرکانس پایه واکه‌ها پس از همخوان‌ها گرفته واکه‌دار است.

هیلنبرند و دیگران (Hillenbrand et al, 1995) در بررسی ویژگی‌های آکوستیکی واکه‌های زبان انگلیسی، و همچنین لی و دیگران (Lee et al, 1999) در بررسی ویژگی‌های آکوستیکی زبان انگلیسی آمریکایی مقادیر فرکانس پایه را از بخش ایستای واکه استخراج می‌کنند.

بنابراین به منظور کنترل تاثیر بافت همخوانی بر واکلهها، به پیروی از هیلنبرند و لی، فرکانس پایه را از بخش ایستای واکه استخراج کرده‌ایم. بنابراین از میان هفت نقطه استخراج شده در طی دیرش هر واکه، نقاط ابتدا، ۲۰ درصد، ۶۵ درصدی (سه نقطه میانی) مورد بررسی‌ها حذف شدند و نقاط ۳۵ درصد، ۵۰ درصد و ۸۰ درصد و نقطه پایانی از بررسی قرار گرفتند. بنابراین در ازای هر یک از واکلهها، سه داده استخراج شده است. همانگونه که پیشتر اشاره شد تعداد واکلههای دهانی ۸۷۶ و تعداد واکلههای خیشومی ۵۰۳ است. با توجه به اینکه در هر واکه سه نقطه میانی در طی دیرش واکه مورد بررسی قرار گرفته است، بنابراین تعداد داده‌های مربوط به واکلههای دهانی ($۸۷۶ \times ۳ = ۲۶۲۸$) و تعداد داده‌های مربوط به واکلههای خیشومی ($۵۰۳ \times ۳ = ۱۵۰۹$) است.

۴. تجزیه و تحلیل داده‌ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها در بخش جداگانه انجام می‌شود ابتدا مقادیر فرکانس پایه در دو گروه واکلههای دهانی و خیشومی مورد مقایسه قرار می‌گیرد. در صورت معنی دار بودن تفاوت در دو گروه مذکور، هر یک از شش واکه /i,e,a,u,o,d/ با متناظر خیشومی خود بطور جداگانه مورد مقایسه قرار خواهند گرفت. سپس در بخش بعدی با توجه به نتایج بدست آمده در بخش ابتدایی مبتنی بر معنی داری تفاوت فرکانس پایه در واکلههای دهانی و خیشومی، زیرویمی ذاتی واکلهها مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱.۴ بررسی تاثیر خیشومی شدگی بر فرکانس پایه

با توجه به اینکه بخشی از واکلههای مورد بررسی در نوشته حاضر خیشومی و بخشی از واکلهها دهانی هستند، مقادیر فرکانس پایه در دو گروه مذکور، مقایسه شده‌اند. جدول شماره ۴.۱.۱ نشان‌دهنده آمار توصیفی اثر خیشومی شدگی بر مقادیر فرکانس پایه است.

جدول ۴.۱.۱. آمار توصیفی اثر خیشومی شدگی بر مقادیر فرکانس پایه

سطوح	میانگین	انحراف از معیار	تعداد
خیشومی	۱۴۲/۹	۳۹/۱۴	۱۵۰۹
دهانی	۱۴۱/۳۶	۴۴/۲۶	۲۶۲۸

مدل آماری به کاررفته در این بخش، مدل آماری مقدماتی ناپارامتریک یوی مان ویتنی (Mann-Whitney U) است. علت استفاده از این مدل آماری این بوده است که اولاً به مقایسه دو میانگین پرداخته‌ایم و ثانیاً توزیع مقادیر فرکانس پایه حداقل در یکی از دو گروه، نامتقارن بوده است (به عبارت دیگر میانه مقادیر فرکانس پایه در حداقل یکی از دو گروه واکه‌های مورد بررسی، در دامنه اطمینان میانگین فرکانس پایه قرار نداشته است). با توجه به طرح مذکور، جدول آماری ۲.۱.۴ ارائه می‌شود.

جدول ۲.۱.۴. جدول یو من ویتنی: مقایسه مقادیر فرکانس پایه در واکه‌های خیشومی و واکه‌های دهانی

سطوح	مجموع رتبه‌ها	میانگین رتبه‌ها	تعداد	میزان U	میزان Z	سطح معنی داری
خیشومی	۳۲۱۴۴۲۴	۲۱۳۰/۱۷	۱۵۰۹	۱۸۹۰۵۲۳	-۲/۴۹	۰/۰۱
دهانی	۵۳۴۵۰۲۹	۲۰۳۳/۸۸	۲۶۲۸			

با توجه به میزان Z به دست آمده در زمینه اثر خیشومی شدگی (خیشومی/دهانی) بر میزان فرکانس پایه ($z = -2/49$) می‌توان عنوان نمود که مقدار Z از لحاظ آماری در سطح ($\alpha = 0/05$) معنی دار بوده و دلایل کافی برای رد فرضیه صفر و تایید فرضیه خلاف به دست آمده است. بنابراین تفاوت معنی داری بین میانگین فرکانس پایه در دو گروه واکه‌های خیشومی و واکه‌های دهانی وجود دارد؛ در نتیجه با تاکید بر جدول آماری ۲.۱.۴ عنوان می‌شود که میزان فرکانس پایه در گروه واکه‌های خیشومی ($MR = 2130/17$) بیشتر از گروه واکه‌های دهانی ($MR = 2033/88$) است.

با توجه به معنی دار بودن تفاوت میان مقادیر فرکانس پایه در دو گروه واکه‌های دهانی و خیشومی، هر یک از شش واکه دهانی و متناظر خیشومی آن بطور جداگانه مورد مقایسه قرار گرفتند. جدول ۳.۱.۴ نشان‌دهنده آمار توصیفی مقادیر فرکانس پایه هر یک از شش واکه مورد مطالعه در دو گروه خیشومی و دهانی است.

جدول ۳.۱.۴. آمار توصیفی مقادیر فرکانس پایه در هر یک از شش واکه دهانی و خیشومی

/i,e,a,u,o,ɑ/

واکه	سطوح	میانگین	انحراف از معیار	تعداد
i	خیشومی	۱۴۷/۶۵	۳۹/۵۱	۳۲۴
	دهانی	۱۳۹/۱	۳۸/۶۴	۳۳۹
e	خیشومی	۱۴۴/۸۱	۴۵/۸۴	۲۰۴

۵۴۶	۶۰/۲۷	۱۳۷/۰۴	دهانی	a
۳۶۳	۳۶/۴۳	۱۳۹/۷۸	خیشومی	
۳۸۴	۳۱/۰۷	۱۲۵/۹۷	دهانی	u
۲۴۰	۳۹/۴۸	۱۴۹/۵۳	خیشومی	
۳۸۷	۴۴/۰۵	۱۵۳/۰۵	دهانی	o
۱۸۶	۳۷/۸۷	۱۴۰/۱۷	خیشومی	
۴۵۶	۴۲/۵۶	۱۴۵/۸۲	دهانی	a
۱۹۲	۳۴/۴۱	۱۳۴/۴۲	خیشومی	
۵۱۶	۳۱/۵۱	۱۳۳/۷۸	دهانی	

با توجه به اینکه میانه فرکانس پایه در واکلهای /i/، /e/، /a/، /u/، /o/ و /a/ دهانی در دامنه اطمینان میانگین واکلهای مذکور در گروه دهانی قرار ندارد، بنابراین توزیع فوق، نامتقارن است، زیرا بین میانه و میانگین فرکانس پایه در هر یک از واکلهای گروه دهانی، تفاوت معنی داری وجود دارد. بنابراین از مدل آماری ناپارامتریک یوی مان ویتنی استفاده شده است. با توجه به طرح مذکور، جدول آماری شماره ۴.۱.۴ ارائه می شود.

جدول ۴.۱.۴. جدول آماری یو من ویتنی: بررسی مقادیر فرکانس پایه در هر یک از واکلهای دهانی و خیشومی /i,e,a,u,o,u/.

واکه	سطوح	مجموع رتبه‌ها	میانگین رتبه‌ها	تعداد	میزان U	میزان Z	سطح معنی داری
i	خیشومی	۳۱۵۴۹۳	۳۵۲/۰۲	۳۲۴	۴۸۴۳۳	-۲/۶۳	۰/۰۱
	دهانی	۲۹۵۵۷۲	۳۱۲/۸۷	۳۳۹			
e	خیشومی	۷۷۰۷۸	۳۷۷/۸۳	۲۰۴	۵۵۲۱۶	-۳/۰۱	-۰/۰۱
	دهانی	۲۰۴۵۴۷	۳۲۴/۶۳	۵۴۶			
a	خیشومی	۱۵۲۵۰۹/۵	۴۲۰/۱۴	۳۶۳	۵۲۹۴۸/۵	-۵/۶۸	۰/۰۰۱
	دهانی	۱۲۶۸۶۸/۵	۳۳۰/۳۹	۳۸۴			
u	خیشومی	۷۳۷۴۲	۳۰۷/۲۶	۲۴۰	۴۴۸۲۲	-۰/۸۳	۰/۴۶
	دهانی	۱۲۳۱۳۶	۳۱۸/۱۸	۳۸۷			
o	خیشومی	۵۶۳۲۹/۵	۳۰۲/۸۵	۱۸۶	۳۸۹۳۸/۵	-۱/۶۲	۰/۱
	دهانی	۱۵۰۰۷۳/۵	۳۲۹/۱۱	۴۵۶			
a	خیشومی	۶۷۸۴۲	۳۵۳/۳۴	۱۹۲	۴۹۳۱۴	-۰/۰۹	۰/۹۲
	دهانی	۱۸۳۱۴۴	۳۵۴/۹۳	۵۱۶			

در سه واکه پسین /i/، /e/ و /a/ با توجه به میزان z به دست آمده در زمینه اثر خیشومی-شدگی (خیشومی/دهانی) بر مقادیر فرکانس پایه ($z=-۲/۶۳$ ، $z=-۳/۰۱$ و $z=-۵/۶۸$) می‌توان عنوان نمود که در سه واکه مذکور مقدار z از لحاظ آماری در سطح اطمینان ۰/۹۵ و $۰/۰۵ =$ معنی‌دار بوده است. بنابراین تفاوت معنی‌داری بین میانگین رتبه‌های فرکانس پایه در واکه‌های پیشین خیشومی و واکه‌های پیشین دهانی وجود دارد؛ در نتیجه با تاکید بر جدول آماری شماره ۴.۱.۴ عنوان می‌شود که در سه واکه /i/، /e/ و /a/ مقادیر فرکانس پایه در گروه خیشومی (به ترتیب $MR=۳۵۲/۰۲$ ، $MR=۳۷۷/۸۳$ و $MR=۴۲۰/۱۴$) بیشتر از گروه دهانی (به ترتیب $MR=۳۱۲/۰۲$ ، $MR=۳۲۴/۶۳$ و $MR=۳۳۰/۳۹$) است. لازم به ذکر است که در گروه واکه‌های پسین /u/، /o/ و /a/ بر خلاف واکه‌های پیشین، مقادیر فرکانس پایه در گروه دهانی بیشتر از گروه خیشومی است ولی این تفاوت معنی‌دار نیست.

۲.۴ زیروبمی ذاتی در واکه‌های دهانی و خیشومی

همانطور که پیشتر اشاره شد میان دو واکه‌های دهانی و خیشومی به لحاظ فرکانس پایه تفاوت معنی‌داری وجود دارد؛ بنابراین بررسی آماری زیروبمی ذاتی واکه‌ها در هر یک از دو گروه مذکور بطور جداگانه انجام شده است. برای مشاهده آمار توصیفی واکه‌های دهانی و خیشومی به جدول شماره ۴.۱.۳ مراجعه شود.

۱.۲.۴ واکه‌های دهانی

به منظور مقایسه مقادیر فرکانس پایه ذاتی میان شش واکه دهانی زبان فارسی، از مدل آماری تحلیل واریانس یک متغیره یک طرفه (One-way Anova) استفاده شده است. علت به کار بردن این مدل آماری این بوده است که از یک سو، متغیر مستقل (واکه) از نوع اسمی و از نوع گسسته چند ارزشی است و به عبارتی دارای بیش از دو سطح است و بنابراین، از آنجا که باید به مقایسه بیش از دو میانگین پرداخته شود، باید از تحلیل‌های آماری از نوع تحلیل واریانس استفاده کرد. از سوی دیگر، چون صرفاً یک متغیر وابسته (فرکانس پایه) مورد بررسی قرار گرفته است، از تحلیل واریانس یک متغیره استفاده شده است. با توجه به طرح آماری مذکور جدول شماره ۴.۲.۱ ارائه می‌شود.

جدول ۴.۲.۱. جدول آماری تحلیل واریانس یک متغیره یک طرفه: در این جدول تاثیر متغیر مستقل واکله‌های دهانی (/i,e,a,u,o,a/) بر متغیر وابسته فرکانس پایه نشان داده شده است.

منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	میزان F	سطح معنی داری
بین گروهی	۲۱۰۳۹۶/۰۳	۵	۴۲۰۷۹/۲	۲۸/۷۸	۰/۰۰۱
درون گروهی	۵۱۴۶۶۳۹/۹۵	۲۶۲۲	۱۸۸۲/۶۲		

با توجه به میزان F بدست آمده در زمینه اثر واکله‌های دهانی (/i,e,a,u,o,a/) بر میزان فرکانس پایه، ($F=28/78$) می‌توان عنوان نمود که مقدار F از لحاظ آماری در سطح ($\alpha=0/05$) معنی دار بوده و دلایل کافی برای رد فرضیه صفر و تایید فرضیه خلاف بدست آمده است. بنابراین تفاوت معنی داری بین میانگین فرکانس پایه در شش واکله دهانی (/i,e,a,u,o,a/) وجود دارد. بنابراین با توجه به این که میزان F به لحاظ آماری معنی دار است آزمون تعقیبی در جدول شماره ۴.۲.۲ ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که چون واریانس ناهمگن بوده از آزمون تعقیبی تامهن (Tamhane) استفاده شده است.

جدول ۴.۲.۲. جدول آزمون تعقیبی تامهن مربوط به واکله‌های دهانی پیشین و پسین.

واکله‌های دهانی پیشین	تفاوت میانگین	خطای معیار	سطح معنی داری
e	۲/۷	۲/۵۲	۰/۹۹
i	۱۳/۷۲	۲/۶۲	۰/۰۰۱
a	۱۱/۰۷	۲/۵۷	۰/۰۰۱
e			
واکله‌های دهانی پسین	تفاوت میانگین	خطای معیار	سطح معنی داری
o	۷/۸۵	۲/۹۹	۰/۰۱
u	۱۹/۲۷	۲/۶۳	۰/۰۰۱
a	۱۲/۰۳	۲/۴۲	۰/۰۰۱
o			

با توجه به جدول آمار توصیفی ۴.۱.۳ و جدول شماره ۴.۲.۲ مشاهده می‌شود که در گروه واکله‌های دهانی پیشین، مقادیر فرکانس پایه واکله افرشته /i/ ($\mu=139/1$) از واکله افتاده /a/ ($\mu=125/97$) بطور معنی داری بیشتر است ($\alpha=0/05$)؛ همچنین مقادیر فرکانس پایه در واکله میانه /e/ ($\mu=137/04$) از واکله افتاده /a/ ($\mu=125/97$) بطور معنی داری بیشتر است ($\alpha=0/05$). در گروه واکله‌های دهانی پسین، مقادیر فرکانس پایه در واکله افرشته /u/ ($\mu=153/05$) از واکله میانه /o/ ($\mu=145/82$) و واکله افتاده / / ($\mu=133/78$) بطور معنی داری بیشتر است ($\alpha=0/05$). همچنین مقادیر فرکانس پایه واکله میانه /o/ ($\mu=145/82$) از واکله افتاده / / ($\mu=133/78$) بطور معنی داری بیشتر است ($\alpha=0/05$).

۲.۲.۴ واکه‌های خیشومی

به منظور مقایسه مقادیر فرکانس پایه ذاتی میان شش واکه خیشومی شده زبان فارسی، از مدل آماری تحلیل واریانس یک متغیره یک طرفه (One-way Anova) استفاده شده است. علت به کار بردن این مدل آماری این بوده است که از یک سو، متغیر مستقل (واکه) از نوع اسمی و از نوع گسسته چند ارزشی است و به عبارتی دارای بیش از دو سطح می‌باشد؛ بنابراین، از آنجا که باید به مقایسه بیش از دو میانگین پرداخته شود، باید از تحلیل‌های آماری از نوع تحلیل واریانس استفاده کرد. از سوی دیگر، چون صرفاً یک متغیر وابسته (فرکانس پایه) مورد بررسی قرار گرفته است، از تحلیل واریانس یک متغیره استفاده شده است. با توجه به طرح آماری مذکور جدول شماره ۴.۲.۳ ارائه می‌شود.

جدول ۴.۲.۳. جدول آماری تحلیل واریانس یک متغیره یک طرفه: در این جدول تاثیر متغیر مستقل واکه‌های خیشومی (/i,e,a,u,o,a/) بر متغیر وابسته فرکانس پایه نشان داده شده است.

منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	میزان F	سطح معنی داری
بین گروهی	۳۴۸۹۹/۷۸	۵	۶۹۷۹/۹۵	۵/۰۱	۰/۰۰۱
درون گروهی	۲۲۷۵۸۱۱/۲۲	۱۵۰۳	۱۵۱۴/۱۷		

با توجه به میزان F بدست آمده در زمینه اثر واکه‌های خیشومی (/i,e,a,u,o,a/) بر میزان فرکانس پایه، ($F=5/01$) می‌توان عنوان نمود که مقدار F از لحاظ آماری در سطح ($=0/05$) معنی دار بوده و دلایل کافی برای رد فرضیه صفر و تایید فرضیه خلاف بدست آمده است. بنابراین تفاوت معنی دار بین میانگین فرکانس پایه در شش واکه دهانی (/i,e,a,u,o,a/) وجود دارد. بنابراین با توجه به این که میزان F به لحاظ آماری معنی دار است آزمون تعقیبی در جدول ۴.۲.۴ ارائه می‌شود. لازم به ذکر است که چون واریانس ناهمگن بوده از آزمون تعقیبی تامهن (Tamhane) استفاده شده است.

جدول ۴.۲.۴. جدول آزمون تعقیبی تامهن مربوط به واکه‌های خیشومی پیشین و پسین.

واکه‌های خیشومی پیشین	تفاوت میانگین	خطای معیار	سطح معنی داری
e	۲/۸۴	۳/۸۸	۱
a	۷/۸۷	۲/۹۱	۰/۰۳
a	۵/۳۴	۳/۷۳	۰/۷۲
واکه‌های خیشومی پسین	تفاوت میانگین	خطای معیار	سطح معنی داری

۰/۰۱	۲/۹۳	۹/۳۶	o	u
۰/۰۰۱	۳/۵۵	۱۵/۱۱	a	
۰/۸۶	۳/۷۲	۵/۷۵	a	o

با توجه به جدول آمار توصیفی ۴.۱.۳ و جدول شماره ۴.۲.۴ مشاهده می‌شود که در گروه واکلهای خیشومی پیشین، مقادیر فرکانس پایه در واکه /i/ ($\mu=147/65$) از واکه افتاده /a/ ($\mu=139/78$) بطور معنی‌داری بیشتر است ($=0/05$). همچنین در گروه واکلهای خیشومی پسین، مقادیر فرکانس پایه در واکه افزاشته /u/ ($\mu=149/53$) از واکه میانه /o/ ($\mu=140/17$) و واکه افتاده / / ($\mu=134/42$) بطور معنی‌داری بیشتر است ($=0/05$).

۵. بحث و نتیجه گیری

با توجه به تحلیل‌های آماری در مورد تأثیر خیشومی‌شدگی بر مقادیر فرکانس پایه در واکه-های گونه خودبخودی فارسی‌تایچ زیر به دست آمده است:

همانگونه که پیشتر اشاره شد نتایج آماری نشان می‌دهد که میان مقادیر فرکانس پایه در واکلهای خیشومی و واکلهای دهانی تفاوت معنی‌داری وجود دارد و بطور کلی مقادیر فرکانس پایه در واکلهای خیشومی بیشتر از واکلهای دهانی است. بنابراین نظر استایلر (Styler, 2015) مبنی بر اینکه میان خیشومی‌شدگی و فرکانس پایه ارتباطی وجود ندارد، رد می‌شود. همچنین نتایج بررسی حاضر همسو با بررسی ونیراندا (Veniranda, 2015) مبنی بر بیشتر بود مقادیر فرکانس پایه در واکلهای خیشومی نسبت به واکلهای دهانی در یکی از گویش‌های زبان چینی است.

با در نظر داشتن اینکه مقادیر فرکانس پایه در دو گروه واکلهای خیشومی و دهانی گونه خودبخودی فارسی تفاوت معنی‌داری دارد، این تفاوت صرفاً در واکلهای پیشین /e/، /a/ و /i/ به لحاظ آماری معنی‌دار است. به عبارت دیگر صرفاً در واکلهای پیشین، مقادیر فرکانس پایه در واکلهای خیشومی از واکلهای دهانی بیشتر است. لازم به ذکر است که در گروه واکلهای پسین /u/، /o/ و /a/ بر خلاف واکلهای پیشین، مقادیر فرکانس پایه در گروه دهانی بیشتر از گروه خیشومی است ولی این تفاوت معنی‌دار نیست. بنابراین با توجه به اینکه در واکلهای پسین فارسی مشخصه گردی لب‌ها نیز وجود دارد به نظر می‌رسد که گردی لب‌ها باعث کاهش خیشومی‌شدگی در واکلهای پسین و در نتیجه کاهش مقادیر فرکانس پایه در آنها شده است. این موضوع با توجه به تفاوت میانگین رتبه‌ها در

واکه پسین افتاده غیر گرد / / در دو گروه خیشومی (۳۵۳/۳۴) و دهانی (۳۵۴/۹۳) نیز قابل تایید است. به عبارت دیگر مقادیر میانگین رتبه‌ها نشان می‌دهد که در واکه خیشومی پسین افتاده که گردی لب‌ها در مقایسه با واکه‌های خیشومی پسین افراشته و میانه- به مقدار کمتری وجود دارد، کاهش خیشومی شدگی کمتر است و در نتیجه مقادیر فرکانس پایه در واکه‌های خیشومی کمتر کاهش یافته است و بنابراین مقادیر فرکانس پایه در واکه‌های دهانی و خیشومی به هم نزدیک‌تر هستند.

در رابطه با زیروبمی ذاتی در واکه‌های دهانی و خیشومی نتایج زیر بدست آمده است:

واکه‌های دهانی

- در واکه‌های دهانی پیشین، مقادیر فرکانس پایه در واکه افراشته /i/ از واکه افتاده /a/ و هم‌بطور واکه میانه /e/ از واکه افتاده /a/ به طور معنی‌داری بیشتر است ولی علی‌رغم بیشتر بودن مقادیر فرکانس پایه واکه افراشته /i/ از واکه میانه /e/، تفاوت معنی‌داری میان آن‌ها وجود ندارد. بنابراین در واکه‌های پیشین دهانی مقادیر فرکانس پایه در واکه افراشته و میانه از واکه افتاده بیشتر است.

- در واکه‌های دهانی پسین، مقادیر فرکانس پایه در واکه افراشته /u/ از واکه میانه /o/ و واکه افتاده / / بیشتر است و همچنین مقادیر فرکانس پایه واکه میانه /o/ از واکه افتاده / / بیشتر است (> u > o). بنابراین در واکه‌ها پسین دهانی، مقادیر فرکانس پایه از واکه افراشته به میانه از واکه میانه به افتاده به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد واکه‌های خیشومی

- در واکه‌های خیشومی پیشین، مقادیر فرکانس پایه صرفاً در واکه افراشته /i/ از واکه افتاده /a/ تفاوت معنی‌داری دارد. ولی علی‌رغم بیشتر بودن مقادیر فرکانس پایه واکه افراشته /i/ از واکه میانه /e/ از یک سو و واکه میانه /e/ از واکه افتاده /a/ از سوی دیگر، تفاوت معنی‌داری میان آن‌ها وجود ندارد.

- در واکه‌های خیشومی پسین، مقادیر فرکانس پایه در واکه افراشته /u/ از واکه میانه /o/ و از واکه افتاده / / به طور معنی‌داری بیشتر است. ولی با وجود بیشتر بودن مقادیر فرکانس پایه واکه میانه /o/ از واکه افتاده / /، تفاوت معنی‌داری میان آن‌ها وجود ندارد.

باتوجه به نتایج به دست آمده از بررسی زیرویمی ذاتی واک‌های خیشومی و دهانی، مشاهده می‌شود که صرفاً در گروه واک‌های دهانی پسین، مقادیر فرکانس پایه از واک‌ها افزایش یافته و از واک میانه به واک افتاده به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و در گروه‌های واک‌های دهانی پیشین، واک‌های خیشومی پسین و واک‌های خیشومی پیشین چنین رابطه‌ای تایید نمی‌شود. اما بطور کلی نتایج این بررسی نشان می‌دهند که هم در واک‌های دهانی و هم در واک‌های خیشومی واک‌های افزایش یافته نسبت به واک‌های افتاده دارای زیرویمی ذاتی بیشتری هستند. بنابراین نتایج این بررسی همسو با نتایج بررسی‌های پیشتر ذکر شده است.

لازم به ذکر است که نتایج این بررسی، از داده‌های گفتار خودبخودی به دست آمده است و همانگونه که پیشتر ذکر شد تولید عناصر زبانی در گفتار خودبه‌خودی دارای ویژگی تغییرپذیری بالا در بعد زمان است. دلیل این امر عوامل متعددی همچون گوینده، بافت، تکیه، جایگاه عنصر زبانی در واژه/گروه، تغییرات در سرعت تولید گفتار، محدودیت‌های گفتمان و غیره هستند. بنابراین در این گونه، واک‌ها بیشتر دستخوش کاهش واک‌های شده و کمتر به هدف تولیدی خود نزدیک می‌شوند و از این رو امکان خشی شدن ویژگی‌های ممیز آکوستیکی آن‌ها وجود دارد. همین امر ممکن است باعث متفاوت بودن نتایج حاصل از بررسی گونه خودبخودی با نتایج حاصل از داده‌های مجزا و کنترل شده باشد.

کتاب‌نامه

- بی‌جن‌خان، م. (۱۳۸۴). *واج‌شناسی-نظریه بهینگی*. تهران: سمت
- بی‌جن‌خان، م. (۱۳۹۲). *نظام آوایی زبان فارسی*. تهران: سمت
- ثمره، ی. (۱۳۷۸). *آواشناسی زبان فارسی، آواها و ساخت آوایی هجا*. ویراست ۲. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.
- حق‌شناس، ع. م. (۱۳۷۰). *دستگاه‌های چندگانه مصوت در زبان فارسی*. *مقالات ادبی-زبان‌شناختی*. تهران: نیلوفر
- سپنتا، س. (۱۳۶۶). «تجزیه و بازسازی گفتار». *مجله زبان‌شناسی*. تهران: مرکز نشر دانشگاهی، سال ۴، شماره ۱: ۱۳۴-۱۲۷.
- شیخ‌سنگ‌تجن، ش. و بی‌جن‌خان، م. (۱۳۹۲). «بررسی ماهیت صوت‌شناختی واک‌های فارسی در هجاهای CV گفتار اظهاری». *زبان‌پژوهی*. سال چهارم. شماره ۸: ۹۷-۱۱۳.
- صادقی، ع. ا. (۱۳۶۲). «زبان معیار». *نشر دانش*. شماره ۱۶: ۲۱-۱۶.

مدرسی قوامی، گ. (۱۳۹۰). آواشناسی: بررسی علمی گفتار. تهران: سمت.
مدرسی، ی. (۱۳۷۸). درآمدی بر جامعه‌شناسی زبان. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

- Altenberg E. P. & Ferrand, C. T. (2006). Fundamental Frequency in Monolingual English, Bilingual English/Russian, and Bilingual English/Cantonese Young Adult Women. *Journal of Voice*, 20, 89-96.
- Connell, B. (2002). Tone Languages and the Universality of Intrinsic F0: Evidence from Africa. *J. Phonetic*, 30, 101-129.
- Gussenhoven, C. (2004). *The Phonology of Tone and Intonation*. Cambridge University Press.
- Hayward, K. (2000). *Experimental Phonetics*. England: Longman Linguistics Library.
- Hillenbrand, J., Getty, L. A., Clark, M. J., & Wheeler, K. (1995). Acoustic Characteristics of American English vowels. *J. Acoust. Soc. Am.*, 97(5), 3099-3111.
- Jacewicz, E. & Fox, R. A. (2015). Intrinsic Fundamental Frequency of Vowels is Moderated by Regional Dialect. *J. Acoust. Soc. Am*, 138(4), 405-410.
- Kingston. (2007). Segmental influences on F0: Automatic or controlled? (C. Gussenhoven, & T. Riad, Eds.) *Tones and Tunes*, 2, 171-210.
- Ladefoged, P. (2006). *A course in Phonetics* (5th ed.). Boston, USA: Thompson.
- Lass, R. (1984). *Phonology: An Introduction to Basic Concepts*. Cambridge, UK: University Press.
- Lee, S., Potamianos, A., & Narayanan, S. (1999). Acoustics of Children Speech: Developmental Changes of Temporal and Spectral Parameters. *J. Acoust. Soc. Am*, 105(3), 1455-1468.
- Lindblom, B. (1963). Spectrographic Study of Vowel Reduction. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 35(11), 1773-1781.
- Moon, S. & Lindblom, B. (1994). Interaction between Duration, Context, and Speaking Style in English Stressed Vowels. *J. Acoust. Soc. Am*, 96(1), 40-55.
- Nicolaidis, K. (2003). Acoustic Variability of Vowels in Greek Spontaneous Speech. *ICPhS*, 15th, pp. 3222-3224. Barcelona.
- Styler, W. (2015). *On the Acoustical and Perceptual Features of Vowel Nasality*. Colorado: Linguistics Graduate Theses & Dissertations.
- Trudgil, P. (1995). *Sociolinguistics: an Introduction to language and Society* (3rd ed.). London: Penguin.
- Van Hoof, & Verhoeven, J. (2011). Intrinsic vowel F0, the size of vowel inventories and second language acquisition. *J. Phonetics*, 39, 168-177.
- Veniranda, Y. (2015). Oral and Nasal Vowels in Pontianak Teochew. *LLT Journal*, 18(2), 107-124.
- Whalen, D. H. & Levit, A. G. (1995). The universality of intrinsic Fo of vowels. *Journal of Phonetics*, 349-366.