

Voice Onset Time Variations in Phonetic and Prosodic Contexts: The Study of Persian Stops and Affricates

Abstract

This study examines the effect of stress as a prosodic factor and phonetic context as a segmental factor on the Voice Onset Time (VOT) of Persian oral stops and affricates (/b, p, d, t, ʃ, c, ɟ, tʃ, tʃʰ/). The VOT of these consonants was analyzed in nine different phonetic contexts and under two stress conditions—stressed and unstressed—in 135 Persian words. The phonetic contexts studied included word-initial, inter-vocalic, post-voiceless fricative, post-voiced fricative, post-voiceless stop, post-voiced stop, post-/ɹ/, and pre-/ɹ/. The data were recorded in a controlled laboratory setting by 12 native speakers of Standard Persian and analyzed using Praat software. Statistical analysis of the results was conducted using R software. The findings indicate the significant role of phonetic context in systematic VOT variation. Additionally, the results show that stress had no significant effect on the VOT of voiced stops and affricates, but it was found to be an influencing factor for voiceless stops and affricates. In this case, the VOT of unstressed syllables was shorter than that of stressed syllables. However, in instances where both factors (phonetic context and stress) had an effect, statistical analysis revealed that the impact of phonetic context was far greater than that of stress.

Keywords: Voice Onset Time, VOT, Phonetic Context, Stress, Persian Language



تغییرات زمان آغاز واک در بافت‌های آوایی و نوایی: مطالعه همخوان‌های انسدادی و انسایشی زبان فارسی

چکیده

در این پژوهش اثر تکیه به عنوان یک عامل نوایی و همچنین اثر بافت آوایی به عنوان یک عامل زنجیری بر میزان زمان آغاز واک (وی‌آتی) همخوان‌های انسدادی دهانی و انسایشی زبان فارسی / b, p, d, t, ʃ, c, ʒ, ʁ, ʁ/ بررسی شده است. بدین منظور وی‌آتی این همخوان‌ها در ۹ بافت آوایی متفاوت و دو موقعیت تکیه‌بر و بدون تکیه در ۱۳۵ واژه فارسی مورد مطالعه قرار گرفت. بافت‌های آوایی مورد بررسی عبارت بودند از آغازین، میان‌واکه‌ای، پس از سایشی بی‌واک، پس از سایشی واکدار، پس از انسدادی بی‌واک، پس از انسدادی واکدار، پس از همخوان /l/ و پیش از همخوان /l/. داده‌ها توسط ۱۲ گویشور فارسی معیار در محیط آزمایشگاهی ضبط شده و توسط نرم افزار پرات تحلیل شدند. تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم افزار R انجام شده است. نتایج پژوهش نقش موثر بافت آوایی در تغییرات نظام‌مند مقادیر وی‌آتی را نشان می‌دهند. همچنین نتایج پژوهش نشان داد تکیه در میزان وی‌آتی انسدادی‌ها و انسایشی واکدار تأثیر معنی‌داری نداشت اما برای انسدادی‌ها و انسایشی بی‌واک می‌توان تکیه را نیز از جمله عوامل تأثیرگذار در نظر گرفت. نتایج نشان داد در این مورد وی‌آتی هجاهای بدون تکیه کوتاه‌تر از هجاهای تکیه‌بر تولید شده‌اند. در مواردی که هر دو عامل مورد بررسی تأثیرگذار بوده‌اند تحلیل آماری نشان داد تأثیر تکیه در مقایسه با بافت آوایی بسیار کمتر است.

کلیدواژه‌ها: زمان آغاز واک، وی‌آتی، بافت آوایی، تکیه، زبان فارسی.

۱. مقدمه

«زمان آغاز واک» که به اختصار وی‌اُتی^۱ نامیده می‌شود، یکی از مهم‌ترین شاخص‌های صوت‌شناختی در مطالعه واکداری همخوان‌های انسدادی است. این اصطلاح که نخستین بار توسط لیسکر و آبرامسون (۱۹۶۴) ابداع شد و به فاصله زمانی بین انفجار رهش^۲ همخوان‌های انسدادی و شروع امواج شبه منظم نشان‌دهندهٔ تکانه‌های حنجره اطلاق می‌شود (Lisker & Abramson 1964). این مولفهٔ زمانی، بسته به عوامل تولیدی و آیرودینامیکی تغییر می‌کند و معمولاً آن را به صورت پیوستاری در نظر می‌گیرند که از مقادیر منفی تا مثبت ادامه می‌یابد. در اندازه‌گیری وی‌اُتی لحظهٔ رهش بست با عدد صفر قراردادی مشخص می‌شود. بدین ترتیب هرگاه آغاز ارتعاش پیش از رهش صورت بگیرد مقدار آن منفی خواهد بود که از اصطلاح «پیش‌افت واک»^۳ برای آن استفاده می‌شود. در صورتی که ارتعاش دقیقاً همزمان با رهش آغاز شود مقدار آن صفر و اگر با تأخیر نسبت به رهش آغاز شود مقدار آن مثبت خواهد بود که «پس‌افت واک»^۴ نامیده می‌شود. این عددگذاری‌ها و نام‌گذاری‌ها تاکنون به عنوان یک سنت رایج در مطالعات وی‌اُتی به کار رفته است.

لیسکر و آبرامسون (۱۹۶۴) در یک مطالعهٔ زبان‌گذر ۱۱ زبان را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که زمان شروع واک در حنجره نسبت به فراگویی فوق حنجره‌ای^۵ نقش مهمی در تمایز همخوان‌های انسدادی این زبان‌ها ایفا می‌کند. از آنجائیکه در آغاز توجه آنها بر همخوان‌های انسدادی در جایگاه آغازین معطوف بود شروع ارتعاش حنجره را نسبت به رهش بست اندازه‌گیری کردند و آن را وی‌اُتی نامیدند.

آنها از مطالعهٔ این زبان‌ها یک توزیع سه‌گانه از مقادیر وی‌اُتی یافتند که نخستین مقوله دارای پیش‌افت واک بود و نمایی^۶ منفی داشت که «کاملاً واکدار» نامیده شد؛ دومین مقوله نمایی مثبت ولی کوچک داشت که «بی‌واک نادمیده» خوانده شد و سومین مقوله نمایی مثبت و بزرگ (بزرگتر از ۲۵ میلی ثانیه) داشت که چون تأخیر در شروع واک با دمش همراه می‌شود «بی‌واک دمیده» نامیده شد (Abramson 1977: 296).

¹ Voice Onset Time (VOT)

² burst release

³ voice lead

⁴ voice lag

⁵ supralaryngeal

⁶ mode

این یافته‌ها منجر به رده‌بندی زبان‌ها بر اساس الگوهای وی‌آتی شد. زبان‌هایی که از دو مقوله «کاملاً واکدار» و «بی‌واک نادمیده» برای تحقق آوایی تمایز واجی واکداری بهره می‌برند، زبان‌های واک^۱ نامیده می‌شوند، در حالی که زبان‌هایی که از دو مقوله «بی‌واک نادمیده» و «بی‌واک دمیده» استفاده می‌کنند، زبان‌های دمش^۲ نام دارند. در همین راستا، بیجن‌خان و نوربخش (۲۰۰۹) و نوربخش و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعات تولیدی و درکی نشان دادند که فارسی معیار به ردهٔ زبان‌های دمش تعلق دارد.

با این حال نقش وی‌آتی فراتر از تمایز واجی است و به عنوان یک ویژگی قابل اندازه‌گیری و بسیار متغیر گفتار، بینش ارزشمندی در مورد تعامل بین عوامل آوایی، نوایی و زبانی ارائه می‌دهد. در بیش از شصت سالی که از معرفی این مفهوم می‌گذرد مطالعات متعددی به بررسی تاثیر عوامل مختلف بر مقادیر وی‌آتی پرداخته‌اند. جایگاه تولید همخوان انسدادی، کیفیت واکهٔ بعدی، تکیه، سرعت گفتار، سطح گفتار مورد مطالعه (کلمه، جمله، گفتار پیوسته و...)، محل قرار گرفتن انسدادی در بافت نوایی، حجم هوای ششی و جنسیت و سن گوینده از جمله عواملی هستند که پژوهش‌های متعددی را به خود اختصاص داده‌اند (Chang, 1999; Cho & Keating, 2009; Cho & Ladefoged, 1999; Morris, McCrea, & Herring, 2008; Smith, 1978; Taheri & Nourbakhsh, 2019; Whiteside, Henry, & Dobbin, 2004).

با وجود تعدد این دست مطالعات در سطح جهانی، تاثیر بافت آوایی و تکیه بر مقادیر وی‌آتی زبان فارسی همچنان نیاز به بررسی جامع‌تری دارد. اگرچه تاثیر کیفیت واکهٔ مجاور در زبان فارسی پیشتر مورد مطالعه قرار گرفته است (Bijankhan & Nourbakhsh, 2009) تحقیقات اندکی به بررسی نقش همخوان‌های مجاور بر مقادیر وی‌آتی اختصاص داشته است. همچنین به نظر می‌رسد نقش تکیه به عنوان یک عامل نوایی بر مقادیر وی‌آتی در هر یک از بافت‌های آوایی یک خلأ پژوهشی به شمار می‌رود.

پژوهش حاضر با هدف پر کردن این شکاف، تحلیلی جامع از تاثیر بافت‌های آوایی ارائه می‌دهد. برخلاف تحقیقات پیشین که عمدتاً بر الگوهای کلی وی‌آتی در تعداد محدودی از بافت‌های آوایی (بیشتر آغازین و میان‌واکه‌ای) تمرکز داشته‌اند، این مطالعه با بررسی وی‌آتی در نه بافت آوایی متمایز، جزئیات جدید و درک عمیق‌تری از اثرات بافت آوایی ارائه

¹ voice languages

² aspiration languages

می‌نماید. علاوه بر این، این پژوهش با گنجاندن همخوان‌های انسایشی در کنار انسدادی‌ها، دامنه تحلیل را گسترش داده است. بررسی وی‌آئی همخوان‌های انسایشی با توجه به ویژگی‌های خاص زمانی این آواها، موضوعی است که در ادبیات جهانی کمتر به آن پرداخته شده است. در همین راستا، مقایسه الگوهای تغییرات وی‌آئی در بافت‌های گوناگون بین انسدادی‌ها و انسایشی‌ها از اهداف مهم این پژوهش به شمار می‌آید.

یکی دیگر از نوآوری‌های این پژوهش، بررسی نقش تکیه در هر یک از بافت‌های آوایی است. در حالی که مطالعات پیشین اثر کلی تکیه بر وی‌آئی را نشان داده‌اند، تعامل تکیه با بافت‌های آوایی مختلف تاکنون کمتر مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه با طراحی آزمایشی کنترل‌شده، امکان بررسی این تعاملات را فراهم می‌آورد و به نظر می‌رسد اولین مطالعه از این نوع در زبان فارسی باشد.

این پژوهش با استفاده از یک طرح آزمایشی منظم، داده‌های صوت‌شناختی گویشوران بومی فارسی معیار را برای تعیین تغییرات وی‌آئی در بافت‌های آوایی کنترل‌شده تجزیه و تحلیل می‌کند. این رویکرد، تلاشی است برای کشف الگوهای نظام‌مند و ویژگی‌های بالقوه مختص زبان فارسی و نحوه تعامل عوامل آوایی و نوایی در این زبان. یافته‌های این مطالعه نه تنها درک ما را از چگونگی شکل‌گیری تولید آواها تحت تأثیر بافت مجاور گسترش می‌دهد، بلکه به حوزه‌های نظری و کاربردی گسترده‌تری نیز کمک می‌نماید.

از منظر نظری، بررسی تأثیر عوامل آوایی و نوایی بر وی‌آئی به عنوان یک شاخص صوت‌شناختی زمانی^۱ به درک دقیق زمان‌بندی رویدادهای تولیدی و تغییرات پویای تولید گفتار کمک می‌کند. این یافته‌ها می‌تواند به توسعه مدل‌های واج‌شناختی دقیق‌تر زبان فارسی منجر شود و درک ما را از تعامل بین واج‌شناسی و آواشناسی در این زبان عمیق‌تر کند. از منظر کاربردی، نتایج این مطالعه در چندین حوزه قابل بهره‌برداری است. در حوزه پردازش و فناوری گفتار، الگوهای دقیق تغییرات وی‌آئی در بافت‌های مختلف و تحت تأثیر تکیه می‌تواند مستقیماً در بهبود سیستم‌های سنتز گفتار فارسی به کار رود. سیستم‌های سنتز گفتار فعلی اغلب فاقد طبیعی بودن کافی هستند، زیرا جزئیات زمان‌بندی آوایی را در بافت‌های مختلف در نظر نمی‌گیرند. با گنجاندن الگوهای بافت‌محور و تأثیرات تکیه بر وی‌آئی، این سیستم‌ها قادر خواهند بود گفتار روان‌تر و طبیعی‌تری تولید کنند که از نظر زمان‌بندی و کیفیت صوتی به گفتار انسانی نزدیک‌تر است. همچنین این یافته‌ها می‌تواند دقت سیستم‌های

¹ temporal

بازشناسی خودکار گفتار فارسی را افزایش دهد. سیستم‌های بازشناسی گفتار با درک بهتر تنوع طبیعی وی‌آتی در شرایط مختلف آوایی و نوایی، می‌توانند الگوهای متنوع‌تر تلفظ را به درستی شناسایی کنند و نرخ خطای شناسایی را کاهش دهند، به‌ویژه در گفتار پیوسته و طبیعی که تنوع بافتی بالایی دارد. در حوزه آموزش زبان، شناخت دقیق الگوهای طبیعی وی‌آتی در زبان فارسی می‌تواند به عنوان معیاری کمی برای ارزیابی تلفظ زبان‌آموزان غیربومی فارسی مورد استفاده قرار گیرد. بسیاری از زبان‌آموزان خارجی در تولید تمایزات زمانی ظریف بین واکدارها و بی‌واک‌ها در فارسی دچار مشکل هستند و الگوهای به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند پایه‌ای برای طراحی برنامه‌های آموزشی هدفمند و سیستم‌های بازخورد خودکار تلفظ فراهم آورد. در حوزه گفتاردرمانی و پاتولوژی گفتار، یافته‌های این مطالعه می‌تواند به تشخیص و درمان اختلالات تولید گفتار کمک کند. بسیاری از اختلالات گفتاری در کودکان و بزرگسالان، مانند آپراکسی گفتاری یا دیزآرتری، با ناهنجاری‌های زمان‌بندی آوایی همراه هستند. داشتن الگوهای هنجار وی‌آتی در بافت‌های مختلف به گفتاردرمانگران امکان می‌دهد انحرافات از الگوهای طبیعی را دقیق‌تر شناسایی کرده و برنامه‌های درمانی مبتنی بر شواهد طراحی کنند. همچنین این داده‌ها می‌تواند در ارزیابی پیشرفت درمانی و اثربخشی مداخلات گفتاردرمانی مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر این، نتایج این پژوهش می‌تواند در توسعه ابزارهای ارزیابی آوایی خودکار و سیستم‌های یادگیری تلفظ کمک‌کننده^۱ نقش داشته باشد که می‌توانند در پلتفرم‌های یادگیری آنلاین و اپلیکیشن‌های موبایل گنجانده شوند. در نهایت، این مطالعه پایه‌ای برای پژوهش‌های آینده در زمینه تنوع گویشی (بررسی تفاوت‌های وی‌آتی در گویش‌های مختلف فارسی)، مطالعات مقایسه‌ای بین‌زبانی (مقایسه الگوهای وی‌آتی فارسی با زبان‌های مشابه)، و بررسی تغییرات وی‌آتی در گفتار پاتولوژیک و سنین مختلف فراهم می‌آورد.

لازم به ذکر است که هرچند پیش از این ثابت شده است زبان فارسی معیار به رده زبان‌های دمش تعلق دارد اما به جهت سهولت و یکدستی نامگذاری به تبعیت از نوربخش ۱۳۸۸ و بیجن‌خان و نوربخش ۲۰۰۹ در این پژوهش به جای دمیده و نادمیده از اصطلاح واکدار و بی‌واک به ترتیب برای همخوان‌های /p, t, c, tʃ/ و /b, d, ʒ, G, dʒ/ استفاده شده است.

¹ Computer-Assisted Pronunciation Training

۲. پیشینه پژوهش

لیسکر و آبرامسون (۱۹۶۴) پس از ایراداتی که به کارآیی هر یک از مشخصه‌های [±واکدار]، [±سخت] و [±دمیده] جهت تمایز واکداری وارد نمودند، مطالعه‌ای را آغاز کردند تا سرنخ‌های صوت‌شناختی این تمایز را بیابند (Lisker & Abramson 1964). آنها این سرنخ صوت‌شناختی را زمان شروع واک (وی‌اُتی) نامیدند و بر آن شدند که نقش تمایزی آن را نخست در یازده زبان بررسی نمایند. هدف از مطالعه آنان بررسی این مشخصه منفرد برای تمایز مقوله‌های انسدادی‌ها در زبان‌هایی بود که هم از نظر تعداد و هم از نظر ویژگی‌های آوایی با هم تفاوت داشتند. زبان‌های مورد مطالعه ایشان از نظر تقابل واجی واکداری در سه گروه مختلف قرار داشتند. این سه گروه عبارت بودند از: زبانهای دو مقوله‌ای که دو طبقه از انسدادی‌ها از نظر مشخصه واجی مربوط به حنجره در تقابل قرار داشتند، زبان‌های سه مقوله‌ای که سه طبقه از انسدادی‌ها (واکدار، بیواک نادمیده و بیواک دمیده یا بیواک نادمیده، بیواک دمیده و بیواک بسیار دمیده) از نظر واجی در تقابل بودند و زبان‌های چهار مقوله‌ای که چهار گروه همخوان (واکدار نادمیده، واکدار دمیده، بیواک نادمیده و بیواک دمیده) در تقابل بودند. بر اساس جمع‌بندی نتایج حاصل از مطالعه این یازده زبان، لیسکر و آبرامسون، نتیجه‌گیری کردند که وی‌اُتی می‌تواند به عنوان معیاری کارآمد برای تمایز انسدادی‌ها در زبان‌های مورد مطالعه به کار رود. همچنین نتیجه گرفتند که این شاخص تا حد زیادی نسبت به محل تولید نیز حساس است و می‌تواند نشان‌دهنده تفاوت محل تولید نیز باشد. در نتایج حاصل از مطالعه ایشان وی‌اُتی انسدادی‌های نرم‌کامی بیشتر از سایر انسدادی‌ها بود.

پس از معرفی وی‌اُتی، واکداری در بسیاری از زبان‌های دنیا با توجه به این معیار آوایی-صوت‌شناختی مورد بررسی قرار گرفت. مطالعاتی از این دست نشان دادند که وی‌اُتی برای تمایز مقوله‌های واجی در جایگاه آغازین سرنخی بسیار معتبر است (Bahrani, 2022; Bijankhan & Nourbakhsh, 2009; Chen, Chao, Peng, & Yang, 2008; P. Keating, Linker, & Huffman, 1983; P. A. Keating, 1984; Klatt, 1975; Ögüt, Kiliç, Engin, & Midilli, 2006; Van Alphen & Smits, 2004).

در عین حال شاهد مطالعات گسترده‌ای بر روی تغییرات وی‌اُتی و عوامل تاثیرگذار بر آن بوده‌ایم. در اینجا بویژه بر مطالعاتی تمرکز خواهیم کرد که ماهیت پویا و بافت-وابسته وی‌اُتی را به تصویر کشیده‌اند.

لیسکر و آبرامسون (۱۹۶۷) برخی تأثیرات بافت بر وی‌آئی انسدادی‌های انگلیسی را مورد بررسی قرار دادند (Lisker & Abramson 1967). آنها دریافتند که بین وی‌آئی انسدادی‌ها در کلمات مجزا و جملات و همچنین بین موقعیت تکیه‌بر و بدون تکیه تفاوت‌های نظام‌مندی وجود دارد. همخوان‌های /b, d, g/ در صورتی که در جایگاه پس از محیط واک قرار بگیرند به دلیل ادامه یافتن واک از بافت پیشین، معمولاً کاملاً واکدار تولید می‌شوند در صورتی که همین همخوان‌ها در جایگاه آغازین در این زبان، بی‌واک نادمیده تلفظ می‌شوند. انسدادی‌های /p, t, k/ در موقعیت تکیه‌بر کلمات مجزا بیشترین مقدار و در جایگاه بدون تکیه در جمله کمترین مقدار وی‌آئی را دارند.

تأثیر کیفیت واکه بر مقدار وی‌آئی انسدادی‌ها توسط پژوهشگران متعددی بررسی شده است. اکثر مطالعات بر عدم تأثیر کیفیت واکه بعدی بر وی‌آئی همخوان‌های واکدار تأکید داشته‌اند (Chang et al., 1999; Klatt, 1975). چانگ و همکارانش (۱۹۹۹) در مطالعه خویش نتیجه گرفتند که در واقع وی‌آئی انسدادی‌های بی‌واک و افراستگی واکه به شکل مکانیکی به یکدیگر مرتبطند. فرضیه ایشان مبنی بر این بود که واکه‌های افراشته چون مقاومت بیشتری در برابر خروج هوا از دهان ایجاد می‌کنند، باعث به تعویق افتادن اختلاف فشار لازم جهت تولید واک می‌شوند و این امر باعث طولانی‌تر شدن وی‌آئی می‌شود.

مطالعه تأثیر بافت همخوانی بر میزان وی‌آئی بیشتر به بررسی خنثی‌شدگی، دمش زدایی و کاهش وی‌آئی انسدادی‌های بی‌واک دمیده پس از همخوان سایشی /s/ و به طور کلی پس از سایشی‌های بی‌واک اختصاص داشته است (Klatt, 1975). کان (۲۰۱۵) بر این باور است که نادمیده بودن انسدادی‌ها در موقعیت پس از همخوان /s/ به دلیل ویژگی خاص این همخوان نیست بلکه فقط مانع از قرار گرفتن انسدادی‌ها در جایگاه آغازین است که تنها موقعیتی است که به این انسدادی‌ها اجازه دمیده بودن می‌دهد (Kahn, 2015). اما برومن و گلدشتان (۱۹۸۶) معتقدند علت خنثی‌شدگی تقابل انسدادی‌های بی‌واک پس از /s/ آنست که در این موقعیت فقط یک حرکت بسته و باز شدن حنجره وجود دارد. در طول تولید آوای سایشی بازشدگی چاکنای به حداکثر خود می‌رسد و هنگام رهش انسدادی چاکنای باریکتر شده و به همین دلیل دمش وجود نخواهد داشت (Browman & Goldstein, 1986).

مطالعات انجام شده در زبان فارسی نیز بر اهمیت و نقش تمایزی این شاخص آوایی-صوت‌شناختی تاکید داشته‌اند. بیجن خان و نوربخش (۲۰۰۹) در یک مطالعه تولیدی نقش تمایزی وی‌آتی انسدادی‌های دهانی زبان فارسی معیار را در دو بافت آغازین و میان‌واکه‌ای مورد بررسی قرار دادند. پژوهش ایشان نشان داد انسدادی‌های بی‌واک فارسی در هر دو بافت دمیده‌اند. درخصوص انسدادی‌های واکدار نتیجه پژوهش ایشان حاکی از آن بود که این همخوان‌ها در جایگاه میان‌واکه‌ای کاملاً واکدار و در جایگاه آغازین عمدتاً بی‌واک نادمیده‌اند (bijankhan & Nourbakhsh 2009). ایشان تاثیر کیفیت واکه بر میزان وی‌آتی انسدادی‌های واکدار و بی‌واک زبان فارسی را نیز مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که کیفیت واکه بعدی بر میزان وی‌آتی انسدادی‌های واکدار از نظر آماری معنی دار نبوده و از الگوی مشخصی پیروی نمی‌کند اما انسدادی‌های بی‌واک پیش از واکه‌های افراشته به شکل معنی‌داری از مقدار وی‌آتی بیشتری برخوردارند.

مدرسی قوامی (۱۳۸۶) خنثی‌شدگی تقابل انسدادی‌های واکدار و بی‌واک در فارسی را با استفاده از شاخص وی‌آتی مورد بررسی قرار داد. او بدین منظور از ضبط رقمی برنامه‌های صدا و سیمای جمهوری اسلامی استفاده کرد و از میان گفتار ضبط‌شده کلماتی را که دارای توالی یک سایشی بی‌واک و انسدادی /t/ بوده‌اند، جهت مقایسه با مواردی از رخداد همین واج در ابتدای واژه و هجا در نظر گرفت. مدرسی نتیجه گرفت که انسدادی‌های بی‌واک در این زبان در سطح واجی دمیده‌اند و در جایگاه پس از همخوان‌های سایشی بی‌واک نادمیده می‌شوند.

صادقی (۱۳۸۶) نیز تاثیر دُمش بر تقابل واکداری-بی‌واکی انسدادی‌های فارسی را مورد مطالعه آزمایشگاهی قرار داد. وی بر اساس نتایج اندازه‌گیری نوفه رهش انسدادی‌ها نشان داد که در جایگاه پس از سایشی‌های بی‌واک از میزان دُمش کاسته می‌شود؛ بنابراین انسدادی‌های بی‌واک در این جایگاه در حدفاصل انسدادی‌های بی‌واک دمیده و انسدادی‌های واکدار قرار می‌گیرند. وی در آزمایش خود برای بررسی تاثیر تکیه، کلمات آزمایش را در دو گروه جمله مورد بررسی قرار داد. در گروه اول کلمات در موضع بدون تکیه و در گروه دوم در موضع تکیه بر قرار گرفتند. نتیجه این بررسی نشان داد تکیه بر میزان کشش نوفه رهش انسدادی‌های بی‌واک در هجاهای CV تفاوت معنی‌دار ایجاد می‌کند، ولی در انسدادی‌های واکدار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. در این پژوهش همچنین در

بافت پس از سایشی بی‌واک نیز تاثیر تکیه برای طبقات مختلف انسدادی‌ها معنی‌دار گزارش شد.

نوریخش (۱۳۸۸) در رساله دکتری خود علاوه بر بررسی نقش تمایزی وی‌آتی، تاثیر تکیه بر میزان وی‌آتی را بررسی کرد. یافته‌های وی نشان می‌دهد که تفاوت وی‌آتی در جایگاه‌های تکیه‌بر و بدون تکیه معنی‌دار نبوده است، اما تعامل بین عوامل واگذاری و تکیه معنی‌دار بوده است. در هر دو جایگاه آغازین و میان‌واکه‌ای برای انسدادی‌های بی‌واک میزان وی‌آتی در هجای تکیه‌بر بدون تفاوت معنی‌دار اندکی بیشتر از هجای بدون تکیه بوده است ولی در انسدادی‌های واگذار همین تفاوت جزئی نیز وجود نداشته است.

مطالعات انجام شده بر سایر زبان‌ها روی این شاخص آوایی بسیار متعدد است و جنبه‌های متنوعی را دربر می‌گیرد. در اینجا به صورت گزیده به چند اثر مرتبط اشاره می‌شود.

چو و کیتیگ (۲۰۰۹) تاثیر سه عامل نوایی را بر مقدار وی‌آتی هجای /tɛ/ انگلیسی بررسی کردند. عوامل نوایی عبارت بودند از موقعیت (آغاز پاره گفتار در مقابل میان پاره گفتار)، تکیه‌واژگانی^۱ (تکیه اولیه در مقابل تکیه ثانویه) و تکیه گروه^۲ (تکیه‌بر در مقابل بدون تکیه). نتیجه کلی این مطالعه نشان داد وی‌آتی /t/ در موقعیت‌های مورد مطالعه متفاوت است و البته نسبت به تکیه گروه نیز حساس است (Cho & Keating, 2009).

سیمونه و همکاران (۲۰۱۴) تاثیر تکیه بر مقادیر وی‌آتی انسدادی‌های تیغه‌ای را در دو زبان انگلیسی و اسپانیایی بررسی کردند. نتیجه مطالعه ایشان نشان داد که تکیه‌واژگانی دیرش دمش /t/ انگلیسی و دیرش پیشواگذاری^۳ /d/ اسپانیایی را افزایش می‌دهد ولی تاثیر معنی‌داری بر همخوان‌های دارای پس‌افت کم یعنی /t/ اسپانیایی و /d/ انگلیسی ندارد (Simonet, Casillas, & Díaz, 2014).

لینگ و لیانگ (۲۰۱۶) تاثیر ساخت هجایی و بافت نوایی را بر همخوان‌های چینی شانگهای مطالعه کردند. زبان مورد بررسی ایشان دارای تقابل سه گانه همخوان‌های «بی‌واک دمیده»، «بی‌واک نادمیده» و «واکدار نفسی»^۴ بود. ایشان نتیجه گرفتند که وی‌آتی همخوان‌های بی‌واک نادمیده در شرایط نوایی قوی (دارای برجستگی) کمتر تحت تاثیر قرار می‌گیرد و

¹ lexical stress

² phrasal accent

³ prevoicing

⁴ breathy voiced

از ثبات بیشتری برخوردار است؛ درحالی که وی‌آتی همخوان‌های دمیده و نفسی نسبت به ساخت هجایی و کانون نوایی تغییر می‌کنند (Ling & Liang, 2016).

هونگ، چن، یانگ و لی (۲۰۱۹) به بررسی تاثیر کانون نوایی^۱ بر مقادیر وی‌آتی همخوان‌های انسدادی در گویش چونگ‌مینگ چینی پرداختند. این مطالعه نشان داد که موقعیت کانونی نقش مهمی در افزایش تمایزات واجی ایفا می‌کند. نتایج ایشان حاکی از آن بود که در موقعیت کانونی، تفاوت مقادیر وی‌آتی بین همخوان‌های بی‌واک دمیده و بی‌واک نادمیده به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد، در حالی که در موقعیت پیش کانونی این تفاوت کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر، برجسته‌سازی نوایی منجر به تقویت تقابلات واجی و افزایش فاصله صوت‌شناختی بین طبقه‌های همخوانی می‌شود، که این امر را می‌توان به تلاش گویشور برای واضح‌تر کردن تمایزات واجی در موقعیت‌های برجسته نسبت داد. این یافته با نظریه تقویت واجی^۲ همخوانی دارد و نشان می‌دهد که عوامل فراواجی مانند کانون نوایی می‌توانند بر تحقق صوت‌شناختی نشانگرهای واجی مانند وی‌آتی تأثیر بگذارند. مطالعه هونگ و همکاران اهمیت در نظر گرفتن بافت نوایی و گفتمانی را در تحلیل پارامترهای صوت‌شناختی برجسته می‌سازد و نشان می‌دهد که وی‌آتی نه تنها یک نشانگر واجی ثابت، بلکه پارامتری پویا است که تحت تأثیر عوامل فراواجی قرار می‌گیرد.

کربی و همکاران (۲۰۲۰) تاثیر موقعیت نوایی قوی (تکیه واژگانی و تکیه تاکیدی^۳) را بر وی‌آتی انسدادی‌های زبان آلمانی بررسی کردند و متوجه شدند وی‌آتی انسدادی‌های بی‌واک در موقعیت نوایی قوی طولانی‌تر است (Kirby, Kleber, Siddins, & Harrington, 2020).

ان و گئو (۲۰۲۴) به مقایسه وی‌آتی انسدادی‌ها و انسایشی‌های چینی ماندارین با در نظر گرفتن عواملی چون جنسیت، سن، جایگاه تولید و شیوه تولید پرداختند. ایشان داده‌های گفتاری ۶۰ نوجوان چینی‌زبان را در بازه سنی ۱۲ تا ۱۸ سال تحلیل کردند و مقادیر وی‌آتی شش همخوان انسدادی و سه همخوان انسایشی را در بافت آغازین هجا اندازه‌گیری نمودند. نتایج نشان داد که وی‌آتی انسایشی‌ها به طور معنی‌داری بیشتر از انسدادی‌هاست، که این یافته با ویژگی‌های تولیدی این دو گروه همخوان سازگار است. در انسایشی‌ها، به دلیل

¹ prosodic focus

² phonetic enhancement

³ Emphatic

وجود مرحله سایش پس از رهش انسداد و پیش از شروع واك، فاصله زمانی بیشتری بین لحظه رهش و آغاز واكداری واكه وجود دارد. همچنین محل تولید تأثیر معنی داری بر مقادیر وی اُتی داشت؛ به این ترتیب كه انسدادی‌های نرم‌كامی دارای بیشترین مقدار وی اُتی و انسدادی‌های لبی دارای کمترین مقدار بودند. از نظر تأثیر جنسیت، نوجوانان پسر در مقایسه با دختران دارای مقادیر وی اُتی کمی بیشتری بودند. یافته مهم دیگر این بود كه با افزایش سن در دوره نوجوانی، مقادیر وی اُتی به تدریج کاهش می‌یابد و به الگوهای بزرگسالان نزدیک‌تر می‌شود، كه نشان‌دهنده بلوغ تدریجی سیستم تولید گفتار و کنترل دقیق‌تر هماهنگی حنجره‌ای-فوق حنجره‌ای است. (An & Gao, 2024).

۳. روش پژوهش

شرکت کنندگان این پژوهش ۱۲ (شش مرد و شش زن) گویشور بومی فارسی معیار بودند كه خود و والدینشان متولد تهران بودند و فارسی تنها زبان اول آنان به شمار می‌رفت. همگی دارای تحصیلات دانشگاهی بودند، اما هیچ‌يك دانشجوی رشته‌های زبان‌های خارجی نبودند و تاكنون خارج از تهران زندگی نكرده بودند. تمامی شرکت کنندگان با زبان انگلیسی به عنوان زبان دوم آشنایی داشتند. متوسط سن شرکت کنندگان $4/58 \pm 25/9$ سال بود كه بین ۲۲ تا ۳۶ سال قرار داشت.

داده‌های اولیه این پژوهش شامل ۴۸۶۰ مورد واژه ضبط‌شده بود كه از سه بار تکرار ۱۳۵ واژه توسط دوازده شرکت‌کننده به دست آمد. کلمات آزمایش همگی از واژه‌های رایج زبان فارسی و از دو مقوله اسم یا صفت انتخاب شدند. واژه‌ها به صورت فهرستی از کلمات بدون بافت جمله‌ای به شرکت کنندگان عرضه شد و از آنان درخواست شد کلمات را يك به يك با مكث حدود دو ثانیه قرائت كنند. دلیل انتخاب فهرست کلمات به عنوان داده‌های این پژوهش جلوگیری از تأثیر متغیرهای مزاحم نوایی و زنجیری بود؛ چراكه در صورت قرارگرفتن کلمات در گفتار پیوسته، عواملی مانند تکیه زیروبمی، سرعت گفتار و همچنین بافت آوایی مجاور کلمات، تغییراتی در مقادیر وی اُتی ایجاد می‌کنند.

با توجه به این كه برخی داده‌ها به علت رخداد فرایندهایی مانند سایشی‌شدگی/ناسوده‌شدگی یا نارهیده تولید شدن همخوان انسدادی شرایط مناسب اندازه‌گیری وی اُتی را نداشتند داده‌های نهایی آزمایش ۴۰۷۷ مورد بود. شایان ذکر است درصد داده‌هایی كه به علت رخداد فرایندهای فوق شرایط اندازه‌گیری نداشتند در بافت‌های

مورد بررسی متفاوت بود. در مورد انسدادی‌های واکدار، در هجای تکیه‌بر بافت آغازین ۲٪، میان‌واکه‌ای ۱۶٪، پس از سایشی بی‌واک ۷٪، پس از سایشی واکدار ۹٪، پس از انسدادی بی‌واک ۵٪، پس از انسدادی واکدار ۱۵٪ و پس از /I/ حدود ۶٪ داده‌ها فاقد شرایط لازم برای اندازه‌گیری وی‌آتی بودند. در هجای بدون تکیه این مقادیر به ترتیب ۱٪، ۳۷٪، ۱۰٪، ۲۱٪، ۹٪، ۹٪ و در بافت پیش از /I/ حدود ۱۲٪ بود.

در مورد همخوان‌های انسایشی نیز بررسی به جهت تعداد داده غیرقابل اندازه‌گیری انجام گرفت. در هجای تکیه‌بر بافت آغازین ۳٪، میان‌واکه‌ای ۰٪، پس از سایشی بی‌واک ۱۵٪، پس از سایشی واکدار ۳۰٪، پس از انسدادی بی‌واک ۳٪، پس از انسدادی واکدار ۹٪ و پس از /I/ حدود ۱۲٪ داده‌ها فاقد شرایط لازم برای اندازه‌گیری وی‌آتی بودند. در هجای بدون تکیه این مقادیر به ترتیب ۰٪، ۳٪، ۳۰٪، ۴۸٪، ۳٪، ۱۸٪، ۲۷٪ و در بافت پیش از /I/ حدود ۶٪ بود.

داده‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که ۹ همخوان انسدادی و انسایشی زبان فارسی /b, p, d, t, ʃ, c, G, ɖ, tʃ/ در ۹ بافت آوایی متفاوت قرار بگیرند. از این میان، در هشت بافت، واژه‌ها به شکلی طراحی شدند که صورت مورد نظر یک بار در هجای تکیه‌بر و یک بار در هجای بدون تکیه قرار بگیرد. جدول ۱ خلاصه‌ای از طراحی داده‌های پژوهش به همراه نمونه‌هایی از واژه‌های آزمایش را نشان می‌دهد. شایان ذکر است که با توجه به تأثیر اثبات‌شده واکه‌های افراشته بر میزان وی‌آتی انسدادی‌های بی‌واک، در این پژوهش محیط واکه‌ای به صورتی استاندارد شد که تنها از واکه‌های افتاده استفاده شود. همخوان‌های مجاور به صورتی انتخاب شدند که با انسدادی مورد نظر هم‌جایگاه نباشند تا بدین ترتیب از فرایند همگونی کامل اجتناب شود. در جدول ۱ همخوان مورد نظر در هر مورد با قلم ضخیم نشان داده شده است.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در این جدول در هجای تکیه‌بر پیش از همخوان /I/ داده‌ای جمع‌آوری نشده است. دلیل آن است که همخوان /I/ در جایگاه پایانی کلمه پس از یک همخوان دیگر عمده‌تاً واکه‌رفته می‌شود. به‌ویژه پس از انسدادی‌های بی‌واک (مانند کلمه «سطر») در صددرصد موارد واکه‌رفتگی رخ می‌دهد و این امر مانع از امکان اندازه‌گیری وی‌آتی در این جایگاه می‌شود.

جدول ۱ داده‌های آزمایش

بافت	تکیه‌بر	بدون تکیه	نمونه
آغازین	#CVC	[bar]	#CVCV(C)
میان‌واکه‌ای	CVCVC	[?abad]	CVCVCV
پس از سایشی بی‌واک	CVSCVC	[?e]ba?	CVSCVCV
پس از سایشی واکدار	CVZCVC	[marzban]	CVZCVCV
پس از انسدادی بی‌واک	CVTCVC	[xacbaz]	CVTCVCV
پس از انسدادی واکدار	CVDCVC	[rudbar]	CVDCVCV
پس از همخوان /l/	CVrCVC	[?arbab]	CVrCVCV
پیش از همخوان /l/	-----	-----	CVCrVC

S= سایشی بی‌واک Z= سایشی واکدار T= انسدادی بی‌واک D= انسدادی واکدار

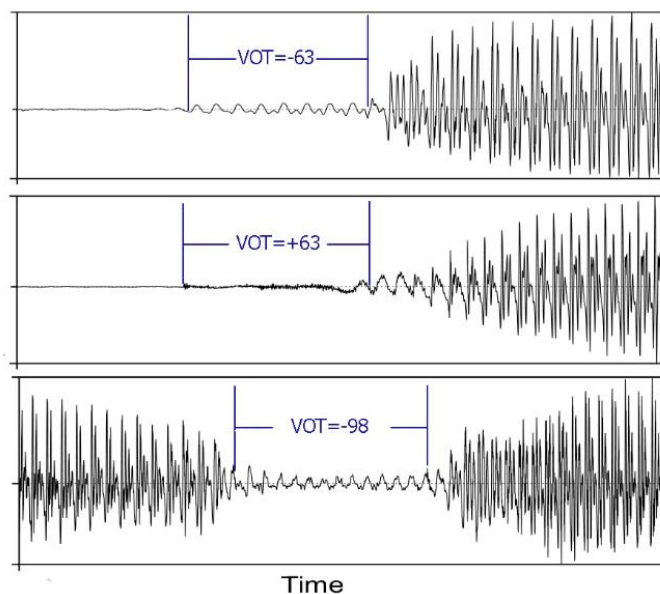
به منظور ضبط، میکروفون حرفه‌ای به فاصله ۲۰ سانتی متر از دهان شرکت‌کنندگان به صورت مورب قرار گرفت و از آنها درخواست شد که فهرست کلمات آزمایش را یکی پس از دیگری به صورت طبیعی و با مکث بین هر کلمه سه بار بخوانند. تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار پرات^۱ (Boersma & Weenink, 2020) انجام شد.

تمامی اندازه‌گیری‌ها با استفاده از شکل موج^۲ صورت گرفت ولی به منظور اطمینان از نشانه‌های اندازه‌گیری، طیف‌نگاشت نیز مورد بررسی قرار گرفت. برای اندازه‌گیری وی‌اُتی، فاصله بین آغاز انفجار رهش بست و آغاز واک اندازه‌گیری شد که آغاز واک اولین نشانه فعالیت صوتی منظم در نظر گرفته شد. در حالتی که شروع واک پیش از رهش بست صورت بگیرد، یعنی حالتی که وی‌اُتی منفی باشد، پایین‌ترین نقطه در آغاز اولین قله منفی به عنوان شروع واک در نظر گرفته شد. در حالتی که شروع واک پس از رهش بست واقع شود، یعنی در حالت وی‌اُتی مثبت، نقطه عبور از خط صفر پیش از نخستین قله منفی به عنوان شروع واک در نظر گرفته شد. در جایگاه میان‌واکه‌ای و سایر مواردی که واک از محیط آوایی پیش از همخوان مورد نظر به درون بست و تا واکه بعدی ادامه داشت، طول بست به عنوان وی‌اُتی منفی در نظر گرفته شد. شکل ۱ شیوه اندازه‌گیری وی‌اُتی را نشان می‌دهد. در این

¹ Praat

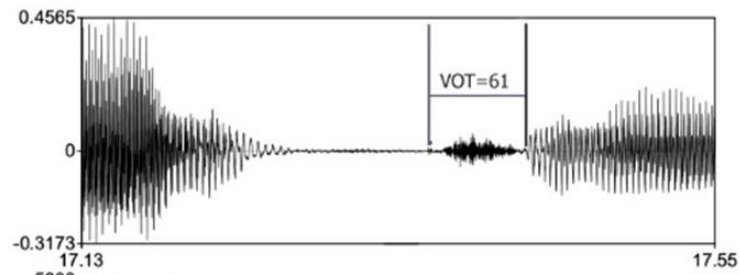
² wave form

شکل ردیف بالا شیوه اندازه‌گیری وی‌اُتی منفی در جایگاه آغازین، ردیف میانی وی‌اُتی مثبت در انسدادی بی‌واک دمیده در جایگاه آغازین و ردیف پایین وی‌اُتی منفی انسدادی واکدار در جایگاه میان‌واکه‌ای را نشان می‌دهند.



شکل ۱. شیوه اندازه‌گیری وی‌اُتی: ردیف بالا وی‌اُتی منفی انسدادی کاملاً واکدار از کلمه [bar]، ردیف میانی وی‌اُتی مثبت انسدادی دمیده از کلمه [t^har] و ردیف پایین وی‌اُتی منفی در جایگاه میان‌واکه‌ای از کلمه [ʔabad] که هر سه توسط یک گویشور مرد فارسی معیار تولید شده‌اند

نمونه‌ای از شیوه اندازه‌گیری وی‌اُتی در انسایشی /dʒ/ پس از همخوان انسدادی /d/ در شکل ۲ مشاهده می‌شود. در این تصویر همخوان /d/ نیم واکدار و مطابق قاعده واجی زبان فارسی نارهیده تولید شده است.



شکل ۲. وی‌آتی انسایشی /dʒ/ پس از /d/ از کلمه /baddʒa/

تحلیل آماری نتایج با استفاده از نرم‌افزار R ویرایش ۴.۵.۱ و از طریق RStudio ۲۰۲۵.۰۵.۱+۵۱۳ انجام شده است. بسته‌های به کار گرفته شده در تحلیل آماری عبارت بودند از: `readxl` (برای خواندن فایل‌های اکسل)، `lme4` و `lmerTest` (برای مدل‌سازی و آزمون‌های آماری)، `dplyr` (برای ایجاد تغییرات و پاک‌سازی داده‌ها) و `ggplot2` (برای تصویر سازی).

بررسی‌های آماری به تفکیک متغیر واکداری به صورت جداگانه برای همخوان‌های واکدار و بیواک صورت گرفته است. همچنین با توجه به تفاوت‌های تولیدی، همخوان‌های انسایشی جداگانه بررسی شده‌اند. جهت بررسی آماری نتایج، نخست گزارش توصیفی و سپس جهت تحلیل آماری با توجه به متغیرهای پژوهش از مدل اثرات آمیخته خطی^۱ و مدل خطی^۲ به تناسب استفاده شده است. مدل اثرات آمیخته خطی برای بررسی انفجاری‌های واکدار و بیواک به تفکیک به کار گرفته شد. این مدل آماری قدرتمند و انعطاف پذیر است و معمولاً برای تحلیل داده‌های آوایی چهارچوبی مناسب فراهم می‌آورد؛ چراکه می‌تواند ادعاهای قابل تعمیم درباره الگوهای آوایی ارائه دهد. یکی از مهمترین دلایل استفاده از این مدل آماری آن است که به این ترتیب می‌توان به طور همزمان اثر تکیه و بافت آوایی را آزمون کرد، ضمن اینکه اثرات آنها بر یکدیگر کنترل می‌شود. از آن گذشته، استفاده از این مدل خطر مثبت‌های کاذب را کاهش می‌دهد و درجات آزادی مؤثر را بر اساس ساختار واقعی داده‌ها به درستی محاسبه می‌کند. لازم به ذکر است که در اینجا متغیرهای تکیه و بافت آوایی به عنوان اثر ثابت و آوا به عنوان اثر تصادفی در نظر گرفته شده‌اند. بافت آوایی در این پژوهش یک متغیر ۹ سطحی است. در این مدل یک متغیر با k سطح به $(k-1)$ ضریب

^۱ linear mixed model (LMM)

^۲ linear model

تبدیل می‌شود و یک سطح به عنوان پایه در عرض از مبدأ^۱ جای می‌گیرد و سایر سطوح نسبت به آن سنجیده می‌شوند. در مدل حاضر بافت آغازین تکیه بر به عنوان پایه در نظر گرفته شده است.

در مورد همخوان‌های انسایشی، با توجه به اینکه آزمون به تفکیک برای /tʃ/ و /dʒ/ انجام شد، اثر آوا وجود ندارد و به همین دلیل از مدل خطی استفاده شد.

۴. یافته‌ها

خلاصه نتایج مربوط به اندازه‌گیری مقادیر وی‌آتی انسدادی‌های واکدار /b, d, t, G/ در ۹ بافت مورد نظر به تفکیک تکیه در جدول ۲ ملاحظه می‌شود. با توجه به تفاوت قابل ملاحظه در مقادیر به دست آمده، وی‌آتی انسایشی‌ها و انسدادی‌ها جداگانه گزارش شده است.

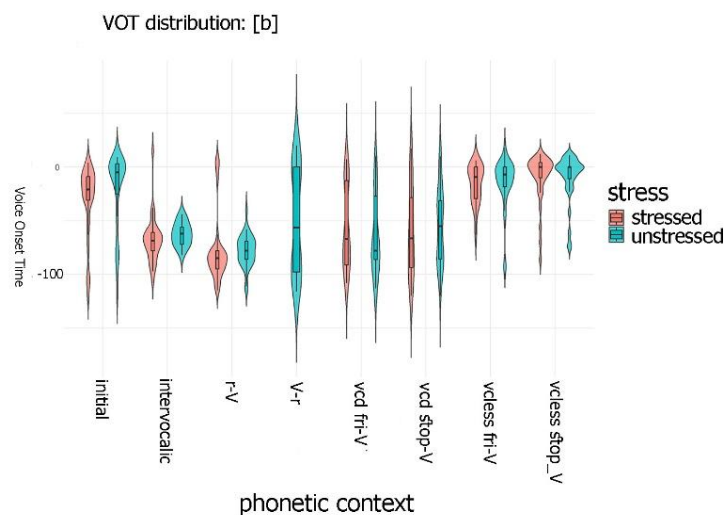
جدول ۲. مقادیر وی‌آتی (میلی ثانیه) انسدادی‌های واکدار فارسی معیار به تفکیک بافت آوایی و تکیه

بافت	تکیه	میانگین	انحراف معیار	دامنه تغییرات
آغازین	تکیه‌بر	-۵/۷۵	۲۹/۹۱	۱۴۴
	بدون تکیه	-۶/۰۸	۳۳/۰۵	۱۶۷
میان‌واکه‌ای	تکیه‌بر	-۵۸/۹۷	۲۶/۳۱	۱۲۷
	بدون تکیه	-۵۷/۷۱	۱۵/۱۱	۹۵
پس از سایشی بی‌واک	تکیه‌بر	۳/۱۷	۱۸/۰۸	۹۳
	بدون تکیه	۴/۷۴	۲۱/۵۳	۱۹۹
پس از سایشی واکدار	تکیه‌بر	-۳۳/۱۲	۳۶/۹۷	۱۳۴
	بدون تکیه	-۳۲/۵۰	۳۷/۵۴	۱۳۸
پس از انسدادی بی‌واک	تکیه‌بر	۲/۸۱	۲۱/۴۴	۱۳۵
	بدون تکیه	۳/۵۹	۱۸/۳۹	۱۰۵
پس از انسدادی واکدار	تکیه‌بر	-۲۵/۸۷	۴۷/۱۲	۱۵۵
	بدون تکیه	-۲۴/۷۳	۴۱/۹۵	۱۴۶
پس از همخوان /.l/	تکیه‌بر	-۵۱/۷۴	۳۸/۶۱	۱۳۸
	بدون تکیه	-۵۳/۰۲	۳۰/۱۳	۱۳۰
پیش از همخوان /.l/	تکیه‌بر			
	بدون تکیه	-۴۹/۰۲	۳۷/۰۸	۱۳۶

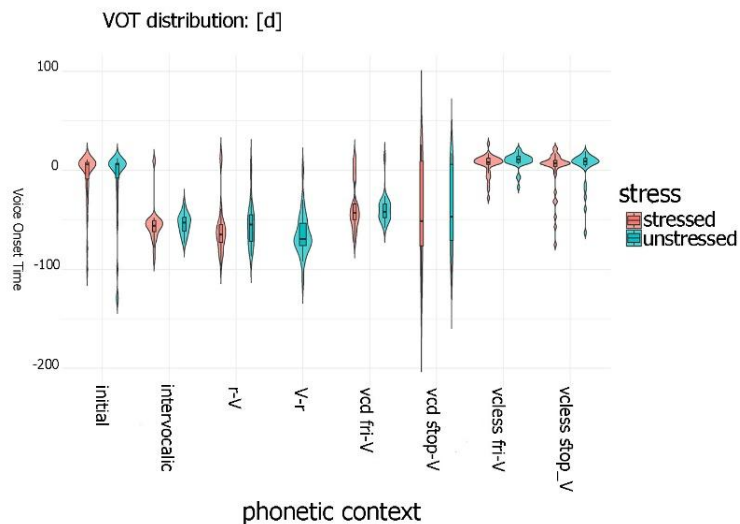
¹ intercept

در جدول ۲ کمترین میزان وی‌آتی در محیط میان‌واکه‌ای و قبل و بعد از همخوان /l/ ملاحظه می‌شود. در این بافت‌ها به علت حضور واک در محیط پیش از همخوان مورد نظر واک در طول بست ادامه می‌یابد و بنابراین شاهد وی‌آتی منفی هستیم. بیشترین میزان نیز همانطور که انتظار می‌رود مربوط به محیط پس از سایشی و انسدادی‌های بی‌واک است. به جهت مقایسه دیداری نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آتی برای هر یک از انسدادی‌های واکدار با توجه به بافت و تکیه در شکل‌های ۳ تا ۶ ارائه شده‌اند.

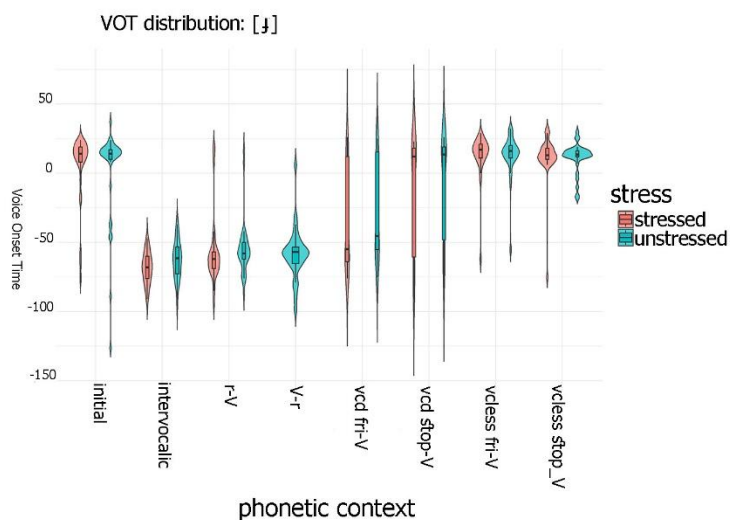
این نوع نمودار همزمان توزیع احتمالی و تراکم داده‌های عددی پیوسته را نشان می‌دهد. در میان هر یک از نمودارها یک نمودار جعبه‌ای جهت خلاصه آماری دیده می‌شود و در اطراف آن نمودار چگالی برای نمایش شکل توزیع مشاهده می‌شود. مقادیر مربوط به هجای تکیه‌بر به رنگ قرمز و هجای بدون تکیه به رنگ آبی ارائه شده است. محور افقی هر یک از نمودارها بافت‌های مورد نظر را نشان می‌دهند و در محور عمودی مقادیر وی‌آتی قرار داده شده است.



شکل ۳. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آتی برای آوای [b] با توجه به بافت و تکیه

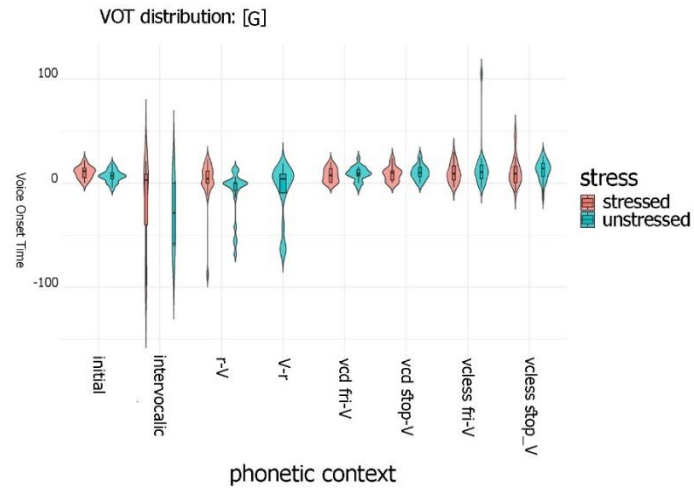


شکل ۴. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آئی برای آوای [d] با توجه به بافت و تکیه



شکل ۵. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آئی برای آوای [ʃ] با توجه به بافت و تکیه

همانطور که در شکل ۶ دیده می‌شود همخوان /G/ در اکثر موارد دارای بیشترین تمرکز از نظر توزیع است و در بیشتر بافت‌ها به عنوان یک همخوان «بی‌واک نادمیده» تولید شده است. معمولاً در صورت عدم وجود تقابل واجی واکداری، زبان‌ها صورت بی‌نشان «بی‌واک نادمیده» را برمی‌گزینند.

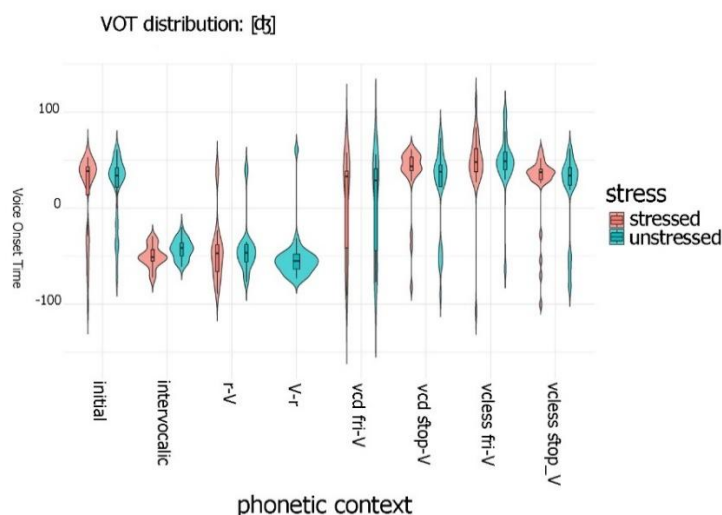


شکل ۶. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آئی برای آوای [G] با توجه به بافت و تکیه

جدول ۳. مقادیر وی‌آئی (میلی ثانیه) انسایشی واکدار فارسی معیار به تفکیک بافت آوایی و تکیه

بافت	تکیه	میانگین	انحراف معیار	دامنه تغییرات
آغازین	تکیه‌بر	۱۷/۶۳	۴۲/۴۷	۱۵۵
	بدون تکیه	۲۲/۰۳	۳۵/۱۳	۱۳۳
میان‌واکه‌ای	تکیه‌بر	-۵۰/۱۲	۱۱/۶۷	۴۷
	بدون تکیه	-۴۲/۵۹	۱۰/۲۲	۴۱
پس از سایشی بی‌واک	تکیه‌بر	۴۵/۰۴	۳۳/۸۴	۱۹۱
	بدون تکیه	۴۸/۷۰	۳۰/۵۲	۱۶۵
پس از سایشی واکدار	تکیه‌بر	۴/۲۲	۴۹/۳۹	۸۳
	بدون تکیه	۳/۸۲	۵۱/۲۲	۱۳۳
پس از انسدادی بی‌واک	تکیه‌بر	۲۵/۹۱	۳۶/۳۰	۱۲
	بدون تکیه	۱۸/۶۶	۴۲/۳۴	۱۴۶
پس از انسدادی واکدار	تکیه‌بر	۳۶/۹۳	۳۱/۵۴	۱۴۳
	بدون تکیه	۲۱/۱۱	۴۵/۴۵	۱۶۹
پس از همخوان /ɹ/	تکیه‌بر	-۴۴/۹۰	۳۳/۴۰	۱۳۰
	بدون تکیه	-۴۲/۷۹	۲۷/۹۸	۱۲۱
پیش از همخوان /ɹ/	تکیه‌بر			
	بدون تکیه	-۵۲/۸۴	۲۳/۵۱	۱۳۴

مقادیر وی‌اُتی مربوط به انسایشی /dʒ/ در جدول ۳ ارائه شده است. در این جدول نیز کمترین میزان وی‌اُتی مربوط به محیط میان‌واکه‌ای و قبل و بعد از همخوان /l/ است. بیشترین مقادیر نیز به ترتیب مربوط به محیط پس از سایشی بی‌واک، پس از انسدادی بی‌واک و پس از انسدادی واکدار است. مقدار وی‌اُتی پس از سایشی‌های بی‌واک به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است به شکلی که در بسیاری موارد حتی نزدیک به جفت بی‌واک خود تولید شده است. در بافت پس از انسدادی‌های واکدار نیز افزایش وی‌اُتی به آن جهت روی داده است که این انسدادی‌ها «بی‌واک نادمیده» یا نیم واکدار تولید شده‌اند و به همین جهت بافت پیش از انسایشی مورد نظر در بیشتر موارد فاقد واک بوده است. شکل ۷ نمودار ویلونی مقادیر وی‌اُتی انسایشی واکدار زبان فارسی معیار را نشان می‌دهد.



شکل ۷. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌اُتی برای آوای [dʒ] با توجه به بافت و تکیه

جدول‌های ۴ و ۵ به ترتیب مقادیر وی‌اُتی انسدادی‌ها و انسایشی بی‌واک زبان فارسی را در نه بافت مورد بررسی به تفکیک متغیر تکیه نشان می‌دهند. در یک نگاه کلی به مقادیر انحراف معیار و دامنه تغییرات این جدول‌ها در مقایسه با جدول‌های ۲ و ۳ می‌توان دریافت که در بیشتر موارد میزان تغییرپذیری در انسدادی‌ها و انسایشی‌های بی‌واک کمتر از همخوان‌های واکدار بوده است. علت این امر را می‌توان چنین توضیح داد که انسدادی‌های واکدار زبان فارسی در پیوستار تولیدی وی‌اُتی از مقادیر منفی تا مثبت کشیده شده‌اند و به همین جهت اختلاف مقادیر در بسیاری موارد زیاد است.

جدول ۴. مقادیر وی‌آتی (میلی ثانیه) انسدادی‌های بی‌واک فارسی معیار به تفکیک بافت آوایی و تکیه

بافت	تکیه	میانگین	انحراف معیار	دامنه تغییرات
آغازین	تکیه‌بر	۷۵/۳۱	۱۹/۶۲	۱۰۰
	بدون تکیه	۶۷/۴۵	۱۸/۷۴	۹۱
میان‌واکه‌ای	تکیه‌بر	۴۸/۵۹	۱۱/۶۵	۵۲
	بدون تکیه	۴۳/۸۷	۱۲/۲۳	۵۲
پس از سایشی بی‌واک	تکیه‌بر	۲۷/۸۰	۱۵/۹۴	۸۲
	بدون تکیه	۲۱/۰۸	۱۲/۸۶	۶۴
پس از سایشی واکدار	تکیه‌بر	۴۴/۰۳	۱۶/۷۵	۶۸
	بدون تکیه	۴۴/۰۹	۱۸/۸۵	۱۰۶
پس از انسدادی بی‌واک	تکیه‌بر	۴۲/۳۲	۱۶/۸۳	۸۶
	بدون تکیه	۳۹/۱۳	۱۶/۵۷	۸۱
پس از انسدادی واکدار	تکیه‌بر	۵۱/۵۱	۱۹/۳۹	۱۲۳
	بدون تکیه	۴۹/۵۳	۴۵/۵۴	۶۵
پس از همخوان /l/	تکیه‌بر	۵۲/۷۶	۱۳/۱۹	۶۶
	بدون تکیه	۴۷/۲۰	۱۶/۴۲	۱۱۴
پیش از همخوان /l/	تکیه‌بر			
	بدون تکیه	۸۴/۴۶	۲۹/۶۱	۱۴۳

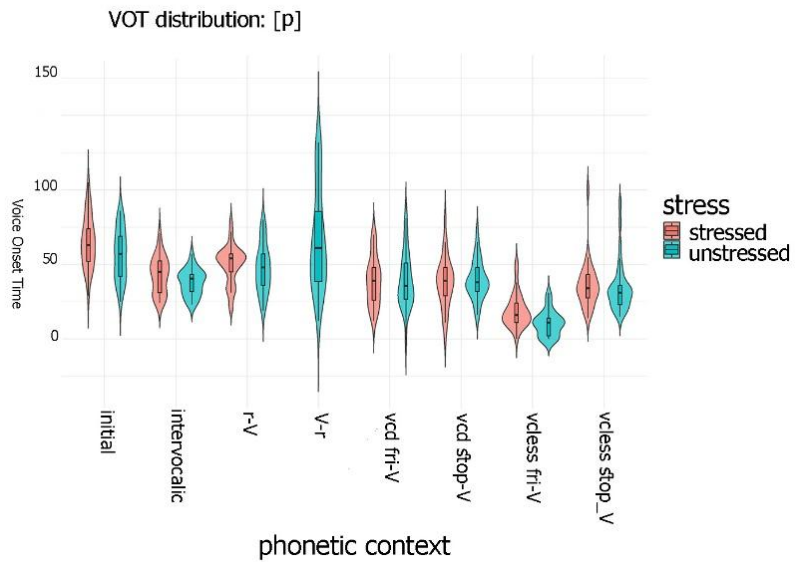
در جدول ۴ مشاهده می‌شود که بیشترین مقدار وی‌آتی مربوط به محیط پیش از همخوان /l/ و جایگاه آغازین بوده است. در محیط پیش از همخوان /l/ در اکثر موارد همگونی واکداری اتفاق افتاده است و همخوان /l/ تحت تأثیر همخوان بی‌واک قبلی، کاملاً واکرفته تولید شده است. کمترین میزان نیز همانطور که انتظار می‌رفت و پژوهشگران پیشین نیز اشاره کرده بودند به محیط پس از سایشی‌های بی‌واک تعلق دارد. در این بافت قاعده واجی دمش زدایی در زبان فارسی عمل می‌کند و به همین جهت مقادیر وی‌آتی بویژه در هجای بدون تکیه بیشتر در محدودهٔ پس‌افت کم و مقولهٔ «بی‌واک نادمیده» قرار می‌گیرند. در جدول ۵ نیز بیشترین مقدار وی‌آتی مربوط به بافت پیش از همخوان /l/ و جایگاه آغازین است. چنان که ملاحظه می‌شود قاعدهٔ دمش زدایی در مورد انسایشی‌ها عمل نمی‌کند و مقدار وی‌آتی انسایشی‌ها پس از سایشی‌های بی‌واک کاهش چشمگیری نداشته

است. کمترین میزان وی‌آتی در این جدول متعلق به جایگاه میان‌واکه‌ای بدون تکیه است ولی این مقدار همچنان در محدودهٔ پس‌افت زیاد و مقولهٔ «بی‌واک دمیده» است.

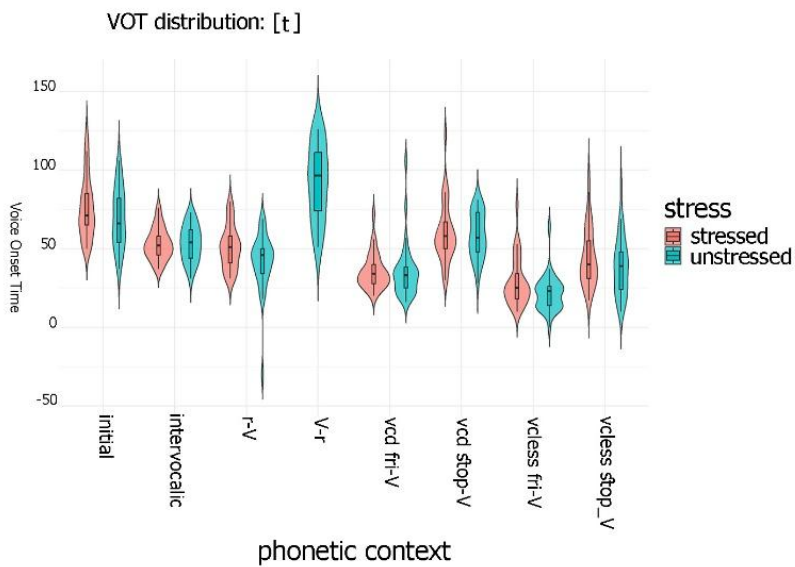
جدول ۵. مقادیر وی‌آتی (میلی ثانیه) انسایشی بی‌واک فارسی معیار به تفکیک بافت آوایی و تکیه

بافت	تکیه	میانگین	انحراف معیار	دامنهٔ تغییرات
آغازین	تکیه‌بر	۱۰۶/۰۳	۲۰/۸۸	۸۹
	بدون تکیه	۱۰۳/۰۶	۱۹/۱۴	۶۴
میان‌واکه‌ای	تکیه‌بر	۸۱/۳۹	۱۲/۲۱	۶۵
	بدون تکیه	۷۲/۵۰	۱۴/۹۳	۷۷
پس از سایشی بی‌واک	تکیه‌بر	۹۲/۳۹	۱۸/۰۹	۷۶
	بدون تکیه	۷۶/۶۱	۱۵/۶۸	۵۱
پس از سایشی واکدار	تکیه‌بر	۸۵/۴۵	۲۰/۰۵	۷۹
	بدون تکیه	۸۱/۸۶	۱۳/۶۰	۴۷
پس از انسدادی بی‌واک	تکیه‌بر	۷۳/۴۶	۱۷/۵۸	۲۳
	بدون تکیه	۷۹/۰۰	۲۲/۰۶	۹۴
پس از انسدادی واکدار	تکیه‌بر	۹۳/۹۴	۲۳/۵۲	۹۹
	بدون تکیه	۸۳/۸۴	۱۸/۶۷	۷۴
پس از همخوان / l /	تکیه‌بر	۹۱/۲۸	۱۶/۲۰	۱۸
	بدون تکیه	۸۴/۰۰	۱۶/۸۹	۶۹
پیش از همخوان / l /	تکیه‌بر			
	بدون تکیه	۱۲۱/۳۰	۲۳/۰۱	۷۵

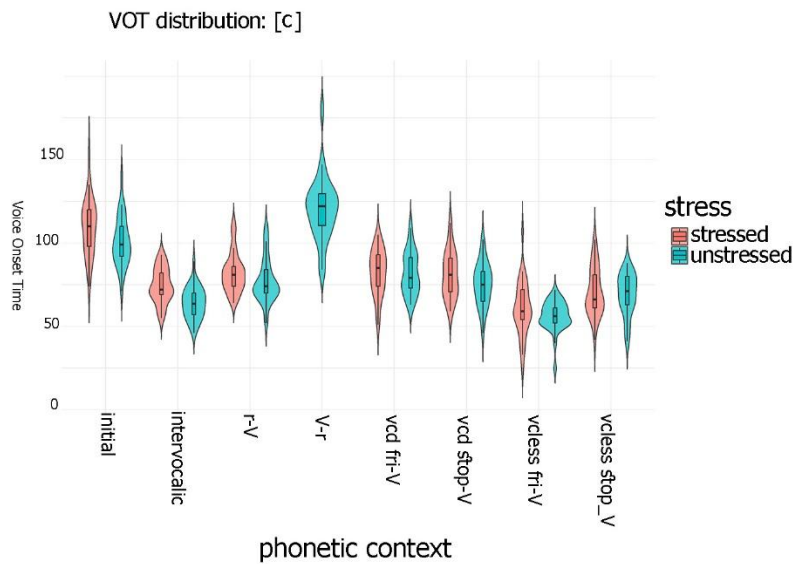
جهت مقایسهٔ دیداری مقادیر به دست آمده وی‌آتی برای هر یک از همخوان‌های انسدادی بی‌واک، نمودارهای ویلونی داده‌ها در شکل‌های ۸ تا ۱۰ ارائه شده‌اند.



شکل ۸. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آتی برای آوای [p] با توجه به بافت و تکیه

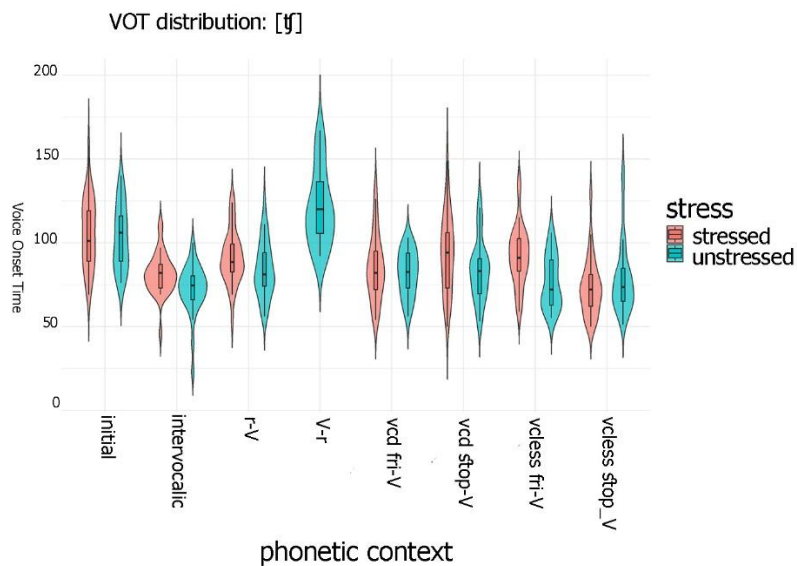


شکل ۹. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آتی برای آوای [t] با توجه به بافت و تکیه



شکل ۱۰. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آتی برای آوای [c] با توجه به بافت و تکیه

شکل ۱۱ نمودارهای ویلونی مربوط به انسایشی بی‌واک را نشان می‌دهد.



شکل ۱۱. نمودارهای ویلونی مقادیر وی‌آتی برای آوای [tʃ] با توجه به بافت و تکیه

جهت بررسی تاثیر تکیه و بافت آوایی بر وی آتی انفجاری‌ها از مدل اثرات آمیخته خطی با روش حداکثر درستنمایی محدود شده^۱ استفاده شده است. این آزمون به صورت مجزا دو بار به تفکیک برای انسدادی‌های واکدار و بی‌واک انجام شده است. در هر یک از این آزمون‌ها تکیه و بافت آوایی به عنوان اثرات ثابت و آوا جهت کنترل تغییرپذیری به عنوان اثر تصادفی در نظر گرفته شده‌اند. در این آزمون‌ها بافت آغازین تکیه بر به صورت پایه در نظر گرفته شده است.

فرض‌های مدل از طریق بررسی باقیمانده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. توزیع باقیمانده‌ها تقریباً نرمال است. همچنین، فرض همگنی واریانس نیز برآورده شده است. با توجه به حجم نمونه بزرگ و استحکام مدل‌های اثرات ترکیبی خطی نسبت به انحرافات جزئی از فرض‌ها، نتایج قابل اعتماد هستند.

نتایج مربوط به آزمون آماری برای انسدادی‌های واکدار در جدول ۶ گزارش شده است.

جدول ۶. نتایج آزمون مدل اثرات آمیخته خطی برای انسدادی‌های واکدار زبان فارسی

اثر ثابت	برآورد	خطای معیار	درجه آزادی	مقدار تی	سطح معنی داری
عرض از مبدأ	-۵/۸۲	۹/۷۷	۳/۱۹	-۰/۵۹	۰/۵۹
تکیه (بدون تکیه)	۰/۷۶	۱/۳۷	۱۷۴۰/۰۰	۰/۵۵	۰/۵۸
بافت (میان‌واکه‌ای)	-۴۸/۳۹	۲/۶۴	۱۷۴۰/۲۰	-۱۸/۳۱	۰/۰۰
بافت (r-V)	-۴۴/۸۸	۲/۴۶	۱۷۴۰/۰۲	-۱۸/۲۱	۰/۰۰
بافت (V-r)	-۴۱/۳۹	۳/۱۶	۱۷۴۰/۰۱	-۱۳/۱۱	۰/۰۰
بافت (پس از سایشی واکدار)	-۲۵/۶۳	۲/۵۲	۱۷۴۰/۰۲	-۱۰/۱۷	۰/۰۰
بافت (پس از انسدادی واکدار)	-۱۸/۵۸	۲/۵۰	۱۷۴۰/۰۰	-۷/۴۳	۰/۰۰
بافت (پس از سایشی بی‌واک)	۱۱/۴۸	۲/۴۶	۱۷۴۰/۰۲	۴/۶۶	۰/۰۰
بافت (پس از انسدادی بی‌واک)	۱۰/۲۲	۲/۴۶	۱۷۴۰/۰۱	۴/۱۶	۰/۰۰

توضیحات جدول:

فرمول مدل $\text{vot} \sim \text{stress} + \text{context} + (1 | \text{sound})$

درجه آزادی: از روش ستروایت استفاده شده است.

تفسیر: مقادیر منفی برآورد نشان دهنده مقادیر کوچکتر وی آتی نسبت به مقدار پایه یعنی بافت آغازین تکیه بر است.

¹ limited maximal likelihood

مقدار غیرمعنی‌دار عرض از مبدأ نشان می‌دهد که اثر پایه تفاوت قابل توجهی با صفر ندارد. در مورد اثر تکیه می‌توان گفت که وی‌آتی هجاهای تکیه‌بر در مقایسه با هجاهای بدون تکیه تفاوت معنی‌داری ندارد. اما تاثیر بافت آوایی بر میزان وی‌آتی در مقایسه با مقادیر پایه در تمامی بافت‌ها بسیار معنی‌دار است.

بررسی اثر تصادفی نشان می‌دهد تفاوت‌های اندکی بین آواها با توجه به میزان واریانس عرض از مبدأ آوا (۳۶۸/۳) و واریانس باقیمانده (۷۶۱/۰) وجود دارد که احتمال تأثیر بالقوه سایر عوامل مؤثر بر وی‌آتی را برجسته می‌کند.

نتیجه آزمون همبستگی اثرات ثابت نشان می‌دهد که در هیچ یک از موارد همبستگی بالا وجود ندارد و تنها همبستگی متوسطی بین برخی بافت‌های آوایی دیده می‌شود که می‌تواند به علت همپوشی ویژگی‌های تولیدی در این بافت‌ها باشد. بیشترین مقدار همبستگی بین محیط میان‌واکه‌ای و محیط پس از /l/ به میزان ۰/۴۵۴ بوده است که همبستگی متوسطی را نشان می‌دهد.

نتایج مربوط به آزمون آماری برای انفجاری‌های بیواک در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ۷. نتایج آزمون مدل اثرات آمیخته خطی برای انسدادی‌های بیواک زبان فارسی

اثر ثابت	برآورد	خطای معیار	درجه آزادی	مقدار تی	سطح معنی داری
عرض از مبدأ	۷۳/۵۵	۴/۲۲	۲/۳۴	۱۷/۴۱	۰/۰۰
تکیه (بدون تکیه)	-۴/۳۳	۰/۸۸	۱۴۳۶	-۴/۹۱	۰/۰۰
بافت (میان‌واکه‌ای)	-۲۵/۳۵	۱/۶۵	۱۴۳۶	-۱۵/۳۵	۰/۰۰
بافت (r-V)	-۲۱/۴۰	۱/۶۴	۱۴۳۶	-۱۳/۰۸	۰/۰۰
بافت (V-r)	۱۵/۳۹	۲/۲۱	۱۴۳۶	۶/۹۶	۰/۰۰
بافت (پس از سایشی واکدار)	-۲۷/۳۴	۱/۶۴	۱۴۳۶	-۱۶/۶۲	۰/۰۰
بافت (پس از انسدادی واکدار)	-۲۰/۸۳	۱/۶۴	۱۴۳۶	-۱۲/۷۱	۰/۰۰
بافت (پس از سایشی بی‌واک)	-۴۶/۹۲	۱/۶۵	۱۴۳۶	-۲۸/۴۸	۰/۰۰
بافت (پس از انسدادی بیواک)	-۳۰/۶۹	۱/۶۴	۱۴۳۶	-۱۸/۴۳	۰/۰۰

توضیحات همانند جدول ۶

مقادیر ارائه شده در این جدول نشان از آن دارند که وی‌آتی در هجای بدون تکیه به شکل معنی‌داری کمتر از هجای تکیه‌بر بوده است. البته با وجود معنی‌دار بودن این تفاوت

مقدار تفاوت بین این دو (۴/۳۳- میلی ثانیه) چندان زیاد نیست و در مقایسه با تأثیر بافت آوایی، تکیه تأثیر بسیار محدودی بر مقدار وی‌آتی دارد. اما همانطور که مشاهده می‌شود تأثیر بافت آوایی چشمگیر است که این امر نشان از وقوع هم‌تولیدی در بافت‌های گوناگون دارد به این معنی که ژست تولیدی یک آوا بر آوای مجاور خود تأثیر گذاشته و باعث تغییر ویژگی‌های تولیدی و صوت‌شناختی آن می‌شود. محیط پس از سایشی بیواک (۴۶/۹۲- میلی ثانیه) و پس از انسدادی بیواک (۳۰/۶۹ میلی ثانیه) بیشترین کاهش وی‌آتی نسبت به جایگاه آغازین را داشته‌اند.

نتایج نشان می‌دهد واریانس اثر آوا (۴۸/۹۱) در مقایسه با واریانس باقیمانده (۲۶۵/۲۰) بسیار کوچک است که این امر حاکی از آن است که تغییرات کمی بین آواها به علت اثر تصادفی وجود دارد. نتیجه آزمون همبستگی اثرات ثابت در این مورد نیز نشان می‌دهد که همبستگی بالا در هیچ یک از موارد وجود ندارد و همبستگی متوسطی بین برخی بافت‌های آوایی مانند محیط میان‌واکه‌ای و محیط پس از /d/ به میزان ۰/۴۹۵ مشاهده می‌شود. نتایج آمار تحلیلی مربوط به همخوان انسایشی واکدار /d3/ در جدول ۸ مشاهده می‌شود. با توجه به این که در این مورد تنها یک آوا بررسی شده است اثر تصادفی در مدل آماری دیده نشده و از مدل خطی استفاده شده است.

جدول ۸. نتایج آزمون مدل خطی برای انسایشی واکدار زبان فارسی

اثر ثابت	برآورد	خطای معیار	مقدار تی	سطح معنی داری
عرض از مبدأ	۲۰/۲۶	۴/۶۵	۴/۳۶	۰/۰۰
تکیه (بدون تکیه)	-۰/۷۸	۳/۴۹	-۰/۲۲	۰/۸۲
بافت (میان‌واکه‌ای)	-۶۶/۲۹	۶/۰۸	-۱۰/۹۰	۰/۰۰
بافت (r-V)	-۶۳/۸۴	۶/۴۱	-۹/۹۵	۰/۰۰
بافت (V-r)	-۷۲/۳۷	۷/۷۶	-۹/۳۲	۰/۰۰
بافت (پس از سایشی واکدار)	-۱۵/۸۸	۶/۹۷	-۲/۲۸	۰/۰۲
بافت (پس از انسدادی واکدار)	۹/۵۵	۶/۲۹	۱/۵۲	۰/۱۳
بافت (پس از سایشی بی‌واک)	۲۶/۷۸	۶/۴۸	۴/۱۳	۰/۰۰
بافت (پس از انسدادی بیواک)	۲/۴۱	۶/۱۰	۰/۳۷	۰/۶۹

توضیحات جدول :

فرمول مدل $lm(VOT \sim stress + context, data = data)$

نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد که تأثیر تکیه به لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است. با این حال نتایج آزمون تحلیل واریانس یکطرفه نشان‌دهنده تأثیر کوچک اما معنی‌داری از تکیه است (مقدار اف (۱، ۴۱۷) = ۶/۷۰ سطح معنی‌داری $> ۰/۰۱$). این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه تکیه ممکن است تأثیر جزئی بر وی‌آتی داشته باشد اما این تأثیر در مقایسه با بافت آوایی ناچیز است.

مدل خطی ارائه شده در جدول ۸ همچنین نشان می‌دهد که بافت آوایی در اکثر موارد تأثیر معنی‌داری بر مقدار وی‌آتی انسایشی واکدار داشته است. با توجه به سطح معنی‌داری گزارش شده در بافت پس از سایشی واکدار میزان معنی‌داری کمتر از سایر بافتهای معنی‌دار است و مقدار وی‌آتی پس از انسدادی واکدار و بیواک فاقد تفاوت معنی‌دار با جایگاه آغازین بوده است و این مورد از جمله تفاوت‌های همخوان انسایشی واکدار با انسدادی‌های واکدار به شمار می‌رود. آزمون تحلیل واریانس یکطرفه نیز تأثیر قابل توجه و معنی‌دار بافت آوایی بر میزان وی‌آتی انسایشی واکدار را نشان می‌دهد (مقدار اف (۷، ۴۱۷) = ۶۴/۲۰ سطح معنی‌داری $> ۰/۰۰۱$).

مقادیر برآورد ارائه شده در جدول ۸ نشان می‌دهند که در تمامی بافت‌های آوایی که با مبنا تفاوت معنی‌دار دارند به جز بافت پس از سایشی بی‌واک مقادیر وی‌آتی کوتاه‌تر از مبنا بوده‌اند.

مدل خطی به کار گرفته شده ۵۲/۲٪ از واریانس مقادیر وی‌آتی را تبیین می‌کند (مربع آر تعدیل شده = ۵۱/۳٪، مقدار اف (۸، ۴۱۷) = ۵۷/۰۱ و سطح معنی‌داری = ۰/۰۰). خطای استاندارد باقیمانده ۳۴/۶۵ میلی ثانیه بود که نشان‌دهنده انحراف معمول مقادیر وی‌آتی از پیش‌بینی‌های مدل است.

جهت بررسی تأثیر متغیرهای تکیه و بافت آوایی بر میزان وی‌آتی همخوان انسایشی /tʃ/ نیز از مدل خطی استفاده شد. نتایج رگرسیون مربوط به این همخوان در جدول ۹ خلاصه شده است.

این مدل ۲۹/۸۵ درصد از واریانس مقادیر وی‌آتی را توضیح داد (مربع آر تعدیل شده = ۲۸/۵۸٪، مقدار اف (۸، ۴۴۲) = ۲۳/۵۱ و سطح معنی‌داری = ۰/۰۰). خطای معیار باقیمانده

برابر با ۱۸/۶ میلی ثانیه بود که نشان‌دهنده انحراف معمول مقادیر مشاهده شده وی‌اُتی از پیش‌بینی‌های مدل است.

جدول ۹. نتایج آزمون مدل خطی برای انسایشی بیواک زبان فارسی

اثر ثابت	برآورد	خطای معیار	مقدار تی	سطح معنی داری
عرض از مبدأ	۱۰۷/۶۶	۲/۴۶	۴۳/۷۵	۰/۰۰
تکیه (بدون تکیه)	-۶/۲۳	۱/۸۰	-۳/۴۶	۰/۰۰
بافت (میان‌واکه‌ای)	-۲۷/۵۸	۳/۲۵	-۸/۵۸	۰/۰۰
بافت (r-V)	-۱۶/۹۰	۳/۲۸	-۵/۱۶	۰/۰۰
بافت (V-r)	۱۹/۸۷	۴/۵۹	۴/۳۳	۰/۰۰
بافت (پس از سایشی واکدار)	-۲۱/۰۷	۳/۴۷	-۶/۰۷	۰/۰۰
بافت (پس از انسدادی واکدار)	-۱۵/۶۰	۳/۲۶	-۴/۷۸	۰/۰۰
بافت (پس از سایشی بی‌واک)	-۱۹/۸۰	۳/۳۳	-۵/۹۴	۰/۰۰
بافت (پس از انسدادی واکدار)	-۲۷/۹۲	۳/۳۲	-۸/۴۱	۰/۰۰

توضیحات جدول :

فرمول مدل $\ln(VOT \sim \text{stress} + \text{context}, \text{data} = \text{data})$

تحلیل رگرسیون ارائه شده در جدول ۹ نشان می‌دهد که در این مورد تاثیر تکیه معنی‌دار است و وی‌اُتی هجا‌های بدون تکیه کوتاه‌تر از هجا‌های تکیه‌بر تولید شده‌اند. با این حال آزمون تحلیل واریانس یک طرفه نشان داد که تاثیر کلی تکیه بر وی‌اُتی معنی‌دار نیست (مقدار اف (۱، ۴۴۲) = ۲/۰۴ سطح معنی‌داری < ۰/۰۵). این نتایج نشان می‌دهد که اگرچه تکیه تاثیر قابل اندازه‌گیری دارد ولی در مقایسه با بافت آوایی تاثیر آن بسیار کمتر است. بافت آوایی اما در مقایسه با خط مبنا تاثیر بسیار معنی‌دار و قابل توجهی بر وی‌اُتی داشته است (مقدار اف (۷، ۴۴۲) = ۲۶/۵۷ سطح معنی‌داری > ۰/۰۰۱).

نتایج آزمون رگرسیون در جدول ۹ نشان می‌دهند که در تمامی بافت‌های آوایی تفاوت وی‌اُتی با خط مبنا بسیار معنی‌دار است و همچنین مقادیر برآورد ارائه شده نشان می‌دهند که در تمامی بافت‌های آوایی به جز بافت (V-r) مقدار وی‌اُتی نسبت به مبنا کوتاه‌تر بوده است.

۵. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج نشان‌دهنده نقش غالب بافت آوایی به عنوان یک عامل تاثیرگذار مهم در مقدار وی‌اُتی است. بافت آوایی در انسدادی‌ها و انسایشی‌های واکدار و بی‌واک تفاوت‌های معنی‌دار ایجاد کرد و بسته به نوع بافت به صورت نظام‌مند باعث کاهش یا افزایش وی‌اُتی برای هر یک از چهار طبقه آواهای مورد بررسی شد. در خصوص تاثیر بافت آوایی بر وی‌اُتی انسدادی‌های زبان فارسی، بیجن‌خان و نوربخش (۲۰۰۹) به مقایسه این همخوان‌ها در جایگاه آغازین و میان‌واکه‌ای پرداختند و در تحقیقات دیگری نیز بافت پس از سایشی بی‌واک مورد مطالعه قرار گرفته است (مدرسی قوامی ۱۳۸۶ و صادقی ۱۳۸۶). یافته‌های تحقیق حاضر از نظر تفاوت وی‌اُتی انسدادی‌های واکدار در دو جایگاه آغازین و میان‌واکه‌ای و همچنین فرایند دمش زدایی انسدادی‌های بی‌واک در این جایگاه با تحقیقات پیشین همخوانی دارد. همچنین نتایج پژوهش حاکی از آن است که تاثیر تکیه در انسدادی‌های واکدار و بی‌واک متفاوت است. تکیه تاثیر معنی‌داری در میزان وی‌اُتی انسدادی‌ها و انسایشی‌ها واکدار نداشت اما برای انسدادی‌ها و انسایشی بی‌واک می‌توان تکیه را نیز از جمله عوامل تاثیرگذار در نظر گرفت. این یافته با نتایج به دست آمده از پژوهش صادقی (۱۳۸۶) و نوربخش (۱۳۸۸) برای زبان فارسی همخوانی دارد. همچنین با مطالعات چو و کیتیگ (۲۰۰۹)، لینگ و لیانگ (۲۰۱۶) و کربی و همکاران (۲۰۲۰) به ترتیب برای زبان‌های انگلیسی، چینی و آلمانی همخوانی دارد. البته در این مطالعات تاثیر تکیه در تمامی بافت‌های مورد نظر پژوهش حاضر بررسی نشده‌اند.

در مطالعه حاضر نشان داده شد که تفاوت ایجاد شده توسط تکیه نسبت به بافت آوایی چشمگیر نبوده و باوجود آن که مقدار وی‌اُتی در هجاهای بدون تکیه با کاهش معنی‌دار نسبت به هجاهای تکیه‌بر مواجه بودند ولی این کاهش به اندازه‌ای نبوده است که همخوان‌های مورد نظر نادیده تولید شوند و در هر صورت در مقوله همخوان‌های «بی‌واک دمیده» قرار می‌گیرند.

در خصوص بررسی انسایشی‌ها یافته پژوهش حاضر نشان می‌دهد به طور کلی میزان وی‌اُتی در انسایشی‌ها نسبت به انسدادی‌ها بیشتر است. نتیجه‌ای که با مطالعه آن و گنو همخوانی دارد (An & Gao, 2024). نتیجه قابل توجه دیگر در موضوع انسایشی‌ها الگوی متفاوت آنها در جایگاه پس از سایشی بی‌واک است. مقدار وی‌اُتی همخوان /dʒ/ پس از سایشی‌های

بی‌واک به شکل قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است به شکلی که در بسیاری موارد نزدیک به جفت بی‌واک خود یعنی /tʃ/ تولید شده است. این الگو دقیقاً متضاد الگوی انسدادی‌ها است چرا که یافته‌های پژوهش حاضر در کنار یافته‌های پیشین مانند مدرسی قوامی (۱۳۸۶) و صادقی (۱۳۸۶) نشان داده‌اند که انسدادی‌های بی‌واک در زبان فارسی در جایگاه بعد از سایشی بی‌واک دمش خود را از دست می‌دهند و به جفت واکدار خود از نظر واجی نزدیک می‌شوند.

در این پژوهش تاثیر گوینده بر میزان وی‌آتی بررسی نشده است. این موضوع می‌تواند به عنوان پیشنهادی برای مطالعات آینده بر زبان فارسی و سایر گونه‌های زبانی ایران در نظر گرفته شود.

تعارض منافع

«تعارض منافع ندارم»

منابع

- صادقی، وحید. (۱۳۸۶). تأثیر دمش بر تقابل واکداری-بی‌واکی انسدادی‌های فارسی. زبان و زبان‌شناسی، ۳(۶)، ۶۵-۸۴.
- مدرسی قوامی، گلناز. (۱۳۸۶). خنثی شدگی تقابل همخوان‌های انسدادی واکدار و بی‌واک در زبان فارسی. مجموعه مقالات دانشگاه علامه طباطبائی، ۲۱۹(۰)، ۴۴۱-۴۵۴.
- نوربخش، ماندانا (۱۳۸۸). نقش تمایزی زمان شروع واک (وی‌آتی) در همخوان‌های انسدادی دهانی فارسی معیار. رساله دکتری زبان‌شناسی. دانشگاه تهران
- نوربخش، ماندانا، بی‌جن خان، محمود و رحمانی، حامد. (۱۳۸۹). درک زمان شروع واک (وی‌آتی) در انسدادهای آغازین فارسی معیار. زبان پژوهی، ۱(۲)، ۱۷۳-۲۰۳.

doi:10.22051/jlr.2014.1046

References

- An, J., & Gao, C. (2024, 25-28 Aug. 2024). *Analysis of VOT Acoustic Parameters of Stops and Affricates in Mandarin for Adolescents*. Paper presented at the 2024 International Conference on Culture-Oriented Science & Technology (CoST).
- Bahrani, N. (2022). Word-initial voicing contrast in Khuzestani Arabic stops. *Language Related Research*, 13(5), 477-510.

- Bijankhan, M., & Nourbakhsh, M. (2009). Voice onset time in Persian initial and intervocalic stop production. *Journal of the International Phonetic Association*, 39(3), 335-364.
- Boersma, P., & Weenink, D. (2020). Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. <http://www.praat.org>
- Browman, C. P., & Goldstein, L. M. (1986). Towards an articulatory phonology. *Phonology*, 3, 219-252.
- Chang, S. S. (1999). *Vowel dependent VOT variation*. Paper presented at the Proceedings of the 14th International Congress of Phonetic Sciences.
- Chang, S. S., Ohala, J. J., Hansson, G., James, B., Lewis, J., Liaw, L., & Van Bik, K. (1999). Vowel-dependent VOT variation: An experimental study. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 105(2_Supplement), 1400-1400.
- Chen, L.-m., Chao, K.-Y., Peng, J.-F., & Yang, J.-C. (2008). *A cross-language study of stop aspiration: English and Mandarin Chinese*. Paper presented at the 2008 Tenth IEEE International Symposium on Multimedia.
- Cho, T., & Keating, P. (2009). Effects of initial position versus prominence in English. *Journal of phonetics*, 37(4), 466-485.
- Cho, T., & Ladefoged, P. (1999). Variation and universals in VOT: evidence from 18 languages. *Journal of phonetics*, 27(2), 207-229.
- Hong, Y., Chen, S., Yang, Y., & Li, B. (2019). *Effects of Prosodic Focus on Voice Onset Time (VOT) in Chongming Chinese*. Paper presented at the Proceedings of the 33rd Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation.
- Kahn, D. (2015). *Syllable-based generalizations in English phonology*: Routledge.
- Keating, P., Linker, W., & Huffman, M. (1983). Patterns in allophone distribution for voiced and voiceless stops. *Journal of phonetics*, 11(3), 277-290.
- Keating, P. A. (1984). Phonetic and phonological representation of stop consonant voicing. *Language*, 286-319.
- Kirby, J., Kleber, F., Siddins, J., & Harrington, J. (2020). *Effects of prosodic prominence on obstruent-intrinsic F0 and VOT in German*. Paper presented at the Proc. 10th International Conference on Speech Prosody 2020.
- Klatt, D. H. (1975). Voice onset time, frication, and aspiration in word-initial consonant clusters. *Journal of speech and hearing research*, 18(4), 686-706.
- Ling, B., & Liang, J. (2016). *The influence of syllable structure and prosodic strengthening on consonant production in Shanghai Chinese*. Paper

- presented at the 2016 10th International Symposium on Chinese Spoken Language Processing (ISCSLP).
- Lisker, L., & Abramson, A. S. (1967). Some effects of context on voice onset time in English stops. *Language and speech*, 10(1), 1-28.
- Lisker, L., & Abramson, A. S. (1964). A Cross-Language Study of Voicing in Initial Stops: Acoustical Measurements. *WORD*, 20(3), 384-422. <https://doi.org/10.1080/00437956.1964.11659830>
- Morris, R. J., McCrea, C. R., & Herring, K. D. (2008). Voice onset time differences between adult males and females: Isolated syllables. *Journal of phonetics*, 36(2), 308-317.
- Nourbakhsh, M., Bijankhan, M., & Rahmani, H. (2010). Perception of Voice Onset Time (VOT) in Standard Persian Initial Stops. *ZABANPAZHUI (Journal of Language Research)*, 1(2), 173-203. [In Persian] doi:10.22051/jlr.2014.1046
- Öğüt, F., Kiliç, M. A., Engin, E. Z., & Midilli, R. (2006). Voice onset times for Turkish stop consonants. *Speech Communication*, 48(9), 1094-1099.
- Sadeghi, V. (2007). The Effect of Aspiration on Persian Stop Voicing Contrast. *Language and Linguistics*, 3(6), 65-84 [In Persian]
- Simonet, M., Casillas, J. V., & Díaz, Y. (2014). *The effects of stress/accent on VOT depend on language (English, Spanish), consonant (/d/,/t/) and linguistic experience (monolinguals, bilinguals)*. Paper presented at the Proceedings of the International Conference on Speech Prosody.
- Smith, B. L. (1978). Effects of Place of Articulation and Vowel Environment on "Voiced" Stop Consonant Production. *Glossa*, 12(2), 163-175.
- Taheri, s., & Nourbakhsh, M. (2019). Investigating the Effect of Speech Rate on the Start Time of the Voicing of Persian Plosives of Persian Standard in Continuous Speech. *Language Science*, 5(8), 97-126. [In Persian] doi:10.22054/lr.2019.36419.1134
- Van Alphen, P. M., & Smits, R. (2004). Acoustical and perceptual analysis of the voicing distinction in Dutch initial plosives: The role of prevoicing. *Journal of phonetics*, 32(4), 455-491.
- Whiteside, S. P., Henry, L., & Dobbin, R. (2004). Sex differences in voice onset time: A developmental study of phonetic context effects in British English. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(2), 1179-1183.