



بررسی آوایی ریتم گفتار فارسی

وحید صادقی^{*۱}

سوده رضانی^۲

مقاله پژوهشی

چکیده

در این پژوهش به بررسی همبسته‌های صوتی ریتم گفتار فارسی پرداختیم. برای این منظور، تعداد ۱۲۰ جمله با الگوی تناوب تکیه‌ای (۶۰ جمله) و تلاقی تکیه‌ای (۶۰ جمله) طراحی کردیم. در داده‌های تناوب تکیه‌ای بین دو هجای تکیه‌بر کلمات حداقل یک و حداکثر سه هجای بدون تکیه قرار داشت. اما در داده‌های تلاقی تکیه‌ای، هجای تکیه‌بر کلمات در تلاقی با یکدیگر بودند. طراحی این جملات توسط نگارندگان انجام شد و از پیکره خاصی برای این منظور استفاده نگردید. جملات را ۱۰ شرکت‌کننده به صورت طبیعی و با سرعت معمولی خواندند و گفتار آنها ضبط گردید. مقادیر پارامترهای صوتی وابسته به فرکانس پایه و متوسط مقادیر شدت انرژی و دیرش در طول هجاهای هدف کلمات اندازه‌گیری و استخراج شد. تحلیل داده‌ها در چارچوب واج‌شناسی آزمایشگاهی در حوزه ریتم گفتار انجام شد. نتایج نشان داد مقادیر تمامی پارامترهای صوتی شامل فرکانس پایه، شدت انرژی و دیرش در داده‌های تناوب تکیه‌ای در هجاهای تکیه‌بر در توالی هجاهای قوی - ضعیف در S-U و ضعیف - قوی در U-S به صورت معناداری از هجاهای بدون تکیه بیشتر است. ولی در داده‌های تلاقی تکیه‌ای اختلاف مقادیر فرکانس پایه در توالی هجاهای تکیه‌بر مجاور با یکدیگر معنادار نیست به علاوه، در توالی دو هجای تکیه‌بر در الگوی تلاقی تکیه‌ای، شدت انرژی هجای دوم به طور معناداری بیشتر از هجای اول است، ولی برعکس، دیرش هجای اول به طرز معناداری از هجای دوم بیشتر است. بر پایه این نتایج این گونه بحث کردیم که در جملات با الگوی تناوب تکیه‌ای (الگوی تکیه‌ای ضعیف - قوی یا قوی - ضعیف) ریتم وجود دارد زیرا توزیع پارامترها به شکل نامتوازن منجر به ایجاد قله‌ها و دره‌های برجستگی می‌شود، اما در جملات با الگوی تلاقی تکیه‌ای (قوی - قوی) ریتم وجود ندارد زیرا عملکرد فرکانس پایه خنثی می‌شود و دو پارامتر دیرش و شدت انرژی نیز در جهت عکس یکدیگر عمل می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: ریتم، تکیه، تناوب تکیه‌ای، تلاقی تکیه‌ای، پارامترهای صوتی.

✉ vsadeghi5603@gmail.com

۱- دانشیار زبان‌شناسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی*

✉ ramezanyparisa@gmail.com

۲- کارشناس ارشد زبان‌شناسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی

۱- مقدمه

هدف از انجام این پژوهش بررسی همبسته‌های صوتی ریتم گفتار در زبان فارسی است. از منظر آواشناسی، بر طبق مطالعات اخیر آوایی (دوئر، ۱۹۹۹؛ موری، هوری، اریکسون^۱، ۲۰۱۴)، ریتم گفتار نتیجه تحقق همزمان پارامترهای صوتی چندگانه در زنجیره آوایی هجاهای سازنده پاره‌گفتار است. یعنی آنچه باعث وجود ریتم در پاره‌گفتار می‌شود، صرف نظر از آن که زبان مورد نظر از نظر رده‌شناسی ساخت نوایی، تکیه- زمان یا هجا- زمان باشد، توزیع نامتوازن همبسته‌های صوتی برجستگی نوایی شامل فرکانس پایه^۲، دیرش^۳ و شدت انرژی^۴ است، هر چند ممکن است وزن این پارامترها در ایجاد ریتم گفتار از زبانی به زبان دیگر متفاوت باشد. در این پژوهش به بررسی همبسته‌های صوتی ریتم گفتار فارسی خواهیم پرداخت. سؤال اصلی پژوهش حاضر آن است که کدام یک از همبسته‌های صوتی ریتم گفتار منجر به تناوب‌های تکیه‌ای در سطح جملات فارسی می‌شوند؟ برای پاسخ به این سؤال، سه پارامتر فرکانس پایه، شدت انرژی و دیرش را به‌عنوان همبسته‌های صوتی محتمل ریتم گفتار (موری و همکاران، ۲۰۱۴) در جملات خبری بی‌نشان فارسی با الگوی تکیه‌ای متفاوت در چارچوب واج‌شناسی آزمایشگاهی بررسی می‌کنیم. داده‌های پژوهش شامل دو گروه جمله با الگوی تناوب تکیه‌ای (بین هجاهای تکیه‌بر فاصله وجود دارد) و تلاقی تکیه‌ای (بین هجاهای تکیه‌بر فاصله وجود ندارد) است که توسط نگارندگان طراحی و ساخته شدند. بر مبنای یافته‌های به‌دست آمده از دیگر زبان‌ها، فرض می‌کنیم که الگوی تغییرات مقادیر فرکانس پایه و شدت انرژی در داده‌های تناوب تکیه‌ای و تلاقی تکیه‌ای با یکدیگر متفاوت است. در اغلب مطالعات انجام شده در زبان فارسی، پارامترهای دیرش‌بنیاد مانند تغییرپذیری دیرش فواصل واکه‌ای و میان واکه‌ای، معیار اصلی تشخیص ریتم گفتار در نظر گرفته شده‌اند. مطالعه حاضر اولین پژوهشی است که به بررسی ویژگی‌های آوایی ریتم گفتار فارسی با استفاده از پارامترهای سه حوزه مستقل صوتی شامل فرکانس پایه، دیرش و شدت انرژی می‌پردازد.

۲- رده‌شناسی ریتم گفتار

بر طبق رده‌شناسی الگوهای ریتمی، زبان‌ها به دو دسته تکیه-زمان^۵ و هجازمان (مورایی)^۶ تقسیم می‌شوند. در زبان‌های تکیه-زمان هر واحد ریتمی برابر با یک گروه تکیه‌ای است که از یک هجای تکیه‌بر و تعدادی هجای بدون تکیه تشکیل می‌شود. فرض بر آن است که در این زبان‌ها فاصله میان دو هجای تکیه‌بر (گام) تقریباً برابر است. تشکیل واحدهای ریتمی تکیه‌ای در زبان‌های تکیه-زمان مبتنی بر اصل تناوب تکیه‌ای است که بر طبق آن هجاهای بدون تکیه و تکیه‌بر در سطح جمله با یکدیگر در تناوبند. مطابق این اصل زبان‌ها از مجاورت

1. Yoko Mori, Tomoko Hori, Donna Ericson
2. fundamental frequency
3. duration
4. intensity
5. Stressed-timed language
6. Mora-timed language

هجاهای قوی (تلاقی تکیه‌ای) یا توالی طولانی هجاهای ضعیف (تأخیر تکیه‌ای) اجتناب می‌کنند تا ضربات تکیه‌ای قوی^۱ و ضعیف^۲ به شکل متوالی در کنار یکدیگر قرار گرفته و گفتار آهنگین شود. در زبان‌های هجا-زمان هر واحد ریتمی برابر با یک گروه هجایی است که از تعدادی هجا (اغلب از نوع CV) یا مورا تشکیل می‌شود که دیرش آنها تقریباً با هم برابر است. بر این اساس، درک ریتم گفتار ناشی از دیرش منظم گام‌ها (در زبان‌های تکیه-زمان) یا هجاها (در زبان‌های هجا-زمان) است.

با این حال شواهد صوتی فرضیه برابری فواصل زمانی بین واحدهای ریتمی را تأیید نمی‌کند. مطالعات آزمایشگاهی نشان می‌دهد که دیرش واحدهای تکیه‌ای در زبان‌های تکیه-زمان (مانند انگلیسی، روسی و آلمانی) و زبان‌های هجا-زمان (مانند اسپانیایی، فرانسه و کاتالان) تفاوت معناداری با یکدیگر ندارد و آنچه اساساً باعث تفاوت تکیه‌ای این زبان‌ها با یکدیگر می‌شود تفاوت در ساختار هجایی، وجود یا عدم وجود فرآیند واجی کاهش واکه‌ای و تفاوت‌های آوایی در ساخت آنهاست که خود ناشی از نسبت دیرش^۳ واکه به کل جمله و پراش دیرش همخوان‌ها در جمله است (موری، هوری، اریکسون، ۲۰۱۴؛ کاهال و هلموت^۴، ۲۰۱۴؛ سیلبر-وارود، سگی و امیر^۵، ۲۰۱۶). زبان‌های تکیه-زمان دارای تنوع بیشتری در انواع هجا، نسبت به زبان‌های هجا-زمان هستند. از این رو، در این زبان‌ها گرایش به داشتن هجاهای سنگین‌تر وجود دارد. این مسئله با این واقعیت نیز مرتبط است که در زبان‌های تکیه-زمان، تکیه غالباً روی هجاهای سنگین‌تر واقع می‌شود. این در حالی است که در زبان‌های هجا-زمان، تکیه و وزن هجا مستقل از یکدیگر عمل می‌کنند. همچنین، در زبان‌های تکیه-زمان، معمولاً شاهد وقوع فرآیند کاهش واکه‌ای در هجاهای فاقد تکیه هستیم. به‌علاوه در این زبان‌ها واکه‌های فاقد تکیه همیشه کوتاه‌تر از واکه‌های تکیه‌بر هستند (دوئر، ۱۹۹۹: ۲۶۸). در مطالعاتی که با استفاده از پارامترهای پیشنهادی دوئر (۱۹۹۹)، نسبت دیرش واکه به کل جمله و پراش^۶ دیرش همخوان‌ها را در جملاتی از ۱۸ زبان مختلف شامل انگلیسی، ژاپنی و غیره اندازه‌گیری کردند، به این نتیجه رسیدند که زبان‌ها را می‌توان بر اساس این دو شاخص آوایی به دو دسته تکیه-زمان و هجا-زمان طبقه‌بندی کرد. البته نتایج این مطالعات نشان داد که این پارامترها برای طبقه‌بندی ساخت تکیه‌ای همه زبان‌ها کفایت تبیینی ندارد. زیرا این مطالعات علی‌رغم بررسی دیرش، به دیگر عناصر یا واحدهای مورایی وابسته به ریتم گفتار و برخی دیگر از همبسته‌های آوایی سازنده ریتم (فرکانس پایه^۷، شدت انرژی^۸، کیفیت واکه) که در پژوهش‌های بعدی از آنها تحت عنوان مؤلفه‌های ضروری ریتم یاد شده است، بی‌توجه بوده‌اند.

1. strong
2. weak
3. duration
4. Cahal, Helmuth
5. Silber-Varod, Sagi, Amir
6. Variance
7. Fundamental frequency
8. Intensity

نتایج مطالعات صوتی زبان گذر نشان داده است که دیرش واحدهای ریتمی (در هر دو دسته زبان‌های تکیه-زمان و هجا-زمان) لزوماً با یکدیگر برابر نیست و واحدها، دیرش خود را برای حفظ الگوی تکیه‌ای جمله با یکدیگر هماهنگ می‌کنند. در زبان انگلیسی الگویی وجود دارد که براساس آن واژه یک هجای بی‌تکیه به همراه تمامی واژه‌های بدون تکیه وابسته به آن در سطح یک پایه دیرش خود را برای هماهنگی با دیرش پایه‌های دیگر در سطح جمله کوتاه‌تر می‌کنند. این نوع کوتاه‌شدگی که در سطح پایه رخ می‌دهد، منجر به تنظیم و هماهنگی وقفه‌های زمانی بین تکیه‌ای یا واحدهای تکیه‌ای تکیه-بنیان می‌شود. همچنین، در ژاپنی گوینده تمایل دارد عناصر زنجیره‌ای گفتار را کشیده‌تر و یا فشرده‌تر تولید کند تا دیرش زمانی هجاها (موراها) با یکدیگر تقریباً برابر باشد.

موری و همکاران (۲۰۱۴) در یک مطالعه آوایی الگوی تحقق آوایی ریتم جمله را در زبان انگلیسی بررسی کردند. جملات هدف آزمایش در این پژوهش دو دسته بودند: در دسته اول کلمات محتوایی و دستوری یک هجایی با ترتیب متوالی کنار یکدیگر قرار گرفته بودند. بنابراین هجاهای تکیه‌بر در جمله از یکدیگر فاصله داشتند و الگوی تکیه جملات از نوع تناوب تکیه‌ای بود (مثال 1A نمونه‌ای از این جملات را نشان می‌دهد)؛ در دسته دوم، جملات فقط از کلمات محتوایی تشکیل شده بودند که هجای تکیه‌بر آنها در تلاحی با یکدیگر بودند. بنابراین الگوی تکیه این جملات از نوع تلاحی تکیه‌ای بود (مثال 1B نمونه‌ای از این جملات را نشان می‌دهد). نتایج نشان داد که عامل اصلی تحقق آوایی الگوی تناوب تکیه‌ای (جملات دسته اول) در جملات انگلیسی دیرش است. این جملات توسط انگلیسی‌زبانان بومی و انگلیسی‌آموزان ژاپنی تولید شدند.

- 1) A. *Pam had a chance to chat and nap.*
B. *I saw five bright highlights in the sky tonight.*

اندازه‌گیری‌های آوایی در این پژوهش نشان داد که واژه کلمات محتوایی حدوداً دو برابر کشیده‌تر از واژه‌های کلمات دستوری است. ولی الگوی تناوب تکیه‌ای در گفتار انگلیسی‌آموزان ژاپنی حاصل تغییرات متناوب فرکانس پایه به صورت زیر (بالا) و بم (پایین) است.

نتایج مربوط به الگوی تلاحی تکیه‌ای نشان داد گویشوران بومی‌زبان انگلیسی این جملات را مطابق با اصل تناوب تکیه‌ای به صورت توالی‌ای از هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه تولید می‌کنند (یعنی برخی هجاهای دارای تکیه واجی را در سطح آوایی به صورت برجسته و برخی دیگر را بدون برجستگی تولید می‌کنند) و از همبسته‌های صوتی فرکانس پایه، شدت انرژی و F1 برای تحقق آوایی الگوی تناوب تکیه‌ای استفاده می‌کنند، در حالی که ژاپنی‌زبان‌های انگلیسی‌آموز از الگوی تکیه‌ای منظمی برای تولید این جملات استفاده نمی‌کنند. موری و همکاران (۲۰۱۴) براساس یافته‌های به دست آمده چنین بحث کردند که انگلیسی‌زبانان بومی از راهبردهای متفاوتی برای تحقق آوایی الگوی تناوب تکیه‌ای در زبان‌شان استفاده می‌کنند و این راهبردها با راهبردهای مورد استفاده انگلیسی‌آموزان ژاپنی متفاوت است. نکته‌ای که موری و همکاران (۲۰۱۴) بر آن تأکید کردند این بود که یک شاخصه آوایی واحد نمی‌تواند به تنهایی منعکس کننده رابطه تکیه‌ای بین کلمات درون جمله باشد

و برای این که تبیین جامع و کارآمدی از الگوی تکیه‌ای جملات یک زبان به دست آید، لازم است تمامی همبسته‌های صوتی حامل تکیه لحاظ شود.

۳- پیشینه مطالعات تکیه فارسی

الگوی تکیه در کلمات فارسی در مطالعات بسیاری مورد بررسی قرار گرفته است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد در اسم‌های ساده و مشتق و مرکب، صفت‌ها، مصدرها، صفات تفصیلی و عالی و اسم‌های دارای پسوند جمع، محل تکیه همواره روی آخرین هجاست (خودزکو^۱، ۱۸۵۲؛ فرگوسن^۲، ۱۹۵۷؛ طیب‌زاده، ۱۳۸۵). اما فعل از این الگو تبعیت نمی‌کند. در برخی افعال فارسی تکیه فعل به عقب متمایل است، پس در تقابل با اسم قرار می‌گیرد که تکیه‌پایانی^۳ است (فرگوسن، ۱۹۵۷؛ ویندفور^۴، ۱۹۷۹). در برخی دیگر از افعال نیز با توجه به تکیه‌پذیری عناصر موجود در فعل با تغییرات مدام در جایگاه تکیه مواجه هستیم (سامعی، ۱۳۷۴).

تکیه در سطوح بالاتر از کلمه نیز در برخی پژوهش‌ها مورد بررسی قرار گرفته است. اسلامی (۱۳۷۹) برای تبیین الگوی تکیه کلمات، گروه‌های نحوی و جملات فارسی از نظر واجی به اصل هسته‌گریزی اشاره می‌کند و معتقد است که برجستگی در تولید بی‌نشان گفتار فارسی به لحاظ ساختارهای بر روی دورترین وند تصریفی نسبت به ستاک و به لحاظ نحوی روی دورترین وابسته نسبت به هسته نحوی قرار می‌گیرد. اسلامی (۱۳۷۹)؛ ۱۳۸۸) توضیح می‌دهد که الگوی تکیه واژه‌بست‌ها در مقایسه با پسوندها کاملاً متفاوت است. واژه‌بست‌ها پس از افزوده شدن به ستاک تکیه کلمه را جذب نمی‌کنند. در نتیجه، تکیه روی هجای قبل از واژه‌بست باقی می‌ماند. کهنمویی‌پور (۲۰۰۳) و بی‌جن‌خان (۱۳۹۲) در چارچوب نظریه واج‌شناسی نوایی، برجستگی را در چهار سطح کلمه واجی، گروه واجی، گروه آهنگی و پاره‌گفتار تبیین کرده‌اند. بر این اساس، قاعده تکیه در کلمه واجی^۵ (که اولین عنصر ساختاری در نظام سلسله‌مراتبی واج‌شناسی نوایی^۶) به این صورت است که هجای پایانی کلمه حامل تکیه است. همین‌طور در سطح گروه واجی که از نگاهت یک گروه نحوی مانند گروه اسمی (گروه حرف تعریف)، گروه فعلی، گروه صفتی یا قیدی و گروه حرف‌اضافه‌ای به سطح واجی به دست می‌آید. تکیه بر روی هجای قوی سمت چپی‌ترین کلمه واجی واقع می‌شود. در سطح بالاتر یعنی گروه آهنگ سمت راستی‌ترین هجای گروه واجی حامل تکیه اصلی جمله خواهد بود و در سطح پاره‌گفتار به‌عنوان آخرین عنصر ساختاری نظام سلسله‌مراتبی واج‌شناسی نوایی، تکیه بر روی هجای قوی در سمت چپی‌ترین گروه آهنگ در سطح پاره‌گفتار قرار می‌گیرد.

1. Chodzco
2. Ferguson
3. Stress final
4. Windfore
5. Phonological word
6. Prosodic phonology

برخی پژوهشگران نیز از منظر آواشناسی به بررسی تکیه فارسی پرداخته‌اند. بر اساس یافته‌های سپنتا (۱۳۷۷) عامل تغییر تکیه، تغییر زیروبمی است. از نظر وی، هجای تکیه‌بر اکثراً کشیده‌تر تولید می‌شود ولی افزایش کشش باعث درک تکیه نمی‌شود. از سوی دیگر، زیرشدن صدا نیز به‌عنوان عامل ایجادکننده تکیه با مقدار کمی شدت صوت همراه است. بی‌جن‌خان (۱۳۹۲) نشان داده است هرگاه مقادیر پارامترهای سه‌گانه زیروبمی، دیرش و شدت انرژی در هر محل از سیگنال گفتار بیشینه شود، آن محل گزینه‌ای مناسب برای مرز واجی مانند گروه واجی یا کلمه است. از نظر وی، حساسیت کلی شنونده بالغ در برابر عوامل تکیه به کارکرد تکیه در زبان مادری وابسته است. چون زبان فارسی زبانی تکیه‌ثابت است که محل وقوع تکیه اغلب در پایان کلمه قرار دارد، انتظار می‌رود فارسی‌زبانان قادر به درک تکیه و پارامترهای سه‌گانه وابسته به آن نباشند. در مورد دیرش، فارسی‌زبانان با مشکل جدی مواجه‌اند و بهترین سطح تشخیص آنها فرکانس پایه است. ابوالحسنی‌زاده، بی‌جن‌خان و گوسن‌هافن (۲۰۱۲) نشان داده‌اند که تغییرات F0 تنها همبسته صوتی معتبر تکیه در زبان فارسی است و از این‌رو زبان فارسی یک نظام غیرتکیه‌ای است که در آن برجستگی یک هجا در سطح کلمه حاصل اعمال الگوی تغییرات زیروبمی به‌عنوان یک فرایند پساواژگانی است. رحمانی، ریتولد^۱ و گوسن‌هافن (۲۰۱۵) نیز در مطالعه دیگری نشان داده‌اند فارسی یک زبان غیرتکیه‌ای است زیرا میزان حساسیت شنیداری شنونده‌های فارسی زبان به تقابل‌های تکیه‌ای بسیار کم است. یعنی شنونده‌های فارسی به تغییرات صوتی ناشی از جابجایی محل وقوع برجستگی نوایی حساسیت کمی دارند. در مقابل، صادقی (۲۰۱۷) در یک مطالعه آزمایشگاهی جدید با مطالعه جامع تمامی واژه‌های فارسی در بافت‌های نوایی متنوع نشان می‌دهد که زبان فارسی یک زبان تکیه‌ای-آهنگی است که در آن هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه در بافت آهنگی از طریق نشانه‌های صوتی چندگانه شامل F0، دیرش و شدت انرژی و در بافت غیرآهنگی از طریق دیرش از یکدیگر متمایز می‌شوند. وی چنین نتیجه‌گیری کرده است که تکیه واژگانی در زبان فارسی صرفاً جایگاهی برای دریافت تکیه زیروبمی در سطح آهنگ نیست، بلکه محتوای آوایی مستقل خود را داراست که آن، دیرش است. بنابراین برجستگی هجاها در کلمات فارسی هم ناشی از تقابل تکیه‌ای در سطح واژگان و هم تقابل آهنگی (دارای تکیه زیروبمی) / فاقد تکیه زیروبمی) در سطح آهنگ است. صادقی و سبزعلی (۱۳۹۶) در مطالعه دیگری، با بررسی اثر سه عامل تکیه واژگانی، تکیه زیروبمی و جایگاه نوایی بر برجسته‌سازی هجاها در کلمات چندهجایی فارسی به این نتیجه رسیدند که در کلمات فارسی روی محور هم‌نشینی، دو عامل نوایی به‌طور هم‌زمان بر دیرش هجاها تأثیر می‌گذارد؛ یکی تکیه واژگانی و دیگری جایگاه نوایی هجا در کلمه، که اثر جایگاه هجا بر برجسته‌سازی دیرشی هجاها از تکیه واژگانی بیشتر است. به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که دیرش در زبان فارسی، برخلاف فرکانس پایه و شدت انرژی، هم‌زمان همبسته صوتی دو عامل نوایی تکیه واژگانی و جایگاه هجاست که با تعامل با یکدیگر میزان برجستگی هجاها را در کلمات چندهجایی فارسی مشخص می‌کنند.

در سال‌های اخیر پژوهش‌هایی نیز در خصوص ویژگی‌های آکوستیکی ریتم گفتار فارسی انجام شده است. ابوالحسنی‌زاده و تقوی (۱۳۹۸) با بررسی تغییرپذیری دیرش فواصل واکه‌ای و میان واکه‌ای، زبان فارسی را جزو زبان‌های هجازمانی قرار می‌دهند. پژوهش دیگری که درباره همبسته‌های آکوستیک ریتم زبان فارسی انجام شده است، اثر اسدی و همکاران (۲۰۱۸) است. در این پژوهش تفاوت‌های درون‌گوینده و بین‌گوینده فارسی در یک متن خوانشی با سرعت متفاوت در ده گویشور زبان فارسی معیار بررسی شد. یافته‌های این پژوهش بیانگر این بود تغییرپذیری دیرش واکه‌ها و توزیع واکه‌ای به بهترین شکل تمایزهای میان‌گوینده را منعکس می‌کند. تقوی، مولودی و ابوالحسنی‌زاده (۱۳۹۹) در مطالعه دیگری همبسته‌های آکوستیکی ریتم گفتار زبان فارسی را در یک متن خوانشی با محاسبه سنجه‌های مختلف دیرش فواصل ذکر شده بررسی کردند. همچنین، به منظور یافتن بهترین سنجه ریتم شناسایی گوینده، تغییرپذیری ریتم میان‌گوینده داده‌های این پژوهش مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج به دست آمده از داده‌های این پژوهش، نظریه هجازمانی بودن زبان فارسی را تأیید کرد. علاوه بر این، نتایج بررسی ویژگی‌های زنجیری و زبرزنجیری ریتم داده‌های پژوهش مؤید تغییرپذیری معنی‌دار میان‌گوینده گویشوران زبان فارسی بود که از میان آنها سنجه مربوط به تغییرپذیری دوتایی فواصل همخوانی - واکه‌ای و بعد از آن، سرعت هجا و درصد واکه‌ای بودن متغیرهای قوی‌تری برای نشان دادن تمایزات میان‌گوینده است.

پژوهشگران پیشین تاکنون تنها از پارامترهای دیرش‌بنیاد برای مطالعه آوایی ریتم گفتار فارسی استفاده کرده‌اند. پژوهش حاضر اولین پژوهشی است که با بهره‌گیری از پارامترهای سه حوزه فرکانس (فرکانس پایه)، زمان (دیرش هجا) و شدت (شدت انرژی کل) به بررسی ویژگی‌های آوایی ریتم گفتار فارسی می‌پردازد.

۴- روش پژوهش

۴-۱- داده‌ها

دو دسته جمله به‌عنوان داده‌های هدف پژوهش طراحی و ساخته شدند. طراحی جملات توسط نگارندگان انجام شد و از پیکره خاصی برای این منظور استفاده نگردید. دسته اول شامل ترتیب متوالی کلمات محتوایی و دستوری (مانند حروف اضافه) بود که بین دو هجای تکیه‌بر کلمات محتوایی حداقل یک و حداکثر سه هجای بدون تکیه قرار داشت. کلمات محتوایی و دستوری به کار رفته در این جملات طوری انتخاب شدند که هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه آنها همگی یا شامل واکه یکسانی بود و یا نوع واکه آنها از نظر کوتاهی و بلندی یکسان بود. جملات دسته دوم فقط از کلمات محتوایی تشکیل شده بودند طوری که هجای تکیه بر کلمات در تلاقی با یکدیگر بودند و هیچ‌گونه فاصله‌ای (هجاهای بدون تکیه) بین آنها وجود نداشت. بر این اساس، از نظر الگوی توزیع تکیه، جملات دسته اول شامل داده‌های تناوب تکیه‌ای و دسته دوم شامل داده‌های تلاقی تکیه‌ای بود. به ازای هر یک از شش واکه زبان فارسی در هر یک از دو الگوی تناوب تکیه‌ای و تلاقی تکیه‌ای، ۱۰ جمله طراحی شد. بنابراین تعداد کل داده‌های پژوهش ۱۲۰ جمله بود (۶۰ جمله با الگوی تناوب تکیه‌ای و ۶۰ جمله

با الگوی تلاقی تکیه‌ای). جدول ۱ نمونه‌ای از داده‌های تناوب تکیه‌ای و جدول ۲ نمونه‌ای از داده‌های تلاقی تکیه‌ای را نشان می‌دهند.

جدول ۱: نمونه‌ای از جملات هدف پژوهش: داده‌های تناوب تکیه‌ای

واکه	بازنویسی نوشتاری	بازنویسی آوایی
a	زینب از زیارت در مشهد بهره فراوان برد.	Zejnab ʔaz zizarat dar maʃhad bahre-je faravan bord.
	کبک در دشت زندگی می‌کنه.	Kabk dar daft zendegi mikone.
	شهر هر فصل به رنگی درمیا.	ʃahr har fasl be rangi dar-mijad.
e	سحر از سفر در جنگل راضی بود.	Sahar ʔaz safar dar dʒangal razi bud.
	فرشته هم تشنه هم گرسنه بود.	fereʃteh ham tefne ham gorosne bud
	عارف به راننده گفت نگاهدار.	ʔaref be ranænde goft negahdar
o	البرز از زاگرس بلندتره.	ʔalborz ʔaz zagros bolandtar-e
	گل چه سرخ چه سنبل قشنگه.	Gol ʃe sorx ʃe sonbol qaʃang-e
	ماهدخت به پل که پر از جمعیت بود رسید.	mahdoxt be pol ke por ʔæz jamʔijæt bud resid
i	آبی یا صورتی یا نارنجی ترکیب قشنگی می‌سازه.	ʔabi ba surati ba narenji tarkibe qaʃang-i mi-saze
	کریم یا رحیم تا تبریز همسفر بود.	Karim ba rahim ta tabriz ham-safar bud
	دبیر یا مدیر به مدرسه آمد.	Dabir ba modir be madrese ʔamad
u	بادمجون یا گوشت تو غذا خوشمزه‌تره.	bademjun ba guft tu qaza xofmazze-tar-e
	سروش یا محمود دوسته.	soruf ba mahmud dust-e
	کاکتوس یا کود بهتر رشد می‌کنه.	kaktus ba kud behtar roʃd mi-kon-e
ɑ	رضا یا ندا تا پارسال نامزد بود.	reza ba neda ta parsal namzad bud.
	باران یا آرمان تا کرمان خندید.	Baran ba ʔarman ta kerman xandid.
	عرفان یا کتاب تا کلاس جدید کار نداره.	ʔerfan ba ketab ta kelas-e dʒadid kar nadare.

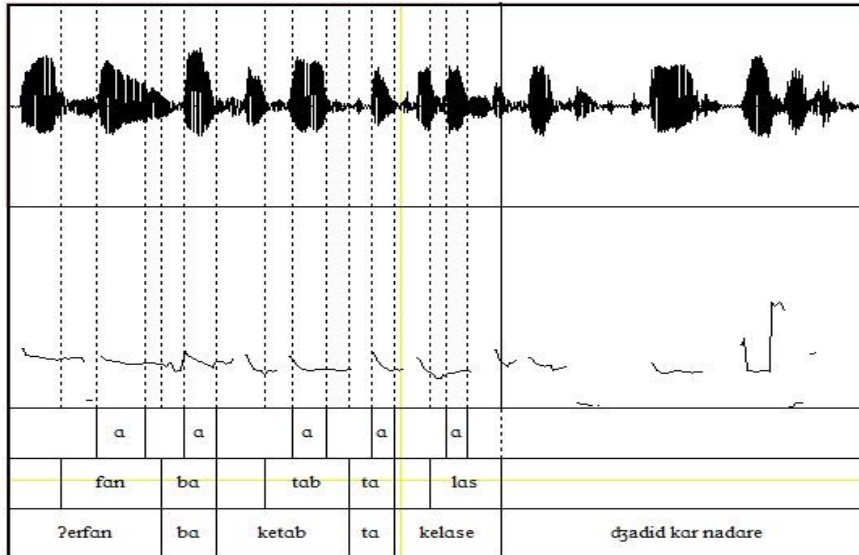
جدول ۲: نمونه‌ای از جملات هدف پژوهش: داده‌های تلاقی تکیه‌ای

واکه	بازنویسی آوایی	بازنویسی نوشتاری
a	ʔakbar barg dʒamʔ-ʔavari mikone.	اکبر برگ ^۱ جمع‌آوری می‌کند.
	mahdaʃt daʃt nist.	ماهدشت دشت نیست.
	madar dars mixune.	مادر درس می‌خواند.
e	ʔazade del be dars ne-mi-de	آزاده دل به درس نمیده.
	fateme metr dast-eʃ bud	فاطمه متر دستش بود.
	Fahime mehr be madrese naraft	فهیمة مهر به مدرسه نرفت.
o	Reno no bud ʔamma foruxtam-eʃ	رنو نو بود اما فروختمش.
	Hormoz moz mi-xore	هرمز موز می‌خورد.
	ʃahrox rox dar xak keʃid	شاهرخ رخ در خاک کشید.
i	manafi film did-o-xabid	منافی فیلم دید و خوابید.
	Lejli lif mi-bafe	لیلی لیف می‌بافد.
	Zari riz minevise	زری ریز می‌نویسد.
u	ʃub-ʃur ʃur bud na-tunest-am boxora-meʃ	چوب‌شور شور بود نتونستم بخورمش.
	masʔud ʔud mi-zan-e	مسعود عود می‌زند.
	Behruz ruz ʃekar ne-mi-kon-e	بهروز روز شکار نمی‌کند.
ɑ	ʔava vam ʔaz bank gereft.	آوا وام از بانک گرفت.
	ʔarʃam ʃam nemixore.	آرشام شام نمی‌خورد.
	safa ʃans nadare.	ساشا شانس ندارد.

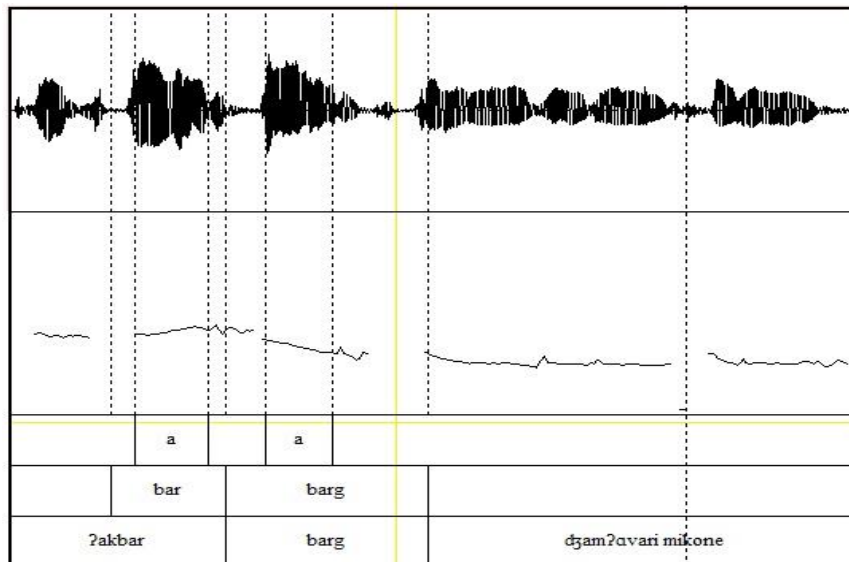
۴-۲- آزمایش روش انجام آزمایش

جملات به صورت تصادفی چینش شده و بر روی صفحه نمایشگر رایانه به آزمودنی‌ها ارائه شدند. از آزمودنی‌ها خواسته شد که هر جمله را به صورت طبیعی (به صورت گفتار عادی روزمره) و با سرعت معمولی بخوانند. جملات را ۱۰ شرکت‌کننده با محدوده سنی ۴۰-۲۶ سال، دارای تحصیلات دانشگاهی و با گویش فارسی معیار به صورت داوطلبانه تولید کردند. بنابراین به طور کلی ۱۲۰۰ پاره‌گفتار (شرکت‌کننده 10×2 الگوی تکیه‌ای $60 \times$ جمله) به دست آمد. ضبط داده‌ها در یک اتاق صوتی در سکوت کامل و با فرکانس نمونه‌برداری ۱۱۰۲۵ هرتز انجام شد.

۱. فرض بر آن است که کلمات محتوایی تک‌هجایی در خوانش طبیعی و بی‌نشان تکیه دریافت می‌کنند (موری، هوری و اربکسون، ۲۰۱۴).



شکل ۱: شبکه متنی جمله «عرفان با کتاب تا کلاس جدید کار نداره» با الگوی تناوب تکیه‌ای. شبکه، شامل شکل موج (بالا)، منحنی زیرویمی (وسط) و لایه‌های برجسبدهی شد در سطح واکه، هجا و کلمه است.



شکل ۲: شبکه متنی جمله «اکبر برگ جمع آوری می‌کنه» با الگوی تناوایی تکیه‌ای. شبکه، شامل شکل موج (بالا)، منحنی زیرویمی (وسط) و لایه‌های برجسبدهی شد در سطح واکه، هجا و کلمه است.

برای تجزیه و تحلیل صوتی پاره‌گفتارها از نرم‌افزار پرت^۱ نسخه ۱۲،۲،۵ (بورزما و وینینک، ۲۰۲۰) استفاده شد. شبکه متنی پاره‌گفتارهای تولید شده در نرم‌افزار پرت ساخته و هجاهای تکیه‌بر در کلمات محتوایی و هجاهای بدون تکیه در کلمات دستوری برچسب‌دهی شدند. شکل‌های ۱ و ۲ نمونه‌ای از شبکه متنی جملات با الگوی تناوب تکیه‌ای و تلاقی تکیه‌ای را نشان می‌دهد. علاوه بر این، واکه‌های هجاهای مربوطه در لایه زمانی مجزایی برچسب‌دهی شدند. به منظور تحلیل آوایی داده‌ها از سیگنال آوایی، منحنی فرکانس پایه^۲، منحنی شدت انرژی^۳ و طیف‌نگاشت^۴ بسته به متغیر آوایی هدف آزمایش استفاده شد. برای تقطیع هجایی گفتار پیوسته جملات از معیارهای تقطیع پیترسون^۵ و لهیسته^۶ (۱۹۶۰) استفاده شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها به صورت خودکار از طریق برنامه نرم‌افزاری Pro-Prosody ویرایش ۵/۷/۸/۱ (Xu, 2018) انجام شد. مقادیر پارامترهای صوتی متوسط فرکانس پایه (Mean F0)، بیشینه فرکانس پایه (Max F0)، دامنه زیربومی (Excursion size)، شدت انرژی و دیرش واکه‌ها در طول واکه‌های برچسب‌دهی شده (لایه اول برچسب‌دهی شده شبکه متنی) اندازه‌گیری شد. همچنین شکل‌های مربوط به الگوی تغییرات فرکانس پایه و شدت انرژی (شکل‌های ۳ تا ۶) از طریق هنجارسازی پارامترهای مربوطه طی ده نقطه زمانی در طول زنجیره آوایی عبارات هدف در جملات ترسیم شدند.

۵- یافته‌ها

۵-۱- داده‌های تناوب تکیه‌ای

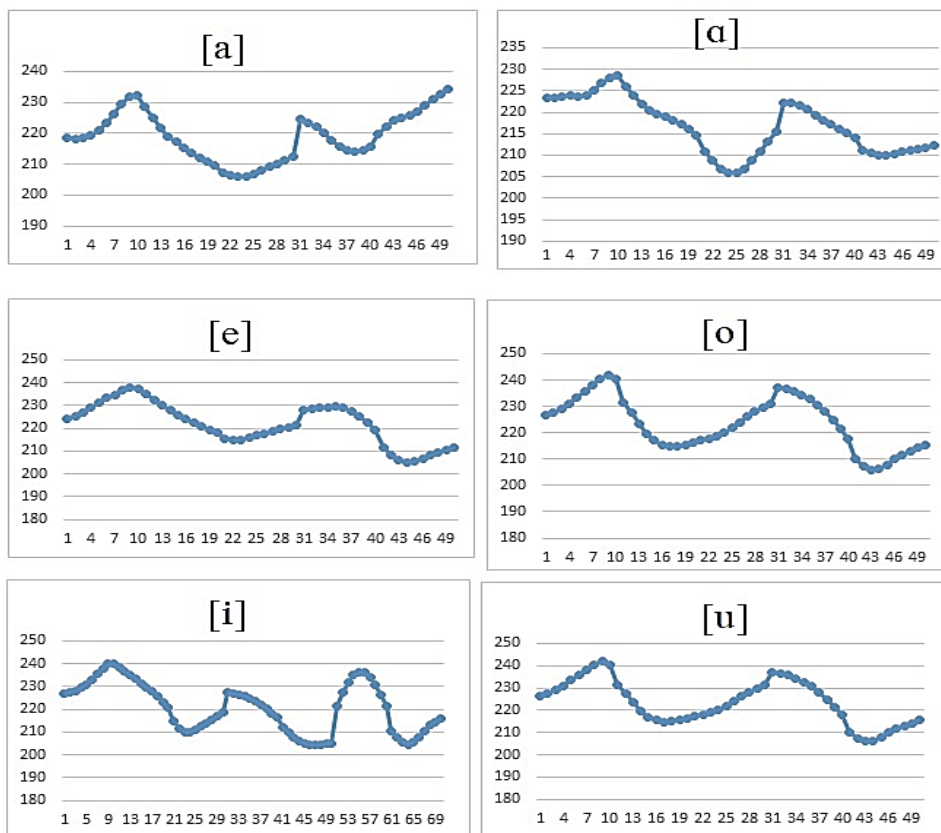
این بخش به تحلیل مقادیر پارامترهای زیربومی شامل متوسط فرکانس پایه، بیشینه فرکانس پایه و دامنه زیربومی و همچنین مقادیر دو پارامتر دیرش و شدت انرژی واکه‌ها می‌پردازد.

۵-۱-۱- تغییرات زیربومی

یافته‌های حاصل از بررسی تغییرات زیربومی نشان داد ترکیب متوالی هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه منجر به توزیع نابرابر مقادیر فرکانس پایه در زنجیره آوایی داده‌های تناوب تکیه‌ای می‌شود به این معنی که مقادیر فرکانس پایه به صورت تابعی از الگوی نوایی عبارات مربوطه به صورت توالی قله‌ها و دره‌های زیربومی ظاهر می‌یابد طوری که قله‌ها متناظر با هجاهای تکیه‌بر و دره‌ها متناظر با هجای بدون تکیه هستند. این واقعیت در شکل ۳ که منحنی هنجار شده فرکانس پایه جملات با الگوی تناوب تکیه‌ای را در بافت‌های واکه‌ای مختلف در سطح تمامی جملات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد، به روشنی مشاهده می‌شود.

1. PRAAT
2. Norm F0
3. Norm intensity
4. Spectrum mapping
5. Peterson
6. Lehiste

برای مقایسه آماری الگوی تغییرات زیروبمی در زنجیره‌های تناوب تکیه‌ای، مقادیر پارامترهای متوسط فرکانس پایه و بیشینه فرکانس پایه برای هر هجای تکیه‌بر به دو صورت مقایسه شدند. در این مقایسه یک بار هجای تکیه‌بر همراه با هجای بدون تکیه مجاور آن (هجای بدون تکیه کلمه دستوری) و بار دیگر همراه با هجای تکیه‌بر بعدی (هجای تکیه‌بر کلمه محتوایی بعد از کلمه دستوری) با یکدیگر مقایسه شدند. برای تعیین سطح معناداری مقایسه‌های آماری از آزمون‌های t دو گروه مشابه استفاده شد. نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: منحنی هنجار شده فرکانس پایه در الگوی تناوب تکیه‌ای برای عبارات حاوی واژه‌های شش‌گانه فارسی

جدول ۳: نتایج آماری آزمون t با نمونه‌های مشابه برای مقادیر متوسط فرکانس پایه، بیشینه فرکانس پایه و دامنه زیربومی. سطح معناداری، $+/۰۰۵$ در نظر گرفته شده است.

Vowels	Stress Pattern	Max F0			Mean F0			Excursion Size		
		t	df	P value	t	df	P value	t	df	P value
æ	-									
	S-S	0.47	198	.53	2.78	198	.24	1.95	198	.08
	S-U	2.62	198	.00	1.48	197	.005	1.95	1, 198	.04
e	U-S	-2.41	198	.01	-1.07	197	.001	-3.18	2, 198	.00
	S-S	0.36	198	.35	3.21	198	.81	-.20	198	.07
	S-U	1.77	198	.00	.24	197	.00	2.12	1, 198	.00
	U-S	-2.05	198	.04	-2.36	197	.01	2.02	2, 198	.04
	S-S	1.69	148	.09	1.49	148	.13	2.17	148	.83
	S-U	-1.03	148	.00	-1.05	1, 148	.004	1.84	148	.03
	U-S	-1.98	2, 98	.05	-1.86	2, 98	.04	-.43	98	.02
o	S-S	0.66	148	.96	4.29	148	.43	2.43	148	.27
	S-S	0.86	174	.44	2.10	174	.38	3.60	174	.06
	S-U	1.68	174	.02	1.77	1, 173	.05	-.38	174	.014
α	U-S	-1.42	174	.03	.16	173	.01	-1.98	174	.01
	S-S	0.55	198	.64	0.63	198	.45	-.10	198	.92
	S-U	1.20	198	.03	2.85	198	.00	1.75	198	.01
i	U-S	-3.71	198	.00	-1.38	198	.001	.00	198	.00
	S-S	0.39	196	.65	0.67	195	.49	0.88	196	.53
	S-U	1.22	196	.02	1.00	196	.03	1.45	196	.01
u	U-S	-5.56	196	.00	-4.07	195	.00	-2.63	196	.00
	S-S	1.05	198	.07	1.80	198	.08	0.89	198	.51
	S-U	1.84	198	.04	2.74	198	.00	-2.93	198	.001
u	U-S	6.13	198	.00	3.11	198	.00	-1.74	198	.03

در این جدول، S به معنای هجای تکیه‌بر و U به معنای هجای بدون تکیه است. جایگاه نمادهای S و U تعیین‌کننده ترتیب هجاها با توجه به الگوی تکیه‌ای آنهاست، به طوری که S-U به معنای توالی بلافصل یک هجای تکیه‌بر و بدون تکیه و U-S به معنای توالی بلافصل یک هجای بدون تکیه و تکیه‌بر از سمت چپ به راست است. S-S به معنی توالی غیربلافصل دو هجای تکیه‌بر است که در الگوی تناوب تکیه‌ای یک هجای بدون تکیه بین آنها قرار می‌گیرد. مطابق با نتایج ارائه شده در این جدول، اختلاف مقادیر متوسط فرکانس پایه، بیشینه فرکانس پایه و دامنه زیربومی برای هجاهای تکیه‌بر با هجاهای بدون تکیه مجاور در تمامی موارد معنادار است، ولی اختلاف مقادیر این پارامترها برای هجاهای تکیه‌بر با یکدیگر معنادار نیست.

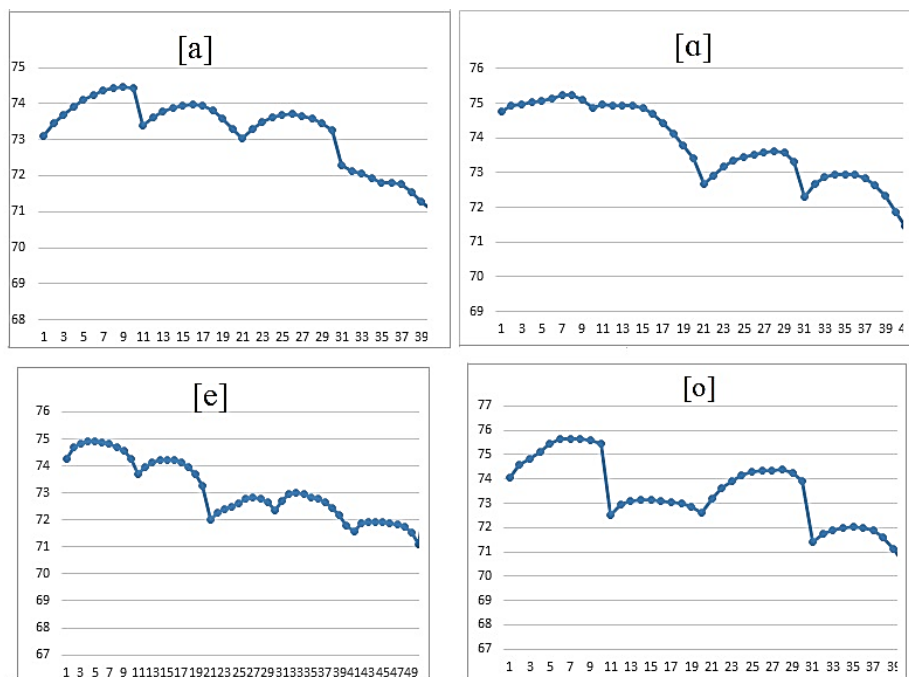
۵-۱-۲- شدت انرژی

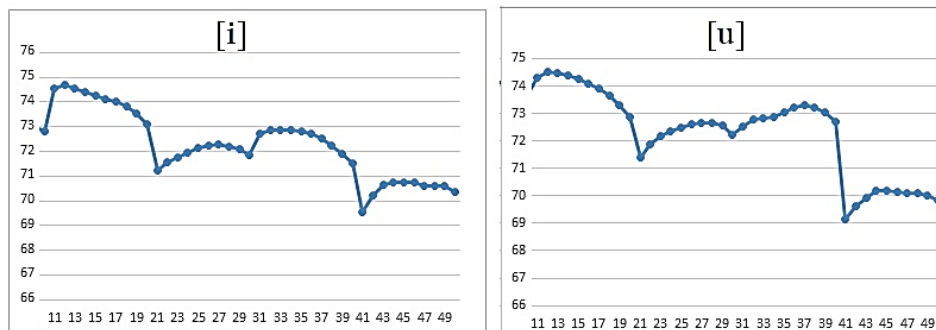
شکل ۴ منحنی هنجار شده شدت انرژی عبارات هدف در الگوی تناوب تکیه‌ای را برای بافت‌های واکه‌ای مختلف در سطح تمامی جملات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد. چنان‌که در این شکل‌ها ملاحظه می‌شود، توزیع مقادیر شدت انرژی تابع میزان برجستگی نوایی (تکیه‌بر یا بدون تکیه بودن) هجاهاست. هجاهای

تکیه‌بر به‌صورت قله‌ها و هجاهای بدون تکیه به‌صورت دره‌های انرژی ظاهر شده‌اند. مقایسه‌های آمار توصیفی نشان داد در حالی که مقادیر شدت انرژی برای هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه توزیع متفاوتی دارند، واکه‌های هجاهای تکیه‌بر در جایگاه‌های مختلف، تفاوت قابل ملاحظه‌ای را از نظر این پارامتر صوتی نشان نمی‌دهند. بنابراین الگوی به‌دست آمده برای تغییرات فرکانس پایه در مورد شدت انرژی نیز تکرار شد. نتایج به‌دست آمده از تحلیل آماری مقادیر شدت انرژی در جدول ۴ ارائه شده است. این جدول نشان می‌دهد اختلاف مقادیر متوسط شدت انرژی برای هجاهای تکیه‌بر با هجاهای بدون تکیه مجاور در تمامی موارد معنادار است، ولی اختلاف مقادیر این پارامترها برای هجاهای تکیه‌بر با یکدیگر معنادار نیست.

۵-۱-۳- دیرش

جدول ۵ نتایج آزمون‌های آماری مربوط به دیرش واکه‌ها را در تناوب‌های تکیه‌ای S-S، S-U و U-S نشان می‌دهد. مطابق این نتایج، متوسط مقادیر دیرش هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه با یکدیگر تفاوت معنادار دارند، ولی دیرش واکه‌های هجاهای تکیه‌بر در جایگاه‌های مختلف تفاوت معناداری با یکدیگر نشان نمی‌دهند. الگوی توزیع مقادیر دیرش در الگوی تناوب تکیه‌ای برای بعضی از واکه‌ها به‌طور نمونه در نمودارهای میله‌ای شکل ۵ نشان داده شده است.

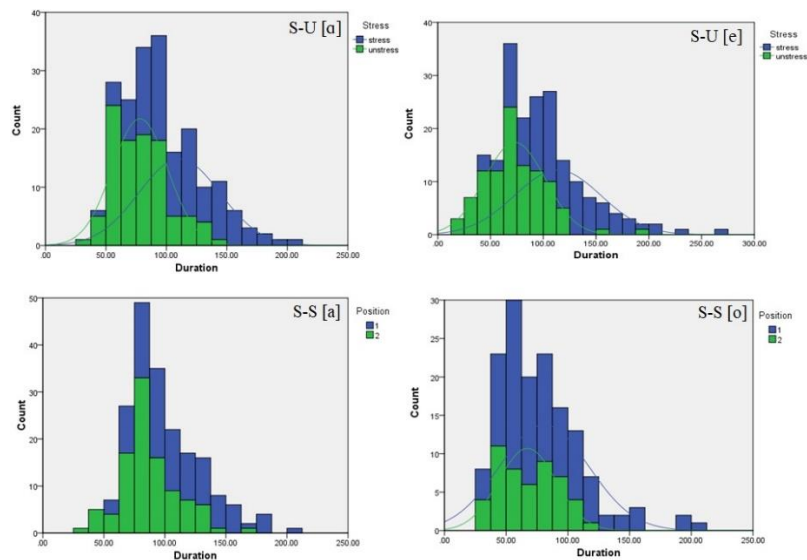




شکل ۴: منحنی هنجار شده شدت انرژی در الگوی تناوب تکیه‌ای برای عبارات حاوی واکه‌های شش‌گانه فارسی

جدول ۴: نتایج آزمون آماری t با نمونه‌های مشابه برای مقادیر میانگین شدت انرژی واکه‌ها در الگوی تناوب‌های تکیه‌ای

Vowels	Stress Pattern	Mean Intensity		
		t	df	P value
æ	-			
	S - S	0.95	198	.34
	S - U	1.48	197	.001
e	U - S	-1.32	198	.004
	S - S	0.86	198	.09
	S - U	4.09	198	.00
	U - S	-1.85	198	.003
	S - S	0.89	148	.37
	S - U	-8.08	148	.000
	U - S	-5.86	198	.000
	S - S	1.03	148	.33
	S - S	1.07	174	.29
o	S - U	3.14	174	.000
	U - S	1.46	174	.006
	S - S	0.68	198	.42
a	S - U	5.92	198	.000
	U - S	-3.66	198	.000
	S - S	0.95	196	.34
i	S - U	-3.14	196	.000
	U - S	-2.98	196	.000
	S - S	0.32	198	.52
u	S - U	-8.08	198	.000
	U - S	-5.31	198	.00



شکل ۵: نمودار میله‌ای توزیع مقادیر دیرش برای واکه‌های [a] و [e] در بافت S-U و واکه‌های [a] و [o] در بافت S-S

جدول ۵: نتایج آزمون آماری t با نمونه‌های مشابه برای مقادیر میانگین شدت انرژی واکه‌ها در الگوی تناوب‌های تکیه‌ای

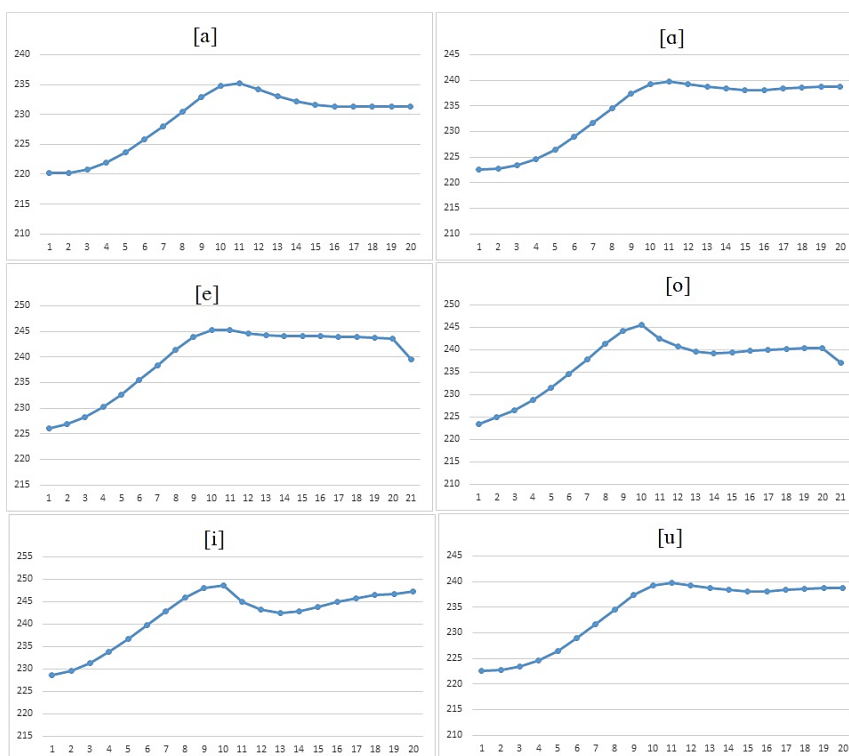
Vowels	Stress Pattern	t	df	P value
æ	-			
	S - S	0.35	198	.56
	S - U	6.85	197	.00
e	U - S	4.01	198	.00
	S - S	0.55	198	.41
	S - U	5.33	198	.00
	U - S	4.03	198	.00
	S - S	3.69	148	.00
o	S - U	4.40	148	.00
	U - S	-0.35	198	.62
	S - S	3.70	148	.00
	S - S	0.44	174	.49
a	S - U	7.81	174	.00
	U - S	4.28	174	.00
	S - S	0.91	198	.35
i	S - U	8.00	198	.00
	U - S	6.93	198	.00
	S - S	0.52	196	.40
u	S - U	7.24	196	.00
	U - S	3.37	196	.00
	S - S	0.93	198	.32
	S - U	8.13	198	.00
	U - S	6.23	198	.00

۲-۵- داده‌های تلاقی تکیه‌ای

در این بخش به بررسی الگوی تغییرات فرکانس پایه، شدت انرژی و دیرش در داده‌های تلاقی تکیه‌ای می‌پردازیم. لازم به یادآوری است که الگوی تلاقی تکیه‌ای شامل داده‌هایی است که در آنها دو هجای تکیه‌بر به‌طور متوالی کنار یکدیگر قرار می‌گیرند (S-S).

۱-۲-۵- تغییرات زیرویمی

الگوی توزیع مقادیر متوسط فرکانس پایه، فرکانس پایه بیشینه و دامنه زیرویمی برای الگوی تلاقی تکیه‌ای در واژه‌های مختلف بررسی شد. شکل ۶ منحنی هنجار شده فرکانس پایه عبارات مربوطه در الگوی تلاقی تکیه‌ای را برای بافت‌های واژه‌ای مختلف در سطح تمامی جملات و شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد. شکل‌ها نشان می‌دهند تلاقی هجاهای تکیه‌بر در زنجیره آوایی عبارات هدف باعث تلاقی و برخورد قله‌های زیرویمی می‌شود به طوری که در فاصله بین قله‌های زیرویمی هجاهای تکیه‌بر هیچ‌گونه دره زیرویمی مشاهده نمی‌شود. به بیان دیگر، ترکیب متوالی (تلاقی) هجاهای تکیه‌بر منجر به اتحاد قله‌ها و تظاهر آنها به صورت یک قله زیرویمی واحد گسترده شده است.



شکل ۶: منحنی هنجار شده فرکانس پایه در الگوی تلاقی تکیه‌ای برای عبارات حاوی واژه‌های نشش‌گانه فارسی

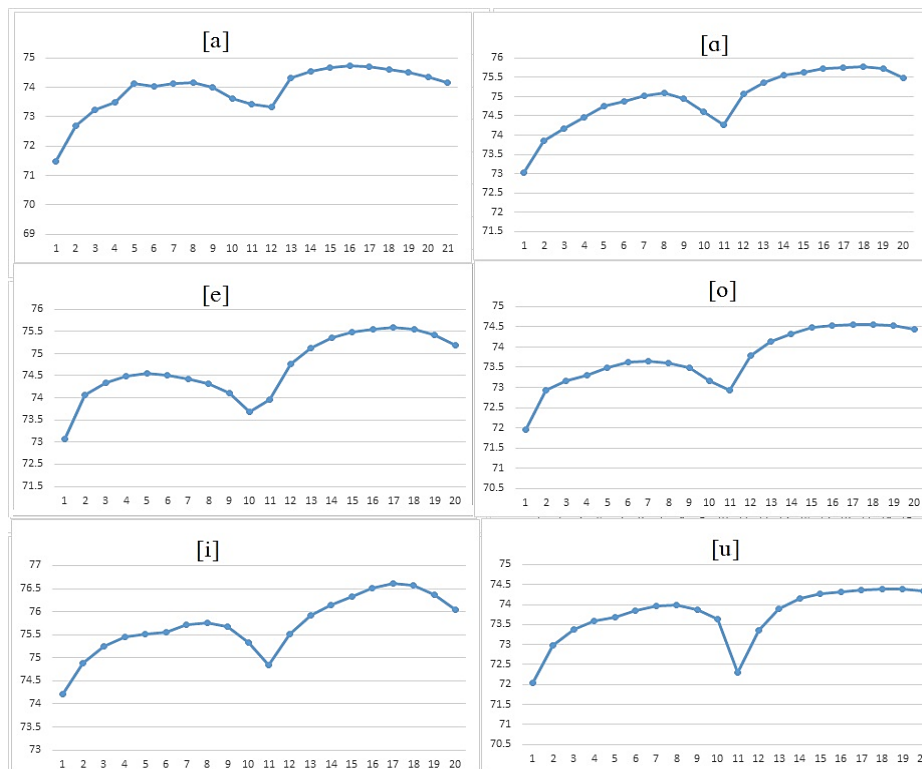
نتایج حاصل از مقایسه‌های آماری هجاهای تکیه‌بر مجاور در الگوی تلاقی تکیه‌ای (جدول ۵) نشان داد اختلاف مقادیر هیچ یک از پارامترهای متوسط فرکانس پایه، فرکانس پایه بیشینه و دامنه زیروبمی در هجاهای تکیه‌بر مجاور با یکدیگر معنادار نیست.

جدول ۶: نتایج آزمون‌های t نمونه‌های مشابه برای متوسط فرکانس پایه، بیشینه فرکانس پایه و دامنه زیروبمی در داده‌های تلاقی تکیه‌ای

vowels	Stress Pattern	Max F0			Mean F0			Excursion size		
		t	df	P value	t	df	P value	t	df	P value
-	-									
/æ/	S - S	-0.30	98	.76	-1.20	98	.03	1.42	98	.19
/e/	S - S	-1.33	99	.23	-1.82	99	.07	1.09	99	.37
/o/	S - S	1.63	99	.19	-1.80	99	.07	1.04	99	.33
/a/	S - S	0.31	99	.75	-1.95	99	.08	0.97	99	.46
/i/	S - S	-0.30	99	.76	-0.37	99	.72	0.47	99	.51
/u/	S - S	0.53	99	.59	-1.03	99	.34	0.38	99	.68

۵-۲-۲- شدت انرژی و دیرش

شکل ۷ منحنی هنجار شده شدت انرژی داده‌های تلاقی تکیه‌ای را برای بافت‌های واکه‌ای مختلف در سطح تمامی جملات و برای تمامی شرکت‌کنندگان آزمایش نشان می‌دهد. این شکل‌ها نشان می‌دهد متوسط شدت انرژی هجای تکیه‌بر دوم در الگوی تلاقی تکیه‌ای از هجای اول به‌طور قابل توجهی بیشتر است. نتایج آزمون‌های آماری مربوط به شدت انرژی داده‌های تلاقی تکیه‌ای (جدول ۷) نشان داد اختلاف مقادیر شدت انرژی هجاهای متوالی در الگوی تلاقی تکیه‌ای برای تمامی واکه‌ها با یکدیگر تفاوت معنادار دارد. از سوی دیگر، نتایج به‌دست آمده برای دیرش (جدول ۸) نشان داد اختلاف مقادیر دیرش هجاهای مجاور در الگوی تلاقی تکیه‌ای برای تمامی واکه‌ها با یکدیگر تفاوت معنادار دارد به این صورت که متوسط دیرش هجای اول در الگوی تلاقی تکیه‌ای از هجای دوم (هجای بعد) به‌طور معناداری بیشتر است.



شکل ۷: منحنی هنجار شده شدت انرژی در الگوی تلافی تکیه‌ای برای عبارات حاوی واکه‌های شش‌گانه فارسی

جدول ۷: نتایج آزمون‌های t نمونه‌های مشابه برای مقادیر شدت انرژی در داده‌های تلافی تکیه‌ای

vowels	Stress Pattern	Mean Intensity		
		<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P value</i>
-	-	<i>t</i>	<i>df</i>	<i>P value</i>
/æ/	S - S	-3.15	98	.00
/e/	S - S	-6.41	99	.00
/o/	S - S	-3.69	99	.00
/ɑ/	S - S	-4.52	99	.00
/i/	S - S	-4.43	99	.00
/u/	S - S	-2.59	99	.01

جدول ۸: نتایج آزمون‌های t نمونه‌های مشابه برای مقادیر دیرش در داده‌های تلاقی تکیه‌ای

vowels	Stress Pattern	Duration		
		t	df	P value
-	-			
/æ/	S - S	2.18	99	.03
/e/	S - S	3.60	99	.00
/o/	S - S	6.84	99	.00
/ɑ/	S - S	3.89	99	.00
/i/	S - S	4.36	99	.00
/u/	S - S	5.22	99	.00

۶- بحث و نتیجه‌گیری

بررسی الگوی تغییرات مقادیر فرکانس پایه در داده‌های تناوب تکیه‌ای نشان داد توالی هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه باعث توزیع نابرابر مقادیر فرکانس پایه می‌شود. قله‌ها و دره‌های ایجاد شده در منحنی‌ها به ترتیب متناظر با هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه هستند. بررسی‌های آماری نشان داد در داده‌های تناوب تکیه‌ای، مقادیر سه پارامتر وابسته به فرکانس پایه شامل، متوسط فرکانس پایه، بیشینه فرکانس پایه و دامنه زیربومی در هجاهای تکیه‌بر در توالی هجاهای قوی-ضعیف در S-U و ضعیف-قوی در U-S به صورت معناداری از هجاهای بدون تکیه بیشتر است، اما مقادیر این پارامترها بین هجاهای تکیه‌بر غیرمتوالی در توالی‌های SUS تفاوت‌های معناداری را نشان نمی‌دهند.

همچنین، بررسی پارامترهای شدت انرژی و دیرش در داده‌های تناوب تکیه‌ای نشان داد توزیع مقادیر شدت انرژی همچون مقادیر پارامترهای وابسته به فرکانس پایه، تابع برجستگی نوایی (تکیه‌بر یا بدون تکیه بودن) هجاهاست به طوری که مقادیر شدت انرژی واکه‌ها در توالی‌های S-U و U-S برای هجاهای تکیه‌بر به طور معناداری از هجاهای بدون تکیه بیشتر است ولی اختلاف مقادیر شدت انرژی واکه‌های تکیه‌بر در هجاهای غیرمتوالی در توالی‌های SUS با یکدیگر معنادار نیست.

بر این اساس اگر به پیروی از موری، هوری و اریکسون (۲۰۱۴) ریتم را نتیجه تحقق آوایی همزمان نشانه‌های صوتی برجستگی نوایی مانند فرکانس پایه، دیرش و شدت انرژی بدانیم در آن صورت باید گفت در زبان فارسی زنجیره‌های آوایی هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه در توالی‌های S-U و U-S در داده‌های تناوب تکیه‌ای زنجیره‌هایی ریتمیک هستند که در آنها مقادیر همبسته‌های صوتی برجستگی نوایی توزیعی نابرابر به صورت توالی قله‌ها (بر روی هجاهای تکیه‌بر) و دره‌های (بر روی هجاهای بدون تکیه) برجستگی دارند. به بیان دیگر، اگر ریتم را به معنای توزیع نابرابر مقادیر پارامترهای فرکانس پایه، دیرش و شدت انرژی در نظر بگیریم، زنجیره واجی کلمات فارسی با الگوی تکیه‌ای ضعیف-قوی یا قوی-ضعیف ریتم دارند. زیرا هر سه پارامتر فرکانس پایه، شدت انرژی و دیرش در توالی هجاهای تکیه‌بر و بدون تکیه به طور معناداری تغییر می‌کنند تا توالی‌ای به شکل هجاهای برجسته (قوی) و هجاهای غیربرجسته (ضعیف) تولید شوند.

اما برای الگوی تالاقی تکیه‌ای نتایج متفاوتی به دست آمد. در تحلیل فرکانس پایه داده‌های تالاقی تکیه‌ای مشخص شد که اختلاف مقادیر فرکانس پایه در توالی هجاهای تکیه‌بر مجاور با یکدیگر معنادار نیست و توزیع مقادیر این پارامتر برای هجاهای تکیه‌بر مجاور در الگوی تالاقی تکیه‌ای، برخلاف الگوی تناوب تکیه‌ای، تقریباً برابر است. بنابراین، در الگوی تالاقی تکیه‌ای ریتمی به شکل توزیع نامتوازن تغییرات زیروبمی وجود ندارد و آنچه اساساً از حیث تغییرات زیروبمی در داده‌های تالاقی تکیه‌ای اتفاق می‌افتد، اتحاد قله‌های زیروبمی و در نتیجه خنثی‌شدگی فرکانس پایه برای ایجاد ریتم در گفتار است.

از طرفی، مقایسه میزان شدت انرژی هجاهای تکیه‌بر مجاور در داده‌های تالاقی تکیه‌ای نشان داد که در توالی دو هجای تکیه‌بر، شدت انرژی در هجای دوم به‌طور معناداری بیشتر از هجای اول است. بنابراین شدت انرژی در داده‌های تالاقی تکیه‌ای توزیع نامتوازن دارد و به مانند الگوی تناوب تکیه‌ای، منجر به برجستگی بیشتر یک هجا (هجای دوم) نسبت به هجای دیگر (هجای اول) می‌شود.

اما در حالی که انتظار داشتیم مقایسه میزان دیرش هجاهای تکیه‌بر مجاور در داده‌های تالاقی تکیه‌ای به مانند شدت انرژی، منجر به برجستگی بیشتر (دیرش بیشتر) هجای دوم نسبت به هجای اول شود، اما این انتظار محقق نشد و مقایسه‌های آماری، برخلاف این پیش‌بینی، نشان داد دیرش در هجای اول به‌طور معناداری از هجای دوم بیشتر است.

بنابراین عملکرد دو پارامتر دیرش و شدت انرژی در الگوی تالاقی تکیه‌ای در زبان فارسی در جهت عکس یکدیگر است. یعنی در توالی بلافصل دو هجای تکیه‌بر، هجایی که شدت انرژی بیشتری دارد، میزان دیرش کمتری دارد و برعکس هجایی که شدت انرژی کمتری دارد، دیرش بیشتری دارد. بر این اساس، در داده‌های تالاقی تکیه‌ای فارسی، وقتی پارامتر مهمی مانند تغییرات زیروبمی خنثی می‌شود، شدت انرژی و دیرش نیز قادر به ایجاد ریتمی به شکل توزیع نامتوازن تغییرات صوتی نیستند، زیرا توزیع آنها تأثیری معکوس بر هجاهای اول و دوم دارد. بر این اساس، از آنجا که شدت انرژی و دیرش به‌صورت عکس یکدیگر عمل می‌کنند با قاطعیت نمی‌توان در مورد وجود ریتم در زنجیره‌های هجایی S-S صحبت کرد.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که چون در الگوی تناوب تکیه‌ای همه عوامل از قبیل فرکانس پایه، شدت انرژی و دیرش به نفع هجای تکیه‌بر عمل می‌کنند، زنجیره واجی کلمات فارسی با الگوی تکیه‌ای ضعیف-قوی یا قوی-ضعیف ریتمیک هستند، اما در الگوی تالاقی تکیه‌ای، چون عملکرد فرکانس پایه خنثی می‌شود و دو پارامتر دیرش و شدت انرژی نیز در جهت عکس یکدیگر عمل می‌کنند، فرض وجود ریتم در این دسته از جملات تأیید نمی‌شود.

منابع

- ابوالحسنی‌زاده، وحید و تقوی، نفیسه (۱۳۹۸). «بررسی و مقایسه ریتم زبان فارسی و زبان انگلیسی»، دو فصلنامه زبان و ادبیات تفسیری- تطبیقی، (۱): ۴-۱۰.
- بی‌جن‌خان، محمود (۱۳۹۲). *نظام آوایی زبان فارسی*. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی.
- پرمون، یدالله (۱۳۸۵). «یک الگوریتم عروضی برای تکیه پیش‌روی کلمه در فارسی امروز»، دومین کارگاه پژوهشی زبان فارسی و رایانه، ۲۶۲-۲۸۴.
- تقوی، نفیسه؛ مولودی، امیرسعید و ابوالحسنی، وحیده (۱۳۹۹). «بررسی همبسته‌های آکوستیکی ریتم گفتار زبان فارسی با تمرکز بر تمایزات میان گوینده»، پژوهش‌های زبانشناسی، (۲): ۲۳-۵۰.
- حق‌شناس، علی‌محمد (۱۳۵۶). *آواشناسی*. ج ۱، تهران: انتشارات آگاه.
- *راسخ‌مهند، محمد* (۱۳۸۳). «معرفی نظریه بهینگی و بررسی تکیه در فارسی»، مجله زبانشناسی، ۱۹(۱): ۴۲-۶۶.
- *سامعی، حسین* (۱۳۷۴). «تکیه فعل در زبان فارسی: بررسی مجدد»، نامه فرهنگستان، ۱ (۴): ۲۱-۶.
- سپنتا، ساسان (۱۳۷۷). *آواشناسی فیزیکی زبان فارسی*، اصفهان: گله‌ها.
- صادقی، علی‌اشرف (۱۳۶۸). «عوض شدن جای تکیه در بعضی کلمات فارسی»، مجله زبانشناسی، ۶(۱): ۲۳-۲۸.
- صادقی، وحید (۱۳۹۷). *ساخت نوایی زبان فارسی*. سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی.
- طبیب‌زاده، امید (۱۳۸۵). «ساخت وزنی و تکیه واژه در فارسی پژوهشی بر اساس نظریه تکیه وزنی»، پژوهش‌های زبانشناسی، ۱ (۱): ۶۳-۷۸.
- Amini, Afsaneh (1997). "On Stress in Persian", Toronto Working Papers in linguistics, 16 (1): 1-20.
- Asadi, H., Nourbakhsh, M., He, L., Pelligerino, E., & Dellwo, V. (2018). "Between-speakers rhythmic variability is not dependent on language rhythm as evidence from Persian reveals", The International Journal of Speech, Language and the Law, 25(2): 151-172.
- Beckman, M. (1982). "Segment duration and the mora in Japanese". *Phonetica*, 39: 113-135.
- Beckman, M. (1986). *Stress and non-stress accent*: Foris, Dordrecht.
- Chahal, D., & Hellmuth, S. (2014). "Comparing the intonational phonology of Lebanese and Egyptian Arabic". In S. A. Jun (Ed.), *Prosodic typology II: the phonology of intonation and phrasing*, Volume 2: 365-404. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Chodzko, A. (1852). *Grammaire persane ou principes de l'iranien modern*. Paris: Maisonneuve and Cie.
- Chomsky, N & Halle, M (1968). *The Sound Pattern of English*. New York: Harper & Row Publishers.
- Crystal, D (1969). *Prosodic systems and intonation in English*, Cambridge University Press.
- Ferguson, C.A. (1957). "Word Stress in Persian", *language*, 33 (2):123-36.
- Fry, D.B. (1955). "Duration and intensity s physical correlates of linguistic stress". *J. acoust. Soc. Am.* 27: 765-768

- Fry, D.B. (1958). "Experiment in the perception of stress". *Language and Speech*, 1: 126-152.
- Grabe, E., & Low, E. L. (2002). "Durational variability in speech and the Rhythm Class"
- Gussenhoven, Carlos. (1984). *On the Grammar and Semantics of Sentence-Accents*, Foris, Dordrecht.
- Hall, T. A. and Kleinhenz, U. (1999). *Studies on the Phonological Word*, John Benjamins, Amsterdam/ Philadelphia.
- Halle, M. and Vergnaud, J. (1987). *An Essay on Stress*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Hayati, A. M. (1997). "A Contrastive analysis of English and Persian stress". *PSiCL*, 32: 51-56.
- Hayes, B. (1989). "The Prosodic Hierarchy in Meter", in P. Kiparsky and G. youmans (eds.), *Rhythm and Meter*, Academic Press, Orlando, 201-260.
- Hayes, B. and Lahiri, A. (1991). *Bengali Intonational Phonology*, NLLT 9, 47-96.
- Hosseini, A. (2014). *The Phonology and Phonetics of Prosodic Prominence in Persian*. PhD thesis, University of Tokyo.
- Huggins, A.W. F. (1975). "On isochrony and syntax": in Fant, Tatham, *Auditory analysis and perception of speech*, pp. 455-464. Academic Press: London.
- Hyman, L.M. (2009). "How (not) to do phonological typology: the case of pitch-accent". *Language sciences*, 31: 213-38.
- Hyman, L.M. (2014). "Do all languages have word accent?" In van der Hulst, H. (ed.) *Word Stress: Theoretical and Typological Issues*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hypothesis. In C. Gussenhoven & A. Warner (Eds.), *Laboratory Phonology 7*: 515-546.
- Jackendoff, R. (1972). *Semantic Interpretation in Generative Grammar*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.
- Kahnemuyipour, A. (2003). "Syntactic Categories and Persian Stress". In *Natural Language & Linguistic Theory*, 21: 333-379.
- Kelber, F. and Klippfahn, N. (2006). *An of secondary acoustic investigation stress in German*. Arbeitsberichte Institut fur Phonetik: Kiel.
- Kenstowicz, M. (1994). *Phonology in the Generative Grammar*. Cambridge MA & Oxford UK: Blackwell Publishers.
- Kohler, k. (2009). "Whither speech rhythm research"? *Phonetica*, 66: 5-14.
- Lazard, G. (1992). *A Grammar of Contemporary Persian*, Mazda, Costa Mesa, California. Translated from French by Shirly Lyons.
- Lehiste, I. (1973). "Phonetic disambiguation of syntactic ambiguity". *Glossa*, 7: 107-122.
- Lehiste, I. (1970). *Suprasegmentals*. MIT Press: Cambridge.
- Liberman, P. (1960). "Some acoustic correlates of word stress in American English". *J. acoust. Soc. Am.* 32: 451-454.
- Liberman, P. (1967). *Intonation, perception, and language*, (MIT Press, Cambridge).
- Mahootian, Sh. (1997). *Persian*, Routledge, London.
- Mattys, S. L. (2004). "Stress versus co-articulation: towards an integrated approach to explicit speech segmentation". *Journal of Experimental Psychology*, 30: 397-408.
- Mori, Y. Hori, T. and Erickson, D. (2014). "Acoustic Correlates of English Rhythmic pattern for American Versus Japanese Speakers". *Phonetica*, 71: 84-108.

- Phillot, D. G. (1919). *Higher Persian Grammar*. Calcutta: The University Press.
- Pierrehumbert, J. (1980). *The Phonology and Phonetics of English intonation*. PhD thesis, MIT.
- Ramus, F; Nespors, M; Mehler, J. (1999). Correlates of linguistic rhythm in the speech signal. *Cognition*, 75(1): 265-292.
- Sadat-Tehrani, n. (2007). *The Intonational Grammar of Persian*. PhD thesis, University of Manitoba.
- Samare, Y. (1977). *A Course in Colloquial Persian*. Tehran: Tehran University Press.
- Same'i, H. (1996). "Verb Stress in Persian: A reexamination". *Name-ye Farhangestan* 1(4): 6-21.
- Silber-Varod, V., Sagi, H., & Amir, N. (2016). "The acoustic correlates of lexical stress in Israeli Hebrew". *Journal of Phonetics*, 56(1): 1-14.
- Sluijter, A. M. C. and van Heuven, V. (1996a). "Spectral tilt as an acoustic correlates of linguistic stress". *Journal of the Acoustical Society of America*, 100(4): 2471-2485.
- Sluijter, A.M.C. and van Heuven, V. (1996b). "Acoustic correlates of linguistic stress and accent in Dutch and American English". *Proceeding of ICSLP*, 96: 630-633. Philadelphia, PA: Applied Science and Engineering Laboratories.
- Spitzer, S. M., Liss, J. and Mattys, S. L. (2007). "Acoustic cues to lexical segmentation: A study of resynthesized speech". *Journal of the Acoustical Society of America*, 122: 3678- 3687.
- Towhidi, J. (1974). *Studies in Phonetics and Phonology of Modern Persian*, Humburg: Helmut Buske Verlag.
- Vroomen, J., Toumainen, J. and de Gelder, B. (1998). "The role of word stress and vowel harmony in speech segmentation". *Journal of Memory and Language*, 38: 133-149.
- Windfuhr, L. Gernot L. (1979). *Persian Grammar: History and State of its study*, Mouton, The Hague.
- Yarmohammadi, L. (1964). *A contrastive study of modern English and modern Persian*. PhD thesis, Indiana University.