



بررسی کیفیت واک در هجاهای تکیه‌دار زبان فارسی

ندا موسوی^۱

چکیده

در این تحقیق به بررسی کیفیت واک در هجاهای تکیه‌دار زبان فارسی پرداختیم. هدف بررسی این نکته بود که آیا می‌توان تغییر کیفیت واک را به‌عنوان یکی از همبسته‌های صوت‌شناختی تکیه در زبان فارسی در نظر گرفت؟ مؤلفه‌های مورد نظر برای بررسی کیفیت واک مؤلفه‌های شیب طیفی و بسامدپریشی بودند. تحقیق را در محیط نرم‌افزار پرت انجام دادیم و داده‌های مورد استفاده شامل شش واژه زبان فارسی بودند که در بافت آوایی یکسان توسط پنج گویشور مرد و پنج گویشور زن خوانده شدند. با بررسی شیب طیفی (با در نظر گرفتن اختلاف دامنه دو سازه اول) نشان دادیم که کیفیت واک در زبان فارسی به سوی کیفیت واک معمولی گرایش دارد. ضمن اینکه اختلاف معنی‌داری (جز در مورد دو واژه /a/ و /a/ در گویشوران زن) بین شیب طیفی واژه‌ها در هجای بی‌تکیه و تکیه‌دار مشاهده نمی‌شود. مؤلفه دوم نیز مؤلفه بسامدپریشی بود که به تغییرات بسامد در دوره‌های متوالی موج اشاره دارد. در مورد این مؤلفه هم اختلاف معنی‌داری بین هجاهای بی‌تکیه و تکیه‌دار مشاهده نمی‌شود. بنابر نتایج به‌دست آمده نمی‌توان کیفیت واک را یکی از همبسته‌های صوت‌شناختی تکیه در زبان فارسی دانست.

کلیدواژه‌ها: کیفیت واک، تکیه، شیب طیفی، بسامدپریشی

مقدمه

در تولید گفتار، حجمی از هوا از منبع (شش‌ها) وارد مجرای گفتار می‌شود. مجرای گفتار مجرایی است که از بالای حنجره شروع شده و به لب‌ها و بینی منتهی می‌شود و از سه حفره حلق، بینی یا خیشوم و دهان تشکیل شده است. این مجرا به‌عنوان یک فیلتر صوتی عمل می‌کند و طیف صدا را شکل می‌دهد. برای تولید آوا، ابتدا جریان هوای منبع از حنجره عبور می‌کند. موجی که در اثر ارتعاش پرده‌های صوتی در حنجره شکل می‌گیرد موج چاکنایی (glottal wave) یا واک نامیده می‌شود. بسامد این موج همان بسامد اصلی F_0 است و نمایانگر ویژگی‌های زبرزنجیری گفتار مانند تکیه، نواخت و آهنگ است. این موج پس از ورود به حفره‌های اصلی مجرای گفتار (حلق، بینی و دهان) تحت تأثیر ویژگی‌های تشدید یا بازآوایی قرار می‌گیرد (لور، ۱۹۹۴: ۱۸۴).

کیفیت واک (voice quality) در بسیاری از زبان‌ها به‌صورت واجگونه‌ای یا به‌عنوان یک ویژگی نوایی به‌کار می‌رود (مانند تکیه یا تأکید در زبان آلمانی: موشامر، ۲۰۱۰) یا به‌صورت یکی از نشانه‌های مربوط به مشخصه‌های ممیز (features distinctive) که بر مبنای آن کیفیت واک همانند واکه‌ها، همخوان‌ها یا نواخت‌ها معنای واژگانی را تغییر می‌دهد (بلوتل و گرنی، ۱۹۹۴ به نقل از موشامر، ۲۰۱۰). در این تحقیق به بررسی تأثیر عنصر نوایی تکیه بر کیفیت واک در زبان فارسی می‌پردازیم. هدف بررسی آن است که آیا علاوه بر افزایش زیرومی که همان بسامد موج چاکنایی است، مؤلفه‌های صوت‌شناختی دیگری نماینده تغییرات کیفیت واک در هجاهای تکیه‌دار در زبان فارسی هستند؟

بحث نظری

در ابتدا به معرفی تکیه و همبسته‌های صوت‌شناختی آن پرداخته و پس از آن کیفیت واک را به‌عنوان یکی از همبسته‌ها مورد بررسی قرار می‌دهیم.

۱- همبسته‌های صوت‌شناختی تکیه

تکیه در واژگان به برجستگی یک هجا نسبت به سایر هجاها اشاره دارد. هجای برجسته را هجای تکیه‌بر و به برجستگی در سطح واژگان تکیه واژگانی می‌گویند (اسلامی، ۱۳۸۴: ۲۲). مؤلفه‌های صوت‌شناختی مختلفی در ایجاد چنین برجستگی نقش دارند. مهمترین مؤلفه‌هایی که در بررسی تکیه مورد توجه قرار می‌گیرند، دیرش (duration)، شدت (intensity) و بسامد پایه (fundamental frequency) هستند. دیرش عبارت از مدت زمانی است که تولید آوا و گفتار به خود اختصاص می‌دهد و معمولاً بر مبنای هزارم ثانیه بیان می‌شود (لور، ۱۹۹۵: ۴۳۱). مؤلفه شدت از منظر تولیدی به میزان فشار هوای خارج‌شده از شش‌ها و همچنین انرژی مصرف‌شده در تولید این حجم هوا مربوط می‌شود. صداهای دارای شدت بیشتر از منظر

1. Laver J.

2. Laver

شنیداری بلندتر درک می‌شوند (کتفورد^۱، ۲۰۰۳: ۱۶۴). ملودی گفتار نیز با تغییرات زیروبمی (pitch) حاصل می‌شود. زیروبمی یک مفهوم ادراکی است که همبسته تولیدی آن بسامد ارتعاش پرده‌های صوتی در حین تولید صدا است. همبسته صوت‌شناختی آن بسامد پایه است که بر اساس دور بر ثانیه و یا هرتز (Hz) بیان می‌شود (فانت^۲، ۱۹۵۶).

در مورد تکیه و همبسته‌های صوت‌شناختی آن در زبان فارسی هم تحقیقات مختلفی انجام شده است (خانلری، ۱۳۶۷: ۱۵۱-۱۵۰؛ حق‌شناس، ۱۳۷۶: ۱۲۴؛ اسلامی، ۱۳۸۴؛ موسوی، ۱۳۸۶؛ ابولحسنی‌زاده، ۱۳۹۲؛ مدرسی‌قوامی، ۱۳۹۲). در تحقیقات انجام‌شده سه مؤلفه فوق به‌عنوان مؤلفه‌های اصلی ایجاد تکیه مورد بررسی قرار گرفته‌اند و نتایج به‌دست آمده حاکی از آن است که مهمترین همبسته‌های صوت‌شناختی تکیه، افزایش بسامد پایه و دیرش بوده‌اند.

علاوه بر آن در زبان‌های مختلف مؤلفه‌های صوت‌شناختی دیگری هم به‌عنوان عوامل تأثیرگذار در ایجاد تکیه (و سایر مشخصه‌های نوایی) شناخته شده‌اند. کیفیت واک یکی دیگر از این مؤلفه‌هاست. در زبان‌های مختلفی نقش نوایی کیفیت واک در سطوح مختلف زبانی مورد ارزیابی قرار گرفته است. در بخش بعد پس از معرفی کیفیت واک به نقش زنجیری و زیرزنجیری آن در زبان‌های مختلف اشاره می‌کنیم. نگارنده در این تحقیق بر آن است که همبسته‌های صوت‌شناختی دیگری را که تاکنون در مورد زبان فارسی مورد بررسی قرار نگرفته‌اند ارزیابی کند و ویژگی‌های آنها را در جاهای مختلف واژگان گفتار افراد سالم بسنجد. تاکنون بحث کیفیت واک در زبان فارسی در مورد مقایسه گفتار افراد سالم و ناسالم مطرح شده است (رضایی و دیگران، ۱۳۹۳؛ ناجی و دیگران، ۱۳۹۳؛ سیف‌پناهی و دیگران، ۱۳۸۸) اما تحقیقات چندانی در مورد احتمال تأثیرگذاری آن در سطوح مختلف زبانی افراد سالم انجام نشده است.

۲- کیفیت واک در جاهای تکیه‌دار

کیفیت واک یا نوع واک‌سازی (phonation) به‌ویژگی حنجره و وضعیت پرده‌های صوتی همزمان با تولید آوای گفتار اشاره دارد و برای توصیف الگوهای ارتعاش پرده‌های صوتی، نتایج صوت‌شناختی چنین ارتعاشاتی و درک شنونده از این الگوهای صوت‌شناختی به‌کار می‌رود (لور، ۱۹۸۰؛ لدفوگد، ۱۹۷۱؛ لدفوگد و گوردون، ۲۰۰۱). انواع مختلفی از واک‌سازی در زبان‌های مختلف مشاهده شده است. برخی از زبان‌ها دو نوع از واک‌سازی را از یکدیگر متمایز می‌کنند: نفسی (breathy) و عادی (modal). در برخی واک بازداشته (creaky) هم اضافه می‌شود (همان). لدفوگد (۱۹۷۱) یک طیف واک‌ی را در نظر می‌گیرد که در یک سوی آن چاکنای کاملاً باز و وضعیت بی‌واکی و در سوی دیگر چاکنای کاملاً بسته قرار دارد. لدفوگد در این طیف پنج نوع وضعیت واک را متمایز می‌کند که عبارتند از نفسی، نرم (lax)، معمولی، سخت (tense) و بازداشته.

1. Catford

2. Fant

در زبان‌هایی مانند انگلیسی و فارسی که تغییر کیفیت واک نقش واجی ندارد، باید به عوامل مختلفی که منجر به تغییر کیفیت واک می‌شود توجه داشت. بافت آوایی و ویژگی‌های نوایی از عواملی هستند که ممکن است واک معمولی را تحت تأثیر قرار داده و منجر به بروز انواع واک‌سازی شوند. صورت‌های آوایی حاصل، واجگونه‌های واج مورد نظر خواهند بود. به‌طور مثال نوع واک‌سازی واکه‌ها در مجاورت همخوان‌هایی که به خاطر شیوه و جایگاه تولیدشان نوع واک‌سازی متفاوتی دارند تغییر می‌کند. واکه‌ها در مجاورت واج /h/ نفسی می‌شوند و در مجاورت واج انسدادی چاکنایی /ʔ/ ویژگی‌های واک بازداشته را می‌پذیرند (بلانکنشپ، ۱۹۹۷). همچنین واکه‌ها پیش از همخوان‌های انسدادی بی‌واک، نفسی می‌شوند و پیش از همخوان‌های فورانی (ejective)، بازداشته (همان).

واک غیرمعمولی در بسیاری از زبان‌ها به‌عنوان نشانگر عناصر و جایگاه‌های نوایی هم به‌کار می‌رود. به‌طور مثال واک بازداشته در بسیاری از زبان‌ها مانند انگلیسی، سوئدی و صرب و کرواتی به‌عنوان مرزنامی آغازی یا پایانی مورد استفاده قرار می‌گیرد (فانت و کروکنبرگ، ۱۹۸۹؛ دیلی و دیگران، ۱۹۹۶). همچنین اپستین^۴ (۲۰۰۲) در ایجاد کیفیت واک بازداشته در زبان انگلیسی، به عواملی مانند جایگاه پایانی جمله‌های خبری، زیروبمی پایین یا ویژگی‌های واجگونه‌ای عناصر زنجیری اشاره می‌کند که هر کدام می‌توانند موجب بروز واک بازداشته در پایان یک جمله باشند. بنابراین در زبان‌هایی که کیفیت واک در آنها تنها نقش زبرزنجیری دارد تعیین نوع عناصر نوایی و جایگاهی که چنین تغییری در آنها رخ می‌دهد دارای اهمیت است.

زیروبمی، بلندی (loudness) و کیفیت واک هر سه پدیده‌های ادراکی - صوت‌شناختی هستند. بنابراین جزء ویژگی‌های ذاتی صدا به‌شمار نمی‌روند و نتیجه‌ی تعامل صدا با شنونده هستند. اما همان‌طور که بسامد پایه بازنمود صوت‌شناختی زیروبمی و دامنه بازنمود صوت‌شناختی بلندی است، همبسته‌های صوت‌شناختی کیفیت واک را هم می‌توان مورد بررسی قرار داد (اپستین، ۲۰۰۲). در بین مهمترین مشخصه‌های مشترک در بین زبان‌ها می‌توان به شدت، بسامد پایه، بسامد سازه‌ها، دیرش، جریان هوا (airflow)، شیب طیفی (spectral tilt) و دوره‌ای بودن (periodicity) اشاره کرد (گوردون و لدفوگد، ۲۰۰۱).

در بسیاری از زبان‌ها تولید واک نفسی و واک بازداشته با کاهش انرژی، نسبت به واک معمولی، همراه است (گوردون^۵، ۱۹۹۸). واک‌های غیرمعمولی با کاهش بسامد پایه همراه می‌شوند (گوردون و لدفوگد، ۲۰۰۱)، گرچه این ویژگی جهانی نیست و در بعضی از زبان‌ها افزایش نواخت بازتاب انقباض چاکنای است (هومبرت و دیگران^۶، ۱۹۷۹). بسامد سازه‌ها یکی دیگر از مؤلفه‌های صوت‌شناختی است که با تغییر نوع واک‌سازی تغییر می‌کند. به‌طور مثال تحقیقات نشان داده است که بسامد سازه اول در واک بازداشته بیشتر از

1. Blankenship B.
2. Fant and Kruckenberg
3. Dilley et al.
4. Epstein M. A.
5. Gordon, M.
6. Hombert et al.

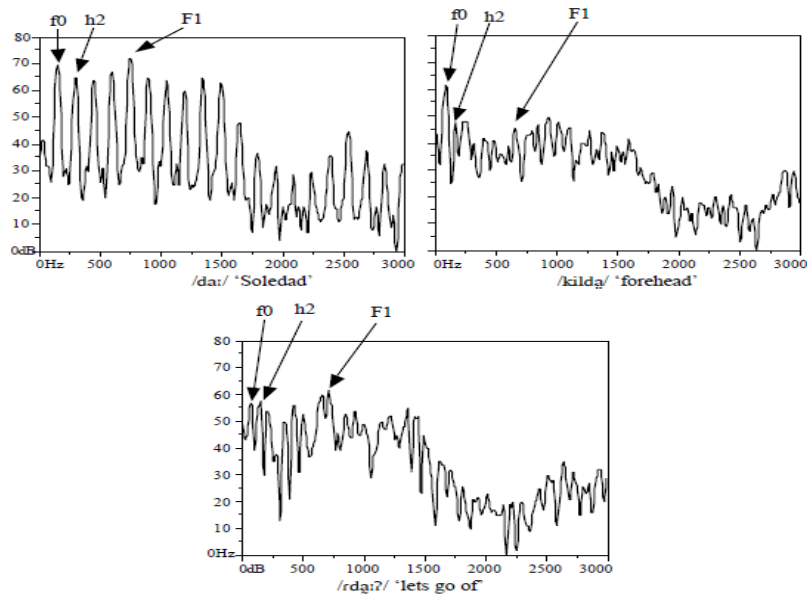
واک نفسی یا معمولی است (کرک و دیگران^۱، ۱۹۹۳). علاوه بر آن واک‌سازی غیرمعمولی در برخی زبان‌ها با افزایش دیرش همراه است. در زبان کدانگ (Kedang) واکه‌های نفسی طولانی‌تر از واکه‌های معمولی هستند و در زبان جالاپا مازاتک (Jalapa Mazatec) هم واکه‌های بازداشته طولانی‌ترند (همان). تغییر نوع واک‌سازی با تغییرات آیرودینامیکی نیز همراه است. واکه‌های سخت عموماً با کاهش جریان هوا همراه می‌شوند و فشار فروچاکنایی در آنها کمتر است (گوردون و لدفوگد، ۲۰۰۱).

اما مهمترین مؤلفه‌هایی که در تحقیق حاضر مورد توجه ما هستند مؤلفه‌های شیب طیفی و دوره‌ای بودن هستند. بنابر نظریه منبع-صافی (source-filter theory) در تولید گفتار، بسامد پایه و همسازها نتیجه ارتعاش پرده‌های صوتی، به‌عنوان منبع، هستند. دامنه همسازهای طیف صوتی ممکن است به دو علت تغییر کند: تغییرات منبع (نوع واک‌سازی) و ویژگی‌های مجرای گفتار (صافی). انواع واک‌سازی و کیفیت‌های واک مختلف منجر به تولید طیف‌های مختلف منبع با الگوها و شیب متفاوتی می‌شود. اطلاعات مربوط به ویژگی‌های طیف منبع، در طیف نهایی خارج‌شده از لب‌ها هم دیده می‌شود. اما برای به‌دست آوردن اطلاعات مربوط به منبع تولید واک، باید به دنبال شاخص‌هایی باشیم که بازنمود ویژگی‌های واک‌ی طیف خروجی باشند.

موج چاکنایی تولیدشده در منبع در شرایط واک‌ی مختلف ویژگی‌های مختلفی دارد. موج چاکنایی مربوط به واک نفسی شکلی سینوسی دارد. از طرف دیگر موج چاکنایی واک بازداشته شکلی چوله دارد و تغییرات ناگهانی بیشتری در آن دیده می‌شود. این به خاطر آن است که جریان هوای عبوری از چاکنای به‌صورت آهسته در حین بازبودن پرده‌های صوتی شکل می‌گیرد و با بسته‌شدن سریع پرده‌های صوتی به‌صورت ناگهانی فرو می‌افتد. شکل چوله پالس‌ها و تغییرات ناگهانی با افزایش دامنه همسازهای دارای بسامد بالاتر همبسته می‌شود (لدفوگد، ۱۹۸۳؛ هانسون، ۱۹۹۷). برای تحلیل کمی شکل موج چاکنایی با استفاده از مقیاس‌های صوت‌شناختی چند راه وجود دارد. یک راه مقایسه دامنه همسازهای مختلف در سیگنال خروجی است. این مقیاس به‌عنوان شیب طیفی شناخته می‌شود (لدفوگد و دیگران، ۱۹۸۸؛ استیونز و هانسون^۲، ۱۹۹۴). شیب طیفی بیانگر درجه کاهش شدت صوت با افزایش بسامد است. شیب طیفی را می‌توان با مقایسه دامنه بسامد پایه با دامنه بسامد همسازهای بالا مانند دومین همساز، نزدیکترین همساز به اولین سازه یا نزدیکترین همساز به دومین سازه در نمودار FFT محاسبه کرد. شیب طیفی در مورد واک‌های بازداشته منفی و در مورد واک‌های نفسی مثبت است. به بیان دیگر کاهش انرژی در بسامدهای بالاتر در مورد واک بازداشته حداقل و در مورد واک نفسی حداکثر است. کم کردن دامنه بسامد پایه از دامنه همسازهای بالاتر در مورد واک‌های بازداشته بیشترین مقدار، در مورد واک‌های نفسی کمترین مقدار و در مورد واک‌های معمولی در حد میانه است (گوردون و لدفوگد، ۲۰۰۱). در شکل زیر نمودار FFT و شیب طیفی را برای واک معمولی، نفسی و بازداشته در زبان San Lucas Quiavini Zapotec مشاهده می‌کنید (همان):

1. Kirk et al.

2. Stevens, K. & Hanson, H.



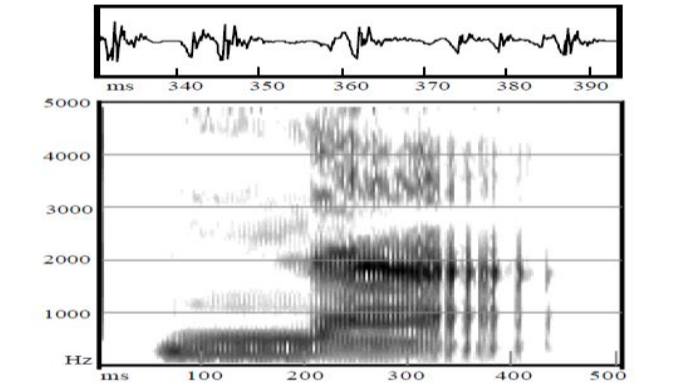
شکل ۱: مقایسه شیب طیفی در سه نوع واک

به طور کلی می‌توان بازنمود نوع واک بر شیب طیفی را به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- مقایسه دامنه‌های همسازهای اول و دوم نشانگر طول فاز بازبودن در موج چاکنایی است (هانسون^۱، ۱۹۹۷). این مقدار در واک‌های نفسی مثبت و بزرگ است و در واک‌های بازداشته کوچک یا منفی است.
- مقایسه دامنه‌های نخستین همساز و سازه اول بیانگر پهنای باند سازه اول است که در واک‌های نفسی بزرگ و مثبت است و در واک‌های بازداشته کوچک یا منفی است (همان).

مولفه دیگری که در بررسی نوع واک مورد نظر قرار می‌گیرد مولفه بسامدپریشی (jitter) است. میزان دوره‌ای بودن موج صوتی را می‌توان با مولفه بسامدپریشی تخمین زد. این مؤلفه به تغییرات بسامد در دوره‌های متوالی موج اشاره می‌کند. در صورتی که به خاطر وجود نوفه، بسامد دوره‌های متوالی با یکدیگر تفاوت پیدا کند مولفه بسامدپریشی افزایش می‌یابد. توجه به این نکته لازم است که در مولفه بسامدپریشی مقایسه دقیق عددی لازم نیست، بلکه کمتر بودن یا بیشتر بودن مقدار این مولفه گویای دوره‌ای بودن یا دوره‌ای نبودن صوت است. مقدار بیشتر بسامدپریشی به معنای درجه بالای دوره‌ای نبودن منبع ایجاد واک در چاکنای است. همان‌طور که گفتیم واک بازداشته دارای تکانه‌های چاکنایی غیردوره‌ای است (کرک و دیگران^۲، ۱۹۹۳). این مشخصه از واک بازداشته در موج صوتی و طیف‌نگاشت زیر مشهود است:

1. Hanson, H.
2. Kirk et al.



شکل ۲: موج صوتی و طیف‌نگاشت واک بازداشته

واک نفسی نیز با افزایش نوفه طیفی خصوصاً در بسامدهای بالا همراه است. این نویز بازتاب نوفه افزوده‌ای است که به علت خروج مداوم هوا از چاکنای بوجود می‌آید (لدفوگد و دیگران، ۱۹۸۸). نقش زبرنجیری مولفه بسامدپریشی نیز در تحقیقاتی مورد بحث قرار گرفته است. به‌طور مثال پلاگ و دیگران^۱ (۲۰۰۷) نشان داده‌اند که همبسته بسامدپریشی علاوه بر همبسته‌های زیرویمی و شدت در متمایز کردن تکیه اصلی و تکیه ثانویه در انگلیسی نقش دارد و مقدار این مؤلفه در هجاهای دارای تکیه اصلی نسبت به هجاهای دارای تکیه ثانویه کمتر است. پاتنیک و دیگران^۲ (۲۰۱۲) نیز نقش این مؤلفه به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های نوایی مؤثر بر گفتار احساسی در زبان انگلیسی را مورد بررسی قرار داده‌اند.

روش تحقیق

در این تحقیق به بررسی تغییرات کیفیت واک در هجاهای تکیه‌دار زبان فارسی می‌پردازیم. تغییرات کیفیت واک را می‌توان از منظر فیزیولوژیکی، صوت‌شناختی و ادراکی مورد توجه قرار داد. ما در این تحقیق از رویکرد دوم استفاده می‌کنیم و مؤلفه‌های صوت‌شناختی را که باز نمود تغییرات کیفیت واک هستند مورد توجه قرار می‌دهیم. در بحث نظری مطرح‌شده تعدادی از مؤلفه‌های صوت‌شناختی مرتبط معرفی شدند. مؤلفه‌هایی که برای تحلیل داده‌ها در این تحقیق مورد توجه قرار می‌گیرند عبارتند از مولفه شیب طیفی و مولفه بسامدپریشی.

از آنجا که هدف ما در این تحقیق بررسی ویژگی‌های واک‌ها در هجای تکیه‌دار است، داده‌های تحقیق را به‌صورتی انتخاب می‌کنیم که امکان مقایسه واک‌ها در هجای تکیه‌دار و هجای بی‌تکیه فراهم شود. به این منظور و با در نظر گرفتن ساخت هجایی و بافت آوایی یکسان برای واک‌ها، آنها را در واژه‌های

1. Plag, I et al.

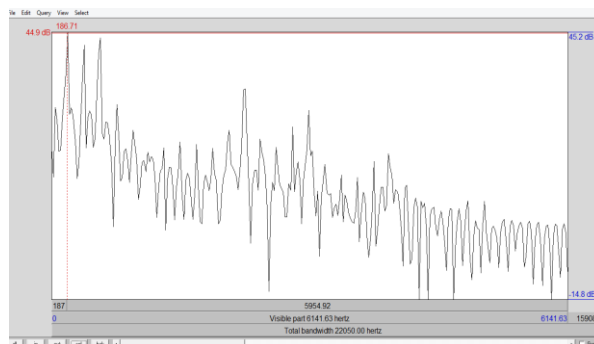
2. Pattnaik P. et al.

دوهجایی (با ساخت هجایی ?v. ?v) در مجاورت همخوان انسدادی چاکنایی $/\text{?}/$ قرار دادیم. بر این مبنا با توجه به وجود شش واکه در زبان فارسی، شش واژه ($\text{?a?a, ?e?e, ?o?o, ?u?u, ?i?i, ?a?a}$) را در اختیار داشتیم. بافت زبانی انتخاب شده به صورت جمله $\text{?.....?..... ?ast/ ?in jek}$ بود. جمله مورد نظر توسط پنج گویشور زن و پنج گویشور مرد در یک اتاق آکوستیک خوانده شدند. از نرم‌افزار پرت (نسخه ۵,۳,۶۳) برای ضبط و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

همچنین در هنگام تعیین بخش مورد تحلیل واکه‌ها، برای به حداقل رساندن تأثیرات مجرای گفتار منطقه ایستای واکه‌ای (vowel steady state) را به عنوان بخش مورد تحلیل انتخاب می‌کنیم. منطقه ایستای واکه‌ای منطقه‌ای است که در آن تأثیر بافت مجاور واکه‌ای به کمترین مقدار خود می‌رسد. بنابر نظر هرینگتون (۲۰۱۰: ۱۲۶)، منطقه ایستای واکه‌ای در هر واکه از نقطه‌ای آغاز می‌شود که در آن بسامد سازه اول دارای بیشترین مقدار است. همچنین برای دریافت بیشترین اطلاعات مربوط به همسازها از طیف‌نگاشت نوار محدود (با طول پنجره ۳۰ میلی‌ثانیه) استفاده می‌کنیم. طیف‌های باند محدود از بیش از یک دوره چاکنایی تشکیل شده‌اند و در آنها همسازهایی که اختلاف بسامد میان آنها بالاتر از ۵۰ Hz باشد، به وضوح از یکدیگر مجزا می‌شوند.

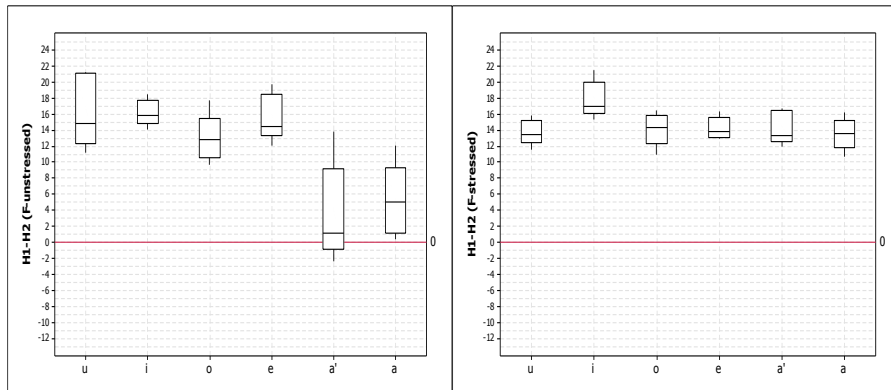
تحلیل داده‌ها

در این بخش به تحلیل داده‌ها و نتایج به دست آمده می‌پردازیم. برای محاسبه شیب طیفی در واکه‌های مورد نظر، از مولفه H1-H2 (تفاوت دامنه همسازهای اول و دوم) استفاده کردیم. در شکل زیر نمونه‌ای از نمودار FFT واکه $/e/$ (در جایگاه بی‌تکیه) را مشاهده می‌کنید. این طیف اطلاعات سیگنال گفتاری را در دو حوزه بسامد و شدت به دست می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود همسازها قله‌های طیف هستند و با کلیک بر هر قله، شدت آن بر حسب دسی‌بل نمایش داده می‌شود. با استفاده از گزینه sel در نرم‌افزار، قله‌ها را به میزانی از هم متمایز کردیم که بتوانیم نقطه دامنه آنها را به خوبی شناسایی کنیم. برای به دست آوردن این طیف در نرم‌افزار پرت از گزینه To Spectrum استفاده شده است.



شکل ۳: نمودار FFT واکه $/e/$

در این قسمت داده‌های مربوط به گویشوران مرد و زن را در دو جایگاه هجای بی‌تکیه و هجای تکیه‌دار مقایسه می‌کنیم. برای نشان دادن پیوستار داده‌های به‌دست آمده از نمودار جعبه‌ای استفاده کرده‌ایم.^۱



نمودار ۱: نمودار جعبه‌ای مقایسه مولفه H1-H2 در هجاهای بی‌تکیه و تکیه‌دار زنان

جدول ۱: دامنه همسازها (بر حسب دسی‌بل) در هجاهای بی‌تکیه زنان

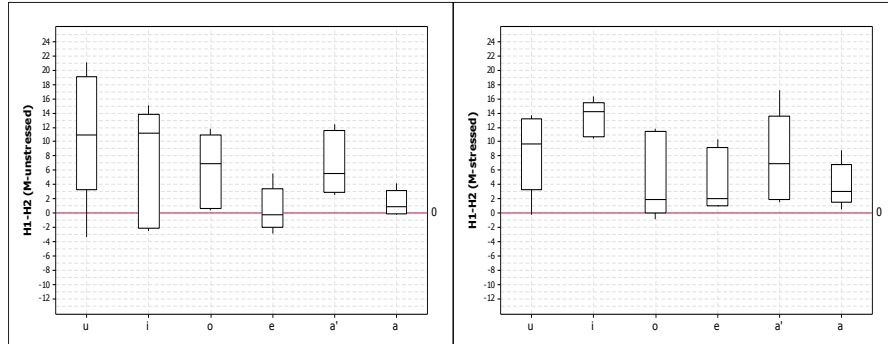
u	o	i	e	a	a	بی‌تکیه- زن
۴۰,۶۶	۴۱,۲۴	۴۱,۹۴	۴۰,۰۴	۳۸,۷۸	۳۹,۱۸	H1(F0)
۲۴,۳۰	۲۸,۲۴	۲۵,۷۶	۲۴,۳۲	۳۶,۰۰	۳۳,۹۸	H2
۱۶,۳۶	۱۳,۰۰	۱۶,۱۸	۱۵,۷۲	۲,۷۸	۵,۲۰	H1-H2

جدول ۲: دامنه همسازها (بر حسب دسی‌بل) در هجاهای تکیه‌دار زنان

u	o	i	e	a	a	تکیه‌دار- زن
۴۱,۳۰	۴۰,۴۶	۴۲,۸۶	۴۰,۵۰	۳۹,۸۸	۳۸,۶۰	H1(F0)
۲۷,۵۴	۲۶,۳۰	۲۵,۰۴	۲۶,۲۶	۲۵,۵۸	۲۵,۰۴	H2
۱۳,۷۶	۱۴,۱۶	۱۷,۸۲	۱۴,۲۴	۱۴,۳۰	۱۳,۵۶	H1-H2

در جدول زیر هم نتایج مربوط به گویشوران مرد را مشاهده می‌کنید:

۱. نمودارهای به‌دست آمده در نرم‌افزار مینی‌تب طراحی شده‌اند. در اینجا به جای صورت آوانگاری واکه /a/ از a` استفاده کرده‌ایم.



نمودار ۲: نمودار جعبه‌ای مقایسه مولفه H1-H2 در هجاهای بی تکیه و تکیه‌دار مردان

جدول ۳: دامنه همسازها (بر حسب دسی‌بل) در هجاهای بی تکیه مردان

u	i	o	e	a	a	بی تکیه - مرد
۳۵,۹۲	۳۴,۸۰	۳۵,۵۴	۳۶,۰۴	۳۷,۳۴	۳۵,۰۲	H1(F0)
۲۴,۷۴	۲۷,۸۲	۲۹,۵۴	۳۵,۴۸	۳۰,۴۴	۳۳,۸۲	H2
۱۱,۱۸	۶,۹۸	۶,۰۰	۰,۵۶	۶,۹۰	۱,۲۰	H1-H2

جدول ۴: دامنه همسازها (بر حسب دسی‌بل) در هجاهای تکیه‌دار مردان

u	i	o	e	a	a	تکیه‌دار-مرد
۳۶,۲۴	۳۶,۷۲	۳۶,۴۲	۳۶,۷۶	۳۶,۸۲	۳۵,۸۸	H1(F0)
۲۷,۷۲	۲۳,۳۸	۳۱,۴۴	۳۲,۲۰	۲۹,۲۰	۳۱,۹۴	H2
۸,۵۲	۱۳,۳۴	۴,۹۸	۴,۵۶	۷,۶۲	۳,۹۴	H1-H2

تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده با استفاده از آزمون تی دو نمونه‌ای انجام گرفته است. در هر مورد مقدار مولفه مورد نظر را برای هر واکه در جایگاه هجای بی تکیه و هجای تکیه‌دار مقایسه کرده‌ایم. در مجموع برای شش واکه و دو جنسیت مختلف مرد و زن، دوازده آزمون تی دو نمونه‌ای انجام شده است. نتایج نشان داد که مقدار مولفه H1-H2 تنها برای دو واکه /a/ (T-Value = -3.76؛ $P=0.013 < \alpha = 0.05$) و /a/ (T-Value = -3.63؛ $P=0.02 < \alpha = 0.05$) در گویشوران زن اختلاف معنی‌دار دارد. در مورد سایر واکه‌ها در گویشوران زن و همچنین تمام واکه‌های گویشوران مرد اختلاف معنی‌داری برای این مؤلفه در جایگاه هجای تکیه‌دار و هجای بی تکیه مشاهده نمی‌شود.

مولفه دوم مولفه بسامدپرسی است که بیانگر تغییرات بسامد در دوره‌های متوالی موج است. در جدول‌های زیر مقدار میانگین و انحراف معیار مولفه بسامدپرسی را برای واژه‌های مختلف در جایگاه هجای بی‌تکیه و هجای تکیه‌دار گویشوران زن مشاهده می‌کنید:

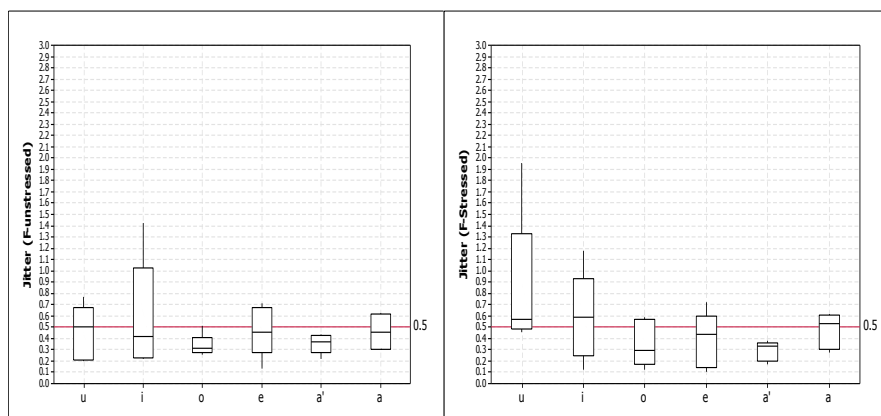
جدول ۵: میانگین و انحراف معیار مولفه بسامدپرسی در هجاهای بی‌تکیه گویشوران زن

u	i	o	e	α	a	Jitter (F-unstressed)
۰,۴۵۴	۰,۵۸۴	۰,۳۳۸	۰,۴۷۲	۰,۳۵۶	۰,۴۶۲	Mean
۰,۲۴۳	۰,۴۹۶	۰,۰۹۸	۰,۲۲۴	۰,۰۸۷	۰,۱۵۷	StDev

جدول ۶: میانگین و انحراف معیار مولفه بسامدپرسی در هجاهای تکیه‌دار گویشوران زن

u	i	o	e	α	a	Jitter (F-Stressed)
۰,۸۴۰	۰,۵۸۸	۰,۳۵۴	۰,۳۸۲	۰,۲۹۰	۰,۴۷۲	Mean
۰,۶۳۲	۰,۳۹۵	۰,۲۰۲	۰,۲۴۸	۰,۰۸۶	۰,۱۵۷	StDev

نمودار جعبه‌ای زیر نیز بیانگر محدوده این مؤلفه در هجاهای بی‌تکیه و هجاهای تکیه‌دار است.



نمودار ۳: نمودار جعبه‌ای گستره داده‌های بسامدپرسی گویشوران زن

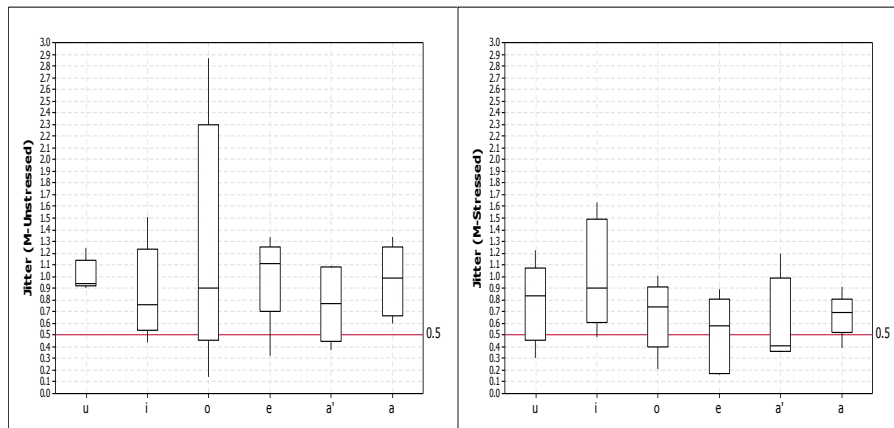
در جدول زیر هم مقدار میانگین و انحراف معیار مولفه بسامدپرسی را برای گویشوران مرد مشاهده می‌کنید:

جدول ۷: میانگین و انحراف معیار مولفه بسامدپریشی در هجاهای بی تکیه گویشوران مرد

u	i	o	e	α	a	Jitter (M-Unstressed)
۱,۰۱۲	۰,۸۶۰	۱,۲۸۴	۱,۰۰۴	۰,۷۶۴	۰,۹۶۴	Mean
۰,۱۳۷	۰,۴۰۸	۱,۰۵۲	۰,۳۹۵	۰,۳۲۲	۰,۳۰۷	StDev

جدول ۸: میانگین و انحراف معیار مولفه بسامدپریشی در هجاهای تکیه‌دار گویشوران مرد

u	i	o	e	α	a	Jitter (M-Stressed)
۰,۷۷۸	۱,۰۲۲	۰,۶۷۲	۰,۵۰۸	۰,۶۲۲	۰,۶۷۲	Mean
۰,۳۴۵	۰,۴۶۷	۰,۳۰۱	۰,۳۲۸	۰,۳۶۵	۰,۱۸۵	StDev



نمودار ۴: نمودار جعبه‌ای گستره داده‌های بسامدپریشی گویشوران مرد

مقایسه مولفه بسامدپریشی در واک‌های مختلف هم با استفاده از آزمون تی دو نمونه‌ای انجام گرفت.^۱ نتایج نشان داد که در مورد هیچ‌کدام از واک‌ها، مقدار بسامدپریشی در هجای بی‌تکیه و هجای تکیه‌دار اختلاف معنی‌دار ندارد.

نتیجه‌گیری

در این تحقیق به بررسی کیفیت واک در هجاهای تکیه‌دار و بی‌تکیه در زبان فارسی پرداختیم. کیفیت واک یا نوع واک‌سازی به ویژگی حنجره و وضعیت پرده‌های صوتی همزمان با تولید آواهای گفتار اشاره دارد. متغیر کیفیت واک در برخی از زبان‌ها نقش زنجیری یا برزنجیری دارد و همان‌طور که اشاره شد مؤلفه‌های تأثیرگذار بر کیفیت واک می‌توانند موجب تمایز واجی، واج‌گونه‌ای یا نوایی در سطح گفتار شوند.

۱. در شرایطی که داده‌های مورد آزمون نرمال نبودند، از آزمون ناپارامتری «من ویتنی» استفاده کردیم.

ما در این تحلیل برای بررسی کیفیت واک و مقایسه آن در هجاهای بی‌تکیه و تکیه‌دار زبان فارسی از روش محاسبه مؤلفه تفاوت دامنه همسازها در طیف موج صوتی واکه‌ها و مؤلفه بسامدپریشی استفاده کردیم. موج صوتی واکه‌ها با ضبط صدای گویشوران به وسیله نرم‌افزار پرت به‌دست آمد.

بررسی شیب طیفی (H1-H2) در مورد هر واکه با محاسبه محدوده ایستای واکه‌ای و به‌دست آوردن نمودار FFT در آن محدوده به‌دست آمد. با محاسبه دامنه همسازهای اول و دوم و به‌دست آوردن اختلاف آنها، مقدار مؤلفه شیب طیفی را در هجاهای بی‌تکیه و هجاهای تکیه‌دار به‌دست آوردیم. با استفاده از آزمون تی دو نمونه‌ای به این نتیجه رسیدیم که مؤلفه شیب طیفی تنها در هجاهای بی‌تکیه و تکیه‌دار دو واکه /a/ و /ɑ/ گویشوران زن اختلاف معنی‌داری دارد و در مورد سایر واکه‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. این بدان معناست که تغییرات محسوس دامنه در همساز دوم نسبت به همساز اول مشاهده نمی‌شود و بنابراین کیفیت واک به کیفیت واک معمولی نزدیک است. در مورد مؤلفه بسامدپریشی هم در مورد هیچ‌یک از واکه‌ها و گویشوران اختلاف معنی‌داری را در هجاهای بی‌تکیه و تکیه‌دار مشاهده نکردیم که به معنای استفاده از واک معمولی در هر دو نوع هجا و تغییر نکردن کیفیت واک با تغییر وضعیت تکیه است. این نتایج در تقابل با زبانی مانند انگلیسی است که در آن متغیر بسامدپریشی یکی از همبسته‌های ایجاد تمایز بین تکیه اولیه و ثانویه است. به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که در زبان فارسی عنصر زبرزنجیری تکیه تأثیر خاصی بر کیفیت واک ندارد و نمی‌توان مؤلفه کیفیت واک را مانند مؤلفه‌های دیرش و بسامد پایه جزء همبسته‌های صوت‌شناختی تکیه دانست. نتایج به‌دست آمده در زبان فارسی نشانگر آن است که متغیر کیفیت واک در سطح نوایی تکیه تأثیرگذار نیست گرچه می‌توان این تحقیق را در سطوح مختلف نوایی ادامه داد و به‌طور مثال درباره تأثیرگذاری آن در جایگاه مرزنامایی هم بحث کرد.

منابع

- اسلامی، محرم (۱۳۸۴)، *واج‌شناسی: تحلیل نظام آهنگ زبان فارسی*، تهران: انتشارات سمت.
- ابولحسنی زاده، وحیده (۱۳۹۲)، بررسی آکوستیکی همبسته‌های آوایی تکیه در زبان فارسی، *مجله پژوهش‌های زبان‌شناسی*، سال ۵، شماره ۱: ۱-۱۸.
- مدرسی قوامی، گلناز (۱۳۹۲)، تأثیر تکیه واژگانی بر ویژگی‌های کیفی واکه‌های ساده زبان فارسی، *فصلنامه علم زبان*، دوره ۱، شماره ۱: ۴۱-۵۶.
- حق‌شناس، علی محمد (۱۳۷۶)، *آواشناسی*، تهران: نشر آگه.
- رضایی، فریبا و ایناوی، فاطمه (۱۳۹۴)، بررسی تأثیر صوت‌درمانی فشرده بر تغییرات تولید گفتار و صوت در یک بیمار مبتلا به ویلسون، *مجله علوم پیراپزشکی و توانبخشی مشهد*، دوره ۴، شماره ۲: ۶۰-۶۸.

- ناجی، مریم و دیگران (۱۳۹۳)، بررسی و مقایسه پارامترهای آکوستیکی زنان مبتلا به رفلاکس حلقی حنجره‌ای و زنان سالم، *مجله اختلالات ارتباطی گفتار و زبان*، جلد ۳، شماره ۲: ۶۴-۶۹.
- سیف پناهی، محمدصادق و دیگران (۱۳۸۸)، بررسی ویژگی‌های صوتی در بزرگسالان مبتلا به سندرم داون در شهرستان زاهدان، *مجله دانشگاه علوم پزشکی کرمان*، دوره ۱۶، شماره ۴: ۵۴-۶۲.
- موسوی، ندا (۱۳۸۶)، بررسی همبسته‌های آکوستیکی تکیه در زبان فارسی، هفتمین همایش زبان‌شناسی ایران، تهران: دانشگاه علامه طباطبائی.
- ناتل خانلری، پرویز (۱۳۶۷)، *وزن شعر فارسی*، چاپ دوم، تهران: انتشارات توس.
- Blankenship, B. (1997), the time course of breathiness and laryngealization in vowels. University of California, Los Angeles Ph.D. dissertation.
- Dilley, L., Shattuck-Hufnagel, S., & Ostendorf, M. (1996), Glottalization of word-initial vowels as a function of prosodic structure, *Journal of Phonetics* 24, 423-44.
- Epstein M. A. (2002), Voice quality and prosody in English, Ph. D Thesis, University of California, Los Angeles.
- Fant, G. & Kruckenberg, A. (1989), Preliminaries to the study of Swedish prose reading and reading style, *Speech Transmission Laboratory- Quaterly Progress and Status Report* 2, 1-83.
- Gordon, M. (1998), The phonetics and phonology of non-modal vowels: a cross-linguistic perspective, *Berkeley Linguistics Society* 24, 93-105.
- Hanson, H. M. (1997), Glottal characteristics of female speakers: acoustic correlates, *Journal of the Acoustical Society of America*, 101, 466-481.
- Harrington, J. (2010), Acoustic Phonetics. In William J. Hardcastle, John Laver, Fiona E. Gibbon (Eds.), *A Handbook of Phonetics*. Wiley-Blackwell: Oxford; 81-129.
- Hombert, J.-M., Ohala, J., & W. Ewan. (1979), Phonetic explanations for the development of tones, *Language* 55(1), 37-58.
- Kirk, P. L., Ladefoged, J., & Ladefoged, P. (1993), quantifying acoustic properties of modal, breathy and creaky vowels in Jalapa Mazatec. In A. Mattina & T. Montler (Eds.), *American Indian linguistics and ethnography in honor of Laurence C. Thompson*. Missoula, MT: University of Montana Press.
- Ladefoged P. & Gordon M. (2001), Phonation type: a cross-linguistic overview, *Journal of Phonetics*, 29, 283-406.
- Ladefoged, P. (1971), *Preliminaries to linguistic phonetics*. Chicago: University of Chicago Press.
- Ladefoged, P. (1983), the linguistic use of different phonation types. Vocal fold physiology: *Contemporary research and clinical issues*, eds. D. Bless and J. Abbs, 341-350. San Diego: College Hill Press.
- Ladefoged, P., Maddieson, I., & Jackson, M. (1988), Investigating phonation types in different languages. In O. Fujimura (Ed.), *Vocal fold physiology: voice production, mechanisms and functions*, pp. 297-317. New York: Raven Press.
- Laver J., (1994), *Principles of Phonetics*, Cambridge University Press.
- Mooshammer, C. (2010), Acoustic and laryngographic measures of the laryngeal reflexes of linguistic prominence and vocal effort in German. *Journal of the Acoustical Society of America* 127, 1047-1058.

- Stevens, K., & Hanson, H. (1994), Classification of glottal vibration from acoustic measurements. *Paper presented at the 8th vocal fold physiology conference*, Kurume, Japan.
- Plag, I., Gero K. & Mareile S. (2011), Acoustic correlates of primary and secondary stress in North American English, *Journal of Phonetics*, 39: 362-374.
- Pattnaik P. & Dash Sh. (2012), A Study on Prosody Analysis, *International Journal Of Computational Engineering Research*, Vol. 2 Issue. 5: 1594-1599.