

بررسی آکوستیکی ارتقای واکه /a/ به واکه [u] در بافت n- در زبان فارسی معاصر

هنگامه صالحی کوپایی

دانشگاه تهران

چکیده

تحقیق حاضر، پژوهشی در فرایند ارتقای واکه پسین افتاده /a/ به واکه پسین افراشته [u] در بافت همخوان خیشومی n- در زبان فارسی معاصر است، در چارچوب واج‌شناسی آزمایشگاهی. در زبان فارسی در رخداد این فرایند در بافت مذکور، دوگانگی مشاهده می‌شود. به بیان دیگر این فرایند گاهی رخ می‌دهد (برای مثال تبدیل واژه گران به گرون)، و گاهی نیز ارتقا رخ نمی‌دهد (مانند واژه گران پایه). از این رو نوشتار حاضر می‌کوشد تا ضمن بررسی این امر که چرا این فرایند فقط در برخی از واژه‌ها رخ می‌دهد، تبیینی آوایی برای این پدیده ارائه دهد. پس با ارائه الگوی واجی مربوطه، نشان می‌دهد که فرایند ارتقا در زبان فارسی، فرایندی سبک-وابسته است و بیشتر در سبک محاوره‌ای رخ می‌دهد. آن‌گاه با تحلیل واژه‌های گران، گرانی، جانور و زبان‌نهم و متناظر محاوره‌ای آن‌ها یعنی گرون، گرونی، جانور و زیون‌نهم، به صورت خارج از بافت و واکه‌های دهانی، شامل واکه پسین افراشته /u/ و واکه پسین افتاده /a/ و همخوان خیشومی [n]، تولید شده به طور منفرد، و واکه‌های خیشومی متناظر آن‌ها، شامل واکه [ū] و واکه [ā] تولیدشده در بافت n- (از سوی پنج گویشور مذکر با گونه‌ی فارسی معیار) تبیینی آوایی برای این فرایند ارائه شده است. در این راستا با استفاده از پارامترهای سازه اول، دوم و تفاضل سازه‌های اول و دوم به بررسی ساختار سازه‌های واکه‌های دهانی [a]، [u] و متناظرهای خیشومی آن‌ها در ابعاد ارتفاع و محل تولید پرداخته شده است و با استفاده از نتایج حاصل از تحلیل‌های آماری، نشان داده شده است که بر اثر خیشومی‌شدگی، واکه خیشومی افتاده پسین نسبت به متناظر دهانی خود، به لحاظ ارتفاع، تفاوتی ندارد اما واکه

خیشومی افراشته پسین نسبت به متناظر دهانی خود افتاده‌تر می‌شود، و واکه خیشومی افتاده پسین نسبت به متناظر دهانی خود، پیشین‌تر است. آن‌گاه با استفاده از پارامتر آکوستیکی برجستگی به بررسی شباهت آواهای متوالی موجود در توالی‌های [ān] و [ūn] پرداخته و نشان داده شده است که بین اجزای توالی دوم، نسبت به توالی اول، به‌لحاظ تغییرات آکوستیکی، تفاوت بیشتری وجود دارد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد که دلیل ارتقای واکه /a/ به واکه [u] در بافت n- این است که برجستگی توالی [ūn] بیشتر از توالی [ān] است، بنابراین پارامتر آکوستیکی برجستگی، فرضیه وضوح شنیداری بیشتر را تأیید می‌کند. **کلیدواژه‌ها:** ارتقای واکه، خیشومی‌شدگی، برجستگی، فارسی گفتاری.

۱. مقدمه

در زبان فارسی، زمانی که واکه /a/ پیش از همخوان /n/ قرار می‌گیرد، در برخی واژه‌ها، ارتقا یافته و تبدیل به واکه [u] می‌شود، این فرایند در برخی موارد رخ نمی‌دهد. برای مثال در واژه **گران** (که در آن توالی موردنظر وجود دارد)، واکه /a/ پیش از همخوان خیشومی /n/ ارتقا می‌یابد و این واژه در گفتار به‌صورت **گرون** تلفظ می‌شود. اما از سوی دیگر، واژه‌ای مانند **گران‌پایه** (که شامل همان توالی ذکر شده است) مشمول ارتقای واکه /a/ به [u] نمی‌شود. در نتیجه این سؤال مطرح می‌شود که اولاً چرا فقط در برخی از واژه‌های زبان فارسی واکه پسین افتاده /a/ در بافت n- به واکه پسین افراشته [u] تبدیل می‌شود و ثانیاً آیا می‌توان برای این پدیده واجی، تبیین آوایی ارائه کرد؟ برای پاسخ به این دو پرسش، واج‌شناسی آزمایشگاهی به‌عنوان چارچوب نظری انتخاب شد. در چارچوب واج‌شناسی آزمایشگاهی، یافته‌های واج‌شناسی نظری، در سطح رفتار زبانی اهل زبان، مورد آزمایش قرار می‌گیرد و در نتیجه، برای یافته‌های نظری، توضیح آوایی ارائه می‌شود. این توضیحات آوایی، ارزش واجی دارند زیرا محدودیت‌های تولید و درک گفتار را تعیین می‌کنند. بدور^۱ (۱۹۸۳) به بررسی رابطه میان جهانی‌های واج‌شناختی و محدودیت‌های آوایی پرداخته و این رابطه را در حوزه تأثیرات خیشومی‌شدگی بر ارتفاع واکه، مورد مطالعه قرار داده است. تحقیقات اخیر، نشان می‌دهد که به‌دلیل اثرات آکوستیکی خیشومی‌شدگی، واکه‌های خیشومی نسبت به متناظرهای دهانی خود، به‌لحاظ ادراکی، ارتقا می‌یابند یا افتاده می‌شوند. در این رویکرد، تفاوت‌های تولیدی بین ارتفاع واکه‌های دهانی و خیشومی، که در داده‌های واج‌شناختی مشاهده می‌شود، نتیجه غیرمستقیم خصوصیات صوت‌شناختی واکه‌های خیشومی و دهانی تلقی می‌شوند. لازم به ذکر است که از توضیحات بدور چنین استنباط می‌شود که وی بین دو مفهوم ارتفاع واکه و ارتفاع ادراکی واکه تفاوت قابل است. به‌این‌معنا که بین این دو تناظر یک‌به‌یک وجود ندارد. به‌بیان دیگر ممکن است

بررسی آکوستیکی ارتقای واکه /a/ به واکه [u] ...

واکه‌ای به‌لحاظ ادراکی، برای مثال، افزاشته درک شود ولی به‌لحاظ تولیدی، افزاشته تولید نشده باشد.

یکی از توضیحات صوتی- ادراکی این است که تفاوت‌های واج‌شناختی موجود بین ارتفاع واکه‌های خیشومی و دهانی، به‌دلیل تأثیر خیشومی‌شدگی بر فرکانس اولین سازه است. در این زمینه سه ادعا وجود دارد:

الف- خیشومی‌شدگی واکه باعث می‌شود فرکانس سازه اول واکه خیشومی نسبت به واکه متناظر دهانی خود تغییر کند.

ب- تغییر در فرکانس سازه اول واکه خیشومی بر درک ارتفاع واکه، تأثیر می‌گذارد. هرچه فرکانس سازه اول بیشتر باشد، واکه موردنظر افتاده‌تر درک می‌شود و هرچه فرکانس سازه اول کمتر باشد، واکه موردنظر، افزاشته‌تر درک می‌شود.

ج- تغییر در ارتفاع ادراکی واکه، نهایتاً منجر به تغییرات تولیدی در ارتفاع زبان می‌شود (بدور، ۱۹۸۳: ۱۱۰، نقل از اهالا، ۱۹۷۴ و چن^۱، ۱۹۷۳).

مقاله حاضر به‌ترتیب شامل بخش‌های زیر است: الگوی واجی، که در آن به بررسی نظم داده‌ها در سطح فرایندهای واجی می‌پردازیم، خصوصیات آکوستیکی خیشومی‌شدگی که شرح مختصری است بر خصوصیات خیشومی‌شدگی، تفسیر آماری و بحث و نتیجه‌گیری.

۲. الگوی واجی

ارائه الگوی واجی به معنای بررسی نظم داده‌ها در فرایند خیشومی‌شدگی واکه در بافت موردنظر است. برای بررسی داده‌ها از منابع زیر استفاده شده است.

اولین منبع، پایگاه داده‌های (مکالمات تلفنی) تهیه‌شده در پژوهشکده پردازش هوشمند علائم است. نگارنده، با بررسی بیست پرونده، موارد تبدیل واکه /a/ به [u] و موارد عدم تبدیل آن را، با توجه به صورت واج‌نگاری شده و آوانگاری شده در دادگان، دسته‌بندی کرده است.

منبع دوم، پیکره متنی موجود در آزمایشگاه گروه زبان‌شناسی دانشگاه تهران است. تمام واژه‌هایی که در آن‌ها توالی /an/ وجود داشته است، چه در میان واژه و چه در پایان واژه، در این پیکره جستجو و موارد تبدیل یا عدم تبدیل، با توجه به شم زبانی نگارنده، دسته‌بندی شده‌اند.

سومین منبع، فرهنگ فارسی زانسو اثر خسرو کشانی (۱۳۷۲) است. این فرهنگ مجموعه واژه‌های فارسی را براساس حرف پایانی واژه‌ها، مرتب کرده است. در این مورد نیز موارد تبدیل یا عدم تبدیل /a/ به [u] پیش از همخوان خیشومی /n/ براساس شم زبانی نگارنده، تقسیم بندی شده‌اند.

مجله زبان و زبان‌شناسی

چون ارتقای واکه /a/ به [u] پیش از همخوان خیشومی دولبی، یعنی /m/، موارد استثنای زیاد دارد، در این تحقیق صرفاً به فرایند ارتقای /a/ به [u] پیش از همخوان خیشومی /n/ پرداخته شده است.

ارتقای واکه /a/ به [u] فقط در مواردی رخ می‌دهد که واکه /a/ پیش از همخوان خیشومی /n/ قرار گیرد و نه پس از آن. داده‌های ۱- الف تا د، مؤید این مسئله هستند:

/lane/	→	[lune]	الف : لانه
/nale/	→ *	[nule]	ب : ناله
/nadan/	→	[nadun]	ج : نادان
/nadan/	→ *	[nudan]	د : نادان

بنابراین، همان‌طور که در مثال‌های بالا مشخص است، ارتقای واکه در توالی /an/ و نه /na/ اتفاق می‌افتد. در مورد فرایند ارتقای واکه /a/ به [u] پیش از همخوان‌های خیشومی، صادقی (۱۳۸۰: ۹۷-۸۰) می‌گوید:

"کلماتِ واژگانی (اسم‌ها، صفت‌ها و فعل‌ها) در فارسی گفتاری وضعی دوگانه دارند. در دسته‌ای از آن‌ها این تبدیل صورت می‌گیرد و در دسته‌ای دیگر نه، مثلاً در کلماتی مانند خانه، نان، زبان و ... تبدیل متداول است. درحالی‌که در کلماتِ نامه، پروانه، خانم، دبیرستان و... تبدیل غیرممکن است. تبدیل aN به uN تبدیلی بسیار قدیمی است که سابقه آن به قرن سوم هجری می‌رسد ... تبدیل /a/ به /u/ در فارسی امروز کاملاً متوقف شده است و کلماتِ جدیدِ واجدِ شرایط را تغییر نمی‌دهد ..."

بنابراین طبق نظر صادقی، به نظر می‌رسد این فرایند که زمانی زایا بوده، امروزه دیگر زایا نیست. اما به‌هرروی این فرایند در مورد شمار زیادی از واژه‌های زبان فارسی امروز صادق است. این موضوع با بررسی داده‌هایی از مکالماتِ تلفنی ضبط‌شده تأیید می‌شود. نگارنده با مقایسه مواردی که در آن‌ها فرایند ارتقای /a/ به [u] رخ داده، با مواردی که این فرایند در آن‌ها رخ نداده، مشاهده کرده است که به‌لحاظ آماری، در هر پرونده ضبط‌شده، میزان رخدادِ فرایند ارتقای /a/ به [u]، پیش از همخوانِ خیشومی /n/، بیش از پنجاه درصد از کل داده‌های دارنده

بررسی آکوستیکی ارتقای واکه /a/ به واکه [u] ...

توالی /an/ را تشکیل می‌دهد. بنابراین حتی اگر امروز این فرایند متوقف شده باشد، به دلیل فراوانی بالای رخدادن این فرایند، بررسی آن ضروری به نظر می‌رسد.

کنستووویچ^۱ (۱۹۹۴: ۷۸ - ۷۷) برای زبان لهستانی، قاعده‌ای واجی ارائه می‌دهد که طبق آن، واکه /o/ به [u] ارتقا می‌یابد. اما در این زبان مواردی وجود دارند که از این قاعده پیروی نمی‌کنند. او بر این باور است که این مسئله، نکته عجیبی نیست، زیرا نظام واج‌شناختی نیز محصول تغییر و تحولات تاریخی است و تحولات پیشین ممکن است باعث ایجاد خلأهایی اختیاری شود و در این میان حلقه‌های گمشده‌ای تولید شوند.

برای تبیین قاعده ارتقا لازم است به تمایزی سبکی در زبان‌ها قائل شویم. هاج^۲ (۱۹۵۷: ۲-۳۶) در مقاله خود به این نکته اشاره می‌کند که در زبان‌ها می‌توان قائل به دو سبک رسمی و غیررسمی شد. او معتقد است که تفاوت این دو سبک، در وجود تناوب تکواژی است. به‌عنوان مثال تکواژگونه ستاک مضارع فعل آوردن در سبک رسمی /avar/ و در سبک غیررسمی /ar/ است. وی همچنین می‌افزاید که تفاوتی بسیار رایج در سبک رسمی و سبک غیررسمی با درجه بالایی از نظم واجی وجود دارد. این تناوب، تناوب /a/ رسمی قبل از /n/ یا /m/ با /u/ غیررسمی است. مانند نان [nan]، خانه [xane] و حمام [hammam] که رسمی هستند و نون [nun]، خونه [xune] و حموم [hamum] که به ترتیب متناظرهای غیررسمی این واژه‌ها هستند. پس نتیجه می‌گیریم که در فارسی، در مورد واژه‌هایی که تناوب بین [ã] و [ũ] وجود دارد (مانند خانه و خونه)، در واقع، دو تکواژگونه [XãY]، [XũY] وجود دارد که [XãY] متعلق به سبک رسمی و [XũY] متعلق به سبک غیررسمی است. به طوری که X و Y هرکدام یک رشته واجی است که طول آن بزرگ‌تر یا مساوی یک واج است. با این نتیجه‌گیری، منطقی به نظر می‌رسد که در مورد واژه‌هایی که تبدیل /a/ به [u] در آن‌ها اتفاق نیفتاده، تناوب تکواژی وجود نداشته باشد.

واضح است که در صورتی تکواژگونه مربوط به سبک محاوره‌ای وجود دارد که واژه، بار محاوره‌ای گرفته باشد و منظور از بار محاوره‌ای این است که واژه در محاوره کاربرد پیدا کرده باشد.

به‌عنوان مثال کلمات **باهوش**، **زیرک**، **دانا** و **تیز** از نظر معنایی مترادف هستند. اما به نظر می‌رسد کلمات **باهوش** و **تیز** بار محاوره‌ای دارند ولی **زیرک** و **دانا** بار محاوره‌ای ندارند. اگرچه **دانا** به صورت [duna] تلفظ محاوره‌ای ندارد ولی **دانستن** دارای بار محاوره‌ای است چون از میان مجموعه کلمات مترادفش (دریافتن، مطلع بودن و غیره)، در زبان محاوره‌ای به کار می‌رود. برای روشن‌تر شدن بحث توجه به افعال سببی زیر حائز اهمیت است.

1. M. Kenstowicz

2. C. T. Hodge

مجله زبان و زبان‌شناسی

۲- الف: سوزاندن، جوشاندن، پوشاندن، پوساندن، کوباندن، شوراندن ...
فعل‌های ۲- الف، به دلیل کاربردی که در محاوره دارند، دارای بار محاوره‌ای شده‌اند و لذا مشمول فرایند ارتقا و به صورت‌های ۲- ب. تبدیل می‌شوند:
۲- ب: سوزوندن، جوشوندن، پوشوندن، پوسوندن، کوبوندن، شوروندن ...

ولی آن دسته از افعال سببی که در محاوره کاربرد ندارند، مشمول فرایند ارتقای واکه /a/ به [u] پیش از همخوان خیشومی /n/ که فرایندی متعلق به سبک محاوره‌ای است، نمی‌شوند. مانند:

۳- الف: خروشانیدن، گستراندن، پژمراندن، آگاهاندن، رویاندن و ...
۳- ب: * خروشوندن، * افشوندن، * گستروندن، * پژمروندن، * آگاهوندن، * رویوندن،
و ...

بنابراین افعال ۲- الف، به دلیل کاربرد در سبک محاوره‌ای، دارای بار محاوره‌ای هستند و لذا دارای تناوب تکواژی [XǎnY] و [XūnY] هستند، ولی افعال ۳- الف، از آن جاکه در محاوره کاربردی ندارند، بار محاوره‌ای هم ندارند و بنابراین فاقد تکواژگونه [XūnY] هستند، که متعلق به سبک محاوره‌ای است. مثال‌های زیر نیز قابل توجه‌اند:

۴- الف: گران، گرانی، گران فروش.
۴- ب: گران پایه، گران مایه، گران بها، گران سنگ.

در مورد واژه‌های ۴- الف، تناوب تکواژی وجود دارد یعنی بار محاوره‌ای دارند، بنابراین مشمول فرایند ارتقا می‌شوند. در ۵- الف صورت‌های محاوره‌ای مثال‌های ۴- الف، آورده شده‌اند.

۵- الف: گرون، گرونی، گرون فروش.

ولی واژه‌های ۴- ب به دلیل عدم کاربرد در سبک محاوره‌ای، بار محاوره‌ای ندارند و دارای تکواژگونه [XūnY] نیستند و بنابراین مشمول فرایند ارتقا نمی‌شوند و در صورت رخ دادن این فرایند، صورت‌های نامأنوس ۵- ب به دست می‌آیند:

۵- ب: * گرون پایه، * گرون مایه، * گرون بها، * گرون سنگ.

بررسی آکوستیکی ارتقای واکه /a/ به واکه [u] ...

شایان ذکر است که در مواردی که برای واژه‌های تناوب تکواژی وجود ندارد، ظاهراً در محاوره واژه دیگری وجود دارد که به لحاظ معنایی با آن واژه متناظر است و وجود چنین تکواژگونه محاوره‌ای را ممانعت می‌کند. به عنوان مثال می‌توان به پسوند جمع‌ساز /an/ در فارسی اشاره کرد. این پسوند مشمول فرایند ارتقای واکه /a/ به [u] نمی‌شود. زیرا در زبان محاوره‌ای اسامی با /ha/ جمع بسته می‌شوند و لذا /an/ بار محاوره‌ای ندارد که بتواند مشمول این فرایند بشود: داده‌های زیر مؤید این مسئله هستند:

-۶-

الف - /dust+an/ → * [dustun] ~ /dust+ha/ → [dussa]
ب - /lab+an/ → * [labun] ~ /lab+ha/ → [laba]

مثال‌های دیگر از این دست عبارت‌اند از:

۷- پزیشان، خردمندان، خزندگان، حریفان، گویشوران، گرسنگان، پیش‌قدمان، جان‌بازان، پلکان، سرسپردگان، بی‌طرفان، تنگ‌نظران، پیشروان، بانیان، تحصیل‌کردگان، آشپزان، آبیزان، خفتگان، خودپرستان، دلبران، دیدگان، زیردستان، شنوندگان، شهروندان، عزیزان، فرشتگان، قدرتمندان.
البته صادقی (۱۳۸۰: ۹۸) می‌گوید:

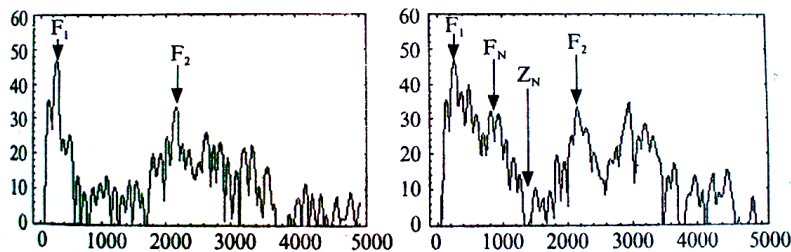
"... از آن‌جا که این تبدیل قرن‌هاست متوقف شده است و کلمات جدید را تغییر نمی‌دهد، نفوذ زبان نوشتار در زبان گفتار، به‌ویژه در زبان مردم تهران، موجب عقب‌نشینی کلماتی که مشمول تحول شده‌اند گشته است. به این معنا که شماری از کلماتی که قبلاً با uN به کار می‌رفته‌اند، رفته‌رفته تحت تأثیر زبان نوشتار قرار گرفته‌اند و aN تلفظ می‌گردند مثلاً کلمات امانت، نامزد و ... و همین‌طور اسامی بیشتر شهرهایی که سابقاً معمولاً با uN تلفظ می‌شدند، امروز بیشتر با aN تلفظ می‌شوند...."

باتوجه به آنچه در این بخش ارائه شد، اکنون به ارائه توصیفی تعمیم‌یافته در چارچوب نظریه بهینگی (مک‌کارتی ۱ (۲۰۰۸: ۳۳))، برای فرایند ارتقای واکه پسین افتاده در فارسی معیار می‌پردازیم.

- در سبک محاوره‌ای فارسی معیار [XǎnY] مجاز نیست. پس واکه /a/ قبل از همخوان خیشومی /n/ به واکه [u] ارتقا می‌یابد، بجز در موارد زیر:
- (۱) کلماتی که در آنها، پس از توالی /an/، در هجای بعدی، واکه /u/ وجود دارد.
 - (۲) واژه‌های قرضی از سایر زبان‌ها مانند عربی، انگلیسی، مغولی و ترکی.
 - (۳) اسامی خاص.
 - (۴) اسامی شهرها مانند اصفهان، آبادان، سمنان، گیلان.
 - (۵) برخی پسوندها مانند پسوند اشتقاقی "انه".

۳. خصوصیات آکوستیکی خیشومی شدگی

به لحاظ آکوستیکی، آنچه در مورد واکه‌ها حائز اهمیت است، فرکانس سازه‌ها یا بازخوان‌هاست. در واکه‌های دهانی، حفره دهان نقش بازخوان را دارد و در واکه‌های خیشومی، حفره دهان و حفره خیشوم، به‌طور هم‌زمان نقش بازخوان را ایفا می‌کنند. یکی از نتایج جفت‌شدن دو حفره خیشوم و دهان، ظهور ضدبازخوان‌ها یا صفرهایی است که به شکل افت دامنه نوسان، در قسمت‌هایی از طیف پدیدار می‌شوند. در شکل ۳.۱ (برگرفته از هی‌وارد، ۲۰۰۰: ۱۶۳)، اف تی سازه‌های اول و دوم (F_1 و F_2) همچنین ضدبازخوان (FN) و صفر (ZN) نشان داده شده‌اند.



شکل ۱. اف تی مربوط به واکه دهانی [ɪ] و خیشومی [s] برگرفته از (هی‌وارد، ۲۰۰۰: ۱۶۳). در واکه دهانی (تصویر سمت چپ)، سازه‌های اول و دوم نمایش داده شده‌اند. در واکه خیشومی (تصویر سمت راست)، علاوه بر سازه‌های اول و دوم، سازه خیشومی (FN) نیز اضافه شده است. این سازه در سمت راست سازه اول، باعث ظهور یک شیب تند در طیف‌نگاشت شده است. این مسئله، منجر به افت ناگهانی دامنه نوسان و به‌وجود آمدن صفر (ZN) شده است.

۴. تحلیل آماری

نگارنده، برای این تحقیق از پارامترهای آکوستیکی F_1 ، F_2 ، F_1-F_2 و برجستگی استفاده کرده است. به این منظور، تجزیه و تحلیل داده‌ها، در دومرحله انجام شده است: مرحله نخست: ساختار سازه‌ای واکه‌های دهانی و خیشومی [a]، [u]، [ã] و [ũ] و همچنین ساختار سازه‌ای همخوان خیشومی [n] بررسی می‌شوند، به عبارت دیگر، به مقایسه مقادیر پارامترهای آکوستیکی F_1 ، F_2 ، F_1-F_2 در آواهای ذکر شده می‌پردازیم. مرحله دوم: در این مرحله در پی آنیم که ببینیم کدام یک از دو واکه‌ی خیشومی [ã] و [ũ] به لحاظ آکوستیکی، از همخوان خیشومی مجاور متمایزترند. برای پاسخ به این پرسش، مقادیر آکوستیکی برجستگی در دو توالی [ãn] و [ũn] اندازه‌گیری می‌شوند.

۱.۴. برجستگی

فوکوموری^۱ (۱۹۹۲)، برای توضیح این مسئله که چرا برخی از توالی آواها نسبت به برخی دیگر، نادرتر هستند و یا اصلاً رخ نمی‌دهند، از معیار برجستگی استفاده می‌کند. وی معتقد است که محدودیت‌های جهانی واج‌آرایی، تاحدزیادی پایه و اساس آکوستیکی و ادراکی دارند. وی برای این منظور توالی‌های $C1C2V$ ، $C1V$ و $VC1$ را مورد بررسی قرار می‌دهد. (در این توالی‌ها $C1=[b,d,g]$ ، $C2=[l,r,w,z]$ و $V=[i,a,u]$ است). سپس برای هر یک از این توالی‌ها، مقادیر فرکانس سازه اول، دوم و سوم را با استفاده از تحلیل ال.پی.سی استخراج می‌کند و پس از آن با استفاده از فرمول زیر، فاصله اقلیدسی معیار را به دست می‌آورد. بنابراین مقدار تغییرات فرکانس سازه‌ها که برجستگی نام دارد، به دست خواهد آمد (فوکوموری، ۱۹۹۲: ۷۷-۷۶).

$$\text{salience} = \sum_i [[F_1(t_i+1) - F_1(t_i)]^2 + [F_2(t_i+1) - F_2(t_i)]^2 + [F_3(t_i+1) - F_3(t_i)]^2]$$

در فرمول بالا t_i ، نشان‌دهنده لحظات زمانی مختلفی است که در آن‌ها فرکانس سازه‌ها، اندازه‌گیری شده‌اند. $F_1(t_i)$ ، $F_2(t_i)$ و $F_3(t_i)$ نیز به ترتیب، نشان‌دهنده مقادیر فرکانس F_1 ، F_2 و F_3 در i - امین لحظه زمانی هستند. بنابراین، میزان برجستگی در یک توالی، از مجموع فواصل فرکانسی بین تمام جفت‌ها در لحظات زمانی متوالی به دست می‌آید. مقادیر به دست آمده از این فرمول، نشان‌دهنده میزان تغییرات پارامترهای آکوستیکی در واحد زمان، در توالی مورد نظر است. به بیان دیگر، تغییرات پارامترهای آکوستیکی، در واحد زمان

در یک توالی، با برجستگی ادراکی آن توالی رابطه مستقیم دارد: هرچه میزان برجستگی بیشتر باشد، پارامترهای آکوستیکی در واحد زمان، در یک توالی، تغییر بیشتری داشته‌اند.

۲.۴. بررسی سازه‌ها

در آواشناسی آزمایشگاهی چنین استدلال می‌شود که به‌لحاظ آکوستیکی، فرکانس سازه اول، با ارتفاع واکه، رابطه معکوس دارد (بدور، ۱۹۸۳ : ۱۱۸ ؛ هی‌وارد، ۲۰۰۰). به‌بیان‌دیگر هرچه مقادیر فرکانس F_1 واکه‌ای کمتر باشد، آن واکه افراشته‌تر و هرچه مقادیر فرکانس F_1 بیشتر باشد آن واکه افتاده‌تر است. تفاضل مقادیر فرکانس سازه اول و دوم ($F_2 - F_1$) نشان‌دهنده بعد محل تولید واکه (پیشین، پسین) است. از نظر لیدوگد، تفاضل مقادیر فرکانس سازه اول و دوم، بهتر از F_2 نشان‌دهنده این بعد است (هی‌وارد، ۲۰۰۰ : ۱۵۰، نقل از لیدوگد، ۱۹۵۷). البته در این تحقیق، هم به مقادیر $F_2 - F_1$ و هم به مقادیر F_2 پرداخته شده است. لازم به ذکر است که هدف این تحقیق، بررسی محل تولید (پیشین یا پسین) در واکه‌های مورد نظر نبوده است، اما برای نشان‌دادن بهتر ساختار سازه‌ای واکه‌های دهانی $[a]$ و $[u]$ و متناظرهای خیشومی آن‌ها، از هر دو بعد ارتفاع واکه و محل تولید استفاده شده است.

۳.۴. روش‌شناسی

داده‌های جمع‌آوری شده و مورد بررسی در این مقاله سه نوع هستند. واکه‌های خیشومی، واکه‌های دهانی و همخوان خیشومی $[n]$. واکه‌های دهانی، شامل واکه پیشین افراشته $[u]$ و واکه پیشین افتاده $[a]$ ، به‌همراه همخوان خیشومی $[n]$ ، به‌صورت خارج از بافت، توسط آزمودنی‌ها تلفظ شده‌اند. دو واکه $[a]$ و $[u]$ به‌صورت ممتد و به‌طور مجزا تلفظ شده‌اند. واکه‌های خیشومی، شامل واکه پیشین افراشته $[u]$ و واکه پیشین افتاده $[a]$ هستند که در بافت n ، در داخل کلمات قرار داده شده‌اند و سپس تلفظ شده‌اند. برای واکه‌های خیشومی، چهار حالت در نظر گرفته شده است. به‌این‌صورت که بسته به دو عامل تکیه و جایگاه در هجا، چهار نوع واژه لحاظ شده است. چهار حالت مذکور، به‌شرح زیر هستند:

حالت اول: همخوان خیشومی $[n]$ در پایانه هجای بدون تکیه. (برای این حالت، واژه زبان‌نفهم انتخاب شده است).

حالت دوم: همخوان خیشومی $[n]$ ، در آغاز هجای بدون تکیه. (برای این حالت، واژه جانور انتخاب شده است).

حالت سوم: همخوان خیشومی $[n]$ ، در پایانه هجای تکیه‌بر. (برای این حالت، واژه گران انتخاب شده است).

بررسی آکوستیکی ارتقای واکه /a/ به واکه [u] ...

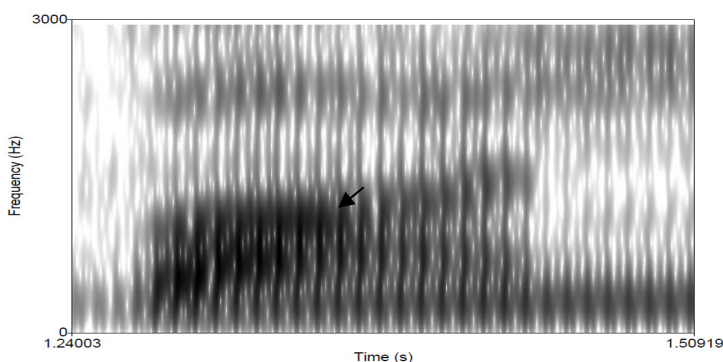
حالت چهارم: همخوان خیشومی [n]، در آغاز هجای تکیه‌بر. (برای این حالت، واژه **گرانی** انتخاب شده است).

ذکر این نکته ضروری است که واژه‌های آزمون دارای هجاهای یکسانی نیستند زیرا فرض بر این است که تعداد هجاها نمی‌تواند بر روی خیشومی‌شدگی تأثیر بگذارد. به عبارت دیگر، تعداد هجا به عنوان متغیر مستقل مزاحم محسوب نمی‌شود. همچنین نوع همخوان قبل از /a/ و /u/ بر روی خیشومی‌شدگی تأثیر نمی‌گذارد.

برای چهار حالت فوق یعنی واژه‌های **زبان نفهم، جانور، گران و گرانی**، تکواژگونه‌های محاوره‌ای آن‌ها نیز در نظر گرفته شده‌اند. بنابراین واژه‌های **زبون نفهم، جونور، گرون و گرونی** نیز در سیاهه داده‌ها قرار گرفته‌اند.

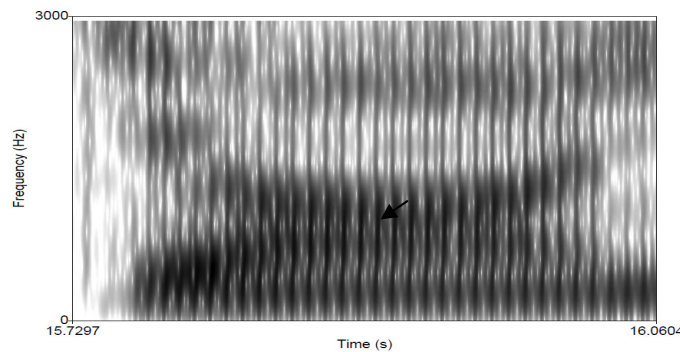
برای ضبط داده‌ها، از نرم‌افزار پرت (Praat) و میکروفون خازنی ای.کی.جی (EKG) استفاده شده است. ضبط داده‌ها از نوع مونو، با فرکانس نمونه‌برداری ۲۲۰۵۰ هرتز بوده است. هر آزمودنی سیاهه داده‌ها را در محیطی آرام و بی‌صدا سه‌بار تکرار کرد. پنج آزمودنی مذکر تهرانی با میزان تحصیلات حداقل دیپلم و دامنه سنی بین ۲۰ تا ۳۰ سال انتخاب شدند به طوری که میانگین سن افراد ۲۴/۴ و انحراف از معیار سن آن‌ها ۴/۱۵ بود. هر آزمودنی ۳۳ داده و همه آزمودنی‌ها روی هم رفته ۱۶۵ داده را تلفظ کردند.

پس از بررسی و مطالعه طیف‌نگاشت و همچنین شکل موج داده‌ها، برای جدا کردن واکه‌های خیشومی از بافت واژه‌ها، به این روش عمل شد که برای واژه‌های **زبان نفهم** و **زبون نفهم**، که در آن‌ها پیش از واکه‌های خیشومی [ã] و [ũ]، همخوان انسدادی دولبی [b] قرار دارد، از شروع واکه، چهارمین دوره تناوب، به عنوان مبدأ واکه در نظر گرفته شده است. در شکل ۴.۱، که طیف‌نگاشت بخشی از واژه **زبان نفهم** است (تلفظ‌شده توسط آزمودنی اول در تکرار سوم)، چهارمین دوره تناوب نشان داده شده است.



شکل ۲. طیف‌نگاشت بخشی از واژه **زبان نفهم** (تلفظ‌شده توسط آزمودنی اول در تکرار سوم). در این شکل چهارمین دوره تناوب پس از شروع واکه [ã] نشان داده شده است.

در مورد واژه‌های **جانور**، **جونور**، **گرانی** و **گرونی** به دلیل وجود همخوان‌های انسایشی و لرزشی پیش از واکه‌های خیشومی [ã] و [ũ] به معیار دیگری نیز باید توجه می‌شد. در این همخوان‌ها، برخلاف [b] در نمونه‌ی قبلی، در بخش ابتدایی واکه بعدی، مقداری از خصوصیات این همخوان‌ها وجود دارد. این ناحیه ابتدایی واکه را ناحیه گذار می‌نامند. پس از پایان ناحیه گذار در طیف‌نگاشت مربوط به واکه، به بخش وضعیت پایدار می‌رسیم، این بخش فاقد شیب، حاوی اطلاعات آکوستیکی مربوط به واکه است. بنابراین در مورد واژه‌های ذکر شده، معیار انتخاب شروع واکه، دوره تناوب چهارم پس از ناحیه گذار است. این مطلب، در شکل ۲.۴، (طیف‌نگاشت واژه جانور، تلفظ‌شده توسط آزمودنی اول در تکرار دوم)، نمایش داده شده است.



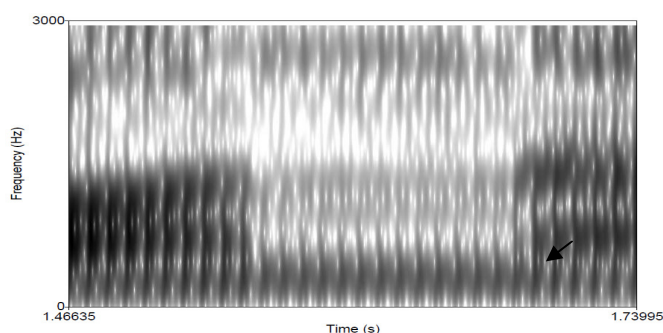
شکل ۳. طیف‌نگاشت بخشی از واژه **جانور** (تلفظ‌شده توسط آزمودنی اول در تکرار دوم). در این شکل، چهارمین دوره تناوب پس از ناحیه گذار، برای ابتدای واکه [ã] نشان داده شده است.

برای مشخص کردن انتهای واکه، از بررسی سازه دوم در طیف‌نگاشت و شکل موج متناظر آن استفاده شده است. اساساً بین پایان واکه و شروع همخوان خیشومی پس از آن، مرز قاطع و مشخصی وجود دارد، به این شکل که هر جا که سازه دوم تمام شود، واکه نیز تمام شده است. این نکته از کم‌رنگ شدن دوره تناوب‌ها و تغییر شکل در سازه‌ها قابل تشخیص است. برای واکه‌های دهانی [a] و [u] و همچنین همخوان خیشومی [n]، که به طور مجزا و خارج از بافت تلفظ شده‌اند، همان معیار کلی چهارمین دوره تناوب از شروع واکه یا همخوان خیشومی، لحاظ شده است. به علاوه، در مورد این آواها، برای انتهای آوا نیز معیار چهارمین دوره تناوب از انتهای واکه یا همخوان خیشومی، در نظر گرفته شده است.

همان‌طور که پیش‌تر در تعریف برجستگی ذکر شد، برای اندازه‌گیری و مقایسه میزان برجستگی باید توالی آواها بررسی شوند. بنابراین توالی [ãn] و [ũn] استخراج و سپس مقادیر برجستگی آن‌ها محاسبه و مقایسه شد. برای استخراج توالی [ãn] و [ũn] تعیین ابتدای واکه خیشومی و انتهای همخوان خیشومی [n]، ضروری بوده است. برای مشخص کردن ابتدای واکه،

بررسی آکوستیکی ارتقای واژه /a/ به واژه [u] ...

دقیقاً به همان صورتی که در بالا ذکر شد عمل شده است. برای تعیین انتهای [n]، در مورد واژه‌های زبان نفهم و زیون نفهم، که در آن‌ها دو همخوان [n] به طور متوالی قرار دارند، تعداد کل دوره تناوب‌های مربوط به هر دو [n] در نظر گرفته شد و سپس نیمی از آن‌ها به عنوان [n] لحاظ شده است. در مواردی هم که تعداد دوره تناوب، عددی فرد بوده است، انتهای [n] مورد نظر، نیمی از دوره‌های تناوب به اضافه عدد ۰/۵ در نظر گرفته شده است. در شکل ۴ که نشان‌دهنده طیف‌نگاشت بخشی از واژه زبان نفهم (تلفظ شده توسط آزمودنی دوم در تکرار اول) است، تعداد دوره‌های تناوب دو [n] متوالی، مجموعاً عدد سیزده بود. بنابراین برای [n] مورد نظر، هفتمین دوره تناوب در نظر گرفته شد.



شکل ۴. طیف‌نگاشت بخشی از واژه زبان نفهم (تلفظ شده توسط آزمودنی دوم در تکرار اول). در این شکل انتهای همخوان خیشومی [n] نشان داده شده است.

در دو واژه **جانور** و **گرانی** آخرین دوره تناوب مربوط به [n] پیش از شروع واژه بعدی به عنوان انتهای همخوان [n]، در نظر گرفته شده است. و در مورد واژه‌های **گران** و **گرون**، انتهای واژه به عنوان انتهای همخوان خیشومی [n] در نظر گرفته شده است. لازم به ذکر است که برای انتخاب ابتدا و انتهای آواهای مورد نظر، جایی که شکل موج، محور صفر را قطع می‌کند، به عنوان ابتدا یا انتهای واژه به حساب آمده است. مقادیر فرکانس سازه‌ها در مقیاس هرتز، توسط فرمول زیر، به مقیاس بارک تبدیل شده‌اند.

$$Z = (26/18 \times F) / (1960 + F) - 0/53 \quad (\text{هی‌وارد، ۲۰۰۰: ۴۲})$$

در این فرمول به جای F، مقادیر هر سازه در مقیاس هرتز گذاشته شده و پس از تبدیل مقادیر F_۱ و F_۲ به مقیاس بارک، مقادیر F_۲-F_۱ محاسبه شده و سپس میانگین گرفته شده است.

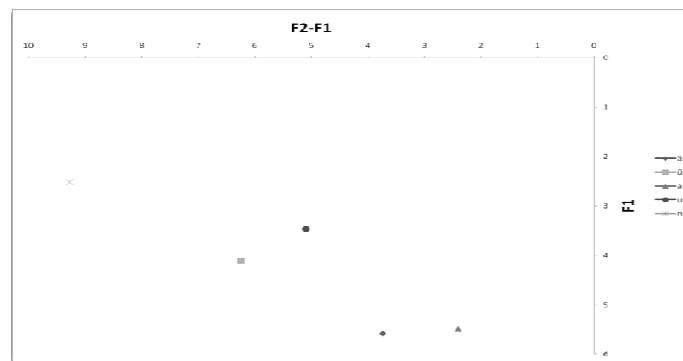
۴.۴. شیوه اندازه‌گیری مقادیر برجستگی در توالی‌های [ãn] و [ũn]

پس از تعیین ابتدا و انتهای توالی [ãn] یا [ũn]، ناحیه موردنظر انتخاب شده و به همان روش ذکرشده در بخش قبل، سیاهه مقادیر F_1 ، F_2 ، F_3 و F_4 در مقیاس هرتز و در نقاط مختلف زمانی، استخراج شدند. به این ترتیب تأثیر خیشومی‌شدگی در واکه، به صورت ضدبازخوان، محاسبه شد. آن‌گاه، پس از حذف مقادیر F_4 ، مقادیر فرکانس F_1 ، F_2 و F_3 به بارک تبدیل شدند. سپس این مقادیر، در فرمول برجستگی وارد شده و در نهایت، برای هر توالی [ãn] و [ũn] در هر واژه، مقادیر برجستگی محاسبه شد.

۴.۵. ساختار سازه‌های واکه‌های دهانی [a]، [u] و واکه‌های خیشومی [ã] و [ũ]

برای مقایسه واکه‌های دهانی و خیشومی، به علت محدود کردن تعداد داده‌ها و یکسان کردن تعداد واکه‌های دهانی و خیشومی، در این قسمت، فقط از مقادیر سازه‌های واکه‌های خیشومی دو واژه گران و گرون در مقابل واکه‌های مجزای [a] و [u] استفاده شده است. علت انتخاب این دو واژه این است که در این واژه‌ها، واکه [a]، [u] و همخوان خیشومی در یک هجای تکیه‌بر هستند. در این حالت، میزان خیشومی‌شدگی بیشتر است. بنابراین مقایسه بهتری بین واکه‌های دهانی و خیشومی صورت می‌گیرد.

پس از اندازه‌گیری مقادیر F_1 ، F_2 ، F_1-F_2 ، برای مقایسه ارتفاع واکه‌های دهانی [a] و [u] و واکه‌های خیشومی متناظر آن‌ها و همخوان خیشومی [n] ساختار سازه‌های این واکه‌ها به دست آمد. این نوع استفاده از سازه‌ها، دوزنقه واکه‌های اصلی را تداعی می‌کند. در شکل ۴.۴ میانگین آواهای مختلف بر روی شکل با علائم مختلف نشان داده شده‌اند.



شکل ۵. مقادیر میانگین آواهای [a]، [u]، [ã]، [ũ] و [n]، تلفظ‌شده توسط پنج آزمودنی و در هر سه تکرار. علائم ارائه‌شده در این شکل نشان‌دهنده میانگین هریک از پنج آوا در شکل ۲ است. محورهای عمودی و افقی در مقیاس بارک هستند.

بررسی آکوستیکی ارتقای واکه /a/ به واکه [u] ...

شکل ۴.۴ نشان می‌دهد که به لحاظ ارتفاع، واکه [ã] نسبت به واکه [a]، تفاوتی ندارد، ولی واکه [ũ] نسبت به واکه [u]، افتاده‌تر شده است. به لحاظ محل تولید به نظر می‌رسد که واکه‌های [ã] و [ũ] پس از خیشومی شدن، پیشین‌تر شده‌اند. نکته جالب توجه این است که واکه دهانی [a] از واکه دهانی [u]، پسین‌تر است. به عبارت دیگر، ظاهراً واکه‌های دهانی پسین در زبان فارسی، به یک اندازه پسین نیستند. نکته دیگر در این دو شکل این است که واکه‌های [u] و [ũ] نسبت به واکه‌های [a] و [ã]، به همخوان خیشومی [n]، در هر دو بعد ذکر شده، نزدیک‌تر هستند. در این میان واکه دهانی [u] به لحاظ ارتفاع و واکه خیشومی [ũ] به لحاظ محل تولید، به [n] نزدیک‌تر هستند.

۴.۶. تجزیه و تحلیل آماری

پیش‌تر اشاره شد که آزمون فرضیه، در این تحقیق، در دو بخش انجام می‌شود. نخست، بررسی ساختار سازه‌های واکه‌های دهانی و خیشومی و دوم، بررسی دلیل ارتقای واکه /a/ به [u] در بافت n- در این بخش نیز، از همین شیوه پیروی کرده و ابتدا به تحلیل آماری بخش نخست می‌پردازیم و سپس، در بخش‌های بعد به تحلیل آماری بخش دوم پرداخته می‌شود.

۴.۶.۱. بررسی مقادیر F_1 ، F_2 و F_1-F_2

پیش از ارائه تجزیه و تحلیل آماری به این نکته اشاره می‌شود که داده‌های مورد بررسی در این بخش از تحلیل آماری، شامل واکه‌های [a]، [u] و همخوان خیشومی [n] (که به طور مجزا و خارج از بافت و به طور ممتد تلفظ شده‌اند)، و همچنین واکه‌های خیشومی [ã] و [ũ] (استخراج شده از دو واژه گران و گرون) هستند. علت انتخاب این دو واژه، قرار گرفتن واکه‌های [ã] و [ũ] و همخوان خیشومی [n] در یک هجا و همچنین تکیه بر بودن هجا است که در این حالت واکه‌های [ã] و [ũ] بیشتر خیشومی می‌شوند. در این بخش از تحلیل، از مدل آماری تحلیل واریانس چندمتغیره یک طرفه استفاده شده است.

۴.۶.۱.۱. پارامتر آکوستیکی F_1

آمار توصیفی پارامتر آکوستیکی F_1 برای آواهای مورد نظر به این شرح است: واکه [a] (میانگین: ۵/۴۸، انحراف معیار: ۰/۴۷)، واکه [u] (میانگین: ۳/۴۶، انحراف معیار: ۰/۵۴)، واکه [ã] (میانگین: ۵/۵۸، انحراف معیار: ۰/۸۰)، واکه [ũ] (میانگین: ۴/۱۱، انحراف معیار: ۰/۳۴) و همخوان خیشومی [n] (میانگین: ۲/۵۱، انحراف معیار: ۰/۱۶). با توجه به میزان F به دست آمده، در زمینه اثر آواهای مختلف بر میزان F_1 ($F=100/17$) می‌توان عنوان کرد که مقدار F از

لحاظ آماری، در سطح ($\alpha=0/05$) معنادار بوده و دلایل کافی برای رد فرضیه صفر به دست آمده است. بنابراین، تفاوت معناداری بین میانگین F_1 در پنج آوا وجود دارد.

۴.۶.۱.۲. پارامتر آکوستیکی F_2

آمار توصیفی پارامتر آکوستیکی F_2 برای آواهای موردنظر به این شرح است: واکه [a] (میانگین: ۷/۸۹، انحراف معیار: ۰/۴۶)، واکه [u] (میانگین: ۸/۵۶، انحراف معیار: ۲/۷۴)، واکه [ã] (میانگین: ۹/۳۱، انحراف معیار: ۰/۸۶)، واکه [ũ] (میانگین: ۱۰/۳۶، انحراف معیار: ۲/۴۷) و همخوان خیشومی [n] (میانگین: ۱۱/۷۹، انحراف معیار: ۰/۸۶). با توجه به میزان F به دست آمده، در زمینه اثر آواهای مختلف بر میزان F_2 ($F=11/57$)، می‌توان عنوان کرد که مقدار F ، از لحاظ آماری، در سطح ($\alpha=0/05$) معنادار بوده و دلایل کافی برای رد فرضیه صفر به دست آمده است. بنابراین، تفاوت معناداری بین میانگین F_2 در پنج آوا وجود دارد و با توجه به این که میزان F از لحاظ آماری معنادار و چون واریانس ناهمگن است، از آزمون تعقیبی تامهنز^۱ استفاده شد: میزان F_2 نمونه‌های تحقیق در گروه‌های ([a] و [ã])، ([ũ] و [ã]) و ([ũ] و [u])، و ([ũ] و [n]) یکسان بوده ولی تفاوت معناداری بین گروه‌های دیگر به دست آمد.

۴.۶.۱.۳. پارامتر آکوستیکی F_2-F_1

آمار توصیفی پارامتر آکوستیکی F_1 برای آواهای موردنظر به این شرح است: واکه [a] (میانگین: ۲/۴۰، انحراف معیار: ۰/۶۷)، واکه [u] (میانگین: ۵/۱، انحراف معیار: ۲/۲۲)، واکه [ã] (میانگین: ۳/۷۳، انحراف معیار: ۰/۵۳)، واکه [ũ] (میانگین: ۶/۲۵، انحراف معیار: ۲/۳۲) و همخوان خیشومی [n] (میانگین: ۹/۲۷، انحراف معیار: ۰/۹۴). با توجه به میزان F به دست آمده در زمینه اثر آواهای مختلف بر میزان F_2-F_1 ($F=43/21$)، می‌توان عنوان کرد که مقدار F از لحاظ آماری در سطح ($\alpha=0/05$) معنادار بوده و دلایل کافی برای رد فرضیه صفر به دست آمده است. بنابراین، تفاوت معناداری بین میانگین F_2-F_1 در پنج آوا وجود دارد و با توجه به این که میزان F از لحاظ آماری معنادار و چون واریانس ناهمگن است، از آزمون تعقیبی تامهنز به این شرح استفاده شد: میزان F_2-F_1 نمونه‌های تحقیق در گروه‌های ([ũ] و [u]) و ([ũ] و [ã]) یکسان بوده ولی تفاوت معناداری بین گروه‌های دیگر به دست آمد.

1. Tamhane's post-hoc test

۲.۶.۴. برجستگی در توالی‌های [ãn] و [ũn]

داده‌های مورد بررسی در این بخش، توالی [ãn] و [ũn] در تمامی واژه‌های تلفظ‌شده توسط آزمودنی‌هاست و از مدل آماری آنوای^۱ سه‌طرفه استفاده شده است.

۱. ۲. ۶. ۴. پارامتر آکوستیکی برجستگی

آمار توصیفی پارامتر آکوستیکی برجستگی در دو توالی [ãn] و [ũn] به این شرح است: توالی [ãn] (میانگین: ۱۷/۲۸، انحراف معیار: ۱/۲۸) و توالی [ũn] (میانگین: ۲۵/۸، انحراف معیار: ۱/۶۷). با توجه به میزان F به دست آمده، در خصوص اثر ارتفاع واژه بر میزان برجستگی ($F=۱۰/۱۱$)، تفاوت معناداری بین میانگین برجستگی در دو گروه [ãn] و [ũn] به دست آمد به طوری که میزان برجستگی توالی [ũn] ($\mu=۲۵/۷۹$) بیشتر از توالی [ãn] ($\mu=۱۷/۲۸$) است. علاوه بر آن، در خصوص تأثیر جایگاه [n] در هجا، بر میزان برجستگی ($F=۰/۸۲$)، تفاوت معناداری بین میانگین برجستگی در دو گروه آغاز و پایانه به دست نیامد. همچنین عامل تکیه بر میزان برجستگی ($F=۷/۹۲$) تأثیر دارد و تفاوت معناداری بین میانگین برجستگی در دو گروه تکیه بر و بی تکیه به دست آمد به طوری که میزان برجستگی در گروه تکیه بر ($\mu=۲۵/۳۱$) بیشتر از گروه بی تکیه ($\mu=۱۷/۷۷$) است. در خصوص تعامل دو عامل ارتفاع واژه و جایگاه [n] در هجا بر میزان برجستگی ($F=۰/۰۸$) مقدار F، از لحاظ آماری در سطح ($\alpha=۰/۰۵$)، معنادار نبود. همچنین در زمینه تعامل ارتفاع واژه و تکیه بر میزان برجستگی ($F=۰/۲۸$)، تعامل جایگاه [n] در هجا و تکیه ($F=۰/۵۵$)، تعامل ارتفاع واژه، جایگاه [n] در هجا و تکیه ($F=۰/۰۰۶$) مقدار F از لحاظ آماری در سطح ($\alpha=۰/۰۵$)، معنادار نبود. در نهایت چون عامل تکیه (تکیه بر، بی تکیه) بر میزان برجستگی موثر بوده است، برای بررسی دقیق تر این اثر، تأثیر تکیه در هریک از دو گروه [ãn] و [ũn] به طور جداگانه نیز بررسی شد.

۳. ۶. ۴. اثر تکیه بر میزان برجستگی در توالی [ãn]

چون میانه برجستگی در گروه تکیه بر ($Md=۱۳/۰۱$)، در دامنه اطمینان میانگین برجستگی (۱۵/۶۳-۲۷/۸۹) قرار ندارد، پس توزیع، نامتقارن است. بنابراین از مدل آماری ناپارامتریک^۲ یوی مان ویتنی^۳ استفاده شده است. آمار توصیفی تأثیر تکیه در توالی [ãn] بر مقادیر پارامتر برجستگی به این شرح است: در شرایطی که [n] در هجای تکیه بر است (میانگین:

1. Three-way ANOVA
2. non-parametric statistical model
3. Mann-Whitney U

۲۱/۷۶، انحراف معیار: ۱/۶۴)، و در شرایطی که [n] در هجای بی‌تکیه است (میانگین: ۱۲/۸، انحراف معیار: ۴/۴۹). با توجه به میزان Z به‌دست‌آمده در زمینه اثر تکیه در توالی [ãn] بر میزان برجستگی (Z=-۲/۳۰)، تفاوت معناداری بین میانگین برجستگی در دو گروه تکیه‌بر و بی‌تکیه به‌دست آمد به‌طوری‌که میزان برجستگی در توالی [ãn]، در گروه تکیه‌بر (μ=۲۱/۷۶) بیشتر از گروه بی‌تکیه (μ=۱۲/۸۰) است.

۴.۶.۴. اثر تکیه بر میزان برجستگی در توالی [ũn]

چون میانه برجستگی در گروه تکیه‌بر (Md=۲۴/۱۲)، در دامنه اطمینان میانگین برجستگی (۲۲/۶۰-۳۵/۱۱) و میانه برجستگی در گروه بی‌تکیه (Md=۱۹/۹۷)، در دامنه اطمینان میانگین (۱۶/۵۹-۲۸/۸۸) قرار دارد پس توزیع، متقارن است. بنابراین از مدل آماری تی دو گروه مستقل با واریانس ترکیبی استفاده شده است. آمار توصیفی تأثیر تکیه بر مقادیر پارامتر برجستگی به‌این شرح است: در شرایطی که [n] در هجای تکیه‌بر است (میانگین: ۲۸/۸۶، انحراف معیار: ۱/۶۷) و در شرایطی که [n] در هجای بی‌تکیه است (میانگین: ۲۲/۷۴، انحراف معیار: ۱/۶۵). با توجه به میزان t به‌دست‌آمده، در خصوص اثر تکیه در توالی [ũn] بر میزان برجستگی (t=۲/۷۴)، تفاوت معناداری بین میانگین برجستگی در دو گروه تکیه‌بر و بی‌تکیه به‌دست نیامد.

۵. نتیجه‌گیری

با توجه به تحلیل‌های آماری در مورد تأثیر خیشومی‌شدگی بر ابعاد ارتفاع واکه و محل تولید واکه و با در نظر گرفتن پارامترهای آکوستیکی مطرح‌شده، نتایج زیر به‌دست می‌آیند.

ارتفاع واکه: F۱

الف- واکه خیشومی [ã] در مقایسه با واکه دهانی [a] به‌لحاظ ارتفاع، تفاوتی ندارد. به‌عبارت‌دیگر واکه خیشومی [ã] به‌همان‌اندازه واکه دهانی [a] افتاده است و در اثر خیشومی‌شدگی، افراشته‌تر یا افتاده‌تر نمی‌شود.

ب- واکه خیشومی [ũ] در مقایسه با واکه دهانی [u]، به‌لحاظ ارتفاع افتاده‌تر شده است. بنابراین خیشومی‌شدگی باعث کاهش ارتفاع واکه و افتاده‌تر شدن واکه [ũ] نسبت به واکه دهانی [u] شده است.

ج- دو واکه [ã] و [ũ] به‌لحاظ ارتفاع متفاوت هستند. بنابراین علیرغم افتاده‌تر شدن واکه خیشومی [ũ] نسبت به واکه دهانی [u]، واکه [ũ] تا آن حد افتاده‌تر نشده است که به‌لحاظ افتادگی مانند [ã] شود.

بررسی آکوستیکی ارتقای واکه /a/ به واکه [u] ...

د- واکه‌های خیشومی [ã] و [ũ] در اثر افتادگی [ũ] شبیه‌تر هستند تا متناظرهای دهانی‌شان.

محل تولید: F۲

الف- از نظر محل تولید (پیشین یا پسین بودن) دو واکه دهانی [a] و [u] تفاوت معناداری ندارند و هردو به یک اندازه پسین هستند.
ب- واکه [a] و [ã] در بعد محل تولید متفاوت هستند، به این صورت که از میزان پسین بودن واکه [ã] در اثر خیشومی شدگی کاسته شده است.
ج- واکه‌های [u] و [ũ] از نظر ارتفاع به یک اندازه پسین هستند.
د- دو واکه [ã] و [ũ] به یک اندازه پسین هستند.
ه- واکه [ũ] و همخوان خیشومی [n] در بعد محل تولید تفاوت معناداری ندارند، به عبارت دیگر واکه [ũ] در اثر خیشومی شدگی در بعد محل تولید به [n] نزدیک شده است. البته باید توجه داشت که اندام‌های گویایی فعال و منفعل [u] و [n] کاملاً با یکدیگر متفاوت هستند.

محل تولید F۲-F۱

الف- واکه‌های [a] و [u] در بعد محل تولید متفاوت هستند، به این صورت که میزان پسین بودن [u] کمتر از [a] است.
ب- واکه‌های [a] و [ã] از نظر محل تولید متفاوت هستند، به این صورت که از میزان پسین بودن واکه [ã] در اثر خیشومی شدگی کاسته شده است.
ج- واکه‌های [u] و [ũ] از نظر محل تولید هردو به یک اندازه پسین هستند.
د- واکه‌های [ã] و [ũ] نیز در بعد محل تولید متفاوت هستند. به این صورت که از میزان پسین بودن واکه [ũ] کاسته شده است.

مقایسه F۲-F۱ و F۲

نتایج به دست آمده در بعد محل تولید در قالب دو پارامتر F۲ و F۲-F۱ نشان می‌دهند که این دو پارامتر از سه نظر متفاوت هستند.
الف- با توجه به F۲، [a] و [u] به یک اندازه پسین هستند، در حالی که با توجه به F۲-F۱، F۲، [a] پسین‌تر از [u] است.
ب- با توجه به F۲، [ã] و [ũ] به یک اندازه پسین هستند در حالی که با توجه به F۲-F۱، [ã] پسین‌تر از [ũ] است.

ج- با توجه به F₂، [ũ] و [n] مانند هم هستند درحالی‌که با توجه به F₁-F₂ [ũ] و [n] متفاوت هستند.

مقادیر F₁ و F₂-F₁ همخوانِ خیشومی [n]، با مقادیر F₁ و F₂-F₁ تمامی چهار واژه [a]، [ã]، [u] و [ũ] متفاوت است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در اثر خیشومی‌شدگی هیچ‌یک از دو واژه [ã] و [ũ] با همخوان [n] هم‌پوشی ندارند. اما با توجه به F₂، واژه‌های [a]، [ã] و [u] از [n] به‌طرز معناداری متفاوت هستند.

برجستگی

الف- مقدار برجستگی در توالی [ũn] بیشتر از توالی [ãn] است. به‌عبارت‌دیگر میزان تمایز واژه [ũ] از [n] بیشتر از تمایز واژه [ã] از [n] است.

ب- در هر دو توالی، تکیه نیز بر مقادیر برجستگی اثر دارد. به‌عبارت‌دیگر میزان برجستگی [n] در هجای تکیه‌بر بیشتر از هجای بی‌تکیه است. بنابراین هر جا [n] در هجای تکیه‌بر باشد، با واژه پیش از خود یعنی [ã] یا [ũ] تمایز بیشتری دارد.

ج- در توالی [ãn]، تکیه، بر مقادیر برجستگی تأثیر دارد. به‌این‌معنا که در توالی [ãn] در واژه‌هایی که [n] در هجای تکیه‌بر قرار دارد، میزان برجستگی بیشتر است. در نتیجه، دو آوای [n] و [ã] در مواردی که [n] در هجای تکیه‌بر باشد نسبت به مواقعی که [n] در هجای بی‌تکیه باشد، از یک‌دیگر متمایزتر هستند.

د- در توالی [ũn] تفاوت معناداری در مقادیر برجستگی، در اثر عامل تکیه وجود ندارد. به‌عبارت‌دیگر تکیه‌بر بودن یا نبودن هجای دربردارنده همخوان [n] در ایجاد تمایز بین این همخوان و واژه [ũ] تأثیری ندارد.

به‌طور کلی با توجه به داده‌های مورد بررسی، در زبان فارسی، واژه افتاده خیشومی ارتقا می‌یابد. بنابراین زبان فارسی با زبان‌های دیگری که بدور (۱۹۸۳: ۹۹) مطرح می‌کند، یعنی زبان‌های دانمارکی، انگلیسی سواحل شرقی^۱، توبا باتوک^۲، برتون^۳، دیولا فوگنی^۴، هایدای^۵، کانادای هاویاکا^۶، ناما، پرتغالی، سنکا^۷، وری^۸، گوئلاویا زاپوتک^۹، ایرلندی اسکاتلندی و تائوس^{۱۰}

1. East Coast English
2. Toba Batok
3. Breton
4. Diola Fogny
5. Haida
6. Havyaka Kannada
7. Seneca
8. Wori
9. Guelavia Zapatec

بررسی آکوستیکی ارتقای واکه /a/ به واکه [u] ...

تائوس^۱ در زمره زبان‌هایی قرار می‌گیرد که خیشومی‌شدگی در آن‌ها باعث ارتقای واکه افتاده می‌شود. توجه به این نکته ضروری است که این فرایند در زبان فارسی کاملاً سبک‌وابسته است. به بیان دیگر همان‌گونه که پیشتر نیز ذکر شد، این فرایند فقط زمانی رخ می‌دهد که واژه موردنظر در سبک محاوره‌ای به کار رود.

همچنین از مقایسه دو واکه [u] و [ũ] باید مطرح کرد که زبان فارسی تا حدودی با این الگوی جهانی بدور (۱۹۸۳: ۹۹) که خیشومی‌شدگی باعث افتادگی واکه افراشته می‌شود نیز سازگار است. البته نه تا آن حد که مانند واکه افتاده و پسین [ã] تلفظ شود. این احتمال می‌رود که واکه [u] در اثر خیشومی‌شدگی و افتادگی، بیشتر شبیه واکه [õ] شود که البته در این مورد نیاز به تحقیق و بررسی است.

بررسی‌های بدور بر روی داده‌هایی از زبان انگلیسی، ترکی، ایگبو و هندی نشان می‌دهد که خیشومی‌شدگی باعث کاهش بسامد سازه دوم می‌شود، در حالی که در زبان فارسی این مسئله تأیید نمی‌شود. به عبارت دیگر در زبان فارسی خیشومی‌شدگی در مورد واکه [a] باعث افزایش سازه دوم می‌شود و در مورد واکه [u]، خیشومی‌شدگی تأثیر چندانی بر مقادیر سازه دوم نمی‌گذارد. همچنین بدور اشاره می‌کند که پارامتر F_۱ در واکه‌های افراشته پسین خیشومی در زبان‌های مزبور، با مقادیر F_۱ واکه‌های دهانی متناظر آن‌ها، تفاوت چندانی ندارد. در حالی که در زبان فارسی مقادیر F_۱ در واکه [ũ] نسبت به واکه دهانی [u] افزایش می‌یابد. بنابراین واکه [ũ] افتاده‌تر از واکه [u] است. در مورد تحلیل‌ها و نتایج مربوط به پارامتر برجستگی، ذکر توضیحات زیر ضروری است.

تحولات واجی در دو جهت متفاوت رخ می‌دهند، یکی همگونی و دیگری ناهمگونی. گفته می‌شود زمانی که یک تحول واجی در جهت همگونی رخ می‌دهد، در اثر تبدیل آوایی به آوای دیگر، خصوصیات آوایی تبدیل‌شده به خصوصیات آوایی مجاور شباهت بیشتری پیدا می‌کند. در نتیجه این مسئله، یعنی شباهت بیشتر بین آواها، باعث سهولت تولید می‌شود، بنابراین به سود گوینده و به عبارتی گوینده - محور است. از سوی دیگر، زمانی که یک تحول واجی در جهت ناهمگونی رخ می‌دهد، در اثر تبدیل آوایی به آوای دیگر، خصوصیات آوایی تبدیل‌شده از خصوصیات آوایی مجاور متمایزتر می‌گردد و در نتیجه این مسئله یعنی تمایز بیشتر بین دو آوا به لحاظ ادراکی باعث شفافیت شنیداری می‌شود و بنابراین به سود شنونده و به عبارتی شنونده - محور است.

با توجه به نتایج به دست آمده از بررسی پارامتر برجستگی، تبدیل /a/ به [u] در بافت -n فرایندی شنونده - محور است. به عبارت دیگر از آن‌جا که در مقایسه دو توالی [ãn] و [ũn]، واکه [ũ] از [n] متمایزتر است تا واکه [ã]، واکه /a/ به [u] تبدیل می‌شود تا تمایزات بیشتر

1. Taos

شده و در نتیجه وضوح شنیداری افزایش یابد. بنابراین می‌توان عنوان کرد که فرضیه مطرح‌شده در ابتدای این تحقیق مورد تأیید قرار می‌گیرد. در نتیجه، ارتقای واکه /a/ به [u] در بافت n-شونده - محور و برای ایجاد وضوح شنیداری بیشتر است. یکی از نظریاتی که به‌کرات مطرح می‌شود این است که ابهام ادراکی برخی از واکه‌های خیشومی، منجر به تغییرات تولیدی در ارتفاع واکه‌ها می‌شود. این نظریه در دو نوع تعمیم مطرح می‌شوند. پاسی^۱ (۱۸۹۱) معتقد است که به‌لحاظ ادراکی، برجستگی خیشومی شدگی، در واکه‌های بسته کمتر از واکه‌های باز است. بنابراین واکه‌های بسته، افتاده می‌شوند تا خیشومی‌شدگی واکه بهتر درک شود (بدور، ۱۹۸۳: ۱۰۸، نقل در پاسی، ۱۸۹۱: ۱۸۱). هادریکورت^۲ (۱۹۴۷) بر این باور است که واکه‌های خیشومی افراشته و میانه نسبت به واکه‌های خیشومی افتاده، تمایز کمتری دارند. بنابراین واکه‌های خیشومی غیرافتاده، افتاده می‌شوند تا تمایزات درون نظام واکه‌های خیشومی را افزایش دهند (بدور، ۱۹۸۳: ۱۰۹، نقل از هادریکورت، ۱۹۴۷: ۴۳). نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که ابهام ادراکی واکه‌های خیشومی منجر به تغییرات تولیدی در ارتفاع واکه می‌شود، ولی جهت این تغییرات در زبان فارسی، با تعمیم‌های ارائه‌شده توسط پاسی و هادریکورت هماهنگی ندارد. به‌عبارت‌دیگر، در قالب این نظریه ادراکی، در مورد زبان فارسی می‌توان تعمیم زیر را مطرح کرد:

در سبک محاوره‌ای زبان فارسی، برجستگی خیشومی‌شدگی در واکه‌های افتاده پسین در بافت n- کمتر از واکه‌های افراشته پسین در بافت n- است، بنابراین واکه‌های افتاده پسین، ارتقا می‌یابند تا خیشومی‌شدگی واکه بهتر درک شود.

باتوجه به نتایج به‌دست‌آمده از تأثیر عامل تکیه، بر مقادیر برجستگی و بررسی جداگانه آن در دو توالی [ãn] و [ũn] به این نتیجه رسیدیم که در توالی [ãn]، در هجاهای تکیه‌بر حاوی [n]، واکه [ã] از [n] دورتر و متمایزتر است تا در هجاهای بی‌تکیه حاوی [n]. بنابراین احتمال وقوع فرایند ارتقا (در واژه‌های حاوی توالی [ãn]، با همخوان بی‌تکیه [n])، بیشتر است. می‌توان نتیجه ضمنی زیر را نیز مطرح کرد:

اگر قرار باشد واژه‌هایی وارد سبک محاوره‌ای شوند، ترجیحاً واژه‌هایی وارد می‌شوند که در آن‌ها در توالی [ãn]، [n] در هجای بدون تکیه باشد، به‌بیان‌دیگر

1. P. Passy

2. A. G. Haudricourt

واژه‌هایی که در آن‌ها در توالی [ãn]، [n] در هجای تکیه‌بر قرار دارد، نسبت به محاوره‌ای شدن مقاومت بیشتری نشان می‌دهند.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از ساختار سازه‌ای واکه‌ها و مقایسه آن‌ها با ساختار سازه‌ای [n] و همچنین نتایج حاصل از پارامتر برجستگی، ظاهراً با یک تضاد مواجه هستیم. به‌بیان‌دیگر از یک سو [ũ] به‌لحاظ پارامترهای F₁ و F₂-F₁ به [n] نزدیک‌تر است تا [ã] و به‌لحاظ پارامتر F₂، [ũ] با [n] تفاوت معناداری ندارد. و از سوی دیگر به‌لحاظ برجستگی، [ũ] از [n] متمایزتر است تا [ã] از [n]. در این مورد توجه به این نکته ضروری است که در محاسبه مقادیر برجستگی، علاوه بر مقادیر F₁ و F₂، مقادیر F₃ نیز دخالت دارند. به‌این ترتیب نتیجه می‌گیریم که آنچه باید باعث برجستگی بیشتر [ũn] باشد، مقادیر F₃ است. ناتان سندرز^۱ (۲۰۰۸: ۴) اشاره می‌کند که گردی لب‌ها در واکه‌ها باعث کاهش مقادیر F₃ می‌شود. وی اضافه می‌کند این مسئله بر واکه [u] تأثیر بیشتری دارد و با افتاده‌تر شدن واکه و گسترده‌شدن شکل لب‌ها، مقادیر F₃ افزایش می‌یابد. به‌عبارت‌دیگر هرچه واکه‌ای افراشته‌تر و گردتر باشد، نسبت به واکه‌های افتاده‌تر و گسترده‌تر، دارای مقادیر F₃ کمتری است. با توجه به این مسئله، می‌توان عنوان کرد که در زبان فارسی، گردی بیشتر لب‌ها در [ũ]، در کنار افراستگی بیشتر این واکه، درمقایسه با [ã]، بر [ũn] تأثیر می‌گذارد و این مسئله منجر به برجسته‌تر شدن [ũn] نسبت به [ãn] می‌شود. به‌این ترتیب می‌توان تعمیم زیر را مطرح کرد:

کاهش مقادیر فرکانسی سازه سوم (F₃) در واکه افراشته گرد [ũ] نسبت به واکه افتاده [ã] (با گردی کمتر نسبت به [ũ])، بر برجسته‌شدن توالی [ũn] نسبت به توالی [ãn] مؤثر است.

منابع

- صادقی، علی‌اشرف (۱۳۸۰). "تبدیل (آن) و (آم) به (اون) و (اوم) در فارسی گفتاری و سابقه آن". *مسائل تاریخی زبان فارسی*. تهران: انتشارات سخن، ۱۰۱-۷۷.
- کشانلی، خسرو (۱۳۷۲). *فرهنگ فارسی زانسو*. تهران: مرکز نشر دانشگاهی.

Beddor, P. S. (1983). *Phonological and phonetic effects of nasalization on vowel height*. PhD. Dissertation, Indiana University.

- Fukumori, H. K. (1992). "An Acoustical Basis for Universal Phonotactic Constraints". *Language and Speech*, 79-86.
- Hayward, K. (2000). *Experimental Phonetics*. Edinburgh: Pearson Education Limited.
- Hodge, C. T. (1957). "Some Aspects of Persian Style". *Language*. 33: 355- 369.
- Kenstowicz, M. (1994). *Phonology in Generative Grammar*. S.L.: Blackwell.
- McCarthy, J. (2008). *Doing Optimality Theory: Applying Theory to Data*. S.L.: Malden: Blackwell Publishing.
- Sanders, N. 2008. "Perturbation Theory". [Online].
<http://wso.williams.edu/~nsanders/LING210/handout-perturbation.pdf>.