پژوهش‌های زبانی، سال ۱۰، شمارهٔ ۱، بهار و تابستان ۱۳۹۸
(از ص ۸۳ تا ص ۱۰۴)

درج همخوان برای جلوگیری از التقای واکه‌ها در زبان فارسی: یک بررسی آوایی

وحید صادقی[۱]
دانشیار گروه زبان‌شناسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)
تاریخ دریافت مقاله: ۱۰/۳/ ۹۷؛ تاریخ پذیرش مقاله ۹۷/۱۱/۲۳

چکیده

در یک مطالعهٔ آزمایشگاهی درج همخوان غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h] برای جلوگیری از التقای واکه‌ها را از طریق مشاهدهٔ الگوی تغییرات فرکانس و شدت انرژی سیگنال صوتی بررسی کردیم. تعدادی کلمهٔ فارسی حاوی وندهای اشتقاقی، تصریفی یا واژه‌بست که شامل توالی‌های واکه‌ای V1-V2 بودند، انتخاب شدند طوری که V1 عضو پایانی ستاک (ریشه) کلمه و V2 عضو آغازی پسوند باشد. در پیشینهٔ مطالعات فارسی چنین بحث شده است که درج همخوان در توالی‌های واکه‌ایِ V-V وابسته به مشخصهٔ آوایی واکهٔ اول است. بر این اساس با توجه به اهمیت V1 در تعیین ماهیت آوایی همخوان میانجی، کلمات طوری انتخاب شدند که شامل هر یک از شش واکهٔ زبان فارسی، در جایگاه V1 باشند. دو نوع اندازه‌گیری صوتی بر روی زنجیره‌های آوایی هدف انجام شد؛ یکی در حوزهٔ فرکانس (الگوی گذار فرکانس‌های F1 و F2 در گذار از واکه به همخوان میانجی و بالعکس) و دیگری در حوزهٔ شدت انرژی (شدت انرژی کل و شدت انرژی فرکانس‌های میانی و بالا). نتایج نشان داد که درج غلت [j] در V-V باعث تغییر الگوی گذار فرکانس سازه‌ها می‌شود، ولی درج چاکنایی‌ها در این بافت منجر به تغییرات فرکانسی سازه‌ها نمی‌شود. این نتایج همچنین نشان داد که درج همخوان‌های میانجی در V-V منجر به کاهش دامنهٔ انرژی فرکانس‌های میانی و بالا می‌شود، ولی دامنهٔ انرژی فرکانس‌های پایین با درج این همخوان‌ها تغییر نمی‌کند. بر این اساس، چنین بحث کردیم که مهم‌ترین تغییر صوتی در گذار از واکه به همخوان میانجی و همخوان میانجی به واکه در VGV، تغییر در الگوی زمان‌بندی ارتعاش تاراواهاست. این تغییر، حداقل تغییر آوایی لازم برای تبدیل ساخت واجی غیرمجازِ V.V به VCV است. از دیدگاه واجی، یافته‌های این پژوهش با نظام مشخصه‌بنیاد چامسکی و هله (۱۹۶۸) مطابقت دارد که بر اساس آن چاکنایی‌ها و غلت‌ها به طور مشترک با مشخصه‌های آوایی [-vocalic] و [-cons] نمایش داده می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: درج همخوان، همخوان غلت [j]، چاکنایی‌های [ʔ] و [h]، دامنهٔ انرژی کل، دامنهٔ انرژی فرکانس‌های میانی و بالا، الگوی واک‌سازی حنجره

---

۱. رایانامهٔ نویسندهٔ مسئول: vsadeghi@hum.ikiu.ac.ir

۱- مقدمه

پژوهش حاضر به بررسی آوایی فرایند درج همخوان میانجی در نظام آوایی زبان فارسی می‌پردازد. نقش غلت‌ها و چاکنایی‌ها در زبان فارسی به عنوان همخوان میانجی برای جلوگیری از التقای واکه‌ها به‌مراتب بیشتر از سایر همخوان‌هاست. در این پژوهش، رفتار آوایی همخوان‌های چاکنایی و غلت درج‌شده در میان دو واکه (V-V) را از طریق مشاهدهٔ الگوی تغییرات فرکانس و شدت انرژی موج صوتی در یک مطالعه آزمایشگاهی بررسی خواهیم کرد و بر اساس یافته‌های به دست آمده درباره طبقه‌بندی واجی غلت‌ها و چاکنایی‌ها در چارچوب نظام‌های واجی مشخصه‌بنیاد بحث خواهیم کرد. تحقیق حاضر برای پاسخگویی به دو سؤال مهم درباره فرایند درج همخوان در نظام آوایی زبان فارسی انجام می‌شود. سؤال اول این است که رفتار آوایی همخوان‌های چاکنایی و غلت فارسی در فرایند درج همخوان چگونه است؟ آیا عناصر چاکنایی و غلت به صورت گونه-هایی سخت و قوی در V-V درج می‌شوند یا آن‌که حضور آنها در این بافت با تضعیف یا کاهش قابل‌ملاحظهٔ فعالیت الگوهای تولیدی مربوطه همراه است؟ سؤال دوم این است که آیا چاکنایی‌ها و غلت‌ها در V-V رفتار آوایی مشابهی دارند طوری که بتوان آنها را با شاخصه‌های صوتی یکسانی توصیف کرد؟ پاسخ مثبت به این سؤال شاهدی دیگر بر این مدعاست که چاکنایی‌ها و غلت‌ها در نظام آوایی زبان فارسی به یک طبقهٔ واجی واحد تعلق دارند. این مقاله در چند بخش تهیه شده است. ابتدا ویژگی‌های آوایی همخوان‌های چاکنایی و غلت را از دیدگاه آواشناسی بررسی می‌کنیم. سپس، به توصیف و طبقه‌بندی واجی این همخوان‌ها در چارچوب نظام‌های واجی مشخصه‌بنیاد می‌پردازیم. بعد از آن درج همخوان‌های میانجی در پیشینهٔ مطالعات فارسی را بررسی خواهیم کرد. در ادامه، ویژگی‌های صوتی همخوان‌های چاکنایی و غلت فارسی را به عنوان همخوان‌های میانجی در چارچوب یک تحقیق آزمایشگاهی بررسی و درباره رفتار آوایی و واجی این همخوان‌ها بحث می‌کنیم.

۲- غلت‌ها و چاکنایی‌ها از دیدگاه آوایی

غلت‌ها مانند واکه‌ها فاقد یک گرفتگی مشخص و برجسته در دستگاه گفتار هستند (چامسکی و هله، ۱۹۶۸؛ هان‌هانت، ۲۰۰۹: ۱۵)؛ برای تولید یک همخوان غلت، بدنهٔ زبان برای ایجاد یک گرفتگیِ باریک در سخت‌کام (/j/) و یا نرم‌کام (/w/) فعال می‌شود. میزان این گرفتگی به اندازه‌ای است که موجب تضعیف دامنهٔ طیف فرکانسی غلت

نسبت به واکهٔ مجاورش می‌شود؛ اما این گرفتگی آن‌قدر زیاد نیست که باعث ایجاد یک ناپیوستگی صوتی در مرز بین همخوانِ غلت و واکه گردد (استیونز ۱۹۹۸؛ ۲۰۰۲)؛ بنابراین در تولید غلت‌ها مانند واکه‌ها، ناپیوستگی ناگهانی در سیگنال صوتی اتفاق نمی‌اُفتد و هیچ نقطهٔ صفر انرژی در طیف فرکانسی وجود ندارد (استیونز، ۱۹۹۸).

سلکرک (۱۹۸۴) بین غلت‌های /j/ و /w/ و واکه‌های /i/ و /u/ هیچ‌گونه تمایز تولیدی-صوتی قائل نمی‌شود و از این رو از مشخصه‌ی آوایی جداگانه‌ای برای تمایز غلت‌ها از واکه‌ها استفاده نمی‌کند. وی تفاوت این طبقات آوایی را صرفاً به توزیع متفاوتشان در ساختمان هجا نسبت می‌دهد. سلکرک (همان) برای توصیف طبقات عمده واجی شامل واکه‌ها، همخوان‌های رسا و همخوان‌های گرفته به جای مشخصه‌های [همخوانی، واکه‌ای] از شاخص رسایی استفاده می‌کند. در نظام رسایی‌بنیاد سلکرک، واکه‌های /i/ و /u/ از واکه‌های دیگر رسایی کمتری دارند، اما میزان رسایی /j/ و /w/به اندازهٔ واکه‌های افراشته‌ی /i/ و /u/ است. تمایز واکه‌های /i/ و /u/ از غلت‌های /j/ و /w/ با توجه به توزیعشان در ساختمان هجا مشخص می‌شود. اگر /i/ و /u/ قبل از واکه‌های دیگر (که رساتر از آنها هستند) قرار بگیرند، به صورت /j/ و /w/ درک می‌شوند، ولی اگر در مرکز هجا قرار بگیرند، به صورت واکه درک می‌شوند.

کتفورد (۱۹۸۸؛ ۲۰۰۱، ۷۲-۷۱) معتقد است که غلت‌ها، واکه‌های بسیار کوتاه یا لحظه‌ای هستند؛ یعنی /j/ همان /i/ و /w/ همان /u/ است که فقط تولید آنها از حالت ممتد به لحظه‌ای تبدیل شده است. بر این اساس، اگر /j/ و /w/ به طور ممتد تولید شوند، به ترتیب به واکه‌های /i/ و /u/ تبدیل می‌شوند و برعکس، /j/ و /w/ اگر به طور لحظه‌ای تولید شوند، به ترتیب به غلت‌های /j/ و /w/ بدل می‌شوند.

با این حال، بسیاری از واج‌شناسان با ارائه استدلال‌هایی از واج‌شناسی نظری و آزمایشگاهی، غلت‌ها را در طبقه‌ی آوایی مجزایی از واکه‌ها قرار داده‌اند. پارکر (۲۰۰۲)، پجت (۲۰۰۸) و نوینز و کایتوران (۲۰۰۸) با استناد به شواهدی از واج‌شناسی نظری استدلال می‌کنند که رفتار واجی همخوان‌های غلت و واکه‌ها با یکدیگر متفاوت است زیرا در فرآیندهای واجی جداگانه‌ای مشارکت دارند. از سوی دیگر، برخی محققین، مانند استیونز (۱۹۹۸، ۲۰۰۲)، استیونز و هنسن (۲۰۰۹) و هان‌هانت (۲۰۰۹) با استناد به شواهد آزمایشگاهی استدلال کرده‌اند که غلت‌ها و واکه‌ها دو طبقه آوایی مجزا از یکدیگرند چون میزان گرفتگی دستگاه گفتار در غلت‌ها از واکه‌ها، از جمله واکه‌های

افراشته، بیشتر است. این دیدگاه با نظام طبقه‌بندی مشخصه‌بنیادِ چامسکی و هله (۱۹۶۸) مطابقت دارد که بر اساس آن میزان گرفتگیِ بیشتر از یک واکهٔ افراشته با مشخصه‌ی [- واکه‌ای] نشان داده می‌شود.

استیونز (۱۹۹۸) نشان داده است که میزان اُفت فشار در اطراف محل گرفتگی در تولید غلت‌ها مانند واکه‌های افراشته ناچیز است و به همین دلیل حالت واک‌سازیِ حنجره هنگام تولید آنها کاملاً طبیعی بوده و طیف فرکانسی آنها سازه‌ای و تمام قله‌ای است؛ اما چون گرفتگی غلت‌ها باریک‌تر از واکه‌هاست، F1 آنها تا حدی کمتر از F1 واکه‌های افراشته است. استیونز (همان) همچنین توضیح داده است که باریکی بیشتر حفرهٔ فوق حنجره در غلت‌ها از یک سو باعث کاهش دامنهٔ پالس‌های چاکنایی و از سوی دیگر باعث تأخیر در شروع مرحله باز چرخهٔ ارتعاش طی هر پالس چاکنایی می‌شود که برآیند این وضعیت تولیدی-آیرودینامیکی، کاهش دامنهٔ انرژی سیگنال و طیف فرکانسی همخوان‌های غلت است. به علاوه، طول بیشتر مرحلهٔ باز چرخهٔ ارتعاش، باعث کاهش فرکانس پایه (F0) در غلت‌ها در مقایسه با واکه‌ها می‌شود.

هان‌هانت (۲۰۰۹) در یک مطالعهٔ آزمایشگاهی همبسته‌های صوتی- درکی همخوان‌های غلت را بررسی کرده است. وی نشان داده است که گرفتگی فوق‌حنجره‌ایِ نسبی در تولید غلت‌ها باعث می‌شود که ۱) فرکانس F1 کاهش یابد، ۲) پهنای نوار فرکانس F1 بزرگ‌تر شود؛ ۳) دامنهٔ انرژی فرکانس‌های پایین کاهش یابد؛ ۴) طول مرحلهٔ باز چرخهٔ ارتعاش طی هر پالس چاکنایی افزایش یابد؛ ۵) فرکانس پایه در اثر گرفتگی فوق‌حنجره و افزایش طول مرحله باز چرخهٔ ارتعاش کمتر شود و ۶) نسبت نوفه به سیگنال (NHR) افزایش یابد.

همخوان‌های چاکنایی طبقهٔ دیگری از همخوان‌های رسا هستند. سایش چاکنایی /h/ ناظر بر وضعیت هندسی [+spread gl] و بست چاکنایی ناظر بر وضعیت هندسی [+constricted. gl] است (لده‌فوگد، ۲۰۰۵). وضعیت [+spread gl] در فضای صوتی با کاهش قابل‌ملاحظهٔ شدت انرژی در فرکانس‌های پایین، یعنی H1 و F1 و فرکانس‌های میانی، یعنی F2 و F3 و حضور انرژی نوفه‌ای در فرکانس‌های بالا، یعنی F4 و F5 متناظر است (استیونز و هنسن، ۱۹۹۵؛ لده فوگد، ۲۰۰۵). در مقابل، وضعیت هندسی [+constricted gl] در فضای صوتی به صورت سکوت یا اُفت قابل‌ملاحظهٔ شدت انرژی در حوزهٔ فرکانس موج صوتی است. همخوان‌های چاکنایی در بسیاری از جایگاه‌های

واجی از جمله پایانهٔ هجا یا بین دو واکه تضعیف‌شده و به صورت گونه‌های خفیف تولید می‌شوند (ثمره، ۱۳۷۸؛ بی‌جن‌خان، ۱۳۹۲؛ بی‌جن‌خان، ۲۰۰۰؛ صادقی و بی‌جن‌خان، ۲۰۰۷؛ صادقی، ۲۰۱۱). با توجه به عدم فعالیت الگوی گرفتگی دهانی در چاکنایی‌ها، تولید خفیف این همخوان‌ها باعث شباهت‌شان با واکهٔ مجاور می‌شود. میزان شباهت آوایی این همخوان‌ها با واکهٔ مجاور از طریق مقایسهٔ اختلاف دامنهٔ طیف فرکانسی در فرکانس‌های پایین و بالا مشخص می‌شود. هر قدر از گستردگی چاکنای برای تولید /h/ کاسته شود، با کاهش شدت نوفه دمش و افزایش ارتعاش تارآواها متوسط شدت انرژی طیف در فرکانس‌های پایین و میانی افزایش‌یافته و انرژی طیف در فرکانس‌های بالا به تدریج به شکل قله‌های فرکانسی درمی‌آید و به این ترتیب میزان شباهت آوایی /h/ با واکهٔ بعد به‌تدریج بیشتر می‌شود. همچنین به میزانی که از فعالیت چاکنای برای تولید /ʔ/ کاسته شود، بر میزان ارتعاش تارآواها افزوده می‌شود و درنتیجه شدت انرژی فرکانس‌های پایین افزایش می‌یابد و به این ترتیب شباهت آوایی /ʔ/ به واکهٔ مجاور به حداکثر میزان ممکن می‌رسد (استیونز و هنسن، ۱۹۹۵؛ لده‌فوگد، ۲۰۰۵).

بنابراین، بر اساس یافته‌های عرضه‌شده در پیشینهٔ مطالعات صوتی، وجه اشتراک غلت‌ها و چاکنایی‌ها، به لحاظ آوایی، کاهش فرکانس پایه و کاهش دامنهٔ انرژی فرکانس‌های پایین است. در تولید هر دو طبقهٔ آوایی، فشار جریان هوای زیرحنجره در اثر گرفتگی نسبی دستگاه گفتار (حفرهٔ دهان در غلت‌ها و حفرهٔ حنجره در چاکنایی‌ها) در طول مرحلهٔ باز چرخهٔ ارتعاش کاهش می‌یابد که در اثر آن فرکانس پایه کاهش‌یافته و دامنهٔ انرژی فرکانس‌های پایین تضعیف می‌شود.

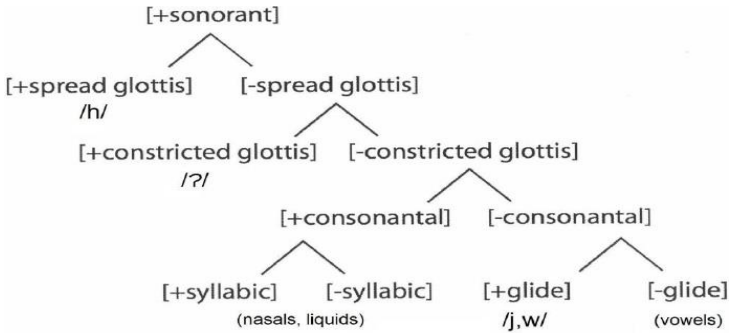
۳- غلت‌ها و چاکنایی‌ها از دیدگاه واجی

طبقه‌بندی واجی غلت‌ها و چاکنایی‌ها در چارچوب نظام‌های مشخصه‌بنیاد همواره بحث‌برانگیز بوده است. اغلب واج‌شناسان با استناد به شواهد واجی و آوایی استدلال کرده‌اند که غلت‌ها و چاکنایی‌ها را باید با استفاده از مشخصه‌های دوارزشیِ تمایزدهنده از واکه‌ها متمایز کرد اما در این خصوص که کدام مشخصه‌های دوارزشی این دو طبقهٔ آوایی را از واکه‌ها متمایز می‌کند، اتفاق نظر وجود ندارد. طبقه‌بندی غلت‌ها و چاکنایی‌ها با سایر همخوان‌ها ذیل یک طبقهٔ آوایی واحد، یعنی [cons+]، یکی از راهکارهای نظری مطرح برای تمایز واجی این آواها از یکدیگر بوده است (پجت، ۲۰۰۸؛ لوی، ۲۰۰۸)؛ اما این طبقه‌بندی با تعریف ارائه‌شده در چامسکی و هله (۱۹۶۸) مغایرت دارد. طبقهٔ

[cons+] در اس‌پی‌ای به آواهایی اطلاق می‌شود که گرفتگی آنها در دهان از نوع بست کامل یا حداقل سایش باشد، در حالی که گرفتگی دستگاه گفتار در غلت‌ها کمتر از سایش، یعنی به صورت ناسوده است؛ در چاکنایی‌ها نیز گرفتگی در چاکنای ایجاد می‌شود نه دهان. از نظر آوایی نیز مهم‌ترین همبستهٔ صوتی مشخصهٔ [cons+] وجود یک ناپیوستگی طیفی در مرز آغازی و پایانی یک همخوان است، در حالی که در طیف فرکانسی غلت‌ها ناپیوستگی فراوانی مشاهده نمی‌شود. طیف فرکانسی چاکنایی‌ها نیز در بسیاری از بافت‌های زنجیره‌ای و نوایی به‌ویژه در گفتار محاوره‌ای فاقد ناپیوستگی طیفی است (هان‌هانت، ۲۰۰۹).

استیونز و هنسن (۲۰۰۹) برای تمایز غلت‌ها از واکه‌ها مشخصهٔ دوارزشی [glide] را پیشنهاد داده‌اند. این مشخصه بخشی از یک نظام سلسله‌مراتبیِ مشخصه‌بنیاد است که بر مبنای روابط تولیدی-صوتی بین مشخصه‌ها تعریف می‌شود. در این نظام، ارزش‌دهیِ (به صورت + یا - یک مشخصه) الزاماً به معنای ارزش‌دهی مشخصه‌های مسلط بر آن مشخصه است اما با تعیین ارزش یک مشخصه، مشخصه‌هایی که فاقد روابط ساختاری با آن هستند، الزاماً ارزش‌دهی نمی‌شوند. شکل ۱ سلسله‌مراتب پیشنهادی استیونز و هنسن (۲۰۰۹) را برای مشخصه‌های (مستقل از اندام گویایی) وابسته به طبقهٔ [son+] را نشان می‌دهد. این شکل نشان می‌دهد که برای یک آوای [son+] هیچ‌یک از مشخصه‌های وابسته به گره [son-] مانند [strid] و [cont] ارزش‌دهی نمی‌شوند زیرا این مشخصه‌ها فاقد روابط تولیدی-صوتی با طبقهٔ آوایی [son+] هستند. مشخصهٔ [glide] در این هندسهٔ مشخصه‌ای در پایین سلسله‌مراتب مشخصه‌ها قرار دارد. [glide+] به غلت‌ها و [glide-] به واکه‌ها اشاره می‌کنند و هر دو طبقه در مشخصهٔ [cons-] شریک‌اند. خیشومی‌ها و روان‌ها از نظر [glide] ارزش‌دهی نمی‌شوند چون به طبقهٔ آوایی [cons+] تعلق دارند که با مشخصه [glide] رابطهٔ ساختاری ندارد. نکتهٔ مهم دربارهٔ این هندسهٔ مشخصه‌ای این است که چاکنایی‌ها با توجه به جایگاهشان در سلسله‌مراتب طبقهٔ آواییِ [son+]، از نظر مشخصهٔ [cons] ارزش‌دهی نمی‌شوند؛ بنابراین این هندسه فرض می‌کند که چاکنایی‌ها فاقد هر گونه رابطه ساختاری با واکه‌ها و همخوان‌های غلت هستند.

هان‌هانت (۲۰۰۹) با استناد به شواهد آزمایشگاهی ترکیب مشخصه‌های [cons] و [vocalic] را برای تمایز غلت‌ها از واکه‌ها از یک سو و غلت‌ها از سایر همخوان‌ها از



شکل ۱: سلسله‌مراتب پیشنهادی استیونز و هنسن (۲۰۰۹) برای مشخصه‌های (مستقل از اندام گویایی) وابسته به طبقهٔ [+son]

سوی دیگر پیشنهاد کرده است. وی بحث می‌کند که غلت‌ها و سایر همخوان‌ها یک ویژگی تولیدی-صوتی مشترک دارند که همانا ایجاد نوعی گرفتگی در دستگاه گفتار است که باعث می‌شود فشار جریان هوای زیرحنجره کاهش یابد و دامنهٔ سیگنال حنجره تضعیف شود. این الگوی تولیدی- صوتیِ مشترک را می‌توان با استفاده از مشخصهٔ [-vocalic] توضیح داد. چاکنایی‌ها نیز که گرفتگی‌شان در حنجره باعث کاهش دامنهٔ انرژی ارتعاش تارآواها می‌شود، [-vocalic] هستند؛ در مقابل، واکه‌ها همگی [+vocalic] هستند چون گرفتگی آنها بر الگوی واک‌سازی حنجره تأثیرگذار نیست. هان‌هانت همچنین استدلال می‌کند که چون غلت‌ها فاقد گرفتگی دهانی از نوع انسداد یا سایش هستند و میزان گرفتگی‌شان از همخوان‌های دیگر اعم از همخوان‌های گرفته و ناسوده کمتر است، بنابراین [-cons] هستند و سایر همخوان‌ها [+cons] هستند. از نظر هان‌هانت، چاکنایی‌ها که فاقد گرفتگی در حفرهٔ دهان هستند از نظر مشخصهٔ [cons] ارزش‌دهی نمی‌شوند؛ بنابراین واکه‌ها [+vocalic,-cons] و غلت‌ها [-vocalic, -cons] هستند ولی چاکنایی‌ها تنها [-vocalic] هستند و مشخصهٔ [cons] به آنها مربوط نمی‌شود.

۴- درج همخوان میانجی در پیشینهٔ مطالعات فارسی

درج همخوان میانجی در برخی مطالعات فارسی مورد بررسی قرار گرفته است که از آن جمله می‌توان به صادقی (۱۳۸۰)، بی‌جن‌خان (۱۳۸۴) و بی‌جن‌خان (۱۳۹۲) اشاره کرد. صادقی (۱۳۸۰) در تحلیل نوایی از همخوان‌های میانجی در چارچوب مکتب واج‌شناسی فرث این همخوان‌ها را «عناصر نوایی» به شمار می‌آورد؛ یعنی عناصری که

به ساخت زنجیره‌ای گفتار تعلق ندارند و در ترکیب واحدهای نوایی بزرگ‌تر مانند هجاها با توجه به شرایط خاص آوایی و یا صرفی-آوایی در ساخت زنجیره‌ای گفتار درج می‌شوند. صادقی (همان) معتقد است برخلاف واج‌ها، همخوان‌های میانجی وابسته به محور هم‌نشینی هستند و تمایز معنایی ایجاد نمی‌کنند.

صادقی (۱۳۸۰) همخوان‌های میانجی را به دو دستهٔ آوایی (h، w، v، ʔ، j) و صرفی-آوایی (dʒ، g، t، d، v، j) تقسیم کرده است. به اعتقاد او در درج همخوان میانجیِ آوایی، واکهٔ اول تعیین‌کنندهٔ شکل آوایی همخوان میانجی است به این معنا که اگر واکهٔ اول در توالی واجی دو واکه، یعنی V-V، یکی از واکه‌های غیرگردِ [e]، [ɑ] و [i] باشد، همخوان میانجی درج شده یکی از همخوان‌های [j] و [ʔ] خواهد بود، اما اگر واکهٔ اول، یکی از دو واکهٔ گرد فارسی، یعنی [o] و [u] باشد، در آن صورت، غلت نرمکامی [w] نیز علاوه بر همخوان‌های [j] و [ʔ] در این بافت درج می‌شود. در مقابل، همخوان‌های میانجیِ صرفی-آوایی، تابع شرایط صرفیِ تکواژهایی هستند که باعث التقای واکه‌ها می‌شوند. از نظر صادقی (۱۳۸۰)، این شرایطِ صرفی از شرایط آوایی مهم‌ترند چراکه گاهی شرایط آوایی، همخوان‌های میانجیِ خاصی را می‌طلبد ولی شرایط صرفی اجازه‌ی حضور آن را نمی‌دهد.

بی‌جن‌خان (۱۳۸۴) معتقد است که در فرایند درج همخوان میانجی در زبان فارسی، بدون در نظر گرفتن مقولهٔ نحوی ستاک نمی‌توان به طور مشخص درباره‌ی درج همخوان مناسب نظر داد. در مورد طبقهٔ افعال در صورتی که فعل با تکواژ نفی [-na]، نشانهٔ مضارع التزامی [-be] یا نشانهٔ مضارع اخباری [-mi] که هر سه به یک واکهٔ پیشین ختم می‌شوند، شروع شده باشد و اولین واکهٔ ستاک فعل، واکه‌ی پیشینِ [a] یا واکه‌های پسینِ [ɑ] و [o] باشد، غلت کامیِ [j] به عنوان همخوان میانجی درج می‌گردد. در مورد اسم‌ها، اگر اسم به واکهٔ افراشته‌ی [u] ختم شود و قبل از [u] همخوان خیشومی لثوی باشد، سایشی لب‌ودندانی [v] درج می‌شود؛ در غیر این صورت همخوان میانجی، نرمکامیِ [w] خواهد بود. برای علامت جمعِ [-hɑ] اگر اسمِ مورد نظر مختوم به واکهٔ [i] باشد، از غلت سخت‌کامی [j] به عنوان همخوان میانجی استفاده می‌شود. البته در موارد استثناء همخوان میانجیِ [dʒ] نیز درج می‌شود. طبقهٔ صفت‌ها که پسوند [-i] نسبت به آن‌ها افزوده می‌شود، غلت سخت‌کامی [j] استفاده می‌شود.

بی‌جن‌خان (۱۳۹۲) استدلال می‌کند که فرایندهای کشش جبرانی و درجِ همخوان در زبان فارسی امروز شواهدی هستند برای اینکه چاکنایی‌ها و غلت‌ها می‌توانند یک طبقه واجی واحد تشکیل بدهند. بر این اساس، وی، به پیروی از چامسکی و هله (۱۹۶۸) در تعریف آوایی طبقات عمدهٔ واجی، چاکنایی‌های /h/ و /ʔ/ را در کنار /w/ و /j/ در یک طبقه تحت عنوان «غلت‌ها» قرار داده است.

۵- روش تحقیق: آزمایشگاهی

تحقیق حاضر در چارچوب واج‌شناسی آزمایشگاهی انجام شد. داده‌هایی متناسب با سؤالات تحقیق انتخاب شدند. سپس تعدادی گوینده بومی فارسی معیار داده‌ها را در محیط آزمایشگاهی تولید کردند. در مرحلهٔ بعد، تعدادی پارامتر صوتی مرتبط با عناصر آوایی هدفِ تحقیق بر روی داده‌ها اندازه‌گیری شد. مقادیر اندازه‌گیری شدهٔ پارامترهای صوتی سپس در نرم‌افزار آماری، تحلیل استنباطی شده و بر مبنای نتایج آماری به دست آمده به سؤالات تحقیق پاسخ داده شد. داده‌های این تحقیق بر اساس شرایط آوایی درج همخوان میانجیِ آوایی در صادقی (۱۳۸۰) انتخاب شدند. چنانکه پیشتر گفتیم، همخوان‌های چاکنایی [h] و [ʔ] و غلت [j] و [w]، از نظر صادقی (۱۳۸۰)، نقش مهم‌تری نسبت به سایر همخوان‌ها در فرایند درج همخوان میانجی برای ممانعت از التقای واکه‌ای دارند. بنا بر نظر صادقی (همان) درج چاکنایی‌ها و غلت‌ها در توالی‌های واکه‌ایِ V-V وابسته به مشخصهٔ گردی واکهٔ اول است طوری که اگر واکهٔ اول یکی از واکه‌های غیرگرد [e]، [ɑ] و [i] باشد، همخوان میانجی درج شده یکی از همخوان‌های [j] و [ʔ] و اگر واکهٔ اول، یکی از دو واکهٔ گردِ [o] و [u] باشد، همخوان درج شده یکی از همخوان‌های [j]، [ʔ] و یا [w] است. بر این اساس، تعدادی کلمهٔ فارسی حاوی وندهای اشتقاقی، تصریفی یا واژه‌بست که شامل توالی‌های واکه‌ای V1-V2 بودند، انتخاب شدند طوری که V1 عضو پایانی ستاک (ریشه) کلمه و V2 عضو آغازی پسوند باشد. با توجه به اهمیت V1 در تعیین ماهیت آوایی همخوان میانجی، کلمات طوری انتخاب شدند که شامل هر یک از شش واکهٔ زبان فارسی، در جایگاه V1 یعنی عضو اول توالی‌های واکه‌ای باشند.

کلمات هدف در جدول ۱ ارائه شده‌اند. در بررسی‌های اولیه برای ارزیابی میزان اعتبار مفروضات صادقی (۱۳۸۰) دربارهٔ شرایط آوایی درج همخوان میانجیِ آوایی،

تعدادی جمله حاوی کلمات هدف به صورت آزمایشی در گفتار ۴ گویشور فارسی معیار تولید و ضبط شدند.

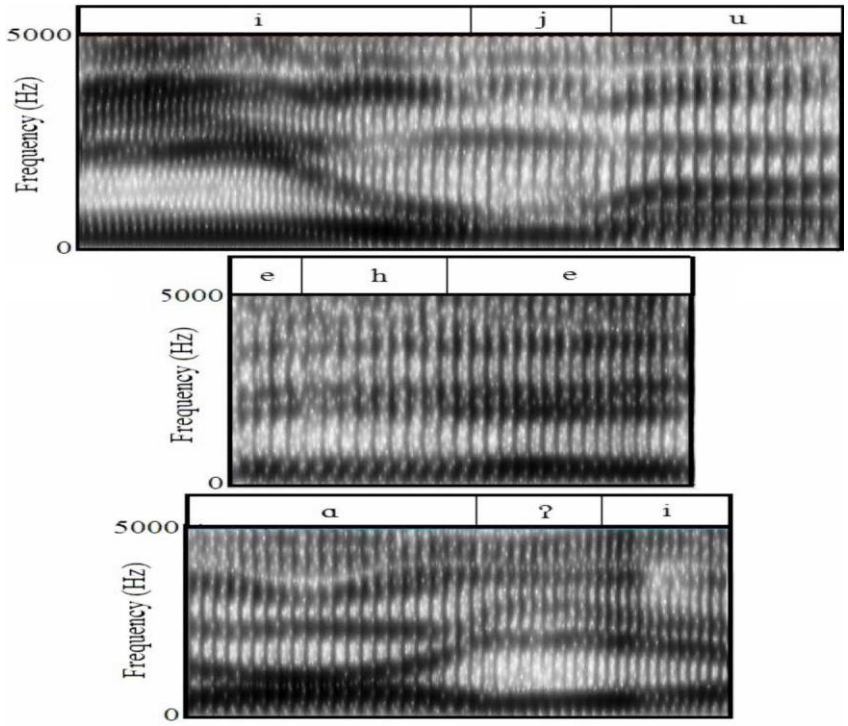
جدول ۱: داده‌های تحقیق

واکه اول	v-v	همخوان میانجی	داده‌ها
[e]	e a	[ʔ]	سایه‌اش، لایه‌اش، نامه‌ای
	e i	[ʔ] یا [j]	ساوه‌ای، قاره‌ای، خامه‌ای
	e e	[h]	بهش، بهمون، بهشون
[u]	u i	[j] یا [ʔ]	کندویی (ئی)، چاقویی (ئی)، پستویی (ئی)
	u e	[ʔ]	ترسوئه، کدوئه، چاقوئه
	u e	[j]	زانویِ، سمنویِ، عمویِ
[o]	o i	[ʔ] یا [j]	رادیویی(ئی)، کادویی (ئی)
[ɑ]	ɑ i	[j] یا [ʔ]	بالایی (ئی)، طلایی (ئی)، زیبایی (ئی)، رهایی (ئی)
	ɑ e	[j]	شنایِ، طلایِ، علمایِ
	ɑ e	[h]	آقاهه، باهاش
[i]	i u a	[j] یا [ʔ]	میومدند، بزرگی‌اش، زیبایی‌اش،
	i ɑ	[j]	میاد، بیان، میاورد، بیارن
[a]	a u	[j]	نیومد، نیامد، نیان،

مشاهدات نشان داد که در حالی که چاکنایی‌های [h] و [ʔ] و غلت سخت‌کامی [j] مطابق با شرایط آوایی مطرح در صادقی (۱۳۸۰) در گفتار گویندگان، فراوانی مناسب و وقوع منظم دارند، غلت نرمکامی [w] برخلاف همخوان‌های دیگر در بافت آوایی تعریف‌شده در صادقی (۱۳۸۰) (وقتی واکهٔ اول، یکی از واکه‌های گردِ [o] و [u] باشد)، توزیع بسیار اندک و نامنظم دارد. به همین دلیل در آوانویسی داده‌های تحقیق، آن‌گونه که در جدول ۱ آمده است، غلت نرمکامی [w] از فهرست همخوان‌های میانجی ممکن برای درج در توالی‌های واکه‌ای V1-V2 (به ازای [o] و [u] =V1) حذف شده است. کلمات انتخاب‌شده هر یک در یک جملهٔ مناسب در جایگاه غیرپایانی با تکیهٔ زیروبمی پیش‌هسته قرار داده شدند. جملات به خط فارسی به شرکت‌کنندگان عرضه شدند بدون آن‌که کلمات هدف در این جملات برای شرکت‌کنندگان برجسته‌سازی شوند. در

مواردی که بیش از یک همخوان میانجی در توالی‌های واکه‌ای V1-V2 درج می‌شد، مانند [ʔ] و [j] در بافت a-i، o-i و غیره، کلمات با صورت‌های املایی متفاوت (مانند «زیبایی» و «زیبایی») در جملات جداگانه به شرکت‌کنندگان عرضه شدند. جملات سپس به شکل نامنظم و با ترتیبی تصادفی چینش شده و در اختیار شرکت‌کنندگان قرار گرفتند. ده گویشور بومی فارسی، شامل پنج زن و پنج مرد که همگی به لهجه فارسی تهرانی امروزی تکلم می‌کردند جملات را به صورت طبیعی و با سرعت معمولی تولید کردند. محدودهٔ سنی شرکت‌کنندگان ۲۲ تا ۳۸ سال بود. ضبط داده‌ها در محیطی کاملاً آرام با فرکانس نمونه‌برداریِ ۲۲۰۵۰ هرتز انجام شد. از شرکت‌کنندگان خواسته شد جملات را هرکدام یک‌بار به صورت طبیعی و سرعت معمولی، با مکثی کوتاه بین هر جمله بخوانند.

برای ضبط داده‌ها از میکروفون شور با پاسخ فرکانسی مناسب استفاده شد. داده‌ها در نرم‌افزار پرت، ویرایش ۶/۰/۴۳ (بورزما و وینینک، ۲۰۱۸) ضبط شدند. برای تحلیل و اندازه‌گیری‌های صوتی داده‌ها، زنجیره‌های آواییِ VjV ، VʔV و VhV از کلمات هدف تقطیع شدند. مرز صوتی چاکنایی‌های [ʔ] و [h] و غلت [j] از واکه‌های مجاور از روی الگوی تغییرات دامنهٔ انرژی طیف فرکانسی مشخص گردید. ناحیهٔ متناظر با همخوان‌های میانجی بر روی طیف‌نگاشت با دامنهٔ انرژی کمتر در فرکانس‌های میانی و بالا نسبت به واکه‌های مجاور قابل تشخیص بود. تمامی اندازه‌گیری‌ها به صورت دستی بر روی طیف‌نگاشت داده‌ها انجام شد. دو نوع اندازه‌گیری صوتی بر روی زنجیره‌های آوایی مورد نظر انجام شد؛ یکی در حوزهٔ فرکانس و دیگری در حوزهٔ شدت انرژی. در بررسی‌های فرکانسی ابتدا الگوی گذار فرکانس‌های F1 و F2 در گذار از واکه به همخوان در VG (G یکی از همخوان‌های چاکنایی یا غلت [j]) و همخوان به واکه در GV از روی مسیر حرکتی سازه‌ها تعیین و سپس مقادیر این فرکانس‌ها در ناحیهٔ ایستای همخوان‌ها و واکه‌ها (فقط واکهٔ بعد) اندازه‌گیری شد. ناحیهٔ ایستا بر روی طیف‌نگاشت، ناحیه‌ای در نظر گرفته شد که فرکانس‌ها پس از یک دورهٔ گذار به ثبات نسبی می‌رسند. در مواردی که مسیر حرکتی یک سازهٔ فرکانسی به علت کاهش نسبی دامنهٔ انرژی بر روی طیف‌نگاشت قابل رویت نبود، فرکانس سازه از روی مرکز نوار فرکانسی اندازه‌گیری شد.



شکل ۲ طیف‌نگاشت رشته‌های آوایی [iju]،[ehe] و [aʔi] از کلمات "میومدند"، "بهمون" و "زیبائی"

دامنهٔ انرژی طیف فرکانسی واکه‌ها و همخوان‌ها در زنجیره‌های آوایی مورد نظر در دو ناحیهٔ فرکانسی، محاسبه و با یکدیگر مقایسه شد؛ یکی در امتداد تمامی نواحی فرکانسی، یعنی محدودهٔ فرکانسی صفر تا ۵ کیلوهرتز (شدت انرژی کل) و دیگری در ناحیهٔ فرکانسی بالای ۱ کیلوهرتز، یعنی محدودهٔ فرکانسی۱تا ۵ کیلوهرتز (شدت انرژی فرکانس‌های میانی و بالا). معیار اندازه‌گیری دامنهٔ انرژی، متوسط دامنهٔ انرژی طیف در طول واکه‌ها و همخوان‌های میانجی بود. برای محاسبهٔ شدت انرژی فرکانس‌های ۱ تا ۵ کیلوهرتز، ابتدا سیگنال آوایی توالی‌ها واکه‌ای هدف از یک صافی بالاگذر هنینگ با کمینهٔ فرکانس۱کیلوهرتز و پهنای نوار ۱۰۰ هرتز عبور داده شد و سپس متوسط دامنهٔ انرژی طیف (شامل فرکانس‌های۱تا ۵کیلوهرتز) در محدودهٔ واکه‌ها و همخوان‌های میانجی اندازه‌گیری شد. شدت انرژی کل، در پیشینهٔ مطالعات آوایی، همبستهٔ صوتی میزان باریک‌شدگی حفرهٔ دهان و شدت انرژی فرکانس‌های میانی و بالا همبستهٔ صوتی وضعیت حنجره در نظر گرفته شده است (استیونز و هنسن، ۲۰۰۹). دامنهٔ انرژی نواحی

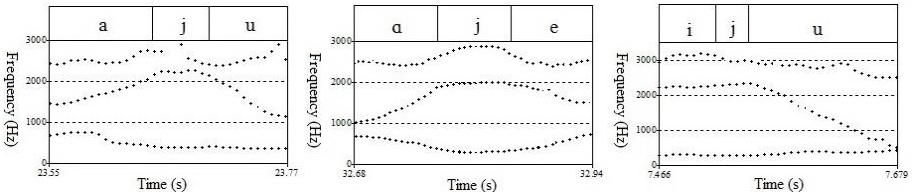
فرکانسی مورد نظر در مرکز ناحیهٔ ایستای واکه‌ها و همخوان‌ها محاسبه گردید. مشاهده و بررسی دیداری طیف‌نگاشت کلمات نشان داد که توالی‌های واکه‌ای V-V در این کلمات با درج همخوان غلت [j] یا چاکنایی‌های [ʔ] و [h] (متناسب با بافت واجی کلمات) شکسته می‌شوند تا توالی واجی واکه‌های V-V در سطح آوایی به VGV تبدیل شود. با این حال، همخوان G درج‌شده در این توالی‌ها فاقد ناپیوستگی‌های صوتی یک عنصر آوایی [cons+] است. شکل ۲ طیف‌نگاشت رشته‌های آوایی [iju]،[ehe] و [aʔi] را از کلمات «میومدند»، «بهمون» و «زیبایی» نشان می‌دهد. محدودهٔ زمانی همخوان‌ها از واکه‌های مجاور با خطوط عمودی در بالای شکل مشخص شده است. چنانکه مشاهده می‌شود طیف‌نگاشت ناحیه G در تمامی رشته‌ها مانند واکه‌های مجاور ساختار سازه‌ای دارد و فاقد ناپیوستگی‌های ناشی از فعالیت یک عنصر آوایی [cons+] است؛ اما آنچه طیف‌نگاشت ناحیهٔ G را از واکه‌های مجاور متمایز می‌سازد، کاهش نسبی دامنهٔ انرژی طیف فرکانسی به‌ویژه در فرکانس‌های میانی و بالاست.

۶- نتایج

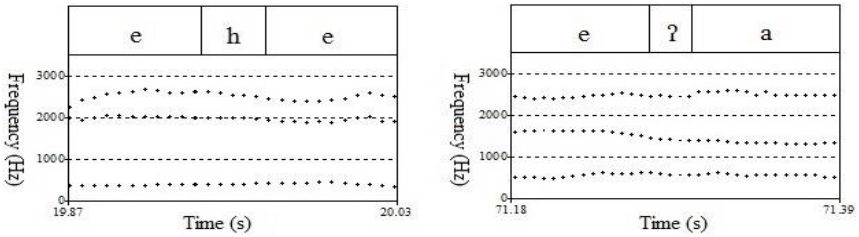
۶-۱ فرکانس

شکل ۳ مسیر حرکتی سازه‌های فرکانسی F1، F2 و F3 را در رشته‌های آوایی [aju]، [ɑje] و [iju] به ترتیب از کلمات «نیومدند»، «شنایِ» و «می‌اُومدند» نشان می‌دهد. تغییراتِ هر سه سازه فرکانسیِ F1، F2 و F3 نشان‌دهندهٔ تغییر شکل هندسی دهان در گذار آغازه و پایانهٔ [j] در Vj و jV است. گذار F1 در [a] و [ɑ] به [j] در [aju] و [ɑje] نزولی با شیب متوسط و گذار F2 برای همین واکه‌ها صعودی با شیب زیاد است؛ گذار F1 در [j] به [e] در [ɑje] صعودی با شیب کم و گذار F2 برای همین واکه نزولی با شیب کم است؛ گذار F1 در [j] به [u] در [iju] تراز و گذار F2 برای همین واکه نزولی با شیب زیاد است؛ و بالاخره اینکه گذار فرکانس‌های F1 و F2 از [i] به [j] با توجه به شباهت شکل هندسی حفرهٔ دهان به هنگام تولید [i] و [j]، یک گذار تقریباً تراز است. شکل ۴ مسیر حرکتی سازه‌های فرکانسی F1، F2 و F3 را در رشته‌های آوایی [eʔa] و [ehe] به ترتیب در کلمات «نامه‌ام» و «بهش» نشان می‌دهد. شکل‌ها به‌روشنی نشان می‌دهند که چاکنایی‌های [ʔ] و [h] هیچ تغییر محسوسی را به مسیر

حرکتی سازه‌های فرکانسی واکه‌ها تحمیل نمی‌کنند. گذار آغازه و پایانهٔ هر دو همخوان با توجه به فعال نبودن یک الگوی گرفتگیِ دهانی در تولید آنها تقریباً تراز است و



شکل ۳: مسیر حرکتی سازه‌های فرکانسی F1، F2 و F3 در رشته‌های آوایی [aju]، [ɑje] و [iju] به ترتیب از کلمات «نیومد»، «شنایِ» و «می‌اُومدند»



شکل ۴ مسیر حرکتی سازه‌های فرکانسی F1، F2 و F3 در رشته‌های آوایی [eʔa] و [ehe] به ترتیب در کلمات «نامه‌ام» و «بهمون».

جدول ۲: نتایج آزمون‌های *t* با مشاهدات مکرر برای تعیین سطح معناداری اختلاف فرکانس‌های F1 و F2 بین همخوان‌های میانجیِ [j]، [ʔ] و [h] و واکه‌های قبل از آنها. نواحی خاکستری، نشان‌دهندهٔ معنادار بودن اختلاف مقادیر پارامترهاست.

مقایسه‌ها	مقدار *t* و سطح معناداری برای F1	مقدار *t* و سطح معناداری برای F2
i vs. j	*t*= 1.38; *p*= 0.11	*t*= 1.09; *p*= 0.17
e vs. j	t= 7.39, p<0.01	t= 9.24, p<0.01
a vs. j	t= 10.68, p<0.01	t= 13.86, p<0.01
u vs. j	t= 4.72, p<0.01	t= 28.23, p<0.01
o vs. j	t= 8.54, p<0.01	t= 23.28, p<0.01
ɑ vs. j	t= 10.43, p<0.01	t= 13.17, p<0.01
i vs. ʔ	*t*= 0.65; *p*= 0.45	*t*= 0.59; *p*= 0.49
e vs. ʔ	*t*= 0.33; *p*= 0.67	*t*= 0.14; *p*= 0.83
u vs. ʔ	*t*= 0.27; *p*= 0.74	*t*= 0.18; *p*= 0.85
o vs. ʔ	*t*= 1.22; *p*= 0.14	*t*= 0.57; *p*= 0.51
ɑ vs. ʔ	*t*= 0.16; *p*= 0.84	*t*= 0.66; *p*= 0.45
e vs. h	*t*= 0.49; *p*= 0.56	*t*= 0.21; *p*= 0.79
ɑ vs. h	*t*= 1.55; *p*= 0.08	*t*= 0.98; *p*= 0.27

فرکانس‌های F1 و F2 واکهٔ اول در هر دو رشتهٔ آوایی بدون تغییر به طور پیوسته از چاکنایی‌ها عبور و به فرکانس‌های F1 و F2 واکهٔ دوم گذر کرده‌اند.

به طور خلاصه، درج غلت [j] در V-V باعث تغییر شکل هندسی دستگاه گفتار و به تبع آن الگوی گذار سازه‌های فرکانسی می‌شود، ولی درج چاکنایی‌ها در همین بافت مستلزم تغییر شکل هندسی حفرهٔ دهان نیست و از این رو تغییرات فرکانسیِ پایدار و فراوانی در گذار از V به [ʔ/h] و [ʔ/h] به V حاصل نمی‌شود.

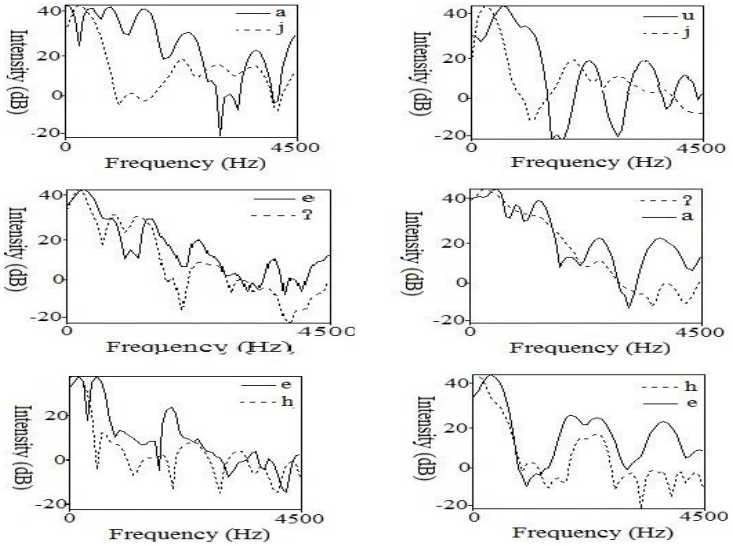
بر این اساس، در حالی که درج غلت [j] در حوزهٔ فرکانسی موج صوتی تظاهر آوایی دارد، درج چاکنایی‌ها فاقد تظاهر صوتی در حوزهٔ فرکانس موج صوتی است. مقادیر فرکانس‌های F1 و F2 ناحیهٔ ایستای همخوان غلت [j] و همخوان‌های چاکنایی [ʔ] و [h] با مقادیر همین فرکانس‌ها در ناحیه ایستای واکه‌های قبل از آنها محاسبه گردید. نتایج آزمون‌های *t* با مشاهدات مکرر (جدول ۲) نشان داد اختلاف مقادیر فرکانس‌های F1 و F2 برای همخوان‌های چاکنایی با هیچ‌یک از واکه‌ها معنادار نیست، ولی مقادیر این فرکانس‌ها برای غلت [j] با تمامی واکه‌ها به غیر از واکهٔ افراشتهٔ پیشین [i] معنادار است.

۶-۲ دامنهٔ انرژی

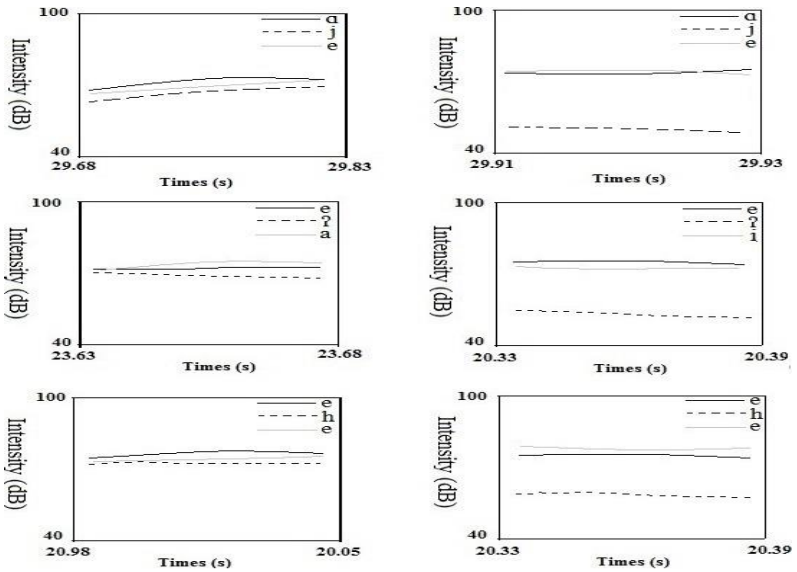
شکل ۵ طیف فرکانسی FFT ناحیهٔ ایستای غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h] را در مقایسه با واکه‌های مجاورشان به ترتیب در کلمات «نیومد»، «لایه‌اش» و «بهمون» نشان می‌دهد. تفاوت فرکانس‌های غلت [j] با واکه و تشابه فرکانس‌های چاکنایی‌ها با واکه در این شکل به‌روشنی قابل مشاهده است؛ اما آنچه اساساً طیف فرکانسی [j]، [ʔ] و [h] را از واکه‌ها متمایز کرده است، کاهش دامنهٔ انرژی طیف در نواحی فرکانسی میانی و بالاست. دقت در این شکل‌ها نشان می‌دهد که توزیع انرژی بر روی فرکانس‌های بالای ۱ کیلوهرتز در [j]، [ʔ] و [h] در مقایسه با واکه‌های مجاور به طور فراوانی کمتر است، در حالی که انرژی فرکانس‌های پایینِ (زیر۱کیلوهرتز) همخوان‌های درج‌شده تفاوت محسوسی با واکه‌ها نشان نمی‌دهند.

شکل ۶ منحنی شدت انرژی کل (سمت چپ) و شدت انرژی فرکانس‌های میانی و بالای (سمت راست) ناحیهٔ ایستای غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h] را در مقایسه با واکه‌های قبل و بعد از آنها در کلمات «سایش»، «نامه‌ای» و «بهشون» نشان می‌دهد. این شکل‌ها نشان می‌دهند که میزان شدت انرژی کل در طیف فرکانسی همخوان‌های [j]، [ʔ] و [h] با واکه‌های مجاور تقریباً برابر است در حالی که شدت انرژی فرکانس‌های

میانی و بالای طیف فرکانسیِ این همخوان‌ها به طور قابل‌توجهی از واکه‌ها کمتر است. مقایسه‌های t با مشاهدات مکرر (جدول ۳) نشان داد که اختلاف مقادیر شدت انرژی



شکل ۵: طیف فرکانسی FFT ناحیهٔ ایستای غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h] در مقایسه با واکه‌های مجاورشان به ترتیب در کلمات «نیومد»، «لایه‌اش» و «بهمون».



شکل ۶: منحنی شدت انرژی کل (سمت چپ) و شدت انرژی فرکانس‌های میانی و بالای (سمت راست) ناحیه ایستای غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h] در مقایسه با واکه‌های قبل و بعد از آن‌ها در کلمات «سایش»، «نامه-ای» و «بهشون»

جدول ۳: نتایج آزمون‌های t با مشاهدات مکرر برای تعیین سطح معناداری اختلاف شدت انرژی کل و شدت انرژی فرکانس-های میانی و بالا بین همخوان‌های میانجی [j]، [ʔ] و [h] و واکه‌های قبل از آنها. نواحی خاکستری، نشان‌دهندهٔ معنادار بودن اختلاف مقادیر پارامترهاست.

مقایسه‌ها	مقدار t و سطح معناداری برای شدت انرژی کل	مقدار t و سطح معناداری برای شدت انرژی فرکانس‌های میانی و بالا
i vs. j	t= 0.07; p= 0.93	t= 8.21, p<0.01
e vs. j	t= 1.12; p= 0.16	t= 18.31, p<0.01
a vs. j	t= 1.07; p= 0.18	t= 22.88, p<0.01
u vs. j	t= 0.68; p= 0.44	t= 20.48, p<0.01
o vs. j	t= 1.29; p= 0.08	t= 28.41, p<0.01
ɑ vs. j	t= 1.03; p= 0.17	t= 15.75, p<0.01
i vs. ʔ	t= 0.33; p= 0.61	t= 17.58, p<0.01
e vs. ʔ	t= 1.71; p= 0.07	t= 11.44, p<0.01
u vs. ʔ	t= 0.94; p= 0.23	t= 18.31, p<0.01
o vs. ʔ	t= 1.13; p= 0.15	t= 12.19, p<0.01
ɑ vs. ʔ	t= 0.97; p= 0.24	t= 19.13, p<0.01
e vs. h	t= 0.88; p= 0.31	t= 17.35, p<0.01
ɑ vs. h	t= 0.72; p= 0.39	t= 14.13, p<0.01

کلِ [j]، [ʔ] و [h] با واکه‌های مجاورشان معنادار نیست، ولی اختلاف مقادیر شدت انرژی فرکانس‌های میانی و بالای تمامی این همخوان‌ها با واکه‌های مجاورشان معنادار است (مقادیر این پارامترها مانند تحلیل آماری فرکانس داده‌ها فقط برای واکه‌های قبل محاسبه شد)؛ بنابراین به طور خلاصه، آنچه با درج همخوان G در V-V در حوزهٔ دامنهٔ انرژی موج صوتی اتفاق می‌افتد کاهش انرژی فرکانس‌های بالاتر از۱کیلوهرتز است. بر این اساس در گذار از V به G در VG دامنهٔ انرژی فرکانس‌های میانی و بالا کاهش و در گذار از G به V در GV دامنهٔ انرژی این فرکانس‌ها دوباره افزایش می‌یابند. در طول این دو مرحله گذار تغییر قابل ملاحظه‌ای در دامنهٔ انرژی کل طیف فرکانسی روی نمی‌دهد.

۷- بحث و نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر درج همخوان غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h] در بافت V-V از طریق مشاهدهٔ الگوی تغییرات فرکانس و شدت انرژی سیگنال صوتی در یک مطالعهٔ آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تحلیل‌های فرکانسی نشان داد که در حالی که درج غلت [j] در V-V باعث تغییر فراوان الگوی گذار فرکانس سازه‌ها می‌شود، درج چاکنایی‌ها در همین بافت منجر به تغییرات فرکانسی سازه‌ها نمی‌شود. در توضیح این نتایج استدلال کردیم که چون چاکنایی‌ها فاقد الگوی گرفتگی دهانی هستند، درج آنها

در V-V منجر به تغییر شکل هندسی دستگاه گفتار نمی‌شود و از این رو گذار از V به [h/ʔ] و [h/ʔ] به V در VʔV/VhV یک گذار تقریباً تراز است؛ اما غلت [j] برخلاف چاکنایی‌ها، شامل یک گرفتگی باریک در ناحیهٔ سخت‌کام است که شاخصه‌های فرکانسی آن مشابه با واکهٔ افراشتهٔ پیشین [i] است. از این رو، حضور این همخوان در V-V شکل گذار فرکانسی سازه‌ها را تا حد زیادی تغییر می‌دهد. بر این اساس، در حالی که درج غلت [j] در V-V از روی الگوی تغییرات فرکانسی سازه‌ها قابل تشخیص است، درج چاکنایی‌ها در این بافت تظاهر فرکانسی ندارد. نتایج تحلیل شدت انرژی داده‌ها نشان داد که درج غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h] در V-V منجر به کاهش دامنهٔ انرژی فرکانس‌های میانی و بالا می‌شود ولی دامنهٔ انرژی فرکانس‌های پایین و دامنهٔ انرژی کل با درج این همخوان‌ها تغییر نمی‌کنند.

اگر به پیروی از استیونز (۱۹۹۸؛ ۲۰۰۲)، اوکوبی (۲۰۰۶) هان‌هانت (۲۰۰۹) و لده-فوگد (۲۰۰۵) فرض کنیم که دامنهٔ انرژی کل یا دامنهٔ انرژی فرکانس‌های پایین متناظر با میزان گرفتگی حفرهٔ دهان و دامنهٔ انرژی فرکانس‌های میانی و بالا متناظر با وضعیت واک‌سازی حنجره است، در آن صورت می‌توان این‌گونه بحث کرد که چون میزان شدت انرژی کل یا فرکانس‌های پایینِ همخوان G (شامل غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h]) در VGV تقریباً به اندازهٔ واکه‌های مجاور است، بنابراین میزان گرفتگی دهانی برای همخوان G نباید بیشتر از یک واکهٔ افراشته باشد؛ یعنی در تولید [j] در VjV، سخت‌کام برای [j] از واکهٔ افراشته [i] باریک‌تر نمی‌شود؛ در تولید [h] و [ʔ] در Vh/ʔV نیز گرفتگی دهان تابع الگوی گرفتگی واکه‌های مجاور است که حداکثر به اندازهٔ یک واکه افراشته است. به این ترتیب، چون میزان گرفتگی دهانی برای همخوان G در VGV اساساً از نوع گرفتگی واکه‌ای است، اختلاف فشار هوای زیرحنجره و فوق‌حنجره به علت نبود گرفتگی دهانی ناچیز است و از این رو جریان هوای کافی از چاکنای عبور و تارآواها را به ارتعاش درمی‌آورد که پیامد آن تمرکز انرژی بر روی فرکانس‌های پایین و همچنین دامنهٔ انرژی کلِ طیف فرکانسی است. در مقابل، کاهش فرکانس‌های میانی و بالای طیف فرکانسی G نشان می‌دهد که الگوی واک‌سازی حنجره برای G نسبت به واکه‌های مجاور متفاوت است. این تفاوت، چنانکه پیش از این گفتیم، مربوط به نسبت زمانی بین مرحلهٔ باز و مرحلهٔ بستهٔ چرخه ارتعاش است. در واکه‌ها به شکل طبیعی مدت زمان مرحلهٔ باز و بستهٔ چرخه ارتعاش تقریباً برابر است که موجب

می‌شود توزیع انرژی بر روی نوارهای فرکانسی صفر تا ۵ کیلوهرتز متعادل باشد، ولی برای همخوان G در VGV با وجود ارتعاش کامل تارآواها، طول مرحلهٔ باز چرخهٔ ارتعاش نسبت به حالت واک‌سازیِ طبیعی بیشتر است که باعث می‌شود انرژی کمتری بر روی نوارهای میانی و بالای طیف فرکانسی تمرکز یابد. بر این اساس، درج همخوان G در V-V به لحاظ تولیدی به معنای تغییر الگوی واک‌سازی حنجره و به لحاظ صوتی به معنای کاهش دامنهٔ انرژی فرکانس‌های میانی و بالاست. به بیان دیگر، آنچه در گذار از واکه به همخوان و همخوان به واکه در VGV روی می‌دهد، تغییر الگوی زمان‌بندی مرحلهٔ باز چرخهٔ ارتعاش است. در طول این گذار، تغییر فراوانی در الگوی گرفتگی دستگاه گفتار ایجاد نمی‌شود. تغییر در الگوی زمان‌بندی چرخهٔ ارتعاش حداقل تغییر آوایی لازم برای تبدیل ساخت واجی غیرمجازِ V.V به VCV است، اما همین تغییر اندک در الگوی واک‌سازیِ حنجره، پیامد شنیداری قابل‌توجهی دارد و باعث می‌شود که شنونده عنصر آوایی درج‌شده در حد فاصل بین V-V را با وجود برخـورداری از شاخصه‌های آوایی یک عنصر واکه‌ای به صورت یک همخوان درک کند؛ بنابراین آنچه در فرایند درج همخوان اهمیت دارد این است که عنصر آوایی درج‌شده، حداقل تلاش فیزیولوژیکی ممکن را برای اصلاح زنجیرهٔ واجی غیرمجاز V-V به دستگاه گفتار تحمیل کند. غلت‌ها و چاکنایی‌ها چنین خصوصیاتی دارند و درج آن‌ها در V-V مستلزم صرف هزینه‌های تولیدی ناچیزی است، در حالی که درج هر همخوانی غیر از یک همخوان غلت یا چاکنایی هزینه‌های تولیدی زیادی را به دستگاه گفتار تحمیل می‌کند.

در پیشینهٔ مطالعات صوتی، چنانکه قبلاً گفتیم، اشاره شده است که در تولید غلت‌ها حفرهٔ دهان نسبت به واکه‌های افراشته باریک‌تر است که باعث کاهش فرکانس F1، افزایش پهنای نوار F1، کاهش فرکانس پایه و کاهش دامنهٔ انرژی فرکانس‌های پایین و دامنهٔ انرژی کل طیف فرکانسی می‌شود. در تولید چاکنایی‌ها، نیز حتی در صورت تضعیف در پایانهٔ هجا یا میان دو واکه، دامنهٔ انرژی فرکانس‌های پایین و کل طیف فرکانسی و همچنین میزان فرکانس پایه نسبت به بافت واکه‌ایِ مجاور کمتر است؛ اما آنچه در تحقیق حاضر برای [j]، [h] و [ʔ] به عنوان عناصر آوایی درج‌شده در V-V روی داده است، با غلت‌ها و چاکنایی‌های متعارف متفاوت است. عدم تغییر فرکانس F1 (در بافت واکه‌ایِ افراشته)، دامنهٔ انرژی کل و فرکانس‌های پایین در طول گذار از V به G و بالعکس G به V در VGV همگی مؤید این واقعیت است که غلـت [j] و

چاکنایی‌های [h] و [ʔ] در V-V اساساً گونه‌های بسیار خفیف از همخوان‌های غلت و چاکنایی هستند که با بافت واکه‌ای مجاور شباهت آوایی بیشینه دارند. بر این اساس، در پاسخ به سؤال اول تحقیق باید گفت که عناصر چاکنایی و غلت به صورت گونه‌های خفیف در V-V درج می‌شوند، یعنی تولید آنها در بافت میان‌واکه‌ای برای جلوگیری از التقای واکه‌ها با تضعیف یا کاهش قابل‌ملاحظهٔ فعالیت الگوهای تولیدی همراه است. در پاسخ به سؤال دوم تحقیق نیز می‌توان گفت که همبستهٔ صوتی متناظر با غلت‌ها و چاکنایی‌ها در V-V برای جلوگیری از التقای واکه‌ها کاهش دامنهٔ انرژی فرکانس‌های میانی و بالاست.

رفتار آوایی مشابه غلت [j] و چاکنایی‌های [ʔ] و [h] در فرایند درج همخوان در زبان فارسی مؤید این واقعیت است که این همخوان‌ها، مطابق با نظام مشخصه‌بنیاد چامسکی و هله (۱۹۶۸)، به یک طبقهٔ واجی واحد، یعنی [-vocalic ،-cons] تعلق دارند. غلت‌ها و چاکنایی‌ها در چامسکی و هله (۱۹۶۸) هر دو [-cons] هستند، زیرا در تولید هیچ‌یک از آنها گرفتگی دهانی از نوع بست یا سایش وجود ندارد. از طرف دیگر هر دو طبقه آوایی [-vocalic] هستند، زیرا تولید آنها مستلزم ایجاد نوعی گرفتگی (در حفرهٔ حنجره با فوق‌حنجره) است که باعث تغییر الگوی تناوب چاکنایی می‌شود. نظام‌های مشخصه‌بنیاد استیونز و هنسن (۲۰۰۹) و هان‌هانت (۲۰۰۹) با یافته‌های تحقیق حاضر مطابقت ندارد. در استیونز و هنسن (۲۰۰۹) چاکنایی‌ها و غلت‌ها دو طبقه آوایی مجزا ذیل گره [+son] هستند که هیچ‌گونه رابطهٔ ساختاری با یکدیگر ندارند. غلت‌ها [-cons] هستند، در حالی که چاکنایی‌ها از نظر [cons] ارزش‌دهی نمی‌شوند، ضمن آنکه غلت‌ها با مشخصه [+glide] از واکه‌ها و همخوان‌های رسا متمایز می‌شوند. در هان‌هانت (۲۰۰۹) چاکنایی‌ها و غلت‌ها در مشخصهٔ [-vocalic] با یکدیگر شریک‌اند ولی به مانند استیونز و هنسن (۲۰۰۹) غلت‌ها [-cons] و چاکنایی‌ها فاقد ارزش مثبت یا منفی برای [cons] هستند. این نظام‌های مشخصه‌ای قادر به تبیین شباهت‌های آوایی غلت‌ها و چاکنایی‌ها، آن‌گونه که در پژوهش حاضر مشاهده گردید، نیستند. برعکس، یافته‌های این پژوهش با نظام واجی چامسکی و هله (۱۹۶۸) هماهنگ‌تر است که بر اساس آن چاکنایی‌ها و غلت‌ها با مشخصه‌های آوایی یکسانی ([-vocalic، -cons]) نمایش داده می‌شوند.

منابع

بی‌جن‌خان، م. (۱۳۸۴). *واج‌شناسی- نظریهٔ بهینگی*، تهران، انتشارات سمت.

بی‌جن‌خان، م. (۱۳۹۲). *نظام آوایی زبان فارسی*، تهران، انتشارات سمت.

ثمره، ی. (۱۳۷۸). *آواشناسی زبان فارسی، آواها و ساخت آوایی هجا*، ویراست ۲. تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

صادقی، ع. ا. (۱۳۸۰). مسائل تاریخی زبان فارسی. تهران، سخن.

Bijankhan, M. 2000. Compensatory Lengthening: An Experimental Approach. Proceedings of International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP), 2: 507-510.

Bijankhan, M. 2005. *Phonology: Optimality Theory*. Tehran: Samt publication [In Persian].

Bijankhan, M. 2013. The sound system of the Persian language. Tehran: Samt publication [In Persian].

Boersma, P. & D. Weenink. 2018. Praat: Doing phonetics by computer (Version 6.0.43) http://www.praat.org/. [Computer program].

Catford J. C. 2001. A Practical Introduction to Phonetics. Oxford: Clarendon Press.

Catford, J. 1988. A Practical Introduction to Phonetique de Strasbourg.

Chomsky, N., & M. Halle. 1968. *The sound pattern of English*. New York: Harper & Row Publishers.

Hon Hunt, E. 2009. Acoustic Characterization of the Glides /j/ and /w/ in American English. PhD dissertation. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology.

Ladefoged, P. 2005. Features and parameters for different purposes. *WPP*, No. 104.

Levi, S. V. 2008. Phonemic vs. derived glides. *Lingua , 118*, 1956-1978.

Nevins, A., & I. Chitoran. 2008. Phonological representations and the variable patterning of glides. *Lingua*, 118, 1979-1997.

Okobi, A. O. 2006. Acoustic Correlates of Word Stress in American English. PhD Thesis, Harvard-MIT Division of Health Sciences and Technology, Cambridge, Massachusetts.

Padgett, J. 2008. Glides, vowels, and features. *Lingua*, 118, 1937-1955.

Parker, S. G. 2002. Quantifying the Sonority Hierarchy. PhD Thesis, University of Massachusetts, Amherst.

Sadeghi, A. A. 2001. Historical issues in the Persian language. Tehran: Sokhan Publication [In Persian].

Sadeghi, V. & M. Bijankhan. 2007. Compensatory Lengthening in Persian. Proceedings of ICPHSXVI', Saarbrucken, Germany.

Sadeghi, V. 2011. Laryngealization and Breathiness in Persian', Proceedings of INTERSPEECH' 2011, Florence, Italy, 629-632.

Samare, Y. 1999. Persian phonetics: sounds and syallable structure. Second edition. Tehran: Center of Academic Publication [In Persian].

Selkirk, E. 1984. On the major Class Features and Syllable Theory. In M. Aronoff, & R. T. Oehrle (Eds.), Language Sound Structure (pp. 107-136). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Stevens, K. N. & H. M. Hanson. 2009. Articulatory-acoustic relations as the basis of distinctive contrasts. In W. Hardcastle, & J. Laver (Eds.), Handbook of Phonetic Sciences (2nd Ed.). Malden, Massachusetts: Wiley-Blackwell.

Stevens, K. N. 1998. *Acoustic Phonetics*. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Stevens, K. N. 2002. Toward a model for lexical access based on acoustic landmarks and distinctive features. *Journal of the Acoustical Society of America* , 111 (4), 1872-1891.