

کشش جبرانی در زبان فارسی: یک آزمایش ادراکی^۱

(ص ۹۴ - ۷۷)

دکتر وحید صادقی

استادیار دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)^۲

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۵/۱۳

تاریخ پذیرش قطعی: ۹۰/۱۰/۳۰

چکیده

این مقاله به بررسی همبسته‌های ادراکی کشش جبرانی در زبان فارسی می‌پردازد. در یک آزمایش ادراکی، درک شنیداری کشش جبرانی از طریق تغییر مقادیر دیرش واکه، اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و بسامد پایه مطابق با نتایج آزمایش تولیدی صادقی (۲۰۰۷) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تغییرات دیرش واکه اصلیت‌ترین نشانه ادراکی کشش واکه است و عوامل دیگر مانند اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه بر درک کشش واکه اثر افزایشی دارند؛ یعنی منحنی تغییرات پاسخهای شنیداری کشش جبرانی تا حد زیادی تابعی از تغییرات دیرش واکه است ولی سطح اطمینان پاسخها با اضافه شدن عوامل اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 یا فرکانس پایه تا حدی افزایش می‌یابد. همچنین بررسی آماری اثر مستقل عوامل اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 یا فرکانس پایه و اثر تعاملی آنها با دیرش واکه به‌طور جداگانه نشان داد اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 همبسته قویتری از فرکانس پایه برای درک کشش جبرانی است.

واژه‌های کلیدی: کشش جبرانی، فرکانس پایه، اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1، دیرش واکه، واک بازداشته، واک نفسی

۱. این پژوهش با استفاده از اعتبار پژوهشی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) با شماره ۹۱-۳۸۶۰۰۲ حمایت شده است.

۲. نشانی پست الکترونیک نویسنده مسئول: vsadeghi5603@gmail.com

۱- مقدمه

در برخی زبانها از جمله زبان فارسی فرآیندی وجود دارد که طی آن همخوانهای چاکنایی واقع در پایان هجا تضعیف یا از زنجیره گفتار حذف میشوند و به جبران آن واکه قبل کشیده‌تر میشود. به این فرآیند کشش جبرانی گفته میشود (درزی ۱۳۷۲؛ زعفرانلو ۱۳۷۹: ۱۵۶). تبیین آواشناختی این فرآیند این است که فعالیت الگوهای چاکنایی در پایان هجا به صورت پیوستاری از درجات مختلف کاهش می‌یابد که در نتیجه آن میزان ارتعاش تارآواها افزایش یافته و دیرش واکه بیشتر میشود. الگوی تولیدی کشش جبرانی در زبان فارسی و دیگر زبانها مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج این مطالعات نشان میدهد که کاهش فعالیت همخوانهای چاکنایی لزوماً به منزله حذف کامل آنها از زنجیره گفتار نیست، بلکه اثر فعالیت چاکنایی پس از حذف این همخوانها بر روی واکه و بویژه بخش پایانی واکه باقی میماند. این اثر برای بست چاکنایی /ʔ/ به صورت واکه بازداشته (یا حنجره‌ای شدگی) و برای سایشی چاکنایی /h/ به صورت واک نفسی است. بر این اساس، کشش جبرانی در این زبانها در سطح آوایی به صورت توالی از دو واکه توصیف میشود که واکه اول از نوع واک‌سازی طبیعی و واکه دوم از نوع واک‌سازی غیرطبیعی بازداشته یا نفسی است.

مهمترین همبسته آوایی کشش جبرانی دیرش واکه است. در تمامی مطالعات انجام‌شده این عامل مستقل از عوامل گویشور، نوع واکه و بافت نوایی مهمترین نشانه تولیدی و ادراکی کشش جبرانی شناخته شده است. بی‌جن‌خان (۲۰۰۰) و صادقی (۲۰۰۷ و ۱۳۸۹) در آزمایشات تولیدی جداگانه نشان دادند که دیرش واکه در جفت‌واژه‌های CVC و CVCC به طور معنی‌داری با یکدیگر متفاوت است. بی‌جن‌خان (همان) همچنین در یک آزمایش شنیداری نشان داد که پاسخ ادراکی آزمودنیها تا حد زیادی تابعی از تغییرات مقادیر دیرش هجا است. علاوه بر دیرش واکه، الگوی توزیع شدت انرژی در سطح واکه نیز به عنوان همبسته‌های دیگر کشش جبرانی در نظر گرفته شده است. با تغییر الگوی واک‌سازی در طول واکه از حالت طبیعی به حالت بازداشته یا نفسی، با توجه به تغییر شکل هندسی چاکنای و نامتقارن شدن نسبت زمانی مرحله باز و بسته چرخه ارتعاش، نسبت شدت انرژی بسامدهای پائین و بسامدهای میانی و بالا به طور قابل‌ملاحظه‌ای تغییر میکند؛ یعنی توزیع شدت انرژی بر روی بسامدها نامتوازن میشود (هنسن و استیونز ۲۰۰۱: ۴۶۳).

انحنا یا عدم توازن طیفی^۳ برای واک نفسی و واک بازداشته به دو صورت متفاوت است: برای واک نفسی که همبسته تولیدی آن دیرش بیشتر مرحله باز و تاخیر در انجام مرحله بسته چرخه ارتعاش است، دامنه بسامدهای میانی و بالا به طور قابل توجهی کاهش یافته و در نتیجه دامنه بسامدهای پایین از بسامدهای میانی و بالا بیشتر میشود. این تغییرات باعث شیب نزولی دامنه طیف بسامدی میگردد. هر قدر نسبت زمانی مرحله باز و بسته ارتعاش بیشتر شود، شیب نزولی دامنه طیف با توجه به افت بیشتر دامنه بسامدهای میانی و بالا تندتر میشود (هنسن و چانگ ۱۹۹۹). برای واک بازداشته که با کوتاهتر شدن مرحله باز و تعجیل در انجام مرحله بسته چرخه ارتعاش همراه است، دامنه بسامدهای میانی و بالا تغییر چندانی نمیکند ولی دامنه همساز اول به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد که این تغییرات باعث شیب صعودی دامنه طیف بسامدی شود (استیونز ۱۹۹۸: ۴۳۱؛ لده فوگد ۲۰۰۵: ۹۴). برای واک طبیعی که در آن مراحل زمانی باز و بسته چرخه ارتعاش متقارن هستند، توزیع شدت انرژی در یک حد میانی و متعادل است به این صورت که انرژی در سطح تمام طیف به صورت متعادل توزیع میشود و اگرچه سطح دامنه همساز اول تاحدی بیشتر از بسامدهای میانی است ولی این اختلاف دامنه برخلاف واک نفسی باعث تغییرات نزولی تند دامنه طیف نمیشود (پیرهامبرت و تاکین ۱۹۹۲: ۱۱۱؛ استیونز ۱۹۹۸: ۴۳۱؛ لده فوگد ۲۰۰۵: ۹۵). برای کمی‌سازی و اندازه‌گیری توازن طیفی چند پارامتر آوایی مربوط به شدت انرژی مطرح شده است که عبارت است از دامنه H1 (همساز اول) و H2 (همساز دوم) و اختلاف دامنه همساز اول از همساز دوم H1-H2 و اختلاف دامنه همساز اول از بسامد اول H1-F1 (هنسن و چانگ ۱۹۹۹؛ استیونز ۱۹۹۸: ۴۳۰؛ لده فوگد ۲۰۰۵: ۹۵). این پارامترها در مطالعات مختلف به عنوان همبسته‌های تولیدی الگوی واک‌سازی انتخاب و نقش آنها در ایجاد تمایز تولیدی بین الگوهای واک طبیعی و غیرطبیعی در زبانهایی مانند جالپا مازاتک (بلنکن شیب ۲۰۰۲)، خو (لده فوگد ۱۹۸۳)، گوجاراتی (فیشر-یورگن سن ۱۹۶۷) و تاگالوگ (بلنکن شیب ۲۰۰۲) تأیید شده است. صادقی (۲۰۰۷) با انتخاب دامنه H2، H1-H2 و H1-F1 و مقایسه بخش پایانی واکه در جفت‌واژه‌های CVC و CVGC (یک همخوان چاکنایی) از نظر تظاهر آوایی پارامترهای مورد نظر نشان داد که

اختلاف دامنه هر سه پارامتر H2، H1-H2 و H1-F1 برای واکه‌های CVC و CVGC با یکدیگر معنی‌دار است. وی چنین نتیجه‌گیری کرد که با وجود کاهش قابل ملاحظه فعالیت چاکنای برای G در رشته‌های آوایی CVGC اثر الگوی چاکنایی به صورت واک نفسی (برای h) و واک بازداشته (برای P) در بخش پایانی واکه همچنان باقی میماند. وی (۲۰۰۸) سپس در یک آزمایش تولیدی دیگر درباره زمان‌بندی الگوی واک‌سازی در کشش جبرانی زبان فارسی نشان داد که الگوی واک‌سازی غیرطبیعی صرفاً در پایان واکه ظاهر نمیشود بلکه نیمه دوم محدوده زمانی واکه را بکلی دربرمیگیرد و با توجه به کشیده شدن واکه در این جایگاه دیرش محدوده زمانی واک غیرطبیعی به اندازه یک واکه کوتاه کامل است. وی در این آزمایش، مقادیر اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 را در طول ۸۰ میلی ثانیه پایانی واکه در رشته‌های آوایی CVC و CVGC طی شش محدوده زمانی ۱۵ میلی‌ثانیه‌ای از مرکز تا پایان واکه محاسبه و با یکدیگر مقایسه کرد و نشان داد که بغیر از محدوده زمانی اول و دوم، ۶۵-۸۰ و ۵۰-۶۵، مقادیر این پارامترها برای CVC و CVGC در دیگر محدوده‌های زمانی معنی‌دار است.

یکی دیگر از همبسته‌های آوایی کیفیت واک‌سازی، افت بسامد پایه است. واک‌سازی بازداشته یا نفسی، با توجه به تغییر شکل هندسی چاکنای و تغییر نسبت زمانی مرحله باز و بسته چرخه ارتعاش، با کاهش بسامد پایه همراه هستند. این واقعیت در بسیاری از آزمایشات تولیدی و ادراکی به اثبات رسیده است (کلات و کلات ۱۹۹۰: ۸۵۱، لده فوگد ۲۰۰۵: ۹۴). در بسیاری از زبانها تغییرات بسامد پایه به تنهایی و مستقل از عوامل دیگر مانند دیرش واکه و دامنه طیف واک بازداشته و نفسی را از واک طبیعی متمایز میکند. در زبان کوتزوسپان میکستک (گرفن ۲۰۰۵) برای مثال، واکه‌های بازداشته به صورت پیوستاری از درجات مختلف حنجره‌ای‌شدگی تولید میشوند که در منحنی زیربومی گفتار با کاهش بسامد پایه همراه است. گرچه گاهی مقدار این کاهش بسیار جزئی است ولی گویشوران این زبان از این نشانه با سطح اطمینان بالایی برای ایجاد تمایز ادراکی بین واکه‌های حنجره‌ای‌شده و واکه‌های طبیعی استفاده میکنند. گرفن (۲۰۰۵) با انتخاب بسامد پایه و شدت انرژی کل به عنوان همبسته‌های ادراکی حنجره‌ای‌شدگی و ساخت محرکهای شنیداری از طریق تغییر مقادیر این عوامل در یک آزمایش ادراکی، نشان داد که آنچه اساساً

باعث تمایز ادراکی جفت‌واژه‌هایی می‌شود که از نظر وجود یا عدم وجود حنجره‌ای‌شدگی با یکدیگر متفاوت هستند، افت بسامد پایه است به‌طوری که کوچکترین مقدار کاهش بسامد پایه باعث شیب تند صعودی پاسخ‌های شنیداری به نفع حنجره‌ای‌شدگی می‌شود. اثر شدت انرژی کل بر درک شنیداری حنجره‌ای‌شدگی مستقل از تغییرات بسامد پایه قابل اغماض است. وی همچنین نشان داد که در جفت‌واژه‌هایی که هم از نظر دیرش واکه و هم حنجره‌ای‌شدگی با هم تفاوت دارند، دیرش نشانه معتبرتری است ولی تغییرات بسامد پایه تا حد قابل توجهی باعث تقویت درک شنیداری حنجره‌ای‌شدگی می‌شود. بی‌جن‌خان (۲۰۰۰) نشان داد که بسامد پایه یکی از همبسته‌های تولیدی کشش جبرانی در زبان فارسی است. وی (همان) با اندازه‌گیری مقادیر بسامد پایه در آغاز و پایان واکه V در رشته‌های آوایی CVC و $CVGC$ نشان داد مقادیر این پارامتر برای واکه $CVGC$ هم در آغاز و هم پایان به‌طور معنی‌داری کمتر از واکه CVC است.

از سوی دیگر برخی مطالعات انجام‌شده نشان داده است بین بسامد پایه و دیرش واکه مستقل از حالت واک‌سازی رابطه وجود دارد. لهیسته (۱۹۷۶)، پیسونی (۱۹۷۶) و ونگ و دیگران (۱۹۷۶) در آزمایشاتی مشابه بر روی زبان انگلیسی که در آن واکه‌های کشیده و کوتاه غالباً در تقابل با یکدیگر قرار نمی‌گیرند، با انتخاب واکه‌هایی با دیرش یکسان و الگوی زیروبمی متفاوت یکی با نواخت ثابت و دیگری با نواخت افتان-خیزان یا خیزان-افتان نشان دادند که واکه‌های با بسامد متغیر از واکه‌های با بسامد ثابت کشیده‌تر درک می‌شوند. ون‌دوملن (۱۹۹۳) آزمایش مشابهی بر روی زبان آلمانی انجام داد. در این زبان واکه‌های کشیده و کوتاه تمایز واجی ایجاد می‌کنند. وی (همان) با بازسازی محرک‌های تک‌هجایی و دوهجایی از طریق تغییر مقادیر دیرش هجا و بسامد پایه و ارائه محرک‌ها به شرکت‌کنندگان به دو صورت مجزا و در درون جملات حامل نشان داد که گویشوران این زبان تنها زمانی از تغییرات بسامد پایه به‌عنوان نشانه ادراکی کشش واکه استفاده می‌کنند که مقادیر دیرش هجا خنثی یا مبهم باشد و واکه‌ها درون کلمات تک‌هجایی به‌صورت مجزا و خارج از بافت زبانی به آنها ارائه شود. وی (همان) چنین نتیجه‌گیری کرد که تغییرات بسامد پایه حتی در زبان آلمانی با وجود تقابل واجی واکه‌های کشیده و کوتاه نشانه‌ای ضعیف برای درک دیرش واکه است و تنها در صورت نبود نشانه‌های دیگر آوایی یا زبانی

مورد استفاده قرار می‌گیرد. وی (همان) پیرو این آزمایش، آزمایش دیگری انجام داد و در آن شیب نزولی بسامد پایه را در واژه‌های هدف با نواخت افتان به دو صورت بازسازی کرد: یکی با شیب کند با تغییرات پیوسته از ابتدا تا انتهای واژه و دیگری با شیب تند از مرکز تا انتهای واژه. نتایج نشان داد نواخت افتان تنها در صورت شیب نزولی تند بسامد پایه بر درک کشش واژه کلمات تک‌هجایی اثر معنی‌داری دارد؛ وقتی بسامد پایه در سطح کل واژه بتدریج کاهش می‌یابد، این نواخت بر درک دیرش تأثیرگذار نیست؛ بر این اساس وی چنین بحث کرد که بسامد پایه نمیتواند به‌طور منظم و با سطح اطمینان بالا واژه‌های کشیده را از واژه‌های کوتاه در زبان آلمانی متمایز کند. لهنرت-لی هولیر (۲۰۱۰) با بررسی نتایج آزمایشات ون‌دوملن (۱۹۹۳) برای زبان آلمانی و لهیسته (۱۹۷۶) و ونگ و دیگران (۱۹۷۶) برای زبان انگلیسی این سؤال را مطرح کرد که آیا موضع واجی کشش واژه بر نقش بسامد پایه بر درک شنیداری کشش تأثیرگذار است یا آن که استفاده از تغییرات بسامد پایه به عنوان همبسته ادراکی کشش واژه یک گرایش عام آواشناختی است. وی (همان) با طرح این سؤال یک آزمایش شنیداری زبان‌گذر برای تعیین همبسته‌های ادراکی کشش واژه بر روی زبانهای تایلندی، ژاپنی، آلمانی و اسپانیایی انجام داد. از میان این زبانها سه زبان اول دارای تقابل واجی کشش واژه و زبان اسپانیایی فاقد این تقابل واجی است. نتایج آزمایش نشان داد دیرش واژه معتبرترین نشانه ادراکی کشش واژه است، زیرا تمامی شرکت‌کنندگان، صرف‌نظر از تفاوت زبان مادری، از دیرش واژه با سطح اطمینان بسیار بالایی برای تمایز بین واژه‌های کشیده از واژه‌های کوتاه استفاده کردند. این نتایج همچنین نشان داد که تغییرات شدت انرژی در مقایسه با تغییرات بسامد پایه همبسته قویتری است زیرا تمام شرکت‌کنندگان از این نشانه، البته با تفاوت‌های بین زبانی و سطح اطمینان پائینتر نسبت به دیرش واژه، برای درک شنیداری کشش واژه استفاده کردند، در حالی که تنها یک گروه از شرکت‌کنندگان، یعنی گویشوران ژاپنی، از تغییرات نزولی بسامد پایه برای این منظور استفاده کردند. این نتایج نشان داد که استفاده از نشانه‌های ادراکی تا حد زیادی تابعی از میزان برجستگی ذاتی آنها است و میزان برجستگی نشانه‌ها برای زبانهای مختلف قابل تنظیم است.

در این مقاله با انجام یک آزمایش ادراکی، درک شنیداری کشش جبرانی در زبان فارسی از طریق تغییر مقادیر دیرش واکه، اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و بسامد پایه مطابق با نتایج آزمایش تولیدی صادقی (۲۰۰۷) مورد بررسی قرار میگیرد. فرض بر آن است که تغییرات دیرش واکه اصلیتین نشانه ادراکی کشش واکه است و اثر عوامل دیگر مانند اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه بر درک کشش واکه افزایشی^۴ است. سؤالات اصلی تحقیق این است که (۱) آیا مطابق با نتایج آزمایشهای تولیدی عوامل اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه مستقلاً بر درک کشش واکه اثر معنی داری دارند؟ (۲) اثر تعاملی این عوامل با دیرش واکه به طور جداگانه چگونه است؟ و (۳) با فرض افزایشی بودن اثر تعاملی، میزان اثر افزایشی برای کدام یک از عوامل اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه قویتر است.

۲- روش تحقیق: آزمایشگاهی

۲-۱ داده‌ها

جفت‌واژه‌های «بد» / «بعد» (ba ʔd / bad) و «سر» / «سحر» (sehr/ser) به‌عنوان محرکهای هدف انتخاب شدند. عضو اول هر جفت‌واژه دارای ساخت هجایی CVC و فاقد همخوان چاکنایی و عضو دوم دارای ساخت هجایی CVGC و شامل یک همخوان چاکنایی در جایگاه پایان هجا پیش از همخوان پایانی است. محرکها از سطح آزمایش تولیدی نگارنده انتخاب شدند. در آن آزمایشها درون جملات حامل یکسان با تکیه زیروبمی هسته بر روی کلمات هدف قرار داده شده بودند. جمله حامل برای جفت‌واژه اول «به او گفت» و برای جفت‌واژه دوم «او را کرد» بود. همچنین، گویشوران جملات را به صورت محاوره‌ای تولید کرده بودند، به طوری که در تمامی مشاهدات انجام‌شده عضو دوم جفت‌واژه‌ها با واکه کشیده بدون حضور گونه‌های سخت [ʔ] و [h] تولید شده بود. کلمات [bad] و [ser] تولیدشده توسط یک گویشور مرد به‌عنوان محرکهای هدف برای بازسازی مقادیر پارامترهای دیرش واکه، بسامد پایه و اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 انتخاب شدند. داده‌های این گویشور به این دلیل انتخاب شدند که

4. additive

مقادیر هر سه پارامتر موردنظر برای وی در مقایسه با دیگر شرکت‌کنندگان به مقادیر میانگین این پارامترها نزدیکتر بود. پس از انتخاب محرکهای هدف، مقادیر هر یک از پارامترها به‌طور جداگانه طی چندین گام به‌گونه‌ای که در ذیل توضیح داده خواهد شد از [bad] به [baʔd] و از [ser] به [sehr] تغییر داده شد.

الف) بازسازی دیرش واکه: دامنه تغییرات دیرش واکه با محاسبه مقادیر حداقلی و حداکثری دیرش واکه به‌ترتیب برای [bad] و [ba:d] و [ser] و [se:r] از سطح آزمایش تولیدی به‌دست آمد. حداقل مقدار مشاهده‌شده برای [bad]، ۸۱ میلی‌ثانیه و [ser]، ۷۷ میلی‌ثانیه و حداکثر مقدار مشاهده‌شده برای [ba:d]، ۱۶۰ میلی‌ثانیه و [se:r]، ۱۴۵ میلی‌ثانیه بود. با توجه به نزدیکی مقادیر مشاهده‌شده برای [bad] و [ser] از یک سو و [ba:d] و [se:r] از سوی دیگر، میانگین تقریبی این مقادیر به‌عنوان مقادیر مرجع حداقلی و حداکثری برای بازسازی محرکهای دیرش واکه انتخاب شدند: مقدار مرجع حداقلی: ۸۰ میلی‌ثانیه و مقدار مرجع حداکثری: ۱۵۲ میلی‌ثانیه. سپس مقادیر دیرش طی هفت گام ۱۲ میلی‌ثانیه‌ای از [bad] و [ser] به [ba:d] و [se:r] تغییر داده شد. این گامها به ترتیب عبارت است از ۸۰، ۹۲، ۱۰۴، ۱۱۶، ۱۲۸، ۱۴۰، و ۱۵۲ میلی‌ثانیه.

ب) بازسازی اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1. چنانکه قبلاً گفته شد، مطالعات انجام‌شده درباره تظاهر آوایی کشش جبرانی در زبان فارسی، از پارامترهای سطح دامنه طیف نشان داده است که اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 برای واکه در رشته‌های آوایی CVC و CVGC به‌طور معنی‌داری با هم متفاوت است. این اختلاف برای V در CVC به‌شکل تراز و برای V در CVGC به‌صورت نزولی (/ʔ/) یا صعودی (/h/) است (صادقی ۲۰۰۷). علاوه بر این آزمایش انجام‌شده درباره زمان‌بندی الگوی واک‌سازی کشش جبرانی نشان داده است که دیرش محدوده زمانی واک غیرطبیعی (واک نفسی و واک بازداشته) کل نیمه دوم واکه از مرکز تا پایانه واکه را دربرمیگیرد (صادقی ۲۰۰۸). با توجه به نتایج آزمایشات تولیدی دو نوع محرک بازسازی شد، به‌طوری‌که محرکهای نوع اول مقادیر اختلاف دامنه واک بازداشته و محرکهای نوع دوم مقادیر اختلاف دامنه واک نفسی را دربرگرفتند.

برای تعیین محدوده تغییرات اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 به منظور بازسازی محرکهای نوع اول، حداقل مقادیر مشاهده شده این پارامترها برای [bad] و حداکثر این مقادیر برای [ba:d] از سطح آزمایش تولیدی به دست آمد. این مقادیر به ترتیب عبارت بود از: مقادیر حداقلی H1-H2: ۲/۹ و H1-F1: ۴/۸؛ مقادیر حداکثری H1-H2: ۱/۱ و H1-F1: ۸/۱. مقادیر حداقلی به عنوان مرجع پائین و مقادیر حداکثری به عنوان مرجع بالا در نظر گرفته شد. با توجه به همبستگی پارامترهای H1-F1 و H1-H2 در آزمایش تولیدی، محرکها به صورت مجموعه مرکب از مقادیر دو پارامتر ساخته شدند. حد فاصل مرجع پائین و مرجع بالای H1-H2 و H1-F1 به چهار ناحیه اختلاف دامنه تقسیم و نواحی مربوطه به عنوان گامهای تغییرات پارامترهای مورد نظر برای بازسازی محرکهای نوع اول انتخاب شدند. این گامها عبارت است از (۱): H1-H2: ۲/۹ و H1-F1: ۴/۸-؛ (۲): H1-H2: ۲/۳ و H1-F1: ۵/۹-؛ (۳): H1-H2: ۱/۷ و H1-F1: ۷- و (۴): H1-H2: ۱/۱ و H1-F1: ۸/۱- گام اول ناظر بر مقادیر حداقلی، گام چهارم ناظر بر مقادیر حداکثری، و گامهای دوم و سوم ناظر بر مقادیر مرزی بین جفت‌واژه هستند. همین مراحل برای ساخت محرکهای نوع دوم نیز اعمال شد؛ یعنی مقادیر مرجع پائین و مرجع بالای اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 از طریق محاسبه حداقل و حداکثر مقادیر مشاهده شده این پارامترها به ترتیب برای [ser] و [se:r] از سطح آزمایش تولیدی به دست آمد. این مقادیر عبارت بود از: مرجع پائین H1-H2: ۳/۱، H1-F1: ۴/۶- و مرجع بالای H1-H2: ۱ و H1-F1: ۱۰/۱ (فاصله بین گامهای H1-H2: ۰/۷ و H1-F1: ۴/۹ است). سپس محدوده اختلاف دامنه بین مرجع پائین و مرجع بالا به چهار ناحیه تقسیم و نواحی به دست آمده به عنوان گامهای تغییرات پارامترهای مورد نظر برای ساخت محرکهای نوع دوم انتخاب شد. این گامها عبارت است از: (۱): H1-H2: ۳/۱ و H1-F1: ۴/۶-؛ (۲): H1-H2: ۲/۴ و H1-F1: ۰/۳؛ (۳): H1-H2: ۱/۷ و H1-F1: ۵/۲ و (۴): H1-H2: ۱ و H1-F1: ۱۰/۱. تمامی گامهای محرکهای نوع اول و دوم با توجه به نتایج آزمایش تولیدی صادقی (۲۰۰۸) از مرکز تا پایان واکه‌های هدف بر روی محرکها اعمال شد.

ج) بازسازی فرکانس پایه: دامنه تغییرات فرکانس پایه برای بازسازی گامهای این پارامتر با محاسبه مقادیر حداقلی و حداکثری فرکانس پایه در گفتار مردان در پایانه واکه بترتیب

برای [ba:d] و [bad] و [se:r] و [ser] از سطح آزمایش تولیدی به دست آمد. حداقل مقدار مشاهده شده برای [ba:d] ۱۱۸ هرتز و [se:r] ۱۱۱ هرتز و حداکثر مقدار مشاهده شده برای [bad] ۱۴۳ هرتز و [ser] ۱۴۸ هرتز بود. با توجه به نزدیکی مقادیر مشاهده شده برای [ba:d] و [se:r] از یک سو و [bad] و [ser] از سوی دیگر، میانگین این مقادیر بترتیب عنوان مقادیر مرجع پائین و مرجع بالا برای بازسازی محرکهای فرکانس پایه انتخاب شد. به این ترتیب مقدار مرجع پائین، ۱۱۵ و مقدار مرجع بالا، ۱۴۵ هرتز در نظر گرفته شد. سپس حد فاصل مرجع پائین و مرجع بالای فرکانس پایه به چهار ناحیه فرکانسی تقسیم و نواحی مربوطه به عنوان گامهای تغییرات این پارامتر برای بازسازی محرکهای مربوطه انتخاب شد. این گامها عبارت است از (۱): ۱۱۵ هرتز؛ (۲): ۱۲۵ هرتز؛ (۳): ۱۳۵ هرتز و (۴): ۱۴۵ هرتز. گامهای بسامد پایه نیز مانند گامهای اختلاف سطح دامنه از مرکز تا پایان واکه‌های هدف بر روی محرکها اعمال شد.

بازسازی محرکها با استفاده از نرم‌افزار **praat** ویرایش ۵.۱.۱۲ انجام شد. برای بازسازی محرکهای بسامد پایه و دیرش، ابتدا علامت آوایی هر پاره‌گفتار از طریق گزینه دستکاری^۵ به یک بازنمود دو بعدی از بسامد پالسهای حنجره در واحد زمان تبدیل شد. از این بازنمود سپس دو خروجی به دست آمد: یکی لایه زیربومی^۶، برای بازسازی مقادیر بسامد پایه، و دیگری لایه دیرش^۷ برای بازسازی مقادیر دیرش واکه‌ها. سپس تنظیمات مورد نظر بر روی زنجیره‌های آوایی مربوطه در هر یک از این دو لایه به طور جداگانه انجام شد. برای بازسازی سطوح اختلاف دامنه، علامت آوایی هر پاره‌گفتار به خروجی کلات‌گرید^۸ تبدیل و از این خروجی سپس از طریق امکان ویرایش واک‌سازی، لایه انحنا^۹ طیف^۹ به دست آمد. سپس مقادیر دامنه همسازها مطابق با آنچه قبلاً توضیح داده شد، بر روی این لایه اعمال گردید.

پس از بازسازی گامهای هر پارامتر به طور جداگانه، گامهای دیرش هجا یک بار با گامهای اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 و بار دیگر با گامهای فرکانس پایه ترکیب شد.

5. manipulation

6. pitch tier

7. duration tier

8. klattGrid

9. spectral tilt tier

به این ترتیب بیست و چهار محرک از ترکیب گامهای دیرش (۶ گام) و اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 (۴ گام) و هجده محرک از ترکیب گامهای دیرش (۷ گام) و فرکانس پایه (۳ گام) ساخته شد. محرکهای هدف سپس در نرم‌افزار *praat* از طریق امکان هم‌گذاری در جایگاه اولیه خود در درون جمله حامل اصلی قرار گرفتند. همچنین برای از بین بردن ناپیوستگیهای فرکانس پایه در اثر هم‌گذاری کلمات، منحنی زیروبمی جملات هم‌گذاری شده، مطابق با منحنی زیروبمی جمله اصلی بازسازی شد. جدای از این تغییر، هیچگونه تغییر دیگری از جمله تغییرات فرکانس پایه، دیرش یا ترادف زمانی بر روی محرکهای هدف و سایر کلمات اعمال نشد.

هدف از ساخت محرکها پاسخ به این سؤالات است که (۱) درک کشش جبرانی در زبان فارسی تا چه اندازه وابسته به تغییرات دیرش واکه است؛ و (۲) اثر مستقل عوامل فرکانس پایه و اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و همچنین اثر تعاملی آنها با دیرش واکه به‌طور جداگانه بر درک کشش جبرانی چگونه است؛ آیا اثر این عوامل بر درک کشش صرفاً تقویتی است یا این عوامل با دیرش واکه تعامل رقابتی دارند؟

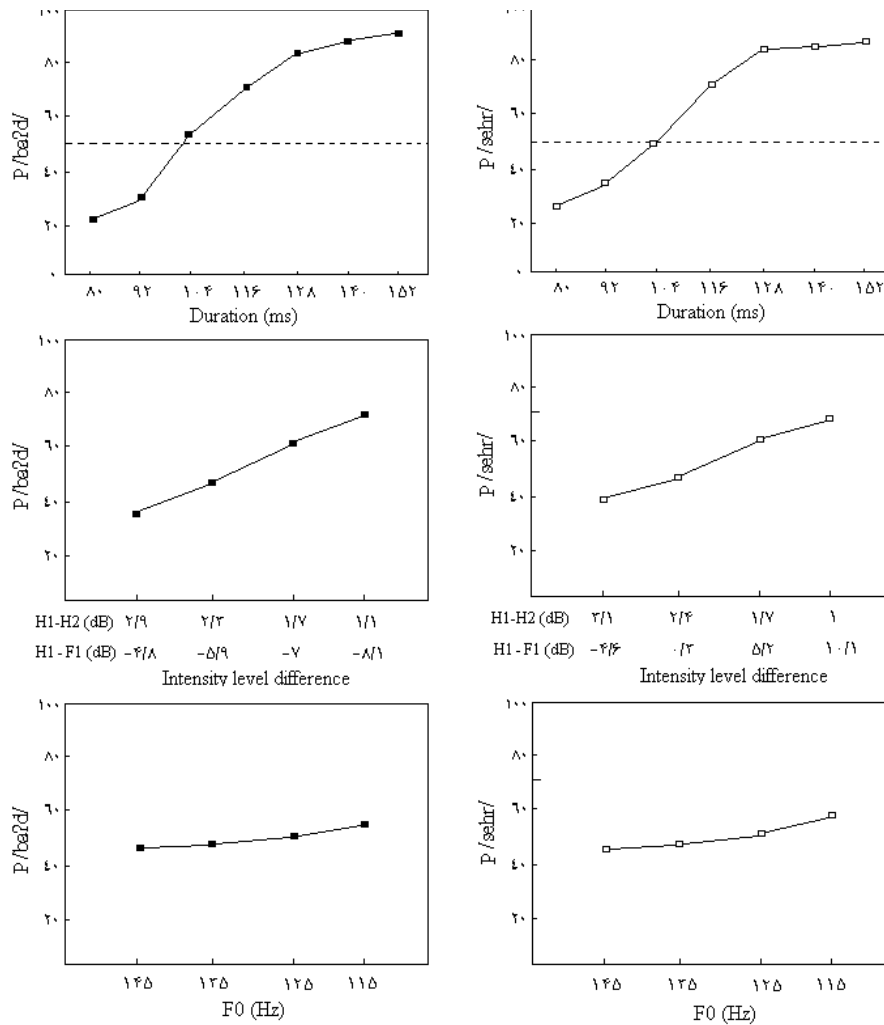
۲-۲ گویشوران و روش انجام آزمایش

محرکهای بازسازی شده شامل بیست و چهار محرک حاصل از ترکیب گامهای دیرش و اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و ۱۸ محرک حاصل از ترکیب گامهای دیرش و فرکانس پایه هر کدام چهار بار در دو نوبت به‌طور جداگانه به شرکت‌کنندگان ارائه شد. به این ترتیب تعداد کل محرکهای شنیداری صد و شصت و هشت محرک بود. در هر نوبت آزمایش، نیمی از محرکهای دیرش و اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 (چهل و هشت محرک) و نیمی از محرکهای دیرش و فرکانس پایه (سی و شش محرک) در مجموع شامل هشتاد و چهار محرک در قالب سه مجموعه، هر مجموعه شامل بیست و هشت پاره گفتار به‌صورت تصادفی به آزمودنیها ارائه شدند. فاصله زمانی بین محرکها پنج و مجموعه‌ها ده میلی‌ثانیه در نظر گرفته شد. فاصله زمانی بین نوبت اول و نوبت دوم آزمایش سی دقیقه در نظر گرفته شد. ده آزمودنی با گویش فارسی معیار بدون آشنایی با دانش زبانشناسی با دامنه سنی بیست تا سی و پنج سال در این آزمایش شرکت کردند. پس از پخش هر محرک،

گزینه‌های مربوط به جفت‌واژه مربوطه یعنی «سر» و «سحر» یا «بد» و «بعد» بر روی صفحه نمایشگر کامپیوتر ظاهر میشد و شرکت‌کنندگان باید گزینه موردنظر را با علامت * مشخص میکردند.

۲-۳- تحلیل آماری

تعداد پاسخهای صحیح «بعد» [baʔd] و «سحر» [sehr] به هر محرک شنیداری محاسبه شده و به صورت درصد پاسخهای صحیح مشخص گردید. برای محاسبه معنی‌دار بودن اثر عوامل دیرش واکه، اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه بر درک کشش واکه دو آزمون تحلیل واریانس دوطرفه به‌طور جداگانه انجام شد. در آزمون اول، دیرش واکه و اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 به‌عنوان متغیرهای مستقل و پاسخهای صحیح «بعد» [baʔd] و «سحر» [sehr] هر یک به‌طور جداگانه به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. در آزمون دوم، دیرش واکه و فرکانس پایه به‌عنوان متغیرهای مستقل و پاسخهای صحیح «بعد» [baʔd] و «سحر» [sehr] به‌عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد. در این آزمونها اثر مستقل هر یک از عوامل دیرش واکه، اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه بر درک کشش واکه به‌طور جداگانه محاسبه شد. همچنین اثر تعاملی دیرش واکه با اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه مورد بررسی قرار گرفت:



شکل ۱: درصد پاسخ های صحیح /baʔd/ (چپ) و /sehr/ (راست) به صورت تابعی از دیرش واکه (بالا)، اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 (وسط) و فرکانس پایه (پایین)

۲-۴- نتایج

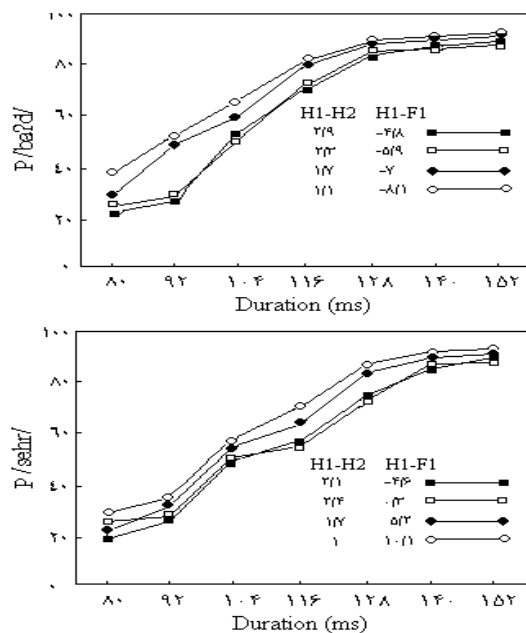
شکل (۱) درصد پاسخهای صحیح «بعد» [baʔd] (چپ) و «سحر» [sehr] (راست) به محرکهای هدف را به صورت تابعی از دیرش واکه (بالا)، اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 (وسط) و فرکانس پایه (پایین) نشان میدهد. شیب تند تغییرات پاسخهای شنیداری برای منحنیهای دیرش واکه (بالا) در سطح هر دو محرک نشان میدهد که این عامل بر درک

کشش واکه اثر قابل توجهی دارد. چنانکه مشاهده میشود، کل دامنه تغییرات دیرش واکه باعث افزایش درصد پاسخهای صحیح برای محرکهای «بعد» و «سحر» به ترتیب از ۲۲٪ به ۸۷٪ و ۲۴٪ به ۸۵٪ شده است. نتایج آزمون تخمین ای‌تی‌ای اسکور^{۱۰} نشان داد که این میزان به تنهایی علت ۸۱ درصد تغییرات پاسخهای شنیداری برای «بعد» و ۷۸ درصد تغییرات برای «سحر» است. نقطه تلاقی ۵۰٪ محور عمودی با منحنی در میانه نمودارهای دیرش واکه برای «بعد» و «سحر» به ترتیب ۱۰۲ میلی‌ثانیه و ۱۰۳ میلی‌ثانیه است؛ یعنی تمامی مقادیر دیرش واکه بالاتر از مقادیر مورد نظر با احتمال بیشتری به صورت «بعد» و «سحر» و تمامی مقادیر پایینتر از این مقادیر به احتمال بیشتری به صورت «بد» و «سر» شنیده می‌شوند. شیب تغییرات پاسخها برای منحنیهای اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 (وسط) و فرکانس پایه (پائین) بمراتب کندتر از منحنیهای دیرش واکه است که این مسئله نشان میدهد اثر این عوامل بر درک کشش واکه بمراتب کمتر از دیرش واکه است.

همچنین، شیب تندتر تغییرات برای اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 در مقایسه با فرکانس پایه نشان میدهد که این عامل نشانه قویتری برای درک کشش واکه است. چنانکه مشاهده میشود کل دامنه تغییرات اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 باعث افزایش درصد پاسخهای صحیح برای محرکهای «بعد» و «سحر» به ترتیب از ۳۷٪ به ۷۱٪ و ۳۹٪ به ۶۸٪ شده است. نتایج آزمون تخمین ای‌تی‌ای اسکور نشان داد که این میزان علت ۱۳ درصد تغییرات پاسخهای شنیداری برای «بعد» و ۱۱ درصد تغییرات برای «سحر» است.

همچنین، کل دامنه تغییرات فرکانس پایه باعث افزایش درصد پاسخهای صحیح برای محرکهای «بعد» و «سحر» بترتیب از ۴۶٪ به ۵۵٪ و ۴۵٪ به ۵۷٪ شده است. نتایج آزمون تخمین ای‌تی‌ای اسکور نشان داد که این میزان تنها علت ۳ درصد تغییرات پاسخهای شنیداری برای «بعد» و ۴ درصد تغییرات برای «سحر» است. نتایج آزمونهای آماری نشان داد اثر مستقل عامل دیرش واکه بر درک کشش واکه در سطح هر دو محرک معنی‌دار است: [F (ba?d)=۱۴۹/۵۰۴، p< ۰/۰۰۰۱]؛ [F (sehr)= ۱۳۸/۹۳۱، p< ۰/۰۰۰۱]. همچنین اثر مستقل اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 بر درک کشش واکه معنی‌دار است: [F (ba?d) = ۱۱/۲۶۹، p= ۰/۰۰۱]؛ [F (sehr) = ۸/۴۳۷، p= ۰/۰۰۶]؛ ولی اثر مستقل

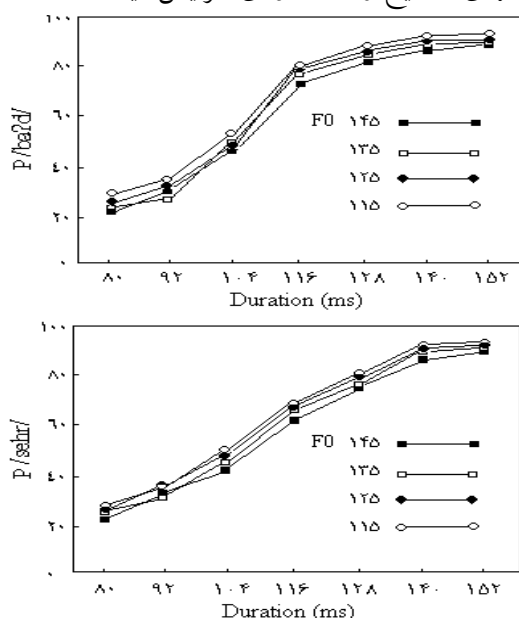
فرکانس پایه بر درک کشش برای هیچ یک از محرکها معنی دار نیست: $[0.719, \rho=0.39]$.
 $F(\text{ba?d})=[1/326, \rho=0.287]$ ؛ $F(\text{sehr})=[1/326, \rho=0.287]$. نتایج همچنین نشان داد اثر تعاملی دیرش
 واکه با عامل اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 معنی دار نیست: $[F(1/846, \rho=0.211)]$.
 $F(\text{sehr})=[0.95, \rho=0.349]$ ؛ $F(\text{ba?d})=[2/419, \rho=0.115]$ ؛ $F(\text{ba?d})=[3/341, \rho=0.086]$.
 همچنین اثر آن با بسامد پایه نیز معنی دار نیست: $[F(\text{sehr})=2/419, \rho=0.115]$ ؛ $[F(\text{ba?d})=3/341, \rho=0.086]$.
 این عوامل با یکدیگر تعامل افزایشی دارند به این صورت که درک کشش واکه تا حد
 زیادی به دیرش واکه وابسته است اما فرکانس پایه و بویژه اختلاف دامنه H1- و H1-H2
 F1 بر تشخیص کشش واکه اثر افزایشی داشته و باعث افزایش سطح اطمینان پاسخهای
 شنیداری میشود.



شکل ۲: درصد پاسخ های صحیح /ba?d/ (بالا) و /sehr/ (پایین) برای سطوح مختلف اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 به صورت تابعی از دیرش واکه

اثر تعاملی دیرش واکه با عوامل اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 و فرکانس پایه در
 شکل های (۲) و (۳) قابل مشاهده است. این شکلها درصد پاسخهای صحیح «بعد»
 [ba?d] (بالا) و «سحر» [sehr] (پایین) به محرکهای هدف را به صورت تابعی از دیرش
 واکه بترتیب برای سطوح مختلف اختلاف H1-F1 و H1-H2 (شکل ۲) و فرکانس پایه

(شکل ۳) نشان می‌دهد. شیب نزولی تند تغییرات پاسخها در سطح هر دو شکل نشان می‌دهد که دیرش واکه بر درک کشش اثر قابل توجهی دارد. چنانکه مشاهده میشود برای تمامی سطوح اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 (شکل ۲) و فرکانس پایه (شکل ۳) درصد پاسخهای صحیح «بعد» و «سحر» در طول محور دیرش واکه افزایش یافته است که نشان می‌دهد اختلاف H1-F1 و H1-H2 و فرکانس پایه با دیرش واکه تعامل افزایشی دارند. پراکندگی منحنیهای سطوح اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 و فرکانس پایه در این نمودارها اهمیت فراوانی دارد. چنانکه ملاحظه میشود دامنه پراکندگی منحنیهای سطوح اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 به طور قابل ملاحظه‌ای بزرگتر از سطوح فرکانس پایه است؛ یعنی درصد پاسخهای صحیح «بعد» و «سحر» با تغییر سطح اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 در مقایسه با فرکانس پایه بیشتر تغییر کرده است. این واقعیت نشان می‌دهد که اثر اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 بر درک کشش واکه قویتر از فرکانس پایه است؛ بر این اساس، شنونده برای درک کشش واکه تا حد زیادی به دیرش واکه وابسته است اما اختلاف سطح دامنه H1-F1 و H1-H2 بر درک کشش واکه اثر افزایشی داشته و سطح اطمینان پاسخهای صحیح را تا حدودی افزایش میدهد.



شکل ۳: درصد پاسخ‌های صحیح /baʔd/ (بالا) و /æhr/ (پایین) برای سطوح مختلف فرکانس پایه به صورت تابعی از دیرش واکه

۳- نتیجه

در این مقاله با انجام یک آزمایش ادراکی، درک شنیداری کشش جبرانی را در زبان فارسی از طریق تغییر مقادیر دیرش واکه، اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و بسامد پایه مورد بررسی قرار دادیم. نتایج به دست آمده نشان داد درک کشش جبرانی در زبان فارسی تا حد زیادی وابسته به تغییرات دیرش واکه است. همچنین بررسی اثر تعاملی اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه به طور جداگانه با دیرش واکه نشان داد این عوامل با دیرش واکه تعامل افزایشی دارند؛ یعنی سطح اطمینانهای شنیداری را به صورت تابعی از دیرش واکه افزایش می‌دهند. همچنین مقایسه درصد تغییرات پاسخهای شنیداری صحیح به صورت تابعی از اختلاف دامنه H1-H2 و H1-F1 و فرکانس پایه نشان می‌دهد نشانه اول، همبسته ادراکی قویتری برای کشش جبرانی است. نتایج نشان می‌دهد یافته‌های آزمایش تولیدی صادقی در حوزه درک گفتار نیز معتبر است. این نتایج همچنین یافته‌های آزمایش شنیداری زبان‌گذر لهنرت-لی هولیر (۲۰۱۰) را نیز تأیید می‌کند. آزمایش وی نشان داد استفاده از نشانه‌های ادراکی برای تمایز کشش واکه تا حد زیادی تابعی از میزان برجستگی ذاتی آنها است. میزان برجستگی ادراکی دیرش واکه به عنوان یک گرایش آواشناختی عام از تغییرات شدت انرژی و تغییرات نزولی بسامد پایه بیشتر است و بنابراین دیرش، معتبرترین نشانه ادراکی کشش واکه است. همچنین میزان برجستگی تغییرات شدت انرژی در مقایسه با تغییرات بسامد پایه بیشتر است و بنابراین تغییرات شدت انرژی همبسته قویتری از تغییرات بسامد پایه برای درک کشش واکه است.

منابع

- صادقی، وحید (۱۳۸۹). آواشناسی و واجشناسی همخوانهای چاکنایی در زبان فارسی. مجله پژوهشهای زبانشناسی، سال دوم، شماره اول.
- درزی، علی (۱۳۷۲). کشش جبرانی در زبان فارسی، مجله زبانشناسی، سال دهم، شماره دوم.
- کرد زعفرانلو کامبوزیا، عالی (۱۳۷۹). واجشناسی خودواحد و کاربرد آن در فرایندهای واجی زبان فارسی. پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه زبانشناسی.

- Bijankhan, M. (2000). Farsi vowel compensatory lengthening: An experimental approach. *The Fifth International Conference on Spoken Language Processing*, Beijing, China.
- Blankenship, B. (2002). The timing of nonmodal phonation in vowels. *Journal of Phonetics* 30: 163-191
- Fischer-jørgensen, E. (1967). Phonetic analysis of breathy(murmured) vowels in Gujarti. *Indian Linguistics* 28: 71-139.
- Ladefoged, P. (1983). The linguistic use of different phonation types. In D. Bless & J. Abbs (eds.). *Vocal fold physiology: Contemporary Research and Clinical Issues* (351-360). San Diego: College Hill Press.
- Ladefoged, P. (2005). *An Introduction to phonetic data analysis, field work and instrumental techniques*. Blackwell Publishing.
- Pierrehumbert, J. and D, Talkin. (1992). Lenition of /h/ and glottal stop. *Papers in Laboratory Phonology*, Vol II. 92-116.
- Hanson, M.H., and E. S, Chuang. (1999). Glottal characteristics of male speakers: Acoustic correlates and comparison with female data. *Journal of the Acoustical Society of America* 31: S 54.
- Hanson, M. H., Stevens, K. N. (2001). Towards models of phonation. *Journal of Phonetics*. 29: 451-480.
- Klatt, D. and L, Klatt. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *Journal of the Acoustical Society of America* 87: 820-57.
- Lehiste, I. (1976). Influence of fundamental frequency on the perception of duration. *Journal of phonetics* 4: 113-117.
- Lehnert-LeHouillier, Heike (2010). A cross-linguistic investigation of cues to vowel length perception. *Journal of Phonetics* 3: 19-31.
- Pisoni, D. B. (1976). Fundamental frequency and perceived vowel duration. *Journal of the Acoustical Society of America* 59: S 39.
- Sadeghi, V. (2007). Compensatory lengthening in Persian. *The 16th International Congress on Phonetic Sciences*, Saarbruken, Germany.
- Sadeghi, V. (2008). Compensatory lengthening in Persian: The timing of non- modal phonation. *ISCA conference on Experimental Linguistics*, Athens.
- Stevens, K. N. (1998). *Acoustic phonetics*. Cambridge, MA and London: MIT Press.
- Van Dommelen, W. A. (1993). Does dynamic f0 increase perceived duration? New light on an old issue. *Journal of phonetics* 21: 367-386
- Wang, W.S,I. Lehiste, C.K Chuang, and N. Darnovsky. (1976). Perception of vowel duration. *Journal of the Acoustical Society of America* 60: S 92.