

ارسال: ۱۴۰۳/۰۸/۰۵

پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۰

10.22034/nf.2025.494070.1378

واکداری در همخوان‌های چاکنایی فارسی

وحید صادقی* (استاد گروه زبان انگلیسی و زبان‌شناسی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران)

چکیده: چاکنایی‌های بی‌واک [ʔ] و [h] در زبان فارسی در برخی بافت‌های واجی واکدار می‌شوند. نظاهر آوایی واکداری بست چاکنایی [ʔ] و سایش چاکنایی [h] به ترتیب به صورت واک بازداشته و واک نفسی است. در یک مطالعه صوتی، میزان واکداری و شدت واکداری همخوان‌های چاکنایی فارسی را در کلماتی که از سطح پیکره‌های طبیعی گفتار فارسی استخراج شده بودند، در سه بافت واجی پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای اندازه‌گیری کردیم. نتایج نشان داد بست چاکنایی /ʔ/ در هر سه جایگاه پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای واکدار است و میزان واکداری آن در این سه جایگاه تقریباً به یک اندازه است. اما واکداری /h/ وابسته به جایگاه واجی است به این صورت که این همخوان در جایگاه پیش‌واکه‌ای واکداری ضعیفی دارد ولی در جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای میزان واکداری آن به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد. چنین بحث کردیم که رفتار آوایی متفاوت /h/ و /ʔ/ بر حسب پارامترهای وابسته به واک با توجه به سازوکارهای تولیدی متفاوت آنها قابل توضیح است. در تفسیر واجی رفتار آوایی چاکنایی‌های فارسی، پیشنهاد کردیم که این همخوان‌ها، نه به صورت دو واحد زنجیره‌ای، بلکه به صورت دو الگوی واک‌سازی [گسترده‌گی چاکنایی] و [انقباض چاکنایی] بازنمایی شوند که میزان فعالیت این الگوها مشخصه‌دهی نشده است.

کلیدواژه‌ها: همخوان‌های چاکنایی، واکه بازداشته، واکه نفسی، واکداری، واک‌سازی.

۱. مقدمه

تغییر واکداری فرایندی است که طی آن الگوی واکداری یک همخوان به صورت تابعی از بافت واجی تغییر می‌کند. یعنی همخوان واکدار به بی‌واک و بی‌واک به واکدار تبدیل می‌شود. چاکنایی‌ها در این فرایند مشارکت فعال دارند. مثلاً بست چاکنایی [ʔ] و سایش چاکنایی [h] که نظام آوانگاری بین‌المللی آنها را در طبقه «بی‌واک» قرار داده‌است، در برخی بافت‌های واجی مانند بین دو واکه به درجات مختلف واکدار می‌شوند. تظاهر آوایی واکداری بست چاکنایی [ʔ] و سایش چاکنایی [h] به ترتیب به صورت واک بازداشته^۱ و واک نفسی^۲ روی واکه مجاور است. به طور مثال، یافته‌های آزمایشگاهی پیرهامبرت و تاکین (1992) و گارالک (2014) برای انگلیسی آمریکایی نشان داده‌است که توالی‌های /ʔv/ و /hv/ در بافت‌های نوایی ضعیف مانند وسط کلمه به ترتیب به صورت [v̥v] و [v̥h] تظاهر می‌یابند. نمونه‌های مشابه واکداری [ʔ h] به صورت واک‌های نامعمول^۳ بازداشته و نفسی برای زبان‌های بسیاری گزارش شده‌است (Ladefoged and Maddieson, 1996, p. 75 [در باره میزان واکداری [h] در زبان استونیایی (نک: Teras, 2018) و مجاری (نک: Deme et al., 2020) و [ʔ h] در زبان مالتی (نک: Mitterer, 2018)].

واک‌های بازداشته و نفسی تنوع واک‌سازی^۴ قابل توجهی دارند. مثلاً در زبان زاپوتک،^۵ واکه‌های بازداشته در تقابل با واکه‌های معمول^۶ هستند که میزان حنجره‌ای‌شدگی^۷ (یا بازداشتگی) آنها به صورت پیوستاری از بازداشتگی کمینه (واکداری بیشینه) تا بازداشتگی بیشینه (واکداری کمینه) متغیر است (Ariza-García, 2018). در حالت بازداشتگی بیشینه، واکه طوری تولید می‌شود که گویی یک بست کامل چاکنایی در مرکز آن واقع شده‌است. همین‌طور، در زبان گجراتی^۸ واکه‌های نفسی در برخی بافت‌ها کاملاً واکدار می‌شوند طوری که گاه تشخیص آنها از معادل معمول‌شان بسیار دشوار است. گاهی نیز به‌گونه‌ای تولید می‌شوند که گویی در مرکز آنها یک دوره بی‌واکی کامل (دمش) تولید شده‌است (Khan, 2012).

هدف از انجام این پژوهش بررسی میزان واکداری و شدت واکداری همخوان‌های چاکنایی فارسی در بافت‌های مختلف واجی است. با توجه به یافته‌های پیشین درباره رفتار آوایی چاکنایی‌های

1) creaky voice
4) phonation
7) laryngealization

2) breathy voice
5) Zapotec
8) Gujarati

3) non-modal voice
6) modal voice

فارسی و تغییر الگوی واک‌سازی حنجره در توالی‌های آوایی [vh(v)] و [vʔ(v)] (شامل دو بافت بین‌واکه‌ای^۱ و پس‌واکه‌ای^۲) انتظار داریم میزان و شدت واکداری [ʔ h] در دو بافت واجی بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای نسبت به جایگاه پیش‌واکه‌ای^۳ (آغاز هجا منطبق بر آغاز کلمه) بیشتر باشد. برای بررسی میزان اعتبار این فرضیه، پارامترهای وابسته به واکداری را در طول چاکنایی‌ها در گفتار خوانداری فارسی تحلیل خواهیم کرد.

۲. تنوع واکداری در همخوان‌های چاکنایی

یافته‌های پژوهشگران نشان داده‌است که چند عامل در واکداری همخوان‌های چاکنایی نقش اساسی دارند. این عوامل عبارت‌اند از: ۱. تغییرات فشار جریان هوای زیرحنجره،^۴ ۲. فضای تولیدی مشترک برای واکداری و تولید همخوان‌های چاکنایی و ۳. میزان فعالیت تارآواها برای تولید الگوهای چاکنایی.

واکداری تا زمانی اتفاق می‌افتد که بین جریان هوای زیرحنجره و فوق‌حنجره^۵ اختلاف فشار مثبت معنادار وجود داشته باشد و البته تارآواها به اندازه کافی به یکدیگر نزدیک شده باشند، چراکه اگر تارآواها از یکدیگر دور باشند و یا محکم به هم بچسبند، ارتعاش متوقف می‌شود (برای آگاهی بیشتر نک: Kreimen and Sidtis, 2011). پاره‌گفتار را به‌عنوان یک واحد نوایی بزرگ در نظر بگیریم. به هنگام تولید یک پاره‌گفتار، فشار جریان هوا از سطحی کمینه شروع شده و در زمان کوتاهی به یک سطح بیشینه ثابت می‌رسد تا اینکه در نقطه پایانی پاره‌گفتار ناگهان کاهش می‌یابد (Ladefoged, 1963). با توجه به فشار اندک جریان هوای زیرحنجره در آغاز پاره‌گفتار و نسبت اندک جریان هوای زیرحنجره و فوق‌حنجره، شروع واکداری در این جایگاه نوایی امکان‌پذیر نیست. از این‌رو، چاکنایی‌های واقع در آغاز پاره‌گفتار یا بی‌واک‌اند یا واکداری‌شان بسیار ضعیف است (Garellek, 2020). برعکس، واکداری در وسط پاره‌گفتار وضعیت مطلوبی است، حتی اگر دستگاه گفتار در وضعیت انسداد کامل باشد (Westbury and Keating, 1986)، زیرا فشار جریان هوای زیرحنجره زیاد است و تداوم واکداری به نسبت شروع آن در آغاز پاره‌گفتار به‌مراتب راحت‌تر است، طوری که گوینده برای توقف واکداری در این ناحیه یا باید تارآواهای خود را محکم

1) intervocalic

4) sub-glottal pressure

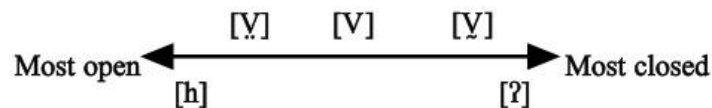
2) post-vocalic

5) super-glottal pressure

3) pre-vocalic

به هم بچسباند و یا آنها را کاملاً از یکدیگر دور کند (Seyfarth and Garellek, 2020) و یا گرفتگی فوق‌حنجره‌ای خود را آن‌قدر نگه دارد که اختلاف فشار جریان هوای زیر‌حنجره و فوق‌حنجره به صفر برسد (Kingston and Diehl, 1994). در نواحی پایانی پاره‌گفتار، واکداری تا زمانی که فشار جریان هوای زیر‌حنجره کافی باشد ادامه می‌یابد، اما در نقطه پایانی، فشار هوای زیر‌حنجره دوباره به سطحی کمینه می‌رسد طوری که ایجاد کوچک‌ترین تغییر در وضعیت حنجره (مثل بست ضعیف یا بازشدگی اندک) برای تولید [ʔ h] منجر به بی‌واکی کامل آنها می‌شود.

بر این اساس، فعالیت الگوهای چاکنایی با شدت زیاد باعث توقف واکداری و با شدت ضعیف منجر به تداوم واکداری (با الگوی بازداشته یا نفسی) می‌شود، به‌ویژه، وقتی که فشار هوای زیر‌حنجره بیشتر از فوق‌حنجره باشد (مانند میان پاره‌گفتار). لده‌فوغد (1971) و گوردن و لده‌فوغد (2001) رابطه بین سایش چاکنایی، واک معمول، واک نفسی، واک بازداشته و بست چاکنایی را بر روی پیوستار میزان گرفتگی تارآواها (شکل ۱) تبیین کرده‌اند. در این پیوستار، میزان بازشدگی چاکنای برای واک معمول در حد متوسط است؛ واک نفسی بازشدگی بیشتر از حد متوسط و واک بازداشته بازشدگی کمتر از حد متوسط دارد. بازشدگی تارآواها برای [h] در حد بیشینه و برای [ʔ] در حد کمینه است.



شکل ۱ پیوستار میزان گرفتگی تارآواها (Gordon and Ladefoged, 2001)

مطابق پیوستار (شکل ۱) دلیل اصلی تغییرات واکداری در همخوان‌های چاکنایی فضای تولیدی مشترک این همخوان‌ها با واکه‌های نامعمول (بازداشته و نفسی) است. بی‌واکی نتیجه بست یا بازشدگی کامل تارآواهاست، در حالی که واکه‌های بازداشته و نفسی حاصل فعالیت همان الگوهای تولیدی (بست و سایش چاکنایی) با شدت ضعیف‌تر است. پس، تفاوت بین همخوان‌های چاکنایی و واکه‌های نامعمول تا حد زیادی وابسته به میزان فعالیت الگوهای چاکنایی است. الگوهای چاکنایی در برخی بافت‌های واجی (زنجیره‌ای یا نوایی) تقویت و در برخی بافت‌ها تضعیف می‌شوند. در حالت اول، شدت زیاد فعالیت چاکنایی با دو الگوی بست یا سایش منجر به توقف واکداری

می‌شود. اما در حالت دوم، شدت کم فعالیت همان الگوها موجب تداوم واکداری و تولید واکه‌های نامعمول بازداشته و نفسی می‌شود (Cho and Keating, 2009).

شواهد آوایی به دست آمده از زبان‌های مختلف بر تأثیر بافت واجی بر میزان واکداری همخوان‌های چاکنایی [ʔ h] صحه گذاشته است. به طور مثال، گارالک و همکاران (2023) در بررسی آوایی آواهای حنجره‌ای در بیش از ۱۳۰ زبان مختلف نشان داده‌اند که بی‌واکی (چه در مورد چاکنایی‌های [ʔ h] و چه در مورد واکه‌های بازداشته و نفسی واکرفته^۱) در دو لبه آغازی و پایانی پاره‌گفتار به دلیل کاهش فشار جریان هوای زیر حنجره وضعیتی مطلوب و بی‌نشان است؛ در آغاز پاره‌گفتار، این وضعیت به دلیل فعالیت بیشتر الگوهای چاکنایی مطلوب‌تر است. اما در وسط پاره‌گفتار، هم به دلایل آیرودینامیکی (فشار جریان هوای زیر حنجره) و هم نوایی (نبود زمینه نوایی لازم برای افزایش فعالیت الگوهای چاکنایی) واکداری مطلوب‌تر از بی‌واکی است. چاکنایی‌های [ʔ h] نسبت به واکه‌های بازداشته [v] و نفسی [ʏ] بی‌نشان‌اند. اگر در واجگان زبانی یکی از واکه‌های نامعمول [v] و [ʏ] وجود داشته باشد، حتماً معادل چاکنایی آن واکه نیز در واجگان آن زبان وجود دارد. اما برعکس این وضعیت صادق نیست. بسیاری از زبان‌ها (حداقل دو سوم زبان‌های زنده دنیا) همخوان چاکنایی [ʔ] و یا [h] دارند ولی واکه بازداشته یا نفسی ندارند (Garellek et al., 2023). حتی در زبان‌های دسته اول، یعنی زبان‌هایی که در آنها هم چاکنایی‌های بی‌واک [ʔ h] و هم واکه‌های نامعمول نفسی و بازداشته وجود دارد، به ندرت مشاهده شده است که این آواها در روساخت آوایی در تقابل با یکدیگر قرار بگیرند، زیرا چنان‌که قبلاً گفتیم، توزیع واجی آنها اساساً با یکدیگر متفاوت است (Ariza-Garcia, 2018).

نظام آوانگاری بین‌المللی روابط آوایی دقیق بین همخوان‌های چاکنایی و واکه‌های نامعمول را با وضع نشانه‌های زیروزبری مشخص کرده است. فرث (1957) اولین بار برای توصیف واکه‌های نفسی (نجوایی) در زبان گجراتی از نشانه‌های [v^h] و [vh] استفاده کرد. پاندیت (1957) برای توصیف همین واکه در گجراتی از نشانه [v] استفاده کرد و استدلال کرد که [v] می‌تواند از زیرساختی مانند [vh] مشتق شده باشد. ولز (1975) برای توصیف واکه‌های نفسی و بازداشته به ترتیب از توالی‌های

(۱) این مورد مربوط به زبان‌هایی است که در آنها واکه‌های بازداشته و نفسی با واکه‌های معمول در تقابل قرار دارند.

[vh] و [vʔ] استفاده کرد. نشانه‌هایی که اخیراً برای توصیف واکه‌های نفسی و بازداشته استفاده می‌شوند، در سال ۱۹۷۷ وضع شدند.

۳. همخوان‌های چاکنایی در زبان فارسی

یافته‌های پژوهشی درباره رفتار آوایی همخوان‌های چاکنایی فارسی نشان می‌دهد الگوی واکسازایی این همخوان‌ها بسته به بافت واجی تا حد زیادی تغییر می‌کند. در آغاز کلمه، الگوی بست چاکنایی برای [ʔ] و سایش چاکنایی برای [h] به‌طور کامل اجرا می‌شود و این همخوان‌ها به‌صورت گونه‌های سخت بی‌واک تولید می‌شوند (Samareh, 1977). اما در جایگاه‌های واجی دیگر مانند پایان هجا یا وسط کلمه بین دو واکه، از فعالیت الگوهای چاکنایی به درجات مختلف کاسته می‌شود و در نتیجه [ʔ h] به‌صورت آواهای واکه‌گونه با الگوی واکسازایی بازداشته و نفسی تولید می‌شوند (Bijankhan, 2000; Sadeghi, 2007).

در رابطه با رفتار آوایی چاکنایی‌های فارسی در پایان هجا/کلمه مطالعات گسترده‌ای انجام شده است. واج‌شناسان معتقدند که همخوان‌های چاکنایی فارسی در این جایگاه دستخوش فرایند کشش جبرانی^۱ می‌شود. سه دیدگاه مختلف درباره خوانش آوایی کشش جبرانی در زبان فارسی وجود دارد. دیدگاه اول معتقد است که کشش جبرانی در نتیجه تضعیف همخوان‌های چاکنایی در پایان هجا روی می‌دهد. ثمره (1977) می‌گوید چاکنایی‌ها در پایان هجا تضعیف شده و به گونه خفیف خود تبدیل می‌شوند و پس از آن، طی فرایندی جداگانه، واکه‌های پیش از آنها کشیده‌تر می‌شود. ثمره (ibid) تصریح کرده است که تولید چاکنایی‌های [ʔ h] در پایان هجا آن‌قدر ضعیف است که گوش افراد معمولی قادر به تشخیص آنها نیست. دیدگاه دوم می‌گوید که کشش جبرانی در اثر حذف کامل همخوان چاکنایی روی می‌دهد. اما درباره رابطه بین حذف همخوان چاکنایی و کشش واکه در این دیدگاه اختلاف نظرهایی وجود دارد. برخی مانند درزی (1991) معتقدند که حذف چاکنایی در پایان هجا، صرف نظر از همجواری آن با واکه قبل، منجر به کشش جبرانی واکه می‌شود. بنابراین، حذف G یکی از همخوان‌های چاکنایی [ʔ h] در تمامی کلمات با ساخت واجی CCGC، CVCG و CVG.CVC کشش جبرانی واکه پیش از G را به دنبال دارد. در تحلیل این فرایند طبق

1) compensatory lengthening

رویکرد مورایی، مورای باقی‌مانده پس از حذف همخوان چاکنایی به واکه پیش از آن منتقل می‌شود. در مقابل، برخی دیگر معتقدند که حذف همخوان چاکنایی همیشه منجر به کشش جبرانی واکه نمی‌شود. شادمان (2003) با اندازه‌گیری و مقایسه دیرش واکه‌ها در پیکره‌ای از کلمات مجزا با ساخت واجی CVCC (بدون همخوان چاکنایی در پایان هجا)، CCGC، CVCG، CVC.CVC (بدون همخوان چاکنایی در پایان هجا) و CVG.CVC نشان داد که همجواری بلافصل همخوان چاکنایی با واکه به طور معناداری بر دیرش واکه تأثیرگذار است، اما اثر همجواری برای CCGC و CVG.CVC یکسان نیست: درحالی‌که حضور G در CCGC منجر به کوتاه‌شدگی واکه می‌شود، حضورش در CVG.CVC موجب می‌شود واکه کشیده‌تر تولید شود. شادمان براساس این نتایج اولیه فرض کرد که حذف G در CCGC منجر به کشش جبرانی واکه می‌شود ولی حذف آن در CVG.CVC بر کشش واکه بی‌تأثیر است. اما نتایج به دست آمده با انتظارات پژوهشگر مطابقت نداشت. اثر کشش جبرانی برای داده‌های CV(G).CVC (پراتنز به معنای حذف همخوان چاکنایی است) معنادار بود، ولی برای داده‌های CC(G)C معنادار نبود. شادمان براساس این نتایج چنین بحث کرد که فرایند کشش جبرانی در زبان فارسی پیچیده‌تر از یک رابطه ساختاری ساده بین حذف همخوان چاکنایی و کشش واکه است. به علاوه، استدلال کرد که حذف همخوان چاکنایی در پایان هجا رویداد چندان رایجی نیست و فارسی‌زبانان ترجیح می‌دهند چاکنایی‌های پایان هجا را تضعیف کنند تا اینکه آنها را به طور کامل حذف کنند.

دو دیدگاه «تضعیف» و «حذف» از یک منظر به یکدیگر شبیه هستند: اینکه کشش ساختاری واکه مستقل از فعالیت الگوی چاکنایی در پایان هجاست. یعنی هر دو دیدگاه، کشش جبرانی را فرایند واجی مستقل و بی‌ارتباط با کاهش فعالیت الگوهای چاکنایی تلقی می‌کنند.

در این میان دیدگاه سوم نیز مطرح است که معتقد است کشش جبرانی رویدادی پیوسته است که در آن فعالیت الگوهای چاکنایی در پایان هجا به درجات مختلف کاهش می‌یابد و در نتیجه چاکنایی‌ها در این جایگاه به صورت گونه‌های ضعیف تا کاملاً حذف شده تظاهر می‌یابند. صادقی (2007) با اندازه‌گیری و مقایسه دامنه طیف فرکانسی واکه‌ها - به طور مشخص، نسبت دامنه همساز^۱ اول به همساز دوم (H1-H2) و همساز اول به سازه اول (H1-F1) - در دو دسته کلمه با ساخت

1) harmonic

واجی CVC و CVGC نشان داد در داده‌های CVGC علاوه بر اینکه دیرش واکه به‌طور معناداری از CVC بیشتر است، مقادیر دامنه H2 و اختلاف دامنه H1-F1 و H1-H2 در پایان واکه در CVGC نسبت به محدوده زمانی مشابه در CVC به‌طور معناداری متفاوت است. این یافته نشان داد که کشش جبرانی فرایندی است که در نتیجه نرم‌شدگی و کاهش فعالیت الگوی چاکنایی روی می‌دهد. یعنی وقتی فعالیت تارآواها برای تولید [ʔ h] در پایان هجا نرم‌تر یا ضعیف‌تر می‌شود، الگوی واک‌سازی حنجره به وضعیت بازداشته و نفسی تغییر می‌کند که نتیجه آن، تولید توالی‌های [cvvc] و [cvyc] با دیرش بیشتر ناحیه واکه‌ای است. پس، کشش واکه یک فرایند واجی مستقل نیست، بلکه وابسته به تغییرات حنجره‌ای همخوان‌های چاکنایی در پایان هجاست. به‌علاوه، چون چاکنایی‌ها از نظر مشخصه دهانی بی‌نشان‌اند و این مشخصه را از واکه پیش از خود دریافت می‌کنند، حضور آنها در پایان هجا، صرف‌نظر از این که عضو اول یا دوم خوشه همخوانی باشند، منجر به کشش جبرانی می‌شود. صادقی (2008) در آزمایش دیگری پارامترهای صوتی واک‌سازی حنجره، یعنی F0، H1-F1 و H1-H2 را طی وقفه‌های زمانی ۱۵ میلی‌ثانیه‌ای در طول واکه در کلماتی با ساخت واجی CVGC اندازه‌گیری کرد تا روند زمانی الگوی واک‌سازی حنجره را برای توالی VG به دست آورد. نتایج نشان داد نیمه اول واکه با الگوی واک معمول و نیمه دوم آن با الگوی واک نامعمول تولید می‌شود.

پژوهش‌هایی نیز درباره تظاهر آوایی همخوان‌های چاکنایی در میان واژه بین دو واکه انجام شده است. شادمان (2003) معتقد است چاکنایی‌های بین‌واکه‌ای در گفتار محاوره‌ای از زنجیره آوایی کلمه حذف می‌شوند ولی این حذف برخلاف پایان هجا منجر به کشش جبرانی واکه نمی‌شود. مطابق این دیدگاه، جفت‌های کمینه‌ای چاکنایی مانند /saheb/ و /saʔeb/ تظاهر صوتی یکسانی دارند. اما ثمره (1977) در توصیف آوایی چاکنایی‌های [ʔ h] در VGV از اصطلاحاتی مانند نیمه‌شدید (بین دو واکه دارای تکیه /faʔel/ و ملایم یا خفیف (بین دو واکه بدون تکیه /faʔeʔli/) استفاده کرده است. یعنی معتقد است G در جایگاه بین‌واکه‌ای حذف نمی‌شود، بلکه بسته به موقعیت نوایی کلمه به درجات مختلف تضعیف می‌شود. صادقی (2011) برای بررسی میزان اعتبار دو فرضیه فوق، طی آزمایشی تولیدی، پارامترهای صوتی واک‌سازی حنجره را در کلماتی شامل توالی‌های واجی VGV اندازه‌گیری کرد. نتایج این پژوهش نشان داد حذف کامل G در VGV تنها در بخش

کوچکی از داده‌ها روی می‌دهد؛ به‌علاوه، G در VGV تنوع واجگونه‌ای قابل ملاحظه‌ای دارد و به‌صورت پیوستاری از واک نامعمول تا واک معمول تظاهر می‌یابد؛ و سرانجام اینکه ساختار طیف فرکانسی G در این جایگاه، بسته به اینکه G برابر با [ʔ] یا [h] باشد، متفاوت است. بنابراین، کلماتی مانند /saheb/ و /saʔeb/ هم‌آوا نیستند و شاخصه‌های صوتی متمایزی دارند.

۴. روش‌شناسی پژوهش

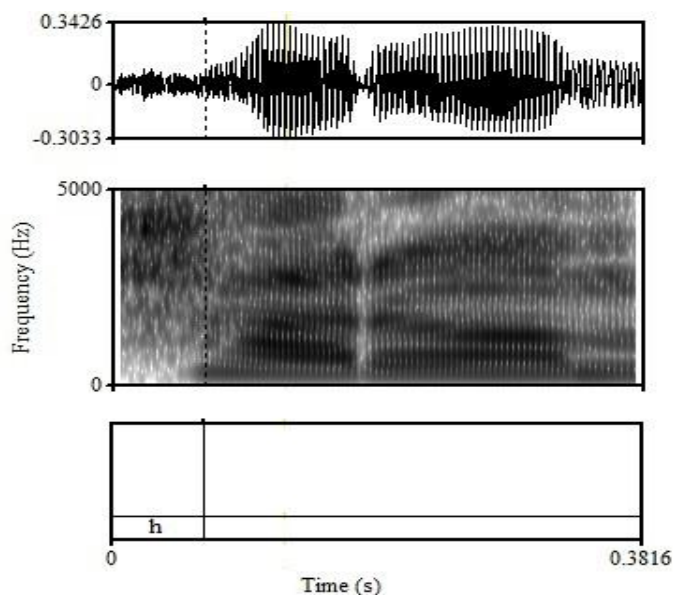
پارامترهای صوتی H1-F1 و H1-H2 در مطالعات صادقی (۲۰۰۷؛ ۲۰۰۸؛ ۲۰۱۱) الگوی واک‌سازی حنجره را تخمین می‌زند بدون آنکه برآوردی دقیق از میزان و شدت واکداری حنجره به دست دهد. در این پژوهش، پارامترهایی انتخاب شدند که به‌طور مستقیم حضور یا نبود واک و میزان شدت واکداری را هم‌زمان با فعالیت الگوهای چاکنایی برای [ʔ h] اندازه‌گیری می‌کنند. سه دسته کلمه با ساخت واجی متفاوت شامل همخوان‌های چاکنایی [ʔ h] در جایگاه آغاز کلمه (پیش‌واکه‌ای مانند /hazer/)، میان کلمه بین دو واکه (بین‌واکه‌ای مانند /mah/) و پایان هجا بعد از واکه (پس‌واکه‌ای مانند /baʔd/) به‌عنوان داده‌های واجی هدف پژوهش انتخاب شدند. تمامی کلمات از سطح پیکره‌های طبیعی و خودجوش گفتار فارسی استخراج شدند. پیکره‌های گفتاری پژوهش از پادکست‌های «جیوه» و «گفت‌وگو با میلیونرها» استخراج شدند که هدف آنها گفت‌وگو یا بحث‌های دونفره و چندنفره درباره موضوعات اجتماعی و فرهنگی است. دو نکته به‌هنگام استخراج کلمات از پیکره‌ها مورد توجه نگارنده قرار داشت: اول اینکه تمامی کلمات در وسط پاره‌گفتار قرار داشتند تا اثر احتمالی جایگاه کلمه در سطح پاره‌گفتار بر مقادیر مؤلفه‌های صوتی هدف پژوهش خنثی شود؛ و دوم اینکه کلمات در بافت دارای تکیه زیروبمی بودند تا اثر احتمالی آهنگ گفتار کنترل شود.

با توجه به یافته‌های پیشینی درباره رفتار آوایی چاکنایی‌های فارسی، انتظار داریم [ʔ h] در دو جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای واکدار باشد، چون در این دو جایگاه شدت فعالیت الگوهای چاکنایی ضعیف است و فشار جریان هوای زیرحنجره نسبت به فوق‌حنجره بیشتر است. برعکس، انتظار می‌رود چاکنایی‌های واقع در آغاز کلمه (جایگاه پیش‌واکه‌ای) بی‌واک باشند یا واکداری آنها

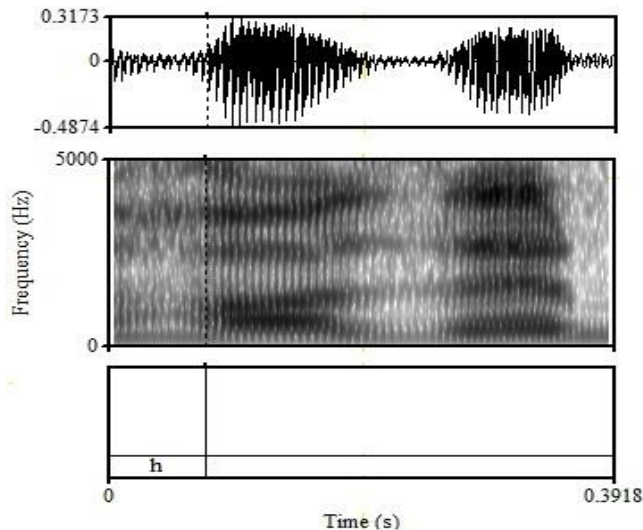
ضعیف باشد، زیرا الگوهای چاکنایی در آغاز کلمه تقویت می‌شوند، ضمن آنکه فشار جریان هوای زیرحجره برای شروع واکداری در آغاز کلمه ناکافی است.

۵. تحلیل آوایی داده‌ها

چهار آوایی هدف [ʔ]، [h]، [v] و [ʏ] براساس معیارهای زیر تقطیع و برجسب‌گذاری شدند. [h]، شامل محدوده‌ای است که در آن فرکانس‌های اول و دوم انرژی نوبه‌ای دارند و هیچ اندازه‌ای از انرژی منظم یا دوره‌تناوب چاکنایی در آن مشاهده نمی‌شود. بنابراین وقفه زمانی [h]، شامل نوبه‌ی دمش و دوره‌بی‌واکی کامل است (شکل ۲).



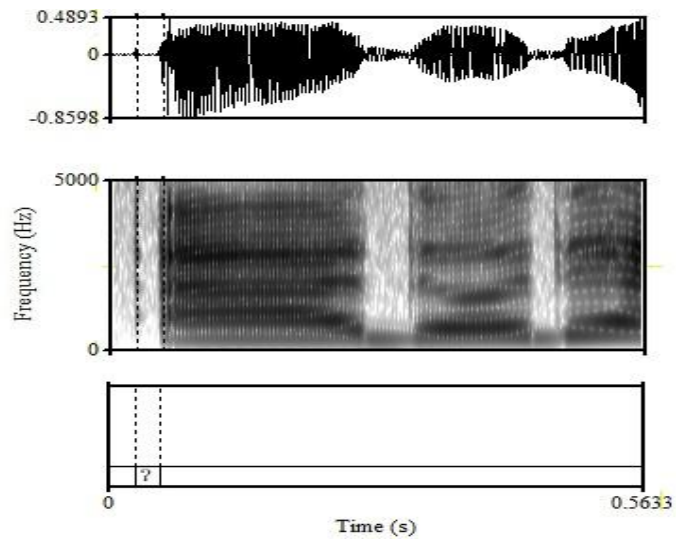
شکل ۲ نمونه‌ای از تولید سایش چاکنایی /h/ به‌صورت گونه‌بی‌واک [h] در جایگاه پیش‌واکه‌ای. شکل سیگنال صوتی، طیف‌نگاشت و شبکه‌متنی کلمه «حاضر» را نشان می‌دهد.



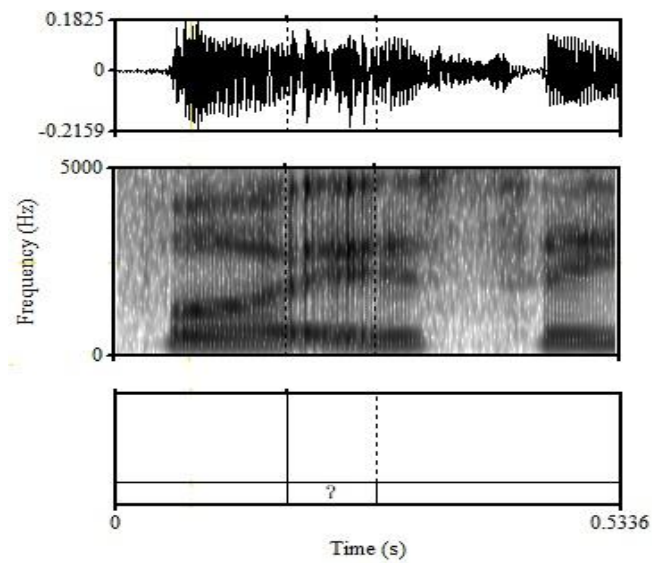
شکل ۳ نمونه‌ای از تولید سایش چاکنایی /h/ به صورت واکه نفسی [v] در جایگاه پیش‌واکه‌ای. شکل سیگنال صوتی، طیف‌نگاشت و شبکه متنی کلمه «حامل» را نشان می‌دهد.

اگر وقفه دمش [h]، با واکداری همراه شود، چه واکداری کامل و چه ناقص، یعنی اگر در نوفه دمش [h]، تکانه‌های منظم حنجره مشاهده شود، صرف‌نظر از اینکه دوره تکانه‌ها کوتاه‌مدت یا بلندمدت باشد، آوای مورد نظر به صورت واکه نفسی برجسب‌گذاری می‌شود (شکل ۳). بر این اساس، معیار تمایز صوتی بین سایش چاکنایی [h]، و واکه نفسی [v] حضور یا نبود دوره تناوب چاکنایی هم‌زمان با نوفه دمش است. این معیار برگرفته از شرتز و خان (2020) است که [h] را دمش بی‌واک و [v] را دمش واکدار نامیده‌اند، با این تفاوت که آنها برای تشخیص دمش در سیگنال آوایی علاوه بر فرکانس‌های اول و دوم بر سازه‌های فرکانسی بالاتر نیز تمرکز کردند.

روال تقطیع و برجسب‌گذاری بست چاکنایی [ʔ] و واکه بازداشته [v] مشابه گونه‌های دمیده است. حضور سکوت در طیف‌نگاشت به معنای بست کامل چاکنایی است (شکل ۴). اما واکه بازداشته وقفه زمانی با دوره تناوب نامنظم است که در آن اگرچه حنجره در وضعیت ارتعاش قرار دارد ولی هر تکانه حنجره با تکانه دیگر از نظر میزان انرژی و دوره تناوب متفاوت است (شکل ۵). این دو معیار صوتی با معیارهای ارائه شده گارالک (2013) برای تشخیص همخوان بست چاکنایی و واکه بازداشته مطابقت دارد.



شکل ۴ نمونه‌ای از تولید بست چاکنایی /ʔ/ به صورت گونه بی‌واک [ʔ] در جایگاه پیش‌واکه‌ای. شکل سیگنال صوتی، طیف‌نگاشت و شبکه متنی کلمه «اعداد» را نشان می‌دهد.



شکل ۵ نمونه‌ای از تولید بست چاکنایی /ʔ/ به صورت واکه بازداشته [v] در جایگاه بین‌واکه‌ای. شکل سیگنال صوتی، طیف‌نگاشت و شبکه متنی کلمه «باعث» را نشان می‌دهد.

برای اندازه‌گیری میزان واکداری آواهای هدف از گزارش واک در نرم‌افزار پرت^۱ استفاده شد که درصد واکداری قالب‌های صوتی را که در آن تکانه‌های منظم حنجره وجود دارد محاسبه می‌کند. تنظیمات گزارش واک برای تخمین واکداری بر روی الگوریتم چندهمبستگی با مقدار فرکانس پایه بین ۳۰ تا ۶۰۰ هرتز قرار داده شد. حد پایین دامنه FO در تنظیمات گزارش واک (۳۰ هرتز) برای ثبت وقوع حنجره‌ای‌شدگی یا تولید واکه‌های بازداشته لحاظ گردید که در آن مقدار FO به‌طور قابل‌توجهی کاهش می‌یابد. موارد دمش یا حنجره‌ای‌شدگی با وقفه زمانی کمتر از ۴۰ میلی‌ثانیه به دلیل احتمال بروز خطا در تشخیص واک از سطح تحلیل کنار گذاشته شد.

برای اندازه‌گیری شدت واکداری از پارامتر قوه تحریک (SoE)^۲ در نرم‌افزار وُیس‌ساز^۳ استفاده شد. SoE، دامنه سیگنال آوایی را در لحظه‌ای محاسبه می‌کند که تحریک تکانه‌ای معناداری در حنجره اتفاق می‌افتد. چون مقادیر SoE وابسته به شدت انرژی سیگنال آوایی است، باید به‌نجار شود. برای به‌نجارسازی این پارامتر، مقادیر به دست‌آمده به‌نسبت شدت انرژی کل همان ناحیه محاسبه گردید.

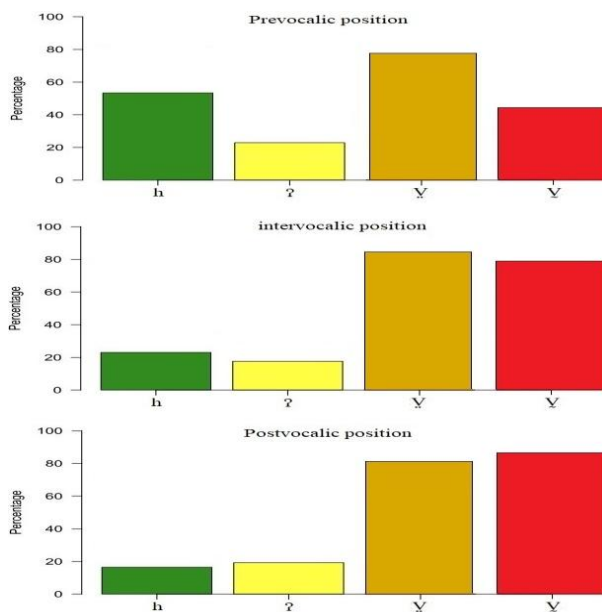
۶. نتایج

شکل ۶ فراوانی وقوع آواهای هدف [ʔ]، [h]، [v] و [v̥] را به‌صورت تابعی از جایگاه واجی نشان می‌دهد. مطابق انتظار، توزیع واجگونه بی‌واک [h] در جایگاه پیش‌واکه‌ای از واکه نفسی [v̥] بیشتر است ولی در جایگاه‌های واجی بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای، واکه نفسی [v̥] توزیع به‌مراتب بیشتری از [h] دارد. از سوی دیگر، واکه بازداشته [v] در هر سه جایگاه واجی پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای فراوانی بیشتری از بست چاکنایی [ʔ] دارد. در بخش ۷ درباره تفاوت توزیعی گونه‌های بست و سایش چاکنایی بحث خواهیم کرد.

1) Praat

2) Strength of Excitation

3) VoiceSauce

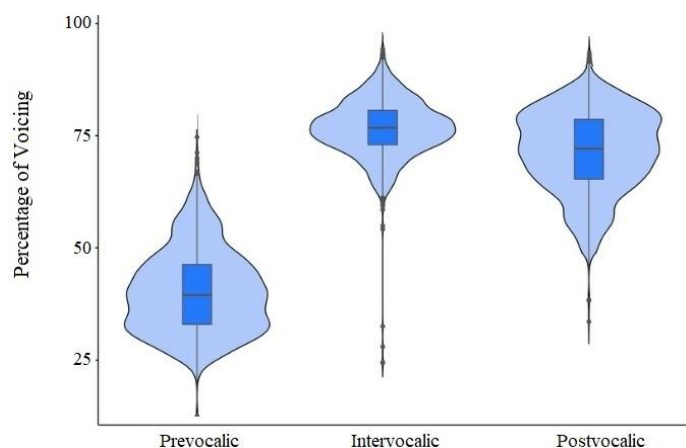


شکل ۶ فراوانی وقوع [ʔ]، [h]، [v] و [v] در سه جایگاه پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای

۱.۶. واکهٔ نفسی

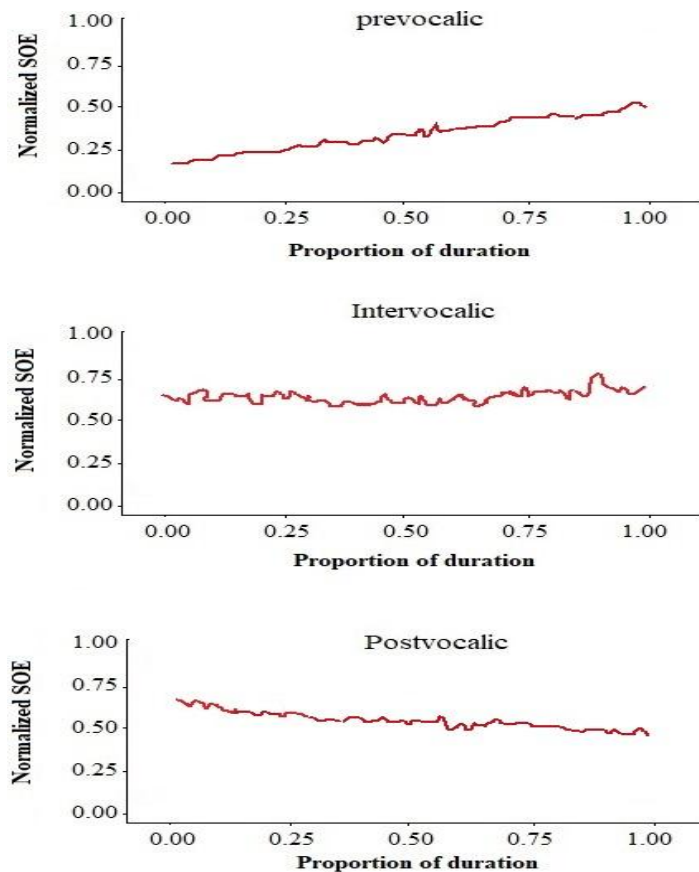
درصد واکداری برای واکهٔ نفسی [v] به صورت تابعی از جایگاه واجی در شکل ۷ نشان داده شده است. در جایگاه پیش‌واکه‌ای درصد واکداری [v] کم است: به طور متوسط فقط در ۳۶.۲۴ درصد از طول دیرش خود واکدار است. اما میزان واکداری [v] در دو جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای بیش از ۷۰ درصد از طول دیرش آن است (۷۶.۳۱ درصد در جایگاه بین‌واکه‌ای و ۷۲.۵۸ درصد در جایگاه پس‌واکه‌ای). نتایج یک آزمون تحلیل واریانس یک‌عاملی نشان داد اثر جایگاه واجی بر میزان واکداری [v] معنادار است. نتایج آزمون تعقیبی بنفرونی^۱ نشان داد میزان واکداری [v] در جایگاه‌های بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای به طور معناداری از جایگاه پیش‌واکه‌ای بیشتر است ($p < 0.001$) ولی بین دو جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای اختلاف معناداری وجود ندارد ($p = 0.57$).

1) Bonferroni



شکل ۷ نمودار ویولونی درصد واکداری واکهٔ نفسی [v] در جایگاه پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای

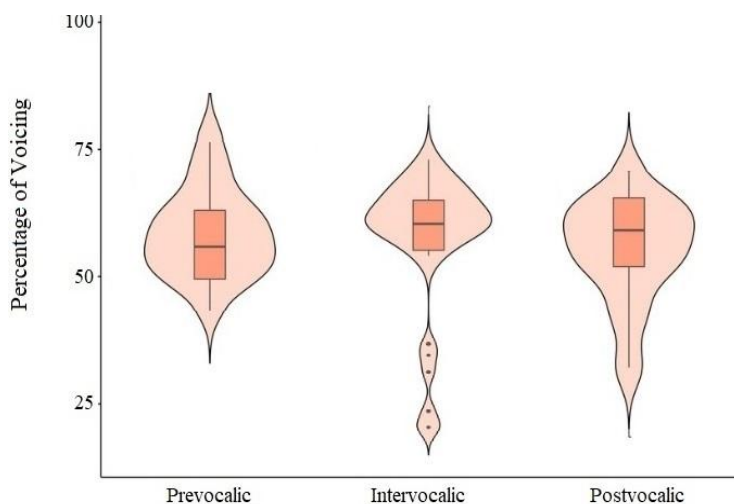
شکل ۸ روند زمانی شدت واکداری (SoE) واکهٔ نفسی [v] را برای سه جایگاه پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای نشان می‌دهد. الگوی کلی توزیع مقادیر این پارامتر مشابه درصد واکداری است. به‌طور کلی، متوسط مقادیر SoE برای [v] در جایگاه پیش‌واکه‌ای (۰.۳۶) از دو جایگاه بین‌واکه‌ای (۰.۶۷) و پس‌واکه‌ای (۰.۶۱) کمتر است ($p < 0.001$) ولی بین دو جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای تفاوت قابل توجهی مشاهده نمی‌شود ($p = 0.48$). روند توزیع مقادیر این پارامتر نشان می‌دهد که در جایگاه پیش‌واکه‌ای، واکداری [v] در نواحی پایانی واکه نسبت به نواحی آغازی قوی‌تر است؛ برعکس، در جایگاه پس‌واکه‌ای، نواحی آغازی [v] واکداری قوی‌تری نسبت به نواحی پایانی دارد. بنابراین، نواحی زمانی هم‌جوار با واکهٔ معمول برای [v] در [vɪ] و [vʏ] واکداری قوی‌تری نسبت به نواحی زمانی غیرهم‌جوار دارد. اما در جایگاه بین‌واکه‌ای تغییر محسوسی در روند زمانی توزیع مقادیر شدت واکداری برای [v] در [vɪv] مشاهده نمی‌شود.



شکل ۸ روند زمانی تغییرات شدت واکداری (SoE) برای واکه نفسی [v] به صورت تابعی از جایگاه واجی

۲.۶. واکه بازداشته

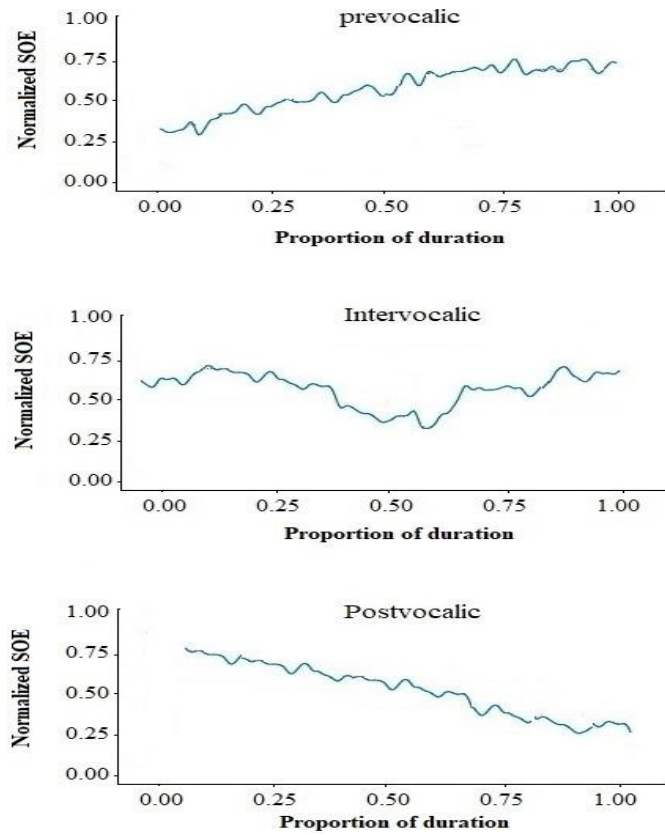
شکل ۹، درصد واکداری واکه بازداشته [v] را در جایگاه پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای نشان می‌دهد. نکته قابل توجه درباره این شکل تغییرات اندک میزان واکداری [v] به صورت تابعی از جایگاه واجی است.



شکل ۹ نمودار ویولونی درصد واکداری واکه بازداشته [v] در جایگاه پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای

[v] در کمترین حالت (جایگاه پیش‌واکه‌ای) به طور متوسط ۵۵.۷۳ درصد و در بیشترین حالت (جایگاه بین‌واکه‌ای) ۶۱.۲۲ درصد واکدار است. نتایج آزمون تحلیل واریانس نشان داد اثر جایگاه واجی بر درصد واکداری [v] معنادار نیست ($p = 0.63$).

روند زمانی شدت واکداری (SoE) برای واکه بازداشته [v] در شکل ۱۰ نشان داده شده است. مطابق شکل، متوسط مقادیر شدت واکداری برای [v] در جایگاه پیش‌واکه‌ای (۰.۵۳)، بین‌واکه‌ای (۰.۵۶) و پس‌واکه‌ای (۰.۵۱) تفاوت قابل ملاحظه‌ای با یکدیگر ندارند ($p = 0.39$). از سوی دیگر، روند زمانی توزیع مقادیر شدت واکداری برای [v] در دو جایگاه پیش‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای مشابه واک نفسی [v̥] است، یعنی ناحیه زمانی همجوار [v] با واکه معمول [v] در [v̥v]، [v̥v] واکداری قوی‌تری نسبت به نواحی زمانی غیرهم‌جوار با [v] دارند. ولی در جایگاه بین‌واکه‌ای ([v̥v̥]) شدت واکداری در مرکز [v]، افت قابل توجهی را نسبت به آغاز و پایانه آن نشان می‌دهد.



شکل ۱۰ روند زمانی تغییرات شدت واکداری (SoE) برای واکه بازداشته [v] به صورت تابعی از جایگاه واجی

۷. بحث و نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده برای سایش چاکنایی /h/ نشان داد که /h/ در هر سه جایگاه پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای واکداری می‌شود، ولی میزان و شدت واکداری آن در جایگاه پیش‌واکه‌ای، کم و در جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای زیاد است. به طور مثال، میزان واکداری سایش چاکنایی در جایگاه پیش‌واکه‌ای کمتر از ۴۰ درصد است در حالی که همین همخوان در دو جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای، بیش از ۷۰ درصد واکداری است. این نتایج با یافته‌های گارالک و همکاران (2023) مطابقت دارد که در بررسی آزمایشگاهی /h/ در بیش از ۱۳۰ زبان مختلف به این نتیجه رسیدند که اغلب

نمونه‌های آوایی /h/ واکدارند؛ در جایگاه‌هایی مانند بین‌واکه‌ای حداقل میزان واکداری /h/ ۵۰ درصد است.

برای بست چاکنایی /ʔ/ نتایج متفاوتی به دست آمد. میزان واکداری /ʔ/ در هیچ جایگاهی، حتی پیش‌واکه‌ای، کمتر از ۵۰ درصد نبود و بین جایگاه‌های واجی تفاوت معناداری از نظر میزان واکداری وجود نداشت. این یافته با نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه صوتی /ʔ/ در دیگر زبان‌ها هماهنگ است. پژوهش‌های لده‌فوکد و مدیسون (1996, p. 75) نشان داده‌است که /ʔ/ معمولاً واکدار است، ولی میزان واکداری آن در هیچ جایگاهی حتی بین‌واکه‌ای کامل نیست. یعنی این همخوان در تمامی جایگاه‌ها با واکداری ناقص به نسبت تقریباً برابر تولید می‌شود. یافته‌های گارالک و همکاران (2023) نیز نشان داده‌است که بست چاکنایی /ʔ/ در هیچ جایگاهی (اعم از جایگاه‌های واجی یا نوایی) به‌طور کامل بی‌واک نیست و میزان واکداری آن اغلب بین ۵۰ تا ۷۵ درصد است.

براین اساس، یک تفاوت آوایی مهم بین سایش چاکنایی /h/ و بست چاکنایی /ʔ/ در زبان فارسی میزان واکداری آنها در جایگاه‌های واجی مختلف است. /ʔ/ در هر سه جایگاه پیش‌واکه‌ای، بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای واکدار است و میزان واکداری آن در این سه جایگاه تقریباً به یک اندازه است (بین ۵۰ تا ۶۱ درصد). اما واکداری /h/ وابسته به جایگاه واجی است: /h/ در جایگاه پیش‌واکه‌ای، واکداری ضعیفی دارد ولی در جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای، میزان واکداری آن به‌طور قابل‌توجهی افزایش می‌یابد (بیش از ۷۰ درصد دیرش آن).

نتایج به‌دست‌آمده همچنین نشان داد توزیع مقادیر شدت واکداری برای /h/ و /ʔ/ در دو جایگاه پیش‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای با یکدیگر مشابه ولی در جایگاه بین‌واکه‌ای با یکدیگر متفاوت است. برای هر دو همخوان، شدت واکداری در گذار از /h/ و /ʔ/ به واکه در جایگاه پیش‌واکه‌ای و در گذار از واکه به /h/ و /ʔ/ در جایگاه پس‌واکه‌ای در نواحی زمانی همجوار با واکه قوی‌تر از نواحی غیرهمجوار بود. اما در جایگاه بین‌واکه‌ای، درحالی‌که شدت واکداری در مرکز /h/ نسبت به دو ناحیه آغازی و پایانی تفاوت محسوسی با یکدیگر نداشت، شدت واکداری /ʔ/ در نواحی مرکزی از دو ناحیه آغازی و پایانی به‌مراتب کمتر بود.

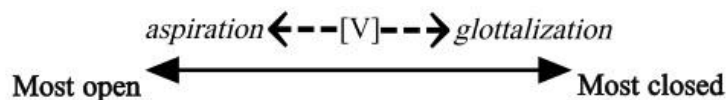
برخی پژوهشگران مانند اسلینگ و همکاران (2019)، گارالک (2013) و گارالک و همکاران (2023) رفتار آوایی متفاوت /h/ و /ʔ/ برحسب پارامترهای وابسته به واک را به سازوکارهای

فیزیولوژیکی و تولیدی متفاوت آنها نسبت داده‌اند. چنین بحث شده‌است که فعالیت الگوی بست چاکنایی، صرف‌نظر از میزان فعالیت آن، منجر به انقباض اندام‌های فوق‌حنجره‌ای مجاور می‌شود. در نتیجه این انقباض، تارآواها کمی از یکدیگر فاصله گرفته و بی‌واکی تا حدی تسهیل می‌شود. برعکس، فعالیت الگوی سایش چاکنایی منجر به انقباض اندام‌های فوق‌حنجره می‌شود که در نتیجه فشار جریان هوای فوق‌حنجره کاهش یافته و واکداری تسهیل می‌شود. بنابراین، میزان اندک واکداری برای /h/ در جایگاه پیش‌واکه‌ای بیش از آن که ناشی از بازشدگی تارآواها باشد، ناشی از حجم ناکافی فشار جریان هوای زیرحنجره است. در جایگاه‌های دیگر که حجم فشار جریان هوای زیرحنجره بیشتر است، /h/ واکداری قابل‌توجهی دارد. این واقعیت به‌طور تلویحی بدان معناست که بازشدگی تارآواها به‌تنهایی منجر به تضعیف یا کاهش قابل‌توجه میزان واکداری حنجره نمی‌شود. به عبارت دیگر، /h/ واکدار است، مشروط بر اینکه فشار هوای زیرحنجره کافی باشد. اما برای /ʔ/ چون انقباض ماهیچه‌های فوق‌حنجره مانع از آن می‌شود که لبه تارآواها به‌طور کامل روی هم قرار بگیرند، واکداری ناقص است (حداکثر تا ۶۰ درصد دیرش /ʔ/)، حتی زمانی که فشار جریان هوای زیرحنجره کافی باشد (دو جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای). مطابق این فرض واکداری ناقص /ʔ/ در جایگاه‌های واجی مختلف ناشی از انقباض ماهیچه‌های تولیدی درگیر در فعالیت الگوی بست چاکنایی است. شرایط آیرودینامیکی و تغییرات فشار هوای زیرحنجره تأثیر قابل‌توجهی بر میزان واکداری /ʔ/ ندارد: اگر چنین بود، انتظار داشتیم میزان و شدت واکداری /ʔ/ در جایگاه پیش‌واکه‌ای نسبت به دو جایگاه بین‌واکه‌ای و پس‌واکه‌ای کمتر باشد، درحالی‌که اختلاف مقادیر این پارامترها در جایگاه‌های واجی مختلف بسیار ناچیز است.

برای تفسیر واجی رفتار آوایی همخوان‌های چاکنایی فارسی باید به دو نکته توجه داشت. اول اینکه چاکنایی‌های /h/ و /ʔ/ اغلب واکدارند و فقط میزان واکداری آنها بسته به نوع همخوان یا جایگاه واجی متغیر است؛ نمونه‌های بی‌واک /h/ و /ʔ/ در داده‌های این پژوهش به‌ندرت مشاهده شدند. بنابراین، نمی‌توان تحلیلی ارائه داد که مبتنی بر حضور یا عدم حضور واک در سیگنال صوتی گفتار باشد. دوم اینکه همخوان‌های چاکنایی اگرچه به‌لحاظ واجی رفتاری همانند واحدهای زنجیره‌ای دارند، اما در فضای آوایی به‌ندرت به‌صورت یک واحد زنجیره‌ای تولید می‌شوند. این به‌دلیل آن است که تولید چاکنایی‌ها و واکه‌های نامعمولِ نفسی و بازداشته، هر دو مستلزم تغییر الگوی واک‌سازی

حنجره است و نه تغییر الگوی گرفتگی دهانی (Gordon and Ladefoged, 2001; Esling et al., 2019).

بازنمایی واجی چاکنایی‌های فارسی مطابق پیوستار ۱ (شکل ۱) با مشکلاتی روبه‌روست. اول اینکه گونه‌های سخت /h/ و /ʔ/ در سطح آوایی فراوانی اندکی دارند، یعنی دو سر پیوستار ۱ به‌عنوان گونه‌های اصلی چاکنایی‌های فارسی حتی در جایگاه‌های واجی قوی مانند پیش‌واکه‌ای به‌ندرت تظاهر آوایی دارند و این همخوان‌ها اغلب به‌صورت واکه نفسی و بازداشته تولید می‌شوند. دیگر آنکه افزایش پیوستار ۱ به پنج ناحیه یا واحد زنجیره‌ای با توجه به الگوی پیوسته تنوع واک‌سازی مربوط به هر مقوله چندان منطقی به نظر نمی‌رسد. شاید منطقی‌تر آن باشد که در تحلیل واجی چاکنایی‌های فارسی، این همخوان‌ها را نه به‌صورت دو واحد زنجیره‌ای، بلکه به‌صورت دو الگوی واک‌سازی [گسترده‌گی چاکنایی] و [انقباض چاکنایی] بازنمایی کنیم و فرض کنیم که این الگوها به‌لحاظ «میزان یا اندازه فعالیت» مشخصه‌دهی نشده‌اند. این شیوه بازنمایی در پیوستار ۱۱ (شکل ۱۱) نشان داده شده است. در این پیوستار، دمش، پیامد صوتی-درکی وضعیت [گسترده‌گی چاکنایی] و حنجره‌ای-شدگی (بازداشتگی) پیامد صوتی-درکی وضعیت [انقباض چاکنایی] است. واک معمول در مرکز پیوستار واقع شده است که وضعیت خنثای حنجره را برحسب دو الگوی گسترده‌گی و انقباض چاکنایی نشان می‌دهد.



شکل ۱۱ پیوستار اصلاح‌شده میزان گرفتگی تارآواها مبتنی بر دو الگوی مشخصه‌دهی نشده گسترده‌گی چاکنایی و انقباض چاکنایی

تفاوت این پیوستار با پیوستار ۱ (شکل ۱) این است که اندازه دمش و حنجره‌ای‌شدگی به‌صورت مقوله‌ای و با اهداف کمی‌شده ثابت (مثل [ʔ]، [h]، [v] و [ʏ]) مشخص نشده است. بر این اساس، هر قدر بر میزان گسترده‌گی یا انقباض چاکنایی در دو طرف پیوستار افزوده شود، از میزان و شدت واگذاری کاسته می‌شود؛ برعکس، هر قدر گسترده‌گی یا انقباض چاکنایی کمتر شود، بر میزان و شدت واگذاری افزوده می‌شود. با توجه به یافته‌های صوتی به دست آمده برای میزان و

شدت واکداری چاکنایی‌های فارسی در پژوهش حاضر به نظر می‌رسد دو الگوی [گسترده‌گی چاکنایی] و [انقباض چاکنایی] برای تولید /h/ و /ʔ/ در پیوستار ۱۱ (شکل ۱۱) با اندازه‌های نامتوازن فعال می‌شوند. بازه نسبتاً بزرگ متوسط مقادیر میزان واکداری و شدت واکداری برای همخوان سایش چاکنایی در این پژوهش نشان می‌دهد که الگوی [گسترده‌گی چاکنایی] برای تولید /h/ به درجات مختلف متناسب با بافت واجی فعال می‌شود؛ یعنی کل سطح کمی نیمه چپ پیوستار ۲ برای /h/ تظاهر آوایی دارد. اما الگوی [انقباض چاکنایی] برای تولید /ʔ/ در محدوده‌ای کوچک در حد فاصل بین واکه معمول و بست کامل فعال می‌شود (با توجه به تغییرات اندک واکداری این همخوان در بافت‌های واجی مختلف) تا تضمین کند که /ʔ/ واکدار است (واکه بازداشته) ولی دامنه واکداری آن کوچک است طوری که گویی فقط ناحیه مرکزی نیمه راست پیوستار ۱۱ برای تولید /ʔ/ تظاهر آوایی دارد.

منابع

- Ariza-García, A. (2018), "Phonation Types and Tones in Zapotec Languages (A Synchronic Comparison)", *Acta Linguistica Petropolitana* 14, p. 485-517.
- Bijankhan, M. (2000), "Farsi Vowel Compensatory Lengthening (An Experimental Approach)", *Proc. 5th ICSLP*, Beijing.
- Cho, T. and P. Keating (2009), "Effects of Initial Position Versus Prominence in English", *Journal of Phonetics* 37, p. 466-485.
- Darzi, A. (1991), "Compensatory Lengthening in Modern Colloquial Tehrani Farsi", *Studies in Linguistic Science*, 21(2), p. 23-37.
- Deme, A. et al. (2020), "Intervocalic Voicing of Hungarian /h/" *Approaches to Hungarian*, vol. 16: *Papers from the 2017 Budapest Conference*, Veronika Hegedus & Irene Vogel (eds.), p. 48-71. Amsterdam & Philadelphia, John Benjamins.
- Esling, J. H. et al. (2019), *Voice Quality (The Laryngeal Articulator Model)*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Firth, J. R. (1957), "Phonetic Observations on Gujarati", *Bulletin of the School of Oriental and African Studies* 20, p. 231-241
- Garellek, M. (2013), Ph.D. dissertation, "Production and Perception of Glottal Stops", UCLA.
- _____ (2014), "Voice Quality Strengthening and Glottalization", *Journal of Phonetics* 45, p. 106-113.
- _____ (2020), "Acoustic Discriminability of the Complex Phonation System in !Xóð", *Phonetica* 77, p. 131-160.

- Garellek, M. et al. (2023), "Voicing of Glottal Consonants and Non-modal Vowels", *Journal of the International Phonetic Association*, 53(2), p. 305-332. doi:10.1017/S0025100321000116.
- Gordon, M. and P. Ladefoged (2001), "Phonation Types: A Cross-linguistic Overview", *Journal of Phonetics*, 29, p. 383-406.
- Khan, S. D. (2012), "The Phonetics of Contrastive Phonation in Gujarati", *Journal of Phonetics* 40, p. 780-795.
- Kingston, J. and R. L. Diehl (1994), "Phonetic Knowledge", *Language* 70, p. 419-454.
- Kreiman, J. and D. Sidtis (2011), *Foundations of Voice Studies*, Oxford, Wiley-Blackwell.
- Ladefoged, P. (1963), "Some Physiological Parameters in Speech", *Language and Speech* 6, p. 109-119.
- Ladefoged, P. (1971), *Preliminaries to Linguistic Phonetics*. Chicago, IL, University of Chicago.
- Ladefoged, P. and I. Maddieson (1996), *The Sounds of the World's Languages*, Oxford, Blackwell.
- Mitterer, H. (2018), "Not All Geminate Are Created Equal (Evidence from Maltese Glottal Consonants)", *Journal of Phonetics* 66, p. 28-44.
- Pandit, P. B. (1957), "Nasalisation, Aspiration and Murmur in Gujarati", *Indian Linguistics* 17, p. 165-172.
- Pierrehumbert, J. and D. Talkin (1992), "Lenition of /h/ and Glottal Stop", *Papers in Laboratory Phonology II*, Gerard J. Docherty and D. Robert Ladd (eds.), Cambridge, Cambridge University Press, p. 90-117.
- Sadeghi, V. (2007), "Compensatory Lengthening in Persian", *The 16th International Congress on Phonetic Sciences*, Saarbruken.
- _____ (2008), "Compensatory Lengthening in Persian (The Timing of Non-modal Phonation)", *ISCA Conference on Experimental Linguistics*, Athens.
- _____ (2011), "Laryngealization and Breathiness in Persian", *The Twelfth Annual Conference of the International Speech Communication Association*, Florence.
- Samareh, Y. (1977), *The Arrangement of Segmental Phonemes in Farsi*, Tehran, Tehran University press.
- Schertz, J. and S. Khan (2020), "Acoustic Cues in Production and Perception of the Four-way Stop Laryngeal Contrast in Hindi and Urdu", *Journal of Phonetics* 81, Article 100979. <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2020.100979>.

- Seyfarth, S. and M. Garellek (2020), “Physical and Phonological Causes of Coda /t/ Glottalization in the Mainstream American English of Central Ohio”, *Laboratory Phonology: Journal of the Association for Laboratory Phonology* 11, 24, p. 1-33. <http://doi.org/10.5334/labphon.213>.
- Shademan, Sh. (2003), “Glottal-Deletion and Compensatory Lengthening in Farsi”, *UCLA Working Papers in Phonetics*, no, 104, p. 61-81.
- Teras, P. (2018), “The Phonetic Variation of Short Intervocalic /h/ in Estonian”, *Proceedings of the 9th International Conference on Speech Prosody 2018*, K. Klessa, et al. (eds.), p. 883-887. [doi:10.21437/SpeechProsody.2018-178](https://doi.org/10.21437/SpeechProsody.2018-178).
- Wells, J. C. (1975), “The Association’s Alphabet”, *Journal of the International Phonetic Association* 5, p. 52-58.
- Westbury, J. R. and P. A. Keating (1986), “On the Naturalness of Stop Consonant Voicing”, *Journal of Linguistics* 22, p. 145-166.