

# بررسی آوایی کاهش واکه‌ای در زبان فارسی

\*وحید صادقی

استادیار زبان انگلیسی، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره)، قزوین، ایران

پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۵ دریافت: ۹۲/۸/۱۲

## چکیده

این مقاله به بررسی آوایی کاهش واکه‌ای در زبان فارسی می‌پردازد. کاهش دیرش و کیفیت واکه‌های زبان فارسی در موضع فاقد تکیه با بررسی الگوی تغییرات دیرش و فرکانس سازه‌های F1 و F2 در بافت‌های همخوانی مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که دیرش واکه‌های تکیه‌بر به طور منظم و مستقل از نوع واکه و بافت همخوانی نسبت به واکه‌های بدون تکیه‌بر بیشتر است. اما تغییرات فرکانس سازه‌ها تاحد زیادی وابسته به نوع واکه است. بیشتر واکه‌ها تغییرات فرکانسی کمی دارند و جهت‌گیری تغییرات آن‌ها به سمت مرکز فضای واکه‌ای صورت نمی‌گیرد. اما واکه /a/ تغییرات بیشتری داشته و جهت تغییرات آن نیز به سمت مرکز است. این نتایج هیچ‌یک از دو فرضیه تولیدی «مرکزی شدنگی» و «کاهش بافتی» را در ارتباط با کاهش کیفیت واکه در زبان فارسی تأیید نمی‌کند و بالعکس، نظریه «پراکندگی شنیداری درک گفتار» را تأیید می‌کند. براساس این نظریه، توزیع یا بازتوزیع عناصر واجی در فضای آوایی یک زبان به‌گونه‌ای صورت می‌گیرد که تقابل شنیداری آن‌ها با یکدیگر به حداقل میزان ممکن برسد.

واژگان کلیدی: کاهش واکه‌ای، فضای واکه‌ای، مرکزی شدنگی، کاهش بافتی، تقابل شنیداری.

## ۱. مقدمه

کاهش واکه‌ای آوایی<sup>۱</sup>، فرآیندی است که طی آن تولید واکه تحت تأثیر عوامل زنجیره‌ای یا زبرزنجره‌ای (نوایی) تغییر می‌کند. این فرآیند در حقیقت ناشی از تولید تقریبی هدف واکه‌ای مورد نظر است (Flemming, 2004: 235; Mooshammer & Geng, 2008: 118).

E-mail: Vsadeghi5603@gmail.com

\* نویسنده مسئول مقاله:

به موقعیتی اشاره دارد که اندام‌های گویایی به علت محدودیت‌های زمانی به هدف تولیدی مورد نظر برای تولید واکه نمی‌رسند که پیامد آن تغییر ساختار فرکانسی واکه و کاهش ابعاد کلی فضای واکه‌ای است (*Ibid*).

کاهش واکه‌ای در زبان‌های مختلف در بسیاری از بافت‌های نوایی از جمله زنجیرهای فاقد تکیه واژگانی (Lindblom, 1963: 1775) یا تکیه زیروبمی (Harrington & et. al, 2000: 42)، گفتار سریع (Lindblom, 1963: 1775; Lindblom & Moon, 1988: 124) کلمات مجزا در مقابل کلمات پیوسته (Moon & Lindblom, 1994: 41) و همچنین بافت‌های آوایی در مجاورت همخوان‌ها و واکه‌های متفاوت مورد مطالعه قرار گرفته است.

یکی از مهم‌ترین مباحث مطرح شده در این مطالعات، رابطه بین کاهش واکه‌ای و کاهش دیرش واکه است. در بیشتر این تحقیقات چنین بحث شده است که تولید تقریبی یا کاهش فعالیت یک الگوی واکه‌ای، تابعی از کاهش دیرش واکه است؛ یعنی کیفیت یک واکه زمانی تغییر می‌کند که مدت زمان لازم برای ایجاد الگوی تولیدی مربوطه وجود نداشته باشد. وقتی دیرش یک واکه در اثر عوامل آوایی یا نوایی مختلف، از جمله نبود تکیه یا افزایش سرعت گفتار و غیره کاهش می‌یابد، اندام‌های گویایی با توجه به محدودیت زمانی ایجاد شده، به هدف واکه‌ای مورد نظر نمی‌رسند و به این ترتیب کیفیت واکه از هدف تولیدی اصلی خود فاصله می‌گیرد (Lindblom, 1963: 1777; Lindblom & Moon, 1988: 125).

این مقاله به بررسی آوایی کاهش واکه‌ای در زبان فارسی می‌پردازد. برای این منظور تغییرات دیرش و کیفیت واکه‌های زبان فارسی را در موضع فاقد تکیه با بررسی الگوی تغییرات دیرش و فرکانس سازهای F1 و F2 در بافت‌های همخوانی مختلف مورد بررسی قرار خواهیم داد.

سؤال اصلی تحقیق این است که آیا کاهش کیفیت واکه در زبان فارسی فرآیندی گوینده‌محور است؟ یعنی مبتنى بر تلاش تولیدی کمتر در فعالیت اندام‌های گویایی است؟ یا شنونده‌محور است و در جهت حفظ تقابل شنیداری واکه‌ها در فضای آکوستیکی روی می‌دهد؟

## ۲. پیشینه تحقیق

دو رویکرد نظری متفاوت به کاهش کیفیت واکه در فضای واکه‌ای وجود دارد؛ یکی رویکرد تولیدی و دیگری رویکرد شنیداری. در این بخش این دو رویکرد را به تفصیل مورد بررسی قرار می‌دهیم.

بر مبنای رویکرد تولیدی، الگوی آوایی کاهش واکه‌ای در قالب دو دیدگاه متفاوت مورد بحث قرار گرفته است. دیدگاه اول، بافت نوایی را عامل اصلی تغییر کیفیت یک واکه می‌داند. براساس این دیدگاه، واکه‌ها در جایگاه‌های نوایی قوی مثل زنجیره‌های تکیه‌بر، زنجیره‌های دارای تکیه زیروبمی اصلی، گفتار آهسته و غیره با حداکثر برجستگی تولیدی-آکوستیکی تولید می‌شوند تا تقابل شنیداری آن‌ها با واکه‌های دیگر افزایش یابد. در مقابل، در جایگاه‌های نوایی ضعیف مثل زنجیره‌های فاقد تکیه (واژگانی یا زیروبمی) یا گفتار سریع، واکه‌ها از هدف اصلی خود دور و به سوی نواحی مرکزی فضای واکه‌ای گرایش می‌یابند (De Jong, 1987: 218; Rietveld & et. al, 1995: 502). این دیدگاه، مرکزی‌شدگی<sup>۲</sup> نام دارد. در مقابل، دیدگاه دوم همتولیدی را عامل اصلی کاهش واکه‌ای می‌داند با این حال معتقد است که شدت کاهش واکه‌ای در جایگاه‌های نوایی ضعیف با افزایش میزان همپوشانی الگوهای تولیدی بیشتر می‌شود. براساس این دیدگاه، واکه‌های ضعیف تحت تأثیر بافت آوایی مجاورشان به راحتی از اهداف تولیدی اصلی خود فاصله می‌گیرند؛ ولی واکه‌های قوی با آواهای مجاور همپوشانی کمتری دارند که باعث افزایش تقابل آکوستیکی آن‌ها با یکدیگر روی زنجیره آوایی گفتار می‌شود (Fourakis, 1991: 1817; Cho, 2004: 143; Mooshammer & Geng, 2008: 118). این دیدگاه، کاهش بافتی<sup>۳</sup> نام دارد.

اگرچه هر دو دیدگاه پیش‌بینی می‌کنند که ابعاد فضای واکه‌ای در جایگاه‌های نوایی ضعیف کوچکتر می‌شود، پیش‌بینی آن‌ها درباره جهت‌گیری کاهش واکه‌ای با یکدیگر متفاوت است. دیدگاه مرکزی‌شدگی پیش‌بینی می‌کند که فضای واکه‌ای به سمت نواحی مرکزی فضای واکه‌ای کوچکتر می‌شود؛ به این صورت که ارتفاع واکه‌های افراشته، کاهش و واکه‌های افتاده افزایش می‌یابد. ضمن آن‌که هر دو دسته در بعد افقی فضای واکه‌ای (از نظر محل تولید) نیز به سمت مرکز گرایش می‌یابند. در مقابل، دیدگاه کاهش بافتی، گرایش به سمت

محل تولید همخوان مجاور را پیش‌بینی می‌کند که این گرایش در ارتباط با همخوان‌های لبی، تیغه‌ای و بدنی‌ای با افزایش سطح ارتفاع بدنی زبان یا افزاشتگی بیشتر واکه همراه است (Mooshammer & Geng, 2008: 118). به علاوه، در قالب این دیدگاه، چنین فرض می‌شود که بیشترین میزان کاهش در واکه‌های افتاده اتفاق می‌افتد چون این واکه‌ها با الگوهای همخوانی مجاور، اعم از لبی، تیغه‌ای و بدنی‌ای، حداقل تقابل آوازی ممکن را دارند. در مقابل، واکه‌های افراشته که با الگوی تولیدی همخوان مجاور تقابل گرفته دارند، یا کاهش ندارند و یا به صورت جزئی کاهش می‌یابند (Padgett & Marija, 2005: 50). بنابراین دیدگاه کاهش بافتی، کاهش واکه را مشروط به فاصله تولیدی بین الگوی واکه‌ای و الگوی همخوانی مجاور می‌داند؛ به طوری که هر قدر فاصله تولیدی هدف واکه‌ای از هدف همخوانی مجاور دورتر باشد، میزان کاهش واکه‌ای بیشتر است (Moon & Lindblom, 1994: 40).

بر این اساس، در قالب این دیدگاه، کاهش واکه‌ای به صورت افزایش ارتفاع سطح زیرین فضای واکه‌ای (شامل واکه‌های افتاده) است (Flemming, 2004: 235; Padgett & Marija, 2005: 50). سطح فوقانی فضای واکه‌ای (شامل واکه‌های افراشته) تغییرات محسوسی ندارد. این الگوی کاهش با پیش‌بینی دیدگاه مرکزی‌شدنی مبنی بر گرایش هر دو بخش فوقانی و زیرین به سمت نواحی مرکزی در تعارض است.

برخی زبان‌ها از الگوی مرکزی‌شدنی و برخی نیز از الگوی کاهش بافتی پیروی می‌کنند. زبان‌هایی مثل انگلیسی، یونانی و اسپانیایی جزء دسته اول محسوب می‌شوند. به طور مثال، ابعاد فضای نظام پنج واکه‌ای زبان یونانی در جایگاه‌های ضعیف نوایی مانند گفتار سریع و موضع فاقد تکیه به طور قابل ملاحظه‌ای فشرده و کوچکتر می‌شود (Fourakis & et.al, 1999: 37). این فشرده‌گی در هر دو بعد عمودی و افقی فضای واکه‌ای اتفاق می‌افتد. واکه‌های پیش‌کامی /i/ و /e/ با کاهش و واکه‌های پس‌کامی با افزایش فرکانس F2 تاحدودی به سمت نواحی مرکزی متمایل شده و به یکدیگر نزدیک‌تر می‌شوند. واکه افتاده /a/ نیز با کاهش قابل ملاحظه فرکانس F1 به سمت مرکز فضای واکه حرکت می‌کند. تنها استثنای الگوی مرکزی‌شدنی در این زبان، واکه‌های افراشته /i/ و /u/ هستند که تمایلی به جایه‌جایی عمودی به سمت نواحی مرکزی از خود نشان نمی‌دهند (*Ibid*).

در مقابل، زبان سوئدی جزء زبان‌های دارای الگوی کاهش بافتی است. توزیع فرکانس‌ها

در فضای واکه‌ای این زبان تاحد زیادی وابسته به بافت همخوانی مجاور است. جایگاه واکه‌ها در فضای واکه‌ای بهویژه در موضع فاقد تکیه بسته به محل تولید همخوان مجاور بهطور قابل ملاحظه‌ای تغییر می‌کند. شدت تغییرات نیز با توجه به الگوی تولیدی واکه‌ها متفاوت است. واکه‌های افتاده بیشتر از واکه‌های افراشته و نیمه‌افراشته جایه‌جا می‌شوند (Nord, 1986: 34).

طرح مسئله کاهش واکه‌ای، به عنوان یک پدیده واجی، به میزان تغییرات و جایه‌جایی‌ها در فضای واکه‌ای بستگی دارد. دلاترہ با بررسی و مقایسه کاهش واکه‌ای در زبان انگلیسی و زبان‌های فرانسه، آلمانی و اسپانیایی به این نتیجه رسید که کاهش واکه‌ای در زبان انگلیسی از زبان‌های دیگر قوی‌تر است؛ زیرا در این زبان واکه‌های کناری تا نقاط مرکزی فضای واکه‌ای جایه‌جا می‌شوند. از این‌رو، وی نتیجه می‌گیرد که کاهش واکه‌ای در زبان انگلیسی باید در سطح واجی نمود داشته باشد (Vide. Delattre, 1969: 14). فلمنگ و نیز هریک در تحقیقاتی جداگانه نشان دادند که فرآیند کمی و پیوسته کاهش فعالیت الگوی واکه‌ای تنها زمانی به عنوان یک الگوی واجی قابل طرح است که منجر به خنثی‌شدن تقابل واکه‌ها در زنجیره‌های فاقد تکیه شود (Flemming, 2004: 235; Idem, 1995: 43; Herrick, 2003: 1681). کراس‌وایت در تأیید دیدگاه کاهش بافتی اشاره می‌کند که کاهش واجی به صورت یک کاهش خنثی‌کننده تقابل واکه‌ای معمولاً ناشی از فشردگی عمودی سطح زیرین فضای واکه‌ای تا حد ایجاد یک تقابل شنیداری برجسته است و فشردگی افقی فضای واکه‌ای به‌ندرت باعث خنثی‌شدن تقابل واکه‌ها می‌شود (Crosswhite, 2004: 192).

در مقابل رویکرد تولیدی، رویکرد شنیداری قرار دارد. یکی از مهم‌ترین نظریه‌های مبتنی بر این رویکرد، نظریه پراکندگی شنیداری درک گفتار است. براساس این نظریه، توزیع واج‌ها در فضای آوایی یک زبان به‌گونه‌ای صورت می‌گیرد که تقابل شنیداری آن‌ها با یکدیگر به حداقل میزان ممکن برسد (Liljencrants & Lindblom, 1972: 840; Lindblom & Engstrand; 1989: 108; Lindblom, 1990: 405).

بر این اساس، نظام‌های واکه‌ای در سطح زبان‌های بشری تمایل دارند از سطح تمامی فضای آکوستکی موجود برای ایجاد تمایز شنیداری بیشینه استفاده کنند. نظام‌های سه‌واکه‌ای معمولاً از واکه‌های /i/, /a/ و /u/ ساخته می‌شوند؛ نظام‌های پنج‌واکه‌ای از

واکه‌های /i/, /e/, /o/ و /u/ تشکیل می‌شوند و غیره. به علاوه این‌که هر واکه در یک فضای واکه‌ای پویا به صورت یک نیروی دافعه<sup>۱</sup> عمل می‌کند و واکه‌های دیگر را از خود دور می‌کند (Liljencrants & Lindblom, 1972: 840).

پیش‌بینی نظریهٔ پراکنده‌گی شنیداری این است که میزان تغییرات آوازی واکه‌ها محدود است و جایه‌جایی واکه‌ها در فضای واکه‌ای به حدی نیست که باعث همپوشانی قابل ملاحظه واکه‌ها با یکدیگر شود. این در حقیقت به معنی آن است که زبان‌ها به اندازهٔ مدخل واکه‌ای خود از فضای واکه‌ای استفاده می‌کنند.

مطالعات انجام‌شده روی کاهش واکه‌ای در زبان فارسی اغلب این پدیده را از دیدگاه واچی مورد بررسی قرار داده‌اند (نک. کردزغفرانلو، ۱۳۷۹؛ هادیان و علی‌نژاد، ۱۳۹۲: ۲۲). این مطالعات نشان داده‌اند که عامل اصلی تغییر مقوله‌ای کیفیت واکه در زبان فارسی، همگونی یک واکه با واکهٔ مجاور است و تکیهٔ یا سایر عوامل نوایی به تنهایی باعث تبدیل یک واکه به واکهٔ دیگر یا خنثی‌شدگی تقابل واکه‌ای نمی‌شوند. به علاوه، در بررسی این فرآیند، واکه‌های کوتاه (/i/, /e/, /a/) و بلند (/u/, /o/) زبان فارسی از یکدیگر متمایز و چنین بحث شده است که واکه‌های بلند، کیفیتی ثابت و غیر قابل تغییر داشته و در برابر کاهش واکه‌ای مقاوم هستند؛ ولی واکه‌های کوتاه، کیفیتی ناپایدار و تغییرپذیر داشته و در همگونی واکه‌ای شرکت فعال دارند (Lazard, 1992: 17). مثال‌های متعددی از کاهش واچی واکه‌های کوتاه در زبان فارسی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

۱. تبدیل واکهٔ پیش‌کامی افتاده /a/ به واکهٔ نیمه‌افراشته /e/ قبل از هجاهایی که دارای واکه‌های پیش‌کامی افراشته یا نیمه‌افراشته هستند (*Ibid*: 20- 22؛ «رسیدن» /rasidan/ → [residan])

۲. تبدیل واکهٔ /e/ به واکهٔ افتاده /a/ پیش از هجاهایی که دارای واکه‌های افتاده /a/ یا /nahadan/ → [nehadan] («نهادن»: *Ibid*)

۳. هماهنگی واکه‌ای واکه‌های کوتاه /e/, /a/ و /o/ با واکهٔ /a/ زمانی که جایگاه آغازه هجا در حد فاصل میان واکه‌های مورد نظر یکی از همخوان‌های چاکنایی /?/ یا /h/ حضور داشته باشد (نک. صادقی، ۱۳۷۹؛ بی‌جن‌خان، ۱۳۸۴: ۱۹۵-۱۹۶؛ مدرسی، ۱۳۸۸):

: /soʔal/ → [saʔal] «سؤال»

«اصفهان»/→ [mahal]→ [P̄esfahan]/→ [اصفهان]

کاهش واکه‌ای در زبان فارسی به عنوان یک پدیده آوایی کمتر مورد توجه زبان‌شناسان قرار گرفته است. لازارد اشاره می‌کند که واکه‌های کوتاه به دلیل ماهیت نایابی‌ارشان در جایگاه فاقد تکیه کاهش می‌یابند تا جایی که گاه در گفتار سریع کیفیت آن‌ها به سختی قابل تشخیص بوده و گاه نیز از زنجیره آوایی حذف می‌شوند اما وی هیچ بحثی از جهت‌گیری کاهش واکه‌ای مستقل از بافت واکه‌ای مجاور به میان نمی‌آورد (Lazard, 1992: 17).

شیخ‌سنگ‌تجن به مطالعه آزمایشگاهی کاهش واکه /a/ در مجاورت واکه /ə/ در کلماتی مانند «لحاظ» /lahaz/، «چهار» /tʃahar/ و «جهان» /dʒahān/ پرداخته و با در نظر گرفتن اختلاف فرکانس کم سازدهای اصلی واکه کاهش‌یافته /a/ با واکه /ə/ مجاور نتیجه می‌گیرد که /a/ در این بافت تحت تأثیر فرآیند هماهنگی واکه‌ای به /ə/ تبدیل می‌شود (همو، ۱۳۸۹: ۴۶). بنابراین وی کاهش واکه‌ای در بافت مزبور را به صورت نوعی تغییر مقوله‌ای از نوع هماهنگی واکه‌ای توصیف و فرضیه مرکزی‌شدگی واکه /a/ را به صورت نوعی تغییر آوایی پیوسته رد می‌کند.

هیچ یک از مطالعات انجام‌شده تاکنون جهت‌گیری و شدت کاهش واکه‌ای را در زبان فارسی، مستقل از الگوی هماهنگی واکه‌ای و به شیوه آزمایشگاهی مورد بررسی قرار نداده است. یافته‌های اندکی نیز که در این زمینه ارائه شده‌اند مبتنی بر مقایسه‌های برداشت‌گرایانه از تفاوت کیفی واکه‌ها در هجاهای تکیه‌بر و فاقد تکیه هستند. مقاله حاضر به بررسی آزمایشگاهی کاهش واکه‌ای آوایی در هجاهای فاقد تکیه در زبان فارسی می‌پردازد. در این تحقیق، پیش‌بینی‌های دیدگاه‌های تولیدی مرکزی‌شدگی و کاهش بافتی و دیدگاه شنیداری پراکندگی شنیداری درک گفتار را در ارتباط با کاهش واکه‌ای در زبان فارسی محک خواهیم زد.

#### سؤالات اصلی تحقیق عبارت‌اند از:

۱. شدت تغییرات کاهش واکه‌ای در جایگاه فاقد تکیه به چه میزان است و آیا تغییرات به اندازه‌ای است که باعث تفاوت معنی‌دار کیفیت واکه در جایگاه تکیه‌بر و فاقد تکیه شود؟
۲. آیا آن‌گونه که لازارد (1992) در تحقیقات خود اشاره کرده است، بین واکه‌های کوتاه و بلند زبان فارسی از نظر شدت تغییرات کاهشی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد؟

۳. آیا همان‌گونه که دیدگاه کاهش بافت پیش‌بینی می‌کند، شدت کاهش فعالیت الگوی واکه‌ای وابسته به بافت همخوانی مجاور است و میزان تغییرات کیفیت واکه در مجاورت همخوان‌های متفاوت به‌طور معنی‌داری با یکدیگر تفاوت دارد؟
۴. گرایش تغییرات کیفیت واکه در زبان فارسی چگونه است؟ آیا تغییرات مطابق با پیش‌بینی دیدگاه مرکزی‌شدگی از سوی تمامی واکه‌های کناری (شامل واکه‌های افراشته و افتاده) به سمت نواحی مرکزی فضای واکه‌ای گرایش دارد یا آنکه آن‌گونه که دیدگاه کاهش بافت پیش‌بینی می‌کند، تغییرات، بیشتر به صورت افزایش ارتفاع سطح زیرین فضای واکه‌ای است و واکه‌های سطح فوقانی، تغییرات محسوسی ندارند؟
۵. آیا تغییرات کاهشی واکه‌ها از الگوی پراکنده‌شدنیاری پیروی می‌کند؟ به این معنی که شدت تغییرات کاهش واکه‌ای در جایگاه فاقد تکیه، کم است و جهت تغییرات نیز به صورتی نیست که باعث همپوشانی قابل ملاحظه واکه‌ها با هم شود؟

## ۳. روش تحقیق: آزمایشگاهی

### ۱-۲. داده‌های آزمایش

برای پاسخ به سوالات تحقیق، یک آزمایش تولیدی انجام شد. در این آزمایش با انتخاب داده‌های آوازی مناسب و کنترل شرایط آوازی و نوایی مؤثر در نتایج آزمایش، مقادیر بیرون و فرکانس‌های اول و دوم واکه‌های کوتاه و بلند زبان فارسی در جایگاه‌های تکیه‌بر و فاقد تکیه با یکدیگر مقایسه شدند. برای این منظور، سه دسته کلمه به ترتیب شامل توالی‌های آوازی PVP، TTV و KVK بعنوان داده‌های آزمایش انتخاب شدند؛ به‌طوری‌که P یکی از انسدادی‌ها یا سایش‌های لبی /p/ و /v/، T یکی از انسدادی‌ها یا سایشی‌های تیغه‌ای /t/ و /z/، K یکی از انسدادی‌های بدنی /k/ یا /g/ و V یکی از شش واکه زبان فارسی /s/، /d/، /l/، /r/، /ʃ/ و /ɾ/ را شامل می‌شدند. تمامی کلمات انتخاب شده، دو هجایی با ساخت هجایی CVC (C). CVC دسته، کلمات به دو گروه تقسیم شدند. در گروه اول، توالی‌های آوازی هدف در هجای پایانی (هجای دوم) و جایگاه تکیه بر (CV (C). CVC)، مانند «تصویب» /tasvib/، «پردیس» /pardis/ و در گروه دوم در هجای اول و جایگاه فاقد تکیه (CVC. CVC)، مانند «فیبری» /fibri/، «تیزهوش» /

/tizhuʃ/ قرار داشتند. کلمات، سپس درون جملات حامل مناسب قرار داده شدند. کلمات گروه اول در هر دسته درون جمله حامل «او ..... گفت» قرار داده شدند؛ به طوری که توالی‌های آوایی هدف واقع در هجای دوم کلمات، در جایگاه تکیه زیروبمی هسته قرار گرفتند. کلمات گروه دوم، درون جمله حامل «علی ..... گفت» با تکیه تقابلی<sup>۷</sup> بر «علی» قرار داده شدند؛ به طوری که توالی‌های آوایی هدف واقع در هجای اول کلمات در جایگاه فاقد تکیه زیروبمی قرار گرفتند.

به ازای هریک از شش واکه زبان فارسی در هر گروه از سه دسته داده‌های هدف آزمایش، دو کلمه انتخاب شد. کلمات انتخاب شده تا حد امکان کلمات طبیعی زبان فارسی بودند، به جز مواردی که انتخاب کلمات طبیعی با توجه به ساخت هجایی و واکه‌های مورد نظر امکان‌پذیر نبود که در این موارد از کلمات بی‌معنی استفاده شد. سپس کلمات، هریک ۲ بار توسط ۶ گویشور مرد تولید شدند. به این ترتیب، تعداد کل داده‌های آزمایش، ۸۶۴ بود (۶ (واکه) × ۲ (دسته همخوانی) × ۲ (تکیه) × ۲ (کلمه) × ۶ (گویشور) × ۲ (تکرار)).

ضبط داده‌ها در یک اتاق آرام در دانشگاه امام خمینی در سکوت کامل انجام شد. داده‌ها با استفاده از میکروفون شور<sup>۸</sup> مدل SM58 با پاسخ بسامدی ۵۰ تا ۱۵۰۰۰ هرتز روی کارت صوتی کریتیو<sup>۹</sup> مدل ساند بلاستر<sup>۱۰</sup> ۵.۱ یک کامپیوتر شخصی ضبط شدند. جملات بر صفحه نمایشگر کامپیوتر به خط فارسی برای آزمودنی‌ها نمایش داده شد. «علی» به عنوان عنصر کانونی شده با تکیه تقابلی در جملات حامل گروه دوم به صورت برجسته با فونت بزرگتر تایپ شد و در توضیح به آزمودنی‌ها گفته شد که این کلمه دارای تأکید تقابلی بوده و با اسمای خاص دیگری مانند «رضا»، «ناصر» و غیره در تقابل است.

### ۳-۲. اندازه‌گیری

داده‌های آزمایش با نرخ نمونه‌برداری ۱۱۰۵۰ هرتز و فیلتر پایین‌گذر<sup>۱۱</sup> ۴ کیلوهرتز ضبط دیجیتالی شدند. برای تجزیه و تحلیل علامت آوایی از نرم‌افزار پرست<sup>۱۲</sup> مدل ۱۲.۲.۵ استفاده شد. مقادیر دیرش و فرکانس‌های اول و دوم واکه‌های هدف اندازه‌گیری شدند. دیرش واکه از اولین تناوب چاکتایی پس از رهش همخوان آغازی تا پایان ارتعاش تارآواها پیش از همخوان گرفته بعد محاسبه شد. در ۸ مورد از واکه‌های بدون تکیه شواهد آکوستیکی لازم برای

تشخیص نقاط آغازی و پایانی واکه وجود نداشت و از این‌رو تمامی این داده‌ها از تحلیل‌ها و اندازه‌گیری‌های بعدی کنار گذاشته شدند. فرکانس‌های F1 و F2 از طیف فرکانسی FFT واقع در مرکز واکه محاسبه شدند. بعد از محاسبه طیف FFT، طیف LPC مرکز واکه نیز برای اطمینان از صحت اندازه‌گیری‌های انجام‌شده محاسبه گردید و در صورت وجود اختلاف، اندازه‌گیری‌های FFT مبنای محاسبه قرار گرفتند. برای محاسبه طیف‌های فرکانسی FFT و LPC با اندازه تبدیل فوریه ۵۰۰ نقطه استفاده شد.

### ۳-۲. تحلیل آماری

برای محاسبه معنی‌دار بودن اثر عامل تکیه بر دیرش و کاهش واکه‌ای، چند آزمون آماری  $t$  دو گروه مستقل<sup>۱۳</sup> به‌طور جداگانه متناسب با سؤالات اصلی تحقیق انجام شد. برای بررسی آماری تغییرات دیرش و فرکانس سازه‌ها به‌صورت تابعی از عامل تکیه، در پاسخ به سؤال اول، چند آزمون آماری  $t$  دو گروه مستقل به‌طور جداگانه به‌ازای هریک از واکه‌های زبان فارسی در توالی‌های آوایی هدف تحقیق انجام شد.

در هریک از این آزمون‌ها، تکیه به‌عنوان عامل مستقل و دیرش و فرکانس‌های F1 و F2 به‌عنوان عوامل وابسته انتخاب شدند. برای پاسخ به سؤال «۲»، تغییرات فرکانس سازه‌های واکه‌های کوتاه و بلند به‌صورت تابعی از عامل تکیه در یک آزمون آماری  $t$  دو گروه مستقل به‌ازای هر دسته از توالی‌های آوایی هدف تحقیق با یکدیگر مقایسه شد. در هر آزمون، تکیه و نوع واکه<sup>۱۴</sup> به‌عنوان عوامل مستقل و فرکانس‌های F1 و F2 به‌عنوان عوامل وابسته انتخاب شدند. برای پاسخ به سؤال «۳»، تغییرات فرکانس‌های F1 و F2 هر واکه به‌طور جداگانه به‌صورت تابعی از دو عامل تکیه و بافت آوایی (همخوان‌های لبی، تیغه‌ای و بدنه‌ای در توالی‌های آوایی هدف تحقیق) در چند آزمون آماری  $t$  دو گروه مستقل محاسبه گردید. جهت‌گیری تغییرات (سؤال ۴) در تصاویر مناسب مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

### ۳-۳. نتایج

#### ۳-۳-۱. دیرش

جدول «۱» میانگین و انحراف از معیار (داخل پرانتز) دیرش واکه‌های فارسی را در دو موضع

تکیه بر و بدون تکیه در توالی های آوایی PVP، KVK و TTV نشان می دهد. چنان که مشاهده می شود دیرش واکه های تکیه بر در تمامی توالی ها از واکه های فاقد تکیه بیشتر است. تمامی واکه ها مستقل از نوع واکه با تغییر الگوی تکیه از تکیه بر به فاقد تکیه، کوتاه تر می شوند. به علاوه این که این تغییرات در سطح تمامی توالی های آوایی، مستقل از بافت همخوانی مشاهده می شود. همچنین مشاهدات انجام شده نشان داد که همه گویشوران تقریباً در تمامی موارد واکه ها را در موضع تکیه بر، کشیده تر از موضع فاقد تکیه تولید کردند. این نتایج در حقیقت نشان می دهند که دیرش واکه به شکلی منظم و مستقل از عواملی مانند نوع واکه، بافت آوایی و گویشور به صورت تابعی از الگوی تکیه واژگانی تغییر می کند.

جدول ۱ میانگین و انحراف از معیار (داخل پرانتر) دیرش واکه های فارسی در دو موضع تکیه بر و بدون تکیه در توالی های آوایی PVP، KVK و همچنین مقایر  $t$  و  $\rho$  (سطح معنی داری) به دست آمده از آزمون های  $t$  دو گروه مستقل برای هر واکه

واکه	توالی KVK			توالی TTV			توالی PVP			واکه
	مقارن $t$ (مقارن $\rho$ )	- تکیه	+ تکیه	مقارن $t$ (مقارن $\rho$ )	- تکیه	+ تکیه	مقارن $t$ (مقارن $\rho$ )	- تکیه	+ تکیه	
[i]	۵/۱ ( $p < .001$ )	۷۶ (۲۰)	۱۰۷ (۱۷)	۱۱ ( $p < .001$ )	۶۴ (۲۷۱۲)	۹۷ (۹)	۱۱/۸ ( $p < .001$ )	۷۱ (۶)	۱۰۱ (۶)	[i]
[e]	۴/۳ ( $p < .001$ )	۶۵ (۱۲)	۸۵ (۱۶)	۶/۱ ( $p < .001$ )	۷۳ (۱۱)	۸۸ (۱۴)	۴/۱ ( $p < .001$ )	۶۵ (۱۲)	۸۲ (۱۲)	[e]
[a]	۲/۹ ( $p < .001$ )	۷۴ (۱۹)	۹۹ (۲۲)	۴/۸ ( $p < .001$ )	۷۴ (۱۶)	۱۰۱ (۹)	۷/۴ ( $p < .001$ )	۷۸ (۱۴)	۹۵ (۱۲)	[a]
[ɑ]	۴/۸ ( $p < .001$ )	۹۱ (۲۴)	۱۳۴ (۲۸)	۴/۱ ( $p < .001$ )	۹۳ (۲۰)	۱۳۵ (۲۹)	۵/۱ ( $p < .001$ )	۸۸ (۲۴)	۱۲۵ (۲۲)	[ɑ]
[o]	۲/۴ ( $p < .001$ )	۶۵ (۱۵)	۸۵ (۲۱)	۴/۲ ( $p < .001$ )	۷۷ (۱۳)	۸۹ (۹)	۲/۱ ( $p = .007$ )	۶۶ (۱۵)	۸۲ (۲۱)	[o]
[u]	۵/۶ ( $p < .001$ )	۷۶ (۲۱)	۱۱۲ (۲۲)	۷/۹ ( $p < .001$ )	۷۷ (۱۵)	۱۱۳ (۱۷)	۷/۱ ( $p < .001$ )	۷۱ (۱۵)	۱۱۸ (۲۲/۲۹)	[u]

همچنین، چنان که در این جدول مشاهده می شود، دیرش واکه های بلند (/a/، /u/، /i/) در هر دو موضع تکیه بر و فاقد تکیه، در تمامی موارد از واکه های کوتاه (/o/، /e/، /ɛ/) بیشتر است. نکته مهم این که شدت کاهش دیرش واکه های بلند و کوتاه در موضع فاقد تکیه به یک اندازه نیست: واکه های بلند در بسیاری موارد کاهش بیشتری نسبت به واکه های کوتاه نشان می دهند. این مسئله ناشی از آن است که کاهش بیش از اندازه واکه های کوتاه باعث برهم خوردن ساختار

فرکانسی آن‌ها شده و کیفیت تولیدی-شینیداری آن‌ها را مختل می‌کند (Vide. Klatt, 1973: 1103). نتایج آزمون‌های آماری (آزمون‌های  $t$  دو گروه مستقل)، مشاهدات بالا را تأیید کرد. اختلاف دیرش واکه‌ها در دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه برای تمامی واکه‌ها و در تمامی بافت‌های همخوانی با یکدیگر معنی‌دار بود. نتایج، به تفکیک بافت همخوانی و نوع واکه در جدول «۱» ارائه شده است.

### ۳-۴-۲. فرکانس سازه‌های F1 و F2

شکل‌های ۱، ۲ و ۳ فضای واکه‌ای زبان فارسی را در دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه به صورت تابعی از میانگین فرکانس‌های F1 و F2 به ترتیب در بافت‌های همخوانی PVP، TTV و KVK نشان می‌دهد. در ارتباط با این شکل‌ها به نکات ذیل اشاره می‌کنیم:

۱. فضای واکه‌ای زبان فارسی در هر دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه، یک فضای نامتقارن است. دلیل آن یکی این است که اختلاف فرکانس کمتر F1 واکه‌ها در بخش عقبی زبان نسبت به بخش جلویی باعث شده است که فاصله واکه‌های پسین نسبت به یکدیگر در مقایسه با واکه‌های پیشین به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر باشد. این مسئله باعث شده است سطح ارتفاع واکه‌های همسطح بخش پیشین و پسین فضای واکه‌ای با یکدیگر متفاوت باشد. چنان‌که مشاهده می‌شود میزان افزاشتگی واکه پیشین /i/ تاحدودی از واکه پسین /u/ بیشتر است. واکه /a/ نیز به طور قابل ملاحظه‌ای از واکه /u/ افتاده‌تر است.

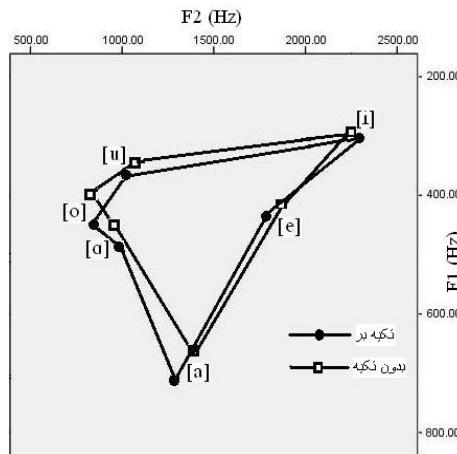
نکته دیگر آن‌که اختلاف فرکانس F2 واکه‌ها در وضعیت افتاده نسبت به وضعیت نیمه‌افراشته و به‌ویژه افراشته، به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است. در حقیقت با کاهش ارتفاع زبان فاصله واکه‌ها به یکدیگر نزدیکتر شده است. به طوری‌که ملاحظه می‌شود فاصله /a/ و /e/ با یکدیگر از /i/ و /u/ با /a/ برابر قابل ملاحظه‌ای کمتر است.

۲. توزیع ترکیبی فرکانس‌های F1 و F2 در موضع فاقد تکیه به سوی مرکز فضای واکه‌ای صورت نگرفته است. تنها واکه‌ای که تاحدودی به سمت نواحی مرکزی فضای واکه‌ای متمایل شده، واکه /a/ است. سایر واکه‌ها یا جایه‌جایی محسوسی نداشته‌اند یا جایه‌جایی‌شان آن‌ها را از مرکز دورتر کرده است.

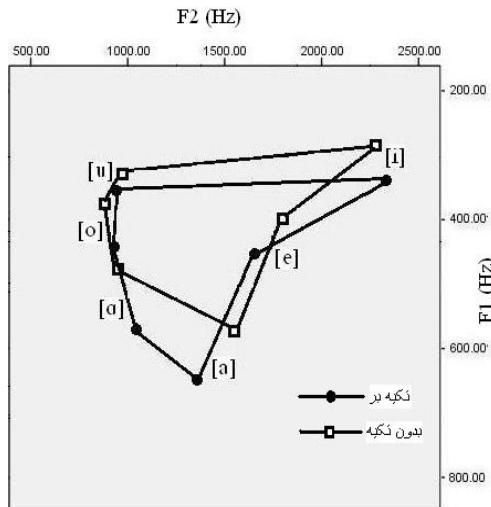
واکه‌های /i/ و /u/ در هر سه توالی در موضع فاقد تکیه تاحدودی با کاهش F1

افراشته‌تر شده و از نواحی مرکزی فاصله بیشتری گرفته‌اند. میزان تغییرات F1 تنها برای واکه /i/ در توالی‌های TTV معنی‌دار بود. در سایر توالی‌های مربوط به واکه /i/ و همچنین تمامی توالی‌های مربوط به واکه /u/ اختلاف فرکانس این سازه در دو موضع تکیه‌بر و بدون تکیه تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرده است (نک. جدول ۲).

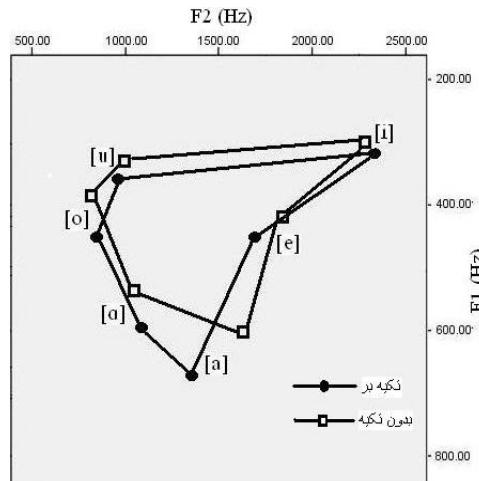
همچنین /i/ با کاهش و /u/ با افزایش F2 تاحدود ناچیزی از جلو و عقب زبان فاصله گرفته و به سمت نواحی مرکزی حرکت کرده‌اند؛ ولی این جایه‌جایی‌ها بسیار کم و قابل اغماض است و باعث نشده است که سطح فوقانی فضای واکه‌ای به سمت نواحی مرکزی کوچک‌تر شود. تغییرات فرکانسی این سازه برای واکه‌های مورد نظر در موضع بدون تکیه در هیچ‌یک از توالی‌ها معنی‌دار نبود (نک. جدول ۲). واکه /e/ نیز در هر سه توالی (به‌ویژه در توالی‌های KVK و VTV) با کاهش F1 و افزایش F2 از نواحی مرکزی فاصله گرفته است. شدت تغییرات برای فرکانس F2 بیشتر از F1 است. اختلاف فرکانس F2 برای این واکه در موضع تکیه‌بر و بدون تکیه در تمامی توالی‌های آوایی معنی‌دار بود؛ ولی اختلاف فرکانس F1 تنها برای توالی‌های TTV معنی‌دار بود. در توالی‌های دیگر تغییرات F1 تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرده است (نک. جدول ۲).



شکل ۱ فضای واکه‌ای زبان فارسی در دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه به صورت تابعی از میانگین فرکانس‌های F1 و F2 در بافت همخوانی ۵۸۵



شکل ۲ فضای واکه‌ای زبان فارسی در دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه بهصورت تابعی از میانگین فرکانس‌های F1 و F2 در بافت همخوانی TTV



شکل ۳ فضای واکه‌ای زبان فارسی در دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه بهصورت تابعی از میانگین فرکانس‌های F1 و F2 در بافت همخوانی KVK

تغییرات فرکانسی /a/ و /o/ نیز باعث شده است که این واکه‌ها تاحدودی افراشتتر شده (کاهش F1) و به سمت عقب دهان (کاهش F2) حرکت کنند. میزان کاهش F1 در بیشتر توالی‌ها برای این دو واکه معنی‌دار بود و فقط برای /o/ در توالی PVP معنی‌دار نبود. اما تغییرات F2 برای این دو واکه در هیچ‌یک از توالی‌ها معنی‌دار نبود (نک. جدول ۲). اما واکه /a/ با کاهش F1 و افزایش نسبتاً قابل ملاحظه F2 (به‌ویژه در توالی‌های KVK و TTVT) تاحدودی از قسمت عقب و پایین فضای واکه‌ای به سمت نواحی مرکزی حرکت کرده است. این تغییرات نشان‌دهنده نوعی مرکزی‌شدگی است که میزان آن در توالی‌های KVK و TTVT، یعنی در مجاورت همخوان‌های نیغه‌ای و بدن‌های تا حد کمی بیشتر از همخوان‌های لبی (توالی‌های PVP) است. میزان تغییرات هر دو فرکانس F1 و F2 برای این واکه در تمامی توالی‌ها معنی‌دار بود.

بنابراین، با استناد به نمودارها و نتایج آماری ارائه شده (نمودارهای ۱، ۲ و ۳ و جدول ۲)، الگوی توزیع ترکیبی فرکانس‌های F1 و F2 در موضع فاقد تکیه در هیچ‌یک از توالی‌های آوایی هدف آزمایش، الگوی مرکزی‌شدگی را تأیید نمی‌کند. به جز واکه /a/ هیچ‌یکی با تغییر الگوی تکیه به سمت مرکز فضای واکه‌ای حرکت نکرده است. تمامی واکه‌ها به جز /a/ در بُعد عمودی فضای واکه‌ای با کاهش F1 یا سطح ارتقای بدنۀ زبان از مرکز فضای واکه‌ای فاصله بیشتری گرفته‌اند و در بُعد افقی، یا تغییرات محسوسی در فرکانس F2 نداشته‌اند (مانند /i/، /u/، /o/ و /a/) یا تغییرات فرکانس آن‌ها در جهت عکس مرکز فضای واکه‌ای صورت گرفته است (واکه /a/).

**جدول ۲** میانگین و انحراف از معیار (داخل پرانتز) فرکانس‌های اول (F1) و دوم (F2) واکه‌های فارسی در دو موضع تکیه‌بر و بدون تکیه در توالی‌های آوایی PVP، KVK و TTVT و همچنین مقادیر t و  $\rho$  (سطح معنی‌داری) به‌دست‌آمده از آزمون‌های t دو گروه مستقل برای هر واکه

واکه	فرکانس	توالی				توالی				توالی			
		-	تکیه	+	تکیه	-	تکیه	+	تکیه	-	تکیه	+	تکیه
[i]	F1	۲۹۲(۱۲)	۳۰۱(۲۰)	۳۰۱(۲۰)	۳۰۸(۲۸)	۳۲۸(۳۱)	۷/۸( $p<0.001$ )	۲۸۹(۱۲)	۳۳۷(۲۴)	۱/۴( $p=0.16$ )	۲۹۲(۱۲)	۳۰۱(۲۰)	۳۰۱(۲۰)
	F2	۲۳۱۲(۲۲)	۲۳۱۲(۲۲)	۲۳۱۹(۴۷)	۲۳۲۸(۵۸)	۲۳۲۸(۵۸)	۳/۱( $p=0.03$ )	۲۲۶۵(۳۳)	۲۲۹۶(۲۹)	۱/۵( $p=0.11$ )	۲۳۰۳(۱۲)	۲۳۱۲(۲۲)	۲۳۱۲(۲۲)
[e]	F1	۴۰۷(۱۶)	۴۲۴(۱۶)	۴۱۲(۴۵)	۴۵۷(۵۲)	۴۵۷(۵۲)	۴( $p<0.001$ )	۳۹۹(۲۷)	۴۴۱(۳۹)	۲/۳( $p=0.02$ )	۴۰۷(۲۸)	۴۰۷(۲۸)	۴۰۷(۲۸)
	F2	۱۷۶۴(۲۴)	۱۷۶۴(۲۴)	۱۸۰۶(۷۱)	۱۷۷۴(۷۱)	۱۷۷۴(۷۱)	-۹/۶( $p<0.001$ )	۱۷۹۲(۴۲)	۱۷۹۲(۴۲)	-۸/۸( $p<0.001$ )	۱۸۳۷(۲۸)	۱۸۳۷(۲۸)	۱۸۳۷(۲۸)
[a]	F1	۷۱۱(۴۵)	۷۱۱(۴۵)	۶۰۷(۴۲)	۶۷۷(۵۰)	۶۷۷(۵۰)	۷/۹( $p<0.001$ )	۵۸۳(۲۳)	۶۴۹(۲۹)	۳/۶( $p<0.001$ )	۶۶۲(۴۰)	۶۶۲(۴۰)	۶۶۲(۴۰)
	F2	۱۲۷۳(۲۹)	۱۲۷۳(۲۹)	۱۶۰۳(۷۵)	۱۴۱۷(۷۴)	۱۴۱۷(۷۴)	-۹/۴( $p<0.001$ )	۱۵۳۹(۷۰)	۱۳۶۲(۴۶)	-۱۰/۱( $p<0.001$ )	۱۴۲۷(۶۱)	۱۴۲۷(۶۱)	۱۴۲۷(۶۱)

## ادامه جدول ۲

واکه	توالی KVK			توالی TTV			توالی PVP		
	- تکیه - مقدار (مقدار)	+ تکیه + مقدار (مقدار)	- تکیه - مقدار (مقدار)	+ تکیه + مقدار (مقدار)	- تکیه - مقدار (مقدار)	+ تکیه + مقدار (مقدار)	- تکیه - مقدار (مقدار)	+ تکیه + مقدار (مقدار)	- تکیه - مقدار (مقدار)
[a]	۳/۹(р<۰/۰۱) ۵۳۲(۵۴)	۵۹۴(۴۵)	۷/۷(р<۰/۰۱)	۴۷۹(۳۶)	۵۷۰(۳۸)	۲/۵(р=۰/۱۵)	۴۵۴(۴۱)	۴۹۱(۵۱)	F1
	۰/۴۵(р=۰/۰۵) ۱۰۸۵(۹۶)	۱۰۹۸(۸۹)	۲/۷(р=۰/۰۱)	۹۶۸(۷۹)	۱۰۴۲(۹۷)	-۰/۴۹(р=۰/۶۲)	۹۱۸(۷۱)	۹۳۰(۶۶)	F2
	۴/۴(р<۰/۰۱) ۳۹۸(۳۵)	۴۴۴(۴۳)	۷/۴(р<۰/۰۱)	۳۷۲(۱۶)	۴۳۳(۳۲)	۴/۷(р<۰/۰۱)	۳۹۸(۳۳)	۴۵۶(۴۳)	F1
[o]	-۰/۸(р=۰/۰۵) ۹۰۳(۷۸)	۹۱۷(۷۴)	-۰/۸(р=۰/۴۳)	۹۱۶(۷۷)	۹۱۳(۷۲)	۱/۵(р=۰/۱۲)	۸۴۸(۳۷)	۸۷۱(۴۲)	F2
	۲/۸(р=۰/۰۷) ۲۱۳(۳۷)	۲۳۱(۴۱)	۱/۲(р=۰/۲۲)	۳۳۰(۴۴)	۳۴۸(۵۰)	۱/۷(р=۰/۰۸)	۳۴۰(۲۹)	۳۵۷(۳۲)	F1
[u]	-۰/۹۶(р=۰/۱۲) ۹۹۵(۶۲)	۹۷۷۸(۴۸)	-۱/۲(р=۰/۱۹)	۹۹۰(۷۱)	۹۶۶(۳۵)	-۰/۸۷(р=۰/۴۲)	۱۰۴۲(۱۱۶)	۱۰۱۶(۷۸)	F2

۳. آنچنانکه در نمودارهای بالا مشاهده می‌شود، اثر تکیه بر توزیع فرکانس‌ها در بافت‌های همخوانی مختلف تقریباً شبیه به یکیگر است. در تمام توالی‌ها، فرکانس F1 و واکه‌ها در موضع فاقد تکیه کاهش یافته است که شدت این کاهش برای واکه‌های افراشته و نیمه‌افراشته، کم و برای واکه‌های افتاده، بیویژه واکه /a/ زیاد است؛ ضمناً آنکه این کاهش باعث شده که سطح ارتفاع فضای واکه‌ای در موضع فاقد تکیه تاحدودی نسبت به موضع تکیه بر افزایش یابد. فرکانس F2 نیز در موضع فاقد تکیه در تمامی توالی‌ها در واکه‌های /i/، /u/، /o/ و /a/ تا حد کمی کاهش و در واکه‌های /e/ و /a/ تا حد متوسط افزایش یافته است. بنابراین، تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر الگوی تغییرات فرکانس‌های F1 و F2 واکه‌ها در موضع فاقد تکیه (نسبت به موضع تکیه بر) بین توالی‌های آوازی هدف آزمایش مشاهده نمی‌شود.

نتایج آماری به دست آمده نیز این مشاهدات را تأیید کرد. نتایج نشان داد اثر مستقل عامل بافت همخوانی بر فرکانس سازه‌های F1 و F2 واکه‌های /i/، /a/ و /o/ معنی‌دار است. اثر این عامل همچنین بر فرکانس F2 واکه‌های /e/ و /o/ معنی‌دار است؛ ولی بر فرکانس F1 این دو واکه و همچنین فرکانس‌های F1 و F2 واکه /u/ معنی‌دار نیست. نکته مهم اینکه با وجود معنی‌دار بودن اختلاف فرکانس سازه‌های F1 و F2 برای واکه‌های /i/، /a/ و /o/ و سازه F2 برای واکه‌های /e/ و /o/ به صورت تابعی از عامل بافت همخوانی، نتایج به دست آمده برای این واکه‌ها نشان داد که اثر این عامل بر توزیع فرکانس‌ها از الگوی منظم و مشخصی پیروی نمی‌کند. به طور مثال، برای واکه /i/ فرکانس F1 در توالی‌های TTV صرف‌نظر از الگوی تکیه (متوسط فرکانس این سازه برای موضع تکیه بر و بدون تکیه) به طور معنی‌داری از فرکانس

F1 همین واکه در توالی‌های PVP بیشتر است؛ درحالی‌که برای واکه /a/ عکس این وضعیت برقرار است؛ یعنی فرکانس F1 این واکه برای توالی‌های PVP به‌طور معنی‌داری از توالی‌های TVT بیشتر است.

به‌علاوه، نتایج آماری نشان داد که اثر تعاملی دو عامل بافت همخوانی و تکیه بر فرکانس F2 بیشتر واکه‌ها از جمله واکه‌های /i/, /e/, /o/ و /u/ معنی‌دار نیست و فقط بر فرکانس F1 واکه‌های /a/ و /ɑ/ معنی‌دار است.

این نتایج نشان می‌دهد شدت و جهتگیری کاهش واکه‌ها (به‌صورت تابعی از تغییر الگوی تکیه) در بافت‌های همخوانی مختلف شبیه به یکدیگر است. به عبارت روش‌تر، بافت همخوانی قادر نیست به‌طور منظم و مستقل از نوع واکه بر الگوی توزیعی فرکانس‌های F1 و F2 اثر بگذارد. بدین‌ترتیب می‌توان گفت که بافت همخوانی در زبان فارسی بر کاهش کیفیت واکه اثر معنی‌داری ندارد.

۴. فاصله آکوستیکی واکه‌ها با تغییر الگوی تکیه در اغلب موارد حفظ شده است. این واقعیت در هر دو بُعد عمودی و افقی فضای واکه‌ای در شکل‌های ۳-۱ قابل مشاهده است. در بُعد عمودی، سطح ارتفاع فضای واکه‌ای با افزایش F1 تا حدی بالاتر آمده است و چون این تغییر در سطح تمامی واکه‌ها اتفاق افتاده، فاصله عمودی واکه‌ها از یکدیگر نسبت به موضع تکیه بر حفظ شده است. نکته بسیار مهم این‌که در مواردی که یک واکه در یک بافت همخوانی مشخص افزایش ارتفاع بیشتری داشته است، واکه مجاور نیز به همان نسبت بیشتر جایه‌جا شده تا فاصله آکوستیکی آن‌ها از یکدیگر حفظ شود. به‌طور مثال، واکه‌های /ɑ/ و /ɒ/ در بافت PVP در موضع بدون تکیه، هر دو به میزان کمی افزایش شده‌اند؛ در مقابل، در بافت‌های TTV و KVK سطح ارتفاع /ɑ/ به میزان نسبتاً قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است و نکته جالب این‌که واکه /ɒ/ نیز در این دو بافت تقریباً به همان اندازه افزایش شده تا فاصله خود را از /ɑ/ حفظ کند. همین‌طور، جایه‌جایی عمودی بیشتر /ɑ/ در بافت‌های TTV و KVK در مقایسه با بافت PVP موجب شده /e/ نیز به همان نسبت در فضای واکه‌ای، بیشتر جایه‌جا شود. در بُعد افقی نیز، چنان‌که قبلًا توضیح داده شد، به‌طور کلی واکه‌ها با توجه به تغییرات بسیار کم فرکانس F2 جایه‌جایی محسوسی ندارند. تنها واکه /a/ با افزایش این فرکانس، به نواحی مرکزی فضای واکه‌ای نزدیک می‌شود. ولی مرکزی‌شدگی /a/ با توجه به

گرایش واکه /a/ به بخش عقبتر و واکه /e/ بخش جلوتر حفظ دهان تاحدودی باعث سورترشدن این واکه‌ها از یکدیگر شده است. این مشاهدات درحقیقت نشان می‌دهد که هر گونه تغییر در فضای واکه‌ای زبان فارسی در جهت حفظ فواصل واکه‌ها از یکدیگر انجام می‌شود.

#### ۴. نتیجه‌گیری

در این تحقیق، کاهش واکه‌ای را در زبان فارسی در موضع فاقد تکیه با بررسی آماری تغییرات دیرش و فرکانس سازه‌ها در بافت‌های همخوانی مختلف مورد بحث و بررسی قرار دادیم. نتایج نشان داد که دیرش واکه‌ها در موضع تکیه بر به شکلی منظم و مستقل از نوع واکه و بافت همخوانی از موضع بدون تکیه بیشتر است. اما تغییرات فرکانسی واکه‌ها به صورت تابعی از الگوی تکیه تا حد زیادی وابسته به نوع واکه است. شدت تغییرات فرکانس‌های F1 و F2 در موضع بدون تکیه برای تمامی واکه‌ها، بهجز /a/ کم است؛ ضمن آن‌که جهتگیری تغییرات به سمت مرکز فضای واکه‌ای صورت نمی‌گیرد. اما واکه /a/ تغییرات بیشتری داشته و جهت تغییرات آن نیز به سمت مرکز است. با استناد به این نتایج می‌توان چنین بحث کرد که:

۱. شدت تغییرات کاهش واکه‌ای در جایگاه بدون تکیه به اندازه‌ای نیست که باعث تفاوت معنی‌دار کیفیت واکه شود (حتی واکه /a/ با وجود گرایش به سمت نواحی مرکزی همچنان از مرکز فضای واکه‌ای فاصله قابل ملاحظه‌ای دارد):
۲. برخلاف آنچه لازارد (1992) ادعا می‌کند، بین واکه‌های کوتاه و بلند زبان فارسی از نظر شدت تغییرات کاهشی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛
۳. فرضیه مرکزی‌شدگی قادر نیست الگوی مناسبی از کاهش آوازی کیفیت واکه در زبان فارسی به دست دهد؛
۴. توزیع ترکیبی فرکانس‌های F1 و F2 برای بیشتر واکه‌ها در بافت‌های همخوانی مختلف مشابه یکدیگر است و تفاوت قابل ملاحظه‌ای از نظر الگوی تغییرات فرکانس‌های F1 و F2 بین توالی‌ها وجود ندارد. این واقعیت نشان می‌دهد که فرضیه کاهش بافتی نیز در مورد تغییرات کاهشی واکه‌ها در زبان فارسی پیش‌بینی درستی به دست نمی‌دهد.

نتایج نه براساس ملاحظات تولیدی (هر دو فرضیه مرکزی شدگی و کاهش بافتی به ساخت و کارهای تولیدی دستگاه گفتار اشاره دارند)، بلکه براساس ملاحظات شنیداری قابل تبیین است. می‌توان چنین استدلال کرد که تغییرات در بافت‌های نوایی ضعیف به صورتی انجام می‌شود که شنوونده بتواند با بیشترین تقابل شنیداری ممکن، بین واکه‌ها تمایز ایجاد کند. اگر با تغییر الگوی فرکانس‌های  $F1 \times F2$  در یک بافت آوایی خاص، واکه‌ای به  $n$  مقدار در فضای واکه‌ای جابه‌جا شود، واکه‌های مجاور نیز به اندازه‌های مشابه جابه‌جا می‌شوند تا فاصله شنیداری کافی بین واکه‌ها برای تمایز آن‌ها از یکدیگر وجود داشته باشد.

این نتایج درحقیقت، نظریه «پراکندگی شنیداری درک گفتار» را تأیید می‌کند. مشاهدات انجام‌شده نشان می‌دهد اولاً توزیع اولیه (چنانچه فرض کنیم گونه اصلی یک واکه در موضع تکیه بر تولید می‌شود) مقادیر فرکانس‌های  $F1$  و  $F2$  به‌گونه‌ای است که واکه‌ها از یکدیگر فاصله شنیداری قابل ملاحظه‌ای دارند و ثانیاً توزیع مجدد این فرکانس‌ها در اثر تغییر الگوی تکیه به نحوی انجام می‌شود که واکه‌ها به صورت نیروهای دافعه در مقابل گرایش واکه‌های دیگر به سمت خود، واکنش نشان داده و با جابه‌جایی به فضاهای آکوستیکی موجود، فاصله خود را با واکه‌های مجاور در جهت حفظ تقابل شنیداری بیشینه تنظیم می‌کند.

بر این اساس می‌توان چنین بحث کرد که در زبان‌هایی مانند انگلیسی، یونانی، سوئدی و غیره، کاهش واکه‌ای فرآیندی گوینده-محور است؛ به این معنی که گوینده سعی می‌کند در بافت‌های نوایی ضعیف با تلاش تولیدی کمتر در فعالیت اندام‌های گویایی از طریق هم‌تولیدی (کاهش بافتی) یا خنثی‌سازی تقابل‌های واکه‌ای (مرکزی شدگی)، واکه مورد نظرش را تولید کند؛ درحالی‌که در زبان فارسی این فرآیند شنوونده-محور است؛ یعنی تغییرات به نفع شنوونده انجام می‌شود تا الگوهای واکه‌ای به اندازه کافی از یکدیگر، جدا و درک پیام گوینده به راحتی انجام شود.

## ۵. پی‌نوشت‌ها

1. phonetic vowel reduction
2. centralization
3. contextual reduction
4. dispersion theory of speech perception
5. repeller

6. carrier sentences
7. contrastive stress
8. shure
9. creative
10. Sound Blaster
11. low-pass filter
12. Praat
13. independent Samples *t*-Test
14. vowel type

## ۶. منابع

- بی جن خان، محمود (۱۳۸۴). *واج‌شناسی نظریه بهینگی*. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
- شیخ‌سنگ‌تجن، شهین (۱۳۸۹). «بررسی کاهش واکهای در زبان فارسی محاوره‌ای». *مجله پژوهش‌های زبان‌شناسی*. س. ۲. ش. ۱. صص ۴۷-۳۵.
- صادقی، وحید (۱۳۸۹). «آواشناسی و واچ‌شناسی همخوان‌های چاکتایی». *مجله پژوهش‌های زبان‌شناسی*. س. ۲. ش. ۱. صص ۶۱-۴۹.
- کرد زعفرانلو کامبوزیا، عالیه (۱۳۷۹). *واج‌شناسی خودواحد و کاربرد آن در فرآیندهای واجی زبان فارسی*. رساله دکتری. تهران: دانشگاه تهران، دانشکده ادبیات و علوم انسانی. (گروه زبان‌شناسی).
- مدرسی قوامی، گلناز (۱۳۸۸). «الگوهای هماهنگ واکهای و همتولیدی واکه به واکه در زبان فارسی». *مجموعه مقالات اولین همندیشی آواشناسی و واچ‌شناسی*. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
- هادیان، بهرام و علی‌نژاد، بتول (۱۳۹۲). «مقایسه فرآیندهای واجی لهجه اصفهانی و زبان فارسی در چارچوب نظریه بهینگی». *جستارهای زبانی*. د. ۴. ش. ۳. صص ۲۱۹-۲۳۵.

## References:

- Bijan Khan, M. (2005). *Phonology: Optimality Theory*. Tehran: SAMT [In Persian].
- Boersma, P. & D. Weenink (2010). "Praat: Doing phonetics by computer. Version 5.

1. 27. praat manual". (Vide. <http://www.fon.hum.uva.nl/praat>).
- Cho, T. (2004). "Prosodically conditioned strengthening and vowel-to-vowel coarticulation in English". *Journal of Phonetics*. Vol. 32. No. 2. pp. 141-176.
  - Crosswhite, K. (2004). "Vowel reduction". In Hayes et al. (Eds.). Vol. 6. pp. 191-231.
  - De Jong, K. (1995). "The supraglottal articulation of prominence in English: Linguistic stress as localized hyperarticulation". *Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 97. No. 491. pp. 491-504.
  - Delattre, P. (1969). "The general phonetic characteristics of languages. An acoustic and articulatory study of vowel reduction in four languages". *Final Report*. Vol. 27. No. 4. pp. 19-36.
  - Flemming, E. (1995). *Auditory Representations in Phonology*. Ph.D. dissertation. University of California, Los Angeles.
  - ----- (2004). "Contrast and perceptual distinctiveness". In Hayes et al. (Eds.). V. 12. pp. 233-276.
  - Fourakis, M. (1991). "Tempo, stress, and vowel reduction in American English". *Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 90. pp. 1816-1827.
  - -----; A. Botinis & M. Katsaiti (1999). "Acoustic characteristics of Greek vowels". *Phonetica*. Vol. 56. No. 2. pp. 28-43.
  - Hadian, B. & B. Alinejad (2013). "A comparative study of phonological processes in Teherani and Isfahani dialects of Persian: An Optimality Approach. *Language Related Research* . 4 (3). Pp. 219-235 [In Persian].
  - Harrington, J.; J. Fletcher & M. Beckman. (2000). "Manner and place conflicts in the articulation of accent in Australian English". In Michael Broe & J. Pierrehumbert (Eds.). *Papers in Laboratory Phonology V: Acquisition and the lexicon*. pp. 40-51. (Cambridge: Cambridge University Press).
  - Herrick, D. (2003). "Phonological vowel reduction in four Catalan varieties". *The 15th International Congress of Phonetic Sciences. (Barcelona)*. pp. 1679-1682.

- Kambuzia, A. (2000). *Auto-segmental Phonology and its Application in Phonological Processes of Persian*. Ph.D. Dissertation, the University of Tehran [In Persian].
- Klatt, D. (1973). "Interaction between two factors that influence vowel duration". *Journal of the Acoustical Society of America*. V. 54. pp. 1102-1104.
- Lazard, G. (1992). *Grammar of Contemporary Persian*. Mazda publishers. *Perilus VII*. Stockholm: Stockholm University.
- Liljencrants, J. & B. Lindblom (1972). "Numerical simulation of vowel quality systems: The role of perceptual contrast". *Language*. Vol. 48. pp. 839-862.
- Lindblom, B. & O. Engstrand. (1989) "In what sense is speech quantal?" *Journal of Phonetics*. Vol. 17. pp. 107-121.
- Lindblom, B. & S. J. Moon (1988). "Formant undershoot in clear and citation-form speech". *Phonetic Experimental Research*. Vol. 11. pp. 20-33.
- Lindblom, B. (1963). "Spectrographic study of vowel reduction". *Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 35. pp. 1773-1781.
- ----- (1990). "Explaining phonetic variation: A sketch of the H&H theory". In Hardcastle, W. & A. Marchal (eds). *Speech Production and Speech Modeling*. Vol. 12. pp. 403-439.
- Modarresi Ghavami, G. (2009). "Patterns of Vowel to Vowel Harmony and Co-articulation in Persian". *The First Congress in Persian Phonetics and Phonology*. Tehran: Institutes for Humanities and Cultural Studies [In Persian] .
- Moon, S. J., & B. Lindblom. (1994). "Interaction between duration, context, and speaking style in English stressed vowels". *Journal of the Acoustical Society of America*. Vol. 96. pp. 40-55.
- Mooshammer, C. & C. Geng (2008). "Acoustic and articulatory manifestations of vowel reduction in German". *Journal of the International Phonetic Association*. Vol. 38. No. 2. pp. 118-135.
- Nord, L. (1986). "Acoustic studies of vowel reduction in Swedish". *Journal of*

*Quarterly Progress and Status Report.* Vol. 27. pp. 19-36.

- Padgett, J. & T. Marija (2005). "Adaptive Dispersion Theory and phonological vowel reduction in Russian". *Phonetica*. Vol. 62. pp. 14-54.
- Rietveld, A. C. M. & F. J. Koopmans-van Beinum (1987). "Vowel reduction and stress". *Speech Communication*. Vol. 6. pp. 217-229.
- Rohany R. E. (2009). "On contrasts in the Persian vowel system". University of Toronto, *Toronto Working Papers in Linguistics (TWPL)*. Vol. 31. pp. 1-17.
- Sadeghi, V. (2010). "The phonetics and phonology of glottal consonants in Persian". *Researches in Linguistics*. 2 (1). Pp. 49-61 [In Persian].
- Sheikh Sang Tajan, Sh. (2010). "The Study of Vowel Reduction in Contemporary Persian". *Researches in Linguistics*. 2 (1). Pp. 35-48 [In Persian].