بررسی آوایی کاهش واکه‌ای در زبان فارسی

وحید صادقی*

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

دریافت: ۹۲/۸/۱۲ پذیرش: ۹۲/۱۲/۲۵

دوماهنامهٔ جستارهای زبانی
د۶، ش۳ (پیاپی ۲۴)، مرداد و شهریور ۱۳۹۴، صص ۱۶۵-۱۸۷

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 به‌طور منظم و مستقل از نوع واکه و بافت همخوانی نسبت به واکه‌های بدون تکیه 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 واکهٔ /a/ تغییرات بیشتری داشته و جهت تغییرات آن نیز به سمت مرکز است. این نتایج هیچ‌یک از دو فرضیهٔ تولیدی «مرکزی‌شدگی» و «کاهش بافتی» را در ارتباط با کاهش کیفیت واکه در زبان فارسی تأیید نمی‌کند و بالعکس، نظریهٔ «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 حداکثر میزان ممکن برسد.

واژگان کلیدی: کاهش واکه‌ای، فضای واکه‌ای، مرکزی‌شدگی، کاهش بافتی، تقابل شنیداری.

۱. مقدمه

کاهش واکه‌ای آوایی[۱]، فرآیندی است که طی آن تولید واکه تحت تأثیر عوامل زنجیره‌ای یا زبرزنجیره‌ای (نوایی) تغییر می‌کند. این فرآیند درحقیقت ناشی از تولید تقریبی هدف واکه‌ای مورد نظر است (Flemming, 2004: 235; Mooshammer & Geng, 2008: 118). تولید تقریبی

* نویسندهٔ مسئول مقاله: E-mail: Vsadeghi5603@gmail.com

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 زنجیره‌های 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 مطرح‌شده در این مطالعات، رابطهٔ بین کاهش واکه‌ای و کاهش دیرش واکه است. در بیشتر این تحقیقات چنین بحث شده است که تولید تفریبی 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 ایجادشده، 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 سازه‌های 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 مبتنی 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. پیشینهٔ 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 به‌تفصیل 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 نواییِ 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 نواییِ 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, 1995: 502; Rietveld & et. al, 1987: 218) . این دیدگاه، مرکزی‌شدگی[۲] 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 همپوشی الگوهای تولیدی بیشتر می‌شود. براساس این دیدگاه، واکه‌های ضعیف تحت تأثیر بافت آوایی مجاورشان به‌راحتی از اهداف تولیدی اصلی خود فاصله می‌گیرند؛ ولی واکه‌های قوی با آواهای مجاور همپوشی کمتری دارند که باعث افزایش تقابل آکوستیکی آن‌ها با یکدیگر روی زنجیرهٔ آوایی گفتار می‌شود (Fourakis, 1991: 1817; Cho, 2004: 143; Mooshammer & Geng, 2008: 118). این دیدگاه، کاهش بافتی[۳] نام دارد.

اگرچه هر دو دیدگاه پیش‌بینی می‌کنند که ابعاد فضای واکه‌ای در جایگاه‌های نوایی ضعیف کوچک‌تر می‌شود، پیش‌بینی آن‌ها دربارهٔ 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 بُعد 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 بدنه‌ای با افزایش سطح ارتفاع بدنهٔ زبان یا افراشتگی بیشتر واکه همراه است (Mooshammer & Geng, 2008: 118). به‌علاوه، 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 بدنه‌ای، حداکثر تقابل آوایی ممکن را دارند. درمقابل، واکه‌های افراشته که با الگوی تولیدی همخوان مجاور تقابل کمتری دارند، یا کاهش ندارند و یا به‌صورت جزئی کاهش می‌یابند (Padgett & Marija, 2005: 50). بنابراین دیدگاه کاهش بافتی، کاهش واکه را مشروط به فاصلهٔ تولیدی بین الگوی واکه‌ای و الگوی همخوانی مجاور می‌داند؛ به‌طوری‌که هرقدر فاصلهٔ 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 به‌صورت 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 مرکزی‌شدگی مبنی بر گرایش هر دو بخش فوقانی و زیرین به سمت نواحی مرکزی در تعارض است.

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

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

در فضای واکه‌ایِ 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 جابه‌جا می‌شوند (Nord, 1986: 34).

طرح مسئلهٔ کاهش واکه‌ای، به‌عنوان یک پدیدهٔ واجی، به میزان تغییرات و جابه‌جایی‌ها در فضای واکه‌ای بستگی دارد. دلاتره با بررسی و مقایسهٔ 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 جابه‌جا می‌شوند. ازاین‌رو، وی نتیجه می‌گیرد که کاهش واکه‌ای در زبان انگلیسی باید در سطح واجی نمود داشته باشد (Vide. Delattre, 1969: 14). فِلمینگ و نیز هِریک در تحقیقاتی جداگانه نشان دادند که فرآیند کمّی و پیوستهٔ کاهش فعالیت الگوی واکه‌ای تنها زمانی به‌عنوان یک الگوی واجی قابل طرح است که منجر به خنثی‌شدگی 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 به‌صورت یک کاهش خنثی‌کنندهٔ 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 خنثی‌شدگی تقابل واکه‌ها می‌شود (Crosswhite, 2004: 192).

در مقابلِ رویکرد تولیدی، رویکرد شنیداری قرار دارد. یکی از مهم‌ترین نظریه‌های مبتنی بر این رویکرد، نظریهٔ پراکندگی شنیداری درک گفتار[٤] است. براساس این نظریه، توزیع واج‌ها در فضای آوایی یک زبان به‌گونه‌ای صورت می‌گیرد که تقابل شنیداری آن‌ها با یکدیگر به حداکثر 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/، /a/، /o/ و/u/ تشکیل می‌شوند و غیره. به‌علاوه این‌که هر واکه در یک فضای واکه‌ای پویا به‌صورت یک نیروی دافعه° عمل می‌کند و واکه‌های دیگر را از خود دور می‌کند (Liljencrants & Lindblom, 1972: 840).

پیش‌بینی نظریهٔ پراکندگی شنیداری این است که میزان تغییرات آوایی واکه‌ها محدود است و جابه‌جایی واکه‌ها در فضای واکه‌ای به حدی نیست که باعث همپوشی قابل ملاحظهٔ واکه‌ها با یکدیگر شود. این درحقیقت 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 واجی مورد بررسی قرار داده‌اند (نک. کردزعفرانلو، 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 تکیه یا سایر عوامل نوایی به‌تنهایی باعث تبدیل یک واکه به واکهٔ دیگر یا خنثی‌شدگیِ تقابل واکه‌ای نمی‌شوند. به‌علاوه، در بررسی این فرآیند، واکه‌های کوتاه (/e/، /a/، /o/) و بلند (/i/، /u/، /ɑ/) 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 فعّال دارند (Lazard, 1992: 17). مثال‌های متعددی از کاهش واجی واکه‌های کوتاه در زبان فارسی ارائه شده است که از آن جمله می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

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

۲. تبدیل واکهٔ /e/ به واکهٔ افتادهٔ /a/ پیش از هجاهایی که دارای واکه‌های افتادهٔ /a/ یا /ɑ/ هستند (*Ibid*): «نهادن» /nahɑdan/→ [nehɑdan]

۳. هماهنگی واکه‌ای واکه‌های کوتاهِ /e/، /a/ و /o/ با واکهٔ /ɑ/ زمانی‌که جایگاه آغازهٔ هجا در حد فاصل میان واکه‌های مورد نظر یکی از همخوان‌های چاکناییِ /ʔ/ یا /h/ حضور داشته باشد (نک. صادقی، ۱۳۷۹؛ بی‌جن‌خان، ۱۳۸٤: ۱۹٤-۱۹۵؛ مدرسی، ۱۳۸۸):
«سؤال» /soʔɑl/→ [saʔɑl]؛

«اصفهان»[ʔesfɑhɑn] ←/ʔesfahan/؛ «محال»[mɑhɑl] ←/mahal/

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

شیخ‌سنگ‌تجن به مطالعهٔ آزمایشگاهی کاهش واکهٔ /a/ در مجاورت واکهٔ /ɑ/ در کلماتی مانند «لحاظ» /lahɑz/ ، «چهار» /tʃahɑr/ و «جهان» /dʒahɑn/ پرداخته و با در نظر گرفتن اختلاف فرکانس کمِ سازه‌های اصلیِ واکهٔ کاهش‌یافتهٔ /a/ با واکهٔ /ɑ/ مجاور نتیجه می‌گیرد که /a/ در این بافت تحت تأثیر فرآیند هماهنگی واکه‌ای به /ɑ/ تبدیل می‌شود (همو، ١٣٨٩: ٤٦). بنابراین وی کاهش واکه‌ای در بافت مزبور را به‌صورت نوعی تغییر مقوله‌ای از نوع هماهنگی واکه‌ای توصیف و فرضیهٔ مرکزی‌شدگی واکهٔ /a/ را به‌صورت نوعی تغییر آواییِ پیوسته ردّ می‌کند.

هیچ‌یک از مطالعات انجام‌شده تاکنون جهت‌گیری و شدت کاهش واکه‌ای را در زبان فارسی، مستقل از الگوی هماهنگی واکه‌ای و به شیوهٔ 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. مقالهٔ 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:

١. 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؟

٢. 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 بافتی 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؟

٤. 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 بافتی پیش‌بینی می‌کند، تغییرات، بیشتر به‌صورت افزایش ارتفاع سطح زیرین فضای واکه‌ای است و واکه‌های سطح فوقانی، تغییرات محسوسی ندارند؟

٥. آیا تغییرات کاهشی واکه‌ها از الگوی پراکندگی شنیداری 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 همپوشی قابل ملاحظه واکه‌ها با هم شود؟

۳. روش تحقیق: آزمایشگاهی

۳-۱. داده‌های آزمایش

برای پاسخ به سؤالات تحقیق، یک آزمایش تولیدی انجام شد. در این آزمایش با انتخاب داده‌های آوایی مناسب و کنترل شرایط آوایی و نوایی مؤثر در نتایج آزمایش، مقادیر دیرش 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 به‌ترتیب شامل توالی‌های آوایی PVP، TVT و KVK به‌عنوان داده‌های آزمایش انتخاب شدند؛ به‌طوری‌که P یکی از انسدادی‌ها یا سایش‌های لبیِ /p/، /b/، /f/ و /v/، T یکی از انسدادی‌ها یا سایشی‌های تیغه‌ای /t/، /d/، /s/ و /z/، K یکی از انسدادی‌های بدنه‌ای /k/ یا /g/ و V یکی از شش واکهٔ زبان فارسی /i/، /e/، /a/، /u/، /o/ و /ɑ/ را شامل می‌شدند. تمامی کلمات انتخاب‌شده، دوهجایی با ساخت هجاییِ CV (C). CVC بودند. در هر دسته، کلمات به دو گروه تقسیم شدند. در گروه اول، توالی‌های آواییِ 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 حاملِ[٦] مناسب قرار داده شدند. کلمات گروه اول در هر دسته درون جملهٔ حاملِ «او .....گفت» قرار داده شدند؛ به‌طوری‌که توالی‌های آوایی هدف واقع در هجای دوم کلمات، در جایگاه تکیهٔ زیروبمیِ هسته قرار گرفتند. کلمات گروه دوم، درون جملهٔ حاملِ «علی ..... . گفت» با تکیهٔ تقابلی[٧] بر «علی» قرار داده شدند؛ به‌طوری‌که توالی‌های آوایی هدف واقع در هجای اولِ کلمات در جایگاه فاقد تکیهٔ زیروبمی قرار گرفتند.

به‌ازای هریک از شش واکهٔ زبان فارسی در هر گروه از سه دسته داده‌های هدف آزمایش، دو کلمه انتخاب شد. کلمات انتخاب‌شده تا حد امکان کلمات طبیعی زبان فارسی بودند، به‌جز 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 ٢ بار توسط ٦ گویشور مرد تولید شدند. به این ترتیب، تعداد کلِ داده‌های آزمایش، ٨٦٤ داده بود (٦ (واکه) × ٣ (دستهٔ همخوانی) × ٢ (تکیه) × ٢ (کلمه) × ٦ (گویشور) × ٢ (تکرار)).

ضبط داده‌ها در یک اتاق آرام در دانشگاه امام خمینی در سکوت کامل انجام شد. داده‌ها با استفاده از میکروفون شور[٨] مدل SM58 با پاسخ بسامدی ٥٠ تا ١٥٠٠٠ هرتز روی کارت صوتی کریتیو[٩] مدل ساند بلاستر[١٠] X-Fi 5.1 یک کامپیوتر شخصی ضبط شدند. جملات بر صفحهٔ نمایشگر کامپیوتر به خط فارسی برای آزمودنی‌ها نمایش داده شد. «علی» به‌عنوان عنصرِ کانونی‌شده با تکیهٔ تقابلی در جملات حاملِ گروه دوم به‌صورت برجسته با فونت بزرگ‌تر تایپ شد و در توضیح به آزمودنی‌ها گفته شد که این کلمه دارای تأکید تقابلی بوده و با اسامی خاص دیگری مانند «رضا»، «ناصر» و غیره در تقابل است.

٢-٣. اندازه‌گیری

داده‌های آزمایش با نرخ نمونه‌برداری ١١٠٥٠ هرتز و فیلتر پایین‌گذرِ[١١] ٤/٨ کیلوهرتز ضبط دیجیتالی شدند. برای تجزیه و تحلیل علامت آوایی از نرم‌افزار پِرَت[١٢] مدل ٥. ٢. ١٢ استفاده شد. مقادیر دیرش و فرکانس‌های اول و دومِ واکه‌های هدف اندازه‌گیری شدند. دیرش واکه از اولین تناوب چاکنایی پس از رهش همخوان آغازی تا پایان ارتعاش تارآواها پیش از همخوان گرفتهٔ بعد محاسبه شد. در ٨ مورد از واکه‌های بدون تکیه شواهد آکوستیکی لازم برای

تشخیص نقاط آغازی و پایانی واکه وجود نداشت و ازاین‌رو تمامی این داده‌ها از تحلیل‌ها و اندازه‌گیری‌های بعدی کنار گذاشته شدند. فرکانس‌های F1 و F2 از طیف فرکانسیِ FFT واقع در مرکز واکه محاسبه شدند. بعد از محاسبهٔ طیفِ FFT، طیفِ 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 فرکانسیِ FFT و LPC با اندازهٔ تبدیل فوریهٔ ۵۰۰ نقطه استفاده شد.

۳-۳. تحلیل آماری

برای محاسبهٔ معنی‌دار بودن اثر عامل تکیه بر دیرش و کاهش واکه‌ای، چند آزمون آماریِ t دو گروه مستقل[۱۳] 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 هدفِ تحقیق با یکدیگر مقایسه شد. در هر آزمون، تکیه و نوع واکه[۱۴] 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 آماریِ t دو گروه مستقل محاسبه گردید. جهت‌گیری تغییرات (سؤال ٤) در تصاویر مناسب مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۴-۳. نتایج

۱-۴-۳. دیرش

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

تکیه‌بر و بدون تکیه در توالی‌های آوایی PVP، TVT و KVK نشان می‌دهد. چنان‌که مشاهده می‌شود دیرش واکه‌های تکیه‌بر در تمامی توالی‌ها از واکه‌های فاقد تکیه بیشتر است. تمامی واکه‌ها مستقل از نوع واکه با تغییر الگوی تکیه از تکیه‌بر به فاقد تکیه، کوتاه‌تر می‌شوند. به‌علاوه این‌که این تغییرات در سطح تمامی توالی‌های آوایی، مستقل از بافت همخوانی مشاهده می‌شود. همچنین مشاهدات انجام‌شده نشان داد که همهٔ گویشوران تقریباً در تمامی موارد واکه‌ها را در موضع تکیه‌بر، کشیده‌تر از موضع فاقد تکیه تولید کردند. این نتایج درحقیقت نشان می‌دهند که دیرش واکه به شکلی منظم و مستقل از عواملی مانند نوع واکه، بافت آوایی و گویشور به‌صورت تابعی از الگوی تکیهٔ واژگانی تغییر می‌کند.

جدول ١ میانگین و انحراف از معیار (داخل پرانتز) دیرش واکه‌های فارسی در دو موضع تکیه‌بر و بدون تکیه در توالی‌های آوایی PVP، TVT و KVK و همچنین مقادیر t و ρ (سطح معنی‌داری) به‌دست‌آمده از آزمون‌های t دو گروه مستقل برای هر واکه

واکه	توالی PVP			توالی TVT			توالی KVK		
	+تکیه	−تکیه	مقدار t (مقدار ρ)	+تکیه	− تکیه	مقدار t (مقدار ρ)	+تکیه	− تکیه	مقدار t (مقدار ρ)
[i]	١٠١ (٦)	٧١ (٦)	١١/٨(ρ<٠/٠٠١)	٩٧ (٩)	٦٤(٢٧١٢)	١١(ρ<٠/٠٠١)	١٠٧(١٧)	٧٦ (٢٠)	٥/١ (ρ<٠/٠٠١)
[e]	٨٣(١٢)	٦٥ (١٢)	٤/٦(ρ<٠/٠٠١)	٨٨(١٤)	٦٣(١١)	٦/١(ρ<٠/٠٠١)	٨٥(١٦)	٦٥(١٣)	٤/٣ (ρ<٠/٠٠١)
[a]	٩٥(١٣)	٦٨ (١٤)	٦/٤(ρ<٠/٠٠١)	١٠١(١٩)	٧٤(١٦)	٤/٨(ρ<٠/٠٠١)	٩٩(٢١)	٧٤(١٩)	٣/٩ (ρ<٠/٠٠١)
[ɑ]	١٢٥(٢٢)	٨٨(٢٤)	٥/١(ρ<٠/٠٠١)	١٣٥(٢٩)	٩٣ (٢٥)	٤/٨(ρ<٠/٠٠١)	١٣٤(٢٨)	٩١(٢٤)	٤/٨ (ρ<٠/٠٠١)
[o]	٨٢(٢١)	٦٦(١٥)	٢/٨(ρ=٠/٠٠٧)	٨٩(١٩)	٦٧(١٣)	٤/٢(ρ<٠/٠٠١)	٨٥(٢١)	٦٥(١٥)	٣/٤ (ρ<٠/٠٠١)
[u]	١١٨(٢٣/٣٩)	٧١(١٥)	٧/٦(ρ<٠/٠٠١)	١١٣(١٧)	٧٢(١٥)	٧/٩(ρ<٠/٠٠١)	١١٢(٢٢)	٧٤(٢١)	٥/٦ (ρ<٠/٠٠١)

همچنین، چنان‌که در این جدول مشاهده می‌شود، دیرش واکه‌های بلند (/i/، /u/، /ɑ/) در هر دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه، در تمامی موارد از واکه‌های کوتاه (/a/، /e/، /o/) بیشتر است. نکتهٔ مهم این‌که شدت کاهش دیرش واکه‌های بلند و کوتاه در موضع فاقد تکیه به یک اندازه نیست: واکه‌های بلند در بسیاری موارد کاهش بیشتری نسبت به واکه‌های کوتاه نشان می‌دهند. این مسئله ناشی از آن است که کاهش بیش از اندازهٔ واکه‌های کوتاه باعث برهم‌خوردن ساختار

فرکانسی آن‌ها شده و کیفیت تولیدی- شنیداری 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 تفکیکِ بافت همخوانی و نوع واکه در جدول «۱» ارائه شده است.

۲-۴-۳. فرکانس سازه‌های F1 و F2

شکل‌های ۱، ۲ و ۳ فضای واکه‌ای زبان فارسی را در دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه به‌صورت تابعی از میانگین فرکانس‌های F1 و F2 به‌ترتیب در بافت‌های همخوانیِ PVP، TVT 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 عقبیِ زبان نسبت به بخش جلویی باعث شده است که فاصلهٔ واکه‌های پسین نسبت به یکدیگر در مقایسه با واکه‌های پیشین به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر باشد. این مسئله باعث شده است سطح ارتفاع واکه‌های هم‌سطحِ بخش پیشین و پسینِ فضای واکه‌ای با یکدیگر متفاوت باشد. چنان‌که مشاهده می‌شود میزان افراشتگی واکهٔ پیشینِ /i/ تاحدودی از واکهٔ پسینِ /u/ بیشتر است. واکهٔ /a/ نیز به‌طور قابل ملاحظه‌ای از واکهٔ /ɑ/ افتاده‌تر است.

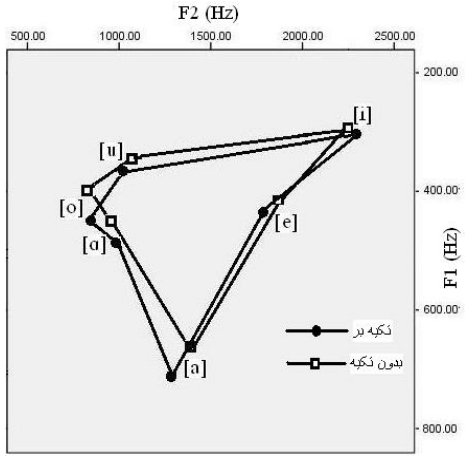
نکتهٔ دیگر آن‌که اختلاف فرکانسِ F2 واکه‌ها در وضعیت افتاده نسبت به وضعیت نیمه‌افراشته و به‌ویژه افراشته، به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است. درحقیقت با کاهش ارتفاع زبان فاصلهٔ واکه‌ها به یکدیگر نزدیک‌تر شده است. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود فاصلهٔ /a/ و /ɑ/ با یکدیگر از /e/ با /o/ و /i/ با /u/ به‌طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است. فاصلهٔ /e/ با /o/ نیز از /i/ با /u/ کمتر است.

۲. توزیع ترکیبیِ 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، واکهٔ /a/ است. سایر واکه‌ها یا جابه‌جایی محسوسی نداشته‌اند یا جابه‌جایی‌شان آن‌ها را از مرکز دورتر کرده است.

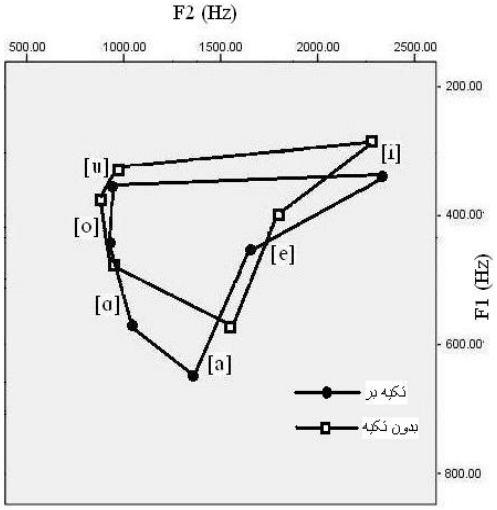
واکه‌های /i/ و /u/ در هر سه توالی در موضع فاقد تکیه تاحدودی با کاهش F1

افراشته‌تر شده و از نواحی مرکزی فاصله بیشتری گرفته‌اند. میزان تغییراتِ F1 تنها برای واکهٔ /i/ در توالی‌های TVT معنی‌دار بود. در سایر توالی‌های مربوط به واکهٔ /i/ و همچنین تمامی توالی‌های مربوط به واکهٔ /u/ اختلاف فرکانس این سازه در دو موضع تکیه‌بر و بدون تکیه تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرده است (نک. جدول ٢).

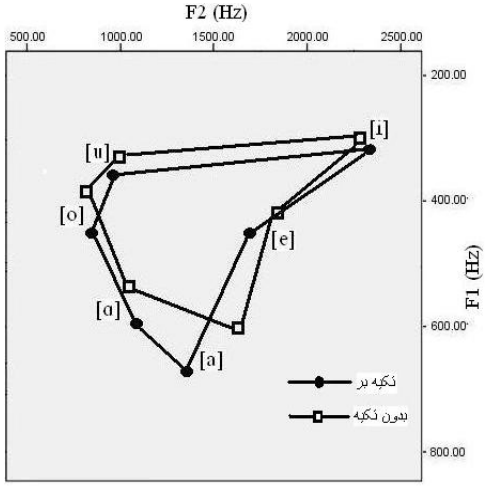
همچنین /i/ با کاهش و /u/ با افزایش F2 تاحدود ناچیزی از جلو و عقب زبان فاصله گرفته و به سمت نواحی مرکزی حرکت کرده‌اند؛ ولی این جابه‌جایی‌ها بسیار کم و قابل اغماض است و باعث نشده است که سطح فوقانی فضای واکه‌ای به سمت نواحی مرکزی کوچک‌تر شود. تغییرات فرکانسی این سازه برای واکه‌های مورد نظر در موضع بدون تکیه در هیچ‌یک از توالی‌ها معنی‌دار نبود (نک. جدول ٢). واکهٔ /e/ نیز در هر سه توالی (به‌ویژه در توالی‌های KVK و TVT) 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 فرکانسِ F1 تنها برای توالی‌های TVT معنی‌دار بود. در توالی‌های دیگر تغییرات F1 تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرده است (نک. جدول ٢).



شکل ١ فضای واکه‌ای زبان فارسی در دو موضع تکیه‌بر و فاقد تکیه به‌صورت تابعی از میانگین فرکانس‌های F1 و F2 در بافت همخوانیِ υΛυ



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



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

تغییرات فرکانسی /o/ و /ɑ/ نیز باعث شده است که این واکه‌ها تاحدودی افراشته‌تر 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 ٢). اما واکهٔ /a/ با کاهش F1 و افزایش نسبتاً قابل ملاحظهٔ F2 (به‌ویژه در توالی‌های KVK و TVT) تاحدودی از قسمت عقب و پایین فضای واکه‌ای به سمت نواحی مرکزی حرکت کرده است. این تغییرات نشان‌دهندهٔ نوعی مرکزی‌شدگی است که میزان آن در توالی‌های KVK و TVT، یعنی در مجاورت همخوان‌های تیغه‌ای 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 ارائه‌شده (نمودارهای ١، ٢ و ٣ و جدول ٢)، الگوی توزیع ترکیبی فرکانس‌های F1 و F2 در موضع فاقد تکیه در هیچ‌یک از توالی‌های آوایی هدفِ آزمایش، الگوی مرکزی‌شدگی را تأیید نمی‌کند. به‌جز واکهٔ /a/ هیچ واکهٔ دیگری با تغییر الگوی تکیه به سمت مرکز فضای واکه‌ای حرکت نکرده است. تمامی واکه‌ها به‌جز /a/ در بُعد عمودیِ فضای واکه‌ای با کاهش F1 یا سطح ارتفاع بدنهٔ زبان از مرکز فضای واکه‌ای فاصله بیشتری گرفته‌اند و در بُعد افقی، یا تغییرات محسوسی در فرکانس F2 نداشته‌اند (مانند /i/، /u/، /o/ و /ɑ/) یا تغییرات فرکانس آن‌ها در جهت عکس مرکز فضای واکه‌ای صورت گرفته است (واکهٔ /a/).

جدول ٢ 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، TVT و KVK و همچنین مقادیر t و ρ (سطح معنی‌داری) به‌دست‌آمده از آزمون‌های t دو گروه مستقل برای هر واکه

واکه	توالی PVP				توالی TVT				توالی KVK			
	فرکانس	+ تکیه	− تکیه	مقدار t (مقدار ρ)	+ تکیه	− تکیه	مقدار t (مقدار ρ)	+ تکیه	− تکیه	مقدار t (مقدار ρ)
[i]	F1	٣٠١(٢٠)	٢٩٣(١٢)	١/٤(ρ=٠/١٦)	٣٣٧(٢٤)	٢٨٩(١٣)	٧/٨(ρ<٠/٠٠١)	٣٢٨(٣١)	٣٠٨(٢٨)	٢/١٣(ρ=٠/٠٣)
	F2	٢٣١٢(٢٢)	٢٣٠٣(١٢)	١/٥(ρ=٠/١١)	٢٢٩٦(٢٩)	٢٢٦٥(٣٣)	٣/١(ρ=٠/٠٠٣)	٢٣٣٨(٥٨)	٢٣١٩(٤٧)	١/١٧(ρ=٠/٢٤)
[e]	F1	٤٢٤(١٦)	٤٠٧(٢٨)	٢/٣(ρ=٠/٠٢)	٤٤١(٣٩)	٣٩٩(٢٦)	٤(ρ<٠/٠٠١)	٤٥٧(٥٣)	٤١٢(٤٥)	٢/٩(ρ=٠/٠٠٦)
	F2	١٧٦٤(٢٤)	١٨٣٧(٢٨)	−٨/٨(ρ<٠/٠٠١)	١٦٤٥(٥٣)	١٧٩٢(٤٢)	−٩/٦(ρ<٠/٠٠١)	١٦٧٤(٦٦)	١٨٠٦(٧١)	−٦(ρ<٠/٠٠١)
[a]	F1	٧١١(٤٥)	٦٦٢(٤٠)	٣/٦(ρ<٠/٠٠١)	٦٤٩(٢٩)	٥٨٣(٣٣)	٧/٩(ρ<٠/٠٠١)	٦٧٧(٥٠)	٦٠٧(٤٢)	٤/٨(ρ<٠/٠٠١)
	F2	١٢٧٣(٢٩)	١٤٢٧(٦١)	−١٠/١(ρ<٠/٠٠١)	١٣٦٣(٤٦)	١٥٣٩(٧٠)	−٩/٤(ρ<٠/٠٠١)	١٤١٧(٧٣)	١٦٠٣(٧٥)	−٧/٨(ρ<٠/٠٠١)

ادامهٔ جدول ۲

واکه		توالی PVP			توالی TVT			توالی KVK		
	فرکانس	+تکیه	−تکیه	مقدار t (مقدار ρ)	+تکیه	−تکیه	مقدار t (مقدار ρ)	+تکیه	−تکیه	مقدار t (مقدار ρ)
[ɑ]	F1	٤٩١(٥١)	٤٥٤(٤١)	٢/٥(ρ=٠/١٥)	٥٧٠(٣٨)	٤٧٩(٣٦)	٧/٧(ρ<٠/٠٠١)	٥٩٤(٤٥)	٥٣٢(٥٤)	٣/٩(ρ<٠/٠٠١)
	F2	٩٣٠(٦٦)	٩١٨(٧٦)	٠/٤٩(ρ=٠/٦٢)	١٠٤٢(٩٦)	٩٦٨(٧٩)	٢/٧(ρ=٠/٠١)	١٠٩٨(٨٩)	١٠٨٥(٩٦)	٠/٤٥(ρ=٠/٦٥)
[o]	F1	٤٥٦(٤٣)	٣٩٨(٣٣)	٤/٧(ρ<٠/٠٠١)	٤٣٣(٣٢)	٣٧٢(١٦)	٧/٤(ρ<٠/٠٠١)	٤٤٤(٤٣)	٣٩٨(٣٥)	٤/٤(ρ<٠/٠٠١)
	F2	٨٦٧(٤٢)	٨٤٨(٣٧)	١/٥(ρ=٠/١٣)	٩٦٣(٦٢)	٩٤٦(٧٣)	٠/٧٨(ρ=٠/٤٣)	٩١٧(٧٤)	٩٠٣(٧٨)	٠/٥٨(ρ=٠/٥٦)
[u]	F1	٣٥٧(٣٢)	٣٤٠(٢٩)	١/٧(ρ=٠/٠٨)	٣٤٨(٥٠)	٣٣٠(٤٤)	١/٢(ρ=٠/٢٢)	٣٥١(٤٦)	٣١٣(٣٧)	٢/٨(ρ=٠/٠٠٧)
	F2	١٠١٦(٧٨)	١٠٤٢(١١٦)	−٠/٨٧(ρ=٠/٤٢)	٩٦٦(٣٥)	٩٩٠(٧١)	−١/٣(ρ=٠/١٩)	٩٧٨(٤٨)	٩٩٥(٦٣)	−٠/٩٦(ρ=٠/٣٣)

۳. آن‌چنانکه در نمودارهای بالا مشاهده می‌شود، اثر تکیه بر توزیع فرکانس‌ها در بافت‌های همخوانی مختلف تقریباً شبیه به یکدیگر است. در تمام توالی‌ها، فرکانس F1 واکه‌ها در موضع فاقد تکیه کاهش یافته است که شدت این کاهش برای واکه‌های افراشته و نیمه‌افراشته، کم و برای واکه‌های افتاده، به‌ویژه واکهٔ /a/ زیاد است؛ ضمن آن‌که این کاهش باعث شده که سطح ارتفاع فضای واکه‌ای در موضع فاقد تکیه تاحدودی نسبت به موضع تکیه‌بر افزایش یابد. فرکانس F2 نیز در موضع فاقد تکیه در تمامی توالی‌ها در واکه‌های /i/، /u/، /o/ و /ɑ/ 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 تکیه‌بر) بین توالی‌های آواییِ هدفِ آزمایش مشاهده نمی‌شود.

نتایج آماری به‌دست‌آمده نیز این مشاهدات را تأیید کرد. نتایج نشان داد اثر مستقل عامل بافت همخوانی بر فرکانس سازه‌های F1 و F2 واکه‌های /i/، /a/ و/ɑ/ 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 واکهٔ /u/ معنی‌دار نیست. نکتهٔ مهم این‌که با وجود معنی‌دار بودنِ اختلاف فرکانس سازه‌های F1 و F2 برای واکه‌های /i/، /a/ و/ɑ/ و سازهٔ F2 برای واکه‌های /e/ و /o/ به‌صورت 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. به‌طور مثال، برای واکهٔ /i/ فرکانسF1 در توالی‌های TVT صرف‌نظر از الگوی تکیه (متوسط فرکانس این سازه برای موضع تکیه‌بر و بدون تکیه) به‌طور معنی‌داری از فرکانس

F1 همین واکه در توالی‌های PVP بیشتر است؛ درحالی‌که برای واکهٔ /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 F1 و 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 روشن‌تر، 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.

٤. فاصلهٔ 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 ١-٣ 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، فاصلهٔ عمودی واکه‌ها از یکدیگر نسبت به موضع تکیه‌بر حفظ شده است. نکتهٔ بسیار مهم این‌که در مواردی که یک واکه در یک بافت همخوانی مشخص افزایش ارتفاع بیشتری داشته است، واکهٔ مجاور نیز به همان نسبت بیشتر جابه‌جا شده تا فاصلهٔ آکوستیکی آن‌ها از یکدیگر حفظ شود. به‌طور مثال، واکه‌های /ɑ/ و /o/ در بافت PVP در موضع بدون تکیه، هر دو به میزان کمی افراشته شده‌اند؛ درمقابل، در بافت‌های TVT و KVK سطح ارتفاع /ɑ/ به میزان نسبتاً قابل ملاحظه‌ای افزایش یافته است و نکتهٔ جالب این‌که واکهٔ /o/ نیز در این دو بافت تقریباً به همان اندازه افراشته شده تا فاصلهٔ خود را از /ɑ/ حفظ کند. همین‌طور، جابه‌جایی عمودی بیشتر /a/ در بافت‌های TVT و KVK در مقایسه با بافت PVP موجب شده /e/ نیز به همان نسبت در فضای واکه‌ای، بیشتر جابه‌جا شود. در بُعد افقی نیز، چنان‌که قبلاً توضیح داده شد، به‌طور کلی واکه‌ها با توجه به تغییرات بسیار کم فرکانس F2 جابه‌جایی محسوسی ندارند. تنها واکهٔ /a/ با افزایش این فرکانس، به نواحی مرکزی فضای واکه‌ای نزدیک می‌شود. ولی مرکزی‌شدگی /a/ با توجه به

گرایش واکهٔ /ɑ/ به بخش عقب‌تر و واکهٔ /e/ بخش جلوتر حفرهٔ دهان تاحدودی باعث دورترشدن 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 تکیه‌بر به شکلی منظم و مستقل از نوع واکه و بافت همخوانی از موضع بدون تکیه بیشتر است. اما تغییرات فرکانسی واکه‌ها به‌صورت 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 واکهٔ /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 واکهٔ /a/ با وجود گرایش به سمت نواحی مرکزی همچنان از مرکز فضای واکه‌ای فاصله قابل ملاحظه‌ای دارد)؛

۲. برخلاف آنچه لازارد (1992) ادعا می کند، بین واکه‌های کوتاه و بلند زبان فارسی از نظر شدت تغییرات کاهشی تفاوت معنی‌داری وجود ندارد؛

۳. فرضیهٔ مرکزی‌شدگی قادر نیست الگوی مناسبی از کاهش آوایی کیفیت واکه در زبان فارسی به دست دهد؛

٤. 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 فرضیهٔ کاهش بافتی نیز در مورد تغییرات کاهشی واکه‌ها در زبان فارسی پیش‌بینی درستی به دست نمی‌دهد.

نتایج نه براساس *ملاحظات تولیدی* (هر دو فرضیهٔ مرکزی‌شدگی 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 به‌صورتی انجام می‌شود که شنونده بتواند با بیشترین تقابل شنیداری ممکن، بین واکه‌ها تمایز ایجاد کند. اگر با تغییر الگوی فرکانس‌های F1xF2 در یک بافت آوایی خاص، واکه‌ای به n مقدار در فضای واکه‌ای جابه‌جا شود، واکه‌های مجاور نیز به اندازه‌های مشابه جابه‌جا می‌شوند تا فاصلهٔ شنیداری کافی بین واکه‌ها برای تمایز آن‌ها از یکدیگر وجود داشته باشد.

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

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 (مرکزی‌شدگی)، واکهٔ مورد نظرش را تولید کند؛ درحالی‌که در زبان فارسی این فرآیند شنونده- محور است؛ یعنی تغییرات به نفع شنونده انجام می‌شود تا الگوهای واکه‌ای به اندازهٔ کافی از یکدیگر، جدا و درک پیام گوینده به‌راحتی 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

- بی‌جن‌خان، محمود (۱۳۸٤). ***واج‌شناسی نظریهٔ بهینگی***. تهران: سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت).
- شیخ‌سنگ‌تجن، شهین (۱۳۸۹). «بررسی کاهش واکه‌ای در زبان فارسی محاوره‌ای». ***مجلهٔ پژوهش‌های زبان‌شناسی***. س ۲. ش ۱. صص ۳۵-٤۷.
- صادقی، وحید (۱۳۸۹). «آواشناسی و واج‌شناسی همخوان‌های چاکنایی». ***مجلهٔ پژوهش‌های زبان‌شناسی***. س ۲. ش ۱. صص ٤۹-٦۱.
- کرد زعفرانلو کامبوزیا، عالیه (۱۳۷۹). ***واج‌شناسی خودواحد و کاربرد آن در فرآیندهای واجی زبان فارسی***. رسالهٔ دکتری. تهران: دانشگاه تهران، دانشکدهٔ ادبیات و علوم انسانی. (گروه زبان‌شناسی).
- مدرسی قوامی، گلناز (۱۳۸۸). «الگوهای هماهنگی واکه‌ای و هم‌تولیدی واکه به واکه در زبان فارسی». ***مجموعه‌مقالات اولین همایش آواشناسی و واج‌شناسی***. تهران: پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی.
- هادیان، بهرام و علی‌نژاد، بتول (۱۳۹۲). «مقایسهٔ فرآیندهای واجی لهجهٔ اصفهانی و زبان فارسی در چارچوب نظریهٔ بهینگی». ***جستارهای زبانی***. د ٤. ش ۳. صص ۲۱۹- ۲۳۵.

References:

- Bijan Khan, M. (2005). *Phonology*: *Optimality Theory*. Tehran: SAMT [In Persian].
- Boresma, 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 Tehrani 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].