

## تنوع واج‌گونه‌های /r/ در زبان فارسی: مطالعه آزمایشگاهی<sup>۱</sup>

وحید صادقی

دانشگاه بین‌المللی امام خمینی

### چکیده

در یک آزمایش تولیدی، رفتار واجی گونه لرزشی- لثوی /r/، در جایگاه‌های واجی مختلف در قالب واج‌شناسی آزمایشگاهی، از طریق مشاهده الگوی تغییرات شدت انرژی، بر روی طیف فرکانسی گونه‌ها، مورد بررسی قرار گرفت. در این آزمایش با بررسی و مشاهده الگوی توزیع شدت انرژی بر روی فرکانس‌ها در هر جایگاه، موارد وقوع هر واج‌گونه شناسایی و فراوانی آن محاسبه شد. نتایج نشان داد گونه‌های لرزشی- لثوی واک‌دار و ناسوده، گونه‌های اصلی /r/ در زبان فارسی هستند. این گونه‌ها در سطح وسیعی از بافت‌های واک‌های و همخوانی و هم‌چنین جایگاه‌های نوایی مختلف تظاهر آوایی دارند. هم‌چنین تناوب این گونه‌ها با یک‌دیگر آزاد و وابسته به گویشور است. علاوه‌براین دو گونه، گونه‌های زنشی، لرزشی بی‌واک، سایشی واک‌دار و سایشی بی‌واک نیز در زبان فارسی تظاهر آوایی دارند ولی تولید آن‌ها تا حد زیادی وابسته به بافت آوایی و بافت نوایی گفتار است. این نتایج نشان می‌دهد تغییرات واج‌گونه‌های /r/ در زبان فارسی متأثر از عوامل مختلف، از جمله گویشور، بافت آوایی و بافت نوایی است.

**کلیدواژه‌ها:** لرزشی- لثوی، همبسته‌های آکوستیکی، بافت نوایی، تناوب واجی.

---

۱. این پژوهش با استفاده از اعتبار پژوهشی دانشگاه بین‌المللی امام خمینی (ره) با شماره حمایت ۹۲-۳۸۶۰۰۲ به انجام رسیده است.

۱. مقدمه

همخوان لرزشی - لثوی /r/ در فرایند زبان‌آموزی دیرتر از سایر اصوات فراگرفته می‌شود. در واقع این همخوان همراه با سایشی‌های تیز، آخرین طبقات واجی هستند که فراگرفته می‌شوند (ویهمن<sup>۱</sup>، ۱۹۹۶: ۳۳؛ خیمه‌نزا<sup>۲</sup>، ۱۹۸۷: ۳۶۱)، و در مرحله غان‌وغون، یعنی زمانی که نوزاد به‌دنبال کشف امکانات و قابلیت‌های فیزیولوژیکی دستگاه گفتار است، حضور ندارند. درحالی‌که دیگر انواع همخوان‌های لرزشی، از جمله لرزشی‌های دولبی و ملازی، در این مرحله مشاهده و گزارش شده‌اند (استارک<sup>۳</sup>، ۱۹۸۰: ۱۴؛ ویهمن، ۱۹۹۶: ۳۳). تولید این همخوان برای زبان‌آموزان بزرگ‌سال دشوار است. حتا برخی گویشوران بومی نیز در تولید آن با مشکل مواجه هستند (سوله<sup>۴</sup>، ۲۰۰۲: ۳۸۲). تمامی این موارد نشان می‌دهند که تولید همخوان لرزشی - لثوی مستلزم تأمین شرایط تولیدی - آیرودینامیکی خاص، از نظر محل قرار گرفتن نوک، مرکز و عقب زبان، میزان سفتی ماهیچه زبان و حجم فشار هوای فوق حنجره‌ای و زیرحنجره‌ای است. با این وجود، این همخوان در بسیاری از نظام‌های واجی زبان‌های دنیا حضور دارد. در زبان‌هایی که گونه‌های مختلف /r/ در آن‌ها وجود دارد، نیمی از آن‌ها (۴۷٪) لرزشی هستند و از این تعداد ۹۹٪ لرزشی - لثوی/ دندانی هستند (مدیسون<sup>۵</sup>، ۱۹۸۴: ۵۹). روهلن<sup>۶</sup> (۱۹۷۵: ۸۸)، گزارش کرده است که در ۷۹ درصد زبان‌های دارای گونه‌های مختلف /r/، لرزشی - لثوی وجود دارد. بنابراین این گونه کمیاب نیست. از هر سه زبان یک زبان دارای لرزشی - لثوی است (همان: ۸۹).

سازوکار ارتعاش یا نوسان نوک زبان، در ناحیه لثه (یا لثه‌کام)، به‌هنگام تولید گونه لرزشی - لثوی، توسط بسیاری از آواشناسان مورد توصیف قرار گرفته است (کت‌فورد<sup>۷</sup>، ۱۹۷۷: ۴۴؛ مک‌گوان<sup>۸</sup>، ۱۹۹۲: ۲۹۰۵؛ لدفوگد<sup>۹</sup> و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۱۹؛ اسپاجیک<sup>۱۰</sup> و دیگران، ۱۹۹۶: ۱۷، بری<sup>۱۱</sup>، ۱۹۹۷: ۳۶؛ سوله، ۲۰۰۲: ۳۷۶). بر این اساس لرزش نوک زبان، مانند لرزش هر اندام گویایی دیگر، در ناحیه فوق حنجره مثل لب‌ها یا ملاز زیر تأثیر یک نیروی آیرودینامیکی یا

- 
1. M. Vihman
  2. B. C. Jime'nez
  3. R. A. Stark
  4. M. j. Sole'
  5. I. Maddieson
  6. M. Ruhlen
  7. J. C. Catford
  8. R. S. McGowan
  9. P. Ladefoged
  10. R. A. Spajic
  11. W. J. Barry

### تنوع واج‌گونه‌ای /I/ در زبان فارسی...

شرایط آیرودینامیکی خاص، و نه فعالیت ارادی ماهیچه‌ها، انجام می‌شود. تولید لرزشی- لثوی، مانند تمامی ارتعاش‌ها یا نوسانات منظم دستگاه گفتار، شامل دو مرحله اساسی است. مرحله اول، مرحله بسته ارتعاش است که طی آن با بالا رفتن نوک زبان و ایجاد بست در ناحیه لثه، ناحیه مرکزی زبان مسدود می‌شود و فشار جریان هوا در اطراف حفره جلوی زبان افزایش می‌یابد. مرحله دوم، مرحله باز ارتعاش است. در این حالت مقداری از جریان هوا از ناحیه زبان خارج شده و فشار هوای فوق حنجره‌ای کاهش می‌یابد. با کاهش فشار، نیروی برونولی<sup>۱</sup> دوباره باعث بالارفتن نوک زبان و بسته شدن ناحیه مرکزی زبان می‌شود. اگر روند بازبسته شدن زبان در واحد زمان چندین بار تکرار شود، به طوری که جریان هوا طی زنش‌های پی‌درپی نوک زبان و لثه به خارج عبور کند، لرزشی- لثوی [I] تولید می‌شود (لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۱۹؛ سوله، ۲۰۰۲: ۳۷۸). براین اساس سازوکار تولیدی و آیرودینامیکی دستگاه گفتار، به‌هنگام ارتعاش نوک زبان، کاملاً شبیه ارتعاش تارآواها است (لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۱۷؛ سوله، ۲۰۰۲: ۶۵۸).

توصیف فوق البته مربوط به تولید یک لرزشی- لثوی ایده‌آل است، که در زبان‌هایی مانند ایتالیایی و اسپانیایی وجود دارد. در گونه ایده‌آل [I]، هم تعداد دفعات ارتعاش نوک زبان زیاد است و هم مراحل بازبسته لرزش به‌طور کامل انجام می‌شوند، به طوری که محدوده‌های ناظر بر این مراحل در فضای آکوستیکی به‌روشنی از یک‌دیگر متمایز می‌شوند. اما گاه در تولید [I]، نوک زبان کمتر ارتعاش می‌کند (۲ یا سه بار ارتعاش). و یا مرحله بسته ارتعاش به‌شکل ناقص انجام می‌شود، یعنی نوک زبان در ناحیه مرکزی زبان بست کامل ایجاد نمی‌کند، طوری که نواحی فرکانسی مربوط به مراحل بازبسته لرزش به‌روشنی قابل تشخیص نیستند. این [I]، نمونه‌ای از یک لرزشی- لثوی ضعیف یا غیرایده‌آل است.

لرزشی- لثوی، درمقایسه با گونه‌های دیگر /I/، مانند گونه‌های زنشی و ناسوده، با افتادگی بیشتر ناحیه جلوی زبان و عقب‌رفتگی بیشتر ناحیه عقب زبان تولید می‌شود. این امر باعث می‌شود فضای بیشتری برای حرکت عمودی نوک (یا تیغه) زبان ایجاد شود (رکاسنز<sup>۲</sup> و پالارز<sup>۳</sup>، ۱۹۹۹: ۱۴۵). به‌علاوه فعالیت مرکز زبان برای لرزشی- لثوی [I]، درمقایسه با گونه‌های دیگر، محدودتر است و به‌همین دلیل میزان هم‌تولیدی این همخوان با واژه‌های مجاور بسیار کمتر است (مک‌گوان، ۱۹۹۲: ۲۹۰۷؛ رکاسنز و پالارز، ۱۹۹۹: ۱۴۵). علاوه‌براین، دامنه تغییرات آیرودینامیکی برای ارتعاش هم‌زمان نوک زبان و تارآواها بسیار محدود است. به‌عبارت‌دیگر، این

---

1. bernoulli effect  
2. D. Recasens  
3. M. D. Pallare's

گونه به تغییرات آیرودینامیکی بسیار حساس است و در صورت عدم تأمین شرایط آیرودینامیکی لازم به راحتی به یک گونه دیگر تبدیل می‌شود. این وضعیت در مورد بسیاری از زبان‌ها، از جمله اسپانیایی (سوله، ۲۰۰۲: ۳۸۱)، تودا<sup>۱</sup> (اسپاجیک و دیگران، ۱۹۹۶: ۱۷) و ایتالیایی (لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۱۷) گزارش شده است. برای تولید لرزشی- لثوی، اختلاف جریان هوا در اطراف محل گرفتگی (حفره جلوی زبان) باید به حدی برسد که نوک زبان در وضعیت ارتعاش قرار بگیرد. فشار هوای فوق حنجره‌ای ( $P_{O^2}$ ) بیش از حد لازم باعث می‌شود ارتعاش تارآواها، در اثر کاهش فشار هوای زیرحنجره‌ای ( $P_{S^3}$ )، متوقف شود. بنابراین دامنه تغییرات  $P_{O^2}$  برای لرزشی- لثوی واک‌دار، باید به گونه‌ای تنظیم شود تا حجم جریان هوای عبوری از فوق حنجره و زیرحنجره به اندازه‌ای باشد که ارتعاش هم‌زمان تارآواها و نوک زبان متوقف نشود. مطابق با محاسبات آیرودینامیکی انجام شده، حداقل و حداکثر اختلاف فشار در اطراف محل گرفتگی، برای ارتعاش هم‌زمان نوک زبان و تارآواها ۴ و  $5/4 \text{ cmH}_2\text{O}$  است. یعنی برای ایجاد و تداوم هم‌زمان لرزش و واک می‌تواند بین این مقادیر در تغییر باشد (سوله، ۲۰۰۲: ۶۷۴). از سوی دیگر، حداقل اختلاف فشار هوا در ناحیه چاکنای ( $P_{S-P_O}$ )، برای تولید این گونه، ۲ تا ۳  $\text{cmH}_2\text{O}$  است (کت فورد، ۱۹۷۷: ۹۸؛ سوله، ۲۰۰۲: ۶۷۴). یعنی متوسط فشار هوای زیرحنجره نباید کمتر از  $7/4 \text{ cmH}_2\text{O}$  باشد.

اگر نسبت اختلاف فشار در ناحیه چاکنای، یا محل گرفتگی، در اثر افزایش یا کاهش  $P_{O^2}$  تغییر کند، ارتعاش تارآواها یا نوک زبان متوقف می‌شود (اوها<sup>۲</sup>، ۱۹۸۳: ۲۱۱؛ وست بری<sup>۵</sup> و کیتینگ<sup>۶</sup>، ۱۹۸۶: ۱۴۷؛ لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۱۸). در این حالت دو وضعیت امکان‌پذیر است. یکی این که لرزشی- لثوی به سایشی [ $\text{I}^{\text{h}}$ ] یا ناسوده [ $\text{I}$ ] تبدیل شود. این زمانی است که اختلاف فشار در ناحیه چاکنای، یا محل گرفتگی، بیشتر از نسبت مورد نظر کاهش یابد (سوله، ۲۰۰۲: ۳۸۰؛ وست بری و کیتینگ، ۱۹۸۶: ۱۴۷). این کاهش یا ناشی از عوامل تولیدی مانند سفتی زیاد ماهیچه نوک یا بدنه زبان، جایگاه نادرست اندام‌های گویایی، و یا عدم تماس نوک زبان با لثه و یا عوامل آیرودینامیکی است. هر قدر مقدار افت اختلاف فشار  $P_{O^2}$  و  $P_{S-P_O}$  بیشتر باشد، احتمال تبدیل به حالت ناسوده بیشتر است. تناوب واجی گونه لرزشی با سایشی برای زبان‌های اسپانیایی قاره‌ای (سوله، ۲۰۰۲: ۶۷۳)، اسپانیایی آمریکایی (زلوتچو<sup>۷</sup>، ۱۹۷۴)،

- 
1. toda
  2. supra-glottal pressure
  3. sub-glottal pressure
  4. J. J. Ohala
  5. J. R. Westbury
  6. P. A. Keating
  7. C. M. Zlotchew

### تنوع واج‌گونه‌های /r/ در زبان فارسی...

تودا (اسپاجیک و دیگران، ۱۹۹۶: ۸) و سوئدی (لینداو<sup>۱</sup>، ۱۹۸۵: ۱۶۴) گزارش شده است. به‌علاوه، گونه لرزشی، در برخی زبان‌ها از جمله زبان تایلندی (لی<sup>۲</sup>، ۱۹۹۷: ۸۶)، طی یک تحول تاریخی به گونه سایشی تبدیل شده است. سوله (۱۹۹۸: ۴۱۳)، با انجام یک آزمایش تولیدی-آیروودینامیکی بر روی لرزشی-لثوی واک‌دار در زبان اسپانیایی، نشان داد که علت گرایش واجی عام به تناوب گونه لرزشی با سایشی، شباهت تولیدی-آیروودینامیکی آن‌ها به یک‌دیگر است. نتایج تحقیق وی نشان داد که کاهش اختلاف فشار  $P_0$  و  $P_s$  بیشتر از یک حد مشخص، یا سفتی بیشتر ماهیچه نوک زبان، باعث تبدیل لرزشی-لثوی به سایشی در این زبان می‌شود. براین‌اساس وی چنین نتیجه‌گیری کرد که الگوی آوایی لرزشی‌ها بسیار شبیه به سایشی‌ها است فقط دامنه تغییرات تولیدی و آیروودینامیکی برای لرزشی‌ها محدودتر از سایشی‌ها است. شباهت این گونه‌ها به یک‌دیگر چنان است که یک گونه واحد توسط برخی آواشناسان به‌عنوان لرزشی، و توسط برخی دیگر به‌عنوان سایشی توصیف شده است (لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۴۱). سوله (۲۰۰۲: ۳۸۳) هم‌چنین در این آزمایش نشان داد که در صورت اُفت قابل‌ملاحظه اختلاف فشار هوای فوق‌حنجره و زیرحنجره، لرزشی-لثوی به گونه ناسوده تبدیل می‌شود. این تغییر آوایی، علاوه‌بر زبان اسپانیایی، در برخی زبان‌های دیگر نیز مشاهده شده است (لینداو، ۱۹۸۵: ۱۵۸؛ لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۴۱).

بافت آوایی نقش مهمی در تناوب واجی لرزشی-لثوی واک‌دار با گونه‌های سایشی، ناسوده و لرزشی-لثوی بی‌واک دارد. به‌طورمثال، بری (۱۹۹۷: ۴۳)؛ رکاسنز و پالارز (۱۹۹۹: ۱۶۶)؛ مک‌گوان (۱۹۹۲: ۲۹۰۸) و سوله (۲۰۰۲: ۳۸۳)، در آزمایش‌های جداگانه، در مورد تأثیر بافت واکه بر تنوع واج‌گونه‌های /r/ در زبان‌های مختلف نشان داده‌اند که نرخ ارتعاش نوک زبان با لثه در بافت /iri/ به‌طور معناداری کمتر از /ara/ است. علاوه‌براین تظاهر /r/ در /iri/ به‌صورت گونه غیرلرزشی ناسوده و سایشی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از /ara/ است. رکاسنز و پالارز (۱۹۹۹: ۱۶۶) در توضیح این تفاوت چنین بحث کرده‌اند که واکه‌های پیش‌کامی با افراستگی فعال بخش جلویی بدنه زبان تولید می‌شوند درحالی‌که تولید /r/ مستلزم پایین‌آوردن بخش جلویی و عقب‌بردن بخش عقبی بدنه زبان است. علاوه‌براین، نوک و تیغه زبان، به‌هنگام تولید واکه‌های پیش‌کامی، سفت‌تر و سطح تماس آن‌ها با لثه گسترده‌تر است، که باعث افزایش مقاومت در برابر لرزش می‌شود. هم‌چنین مطالعات انجام‌شده نشان داده است که /r/ در پایان پاره‌گفتار به‌صورت بی‌واک تولید می‌شود. تناوب واجی [r] و لرزشی واک‌رفته [r̥]، در بافت

---

1. M. Lindau  
2. F. K. Li

مزبور، در بسیاری از زبان‌ها، از جمله اسپانیایی آمریکایی (کانفیلد<sup>۱</sup>، ۱۹۸۱: ۷)، پرتغالی برزیلی (سیلوا<sup>۲</sup>، ۱۹۶۶، نقل از سوله، ۲۰۰۲: ۳۷۱) و فارسی (لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۴۱) مشاهده شده است. پایان پاره‌گفتار با فشار کمتر جریان هوای زیرحنجره‌ای و در نتیجه توقف یا تضعیف تناوب چاکنایی همراه است، که باعث افزایش حجم جریان هوای عبوری از چاکنای و افزایش فشار هوای فوق‌حنجره‌ای می‌شود.

تغییرات واج‌گونه‌ای وابسته به بافت در تولید /r/ برای زبان فارسی نیز گزارش شده است. ثمره (۱۳۷۸: ۶۷)، /r/ فارسی را یک همخوان لرزشی (غلطان) لثوی واکدار توصیف کرده و معتقد است در تولید این همخوان تنوع و تغییرات قابل توجه‌ای وجود دارد. برخی تغییرات وابسته به بافت آوایی و برخی دیگر وابسته به گویشور است و از این‌رو تعیین دقیق جایگاه واجی گونه‌ها بسیار دشوار است. وی برمبنای مهارت و توانایی خود، در تمایز شنیداری گونه‌ها، برای /r/ پنج واج‌گونه مهم لرزشی واکدار [r]، لرزشی واکرفته [r̥]، زنشی [r̥]، ناسوده (یا واکه‌گونه) [r̥] و سایشی [r̥] در نظر گرفته، و در دسته‌بندی جایگاه‌های واجی گونه‌ها، [r] را در آغاز گفتار مؤکد، بعد از سکوت (آغاز پاره‌گفتار) قرار داده است، مانند روز [ruz] در ابتدای یک پاره‌گفتار. یا قبل از همخوان‌های واکدار قرار داده است، مانند مروارید [morvarid] و [r] را در پایان واژه بعد از واکه‌های پس‌کامی قرار داده است، مثل کور [kur] و میان واژه قبل از همخوان‌های بی‌واک، مانند صرف [sarfe] و [r] را در میان دو واکه، به‌جز واکه /i/ مثل بیرون [morad] و [r] را در آغاز واژه بعد از سکوت، مثل رخ [rox] و بعد از واکه /i/ مثل بیرون [birun] و میان واژه، قبل و بعد از همخوان، مثل فطرت [fetrat] و ارضا [ʔeɾza] و [r̥] را در پایان واژه بعد از همخوان یا واکه‌های پس‌کامی، مثل مکر [macr] و پیر [piɾ] و (همان)، هم‌چنین در یک مطالعه میدانی، فراوانی وقوع گونه‌های لرزشی واکدار، ناسوده و زنشی را به‌عنوان گونه‌های اصلی /r/ در جایگاه‌های واجی آغاز واژه بعد از سکوت، میان واژه بین دو واکه و میان واژه قبل و بعد از همخوان و پایان واژه بعد از واکه و همخوان در گفتار ۱۰ گویشور بومی زبان فارسی (۵ مرد و ۵ زن)، با گویش معیار بررسی و به این نتیجه رسید که کاربرد گونه‌های این همخوان در فارسی تا حد زیادی وابسته به لهجه فردی گویشوران است. نتایج این مطالعه نشان داد که توزیع گونه زنشی تنها محدود به جایگاه میان واژه بین دو واکه است ولی دو گونه دیگر، یعنی گونه‌های لرزشی واکدار و ناسوده، در بسیاری از جایگاه‌های واجی با درجات مختلف فراوانی با یک‌دیگر تناوب دارند. در یک جمع‌بندی کلی ثمره معتقد

1. D. L. Canfield  
2. R. Silva

### تنوع واج‌گونه‌های /ɪ/ در زبان فارسی...

است در جایگاه آغاز واژه، بعد از سکوت، /ɪ/ به صورت لرزشی واک‌دار و ناسوده تولید می‌شود. در جایگاه میان واژه بین دو واکه /ɪ/ به صورت زنجری تولید می‌شود و در میان واژه قبل و بعد از همخوان به دو صورت لرزشی واک‌دار و ناسوده تولید می‌شود. در پایان واژه بعد از واکه /ɪ/ گاه به صورت لرزشی واک‌رفته (قبل از واکه‌های پس‌کامی) و سایشی (قبل از واکه‌های پیش‌کامی) و گاه به صورت ناسوده تولید می‌شود و در پایان واژه بعد از همخوان به صورت سایشی بی‌واک (قبل از همخوان‌های بی‌واک) و ناسوده (قبل از همخوان‌های واک‌دار) تولید می‌شود. بسیاری از تناوب‌هایی که ثمره به آن‌ها اشاره می‌کند جزو گرایش‌های واجی عام هستند و در سطح وسیعی از زبان‌ها مشاهده می‌شوند. سایشی‌شدگی یا واک‌رفتگی /ɪ/ در پایان واژه بعد از واکه یا همخوان، به‌ویژه بعد از همخوان‌های بی‌واک، یک گرایش عام آواشناختی است (لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۴۱؛ لینداو، ۱۹۸۵: ۱۵۸). همین‌طور تمایزی که ثمره در تولید /ɪ/ بین واکه پیش‌کامی و پس‌کامی قایل شده، در بسیاری از زبان‌ها از جمله زبان اسپانیایی (سوله، ۲۰۰۲: ۳۸۳؛ رکاسنز و پالارز، ۱۹۹۹: ۱۶۶)، سوئدی (لینداو، ۱۹۸۵: ۱۵۸) و انگلیسی (مک‌گوان، ۱۹۹۲: ۲۹۰۸؛ بری، ۱۹۹۷: ۴۳) مشاهده شده است. این تمایز، چنان‌که قبلاً گفته شد، ناشی از ناسازگاری شرایط هم‌تولیدی لرزش نوک زبان و افراستگی بخش جلوی بدنه زبان است. هم‌چنین زنجری‌شدگی /ɪ/ در میان دو واکه، در مورد برخی زبان‌ها از جمله تودا (اسپاجیک و دیگران، ۱۹۹۶: ۸)، ادو<sup>۱</sup> (سوله، ۲۰۰۲: ۳۸۱) و اسپانیایی (سوله، ۲۰۰۲: ۳۸۳؛ رکاسنز و پالارز، ۱۹۹۹: ۱۸۳) گزارش شده است.

در ادامه دو بخش دیگر معرفی می‌شود. در بخش اول، هم‌بسته‌های آکوستیکی<sup>۲</sup> گونه‌های مختلف همخوان لرزشی- لثوی /ɪ/ تعیین و معیارهای تمایز آوایی گونه‌ها با یک‌دیگر مشخص می‌شود. شواهد آکوستیکی ارائه‌شده در این بخش، از دادگان آزمایش تولیدی تحقیق خواهد بود. در بخش دوم با انجام یک آزمایش تولیدی فراوانی، وقوع گونه‌ها در جایگاه‌های واجی مختلف، با در نظر گرفتن معیارهای شناسایی آکوستیکی گونه‌ها، بررسی می‌شود.

### **۲. هم‌بسته‌های آکوستیکی واج‌گونه‌های /ɪ/**

واج‌گونه‌های /ɪ/ با فعالیت نوک زبان تولید می‌شوند. با فعال شدن نوک زبان، دو حفره بازخوانی ساده، به‌طور متوالی در جلو و عقب محل گرفتگی، ایجاد می‌شوند، که پیامد آکوستیکی آن کاهش فرکانس سازه F3 و نزدیک شدن آن به F2 است (استیونز، ۱۹۹۸: ۵۳۵؛ دوچرتی<sup>۳</sup> و

---

1. edo  
2. acoustic correlates  
3. J. Docherty

فولکس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰: ۱۷۵). البته استیونز<sup>۲</sup> (۱۹۹۸: ۲۴۵) با ارائه تحلیلی کامل‌تر از ویژگی‌های آکوستیکی /t/ نشان می‌دهد که سازه‌ای که در ظاهر کاهش یافته و به F2 نزدیک می‌شود، F3 نیست بلکه سازه حفره جلوی محل گرفتگی است. وی این سازه را FR نامیده و آن را جایگزین F3 در بخش ایستان همخوان می‌کند. وی همچنین اشاره می‌کند که با توجه به پایین‌تر بودن FR نسبت به F3 واکه‌های مجاور، گذر آغازه به /t/ در /VC/ با کاهش قابل توجه F3 و گذر پایانه آن در /CV/ با افزایش قابل توجه همین سازه فرکانسی همراه است. استیونز (همان: ۲۴۶) همچنین تمرکز کم انرژی در نواحی فرکانسی F2/F3 را یکی دیگر از هم‌بسته‌های آکوستیکی /t/ دانسته و آن را ناشی از شکل هندسی جلو یا مرکز زبان می‌داند. براین اساس سه هم‌بسته آکوستیکی ثابت /t/ در سطح تمامی گونه‌ها عبارتند از ۱) کاهش F3 و نزدیکی آن به F2، یا حضور یک سازه فرکانسی (FR) بین F2 و F3، ۲) گذر نزولی زیاد F3 در VC و گذر صعودی زیاد آن در CV و ۳) توزیع کم انرژی در فرکانس‌های بالای F2 و F3. حال ویژگی‌های هریک از گونه‌ها را به‌طور جداگانه بررسی می‌کنیم:

*الف) گونه لرزشی واکه‌دار:* چنان‌که قبلاً گفته شد، تولید [ɾ] شامل چرخه‌های ارتعاش نوک زبان با لثه است، که هر چرخه شامل دو مرحله بسته و باز است. در مرحله بسته، نوک زبان با ایجاد بست در ناحیه لثه، ناحیه مرکزی زبان را مسدود می‌کند و در مرحله باز، نوک زبان از لثه فاصله گرفته و ناحیه مرکزی زبان را در وضعیت بازخوانی قرار می‌دهد (لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۱۸). توالی مرحله بسته و باز چرخه ارتعاش بر روی طیف‌نگاشت، به‌صورت توالی منظم سکوت یا کاهش قابل‌ملاحظه شدت انرژی در تمامی نواحی فرکانسی، و حضور انرژی متناوب به‌شکل باندها یا سازه‌های فرکانسی است. این توالی باعث ایجاد چند ناپیوستگی طیفی می‌شود، که مهم‌ترین نشانه آکوستیکی این گونه است. شکل ۱ طیف‌نگاشت رشته آوایی [re]، از کلمه رییس واقع در ابتدای پاره‌گفتار "رییس نیامد"، تولیدشده توسط یک گویشور مرد را نشان می‌دهد. محدوده [ɾ] بر روی طیف‌نگاشت، با علامت پیکان از محدوده [e] جدا شده است. این محدوده شامل سه چرخه ارتعاش است. نواحی خاکستری ناظر بر مرحله بسته و نواحی تیره‌تر ناظر بر مرحله باز ارتعاش‌اند. توالی این دو مرحله باعث شده است تا طیف در دو حوزه زمان و شدت انرژی به‌صورت ناپیوسته و بریده‌بریده ظاهر شود. در واقع در این محدوده، برخلاف واکه مجاور، انرژی، توزیع یک‌دست قوی ندارد، بلکه به‌شکل متناوب، تراکم آن ضعیف و قوی می‌شود. در آغازه محدوده، انرژی، به‌ویژه در فرکانس‌های پایین و میانی (تا ۲۵۰۰ هرتز)، شدت زیادی دارد که نشان می‌دهد نوک زبان در وضعیت باز قرار دارد. بلافاصله بعد از

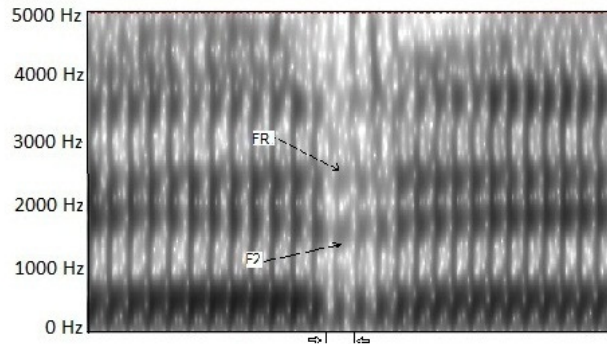
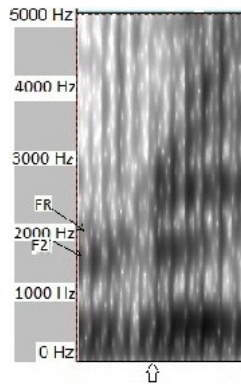
1. P. Foulkes  
2. K. N. Stevens



### تنوع واج‌گونه‌های /r/ در زبان فارسی...

این محدوده، انرژی برای مدت‌زمان بسیار کوتاهی ضعیف شده که شدت کمتر انرژی در فرکانس‌های پایین و میانی و نوار باریک سفید رنگ، (بعد از نوار باریک تیره‌تر) در فرکانس‌های بالاتر، این واقیعت را به‌خوبی نشان می‌دهد. تضعیف انرژی در این محدوده نشان می‌دهد که نوک زبان به وضعیت نسبتاً بسته تغییر حالت داده است. بعد از این محدوده، انرژی دوبار دیگر زیاد و سپس کم شده است که نشان‌دهنده دوبار دیگر بازو بسته‌شدن سریع ناحیه نوک زبان است. این مثال نمونه‌ای از تولید گونه لرزشی [r] در زبان فارسی است، که با نمونه اصلی و ایده‌آل لرزشی، در زبان‌هایی مانند ایتالیایی و اسپانیایی، متفاوت است. گونه اصلی لرزشی، هم دارای ناپیوستگی‌های بیشتری (تعداد دفعات ارتعاش نوک زبان) است و هم ناپیوستگی‌ها (محدوده‌های باز و بسته لرزش) به‌صورت توالی از نواحی بسیار کم‌رنگ (متمایل به سفید) و پررنگ بر روی طیف‌نگاشت به‌وضوح نمایان هستند، که نشان می‌دهد مرحله باز و بسته به‌طور کامل انجام می‌شود. در بیشتر مشاهدات انجام‌شده در این تحقیق، که بعداً به آن اشاره خواهیم کرد، [r] ویژگی‌هایی شبیه به طیف‌نگاشت ۱ داشت. یعنی تعداد لرزش، کم (۲ تا ۳ بار). و نواحی فرکانسی مربوط به مراحل باز و بسته لرزش، به‌علت بسته‌نشدن کامل نوک زبان، به‌روشنی از یک‌دیگر متمایز نبودند.

ویژگی دیگر طیف‌نگاشت [r] در شکل ۱، حضور سازه (FR) بین F2 و F3 (یا به‌عبارتی فاصله کم F2 و F3) است، که باعث تراکم انرژی در این محدوده فرکانسی شده است. هم‌چنین، چنان‌که مشاهده می‌شود، توزیع انرژی بر روی فرکانس‌های بالاتر از FR، بالای ۲۲۰۰ هرتز، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از فرکانس‌های پایین است. همان‌طور که دیده می‌شود، توزیع انرژی بر روی فرکانس‌های زیر ۲۲۰۰ هرتز [r] تقریباً به‌اندازه واکه مجاور است، درحالی‌که شدت انرژی فرکانس‌های بالاتر به‌مراتب کمتر از فرکانس‌های واکه است (البته، مطابق انتظار، شدت انرژی [e] به‌طور کلی از [r] بیشتر است). شیب صعودی زیاد FR در گذر از [r] به [e] نیز یکی دیگر از ویژگی‌های طیف‌نگاشت موردنظر است که نشان می‌دهد این گونه متعلق به طبقه واجی همخوان لرزشی /r/ است.



شکل ۱. طیف‌نگاشت رشته آوایی [re] از کلمه "ریس"  
 شکل ۲. طیف‌نگاشت رشته آوایی [ere] از کلمه "سرشت"

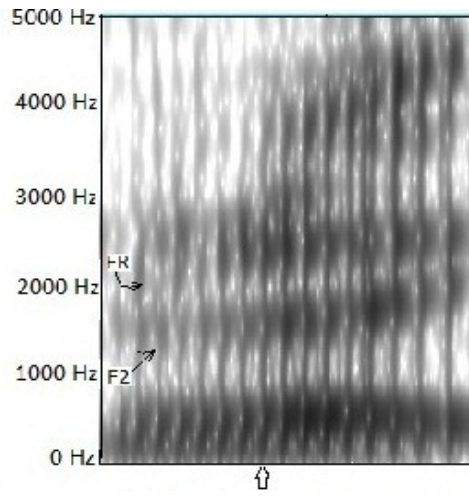
ب) گونه زنشی: گونه زنشی [r] با یک بار بازوبسته‌شدن جلوی زبان تولید می‌شود. بنابراین این گونه شامل تنها یک چرخه ارتعاش است که پیامد آن حضور تنها یک ناپیوستگی طیفی بر روی طیف‌نگاشت است. براین اساس تفاوت این گونه با گونه لرزشی واک‌دار، تعداد کمتر ناپیوستگی‌ها و دیرش کمتر محدوده ایستان آن است. شکل ۲ طیف‌نگاشت رشته آوایی [ere] از کلمه سرشت واقع در پاره‌گفتار "سرشت او پاک است"، تولیدشده توسط یک گویشور مرد را نشان می‌دهد. محدوده [r] با پیکان مشخص شده است. ابتدای طیف‌نگاشت [r]، شدت انرژی ضعیف است، که به صورت نوار باریک کم‌رنگ از فرکانس‌های پایین تا فرکانس‌های بالا قابل مشاهده است. این مرحله ناظر بر مرحله بسته زنش است. بعد از این مرحله، انرژی به طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته که نشان می‌دهد نوک زبان از لثه فاصله گرفته است. چنان‌که مشاهده می‌شود برای [r] نیز، مانند [r] در طیف‌نگاشت ۱، انرژی بیشتر در نواحی فرکانسی ۰ تا ۲۵۰۰ KHz متمرکز شده و فاصله فرکانس‌های F2 و F3 (یا FR) کم است. هم‌چنین شیب گذر آغاز و پایانه [r] برای F3، به ترتیب نزولی و صعودی است. اما آن‌چه [r] را از [r] متمایز می‌کند دیرش زمانی کمتر آن است. [r] تنها شامل یک ناپیوستگی طیفی به صورت توالی کاهش قابل‌توجه انرژی و انرژی سازه‌ای است که دیرش آن در مقایسه با [r] در طیف‌نگاشت ۱، با سه ناپیوستگی به طور قابل‌توجهی کمتر است.

ج) گونه ناسوده [ɹ]: برای گونه ناسوده [ɹ]، نوک زبان به لثه نزدیک می‌شود ولی در وضعیت انسداد کامل قرار نمی‌گیرد. بنابراین اختلاف فشار هوای فوق‌حنجره و زیرحنجره برای این گونه به طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از گونه‌های لرزشی و زنشی است که مرحله اول تولید آن‌ها با بست ناحیه جلوی زبان همراه است. این اختلاف فشار تقریباً به اندازه همخوان غلت /y/ یا واکه /i/ است (مدیسون، ۱۹۸۴: ۱۲۱؛ لدفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۱۸). پیامد این حالت،

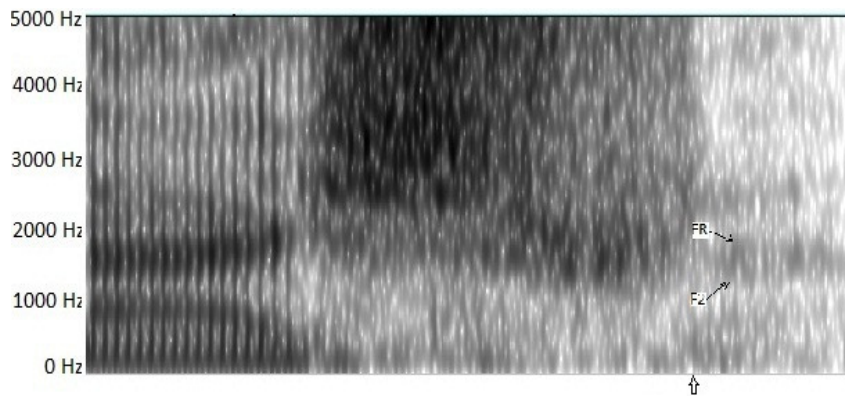
### تنوع واج‌گونه‌های /ɪ/ در زبان فارسی...

حضور انرژی متناوب و سازه‌های بدون حضور ناپیوستگی‌های طیفی است. این واقعیت در شکل ۳، که طیف‌نگاشت رسته آوایی [ɪe] از همان کلمه رییس واقع در ابتدای پاره‌گفتار "رییس نیامد"، تولیدشده توسط یک گویشور دیگر مرد را نشان می‌دهد، به‌خوبی مشاهده می‌شود. توزیع انرژی بر روی فرکانس‌های بالای F2 و F3 برای [ɪ] نیز، مانند [ɹ] و [r] در شکل‌های ۱ و ۲، بسیار کم است. به‌علاوه فاصله F2 و F3 به یک‌دیگر نزدیک و شیب گذر [ɪ] به [e]، مانند گونه‌های [ɹ] و [r]، صعودی است. تفاوت این گونه با دو گونه دیگر، پیوستگی طیفی و عدم حضور سکوت یا افت قابل‌ملاحظه انرژی در محدوده ایستان [ɪ] است، که نشان می‌دهد نوک زبان در تولید این گونه با لته برخورد نمی‌کند. با توجه به عدم حضور ناپیوستگی‌های طیفی، شباهت این گونه به واکه مجاور بیشتر از گونه‌های دیگر است. چنان‌که مشاهده می‌شود تفاوت اصلی طیف [ɪ] با واکه [e]، شدت انرژی کمتر فرکانس‌های میانی و بالا است. در فرکانس‌های پایین‌تر از ۳۰۰۰ هرتز شکل کلی طیف فرکانسی [ɪ] و [e] بسیار به‌هم شبیه است، جز این‌که فرکانس‌های سازه‌های دوم و سوم [ɪ]، مثل تمامی گونه‌های /ɪ/، کمتر از واکه مجاور است. به‌همین دلیل است که ثمره این گونه را واکه‌گونه نامیده است.

د) گونه لرزشی بی‌واک: برای گونه لرزشی بی‌واک [ɹ̥]، چنان‌که گفته شد، با توجه به افزایش فشار هوای فوق‌حنجره‌ای، حجم جریان هوای عبوری از چاکنای کاهش یافته و ارتعاش تارآواها متوقف می‌شود. با توجه به عدم ارتعاش تارآواها، جریان هوا در مرحله باز ارتعاش به‌صورت غیرمتناوب و نامنظم از محل گرفتگی عبور می‌کند که پیامد آن نوفه‌ای شدن ساختار طیف فرکانسی در فرکانس‌های بالاست. هم‌چنین با توجه به این‌که الگوی گرفتگی زبان، در مرحله باز ارتعاش، به‌صورت غیرسایشی یا باز است، در فرکانس‌های پایین و میانی (زیر ۳۰۰۰ هرتز) انرژی بیشتر به‌صورت سازه‌ای است و نوفه قابل‌ملاحظه‌ای در این محدوده فرکانسی وجود ندارد. ولی انرژی سازه‌ها با توجه به عدم ارتعاش تارآواها کم است. باین‌وجود سازه‌های اصلی [ɹ̥]، از جمله F2 و FR قابل‌مشاهده هستند.

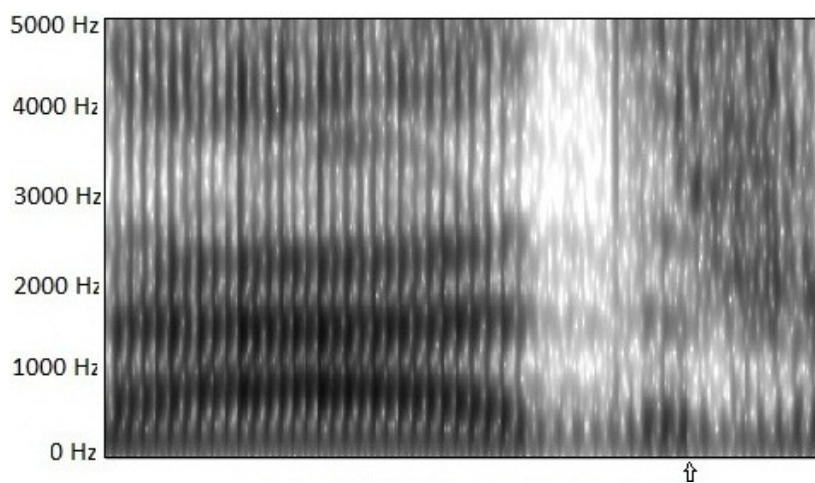


شکل ۳. طیف‌نگاشت رشته آوایی [re] از کلمه "ریس"



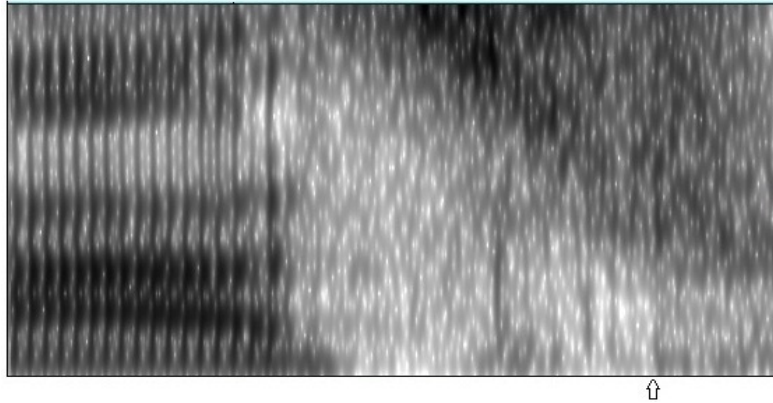
شکل ۴. طیف‌نگاشت رشته آوایی [aʃr] از کلمه "نشر"

### تنوع واج‌گونه‌های /r/ در زبان فارسی...



شکل ۵. طیف‌نگاشت رشته آوایی [adr] از کلمه "صدر"

به‌علاوه مرحله بسته ارتعاش برای [r]، با توجه به فشار زیاد هوای فوق‌حجره‌ای، بسیار کوتاه است، ضمن آن‌که طی همین مدت‌زمان مقداری جریان هوا از چاکنای عبور می‌کند که باعث نوفه‌ای شدن طیف در مرحله بسته ارتعاش می‌شود. طیف این محدوده، طیف نوفه دمشی است، که انرژی آن در مقایسه با طیف نوفه محل گرفتگی، ضعیف‌تر است ولی با توجه به کوتاه بودن مرحله بسته ارتعاش، این ناپیوستگی طیفی بر روی طیف‌نگاشت چندان مشخص نیست. بنابراین، طیف [r] معمولاً به‌صورت کاهش قابل توجه شدت انرژی فرکانس‌های پایین (به‌علت عدم ارتعاش تارآواها) و حضور انرژی نوفه‌ای یا غیرسازه‌ای در فرکانس‌های بالا، و عدم وجود ناپیوستگی طیفی قابل‌ملاحظه تظاهر می‌یابد. شکل ۴ طیف‌نگاشت رشته آوایی [afr] از کلمه نشر در پاره‌گفتار "کتاب نشر نخواهد شد"، را نشان می‌دهد. توزیع انرژی بسیار کم در فرکانس‌های پایین، نشان‌دهنده عدم ارتعاش تارآواها است. انرژی در فرکانس‌های میانی به‌صورت سازه‌ای با شدت کم تظاهر یافته که ناشی از الگوی گرفتگی باز جلوی زبان است. سازه‌های F2 و FR در این محدوده به‌خوبی نمایان هستند. در فرکانس‌های بالای ۳۰۰۰ هرتز، انرژی به‌صورت نامنظم و غیرسازه‌ای ظاهر شده است که ناشی از تولید نوفه در محل گرفتگی و چاکنای است. طیف این گونه، با توجه به همین مشخصه، از گونه‌های [r]، [r] و [I] متمایز است. درحقیقت [r]، گرچه از واج‌گونه‌های /r/ است، ولی الگوی آوایی آن (تولیدی-آکوستیکی) شبیه به سایشی‌ها است و بنابراین به‌لحاظ آوایی به طبقه سایشی‌ها تعلق دارد.



شکل ۶. طیف‌نگاشت رشته آوایی [asr] از کلمه "عصر"

ه) گونه سایشی: گونه سایشی [ɹ̥] نیز مانند [r̥] با تولید نوفه در محل گرفتگی تولید می‌شود ولی نوفه [ɹ̥]، با توجه به عدم ارتعاش نوک زبان و الگوی گرفتگی سایش جلوی زبان، پیوسته و شدت آن بیشتر است. پیامد این حالت حضور انرژی نوفه‌ای در فرکانس‌های میانی و بالا (بالای ۱۸۰۰ هرتز) با شدت انرژی زیاد است که باعث می‌شود سازه‌های فرکانسی F2 و FR پوشیده شوند. به علاوه، با توجه به ارتعاش تارآواها، انرژی در فرکانس‌های پایین [ɹ̥] حضور دارد. شکل ۵ طیف‌نگاشت رشته آوایی [adɹ̥] از کلمه صدر در پاره‌گفتار "در صدر قرار گرفتند"، را نشان می‌دهد. چنان‌که ملاحظه می‌شود، تفاوت اصلی این گونه با [r̥] در شکل ۴، حضور انرژی در فرکانس‌های پایین و نوفه‌ای بودن ساختار فرکانس‌های میانی است که باعث شده است سازه‌های F2 و FR پوشیده شوند. اگر این گونه واکرفته شود، شباهت آن به لرزشی بی‌واک بیشتر می‌شود. در این حالت تنها تمایز سایشی واکرفته [ɹ̥] با [r̥] حضور انرژی نوفه‌ای در فرکانس‌های میانی [ɹ̥] و شدت بیشتر طیف نوفه فرکانس‌های بالای آن است. این واقعیت در شکل ۶، که طیف‌نگاشت رشته آوایی [asɹ̥] از کلمه عصر در پاره‌گفتار "همایش عصر برگزار شد"، را نشان می‌دهد، به خوبی مشاهده می‌شود.

### ۳. آزمایش تولیدی

در این بخش در یک آزمایش تولیدی، رفتار واجی همخوان لرزشی - لثوی /r/ را در جایگاه‌های واجی مختلف در قالب واج‌شناسی آزمایشگاهی، از طریق مشاهده الگوی تغییرات شدت انرژی طیف فرکانسی بررسی می‌کنیم. در این آزمایش با بررسی و مشاهده الگوی توزیع شدت انرژی بر روی فرکانس‌ها در هر جایگاه، موارد وقوع هر واج‌گونه شناسایی و فراوانی آن محاسبه خواهد شد.

### ۱.۳. داده‌ها و روش انجام آزمایش

جایگاه‌های زیر به‌عنوان جایگاه‌های هدف آزمایش انتخاب شدند:

(۱) آغاز واژه در ابتدای پاره‌گفتار قبل از واکه‌های پیش‌کامی و پس‌کامی افراشته و افتاده /i/، /a/، /u/ و /a/ (۲) آغاز واژه در میان پاره‌گفتار قبل از همین واکه‌ها، (۳) میان واژه بین دو واکه، که واکه اول یکی از واکه‌های پیش‌کامی و پس‌کامی افراشته و افتاده /i/، /a/، /u/ و /a/ باشد، (۴) میان واژه در آغاز هجا بعد از همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار، (۵) میان واژه در پایان هجا قبل از همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار، (۶) میان واژه به‌عنوان عضو اول خوشه پایانی قبل از همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار، (۷) پایان واژه و پایان پاره‌گفتار بعد از واکه‌های پیش‌کامی و پس‌کامی افراشته و افتاده /i/، /a/، /u/ و /a/ (۸) پایان واژه و میان پاره‌گفتار بعد از همین واکه‌ها، (۹) پایان واژه و پایان پاره‌گفتار بعد از همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار و (۱۰) پایان واژه و میان پاره‌گفتار بعد از همین همخوان‌ها. تعداد کل جایگاه‌ها، با در نظر گرفتن بافت زنجیره‌ای کلمات، از جمله بافت واکه‌ای (کیفیت واکه‌های مجاور) و الگوی واک‌داری همخوان مجاور، ۳۰ جایگاه است. تمامی کلمات انتخاب‌شده، یک‌هجایی از نوع CVCC یا دوهجایی از نوع

۱. آغاز واژه (ابتدا یا میان پاره‌گفتار) قبل از واکه‌های پیش‌کامی و پس‌کامی افراشته و افتاده /i/، /a/، /u/ و /a/ قبل از /a/، "راز"، "رام"، "راست"، "رانت"، "راک"، "رود"، /u/، "روح"، "روم"، "رجوع"، "روز"، /i/، "ریش"، "ریز"، "ریگ"، "ریب"، "ریخت" و /a/، "رحم"، "رَم"، "رأس"، "رنگ"، "ربط".

۲. میان واژه بین دو واکه، به‌طوری که واکه اول یکی از واکه‌های پیش‌کامی و پس‌کامی افراشته و افتاده /i/، /a/، /u/ و /a/ باشد: /i/، "بیرون"، "دیروز"، "سیره"، "شیراز"، /a/، "درون"، "تراز"، "کره"، "مریض"، "حرم"، /u/، "دروغ"، "کوران"، "کوره"، "شورش"، "دوری" و /a/، "باران"، "سارق"، "ساری"، "نارس"، "بارش".

۳. میان واژه در آغاز هجا بعد از همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار: همخوان‌های بی‌واک: "فطرت"، "کسرت"، "تکرار"، "اشرار"، "تشریح" و واک‌دار: "عبرت"، "تدریس"، "ابرار"، "گلرخ"، "صدرا".

۴. میان واژه در پایان هجا قبل از همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار: همخوان‌های بی‌واک: "مرطوب"، "ارشاد"، "ارسال"، "ترسو"، "پرتاب" و واک‌دار: "تردید"، "ارجاع"، "ارضا"، "بردار"، "بریان".

۵. میان واژه به‌عنوان عضو اول خوشه پایانی قبل از همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار: همخوان‌های بی‌واک: "شرط"، "ترس"، "درس"، "صرف"، "درک" و واک‌دار: "درد"، "برق"، "خرد"، "مرد".

۶. پایان واژه (پایان یا میان پاره‌گفتار) بعد از واکه‌های پیش‌کامی و پس‌کامی افراشته و افتاده /i/، /a/، /u/ و /a/ قبل از /a/، "دار"، "بار"، "کار"، "زار"، "مار"، /u/، "بور"، "شور"، "سور"، "دور"، "گور"، /i/، "پیر"، "شیر"، "سیر"، "دیر"، "تیر" و /a/، "پَر"، "سَر"، "شَر"، "دَر"، "تَر".

۷. پایان واژه (پایان یا میان پاره‌گفتار) بعد از همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار: همخوان‌های بی‌واک: "فکر"، "مکر"، "عصر"، "فطر"، "نشر" و واک‌دار: "صدر"، "کبر"، "قبر"، "اجر"، "قدر".

CVC.CVC بوده و هجاهای هدف، یعنی هجاهای حاوی /I/ در تمامی جایگاه‌ها، به‌غیر از جایگاه میان واژه در پایان هجا، در موضع تکیه‌بر قرار گرفتند. چنان‌که ملاحظه می‌شود، نگارنده جزئیات بیشتری را نسبت به ثمره (۱۳۷۸)، در دسته‌بندی جایگاه‌های واجی لحاظ کرده است. دلیل این امر این است که اثر بسیاری از این جایگاه‌ها، از جمله بافت واکه‌ای (تمایز واکه‌های پیش‌کامی و پس‌کامی)، همخوانی (تمایز همخوان‌های بی‌واک و واک‌دار) یا نوایی (تمایز آغاز، میان و پایان پاره‌گفتار)، در ایجاد تغییرات واج‌گونه‌ای برای /I/ در تحقیقات انجام‌شده بر روی زبان‌های دیگر تأیید شده است (لدیفوگد و مدیسون، ۱۹۹۶: ۲۱۸؛ لینداو، ۱۹۸۵: ۱۵۸؛ رکاسنز و پالارز، ۱۹۹۹: ۱۴۴؛ اسپاجیک و دیگران، ۱۹۹۶: ۲؛ سوله، ۲۰۰۲: ۳۵۲). علاوه بر این، ثمره بدون استفاده از ابزارهای آزمایشگاهی، و صرفاً با تکیه بر مهارت شنیداری خود به بررسی الگوی واج‌گونه‌ای /I/ پرداخته است. صحت و اعتبار فرضیات ثمره زمانی مشخص می‌شود که رفتار آوایی این همخوان در جایگاه‌های مختلف واجی به‌طور کامل در قالب مطالعه آزمایشگاهی مورد بررسی قرار گیرد.

به‌ازای هریک از جایگاه‌های هدف آزمایش، ۵ کلمه انتخاب شدند. تمامی کلمات انتخاب‌شده یک‌هجایی از نوع CVC(C) یا دوهجایی از نوع CV(C).CVC بودند و هجاهای هدف، یعنی هجاهای حاوی /I/ در تمامی جایگاه‌ها به‌غیر از جایگاه میان واژه در پایان هجا، در موضع تکیه‌بر قرار گرفتند. سپس کلمات در جایگاه‌های مربوطه، درون پاره‌گفتارهای مناسب قرار داده شدند. کلمات مربوط به جایگاه‌های میان واژه (جایگاه‌های ۳ تا ۶)، در میان پاره‌گفتار قرار داده شدند. تمامی پاره‌گفتارها طوری طراحی شدند تا کلمات هدف، اعم از کلمات مربوط به جایگاه‌های آغاز، میان و پایان واژه، در موضع تکیه زیروبمی قرار گیرند. تکیه زیروبمی کلمات مربوط به جایگاه‌های آغاز و میان واژه، غیرهسته، و کلمات مربوط به جایگاه پایان واژه، هسته بودند. ۱۰ گویشور بومی زبان فارسی (۵ مرد و ۵ زن) با گونه معیار، با فاصله سنی ۲۰ تا ۳۰ سال، بدون آشنایی با زبان‌شناسی، در این آزمایش شرکت کردند. هیچ‌یک از گویشوران از هدف آزمایش اطلاع نداشتند. پاره‌گفتارها، به‌شکل نیمه‌تصادفی، طوری مرتب شدند تا جایگاه‌های یک‌سان در کنار یک‌دیگر قرار نگیرند. پاره‌گفتارها در دو نوبت جداگانه، با فاصله زمانی ۳۰ دقیقه به شرکت‌کنندگان ارائه شدند. در هر نوبت از شرکت‌کنندگان خواسته شد جملاتی را که بر روی صفحه نمایش‌گر کامپیوتر می‌بینند تولید کنند. فاصله بین تولید هر پاره‌گفتار و پاره‌گفتار بعد ۱۰ ثانیه در نظر گرفته شد. در صورت تردید یا خطای تولیدی، به شرکت‌کنندگان اجازه داده می‌شد تا جمله موردنظر را بار دیگر تولید کنند. ضبط پاره‌گفتارها در اتاقی آرام در دانشگاه بین‌المللی امام خمینی در سکوت کامل انجام شد. داده‌ها با استفاده از



### تنوع واج‌گونه‌ای /ɪ/ در زبان فارسی...

میکروفون شور<sup>۱</sup> مدل SM58 با پاسخ فرکانسی ۵۰ تا ۱۵۰۰۰ هرتز بر روی کارت صوتی کریتیو<sup>۲</sup> مدل ساند بلاستر X-Fi 5.1<sup>۳</sup> یک کامپیوتر شخصی ضبط شدند. علایم آوایی به صورت مونو<sup>۴</sup> با نرخ نمونه‌برداری ۲۲۰۵۰ Hz، با استفاده از نرم‌افزار ویوادیتر<sup>۵</sup> در سیستم عامل ویندوز سون<sup>۶</sup>، ضبط شدند.

تمامی ۱۵۰۰ پاره‌گفتار هدف (۳۰ جایگاه × ۵ کلمه × ۲ تکرار × ۵ گویشور) در نرم افزار پرت<sup>۷</sup> ویرایش ۵.۱.۱۲ تجزیه و تحلیل شدند. در تجزیه و تحلیل فرکانسی سیگنال گفتار برای شناسایی واج‌گونه‌ها از روش تبدیل سریع فوریه<sup>۸</sup> (FFT) با اندازه تبدیل فوریه ۵۰۰ نقطه و نوع پنجره همینگ<sup>۹</sup> و هم‌چنین طیف‌نگاشت استفاده شد.

### ۲.۳. نتایج

نتایج به دست آمده، به تفکیک جایگاه واجی، به ترتیب زیر است:

۱. آغاز واژه: در جایگاه آغاز واژه، در تمامی بافت‌های واکه‌ای و نوایی، /ɪ/ یا به صورت ناسوده و یا لرزشی واک‌دار تولید می‌شود. البته چنان‌که پیشتر نیز گفته شد، در اکثر موارد گونه لرزشی به شکل ضعیف یا غیرایده‌آل تولید می‌شود. فراوانی این گونه‌ها بسیار به یک‌دیگر نزدیک است. گاه [ɪ] و گاه [i] فراوانی نسبتاً بیشتری دارند. توزیع این دو گونه، در اکثر موارد، مستقل از بافت واکه‌ای و جایگاه نوایی کلمات در سطح پاره‌گفتار است (آغاز پاره‌گفتار: قبل از /i/ [ɪ] ۶۲٪ و [ɪ] ۳۸٪؛ قبل از /a/ [ɪ] ۴۴٪ و [ɪ] ۵۶٪؛ قبل از /u/ [ɪ] ۴۶٪ و [ɪ] ۵۴٪؛ قبل از /a/ [ɪ] ۵۷٪ و [ɪ] ۴۳٪؛ میان پاره‌گفتار: قبل از /i/ [ɪ] ۵۲٪ و [ɪ] ۴۸٪؛ قبل از /a/ [ɪ] ۵۵٪ و [ɪ] ۴۵٪؛ قبل از /u/ [ɪ] ۵۲٪ و [ɪ] ۴۸٪؛ قبل از /a/ [ɪ] ۶۳٪ و [ɪ] ۳۷٪). فراوانی بیشتر [ɪ] در بافت /i/ در هردو جایگاه آغاز و میان پاره‌گفتار، چنان‌که قبلاً گفته شد، ناشی از ناسازگاری هم‌تولیدی لرزش نوک زبان و افراستگی بخش جلوی زبان است. البته فراوانی [ɪ] در بافت /a/ نیز مانند /i/ در هردو جایگاه، به‌ویژه میان پاره‌گفتار، به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بیشتر از

- 
1. shure
  2. creative
  3. sound blaster
  4. mono
  5. wave editor
  6. windows seven
  7. praat
  8. fourier
  9. haming

[r] است، که توجه آواشناختی مشخص و شناخته‌شده‌ای برای آن وجود ندارد و می‌توان آن را صرفاً ناشی از توزیع تصادفی داده‌ها دانست.

۲. میان واژه در آغاز هجا: در این جایگاه /r/ با توجه به الگوی واکداری همخوان بعد، به دو صورت متفاوت تولید می‌شود. بعد از همخوان‌های بی‌واک، /r/ در اغلب موارد، به صورت گونه لرزشی بی‌واک [r̥] تولید می‌شود (۵۶٪). فراوانی وقوع گونه‌های ناسوده و لرزشی واکدار در این جایگاه به مراتب کمتر از [r̥] است (به ترتیب ۲۵٪ و ۱۳٪). /r/ در موارد اندکی نیز در این جایگاه به صورت سایشی بی‌واک تولید می‌شود (۶٪). بعد از همخوان‌های واکدار، وضعیت به کلی متفاوت است. گونه‌های بی‌واک لرزشی [r̥] و سایشی [r̥̃] در این جایگاه تظاهر آوایی ندارند. /r/ در این جایگاه، در اکثر موارد، به صورت [r] تولید می‌شود (۶۳٪) ولی گاهی نیز با فراوانی کمتری به صورت لرزشی واکدار [r̥] تظاهر می‌یابد (۳۷٪). هیچ موردی از وقوع گونه‌های زنشی و سایشی واکدار در این جایگاه، چه بعد از همخوان‌های واکدار و چه بی‌واک یافت نشد. این نتایج با یافته‌های ثمره در تعارض است. ثمره الگوی تولیدی /r/ را در این جایگاه مستقل از مشخصه واکداری همخوان مجاور ناسوده (واکه‌گونه) توصیف کرده است. در حالی که نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تولید /r/ در جایگاه موردنظر تا حد بسیار زیادی وابسته به الگوی واکداری همخوان مجاور است. بعد از همخوان‌های واکدار، مطابق با یافته‌های تحقیق، /r/ با فراوانی زیادی به صورت [r] تولید می‌شود ولی بعد از همخوان‌های بی‌واک، فراوانی این گونه به طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از لرزشی بی‌واک [r̥] است.

۳. میان واژه در پایان هجا: در این جایگاه، برخلاف میان واژه در آغاز هجا، /r/ مستقل از الگوی واکداری همخوان مجاور با فراوانی بیشتری به صورت لرزشی واکدار (قبل از همخوان‌های واکدار: ۷۱٪ و بی‌واک: ۶۶٪) و فراوانی کمتری به صورت ناسوده (قبل از همخوان‌های واکدار: ۲۹٪ و بی‌واک: ۳۴٪) تولید می‌شود. هیچ موردی از وقوع سایر گونه‌ها، از جمله سایشی واکدار و بی‌واک و زنشی، در این جایگاه مشاهده نشد.

نتایج این بخش با یافته‌های ثمره مطابقت بیشتری دارد. ثمره نیز تولید /r/ را در این جایگاه به دو صورت ناسوده یا لرزشی واکدار توصیف کرده است.

۴. میان واژه به‌عنوان عضو اول خوشه پایانی: در این جایگاه نیز مانند میان واژه در پایان هجا، /r/ مستقل از الگوی واکداری-بی‌واکی همخوان مجاور به دو صورت ناسوده و لرزشی واکدار تولید می‌شود، که فراوانی گونه ناسوده بیشتر از لرزشی بی‌واک است (قبل از همخوان‌های واکدار: [r] ۴۹٪ و [r̥] ۴۵٪؛ قبل از همخوان‌های بی‌واک: [r̥] ۵۴٪ و [r̥̃] ۳۵٪). علاوه بر این /r/ در این جایگاه با فراوانی بسیار کمتری نسبت به [r̥] و [r̥̃] به صورت سایشی واکدار تظاهر می‌یابد (قبل از همخوان‌های واکدار: ۶٪ و بی‌واک: ۱۱٪). گونه‌های سایشی و

### تنوع واج‌گونه‌های /r/ در زبان فارسی...

لرزشی بی‌واک در این جایگاه تظاهر آوایی ندارند. این نتایج با یافته‌های ثمره مطابقت دارد. ثمره نیز توزیع گونه‌های [ɹ] و [ɹ̥] را در این جایگاه بیشتر از سایر گونه‌ها دانسته است. به‌طور کلی نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که تظاهر آوایی /r/ در میان واژه در جایگاه‌های ۲، ۳ و ۴ تا حد زیادی وابسته به جایگاه آن در سطح هجا و الگوی واکداری-بی‌واکی همخوان مجاور (به‌ویژه همخوان قبل) است. بر این اساس این عوامل باید در دسته‌بندی جایگاه‌های واجی و توصیف رفتار واجی /r/ در میان واژه مدنظر قرار گیرند. این در حالی است که ثمره، میان واژه را به‌عنوان یک جایگاه واجی کلی در نظر می‌گیرد و هیچ تقسیم‌بندی‌ای بر مبنای محل حضور /r/ در سطح هجا و الگوی واکداری-بی‌واکی همخوان مجاور، یعنی عوامل جایگاه‌های واجی و بافت آوایی، صورت نگرفته است.

۵. میان واژه بین دو واکه: بیشترین فراوانی در این جایگاه، در تمامی بافت‌های واکه‌ای، متعلق به گونه زنشی است (i-v: ۵۱٪؛ a-v: ۶۹٪؛ u-v: ۷۶٪؛ a-v: ۸۱٪). [ɹ] و [ɹ̥] نیز در این جایگاه تظاهر آوایی دارند ولی فراوانی وقوع آن‌ها به‌مراتب کمتر از [r] است [ɹ] و [ɹ̥] در i-v: ۴۱٪ و ۸٪؛ a-v: ۱۸٪ و ۱۳٪؛ u-v: ۱۷٪ و ۷٪؛ a-v: ۱۳٪ و ۶٪. تفاوت بین بافت واکه‌ای i-v و سایر بافت‌ها، فراوانی کمتر [r] و فراوانی بیشتر [ɹ̥] است. با این وجود فراوانی [r] در این بافت هم‌چنان از [ɹ̥] بیشتر است، در حالی که ثمره واج‌گونه اصلی بافت i-v را [ɹ̥] در نظر گرفته است. در مورد بافت‌های دیگر، نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های ثمره مطابقت دارد.

۶. پایان واژه بعد از واکه: الگوی توزیع واج‌گونه‌ها در این جایگاه، با توجه به محل حضور کلمات در سطح پاره‌گفتار، به کلی متفاوت است. در میان پاره‌گفتار، /r/ بعد از تمامی واکه‌ها، به‌غیر از /i/، در بیشتر موارد به‌صورت [ɹ] و [ɹ̥] تولید می‌شود، که فراوانی [ɹ̥] تاحدی بیشتر از [ɹ] است (بعد از /a/ [ɹ] ۴۱٪ و [ɹ̥] ۳۶٪؛ بعد از /u/ [ɹ] ۴۹٪ و [ɹ̥] ۳۲٪؛ بعد از /a/ [ɹ] ۴۵٪ و [ɹ̥] ۴۲٪). بعد از این واکه‌ها، گونه‌های لرزشی بی‌واک [ɹ̥] و سایشی واکدار [ɹ̥̃] نیز تظاهر آوایی دارند ولی فراوانی وقوع آن‌ها به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از [ɹ] و [ɹ̥] است (بعد از /a/ [ɹ̥̃] ۴٪ و [ɹ̥̃] ۱۹٪؛ بعد از /u/ [ɹ̥̃] ۱۱٪ و [ɹ̥̃] ۸٪؛ بعد از /a/ [ɹ̥̃] ۷٪ و [ɹ̥̃] ۶٪). هیچ موردی از وقوع [ɹ̥̃] در این جایگاه‌ها مشاهده نشد. در مقابل، بعد از واکه /i/، گونه [ɹ̥̃] بیشترین فراوانی را دارد (۵۳٪)، و فراوانی وقوع گونه‌های [ɹ̥̃] و [ɹ̥̃̃] در این جایگاه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کمتر از واکه‌های /a/، /u/ و /a/ است ([ɹ̥̃̃]: ۱۱٪ و [ɹ̥̃̃]: ۹٪). در این جایگاه، بعد از [ɹ̥̃̃]، [ɹ̥̃̃̃]، بیشترین فراوانی را دارد (۱۹٪). این نتایج نشان می‌دهند که /r/ در پایان واژه بعد از تمامی واکه‌ها، به‌غیر از /i/، به‌صورت لرزشی واکدار (فراوانی بیشتر)، یا ناسوده (فراوانی کمتر)، تولید می‌شود. بعد از /i/، /r/ به‌صورت [ɹ̥̃̃] (فراوانی بیشتر)، یا [ɹ̥̃̃̃] (فراوانی کمتر) تولید می‌شود، که

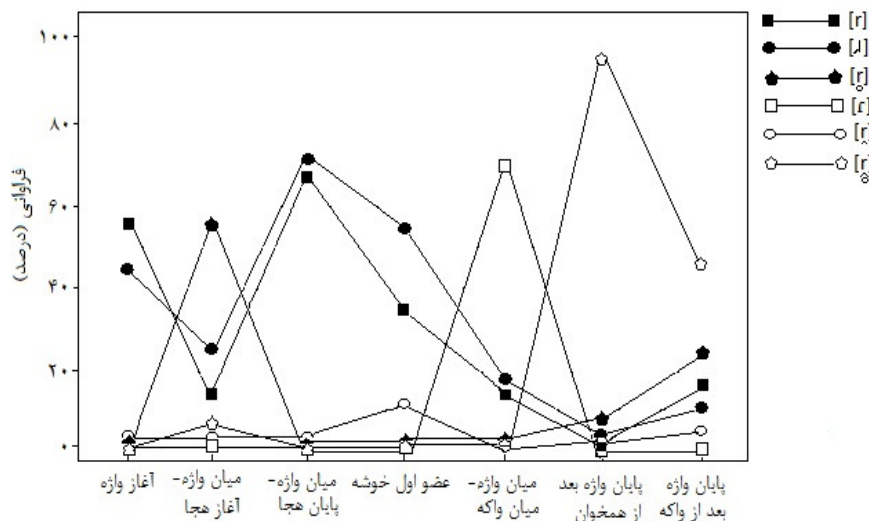
این تظاهر با گرایش‌های عام آوایی مطابقت دارد. در پایانِ پاره‌گفتار، بیشترین فراوانی بعد از واکه‌های پیش‌کامی /i/ و /a/ به گونه [ɪ]، و بعد از واکه‌های پس‌کامی /u/ و /a/ به گونه [ɪ] لرزشی بی‌واک تعلق دارد ([ɪ] به ترتیب بعد از /i/ و /a/؛ /a/ ۷۷٪ و /ɪ/ ۴۶٪؛ [ɪ] به ترتیب بعد از /u/ و /a/؛ /a/ ۶۳٪ و /ɪ/ ۵۴٪). هم‌چنین فراوانی گونه [ɪ] بعد از واکه‌های پیش‌کامی و [ɪ] بعد از واکه‌های پس‌کامی بیشتر از گونه‌های دیگر است (بعد از /i/؛ [ɪ] ۱۵٪، [ɪ] ۷٪، [ɪ] ۴٪ و [ɪ] ۲٪؛ بعد از /a/؛ [ɪ] ۲۳٪، [ɪ] ۳٪، [ɪ] ۱۷٪ و [ɪ] ۱۱٪؛ بعد از /u/؛ [ɪ] ۳٪، [ɪ] ۲۵٪ و [ɪ] ۹٪؛ بعد از /a/؛ [ɪ] ۹٪، [ɪ] ۲۷٪ و [ɪ] ۱٪).

این نتایج نشان می‌دهند که جایگاه نوایی /ɪ/ در سطح پاره‌گفتار، الگوی توزیع واج‌گونه‌ای آن را تا حد زیادی زیر تأثیر قرار می‌دهد. در میانِ پاره‌گفتار، یا یک گروه آهنگ<sup>۱</sup> گونه‌های واکدار [ɪ] و [ɪ] بیشترین فراوانی را دارند و فراوانی گونه‌های بی‌واک [ɪ] و [ɪ] در این جایگاه نوایی بسیار کم است. در مقابل، در پایانِ پاره‌گفتار، توزیع واج‌گونه‌های بی‌واک [ɪ] و [ɪ] به مراتب بیشتر از گونه‌های واکدار است. این تمایز در ثمره (۱۳۷۸) نادیده گرفته شده است. ثمره در اشاره به جایگاه پایانِ واژه، منظور خود را از جایگاه نوایی کلمات مشخص نکرده است. اگر منظور وی از پایانِ واژه، مرز پایانی منطبق بر پایانِ پاره‌گفتار باشد، این نتایج با یافته‌های ثمره تا حد زیادی مطابقت دارد. چون وی با تفکیک این جایگاه، با توجه به بافت واکه‌ای، تظاهر /ɪ/ را بعد از واکه‌های پیش‌کامی، سایشی و بعد از واکه‌های پس‌کامی، لرزشی بی‌واک دانسته است. اما اگر وی پایانِ واژه را مستقل از جایگاه نوایی در نظر گرفته باشد، این نتایج یافته‌های ثمره را تأیید نمی‌کنند.

۷. *پایانِ واژه بعد از همخوان:* در این جایگاه نیز رفتار واجی /ɪ/، به‌ویژه بعد از همخوان‌های واکدار، وابسته به جایگاه نوایی کلمات است. در میانِ پاره‌گفتار، توزیع واج‌گونه‌ای /ɪ/ تا حد زیادی تابعی از واکدار یا بی‌واک بودنِ همخوان قبل است. بعد از همخوان‌های بی‌واک، /ɪ/ با فراوانی بسیار زیادی به‌صورت سایشی بی‌واک تولید می‌شود (۸۹٪). در اندک مواردی نیز به‌صورت لرزشی بی‌واک تولید می‌شود (۱۱٪). هیچ موردی از وقوع گونه‌های دیگر در این جایگاه مشاهده نشد. بعد از همخوان‌های واکدار، /ɪ/ معمولاً به‌صورت سایشی واکدار (۴۳٪) یا لرزشی واکدار (۳۶٪) تولید می‌شود و فراوانی گونه‌های دیگر در این جایگاه بسیار کم است.

۱. هر پاره‌گفتار معمولاً ناظر بر یک گروه آهنگ در ساخت سلسله‌مراتبی نوای گفتار است.

تنوع واج‌گونه‌های /r/ در زبان فارسی...



شکل ۷. نمودار خطی فراوانی وقوع واج‌گونه‌های /r/ در جایگاه‌های هدف آزمایش. فراوانی‌ها مربوط به بافت‌های نوایی آغاز و پایان پاره‌گفتار، بافت واکه‌ای /a/ و بافت همخوانی بی‌واک است.

([r] ۶٪؛ [r̥] ۱۴٪؛ [r̄] ۲٪). در پایان پاره‌گفتار، بعد از تمامی همخوان‌ها، توزیع [r̄̄] بیشتر از گونه‌های دیگر است (بعد از همخوان‌های واکه‌دار: ۵۷٪ و بی‌واک: ۹۳٪). بعد از همخوان‌های واکه‌دار فراوانی [r̄̄] بعد از [r̄̄] بیشتر از سایر گونه‌ها است (۳۱٪). ولی بعد از همخوان‌های بی‌واک، فراوانی این گونه بسیار کم است (۷٪). گونه‌های دیگر در این جایگاه یا تظاهر آوایی ندارند و یا فراوانی آن‌ها بسیار کم است. این نتایج نشان می‌دهند که در این جایگاه، با تغییر جایگاه نوایی کلمات، توزیع گونه‌های بی‌واک و واکه‌دار سایشی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تغییر می‌کند.

شکل ۷ نمودار فراوانی وقوع واج‌گونه‌های /r/ در جایگاه‌های هدف را نشان می‌دهد. فراوانی‌ها، مربوطند به بافت‌های نوایی آغاز و پایان پاره‌گفتار، بافت واکه‌ای /a/ و بافت همخوانی بی‌واک. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، با در نظر گرفتن بافت‌های نوایی و آوایی مربوطه، [r̄̄] و [r̄̄] در بیشتر جایگاه‌ها تظاهر آوایی دارند، درحالی‌که توزیع گونه‌های دیگر بسیار محدودتر است. [r̄̄] بین دو واکه، [r̄̄] میان واژه در آغاز هجا و پایان واژه بعد از واکه، [r̄̄] میان واژه به‌عنوان عضو اول خوشه، [r̄̄] پایان واژه بعد از واکه و همخوان ظاهر می‌شوند و در جایگاه‌های دیگر یا تظاهر آوایی ندارند و یا فراوانی آن‌ها بسیار کم است.

#### ۴. نتیجه‌گیری و بحث

نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهند که واج‌گونه‌های اصلی /r/ در زبان فارسی [r] و [ɾ] هستند. این گونه‌ها در سطح وسیعی از بافت‌های واکهای و همخوانی و جایگاه‌های نوایی (سطح نوایی کلمه واجی: آغاز، میان و پایان واژه و سطح نوایی گروه آهنگ: آغاز و پایان پاره‌گفتار)، با فراوانی قابل‌ملاحظه‌ای تولید می‌شوند. تناوب این دو گونه با یک‌دیگر یک تناوب آزاد و وابسته به گویشور است، زیرا فراوانی آن‌ها در اغلب موارد به یک‌دیگر نزدیک است. علاوه بر [r] و [ɾ]، گونه‌های زنشی [ɹ]، لرزشی بی‌واک [ɹ̥]، سایشی واک‌دار [ɹ̥] و سایشی بی‌واک [ɹ̥̥] نیز در زبان فارسی تظاهر آوایی دارند ولی تولید آن‌ها تا حد زیادی وابسته به بافت آوایی و بافت نوایی (جایگاه واژه در سطح گروه آهنگ) گفتار است. [ɹ] بین دو واکه ظاهر می‌شود، که فراوانی آن در مجاورت واکه [i] تاحدی کمتر از واکه‌های دیگر است. [ɹ̥] بعد از همخوان‌های بی‌واک در میان واژه و یا بعد از واکه‌های پس‌کامی در پایان پاره‌گفتار (پایان واژه منطبق بر پایان پاره‌گفتار) ظاهر می‌شود. [ɹ̥̥] بعد از همخوان‌های بی‌واک در پایان واژه و یا بعد از واکه‌های پیش‌کامی در پایان پاره‌گفتار ظاهر می‌شود. براین‌اساس گونه‌های بی‌واک [ɹ̥̥] و [ɹ̥̥̥] در محیط‌هایی تظاهر می‌یابند که فشار جریان هوای زیرحنجره‌ای کم و احتمال توقف یا تضعیف تناوب چاکنایی زیاد است. [ɹ̥̥̥]، در میان تمامی گونه‌ها کمترین فراوانی را دارد. این گونه فقط در پایان واژه بعد از همخوان، تظاهر قابل‌ملاحظه‌ای دارد.

#### منابع

- ثمره، یدالله (۱۳۷۸). *آواشناسی زبان فارسی: آواها و ساخت آوایی هجاها*. مرکز نشر دانشگاهی، ویرایش دوم.
- Barry, W. J. (1997). "Another R-tickle". *Journal of the International Phonetic Association*, 27 (1-2), 35-45.
- Canfield, D. L. (1981). *Spanish pronunciation in the Americas*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Catford, J. C. (1977). *Fundamental problems in phonetics*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
- Docherty, J. & Foulkes, P. (2000). Variation in (r) production: instrumental perspective. *Etudes et Travaux*, 4, 173-184.
- Jime'nez, B. C. (1987). "Acquisition of Spanish consonants in children aged 3-5, 7 months". *American Speech and Hearing Association*, 18, 357-363.
- Ladefoged, P. & I. Maddieson (1996). *The sounds of the world's languages*. Oxford: Blackwell.
- Li, F. K. (1997). *A handbook of comparative Tai*. Hawaii: The University Press of Hawaii.
- Lindau, M. (1985). "The story of 'r'". *Phonetic linguistics*, 34, 157-168.

- Maddieson, I. (1984). *Patterns of sounds*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McGowan, R. S. (1992). "Tongue-tip trills and vocal tract wall compliance." *Journal of the Acoustical Society of America*, 91 (5), 2903–2910.
- Ohala, J. J. (1983). "The origin of sound patterns in vocal tract constraints". In *The production of speech*. (P. F. MacNeilage, editor), 189–216. New York: Springer-Verlag.
- Recasens, D. & M. D. Pallares (1999). "A study of /N/ and /r/ in the light of the 'DAC' co-articulation model". *Journal of Phonetics*, 27 (2), 143–169.
- Ruhlen, M. (1975). *A guide to the languages of the world*. Language Universals Project, Stanford University.
- Sole', M. J. (1998). "Phonological universals: trilling, voicing and frication". *Proceedings of the Berkeley linguistics society*, 403–416. Berkeley: University of California.
- Sole', M. J. (2002). "Assimilatory processes and aerodynamic factors". *Papers in Laboratory Phonology*, VII (C. Gussenhoven & N. Warner, editors), 351–386. Berlin: de Gruyter.
- Spajic, S. & P. Ladefoged & P. Bhaskararao (1996). "The trills of Toda". *Journal of the International Phonetic Association*, 26 (1), 1–21.
- Stark, R. A. (1980). "Stages of speech development in the first year of life". *Child phonology*, 1: production, New York: Academic Press.
- Stevens, K. N. (1998). *Acoustic phonetics*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Vihman, M. (1996). *Phonological development*. Cambridge, MA: Blackwell.
- Westbury, J. R. & P. A. Keating (1986). "On the naturalness of stop consonant voicing". *Journal of Linguistics*, 22, 145–166.
- Zlotchew, C. M. (1974). "The transformation of the multiple vibrant to the fricative velar in the Spanish of Puerto Rico". *Orbis*, 23, 81–84.

