پژوهش‌های زبانی، دورهٔ ۳، شمارهٔ ۲، پاییز و زمستان ۱۳۹۱

همگونی محل تولید خیشومی تیغه‌ای در زبان فارسی: فرایندی مقوله‌ای یا مدرج؟[۱]

وحید صادقی[۲]
استادیار گروه زبان انگلیسی دانشگاه بین المللی امام خمینی

(از ص ۵۷ تا ۷۵)
تاریخ دریافت مقاله ۹۱/۲/۲۰
تاریخ پذیرش قطعی:۹۱/ ۶/۱

چکیده

این مقاله به بررسی آزمایشگاهی همگونی محل تولید همخوان خیشومی تیغه‌ای /n/ با همخوان انسدادی لبی بعد در دو مرز هجایی و واژگانی می‌پردازد. مقادیر فرکانس‌های دوّم و سوّم در سه ناحیه مرکز واکه، پایان واکه و محدوده بست خیشومی توالی‌های آوایی Vnb و Vmb که از کلمات طبیعی زبان فارسی استخراج شده بودند محاسبه شده و با یکدیگر مقایسه شدند. فرکانس همین سازه‌ها در کلمات مختوم به خیشومی تیغه‌ای /n/ در بافت مجزا بدون حضور انسدادی لبی /b/ محاسبه شدند تا مبنای مقایسه با صورت‌های همگون‌شده قرار بگیرند. نتایج نشان داد مقادیر فرکانس‌ها برای توالی‌های مورد نظر در مرز هجایی اختلاف معناداری ندارند که نشان می‌دهد الگوی تیغه‌ای به طور کامل با الگوی لبی مجاور همپوشی می‌یابد یا فعالیت آن توسط الگوی لبی پوشیده می‌شود ولی در مرز واژگانی، مقادیر فرکانس دوم در پایان واکه و محدوده بست خیشومی توالی‌های Vnb و Vmb با یکدیگر به طور معناداری متفاوت است که نشان می‌دهد هر دو الگوی تیغه‌ای و لبی به هنگام تولید خیشومی تیغه‌ای /n/ در Vnb فعال می‌شوند. بر این اساس، همگونی خیشومی تیغه‌ای با همخوان انسدادی لبی در زبان فارسی فرایند مدرجی است که میزان آن در مرز هجا قوی و در مرز واژه در حد متوسط است. این نتایج نظریه واجشناسی تولیدی را در مورد همگونی تأیید می‌کند که بر اساس آن همگونی محل تولید همخوان‌ها لزوماً به معنای تغییر الگوی ساختاری بازنمود واجی نیست بلکه حاصل تعامل پیوسته اندام-های گویایی و تغییر در زمان‌بندی فعالیت الگوهای تولیدی است.

واژه‌های کلیدی: همگونی، مدرج، واجشناسی تولیدی، مرز هجایی و واژگانی، بست خیشومی

---

[۱].این پژوهش با استفاده از اعتبار پژوهشی دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره) با شماره حمایت ۹۲-۳۸۶۰۰۲ حمایت شده است.

[۲].نشانی پست الکترونیکی نویسندهٔ مسئول: vsadeghi5603@gmail.com

۱- مقدّمه

یکی از فرایندهای رایج در زبان‌ها همگونی محل تولید خیشومی لثوی /n/ با محل تولید همخوان لبی یا نرم‌کامی بعد از خود است. این فرایند مستقل از ساختار نوایی زنجیره آوایی مورد نظر است به طوری که /n/ در هر سطح نوایی هم‌مرز با همخوان بعد از خود اعم از هجا، کلمه واجی، یا گروه واجی از مشخصه محل تولید آن تاثیر می‌پذیرد. به علاوه، این تاثیرپذیری مستقل از مشخصه محل تولید همخوان مجاور است. یعنی / n / صرف نظر از این که نحوه تولید همخوان بعد انفجاری، سایشی یا رسا باشد، مشخصه محل تولید آن را می‌پذیرد (موهانن ۱۹۹۳: ۸۳).

همگونی خیشومی لثوی با محل تولید همخوان بعد از خود یک گرایش عام واج‌شناختی است. این فرایند در بسیاری از زبان‌ها از جمله زبان انگلیسی (موهانن ۱۹۹۳: ۸۳)، لیتوانی (کنستوویچ ۱۹۹۴: ۵۴)، کاتالان (کیم ۱۹۹۵؛ نقل از بی‌جن‌خان ۱۳۸۴)، ژاپنی و یوروبا (دوراند و کاتامبا ۱۹۹۵) و فارسی (کرد زعفرانلو ۱۳۷۹؛ بی‌جن-خان ۱۳۸۴) مشاهده می‌شود در حالی که خیشومی‌های غیرتیغه‌ای به‌ندرت در همگونی با محل تولید سایر همخوان‌ها شرکت می‌کنند.

یک سؤال اساسی در رابطه با همگونی محل تولید خیشومی لثوی /n/ با محل تولید همخوان‌های بعد، میزان همگونی یا همپوشی الگوهای تولیدی مربوطه است. فرضیه اوّل، قائل به مقوله‌ای بودن فرایند همگونی است که طی آن محل تولید یک همخوان به طور کامل و به میزان ۱۰۰ درصد با محل تولید همخوان دیگر همگون می-شود. این فرضیه، اساساً مبتنی بر نظریه‌های واجشناسی زایشی است که در آنها تغییرات آوایی به گونه‌ای صورت‌بندی می‌شوند که برون‌داد مربوطه در بازنمود آوایی تنها شامل مقادیر دوارزشی، مقوله‌ای و ناپیوسته است (آوری و رایس ۱۹۸۹: ۱۸۸؛ پارادیس و پرونت ۱۹۸۹: ۳۱۹). پیامد آکوستیکی این فرضیه این است که برون‌داد آوایی توالیِ همگون‌شده فاقد نشانه‌های آکوستیکی لازم برای بازشناسی صورت زیرساختی است و آنچه باعث می‌شود شنونده، توالی آوایی مورد نظر را به صورت الگوی زیرساختی‌شان درک کند بافت زبانی و دانش زبانی مربوط به الگوهای واجی، واجگونه‌ای و واج‌آرایی است (اُهالا ۱۹۹۰: ۲۶۴؛ مارسلن- ویلسن و دیگران ۱۹۹۵: ۲۹۱؛ جون ۱۹۹۶: ۳۸۹). گسکل و مارسلن- ویلسن (۱۹۹۸: ۳۹۱، ۲۰۰۱: ۳۴۵) و گسکل (۲۰۰۳: ۴۵۰) در آزمایش‌های شنیداری جداگانه نشان داده‌اند که در صورت حذف بافت زبانی در توالی-

های همگون‌شده، صورت زیرساختی عنصر همگون‌شده توسط شنونده قابل بازیابی نیست. به طور مثال در صورت همگونی /n/ در کلماتی مانند /been/ با همخوان لبی واقع در آغاز کلمه بعد و تولید صورت همگون‌شده [beem]، شنونده تنها زمانی به صورت تیغه‌ای دسترسی دارد که بافت زبانی به نفع این صورت سوگیری واژگانی ایجاد کند. اگر بافت زبانی در رابطه با صورت‌های /been/ و /beem/ خنثی عمل کند، هر دو صورت به یک اندازه توسط شنونده قابل دسترسی خواهند بود.

فرضیه دوّم قائل به مدرج یا پیوسته بودن فرایند همگونی است به این صورت که محل تولید یک همخوان به صورت پیوستاری از درجات مختلف از عدم تغییر تا تغییر کامل با محل تولید همخوان مجاور همگون می‌شود. این فرضیه مبتنی بر نظریه-های واجشناسی تولیدی است که بر اساس آنها آنچه در اصل باعث همگونی محل تولید همخوان‌ها می‌شود تغییر در زمان‌بندی فعالیت الگوهای تولیدی به صورت همزمانی الگوها یا کاهش مدت زمان یا سطح فعالیت یک الگوی تولیدی و افزایش فعالیت الگوی دیگر است (برومن و گلداشتاین ۱۹۸۹: ۲۰۴؛ ۱۹۹۰: ۳۶۳؛ بری ۱۹۹۲: ۳۹۵). همپوشی الگوهای تولیدی لزوماً به معنای تغییر الگوی ساختاری بازنمود واجی نیست، بلکه حاصل تعامل طبیعی و پیوسته الگوهای تولیدی دستگاه گفتار است که باعث می-شود عناصر زنجیره‌ای در توالی‌های مربوطه به صورت پیوستاری از درجات مختلف با یکدیگر همپوشی داشته باشند. برخی شواهد آکوستیکی- شنیداری این فرضیه را تایید کرده است. برومن و گلداشتاین (۱۹۹۰) در بررسی الگوی تولیدی- آکوستیکی همخوان‌های تیغه‌ای همگون‌شده با همخوان‌های مجاور به این نتیجه رسیدند که الگوی تیغه‌ای به هنگام تولید توالی‌های /nb/ یا /nk/ حذف نمی‌شود بلکه توسط الگوی تولیدی همخوان مجاور پوشیده می‌شود. بِرد (۱۹۹۲) با بازسازی الگوهای تولیدی دارای همپوشی در یک آزمایش شنیداری نشان داد که درک همگونی محل تولید تابعی از همزمان شدن فعالیت الگوهای تولیدی است. جون (۱۹۹۶) نیز در آزمایشی مشابه، با بازسازی زمان‌بندی فعالیت الگوهای تولیدی به نسبت‌های زمانی مختلف طی گام‌های متفاوت به این نتیجه رسید که درک همگونی تا حد زیادی وابسته به همپوشی الگوها به صورت کاهش فعالیت یک الگوی تولیدی و افزایش فعالیت الگوی دیگر است. نتایج آزمایش‌های گوو (۲۰۰۰، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) و گوو و زُل (۲۰۰۲) نشان داده است که در توالی‌های شامل خیشومی تیغه‌ای و همخوان‌های غیرتیغه‌ای، شنونده نشانه‌های

آکوستیکی خیشومی تیغه‌ای را که ترکیبی از نشانه‌های محل تولید همخوان تیغه‌ای و همخوان غیرتیغه‌ای بعد است از یکدیگر متمایز کرده و هر یک را جداگانه به عناصر واجی مربوطه در بازنمود زیرساختی می‌نگارد. آنها (همان) بر اساس این نتایج چنین بحث کرده‌اند که الگوی تولیدی زیرساختی عنصر همگون‌شده در برون‌داد آوایی حذف نمی‌شود بلکه توسط محل تولید همخوان مجاور پنهان شده یا میزان فعالیت آن نسبت به الگوی تولیدی همخوان مجاور کاهش می‌یابد که پیامد آکوستیکی این وضعیت حضور همزمان نشانه‌های آکوستیکی محل تولید عنصر همگون‌شده و همخوان مجاور است. بنابراین، پیش‌بینی این فرضیه این است که در صورت حذف بافت زبانی هویت زیرساختی عنصر همگون‌شده از طریق نشانه‌های آکوستیکی در فضای آوایی قابل شناسایی است.

این تحقیق با مطالعه آزمایشگاهی میزان لبی‌شدگی خیشومی لثوی /n/ در زبان فارسی، میزان صحت و اعتبار فرضیات واجی مربوطه را مورد ارزیابی قرار می‌دهد. با توجه به فرضیات مطرح‌شده در صورت عدم وجود تفاوت‌های آکوستیکی معنادار بین همخوان‌های تیغه‌ای لبی‌شده و همخوان‌های لبی (دارای صورت زیرساختی لبی) فرضیه اول که ناظر بر مقوله‌ای بودن همگونی محل تولید است، تأیید می‌شود. در این حالت، فرض بر آن است که شنونده فارسی، این صورت‌ها را تنها از طریق بافت زبانی از یکدیگر متمایز می‌کند. اما در صورت وجود تفاوت‌های آکوستیکی معنادار بین صورت‌های مورد نظر، فرضیه دوم که ناظر بر پیوسته بودن همگونی محل تولید است، تأیید می‌شود. در این حالت، فرض بر آن است شنونده از تمامی تفاوت‌های آکوستیکی موجود برای بازشناسی کلمه بهره‌برداری می‌کند.

۲-روش تحقیق: آزمایشگاهی

۲-۱- داده ها و شرکت‌کنندگان

دو دسته کلمه طبیعی زبان فارسی شامل توالی‌های آوایی Vnb و Vmb به عنوان داده-های آزمایش انتخاب شدند. دسته اول، جفت‌کلمه‌هایی با ساخت هجایی CVN.bVC (N= یک همخوان خیشومی) بودند به طوری که N در عضو اول هر جفت کلمه، خیشومی لثوی /n/ و در عضو دوم، خیشومی لبی /m/ بود. به ازای هر یک از شش واکه

زبان فارسی، یک کلمه شامل توالی Vn.b و یک کلمه شامل توالیVm.b انتخاب شدند. این کلمات جفت کمینه نبودند ولی طوری انتخاب شدند که زنجیره آوایی VC و به ویژه V در پایان کلمات با یکدیگر یکسان باشد (مثال: انبوه/کمبود). بر این اساس توالی‌های آواییِ هدفِ این جفت‌کلمات، Vn.b و Vm.b بودند که در آنها همخوان‌های خیشومی در مرز هجایی با همخوان انسدادی واکدار /b/ قرار داشتند. این کلمات سپس درون جمله حامل «او ... گفت» در جایگاه تکیه زیروبمی قرار داده شدند. دسته دوّم، جفت‌کلمه‌های مختوم به همخوان خیشومی N با ساخت هجایی CVN یا CV(C).bVN بودند که مانند دسته اوّل، N در عضو اوّل هر جفت کلمه، خیشومی لثوی /n/ و در عضو دوم، خیشومی لبی /m/ بود. برای این دسته نیز به ازای هر یک از شش واکه زبان فارسی، یک کلمه مختوم به /n/ و یک کلمه مختوم به /m/ با بیشترین شباهت زنجیره‌ای ممکن انتخاب شدند (مثال: حسام/نیسان). کلمات، سپس درون جمله حامل «او گفت ... برای چی؟» که در آن کلمه هدف قبل از کلمه «برای» که با همخوان انسدادی واکدار /b/ شروع می‌شد، قرار داده شدند. بر این اساس، توالی‌های آواییِ هدفِ این جفت‌کلمات، Vn#b و Vm#b بودند که در آنها همخوان‌های خیشومی در مرز واژگانی با همخوان انسدادی واکدار /b/ قرار داشتند. جایگاه این کلمات نیز مانند کلمات دسته اوّل، غیرآغازی و غیرپایانی در نظر گرفته شد تا اثر بافت نوایی بر عناصر زنجیره‌ای توالی‌های هدف به حداقل میزان ممکن برسد.

۱۶ نفر، شامل ۸ مرد و ۸ زن با گویش فارسی معیار بدون آشنایی با دانش زبان‌شناسی با دامنه سنی ۱۹ تا ۳۶ سال در این آزمایش شرکت کردند. جملات دسته اول و دوم (هر یک شامل ۱۲ جمله) در دو نوبت جداگانه به شرکت‌کنندگان ارائه و از آنها خواسته شد هر جمله را سه بار متوالی به صورت طبیعی، محاوره‌ای و نسبتاً سریع تولید کنند به طوری که گویی آنها را در یک گفتگوی طبیعی به کار می‌برند. برای آن که توجه شرکت‌کنندگان به توالی‌های آوایی مکرر کلمات هدف معطوف نشود، ۱۲ جمله انحرافی با طول یکسان و الگوی نواییِ مشابه جملات اصلی ساخته و به شرکت-کنندگان ارائه شد. روش ارائه جملات نیمه‌تصادفی بود طوری که هیچ‌گاه توالی‌های آوایی با واکه‌های یکسان و همچنین دو جمله هدف یا دو جمله انحرافی به طور متوالی در کنار یکدیگر قرار نگرفتند.

پس از تهیه داده‌های آزمایش، در مرحله‌ای دیگر معادل انسدادی کلمات هدفِ دسته دوم با حضور انسدادی‌های واکدار /b/ و /d/ در جایگاه پایان کلمه به ترتیب به جای خیشومی‌های /m/ و /n/ از بین کلمات طبیعی زبان فارسی انتخاب شدند. در مواردی که معادل انسدادی کلمات وجود نداشت، معادل بی‌معنی آنها با جایگزین کردن /b/ و /d/ به جای /m/ و /n/ ساخته شدند (مثال: حسام، نیسان، حساب، حساد). سپس، کلمات هدف، یعنی کلمات مختوم به خیشومی‌های /m/ و /n/ همراه با معادل انسدادی آنها درون جمله حامل «او ... گفت» به شرکت کنندگان ارائه و از آنها خواسته شد جملات را تولید کنند. این مرحله از آزمایش دو هدف مهم را دنبال می‌کرد: یکی این که کلمات هدفِ مختوم به همخوان‌های خیشومی در بافت مجزا و فاقد محرک‌های همگونی در مقایسه با بافت طبیعیِ مرحله اوّل آزمایش قرار بگیرند تا با در نظر گرفتن همبسته‌های آکوستیکی همخوان‌های خیشومی در این بافت به عنوان الگوی آوایی مرجع آنها، درباره میزان همگونی آنها در بافت طبیعیِ مرحله اوّل آزمایش قضاوت کنیم. دیگر آن که با مقایسه کلمات هدف با کلمات مختوم به انسدادی‌های /b/ و /d/، سازه-های حفره خیشوم، شناسایی و از سازه‌های اصلی به هنگام اندازه‌گیری فرکانس‌ها متمایز گردند.

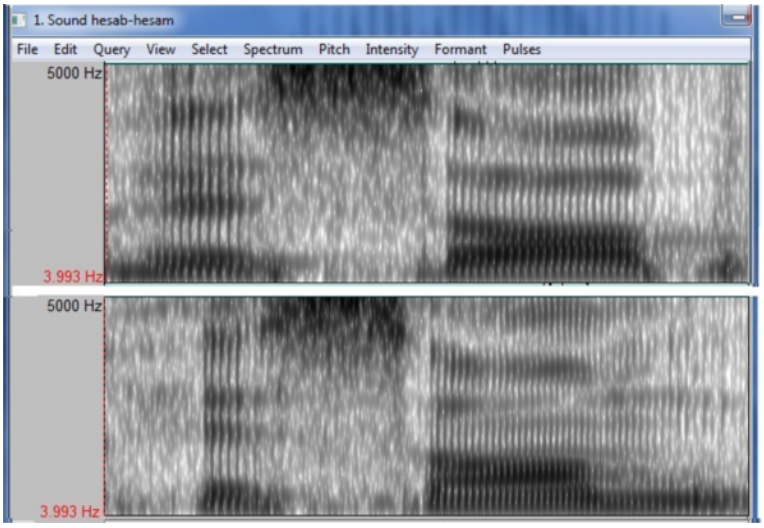
۲-۲- تحلیل آوایی داده‌ها

تحلیل آوایی داده‌ها بر مبنای اندازه‌گیری فرکانس سازه‌ها در محدوده‌های هدفِ توالی-های Vnb و Vmb انجام شد. برای اندازه‌گیری فرکانس سازه‌ها در تمامی محرک‌های هدف از نرم‌افزار praat ویرایش ۵/۱/۳۲ استفاده شد. در اندازه‌گیری فرکانس سازه‌ها از روش تبدیل سریع فوریه (FFT) با پنجره همینگ[1] با اندازه تبدیل فوریه برابر با طول یک تناوب چاکنایی استفاده شد. هر پنجرهِ FFT طوری روی سیگنال آوایی قرار داده شد که لبه سمت چپ پنجره، مقارن با شروع مرحله بسته تناوب چاکنایی باشد. محدوده‌های هدفِ اندازه‌گیری در این تحقیق، محدوده گذر از واکه به همخوان خیشومی در توالی‌های Vn.b /Vm.b و Vn#b/Vm#b است که طی آن اندام‌های گویایی به سرعت جابجا شده و فرکانس سازه‌ها در طول تناوب‌های چاکنایی به طور

[1]. Hamming

قابل‌ملاحظه‌ای تغییر می‌کنند. برای هر توالی .VN یا #VN، فرکانس سازه‌های دوّم و سوّم (F2 و F3) در دو ناحیه، یکی مرکز و دیگری پایان واکه محاسبه شد. مرکز واکه به عنوان نزدیکترین تناوب چاکناییِ کامل به نقطه زمانی میان لحظه شکل‌گیری سازه‌ها و لحظه شروع ناپیوستگیِ بست خیشومی در نظر گرفته شد. ناپیوستگیِ بست خیشومی از طریق تغییر شکل ناگهانی شکل موج یا کاهش ناگهانی دامنه طیف‌نگاشت تشخیص داده شد. بر این اساس، پایان واکه به عنوان نزدیکترین تناوب چاکناییِ کامل پیش از بست خیشومی در نظر گرفته شد.

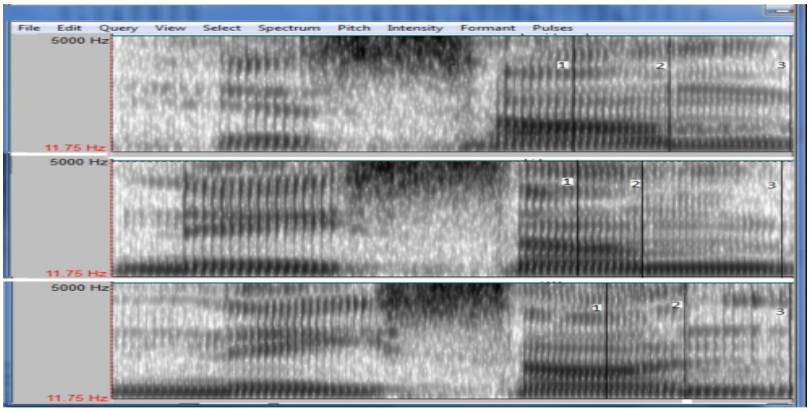
در موارد اندکی که فرکانس F3 در این تناوب چاکنایی قابل تشخیص نبود، نزدیکترین تناوب چاکناییِ قبل از آن که در آن F3 قابل مشاهده بود به عنوان پایان واکه در نظر گرفته شد. فرکانس سازه‌های F1 و F4 هر یک به دلایل جداگانه اندازه گیری نشدند. F1 مطابق با نتایج مطالعات انجام‌شده (دلاتِره و دیگران ۱۹۹۵: ۷۷۲) نشانه مناسبی برای محل تولید نیست.



شکل ۱: طیف‌نگاشت کلمات «حساب» (بالا) و «حسام» (پایین) به ترتیب از پاره‌گفتارهای «او حساب گفت» و «او حسام گفت»

F4 نیز به دلیل افت قابل‌ملاحظه شدت انرژی فرکانس‌های بالا به‌خوبی قابل تشخیص نیست. علاوه بر این، الگوی تغییرات فرکانس F4 به صورت تابعی از محل تولید همخوان بعد، بر خلاف سازه‌های F2 و F3 ، نامنظم و تا حد زیادی وابسته به گویشور است (دلاتِره و دیگران ۱۹۹۵: ۷۷۲؛ استیونز ۲۰۰۰).

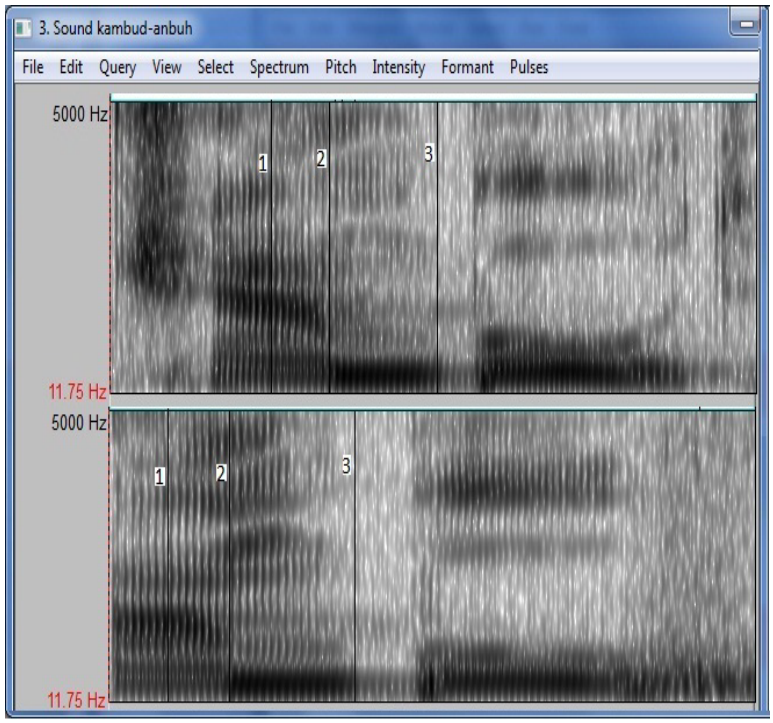
مقادیر به دست آمده از محاسبه فرکانس سازه‌ها در کلمات مختوم به انسدادی‌های /b/ و /d/ برای تشخیص فرکانس‌های حفره خیشوم از فرکانس‌های اصلی در کلمات هدف مورد استفاده قرار گرفتند. شکل ۱ طیف‌نگاشت کلمات «حساب» (بالا) و «حسام» (پایین) به ترتیب از پاره‌گفتارهای «او حساب گفت» و «او حسام گفت» را نشان می‌دهد. در طیف‌نگاشت «حسام»، در فرکانس حدود ۸۰۰ هرتزِ واکهِ [A] یک سازه فرکانسی مشاهده می‌شود که در طیف‌نگاشتِ معادل انسدادی آن حضور ندارد. حضور این سازه فرکانسی در محدوده واکه [A] از کلمه «حسام» و عدم حضور آن در واکه [A] از کلمه «حساب» نشان می‌دهد که این سازه، فرکانس حفره خیشوم است (اولین فرکانس حفره خیشوم) و در اندازه‌گیری فرکانس سازه‌های کلمات هدف نباید محاسبه گردد.علاوه بر محاسبه فرکانس سازه‌های F2 و F3 در مرکز و پایان واکه، فرکانس این سازه‌ها در طول محدوده بست خیشومی برای توالی‌های VN.b و VN#b و همچنین کلمات مختوم به همخوان‌های خیشومی در بافت مجزا محاسبه شد. برای این منظور، محدوده بست خیشومی برابر با فاصله بین ناپیوستگی ناشی از ایجاد بست خیشومی و ناپیوستگی ناشی از شروع واکه بعد در نظر گرفته شد. پس از تعیین این محدوده، طیف فرکانسی FFT میانگین طول محدوده بست خیشومی با همان اندازه پنجره برابر با طول یک تناوب چاکنایی، محاسبه و از روی این طیف، فرکانس قله‌های F2 و F3 اندازه‌گیری شدند.



شکل ۲: طیف‌نگاشت کلمات «حسام» از پاره گفتار «حسام برای چی؟» (شکل بالا)؛ «نیسان» از پاره-گفتار«نیسان برای چی؟» (شکل وسط) و« نیسان» از پاره‌گفتار یک‌کلمه‌ای «نیسان» (شکل پایین). نقاط اندازه‌گیری ۱، ۲ و ۳ به ترتیب مرکز واکه، لحظه شروع و پایان بست خیشومی را نشان می‌دهند.

بر این اساس، پارامترهای آواییِ اندازه‌گیری‌شده عبارتند از: ۱) فرکانس F2 و F3 در مرکز واکه ($F2_{mid}$، $F3_{mid}$)؛ ۲) فرکانس F2 و F3 در پایان واکه ($F2_{off}$، $F3_{off}$)؛ ۳) فرکانس F2 و F3 در طیف فرکانسی میانگین بست خیشومی ($F2_N$، $F3_N$).

وضعیت هندسی گذر سازه‌ها به هنگام تولید همخوان‌های لبی و تیغه‌ای در بافت VC با یکدیگر متفاوت است. برای همخوان‌های لبی، تغییرات فرکانس‌های F2 و F3 به صورت تراز یا نزولی با شیب کم است ولی برای همخوان‌های تیغه‌ای، الگوی گذر F2 بسته به پیشین یا پسین بودن واکه قبل متفاوت است که برای واکه‌های پیشین، تراز یا نزولی با شیب کم و برای واکه‌های پسین، صعودی با شیب زیاد است و الگوی گذر F3 برای تمامی واکه‌ها تراز یا نزولی با شیب کم است.



شکل ۳: طیف‌نگاشت کلمات «کمبود» از پاره‌گفتار «او کمبود گفت» (شکل بالا) و «انبوه» از پاره‌گفتار «او انبوه گفت» (شکل پایین). نقاط اندازه‌گیری ۱، ۲ و ۳ به ترتیب مرکز واکه، لحظه شروع و پایان بست خیشومی را نشان می‌دهند.

بر این اساس، انتظار می‌رود در صورت همگونی کامل /n/ با /b/ در توالی‌های VN.b یا VN#n الگوی تغییرات فرکانس سازه‌ها برای /n/ در Vn.bیا Vn#b مشابه /m/ در

Vm.b یا Vm#b باشد یا با توجه به پارامترهای تعیین شده، مقادیر فرکانس سازه‌های F2 و F3 در پایان واکه یا محدوده بست خیشومی برای /n/ و /m/ در توالی‌های مورد نظر، تفاوت معناداری با یکدیگر نداشته باشند. در مقابل، در صورت همگونی ضعیف یا همپوشی نسبی /n/ با /b/ در توالی‌های VN.b یا VN#b انتظار می‌رود الگوی گذر سازه‌ها و مقادیر پارامترهای مزبور برای /n/ در Vn.b یا Vn#b با /m/ در Vm.bیا Vm#b به طور معناداری متفاوت باشد.

شکل ۲ طیف‌نگاشت کلمات «حسام» از پاره‌گفتار «حسام برای چی؟ » (شکل بالا)؛ «نیسان» از پاره‌گفتار«نیسان برای چی؟ » (شکل وسط) و «نیسان» از پاره‌گفتار یک‌کلمه‌ای «نیسان (شکل پایین) و شکل ۳ طیف‌نگاشت کلمات» کمبود «از پاره‌گفتار او کمبود گفت» (شکل بالا) و «انبوه» از پاره‌گفتار «او انبوه گفت» (شکل پایین) تولید شده توسط یکی از شرکت‌کنندگان آزمایش را نشان می‌دهد. نقاط اندازه‌گیری با خطوط عمودی بر روی طیف‌نگاشت مشخص شده‌اند. نقطه اندازه‌گیری ۱، مرکز واکه؛ نقطه اندازه‌گیری ۲، لحظه ایجاد بست خیشومی و نقطه اندازه‌گیری ۳، پایان محدوده بست خیشومی را نشان می‌دهد. شکل ۲، شامل توالی‌های ɑm.b (بالا)، ɑn.b (وسط) و ɑn (پایین) با حضور خیشومی تیغه‌ای /n/ در مرز واژگانی با انسدادی لبی /b/ و شکل ۳، شامل توالی‌های ɑm.b (بالا) و ɑn.b (پایین) با حضور خیشومی تیغه‌ای /n/ در مرز هجایی با انسدادی لبی /b/ است. به طوری که در شکل ۲ مشاهده می‌شود مسیر حرکت فرکانس سازه دوم [ɑ] بین نقاط ۱ و ۲ یعنی از مرکز تا پایان واکه برای توالی ɑm#b در شکل بالا، نزولی با شیب کم و برای توالی #ɑn در شکل پایین، صعودی با شیب زیاد است که نشان می‌دهد در تولید همخوان خیشومی در توالی ɑm#b یک الگوی لبی و در توالی #ɑn یک الگوی تیغه‌ای فعال بوده است. ولی شکل هندسی گذر فرکانس F2 برای توالی ɑn#b در شکل وسط نه همانند ɑm#b در شکل بالا، نزولی با شیب کم و نه مانند #ɑn در شکل پایین، صعودی با شیب زیاد است، بلکه در یک حد میانی یا بینابینی (صعودی با شیب کم) است که نشان می‌دهد در تولید همخوان خیشومی در توالی ɑn#b هر دو الگوی لبی و تیغه‌ای به طور هم‌زمان فعال بوده‌اند. به عبارت دیگر، اگرچه در تولید این توالی، /n/ با /b/ همگون شده، ولی میزان همگونی،

کامل نیست و بنابراین، نمی‌توان گفت که /n/ در این توالی به طور کامل به /m/ تبدیل شده است. آنچه در تولید این توالی رخ داده این است که فعالیت الگوی تیغه‌ای برای /n/ با الگوی لبی همخوان بعد تا حدی همزمان شده است که نتیجه آن همگونی نسبی /n/ با /b/ در توالی مزبور است. در شکل ۳، وضعیت، متفاوت است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود الگوی گذر فرکانس سازه دوم برای [n] در توالی ɑn.b همانند [m] در توالی ɑm.b نزولی با شیب کم است که نشان می‌دهد در تولید همخوان خیشومی در توالی ɑn.b مانند توالی ɑm.b یک الگوی لبی فعال بوده است. این مسئله نشان می‌دهد در تولید این توالی /n/ با /b/ به طور کامل همپوشی داشته است. مشاهده دیداری طیف‌نگاشت‌های جمع‌آوری شده نشان داد الگوی گذر فرکانس سازه دوّم برای خیشومی تیغه‌ایِ همگون‌شده با همخوان لبی در Vn#b در بسیاری از موارد با خیشومی لبیِ /m/ در Vm#b و خیشومی تیغه‌ایِ /n/ در #ɑn متفاوت است که نشان می‌دهد لبی‌شدگی خیشومی تیغه‌ای /n/ در مرز واژگانی، نسبی و مدرج است. مشاهدات، همچنین نشان داد الگوی گذر فرکانس سازه دوم برای /n/ در Vn.b در بیشتر موارد، بسیار شبیه به /m/ در ɑm.b است که نشان می‌دهد /n/ در مرز هجا به طور کامل با همخوان لبیِ بعد همگون می‌شود.

۳-۲ تحلیل آماری داده‌ها و نتایج

برای بررسی میزان اعتبار مشاهدات فوق، چندین آزمون تحلیل واریانس دوعامله به منظور مقایسه میانگین پارامترهای $F2_{mid}$، $F2_{off}$، $F3_{mid}$، $F3_{off}$، $F2_N$ و $F3_N$ به طور جداگانه برای هر بافت واکه‌ای انجام شد. در هر آزمون، توالی‌های Vmb / Vnb (شامل توالی‌های Vm.b / Vn.b و Vm#b / Vn#b) و گویشور به عنوان عوامل مستقل و یکی از پارامترها به عنوان عامل وابسته انتخاب شدند. نتایج آزمون‌ها در جداول ۱ تا ۴ نشان داده شده‌اند. در این جداول، هر ستون، پارامتر آواییِ اندازه‌گیری‌شده و هر سطر، بافت واکه‌ای را نشان می‌دهد. مقادیر پر رنگ که زیر آنها خط کشیده شده است در سطح $\rho<0.01$ با یکدیگر تفاوت معنادار دارند، که مقدار پارامتر مورد نظر برای خیشومی تیغه‌ای بیشتر از جفت لبی است.

جدول ۱: میانگین فرکانس F2 در مرکز واکه، پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای خیشومی‌های تیغه‌ای و لبی در مرز هجایی با انسدادی لبی /b/. مقادیری که به صورت پررنگ نشان داده شده و زیر آنها خط کشیده شده است، در سطح $\rho<0.01$ با یکدیگر تفاوت معنادار دارند.

مرز هجایی	F2 (میان واکه)		F2 (پایان واکه)		F2 (بست خیشومی)	
بافت واکه ای	تیغه ای	لبی	تیغه ای	لبی	تیغه ای	لبی
iNb	۲۳۶۹	۲۳۴۹	۲۱۵۶	۲۱۳۴	۱۵۲۳	۱۴۸۹
eNb	۲۰۸۸	۲۰۵۱	۱۹۱۸	۱۸۸۷	۱۴۵۸	۱۵۰۷
aNb	۱۴۹۱	۱۴۶۳	**۱۲۷۴**	**۱۱۵۸**	**۱۲۴۹**	**۱۰۷۱**
uNb	۸۴۹	۸۲۶	۸۳۰	۸۴۷	۸۱۱	۸۲۸
oNb	۸۶۶	۸۸۷	۹۱۹	۸۸۴	۸۷۵	۸۶۷
aNb	۱۰۷۳	۱۰۸۵	۱۰۶۸	۱۰۷۹	۱۰۸۳	۱۰۹۷

جدول ۲: میانگین فرکانس F3 در مرکز واکه، پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای خیشومی‌های تیغه‌ای و لبی در مرز هجایی با انسدادی لبی /b/. مقادیری که به صورت پررنگ نشان داده شده و زیر آنها خط کشیده شده است، در سطح $\rho<0.01$ با یکدیگر تفاوت معنادار دارند.

مرز هجایی	F3 (میان واکه)		F3 (پایان واکه)		F3 (بست خیشومی)	
بافت واکه ای	تیغه ای	لبی	تیغه ای	لبی	تیغه ای	لبی
iNb	۳۱۴۷	۳۰۷۶	۳۰۳۹	۳۰۴۳	۲۶۴۰	۲۵۹۶
eNb	۲۷۴۸	۲۶۹۳	۲۶۴۹	۲۶۱۹	۲۴۴۷	۲۴۷۶
aNb	۲۵۲۷	۲۴۵۹	۲۴۶۶	۲۴۳۱	۲۴۵۴	۲۳۵۸
uNb	۲۳۸۴	۲۴۱۷	۲۳۶۲	۲۴۰۶	۲۳۷۱	۲۳۹۵
oNb	۲۴۱۲	۲۳۷۴	۲۴۲۶	۲۳۸۸	۲۴۳۷	۲۴۲۱
aNb	۲۴۹۰	۲۵۱۳	۲۴۸۵	۲۵۰۳	۲۴۹۴	۲۴۸۶

سایر مقادیر با هم اختلاف معنادار ندارند. در تمامی آزمون‌ها، اثر مستقل گویشور بر مقدار پارامتر مورد نظر معنادار بود که این نتیجه با توجه به تفاوت جنسیتی شرکت-کنندگان قابل انتظار بود. نتایج آزمون‌ها به تفکیک نوع توالی‌ها (توالی‌های Vm.b / Vn.b و Vm#b / Vn#b) به صورت زیر است.

۲-۳-۱ نتایج مربوط به توالی‌های Vm.b / Vn.b

نتایج نشان داد اختلاف فرکانس F2 در پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای توالی‌های Vn.b و Vm.b تنها برای واکه /a/ معناداراست. در سایر بافت‌های واکه‌ای اختلاف معناداری از نظر $F2_{off}$ و $F2_N$ بین توالی‌های مورد نظر وجود ندارد. همچنین، اختلاف فرکانس F3 در پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای هیچ یک از بافت‌های واکه‌ای معنادار نبود.

جدول ۳: میانگین فرکانس F2 در مرکز واکه، پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای خیشومی‌های تیغه‌ای و لبی در مرز واژگانی با انسدادی لبی /β/. مقادیری که به صورت پررنگ نشان داده شده و زیر آنها خط کشیده شده است، در سطح $\rho<0.01$ با یکدیگر تفاوت معنادار دارند.

مرز واژگانی	F2 (میان واکه)		F2 (پایان واکه)		F2 (بست خیشومی)	
بافت واکه ای	تیغه ای	لبی	تیغه ای	لبی	تیغه ای	لبی
iNb	۲۳۴۸	۲۳۷۱	۲۲۹۱	۲۲۶۶	**۱۵۶۴**	**۱۴۲۷**
eNb	۲۰۶۷	۲۰۴۴	۱۹۸۳	۱۹۶۶	۱۵۲۴	۱۴۸۳
aNb	۱۴۶۵	۱۴۸۳	**۱۵۴۶**	**۱۴۰۷**	**۱۴۹۲**	**۱۳۱۸**
uNb	۸۳۳	۸۴۲	**۱۱۴۸**	**۸۱۹**	**۱۱۵۷**	**۸۰۹**
oNb	۸۸۵	۹۰۶	**۱۱۶۶**	**۸۷۷**	**۱۱۷۹**	**۸۵۳**
aNb	۱۰۶۲	۱۰۴۹	**۱۳۵۱**	**۱۰۲۷**	**۱۴۱۶**	**۱۰۱۹**

جدول ۴: میانگین فرکانس F3 در مرکز واکه، پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای خیشومی‌های تیغه‌ای و لبی در مرز واژگانی با انسدادی لبی /β/. مقادیری که به صورت پررنگ نشان داده شده و زیر آنها خط کشیده شده است، در سطح $\rho<0.01$ با یکدیگر تفاوت معنادار دارند.

مرز واژگانی	F3 (میان واکه)		F3 (پایان واکه)		F3 (بست خیشومی)	
بافت واکه ای	تیغه ای	لبی	تیغه ای	لبی	تیغه ای	لبی
iNb	۳۱۹۳	۳۲۰۲	۳۰۸۶	۳۰۱۴	۲۵۳۰	۲۵۵۴
eNb	۲۶۸۶	۲۶۳۳	۲۶۲۲	۲۵۸۹	۲۵۰۸	۲۵۱۹
aNb	۲۴۷۷	۲۴۹۰	۲۳۹۴	۲۴۲۹	**۲۳۳۱**	**۲۴۴۴**
uNb	۲۴۶۹	۲۴۱۵	۲۴۴۱	۲۳۰۷	**۲۴۴۷**	**۲۳۰۵**
oNb	۲۴۲۶	۲۴۰۵	۲۳۸۸	۲۳۵۷	۲۳۹۲	۲۳۴۶
aNb	۲۵۱۲	۲۴۹۵	۲۴۷۸	۲۴۶۰	۲۴۸۰	۲۴۵۵

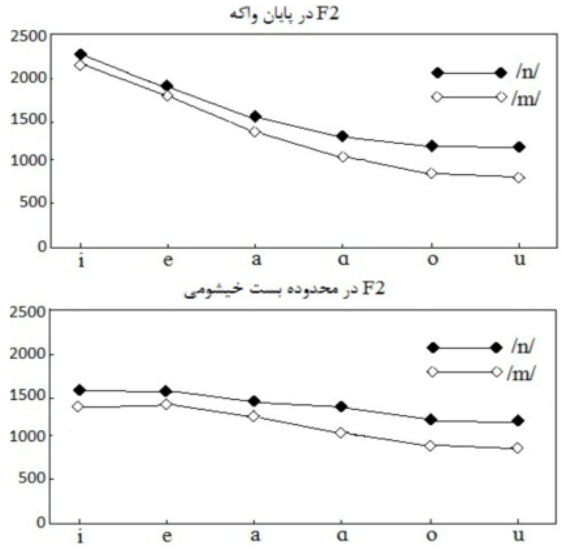
نتایج، همچنین نشان داد، اختلاف فرکانس سازه‌های F2 و F3 در مرکز واکه ($F2_{mid}$ و $F3_{mid}$) برای توالی‌های Vn.b و Vm.b برای هیچ یک از واکه‌ها معنادار نیست. چنانکه در جدول ۱ (نتایج F2) و ۲ (نتایج F3) نیز مشاهده می‌شود تغییرات فرکانس سازه‌های F2 و F3 از مرکز تا پایان واکه و محدوده بست خیشومی در اکثر بافت‌های واکه‌ای برای توالی‌های Vn.b همانند توالی‌های Vm.b نزولی با شیب کم است که نشان می‌دهد در تولید این توالی‌ها یک الگوی لبی به جای الگوی تیغه‌ای فعال بوده است. این نتایج در حقیقت نشان می‌دهد بین خیشومی تیغه‌ایِ لبی‌شدهِ /n/ در Vn.b و خیشومی لبیِ /m/ در Vm.b تفاوت آوایی معناداری وجود ندارد. اندک تفاوت‌های موجود را می‌توان ناشی از توزیع تصادفی داده‌ها دانست. بر این اساس، می‌توان گفت که الگوی تیغه‌ای در تولید توالی‌های Vn.b با الگوی لبی همخوان مجاور همپوشی کامل دارد.

۲-۳-۲ نتایج مربوط به توالی‌های Vm #b/Vn#b

نتایج نشان داد که اختلاف فرکانس F2 در مرکز واکه ($F2_{mid}$) برای توالی‌های Vn#b و Vm#b در هیچ یک از بافت‌های واکه‌ای معنادار نیست ولی فرکانس این سازه در پایان واکه ($F2_{off}$) در تمامی بافت‌های واکه‌ای به غیر از واکه‌های /e/ و /i/ برای خیشومی تیغه‌ایِ /n/ در Vn#b به طور معناداری از خیشومی لبیِ /m/ در Vm#b بیشتر است (جداول ۳ و ۴). همچنین، فرکانس این سازه در طول محدوده بست خیشومی ($F2_N$) برای تمامی واکه‌ها به غیر از واکه /e/ برای خیشومی تیغه‌ای به طور معناداری از خیشومی لبی بیشتر است. در مقابل، اختلاف فرکانس F3 در پایان واکه ($F3_{off}$) تنها در بافت‌های واکه‌ای /u/ و /ɑ/ معنادار بود. در سایر بافت‌ها اختلاف فرکانس این سازه برای توالی‌های مورد نظر معنادار نبود. همچنین، اختلاف فرکانس F3 در مرکز واکه ($F3_{mid}$) و محدوده بست خیشومی ($F3_N$) در هیچ یک از بافت‌های واکه‌ای معنادار نبود.

این نتایج با یافته‌های گوو و هوسامی (۱۹۹۹: ۲۲۴۸) و دوهر (۲۰۰۴) و هان (۲۰۰۰) مطابقت دارد. یافته‌های این تحقیقات نیز نشان می‌دهد که مهمترین تفاوت آکوستیکی خیشومی‌های تیغه‌ای و لبی، اختلاف فرکانس F2 در پایان واکه و محدوده بست خیشومی است. اختلاف فرکانس این سازه در مرکز واکه با یکدیگر معنادارنیست. به علاوه، این یافته‌ها نشان می‌دهند با توجه به ثابت بودن سطح فرکانس F3 در مرکز و پایان واکه، این فرکانس پارامتر مناسبی برای مقایسه الگوی آکوستیکی خیشومی‌های تیغه‌ای و لبی نیست. براین‌اساس، این نتایج نشان می‌دهد الگوی تولیدی توالی‌های Vn#b و Vm#b به طور معناداری از یکدیگر متمایز است و مهمترین نشانه برای تمایز خیشومی‌های تیغه‌ای لبی‌شده در Vn#b و خیشومی‌های لبی در Vm#b الگوی تغییرات فرکانس F2 در پایان واکه و محدوده بست خیشومی است. بنابراین، تحلیل‌های آکوستیکی بیشتر در این تحقیق به طور خاص بر روی فرکانس F2 در این دو ناحیه انجام گرفت. شکل ۴ منحنی میانگین فرکانس F2 را در پایان واکه (بالا) و محدوده بست خیشومی /n/ و /m/ (پایین) به ترتیب در رشته‌های آوایی Vn#b و Vm#b برای هر بافت واکه‌ای به طور جداگانه نشان می‌دهد. چنانکه مشاهده می‌شود در هر دو منحنی، مقادیر فرکانس F2 برای خیشومی تیغه‌ای در سطح تمامی واکه‌ها از خیشومی

لبی بیشتر است. اما همان‌گونه که مشاهده می‌شود واکه‌های پسین به طور کلی اختلاف فرکانس بیشتری را نسبت به واکه‌های پیشین نشان می‌دهند. در جداول ۳ و ۴ نیز دیدیم که اختلاف فرکانس F2 در پایان واکه برای واکه‌های /e/ و /i/ و محدوده بست خیشومی برای واکه /e/ معنادار نبود در حالی که اختلاف این فرکانس برای تمامی واکه‌های پسین در هر دو ناحیه پایان واکه و محدوده بست خیشومی معنادار بود. توضیح آواشناختی این تفاوت این است که واکه‌های پیشین در قسمت جلو و واکه‌های پسین در قسمت عقب دهان تولید می‌شوند که پیامد آکوستیکی اولی، افزایش و دوّمی کاهش فرکانس F2 است. در توالی‌های Vm#b برای ایجاد بست لبی /m/، بدنه زبان فعال نمی‌شود و اساساً در وضعیت واکه قبل باقی می‌ماند. عدم تغییر و جابجایی بدنه زبان به هنگام گذر از V به /m/ در توالی‌های مربوطه باعث می‌شود اختلاف فرکانس سازه دوّمِ واکه‌های پیشین و پسین از مرکز واکه تا پایان محدوده بست خیشومی بدون تغییر باقی بماند. در مقابل، تولید همخوان تیغه‌ای مستلزم جلو بردن بدنه زبان است که باعث تغییر فرکانس F2 می‌شود. در واکه‌های پسین به هنگام گذر از V به /n/ در توالی‌های Vn#b فرکانس F2 با توجه به جلو آمدن بدنه زبان به طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد در حالی که در واکه‌های پیشین با توجه به جابجایی کمتر بدنه زبان، فرکانس این سازه تغییر چندانی نمی‌کند.



شکل ۴: نمودار میانگین فرکانس F2 در پایان واکه (بالا) و محدوده بست خیشومی /n/ و /m/ (پایین) به ترتیب در رشته‌های آوایی Vn#b و Vm#b برای واکه‌های مختلف.

براین‌اساس، علت اصلی اختلاف فرکانس بیشتر واکه‌های پسین نسبت به واکه‌های پیشین در توالی‌های Vn#b و Vm#b این است که میزان تغییرات گذر فرکانس F2 برای واکه‌های پسین در Vn#b به طور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از تغییرات گذر این سازه برای همین واکه‌ها در Vm#b است در حالی که میزان تغییرات گذر فرکانس F2 برای واکه‌های پیشین در Vn#b و Vm#b تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای ندارند. در هر دو حالت جهت تغییرات، نزولی و مقدار آن کم است. به بیان دیگر، علّت اصلی این اختلاف، فرکانس کمتر سازه F2 در هر دو ناحیه پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای واکه‌های پسین در مقایسه با واکه‌های پیشین به هنگام تولید خیشومی لبی است.

۳- نتیجه

در این مقاله الگوی تولیدی-آکوستیکی همگونی محل تولید خیشومی لثوی /n/ را با همخوان انسدادی لبی بعد در دو مرز هجایی و واژگانی مورد بررسی قرار دادیم. برای این منظور ابتدا دو فرضیه واجی مطرح کردیم: فرضیه اوّل این که همگونی، فرایندی مقوله‌ای است که طی آن محل تولید یک همخوان به طور کامل و به میزان ۱۰۰ درصد با محل تولید همخوان دیگر همگون می‌شود و فرضیه دوّم این که همگونی، فرایندی مدرج و پیوسته است به طوری که محل تولید یک همخوان به صورت پیوستاری از درجات مختلف از عدم تغییر تا تغییر کامل با محل تولید همخوان مجاور همگون می‌شود. سپس با در نظر گرفتن پیامدهای آوایی این دو فرضیه، یک آزمایش تولیدی-آکوستیکی طراحی کردیم تا میزان اعتبار این فرضیه‌ها را تعیین کنیم. در این آزمایش، با ساخت جفت توالی‌های آوایی Vn.b / Vm.b و Vn#b / Vm#b از کلمات طبیعی زبان فارسی، مقادیر فرکانس F2 و F3 را در مرکز واکه، پایان واکه و محدوده بست خیشومی در هر جفت توالی بین خیشومی‌های تیغه‌ای و لبی با یکدیگر مقایسه کردیم. نتایج نشان داد که در مرز هجا (Vn.b / Vm.b)، اختلاف فرکانس F2 و F3 در هیچ یک از سه ناحیه مرکز واکه، پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای توالی‌های Vn.b و Vm.b با یکدیگر معنادار نیست. این واقعیت نشان داد الگوی تیغه‌ای در تولید توالی‌های Vn.b با الگوی لبیِ همخوان مجاور همپوشی کامل دارد. یعنی شواهد آکوستیکی

هیچ نشانه‌ای دال بر فعالیت الگوی تیغه‌ای را در این توالی‌ها تایید نکرد. این شواهد، تنها حضور یک خیشومی لبی با فعالیت کامل الگوی لبی را به طور مشخص نشان داد. نتایج، همچنین نشان داد که در مرز واژه (Vm.b / Vn.b) اختلاف فرکانس F2 در پایان واکه و محدوده بست خیشومی برای توالی‌های Vn#b و Vm#b در بسیاری از بافت‌های واکه‌ای به طور معناداری با یکدیگر متفاوت است. این نتایج در حقیقت نشان داد در تولید /n/ در توالی‌های Vn#b هر دو الگوی لبی و تیغه‌ای با پیوستاری از درجات مختلف از کم تا زیاد به طور همزمان فعال می‌شوند. در تولید برخی توالی‌ها، الگوی لبی فعالتر از الگوی تیغه‌ای و در تولید برخی دیگر، الگوی تیغه‌ای فعالتر از الگوی لبی است. البته ممکن است میزان فعالیت آنها به یکدیگر نزدیک باشد. آنچه مهم است این که شواهد آکوستیکی برای همگونی در مرز واژگانی حضور همزمان هر دو الگو را تأیید کردند.

به طور کلی، نتایج به دست آمده فرضیه مدرج بودن فرایند همگونی (فرضیه دوم) را تأیید می‌کنند. می‌توان چنین بحث کرد که در همگونی خیشومی لثوی /ν/ با همخوان لبی بعد از خود، الگوی تیغه‌ای همخوان خیشومی به صورت پیوستاری از درجات مختلف با الگوی لبی همخوان بعد همپوشی می‌یابد. در مرز هجا برای توالی‌های Vn.b الگوی تیغه‌ای، بیشترین و الگوی لبی کمترین میزان فعالیت را دارند تا جایی که می‌توان گفت الگوی تیغه‌ای فعالیت کامل داشته و الگوی لبی فاقد هر اندازه فعالیتی است. ولی در مرز واژگانی برای توالی‌های Vn#b الگوی تیغه‌ای و لبی به صورت ترکیبی با نسبت‌های متفاوت به طور همزمان با یکدیگر فعال می‌شوند. بنابراین همگونی خیشومی تیغه‌ای با همخوان انسدادی لبی در زبان فارسی فرایند مدرجی است که میزان آن در مزر هجا قوی و در مرز واژه در حد متوسط است. این نتایج همچنین نشان می‌دهد که ساخت نوایی زنجیره آوایی بر میزان همپوشی الگوهای تولیدی اثر می‌گذارد به این صورت که میزان همپوشی در مرز واحدهای نوایی کوچک‌تر بیشتر از واحدهای نوایی بزرگ‌تر است.

منابع

بی‌جن خان، محمود.۱۳۸۴. *واج شناسی: نظریه بهینگی*، تهران، سازمان مطالعه و تدوین کتب علوم انسانی دانشگاه‌ها (سمت)، مرکز تحقیق و توسعه علوم انسانی.

کرد زعفرانلو کامبوزیا، عالیه. ۱۳۷۹. واج‌شناسی خودواحد و کاربرد آن در فرایندهای واجی زبان فارسی، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تهران، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، گروه زبانشناسی.

Avery, P, and K.Rice, 1989. Segment structure and coronal under-specification. *Phonology* 6, 179-200.

Barry, M.C. 1992. Palatalisation, assimilation and gestural weakening in connected Speech. *Speech Communication* 11, 393-400.

Browman, C.P, and L.Goldstein, 1989. Articulatory gestures as phonological units. *Phonology* 6: 201-251.

Browman, C.P. and L. Goldstein, 1990. Tiers in articulatory phonology. In J. Kingston and M. Beckman (eds.). *Papers in laboratory phonology I.*(341-376) Cambridge: Cambridge University Press..

Byrd, D. 1992. Perception of Assimilation in Consonant clusters: A gestural Model. *Phonetica* 49, 1-24.

Delattre, P.C, A.M, Liberman, and F.S. Cooper, 1955. Acoustic Loci and transitional cues for consonants. *Journal of the Acoustical Society of America* 27 (4): 769-773.

Dohr, S. 2004. Acoustic cues to word identity in vowels preceding assimilated consonants. M. Phil thesis, University of Cambridge.

Durand, J. and F. Katamba .1995. *Frontiers of phonology: atoms, structures, derivations*. Harlow: Longman.

Gaskell, M.G. 2003. Modelling regressive and progressive effects of assimilation in speech perception. *Journal of Phonetics* 31, 447-463.

Gaskell, M.G, and W.D. Marslen-Wilson, 1998. Mechanisms of Phonological inference in speech perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 24, 380-396.

Gaskell, M.G, and Marslen-Wilson, W.D. 2001. Lexical Ambiguity resolution and Spoken Word recognition: Bridging the Gap. *Journal of Memory and Language* 44: 325-349.

Gow Jr, D.W. 2000. Assimilation, ambiguity, and the feature parsing problem. In *ICSLP-2000*. Vol. 2. pp. 535-538.

Gow Jr, D.W. 2001. Assimilation and anticipation in continuous spoken word recognition. *Journal of Memory and Language* 45, 133-159.

Gow Jr, D.W. 2002. Does English coronal place pssimilation create lexical ambiguity? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance* 28, 163-179.

Gow Jr, D.W, and P. Hussami, 1999. Acoustic modification in English place assimilation. *Journal of the Acoustical Society of America* 106: 2243.

Gow Jr, D.W, and C.Zoll. 2002. The role of feature parsing in speech processing and phonology. *MIT Working Papers in Linguistics* 42: 55-68.

Hon, E.A. 2005. An acoustic analysis of labialization of coronal nasal Consonants in American English. MA thesis, MIT.

Jun, J. 1996. Place assimilation is not the result of gestural overlap: evidence from Korean and English. *Phonology* 13, 377-407.

Kenstowicz, M. 1994. *Phonology in Generative grammar.* Cambridge, MA: Blackwell.

Kim,S.A.1995.Coronal/ non-coronal asymmetry in Place assimilation.University of Texas at Austin. Texas Linguistic Forum, Papersin Phonetic and Phonology,35:153-158.

Marslen-Wilson, W.D, Nix, A, and M.G. Gaskell.1995. Phonological variation in lexical access: abstractness, inference and English place assimilation. *Language and Cognitive Processes* 10 (3/4) , 285-308.

Mohanan, K. P. 1993. Fields of attraction in phonology. In J. Goldsmith (ed.) *The last phonological rule*, (61-116). Chicago: The University of Chicago Press.

Ohala, J.J. 1990. The phonetics and phonology of aspects of assimilation. In J. Kingston and M. Beckman (eds.). *Papers in Laboratory phonology I* (pp. 258-275). Cambridge: Cambridge University Press.

Paradis, C, and J. F. Prunet, 1989. On coronal transparency. *Phonology* 6, 317-348.

Stevens, K.N. 2000. Diverse acoustic cues at consonantal landmarks. *Phonetica* 57, 139-151.