Arch

بازنمایی هندسی-آماری فضای واکه‌ایِ فارسی معیار

شیرین‌زهرا همت‌نیا

کارشناس ارشد زبان‌شناسی همگانی

چکیده

هدف از مطالعهٔ حاضر، بررسی فضای واکه‌ای و بازنمایی جایگاه واکه‌های فارسی معیار با محاسبهٔ یک مرکز ثقل (صفر واکه‌ای) و استفاده از تکنیکی هندسی-آماری است که منجر به شکل‌گیری «صفحهٔ نانوشتهٔ واکه‌ای» یا به‌اختصار «صَناو» شده‌است. بدین منظور، مختصات دو سازهٔ اول شش واکهٔ سادهٔ زبان فارسی (/i, e, a, ɑ, o, u/) برمبنای صفر واکه‌ای محاسبه و به «صَناو» منتقل شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آنست که محاسبهٔ صفر واکه‌ای، موجب ثبات سیستم در مرکز شده و قدرت تفکیک واکه‌ای و میزان هم‌پوشانی فضاهای واکه‌ای را در گروه‌های جنسیتی مردان و زنان افزایش می‌دهد. تقسیمات باندهای ۲۵ درصدی که با الهام از چارک‌های آماری ایجاد شدند، دامنهٔ واکه‌ها را تحدید و طبقات واکه‌ای را به‌طور نظام‌مند از هم تفکیک نمود. از برخورد این باندها برروی صَناو، شبکه‌ای از خانه‌های شانزده‌گانه در هر ربع ایجاد شد که موجب شکل‌گیری «صفحهٔ باینری واکه‌ای» یا به‌اختصار «صَباو» شده‌است. در هریک از خانه‌های این صفحه، زوج‌های مرتب دو پارامتر F1/F2 دارای ارزش باینری (±) می‌باشند. جایگاه واکه‌ها براساس زوج‌های مرتب، در جدولی جداگانه ارائه شده‌است. نهایتاً، به‌اعتبار مشاهدات مشخص شد، واکهٔ [a] که در نمودارهای سنتی به‌عنوان واکه‌ای «پیشین» شناخته می‌شد، یک واکهٔ «مرکزی» است. این تفاوت به‌لحاظ دیداری نیز برروی نمودارهای سنتی قابل تشخیص می‌باشد، به‌طوری‌که جایگاه واکهٔ [a] برروی محور افقی، با واکهٔ هم‌طبقهٔ خود، یعنی [i]، دارای فاصلهٔ نسبتاً زیادی می‌باشد. واکهٔ [ɑ] نیز با حساسیت بیش‌تر، در طبقهٔ «نزدیک‌پسین و نیمه‌افتاده» مکان‌یابی شده‌است. **واژگان کلیدی:** واکه‌های فارسی معیار، صفر واکه‌ای، صفحهٔ نانوشته واکه‌ای(صَناو)، صفحهٔ باینری واکه‌ای(صَباو)

www.SID.ir

Arch

۱. مقدمه

در مطالعات آواشناختی، یکی از شیوه‌های استاندارد در بررسی کیفیت واکه‌ها، ترسیم نمودار فضای واکه‌ای براساس دو پارامتر F1*F2 می‌باشد (Essner, 1947; Joos, 1948) که به‌وسیله آن جایگاه یک واکه به‌لحاظ تولیدی، شنیداری و یا فیزیکی مشخص می‌شود و سالهاست که پژوهشگران از آن برای نمایش فضای واکه‌ای و طبقات آن بهره برده‌اند. هنگام ترسیم فضای واکه‌ای مشاهده می‌شود که نقطهٔ صفر، در قسمت بالا و سمت راست نمودار قرار گرفته و علت آن برقراری تناظر میان محل تولید واکه‌ها در داخل دهان و نمودار فضای واکه‌ای عنوان شده‌است (Ladefoged and Johnson, 2011). پراکندگی واکه‌ها برروی این صفحه غالباً به صورت چندضلعی‌هایی منظم یا نامنظم نمایش داده‌می‌شود. رابطه میان ارتفاع و پسین‌شدگی نیز با دو سازهٔ اول سنجیده‌می‌شود، به‌طوری که ارتفاع زبان با فرکانس سازهٔ اول رابطهٔ عکس و جایگاه تولید با سازهٔ دوم رابطهٔ مستقیم دارد. همچنین، از آنجاکه رابطهٔ میان سازهٔ دوم و پسین‌شدگی تحت تأثیر گردی لبها می‌باشد و به اندازهٔ ارتباط میان سازهٔ اول و ارتفاع واکه واضح نیست، برای حذف این تأثیر، تفاضل سازه‌های اول و دوم پیشنهاد شده و نمودار واکه‌ای در محیط F1*F2-F1 رسم می‌شود (Ladefoged, 1980)

در زبان فارسی، پژوهشگران هنگام ترسیم فضای واکه‌ای به شش واکهٔ ساده (/i, e, a, ɑ, o, u/) قائل هستند (حق‌شناس، ۱۳۵۶؛ ثمره، ۱۳۷۸؛ سپنتا، ۱۳۷۷؛ مشکوه‌الدینی، ۱۳۷۴؛ مدرسی‌قوامی، ۱۳۹۰؛ بی‌جن‌خان، ۱۳۹۲ و دیگران). طبقه‌بندی واکه‌ها نیز برروی نمودارهای سنتی به دو دستهٔ کلی پسین/پیشین و از نظر ارتفاع، در جایگاه‌های افراشته/میانی/افتاده گزارش شده‌است. بی‌جن‌خان (۱۳۹۲) با نمایش ذوزنقهٔ قائم‌الزاویه واکه‌های اصلی[1] به میزان پسین‌شدگی واکه‌ها و درجات ارتفاع زبان برروی این نمودار اشاره نموده و جایگاه واکه‌های زبان فارسی را بر روی این ذوزنقه مشخص کرده‌است. مروری بر این نمودار نشان می‌دهد که واکه‌های پیشین در زبان فارسی از [i] به [a] در حال نزدیک شدن به نوار مرکزی می‌باشند. بررسی جایگاه واکه‌ها برروی نمودارهای سنتی، این سوال را به ذهن متبادر می‌کندکه درحالی‌که تمام واکه‌ها به یک اندازه پسین نیستند و واکه‌های پیشین نیز در یک جایگاه تولید نمی‌شوند، چه معیار یا معیارهایی در زبان فارسی برای تحدید دامنهٔ یک واکه و قراردادن آن در یک طبقه در نظر گرفته شده‌است. به‌ویژه در واکه‌های پیشین که برروی محور افقی با فاصلهٔ نسبتاً زیادی از یکدیگر قرار دارند.

از جمله تدابیری که برای اصلاح ابعاد سازه‌ایِ جایگاه‌های تولیدِ یک واکه، توسط افراد در گروه‌های سنی و جنسیتی مختلف صورت می‌گیرد، فرآیند بهنجارسازی[2] است. در این فرآیند، تأثیر تنوعات واکه‌ای حذف و یا کاهش داده‌می‌شود (Ladefoged, 1976; Ladefoged and Broadbent, 1957; Piterson and Barney, 1952). انواع مقیاس‌های غیرخطی مِل[3]، اِرب[4] و بارک[5] (Hayward, 2000) و تحقیقاتی که توسط Watt and

[1] Cardinal vowels
[2] Normalisation
[3] Mel
[4] Erb
[5] Bark

www.SID.ir

Arch

Fabricius (2002, 2011), Hagiwara(1997), Nearey (1977, 1978), Nordström and Lindblom (1975), Lobanov (1971) و دیگران انجام شده، تکنیک‌هایی هستند که در بهنجارسازی واکه‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

در میان انواع بهنجارسازی که بر پایهٔ محاسبهٔ یک مرکز ثقل صورت‌گرفته، Watt and Fabricius (2002) واکه‌ها را با به‌کارگرفتن مرکز ثقلی به نام «سنتروید اِس»[۶] بهنجارسازی نموده و برای کنترل تقارن داده‌ها، از ارزش‌های حداقل[۷] و حداکثر[۸] برای دو سازهٔ اول (F1,F2) استفاده‌کرده‌اند. نویسندگان مقاله معتقدند، هنگامی که مقیاس خطی هرتز به مقیاس غیرخطی بارک تبدیل می‌شود، مشکل تفاوت فرکانس در مردان و زنان در فرکانس پایین (F1) همچنان باقی‌می‌ماند و در فرکانس بالاتر (F2) برطرف می‌شود، لذا با معرفی روش پیشنهادی خود، آنرا با دو مقیاس هرتز و بارک مقایسه نموده‌اند. مثلث واکه‌ای شکل‌گرفته در این تکنیک، براساس تمایز بسامدِ سازه‌های اول و دوم برای سه واکهٔ [i, a, u] در کلمات FLEECE, TRAP, GOOSE می‌باشد. نسبت مثلث واکه‌ای و میزان هم‌پوشانی مثلث زنان و مردان در این روش، با نمودارهای واکه‌ای در دو مقیاس هرتز و بارک مقایسه شده و بالاترین میزان هم‌پوشانی واکه‌ای در این روش گزارش شده است. آنچه در تکنیک فوق لازم است مورد توجه قرار گیرد آنست که تنها سه واکه در این طرح مشارکت دارند و دامنهٔ تغییرات دیگر واکه‌ها نادیده گرفته‌شده و به همین دلیل به آن انتقادهایی وارد شده است.

Wassink (2006) طرحی دیگر به‌نام «سوام»[۹] را مطرح کرده است. «سوام» ابزاری هندسی برای تحلیل فضای واکه‌ای است که امکان ارزیابی میزان مجاورت[۱۰]، ادغام[۱۱] و همپوشانی[۱۲] معنی‌دار واکه‌ها را در دو سطح دوبعدی و سه‌بعدی فراهم می‌آورد. وی در مقاله خود از یک مرکز ثقل استفاده کرده و واکه‌ها را به روش واکه-برون‌گرا بهنجارسازی کرده و با معرفی روش‌های مختلف بهنجارسازی، به این مطلب اشاره دارد که روش Nearey (1977) برای بهنجار کردن واکه‌های تولیدشده توسط یک گویشور، در فضای آکوستیکی F1*F2، مناسب‌ترین روش می‌باشد و از آن به‌عنوان پرکاربردترین متد در مطالعات اجتماعیِ زبان یاد می‌کند، زیرا کمترین تأثیر را بر تنوعات زبانی-اجتماعی داشته و درمقابل به‌خوبی از اثرات عوامل فیزیولوژیکی می‌کاهد. نویسنده با ترسیم فضای دو بعدی F1*F2 و سه بعدی F1*F2*duration میزان همپوشانی را در جفت واکه‌های مجاور بررسی کرده‌است.

اسفندیاری و علی‌نژاد (۱۳۹۴) با بررسی و مقایسهٔ شیوه‌های مختلف بهنجارسازیِ واکه-درون‌گرا[۱۳] و واکه-برون‌گرا[۱۴]، فضای واکه‌ای زبان فارسی را مورد ارزیابی قرارداده‌اند و یادآوری می‌کنند که خدشه‌دار نشدن تفاوت‌های واجی تحت

[6] S-centroid
[7] Minima
[8] Maxima
[9] SOAM (Spectral Overlap Assessment Metric)
[10] Proximity
[11] Merger
[12] Overlap
[13] Intrinsic
[14] Extrinsic

www.SID.ir

Arch

تأثیر فرآیند بهنجارسازی یک ضابطه اساسی است. لذا، با اصل قراردادن دو معیار میزان هم‌پوشانی فضای واکه‌ای و حفظ اطلاعات واجی، درجهت یافتن بهترین روش برای بهنجارکردن واکه‌های فارسی اقدام نموده‌اند. آنها با تاکید بر این نکته که گاهی یک روش بهنجارسازی ممکن است برای زبانی مناسب و برای زبان دیگر نامناسب باشد، تکنیک Nearey (1978) را مطلوب‌ترین شیوهٔ بهنجارسازی جهت حذف و یا کمینه کردن تأثیرات فیزیولوژیکی در زبان فارسی معرفی کرده‌اند و با رسم نمودار بهنجارشدهٔ واکه‌های زبان فارسی در بافت تکیه‌بر و بی‌تکیه، نتیجه گرفته‌اند که در هر دو حالت فضای واکه‌ای در گروه زنان بزرگتر از فضای واکه‌ای در گروه مردان است.

با گسترش به‌کارگیری روش‌های بهنجارسازی واکه‌ها در تحقیقات، کم‌کم نرم‌افزارهای کامپیوتری نیز راه خود را به این مبحث بازکردند. اپلیکیشن‌هایی نظیر فون‌آر[15] (McCloy, 2016) و یا نرم‌افزار بهنجارسازی Thomas and Kendal (2015) که به‌صورت آنلاین قابل استفاده می‌باشند، با دریافت اطلاعات واکه‌ای آنها را به روش‌های مختلف بهنجارسازی می‌کنند.

در بررسی حاضر، به‌منظور بازنمایی فضای واکه‌ای، روش هندسیِ محاسبهٔ میانگین به‌عنوان مرکز ثقل[16] انتخاب و با ثابت نگه‌داشتن سیستم واکه‌ای در مرکز که «صفر واکه‌ای» نامیده شده، پراکندگی واکه‌ها در اطراف آن کنترل شده‌است. در ادامه، طرحی هندسی-آماری به نام «صفحهٔ نانوشتهٔ واکه‌ای» یا به‌اختصار «صَناو» معرفی شده‌است. باندهای ۲۵ درصدی که با الهام از چارک‌های آماری برروی این صفحه رسم شدند، دامنهٔ واکه‌ها را به‌طور نظام‌مند مشخص می‌کند. همچنین، از آنجا که سوال پژوهش در مورد معیار یا معیارهایی است که در زبان فارسی برای تحدید دامنهٔ یک واکه و قراردادن آن در یک طبقه در نظر گرفته‌می‌شود، با استفاده از مدل آماری آنالیز تمایزات[17]، قدرت تفکیک واکه‌ای در طرح صناو با سه مقیاس هرتز، مل و بارک مورد مقایسه قرار گرفته‌است. مورد دیگری که در این طرح به‌عنوان ویژگی ثانویه در صناو به آن پرداخته شد، «صفحهٔ باینری واکه‌ای» یا به اختصار «صباو» است که از برخورد باندهای ۲۵ درصدی شکل گرفته است. برروی این صفحه دو پارامتر F1/F2 از ارزش باینری (±) برخوردارند. نکته آخر آنکه، استفاده از یک مرکز ثقل باعث شد میزان هم‌پوشانی فضاهای واکه‌ای در گروه‌های جنسیتی مردان و زنان به‌طور قابل توجهی افزایش یابد.

روند ارائهٔ مطالب در این مطالعه به شرح ذیل است:

پس از شرح مقدمه، در بخش چارچوب نظری، طرح کلی «صفحهٔ نانوشته واکه‌ای» معرفی می‌شود و بخش‌های مختلف این صفحه که شامل یک مرکز ثقل به نام «صفر واکه‌ای»، باندهای ۲۵درصدی با الهام از چارک‌های آماری، خانه‌های شانزده‌گانه و «صفحهٔ باینری واکه‌ای» که به اختصار «صبَاو» نامیده شده، توصیف خواهدشد. در ادامه نیز به روش تحقیق، یافته‌های مقاله و بحث و نتیجه‌گیری پرداخته می‌شود.

[15] PhonR
[16] Center of gravity
[17] Discriminant Analysis

www.SID.ir

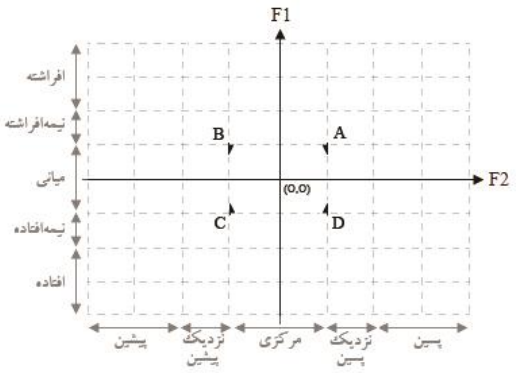
Arch

۲. چارچوب نظری

یکی از روش‌های مطالعهٔ فضای واکه‌ای، انتقال واکه‌ها به صفحه‌ای است که دارای یک مرکز ثقل می‌باشد و مختصات واکه‌ها برروی آن برمبنای مرکز محاسبه می‌شود. در این بررسی به معرفی طرحی هندسی-آماری به نام «صفحهٔ نانوشتهٔ واکه‌ای» می پردازیم که به‌اختصار «صَناو» نامیده شده است.

۲-۱. صفحهٔ نانوشته واکه‌ای (صَناو)

این صفحه، در واقع همان صفحهٔ مختصات دکارتی با دو محور عمود بر هم و چهار ربع است. نقطهٔ صفر برروی این صفحه، محل تلاقی دو محور عمودی و افقی است. طرح کلی «صفحهٔ نانوشته واکه‌ای» یا «صَناو» در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱. صفحهٔ نانوشتهٔ واکه‌ای (صَناو)

آیتم‌هایی که برروی این صفحه مشاهده می‌شود عبارتند از: دو محورِ اصلیِ عمود بر هم که با خطوط ممتد رسم شده‌اند و به سازه‌های اول (F1) و دوم (F2) اشاره می‌کند. محل برخورد این دو محور، نقطهٔ صفر را نشان می‌دهد که از این به بعد آنرا «صفر واکه‌ای» می‌نامیم و روش محاسبهٔ مختصات آن در ادامه توضیح داده می‌شود. در طرفین هریک از محورهای اصلی، چهار خط فرضی به‌صورت خط‌چین وجود دارد که باندهایی ۲۵ درصدی را بوجود آورده‌اند. در قسمت پایین صفحه و سمت چپ آن، نام طبقات واکه‌ای نوشته شده‌است. از برخورد باندهای ۲۵ درصدی در هر ربع، شانزده خانه شکل گرفته و صفحه‌ای مشبک برروی «صَناو» تشکیل داده‌است. هر خانهٔ این صفحه برای دو پارامتر F1/F2 دارای ارزش‌های باینری (±) است. این صفحه، «صفحهٔ باینری واکه‌ای» و یا به‌اختصار «صَباو» نامیده شده‌است و دارای بخش‌هایی است که در ادامه به آن پرداخته خواهدشد.

۲-۲. صفر واکه‌ای

www.SID.ir

Arch

نقطه‌ای که در محل برخورد دو محور عمودی (F1) و افقی (F2) است، «صفر واکه‌ای» نامیده شده و روش محاسبهٔ مختصات آن به شرح ذیل است:

www.SID.ir

Arch

فرمول (۱)

$$x_{(0)} = \frac{\Sigma F_{2(v)}}{N}$$

$$y_{(0)} = \frac{\Sigma F_{1(v)}}{N}$$

$x_{(0)}$: طول صفر واکه‌ای

$y_{(0)}$: عرض صفر واکه‌ای

$F_{1(v)}$: مقدار عددی سازهٔ اول

$F_{2(v)}$: مقدار عددی سازهٔ دوم

N : تعداد کل نمونه‌های جامعهٔ آماری

علت نامیدن این نقطه به «صفر واکه‌ای» آن است که به‌لحاظ آکوستیکی، نقطه‌ای خنثی است و به‌عنوان مرکز ثقلی برای مکان‌یابی واکه‌ها عمل می‌کند. مختصات هریک از شش واکهٔ فارسی معیار براساس «صفر واکه‌ای» به‌روش زیر محاسبه می شود:

فرمول (۲)

$$x_{(v)} = x_{(0)} - F_{2(v)}$$

$$y_{(v)} = y_{(0)} - F_{1(v)}$$

$x_{(v)}$: طول واکه برروی محور

$y_{(v)}$: عرض واکه برروی محور

نکته قابل ذکر اینکه به‌منظور حفظ تناظر میان جایگاه تولید واکه‌ها در دهان و نمود ظاهری آنها برروی «صَناو»، در فرمول ۲، ابتدا مقدار عددی مختصات «صفر واکه‌ای» نوشته شده و سپس مقدار عددی سازه از آن کسر شده است. به این ترتیب، اگرچه واکه‌ها برروی چهار ربع صفحه پخش شده‌اند، طرح کلی نمودار واکه‌ای با جایگاه تولید واکه‌ها در دهان همخوانی دارد.

۲-۳. باندهای ۲۵ درصدی

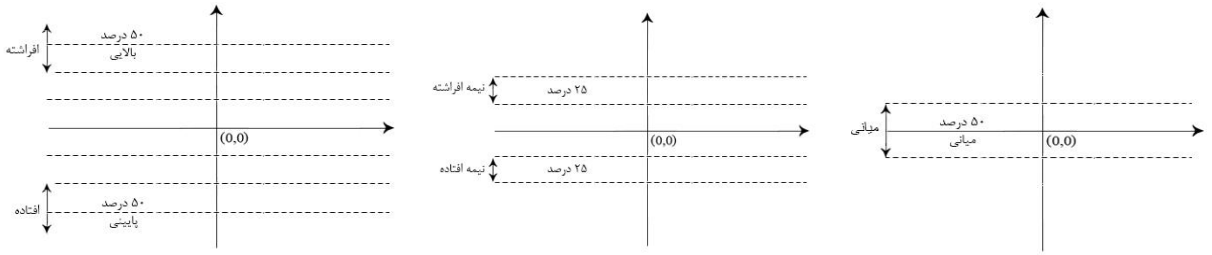
در آمار توصیفی، چارک‌ها مقادیری هستند که یک مجموعه از داده‌های مرتب را به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کنند، به‌گونه‌ای که هر بخش، یک‌چهارم از نمونه یا جمعیت را به نمایش می‌گذارد. در این مقاله، با بهره‌گیری از این ویژگی چارک‌ها، خطوطی فرضی رسم شدند که هر یک باندی ۲۵ درصدی تشکیل می‌دهد و چهار ربع «صَناو» را در راستای محورهای عمودی و افقی، به چهار قسمت مساوی تقسیم می‌کند. این تقسیمات که در شکل ۱ به‌صورت خط‌چین مشاهده می‌شود به شرح ذیل می‌باشند: هشت خط فرضی به موازات محور عمودی (F1) رسم شده، چهار خط در سمت راستِ محور عمودی و چهار خط در سمت چپ آن می‌باشد. هشت خطِ فرضی نیز به موازات محور افقی (F2) رسم شده، چهار خط در بالای محور افقی و چهار خط در پایین آن. حد فاصل میان این خطوط، باندهایی ۲۵ درصدی ایجاد شده که به‌عنوان مرزی برای تحدید دامنهٔ واکه در نظر گرفته شده‌است. معیار محاسبهٔ پهنای باند، برروی

www.SID.ir

Arch

محور افقی، قدرمطلق پیشین‌ترین یا پسین‌ترین واکه (هر کدام که دارای مقدار عددی بزرگ‌تر باشد) و برروی محور عمودی، قدرمطلق افتاده‌ترین یا افراشته‌ترین (هر کدام که دارای مقدار عددی بزرگ‌تر باشد) واکه نسبت به «صفر واکه‌ای» می‌باشد. در زبان فارسی، معمولاً واکهٔ پیشین [i] و واکهٔ افتادهٔ [a] دارای بزرگترین قدرمطلق‌ها می‌باشند و در این مقاله، معیار محاسبه پهنای باندها برروی دو محور عمودی و افقی در نظرگرفته شده‌اند.

نام‌گذاری این باندها برای نمایش طبقات واکه‌ای بدین شرح است: در راستای محور افقی، دو باند ۲۵ درصدی در دوطرف محور اصلی (F2)، باندی ۵۰ درصدی به نام منطقهٔ «میانی» را ایجاد می‌کند (شکل ۲. الف). دو باند ۲۵ درصدی در منتهی‌الیه بالایی و دو باند ۲۵ درصدی در منتهی‌الیه پایینیِ محور افقی (یعنی ۵۰ درصد بالایی و پایینی)، در قسمت بالا منطقهٔ «افراشته» و در قسمت پایین منطقهٔ «افتاده» را شکل می‌دهند (شکل ۲. ج). حدفاصل منطقهٔ افراشته و منطقهٔ میانی یک باند ۲۵ درصدی وجود دارد که منطقه «نیمه‌افراشته» است. حدفاصل منطقهٔ افتاده و منطقهٔ میانی نیز باند ۲۵ درصدی دیگری وجود دارد که منطقه «نیمه‌افتاده» است (شکل ۲. ب).



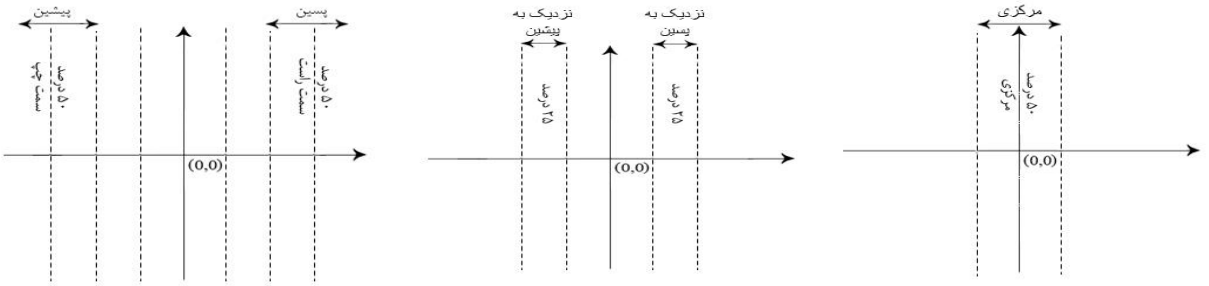
(ج) (ب) (الف)

شکل ۲. مناطق میانی (الف)، نیمه افراشته/نیمه افتاده (ب)، افراشته/افتاده (ج)

تقسیماتی مشابه نیز در اطراف محور عمودی وجود دارد. دو باند ۲۵ درصدی در دو طرف محور عمودی، باندی ۵۰ درصدی را بوجود آورده که منطقهٔ «مرکزی» است (شکل ۳. الف). دو باند ۲۵ درصدی در منتهی‌الیه سمت راست، منطقهٔ «پسین» و در منتهی‌الیه سمت چپ منطقهٔ «پیشین» را شکل داده‌است (شکل ۳. ج). حدفاصل میان منطقهٔ «پسین» و منطقهٔ «مرکزی»، باندی ۲۵ درصدی وجود دارد که منطقهٔ «نزدیک‌پسین» است و حدفاصل میان منطقهٔ «پیشین» و منطقهٔ «مرکزی»، باند ۲۵ درصدی دیگری وجود دارد که منطقهٔ «نزدیک‌پیشین» می‌باشد.

www.SID.ir

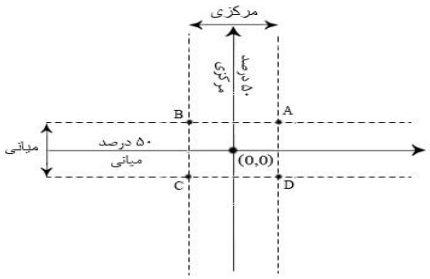
Arch



(ج) (ب) (الف)

شکل ۳. مناطق مرکزی (الف)، نزدیک‌پسین/نزدیک‌پیشین (ب)، پسین/پیشین (ج)

تنها موردی که در رابطه با تقسیمات باندهای ۲۵ درصدی ناگفته باقی‌مانده، منطقه‌ای به‌نام «منطقهٔ خنثی» است. پیش‌تر، نقطه‌ای به نام «صفر واکه‌ای» را در محل تلاقی دو محور اصلی عمودی و افقی معرفی کردیم. همچنین گفتیم که موقعیت این نقطه به لحاظ آکوستیکی، خنثی می‌باشد. حال می‌خواهیم منطقه‌ای را معرفی کنیم که از برخورد دو باند ۵۰ درصدی «مرکزی» و «میانی» در اطراف «صفر واکه‌ای» شکل گرفته و با حروف «ABCD» نمایش داده شده‌است (شکل ۴). این بخش که «صفر واکه‌ای» را در مرکز خود جای داده، منطقهٔ «مرکزی-میانی» است و واکه‌هایی که در آن مکان‌یابی می‌شوند، به‌لحاظ آکوستیکی، از خنثی‌ترین واکه‌های زبانی هستند. در این منطقه، هرچه به «صفر واکه‌ای» نزدیک‌تر شویم، واکه خنثی‌تر است.



شکل ٤. منطقهٔ مرکزی-میانی (منطقهٔ خنثی)

در پژوهش حاضر، شش واکهٔ سادهٔ فارسی معیار مورد بررسی قرار گرفته است و واکهٔ خنثی در این زبان وجود ندارد، اما در زبان‌ها و گویش‌هایی که واکه‌هایشان دارای تعدد و تنوع بیشتری است، درصورت وجود داشتنِ واکهٔ خنثی (مانند شوآ در زبان انگلیسی) جایگاه آن در «منطقهٔ خنثی» مکان‌یابی می‌شود.

۲-٤. صفحهٔ باینری واکه‌ای (صَباو)

آنچه در نگاه اول به «صَناو» (شکل ۱) توجه را به خود جلب می‌کند، صفحه‌ای مشبک با دو محور اصلی متقاطع است.

www.SID.ir

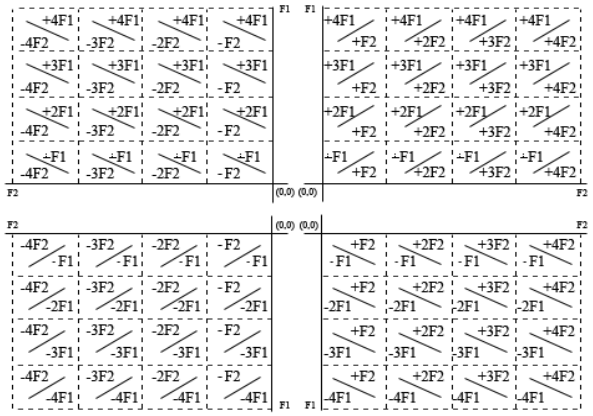
Arch

خانه‌های این شبکه از برخورد باندهای ۲۵ درصدی به وجودآمده و در هر ربعِ این صفحه، شانزده خانه را شکل می‌دهند. طرح کلی «صفحهٔ باینری واکه‌ای» یا به اختصار «صَباو» در شکل ۵ نمایش داده شده‌است. اکنون، سوالی که مطرح می‌شود این است که ویژگی این خانه‌ها چیست. برای پاسخ دادن به این سوال مروری می‌کنیم بر صفحهٔ مختصات دکارتی و ویژگی‌های آن.

www.SID.ir

Arch

ربع دوم (-F2,+F1) ربع اول (+F2,+F1)



ربع سوم (-F2,-F1) ربع چهارم (+F2,-F1)

شکل ۵. صفحهٔ باینری واکه‌ای (صَباو)

صفحات دکارتی از دو محور عمود بر هم و چهار ربع تشکیل شده‌اند. هر زوج مرتب (x,y) را می‌توان به‌صورت یک نقطه برروی این صفحه نمایش داد که از ارزش‌های باینری (±) برخوردارند، به‌طوری‌که درربع اول، دارای ارزش (+x,+y)، در ربع دوم (-x,+y)، در ربع سوم (-x,-y) و در ربع چهارم (+x,-y) هستند. با انطباق اصل فوق به «صَناو» که در آن محورهای x و y به ترتیب نشان‌دهندهٔ پارامترهای (F2) و (F1) هستند، این صفحه به صورت شکل ۵ بازسازی می‌شود. دو پارامتر F1/F2 در این صفحه از یک نظام دو ارزشی پیروی می‌کند و زوج‌های مرتب آنها به‌صورت کلی (±αF2, ±βF1) نوشته می‌شود. ضریب سازه در بازه‌ای برابر با ۴- ≤ α, β ≤ ۴+ قرار دارد. هرچه قدرمطلق ضریب سازه بزرگتر باشد، فاصله زوج مرتب از مرکز و به‌تبع آن فاصلهٔ واکه از صفر واکه‌ای بیشتر می‌شود. ویژگی‌های این صفحه همراه با مثال در بخش ۴-۳ بررسی می‌شود.

۳. روش پژوهش

در این جستار، شش واکهٔ ساده فارسی معیار (/i, e, a, ɑ, o, u/) مورد بررسی قرار گرفته‌است. داده‌ها از واکه‌های تولیدی ده گویشور فارسی زبان (پنج مرد و پنج زن) که دارای تحصیلات دانشگاهی بودند و رشته تحصیلی ایشان زبان خارجه نبوده و سابقه اقامت در کشورهای خارجی را نداشتند، جمع‌آوری شد. سن شرکت‌کنندگان بین ۲۰ تا ۳۹ سال بود و سابقه اختلال گفتاری نداشتند. ضبط داده‌ها در محیط آکوستیک و در سکوت کامل انجام شد. هر شرکت‌کننده درحالی‌که میکروفون بصورت مورب و با فاصله بیست سانتی‌متر از دهان او قرارداشت، سه بار کلمهٔ مورد نظر را با الگوی /sVr/ و /dVr/، بدون آهنگ نشان‌دار و خارج از جمله روخوانی کرد. درمجموع، ۳۶۰ نمونهٔ آوایی ضبط و برای

www.SID.ir

Arch

تجزیه و تحلیل صوت‌شناختی به نرم‌افزار پرات[18] (Boersma and Weenink, 2017) نسخهٔ 6.0.28 منتقل شد. برای ثبت مقادیر عددی سازه‌ها و همچنین به منظور اجتناب از تأثیر همخوان‌های مجاور بر کیفیت سازه‌ها، محدوده وضعیت ثبات[19] برروی طیف‌نگاشت موج صوتی انتخاب و ارزش کمّی دو سازهٔ اول استخراج شد. میانگین کل دو پارامتر F1/F2 در ذیل ستون‌های $F_{1(v)}$ و $F_{2(v)}$، مختصات «صفر واکه‌ای» در ذیل ستون‌های $x_{(0)}$ و $y_{(0)}$ و مختصات جدید واکه‌ها برای انتقال به صَناو در ذیل ستون‌های $x_{(v)}$ و $y_{(v)}$، به تفکیک جنسیت آورده شده است. داده‌ها برای انجام تحلیل‌های آماری به نرم‌افزار SPSS25 منتقل شدند. برخی محاسبات نیز توسط نرم‌افزار Excell2016 انجام شده‌است.

جدول ۱. مقادیر عددی سازه‌های اول و دوم واکه‌های فارسی معیار، مختصات صفر واکه‌ای و مختصات جدید واکه‌ها به تفکیک جنسیت

واکه‌های فارسی معیار	جنسیت	میانگین بسامد دو سازهٔ اول (هرتز)		صفرواکه‌ای (هرتز)		مختصات جدید واکه‌ها نسبت به صفر واکه‌ای (هرتز)	
		$F_{1(v)}$	$F_{2(v)}$	$x_{(0)}$	$y_{(0)}$	$x_{(v)}$	$y_{(v)}$
[i]	مرد	۲۷۰/۵	۲۳۹۰/۹	۱۴۶۵/۵	۴۸۱/۴	−۹۲۵/۳	۲۱۰/۸
	زن	۳۰۸	۲۵۷۸/۸	۱۶۸۰/۳	۶۰۷/۱	−۸۹۸/۵	۲۹۸/۹
[e]	مرد	۴۷۶/۸	۱۹۸۵/۱	"	"	−۵۱۹/۶	۴/۵
	زن	۵۸۳	۲۳۲۰/۲	"	"	−۶۳۹/۹	۲۳/۹
[a]	مرد	۷۷۵/۷	۱۵۶۲/۵	"	"	−۹۶/۹	−۲۹۴/۲
	زن	۱۰۵۱/۲	۱۷۹۸/۶	"	"	−۱۱۸/۳	−۴۴۴/۱
[ɑ]	مرد	۶۲۶/۵	۱۰۳۵/۲	"	"	۴۵۰/۵	−۱۴۵/۲
	زن	۸۰۸/۶	۱۲۹۸	"	"	۳۸۲/۳	−۲۰۱/۵
[o]	مرد	۴۳۴/۷	۹۱۲/۳	"	"	۵۵۳/۵	۴۶/۸
	زن	۵۵۳/۸	۱۰۸۲/۵	"	"	۵۹۷/۸	۵۴/۱
[u]	مرد	۳۰۴/۱	۹۰۷/۲	"	"	۵۵۸/۵	۲۷۱/۶

[18] Praat
[19] Steady state time

www.SID.ir

Arch

	زن	۳۳۸/۸	۱۰۰۳/۷	"	"	۶۷۶/۶	۲۶۸/۶

٤. یافته‌ها

٤-١. آنالیز تمایزات

در این بخش، از مدل آماریِ آنالیز تمایزات جهت کاهش ابعاد و طبقه‌بندی نمونه‌ها استفاده شده است. این روش در موقعیت‌هایی که متغیر وابسته (ملاک) از نوع طبقه‌ای و متغیرهای مستقل (پیش‌بین) از نوع کمّی هستند، قابلیت کاربرد دارد. هدف اصلی آنالیز تمایزات، پیش‌بینی عضویت گروهی طبقاتِ متغیر وابسته از روی مجموعه‌ای از متغیرهای مستقل است و در آن ضرایب رگرسیون متغیرهایی که در جداسازی سطوح گوناگون متغیرِ وابسته مشارکت معنی‌داری دارند، در معادلهٔ تمیز به کارگرفته می‌شود. منطق زیربنایی این روش مبتنی بر تحلیل واریانس چند متغیری است.

در بررسی حاضر، شش واکهٔ فارسی معیار به‌عنوان متغیر وابسته (ملاک) و دو پارامتر تأثیرگزار F1/F2 به‌عنوان متغیرهای غیروابسته (پیش‌بین)، در آنالیز تمایزات تعریف شدند. هدف از اجرای این آزمون، ارزیابی قدرت طبقه‌بندی واکه‌ها در تکنیک صناو در مقایسه با روش سنتی (F1*F2)، مقیاس مل و مقیاس بارک است. دو مقیاس مل و بارک در بهنجارسازی واکه‌ها بالاترین رتبه را در تفکیک واکه‌ای به خود اختصاص داده‌اند (اسفندیاری و علی‌نژاد، ۱۳۹۴)، بنابراین به‌عنوان نمونه‌های شاهد مورد ارزیابی و مقایسه قرار می‌گیرند. جدول ۲، درصد قدرت تفکیک اختصاصی هر واکه را براساس چهار روش مذکور نشان می‌دهد. در چهار ستون سمت چپ نیز درصد کل تفکیک واکه‌ای آورده شده است.

جدول ۲. درصد قدرت تفکیک واکه‌ای در مدل آنالیز تمایزات (هرتز، صَناو، مل و بارک)

واکه	واکه / مقیاس	u	o	ɑ	i	e	a	درصد کل			
u %	هرتز	۹۸/۳	۱/۷	۰	۰	۰	۰	بارک(شاهد)	مِل(شاهد)	صَناو	هرتز
	صَناو	۸۵	۱۵	۰	۰	۰	۰				
	مل (شاهد)	۹۳/۳	۶/۷	۰	۰	۰	۰				
	بارک (شاهد)	۹۱/۷	۸/۳	۰	۰	۰	۰				
o %	هرتز	۶/۷	۹۱/۷	۱/۷	۰	۰	۰	٪۹۶/۱	٪۹۶/٤	٪۹۷/۲	٪ ۹٤/٤
	صَناو		۱۰۰		۰	۰	۰				

www.SID.ir

		مل (شاهد)	۶/۷	۹۱/۷	۱/۷	۰	۰	۰			
		بارک (شاهد)	۶/۷	۹۱/۷	۱/۷	۰	۰	۰			
%	ɑ	هرتز	۰	۱۳/۳	۸۶/۷	۰	۰	۰			
		صَناو	۰		۱۰۰	۰	۰	۰			
		مل (شاهد)	۰	۶/۷	۹۳/۳	۰	۰	۰			
		بارک (شاهد)	۰	۶/۷	۹۳/۳	۰	۰	۰			
%	i	هرتز	۰	۰	۰	۹۸/۳	۱/۷	۰			
		صَناو	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰			
		مل (شاهد)	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰			
		بارک (شاهد)	۰	۰	۰	۱۰۰	۰	۰			
%	e	هرتز	۰	۰	۰	۱/۷	۹۸/۳	۰			
		صَناو	۰	۰	۰	۱/۷	۹۸/۳	۰			
		مل (شاهد)	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰			
		بارک (شاهد)	۰	۰	۰	۰	۱۰۰	۰			
%	a	هرتز	۰	۰	۶/۷	۰	۰	۹۳/۳			
		صَناو	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰			
		مل (شاهد)	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰			
		بارک	۰	۰	۰	۰	۰	۱۰۰			

www.SID.ir

										(شاهد)

نگاهی اجمالی به جدول فوق نشان می‌دهد که تفکیک واکه‌ای در مقیاس هرتز ضعیف‌ترین عملکرد را داشته و داده‌های هر شش واکه در دو یا سه طبقه پراکنده شده‌اند. در تکنیک صناو، در ۵ مورد از ۶ موردِ واکه زبان فارسی، قدرت تفکیک ۱۰۰ درصد (واکهٔ [e] با ۹۸/۳ درصد) بوده و تنها در مورد واکهٔ [u] با ۸۵ درصد تفکیک انجام شده‌است. مقایسهٔ نتیجهٔ این تکنیک با دو مقیاس مل و بارک (نمونه‌های شاهد) حاکی از آن است که عملکرد صناو در طبقه‌بندی واکه‌ها تقریباً مشابه دو مقیاس مل و بارک بوده و در دو مورد (واکهٔ a و o) بهتر از دو مقیاس مذکور عمل کرده‌است. در نهایت، به اعتبار نتیجهٔ حاصل شده از مدل آنالیز تمایزات، درصد کل قدرت تفکیک واکه‌ای در تکنیک‌های مورد بررسی به‌ترتیب عبارت است از:

(٪۹۴/۴) هرتز <(٪۹۶/۱) بارک <(٪۹۶/۴) مِل <(٪۹۷/۲) صَناو

با توجه به نتیجهٔ به‌دست آمده و اثبات میزان مطلوبیت تکنیک صناو در تفکیک واکه‌ای با حفظ تنوعات واجی، اکنون واکه‌ها را براساس داده‌های جدول ۱، به صَناو منتقل نموده و طبقات واکه‌ای را برروی این صفحه و بر مبنای ویژگی‌های آن (ن.ک. بخش ۲) ارزیابی می‌کنیم.

٤-۲. بازنمایی طبقات واکه‌ای

پیش‌تر گفته شد که هدف اصلی پژوهش حاضر ارائه مدلی است که دامنهٔ واکه‌ها را به‌طور نظام‌مند تحدید نموده و طبقات واکه‌ای را از هم تفکیک نماید. در همین راستا، طرحی هندسی-آماری به نام صناو که برپایهٔ محاسبهٔ صفرواکه‌ای و باندهای ۲۵ درصدی شکل گرفته، معرفی شد. همچنین توضیح داده‌شد که مبنای محاسبهٔ پهنای باندهای ۲۵ درصدی برروی محور افقی بزرگترین قدرمطلق پیشین‌ترین یا پسین‌ترین واکه و برروی محور عمودی بزرگترین قدرمطلق افراشته‌ترین یا افتاده‌ترین واکه می‌باشد. در زبان فارسی، مقادیر کمّی واکه‌های [i] و [a] به‌ترتیب مبنای محاسبهٔ این باندها می‌باشند. جدول ۳، پهنای باندهای ۲۵ درصدی را برروی محور افقی و عمودی، به تفکیک جنسیت نشان می‌دهد. مبنای محاسبات برروی محور افقی قدرمطلق مقدار کمّی $x_{(v)}$ واکهٔ [i] و برروی محور عمودی قدرمطلق $y_{(v)}$ واکهٔ [a]، تقسیم بر ۴ می‌باشد.

جدول ۳. محاسبهٔ پهنای باند ۲۵ درصدی برروی محور عمودی و افقی

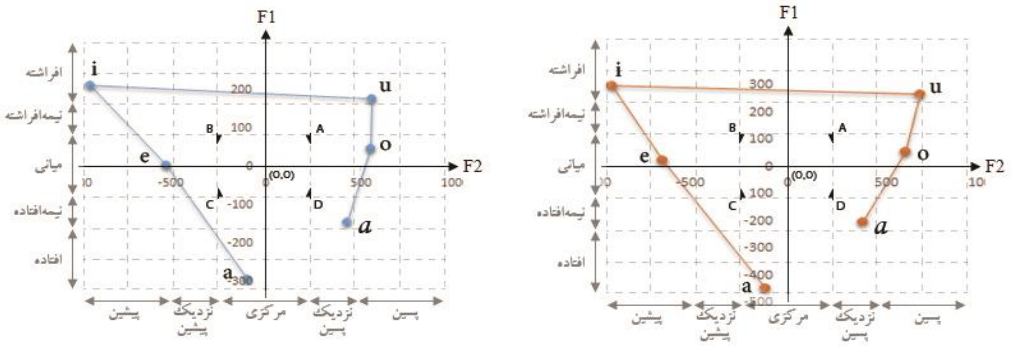
پهنای باند برروی محور افقی مبنای محاسبه واکه |i|	مرد	۲۳۱/۳= ۴/ |-۹۲۵/۳|
	زن	۲۲۴/۶= ۴/ |-۸۹۸/۵|
پهنای باند برروی محور	مرد	۷۳/۵۵= ۴/ |-۲۹۴/۲|

www.SID.ir

Arch

۱۱۱= ۴/ |-۴۴۴/۱|	زن	عمودی مبنای محاسبه واکه |a|

شکل۶، جایگاه واکه‌ها را در باندهای ۲۵ درصدی و پس از انتقال به صَناو نشان می‌دهد. نام باندی که واکه در آن قرارگرفته، در سمت چپ و پایین شکل نوشته شده‌است.



(ب) (الف)

شکل٦. نمایش فضای واکه‌ای در صَناو الف) گروه زنان ب) گروه مردان

همان‌گونه که مشاهده می‌شود، دو واکهٔ [i] و [e] در باند ۵۰ درصدی «پیشین» قرار دارند. واکهٔ [a] در باند ۵۰ درصدی «مرکزی»، واکهٔ [ɑ] در باند ۲۵ درصدی «نزدیک‌به‌پسین» و دو واکهٔ [o] و [u] در باند ۵۰ درصدی «پسین» جای‌گرفته‌اند. جایگاه واکه‌ها از نظر ارتفاع نیز بدین شرح است: واکه‌های [i] و [u] دو واکهٔ «افراشته» هستند که در باند ۵۰ درصدی بالایی جای‌گرفته‌اند. واکهٔ [e] و [o] در باند ۵۰ درصدی «میانی»، واکهٔ [ɑ] در باند ۲۵ درصدی «نیمه‌افتاده» و واکهٔ [a] در باند ۵۰ درصدی «افتاده» قرار دارد. جدول ۴، جایگاه شش واکهٔ فارسی معیار را برروی صَناو و در مقایسه با نمودار سنتی نشان می‌دهد. تغییرات مشاهده شده در جایگاه واکه‌ها برروی صناو نسبت به نمودار سنتی با علامت * مشخص شده است.

جدول ٤. مکان‌یابی واکه‌های فارسی معیار برروی صَناو و نمودارهای سنتی

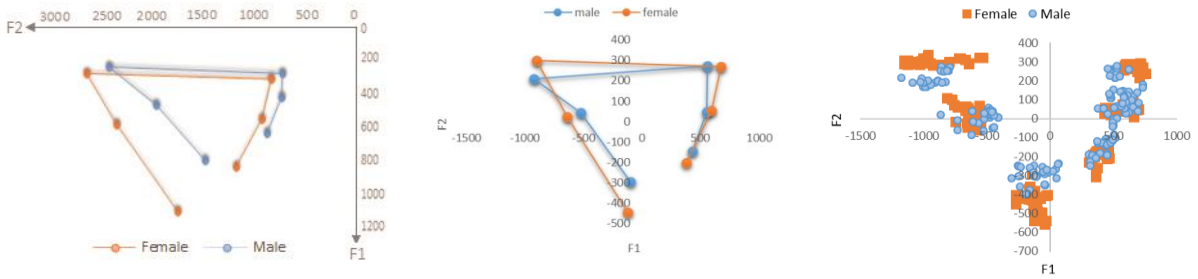
واکه ها	مکانیابی واکه ها برروی صَناو	جایگاه واکه ها برروی نمودار سنتی

www.SID.ir

Arch

[i]	پیشین/افراشته	پیشین/افراشته
[e]	پیشین/میانی	پیشین/میانی
[a]	*مرکزی/افتاده	پیشین/افتاده
[ɑ]	*نزدیک‌به‌پسین/*نیمه‌افراشته	پسین/افتاده
[o]	پسین/میانی	پسین/میانی
[u]	پسین/افراشته	پسین/افراشته

تا اینجا هرآنچه مطرح شد، مستنداتی بود در باب طبقه‌بندی واکه‌ها و قدرت تفکیک واکه‌ای در صناو، اما نکته دیگری نیز در مورد این طرح قابل توجه است و آن میزان هم‌پوشانی فضاهای واکه‌ای است. اگرچه در این مقاله قصد نداریم به مبحث هم‌پوشانی فضای واکه‌ای وارد شویم، اما از آنجا که این موضوع یکی از مباحث مطرح در بهنجارسازی واکه‌ها محسوب می‌شود، تنها با اشاره‌ای کوتاه از آن گذر خواهیم کرد. همان‌طورکه گفته شد در صناو، سیستم واکه‌ای در مرکز ثابت است و واکه‌ها در اطراف صفر واکه‌ای پراکنده شده‌اند. ثبات سیستم در مرکز سبب می‌شود که هم‌پوشانی فضاهای واکه‌ای در گروه‌های جنسیتی مردان و زنان به میزان قابل توجهی افزایش یابد. شکل ۷ همپوشانی فضاهای واکه‌ای را به تفکیک جنسیت در صناو و نمودار سنتی نشان می‌دهد.



(الف) (ب) (ج)

شکل ۷. فضای واکه‌ای فارسی معیار الف) ابر واکه‌ای (صناو) ب) نمودار نقطه‌ای (صناو) ج) نمودار سنتی

مشاهدات حاکی از آنست که عملکرد این تکنیک علاوه بر قدرت بالا در تفکیک واکه‌ای، در حذف اثر جنسیت و ترفیع میزان هم‌پوشانی فضاهای واکه‌ای نیز موفق بوده است. مقایسهٔ شکل ۷- ب و ۷- ج نشان می‌دهد که برروی صناو، فضاهای واکه‌ای جز در منطقه‌ای کوچک در واکهٔ پیشین ، در بقیهٔ مناطق با یکدیگر هم‌پوشانی کامل دارند.

٤-۳. مکان‌یابی باینری واکه‌ها در صَباو

www.SID.ir

Arch

آخرین نکته در مورد صفحهٔ نانوشتهٔ واکه‌ای بازمی‌گردد به صفحهٔ مشبکی که از برخورد باندهای ۲۵ درصدی شکل گرفته و صفحهٔ باینری واکه‌ای یا به اختصار «صَباو» نامیده شد (ن.ک. شکل ۵). در توصیف این صفحه گفته شد که در حالت کلی، موقعیت هریک از خانه‌های شانزده‌گانه با زوج مرتب (±αF2, ±βF1) نمایش داده می‌شود. ضریب سازه نیز در بازه‌ای برابر با ۴- ≤ α, β ≤ ۴+ قراردارد. در شکل ۵، زوج‌های مرتب دو پارامتر F1/F2 در هر خانه نوشته شده‌است. شکل ۶ نیز خانه‌ای که واکه در آن قرارگرفته را نشان می‌دهد. اکنون به‌راحتی می‌توان جایگاه هر واکه را براساس ارزش‌های باینری دو پارامتر F1/F2 مشخص نمود. برای مثال واکهٔ [i] که در ربع دوم قرار دارد برروی محور افقی در خانهٔ چهارم با علامت منفی (α=-۴) و برروی محور عمودی در خانهٔ سوم با علامت مثبت (β=+۳) مکان‌یابی شده است که از تلاقی آنها زوج مرتب (-4F2,+3F1) =[i] به‌دست می‌آید. لازم است توجه شود که اگر ضریب سازه برروی دو محور عمودی و افقی برابر با یک شود (α, β = ۱)، واکه در «منطقه خنثی» مکان‌یابی می‌شود که زوج مرتب آن به‌صورت کلی (±F2, ±F1) است. در مورد «منطقه خنثی» در بخش ۲-۳ صحبت شد. جدول ۵، مکان‌یابی واکه‌های فارسی معیار را در صفحات صَباو، صَناو و نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Arch

جدول ۵. مکان‌یابی باینری واکه‌های فارسی معیار در «صَباو» و «صَناو»

واکه‌های فارسی معیار	مکان‌یابی واکه‌ها در صَباو	مکان‌یابی واکه‌ها در صَناو
[i]	(-4F2,+3F1)	پیشین/افراشته
[e]	(-3F2,+F1)	پیشین/ نیمه‌افراشته
[a]	(-F2,-4F1)	مرکزی/افتاده
[ɑ]	(+2F2,-2F1)	نزدیک‌به‌پسین/نیمه‌افتاده
[o]	(+3F2,+F1)	پسین/میانی
[u][20]	= (+3F2,+4F1) مردان = (+3F2,+3F1) زنان	پسین/افراشته

برای واضح‌تر شدن عملکرد صباو در مکان‌یابی واکه‌ها، جایگاه دو واکهٔ /i/ و /a/ را به‌عنوان نمونه بررسی می‌کنیم. در جدول ۱، بسامد دو سازهٔ اول در ذیل ستون‌های $F_{1(v)}$ و $F_{2(v)}$ آورده شده‌است. مختصات دو واکهٔ [i] و [a] در قالب زوج مرتب برروی نمودار سنتی عبارت از (۲۳۸۱،۳۶۴) =[i] و (۱۵۶۰،۷۷۹) =[a] است. درصورتی‌که اطلاعات مربوط به این واکه‌ها در دست نباشد، مثلاً نام واکه را ندانیم یا با نظام واکه‌ای آن زبان آشنا نباشیم، به احتمال زیاد نمی‌توانیم به‌دقت درمورد آنها اظهار نظر کنیم. حتی اگر درمورد جایگاه تقریبی این واکه‌ها هم نظری فرضی داشته باشیم، باز هم دو واکه که مقدار کمّی سازه‌های دوم آنها با تفاوت قابل توجه، برابر با ۲۳۸۱ و ۱۵۶۰ هرتز است را با هم در یک طبقه قرار نمی‌دهیم (در زبان فارسی هر دو واکه متعلق به طبقهٔ پیشین است). حال فرض کنید موقعیت باینری این دو واکه را بدون درنظر گرفتن نام آنها در اختیار دارید: (-4F2,+3F1) =[i] و (-F2,-4F1) =[a]. در این زوج‌های باینری، عدد جلوی هر سازه به همراهِ ارزش ± در کنار آن، بی‌درنگ موقعیت واکه را نسبت به «صفر واکه‌ای» مشخص می‌کند. بدین معنی که در زوج اول (یعنی واکهٔ [i])، علامت منفی در کنار F2 و علامت مثبت در کنار F1، به ربع دوم اشاره می‌کند و ضریب ۴ در کنار F2 و ضریب ۳ در کنار F1، جایگاه واکه را در باندهای «افراشته» و «پیشین» نشان می‌دهد. در زوج دوم (یعنی واکهٔ [a]) علامت منفی در کنار دو سازهٔ F1 و F2 ، ربع سوم را نشان می‌دهد و ضریب ۱ در کنار F2 جایگاه واکه را در باند ۵۰ درصدی «مرکزی» تعیین می‌کند و ضریب ۴ در کنار F1، آن را در باند ۵۰ درصدی «افتاده»

[20] واکه [u] برای مردان در خانه +4F1 و برای زنان در خانه +3F1 مکان‌یابی شده است که هردو در باند ۵۰ درصدی پسین قرار دارند.

www.SID.ir

Arch

جای می‌دهد. اکنون، فارغ از اینکه در مورد کدام زبان صحبت می‌کنیم یا نام این واکه‌ها چیست، قطعاً می‌دانیم که واکه‌های مذکور، به ترتیب «افراشتهٔ پیشین» و «افتادهٔ مرکزی» هستند و البته در فارسی معیار، اولی واکهٔ [i] و دومی واکهٔ [a] می‌باشد.

شایسته بیان اینکه ویژگی باینری که در «صباو» تظاهر پیدا کرده، نوعی تقابل تدریجی است که جایگاه واکه‌ها را بر روی هر یک از دو محور عمودی (F1) و افقی (F2) در بازه‌ای از ۴- تا ۴+ نشان می‌دهد. مفهوم جمله فوق این است که برروی محور افقی هرچه از ۴- به سمت ۴+ حرکت کنیم به‌میزان پسین‌شدگی واکه افزوده می‌شود. همچنین، برروی محور عمودی هرچه از ۴+ به سمت ۴- پیش برویم، از ارتفاع واکه کاسته می‌شود و هنگامیکه برروی دو محور عمودی و افقی این ضرایب برای هر دو سازه برابر با ۱± شود وارد منطقهٔ خنثی واکه‌ای شده‌ایم.

به‌عنوان نکتهٔ آخر لازم است توجه شود که نظام واکه‌ای زبان فارسی محدود به شش واکهٔ ساده است، به همین دلیل تنها شش خانه در صباو پر شده‌است، اما این امکان وجود دارد که واکه‌های بیشتری برروی این صفحه مکان‌یابی شود. در واقع، هریک از این خانه‌ها می‌تواند به‌لحاظ نظری، جایگاه واکه‌ای فرضی باشد که به‌طور بالقوه در یک زبان وجود دارد.

۵. نتیجه‌گیری

دراین پژوهش با پیشنهاد طرحی هندسی-آماری به نام صَناو و محاسبهٔ یک مرکز ثقل به نام صفر واکه‌ای، جایگاه واکه‌های فارسی معیار مورد ارزیابی قرار گرفت. بررسی توابع به‌دست آمده از آنالیز تمایزات حکایت از آن داشت که تکنیک صَناو از قدرت تفکیک واکه‌ای بالایی برخوردار است. تقسیمات باندهای ۲۵ درصدی نیز به خوبی دامنهٔ واکه‌ها را تحدید و طبقات واکه‌ای را از یکدیگر تفکیک نمود. برهمین اساس مشخص شد که واکهٔ [a] که در نمودارهای سنتی به‌عنوان واکه‌ای «پیشین» در نظرگرفته‌می‌شود، واکه‌ای «مرکزی» است. واکهٔ [ɑ] نیز در منطقهٔ «نزدیک‌پسین و نیمه‌افتاده» مکان‌یابی شد. همچنین از برخورد باندهای ۲۵ درصدی، خانه‌های شانزده‌گانه برروی هریک از ربع‌های صناو شکل گرفت که ویژگی‌ای ثانویه از این صفحه که همان موقعیت باینری واکه‌ها هستند را به نمایش گذاشت. نهایتاً، از مقایسهٔ نمود دیداری فضای واکه‌ای در صناو با نمودار سنتی، این نکته آشکار شد که با تثبیت سیستم واکه‌ای در مرکز، علاوه برآنکه تفکیک‌پذیری مطلوب‌تری در طبقه‌بندی واکه‌ها حاصل می‌شود، هم‌پوشانی فضاهای واکه‌ای نیز به‌میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد.

www.SID.ir

Arch

منابع

اسفندیاری، نسیم و علی‌نژاد، بتول، بهنجارسازی فضای واکه‌ای زبان فارسی، مجله پژوهش‌های زبان‌شناسی، سال هفتم، شماره دوم، شماره ترتیبی ۱۳ ، پاییز و زمستان ۱۳۹۴، ۳۴-۱۵.

بی‌جن‌خان، محمود، ۱۳۹۲، نظام آوایی زبان فارسی، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.

ثمره، یدالله، ۱۳۷۸، آواشناسی زبان فارسی: آواها و ساخت آوایی هجا، ویرایش دوم، تهران، مرکز نشر دانشگاهی.

حق‌شناس، علی‌محمد، ۱۳۵۶، آواشناسی (فونتیک)، تهران، انتشارات آگاه.

سپنتا، ساسان، ۱۳۷۷، آواشناسی فیزیکی زبان فارسی، اصفهان، چاپ گلها.

مدرسی‌قوامی، گلناز، ۱۳۹۳، آواشناسی: بررسی علمی گفتار، چاپ سوم (اصلاحات و اضافات)، تهران، انتشارات سمت.

مشکوه‌الدینی، مهدی، ۱۳۷۴، ساخت آوایی زبان، چاپ سوم (بازنگری و ویراستاری مجدد)، مشهد، دانشگاه فردوسی.

Boersma, P. & D. Weenink (2017). Praat: doing phonetics by computer (version 6.0.28) [computer software]. From http://www.praat.org/

Essner, G. (1947).Research sur la structure des voyelles orales. Archives Neerlandises de Phonetique Experimentale. 20, 40-77

Joos, M. (1948). Acoustic Ohonetics. Language Monograph, 23. Baltimore: The Linguistic Society of America.

Hagiwara, R. (1977). Dialect variation and formant frequency: The American English vowels revised. Journal of the Acoustical Society of America. 97, 3099-3111

Hayward, K. (2000). Experimental phonetics. Harlow: Pearson Education limited.

Lobanove, V. M. (1971). Classification of Russian vowels spoken by different speakers. Journal of the Acoustical Society of America. 49, 606-608.

Ladefoged, P. (1976). Three areas of experimental phonetics. Oxford: Oxford University Press.

Ladefoged, P. (1980). What are linguistic sounds made of? Language, 56(3): 485-502.

Ladefoged, P. & K. Johnson (2011). A course in phonetics. Seventh edition. Cengage learning, Standford, USA.

Ladefoged P. & D. Broadbent (1957). Information conveyed by vowels. Journal of the Acoustical Society of America. 29, 88-104.

McCloy, D. (2016). Normalization and plotting vowels with PhonR, accessible online: http://drammock.github.io/phonR/

Nearey T. M. (1977). Application of generalized linear modeling to vowel data. Proceeding of the ICSLP (92): 583-586.

Nearey T. M. (1978). Phonetic features system for vowels. Indian University. Linguistic club.

Nordström, P. –E. & B. Lindblom (1975). A normalization proceedure for vowel formant data. Proceeding of the ICPHS 8: 212.

Peterson G. E. & H. L. Barney (1952). Control methods used in a study of the

www.SID.ir

vowels. Journal of the Acoustical Society of America. 24, 175-184.
Thomas E. & T. Kendall (2015). Vowel normalization and Plotting Suite, accessible online: http://lingtools.uoregon.edu/norm/
Wassink, A.B. (2006). A geometric representation of spectral and temporal vowelfeatures.quantification of vowel overlapin three linguistic varieties. Journal of the Acoustical Society of America. 119(4): 2334-2350.
Watt, D. & A. Fabricius (2002). Evaluation of a technique for improving the mappingof multiple speakers vowel spaces in the F1~F2 plane. Leeds working papers in linguistics andphonetics. 9, 159-73.
Watt, D. & A. Fabricius (2011). More on vowels: plotting and normalization, ch. 9. In (dipaolo, Marianna and Yaegar-Dror, Malcah) Sociophonetics: a student's guide. Routledge.

www.SID.ir