

# بررسی صوت‌شناختی واکه‌های ساده زبان فارسی معیار

شهره فشنذکی<sup>۱</sup>

ماندانا نوربخش<sup>۲</sup>

## چکیده

پژوهش حاضر نظام واکه‌ای زبان فارسی معیار را از منظر آواشناسی صوت‌شناختی بررسی می‌کند. هدف از این پژوهش تعیین بسامد پایه، بسامد سه سازه نخست، شدت و میزان دیرش هر یک از شش واکه ساده زبان فارسی معیار است. ده (زن) گویشور زبان فارسی معیار هر شش واکه زبان فارسی را در بافت CVb در اتاق آکوستیک تلفظ کردند. ۱۸ همخوان از ۲۳ همخوان زبان فارسی در جایگاه همخوان اول این بافت قرار گرفتند. در مجموع ۱۱۴۰ داده جمع‌آوری شد که با نرم‌افزار تحلیل صوت پرت از نظر صوت‌شناختی بررسی و نتایج حاصل از این بررسی توسط نرم‌افزار آماری اسپی‌اس‌اس تحلیل شد. این آزمایش نشان می‌دهد، واکه /a/ فارسی گرد نیست. همچنین تقسیم‌بندی واکه‌های این زبان به دو طبقه طبیعی کوتاه و کشیده تا حدی عملی است ولی نمی‌توان مرز دقیقی بین این دو طبقه در نظر گرفت. این آزمایش همچنین نشان می‌دهد واکه /i/ بیشترین واکه و /u/ پسین‌ترین واکه زبان فارسی‌اند. از نظر ارتفاع نیز واکه /i/ افراشته‌ترین و واکه /a/ افتاده‌ترین واکه قلمداد می‌شوند.

**واژه‌های کلیدی:** بررسی صوت‌شناختی، فارسی معیار، واکه، سازه، بسامد، شدت، دیرش

## ۱- مقدمه

آواهای زبان به دو دسته اصلی همخوان و واکه تقسیم می‌شوند. واکه‌ها، آواهای رسایی‌اند که مجرای گفتار هنگام تولیدشان باز است و جریان هوا آزادانه خارج می‌شود. از نظر صوت‌شناختی موج حاصل از تولید واکه، یک موج پیچیده منظم است. این موج در واقع طیف ارتعاش تارآواها(به عنوان منشاء) به علاوه فرکانس‌های تشدید مجرای فوق حنجره(به عنوان صافی) است. تفاوت کیفی واکه‌ها از این نظر به شکل خاص مجرای گفتار و فرکانس‌های تشدید آن هنگام تولید هر واکه باز می‌گردد. در توصیف وضعیت تولیدی واکه‌ها، مجرای فوق حنجره به شکل یک لوله صوتی در نظر گرفته می‌شود که یک سر

<sup>۱</sup> - کارشناس ارشد زبان‌شناسی، دانشکده ادبیات، تاریخ و زبان‌های خارجی دانشگاه الزهرا (س). woxpe@yahoo.com

<sup>۲</sup> - استادیار، گروه زبان‌شناسی همگانی دانشگاه الزهرا (س). noubakhsh@alzahra.ac.ir

آن در چاکنای، بسته و سر دیگر آن در قسمت لب‌ها باز است (هیوارد<sup>۱</sup>، ۲۰۰۰: ۸۲). به فرکانس‌های تشدید<sup>۲</sup> صوت در این لوله، فورمنت یا سازه گویند. اگرچه در این لوله فرکانس‌های تشدید متعددی وجود دارد اما مهم‌ترین نقش را در شکل‌گیری یک واکه سه فرکانس تشدید اول ایفا می‌کنند. پائین‌ترین فرکانس را  $F_1$  یا سازه اول و دو فرکانس بعدی را به ترتیب  $F_2$  و  $F_3$  می‌نامند (همان، ۸۳).

فرکانس سازه اول با میزان باز بودن حفره دهان ارتباط دارد به این صورت که هر چه دهان بسته‌تر باشد  $F_1$  پائین‌تر خواهد بود. فرکانس سازه دوم با جایگاه زبان در تولید واکه ارتباط دارد و هر چه واکه پسین‌تر باشد  $F_2$  پائین‌تر خواهد بود. به این ترتیب در واکه‌های پیشین فاصله دو سازه اول زیاد و فاصله سازه دوم و سوم کم است. هر چه واکه پسین‌تر باشد دو سازه اول به هم نزدیک و سازه دوم و سوم از هم دور می‌شوند. سازه سوم بیشترین تاثیر را از موقعیت نوک زبان می‌گیرد. گردشگری باعث پائین آمدن  $F_2$  و حلقی‌شدگی موجب افزایش آن می‌گردد (برمن<sup>۳</sup>، ۲۰۰۷: ۲۲۹).

مطالعه سه سازه نخست در بررسی کیفیت واکه‌ها بسیار حائز اهمیت است. به غیر از این سه سازه، دیرش، شدت و بسامد پایه هر واکه نیز در مطالعات آواشناختی بررسی می‌شود. در حالت کلی بسامد پایه در واکه‌های افراشته نسبت به واکه‌های افتاده بالاتر است. به عبارت دیگر در دوزنقه واکه‌ها هر چه از بالا به پایین حرکت کنیم بسامد پایه و سازه نخست خلاف جهت یکدیگر حرکت می‌کنند. به این معنی که بسامد پایه کاهش می‌یابد در حالیکه سازه نخست بالا می‌رود. اختلاف بسامد پایه و سازه نخست در واکه‌های افراشته کم‌ترین مقدار و در واکه‌های افتاده بیشترین مقدار را دارد. این در واقع بدان معنا است که بسامد پایه واکه‌ها از پیشین به پسین و از افتاده به افراشته افزایش می‌یابد.

همانطور که گفته شد، شدت نیز در مطالعه واکه‌ها مد نظر قرار می‌گیرد. مطالعه ارتباط بین انرژی سیگنال صوتی و بلندی آن نشان داده است که اگر واکه‌ها با یک اندازه انرژی تولید شوند با بلندی یکسان هم درک می‌شوند اما حتی در این شرایط نیز دامنه برخی واکه‌ها با برخی دیگر متفاوت است. در واکه‌های افراشته شکل بسته حفره دهان باعث کاهش شدت نسبت به واکه‌های افتاده می‌شود (لهیست<sup>۴</sup> و پترسون<sup>۵</sup>، ۱۹۵۹: ۴۳۰).

در مورد وضعیت واکه‌های زبان فارسی پیش‌تر هم مطالعاتی انجام پذیرفته است. برای مثال پیسیویچ<sup>۶</sup> (۱۹۸۵: ۹۶) معتقد است نظام واکه‌ای زبان فارسی در قرن سیزدهم میلادی متشکل از هشت واکه ساده بوده که زبان فارسی امروز شش واکه آن را حفظ کرده است. وی در جدولی شکل تغییر یافتن این واکه‌ها را به شکل زیر نمایش می‌دهد (همان: ۸۹):

<sup>1</sup>- Hayward, K.

<sup>2</sup>- resonance

<sup>3</sup>- Behrman, A.

<sup>4</sup>- Lehiste, I.

<sup>5</sup>- Peterson, G.E.

<sup>6</sup>- Pisowicz, A.

قرن سیزدهم میلادی	قرن بیستم میلادی
/ǣ/	/a/
/ā/	/ɑ/
/ī/	/e/
/ī̄ / /ē̄/	/i/, /o/
/u/	/u/

### جدول ۱- شکل تغییر یافتن واکه‌های زبان فارسی

لازار<sup>۱</sup> (۱۹۹۲) نیز به وجود همین شش واکه قائل است و اشاره می‌کند سه واکه /ɑ, i, u/ از امتدادی به نسبت ثابت برخوردارند و در زبان روزمره تغییر و تبدیل‌های مهمی در کیفیت این واکه‌ها روی نمی‌دهد. اما سه واکه /o, e, a/ دارای امتداد متغیرند و اغلب کیفیتی شناور دارند (همان: ۱۸). این در حالی است که هاج<sup>۲</sup> (۱۹۵۷: ۳۵۷) به وجود یک واکه کاهش یافته نیز در این نظام قائل است. بنا به نظر وی واکه /θ/ نیز گاهی در محاوره حضور پیدا می‌کند که البته بیشتر از سبک فردی تاثیر می‌پذیرد برای مثال بعضی افراد ممکن است واژه‌ای نظیر [dahɑn] را به صورت [dəhɑn] تلفظ کنند.

نمره (۱۳۶۴: ۸۶) نیز دستگاه واکه‌های فارسی امروز را متشکل از شش واکه می‌داند که عبارتند از /ɑ, o, ā, i, e, u/. او واکه‌های زبان فارسی را از منظر آواشناسی تولیدی بررسی کرده است و واکه /i/ را واکه‌ای پیشین، بسته، گسترده و کشیده و واکه /e/ را واکه‌ای پیشین، متوسط، نیم گسترده و کوتاه معرفی می‌نماید. همچنین واکه /ɑ/ را واکه‌ای پیشین، باز، گسترده و کوتاه، واکه /u/ را یک واکه پسین، بسته، گرد و کشیده، واکه /o/ را پسین، متوسط، نیم‌گرد و واکه /â/ را واکه‌ای پسین، باز، گرد و کشیده قلمداد می‌نماید. اما به لحاظ صوت‌شناختی، بی‌جن‌خان (۱۳۶۹) واکه‌های زبان فارسی را بر اساس نظریه آواشناسی فانت بررسی کرد. وی با استفاده از LPC تحلیل صوتی واکه‌ها را انجام داده و بسامد پایه و سازه‌های اول و دوم هر واکه را به قرار زیر گزارش می‌کند:

واکه /i/: بسامد پایه ۱۲۵، سازه اول ۴۲۰ و سازه دوم ۲۰۱۶ هرتز،  
 واکه /e/: بسامد پایه ۱۱۳، سازه اول ۵۸۸ و سازه دوم ۱۸۴۸ هرتز،  
 واکه /â/: بسامد پایه ۱۲۱، سازه اول ۷۵۶ و سازه دوم ۱۵۹۶ هرتز،  
 واکه /u/: بسامد پایه ۱۲۹، سازه اول ۴۲۰ و سازه دوم ۱۰۰۸ هرتز،  
 واکه /o/: بسامد پایه ۱۲۱، سازه اول ۵۸۸ و سازه دوم ۱۰۹۲ هرتز،

<sup>۱</sup>- Lazard, G.

<sup>۲</sup>- Hodge, C, T.

<sup>۳</sup>- مقصود از واکه /â/ همان واکه ɑ در الفبای بین‌المللی آوانگاری است. اما از آنجا که برخی نویسندگان در متن اصلی از نشانه â بهره جسته‌اند، در نقل قول از آنها، از همین نشانه استفاده شده است.

واکه/â/ : بسامد پایه ۱۲۱، سازه اول ۴۲۰ و سازه دوم ۱۱۷۶ هرتز. علاوه بر مطالعاتی که زبان‌شناسان انجام دادند، گروه‌های گفتار درمانی نیز اندازه‌های بسامد سازه‌های واکه‌های زبان فارسی را بررسی کردند که در اینجا به یکی از آنها اشاره می‌شود. صالحی و همکاران (۱۳۸۷)، بسامد سه سازه اول واکه‌های تولید شده ۶۰ دانشجوی ۱۸ تا ۲۴ ساله دختر و پسر را اندازه‌گیری کردند. اندازه این سازه‌ها در واکه‌های تولید شده توسط دختران از این قرار اعلام شده است:

واکه/i/ : سازه اول ۵۳۳، سازه دوم ۲۶۸۸، سازه سوم ۳۳۳۹ هرتز،

واکه/e/ : سازه اول ۶۵۳، سازه دوم ۲۲۵۵، سازه سوم ۳۰۴۰ هرتز،

واکه/æ/ : سازه اول ۸۷۶، سازه دوم ۱۶۵۹، سازه سوم ۲۸۳۳ هرتز،

واکه/u/ : سازه اول ۳۷۱، سازه دوم ۷۳۱، سازه سوم ۲۴۱۲ هرتز،

واکه/o/ : سازه اول ۴۹۱، سازه دوم ۸۷۴، سازه سوم ۲۶۴۵ هرتز،

واکه/a/ : سازه اول ۷۲۵، سازه دوم ۱۱۵۴، سازه سوم ۲۸۰۷ هرتز.

شیخ‌سنگ‌تجن (۱۳۸۹) با استفاده از دادگان تلفنی پژوهشکده پردازش هوشمند علائم، کاهش واکه‌ای زبان فارسی را بررسی کرد. این دادگان از ده منطقه لهجه‌ای در ایران (تهرانی، ترکی، اصفهانی، شمالی، یزدی جنوبی، خراسانی، کردی، لری و بلوچی) جمع‌آوری شده است. در این پژوهش، بسامد پایه، سازه‌های اول تا سوم، شدت، دیرش و مرکز ثقل طیفی منطقه ثبات واکه‌ها توسط نرم‌افزار پرت بررسی شد. وی پس از بررسی واکه‌ها در دو بافت مستقل از همخوان و بافت همراه با همخوان آغازین، گزارشی از تفاوت متغیرهای نامبرده در این دو بافت ارائه می‌کند و نتیجه می‌گیرد که از مقدار دیرش در واکه‌های کاهش‌یافته در هر دو بافت کاسته می‌شود. همچنین، مقدار سازه‌های اول و دوم نیز در واکه‌های کاهش‌یافته دستخوش تغییر می‌گردد. وی بسامد سازه‌ها، بسامد پایه، مدت و شدت واکه‌ها را در بافت مستقل از همخوان بدین ترتیب گزارش می‌کند:

شده	مدت	F <sub>3</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>1</sub>	بسامد پایه	واکه
۷۴	۲۲۴	۲۲۱۵	۱۵۳۳	۷۰۳	۱۲۴	/a/
۷۶	۲۳۰	۲۳۶۷	۱۰۹۴	۶۲۷	۲۳۰	/a/
۷۳	۲۲۲	۲۴۵۹	۱۸۲۱	۵۰۱	۲۲۲	/e/
۶۶	۲۱۳	۲۶۲۸	۱۹۶۶	۴۱۵	۱۳۷	/i/
۷۶	۲۳۷	۲۳۳۲	۹۴۴	۵۰۴	۱۳۳	/o/
۷۱	۲۰۹	۲۳۹۰	۹۳۰	۴۲۵	۱۳۵	/u/

<sup>۱</sup> - مقصود واکه a در الفبای بین‌المللی آوانگاری است.

<sup>۲</sup> - مقصود واکه a در الفبای بین‌المللی آوانگاری است.

مطالعه واکه‌ها در بین پژوهشگران غیر ایرانی از پیشینه قدیمی‌تری برخوردار است. در اروپا پیش از وقوع جنگ جهانی دوم، پژوهش‌هایی در ارتباط با واکه‌ها انجام شد که شاید بتوان مطالعات هلم‌هولتز<sup>۱</sup> (۱۸۷۷) را برجسته‌ترین آنها محسوب کرد. وی به تاثیر حفره‌های گویایی بر بسامد واکه‌ها پی‌برد و وجود حفره‌های مختلف بر سر راه تولید واکه‌های پیشین و پسین را، علت تفاوت بسامد آنها دانست.

پترسون و بارنی<sup>۲</sup> در سال ۱۹۵۲ واکه‌های زبان انگلیسی را به تفصیل بررسی و بسامد هر کدام از سازه‌ها را مشخص کردند. این پژوهش که روی ۷۶ نفر از گویشوران بومی انجام پذیرفت از دو بخش تشکیل شده بود. در یک بخش اندازه‌های صوت‌شناختی واکه‌ها مطالعه و در بخشی دیگر، میزان درک هر واکه ارزیابی می‌شد. این مطالعه نشان داد هم تولید و هم درک واکه‌ها به تجربه‌های زبانی فرد بستگی دارد. همچنین نشان داده شد تولید واکه توسط یک شخص معین فرایند تصادفی نیست یا به عبارتی اندازه صوت‌شناختی واکه‌ها در هر فرد تابع نظم خاصی است. علاوه بر این پترسون و بارنی به این نتیجه رسیدند که برخی از واکه‌ها نسبت به برخی دیگر بهتر درک می‌شوند. در همین سال دلاتر<sup>۳</sup>، ۱۶ واکه جدول آی‌پی‌ای<sup>۴</sup> را از نظر صوت‌شناختی بررسی کرد. هدف از این مطالعه پیدا کردن مناسب‌ترین میزان  $F_1$  و  $F_2$  برای هر کدام از واکه‌های جدول بود. در این مطالعه دو آزمایش به صورت جداگانه انجام پذیرفت. در آزمایش اول  $F_1$  واکه‌ها روی ۲۵۰ هرتز ثابت و  $F_2$  متغیر بود. این تغییر تا آنجا ادامه پیدا می‌کرد که بهترین  $F_2$  برای واکه مورد نظر انتخاب شود. مثلاً برای واکه /i/ ۲۹۰۰ هرتز بهترین بسامد سازه دوم به نظر می‌رسید. در آزمایش بعدی  $F_2$  ثابت و  $F_1$  متغیر بود. بدین ترتیب بهترین  $F_1$  و  $F_2$  برای هر واکه از ۱۶ واکه جدول آی‌پی‌ای انتخاب شد. سپس تاثیر کاهش<sup>۵</sup> در درک و ساختار واکه بررسی شد. آنها دریافتند کاهش گاه باعث می‌شود دو سازه یک واکه به قدری با هم آمیخته شوند که تبدیل به یک سازه واحد گردند. برای بررسی این سازه‌ها جانشین ۱۰ واکه و هر واکه با دو نوع ساختار سازه‌ای مطالعه شد. یک بار با دو سازه طبیعی خود و بار دیگر با یک سازه جایگزین که نقطه میانی دو سازه اول بود. این بررسی نشان داد در واکه‌هایی مثل /o/، /u/ و /a/... که اندازه دو سازه اول آنها به هم نزدیک است، سازه جایگزین برای درک کافی است. اما برای واکه‌هایی نظیر /i/ که دو سازه اول آنها از هم فاصله دارد، سازه جایگزین مناسبی نمی‌توان یافت.

در مطالعه حاضر نیز با در نظر گرفتن اصولی که این نظریه به معرفی آن پرداخته است، سازه‌های واکه‌های زبان فارسی بررسی می‌شود. بنابر آنچه گفته شد، در این پژوهش وضعیت سه سازه اول تا سوم، شدت، بسامد پایه و دیرش(طول زمان) واکه‌های زبان فارسی معیار مورد بررسی قرار گرفت.

<sup>۱</sup>- HelmHoltz, H.

<sup>۲</sup>- Barnny, H.

<sup>۳</sup>- Dellatre, P.

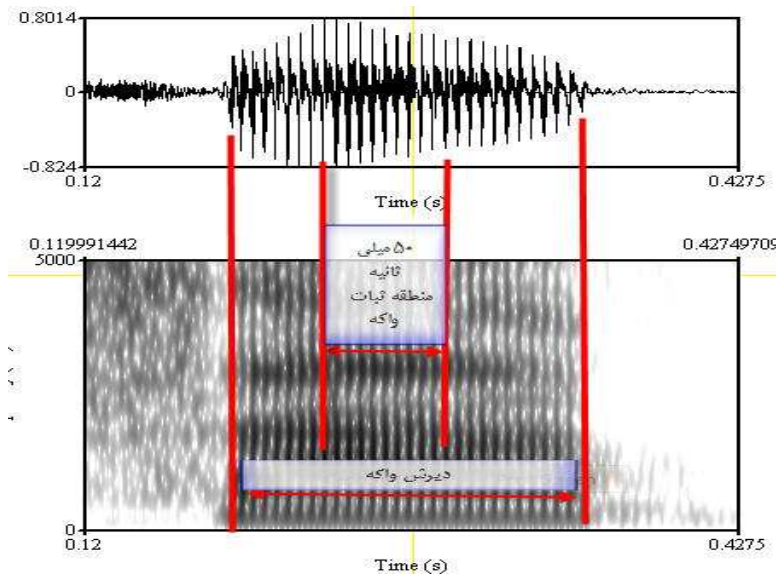
<sup>۴</sup>- International Phonetic Alphabet (IPA)

<sup>۵</sup>- Reduction

#### ۴- روش پژوهش

شش واکهٔ زبان فارسی شامل /i, e, a, u, o, a/ به نوبت در بافت هجایی cvb قرار گرفتند. در جایگاه همخوان اول این هجا، هجده همخوان از بیست و سه همخوان زبان فارسی جای داده شد<sup>۱</sup>. به این ترتیب ۱۱۴ ناکلمه<sup>۲</sup> ساخته شد که همخوان‌های /dʒ, tʃ, l, ʒ, x, h, b, p, d, t, g, k, ʔ, v, f, z, s/ در جایگاه آغازین آن قرار داشتند.

ده شرکت‌کنندهٔ زن با میانگین سنی ۲۷ سال با محدودهٔ سنی بین ۲۲ تا ۳۸ سال در این آزمایش شرکت کردند. همهٔ شرکت‌کنندگان گویشور بومی زبان فارسی معیار بودند و تنها این زبان را به عنوان زبان مادری صحبت می‌کردند (دوزبانه نبودند). داده‌های پژوهش در اتاقک آکوستیک دانشگاه الزهرا (س) ضبط شد. برای ضبط داده‌ها از میکروفن رولاند ۴۴۱۰۰ هرتز استفاده شد. هر شرکت‌کننده در حالی که میکروفن را به صورت مورب و با فاصله بیست سانتی‌متر از دهان نگه داشته بود، کلمات آزمایش را دو بار خارج از جمله و بدون آهنگ نشان‌دار تولید کرد. داده‌های پژوهش در کل شامل ۱۱۴۰ نمونه بود. بسامد سه سازه اول، بسامد پایه و شدت در محدوده ثبات (۵۰ میلی ثانیه میانی) واکه و طول کل واکه توسط نرم‌افزار پرت ویرایش ۵/۰/۸۳ اندازه‌گیری شد. شیوهٔ انتخاب محدودهٔ ثبات و دیرش واکه در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل ۱- ۵۰ میلی ثانیه از محدودهٔ ثبات و محدودهٔ دیرش واکهٔ /a/ از هجای /sab/

<sup>۱</sup> - همخوان‌های رسا از آنجائی که ساختار سازه‌ای مشابه واکه‌ها دارند از تحقیق حاضر کنار گذاشته شدند.

<sup>۲</sup> - nonce word

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان بسامد پایه و سه سازه نخست، همچنین شدت و دیرش هر واکه، با استفاده از نرم‌افزار اسپیس‌اس مورد تحلیل آماری قرار گرفت.

## ۵- نتایج

### ۵-۱- بسامد پایه

مقادیر به دست آمده از اندازه‌گیری بسامد پایه در واکه‌های فارسی معیار در جدول ۱ ارائه شده است.

واکه	نما	میانہ	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین
a	۲۳۴	۲۱۳	۱۷۴	۲۵۵	۱۹/۲۳۷	۲۱۴/۴۹
ɑ	۲۳۱	۲۳۰	۱۸۵	۲۶۵	۱۷/۳۵۸	۲۲۸/۴۸
e	۲۲۱	۲۳۰	۱۷۱	۲۹۴	۲۳/۸۰۷	۲۲۹/۵۹
i	۲۷۰	۲۴۶	۲۰۵	۲۸۱	۱۶/۸۲۰	۲۴۵/۹۷
o	۲۲۷	۲۳۱	۱۸۷	۲۹۹	۲۳/۶۸۳	۲۳۳/۷۰
u	۲۴۳	۲۵۸	۲۱۲	۳۱۰	۲۳/۴۶۵	۲۵۹/۹۴

### جدول ۱- شاخص‌های آماری مربوط به بسامد پایه (هرتز) در واکه‌های فارسی معیار

همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین مقدار مربوط به واکه‌های افراشته /u/ و /i/ و کم‌ترین مقادیر به واکه‌های افتاده /a/ و /ɑ/ مربوط است. بسامد پایه از پیشین به بسین و از افتاده به افراشته افزایش یافته است. به منظور بررسی دقیق این مطلب که آیا شش واکه زبان فارسی از نظر بسامد پایه تفاوت معنی‌دار با یکدیگر دارند، آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه انجام شد. جدول زیر نتیجه این آزمون را گزارش می‌کند.

منبع تغییرات	مجموع مجزورات	درجه آزادی	میانگین مجزورات	F	سطح معنی‌داری
بین‌گروهی	۲۴۶۴۵۱/۷۳۷	۵	۴۹۲۹۰/۳۴۷	۱۱۲/۳۱۴	۰/۰۰۱
درون‌گروهی	۵۲۰۹۲۷/۹۷۹	۱۱۸۷	۴۳۸/۸۶۱		

### جدول ۲- آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای تفاوت بسامد پایه در واکه‌های فارسی معیار

با توجه به میزان  $F$  به دست آمده (۱۱۲/۳۱۴) در زمینه تفاوت  $F_0$  بین شش واکه که به لحاظ آماری در سطح  $\alpha \leq 0.05$  معنی‌دار است، نتیجه می‌گیریم شش واکه از نظر بسامد پایه با یکدیگر تفاوت قابل ملاحظه ندارند. آزمون تعقیبی انجام شده نیز نشان داد بسامد پایه تنها در دو واکه  $/a/$  و  $/e/$  معنی‌دار نیست.

### ۵-۲- سازه اول

جدول ۳ خلاصه مقدارهای به دست آمده از اندازه‌گیری سازه اول واکه‌ها را نشان می‌دهد. بسامد سازه نخست با میزان افزایشگی زبان به هنگام تولید واکه، رابطه عکس دارد. چنان که ملاحظه می‌شود واکه  $/i/$  با کم‌ترین میانگین بسامد، افزایشگی زبان به هنگام تولید واکه و واکه  $/a/$  با بیشترین میانگین بسامد، افتاده‌ترین واکه - اند. با توجه به میانگین‌های ارائه شده در جدول ۳، ترتیب افزایشگی واکه‌های زبان فارسی عبارت است از:  $a < o < e < u < i$ .

واکه	نما	میانگین	حداقل	حداکثر	انحراف معیار میانگین
a	۱۰۱۴	۱۰۱۰	۴۰۷	۱۲۶۵	۱۳۶/۰۶۸
o	۷۶۵	۸۲۰	۶۵۴	۱۳۸۲	۱۳۳/۱۵۳
e	۶۲۹	۶۰۵	۳۹۹	۷۴۹	۷۶/۶۸۷
i	۳۵۸	۳۷۲	۲۵۰	۱۱۶۳	۱۹۱/۲۴۸
o	۵۰۰	۵۹۰/۵۰	۲۹۳	۱۰۴۶	۱۱۷/۷۵۵
u	۳۹۴	۴۵۳	۲۸۶	۸۳۳	۸۳/۴۱۸

جدول ۳ - شاخص‌های آماری مربوط به بسامد سازه اول (هرتز) در واکه‌های فارسی معیار

آزمون تحلیل واریانس یک طرفه برای بررسی تفاوت بسامد سازه اول نشان می‌دهد که تفاوت  $F_1$  در شش واکه با سطح معنی‌داری  $0.0001$  معنادار است.

### ۵-۳- سازه دوم

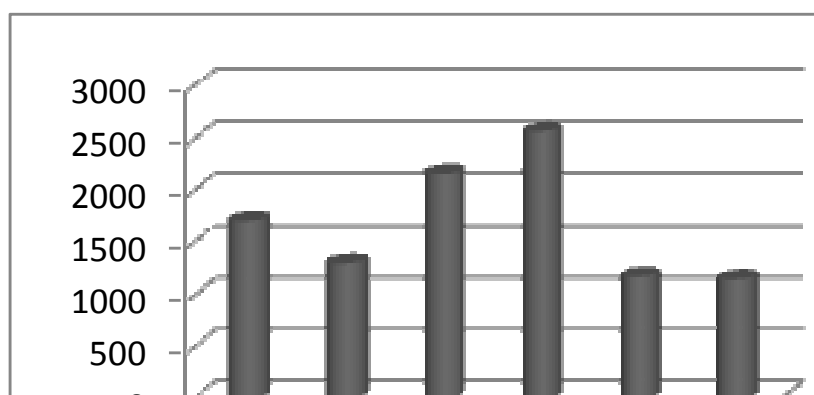
جدول شماره ۴ وضعیت سازه دوم را در شش واکه زبان فارسی گزارش می‌کند. شکل ۲ نیز به منظور مقایسه دیداری میانگین سازه دوم ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود واکه  $/i/$  بالاترین بسامد سازه دوم و واکه  $/u/$  پائین‌ترین میزان آن را دارد. از آنجا که  $F_2$  با پسین و پیشین بودن واکه در ارتباط است، لذا می‌توان واکه  $/i/$  را پیشین‌ترین و واکه  $/u/$  را پسین‌ترین واکه زبان فارسی قلمداد کرد.



واکه	نما	میانه	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین
a	۱۶۷۶	۱۷۲۱	۱۰۴۲	۲۱۴۲	۱۸۰/۵۱۷	۱۷۱۲/۱۵
ɑ	۱۱۴۸	۱۲۹۴	۹۶۵	۲۱۳۱	۱۳۶/۴۶۱	۱۲۹۴/۹۵
e	۲۱۱۰	۲۱۵۳	۱۱۳۱	۲۴۹۰	۱۶۴/۰۲۳	۲۱۴۷/۴۰
i	۲۷۶۶	۲۶۶۱	۱۰۱۷	۳۱۰۶	۳۹۶/۸۳۴	۲۵۶۳/۶۳
o	۱۰۳۸	۱۰۷۸	۷۲۰	۲۹۰۴	۳۰۲/۲۰۸	۱۱۷۱/۲۵
u	۶۹۲	۱۰۳۷	۵۱۲	۲۷۸۳	۴۲۸/۷۵۹	۱۱۴۸/۳۶

جدول ۴- شاخص‌های آماری مربوط به بسامد سازه دوم (هرتز) در واکه‌های فارسی

معیار



شکل ۲- نمودار میله‌ای نشان‌دهنده میانگین بسامد سازه دوم (هرتز)

آزمون تحلیل واریانس یک طرفه تفاوت معنی‌دار بین سازه دوم واکه‌ها را نشان می‌دهد. اما بین  $F_2$  دو واکه /o/ و /u/ تفاوت قابل ملاحظه‌ای به چشم نمی‌خورد. آزمون تعقیبی نیز این مسئله را نشان می‌دهد چراکه، بین  $F_2$  دو واکه /o/ و /u/ تفاوت معنی‌دار وجود ندارد. سطح معنی‌داری  $F_2$  بین این دو واکه، ۰/۴۳۴ به دست آمد که در سطح  $\alpha \leq 0/05$  معنی‌دار نیست. این در واقع بدان معناست که دو واکه مذکور از نظر میزان پسین بودن تفاوت معنی ندارند و محل تولید آنها را می‌توان یک جایگاه واحد در نظر گرفت.

ویژگی گردی در واکه افتاده پسین فارسی معیار همیشه مورد بحث بوده است. با توجه به این که گردی باعث کاهش بسامد سازه دوم می‌شود، می‌توان با مقایسه مقادیر به دست آمده و مطالعات پیشین در این باب نظر داد.

ولز<sup>۱</sup> (۱۹۶۲) واکه‌های ساده انگلیسی بریتانیایی را در گویشوران مرد مورد بررسی قرار داد و میانگین مقدار سازه دوم برای دو واکه افتاده پسین را چنین به دست آورد:

سازه دوم در واکه افتاده پسین گرد /d/ : ۸۹۱ هرتز

سازه دوم در واکه افتاده پسین غیرگرد /d/ : ۱۰۸۳ هرتز

چنان که در جدول ۴ مشاهده می‌شود میانگین سازه دوم در فارسی معیار برابر با ۱۲۹۴/۹۵ هرتز است که حدود ۲۰۰ هرتز بالاتر از مقدار جفت غیرگرد در مطالعه ویلز است. این تفاوت ۲۰۰ هرتزی به دلیل زن بودن تمامی شرکت‌کنندگان در مطالعه حاضر است که با توجه به مطالعات پیشین (برای نمونه پاسونگ<sup>۲</sup> و میکوس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۵) کاملاً طبیعی است. به این ترتیب واکه فارسی غیرگرد محسوب می‌شود و استفاده از نشانه آی‌پی‌ای /a/ برای آن مناسب است.

#### ۵-۴- سازه سوم

خلاصه مقارنات به دست آمده از اندازه‌گیری سازه سوم واکه‌ها در جدول ۵ ارائه شده است. شکل ۳ نیز نمودار میله‌ای معرف میانگین F<sub>3</sub> را در واکه‌های زبان فارسی معیار نشان می‌دهد. بالاترین بسامد سازه سوم در واکه /i/ دیده می‌شود.

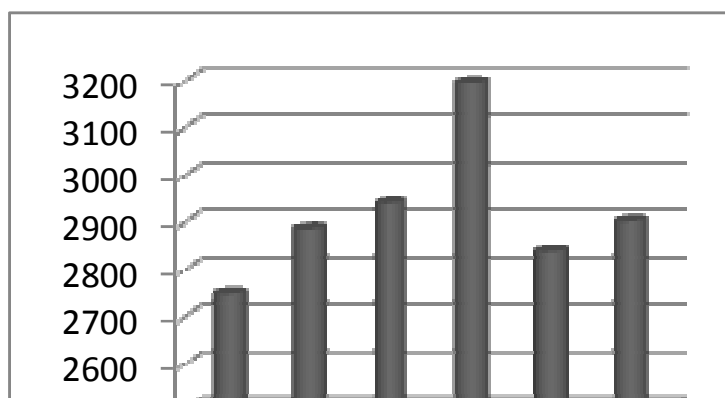
واکه	نما	میان	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین
a	۲۷۶۶	۲۸۰۹/۰۰	۱۷۱۲	۳۷۷۵	۳۳۸/۴۱۴	۲۷۴۸/۹۴
ɑ	۲۸۲۹	۲۹۲۸/۰۰	۲۸۴۴	۳۵۰۹	۲۴۴/۴۵۳	۲۸۸۶/۲۰
e	۲۸۵۰	۲۹۸۴/۰۰	۲۱۸۱	۳۶۵۴	۲۵۴/۵۰۵	۲۹۴۰/۶۷
i	۳۰۷۲	۳۱۶۵/۰۰	۲۴۱۴	۴۰۱۸	۲۵۷/۶۱۵	۳۱۹۷/۸۷
o	۳۱۱۶	۲۸۸۴/۰۰	۱۷۷۶	۳۸۹۳	۲۶۵/۷۲۳	۲۸۴۱/۲۲
u	۲۸۸۸	۲۹۱۹/۰۰	۲۰۴۷	۳۹۴۷	۲۹۰/۹۶۷	۲۹۰۳/۴۴

جدول ۵- شاخص‌های آماری مربوط به بسامد سازه سوم (هرتز) در واکه‌های فارسی معیار

<sup>۱</sup>-Wells, J. C.

<sup>۲</sup>- Pausewang Gelfer, M.

<sup>۳</sup>- Mikos, V. A



شکل ۳- نمودار میله‌ای نشان‌دهنده میانگین بسامد سازه سوم (هرتز)

نتیجه آزمون تحلیل واریانس یک طرفه، تفاوت معنادار بین  $F_3$  تمامی واکه‌ها را تأیید نمود. اما آزمون تعقیبی انجام گرفته نشان داد، بین دو واکه /u/ و /a/ تفاوت معنادار از نظر میزان بسامد سازه سوم وجود ندارد. سطح معناداری تفاوت بین دو واکه فوق‌الذکر ۰/۵۳۵ به دست آمد که در سطح  $\alpha \leq ۰/۰۵$  معنی‌دار نیست.

#### ۵-۵- شدت

جدول ۶- اطلاعات مربوط به اندازه‌گیری شدت را در مقیاس دسی‌بل برای واکه‌های زبان فارسی معیار به نمایش می‌گذارد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیش‌ترین شدت مربوط به واکه /a/ است. واکه‌های /a, e, i/ مقادیرهای نزدیک به هم و پایین‌تر را دارند.

واکه	نما	میان	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین
a	۶۵	۷۳	۶۰	۸۷	۷/۹۰۴	۷۲/۸۶
ɑ	۸۷	۷۵	۵۷	۸۸	۸/۰۲۶	۷۵/۲۳
e	۸۷	۷۲	۵۴	۸۷	۸/۹۹۱	۷۲/۶۲
i	۶۵	۷۲	۵۴	۸۷	۸/۲۲۲	۷۲/۷۰
o	۸۷	۷۶	۵۸	۸۸	۸/۹۹۷	۷۵/۰۳
u	۸۷	۷۲	۵۷	۸۷	۸/۴۰۴	۷۳/۶۷

جدول ۶- شاخص‌های آماری مربوط به اندازه‌گیری شدت (دسی‌بل) در واکه‌های فارسی معیار

آزمون تحلیل واریانس انجام شده با سطح معناداری ۰/۰۰۲ نشان داد واکه‌های زبان فارسی از نظر شدت با یکدیگر تفاوت معنی‌دار دارند. جدول ۷ - نتایج آزمون تعقیبی را گزارش می‌کند.

سطح معنی‌داری						
u	o	a	i	e	a	
۰/۳۳۷	۰/۰۱۰	۰/۰۰۵	۰/۸۴۹	۰/۷۷۵	-	a
۰/۲۱۳	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲	۰/۹۲۴	-	۰/۷۷۵	e
۰/۲۵۰	۰/۰۰۶	۰/۹۲۴	-	۰/۹۲۴	۰/۸۴۹	i
۰/۰۶۶	۰/۸۱۷	-	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	a
۰/۱۰۸	-	۰/۸۱۷	۰/۰۰۶	۰/۰۰۴	۰/۰۱۰	o

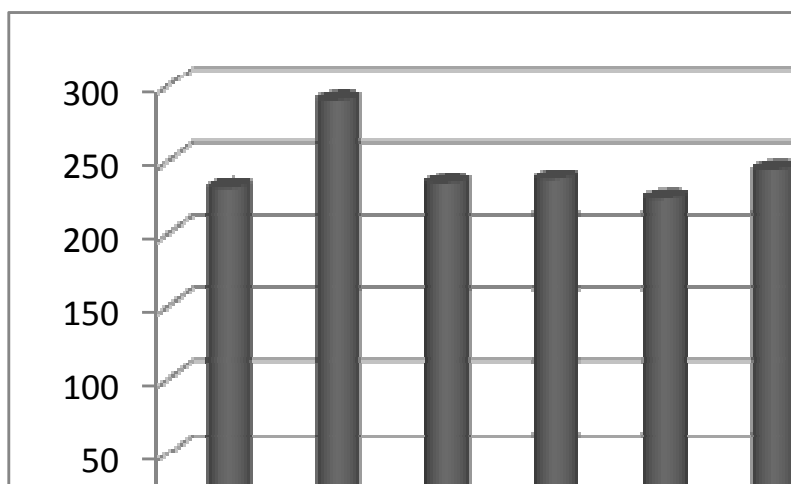
جدول ۶- نتایج آزمون تعقیبی برای تفاوت شدت بین واکه‌های زبان فارسی

#### ۵-۶- دیرش

جدول ۸ دیرش واکه‌های زبان فارسی معیار را در مقیاس میلی‌ثانیه نشان می‌دهد. به منظور توصیف دیداری نیز میانگین دیرش واکه‌های زبان فارسی معیار در نمودار میله‌ای شکل ۴ ارائه شده است.

واکه	نما	میان	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	میانگین
a	۲۱۷	۲۲۴/۰۰	۱۲۶	۳۴۳	۴۳/۹۲۷	۲۳۰
a	۲۸۰	۲۸۷/۰۰	۲۰۲	۴۰۹	۴۶/۶۵۸	۲۹۱
e	۲۷۳	۲۲۷/۰۰	۱۳۱	۳۵۰	۴۸/۵۱۲	۲۳۳
i	۲۲۲	۲۲۷/۰۰	۱۴۵	۴۰۰	۴۸/۱۶۲	۲۳۶
o	۱۹۳	۲۲۴/۰۰	۱۳۳	۳۴۵	۴۲/۵۴۱	۲۲۴
u	۲۰۳	۲۴۴/۰۰	۱۵۴	۴۰۰	۴۶/۸۲۲	۲۴۵

جدول ۷- شاخص‌های آماری مربوط به اندازه‌گیری دیرش واکه‌های فارسی معیار (میلی ثانیه)



شکل ۴- میانگین دیرش واکه‌ها در فارسی معیار (میلی ثانیه)

آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه انجام شد که با سطح معنی‌داری ۰/۰۰۱، وجود تفاوت در دیرش واکه‌ها را تأیید نمود. نتایج آزمون تعقیبی در جدول زیر ارائه شده است.

سطح معنی‌داری						
u	o	a	i	e	a	
۰/۰۰۲	۰/۱۵۸	۰/۰۰۱	۰/۲۰۵	۰/۵۷۳	-	a
۰/۰۱۲	۰/۰۴۸	۰/۰۰۱	۰/۴۸۱	-	۰/۵۷۳	e
۰/۰۶۹	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	-	۰/۴۸۱	۰/۲۰۵	i
۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	a
۰/۰۰۱	-	۰/۰۰۱	۰/۰۰۷	۰/۰۴۸	۰/۱۵۸	o

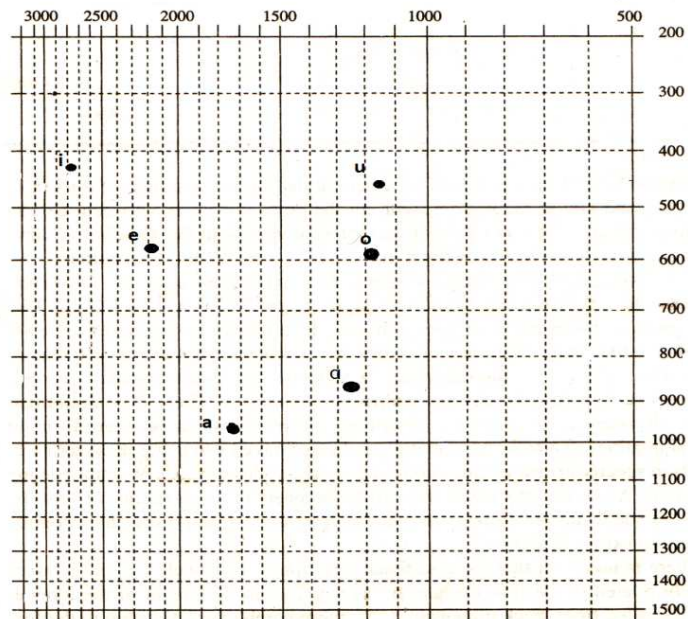
جدول ۹- آزمون تعقیبی بررسی دیرش

چنانکه از اطلاعات گزارش شده برمی‌آید، واکه /a/ بیشترین میزان دیرش را در بین واکه‌های زبان فارسی دارا است. جایگاه دوم کشیدگی نیز به واکه /u/ اختصاص دارد. این واکه اگرچه تا اندازه‌ای از واکه /i/ کشیده‌تر است (حدود ۹ میلی‌ثانیه) همانطور که در جدول نتایج آزمون تعقیبی دیده می‌شود، این تفاوت معنادار تلقی نشده است. بعد از این واکه بالاترین، بیشترین میزان دیرش متعلق به واکه /e/ است. تفاوتی که بین این واکه و واکه /i/ وجود دارد، معنی‌دار محسوب نمی‌شود. اما تفاوت دیرش این واکه با واکه /u/ معنی‌دار است. لذا می‌توان عنوان نمود، واکه /i/ از نظر دیرش، کوچکتر یا مساوی واکه /u/ و بزرگتر یا مساوی واکه /e/ است. دو واکه /a/ و /o/ به ترتیب در جایگاه پنجم و ششم ترتیب نمایش قرار

می‌گیرند...  $\alpha < \{e \leq i \leq u, (If e \neq u)\} < \alpha < o$ . این ترتیب قرار گرفتن واکه‌ها، به تقسیم‌بندی سنتی آنها که سه واکه /o, a, e/ را متعلق به طبقه کوتاه و سه واکه /i, u, a/ را متعلق به طبقه کشیده می‌داند، بی‌شبهت نیست اما مرز دقیقی بین دو دسته کوتاه و کشیده نمی‌توان ترسیم نمود. زیرا آنچنان که مشهود است، واکه /e/ که در تقسیم‌بندی سنتی، در طبقه واکه‌های کوتاه قرار می‌گرفت، به قرار گرفتن در کنار دو واکه /i/ و /u/ بیشتر تمایل دارد.

## ۶- نتیجه‌گیری

براساس ارقام به دست آمده از اندازه‌گیری بسامد سازه‌های اول و دوم واکه‌های ساده زبان فارسی می‌توان ذوزنقه‌ی واکه‌ای زبان فارسی را به صورت زیر ترسیم نمود. سازه‌ی اول در محور عمودی و سازه‌ی دوم در محور افقی نمایش داده شده است. این ذوزنقه بر اساس مقیاس بارک تهیه شده است.



شکل ۵- ذوزنقه‌ی سازه‌های اول و دوم (مقیاس بارک) برای واکه‌های فارسی معیار

همانطور که مشاهده می‌شود، واکه /i/ بیشترین واکه و دو واکه /o/ و /u/ پسین‌ترین واکه‌ها قلمداد می‌شوند. به علاوه فراشته‌ترین واکه، /i/ و افتاده‌ترین واکه /a/ محسوب می‌شوند.

مطابق آنچه ذکر شد، بالاترین بسامد پایه متعلق به واکه /u/ و کمترین آن متعلق به واکه /a/ است. همچنین دو واکه /a/ و /o/ به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین و بیشترین میزان دیرش را دارند. تمامی داده‌های فوق آنچنان که اشاره شد در بررسی بافت هجایی دو همخوانی و خارج از متن طبیعی گفتگو حاصل شده‌اند. به شکلی که آهنگ و تاکید کلام بر روی میزان هر یک از داده‌های فوق بی‌تاثیر قلمداد می‌شود. واضح است که در جریان گفتار بیشتر اندازه‌های گزارش شده و به ویژه شدت، دیرش و فرکانس پایه دستخوش تغییر می‌گردند. در بسیاری موارد نیز کیفیت واکه تحت تاثیر بافت مجاور یا عامل تکیه دستخوش تغییر می‌شود. اما آنچنان که اشاره شد، مطالعه حاضر به گونه‌ای طرح‌ریزی شده است که نقش عوامل زبرزنجیری به حداقل برسد. لذا این داده‌ها را می‌توان اندازه طبیعی متغیرهای نامبرده در رابطه با واکه‌های زبان فارسی دانست.

## منابع

- ثمره، بدالله (۱۳۶۴). *آواشناسی زبان فارسی*. تهران: نشر دانشگاهی.
- بی‌جن‌خان، محمود (۱۳۶۹). *تجزیه و تحلیل صوتی واکه‌های ساده و مرکب زبان فارسی بر اساس نظریه آواشناسی فانت*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زبان‌شناسی همگانی، دانشگاه تهران.
- شیخ‌سنگ‌تجن، شهین (۱۳۸۹). *کاهش واکه‌ای در زبان فارسی*، رساله دکتری زبان‌شناسی همگانی، دانشگاه تهران.
- صالحی، فرانک و همکاران (۱۳۸۷). «تعیین فرکانس سه سازه اول واکه‌های زبان فارسی در دانشجویان ۱۸-۲۴ ساله دانشگاه‌های علوم پزشکی اصفهان و دانشگاه اصفهان». پژوهش در علوم توانبخشی، شماره ۴، ۳۵-۴۴.
- Behrman, A. (2007). *Speech and voice Science*. San Diego: Plural Publishing.
- Delattre, P. (1952). "An Experimental Study of Observation on One – and Two – Formant Vowel Synthesized from Spectrographic Patterns", *Word*, vol 8, no.3, 195-210.
- Dunn, H.K (1950). "The Calculation of Vowel Resonances and an Electrical Vocal Tract", *Journal of Acoustic of America*, 22, 740-753.
- Fant, C.G (1960). *Acoustic Theory of Speech Production*, The Hague: Mouton.
- Helmholtz, H (1877). *Das Denken in der Medicin English Translation*:

- Thought in the Medicin*. In selected writings of Hermann von Helmholtz (kahl.R.ed) Wesleyan university press, Middleton, pp.340-359.
- Helmholtz, H (1954). *On the Sensation of Tone*. A.J.Ells, Trans-1885, NewYork: Dover. Original work 4<sup>th</sup> ed., published 1877.
  - Hayward, K. (2000). *Experimental phonetics*, Harlow: pearson Education Limited.
  - Hodge, C.T. (1957). Some Aspect of Persian Style. *Language*, vol 33,355-369.
  - Lazard,G. (1992). *Grammar of Contemporary Persian*. Mazda Thehran: publisher.
  - Lehiste,I. And Peterson,G.E(1959). "Vowel Amplitude and Phonemic Stress in American English". *Journal of Acoustic society of America*:31,428-435.
  - Mattingly, L. (1999). "A Short History of Acoustic Phonetic in USA". In *Proceedings of the XIVth International Congress of Phonetic Sciences*, ed. John J. Ohala et al., 1-6. SanFrancisco: Haskins, (1999).
  - Pausewang Gelfer, M. and V. A. Mikos (2005). "The Relative Contributions of Fundamental Frequency and Formant Frequencies to Gender Identification Based on Isolated Vowels. *Journal of Voice*, 19(4), 544-554.
  - Peterson, G. and Barney H. (1952). "Control Methods Used in a Study of The Vowels", *Journal of Acoustic of socity of America*, vol 24 No 2,175-184.
  - Pisowicz, A. (1985). *Orgins of The New and Middle Persian Phonological System*. Nakladem Uniwersytetu giellonskiego.
  - Stevense K. N. and S.Keyser(2010). "Quantal theory, enhansment and overlap", *journal of phonetics*, 38 , 10-19.
  - Wells, J. C. (1962). *A Study of the Formants of the Pure Vowels of British English*. MA Thesis university of London.

سید ارف

---