مجلهٔ زبانشناسی و گویش‌های خراسان، دانشگاه فردوسی مشهد، علمی- پژوهشی، شمارهٔ پیاپی۱۳- پاییز و زمستان ۱۳۹٤

هما اسدی (دانشجوی دکتری زبان‌شناسی دانشگاه الزهرا، تهران، ایران، نویسنده مسئول)[1]
نینا حسینی کیونانی (دانشجوی دکتری علوم شناختی دانشگاه پوتسدام ، براندنبورگ،آلمان)[2]
دکتر ماندانا نوربخش (استادیار زبان‌شناسی دانشگاه الزهرا، تهران، ایران)[3]

بررسیِ تأثیر پوششِ صورت بر ویژگی‌های آکوستیکی سایشی‌های بی‌واک زبان فارسی: پژوهشی در چارچوب آواشناسی قضایی

چکیده

پژوهش حاضر در چارچوب آواشناسی قضایی[1] به بررسی تأثیر پوشش‌های مربوط به صورت بر ویژگی‌های آکوستیکی سایشی‌های بی‌واک /f, s, ʃ/ در زبان فارسی می‌پردازد. این پژوهش به دنبال پاسخگویی به این پرسش است که آیا پوشش‌های مربوط به صورت بر ویژگی‌های آکوستیکی سایشی‌های بی‌واک /f, s, ʃ/ تأثیر می‌گذارد؟ به این منظور، صدای پنج گویشور زن فارسی‌زبان در محیط آزمایشگاهی و در پنج موقعیت عادی، دارای ماسک جراحی، ماسک پلاستیکی، کلاه اسکی و کلاه کاسکت موتورسواری ضبط شد. نمونه‌های آوایی با استفاده از برنامه‌ی PRAAT نسخه‌ی ۳٤، ۲، ۵ مورد تجزیه و تحلیل آکوستیکی قرار گرفت و تحلیل آماری داده‌ها و مقادیر به‌دست‌آمده از بررسی آکوستیکی نمونه‌های آوایی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۱/۰ صورت گرفت. پارامترهای مربوط به مشخصه‌های طیفی و شدت سایش مانند مرکز تجمع انرژی، قله‌ی طیفی و شدت برای تحلیل انتخاب شد. تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که پوشش‌های صورت به‌طور معناداری بر مقدار شدت، قله‌ی طیفی و مرکز تجمع انرژی سایشی‌ها بی‌واک /f, s, ʃ/ تأثیر می‌گذارد که این امر به دلیل اختلالاتی است که برخی پوشاننده‌ها در جریان تولید آواها به وجود می‌آورند و در نهایت ویژگی‌های آکوستیکی آواها را نیز تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. همچنین نتایج حاکی از آن است که بیشترین میزان تغییرات در شدت سایشی‌های بی‌واک مورد بررسی در حالت دارای کلاه کاسکت و بیشترین میزان تغییرات در مرکز

1 forensic phonetics

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۱

پست الکترونیکی: 1. h.asadi@alzahra.ac.ir
2. nina.hosseini@student.alzahra.ac.ir
3. nourbakhsh@alzahra.ac.ir

تجمع انرژی در حالت دارای کلاه کاسکت و ماسک پلاستیکی رخ داده است. نتایج نشان می‌دهد که قله‌ی طیفی سایشی‌های بی‌واک /f, s, ʃ/ نسبت به شدت و مرکز تجمع‌انرژی‌شان تغیرات کمتری داشته است.

کلیدواژه ها: آواشناسی قضایی، آواشناسی آکوستیکی، مشخصه‌های طیفی، سایشی‌های بی‌واک.

۱- مقدمه

علوم قضایی گفتار[1] حوزه‌ای میان‌رشته‌ای است که از دلِ نظریه‌ها و روش‌های آواشناسی (اجتماعی)، زبان‌شناسی (اجتماعی)، فیزیک گفتار، فناوری و پردازش گفتار بیرون آمده است و با فعالیت‌های عملی در بافت‌های دادگاهی پیوند خورده است (یسن[2]: ۲۰۰۸). گستره‌ی پژوهش در حوزه‌ی علوم قضایی گفتار چندلایه است. در گسترده‌ترین حالت، صداهای غیرانسانی مانند شلیک گلوله، بسته‌شدن در یا صدای خودروها بررسی می‌شود. اما غالباً در حوزه‌ی آواشناسی قضایی[3] صداهای انسان مورد بررسی و تحلیل قرار می‌گیرد که این فعالیت‌ها نیز خود شامل طیف گسترده‌ای از انواع پژوهش‌هاست. آواشناسان قضایی عمدتاً به بررسی تغییرات میان‌گوینده و درون‌گوینده در گفتار، زبان و آواهای تولیدشده توسط انسان‌ها می‌پردازند. از جمله پژوهش‌های دیگری که در حوزه‌ی آواشناسی قضایی انجام می‌شود بررسی تفاوت‌هایی است که میان داده‌های ضبط‌شده‌ی باکیفیت در استودیو با داده‌های واقعی دارای کیفیت پایین وجود دارد. اما بُعد دیگری که در پژوهش‌های قضایی کمتر مورد توجه قرار گرفته است بررسی تأثیر تغییرات پوششی در صورت گویندگان است که این امر خود موجب تغییر در سیگنال‌های آوایی می‌شود. منظور از پوشش صورت انواع حفاظ‌ها و پوشش‌های پارچه‌ای، پلاستیکی و فلزی است که برای هدف‌های مختلف شغلی، ارتباطی، تفریحی و غیره توسط افراد در قسمت سر و صورت پوشیده می‌شوند. فچر[4] (۲۰۱۱) پوشش صورت را به

1 forensic speech science
2 M. Jessen
3 forensic phonetics
4 N. Fecher

مثابه‌ی مانعی در نظر می‌گیرد که در امتداد زنجیره‌ی گفتار میان گوینده و شنونده حائل می‌شود. امکان استفاده این پوشش‌ها در حین ارتکاب جرم توسط مجرمین نیز وجود دارد. برخی از این پوشش‌ها نصف صورت را در بر می‌گیرند، درحالی‌که برخی دیگر ممکن است تمام صورت، دهان، نصف دهان و سر و گوش را نیز بپوشانند. از جمله این پوشش‌ها می‌توان به کلاه ایمنی، ماسک‌های جراحی، نقاب و غیره اشاره کرد. شیوه‌ی تولید آوا ناگزیر تحت‌تأثیر این ماسک‌های پوشاننده قرار می‌گیرد. هنگامی‌که پوشش بر روی صورت قرار می‌گیرد حرکات پیش‌فرض اندام‌های گویایی مانند لب‌ها بر حرکت‌های عادی سطح صورت و نیز حرکت آرواره‌ها تأثیر می‌گذارد و این موضوع سبب می‌شود که نواحی مرتبط برای تولید آوا تأثیر بپذیرند. هنگامی‌که یک پارچه یا مواد دیگری بر روی بینی یا دهان فرد قرار می‌گیرد از انتشار امواج صدا جلوگیری می‌شود و انرژی برخی مؤلفه‌های طیفی سیگنال از بین می‌رود. لاماس[1] (۲۰۰۸) معتقد است حتی تغییرات خیلی کوچکی که در زمان داشتن پوشش در گفتار رخ می‌دهد می‌تواند منجر به تغییرات بزرگ در ویژگی‌های آوای تولیدشده بشود. شاید اولین مورد مربوط به آواشناسی قضایی به سال ١٦٤٦ میلادی بازگردد که چارلز اول پادشاه انگلستان به دلیل خیانت به کشورش محاکمه شد. تاکنون قاتل پادشاه مشخص نشده است زیرا صورت فردی که پادشاه را اعدام کرد با ماسک پوشیده شده بود. امروزه نیز محققان علوم قضایی با موارد این‌چنینی مواجه‌اند. بنابراین، هدف پژوهش حاضر افزون بر نیاز آواشناسی قضایی به کاوش در این زمینه این امر است که اگر آوایی در موقعیت پوششی استفاده شود آواشناس قضایی باید دانش و توان آن را داشته باشد تا تأثیرات بالقوه این پوشش را بر کیفیت آواها تحلیل و بررسی کند. بنابراین، پرسشی که در پژوهش حاضر مطرح است این است که آیا ویژگی‌های آوایِ تحت پوشش با ویژگی‌های آوایی که در حالت عادی تولید می‌شود متفاوت است؟ پژوهش حاضر در همین راستا به بررسی آواهای سایشی بی‌واک زبان فارسی در حالت عادی و پوششی می‌پردازد تا از رهگذر تحلیل داده‌ها نشان داده شود پوشش صورت چه تأثیری بر سیگنال‌های آوایی مورد نظر خواهد داشت.

1 C. Llamas

انتخاب سایشی‌ها به‌ویژه سایش‌های بی‌واک /f, s, / بنابر چند دلیل بوده است. اول این‌که پژوهش‌های پیشین انجام‌شده در باب درک سایشی‌ها (وانگ[1] و بیلگر[2]؛ ۱۹۷۳، وودز[3] و همکاران؛ ۲۰۱۰، فاتاک[4] و آلن[5]؛ ۲۰۰۷، وبر[6] و اسمیتس[7]؛ ۲۰۰۳) نشان داده است که این گروه بیشترین منبع خطا در درک شنیداری هستند. دلیل دیگر این انتخاب این است که سایشی‌ها مستعد انواع خطاهای مشخصه‌پرداز مانند جایگاه تولید، شیوه‌ی تولید و خطاهای مربوط به واک‌سازی هستند. و اما دلیل دیگری که برای این انتخاب وجود دارد مربوط به کاربرد سایشی‌ها در پژوهش‌های مربوط به علوم قضایی گفتار است. آواشناسان قضایی بر ویژگی تمایزدهنده‌ی سایشی‌ها در افراد تأکید می‌کنند و همان‌گونه که هیوارد[8] (۲۰۰۰) نیز اشاره می‌کند طیف سایشی‌ها از یک گوینده به گوینده‌ای دیگر فرق دارد. پژوهش‌های انجام شده درباره‌ی اهمیت سایشی‌ها در تشخیص هویت گوینده (کاونا[9]: ۲۰۱۳، هیلی[10]: ۲۰۱۰، اسدی و دیگران: ۱۳۹٤) این امر را تأیید می‌کند. دلیل چهارم انتخاب سایشی‌ها به‌ویژه سایشی‌های بی‌واک مورد بررسی در این پژوهش یعنی /f, s, ʃ/، ساختار آکوستیکی متمایز این دسته و توزیع انرژی آن‌ها است. توزیع انرژی در فرکانس‌های بالای طیف آکوستیکی آن‌ها معمولاً در افراد تمایزدهنده است. لاماس (۲۰۰۸) نیز در پژوهش خود نشان داده است که تغییرات ناشی از پوشش صورت بر سیگنال‌های آکوستیکی برای سایشی‌ها چشمگیر است.

۲. پیشینه‌ی پژوهش

در زمینه‌ی تأثیر پوشش صورت بر گفتار از زاویه‌ی دید علوم قضایی پژوهش‌های اندکی انجام شده است، اگرچه خارج از بافت قضایی نیز پژوهش‌هایی صورت گرفته است. در جستار حاضر ما تنها پژوهش‌های مربوط به حوزه‌ی آواشناسی قضایی را مرور خواهیم کرد.

1 M. D. Wang
2 R. Bilger
3 D. L. Woods
4 S. A. Phatak
5 J. B. Allen
6 A. Weber
7 R. Smits
8 K. Hayward
9 C. M. Kavanagh
10 K. L Haley

لاماس (۲۰۰۸) در پژوهش خود به بررسی تأثیر پوشش صورت بر سیگنال‌های آوایی هم از دیدگاه تولیدی و هم از دیدگاه درکی پرداخته است. وی در پژوهش خود دو آزمایش انجام داد و در آن‌ها تأثیر انواع مختلف پوشش‌های دهانی و صورت را بر تولید و درک گفتار آزمود. نتایج کار لاماس نشان داد که اطلاعات دیداریِ رمزگذاری‌شده در کلام نقشی مهم در تشخیص انسدادی‌ها دارد و این امر هنگامی‌که صورت با ماسک پوشیده می‌شود بسیار بارزتر می‌شود. همچنین وی به این نتیجه رسید که تأثیر پوشش صورت بر درک گفتار عمدتاً ناشی از نبودِ سرنخ‌های دیداری و نیز اختلالات ایجادشده توسط پوشش صورت بر تولید گفتار است.

ژانگ[1] و تان[2] (۲۰۰۸) نیز در پژوهشی دیگر به بررسی میزان تأثیر پوشش صورت بر آوا و همچنین تغییر صدا بر سیستم اتوماتیک تشخیص هویت گوینده پرداختند. آن‌ها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که تغییر صدا نسبت به پوشش صورت عملکرد سیستم را بیشتر پایین می‌آورد.

هیث[3] و مور[4] (۲۰۱۱) نیز در رابطه با تأثیر پوشش صورت افراد به‌عنوان عاملی بالقوه و تأثیرگذار بر شناسایی هویت به تحقیق پرداخته‌اند؛ اگرچه پژوهش آن‌ها کمی متفاوت‌تر از دو پژوهش پیشین بوده است. آن‌ها بر تعامل میان اطلاعات دیداری و شنیداری مربوط به یک گوینده در حین به‌خاطرآوردن صدای فرد گوینده توسط شنونده پرداختند. این پدیده، تأثیر کمرنگ‌سازی صورت[5] نام دارد. در حقیقت آن‌ها در پژوهش خود به بررسی میزان تأثیر پوشش صورت و نیز هیجان بر این پدیده پرداختند.

فچر (۲۰۱۱) نیز در پژوهش خود به بررسی میزان تأثیر پوشش صورت در شش حالت بر سایشی‌های صفیری و غیرصفیری در زبان انگلیسی پرداخته است.وی در پژوهش خود داده-های مربوط به شش گوینده‌ی انگلیسی‌زبان ساکن در بریتانیا را در محیط آزمایشگاهی ضبط کرد و به بررسی و تحلیل تأثیرات مربوط به انواع پوشش‌های صورت بر آواهای یادشده

1 C. Zhang
2 T. Tan
3 A. J Heath
4 K. Moore
5 face overshadowing effect

پرداخت. نتایج پژوهش فچرحاکی از تأثیر پوشش صورت بر ویژگی‌های آکوستیکی همخوان-ها هم در حالت شنیداری و هم در حالت دیداری-شنیداری بود.

۳. روش‌شناسی

۱،۳ شرکت‌کنندگان

در این پژوهش، صدای پنج گویشور زن فارسی‌زبان ضبط شد. این گویشوران سابقه‌ی هیچگونه اختلال زبانی، گفتاری و شنیداری نداشتند. متوسط سن آزمودنی‌ها SDع عبارت بود از ۲۹ع۱/۵۸ سال که بین ۲۷ تا ۳۱ سال سن داشتند.

۲،۳ داده‌ها

داده‌ها متشکل از ۱۸ ناواژه در بافت هجایی CaC است که در پنج موقعیت عادی، دارای ماسک جراحی، ماسک پلاستیکی، کلاه اسکی و کلاه کاسکت موتورسواری تولید شد. انتخاب واژه‌ها در ضبط به‌صورت تصادفی صورت گرفت. هر ناواژه دو بار تکرار شد که در مجموع تعداد ۹۰۰ نمونه‌ی آوایی (۵ حالت (۱ حالت عادی + ٤ حالت پوششی) * ۲بار تکرار* ۱۸ ناواژه * ۵ گویشور) به دست آمد. در این پژوهش جایگاه آغازین همخوان‌های سایشی بی-واک مورد تحلیل و بررسی واقع شده است.

۳،۳ شیوه‌ی ضبط داده‌ها

داده‌ها در اتاق آکوستیک دانشگاه الزهرا (س) ضبط گردید. صدای آزمودنی‌ها با استفاده از میکروفون رولاند ٤٤۱۰۰ هرتز ضبط شد. میکروفون به صورت مورب و به فاصله‌ی ۲۰ سانتی‌متری از دهان شرکت‌کنندگان قرار گرفت. از آن‌ها درخواست شد که واژه‌های آزمایش را در بافت کلمه و بدون آهنگ نشان‌دار به صورت طبیعی و با مکثی حدود ۳ ثانیه میان هر جمله تولید کنند. پارامترهای مربوط به مشخصه‌های طیفی و شدت سایش مانند مرکز تجمع انرژی ، قله طیفی و شدت برای تحلیل انتخاب شد. نمونه‌های آوایی با استفاده از برنامهٔ PRAAT نسخه‌ی ٣٤، ۲، ۵ مورد تجزیه و تحلیل آکوستیکی قرار گرفت. در این پژوهش مقادیر به‌دست‌آمده از سایشی‌های بی‌واک باتوجه به برنامهٔ اندازه‌گیری خودکار صورت گرفته است. تحلیل آماری داده‌ها و مقادیر به‌دست‌آمده از بررسی آکوستیکی نمونه‌های آوایی با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه‌ی ۲۱/۰ صورت گرفت. با استفاده از

این نرم‌افزار آمار توصیفی شدت، مرکز تجمع انرژی و قله‌ی طیفی سایشی‌های بی‌واک /f, s, ʃ/ ارائه گردید. متغیرهای آماری این پژوهش به دو دسته‌ی متغیرهای مستقل و وابسته تقسیم می‌شوند. متغیرهای مستقل این پژوهش عبارتند از پوشش‌های صورت و متغیرهای وابسته نیز عبارتند از سایشی‌های بی‌واک /f, s, ʃ/. در مجموع برای هر یک از همخوان‌های سایشی /f, s, ʃ/ ویژگی‌های طیفی و شدت سایش اندازه‌گیری شد:

۱. اندازه‌گیری شدت: میانگین شدت[1] (برحسب دسی‌بل)

۲. اندازه‌گیری طیفی: قله‌ی طیفی[2] و مرکز تجمع انرژی[3] (برحسب هرتز)

٤. بحث و بررسی

در این بخش به ارائه‌ی نتایج به‌دست‌آمده از مشخصه‌های صوتی پرداخته خواهد شد. در هر بخش جدول و نمودار مربوط به هر متغیر وابسته گزارش خواهد شد. آمار توصیفی هر پارامتر صوتی شامل میانگین و انحراف معیار هر همخوان سایشی ارائه شده است. در هر بخش آمار توصیفی به‌دست‌آمده با توجه به ۵ حالت (یک حالت عادی و ٤ حالت پوششی) گزارش شده است.

۱,٤ شدت

شدت یکی ازویژگی‌های ممیز امواج صوتی است. هر موج صوتی مقدار خاصی انرژی دارد. انرژی یا شدت یک موج به‌وسیله‌ی دامنه‌ی آن تعیین می‌شود. هر قدر دامنه‌ی ارتعاش بیشتر باشد، مقدار جابه‌جایی مولکول‌های هوا بیشتر است و بنابراین انرژی بیشتری جابه‌جا می‌شود. شدت یک موج صوتی، نیروی موج صوتی بر واحد سطح است و واحد اندازه‌گیری آن دسی‌بل (db) است (نوربخش، ۱۳۹۲: ٢٤). در این پژوهش مقدار شدت با استفاده از نرم‌افزار PRAAT محاسبه شده است. در جدول ٤-۱ آمار توصیفی مربوط به شدت در همخوان‌های /f̊/، /s/ و /ʃ/ در پنج حالت آزمایش‌شده ارائه شده است. در جدول ٤-۱ میانگین و انحراف معیار هر یک از متغیرها ارائه شده است.

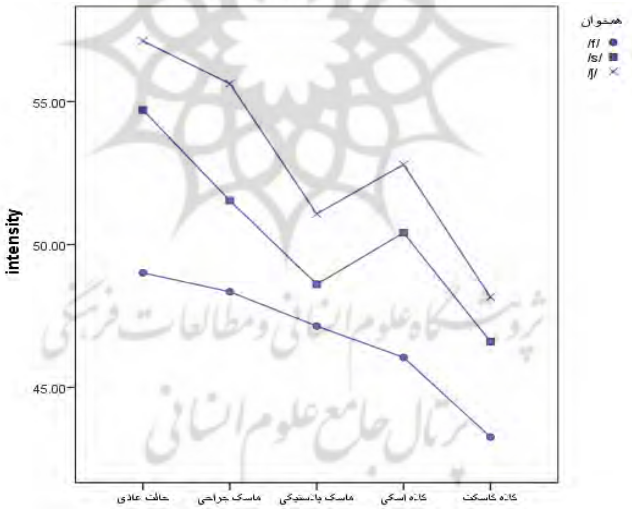
1 intensity
2 spectral peak
3 center of gravity (COG)

جدول ٤-١: میانگین و انحراف معیار شدت همخوان‌های سایشی‌ها بی‌واک زبان فارسی (برحسب db)

	حالت عادی	ماسک جراحی	ماسک پلاستیکی	کلاه اسکی	کلاه کاسکت
/f/	٤٩/٠٠ (٣/٦٥)	٤٨/٣٤ (٣/٠٨)	٤٧/١٤ (٢/٧١)	٤٦/٠٥ (٣/٨٣)	٤٣/٢٦ (٣/١٠)
/s/	٥٤/٧٠ (٢/٨٥)	٥١/٥٣ (٢/٢٣)	٤٨/٦٠ (٢/٣٩)	٥٠/٤١ (٢/٥٧)	٤٦/٦٠ (٢/٨٩)
/ʃ/	٥٧/١٢ (٤/٠٥)	٥٥/٦٢ (٢/٢٢)	٥١/٠٧ (١/٧٥)	٥٢/٨٠ (٣/٠٣)	٤٨/١٦ (٣/٦٩)

***میانگین عدد بالا و انحراف معیار عدد پایین است.**

طبق جدول فوق میانگین شدت در /f/ کمتر از ۵۰ دسی‌بل است؛ درحالی‌که مقدار این میانگین در /s/ و /ʃ/ در پنج حالت بیشتر از ۵۰ دسی‌بل است. جدول نشان می‌دهد که شدت /s/ و /ʃ/ نسبت به /f/ شباهت بیشتری دارند. همان‌طور که در شکل ٤-١ ملاحظه می‌گردد، خطوط نسبتاً موازی در شکل نشان می‌دهد که تغییرات شدت در حالت‌های پوششی تقریباً مشابه است.



شکل ٤-١: میانگین شدت در پنج حالت مختلف برای همخوان‌های /f/، /s/ و /ʃ/

شکل ٤-١ نشان می‌دهد کلاه کاسکت در سه همخوان سایشی بی‌واک مورد بررسی بیشترین تغییرات را در حالت پوششی نسبت به حالت عادی داشته است. همچنین شکل نشان می‌دهد که کمترین میزان تغییرات در شدت مربوط به ماسک جراحی است

که این امر به دلیل ضخامت نازک این ماسک و میزان جذب انرژی اندک آن است. پس از کلاه کاسکت، ماسک پلاستیکی در /s/ و /ʃ/ و کلاه اسکی در /f/ بیشترین میزان تغییرات در شدت را نشان داده‌اند.

در بررسی مقایسه‌ی میانگین متغیرها در پنج حالت از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه[1] استفاده شده است که طبق نتایج به‌دست‌آمده اختلاف میانگین شدت میان پنج حالت موردآزمایش معنی‌دار بوده است($p<۰/۰۵$). تحلیل آماری مربوط به شدت نشان داده است که به‌طور متوسط پوشش صورت به‌طور معناداری بر شدت همه‌ی سایشی‌ها بی‌واک تأثیر گذاشته است. نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه در را بطه با شدت به صورت زیر است:

/f/ [F (4, 595) = 56.198, sig= 0.000], /s/ [F (4, 145) = 41.424, sig= 0.000], /ʃ/ [F (4, 145) = 40.481, sig= 0.000].

۲,٤ قله‌ی طیفی

قله‌ی طیفی، انرژی موضعی بیشینه‌ی طیف است. در این پژوهش قله‌ی طیفی با استفاده از نرم‌افزار PRAAT محاسبه شده است. در جدول ٤-۲ آمار توصیفی مربوط به قله‌ی طیفی در همخوان‌های /f̊/، /s/ و /ʃ/ در پنج حالت آزمایش‌شده ارائه شده است.

جدول ٤-۲: میانگین و انحراف معیار قله‌ی طیفی همخوان‌های سایشی بی‌واک زبان فارسی (برحسب Hz)

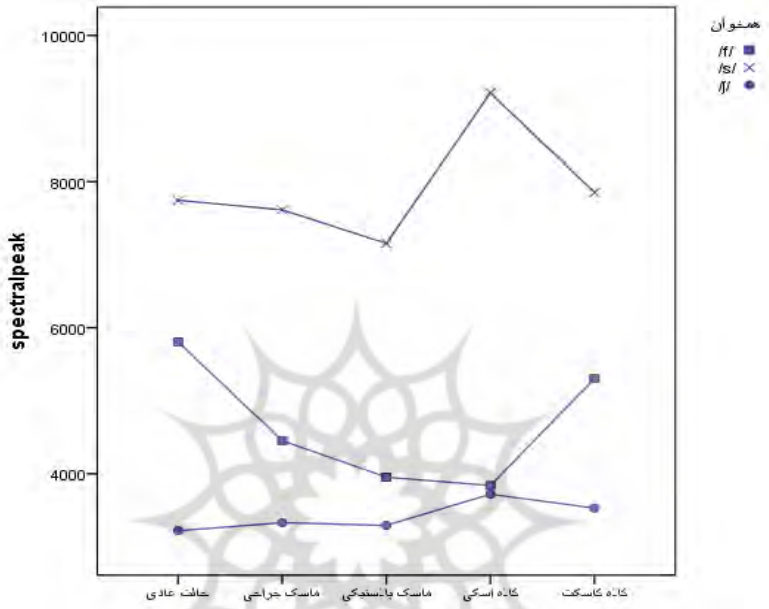
	حالت عادی	ماسک جراحی	ماسک پلاستیکی	کلاه اسکی	کلاه کلاسکت
/f̊/	۵۸۰۷ (۲۵۰۶/۱۵)	٤٤٥۳ (۲۲۰۵/۹۱)	۳۹۵۳ (۱۹۵٦/۵٤)	۳۸۳۹ (۱٤۹۸/۷۲)	۵۳۰۳ (۲۱۱٤/۲۹)
/s/	۷۷٤۳ (۱٤۱۵/٦٦)	۷٦۱۳ (۱٤۷۰/۰٤)	۷۱۵۳ (٤۹۳/۷٤)	۹۲۱۳ (۱۱۲۰/۱۸)	۷۸۵۰ (۱٤٦۵/٤٦)
/ʃ/	۳۲۲۰ (۱۵۵/٦۹)	۳۳۳۰ (۳۵٦/٦۱)	۳۲۹۳ (۵۸٤/٦۸)	۳۷۲۰ (٤۸۵/۰۵)	۳۵۳۰ (۱۰۱۹/۹۳)

***میانگین عدد بالای و انحراف معیار عدد پایین است.**

طبق جدول فوق میانگین قله‌ی طیفی /f̊/ در حالت کلاه اسکی بیشترین میزان تغییر را داشته است؛ درحالی‌که مقدار قله‌ی طیفی در /s/ و /ʃ/ نسبت به/f̊/ به‌لحاظ آکوستیکی کمتر

1 One-way ANOVA

تحت‌تأثیر حالت‌های پوششی قرار گرفته است. این امر به این دلیل است که قله‌ی طیفی /i/ نسبت به /s/ و /ʃ/ پراکنده‌تر است. شکل ٤-۲ تغییرات قله‌ی طیفی را در پنج حالت مورد بررسی نشان می‌دهد.



شکل ٤-۲: میانگین قله‌ی طیفی در پنج حالت مختلف برای همخوان‌های /i/، /s/ و /ʃ/ بر حسب هرتز

شکل ٤-۲ نشان می‌دهد مقدار قله‌ی /s/ و /ʃ/ در حالت‌های پوششی مشابه است. به‌طور کل، قله‌ی طیفی/s/ و /ʃ/ در حالت‌های پوششی تغییرات اندکی داشته است، تنها برای /s/ در حالت کلاه اسکی میزان این مقدار بالاتر گزارش شده است. /i/ که نسبت به /s/ و /ʃ/ قله‌ی پراکنده‌تری دارد بیشترین تغییرات را در حالت کلاه اسکی داشته است؛ درحالی‌که برای /s/ و /ʃ/ این حالت کمترین میزان تغییرات را نشان داده است.

در بررسی مقایسه‌ی میانگین متغیرها در پنج حالت از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شده است که طبق نتایج به‌دست‌آمده اختلاف میانگین شدت میان پنج حالت موردآزمایش معنی‌دار بوده است ($p<۰/۰۵$).تحلیل آماری مربوط به قله‌ی طیفی نشان داده

است که به‌طور متوسط پوشش صورت به‌طور معناداری بر شدت همه‌ی سایشی‌ها بی‌واک تأثیر گذاشته است. نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه به صورت زیر است:
/f/ [F (4, 595) = 20.319, sig= 0.000], /s/ [F (4, 145) = 11.476, sig= 0.000], /ʃ/ [F (4, 145) = 3.524, sig= 0.009].

۳،٤ مرکز تجمع انرژی

مرکز تجمع انرژی یا COG بسامدی است که طیف انرژی را به دو بخش تقسیم می‌کند؛ به طوری که میزان انرژی فرکانس‌های بالا با میزان انرژی فرکانس‌های پایین برابر شود. این پارامتر از طیف سایش استخراج می‌شود و واحد آن هرتز (Hz) است. در این پژوهش، مقدار COG پس از محاسبه‌ی طیف سایش و بر اساس کل دیرش سایش در نرم‌افزارPRAAT محاسبه شد.

جدول ٤-۳: میانگین و انحراف معیار مرکز تجمع انرژی (COG) همخوان‌های سایشی بی‌واک زبان فارسی (برحسب Hz)

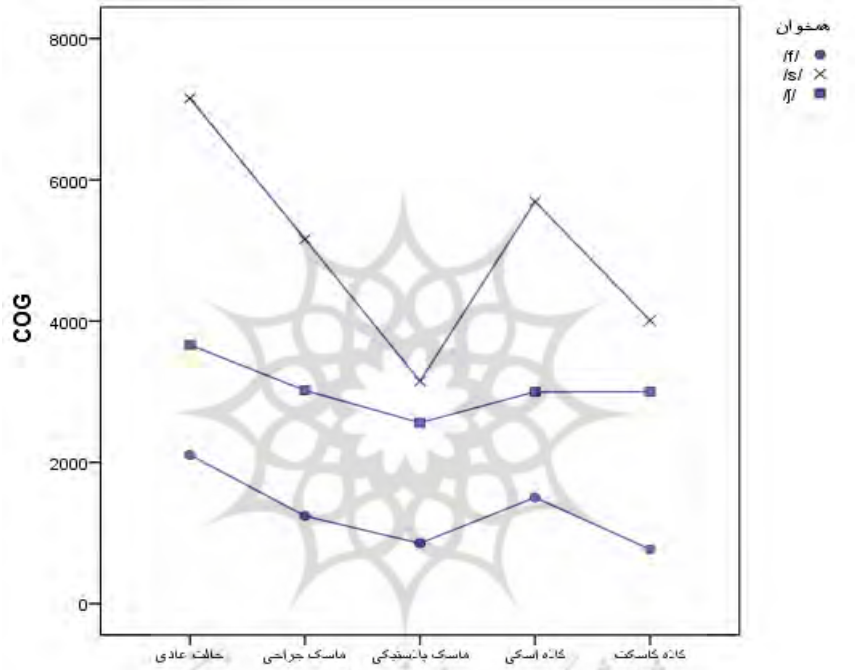
	حالت عادی	ماسک جراحی	ماسک پلاستیکی	کلاه اسکی	کلاه کاسکت
/f/	۲۱۰۵ (۱۱٦۹/۹۹)	۱۲٤۲ (۸۷۳/۲٤)	۸۵٤ (۵۷٤/۰٦)	۱۵۰٤ (۸۳۲/۹۸)	۷۷۰ (۵۸۸/۸۸)
/s/	۷۱۵٦ (۱۷۷۹/۳۷)	۵۱٦۱ (۱۹۲٦/۵۳)	۳۱۵۱ (۱۵۵۵/۸۲)	۵٦۹۳ (۲۰۸۰/۱۷)	٤۰۱۰ (۱۹۱۹/۷۵)
/ʃ/	۳٦٦۲ (۹۲۵/۷۸)	۳۰۲۰ (۸٦۸/۰۹)	۲۵٦۱ (۷۷۹/۲٤)	۲۹۹۸ (۱۰۲۰/۳۲)	۳۰۰۰ (۷۸۵/۸۳)

***میانگین عدد بالای و انحراف معیار عدد پایین است.**

در بررسی مقایسه‌ی میانگین متغیرها در پنج حالت از آزمون آنالیز واریانس یک‌طرفه استفاده شده است که طبق نتایج به‌دست‌آمده اختلاف میانگین مرکز تجمع انرژی میان پنج حالت موردآزمایش معنی‌دار بوده است($p<۰/۰۵$).تحلیل آماری مربوط به مرکز تجمع انرژی نشان داده است که به‌طور متوسط پوشش صورت به‌طور معناداری بر مرکز تجمع انرژی همه‌ی سایشی‌ها بی‌واک تأثیر گذاشته است. نتایج آزمون آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه مرکز تجمع انرژی به صورت زیر است:

/f/ [F (4, 595) = 50.245, sig= 0.000], /s/ [F (4, 145) = 20.683, sig= 0.000], / / [F (4, 145) = 5.992, sig= 0.000].

طبق جدول فوق میانگین مرکز تجمع انرژی /ʃ/ در حالت دارای کلاه کاسکت و مرکز تجمع انرژی /s/ و /f/ در حالت دارای ماسک پلاستیکی بیشترین تغییرات را نشان داده است.



شکل ٤-۳: میانگین مرکز تجمع انرژی در پنج حالت مختلف برای همخوان‌های /ʃ/، /s/ و /f/

شکل ٤-۳ نشان می‌دهد بیشترین میزان تغییرات مرکز تجمع انرژی در حالت‌های پوششی برای /s/ صورت گرفته است. این امر نشان‌دهنده‌ی این است که انرژی صدا در فرکانس‌های بالاتر طیف بیشتر جذب شده است. این تأثیر بیشتر در حالت‌های ماسک پلاستیکی و کلاه کاسکت مشاهده شده است. هم‌چنین تغییرات حالت پوششی در /ʃ/ نیز قابل‌توجه است. بیشترین میزان تغییرات /ʃ/ در حالت کلاه کاسکت دیده شده است. همچنین شکل ٤-۳ نشان می‌دهد که برای /f/ میزان تغییرات در حالت‌های پوششی اندک است.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش نگارندگان تلاش کردند تا در چارچوب آواشناسی قضایی به بررسیِ تأثیر پوشش‌های مربوط به صورت بر ویژگی‌های آکوستیکی سایشی‌های بی‌واک /f, s, ʃ/ در زبان فارسی بپردازند. علت انتخاب سایشی‌های بی‌واک و به‌ویژه سایشی‌های مورد بررسی یعنی /f, s, ʃ/ به دلیل توزیع انرژی این آواها و نیز تأثیر قابل‌ملاحظه‌ی آن‌ها در پژوهش‌های آواشناسی قضایی بوده است. پارامترهای مربوط به مشخصه‌های طیفی و شدت سایش مانند مرکز تجمع انرژی، قله‌ی طیفی و شدت با استفاده از نرم‌افزار PRAAT اندازه‌گیری و تحلیل‌های آماری نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS انجام شد. تحلیل‌های آماری مربوط به بررسی پارامترهای یادشده نشان داد که پوشش‌های صورت به‌طور معناداری بر مقدار شدت، قله‌ی طیفی و مرکز تجمع انرژی سایشی‌ها بی‌واک /f, s, ʃ/ تأثیر گذاشته است. نتایج نشان داد بیشترین میزان تغییرات شدت و مرکز تجمع انرژی در حالت دارای کلاه کاسکت و ماسک پلاستیکی مشاهده است در حالی‌که این تغییرات برای قله‌ی طیفی چندان قابل ملاحظه نبوده است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که میزان جذب انرژی در فرکانس‌های بالای طیف بیشتر است. نتایج پژوهش حاضر می‌تواند در راستای اهداف زبان‌شناسی قضایی و نیز آواشناسی قضایی به کار گرفته شود. یافته‌های این پژوهش کمک می‌کند تا درک بهتری از چگونگی تأثیر پوشش صورت بر ویژگی‌های آکوستیکی آواها در حالت شنیداری به دست آید. محققان علوم قضایی می‌توانند با توجه به نتایج چنین پژوهش‌هایی هنگام تجزیه و تحلیل آواشناختی موارد گفتاریِ ضبط‌شده و نیز هنگام ارزیابی اعتبار شواهد شنیداری خود اثرات ممکن پوشش صورت بر گفتار را نیز مدنظر قرار دهند.

کتابنامه

اسدی، هما؛ حسینی کیونانی، نینا؛ نوربخش؛ ماندانا (۱۳۹٤)، «تشخیص هویت گوینده بر اساس معیارهای آکوستیکی–طیفی»، به کوشش فردوس آقاگل زاده، *دومین همایش زبان‌شناسی حقوقی: تحلیل گفتمان حقوقی*، تهران: نشر نویسه‌ی پارسی، ۳۳–۵۰.

نوربخش، ماندانا (۱۳۹۲)، *آواشناسی فیزیکی با استفاده از رایانه*؛ تهران: نشر علم.

Fecher, N. (2011). Spectral properties of fricatives: a forensic approach. Proceedings of the 4th ISCA Tutorial and Research Workshop on Experimental Linguistics (ExLing), Paris, France, May 25-27, 71-74.

Haley, K. L., Seelinger, E., Mandulak, K. C. & Zajac, D. J. (2010). Evaluating the spectral distinction between sibilant fricatives through a talker-centered approach. *Journal of Phonetics*, 38 (4), 548˚554.

Hayward, K. (2000). *Experimental Phonetics*. Harlow: Longman Linguistics Library.

Heath, A. J. & Moore, K. (2011). Earwitness memory: Effects of facial concealment on the face overshadowing effect. International Journal of Advanced Science and Technology, 33, 131˚140.

Jessen, M. (2008). Forensic Phonetics. Language and Linguistics Compass, 2/4, 671˚711.

Kavanagh, C. M. (2013). *New consonantal acoustic parameters for forensic speaker comparison*. Published Ph.D. dissertation, University of York.

Llamas, C., Harrison, P., Donnelly, D. & Watt, D. (2008). Effects of different types of face coverings on speech acoustics and intelligibility. York Papers in Linguistics (Series 2), 9, 80˚104.

Phatak, S. A. & Allen, J. B. (2007). Consonant and vowel confusions in speech-weighted noise. *The Journal of the Acoustical Society of America* 121(4) ,(2312˚26).

Wang, M. D. & Bilger, R. C. (1973). Consonant confusions in noise: A study of perceptual features. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 54(5) ,(1248˚66).

Weber, A. & Smits, R. (2003). Consonant and vowel confusion patterns by American English listeners. *Proceedings of the 15th International Congress of Phonetic Sciences (ICPhS)*, Barcelona, Spain, August 3˚9, 2003, 1437˚40.

Woods, D. L., Yund, E. W., Herron, T. J. & Ua Cruadhlaoich, M. A. (2010). Consonant identification in consonant-vowel-consonant syllables in speech- spectrum noise". *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(3) ,(1609˚23).

Zhang, C & Tan, T. (2008). Voice disguise and automatic speaker recognition. Forensic Science International, 175 (2-3), 118-122.