



ارزیابی مواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی با رویکرد پایپیونی و تحلیل پوششی داده ها

نازیلا ادب آوازه^۱، مهرداد نیکبخت^{۲*}

^۱دانشجوی دکتری، گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران، nazilaadabavazeh@yahoo.com

^۲استادیار، گروه مهندسی صنایع، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران، nikbakht2020@yahoo.com

چکیده

امواج صوتی یکی از عوامل ضروری زندگی روزمره و فعالیت‌های شغلی محسوب می‌شود که می‌تواند به عنوان آلاینده محیطی در برقراری تماس ضروری بین انسان و دنیای اطراف بوجود آید. **آلودگی صوتی** یکی از مهمترین عامل بیماری‌های شغلی و نیز دومین عامل جراحات شغلی در محیط کار گزارش شده است. در صنعت گستره وسیعی از تجهیزات، ماشین‌آلات و فرایندهای کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد که از منابع صدای آزاردهنده محسوب می‌شوند. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی مواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی با رویکرد پایپیونی و تحلیل پوششی داده‌ها می‌باشد. انگیزه پژوهش، ماهیت چندبعدی مفهوم مواجهه صوتی از منظر وضعیت مواجهه و توانمندی مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها در ارزیابی کارایی ایستگاه‌ها براساس ورودی‌ها و خروجی‌های چندگانه است. این مطالعه از یک رویکرد کمی بهره برده، به لحاظ روش پژوهش، توصیفی-مقطوعی می‌باشد. در این پژوهش، مطالعه موردی برای ارزیابی ۱۰ ایستگاه یک شرکت در ناحیه صنعتی در نیمه اول سال ۱۴۰۲ انجام شده است. به کمک رویکرد پایپیونی ارتباط بین مواجهه صوتی و پیامدهای ناشی از آن تعیین شده است. با جمع‌آوری داده‌های اندازه‌گیری مواجهه صوتی، زمینه مدل‌سازی ریاضی پوششی BCC ورودی محور مبتنی بر رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها به کمک نرم‌افزار EMS مهیا گردید که نهاده مدل «**تراز صوت معادل**» و ستداده مدل «**وضعیت آلودگی صوتی**» می‌باشد. نتایج حاکی از سطوح کارایی متفاوت ۱۰ ایستگاه مورد مطالعه و برتری ایستگاه ۷ نسبت به سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. در ناحیه صنعتی مورد مطالعه، از مجموع ایستگاه‌های اندازه‌گیری ۳۰٪ در محدوده خطر قرار داشتند. متوسط تراز فشار صوت ۱۰/۱ دسیبل برآورد گردید. به نظر می‌رسد، سازمان‌ها می‌توانند با همسو کردن فعالیت‌های خود در محدوده مجاز مواجهه صوتی به طور مؤثر بهداشت شغلی کارکنان را افزایش دهند. **کارایی ایستگاه‌ها، نقش سازنده‌ای در کاهش مواجهه و افزایش بهداشت شغلی کارکنان ایفا می‌کند.**

واژه‌های کلیدی

مواجهه صوتی، محیط صنعتی، رویکرد پایپیونی، تحلیل پوششی داده‌ها.



۱. مقدمه

کارکنان شاغل در محیط‌های مختلف صنعتی به طور مداوم با عوامل زیست محیطی متعددی مواجهه هستند. فاکتورهای محیطی نظیر «گرما، ارتعاش، سرما، رطوبت، روشنایی، صدا و نظایر آن» از بزرگترین تهدیدها برای کارکنان محسوب می‌شوند و می‌توانند بر سلامت و عملکرد کارکنان تاثیر منفی بگذارند. **صدا** به عنوان یکی از تاثیرگذارترین عوامل فیزیکی زیان‌آور محیط‌های کاری محسوب می‌شود که در عصر کنونی به علت پیشرفت صنایع، به عنوان تهدیدی برای سلامت جسمانی و روانی افراد تبدیل شده است (نصیری و همکاران، ۱۳۹۰). **آلودگی صوتی**^۱ یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی است که در ابعاد مختلف، سلامتی انسان را به مخاطره می‌اندازد. این آلودگی در سه دهه اخیر بیش از پیش مورد توجه قرار گرفته است. تحقیقات نشان می‌دهد تماس کوتاه‌مدت و بلندمدت با آلودگی صوتی علاوه بر کاهش شناوری موجب **افزایش فشار خون، ناراحتی قلبی-عروقی، تحریک پذیری، اضطراب، برهم خوردن خواب و آرامش و تغییر الگوی رفتاری** می‌شود. در این راستا لازم است از فناوری‌های روز برای ارزیابی وضعیت صوتی استفاده شود. هدف از ارزیابی صدای محیطی، بهبود مدیریت آن در جامعه است. مدیریت صحیح برنامه‌ریزی شده صدا می‌تواند این مولفه موثر در سلامتی جامعه را حذف نماید (مجیدی و خسروی، ۱۳۹۵). به این جهت در این پژوهش سعی شده است تا شاخص تراز صدا به صورت نسبی ارزیابی شود.

هدف از ارزیابی، پیشگیری از اثرات مخرب آلودگی صوتی بر کارکنان محیط صنعتی است.

عدم ارزیابی مخاطرات، منجر به افزایش احتمال وقوع مخاطرات می‌شود که ممکن است زیان‌های غیرقابل جبرانی به همراه داشته باشد (شفیعی و همکاران، ۱۳۹۲). علیرغم وجود ابزارهای متفاوت ارزیابی، دستیابی به ابزاری که اینمی و قابلیت اطمینان را بطور کامل تضمین نماید، بسیار دشوار است (قریان پور و همکاران، ۱۳۹۸). ارزیابی مواجهه کارکنان با صدا مستلزم اندازه‌گیری تراز فشار صوت و تعیین مدت زمان مواجهه برای هر یک از کارکنان بطور مجزا می‌باشد. با توجه به متنوع بودن شرایط کار، براساس نحوه مواجهه و نوع صدای محیط، روش‌های اجرایی مختلفی برای اندازه‌گیری و ارزیابی پیشنهاد می‌شود. در اغلب مطالعات، نتایج ارزیابی با توجه به سطح تراز صوتی ارایه شده است که مقایسه نتایج سطوح یکسان آلودگی صوتی را دچار اشکال می‌نماید. مدل تحلیل پوششی داده‌ها یکی از روش‌های تعیین کارایی است که به طور گسترده استفاده می‌شود. پژوهش حاضر با اعمال روش **تحلیل پوششی داده‌ها** مواجهه صوتی را مورد ارزیابی نهایی قرار داده و **ارزیابی نسبی مواجهه صوتی** و نیز میزان بهبود مواجهه صوتی را به منظور رسیدن به مطلوبیت نسبی تعیین می‌نماید. نتایج ارزیابی تحلیل پوششی داده‌ها علاوه بر شناسایی واحدهای کار، معرفی الگوهای مرجع جهت بهینه‌سازی ورودی‌ها و خروجی‌های هر مرحله و تعیین مسیر دستیابی به مرز کارایی می‌باشد.

همچنین، به کمک روش **پاپیونی**^۲ ز طریق ایجاد ارتباط بین سیستم‌ساخت افزاری و نرم‌افزاری و برقراری ارتباط بین خطرات و پیامدهای ناشی از آن به منظور جلوگیری از بروز حوادث و پیامدهای ناشی از آن را برقرار و نحوه کنترل آن‌ها را در سیستم مدیریت اینمی، بهداشت و محیط زیست بخوبی نمایان می‌سازد (درخشان فرد و محمد نجد، ۱۳۹۷).

از آنجایی که، نیروی کار در سازمان‌ها نقشی پراهمیتی ایفا می‌کنند و بسیاری از افراد بیش از یک سوم زندگی خود را در محیط‌های کاری مخاطره‌آمیز می‌گذرانند، ارزیابی مخاطرات کارکنان اهمیت بسزایی دارد. آمار گزارش شده آلودگی صوتی به عنوان یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی مخاطرات و خسارات مالی و جسمی ناشی از آن گویای اهمیت توجه ویژه به ارزیابی این‌گونه مخاطرات شغلی، می‌باشد. مطالعات زیادی در خصوص ارزیابی آلودگی صوتی انجام شده است، اما تاکنون مطالعه‌ای در خصوص ارزیابی نسبی مواجهه کارکنان با صدا، طراحی و اجرا نشده است. در ارتباط با اهمیت انجام این پژوهش می‌توان به پیشگیری و آگاه کردن مدیران با هدف کاهش مواجهات شغلی اشاره کرد، به عبارتی دیگر استفاده از نتایج این مطالعه و انجام برنامه‌های مداخله‌ای مرتبط با نتایج بدست آمده می‌تواند یک گام خوب در راستای کنترل و کاهش مواجهه صوتی کارکنان محیط‌های صنعتی محسوب می‌گردد. لذا مطالعه حاضر با هدف ارزیابی مواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی با رویکرد پاپیونی و تحلیل پوششی داده‌ها اجرا گردید و هدف کاربردی و نهایی مطالعه، افزایش سطح اینمی کارکنان صوتی کارکنان محیط صنعتی است. یافته‌های این پژوهش مدیران را قادر سازد که منابع را بصورت بهینه تخصیص داده و برنامه‌های پیشگیری از مواجهه

صوتی کارکنان محیط صنعتی را به صورت علمی و موثر ارزیابی نمایند.

1. Noise Occupational

2. Bow-Tie



۲. مرور ادبیات

صدا به عنوان صوت ناخواسته، پدیدهای جدید نمی‌باشد، اما در سده اخیر با سرعت روزافروزن صنعتی شدن و گسترش ماشین‌آلات به عنوان یکی از معضلات صنایع مطرح بوده و خطر شغلی در گستره وسیعی از محیط‌های کاری نظری «صناع آهن و فولاد، ذوب فلز، چوب، نساجی، هوایی، شیمیایی و بسیاری از صنایع دیگر» محسوب می‌شود. مواجهه با صدا اثرات مستقیم و غیرمستقیمی بر سلامت پرسنل می‌گذارد. لذا ارزیابی مواجهه کارکنان بر صنایع، باتوجه به اهمیت حفظ و ارتقای ایمنی و سلامت کارکنان و اهمیت صنایع در توسعه اقتصادی کشور در زمینه‌های مختلف صنعتی، موضوعی است که مطالعات بیشتری را می‌طلبد. در ادامه به بیان برخی از سوابق پژوهش‌های صورت گرفته، پرداخته می‌شود

- در مطالعه ملکی روشنی و ولی‌پور (۱۴۰۲) ویژگی‌های فشار صوت در مواجهه شغلی با ناوجه‌های نظامی تعیین شده است. مطالعه توصیفی - مقطعي حاضر بر روی ناوجه‌های رزمی کلاس N و کلاس T در نزدیکی شهر ماهشهر در سال ۱۴۰۰ انجام شد. اندازه‌گیری صدا و آنالیز اکتاوباند با استفاده از دستگاه صداسنج و کالیبراتور آکوستیکی انجام گرفت. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که تراز فشار صوت در وضعیت روشن بی‌حرکت هیچ آسیبی به شنوایی کارکنان نظامی وارد نمی‌کند، چراکه در تمامی فرکانس‌های اندازه‌گیری شده، تراز فشار صوت کمتر از حدود استاندارد گزارش شده است.
- اکبری و همکاران (۱۴۰۱) تاثیرات مواجهه با صدای ضربه‌ای بر شنوایی نیروهای مسلح را بررسی نمودند. براساس چندین مطالعه تراز فشار صدا ناشی از تیراندازی، دریافتند که مواجهه با این نوع صدا منجر به عوارض شنیداری شده که با توجه به میزان و شدت مواجهه در بین افراد متغیر است. متغیرهای زمینه‌ای و سبک زندگی نیز از جمله پارامترهای دخیل در بروز افت شنوایی ناشی از صدا هستند. توجه به این نکته ضروری است که برای پیشگیری و مدیریت آسیب و افت شنوایی پرسنل نظامی، تشکیل پرونده پژوهشی با محوریت پایش شنوایی پیش از بکارگیری و همچنین معاینات دوره‌ای افراد باید صورت پذیرد.
- طی مطالعه‌ای علیمرادی و همکاران (۱۴۰۰) اثرات سر و صدای زیان‌آور شغلی ناشی از فرایند فولادی بر مؤلفه‌های روانی و شناختی شاغلین در صنایع فولادی اصفهان را ارزیابی نمودند. بدین منظور اختلالات ناشی از سر و صدای صنعت فولادی در ۱۰۰۰ نفر از شاغلین صنعت فولاد اصفهان در سال ۱۳۹۹ انجام شده است. برای به دست آوردن سر و صدای عینی از روش اندازه‌گیری استاندارد ۹۶۱۲ استفاده شده است. بر اساس یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت با توجه به ارتباط مثبت و معنی‌دار بین تراز شدت صوت و مؤلفه‌های شناختی و ذهنی در گروه مورد، لازم است اقدامات پیشگیرانه مؤثر جهت جلوگیری از آسیب‌های روانی و حفظ سلامت کارگران در این صنعت صورت گیرد.
- رنگ کوی و همکاران (۱۴۰۰) تاثیر صدا بر فشار خون و کاهش شنوایی را در کارکنان بررسی نمودند. این مطالعه بر روی ۵۴ نفر از کارگران صنعت فولاد انجام شد. برای تعیین تراز مواجهه صوتی و فشارخون به ترتیب از دزیمتری با استفاده از دستگاه صداسنج TES 1358 و دستگاه فشارسنج Beurer مدل BC16 استفاده گردید. جهت آنالیز آماری از نرمافزار آماری SPSS ۲۴ در سطح معناداری ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد مواجهه با صدا موجب افزایش فشارخون در افراد می‌شود و با افزایش سن اثرات مواجهه با صدا تشدید می‌یابد. راهکارهای کنترلی نظری «کاهش تراز فشار صوت، برنامه‌های آموزشی و غربالگری منظم فشارخون کارگران» جهت کاهش اثرات صدا توصیه می‌گردد.
- در مطالعه فروهید و ایلکاه (۱۴۰۰) آلدگی صوتی در حمل و نقل ریلی مورد تحلیل رگرسیونی قرار گرفت. مدل سازی داده‌های تراز صوتی ایستگاه‌های برداشت شده با استفاده از مدل خطی رگرسیون صورت گرفت. با استفاده از آنالیز همبستگی تاثیر عوامل مختلف بر شاخص آلدگی صدا مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. نتایج نشان داد حد آلدگی صوتی در اکثر نقاط اندازه‌گیری شده بالاتر از حد مجاز بوده است بطوری که در ایستگاه میدان صنعت که آرامترین ایستگاه در زمان ورود تا خروج قطار است تراز معادل صوت برابر ۷۷ دسی‌بل برداشت شده است که از حد استاندارد بالاتر است.



- پژوهش جهانی و سیری (۱۴۰۰) به بررسی تاثیر پوشش گیاهی شهری در کاهش آلدگی صوتی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرداخته است. نمونه‌گیری شدت صوت در ۱۰۰ ایستگاه در بostanها و معابر مناطق ۲ و ۵ شهر تهران انجام شد. مدل‌سازی شبکه عصبی مصنوعی با استفاده از ۹ متغیر پوشش گیاهی و ۲۴ نورون در لایه مخفی و یک متغیر خروجی صورت گرفت. براساس نتایج آنالیز حساسیت مدل «عرض دیوار، میانگین ارتفاع درختان، میانگین قطر تاج درختچه‌ها به ترتیب بیشترین تاثیر را در کاهش شدت صوت در دیوارهای صوتی گیاهی شهری از خود نشان دادند.
- پرویزیان و همکاران (۱۳۹۹) نقشه آلدگی صوتی را با مدل‌سازی مکانی نقشه کاربری اراضی تولید نمودند. به منظور بررسی توزیع مکانی هم‌جواری در کاربری اراضی از بانک داده مکانی استفاده شد. عامل فاصله به عنوان متغیر اصلی پژوهش محسوب شده و به کمک نرم‌افزار Excel و GIS اطلاعات تجزیه و تحلیل شد. تحلیل یافته‌ها نشان داد در بین نواحی چهارگانه «ناحیه دو بیشترین آلدگی و ناحیه چهار کمترین آلدگی» را در بین نواحی شهر یا سوج داشته است.
- تکیه‌خواه و کاتورانی (۱۳۹۸) آلدگی صوتی ناشی از ترافیک شهری و تاثیر آن بر سطح اضطراب شهروندان شهر سنندج را ارزیابی نمودند. این مطالعه ۵۰ ایستگاه با کاربری مسکونی، تجاری، مسکونی-تجاری و فضای سبز انتخاب و تراز معادل صدا به وسیله دستگاه صوت سنج اندازه‌گیری شد. نتایج حاکی از بیشترین آلدگی صوتی به کاربری تجاری و سپس مسکونی-تجاری بود که بالاتر از حد مجاز استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران بوده است. همچنین نتایج نشان دهنده افزایش سطح اضطراب بیشتری در افراد ناشی از ترافیک بوده است.
- طی مطالعه رحیمی و همکاران (۱۳۹۸) آلدگی صوتی منطقه ۱۶ تهران ارزیابی شد. در این مطالعه، پهنه‌بندی و مدل‌سازی آلدگی صوتی با روش درون‌یابی کریجینگ در منطقه ۱۶ تهران یکی از مناطق پر جمعیت تهران انجام شد. در این تحقیق، ابتدا ۸ ایستگاه برای پیش مطالعه، در مرحله بعد ۴۶ ایستگاه در سه بازه زمانی صبح، ظهر و شب برای تعیین تراز شدت صوت انتخاب شدند. نتایج گویای این بوده است که در کل ایستگاه‌های مورد بررسی سنجش صدا به ویژه در شبکه معابر میزان میانگین تراز معادل صدای اندازه‌گیری شده بیش از حد مجاز استاندارد در ایران می‌باشد.
- در مطالعاتی خسروی و همکاران (۱۳۹۷)، مواجهه کاربر با ارتعاش و صدای تولید شده توسط یک روتولیر باعی را ارزیابی نمودند. اندازه‌گیری ارتعاش دست و بازو بر طبق استاندارد ISO 5349 و میزان تراز صوت بر روی راننده و اطرافیان براساس استانداردهای ISO 7216 و ISO 5131 و در سه حالت کار مختلف انجام گرفت. طبق نتایج بدست آمده میزان مواجهه با ارتعاش دست و بازو بیش از میزان استانداردها بوده و باعث ایجاد ناراحتی و اختلالات عضلانی ناشی از ارتعاش می‌شود. بیشترین میزان مواجهه با ارتعاش در حالت شمیدن و در جهت کف به پشت دست بیشتر از دو جهت دیگر یعنی پهنه‌ی دست و امتداد طول دست بوده است.
- یاری و همکاران (۱۳۹۵) آلدگی صوتی ناشی از ترافیک را در شهر قم ارزیابی نموده و به ارایه راهکارهای کنترلی پرداختند. تراز صدای خودروهای عبوری معادل ۱۵ دقیقه با استفاده از دستگاه صداسنچ و طبق استاندارد ۱۹۹۶ ISO، به مدت ۷ روز و در هر روز ۲۷ بار سنجیده شد. نتایج مطالعات نشان داد میانگین تراز معادل صوت در کل ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده بالاتر از حد مجاز است. میزان آلدگی صدا در عصرها بیشتر و صبح‌ها کمتر بوده است. همچنین بین میزان تراکم وسائل نقلیه موتوری و تراز معادل صوت ارتباط معناداری وجود داشت.
- طی مطالعه‌ای، مجیدی و خسروی (۱۳۹۵) آلدگی صوتی بخش مرکزی شهر زنجان را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی ارزیابی نمودند. بدین منظور تراز صوت معادل در «روز، شب، عصر-شب، شاخص آلدگی صوتی و شاخص صوتی ترافیک» در ۲۰ ایستگاه در دو بازه زمانی زمستان ۱۳۹۰ و بهار ۱۳۹۱ اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری ها در خیابان‌های اصلی این ناحیه با



استفاده از دستورالعمل های توصیه شده توسط AEP انجام و نهایتا نتایج تجزیه و تحلیل شدند. نتایج نشان داد ایجاد ناراحتی صوتی در بیشتر ایستگاهها و زمانها وجود دارد.

در مطالعات گسترده این حوزه، روش های اجرایی مختلفی برای اندازه گیری و ارزیابی مواجهه کارکنان با صدا با توجه به متنوع بودن شرایط کار، براساس نحوه مواجهه و نوع صدای محیط، پیشنهاد شده است که نتایج اکثر مطالعات مبتنی بر به سطح تراز صوتی است که مقایسه نتایج سطوح یکسان آلدگی صوتی را دچار اشکال می نماید. در این راستا لازم است از فناوری های روز برای ارزیابی وضعیت صوتی استفاده شود. به کمک پژوهش حاضر، امکان ارزیابی مقایسه ای مواجهه کارکنان با آلدگی صوتی با رویکرد پاپیونی و تحلیل پوششی داده ها میسر شده است.

۳. مبانی نظری

۳-۱. آلدگی صوتی

آلدگی صوتی را می توان به صورت صدای ناخواسته ای دانست که موجب برهم زدن آرامش در زمان استراحت و یا تمرکز افراد در حین انجام کار می شود. واحد اندازه گیری صدا برحسب دسیبل (dB) و براساس تغییرات فشار هوای مقدار آن بین صفر دسیبل (آستانه شنوایی) تا ۱۳۰ دسیبل (آستانه کری) بالا بیان می شود. گوش انسان بلندی صدا را در فرکانس های مختلف یکسان درک نمی کند. برهمنی اساس فیلتری بر روی دستگاه های اندازه گیری صدا نصب می شود (فیلتر وزنی A) تا محدوده اندازه گیری منطبق بر آنچه شنیده می شود، باشد. واحد تراز صدا به صورت (A) dB نوشته می شود. یکی از بزرگترین عوامل ایجاد کننده اضطراب در افراد سر و صدا است. **مواجهه زیاد با تراز صدای بالا در صنعت، ایجاد عصبانیت و تحریک در عکس العمل فرد می شود.** اعتقاد بر این است که سر و صدا یکی از عوامل مستقیم بیماری های روحی است و ممکن است سرعت یا شدت پیشرفت یک ناهنجاری روحی را بیشتر کند. در اکثریت کشورهای جهان توجه خاصی نسبت به مسئله صدا و آلدگی ناشی از آن به وجود آمده که منجر به تدوین آیین نامه ها و اجرای قوانین خاص مبارزه با آلدگی صوتی در آن کشورها شده است. در کشور ایران نیز اقداماتی درخصوص مبارزه با این آلاینده زیست محیطی آغاز شده که برای دستیابی به شرایط بهینه و به منظور بررسی و برآورد تاثیرات صدا، دو نوع استاندارد تعیین می شود (تکیه خواه و کاتورانی، ۱۳۹۸):

- استاندارد حد آستانه مجازی^۳ برای محیط های مختلف شهری است. در صورتی که هر فردی چه به عنوان عابر، به عنوان ساکن در منطقه و یا شاغل در منطقه تجاری یا صنعتی تحت آستانه های مجاز زیست محیطی قرار داشته باشد، دچار عوارض مواجهه صوتی نمی شود.

• با استفاده از استاندارد انتشار^۴ تراز های خروجی منابع ایجاد کننده صدا قبل مقایسه و ارزشیابی است. تعیین حدود استانداردهای زیست محیطی لازم است تا آسایش و آرامش انسان تامین شود.

تعیین دقیق این استانداردها به «نوع رفتار، فرهنگ، آداب و رسوم و در نهایت به ساختار فیزیکی شهرها» بستگی خواهد داشت. به همین دلیل در تعیین این نوع استانداردها در کشورهای مختلف تفاوت هایی دیده می شود. استاندارد زیست محیطی در ایران توسط سازمان حفاظت محیط زیست تعیین می شود. حد مجاز صدای تعیین شده در هوای آزاد ایران مطابق جدول (۱) می باشد.

جدول ۱. حد مجاز صدا در هوای آزاد ایران.

نوع منطقه	روز از ساعت ۷ تا ۲۲ dB(A)	شب از ساعت ۲۲ تا ۷ dB(A)
منطقه مسکونی	۵۵	۴۵
منطقه تجاری - مسکونی	۶۰	۵۰
منطقه تجاری	۶۵	۵۵
منطقه مسکونی - صنعتی	۷۰	۶۰
منطقه صنعتی	۷۵	۶۵

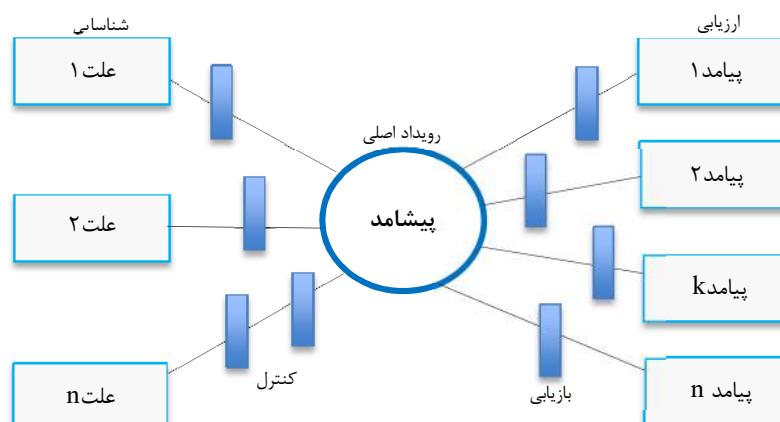
3. Ambient or Environment Standards

4. Emission Standards



۲-۳. روش BOW Tie

نمودار پایپونی ابزاری جذاب برای شناسایی ریسک و تجزیه و تحلیل کیفی ریسک است که نه تنها مسیرهای احتمالی میان مخاطرات و حوادث را به تصویر می‌کشد، بلکه تمایز میان موانع پیشگیرانه و کاهنده اثر را به وضوح آشکار می‌کند. ارزیابی ریسک با روش پایپونی طی چندین مرحله صورت می‌گیرد. در مرحله نخست رویدادی که موجب بروز ریسک می‌شود، تعیین می‌شود. در گام بعد، عوامل و فعالیتهایی که به صورت بالقوه توان ایجاد تهدید تحت اثر را دارند، شناسایی می‌شوند. پیامدهای احتمالی ناشی از وقوع رویداد اصلی نیز ارایه می‌شوند. در گام بعدی شناسایی عوامل موثر در پیشگیری و کاهش احتمال بروز ریسک ناشی از هر یک از عوامل تهدیدکننده صورت می‌گیرد. در مرحله نهایی راهکارهای اثربخش برای کنترل و کاهش شدت پیامدهای حاصل از وقوع و همچنین اقدامات لازم برای کنترل شکست موانع ارایه می‌شود.



در این روش با ایجاد ساختار پایپونی برای یک فرایند خاص مستندسازی لازم صورت می‌گیرد. این فرایند باید بطور مداوم صورت گیرد.

۴. روش شناسی پژوهش

روش تحقیق این پژوهش، توصیفی مقطعی است. پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و توسعه‌ای است. نهاده، تراز صوت معادل و ستاده وضعیت آلدگی صوتی می‌باشد. پژوهش حاضر به ارزیابی مواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی با رویکردهای پایپونی و تحلیل پوششی داده‌ها می‌پردازد. برای تعیین بالاترین نسبت کارایی و دلالت دادن میزان نهاده‌ها و ستاده‌های سایر واحدهای تصمیم‌گیرنده در تعیین اوزان بهینه برای واحد تحت بررسی، مدل پایه BCC ورودی محور پیشنهاد می‌شود. از آنجا که مدل‌های ثانویه می‌توانند میزان بهبود بهینه (مجموعه مرجع) ورودی و خروجی‌های ناکلرا را تعیین کنند، در این پژوهش از مدل پوششی BCC ورودی محور استفاده می‌شود. مدل (۱)، مدل پایه مدل پوششی BCC ورودی محور، جهت ارزیابی مواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی با رویکردهای پایپونی و تحلیل پوششی داده‌ها پیشنهاد می‌شود.

$$\text{Min } \theta \quad (1)$$

S.t.:

$$\theta x_{io} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} \geq 0, i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{ro}, r = 1, \dots, s$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, \forall j, \theta$$

چون الگوی مدل ثانویه ورودی محور است،تابع هدف سعی در کاهش میزان سطح خروجی‌ها دارد. در واقع θ یک متغیر واقعی تصمیم و λ یک بردار غیرمنفی متغیرهای تصمیم می‌باشد که در این مدل انتخاب هر بردار λ مجاز، یک حد



بالا برای ستاده ها و یک حد پایین برای داده های DMU_0 ایجاد می کند و در مقابل این محدودیت های θ مرتبط با $\lambda \geq 0$ گزینه بهتر برای مرتبط شدن با $\min \theta^*$ ارایه می دهد، این امر موجب می شود که θ^* به عنوان الگوی هدف سایر واحدهای ناکارا میزان بهبود بهینه را بیان دارد.

تعريف ۱-۴ - در مدل (۱) یک واحد تصمیم گیرنده وقتی کارا است که: $\theta^*=1$.

۵. یافته های پژوهش

تهدید موواجهه صوتی به موجب عوامل «فرایند برشکاری، فرایند ریخته گری، فرایند انتقال مواد» به عنوان ریسک فاکتورهای اصلی آنالیزه زیست محیطی در این پژوهش درنظر گرفته شده است که در جدول (۲) ارایه شده است. همچنین جدول (۳) بیانگر پیامد موواجهه صوتی است.

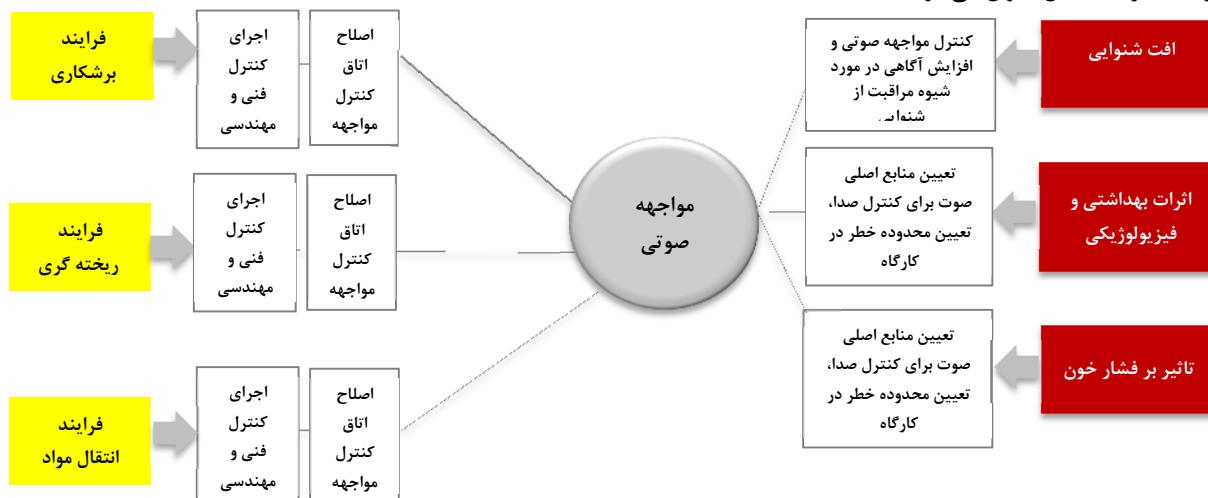
جدول ۲. تهدیدات موواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی مورد مطالعه.

عامل ریسک	کنترل ها
فرایند برشکاری	اجرای کنترل های فنی و مهندسی نظیر ساخت اتاق اسٹراحت صوتی برای کارکنان
فرایند ریخته گری	اصلاح اتاق های کنترل و کاهش موواجهه غیر ضروری جهت کارکنان
فرایند انتقال مواد	

جدول ۳. پیامدهای موواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی مورد مطالعه.

عامل ریسک	افت شنوازی ^۱
پیامد ریسک	اثرات بهداشتی و فیزیولوژیکی مانند اثرات عصبی، اثرات روده ای معدی و ایمونولوژیکی، خستگی، سردرد و تحریک پذیری، افزایش ریسک حوادث
فرایند برشکاری	افت شنوازی
فرایند ریخته گری	اثرات بهداشتی و فیزیولوژیکی مانند اثرات عصبی، اثرات روده ای معدی و ایمونولوژیکی، خستگی، سردرد و تحریک پذیری، افزایش ریسک حوادث
فرایند انتقال مواد	تاثیر بر فشار خون

ساختار و اجزای مدل پایه ای مطابق با شکل (۲) است. در این روش کلیه عوامل شناسایی شده در سمت چپ و پیامدهای شناسایی شده در سمت راست مدل عنوان می شوند.



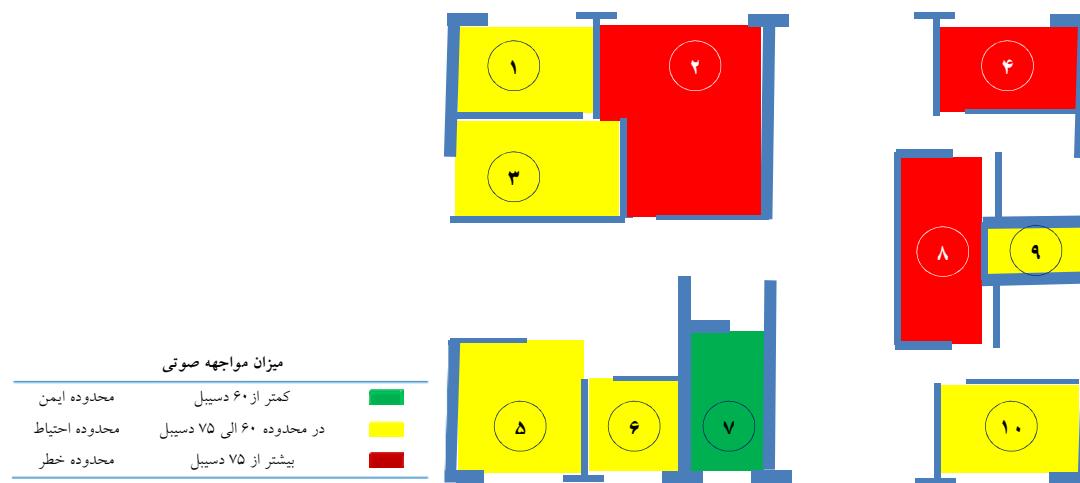
شکل ۲. نمودار پایه ای موواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی مورد مطالعه.

مخاطرات ارگونومیکی به عنوان رویداد اصلی در نمودار پایه ای معرفی شده است. براساس شکل (۲)، سه عامل «فرایند برشکاری، فرایند ریخته گری، فرایند انتقال مواد» نقش تهدیدی داشتند. همچنین «افت شنوازی، اثرات بهداشتی و فیزیولوژیکی، تاثیر بر فشار خون»



از پیامدهای حاصل وقوع رویداد اصلی مشخص شدند. به ازای تهدیدات، موانع به عنوان اقدام پیشگیرانه و در ازای پیامدها، چندین اقدام بهبود ارایه شده است.

موقعیت ناحیه صنعتی مورد مطالعه و پراکنش ایستگاه‌های اندازه‌گیری تراز صوتی مطابق با شکل^(۳) می‌باشد. از آنجایی که کارکنان در طول آزمون با صدای یکنواخت مواجهه داشته‌اند، اندازه‌گیری سه بار در موقعیت‌های مورد مطالعه، تکرار شده و تراز فشار صوت مواجهه کارکنان ثبت شده است که میزان آلدگی صوتی ایستگاه‌های ناحیه صنعتی مورد مطالعه مطابق با جدول^(۴) ثبت شده است.



شکل ۳. جانمایی ایستگاه‌های منتخب اندازه‌گیری آلدگی صوتی در ناحیه صنعتی مورد مطالعه.

جدول ۴. میانگین تراز معادل صدا در ایستگاه‌های اندازه‌گیری صدا در سه دوره

زمانی روزانه در کارگاه صنعتی مورد مطالعه.

محدوده تراز معادل صدا	تراز معادل صدا (دسیبل)			کد ایستگاه
	صبح	ظهر	عصر	
۲	۷۴/۳۳	۷۰/۲	۷۲/۹	۱
۱	۷۹/۶	۷۵/۳	۷۸/۳	۲
۲	۷۱/۳	۷۰/۲	۶۸/۷	۳
۱	۷۷/۶	۷۸/۳	۷۸/۳	۴
۲	۶۸/۷	۶۸/۷	۶۵/۲	۵
۲	۶۹/۴	۶۹/۴	۶۶/۶	۶
۳	۵۲/۴	۵۸/۳	۶۰/۲	۷
۱	۸۱/۳	۸۲/۴	۷۸/۹	۸
۲	۶۵/۴	۶۵/۴	۵۱/۹	۹
۲	۷۰/۴	۶۷/۴	۶۶	۱۰

نتایج نشان داد میانگین تراز معادل صوت در کل ایستگاه‌های اندازه‌گیری شده ۷۰/۱۰۱ دسیبل است که در مقایسه با میزان حد مجاز معادل صدا در منطقه صنعتی براساس استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران (۷۵ دسیبل) در محدوده مجاز است. حداکثر تراز فشار صوت در ایستگاه ۸ برابر با ۸۲/۴ دسیبل و حداقل تراز فشار صوت مربوط به ایستگاه ۹ برابر با ۵۱/۹ دسیبل است. همچنین میزان آلدگی صوتی ایستگاه‌ها در زمان عصر بیشتر بوده است. با توجه به نتایج دزیمتری و ارزیابی معیارهای صوتی از برآورد شدت و آزاردهندگی صدای محیط کار، نیاز به ارایه راهکارهای فنی- مدیریتی اصولی جهت کاهش میزان مواجهه کارکنان بخش ۸، ۹ و ۱۰ را کاهش صدای محیطی در راستای کاهش مواجهه کارکنان این ایستگاه‌ها احساس می‌شود.

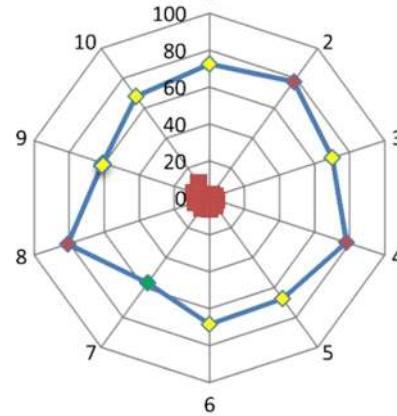


مدل(۱) در نرم افزار EMS اجرا و وضعیت کارایی بدست آمده ایستگاهها (واحدهای تصمیم گیرنده) در جدول(۵) ارایه شده است. همانگونه که مشاهده می شود، از ده واحد تصمیم گیرنده، واحد شماره ۷ کارا و سایر واحدها ناکارا می باشند.

جدول ۵- میزان کارایی محاسبه شده با نرم افزار EMS مطابق مدل (۱).

واحد سازمانی مرجع و میزان تغییر ورودی ها متناسب با ورودی های واحد مرجع		کارایی
۷(۱)	۰/۷۸۶۰۰۰	DMU ₁
۷(۱)	۰/۷۳۲۸۴۷	DMU ₂
۷(۱)	۰/۸۱۳۰۳۵	DMU ₃
۷(۱)	۰/۷۲۹۷۱۸	DMU ₄
۷(۱)	۰/۸۴۳۵۳۴	DMU ₅
۷(۱)	۰/۸۳۲۰۳۵	DMU ₆
۱		DMU ₇
۷(۱)	۰/۷۰۴۴۵۲	DMU ₈
۷(۱)	۰/۹۳۵۴۱۳	DMU ₉
۷(۱)	۰/۸۳۸۵۶۷	DMU ₁₀

بدین صورت ایستگاه ۷ در محدوده ایمن و دارای کارایی ۱۰۰٪ بوده و برای سایر واحدهای سازمانی مرجع محسوب می شود. مابقی ایستگاههای مورد بررسی در این دوره، در محدوده احتیاط و خطر هستند. در این میان، ایستگاه ۸ با سطح کارایی سیار ضعیف عمل نموده است. نتایج کارایی ارزیابی شده، حاکی از این است که اکثریت کارکنان واحدهای سازمانی در معرض مواججه صوتی هستند. در راستای بهبود مواججه صوتی کارکنان محیط صنعتی «کارهای مهندسی کنترل صدا و همچنین استفاده از تجهیزات حفاظت شنوازی به صورت فعال و غیر فعال» از جمله اقداماتی است که می تواند شدت مواججه را کم و تاثیرات مخرب بر اندام شنوازی را کاهش دهد. توجه به این نکته ضروری است که برای پیشگیری و مدیریت آسیب و افت شنوازی کارکنان محیط صنعتی «تشکیل پرونده پزشکی با محوریت پایش شنوازی پیش از بکارگیری و همچنین معاینات دوره‌ای کارکنان» توصیه می شود. نمودار پراکندگی کارایی محاسبه شده مواججه صوتی کارکنان محیط صنعتی مطابق با شکل (۴) می باشد.



شکل ۴. نمودار راداری (عنکبوتی) پراکندگی کارایی محاسبه شده مواججه صوتی کارکنان محیط صنعتی مورد مطالعه.

۶. نتیجه گیری

پژوهش حاضر مواججه صوتی کارکنان محیط صنعتی را با رویکرد پاپیونی و تحلیل پوششی داده ها ارزیابی نموده است. برای تعیین بالاترین نسبت کارایی و دخالت دادن میزان نهاده ها و ستاده های سایر واحدهای تصمیم گیرنده در تعیین اوزان بهینه برای واحد تحت بررسی، مدل



پایه BCC ورودی محور پیشنهاد گردید. نتایج مطالعه نشان داد سهم عمدہ ای ایستگاههای اندازه‌گیری مواجهه کارکنان در محدوده مجاز بوده و متوسط مواجهه صوتی کارکنان در کلیه ایستگاههای مورد مطالعه برابر ۷۰/۱۰۱ دسیبل بوده است. از ده ایستگاه مورد بررسی با رویکرد تحلیل پوششی داده‌ها، یک ایستگاه کارا و سایر ایستگاهها ناکارا می‌باشند. برای کاهش تاثیرات احتمالی ناشی از عملکرد سازمانی نامطلوب سایر واحدهای سازمانی در ایستگاههای ناکارا باید مواجهه صوتی کارکنان را بهبود و ارتقا بخشد:

- در راستای بهبود مواجهه صوتی کارکنان محیط صنعتی «کارهای مهندسی کنترل صدا و همچنین استفاده از تجهیزات حفاظت شناوی به صورت فعال و غیر فعال» از جمله اقداماتی است که می‌تواند شدت مواجهه را کم و تاثیرات مخرب بر اندام شناوی را کاهش دهد.
- برای پیشگیری و مدیریت آسیب و افت شناوی کارکنان محیط صنعتی «تشکیل پرونده پزشکی با محوریت پایش شناوی پیش از بکارگیری و همچنین معاینات دوره‌ای کارکنان» توصیه می‌شود.
- بطور کلی برای کنترل صدا سه راهکار «کنترل صدا در منبع تولید، کنترل در مسیر انتقال صوت، کنترل فردی» پیشنهاد شده است. در اغلب صنایع به لحاظ مسایل فنی و اقتصادی اجرای راهکارهای کنترلی اول و دوم میسر نیست، بنابراین استفاده از وسایل حفاظت فردی بهترین راهکار می‌باشد. انواع پلاک گوش (Ear Plug) و گوشی (Ear Muff) در صنایع مختلف استفاده می‌شود. Ear Plug در اشکال و جنس‌های مختلف درون مجرای گوش خارجی قرار می‌گیرند و به علت ارزان بودن و کوچک بودن استفاده گسترده‌ای از آن می‌شود. Ear Muff کاملاً گوش خارجی را می‌پوشاند و علیرغم بزرگتر، سنگین‌تر و گران‌تر از Ear Plug ها هستند چنانچه به درستی استفاده شوند کنترل بهتری در مقابل صدا خواهد داشت.
- مواجهه صوتی با عواملی نظیر «توجه به آموزش‌های توجیهی و آگاهی کارکنان در رابطه با مواجهه صوتی» قابل کاهش است.
- در نهایت پیشنهاد می‌شود: مدل تحلیل پوششی داده‌ها در مقاطع زمانی مختلف، به طور ادواری اجرا شود

منابع

- [۱] نصیری، پروین، منظم، محمدرضا، فرهنگ دهقان، سمیه، جهانگیری، مهدی (۱۳۹۰). ارزیابی صدای محیطی و مواجهه فردی در یک مجتمع پتروشیمی، سلامت ایران، (۱۰)، ص ۳۲-۲۳.
- [\[۲\] شفیعی، محمدعلی مزده، محمد، باقرپور، مرتضی، پورنادر، مهردادخ، ۱۳۹۲، ارائه مدل تحلیل پوششی داده‌های دو سطحی در مدیریت ریسک زنجیره تأمین به منظور انتخاب تأمین کننده، نشریه بین المللی مهندسی صنایع و مدیریت تولید، \(۴\)، ۲۴، ص ۳۲۶-۳۱۵.](https://ioh.iums.ac.ir/article-1-490-fa.html)
- [\[۳\] قربان‌پور، فاطمه، جویباری، لیلا، ثناگو، اکرم، پهلوان‌زاده، باقر، ۱۳۹۸، ارتباط فشار شغلی درک شده با بروز حوادث شغلی پرستاران در بخش‌های مراقبت ویژه. آموزش پرستاری، \(۱\)، ۸، ص ۲۰-۱۳.](http://ijiepm.iust.ac.ir/article-1-741-fa.html)
- [\[۴\] درخشانفر، فهیمه، محمدنجد، اکبر، ۱۳۹۸، ارزیابی ریسک بروش مدل پاپیونی \(Bow Tie\) \(مطالعه موردی فعالیت کاردارتفاعل : پژوه متنالو در فاز ساخت و نصب تجهیزات\)، کاربرد شیمی در محیط زیست، \(۳۷\)، ۱۰، ص ۴۴-۳۹.](https://jne.ir/article-1-1018-fa.html)
- [\[۵\] یاری، احمد رضا، دزدار، بهروز، کوهپایی، علیرضا، ابراهیمی، علی، مشکوری، علیرضا، محمدی، محمد جواد، ارسنگ جنگ، شهرام \(۱۳۹۵\). ارزیابی آلودگی صوتی ناشی از ترافیک و ارایه راهکارهای کنترلی: مطالعه موردی در شهر تهران، \(۴\)، ۲۲، ص ۶۰۷-۶۰۰.](https://ace.ahar.iau.ir/article_698680.html)
- [\[۶\] تکیه‌خواه، جاهده، کاتورانی، شلیل \(۱۳۹۸\). ارزیابی آلودگی صوتی ناشی از ترافیک شهری و تاثیر آن بر سطح اضطراب شهروندان شهر سندج. فصلنامه مطالعات شهری، \(۸\)، ۳۲، ص ۱۲۷-۱۱۷.](https://jsums.medsab.ac.ir/article_889.html)
- [\[۷\] \[https://urbstudies.uok.ac.ir/article_61213.html\]\(https://urbstudies.uok.ac.ir/article_61213.html\)](https://urbstudies.uok.ac.ir/article_61213.html)



[۷] مجیدی، فرامرز، خسروی، یونس. ارزیابی آلودگی صوتی بخش مرکزی شهر زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، سلامت و محیط زیست، (۱۰۲، ص۹۱-۹۲).

<https://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5507-fa.html>

[۸] جهانی، علی، سیری، هانیه (۱۴۰۰). اثر پوشش گیاهی شهری در کاهش آلودگی صوتی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، مطالعات ساختار و کارکرد شهری، (۲۷، ص۱۶۱-۱۷۹).

https://shahr.journals.umz.ac.ir/article_3357.html

[۹] فروهید، امیر اسماعیل، ایلکا، محمد (۱۴۰۰). آلودگی صوتی و تحلیل رگرسیونی تراز صدا در حمل و نقل ریلی (مطالعه موردی: شهر تهران)، جاده، (۴۰، ص۸۰-۸۹).

https://road.bhrc.ac.ir/article_135398.html

[۱۰] پروبیزان، علیرضا، احمدی، هاجر، امان پور، سعید، درخشان، عبدالالمطلب (۱۳۹۹). تولید نقشه آلودگی صوتی با مدل سازی مکانی نقشه کاربری اراضی (مورد پژوهشی شهر یاسوج)، جغرافیا و مطالعات شهری و منطقه‌ای، (۹، ۳۴)، ص۲۲-۷.

https://ges.iaun.iau.ir/article_677535.html