

آلودگی صوتی و تحلیل رگرسیونی تراز صدا در حمل و نقل ریلی (مطالعه موردی: شهر تهران)

مقاله علمی - پژوهشی

امیراسماعیل فروهید*، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران
محمد ایلکاه، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران
*پست الکترونیکی نویسنده مسئول: amiresmaelf@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۱ - پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۵

صفحه ۸۰-۶۹

چکیده

آلودگی صوتی در سیستم های حمل و نقل شهری یکی از مخاطراتی است که همواره می تواند سلامت مسافری را به خطر بیندازد و بر میزان استفاده آنها از حمل و نقل عمومی تاثیر بگذارد. آلودگی صوتی در سکو ایستگاه ها، واگن های مسافری و همین طور واگن راهبر قطار مورد ارزیابی قرار گرفت. توجه به داده های تراز صوتی ایستگاه ها و داده های برداشت شده، مدل سازی با استفاده از مدل خطی رگرسیونی پرداخته شد. با استفاده از آنالیز همبستگی تاثیر عوامل مختلف بر شاخص آلودگی صدا مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. یافته ها: شاخص تراز معادل صدا در یک دوره زمانی معین L_{eq} در ایستگاه نواب بیشتر از ۳ ایستگاه دیگر می باشد که فرض اولیه در خصوص نرخ آلودگی صوتی به دلیل تجمع زیاد مسافری بیشتر می باشد تحقق یافته است. همچنین میدان صنعت آرام ترین ایستگاه در بین ایستگاه های مورد مطالعه بود. تراز معادل صدا در یک دوره زمانی معین L_{eq} در ایستگاه نواب ۸۳ و میدان صنعت ۷۷ برداشت شد، که این موضوع فرض اولیه دیگر در خصوص آلودگی های ثبت شده زیست محیطی و عدم نظارت دقیق، است حد مجاز آلودگی صوتی (۶۵ دسی بل) در اکثر نقاط اندازه گیری شده بالاتر بوده است را محقق کرده بطوری که در ایستگاه میدان صنعت که آرامترین ایستگاه در زمان ورود تا خروج قطار بوده است و تراز معادل صدا برابر ۷۷ دسی بل برداشت شده است از حد استاندارد بالاتر بوده است.

واژه های کلیدی: حمل و نقل شهری، آلودگی صوتی، مترو، واگن راهبر

۱-مقدمه

بین المللی است. همچنین حمل و نقل در توزیع درآمدها و کاهش نابرابری های اقتصادی و اجتماعی و کاهش آثار فقر و اختلاف درآمد روستائینان و شهرنشینان نقشی موثر دارد. بدون وجود شبکه حمل و نقل، تاسیسات و تجهیزات جانبی و ناوگان مطلوب، تصور رشد و توسعه عمومی کشور غیرممکن به نظر می رسد. در رشد و توسعه اقتصاد و تجارت جهانی در مقطع زمانی فعلی و روند گسترش آن نمی توان نقش سیستم های حمل و نقل در بهینه سازی هزینه ها، زمان

امروزه حمل و نقل یکی از زیرساخت های مهم ملی در همه ابعاد محسوب می شود. به دلیل داشتن نقش زیربنایی تأثیر فراوانی بر فرایند رشد اقتصادی کشور دارد. این بخش دربرگیرنده فعالیت هایی است که به شکلی گسترده در تمامی زمینه های تولید، توزیع و مصرف کالا و خدمات جریان داشته و در مجموعه فعالیت های اقتصادی نقش غیرقابل انکاری برعهده دارد. حمل و نقل واسطه ای میان فعالیت های کشاورزی، صنعتی، بازرگانی و خدماتی در سطح ملی و

در چند دهه اخیر مشکلات حمل و نقل در کلان شهرها، همواره یکی از بزرگترین معضل های این شهر به حساب می‌آید. احداث مترو یکی از راهکارهای موثر در افزایش کارایی حمل و نقل عمومی و حل معضل ترافیک می باشد. طراحی، اجرا و بهره برداری از این پروژه نیز همانند سایر طرح های عظیم عمرانی دارای پیامدهای مثبت و منفی زیست محیطی خواهد بود. به طور یقین، یکی از پیامدهای منفی و عواقب ناگوار آن، پیدایش آلاینده‌های زیست محیطی از جمله آلودگی صوتی می‌باشد. آلودگی صوتی به عنوان یکی از مهمترین آلاینده های زیست محیطی در ایجاد اینگونه مشکلات در شهرهای بزرگ سهم بسزایی را به خود اختصاص داده است. اینگونه مشکلات با فن‌آوری و تکنولوژی صنعتی رابطه مستقیم دارد و همزمان با رشد و ارتقاء تکنولوژی، آلودگی صدا نیز ابعاد گسترده تری یافته و باعث بروز مشکلات بیشتری شده و خواهد شد. تحقیقات انجام شده نشان می دهد که هیاهو و دغدغه های زندگی ماشینی، منجر به ایجاد ناراحتی‌های جسمی و روحی شهروندان در کلان شهرها شده است که به عوارض جسمی، روحی و روانی منتهی شده و البته سبب ایجاد نارضایتی در شهروندان می گردد.

بنابراین، لازم است قبل از صرف هزینه های کلان در اجرای مترو و در راستای دست یابی به توسعه پایدار، ارزیابی‌های زیست محیطی در طراحی‌ها و برنامه ریزی‌های اولیه لحاظ گردد. مقایسه ارزیابی اثرات زیست محیطی طرح‌های داخلی و خارجی نشان می‌دهد ارزیابی اثرات زیست محیطی در دو مرحله ساخت و بهره برداری در پروژه‌های خارجی، به صورت مجزا و در گزارشات داخلی به صورت توأم و یا در یک مرحله بررسی شده است. آنالیز ریسک و اثرات تجمعی در طرح‌های داخلی بررسی نشده، تغییر کاربری زمین و در نتیجه تغییر شرایط اقتصادی فرهنگی اطراف شبکه، پیوستگی جوامع و مشاغل محلی در ارزیابی طرح های خارجی بیشتر مورد توجه قرار گرفته‌اند.

همانطور که گفته شد، آلودگی صوتی یکی از عوامل خطرزا در محیط زیست انسانی است که می‌تواند سلامتی روحی، روانی و جسمی انسان را به صورت جدی به مخاطره اندازد. یکی از منابع مهم این آلودگی، صدای ناشی از ترافیک و حمل و نقل شهری به ویژه سیستم راه آهن شهری (مترو)

سفر، سرعت جابه جایی، ایمنی و سطح خدمات ارائه شده را انکار کرد. صنعت حمل و نقل در ایران نیز طی دوران مختلف، با فراز و فرودهایی همراه بوده و هدف اصلی آن، تلاش برای رسیدن به جایگاهی مطلوب و فردایی بهتر می‌باشد. با توجه به موقعیت منطقه‌ای و جغرافیایی، ایجاد سیستم حمل و نقل کارآمد در توسعه اقتصادی و اجتماعی، جایگاه و نقش ویژه ای برای ایران دارد. یکی از عوامل مهمی که می تواند محیط شهری و شاخص های تعیین کننده کیفیت آن را دستخوش تغییر سازد، حمل و نقل شهری است. در دهه‌های اخیر که جمعیت شهری و به دنبال آن استفاده از وسایل نقلیه شخصی افزایش یافته است، حمل و نقل عمومی به عنوان یک راهکار موثر برای جابجایی شهروندان مورد توجه قرار گرفته است. جابجایی حجم انبوهی از مسافران و همچنین کاهش آلودگی هوا از دلایلی است که تمایل استفاده از این سیستم در شهرها را افزایش داده است. امروزه در شهرهای بزرگ و پیشرفته از سیستم حمل و نقل ریلی که یکی از انواع حمل و نقل عمومی است، برای جابجایی مسافران در شهرها استفاده می شود. سیستم ریلی درون شهری انواع گوناگونی از جمله مترو، قطار سبک شهری، تراموا و مونوریل دارد که در این پژوهش مترو به طور خاص مورد بررسی قرار گرفته است. حمل و نقل ریلی درون شهری می‌تواند بر توسعه شهرها، جذب جمعیت و فعالیت در اطراف ایستگاه ها و طبیعتاً توسعه شهری، کاربری اراضی شهری، کیفیت فضاهاى شهری، ارزش زمین، دسترسی آسان به خدمات، راحتی و آسایش شهروندان در جابجایی، سرویس دهی به اقشار مختلف جامعه، بهبود محیط زیست شهری، کاهش آلودگی ها تاثیر مثبت داشته باشد.

یکی از نیازهای مهم برای کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه، ایجاد سیستم حمل و نقل کامل، منظم، گسترده و کارآمد می باشد. امروزه کشورهای از لحاظ اقتصادی، سیاسی و فرهنگی در حال رشد هستند که از یک سیستم کامل برخوردار باشند. ولی همانطور که می‌دانیم هر توسعه‌ای به خصوص توسعه در صنعت حمل و نقل دارای یک سری خصوصیات و ویژگی‌های مهم می‌باشد که در کنار آن، ویژگی‌های منفی این گونه توسعه را نیز باید در نظر گرفت تا توسعه ما حالتی پایدار پیدا کند.

از عوامل ترافیک‌زا هستند) شهر ما همچنان بدون بروز مشکل ترافیک، به نحو مطلوبی پاسخگویی جابه‌جایی‌های مسافر و بار باشد و باگسترش این فعالیت‌ها، سیستم حمل‌ونقل به مشکل برخورد نکند و پایدار باشد.

مدیریت پایدار حمل‌ونقل اثرات توسعه حمل‌ونقل را روی کارایی اقتصادی، موضوعات زیست محیطی، مصرف منابع، کاربری اراضی و عدالت اجتماعی مورد توجه قرار می‌دهد و به کاهش اثرات زیست محیطی، افزایش بازدهی سیستم حمل‌ونقل و بهبود وضعیت زندگی اجتماعی کمک می‌کند و هدف آن سیستم افزایش کارایی و جابه‌جایی کالاها، خدمات و افراد با حداقل مشکلات دسترسی است که بدون سازماندهی مجدد استراتژی‌ها، سیاست‌ها و برنامه‌ها قابل دستیابی نخواهد بود. واقعیت این است که وضعیت جابه‌جایی مردم در دنیای امروز نامطلوب است و بدون انجام اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه، بدون شک در آینده نزدیک تبدیل به یک بحران خواهد شد. به همین جهت هم کشورهای توسعه‌یافته و هم در حال توسعه ناگزیر به حرکت به سوی مدیریت پایدار حمل‌ونقل هستند و برای حل معضلات عدیده ترافیکی در شهرها باید مبانی و اصول حمل‌ونقل پایدار را به‌عنوان مرکز ثقل برنامه‌های آتی حمل‌ونقل مدنظر قرار دهند [Gudmundsson, 1996].

همراه با روند سریع صنعتی‌شدن در جهان، اکثر کشورها علی‌الخصوص کشورهای در حال توسعه در حال تجربه رشد سریع شهرنشینی هستند. مهاجرت مردم از مناطق روستایی به شهرها از قرن بیستم آغاز شده است. در سال ۱۹۹۵ حدود ۴۵ درصد از مردم جهان در مناطق شهری زندگی می‌کردند و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۲۵ این رقم به ۶۰ تا ۶۵ درصد افزایش یابد. در سال ۲۰۰۳، ۳۸ درصد از جمعیت قاره آسیا (حدود ۲/۱ میلیارد نفر) در شهرها زندگی می‌کردند که تا سال ۲۰۲۰، نسبت ساکنان شهری تا ۵۰ درصد افزایش یافته و جمعیت شهری به ۲ میلیارد نفر خواهد رسید [Kenworthy, 2006].

مشکلات زیست‌محیطی و صدمات وارده بر سلامت انسانی به‌دلیل رشد سریع حمل‌ونقل موتوری و روند ضعیف قانونمندی آن به‌طور جدی مشکل‌آفرین شده است. هر ساله بیش از ۷۵۰ هزار نفر از مردم که اکثراً پیاده هستند، در تصادفات ناشی از وسایل نقلیه موتوری کشته می‌شوند.

در محیط زیست می‌باشد. در این تحقیق ضمن برشماری چند ایستگاه مختلف حمل و نقل در متروی شهر تهران خط ۷، به اثرات متقابل زیست محیطی آنها پرداخته خواهد شد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی صدا به‌عنوان یکی از آلاینده‌های زیست محیطی در سیستم‌های حمل و نقل ریلی به‌ویژه داخل قطار (واگن‌ها و کابین‌راهنرا) نسبت به صدای محیط بیرونی قطار کمتر مورد بررسی و مطالعه قرار گرفته است. صدای داخل قطار، تمامی مسافران را در طول سفر و کارکنان آن را به‌صورت دائم تحت تاثیر قرار می‌دهد و عدم توجه و کنترل آن در داخل قطارها، موجب آزدگی و کاهش رضایت عمومی می‌گردد. از طرف دیگر راحتی سیستم‌های حمل و نقلی ریلی را ممکن است توسط این مسئله خدشه دار شود. صدای داخل قطار به‌طورکلی از سه منبع اصلی زیر ناشی می‌شود.

۲- پیشینه تحقیق

توسعه توانایی انسان در برآوردن نیازهای نسل حاضر بدون به‌خطر انداختن توانایی نسل آینده در برآوردن نیازهایشان (در این رویکرد توسعه پایدار روندی از تغییرات است که در آن مصرف منابع، جهت‌گیری سرمایه‌گذاری و توسعه فناوری علاوه بر نیازهای حاضر، سازگار با نیازهای آینده انجام می‌شود) [Moon, 2008]. عدم‌کفایت سیستم موجود یا مدیریت‌های موازی در بخش مدیریت ترافیک شهری موجب افزایش فاصله بین تقاضا و عرضه امکانات حمل‌ونقل شده است. پایداری تنها با ایجاد تغییرات در طراحی، الگوهای استفاده و مدیریت وسایل نقلیه حاصل نمی‌شود بلکه باید تغییراتی در نحوه تفکر نسبت به شناخت و ارزشیابی راهکارهای ممکن برای حل مشکلات حمل‌ونقل ایجاد شود. یک سیستم حمل‌ونقل پایدار نیازمند فعالیت‌هایی بیش از کنترل آلودگی هوا، ترافیک یا کاهش مصرف سوخت است و بررسی‌ها نشان داده که هیچ راه‌حل منفردی برای حل مشکلات پیچیده حمل‌ونقل وجود ندارد و رفع چنین مشکلی نیازمند یک سازوکار جامع، پویا و قابل اطمینان است.

حمل‌ونقل پایدار به این معناست که باید مشکل را به‌نحوی حل کنیم تا این بیماری مجدداً در سال‌های آتی عود نکند؛ یعنی باید الگویی را دنبال کنیم که بر اثر گسترش جمعیت و شهر و توسعه فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و... (که طبیعتاً

صورت ۲۴ ساخته در مجاور سکو (ابتدا و انتهای سکو) مورد سنجش قرار گرفت. ایستگاه‌ها در فاصله نیم متری از لبه سکو و در ارتفاع ۲ متری از سطح تنظیم شد. نتایج نشان داد تراز صوت در طول ساعات کاری مترو (۶ الی ۲۳) در هر ۴ ایستگاه به ترتیب برای روزهای کاری، پنج شنبه و جمعه با میانگین بین ۷۶ تا ۸۰ و ۷۵ تا ۷۸ و ۷۳ تا ۷۸ دسیبل بالاتر از حد استاندارد (۶۵ دسیبل) است. [Tavakoli, 2019].

در سال ۱۳۹۵ سالار پور و همکاران [کریمی، ۱۳۹۶] با بررسی آلودگی صوتی مترو شهر تهران با پرداختن به مشکل آلودگی صوتی در ایستگاههای مترو در شهر تهران و بررسی عوامل دخیل در آن سعی در بررسی این موضوع کردند. پس از بررسی اطلاعات اولیه و عوامل دخیل در مساله، ایستگاه فدک در خط ۲ متروی شهر تهران به عنوان ایستگاه نمونه برای انجام پژوهش انتخاب شد و با اندازه گیری همزمان سطح فشار صدا و عواملی مثل سرعت قطار، نوع قطار و محل قرارگیری افراد، تلاش شد تا ارتباط بین این موارد و سطح صدای درک شده بررسی شود. با توجه به اطلاعات بدست آمده و بررسی‌های آماری مشخص شد سطح صدای تولیدشده در حالت‌های ورود، توقف و خروج مترو به ترتیب برابر ۸۵٫۸۷ dBA، 81٫69 dBA و ۸۷٫۴۵ dBA بوده، که این مقادیر بیش از حد مجاز (۷۵ dBA) است. لذا راهکارهایی برای بهبود این وضعیت ارائه شد. در نهایت با استفاده از این اطلاعات و عوامل ذکر شده، و همچنین بهره گیری از روشهای آماری، مدل‌هایی برای بدست آوردن سطح صدای درک شده در ایستگاههای مترو شهر تهران ارائه گشت [کریمی، ۱۳۹۶].

۳- روش شناسی

پژوهش حاضر از نوع تحقیقات کاربردی و توصیفی-پیمایشی است. داده‌های پژوهش ترکیبی از داده‌های کیفی و کمی می‌باشد. صداسنج وسیله ای جهت اندازه گیری سطح سر و صدا در انواع دستگاه تراز سنج صوت، صداسنج از نوع جمع شونده صدا سنج با آنالیز فرکانسی و دوزیتر می‌باشند. SLM تراز فشار صوتی لحظه‌ای را در یک موقعیت خاص می‌دهد. صداسنج شامل میکروفن، مدار الکتریکی و نشانگر می باشد. میکروفن تغییرات جزئی فشار هوا ناشی از صدا را گرفته و آن‌ها را به

علاوه بر این، تعداد حدود ۵۰۰ هزار نفر نیز در کشورهای در حال توسعه دچار مرگ زودرس ناشی از آلودگی هوا ناشی از حمل و نقل می‌شوند [Lumsdon, 2000].

مؤلفه‌های کیفیت و کارایی حمل و نقل عمومی کیفیت حمل و نقل عمومی جزء اساسی آن به شمار می رود. بنابراین کیفیت و کارایی سامانه حمل و نقل براساس فاکتورهای متفاوتی شامل کیفیت و کارایی خدمات ارائه شده و خدمات‌رسانی شرکت‌های مسئول، بایستی مورد بررسی قرار گیرد. برای مثال از دید سانتوس ویژگی های حمل و نقل عمومی کارا و مطلوب عبارت است از دسترسی به سامانه حمل و نقل که براساس طول سفر از مقصد افراد تا ایستگاه و فاصله تا ایستگاه بعدی و از آنجا به مقصد نهایی تعیین می‌شود. هر چه این مسیر کوتاه‌تر باشد، دسترسی به آن بیشتر خواهد بود و در نتیجه محدوده خدمات رسانی سامانه حمل و نقل افزایش می‌یابد. زمان سفر، توسط سرعت و نوع مسیر مشخص می‌شود که به سرعت، فاصله، وضعیت ترافیکی و کیفیت جاده‌ها بستگی دارد. قابلیت اطمینان، توسط زمانبندی سامانه حمل و نقل تعیین می‌شود تا تأخیرها به حداقل برسند. فاصله زمانی بین هر وسیله، توسط فاصله بین مسیرهای هر سفر تعیین می‌شود، استفاده کنندگان بایستی از جدول زمانبندی مطلع شوند. حداکثر ظرفیت استفاده کنندگان، توسط تعداد مسافران در ساعات اوج به ظرفیت وسیله نقلیه تعیین می‌شود. مشخصات، عمر وسیله، نحوه نگهداری و تکنولوژی آن در ایجاد آسایش مسافران مؤثر است. اطلاعات کافی و تسهیلات خدمات رسانی، مانند ایستگاه‌های سرپوشیده، اطلاعات زمان بندی و مشخصات ایستگاه‌ها باید مورد توجه قرار گیرد. رفت و آمد یعنی که مسیرها باید طوری طراحی شوند که تمام فضا را تحت پوشش قرار داده و به مسافران حق بدهند [Sampaio, 2008] تا انتخاب نمایند. در سال ۱۳۹۶ کریمی و همکاران [حسینی، ۱۳۹۱] با چاپ مقاله ای تحت عنوان "بررسی وضعیت آلودگی صوتی در ۴ ایستگاه مترو -تهران" به بررسی آلاینده‌های صوتی مترو پرداختند. هدف از انجام این پژوهش بررسی وضعیت آلودگی صوتی مترو در ارتباط با مسافری بود. در این تحقیق ۴ ایستگاه مترو (حقانی - فردوسی - منیریه - میدان شهدا) انتخاب و با استفاده از ایستگاه‌های ثابت سنجش صوت تراز صوت به

متغیر مستقل است. تحلیل رگرسیون چگونگی تغییر مقدار متغیر وابسته را نسبت به هر متغیر مستقل و با ثابت فرض نمودن دیگر متغیرهای مستقل مشخص می‌کند. [Vogiatzis, 2018].

۴- یافته‌ها

آزمون‌های انجام پذیرفته بر داده‌ها مطابق فرض اولیه که بنظر می‌رسید بیشتر نقاط از حد مجاز آلودگی صوتی تجاوز می‌کنند، نیاز به بررسی و کاوش در خصوص صحت یا غلط بودن این فرضیه می‌باشد. برای بررسی این مسئله از طریق روش‌های استاندارد استنباط آماری در این فصل در ابتدا آزمون t تست تک جمعیتی برای میانگین آلودگی صوتی تک تک گروه‌ها انجام می‌گردد، در این آزمون فرض صفر کمتر بودن میزان آلودگی از حد استاندارد و فرضیه پژوهشی بیشتر بودن این آلودگی می‌باشد.

۴-۱- آزمون مقایسه میانگین تک نمونه‌ای تمام داده‌ها

در جدول ۱ با مقایسه میانگین تمام داده‌های ثبت شده با عدد استاندارد ۶۵ دسی‌بل انجام شده است که با توجه به مقدار سطح معنی‌داری مشاهده شده نتیجه می‌شود که فرض صفر ما رد شده و اختلاف معنی‌داری بین میانگین مشاهدات و مقدار استاندارد وجود دارد و با استفاده از مقدار اختلاف میانگین برابر ۱۰/۲۹۵۱۷ نتیجه می‌شود که میانگین تمامی مشاهدات بزرگتر از مقدار استاندارد است. در ادامه تک تک گروه‌ها که شامل ۴ ایستگاه مورد بررسی و در حالات مختلف ورود قطار به ایستگاه، توقف قطار و خروج قطار با میزان استاندارد صدا ۶۵ دسی‌بل مقایسه خواهد شد.

پیام‌های الکتریکی تبدیل می‌کند. این پیام‌ها توسط مدار الکتریکی تغییر یافته و در نهایت به صورت تراز صوتی بر مبنای دسی بل نشان داده می‌شود. اندازه‌گیری سطح سر و صدا و مواجهه کارگران با آن یکی از مهم‌ترین بخش‌های برنامه حفاظت شنوایی و کنترل صدا است. با اطلاعات حاصل از اندازه‌گیری سطح سر و صدا در محیط کار می‌توان محل‌های پر سر و صدا، افراد در معرض آلودگی صوتی و نیز مکان‌هایی که نیاز به اندازه‌گیری بیشتر مانند آنالیز سروصدا دارد را شناسایی کرد. برای اندازه‌گیری، صداسنج را در امتداد بازو در ارتفاع گوش قرار می‌دهیم. در بیشتر صداسنج‌ها، موقعیت میکروفن نسبت به منبع صوت چندان مهم نیست. در دستورالعمل دستگاه در مود چگونگی قرار گرفتن میکروفن توضیح داده شده است. صداسنج را باید قبل و بعد از هر بار استفاده کالیبره کرد. در دستورالعمل دستگاه نحوه کالیبراسیون شرح داده شده است. در بیشتر صداسنج‌ها میزان صدا در وضعیت پاسخ سریع و کند قابل اندازه‌گیری است. میزان پاسخ دهی: مدت زمانی است که دستگاه قبل از نمایش تراز صوت روی صفحه توانایی محاسبه میانگین را دارد [Mohammadi, 2016].

آنالیزور یا فیلتر وزنی که در صداسنج‌ها موجود است با کلید روشن و خاموش به کار می‌افتد. برخی از صداسنج‌های نوع دوم فقط در وضعیت (A) اندازه‌گیری می‌کند. بدین معنی که فیلتر آنالیزور A دائما در وضعیت روشن می‌باشد. یک صداسنج معمولی فقط صدای لحظه‌ای را اندازه‌گیری می‌کند و برای محیط‌های کاری با تراز صدای یکنواخت می‌باشد. اما در محیط‌های کاری با صدای ضربه‌ای و غیر یکنواخت و دوره‌ای، استفاده از صداسنج معمولی جهت تعیین میانگین تماس فردی با صدا در یک شیفت کاری اشتباه می‌باشد. [منصره، ۱۳۸۹].

در مدل‌های آماری، تحلیل رگرسیون یک فرآیند آماری برای تخمین روابط بین متغیرها است. این روش شامل تکنیک‌های بسیاری برای مدل‌سازی و تحلیل چندین متغیر بوده که تمرکز روی روابط بین متغیر وابسته و یک یا چند

جدول ۱. آزمون تک نمونه‌ای

	Test Value = 65					
	T	درجه آزادی	Sig. (2-tailed)	اختلاف میانگین	فاصله اطمینان ۹۵٪ بین متغیرها	
					کران پایین	کران بالا
داده‌های صدا	26.434	372	.000	10.29517	9.5293	11.0610

جدول ۲. آزمون مقایسه میانگین تک نمونه‌ای برای تک تک گروه‌ها

	مقدار تست = دسی بل ۶۵					
	T	درجه آزادی	Sig. (2-tailed)	اختلاف میانگین	فاصله اطمینان ۹۵٪ بین متغیرها	
					کران پایین	کران بالا
ورود به صنعت	8.909	20	.000	11.19524	8.5739	13.8166
توقف در صنعت	3.506	16	.003	2.67059	1.0560	4.2851
خروج از صنعت	5.800	11	.000	3.00000	1.8615	4.1385
ورود به رودکی	13.169	48	.000	9.02245	7.6449	10.4000
توقف در رودکی	8.774	60	.000	10.40656	8.0341	12.7790
خروج از رودکی	-6.509	11	.000	-3.77500	-5.0515	-2.4985
ورود به نواب	27.776	32	.000	13.99091	12.9649	15.0169
توقف در نواب	27.730	14	.000	11.60667	10.7090	12.5044
خروج از نواب	18.063	38	.000	16.88974	14.9969	18.7826
ورود به تربیت مدرس	10.543	58	.000	11.13220	9.0187	13.2457
توقف در تربیت مدرس	3.978	12	.002	3.13077	1.4160	4.8455
خروج از تربیت مدرس	13.738	41	.000	11.90476	10.1547	13.6548

این ایستگاه، میانگین سطح صدا برابر ۷۶،۱۹۵۲ بوده است. بالا بودن میزان سطح صدا نسبت به استاندارد در همه گروه‌ها مشاهده می‌شد و تنها یک مورد در هنگام خروج قطار از ایستگاه رودکی که میانگین صدای آن از مقدار استاندارد کوچکتر شده است، که این میزان برابر ۶۱،۲۲۵ می‌باشد.

آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و شاپیرو-ویلک برای بررسی فرض نرمال بودن داده‌ها

آزمون شاپیرو ویلک از آزمون‌های برازش توزیع نرمال محسوب می‌شود. به کمک این آزمون و آماره آن می‌توانید مشخص کنید که آیا داده‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند یا خیر. با توجه به این موضوع می‌توان این آزمون را جز گروه روش‌های آمار ناپارامتری در نظر گرفت. در فرم اصلی این

آزمون مقایسه میانگین تک نمونه‌ای برای تک تک گروه‌ها (ورود، توقف و خروج ایستگاه‌ها)

در جدول ۲ نتایج مربوط به آزمون برابری میانگین، برای فرضیه برابری میانگین تک تک گروه‌ها با مقدار استاندارد ۶۵ دسی بل انجام شده است و با توجه به مقادیر به دست آمده برای سطح معنی‌داری نتیجه می‌شود که در تمام گروه‌ها صدای ورود قطار به ایستگاه، توقف قطار در ایستگاه و خروج قطار از ایستگاه‌ها با مقدار استاندارد اختلاف معنی‌داری دارند، به طور مثال، در هنگام ورود قطار به ایستگاه میدان صنعت سطح اندازه‌گیری صدا به طور میانگین ۱۱،۱۹۵۲ بالاتر از سطح استاندارد صدا که میزان ۶۵ دسی بل است می‌باشد. به بیان ساده‌تر میزان سطح صدا در لحظه ورود قطار به ایستگاه میدان صنعت تا توقف کامل قطار در

آیا جامعه آماری از توزیع مورد نظر پیروی می‌کنند یا خیر! همچنین به وسیله این آزمون، امکان بررسی هم‌توزیعی در بین دو جامعه نیز وجود دارد. [Huang, 2019]. اگر در خروجی مقدار سطح معنی داری بزرگتر از ۰/۰۵ باشد به این معناست که داده‌های آن گروه نرمال هستند. جدول ۳ مربوط به حجم نمونه در گروه‌ها نشان می‌دهد که بیشترین ثبت داده در توقف رودکی و کمترین حجم داده مربوط به خروج از میدان صنعت است.

آزمون، روشی برای برآورد پارامتر توزیع در نظر گرفته نمی‌شود. در شیوه محاسبه آماره در آزمون شاپیرو ویلک از آماره‌های ترتیبی و توزیع‌شان و همچنین داده‌های اصلی استفاده می‌شود و از این جهت آن را به عنوان روشی ناپارامتری در نظر می‌گیرند. [Sadeghi, 2019]. همچنین یکی از روش‌های سنجش و آزمون مربوط به توزیع، «آزمون کولموگروف اسمیرنف» است. به کمک این آزمون، می‌توان بوسیله یک نمونه تصادفی از جامعه آماری، مشخص کرد که

جدول ۳. فراوانی و فراوانی تجمعی

	گروه‌ها	داده‌ها					
		صحیح		ثبت نشده		مجموع	
		تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
	ورود به میدان صنعت	21	100.0%	0	0.0%	21	100.0%
	توقف در میدان صنعت	17	100.0%	0	0.0%	17	100.0%
	خروج از میدان صنعت	12	100.0%	0	0.0%	12	100.0%
	ورود به رودکی	49	100.0%	0	0.0%	49	100.0%
	توقف در رودکی	61	100.0%	0	0.0%	61	100.0%
	خروج از رودکی	12	100.0%	0	0.0%	12	100.0%
	ورود به نواب	33	100.0%	0	0.0%	33	100.0%
	توقف در نواب	15	100.0%	0	0.0%	15	100.0%
	خروج از نواب	39	100.0%	0	0.0%	39	100.0%
	ورود به تربیت مدرس	59	100.0%	0	0.0%	59	100.0%
	توقف در تربیت مدرس	13	100.0%	0	0.0%	13	100.0%
	خروج از تربیت مدرس	42	100.0%	0	0.0%	42	100.0%

جدول ۴. تست نرمال بودن داده‌ها

	گروه‌ها	کولموگروف-اسمیرنوف			شاپیرو-ویلک		
		Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
داده‌های صدا	ورود به میدان صنعت	.126	21	.200*	.967	21	.670
	توقف در میدان صنعت	.232	17	.016	.859	17	.015
	خروج از میدان صنعت	.272	12	.014	.842	12	.029
	ورود به رودکی	.098	49	.200*	.974	49	.336
	توقف در رودکی	.110	61	.063	.952	61	.018
	خروج از رودکی	.275	12	.013	.802	12	.010
	ورود به نواب	.182	33	.007	.859	33	.001
	توقف در نواب	.247	15	.014	.653	15	.000
	خروج از نواب	.153	39	.022	.918	39	.007
	ورود به تربیت مدرس	.129	59	.016	.924	59	.001
	توقف در تربیت مدرس	.256	13	.020	.857	13	.035
	خروج از تربیت مدرس	.090	42	.200*	.986	42	.877

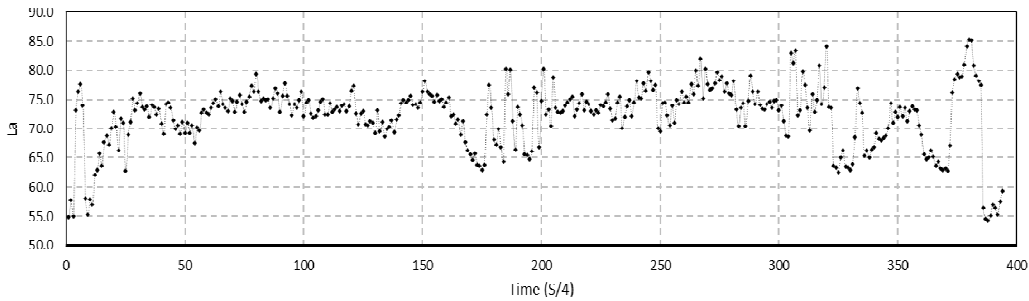
افراد در واگن‌ها در حین حرکت در هر لحظه تراز صوتی متفاوتی را دریافت می‌کنند. نمودار تراز صوتی که به گوش افراد می‌رسد در شکل ۱ نشان داده شده است. در شکل ۲ نتایج نشان می‌دهد که این تراز صوتی در واگن‌ها قطار در طی حرکت قطار ثابت نبوده بلکه در هنگام رسیدن به ایستگاه تراز صوتی بالاتری را شاهد خواهیم بود، ولی بطور میانگین تراز سطح صدا در طول مسیر از ایستگاه صنعت تا ایستگاه رودکی برابر ۷۲ دسیبل می‌باشد. به عنوان مثال در ایستگاه نواب صفوی احتمالاً به علت ازدحام بیش از حد جمعیت شدت صوتی به طرز محسوسی از زمان حرکت قطار شدیدتر بوده است، ذکر این نکته قابل تامل است که بدلیل اعلام نام ایستگاه و تقاطعی بودن ایستگاه نواب، توسط بلندگوهای داخل واگن‌ها تراز صدا بالاتر از زمان حرکت قطار بوده است.

با توجه به مقدار سطح معنی‌داری در جدول ۴ (شاپیرو-ویلک) نشان داده می‌شود که در ۹ گروه از داده‌های فرض نرمال بودن داده‌ها رد می‌شود که البته برای گروه‌هایی که حجم داده‌ها بیشتر از ۳۰ باشد می‌توان به صورت عمومی نرمال بودن را پذیرفت. [فتحی، ۲۰۱۵].

اما در جدول با توجه به مقادیر سطح معنی‌داری برای آزمون‌های شاپیرو-ویلک نشان داده شده است که در ورودی صنعت، ورودی رودکی و خروجی مدرس داده‌ها نرمال هستند و در سایر گروه‌ها داده‌ها نرمال نیستند.

بحث و نتایج

نتایج کاوش آلودگی صوتی در واگن‌ها حین حرکت



شکل ۱. نمودار تغییرات تراز صوتی از میدان صنعت تا رودکی

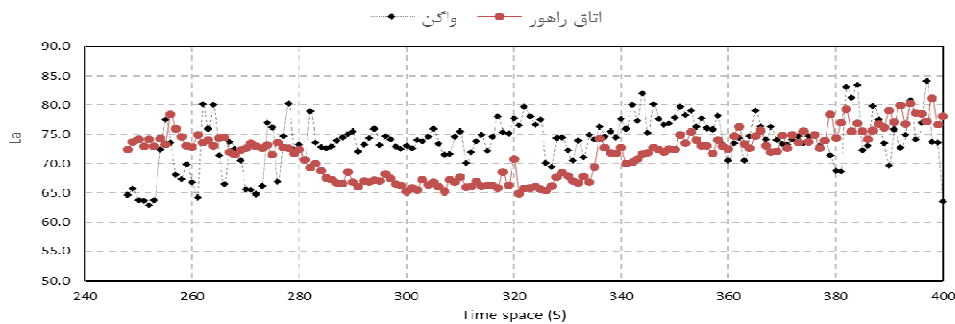


شکل ۲. روند تغییرات تراز صوتی از ایستگاه صنعت تا رودکی

نتایج کاوش آلودگی صوتی در اتاق راهبر

این، یک راهبر قطار باید اطلاعات مورد نیاز را از منابع مختلف نظیر سیگنال‌های جانبی ریل، سیستم کنترل خودکار کتابچه قطار مسیر، برنامه زمانی، کتابچه مقررات و محیط جانبی ریل با هم ادغام کند که مشخصاً دقت و تمرکز بالایی می‌طلبد. متأسفانه ملزوماتی برای مشخصات آلاینده‌گی صوتی اتاق راهبر قطارهای شهری به طور دقیق وجود ندارد. اما با توجه به اهمیت این شغل تراز صوتی مناسب‌تری نسبت به واگن و ایستگاه‌ها را می‌توان انتظار داشت. شکل ۳ تراز صوتی اتاق راهور و واگن‌ها را نشان می‌دهد، که بر اساس آن می‌توان دریافت به طور کلی شدت آلاینده‌گی صوتی اتاق راهور از واگن‌ها کمتر بوده است.

مطالعات گذشته وظایف شغل راهبری را بیش‌تر از آن چیزی توصیف کردند که به چشم می‌آید. راهبر نه تنها قطار را در ریل هدایت می‌کند و درب‌ها را در ایستگاه کنترل می‌کند، در وظایف متعدد دیگری که اغلب پنهان هستند نقش ایفا می‌کند. به عبارتی، راهبر قطار مدام در حال پیش‌بینی، مشاهده، تفسیر و واکنش به وقایع پیرامون است که این امر بسیار به تمرکز نیاز دارد. علاوه بر این، به طور چشم‌گیری نقش میانجی بین سایر عمل‌گرهای سیستم مترو بازی می‌کند. مطالعات با استفاده از روش تجزیه و تحلیل وظایف شغل راهبری پی بردند که راهبر قطار در بستری از مشاهدات محیط پیرامون، حفظ آگاهی وضعیتی، فرایند شناختی خودکار، بازشناسی و تصمیم‌گیری پویا کار می‌کند. علاوه بر



شکل ۳. مقایسه تراز صوتی اتاق راهور و واگن‌ها

(۶۵ دسیبل) در اکثر نقاط اندازه‌گیری شده بالاتر بوده است را محقق کرده بطوری که در ایستگاه میدان صنعت که آرامترین ایستگاه در زمان ورود تا خروج قطار بوده است و تراز معادل صدا برابر ۷۷ دسیبل برداشت شده است از حد استاندارد بالاتر بوده است.

مطابق مشاهدات عینی و برداشت‌های صورت پذیرفته از ایستگاه‌ها بیشترین سطح صدا در لحظه ترمز قطار برای توقف در ایستگاه‌ها بوده که سطح میانگین صدا را بطور قابل ملاحظه‌ای بالا می‌برد.

نتایج به دست آمده در آزمون‌های انجام پذیرفته نشانگر:

الف) تمامی گروه‌ها بجز یک گروه آلودگی صوتی بیشتر از حد مجاز را دارد

ب) آلودگی صوتی ایستگاه‌ها مثل هم نمی‌باشند و بطور عمومی می‌توان آنها را در ۴ گروه تقسیم‌بندی کرد.

ج) خروج قطار از ایستگاه رودکی با کمترین آلودگی در یک گروه قرار می‌گیرد، توقف در میدان صنعت، خروج از میدان صنعت و توقف در ایستگاه تربیت مدرس در یک گروه، و

از طرفی آلاینده‌گی صوتی در راهروها، واگن‌های مسافری و همین‌طور واگن راهبر قطار با شاخص‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به داده‌های تراز صوتی ایستگاه‌ها و داده‌های برداشت شده از پرسشنامه افراد، مدل سازی با استفاده از مدل رگرسیون لاجیت دوگانه پرداخته شد. با استفاده از آنالیز همبستگی تاثیر عوامل مختلف بر شاخص رضایت افراد مورد بررسی و تحقیق قرار گرفت. مهم‌ترین نتایج اخذ شده از این تحقیق به قرار زیر است:

- شاخص تراز معادل صدا در یک دوره زمانی معین L_{eq} در ایستگاه نواب بیشتر از ۳ ایستگاه دیگر می‌باشد که فرض اولیه در خصوص نرخ آلودگی صوتی به دلیل تجمع زیاد مسافری بیشتر می‌باشد تحقق یافته است. همچنین میدان صنعت آرام‌ترین ایستگاه در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه بود. تراز معادل صدا در یک دوره زمانی معین L_{eq} در ایستگاه نواب ۸۳ و میدان صنعت ۷۷ برداشت شد، که این موضوع فرض اولیه دیگر در خصوص آلودگی‌های ثابت شده زیست محیطی و عدم نظارت دقیق، حد مجاز آلودگی صوتی

- Kenworthy, J.R., (2006), "The eco-city: ten key transport and planning dimensions for sustainable city development", *Environment and urbanization*, 18(1), pp. 67-85.
- Lumsdon, L., (2008), "Transport and tourism: cycle tourism—a model for sustainable development?", *Journal of Sustainable Tourism*, 8(5), pp. 361-377.
- Mohammadi, A., et al., (2016), "Noise pollution measurement in crowded areas of Neyshabur during primary three months of 2015", *Journal of Research in Environmental Health*, 2(4), pp. 276-84.
- Moon, F.C., (2008), "Superconducting levitation: Applications to bearings and magnetic transportation", *John Wiley & Sons*.
- Sadeghi, A. and B.M. MehrafshanF, (2019), "Sources of Noise Pollution in Mashhad Railway Station. Archives of Occupational Health, 3(2), pp. 318-24.
- Sampaio, B.R., O.L. Neto, and Y. Sampaio, (2008), "Efficiency analysis of public transport systems: Lessons for institutional planning, Transportation research part A: policy and practice, 42(3), pp. 445-454.
- Tavakoli, A., et al., (2019), "Evaluation of Equivalent Level and Distribution of Noise Pollution by Geographic Information System (GIS) in Zone 1- Region 6 of Tehran A Case Report", *Journal of Rafsanjan University of Medical Sciences*, (2016-17), 17(11), pp. 1077-1092.
- Vogiatzis, K. and H. Mouzakis, (2018), "Ground-borne noise and vibration transmitted from subway networks to multi-storey reinforced concrete buildings", *Transport*, 33(2), pp. 446-453.
- Xu, S.Y., C. Jiang, and L. Huang, (2019), "Public health impacts from subway noise: Case study Hong Kong", *The Journal of the Acoustical Society of America*, 145(3), pp. 1867-1867.
- مابقی در ۲ گروه دیگر تقسیم شده‌اند. هرچند تعداد زیادی از آنها در هر دو گروه مشترک بوده‌اند.
- نتایج کاوش آلاینده‌های صوتی واگن‌ها در طی حرکت نشان می‌دهد که این تراز صوتی در واگن‌ها قطار در طی حرکت قطار ثابت نبوده بلکه در هنگام رسیدن به ایستگاه تراز صوتی بالاتری را شاهد خواهیم بود.
- به طور کلی شدت آلاینده‌های صوتی اتاق راهور از واگن‌ها کمتر بوده است. که این موضوع فرض اولیه در خصوص احتمال بالا بودن سطح صدا در اتاق راهبر را نقض می‌کند و این موضوع نشأت گرفته از این است که قطارهای مورد استفاده در خط ۷ مترو تهران همگی جدید بوده و اتاق راهبران بخوبی در مقابل صدا ایزوله شده‌اند.
- داده‌ها حاکی از آن است که میزان آلاینده‌های صوتی سیستم تهویه مخصوصاً ایستگاه رودکی زیاد بوده و این صدا باعث رنجش شهروندان خواهد شد و قرارگیری مستمر و طولانی باعث صدمات جبران ناپذیری بر افراد می‌شود.
- ### ۶- مراجع
- فتحی، س.، (۲۰۱۵)، "بررسی میزان آلودگی صوتی در منطقه ۵ تهران"، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، ص. ۸-۱.
- سالارپور، م. م. وزیری، م. جعفری کنگ، بررسی وضعیت آلودگی صوتی و عوامل موثر بر آن در ایستگاه‌های متروی شهر تهران، شانزدهمین کنفرانس بین‌المللی مهندسی حمل و نقل و ترافیک، معاونت و سازمان حمل و نقل ترافیک.
- کریمی، ا. و همکاران، (۱۳۹۶)، "بررسی وضعیت آلودگی صوتی در ۴ ایستگاه مترو-تهران"، ششمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، انجمن علمی هوای پاک.
- حسینی، ف. و همکاران (۱۳۹۱)، "بررسی آلودگی صدای ناشی از ترافیک وسایل نقلیه در محدوده بازار بزرگ شهر تهران"، دومین کنفرانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست. دانشگاه تهران.
- منصوره، ح.، (۱۳۸۹)، "بررسی آلودگی صوتی در راه آهن شهری و حومه تهران".
- Gudmundsson, H. and M. Höjer, (1996), "Sustainable development principles and their implications for transport", *Ecological economics*, 19(3), pp. 269-282.

Noise Pollution and Regression Analysis of Sound Level in Rail Transportation (Case Study: Tehran)

*Amir Esmael Forouhid, Assistant Professor, Department of Civil Engineering,
Parand Branch, Islamic Azad University, Parand, Iran.
Mohammad Ilkah, M.Sc., Student, Department of Civil Engineering, North Branch,
Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

E-mail: amiresmaelf@yahoo.com

Received: August 2021-Accepted: November 2021

ABSTRACT

Noise pollution in urban transportation systems is one of the hazards that can always endanger the health of passengers and affect their use of public transportation. Noise pollution was assessed on station platforms, passenger cars as well as train wagons. According to the sound level data of the stations and the collected data, the modeling was done using a regression linear model. Using correlation analysis, the effect of various factors on noise pollution index was investigated. The equivalent noise level index in a certain period of time Leq in Nawab station is more than the other 3 stations that the initial assumption about the noise pollution rate is higher due to the large number of passengers. Also Sanat Square was the quietest station among the studied stations. The equivalent sound level was picked up at a certain point in Leq at Nawab Station 83 and Sanat Square 77, which is another initial assumption about the recorded environmental pollution and lack of close monitoring. The permissible noise pollution limit (65 decibels) has been higher in most of the measured points, so that in Maidan Sanat station, which was the quietest station at the time of train arrival and departure, the equivalent sound level of 77 decibels was collected, Has been above the standard.

Keywords: Urban transport, Noise pollution, Subway, Driver