

برآورد میزان سر و صدا در بزرگراه با استفاده از مدل استاندارد ایران (مطالعه موردی: بزرگراه آزادگان)

مقاله علمی-پژوهشی

*امیر اسماعیل فروهید (نویسنده مسئول)، استادیار، گروه مهندسی عمران، واحد پرند، دانشگاه آزاد اسلامی، پرند، ایران
هوتن چگینی، دانش آموخته کارشناسی ارشد، گروه مهندسی عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

*پست الکترونیک نویسنده مسئول: amiresmaelf@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۴/۶/۲۶ - پذیرش: ۱۴۰۴/۰۷/۲۳

صفحه ۱۲۴-۱۱۳

چکیده

انتشار صوت در محیط و یا به عبارتی کنترل آلودگی صوتی، یکی از مشکلات بزرگ شهرهای پرجمعیت شده است. اهمیت مشکل آلودگی صوتی زمانی خود را نشان می‌دهد که سلامت بهداشتی و روانی ساکنین مناطق مسکونی را به خطر می‌اندازد. بیماری شنوایی، اختلال اعصاب و روان، خستگی و کم‌حوصلگی، کمبود خواب و عوارض ناشی از آن همگی از عوارض نامحسوس آلودگی صوتی هستند که باید آنها را جدی گرفت. با افزایش جمعیت در سطح کلانشهرها و نزدیک شدن به محدوده محور بزرگراه‌های پرتردد آنها، آلودگی صوتی در آن مناطق به شدت بالا رفته است. به همین سبب موارد استاندارد برای آلودگی صوتی در مناطق مختلف شهری در نظر گرفته شده است که مقیاسی برای اندازه‌گیری آلودگی است. برای محاسبات مقدار آلودگی صوتی مدل‌های مختلفی ارائه شده است. این مدل‌ها هر کدام ارزش محاسباتی درستی دارند. با استفاده از مدل استفاده شده، میزان سر و صدا در بزرگراه با توجه به پارامترهای ترافیکی و هندسی راه محاسبه می‌گردد و با استاندارد مجاز صدا در ایران مقایسه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سر و صدا، محیط زیست، بزرگراه، وسایل نقلیه، آلودگی

۱-مقدمه

برده‌اند (Zhao 2012). برخی از دانشمندان، مدل آلودگی صوتی را با مشخصات روسازی راه مقایسه کرده و بر اساس آن مدل ریاضی درست کرده‌اند (Dae Seung et al, 2018) واتس و همکاران (۲۰۱۹) مقایسه‌ای میان دیوارهای صوتی و روسازی متخلخل انجام داده‌اند که بر اساس آن مقداری تصحیح در مدل‌های ریاضی محاسبه تراز صوت اعمال شده است (Rosli et al, 2013). برای محاسبه میزان آلودگی صوتی در منطقه مورد نظر با استفاده از روابط فیزیکی و موج، معادلات بسیار پیچیده‌ای حاصل می‌گردد که در حین محاسبه هم احتمال بروز خطا بالا است و هم آنکه بسیاری از پارامترهای موج قابل اندازه‌گیری نیستند. بدین منظور، در استاندارد ایران معادلاتی بر اساس پارامترهای ترافیکی برای آلودگی صوتی ایجاد شده در

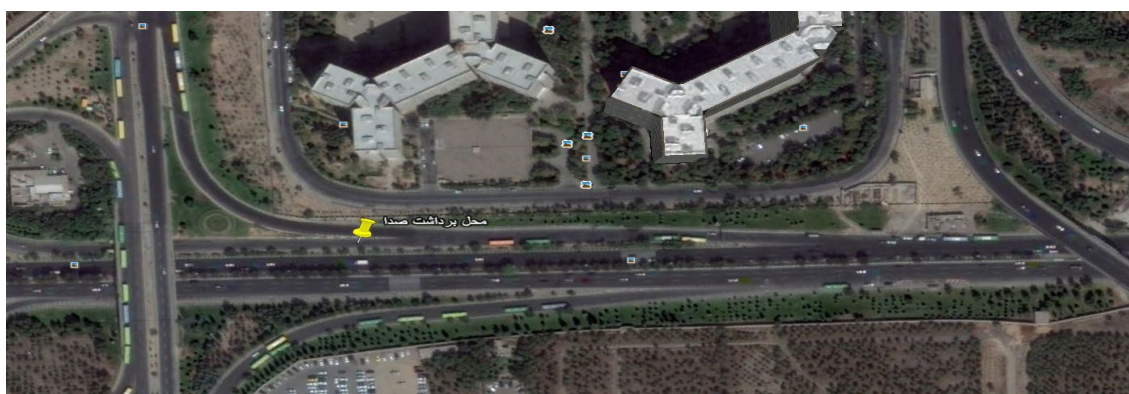
سر و صدا در شهرها به عنوان یکی از مشکلات مهم زیست محیطی به دلایل مختلفی نظیر ازدیاد تراکم جمعیت، افزایش تعداد وسایل حمل و نقل، افزایش صنایع و افزایش فعالیت‌های ساختمان‌سازی و عمرانی رو به افزایش است. ترغیب مردم به انتخاب سیستم‌های حمل و نقل عمومی نیازمند آن است که راحتی و رضایت عمومی را به دنبال داشته باشد. یکی از مهم‌ترین منابع آلودگی صوتی در محیط زیست شهری صدای ناشی از وسایل نقلیه سبک و سنگین است. برخی از دانشمندان این مدل را به شرایط منطقه‌ای مطالعه خود تغییر دادند و از آن استفاده کرده‌اند. ژائو و همکاران (۲۰۱۲) برای جاده‌های غیر مستقیم و پریچ و خم مدلی ارائه دادند که از مدل استاندارد منشأ گرفته است و آن را برای یکی از شهرهای چین بکار

بزرگراه بوجود آمده است که با استفاده از آنها می‌توان با دقت بالایی میزان سر و صدا منطقه را محاسبه نمود. برخی مدل‌ها براساس نمودار جریان-سرعت جاده قادر به محاسبه تراز معادل نوفه هستند (Makarewicz, 2013) و (Rufin, 2011). بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تمام این مدل‌ها کاربردی هستند و در صورت برقرار بودن شرایط تعریف شده در مدل‌ها می‌توان از آنها بهره برد. در این مقاله مدلی براساس مدل استاندارد ایران که در آن پارامترهای ترافیکی و منطقه‌ای مطرح هستند. این مدل ابتدا برای یک منطقه مطالعاتی بررسی شده و سپس برای صحت سنجی و دقت لازم با دستگاه اندازه گیری شده است.

۲- پیشینه تحقیق

در این مطالعه منطقه مورد نظر، بزرگراه آزادگان شمال به جنوب انتخاب شده است؛ چراکه در این محور انواع وسایل نقلیه از جمله تریلی و کامیون در حال تردد هستند و آلودگی صوتی در

این منطقه مشهودتر است. بدلیل آنکه این محور در سمت شمال غرب به محور بین شهری تهران-کرج متصل است، بنابراین تردد وسایل نقلیه عبوری بین شهری نیز در آن زیاد است. همچنین در سمت غرب میدان آزادی تهران، بدلیل وجود مناطق مسکونی، موضوع انتشار آلودگی صوتی جهت تأمین آسایش و رفاه شهروندان اهمیت پیدا می‌کند. بزرگراه آزادگان بزرگراهی در شهر تهران است از سمت شمال غربی به جنوب شرقی این شهر ساخته شده‌است. این بزرگراه از شمال غرب به آزادراه تهران کرج و از جنوب شرق به سه راه افسریه (بسیج مستضعفین) ختم می‌شود. این بزرگراه بعد از تقاطع با آزادراه تهران کرج و در سمت حرکت جنوب شرقی به ترتیب با این بزرگراه‌ها تقاطع دارد. در اصطلاحات ترافیکی این بزرگراه به نوعی یک شاهراه نامیده می‌شود که از راه‌های ورودی و خروجی پایتخت نیز به حساب می‌آید. بزرگراه آزادگان از طریق بزرگراه رجایی به شهر ری هم متصل می‌شود تا به نوعی یک مسیر اساسی برای مسافرانی که قصد دارند از محدوده تهران خارج شوند به حساب بیاید (نشریه راهکار کاهش نوفه بزرگراه شهری، ۱۳۸۷).



شکل ۱. منطقه مطالعاتی در بزرگراه و محل برداشت پارامترهای ترافیکی

۲-۱- اندازه‌گیری سر و صدا در محل

شرایط محل بدین شرح بر روی بزرگراه آزادگان است. نحوه اندازه‌گیری سر و صدا در محل به این شرح انجام گرفت که در دو سوی بزرگراه در بازه‌های ۵ دقیقه‌ای سطح سر و صدا مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. به عبارت دیگر، ابتدا در سمتی به مدت ۵ دقیقه اندازه‌گیری توسط دستگاه انجام پذیرفت و سپس به مدت ۵ دقیقه دیگر با همان دستگاه از سمت دیگر اقدام گردید. این عملیات در ساعت ۱۱:۰۰ صبح و به دلیل اینکه براساس مشاهدات در این ساعت تردد زیادی برای وسایل نقلیه و کامیون در بازه‌های ۵ دقیقه‌ای انجام گرفت.

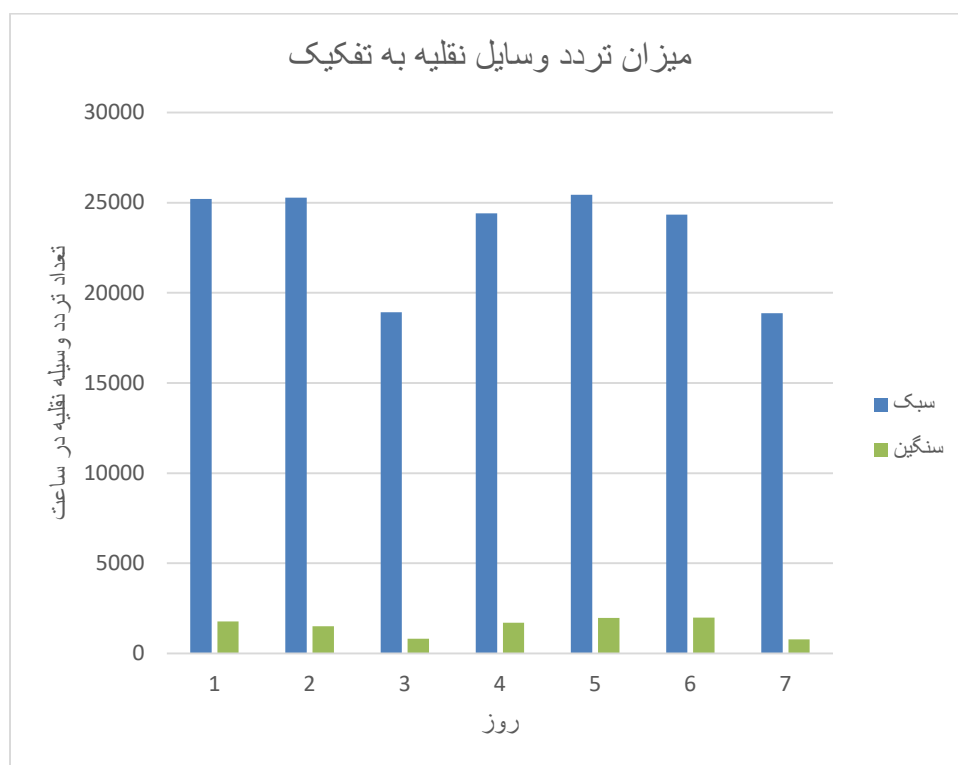
۲-۲- آمار ترافیکی منطقه

برای محاسبه سر و صدا در منطقه نیاز به برداشت داده‌های ترافیکی منطقه شامل سرعت متوسط وسایل نقلیه عبوری و حجم ترافیک عبوری به تفکیک وسایل نقلیه بود. در جدول (۱) اطلاعات ترافیکی مربوط به یک ماه تردد خودروها در منطقه مطالعاتی نشان داده شده است.

در شکل ۲ تعداد تردد وسایل نقلیه به تفکیک سبک و سنگین برای یک هفته در منطقه نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشخص است، میزان تردد وسایل نقلیه سبک نسبت به دیگر خودروها بسیار بالاتر است. بنابراین قابل توجه است که پارامتر تردد وسایل نقلیه سبک از نظر سرعت عبور و تعداد در مدل می‌بایست تأثیر بیشتری داشته باشد.

جدول ۱. میزان تردد وسایل نقلیه (وسیله نقلیه در ساعت) به تفکیک وزنی در سه بازه شبانه روزی در طول یک هفته

زمان	عصر			روز			شب		
	سنگین		سبک	سنگین		سبک	سنگین		سبک
روز اول	۶۷۸		۲۵۲۱۸	۸۰۳		۱۹۹۰۱	۵۸۵		۹۵۱۸
روز دوم	۵۰۶		۲۵۲۷۵	۱۱۴۱		۱۹۲۳۲	۶۰۲		۱۰۶۷۵
روز سوم	۸۰۸		۱۸۹۱۷	۶۷۹		۱۴۲۳۳	۵۶۸		۱۲۳۹۱
روز چهارم	۶۲۳		۲۴۴۰۸	۱۱۶۲		۱۹۹۸۵	۶۶۸		۱۱۰۹۹
روز پنجم	۵۱۳		۲۵۴۶۶	۱۳۳۸		۲۰۹۶۶	۶۱۲		۹۸۴۷
روز ششم	۲۸۳		۲۴۳۴۴	۶۴۳		۲۲۵۳۷	۸۶۹		۱۴۰۳۹
روز هفتم	۷۷۷		۱۸۸۷۲	۱۱۴۱		۱۸۸۴۱	۱۴۹۶		۲۱۱۷۷



شکل ۲. میزان تردد وسایل نقلیه در هفته

ورودی دیگر برای مدل ریاضی، سرعت متوسط وسایل نقلیه به تفکیک وزنی است که آن نیز در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول ۲. سرعت متوسط بر حسب کیلومتر بر ساعت وسایل نقلیه عبوری از محور مطالعاتی به تفکیک وزنی در مدت زمان یک هفته

زمان	سنگین			سبک		
	عصر	روز	شب	عصر	روز	شب
روز اول	۸۳	۸۶	۸۰	۱۰۳	۱۰۵	۱۰۵
روز دوم	۷۴	۹۶	۷۸	۱۰۴	۱۰۶	۱۰۵
روز سوم	۸۸	۸۹	۹۶	۱۰۸	۹۱	۱۰۵
روز چهارم	۶۸	۱۰۶	۷۳	۱۰۴	۱۰۶	۱۰۵
روز پنجم	۸۵	۷۵	۸۳	۱۰۲	۱۰۵	۱۰۵
روز ششم	۹۷	۷۳	۹۶	۸۸	۱۰۳	۱۰۳
روز هفتم	۱۰۴	۸۵	۹۳	۱۰۲	۹۴	۹۱

متوسط را شش درصد در نظر گرفته و پارامتر دیگر ضریب تصحیح تأثیر وضعیت روسازی بر روی نحوه انتشار آلودگی صوتی است.

با توجه به جداول (۱) و (۲)، می‌توان ورودی‌های اولیه را وارد برنامه کرد. اما پارامتر دیگری که در مدل مطرح است، میزان شیب است که با توجه به شکل ۱ از منطقه مورد مطالعه شیب

۳- روش کار

صدای معادل وزن یافته A ، در یک ساعت ($L_{Aeq/1h}$) ارائه می‌شود.

بطور معمول در ایران از مدلی بصورت زیر استفاده می‌شود. در این روش، پیش‌بینی نوفه ترافیک بزرگراه برحسب تراز فشار

تراز نوفه پایه (L_{Basic})

تراز نوفه پایه در فاصله ۱۰ متری از خط منبع از معادله (۱) و یا از شکل (الف-۱) تعیین می‌گردد.

$$L_{Basic} = 38.3 + 10 \log(Q_t) \quad \text{dB}$$

که در آن:

L_{Basic} : تراز نوفه پایه وزن یافته A برحسب دسی‌بل

Q_t : شار ترافیک (تعداد وسایل نقلیه در ساعت)

تصحیح برای شیب جاده (L_{gr})

در سربالایی‌ها اگر شیب جاده از ۳٪ فراتر رود، میزان تصحیح از معادله (۳) یا از نمودار شکل (الف-۳) بدست می‌آید.

$$L_{gr} = 0.3 \, gr \quad \text{dB}$$

که در آن:

L_{gr} : تصحیح برای شیب جاده، برحسب دسی‌بل (وزن یافته A)

gr : شیب بر حسب درصد

به قسمت‌های مختلف تقسیم گردیده و تصحیح برای هر قسمت بطور جداگانه در نظر گرفته می‌شود. در صورتی که شیب جاده کمتر از ۳٪ باشد، $L_{gr}=0$ است.

از آنجا که در امتداد طول جاده احتمال دارد شیب تغییر نماید، از مقدار میانگین برای قسمتی که تحت بررسی است استفاده می‌گردد و یا در مواردی که این تفاوت زیاد است، جاده

تصحیح برای ساختار سطح جاده (L_t)

در حالتی که سطح جاده ناهموار باشد، تماس لاستیک وسیله نقلیه بر روی جاده باعث افزایش تراز نوفه در محل دریافت می‌گردد، که میزان تصحیح از معادله (۴) و یا از نمودار شکل (الف-۴) محاسبه می‌گردد.

$$L_t = 4 - 0.03p$$

که در آن:

L_t : تصحیح برای ساختار جاده برحسب دسی‌بل (وزن یافته A)

P: درصد عبور وسایل نقلیه سنگین

برای جاده‌های با سطوح متخلخل تصحیح ثابت $L_t = -3.5$ dB بکار برده می‌شود.

برآیند تصحیحات (ΣL_{corp})

مجموع تصحیحات انجام شده در روش پیش‌بینی نوفه ترافیک بزرگراه، از معادله (۵) محاسبه می‌گردد.

$$\Sigma L_{corp} = L_{P,V} + L_{gr} + L_t \quad \text{dB}$$

که در آن:

$L_{P,V}$: تصحیح برای درصد عبور وسایل نقلیه سنگین و سرعت ترافیک، برحسب دسی‌بل (وزن یافته A)

L_{gr} : تصحیح برای شیب، برحسب دسی‌بل (وزن یافته A)

L_t : تصحیح برای ساختار سطح جاده، برحسب دسی‌بل (وزن یافته A)

از آنجا که درصد عبور وسایل نقلیه سنگین، سرعت‌های متوسط متفاوت از ۷۵ کیلومتر بر ساعت، شیب جاده و ساختار سطح جاده در تعیین تراز نوفه ترافیک تأثیر دارند، برای هر کدام از این موارد، میزان تصحیح در بندهای زیر داده شده است.

تصحیح برای درصد عبور وسایل نقلیه سنگین و سرعت ترافیک ($L_{P,V}$)

در مواردی که عبور وسایل نقلیه سنگین و یا سرعت‌های متوسط متفاوت از ۷۵ کیلومتر بر ساعت (و یا هر دو مورد) در نظر گرفته شوند، میزان تصحیح از معادله (۲) و یا از نمودار شکل (الف-۲) تعیین می‌گردد.

$$L_{P,V} = 33 \log \left(V + 40 + \frac{500}{V} \right) + 10 \log \left(1 + 5 \frac{P}{V} \right) - 68.8 \quad \text{dB}$$

که در آن:

$L_{P,V}$: تصحیح برای درصد عبور وسایل نقلیه سنگین و سرعت ترافیک برحسب دسی‌بل (وزن یافته A)

V: سرعت متوسط ترافیک بر حسب کیلومتر بر ساعت

P: درصد عبور وسایل نقلیه سنگین

میزان تصحیح می‌تواند منفی یا مثبت باشد.

تراز نوفه پایه از معادله (۱) یا از نمودار شکل (الف-۱) تعیین می‌گردد، تراز نوفه‌ای است که انتظار می‌رود در محل دریافت، با فرض شرایط زیر حاصل شود.

-خط منبع در ارتفاع ۰/۵ متر بالاتر از سطح جاده و در وسط عرض قسمت سواره رو نزدیک به دریافت کننده قرار دارد.

-فاصله افقی دریافت کننده از خط منبع ۱۰ متر و محل دریافت کننده ۰/۷ متر بالاتر از منبه در نظر گرفته می‌شود.

- سرعت متوسط وسایل نقلیه ۷۵ کیلومتر بر ساعت فرض می‌گردد.

-ترافیک تنها شامل وسایل نقلیه سبک است.

-جاده، مسطح، مستقیم و بدون ناهمواری در نظر گرفته می‌شود.

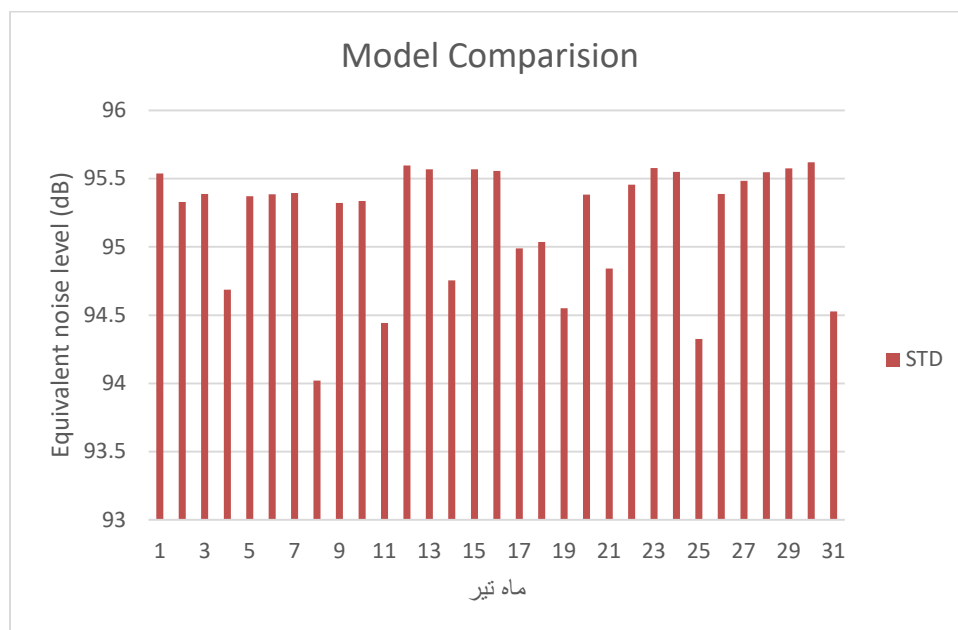
۴- نتیجه‌گیری از آمارها و ارایه راهکارهای مناسب

حمل و نقل کشور برای ماه آپریل نشان داده شده است. در این مقایسه مشاهده می‌شود که دو مدل بسیار به هم نزدیک هستند و نتایج قابل قبولی ارائه داده‌اند. در شکل‌های (۴) تا (۸) به ترتیب برای ماه‌های زوج در یک سال نیز نشان داده شده است.

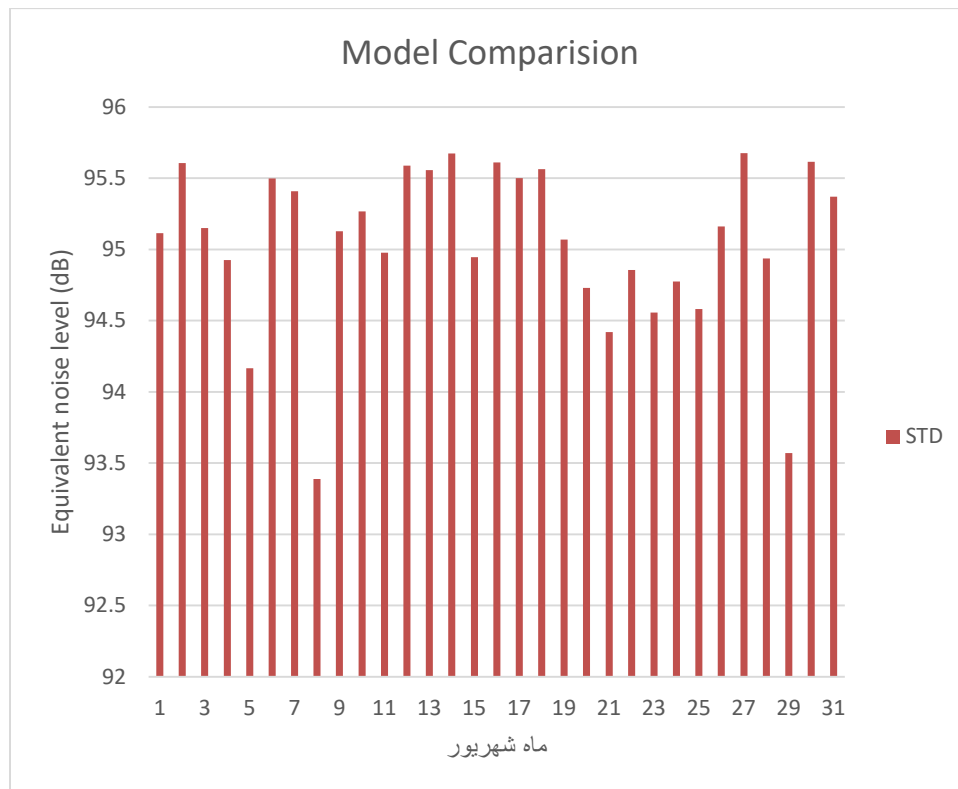
در نهایت با استفاده از مدل ارائه شده در تحقیق و مدل استاندارد ایران، برای هفت روز هفته در منطقه مطالعاتی، نمودارهایی در ماه‌های اردیبهشت، تیر، شهریور، آبان، دی و اسفند پیش‌بینی شده است و میزان سر و صدا ارائه شده‌اند. در شکل (۳) مقایسه دو مدل ریاضی استاندارد استفاده شده در ایران و مدل ارائه شده در مقاله با استفاده از آمار بدست آمده توسط سازمان



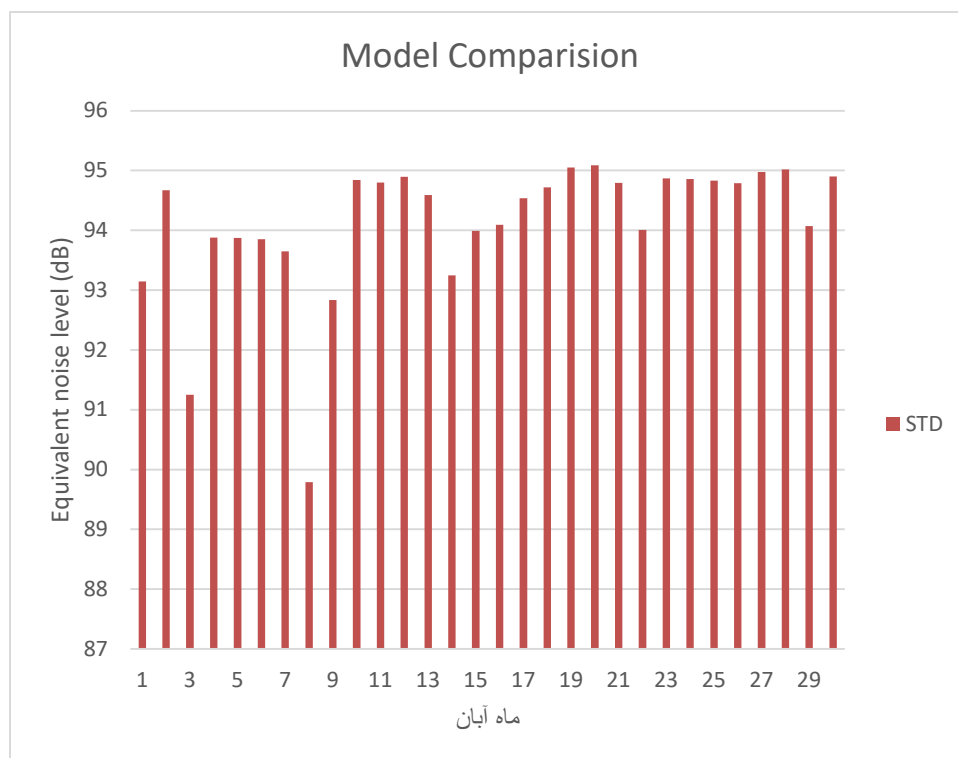
شکل ۳. میزان تراز سر و صدا در ماه اردیبهشت



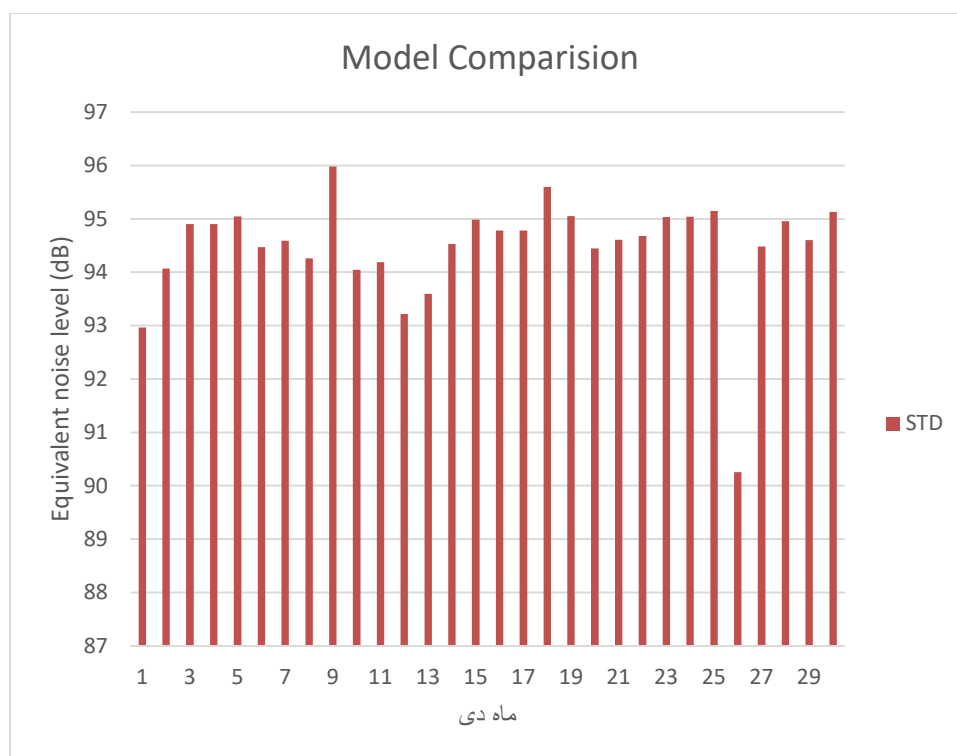
شکل ۴. میزان تراز سر و صدا در ماه مهر



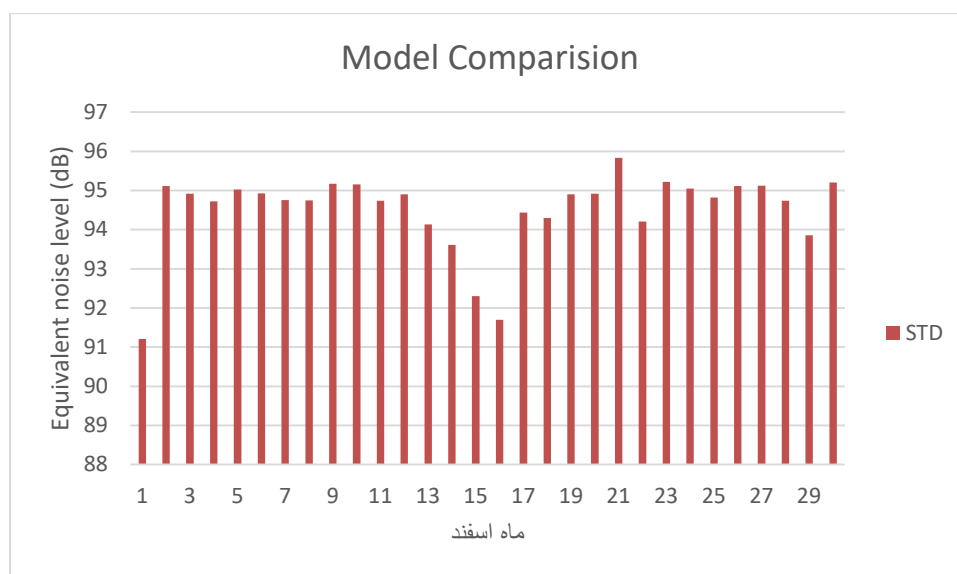
شکل ۵. میزان تراز سر و صدا در ماه شهریور



شکل ۶. میزان تراز سر و صدا در ماه آبان



شکل ۷. میزان تراز سر و صدا در ماه دی



شکل ۸. میزان تراز سر و صدا در ماه اسفند

کاهش سر و صدا در نظر گرفت. مدلی که در این مقاله انتخاب شده است، می‌تواند برای مناطق تهران جهت بررسی وضعیت نوفه مورد استفاده قرار گیرد. برخی پارامترهایی که در مدل استاندارد وجود دارند، مانند شیب متوسط جاده، برای برخی مناطق دشوار است. بنابراین می‌توان از این مدل جهت محاسبه نوفه منطقه استفاده کرد که در آن تنها از پارامترهای ترافیکی استفاده شده است.

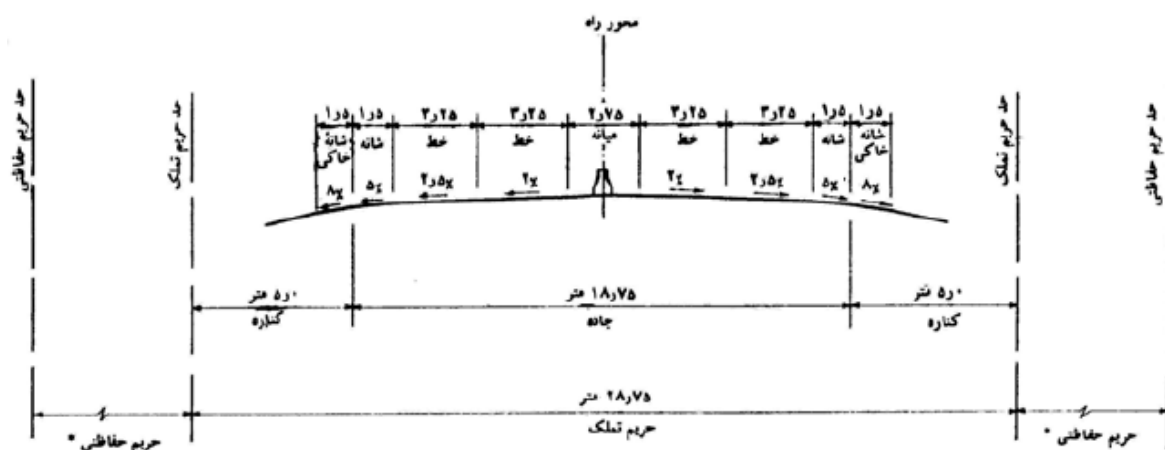
همانطور که در کلیه نمودارها مشخص است، مقدار تراز سر و صدا با مقایسه جدول (۳) استاندارد آلودگی صوتی در ایران بسیار بالاتر است و ترافیک وسایل نقلیه و حجم وسایل نقلیه و سرعت آنها با توجه به شیب بزرگراه در محل مورد مطالعه موثر است و می‌تواند این سر و صدا را بالا ببرد. بنابراین، نتیجه‌ای که برای این تحقیق می‌توان در نظر گرفت آن است که باید به طور جدی برای رسیدن به استاندارد مورد نظر راهکارهای را برای

جدول ۳. استاندارد صدا در ایران به تفکیک نوع منطقه در روز و شب (دسی بل)

نوع منطقه	روز (۷ صبح الی ۱۰ شب)	شب (۱۰ شب الی ۷ صبح)
مسکونی	۵۵	۴۵
تجاری - مسکونی	۶۰	۵۰
تجاری	۶۵	۵۵
مسکونی - صنعتی	۷۰	۶۰
صنعتی	۷۵	۶۵

از راهکار جهت کاهش تراز سر و صدا ترافیک بزرگراه برای مناطق مسکونی، تعیین حداقل عرض حریم صوتی با توجه به عوامل زیر است.

- موقعیت ساختمان‌های مسکونی نسبت به بزرگراه
- فاصله دریافت کننده از منبع
- پوشش گیاهی
- سد صوتی



شکل ۹. نیم رخ عرضی نمونه برای بزرگراه چهار خطه مورد مطالعه در حالت با محدودیت جا و بدون امکان توسعه در آینده

در اطراف بزرگراه به مناسبت‌های امنیتی یا ایمنی و غیره تحت محافظت قرار گرفته و هرگونه ساخت و ساز، کاربری و بهره‌برداری از اراضی مزبور، منوط به رعایت ضوابط حریم مربوط است. حریم صوتی برای کاهش سر و صدا در بزرگراه عبارت است از محدوده‌های از اراضی اطراف بزرگراه که به دلیل انتشار آلودگی صوتی هرگونه ساخت و ساز در آن ممنوع است.

بر همین منظور باید در بزرگراه‌ها مطابق شکل (۹) فاصله مجاز برای ساختمان‌ها در نظر گرفته شود تا بتوان میزان سر و صدا بزرگراه که به وسیله وسایل نقلیه سبک و سنگین تولید می‌شوند را کاهش داد. حریم حفاظتی در داخل شهرها، مطابق مقررات منطقه‌بندی با طرح جامع هر شهر و در محدوده حوزه استحفاظی شهرها، ۱۵۰ متر و عبارت است از محدوده‌های از اراضی که

۵-مراجع

- Rufin, Makarewicz and Michal, Galuszka. (2011). Road traffic noise prediction based on speed-flow diagram. s.l. *Applied Acoustics*, Vol. 72.
- Watts, J.R, Chandler-Wilde, S.N and Morgan, P.A. s.l. (2019). The combined effects of porous asphalt surfacing and barriers on traffic noise. *Applied Acoustics*, Vol. 58.
- Zhao, Jianqiang, Zhang, Xiaoning and Chen, Ying. Xian, (2012). A novel traffic-noise prediction method for non-straight roads. *Applied Acoustics*, Vol. 73.
- تصویب نامه هیات وزیران (۱۳۸۷). آیین نامه اجرایی نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی، نشریه راهکار کاهش نوفه ترافیک برای ساختمان‌های حواشی بزرگراه‌های شهری.
- Cho, Dae Seung and Mun, Sungho. s.l. (2018). Development of a highway traffic noise prediction model that considers various road surface types. *Applied Acoustics*, Vol. 69.
- Keramat Residential Area, Kuala Lumpur. Rosli, Nur Shazwani and Kadar Hamsa, Abdul Azeez. s.l. (2013). Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 9.
- Makarewicz, Rufin. s.l., (2013). The annual average sound level of road traffic noise estimated from the speed-flow diagram. *Applied Acoustics*, Vol. 74.

Estimating Noise Levels on Highways Using the Iranian Standard Model (Case Study: Azadegan Highway)

*Amir Esmael Forouhid, Assistant Professor, Department of Civil Engineering,
Pa.C., Islamic Azad University, Parand, Iran.*

*Hotan Chegini, M.Sc., Grad., Department of Civil Engineering, South Tehran Branch,
Islamic Azad University, Tehran, Iran.*

E-mail: amiresmaelf@yahoo.com

Received: September 2025- Accepted: February 2026

ABSTRACT

The emission of sound in the environment, or in other words, the control of noise pollution, has become one of the major problems of densely populated cities. The importance of the problem of noise pollution is revealed when it endangers the health and mental health of residents of residential areas. Hearing loss, nervous and mental disorders, fatigue and boredom, lack of sleep and the complications resulting from it are all subtle complications of noise pollution that must be taken seriously. As the population in metropolitan areas increases and they move closer to the busy highways, noise pollution in those areas has increased dramatically. For this reason, standards for noise pollution in different urban areas have been established, which are a measure of pollution. Various models have been proposed for calculating the amount of noise pollution, each of which has a correct computational value. Using the model used, the noise level on the highway is calculated according to the traffic and geometric parameters of the road and compared with the permissible noise standard in Iran.

Keywords: Environment, Noise Pollution, Highway, Road Vehicle, Traffic