مجله علمی- پژوهشی مهندسی عمران مدرس
دوره ۲۴، شماره ۵، سال ۱۴۰۳
صفحات ۱۰۱ تا ۱۱۳

ارزیابی مدل FHWA-TNM در پیش‌بینی آلودگی صوت ترافیکی، مطالعه موردی: بزرگراه هاشمی رفسنجانی (میثاق) مشهد

ابوالفضل جمالی[۱]، قاسم ذوالفقاری*[۲]، و هادی سلطانی فرد[۲]

۱. دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم ومهندسی محیط زیست، دانشکده علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.
۲. دانشیار گروه علوم ومهندسی محیط زیست، دانشکده علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

* Email: g.zolfaghari@hsu.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۴/۲۰

چکیده

محاسبه میزان انتشار آلودگی صوت از طریق مدل‌سازی این امکان را فراهم می‌سازد تا در طراحی بزرگراه‌ها و کاربری‌های اطراف آن آثار آلودگی صوتی کاهش داده شود. این پژوهش که در بزرگراه هاشمی رفسنجانی (میثاق) مشهد انجام شده، با اندازه‌گیری میزان صوت، اطلاعات ترافیکی، اطلاعات هواشناسی و کاربری‌های اطراف با استفاده از مدل مدیریت بزرگراه‌های فدرال آمریکا (FHWA) با نرم افزار TNM 2.5 چگونگی انتشار آلودگی صوت را مدل‌سازی کرده و نتایج به‌دست آمده را با اندازه گیری‌های انجام شده از طریق آنالیز آماری مقایسه می‌نماید. نتایج برآورد شده از مدل FHWA بسیار نزدیک به مقادیر مشاهده شده (بیشترین مقدار ۸۵ db و کمترین مقدار ۵۵ db) بود، پس طبق نتایج این مدل برای پیش‌بینی آلودگی سروصدا در شهرهای ایران در حد منطقی از دقت قابل قبول برخوردار است و میانگین تفاضل مقادیر Leq محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری ۳/۵± دسی‌بل می‌باشد. ضریب رگرسیون بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر محاسبه شده توسط مدل ۰/۶۸۵ گزارش شد. کلیه مقادیر اندازه‌گیری در ایستگاه‌ها بالاتر از حد استاندارد هوای آزاد برای مناطق مسکونی (55 db) بود. تاثیر نوع خودرو با آزمون پیرسون بررسی شد که بیشترین همبستگی بین موتورسیکلت‌ها و آلودگی صوتی وجود داشت به طوری که با افزایش تعداد موتورسیکلت مقدار دو شاخص صوتی L_{Aeq} و L_{AFmn} با ضرایب همبستگی ۸۳٪ و ۸۴٪ افزایش یافت. از طریق برنامه‌ریزی مناسب از قبیل مکان‌یابی صحیح کاربری‌ها، ایجاد فاصله با در نظر گرفتن کاربری‌هایی مانند فضای سبز خطی، مسیر پیاده رو و محل عبور دوچرخه، ایجاد موانع کاهنده امواج صوتی مانند خاکریز، و درخت می‌توان آثار آلودگی صوت را کاهش داد.

کلمات کلیدی: آلودگی صوت، FHWA-TNM 2.5، مدل‌سازی، مشهد.

۱- مقدمه

یکی از عوارض حمل و نقل در شهرها، آلودگی صوتی ناشی از وسایل نقلیه است [1]. آلودگی صوتی دارای آثار زیان‌آوری بر مردم شهر است که عمده‌ترین این آثار عبارت از افت شنوایی، اختلال در خواب، افزایش فشار خون، خستگی مفرط، ناراحتی‌های گوارشی، تحریک پذیری و افسردگی می‌باشد. سهم عمده آلودگی صوتی در کلان شهرها مربوط به ترافیک است. میزان انتشار آلودگی صوت ناشی از ترافیک تابع سرعت، تعداد و نوع خودروها می‌باشد از این رو احداث بزرگراه‌ها مشکلاتی را برای ساکنین اطراف ایجاد نموده است. مدل‌سازی آلودگی صوتی برای ایجاد قابلیت پیش بینی و ارائه راهکار، برنامه‌ریزی و کاهش سروصدا بسیار مهم حائز اهمیت بوده و ضروری به نظر می‌رسد [2]. تعامل بین فشار آکواستیک تایر وسایل نقلیه با آسفالت خیابان موجب تولید صدا می‌شود که بسته به نوع تایر و آسفالت، بلندی صدا با مقدار

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

بیش از ۱۵ دسی‌بل متفاوت است [3].

تاکنون مدل‌های استاندارد مختلفی در شهرهای جهان ایجاد شده است. از جمله این مدل‌ها: مدل CORTN بریتانیا، مدل FHWA-TNM آمریکا، مدل RLS90 آلمان، مدل CNR ایتالیا، مدل NMPB فرانسه و مدل ASJ ژاپن هستند [4]. مدل RLS90 از توسعه مدل قدیمی RLS81 به وجود آمده است. این مدل به لحاظ گستردگی و توسعه مانند مدل FHWA نیست اما به هرحال یکی از رایج‌ترین و مهمترین مدل‌های استفاده شده در کشور آلمان است. ایراد بزرگ این مدل نیز عدم توانایی محاسبه ترازهای صوت واقع در ارتفاعات مختلف است [5]. مدل CNR ایتالیایی بر اساس توسعه و تصحیح مدل آلمانی RLS90 به وجود آمده است. این مدل نیز قادر به محاسبه صوت در ارتفاع نیست. روابط نسبتا ساده مدل CORTN و امکان برنامه‌نویسی روابط آن در محیط‌های نرم افزاری از مزایای آن است. از طرفی ترازهای صوت در ارتفاع و شرایط سه بعدی (ساختمان‌های بلند) را محاسبه می‌کند. مدل FHWA که توسط اداره فدرال بزرگراه‌های آمریکا ایجاد شده به دلیل اینکه وسایل نقلیه را به چند گروه مجزا تقسیم می‌کند ترازهای سروصدا را دقیق‌تر محاسبه می‌کند. این مدل گرچه برای خیابان‌ها قابل پیاده‌سازی است اما خاص بزرگراه‌ها توسعه داده شده است. از طرفی یک نرم‌افزار تخصصی خاص خود دارد که تحت عنوان TNM توسط شرکت بزرگراه های آمریکا ایجاد شده است [6]. بنابراین دلایل مذکور علت انتخاب این مدل برای مطالعه حاضر است. در مدل FHWA-TNM تراز مرجع، متوسط انرژی سطح انتشار است که تنظیمات آن برحسب جریانات ترافیک، فواصل مختلف از جاده، طول محدود جاده، و حفاظها و موانع اطراف جاده در نظر گرفته می‌شود [7].

TNM سروصدای ترافیک بزرگراه (موتورسیکلت، خودروهای سبک، نیمه‌سنگین، اتوبوس، و خودروهای سنگین) را در گیرنده‌های نزدیک محاسبه می‌کند و به طراحی موانع صوتی بزرگراه کمک می‌کند. TNM انتشار صوت ناشی از تردد حجم خودروها در خیابان و بزرگراه را با در نظر گرفتن موانع، درختان، جنس زمین، شیب خیابان و سایر پارامترها مدل می‌کند و میزان شدت صوت در هر نقطه را محاسبه می‌کند. مدل TNM قابلیت طراحی موانع و دیوارهای صوتی را دارد. سطوح انتشار سروصدا شامل سطوح صوتی با وزن A، طیف باند اکتاو یک سوم و قدرت ارتفاع فرعی برای انواع روسازی آسفالت متراکم، سیمان پرتلند و انواع ترکیبی است [8, 9].

پیش‌بینی سروصدای ترافیک توسط مدل‌ها به ما در طراحی جاده‌های سازگار با محیط زیست کمک می‌کنند [10]. در سال ۲۰۱۷ [11] در پایان‌نامه‌ای با عنوان ارزیابی مدل صوت ترافیکی FHWA اطلاعات ترافیکی و هواشناسی جمع‌آوری و در محدوده‌ای بدون موانع (زمین تخت) مدل‌سازی انجام شد. در این مطالعه مدل، ارزیابی و عوامل ایجاد خطا در مقادیر پیش‌بینی شده با مدل و مقادیر اندازه‌گیری مورد بررسی قرار گرفت. در مطالعه کاظم‌زاده و لعلی نیت [12] انتشار آلودگی صوتی حمل و نقل ریلی مدل‌سازی شد. در این مطالعه اختلاف صدای برآورد شده مدل با مقادیر اندازه‌گیری شده ۳/۵ دسی بل بوده و مشخص شده که حدود ۲۰۰۰۰۰ نفر در معرض آلودگی صوتی بیش از ۷۰ دسی بل هستند. همچنین مدل‌سازی آلودگی صوتی در یک تقاطع شهری با استفاده از رگرسیون خطی چندگانه توسط اسکندری و همکاران [13] انجام شد و در آن تاثیر انواع خودرو بر آلودگی صوتی بررسی شد. کلان شهر مشهد به دلیل جمعیت بالا و تردد زائران بارگاه امام رضا (ع) به میزان زیادی در معرض آلودگی صوت ناشی از ترافیک قرار دارد. تاکنون مطالعات اندکی در خصوص مدل‌سازی صوت با مدل FHWA-TNM در ایران انجام شده و هیچ گزارشی در خصوص مدل‌سازی صوت در بزرگراه‌های کلان‌شهر مشهد که ترافیک بسیار بالایی نیز دارند وجود ندارد. هدف از این تحقیق که در بزرگراه هاشمی رفسنجانی (میثاق) مشهد انجام می‌گیرد مقایسه میانگین تراز معادل صوت اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های مورد مطالعه با استاندارد صدا، اعتبارسنجی مدل FHWA-TNM برای استفاده در ارزیابی صوتی ناشی

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

از بزرگراه‌ها، بررسی تاثیر نوع خودرو بر میزان آلودگی صوتی و ارائه راهکارهای کنترل آلودگی صوت است.

۲- روش انجام کار

در محدوده مورد مطالعه (بزرگراه هاشمی رفسنجانی (میثاق) مشهد) برای دست‌یابی به مدل ابتدا کلیه اطلاعات ترافیکی و جاده‌ای جمع آوری و پس از آن توسط نرم افزار مدل ترازهای صوت تهیه شد. همچنین همزمان در برخی از نقاط مسیر بزرگراه اندازه‌گیری‌هایی برای هماهنگی نتایج مدل با اعداد اندازه‌گیری انجام شد و سرانجام با توجه به کاربری‌های اطراف بزرگراه، ترازهای صوتی حاصل از مدل با استانداردهای مورد عمل سازمان حفاظت محیط زیست مقایسه شد. همچنین راهکارهای کاهش آلودگی صوت ارائه شد. مراحل این پژوهش به شرح زیر هستند:

۱- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به حجم و سرعت ترافیک، ۲- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به جاده مانند عرض جاده، نوع جاده، تعداد خطوط، نقشه کاربری‌های اطراف، فضای سبز اطراف بزرگراه، ارتفاع و تراکم ساختمان‌های اطراف بزرگراه، ۳- تهیه اطلاعات هواشناسی مانند دما و رطوبت، ۴- تعیین نقاط حساس اطراف محدوده به لحاظ آلودگی صوت مانند مراکز مسکونی، درمانی، آموزشی و... و اندازه‌گیری صوت در نقاط حساس [14]، ۵- مدل‌سازی با نرم افزار TNM 2.5. نقشه اتوکد و یا لایه‌های GIS برای محدوده پروژه باید تهیه شود و به شکل DXF تبدیل شود. ۶- آنالیز آماری و مقایسه نتایج به‌دست آمده از طریق مدل و اندازه‌گیری و مقایسه با استاندارد، و ۷- آزمون فرضیه‌ها از طریق نرم افزار آماری SPSS و تجزیه و تحلیل نتایج در محیط Excel.

۲-۱- اطلاعات حجم و سرعت ترافیک

در این مطالعه پس از بررسی‌های میدانی تعداد ۲۱ ایستگاه برای جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز ترافیکی تعیین شد. در این ایستگاه‌ها در دو فصل بهار و تابستان و در ساعات پیک ترافیک دو نوبت صبح و عصر برای هر فصل به مدت ۱۰ دقیقه از ساعت ۷ تا ۹ و از ساعت ۱۷ تا ۱۹ از بزرگراه فیلم‌برداری شد و تعداد و حجم خودروها به تفکیک سواری، نیمه‌سنگین، سنگین، اتوبوس و موتور از طریق فیلم‌های تهیه شده به کمک روش چوب خط شمارش شد. با توجه به اینکه میانگین اعداد به‌دست آمده در ایستگاه‌های مختلف باید برای بازه زمانی یک ساعته مورد محاسبه قرار گیرند، از طریق نسبت‌گیری این موضوع در نرم افزار اکسل انجام شد. برای تعیین میانگین سرعت خودروها ابتدا میانگین سرعت خودروهای عبوری از طریق دوربین‌های ثبت سرعت از مرکز کنترل ترافیک سازمان حمل و نقل شهرداری مشهد گرفته شدند، اما با توجه به اینکه این میانگین برای انواع خودروها به تفکیک نوع وجود نداشت از طریق حضور پرسنل طرح داخل خودروهای سواری و یا کابین راننده تعداد ۵ خودرو از هر کدام از انواع خودروهای مورد نظر و سرعت در لحظه عبور از ایستگاه‌های شمارش خودروها ثبت شد. پس از ورود این داده‌ها به نرم افزار اکسل میانگین سرعت خودروها در ایستگاه‌های مختلف محاسبه شد.

۲-۲- جمع‌آوری اطلاعات ویژگی‌های فیزیکی بزرگراه

برای گردآوری اطلاعات و ویژگی‌های فیزیکی بزرگراه با مراجعه به سازمان فناوری اطلاعات شهرداری مشهد، نقشه رقومی محدوده بزرگراه مورد مطالعه با فرمت Shape File و سایر اطلاعات مراکز آموزشی، درمانی، و کاربری‌های اطراف بزرگراه تهیه شد. همچنین به منظور پیاده‌سازی نقاط ایستگاه‌ها روی نقشه، در زمان اندازه‌گیری مختصات نقاط به‌وسیله GPS مدل Garmin برداشت شد. نقشه اطلاعات فضای سبز بزرگراه از طریق مراجعه به شهرداری منطقه ۱۲ تهیه و از طریق پیمایش نوع و ارتفاع گونه‌های گیاهی استفاده شده در فضای سبز اطراف و وسط بزرگراه تهیه شد. میانگین دما و رطوبت نسبی از اطلاعات مورد نیاز برای مدل‌سازی صوت ترافیکی است که از طریق اداره کل هواشناسی تامین شد.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های شمارش حجم خودروهای عبوری بزرگراه وایستگاه‌های اندازه‌گیری صوت

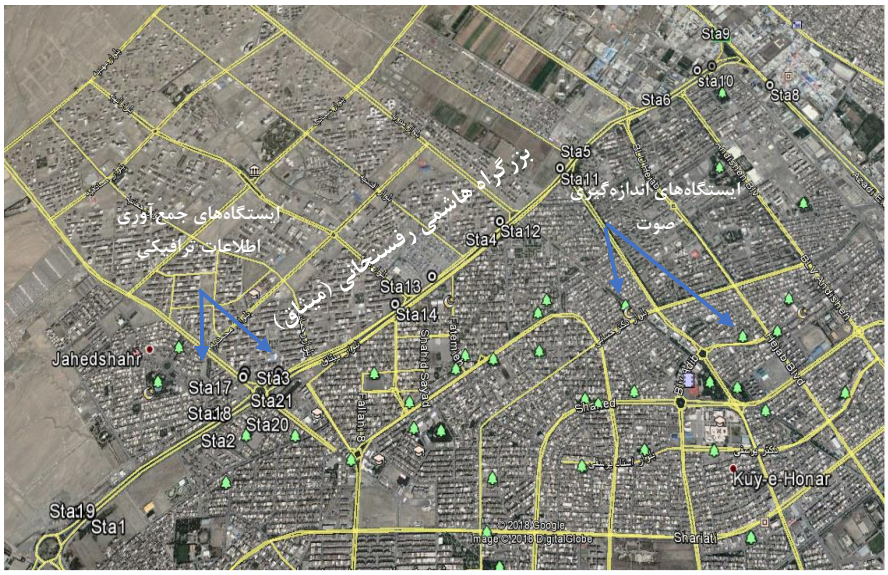

Fig. 1. The location of the stations for counting the volume of passing vehicles on the highway and sound measurement stations

۲-۳- تعیین گیرنده‌ها و ایستگاه‌های اندازه‌گیری صدا

در این مطالعه از طریق بررسی تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌ها و پیمایش میدانی مراکز حساس و ایستگاه‌های اندازه‌گیری تعیین شد. در تعداد ۴۰ ایستگاه با اهداف بررسی میزان صدا در مراکز حساس و مقایسه با استانداردها، مقایسه میزان انتشار صوت در مواجهه با موانع فیزیکی مختلف در اطراف بزرگراه، و نهایتاً مقایسه مقدارهای ثبت شده توسط دستگاه با مقادیر به‌دست آمده از طریق مدل اندازه‌گیری صورت گرفت. به منظور پهنه‌بندی میزان آلودگی صوت در محدوده بزرگراه مورد مطالعه علاوه بر استفاده از نتایج برداشت‌های انجام شده در ۴۰ ایستگاه فوق در تعداد ۲۷ ایستگاه دیگر نیز اندازه‌گیری انجام شد. در این تحقیق از دستگاه صداسنج Casellacel مدل Cel450 ساخت انگلستان منطبق بر استانداردهای بین‌المللی استفاده شد. اندازه‌گیری صوت به مدت ۱ دقیقه در هر ایستگاه انجام و در بازه زمانی ۷ صبح تا ۱۰شب برای هر ایستگاه ۳ بار تکرار شد.

۲-۴- اجرای نرم افزار TNM 2.5

برای استفاده از نرم‌افزار و مدل سازی مراحل زیرگام به گام اجرا شدند [8, 15]:

۱- اولین مرحله وارد کردن نقشه بزرگراه مورد مطالعه با فرمت DXF است. تبدیل فرمت Shp به DXF در نرم‌افزار ArcMap انجام شد. به منظور کاهش حجم نقشه‌ها و وارد کردن به نرم افزار TNM موارد مورد نیاز مانند جاده، ساختمان‌ها، زون فضای سبز و... در محیط ArcMap به صورت جداگانه تهیه شد. برای تهیه نقشه DXF از Shapfilهای موجود ابتدا هر لایه در نرم‌افزار ArcMap فراخوانی و سپس با راست کلید روی لایه و انتخاب Data> Export to cad از لایه تهیه شده نسخه DXF تهیه شد. با توجه به اینکه نرم‌افزار مدل سازی TNM نقشه‌های به صورت پولیگون و نقطه را در زمان وارد کردن نمایش نمی‌دهد و تنها لایه‌های تهیه شده به صورت لاین یا پلی لاین را نمایش می دهد از جزء خطی لایه DXF تهیه شده دوباره خروجی تهیه شد. برای وارد کردن نقشه DXF به نرم‌افزار TNM ابتدا از مسیر File> New یک پروژه جدید با حروف لاتین تعریف شد سپس نقشه تهیه شده DXF از گزینه File > import وارد نرم‌افزار شد.

۲- چنانچه فایل اتوکد و یا نقشه‌ای برای تراز کردن جاده و سایر موارد مورد نیاز وجود نداشته باشد، مختصات آن‌ها را می‌توان به گونه‌ای به نرم‌افزار داد که

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

موقعیت‌های مورد نظر را تولید کند. در صفحه اصلی نرم‌افزار یک نوار منو شامل فایل (File)، ویرایش (Edit)، نمایش (View)، تنظیم (Setup)، ورودی (Input)، محاسبه (Calculate)، تحلیل مانع (Barrier analysis)، جداول (Tables) و غیره وجود دارد. در صفحه اصلی، همچنین نوار ابزار قابل مشاهده است. اطلاعات و جزئیات جاده‌ها، گیرنده‌ها، موانع، ردیف‌های ساختمان، خطوط زمین از طریق منوی Input به نرم‌افزار داده شد.

۳- در منوی Input گزینه Roadways قرار دارد که در آن گزینه، ترافیک، جزئیات حجم ترافیک و سرعت وسایل نقلیه مربوطه وارد شد. سپس مختصات ۴۰ ایستگاه اندازه‌گیری صوت به عنوان گیرنده از طریق گزینه Receiver برای نرم افزار تعریف شد تا نرم‌افزار برای این نقاط میزان صوت را محاسبه نماید.

۴- در نوار ابزار پس از گزینه گیرنده یک طراحی مانع وجود دارد. همچنین کنترل دوره‌ای اطلاعات ورودی مورد نیاز است، زیرا قبل از اینکه همه اطلاعات ما پیشرفت کند، ایرادهای ورودی بالقوه را دریافت می‌کنند. بنابراین، در منوی Input گزینه‌ای به عنوان چک ورودی Input Check وجود دارد که در صورت وجود ایراد موجود را نشان می‌دهد. محاسبات TNM پیچیده و وقت‌گیر هستند، بعد از اینکه همه موارد ورودی وارد شده و تأیید شد، گزینه محاسبه انتخاب می‌شود. در این مرحله، TNM به طور خودکار بررسی ورودی نهایی را انجام می‌دهد. نتایج حاصل از سطح سروصدای به‌دست آمده در منوی جداول قابل مشاهده خواهد بود.

جدول ۱. نتایج شمارش وسایل نقلیه و سرعت آن‌ها

Vehicle type	**Route 1** The area from the beginning of the highway to 7th Azar square		**Route 2** 7th Azar Square to the end of the highway		**Route 3** Azadi highway from north to south		**Route 4** The end of the highway to 7th Azar square		**Route 5** Exit of 7th Azar Square towards Majidieh Blvd	
	Average number	Speed	Average number	Speed	Average number	Speed	Average number	Speed	Average number	Speed
Light vehicle (car)	3669	57	2569	70	5391	67	3335	65	1156	45
Semi-heavy vehicles	229	55	268	69	782	67	251	65	76	45
Heavy vehicles	34.5	46	65	60	289	65	58	64	6	45
Bus	30.7	48	65	57	77	66	67	63	15	45
Motor cycle	102	50	148	64	163	67	110	65	61	40
Vehicle type	**Route 6** The entrance of Majidieh Square to 7th Azar Square		**Route 7** 7th Azar Square to the beginning of Mithaq		**Route 8** Exit of 7th Azar Square to Shahid Ghanbari Blvd		**Route 9** Shahid Ghanbari Blvd entrance to 7th Azar Square		**Noise pollution modelling**	
	Average number	Speed	Average number	Speed	Average number	Speed	Average number	Speed		
Light vehicle (car)	1698	45	3541	60	1150	45	1156	45		
Semi-heavy vehicles	79.5	45	174	60	67	45	76	45		
Heavy vehicles	15	45	29	74	7	45	6	45		
Bus	42	45	29	59	22	45	15	45		
Motor cycle	78	45	99	59	34	40	61	40		

Table 1. The results of counting vehicles and their speed

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج مدل TNM 2.5

این پژوهش در بزرگراه هاشمی رفسنجانی (میثاق) مشهد صورت گرفت و پس از بررسی میدانی علاوه بر آن، بزرگراه آزادی و بلوارهای اصلی مجیدیه و شهید قنبری که مسیر ورودی حجم قابل توجهی از ترافیک به بزرگراه می‌باشند به لحاظ تولید صدای حائز اهمیت تشخیص داده شد. پس به منظور تهیه آمار ترافیکی ۲۱ ایستگاه تعیین شد و سرعت خودروها از طریق ثبت سرعت کیلومتر انواع خودروها و میانگین‌گیری مشخص شد. میانگین اطلاعات ترافیکی برای ۹ مسیر در جدول (۱) ارائه شده است. در ۶ ایستگاه از ایستگاه‌های ۲۱ گانه اطلاعات ترافیکی میزان صوت نیز اندازه‌گیری شده است که نتایج آن‌ها در جدول (۲) درج شده است. همان‌طور که ذکر شد علاوه بر اندازه‌گیری میزان آلودگی صوتی با دستگاه صداسنج، از طریق نرم‌افزار مدل‌سازی میزان صوت ترافیکی قابل محاسبه است. پس از جمع‌آوری اطلاعات ترافیکی میزان آلودگی صوتی بزرگراه در ۴۰ ایستگاه اندازه‌گیری شد. مختصات جغرافیایی این ۴۰ ایستگاه برای نرم افزار به عنوان دریافت کننده تعیین تا نرم‌افزار برای این نقاط میزان صوت را محاسبه نماید. در نهایت مقادیر محاسبه شده توسط مدل به صورت جدول دریافت شد. شکل (۲) میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده در ۴۰ ایستگاه و مقادیر محاسبه شده برای ایستگاه‌ها توسط مدل را نشان می‌دهند.

در این پژوهش نتایج برآورد شده از مدل FHWA بسیار نزدیک به مقادیر مشاهده شده بود، از این رو می‌توان نتیجه گرفت که این مدل برای پیش‌بینی سطح سروصدا در حد منطقی از دقت قابل استفاده است. نتایج مطالعه رحیمی و همکاران [16] نشان داد که درصد خطای بین مقادیر پیش‌بینی‌شده و اندازه‌گیری‌شده بسیار ناچیز بوده و بیشترین میانگین تراز معادل صوت ۸۳/۵۷ دسی‌بل مربوط به بزرگراه بوده و تا فاصله ۳۰ متری برای کاربری مسکونی مناسب نیست. حداقل میانگین تراز صوت ۵۸ دسی‌بل مربوط به مناطق مسکونی بود. در سال ۲۰۰۹ در مطالعه‌ای مدل پیش‌بینی آلودگی صوتی با متغیرهای ترافیکی و شرایط حمل ونقل ایران در شهر همدان طراحی شد. ترازهای صدا و دیگر متغیرها برای ساخت مدل رگرسیون خطی در ۲۸۲ نقطه برآورد شد که حاصل آن مدل رگرسیون خطی با مقدار شاخص برازندگی ۰/۹۰۱ بود [17].

جدول ۲. نتایج اندازه‌گیری های انجام شده همزمان با شمارش خودروها

Station number	Coordinates		The number of passing cars at the moment of measurement						Measurement results			
	X	Y	Light vehicle (car)	Semi-heavy vehicles	Motor cycle	Heavy vehicles	Bus	Total vehicle	L_{AFMX}	L_{AFMN}	L_{Aeq}	L_{Zpk}
Station 1	721498	4025900	435	26	15	5	6	568	85	69.1	76.5	102.3
Station 2	722283	4026513	661	59	15	4	6	745	91.1	67.1	75.9	111.9
Station 6	725427	4028936	623	53	37	5	8	726	90.6	71.3	79.7	118.2
Station 12	724157	4027921	511	35	14	5	10	575	90.3	65.1	75.4	108.6
Station 18	722223	4026522	540	11	7	8	4	570	92.2	63.2	76.1	111.1
Station 19	721415	4025903	683	31	14	8	3	739	90.7	67.5	77.9	121.9

Table 2. The results of the measurements made at the same time as counting the cars

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

شکل ۲. نمودار مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر محاسبه شده توسط مدل

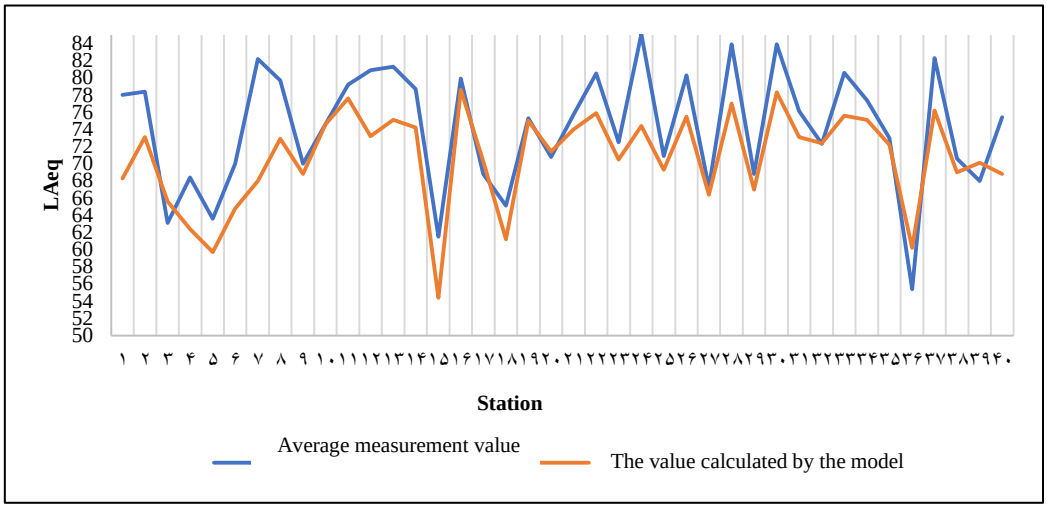

Figure 2. Chart of measured and calculated values by the model

۳-۲- مقایسه نتایج اندازه‌گیری با استاندارد محیط زیست

میزان آلودگی صوتی از منطقه‌ای به منطقه دیگر فرق می‌کند. در مطالعه پرویزیان و همکاران [18] مشخص شد که میزان آلودگی صوتی در بین ۴ ناحیه مورد مطالعه یاسوج، در منطقه ۲ بیشتر است. کاربری غالب در اطراف بزرگراه مطالعه حاضر کاربری مسکونی است و کلیه مقادیر اندازه‌گیری در ایستگاه ها بالاتر از حد استاندارد هوای آزاد برای مناطق مسکونی (۵۵ db) است. برخی از کاربری‌های دیگر از جمله مسکونی-صنعتی و صنعتی نیز در اطراف بزرگراه قرار دارد که در این مناطق نیز مقادیر ثبت شده از استانداردهای تعریف شده سازمان حفاظت محیط زیست بالاتر است. در شکل (۳) که استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست نیز قابل مشاهده است کمترین میزان صوت مربوط به ایستگاه شماره ۳۶ با میزان ۵۵/۴ دسی‌بل است. این ایستگاه در داخل اراضی بایر واقع شده و به اراضی کشاورزی واقع در بین محدوده بلوارهای امیریه و عصمتیه متصل شده است. میانگین میزان آلودگی صوت در کلیه ایستگاه‌ها برابر با عدد ۷۴ می باشد. بالاترین مقدار صوت مربوط به ایستگاه شماره ۲۴ و برابر ۸۵/۱ دسی بل است که در ابتدای خیابان هاشمی ۴۵ واقع و کاربری غالب اطراف آن مسکونی است. به هر ترتیب میانگین مقدار اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های ۴۰ گانه میزان صوت بالاتر از میزان استاندارد را نشان می‌دهد. نتایج پژوهش‌های سایر پژوهشگران در شهرهای مختلف، نشان دهنده تراز آلودگی صوتی بیش از حد استاندارد است [19, 20]. در مطالعه دیگری مشخص شد که شهر اصفهان دارای آلودگی صوتی بالاتر از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ایران است. کریمی و همکاران [21] با ارزیابی منطقه ۱۴ تهران و مقایسه میانگین تراز معادل صوت در تمام ایستگاه‌ها با استاندارد صدای ایران دریافتند در تمام ایستگاه‌ها شدت صدا بالاتر از حد استاندارد بوده است.

۳-۳- اعتبار سنجی مدل

مقایسه نتایج پیش‌بینی شده توسط مدل نشان می‌دهد که میزان تخمین زده شده به مقادیر اندازه‌گیری نزدیک است و میانگین تفاضل مقادیر Leq محاسبه شده با مقادیر اندازه‌گیری db ۳±/۵ می‌باشد. میزان اختلاف مقادیر پیش‌بینی شده تنها در سه ایستگاه ۱، ۷ و ۲۴ نسبتاً زیاد و به ترتیب برابر ۱۴/۸، ۱۰/۷، و ۱۰/۷ دسی‌بل است. دو ایستگاه ۱ و۷ در موقعیتی قرار دارند که علاوه بر صوتی که از بزرگراه مورد مطالعه دریافت می‌نمایند از تردد وسایل نقلیه در سایر مسیرهای نزدیک به خود متاثر شده و صوت دریافت می‌کنند. به عبارتی میزان تاثیر خودروهای در حال تردد از میدان نمایشگاه که در نزدیک ایستگاه ۱ قرار دارند و میزان تاثیر خودروهای عبوری از خیابان بوستان بر

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]
[DOI: 10.22034.24.5.101]

شکل ۳. وضعیت مقادیر اندازه‌گیری شده نسبت به استاندارد. خطوط افقی استاندارد کاربری‌های مختلف را نشان می دهد.

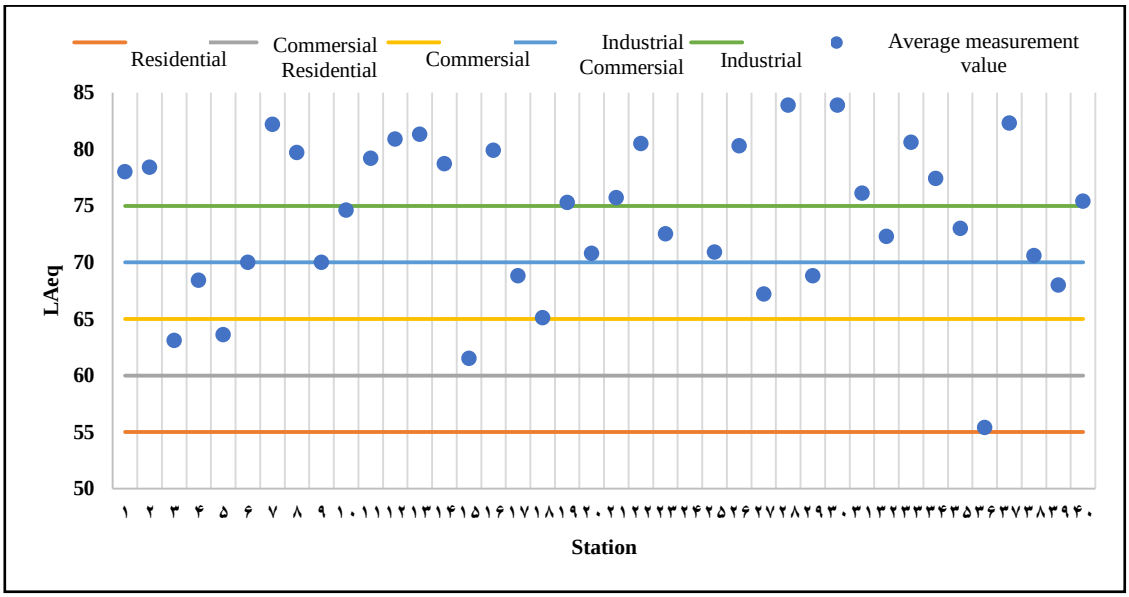

Fig. 3. The state of the measured values compared to the standard. Standard horizontal lines show different uses.

ایستگاه ۷ در محاسبات مدل لحاظ نشده است. پس با توجه به این‌که در هر دوی آن‌ها میزان اندازه‌گیری بیشتر از میزان تخمین زده شده می‌باشد دلیل آن تاثیر ناشی از تردد خودروهای مسیرهای نزدیک که در محاسبات لحاظ نشده می‌باشد.

برای اختلاف زیاد مقدار محاسبه شده توسط مدل و مقدار اندازه‌گیری شده در ایستگاه شماره ۲۴ نیز دو دلیل متصور می‌باشد، دلیل اول وجود دوربرگردان در نزدیکی این ایستگاه و وجود تعدادی از خودروهای در حال دور زدن در این قسمت و افزایش استفاده از بوق در این نقطه است و دلیل دوم واقع شدن ایستگاه در وسط بزرگراه و عبور خودروها از این ایستگاه با سرعت بالا می باشد. در یک مقایسه دیگر بین نتایج محاسبه شده توسط مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده این موضوع قابل مشاهده است که در ایستگاه‌های شماره ۱، ۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۳، ۲۴، ۲۸، و ۳۷ مقدار اختلاف بین میزان پیش‌بینی و اندازه‌گیری بالاتر از ۶ دسی‌بل بوده و مقدار اندازه‌گیری بیشتر از مقدار محاسبه شده توسط مدل می باشد. لازم به‌ذکر است تمامی ایستگاه‌های مذکور در حاشیه بزرگراه واقع شده و در مورد ایستگاه شماره ۱۲ حاشیه میدان هفتم آذر می‌باشد. در صورتی که در ایستگاه‌های شماره ۱۰، ۱۶، ۱۷، ۲۰، ۲۳، ۲۷، ۳۲، و ۳۵ میزان تفاضل مقادیر محاسبه شده و اندازه‌گیری شده کمتر از ۲ دسی‌بل می‌باشد. موقعیت تمامی این ایستگاه‌ها به جز ایستگاه شماره ۱۰ با فاصله نسبی از بزرگراه قرار دارد. بنابراین می‌توان گفت مدل مورد مطالعه در نزدیک بزرگراه‌ها دارای دقت کمتری می‌باشد و با فاصله گرفتن از بزرگراه این دقت افزایش می‌یابد. البته واضح است که این موضوع نیازمند انجام تحقیقات بیشتری می‌باشد. در بررسی دلایل این‌که چرا میزان پیش بینی شده توسط مدل در حاشیه بزرگراه کمتر از مقادیر اندازه‌گیری شده می‌باشد یک نکته قابل توجه محتمل می‌باشد و آن شکست و انعکاس امواج صوتی در برخورد با لبه بزرگراه و یا سازه‌های اطراف مانند جداول وسط و کناره بزرگراه، ساختمان‌ها و فضای سبز می‌باشد که در محاسبات مدل لحاظ نشده اما در زمان اندازه‌گیری تاثیر هم‌افزایی خود بر مقادیر اندازه‌گیری را دارند.

در تایید این علت می‌توان گفت وجود ساختمان‌ها در جوار جاده‌ها، پیچیدگی‌هایی در فرآیند انتشار آلودگی صوتی ترافیک ایجاد می‌کند. امواج صوتی منتشر شده پس از برخود به سطوح ساختمان‌ها یا به صورت مکرر منعکس، و یا منتشر می‌شوند. ساختمان‌ها، صوت را مانند آیینه منعکس می‌کنند. در عمل، پراکندگی و پخش صوت

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

را در مدل‌های پیش‌بینی در نظر نمی‌گیرند و از مدل‌های پیش‌بینی برای تخمین و برآورد مقدار آلودگی صوتی استفاده می‌کنند. در مطالعه‌ای که برای مدل‌سازی آلودگی صوتی با FHWA–TNM در بولوار وکیل آباد مشهد انجام شد مشخص شد میزان صوت پیش‌بینی شده توسط مدل ۶/۵۱ دسی‌بل کمتر از میزان صوت اندازه‌گیری شده است [22]. در مطالعه زاهدی و همکاران در سال ۱۳۹۸ [23] در مقایسه نتایج نرم‌افزار و اندازه‌گیری میدانی به صورت کلی میزان تراز معادل صوت در نرم‌افزار کمی پایین‌تر بوده، چرا که سایر منابع مولد صوت در منطقه علاوه بر بزرگراه مورد بررسی در شبیه‌سازی لحاظ نشده بودند، ولی میزان کاهش تراز معادل صوت در اثر دیوار صوتی در نرم افزار و اندازه‌گیری میدانی به یکدیگر بسیار نزدیک و قابل قبول بود. به منظور بررسی روابط بین مقادیر اندازه‌گیری شده و مقادیر محاسبه شده توسط مدل و دستیابی به یک مقداری به عنوان تاثیر عوامل مختلف و خطای کاربران قبل از انجام محاسبات، با استفاده از نرم افزار SPSS مدل تحلیل رگرسیون خطی به روش ورود هم‌زمان بین دو گروه داده یادشده انجام گرفت. در این تحلیل رابطه مقدار اندازه‌گیری شده به عنوان متغییر مستقل (y) و مقدار محاسبه شده توسط مدل به‌عنوان متغییر وابسته (X) بررسی شد. در خروجی آزمون رگرسیون چون مقدار Sig کمتر از ۰/۰۵ شده نشان‌دهنده معنی‌دار بودن مدل خطی و مناسب بودن آن برای برازش داده‌ها است. ضریب تعیین R^2 در خروجی نیز برابر با ۰/۶۸۵ و قدرت رابطه بین دو متغیر X و y را بیان می‌نماید. در آزمون رگرسیون همیشه مقدار R^2 بین ۰ و ۱ بوده و این عدد هر چه به یک نزدیک‌تر باشد قدرت پیش‌بینی مدل بیشتر است. فرمول مدل رگرسیون با استفاده از خروجی SPSS را می‌توان به شرح ذیل نوشت:

$$y = 1.10x - 3.87$$

بر اساس نتایج آزمون رگرسیون می‌توان گفت رابطه معناداری بین مقدار اندازه‌گیری و مقدار محاسبه شده توسط مدل وجود دارد. با تجزیه و تحلیل مدل مورد مطالعه و اعتبارسنجی، می‌توان از طریق شناسایی دلایل، نقاط ضعف، خطاهای کاربران و ... میزان اختلاف بین مقدار محاسبه شده و مقدار مدل را کاهش داد. همچنین از آن‌جایی که هدف استفاده از مدل سازی صوت پیش‌بینی مقدار آلودگی صوت وارزیابی آثار ایجاد راه‌ها و بزرگراه‌ها می‌باشد استفاده از مدل فوق با میزان خطای یادشده قابل قبول می‌باشد. همچنین با استفاده از نرم‌افزار مدل‌سازی آلودگی صوت امکان طراحی دیواره صوتی نیز فراهم می‌باشد. به هر ترتیب امکان استفاده از مدل FHWA به‌عنوان یک ابزار موفق برای پیش‌بینی نویز با استفاده از پارامترهای ترافیکی شامل سرعت و نوع وسایل نقلیه برای کاهش آثار آلودگی صوت ترافیکی وجود دارد. همچنین از طریق ایجاد محدودیت در جریان ترافیک و سرعت می‌توان در کناره‌های بزرگراه‌های واقع در مجاورت شهرها و مناطق شهری، میزان انتشار آلودگی صوتی را نیز کاهش داد. TNM اطلاعات هواشناسی مانند دما و رطوبت نسبی به عنوان ورودی به مدل را دریافت و در محاسبات لحاظ می‌کند اما گرادیان درجه حرارت، سرعت باد و تغییر جهت باد را در محاسبات در نظر نمی‌گیرد.

۳-۴- بررسی تاثیر انواع خودرو در تولید آلودگی صوتی

میزان آلودگی صوت به طور مستقیم با حجم ترافیک متناسب است، به این معنی که با افزایش حجم ترافیک میزان آلودگی صوت نیز افزایش می‌یابد. اما نقش انواع خودروها در میزان صوت ترافیکی متفاوت می‌باشد به این منظور در تعداد ۶ ایستگاه به شرح جدول (۲) هم‌زمان با شمارش خودروها میزان صدا به‌وسیله دستگاه صداسنج اندازه‌گیری شد. با توجه به این‌که متغیر تعداد انواع خودروها (متغییر مستقل) و نتایج اندازه‌گیری شده (متغیر وابسته) کمی هستند توزیع آن‌ها در تست نرمالیته بررسی و تایید شد و در نرم‌افزار SPSS از طریق آزمون همبستگی پیرسون مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت (جدول ۳).

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

جدول ۳. نتایج آزمون همبستگی پیرسون برای بررسی ارتباط نوع وسیله نقلیه با آلودگی صوت

Vehicle type	Statistics parameters	Total number of vehicle	Maximum sound level in network A (L_{AFMX})	Minimum sound level in network A (LAFMN)	Soundequivalent level in network A (L_{Aeq})	Peak sound level (L_{zpk})
Light vehicle (car)	Pearson correlation	0.966	0.335	0.398	0.504	0.767
	Significance level	0.002	0.516	0.435	0.308	0.075
	Station number	6	6	6	6	6
Semi heavy vehicles	Pearson correlation	0.740	0.119	0.588	0.317	0.275
	Significance level	0.093	0.822	0.220	0.540	0.597
	Station number	6	6	6	6	6
Motor cycle	Pearson correlation	0.492	-0.040	0.844	0.830	0.374
	Significance level	0.322	0.940	0.035	0.041	0.465
	Station number	6	6	6	6	6
Heavy vehicles	Pearson correlation	-0.135	0.353	-0.450	0.110	0.433
	Significance level	0.799	0.493	0.371	0.836	0.391
	Station number	6	6	6	6	6
Bus	Pearson correlation	-0.233	-0.126	0.188	-0.088	-0.329
	Significance level	0.675	0.812	0.722	0.868	0.524
	Station number	6	6	6	6	6

Tabla 3. The results of Pearson correlation to investigate the relationship between vehicle type and noise pollution

بر اساس جدول (۳) می‌توان گفت ارتباط تعداد موتورسیکلت‌ها و مقدار L_{Aeq} و L_{AFmn} معنی‌دار و از نوع مثبت است و بیشترین میزان همبستگی را دارد. به عبارت دیگر با افزایش تعداد موتورسیکلت مقدار دو شاخص صوتی L_{Aeq} و L_{AFmn} افزایش پیدا می‌کند. مقدار ضریب همبستگی (r) نیز به ترتیب برابر ۸۳٪ و ۸۴٪ می‌باشد. سطح معناداری آزمون مذکور کمتر از ۵٪ می‌باشد. در مطالعه‌ای ارتباط بین نوع وسیله نقلیه (موتورسیکلت، وسایل نقلیه سبک، و وسایل نقلیه سنگین) با میزان آلودگی صوت از طریق رگرسیون بررسی شد [24]. مشخص شد موتورسیکلت‌ها بیشترین تاثیر بر آلودگی صوتی با ضریب استاندارد ۰/۶۸ دارند. در مطالعه یوسفی و نژادکورکی [25] تعداد زیاد وسایل نقلیه از جمله موتورسیکلت، را دلیل آلودگی بالای صوت در شهر یزد بیان کرده‌اند. موتورسیکلت‌ها کمتر از ۳٪ کل ترافیک را تشکیل می‌دهند، بنابراین تأثیر و مشارکت آن‌ها در سطوح کلی سروصدا کم است. مسأله‌ای که در مورد این وسایل وجود دارد این است که گاهی موتورسوار، تغییراتی را در آن ایجاد می‌کند یا وسایل ارزان‌قیمت و با کیفیت پایین را در هنگام تعمیر، جایگزین وسایل اصلی و اولیه موتورسیکلت می‌سازد که تراز صدای آن را افزایش می‌دهد و مقدار آن را از حدود قانونی یا استاندارد فراتر می‌برد. حد مجاز سروصدای موتورسیکلت‌هایی با حجم موتور کمتر از ۸۰ سی‌سی، تا ۸۶dBA تعیین شده است. همچنین در نتیجه‌گیری مطالعه صیادی اناری و موفق [19] در شهر بیرجند نیز بر وجود رابطه مستقیم بین تعداد و نوع خودرو و تراز آلودگی صوتی و نقش بارزتر موتورسیکلت‌ها تاکید شده است که با نتایج مطالعه حاضر هم‌خوانی دارد. برابر جدول (۴) در سطح

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

معناداری ۱٪ بین مجموع تعداد خودروها و خودروهای سواری ۹۶٪ ارتباط وجود دارد. برخی از ضرایب همبستگی که بیشتر مربوط به خودروهای سنگین و اتوبوس می‌باشد منفی گزارش شده است. علت آن است که در ایستگاه‌های مورد مطالعه تردد این خودروها کم صورت می‌گیرد و خودروهای کمی از وسایل نقلیه سنگین شمارش شده، اگرچه میزان بالایی صدا تولید می‌کنند. به هر حال آلودگی صوتی حاصل از اتومبیل‌های سواری نسبت به بیشتر وسایل نقلیه دیگر، کمتر است ولی به دلیل تعداد زیادشان در ایجاد سروصدای کلی ترافیک سهم به‌سزایی دارند. در مطالعه‌ای، محرم‌نژاد و صفری‌پور [26] در منطقه ۱ تهران عوامل مؤثر بر آلودگی صوتی را افزایش جمعیت، تردد خودروها، افزایش تراکم مسکونی (عوامل افزایش صوت) و توسعه فضای‌سبز (عامل کاهنده صوت) دانستند.

در مطالعه‌ای در سال ۲۰۱۸ در استرالیا یک مدل که در آن وسایل نقلیه سنگین به شش دسته تحت شرایط جریان آزاد تقسیم شده بودند، به دست آمد. این مدل پیش‌بینی آلودگی صوتی، صوت حاصل از وسایل نقلیه سنگین را با دقت بالاتر در مقایسه با مدل‌های متعارف پیش‌بینی کرد [27].

۴- نتیجه گیری و پیشنهادات

- در این پژوهش نتایج مدل FHWA بسیار نزدیک به مقادیر اندازه‌گیری شده بود، پس می‌توان نتیجه گرفت که این مدل برای پیش‌بینی سطح صوت با حد قابل قبولی از دقت قابل استفاده است. در این خصوص پیشنهاد می‌شود برای دستیابی به نتایج مطلوب‌تر کالیبراسیون مدل FHWA-TNM برای شرایط ایران در یک مطالعه تحقیقاتی بررسی شود.
- در محدوده مورد مطالعه شاخص‌های صوتی آن بالاتر از استاندارد سازمان حفاظت محیط زیست ثبت شده است. به دلیل تعداد زیاد وسایل نقلیه از جمله خودروهای سواری، سنگین، اتوبوس، نیمه‌سنگین و موتورسیکلت‌ها، تمامی مناطق، آلودگی بالای استاندارد را نشان می‌دهند که می‌تواند در دراز مدت سلامت شهروندان را به مخاطره بیندازد.
- طبق یافته‌ها بیشترین همبستگی بین موتورسیکلت‌ها و آلودگی صوتی وجود دارد. در این خصوص لازم است تا اقدامات لازم از قبیل جایگزین نمودن با موتورسیکلت‌های برقی و جدید در دستور کار قرار گیرد.
- اختصاص اراضی اطراف بزرگراه‌ها به کاربری‌های حساس از جمله مراکز درمانی و آموزشی مورد تایید نبوده و از طریق برنامه‌ریزی مناسب و صحیح می‌توان آثار آلودگی صوت را کاهش داد.
- استفاده از تجهیزات فنی شامل کنترل مبتنی بر سازه (آسفالت متخلخل واستفاده از مواد جاذب مسیر) و کنترل مبتنی بر دفاع صوتی (سیستم‌های الکترونیکی)، مدیریت در ترافیک و حمل و نقل شهری، کاهش آلودگی صوت در زمان طراحی و معماری ساختمان‌ها از طریق بهره‌گیری از هنر معماری، و کاهش آلودگی صوت با لحاظ نمودن ملاحظات در زمان برنامه ریزی فیزیکی شهرها شامل طراحی بافت، تخصیص کاربری‌ها، طراحی فضای سبز، ایجاد مسیر ویژه عابرین پیاده و دوچرخه، و تعیین حریم مناسب برای راه‌ها و بزرگراه‌ها را می‌توان به‌عنوان راهکار کاهش صوت ارائه کرد.

۵- مراجع

[1] Ghorbani A., Fahimi FG., Tavana A., Kiadaliri M., & Mohammadi, M., (2022). Investigating of Noise Pollution on Shahid Kalantari Highway in

Mashhad Using Statistical Analysis. Journal of Research in Environmental Health, 8(1),11-20 (in Persian).

[2] Ranjbar HM., Gharagozlou A., Vafaei nejad A., & Kluijver, H., 2013. A GIS-Based Approach for 3D Modeling of Noise by Using 3D City Model (Case Study: Parts of the 3rd Region of Tehran). Journal of Environmental Studies, 38(4), 125-140 (in Persian).

[3] Praticò, G. Anfosso-Lédée F. (2012). Trends and Issues in mitigating traffic noise through quiet pavements. Procedia -Social and Behavioral Sciences 53 (2012). 203–212.

[4] Nikuian, A., & Dehghani, H., 2016. International standard models of traffic noise emission in big cities and 3D simulation of noise pollution. International Urban Economy Conference (in Persian).

[5] Gómez D., Carvajal J., -Rodríguez V., & García J., (2015). Assessment of the RLS 90 calculation method for predicting road traffic

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

noise in Colombian conditions. Revista Facultad de Ingeniería. 1(75), 175-178.

[6] Quartieri A., Mastorakis N., Iannone G., Guarnaccia C., D'Ambrosio S., & Troisi, A., (2009). A review of traffic noise predictive models. Recent Advances in Applied and Theoretical Mechanics, 72-80.

[7] Barry, T. M., & Reagan, J. A. (1978). FHWA highway traffic noise prediction model, US Department of Transportation.

[8] Salimpour M., Karimi A., Mohammadnejad B., & Rezaali, M., (2017). Zoning of noise pollution using TNM model, a case study of Tehran-Karaj highway. The 6th National Conference on Air and Noise Pollution Management, Tehran (in Persian).

[9] United States Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), (2023) https://www.fhwa.dot.gov/environment/noise/traffic-noise-model/ (accessed May 2024).

[10] Pashupatihal, S., Sneha, R., Sumanth, K., (2017). Prediction of noise levels using FHWA Model for National highway 150 A (NH 150-A). International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(6): 2096-2100 (in Persian).

[11] Rahman, MA., (2017). Evaluation of the FHWA traffic noise model, Dissertation of Degree Doctor of Engineering.

[12] Kazemzadeh A., & Laali Niyat, I. (2019). Spatial modelling of railway noise propagation. Journal of Geospatial Information Technology, 7(1) ,145-168 (in Persian).

[13] Eskandari R., Rassafi AA., & Behnood, HR., 2020. Modelling noise in an urban intersection (A case study). Modares Civil Engineering journal, 20(3), 69-78 (in Persian).

[14] Kiani Sadr M., Nassiri P., Sekhavatjo MS., & Abbaspour, M., 2009. Noise Pollution Assessment in Khoramabad to Presenting Executive Strategies to Control or Reduce It. Journal of Environmental Studies, 35(51), 83-96 (in Persian).

[15] Hassani, F., Nasseri, P., Hassani, Z., (2015). Evaluation of traffic noise pollution in grand bazaar of Tehran with TNM model. The 14th International Conference of traffic and Transportation Engineering (in Persian).

[16] Rahimi F., Sadeghi-Niaraki A., & Ghodosi, M., 2020. Assessment of noise pollution in region 16 of Tehran. Environmental Sciences, 17(4), 192-179 (in Persian).

[17] Golmohammadi, R., Abbaspour, M., Nassiri, P., & Mahjub, H. 2009 A Compact Model for Predicting Road Traffic Noise. Iranian Journal of Environmental Health Science and Engineering, 6(3), 181-183.

[18] Parvizian A., Ahmadi H., Amanpour S., & derakhshan, A., (2020). Modeling land use map locations to produce a maps of noise pollution; (Case Study: Yasouj). Journal of Geography, Urban and Regional Studies, 9(34), 7-22 (in Persian).

[19] Sayadi Anari MH., & Movafagh, A., 2014. Environmental Noise Pollution Level at Birjand City Using Statistical and GIS Techniques. Journal of Environmental Studies, 3(3), 693-710 (in Persian).

[20] Oveysi E., Esmaeili Sari A., & Ghasempouri, M., 2007. A Study and Measurment of Noise Pollution Due to Traffic, Yazd. Iranian Journal of Natural Resources, 59(4), 885-901 (in Persian).

[21] Karimi E., Nasiri P., Abasspour M., Moghadam MR., & Taghavi, L., 2012. Evaluation of noise pollution in ditrict 14 of Tehran. Human & Environment, 10(4), 1-12 (in Persian).

[22] Khayami, E., Mohammadi, M., Bahadori, MS., Hasani, F., & Ghorbani, A., (2019). Prediction of highway noise pollution level by model FHWA-TNM (Case study: Vakilabad Highway in Mashhad-Iran). Iranian Journal of Health, Safety & Environment, 7(1), 1395-1402.

[23] Zahedi, H., Rashidi, Y., & Hashemi, S.H., (2019). Evaluation of acoustic noise barrier of Ayatollah Hakim highway (opposite Pardisan Park) (Through field measurements and simulation with TNM2.5 software). Journal of Environmental Science Studies, 4(1), 876-883.

[24] Suthanaya, PL., 2015. Modelling road traffic noise for collector road (case study of Denpasar City). Procedia Engineering 125, 467 – 473.

[25] Usefi E., & Nejadkurki F., 2010. Investigating the impact of urban form on noise pollution using GIS in Yazd city. Master's thesis of University of Tehran.

[26] Moharramnejad, N., & Safaripour M., (2009). The impact of urban development on the trend of noise pollution in the first district of Tehran and providing management solutions to improve the conditions. 4(10), 43-70 (in Persian).

[27] Peng, J., Parnell, J., & Kessissoglou, N., (2019). A six-category heavy vehicle noise emission model in free-flowing condition. Applied Acoustics, 143, 211-221.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]

Evaluation of FHWA-TNM model in predicting traffic noise pollution, case study: Mashhad Hashemi Rafsanjani (Misagh) highway

Abolfazl Jamail[1], Ghasem Zolfaghari[*2], and Hadi Soltanifard[2]

1. M.Sc. Graduated Student of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran
2. Associate Professor, Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

[*] Corresponding Author - Email: ghr_zolfaghari@yahoo.com, g.zolfaghari@hsu.ac.ir

Received: 2024/02/13 Accepted: 2024/07/10

Abstract

Most of the noise pollution in big cities is related to traffic, and the construction of highways and traffic flow with high volume and speed creates problems for the nearby residents. Calculating the amount of noise pollution through modeling makes it possible to reduce the effects of noise pollution in the design of highways and surrounding uses. This research, which was conducted on the Hashemi Rafsanjani highway (Misthaq) in Mashhad, by measuring the volume of sound, traffic information, weather information and surrounding uses, using the American federal highway management model (FHWA) with TNM 2.5 software models the emission of noise pollution and compares the obtained results with the measurements made through statistical analysis.

The following steps were implemented for this research: 1- collecting information about the volume and speed of traffic, 2- collecting information and characteristics related to the road such as road width, road type, surrounding land use map, green space around the highway, height and density of buildings around the highway, meteorological information such as temperature and humidity, 4- determining sensitive points around the area in terms of noise pollution, such as residential, medical, educational centers, etc., and measuring sound in sensitive points as sound receptors, 5- modeling by TNM 2.5 software, AutoCAD map or GIS layers for the scope of the project should be prepared and converted to DXF format, 6- statistical analysis and comparison of the results obtained through the model and measurements and comparison with the standards, and 7- testing the hypotheses through SPSS statistical software and analyzing the results in the Excel environment.

The estimated results of the FHWA model were very close to the observed values (The highest value is 85 db and the lowest value is 55 db), therefore, according to the results of this model, it is reasonably accurate for predicting noise pollution, and the average difference of the Leq values calculated with the measured values is ±3.5 dB. The regression coefficient between the measured values and the values calculated by the model was reported as 0.685. The amount of difference of the predicted values is relatively high only in three stations 1, 7 and 24 and is equal to 14.8, 10.7 and 10.7 dB respectively. In examining the cause of this issue, it can be stated that two stations 1 and 7 are located in a position where, in addition to the sound they receive from the studied highway, they are affected by the traffic of vehicles on other routes near them and receive sound. In the study area, due to the fact that the majority of uses are residential, which is considered as a sensitive area, all measured values in the stations were higher than the standard of the Environmental Protection Organization (55 db). The lowest recorded sound is related to station number 36 with a level of 55.4 dB. This station is located inside the barren lands and is connected to the agricultural lands located between Amirieh and Esmatiye boulevards. The average amount of noise pollution in all stations is 74. The highest sound value is related to station number 24 and is equal to 85.1 dB, which is located at the beginning of Hashemi Street 45 and the dominant use around it is residential. Due to the large number of vehicles, including cars, heavy vehicles, buses, semi-heavy and motorcycles, all areas show high noise pollution that can endanger the health of citizens. The effect of car type was investigated by Pearson's test, and there was the highest correlation between motorcycles and noise pollution, as the number of motorcycles increased, the value of the two noise indices L_{Aeq} and L_{AFmn} increased with correlation coefficients of 83% and 84%. In this regard, it is necessary to take necessary measures such as replacing with new electric motorcycles. Allocation of land around highways to sensitive uses, including medical and educational centers, has not been approved, and the effects of noise pollution can be reduced through appropriate planning. There are several solutions to reduce the effects of noise pollution, based on priority, it is possible to correctly locate the uses, consider the distance between highways and sensitive uses, assign this distance to uses such as linear green space, footpaths and bicycles, the creation of barriers that reduce sound waves such as embankment, trees and finally the last priority of using technical equipment such as acoustic wall.

Keywords: Noise pollution, FHWA-TNM 2.5, Modeling, Mashhad.

[Downloaded from mcej.modares.ac.ir on 2025-02-07]

[DOI: 10.22034.24.5.101]