مطالعات علوم محیط زیست، دوره ٤، شماره اول، فصل بهار ۱۳۹۸، صفحه ۸۷٦-۸۸۳

ارزیابی عملکرد دیوار صوتی آکوستیک بزرگراه آیت‌الله حکیم تهران (روبروی پارک پردیسان) (از طریق اندازه‌گیری میدانی و شبیه‌سازی با نرم‌افزار TNM2.5)

۱-هادی زاهدی* ۲- یوسف رشیدی ۳- سیدحسین هاشمی

* ۱- کارشناس ارشد علوم و مهندسی محیط زیست

۲-استادیار گروه فناوری‌های محیط زیست پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهید بهشتی تهران

۳- دانشیار گروه فناوری‌های محیط زیست پژوهشکده علوم محیطی دانشگاه شهیدبهشتی تهران

ایمیل نویسنده مسئول:hadizahedi1371@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۳۱

چکیده

دیوارهای صوتی علاوه بر امکان‌سنجی منطقه جهت احداث، مدل سازی و شبیه سازی پیش از نصب، پس از نصب نیز می‌بایست مورد ارزیابی قرار بگیرند تا نتیجه و نقش آن‌ها مشخص گردد، چرا که در صورت عدم احراز کاهشی قابل قبول در تراز معادل صوت، نصب مانع با توجه به بودجه صرف‌شده فاقد توجیه منطقی می‌باشد و می‌بایست نسبت به اصلاح آن اقدام نمود و همچنین از تکرار اشتباهات رخ داده در بخش‌های طراحی، نصب و ... در سایر طرح‌های مشابه جلوگیری نمود. در آغاز با استفاده از دستگاه صداسنج (Bruel & Kjaer 2236) عملکرد این دیوار صوتی به صورت میدانی اندازه‌گیری شد، در مرحله‌ی بعد به تحلیل نتایج و مقایسه تراز معادل صوت محیطی با استاندارد تراز معادل صوت در هوای آزاد مناطق مسکونی کشور پرداخته شد، سپس با استفاده از نرم‌افزارهای TNM2.5(Traffic Noise Model) و Surfer14 و داده‌های شرکت کنترل ترافیک تهران اقدام به شبیه‌سازی شرایط صوتی منطقه مورد مطالعه نمودیم. با وجود عملکرد قابل قبول دیوار صوتی در این منطقه، نتایج این پژوهش حاکی از عدم برقراری استاندارد صدا در هوای آزاد مناطق مسکونی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دیوار صوتی"، "تراز معادل صوت"، "اندازه‌گیری میدانی"،" شبیه‌سازی

Evaluation of acoustic noise barrier of Ayatollah Hakim highway (opposite Pardisan Park)(Through field measurements and simulation with TNM2.5 software)

1*-Hadi zahedi 2-Yousef Rashidi 3-Seyed Hossein Hashemi

1*-Graduate Environmental Science, University of Shahidbeheshti,Tehran,Iran.

*Email Address:hadizahedi1371@yahoo.com

Abstract

Noise barriers in addition to the possibility of the area for construction, modeling and simulation before installation, should also be evaluated after installat in order to determine the result and role, because in the absence of acceptable reductions In the equivalent balance of sound, the installation of a barrier with regard to the budget spent without logical justification and should be corrected as well as the repetition of mistakes made in the design, installation and ... in the other Similar plans prevent. In the beginning, using the Bruel & Kjaer 2236 the performance of this noise barrier was measured, in the next step, the analysis of the results and the comparison of the equivalent sound level with the standard for equivalent sound level in the open air of the country's residential areas Then, using the TNM2.5 (Traffic Noise Model) and Surfer14 software and data of Tehran traffic control compani, we simulated the sound conditions of the study area. Despite the acceptable performance of the noise barrier in this area, the results of this study indicate that the equivalent sound level has not reached the standard level in residential areas.

Keywords:
Noise barrier"," Equivalent Sound Level", "Field Measurement"," Simulation

١- مقدمه

امروزه آلودگی صوتی به عنوان یک مشکل جدی بهداشتی و محیط زیستی شناخته می‌شود. با گسترش پدیده شهرنشینی و مهاجرت و ایجاد شبکه‌های حمل و نقل جاده‌ای، ریلی و هوایی و همچنین توسعه سریع صنایع به مرور زمان مسئله آلودگی صوتی به عنوان یک مسئله جدی در نظر گرفته شد که مسئولان برنامه‌ریزی شهری را بر آن داشت تا اقدام به کنترل و ارائه راهکار مناسب برای آن نمایند. بر اساس مطالعات انجام گرفته در کشورهای اروپایی رفاه اجتماعی با میزان نوفه همبستگی معکوس دارد. سازمان بهداشت جهانی آلودگی صوتی در شهرهای بزرگ را به عنوان سومین نوع آلودگی خطرناک بعد از آلودگی هوا و آب معرفی می‌کند(Jafari and et al,2012).

بر اساس گزارش ایسینگ و میچالاک افزایش استرس ناشی از صدا باعث افزایش اختلالاط ارتباطی و تغییر در فشار خون می‌شود که می‌تواند منجر به بیماری‌های معده و روده، افزایش فشارخون و دیگر بیماری‌های قلبی و عروقی گردد(Ising and Michalak,1998) .

بابیچ و همکاران اثر مواجهه با صدای ترافیک را در شهرهای مختلف مطالعه کردند و افزایش بروز طیف وسیعی از بیماری‌های قلبی را گزارش نمودند(Babisch and et al, 1994).

به منظور کنترل و کاهش آلودگی صوتی سه مرحله می‌بایست مورد نظر قرار بگیرد:

١- کاهش و کنترل منبع تولید کننده صوت

٢- کاهش و کنترل در مسیر انتشار صوت

٣- کاهش و کنترل در محل دریافت صوت

استفاده از مانع‌های صوتی از جمله روش‌هایی می‌باشد که در مرحله دوم یعنی کاهش و کنترل در مسیر انتشار صوت کاربرد پیدا می‌کند و در کاهش و کنترل صدای ناشی از ترافیک به علت حرکت لاستیک خودروها بر سطح جاده، عبور هوا با سرعت از روی بدنه وسیله نقلیه، ازدحام موتور وسایل نقلیه و برخی ناهنجاری‌های عمدی(مانند بلند کردن صدای اسپیکرهای داخلی، دست کاری اگزوز خودرو و ...) موثر واقع می‌شود(Kotzen and English,2009) .

هم اکنون ٢٠ بزرگراه شهر تهران آلودگی صوتی دارند که در تعدادی از این بزرگراه ها نصب دیوار صوتی صورت گرفته است(*Abbasi and et al,2015*)، بزرگراه حکیم نیز به ۴ دیوار صوتی تجهیز گردیده است، که در این پژوهش دیوار صوتی روبروی پارک پردیسان مورد بررسی قرار می‌گیرد.

با طراحی و نصب مانع صوتی به شکل صحیح می‌توان کاهش ١٠ تا ١٥ دسی‌بلی در آلودگی صوتی محیطی ایجاد نمود و تراز معادل صوت را به حداکثر ۵۵ دسی‌بل در روز و حداکثر ۴۵ دسی‌بل در شب که استاندارد کشور برای مناطق مسکونی می‌باشد، نزدیک نمود(Aghaii and et al, 2012). این در حالی است که یک مانع آکوستیکی با ارتفاع مناسب می‌بایست حداقل ۵ دسی‌بل تراز معادل آلودگی صوتی را کاهش دهد (Shima and et al,1996). بنابرین دیوارهای صوتی علاوه بر امکان‌سنجی منطقه جهت احداث موانع صوتی، مدل سازی و شبیه سازی پیش از نصب، پس از نصب نیز می‌بایست مورد ارزیابی قرار بگیرند تا نتیجه و نقش نصب آن‌ها مشخص گردد، چرا که در صورت عدم احراز کاهش حداقلی ۵ دسی‌بل تراز معادل صوت، نصب مانع با توجه به بودجه صرف‌شده فاقد توجیه منطقی می‌باشد(*Abbasi and et al,2015*) و می‌بایست نسبت به اصلاح آن اقدام نمود و از تکرار اشتباهات رخ داده در بخش‌های طراحی، نصب و ... در سایر طرح‌های مشابه جلوگیری نمود.

٢- روش بررسی

در این پژوهش با استفاده از دستگاه صداسنج مدل Bruel & Kjaer 2236 (Denmark, http://www.bk.dk) دارای استاندارد ابزار اندازه‌گیری تراز معادل صوت IEC60651) و طبق استانداردسازمان حفاظت محیطی آمریکا (EPA) به لحاظ تراز صوت(در ارتفاع ١,۵ متری از سطح زمین) در موقعیت‌های مختلف نسبت به دیوار صوتی مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به اینکه در فاصله‌ای معادل چهار برابر حداکثر طول موج صدای محیط(با فرض حداقل صوت غالب ۶۳ هرتز در صدای ترافیک)، پراش ایجاد شده از لبه دیوار صوتی تاثیر قابل توجهی بر روی امواج صوتی نخواهد داشت (Karimi and et al,2017)، لذا اندازه‌گیری تراز صوت علاوه بر ۵ متری پشت دیوار, بسته به موقعیت منطقه در فاصله ٢٠ متری پشت دیوار نیز صورت گرفت و سپس دو فاکتور کاهش تراز معادل صوت و میزان افت صدا (از طریق نمودار)

در این مقاطع مورد ارزیابی و مقایسه با استاندارد هوای آزاد کشور در مناطق مسکونی قرار گرفت.

فرآیند اندازه‌گیری تراز معادل صوت (مطابق با استاندارد EPA و ISO19963)

۱- کالیبراسیون دستگاه سنجنده (قبل و بعد از اندازه گیری): با استفاده ازدستگاه کالیبراتور صدا(مدرج کننده آگوستیک) نوع ۴۲۳۱ (دقت کالیبراسیون ± ۰,۲ دسی‌بل) دستگاه سنجنده صوت را کالیبره می‌نمودیم. این دستگاه در فرکانس‌های معینی مثلاً ۱ کیلو هرتز یا ۲۵۰ هرتز تراز معینی از صوت خالص برابر ۹۴ یا ۱۱۴ دسی‌بل تولید می‌کند(کالیبراسیون معمولا در فرکانس ۱کیلوهرتز و شدت صوت ۹۴ dB صورت می گیرد(Kalhor ,2016) .

۲- صداسنج بر روی سه پایه در یک وضعیت مناسب قرار میداده‌ایم(دستگاه باید تراز باشد.).

۳- برای اندازه‌گیری صدای حاصل از ترافیک، میکروفون را ۱/۵ متر بالاتر از سطح زمین(با استفاده از سه پایه مخصوص) و فاصله افقی از محدوده ترافیکی حداقل ۲ متر نصب می‌نمودیم.

۴- کلید صداسنج ابتدا بر روی وضعیت تست قرار داده تا از عملکرد صحیح باطری اطمینان حاصل گردد. درصورت لزوم توسط پیچ تنظیم دقیق، تنظیمات لازم صورت می‌گیرد.

۵- صداسنج در حالت (A) dB قرار می‌دادیم گه مناسب برای اندازه‌گیری صوت بزرگراه باشد.

۶- میکروفن به سمت جهت اصلی صدا قرار داده، یعنی عمود به جبهه موج ایجاد شده توسط منبع.

۷- استفاده از محافظ برای دستگاه به منظور کاهش اثرات وزش باد.

۸- دستگاه سنجش صوت به اندازه یک دست(حداقل ۳۰ سانتیمتر) از شخص نمونه بردار فاصله داشته‌است.

۹- مود پاسخ دستگاه در حالتFAST قرار می‌دادیم (حالتی است که دستگاه هر ۱۲۵ میلی ثانیه یک اندازه‌گیری می‌کند). این مود مناسب برای اندازه‌گیری تراز معادل صوت در بزرگراه می‌باشد.

اندازه‌گیری‌ها از ساعت ۱۰ الی ۱۴ انجام پذیرفته که طبق داده‌های ایستگاه سینوپتیک امام خمینی در روز اندازه‌گیری دارای دمای ۳درجه سانتی‌گراد، فشار ۹۱۲/۳۰۰ hPa ، سرعت باد ۳ متر بر ثانیه یا ۱۰/۸ کیلومتر بر ساعت، جهت باد جنوب شرقی و در صد رطوبت ۳۸ می‌باشد که طبق راهنمای کاربری دستگاه محدوده فاکتورهای ذکر گردیده قابل قبول و حداکثر تاثیر ان بر نتایج کمتر از ۰,۵ دسی‌بل می‌باشد(http://www.bksv.com/en/) .

موقعیت و جزییات اندازه‌گیری

در این اندازه‌گیری ۸ ایستگاه، ۳ مورد در داخل بزرگراه، ۲ مورد چسبیده به پشت دیوار(۵متری) و ۳ مورد در فاصله ۲۰ متری از پشت دیوار برگزیده شد. در بررسی عملکرد این دیوار صوتی به‌علت فاصله حدود ۴۰ متری منازل تا دیوار صوتی و همچنین وجود خیابان مابین دیوار و منازل، اندازه‌گیری تراز معادل صوت در منازل نمی‌توانست شاخص مناسبی برای عملکرد دیوار صوتی باشد، ضمنا پشت این دیوار صوتی دارای پوشش گیاهی و شیب ملایمی بوده که موجب قرار گرفتن دیوار صوتی بالاتر از سطح خیابان و منازل گشته و شرایط آرامی را (به لحاظ تراز معادل صوت) ایجاد نموده بود.

شکل۱- نقشه دیوار صوتی، بزرگراه حکیم، روبه‌روی پارک پردیسان

مدل TNM (Traffic Noise Model)

این مدل، مدل بزرگراهی ایالات متحده آمریکا و مورد تایید EPA[1] می‌باشد. مدل 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 دلخواه را می-دهد. مدل TNM قابلیت طراحی موانع و دیوارهای صوتی را دارد. مدل از به روزترین الگوریتم‌ها در محاسبات شدت صوت استفاده کرده که گاها این الگوریتم‌ها بسیار پیچیده نیز هستند (Kalhor ,2016).

ورودی نرم افزار

۱- فایل dxf منطقه دیوار صوتی

ابتدا در نرم‌افزارهای GIS10.4 و Google Earth7.3 منطقه دیوار صوتی را مشخص کرده و منطقه را از لایه اطلاعاتی (shape file) کاربری اراضی تهران(تهیه شده از سازمان نقشه برداری کشور) در نرم افزار AutoCAD2016 برش داده و به صورت فایل dxf خروجی گرفته تا قابل وارد سازی به نرم افزار TNM2.5 باشد.

۲- حجم تردد خوردو از منطقه دیوار صوتی به صورت ساعتی(تهیه شده از دوربین‌های ترافیکی منطقه دیوار صوتی- تهیه شده ازشرکت کنترل ترافیک تهران)

نحوه استخراج داده از اطلاعات شرکت کنترل ترافیک تهران:

بعد از انتخاب ساعت مورد نظر که در این تحقیق متناسب با شروع کار اندازه‌گیری‌ها و ساعت ۱۰ صبح می‌باشد، ومنطقه(segment) دیوار صوتی در کل بزرگراه، با توجه به ضرایب، ناوگان‌های عبور مرور به ۵ ناوگان قابل ورود به نرم‌افزار TNM(۱- سواری(شامل تاکسی و معمولی)، ۲- موتور سیکلت، ۳- اتوبوس، ۴- نقلیه نیمه سنگین(وانت، وانت باری، مینی‌بوس)، ۵- نقلیه سنگین(سنگین باری، اتوبوس غیر واحد)) تقسیم می‌شوند و سرعت متوسط segment مورد بررسی نیز استخراج می‌شود تا به نرم‌افزار وارد شود.

جدول۱- داده‌های حاصل از اطلاعات دوربین‌های شرکت کنترل ترافیک تهران در منطقه مورد مطالعه

(جدول در پیوست، پیوست ۱)

۳-رطوبت نسبی و دما(تهیه شده از ایستگاه سینوپتیک امام خمینی)

۴- عرض خیابان(تعداد لاین× ۳/۶۸ متر)

۵- مشخص کردن زیرگذر یا روگذر بودن خیابان

۶- ارتفاع گیرنده جهت ترسیم خطوط تراز (برای گیرنده در شبیه‌سازی ارتفاع ۱/۵ متری را درنظر گرفته که بیان‌گر مجاورت صوت با سیسنم شنوایی انسان‌ها می‌باشد.)

۷- ضریب کاهش صوت (NRC) دیوار صوتی(متناسب با جنس دیواره، پلی‌کربنات)

در بخش شبیه سازی نرم‌افزاری نیز پس از تهیه فایل ورودی به نرم‌افزار TNM و انجام پردازش از جمله تعریف دیوار صوتی، وارد نمودن شرایط آب وهوایی، جنس زمین و مشخص نمودن ضریب جذب هر بخش اقدام به مشخص نمودن تراز معادل صوت در گیرنده‌های تعریف شده، نموده و علاوه بر مقایسه بین اندازه‌گیری میدانی و شبیه‌سازی با استفاده از نرم‌افزار surfer به رسم خطوط تراز صوتی در منطقه پرداخته شد.

۳- یافته‌ها

تحلیل اولیه اندازه‌گیری‌های انجام‌گرفته

جدول۲- اندازه‌گیری عملکرد دیوار صوتی بزرگراه حکیم(روبه‌روی پردیسان)

جدول در پیوست، پیوست ۲)

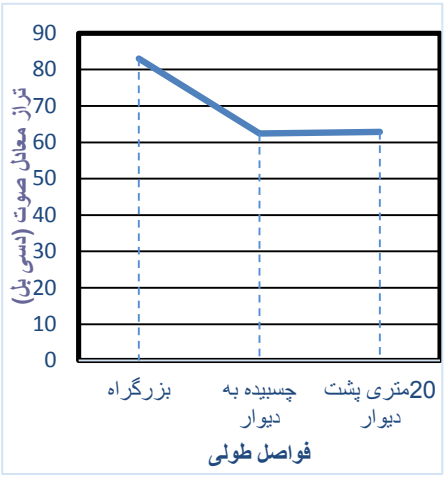
در این بخش علاوه بر محاسبه میانگین اندازه‌گیری‌ها در هر فاز و برآورد اختلاف تراز معادل صوت ناشی از دیوار صوتی، ضمن بیان نمودن ویژگی‌های دیوار صوتی به مقایسه میزان تراز معادل صوت با استاندارد صدا در هوای آزاد ایران در مناطق مسکونی که بخشی از ماده ۲ آیین نامه نحوه

۱- environmental protection agency

جلوگیری از آلودگی صوتی مصوب شده در تاریخ ١٣٧٨/٣/١٩ توسط هیات وزیران است، پرداخته شد.

جدول٣- میزان کاهش تراز معادل صوت در اثر دیوار صوتی بزرگراه حکیم(روبه‌روی پردیسان) در فواصل مختلف

(جدول در پیوست، پیوست ٣)

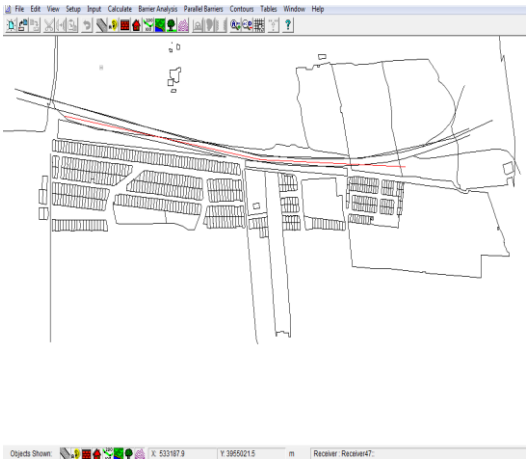


شکل٢- نمودار تغییرات تراز معادل صوت در اثر دیوار صوتی بزرگراه حکیم(روبه‌روی پردیسان)

عملکرد این دیوار صوتی با کاهش حدود ٢٠ دسی‌بلی تراز معادل صوت که هم در منطقه سایه دیوار و هم در فاصله ٢٠ متری پشت آن توسط دستگاه سنجیده می‌شود، مثبت ارزیابی می‌گردد. طولانی بودن و پوشش گیاهی پشت دیوار صوتی را می‌توان از دلایل اصلی این اثر برشمرد. بین دیوار صوتی و منازل مسکونی خیابانی وجود دارد که البته کم‌تردد است. در این منطقه استاندارد ٥٥ دسی‌بل مناطق مسکونی در هوای آزاد کشور برقرار نمی‌شود. به علت وجود پل عابر پیاده یک الی دو پنل دیوار صوتی خالی می‌باشد که می‌توان این نکته را به عنوان نقطه ضعف این دیوار برشمرد.

شبیه سازی

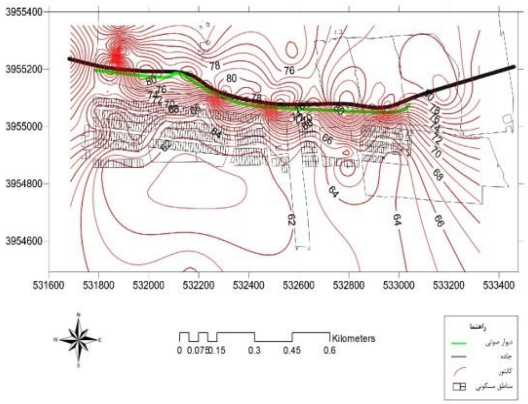
در این شبیه‌سازی پوشش گیاهی پارک مانند پشت دیوار صوتی عریض این منطقه تعریف گردیده است، تراز معادل صوت بدست آمده افت تراز معادل صوت ٢٠دسی‌بلی را در فاصله ٢٠ متری از دیوار نمایش می‌دهد که با اندازه‌گیری میدانی که در فاصله ٢٠ متری افت ١٩ دسی‌بلی ثبت شد، قرابت بالایی دارد. ضمنا، باتوجه به این‌که دقت نرم‌افزار تا ٣ دسی‌بل می‌باشد، هنگامی که فاصله اندازه‌گیری میدانی با شبیه‌سازی کمتر از این مقدار باشد، نیازی به واسنجی مدل وجود ندارد (Fleming and et al, 1995).



شکل٣- پردازش دیوار صوتی بزرگراه حکیم(روبه روی پردیسان) در نرم افزار TNM

خطوط تراز صوت در مناطق دارای دیوارهای صوتی:

در این بخش خطوط تراز صوتی در منطقه مورد بررسی قرار داده می‌شود، پردازش این بخش در نرم افزار TNM 2.5 و خروجی گرفتن در نرم افزار Surfer 14 با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ صورت پذیرفته است. با مشاهده خطوط تراز و مقایسه قسمت پشتی دیوار صوتی با قسمت روبروی آن در پشت بزرگراه می‌توان به میزان عملکرد دیوارهای صوتی و تاثیر آن‌ها بر تراز معادل صوت پی برد.



شکل٤- خطوط تراز صوتی بزرگراه حکیم (روبه روی پردیسان)

فاصله کم بین خطوط تراز در پشت دیوار صوتی حاصل عملکرد دیوار صوتی فوق می‌باشد که در اندازه‌گیری میدانی

نیز دیوار موفقی ارزیابی گردیده بود. ضریب جذب پوشش گیاهی پشت دیوار نیز در شبیه‌سازی لحاظ گردیده که البته حداکثر تاثیر پوشش گیاهی۳ دسی‌بل می‌باشد.

٤- بحث و نتیجه گیری

با توجه به مطالعات صورت پذیرفته از جمله Shima و همکاران(7) که کاهش حداقل ۵ دسی‌بلی تراز معادل صوت ناشی از دیوارهای صوتی را نشانه عملکرد قابل توجیه این موانع بر می‌شمردند، دیوار صوتی مورد بررسی دارای عملکرد قابل قبولی می‌باشد.

با وجود عملکرد قابل توجیه دیوار صوتی، نتایج این پژوهش حاکی از عدم رعایت استاندارد صدای کشور در هوای آزاد مناطق مسکونی می‌باشد.

با استفاده از نرم افزار TNM می‌توانیم ارتفاع مناسب دیوار صوتی را با توجه به جنس آن انتخاب نموده تا بدین طریق از اتلاف هزینه جلوگیری کرده و همچنین تراز معادل صوت را به میزان قابل قبول کاهش داد. همچنین با استفاده از نرم افزار می‌توان هزینه مورد نیاز برای احداث دیوار صوتی را پیش‌بینی نمود.
در مقایسه نتایج نرم‌افزار و اندازه‌گیری میدانی به صورت کلی میزان تراز معادل صوت در نرم افزار کمی پایین‌تر بوده، چرا که سایر منابع مولد صوت در منطقه علاوه بر بزرگراه مورد بررسی در شبیه‌سازی لحاظ نگردیده‌اند، ولی میزان کاهش تراز معادل صوت در اثر دیوار صوتی در نرم افزار و اندازه-گیری میدانی به یکدیگر بسیار نزدیک و قابل قبول می‌باشد.

٥- تشکر و قدردانی

در انتها ضمن عرض تشکر از مسئولین محترم شرکت کنترل کیفیت هوای تهران جهت در اختیار قرار دادن امکانات در راستای اجرای این تحقیق، از جمله دستگاه سنجنده صوت و وسیله حمل و نقل نهایت احترام را برای ایشان ابراز می‌داریم.

منابع

1- (Article in Standard Journals)

Jaffari, N. and et al., 2012. Evaluation of noise pollution in the isfehan. Journal of Health System Research / Year Seven / fifth edition / February and March. (Persian)

2- Ising, H. Michalak, R,. 1998. stress reactions due to noise-induced communication distrubance compared with direct vegetative noise effects,private communication.

3- Babisch, w. and et al ., 1994. the incidence of myocardial infarction and its relation to road traffic noise- the berlin case control studies,Archives of Environmental Health.20(4) 469-474.

4- Kotzen, Benz. and English, Colin., 2009. environmental noise barriers a guide to their acoustic and visual design.

5- Abbasi, m. and et al., 2015.Environmental noise barriers.(persian)

6-(conferences, sympusiums and workshops proceedings)

Aghaii, h . and et al., 2012. The design experience of the operation of the noise barrier in the tehran.AQM 2012. (Persian)

7- Shima, H.,watanabe, T.,Mizuno, K,. Iida, K., Matsumoto, K., And Nakasaki,K., 1996. Noise reduction of a multiple edge noise barrier, proceedings of internoise96, Liverpool, pp.791-4.

8-(conferences, sympusiums and workshops proceedings)

Karimi, E. and et al., 2017. Assess the overall performance of noise barriers installed on the highway in Tehran.AQM2017. (Persian)

9- Kalhor, M. Tnm Software Training Workshop. Tehran Conference on Air and sound Pollution Management, AQM 2016.(persian)
10- Precision Integrating Sound Level Meter — Type 2236. http://www.bksv.com/en/.

11- Fleming, Gregg G., Amanda S. Rapoza, Cynthia S.Y. Lee, November 1995. Development of National Reference Energy Mean Emission Levels for the FHWA Traffic Noise Model,® Version 1.0. Report No. FHWA-PD-96-008 and DOT-VNTSC-FHWA-96-2. Cambridge, MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center, Acoustics Facility.

پیوست۱

سرعت متوسط (km/h)	تعداد موتورسیکلت	تعداد نقلیه نیمه سنگین	تعداد نقلیه سنگین	تعداد اتوبوس	تعداد سواری
۶۶/۲۵	۲۶۱۰	۴۴۲	–	۵۲	۶۵۹۹۰

پیوست۲

پشت دیوار با فاصله ۲۰ متر		پشت دیوار			داخل بزرگراه			محل دیوار
۲۵۰متری دوم دیوار	۲۵۰متری اول دیوار	۲۵۰متری سوم دیوار	۲۵۰متری دوم دیوار	۲۵۰متری اول دیوار	۲۵۰متری سوم دیوار	۲۵۰متری دوم دیوار	۲۵۰متری اول دیوار	بزرگراه حکیم، مسیر غرب به شرق، روبروی پارک پردیسان تا خروجی بزرگراه شیخ فضل الله نوری (محدوده منطقه ۲)
۵۸/۷ دسی‌بل	۶۷ دسی‌بل	۶۱/۸ دسی‌بل	۶۵/۱ دسی‌بل	۶۰/۳ دسی‌بل	۸۳/۲ دسی‌بل	۸۳/۲ دسی‌بل	۸۲/۸ دسی‌بل	

پیوست۳

اختلاف تراز معادل صوت درفاصله ۲۰ متری پشت دیوار با بزرگراه	میانگین تراز معادل صوت اندازه گیری شده درفاصله۲۰متری پشت دیوار	اختلاف تراز معادل صوت چسبیده به پشت دیوار با بزرگراه	میانگین تراز معادل صوت اندازه گیری شده چسبیده پشت دیوار	میانگین تراز معادل صوت اندازه‌گیری شده در بزرگراه	محل دیوار
۲۰/۲۱ دسی‌بل	۶۲/۸۵ دسی‌بل	۲۰/۶۶ دسی‌بل	۶۲/۴ دسی‌بل	۸۳/۰۶ دسی‌بل	بزرگراه حکیم، مسیر غرب به شرق، روبروی پارک پردیسان تا خروجی بزرگراه شیخ فضل الله نوری (محدوده منطقه ۲)