"بسم الله الرحمن الرحیم"

عنوان مقاله :

مدیریت آلودگی صوتی ناشی از حمل و نقل شهری با بکارگیری ابزار GIS

لیلا خوبان
عضو باشگاه پژوهشگران جوان- دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات
عباسعلی قیومی
استاد دانشگاه واحد جنوب
پروین نصیری
استاد دانشکده علوم پزشکی دانشگاه تهران
علی اصغر آل شیخ
استاد دانشکده نقشه برداری دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی
مجید عباس پور
استاددانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی شریف

Leila_kh758@yahoo.com
0912-5127592

چکیده

ترافیک ناشی از حمل ونقل شهری یکی از منابع آلودگی صدا در سطح شهر های بزرگ است .آلودگی صدا بر سلامت ،آسایش و آرامش و سایر استانداردهای زندگی جامعه تاثیر سوء گذاشته و انجام اقدامات لازم در زمینه کاهش آلودگی صدا در این مناطق ضروری بنظر می رسد. یکی ازاصلیترین عواملی که می تواند مشکل آلودگی صدا را حل نموده و از پیچیده‌تر شدن آن جلو گیری نماید، مدیریت ، ارائه و تجزیه وتحلیل داده های صوتی جهت بصری سازی نتایج بدست آمده از اندازه گیری های صوتی برای برنامه ریزان شهری ، مهندسین راه و... می باشد . علی الخصوص اگر از این اطلاعات در جهت ارائه طرحهای کنترل و کاهش آلودگی صدا استفاده شود . دنیای امروز دنیای اطلاعات و مدیریت بهینه آنها می باشد.پیشرفت های روزافزون در دهه های اخیر در زمینه های تکنولوژی جمع آوری و ذخیره اطلاعات سبب گشته که کاربران و برنامه ریزان با حجم بسیار زیادی از اطلاعات مواجه گردند.با توجه به اینکه اطلاعات وقتی ارزشمند هستند که به شکل صحیح و در زمان مناسب ارائه شوند،بنابراین سیستمی نیرومند و کارآمد مورد نیاز می باشد که بتواند داده های مختلف را به شکل مناسب جمع آوری،پردازش،ذخیره و بازیابی نماید.در این راستا سیستم اطلاعات جغرافیائی به عنوان یک ابزار توانمند و تکنولوژی کارآمد در طراحی و ایجاد پایگاه اطلاعات آلودگی صدا به منظور جمع آوری،ذخیره،بازیابی و تجزیه و تحلیل اطلاعات آلودگی صدا معرفی می شود.

واژه های کلیدی :آلودگی صدا، سیستم اطلاعات جغرافیایی،تراز معادل فشار صوتی ،تابع درون یابی.

مقدمه

امروزه آلودگی صدا به عنوان یک مشکل جدی بهداشتی و زیست محیطی پذیرفته شده است . تا چندی قبل به رنجش و آزار ناشی از صدا چندان اهمیتی داده نمی شد ، اما با گسترش پدیده مهاجرت و زندگی شهر نشینی و ایجاد شبکه های حمل و نقل جاده ای ، ریلی و ... این مشکل شکل تازه ای به خود گرفت و در بین سایر عوامل و معضلات زیست محیطی ناشی از این ره آورد تکنولوژی ، مشکل آلودگی صدا قابل لمس تر بود . اهمیت این مشکل زمانی بیشتر شد که تعداد وسایط نقلیه در شبکه شهری گسترش روز افزون یافت و تردد این وسایل بطور پیوسته و شبانه روزی در مسیر بزرگراهها و سایر شبکه های حمل و نقل ایجاد شد .

جهت حمل و نقل جاده و رسیدن به راندمان بیشتر باید عملکردی را طراحی نمود که علاوه بر ایمن کردن و نظم بخشیدن به این نوع حمل و نقل دست کم آسایش و رفاه مردم را بدنبال داشته باشد ، لذا در این راستا ، مکان یابی و نصب موانع صوتی یکی از فاکتورهای اساسی و موفق جهت کنترل صدا می باشد که طی تحقیقات و پژوهشهای گسترده در سایر کشورهای جهان ، نتایج حاصل از اغلب این موانع قابل قبول و موفقیت آمیز بوده است .

سیستم اطلاعات جغرافیایی یک سیستم کامپیوتری است که قابلیت جمع‌آوری، ذخیره‌سازی، بازیابی، پردازش ، تحلیل، و نمایش داده‌های جغرافیایی را به شکل‌های مختلف دارا می‌باشد و ابزاری قدرتمند برای کار با داده‌های مکانی است. داده‌ها به صورت رقومی نگهداری شده و از نظر فیزیکی حجم کمتری را اشغال می‌کنند. و می‌توان مقادیر زیادی از داده‌ها را با سرعت زیاد و هزینه کم نگهداری و بازیابی نمود. تجزیه تحلیل‌های پیچیده را می‌توان انجام داد و امکان تصمیم‌گیری را در هر لحظه و در هر شرایطی به شرط موجود بودن اطلاعات مورد نیاز فراهم می‌نماید.

در این تحقیق سعی شده است با بکارگیری نرم افزار arc view وبا استفاده از روش spline نقاط حساس در بخشی از اتوبان همت در غرب تهران شناسایی و با توجه به اهمیت و لزوم استقرار موانع صوتی جهت کاهش آلودگی صدا در بزرگراهها ،ایجاد موانع صوتی برای این مناطق با توجه به نقشه های تراز صوتی تبیین شده در محیط arc view اقدام گردد .

استانداردهای کیفیت صدا در ایران

استانداردهای صدا در ایران شامل دو نوع Immission و Emission می باشد.استانداردهای Immission بدلیل اینکه آسایش و آرامش انسان را در نظر می گیرد می بایستی تعیین گردد.

این استاندارد به نوع رفتار ، آداب و رسوم ، فرهنگ و ساختار فیزیکی شهر بستگی دارد به همین دلیل در کشورهای مختلف مقادیر آن متفاوت است.

استانداردهای Emission به تکنولوژی بستگی دارد وبر اساس امکانات تکنیکی تعیین و اعلام می گردند.این استانداردها نباید از حد تحمل انسان بیشتر باشد.با توجه به بررسی هائی که در مورد میزان صدا در ایران انجام گرفته استانداردهای Immisson صدا که بر اساس استاندارد های مجازترازهای صوتی که به تصویب سازمان حفاظت محیط زیست کشور رسیده میزان مجاز صدا در هنگام روز و شب در نواحی و مناطق مختلف بر اساس جدول (۱) ارائه شده است.لازم به توضیح است که معیار اندازه گیری بوده که تراز معادل فشار صوت را در مدت ۳۰ دقیقه برحسب دسی بل آ بیان می نماید.

جدول(۱) :استاندارد های کیفیت صدا در هوای آزاد در کشور ایران [مرکز تحقیقات و مطالعات محیط زیست ؛ ۱۳۸۱]

نوع منطقه	روز	شب
منطقه مسکونی	۵۰ dB	۳۰ dB
منقطه مسکونی - تجاری	۶۰ dB	۵۰ dB
منطقه تجاری	۶۵ dB	۵۵ dB
منطقه مسکونی- صنعتی	۷۰ dB	۶۰ dB
منطقه صنعتی	۷۵ dB	۶۵ dB

روز : ۲۲ ـ ۷
شب : ۷ ـ ۲۲

Leq : تراز معادل فشار صوت بر حسب (A) dB

معیار اندازه‌گیری (۳۰′) Leq: تراز معادل فشار صورت اندازه‌گیری شده در مدت ۳۰ دقیقه بر حسب (A) dB

شیوه های مختلف کاهش و کنترل آلودگی صدا

- **اصلاح طراحی شهری**

اولین و ضروری ترین اقدام این است که طراحی شهری را اصلاح کنیم و در خصوص سیستم های حمل و نقلی به نظم و مقررات مناسبی دست یابیم . راه های مختلفی برای کاهش سر و صدا و نظام بندی شیوه های گوناگون اندازه گیری آلودگی صوتی وجود دارد .

- **کنترل محیطی**

این روش به ریزه کاریها و دقت عمل های بسیار نیازمند است . اندازه گیریهای فیزیکی به منظور کاهش سروصدا در جاده ها و اطراف آنها ، باید در مرحله طراحی کاربری زمین مد نظر قرارگیرد. با این شیوه به طرح جامع تر و بهتری دست می یابیم که مشکلات و مسایل آن کمتر است . از طرفی با ایجاد مشکلات محیطی که از جاده و ترافیک ناشی می شود ، باید شیوه های اندازه گیری سروصدا و روشهای کاهش آن مد نظر باشد . در کشور های مختلف ، روشهای زیادی برای اندازه گیری میزان کاهش سر و صدا اعمال می شود که در زیر به آنها اشاره می شود.

- **توسعه راه های جدید**

در محلهایی که جمعیت زیادی تحت تاثیر سروصدا قرار دارند ، راه های جدیدی می تواند سبب کاهش سروصدا شود . ولی به ندرت هدف اصلی و اولیه در ساخت راه ها موضوع فوق است و در این خصوص اهداف دیگری مد نظر هستند (مثلاً سهولت دسترسی) . در دهه های اخیر ، سعی بر این است که در راه های جدید از مشکلات آلودگی صوتی اجتناب شود . بنابراین در ساخت این راه ها ، سروصدا را مد نظر قرار می دهند. در ساخت جاده مسایل دیگری از قبیل آلودگی ، ارتعاش ، هزینه ، امنیت و سد یا محدود کردن میدان دید یا موانع دیداری ، باید مد نظر باشند.

- **تنظیم و تطبیق نقشه جاده و مسیر آن با زمین**

جاده ای که از یک زمین می گذرد ممکن است از نظر چشم انداز مطلوب باشد ولی اگر اثر سروصدای آن را در نظر گیریم بسیار نامطلوب خواهد بود ، مگر اینکه برای غلبه بر این معضل از موانع و حایل های به خصوص استفاده شود . سروصدای جاده ها در محل خاکریز ، خاکبرداری و پلهای دره ای و با دهانه کوتاه یا آلودگی صوتی در جاده هایی که در آن پشته و خاکریز وجود دارد ، کاهش می یابد .

خاکبرداری ها ، خاکریزها و پل های دره ای و تونل ها در ساخت موزون زیر ساخت های حمل و نقل نوین ، نقش مهمی را ایفا می کنند . خاکبرداری ها معمولاً اثر زیادی در کاهش سر وصدا دارند.

- **کاربری زمین های اطراف جاده**

از دیدگاه کنترل صدا ، نحوه تاثیر جاده بر زمینهای مجاور اهمیت دارد . در برخی کشوها قوانینی وجود دارد که از ساخت منازل جدید در محدوده هایی که تحت تاثیر سروصدای جاده هستند ، ممانعت به عمل می آورد . در دانمارک ، در طراحی ها و تصمیم گیری های شهرداری و محلی ، آلودگی صوتی ناشی از ترافیک جاده ای را لحاظ می کنند . بعد از سال ۱۹۸۰ ، هیچ خانه ای در محل هایی که تراز سروصدایشان فراتر از ۵۵ دسی بل A است ساخته نمی شود . البته به دلیل برخی مسایل مانند تراکم زیاد در مناطق مسکونی ، استثناهایی هم وجود دارد . در بسیاری از کشورها پی برده اند که به دلیل نقصان شیوه های کنترلی در نواحی تازه توسعه یافته ، جمعیت بیشتری تحت تاثیر آلودگی صوتی قرار می گیرند ، بنابراین در حال حاضر به شیوه های کنترلی بهتر و مناسب تر ، توجه زیادی مبذول می شود . در هلند ، اتاق های حساس به سروصدا را (مثل اتاق خواب ، ...) مستقیماً در مقابل خیابان یا جاده قرار نمی دهند .

- **مناطق حایل صوتی**

بسیاری از کشورها برآنند که این مناطق را حد فاصل محوطه های حساس و بزرگراهها و راههای ماشین رو ایجاد کنند . در ژاپن این مناطق را در طول راه هایی با عرض مخصوص و مشخص ، و در طول جاده های اصلی در محوطه های مسکونی ایجاد می کنند . اگر در طراحی و ساخت ساختمان ها ، مساله آلودگی صوتی مد نظر قرار گیرد ، از نیاز به مناطق حایل صوتی در برنامه ریزی کاربری زمین کاسته می شود

- **عایق بندی نمای ساختمان ها**

با تعویض پنجره و قرار دادن پنجره های کاهنده سروصدا (سه یا چهار جداره) باید آنها را بهسازی کرد . هزینه عایق بندی ، به چگونگی ساخت خانه ، گستردگی انجام آن و میزان کاهش سروصدا بستگی دارد .

بیشتر کشورها تراز ۳۷ یا حداکثر ۴۰ دسی بل A را پس از عایق بندی پیشنهاد کرده اند. دراین خصوص ، پی ریزی یک سیستم تهویه خوب ، بسیار مهم است ، چراکه با بازکردن پنجره (برای تغییر هوا) حفاظت در برابر سروصدا و مقدار کاهش آلودگی صوتی کم می شود . برای این منظور باید از سیستم های تهویه ای که مجهز به وسایل کاهنده سروصدا هستند استفاده شود ولی تجربه نشان داده است که این تهویه ها پس از مدتی مسدود می شوند و کارآیی شان را از دست می دهند . ثابت شده که تهویه مکانیکی بهترین روش است . در برخی از منازل برپاکردن نماهای جدید (رواق ها یا معبرهای شیشه ای برای تکمیل اثر عایق بندی ساختمان) سودمند است. این روش در نوسازی کلی ساختمان یا ساخت ابنیه جدید ، بهترین شیوه است و در کشورهای هلند ، دانمارک و نروژ به عنوان یک گزینه خوب به کار می رود.

- **روکش های ضد صوت یا کم صدا**

در حال حاضر در برخی از کشورها ، شیوه های مختلفی در خصوص طراحی روکش ، مواد آن ، روش های عملیاتی و کاربردی به منظور کاهش آلودگی صوتی ناشی از تماس لاستیک با جاده اعمال می شود .

از جنبه صوتی ، روکش آسفالت متخلخل ، بهترین روکش است .

اولین روکشی که به عنوان یک روکش ضد صوت شناسایی شد ، آسفالت زهکشی شده بود . از همان ابتدا ، از این نوع روکش برای کاهش آلودگی صوتی استفاده می شده است . اثر کلی این نوع آسفالت ، شدیداً تحت تاثیر خصوصیات جذب صوتی و مشخصات بافت درشت آن است . سروصدای لاستیک ـ جاده که در نتیجه ارتعاش بم ـ فرکانس حاصل می آید ، با کاهش سختی آسفالت ، کم می شود .

مطالعات مختلف نشان داده اند که حفاظت بلند مدت از تخلخل آسفالت به عملکرد مواد (لاستیک ها ، دانه بندی ، و درصد مصالح و مواد چسبنده ، ...) ، شرایط ترافیک (سرعت ، نوع و درصد وسایل نقلیه ، ...) و عملیات نگهداری (فرآیند رفع گرفتگی و سد معبر، ارتقا و بهبود زهکشی های جانبی) بستگی دارد . از آسفالت زهکشی شده نمی توان به طور گسترده و جهانی برای کاهش آلودگی صوتی استفاده کرد ، چرا که برخی از مسایل و جنبه های خدماتی (رفع گرفتگی ، نگهداری زمستانی ، دوام) مسایل و محدودیت هایی را ایجاد می کنند .

در این صورت می توان از سایر سطوح ضدصوت ، مانند : " فشر رویه نازک یا روکش نازک " استفاده کرد.

- **بهسازی کناره جاده**

در این مورد بیشتر کشورها ، قوانین و مقررات مدونی ندارند . از شیوه های انجام آن می توان به حایل های صوتی ، عایق بندی نمای ساختمان ها ، استفاده از مواد جاذب صدا برای سازه های مختلف اشاره کرد.

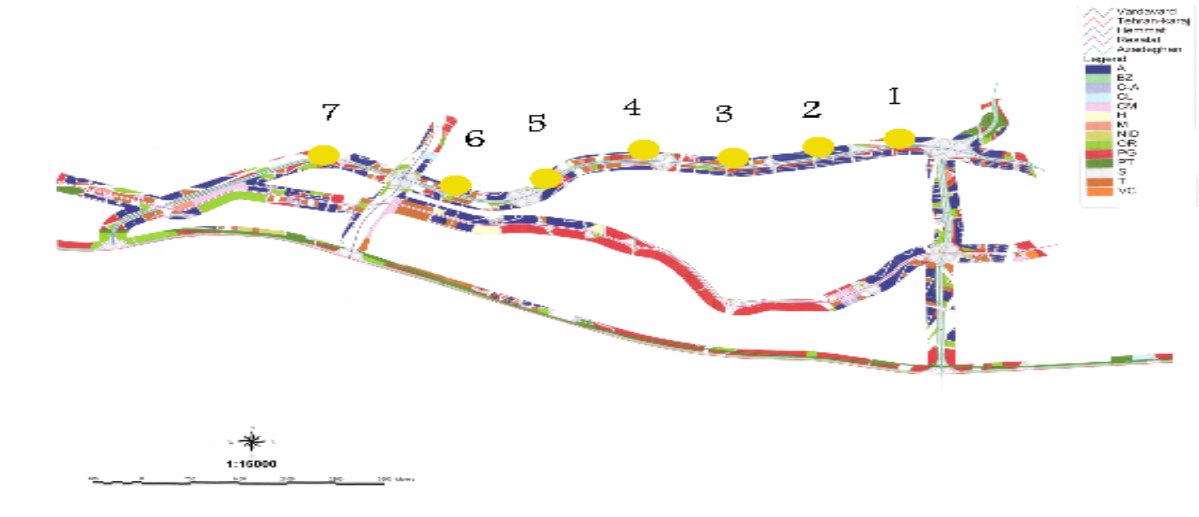
- **موانع صوتی**

موانع صوتی شیوه ای مرسوم برای کاهش سر وصدا هستند . از این روش در بیشتر کشورها ، نه تنها در طول راه های جدید بلکه برای بهسازی راه های موجود نیز استفاده میشود . این شیوه را باید در مناطق مسکونی نسبتاً متراکم و در مناطقی که جاده در فاصله معینی از ساختمان قرار دارد به کار برد تا از اثرات مسدود کنندگی آن (مثل سد کردن میدان دید) ممانعت به عمل آید. اگر در مناطق متراکم مسکونی ، حایل را از حصارهای گیاهی و پرچین های متشکل از باغات متراکم بسازند ، تاثیر مثبت براهالی و مکان مورد محافظت خواهد داشت . نوع حایل باید به گونه ای باشد که با ساختمان ها و محیط اطراف هماهنگی داشته باشد . معمولاً حایل های صوتی ، محوطه ای را محافظت می کنند که در منطقه سایه صوتی آنها قرار بگیرد. بسته به اینکه حایل صوتی را در چه قسمتی برپا کنند ، طراحی آنهامتفاوت خواهد بود .

روش بررسی نحوه اخذ و جمع آوری اطلاعات و مقایسه با استاندارد

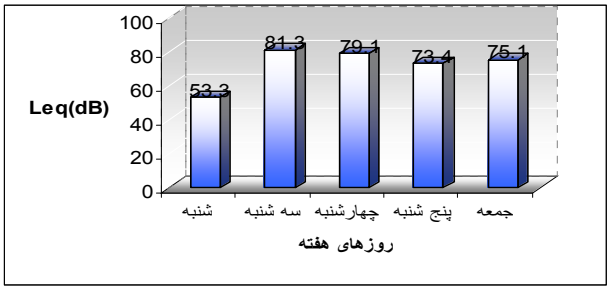
پس از بازدید و شناسائی مسیر شهید همت نقاطی از مسیر به عنوان ایستگاه های اندازه گیری و نمونه برداری انتخاب شدند که این انتخاب با توجه به تراکم نقاط حساس و بافت مناطق حاشیه ای بزرگراه بود.سپس به وسیله دستگاه صداسنج Bruel and Kjaer مدل ۲۲۳۰ در ساعات متفاوت در تمام روزهای هفته مقادیر Leq(A) splو LminوLmax در ایستگاه های انتخابی اندازه گیری شدند.اندازه گیری ها در دو مرحله انجام شد و درهر دو مرحله مقادیر اندازه گیری شده بالاتر از حد استاندارد بودند که در نتیجه نقشه تراز صوتی در محیط Arc Viewتهیه شد. بر اساس اینکه کار بری ها در چه فاصله ای از حاشیه بزرگراه قرار گرفته اند و مقادیر اندازه گیری شده چه مقدار می باشد نقاطی جهت نصب مانع مشخص شد .در ای‌ن راستا ای‌ستگاههای‌ی جهت سنجش ترازهای صوتی تعی‌ی‌ن گردی‌د . فهرست ایستگاههای انتخابی به منظور سنجش در نقشه (۱) ارائه شده است .

نتایج بدست آمده از اندازه گیری ها، برای تمامی ایستگاه های انتخابی مسیر ثبت شده اند. نمودارهای۱ تا ۷ مقادیر ترازمعادل فشار صوت را برای تمام روزهای هفته برای نقاط انتخاب شده نشان می دهد.

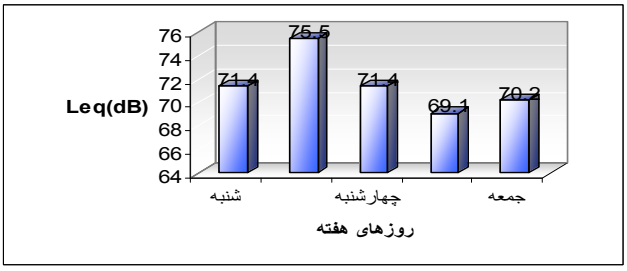


نقشه (۱):نمایش ایستگاههای سنجش آلودگی صدا در مجاورت اتوبان همت

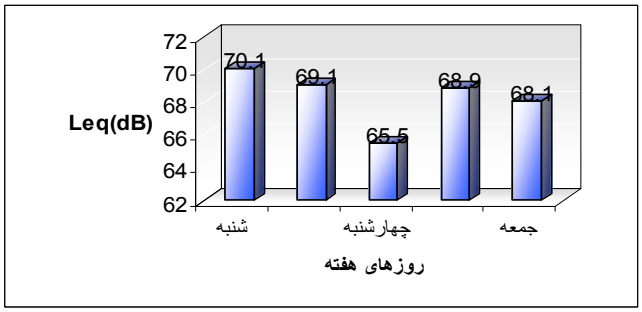
نمودار Leq صوت بر حسب روزهای هفته ایستگاه ۱



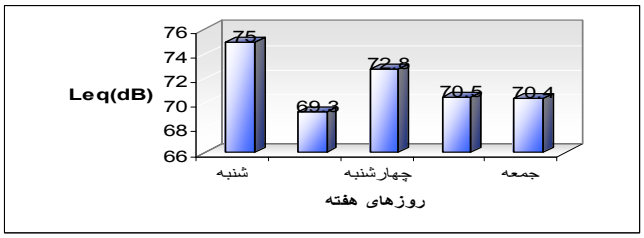
نمودار Leq صوت بر حسب روزهای هفته ایستگاه ۲



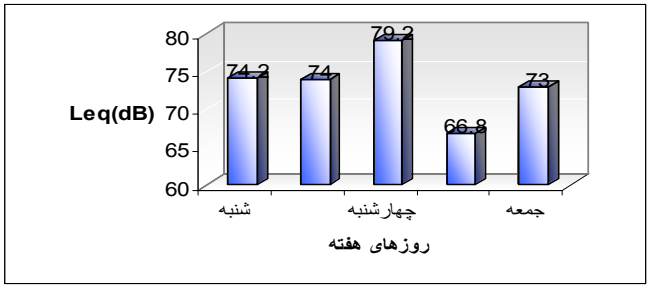
نمودار Leq صوت بر حسب روزهای هفته ایستگاه۳



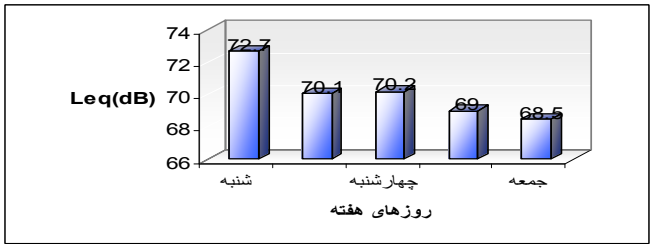
نمودار Leq صوت بر حسب روزهای هفته ایستگاه۴



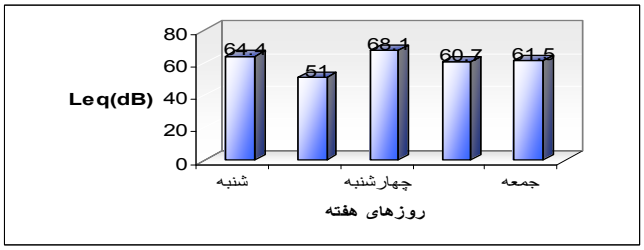
نمودار Leq صوت بر حسب روزهای هفته ایستگاه۵



نمودار Leq صوت بر حسب روزهای هفته ایستگاه۶



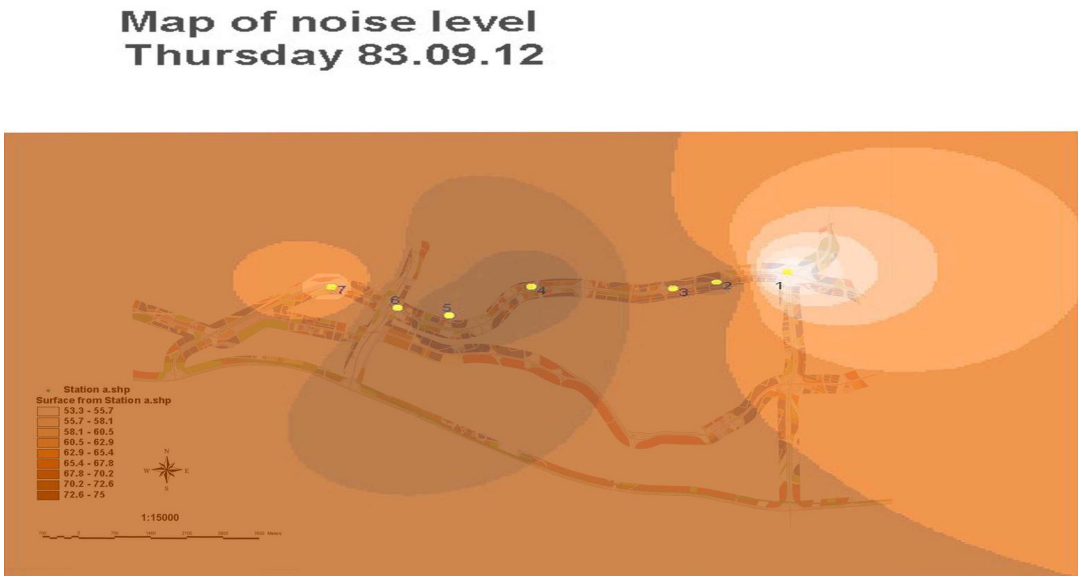
نمودار Leq صوت بر حسب روزهای هفته ایستگاه۷

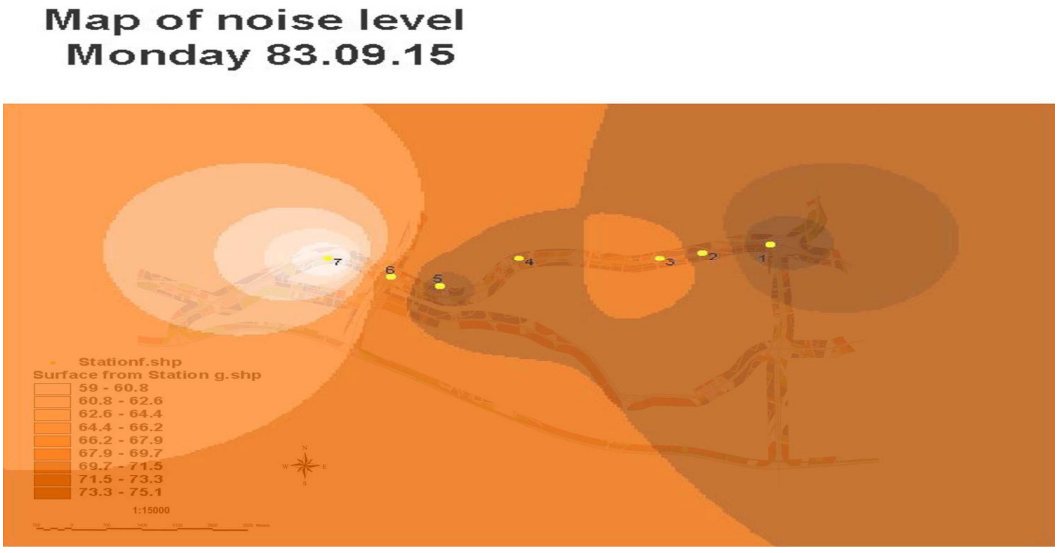


در ادامه نسبت به مشخص نمودن توابع همسایگی درونیابی و برونیابی جهت مشخص نمودن نقاط در معرض آلودگی صوتی اقدام شد،یعنی پیش‌بینی مقادیرنامعلوم با استفاده از مقادیر معلوم در نقاط همسایگی که نقاط همسایه ممکن است منظم در حالت رستری یا نامنظم در حالت برداری باشند کیفیت نتیجه درونیابی بستگی به دقت، تعداد و توزیع نقاط معلوم و میزان صحت مدل ساخته شده از نقاط مورد نظر توسط تابع ریاضی خواهد داشت. درونیابی فرض می‌کند که پدیده مورد پیش‌بینی

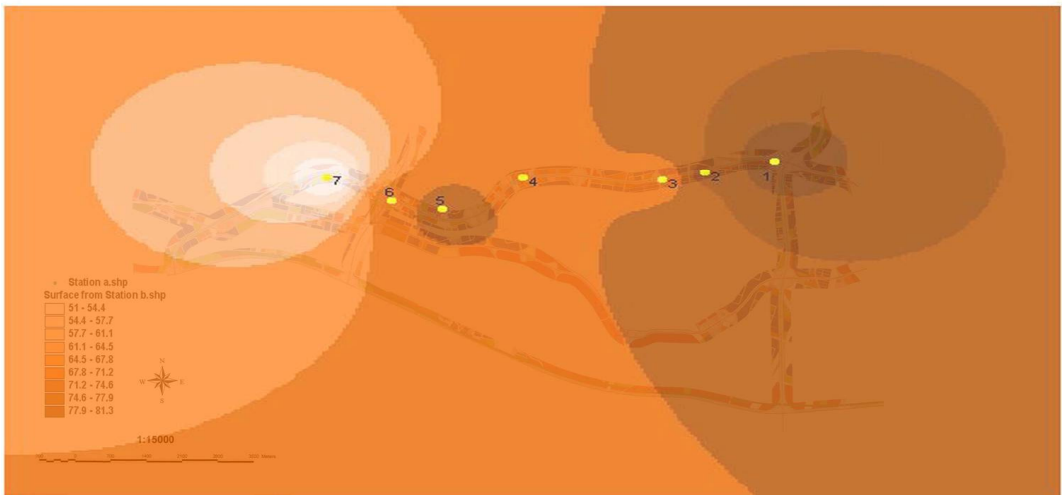
به شکل مناسبی توسط تابع ریاضی مورد استفاده تقریب زده می‌شود و آنگاه مقادیر نامعلوم توسط این تابع محاسبه می‌شود به طور کلی اظهار نظر در باره ارزش موضوع موردنظر که مستقیماً اندازه‌گیری نشده یا به عبارتی ارزش موضوع نمونه‌برداری نشده در داخل ناحیه پوشیده از نمونه‌های اندازه‌گیری شده به نام Interpolation یا درونیابی است و اندازه نمونه در خارج از ناحیه نمونه‌برداری شده Extrapolation یا برونیابی گویند.

با توجه به اندازه گیری های انجام شده ،اشکال زیر نقشه تراز صوتی تهیه شده در محیط ARC VIEW و با روش INTRPOLATIONمی باشد.

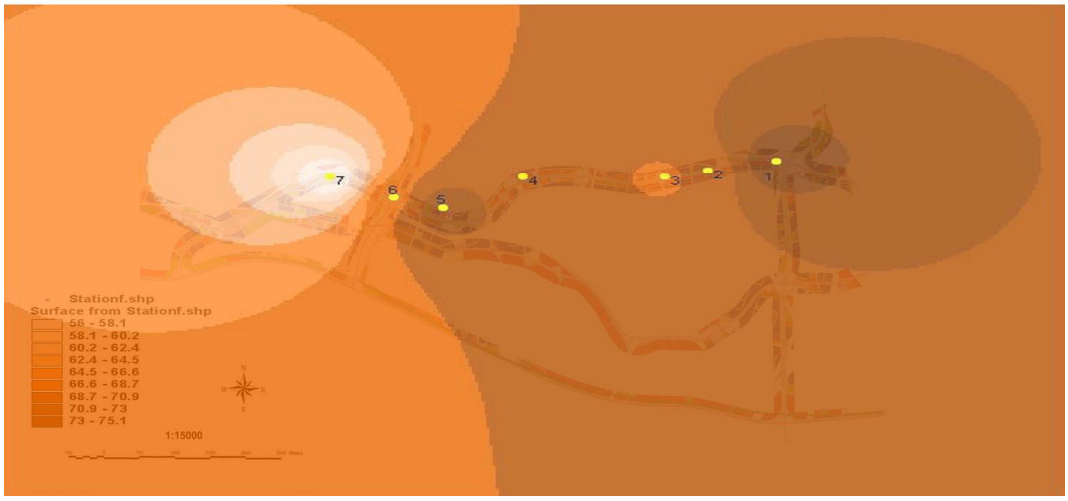




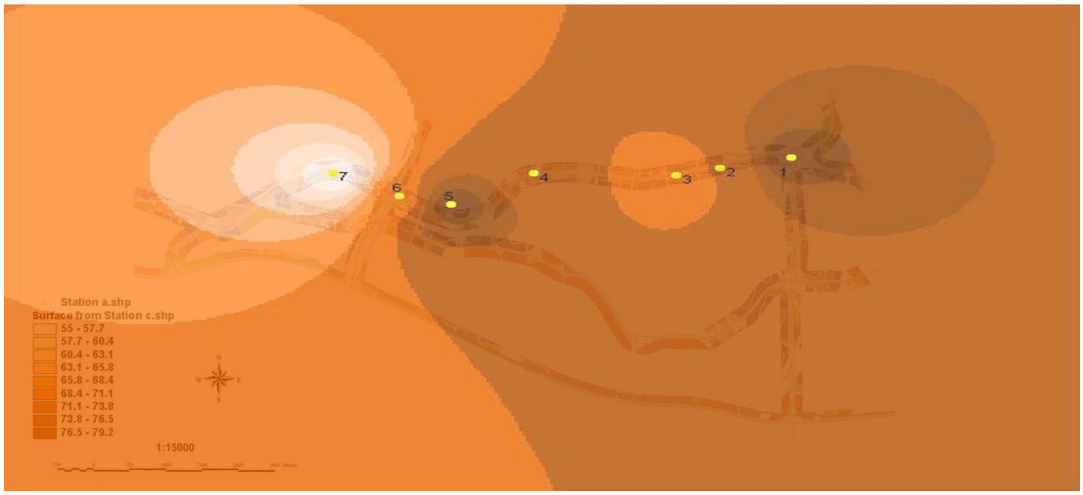
Map of Noise Level
Wednesday 83.09.18



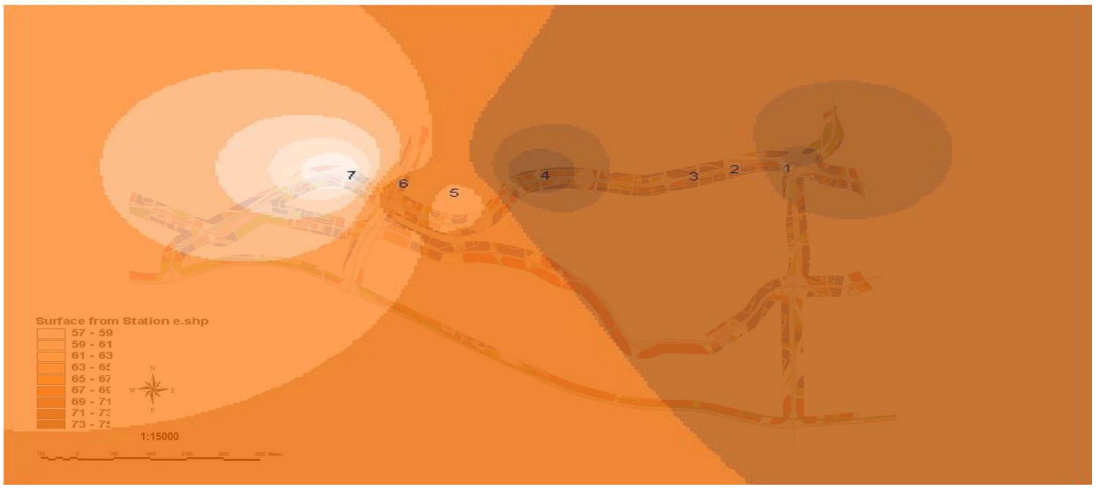
Map of noise Level
Thursday 83.09.19



Map of Noise Level
Friday 83.09.20



Map of Noise Level
Saturday 83.09.21



نتیجه گیری و پیشنهادات

به منظور بررسی وضیت کنونی ترازهای صوتی در کنار این اتوبان در موقعیتهای مختلفی طی روزهای متوالی میزان L_{Min} , SPL , L_{eq} , L_{Max} مورد سنجش قرار گرفت . در نهایت با تجزیه و تحلیل اطلاعات اخذ شده از اندازه گیری های انجام شده ، مناطق و نواحی دارای میزان آلودگی صوتی بالا شناسایی شده و با لحاظ کاربری های گوناگون مجاور اتوبان و همچنین توپوگرافی اتوبان ، نواحی حساس از نظر آلودگی صدا در مجاورت اتوبان تعیین شده و سپس روشهای مختلف طراحی موانع صوتی و انتخاب موانع مناسب برای کاهش صدا ارائه خواهد شد.

با بازرسی و بازدید از وضعیت کنونی اتوبان و همچنین مطالعه کاربری های مختلف احداث شده و در دست ساخت ، ایستگاه های مختلفی در موقعیت های مجاور اتوبان انتخاب و طی روزهای مختلف هفته ، اندازه گیری پارامترهای صوتی در آنها انجام پذیرفته است .

با توجه به مقادیر استاندارد میزان آلودگی صدا در مناطق مسکونی در روز و شب نتایجی به شرح زیر حاصل گردیده است :

۱- مقادیر ترازهای معادل صوتی در مجاورت بزرگراه همت طی روزهای چهارشنبه ، پنج شنبه و جمعه در اکثر موارد دارای حدودی بالاتر از مقدار استاندارد بوده که با لحاظ نمودن تردد پایین خودروها در وضعیت کنونی ، ضرورت اجرای روش های کاهش ترازهای صوتی را مشخص می نماید.

۲- در روزهای چهارشنبه و جمعه موقعیت های ابتدای اتوبان همت (شرق اتوبان) و دانشکده نیروی انتظامی و مجتمع شرکت واحد اتوبوسرانی دارای مقادیر حداکثر بوده و در روز پنج شنبه علاوه بر موقعیت دانشکده نیروی انتظامی و مجتمع شرکت واحد اتوبوسرانی ، مجتمع مسکونی گلستان و شهاب نیز از مقدار بالایی برخوردار بوده است .

با توجه به این بررسی ها ، در حال حاضر ، مجاورت دانشکده نیروی انتظامی و مجتمع مسکونی گلستان و شهاب از نظر آلودگی صوتی به عنوان نواحی حساس مطرح می باشند که لزوم ایجاد موانع صوتی یا سایر روشهای کاهش ترازهای صوتی را مشخص می نماید .

۳- طی دو شب اندازه گیری ترازهای صدا در ایستگاه های مذکور ، مقادیر L_{eq} در حد بالائی بوده که نشان دهنده میزان آلودگی صدا در شب هنگام در مجاورت اتوبان می باشد . موقعیت ابتدای اتوبان همت در اندازه گیری های مذکور دارای بیشترین مقدارL_{eq} به میزان ۷۳/۴ و ۷۵/۱ بوده است .

حال با توجه به اندازه گیری های انجام شده در مجاورت بزرگراه همت چهار منطقه در معرض آلودگی صوتی قرار داشتند . این مناطق عبارتند از : شرکت واحد اتوبوسرانی ,دانشکده نیروی انتظامی,مجتمع مسکونی گلستان و مجتمع مسکونی شهاب. در مورد دو منطقه اول به علت فاصله نسبتا زیاد آنها از بزرگراه(فاصله ای در حدود ۳۰۰ متر) از گذاشتن مانع صوتی صرفنظر شد. اما در مورد دو مجتمع مسکونی به علت داشتن فاصله کم از بزرگراه نصب موانع صوتی پیشنهاد می شود.

منابع و مراجع:

۱.خوبان،لی‌لا،۱۳۸۵،مکان یابی و طراحی موانع صوتی بزرگراه همت ، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست ،دانشگاه آزاد اسلامی.

2.Environmental Noise Barrier ; A Guide to their Acoustic and Visual Design; Benz Kotzen and Colin English;1999.

3. Roadside Noise Abatement ; Road Transportation Research ; report prepared by an OECD Scientifre Export Group ; OECD , 1995.

4.Maekawa , Z. , Acoustic shielding , Noise Reduction by Thin and Wide Barrier ,1986.

5.www.fhwa.dot.gov
6.www.epd.gov