

آلودگی صوتی و شاخص صدای ترافیک در چند خیابان اصلی مشهد در ساعات پرتراфик تابستان

آمنه سازگارنیا^{۱*}، سید محمدحسین بحرینی طوسی^۲، هاله مرادی^۳

۱- استادیار گروه فیزیک پزشکی، مرکز تحقیقات فیزیک پزشکی، پژوهشکده بوعلی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

۲- استادیار گروه فیزیک پزشکی، مرکز تحقیقات فیزیک پزشکی، پژوهشکده بوعلی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد

تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۸۴/۸/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۴/۱۱/۸

چکیده

مقدمه: در میان آلودگی‌های زیست محیطی، آلودگی‌های صوتی به دلیل قابلیت بروز آثار فیزیولوژیک و روانی بر انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد و از آنجا که سر و صدای وسایط نقلیه یکی از مهمترین منابع آلاینده و بیمارستانها یکی از مکانهای بحرانی در ارتباط با آلودگیهای صوتی به شمار می رود، در تابستان ۱۳۸۲ صدای ترافیک خیابان‌های اصلی شهر مشهد که بیمارستانهای دانشگاهی مشرف به آنها می باشند، در شلوغترین ساعات شبانه روز مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت.

مواد و روشها: اندازه‌گیریها توسط ترازسنج صوت مدل ۲۲۶۰ Investigator در سه نوبت دوساعته در ۱۲ ایستگاه انجام شده است. شاخصهای مورد ارزیابی عبارت بودند از: L_{Aeq} (تراز معادل صدا)، L_{Amax} (تراز حداکثر فشار صوتی در شبکه خطی)، L_{10} (تراز آماری ۱۰)، L_{50} (تراز آماری ۵۰) و L_{90} (تراز آماری ۹۰). بار ترافیکی، تراز آلودگی صدا و شاخص صدای ترافیک نیز بررسی و محاسبه شده‌اند.

نتایج: بیشترین تراز معادل صدا در نوبت صبح در خیابان بهار و در نوبت‌های ظهر و شب در خیابان کوهسنگی و بالاترین تراز آلودگی صدا در هر سه نوبت در خیابان بهار بدست آمد. همچنین بیشترین شاخص صدای ترافیک در تمامی نوبت‌ها در خیابان نخریسی، برآورد گردید. با بررسی همبستگی بین تراز صدای معادل و بار ترافیکی، همبستگی لگاریتمی بین داده‌های مورد بحث مشاهده شد.

بحث و نتیجه‌گیری: طبق استانداردهای صدا در هوای آزاد در ایران، آلودگی صدا به عنوان یک مشکل جدی در شهر مشهد مطرح می‌باشد. (مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۲، شماره ۸، پاییز ۸۴: ۲۱-۳۰)

واژگان کلیدی: آلودگی صوتی، شاخص صدای ترافیک، تراز معادل صدا، تراز آلودگی صدا

۱- مقدمه

در ایران بیش از دو دهه است که آلاینده‌های زیست محیطی آب، خاک و هوا مورد توجه روزافزون قرار گرفته‌اند. لیکن در مورد آلودگی‌های صوتی هنوز جای کار، بسیار است. در حالیکه افزایش فعالیت‌های مختلف در خدمات شهری جهت گذراندن زندگی موجب گردیده است تا آلودگی صدا به

آلودگی‌های زیست محیطی در سه دهه اخیر بیش از گذشته توجه جهانیان را به خود معطوف داشته است. در این میان موضوع آلودگی صدای شهرها در اکثر ممالک به عنوان یک مشکل فراگیر و بلکه جهانی مطرح می‌باشد [۱].

* نویسنده مسؤول، آمنه سازگارنیا

آدرس: گروه فیزیک پزشکی، دانشکده پزشکی دانشگاه

علوم پزشکی مشهد، asazgarnia@yahoo.com

تلفن: ۰۵۱۱-۹۸۸۴۴۰۸۱-۴

عنوان یک مشکل اجتماعی بروز نماید، متأسفانه اهمیت و جایگاه آلودگی صدا در کشور ما مانند بیشتر آلودگی‌ها چندان روشن و مشخص نمی‌باشد. مطالعات پراکنده نیز حکایت از گسترش آلودگی صدا در شهرهای بزرگ ایران دارد. از اینرو برنامه‌ریزی‌های کلان توسعه در بخش محیط زیست لازم است تا موضوع کنترل و کاهش منابع آلاینده مورد توجه قرار گیرد و طبیعتاً این امر نیاز به سرمایه‌گذاری خاص خواهد داشت [۲].

تاثیر فیزیولوژیک و روانی ناشی از صداهای تکراری و مداوم در انسان، غالباً به صورت تدریجی و در درازمدت ظاهر می‌شود و برای افرادی که تحت تأثیر صدا قرار نمی‌گیرند، چنین عوارضی بوجود نمی‌آید [۳]. واکنش‌های بدن انسان در قبال صدای بلند همانند واکنش در برابر خطری قریب الوقوع می‌باشد. از جمله این واکنش‌ها می‌توان به ترشح هورمون آدرنالین، تغییر ضربان قلب و فشار خون اشاره نمود [۴]. از سایر مشکلات مربوط به صدا می‌توان بداخلاقی، خشونت و عدم تمرکز حواس را نام برد [۵]. آسیب به گوش داخلی جنین از طریق هدایت استخوانی صدا [۶] و نیز مشکلات ذهنی و مشکلات خواندن در کودکان [۷] از دیگر اثرات صدا می‌باشند.

تحریک دستگاه شنوایی توسط صدا موجب تغییرات خاصی در گوش انسان می‌شود. این تغییرات عبارتند از: تطابق [۸]، تغییر موقت آستانه شنوایی، تغییر دائم آستانه شنوایی [۸ و ۷] و وزوز گوش [۹ و ۱۰]. بررسی انجام شده در سازمان حفاظت محیط زیست در شهر تهران در سال ۱۳۷۱ مؤید این نکته است که بیشترین آلودگی صدا ایجاد شده در شهر تهران ناشی از تردد وسایل نقلیه است [۱۱].

در بررسی دیگری با نمونه برداری تصادفی از صدای ترافیک در ۱۱ ایستگاه در بزرگراه مدرس تا میدان امام خمینی شهر تهران در پاییز و زمستان ۱۳۷۴ متوسط تراز فشار صوت^۱ در دوره نمونه‌برداری (A) ۷۵/۷۳ دسی بل بدست آمد [۱۲]. در همین سال به منظور شناسایی و معرفی آلاینده‌ها در تهران تحقیقی تحت عنوان آلودگی صدا و نقشه‌سازی اکوسیستم‌های شهری صورت گرفت [۱۳].

در سال ۱۳۷۹ تحقیق دیگری در مورد بررسی آلودگی صدای منتشره از خودروها و ارائه طرح‌های کنترل و کاهش آن انجام شده است. برطبق پژوهش‌های بعمل آمده، آلودگی ناشی از ترافیک در شهر تهران زیاد بوده و عامل اصلی آن خودروها می‌باشد [۱۴].

بدین ترتیب بنظر می‌رسد یکی از عواملی که بخش قابل ملاحظه‌ای از صدای موجود در محیط زندگی را بوجود می‌آورد، ترافیک و رفت و آمد وسایل نقلیه در خیابان‌هاست و از جمله اماکنی که تراز بالای صدای در آن می‌تواند تأثیر قابل توجهی در سلامت جامعه داشته باشد، بیمارستان‌ها می‌باشند. سابقه تحقیقات حاکی از آن است که عمده مطالعات در خصوص آلودگی صدا ناشی از ترافیک وسایل نقلیه در تهران انجام شده و در شهر مشهد بررسی کافی صورت نگرفته است. از طرف دیگر با توجه به گسترش این شهر و مراکز صنعتی موجود در آن و افزایش درصد قابل توجه وسایل نقلیه و سایر منابع صوتی مزاحم، لزوم انجام این تحقیق مطرح می‌گردد. لذا این مطالعه به منظور ارزیابی آلودگی صدا در خیابان‌های اطراف بیمارستان‌های دانشگاهی مشهد انجام گرفت.

1- Sound Pressure Level (SPL)

۲- مواد و روشها

در این مطالعه تراز صدا در هفت خیابان اصلی شهر مشهد- خیابان کوهسنگی، خیابان احمدآباد، خیابان بهار، خیابان دانشگاه، خیابان ابن سینا، خیابان نخریسی و خیابان ۱۷ شهریور- در ۱۲ ایستگاه در تابستان ۱۳۸۲ مورد مطالعه قرار گرفت. این ایستگاهها در اطراف و حتی المقدور مشرف به بخشهای حساس و ایستگاههای نگهداری بیمارستانها انتخاب شدند. نمونه برداری ها با استفاده از دستگاه ترازسنج صوت Investigator 2260 ساخت شرکت Brüel & Kjaer کشور دانمارک انجام شد.



شکل ۱- نمایی از دستگاه ترازسنج صوت Investigator 2260 و کالیبراتورهای مورد استفاده در این تحقیق

این ترازسنج صوت قادر به اندازه گیری، تحلیل و ذخیره اطلاعات بوده و در هر نوبت از اندازه گیری پارامترهای مختلفی را ثبت می کند. همچنین قادر به اندازه گیری تراز صوت در محدوده های متفاوت است. این اندازه گیری ها در محدوده ۱۱۰-۳۰ دسی بل صورت گرفت [۱۵]. شاخص های صوتی مورد ارزیابی در این مطالعه عبارتند از:

L_{Aeq} : تراز معادل صدا.

L_{10} : تراز ی که در ۱۰٪ کل دوره اندازه گیری، تراز فشار صوت بالاتر از آن بوده است.

L_{50} : تراز ی که در ۵۰٪ کل دوره اندازه گیری، تراز فشار صوت بالاتر از آن بوده است.

L_{90} : تراز ی که در ۹۰٪ کل دوره اندازه گیری، تراز فشار صوت بالاتر از آن بوده است.

TNI: شاخص صدای ترافیکی^۱ شاخصی است که با ترکیب L_{10} و L_{90} که به بیانی می توان گفت دلالت بر تراز معادل صدا به ازای شرایط مستمر بار ترافیکی عمومی دارند، محاسبه می شود [۱۶]:

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30 \quad (1)$$

NPL: تراز آلودگی صدا^۲ بوسیله معادله زیر برای هر یک از ایستگاهها قابل محاسبه است [۱۶ و ۱۷]:

$$NPL = L_{Aeq} + (L_{10} - L_{90}) \quad (2)$$

در رابطه اخیر L_{Aeq} ، تراز معادل صدا در یک دوره زمانی معین (در این مطالعه دوساعته) است [۱۶].

همچنین وجود ارتباط و همبستگی^۳ بین تراز معادل صدا و تعداد وسایل نقلیه موتوری عبوری نیز مورد بررسی قرار گرفته است.

ترازسنج صوت روزانه قبل از شروع اندازه گیری و زمانی که دستگاه در حالت توقف قرار داشت، کالیبره گردید. برای این منظور صدای استاندارد با بسامد ۱ کیلوهرتز و تراز نسبی $94/00 \pm 0/20$ دسی بل توسط کالیبراتور مدل ۴۲۳۱ ساخت شرکت B&K برای حسگر صداسنج ایجاد و کالیبراسیون دستگاه براساس آن صورت گرفت [۱۵].

به منظور رعایت شرایط استاندارد سیستم های اندازه گیری در موقعیتی نصب شد که در مقابل گیرنده میدان آزاد^۴ وجود داشته باشد. جهت رعایت این امر، دستگاه روی پایه ای با ارتفاع ۱/۵ متر از سطح زمین و در فاصله ۱/۵ متری از لبه

1- Traffic Noise Index (TNI)
2- Noise Pollution Level (NPL)
3- Correlation
4- Free Field

بیشترین بار ترافیکی در نوبت صبح در ایستگاه دوم خیابان بهار، در نوبتهای ظهر و شب در ایستگاه دوم خیابان کوهسنگی و کمترین آن در نوبت صبح در ایستگاه اول خیابان دانشگاه، در نوبت ظهر در ایستگاه اول خیابان نخریسی و در نوبت شب در ایستگاه اول خیابان کوهسنگی، ثبت شده است. ماکزیمم مقادیر NPL در هر سه نوبت در ایستگاه دوم خیابان بهار، بترتیب (A) ۸۳/۸۴، ۸۳/۷۲، ۸۳/۰۵ دسی بل گزارش شده است و کمترین مقادیر آن در نوبتهای صبح و ظهر در ایستگاه اول خیابان دانشگاه (A) ۷۷/۵۱ و ۷۹/۴۸ دسی بل و در نوبت شب در ایستگاه دوم خیابان دانشگاه، مقدار (A) ۷۹/۹۹ دسی بل بوده است.

جدول ۱- شاخصهای صوتی و بارترافیکی در ۱۲ ایستگاه در خیابانهای اصلی شهر مشهد در نوبت صبح

شماره و محل ایستگاه	شاخصها	بار ترافیکی (تعداد بر دو ساعت)	TNI [dB(A)]	NPL [dB(A)]
۱	خیابان کوهسنگی، ایستگاه اول ^۲	۷۶۱۹	۷۱/۵۸	۸۲/۰۸
۲	خیابان کوهسنگی، ایستگاه دوم ^۳	۸۹۰۲	۶۹/۹۶	۸۲/۱۸
۳	خیابان احمدآباد، ایستگاه دوم ^۴	۸۵۰۵	۷۰/۳۹	۸۲/۱۱
۴	خیابان احمدآباد، ایستگاه اول ^۵	۸۵۳۵	۷۲/۵۷	۸۱/۲۲
۵	خیابان بهار، ایستگاه دوم ^۶	۹۳۲۴	۷۳/۲۱	۸۳/۸۴
۶	خیابان بهار، ایستگاه اول ^۷	۶۳۲۰	۷۳/۳۱	۸۱/۴۳
۷	خیابان دانشگاه، ایستگاه اول ^۸	۶۰۹۹	۶۳/۲۰	۷۷/۵۱
۸	خیابان دانشگاه، ایستگاه دوم ^۹	۶۵۱۲	۶۴/۹۹	۷۸/۷۸
۹	خیابان ابن سینا	۸۶۹۳	۶۵/۴۴	۸۰/۳۹
۱۰	خیابان نخریسی، ایستگاه اول ^{۱۰}	۶۵۴۲	۷۲/۸۲	۸۱/۳۰
۱۱	خیابان نخریسی، ایستگاه دوم ^{۱۱}	۶۷۷۱	۷۴/۵۷	۸۱/۵۷
۱۲	خیابان ۱۷ شهریور	۶۵۳۸	۷۱/۲۸	۸۰/۸۸

پایاده رو مستقر و روی حسگر دستگاه از محافظ اسفنجی استفاده گردید تا اثر جریانات هوا به حداقل برسد [۱۶ و ۱۸]. ثبت دادهها در شرایطی انجام شده است که ترازسنج صوت روی شبکه توزین بسامد A و سرعت fast تنظیم و زمان هر نمونه برداری سیستم یک دقیقه بوده است. پس از انتقال اطلاعات به رایانه، به منظور تعیین هریک از شاخصهای صوتی، تجزیه و تحلیل اولیه اطلاعات توسط نرم افزار Environmental Evaluator 7820/7821 انجام [۱۵] و با استفاده از نرم افزارهای SPSS و Excel تجزیه و تحلیل آماری و مقایسه شاخصهای صوتی در ایستگاههای مختلف صورت گرفت.

با یک مطالعه اولیه^۱ ساعات اندازه گیری در سه نوبت در بازه های زمانی ۷:۳۰-۹:۳۰، ۱۴:۳۰-۱۲:۳۰ و ۲۱:۰۰-۱۹:۰۰ به دلیل پرتراffیک بودن این ساعات در ماههای تیر، مرداد و شهریور انتخاب شد. اطلاعات نهایی در ساعات مذکور پس از دو سری اندازه گیری در روزهای غیر تعطیل ثبت شده اند تا دادهها معرف وضعیت خیابانها در شلوغترین ساعات در ایام مذکور باشند.

در بازه های زمانی دو و نیم ساعته مورد بررسی، به طور همزمان شاخصهای صوتی L_{eq} ، L_{Amax} ، L_{A10} ، L_{A0} و L_{90} توسط دستگاه ترازسنج صوت و بار ترافیکی توسط پرسنل طرح به روش چوب خط ثبت و تجزیه و تحلیل شدند. بار ترافیکی تعیین شده، شامل کلیه وسایل نقلیه موتوری عبوری سبک، سنگین و موتورسیکلت بوده است.

۳- نتایج

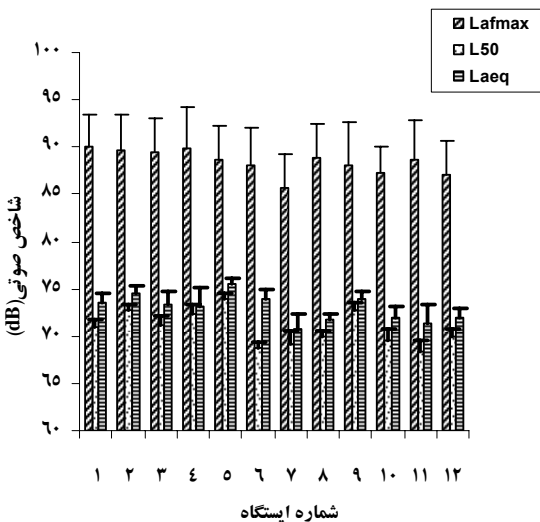
اندازه گیریهای انجام شده در ۱۲ ایستگاه در سه نوبت دو ساعته صبح، ظهر و شب، بار ترافیکی، شاخص صدای ترافیکی (TNI) و تراز آلودگی صدا (NPL) دادههای مندرج در جداول ۱ تا ۳ را فراهم آورده است.

- ۱- مقابل بیمارستان قائم (عج)
- ۲- مقابل بیمارستان امید
- ۳- چهارراه پرستار
- ۴- جنب معاونت پشتیبانی
- ۵- مقابل بخش اطفال بیمارستان امام رضا (ع)
- ۶- میدان شریعی- ابتدای خیابان بهار
- ۷- میدان شریعی- ابتدای خیابان دانشگاه
- ۸- چهارراه دکتر
- ۹- مقابل کلینیک ویژه بیمارستان شهید کامیاب
- ۱۰- مقابل درب اورژانس بیمارستان شهید کامیاب

آلودگی صوتی و شاخص صدای ترافیک در تابستان

بیشترین مقدار TNI در نوبت‌های صبح و ظهر در خیابان نخریسی، ایستگاه دوم و در نوبت شب در ایستگاه اول خیابان بهار بترتیب (A) ۷۴/۵۷ و ۷۵/۸۵ و ۷۵/۵۱ دسی بل و کمترین آن در نوبت صبح در ایستگاه اول خیابان دانشگاه (A) ۶۳/۲۰ دسی بل و در نوبت‌های ظهر و شب در خیابان دانشگاه، ایستگاه دوم بترتیب (A) ۶۷/۱۲ و ۶۷/۱۸ دسی بل مشاهده شده است.

سایر شاخص‌های صوتی حاصل از نتایج اندازه‌گیری‌ها در سه نوبت صبح، ظهر و شب در ایستگاه‌های مربوطه در نمودارهای ۱ تا ۳ آمده است. با توجه به این داده‌ها، بیشترین مقادیر L_{Aeq} در نوبت صبح مربوط به ایستگاه دوم خیابان بهار با تراز معادل صوتی (A) ۷۵/۴۴ دسی بل و بارترافیکی ۹۳۲۴ و در نوبت‌های ظهر و شب در ایستگاه دوم خیابان کوهسنگی، به ترتیب با ترازهای معادل صوتی (A) ۷۴/۹۵ دسی بل و ۷۵/۳۸ و بارترافیکی ۹۱۷۸ و ۹۳۵۲ گزارش شده است.



نمودار ۱- برخی از شاخص‌های صوتی در ۱۲ ایستگاه مورد بررسی در نوبت صبح بر اساس نتایج دوساعته

جدول ۲- مقایسه برخی شاخص‌های صوتی و بارترافیکی در ایستگاه‌های موردنظر در نوبت ظهر

شماره و محل ایستگاه	شاخص‌ها	بار ترافیکی (تعداد پر دو ساعت)	TNI [dB(A)]	NPL [dB(A)]
۱	خیابان کوهسنگی، ایستگاه اول	۸۵۴۴	۷۲/۲۸	۸۲/۷۶
۲	خیابان کوهسنگی، ایستگاه دوم	۹۱۷۸	۷۱/۷۹	۸۳/۰۳
۳	خیابان احمدآباد، ایستگاه دوم	۷۶۳۹	۷۳/۵۴	۸۱/۸۲
۴	خیابان احمدآباد، ایستگاه اول	۷۸۳۱	۶۹/۲۰	۸۰/۷۵
۵	خیابان بهار، ایستگاه دوم	۸۷۸۹	۷۴/۱۳	۸۳/۷۲
۶	خیابان بهار، ایستگاه اول	۷۷۴۱	۷۴/۴۶	۸۲/۳۸
۷	خیابان دانشگاه، ایستگاه اول	۶۷۲۳	۶۷/۶۹	۷۹/۴۸
۸	خیابان دانشگاه، ایستگاه دوم	۷۵۹۶	۶۷/۱۲	۷۹/۶۳
۹	خیابان ابن سینا	۸۴۳۷	۷۳/۸۸	۸۲/۴۶
۱۰	خیابان نخریسی، ایستگاه اول	۷۶۰۳	۷۳/۴۳	۸۱/۶۸
۱۱	خیابان نخریسی، ایستگاه دوم	۶۴۵۰	۷۵/۸۵	۸۱/۷۹
۱۲	خیابان ۱۷ شهریور	۷۶۵۹	۷۳/۹۰	۸۲/۱۲

جدول ۳- مقایسه برخی شاخص‌های صوتی و بارترافیکی در ایستگاه‌های موردنظر در نوبت شب

شماره و محل ایستگاه	شاخص‌ها	بار ترافیکی (تعداد پر دو ساعت)	TNI [dB(A)]	NPL [dB(A)]
۱	خیابان کوهسنگی، ایستگاه اول	۶۱۵۲	۷۴/۱۱	۸۲/۰۹
۲	خیابان کوهسنگی، ایستگاه دوم	۹۳۵۲	۷۰/۷۰	۸۲/۹۹
۳	خیابان احمدآباد، ایستگاه دوم	۸۱۴۷	۷۰/۹۵	۸۱/۷۸
۴	خیابان احمدآباد، ایستگاه اول	۷۴۸۹	۶۸/۸۱	۸۰/۳۹
۵	خیابان بهار، ایستگاه دوم	۸۶۷۳	۷۲/۶۹	۸۳/۰۵
۶	خیابان بهار، ایستگاه اول	۷۶۳۶	۷۵/۵۱	۸۲/۷۴
۷	خیابان دانشگاه، ایستگاه اول	۷۶۹۴	۷۰/۰۲	۸۰/۹۷
۸	خیابان دانشگاه، ایستگاه دوم	۷۳۰۹	۶۷/۱۸	۷۹/۹۹
۹	خیابان ابن سینا	۷۳۸۵	۶۸/۱۲	۸۰/۲۴
۱۰	خیابان نخریسی، ایستگاه اول	۷۵۱۸	۷۰/۹۵	۸۱/۲۶
۱۱	خیابان نخریسی، ایستگاه دوم	۶۵۸۸	۷۵/۲۰	۸۲/۴۶
۱۲	خیابان ۱۷ شهریور	۷۲۱۷	۷۰/۵۶	۸۱/۶۵

۶۰۹۹، در نوبت ظهر در ایستگاه دوم خیابان نخریسی، با تراز معادل (A) ۷۱/۱۰ دسی بل و بار ترافیک ۶۴۵۰ و در نوبت شب در ایستگاه دوم خیابان دانشگاه، با تراز معادل (A) ۷۲/۴۰ دسی بل و بار ترافیکی ۷۳۰۹ ثبت شده است.

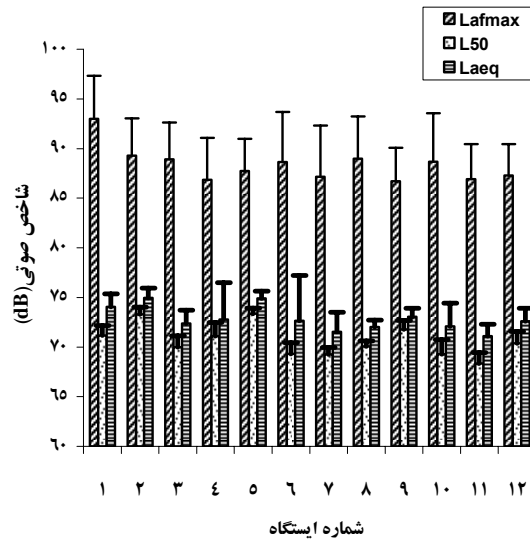
بیشترین مقادیر $L_{A_{fmax}}$ در تمام نوبت‌ها در ایستگاه اول خیابان کوهسنگی، به ترتیب با تراز (A) ۸۹/۹۸، ۹۳/۰۰ و ۹۱/۸۵ دسی بل ثبت شده است. شاید یک علت آن مشرف بودن این خیابان به یکی از تفریحگاههای معروف مشهد باشد.

در یک مقایسه کلی بین ایستگاههای مورد مطالعه می توان گفت بیشترین تراز معادل دوساعته ی صدا در نوبت صبح و در ایستگاه دوم خیابان کوهسنگی و بالاترین سطح $L_{A_{fmax}}$ در نوبت شب در ایستگاه اول همان خیابان ثبت شده است، در حالی که سنگین ترین ترافیک در نوبت شب در ایستگاه دوم خیابان کوهسنگی برآورد شده است. میانگین تراز معادل دو و نیم ساعته ی صدا در تمامی ایستگاهها و نوبتها بترتیب (A) ۷۳ و ۷۰/۶ دسی بل بدست آمد.

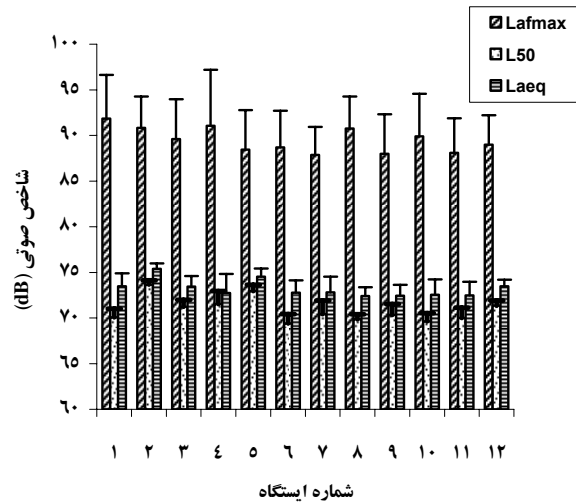
تحلیل دیگری نیز روی داده های میانگین تراز معادل صدای نیم ساعته و تعدادکل وسایل نقلیه موتوری عبوری انجام شد. به منظور تعیین نوع همبستگی داده های میانگین تراز معادل نیم ساعته صدا ($L_{A_{eq30min}}$) و تعدادکل وسایل نقلیه موتوری عبوری (N)، منحنی توابع مختلف ریاضی بر روی کل داده ها و به تفکیک نوبت قرار داده شد و نهایتاً "مناسبترین ضرایب همبستگی برای توابع لگاریتمی به دست آمد که حاصل کلی آن در نمودار ۴ به چشم می خورد. معادله این همبستگی و ضریب رگرسیون (تیین) مربوطه به قرار زیر است:

$$L_{A_{eq30min}} (dB) = \frac{1}{52.02} \log N + \frac{58}{893}$$

$$R^2 = 0.5032 \quad (3)$$



نمودار ۲- برخی از شاخصهای صوتی در ۱۲ ایستگاه مورد بررسی در نوبت ظهر بر اساس نتایج دوساعته



نمودار ۳- برخی از شاخصهای صوتی در ۱۲ ایستگاه مورد بررسی در نوبت شب بر اساس نتایج دوساعت

کمترین مقادیر $L_{A_{eq}}$ در نوبت صبح در ایستگاه اول خیابان دانشگاه با تراز معادل (A) ۷۰/۷۹ دسی بل و بار ترافیکی

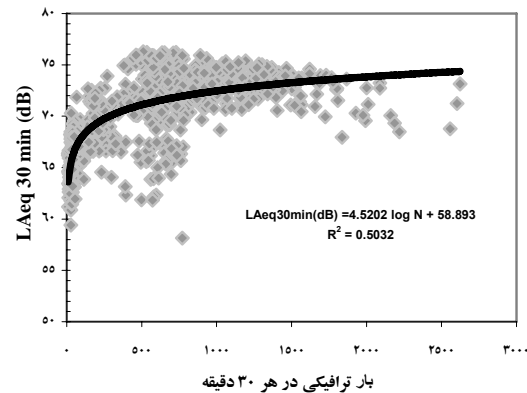
آلودگی صوتی و شاخص صدای ترافیک در تابستان

در هوای آزاد ایران خواهد بود. یعنی حتی اگر تراز معادل صدا در ۹ ساعتی که داده های آن در دست نیست، صفر دسی بل باشد، میانگین $L_{Aeq}(30min)$ برای ۱۵ ساعت، معادل با (A) ۶۶/۶ دسی بل می شود (معادله ۴). بدین ترتیب می توان گفت که آلودگی صدای ناشی از ترافیک خودروها به عنوان یک مشکل جدی در شهر مشهد مطرح می باشد [۱۶].

$$L_{Aeq}(dB) = 10 \log \left\{ \frac{1}{15} [(6 \times 10^{7.06}) + (9 \times 10^0)] \right\} \quad (4)$$

با توجه به مقادیر قابل قبول که در استانداردهای مختلف ذکر شده است، بیشترین مقدار L_{Afmmax} در روز در نواحی مسکونی و تجاری (A) ۷۵ دسی بل می باشد. در این مطالعه میانگین L_{Afmmax} در نوبتهای صبح، ظهر و شب به ترتیب، (A) ۸۸/۴، ۸۸/۳ و ۸۹/۵ دسی بل ثبت شده، که همگی بیش از استاندارد اخیر است [۸].

مقایسه مقادیر کمینه و بیشینه شاخصهای اندازه گیری شده و بار ترافیکی نشان می دهد که در تمام موارد افزایش بار ترافیکی موجب بالارفتن سطح شاخصهای صوتی نشده است. در مواردی، افزایش بار ترافیکی موجب بالارفتن سطح شاخصهایی نظیر L_{50} ، TNI و NPL نشده است و در موارد دیگر نیز افزایش شاخصهای مذکور تناسب معینی با افزایش بار ترافیکی نشان نمی دهد و این در حالیست که کمترین ترازهای TNI و NPL ، در ایستگاههای با حداقل بار ترافیکی تعیین شده اند. شاید بتوان این نتیجه را ناشی از تاثیر عواملی نظیر سرعت و نوع خودروها، جنس و کیفیت آسفالتها و فضاهای سبز متفاوت خیابانهای مورد مطالعه دانست که در این مطالعه لحاظ نشده اند ولی هر یک به نوبه خود بر تراز آلودگی صدا و شاخص صدای ترافیک تاثیر گذارند [۱۶]. بدیهی است TNI کمتر به معنای پایین تر بودن سطح آلودگی صدا نیست، بلکه نشانگر تغییرات کمتر تراز صوت است. متوسط TNI ایستگاههای مورد مطالعه در این پژوهش (A)



نمودار ۴- نمودار متناظر با داده های میانگین تراز معادل صدا و تعدادک وسایل نقلیه موتوری عبوری براساس نتایج نیم ساعته در هر سه نوبت اندازه گیری در کلیه ایستگاهها

۴- بحث

با توجه به اینکه مقادیر مجاز $L_{Aeq}(30min)$ طبق استاندارد صدا در هوای آزاد ایران برای مناطق مسکونی در روز (۷ صبح تا ۱۰ شب) برابر با (A) ۵۵ دسی بل [۱۶] می باشد، و میانگین ترازهای معادل نیم ساعته در سه نوبت دو ساعته (جمعا ۶ ساعت) در حدود ۷۰/۶ دسی بل است، می توان پیش بینی نمود چنانچه ارزیابیهای ۱۵ ساعته (۷ صبح تا ۱۰ شب) صورت می گرفت، میانگین تراز معادل صدا بیش از حد مجاز ثبت می گردید. اگر میانگین تراز معادل نیم ساعته صدای دریافتی ظرف ۱۵ ساعت در قالب یک تراز معادل نیم ساعته طی ۶ ساعت و یک تراز معادل نیم ساعته طی ۹ ساعت در نظر گرفته شود، به گونه ای که تراز معادل نیم ساعته دریافتی ظرف ۶ ساعت (A) ۷۰/۶ دسی بل (یعنی میانگین ترازهای نیم ساعته معادل دریافتی در مطالعه حاضر) و میانگین تراز معادل نیم ساعته ی دریافتی ظرف ۹ ساعت باقیمانده صفر دسی بل (A) فرض شود، میانگین تراز معادل نیم ساعته طی ۱۵ ساعت (A) ۶۶/۶ دسی بل برآورد می شود که ۱۱/۶ دسی بل بیش از حد مجاز استاندارد صدا

۷۱/۲۶ دسی بل بوده که بیشتر از متوسط آن در بررسی انجام شده در شهر پکن چین در سال ۲۰۰۱، (A) ۶۶/۳ دسی بل، می باشد [۱۷].

مناسب ترین تابع ریاضی که روی داده های تراز معادل صدا و بار ترافیکی، تطبیق داده شد، تابع لگاریتمی بود. چنانچه منبع اصلی تولید صدا تردد وسایل نقلیه در نظر گرفته شود، مشاهده می شود افزایش بار ترافیکی یا عملاً افزایش تعداد خودروها، موجب افزایش لگاریتمی L_{Aeq} شده است که با توجه به وابستگی لگاریتمی تراز معادل صدا به تراز معادل فشارصوت هر گروه خودرو [۱۶]، نتیجه دور از انتظاری بنظر نمی رسد. البته پراکنش نسبتاً زیاد داده ها را در این رگرسیون نباید نادیده گرفت که شاید ناشی از یکسان نبودن سهم انواع و سرعت های متفاوت خودروها در تغییر تراز معادل فشار صوت باشد [۱۶].

۵- نتیجه گیری

طبق تحقیقات انجام یافته، سر و صدا احتمال بروز بسیاری از بیماری ها را افزایش داده و مراجعه به پزشک و مصرف دارو را بالا می برد [۴]. پس توجه به آلودگی صدا از ضروریات سلامت آدمی می باشد. با توجه به مسکونی بودن مناطق اندازه گیری شده و نیز مشرف بودن این خیابان ها به بیمارستان ها که از مناطق حساس محسوب می شود، باید تدابیر خاصی در جهت کاهش سطح آلودگی صدا اتخاذ شود.

با توجه به موقعیت بخش اطفال بیمارستان امام رضا (ع) که مشرف به ایستگاه دوم خیابان بهار بوده و اکثر شاخص های صوتی آن بالاتر از سایر ایستگاهها ثبت شده است، دوزیمتری صدا در داخل این بخش توصیه می شود. به منظور کاهش صدا و عوارض ناشی از آن راهکارهای زیر ارائه می گردد:

براساس نتایج مربوط به شاخص صدای ترافیک به نظر می رسد استفاده از عوامل کاهش سرعت های بالای وسایل نقلیه نظیر علائم راهنمایی، محدودیت سرعت و یا وجود سرعت گیر در خیابان های با سطح ترافیک پایین به کاهش TNI کمک خواهد کرد. از آنجا که شهر مشهد از سطوح شیب دار برخوردار نیست، خوب است که فرهنگ استفاده از دوچرخه خصوصاً در فصل تابستان ترویج شود. همچنین در این شهر تعداد پل های هوایی محدود است، جهت کاهش زمان سفر خودروها و تسهیل دسترسی به مناطق مختلف شهری، بهتر است که پل های هوایی و راه های کوتاه ایجاد شود.

احداث فضای سبز، استفاده از گیاهان و احداث خاکریز سبز در کنار خیابان ها از دیگر عوامل مؤثر بر کنترل آلودگی صدا می باشد. مناسب است در خیابان هایی که مشرف به بیمارستان ها می باشند، دیوارهای صوتی طبیعی یا مصنوعی با مشخصات فنی لازم و چگالی سطحی نسبتاً بالا طوری طراحی شوند که حداقل تا بالای پنجره های بخش های حساس بیمارستانها، در سایه صوتی آنها قرارگیرند [۱۶]. به منظور انتخاب بهینه جنس دیوارهای صوتی پیشنهاد میشود، صدای ترافیک، تجزیه و تحلیل بسامدی شود. ضمناً توجه بیشتر به عایق بندی آکوستیکی ساختمان ها میتواند از انتقال اصوات مزاحم به داخل آنها جلوگیری نماید.

۶- تشکر و قدردانی

نویسندگان لازم می دانند از جناب آقای دکتر حبیب الله اسماعیلی استادیار گروه آمار و پزشکی اجتماعی دانشگاه علوم پزشکی مشهد و جناب آقای مهندس شهرام بیانی رودی عضو هیأت علمی گروه فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد و دانش آموزان همکار طرح که در تدوین آمار ترافیک صمیمانه همکاری نموده اند، قدردانی نمایند.

منابع

1. Barbosa ASM, Cardoso MRA. Hearing loss among workers exposed to road traffic noise in the city of Sao Paulo in Brazil; *Auris Nausis Larynx* 32(2005) 17-21.
2. عباسپور، م. نصیری، پ. "بررسی وضعیت شهر تهران از نظر میزان آلودگی صدا". مجموعه مقالات دومین کنفرانس مهندسی ترافیک ایران. ۱۳۷۵. ص ۴۷۵-۴۸۸.
3. Bahreyni Toosi , MH, Pour-sadegh M, Tamjidi AM, Bazri AR, Sound pollutants in the industrial environments of Mashhad , *Medical Journal of Mashhad University of Medical Sciences*. 1997; 40 (57,8): 27-32.
4. Smith A. A review of the non auditory effects of noise on health. *Work & Stress*; 1991; 5(1):49-62.
5. مرتضوی، ب. "مبانی مهندسی محیط زیست". تهران: شرکت ملی صنایع پتروشیمی، ۱۳۸۰. ص ۶۹-۶۸.
6. Gahardt KJ, Abrams RM. Fetal exposures to sound and vibroacoustic stimulation. *J. Perinatol* 2000; 20(2): 21-30.
7. Haines MM, Stansfeld SA. Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Head J*. 2001; 31(2): 265-77.
8. تمجدی، ع. اندازه‌گیری آلودگی‌های صوتی در محیط‌های صنعتی مشهد و بررسی ارتباط آن با میزان شنوایی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۱۳۷۳.
9. Fosbroke J. Practical observations on the pathology and the pathology and treatment of deafness. *Lan Cet*. 1931; 24(2): 245-8.
10. Melamed S. et al. Industrial noise exposure, noise annoyance and serum lipid levels in Blue-collar workers. *The CORDIS study, Archives of Environmental Health* 1997; 52(4):292-98.
11. محرم‌نژاد، ن. بررسی آلودگی صدا در تهران از گذشته تا حال. گزارش سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۳۷۱.
12. ایزد دوستدار، ا. بررسی میزان آلودگی صدا ناشی از ترافیک در شهر تهران، مسیر بزرگراه مدرس از ابتدای خیابان ولیعصر تا میدان امام خمینی. پایان‌نامه کارشناس ارشد، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۷۴.
13. قاسمپوری، م. آلودگی صدا و نقشه‌سازی اکوسیستم‌های شهری. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۴.
14. طلوع شمس، ف. بررسی آلودگی‌های صدای منتشره از خودروها و ارائه طرح‌های کنترل و کاهش آن. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۳۷۹.
15. Bruel & Kjzer. Manual user of investigator 2260. Denmark; Bruel & Kjzer; 2000.

۱۶. گلمحمدی، ر. مهندسی صدا و ارتعاش. چاپ دوم، همدان: انتشارات دانشجو، ۱۳۸۲.

17. Bengang Li, Shu Tao. R. W. Dawson. Evaluation and analysis of traffic noise from the main road in Beijing. *Applied Acoustics J.* 2002; 63(10): 1137-42.
18. Sanford F. Nationwide urban noise survey. *J Acoustic Soc Am.* 1978; 64(1): 198-206.