

ارزیابی آلودگی صوتی بیرجند با استفاده از تکنیک‌های آماری و GIS

محمدحسین صیادی اناری^{۱*}، افسانه موفق^۲

۱. استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه بیرجند

۲. دانشجوی دکتری دانشکده محیط‌زیست و انرژی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران

afsaneh_movafagh@yahoo.com

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۳/۱۰

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۰/۳۰

چکیده

آلودگی صوتی یکی از مشکلات جامعه امروزی و مهم‌ترین آلاینده محیط‌زیست محسوب می‌شود که آثار بالقوه‌ای بر سلامت انسان دارد. هدف اصلی این تحقیق، ارزیابی مقایسه‌ای و پهنه‌بندی آلودگی صوتی بیرجند در سه بازه زمانی صبح، ظهر و شب است. در این مطالعه به منظور بررسی و اندازه‌گیری میزان تراز آلودگی صدا ۴۳ ایستگاه انتخاب شد. نتایج این مطالعه نشان داد که در بازه زمانی صبح ایستگاه‌های شماره ۷، ۸، ۱۵، ۱۸، ۲۰ تا ۳۷، ۳۹ و ۴۳ و در بازه زمانی ظهر ایستگاه‌های شماره ۱، ۴، ۶، ۷، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۳ تا ۳۹، ۴۲ و ۴۳، همچنین در بازه زمانی شب ایستگاه‌های شماره ۲، ۴، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۰ تا ۳۰، ۳۲ تا ۳۹، ۴۲ و ۴۳ دارای تراز صوت معادل بیش از ۷۰ دسی‌بل بودند. نتایج آنالیز آماری مشخص کرد که بین عرض خیابان‌ها و میانگین حجم ترافیک و تراز آلودگی صوتی رابطه معنی‌داری وجود ندارد. نقشه‌های هم‌ترازی صدا که برای میانگین حجم ترافیک و تراز آلودگی صوتی برای سه بازه زمانی صبح، ظهر و شب به کمک نرم‌افزارهای GIS ترسیم شدند، نشان‌دهنده تأثیر مستقیم ترافیک در میزان آلودگی صوتی بودند. میانگین تراز معادل آلودگی صوتی به‌دست‌آمده از ایستگاه‌های نمونه‌برداری با مقادیر استاندارد صدای ایران مقایسه شد که این مقادیر برای مناطق مسکونی در تمامی ایستگاه‌ها از حد استاندارد ایران فراترند و سلامت جامعه را در معرض خطر قرار می‌دهند، بنابراین باید نسبت به ارائه راهکارهای مناسب در جهت کاهش و کنترل این آلاینده مهم اقدام‌های لازم صورت گیرد.

کلیدواژه

آلودگی صوتی، بیرجند، تجزیه و تحلیل آماری، نقشه‌های هم‌تراز صدا.

۱. سرآغاز

در اکثر کشورهای توسعه‌یافته و در حال توسعه دنیا به مسئله آلودگی صوتی توجه شده و نسبت به تدوین و اجرای قوانین کاهش یا رفع آلودگی اقدامات زیادی صورت گرفته است (عباس‌پور و نصیری، ۱۳۷۵). عوارض آلودگی صوتی در انسان به صورت مستقیم و فوری بروز نمی‌یابد. عوارض فیزیولوژیکی و روانی آلودگی صوتی روی انسان معمولاً به صورت تدریجی ظاهر می‌شود و در درازمدت تأثیر مستقیمی در دستگاه عصبی انسان می‌گذارد و سبب کاهش سلامت عمومی

آلودگی صوتی از انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی است که سلامت جامعه و بقای موجودات زنده را تهدید می‌کند (Kim and Berg, 2010). ترافیک شهری عامل اصلی آلودگی هوا و صوتی است. آلودگی صوتی یکی از مشکلات شهری شهروندان محسوب می‌شود که مسئله رو به رشدی است و آثار بالقوه‌ای بر سلامت مردم دارد. سر و صدای وسایل حمل‌ونقل عمومی در شهرها و محیط‌های مسکونی یکی از این مشکلات است (Marathe, 2012).

آلودگی یاسوج نشان داد که در اغلب ایستگاه‌ها در نقاط پرتردد شهر در تمامی ساعات شبانه‌روز تراز آلودگی صوتی بیش از حد استانداردها بوده است (ماری‌اریاد و همکاران، ۱۳۸۶). اندازه‌گیری تراز صدای معادل در ۱۳ ایستگاه مختلف در سطح کرمان نشان داد که تراز آلودگی صدا در اغلب ایستگاه‌ها بالاتر از حد مجاز است (ملکوتیان و دولت‌شاهی، ۱۳۸۱). مطالعات خارج از ایران نشان می‌دهند که در اغلب کشورها متوسط مقادیر تراز صدا بسیار فراتر از استانداردهای صدای محیط است که به توسعه نامناسب شهری، مدیریت ناکارآمد و مسائل فرهنگی نسبت داده می‌شود (Zannin et al., 2002; Onuu, 2000).

تراز بالای صوتی می‌تواند تأثیر بسیاری در سلامت جامعه داشته باشد و سابقه تحقیقات نشان می‌دهد بیشتر مطالعات در خصوص آلودگی صدا ناشی از ترافیک وسایل نقلیه در کلان‌شهرها از جمله تهران اجرا شده و در بیرجند بررسی کافی صورت نگرفته است. از طرف دیگر، با توجه به گسترش روزافزون این شهر، مراکز صنعتی آن، افزایش درصد تصاعدی درخور توجه وسایل نقلیه و سایر منابع آلودگی صوتی، لزوم اجرای این تحقیق مطرح می‌شود. لذا این مطالعه با هدف پهنه‌بندی و ارزیابی مقایسه‌ای تراز آلودگی صوتی بیرجند در سه بازه زمانی صبح، ظهر و شب با استفاده از تکنیک‌های آماری و GIS انجام شده است.

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق از دستگاه‌های صداسنج Casellacel مدل Cel450 ساخت انگلستان منطبق بر استانداردهای بین‌المللی استفاده شد. ابتدا از طریق بازدیدهای میدانی و مصاحبه با مردم و مسئولان، منابع انتشار آلودگی صوتی در بیرجند شناسایی شد. سی نقطه از شهر به خصوص میدان‌ها، تقاطع‌ها و چهارراه‌ها انتخاب و برای حصول اطمینان بیشتر ۱۳ ایستگاه دیگر با ویژگی‌های مناطق شلوغ و پرتراфик نیز به این موارد اضافه شد. طبق استاندارد سازمان جهانی بهداشت، دستگاه صوت‌سنج ۳/۵ متر از

افراد و افت شنوایی می‌شود (کرم‌خانی، ۱۳۷۵؛ جزنی، ۱۳۷۵). یکی از عکس‌العمل‌های بدن انسان در برابر آلودگی صوتی ترشح هورمون آدرنالین است که سبب تغییر ضربان قلب و فشار خون می‌شود که از عوارض آن می‌توان بداخلاقی، خشونت و بی‌تمرکزی حواس را نام برد. آسیب به گوش داخلی از طریق هدایت استخوانی صدا و مشکلات ذهن، تمرکز و دقت در کودکان از دیگر آثار سوء صدا در بدن به شمار می‌روند (مرتضوی، ۱۳۸۰؛ Sayadi et al., 2012; Clark et al., 2012a).

در گذشته تصور می‌شد که عمده آلودگی صوتی ناشی از ترافیک مختص شهرهای بزرگ است و اکثر تحقیقات در کلان‌شهرها صورت گرفته است. اما مطالعات نشان داد شهر کوچکی مثل یزد که از لحاظ تعداد موتورسیکلت با توجه به جمعیت خود در کشور، مقام اول را به خود اختصاص داده از نظر صوت و ارتعاش آلوده است (اویسی و همکاران، ۱۳۸۵). تحقیقی که در شهرستان انار (کرمان) صورت گرفت نشان داد که متوسط مقادیر تراز صدا در ۲۹ ایستگاه اندازه‌گیری آلودگی صوتی بسیار فراتر از استاندارد در مناطق مسکونی است (Sayadi et al., 2012b). بررسی‌ها در نواحی مختلف کلان‌شهر تهران از دهه ۷۰ تاکنون بیان‌کننده مقادیر بیش از حد استاندارد تراز صوت و آلودگی صوتی در مناطق مختلف است، به طوری که اکثر شهروندان آلودگی صدا در شهر را آزاردهنده ارزیابی کرده‌اند (ایزدوستدار، ۱۳۷۴). با ارزیابی آلودگی صوتی مشهد بیشترین تراز معادل صدا در نوبت صبح در خیابان بهار و در نوبت‌های ظهر و شب در خیابان کوه‌سنگی به دست آمد و بیشترین شاخص صدای ترافیک در تمامی نوبت‌ها در خیابان نخریسی برآورد شد که عامل اصلی ایجادکننده صوت وسایل نقلیه گزارش شد (سازگارا و همکاران، ۱۳۸۴). بررسی‌ها در زنجان نشان داد که آلودگی صوتی در مناطق مسکونی و تجاری بیش از حد مجاز است و اختلاف معنی‌داری در بازه زمانی صبح، ظهر و عصر وجود دارد (ندافی و همکاران، ۱۳۸۷). نتایج پایش

(قبروی و همکاران، ۱۳۹۰). در این تحقیق بنا به استاندارد در ایران زمان ۳۰ دقیقه برای اندازه‌گیری تراز آلودگی صوتی مد نظر قرار گرفت. به منظور حذف اثر جریان هوا روی میکروفون از محافظ اسفنجی استفاده شد. موقعیت مکانی ایستگاه‌های اندازه‌گیری صدا در سطح بیرجند در شکل ۱ نشان داده شده است. جدول ۱ موقعیت جغرافیایی نقاط مورد مطالعه برای سنجش آلودگی صوتی بیرجند را نشان می‌دهد. در ابتدا نقاط تعیین شده برای تعیین تراز آلودگی صوتی روی نقشه مشخص، سپس با ورود به محل موردنظر به کمک نقشه و GPS داده‌های خام جمع‌آوری شدند.

دیوار و ۰/۵ متر از جدول خیابان قرار گرفت و در ایستگاه‌ها نقاطی برای نمونه‌برداری انتخاب شدند که به وضعیت استاندارد نزدیک بودند (کیانی‌صدر و همکاران، ۱۳۸۸؛ اویسی و همکاران، ۱۳۸۵). ترازسنج صوت به صورت روزانه قبل از شروع هر اندازه‌گیری کالیبراسیون با بسامد ۱ کیلوهرتز و تراز نسبی ۱۱۴ دسی‌بل صورت می‌گرفت. برای به دست آوردن حدود اطمینان بیش از ۹۵ درصد (خاتمی، ۱۳۸۲) ۷۷۴ اندازه‌گیری انجام شد. بدین منظور از هر ایستگاه در تمام طول زمستان و بهار در شرایط جوی پایدار ۳ مرتبه و در ۳ بازه زمانی صبح ۸ تا ۱۰:۳۰، ظهر ۱۱ تا ۱۲:۳۰ و شب ۱۸ تا ۲۰:۳۰ به علت پرتراфик بودن این ساعت‌ها اندازه‌گیری صورت گرفت



شکل ۱. موقعیت ایستگاه‌های سنجش آلودگی صوتی در بیرجند

۱.۲. گردآوری اطلاعات و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های جمع‌آوری شده در نرم‌افزار اکسل ذخیره و با استفاده از نرم‌افزار SPSS تحلیل شد. سپس با تکنیک‌های مختلف از جمله همبستگی و فراوانی بررسی آماری شکل گرفت که با این شاخص‌ها می‌توان به اهداف مورد نظر رسید که همان مشخص کردن نقاطی است که در آن‌ها

آلودگی صوتی وجود دارد. سپس، به کمک نرم‌افزار Ilwis Academic 3.2 پراکندگی جغرافیایی تراز آلودگی صوتی و میزان ترافیک شهر در سه بازه زمانی صبح، ظهر و شب در بیرجند روی نقشه ترسیم شد.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط مورد مطالعه برای سنجش آلودگی صوتی بیرجند

ردیف	شماره نقطه در نقشه GIS شهر	مکان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۷۶	خیابان مدرس - میدان جماران	۷۰.۷۵۸۳	۳۶.۳۶۱۹۹
۲	۵۹	تقاطع خیابان معلم و خیابان محلاتی	۷۰.۸۳۸۲	۳۶.۳۶۴۹۸
۳	۷۵	سجادشهر - میدان سیدالشهدا	۷۰.۶۱۷۹	۳۶.۳۶۵۴۵
۴	۶۰	تقاطع خیابان معلم و خیابان ۱۵ خرداد	۷۰.۸۳۶۶	۳۶.۳۶۸۲۳
۵	۷۰	تقاطع خیابان توحید و خیابان ۱۵ خرداد	۷۰.۷۱۹۱	۳۶.۳۶۷۳۱
۶	۶۶	خیابان غفاری - میدان ولیعصر	۷۰.۸۶۴۳	۳۶.۳۶۸۶۰
۷	۶۷	تقاطع خیابان شهید آوینی و خیابان پیامبر اعظم	۷۰.۹۲۵۹	۳۶.۳۶۹۰۴
۸	۶۸	خیابان پاسداران - میدان جانبازان	۷۰.۷۹۷۷	۳۶.۳۷۰۶۹
۹	۶۱	خیابان معلم - میدان موزه	۷۰.۸۳۵۶	۳۶.۳۷۰۹۵
۱۰	۷۴	سجادشهر - میدان غدیر	۷۰.۵۹۷۸	۳۶.۳۷۳۱۲
۱۱	۷۳	بلوار سجاد - میدان تمنای باران	۷۰.۶۶۷۰	۳۶.۳۷۲۴۶
۱۲	۷۱	تقاطع خیابان توحید و خیابان موسی صدر	۷۰.۷۱۵۱	۳۶.۳۷۲۵۲
۱۳	۷۲	تقاطع خیابان مدرس و خیابان موسی صدر	۷۰.۷۵۰۳	۳۶.۳۷۲۸۲
۱۴	۷۷	خیابان مفتح - میدان مفتح	۷۰.۶۷۸۳	۳۶.۳۷۷۲۵
۱۵	۶۲	تقاطع خیابان معلم و بلوار فرهنگیان	۷۰.۸۵۱۰	۳۶.۳۸۵۵۸
۱۶	۶۵	خیابان غفاری - بیمارستان ولیعصر	۷۰.۸۸۲۲	۳۶.۳۷۹۸۸
۱۷	۷۸	سجادشهر - میدان امام صادق	۷۰.۶۰۴۷	۳۶.۳۸۰۴۸
۱۸	۷۹	تقاطع بلوار سجاد و خیابان شهید بهشتی	۷۰.۶۳۷۷	۳۶.۳۸۳۳۳
۱۹	۸۱	خیابان توحید - میدان توحید	۷۰.۷۱۰۲	۳۶.۳۸۲۸۶
۲۰	۸۲	میدان سوم مدرس	۷۰.۷۴۳۴	۳۶.۳۸۳۱۰
۲۱	۸۰	تقاطع خیابان نواب صفوی و خیابان مفتح	۷۰.۶۸۳۵	۳۶.۳۸۶۲۱
۲۲	۸۳	میدان دوم مدرس	۷۰.۷۴۳۴	۳۶.۳۸۵۵۲
۲۳	۹۸	خیابان پاسداران - بین پاسداران ۱۲ و ۱۴	۷۰.۷۹۱۰	۳۶.۳۸۷۵۹
۲۴	۶۲	تقاطع خیابان معلم و خیابان قدس	۷۰.۸۵۱۰	۳۶.۳۸۵۵۸
۲۵	۸۴	میدان اول مدرس	۷۰.۷۳۷۲	۳۶.۳۸۹۹۹
۲۶	۶۴	تقاطع خیابان غفاری و خیابان ارتش	۷۰.۸۹۱۲	۳۶.۳۹۲۳۶
۲۷	۶۳	تقاطع خیابان معلم و خیابان ارتش	۷۰.۸۶۰۱	۳۶.۳۹۲۶۶

ادامه جدول ۱. موقعیت جغرافیایی نقاط مورد مطالعه برای سنجش آلودگی صوتی بیرجند

ردیف	شماره نقطه در نقشه GIS		مکان	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
	شهر				
۲۸	۸۵		میدان ابوذر	۷۰۷۳۸۲	۳۶۳۹۳۳۷
۲۹	۸۶		خیابان طالقانی - بیمارستان امام رضا	۷۰۶۹۹۴	۳۶۳۹۴۶۹
۳۰	۸۷		خیابان طالقانی - میدان طالقانی	۷۰۶۵۱۰	۳۶۳۹۵۵۲
۳۱	۹۱		خیابان شهدا - میدان شهدا	۷۰۷۲۸۷	۳۶۳۹۹۴۸
۳۲	۹۰		خیابان منتظری - بین کوچه منتظری ۱۴ و ۱۶	۷۰۶۲۶۹	۳۶۴۰۲۷۴
۳۳	۸۸		خیابان مطهری - نیش کوچه مطهری ۹	۷۰۶۶۶۶	۳۶۴۰۱۶۷
۳۴	۸۹		تقاطع خیابان مطهری و خیابان منتظری	۷۰۶۸۲۹	۳۶۴۰۳۴۳
۳۵	۹۴		خیابان جمهوری اسلامی - میدان امام حسین	۷۰۶۳۵۶	۳۶۴۰۴۰۶
۳۶	۹۳		سراوه اسدی - میدان راستگو مقدم	۷۰۶۷۳۷	۳۶۴۰۴۶۴
۳۷	۹۲		خیابان جمهوری اسلامی - میدان امام خمینی	۷۰۷۳۴۹	۳۶۴۰۵۷۴
۳۸	۹۶		میدان آزادی	۷۰۷۸۲۱	۳۶۴۱۳۱۷
۳۹	۹۵		خیابان انقلاب - کوچه انقلاب ۷	۷۰۶۲۵۴	۳۶۴۰۰۱۳
۴۰	۱۰۰		خیابان عدل - کوچه عدل ۱۹	۷۰۸۲۶۲	۳۶۳۸۴۵۲
۴۱	۹۹		خیابان عدل - کوچه عدل ۱۰	۷۰۸۳۳۱	۳۶۳۸۹۶۸
۴۲	۹۷		تقاطع خیابان امام رضا و خیابان صیاد شیرازی	۷۰۸۳۶۷	۳۶۴۱۳۰۵
۴۳	۱۰۱		خیابان پاسداران - بیمارستان تأمین اجتماعی	۷۰۷۹۵۷	۳۶۳۷۹۸۵

۳. نتایج و بحث

۳.۱. تراز آلودگی صوتی

تراز معادل ۸۲/۲ دسی بل دارای بیشترین آلودگی صوتی بود، در حالی که ایستگاه شماره ۱۷ با تراز معادل ۶۱/۹ دسی بل کمترین تراز معادل صوتی را داشت. در بازه زمانی شب بین ساعات ۱۸ تا ۲۰:۳۰ ایستگاه‌های شماره ۲، ۴، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۲۰، ۳۰، ۳۲ تا ۳۹، ۴۲ و ۴۳ دارای تراز صوت معادل بیش از ۷۰ دسی بل بودند. در این میان ایستگاه شماره ۳۳ با داشتن تراز معادل ۷۵/۹ دسی بل دارای بیشترین آلودگی صوتی بود، در حالی که ایستگاه شماره ۴۱ با تراز معادل ۶۲ دسی بل کمترین تراز معادل صوتی را داشت. با نگاهی اجمالی به نتایج می‌توان دریافت که در بازه زمانی شب تعداد زیادی از ایستگاه‌های مورد مطالعه تراز آلودگی صوتی بیش از ۷۰ دسی بل داشتند و این نکته را آشکار می‌کند که منابع آلاینده صوتی در این بازه زمانی و در صبح از ظهر بیشترند هر چند که در برخی ایستگاه‌ها تراز آلودگی صوت در ظهر از صبح و شب

بر اساس نتایج اندازه‌گیری شده میانگین، حداکثر و حداقل تراز آلودگی صوتی بیرجند در ایستگاه‌های مختلف برای بازه زمانی صبح، ظهر و شب در جدول ۲ ارائه شده است. در بازه زمانی صبح بین ساعت ۸-۱۰:۳۰ ایستگاه‌های شماره ۷، ۸، ۱۵، ۱۸، ۲۰ تا ۳۷، ۳۹ و ۴۳ دارای تراز صوت معادل بیش از ۷۰ دسی بل بودند. در این میان ایستگاه شماره ۳۷ با داشتن تراز معادل ۷۵/۲ دسی بل دارای بیشترین آلودگی صوتی بود، در حالی که ایستگاه شماره ۵ با تراز معادل ۵۸/۳ دسی بل کمترین تراز معادل صوتی را داشت. در بازه زمانی ظهر بین ساعات ۱۱ تا ۱۲:۳۰ ایستگاه‌های شماره ۱، ۴، ۶، ۷، ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱۸، ۲۰، ۲۱، ۲۳ تا ۳۹ و ۴۲ دارای تراز صوت معادل بیش از ۷۰ دسی بل بودند. در این میان ایستگاه شماره ۲۸ با داشتن

بیشتر است که نتیجه توزیع پراکندگی تعداد وسایل نقلیه است. به طور کلی، تحقیقی که در مشهد مقدس انجام شد نشان داد که اکثر ایستگاه‌ها با افزایش تعداد وسایل نقلیه در شب بیشترین تراز آلودگی صوتی را داشتند (سازگاریا و همکاران، ۱۳۸۴).

۲.۳. متوسط ترافیک نقاط مورد آزمایش

جدول ۳ متوسط ترافیک انواع خودروها اعم از سبک، سنگین و موتورسیکلت را در بازه زمانی ۵ دقیقه در ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد. شایان یادآوری است که خودروهای ورودی به میدان، چهارراه‌ها و خیابان‌ها از جهت‌های مختلف شمارش شدند. با صرف نظر کردن از چند استثنا، همان‌گونه که جدول ۳ نشان می‌دهد حجم ترافیک به ترتیب از ظهر، صبح و شب در اکثر ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد. چند مورد استثنا نیز به علت برخی مراکز دولتی یا آموزشی در آن نواحی است که حجم ترافیک در بازه زمانی ظهر یا صبح را بالا برده است. ایستگاه شماره ۳۰ دارای بیشترین حجم ترافیک در صبح، ظهر و شب به ترتیب ۲۹۳، ۳۲۶ و ۳۴۵ دسی‌بل و ایستگاه شماره ۴۱ دارای کمترین حجم ترافیک در صبح، ظهر و شب به ترتیب ۳۴، ۳۲ و ۴۶ دسی‌بل است. جدول ۳ متوسط تعداد انواع خودروها را به تفکیک سبک (مثل سواری، تاکسی و وانت)، سنگین (مثل کامیون و اتوبوس) و انواع مختلف موتورسیکلت را در ۵ دقیقه برای بازه زمانی صبح، ظهر و شب نشان می‌دهد. در بازه زمانی صبح ایستگاه شماره ۲۲ با ۲۷۰ خودروی سبک عبوری دارای بیشترین عبور و مرور خودروهای سبک بود، در حالی که ایستگاه شماره ۲۹ با کمترین خودروی سبک عبوری (۲۹ خودرو) کمترین حجم ترافیکی را برای خودروهای سبک در بازه زمانی صبح به خود اختصاص داده است. ایستگاه شماره ۴۲ با ۲۶ خودروی سنگین بیشترین حجم ترافیکی را برای خودروهای سنگین به خود اختصاص داده، در حالی که از ایستگاه‌های شماره ۴۰ و ۴۱ هیچ خودروی سنگینی عبور

نکرده است. در ایستگاه شماره ۳۸ در بازه زمانی صبح به مدت ۵ دقیقه ۵۲ موتورسیکلت، اما در ایستگاه شماره ۹ فقط ۳ موتورسیکلت عبور کرده است. در بازه زمانی ظهر ایستگاه شماره ۳۰ با ۲۶۴ خودروی سبک عبوری دارای بیشترین عبور و مرور خودروهای سبک بود در حالی که ایستگاه شماره ۴۱ با کمترین خودروی سبک عبوری (۲۶ خودرو) کمترین حجم ترافیکی را برای خودروهای سبک در بازه زمانی ظهر به خود اختصاص داده است.

ایستگاه شماره ۴۲ با ۲۴ خودروی سنگین بیشترین حجم ترافیکی را برای خودروهای سنگین به خود اختصاص داد، در حالی که از ایستگاه‌های شماره ۴۰ و ۴۱ هیچ خودروی سنگینی عبور نکرد. در ایستگاه شماره ۳۸ در بازه زمانی ظهر به مدت ۵ دقیقه ۵۰ موتورسیکلت و در ایستگاه شماره ۹ فقط ۱ موتورسیکلت عبور کرد.

در بازه زمانی شب ایستگاه شماره ۲۲ با ۳۷۱ خودروی سبک عبوری دارای بیشترین عبور و مرور خودروهای سبک بود، در حالی که ایستگاه شماره ۴۱ با کمترین خودروی سبک عبوری (۴۰ خودرو) کمترین حجم ترافیکی را برای خودروهای سبک در بازه زمانی شب به خود اختصاص داده است. ایستگاه شماره ۴۲ با ۳۶ خودروی سنگین بیشترین حجم ترافیکی را برای خودروهای سنگین به خود اختصاص داد، در حالی که از ایستگاه‌های شماره ۴۰ و ۴۱ هیچ خودروی سنگینی عبور نکرده است.

در ایستگاه شماره ۳۸ در بازه زمانی شب به مدت ۵ دقیقه ۷۷ موتورسیکلت عبور کرد، در حالی که در ایستگاه شماره ۲۱ فقط ۳ موتورسیکلت عبور کرده است. ایستگاه شماره ۲۲ در بازه زمانی شب و صبح و ایستگاه شماره ۳۰ در بازه زمانی ظهر بیشترین حجم ترافیک برای خودروهای سبک را به خود اختصاص دادند. کمترین حجم ترافیک خودروی سبک، بیشترین و کمترین حجم ترافیک خودروهای سنگین، همچنین بیشترین حجم ترافیک موتورسیکلت‌ها در بازه های زمانی صبح، ظهر و شب در

توجه به جدول ۳ نوع وسایل نقلیه به خصوص موتورسیکلت‌ها نقش مهمی در افزایش آلودگی صوتی دارند. تحقیقی که در یزد صورت گرفته است نقش مستقیم و قوی موتورسیکلت‌ها را در آلودگی صوتی آشکار می‌کند (اویسی و همکاران، ۱۳۸۵)

ایستگاه‌های مشابه‌اند، فقط تعداد آن‌ها به ترتیب از ظهر، صبح و شب افزایش می‌یابد. کمترین تعداد موتورسیکلت عبوری در بازه زمانی صبح و ظهر در ایستگاه شماره ۹ است، اما در بازه زمانی شب ایستگاه شماره ۲۱ کمترین تعداد موتورسیکلت را در مناطق نمونه‌برداری دارد. با

جدول ۲. میانگین تراز آلودگی صوتی (میانگین، حداکثر و حداقل) روزانه در ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه	میانگین			حداکثر			حداقل		
	صبح	ظهر	شب	صبح	ظهر	شب	صبح	ظهر	شب
۱	۶۶/۸	۷۰	۴۶/۶	۹۷/۷	۹۷/۷	۸۶/۹	۴۷/۵	۴۸/۴	۴۷
۲	۶۷	۶۹/۸	۷۰/۳	۹۹/۲	۹۹/۲	۸۹/۴	۵۱/۱	۵۵/۸	۵۶/۴
۳	۶۶/۷	۶۵/۳	۶۹/۷	۸۸/۹	۱۰۱/۱	۸۰	۴۶/۵	۴۸/۱	۵۳/۹
۴	۶۸/۱	۷۱/۷	۷۲/۷	۹۱/۵	۹۷	۱۰۰/۳	۵۶	۵۸/۹	۶۲/۴
۵	۵۸/۳	۶۷/۶	۶۹/۵	۵۱	۵۹/۵	۸۷	۵۷/۶	۵۱	۵۴/۴
۶	۶۹/۶	۷۰	۷۰/۴	۹۱/۱	۹۵/۷	۸۶	۵۶/۵	۵۵/۳	۶۰
۷	۷۱/۷	۷۰/۵	۷۱/۲	۹۴	۹۴/۱	۸۳/۱	۵۱/۱	۵۳/۵	۵۱/۷
۸	۷۰/۸	۶۵/۵	۷۳/۱	۸۵/۴	۹۴/۹	۹۵/۷	۹۴/۹	۵۰/۸	۵۵/۳
۹	۶۷	۶۷/۱	۷۱/۱	۸۷/۹	۵۲	۹۴/۱	۵۲	۵۹/۸	۵۷/۸
۱۰	۶۸/۴	۶۹/۲	۶۹/۲	۹۴/۵	۹۴/۸	۸۸/۲	۵۲/۶	۵۹/۵	۵۶/۹
۱۱	۶۶/۴	۷۰/۶	۶۷	۹۳/۴	۹۴/۴	۹۲/۷	۵۶/۳	۴۹/۵	۵۷/۵
۱۲	۶۹/۶	۶۳	۷۰/۳	۷۰	۹۸/۹	۸۹/۳	۵۴/۹	۵۹	۶۰/۳
۱۳	۶۹/۹	۷۰/۲	۶۸/۶	۹۲/۷	۹۷/۴	۸۹/۸	۵۵/۴	۵۱/۵	۵۶
۱۴	۶۵/۶	۶۵/۲	۶۸/۴	۸۶/۸	۸۷	۹۸/۶	۵۱/۲	۴۹/۶	۵۲/۹
۱۵	۷۰/۵	۷۲/۹	۷۱/۱	۹۷/۵	۹۴	۹۷/۵	۵۳/۷	۵۸	۵۷/۱
۱۶	۶۹/۷	۷۳/۶	۷۳/۵	۱۰۴/۱	۸۵/۷	۹۴/۹	۵۵/۷	۵۶/۷	۶۰
۱۷	۶۶/۹	۶۱/۹	۷۲	۹۰/۸	۹۳/۱	۸۰	۴۵/۴	۵۳/۲	۶۰/۲
۱۸	۷۳	۷۶/۶	۷۵	۹۴/۹	۹۲/۹	۹۷	۵۷/۱	۵۵/۵	۶۰/۹
۱۹	۶۷/۸	۶۷/۶	۶۸/۹	۹۱/۴	۸۷	۹۲/۸	۵۶/۵	۵۳/۲	۵۸/۵
۲۰	۷۱	۷۲	۷۳/۷	۹۵/۵	۹۹/۱	۱۰۰/۸	۵۹/۸	۶۰/۲	۵۹/۷
۲۱	۷۱/۳	۷۲/۹	۷۱/۳	۱۰۳/۲	۸۴/۷	۹۳/۶	۵۴/۷	۵۶/۸	۵۶/۵
۲۲	۷۲	۶۹/۴	۷۲/۶	۵۹/۹	۹۵	۹۷/۷	۵۵	۵۹/۹	۶۰/۸
۲۳	۷۳/۳	۷۰/۸	۷۲/۶	۸۹/۸	۹۳/۵	۹۰/۳	۵۸/۴	۵۳/۷	۵۸/۷
۲۴	۷۲/۶	۷۳/۶	۷۲	۱۰۲	۵۹/۲	۹۹	۵۹/۲	۵۷/۱	۵۹
۲۵	۷۱/۹	۷۱/۶	۷۰/۲	۹۶/۷	۹۷/۴	۹۰/۱	۶۱/۷	۵۱	۶۱/۵
۲۶	۷۲/۷	۷۴	۷۳	۹۹/۴	۹۲/۱	۹۲/۸	۵۱/۷	۵۲/۷	۵۷/۹
۲۷	۷۱/۱	۷۴/۱	۷۳/۹	۹۹/۶	۸۸/۸	۱۱۰/۲	۶۰/۹	۵۵/۵	۶۰/۱

ادامه جدول ۲. میانگین تراز آلودگی صوتی (میانگین، حداکثر و حداقل) روزانه در ایستگاه‌های مختلف

ایستگاه	میانگین			حداکثر			حداقل		
	صبح	ظهر	شب	صبح	ظهر	شب	صبح	ظهر	شب
۲۸	۷۲/۵	۸۲/۲	۷۱/۱	۹۲/۷	۹۹/۷	۹۵	۵۸/۱	۶۱/۱	۶۰/۳
۲۹	۷۵/۱	۷۶/۲	۷۵/۱	۹۵/۷	۱۰۹/۴	۹۷/۴	۵۹/۶	۵۹/۸	۶۰/۴
۳۰	۷۳/۲	۷۶/۵	۷۴/۲	۹۳/۵	۱۰۶/۶	۱۰۳	۵۸/۹	۶۰/۷	۵۸/۱
۳۱	۷۲/۵	۷۲/۴	۶۹/۴	۹۷/۸	۹۷/۶	۹۲/۳	۵۹/۲	۶۰/۶	۶۰/۵
۳۲	۷۱/۶	۷۱/۸	۷۱	۹۳/۴	۹۷/۹	۱۰۱	۵۳/۶	۵۰/۸	۶۸
۳۳	۷۱	۷۳/۷	۷۵/۹	۱۰۰	۹۷/۲	۱۰۲/۸	۵۶	۵۵/۳	۵۴/۷
۳۴	۷۲/۱	۷۲/۱	۷۱/۹	۹۵	۹۸/۵	۹۷	۵۴	۵۸/۳	۶۰/۲
۳۵	۷۱/۷	۷۵/۵	۷۳/۶	۹۱/۶	۹۸/۷	۹۶/۲	۵۸/۱	۵۸/۶	۶۲/۹
۳۶	۷۲	۷۳/۴	۷۴/۲	۹۴/۵	۹۹/۳	۹۹	۵۵/۵	۵۹/۸	۶۱/۴
۳۷	۷۵/۲	۷۴/۳	۷۵/۸	۱۰۱/۱	۹۸/۲	۱۰۴/۵	۶۰/۹	۶۲/۹	۵۹/۶
۳۸	۶۹/۴	۷۳/۷	۷۶	۹۶/۲	۱۰۶/۸	۱۱۰	۵۶/۶	۶۰	۶۰
۳۹	۷۳/۲	۷۶/۸	۷۵	۹۲/۸	۱۰۵/۱	۹۳/۵	۵۲/۵	۵۸/۳	۶۰
۴۰	۶۹/۴	۶۹/۲	۶۳/۲	۹۱/۳	۹۳/۲	۸۱/۸	۵۱/۱	۵۱/۸	۴۸
۴۱	۶۸/۳	۶۹/۲	۶۲	۸۹/۷	۸۹/۶	۸۰	۴۸/۴	۴۷/۹	۴۷
۴۲	۶۷/۲	۷۱/۴	۷۲	۹۱/۳	۱۰۲	۹۵	۵۳/۱	۵۷	۵۰
۴۳	۷۱/۷	۷۳/۸	۷۱/۶	۸۹/۶	۹۵/۹	۹۰/۲	۵۹/۵	۶۰/۷	۵۹/۲

جدول ۳. متوسط تعداد انواع خودرو به مدت ۵ دقیقه برای بازه زمانی صبح، ظهر و شب

ایستگاه	صبح			ظهر			شب				
	خودروی سبک	خودروی سنگین	موتورسیکلت	تعداد کل	خودروی سبک	خودروی سنگین	موتورسیکلت	تعداد کل	خودروی سبک	خودروی سنگین	موتورسیکلت
۱	۵۷	۲	۴	۶۳	۴۳	۱	۲	۴۷	۶۵	۲	۵
۲	۹۶	۲	۵	۱۰۵	۸۶	۱	۵	۹۳	۱۳۲	۲	۸
۳	۸۸	۵	۱۷	۱۱۰	۷۹	۵	۱۶	۱۰۰	۱۲۱	۷	۲۵
۴	۲۰۰	۲	۱۰	۲۱۲	۱۷۹	۲	۸	۱۸۹	۲۷۴	۳	۱۲
۵	۱۴۰	۳	۹	۱۵۲	۱۲۶	۴	۷	۱۳۷	۱۹۲	۳	۱۱
۶	۲۱۵	۶	۱۲	۲۳۳	۱۹۳	۵	۹	۲۰۷	۲۹۵	۸	۲۰
۷	۱۰۴	۳	۵	۱۱۲	۹۴	۴	۳	۱۰۰	۱۴۳	۳	۴
۸	۸۸	۱۱	۱۵	۱۱۴	۷۹	۸	۱۰	۹۷	۱۲۱	۱۸	۲۷
۹	۱۳۸	۴	۳	۱۴۶	۱۲۴	۳	۱	۱۲۸	۱۹۰	۴	۷
۱۰	۸۵	۱۴	۲۰	۱۱۹	۷۷	۱۲	۱۶	۱۰۵	۱۱۷	۱۹	۳۳

ادامه جدول ۳. متوسط تعداد انواع خودرو به مدت ۵ دقیقه برای بازه زمانی صبح، ظهر و شب

ایستگاه	صبح			ظهر				شب			
	تعداد کل	موتورسیکلت	خودروی سنگین	تعداد کل	موتورسیکلت	خودروی سنگین	خودروی سبک	تعداد کل	موتورسیکلت	خودروی سنگین	
۱۱	۷۴	۶	۵	۱۸۵	۶۷	۳	۸	۱۰۲	۱۳	۴	۱۱۹
۱۲	۱۷۱	۴	۱۳	۱۸۸	۱۵۳	۲	۱۱	۲۳۴	۳	۲۱	۲۵۸
۱۳	۱۴۴	۳	۸	۱۵۵	۱۲۹	۲	۶	۱۹۷	۳	۱۰	۲۱۰
۱۴	۱۳۰	۵	۹	۱۴۴	۱۱۷	۸	۵	۱۷۹	۱۲	۱۷	۲۰۸
۱۵	۱۱۲	۲	۷	۱۲۱	۱۰۰	۱	۴	۱۵۳	۲	۱۴	۱۶۹
۱۶	۱۶۸	۳	۸	۱۷۹	۱۵۱	۲	۷	۲۳۱	۴	۱۱	۲۴۶
۱۷	۱۳۳	۹	۱۷	۱۵۹	۱۲۰	۶	۱۳	۱۸۳	۱۴	۲۹	۲۲۶
۱۸	۱۳۹	۸	۱۷	۱۶۴	۱۲۵	۶	۱۴	۱۹۱	۹	۲۴	۲۲۴
۱۹	۱۲۱	۶	۸	۱۳۵	۱۰۹	۷	۵	۱۶۶	۱۰	۸	۱۸۴
۲۰	۱۲۵	۳	۱۸	۱۴۶	۱۱۲	۳	۱۴	۱۷۲	۴	۲۱	۱۹۷
۲۱	۱۱۱	۱۰	۴	۱۲۵	۹۹	۹	۲	۱۵۲	۱۴	۳	۱۶۹
۲۲	۲۷۰	۳	۱۶	۲۸۹	۲۴۳	۳	۱۴	۳۷۱	۴	۲۲	۳۹۷
۲۳	۱۶۵	۷	۱۰	۱۸۲	۱۴۸	۶	۸	۲۲۷	۹	۱۲	۲۴۸
۲۴	۱۵۷	۲	۲۳	۱۸۱	۱۴۱	۲	۱۹	۲۱۵	۲	۳۷	۲۵۴
۲۵	۱۷۲	۳	۱۱	۱۸۶	۱۵۴	۳	۱۰	۲۳۶	۲	۱۶	۲۵۴
۲۶	۱۴۱	۹	۱۵	۱۶۵	۱۲۶	۷	۱۲	۱۹۳	۸	۱۵	۲۱۶
۲۷	۱۳۶	۹	۴	۱۴۹	۱۲۲	۸	۴	۱۸۷	۱۲	۶	۲۰۵
۲۸	۲۳۷	۱۴	۳۳	۲۸۴	۲۱۳	۱۱	۲۸	۳۲۵	۱۷	۳۹	۳۸۱
۲۹	۱۶۶	۱۹	۳۷	۲۲۲	۱۶۶	۱۶	۴۲	۲۱۱	۲۸	۴۹	۲۸۸
۳۰	۲۳۷	۱۹	۳۶	۲۹۳	۲۶۴	۲۰	۴۲	۲۷۳	۲۴	۴۸	۳۴۵
۳۱	۹۵	۸	۱۶	۱۱۹	۸۵	۶	۱۳	۱۳۰	۲	۲۰	۱۵۲
۳۲	۶۰	۳	۱۰	۷۳	۵۴	۳	۱۲	۸۲	۴	۲۲	۱۰۸
۳۳	۵۸	۳	۸	۶۹	۵۲	۳	۷	۷۹	۴	۱۰	۹۳
۳۴	۶۷	۵	۱۱	۸۳	۶۰	۵	۱۹	۹۲	۶	۱۶	۱۱۴
۳۵	۱۶۰	۲۴	۴۳	۲۲۷	۱۴۳	۲۲	۴۲	۲۱۹	۳۳	۶۴	۳۱۶
۳۶	۱۵۲	۹	۳۳	۱۹۴	۱۳۶	۸	۳۳	۲۰۸	۱۲	۵۰	۲۷۰
۳۷	۱۶۰	۱۷	۳۱	۲۰۷	۱۴۳	۱۵	۳۰	۲۱۹	۲۳	۴۶	۲۸۸
۳۸	۲۱۰	۱۹	۵۲	۲۸۱	۱۸۸	۱۶	۵۰	۲۸۸	۱۰	۷۷	۳۷۵
۳۹	۴۱	۷	۱۳	۶۰	۳۷	۶	۱۱	۵۶	۹	۲۰	۸۵
۴۰	۳۸	۰	۷	۴۵	۳۴	۰	۶	۵۲	۰	۹	۶۱
۴۱	۲۹	۰	۵	۳۴	۲۶	۰	۶	۴۰	۰	۶	۴۶
۴۲	۱۱۱	۲۶	۱۵	۱۵۲	۹۹	۲۴	۱۴	۱۵۲	۳۶	۲۴	۲۱۲
۴۳	۱۹۷	۳	۱۳	۲۱۳	۱۷۷	۲	۱۲	۲۷۰	۲	۱۹	۲۹۱

۳.۳. پراکنندگی جغرافیایی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی

بعد از برداشت داده‌های خام از ۴۳ نقطه بیرجند، داده‌ها در نرم‌افزار اکسل ذخیره شدند. سپس، به کمک نرم‌افزار Ilwis Academic 3.2 پراکنندگی جغرافیایی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی، همچنین میزان ترافیک شهر در سه بازه زمانی صبح، ظهر و شب روی نقشه ترسیم شد.

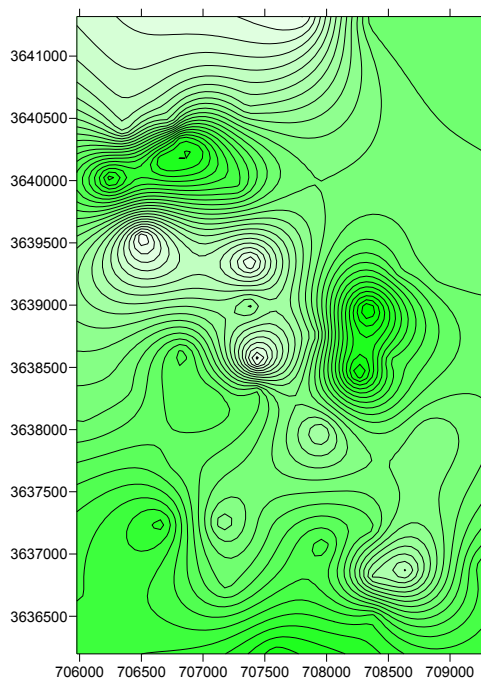
۳.۴. تراز آلودگی صوتی و حجم ترافیک در بازه زمانی صبح

شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب پراکنش آلودگی صوتی و میزان متوسط حجم ترافیک در سطح بیرجند را نشان می‌دهند. همان‌گونه که این تصاویر بیان می‌کنند در هر نقطه از شهر که میزان ترافیک بیشتر بوده، میزان آلودگی صوتی نیز افزایش داشته است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که ترافیک مهم‌ترین عامل ایجاد آلودگی صوتی در سطح شهر است که باید برای کاهش یا کنترل این آلاینده تمهیداتی

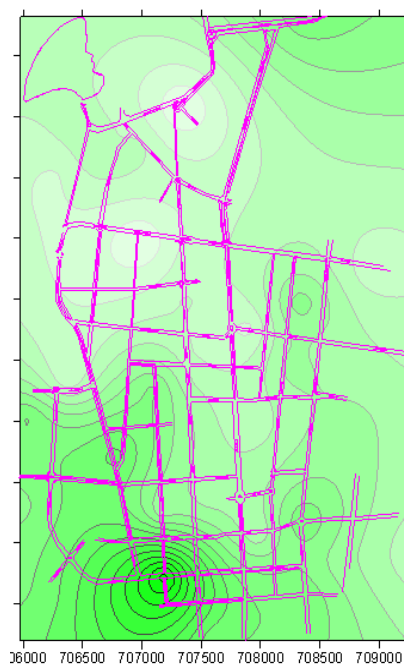
صورت گیرد. به طور تقریبی تمامی تحقیقات برای آلودگی صوتی در سطح شهرها نشان‌دهنده تأثیر مستقیم ترافیک در آلودگی صوتی است و ترافیک، عامل اصلی تولید آلودگی صوتی شناخته شده است (عباس‌پور و نصیری، ۱۳۷۵؛ ایزدوستدار، ۱۳۷۴؛ ندافی و همکاران، ۱۳۸۷؛ سازگارنیا و همکاران، ۱۳۸۴، 2010, Alghonamy).

۳.۵. تراز آلودگی صوتی و حجم ترافیک در بازه زمانی ظهر

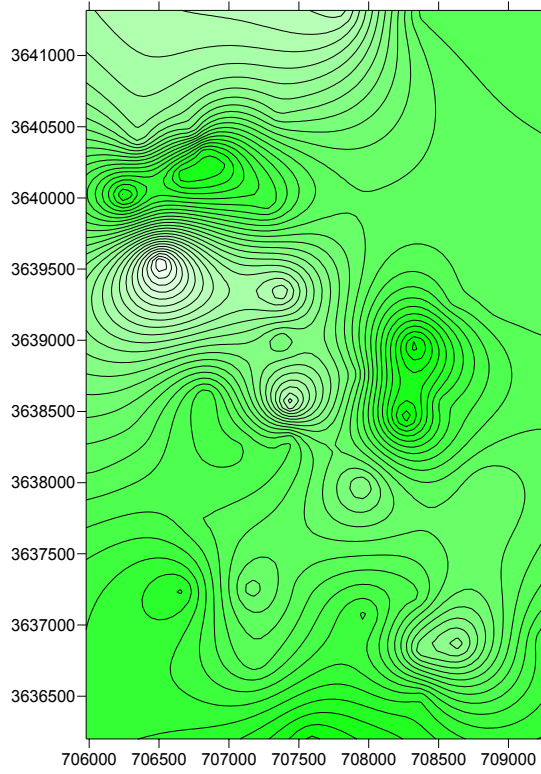
پراکنندگی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی در سطح بیرجند و میانگین ترافیک شهری در بازه زمانی ظهر بین ساعات ۱۱ تا ۱۲:۳۰ به ترتیب در شکل‌های ۴ و ۵ نشان داده شده است. همان‌گونه که تصاویر نشان می‌دهند، میانگین تراز آلودگی صوتی به طور تقریبی منطبق بر حجم ترافیک شهری است. برای مثال، نقاط پرترافیک شهر مثل میدان ابوذر، میدان آزادی، خیابان مدرس و غیره، آلودگی صوتی بیشتری را نشان می‌دهند.



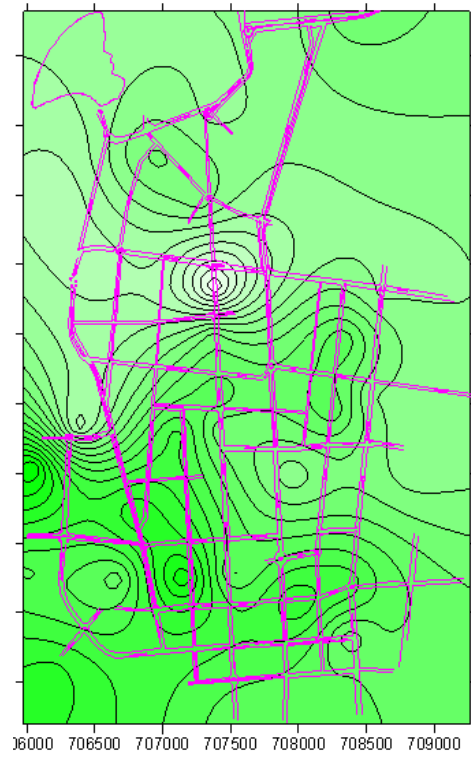
شکل ۳. میزان ترافیک بیرجند در بازه زمانی صبح



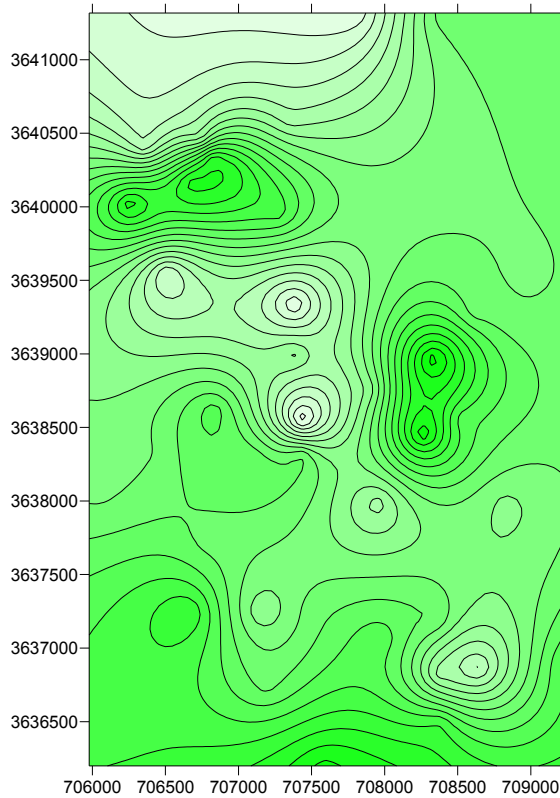
شکل ۲. میزان تراز معادل آلودگی صوت در بازه صبح



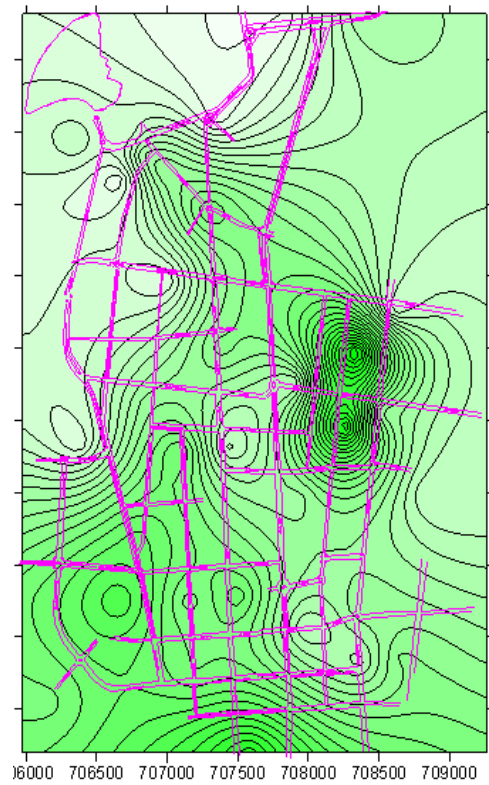
شکل ۵. میزان ترافیک بیرجند در بازه زمانی ظهر



شکل ۴. میزان تراز معادل آلودگی صوت در بازه ظهر



شکل ۷. میزان ترافیک بیرجند در بازه زمانی شب



شکل ۶. میزان تراز معادل آلودگی صوت در بازه شب

۳.۶. تراز آلودگی صوتی و حجم ترافیک در بازه زمانی شب

شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب پراکندگی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی در سطح بیرجند و میانگین ترافیک شهری در بازه زمانی شب بین ساعات ۱۸ تا ۲۰:۳۰ را نشان می‌دهند. با توجه به اینکه به طور تقریبی بیشترین حجم ترافیک در تمام نقاط در بازه زمانی شب است، میانگین میزان تراز آلودگی صوتی در شب بیشتر از بازه زمانی صبح و ظهر است، اما حداکثر تراز آلودگی صوتی در ایستگاه شماره ۲۹ برابر ۱۰۹/۴ دسی‌بل در بازه زمانی ظهر است.

مطالعه‌ای در تبریز نشان داد که حداکثر تراز آلودگی صوتی در بازه زمانی ظهر است (قنبری و همکاران، ۱۳۹۰). مطالعه‌ای که در بافت قدیم بیرجند صورت گرفت نشان داد که میانگین تراز آلودگی صوتی در ظهر به طور معنی‌داری بیش از حد مجاز بوده است (معاشری و همکاران، ۱۳۹۱). به کمک این نقشه‌ها می‌توان نقاط حساس به آلودگی صوتی را شناسایی کرد و تمهیدات لازم را برای اصلاح و کنترل بار ترافیکی شهر سنجد که متعاقب آن کنترل و کاهش آلودگی صوتی را در پی خواهد داشت. نقاط حساس به خصوص در میدین اصلی شهر و خیابان جمهوری اسلامی که بازار شهر (ایستگاه‌های شماره ۲۰، ۲۲، ۲۵ - ۳۱، ۳۶ - ۳۸) در آن مناطق قرار دارند، پرترددترین مناطق به شمار می‌روند که با ایجاد مراکز خرید جدید البته با همان شرایط خرید و فروش از لحاظ قیمت‌ها و در دسترس بودن اجناس می‌توان بیش از نیمی از ترافیک آن منطقه را کاهش داد. همچنین، ایجاد راه‌های ارتباطی جدید و تعریض کردن خیابان‌ها نیز کمک زیادی به کاهش بار ترافیکی منطقه خواهد کرد. به ویژه در ایستگاه ۲۹ نبود پارکینگ‌های مناسب با ظرفیت کافی از دلایل عمده ایجاد ترافیک است که علت اصلی بوق‌زدن خودروها برای خودروهایی است که سعی برای یافتن پارکینگ مناسب دارند. از علل دیگر ترافیک و بوق‌زدن خودروها برای تاکسی‌های است که برای سوار یا

پیاده‌کردن مسافر سرعت خود را کم می‌کنند و متوقف می‌شوند که می‌توان با تمهیدات بهتر از این امر نیز جلوگیری کرد یا آن را حتی الامکان کاهش داد. نکته دیگر توقف بیش از حد تاکسی‌ها برای گرفتن کرایه است که اگر همان‌گونه که اتوبوس‌های داخل شهری مکانیزه شدند و پرداخت الکترونیکی را در دستور کار قرار دادند در خصوص تاکسی‌ها هم اعمال شود نه تنها این مشکل حل خواهد شد بلکه آثار مثبت جانبی دیگری را نیز خواهد داشت. در برخی از نقاط مانند ایستگاه شماره ۲۱ نیز نبود علائم راهنمایی و رانندگی و چراغ چشمک‌زن و رعایت نکردن حق تقدم و بوق‌زدن‌های مکرر سبب بالارفتن میانگین تراز آلودگی صوتی در سطح شهر شده است. این در حالی است که برای مثال در ایستگاه شماره ۳۶ (سه‌راه اسدی) که حجم ترافیک به نسبت بالاست با حضور پلیس روند افزایشی میزان تراز آلودگی که بقیه نقاط شهر با حجم ترافیک طی می‌کنند صادق نیست و کمتر از میزان پیش‌بینی شده است.

۴. تحلیل آماری میانگین تراز آلودگی صوتی

۴.۱. تجزیه و تحلیل آمار توصیفی

در مطالعه حاضر برای تجزیه و تحلیل داده‌ها نیز از آمار توصیفی و استنباطی استفاده می‌شود تا مسئله به صورت روشن بیان و به نحو احسن تجزیه و تحلیل شود. جدول ۴ آمار توصیفی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی و متوسط میزان حجم ترافیک در بازه‌های زمانی صبح، ظهر و شب را نشان می‌دهد. همان‌گونه جدول ۲ نشان می‌دهد میانگین تراز آلودگی صوت در بازه زمانی ظهر از صبح و شب بیشتر است. این در حالی است که در تحلیل‌های بالا میانگین تراز آلودگی شب از بقیه بیشتر ذکر شده که علت آن برخی منابع آلاینده خاص طی فعالیت‌های روزمره در ظهر است که به چند ایستگاه محدود می‌شود و در عمل روی میانگین کل تأثیرگذار بوده است. میانگین حجم ترافیک در بازه زمانی شب (۲۱۱/۱۶) از صبح (۱۵۵/۲۳) و ظهر (۱۴۰/۶۰) کمتر است.

آلودگی صوتی و میزان حجم ترافیک شهری در بازه زمانی صبح را در ۴۳ ایستگاه تحت مطالعه نشان می‌دهند. همان‌گونه که شکل ۸ نشان می‌دهد فقط یک ایستگاه میانگین تراز آلودگی صوتی آن کمتر از ۶۰ دسی‌بل بوده و یک ایستگاه بین ۶۴-۶۶ دسی‌بل داشته است. این در حالی است که فقط دو ایستگاه تراز آلودگی صوتی آن‌ها بین ۷۴-۷۶ دسی‌بل و بقیه ایستگاه‌ها بین ۶۶-۷۴ دسی‌بل بوده است. بیشترین فراوانی میانگین تراز آلودگی در بازه زمانی صبح بین ۷۰-۷۴ دسی‌بل بوده است. در بازه زمانی صبح بیشترین فراوانی حجم ترافیک در ایستگاه‌های مختلف بین ۱۰۰-۲۰۰ خودرو است و بیشترین حجم ترافیک را که بین ۲۷۵-۳۰۰ خودرو است فقط ۴ ایستگاه به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۹).

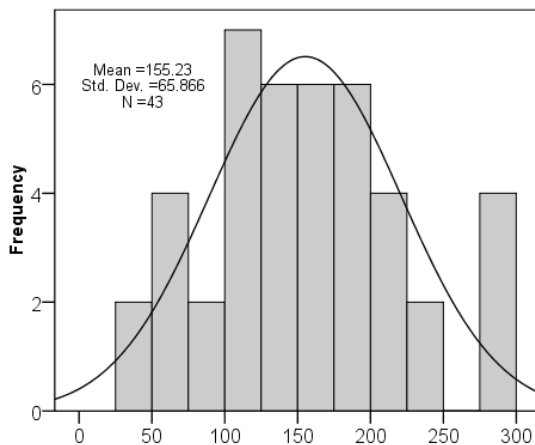
بیشتر است که در نتیجه میزان تراز آلودگی صوتی ناشی از ترافیک در شب‌ها بیشتر از صبح و ظهر است. بیشتر بودن انحراف استاندارد و واریانس میانگین تراز آلودگی صوتی در بازه زمانی ظهر به علت دلایل گفته شده در بالاست. به عبارت دیگر، چند نقطه خاص در ظهر به علت فعالیت‌های خاص تراز آلودگی صوت را بالاتر می‌برند و داده‌های آن‌ها پراکندگی بیشتری دارند که سبب افزایش انحراف معیار و واریانس در بازه زمانی ظهر شده است. ماکزیمم میانگین تراز آلودگی ثبت شده نیز مربوط به ظهر است که مؤید مطالب گفته شده است.

۲.۴. فراوانی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی و میزان حجم ترافیک شهری در بازه زمانی صبح

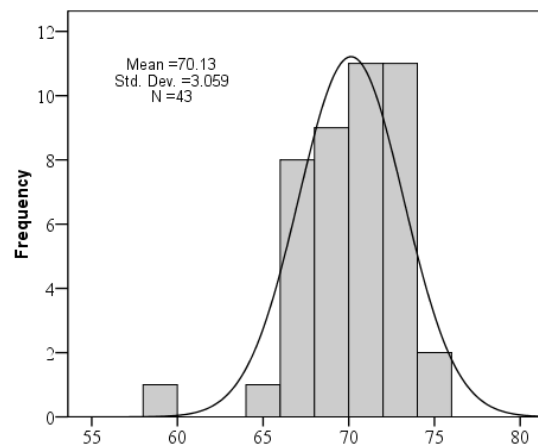
شکل‌های ۸ و ۹ به ترتیب فراوانی میانگین میزان تراز

جدول ۴. نتایج آمار توصیفی از میانگین میزان تراز آلودگی صوتی (دسی‌بل) و میزان حجم ترافیک در بازه‌های زمانی صبح، ظهر و شب

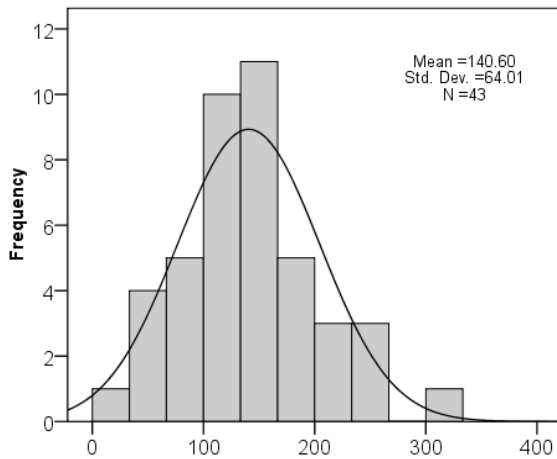
میانگین تراز آلودگی صوتی در صبح	میانگین تراز آلودگی صوتی در ظهر	میانگین تراز آلودگی صوتی در شب	میانگین ترافیک در صبح	میانگین ترافیک در ظهر	میانگین ترافیک در شب	
۷۰/۱۳	۷۱/۳۷	۷۱/۳۴	۱۵۵/۲۳	۱۴۰/۶	۲۱۱/۱۶	میانگین
۷۱	۷۱/۷۰	۷۱/۶۰	۱۵۲	۱۳۷	۲۰۸	میانه
۳/۰۵	۳/۹۰	۳/۱۳	۶۵/۸۶	۶۴	۸۷/۲۵	انحراف استاندارد
۹/۳۵	۱۵/۲۴	۹/۸۳	۴۳/۳۸	۴۰/۹۷	۷۶/۱۲	واریانس
۵۸/۳۰	۶۱/۹۰	۶۲	۳۴	۳۲	۴۶	مینیمم
۷۵/۲۰	۸۲/۲۰	۷۶	۲۹۳	۳۲۶	۳۹۷	ماکزیمم



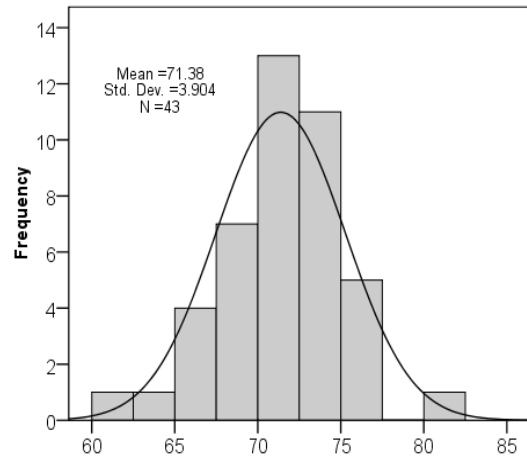
شکل ۹. نمودار فراوانی میانگین ترافیک شهری در صبح



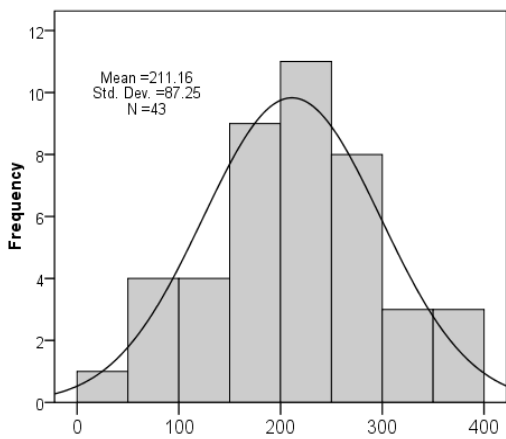
شکل ۸. نمودار فراوانی میانگین تراز آلودگی صوتی در صبح



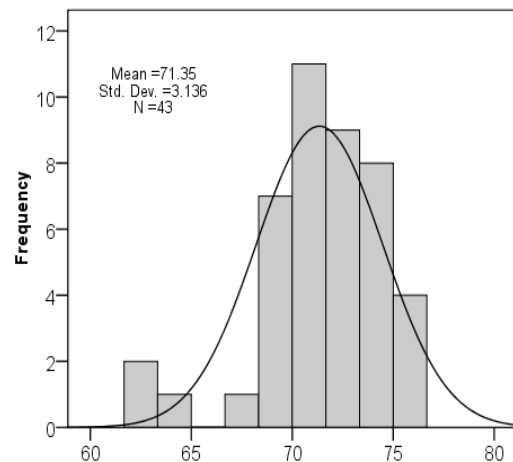
شکل ۱۱. نمودار فراوانی میانگین ترافیک شهری در ظهر



شکل ۱۰. نمودار فراوانی میانگین تراز آلودگی صوتی در ظهر



شکل ۱۳. نمودار فراوانی میانگین ترافیک شهری در شب



شکل ۱۲. نمودار فراوانی میانگین تراز آلودگی صوتی در شب

که بین ۲۷۵-۳۰۰ خودرو است فقط ۴ ایستگاه به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱۱).

۴.۴. فراوانی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی و میزان حجم ترافیک شهری در بازه زمانی شب

شکل‌های ۱۲ و ۱۳ به ترتیب فراوانی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی و میزان حجم ترافیک شهری در بازه زمانی شب را در ۴۳ ایستگاه تحت مطالعه نشان می‌دهند. همان‌گونه که شکل ۱۲ نشان می‌دهد فقط ۴ ایستگاه میانگین تراز آلودگی صوتی آن کمتر از ۶۸ دسی‌بل بوده است و بقیه ایستگاه‌ها بین ۶۸-۷۷ دسی‌بل داشته‌اند. در بازه زمانی شب بیشترین فراوانی حجم ترافیک در ایستگاه‌های مختلف بین ۱۵۰-۳۰۰ خودرو است. بیشترین

۳.۴. فراوانی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی و میزان حجم ترافیک شهری در بازه زمانی ظهر

شکل‌های ۱۰ و ۱۱ به ترتیب فراوانی میانگین میزان تراز آلودگی صوتی و میزان حجم ترافیک شهری در بازه زمانی ظهر را در ۴۳ ایستگاه تحت مطالعه نشان می‌دهند. همان‌گونه که شکل ۱۰ نشان می‌دهد، فقط ۲ ایستگاه بین ۶۰-۶۵ دسی‌بل میانگین تراز آلودگی صوتی داشته، در حالی که فقط در یک ایستگاه، تراز آلودگی صوتی بین ۶۵-۷۷ دسی‌بل بوده است و بقیه ایستگاه‌ها بین ۶۵-۷۷ دسی‌بل داشته‌اند. بیشترین فراوانی میانگین تراز آلودگی در بازه زمانی ظهر بین ۷۰-۷۵ دسی‌بل بوده است. در بازه زمانی ظهر بیشترین فراوانی حجم ترافیک در ایستگاه‌های مختلف بین ۱۰۰-۲۰۰ خودرو و بیشترین حجم ترافیک را

که آشکار است عرض خیابان با هیچ پارامتر دیگری رابطه معنی‌داری ندارد، بدین معنی که با تغییر در عرض خیابان پارامترهای اندازه‌گیری شده از روند کاهشی یا افزایشی آن پیروی نکردند. علت اینکه با تعریض شدن خیابان‌ها میزان تراز آلودگی صوتی کمتر نمی‌شود را شاید بتوان به افزایش سرعت خودروها در زمانی که خیابان‌ها خلوت‌ترند ربط داد که با افزایش سرعت، میزان آلودگی صوتی افزایش می‌یابد. میانگین میزان تراز آلودگی در بازه زمانی صبح نیز با حجم ترافیک رابطه قوی معنی‌داری نشان نداد، اما میانگین میزان تراز آلودگی در بازه‌های زمانی مختلف با هم در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده، این بدان معنی است که در اکثر نقاطی که طی صبح یا ظهر میزان بالایی از میانگین تراز آلودگی را داشتیم در شب نیز از همین روند پیروی کرده و برعکس در اکثر نقاطی که طی صبح یا ظهر میزان پایینی از میانگین تراز آلودگی را داشتیم در شب نیز از همین روند پیروی کرده است. قوی‌ترین رابطه بین پارامترهای مختلف در حجم ترافیک در بازه‌های زمانی صبح، ظهر و شب است. اغلب نتایج از سوی سایر محققان نیز حاصل شده است (محرّم‌نژاد و صفری‌پور، ۱۳۸۷؛ سازگارنیا و همکاران، ۱۳۸۴).

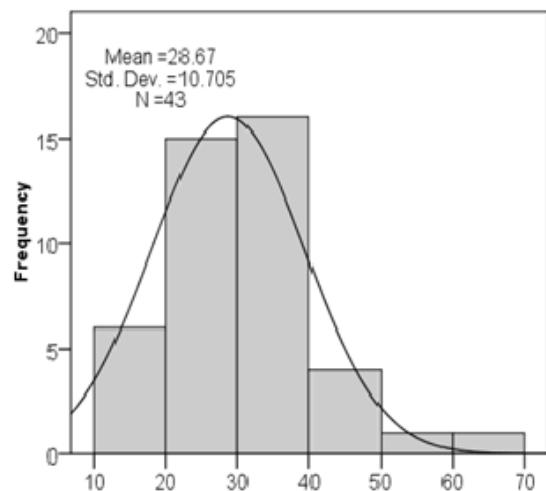
۷.۴. مقایسه میانگین تراز آلودگی صوتی در بیرجند با استانداردها در ایران

حدود مجاز صدا در هوای آزاد در ایران را طی روز و شب برای مناطق مسکونی، تجاری-مسکونی، تجاری، مسکونی-صنعتی، صنعتی و بیمارستان‌ها را مشاهده می‌کنید (جدول ۶). همان‌طور که مشخص است بنا به استاندارد ذکر شده هیچ‌کدام از نقاط تحت مطالعه در بیرجند از نظر آلودگی صوتی برای مناطق مسکونی، که حد مجاز آن ۵۵ دسی‌بل است، مناسب نیست و بیش از حد مجاز است.

حجم ترافیک را که بین ۳۰۰-۴۰۰ خودرو است فقط ۴ ایستگاه به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۱۳).

۵.۴. نمودار فراوانی عرض خیابان‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه

شکل ۱۴ نشان می‌دهد که عرض اکثر خیابان‌ها بین ۲۰-۴۰ متر و میانگین عرض خیابان‌ها ۲۸/۶۷ متر است. فقط در ۲ ایستگاه عرض خیابان‌ها بیش از ۵۰ متر بوده است. البته با توجه به اینکه حجم ترافیک به طور نامنظم در سطح شهر پراکنده است و در اکثر موارد تعریض خیابان‌ها بر اساس حجم ترافیک نبوده است، بین عرض خیابان و میزان ترافیک که عامل اصلی آلودگی صوتی در بیرجند محسوب می‌شود ارتباط معنی‌داری وجود ندارد. تحقیقی که در بوشهر صورت گرفته است نیز نشان داد که بین عرض خیابان و میزان ترافیک که عامل اصلی آلودگی صوتی محسوب می‌شود ارتباط معنی‌داری وجود ندارد (جهان‌بخت و همکاران، ۱۳۹۲).



شکل ۱۴. نمودار فراوانی عرض خیابان‌ها در ایستگاه‌های مورد مطالعه

۶.۴. ضریب همبستگی پیرسون بین میانگین تراز آلودگی صوتی، حجم ترافیک و عرض خیابان

جدول ۵ نشان‌دهنده رابطه بین پارامترهای اندازه‌گیری شده مختلف در پایش آلودگی صوتی بیرجند است. همان‌گونه

جدول ۵. ضریب همبستگی پیرسون بین میانگین تراز آلودگی، حجم ترافیک و عرض خیابان

عرض خیابان	حجم ترافیک شب	حجم ترافیک ظهر	حجم ترافیک صبح	تراز آلودگی شب	تراز آلودگی ظهر	تراز آلودگی صبح
۱	۰/۲۶۵	۰/۲۰۷	۰/۲۵۰	۰/۲۶۶	۰/۰۲۲	-۰/۱۰۳
حجم ترافیک شب	۱	**۰/۹۶۹	**۰/۹۹۴	**۰/۵۱۸	۰/۲۹۱	۰/۲۶۳
حجم ترافیک ظهر	۱	**۰/۹۸۸	**۰/۵۱۴	**۰/۵۱۴	*۰/۳۵۰	۰/۳۰۰
حجم ترافیک صبح	۱	۱	۱	**۰/۵۱۲	*۰/۳۲۵	۰/۲۷۹
تراز آلودگی شب	۱	**۰/۴۵۳	**۰/۵۰۳	۱	**۰/۴۵۳	**۰/۵۰۳
تراز آلودگی ظهر	۱	۱	**۰/۶۱۸	۱	۱	**۰/۶۱۸
تراز آلودگی صبح	۱	۱	۱	۱	۱	۱

** معنی دار در سطح ۱ درصد

* معنی دار در سطح ۵ درصد

جدول ۶. استانداردهای صوت محیط زیستی (حدود مجاز صدا در هوای آزاد ایران)

نوع منطقه	روز ۷ صبح تا ۱۰ شب	شب ۱۰ شب تا ۷ صبح
مسکونی	۵۵ دسی بل	۴۵ دسی بل
تجاری - مسکونی	۶۰ دسی بل	۵۰ دسی بل
تجاری	۶۵ دسی بل	۵۵ دسی بل
مسکونی - صنعتی	۷۰ دسی بل	۶۰ دسی بل
صنعتی	۷۵ دسی بل	۶۵ دسی بل
بیمارستانها	۴۵ دسی بل	۳۰ دسی بل

مدرس - میدان جماران)، ۴۰ (خیابان عدل - نبش کوچه عدل ۱۹) و ۴۱ (خیابان عدل - نبش کوچه عدل ۱۰) با دارابودن میانگین تراز آلودگی صوتی به ترتیب ۶۲/۶، ۶۲ و ۶۳/۲ دسی بل در حد استاندارد بودند. نتایج سایر محققان نیز نشان دهنده بیش از حد استاندارد بودن تراز آلودگی صوتی در مناطق مختلف شهرهای مختلف است (ندافی و همکاران، ۱۳۸۷؛ ماری اریاد و همکاران، ۱۳۸۶، ایزدوستدار، ۱۳۷۴؛ اویسی و همکاران، ۱۳۸۵).

۵. نتیجه گیری

با توجه به نتایج این تحقیق می توان نتیجه گیری کرد که ترافیک در میزان آلودگی صوتی اثر مستقیمی دارد.

از نظر مناطق تجاری - مسکونی تنها ایستگاه شماره ۵ (تقاطع خیابانهای توحید و ۱۵ خرداد) با دارابودن میانگین میزان تراز آلودگی ۵۸/۳۰ دسی بل در بازه زمانی صبح قابل قبول است و سایر ایستگاهها از نظر آلودگی صوتی زیر حد استانداردند. از لحاظ تناسب مناطق تحت مطالعه برای فعالیت های تجاری مطابق با استاندارد ذکر شده (۶۵ دسی بل)، در بازه زمانی صبح فقط ایستگاه شماره ۵ (تقاطع خیابانهای توحید و ۱۵ خرداد)، برای بازه زمانی ظهر ایستگاههای شماره ۱۷ (تقاطع خیابانهای توحید و موسی صدر) و ۱۲ (سجادشهر - میدان امام صادق) با دارابودن میانگین تراز آلودگی صوتی به ترتیب ۶۱/۹ و ۶۳ دسی بل و برای بازه زمانی شب ایستگاههای شماره ۱ (خیابان

۶. پیشنهادها برای مقابله با آلودگی صوتی

از روش‌های مقابله با آلودگی صوتی در شهرها می‌توان به مکان‌یابی مناسب کاربری‌های شهری در طرح‌های جامع و تفصیلی، تولید وسایل نقلیه استاندارد و کم‌صدا، اعمال محدودیت در تردد خودروها و موتورسیکلت‌ها، ایجاد محدودیت سرعت، اصلاح فرهنگ ترافیکی و گسترش حمل و نقل همگانی اشاره کرد.

همچنین، ساخت دیواره‌های صوتی در اطراف راه‌ها و استفاده از مصالح جاذب صدا در واحدهای مسکونی و تجاری یا فضای سبز در حاشیه منازل مسکونی یا راه‌ها کمک زیادی در کاهش آلودگی شهر خواهد کرد. ایستگاه‌های سنجش آلودگی صوتی به تعداد مناسب و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی صوتی برای مناطق و کاربری‌های مختلف کل شهر، لازمه هرگونه برنامه‌ریزی در سطح شهر است.

همچنین، بین تعداد و نوع خودرو و تراز آلودگی صوت رابطه مستقیمی وجود دارد که در این میان نقش موتورسیکلت‌ها بارزتر است. با توجه به اینکه حد مجاز آلودگی صوتی برای مناطق مسکونی ۵۵ دسی‌بل است، میزان آلودگی صوتی برای اغلب مناطق مختلف از جمله مسکونی و تجاری بیش از حد مجاز است که با روند رو به رشد مدرنیزه‌شدن شهر و افزایش جمعیت و در نتیجه افزایش ترافیک شهری که از عوامل اصلی در تولید آلودگی صوتی است در آینده‌ای نزدیک سطح شهر در تمامی ساعات شبانه‌روز از نظر آلودگی صوتی از حد استاندارد خارج می‌شود که سلامت جامعه را به شدت در معرض خطر قرار می‌دهد. بنابراین، باید نسبت به ارائه راهکارهای مناسب در جهت کاهش و کنترل این آلاینده مهم اقدامات لازم صورت گیرد.

منابع

- اویسی، ا. اسماعیلی ساری، ع. قاسمی‌پوری، م. ۱۳۸۵. بررسی و اندازه‌گیری آلودگی صوتی ناشی از ترافیک در شهر یزد، نشریه دانشکده منابع طبیعی، جلد ۵۹، شماره ۴، از صفحه ۸۸۵ تا ۹۱۰.
- ایزد دوستدار، ا. ۱۳۷۴. بررسی میزان آلودگی صوتی ناشی از ترافیک در شهر تهران مسیر بزرگراه مدرس از ابتدای خیابان ولی عصر تا میدان امام خمینی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه محیط زیست دانشگاه آزاد، ص ۸۲.
- جزینی، ر. ۱۳۷۵. مطالعه سلامتی و زندگی اجتماعی کارگران، خلاصه مقالات اولین همایش صدا سلامتی و توسعه.
- جهان بخت، ص. اسماعیل پور، م. علیمحمدی، ا. حاجیوندی، ع. ۱۳۹۲. بررسی وضعیت آلودگی صدا و آزدگی ناشی از آن در ساکنین دو منطقه از بافت قدیم و جدید شهر بوشهر. شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط ایران. دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تبریز
- خاتمی، ح. ۱۳۸۲. آزمونهای آماری در محیط زیست. انتشارات سازمان حفاظت محیط زیست، ۱۶۴ صفحه.
- سازگاریا، آ. بحرینی طوسی، م. ح. مرادی، ه. ۱۳۸۴. آلودگی صوتی و شاخص صدای ترافیک در چند خیابان اصلی مشهد در ساعات پرتراffic تابستان مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۲، شماره ۸، پاییز ۲۱-۳۰.
- عباسپور، م. نصیری، پ. ۱۳۷۵. بررسی وضعیت شهر تهران از نظر میزان آلودگی صدا، مجموعه مقالات دومین کنفرانس مهندسی ترافیک ایران، ص ۴۷۵-۴۸۸.

قنبری، م. ندافی ک. مسافری، م. یونسین، م. اصلانی، ح. ۱۳۹۰. بررسی آلودگی صوتی شهر تبریز در مناطق تجاری و تجاری-مسکونی پرتراфик. مجله سلامت و محیط، دوره چهارم، شماره سوم، پاییز ۱۳۹۰، صفحات ۳۷۵ تا ۳۸۴.

کرمخانی، ح. ۱۳۷۵. آلودگی صوتی و ارتعاشات، مجله محیط زیست، شماره ۴

کیانی صدر، م. نصیری، پ. سخاوتجو، م. ص. عباسپور م. ۱۳۸۸. ارزیابی آلودگی صدا در شهر خرم‌آباد به منظور ارائه راهکارهای اجرایی جهت کنترل و کاهش آن. محیط‌شناسی، ۳۵(۵۱).

ماری اریاد، م. رایگان شیرازی، ع. علیمحمدی، ا. ۱۳۸۶. ارزیابی آلودگی صوتی در نقاط پر تردد شهر یاسوج ۱۳۸۵. مجله ارمغان دانش ۲، ۴.

محرم نژاد، ن. صفری پور م. ۱۳۸۷. تأثیر توسعه شهری بر روند آلودگی صوتی در منطقه یک تهران و ارائه راهکارهای مدیریتی برای بهبود شرایط. علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره دهم، شماره چهار، زمستان.

معاشری، ن. اسماعیل پور، م. ابوالحسن نژاد و. عباس‌زاده، م. ادیس، م. ۱۳۹۱. ارزیابی شاخص‌های آلودگی صوتی در بافت قدیم شهر بیرجند در سال ۱۳۸۹. مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، ۱۹(۴)، ۴۳۹-۴۴۷.

ملکوتیان، م. دولتشاهی، ش. ۱۳۸۱. مطالعه آلودگی صوتی در شهر کرمان در سال ۱۳۸۱. ششمین کنفرانس ملی در سلامت محیط زیست ساری.

ندافی، م. یونسین، م. مصداق‌نیا، ع. محوی، ا. ح. عسکری، ا. ۱۳۸۷. آلودگی صوتی شهر زنجان سال ۱۳۸۶. مجله علمی پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی زنجان. ۱۶، ۶۲، ۸۵-۹۶.

Alghonamy, A.I. 2010. Analysis and evaluation of road traffic noise in Al-Dammam: A business city of the eastern province of KSA. J Environ Sci Technol. 3, 47-55.

Clark, C., Crombie, R., Head, J., van Kamp, I., van Kempen, E., Stansfeld, S. A. 2012. Does traffic-related air pollution explain associations of aircraft and road traffic noise exposure on children's health and cognition? A secondary analysis of the United Kingdom sample from the RANCH Project. American journal of epidemiology, 176(4), 327-337.

Kim, R., Berg, M. V. D. 2010. Summary of night noise guidelines for Europe, Noise and Health, 12,47, 61.

Marathe, P. D. 2012. Traffic noise pollution. IJED, 9,1, 63-68.

Onuu, M.U.2000. Road traffic noise in Nigeria : Measurements, analysis and evaluation of nuisance. J Sound Vib. 233,3, 391-405.

Sayadi, M. H., Movafagh, A., Kargar, R. 2012a. Evaluation of Noise pollution in the schools of Birjand city and its administrative solutions, in 2011. Journal of Occupational Health & Epidemiology, Autumn; 1 (3).

Sayadi, A.R., Shabani, Z., Sayadi, M.H. 2012b. Environmental noise study in the city of Anar in Iran. Ecology, Environment and Conservation, 18(2), 31-34.

Zannin, P.H., Diniz, F.B., Barbosa, W.A. 2002. Environmental noise pollution in the city of Curitiba in Brazil. J Appl Acoust. 63,4, 351-358.