دوره۲، شماره۱، بهار ۱۳۹۷
صفحه ۱۰۳-۹۱

ارزیابی سطح تأثیرپذیری آلودگی صوتی از کاربری‌های زمین شهری (مطالعه موردی ناحیه یک– منطقه شش تهران)

نازنین بیژنی نصرآبادی - دانشجوی کارشناسی ارشد علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
آزاده توکلی* – استادیار، گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
یونس خسروی – استادیار، گروه علوم محیط زیست، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
محمدکاظم جباری - دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۰۸ *تاریخ پذیرش:* ۱۳۹۷/۰۳/۲۳

چکیده

یکی از چالش‌های اصلی برنامه‌ریزی شهری ایجاد فضاهای شهری با قابلیت ارائه کیفیت بالای زندگی است. هدف این مطالعه، دستیابی به رابطه بین ساختار و کاربری‌های شهری با آلودگی صوتی، بررسی میزان تأثیر متغیرهای کالبدی و بررسی تأثیر فرم و ساختار شهری بر آلودگی صوتی و زمینه‌سازی برای مطالعات آینده به‌منظور کاهش آلودگی صوتی مناطق حسّاس (بیمارستان‌ها، مدارس و غیره) است. مطالعه حاضر در ناحیه یک، منطقه شش شهر تهران با تراکم بالای واحدهای تجاری، اداری و آموزشی و ترافیک سنگین انجام شده است. تراز معادل صدا (L_{eq}) در ۱۶ ایستگاه در چهار بازه زمانی پاییز و زمستان ۱۳۹۵ و بهار و تابستان ۱۳۹۶ در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها در نزدیکی کاربری‌ها و خیابان‌های اصلی ناحیه انجام و نقشه‌های‌صوتی توسط نرم‌افزار Arc Map 10.3 تهیه شد. میزان L_{eq} در اطراف تقاطع‌ها و خیابان‌های اصلی ناحیه یک بیشتر از سایر مناطق و در خیابان‌های فرعی کم‌ترین میزان تراز معادل صدا مشاهده شد. از بین تمامی کاربری‌ها، تجاری و صنعتی- کارگاهی با محدوده کلی تراز معادل صدا از dB ۷۲ تا ۸۴ بیشترین میزان آلودگی صوتی و کاربری بهداشتی- درمانی با محدوده کلی تراز معادل صدا از حدود dB ۵۸ تا ۷۲ کم‌ترین میزان آلودگی صوتی را در اطراف خود دارد. مقدار تراز معادل صدا (L_{eq}) در اطراف تمامی کاربری‌ها و خیابان‌های ناحیه یک نسبت به حد استاندارد آن‌ها بسیار بیشتر است و فرم‌شهری، نوع و مکان کاربری‌ها در ناحیه یک هر دو روی میزان ترازهای معادل صوتی ناحیه تأثیر می‌گذارند.

واژگان کلیدی: آلودگی صوتی، کاربری، تراز معادل صدا، فرم شهری، تهران

*نویسنده مسئول: Email: atavakoli@znu.ac.ir

ارجاع به این مقاله:
بیژنی نصرآبادی، نازنین، توکلی، آزاده، خسروی، یونس، جباری، محمدکاظم. (۱۳۹۷). ارزیابی سطح تاثیرپذیری آلودگی صوتی از کاربری‌های زمین شهری (مطالعه موردی ناحیه یک– منطقه شش تهران). *دانش شهرسازی*، ۲(۱)، ۹۱-۱۰۳. doi: 10.22124/upk.2018.8896.1022

بیان مسئله

آلودگی‌های محیط‌زیستی در سه دهه اخیر بیش از گذشته توجه جهانیان را به خود معطوف داشته است. در این میان موضوع آلودگی صوتی شهرها در اکثر ممالک به‌عنوان یک مشکل فراگیر و جهانی مطرح می‌باشد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲). در حال حاضر سازمان حفاظت محیط‌زیست آمریکا (USEPA[1])، سر و صدا را به‌عنوان یک مشکل محیط‌زیستی تأثیرگذار بر بخش عمده جمعیت ساکن در سیاره، پس از آلودگی هوا و آب مطرح کرده است (Silva et al., 2014: 366). آثار فیزیولوژیک و روانی صوت بر انسان اغلب به‌صورت تدریجی ظاهر می‌شود و در دراز مدت بر دستگاه عصبی انسان اثر گذاشته و پیامدهای منفی آن بروز می‌کند (موسوی، ۱۳۹۲: ۱۵). همچنین قسمتی از اثرات صدا مربوط به تأثیر آن بر روی دستگاه عصبی، وضع روانی و رفتاری افراد می‌باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲). یکی از مهم‌ترین عواملی که به تکثیر تعداد منابع افزایش‌دهنده سر و صدای مزاحم و محیطی که با دخالت در فعالیت‌های روزانه مانند مطالعه، کار، تفریح و استراحت، کمک کرده است؛ رشد سریع شهرسازی است (Guedes et al., 2011: 66). مطالعات نشان می‌دهد برنامه‌ریزی مناسب شهری می‌تواند اثر این معضل مهم محیط‌زیستی را کاهش دهد (Gozalo et al., 2016: 143). از اواخر قرن بیستم، تعدادی از کشورها سیاست‌های فرم شهری را در برنامه‌ریزی‌های محیط‌زیستی اتخاذ کردند. فرم شهری به‌صورت غیرمستقیم بر وضعیت حرکت (رفت و آمد) تأثیر می‌گذارد، که به نوبه خود، کیفیت هوا، آب و هوای جهانی و سر و صدا را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد (Tang & Wang, 2007: 1750). الگوی کاربری اراضی شهری[2] و هندسه شهری[3] دو ویژگی اصلی فرم شهری است. این دو مورد اساساً تعیین‌کننده نیازهای بخش حمل‌ونقل است که مستقیماً بر آلودگی صوتی تأثیر می‌گذارد (Sheng & Tang, 2011: 3). آلودگی‌صوتی علاوه بر تأثیرات مخرب و هزینه‌هایی که برای سلامتی انسان دارد، در شهرهای مختلف متناسب با حجم آلودگی هزینه‌هایی را نیز برای دولت‌ها به همراه دارد (شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۳۸۱). کلان‌شهر تهران با سیستم شبکه ارتباطی شطرنجی با بیش از دو میلیون ساختمان و بیش از ۱۳۰۰۰ کیلومتر خیابان، با معضل جدی آلودگی صوتی مواجه است. براساس آخرین اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط ایستگاه‌های سنجش تراز صوتی، منطقه شش رکورددار بیشترین آلودگی صوتی در پایتخت است (مهرآوران و همکاران، ۱۳۸۵). با این رویکرد در این پژوهش تلاش شده است به ارزیابی سطح آلودگی صوتی در این منطقه پرداخته شود و تأثیر کاربری‌های مختلف بر میزان تراز صوتی مورد توجه قرار گیرد. تعیین چنین ارتباطی می‌تواند در طراحی‌های شهری با رویکرد محیط‌زیست مؤثر و کارآمد واقع شود.

مبانی نظری

اثرات آلودگی صوتی در مطالعات گوناگون بررسی و تأکید شده است و مطالعات زیادی در مورد عوامل مؤثر بر آلودگی صوتی وجود دارد. هرچند تاکنون مطالعات محدودی (به‌ویژه در داخل کشور) در ارتباط با فرم شهری و آلودگی صوتی و همچنین کاربری‌ها و آلودگی صوتی صورت گرفته است. در پژوهشی که پیکولو و همکارانش (۲۰۰۵) روی آلودگی صوتی شهر مسینا[4] ایتالیا بر روی جاده‌های اصلی این شهر انجام دادند مشخص گردید که ارتباط ویژه‌ای بین ژئومرفولوژی شهر و آلودگی صوتی ناشی از وسایل نقلیه وجود دارد (Piccolo et al., 2005:447). در کشور ترکیه مطالعه‌ای توسط دویگون و گوران (۲۰۰۸) با هدف کمّی‌سازی آلودگی صوتی شهر قهرمان مرعش[5] انجام گرفت که طی آن در ۳۸ نقطه از شهر با کاربری‌های مختلف (مسکونی، تجاری- مسکونی و صنعتی) مقادیر سطح معادل صوت برداشت و بعد از مقایسه با مقادیر استاندارد، مکان‌های آلوده از نظر سر و صدا شناسایی شدند (Doygun & Gurun,

---

[1] United States Environmental Protection Agency (EPA)

[2] منظور از الگوی کاربری اراضی شهری، مشخص کردن نوع مصرف زمین در شهر، هدایت ساماندهی فضای شهری، تعیین ساخت‌ها و چگونگی انطباق آن‌ها با یکدیگر و با سیستم‌های شهری است.

[3] منظور از هندسه شهری، شکل، اندازه و ویژگی‌های فضایی شهر است.

[4] Messina

[5] Kahraman maras

2008: 65). در مطالعه‌ای که بیانگر ارتباط سر و صدا با کاربری‌های مختلف است، کینگ و همکاران (۲۰۱۲) با هدف بررسی اثر محیط‌زیست انسان‌ساخت و کاربری زمین بر روی سطح سر و صدای محیط‌زیست منطقه هالیفاکس[۱] در کانادا به کمک سرشماری جغرافیایی، اطلاعات مربوط به کاربری زمین، عکس‌های هوایی و عوارض زمینی، دو منطقه با کاربری‌های ساده و مختلط را برای مطالعه انتخاب نمودند و با نمونه‌برداری مداوم و ۲۴ ساعته از سطح سر و صدا در این مناطق به این نتیجه رسیدند که سطح سر و صدای محیط‌زیستی در منطقه با کاربری‌های مختلط به‌طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از سطح استاندارد سازمان بهداشت جهانی(WHO[۲]) است (King et al., 2012:1017). لم و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای رابطه بین سر و صدای ترافیک جاده‌ای و فرم شهری را در هنگ‌کنگ بررسی کردند. یافته‌ها نشان داد که فرم شهری از عوامل بانفوذ و تعیین‌کننده صوت در محیط شهری است (Lam et al., 2013: 9683). در تحقیق دیگری که توسط سانچز و همکارانش (۲۰۱۶) انجام شد، تأثیر شکل خیابان بر میزان فشار صوت توسط روش اختلاف محدود دامنه زمان (FDTD[۳]) بررسی شد. نتایج حاکی از آن بود که شکل ساختمان، زمین‌شناسی، فرم خیابان‌ها و چیدمان خیابانی تأثیر قابل توجهی بر آلودگی صوتی شهر دارند (Sanchez et al., 2016: 96). ریو و همکاران (۲۰۱۷) پژوهشی در شهر گوانگجو[۴] کره جنوبی انجام دادند. هدف از این پژوهش، ارائه یک مدل آماری برای پیش‌بینی سطح سر و صدای ترافیک جاده‌ای بود. مشخص شد عواملی مانند شاخص فضای زمین (GSI[۵])، شاخص فضای طبقه (FSI[۶])، حجم ترافیک، سرعت ترافیک، تراکم سطح جاده و بخشی از ناحیه صنعتی اثرات قابل توجهی در سطح سر و صدا دارند (Ryu et al., 2017: 93). در ایران نیز تحقیقات محدودی در زمینه تأثیر فرم شهری و کاربری‌ها بر آلودگی صوتی انجام شده است. به‌طور مثال پژوهشی توسط منصوری و همکاران (۲۰۰۶) در یکی از شلوغ‌ترین میادین شهر تهران (میدان امام خمینی) با هفت خیابان که در مرکز شهر قرار داشت، در مورد آلودگی صوتی ناشی از ترافیک صورت پذیرفت. این نتیجه به دست آمد که بیشترین و کمترین تراز صوتی به‌ترتیب متعلق به خیابان‌ها و مراکز خرید بود. همچنین دلیل اصلی ترافیک شهر تهران وجود ماشین‌های فرسوده، تکنولوژی قدیمی کارخانجات سازنده خودرو، تراکم بالای ترافیک، فقدان تجهیزات مدرن کنترل ترافیک، نبود برنامه‌ریزی و عدم وجود سیاست‌های پایش بیان شد (Mansouri et al., 2006: 267). در تحقیق مهرآوران و همکاران (۲۰۱۱) باعنوان بررسی روشی برای شناسایی مناطق بحرانی آلودگی صوتی در تهران، نتایج حاصل از اندازه‌گیری تراز معادل صوت (L_{eq}) در جاده‌های مختلف این شهر، نقشه سر و صدا و تراز رنگی حاصل از مدل‌سازی از منابع انتشار سر و صدا بررسی و مناطق بحرانی در این منطقه از نظر آلودگی صوتی شناسایی و مورد مطالعه قرار گرفته است (Mehravaran et al., 2011:233). غلامی (۱۳۹۰) با استفاده از نقشه‌های صدا حاصل از ۱۴۱ ایستگاه اندازه‌گیری در ناحیه سه منطقه شش شهر تهران به بررسی و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های مکانی صدای محیط شهری ناشی از ترافیک پرداخت. در تحقیق یوسفی، در رابطه با آلودگی صوتی ترازهای‌صوتی در مناطق نمونه‌گیری بافت قدیم و جدید شهر یزد به عنوان فاکتور وابسته و تراکم شبکه راه، تراکم جمعیت، ضریب پیش‌بینی وضعیت ترافیک، درصد تعداد تقاطع‌ها در خیابان و کاربری اراضی به‌عنوان فاکتورهای مستقل مورد آزمون‌های آماری قرار گرفته و مشخص شد بین بافت قدیم و جدید این شهر تفاوتی از لحاظ بار ترافیکی و آلودگی صوتی وجود ندارد (یوسفی، ۱۳۹۰). در تحقیق دیگری که به بررسی آلودگی صوتی ناشی از ترافیک در شرایط توقف و حرکت خودروها در تقاطع‌ها در شهر تهران توسط جهاندار و همکاران انجام گرفت مشخص شد که وجود تقاطع‌های دارای چراغ ترافیکی، سطح سر و صدا را افزایش می‌دهد. نتایج این تحقیق نشان داد که

---

[۱] Halifax

[۲] World Health Organization (WHO)

[۳] Finite-Difference Time-Domain (FDTD)

[۴] Cheongju

[۵] Ground Space Index (GSI)

[۶] Floor Space Index (FSI)

بیشترین میزان صدای متوسط ترافیکی مربوط به تقاطع‌های T شکل و بعد از آن در تقاطع‌های چهارراهی است (Jahandar et al., 2012: 184).

امروزه تهیه نقشه‌های صوتی که قادر باشند اطلاعات کاملی از شاخص‌های صوتی در یک منطقه شلوغ شهری ارائه کنند در کنار بررسی تأثیر فرم، ساختار و کاربری‌های شهری بر آلودگی صوتی ضروری به‌نظر می‌رسد. کاهش آلودگی صوتی در مجاورت کاربری‌ها، به‌ویژه مناطق حسّاس (مانند بیمارستان‌ها، مدارس و غیره) و حل معضل آلودگی صوتی برای کلیه کلان‌شهرها به‌ویژه شهر تهران می‌تواند موضوعی کاربردی و مؤثر در رفع برخی معضلات محیط‌زیستی به شمار رود. در این راستا ابزار سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS[1]) به‌عنوان یک ابزار توانمند و تکنولوژی کارآمد در طراحی و ایجاد پایگاه اطلاعات آلودگی صوتی به منظور جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی و تجزیه وتحلیل اطلاعات آلودگی صدا استفاده می‌شود.

در پژوهش حاضر تلاش شده است تا با استفاده از فناوری ارزشمند سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های پهنه‌بندی صوتی کاربری‌ها و خیابان‌های ناحیه یک منطقه شش تهران در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر و در هر چهار فصل تهیه، بررسی و مقایسه شوند. می‌توان با کمک این نقشه‌ها تأثیر فرم و ساختار و کاربری‌های شهری بر آلودگی صوتی را بررسی کرد و مناطق ویژه‌ای را که در محدوده مقادیر بالای صدا هستند شناسایی کرد و برای کاهش آلودگی صوتی این مناطق اقدام‌های لازم را پیشنهاد داد.

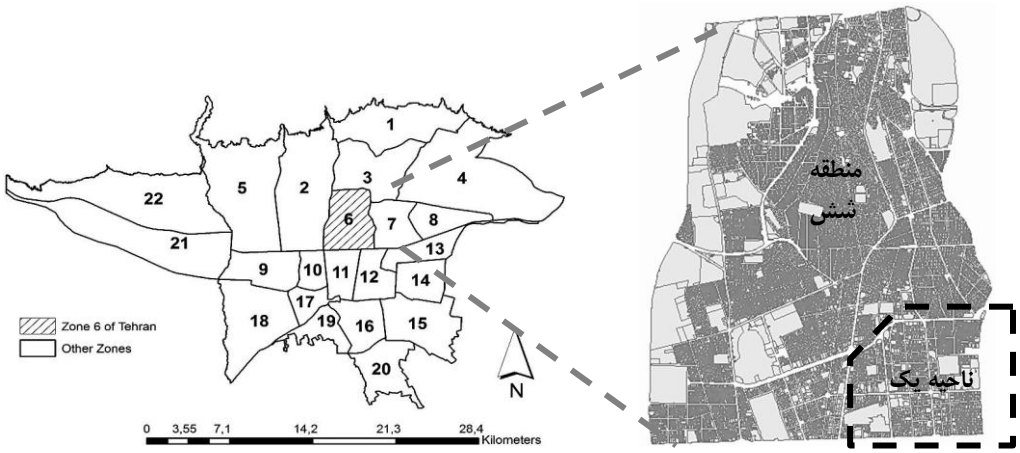
محدوده مورد مطالعه

منطقه شش، یکی از مناطق مرکزی شهر تهران است که به‌دلیل دارا بودن بافت اداری (بیش از ۳۰ درصد منطقه) روزانه خیل عظیمی از شهروندان از سراسر شهر جهت انجام فعالیت‌های روزانه به سمت این منطقه حرکت می‌کنند. بر طبق گزارش‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران منطقه شش به عنوان مرکز پایتخت از لحاظ آلودگی صوتی در صدر مناطق دیگر شهر تهران قرار دارد. این منطقه با دارا بودن بیشترین سطح ترافیک، آلودگی صوتی و همچنین دارا بودن جایگاه و منزلت اجتماعی- اقتصادی و فضایی- کاربردی منحصربه‌فرد و در برگرفتن خیابان‌های اصلی و مهم شهر تهران (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۸۶: ۱۸)، مبنای انتخاب این پژوهش قرار گرفته است. از طرفی به‌دلیل وسعت زیاد کل منطقه شش و تراکم بالای واحدهای تجاری، اداری و آموزشی در ناحیه یک منطقه شش و عدم مطالعه تأثیر فرم شهری و کاربری‌های ناحیه یک بر آلودگی صوتی در آن، ناحیه یک منطقه شش به‌عنوان محدوده مطالعاتی پژوهش حاضر انتخاب گردید و ایستگاه‌های نمونه‌گیری در این ناحیه تعیین شد. مساحت این ناحیه ۳۶۸ هکتار و جمعیت ساکن آن حدود ۲۲۳۵۱ نفر است (جمعیت غیرساکن آن گاهی نزدیک به ۱/۵ برابر جمعیت ساکن آن است) (مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۸۶: ۹). شکل ۱ موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهر تهران را نشان می‌دهد.

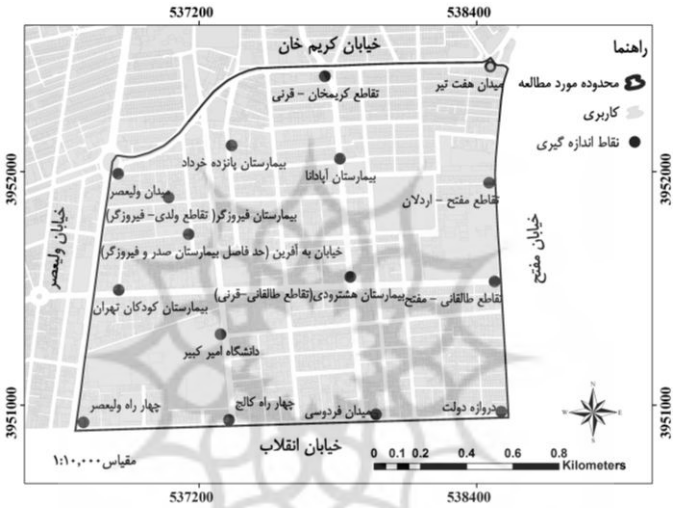
روش پژوهش

به‌منظور اندازه‌گیری ترازهای صوتی در ناحیه یک منطقه شش، تعداد ۱۶ ایستگاه انتخاب شد. ایستگاه‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شدند که تقریباً تمامی کاربری‌های مهم موجود در ناحیه شامل کاربری‌های اداری، آموزشی، تجاری، بهداشتی- درمانی، صنعتی- کارگاهی، فضای سبز و غیره لحاظ شوند. مطالعه کاربری‌های حسّاس نظیر بیمارستان‌ها و مراکز آموزشی و کاربری‌های غیرحسّاس و اشکال مختلف خیابان‌ها از جمله خیابان‌های اصلی، فرعی، جمع و پخش‌کننده و تقاطع‌ها و نیز تمامی بخش‌های ناحیه در انجام پژوهش مدنظر قرار گرفت. برای تعیین موقعیت دقیق ایستگاه‌ها از دستگاه GPS eTrex 20X استفاده شد. شکل ۲ پراکنش ایستگاه‌های اندازه‌گیری در محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

[1] Geographic Information System (GIS)



شکل ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه در شهر تهران



شکل ۲- پراکنش ایستگاه‌های اندازه‌گیری تراز صدا در محدوده مورد مطالعه

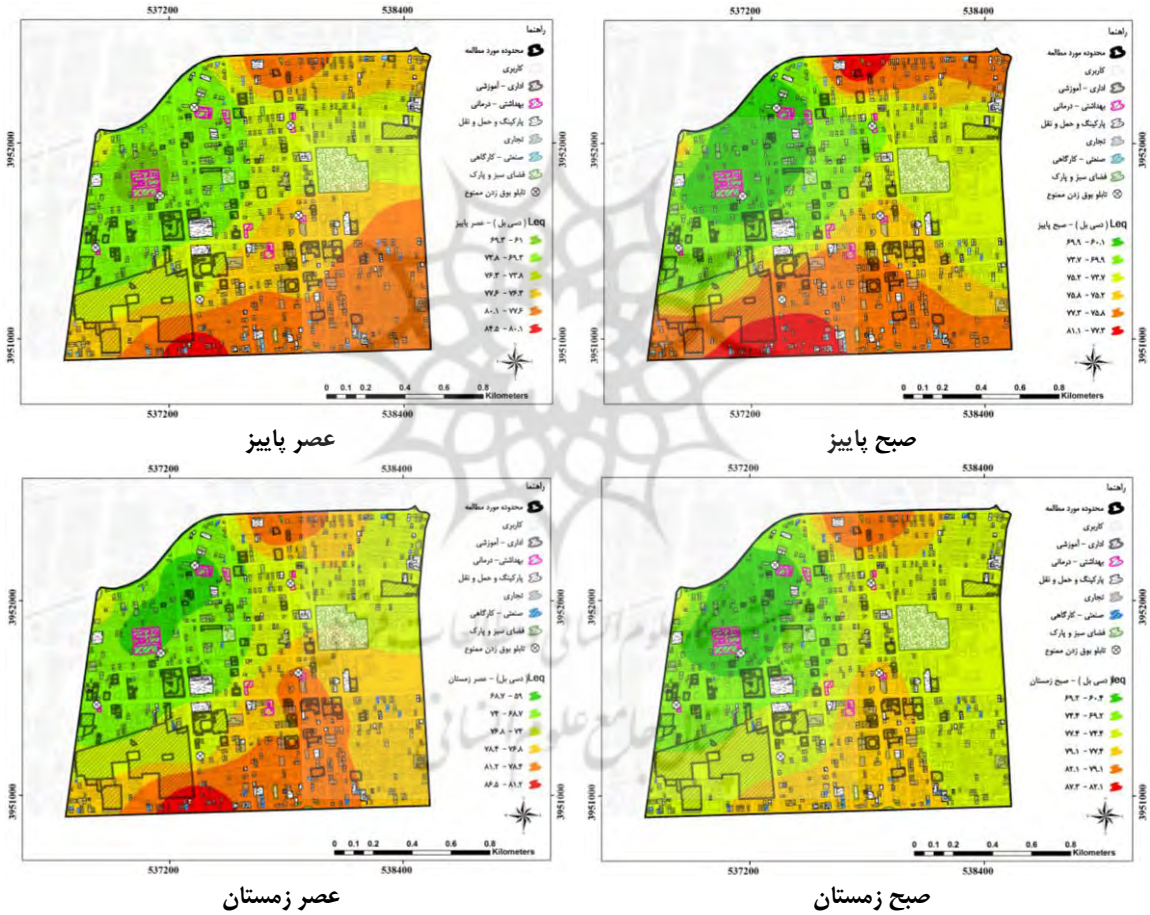
اندازه‌گیری ترازهای‌صوتی در هر یک از ایستگاه‌ها با استفاده از ترازسنج صوتی KIMO DB100، ساخت فرانسه و پس از کالیبره کردن[۱] دستگاه انجام گرفت. تمامی اندازه‌گیری‌ها برای تعیین تراز فشار صوت در شبکه‌ی A با سرعت پاسخ fast صورت گرفت. به منظور حذف اثر جریان هوا روی میکروفون از محافظ اسفنجی و برای جلوگیری از رخداد هر گونه خطای محتمل در هنگام ارزیابی صدا براساس استانداردهای اندازه‌گیری با دستگاه صداسنج، فاصله میکروفن صداسنج از سطوح انعکاسی (مانند دیوارها و ماشین‌ها) حداقل ۱ m و از سطح زمین ۱/۵ m در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است که در هنگام استفاده از صداسنج تا ۶ dB خطا ممکن است رخ دهد که عمدتاً ناشی از قرار گرفتن اپراتور در برابر منبع صدا است (مجیدی و خسروی، ۱۳۹۵). ترازهای‌صوتی در محدوده ناحیه مورد مطالعه در دو بازهٔ زمانی ۲ ساعته در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر از ساعت ۷:۳۰ تا ۹:۳۰ صبح و از ساعت ۱۷ تا ۱۹ عصر در تمامی روزهای هفته از هر چهار فصل (یک هفته کامل در هر فصل) از آذرماه ۱۳۹۵ تا مردادماه ۱۳۹۶ در هر ایستگاه اندازه‌گیری شد. شاخص‌های صوتی به دست آمده شامل L_{Aeq} (تراز معادل صدا در دوره‌ی زمانی معین در شبکه وزنی A)، L_{Amax} (حداکثر ترازصوتی در دوره زمانی معین در شبکه وزنی A) و L_{Amin} (حداقل ترازصوتی در یک دوره زمانی معین در شبکه وزنی A) است. شاخص اصلی مورد استفاده در این پژوهش شاخص L_{eq} است و تمامی نقشه‌ها بر مبنای این شاخص تهیه شده است.

[۱] منظور از کالیبره کردن حصول اطمینان از تنظیم دستگاه و سالم بودن باطری است.

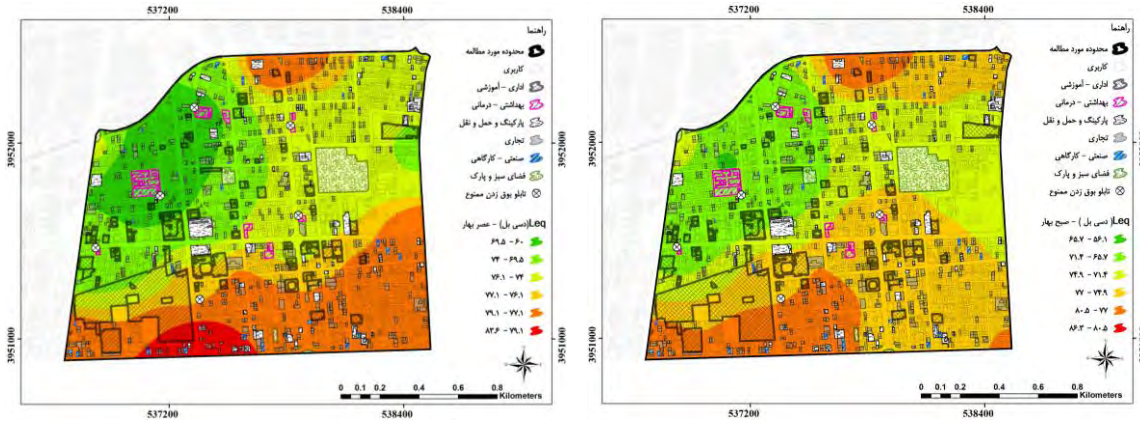
یافته‌های پژوهش

پس از انجام نمونه‌گیری‌های فصلی به تفکیک ساعات اوج ترافیک صبح و عصر، تمامی داده‌های مربوط به شاخص L_{eq} برای ترسیم نقشه‌ها وارد نرم‌افزار ArcMap 10.3 شد. ترسیم نقشه‌های شاخص L_{eq} در نرم‌افزار مذکور به کمک ابزار Geostatistical Analyst و بر اساس روش میان‌یابی وزن‌دهی فاصله معکوس (IDW[1]) انجام گرفت. در شکل ۳ نقشه‌های صوتی ترسیم شده مربوط به کاربری‌های و خیابان‌ها و تقاطع‌های مختلف ناحیه به تفکیک ساعات اوج ترافیک صبح و عصر در هر چهار فصل نشان داده شده است. مناطق روشن‌تر در نقشه‌ها نشان‌دهنده ترازهای صوتی پایین‌تر و مناطق تیره رنگ نشان‌دهنده ترازهای صوتی بالا هستند.

برای نشان دادن حداقل و حداکثر میزان تراز معادل صدا (L_{eq}) کاربری‌های مهم از نمودار استفاده شد. در ترسیم نمودارها، حداقل و حداکثر میزان L_{eq} کاربری‌های مهم به کمک نقشه‌ها استخراج شد. نوع کاربری‌ها روی محور افقی و حداقل و حداکثر میزان L_{eq} کاربری‌ها روی محور قائم نشان داده شده است. شکل ۴ مقادیر حداقل و حداکثر میزان L_{eq} کاربری‌های مهم ناحیه یک را در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر چهار فصل نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.



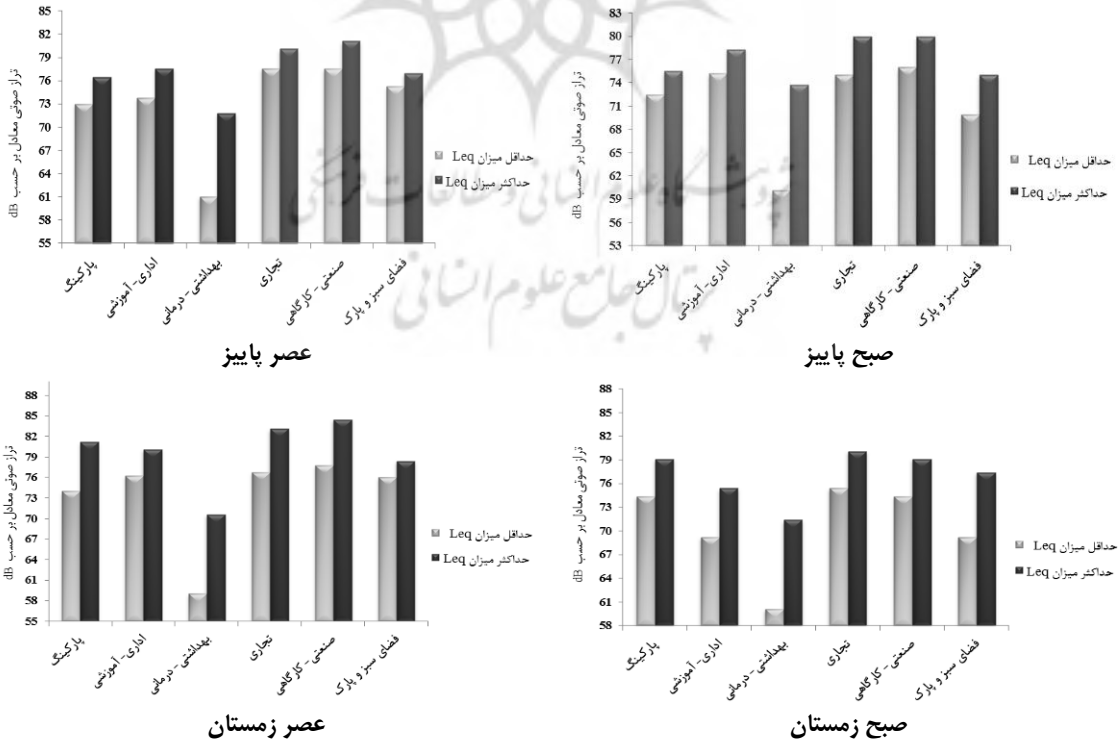
[1] Inverse Distance Weighted (IDW)



صبح بهار — عصر بهار

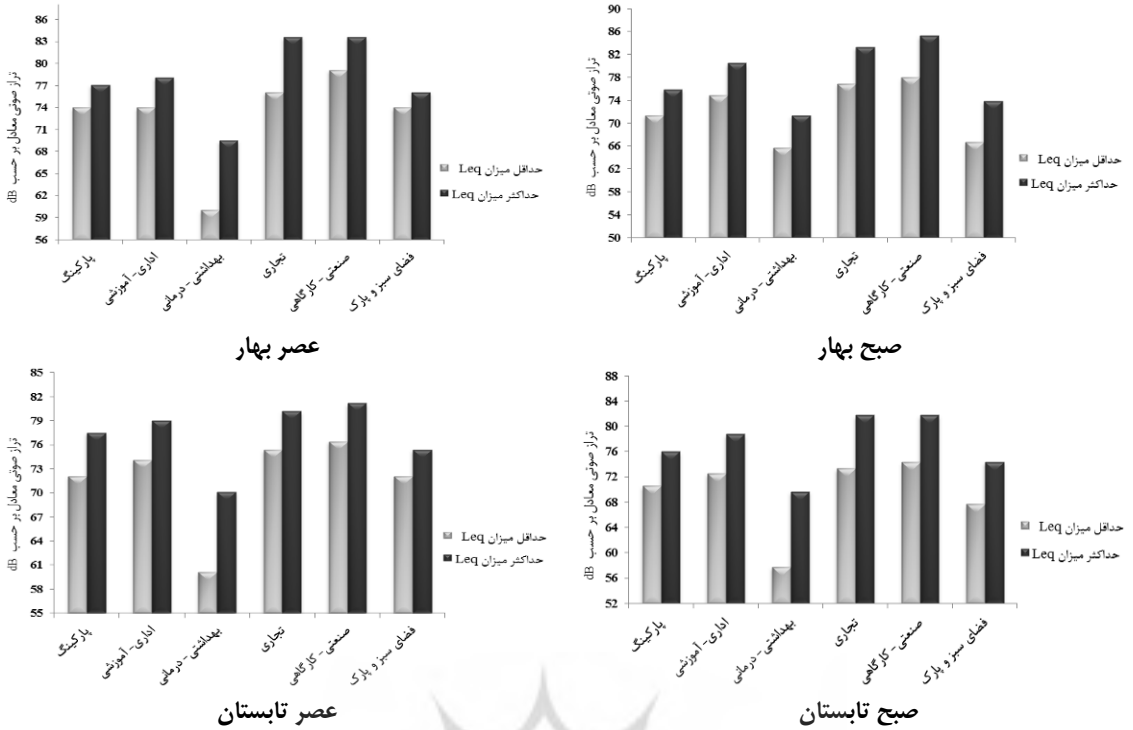
صبح تابستان — عصر تابستان

شکل ۳- توزیع فضایی شاخص Leq بر حسب کاربری‌های مختلف در ساعات اوج ترافیک



صبح پاییز — عصر پاییز

صبح زمستان — عصر زمستان



شکل ٤ – حداقل و حداکثر L_{eq} کاربری‌های مهم بر حسب dB در ساعات اوج ترافیک

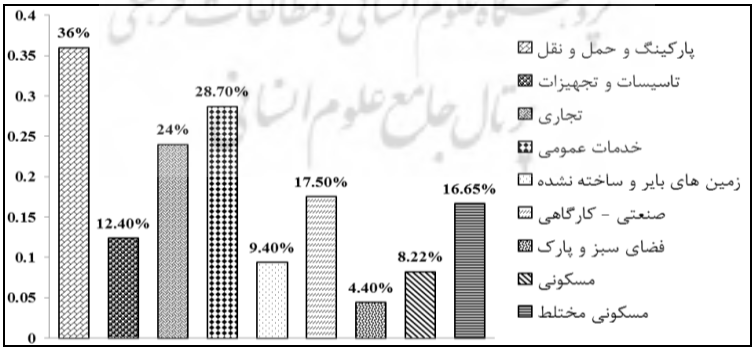
تحلیل یافته‌های پژوهش

با بررسی نقشه‌های صوتی ناحیه مورد مطالعه (شکل ۳) مشخص گردید که بیشترین میزان تراز معادل صدا (L_{eq}) در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر هر چهار فصل در محدوده اطراف تقاطع‌های اصلی، به‌ویژه چهارراه‌هایی دارای چراغ راهنمایی که وسایل نقلیه در آن‌ها بعد از توقف شروع به حرکت می‌نمایند، روی می‌دهد. مطالعات صورت‌گرفته نشان می‌دهد وسیله نقلیه موتوری در هنگام شروع حرکت می‌تواند dB ۱۵ بیشتر از وسیله نقلیه‌ای که با سرعت ثابت ۵۰ کیلومتر در ساعت حرکت می‌نمایند، صدا تولید کنند (قریب، ۱۳۹۲: ۱۴۸). همچنین مشخص گردید که میزان تراز معادل صدا (L_{eq}) در محدوده اطراف چهارراه‌هایی که نزدیک به پل قرار دارند، نظیر چهارراه‌های کالج و کریم‌خان که به ترتیب در بخش جنوب‌غربی و شمال ناحیه قرار گرفتند زیاد بود. میزان L_{eq} در محدوده اطراف میدان‌ها (به ویژه میدان‌های فردوسی و هفت‌تیر) که خود نیز یکی از انواع تقاطع‌ها می‌باشند بالا، ولی کمتر از سطح چهارراه‌ها است. مقادیر L_{eq} در محدوده اطراف خیابان‌های اصلی درجه یک با عرض زیاد (عرض متوسط حدود ۳۷/۳ متر) همانند خیابان‌های انقلاب، کریم‌خان، حافظ، قرنی، مفتح و خیابان ولیعصر تقریباً همانند میدان‌ها بالا بود. هرچه عرض خیابان بیشتر باشد تعداد وسایل نقلیه بیشتری می‌توانند در آن تردد داشته باشند و به همین دلیل مقادیر ترازهای صوتی در محدوده اغلب خیابان‌های شریانی درجه یک بالا است. از طرفی بسیاری از کاربری‌های مهم و اصلی در محدوده این خیابان‌ها قرار دارند و میزان L_{eq} در محدوده اطراف خیابان‌های اصلی درجه دو با عرض کمتر (عرض متوسط حدود ۲۵/۹ متر) همانند خیابان‌های طالقانی، استاد نجات اللهی و ایرانشهر تا حدودی کمتر از خیابان‌های اصلی درجه یک بود. کاربری‌های مهمی در محدوده اطراف این خیابان‌ها قرار دارند و اغلب میزان تردد وسایل نقلیه در این خیابان‌ها نسبتاً زیاد است. خیابان‌های جمع و پخش‌کننده با عرض حدود ۱۸/۹ متر نظیر خیابان‌های سمیه، اردلان و ... نیز بعد از خیابان‌های اصلی تراز معادل نسبتاً بالایی داشتند. تردد وسایل نقلیه در این خیابان‌ها کمتر از خیابان‌های اصلی است و برخی از کاربری‌های مهم در محدوده اطراف این خیابان‌ها قرار دارد. خیابان‌های فرعی و باریک (عرض متوسط حدود ۱۱ متر) کم‌ترین میزان تراز معادل را در تمامی ساعات و فصول در کل ناحیه داشتند. این نواحی کم‌ترین میزان تردد وسایل نقلیه و حجم ترافیک را دارند و اغلب کاربری‌های مسکونی در محدوده این خیابان‌ها قرار دارند.

سیستم شبکه ارتباطی شهر تهران به شکل شطرنجی است. بنابراین سیستم شبکه ارتباطی مناطق تهران از جمله منطقه شش نیز شطرنجی است. با توجه به تصویر موجود از ناحیه یک منطقه شش تهران در شکل ۱ می‌توان دید، ناحیه یک نیز به طبع دارای سیستم شطرنجی است. یکی از ویژگی‌های مهم و معایب اصلی سیستم شطرنجی وجود تقاطع‌های زیاد در آن است. بیشترین میزان آلودگی‌صوتی در ناحیه یک مربوط به تقاطع‌ها است. بنابراین ناحیه یک به‌دلیل دارا بودن سیستم شطرنجی دارای تقاطع‌های زیادی است که همین امر عامل مهمی در افزایش آلودگی صوتی ناحیه است.

ناحیه یک بخش مهمی از کاربری‌های تجاری، اداری، آموزشی، کاربری‌های بهداشتی– درمانی و سایر کاربری‌های مهم منطقه شش را در خود جای داده است. شکل ۵ درصد کاربری‌ها در ناحیه یک را نسبت به کل کاربری‌ها در منطقه شش نشان می‌دهد. به دلیل وجود این کاربری‌ها، روزانه جمعیت زیادی وارد ناحیه یک می‌شود. همین امر منجر به ورود وسایل نقلیه بیشتر در ساعات گوناگون روز (به‌ویژه هنگام صبح، عصر و تا حدودی ظهر) به ناحیه و در نتیجه ایجاد ترافیک بیشتر و افزایش میزان ترازهای صوتی در ناحیه می‌شود. به‌عنوان مثال وجود دانشگاه امیرکبیر (مهم‌ترین قطب آموزشی ناحیه یک) در بخش جنوب‌غربی ناحیه و همچنین وجود مراکز مهم اداری در قسمت شمال، غرب و تا حدودی مرکز ناحیه و نیز مراکز تجاری موجود در شمال، جنوب و مرکز ناحیه همگی منجر به تردد بیشتر مردم و وسایل نقلیه در این مناطق می‌شوند. با توجه به شکل ۵ می‌توان مشاهده کرد که سرانه پارک‌ها و فضاهای‌سبز ناحیه بسیار ناچیز است (حدود ۴/۴۰٪). همچنین با توجه به شکل ۳ می‌توان مشاهده کرد که در اطراف کاربری‌های حسّاس نظیر مراکز آموزشی و بیمارستان‌ها فضای‌سبز چندانی وجود ندارد. همین امر خود دلیلی بر افزایش آلودگی صوتی در اطراف این کاربری‌ها است.

لازم به ذکر است که فرم و ساختار خیابان‌ها تا حد زیادی بر میزان ترازهای صوتی اطراف کاربری‌ها تأثیر می‌گذارد. برای مثال بیمارستان‌هایی نظیر فیروزگر و پانزده خرداد که در محدوده خیابان‌های فرعی قرار گرفته‌اند، نسبت به بیمارستان‌های هشترودی و آپادانا که در مجاورت چهارراه و خیابان‌ها اصلی هستند، ترازهای صوتی بسیار پایین‌تری در محدوده اطراف خود تجربه می‌کنند و یا دانشگاه امیرکبیر که از مراکز مهم آموزشی ناحیه یک به‌شمار می‌رود، در اغلب موارد تراز صوتی بالایی در اطراف خود دارد که دلیل اصلی آن وجود پل حافظ در یک سمت دانشگاه و از طرفی وجود خیابان اصلی ولیعصر در سمت دیگر این دانشگاه می‌باشد. سایر دانشگاه‌ها و مراکز آموزشی به‌دلیل قرارگیری در خیابان‌های فرعی ناحیه، آلودگی صوتی کمتری در اطراف خود دارند. بنابراین می‌توان گفت فرم و ساختار خیابان‌ها و نوع و مکان کاربری‌ها هر دو روی میزان آلودگی صوتی تأثیرگذار هستند و از طرفی فرم‌شهری با ساختار خود می‌تواند روی آلودگی صوتی اطراف کاربری‌ها نیز تأثیر بگذارد.

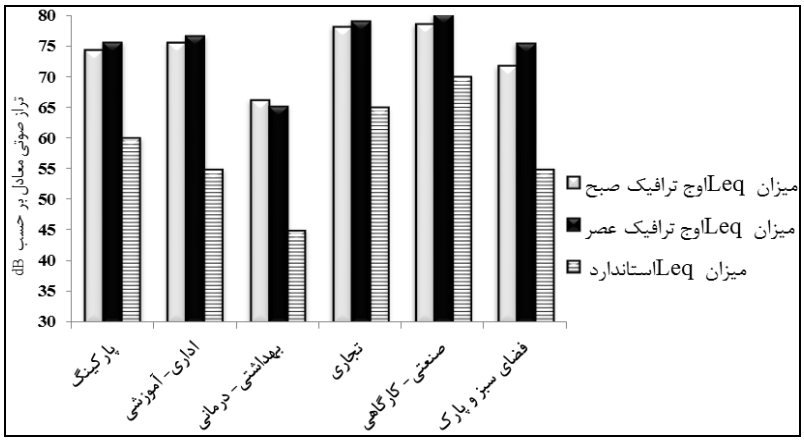


شکل ۵ – درصد کاربری‌های ناحیه یک نسبت به کل کاربری‌های منطقه شش

با بررسی شکل‌های ۳ و ۴، می‌توان وضعیت کلی ترازهای صوتی در اطراف کاربری‌های مهم ناحیه را ارزیابی کرد. بر این اساس می‌توان مشاهده کرد که اغلب مراکز بهداشتی– درمانی ناحیه در محدوده مناطق با ترازهای معادل صوتی (L_{eq}) پایین قرار گرفته‌اند. محدوده کلی L_{eq} در آن‌ها از حدود ۵۸ dB تا ۷۲ است که نسبت به حد استاندارد آن‌ها (dB ۴۵) بسیار بالاتر است و دلیل اصلی آن قرار گرفتن اغلب بیمارستان‌ها در مکان‌های نامناسب همانند خیابان‌های اصلی

است. اغلب مراکز اداری- آموزشی ناحیه در محدوده مناطق با ترازهای معادل صوتی (L_{eq}) متوسط رو به بالا قرار گرفتند و محدوده کلی L_{eq} در آن‌ها از حدود ۶۸ dB تا ۸۰ است که همانند کاربری درمانی نسبت به حد استاندارد آن‌ها (dB ۵۵) بسیار بیشتر است. کاربری‌های تجاری و صنعتی- کارگاهی تقریباً وضعیتی مشابه یکدیگر دارند و در محدوده مناطق با ترازهای معادل صوتی بالا قرار گرفتند و محدوده کلی L_{eq} در آن‌ها از حدود ۷۲ dB تا ۸۴ است که نسبت به حد استاندارد (۶۵ dB) بسیار بیشتر است و دلیل اصلی آن تردد بسیار زیاد مردم و وسایل نقلیه در محدوده اطراف این مراکز (به‌ویژه مراکز تجاری) است. اغلب پارکینگ‌های ناحیه نیز همانند مراکز اداری- آموزشی در محدوده مناطق با ترازهای معادل صوتی متوسط رو به بالا قرار گرفتند و محدوده کلی L_{eq} در آن‌ها از حدود ۷۰ dB تا ۸۰ dB است که همانند کاربری اداری- آموزشی نسبت به حد استاندارد آن‌ها (۵۵ dB) بسیار بیشتر است. پارک‌ها و فضاهای‌سبز ناحیه اغلب در محدوده مناطق با ترازهای معادل صوتی پایین قرار گرفتند. محدوده کلی L_{eq} از حدود ۶۵ dB تا ۷۸ است که نسبت به حد استاندارد (۵۵ dB) بسیار بیشتر است.

در شکل ۳ علاوه بر کاربری‌ها، جایگاه تابلوهای بوق زدن ممنوع موجود در ناحیه نیز مشخص شده است. یکی از ویژگی‌های کاربری‌های حسّاس در ناحیه، وجود تابلوهای بوق زدن ممنوع در اطراف آن‌ها است. بررسی بخش‌های مختلف شکل ۳ مشخص می‌کند که وجود این تابلوها در اطراف کاربری‌های حسّاس (بیمارستان‌ها و برخی از مراکز آموزشی) تنها به میزان بسیار اندکی ترازهای صوتی را کاهش می‌دهد و در اغلب موارد (به‌ویژه در اطراف کاربری‌های آموزشی) تأثیر خاصی روی میزان تراز صوتی اطراف کاربری ندارد. دلیل اصلی این امر جایگاه نامناسب اغلب کاربری‌ها در فضای شهری ناحیه است. به‌طور کلی کاهش ترازهای صوتی ناشی از تابلوهای بوق زدن ممنوع در هنگام صبح در فصل‌های پاییز و زمستان (به ویژه فصل زمستان) بیش از فصل‌های بهار و تابستان است ولی در هنگام عصر اوضاع متفاوت است و فصل بهار بیشترین میزان کاهش در ترازهای صوتی را دارد و پس از آن به ترتیب فصل‌های زمستان، پاییز و تابستان قرار دارند. در کل با بررسی شکل ۴ و همچنین شکل ۶ (مقایسه میانگین ترازهای معادل صوتی کاربری‌ها در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر چهار فصل با میزان استاندارد ترازهای معادل صوتی)، مشخص می‌گردد که میزان تراز معادل صدا (L_{eq}) در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر و در تمامی کاربری‌ها نسبت به حد استاندارد بسیار بیشتر است. برای مثال میانگین ترازهای معادل صوتی در اطراف کاربری‌های حسّاس مثل بیمارستان‌ها در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر تقریباً حدود ۶۲ dB است که به مقدار بسیار زیادی (بیش از ۱۷ dB) از حد استاندارد بالاتر است. به همین دلیل در کل ناحیه و در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر تمامی فصول تا حد زیادی آلودگی صوتی وجود دارد. از طرفی با بررسی وضعیت تراز معادل صدا در شکل‌های ۳ تا ۶، مشخص می‌گردد که میزان تراز معادل صدا در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر فصل زمستان نسبت به سایر فصل‌ها (به ویژه فصل تابستان) بیشتر بوده است. بعد از فصل زمستان فصل‌های پاییز و بهار بیشترین میزان تراز معادل را در هنگام صبح داشتند و تقریباً میزان تراز معادل در ساعات اوج ترافیک صبح این دو فصل مشابه بود. ولی وضعیت تراز معادل در هنگام عصر در این دو فصل متفاوت بود. بعد از فصل زمستان، فصل پاییز بیشترین میزان تراز معادل را هنگام عصر تجربه کرد و سپس فصل بهار بیشترین میزان تراز معادل را داشت. فصل تابستان کم‌ترین میزان تراز معادل را هنگام صبح و عصر مابین فصل‌ها داشت. از طرفی باتوجه به شکل‌ها می‌توان مشاهده کرد که میزان آلودگی صوتی در هنگام عصر در هر چهار فصل بیش از صبح بوده است.



شکل ٦ – مقایسه میانگین ترازهای معادل صوتی کاربری‌ها در ساعات اوج ترافیک صبح و عصر با میزان ترازهای معادل صوتی استاندارد صبح و عصر

نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج اندازه‌گیری‌های تراز معادل صدا (L_{eq}) در ۱۶ ایستگاه ناحیه یک منطقه شش شهر تهران مشخص گردید که مقدار تراز معادل صدا در اطراف تمامی کاربری‌ها و خیابان‌های ناحیه یک نسبت به حد استاندارد متناظر بسیار بیشتر است. عوامل اصلی افزایش ترازهای صوتی و ایجاد آلودگی صوتی در ناحیه وجود و تردد بالای وسایل نقلیه (به ویژه موتور سیکلت‌ها) و در نتیجه وجود ترافیک در اغلب ساعات روز، کمبود فضای سبز، وجود کاربری‌های گوناگون آموزشی، درمانی، تجاری و غیره و در نتیجه افزایش رفت و آمد و افزایش جمعیت در ناحیه است. از طرفی یکی دیگر از عوامل مهم ایجاد و افزایش آلودگی صوتی در ناحیه قرارگیری اغلب کاربری‌ها در مکان نامناسب است. در ناحیه یک به‌دلیل پراکندگی بسیار زیاد کاربری‌های مسکونی، اغلب کاربری‌های آموزشی، درمانی، تجاری و غیره در محدوده اطراف کاربری‌های مسکونی قرار دارند که همین امر خود سبب افزایش آلودگی صوتی و ایجاد مزاحمت برای منازل مسکونی است. با بررسی نقشه‌ها و نمودارهای موجود می‌توان نتیجه گرفت که فرم‌شهری و نوع و مکان کاربری‌ها هر دو روی میزان ترازهای معادل صوتی تأثیر می‌گذارند. از طرفی فرم شهری با ساختار خود می‌تواند روی آلودگی صوتی اطراف کاربری‌ها نیز تأثیر بگذارد. به‌عنوان مثال قرارگیری کاربری‌ها (به‌ویژه کاربری‌های حسّاس) در محدودهٔ خیابان‌های اصلی، ترازهای‌صوتی کاربری‌ها را تا حدود زیادی افزایش می‌دهد. بنابراین باید سعی شود تا حد امکان با تغییراتی در فرم و معابر ناحیه آلودگی صوتی ناحیه را تا حدودی کاهش داد. متأسفانه تغییر بافت و فرم شهری (به‌ویژه در منطقه شش به دلیل قدمت زیاد این منطقه) کاری بسیار دشوار و پرهزینه است. به همین دلیل بهتر است در صورت امکان، مکان‌هایی با کاربری حسّاس که در حال حاضر در ناحیه آلودگی صوتی شدید قرار دارند را به مکان‌هایی با آلودگی صوتی کمتر انتقال دهیم. بهترین مکان برای احداث کاربری‌های حسّاس نظیر بیمارستان‌ها و مراکز بهداشتی، آموزشی و حتی اداری در محدوده خیابان‌های فرعی، باریک و کم‌تردد است و بهتر است کاربری‌های تجاری و صنعتی و غیره که حساسیت کمتری دارند در محدودهٔ خیابان‌های اصلی و چهارراه‌ها و میادین قرار داده شوند. جمع‌کردن و هدایت ترافیک عبوری به کمک علائم راهنمایی، به سمت شریان‌های اصلی، ایجاد سیستم‌های یک‌طرفه در مناطق مسکونی به منظور ممانعت از ورود ترافیک عبوری به محدوده مسکونی و کاهش سرعت وسایل نقلیه از دیگر اقداماتی است که می‌توان انجام داد. ناحیه یک کم‌ترین میزان سرانه فضای سبز منطقه شش تهران دارد. بنابراین استفاده از گیاهان مؤثر در کاهش آلودگی صوتی مانند پهن‌برگان دائمی، سوزنی‌برگان متراکم با صمغ زیاد، درختچه‌ها و پرچین سبز در اطراف مناطق با آلودگی صوتی بالا به‌ویژه اطراف ساختمان‌های اداری، بیمارستان‌ها و مدارس که امکان انتقال آن‌ها به مناطق ساکت‌تر مقدور نیست، برای کاهش آلودگی صوتی ناحیه بسیار مؤثر است. از طرفی مناسب است تا حد امکان سطح خیابان‌ها نسبت به

کاربری‌های اطراف پایین‌تر قرار گیرد (در واقع خیابان در یک گودی قرار گیرد). دیگر پیشنهادهای اجرایی در کنترل و بهبود وضعیت تقاطع‌ها خلاصه می‌شود. می‌توان با استفاده از راه‌های گردش به راست، نصب تابلوهای علائم، ایجاد میادین در بین تقاطع‌هایی با بیش از چهار بازو و ایجاد خط‌کشی‌های مناسب بین تقاطع‌هایی که دارای بازوهای کمتری است، به ساماندهی آن‌ها کمک کرد. به‌عنوان پیشنهادهای تخصصی در حل این معضل می‌توان به موارد زیر اشاره داشت:

- پرهیز از ناسازگاری و تداخل کاربری‌ها با یکدیگر از نظر عملکردی و همجواری، همچون کاربری مسکونی، صنعتی، تولیدی–کارگاهی و انبارداری در محدوده‌های با شدت تراز بالا. بنابراین از استقرار کاربری‌های دارای آلودگی صوتی زیاد همچون مراکز ورزشی، کارگاهی، نظامی، انتظامی، فرودگاهی و غیره در محدوده‌های مسکونی باید اجتناب شود تا اثرات محیط‌زیستی منفی آن‌ها به حداقل برسد؛
- رعایت معیارها و استانداردهای مکانی کاربری‌ها در سه بخش همجواری (سازگاری)، تقسیمات کالبدی شهر (ماتریس ظرفیت) و مطلوبیت (محل استقرار کاربری اراضی شهری) در محدوده مورد مطالعه؛
- محدودسازی حمل‌ونقل شخصی و گسترش حمل‌ونقل عمومی به‌ویژه توسعه مترو برای جلوگیری از آلودگی صوتی؛
- تأکید بیشتر بر دسترسی‌ها از طریق پیاده‌روی، دوچرخه سواری و غیره. در واقع محدوده‌های مسکونی باید به‌طور غیرمستقیم به شبکه راه‌های اصلی دسترسی داشته و این خیابان‌ها به داخل ناحیه مسکونی نفوذ نکند. محدوده‌های مسکونی باید از ترافیک عبوری و خطرات ناشی از آن در امان باشند؛
- کاشت درختان و درختچه‌های همیشه سبز به‌منظور کاهش آلودگی صوتی؛
- ایجاد موانع فیزیکی انسان‌ساخت همچون دیوارهای صوتی مدرن و استفاده از عامل توپوگرافی زمین به منظور تعدیل شدت صوت.

منابع

۱. شرکت کنترل کیفیت هوا–واحد صوت، ۱۳۸۱، **گزارش تدوین ترازهای صوتی و تعیین نقاط بحرانی در منطقه شش شهر تهران**.

۲. غلامی، اعظم، ۱۳۹۰، بررسی آلودگی صوتی ناشی از ترافیک در منطقه ۶ شهر تهران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته آلودگی‌های محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.

۳. فتحی، ساناز؛ نصیری، پروین، منظم اسماعیل‌پور، محمدرضا؛ مرادی، رویا؛ رزاقی، فاطمه، ۱۳۹۴، بررسی میزان آلودگی‌صوتی در منطقه ۵ تهران، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست، شماره ۲، صص ۷ – ۱.

۴. قریب، فریدون، ۱۳۹۲، **شبکه ارتباطی در طراحی شهری**، چاپ ششم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

۵. کریمی، الهام؛ نصیری، پروین؛ عباسپور، مجید؛ منظم، محمدرضا؛ تقوی، لعبت، ۱۳۹۱، بررسی وضعیت آلودگی‌صوتی در منطقه ۱۴ تهران، فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۲۳، صص ۱۲–۱.

۶. مجیدی، فرامرز؛ خسروی، یونس، ۱۳۹۵، ارزیابی آلودگی صوتی بخش مرکزی شهر زنجان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS). مجله سلامت و محیط‌زیست فصلنامه‌ی علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران، شماره ۱، صص ۱۰۲– ۹۱.

۷. مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، ۱۳۸۶، **تهیه الگوی توسعه و طرح تفضیلی منطقه و همکاری با منطقه شش**.

۸. موسوی، وحید، ۱۳۹۲، بررسی میزان آلودگی صوتی در محیط های شهری و ارائه راهکارهای عملیاتی جهت کاهش تراز کلی صدا به سطح استاندارد (مطالعه موردی: پالایشگاه گاز پارسیان)، پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ایمنی- بهداشت و محیطزیست، دانشگاه تهران، پردیس بین المللی ارس.

۹. مهرآوران، حسین؛ زبانی، ساناز؛ قوسی، روزبه، ۱۳۸۵، بررسی میزان تراز معادل صدا در مناطق مختلف شهری و تعیین نقاط بحرانی از نظر آلودگی صوتی با اندازه‌گیری و مدل‌سازی، هفتمین کنفرانس حمل و نقل و ترافیک ایران، تهران- سازمان حمل و نقل و ترافیک تهران، معاونت حمل و نقل و ترافیک شهرداری تهران.

۱۰. یوسفی، الهام، ۱۳۹۰، بررسی تاثیر فرم شهری بر آلودگی صوتی با استفاده از GIS در شهر یزد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع طبیعی- محیطزیست، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، تهران.

11. Doygun, Hakan., Gurun, Knsat Derya., 2008, Analyzing and mapping spatial and temporal dynamics of urban traffic noise pollution: a case study in Kahramanmaras, Turkey, Environmental Monitoring and Assessment, 142, 65- 72.
12. Gozalo, Guillermo Rey., Morillas, Juan Miguel Barrigón., Carmona, J. Trujillo., González, David Montes., Moraga, Pedro Atanasio., Escobar, Valentín Gómez., Gómez, Rosendo Vílchez., Méndez Sierra, Juan A., Gajardo, Carlos Prieto, 2016, Study on the relation between urban planning and noise level, Applied Acoustics, 111, 143–147.
13. Guedes, Italo C. Montalvão., Bertoli, Stelamaris R., Zannin, Paulo H.T., 2011, Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju – Brazil, Science of the Total Environment Journal, 412-413, 66–76.
14. Jahandar, Nima., Hosseinpour, Amin., Sahraei, Mohammad Ali., 2012. Traffic Noise under Stop and Go Condition in Intersections- A Case Study. International Journal of Chemical and Environmental Engineering, 62, 465- 468.
15. King, Gravin., Mieszkowski, Marek Ronald., Jason, Timothy., Rainham, Daniel G., 2012, Noise levels associated with urban land use, Journal of urban health: bulletin of the New York academy of medicine, 6, 1017- 1030.
16. Lam, Kin-Che., Ma, Weichun., Chan, Pak Kin., Hui, Wing Chi., Chung, King Lam., Chung, Yi-tak Teresa., Wong, Chun Yin., Lin, Hui., 2013, Relationship between road traffic noisescape and urban form in Hong Kong, Environmental Monitoring and Assessment, 185, 9683–9695.
17. Mansouri, Nabiollah., Pourmahabadian, Mohammad., Ghasemkhani, Mehdi., 2006, Road traffic noise in downtown area of Tehran, Iranian Journal of Environmental Health, Science and Engineering, 13(4), 267-272.
18. Mehravaran, H., Zabani, S., Nabi bidhendi, GH.R., Ghousi, R., Keshavarzi shirazi, H., 2011, Noise pollution evaluation method for identification of the critical zones in Tehran, International Journal of Environmental Research, 5(1), 233-240.
19. Piccolo, Antonio., Plutino, Diego., Cannistraro, Giuseppe, 2005. Evaluation and analysis of the environmental noise of, Messina Italy. Journal of Applied Acoustics, 66: 447- 465.
20. Ryu, Hunjae., In-Kwon, Park., Chun, Bum-Seok., Chang, Seo II., 2017, Spatial statistical analysis of the effects of urban form indicators on road-traffic noise exposure of a city in South Korea, Applied Acoustics Journal, 115, 93–100.
21. Sanchez, Gemma Maria Echevarria., Renterghem, Timothy Van., Thomas, Pieter., Botteldooren, Dick., 2016, The effect of street canyon design on traffic noise exposure along roads, Journal of Building and Environment, 97, 96- 110.
22. Sheng, Ni., Tang, U.Wa., 2011, Spatial Analysis of Urban Form and Pedestrian Exposure to Traffic Noise, International Journal of Environmental Research and Public Health, 6, 1977-1990.
23. Silva, Lígia T., Oliveira, Marta., Silva, José F., 2014, Urban form indicators as proxy on the noise exposure of buildings, Applied Acoustics Journal, 76, 366–376.
24. Tang, U.W., Wang, Z.S., 2007, Influences of urban forms on traffic- induced noise and air pollution: Results from a modelling system, Journal of Environmental Modelling & Software, 22, 1750- 1764.