



تحلیل فضایی و سطح‌بندی آلودگی صوتی در مناطق ۱۵ گانه کلان‌شهر اصفهان

سید محمد شکرانی^۱، دکتر همایون نورائی^{۲*}

مقاله پژوهشی

چکیده

آلودگی صوتی به‌عنوان یکی از آلودگی‌های زیست‌محیطی که کمتر مورد توجه قرار گرفته‌است. پهنه‌های مسکونی کلان‌شهرهای کشور را تحت‌تأثیر قرار داده‌است. از عمده‌ترین دلایل این معضل، کم‌توجهی به عوامل فضایی تأثیرگذار بر آلودگی صوتی، کمبود مطالعات ارزیابی و آشنایی ناکافی از روش‌های ارزیابی اثرات اقدامات توسعه بر آلودگی صوتی در نظام برنامه‌ریزی شهری است. این پژوهش با هدف تحلیل فضایی و سطح‌بندی آلودگی صوتی در مناطق ۱۵ گانه کلان‌شهر اصفهان است. در این راستا از روش پژوهش ترکیبی (کمی و کیفی) استفاده شده و اطلاعات موردنیاز از طریق روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری شده‌است. ضمن اینکه برای تحلیل داده‌ها از روش تحلیل فضایی در نرم‌افزار ArcGIS و در جهت وزن‌دهی به شاخص‌ها از روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) در نرم‌افزار Expert Choice بهره گرفته شده‌است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که توزیع فضایی آلودگی صوتی در مناطق کلان‌شهر اصفهان به‌صورت نامتوازن است. به‌گونه‌ای که در مناطق مرکزی ۱ و ۳ و مناطق ۸ و ۱۰ عمدتاً به‌واسطه وجود معابر پر تردد و عدم رعایت حریم ساخت‌وساز برای آن‌ها، تأثیرپذیری از کاربری‌های صداساز، تمرکز جمعیت و فشردگی، آلودگی صوتی در وضعیت نامناسب‌تری نسبت به سایر مناطق است. از جمله مهم‌ترین راهکارهای مقابله با این مسئله، می‌توان به رعایت حریم ساخت‌وساز برای معابر پر تردد و کاربری‌های صداساز در طرح‌های توسعه شهری، کاهش حجم ترافیک در معابر مجاور محلات مسکونی از طریق انتقال ترافیک به مسیرهای جدید غیرحساس، ایجاد خاکریز به همراه پوشش گیاهی در زمین‌های بدون استفاده موجود در لبه بزرگراه‌ها، جلوگیری از فروش تراکم مازاد ساختمانی در نزدیکی معابر پر تردد، انتقال فعالیت‌های کارگاهی و پابانه‌ها از محلات مسکونی به محدوده‌های غیرحساس (خارج از محدوده شهر) و کاهش فشردگی و افزایش پیچیدگی در طراحی قطعات جدید اشاره کرد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۷، تابستان ۱۴۰۱
تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۲
تاریخ بازنگری داوری: ۱۴۰۰/۰۸/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۲۰
صفحات: ۲۳۱-۲۴۷



واژه‌های کلیدی:
تحلیل فضایی، سطح‌بندی، آلودگی صوتی، کلان‌شهر اصفهان

مقدمه

که نسبت به آلودگی‌های هوا و آب به‌صورت جدی مورد توجه قرار نگرفته است که ناشی از تعریف و ادراک سروصدا به‌عنوان یک تجربه ذهنی و کوتاه‌بودن زمان زوال آن است (Davis & Masten, 2004: 750). این در حالی است که رشد سریع شهرنشینی باعث افزایش عوامل و منابع تولیدکننده سروصدا و محیط‌های مزاحم (که بر فعالیت‌های روزانه مانند استراحت، اوقات فراغت، مطالعه و کار تأثیر می‌گذارد) به‌خصوص در کلان‌شهرها شده‌است (Guedes et al., 2011: 66) و این موضوع سلامت شهروندان را تهدید می‌کند. علی‌رغم اهمیت مذکور در خصوص توجه به معضل آلودگی صوتی و

مناطق شهری در حال تجربه یک فرایند سریع از توسعه، نه تنها از نظر اقتصادی، بلکه از جنبه‌های اجتماعی و زیست‌محیطی نیز است. مرتبط با این توسعه، انواع مختلف مشکلات و ناهنجاری‌ها به‌وجود می‌آیند که بر کیفیت زندگی تأثیر می‌گذارد. درواقع شهرها اغلب دارای مشکلات زیست‌محیطی هستند که توسعه فعالیت‌های شهری سالم و نیز سلامت شهروندان را تحت‌تأثیر قرار می‌دهند. آلودگی صوتی یکی از این معضلات است (Abbaspour et al., 2015: 95; Suriano et al., 2015: 2202). این آلودگی یکی از انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی است

۱. دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران

۲. استادیار گروه شهرسازی، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان، اصفهان، ایران (نویسنده مسئول)

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه نگارنده اول تحت عنوان «تحلیل و سطح‌بندی مناطق پانزده‌گانه کلان‌شهر اصفهان با بکارگیری رویکرد برنامه‌ریزی شهری طبیعت محور (بیوفیلیک)» است که با راهنمایی نگارنده دوم در دانشکده معماری و شهرسازی دانشگاه هنر اصفهان دفاع گردیده است.

شاخص‌های فضایی تحلیلی آلودگی صوتی از طریق مراجعه به مبانی نظری و تجربی استخراج شده‌است و سپس وضعیت مناطق ۱۵ گانه کلان‌شهر اصفهان براساس شاخص‌های فضایی سنجش و تحلیل شده‌است. در نهایت نیز، ضمن بحث درباره نتایج، به ارائه پیشنهادات کنترل و کاهش آلودگی صوتی پرداخته شده‌است.

مرور ادبیات نظری و تجربی

- آلودگی صوتی، منابع و نحوه انتشار آن در عرصه‌های شهری

صدا، عاملی است که از یک رویداد پویا سرچشمه گرفته و انرژی مکانیکی آن را به موج صوتی پخش‌کننده در هوا تبدیل کرده و سپس وجود رویداد را در سطح منطقه منتشر می‌کند. صدا سازوکار انتقال است که از طریق آن رویدادهای دوردست احساس می‌شوند (Blessner & Salter, 2009: 3). آلودگی صوتی را می‌توان به‌عنوان هرگونه صدای آزاردهنده یا ناخواسته‌ای تعریف کرد که باعث ایجاد مزاحمت برای انسان‌ها یا حیات وحش می‌شود (Jain et al., 2016: 136). سازوکار انتشار این آلودگی تحت تأثیر دو عامل کلیدی نوع و پیکربندی محیط دریافت‌کننده آن و مسیری که امواج صوتی برای رسیدن به محیط دریافت‌کننده می‌گذرانند، است (Sakieh et al., 2017: 196). برمبنای تعریف سازمان بهداشت جهانی، این آلودگی صدایی ناخواسته با مدت زمان، شدت یا کیفیتی است که به انسان آسیب جسمی و روحی وارد می‌کند. این سازمان آلودگی صوتی را به‌دلیل تعدد منابع (ترافیک، صنعت، محل کار و همجواری) خطری جدی برای سلامت شهروندان معرفی کرده‌است (تکیه‌خواه و کاتورانی، ۱۳۹۸: ۱۱۹). در ایران، مطابق با آئین‌نامه اجرایی قانون نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی، این آلودگی عبارت است از پخش و انتشار هر گونه صوت و صدا و ارتعاش مربوط بیش از حد مجاز در فضای باز (غیرسرپوشیده). منابع و

در نظر گرفتن عوامل فضایی مؤثر بر آن در نظام برنامه‌ریزی شهری در راستای دستیابی به محیط صوتی مناسب‌تر (Tong & Kang, 2021: 8)، مطالعه پیشینه پژوهش، بیانگر آن است که غالب مطالعات ارزیابی آلودگی صوتی در شهرهای کشور به دو صورت زیر عمل کرده‌اند: نخست: پژوهش‌هایی که اندازه‌گیری مستقیم صدا از طریق وسایل اندازه‌گیری مکانیکی را در دستور کار قرار داده و بنابر این غالباً مقیاسی خرد دارند.

دوم: پژوهش‌هایی که عموماً یک عامل نظیر کاربری زمین یا ترافیک شهری مورد بررسی قرار داده و ارزیابی عوامل فضایی آلودگی صوتی صرفاً براساس همان عامل صورت پذیرفته‌است.

این موضوع باعث شده‌است که در کشور ما از نظر ارزیابی سروصدا و در نتیجه شناخت مناطق و نواحی تحت تأثیر و نیز مدیریت، برنامه‌ریزی و طراحی در زمینه‌های شیوه‌های کنترلی ضعیف عمل‌شده و در برخی از جنبه‌ها اصولاً معیارهای پایه‌ای سودمندی وجود نداشته باشد (صفازاده و رحیمی، ۱۳۸۲ به نقل از حسنی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲).

باتوجه به خلأ مذکور، هدف از این مقاله شناسایی عوامل فضایی مؤثر بر آلودگی صوتی و تحلیل و سطح‌بندی مناطق ۱۵ گانه کلان‌شهر اصفهان در این ارتباط است؛ زیرا شهر اصفهان در دهه‌های اخیر از سویی به‌واسطه افزایش روزافزون جمعیت، موقعیت قرارگیری در مرکز کشور و پتانسیل گردشگری، با حجم ترافیک روزانه قابل‌توجهی به‌خصوص در بزرگراه‌ها و معابر اصلی (که اکثراً فاقد معیارهای برنامه‌ریزی شهری مرتبط با کنترل و کاهش آلودگی صوتی هستند) مواجه است و از سوی دیگر وجود کاربری‌های مزاحم نظیر صنعتی و کارگاهی در نزدیکی کاربری‌های حساس نظیر مسکونی و درمانی، نقش عوامل فضایی تأثیرگذار بر آلودگی صوتی را تشدید کرده‌است؛ بنابراین در راستای هدف فوق، ابتدا

کانون‌های آلودگی صوتی در این آیین‌نامه عبارت‌اند از:

- * نیروگاه‌ها و پالایشگاه‌ها؛
- * کارخانه‌ها و کارگاه‌ها؛
- * وسایل نقلیه موتوری اعم از هوایی، دریایی، زمینی و زیرزمینی؛
- * فرودگاه‌ها، پایانه‌های حمل‌ونقل و توقفگاه‌های دائمی وسایل نقلیه موتوری؛
- * تعمیرگاه‌های وسایل نقلیه موتوری و آن دسته از واحدهای صنفی که فعالیت آن‌ها با آلودگی صوتی ملازمه دارد؛

* میدان‌ها تیر و محل‌های تمرین نظامی؛

* سایر منابع مانند ژنراتورها و موتورهای تولید برق، استقرار بلندگوها در اماکن عمومی و محوطه‌های غیرسرپوشیده، مباشرت به هر عمل یا ترک عمل که ایجاد آلودگی صوتی کند (هیئت وزیران، ۱۳۷۸).

درواقع آلودگی صوتی در شهرها را می‌توان در سه بخش اصلی دسته‌بندی کرد:

۱. آلودگی ناشی از صدای تأسیسات صنعتی، مانند سروصدای کارگاه‌های ساختمانی و فلزکاری؛
۲. آلودگی ناشی از صدای ترافیک شهری، مانند سروصدای حرکت وسایل نقلیه در خیابان‌ها و بزرگراه‌ها، قطارها و هواپیماها؛
۳. آلودگی ناشی از صدای داخل خانه‌ها، مانند سروصدای لوازم برقی خانگی و حرکت آسانسورها (قریب، ۱۳۹۹: ۱۴۷).

– روش‌ها و مدل‌های ارزیابی و تحلیل آلودگی صوتی

ارزیابی آلودگی صوتی در ابتدا از طریق تهیه نقشه سروصدا، در اروپا توسعه یافت (Lee et al., 2008: 704). تهیه نقشه سروصدا به‌عنوان روشی برای ارائه میزان و سطح صدای محاسبه یا اندازه‌گیری شده به‌وسیله نقاط (ایستگاه‌ها) در یک محدوده جغرافیایی خاص تعریف می‌شود (Murphy & King, 2010: 291).

ازجمله پژوهش‌های صورت‌گرفته براساس این روش می‌توان به مطالعه معصوم و همکاران (۲۰۲۱) با محوریت پایش و ارزیابی زمانی-مکانی سطح صدا و شاخص‌های آلودگی صوتی در محیط شهری، پژوهش یانگ و همکاران (۲۰۲۰) با محوریت ارزیابی آلودگی صوتی ترافیک در ساعات مختلف براساس نقشه‌های صوتی، پژوهش سوریانو و همکاران (۲۰۱۵) در زمینه تدوین روشی برای تعیین کمیت مواجهه جمعیت با سروصدا با پیشنهاد طبقه‌بندی بلوک‌های شهری و مطالعه سلطانیان و نری‌موسی (۱۳۹۴) با هدف اصلی تعیین آلودگی صوتی در مناطق مختلف شهر امیدیه اشاره کرد که با استفاده از دستگاه‌های مختلف به اندازه‌گیری کمی و سپس مدل‌سازی سروصدا پرداخته شده‌است. اگرچه این روش‌ها در پایش و شبیه‌سازی سروصدا مفید هستند و داده‌های کمی به‌دست آمده از این روش‌ها توصیف‌کننده وضع موجود و گذشته میزان صدا هستند؛ اما به نظر می‌رسد این داده‌ها قادر به آینده‌نگری، تعیین پهنه‌های دارای پتانسیل آلودگی صوتی و عوامل و دلایل وقوع آلودگی صوتی در مناطق مختلف نیستند و همچنین بر ویژگی‌های خرد محلی محیط شهری تأکید دارند و خصوصیات نظیر پوشش زمین، کاربری اراضی، فرم ساختمان‌ها و جاده در شهرها را در نظر نمی‌گیرند (Yuan et al., 2019: 2). در این راستا اخیراً پژوهش‌هایی با روش تحلیل فضایی آلودگی صوتی در سطح کلان صورت گرفته‌است. ازجمله عباس‌پور و همکاران (۲۰۱۵) پس از ارزیابی غیرمستقیم آلودگی صوتی براساس سه شاخص جمعیت، نوع معابر و کاربری و مقایسه آن با ارزیابی مستقیم صورت‌گرفته از طریق اندازه‌گیری کمی، به نتایج مشابهی در ارتباط با نقشه حاصل از هر دو نوع ارزیابی دست یافتند. همچنین دنیل و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه خود به تحلیل فضایی سروصدا

تلفیقی شامل اقدامات یکپارچه با تأکید بر حالت‌های حمل‌ونقل سازگار با محیط‌زیست، آرام‌سازی ترافیک، هدایت ترافیک به مسیرهای با حساسیت کمتر، بهینه‌سازی سیگنال‌های ترافیکی، دسترسی به فضاهای پارکینگ و سطوح جاده کم سروصدا است (Smile Consortium, 2003: 14).

۲. **کاربری زمین:** نحوه استقرار کاربری‌های شهری از عوامل اساسی تأثیرگذار بر آلودگی صوتی است. برخی از کاربری‌ها مولد آلودگی صوتی هستند و مطابق با جدول ۱ باید با فاصله استاندارد از محدوده‌های حساس تر استقرار یابند. همچنین برخی از عملکردها مانند جنگل‌ها، مزارع، فضاهای باز شهری دارای پوشش گیاهی به‌عنوان موانع صوتی بین کاربری‌های پرسروصدا و کاربری‌های حساس به صدا عمل کرده و در مدیریت کاربری زمین نقش کاهش‌دهنده آلودگی صوتی را دارند (Caswell & Jakus, 1977: 242-243; Ariza-Villaverde, 2014: 1).

جدول ۱: حریم کاربری‌های مولد آلودگی صوتی

کاربری	فاصله (متر)
صنعتی	۱۵۰۰
نظامی	۱۰۰۰
کارگاهی	۱۰۰۰
پایانه‌های مسافربری	۷۰۰
انبار	۶۰۰
ورزشی	۶۰۰
آموزشی	۵۰۰
اداری	۵۰۰
تأسیسات شهری	۵۰۰
تجاری	۴۰۰

مأخذ: محمدی ده‌چشمه و همکاران، ۱۳۹۷: ۶۷

۳. **تراکم:** تراکم شهری به شیوه‌های مختلفی از جمله تراکم جمعیتی و تراکم ساختمانی بیان می‌شود (Salomons & Pont, 2012: 3). مناطق دارای تراکم بالا و بلندمرتبه دو عامل مؤثر در آلودگی صوتی هستند (Yuan et al., 2019: 1).

برمبنای فشار صوت و جریان ترافیک، پرویزیان و همکاران (۱۳۹۹) به تولید نقشه آلودگی صوتی با مدل‌سازی مکانی نقشه کاربری اراضی و محمدی ده‌چشمه و همکاران (۱۳۹۷) به تحلیل فضایی آلودگی صوتی براساس کاربری‌های صداساز پرداختند. مطابق با مطالعات صورت‌گرفته، اگرچه روش تحلیل فضایی اغلب با استفاده از نرم‌افزار GIS صورت می‌گیرد؛ اما همچنان در دستیابی به شاخص‌های کلان مورد توافق متخصصان برای استفاده از این روش چالش وجود دارد.

عوامل فضایی مؤثر بر آلودگی صوتی در محیط شهری

علی‌رغم مطالعات صورت‌پذیرفته در ارتباط با عوامل فضایی مؤثر بر آلودگی صوتی در محیط شهری، همچنان اتفاق نظری در این خصوص به‌ویژه برای سنجش‌ها در مقیاس کلان همچون شهرهای بزرگ، وجود ندارد (Yuan et al., 2019: 2) و این موضوع و انتخاب شاخص‌های مرتبط با آن معمولاً در پی مطالعه نظریه‌ها و تجربیات قبلی صورت می‌پذیرد. بر این مبنای، در این مطالعه، ادبیات نظری و تجربی مرتبط با عوامل فضایی مؤثر بر آلودگی صوتی در محیط شهری مرور شده و درنهایت با توجه به مورد مطالعاتی، موارد زیر به‌عنوان عوامل تأثیرگذار فضایی بر آلودگی صوتی در محیط شهری آورده شده‌است:

۱. **ترافیک:** آلودگی صوتی تولیدشده توسط ترافیک معابر پرتردد نقش مهمی در میان عوامل محیطی منجر به بیماری ایفا می‌کند و به‌عنوان منبع اصلی آلودگی صوتی در محیط شهری به‌شمار می‌آید (Doygun & Kuşat Gurun, 2008: 62; Bilasco, et al., 2020: 1; Yang et al., 2017: 214). در نتیجه محدوده‌های مجاور معابر پرتردد، به میزان بیشتر و مدت طولانی‌تری تحت تأثیر آلودگی صوتی هستند (Yang et al., 2020: 1). تجربه نشان داده است که برای کاهش سروصدای ترافیک، نیاز به رویکرد

۴. **الگوی چشم‌انداز:** نحوه استقرار و پیکربندی عناصر چشم‌انداز، نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش آلودگی صوتی ایفا می‌کند (Sakieh et al., 2017: 210)؛ به‌عنوان مثال افزایش میانگین مساحت قطعات ساخته‌شده که نشان‌دهنده فشردگی بین عناصر ساخته‌شده چشم‌انداز است، منجر به افزایش آلودگی صوتی در محیط شهری می‌شود. همچنین افزایش میانگین نسبت محیط به مساحت قطعات یا

پیچیدگی شکل عناصر چشم‌انداز، باعث کاهش نفوذ صوت به داخل و در نتیجه کاهش آلودگی صوتی می‌شود (مظاهری جاجانی، ۱۳۹۹: ۵۳ و ۵۴؛ Han et al., 2018; Yuan et al., 2019: 3). در مجموع بر مبنای مبانی نظری و تجربی فوق‌الذکر، شاخص‌های جدول ۲ به‌عنوان متغیرهای تحلیل فضایی آلودگی صوتی در سطح کلان معرفی شده‌است.

جدول ۲: شاخص‌های تحلیل فضایی آلودگی صوتی در محیط شهری

شاخص	مطالعه شده در
تراکم جمعیت	محرم‌نژاد و صفری‌پور، ۱۳۸۷؛ Lam et al., 2013; Abbaspour et al., 2015; Yuan et al., 2019; Masum et al., 2021; Tong and Kang, 2021
تراکم ساختمانی	Huang et al., 2015; Han et al., 2018; Yuan et al., 2019; Tong and Kang, 2021
فاصله از کاربری‌های مولد آلودگی صوتی	محمدی ده‌چشمه و شنبه‌پور، ۱۳۹۶؛ محمدی ده‌چشمه و همکاران، پرویزیان و همکاران، ۱۳۹۷؛ Caswell & Jakus, 1977; Abbaspour et al., 2015; Masum et al., 2021; Tong and Kang, 2021
تراکم پوشش گیاهی	محرم‌نژاد و صفری‌پور، ۱۳۸۷؛ Caswell & Jakus, 1977; Ariza-Villaverde, 2014; Klingberg et al., 2017; Yuan et al., 2019
درصد فضاهای باز شهری	محمدی ده‌چشمه و شنبه‌پور، ۱۳۹۶؛ Lam et al., 2013; Ariza-Villaverde, 2014; Hao et al., 2015
میزان فشردگی بین عناصر ساخته‌شده شهری (میانگین اندازه قطعات ساختمانی)	مظاهری جاجانی، ۱۳۹۹؛ Silva et al., 2014; Fenta et al., 2017; Han et al., 2018; Yuan et al., 2019; Tong and Kang, 2021
میزان پیچیدگی عناصر شهری (میانگین شکل قطعات)	مظاهری جاجانی، ۱۳۹۹؛ Silva et al., 2014; Han et al., 2018; Yuan et al., 2019
حجم ترافیک	محرم‌نژاد و صفری‌پور، ۱۳۸۷؛ Smile Consortium, 2003; Lam et al., 2013; Daniel et al., 2014; Yang et al., 2020; Masum et al., 2021; Tong and Kang, 2021

مأخذ: نگارندگان برگرفته از منابع ذکر شده در جدول، ۱۴۰۰

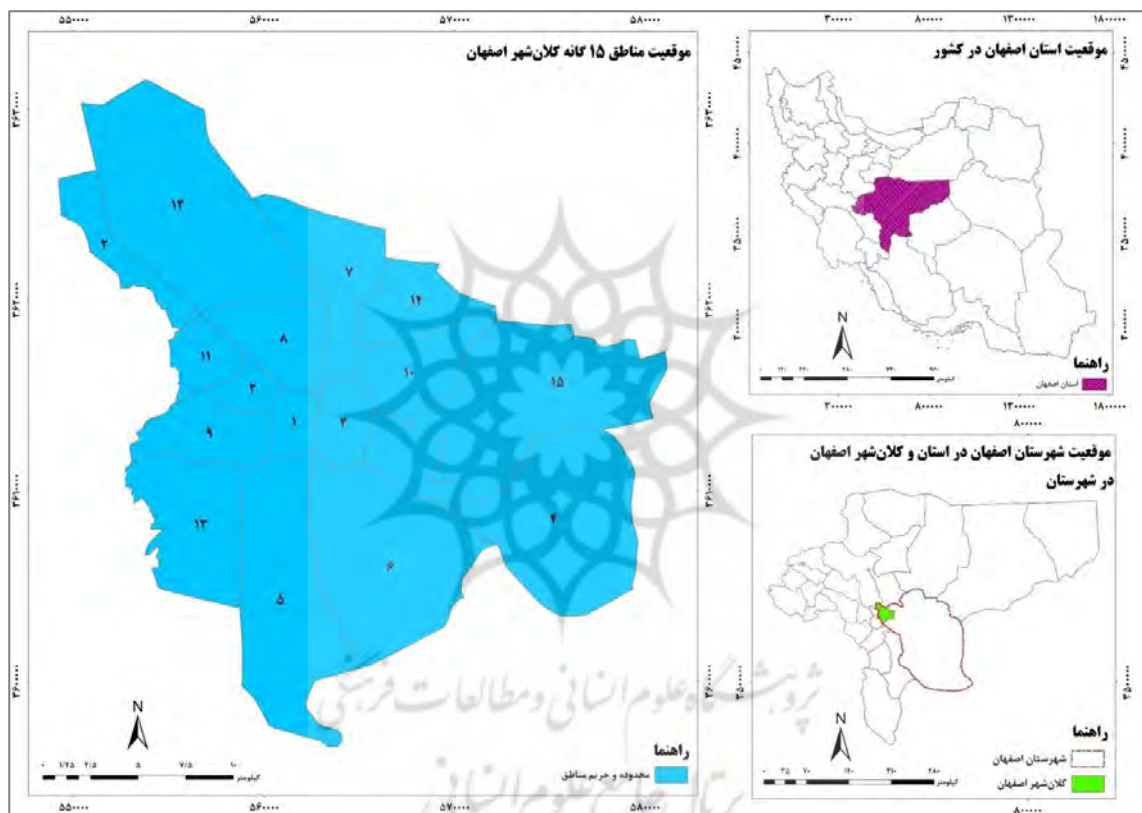
محدوده مورد مطالعه

شهر اصفهان مرکز استان طبق آخرین تقسیمات شهری در سال ۱۳۹۲ دارای پانزده منطقه است (شکل ۱) که هر منطقه دارای محدوده قانونی و حریم مشخص است. مناطق یک، سه و هشت فاقد حریم هستند (شهرداری اصفهان، ۱۳۹۴: ۱۰). جمعیت شهر اصفهان براساس آخرین سرشماری در سال ۱۳۹۵ برابر با ۱۹۶۱۲۶۰ است (مرکز آمار ایران،

۱۳۹۵). از جمله دلایل انتخاب مورد پژوهی می‌توان به وجود فعالیت‌های آلاینده صوتی شامل اراضی نظامی، پایانه‌ها و کاربری صنعتی و کارگاهی اشاره کرد. اراضی کارگاهی عمدتاً در اراضی کشاورزی و حاشیه محوره‌های ورودی شهر شکل گرفته‌اند و در امتداد حاشیه این محورها به درون بافت شهر نفوذ پیدا کرده‌اند. روند افزایش این کاربری در دهه‌های اخیر را باید در نحوه نگرش مدیریت شهری درباره حفظ و

خودروهای شخصی و همچنین سرعت زیاد خودروها به خصوص در بزرگراه‌ها و معابر اصلی و عدم رعایت حریم ساخت‌وساز برای اکثر این معابر (که موجب آلودگی صوتی و اثرات مخرب بر ساکنان اطراف محدوده می‌شود)، است.

نگهداری اراضی کشاورزی و باغی و وجود جذابیت‌های خاص اقتصادی و منفعت‌طلبانه بخش خصوصی جست‌وجو کرد (مهندسان مشاور نقش جهان پارس، ۱۳۹۳: ۲۳). از دیگر دلایل انتخاب شهر اصفهان به عنوان مورد پژوهی افزایش جمعیت و تراکم ساختمانی شهر طی سالیان اخیر، استفاده زیاد از



شکل ۱: موقعیت محدوده مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

مواد و روش

$$MPS = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n} \quad (\text{میانگین اندازه قطعات})$$

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^n (p_i/a_i)}{n} \quad (\text{میانگین شکل قطعات})$$

پس از تهیه نقشه‌های توصیفی و تحلیلی براساس تحلیل فضایی آلودگی صوتی، به سطح‌بندی مناطق براساس این نقشه‌ها و به تفکیک هر شاخص پرداخته شده‌است. در مرحله بعد، وزن‌دهی به شاخص‌ها به روش فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی AHP و با استفاده از نرم‌افزار Expert Choice انجام شده تا ضرایب اهمیت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر به دست آید. بدین صورت که از طریق روش نمونه‌گیری کیفی از نوع موارد شناخته‌شده (رنجبر و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۴۴؛ Teddlie & Yu, 2007: 81)، تعداد ۳۰ پرسشنامه در اختیار متخصصان^۱ قرار گرفت و از آن‌ها خواسته شد تا ضرایب اهمیت شاخص‌ها نسبت به یکدیگر را صرفاً بر مبنای موضوع مورد نظر و فارغ از موضع قرارگیری، به صورت دودویی امتیازدهی کنند. در نهایت پس از مشخص شدن وزن شاخص‌ها، با استفاده از روش تحلیل فضایی و با ابزار Map Algebra در نرم‌افزار GIS، همپوشانی شاخص‌ها و تهیه نقشه سطح‌بندی آلودگی صوتی صورت پذیرفته‌است (باتوجه به تأثیرگذاری متفاوت کاربری‌ها بر آلودگی صوتی، در راستای تحلیل شاخص فاصله از کاربری‌های مولد آلودگی صوتی، پس از تهیه نقشه پهنه‌بندی براساس هر کاربری، وزن‌دهی به هر کاربری و در نهایت همپوشانی نقشه‌ها براساس این فرایند انجام شده‌است). سطح‌بندی مناطق براساس طیف لیکرت پنج‌گانه با کمک توزیع نرمال نرم‌افزار GIS انجام شده‌است.

پژوهش حاضر به دلیل استفاده از روش‌های کمی و کیفی به صورت توأمان، دارای پارادیم ترکیبی است. روش کمی مورد استفاده در این پژوهش از نوع پیمایشی و روش کیفی از نوع موردپژوهی است. همچنین این پژوهش از نظر هدف جزو تحقیقات کاربردی است. نوع پژوهش پیش‌رو براساس ماهیت آن به صورت توصیفی-تحلیلی است. اطلاعات موردنیاز به منظور توصیف و تحلیل شاخص‌ها به روش‌های کتابخانه‌ای و میدانی گردآوری شده‌است (با استفاده از نقشه‌های طرح بازرنگری تفصیلی شهر اصفهان، آمارنامه شهر اصفهان، اطلس کلان‌شهر اصفهان، داده‌های حجم ترافیک دریافت‌شده از معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری اصفهان و به‌روزرسانی داده‌ها از طریق مراجعه به معاونت برنامه‌ریزی و توسعه سرمایه انسانی شهرداری اصفهان). در راستای تحلیل شاخص‌ها، ابتدا توصیف و تحلیل فضایی هر شاخص در مناطق کلان‌شهر اصفهان صورت پذیرفته‌است. تحلیل فضایی هر یک از شاخص‌های تراکم جمعیت و تراکم پوشش گیاهی با ابزار Point Density، شاخص حجم ترافیک با ابزار Line Density، شاخص فاصله از کاربری‌های مولد آلودگی صوتی با ابزار Euclidean Distance و شاخص‌های تراکم ساختمانی، درصد فضاهای باز شهری، میانگین اندازه قطعات ساختمانی و میانگین شکل قطعات با ابزار Spatial Join در نرم‌افزار GIS انجام شده‌است. در راستای دستیابی به شاخص‌های میانگین اندازه قطعات ساختمانی و میانگین شکل قطعات از روابط زیر استفاده شده‌است (Yuan et al., 2019: 3)

۱- شامل ۸ نفر از اعضای هیئت علمی دانشگاه هنر اصفهان، ۶ نفر از استادان مدرس دانشگاه هنر اصفهان، ۹ نفر از کارشناسان محیط‌زیست، ۴ نفر از مسئولان شهرداری اصفهان و ۳ نفر از مسئولان اداره راه و شهرسازی استان اصفهان.

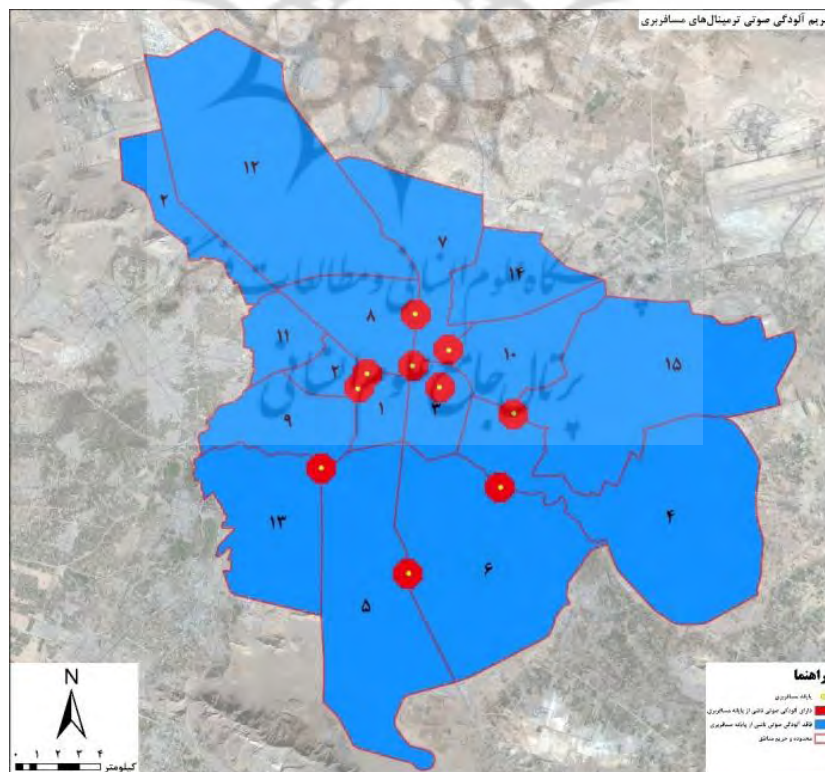
یافته‌ها

در این بخش، شاخص‌های استخراج‌شده از مبانی نظری در قالب شکل ۳ در مناطق ۱۵ گانه کلان‌شهر اصفهان مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه شده‌است. همچنین باتوجه به گستردگی فرایند در راستای دستیابی به نقشه پهنه‌بندی آلودگی صوتی براساس شاخص فاصله از کاربری‌های مولد، وزن کاربری‌ها در جدول ۳ و یک نمونه نقشه فاصله از پایانه‌های مسافربری در شکل ۲ ارائه شده‌است. ضریب سازگاری (CR) در فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی برای وزن‌دهی به کاربری‌های مختلف برابر با ۰/۰۴ و برای وزن‌دهی به شاخص‌ها برابر با ۰/۰۳ بوده‌است که باتوجه به اینکه کمتر از ۰/۱ است، قابل قبول تلقی می‌شود.

جدول ۳: ضرایب تأثیرگذاری کاربری‌ها بر آلودگی صوتی

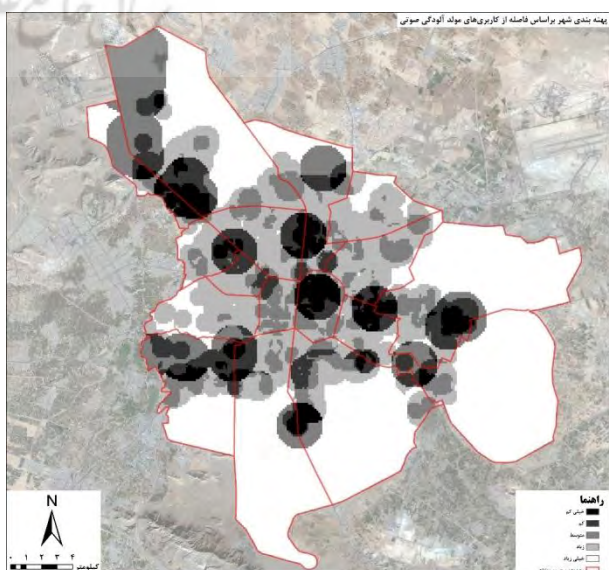
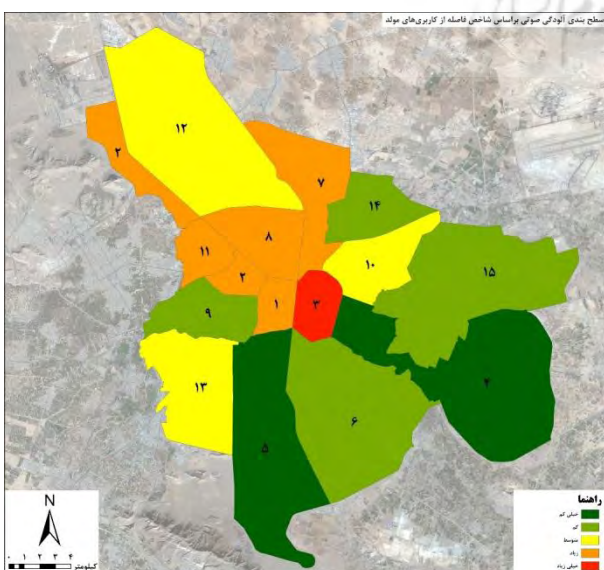
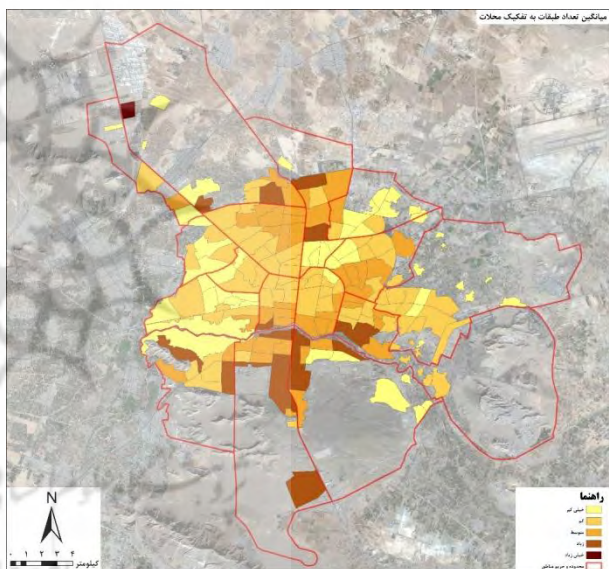
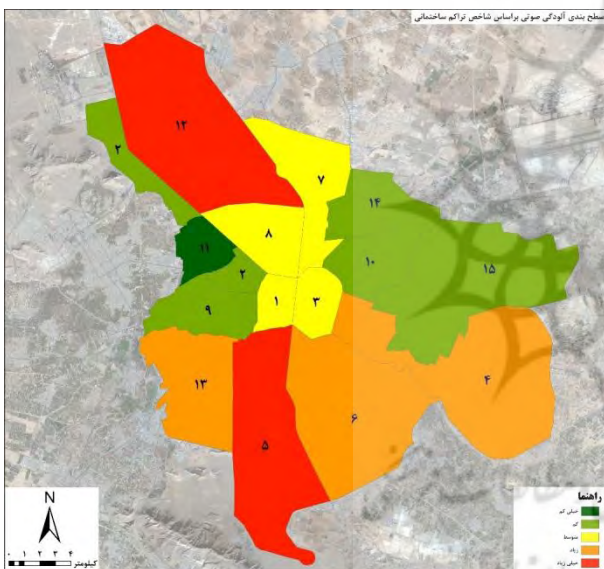
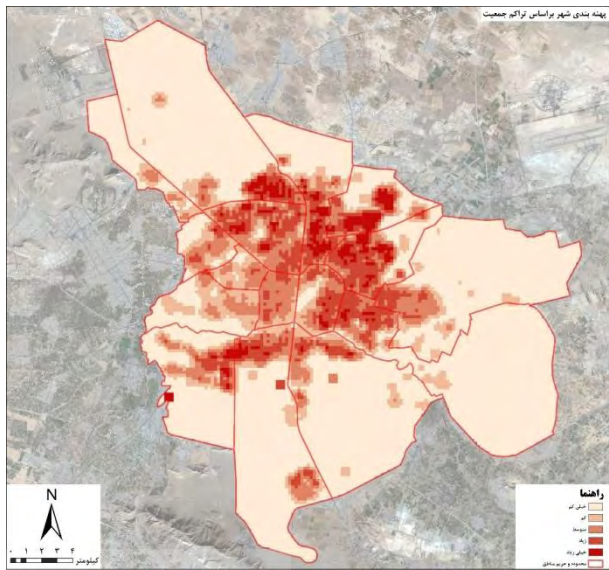
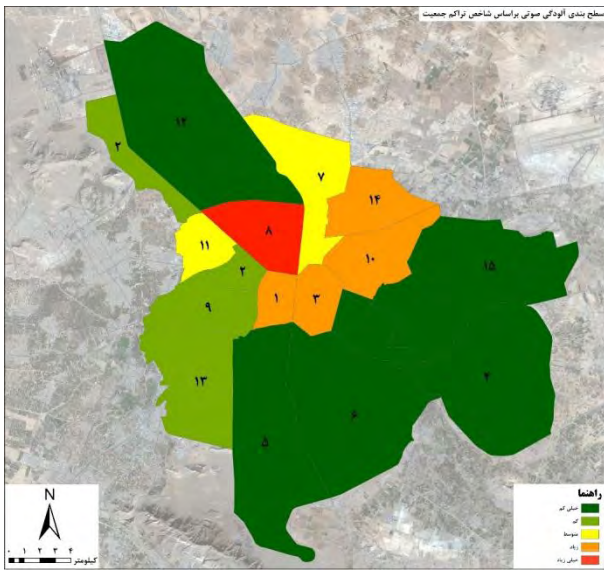
کاربری	وزن
صنعتی	۰,۲۹۴
نظامی	۰,۲۱۵
پایانه مسافربری	۰,۱۵۴
کارگاهی	۰,۱۰۹
ورزشی	۰,۰۷۶
تأسیسات شهری	۰,۰۵۴
آموزشی	۰,۰۳۸
اداری	۰,۰۲۷
انبار	۰,۰۱۹
تجاری	۰,۰۱۵

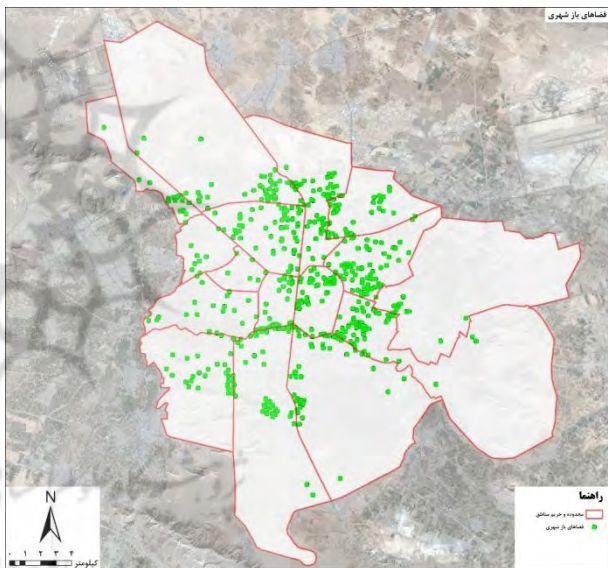
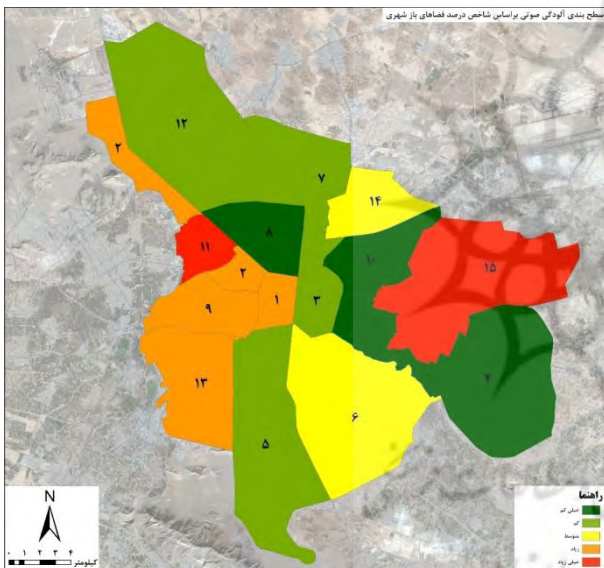
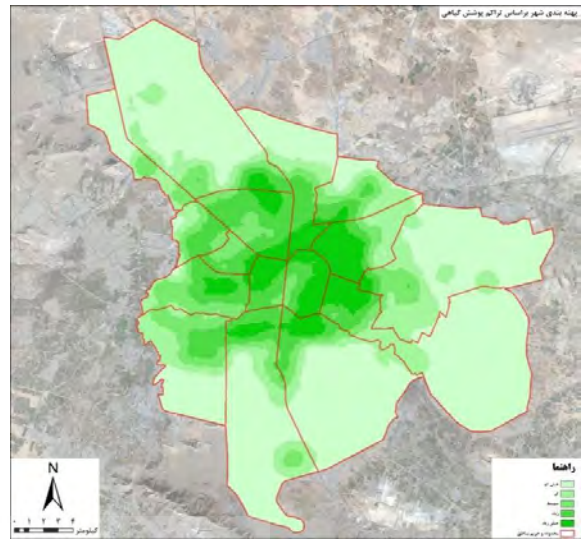
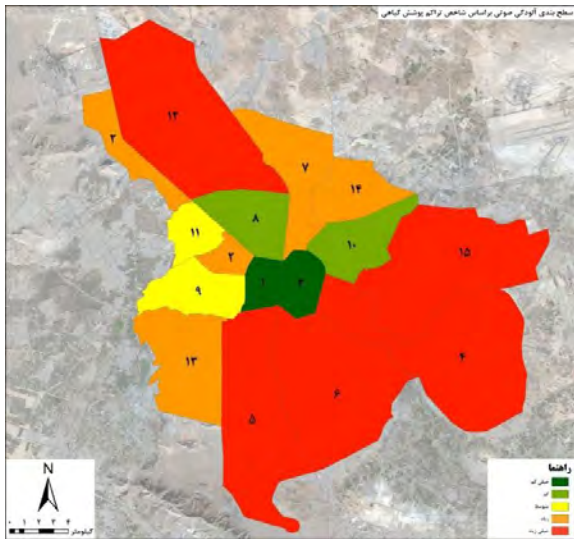
مأخذ: محاسبات نگارندگان، ۱۴۰۰



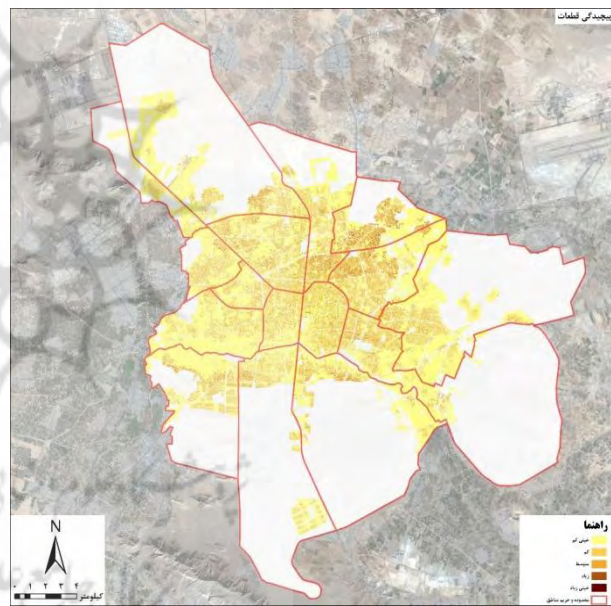
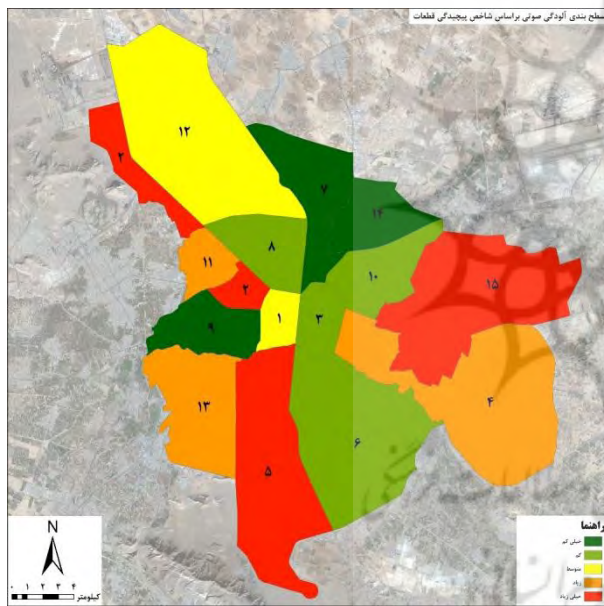
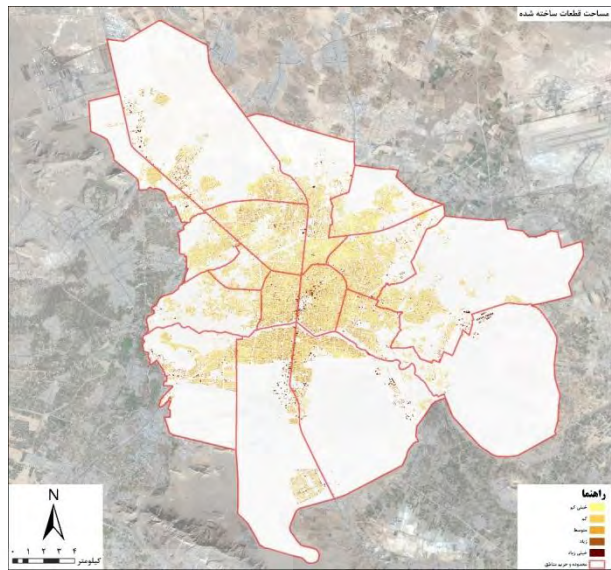
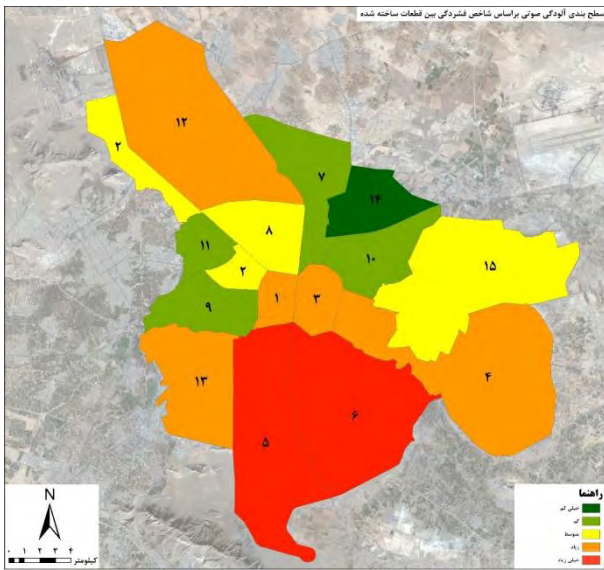
شکل ۱: حریم آلودگی صوتی پایانه‌های مسافربری

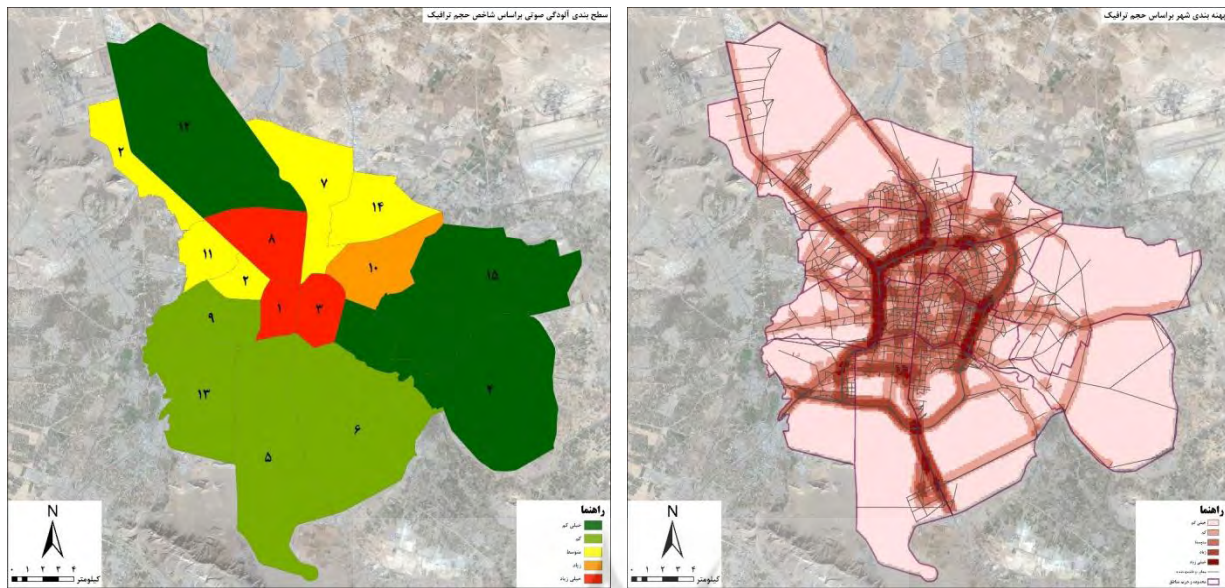
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰





پایان موم‌انسانی





شکل ۲: تحلیل فضایی آلودگی صوتی و سطح‌بندی آن در مناطق

۱۵ گانه کلان‌شهر اصفهان به تفکیک شاخص‌ها

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

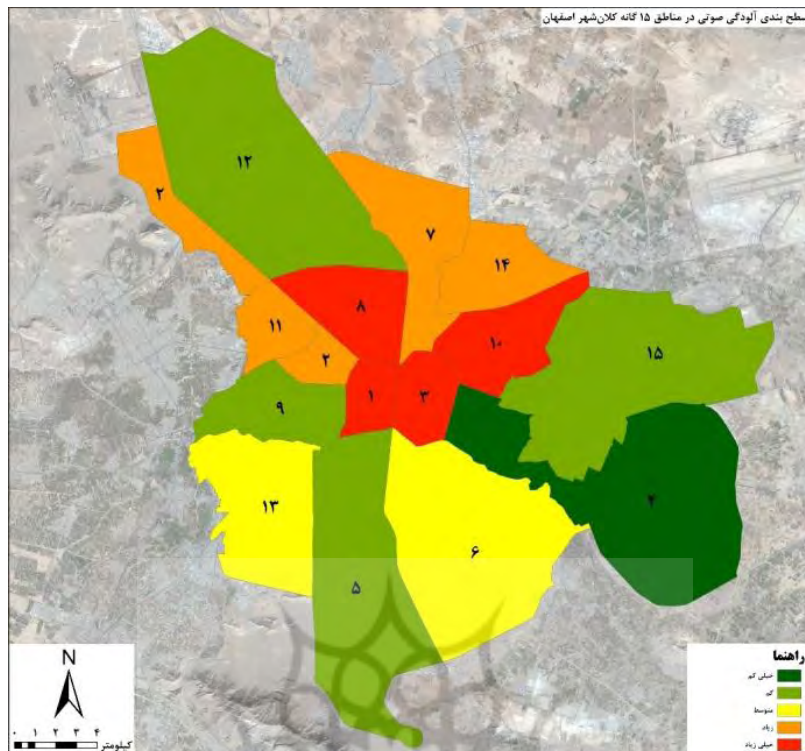
همپوشانی نقشه‌های سطح‌بندی در شکل ۴ صورت گرفته است و مناطق در ۵ گروه براساس طیف لیکرت پنج‌گانه معرفی شده در بخش روش‌شناسی دسته‌بندی شده‌اند.

در نهایت به‌منظور شناسایی وضعیت هریک از مناطق کلان‌شهر اصفهان به لحاظ توزیع فضایی آلودگی صوتی، باتوجه به ضرایب تأثیرگذاری شاخص‌ها در جدول ۴،

جدول ۴: ضرایب تأثیرگذاری شاخص‌ها بر آلودگی صوتی

نوع ارتباط با آلودگی صوتی	وزن	شاخص
مستقیم	۰,۳۳۱	حجم ترافیک
معکوس	۰,۲۳۱	فاصله از کاربری‌های مولد آلودگی صوتی
مستقیم	۰,۱۵۷	تراکم جمعیت
معکوس	۰,۱۰۶	تراکم پوشش گیاهی
معکوس	۰,۰۷۱	درصد فضاهای باز شهری
مستقیم	۰,۰۴۸	میانگین مساحت قطعات ساخته‌شده
مستقیم	۰,۰۳۳	تراکم ساختمانی
معکوس	۰,۰۲۴	میانگین شکل قطعات

مأخذ: محاسبات نگارندگان، ۱۴۰۰



شکل ۴: سطح بندی آلودگی صوتی در مناطق ۱۵ گانه کلان شهر اصفهان

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۰

نتیجه

در این مقاله در راستای بررسی توزیع فضایی آلودگی صوتی در مناطق ۱۵ گانه کلان شهر اصفهان، پس از مرور پیشینه پژوهش و مبانی نظری مرتبط با موضوع، شاخص‌های هشت گانه تحلیل فضایی آلودگی صوتی در محیط شهری شامل حجم ترافیک، فاصله از کاربری‌های مولد آلودگی صوتی، تراکم جمعیت، تراکم پوشش گیاهی، درصد فضاهای باز شهری، میانگین مساحت قطعات ساخته شده، تراکم ساختمانی و میانگین شکل قطعات، استخراج شد و در مناطق ۱۵ گانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دهنده توزیع متفاوت آلودگی صوتی در مناطق ۱۵ گانه در پنج سطح به شرح ذیل است:

- آلودگی صوتی بسیار زیاد: شامل مناطق مرکزی ۱ و ۳ و مناطق ۸ و ۱۰ که در وضعیت بسیار نامناسبی به لحاظ آلودگی صوتی هستند و برنامه ریزی با رویکرد فضایی در جهت افزایش آسایش ساکنان برای این مناطق در اولویت اول است.

- آلودگی صوتی زیاد: مناطق ۲، ۷، ۱۱ و ۱۴ در این سطح هستند که وضعیت نامناسبی از نظر آلودگی صوتی دارند و برنامه ریزی برای این مناطق در اولویت دوم است.

- آلودگی صوتی متوسط: مناطق ۶ و ۱۳ وضعیت نسبتاً مناسبی به لحاظ آلودگی صوتی دارند و برنامه ریزی برای این مناطق در اولویت سوم است.

- آلودگی صوتی کم: مناطق ۵، ۹، ۱۲ و ۱۵ در این سطح هستند. در این سطح مناطق وضعیت مناسبی به لحاظ آلودگی صوتی دارند و در اولویت چهارم برنامه ریزی هستند.

- آلودگی صوتی بسیار کم: منطقه ۴ وضعیت بسیار مناسبی از نظر آلودگی صوتی نسبت به سایر مناطق دارد و برنامه ریزی برای این منطقه در اولویت آخر است. باتوجه به اینکه در اکثر پژوهش‌های مرتبط با ارزیابی آلودگی صوتی اندازه گیری مستقیم صدا از طریق وسایل اندازه گیری مکانیکی صورت پذیرفته است و در محدود پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با ارزیابی آلودگی

صوتی نظیر کارگاه‌ها و پایانه‌ها و نزدیکی آن به پهنه‌های مسکونی اشاره کرد. در راستای حل این مشکلات لازم است در وهله اول در طرح‌های جامع و تفصیلی حریم ساخت‌وساز برای معابر پرتردد و کاربری‌های صداساز رعایت و پارامترهای فضایی مطرح‌شده در این پژوهش در این نوع طرح‌ها لحاظ شود. به موازات این موارد لازم است در مقیاس مناطق و محلات اقداماتی در جهت کنترل و کاهش آلودگی صوتی محدوده‌های اولویت‌دار و با تأکید بر عوامل فضایی چهارگانه بخش مبانی نظری اجرا شود. همچنین در سطحی فراتر می‌توان مواردی شامل نقص ضوابط موجود و عدم به‌کارگیری تدابیر قانونی جامع با ضمانت اجرایی در خصوص آلودگی صوتی، عدم توجه به عوامل فضایی کلان مؤثر بر آلودگی صوتی در نظام برنامه‌ریزی شهری، ساختار سنتی برنامه‌ریزی حمل‌ونقل و عدم در نظرگیری تأثیرات ناشی از نظام حمل‌ونقل بر آلودگی صوتی و کمبود مطالعات ارزیابی و آشنایی ناکافی از روش‌ها و ابزارهای ارزیابی اثرات اقدامات توسعه در بروز آلودگی صوتی به‌خصوص در حوزه شهرسازی را از مهم‌ترین دلایل آلودگی صوتی به‌خصوص در کلان‌شهرهای کشور دانست. در این راستا از جمله مهم‌ترین اقدامات بهبودبخشی، می‌توان به انتقال فعالیت‌های کارگاهی و پایانه‌ها از محلات مسکونی به محدوده‌های غیرحساس (خارج از محدوده شهر)، ایجاد خاکریز به همراه پوشش گیاهی در زمین‌های بدون استفاده موجود در لبه بزرگراه‌ها، جلوگیری از فروش تراکم مازاد ساختمانی در نزدیکی معابر پرتردد، کاهش حجم ترافیک در معابر مجاور محلات مسکونی از طریق انتقال ترافیک به مسیرهای جدید غیرحساس، ساماندهی حمل‌ونقل عمومی، ایجاد فضاهای باز شهری در جهت افزایش آسایش صوتی شهروندان، کاهش فشردگی و افزایش پیچیدگی در طراحی قطعات جدید اشاره کرد.

صوتی براساس عوامل فضایی، کمتر به‌صورت جامع و صرفاً بر پایه عوامل محدودی بررسی صورت پذیرفته‌است، در پژوهش حاضر با توجه به تحلیل همه عوامل مختلف تأثیرگذار بر آلودگی صوتی کلان‌شهر اصفهان به لحاظ موضوع، موضع و روش نوآوری وجود دارد.

در پژوهش محمدی ده‌چشمه و همکاران برای کلان‌شهر اهواز و پژوهش پرویزیان و همکاران برای شهر یاسوج که فقط عامل کاربری‌های صداساز در تحلیل فضایی آلودگی صوتی مورد بررسی قرار گرفته‌است، به دلیل استقرار کاربری‌ها و مشاغل آلاینده و صداساز بیشترین آلودگی صوتی در مرکز شهر است و با فاصله گرفتن از مرکز، از آلودگی صوتی کاسته می‌شود. در مطالعه صورت‌پذیرفته توسط عباس‌پور و همکاران در ارتباط با تحلیل فضایی آلودگی صوتی در منطقه ۱۴ کلان‌شهر تهران براساس سه عامل جمعیت، نوع معابر و کاربری نیز بخش‌های مرکزی منطقه و بخشی از شرق منطقه عمدتاً به دلیل وجود خیابان‌های اصلی و بزرگراه‌ها بیشترین پتانسیل برای آلودگی صوتی را دارند. در پژوهش حاضر نیز مناطق مرکزی بیشتر از سایر مناطق مستعد آلودگی صوتی هستند؛ بنابراین نتایج پژوهش حاضر با پژوهش‌های مذکور (به‌خصوص پژوهش‌های صورت‌پذیرفته در کلان‌شهر اهواز و شهر یاسوج) نسبتاً همسو است.

بر مبنای نتایج تحلیل‌های فضایی صورت‌گرفته براساس شاخص‌ها و امکانات و محدودیت‌های موجود مناطق به لحاظ توزیع فضایی آلودگی صوتی، از مهم‌ترین عوامل ایجاد آلودگی صوتی در کلان‌شهر اصفهان می‌توان به تردد زیاد خودروها به‌خصوص در معابر اصلی‌شهر و بزرگراه‌های درون‌شهری، عدم رعایت حریم ساخت‌وساز برای این معابر و وجود فشردگی و تراکم ساختمانی زیاد در جوار آن‌ها اشاره کرد. از دیگر دلایل اصلی آلودگی صوتی عدم رعایت حریم کاربری‌های مولد آلودگی

منابع

- پرویزیان، علیرضا؛ هاجر احمدی؛ سعید امان‌پور؛ عبدالمطلب درخشان (۱۳۹۹). تولید نقشه آلودگی صوتی با مدل‌سازی مکانی نقشه کاربری اراضی (مورد پژوهشی شهر یاسوج)، جغرافیا و مطالعات محیطی. دوره ۹. شماره ۳۴. صفحات ۲۲-۷.
http://ges.iaun.ac.ir/article_677535.html?lang=en
- تکیه‌خواه، جاهده؛ شلیر کاتورانی (۱۳۹۸). ارزیابی آلودگی صوتی ناشی از ترافیک شهری و تأثیر آن بر سطح اضطراب شهروندان شهر سنندج، فصلنامه مطالعات شهری. دوره ۸. شماره ۳۲. صفحات ۱۲۷-۱۱۷.
http://urbstudies.uok.ac.ir/article_61213.html
- حسنی، فاطمه؛ شیما رحمتی زاده؛ پروین نصیری؛ محمد منظم پور (۱۳۹۱). بررسی آلودگی صدای ناشی از ترافیک وسایل نقلیه در محدوده بازار بزرگ شهر تهران، دومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست. تهران.
<https://civilica.com/doc/147484/>
- رنجبر، هادی؛ علی‌اکبر حقدوست؛ مهوش صلصالی؛ علیرضا خوشدل؛ محمدعلی سلیمانی؛ نسیم بهرامی (۱۳۹۱). نمونه‌گیری در پژوهش‌های کیفی: راهنمایی برای شروع، سالنامه پژوهش علوم و سلامت نظامی. سال ۱۰. شماره ۳. صفحات ۲۵۰-۲۳۸.
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?ID=199173>
- سلطانیان، ستار؛ زهرا نری موسی (۱۳۹۴). تحلیل و ارزیابی آلودگی صوتی شهر امیدیه در سال ۱۳۹۴، مجله تحقیقات سلامت در جامعه. دوره ۱. شماره ۴. صفحات ۲۰-۱۲.
<http://jhc.mazums.ac.ir/article-1-105-fa.html>
- شهرداری اصفهان (۱۳۹۴). اطلس کلان‌شهر اصفهان، اصفهان. ایران.
<https://new.isfahan.ir/Index.aspx?lang=1&sub=105>
- شهرداری اصفهان (۱۳۹۸). آمارنامه شهر اصفهان، اصفهان. ایران.
<http://www.isfahanold.ir/Index.aspx?lang=1&sub=36>
- صفارزاده، محمود؛ فرزانه رحیمی (۱۳۸۲). آلودگی صوتی در سیستم‌های حمل‌ونقل، سازمان حفاظت محیط‌زیست. تهران.
 قریب، فریدون (۱۳۹۹). شبکه ارتباطی در طراحی شهری، چاپ دوازدهم. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.
 محرم‌نژاد، ناصر؛ مهسا صفری‌پور (۱۳۸۷). تأثیر توسعه شهری بر روند آلودگی صوتی در منطقه یک تهران و ارائه راهکارهای مدیریتی برای بهبود شرایط، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست. دوره ۱۰. شماره ۴. صفحات ۷۰-۴۳.
http://jest.srbiau.ac.ir/article_219.html
- محمدی‌ده‌چشمه، مصطفی؛ فرشته شنبه‌پور (۱۳۹۶). سنجش ضریب مکانی آسایش صوتی در کلان‌شهر اهواز، محیط‌شناسی، دوره ۴۳. شماره ۲. صفحات ۳۶۴-۳۴۹.
https://jes.ut.ac.ir/article_63083.html
- محمدی‌ده‌چشمه، مصطفی؛ محمدعلی فیروزی؛ فرشته شنبه‌پور مادوانی (۱۳۹۷). تحلیل مکانی همجواری در کاربری‌های صداساز از منظر آسایش صوتی در کلان‌شهر اهواز، برنامه‌ریزی و آمایش فضا. دوره ۲۲. شماره ۳. صفحات ۷۹-۵۶.
<https://hsm.sp.modares.ac.ir/article-21-16521-fa.html>
- مرکز آمار ایران (۱۳۹۵). سرشماری نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵.
<https://www.amar.org.ir/>
- مظاهری‌جاجائی، رضا (۱۳۹۹). مدل‌سازی ارتباط بین شدت آلودگی صوتی و سنج‌های سیمای سرزمین ساختارهای شهری و پوشش گیاهی با استفاده از روش جنگل تصادفی (مطالعه موردی شهر اصفهان)، مجله پژوهش در بهداشت محیط. دوره ۶. شماره ۱. صفحات ۵۵-۴۵.
https://jreh.mums.ac.ir/article_16119.html
- معاونت حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری اصفهان (۱۳۹۷). داده‌های حجم ترافیک، اصفهان، ایران.
 مهندسین نقش جهان پارس (۱۳۹۳). طرح بازنگری طرح تفصیلی شهر اصفهان، گزارش مطالعات و طرح. اصفهان. ایران.
 هیأت وزیران (۱۳۷۸). آیین‌نامه اجرایی نحوه جلوگیری از آلودگی صوتی.
<https://rc.majlis.ir/fa/law/show/119297>

References

- Abbaspour, M., Karimi, E., Nassiri, P., Monazzam, M. R. and Taghavi, L. (2015). Hierarchical assessment of noise pollution in urban areas— A case study. *Transportation Research Part D*, 34, 95- 103.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920914001436>
- Ariza-Villaverde, A. B., Jiménez-Hornero, F. J. and Gutiérrez De Ravé, E. (2014). Influence of urban morphology on total noise pollution: Multifractal description. *Sci, Total Environ*, 472,1-8.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969713012357>
- Bilasco, S., Govor, C., Roşca, S., Vescan, I., Filip, S. and Fodorean, I. (2017). GIS model for identifying urban areas vulnerable to noise pollution. *Frontiers of Earth Science*, 11 (2), 214-228.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11707-017-0615-6>
- Blessner, B. and Salter, L. L. R. (2009). *The Other Half of the Soundscape: Aural Architecture*. World Federation Acoustic Ecology Conference, Mexico City.
<https://www.semanticscholar.org/paper/The-Other-Half-of-the-Soundscape%3A-Aural-Blessner-Salter/f7e45efd5aa4207c1ef35e251f033283c1a1caf9>
- Caswell, S. J. and Jakus, K. (1977). Role of land use planning in noise control. In: Heisler, G.M.; Herrington, Lee P., eds. *Proceedings of the conference on metropolitan physical environment*. Upper Darby, PA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, 242-253.
<https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/11556>
- Daniel, P., Maïté, T., Eduardo, B., José, P. and Anthony, P. (2014). Where Are We Out? Spatial Analysis of Noise Pollution in Bogota. 43rd International Congress on Noise Control Engineering: Improving the World Through Noise Control.
https://acoustics.asn.au/conference_proceedings/INTERNOISE2014/papers/
- Davis, M.L. and Masten, S. J. (2004). *Principles of Environmental Engineering and Science*. McGrawHill.
https://books.google.com/books/about/Principles_of_Environmental_Engineering.html?id=0sXM9DRtw58C
- Doygun, H. and Kuşat Gurun, D. (2008). Analysing and mapping spatial and temporal dynamics of urban traffic noise pollution: a case study in Kahramanmaraş, Turkey. *Environmental Monitoring and Assessment*, 142 (1-3), 65-72.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-007-9908-7>
- Fenta, A. A.(2017). The dynamics of urban expansion and land use/land cover changes using remote sensing and spatial metrics: the case of Mekelle City of northern Ethiopia. *International Journal of Remote Sensing*, 38 (14), 4107-4129.
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01431161.2017.1317936>
- Guedes, I. C. M, Bertoli, S. R. and Zannin, P. H. T.(2011). Influence of urban shapes on environmental noise: A case study in Aracaju- Brazil. *Science of the Total Environment*, 412- 413, 66- 76.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969711012101>
- Han, X., Huang, X., Liang, H., Ma, S., and Gong, J. (2018). Analysis of the relationships between environmental noise and urban morphology. *Environmental Pollution*, 233, 755-763.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749117317748>
- Hao, Y., Kang, J., Krijnders, D., and Wörtche, H. (2015). On the relationship between traffic noise resistance and urban morphology in low-density residential areas. *Acta Acustica United with Acustica*.
https://www.researchgate.net/publication/235006190_On_the_Relationship_between_Traffic_Noise_Resistance_and_Urban_Morphology_in_Low-Density_Residential_Areas
- Huang, X., Liu, H. and Zhang, L. (2015). Spatiotemporal detection and analysis of urban villages in mega city regions of China using high-resolution remotely sensed imagery. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens*, 53, 3639-3657.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/7005456>
- Jain, R., Cindy C. Z., and Domen, J. K. (2016). *Environmental Impact of Mining and Mineral Processing, Management, Monitoring and Auditing Strategies*. Oxford, UK: Butterworth Heinemann.
<https://www.sciencedirect.com/book/9780128040409/environmental-impact-of-mining-and-mineral-processing>
- Klingberg, J., Broberg, M., Strandberg, B., Thorsson, P., and Pleijel, H. (2017). Influence of urban vegetation on air pollution and noise exposure - A case study in Gothenburg, Sweden. *The Science of the Total Environment*, 599, 1728–1739.
<https://europemc.org/article/med/28545203>

- Lam, K. C., Ma, W., Chan, P. K., Hui, W. C., Chung, K. L., Chung, Y. T., Wong, C. Y., and Lin, H. (2013). Relationship between road traffic noisescape and urban form in Hong Kong. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185 (12), 9683-9695.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-013-3282-4>
- Lee, S. W., Chang, S. I., and Park, Y. M. (2008). Utilizing noise mapping for environmental impact assessment in a downtown redevelopment area of Seoul, Korea. *Applied Acoustics*, 69 (8), 704-714.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X07000424>
- Masum, M. H., Pal, S. K., Akhie, A. A., Ruva, I. J., Akter, N., and Nath, S. (2021). Spatiotemporal monitoring and assessment of noise pollution in an urban setting. *Environmental Challenges*, 5, 1-11.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010021001979>
- Murphy, E. and King, E. A. (2010). Strategic environmental noise mapping: Methodological issues concerning the implementation of the EU Environmental Noise Directive and their policy implications. *Environment international*, 36 (3), 290-298.
https://www.researchgate.net/publication/40833292_Strategic_environmental_noise_mapping_Methodological_issues_concerning_the_implementation_of_the_EU_Environmental_Noise_Directive_and_their_policy_implications
- Murphy, E., and King, E. A. (2014). *Environmental Noise Pollution: Noise Mapping, Public Health, and Policy*. Elsevier.
<https://www.sciencedirect.com/book/9780124115958/environmental-noise-pollution>
- Sakieh, Y., Jaafari, S., Ahmadi, M., and Danekar, A. (2017). Green and calm: Modeling the relationships between noise pollution propagation and spatial patterns of urban structures and green covers. *Urban Forestry & Urban Greening*, 24, 195-211.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1618866716305398>
- Salomons, E. M., and Pont, M. B. (2012). Urban traffic noise and the relation to urban density, form, and traffic elasticity. *Landscape and Urban Planning*, 108 (1), 2-16.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169204612002228>
- Silva, L. T., Oliveira, M., and Silva, J. F. (2014). Urban form indicators as proxy on the noise exposure of buildings. *Applied Acoustics*, 76, 366-376.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X13001990>
- Smile Consortium. (2003). *Guidelines for Road Traffic Noise Abatement*. Smile workshop, Berlin, Germany.
https://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=home.showFile&rep=file&fil=SMILE_guidelines_noise_en.pdf
- Suriano, M. T., de Souza, L. C. L. and da Silva, A. N. R. (2015). A decision-support tool for the control of urban noise pollution. *Ciênc. saúde coletiva*, 20 (7), 2201-2210.
https://www.researchgate.net/publication/280030196_A_decision-support_tool_for_the_control_of_urban_noise_pollution
- Teddlie, C., and Yu, F. (2007). Mixed Methods Sampling: A Typology With Examples. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 77-100.
<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1558689806292430>
- Tong, H., and Kang, J. (2021). Characteristics of noise complaints and the associations with urban morphology: A comparison across densities. *Environmental Research*, 197, 1-9.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S001393512100339X>
- Yang, W., He, J., He, C., and Cai, M. (2020). Evaluation of urban traffic noise pollution based on noise maps. *Transportation Research, Part D*, 87, 1-14.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920920307033>
- Yuan, M., Yin, C., Sun, Y. and Chen, W. (2019). Examining the associations between urban built environment and noise pollution in high-density high-rise urban areas: A case study in Wuhan, China. *Sustainable Cities and Society*, 50, 1-9.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2210670718322534>