

مدل‌سازی مکانی-زمانی کیفیت محیط‌زیست شهری

محمد جوانبخت- کارشناس ارشد سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران
مجید کیاورز مقدم* - استادیار سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران
نجمه نیسانی سامانی- استادیار سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران
لعبت زبردست - استادیار برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست دانشگاه تهران
علی درویشی بلورانی - استادیار سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی دانشگاه تهران

تأیید نهایی: ۱۳۹۷/۰۸/۲۷

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۱۰/۱۵

چکیده

کیفیت محیط‌زیست شهری معیار سنجش و اندازه‌گیری درجه مناسب بودن محیط‌زیست انسان است. در واقع میزان توان محیط برای شکل‌گیری نیازهای افراد جامعه و پاسخگویی به آن محسوب می‌شود و از عوامل مختلفی تأثیر می‌پذیرد. با توجه به تغییرات شاخص‌های محیطی در مناطق شهری، هدف اصلی این پژوهش مدل‌سازی تغییرات مکانی-زمانی کیفیت محیط‌زیست شهری است. به منظور مدل‌سازی هر یک از شاخص‌ها از داده‌های میدانی مکان‌منا و تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد. شاخص‌ها شامل دو بعد طبیعی و انسان‌ساخت است. برای تلفیق شاخص‌ها و مدل‌سازی کیفیت محیط‌زیست شهری با توجه به ماهیت مباحث کیفی و محیطی که با عدم قطعیت همراه است، از منطق فازی استفاده شد. در شهر تهران به دلیل تراکم بالای جمعیت و فعالیت، محیط‌زیست شهری اهمیت زیادی دارد. بدین‌منظور مناطق ۳، ۶ و ۱۱ شهر تهران انتخاب شدند. این مناطق در امتداد شمالی-جنوبی شهر تهران قرار دارند. نتایج نشان می‌دهد تغییرات کیفیت محیط‌زیست شهری در منطقه مورد مطالعه روندی شمالی-جنوبی دارد. کیفیت محیط‌زیست شهری نیز از شمال به جنوب کاهش می‌یابد. از نظر تغییرات زمانی در دو فصل بهار و تابستان در مقایسه با دو فصل پاییز و زمستان کیفیت محیط‌زیست شهری وضعیت بهتری دارد؛ بنابراین تابعی از زمان و مکان محسوب می‌شود. نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد تأثیر تغییر ورودی‌ها بر نتیجه مدل در همه متغیرها بین ۲ تا ۱۷ درصد است. نتایج مدل‌سازی نیز از یک یا چند متغیر خاص تأثیر نمی‌پذیرد؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت نتایج مدل‌سازی قابل‌اعتماد است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل حساسیت، ضریب هم‌بستگی، کیفیت محیط‌زیست شهری، مدل‌سازی، منطق فازی.

مقدمه

در چند دهه اخیر نگرانی درمورد کیفیت محیط زندگی به یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات جامعه امروزی تبدیل شده است. رشد سریع شهرها و توسعه کالبدی آنها موجب بروز بحران‌های گوناگون در زندگی شهری مانند مشکلات محیطی و نزول کیفیت محیط شده است (کمپ و همکاران، ۲۰۰۳: ۷). این امر شهرها را به مهم‌ترین مکان‌های صنعتی تبدیل می‌کند و سبب تمرکز کار، سرمایه و فناوری در مناطق شهری می‌شود؛ بنابراین رشد اقتصادی شهرها به‌طور ناگهانی در حال افزایش است. علاوه‌براین، رشد اقتصادی، تراکم جمعیت، استفاده از زمین‌های شهری و تولید زباله یا سایر ضایعات افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه به انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر خواهد شد. در نهایت نیز بر کیفیت محیط‌زیست شهری تأثیر خواهد گذاشت (یانجان و ونگ، ۲۰۱۱: ۲۵۵۱-۲۵۵۲). کیفیت محیط‌زیست شهری^۱ مفهومی برگرفته از عوامل انسانی و طبیعی است که به‌صورت فضایی در مقیاس‌های مختلف، عمل می‌کند (نیکول و ونگ، ۲۰۰۶: ۴۹). همچنین شاخصی برای اندازه‌گیری درجه مناسب بودن محیط برای زیستن انسان است و ویژگی چندبعدی دارد (کاپلی، ۲۰۰۳: ۶). به‌طور کلی مطابق با سازمان بهداشت جهانی^۲ (۱۹۹۸) کیفیت محیط‌زیست شهری یکی از ابعاد اصلی کیفیت زندگی است که تمرکز بیشتری بر محیط فیزیکی و طبیعی دارد (جوزف و همکاران، ۲۰۱۴: ۳۳). مناطق شهری با تراکم و تمرکز بالای جمعیت و فعالیت‌های اقتصادی، سبب افزایش آلاینده‌ها و آسیب‌های محیط‌زیست شده‌اند؛ به‌طوری‌که انواع آلودگی‌های ناشی از مشاغل و فعالیت‌های مختلف در شهرهای بزرگ ایران سلامت و آرامش شهروندان را با تهدید جدی مواجه کرده است (تقوایی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۱۱). به عبارت دیگر، محیط‌های شهری ناحیه‌هایی را فراهم می‌کنند که در آن مردم با شرایط محیطی ناسازگاری مانند صدا، آلودگی هوا، امنیت بیرونی، ازدحام، کمبود امکانات و تسهیلات مواجه می‌شوند؛ از این‌رو اداره کردن و مدیریت محیط‌های شهری اهمیتی حیاتی دارد (وان پل، ۱۹۹۷: ۲). شهر تهران کلان‌شهری است که در بسیاری از مناطق ۲۲گانه از نظر زیست‌محیطی در شرایط بحرانی قرار دارد (فریادی و طاهری، ۲۰۰۹: ۲۰۴). در سال ۲۰۱۷، این شهر از دیدگاه کیفیت زندگی شهری از میان ۲۳۱ شهر بزرگ دنیا، در رتبه ۱۹۹ قرار گرفته است (مشاور منابع انسانی مرسر، ۲۰۱۷). در حال حاضر نیز ادامه روند موجود می‌تواند زیست‌پذیری شهر تهران را در آینده‌ای نه‌چندان دور با مشکل جدی روبه‌رو کند؛ بنابراین برای بهبود و ارتقای کیفیت محیط‌زیست شهر تهران به مطالعات و بررسی‌های ویژه نیاز است.

در نخستین پژوهش درباره کیفیت محیط‌زیست شهری در یکی از نواحی سانفرانسیسکو^۳ به دلیل نبود تعریف مشخص، کیفیت محیط به‌صورت احساس رضایت افراد از مسئله موردنظر تعریف شد (کرپ و همکاران، ۱۹۷۶: ۲۴۰-۲۴۲). در سال ۲۰۰۵ پاولیت و همکاران به مدل‌سازی آثار محیط زیستی ناشی از تغییرات کاربری اراضی و پوشش سطح زمین در شهر مرزی ساید^۴ انگلستان پرداختند و نتیجه گرفتند که هم‌بستگی زیادی میان تغییرات محیط‌زیستی با وضعیت اجتماعی و اقتصادی مناطق شهری وجود دارد. نیکول و ونگ (۲۰۰۹) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سایر داده‌ها کیفیت محیط‌زیست شهری را بررسی کردند و دریافتند که شاخص تراکم پوشش گیاهی مهم‌ترین شاخص است. گورام و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی کیفیت محیط‌زیست شهر حیدرآباد (هند) پرداختند و نتیجه گرفتند مناطق محیط‌زیست باکیفیت خوب ناشی از تراکم پایین جمعیت، تراکم پایین صنعت و وجود فضای سبز است. بحرینی و طیبیان (۱۳۷۷) نیز

1. Urban Environmental Quality (UEQ)
 2. World Health Organization
 3. San Francisco
 4. Merseyside

به ارزیابی کیفیت محیط‌زیست پرداختند. این پژوهش از نخستین مطالعات در زمینه کیفیت محیط‌زیست شهری در ایران است که نتایج آن منجر به تهیه مدلی شد که ساختاری درختی دارد. متکان و همکاران (۱۳۸۸) کیفیت مکان‌های شهری را در سطح نواحی شهر تهران مطالعه کردند و نتیجه گرفتند که شاخص‌های دسترسی در مرکز شهر، شاخص‌های فیزیکی در شمال شرق و شاخص‌های اجتماعی در شمال تا مرکز شهر وضعیت مناسب‌تری دارد. سیف‌الدینی و منصوریان (۱۳۹۰) رابطه میان گسترش بی‌رویه شهر و الگوی توزیع خدمات عمومی و تسهیلات شهری و آثار محیطی آن را در شهر تهران بررسی کردند و نتیجه گرفتند که با افزایش میزان دسترسی به خدمات، تراکم جمعیت، آلودگی هوا و دمای سطح زمین افزایش و پوشش گیاهی کاهش می‌یابد.

با توجه به مطالعات درباره کیفیت محیط‌زیست شهری می‌توان دریافت که در هیچ‌یک از پژوهش‌ها تغییرات فصلی بررسی نشده است و به نظر می‌رسد با توجه به پویایی و تغییرات مکانی و زمانی محیط شهرها کیفیت محیط‌زیست شهری تابعی از مکان و زمان باشد. همچنین در این پژوهش مجموعه‌ای کامل‌تر از متغیرهای محیطی به کمک سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی شد. به‌طورکلی هدف اصلی این پژوهش مدل‌سازی مکانی-زمانی کیفیت محیط‌زیست شهری براساس عوامل محیطی و مکانی است. با نتایج این پژوهش می‌توان به شناخت تفاوت‌های مکانی و زمانی کیفیت محیط‌زیست شهری کمک کرد تا راهگشایی برای برنامه‌ریزان و مدیران شهری در طرح‌ها و برنامه‌های آینده شهر تهران باشد.

مبانی نظری

تعین شاخص‌های مؤثر در کیفیت محیط‌زیست شهری

با توجه به تعاریف موجود و پژوهش‌ها درباره کیفیت محیط‌زیست شهری، شاخص‌ها در دو بعد محیط طبیعی شامل آلودگی هوا، دمای سطح زمین، مجموع ساعات آفتابی، پوشش گیاهی، آلودگی و رطوبت سطح زمین و محیط انسان‌ساخت شامل تراکم جمعیت، آلودگی صوتی، ارتفاع ساختمان، جزایر حرارتی و مناطق ساخته‌شده بررسی می‌شوند. شاخص‌های کیفیت محیط‌زیست شهری در بعد محیط طبیعی به ویژگی‌هایی اشاره دارد که متأثر از موقعیت مطلق محیط است. یکی از مهم‌ترین این شاخص‌ها آلودگی هواست که معضلی زیست‌محیطی در بسیاری از شهرهای دنیا محسوب می‌شود و پیامدهای جدی و طولانی‌مدت برای سلامت جمعیت و محیط فیزیکی به‌دنبال دارد (استریت و گوزمان، ۱۹۹۶: ۷۲۳). بنابراین ضروری است به آلودگی هوا و حفاظت از هوای پاک توجهی جدی داشت و افزایش آلودگی را از نظر مکانی و زمانی به‌عنوان مسئله‌ای بسیار مهم برای بهبود سلامت و رفاه بررسی کرد. دمای سطح زمین یکی از مهم‌ترین پارامترهای سطحی است که ناشی از تعامل هوا با زمین است (برانسل و جیلیس، ۲۰۰۳: ۱۲۱۲؛ لی و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۵). با توجه به پژوهش‌ها مکان‌های شهری گرم‌تر از نواحی اطرافشان هستند (رز و دیوادم، ۲۰۰۹: ۲). برخی آثار ناشی از افزایش دما عبارت‌اند از مصرف انرژی، انتشار گازهای گلخانه‌ای، بیماری‌ها و مرگ‌ومیر ناشی از گرما و کاهش کیفیت آب (المساعد، ۲۰۱۱: ۱۴۰). یکی دیگر از عناصر مهم اقلیمی که پیامدهای انکارناپذیری بر فعالیت‌های مختلف انسانی و فرایندهای طبیعی دارد، ساعات آفتابی است که میزان آن عبارت است از مدت زمانی که خورشید در آسمان وجود دارد (ین، ۱۹۹۹: ۶۱). ساعات آفتابی با تأثیر در تعیین میزان تابش خورشید، عامل اصلی کنترل حیات، آب‌وهوا و سایر فعالیت‌های زیستی در سطح زمین به‌شمار می‌رود (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۸۲: ۵۷). در پژوهش‌هایی درباره محیط‌زیست شهری یکی از کلیدی‌ترین شاخص‌ها، شناسایی پوشش گیاهی است. پوشش گیاهی و فضای سبز شهری به‌دلیل نقشی که در حفظ و تعادل محیط‌زیست شهری و تعدیل آلودگی هوا دارند، بسیار مهم محسوب می‌شوند همچنین فضاهای سبز

شهری شرایط زیستی شهرها را با حذف آلودگی، کاهش سروصدا و تنظیم دمای بدن بهبود می‌دهند (هافمن و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۰۳). در مناطق شهری، پوشش گیاهی و پهنه‌های آبی از عارضه‌های رایج است که رطوبت بالایی دارند. رطوبت سطح زمین را می‌توان شاخصی از مناطق شهری دانست که به خنک‌شدن محیط‌زیست کمک می‌کند (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۰۷۳۹). شهرنشینی تغییرات عمیقی در ویژگی‌های سطح زمین دارد و سبب تغییر آلودگی می‌شود. بازخورد تغییرات آلودگی شهری در میزان افزایش یا کاهش تابش خروجی سطح زمین تأثیرگذار است و موجب تغییرات آب‌وهوایی می‌شود. افزایش آلودگی سطح در اثر تغییر جنس مواد تشکیل‌دهنده اجزای شهر، یکی از روش‌های تعدیل جزایر حرارتی شهری و حفظ انرژی پیشنهاد شده است (اکبری و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۷۵؛ جکسن و تن، ۲۰۱۲: ۱۰۲۸-۱۰۲۹).

محیط انسان‌ساخت به شاخص‌هایی از کیفیت محیط‌زیست شهری مربوط می‌شود که ناشی از فعالیت‌های انسانی است. یکی از مهم‌ترین این شاخص‌ها تراکم جمعیت است. رابطه میان جمعیت و محیط‌زیست رابطه‌ای متقابل و دوسویه است؛ به این معنی که هم جمعیت و ویژگی‌های آن بر محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد و هم محیط‌زیست بر جمعیت‌های انسانی و ویژگی‌های آن تأثیرگذار است (حسینی، ۱۳۸۳: ۲۵۶). ساختمان‌هایی با ارتفاع زیاد به‌منظور بهره‌برداری از زمین و با داشتن آثار منفی، بر محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد و سبب مشکلات جدید از جمله افزایش جمعیت، آلودگی محیط‌زیست، کاهش دسترسی شهروندان به هوای تازه و نور خورشید می‌شود (شاکری و صمدی، ۲۰۰۶ به نقل از حیاتی و سیدی، ۲۰۱۲: ۸).

آلودگی صوتی یکی از انواع آلودگی‌های زیست‌محیطی است که سلامت جامعه را تهدید می‌کند و بر آسیب‌پذیرترین گروه‌ها مانند کودکان، بیماران مبتلا به بیماری‌های مزمن و سالمندان تأثیر می‌گذارد (کیم و برگ، ۲۰۱۰: ۶۱). از عوارض این پدیده می‌توان به بداخلاقی، خشونت و تمرکز نداشتن اشاره کرد. آسیب به گوش و مشکلات ذهنی از دیگر آثار سوءصدا در بدن به‌شمار می‌رود (صیادی و همکاران، ۲۰۱۲: ۱۳۳). مفهوم جزایر حرارتی را هاوارد در سال ۱۸۳۳ مطرح کرد که با توسعه و شتاب یافتن فرایند شهرنشینی اهمیت بیشتری یافته است (چین و همکاران، ۲۰۰۹: ۱). جزایر حرارتی تأثیرات منفی زیادی بر آب‌وهوا، محیط‌زیست و محیط زندگی انسان در مناطق شهری و اطراف آن دارد (ژانگ و همکاران، ۲۰۱۵: ۱۰۷۳۸). شناسایی مناطق ساخته‌شده و زمین‌های ساخته‌نشده در مناطق شهری اهمیت زیادی دارد و وجود آن‌ها می‌تواند شاخص توسعه شهری و کیفیت محیط‌زیست محسوب شود (آرنولد و جینس، ۱۹۹۶: ۲۴۳). توسعه سریع مناطق شهری سبب جایگزینی پوشش گیاهی و سطوح طبیعی با ساختمان‌ها و سطوح نفوذناپذیر می‌شود. این امر به بسیاری از پیامدهای منفی زیست‌محیطی منجر می‌شود؛ مانند رطوبت کمتر، خشکی بیشتر، دمای بالاتر (کافمنت و همکاران، ۲۰۰۷: ۲۲۹۹-۲۳۰۰) کاهش کیفیت آب و تغییر اکوسیستم (سایکور و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۰۰).

منطق فازی

مفهوم مجموعه‌های فازی را نخستین بار، زاده (۱۹۶۵) برای توصیف عدم قطعیت به‌کار برد که در بسیاری از استدلال‌های انسانی استفاده می‌شود (وودکوک و گپال، ۲۰۰۰: ۱۵۴). ابهام و عدم قطعیت ذاتی حاکم بر محیط‌های برنامه‌ریزی و ارزیابی اهداف، معیارها و واحدهای تصمیم‌گیری از یک سو و ناسازگاری و بی‌دقت در نظرها و قضاوت‌های افراد تصمیم‌گیرنده از سوی دیگر، سبب شده است تا نظریه مجموعه‌های فازی به روشی کارآمد برای مواجهه با ابهام موجود در این‌گونه محیط‌ها برای برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌ها تبدیل شود (امینی فسخودی، ۱۳۸۵: ۲۱۲). تاکنون عملگرهای AND, OR, SUM, PRUDACT, GAMMA برای تلفیق شاخص‌ها به روش فازی معرفی شده‌اند. عملگر AND زمانی استفاده می‌شود که بتوان با دو یا چند معیار مسئله‌ای را حل کرد و حداقل درجه عضویت پیکسل‌ها را در

نقشه‌های مورد تلفیق در نقشه نهایی در نظر گرفت. عملگر OR زمانی کاربرد دارد که حداکثر مقدار عضویت پیکسل‌ها را در تمام نقشه‌های تلفیقی به‌عنوان مقدار عضویت در نقشه نهایی وارد کند. عملگر SUM درجه عضویت واحدهای پیکسلی را جمع می‌کند و در نقشه نهایی مدنظر قرار می‌دهد و در صورت زیادبودن ورودی‌ها به‌سوی عدد یک میل می‌کند. عملگر PRUDACT نیز درجه عضویت واحدهای پیکسلی را ضرب می‌کند و در نقشه نهایی منظور می‌نماید (مالچفسکی، ۱۹۹۹: ۲۵). یکی از مهم‌ترین عملگرهای فازی برای هم‌پوشانی شاخص‌ها، عملگر GAMMA است. عملگر گاما حالت کلی عملگرهای ضرب و جمع است. به عبارت دیگر، تابع فازی گاما، حاصل ضرب جبری دو تابع جمع و ضرب فازی است. این تابع حاصل سازگاری تأثیر افزایشی تابع جمع فازی و تأثیر کاهش‌ی تابع ضرب فازی است (وفایی، ۲۰۱۳: ۱۲۹).

$$0 \leq \gamma \leq 1, \mu_{Gamma} = (\mu_{sum})^\gamma * (\mu_{product})^{1-\gamma} \quad (1)$$

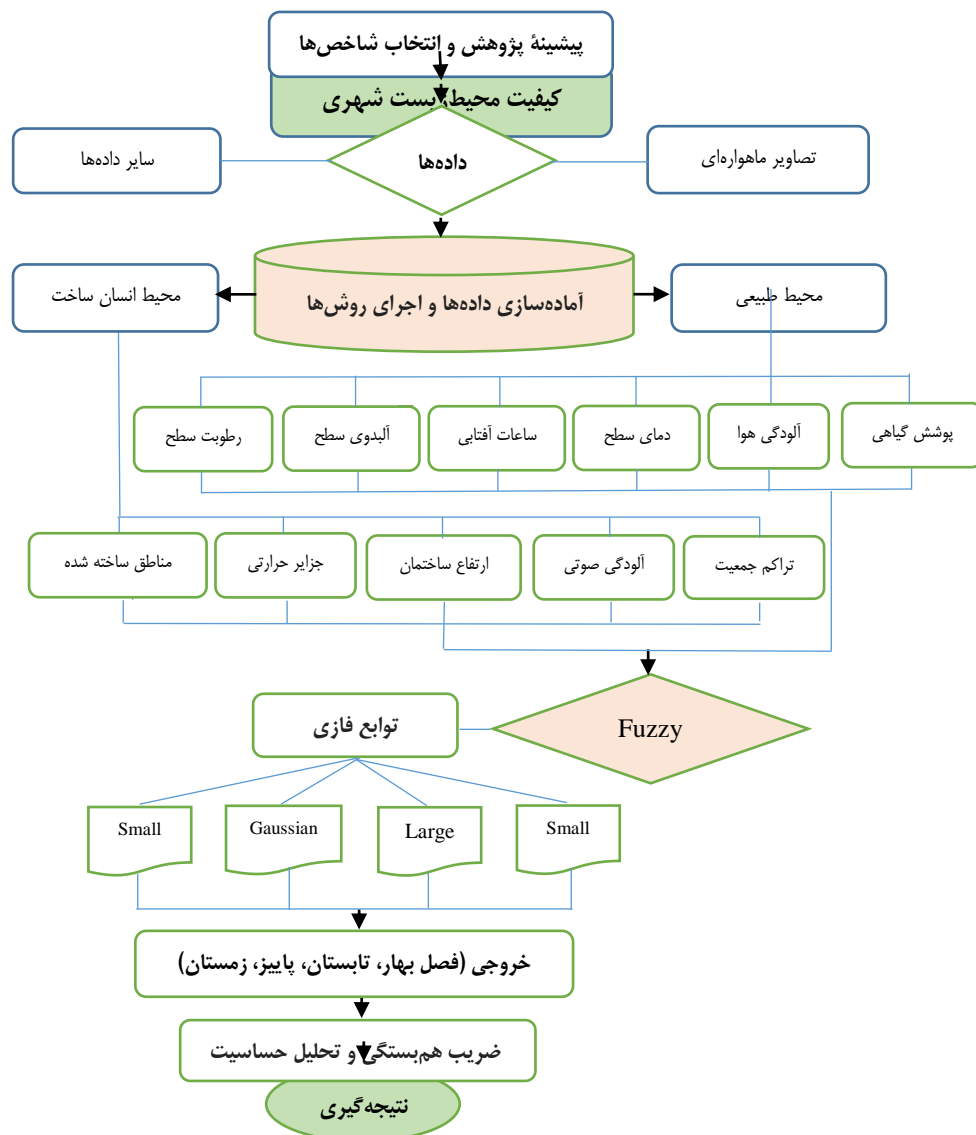
در رابطه فوق، μ_{Gamma} تابع فازی گاما و γ ضریب گاما است.

روش پژوهش

پژوهش حاضر کاربردی و توصیفی-تحلیلی است. محدوده مورد مطالعه و جامعه آماری آن مناطق ۳، ۶ و ۱۱ شهر تهران در سال ۱۳۹۴ است. ابزار جمع‌آوری اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های میدانی مکان مناسب است. در ادامه به معرفی داده‌ها، روش‌ها و الگوریتم‌های مورداستفاده برای استخراج هر شاخص پرداخته می‌شود. در شکل ۱ روند کلی پژوهش مشاهده می‌شود.

جدول ۱. داده‌ها و روش‌ها

روش	داده	شاخص
		محیط طبیعی
شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (رویس و همکاران، ۱۹۷۴)	لندست ۸	پوشش گیاهی
سیستم استنتاج فازی	داده آلودگی هوا	آلودگی هوا
تک‌پنجره (ونگ و همکاران، ۲۰۱۵)	لندست ۸	دمای سطح زمین
دید نیم‌کره‌ای (فو و ریچ، ۲۰۰۰)	مدل رقومی ارتفاع (استر)	مجموع ساعات آفتابی
رابطه تجربی (لیانگ و همکاران، ۲۰۰۱)	لندست ۸	آلودگی سطح زمین
Tasselled cap تبدیلات	لندست ۸	رطوبت سطح زمین
	محیط انسان ساخت	
تراکم جمعیت (پارکس و همکاران، ۲۰۰۲)	داده‌های جمعیت	تراکم جمعیت
اروپای شمالی (فارکس، ۲۰۰۸)	داده‌های ترافیک	آلودگی صوتی
-	ارتفاع ساختمان	ارتفاع ساختمان
طبقه‌بندی دمایی براساس انحراف معیار و میانگین (زو و همکاران، ۲۰۱۱)	لندست ۸	جزایر حرارتی
شاخص بارز سازی مناطق ساخته‌شده (اس سایکور و همکاران، ۲۰۱۰)	لندست ۸	مناطق ساخته‌شده



شکل ۱. روند کلی پژوهش

محدوده مورد مطالعه

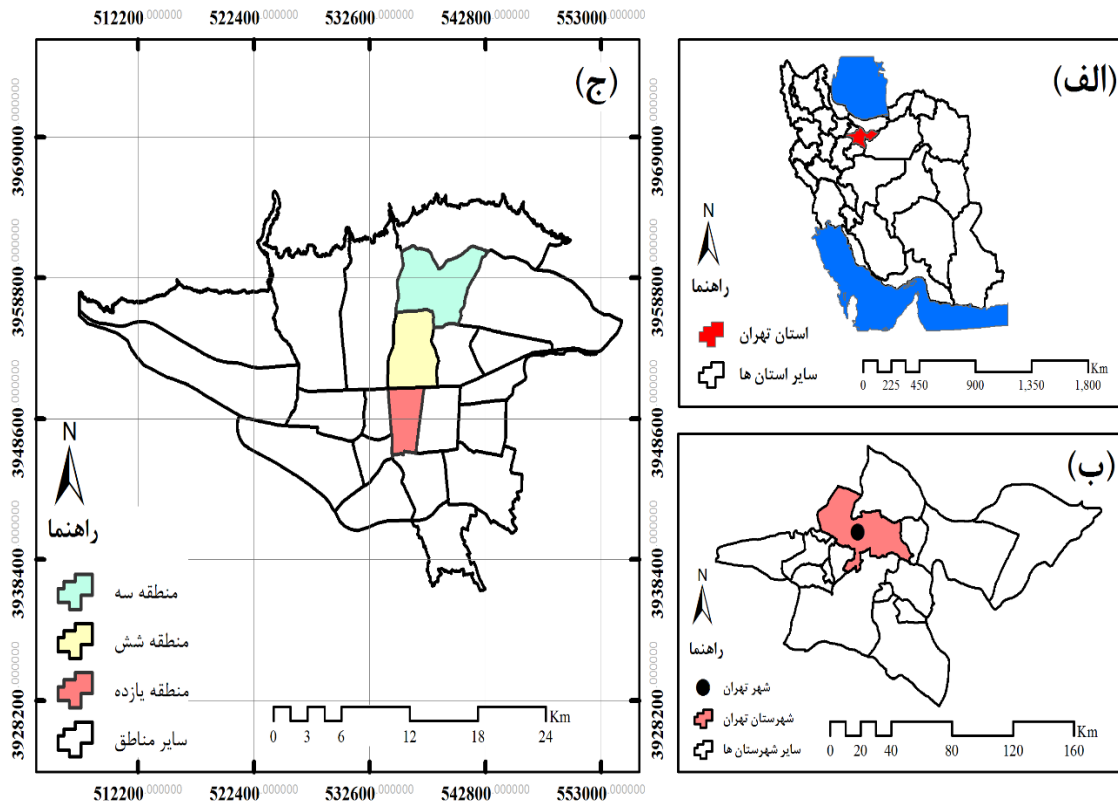
محدوده مورد مطالعه مناطق ۳، ۶ و ۱۱ شهر تهران است. علت انتخاب این سه منطقه تفاوت‌های محیطی و کارکردی آن‌هاست. منطقه ۳ در پهنه شمال شرقی شهر تهران واقع شده است و بیشتر کارکردی مسکونی دارد. منطقه ۶ به‌طور تقریبی در مرکزیت جغرافیایی شهر تهران قرار دارد و از مرکزیت فضایی-فعالیتی برخوردار است. در منطقه ۱۱ نیز مراکز بسیار مهم سیاسی-حکومتی، بازارهای تخصصی با عملکرد فرامنطقه‌ای و فراشه‌ری وجود دارد. با توجه به این مراکز نمی‌توان نقش غالب و تک‌بعدی را برای این منطقه در نظر گرفت. این منطقه در طرح‌های فرادست بخشی از هسته مرکزی شهر معرفی شده است (طرح جامع تهران، ۱۳۸۵)؛ بنابراین گسترش طولی این سه منطقه در جهت شمالی-جنوبی سبب می‌شود تا دیدگاهی کلی از کیفیت محیط‌زیست شهر تهران به‌دست بیاید. در جدول ۲، به معرفی این مناطق پرداخته می‌شود.

جدول ۲. مشخصات منطقه مورد مطالعه

منطقه	جمعیت	مساحت (هکتار)	ناحیه	محله	تراکم (نفر در هکتار)	میانگین ارتفاع (متر)
۳	۳۱۲.۷۳۶	۲۹۴۵	۶	۱۱	۱۰۷	۱۴۶۰
۶	۲۳۲.۵۸۳	۲۱۴۴	۶	۱۸	۱۰۸	۱۲۹۷
۱۱	۲۴۰.۰۰۰	۱۲۰۰	۴	۱۹	۱۹۱	۱۱۵۴

منبع: طرح جامع تهران، ۱۳۸۵

در شکل ۲، موقعیت جغرافیایی مناطق ۳، ۶ و ۱۱ شهر تهران مشاهده می‌شود.



شکل ۲. موقعیت منطقه مورد مطالعه: (الف) موقعیت استان تهران در ایران، (ب) موقعیت شهرستان تهران در استان تهران، (ج) موقعیت منطقه مورد مطالعه در شهر تهران
منبع: نگارندگان

ضریب هم‌بستگی پیرسون

به منظور نشان دادن رابطه دو مجموعه داده از ماتریس هم‌بستگی و مقادیر ضرایب هم‌بستگی استفاده شد. هم‌بستگی میان دو لایه در واقع اندازه‌گیری میزان وابستگی بین لایه است. این رابطه از کوواریانس و انحراف معیار بین دو لایه به دست می‌آید. از آنجا که این رابطه یک نسبت است، واحد ندارد. رابطه ۲ برای تعیین کوواریانس بین دو لایه i و j استفاده می‌شود.

$$COV = \frac{\sum_{k=1}^N (z_{ik} - u_i)(z_{jk} - u_j)}{N - 1} \quad (2)$$

در رابطه فوق Z مقدار یک پیکسل، i, j لایه‌های موجود، μ میانگین لایه، N تعداد پیکسل‌ها و k پیکسل مورد نظر است. در نهایت برای محاسبه ضریب همبستگی از رابطه ۳ استفاده شد.

$$Corr_{ij} = \frac{cov_{ij}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (3)$$

در رابطه فوق cov_{ij} کواریانس دو لایه و $\sigma_i \sigma_j$ انحراف معیار دو لایه است. ضریب همبستگی بین $+1$ و -1 است. همبستگی مثبت بیانگر ارتباط مستقیم و همبستگی منفی بدین معنی است که تغییری معکوس وجود دارد. همبستگی صفر نیز یعنی دو متغیر مستقل از یکدیگر هستند (اسنیدکور و کچران، ۱۹۸۹).

تحلیل حساسیت

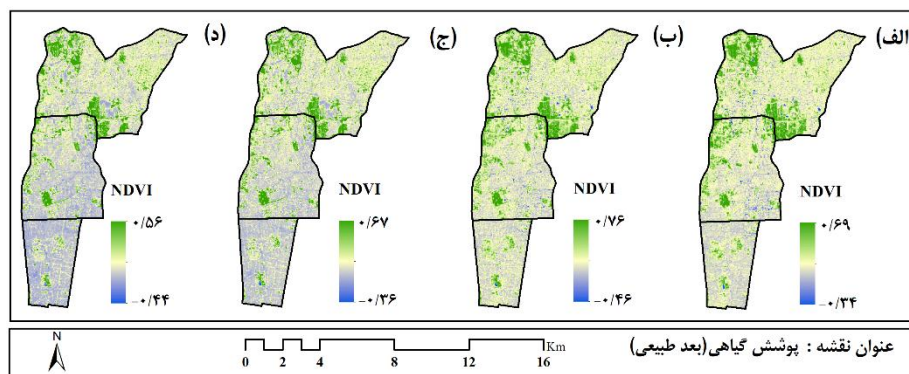
فرایند مدل‌سازی معمولاً با عدم قطعیت^۱ همراه است. این مفهوم از موارد مختلفی شامل خطای اندازه‌گیری، کمبود اطلاعات و به‌روزر نبودن آن‌ها و... ناشی می‌شود. این عوامل اعتماد به نتایج مدل را کاهش می‌دهد. عدم قطعیت و تحلیل حساسیت^۲ چگونگی تخصیص عدم قطعیت در ورودی‌های مدل را مطالعه می‌کند (لیلبورن و ترنتولا، ۲۰۰۹: ۱۵۱). تحلیل حساسیت می‌تواند به شناسایی ورودی‌های حساس و تعیین اولویت‌های مدل کمک کند. روش تحلیل حساسیت یکی^۳ معمول‌ترین روش است که در آن تمامی پارامترهای ورودی به‌صورت تک‌تک و به‌منظور تعیین تأثیر آن بر خروجی مدل به‌صورت انتخابی اعمال می‌شود. درحالی‌که سایر ورودی‌ها ثابت هستند (فیشر و همکاران، ۱۹۹۷: ۲۴۲). در صورتی که میزان تغییرات در خروجی مدل کمتر از میزان تغییرات در ورودی‌ها باشد، مدل حساسیت بالایی به ورودی ندارد و نتیجه آن قابل قبول است (لیلبورن و ترنتولا، ۲۰۰۹: ۱۵۱).

بحث و یافته‌ها

پس از تصحیح داده‌ها و با توجه به روش‌ها و الگوریتم‌های بیان‌شده، استخراج شاخص‌ها صورت گرفت. برای ایاز نرم‌افزارهای ArcGIS، ENVI و Matlab استفاده شد. با توجه به تغییرات مکانی پوشش گیاهی، وضعیت بخش‌های شمالی منطقه از بخش‌های جنوبی مناسب‌تر است. این وضعیت نتیجه وجود پارک‌های بزرگ‌تر در قسمت‌های شمالی و تک‌درختان فراوان در حاشیه خیابان‌هاست. از نظر تغییرات زمانی، بیشترین میزان پوشش گیاهی در فصل تابستان مشاهده می‌شود (شکل ۳). براساس نتایج شاخص آلودگی هوا منطقه مورد مطالعه آلودگی نسبتاً بالایی دارد. طبق این شاخص در هیچ نقطه‌ای از منطقه، هوا در حالت پاک (۵۰-۰) نیست و از نظر تغییرات مکانی، آلودگی هوا روند شمالی-جنوبی را نشان می‌دهد؛ به‌طوری‌که مناطق جنوبی بیشترین آلودگی هوا و مناطق شمالی کمترین آلودگی را دارند. از نظر تغییرات زمانی، آلودگی هوا از فصل بهار به فصل پاییز روند افزایشی دارد. فصل پاییز بیشترین آلودگی هوا را در طول سال دارد (شکل ۴). دمای سطح زمین در طول سال بسیار متغیر است و در فصل بهار و تابستان به حداکثر خود می‌رسد. از نظر مکانی حداکثر دما به مناطق ساخته‌نشده مربوط است. این مناطق شامل قسمت‌های جنوبی منطقه^۳، قسمت‌های شمالی منطقه^۶ و قسمت‌های جنوبی منطقه^{۱۱} است. کمترین دما مربوط به پارک‌ها و فضای سبز منطقه است. به‌طور کلی روند تغییرات مکانی دما از شمال به جنوب افزایش می‌یابد (شکل ۵). از نظر تغییرات مکانی، مجموع ساعات

1. Uncertainty
2. Sensitivity analysis
3. One-At-a-Time (OAT)

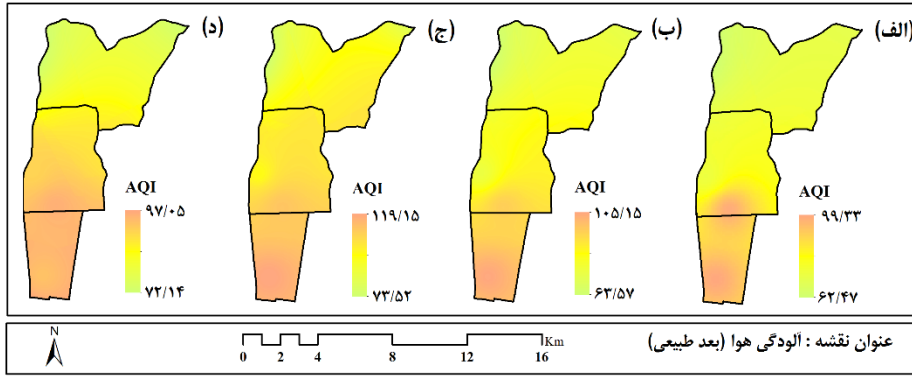
آفتابی در قسمت‌های جنوبی بیشتر از قسمت‌های شمالی است. دلیل این امر توپوگرافی پیچیده‌تر بخش‌های شمالی است که پستی و بلندی بیشتری از توپوگرافی هموارتر قسمت‌های جنوبی دارد. از نظر تغییرات زمانی، بیشترین میزان ساعات آفتابی در فصل تابستان مشاهده می‌شود. این امر به دلیل طولانی‌تر شدن روز و افزایش تعداد ساعات آفتابی و نیز غیرابری بودن در فصل تابستان است (شکل ۶). همان‌طور که مشاهده می‌شود تغییرات مکانی آلودگی سطحی در قسمت‌های جنوبی بیشتر از قسمت‌های شمالی است. دلیل این امر فشردگی ساختمان‌ها در مناطق جنوبی از مناطق شمالی است. به‌طور کلی سطوحی با رنگ روشن، مانند سطوح ایزوگام پشت‌بام‌ها آلودگی بالاتری از سطوح تیره مانند آسفالت دارد. پوشش گیاهی نیز آلودگی پایینی دارد. از نظر زمانی در دو فصل بهار و تابستان آلودگی سطحی در کل پدیده‌های شهری از فصل‌های پاییز و زمستان بیشتر است (شکل ۷). تغییرات مکانی رطوبت سطح زمین نشان می‌دهد قسمت‌های شمالی وضعیت مناسب‌تری از قسمت‌های جنوبی دارند. این وضعیت نتیجه وجود فضای سبز بیشتر و سطوح مرطوب در قسمت‌های شمالی است. تغییرات زمانی این شاخص نشان می‌دهد بیشترین میزان رطوبت سطح زمین در فصل بهار و تابستان است (شکل ۸). تراکم جمعیت نیز روندی شمالی-جنوبی دارد و از شمال به جنوب افزایش می‌یابد. منطقه یازده نیز بالاترین تراکم جمعیت را دارد. در این میان، شاخص آلودگی صوتی به دلیل تغییراتی که در طول روز دارد به‌صورت میانگین روزانه محاسبه می‌شود (شکل ۹-الف). همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین میزان آلودگی صوتی به‌دست‌آمده با ۸۴/۴۸ دسی‌بل به اطراف بزرگراه‌ها و کمترین مقدار به مناطقی مربوط می‌شود که دورترین فاصله را از خیابان‌ها دارند. همچنین مناطق شرقی منطقه ۶ و منطقه غربی منطقه ۱۱ به دلیل تراکم خیابان‌ها و ترافیک موجود آلودگی صوتی بالایی دارند (شکل ۹-ب). برای محاسبه ارتفاع ساختمان‌ها از اطلاعات بلوک‌های شهری استفاده شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود ساختمان‌های مرتفع در قسمت‌های شرقی و جنوبی منطقه ۶، قسمت‌های شمالی منطقه ۱۱ و قسمت‌های جنوبی منطقه ۳ مشخص است (شکل ۹-ج). تغییرات مکانی مناطق ساخته‌شده نشان می‌دهد در بخش‌های شمالی، فضای باز زیادی وجود دارد. این وضعیت نتیجه وجود پارک‌های بزرگ‌تر در قسمت‌های شمالی است، اما در قسمت‌های جنوبی (منطقه ۱۱) مناطق ساخته‌شده بیشتر و فشرده‌تر از قسمت‌های شمالی است؛ بنابراین بیشترین تراکم فعالیت و فشردگی ساختمان‌ها در قسمت‌های جنوبی منطقه مشاهده می‌شود (شکل ۹-د). تغییرات مکانی جزایر حرارتی نشان می‌دهد مناطق شمالی خنک‌تر و مناطق جنوبی گرم‌تر است. از نظر تغییرات زمانی از فصل بهار به فصل تابستان مناطق با دمای بسیار بالا افزایش می‌یابد و در ادامه در فصل پاییز و زمستان کاهش می‌یابد؛ بنابراین اوج طبقه بسیار گرم در فصل تابستان است که قسمت‌های وسیعی از منطقه یازده را شامل می‌شود (شکل ۱۰).



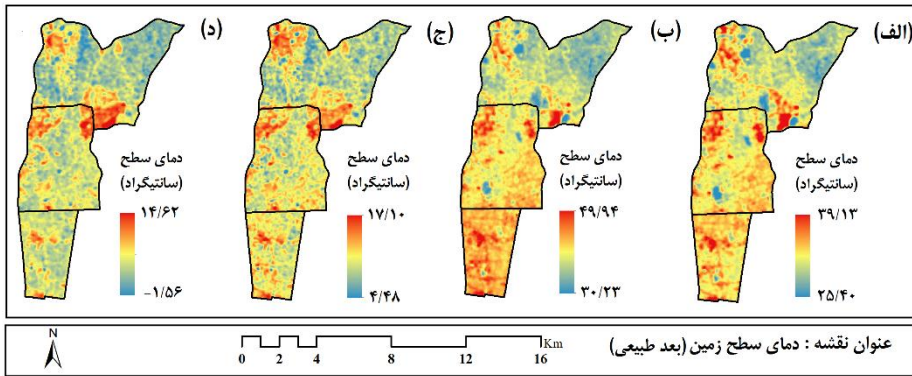
شکل ۳. آلودگی پوشش گیاهی

(الف) فصل بهار، (ب) فصل تابستان، (ج) فصل پاییز، (د) فصل زمستان

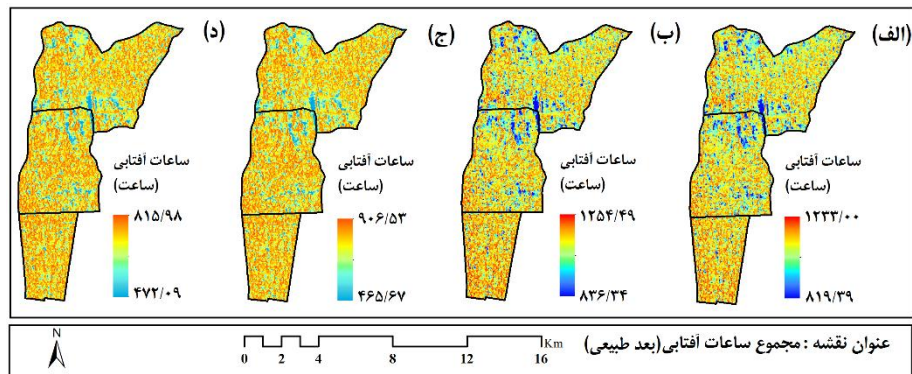
منبع: نگارندگان



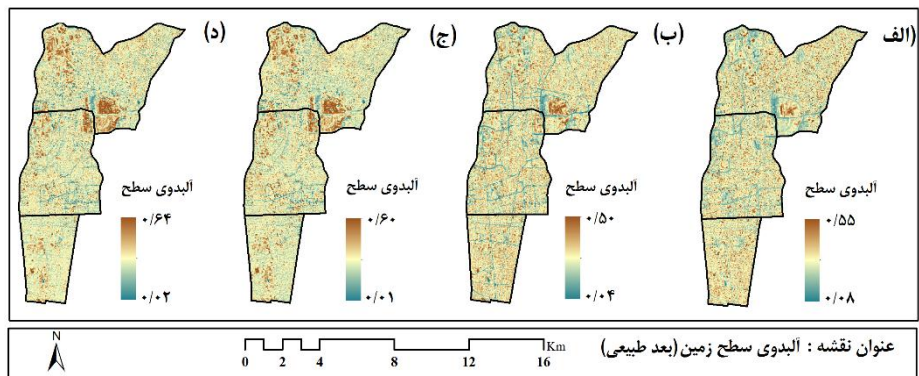
شکل ۴. آلودگی هوا
 الف) فصل بهار، ب) فصل تابستان، ج) فصل پاییز، د) فصل زمستان
 منبع: نگارندگان



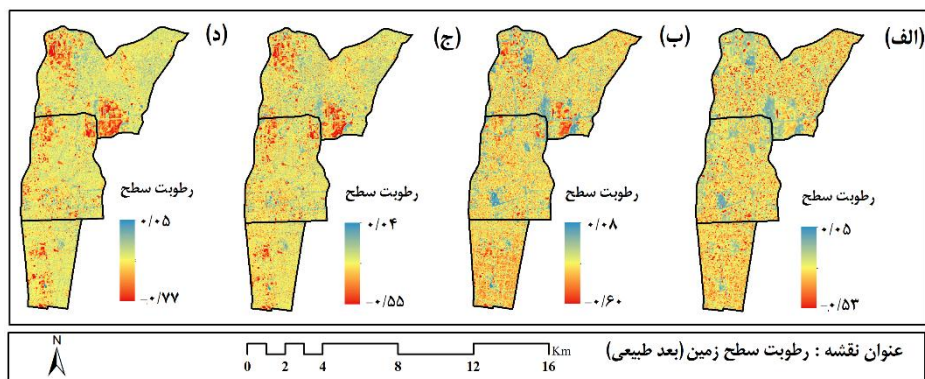
شکل ۵. دمای سطح زمین
 الف) فصل بهار، ب) فصل تابستان، ج) فصل پاییز، د) فصل زمستان
 منبع: نگارندگان



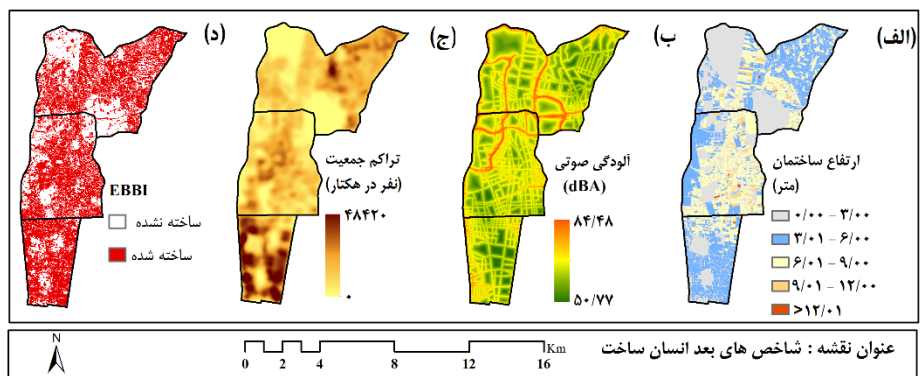
شکل ۶. مجموع ساعات آفتابی
 الف) فصل بهار، ب) فصل تابستان، ج) فصل پاییز، د) فصل زمستان
 منبع: نگارندگان



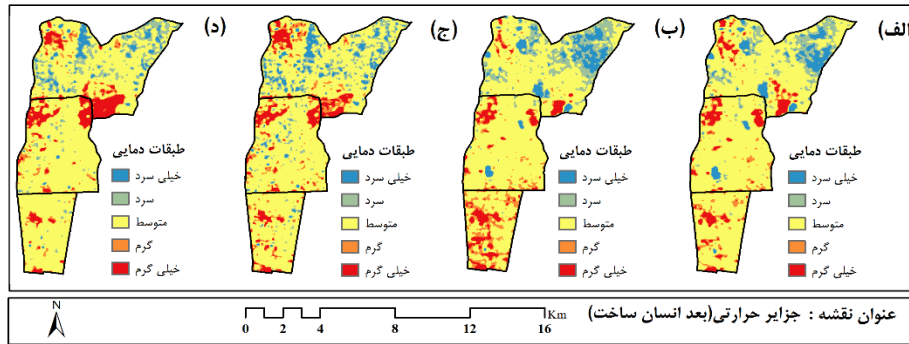
شکل ۷. آلودگی سطح زمین
 (الف) فصل بهار، (ب) فصل تابستان، (ج) فصل پاییز، (د) فصل زمستان
 منبع: نگارندگان



شکل ۸. رطوبت سطح زمین
 (الف) فصل بهار، (ب) فصل تابستان، (ج) فصل پاییز، (د) فصل زمستان
 منبع: نگارندگان



شکل ۹. شاخص‌های بعد انسان ساخت
 (الف) ارتفاع ساختمان، (ب) آلودگی صوتی، (ج) تراکم جمعیت، (د) مناطق ساخته شده
 منبع: نگارندگان



شکل ۱۰. جزایر حرارتی
 (الف فصل بهار، ب فصل تابستان، ج فصل پاییز، د فصل زمستان)
 منبع: نگارندگان

مدل‌سازی کیفیت محیط‌زیست شهری به روش فازی

پس از استخراج شاخص‌ها برای مدل‌سازی کیفیت محیط‌زیست شهری با توجه به عدم قطعیت موجود در شاخص‌ها از روش فازی گاما استفاده شد. بدین منظور برای هر شاخص با توجه به ماهیت آن شاخص تابع مناسب انتخاب و تابع Gaussian برای نرمال‌سازی دمای سطح زمین استفاده شد. این تابع مقادیر ورودی را براساس توزیع نرمال تغییر می‌دهد و نقطه میانی توزیع نرمال تعریف ایده‌آل برای مجموعه‌های فازی است و عضویت یک می‌گیرد. از تابع Large برای فازی‌سازی رطوبت سطح زمین و سبزی‌نگی استفاده شد. این تابع زمانی کاربرد دارد که مقادیر ابتدایی بزرگ در ورودی احتمال اینکه عضو مجموعه باشد، بیشتر است. تابع Small زمانی استفاده می‌شود که مقادیر ورودی کوچک ارزش عضویتی بالاتری بگیرند؛ بنابراین برای فازی‌سازی آلودگی سطح زمین، مناطق ساخته‌شده و آلودگی صوتی از این تابع استفاده شد. تابع Linear نیز برای فازی‌سازی تراکم جمعیت، ارتفاع ساختمان‌ها و جزایر حرارتی به کار رفت. این تابع بین مقادیر حداقل و حداکثر تعریف‌شده، تابعی خطی برقرار می‌کند. در جدول ۳، توابع فازی استفاده‌شده برای هر شاخص مشاهده می‌شود.

پس از استخراج و فازی‌سازی شاخص‌ها، مدل فازی گاما برای چهار فصل اجرا شد. برای طبقه‌بندی کیفیت محیط‌زیست شهری از روش شکست طبیعی^۱ استفاده شد. این روش پس از تعیین تعداد طبقات اختلاف میان داده‌ها در هر طبقه را کاهش داد و بر اختلاف میان طبقات افزود. در جدول ۴، بازه‌های مورد نظر براساس روش شکست طبیعی مشاهده می‌شود.

جدول ۳. توابع فازی

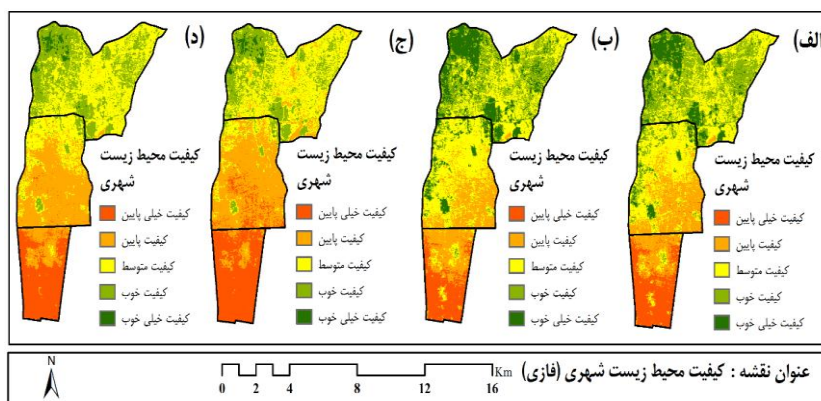
تابع	محیط انسان ساخت	تابع	محیط طبیعی
Linear	تراکم جمعیت	Small	آلودگی هوا
Small	مناطق ساخته‌شده	Gaussian	دمای سطح زمین
Linear	ارتفاع ساختمان	Large	رطوبت سطح زمین
Linear	جزایر حرارتی	Small	مجموع ساعات آفتابی
Small	آلودگی صوتی	Large	سبزی‌نگی
		Small	آلودگی سطح زمین

1. Natural Breaks

جدول ۴. کیفی‌سازی نتایج براساس روش شکست طبیعی

بازه عددی	طبقه‌بندی
۰/۰۵-۰/۲۶	خیلی پایین
۰/۲۷-۰/۳۴	پایین
۰/۳۵-۰/۴۱	متوسط
۰/۴۲-۰/۵۰	خوب
۰/۵۱-۰/۷۵	خیلی خوب

با توجه به شکل ۱۱، کیفیت محیط‌زیست شهری از نظر مکانی روندی شمالی-جنوبی دارد. کیفیت منطقه ۳ و قسمت‌های شمالی منطقه ۶ از قسمت‌های جنوبی منطقه ۶ و ۱۱ مناسب‌تر است. از نظر تغییرات زمانی کیفیت محیط‌زیست شهری در فصول بهار و تابستان بهتر است. همچنین مشاهده می‌شود فصل پاییز پایین‌ترین سطح کیفیت را دارد که دلیل آن تغییرات دو شاخص مهم سبزی‌نگی و آلودگی هواست. روند تغییرات کیفیت محیط‌زیست شهری از فصل بهار در مقایسه با فصل تابستان زیاد نیست و تفاوت زیادی بین این دو فصل وجود ندارد، اما از فصل تابستان به فصل پاییز کیفیت محیط‌زیست بسیار افت می‌کند، اما از فصل پاییز به فصل زمستان تغییرات زیاد نیست؛ بنابراین می‌توان گفت کیفیت محیط‌زیست شهری بیشتر از دو دوره گرم و سرد سال تأثیر می‌پذیرد. کیفیت در دوره گرم سال از دوره سرد سال بالاتر است. به‌طورکلی منطقه ۱۱ در کل سال پایین‌ترین کیفیت را دارد. منطقه ۶ در فصل پاییز و زمستان کیفیت پایینی دارد. در فصل بهار و تابستان نیز قسمت‌های شمالی منطقه کیفیت مناسبی دارد. منطقه سه در فصل بهار و تابستان کیفیت مناسبی دارد، اما در فصل پاییز و زمستان وضعیت تغییر می‌کند و تنها پارک‌ها و فضای سبز منطقه کیفیت مناسبی دارند. همچنین در تمام فصول سال پارک‌ها و فضای سبز کیفیت بالاتری از نواحی مجاور دارند.



شکل ۱۱. مدل‌سازی کیفیت محیط‌زیست شهری
 الف) فصل بهار، ب) فصل تابستان، ج) فصل پاییز، د) فصل زمستان

مقایسه میزان تغییرات کیفیت محیط‌زیست شهری در طول سال

به‌منظور بررسی تغییرات فصلی مساحت هریک از طبقات مدنظر در فصل‌های مختلف مقایسه می‌شود. با توجه به جدول ۵، کیفیت محیط‌زیست شهری در پنج دسته خیلی خوب، خوب، متوسط، پایین و خیلی پایین بررسی می‌شود. در فصل بهار بیشترین مساحت منطقه به طبقه کیفیت متوسط و کیفیت خوب و کمترین مساحت به طبقه کیفیت خیلی خوب مربوط است که نشان‌دهنده وضعیت نسبتاً متوسطی است. در فصل تابستان بیشترین مساحت به طبقه کیفیت متوسط و کمترین مساحت مربوط به طبقه خیلی پایین است که نشان‌دهنده وضعیت خوب منطقه در این فصل است. در فصل پاییز بیشترین مساحت به

طبقه کیفیت پایین و کمترین مساحت به طبقه خیلی خوب مربوط است که نشان می‌دهد در فصل پاییز کیفیت محیط‌زیست شهری در بدترین وضعیت قرار دارد. در ادامه در فصل زمستان شرایط کمی بهتر می‌شود و بیشترین مساحت به طبقه کیفیت متوسط و پایین و کمترین مساحت به طبقه خیلی خوب مربوط است؛ بنابراین کیفیت محیط‌زیست شهری در طول سال تغییرات چشمگیری می‌کند.

جدول ۵. مقایسه میزان تغییرات کیفیت محیط‌زیست شهری

طبقات	بهار (km ²)	تابستان (km ²)	پاییز (km ²)	زمستان (km ²)
کیفیت خیلی خوب	۵/۶۸	۸/۳۷	۰/۸۱	۰/۸۳
کیفیت خوب	۱۶/۷۴	۱۴/۰۵	۱۱/۵۵	۱۴/۱۷
کیفیت متوسط	۲۰/۴۳	۲۲/۴۳	۱۸/۴۰	۲۱/۴۵
کیفیت پایین	۱۲/۳۶	۱۱/۷۵	۱۹/۳۵	۱۷/۱۴
کیفیت خیلی پایین	۷/۰۹	۵/۶۹	۱۲/۲۷	۸/۷۰

هم‌بستگی میان شاخص‌ها

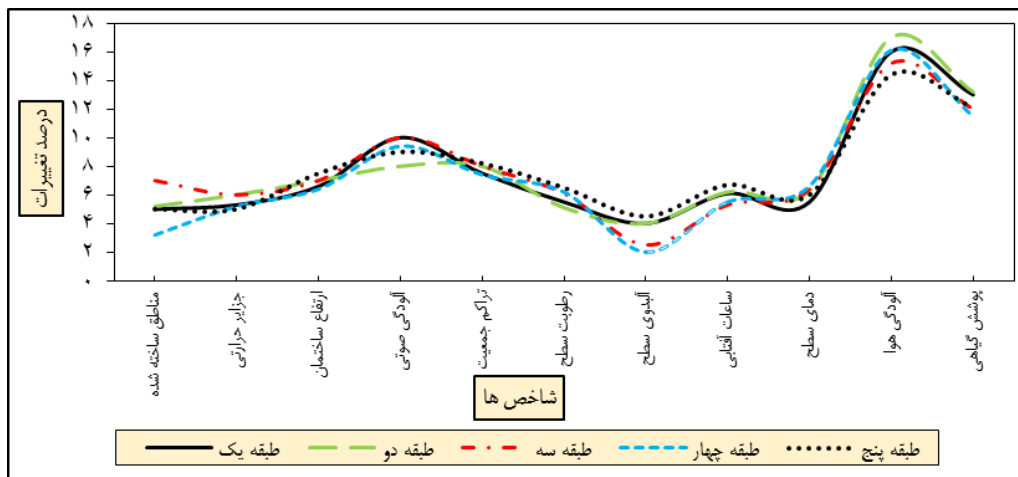
برای بررسی رابطه و تأثیر هریک از شاخص‌ها بر یکدیگر و انتخاب تأثیرگذارترین شاخص، از ضریب هم‌بستگی پیرسون استفاده شد. با بررسی این ضرایب میان شاخص‌ها نتیجه می‌گیریم که بیشتر شاخص‌ها با یکدیگر ارتباطی خطی دارند و در بیشتر موارد جهت هم‌بستگی (مثبت و منفی) شاخص‌ها درست محاسبه شده است. به‌طور کلی مشاهده می‌شود که غیر از شاخص ساعات آفتابی، دیگر شاخص‌ها با یکدیگر هم‌بستگی دارند و از یکدیگر تأثیر می‌پذیرند؛ بنابراین تغییر در یک شاخص بر دیگر شاخص‌ها و در نتیجه کیفیت محیط‌زیست تأثیر می‌گذارد. همچنین مشاهده می‌شود سبزی‌نگی تأثیرگذارترین شاخص بر کیفیت محیط‌زیست شهری است و با بیشتر شاخص‌ها ارتباط خطی دارد. با افزایش و کاهش سبزی‌نگی سایر شاخص‌ها تغییر می‌کند؛ بنابراین یکی از راهکارهای بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری، افزایش سبزی‌نگی است؛ زیرا دیگر شاخص‌ها و در نتیجه کیفیت محیط‌زیست تأثیر می‌پذیرند.

جدول ۶. ضریب هم‌بستگی شاخص‌ها

تراکم جمعیت	رطوبت	سبزی‌نگی	مناطق ساخته	ارتفاع ساختمان	آلودگی	ساعات آفتابی	دمای سطح	آلودگی صوتی	آلودگی هوا	
										آلودگی هوا
									-۰/۱۲	آلودگی صوتی
								۰/۰۹	۰/۵۵	دمای سطح
							۰/۱۶	-۰/۱۰	۰/۱۴	ساعات آفتابی
						۰/۰۵	-۰/۰۱	-۰/۳۱	۰/۰۴	آلودگی
					۰/۳۰	۰/۰۵	-۰/۰۶	-۰/۱۹	۰/۰۴	ارتفاع ساختمان
				۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۱۵	۰/۳۵	-۰/۰۸	۰/۲۴	مناطق ساخته
			۰/۶۹	-۰/۴۳	-۰/۲۸	-۰/۱۸	-۰/۳۵	۰/۰۶	-۰/۲۸	سبزی‌نگی
		۰/۵۲	-۰/۶۶	-۰/۲۲	-۰/۶۹	-۰/۱۶	-۰/۲۰	۰/۱۷	-۰/۱۲	رطوبت
	-۰/۲۹	-۰/۴۵	۰/۳۱	۰/۱۴	۰/۱۴	۰/۱۹	-۰/۱۸	-۰/۱۸	۰/۴۲	تراکم جمعیت
-۰/۰۲	-۰/۱۵	-۰/۲۷	۰/۲۸	-۰/۰۷	-۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۶۸	۰/۱۳	۰/۳۹	جزایر حرارتی

تحلیل حساسیت نتایج مدل فازی گاما

به‌منظور تحلیل حساسیت نتایج مدل‌سازی، روش تحلیل حساسیت یکی‌یکی استفاده شد. شکل ۱۲ نتیجه مدل فازی گاما در اثر افزایش مقدار شاخص‌ها را نشان می‌دهد. پس از اجرای این مدل، خروجی در ۵ طبقه، تقسیم شد. سپس محاسبه میانگین طبقات برای هر یک از خروجی‌ها صورت گرفت. در ادامه با افزایش ۳۰ درصد به مقدار هر شاخص و ثابت نگه‌داشتن سایر شاخص‌ها حساسیت نتیجه مدل به شاخص‌های مختلف بررسی شد.



شکل ۱۲. تحلیل حساسیت مدل فازی گاما

همان‌طور که مشاهده می‌شود درصد تأثیر تغییر ورودی‌ها بر نتیجه مدل در همه متغیرها بین ۲ تا ۱۷ درصد است. با توجه به اینکه درصد تغییر نتیجه مدل در مورد همه متغیرها کمتر از درصد تغییر ورودی (افزایش ۳۰ درصد) است، می‌توان گفت نتایج مدل فازی گاما قابل‌اعتماد است و تحت تأثیر یک یا چند متغیر خاص قرار نمی‌گیرد. در این میان متغیرهای آلودگی هوا، سبزی‌نگی و آلودگی صوتی به‌ترتیب تأثیر بیشتری بر نتایج مدل‌سازی دارند.

نتیجه‌گیری

امروزه کیفیت محیط‌زیست شهری یکی از مهم‌ترین مفاهیم برنامه‌ریزی شهری است که می‌تواند برای شناخت وضع موجود محیط‌های شهری مؤثر باشد تا راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت محیط‌زیست شهری ارائه کنند. براساس نتایج پژوهش، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های میدانی مکان‌مبنا قابلیت زیادی در مدل‌سازی کیفیت محیط‌زیست شهری دارند. همچنین نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد نتایج مدل‌سازی به روش فازی گاما قابل‌قبول است و از یک یا چند متغیر خاص تأثیر نمی‌پذیرند؛ بنابراین روش فازی و توابع عضویت فازی به‌خوبی کیفیت محیط‌زیست شهری را مدل می‌کند. تغییرات مکانی و زمانی کیفیت محیط‌زیست شهری در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که از نظر مکانی روندی شمالی-جنوبی دارد؛ به‌طوری‌که منطقه ۳ بهترین شرایط کیفیت محیط‌زیست را از منطقه ۶ و ۱۱ دارد. دلیل این امر وجود پارک‌های بیشتر و آلودگی کمتر هوا از مناطق جنوبی است. از نظر زمانی تغییرات کاملاً مشهود است و کیفیت محیط‌زیست از دو فصل گرم (بهار و تابستان) به دو فصل سرد (پاییز و زمستان) شهری کاهش می‌یابد؛ بنابراین کیفیت محیط‌زیست شهری تابعی از مکان و زمان است. با بررسی ضرایب هم‌بستگی میان شاخص‌ها مشخص شد بیشتر شاخص‌ها با یکدیگر هم‌بستگی معناداری دارند؛ بنابراین باید در دست‌کاری‌ها و تغییر کاربری‌های شهری به این نکته توجه کرد که بیشتر شاخص‌های محیط‌زیستی با یکدیگر مرتبط هستند و تغییر جزئی در یک شاخص باعث تغییر در

دیگر شاخص‌ها و در نتیجه تغییر در کیفیت محیط‌زیست شهری می‌شود. همچنین از آنجا که شاخص سبزی‌نگی با اکثر شاخص‌ها همبستگی نسبتاً بالایی دارد به‌عنوان تأثیرگذارترین شاخص انتخاب شد. با توجه به تأثیر سبزی‌نگی بر دیگر شاخص‌ها این شاخص تأثیرگذارترین عامل در کیفیت محیط‌زیست شهری است؛ بنابراین برای بهبود سایر شاخص‌ها و در نتیجه بهتر شدن کیفیت محیط‌زیست شهری، افزایش سطح فضای سبز پیشنهاد می‌شود. از آنجا که در مناطق با تمرکز و تراکم بالای فعالیت‌ها (مانند منطقه ۱۱ و ۶) که فضای آن‌چنانی برای ایجاد پارک‌های محلی و منطقه‌ای نیست، بام سبزه‌ها پیشنهاد می‌شود. رنگ تیره سطوح به جذب شدید انرژی خورشیدی و افزایش دما (تشکیل جزایر حرارتی) منجر می‌شود. یکی دیگر از راه‌های کاهش حرارت علاوه بر افزایش پوشش گیاهی، جایگزین کردن مواد با بازتاب بالا به‌جای سطوح نفوذناپذیر شهری مانند پیاده‌روها، خیابان‌ها و پشت‌بام‌هاست که جذب بالایی دارند. با بررسی پراکندگی فضایی آلودگی هوا و جزایر حرارتی و دمای سطح زمین مشاهده می‌شود این‌گونه مناطق منطبق بر مناطقی با ارتفاع بالای ساختمان‌ها و تراکم ساختمان‌ها هستند؛ بنابراین پیشنهاد می‌شود در ساخت‌وساز ساختمان‌های مرتفع به جریان باد غالب منطقه توجه شود تا حبس گرما و آلودگی هوا صورت نگیرد.

منابع

۱. امینی فسخودی، عباس، ۱۳۸۵، *ارزیابی واحدهای تصمیم‌گیری با استفاده از مدل برنامه‌ریزی اولویت‌بندی فازی گروهی*، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)، دوره بیستم، شماره ۱، صص، ۲۳۰-۲۱۱.
۲. بحرینی، حسین و منوچهر طیبیان، ۱۳۷۷، *مدل کیفیت محیط‌زیست شهری*، فصلنامه محیط‌شناسی، سال بیست و چهارم، شماره ۲۱، صص ۴۱-۵۶.
۳. تقوایی، مسعود، شیخ بیگلر، رعنا و لیلا اسحاق دواتگر، ۱۳۸۹، *بررسی و تحلیل آلودگی‌های ناشی از مشاغل شهر اصفهان*، فصلنامه محیط‌شناسی، سال سی و ششم، شماره ۵۶، صص ۱۱۱-۱۲۲.
۴. حسینی، حاتم، ۱۳۸۳، *درآمدی بر جمعیت‌شناسی اقتصادی-اجتماعی و تنظیم خانواده*، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا، همدان.
۵. سیف‌الدینی، فرانک و حسین منصوریان، ۱۳۹۰، *تحلیل الگوی تمرکز خدمات شهری و آثار زیست‌محیطی آن در شهر تهران*، فصلنامه محیط‌شناسی، سال سی‌وهفتم، شماره ۶۰، صص ۵۳-۶۴.
۶. *طرح جامع تهران*، ۱۳۸۵، مرکز مطالعات و برنامه‌ریزی شهر تهران، شهرداری تهران.
۷. کاویانی، محمدرضا و بهلول علیجانی، ۱۳۸۲، *مبانی آب و هواشناسی*، چاپ نهم، انتشارات سمت، تهران.
۸. متکان، علی‌اکبر و همکاران، ۱۳۸۸، *سنجش کیفیت مکان‌های شهری، با استفاده از روش‌های ارزیابی چند متغیره در GIS (مورد مطالعه: شهر تهران)*، فصلنامه سنجش‌ازدور و GIS ایران، سال یکم، شماره ۴، صص ۱-۲۰.
۹. شاکری، اقبال و امید صمدی، ۱۳۸۵، *بلندمرتبه‌سازی پاسخی برای کاهش مناطق متراکم و فرسوده شهری*، سیزدهمین کنفرانس مهندسی عمران سراسر کشور.
10. Amini Faskhoodi, A., 2006, **Evaluation of Decision Making Units Using Group Fuzzy Prioritization Planning Model**, Research Journal of Isfahan University (Humanities), Vol. 20, No. 1, PP. 211-230. (In Persian)
11. Bahraini, H., and Tabibian, M., 1998, **Urban Environmental Quality Model**, Journal of Environmental Studies, Vol. 24, No. 21, PP. 41-56. (In Persian)
12. Taghvaie, M., Shaykh Bayglou, R., and Eshagh Davatgar, L., 2011, **Analysis of Pollutions Resulted from Jobs in Isfahan City**, Journal of Environmental Studies, Vol. 36, No. 56, PP. 111-122. (In Persian)

Persian)

13. Hoseini, H., 2004, **Introduction to Socio -Economic Demography and Family Planning**, Vol. 2, University of Bu Ali Sina Publication, Hamadan. *(In Persian)*
14. Seifolddini, F., and Mansourian, H., 2012, **Pattern of Urban Services Concentration and Its Environmental Impacts on Tehran City**, Journal of Environmental Studies, Vol. 37, No. 60, PP. 53-64. *(In Persian)*
15. **Plan, T. M.**, 2006, Tehran Urban Research and Planning Center, Municipality of Tehran. *(In Persian)*
16. Kavyani, M., and Alijani, B., 2002, **The Foundations of Climatology**, 9 th Vol., SAMT Publication, Tehran. *(In Persian)*
17. Matkan, A. et al., 2010, **Measuring the Quality of Urban Places by Using Multicriteria Evaluation Method in GIS (Case Study: Tehran City)**, Journal of Remote Sensing and GIS, Vol. 1, No. 4, PP. 1-20. *(In Persian)*
18. Akbari, H., Menon, S., and Rosenfeld, A., 2009, **Global Cooling: Increasing World-Wide Urban Albedos to Offset CO₂**, Climatic Change, Vol. 94, No. 3, PP. 275-286. *(In Persian)*
19. Shakeri A., and Samadi, O., 2006, **Tall Building Response to Reduce Dense and Old Areas of Urban**, Thirteenth Conference of Civil Engineering, Iran.
20. Almusaed, A., 2011, **The Urban Heat Island Phenomenon Upon Urban Components, In Biophilic and Bioclimatic Architecture**, Springer London, PP. 139-150.
21. Arnold Jr, C. L., and Gibbons, C. J., 1996, **Impervious Surface Coverage: The Emergence of a Key Environmental Indicator**, Journal of the American Planning Association, Vol. 62, No. 2, PP. 243-258.
22. As-Syakur, A. R. et al., 2010, **Studi Perubahan Penggunaan Lahan Di DAS Badung**, Bumi Lestari, Vol. 10, No. 2, PP. 200-207.
23. Brunsell, N. A., and Gillies, R. R., 2003, **Length Scale Analysis of Surface Energyfluxes De-Rived From Remote Sensing**, Journal of Hydrometeorology, Vol. 4, No. 6, PP. 1212-1219.
24. Carp, F. M., Zawadski, R. T., and Shokrkon, H., 1976, **Dimensions of Urban Environmental Quality**, Environment and Behavior, Vol. 8, No. 2, PP. 239-264.
25. Chen, Q., Ren, J. Li., Z., and Ni, C., 2009, **Urban Heat Island Effect Research in Chengdu City Based on Modis Data**, Proceedings of 3rd International Conference On Bioinformatics and Biomedical Engineering. ICBBE, Beijing, China, PP. 1-5.
26. Farcas, F., 2008, **Road Traffic Noise: A Study of Skåne Region, Sweden**, (Doctoral Dissertation, Msc Thesis, Linköping University, Sweden).
27. Faryadi, S., and Taheri, S., 2009, **Interconnections of Urban Green Spaces and Environmental Quality of Tehran**, International Journal of Environmental Research, Vol. 3, No. 2, PP. 199-208.
28. Fisher, P., Abrahart, R. J., and Herbinger, W., 1997, **The Sensitivity of Two Distributed Non-Point Source Pollution Models to the Spatial Arrangement of the Landscape**, Hydrological Processes, Vol. 11, No. 3, PP. 241-252.
29. Fu, P., and Rich, P. M., 2000, **The Solar Analyst 1.0 User Manual**, Helios Environmental Modeling Institute.
30. Gurram, M. K., 2016, **Urban Environmental Quality Assessment at Ward Level Using AHP Based GIS Multi-Criteria Modeling-A Study on Hyderabad City, India**, Asian Journal of Geoinformatics, Vol. 15, No. 3, PP.16-29.
31. Hayati, H., and Sayadi, M. H., 2012, **Impact of Tall Buildings in Environmental Pollution**, Environmental Skeptics and Critics, Vol. 1, No. 1, PP. 8-11.
32. Hofmann, M. et al., 2012, **Perceptions of Parks and Urban Derelict Land by Landscape Planners and Residents**, Urban Forestry and Urban Greening, Vol. 11, No. 3, PP. 303-312.

33. Jacobson, M. Z., and Ten Hoeve, J. E., 2012, **Effects of Urban Surfaces and white Roofs on Global and Regional Climate**, Journal Of Climate, Vol. 25, No. 3, PP. 1028-1044.
34. Joseph, M., Wang, F., and Wang, L., 2014, **GIS-Based Assessment of Urban Environmental Quality in Port-Au-Prince, Haiti**, Habitat International, Vol. 41, PP. 33-40.
35. Kaili, D., 2003, **Fuzzy Evaluation of Urban Environmental Quality: Case Study Wuchang Wuhan** (Doctoral Dissertation, Master's Thesis, International Institute For Geo-Information And Earth-Observation, Enschede, The Netherlands).
36. Kaufmann, R. K. et al., 2007, **Climate Response to Rapid Urban Growth: Evidence of a Human-Induced Precipitation Deficit**, Journal of Climate, Vol. 20, No. 10, PP. 2299-2306.
37. Kim, R., and Van Den Berg, M., 2010, **Summary of Night Noise Guidelines for Europe**, Noise and Health, Vol. 12, No. 47, PP. 61-63.
38. Li, Z. L., 2013, **Satellite-Derived Land Surface Temperature: Current Status and Perspectives**, Remote Sensing of Environment, Vol. 131, PP. 14-37.
39. Liang, S., 2001, **Narrowband to Broadband Conversions of Land Surface Albedo I: Algorithms**, Remote Sensing of Environment, Vol. 76, No. 2, PP. 213-238.
40. Lilburne, L., and Tarantola, S., 2009, **Sensitivity Analysis of Spatial Models**, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 23, No. 2, PP. 151-168.
41. Malczewski, J., 1999, **GIS and Multicriteria Decision Analysis**, John Wiley and Sons.
42. MHRC, 2017, **Mercer Human Resource Consulting, Quality of Living Global City Rankings Mercer Survey**.
43. Nichol, J., and Wong, M. S., 2005, **Modeling Urban Environmental Quality in A Tropical City**, Landscape and Urban Planning, Vol. 73, No. 1, PP. 49-58.
44. Nichol, J., and Wong, M. S., 2009, **Mapping Urban Environmental Quality Using Satellite Data and Multiple Parameters**, Environment and Planning B: Planning and Design, Vol. 36, No. 1, PP. 170-185.
45. Parkes, A., Kearns, A., and Atkinson, R., 2002, **What Makes People Dissatisfied With Their Neighbourhood**, Urban Studies, Vol. 39, No. 13, PP. 2413-2438.
46. Pauleit, S., Ennos, R., and Golding, Y., 2005, **Modeling the Environmental Impacts of Urban Land Use and Land Cover Change—A Study in Merseyside, UK**, Landscape And Urban Planning, Vol. 71, No. 2, PP. 295-310.
47. Rose, L., and Devadas, M. D., 2009, **Analysis of Land Surface Temperature and Land Use/Land Cover Types Using Remote Sensing Imagery—A Case in Chennai City, India**, In the Seventh International Conference on Urban Climate, Yokohama, Japan, Vol. 29, No. 7, PP. 1-4.
48. Rouse Jr, J. et al., 1974, **Monitoring Vegetation Systems in the Great Plains with ERTS**.
49. Saaty, T. L., 2004, **Decision Making the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP)**, Journal of Systems Science and Systems Engineering, Vol. 13, No. 1, PP. 1-35.
50. Sayadi, M. H. 2012, **Evaluation of Noise Pollution in the Schools of Birjand City and Its Administrative Solutions, In 2011**, Journal of Occupational Health and Epidemiology, Vol. 1, No. 3, PP. 132-138. *(In Persian)*
51. Snedecor, G. W., and Cochran, W. G., 1989, **Statistical Methods**, 8 thedn, Ames: Iowa State Univ. Press Iowa.
52. Streit, G. E., and Guzmán, F., 1996, **Mexico City Air Quality: Progress of an International Collaborative Project to Define Air Quality Management Options**, Atmospheric Environment, Vol. 30, No. 5, PP. 723-733.
53. Vafai, F., Hadipour, V., and Hadipour, A., 2013, **Determination of Shoreline Sensitivity to Oil Spills by Use of GIS and Fuzzy Model, Case Study the Coastal Areas of Caspian Sea in North of Iran**, Ocean and Coastal Management, Vol. 71, PP. 123-130. *(In Persian)*

54. Van Kamp, I. et al., 2003, **Urban Environmental Quality and Human Well-Being: Towards a Conceptual Framework and Demarcation of Concepts; A Literature Study**, Landscape and Urban Planning, Vol. 65, No. 1, PP. 5-18.
55. Van Poll, R., 1997, **The Perceived Quality of the Urban Residential Environment, A Multi-Attribute Evaluation**, Ph.D. Thesis, Groningen: University Of Groningen.
56. Wang, F. et al., 2015, **An Improved Mono-Window Algorithm for Land Surface Temperature Retrieval From Landsat 8 Thermal Infrared Sensor Data**, Remote Sensing, Vol. 7, No. 4, PP. 4268.
57. WHO, 1998, **WHOQOL Measuring Quality of Life. 15. Division of Mental Health and Prevention of Substance Abuse.**
58. Woodcock, C. E., and Gopal, S., 2000, **Fuzzy Set Theory and Thematic Maps: Accuracy Assessment and Area Estimation**, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 14, No. 2, PP. 153-172.
59. Xu, H. et al., 2011, **Spatial and Temporal Analysis of Urban Heat Island Effects in Chengdu City by Remote Sensing**, In Geoinformatics, 2011 19th International Conference on IEEE, PP. 1-5.
60. Yanjun, L., and Ying, W., 2011, **Study on Resource-Environment Response to the Rapid Urban Expansion of China**, Energy Procedia, Vol. 5, PP. 2549-2553.
61. Yin, X., 1999, **Bright Sunshine Duration in Relation to Precipitation, Air Temperature and Geographic Location**, Theoretical and Applied Climatology, Vol. 64, No. 2, PP. 61-68.
62. Zhang, Y. et al., 2015, **Research on the Contribution of Urban Land Surface Moisture to the Alleviation Effect of Urban Land Surface Heat Based on Landsat 8 Data**, Remote Sensing, Vol. 7, No. 8, PP. 10737-10762.