

بررسی کیفیت محیط زیست زندگی شهری با استفاده از تحلیل چندمعیاره مکانی (مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران)

یاسمن اسدی - گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
محمد رضا جلوخانی نیارکی* - گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
کیوان عزی‌مند - گروه سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۱۱/۲۸

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۶/۳۰

چکیده

کیفیت زندگی میزان توانمندی محیط برای فراهم آوردن و پاسخ‌گویی به نیازهای مادی و معنوی افراد جامعه است؛ به‌گونه‌ای که یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌ریزان و مدیران شهری افزایش سطح کیفیت زندگی در شهرها و بالابردن میزان رضایتمندی در بین شهروندان است. هدف از این پژوهش ارزیابی کیفیت زندگی شهری از طریق تحلیل تصمیم‌گیری چندمعیاره مکانی است. محدوده مورد مطالعه در این تحقیق منطقه ۶ است. معیارهای مورد استفاده برای شناخت وضعیت کیفیت محیط زیست شهری شامل معیارهای سبزی‌نگی، دمای سطح زمین، آلودگی هوا، آلودگی صوتی، و آسیب‌پذیری ساختمان است. در این پژوهش، از روش تلفیقی AHP-OWA برای ارزیابی و تولید نقشه کیفیت محیط زیست زندگی شهری استفاده شده است. نتیجه حاصل از مدل مورد استفاده در این تحقیق پنج نقشه کیفیت محیط زیست زندگی شهری با درجه ریسک‌پذیری متفاوت است که به طبقات بسیار مناسب، مناسب، متوسط، نامناسب، و بسیار نامناسب تقسیم شده است. سناریوی بسیار خوش‌بینانه ریسک‌پذیری بالایی در تعیین کیفیت زیست‌محیطی زندگی شهری داشته و سناریوی بسیار بدبینانه میزان ریسک‌پذیری در تصمیم‌گیری برای کیفیت زیست‌محیطی زندگی شهری را کاهش می‌دهد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد میزان کیفیت محیط زیست زندگی شهری در سناریوهای طراحی شده در بدبینانه‌ترین حالت بیانگر آن است که هیچ محله‌ای در گروه بسیار مناسب نیست و سه محله در گروه بسیار نامناسب قرار گرفته است؛ در حالی که در خوش‌بینانه‌ترین حالت، شش محله در گروه بسیار مناسب قرار گرفته و یک محله در گروه بسیار نامناسب قرار گرفته است. به صورت کلی، محلات واقع در جنوب غرب و شرق در وضعیت مناسب‌تری نسبت به محلات مرکز و شمال شرق قرار دارند.

واژگان کلیدی: روش AHP-OWA، کیفیت محیط زیست زندگی شهری، منطقه ۶ شهرداری تهران.

مقدمه

محیط عرصه و جولانگاه زندگی انسان است. او این عرصه را به‌رغم همه تنگناها فقط برای یک زندگی آرام همراه با اطمینان خاطر می‌خواهد. در چند دهه اخیر نگرانی درباره کیفیت محیط زندگی به یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات جامعه امروز تبدیل شده است. رشد سریع شهرها و توسعه کالبدی آن موجب بروز بحران‌های مختلف در زندگی شهری نظیر مشکلات محیطی و نزول کیفیت محیط شده است (وان کمپ و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۶). در پی این امر، لزوم توجه به مفهوم کیفیت و ارتقای آن در محیط‌های سکوتی در کنار توجه به مسائل کمی بیشتر احساس می‌شود. کیفیت زندگی بدون توجه به کیفیت محیط زیستی که در آن زندگی می‌کنیم معنایی ندارد. در یک تعریف عام، که برای کیفیت زندگی ارائه شده، این مفهوم تحت عنوان زندگی آسوده در یک محیط زیست سالم به دور از هر گونه آلودگی و دسترسی مطلوب به نیازهای اساسی تلقی می‌شود (مارانس، ۲۰۱۵: ۱۴۶۷). کیفیت زندگی مفهومی پیچیده و چندبعدی است، شامل ابعاد اجتماعی، اقتصادی، زیست‌محیطی، و فیزیکی. کیفیت محیط زیست شهری یکی از ابعاد اصلی کیفیت زندگی است که تمرکز بیشتری بر محیط فیزیکی و طبیعی دارد (جوزف و همکاران، ۲۰۱۴: ۳۳) و تاکنون عوامل متعددی به‌عنوان شاخص‌های تأثیرگذار در کیفیت محیط زندگی معرفی شده‌اند. اما توسعه ناپایدار و بی‌رویه شهرها به دلیل ایجاد مشکلات زیست‌محیطی یکی از تأثیرگذارترین آن‌هاست (ایل دین و همکاران، ۲۰۱۳: ۸۷). شهر تهران کلان‌شهری است که در بسیاری از مناطق ۲۲ گانه از نظر زیست‌محیطی در شرایط بحرانی قرار دارد (فرهادی و طاهری، ۲۰۰۹: ۲۰۴). در سال ۲۰۱۷ این شهر از دیدگاه کیفیت شهری از میان ۲۳۱ شهر بزرگ دنیا در رتبه ۱۹۹ قرار گرفت (مشاور منابع انسانی مرسر، ۲۰۱۷). در حال حاضر، ادامه روند موجود می‌تواند زیست‌پذیری شهر تهران را در آینده‌ای نه‌چندان دور با مشکل جدی روبه‌رو کند. بنابراین، برای بهبود و ارتقای کیفیت محیط زیست شهر تهران به مطالعات و بررسی‌های ویژه نیاز است.

بهبود کیفیت محیط زیست زندگی شهری یکی از مهم‌ترین اهداف هر جامعه‌ای است. به همین جهت، مطالعات بسیاری در این رابطه انجام گرفته است. در برخی از این مطالعات به یک یا چند پارامتر برای ارزیابی کیفیت محیط‌های شهری پرداخته شده است؛ می‌توان اشاره کرد به مطالعات مربوط به فضای سبز شهری (گوپتا و همکاران، ۲۰۱۲: ۳۲۵)، کیفیت هوا (بیلال و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۳۵)، دما و جزایر حرارتی شهری (ونگ، ۲۰۰۹: ۳۳۵) و آلودگی صوتی (ایستامتو، ۲۰۱۴: ۴۲۰). از جمله مطالعات دیگر که تلفیقی از پارامترهای متفاوت را برای ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری به کار برده‌اند می‌توان به مطالعه جوزف و همکاران (۲۰۱۴) اشاره کرد که آن‌ها بر روی شاخص‌های زیست‌محیطی و بلایای طبیعی تمرکز کردند. آن‌ها پارامترهای سبزیگی، آلودگی صوتی و هوا، آلودگی ذخایر آبی و ساحلی، میزان نزدیکی به بازار، قبرستان و محله‌های آلوده و پُرجمعیت را بخش زیست‌محیطی در نظر گرفتند. رحمان و همکاران (۲۰۱۴)، با استفاده از داده‌های سنجش از دور و الگوریتم مکانی چندمعیاره^۱، در چهار مرحله، شامل انتخاب معیارها، استانداردسازی معیارها، وزن‌دهی معیارها، بررسی خروجی، و رتبه‌بندی آن‌ها، به ارزیابی کیفیت محیط زیست شهرستان دنجیانگو در چین پرداختند. گوارم و همکاران (۲۰۱۶) به ارزیابی کیفیت محیط زیست شهر حیدرآباد (هند) پرداختند و نتیجه گرفتند مناطق با کیفیت خوب ناشی از تراکم پایین جمعیت، تراکم پایین صنعت، و وجود فضای سبز است. در سال ۲۰۱۷، یانگ لی و همکاران به ارزیابی کیفیت محیط زیست شهرهای کوهستانی پرداختند و سه عامل محیط فیزیکی، محیط‌های ساخته‌شده، و خطرهای طبیعی را با روش WLC^۲ بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که آلودگی و محیط‌های ساخته‌شده متراکم تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای در کیفیت محیط زیست شهرهای کوهستانی دارد. میوس و همکاران (۲۰۱۸)

1. Spatial multiple criteria evaluation
2. Weight linear composition

کیفیت محیط زیست شهری را با استفاده از داده‌های سنجش از دور، داده‌های سرشماری، و روش تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی^۱ (PCA) بررسی کردند؛ نتایج نشان داد که بهترین کیفیت زندگی در مناطقی است که دارای فضای سبز بیشتر و ساخت‌وساز کمتری است. با توجه به مطالعات انجام‌شده پیرامون کیفیت محیط زیست شهری، می‌توان دریافت که در هیچ یک از آن‌ها کیفیت محیط زیست شهری برای محلات یک منطقه در سناریوهای مختلف و با درجات ریسک‌پذیری متفاوت بررسی و مقایسه نشده است (چونیانگ و همکاران، ۲۰۱۷: ۶۵؛ یانگ و همکاران، ۲۰۱۷: ۱۳۲؛ میوسه و همکاران، ۲۰۱۸: ۹۵). بنابراین، هدف اصلی از این مطالعه ارزیابی بُعد زیست‌محیطی کیفیت زندگی شهری با تلفیق روش AHP-OWA^۲ در سناریوهای مختلف و براساس درجات ریسک‌پذیری متفاوت است. همچنین، تحلیل و بررسی ابعاد و شناسایی شاخص‌های مؤثر بر بُعد زیست‌محیطی کیفیت زندگی شهری و بیان مشکلات و کمبودها جهت کمک به مدیران و برنامه‌ریزان شهری از اهداف این تحقیق است، زیرا هرگونه تصمیم اتخاذشده از سوی مدیران و برنامه‌ریزان شهری در سطوح مختلف شهری به‌طور مستقیم با کیفیت زندگی شهری و شهروندان در ارتباط است (رابینسون^۳، ۲۰۱۲: ۱۷۵). همچنین، در این پژوهش مجموعه‌ای از متغیرهای زیست‌محیطی به کمک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی بررسی شده است.

مبانی نظری

کیفیت زندگی و محیط زیست شهری

کیفیت زندگی شهری یک مفهوم گسترده، چندوجهی، و نسبی است که متأثر از زمان و مکان و ارزش‌های فردی و اجتماعی است و ابعاد ذهنی و درونی دارد. افراد و گروه‌های مختلف جامعه درک متفاوتی از کیفیت زندگی دارند که هم متکی به شاخص‌های ذهنی یا کیفی هم متکی به شاخص‌های عینی یا کمی است. بنابراین، اجماعی برای تعریف کیفیت زندگی وجود ندارد. با توجه به تعاریف متعدد درباره کیفیت زندگی شهری و همچنین اذعان به فقدان اجماع نظر در مورد تعریف آن، می‌توان گفت که کیفیت زندگی شهری واژه بسیار تفسیرپذیر و ابهام‌آوری است. مرور متون مرتبط با کیفیت زندگی (کلس، ۲۰۱۲؛ دیوفیلو، ۲۰۱۳؛ محیط، ۲۰۱۴؛ کرینتسینا و میخایلووا، ۲۰۱۶) حاکی از تأیید نظر متون مختلف درباره ابهام در مورد تعریف کیفیت زندگی است و بنا به حوزه کاربرد و نوع مطالعه متفاوت است. در این پژوهش بُعد زیست‌محیطی کیفیت زندگی شهری و عوامل مؤثر بر آن بررسی می‌شود. کیفیت محیط زیست شهری مفهومی پیچیده و چندبُعدی است که به عوامل انسانی و طبیعی بستگی دارد؛ این مفهوم از تأثیر عوامل مختلف و به‌هم‌پیوسته از جمله جزایر حرارتی، توزیع پوشش گیاهی، تراکم ساختمان‌ها، شکل آن‌ها، آلودگی هوا، و شرایط اجتماعی تشکیل شده است (نیکول و وانگ^۴، ۲۰۱۸: ۲۵۳). ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری شامل بسیاری از پارامترهای مرتبط با محیط‌های اجتماعی، محیط فیزیکی، و جو است که با داده‌هایی از طریق سرشماری و بررسی‌های میدانی جمع‌آوری می‌شود (نیکول و وانگ، ۲۰۰۵: ۵۰). در برخی مطالعات، کیفیت محیط زیست شهری شامل محیط اجتماعی، محیط اقتصادی، و محیط مسکونی است.

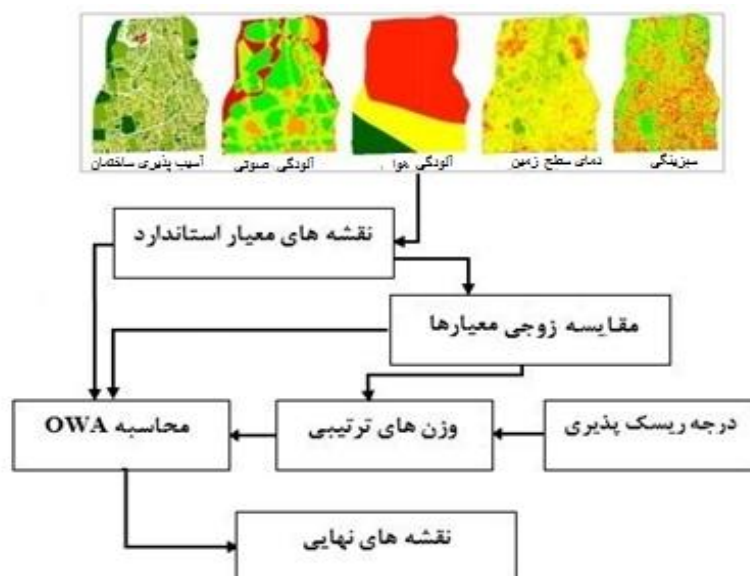
کیفیت محیط زیست مترادف با نیازهای اساسی بشر است و یک رابطه نزدیک بین کیفیت زندگی و محیط زیست وجود دارد. کیفیت محیط زیست تأثیر مستقیم بر سلامت و رفاه دارد و زندگی مردم به‌شدت تحت تأثیر محیط زیست خود است (مهدی و حسینی و همکاران، ۲۰۱۶: ۹۳). ویژگی‌های محیط زیستی در مهارت، نوع دلبستگی، و تمایلات مردم بسیار مؤثر

1. Principal component analysis
2. Analytical hierarchy process- Ordered weighted averaging
3. Robinson
4. Nichol and Wong

است. هرچه کیفیت محیط بالاتر باشد بهتر می‌تواند احساس رفاه، شادی، تندرستی، و رضایت را از طریق ویژگی‌هایی که ممکن است فیزیکی، اجتماعی، و نمادین باشد به ساکنان انتقال دهد (استریمکینه، ۲۰۱۴: ۶۹). باتوجه‌به تعاریف موجود و پژوهش‌های انجام‌شده درباره کیفیت محیط زیست شهری، می‌توان دریافت که شاخص‌های موردنیاز برای محیط زیست درک و نظارت بر روابط پیچیده و افزایش سیاست پایدار شهری خلاصه می‌شود. شاخص‌های زیست‌محیطی به‌صورت زمانی- مکانی‌اند و مقدار شاخص در زمان‌های متفاوت و در مکان‌های مختلف متغیر است. همچنین، شاخص‌ها در دو بُعد محیط طبیعی و محیط انسان‌ساخت بررسی می‌شود. شاخص‌های کیفیت محیط زیست طبیعی در بُعد محیط طبیعی به ویژگی‌هایی اشاره دارد که متأثر از موقعیت مطلق محیط است و شامل آلودگی هوا، دمای سطح زمین، و پوشش گیاهی (سبزینگی) است و بُعد محیط انسان‌ساخت به شاخص‌هایی از کیفیت محیط زیست شهری مربوط می‌شود که ناشی از فعالیت‌های انسانی است و شامل آلودگی صوتی و آسیب‌پذیری ساختمان‌ها در مناطق ساخته‌شده است. بهبود کیفیت محیط زیست زندگی شهری یکی از مهم‌ترین اهداف هر جامعه‌ای است.

روش تحقیق

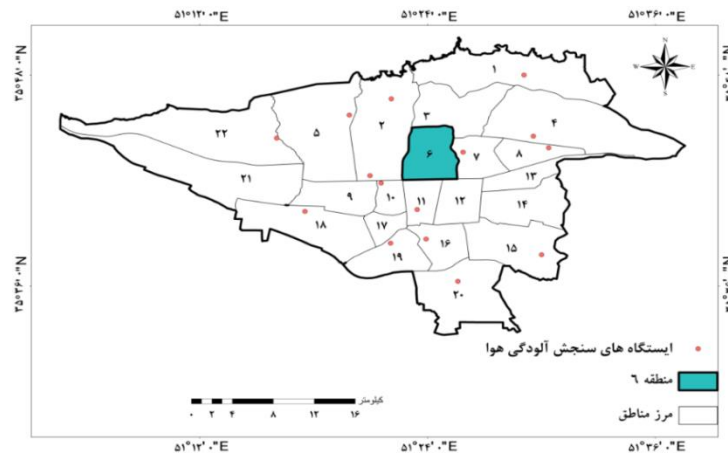
پژوهش حاضر از نوع کاربردی و توصیفی- اکتشافی است. اطلاعات مورد استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای حاصل شده و مبتنی بر پرسش‌نامه است. جامعه آماری منطقه ۶ کلان‌شهر تهران است که شامل ۱۴ محله است. نخست، داده‌های مربوط به شاخص‌های کیفیت زندگی شهری با استفاده از نظر کارشناسان و پرسش‌نامه جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل شد. در این پژوهش، وزن‌دهی و مقایسه زوجی شاخص‌ها با روش AHP در محیط نرم‌افزار Expert Choice و مدل‌سازی کیفیت محیط زیست شهری با ترکیب روش AHP و OWA در محیط نرم‌افزار Arc GIS انجام گرفته است (شکل ۱). در این پژوهش، ابزار موردنیاز تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های مکان مبناسات و از نرم‌افزارهای Arc GIS، ENVI، و Excel برای آماده‌سازی و پردازش داده‌های موردنیاز استفاده شده است. در ادامه به معرفی روش‌ها و الگوریتم‌های مورد استفاده در این پژوهش پرداخته شده است (شکل ۱).



شکل ۱. روش تلفیقی AHP-OWA (مأخذ: نگارندگان)

منطقه مورد مطالعه

منطقه ۶ تهران به عنوان مطالعه موردی در این تحقیق انتخاب شده است. این منطقه با مساحتی معادل ۲۱۳۸/۴۵ هکتار حدود ۳/۳ درصد از سطح شهر را شامل می شود و به لحاظ موقعیت جغرافیایی در حوزه مرکزی شهر تهران واقع شده است. این منطقه از سه جهت غرب، شرق، و شمال با سه بزرگراه اصلی تهران- چمران، مدرس، و همت- و از سمت جنوب به بزرگترین محور شرقی- غربی شهر یعنی خیابان انقلاب محدود می شود. همچنین، یکی از قدیمی ترین و بزرگترین محورهای شمالی- جنوبی تهران، خیابان ولیعصر، از مرکز ثقل این منطقه عبور می کند. منطقه ۶ یکی از پُرتراکم ترین و قدیمی ترین مناطق شهر تهران است و رتبه اول را از نظر رده بندی تراکم بنای مسکونی دارد، که بخش زیادی از آن به شبکه های حمل و نقل اختصاص دارد. مجموع این عوامل اثرهای منفی و اجتناب ناپذیری بر روی کیفیت محیط زیست زندگی شهری نواحی مختلف این منطقه برجای گذاشته است. بنابراین، باتوجه به اینکه در برخی از محلات این منطقه شاخص آلودگی هوا به حد ناسالم می رسد، سبب شد تا دیدگاهی کلی از کیفیت محیط زیست این منطقه به دست آید (شکل ۳).



شکل ۲. منطقه مورد مطالعه (مأخذ: نگارندگان)

داده ها و معیارهای ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری

در بُعد زیست محیطی کیفیت زندگی شهری برای ارزیابی معیارهای NDVI و LST از تصاویر ماهواره لندست ۸ سنجنده (OLI/TIRS) استفاده شده است؛ این تصویر از سایت سازمان زمین شناسی ایالات متحده دریافت شده و مربوط به تاریخ ۲۴ جولای ۲۰۱۷ بوده است. برای آلودگی هوا از داده های پایش کیفیت هوا متعلق به شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، در سال ۱۳۹۶ که در ۲۱ ایستگاه برداشت می شود، استفاده شده است. برای ارزیابی آسیب پذیری ساختمان از داده های رقومی مربوط به ساختمان های منطقه ۶ که شهرداری و سازمان نقشه برداری آن را تهیه کرده، استفاده شود. در نهایت، برای محاسبه آلودگی صوتی، میزان فاصله نسبت به معابر و تراکم جمعیت در نظر گرفته شده است (جدول ۱). معیارهای تشکیل دهنده این بُعد از کیفیت زندگی شهری بسیار گسترده و متنوع اند که می توان به مواردی چون فضای سبز شهری (سبزینگی)، منظر شهری (زیبایی)، کیفیت هوا، دما، کیفیت آب آشامیدنی، آلودگی صوتی، امنیت، سیستم دفع فاضلاب شهری، زباله ها و پسماندها، و مخاطرات طبیعی (سیل، زلزله) اشاره کرد (رحمان و همکاران، ۲۰۱۴؛ رنارد، ۱۹۹۷؛ لی و وانگ، ۲۰۰۷). باتوجه به گستردگی معیارها و عدم دسترسی به داده های دقیق و مناسب، در این پژوهش تمرکز اصلی نگارندگان بر پنج معیار است؛ این معیارها در ادامه به طور خلاصه توضیح داده می شوند.

جدول ۱. داده‌های استفاده‌شده در ارزیابی کیفیت محیط زیست زندگی شهری

شاخص	منبع داده	قدرت تفکیک / مقیاس	فرمت	منبع شاخص
دمای سطح زمین	لندست ۸	۳۰ متر	رستری	موسه و همکاران، ۲۰۱۸
پوشش گیاهی	لندست ۸	۳۰ متر	رستری	موسه و همکاران، ۲۰۱۸
آلودگی هوا	ایستگاه شرکت کنترل کیفیت تهران	۳۰ متر	رستری	جوزف و همکاران، ۲۰۱۴؛ لیو و همکاران، ۲۰۱۷
آلودگی صوتی	شهرداری تهران و سازمان آمار	۳۰ متر	رستری	جوزف و همکاران، ۲۰۱۴
آسیب‌پذیری ساختمان	سازمان نقشه‌برداری و شهرداری تهران	۱:۲۰۰۰	برداری	لیو و همکاران، ۲۰۱۷

سبزی‌نگی

فضاهای سبز باعث کاهش میزان آلودگی هوا، جذابیت شهر، بهبود سلامت روانی، و ارتقای کیفیت زندگی (جیسورا^۱، ۲۰۰۴: ۱۳۱) می‌شوند و با کارکردهای زیبایی‌شناختی خود در رسیدن به وضعیت مطلوب‌تر محیط شهرها مؤثرند. پیش‌پردازش تصاویر، که شامل تصحیح رادیومتریک و اتمسفری جو است، بر روی تصویر انجام گرفته است. برای تصحیح اتمسفری تصویر، از روش FLAASH استفاده شده است. سپس، شاخصی به نام شاخص گیاهی تفاضلی نرمال‌شده^۲ (NDVI)، که بیان‌کننده وضعیت سلامت و سبزی‌نگی گیاه است، محاسبه شده است. این شاخص طبق رابطه ۱ محاسبه شده است:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

که در آن NIR باند مادون قرمز نزدیک و R باند قرمز است. مقادیر خروجی شاخص NDVI بین -۱ تا +۱ خواهد بود.

دمای سطح زمین

برای تهیه نقشه دمای سطح زمین از باند حرارتی ۱۰ لندست با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر استفاده شده است. در تهیه این نقشه نخست اعداد رقومی (DN) به رادیانس طیفی تبدیل شد؛ برای این کار از رابطه ۲ استفاده شد.

$$L_{\lambda} = Gain * DN + Offset \quad (2)$$

در رابطه ۵، DN اعداد رقومی تصویر خام، $Gain = (L_{max} - L_{min}) / 255$ ، $Offset = L_{min}$ است، مقادیر Gain و Offset را می‌توان با استفاده از متادیتای تصاویر به‌دست آورد (USGS, 2013).

پس از تبدیل رادیانس طیفی به دمای تابشی، با استفاده از عکس قانون پلانک (رابطه ۳) رادیانس طیفی را به دمای تابشی تبدیل می‌کنیم.

$$T_b = \frac{K_2}{Ln\left(\frac{K_1}{L_{\lambda}} + 1\right)} \quad (3)$$

در این رابطه دمای تابشی برحسب کلوین است. L_{λ} رادیانس طیفی، K_1 و K_2 ضریب کالیبراسیون که مقادیر آن برای باند ۱۰ برابر $K_1 = 774.8853$ و $K_2 = 1321.0789$ است. برای محاسبه توان تشعشعی از رابطه ۴ استفاده شده است (USGS, 2013).

1. Chiesura

2. Normalized difference vegetation index

$$\varepsilon = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + d_\varepsilon \quad (4)$$

در این رابطه، ε_v گسیل‌مندی پوشش گیاهی، ε_s گسیل‌مندی خاک، و d_ε اثر توزیع هندسی سطوح طبیعی و همچنین انعکاس درونی آن‌ها را نشان می‌دهد. این مقدار برای سطوح هموار قابل اغماض است. بنابراین، در اینجا نیز به دلیل همواربودن محدوده شهر تهران d_ε را در نظر نگرفتیم، P_v نیز درصد پوشش گیاهی است که برای محاسبه آن از رابطه ۵ استفاده شد.

$$P_v = \left(\frac{NDVI_{max} - NDVI}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^\alpha \quad (5)$$

در نهایت، برای محاسبه دمای سطح زمین به درجه سانتی‌گراد از رابطه ۶ استفاده شد.

$$T_s = \frac{T_b}{1 + \left(\frac{\lambda T_b}{\alpha} \right) \text{Ln} \varepsilon} \quad (6)$$

λ طول موج رادیانس ساطع‌شده، $\alpha = hc/k$ ، h ثابت پلانک ($6.62 * 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{sec}$)، c سرعت نور ($2.988 * 10^8 \text{ m/sec}$)، k ثابت بولتزمن ($1.38 * 10^{-23} \text{ J/K}$) است (آرتیس و همکاران^۱، ۱۹۸۲: ۳۱۵).

آلودگی هوا

تردد بسیار زیاد وسایل نقلیه موتوری، ترافیک، موقعیت خاص جغرافیایی، و کارخانه‌های متعدد کلان‌شهر تهران را در ردیف آلوده‌ترین شهرهای جهان قرار داده است (ستوده‌یان و ارحامی، ۲۰۱۴: ۱۲۲). باتوجه‌به گسترش شهر تهران و افزایش منابع آلاینده، مسئله آلودگی هوا به یکی از چالش‌های جدی زیست‌محیطی تبدیل شده است و عوارض بهداشتی، اجتماعی، و اقتصادی زیادی به ساکنان خود تحمیل می‌کند. مهم‌ترین آلاینده‌های شهر تهران طی این سال‌ها عموماً گروهی از آلاینده‌های هوا شامل منواکسید کربن، دی‌اکسید نیتروژن، دی‌اکسید گوگرد، ازن، و ذرات معلق است. مهم‌ترین منابع تولیدکننده آن خودروهای دیزلی، خودروها و موتورسیکلت‌های کاربراتوری، و همچنین هجوم ریزگردها و وقوع پدیده گرد و غبار است. در این پژوهش، برای تحلیل لایه آلودگی هوا، از غلظت ذرات معلق، که دارای اثرهای بهداشتی بیشتری بوده، استفاده شده است. برای این کار از داده‌های شرکت کنترل کیفیت هوای تهران مربوط به سال ۱۳۹۶ و ۲۱ ایستگاه فعال شهر تهران استفاده شده است. برای یافتن مقدار آلودگی هوا برای مناطقی که ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا وجود ندارد از روش درون‌یابی معکوس فاصله (IDW) استفاده شده است. از روش IDW در بسیاری از مطالعات مربوط به آلودگی هوا و مطالعات آب‌وهواشناسی استفاده شده است (فکری و همکاران، ۲۰۱۸: ۲۹؛ عزی‌مند و کاکرودی، ۲۰۱۸: ۵۹۱). این روش برای درون‌یابی تعداد داده‌های معلوم محدود و مناطقی که توپوگرافی آن‌ها شدید نیست مناسب است (اسلویتز^۲، ۲۰۰۸: ۱۱). همچنین، این روش در مناطق شهری نسبت به سایر روش‌ها نتایج بهتری داشته است (آزپوروا و رامس^۳، ۲۰۱۰: ۱۴۰).

آلودگی صوتی

آلودگی صوتی در سال‌های اخیر به‌عنوان یکی از مسائل زیست‌محیطی مؤثر بر کیفیت زندگی ساکنان در مناطق شهری شناخته شده است (گرچار^۴ و همکاران، ۲۰۱۰: ۴۶۱۲). این نوع آلودگی صداهای ناخواسته را شامل می‌شود که دارای

1. Artis
2. Sluiter
3. Azpurua and Ramos
4. Gurjar

عوارضی است که در درازمدت بروز کرده و اغلب آن‌ها غیرقابل اصلاح و بازگشت است (هنشال و پاتیل^۱، ۲۰۱۲: ۱۳۳). در شهرهای بزرگ و کلان‌شهرها مهم‌ترین عوامل ایجادکننده آلودگی صوتی سیستم حمل‌ونقل شهری مثل سواری، اتوبوس، کامیون، و موتورسیکلت‌هاست. همچنین، کاربری‌های شهری و تراکم جمعیت نیز پارامترهایی هستند که می‌توانند در این مسئله تأثیرگذار باشند. نقشه آلودگی صوتی از ترکیب خطی وزن‌دهی‌شده، شبکه راه‌ها، و تراکم جمعیت به‌دست آمده است. به‌دلیل اهمیت بیشتر زیرمعیار معابر، براساس روش ترکیب خطی وزن‌دهی‌شده نسبت به تراکم جمعیت، نقشه آلودگی صوتی بیشتر متأثر از شبکه معابر بوده است.

آسیب‌پذیری ساختمان

آسیب‌پذیری ساختمان‌ها نیز از معیارهای مهمی است که در بررسی کیفیت محیط زیست شهری مؤثر است. برای ارزیابی آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری از پارسل‌های (واحد‌های) نقشه کاداستر منطقه ۶ تهران، که شامل ۲۹۰۵ پارسل دارای بناست، استفاده شده است. زیرمعیارهای مؤثر که برای ارزیابی آسیب‌پذیری به‌کار گرفته شده‌اند شامل تراکم ساختمانی، عرض معبر، مساحت ساختمان، قدمت ساختمان، مصالح ساختمان، تعداد طبقات ساختمان، و کیفیت ساختمان بوده است.

روش تحلیل سلسله‌مراتبی

فرایند تحلیل سلسله‌مراتبی^۲، که ساعتی آن را در سال ۱۹۸۰ میلادی بنا نهاده است (ساعتی، ۱۹۸۰)، یکی از جامع‌ترین سیستم‌های طراحی‌شده برای تصمیم‌گیری با معیارهای چندگانه است. روش تصمیم‌گیری چندمعیاره از مقایسه دوجه‌دوی معیارها استفاده می‌کند تا به درجه‌بندی اولویت‌های مربوط به گزینه‌های مختلف برسد (ساعتی^۳ و وارگاس، ۱۹۹۱). همه معیارها در ماتریس دوجه‌دو مبنای اولویت نسبی معیارهاست که نسبت به هم مقایسه می‌شوند. مقایسه زوجی باید با پرسش از تصمیم‌گیرنده انجام گیرد؛ بدین شکل که، باتوجه‌به هدف تصمیم، باید مقیاس ۱ تا ۹ به‌عنوان میزان اهمیت معیارها نسبت به یکدیگر تخصیص داده شود (بگدانویس و همکاران، ۲۰۱۲: ۲۲۱). بدین منظور، بیست متخصص پرسش‌نامه‌ها را بررسی کردند؛ پس از بررسی مجدد، پرسش‌نامه‌هایی که اختلاف زیادی با سایر پرسش‌نامه‌ها داشتند حذف شدند و از ۱۵ پرسش‌نامه برای تهیه وزن معیارها با استفاده از میانگین هندسی استفاده شد. در مرحله بعد، مقادیر اولویت‌بندی اختصاص‌داده‌شده برای تعیین رتبه‌بندی عوامل مربوط، که همان مرحله وزن‌دهی است، تلفیق و ترکیب می‌شوند. درنهایت، برای استحکام مقایسه زوجی چنانچه نتایج مقایسه دوجه‌دو بیشتر از ۰/۱ باشد، مقایسه باید دوباره انجام گیرد. نتایج مقایسه نشان داد میزان نرخ ناسازگاری مقایسه زوجی معیارها ۰/۰۴ بوده است. بنابراین، این مقایسه پذیرفتنی است. برای توضیحات کامل‌تر در رابطه با این روش، می‌توان به مقالات ساعتی و وارگاس (۱۹۹۱)، ساعتی (۲۰۰۴)، و واگنر^۴ (۲۰۰۲) مراجعه کرد.

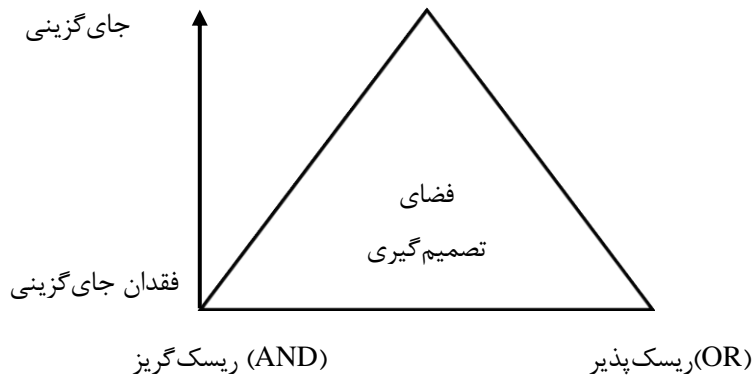
روش میانگین وزنی مرتب‌شده

روش میانگین وزنی مرتب‌شده^۵ یکی از روش‌های تصمیم‌گیری است که قابلیت در نظر گرفتن اولویت‌ها و ارزیابی ذهنی تصمیم‌گیرنده را داراست (مالچفسکی^۶، ۲۰۰۶). فرایند اتخاذ تصمیم نهایی در این روش براساس ریسک‌گریزی و ریسک‌پذیری تصمیم‌گیرنده است. در روش OWA، که در رابطه ۷ نشان داده شده است:

1. Hunashal and Patil
2. Analytical hierarchy process
3. Saaty and Vargas
4. Wagner
5. Ordered weighted averaging
6. Malczewski

$$OWA_j = \sum_{i=1}^n \left(\frac{u_i v_i}{\sum_{i=1}^n u_i v_i} \right) z_{ij} \quad (7)$$

u_i وزن معیار مرتب شده i (w_i) است، v_i المانی از وزن ترتیبی است، $V = [V_1, V_2, \dots, V_n]$ و $V_i \in [0, 1]$ و $Z_{1j} \geq Z_{2j} \geq \dots \geq Z_{nj}$ است. $v_{i=1} \sum (i = 1, n)$ که با مرتب سازی مجدد معیارها به دست آمده است و مقادیر آن X_{1j}, X_{2j}, X_{nj} است.



شکل ۳. فضای تصمیم گیری در روش OWA

شکل ۳ درجه ریسک پذیری موقعیت عملگر OWA را در بین روابط AND (مینیمم) و OR (ماکزیمم) نشان می دهد. این درجه بیانگر میزان تأکید تصمیم گیر بر روی مقادیر بهتر یا بدتر یک مجموعه از شاخص ها یا همان ریسک پذیری و ریسک گریزی تصمیم گیر است. درجه ORness به صورت رابطه ۸ تعریف می شود.

$$ORness = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (n-i) \cdot W_n, 0 \leq ORness \leq 1 \quad (8)$$

مقدار ریسک پذیری در بازه بین ۰ و ۱ قرار می گیرد (مالچفسکی، ۲۰۰۶: ۲۷۵). هرچقدر مقدار ORness بیشتر باشد میزان ریسک پذیری یا خوش بینی تصمیم گیر بیشتر خواهد بود و هرچقدر مقدار ORness کمتر باشد میزان بدبینی یا ریسک گریزی تصمیم گیر بیشتر خواهد بود. به طور کلی، یک عملگر OWA با $ORness > 0.5$ معرف یک تصمیم گیری ریسک پذیر و خوش بینانه، $ORness = 0.5$ معرف یک تصمیم گیری خنثی، و $ORness < 0.5$ معرف یک تصمیم گیری ریسک گریز و بدبینانه خواهد بود. شکل ۱ فضای تصمیم گیری روش OWA را نشان می دهد.

همان طور که در شکل ۱ نمایان است، هر چه رفتار عملگر OWA به عملگر OR نزدیک تر باشد مقدار درجه ریسک پذیری به یک نزدیک تر است. در حالی که هر چه رفتار این عملگر به عملگر AND نزدیک تر باشد مقدار درجه ریسک پذیری به صفر نزدیک تر است. عملگر تجمیعی OWA بر مجموعه وزن ها تمرکز دارد. به علت اینکه بیشتر تصمیم سازی ها بر مبنای GIS به مجموعه ای از وزن ها برای مرتبط سازی با معیارها نیاز دارد، اما این مسئله نادیده گرفته می شد. اصلاح وزن معیار جهت ایجاد وزن نسبی برای گنجاندن وزن معیار به عملگر OWA به شرح زیر پیشنهاد شده است (یاگر، ۱۹۹۶؛ جلودانی و مالچفسکی، ۲۰۱۵).

$$V_j = \left(\frac{\sum_{i=1}^j U_i}{\sum_{i=1}^n U_i} \right)^\alpha - \left(\frac{\sum_{i=1}^{j-1} U_i}{\sum_{i=1}^n U_i} \right)^\alpha \quad (9)$$

که در آن u_i وزن معیار i ام براساس مقدار مشخص شده معیار z_{ij} است (یاگر، ۱۹۹۶: ۵۲). بردارهای $W^* = (0, 0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0)^T$ و $W^* = (1, 0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0)^T$ به عنوان بردار عملگر OR

و $W_A = (\frac{1}{n}; \frac{1}{n}; \dots; \frac{1}{n})$ به عنوان بردار وزن عملگر میانگین ساده وزنی و رابطه ۱۰ است.

$$ORness(W_*) = 0, \quad ORness(W^*) = 1, \quad ORness(W_A) = 0.5 \quad (10)$$

روش ترکیبی AHP-OWA

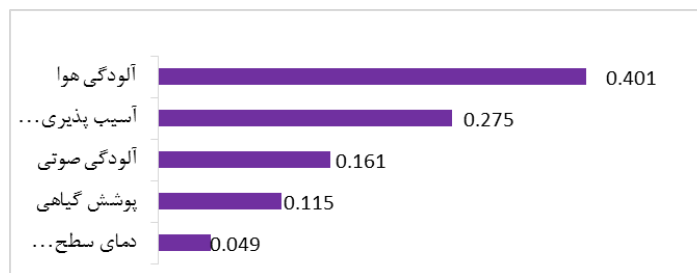
رویکرد AHP به کمک ساختاردهی مناسب مسئله و تجزیه آن به بخش‌های ساده‌تر و همچنین با وزن‌دهی معیارها می‌تواند به روش OWA کمک کند که فن خاصی برای وزن‌دهی معیارها ارائه نمی‌کند. از طرف دیگر، روش AHP به سبب سقف مقایسه‌های زوجی 7 ± 2 ، ظرفیت محدودی در پردازش اطلاعات دارد. بنابراین، در کار فعلی، با توجه به مزایا و کاستی‌های هر یک از روش‌های فوق، از رویکرد ترکیبی AHP-OWA برای وزن‌دهی و رتبه‌بندی استفاده شده است (شی^۱ و همکاران، ۲۰۰۷: ۸۰۱). ماهیت AHP-OWA به چند پارامتر بستگی دارد که با تغییر این پارامترها OWA می‌تواند مجموعه متنوعی از استراتژی‌ها و سناریوها را تولید کند. ماهیت ساختار این دو الگوریتم به گونه‌ای است که از ترکیب آن‌ها می‌توان برای ایجاد ابزار تصمیم‌گیری مکانی قدرتمند بهره برد (یاگر^۲، ۱۹۹۶: ۵۸). از طرف دیگر، عملگر OWA می‌تواند در بازه پیوسته‌ای که از کمیت سنج «همگی» تا کمیت سنج «حداقل یکی» حاصل می‌شود قرار گیرد. برای شناسایی محل عملگر OWA در این بازه می‌توان از دو مقدار درجه جای‌گزینی و درجه ریسک‌پذیری استفاده کرد (یاگر، ۱۹۹۶: ۵۹).

بحث و یافته‌ها

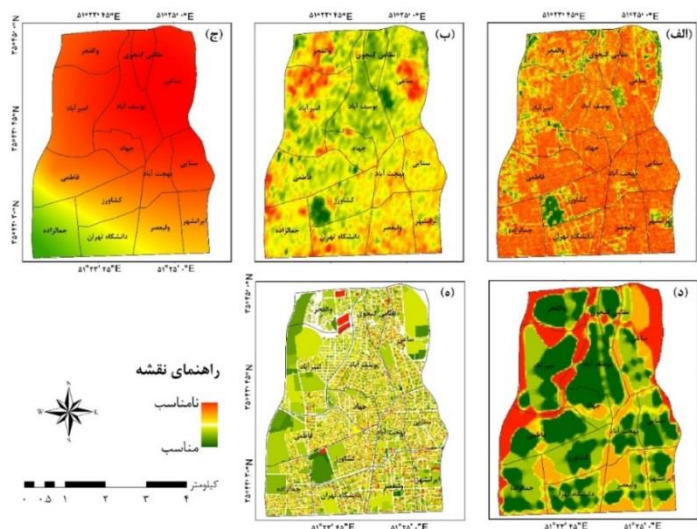
پس از تصحیح داده‌ها، با توجه به روش‌ها و الگوریتم‌های بیان شده، شاخص‌ها استخراج شد. پس از آنکه وزن معیارها با روش AHP محاسبه شد، هر کدام از وزن‌ها با استفاده از نرم‌افزار Arc GIS بر روی لایه‌ها اعمال شد. ضریب هریک از معیارها برای ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری در شکل ۴ نشان داده شده است. نتایج حاصل از شکل ۴ نشان‌دهنده این است که آلودگی هوا دارای بیشترین و دمای سطح زمین دارای کمترین اهمیت در ارزیابی کیفیت محیط زیست شهری در منطقه مورد مطالعه است. برای تهیه معیار آلودگی هوا در منطقه مورد مطالعه از اطلاعات آلودگی هوا و ذرات معلق استفاده شده است. در همین راستا، نقشه کیفیت هوای منطقه ۶ تهران از نظر آلاینده ذرات معلق به کمک ایستگاه‌های سنجش کیفیت هوا در شهر تهران تهیه شده است (شکل ۵-ج). براساس نتایج شاخص آلودگی هوا، منطقه ۶ آلودگی نسبتاً زیادی دارد و از نظر تغییرات مکانی آلودگی هوا روند جنوبی-شمالی را نشان می‌دهد؛ به طوری که محلات جنوبی کمترین آلودگی و محلات شمالی بیشترین آلودگی را دارد؛ این می‌تواند ناشی از عوامل طبیعی شامل موقعیت جغرافیایی، شرایط مورفولوژی یا ناشی از عوامل انسانی شامل ترافیک، وجود صنایع و کارخانه‌ها، و تراکم جمعیت بالا باشد. نقشه آسیب‌پذیری ساختمان از ترکیب نقشه‌های معیار کیفیت ساختمان، عرض معابر، قدمت ساختمان، مساحت ساختمان، تعداد طبقات، نوع مصالح، تراکم ساختمان، و تراکم جمعیت به دست آمده است (شکل ۵-ه). ساختمان‌هایی که میزان آسیب‌پذیری بالایی داشته‌اند از بافت فرسوده بالا، تمرکز شدید ساخت‌وساز، و کیفیت پایین برخوردار بوده‌اند. نوع مصالح و ارتفاع بلند ساختمان‌ها نیز عامل بسیار مهمی در افزایش آسیب‌پذیری بوده است. در مناطق ساخته شده، تغییرات مکانی نشان می‌دهد محلات جنوب شرق منطقه بیشترین میزان آسیب‌پذیری را به خود اختصاص داده که به علت وجود ساختمان‌های مرتفع با کیفیت پایین در این محلات است. همچنین، نتایج آسیب‌پذیری ساختمان نشان می‌دهد که تعداد ۱۲۲۰ واحد معادل ۴۲ درصد با آسیب‌پذیری کم و تعداد

1. Shih
2. Yager

۱۵۴۰ واحد معادل ۵۳ درصد با آسیب پذیری متوسط، و تعداد ۱۴۵ واحد معادل ۵ درصد دارای آسیب پذیری بالایی می باشند. آلودگی صوتی به دلیل تغییراتی که در طول روز دارد به صورت میانگین روزانه محاسبه می شود (شکل ۵-د). همان طور که مشاهده می شود، بیشترین میزان آلودگی صوتی مربوط به بزرگراه‌هاست و محلاتی که در فاصله کمتری از بزرگراه‌ها قرار دارند. محلات واقع در جنوب منطقه مورد مطالعه از شرایط مناسب تری برخوردارند؛ در حالی که در محلات واقع در بخش مرکزی و شمالی منطقه ۶ به دلیل وجود بزرگراه‌های شهید همت و رسالت، میانگین آلودگی صوتی بیش از حد متوسط است. به منظور نمایش توزیع مکانی معیار سبزی‌نگی در درون مرزهای محلات، از تحلیل آمار منطقه‌ای استفاده شده است. با توجه به تغییرات مکانی پوشش گیاهی، محلات بلوار کشاورز و ساعی و والفجر، به دلیل وجود پارک لاله و پارک ساعی و باغ‌های موجود، از معیار سبزی‌نگی بیشتری برخوردارند. محله سنایی، که بخش زیادی از بافت آن را ساختمان‌های اداری تشکیل می‌دهد تا مناطق مسکونی، دارای پارک و فضای سبز ناچیزی است. محله ونک (ساختمان‌های کوی نوبنیاد ونک) نیز به دلیل تراکم بیش از حد ساختمان‌ها از لحاظ معیار سبزی‌نگی در شرایط نامناسبی قرار دارد (شکل ۵-الف). دمای سطح زمین در طول سال بسیار متغیر است. توزیع مکانی درجه حرارت سطح زمین در منطقه ۶ نشان می‌دهد محدوده تغییرات درجه حرارت سطح زمین از ۲۶٫۶۴ تا ۳۹٫۸۹ درجه سانتی‌گراد است و از نظر مکانی محلات شمالی بالاترین میانگین دمای سطح زمین را دارد. البته، محله بلوار کشاورز، به دلیل وجود پوشش گیاهی، از لحاظ ارزش میانگین دمای سطح زمین در پایین‌ترین سطح قرار دارد (شکل ۵-ب).



شکل ۴. وزن نهایی هر یک از معیارها (مأخذ: نگارندگان)



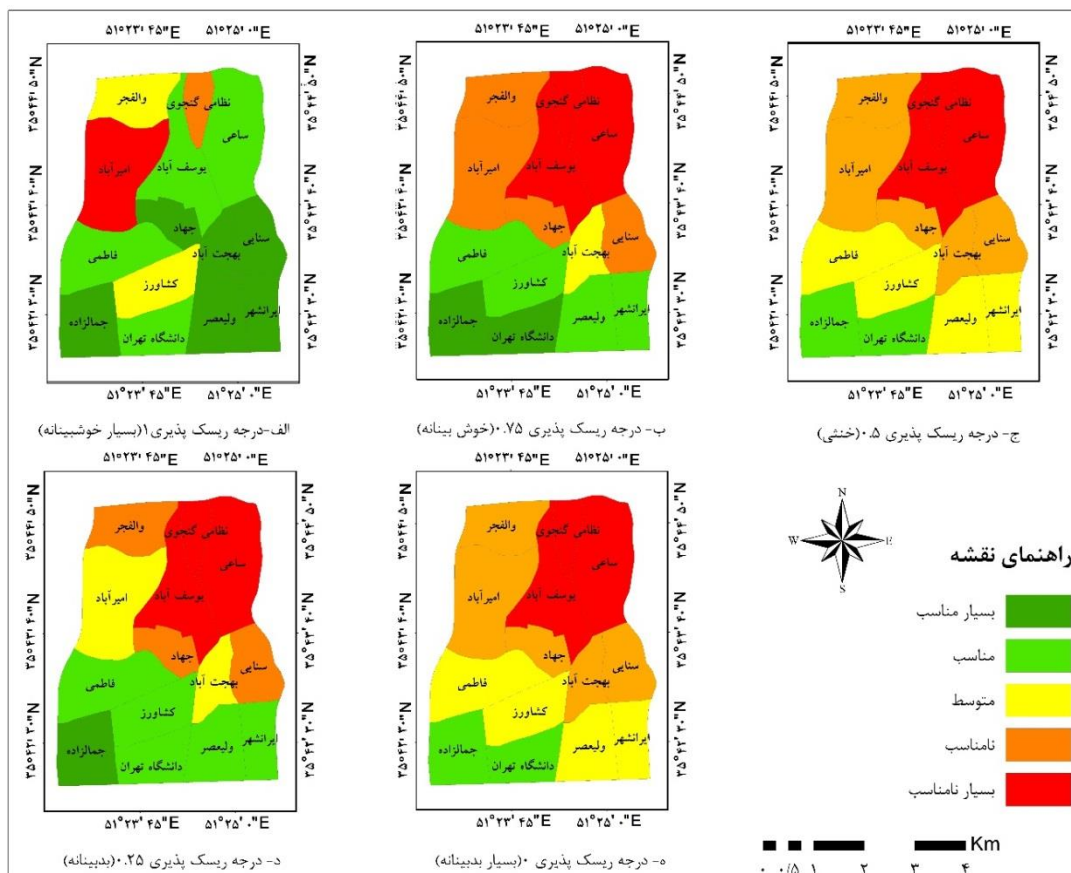
شکل ۵. نقشه‌های معیار کیفیت محیط زیست شهری؛ شکل (الف) پوشش گیاهی؛ شکل (ب) دمای سطح زمین؛ شکل (ج) آلودگی هوا؛ شکل (د) آلودگی صوتی؛ شکل (ه) آسیب پذیری ساختمان (مأخذ: نگارندگان)

نقشه نهایی بُعد زیست‌محیطی کیفیت زندگی

روش OWA با در نظر گرفتن وزن‌های ترتیبی برای هر موقعیت مکانی در چندین لایه معیار ترتیبی اتخاذ می‌کند که، علاوه بر وزن معیارها، این وزن ترتیبی هم در تعیین بهترین سناریوی مکانی شرکت کند. به منظور محاسبه مقادیر وزن‌های ترتیبی و همچنین مقدار آلفا در سناریوهای مختلف (جدول ۲)، محاسبات طبق معادله ۳ انجام شد. شکل ۶ (الف تا ه) نقشه‌های کیفیت زندگی شهری در پنج سناریوی مختلف را نشان می‌دهد که با در نظر گرفتن مقادیر مختلف ریسک‌پذیری حاصل شده است.

جدول ۲. انواع سناریوهای تصمیم‌گیری در روش OWA (مأخذ: مالچفسکی، ۲۰۰۶: ۲۷۳)

سناریوها	مقدار آلفا	درجه ریسک‌پذیری
بسیار خوش‌بینانه	۰	۱
خوش‌بینانه	۰/۳	۰/۷۵
خنثی	۱	۰/۵
بدبینانه	۳	۰/۲۵
بسیار بدبینانه	۱۰۰۰	۰



در سناریوی اول آلفا با مقدار $\alpha=0$ در نظر گرفته شده است. شکل ۶- الف، که مطابق جدول ۲ مربوط به حالت‌های بسیار خوش‌بینانه است، سناریوی بسیار خوش‌بینانه ریسک‌پذیری بالایی در تعیین کیفیت زیست‌محیطی زندگی شهری دارد. این رویکرد در واقع شبیه به عملگر همپوشانی بولین از نوع OR است. در شکل ۶- ب مقدار آلفا ۰٫۳ است و مربوط به سناریوی دوم است و حالت خوش‌بینانه در تصمیم‌گیری را مدنظر قرار می‌دهد. با استفاده از ArcGIS و ابزار بازه‌بندی به پنج رده- بسیار مناسب، مناسب، خنثی (بی‌طرف)، نامناسب، و بسیار نامناسب- تقسیم شده است. مطابق شکل ۶- ج در سناریوی سوم مقدار پارامتر آلفا برابر ۱ در نظر گرفته شده که طبق قواعد تصمیم‌گیری به آن سناریوی بی‌طرف می‌گویند. نتیجه عملگر OWA برای آلفای ۱ همان حالت ترکیب خطی وزن‌دار WLC را تولید می‌کند. شکل ۶- د و ه نقشه کیفیت حاصل از دو سناریوی تصمیم‌گیری مکانی با مقادیر $\alpha=3$ و $\alpha=1000$ را نشان می‌دهد. دو سناریو حالت‌های بدبینانه و بسیار بدبینانه را در تصمیم‌گیری اتخاذ می‌کنند. بنابراین، میزان ریسک‌پذیری در تصمیم‌گیری مکانی را کاهش می‌دهند. براساس نقشه نهایی که در سناریوهای مختلف انجام گرفته است، به‌طور نسبی کیفیت زیست‌محیطی زندگی شهری در جنوب غرب و شرق منطقه از وضعیت مناسب‌تری نسبت به مرکز و شمال شرق منطقه برخوردار است. نتایج در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد، ۷ درصد منطقه در وضعیت بسیار مناسب، ۲۹ درصد در وضعیت مناسب، ۱۷ درصد در وضعیت متوسط، ۲۲ درصد در وضعیت نامناسب، و ۲۴ درصد در وضعیت بسیار نامناسب قرار دارند. نتایج در سناریوهای مختلف نشان می‌دهد، ۷ درصد منطقه در وضعیت بسیار مناسب، ۲۹ درصد در وضعیت مناسب، ۱۷ درصد در وضعیت متوسط، ۲۲ درصد در وضعیت نامناسب، و ۲۴ درصد در وضعیت بسیار نامناسب قرار دارند. کیفیت محیط زیست زندگی شهری در سناریوهای طراحی شده در خوش‌بینانه‌ترین حالت بیانگر آن است که شش محله در گروه بسیار مناسب و یک محله در گروه بسیار نامناسب قرار گرفته است. همچنین، دو محله در گروه متوسط و پنج محله در گروه مناسب قرار دارند؛ درحالی‌که در بدبینانه‌ترین حالت هیچ محله‌ای در گروه بسیار مناسب قرار نگرفته و سه محله در گروه بسیار نامناسب قرار گرفته است. همچنین، پنج محله در گروه نامناسب، چهار محله در گروه متوسط، و فقط دو محله در گروه مناسب قرار دارند. این امر نشان‌دهنده این است که در مدل‌سازی کیفیت زندگی در این منطقه حتی اگر درجه ریسک‌پذیری در تصمیم‌گیری افزایش یابد یا به عبارتی بسیار خوش‌بینانه به بُعد زیست‌محیطی کیفیت زندگی نگاه شود، باز هم یک محله این منطقه یعنی محله امیرآباد دارای کیفیت زندگی بسیار نامناسب و یک محله یعنی محله نظامی گنجوی دارای کیفیت زندگی نامناسب است. روش OWA یک روش شبه‌ریاضی است و ویژگی بارز آن اعمال میزان ریسک‌پذیری و ریسک‌گریزی در اتخاذ تصمیم نهایی است. عملگر OWA دارای چهار خاصیت مهم است. این خصوصیات عبارت‌اند از: جابه‌جایی، یکنواختی، همتوانی، و کران‌دار بودن که بسیاری از عملگرهای تجمعی فاقد این خصوصیات‌اند. نتایج با استفاده از تغییر مشخصه α نشان می‌دهد که مقادیر وزن لایه‌های معیار در سناریوی آسیب‌پذیری متوسط $\alpha=1$ حاصل از روش OWA با مقادیر وزن حاصل از روش ترکیب خطی وزن‌دار لایه‌ها در روش AHP برابر است و با انتخاب سایر مقادیر برای α می‌توان عملگرهایی از قبیل OR، AND، و حد واسط آن‌ها را مدل‌سازی کرد. روش OWA، علاوه بر ترکیب لایه‌ها و تصمیم‌گیری مکانی، در حالت‌هایی مانند WLC یا عملگرهای بولین OR و AND توانایی وزن‌دهی در حالت‌های دیگر با ریسک‌پذیری و توازن را فراهم می‌کند.

نتیجه‌گیری

امروزه، کیفیت محیط زیست شهری یکی از مهم‌ترین مفاهیم برنامه‌ریزی شهری است که می‌تواند برای شناخت وضع موجود محیط‌های شهری مؤثر باشد تا راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت محیط زیست شهری ارائه شود. در این

پژوهش محیط به‌عنوان عنصری تأثیرگذار در سلامت، رفاه، و آسایش شهروندان در نظر گرفته شد و برای تحلیل بُعد زیست‌محیطی کیفیت زندگی شهری پنج معیار اصلی- شامل سبزی‌نگی، دمای سطح زمین، آلودگی هوا، آلودگی صوتی، و آسیب‌پذیری ساختمان‌های شهری- شناسایی شد. با همپوشانی شاخص‌های مذکور، از طریق روش تلفیقی AHP-OWA شاخص نهایی بُعد زیست‌محیطی کیفیت زندگی شهری به‌دست آمد. نتایج حاکی از این است که بخش‌های جنوب غرب و شرق منطقه نسبت به بخش‌های مرکز و شمال شرق منطقه مورد مطالعه از لحاظ کیفیت زندگی در وضعیت مناسب‌تری قرار دارند. عبور چهار بزرگراه حکیم، همت، چمران، و رسالت و حقانی نقش تعیین‌کننده‌ای در تغییرات شاخص‌های زیست‌محیطی منطقه دارند. توسعه بدون برنامه و گسترش ساخت‌وسازهای بی‌رویه تأثیر محیطی فراوانی در منطقه مورد مطالعه به دنبال داشته است. مهم‌ترین این آثار وضعیت بحرانی آلودگی هوا، پایین‌بودن پوشش گیاهی، بالا بودن دمای سطح زمین، آلودگی صوتی بالا، و رعایت‌نکردن اصول مهندسی در ساختمان‌هاست. شاخص‌های مطرح‌شده رابطه معناداری با یکدیگر دارند و تغییر جزئی در یک شاخص باعث تغییر در دیگر شاخص‌ها و در نتیجه تغییر در کیفیت محیط زیست شهری می‌شود. فقدان پوشش گیاهی مناسب در سطح شهر باعث تشدید آلودگی هوا و همچنین بالا رفتن دمای سطح زمین می‌شود. از طرفی، افزایش دمای سطح زمین خود تشدیدکننده آلودگی هواست. یکی از راه‌های کاهش حرارت، علاوه بر پوشش گیاهی، جای‌گزین کردن مواد با بازتاب بالا به جای سطوح نفوذناپذیر شهری (جذب بالا و بازتاب پایین) است. رنگ تیره سطوح نیز به جذب شدید انرژی خورشید و افزایش دما (ایجاد جزایر حرارتی) منجر می‌شود. بنابراین، استفاده از سطوح روشن (سطوح آینه‌ای) با جذب کمتر و بازتاب بیشتر در کاهش دمای محیط مؤثر خواهد بود. شاخص سبزی‌نگی یکی از کلیدی‌ترین شاخص‌ها در کیفیت محیط زیست شهری است. پوشش گیاهی و فضای سبز شهری به دلیل نقشی که در حفظ و تعادل محیط زیست شهری و تعدیل آلودگی هوا دارد بسیار بااهمیت است. بنابراین، افزایش تعداد پارک‌ها و سطح فضای سبز پیشنهاد می‌شود. باتوجه به اینکه فضای سبز شهری شرایط زیستی را با حذف آلودگی، کاهش سروصدا، و تنظیم دمای بدن بهبود می‌بخشد، در مناطق با تراکم و تمرکز بالای فعالیت که فضای زیادی برای ایجاد پارک و فضای سبز محلی نیست، ایجاد بام سبز یا باغ بام و یا نگهداری گیاهان در ساختمان‌ها پیشنهاد می‌شود. باتوجه به اینکه بیشتر آلودگی صوتی در این منطقه ناشی از شبکه راه‌ها و به تبع آن تردد موتورسیکلت‌ها و ماشین‌های سواری است، جای‌گزینی استفاده از خودروهای عمومی (که با استانداردهای جهانی ساخته شده‌اند) به جای خودروهای شخصی باید از طریق رسانه‌های عمومی فرهنگ‌سازی شود. همچنین، در ساخت‌وساز ساختمان‌های مرتفع به جریان باد غالب منطقه توجه شود تا حبس گرما و آلودگی هوا کمتر انجام بگیرد. توجه به نتایج نشان می‌دهد که در این منطقه آلودگی هوا اولین و مؤثرترین عامل در کاهش بُعد زیست‌محیطی کیفیت زندگی است. بنابراین، علاوه بر موارد ذکرشده، برنامه‌ریزی و اقدامات پیش‌گیرانه برای کاهش آلودگی هوا پیشنهاد می‌شود.

منابع

1. Artis, D.A. and Carnahan, W.H. (1982). Survey of emissivity variability in thermography of urban areas, *Remote Sensing of Environment*, 12(4): 313-329. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(82\)90043-8](https://doi.org/10.1016/0034-4257(82)90043-8).
2. Azpurua, M. and Ramos, K.D. (2010). A comparison of spatial interpolation methods for estimation of average electromagnetic field magnitude, *Progr. Electromagnet.* 135-145.
3. Bilal, M.; Nichol, J.E.; Bleiweiss, M.P. and Dubois, D. (2013). A Simplified high resolution MODIS Aerosol Retrieval Algorithm (SARA) for use over mixed surfaces, *Remote Sensing of Environment*, 136: 135-145.
4. Begdanovic, D. et all. (2012). Mining method selection by integrated AHP and PROMETHEE method, *Anais academ. brasil. Cien*, 84(1): 219-233.
5. Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city, *Landscape and Urban Planning*, 68(1): 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2003.08.003>
6. Chunyang, He; Bin, G.; Qingxu, H.; Qun, M. and Yinyin, D. (2017). Environmental degradation in the urban areas of China: Evidence from multi-source remote sensing data, *Remote Sensing of Environment*, 193: 65-75.
7. Echteld, M.A.; Van Elderen, T. and Van der Kamp, L.J.T. (2003). Modeling predictors of quality of life after coronary angioplasty, *Annals of Behavioral Medicine*, 26(1): 49-60.
8. El Din, H.S.; Shalaby, A.; Farouh, H.E. and Elariane, S.A. (2013). Principles of urban quality of life for a neighborhood, *Hbrc Journal*, 9(1): 86-92.
9. Ezimand, K. and Kakroodi, A.A. (2019). Prediction and spatio – Temporal analysis of ozone concentration in metropolitan area. *Ecological Indicators*, 103, 589–598 <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.059>
10. Fekri, R.; Rostami, Z. and Tahsini, H. (2018). Evaluation of the condition of air pollutants in mashhad city at different stations by using the inverse distance weighting method, *Anthropocen. Pollut. J.*, 2: 26-32.
11. Farhadi, S. and Taheri, S. (2009). Interconnections of Urban Green Spaces and Environmental Quality of Tehran, *International Journal of Environmental Research*, 3(2): 199-208.
12. Gurrām, 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*, 15(30): 16-29.
13. Guleid, A.; Gadain, H.M.; Muthusi, F.M. and Muchiri, P.W. (2007). *Improving flood forecasting and earlywarning in Somalia, feasibility study*, Nairobi, Kenya: FAO-SWALIM.
14. Gupta, K.; Kumar, P.; Pathan, S.K. and Sharma, K.P. (2012). Urban Neighborhood Green Index—A measure of green spaces in urban areas, *Landscape and Urban Planning*, 105(3): 325-335.
15. Gurjar, B.R.; Jain, A.; Sharma, A.; Agarwal, A.; Gupta, P.; Nagpure, A.S. and Lelieveld, J. (2010). Human health risks in megacities due to air pollution, *Atmospheric Environment*, 44(36): 4606-4613. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2010.08.011>
16. Hunashal, R.B. and Patil, Y.B. (2012). Assessment of Noise Pollution Indices in the City of Kolhapur, India, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 37: 448-457. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.310>
17. Istamto, T.; Houthuijs, D. and Lebret, E. (2014). Willingness to pay to avoid health risks from road-traffic-related air pollution and noise across five countries, *Science of the Total Environment*, 497: 420-429.
18. Jelokhani-Niaraki, M. and Malczewski, J. (2015). A group multicriteria spatial decision support system for parking site selection problem: A case study, *Land Use Policy*, 42: 492-508.

19. Joseph, M.; Wang, F. and Wang, L. (2014). GIS-based assessment of urban environmental quality in Port-au-Prince, Haiti, *Habitat International*, 41: 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.06.009>
20. Keles, R., 2012. The Quality of Life and the Environment, *Society and Behavioral Sciences*, V.35, pp.23-32
21. Krinitcyna, Z.V; Mikhailova, T. R.; German, M.V. (2016). Quality of life as the basis for achieving social welfare of the population. In *SHS Web of Conferences (Vol.28)*. EDP Sciences
22. Li, Z.W.; Zeng, G.M.; Zhang, H.; Yang, B. and Jiao, S. (2007). The integrated eco-environment assessment of the red soil hilly region based on GIS-A case study in Changsha City, China, *Ecological Modelling*, 202(3-4): 540-546. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.11.014>
23. Li, G. and Weng, Q. (2007). Measuring the quality of life in city of Indianapolis by integration of remote sensing and census data, *International Journal of Remote Sensing*, 28(2): 249-267.
24. Liu, Y.; Yue, W.; Fan, P.; Zhang, Zh. and Huang, J. (2017). Assessing the urban environmental quality of mountainous cities: A case study in Chongqing, China, *Ecological Indicator*, 81(132-145). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.048>
25. Malczewski, J. (2006). Ordered weighted averaging with fuzzy quantifiers: GIS-based multicriteria evaluation for land-use suitability analysis, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 8(4): 270-277. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2006.01.003>
26. Marans, R.W. (2015). Quality of urban life and environmental sustainability studies: Future linkage opportunities, *Habitat International*, 45(P1): 47-52. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2014.06.019>
27. Mahdi, M.A; Hosseine, A; Pourahmad, A; Hataminejad, H. (2016). Analysis of effective environmental factors an urban health, a case study of Qom, Iran. *Habitat International*, 55, 89-99
28. MHRC (2017). *Mercer Human Resource Consulting*, Quality of Living Global City Rankings Mercer Survey.
29. Musse, M.A.; Barona, A.D. and Rodriguez, S.M.L. (2018). Urban environmental quality assessment using remote sensing and census data, *Int J APPI Earth Obs Geoinformation*, 71: 95-108. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.05.010>
30. Mohit, M. A. (2014). Present Trend and Future Direction of Quality-of-Life. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 153, 655-665
31. Myrtho, J.; Fahui, W. and Lei, W. (2017). GIS-based assessment of urban environmental quality in Port-au-Prince, Haiti, *Habitat International*, 41, 33-40.
32. Nichol, J.E. and Wong, M.S. (2018). *Assessing Urban Environmental Quality with Multiple Parameters*, Urban remote sensing, 253.
33. Nichol, J. and Wong, M.S. (2005). Modeling urban environmental quality in a tropical city, *Landscape and urban planning*, 73(1): 49-58.
34. Rahman, M.R.; Shi, Z.H. and Chongfa, C. (2014). Assessing regional environmental quality by integrated use of remote sensing, GIS, and spatial multi-criteria evaluation for prioritization of environmental restoration, *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(11): 6993-7009. <https://doi.org/10.1007/s10661-014-3905-4>
35. Renard, K.G.; Foster, G.R.; Weesies, G.A.; McCool, D.K. and Yoder, D.C. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE), *Agriculture Handbook*, 703, Washington
36. Robinson, D.T.; Murray-Rust, D.; Rieser, V.; Milicic, V. and Rounsevell, M. (2012). Modelling the impacts of land system dynamics on human well-being: Using an agent-based approach to cope with data limitations in Koper, Slovenia. *Computers, Environment and Urban Systems*, 36(2): 164-176. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2011.10.002>

37. Saaty, T.L. (2004) Decision making the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP) ,*Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13 (1) (2004). pp. 1–35
38. Saaty, T.L. and Vargas, L.G. (1991). *Prediction, Projection and Forecasting*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp 251.
39. Streimikiene, D. (2015). Environment indicator for the assessment of quality of life. *Intellectual Economic*. 9(1), 67-79
40. Shih, H.S.; Shyur, H.J. and Lee, E.S. (2007). An extension of TOPSIS for group decision making, *Mathematical and Computer Modelling*, 45(7-8): 801-813. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2006.03.023>
41. Sluiter, R. (2008). *Interpolation Methods For Climate Data*, Literature Review. Knmi., R & D Information And Observation Technology, De Bilt (1-29).
42. Sotoudeheian, S. and Arhami, M. (2014). Estimating ground-level PM10 using satellite remote sensing and ground-based meteorological measurements over Tehran, *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 12(1): 122. doi:10.1186/s40201-014-0122-6
43. Theofilou, P. (2013). Quality of life: definition and measurement Europe *Journal Psychology*, 9(1), 62-150
44. USGS (2013). Using the USGS Landsat 8 Product, Available online: <http://landsat.usgs.gov/Landsat8UsingProduct.php> (accessed: 19 December 2014).
45. Van Kamp, I.; Leidelmeijer, K.; Marsman, G. and De Hollander, A. (2003). Urban environmental quality and human well-being, *Landscape and Urban Planning*, 65(1-2): 5-18. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00232-3](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00232-3)
46. Wagner, E.D. (2002). Public key infrastructure (PKI) and virtual private network (VPN) compared using utility function and the analytic hierarchy process (AHP). M.Sc.
47. Weng, Q. (2009). Thermal infrared remote sensing for urban climate and environmental studies: Methods, applications, and trends, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(4): 335-344.
48. Yager, R.R. (1996). Quantifier guided aggregation using OWA operators. *International Journal of Intelligent Systems*, 11(1): 49-73. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-111X\(199601\)11:1<49: AID-INT3>3.3.CO;2-L](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-111X(199601)11:1<49: AID-INT3>3.3.CO;2-L)
49. Yong, L.; Wenzhe, Y.; Peilei, F.; Zhengtao, Z. and Jingnan, H. (2017). Assessing the urban environmental quality of mountainous cities: A case study in Chongqing, China, *Ecological Indicators*, 81: 132-145.