پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دورهٔ ۵۱، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸
ص. ۱۲۷-۱۱۱
DOI: 10.22059/jhgr.2019.229132.1007417

ارزیابی و سنجش فضایی محیط‌زیست شهری با رویکرد شهر سبز (مطالعهٔ موردی: کلان‌شهر تهران)

مرتضی شعبانی- دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تربیت‌مدرس
سید علی علوی* - استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تربیت‌مدرس
ابوالفضل مشکینی- استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه تربیت‌مدرس
عبدالرسول سلمان ماهینی- دانشیار گروه محیط‌زیست دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۲/۱۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۳/۱۰

چکیده

برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در شهر سبز برمبنای مدیریت اکولوژیکی است که با تطبیق شاخص‌های زیست‌محیطی به‌دنبال پایداری اکولوژیکی و به‌تبع آن توسعهٔ پایدار شهری است. تهران از جمله شهرهایی است که در دهه‌های اخیر به‌دلیل تمرکز شدید، ازدحام ترافیک، آلودگی هوا و افزایش منابع آلوده‌کنندهٔ محیط‌زیست، فشار اکولوژیکی گسترده‌ای بر طبیعت وارد کرده است. در پژوهش توصیفی-تحلیلی حاضر با هدف شناسایی شاخص‌های شهر سبز، به ارزیابی و مقایسهٔ وضعیت زیست‌محیطی شهر تهران پرداخته شد. جامعهٔ آماری شهرهای آسیایی و مناطق ۲۲گانهٔ تهران است. وضعیت هریک از شاخص‌ها نیز به تفکیک مناطق از منابع کتابخانه‌ای و مراجعات سازمانی جمع‌آوری شده است. روش این پژوهش در دو گام اصلی طراحی و تدوین شده است. در ابتدا برای تعیین و شناخت میزان سبزبودن شهر تهران، با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای فازی و مدل رتبه‌بندی ویکور، جایگاه این شهر در میان شهرهای آسیایی تعیین و اولویت‌بندی شد. سپس با استناد به اوزان اختصاصی شاخص‌ها و مدل ویکور، رتبه‌بندی هریک از مناطق ۲۲ گانهٔ شهر تهران صورت گرفت تا اهمیت هریک از آن‌ها در وضعیت کنونی شهر تهران مشخص شود. براساس نتایج، شهر تهران با قرارگیری در رتبهٔ پانزدهم شهرهای آسیایی از منظر شهر سبز، وضعیت نسبتاً نامطلوبی دارد. همچنین بررسی وضعیت زیست‌محیطی با رویکرد شهر سبز در میان مناطق تهران نشان می‌دهد مناطق ۱، ۴ و ۸ در بهترین وضعیت و مناطق ۱۰، ۱۱ و ۱۲ در بدترین وضعیت قرار دارند.

واژه‌های کلیدی: تهران، شهر سبز، فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی، محیط‌زیست شهری، ویکور.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۲۸۰۸۷۴۱
Email: a.alavi@modares.ac.ir

مقدمه

براساس تفکر امروز توسعهٔ شهری، شهرها باید تا حد ممکن با محیط طبیعی سازگار باشند و تعادل چرخهٔ طبیعی حیات را حفظ کنند. به عبارت دیگر، باید به‌سوی پایداری گام بردارند و به توسعهٔ پایدار شهر توجه کنند. امروزه رشد سریع جمعیت شهری، جهانی‌شدن شهرها و بحران‌های ناشی از گسترش آن سبب شده است تا چالش تبدیل محیط شهری به محیطی پایدارتر در صدر نگرانی‌های طراحان، برنامه‌ریزان و دولت‌ها قرار بگیرد (راپاپورت و ورانی، ۲۰۱۱). آلودگی آب و هوا، مهاجرپذیری، ازدحام جمعیت، وضعیت نامطلوب مدیریت فاضلاب، آلایندگی صنایع، افزایش گرمای زمین، تغییر آب و هوا، ترافیک و آلودگی صوتی، تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای و مصرف بی‌رویهٔ سوخت و انرژی و... از جمله چالش‌ها و زیان‌های زیست‌محیطی هستند که کلان‌شهرهای دنیا با آن‌ها مواجه شده‌اند. در چنین شرایطی به‌نظر می‌رسد مهم‌ترین راهکار شهرهای درگیر آلودگی زیست‌محیطی، بهبود خدمات در مدیریت پسماندها، کنترل و مصرف بهینهٔ انرژی، مدیریت و برنامه‌ریزی منطبق با ارتقای شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی و توسعهٔ پایدار شهری است (ملکی، ۱۳۹۰: ۱۷۵). تأکید گسترده بر دیدگاه مدلی توسعهٔ پایدار شهری بر حفظ محیط‌زیست، علاوه‌بر کاهش مصرف زمین، کاهش آلودگی‌ها، تمرکززدایی، کاربرد انرژی‌های جایگزین، بازیافت زباله، دسترسی بهتر و... سبب ایجاد الگوهای جدید شهرسازی مانند نوشهرگرایی، شهر هوشمند، شهر سالم، شهر اکولوژیک، شهر سبز و... به‌منظور ایجاد محیط‌زیست مطلوب و قابل‌سکونت در زمان حال و آینده شده است (دماوندی، ۱۳۹۴: ۱۴). ایدهٔ شهر سبز از اواخر قرن بیستم به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های شهرسازی در جهت کاهش معضلات زیست‌محیطی شهرهای رایج و به‌منظور تحقق توسعهٔ پایدار شهری به‌وجود آمد (نیومن، ۲۰۱۰: ۱۵۰). رویکرد برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در شهر سبز، بر مبنای مدیریت اکولوژیکی است و شهر مانند اکوسیستمی درنظر گرفته می‌شود که با تطبیق شاخص‌های زیست‌محیطی با خود، به‌دنبال پایداری اکولوژیکی است. شهر سبز شهری است که در آن دستاوردها در توسعهٔ اجتماعی، اقتصادی و فیزیکی به حد اعلی وجود دارد. درنتیجه با اجرای این طرح توسعهٔ پایدار به‌وجود می‌آید. کلان‌شهر تهران از جمله شهرهایی است که به‌واسطهٔ مرکزیت سیاسی، اقتصادی و فرهنگی، زمینه‌های تمرکز گستردهٔ جمعیت و فعالیت را فراهم کرده و درنتیجه فشار اکولوژیکی گسترده‌ای را بر دوش طبیعت وارد کرده است؛ فشاری که بیشتر از ظرفیت تحمل محیطی آن است. البته پیامدهای آن نیز به مرزهای این مقوله محدود نیست و بسیار فراتر از آن است.

مشخصات زیست‌محیطی تهران عبارت است از: مصرف انرژی حدود ۴ برابر متوسط جهانی، بیش از ۱۰۰ روز کیفیت هوای ناسالم در سال، پوشش ۳۰ درصدی تصفیهٔ فاضلاب، دسترسی ۵۴ درصدی جمعیت به شبکهٔ فاضلاب، تولید سالانهٔ ۲/۵ میلیون تن پسماند، سهم ۶۰ درصدی تعداد سفرهای حمل‌ونقل عمومی روزانهٔ درون‌شهری و سرانهٔ فضای سبز ۱۵/۶ مترمربعی. باید توجه داشت که یکی از نمادهای توسعهٔ شهری پایدار، رعایت شاخص‌های شهر سبز است که در آن تا حد ممکن معیارها و ضوابط توسعهٔ پایدار رعایت شده است. آمارهای ذکرشدهٔ شهر تهران، چالش زیست‌محیطی این شهر است، اما پایداری شهر در آینده را نشان نمی‌دهد.

با توجه به آنچه بیان شد و قرارگیری شهر تهران در موقعیت بحرانی آلودگی هوا، تمرکز شدید، رشد جمعیت و افزایش بی‌رویهٔ منابع آلوده‌کنندهٔ محیط‌زیست، بررسی جایگاه و شناخت وضعیت شهر تهران براساس شاخص‌های شهر سبز می‌تواند راهکاری مناسب برای برنامه‌ریزی، دستیابی به پایداری زیست‌محیطی، اکولوژیکی و درنهایت توسعهٔ پایدار شهری در آینده باشد. این پژوهش بر آن است تا با مطالعهٔ وضعیت شهر تهران از منظر شهر سبز به بررسی پرسش‌های زیر بپردازد:

- مهم‌ترین شاخص‌های شهر سبز چیست و تأثیر هریک از شاخص‌ها در شهر تهران به چه میزان است؟
- شهر تهران براساس شاخص‌های شهر سبز در چه جایگاه و وضعیتی قرار دارد؟

- اولویت‌بندی مناطق شهر تهران براساس شاخص‌های شهر سبز چگونه است؟

مبانی نظری

در اواسط سال ۱۹۷۰ و پس از بحران نفتی، سازمان غیرانتفاعی اکولوژی شهری برکلی آمریکا به‌منظور آشکارکردن اهمیت ساختار شهر فشرده و دیگر نگرش‌های برنامه‌ریزی شهری، در راستای صرفه‌جویی انرژی و منابع تأسیس شد و واژهٔ شهر اکولوژیکی را برای برجسته‌کردن پایداری توسعهٔ شهری ابداع کرد (قربانی، ۱۳۹۳: ۹۲). به‌دنبال توسعهٔ مفهوم شهر اکولوژیک، مفاهیمی مانند شهر فشرده، شهر هوشمند، شهر سبز، بام‌های سبز، شهر با کربن پایین، محله‌ها و ساختمان‌های اکولوژیک در ادبیات برنامه‌ریزی شهری رواج یافت. به عبارت دیگر می‌توان گفت سیر تحول مفهوم شهر اکولوژیک از نقطهٔ آغاز آن، ایدهٔ سازگاری با طبیعت را از مقیاس کلان برنامه‌ریزی (نظریهٔ زیست منطقهٔ پاتریک گدس) به کوچک‌ترین واحد شهری (ایدهٔ ساختمان با کربن صفر) تسری داد (دماوندی، ۱۳۹۴: ۳۵). ویژگی متمایز برنامه‌ریزی و طراحی شهری در هزارهٔ سوم میلادی، برنامه‌ریزی بر مبنای همگامی با طبیعت و رعایت اصول توسعهٔ پایدار در تمام فعالیت‌های مربوط به مسائل شهری است. یکی از نمادهای توسعهٔ شهری پایدار، رعایت شاخص‌های شهر سبز است که در آن تا حد ممکن معیارها و ضوابط توسعهٔ پایدار رعایت شده است. رعایت این اصول، سبب صرفه‌جویی در تولید و کاهش مواد زائد شهری، استفادهٔ مجدد و بازیافت آن‌ها، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، اولویت الگوهای حمل‌ونقل عمومی، پیاده و دوچرخه در برنامه‌ریزی، بهره‌گیری از انرژی خورشیدی در طراحی، بازیافت فاضلاب و کاهش آلودگی‌های مختلف زیست‌محیطی خواهد شد (رزاقیان و دیگران، ۱۳۹۱: ۱۵۶). ایدهٔ شهرهای سبز از اواخر قرن بیستم به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های شهرسازی برای کاهش معضلات زیست‌محیطی شهرهای رایج و به‌منظور تحقق توسعهٔ پایدار شهری به‌وجود آمد. شایان ذکر است که رویکرد شهر سبز در توسعهٔ شهرها، سبب تشویق توسعهٔ فضاهای شهری می‌شود که در آن هم منافع ساکنان و هم محیط طبیعی حفظ خواهد شد. از دیدگاه لمان (۲۰۱۲) هدف رویکرد شهر سبز در شهرها این است که به‌کمک برنامه‌ریزی یکپارچه و سرمایه‌گذاری، محیط شهری با مشخصاتی به شرح زیر همراه باشد: پاسخی مناسب برای آب و هوا، موقعیت، زمینه و بهینه‌سازی دارایی‌های طبیعی (مانند نور خورشید و جریان بادها)؛ محیطی آرام، تمیز و مؤثر با محیط‌زیست سالم، ازبین‌برنده یا کاهش‌دهندهٔ توزیع و انتشار دی‌اکسیدکربن، تهیهٔ انرژی از طریق منابع انرژی تجدیدپذیر، کاهش و مدیریت زباله با استفادهٔ مجدد، بازسازی و کمپوست.

می‌توان شهر سبز را راهکاری دانست که به‌کمک شیوه‌ای سازگار با محیط‌زیست، اقتصاد پایدار و اجتماعی مسئولانه، مناطق و نواحی را به‌سوی توسعه سوق دهد. این رویکرد تحت قالب اقتصاد، محیط‌زیست و برابری (3E)[1] در بانک توسعهٔ آسیا (ABN)[2] کاربرد دارد. اگرچه هیچ تعریف یکنواختی از شهر سبز وجود ندارد، چند زمینه و موضوع می‌تواند به تعریفی دقیق و رویکرد آن کمک کند؛ از قبیل بهره‌وری انرژی، کاهش اتکا به منابع انرژی تجدیدناپذیر، سیستم‌های حمل‌ونقل پایدار و کم‌کربن، زیرساخت‌های سبز و انعطاف‌پذیر، مدیریت و کاهش زباله، افزایش فضای سبز، مدیریت چرخهٔ آب و برنامه‌ریزی یکپارچه (گزارش بانک توسعهٔ آسیا، ۲۰۱۰: ۵). رویکرد مبتنی بر سیستم علاوه‌بر شناسایی ارتباط متقابل بخش‌ها و اهمیت توالی آن‌ها، سطوح، درجهٔ سبزبودن شهرها و نرخ رسیدن به تکامل و توسعهٔ آن‌ها را تشخیص می‌دهد. در شکل ۱، چارچوب مفهومی از چگونگی پروسهٔ انتقال شهرها (پایه، اکوسیتی و پس از آن کربن مثبت) به سطوح مختلف سبز آمده است که پایه‌ای برای پیشرفت و اجرا در شهرها فراهم خواهد کرد. باید توجه داشت که این چارچوب استوار نیست و حتی اجرای آن ممکن است به توسعهٔ شهرها در هریک از بخش‌های پایه‌ای، سازگاری با محیط‌زیست و کربن مثبت منجر شود.

1. Economy, Environment and Equity
2. Asian Development Bank

شکل ۱. مراحل رشد شهر سبز

شهر سبز، شهری است که با بهره‌وری انرژی، کاهش و بازیافت زباله، حفاظت از فضاهای باز، کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای، کاهش آلودگی آب و هوا و حمل‌ونقل مؤثر و کارآمد برای ساکنان خود، علاوه‌بر کیفیت بالای زندگی، سلامتی، آسایش و آرامش را به ارمغان می‌آورد (بیتلی، ۲۰۰۰). به عبارت دیگر، این شهر به‌عنوان مقوله‌ای برای کاهش آثار زیست‌محیطی شهر به‌کمک کاهش ضایعات، گسترش بازیافت، کاهش تولید گازهای گلخانه‌ای، افزایش تراکم مسکن در عین گسترش فضای باز و تشویق توسعهٔ کسب‌وکار پایدار محلی تعریف می‌شود (غراب و شلبی، ۲۰۱۶: ۴۹۷). رویکرد شهر سبز در توسعهٔ شهرها، سبب ترغیب و تشویق توسعهٔ فضاهای شهری می‌شود که در آن هم منافع ساکنان و هم محیط طبیعی حفظ خواهد شد.

شهر سبز شهری دوستدار و سازگار با محیط‌زیست است که با تعیین شاخص‌های اندازه‌گیری، به ارزیابی و بررسی عملکرد زیست‌محیطی شهر شامل سطح آلودگی و انتشار کربن، انرژی و آب مصرفی، کیفیت آب، ترکیب انرژی، حجم زباله، نرخ بازیافت، نسبت فضای سبز و... می‌پردازد (بروگمن، ۱۹۹۷)؛ بنابراین رویکرد شهر سبز ممکن است بخش ضروری و جامع‌نگر راهبردهای شهری باشد که سبب پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی شود. «شهر بوم–محور» یا «شهر سبز» ایده‌ای جدید به‌شمار می‌آید که با محوریت پاسخ به دغدغه‌های پیش‌گفته مطرح شده است. همچنین شهری دوستدار محیط‌زیست و سازگار با ایدهٔ توسعهٔ اقتصادی پایدار است که می‌تواند برای ساکنان خود رفاه، آسایش و امنیت به‌همراه داشته باشد.

پیشینهٔ پژوهش و تجارب عملی شهرهای دنیا

کان (۲۰۰۷) راه‌های اندازه‌گیری کیفیت محیط‌زیست شهری، رشد درآمد و حکمروایی سبز، هزینه‌های زیست‌محیطی در پراکنده‌رویی شهرها و دستیابی به شهر پایدار را بیان کرده است. لیندفیلد و همکاران (۲۰۱۲) نیز به مفاهیمی از قبیل توسعهٔ فضایی و فناوری برای شهرهای سبز، مواد زائد شهر، راهبرد انرژی، حمل‌ونقل شهر سبز، تأمین آب، مدیریت ضایعات، تأمین مالی شهرهای پایدار و مفاهیم هوشمند برای شهرهای سبز پرداختند.

سیمرماتا و همکاران (۲۰۱۲) به اجرای مفهوم شهر سبز در شهرهای ثانویه و چالشی برای فرایند برنامه‌ریزی فضایی در شهرهای اندونزی پرداختند و تجارب عملی شهرهای دنیا را در فرایند برنامه‌ریزی و توسعهٔ شهرهای بدون کربن پیشنهاد دادند. با وجود این، در دنیا رقابتی بر سر این موضوع وجود دارد که چه شهری سبزتر است. درحقیقت شرایط فعلی جهان می‌طلبد بیشتر کشورها به فکر سبزشدن باشند. هنگامی که تغییرات آب و هوایی به چالشی‌ترین مسئلهٔ امروز دنیا تبدیل شده است، باید شهرهای جهان، به‌ویژه شهرهای پیشرفته هرچه بیشتر با مسائل زیست‌محیطی سازگاری یابند. در این پژوهش تجارب عملی شهرهای دنیا در زمینهٔ سبزترین شهر دنیا در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. عملکرد و تجربه‌های شهرهای برتر دنیا در دستیابی به شهر سبز

شهر	عملکرد
ونکوور کانادا	در سال ۲۰۱۲، شهر ونکوور کانادا برنامهٔ آینده خود را برای تبدیل‌شدن به سبزترین شهر جهان تا سال ۲۰۲۰ اعلام کرد. اهداف این برنامه عبارت بودند از: اقتصاد سبز، مدیریت آب و هوایی، ساختمان‌های سبز، حمل‌ونقل سبز، زبالهٔ صفر، کاهش ردپای اکولوژیک، آب‌وهوای پاک، محصولات غذایی محلی و دسترسی به طبیعت. برای دستیابی به این اهداف، از شاخص‌هایی مانند شغل سبز، وابستگی به سوخت‌های فسیلی، تولید و انتشار گازهای گلخانه‌ای، طراحی و ساخت ساختمان سبز، حمل‌ونقل سبز (مسیرهای پیاده‌روی، دوچرخه‌سواری و حمل‌ونقل عمومی)، مدیریت و بازیافت زباله، دسترسی به فضای سبز و طبیعت، بررسی ردپای اکولوژیک، منابع آبی و هوای پاک
کپنهاگ دانمارک	شاید به دلیل رؤیای صفربودن میزان کربن در سال ۲۰۲۵ است که کپنهاگ یکی از شهرهای مهم محسوب می‌شود. رؤیای این شهر، رسیدن به فناوری سبز را تسریع می‌کند. دانمارک پیشینه‌ای صدساله در طراحی شهری دارد؛ به‌طوری‌که در سال ۱۹۲۵ اولین طرح شهری در آن اجرا شد. کپنهاگ بسیاری از کمپانی‌های نوآوری‌کننده را به‌سوی خود جذب کرده است. دانمارک نیز یکی از نخستین کشورهای دنیاست که به‌کارگیری قوانین محیط‌زیست و اجرای آن، از اولویت‌های برنامه‌ریزی شهری در این مکان محسوب می‌شود. این شهر دارندهٔ یکی از بزرگ‌ترین نیروگاه‌های بادی نزدیک به ساحل است که بیش از ۱ میلیون و ۳۰۰ هزار نفر از سکنهٔ آن برای رفت‌وآمد از دوچرخه استفاده می‌کنند. پشت‌بام‌های سبز یکی از ویژگی‌های بارز این شهر است که به محافظت و ایزوله‌شدن ساختمان‌ها کمک می‌کند و سبب می‌شود آب با سرعتی پایین‌تر جذب شود و فشار کمتری به سیستم فاضلاب وارد شود. قرار است کپنهاگ نخستین پایتخت در سال ۲۰۲۵ باشد که از انتشار گاز کربن پاک شود.
یوکوهامای ژاپن	در سال ۲۰۰۸ یوکوهاما به‌عنوان یکی از ۶ شهر مدل محیط‌زیستی ژاپن برگزیده شد. مقامات شهر اهدافی را طراحی کردند که در آن کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای به میزان ۳۰ درصد تا سال ۲۰۲۵ و ۶۰ درصد تا سال ۲۰۵۰ مدنظر قرار گرفت. همچنین کاهش پسماندها و زائدات به‌عنوان اولویت کلیدی در محیط‌زیست شهری، جزء اهداف طراحی‌شده مقرر شد. سال ۲۰۰۳ اجرای برنامهٔ 30G در یوکوهاما آغاز شد که هدف آن کاهش ۳۰ درصدی ضایعات و پسماندها بود. براین‌اساس، به‌کمک بهره‌وری و مصرف بهینهٔ انرژی در مکان‌های عمومی و تشویق ساکنان و واحدهای تجاری به سازگاری با شیوهٔ زندگی صرفه‌جویانه، انتشار گازهای گلخانه‌ای کاهش یافت. این هدف در سال ۲۰۰۵ (۵ سال زودتر از موعد) محقق شد و بلافاصله اهداف جدیدی از جمله اتمام عملیات ساخت دو نیروگاه زباله‌سوز مدنظر قرار گرفت. در یوکوهاما، انرژی‌های سبز به‌کار گرفته شد و مردم به استفاده از انرژی‌های پاک و دورشدن از سوخت‌های فسیلی تشویق شدند.
مصدر امارات	شهر «مصدر» اولین شهر پاکیزهٔ دنیا و کاملاً سازگار با محیط‌زیست است که «شهر پایدار، بدون کربن و بدون آلودگی» نام دارد. طرح جامع اصلی این شهر در سال ۲۰۰۷ به بهره‌برداری رسید و سبب شد تا تصویر اولین خودکفایی، کربن صفر (شهر بدون کربن)، زبالهٔ صفر (شهر بدون زباله و آلودگی) و شهری از یک بیابان در حال پیشرفت، توجه جهانیان را به خود جلب کند. این شهر در ۱۷ کیلومتری ابوظبی قرار دارد و به ۴ بخش مسکونی، تجاری، دفاتر دارای فناوری پیشرفته و مرکز پژوهش و توسعه (سازمان‌هایی در زمینهٔ فناوری پاک و انرژی‌های زیست پایدار) و مؤسسه علم و فناوری تقسیم شده است. در آینده‌ای نه‌چندان دور، حدود ۴۰ هزار نفر در این شهر شش میلیون مترمربعی ساکن می‌شوند. همچنین مقرر شده است تا انرژی‌های تجدیدپذیر تنها منبع انرژی‌های مصرفی این شهر باشد و به‌جای خودروهای معمولی از محفظه‌های خودکار حمل‌ونقل استفاده شود. هدررفت آب و آب مصرفی نیز به حداقل ممکن برسد. مهم‌ترین فاکتورهای این شهر، تولید، توزیع و دسترسی به انرژی‌های تجدیدپذیر، حمل‌ونقل سبز، ساختمان سبز، آب سالم، بازیافت کامل، فناوری اطلاعات و ارتباطات هوشمند است. شهر مصدر از پیشروان توسعهٔ پایدار با شعار شهر بدون کربن و زباله است.

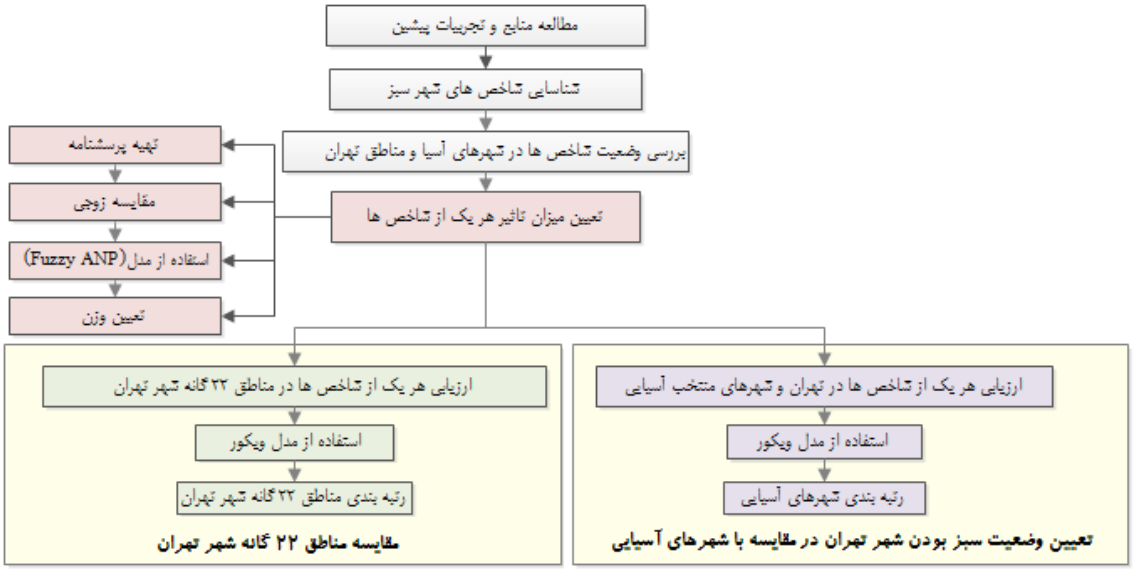
روش پژوهش

هدف این پژوهش بررسی جایگاه زیست‌محیطی شهر تهران به‌کمک شاخص‌های شهر سبز است. روش آن نیز در دو گام اصلی طراحی و تدوین شده است. در گام نخست، پس از تعیین و شناسایی شاخص‌های شهر سبز، به‌کمک مدل تصمیم‌گیری چندمعیارهٔ فازی و سنجش میزان تأثیر (وزن) هریک از شاخص‌ها، جایگاه شهر تهران در میان شهرهای آسیایی تعیین و اولویت‌بندی شد. در گام دوم، پس از شناخت میزان سبزبودن شهر تهران و به استناد وزن بدست آمده هر شاخص در گام اول، با به‌کارگیری مدل رتبه‌بندی ویکور، رتبه‌بندی و اولویت‌بندی هریک از مناطق ۲۲گانهٔ شهر تهران صورت گرفت تا اهمیت هریک از آن‌ها در وضعیت کنونی شهر تهران مشخص شود (شکل ۲).

پژوهش حاضر کاربردی و توصیفی–تحلیلی، و مبتنی بر منابع کتابخانه‌ای، اسنادی، الکترونیکی، بررسی‌ها و مشاهدات میدانی است. کلان‌شهر تهران و تمام مناطق ۲۲گانهٔ آن، جامعهٔ آماری و تعداد نمونه‌های این پژوهش به‌شمار می‌آیند. کارشناسان، متخصصان برنامه‌ریزی شهری، مدیریت زیست‌محیطی و... در معرفی جامعهٔ آماری پژوهش، نقشی مهم داشتند. با تهیهٔ پرسشنامه و توزیع میان افراد مورد نظر، دیدگاه‌های آن‌ها از نظر آماری تجزیه و تحلیل شد.

شاخص‌های پژوهش

در این پژوهش، ابتدا مطالعات کتابخانه‌ای و مرور پژوهش‌ها، برنامه‌ها و چشم‌اندازهای شهرهای پیش‌رو در پروژهٔ شهر سبز (شهرهای آمریکا، کانادا، اروپا، آسیا) صورت گرفت. سپس تجارب شهرهای جهان در رسیدن به اهداف شهر سبز بیان و شناسایی و جمع‌آوری شاخص‌های شهر سبز انجام شد (جدول ۲).



شکل ۲. فرایند پژوهش

جدول ۲. شاخص‌های شناسایی‌شدهٔ شهر سبز

معیار	زیرمعیار	معیار	زیرمعیار
انرژی و دی‌اکسیدکربن	انتشار گاز CO_2	**حمل‌ونقل**	استفاده از حمل‌ونقل عمومی دوچرخه/ پیاده
	مصرف انرژی		اندازهٔ شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی
	سیاست‌های انرژی پاک و کارآمد،		ارتقای حمل‌ونقل سبز
	طرح‌های اجرایی تغییرات اقلیم		سیاست‌های کاهش ازدحام
ضایعات و بازیافت	سهم ضایعات تولیدی شهری،	**آب**	مصرف آب
	سیاست بازیافت و استفادهٔ مجدد،		هدررفت آب
	سرانهٔ تولید ضایعات در سال،		سیاست‌های کیفیت آب
	سیاست‌های جمع‌آوری و دفع زباله		سیاست‌های پایداری آب
کیفیت هوا	دی‌اکسید نیتروژن	**کاربری زمین و ساختمان**	سرانهٔ فضای سبز
	ذرات معلق		تراکم جمعیت
	دی‌اکسید گوگرد		سیاست‌های کاربری اراضی
	سیاست هوای پاک		ساختمان سازگار با محیط‌زیست
مدیریت زیست‌محیطی	نظارت‌های زیست‌محیطی	**فاضلاب**	دسترسی جمعیت به شبکهٔ فاضلاب
	مدیریت زیست‌محیطی		سهم تصفیهٔ فاضلاب
	مشارکت عمومی		سیاست تخلیه و زهکشی فاضلاب

منبع: واحد اطلاعات اکونومیست زیمنس، ۲۰۱۱؛ گروه سبز شهر پاسادنا، ۲۰۱۰؛ بنتلی، ۲۰۰۵؛ اونکل و همکاران، ۲۰۰۴؛ ماسون و همکاران، ۲۰۱۱؛ بنتلی ۲۰۰۶

مدل‌های مورد استفاده در پژوهش

فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی: یکی از تکنیک‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که در سال ۱۹۹۰ از سوی ساعتی مطرح شد و در مجموعه مدل‌های جبرانی قرار گرفت. این فرایند، نظریهٔ جدیدی است که در آن ساختار شبکه‌ای جانشین ساختار سلسله‌مراتبی شده است (چانگ و لی، ۲۰۰۵). در فرایند تحلیل شبکه‌ای این پژوهش برای دقت بیشتر از اعداد فازی استفاده شد؛ از این‌رو فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی نام گرفت.

چارچوب ANP سه ویژگی اساسی دارد که در مسائل تصمیم‌گیری چندمعیاره مفید است: تعریف هدف، معیارها و زیرمعیارها، تعیین وابستگی‌ها و شبکه و ساختن سوپرماتریس و ترکیب‌کردن (چانگ، ۱۹۹۲؛ ساعتی، ۱۹۹۰).

تکنیک ویکور: این تکنیک را اپریکوویچ و زنگ، برای بهینه‌سازی سیستم‌های پیچیده به‌صورت چندمعیاره توسعه دادند. ویکور یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که به‌طور سامانمند گزینه‌های موجود را با توجه به معیارها اولویت‌بندی می‌کند (اپریکوویچ و زنگ، ۲۰۰۷: ۴۴۰؛ دوی، ۲۰۰۷: ۱۴۱۶۴).

در این پژوهش، نخست شبکهٔ ارتباطی معیارها و زیرمعیارهای شهر سبز برای استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای فازی ساخته شد. همچنین ۸ گروه و ۳۰ زیرگروه در طراحی مدل FANP استفاده و تجزیه‌وتحلیل شد. در گام دوم با استفاده از اوزان اختصاصی و پس از محاسبهٔ شاخص مطلوبیت (S)، شاخص نارضایتی (R) و محاسبهٔ مقدار Q، مقادیر به‌ترتیب نزولی مرتب شد و نتایج رتبه‌بندی‌شده در دسترس قرار گرفت.

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

شهر تهران از نظر موقعیت جغرافیایی در حدفاصل ˚ ۱۷°۵۱ تا ˚ ۳۳°۵۱ طول شرقیَ ۳۶°۳۵ تا ˚ ۴۴°۳۵ عرض شمالی گسترده شده است. تهران مرکز استان تهران، بزرگ‌ترین شهر و پایتخت ایران محسوب می‌شود. مساحت آن ۷۳۰ کیلومتر مربع است و یکی از بزرگ‌ترین شهرهای غرب آسیا و بیست و هفتمین شهر بزرگ دنیاست. شهر تهران از نظر تقسیمات اداری به ۲۲ منطقه، ۱۲۳ ناحیه و ۳۷۴ محله تقسیم می‌شود که بیشترین مساحت به مناطق ۴، ۲۲ و ۱ و کمترین مساحت به مناطق ۱۷، ۱۰ و ۱۳ تعلق دارد (آمارنامهٔ شهرداری تهران، ۱۳۹۴). تهران با جمعیت بیش از ۸ میلیون نفر (سرشماری سال ۱۳۹۰) با متوسط رشد سالانه جمعیت ۱/۱۲، حدود ۵/۷۴ درصد بیشتر از سال ۱۳۸۵ رشد داشته است. تراکم در شهر تهران در حدود ۱۲۴ نفر در هکتار است. در ده سال اخیر نیز مناطق ۲۲، ۲۱ و ۹ کم‌تراکم‌ترین و مناطق ۱۰، ۱۴ و ۱۷ پرتراکم‌ترین مناطق تهران به‌شمار آمده‌اند (آمارنامهٔ شهرداری تهران، ۱۳۹۴).

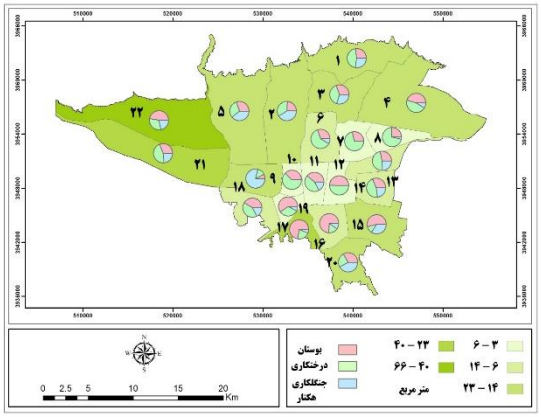
وضعیت شاخص‌های پژوهش در شهرهای آسیا و تهران

براساس آمار و اطلاعات، مطالعات کتابخانه‌ای و گزارش‌های شرکت زیمنس از شهرهای منتخب آسیا، وضعیت هریک از شاخص‌های پژوهش در جدول ۳ آمده است. همچنین براساس آمارنامهٔ شهرداری تهران، گزارش‌های ستاد محیط‌زیست، توسعهٔ پایدار شهرداری تهران و مراجعه به سازمان‌های تابعهٔ این شهرداری، وضعیت شاخص‌های پژوهش به تفکیک مناطق ۲۲گانه به‌دست آمد (جدول ۴).

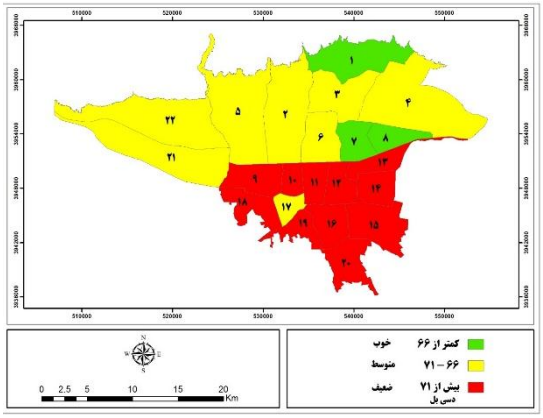
جدول ۳. وضعیت شاخص‌های پژوهش در شهرهای آسیا

شهر	انتشار CO_2 (تن/ نفر)	شدت انرژی	تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر مربع)	سرانهٔ فضای سبز (مترمربع)	حمل‌ونقل عمومی (درصد کیلومتر)	جمع‌آوری زباله (درصد)	سرانهٔ تولید زباله (کیلوگرم/ سال)	مصرف آب (لیتر/ روزانه)	هدررفت آب (درصد)	دسترسی جمعیت به فاضلاب (درصد)	تصفیهٔ فاضلاب (درصد)	دی‌اکسید نیتروژن (میکروگرم /مترمکعب)	گوگرد (میکروگرم/ مترمکعب)	ذرات معلق (میکروگرم /مترمکعب)
میانگین	۴/۶	۶	۸۲۲۸/۸	۳۸/۶	۰/۱۷	۸۲/۸	۳۵۷/۲	۲۷۷/۶	۲۲/۲	۷۰/۱	۵۹/۹	۴۶/۷	۲۲/۵	۱۰۷/۸
بانکوک	۶/۷	۶/۱	۳۶۰۷/۴	۳/۳	۰/۰۴	۶۲/۹	۵۳۴/۸	۳۴۰/۲	۳۵	۵۱	۱۲/۲	۴۲/۷	۱۲/۶	۴۸/۱
پکن	۸/۲	۱۲/۳	۱۰۶۹/۴	۸۸/۴	۰/۰۲	۹۵/۴	۳۹۴/۷	۲۱۸/۱	۱۲/۵	۷۰/۴	۸۰/۳	۵۳	۳۴	۱۲۱
بنگلور	۰/۵	۴/۶	۱۰۰۳۴	۴۱	۰	۸۰	۲۶۶/۵	۷۳	۳۹	۵۳	۴۲/۴	۴۱	۱۵/۱	۳۴۳
دهلی	۱/۱	۷/۷	۱۱۷۳۳	۱۸/۸	۰/۰۸	۹۳/۶	۱۴۶/۸	۲۰۸/۷	۴۰	۵۴	۵۵	۴۷	۷	۳۸۴
گوانگژو	۹/۲	۱۱/۷	۲۰۶۷/۵	۱۶۶/۳	۰/۰۷	۸۸/۲	۴۱۵/۱	۵۲۷/۲	۱۴/۸	۷۹	۷۴	۵۶	۳۹	۷۰
هانوی	۱/۹	۹/۵	۱۹۳۵/۱	۱۱/۲	۰	۹۵	۲۸۲	۵۳/۱	۴۵	۴۰	۱۰	۲۰	۲۵	۱۱۰
هنگ‌کنگ	۵/۴	۱/۵	۶۳۶۲/۲	۱۰۵/۳	۰/۲۴	۱۰۰	۴۳۴/۳	۳۷۱/۲	۲۱	۹۳	۹۸	۵۰	۱۴	۴۷
جاکارتا	۱/۲	۲/۴	۱۳۸۸۹/۹	۲/۳	۰/۱۹	۳۵	۲۹۱/۵	۷۷/۶	۵۰/۲	۶۷	۱	۱۸/۵	۵۲/۷	۴۲/۶
کراچی	۳/۱	۷/۸	۴۱۱۱/۱	۱۷	۰	۸۲/۷	۲۲۹	۱۶۴/۵	۲۵	۵۷	۲۲	۵۹/۵	۵۷/۳	۱۸/۴
کلکته	۱/۵	۴	۸۴۵۱/۶	۱/۸	۰/۰۵	۸۰	۲۸۲	۱۳۷/۸	۳۵	۵۲	۲۰	۶۱/۴	۷/۱	۱۸۹/۶
کوالالامپور	۷/۲	۵	۶۸۱۱/۱	۴۳/۹	۰/۲۷	۵۷/۵	۸۱۵/۷	۴۹۷/۲	۳۷	۷۰	۰	۴۰/۱	۶/۲	۴۴
مانیل	۱/۶	۴	۱۸۱۶۵/۱	۴/۵	۰/۰۵	۷۶/۹	۲۴۷/۶	۱۵۴/۸	۳۵/۹	۱۲	۲۱	۳۳/۷	۷/۳	۴۸
بمبئی	۱	۶/۵	۲۷۱۳۶/۸	۶/۶	۰	۳۲/۴	۲۰۹	۲۵۰	۱۳/۶	۴۲	۶۷/۶	۸۶	۳۴	۲۰۲
نانجینگ	۵/۷	۱۰/۵	۱۱۷۱/۸	۱۰۸/۴	۰/۰۱	۸۵/۸	۱۸/۳	۳۴۱/۴	۱۱/۶	۶۷/۴	۸۶	۴۸	۳۵	۱۰۰
اوزاکا	۷/۶	۱/۶	۱۱۹۸۱/۲	۴/۵	۰/۶۲	۱۰۰	۵۳۷/۴	۴۱۷/۹	۶/۹	۱۰۰	۱۰۰	۴۵/۱	۱۴/۳	۳۵/۳
سئول	۳/۷	۳/۲	۱۷۲۸۸/۸	۲۳/۴	۰/۹۴	۱۰۰	۹۹۵/۶	۳۱۱	۷	۱۰۰	۸۲	۷۱/۴	۱۷/۲	۵۵
شانگهای	۹/۷	۱۴/۸	۳۰۳۰/۲	۱۸/۱	۰/۰۷	۸۲/۳	۳۶۹/۵	۴۱۱/۱	۱۰/۲	۷۲/۵	۷۸/۴	۵۳	۳۵	۸۱
سنگاپور	۷/۴	۲/۹	۷۰۲۵/۲	۶۶/۲	۰/۲۱	۱۰۰	۳۰۶/۶	۳۰۸/۵	۴/۶	۱۰۰	۱۰۰	۲۲	۹	۵۶
تایپه	۴/۲	۱/۴	۹۷۸۹/۹	۴۹/۶	۰/۵	۱۰۰	۳۰۴	۳۴۲	۲۲	۹۹	۷۷/۴	۴۵/۷	۸/۶	۵۰/۲
توکیو	۴/۸	۱/۲	۵۹۴۶/۹	۱۰/۶	۰/۱۴	۱۰۰	۳۷۵/۱	۳۲۰/۲	۳/۱	۹۹/۴	۱۰۰	۳۹/۵	۵/۷	۳۳/۱
ووهان	۵/۱	۱۰	۹۸۳/۶	۲۰/۹	۰	۷۴	۲۶۲/۹	۲۸۱	۱۴/۲	۶۶/۵	۹۰/۴	۵۴	۴۴	۱۰۵
یوکوهاما	۵/۲	۲/۴	۸۴۴۱/۳	۳۷/۴	۰/۱۲	۱۰۰	۳۰۰/۸	۳۰۰/۳	۵/۵	۹۹/۸	۱۰۰	۳۹/۵	۱۴/۳	۲۷
تهران	۷/۸	۴/۳	۱۲۴۱۱	۱۵/۶	۰/۱	۱۰۰	۳۲۰	۲۳۰	۲۵	۵۴	۳۰	۴۷/۶	۱۷/۵	۸۸/۴

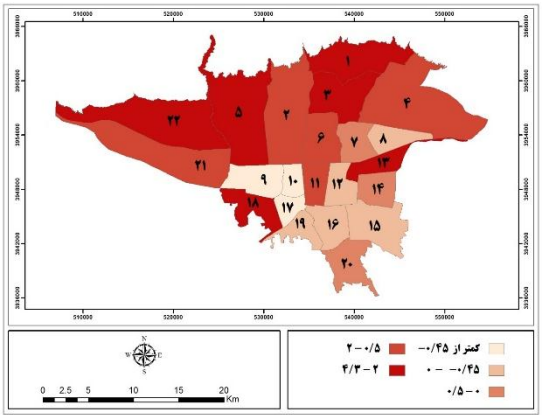
منبع: واحد اطلاعات اکونومیست زیمنس، ۲۰۱۱



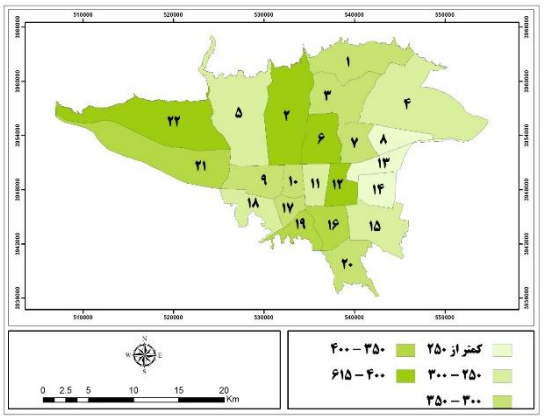
شکل ۳. سرانهٔ فضای سبز در مناطق شهر تهران در سال ۱۳۹۳



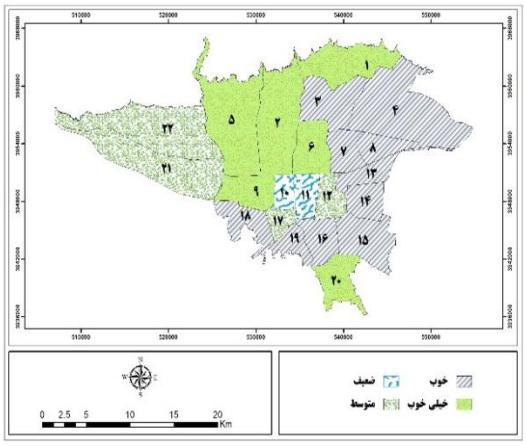
شکل ۴. وضعیت آلودگی صوتی شهر تهران به تفکیک مناطق



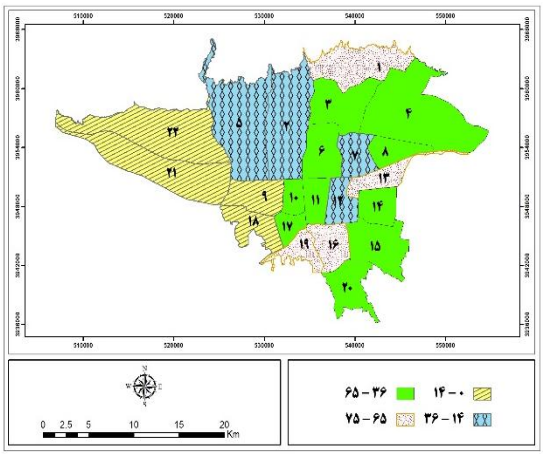
شکل ۵. نرخ رشد جمعیت مناطق تهران طی سال ۱۳۸۵-۱۳۹۰



شکل ۶. سرانهٔ تولید زباله در مناطق تهران (کیلوگرم در سال)



شکل ۷. وضعیت حمل‌ونقل عمومی در مناطق تهران



شکل ۸. شبکهٔ جمع‌آوری فاضلاب شهری در مناطق تهران (درصد)

بحث و یافته‌ها

تأثیر (وزن) شاخص‌ها: در این پژوهش با تهیهٔ پرسشنامه و توزیع آن میان کارشناسان، نظرات این افراد در قالب مقایسات زوجی معیارها سنجیده و با استفاده از مدل FANP، وزن هریک از معیارها مشخص شد (جدول ۵).

جایگاه و وضعیت شهر تهران براساس شاخص‌های شهر سبز: به‌منظور بررسی و یافتن وضعیت سبزبودن شهر تهران، مقایسه و اولویت‌بندی تهران در میان شهرهای آسیایی صورت گرفت. بدین‌منظور از تکنیک ویکور استفاده شد. با درنظرگرفتن محدودیت‌های ارزیابی و آلترناتیوها و پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری، به‌کمک اوزان اختصاصی شاخص‌های حاصل از روش تحلیل شبکه‌ای فازی، اولویت‌بندی و رتبه‌بندی شهرهای آسیایی صورت گرفت تا جایگاه و وضعیت کلان‌شهر تهران از منظر شهر سبز تعیین شود. در ادامه پس از مشخص‌کردن بهترین و بدترین مقدار از میان مقادیر موجود برای هر شاخص، شاخص مطلوبیت (S)، شاخص نارضایتی (R) و تابع مزیت (Q) محاسبه شد و پس از محاسبهٔ سه شاخص مذکور، مقادیر به‌ترتیب نزولی مرتب و نتایج در سه لیست رتبه‌بندی‌شده به‌دست آمد (جدول ۶).

جدول ۴. وضعیت شاخص‌های پژوهش در مناطق ۲۲گانهٔ شهر تهران

منطقه	زباله شهری	تفکیک پسماندها	سرانه زباله (کیلو)	جمعیت دارای شبکهٔ فاضلاب شهری	جمع‌آوری فاضلاب شهری	بیمارستان‌های بدون تصفیه‌خانهٔ فاضلاب	سرانهٔ پارک	تعداد پارکهای عمومی	وضعیت حمل‌ونقل عمومی	دوچرخه	تعداد ایستگاه‌های مترو	تعداد ایستگاه‌های اتوبوس	CO	O_3	NO_2	PM_{10}	PM_{25}	SO_2	آموزش شهروندی (نفر ساعت)/۱۰۰۰	رعایت مقررات زیست‌محیطی (درصد)	رعایت استانداردهای زیست‌محیطی	پارک، خانهٔ فرزی و خانه (درصد)
۱	۱۴۰	۱۶/۷	۳۰۲/۸۲	۳۷	۷۲	۶۲	۴/۴۶	۱۹۳	۱۰۰	۸	۳	۳۴۰	۲/۴۸	۲۲/۴	۳۹/۸	۸۱	۳۴/۲	۵۱	۳۷	۷۰	۶۸	۷۰
۲	۲۶۵	۱۱/۴	۴۱۸/۰۴	۵۵	۳۶	۷۸	۴/۴۶	۲۰۲	۱۰۰	۷	۶	۲۸۰	۲/۳۳	۱۷/۶۷	۱۰۷/۵	۶۲/۶۷	۳۳/۳۳	۵۰	۱۵	۶۵	۶۰	۵۰/۰۰
۳	۱۰۶	۱۲/۴	۳۳۵/۹۶	۶۶	۶۳	۸۶	۴۱/۰۸	۹۱	۷۵	۳	۶	۱۴۵	۲/۸۲	۲۵/۲	۴۶/۷۵	۶۴/۵	۴۴/۲۵	۸/۴	۶	۵۰	۶۵	۱۴/۵۸
۴	۲۳۷	۹/۶	۲۹۱/۱۲	۴۲	۶۳	۱۰۰	۱۶/۶۹	۲۴۸	۷۵	۲۷	۵	۲۶۰	۳/۱	۱۵/۶	۷۹/۲	۵۵	۳۳/۸	۴۶	۱۷/۶	۷۰	۹۰	۱۹/۴۱
۵	۲۳۷	۱۱/۵	۲۸۵/۴	۰	۳۲	۶۶/۷	۴/۳۵	۲۰۱	۱۰۰	۱۰	۴	۳۶۴	۲/۹۴	۲۶/۴	۵۰/۶	۶۶/۶	۳۲/۳۳	۲۱/۴	۲۰/۴	۶۰	۵۲	۱۲/۳۸
۶	۱۰۹	۱۱/۷	۴۸۷/۲۶	۲۵۵	۵۸	۹۳/۲	۴/۳۹	۶۶	۱۰۰	۶	۷	۲۲۰	۲/۱۸	۱۵	۳۹/۲۵	۹۴/۲۵	۳۱/۲۵	۱۹	۱۳/۷۵	۵۰	۴۷	۳۹/۰۷
۷	۹۶	۱۴/۴	۰/۰۸۳۲	۲۲	۳۳	۹۰	۰/۸۹	۵۸	۷۵	۴۲	۹	۱۲۶	۳/۲	۲۳/۸	۲۷	۸۱/۸	۳۷/۸	۷/۲	۱۳/۷۵	۷۰	۵۸	۳۰
۸	۸۹	۲۰/۱	۳۲۵/۸۱	۵۱	۶۳	۰	۰/۹۶	۸۴	۷۵	۴	۷	۱۵۲	۲/۴۴	۲۲/۷۵	۳۷/۶	۷۶/۶	۲۷/۲۵	۱۷/۸	۲۵	۷۰	۶۷	۵۵/۵۶
۹	۵۳	۹/۶	۳۳۵/۲۱	۰	۰/۵	۱۰۰	۱/۱۳	۲۵	۱۰۰	۲	۵	۱۰۷	۲/۲۸	۱۶/۸	۳۱	۱۱۰/۸	۲۸	۲۰/۸	۳۷	۷۰	۶۶	۱۵/۰۰
۱۰	۹۷	۹/۴	۳۳۰/۰۳۲	۷۷	۶۰	۱۰۰	۰/۸۴	۴۵	۲۵	۳	۱	۹۴	۳/۱۸	۱۸/۷۵	۳۰/۸	۱۰۴/۲	۴۵/۲۵	۱۰/۴	۲۷	۶۰	۱۱/۳۶	
۱۱	۸۷	۲۱/۴	۳۹۲/۷۴	۱۶	۵۷	۹۱	۱/۴۴	۲۹	۲۵	۳	۱۲	۱۷۰	۳/۱۲	۱۴/۸	۵۵/۶	۶۴/۲	۳۰/۵	۵۴/۲	۱۲	۷۰	۵۴	۲/۸۶
۱۲	۱۳۴	۱۲/۹	۶۱۴/۴۱	۴۰	۱۴	۹۲/۳	۲/۶۰	۶۰	۵۰	۱۰	۱۴	۱۹۰	۲/۹	۱۵/۳	۳۹/۵	۷۷/۳	۲۸/۲	۵۰	۶۰	۷۰	۵۹	۰
۱۳	۴۶	۱۹/۸	۱۵۹/۷۵	۹۴	۷۱	۱۰۰	۲/۱۱	۶۴	۷۵	۵	۶	۷۰	۲/۳	۱۶/۶	۳۴/۲	۹۷	۳۷/۵	۱۷	۵۰	۵۰	۶۶	۸/۳۳
۱۴	۹۸	۲۲/۳	۲۴۸/۹۶	۸۸	۶۵	۱۰۰	۲/۳۸	۸۶	۷۵	۶	۲	۱۴۴	۱/۸۸	۲۰/۲۵	۳۲/۸	۱۰۵/۶	۲۹	۱۶	۵۰	۵۰	۵۹	۳/۱۵
۱۵	۱۵۸	۱۶/۹	۲۵۴/۳۵	۹۲	۶۵	۱۰۰	۸/۱۸	۱۲۱	۷۵	۴	۴	۳۰۷	۲/۱۸	۱۴/۲	۳۰/۸	۸۷/۶	۳۳	۱۵/۴	۵۵	۵۰	۵۴	۱۰/۸۴
۱۶	۹۹	۱۷	۳۶۳/۸۲	۹۱	۷۵	۷۵	۶/۵۴	۵۶	۷۵	۴	۷	۱۵۹	۲/۱۶	۳۲/۲	۳۵/۲	۶۸	۳۲/۷۵	۱۷	۴۰	۷۵	۷۰	۳۴/۴۹
۱۷	۸۶	۸/۵	۳۴۵/۶۴	۶۹	۵۰	۵۰	۱/۸۳	۶۳	۵۰	۵	۴	۷۶	۲/۱	۱۶/۳	۳۵/۸	۶۹	۳۵/۳	۱۷	۵۰	۵۰	۵۳	۰
۱۸	۱۳۳	۱۱/۹	۲۸۰/۳۲	۳۸	۱۴	۳۴	۴/۳۷	۸۵	۷۵	۷	۲	۱۹۳	۱/۴۴	۱۴/۷۵	۲۱/۶	۱۲۰	۳۷/۲۵	۱۸/۸	۳۳	۶۰	۵۹	۰
۱۹	۹۲	۹/۱	۳۹۳/۸۲	۹۷	۷۰	۱۰۰	۱۴/۳۲	۶۳	۷۵	۸	۲	۲۷	۲/۳۶	۲۱/۳	۴۸	۸۲	۳۵/۷۵	۴۱	۷۵	۵۵	۵۹	۳۵/۰۰
۲۰	۱۲۰	۷	۳۳۱/۱۲	۹۷	۵۰	۷۵	۴/۱۷	۱۵۳	۱۰۰	۸	۳	۲۷	۲/۶۶	۲۱/۳	۴۱	۸۵/۸	۳۵/۲	۱۷/۴	۱۰	۵۵	۴۸	۷/۲۶
۲۱	۶۳	۸/۱	۳۹۱/۱۷	۰	۳	۱۰۰	۹/۳۴	۵۳	۵۰	۳	۰	۱۷۷	۱/۹	۱۲/۱۳۳	۳۱/۱۳۳	۱۰۹/۶۷	۳۱/۱۳۳	۱۴/۳	۴۹	۷۵	۸۹	۱۰/۵۳
۲۲	۷۰	۸/۳	۴۶۷/۹۸	۰	۰	۱۰۰	۳۸/۰۳	۶۷	۵۰	۳	۴	۱۷۴	۲/۳۳	۱۲/۱۳۲	۳۵/۲	۶۴/۶	۲۸/۲۵	۱۷/۸	۲۵	۷۵	۷۱	۱۲/۹۰

جدول ۵. وزن و رتبهٔ نهایی هر معیار و زیرمعیار براساس فرایند تحلیل شبکه‌ای فازی

	معیار/ زیرمعیار	وزن نرمال‌شده در دسته	رتبه در دسته	رتبه نهایی
اصلی	کیفیت هوا	۰/۱۴۹۴	۳	۳
	انرژی و دی‌اکسیدکربن	۰/۱۸۳۶	۱	۱
	حمل‌ونقل	۰/۱۵۸۵	۲	۲
	بازیافت	۰/۰۹۵۴	۷	۷
	آب	۰/۱۱۲۵	۵	۵
	ساختمان و کاربری زمین	۰/۱۲۳۲	۴	۴
	فاضلاب	۰/۰۷۹۸	۸	۸
	سیاست‌های زیست‌محیطی	۰/۰۹۷۶	۶	۶
زیرمعیار	دی‌اکسید نیتروژن	۰/۰۳۰۱	۲	۱۸
	ذرات معلق PM_{10}	۰/۰۱۶۸	۵	۲۸
	دی‌اکسید گوگرد	۰/۰۲۰۹	۴	۲۵
	سیاست هوای پاک	۰/۰۳۸۹	۱	۱۲
	ذرات معلق $PM_{2.5}$	۰/۰۱۳۸	۶	۲۹
	AQI	۰/۰۲۸۹	۳	۱۹
	انتشار گاز CO_2	۰/۰۵۰۵	۳	۴
	مصرف انرژی	۰/۰۷۱۷	۱	۱
	سیاست‌های انرژی پاک	۰/۰۶۱۴	۲	۲
	استفاده از حمل‌ونقل عمومی و دوچرخه	۰/۰۳۹۸	۲	۹
	اندازهٔ شبکه‌های حمل‌ونقل عمومی	۰/۰۵۴۹	۱	۳
	ارتقای حمل‌ونقل سبز	۰/۰۳۵۵	۳	۱۳
	سیاست‌های کاهش ازدحام	۰/۰۲۸۳	۴	۲۰
	تولید زباله‌های شهری	۰/۰۳۲۱	۱	۱۵
	بازیافت زباله	۰/۰۲۰۶	۳	۲۶
	سیاست‌های کاهش زباله	۰/۰۱۶۹	۴	۲۷
	سرانهٔ تولید ضایعات	۰/۰۲۵۸	۲	۲۳
	مصرف آب	۰/۰۴۰۳	۱	۷
	هدررفت آب	۰/۰۳۱۱	۳	۱۶
	تصفیه‌خانهٔ فاضلاب	۰/۰۳۹۱	۲	۱۱
	سرانهٔ فضای سبز	۰/۰۳۲۲	۲	۱۴
	تراکم جمعیت	۰/۰۴۰۷	۱	۵
	سیاست‌های کاربری زمین	۰/۰۲۴۳	۴	۲۴
	مصرف انرژی ساختمان‌های مسکونی	۰/۰۲۶۰	۳	۲۲
	دسترسی جمعیت به شبکهٔ فاضلاب	۰/۰۴۰۱	۱	۸
	سهم تصفیهٔ فاضلاب	۰/۰۳۹۷	۲	۱۰
	طرح‌های زیست‌محیطی	۰/۰۲۶۴	۳	۲۱
	ارزیابی زیست‌محیطی	۰/۰۳۰۷	۲	۱۷
	مشارکت عمومی	۰/۰۴۰۵	۱	۶

جدول ۶. نتایج رتبه‌بندی براساس مقادیر S، R، Q و رتبه‌بندی نهایی

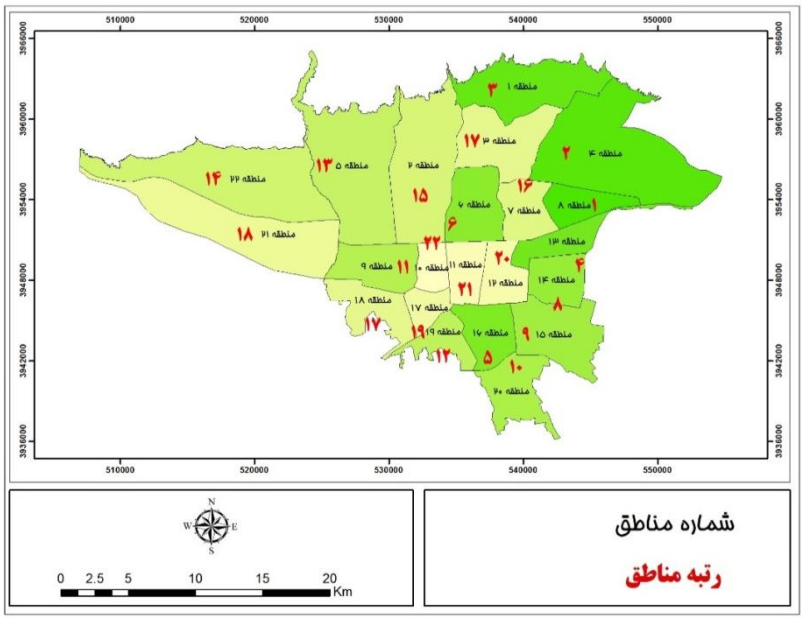
	مقدار Q	مقدار S	مقدار R	رتبهٔ R	رتبهٔ S	رتبهٔ Q
بانکوک	۰/۴۴۱۰۴۵	۰/۵۷۹۳۲۸	۰/۱۰۵۳۱۹	۵	۲۱	۱۴
پکن	۰/۱۲۶۴۳۴	۰/۴۰۴۴۶۸	۰/۱۰۷۶۶	۶	۲	۳
بنگلور	۰/۳۴۶۶۹۳	۰/۵۰۱۲۲۱	۰/۱۱	۹	۱۵	۹
دهلی	۰/۱۹۲۱۹۹	۰/۴۸۳۱۵۶	۰/۱۰۰۶۳۸	۱	۱۳	۵
گوانگژو	۰/۱۱۹۵۱۵	۰/۴۳۳۶۱۹	۰/۱۰۱۸۰۹	۳	۵	۲
هانوی	۰/۲۰۲۳۷	۰/۴۲۷۹۳۲	۰/۱۱	۱۰	۴	۶
هنگ‌کنگ	۰/۵۹۲۳۲۲	۰/۴۵۲۳۵۸	۰/۱۳۶۹۱۲	۲۱	۹	۱۹
جاکارتا	۰/۷۲۴۴۶۵	۰/۵۷۹۲۲۴	۰/۱۲۷۶۴۷	۱۸	۲۰	۲۳
کراچی	۰/۳۸۶۸۹۹	۰/۵۲۱۶۳۸	۰/۱۱	۱۱	۱۶	۱۱
کلکته	۰/۴۲۵۱۰۵	۰/۵۳۳۴۵۱	۰/۱۱۱۱۷۶	۱۴	۱۷	۱۳
کوالالامپور	۰/۴۰۶۹۴۲	۰/۵۹۰۶۳	۰/۱۰۰۸۸۲	۲	۲۲	۱۲
مانیل	۰/۴۷۸۳۳۶	۰/۵۶۰۴۸۲	۰/۱۱۱۱۷۶	۱۵	۱۸	۱۷
بمبئی	۰/۶۱۸۹۱۹	۰/۶۳۹۴۶	۰/۱۱	۱۲	۲۳	۲۰
نانجینگ	۰/۰۷۳۶۹۵	۰/۳۸۵۵۵۵	۰/۱۰۸۸۳	۸	۱	۱
اوزاکا	۰/۶۴۵۸۸۲	۰/۴۸۶۱۹۷	۰/۱۳۵۸۸۲	۲۰	۱۴	۲۲
سئول	۰/۳۷۱۸۳۶	۰/۴۵۳۲۷۸	۰/۱۱۹۴۱۲	۱۶	۱۰	۱۰
شانگهای	۰/۱۵۹۹۹۵	۰/۴۵۹۲۵۴	۰/۱۰۱۸۰۹	۴	۱۲	۴
سنگاپور	۰/۳۳۳۲۵۸	۰/۴۱۳۷۶۷	۰/۱۲۲۵	۱۷	۳	۸
تایپه	۰/۵۷۲۴۳۸	۰/۴۳۵۶۲	۰/۱۳۷۹۴۱	۲۲	۶	۱۸
توکیو	۰/۶۲۹۸۲۵	۰/۴۵۱۴۸۲	۰/۱۴	۲۳	۸	۲۱
ووهان	۰/۲۶۳۳۳۶	۰/۴۵۸۸۹۱	۰/۱۱	۱۳	۱۱	۷
یوکوهاما	۰/۴۵۸۷۹	۰/۴۴۴۳۱۲	۰/۱۲۷۶۴۷	۱۹	۷	۱۶
تهران	۰/۴۵۰۳۹۹	۰/۵۶۶۲۱۶	۰/۱۰۸۰۸۸	۷	۱۹	۱۵

منبع: نگارندگان

اولویت‌بندی مناطق شهر تهران براساس شاخص‌های شهر سبز: پس از شناخت میزان سبزبودن شهر تهران و با استناد به اوزان اختصاصی هریک از شاخص‌ها، رتبه‌بندی و اولویت‌بندی هریک از مناطق ۲۲گانهٔ شهر تهران به‌کمک مدل ویکور صورت گرفت تا اهمیت هریک از مناطق در وضعیت کنونی شهر تهران مشخص شود. سپس بی‌مقیاس‌کردن مقادیر به روش نرمالیزه‌کردن خطی انجام شد و با استفاده از گام‌های مدل ویکور شاخص‌های مطلوبیت، محاسبه و رتبه‌بندی نارضایتی و تابع مزیت صورت گرفت (جدول ۷ و شکل ۹).

جدول ۷. نتایج رتبه‌بندی براساس مقادیر S، R، Q و رتبه‌بندی نهایی

مناطق	مقدار S	رتبه	مقدار R	رتبه	مقدار Q	رتبه
منطقهٔ ۱	۰/۴۶۱۱۴۵	۲	۰/۰۴۹۳۳۶	۷	۰/۱۷۵۷۱۷	۳
منطقهٔ ۲	۰/۴۸۳۱۶	۷	۰/۰۴۹۳۳۶	۸	۰/۲۵۵۴۳۹	۷
منطقهٔ ۳	۰/۵۶۱۱۷۶	۱۹	۰/۰۴۹۴۴۹	۹	۰/۵۳۹۳۴	۱۵
منطقهٔ ۴	۰/۴۷۸۷۲۳	۶	۰/۰۴۰۳۹۲	۱	۰/۱۲۶۴۶	۲
منطقهٔ ۵	۰/۵۴۰۰۷۳	۱۵	۰/۰۴۹۶۱۲	۱۱	۰/۴۶۴۹۹۷	۱۳
منطقهٔ ۶	۰/۴۷۶۶۵۵	۵	۰/۰۴۹۶۰۲	۱۰	۰/۲۳۵۲۴۱	۶
منطقهٔ ۷	۰/۵۷۱۸۰۷	۲۰	۰/۰۴۹۹۹۷	۱۶	۰/۵۸۴۷۵۶	۱۶
منطقهٔ ۸	۰/۴۴۳۷۹۸	۱	۰/۰۴۹۹۹۲	۱۵	۰/۰۷۷۱۱۹۲	۱
منطقهٔ ۹	۰/۵۲۷۳۳	۱۲	۰/۰۴۹۹۸	۱۴	۰/۴۲۳۴۹۸	۱۱
منطقهٔ ۱۰	۰/۵۸۰۰۹۴	۲۱	۰/۰۸	۲۱	۰/۹۹۳۵۱	۲۲
منطقهٔ ۱۱	۰/۵۳۸۴۶۱	۱۴	۰/۰۸	۲۲	۰/۸۴۲۷۶۳	۲۱
منطقهٔ ۱۲	۰/۵۴۷۵۷۷	۱۷	۰/۰۶۴	۱۷	۰/۶۷۳۷۹۳	۲۰
منطقهٔ ۱۳	۰/۴۶۸۴۳۲	۳	۰/۰۴۹۸۷	۱۳	۰/۲۰۸۸۴۴	۴
منطقهٔ ۱۴	۰/۴۸۹۱۳۱	۸	۰/۰۴۹۸۲۸	۱۲	۰/۲۸۳۲۶۶	۸
منطقهٔ ۱۵	۰/۴۹۷۷۴۵	۹	۰/۰۴۷۷۱	۳	۰/۲۸۷۷۱۲	۹
منطقهٔ ۱۶	۰/۴۷۴۵۱۶	۴	۰/۰۴۸۵۴۳	۴	۰/۲۱۴۱۲۶	۵
منطقهٔ ۱۷	۰/۵۴۳۵۲۳	۱۶	۰/۰۶۴	۱۸	۰/۶۵۹۱۱۲	۱۹
منطقهٔ ۱۸	۰/۵۸۱۸۸۶	۲۲	۰/۰۴۹۳۳۳	۶	۰/۶۱۲۸۷۳	۱۷
منطقهٔ ۱۹	۰/۵۵۹۵۷۵	۱۸	۰/۰۴۲۹۲۹	۲	۰/۴۵۱۲۴۶	۱۲
منطقهٔ ۲۰	۰/۵۰۵۱۴۹	۱۱	۰/۰۴۹۲۳۶	۵	۰/۳۳۳۷۹۷	۱۰
منطقهٔ ۲۱	۰/۵۳۵۷۸۷	۱۳	۰/۰۶۴	۱۹	۰/۶۳۱۱	۱۸
منطقهٔ ۲۲	۰/۴۹۹۰۴	۱۰	۰/۰۶۴	۲۰	۰/۴۹۸۰۴۷	۱۴



شکل ۹. رتبه‌بندی مناطق شهر تهران براساس شاخص‌های شهر سبز

نتیجه‌گیری

امروزه شهرها نقشی محوری در تخریب محیطزیست ایفا می‌کنند که این امر سبب ناپایداری اکوسیستم انسانی و محیط طبیعی می‌شود. رویکرد برنامه‌ریزی و مدیریت شهری در شهر سبز، بخش ضروری و جامع‌نگر راهبردهای شهری محسوب می‌شود. همچنین بر مبنای مدیریت اکولوژیکی قرار دارد که با تطبیق شاخص‌های زیست‌محیطی به‌دنبال پایداری اکولوژیکی و به‌تبع آن توسعهٔ پایدار شهری است. در این پژوهش، به‌منظور شناسایی وضعیت شهر تهران از منظر شهر سبز، به شناسایی و معرفی شاخص‌های شهر سبز پرداخته شد. بررسی وضعیت کیفیت هوا در شهر تهران از ۲۲ ایستگاه فعال طی سال ۱۳۹۴، نشان‌دهندهٔ ۲۲ روز هوای پاک، ۲۳۳ روز هوای سالم، ۱۰۵ روز ناسالم برای گروه‌های حساس و ۵ روز ناسالم و یک روز بسیار ناسالم برای عموم افراد جامعه بوده است. همچنین غلظت دو آلایندهٔ $PM_{2.5}$ و PM_{10} و دی‌اکسید نیتروژن در شرایط نامطلوبی قرار داشته و در تمام ایستگاه‌های سنجش آلودگی شهر تهران فراتر از حد استاندارد و حد مجاز سالانه بوده است. بررسی وضعیت غلظت آلایندهٔ منواکسیدکربن از بعد زمانی و مکانی نشان می‌دهد تهران خوشبختانه از نظر این آلاینده در وضعیت مطلوبی قرار دارد؛ البته در سال ۱۳۹۴ غلظت این آلاینده از سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۴ اندکی بیشتر بوده است. همچنین بررسی وضعیت آلایندهٔ ازن (O_3) و NO_2 نشان می‌دهد وضعیت شهر از سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ مطلوب‌تر بوده است (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، ۱۳۹۴).

افزون بر آنچه بیان شد، تعداد سفرهای روزانهٔ درون‌شهری در شهر تهران ۱۸ میلیون است. سهم تعداد سفرهای حمل‌ونقل عمومی روزانهٔ درون‌شهری نیز ۱۰/۵ میلیون سفر است. در تقسیم‌بندی جابه‌جایی‌های درون‌شهری، سهم وسایل نقلیهٔ شخصی ۴۱/۸ درصد (با احتساب سهم ۶ درصدی موتورسیکلت) است. همچنین در سهم ۵۸/۲ درصدی حمل‌ونقل عمومی، ۱۶/۴ درصد سهم مترو، ۲۰ درصد سهم اتوبوس و ۲۱/۸ درصد سهم تاکسیرانی است. همچنین رتبهٔ مترو تهران در سال ۲۰۱۶ از نظر تعداد خطوط، رتبهٔ ۳۳ (یازدهم در آسیا)، از نظر تعداد ایستگاه‌ها در جایگاه ۲۹ (سیزدهم در آسیا) و از حیث تعداد جابه‌جایی روزانهٔ مسافر در پلهٔ ۲۲ (چهاردهم در آسیا) دنیا قرار دارد. در حال حاضر، شهرداری تهران با ۱۵ هزار دوچرخه و احداث ۱۵۳ ایستگاه دوچرخه در مناطق مختلف شهر، به سرویس‌دهی در این قسمت مشغول است. سهم استفاده از دوچرخه در کل سفرهای درون‌شهری نیز ۰/۴ درصد است (سازمان حمل‌ونقل و ترافیک شهرداری تهران، ۱۳۹۴). افزون بر این، میزان مصرف فرآورده‌های نفتی در شهر تهران در سال ۱۳۹۳ حدود ۶ میلیارد لیتر بوده که سهم بنزین در آن ۶۳ درصد محسوب می‌شده است. روند کلی مصرف سوخت‌های فسیلی در سال‌های ۱۳۹۰–۱۳۹۳ نشان‌دهندهٔ روند صعودی مصرف بنزین در طی دورهٔ مزبور بوده که در مقابل نفت سفید و کوره روند نزولی داشته است. همچنین سرانهٔ مصرف کل انرژی، ۶/۶۶ هزار بشکه نفت خام بوده است؛ از این‌رو شاخص بهره‌وری انرژی در استان تهران ۶/۵۹ بشکه–میلیون ریال (۲/۷۸ در کل کشور) است. میزان تولید آب در شهر تهران در سطح استان سالانه بیش از نهصد میلیون مترمکعب است که بخشی از آن، به‌کمک منابع زیرزمینی تأمین می‌شود. سرانهٔ مصرف آب در تهران ۲۳۰ لیتر است. ۸۰ درصد از شهروندان در محدودهٔ مناسب الگوی مصرف یعنی ۲۰ مترمکعب و کمتر مصرف می‌کنند و ۵۰۰ هزار مشترک دیگر، بیش از مترمکعب مصرف دارند. میزان هدررفت واقعی آب شرب در شهر تهران ۱۲ درصد است. همچنین در این شهر روزانه ۶۸۴ هزار مترمکعب و سالانه ۲۵۰ میلیون مترمکعب فاضلاب جمع‌آوری می‌شود. براساس گزارش ستاد محیطزیست و توسعهٔ پایدار سال ۱۳۹۳ درمورد وضعیت فاضلاب و پسماندهای شهر تهران، در این شهر حدود ۳۰ درصد فاضلاب خانگی تصفیه و بی‌خطرسازی و ۷۰ درصد دیگر، در منابع آب سطحی و زیرزمینی رهاسازی می‌شود. کل طراحی شبکه‌های طرح فاضلاب تهران – اعم از اصلی یا فرعی – حدود ۳ هزار کیلومتر است. هم‌اکنون حدود ۵/۶ هزار کیلومتر یعنی ۶۲ درصد کار از طریق شرکت آب و فاضلاب انجام شده است. از حدود

۹۲۰ هزار انشعاب اصلی و فرعی در سطح شهر تهران، تاکنون ۵۴ درصد یعنی ۵۰۰ هزار انشعاب وصل شده است (شرکت آب و فاضلاب تهران،۱۳۹۳). در این شهر، روزانه حدود ۷ هزار تن و سالانه ۲/۵ میلیون تن پسماند تولید می‌شود که حدود ۷۰ تا ۷۵ درصد مواد آلی قابل کمپوست (پسماند تر)، ۲۰ تا ۲۵ درصد مواد خشک قابل‌بازیافت و ۵ تا ۱۰ درصد سایر مواد زائد را شامل می‌شود. در سال ۱۳۹۳، میزان تولید کل پسماندهای شهر تهران ۲۹۵۱ هزار تن بوده که بیشتر آن‌ها به پسماندهای خانگی و تجاری مناطق مربوط می‌شده است. مجموع زباله‌های خانگی نیز حدود ۲۴۰۳ هزار تن و کل زبالهٔ خشک جمع‌آوری شده ۳۳۸ هزار تن بوده است. همچنین منطقهٔ ۵، ۲ و ۴ بیشترین تولید زباله و مناطق ۱۳ و ۹ کمترین تولید را داشته‌اند. بیشترین درصد تفکیک پسماند در مبدأ به مناطق ۱۴، ۱۱ و ۸ و کمترین درصد به مناطق ۲۰، ۱۷، ۴، ۹ و ۱۰ مربوط بوده است. براساس آمار و اطلاعات سازمان پسماند، شهروندان آموزش‌دیده (جمعیت تحت پوشش آموزش تفکیک پسماند در مبدأ) در سال ۱۳۹۲، تعداد ۲۲۰ هزار خانوار بودند که این تعداد در سال ۱۳۹۳ به ۵۷ هزار خانوار و در شش‌ماههٔ اول سال ۱۳۹۴ به ۷۹۰ هزار خانوار افزایش یافت. این آمار نشان‌دهندهٔ افزایش ۳۶ درصدی شهروندان آموزش‌دیده در سال ۱۳۹۴ و ۲۶ درصدی در سال ۱۳۹۳ از سال ۱۳۹۲ است (عملکرد شش ماه اول سال ۱۳۹۴، سازمان مدیریت پسماند شهرداری تهران). سرانهٔ فضای سبز در تهران نیز ۱۵/۶ مترمربع است. از این میان، ۶ منطقهٔ میانی شهر کمترین سرانهٔ فضای سبز را دارند. با توجه به مسئلهٔ بی‌تعادلی، در حال حاضر مناطق ۲۲، ۲۱، ۱۹ و ۴ بهره‌مندترین مناطق به‌شمار می‌آیند. منطقهٔ ۱۰ نیز با داشتن ۳ مترمربع کمترین سرانهٔ فضای سبز را دارد. همچنین بیشترین بوستان‌های شهر تهران در منطقهٔ ۴ (۲۴۸ بوستان) و کمترین آن‌ها در منطقهٔ ۹ (۲۵ بوستان) جای دارد (سازمان پارک‌ها و فضای سبز تهران، ۱۳۹۴).

با توجه به کمبود اطلاعات و داده‌های آماری رسمی و معتبر دربارهٔ تعداد واحدهای مسکونی، تجاری و عمومی در شهر تهران، میزان انتشار انواع گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های هوا از این بخش و نوع سیستم گرمایشی و سرمایشی مورد استفاده در این بخش نمی‌توان به‌درستی سهم بخش خانگی، تجاری و عمومی را در میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده‌های شهر تهران برآورد کرد، اما با توجه به اینکه بیشترین منبع مصرف انرژی در شهر تهران در دو بخش خانگی و تجاری، و عمومی و حمل‌ونقل صورت می‌گیرد، می‌توان گفت بخش عمده‌ای از گاز گلخانه‌ای CO_2 در تهران از بخش خانگی، تجاری و عمومی که شامل ساختمان‌هاست، انتشار می‌یابد. البته باید توجه داشت که با توجه به اقلیم نیمه‌خشک شهر تهران، شاخص مصرف انرژی ساختمان ایده‌آل برحسب kwh/m^2 در سال، ۷۴ است.

در این پژوهش به‌منظور تعیین جایگاه و وضعیت شهر تهران از منظر شهر سبز، این شهر با شهرهای منتخب آسیایی مقایسه شد. نتایج بررسی وضعیت شهرهای آسیا نشان می‌دهد در شهرهایی با تولید ناخالص ملی بالا، هم‌بستگی زیادی میان درآمد و عملکرد زیست‌محیطی وجود دارد. همچنین اگر سرانهٔ تولید ناخالص داخلی شهرها به بیست هزار دلار برسد یا به عبارتی درآمد افزایش پیدا کند، بدان معنا نیست که سطح انتشار کربن، مصرف آب و تولید زباله با این افزایش درآمد حفظ می‌شود. هرچند دربارهٔ عملکرد زیست‌محیطی با پیشرفت فناوری نیز مناقشه است، ثروت و درآمد شهرها پارامتر مهمی برای عملکرد زیست‌محیطی محسوب می‌شوند. بدین‌منظور برای بهبود عملکرد زیست‌محیطی در شهرهایی با درآمد پایین، به‌کارگیری شیوه‌ها و سیاست‌های سازگار با محیط‌زیست پایدار می‌تواند راه‌حلی مبتکرانه باشد. چنین طرحی‌هایی (به‌طور فراوانی) سبب کاهش ضایعات، بهبود بهره‌وری و ایجاد شغل و فرصت‌های تولید و درآمد خواهند شد. نمونهٔ بسیار بارز این مقوله بازیافت زباله و استفادهٔ مجدد است. در بسیاری از شهرهای کشورهای درحال‌توسعه، این کار را رفتگران و در شرایط اسفناک زندگی انجام می‌دهند، اما استفاده از رویهٔ مناسب مرکب از سیاست، مشارکت و

توانمندسازی می‌تواند علاوه‌بر ایجاد شرایط برد–برد، سبب بازیافت زباله به محصولات قابل‌استفاده، تولید انرژی سبز و دفع تهدیدات برای زندگی شهروندان شود.

در این پژوهش پس از شناسایی شاخص‌های شهر سبز، وزن‌دهی شاخص‌ها با استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای فازی و براساس نظرات کارشناسان صورت گرفت. براین‌اساس، شاخص انرژی و دی‌اکسیدکربن با وزن ۰/۱۸۳۶، حمل‌ونقل با وزن ۰/۱۵۸۵ و کیفیت هوا با وزن ۰/۱۴۹۴ بیشترین اهمیت را در میان شاخص‌ها دارند. در تعیین جایگاه شهر تهران، استفاده از تکنیک رتبه‌بندی ویکور به همراه مدل تحلیل شبکه‌ای فازی برای وزن‌دهی به شاخص‌ها نشان می‌دهد که شهر تهران در میان شهرهای منتخب آسیایی در رتبهٔ پانزدهم قرار گرفته است که این وضعیت جایگاه نسبتاً نامطلوب تهران را نشان می‌دهد.

با توجه به وضعیت شهر تهران براساس هریک از شاخص‌ها می‌توان بیان کرد که تهران در شاخص‌هایی با قطبیت منفی مانند انتشار CO_2 (۷/۸ تن/ نفر)، تراکم جمعیت (۱۲۴۱۱ نفر/کیلومترمربع) و هدررفت آب (درصد) امتیازی بالاتر از حد میانگین دارد. همچنین شاخص‌هایی با قطبیت مثبت مانند سهم ناخالص ملی به‌عنوان انرژی (۴/۳) و سرانهٔ فضای سبز (۱۵/۶ مترمربع)، دسترسی جمعیت به شبکهٔ فاضلاب و تصفیهٔ فاضلاب امتیازی پایین‌تر از حد میانگین داشته است. هرچند شهر تهران در بعضی از شاخص‌ها مانند سرانهٔ تولید زباله، مصرف آب و ذرات معلق وضعیت نسبتاً خوبی از میانگین شهرهای آسیایی (نه استاندارد جهانی و دیگر کشورهای دنیا) دارد، به‌منظور بررسی و شناخت جایگاه آن در میان شهرهای قارهٔ آسیا می‌توان بیان کرد که این شهر درمجموع و با توجه به اوزان اختصاصی هریک از شاخص‌های شهر سبز، وضعیتی بالاتر از حد میانه دارد که این موضوع ممکن است در مقایسه با دیگر شهرهای دنیا وضعیت نامطلوبی را سبب شود؛ بنابراین اگرچه تهران در بعضی از شاخص‌های شهر سبز ممکن است وضعیت مطلوبی از سایر شهرهای منتخب آسیا داشته باشد، درمجموع وضعیت آن در برخورداری از معیارهای شهر سبز نسبتاً نامطلوب است و وضعیت محیط‌زیست آن براساس شاخص‌های شهر سبز مناسب نیست.

همچنین در میان مناطق ۲۲گانهٔ شهر تهران، به‌ترتیب مناطق ۸، ۴ و ۱ در بالاترین و مناطق ۱۰، ۱۱ و ۱۲ در پایین‌ترین رتبه‌بندی وضعیت زیست‌محیطی شهر سبز قرار دارند. به عبارت دیگر، مناطق شرقی تهران وضعیت بهتری از مناطق مرکزی و غربی از منظر شهر سبز دارند. در مقابل نیز مناطق مرکزی شهر به‌دلیل تراکم جمعیت، افزایش ترافیک، افزایش آلودگی هوا و انتشار دی‌اکسیدکربن وضعیت بدتری از سایر مناطق تهران دارند. امروزه کلان‌شهر تهران بیشتر به شهرهای نوگرایی شبیه است که از یک‌سو حجم زیادی از مواد و انرژی را می‌گیرد و از سوی دیگر زباله و ضایعات خارج می‌کند. همچنین نه‌تنها بر اثر ناتوانایی در بازیافت و فشار و بار وارده بر محیط، توان بوم‌شناختی فضای آن از بین می‌رود، بلکه به سبب برطرف‌کردن تقاضای ساکنان فشار آن بر محیط پشتیبان دوچندان می‌شود و در جهت توسعهٔ نامتعادل، این ناپایداری همراه با انبوهی از ضایعات به منطقهٔ پشتیبان سوق می‌یابد. به‌نظر می‌رسد مهم‌ترین راهکار بهبود وضعیت فعلی شهرهای درگیر آلودگی فزایندهٔ زیست‌محیطی، مدیریت و برنامه‌ریزی منطبق با شاخص‌های پایداری زیست‌محیطی، توسعهٔ پایدار شهری و استفاده از الگوهای شهر سبز است تا شهر به شهری پایدار تبدیل شود. از مهم‌ترین راهبردها در دستیابی به شهر سبز در تهران می‌توان به کاهش مواد زائد شهری، مصرف بهینهٔ انرژی، حفظ و نگهداری اکوسیستم‌های شهری، توسعهٔ حمل‌ونقل پایدار، کنترل آلودگی هوا، شهرسازی پایدار و ساختمان سبز و برنامه‌ریزی برای بهبود کیفیت محیط‌زیست اشاره کرد.

در جمع‌بندی کلی می‌توان اصول و راهکارهای حرکت به‌سوی پایداری و دستیابی به شهر سبز را استفاده از مشارکت‌های مردمی، حمل‌ونقل عمومی سبز و کارآمد، صرفه‌جویی در مصرف انرژی، مدیریت جامع ضایعات، استفاده از

انرژی‌های تجدیدپذیر، بازسازی ساختمان‌ها و استفاده از فناوری‌های کارآمد، توسعه و گسترش هرچه بیشتر محورهای مخصوص عابر پیاده و دوچرخه‌سوار، سیاست‌گذاری‌های محلی و شورایی در راستای حفظ محیط‌زیست، آموزش‌های زیست‌محیطی شهروندان (از مدارس ابتدایی تا والدین و شهروندان)، همکاری نهادها و سازمان‌ها و تدوین و اجرای قوانین بازدارنده برشمرد.

منابع

۱. دماوندی، هادی، ۱۳۹۴، کاربرد روش جای پای اکولوژیکی در ارزیابی پایداری توسعهٔ شهری (نمونهٔ موردی: شهر ساری)، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲. ملکی، سعید، ۱۳۹۲، درآمدی بر توسعهٔ پایدار شهری، انتشارات سیمای دانش، تهران.

۳. رزاقیان، فرزانه و همکاران، ۱۳۹۱، تحلیل اکولوژیکی پارک‌های شهری (مطالعهٔ موردی: مشهد)، محیط‌شناسی، دورهٔ سی‌وهشتم، شمارهٔ ۶۴، صص ۱۵۵-۱۶۸.

4. Beatley, T., 2000, Green Urbanism Learning from Europian Cities, Washington DC: Island Press.
5. _____, 2005, Native to Nowhere, Washington, DC: Island Press.
6. _____, 2006, Green Urbanism in European Cities, In R. H. Platt., The Humane Metropolis: People and Nature in the Twenty-First-Century City (PP. 297-314). Amherst and Boston: The Maple-Vail Book Manufacturing Group.
7. Brugmann, J., 1997, Is There a Method in Our Measurement? The Use of Indicators in Local Sustainable Development Planning, Local Environment, Vol. 2, No.1, PP. 59-72.
8. Chang, D. Y., 1992, Extent Analysis and Synthetic Decision, Optimization Techniques and Applications, Vol. 1, No. 1, PP. 352-355.
9. Chung, S. H and Lee, W. L., 2005, Analytic Network Process Approach for Mix Planning, International Journal of Production Economics. Vol. 96, No.1, PP. 15–36.
10. City of Pasadena Green Team, 2010, Green City Indicators Report, Pasadena: http://Cityofpasadena.Net/Greencity.
11. Damavandi, H., 2015, Analysis of Urban Ecological Sustainable Development in Sari, Universty of Mashhad. (In Persian)
12. Devi, K., 2007, Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods, Journal of Expert Systems with Applications, Vol. 38, No. 2, PP. 14163–14168.
13. Economist Intelligence Unit, 2011, Europian Green City Index, Assessing the Environmental Impact of Europe's Major Cities, Munich: Siemens AG.
14. _____, 2011, Asian Green City Index, Assessing the Environmental Performance of Asia's Major Cities, Munich: Siemens AG.
15. EPA. 2010, Sustainable Design and Green Building Toolkit for Local Government, EPA 904B10001.
16. Ghorab, H. K. El., and Shalaby H. A., 2016, Eco and Green Cities as New Approaches for Planning and Developing Cities in Egypt, Alexandria Engineering Journal, Vol. 55, No. 1, PP. 495–503.
17. Greenest City, 2012, 2020 Action Plan, City of Vancouver.
18. Kahn, M. E. 2007, Green Cities: Urban Growth and the Environment, Brookings Institution Press.
19. Lindfield, M., and Steinberg, F. (Eds.), 2012, Green Cities, Asian Development Bank.
20. Lehmann, S., 2010, Green Urbanism: Formulating a Series of Holistic Principles, SAPI EN. S. Surveys and Perspectives Integrating Environment and Society. (3. 2). URL:1057.
21. Maleki, S., 2011, An Introduction Urban Sustainable Development, Tehran, Simaye Danesh Press. (In Persian)
22. Mason, S. G., Marker, T., and Mirsky, R., 2011, Primary Factors Influencing Green Building in Cities in the Pacific Northwest, Public Works Management and Policy, Vol. 16, No. 2, PP. 157–185.
23. Newman, P., 2010, Green Urbanism and Its Application to Singapore, Environment and Urbanization Asia, Vol. 1, No. 2, PP. 149-170.

24. Onkal-Engin, G., Demir, I., and Hiz, H., 2004, Assessment of Urban Air Quality in Istanbul Using Fuzzy Synthetic Evaluation, Atmospheric Environment, Vol. 38, No. 23, PP. 3809–3815.
25. Opricovic, S., and Tzeng, G. H., 2007, Extended VIKOR Method in Comparison with Outranking Methods, European Journal of Operational Research, Vol. 178, No. 2. PP. 514-529.
26. Razzaghian, F. et al., 2012, Ecological Analysis of Urban Parks (Mashhad), Journal of Environmental Studies. Vol. 38, No. 64, PP. 155-168. (In Persian)
27. Simarmata, H. A., Dimastanto, A., and Kalsuma, D., 2012, Implementing Green City Concept in Secondary Cities: Challenges for Spatial Planning Process, Jakarta: University Of Indonesia.
28. Rapoport, E., and Vernay, A., 2011, Defining the Eco-City: A Discursive Approach, in Management and Innovation for a Sustainable Built Environment MISBE 2011, Amsterdam, The Netherlands and June 20-23, 2011, CIB, Working Commissions W55, W65, W89, W112; ENHR And AESP.
29. Saaty, T. L., 1990, How to Make a Decision: The Analytic Hierarchy Process. European Journal of Operational Research, Vol. 48, No.1, PP. 9-26.