

Research Article

Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.2.14.3

Analysis of the Relationship Between Urban Green Space and Air Pollution with Emphasis on Urban Ecology (Case Study: Tehran City)

Maryam Ghorbanpour^{1*}, Saeed Sedaghatnia² & Nader Zali³

1. Ph.D Candidate in Urban Planning, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran

2. Ph.D Candidate in Urban Planning, Iran University of Science & Technology, Tehran, Iran

3. Associate Professor, Department of Urban Planning, University of Guilan, Rasht, Iran

* Corresponding author: Email: Maryam_ghorbanpour@arch.iust.ac.ir

Receive Date: 29 July 2021

Accept Date: 08 March 2022

ABSTRACT

Introduction: Air pollution as one of the most important factors affecting the environment, especially in large cities has caused many problems for residents. On the other hand, green spaces as one of the emphasized elements in urban ecology, play an important role in reducing air pollution. Therefore, studying the type and intensity of the relationship between urban green space and air pollution can show the extent of the impact of urban greenery on pollutants.

Research aim: The main aim of this study is to analyze the relationship between green space and changes in air pollutants in the regions of Tehran metropolis with an emphasis on urban ecology.

Methodology: The nature of this research is descriptive-analytical, and in terms of the application of results, this study is applied. Methodologically, it is a mixed (quantitative-qualitative) research. In this research, the method of interpolation functions in ArcMap 10.7 software and regression analysis in SPSS 21 software have been used. To integrate the current situation of the variables with regression relationship and determine the priority of action in regions, qualitative coding has been done at four levels from high to low.

Studied Areas: The geographical area of this research is Tehran metropolis.

Results: The findings indicate that there is an inverse and significant relationship between green space and CO, SO₂ and PM_{2.5} pollutants. With 95% confidence level, the impact of green space on CO, SO₂ and PM_{2.5} pollutants based on Beta coefficient is -0.500, -0.508 and -0.452, respectively. The results of qualitative coding of the current situation of variables with regression relationship show that regions 9, 10, 18 and 21 due to the low level of green space and high concentrations of these pollutants, are in the first priority category to apply suggestions.

Conclusion: The results showed that the presence of green space does not affect the changes in the concentration of all air pollutants. It only affects CO, SO₂ and PM_{2.5} in Tehran. Finally, despite the need for suggestions aimed at controlling air pollutants, the focus of this study is on green space-based suggestions to reduce air pollutants based on the priority of actions in regions. These suggestions are presented in the form of top-down and bottom-up approaches in two short-term and long-term periods.

KEYWORDS: Ecology, Green space, Air pollution, Regression, Interpolation, Tehran City



فصلنامه علمی مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی
دوره ۱۸، شماره ۲ (پیاپی ۶۳)، تابستان ۱۴۰۲
شاپای چاپی ۰۵۹۶۸-۲۵۳۸ شاپای الکترونیکی ۰۵۹۵۸-۲۵۳۸
<http://jshsp.iaurasht.ac.ir>
صص. ۱۲۹-۱۱۵

Dor: 20.1001.1.25385968.1402.18.2.14.3

مقاله پژوهشی

تحلیل ارتباط بین فضای سبز شهری و آلودگی هوا با تأکید بر بوم‌گرایی شهری (مورد پژوهی: شهر تهران)

مریم قربان پور^{*۱}، سعید صداقت نیا^۲ و نادر زالی^۳

۱. دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
۲. دانشجوی دکتری شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران
۳. دانشیار گروه شهرسازی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: Email: Maryam_ghorbanpour@arch.iust.ac.ir

تاریخ دریافت: ۰۷ مرداد ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۷ اسفند ۱۴۰۰

چکیده

مقدمه: آلودگی هوا به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل اثرگذار بر محیط‌زیست به‌ویژه در شهرهای بزرگ سبب بروز مشکلات بسیاری برای ساکنین شده است. از طرفی فضاهای سبز به‌عنوان یکی از عناصر مورد تأکید در بوم‌گرایی شهری، نقش مهمی در کاهش آلودگی هوا دارند. به همین جهت بررسی نوع و شدت ارتباط بین فضای سبز شهری و آلودگی هوا می‌تواند میزان تأثیرگذاری سبزی‌نگی شهری را بر آلاینده‌ها نمایان سازد.
هدف: هدف اصلی پژوهش، بررسی ارتباط بین فضای سبز و تغییرات آلاینده‌های هوا به تفکیک مناطق در کلان‌شهر تهران با تأکید بر بوم‌گرایی شهری است.

روش‌شناسی تحقیق: این پژوهش از لحاظ ماهیت، توصیفی-تحلیلی و از لحاظ کاربست نتایج، کاربردی و از لحاظ روش‌شناسی، آمیخته (کمی-کیفی) است. در این پژوهش از روش توابع درون‌یابی در نرم‌افزار ArcMap 10.7 و تحلیل رگرسیونی در نرم‌افزار SPSS21 استفاده شده است. به‌منظور تحلیل یکپارچه وضعیت موجود متغیرهای دارای رابطه رگرسیونی و تعیین اولویت اقدام به تفکیک مناطق، کدگذاری کیفی در چهار سطح از زیاد به کم صورت گرفته است.

قلمرو جغرافیایی پژوهش: قلمرو جغرافیایی این پژوهش، شهر تهران است.

یافته‌ها: یافته‌ها حاکی از این است که رابطه‌ی معکوس و مناداری بین فضای سبز و آلاینده‌های SO_2 ، CO و $PM_{2.5}$ وجود دارد. با سطح اطمینان بالای ۹۵ درصد، میزان تأثیرگذاری فضای سبز بر آلاینده‌های CO ، SO_2 و $PM_{2.5}$ بر اساس ضریب بتا به ترتیب $-۰/۵۰۸$ ، $-۰/۴۵۲$ و $-۰/۴۵۲$ می‌باشد. نتایج حاصل از کدگذاری کیفی وضعیت موجود متغیرهای دارای رابطه رگرسیونی نشان می‌دهد که مناطق ۹، ۱۰، ۱۸ و ۲۱ به علت سطح کم فضای سبز و غلظت بالای آلاینده‌های مذکور، در دسته اولویت اقدام اول برای اجرای پیشنهادها قرار می‌گیرند.

نتایج: نتایج نشان داد که وجود فضای سبز بر تغییرات غلظت تمامی آلاینده‌های هوا تأثیرگذار نیست و صرفاً سه آلاینده CO ، SO_2 و $PM_{2.5}$ را در تهران تحت تأثیر قرار می‌دهد. درنهایت علی‌رغم ضرورت پیشنهادهایی با هدف کنترل منابع آلوده‌کننده‌ی هوا، تمرکز این پژوهش بر پیشنهادهایی با محوریت فضای سبز به‌منظور کاهش آلاینده‌های موجود در هوا و بر اساس اولویت اقدام مناطق می‌باشد. این پیشنهادها در قالب رویکردهای از بالا به پایین و از پایین به بالا و در دو بازه زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت ارائه شده‌اند.

کلیدواژه‌ها: بوم‌گرایی، فضای سبز، آلودگی هوا، رگرسیون، درون‌یابی، شهر تهران

مقدمه

هوا یکی از پنج عنصر ضروری برای ادامه حیات انسان است (باستان فرد، ۱۳۹۷: ۲۶). آلودگی هوا در بیشتر شهرهای بزرگ دنیا یکی از نگرانی‌های مهم زیست‌محیطی است (Nowak et al., 2006: 115). فعالیت‌های انسانی می‌تواند موادی را وارد هوا کند که بعضی از آن‌ها می‌تواند مشکلاتی را برای انسان‌ها، گیاهان و حیوانات به وجود آورد (ضرابی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۵۲). بر اساس برآورد سازمان جهانی بهداشت، تلفات ناشی از آلودگی هوا معادل ۶ درصد از کل مرگ و میرهاست (Krzyzanowski, 2008). آلودگی هوا پنجمین عامل مرگ انسان، شناخته شده است. پیش‌بینی می‌شود آلودگی هوا مشکلی باشد که ممکن است برای دهه‌های آینده باقی بماند (Kumar et al., 2019: 2). از این‌رو مسئله مقابله با آلودگی هوا یکی از نگرانی‌های اصلی ملت‌ها و از دغدغه‌های مهم دولت‌هاست، که ارگان‌ها و نهادهای مختلفی را در خصوص مرتفع کردن این مشکل درگیر خود کرده است (باستان فرد، ۱۳۹۷: ۲۶).

به‌طور فزاینده، روش‌های پیشین برنامه‌ریزی شهری باعث کم‌توجهی به محیط‌زیست و محیط اطراف شهرها شده است که مورد انتقاد قرار گرفته‌اند. همچنین گسترش شهرها با تخریب و تغییر کاربری بخش عظیمی از فضاهای سبز شهری همراه بوده است (میرزایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۹). بنیان بوم‌شهر نادیده گرفته شدن سامانه زیستی و بستر طبیعی شهرها در شهرسازی دوران مدرن و بحران‌های محیط‌زیستی و انسانی ناشی از آن است (شریفیان بارفروش و مفیدی، ۱۳۹۳: ۱۰۰). ایده بوم‌شهر^۱ یا شهر اکولوژیک را می‌توان ادامه رویکردهای توسعه شهری در چارچوب الگوی نظری توسعه پایدار دانست (جمعه پور، ۱۳۹۲: ۳۴۸). فضاهای سبز شهری نقشی بس مهم در ایجاد تعادل اکولوژیک شهری دارند. مفهوم شهرها بدون فضای سبز در اشکال گوناگون آن، غیرقابل تصور است (ابراهیم زاده و همکاران، ۱۳۹۷). در سطح ملی، درختان و درختچه‌های شهری توانایی حذف مقادیر قابل توجهی از آلاینده‌های هوا و در نتیجه بهبود کیفیت محیط‌زیست و سلامت انسان را دارند (Nowak et al., 2006: 115; Abhijith et al., 2017; Janhäll, 2015; Jaung et al., 2020). درون شهرها عناصر بارزش اکولوژیک به‌طور فزاینده‌ای در حال کاهش هستند. در ارتباط با گردوغبار و آلودگی هوا، فضای سبز شبیه جنگلی، ریه‌های تنفسی شهرها به شمار می‌رود. پوشش گیاهی شهری می‌تواند از طرق مختلف کیفیت هوا را بهبود بخشد (Cavanagh et al., 2009: 21). با این حال، تلاش‌های بین‌المللی برای حفظ محیط طبیعی عمدتاً مربوط به اکوسیستم‌های بزرگ، متنوع و نسبتاً دست‌نخورده یا گونه‌های جانوری یا گیاهی در معرض خطر انقراض است. به‌نوعی به طبیعت در نزدیکی با محل زندگی و کار مردم، مناطق سبز در مقیاس کوچک در شهرها و مزایای آن‌ها برای ساکنان شهرها توجه علمی و سیاسی کمتری می‌شود (Chiesura, 2004: 129).

تهران پرجمعیت‌ترین شهر ایران و یکی از هشت شهر آلوده دنیا محسوب می‌شود که مقام اول آلودگی هوای ایران را داراست. بحث آلودگی هوا و بحران محیط‌زیست شهر تهران در سال‌های اخیر به یکی از دغدغه‌های اصلی متولیان و مسئولان ملی و شهری تبدیل شده است. در همین راستا تحقیق حاضر درصدد است به تحلیل تطبیقی اثرات فضای سبز شهری بر آلودگی هوا در کلان‌شهر تهران و ارائه راهکارهای ساماندهی آن با تأکید بر بوم‌گرایی شهری بپردازد. بنابراین این پژوهش به دنبال پاسخ به این سؤال اصلی است که نوع رابطه و میزان تاثیرگذاری فضای سبز بر آلاینده‌های هوا در شهر تهران به چه صورت است و چه پیشنهاداتی در راستای کاهش آلودگی هوا با تأکید بر بهبود فضاهای سبز می‌تواند راهگشا باشد؟

تحقیقات محدودی منحصراً در حوزه ارتباط فضای سبز و تغییرات آلاینده‌ها انجام شده است که به‌طور تلخیص به تفکیک مطالعات خارجی و داخلی بیان می‌شوند. وانگ^۲ و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله‌ی سرسبزی مسکونی، آلودگی هوا و سلامتی روان‌شناختی در بین ساکنان شهری در گوانگژو، چین، بیان کردند که شهرنشینی سریع چین منجر به افزایش میزان آلودگی هوا و کاهش میزان پوشش گیاهی در میان جمعیت‌های شهری شده است. هر دو روند ممکن است سلامت روان‌شناختی را تهدید کند. برای تعیین کمیت آلودگی هوا از دو معیار هدف (غلظت $PM_{2.5}$ و NO_2) و یک اندازه‌گیری ذهنی (آلودگی هوای درک شده) استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که درختان خیابانی ممکن است بیشتر از سطح علف‌ها با کاهش سطح آلودگی هوا و سلامت روان مرتبط باشند. همچنین مرادپور و حسینی (۲۰۲۰) در پژوهشی اثرات حجم زیادی از فضای سبز با مساحت ۲۷۵ هکتار در

1. Eco-City or Ecological City

2. Wang

مجاورت بزرگراه‌های اصلی را بر کیفیت هوای اطراف بررسی کرده‌اند. نتایج نشان داده است که وجود درختان در فضای سبز باعث کاهش غلظت متوسط آلاینده‌ها از جمله PM_{10} ، CO ، NO_x و VOC بر روی سایت مورد مطالعه می‌شود.

سلمی^۱ و همکاران (۲۰۱۶) در مقاله‌ی حذف آلودگی هوا توسط درختان در فضاهای سبز عمومی در شهر استراسبورگ، فرانسه، با کمک مدل i-Tree Eco نشان می‌دهند که درختان عمومی در طی یک سال (از ژوئیه ۲۰۱۲ تا ژوئن ۲۰۱۳) حدود ۸۸ تن آلاینده حذف کردند: حدود ۱ تن برای CO ، ۱۴ تن برای NO_2 ؛ ۵۶ تن برای O_3 ؛ ۱۲ تن برای PM_{10} ، ۵ تن برای $PM_{2.5}$ و ۱ تن برای SO_2 . حذف آلودگی هوا عمدتاً بر اساس پوشش درختی و سطح غلظت آلاینده‌های هوا متفاوت بود. همچنین توصیه شد که کاشت و مدیریت منابع جنگل شهری به سایر استراتژی‌هایی که ویژگی‌های محیط شهری را در نظر می‌گیرند (سازه‌های ساخته‌شده، طراحی خیابان، موقعیت منابع محلی و غیره)، مرتبط شوند. علاوه بر آن، کوهن^۲ و همکاران (۲۰۱۴) در پژوهشی با عنوان تأثیر پارک شهری بر آلودگی هوا و سطح صدا در شهر مدیترانه‌ای تل‌آویو، اسرائیل، به این نتیجه رسیدند که پارک‌های شهری می‌توانند NO_x ، CO و PM_{10} را کاهش و غلظت O_3 را افزایش دهند. مزیت پارک شهری در کاهش غلظت NO_x و PM_{10} نسبت به ضرر افزایش سطح O_3 قابل توجه است. همچنین یانگ^۳ و همکاران (۲۰۰۵) در پژوهشی به بررسی پیشنهاد کاشت درخت توسط شهرداری پکن به عنوان اقدامی برای کاهش آلودگی هوا با استفاده از مدل اثرات جنگل شهری پرداخته‌اند. نتایج نشان می‌دهد که حدود ۲۹٪ از درختان در قسمت مرکزی پکن در شرایط نامساعد دسته‌بندی شده‌اند. درختان قسمت مرکزی پکن در سال ۲۰۰۲، ۱۲۶۱/۴ تن آلاینده از هوا خارج کردند. آلاینده‌ای که بیشترین کاهش را داشت، PM_{10} بود.

باستان فرد (۱۳۹۷) در مقاله‌ای قابلیت‌های طبیعت را در بحث کنترل آلودگی‌های هوا در عناوین سه‌گانه آبی، نماهای جلبک و پوسته‌های زنده سبز بررسی می‌کند. با توجه به مقایسه کیفی سه گونه نماهای زیست‌مبنا و برنامه‌های شهرداری تهران در خصوص زیباسازی، باید اذعان داشت که نماهای سبز از شانس بیشتری جهت بهره‌وری در کوتاه‌مدت برای رفع این معضل در پایتخت برخوردارند. زبردست و ریاضی (۱۳۹۴) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که شاخص‌های محیط انسان‌ساخت در زمینه کاهش اتکا به حمل‌ونقل موتوری و ارتقای پیاده‌مداری، کاهش جزایر گرمایی و افزایش ریه‌های تنفسی شهر با غلظت آلاینده‌های هوا دارای همبستگی هستند. بر اساس تحلیل فضایی مرکز-پیرامون، غلظت آلاینده‌ها در نواحی مرکزی و غیر مرکزی شهر متفاوت است. همچنین با فاصله از مرکز شهر، شاخص‌های تراکم جمعیتی، تراکم تقاطع‌ها، تراکم واحدهای خرده‌فروشی و مساحت فضاهای باز شهری کاهش می‌یابند. سینگری و بدری بنام (۱۳۹۱) در مقاله‌ای بیان کردند با توجه به مشکلات ناشی از کمبود فضاهای سبز، بافت فشرده مسکونی و عدم امکان تحول بنیادی در بافت شهرها، پایین بودن سرانه فضای سبز و لزوم حفظ انرژی، بهره‌گیری از سامانه سبز به‌عنوان راهکاری در جهت تحقق توسعه پایدار شهری پیشنهاد می‌شود. از سوی دیگر، زیاری و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی دریافته‌اند که رشد شهرنشینی در شهر تهران در طی سال‌های مختلف و وجود آلودگی‌های زیست‌محیطی، نیاز به گسترش فضای سبز را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در کاهش آلاینده‌ها مطرح می‌کند. فضای سبز در تهران تنها ۱۰ درصد از کل مساحت شهر را تشکیل می‌دهد. استاندارد سرانه فضای سبز ۱۲ مترمربع برای هر نفر در نظر گرفته شده است، اما سرانه فضای سبز در تهران ۹/۲ است که در همه مناطق نیز یکسان نیست. این مطلب نشان‌دهنده عدم تناسب توزیع مکانی فضای سبز در شهر تهران است.

از بررسی پژوهش‌های پیشین می‌توان استنباط کرد که موضوع آلودگی هوا، موضوعی نیست که به آن پرداخته نشده باشد ولی هیچ مطالعه داخلی به بررسی ارتباط بین فضای سبز و آلاینده‌های هوا نپرداخته است و هیچ شواهد موثق و واضحی از تأثیرات فضای سبز تهران در کاهش آلاینده‌های هوا وجود ندارد. به همین سبب در این پژوهش به تحلیل نحوه اثرگذاری فضاهای سبز بر آلاینده‌های هوا در شهر تهران پرداخته می‌شود. شهرها با وجود اینکه تنها ۲ درصد سطح زمین را اشغال کرده‌اند، ساکنان آن‌ها ۷۵ درصد منابع طبیعی سیاره زمین را مصرف می‌کنند (Cities Alliance, 2012: 8). با وقوع چنین شرایطی، "برنامه محیط‌زیست سازمان ملل"^۴ شهرنشینی را به‌عنوان یکی از مسائل زیست‌محیطی قرن ۲۱ معرفی کرده است (Yang & Deng, 2013). با توجه به نقش حساس و تعیین‌کننده شهرها در رسیدن به توسعه پایدار، ایده‌ها و رویکردهای متفاوتی جهت ایجاد شهرهای پایدارتر

1. Selmi
2. Cohen
3. Yang
4. United Nations Environment Program

همچون شهر سبز، شهر سالم، شهر هوشمند، شهر زیست پذیر و غیره مطرح شده‌اند (جمعه پور، ۱۳۹۲: ۳۴۸). در حقیقت شهر اکولوژیک، شهر پایدار، شهر سبز و شهر سالم، همگی واژه‌هایی برخاسته از دیدگاه‌های مختلف اقتصادی، زیست‌محیطی و یا عدالت‌جویانه‌ای در حوزه ارتباط میان "انسان و محیط" هستند که معمولاً دارای بار معنایی و اهداف مشابهی‌اند (فنی، ۱۳۸۴: ۱۰۷). بوم‌شهر علی‌رغم اینکه در اهداف کلان خود، با سایر نظریه‌های پایداری دارای همخوانی است، در برخی جنبه‌ها و تأکیدات، تمایزهایی نیز با سایر نظریه‌های پایداری در درون خود دارد. در بوم شهر در بین سه رکن هرم پایداری (اجتماع، اقتصاد و محیط زیست)، مسائل محیط‌زیستی بزرگ‌ترین مسئله بوده و سایر مسائل را احاطه می‌کند (شریفیان بارفروش و مفیدی، ۱۳۹۳: ۱۰۰-۱۰۱). ریچارد رجیستر^۱ در سال ۱۹۷۵ سازمان بوم‌شناسی شهری را به‌عنوان یک سازمان غیرانتفاعی در شهر برکلی کالیفرنیا با هدف بازسازی شهرها در تعادل با محیط بنیان نهاد. در همین سال نخستین بار واژه بوم‌شهر توسط او به پروژه طراحی شهر برکلی اطلاق شد و از آن پس به‌عنوان شاخه‌ای از شهرسازی پایدار در مجامع فکری و اجرایی مختلف به کار گرفته شده است (شریفیان بارفروش و مفیدی، ۱۳۹۳: ۱۰۰). مفهوم بوم‌گرایی شهری در نوشتارهای مختلف، در قالب واژگانی نظیر شهر اکولوژیک و بوم‌شهر مطابق جدول ۱ تبیین شده است. اگرچه تعاریف متفاوتی درباره مفهوم اکولوژی بیان شده است، اما همه آن‌ها وجه تشابهی دارند. در همه آن‌ها به ارتباط موجودات زنده با محیط پیرامونشان اشاره شده است (ساسان پور، ۱۳۹۰: ۳۶).

جدول ۱. مفهوم بوم‌گرایی شهری در پژوهش‌های مختلف

| پژوهشگران | مفهوم بوم‌گرایی شهری |
|-------------------------------|--|
| Register, 2002 | بوم‌شهرها، شهرهایی با محیط‌زیست سالم هستند که برای آینده‌ای سالم‌تر ساخته می‌شوند. |
| Register, 2003 | شهر اکولوژیک، یک شهر سالم از حیث بوم‌شناختی است که چنین شهری وجود ندارد. |
| Hao et al., 2010 | یک شهر پایدار یا بوم‌شهر بر اساس عوامل محیطی، تراکم جمعیتی، کاهش ورودی‌های انرژی، آب و غذا و خروجی‌های فاضلاب، گرماء، آلودگی هوا، CO ₂ ، متان و آلودگی آب مشخص می‌شود. |
| Miller et al., 2011 | بوم‌شهر، شهری برای مردم است نه برای ماشین‌ها، و ساکنین آن قادرند پیاده‌روی و یا دوچرخه‌سواری کنند و یا برای اغلب سفرهای خود از وسایل نقلیه با آلودگی کم استفاده نمایند. ساختمان‌ها و وسایل نقلیه در بوم‌شهر از حداقل انرژی که از پانل‌های خورشیدی و توربین‌های بادی که در پشت‌بام ساختمان‌ها تعبیه شده، استفاده می‌کنند. |
| El Ghorab & Shalaby, 2016 | سازندگان بوم‌شهرها این مفهوم را به‌صورت شکل‌دهی مجدد شهرها بر اساس محیط‌زیست سالم برای انسان و سایر سیستم‌های طبیعی گسترش دادند. در واقع بوم‌شهر به‌عنوان چتری شامل طیف گسترده‌ای از طرح‌های پیشنهادی زیست‌محیطی شهری باهدف رسیدن به پایداری شهری تعریف شده است. |
| فنی، ۱۳۸۴ | مفهوم بوم‌شهر بر ارتباط طبیعی توسعه شهر با بستر طبیعی آن تأکید دارد. مراد از بوم‌شهر، ایجاد شهری با ورودی کمتری از مصالح و مواد و خروجی کمتری از مواد زائد و ضایعات و آلودگی‌هاست. بوم‌شهر راهبردی است که به کاهش فشار بر محیط‌زیست و منابع طبیعی به میزان زیادی کمک می‌کند. |
| شریفیان بارفروش و مفیدی، ۱۳۹۳ | بوم‌شهر اقامتگاهی سالم برای انسان است که بر ساختاری خودنگهدارنده، انعطاف‌پذیر و هماهنگ با عملکرد سامانه زیستی طبیعی موجودات زنده ساخته می‌شود. |
| مرصوصی و همکاران، ۱۳۹۴ | شهر باید سازگار با محیط‌زیست عمل کند. شهرها باید اکوسیستم‌هایی دانسته شوند که در آن‌ها چرخه‌ای ذاتی از روندهای فیزیکی منابع، فعالیت‌ها و پسماندها وجود داشته باشد که به شکلی مؤثر مدیریت شود تا کیفیت زیست‌محیطی حفظ شود. |
| مساعدی و همکاران، ۱۳۹۴ | اکوسیستی شهری است که با توجه به تأثیرات محیطی آن طراحی شده باشد، مردمی در آن ساکن باشند که دغدغه‌ی به حداقل رساندن انرژی موردنیاز برای غذا، آب و ضایعات خروجی گرماء، دی‌اکسید کربن، متان و آلودگی آب را داشته باشند. |
| نظم فر و همکاران، ۱۳۹۶ | بوم‌شهر، یک شهر یا قسمت وابسته به آن است که بین عوامل اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی برای رسیدن به توسعه پایدار توازن ایجاد می‌کند و با در نظر گرفتن ملاحظات زیست‌محیطی طراحی شده است. |
| پوراحمد و همکاران، ۱۳۹۷ | بوم‌شناسی اصطلاحی است که از علوم طبیعی گرفته شده است. واژه اکولوژی در دائره‌المعارف بریتانیکا و آمریکانو به‌صورت okologie مشتق از Logia و Oko به معنای رشته‌ای علمی ذکر شده است که در آن، ارتباط بین ارگانیسم‌ها با محیط اطرافشان مطالعه می‌شود. |

در مقایسه تطبیقی مؤلفه‌های بوم‌گرایی شهری از دیدگاه نظریه‌پردازان مختلفی نظیر ریچارد رجیستر^۱، پل داونتون^۲، کن یانگ^۳، فیلیپ گافرون^۴، گی هویسنمانس^۵ و فرانک اسکالا^۶ می‌توان دریافت که عوامل اصلی در این رویکرد شامل فضای سبز، هماهنگی

1. Richard Register
2. Downton
3. Yeang
4. Gaffron
5. Ge Huismans
6. Franz Skala

شهر با بستر طبیعی، ساختار شهری، میزان مصرف انرژی، عناصر طبیعی (آب، خاک، هوا) و فرهنگ می‌باشند (Ecocitybuilders, 2005; Gaffron et al., 2006; Yeang, 2006; Downton, 2009). در بین تمام این نظریه‌پردازان، اهمیت فضای سبز به عنوان بستر طبیعی و جاندار شهر و دسترسی به هوای سالم عوامل اساسی بوم‌گرایی شهری در نظر گرفته می‌شوند. این پژوهش در تلاش است با بررسی ارتباط بین فضای سبز و آلاینده‌های هوا، پیشنهادهایی برای برون‌رفت از چالش آلودگی هوا با تأکید بر بوم‌گرایی شهری ارائه دهد.

در بوم‌شهر، فضای سبز شهری در همه ابعاد کالبدی از جمله کف، جداره و سقف لحاظ می‌شود. از دیدگاه حفاظت محیط‌زیست، فضای سبز شهری بخش جاندار ساخت کالبدی شهر را تشکیل می‌دهد (سعیدنیا، ۱۳۸۲: ۳۱-۲۹). منطق طراحی حکم می‌کند که میان دو عامل یعنی بخش بی‌جان و جاندار مورفولوژی شهری به‌گونه‌ای تعادل برقرار گردد (لحمیان، ۱۳۹۶؛ Abizadeh & Zali, 2013). مطالعات نشان داده است که افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی موجب تبدیل فضاهای سبز شهری به سطوح بتنی خشن و نفوذناپذیر می‌شود و این روند به‌ویژه در کشورهای درحال توسعه و جهان سوم نمود جدی دارد (منهوبی، ۱۳۹۵: ۲). توجه به فضای سبز شهری در کشور ما از دهه ۳۰ هجری شمسی با احداث باغ ملی در تهران و سپس تبدیل آن به پارک شهر آغاز شد. مشخصاً از دهه ۱۳۵۰ احداث پارک‌ها، باغ و ویلا سازی به سبک کشورهای اروپایی در ایران باب شد (حکمتی، ۱۳۷۱: ۱۸).

شاید بتوان گفت که در ایران از دهه ۱۳۴۰ هم‌زمان با احداث اکثر صنایع بزرگ و افزایش ورود وسایل نقلیه موتوری، مسئله آلودگی هوا مطرح گردید (محبوب فر و همکاران، ۱۳۹۷: ۳۲۷). آلودگی هوا عبارت است از وجود یک یا چند آلوده‌کننده مانند گردوغبار، گازها، بو، دود، بخارت در هوای آزاد با کمیت‌ها و ویژگی‌های مختلف که برای زندگی انسان، گیاه یا حیوان خطرناک و برای اموال مضر باشد و یا به‌طور غیرقابل قبول، مخل استفاده راحت از زندگی و اموال گردد (Ra et al., 2005; Karnosky, 2003; Mickler, 2003; Tang & Wang, 2007). در ایران در سال ۱۳۴۵ نخستین قدم برای مبارزه با آلودگی هوا برداشته و اداره بهداشت محیط کار و کنترل آلودگی هوا در اداره کل مهندسی بهداشت تشکیل شده است. در ایران، کلیات لایحه هوای پاک در مهرماه سال ۱۳۹۵ به تأیید نمایندگان مجلس رسید (باستان فرد، ۱۳۹۷: ۲۷). لازم به ذکر است که آلاینده‌های هوا از دو منشأ طبیعی و فعالیت‌های انسانی سرچشمه می‌گیرند (اشتهداریان و فاضلی راد، ۱۳۹۳: ۱۴۶). با توجه به توسعه و پیشرفت صنایع و تکنولوژی، توسعه شهرها، ازدیاد جمعیت و افزایش وسایل نقلیه موتوری، سهم آلاینده‌های مصنوعی که به محیط‌زیست رها می‌شوند، به‌مراتب بیشتر از منابع طبیعی می‌باشد (فنی و مولودی، ۱۳۸۸: ۵۲). در بین بخش‌های مختلف آلوده‌کننده هوا در ایران، بخش‌های حمل‌ونقل و صنعت به ترتیب مهم‌ترین بخش‌های آلوده‌کننده هوا می‌باشند (فیروز زارع و قربانی، ۱۳۹۰: ۸). به‌طور کلی متغیرهای آلاینده‌گی که توسط شرکت کنترل کیفیت هوا اندازه‌گیری می‌شوند و در این پژوهش مورد بررسی قرار می‌گیرند، مونوکسید کربن (CO)، ازن (O₃)، دی‌اکسید نیتروژن (NO₂)، نیتروژن اکسید (NO_x)، مونوکسید نیتروژن (NO)، دی‌اکسید گوگرد (SO₂)، ذرات معلق زیر ۲/۵ میکرون (PM_{2.5}) و ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون (PM₁₀) می‌باشند.

برنامه‌های مدیریت آلودگی هوا عمدتاً بر کنترل منابع تولید آلاینده‌ها متمرکزند (Schnelle & Brown, 2002). این راهبرد به‌طور مؤثری میزان آلاینده‌های جدید واردشده به هوا را کاهش داده اما در مورد آلاینده‌های موجود در هوا بی‌تأثیر است. اگرچه رویکرد "کنترل منابع آلودگی" جامع‌تر و در جستجوی درمان معضل است، اما برنامه‌ای درازمدت، با هزینه‌ای گزاف است که شمار متغیرهای تأثیرگذار بر آن بسیار زیاد بوده و در طی سالیان طولانی همچنان به نتیجه نرسیده است (باستان فرد، ۱۳۹۷: ۲۸). در این پژوهش با پذیرش آلودگی هوا به عنوان یک معضل و تلاش مدیران شهری برای کنترل منابع آلاینده در درازمدت به عنوان یک ضرورت، به نوع و شدت تأثیر فضای سبز به عنوان عامل بهبوددهنده وضعیت آلاینده‌های موجود در هوا پرداخته می‌شود. بر اساس شکل (۱) در تدوین مدل مفهومی پژوهش، ساختار مفهومی ارتباط بین فضای سبز شهری و آلودگی هوا مبتنی بر رویکرد بوم‌گرایی شهری تبیین شده است.

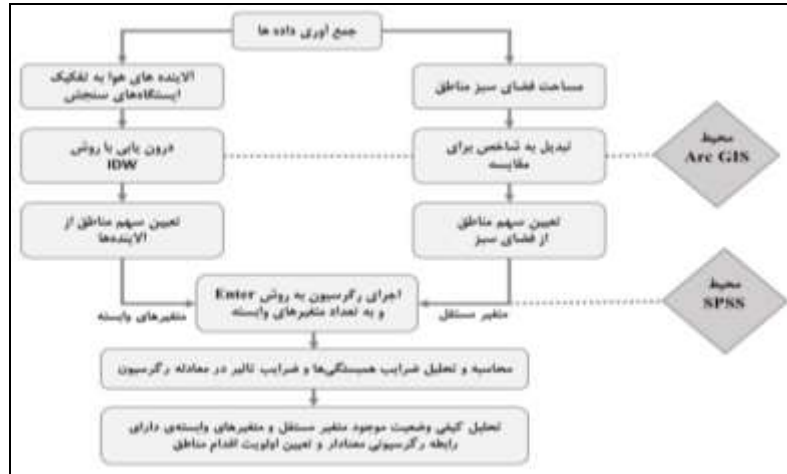


شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

روش پژوهش

این پژوهش از لحاظ ماهیت، توصیفی-تحلیلی و از لحاظ کاربردی و از لحاظ روش‌شناسی، آمیخته (کمی-کیفی) است. روش گردآوری اطلاعات به صورت اسنادی است. شهر تهران به عنوان مورد پژوهی انتخاب شده است. داده‌های کمی پژوهش از مطالعات اسنادی منتشر شده توسط سازمان‌های مرتبط به دست آمده‌اند. داده‌های مربوط به وضعیت فضای سبز شهر تهران از سالنامه آماری استان تهران در سال ۱۳۹۸ (سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان تهران، ۱۳۹۸) و همچنین داده‌های مربوط به آلودگی هوا در سال ۱۳۹۸ از شرکت کنترل کیفیت هوا (شرکت کنترل کیفیت هوا، ۱۳۹۸) استخراج شده است. تکنیک‌های استفاده شده در این پژوهش شامل توابع درونیابی^۱ در محیط نرم‌افزار ArcMap 10.7 و تحلیل رگرسیونی^۲ در محیط نرم‌افزار SPSS²¹ است. بدین صورت که ابتدا داده‌های مربوط به میزان آلودگی هوا در سطح شهر تهران به تفکیک ایستگاه‌های مستقر در مناطق ۲۲ گانه به عنوان ورودی توابع درونیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا امتیاز هر کدام از مناطق از این آلاینده‌ها به طور دقیق به دست آید و پس از تولید نقشه‌های آن‌ها در محیط GIS، خروجی این مرحله، به عنوان ورودی تحلیل رگرسیونی در نظر گرفته می‌شود. شاخص سهم مناطق از آلودگی‌ها به عنوان متغیر وابسته و شاخص داده‌های مربوط به سهم و مساحت فضای سبز مناطق به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته می‌شوند تا نوع و شدت ارتباط آن‌ها در قالب مدل‌های کمی بیان شود. تحلیل رگرسیونی این امکان را فراهم می‌کند تا تغییرات متغیر وابسته را از طریق متغیر مستقل پیش‌بینی و سهم هر یک از متغیرهای مستقل را در تبیین متغیر وابسته تعیین کند. در این گزارش از رگرسیون به شیوه Enter استفاده شده است. در این روش، کلیه متغیرها هم‌زمان وارد معادله می‌شوند. با توجه به اینکه هشت آلاینده هوا (O_3 , CO, NO, NO_2 , NO_x , SO_2 , PM_{10} , $PM_{2.5}$) به عنوان متغیرهای وابسته و فضای سبز، به عنوان متغیر مستقل در این پژوهش مدنظر قرار گرفته‌اند، لازم است ۸ معادله رگرسیونی اجرا گردند تا سطح معناداری رابطه‌ها و ضرایب بررسی شوند. سپس به منظور تحلیل یکپارچه وضعیت موجود متغیرهای دارای رابطه رگرسیونی و تعیین اولویت اقدام مناطق، کدگذاری کیفی در چهار سطح از کم به زیاد صورت می‌گیرد. شکل (۲) بیانگر روش انجام پژوهش است.

1. Interpolation
2. Regression Analysis



شکل ۲. روش انجام پژوهش

قلمرو جغرافیایی پژوهش

تهران، پایتخت ایران زمین و پرجمعیت‌ترین شهر کشور است. شهر تهران از نظر تقسیمات اداری به ۲۲ منطقه تقسیم می‌شود (زیاری و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰۲). این شهر از شمال به سلسله جبال البرز، از شرق به لواسانات و از غرب به کرج و از جنوب به ورامین محدود شده است. محیط جغرافیایی تهران از نظر اقلیمی یک محیط نسبتاً بسته است (محمودی، ۱۳۶۹ و سعیدنیا، ۱۳۶۸). آلودگی هوای تهران سالانه جان بسیاری از شهروندان را می‌گیرد و در برخی روزها به‌ویژه در زمستان، شهر را به تعطیلی می‌کشاند. به همین جهت، تهران به عنوان مطالعه موردی این پژوهش انتخاب شده است.



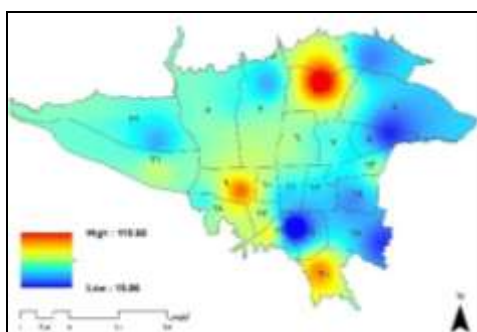
شکل ۳. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

یافته‌ها و بحث

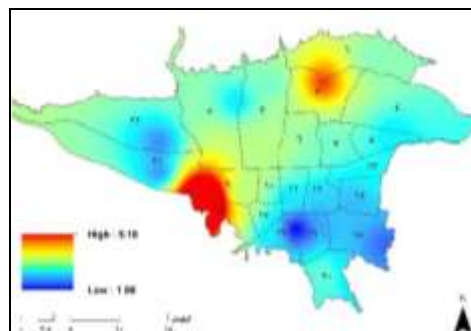
به‌منظور تحلیل ارتباط بین فضای سبز و آلودگی هوا، در مرحله نخست باید وضعیت آلودگی هوا به تفکیک نوع آلاینده در مناطق تهران بررسی گردد. برای این منظور، ابتدا موقعیت ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوا در شهر تهران شناسایی شد. سپس وضعیت آلاینده‌های مونوکسید کربن (CO)، ازن (O₃)، دی‌اکسید نیتروژن (NO₂)، نیتروژن اکسید (NO_x)، مونوکسید نیتروژن (NO)، دی‌اکسید گوگرد (SO₂)، ذرات معلق زیر ۲/۵ میکرون (PM_{2.5}) و ذرات معلق زیر ۱۰ میکرون (PM₁₀) از شرکت کنترل کیفیت هوا در بازه زمانی اول فروردین تا بیست‌ونهم اسفند سال ۱۳۹۸ به‌صورت میانگین استخراج گردید. در مرحله بعد، ایستگاه‌هایی که گزارشی از آلاینده‌ها نداشتند یا وضعیت برخی از آلاینده‌ها را نسنجیده بودند، از دامنه مطالعه و تحلیل خارج شد. پس از استخراج وضعیت آلاینده‌های هوا به تفکیک ایستگاه‌های سنجش کنترل کیفیت هوا، برای تعیین سهم مناطق از آلاینده‌ها، از روش درون‌یابی و با به‌کارگیری معکوس فاصله وزنی (IDW)^۱ برای تخمین و تعمیم دهی مقادیر آلاینده‌ها به کل سطح تهران

1. Inverse Distance Weighted

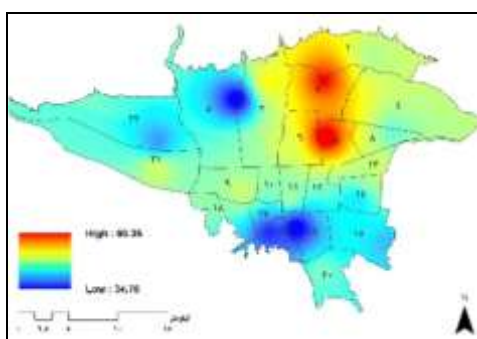
بهره گرفته شد. در واقع از روش درون‌یابی برای تعمیم مقادیر اندازه‌گیری شده ایستگاهی (نقطه‌ای) به سطح استفاده شد. تمامی محاسبات مذکور در محیط نرم‌افزاری ArcMap 10.7 انجام شد. سپس مطابق شکل ۴ تا ۱۱، وضعیت آلودگی هوا به تفکیک آلاینده‌های مذکور در مناطق ۲۲ گانه تهران در نرم‌افزار GIS تولید شد.



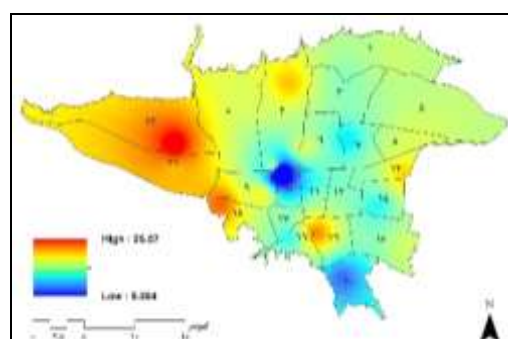
شکل ۵. وضعیت غلظت آلاینده NO در شهر تهران



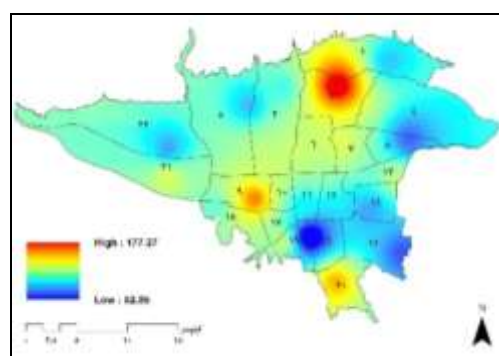
شکل ۴. وضعیت غلظت آلاینده CO در شهر تهران



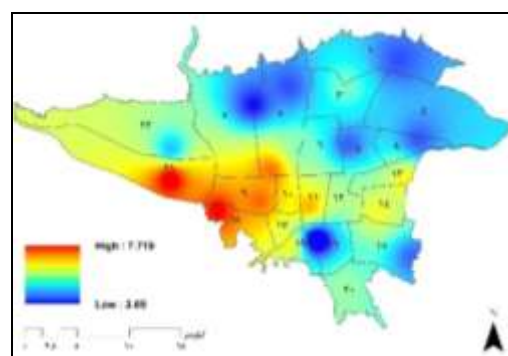
شکل ۷. وضعیت غلظت آلاینده NO₂ در شهر تهران



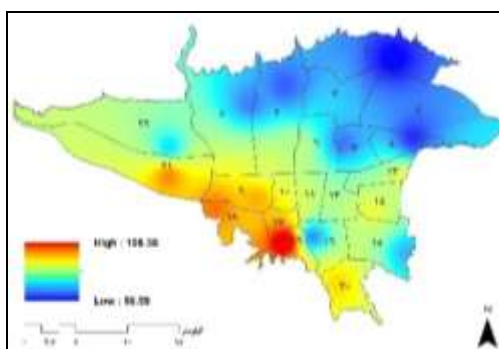
شکل ۶. وضعیت غلظت آلاینده O₃ در شهر تهران



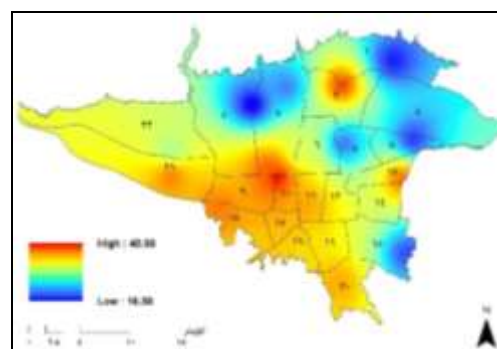
شکل ۹. وضعیت غلظت آلاینده NO_x در شهر تهران



شکل ۸. وضعیت غلظت آلاینده SO₂ در شهر تهران

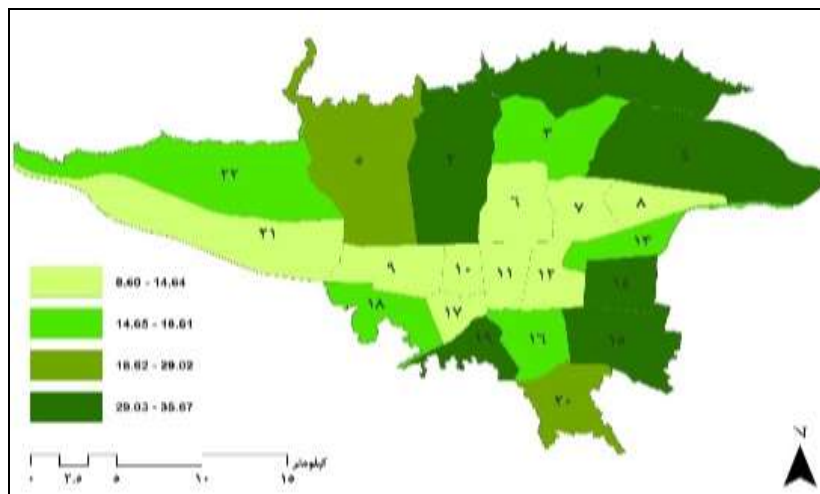


شکل ۱۱. وضعیت غلظت آلاینده PM₁₀ در شهر تهران



شکل ۱۰. وضعیت غلظت آلاینده PM_{2.5} در شهر تهران

پس از مشخص شدن وضعیت غلظت آلاینده‌ها، سطح فضای سبز در مناطق مختلف با طی کردن گام‌هایی مشخص می‌شود. بر اساس سالنامه آماری استان تهران در سال ۱۳۹۸، داده‌های مربوط به وضعیت فضای سبز شهر تهران عبارت‌اند از: بوستان عمومی، جنگل کاری کمربند سبز، معابر شامل درختکاری، رفیوژ، لچکی، جنگل کاری داخل محدوده. به دلیل اینکه موضوع پژوهش در داخل محدوده تهران بررسی می‌گردد، داده‌های مربوط به جنگل کاری کمربند سبز که در داخل محدوده شهری نیست، ارزیابی نمی‌شود، اما سایر موارد جزء فضاهای سبز در داخل شهر تهران محسوب می‌شوند و در بررسی‌ها اعمال می‌گردند. با توجه به اینکه مساحت فضای سبز مناطق، متغیر است و برای استفاده در مدل نیاز است تبدیل به شاخص^۱ شود، باید سهم هر منطقه از فضای سبز به دست آید. به‌منظور محاسبه درصد فضای سبز، ابتدا مساحت بوستان عمومی و مساحت معابر شامل درختکاری، رفیوژ، لچکی، جنگل کاری داخل محدوده در هر منطقه جمع می‌شود تا جمع فضای سبز درون هر منطقه به دست آید. سپس جمع فضای سبز درون هر منطقه بر مساحت هر منطقه تقسیم می‌گردد تا نسبت فضای سبز به مساحت حاصل شود. در مرحله بعد، عدد حاصل در ۱۰۰ ضرب می‌گردد تا سهم مناطق از فضای سبز به دست آید. مطابق شکل ۱۲، منطقه ۱، ۲، ۴، ۱۴، ۱۵ و ۱۹ بیشترین سهم را از فضای سبز نسبت به سایر مناطق دارند.



شکل ۱۲. سهم مناطق از فضای سبز (درصد)

در این پژوهش مطابق جدول (۲) به‌منظور تبیین نقش شاخص "سهم فضای سبز" و تأثیرگذاری آن بر هر یک از شاخص‌های آلاینده‌گی O_3 , CO , NO , NO_2 , NO_x , SO_2 , PM_{10} , $PM_{2.5}$ از روش تحلیل رگرسیونی خطی به شیوه Enter استفاده شده است. هر یک از شاخص‌های بررسی شده در آلاینده‌گی هوای شهر تهران، در معادلات رگرسیونی مجزا، به‌عنوان متغیرهای وابسته و شاخص عینی موجود "فضای سبز سطح مناطق" به‌عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شده‌اند.

با توجه به اینکه مقدار t و مقدار Sig. معنی‌داری آماری تأثیر متغیر پیش‌بین را نشان می‌دهند؛ مقدار t (چه مثبت یا منفی)، اگر بزرگ‌تر از $1/96$ باشد و مقدار Sig. اگر کوچک‌تر از $0/05$ باشد، نشان می‌دهد که متغیر پیش‌بین بر متغیر ملاک تأثیر معنی‌دار دارد (کریمی، ۱۳۹۴: ۲۵۰). بر این اساس، مطابق جدول ۲ می‌توان دریافت که با توجه به مقدار t و مقدار Sig. به‌دست‌آمده در مدل‌های رگرسیونی با متغیرهای O_3 , NO , NO_2 , NO_x , PM_{10} ، رابطه‌های معناداری بین این آلاینده‌ها با فضای سبز وجود ندارند، اما رابطه‌های خطی معناداری بین فضای سبز به‌عنوان متغیر پیش‌بین با آلاینده‌های CO , SO_2 و $PM_{2.5}$ به‌عنوان متغیرهای ملاک با اعتماد بالای ۹۵٪ وجود دارند. حال به تحلیل دقیق‌تر نتایج سه رابطه مذکور پرداخته می‌شود.

ضریب همبستگی چندگانه^۲ (R) بیانگر همبستگی بین مقادیر مشاهده‌شده‌ی متغیر ملاک و مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل رگرسیونی است (Field, 2000: 103). دامنه این ضریب بین $(+)$ و $(-)$ است. هر چه مقدار این ضریب به یک نزدیک‌تر باشد، نشان از همبستگی قوی‌تر بین مقادیر مشاهده‌شده و پیش‌بینی‌شده دارد (کریمی، ۱۳۹۴: ۲۴۶). میزان همبستگی متغیر فضای سبز مناطق در یک ترکیب خطی با متغیرهای CO , SO_2 و $PM_{2.5}$ به ترتیب برابر با $0/5$ ، $0/5$ و $0/425$ می‌باشد.

1. Indicator
2. Multiple Correlation

ضریب تعیین^۱ (R^2)، میزان واریانس متغیر وابسته را که توسط مجموعه متغیرهای مستقل تبیین می‌شود، نشان می‌دهد. دامنه این ضریب بین (۰) تا (۱) است. هر چه مقدار این ضریب به یک نزدیک‌تر باشد، نشان از آن دارد که متغیرهای مستقل توانسته‌اند میزان بالاتری از واریانس متغیر وابسته را تبیین کنند. از این ضریب جهت ارزیابی برازش مدل رگرسیونی استفاده می‌شود (حبیب پور و صفری، ۱۳۸۸: ۴۸۷). ایراد ضریب تعیین این است که میزان موفقیت مدل را بیشتر از اندازه برآورد می‌کند و کم‌تر تعداد متغیرهای مستقل و همچنین حجم نمونه را در نظر می‌گیرد و تعداد درجات آزادی را به حساب نمی‌آورد. از این‌رو ضریب تعیین تعدیل‌شده^۲، مقدار ضریب تعیین را به منظور انعکاس بیشتر میزان نیکویی برازش مدل تصحیح می‌کند. چون در این ضریب، مقدار ضریب تعیین با درجات آزادی تعدیل‌شده است (منصورفر، ۱۳۸۵: ۱۶۶). این ضریب مشخص می‌کند که متغیر مستقل (فضای سبز) تا چه اندازه توانسته است تغییرات متغیر وابسته را تبیین کند. ضریب تعیین تعدیل‌یافته در تحلیل رگرسیونی ارتباط بین فضای سبز و آلاینده‌های CO ، SO_2 و $PM_{2.5}$ به ترتیب برابر با ۰/۲۱۳، ۰/۲۲۱ و ۰/۱۶۵ گزارش شده است و فضای سبز به عنوان متغیر پیش‌بین توانسته است به ترتیب ۲۱/۳، ۲۲/۱ و ۱۶/۵ درصد از واریانس متغیر ملاک را پیش‌بینی کند و مابقی مربوط سایر متغیرهاست.

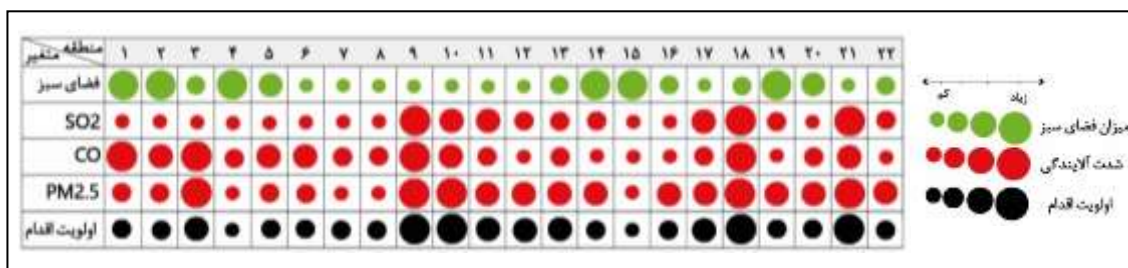
بتا^۳ یا ضریب استاندارد شده رگرسیونی (β) مقیاسی است برای تعیین مقدار تأثیر متغیر مستقل (پیش‌بین) بر متغیر وابسته (ملاک). در واقع بتا نشان می‌دهد که تغییر یک واحد استاندارد در متغیر پیش‌بین، منجر به چه میزان تغییر انحراف استاندارد در متغیر ملاک می‌شود. هر چه بتا بزرگ‌تر باشد، اثر متغیر پیش‌بین بر متغیر ملاک بیشتر خواهد بود. دامنه‌ی این ضریب از (-۱) تا (+۱) است (کریمی، ۱۳۹۴: ۲۴۶). مطابق جدول (۲)، در سه معادله رگرسیونی ۱، ۳ و ۷، منفی بودن علامت بتا نشان‌دهنده رابطه معکوس است. مقدار بتا در سه معادله مذکور مشخص می‌کند که یک واحد تغییر در انحراف معیار متغیر فضای سبز باعث می‌شود تا انحراف معیار متغیر وابسته (آلاینده‌های CO ، SO_2 و $PM_{2.5}$) به ترتیب به اندازه ۰/۵۰۰، ۰/۵۰۰ و ۰/۴۵۲ بهبود یابد.

جدول ۲. تحلیل رگرسیونی روابط بین فضای سبز (متغیر مستقل) و آلاینده‌های هوا (متغیر وابسته)

| مدل رگرسیونی | متغیر | ضریب همبستگی چندگانه (R) | ضریب تعیین (R^2) | ضریب تعیین تعدیل‌یافته (Adjusted R^2) | ضرایب استاندارد نشده | | ضرایب استاندارد (Beta) | آزمون t | سطح معناداری (Sig.) |
|--------------|-------------------------|--------------------------|----------------------|--|----------------------|-------------------|------------------------|---------|---------------------|
| | | | | | B | خطای معیار برآورد | | | |
| ۱ | مقدار ثابت ^۴ | - | - | - | ۱/۹۹۶ | ۰/۰۸۵ | - | ۲۳/۴۸۱ | ۰/۰۰ |
| | CO | 0/500 | 0/250 | 0/213 | -۰/۰۱۰ | ۰/۰۰۴ | -۰/۵۰۰ | ۲/۵۸۲ | ۰/۰۱۸ |
| ۲ | مقدار ثابت | - | - | - | ۶/۰۵۴ | ۰/۳۱۸ | - | ۱۹/۰۱۳ | ۰/۰۰ |
| | SO ₂ | ۰/۵۰۰ | ۰/۲۵۸ | ۰/۲۲۱ | -۰/۰۳۷ | ۰/۰۱۴ | -۰/۵۰۸ | -۲/۶۳۹ | ۰/۰۱۶ |
| ۳ | مقدار ثابت | - | - | - | ۶۶/۰۵۳ | ۵/۶۰۳ | - | ۱۱/۷۸۹ | ۰/۰۰ |
| | NO | ۰/۱۲۲ | ۰/۰۶۵ | -۰/۰۳۴ | -۰/۱۳۷ | ۰/۳۴۹ | -۰/۱۲۲ | -۰/۵۵۱ | ۰/۵۸۷ |
| ۴ | مقدار ثابت | - | - | - | ۵۱/۳۲۲ | ۲/۵۴۴ | - | ۲۰/۱۷۰ | ۰/۰۰۰ |
| | NO ₂ | ۰/۲۳۵ | ۰/۰۵۵ | ۰/۰۰۸ | ۰/۱۲۲ | ۰/۱۱۳ | ۰/۲۳۵ | -۱/۰۸۰ | ۰/۲۹۳ |
| ۵ | مقدار ثابت | - | - | - | ۱۱۶/۸۱۵ | ۶/۵۲۳ | - | ۱۷/۹۰۹ | ۰/۰۰۰ |
| | NO _x | ۰/۱۹۶ | ۰/۰۳۸ | -۰/۰۱۰ | -۰/۲۵۹ | ۰/۲۹۰ | -۰/۱۹۶ | -۰/۸۹۲ | ۰/۳۸۳ |
| ۶ | مقدار ثابت | - | - | - | ۱۹/۴۷۲ | ۰/۸۱۷ | - | ۲۳/۸۲۶ | ۰/۰۰۰ |
| | O ₃ | ۰/۰۳۱ | ۰/۰۰۱ | -۰/۰۴۹ | ۰/۰۰۵ | ۰/۰۳۶ | ۰/۰۳۱ | ۰/۱۳۸ | ۰/۸۹۲ |
| ۷ | مقدار ثابت | - | - | - | ۳۵/۲۷ | ۱/۷۲۴ | - | ۲۰/۴۶۴ | ۰/۰۰ |
| | PM _{2.5} | ۰/۴۲۵ | ۰/۲۰۴ | ۰/۱۶۵ | -۰/۱۷۴ | ۰/۰۷۷ | -۰/۴۵۲ | -۲/۲۶۷ | ۰/۰۳۵ |
| ۸ | مقدار ثابت | - | - | - | ۷۹/۳۳۲ | ۵/۴۲۳ | - | ۱۴/۶۳۰ | ۰/۰۰۰ |
| | PM ₁₀ | ۰/۱۸۷ | ۰/۰۳۵ | ۰/۰۱۳ | -۰/۲۰۶ | ۰/۲۴۱ | -۰/۱۸۷ | -۰/۸۵۳ | ۰/۴۰۴ |

1. R Square
2. Adjusted R Square
3. Beta
4. Constant

پس از کشف رابطه رگرسیونی بین متغیر فضای سبز و آلاینده‌های SO_2 ، CO و $PM_{2.5}$ ، به تحلیل یکپارچه وضعیت این متغیرها با هدف سنجش وضعیت موجود و بررسی اولویت اقدام به تفکیک مناطق در شهر تهران پرداخته می‌شود. برای این منظور، وضعیت موجود متغیر پیش‌بین و متغیرهای ملاک در چهار سطح زیاد تا کم کدگذاری می‌شوند. سپس از تلفیق وضعیت موجود فضای سبز و غلظت آلاینده‌های SO_2 ، CO و $PM_{2.5}$ ، اولویت اقدام به تفکیک مناطق تعیین می‌گردد. مطابق شکل (۱۳)، مناطق ۹، ۱۰، ۱۸ و ۲۱ به علت سطح کم فضای سبز و غلظت بالای آلاینده‌های مذکور، در دسته اولویت اقدام اول کدگذاری شده‌اند. در واقع مناطق مذکور برای برنامه‌ریزی در راستای گسترش فضای سبز در درجه اهمیت بالاتری نسبت به سایر مناطق تهران قرار دارند.



شکل ۱۳. تحلیل یکپارچه وضعیت موجود فضای سبز و غلظت آلاینده‌ها به تفکیک مناطق در شهر تهران

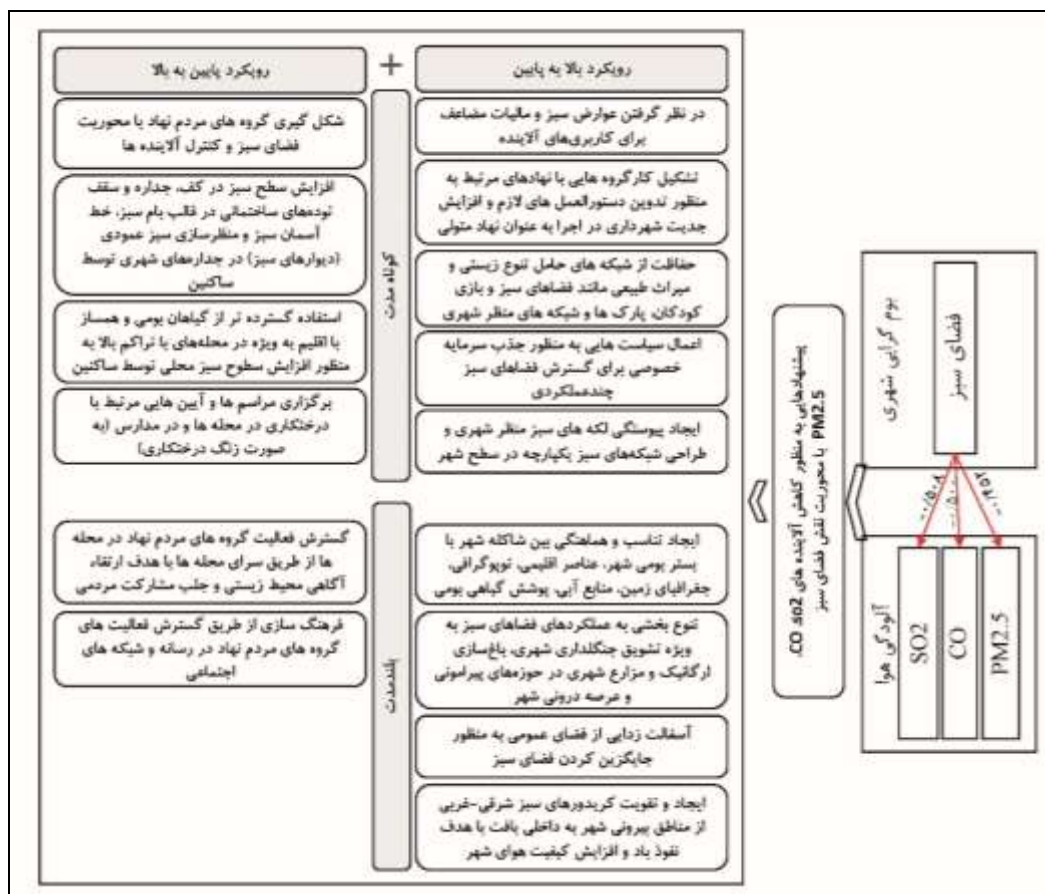
نتیجه‌گیری

وضعیت هوای شهر تهران در سال‌های اخیر رو به وخامت گذاشته است و هرروزه اثرات سوء آن بر سلامت عمومی در پژوهش‌های متعددی انعکاس می‌یابد. نقش فضای سبز در کنترل آلاینده‌های موجود در هوا با تأکید بر بوم‌گرایی شهری غیرقابل انکار است. شهر تهران با دارا بودن تراکم بالای جمعیت و تراکم فزاینده مساکن و انواع صنایع و تأسیسات و تجهیزات شهری، نیازمند ارتقا کمی و کیفی فضاهای سبز شهری در راستای افزایش کارکرد اکولوژیکی این فضاها می‌باشد. ایجاد شهر اکولوژیکی راه‌حل مناسبی در مدیریت و برنامه‌ریزی برای شهروندان و محیط شهری برای برون‌رفت از آلودگی هوا و توجه بیشتر به نقش فضاهای سبز شهری تلقی می‌شود. در همین راستا این نوشتار، نقش فضای سبز در تغییرات آلودگی هوا را در کلان‌شهر تهران بررسی کرده است.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهد که میزان تأثیرگذاری فضای سبز بر آلاینده‌های CO ، SO_2 و $PM_{2.5}$ بر اساس ضریب بتا به ترتیب $0/500$ ، $-0/508$ و $-0/452$ می‌باشد. در حقیقت ارتباط معناداری بین فضای سبز شهری و آلاینده‌های CO ، SO_2 و $PM_{2.5}$ وجود دارد. منفی بودن بتا بیانگر رابطه معکوس فضای سبز با آلاینده‌های هواست. یعنی با افزایش سطح فضای سبز، میزان این سه آلاینده کاهش می‌یابد.

پس از شناسایی نوع و شدت ارتباط فضای سبز و آلاینده‌های هوا، پیشنهادهایی در راستای کاهش آلاینده‌های موجود در هوا با تأکید بر بوم‌گرایی شهری و محوریت اهمیت فضای سبز ارائه می‌شود. در واقع علی‌رغم ضرورت پیشنهادهایی که با هدف کنترل منابع آلودگی، میزان آلاینده‌های ورودی به هوا را به طور کارآمدی کاهش می‌دهند، توجه به پیشنهادهایی با محوریت فضای سبز که منجر به کاهش آلاینده‌های موجود در هوا می‌شوند، نیز حائز اهمیت است. توجه به اصل "ضرورت آگاه‌سازی و به مشارکت طلبیدن مردم در طیف گسترده‌تر در فضاهای خصوصی، نیمه عمومی و عمومی" و اصل "عزم قاطعانه‌ی شهرداری به‌عنوان نهاد متولی کاشت، حفاظت و آبیاری فضاهای سبز" می‌تواند زمینه‌ساز تحقق پیشنهادها در راستای کاهش آلودگی هوا با محوریت فضای سبز باشد.

اساساً دو رویکرد برای ارتقای زیرساخت‌های سبز وجود دارد: از بالا به پایین (تحت هدایت دولت، از طریق حمایت مالی و یا مقررات) و از پایین به بالا (رویکرد مردمی). این دو رویکرد بدون حمایت یکدیگر نمی‌توانند به تحقق پیشنهادها کمک کنند. بنابراین در این پژوهش، بر اساس شکل (۱۴) تلفیق حوزه تأثیرگذاری این دو رویکرد در دو بازه زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت مدنظر قرار می‌گیرد تا فضای سبز به عنوان متغیر تأثیرگذار به شیوه مؤثرتری در راستای کاهش آلاینده‌های CO ، SO_2 و $PM_{2.5}$ عمل نماید.



شکل ۱۴. پیشنهادهایی به منظور کاهش آلاینده‌های CO_2 ، SO_2 و $PM_{2.5}$ با محوریت نقش فضای سبز

با مقایسه پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها می‌توان دریافت هیچ پژوهش داخلی به صورت تخصصی به بررسی نوع و نحوه تأثیرگذاری فضای سبز بر آلاینده‌های هوا نپرداخته است. در واقع تمرکز پژوهش‌های داخلی بر کنترل منابع آلاینده‌ی هواست و پژوهشی در زمینه کنترل آلاینده‌های موجود در هوا با بهره‌گیری از فضاهای سبز شهری صورت نگرفته است. این مورد را می‌توان جنبه نوآوری این پژوهش دانست. لازم به ذکر است که نتایج این پژوهش شباهت‌هایی با نتایج پژوهش مرادپور و حسینی (۲۰۲۰) و کوهن و همکاران (۲۰۱۴) دارد، به این دلیل که وجود درختان و پارک‌ها باعث کاهش غلظت آلاینده CO در این پژوهش‌ها نیز شده است. همچنین سلمی و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش خود مطرح کرده‌اند که وجود درختان در طی یک سال منجر به کاهش آلاینده‌های CO ، SO_2 و $PM_{2.5}$ شده است که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. البته در پژوهش‌های ذکرشده، وجود فضای سبز، غلظت آلاینده‌های دیگری نظیر PM_{10} و NO_x را نیز کاهش داده است که از این منظر می‌توان وجه تمایزی بین نتایج این پژوهش‌ها با پژوهش حاضر در نظر گرفت. از سوی دیگر نتایج پژوهش یانگ و همکاران (۲۰۰۵) تا حدودی متفاوت با پژوهش حاضر است. از این نظر که آلاینده‌ای که در این پژوهش بیشترین کاهش را داشته است، PM_{10} بوده است، در صورتی که در پژوهش حاضر بین فضای سبز و آلاینده PM_{10} ارتباط معناداری یافت نشده است. در بخش پیشنهادها می‌توان پژوهش حاضر را با پژوهش‌های باستان فرد (۱۳۹۷) و سینگری و بدری بنام (۱۳۹۱) هم‌راستا دانست، از این نظر که این پژوهش‌ها نیز بر بام و نمای سبز به عنوان راهکارهایی که در کوتاه‌مدت برای بهبود آلاینده‌های موجود در هوا قابل تحقق است، تأکید کرده‌اند.

تقدیر و تشکر

این پژوهش مستخرج از کار پژوهشی مستقل بوده و با حمایت مالی سازمانی انجام نشده است.

منابع

- ابراهیم زاده، عیسی؛ شاطریان، محسن؛ حسینی، سید احمد و امیریان، سهراب. (۱۳۹۷). ارزیابی فضای سبز شهری با استفاده از مدل تحلیل شبکه راهبردی جهت دستیابی به توسعه پایدار (مطالعه موردی: منطقه بی سیم زنجان). *فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۳(۱)، ۵۳-۶۸.
- اشتهاردیان، احسان‌الله و فائضی راد، محمدعلی. (۱۳۹۳). به‌کارگیری شبکه عصبی مصنوعی برای قیمت‌گذاری شناور مجوز طرح ترافیک تهران جهت مدیریت بهینه شهر با هدف کاهش آلودگی هوا. *فصلنامه مدیریت شهری*، ۱۳(۳۶)، ۱۴۵-۱۴۵.
- باستان فرد، متین. (۱۳۹۷). کنترل آلودگی هوا توسط پوسته‌های زیست‌مبنا (راهکاری برای کنترل آلودگی هوای شهر تهران). *فصلنامه باغ نظر*، ۱۵(۶۵)، ۴۰-۲۵.
- پوراحمد، احمد؛ اباذری، نسرین؛ حیدری، اصغر و غنی‌زاده قاسم‌آبادی، هادی. (۱۳۹۷). تحلیل اکولوژی شهر تهران با تأکید بر شاخص‌های اکولوژی امنیتی. *فصلنامه کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی*، ۶(۱)، ۱۱۹-۱۴۸.
- جمعه پور، محمود. (۱۳۹۲). *برنامه‌ریزی محیطی و پایداری شهری و منطقه‌ای (اصول، روش‌ها و شاخص‌های محیطی پایداری سرزمین)*. چاپ اول، تهران: انتشارات سمت.
- حبیب پور، کرم و صفری، رضا. (۱۳۸۸). *راهنمای جامع کاربرد SPSS در تحقیقات پیمایشی*. چاپ اول، تهران: نشر لویه.
- حکمتی، جمشید. (۱۳۷۱). *طراحی باغ و پارک*. چاپ سوم، تهران: نشر فرهنگ جامع.
- زبردست، اسفندیار و ریاضی، حسین. (۱۳۹۴). شاخص‌های محیط انسان‌ساخت و تأثیرات آن بر آلودگی هوا (مطالعه موردی: محدوده پیرامونی چهارده ایستگاه سنجش کیفیت هوا در شهر تهران). *فصلنامه هنرهای زیبا*، ۲۰(۱)، ۶۶-۵۵.
- زیاری، کرامت‌الله؛ واحدیان بیگی، لیلا و پرنون، زیبا. (۱۳۹۱). تحلیلی بر بحران زیست‌محیطی و توزیع مکانی فضای سبز شهر تهران. *فصلنامه مطالعات و پژوهش‌های شهری و منطقه‌ای*، ۴(۱۴)، ۱۱۴-۱۰۱.
- سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان تهران. (۱۳۹۸). *معاونت آمار و اطلاعات وضعیت فضای سبز شهر تهران*.
- ساسان پور، فرزانه. (۱۳۹۰). *مبانی پایداری توسعه کلان‌شهرها با تأکید بر کلان‌شهر تهران*. چاپ اول، تهران: نشر مرکز مطالعات برنامه‌ریزی شهر تهران.
- سعیدنیا، احمد. (۱۳۶۸). مکان شهر تهران. *فصلنامه محیط‌شناسی*، ۱۶(۱۵)، ۱۰-۱.
- سعیدنیا، احمد. (۱۳۸۲). *کتاب سبز شهرداری‌ها، جلد نهم: فضای سبز شهری*. چاپ دوم، تهران: انتشارات سازمان شهرداری‌های کشور.
- سینگری، مریم و بدری بنام، نسیم. (۱۳۹۱). امکان‌سنجی بهره‌گیری از سامانه‌های بام سبز در میان مناطق مختلف شهرداری تبریز، همایش ملی جریان و آلودگی هوا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- شرکت کنترل کیفیت هوا. (۱۳۹۸). *گزارش سالانه کیفیت هوای تهران*.
- شریفیان بارفروش، شفق و مفیدی شمیرانی، مجید. (۱۳۹۳). معیارهای شاکله بوم شهر از دیدگاه نظریه‌پردازان. *فصلنامه باغ نظر*، ۱۱(۳۱)، ۹۹-۱۰۸.
- ضرابی، اصغر؛ محمدی، جمال و عبدالهی، علی‌اصغر. (۱۳۸۹). بررسی و ارزیابی منابع ثابت و متحرک در آلودگی هوای شهر اصفهان. *فصلنامه جغرافیا*، ۸(۲۶)، ۱۶۴-۱۵۱.
- فنی، زهره و مولودی، جمشید. (۱۳۸۸). ارزیابی محیط‌زیست شهری در قالب قوانین و ضوابط با تأکید بر آلودگی هوا. *فصلنامه مدیریت شهری*، ۷(۲۴)، ۶۴-۵۱.
- فنی، زهره. (۱۳۸۴). شهرها، گلخانه‌های جهانی. *فصلنامه جغرافیای سرزمین*، ۲(۸)، ۱۱۹-۱۰۵.
- فیروز زارع، علی و قربانی، محمد. (۱۳۹۰). بررسی اثرات رفاهی سیاست‌های مختلف تغییر در آلودگی هوا در ایران (مطالعه موردی: شهر مشهد). *فصلنامه مدیریت شهری*، ۹(۲۷)، ۳۳۱-۳۱۷.
- کریمی، رامین. (۱۳۹۴). *راهنمای آسان تحلیل آماری با SPSS*. چاپ اول، تهران: نشر هنگام.
- لحمیان، رضا. (۱۳۹۶). برنامه‌ریزی توسعه کالبدی فضای سبز شهری با تأکید بر عامل دسترسی (مطالعه موردی: شهر بابل). *فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۲(۲)، ۴۴۸-۴۳۳.
- محبوب‌فر، محمدرضا؛ رامشت، محمدحسین؛ یزدان پناه، حجت‌الله و اذانی، مه‌ری. (۱۳۹۷). بررسی روند تغییرات شاخص کیفیت هوا در راستای مدیریت بحران آلودگی هوای شهر اصفهان. *فصلنامه مدیریت شهری*، ۱۷(۵۰)، ۳۳۶-۳۲۳.
- محمودی، فرج‌الله. (۱۳۶۹). سیمای طبیعی تهران. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی*، ۲۶(۰)، ۴۷-۲۳.
- مرصوصی، نفیسه؛ حسین زاده، رباب و صفرعلی‌زاده، اسماعیل. (۱۳۹۴). ارزیابی پتانسیل‌های مناطق شهری جهت توسعه الگوی بوم شهر نمونه مطالعه: مناطق شهر اصفهان. *فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری*، ۶(۲۱)، ۱۷۴-۱۵۷.

- مساعدی، مهسا؛ حجازی، رخشاد و زعیم دار، مژگان. (۱۳۹۴). نیازسنجی آموزشی شاخص‌های برگزیده اکوشهر (مورد مطالعه: شهروندان ناحیه ۶ منطقه ۱ شهرداری تهران). فصلنامه آموزش محیط‌زیست و توسعه پایدار، ۴(۲)، ۵۱-۶۳.
- منصورفر، کریم. (۱۳۸۵). روش‌های پیشرفته آماری همراه با برنامه‌های کامپیوتری. چاپ اول، تهران: نشر دانشگاه تهران.
- منهوی، نازنین. (۱۳۹۵). نگرشی بر اکولوژی شهری در راستای تحقق شهر پایدار، دومین کنفرانس سالانه تحقیقات در مهندسی عمران، معماری، شهرسازی و محیط‌زیست پایدار، تهران، ایران.
- میرزایی مقدم، مهرنوش؛ اوجی، روح اله و آقایی زاده، اسماعیل. (۱۳۹۹). تحلیل اثر کاهش فضاهای سبز شهری بر تغییرات دما و رطوبت نسبی (مطالعه موردی: شهر رشت). فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی، ۱۵(۴)، ۱۱۱۸-۱۱۰۳.
- نظم فر، حسین؛ عشقی چهاربرج، علی و علوی، سعیده. (۱۳۹۶). ارزیابی توسعه بوم شهر در سکونتگاه‌های شهری استان آذربایجان شرقی با تأکید بر الگوی نظری توسعه پایدار. فصلنامه جغرافیا و پایداری محیط، ۷(۲۲)، ۸۱-۶۵.
- Abhijith, K. V., Kumar, P., Gallagher, J., McNabola, A., Baldauf, R., Pilla, F., ... & Pulvirenti, B. (2017). Air pollution abatement performances of green infrastructure in open road and built-up street canyon environments—A review. *Atmospheric Environment*, 162, 71-86.
- Abizadeh, S., & Zali, N. (2013). Analyzing urban green space function emphasizing green space features in district 2 of Tabriz metropolis in Iran. *Anuario do Instituto de Geociencias*, 36(1), 119-127.
- Cavanagh, J. A. E., Zawar-Reza, P., & Wilson, J. G. (2009). Spatial attenuation of ambient particulate matter air pollution within an urbanised native forest patch. *Urban Forestry & Urban Greening*, 8(1), 21-30.
- Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape & urban planning*, 68(1), 129-138.
- Cities Alliance. (2012). Cities without Slums Action Plan for Moving Slum Upgrading to Scale..., Annual Report De Ambient Ordenamento.
- Cohen, P., Potchter, O., & Schnell, I. (2014). The impact of an urban park on air pollution and noise levels in the Mediterranean city of Tel-Aviv, Israel. *Environmental Pollution*, 195, 73-83.
- Downton, P. F. (2009). *Ecopolis: Architecture and Cities for a Changing Climate*. Australia: Springer Science & Business Media.
- Ecocitybuilders. (2013). *The Ecocity Framework*. Oakland: Ecocitybuilders Publication.
- El Ghorab, H. K., & Shalaby, H. A. (2016). Eco and Green cities as new approaches for planning and developing cities in Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 55(1), 495-503.
- Field, Andy P. (2000). *Discovering Statistics Using SPSS for Windows: Advanced Techniques for the Beginner*. SAGE.
- Gaffron, Ph., Huismans, G., & Franz S. (2005). *Ecocity: A better place to live*. Vienna: Facultas Verlags- und Buchhandels AG.
- Hao, X., Novotny, V., & Nelson, V. (Eds.). (2010). *Water infrastructure for sustainable communities*. IWA Publishing.
- Janhäll, S. (2015). Review on urban vegetation and particle air pollution—Deposition and dispersion. *Atmospheric environment*, 105, 130-137.
- Jaung, W., Carrasco, L. R., Shaikh, S. F. E. A., Tan, P. Y., & Richards, D. R. (2020). Temperature and air pollution reductions by urban green spaces are highly valued in a tropical city-state. *Urban Forestry & Urban Greening*, 55, 126827.
- Karnosky, D. F., Percy, K. E., Thakur, R. C., & Honrath Jr, R. E. (2003). Air pollution and global change: a double challenge to forest ecosystems. *Developments in environmental science*, 3, 1-41.
- Krzyzanowski, M. (2008). WHO Air Quality Guidelines for Europe. *Toxicol. Environ. Health A*, 71(1), 47-50.
- Kumar, P., Druckman, A., Gallagher, J., Gatersleben, B., Allison, S., Eisenman, T. S., ... & Morawska, L. (2019). The nexus between air pollution, green infrastructure and human health. *Environment International*, 133, 105181.
- Mickler, R. A., McNulty, S. G., Birdsey, R. A., & Hom, J. (2003). Responses of forests in the eastern US to air pollution and climate change. *Developments in Environmental Science*, 3, 345-358.
- Miller, G. T., & Spoolman, S. (2011). *Living in the environment: principles, connections, and solutions*. Cengage Learning.
- Moradpour, M., & Hosseini, V. (2020). An investigation into the effects of green space on air quality of an urban area using CFD modeling. *Urban Climate*, 34, 100686.
- Nowak, D. J., Crane, D. E., & Stevens, J. C. (2006). Air pollution removal by urban trees and shrubs in the United States. *Urban forestry & urban greening*, 4(3-4), 115-123.

- Ra, H. S. Y., Geiser, L. H., & Crang, R. F. E. (2005). Effects of season and low-level air pollution on physiology and element content of lichens from the US Pacific Northwest. *Science of the Total Environment*, 343(1-3), 155-167.
- Register, R. (2002). *Ecocities: Building Cities in Balance with Nature*. Berkeley Hills Books.
- Register, R. (2003). Available at: www.ecotecture.com/library_eco/interviews/register1a.html.
- Selmi, W., Weber, C., Rivière, E., Blond, N., Mehdi, L., & Nowak, D. (2016). Air pollution removal by trees in public green spaces in Strasbourg city, France. *Urban forestry & urban greening*, 17, 192-201.
- Tang, U. W., & Wang, Z. S. (2007). Influences of urban forms on traffic-induced noise and air pollution: Results from a modelling system. *Environmental Modelling & Software*, 22(12), 1750-1764.
- Wang, R., Yang, B., Yao, Y., Bloom, M. S., Feng, Z., Yuan, Y., ... & Dong, G. (2020). Residential greenness, air pollution and psychological well-being among urban residents in Guangzhou, China. *Science of the Total Environment*, 711, 134843.
- Yang, J., McBride, J., Zhou, J., & Sun, Z. (2005). The urban forest in Beijing and its role in air pollution reduction. *Urban forestry & urban greening*, 3(2), 65-78.
- Yang, W., & Deng, W. (2013). Building related kpis in Sino-Singapore Tianjin eco-city. *APCBEE procedia*, 5, 112-115.
- Yeang, K. (2006). *Ecodesign: A Manual for Ecological Design*. London: Wiley-Academy.

How to cite this article:

Ghorbanpour, M., Sedaghatnia, S., Zali, N. (2023). Analysis of the relationship between urban green space and air pollution with emphasis on urban ecology (Case study: Tehran). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 18(2), 115-129.

ارجاع به این مقاله:

قربان پور، مریم؛ صداقت نیا، سعید و زالی، نادر. (۱۴۰۲). تحلیل ارتباط بین فضای سبز شهری و آلودگی هوا با تأکید بر بوم‌گرایی شهری (موردپژوهی: شهر تهران). *فصلنامه مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی*، ۱۸ (۲)، ۱۱۵-۱۲۹.

فصلنامه علمی

مطالعات برنامه‌ریزی سکونتگاه‌های انسانی