



The University of Tehran Press

## Town & Country Planning

Home Page: <https://jtcp@ut.ac.ir>

Online ISSN: 2423-6268

### Spatial analysis of the effect of air pollution on urban livability (Case study: Arak city)

Ramezan Ali Naderi Mayvan 

Assistant Professor of Geography and Urban Planning Department, Kosar University of Bojnord, Bojnord, Iran. Email: [dr.naderi@kub.ac.ir](mailto:dr.naderi@kub.ac.ir)

#### ARTICLE INFO

**Article type:**  
Research Article

**Article History:**  
Received March 18, 2024  
Revised April 16, 2024  
Accepted April 24, 2024  
Published online 22 May 2024

#### Keywords:

*Livability,  
Air pollution,  
Weighted regression,  
Arak city.*

#### ABSTRACT

The research seeks to analyze and evaluate one of the most important factors affecting the livability of cities (air pollution) in Arak metropolis. The required data and information have been collected by studying documents, referring to organizations, and in the form of a survey (questionnaire). The statistical population of the research of Arak city and the statistical sample are 384 citizens of the neighborhoods of Arak city. GIS tool and Geographically Weighted Regression (GWR) are used to analyze the data. The results show that the indicators of livability in Arak are not favorable. On the other hand, the condition of indicators of Air pollution are unfavorable conditions due to the presence of large factories and companies (petrochemical, Hepco, Iralco, etc.), heavy traffic, and the old fabric of the city in some areas. As the results of the spatial analysis of the GWR model show according to the R2 statistic above 50%, the livability of Arak city in economic, physical, and environmental dimensions is affected by the state of air pollution indicators such as (PM2.5, PM10, SO2, CO2). The eastern, southern, and southwestern neighborhoods of Arak are more affected by this issue. Only the social index with R2=48 and almost average has a lower effectiveness (50%) than other Indicators. Also, the results of spatial analysis show the state of urban livability approaches the desired state by distancing urban neighborhoods from polluting sources.

**Cite this article:** Naderi Mayvan, R. A. (2024). Spatial analysis of the effect of air pollution on urban livability (Case study: Arak city). *Town and Country Planning*.16 (1), 87-104. Doi: [10.22059/jtcp.2024.374018.670443](https://doi.org/10.22059/jtcp.2024.374018.670443)



© Ramezan Ali Naderi Mayvan **Publisher:** University of Tehran Press.  
DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2024.374018.670443>



انتشارات دانشگاه تهران

## آمایش سرزمین

سایت نشریه: <https://jtcp@ut.ac.ir>

شاپا الکترونیکی: ۶۲۶۸-۲۴۲۳

# تحلیل فضایی تأثیر آلودگی هوا بر زیست‌پذیری شهری (مطالعه موردی: شهر اراک)

رمضان علی نادری مایوان

استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه کوثر بجنورد، بجنورد، ایران. رایانامه: [dr.naderi@kub.ac.ir](mailto:dr.naderi@kub.ac.ir)

### اطلاعات مقاله

### چکیده

#### نوع مقاله:

پژوهشی

#### تاریخ‌های مقاله:

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۰۵

تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۳/۰۲

#### کلیدواژه:

آلودگی هوا،

رگرسیون وزنی،

زیست‌پذیری،

شهر.

هدف از تحقیق حاضر تحلیل و ارزیابی یکی از عوامل مهم و اثرگذار بر زیست‌پذیری شهرها (آلودگی هوا) در کلان‌شهر اراک بود. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز با مطالعه اسناد، مراجعه به سازمان‌ها، و به صورت پیمایشی جمع‌آوری شد. جامعه آماری تحقیق شهر اراک و نمونه آماری ۳۸۴ نفر از شهروندان محلات شهر اراک بودند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از ابزار GIS و مدل رگرسیون وزنی جغرافیا (GWR) استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد شاخص‌های زیست‌پذیری در شهر اراک از وضعیت چندان مطلوبی برخوردار نیستند و از طرف دیگر به دلیل وجود کارخانه‌ها و شرکت‌های بزرگ (پتروشیمی، هپکو، ایرالکو)، ترافیک سنگین، و بافت قدیمی شهر در برخی محلات وضعیت شاخص‌های آلودگی هوا در شرایط نامطلوبی قرار دارد؛ طوری که نتایج تحلیل فضایی مدل GWR نشان داد: که با توجه به آماره  $R^2=0.48$ ، وضعیت زیست‌پذیری شهر اراک در ابعاد اقتصادی، کالبدی، و زیست‌محیطی به میزان بالای ۵۰ درصد از شاخص‌های آلودگی هوا، مانند  $PM_{2.5}$ ،  $PM_{10}$ ،  $SO_2$ ،  $CO_2$  متأثر است و البته محلات بخش‌های شرقی، جنوب، و جنوب غربی شهر اراک بیشتر تحت تأثیر این مسئله قرار گرفته‌اند. تنها شاخص اجتماعی با  $R^2=0.48$  دارای تأثیرپذیری کمتری (۴۸٪) نسبت به سایر شاخص‌ها بوده است. همچنین نتایج تحلیل فضایی نشان می‌دهد با فاصله‌گیری محلات شهری از منابع آلاینده وضعیت زیست‌پذیری شهری به حالت مطلوب نزدیک می‌شود.

استناد: نادری مایوان، رمضان علی (۱۴۰۳). تحلیل فضایی تأثیر آلودگی هوا بر زیست‌پذیری شهری (مطالعه موردی: شهر اراک). *آمایش سرزمین*، ۱۶ (۱) ۸۷-۱۰۴.

DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2024.374018.670443>

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© رمضان علی نادری مایوان

DOI: <http://doi.org/10.22059/jtcp.2024.374018.670443>



## مقدمه و بیان مسئله

امروزه در بسیاری از شهرها افزایش جمعیت باعث بروز مشکلاتی از قبیل مسائل زیست‌محیطی، از دست دادن فضاهای باز سبز، افزایش میزان ترافیک، مصرف انرژی، و کاهش کیفیت زندگی شده است (Shakarami & Rahnema, 2023: 1). در این بین یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی پیش روی کلان‌شهرها پدیده آلودگی هواست که با افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی و توسعه حمل‌ونقل موتوری و میزان مصرف سوخت روزبه‌روز بر شدت آن افزوده می‌شود (زبردست و ریاضی، ۱۳۹۴: ۵۶)؛ طوری که بسیاری از شهرها در سراسر جهان با چالش آلودگی شدید ذرات ریز ناشی از آلاینده‌های صنعتی مواجه هستند و این مسئله بر همه ابعاد زندگی شهری اثر منفی گذاشته است (Zhao et al., 2022: 1). روند صعودی آلودگی هوا و تأثیرات زیان‌بار آن بر سلامت بشر یکی از چالش‌های مهم زیست‌محیطی در چند دهه اخیر بوده است (Xie et al., 2018)؛ طوری که اثر ترکیبی آلودگی هوای محیطی و خانگی سالیانه باعث میلیون‌ها مرگ زودرس می‌شود که عمدتاً در نتیجه افزایش مرگ‌ومیر ناشی از سکته مغزی، بیماری‌های قلبی، و سایر بیماری‌های تنفسی است (شاه‌محمدی و همکاران، ۱۴۰۱: ۸۹). طبق آخرین آمار سازمان جهانی بهداشت سالیانه بیش از هشت میلیون نفر در سطح جهان در اثر آلودگی آلاینده‌ها در فضای باز فوت می‌کنند (WHO, 2023). آنتبرگ<sup>۱</sup> و همکارانش گزارش دادند ۸۴ درصد از مرگ‌ومیرها در کشورهای G20 مربوط به انتشار گازهای گلخانه‌ای حمل‌ونقل است. تنها چهار مورد از بزرگ‌ترین بازارهای خودرو در جهان - یعنی چین، هند، اتحادیه اروپا (EU)، ایالات متحده - مسئول ۷۰ درصد از فوت‌شدگان آلودگی‌های هوا در کشورشان هستند (Anenberg et al., 2019: 3).

در همین زمینه گرایش‌هایی جهت بهبود شرایط با ایجاد تغییرات در محیط انسان‌ساخت جهت اثرپذیری کمتر از عوامل آلوده‌کننده محیط زندگی مطرح شده‌اند (Forsyth, 2009: 42). بخش عظیمی از تحقیقات جهان ارتباط این مسئله اساسی بر جنبه‌های مختلف زندگی شهروندان، از جمله زیست‌پذیری، را بررسی می‌کنند (Wu & Chen, 2023; Belis et al., 2023; Hassen et al., 2023). زیرا با توجه به تغییر دیدگاه‌ها از استانداردگرایی صرف به دیدگاه‌های کیفی و مطرح شدن رویکرد و نظریه توسعه پایدار به جای دیدگاه‌های کلان اقتصادی و خرد کالبدی موضوعات کیفیت زندگی و شهر زیست‌پذیر مورد توجه جدی قرار گرفته‌اند (ثاقبی و همکاران، ۱۳۹۸: ۳۳۶). زیست‌پذیری به روابط بین تعداد، ساختار جمعیت، شیوه زندگی ساکنان، سطح خدمات، اقتصاد محلی، و مکان فیزیکی اشاره دارد (Vergunst, 2003: 7). زیست‌پذیری را می‌توان تجربه کیفیت زندگی تعریف کرد (قنبری و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۳۰). در واقع، اجتماع زیست‌پذیر اجتماعی است که مکان‌های سالمی را برای یک شیوه زندگی هدفمند و مناسب در محل کار، مدرسه، محل بازی، و محل عبادت برای ساکنان و بازدیدکنندگان محله فراهم می‌کند (National Association of regional councils, 2010: 3). در تعریفی ساده، زیست‌پذیری را می‌توان ویژگی‌های محیط شهری، که آن را به مکانی مناسب و باکیفیت برای زندگی تبدیل می‌کند، دانست (قنبری و همکاران، ۱۴۰۲: ۳). بنابراین همچنان که از تعاریف ارائه‌شده مشخص است مسئله زیست‌پذیری شهروندان با کیفیت محیط ارتباط نزدیک دارد و این موضوع در تحقیقات بسیاری تأیید شده است (Rodrigues et al., 2021: 2; Abhijith et al., 2024; Venter et al., 2023). واقع، برنامه‌ریزان به زیست‌پذیری به منزله یک اصل راهنما برای سرمایه‌گذاری و تصمیم‌گیری در محیط‌های اجتماعی، اقتصادی، فیزیکی، و بیولوژیکی شهر نگاه می‌کنند (صادقی و همکاران، ۱۴۰۲: ۳). امروزه برنامه‌ریزان شهری، در کشورهایی که به‌سرعت در حال شهرنشینی هستند، پایداری سکونتگاه‌های انسانی را به یک هدف مهم در توسعه شهری تبدیل کرده‌اند. زیرا تراکم بالای جمعیت ناشی از شهرنشینی زیست‌پذیری شهرها را تحت تأثیر قرار داده است (Okeke et al., 2020: 1144). تضادهای حاصل در فضای مسکونی، کمبود امکانات عمومی، و چالش‌های امنیت زیست‌محیطی دستیابی به قابلیت زندگی در شهرها را دشوار کرده است. برای کلان‌شهرهایی که شهرنشینی سریع را تجربه می‌کنند ایجاد محیط‌های شهری قابل زندگی به یک چالش برای برنامه‌ریزی شهری، به‌ویژه در شرایط فعلی تغییرات آب‌وهوایی و آلودگی‌های صنعتی، تبدیل شده است (Zhang et al., 2020). بنابراین، شناخت و توجه به اهمیت زیست‌پذیری شهری به منزله یک ضرورت در توسعه شهری امری ضروری است. اقدامات جدی جهت ادغام اصول زیست‌پذیر در سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های شهری نه‌تنها به بهبود کیفیت زندگی

شهروندان منجر خواهد شد، بلکه به حفظ و ارتقای محیط زیست به طور کلان نیز کمک خواهد کرد. بر اساس آمار سازمان ملل، خسارت ناشی از آلودگی هوا در ایران تا سال ۲۰۰۸ برابر هشت میلیارد دلار بوده است که این خسارت‌ها تا سال ۲۰۱۴ به یازده میلیارد دلار و تا سال ۲۰۱۹ به پانزده میلیارد دلار رسید. در این بین اراک به عنوان یکی از پنج کلان‌شهر آلوده ایران نقش بسزایی در این آمارها دارد. فعالیت صنایع مختلف (پتروشیمی شازند، صنایع آلومینیوم‌سازی، کارخانه‌های ماشین‌آلات صنعتی، و ...) در اراک می‌تواند بر محیط زیست اطراف خود اثرگذار باشد؛ طوری که بر اساس آمارهای موجود کلان‌شهر اراک به دلیل وجود منابع زیاد انتشار آلودگی هوا در بیشتر سال‌ها بیش از ۵۰ درصد روزها ناسالم و هم‌اکنون جزء هشت شهر آلوده کشور است (بادام‌فیروز و همکاران، ۲۰۲۲: ۲۲). مسئله اصلی که در اینجا مطرح می‌شود این است که با توجه به بالا بودن شدت آلاینده‌ها در شهر اراک زیست‌پذیری شهروندان در بعد فضایی شهر چگونه و به چه میزان تحت تأثیر قرار گرفته است؟ البته تاکنون تحقیقات بسیاری در زمینه وضعیت آلودگی هوای شهر اراک انجام گرفته است. اما نکته برجسته تحقیق حاضر بررسی اثرگذاری این آلاینده‌ها بر زیست‌پذیری شهروندان محلات شهر اراک در بعد فضایی است که با ارائه نقشه‌های خروجی دید بصری مناسبی جهت درک بیشتر مسئله به مدیران و برنامه‌ریزان شهری ارائه می‌دهد.

## مبانی نظری

### زیست‌پذیری شهری

زیست‌پذیری مفهومی است که از زمان‌های قدیم به رسمیت شناخته شده است. در یونان باستان، ارسطو این ایده را مطرح کرد که «مردم در شهرها جمع می‌شوند تا زندگی کنند و آن‌ها با هم می‌مانند تا زندگی خوبی داشته باشند» (Zhan et al., 2018). به طور مشابه، در چین با گسترش شهرنشینی مفهوم «شهرهای قابل سکونت» ظهور کرد که به شهرهایی اشاره دارد که شرایط مناسب زندگی و محیط‌های زیست‌محیطی پایدار را فراهم می‌کنند (Zhang et al., 2023: 2). در دوران جدید، برای اولین بار واژه زیست‌پذیری را اداره ملی هنر آمریکا در سال 1970 به منظور دستیابی به ایده‌های برنامه‌ریزی شهری مد نظر قرار داد و بعدها مراکز و سازمان‌های تحقیقاتی دیگر این واژه را به کار گرفتند (Larice, 2005: 58) که امروزه با گسترش مشکلات شهرها و افزایش روزافزون آن‌ها همراه افت کیفیت و شاخص‌های زندگی ساکنان مکان‌های مختلف بسیار قوت گرفته است؛ طوری که بیشتر طراحان و برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان شهری به آن توجه و بر آن تأکید دارند (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۰). زیست‌پذیری شاخص کیفیت زندگی و رفاه ذهنی شهروندان در نظر گرفته می‌شود (Badland et al., 2014; Norouziyan-Maleki et al., 2015). امروزه، برنامه‌ریزان و مدیران شهرها در شهر زیست‌پذیر علاوه بر بالا بردن سطح کیفی شهروندان، مانند محیط زیست سالم، اقتصاد، مسکن مناسب، فضای سالم، و امنیت شهری بر پایداری منابع و استفاده منطقی جهت توجه به نیازهای آیندگان برنامه‌ریزی می‌کنند که در واقع تبدیل به شهرهای پایدار می‌شوند (Li et al., 2021: 2). زیست‌پذیری شهری مفهومی پیچیده و در حال تحول است که تلاش‌های مداوم برای ایجاد شهرهای پایدار و عادلانه و پررونق برای ساکنان آن را نشان می‌دهد (Kutty et al., 2023: 3). از دیدگاه پژوهشگران زیست‌پذیری شهری دارای ابعاد مختلف است که دربرگیرنده همه جنبه‌های زندگی انسان است (جدول ۱).

در این میان، شناسایی و درک نیازهای شهروندان (تقاضاهای ذهنی) و زیست‌پذیری (شرایط مناسب عینی) این سکونتگاه‌ها کیفیت زندگی (رضایت ذهنی) در نواحی شهری را ارتقا می‌بخشد و زمینه دستیابی به توسعه پایدار را فراهم می‌سازد (منصوری، ۱۳۹۸: ۳۷۵). مقیاس‌های زیست‌پذیری بهترین یا بدترین شرایط زندگی ارائه شده را تعریف می‌کنند. با این مقیاس‌ها می‌توان سبک زندگی یک فرد، کیفیت زندگی مکان‌ها، و جوامع مختلف را با هم مقایسه کرد (Fairbairn et al., 2013: 2). در شرایط کنونی زیست‌پذیری شهری به‌ویژه با توجه به تغییرات اقلیمی، کاهش تنوع زیستی، و فشارهای اجتماعی و اقتصادی بیشتر اهمیت یافته و نیازمند راهکارهای نوین در مدیریت شهری است (Zhang et al., 2017: 1253).

جدول ۱. ابعاد مختلف زیست پذیری ( Mindeli, 2012; Zhan et al., 2020; Paul, 2020; Martínez et al., 2019; Liang et al., 2022; ) (Sofeska, 2017).

ردیف	ابعاد زیست پذیری	بخش های مختلف
۱	زیرساخت فیزیکی	کفایت و کیفیت زیرساخت های ضروری شهری؛ مانند سیستم های حمل و نقل، تأمین آب، فاضلاب، مدیریت پسماند، فضا های عمومی.
۲	مسکن	در دسترس بودن، مقرون به صرفه بودن، و کیفیت گزینه های مسکن با در نظر گرفتن عواملی مانند ایمنی، امکانات رفاهی، نزدیکی به خدمات ضروری.
۳	کیفیت محیطی	ارزیابی کیفیت هوا و آب، فضا های سبز و تلاش برای کاهش آلودگی، تضمین یک محیط شهری پایدار و سالم.
۴	فرصت های اقتصادی	دسترسی به فرصت های شغلی و سطح درآمد و تنوع اقتصادی در منطقه شهری که اقتصاد پویا و فراگیر را تقویت می کند.
۵	زیرساخت های اجتماعی	در دسترس بودن و دسترسی به آموزش، مراقبت های بهداشتی، امکانات فرهنگی، خدمات اجتماعی، ارتقای انسجام اجتماعی و فراگیر.
۶	ایمنی و امنیت	میزان جرم، خدمات اضطراری، احساس ایمنی کلی در محیط شهری.
۷	فرصت های فرهنگی و تفریحی	وجود مؤسسات فرهنگی و امکانات تفریحی و فرصت هایی برای اوقات فراغت و سرگرمی که به کیفیت کلی زندگی کمک می کند.
۸	حمل و نقل و اتصال	حمل و نقل عمومی کارآمد و در دسترس و همچنین اتصال به مناطق دیگر رفت و آمد را برای ساکنان تسهیل می کند.
۹	حاکمیت شهری	اثربخشی و شفافیت حکمرانی شهری، از جمله سیاست ها و برنامه ریزی ها و شیوه های مدیریتی، بر زیست پذیری شهر تأثیر می گذارد.
۱۰	محیط زیست	اثرگذاری بر بخش های مختلف کیفیت زندگی؛ شامل اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، مدیریتی، و ...

## آلودگی هوای شهری

موضوع آلودگی نظیر برخی موضوعات که به طور ناگهانی به مسئله اصلی روز بشر تبدیل می شوند مبین پدیده های کم و بیش گسترده ای است که اتفاق می افتند. زمانی آلودگی به وجود می آید که در یک محیط خارجی بیشتر از حد طبیعی یا گذشته خود آلودگی وجود داشته باشد یا تغییرات مهمی در عناصر تشکیل دهنده آن محیط رخ دهد و این تغییرات آثار زیان بخش و ناراحت کننده ای به دنبال داشته باشد (احمدی مسعود و همکاران، ۱۳۹۲: ۳). آلودگی هوا در شهرها یک مشکل شناخته شده است. منابع آلودگی هوا در شهرها شامل گرمایش، پخت و پز، فرایندهای صنعتی، تولید برق، و حمل و نقل است. نوع آلودگی مناطق شهری از کشورهای در حال توسعه تا توسعه یافته متفاوت است (Piracha et al., 2022: 4). در واقع، شهرسازی گذشته آلودگی ناشی از وسایل نقلیه و آلودگی هوا و فناوری را نادیده گرفته بود. در حالی که بسیاری از شهرهای جهان به دلیل برنامه ریزی و طراحی ضعیف و ترافیک سنگین در محیط های شهری به سرعت در حال گسترش از آلودگی هوا رنج می برند. این شرایط به دلیل اثر جزیره گرمایی شهری (UHI) تشدید می شود (Barwise & Kumar, 2020). آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (USEPA) پنج آلاینده اصلی را به عنوان شاخص انتخاب و آنها را عوامل اصلی آلودگی هوای شهرها معرفی کرده است (جدول ۲).

جدول ۲. میزان استاندارد (EPA) برخی از آلاینده های هوا (US.EPA, 2009)

کیفیت هوا	مونواکسید کربن (ppm)	ذرات معلق ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		دی اکسید نیتروژن (ppb)	دی اکسید گوگرد (ppb)
		PM10	PM2.5		
خوب	۴/۴-۰	۵۴-۰	۱۲-۰	۵۳	۳۵-۰
متوسط	۹/۴-۴/۵	۱۵۴-۵۵	۳۵/۴-۱۲/۱	۱۰۰-۵۴	۷۵-۳۶
ناسالم برای افراد حساس	۱۲/۴-۹/۵	۲۵۴-۱۵۵	۵۵/۴-۳۵/۵	۳۶۰-۱۰۱	۱۸۵-۷۶
ناسالم	۱۵/۴-۱۲/۵	۳۵۴-۲۵۵	۱۵۰/۴-۵۵/۴	۶۴۹-۳۶۱	۳۰۴-۱۸۶
خیلی ناسالم	۳۰/۴-۱۵/۵	۴۲۴-۳۵۵	۲۵۰/۴-۱۵۰/۵	۱۲۴۹-۶۵۰	۴۰۶-۳۰۵
خطرناک	۵۰/۴-۳۰/۵	۶۰۴-۴۲۵	۵۰۰/۴-۲۵۰/۵	۲۰۴۹-۱۲۵۰	۱۰۰۴-۶۰۵

## پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات بسیاری در ایران و سراسر دنیا در زمینه زیست‌پذیری شهری انجام شده است. اسدی و همکارانش (۱۳۹۹) تحقیقی در زمینه کیفیت زیست‌پذیری شهر انجام دادند که نتایج تحقیق نشان داد محلات واقع در جنوب غرب و شرق منطقه ۶ تهران نسبت به محلات مرکز و شمال شرق در وضعیت مناسب‌تری قرار دارند. در این تحقیق ابعاد مختلف کیفیت زیست‌پذیری شهری بررسی و ارزیابی شد. بر اساس یافته‌های ملکی و سعیدی (۱۳۹۵) تغییر مکانیسم نظارت و ارزیابی عملکرد برنامه‌های محیط زیست بر ایجاد سیستم متمرکز در سازمان حفاظت محیط زیست و تکمیل اطلاعات آن توسط سایر دستگاه‌های ذی‌ربط در بالا بردن سطح زیست‌پذیری شهرها مؤثر است. همچنین در جدول ۳ به سایر تحقیقات در زمینه زیست‌پذیری شهری اشاره شده است.

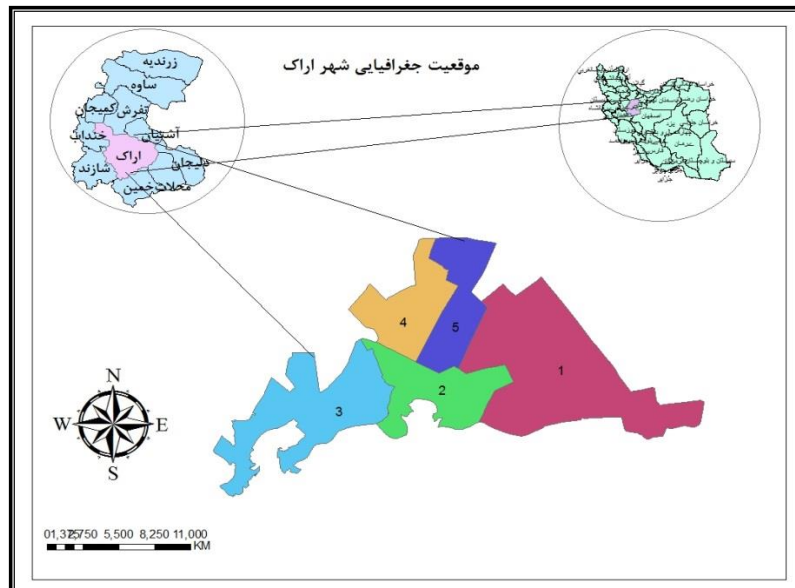
جدول ۳. پیشینه داخلی و خارجی تحقیقات زیست‌پذیری شهری

نویسنده	عنوان	نتایج
پیری و همکاران، ۱۴۰۰	شناسایی عوامل مؤثر بر زیست‌پذیری شهری با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری ISM (نمونه موردی: شهر ایلام)	نتایج نشان داد نخستین ابعاد کلی مؤثر بر زیست‌پذیری ایلام ابعاد اقتصادی و در مراحل بعدی ابعاد زیست‌محیطی و اجتماعی است.
مک‌کرا، ۲۰۱۲	اثر انسجام شهری بر زیست‌پذیری شهری: مقایسه حومه داخلی و خارجی بریسیان استرالیا	زیست‌پذیری در دو حومه در برخی موارد مشابه و در برخی موارد متفاوت است. بنابراین، توجه به شرایط محلی هر حومه نقش مهمی در برنامه‌ریزی دارد.
لودا <sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۹	مقایسه تطبیقی شاخص‌های زیست‌پذیری مناطق شهری تهران با هدف تحلیل ابعاد اقتصادی، اجتماعی، و زیست‌محیطی	تهران از نظر زیست‌پذیری شرایط مطلوبی دارد. همچنین بالاترین نمره برای منطقه ۵ و پایین‌ترین نمره برای منطقه ۹ است.
ماهانتا <sup>۳</sup> و بورگوین، ۲۰۲۲	زیست‌پذیری شهری و عدم قطعیت‌های زمینه‌ای: ارزیابی زیست‌پذیری از دیدگاه ساکنان شهری در گواهای، هند	بین شاخص‌های بررسی‌شده ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی بیشتر از سایر عوامل دارای اثرگذاری بر زیست‌پذیری شهری هستند.
عزام <sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۲	به‌کارگیری شاخص‌های زیست‌پذیری شهری در جوامع محصور	نتایج تحقیق نشان‌دهنده شاخص‌های اقتصاد پایدار و دسترسی‌پذیری مناسب دو شاخص مهم اثرگذار بر کیفیت زندگی شهروندان هستند.
کریستی <sup>۵</sup> و همکاران، ۲۰۲۱	تحلیل انتقادی اقدامات زیست‌پذیری شهری بر اساس چشم‌انداز مکان‌سازی	نتایج نشان داد معیار زیست‌پذیری شهری باید اصول مکان‌سازی را در بر بگیرد. این اصولی شامل مواردی مانند؛ دارایی‌های محلی، جامعه‌محور و مشارکت از پایین به بالا هستند.
وانگ <sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۲۳	تأثیر توسعه اقتصادی بر زندگی شهری: شواهد از چهل شهر بزرگ و متوسط چین	یافته‌های این تحقیق می‌تواند بینش‌هایی را برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری در چین و کشورهای درحال توسعه گسترده فراهم کند تا رابطه بین توسعه اقتصادی و زیست‌پذیری شهری را بهتر درک کنند. در نهایت، با توجه به یافته‌های تحقیق، روشنگری سیاست متناظر از هر دو «هدایت کلان» و «اقدام خرد» پیشنهاد شده است.
سعید <sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۲۲	رویکردی یکپارچه برای توسعه زیست‌پذیری شهری، شاخص ترکیبی- نقشه راه رتبه‌بندی شهرها برای دستیابی پایداری شهری	نتایج نشان داد موضوع اتصال‌پذیری، تراکم ترافیک، و زیرساخت‌های عمومی در رتبه اول اثرگذاری بر زیست‌پذیری شهری محدوده مورد مطالعه هستند.

1. Mccrea
2. Loda
3. Mahanta
4. Azam
5. Christy
6. Wang
7. Saeed

## محدوده مورد مطالعه

اراک یکی از کلان‌شهرهای ایران و از شهرهای بزرگ مرکز ایران و مرکز استان مرکزی است. جمعیت اراک در سال ۱۴۰۰ خورشیدی برابر با ۶۰۳۰۰۰ نفر بود که از این نظر قطب جمعیتی استان مرکزی و هجدهمین شهر پرجمعیت ایران به حساب می‌آید. شهر اراک با مختصات جغرافیایی "۳۰' ۴۱" طول شرقی و "۰۵' ۳۴" عرض شمالی و ارتفاع ۱۷۵۵ متر و با آب‌وهوایی معتدل مایل به سرد تا نیمه‌خشک در فاصله ۲۸۱ کیلومتری جنوب غربی تهران واقع است.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهر اراک

## روش تحقیق

روش تحقیق توصیفی و تحلیلی بود و هدف آن کاربردی است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز تحقیق به دو روش کتابخانه‌ای (مطالعه اسناد، طرح‌ها، مقالات، و ...) و مراجعه به سازمان‌های مرتبط (شهرداری، سازمان محیط‌زیست) به صورت پیمایشی با توزیع پرسشنامه به صورت طبقه‌ای بین مناطق پنجگانه شهر اراک جمع‌آوری شد. برای تعیین شاخص‌های آلودگی هوا و شاخص‌های زیست‌پذیری شهری، منابع و اسناد مرتبط جمع‌آوری و مطالعه شد و در نهایت شاخص‌های پرکاربرد در سایر تحقیقات استخراج شد. در پایان برای متغیر مستقل آلودگی هوا چهار شاخص (PM2.5, PM10, CO2, SO2) انتخاب و برای متغیر زیست‌پذیری شهری چهار شاخص (اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی، کالبدی) تعیین شد و برای هر یک از این چهار شاخص چند زیرشاخص برای ساخت گویه‌ها انتخاب شد (جدول ۴).

جدول ۴. شاخص‌های زیست‌پذیری شهری

منبع	گویه	شاخص‌ها	ردیف
منوچهری میان‌دوآب و همکاران، ۱۳۹۹	کیفیت هوا (AQI)، آلودگی صوتی، میزان سرانه فضای سبز، تولید زباله خانگی، کیفیت آب آشامیدنی	زیست‌محیطی	۱
صادقی و همکاران، ۱۴۰۱	آموزش و تحصیل، بهداشت و سلامت روان، امنیت فردی و خانوادگی، مشارکت عمومی، مراکز تفریحی و اوقات فراغت	اجتماعی	۲
خزاعی‌نژاد، ۱۳۹۷	اشتغال، درآمد مناسب، مسکن مناسب، استطاعت مالی، اعتبارات دولتی	اقتصادی	۳
	حمل‌ونقل عمومی، کیفیت بصری، وضعیت زیرساخت‌ها (آب، برق، گاز، تلفن)، تاب‌آوری شهری در برابر بحران‌های انسان‌ساخت، محیط کالبدی سازگار با فرهنگ	کالبدی	۴

برای جمع‌آوری داده‌های متغیر مستقل (آلودگی هوا) از اطلاعات آماری ده سال گذشته (۱۳۹۰ - ۱۴۰۰) در چهار ایستگاه سنجش آلودگی شهر اراک، جهت تحلیل فضایی، استفاده شد. در بخش تحلیل فضایی ایستگاه‌های سنجش آلودگی از مدل IDW آلودگی و برای پوشش‌دهی نقاط مجهول (نقاطی که ایستگاه‌های سنجش ندارند) از روش پوشش‌دهی فضایی IDW استفاده شد. در این روش عموماً از نقاط معلوم یک میانگین وزن دار گرفته می‌شود و نتیجه برای نقطه مجهول ثبت می‌شود. در روش درون‌یابی IDW فرض ما بر این است که تأثیر هر پدیده متناسب با توانی از معکوس فاصله آن است. بنابراین تأثیر پدیده مورد نظر با افزایش فاصله کاهش می‌یابد.

در این شبکه سلول‌ها به دو صورت‌اند:

- سلول‌های با مقدار متغیر معلوم (اندازه‌گیری شده)

- سلول‌های با مقدار متغیر نامعلوم (اندازه‌گیری نشده)

برای برآورد ارزش سلول‌هایی که ارزش نامعلوم دارند، با استفاده از سلول‌های اطراف در یک شعاع مشخص عدد محاسبه می‌شود (شاگرمی، ۱۴۰۱: ۹۷). در مرحله بعد، پرسشنامه‌ای که بر اساس شاخص‌های زیست‌پذیری شهری (جدول ۵) طراحی شده است بین ساکنان مناطق پنجگانه شهر اراک تقسیم شد و البته پرسشنامه بر اساس تعداد جمعیتی هر منطقه شهری به طور متوازن توزیع شد (جدول ۶). این پرسشنامه بر اساس طیف لیکرت پنج‌گزینه‌ای طراحی شده است؛ بدین ترتیب که میزان میانگین متغیر مورد نظر در جامعه نسبت به عدد ۳ سنجش می‌شود. حال اگر مقدار میانگین بیشتر از ۳ باشد، نتیجه گرفته می‌شود متغیر مورد نظر در جامعه آماری وضعیت متوسط رو به بالایی دارد. جامعه آماری تحقیق شهروندان اراک به تعداد ۶۰۳۰۰۰ بود. حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران ۳۸۴ نفر از شهروندان ساکن در مناطق پنجگانه تعیین شد. همچنین برای انتخاب افراد نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شد.

جدول ۵. توزیع فضایی پرسشنامه‌ها بر اساس جمعیت مناطق

مناطق	جمعیت بر اساس سرشماری ۱۳۹۵	حجم نمونه	مناطق	جمعیت بر اساس سرشماری ۱۳۹۵	حجم نمونه
منطقه ۱	۹۷۶۰۶	۶۲	منطقه ۲	۱۸۱۷۶۸	۱۱۱۸
منطقه ۳	۱۰۶۸۷۰	۶۸	منطقه ۴	۱۱۱۳۷۷	۷۳
منطقه ۵	۶۲	کل نمونه			۳۸۴

در نهایت اطلاعات جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار GIS و مدل GWR مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در واقع با استفاده از مدل GWR، به عنوان یکی از آزمون‌های تحلیل آمار فضایی، ارتباط فضایی بین شاخص‌های آلودگی هوای شهر اراک به عنوان متغیر مستقل با متغیر وابسته (زیست‌پذیری شهری) محاسبه شد. GWR تکنیک آماری فضایی محلی است. هنگامی که واحد سنجش متغیر مورد بررسی از مکانی به مکان دیگر متفاوت می‌شود، این رگرسیون برای تحلیل ناهمسانی فضایی به کار می‌رود. رابطه ۱ فرمول رگرسیون وزنی را نشان می‌دهد:

$$\hat{y} = \beta_0(\mu_i, \nu_i) + \sum_k \beta_k(\mu_i, \nu_i) x_{ik} + \varepsilon_i \quad \beta_0(\mu_i, \nu_i) \beta_k(\mu_i, \nu_i) N(0, \sigma^2) \quad (1)$$

در این رابطه  $(\mu_i, \nu_i)$  مختلف هر موقعیتی از  $i$  است.  $\beta_0(\mu_i, \nu_i)$  محل تقاطع برای موقعیت  $i$ ،  $\beta_k(\mu_i, \nu_i)$  پارامتری محلی است که متغیر مستقل  $x_{ik}$  را در موقعیت  $i$  تخمین می‌زند و  $\varepsilon_i$  خطای تصادفی با فرض  $N(0, \sigma^2)$  (فرض نرمال بودن) است. برای مجموعه داده‌های پارامتری محلی  $\beta_k(\mu_i, \nu_i)$  با استفاده از مراحل حداقل مربعات وزنی تخمین زده می‌شود. وزن‌های  $w_{it}$  برای  $n, \dots, 2, I=1$  در هر موقعیت  $(\mu_i, \nu_i)$  به عنوان تابع پیوسته‌ای از فواصل میان موقعیت  $i$  و موقعیت دیگر به دست می‌آید (رفعیان و زاهد، ۱۳۹۷: ۳۷۱). در واقع تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیا خروجی‌های مختلفی را ارائه می‌دهد که در بین خروجی‌های ارائه شده مقادیر  $R$  و  $R^2$  تعدیل شده ( $\text{Adjusted } R^2$ ) مهم‌ترین مقادیر هستند که نشان‌دهنده خوبی و دقت مدل

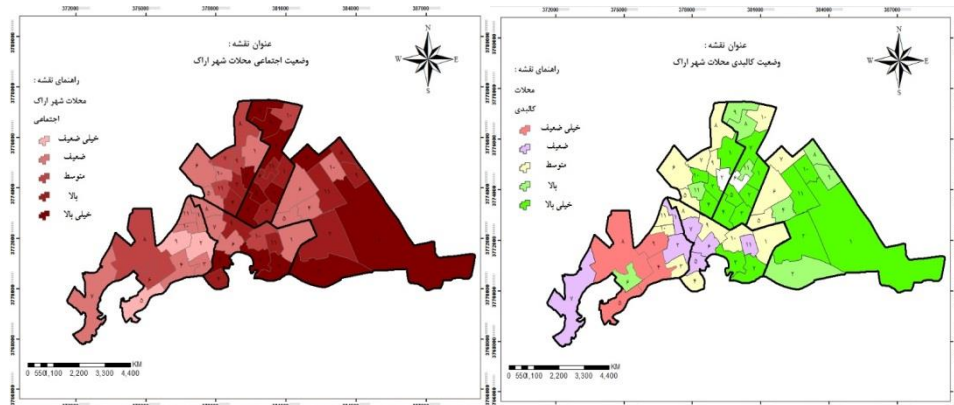


مورد استفاده‌اند و هر چه این اعداد به ۱ نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده این است که متغیر مستقل مورد استفاده به خوبی تغییرات متغیر وابسته را شرح می‌دهد.

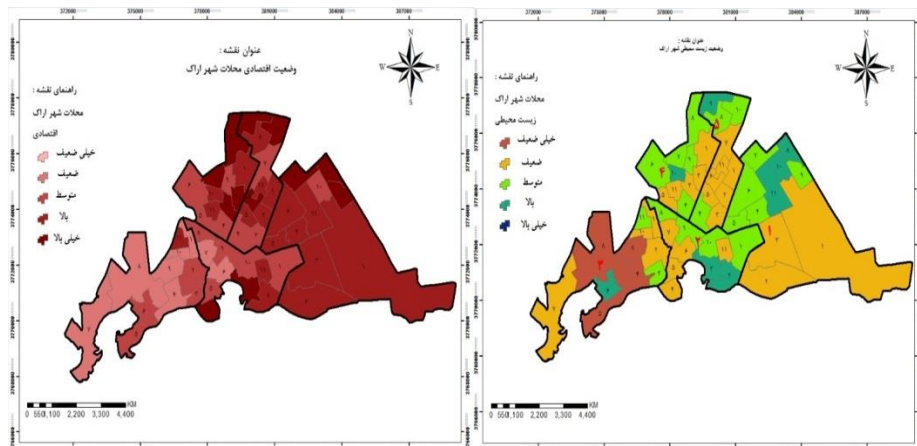
سیگما: شاخص انحراف معیار باقی‌مانده‌هاست و کوچک‌تر بودن آن نشانه برتری مدل است.  
 آکایک: یکی از شاخص‌های بسیار مفید برای مقایسه مدل‌های رگرسیون است که مقدار پایین آن نشان‌دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است (شاگرمی و همکاران، ۱۴۰۱: ۱۵۷).

### نتایج تحقیق

در بخش یافته‌های تحقیق ابتدا وضعیت موجود شاخص‌های زیست‌پذیری شهری (اقتصادی، اجتماعی، کالبدی، و زیست‌محیطی) مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت که نتایج به‌دست‌آمده بدین شرح است: در ارزیابی وضعیت محیط زیستی محلات شهری اراک نتایج نشان‌دهنده این است که اکثر محلات شهر اراک از وضعیت محیط زیستی مناسبی برخوردار نیستند؛ طوری که در محلات شرق شهر به دلیل وجود کارخانه‌های مختلف صنعتی و شهرک‌های صنعتی، مناطق ۴ و ۵ به دلیل وجود بافت متراکم و قدیمی، ترافیک بالا، محلات منطقه غربی به سمت سازند و پالایشگاه وضعیت زیست‌محیطی بسیار نامناسبی از دیدگاه شهروندان دارند. همچنین، در بعد اقتصادی، محلات شرقی و مرکزی نسبت به سایر مناطق شرایط متوسطی را دارند و البته منطقه ۳ در بخش غربی شهر از لحاظ این شاخص از دیدگاه شهروندان شرایط ضعیف‌تری نسبت به سایر مناطق دارد. در بعد کالبدی، محلات موجود در منطقه ۱ و ۵ و ۴ وضعیت مناسب‌تری نسبت به مناطق غربی و جنوب غربی دارند. در بعد اجتماعی در اکثر مناطق شهر وضعیت چندان مناسبی وجود ندارد و در بین همه محلات فقط شاید ده محله نزدیک به عدد ۳ هستند و همه محلات آمار میانگین پایین‌تری دارند (شکل ۲).



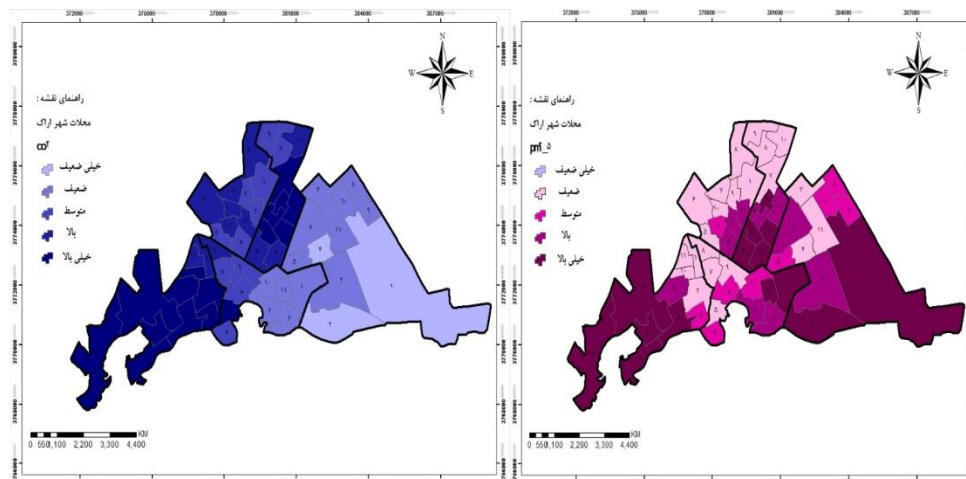
شکل ۲. الف) وضعیت شاخص اجتماعی شهر اراک؛ ب) وضعیت شاخص کالبدی شهر اراک



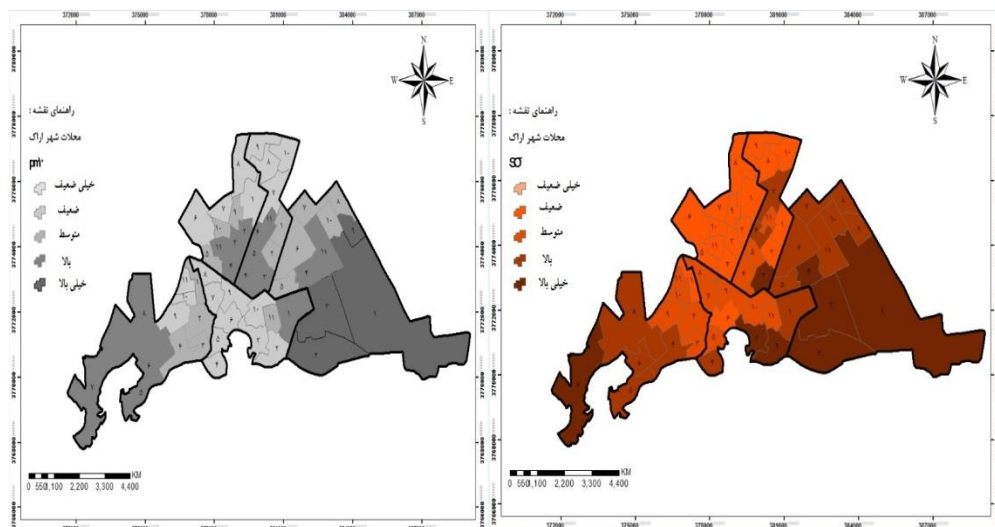
شکل ۳. الف) وضعیت شاخص اقتصادی شهر اراک؛ ب) وضعیت شاخص محیط زیستی شهر اراک

### وضعیت شاخص‌های آلودگی هوای شهر اراک

در ارزیابی وضعیت موجود شاخص‌های آلودگی هوای شهر اراک، با توجه به نقشه‌های ارائه‌شده، مشخص است که در نواحی شرقی شهر به دلیل وجود شهرک‌های صنعتی و کارخانه‌های صنعتی، در نواحی مرکزی مناطق ۴ و ۵ به دلیل وجود تراکم بالا و فشردگی زیاد ساختمان‌های مسکونی و خیابان‌ها و بار ترافیکی سنگین، در منطقه ۳ و بخش‌های جنوب و جنوب غربی به دلیل نزدیکی به شرکت بزرگ پتروشیمی و وجود جاده سراسری کشور، اکثر شاخص‌های آلودگی ( $PM_{2.5}$ - $PM_{10}$ - $CO_2$ - $SO_2$ ) هوای تجمع زیادی دارند؛ طوری که بیشترین میزان آلودگی هوای شهر اراک در این مناطق و محلات است (شکل ۴).



شکل ۴. الف) وضعیت فضایی شاخص آلودگی هوای ( $CO_2$ ) شهر اراک؛ ب) وضعیت فضایی شاخص آلودگی هوای ( $PM_{2.5}$ ) شهر اراک



شکل ۵. الف) وضعیت فضایی شاخص آلودگی هوای ( $PM_{10}$ ) شهر اراک؛ ب) وضعیت فضایی شاخص آلودگی هوای ( $SO_2$ ) شهر اراک

### تحلیل فضایی با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی

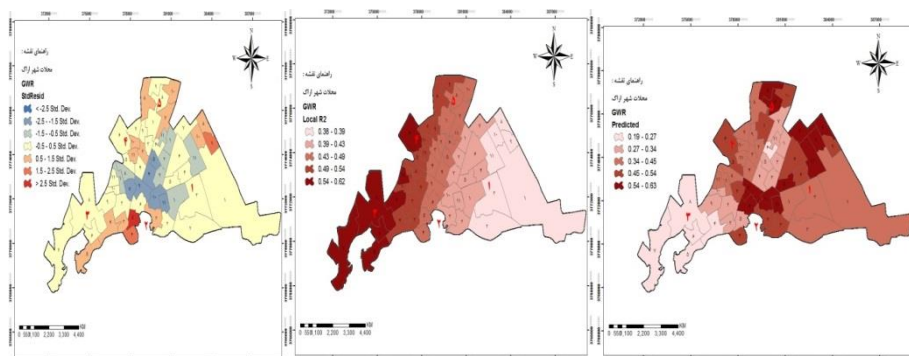
در این بخش ارتباط فضایی بین شاخص آلودگی هوا و زیست‌پذیری شهری سنجش و ارزیابی می‌شود؛ طوری که ارتباط فضایی هر شاخص زیست‌پذیری (اجتماعی، اقتصادی، کالبدی، زیست‌محیطی) جداگانه تحلیل می‌شود؛ نتایج مقدار  $R^2$  متغیر مستقل (آلودگی هوا) برابر با  $0.62$  است؛ یعنی شاخص آلودگی هوا با توجه به این متغیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد به میزان ۶۲ درصد دارای اثرگذاری بر وضعیت کالبدی محلات شهر اراک است. همچنین مقدار  $AICc_2$  عدد پایینی ( $876/334$ ) را نشان می‌دهد که این موضوع نشان‌دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است. آماره توصیفی Predicted تغییرات تقریباً متوسط به بالایی را نشان می‌دهد؛ طوری که مشخصاً تغییرات فضایی بین متغیر مستقل و متغیر وابسته را عدد ۶۳ نشان می‌دهد (جدول ۶).

جدول ۶. رگرسیون وزنی شاخص کالبدی (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۲)

متغیر مستقل	متغیر وابسته	R <sup>2</sup>	AICc <sup>2</sup>	Sigma	AdjustedR <sup>2</sup>	Pridicted
PM2.5, PM10, CO2, SO2	کالبدی	۰/۶۲	۸۷۶/۳۴	۰/۰۰۱	۰/۵۸	۰/۶۳

همان‌طور که از شکل ۶ مشخص است، آماره std نشان می‌دهد دامنه تغییرات داده‌ها بین ۲,۵+ تا ۲,۵- است و این موضوع نشان‌دهنده مطلوبیت مدل است. همبستگی فضای بین شاخص آلودگی هوا و زیست‌پذیری شهری در سطح محلات شهر اراک بیش از ۵۰ درصد است و این همبستگی در محلات غرب، جنوب، جنوب غرب، شمال غرب بیشتر از سایر مناطق شهر اراک است؛ یعنی وضعیت شاخص کالبدی زیست‌پذیری محلات مناطق ۴ و ۵ و ۳ دارای بیشترین همبستگی فضایی با شاخص‌های آلودگی هوای شهر اراک است.

همچنین مطابق نقشه Pridicted به دست آمده این میزان ضریب همبستگی در سطح ۶۳ درصد معنادار است و تغییرات فضایی به سمت مناطق شرقی شهر و مناطق شمال شرقی و تا حدودی جنوب شرقی شهر اراک پیش‌بینی شده است.



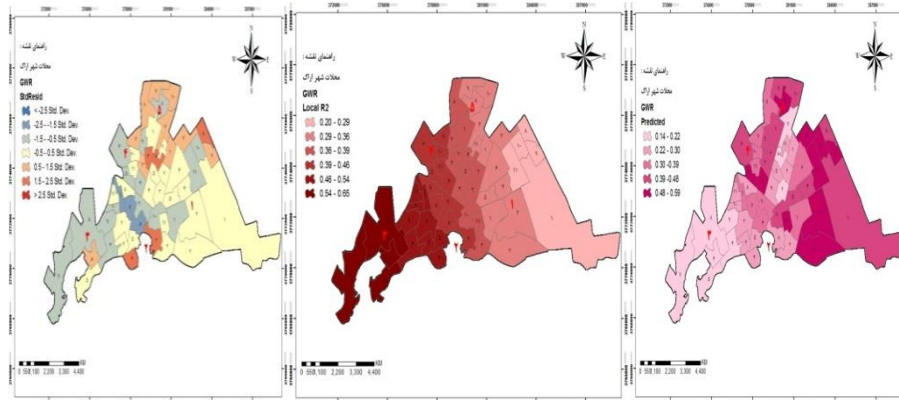
شکل ۶. آماره‌های توصیفی شاخص کالبدی: الف) StdRes؛ ب) R2؛ ج) Pridicted شاخص کالبدی

مقدار R2 متغیر اقتصادی برابر با ۰/۶۵ است؛ یعنی شاخص آلودگی هوا با توجه به این متغیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد به میزان ۶۵ درصد دارای اثرگذاری بر وضعیت اقتصادی شهروندان محلات شهر اراک به عنوان یکی از متغیرهای مهم زیست‌پذیری است. همچنین مقدار AICc2 عدد مطلوب پایین‌تر از ۳ را نشان می‌دهد که این موضوع نشان‌دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است. آماره توصیفی Pridicted تغییرات فضایی بین متغیر مستقل و متغیر وابسته را به میزان ۰/۵۹ پیش‌بینی می‌کند.

جدول ۷. رگرسیون وزنی شاخص اقتصادی (یافته‌های تحقیق، ۱۴۰۲)

متغیر مستقل	متغیر وابسته	R <sup>2</sup>	AICc <sup>2</sup>	Sigma	AdjustedR <sup>2</sup>	Pridicted
PM2.5, PM10, CO2, SO2	اقتصادی	۰/۶۵	۷۷۱/۰۰	۰/۰۰۰	۰/۶۲	۰/۵۹

با توجه به نقشه خروجی، در تحلیل خروجی‌ها آماره StdResid، از بین نمرات موجود محلات شهر اراک، عدد هیچ محله‌ای کوچک‌تر از ۲/۵- و بزرگ‌تر از ۲/۵+ وجود ندارد که این مقدار نشان‌دهنده مطلوبیت بالای مدل است. همچنین مقدار R2 همبستگی فضایی تقریباً بالایی (۰/۶۵) را بین آلودگی هوای محلات شهر اراک و وضعیت زیست‌پذیری در بعد اقتصادی نشان می‌دهد؛ طوری که این همبستگی در محلات جنوبی، جنوب غربی، شمال غربی، و مرکز منطقه ۴ و ۵ بیشتر از سایر محلات است. یعنی در این محلات وضعیت زیست‌پذیری اقتصادی محلات بیشتر از سایر محلات تحت تأثیر شاخص‌های آلودگی هوا قرار دارد. در صورتی که آماره Pridicted بیشترین تغییرات فضایی را به سمت مناطق و محلات شرقی شهر پیش‌بینی می‌کند.



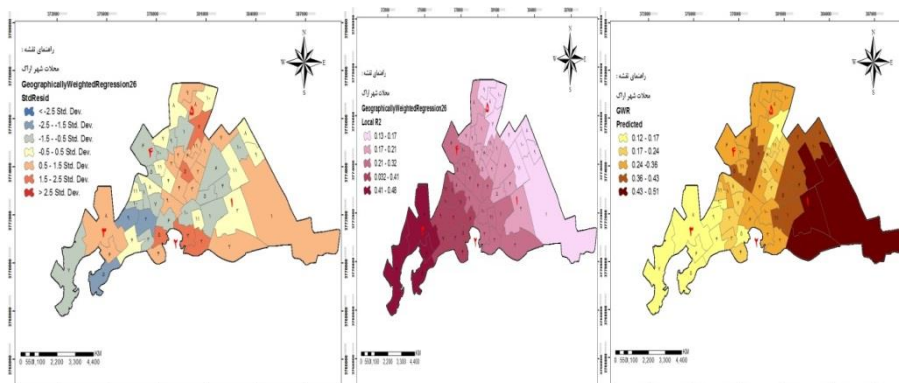
شکل ۷. آماره‌های توصیفی شاخص اقتصادی: الف) StdRes؛ ب) R2؛ ج) Predicted

در تحلیل شاخص اجتماعی به عنوان یکی از ابعاد متغیر زیست‌پذیری در شهر اراک نتایج جدول ۸ نشان می‌دهد همبستگی فضایی بین متغیر مستقل (آلودگی هوا) و متغیر وابسته زیست‌پذیری شهر در بعد اجتماعی تقریباً متوسط رو به پایین است و این موضوع در آماره R2 به میزان ۴۸ درصد مشهود است. همچنین مقدار AICc2 عدد مطلوب پایین‌تر از ۳ را نشان می‌دهد که این موضوع نشان‌دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است.

با توجه به نقشه خروجی (شکل ۸) در تحلیل خروجی‌ها آماره StdResid، از بین نمرات موجود محلات شهر اراک، هیچ عددی کوچک‌تر از ۲/۵- نیست و فقط ۴ عدد بزرگ‌تر از ۲/۵+ وجود دارد که این نشان‌دهنده فراموش شدن یک متغیر کلیدی در این محلات است و البته با توجه به مقدار پایین این اعداد مطلوبیت مدل در وضعیت مناسبی قرار دارد. همچنین مقدار R2 همبستگی فضایی تقریباً بالایی (۰/۴۸) را بین آلودگی هوای محلات شهر اراک و وضعیت زیست‌پذیری در بعد اجتماعی نشان می‌دهد؛ طوری که این همبستگی در محلات جنوبی، جنوب غربی، شمال غربی، و مرکز منطقه ۴ و ۵ بیشتر از سایر محلات است، یعنی در این محلات وضعیت زیست‌پذیری اجتماعی محلات بیشتر از سایر محلات تحت تأثیر شاخص‌های آلودگی هوا قرار دارد. در صورتی که آماره Predicted بیشترین تغییرات فضایی را به سمت مناطق و محلات شرقی شهر پیش‌بینی می‌کند.

جدول ۸. رگرسیون وزنی شاخص اجتماعی

Predicted	AdjustedR <sup>2</sup>	Sigma	AICc <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	متغیر وابسته	متغیر مستقل
۰/۵۱	۰/۴۳	۰/۰۱۴	۹۰۲/۳۱	۰/۴۸	اجتماعی	PM2.5, PM10, CO2, SO2

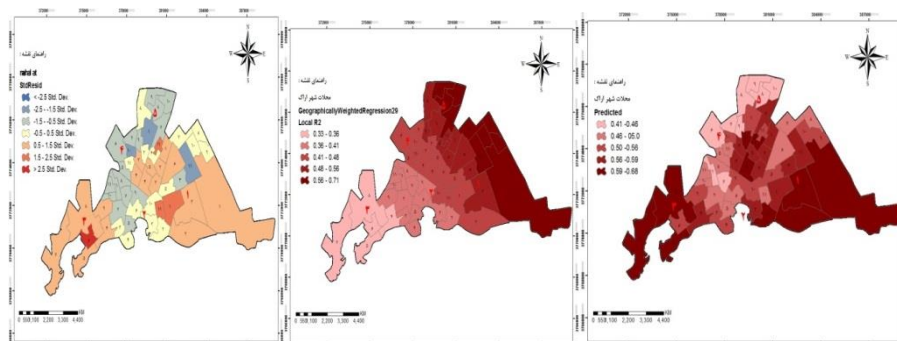


شکل ۸. آماره‌های توصیفی شاخص اجتماعی: الف) StdRes؛ ب) R2؛ ج) Predicted

در تحلیل شاخص زیست‌محیطی به عنوان یکی از ابعاد متغیر زیست‌پذیری در شهر اراک نتایج جدول ۹ نشان می‌دهد همبستگی فضایی بین متغیر مستقل (آلودگی هوا) و متغیر وابسته زیست‌پذیری شهر در بعد زیست‌محیطی بالاست و این موضوع در آماره R2 به میزان ۷۱ درصد مشهود است؛ یعنی شاخص آلودگی هوا با توجه به این متغیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد به میزان ۷۱ درصد دارای اثرگذاری بر وضعیت زیست‌پذیری در زمینه زیست‌محیطی شهروندان محلات شهر اراک است. همچنین مقدار AICc2 عدد مطلوب پایین‌تر از ۳ را نشان می‌دهد که این موضوع نشان‌دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است. با توجه به نقشه خروجی، در تحلیل خروجی‌ها آماره StdResid، از بین نمرات موجود محلات شهر اراک، هیچ عددی کوچک‌تر از  $-2/5$  نیست و فقط ۱ عدد بزرگ‌تر از  $+2/5$  وجود دارد که این نشان‌دهنده فراموش شدن یک متغیر کلیدی در این محله است و البته با توجه به مقدار پایین این عدد مطلوبیت مدل در وضعیت مناسبی قرار دارد. همچنین مقدار R2 همبستگی فضایی بالایی (۰/۷۱) را بین آلودگی هوای محلات شهر اراک و وضعیت زیست‌پذیری در بعد زیست‌محیطی نشان می‌دهد؛ طوری که این همبستگی در محلات غربی، شمالی، شمال غرب، مرکز شهر، و منطقه ۴ و ۵ بیشتر از سایر محلات است، یعنی در این محلات وضعیت زیست‌پذیری در بعد زیست‌محیطی محلات بیشتر از سایر محلات تحت تأثیر شاخص‌های آلودگی هوا قرار دارد که با توجه به وجود کارخانجات در شرق و فشرده‌گی محلات مرکزی این نتایج توجیه‌پذیر است. در صورتی که آماره Pridicted بیشترین تغییرات فضایی را به سمت مناطق و محلات جنوب و جنوب غربی و مرکز شهر پیش‌بینی می‌کند.

جدول ۹. رگرسیون وزنی شاخص محیط زیست

متغیر مستقل	متغیر وابسته	R <sup>2</sup>	AICc <sup>2</sup>	Sigma	AdjustedR <sup>2</sup>	Pridicted
PM2.5, PM10, CO2, SO2	محیط زیست	۰/۷۱	۵۸۱/۰۹	۰/۰۰۰	۰/۶۶	۰/۶۸



شکل ۹. آماره‌های توصیفی شاخص محیط‌زیست: الف) StdRes؛ ب) R2؛ ج) Pridicted

## بحث و نتیجه

در زمینه موضوع زیست‌پذیری شهری پژوهش‌های بسیاری هم‌سو با موضوع تحقیق حاضر انجام شده که با مقایسه این تحقیقات جنبه‌های مشترک و متفاوت تحقیق حاضر نسبت به سایر تحقیقات ارزیابی و تحلیل شده است. نتایج تحقیق لطفی و همکارانش (۱۳۹۷) در زمینه زیست‌پذیری محلات شهری تهران نشان داد وضعیت شاخص‌های زیست‌پذیری مطلوب نیست که در بررسی با وضعیت موجود شهر اراک نتایج همخوانی دارد. همچنین نتایج تحقیق صادقی و همکارانش (۱۴۰۱) نشان داد بسیاری از مناطق شهری مشهد وضعیت مناسبی در زمینه شاخص محیط زیستی به عنوان یکی از ابعاد زیست‌پذیری شهری ندارند و در واقع نتایج این تحقیقات مانند تحقیق حاضر نشان‌دهنده مشکلات زیست‌پذیری کلان‌شهرهای ایران است. حاتمی‌نژاد و همکارانش (۱۳۹۸) در بررسی فضایی زیست‌پذیری شهر اراک از مؤلفه‌های کالبدی استفاده کردند که نتایج نشان داد فقط در دو منطقه شهری وضعیت مطلوب است و سایر مناطق وضعیت مناسبی ندارند. همچنین بدلند<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۱۹) تحقیقی در

زمینه زیست‌پذیری شهری استرالیا انجام دادند که در زمینه به‌کارگیری شاخص‌های اجتماعی با تحقیق حاضر همخوانی دارد. البته تفاوت‌هایی در نتایج وجود دارد. بنابراین با توجه به مقایسه سایر تحقیقات می‌توان گفت جنبه متفاوت تحقیق حاضر سنجش فضایی تأثیرگذاری مؤلفه‌های آلودگی هوا به عنوان یک پارامتر جهانی و بسیار اثرگذار بر ابعاد زیست‌پذیری شهری در کلان‌شهر اراک است. در واقع امروزه با گسترش مشکلات شهرها و افزایش روزافزون آن‌ها افت کیفیت و شاخص‌های زندگی ساکنان مکان‌های مختلف بسیار قوت گرفته است؛ طوری که بیشتر طراحان و برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیرندگان شهری به آن توجه و بر آن تأکید دارند و بنا بر نتایج بسیاری از تحقیقات صورت‌گرفته در سراسر دنیا شاید مهم‌ترین پارامتر و عامل اثرگذار بر زیست‌پذیر بودن شهر مسئله آلودگی هوا و آلاینده‌هاست؛ طوری که این مسئله در کشورهای درحال توسعه، مانند ایران، باعث شده زندگی و سلامت شهروندان به‌خصوص در کلان‌شهرهای صنعتی به‌شدت تهدید شود. بر حسب همین ضرورت در تحقیق حاضر به بررسی برخی از آلاینده‌های اصلی آلوده‌کننده هوای کلان‌شهر اراک به عنوان یکی از شهرهای مهم صنعتی ایران بر زیست‌پذیری زندگی شهروندان این شهر پرداخته شد. در نتیجه‌گیری نهایی تحقیق نتایج مؤید این بود که شاخص‌های زیست‌پذیری در شهر اراک از وضعیت چندان مطلوبی برخوردار نیستند. همچنین از طرف دیگر به دلیل وجود کارخانه‌های و شرکت‌های بزرگ (پتروشیمی، هپکو، ایرالکو، پالایشگاه)، ترافیک سنگین، بافت قدیمی شهر در برخی محلات وضعیت آلودگی هوا مناسب نیست. در نهایت نتایج تحلیل فضایی مدل GWR نشان داد: که با توجه به آماره R2، وضعیت زیست‌پذیری شهر اراک در ابعاد اقتصادی، کالبدی، و زیست‌محیطی به میزان بالای ۵۰ درصد از وضعیت شاخص‌های آلودگی هوا، مانند CO2, SO2, PM10, PM2.5 متأثر است و البته محلات بخش‌های شرقی، جنوب، و جنوب غربی شهر اراک بیشتر تحت تأثیر این مسئله قرار گرفته‌اند. تنها شاخص اجتماعی با R2=48 و تقریباً متوسط دارای تأثیرپذیری کمتر از ۵۰ درصد بوده است. بنابراین خروجی اصلی این پژوهش نشان می‌دهد جنبه‌های اصلی زیست‌پذیری شهری در کلان‌شهر اراک با توجه به وجود آلاینده‌ها در معرض آسیب‌پذیری واقعی قرار گرفته که آینده شهر را تهدید می‌کند.

## منابع

- احمدی مسعود، نسترن؛ صمدی‌خادم، شهرام و درگاهی، عبدالله (۱۳۹۲). بررسی اهمیت فضای سبز در کنترل و کاهش آلودگی هوای شهری. *سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و برنامه‌ریزی محیط زیست*. تهران.
- اسدی، یاسمن، جلوخانی نیارکی، محمدرضا و عزیمند، کیوان (۱۳۹۹). بررسی کیفیت محیط زیست زندگی شهری با استفاده از تحلیل چندمعیاره مکانی (مطالعه موردی: منطقه ۶ تهران). *پژوهش‌های جغرافیایی انسانی*، دوره ۵۲، شماره ۱، ۳۶۷ - ۳۸۳.
- بادام‌فیروز، جلیل؛ رحمتی، علی‌رضا؛ دانش‌پژوه، نوشین؛ موسی‌زاده، رؤیا و میرزایی، رضا (۲۰۲۲). بررسی تأثیر صنایع موجود و در دست احداث شهر اراک بر کیفیت هوای شهر با استفاده از مدل ADMS. *علوم محیطی*، ۲۰ (۱)، ۲۱ - ۴۰.
- پیری، فاطمه؛ ملکی، سعید و عابدی، زهرا (۱۴۰۰). شناسایی و عوامل مؤثر بر زیست‌پذیری شهری با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری ISM (نمونه موردی: شهر ایلام). *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، سال ۱۹، شماره ۲، شماره پیاپی ۳۶. <https://dx.doi.org/10.22067/jgrd.2021.48827.0>
- ثاقبی، محمد؛ مافی، عزت‌الله و وطن‌پرست، مهدی (۱۳۹۹). ارزیابی و سنجش زیست‌پذیری شهری و عوامل مؤثر بر آن (مورد مطالعه: شهر بجنورد). *تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، سال ۲۲، شماره ۶۷.
- حاتمی‌نژاد، حسین؛ مدانلو جویباری، مسعود و اخوان‌حیدری، کوروش (۱۳۹۸). تحلیل فضایی زیست‌پذیری کالبدی کلان‌شهر اهواز. *برنامه‌ریزی توسعه کالبدی*، دوره ۶، شماره ۱، شماره پیاپی ۱۳، ۱۱ - ۲۳.
- خزاعی‌نژاد، فروغ (۲۰۱۹). تحلیلی بر عوامل و فرایندهای کلان اقتصادی، زیست‌محیطی و مدیریتی مؤثر بر زیست‌پذیری شهری (مورد پژوهش: محله‌های منطقه ۱۲ شهر تهران). *جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)*، سال ۹، شماره ۱، ۲۴۵ - ۲۶۴.
- 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). *هنرهای زیبا - معماری و شهرسازی*، دوره ۲۰، شماره ۱، ۵۵ - ۶۶.
- سلیمانی مهرنجانی، محمد؛ تولایی، سیمین؛ رفیعیان، مجتبی؛ زنگانه، احمد و فروغ، خزاعی‌نژاد (۱۳۹۵). زیست‌پذیری شهری: مفهوم، اصول، ابعاد، و شاخص‌ها. *پژوهش‌های جغرافیایی و برنامه‌ریزی شهری*، دوره ۴، شماره ۱، ۲۷ - ۵۰.
- شاکرمی، کیان (۱۴۰۱). تحلیل فضایی تأثیر فرم شهر بر مصرف انرژی شهر کرج. *رساله دکترا*. دانشگاه فردوسی مشهد.
- شاکرمی، کیان؛ رهنما، محمدرحیم و اجزاءشکوهی، محمد (۱۴۰۱). تحلیل فضایی تأثیر فرم شهر بر مصرف سوخت شهر کرج. *پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری*، دوره ۱۰، شماره ۱. <http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2022.328696.1569>
- شاه‌محمدی، محمد؛ یارمحمد، بای و کیانی، پروانه (۱۴۰۱). شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر بر آلودگی هوای شهر تهران با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری. *محیط زیست و توسعه فرابخشی*، ۷ (۷۷)، ۸۸ - ۹۸.
- صادقی، علی؛ شاکرمی، کیان و حیدری‌نثار، مینا (۱۴۰۲). قابلیت زیست‌پذیری شهرها در راستای پایداری اجتماعی شهری (مورد مطالعه: کلان‌شهر مشهد). *پژوهش‌های جغرافیایی انسانی*، انتشارات آنلاین. [10.22059/JHGR.2022.333390.1008406](http://doi.org/10.22059/JHGR.2022.333390.1008406)
- قنبری، محمد؛ اجزاءشکوهی، محمد؛ رهنما، محمدرحیم و خوارزمی، امیدعلی (۱۴۰۲). تحلیلی بر زیست‌پذیری شهری بر اساس شاخص زیست‌محیطی (مطالعه موردی: کلان‌شهر مشهد). *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، سال ۲۱، شماره ۱، شماره پیاپی ۴۲. <https://doi.org/10.22067/jgrd.2021.47188.0>
- لطفی، صدیقه؛ پری‌زادی، طاهره و نجاتی، ارغوان (۱۳۹۷). تحلیل فضایی زیست‌پذیری محلات شهری (مطالعه موردی: منطقه ۱۰ تهران). *جغرافیا و برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، سال ۸، شماره ۴.
- ملکی، سعید و سعیدی، جعفر (۱۳۹۵). بررسی ابعاد زیست‌محیطی و جایگاه محیط زیست شهری در برنامه‌های توسعه ایران. *مطالعات مدیریت شهری*، دوره ۸، شماره ۲۷، ۶۹ - ۸۹.
- منصوری، محمدرضا (۱۳۹۸). زیست‌پذیری شهری؛ الزامات و راهکارها. *جغرافیا و روابط انسانی*، دوره ۲، شماره ۳، پیاپی ۷.
- Abhijith, K. V., Kumar, P., Omidvarborna, H., Emygdio, A. P. M., McCallan, B., & Carpenter-Lomax, D. (2024). Improving air pollution awareness of the general public through citizen science approach. *Sustainable Horizons*, 10, 100086.
- Ahmadi, M., Samadi, N., Khadim, S., & Dargahi, A. (2012). Investigating the importance of green spaces in controlling and reducing urban air pollution. *The third international conference on environmental management and planning*. Tehran. (in Persian)
- Anenberg, S., Miller, J., Henze, D., & Minjares, R. A. (2019). Global Snapshot of the Air Pollution-Related Health Impacts of Transportation Sector Emissions in 2010 and 2015. International Council on Clean Transportation (ICCT): Washington, DC, USA.

- Asadi, Y., Jalukhani Niarki, M., & Uzi Mand, K. (2019). Investigating the quality of the urban life environment using spatial multi-criteria analysis (case study: District 6 of Tehran). *Human Geography Research*, Vol. 52, No. 1, 367-383. (in Persian)
- Assessment and determinants of satisfaction with urban livability in China.
- Badam Firouz, Ja., Rahmati, A., Daneshpajoh, N., Musa Zadeh, R., & Mirzaei, R. (2022). Investigating the effect of existing and under-construction industries in Arak city on the air quality of the city using the ADMS model. *Environmental Science Quarterly*, 20(1), 21-40. (in Persian)
- Badland, H., Whitzman, C., Lowe, M., Davern, M., Aye, L., Butterworth, I., ... & Giles-Corti, B. (2014). Urban liveability: emerging lessons from Australia for exploring the potential for indicators to measure the social determinants of health. *Social science & Medicine*, 111, 64-73.
- Barwise, Y. & Kumar, P. (2020). Designing vegetation barriers for urban air pollution abatement: A practical review for appropriate plant species selection. *Npj Climate and Atmospheric Science*, 3(1), 12.
- Belis, C. A., Matkovic, V., Ballocci, M., Jevtic, M., Millo, G., Mata, E., & Van Dingenen, R. (2023). Assessment of health impacts and costs attributable to air pollution in urban areas using two different approaches. A case study in the Western Balkans. *Environment International*, 182, 108347.
- Christy, F., Raissa, G., Sihotang, S., & Wijaya, K. (2021, May). Critical Analysis of Urban Livability Measures Based on the Perspective of Placemaking. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 764, No. 1, p. 012016). IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/764/1/012016
- del Mar Martínez-Bravo, M., Martínez-del-Río, J., & Antolín-López, R. (2019). Trade-offs among urban sustainability, pollution and livability in European cities. *Journal of cleaner production*, 224, 651-660.
- Fairbairn, D. & Al-Bakri, M. (2013). Using geometric properties to evaluate possible integration of authoritative and volunteered geographic information. *ISPRS international journal of geo-information*, 2(2), 349-370.
- Forsyth, A., Schively, C., & Krizek, K. (2010). Health impact assessment in planning: Development of the design for health HIA tools. *Environmental Impact Assessment Review*, No. 30, 42-51.
- Ghanbari, M., Aghte Shekahi, M., Rahnama, M., & Kharazmi, Omid A. (2023). An analysis of urban livability based on environmental index (case study: Mashhad metropolis). *Regional Geography and Development*, 21<sup>st</sup> year, No. 1, serial number 42. <https://doi.org/10.22067/jgrd.2021.47188.0>. (in Persian).
- Hassen, W., Hnaïen, N., Said, L. B., Albati, F. M., Ayadi, B., Rajhi, W., & Kolsi, L. (2023). Air pollution dispersion in Hail city: Climate and urban topography impact. *Heliyon*, 9(10).
- Hatami-Nejad, H., Madanlojoybari, M., & Akhwan Heydari, K. (2018). Spatial analysis of physical livability of Ahvaz metropolis. *Physical Development Planning Quarterly*, Vol. 6, No. 13, 11-23.
- Hussein Hanafy Azam, R. & Mohamed Helal Hamdy, D. (2022). Applying Urban Livability indicators in gated communities. *Engineering Research Journal*, 174, 355-369.
- Khazainejad, F. (2019). An analysis of macro-economic, environmental and management factors and processes affecting urban livability in the research area: neighborhoods of district 12 of Tehran. *Geography Quarterly (Regional Planning)*. 9<sup>th</sup> year, No. 1. 264-245. (in Persian)
- Kutty, A. A., Kucukvar, M., Onat, N. C., Ayvaz, B., & Abdella, G. M. (2023). Measuring sustainability, resilience and livability performance of European smart cities: A novel fuzzy expert-based multi-criteria decision support model. *Cities*, 137, 104293.
- Larice, M. A. (2005). Great neighborhoods: The livability and morphology of high density neighborhoods in urban North America. University of California, Berkeley.
- Li, L., Zhong, S., Guo, F., Guo, X., & Guo, X. (2021). Paying for the quality of life: The impacts of urban livability on CEO compensation. *Habitat International*, 116, 102416.
- Liang, Y., D'Uva, D., Scandiffio, A., & Rolando, A. (2022). The more walkable, the more livable?--can urban attractiveness improve urban vitality?. *Transportation research procedia*, 60, 322-329.
- Lotfi, S., Prizadi, T., & Nejati, A. (2017). Spatial analysis of livability of urban neighborhoods (case study of 10<sup>th</sup> district of Tehran). *Quarterly Journal of Geography and Regional Planning*, Year 8, No. 4.
- Mahanta, A, and Parijat B (2022). Urban livability and contextual uncertainties: An assessment of livability through the lens of urban dwellers in Guwahati, India. *Journal of Infrastructure, Policy and Development* 6.1 (2022): 1395. DOI: 10.24294/jipd.v6i1.1395
- Maleki, S. & Saeedi, J. (2015). Investigating environmental dimensions and the place of urban environment in Iran's development plans. *Journal of Urban Management Studies*, Vol. 8, No. 27, 69-89. (in Persian)
- Mansouri, M. (2018). Urban viability, requirements and solutions. *Geography and human relations*, Vol. 2, No. 3, serial 7. (in Persian)
- Mccrea, R. & Walters, P. (2012). Impacts of urban consolidation on urban liveability: Comparing an inner and outer suburb in Brisbane, Australia. *Housing: Theory & Society*, 29(2), 190.
- National Association of regional councils (2010). The livable communities A et, available: [www.narc.com](http://www.narc.com) principles and performance outcomes. *Journal of environmental management*, 91(3), 754-766.



- Norouzian-Maleki, S., Bell, S., Hosseini, S. B., & Faizi, M. (2015). Developing and testing a framework for the assessment of neighbourhood liveability in two contrasting countries: Iran and Estonia. *Ecological Indicators*, 48, 263-271.
- Okeke, F. O., Eziyi, I. O., Udeh, C. A., & Ezema, E. C. (2020). City as Habitat: Assembling the fragile city. *Civil engineering journal*, 6(6), 1143-1154.
- Paul, A. (2020). Developing a methodology for assessing livability potential: An evidence from a metropolitan urban agglomeration (MUA) in Kolkata, India. *Habitat International*, 105, 102263.
- Piracha, A. & Chaudhary, M. T. (2022). Urban air pollution, urban heat island and human health: a review of the literature. *Sustainability*, 14(15), 9234. <https://doi.org/10.3390/su14159234>
- Piri, F., Maliki, S., & Abedi, Z. (2022). Identifying and influencing factors on urban livability with the ISM interpretive structural modeling approach (case example: Ilam city). *Journal of Geography and Regional Development*, 19<sup>th</sup> year, No. 2, serial number 36. <https://dx.doi.org/10.22067/jgrd.2021.48827>. (in Persian).
- Rodrigues, V., Gama, C., Ascenso, A., Oliveira, K., Coelho, S., Monteiro, A., ... & Lopes, M. (2021). Assessing air pollution in European cities to support a citizen centered approach to air quality management. *Science of the Total Environment*, 799, 149311.
- Rotem-Mindali, O. (2012). Retail fragmentation vs. urban livability: Applying ecological methods in urban geography research. *Applied Geography*, 35(1-2), 292-299.
- Sadeghi, A., Shakerami, K., & Heydari Nisar, M. (2023). The livability of cities in the direction of urban social sustainability (case study: Mashhad metropolis). *Journal of human geography research*. online publications. 10.22059/JHGR.2022.333390.1008406. (in Persian)
- Saeed, U., Ahmad, S. R., Mohey-ud-din, G., Butt, H. J., & Ashraf, U. (2022). An Integrated Approach for Developing an Urban Livability Composite Index—A Cities' Ranking Road Map to Achieve Urban Sustainability. *Sustainability*, 14(14), 8755. [doi.org/10.3390/su14148755](https://doi.org/10.3390/su14148755)
- Saqbi, M., Mafi, E., & Watanparast, M. (2019). Evaluation and measurement of urban livability and factors affecting it (case study of Bojnord city). *Applied Research Journal of Geographical Sciences*, year 22, No. 67.2023. (in Persian)
- Shah-Mohammadi, M., Yar-Mohammad, B., & Kayani, P. (1401). Identifying and prioritizing factors affecting air pollution in Tehran city with interpretive structural modeling approach. *Journal of Environment and Transsectoral Development*, 7(77), 88-98. (in Persian)
- Shakarami, K. & Rahnama, M. R. (2023). Spatial analysis of the impacts of the urban form on the energy consumption of Karaj over the Covid-19 era (2019-2022). *Energy and Buildings*, 113568. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2023.113568>.
- Shakrami, K. (2022). Spatial analysis of the effect of city form on the energy consumption of Karaj city. *PhD dissertation*. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian)
- Shakrami, K., Rahnama, M., & Ajzashokuhi, M. (2022). Spatial analysis of the effect of city form on the fuel consumption of Karaj city. *Research Journal of Urban Planning Geography*, Period 10, No. 1. (in Persian) <http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2022.328696.1569>
- Sofeska, E. (2017). Understanding the livability in a city through smart solutions and urban planning toward developing sustainable livable future of the city of Skopje. *Procedia Environmental Sciences*, 37, 442-453.
- Soleimani Mehranjani, M., Tolai, S., Rafiyan, Mi., Zanganeh, A., & Forough, K. (195). Urban viability: concept, principles, dimensions and indicators. *Geography and Urban Planning Research*, Vol. 4, No. 1. 27-50. (in Persian)
- U.S. EPA (2009). Technical Assistance Document for Reporting of Daily Air Quality-air Quality Index. U.S. Environmental Protection Agency, Office of AirQuality Planning and Standards, Research Triangle Park, North Carolina.
- Venter, Z. S., Figari, H., Krange, O., & Gundersen, V. (2023). Environmental justice in a very green city: Spatial inequality in exposure to urban nature, air pollution and heat in Oslo, Norway. *Science of The Total Environment*, 858, 160193.
- Vergunst, P. (2003). Livability and ecological land use the challenge of localization. *Ph.D. thesis in department of rural development studies*. Swedish University of Agriculture.
- Wang, Y., Miao, Z., Lu, Y., & Zhu, Y. (2023). The impact of economic development on urban livability: Evidence from 40 large and medium-sized cities of China. *Journal of Geographical Sciences*, 33(9), 1767-1790. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11442-023-2152-4>
- WHO, 2023. Accessed March 16, 2023. [https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab\\_2](https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_2).
- Wu, L. & Chen, C. (2023). Does pattern matter? Exploring the pathways and effects of urban green space on promoting life satisfaction through reducing air pollution. *Urban Forestry & Urban Greening*, 82, 127890.
- Xie, X., Weng, Y., & Cai, W. (2018). Cobenefits of CO2 mitigation for NOX emission reduction: A research based on the DICE model. *Sustainability*, 1.1109 .0.

- Zebardast, E. & Razi, H. (2014). Indicators of the man-made environment and its effects on air pollution (case study: the surrounding area of fourteen air quality measurement stations in Tehran). *Journal of Fine Arts-Architecture and Urbanism*, Vol. 20, No. 1, 55-66. (in Persian)
- Zhan, D. S., Zhang, W. Z., Dang, Y. X., Qi, W., & Liu, Q. Q. (2017). Urban livability perception of migrants in China and its effects on settlement intention. *Progr Geogr*, 36, 1250-9.
- Zhan, D., Kwan, M. P., Zhang, W., Fan, J., Yu, J., & Dang, Y. (2018). Assessment and determinants of satisfaction with urban livability in China. *Cities*, 79, 92-101.
- Zhang, D., Xu, J., Zhang, Y., Wang, J., He, S., & Zhou, X. (2020). Study on sustainable urbanization literature based on Web of Science, scopus, and China national knowledge infrastructure: A scientometric analysis in CiteSpace. *Journal of cleaner production*, 264, 121537.
- Zhang, W. H., Yuan, Q., & Cai, H. (2023). Unravelling urban governance challenges: Objective assessment and expert insights on livability in Longgang District, Shenzhen. *Ecological Indicators*, 155, 110989.
- Zhao, X., Zhou, W., Wu, T., & Han, L. (2022). The impacts of urban structure on PM2. 5 pollution depend on city size and location. *Environmental Pollution*, 292, 118302.