

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

Abstract

Nowadays, high population density caused by urbanization has put the livability of cities at risk of collapse in different dimensions such as economic, social, physical and environmental. Therefore, this 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 the Air pollution are in unfavorable conditions due to the presence of large factories and companies (petrochemical, Hepco, Iralco, etc.), heavy traffic, the old fabric of the city in some areas. As the results of the spatial analysis of the GWR model show according to the R^2 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 (PM_{2.5}, PM₁₀, SO₂, CO₂). The eastern, southern, and southwestern neighborhoods of Arak are more affected by this issue. Only the social index with $R^2=48$ and almost average has a lower effectiveness (50%) than other Indicators. Also, the results of spatial analysis show that dense urban areas have a low livability status due to the problem of pollution caused by traffic and spiral areas on the outskirts of the city due to their proximity to industries. Therefore, the result of this research shows that the main aspects of urban livability in Arak metropolis are exposed to real vulnerability due to the presence of pollutants, which threatens the future of the city.

تحلیل فضایی تأثیر آلودگی هوا بر زیست پذیری شهری (مطالعه موردی: شهر اراک)

چکیده

امروزه تراکم بالای جمعیت ناشی از شهرنشینی، زیست پذیری شهرها را در ابعاد مختلفی؛ اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیست محیطی در معرض خطر فروپاشی قرار داده است و در همین راستا مدیران و برنامه ریزان شهری به دنبال ارائه بهترین راهکارها جهت حل این مسئله هستند. بنابراین در تحقیق حاضر به دنبال تحلیل و ارزیابی یکی از مهم ترین عوامل اثرگذار بر زیست پذیری شهرها (آلودگی هوا) در کلان شهر اراک هستیم. داده ها و اطلاعات مورد نیاز با مطالعه اسناد، مراجعه به سازمان ها و به صورت پیمایشی (پرسشنامه) جمع آوری شده است. جامعه آماری تحقیق شهر اراک و نمونه آماری 384 نفر از شهروندان محلات شهر اراک هستند. جهت تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار GIS و مدل رگرسیون وزنی جغرافیا (GWR) استفاده شده است. نتایج تحقیق نشان داد؛ شاخص های زیست پذیری در شهر اراک از وضعیت چندان مطلوبی برخوردار نیستند و از طرف دیگر به دلیل وجود کارخانه ها و شرکت های بزرگی (پتروشیمی، هیکو، ایرالکو و...)، ترافیک سنگین، بافت قدیمی شهر در برخی محلات وضعیت شاخص های آلودگی هوا در شرایط نامطلوبی قرار دارد. به طوری که نتایج تحلیل فضایی مدل GWR نشان داد؛ که وضعیت زیست پذیری شهر اراک در ابعاد اقتصادی، کالبدی، محیط زیست با توجه به آماره R^2 بالای 50 درصد از وضعیت شاخص های آلودگی هوا به مانند ($PM_{2.5}$, PM_{10} , SO_2 , CO_2) متأثر می باشد و البته محلات بخش های شرقی، جنوب، جنوب غربی شهر اراک بیشتر تحت تأثیر این مسئله قرار گرفته اند. تنها شاخص اجتماعی با $R^2=48$ و تقریباً متوسط دارای تأثیر پذیری کمتری (50 درصد) نسبت به سایر شاخص ها بوده است. همچنین نتایج تحلیل فضایی نشان می دهد؛ که محلات فشرده شهری به دلیل مسئله آلودگی ناشی از ترافیک و مناطق اسپرال حاشیه شهر به دلیل نزدیکی به صنایع وضعیت زیست پذیری پایینی دارند. لذا نتیجه این پژوهش نشان می دهد که جنبه های اصلی زیست پذیری شهری در کلان شهر اراک با توجه به وجود آلاینده ها در معرض آسیب پذیری واقعی قرار گرفته که آینده شهر را تهدید می کند.

واژگان کلیدی: زیست پذیری، آلودگی هوا، رگرسیون وزنی، شهر اراک

Key words: **livability, air pollution, weighted regression, Arak city**

مقدمه بیان مسئله

امروزه در بسیاری از شهرها افزایش جمعیت باعث بروز مشکلاتی از قبیل؛ مسائل محیط زیستی، از دست دادن فضاهای باز سبز، افزایش میزان ترافیک، مصرف انرژی و کاهش کیفیت زندگی شده است (Shakarami & Rahnama, 2023:1). در این بین یکی از مهم ترین چالش های محیط زیستی پیش روی کلان شهرها، پدیده آلودگی هواست که با افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی، توسعه حمل و نقل موتوری و میزان مصرف سوخت، روز به روز بر شدت آن افزوده می شود (زبردست و ریاضی، 1394: 56). به طوری که - بسیاری از شهرها در سراسر جهان با چالش آلودگی شدید ذرات ریز ناشی از آلاینده های صنعتی مواجه هستند، و این مسئله بر تمام ابعاد زندگی شهری اثرات منفی گذاشته است (Zhao et al, 2022:1). روند صعودی آلودگی هوا و تأثیرات زیانبار این آلودگی بر سلامت بشر یکی از چالش های مهم محیط زیستی در چند دهه ای اخیر بوده است (Xie et al., 2018). به طوری که اثرات ترکیبی آلودگی هوای محیطی و خانگی سالانه باعث میلیون ها مرگ زودرس می شود که عمدتاً در نتیجه افزایش مرگ و میر ناشی از سکته مغزی، بیماری های قلبی و سایر بیماری های تنفسی است (شاه محمدی و همکاران، 1401: 89). به طوری که بر طبق آخرین آمار سازمان جهانی بهداشت سالانه بیش از 8 میلیون نفر جان خود را در سطح جهان در اثر آلودگی آلاینده ها در فضای باز فوت می کنند (WHO, 2023). آنتنبرگ¹ و همکاران گزارش می دهد که در کشورهای G20 84٪ از مرگ و میرها مربوط به انتشار گازهای گلخانه ای حمل و نقل است، تنها چهار مورد از بزرگ ترین بازارهای خودرو در جهان، یعنی چین، هند، اتحادیه اروپا (EU) و ایالات متحده مسئول 70 درصد از فوت شدگان آلودگی های هوا کشورهاشان هستند (Anenberg et al, 2019: 3).

¹ Annenberg

در همین راستا گرایش‌هایی در راستای بهبود شرایط به‌وسیله 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 را بر جنبه‌های مختلف زندگی شهروندان از جمله زیست‌پذیری بررسی می‌کنند (Wu & Chen, 2023. Belis et al, 2023. Hassen et al, 2023). زیرا که با توجه به تغییر دیدگاه‌ها از استاندارد گرایی صرف به دیدگاه‌های کیفی و مطرح‌شدن رویکرد و نظریه توسعه پایدار به‌جای دیدگاه‌های کلان اقتصادی و خرد کالبدی موضوعات کیفیت زندگی و شهر زیست‌پذیر مورد توجه جدی قرار گرفته‌اند (ثاقبی و همکاران، 1398: 336). زیست‌پذیری اشاره به روابط بین تعداد، ساختار جمعیت، شیوه زندگی ساکنان، سطح خدمات، اقتصاد محلی و مکان فیزیکی دارد (Vergunst, 2003: 7). زیست‌پذیری را می‌توان به‌عنوان تجربه کیفیت زندگی تعریف کرد (قنبری و همکاران، 1395: 130). در واقع، اجتماع زیست‌پذیر، اجتماعی هستند که مکان‌های سالمی را برای یک شیوه زندگی هدفمند و مناسب در محل کار، مدرسه، محل بازی، محل عبادت و در محله برای ساکنان و بازدیدکنندگان از آن‌ها فراهم می‌کند (National 2010: 3 Recreation, and, Parks Association). در تعریف ساده، زیست‌پذیری را می‌توان ویژگی‌های محیط شهری که آن را مکانی مناسب و باکیفیت برای زندگی می‌کند دانست (قنبری و همکاران، 1402: 3). بنابراین همچنان که از تعاریف ارائه‌شده مشخص است، مسئله زیست‌پذیری شهروندان ارتباط نزدیکی باکیفیت محیطی دارد و این موضوع در تحقیقات بسیاری تأیید شده است (Rodrigues et al, 2021: 2. Abhijith et al, 2024. Venter et al, 2023). در واقع، برنامه ریزان به زیست‌پذیری به‌عنوان یک اصل راهنما برای سرمایه‌گذاری و تصمیم‌گیری به شکل محیط اجتماعی، اقتصادی، فیزیکی و بیولوژیکی شهر استفاده می‌کنند (صادقی و همکاران، 1402: 3). بنابراین امروزه در کشوری‌هایی که به‌سرعت در حال شهرنشینی هستند، پایداری سکونتگاه‌های انسانی را به یک هدف مهم در توسعه شهری تبدیل کرده‌اند. زیرا که 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 دشوارتر کرده است. برای کلان‌شهرهایی که شهرنشینی سریع را تجربه می‌کنند،

ایجاد محیط‌های شهری قابل زندگی به یک چالش برای برنامه‌ریزی شهری و تصمیم‌گیرندگان، به‌ویژه در شرایط فعلی تغییرات آب و هوایی و آلودگی‌های صنعتی تبدیل شده است (Zhang et al, 2020). بنابراین، شناخت و توجه به اهمیت زیست‌پذیری شهری به‌عنوان یک ضرورت در توسعه شهری، امری ضروری است. اقدامات جدی در جهت ادغام اصول زیست‌پذیر در سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های شهری، نه تنها به بهبود کیفیت زندگی شهروندان منجر خواهد شد، بلکه به حفظ و ارتقاء محیط‌زیست به‌طور کلان نیز کمک خواهد کرد. بر اساس آمار سازمان ملل خسارت ناشی از آلودگی هوا در ایران تا سال 2008 برابر 8 میلیارد دلار بوده که این خسارت‌ها تا سال 2014 به 11 میلیارد دلار رسیده و تا سال 2019 به 15 میلیارد دلار رسید. در این بین اراک به‌عنوان یکی از پنج کلان‌شهر آلوده ایران نقش بسزایی در این آمارها دارد. فعالیت صنایع مختلف (پتروشیمی سازند، صنایع آلومینیوم‌سازی، کارخانه‌ها ماشین‌آلات صنعتی و...) در اراک می‌تواند بر محیط‌زیست اطراف خود اثرگذار باشد. به‌طوری‌که بر اساس آمارها موجود کلان‌شهر اراک به دلیل وجود منابع زیاد انتشار آلودگی هوا در بیشتر سال‌ها بیش از 50 درصد روزها ناسالم است و هم‌اکنون جزء 8 شهر آلوده کشور است (بادام فیروز و همکاران، 2022: 22). با توجه به مسائل مطرح‌شده 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 باهم می‌مانند تا زندگی خوبی داشته باشند" (Zhan et al, 2018). به‌طور 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 مدنظر قرارداد 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 به همراه افت کیفیت و شاخص‌های زندگی ساکنان مکان‌های مختلف، بسیار قوت گرفته است؛ به طوری که بیشتر طراحان، برنامه‌ریزان شهری و تصمیم‌گیرندگان شهری به آن توجه و تأکید دارند (سلیمانی و همکاران، 1395: 30). زیست‌پذیری به عنوان شاخص کیفیت زندگی و رفاه ذهنی شهروندان در نظر گرفته می‌شود (Badland et al. 2014; Norouziyan-Maleki et al. 2015). امروزه شهر زیست‌پذیر علاوه بر بالا بردن سطح کیفی شهروندان مانند؛ محیط‌زیست، 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 نشان‌دهنده تلاش‌های مداوم برای ایجاد شهرهای پایدار، عادلانه و پرونق برای ساکنان آن است (Kutty et al, 2023:3). از دیدگاه پژوهشگران زیست‌پذیری شهری دارای ابعاد مختلفی است که دربرگیرنده تمام جنبه‌های زندگی انسان است (جدول 1).

جدول 1: ابعاد مختلف زیست‌پذیری

ردیف	ابعاد زیست‌پذیری	بخش‌های مختلف
1	زیرساخت فیزیکی	کفایت و کیفیت زیرساخت‌های ضروری شهری مانند سیستم‌های حمل‌ونقل، تأمین آب، فاضلاب، مدیریت پسماند و فضاهای عمومی.
2	مسکن	در دسترس بودن، مقرون‌به‌صرفه بودن و کیفیت گزینه‌های مسکن با در نظر گرفتن عواملی مانند ایمنی، امکانات رفاهی و نزدیکی به خدمات ضروری.

3	کیفیت محیطی	ارزیابی کیفیت هوا و آب، فضاهای سبز و تلاش برای کاهش آلودگی، تضمین یک محیط شهری پایدار و سالم.
4	فرصت‌های اقتصادی	دسترسی به فرصت‌های شغلی، سطح درآمد و تنوع اقتصادی در منطقه شهری، که اقتصاد پویا و فراگیر را تقویت می‌کند.
5	زیرساخت‌های اجتماعی	در دسترس بودن و دسترسی به آموزش، مراقبت‌های بهداشتی، امکانات فرهنگی، و خدمات اجتماعی، ارتقاء انسجام اجتماعی و فراگیر.
6	ایمنی و امنیت	نرخ جرم، خدمات اضطراری، و احساس ایمنی کلی در محیط شهری.
7	فرصت‌های فرهنگی و تفریحی	وجود مؤسسات فرهنگی، امکانات تفریحی و فرصت‌هایی برای اوقات فراغت و سرگرمی که به کیفیت کلی زندگی کمک می‌کند.
8	حمل و نقل و اتصال	حمل و نقل عمومی کارآمد و در دسترس، و همچنین اتصال به مناطق دیگر، سهولت رفت و آمد را برای ساکنان تسهیل می‌کند.
9	حاکمیت شهری	اثربخشی و شفافیت حکمرانی شهری، از جمله سیاست‌ها، برنامه‌ریزی‌ها و شیوه‌های مدیریتی که بر زیست پذیری شهر تأثیر می‌گذارد.
10	محیط زیست	اثرگذاری بر بخش‌های مختلف کیفیت زندگی؛ اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، مدیریتی و ...

(Mindeli, 2012. Zhan et al,2020. Paul, 2020. Martínez et al,2019. Liang et al,2022. Sofeska,2017

در این میان، شناسایی و درک نیازهای شهروندان (تقاضاهای ذهنی) و زیست پذیری (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، 1398: 375). مقیاس‌های زیست پذیری بهترین یا

بدترین شرایط زندگی ارائه شده را تعریف می کند؛ این مقیاس ها شرایطی را که می توان سبک زندگی یک فرد، کیفیت زندگی مکان ها و جوامع مختلف را باهم مقایسه کرد (Fairbairn et al, 2013: 2). در شرایط کنونی زیست پذیری شهری به ویژه با توجه به تغییرات اقلیمی، کاهش تنوع زیستی، و فشارهای اجتماعی و اقتصادی بیشتر اهمیت یافته و نیازمند راهکارهای نوین در مدیریت شهری می باشد (Zhang et al, 2017: 1253).

آلودگی هوای شهری

واژه آلودگی نظیر برخی اصطلاحاتی 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 و یا گذشته خود، وجود داشته باشد و یا این تغییرات مهمی در عناصر تشکیل دهنده آن محیط به وقوع بپیوندد و این تغییرات اثرات زیان بخش و ناراحت کننده ای به دنبال داشته باشد (احمدی مسعود و همکاران، 1392: 3). آلودگی هوا در شهرها یک مشکل شناخته شده است. منابع آلودگی هوا در شهرها شامل گرمایش، پخت و پز، فرآیندهای 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، ادبیات شهرسازی گذشته در این زمینه نیز 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 نموده و آنها را به عنوان عوامل اصلی آلودگی هوای شهرها معرفی کرده است (جدول 2).

جدول 2: میزان استاندارد (EPA) برخی از آلاینده های هوا

کیفیت هوا	مونواکسید کربن (ppm)	ذرات معلق ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		دی اکسید نیتروژن (ppb)	دی اکسید گوگرد (ppb)
		PM10	PM2.5		

35-0	53 -0	54-0	0-12	4/4-0	خوب
75-36	100-54	154-55	35/4-12/1	9/4-4/5	متوسط
185-76	360-101	254-155	55/4-35/5	12/4-9/5	ناسالم برای افراد حساس
304-186	649-361	354-255	150/4-55/4	15/4-12/5	ناسالم
406-305	1249-650	424-355	250/4-150/5	30/4-15/5	خیلی ناسالم
1004-605	2049-1250	604-425	500/4-250/5	50/4-30/5	خطرناک

(US.EPA, 2009)

پیشینه تحقیق

تاکنون تحقیقات بسیاری در ایران و سراسر دنیا در زمینه زیست پذیری شهری انجام شده است از جمله؛ اسدی و همکاران (1399)، تحقیقی در زمینه بررسی کیفیت زیست پذیری شهر انجام دادند که نتایج تحقیق نشان داد؛ محلات واقع در جنوب غرب و شرق محله 6 تهران در وضعیت مناسب تری نسبت به محلات مرکز و شمال شرق قرار دارند در این تحقیق ابعاد مختلف کیفیت زیست پذیری شهری بررسی و ارزیابی گردید. بر اساس یافته‌های ملکی و سعیدی (1395)، ضرورت تغییر مکانیسم نظارت و ارزیابی عملکرد برنامه‌های محیط‌زیست به ایجاد سیستم متمرکز در سازمان حفاظت محیط‌زیست و تکمیل اطلاعات آن توسط سایر دستگاه‌های ذی‌ربط در بالا بردن سطح زیست پذیری شهرها مؤثر است. همچنین در جدول 3 به سایر تحقیقات در زمینه زیست پذیری شهری اشاره شده است: جدول 3: پیشینه داخلی و خارجی تحقیقات زیست پذیری شهری

نویسنده	عنوان	نتایج
پیری و همکاران 1400	شناسایی و عوامل مؤثر بر زیست پذیری شهری با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری (ISM) (نمونه موردی: شهر ایلام)	نتایج نشان داد؛ نخستین ابعاد کلی مؤثر بر زیست پذیر ایلام ابعاد اقتصادی و در مراحل بعدی ابعاد زیست محیطی و اجتماعی است.

نویسنده	عنوان	نتایج
مک کرا ^۲ (2012)	اثرات انسجام شهری بر زیست پذیری شهری: مقایسه حومه داخلی و خارجی بریسان استرالیا	زیست پذیری 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 ^۳ و همکاران (2019)	مقایسه تطبیقی شاخص‌های زیست پذیری مناطق شهری تهران باهدف تحلیل ابعاد اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی	تهران از نظر زیست پذیری شرایط مطلوبی دارد. همچنین بالاترین نمره برای منطقه 5 و پایین‌ترین نمره برای منطقه 9 است.
ماهانتا و وبور گوهرین ^۴ (2022)	زیست پذیری شهری و عدم قطعیت‌های زمینه‌ای: ارزیابی زیست پذیری از دیدگاه ساکنان شهری در گواهای، هند	در بین شاخص‌های بررسی شده؛ ویژگی‌های اقتصادی و اجتماعی بیشتر از سایر عوامل دارای اثرگذاری بر زیست پذیری شهری هستند.
عزام ^۵ و همکاران (2022)	به‌کارگیری شاخص‌های زیست پذیری شهری در جوامع محصور	نتایج تحقیق نشان شاخص‌های اقتصاد پایدار و دسترسی‌پذیری مناسب دو شاخص مهم اثرگذار بر کیفیت زندگی شهروندان هستند.
کریستی ^۶ و همکاران (2021)	تحلیل انتقادی اقدامات زیست پذیری شهری بر اساس چشم‌انداز مکان‌سازی	نتایج؛ پیشنهاد کرد که معیار زیست پذیری شهری باید اصول مکان‌سازی را در برگیرد دارای‌های محلی، جامعه‌محور، از پایین به بالا و فرارشته‌ای برای ارتقای محیط انسانی کیفیت زندگی شهری.
وانگ و همکاران (2023)	تأثیر توسعه اقتصادی بر زندگی شهری: شواهد از 40 شهر بزرگ و متوسط چین	یافته‌های این تحقیق می‌تواند بینش‌هایی را برای برنامه‌ریزان و سیاست‌گذاران شهری در چین و

² Mccrea

³ Loda

⁴ Mahanta & Borgohain

⁵ Azam

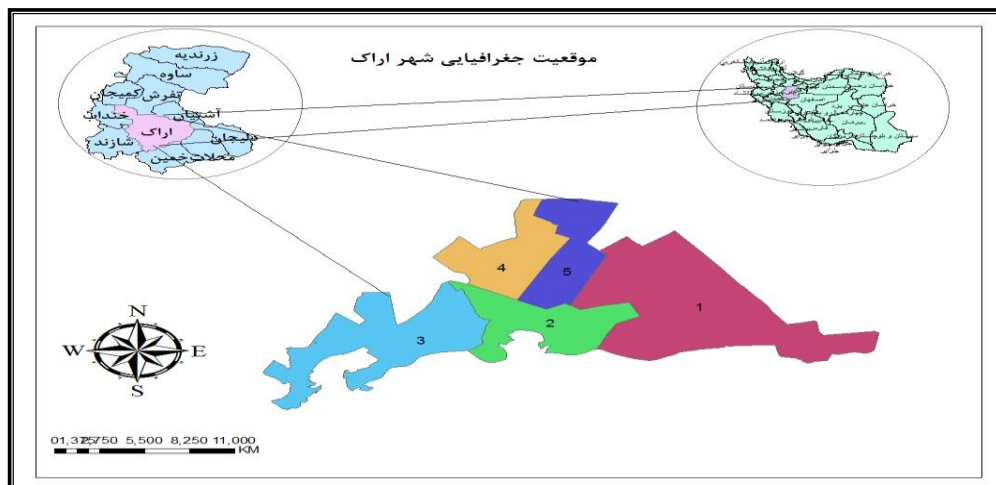
⁶ Christy

نویسنده	عنوان	نتایج
		کشورهای در حال توسعه گسترده فراهم کند تا رابطه بین توسعه اقتصادی و زیست پذیری شهری را بهتر درک کنند. در نهایت، با توجه به یافته‌های تحقیق، روشنگری سیاست متناظر را از هر دو «هدایت کلان» و «اقدام خرد» پیشنهاد کردیم.
سعید ⁷ و همکاران (2022)	رویکردی یکپارچه برای توسعه زیست پذیری شهری شاخص ترکیبی - نقشه راه رتبه‌بندی شهرها برای دستیابی پایداری شهری	نتایج نشان داد؛ موضوع اتصال پذیری، تراکم ترافیک و زیرساخت‌های عمومی در رتبه اول اثرگذاری بر زیست پذیری شهری محدوده مورد مطالعه هستند.

محدوده مورد مطالعه

اراک یکی از کلان‌شهرهای ایران و از بزرگ‌ترین شهرهای مرکز ایران و مرکز استان مرکزی است. جمعیت اراک در سال 1400 خورشیدی برابر با 603000 نفر بوده که از این نظر قطب جمعیتی استان مرکزی و هجدهمین شهر پرجمعیت ایران به حساب می‌آید. شهر اراک مختصات جغرافیایی "30' 41° 49' طول شرقی و "30' 05' 34° عرض شمالی و ارتفاع 1755 متر، با آب و هوایی معتدل مایل به سرد تا سرد، نیمه‌خشک، در فاصله 281 کیلومتری جنوب غربی تهران واقع است.

⁷ Saeed



شکل 1: موقعیت جغرافیایی شهر اراک

روش تحقیق

روش تحقیق توصیفی و تحلیلی و هدف کاربردی است. داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز تحقیق به دو روش کتابخانه‌ای (مطالعه اسناد، طرح‌ها، مقالات و ...) و مراجعه به سازمان‌های مرتبط (شهرداری، سازمان محیط زیست) و به صورت پیمایشی با توزیع پرسشنامه به صورت طبقه‌ای در بین مناطق 5 گانه شهر اراک جمع آوری شده است. برای تعیین شاخص‌های آلودگی هوا و شاخص‌های زیست پذیری شهری، منابع و اسناد مرتبط، جمع آوری و مطالعه گردید؛ و در نهایت شاخص‌های کاربرد در سایر تحقیقات مرتبط انجام گرفته استخراج گردید. در نهایت برای متغیر مستقل آلودگی هوا 4 شاخص (PM2.5, PM10, CO2, SO2) انتخاب گردید؛ و برای متغیر زیست پذیری شهری 4 شاخص (اقتصادی، اجتماعی، زیست محیطی، کالبدی) تعیین شد و برای هر کدام از این چهار شاخص، چند زیر شاخص برای ساخت گویه‌ها انتخاب گردید (جدول 5).

جدول 5: شاخص‌های زیست پذیری شهری

رديف	شاخص‌ها	گويه	منبع
------	---------	------	------

کیفیت هوا (AQI)، آلودگی صوتی، میزان سرانه فضای سبز، تولید زباله خانگی، کیفیت آب آشامیدنی	زیست محیطی	1
آموزش و تحصیل، بهداشت و سلامت روان، امنیت فردی و خانوادگی، مشارکت عمومی، مراکز تفریحی و اوقات فراغت	اجتماعی	2
اشتغال، درآمد مناسب، مسکن مناسب، استطاعت مالی، اعتبارات دولتی	اقتصادی	3
حمل و نقل عمومی، کیفیت بصری، وضعیت زیرساخت ها (آب، برق، گاز، تلفن)، تاب آوری شهری در برابر بحران - های انسان ساخت، محیط کالبدی سازگار با فرهنگ	کالبدی	4

برای جمع آوری داده های متغیر مستقل (آلودگی هوا) از دیتاهای آماری 10 سال گذشته (1390-1400) در 4 ایستگاه سنجش آلودگی شهر اراک جهت تحلیل فضایی مورد استفاده قرار گرفته شده است. در بخش تحلیل فضایی ایستگاه های سنجش آلودگی از مدل IDW آلودگی و برای پوشش دهی نقاط مجهول (نقاطی که دارای ایستگاه های سنجش نمی باشند) از روش پوشش دهی فضایی IDW استفاده شده است. در این روش عموماً از نقاط معلوم یک میانگین وزن دار گرفته می شود و نتیجه برای نقطه مجهول ثبت می شود. در روش درونیابی IDW فرض ما بر این است که تأثیر هر پدیده متناسب با توانی از معکوس فاصله آن است، بنابراین تأثیر پدیده ی مورد نظر با افزایش فاصله، کاهش می یابد. در این شبکه سلول ها به دو صورت اند:

- سلول های با مقدار متغیر معلوم (اندازه گیری شده)
- سلول های با مقدار نامعلوم (اندازه گیری نشده)

برای برآورد ارزش سلول‌هایی که ارزش نامعلوم دارند، با استفاده از سلول‌های اطراف در یک شعاع مشخص، مطابق شکل زیر، عددی محاسبه می‌گردد (شاکرمی، 1401: 97).

در مرحله بعد، پرسشنامه‌ای که بر اساس شاخص‌های زیست‌پذیری شهری (جدول 5) طراحی شده است بین ساکنین مناطق 5 گانه شهر اراک تقسیم گردید و البته پرسشنامه بر اساس تعداد جمعیتی هر منطقه شهری به‌طور متوازن توزیع گردید (جدول 6). این پرسشنامه بر اساس طیف لیکرت 5 گزینه‌ای طراحی شده است. به این ترتیب که میزان میانگین متغیر موردنظر در جامعه، نسبت به عدد 3 سنجش می‌شود. حال اگر مقدار میانگین بیشتر از 3 باشد، نتیجه گرفته می‌شود متغیر موردنظر در جامعه آماری وضعیت متوسط رو به بالایی دارا است. جامعه آماری تحقیق شهروندان اراک 603000 بوده است. حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران 384 نفر از شهروندان ساکن در مناطق 5 گانه تعیین گردید. همچنین برای انتخاب افراد نمونه از روش نمونه‌گیری تصادفی ساده استفاده شده است.

جدول 4: توزیع فضایی پرسشنامه‌های بر اساس جمعیت مناطق

مناطق	جمعیت بر اساس سرشماری		جمعیت بر اساس		مناطق
	سرشماری	جمعیت بر اساس	حجم نمونه	مناطق	
منطقه 1	97606	181768	62	منطقه 2	1118
منطقه 3	106870	111377	68	منطقه 4	73
منطقه 5	62		کل نمونه	384	

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 شده است. 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 فرمول رگرسیون وزنی به شرح زیر است:

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

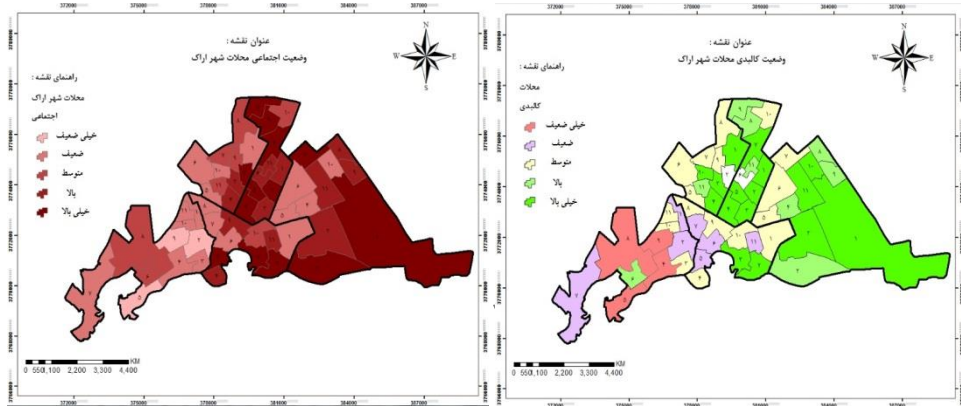
در این رابطه (μ_i, V_t) مختلف هر موقعیتی از $\beta_0(\mu_i, V_t)$ محل تقاطع برای موقعیت i ، $\beta_k(\mu_i, V_t)$ پارامتری محلی است که متغیر مستقل x_k را در موقعیت i تخمین می زند و ε_i خطای تصادفی با فرض $N(0, \sigma^2)$ (فرض نرمال بودن) است. برای مجموعه داده های پارامتری محلی، $\beta_k(\mu_i, V_t)$ با استفاده از مراحل حداقل مربعات وزنی تخمین زده می شود. وزن های W_{it} برای $n, \dots, 2, 1$ در هر موقعیت (μ_i, V_t) به عنوان تابع پیوسته ای از فواصل میان موقعیت i و موقعیت دیگر به دست می آید. (رفیعیان و زاهد، 1397: 371). در واقع تحلیل رگرسیون وزنی جغرافیا خروجی های مختلفی را ارائه می دهد که در بین خروجی های ارائه شده، مقادیر R و R^2 تعدیل شده ($Adjusted R^2$) مهم ترین مقادیر هستند که نشان دهنده خوبی و دقت مدل مورد استفاده هستند و هر چه این اعداد به 1 نزدیک تر باشد نشان دهنده این است که متغیر مستقل مورد استفاده به خوبی تغییرات متغیر وابسته را شرح می دهد.

سیگما: شاخص انحراف معیار باقی مانده هاست و کوچک تر بودن آن نشانه برتری مدل است. آکاییک: یکی از شاخص های بسیار مفید برای مقایسه مدل های رگرسیون است که مقدار پایین آن نشان دهنده انطباق بهتر مدل با داده های مشاهداتی است (شاکرمی و همکاران، 1401: 157).

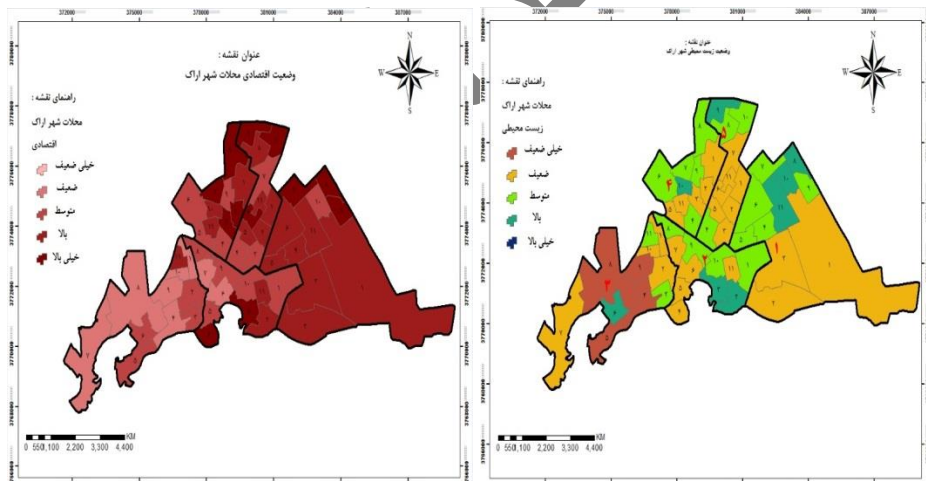
نتایج تحقیق

در بخش یافته های تحقیق ابتدا وضعیت موجود شاخص های زیست پذیری شهری (اقتصادی، اجتماعی، کالبدی و زیست محیطی) مورد سنجش و ارزیابی قرار گرفت که نتایج به دست آمده به شرح زیر است: در ارزیابی وضعیت محیط زیستی محلات شهر اراک نتایج نشان دهنده این است که: اکثر محلات شهر اراک از وضعیت محیط زیستی مناسبی برخوردار نیستند، به طوری که در محلات شرق شهر به دلیل وجود کارخانه های مختلف صنعتی و شهرک های صنعتی، مناطق 4 و 5 به دلیل وجود بافت متراکم و قدیمی، ترافیک بالا، محلات منطقه غربی به سمت شازند و پالایشگاه وضعیت زیست محیطی بسیار نامناسبی از دیدگاه شهروندان دارا هستند. همچنین در بعد اقتصادی، محلات شرقی و مرکزی نسبت به سایر مناطق شرایط متوسطی را دارا هستند و البته منطقه 3 در بخش غربی شهر از لحاظ این شاخص از دیدگاه

شهروندان شرایط ضعیف‌تری نسبت به سایر مناطق دارا می‌باشد. در بعد کالبدی، محلات موجود در منطقه 1 و 5، 4 وضعیت مناسب‌تری نسبت به مناطق غربی و جنوب غربی دارا هستند. در بعد اجتماعی در اکثر مناطق شهر وضعیت چندان مناسبی وجود ندارد و در بین همه محلات فقط شاید 10 محله نزدیک به عدد 3 هستند و همه محلات آمار میانگین پایین‌تری دارا هستند (شکل 2).



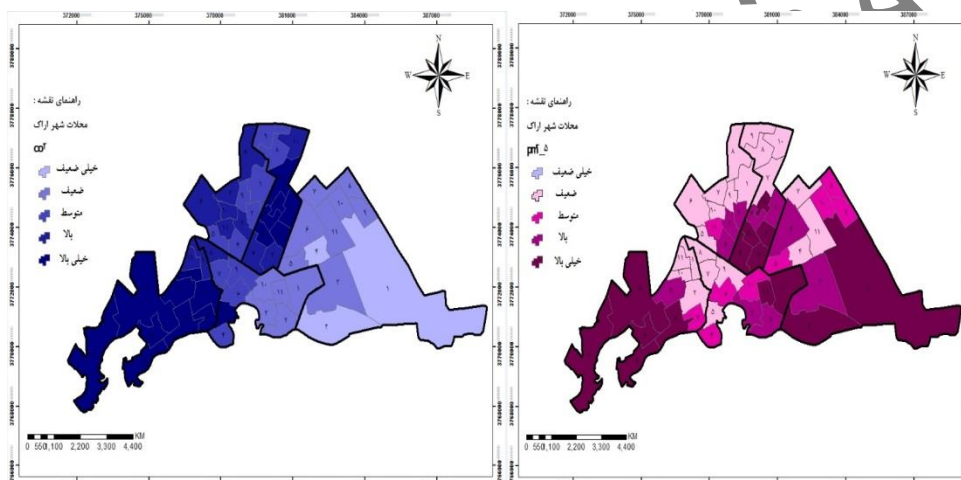
شکل 2: الف، وضعیت شاخص اجتماعی شهر اراک. ب، وضعیت شاخص کالبدی شهر اراک



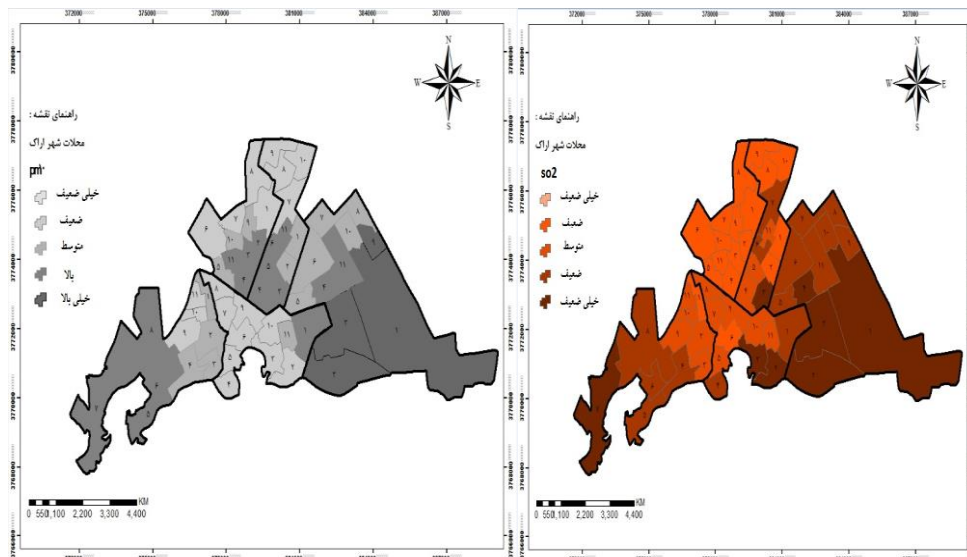
شکل 3: الف، وضعیت شاخص اقتصادی شهر اراک. ب، وضعیت شاخص محیط زیستی شهر اراک

وضعیت شاخص‌های آلودگی هوای شهر اراک

در ارزیابی وضعیت موجود شاخص‌های آلودگی هوای شهر اراک با توجه به نقشه‌های ارائه شده مشخص است که در نواحی شرقی شهر به دلیل وجود شهرک‌های صنعتی و کارخانه‌های صنعتی، در نواحی مرکزی مناطق 4 و 5 به دلیل وجود تراکم بالا و فشردگی زیاد مسکونی و خیابان‌ها، بار ترافیکی سنگین، در منطقه 3 و بخش‌های جنوب و جنوب غربی به دلیل نزدیکی به شرکت بزرگ پتروشیمی، وجود جاده سراسری کشور، اکثر شاخص‌های آلودگی ($PM_{2.5}$ - PM_{10} - CO_2 - SO_2) هوای تجمع زیادی دارند. به طوری که بیشترین میزان آلودگی هوای شهر اراک در این مناطق و محلات است (شکل 4).



شکل 4: الف، وضعیت فضایی شاخص آلودگی هوای (CO_2) شهر اراک. ب، وضعیت فضایی شاخص آلودگی هوای ($PM_{2.5}$) شهر اراک



شکل 5: الف، وضعیت فضایی شاخص آلودگی هوای (PM10) شهر اراک. ب، وضعیت فضایی شاخص آلودگی هوای (SO2) شهر اراک

تحلیل فضایی با استفاده از رگرسیون وزنی جغرافیایی

در این بخش ارتباط فضایی بین شاخص آلودگی هوا و زیست پذیری شهری سنجش و ارزیابی می شود به طوری که ارتباط فضایی هر شاخص زیست پذیری (اجتماعی، اقتصادی، کالبدی، زیست محیطی به طور جداگانه سنجش و تحلیل می شود: 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 95٪ به میزان 62 درصد دارای اثر گذاری بر وضعیت کالبدی محلات شهر اراک است. همچنین مقدار $AICc2$ عدد پایینی (876/34) را نشان می دهد که این موضوع نشان دهنده انطباق بهتر مدل با داده های مشاهداتی است. آماره توصیفی Predicted تغییرات تقریباً متوسط به بالایی را نشان می دهد به طوری که مشخصاً تغییرات فضایی بین متغیر مستقل و متغیر وابسته را عدد 63 نشان می دهد. (جدول 3).

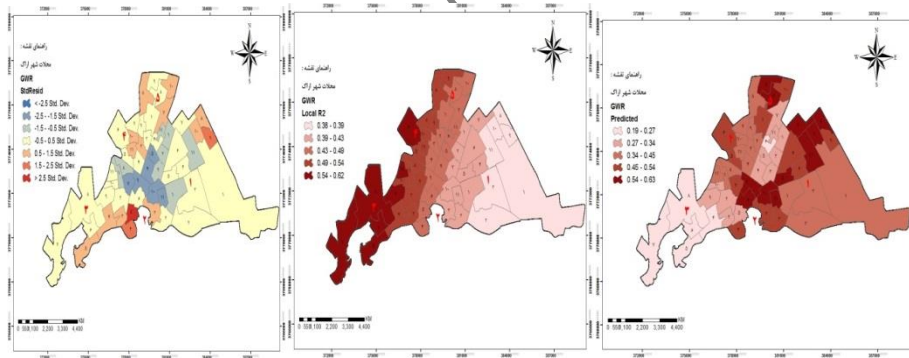
جدول 3: رگرسیون وزنی شاخص کالبدی

متغیر مستقل	متغیر وابسته	R ²	AICc ²	Sigma ₈	Adjusted R ²	Pridicted d
PM2.5, PM10	کالب	0.62	87/34	0.001	0.58	0/63
,CO2,SO2	دی	0	6			

منبع: یافته‌های تحقیق، 1402

همان‌طور که از شکل 6 مشخص است، آماره std نشان می‌دهد که دامنه تغییرات داده‌ها مابین +2.5 تا -2.5 است و این موضوع نشان‌دهنده مطلوبیت مدل است. همبستگی فضای بین شاخص آلودگی هوا و زیست‌پذیری شهری در سطح محلات شهر اراک بیش از 50٪ است و این همبستگی در محلات غرب، جنوب، جنوب غرب، شمال غرب بیشتر از سایر مناطق شهر اراک می‌باشد؛ یعنی وضعیت شاخص کالبدی زیست‌پذیری محلات مناطق 3، 4 و 5 دارای بیشترین همبستگی فضایی با شاخص‌های آلودگی هوای شهر اراک است.

همچنین مطابق با نقشه Predicted به دست آمده این میزان ضریب همبستگی در سطح 63٪ معنادار است و تغییرات فضایی به سمت مناطق شرقی شهر مناطق شمال شرقی و تا حدودی جنوب شرقی شهر اراک پیش‌بینی شده است.



شکل 6: آماره‌های توصیفی شاخص کالبدی؛ الف، StdRes، ب، R²، ج، Predicted شاخص کالبدی

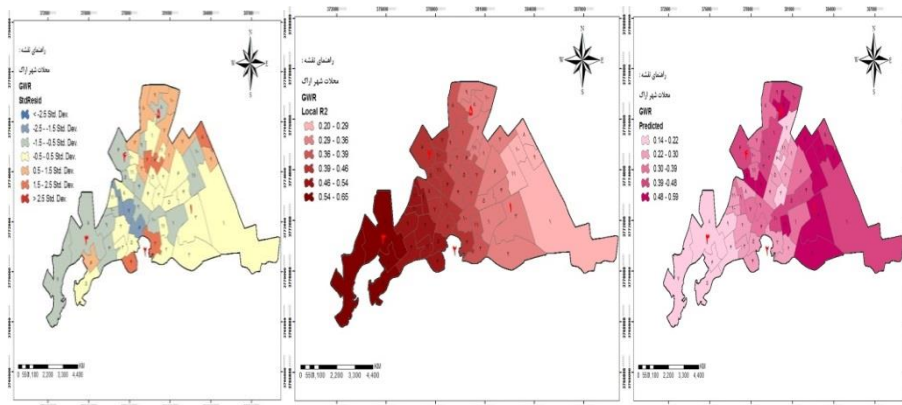
مقدار R^2 متغیر اقتصادی برابر با 0/65 است: یعنی شاخص آلودگی هوا با توجه به این متغیر در سطح اطمینان 95٪ به میزان 65 درصد دارای اثرگذاری بر وضعیت اقتصادی شهروندان محلات شهر اراک به عنوان یکی از متغیرهای مهم زیست پذیری است. همچنین مقدار $AICc^2$ عدد مطلوب پایین تر از 3 را نشان می دهد که این موضوع نشان دهنده انطباق بهتر مدل با داده های مشاهداتی است. آماره توصیفی $Pridicted$ تغییرات فضایی بین متغیر مستقل و متغیر وابسته را به میزان 0/59 پیش بینی می کند.

جدول 4: رگرسیون وزنی شاخص اقتصادی

Pridicte d	AdjustedR ₂	Sigma ₉	$AICc^2$	R^2	متغیر وابسته	متغیر مستقل
0/59	0/62	0/000	77/00	/65	اقتصاد	PM2.5,PM1 0
			1	0	ی	,CO2,SO2

منبع، یافته های تحقیق 1402

با توجه به نقشه خروجی، در تحلیل خروجی ها آماره $StdResid$ ، از بین نمرات موجود محلات شهر اراک، عدد هیچ محله ای کوچک تر از $-2/5$ و بزرگ تر از $+2/5$ وجود ندارد که این مقدار نشان دهنده مطلوبیت بالای مدل است. همچنین مقدار R^2 همبستگی فضایی تقریباً بالایی (0/65) را بین آلودگی هوای محلات شهر اراک و وضعیت زیست پذیری در بعد اقتصادی نشان می دهد. به طوری که این همبستگی در محلات جنوبی، جنوب غربی و شمال غربی و مرکز منطقه 4 و 5 بیشتر از سایر محلات است یعنی در این محلات وضعیت زیست پذیری اقتصادی محلات بیشتر از سایر محلات تحت تأثیر شاخص های آلودگی هوا قرار دارد. در صورتی که آماره $Pridicted$ بیشترین تغییرات فضایی را به سمت مناطق و محلات شرقی شهر پیش بینی می کند.



شکل 7: آماره‌های توصیفی شاخص اقتصادی؛ الف، StdRes، ب، R²، ج، Predicted

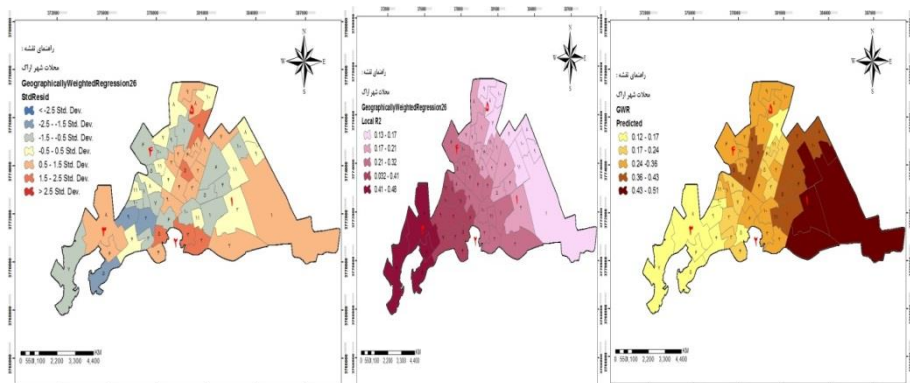
در تحلیل شاخص اجتماعی به‌عنوان یکی از ابعاد متغیر زیست‌پذیری در شهر اراک نتایج جدول 4 نشان می‌دهد؛ همبستگی فضایی بین متغیر مستقل (آلودگی هوا) و متغیر وابسته زیست‌پذیری شهر در بعد اجتماعی تقریباً متوسط رو به پایین است و این موضوع در آماره R² به میزان 48 درصد مشهود است. همچنین مقدار AICc² عدد مطلوب پایین‌تر از 3 را نشان می‌دهد که این موضوع نشان‌دهنده انطباق بهتر مدل با داده‌های مشاهداتی است.

جدول 4: رگرسیون وزنی شاخص اجتماعی

متغیر مستقل	متغیر وابسته	R ²	AICc ²	Sigma ₁₀	Adjusted R ²	Predicted
PM2.5, PM10, CO2, SO2	اجتماعی	0/48	90/312	0/014	0/43	0/51

با توجه به نقشه خروجی (شکل 8) 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 (0/48)

را بین آلودگی هوای محلات شهر اراک و وضعیت زیست پذیری در بعد اجتماعی نشان می‌دهد. به طوری که این همبستگی در محلات جنوبی، جنوب غربی و شمال غربی و مرکز منطقه 4 و 5 بیشتر از سایر محلات است یعنی در این محلات وضعیت زیست پذیری اجتماعی محلات بیشتر از سایر محلات تحت تأثیر شاخص های آلودگی هوا قرار دارد. در صورتی که آماره Predicted بیشترین تغییرات فضایی را به سمت مناطق و محلات شرقی شهر پیش بینی می‌کند.



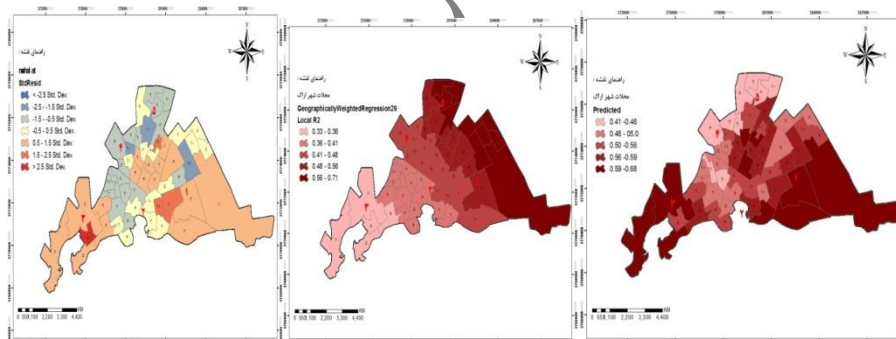
شکل 8: آماره های توصیفی شاخص اجتماعی؛ الف، StdRes، ب، R2، ج، Predicted

در تحلیل شاخص زیست محیطی به عنوان یکی از ابعاد متغیر زیست پذیری در شهر اراک نتایج جدول 4 نشان می‌دهد؛ همبستگی فضایی بین متغیر مستقل (آلودگی هوا) و متغیر وابسته زیست پذیری شهر در بعد زیست محیطی بالا است و این موضوع در آماره R2 به میزان 71 درصد مشهود است؛ یعنی شاخص آلودگی هوا با توجه به این متغیر در سطح اطمینان 95٪ به میزان 71 درصد دارای اثر گذاری بر وضعیت زیست پذیری در زمینه زیست محیطی شهروندان محلات شهر اراک است. همچنین مقدار AICc2 عدد مطلوب پایین تر از 3 را نشان می‌دهد که این موضوع نشان دهنده انطباق بهتر مدل با داده های مشاهداتی است.

جدول 4: رگرسیون وزنی شاخص محیط زیست

متغیر مستقل	متغیر وابسته	R ²	AICc ₂	Sigma ₁₁	Adjusted R ²	Pridicte d
PM2.5, PM10, CO2, SO2	محیط‌زیست	0/71	58/09	0/000	0/66	0/68
	ت	0	1			

با توجه به نقشه خروجی، در تحلیل خروجی‌ها آماره StdResid، از بین نمرات موجود محلات شهر اراک، هیچ عددی کوچک‌تر از ۲/۵- نیست و فقط ۱ عدد بزرگ‌تر از ۲/۵+ 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 (0/71) را بین آلودگی هوای محلات شهر اراک و وضعیت زیست‌پذیری در بعد زیست‌محیطی نشان می‌دهد. به طوری که این همبستگی در محلات غربی، شمالی، شمال غرب، مرکز شهر و منطقه 4 و 5 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، مرکز شهر پیش‌بینی می‌کند.



شکل 9: آماره‌های توصیفی شاخص محیط‌زیست؛ الف، StdRes، ب، R2، ج، Pridicted

بحث و نتیجه‌گیری

در زمینه موضوع زیست پذیری شهری پژوهش‌های بسیاری هم‌راستا با موضوع تحقیق حاضر انجام شده است که با مقایسه این تحقیقات جنبه‌های مشترک و متفاوت تحقیق حاضر نسبت به سایر تحقیقات ارزیابی و تحلیل شده است. از جمله نتایج تحقیق لطفی و همکاران (1397) در زمینه زیست پذیری محلات شهری تهران نشان داد؛ که وضعیت شاخص‌های زیست پذیری مطلوب نیست که در بررسی با وضعیت موجود شهر اراک نتایج همخوانی دارد. همچنین نتایج تحقیق صادقی و همکاران (1401) نشان داد که بسیاری از مناطق شهری مشهد وضعیت مناسبی در زمینه شاخص محیط زیستی به‌عنوان یکی از ابعاد زیست پذیری شهری برخوردار نیستند و در واقع نتایج این تحقیقات به‌مانند تحقیق حاضر نشان‌دهنده مشکلات زیست پذیری کلان‌شهرهای ایران هستند. حاتمی نژاد و همکاران (1398) در بررسی فضایی زیست پذیری 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 بدلد¹² و همکاران (2019) تحقیقی در زمینه زیست پذیری 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 به‌عنوان 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؛ به‌طوری‌که بیشتر طراحان، برنامه‌ریزان شهری و تصمیم‌گیرندگان شهری به آن توجه و تأکید دارند؛ و بنا بر نتایج بسیاری از تحقیقات صورت گرفته در سراسر دنیا شاید مهم‌ترین پارامتر و عامل اثرگذار بر زیست پذیر بودن شهر مسئله آلودگی هوا و آلاینده‌ها هستند. به‌طوری‌که این مسئله در کشورهای در حال توسعه به‌مانند ایران باعث شده زندگی شهروندان، سلامت شهروندان مخصوصاً در کلان‌شهرهای صنعتی بشدت تهدید شود. لذا برحسب همین ضرورت در تحقیق حاضر به بررسی برخی از آلاینده‌های اصلی آلوده‌کننده هوای کلان‌شهر اراک به‌عنوان یکی از شهرهای مهم صنعتی ایران بر زیست پذیری زندگی شهروندان این شهر پرداخته شده است. در نتیجه گیری نهایی تحقیق نتایج مؤید این مطالب است که؛ شاخص‌های زیست پذیری در شهر اراک وضعیت

¹² Badland

از وضعیت چندان مطلوبی برخوردار نیستند و از طرف دیگر به دلیل وجود کارخانه‌های و شرکت‌های بزرگی (پتروشیمی، هپکو، ایرالکو و...)، ترافیک سنگین، بافت قدیمی شهر در برخی محلات وضعیت آلودگی هوا مناسب نباشد به طوری که نتایج تحلیل فضایی مدل GWR نشان داد؛ که وضعیت زیست پذیری شهر اراک در ابعاد؛ اقتصادی، کالبدی، محیط زیست با توجه به آماره R2 بالای 50 درصد از وضعیت شاخص‌های آلودگی هوا به مانند (PM2.5, PM10, SO2, CO2) متأثر باشد و البته محلات بخش‌های شرقی، جنوب، جنوب غربی شهر اراک بیشتر تحت تأثیر این مسئله قرار گرفته‌اند. تنها شاخص اجتماعی با $R^2=48$ و تقریباً متوسط دارای تأثیر پذیری کمتر از 50 درصد بوده است. لذا خروجی اصلی این پژوهش نشان می‌دهد که جنبه‌های اصلی زیست پذیری شهری در کلان‌شهر اراک با توجه به وجود آلاینده‌ها در معرض آسیب پذیری واقعی قرار گرفته که آینده شهر را تهدید می‌کند.

منابع

- احمدی، مسعود، نسترن، صمدی خادم، شهرام و درگاهی، عبدالله (1392). بررسی اهمیت فضای سبز در کنترل و کاهش آلودگی هوای شهری، سومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت و برنامه ریزی محیط زیست، تهران، 1392.
- اسدی، یاسمن، جلوخانی نیارکی، محمدرضا و عزیزی مند، کیوان. (1399). بررسی کیفیت محیط زیست زندگی شهری با استفاده از تحلیل چندمعیاره مکانی (مطالعه موردی: منطقه 6 تهران). پژوهش‌های جغرافیای انسانی، دوره 52 شماره 1، صص 367-383.
- بادام فیروز، جلیل، رحمتی، علیرضا، دانش پژوه، نوشین، موسی زاده، رویا و میرزایی، رضا. (2022). بررسی تأثیر صنایع موجود و در دست احداث شهر اراک بر کیفیت هوای شهر با استفاده از مدل ADMS. فصلنامه علوم محیطی، 20(1)، 40-21.
- پیری، فاطمه، ملکی، سعید و عابدی، زهرا (1400). شناسایی و عوامل موثر بر زیست-پذیری شهری با رویکرد مدل‌سازی ساختاری تفسیری ISM (نمونه موردی: شهر ایلام).

مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، سال نوزدهم، شماره 2، بهار و تابستان 1400، شماره

پیاپی <https://dx.doi.org/10.22067/jgrd.2021.48827.0.36>

– ثاقبی، محمد، مافی، عزت اله و وطن پرست، مهدی. (1399). ارزیابی و سنجش زیست پذیری شهری و عوامل موثر بر آن (مورد مطالعه شهر بجنورد). نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال 22، شماره 67.1401.

– حاتمی نژاد، حسین، مدانلو جویباری، مسعود و اخوان حیدری، کوروش (1398). تحلیل فضایی زیست‌پذیری کالبدی کلان‌شهر اهواز. فصلنامه برنامه‌ریزی توسعه کالبدی. دوره 6، شماره 1، شماره پیاپی 13، صص 23-11.

– خزاعی نژاد، فروغ (2019). تحلیلی بر عوامل و فرایندهای کلان اقتصادی، زیست محیطی و مدیریتی موثر بر زیست‌پذیری شهری مورد پژوهش: محله‌های منطقه 12 شهر تهران. فصلنامه جغرافیا (برنامه ریزی منطقه‌ای). سال نهم، شماره 1. صص 264-245.

– زبردست، اسفندیار و ریاضی، حسین (1394). شاخص‌های محیط انسان ساخت و تاثیرات آن بر آلودگی هوا (مطالعه موردی: محدوده پیرامونی چهارده ایستگاه سنجش کیفیت هوا در شهر تهران). نشریه هنرهای زیبا-معماری و شهرسازی، دوره 20، شماره 1. صص 66-55.

– سلیمانی مهرنجانی، محمد، تولایی، سیمین، رفیعیان، مجتبی، زنگانه، احمد و فروغ، خزاعی نژاد (195). زیست‌پذیری شهری: مفهوم، اصول، ابعاد و شاخص‌ها. پژوهش‌های جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دوره 4، شماره 1. صص 50-27.

– شاکرمی، کیان، (1401). تحلیل فضایی تأثیر فرم شهر بر مصرف انرژی شهر کرج، رساله دکترا دانشگاه فردوسی مشهد، 1401.

– شاکرمی، کیان، رهنما، محمدرحیم و اجزاء شکوهی، محمد (1401). تحلیل فضایی تأثیر فرم شهر بر مصرف سوخت شهر کرج. مجله پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری. دوره 10 شماره 1.

<http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2022.328696.1569>

– شاه محمدی، محمد، یارمحمد، بای و کیانی پروانه. (1401). شناسایی و اولویت بندی عوامل موثر بر آلودگی هوای شهر تهران با رویکرد مدل سازی ساختاری تفسیری. مجله محیط زیست و توسعه فرابخشی 7(77)، پاییز 1401. صص 88-98.

– صادقی، علی، شاکرمی، کیان و حیدری نثار، مینا (1402). قابلیت زیست پذیری شهرها در راستای پایداری اجتماعی شهری (مورد مطالعه: کلان شهر مشهد. مجله پژوهشهای جغرافیایی انسانی، انتشارات

آنلاین. [10.22059/JHGR.2022.333390.1008406](https://doi.org/10.22059/JHGR.2022.333390.1008406)

– فنی، محمد، اجزاء شکوهی، محمد، رهنما، محمدرحیم و خوارزمی، امید علی. (1402). تجلی بر زیست پذیری شهری براساس شاخص زیست محیطی (مطالعه موردی: کلان شهر مشهد). جغرافیا و توسعه ناحیه ای، سال بیست و یکم، شماره 1، شماره

پیاپی <https://doi.org/10.22067/jgrd.2021.47188.0.42>

– لطفی، صدیقه، پرزادی، طاهره و نجاتی، ارغوان (1397). تحلیل فضایی زیست پذیری محلات شهری (مطالعه موردی منطقه 10 تهران). فصلنامه جغرافیا و برنامه ریزی منطقه ای، سال هشتم، شماره 4.

– ملکی، سعید و سعیدی، جعفر (1395). بررسی ابعاد زیست محیطی و جایگاه محیط زیست شهری در برنامه های توسعه ایران. نشریه مطالعات مدیریت شهری، دوره 8، شماره 27. صص 89-69.

– منصوری، محمدرضا (1398). زیست پذیری شهری الزامات و راهکارها، جغرافیا و روابط انسانی، دوره 2، شماره 3، پیاپی 7.

- 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. and 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, 2012.(in Persian).
- Anenberg, S.; Miller, J.; Henze, D.; Minjares, R. A 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, 2019.
 - Asadi, Y, Jalukhani Niarki, M and 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*, Volume 52, Number 1, pp. 367-383.(in Persian).
 - Assessment and determinants of satisfaction with urban livability in China.
 - Badam Firouz, Ja, Rahmati, A, Daneshpajoh, N, Musa Zadeh, R and 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

- *Cities*, 79, 92–101.
- 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, pp 42–51.
- Ghanbari, M, Aghte Shekahi, M Rahnama, M and Kharazmi, Omid A. (2023). An analysis of urban livability based on environmental index (case study: Mashhad metropolis). *Regional Geography and Development*, 21st year, number 1, serial number 42. <https://doi.org/10.22067/jgrd.2021.47188.0>. (in Persian).
- Hassen, W., Hnaien, 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 and Akhwan Heydari, K. (2018). Spatial analysis of physical livability of Ahvaz metropolis. *Physical Development Planning Quarterly*. Volume 6, Number 1, Number 13, pp. 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)*. The ninth year, number 1. pp. 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, Michael.(2005)Great Neiborhoods: The Livability and morphology of High density neighborhoods in Urban North America, Doctor of Philosophy in City and Regional Planning, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY, Professor Michael SouthworthLau leby jasmine & Hashm, Ahmad Hariza (2010), Liveability dimensions and attributes: their relative importan the eyes of neighbourhood resid dents, journal of construction in developing countries.
 - 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 and Nejati, A. (2017). Spatial analysis of livability of urban neighborhoods (case study of 10th district of Tehran). *Quarterly Journal of Geography and Regional Planning*, Year 8, Number 4.
 - Mahanta, Anwasha, and Parijat Borgohain. "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](https://doi.org/10.24294/jipd.v6i1.1395)
 - Maleki, S and Saeedi, J. (2015). Investigating environmental dimensions and the place of urban environment in Iran's

- development plans. *Journal of Urban Management Studies*, Volume 8, Number 27. pp. 69-89. (in Persian).
- Mansouri, M (2018). Urban viability, requirements and solutions, geography and human relations, volume 2, number 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 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 and 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*, 19th year, number 2, spring and summer 2022, 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 and 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
- Saqbi, M, Mafi, E and 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, number 67.2023. (in Persian).
- Shah Mohammadi, M, Yar Mohammad, B and 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), Fall 1401. pp. 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, 2022. (in Persian).

- Shakrami, K, Rahnama, M and, 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. Number 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 and Forough, K (195). Urban viability: concept, principles, dimensions and indicators. *Geography and Urban Planning Research*, Volume 4, Number 1. pp. 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 Air Quality 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.
- 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. and Cai, W., 2018. Cobenefits of CO2 mitigation for NOX emission reduction: A research based on the DICE model. *Sustainability*, 1, 1109 .0.
 - Zebardast, E and 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*, Volume 20, Number 1, pp. 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.