



## Original Article

## Analysis and Evaluation of Urban Morphological Indicators of Old Neighborhoods from the Perspective of Sustainable Development (Study Example: Kababian and Kolpa Neighborhoods of Hamedan)

Mitra Parsaeian<sup>1</sup>, Shadi Pakzad<sup>1\*</sup>, Maryam Khastou<sup>1</sup>

1. Department of Urban Planning, Islamic Azad University, Qazvin Branch, Qazvin, Iran

### Abstract

**Introduction:** Today, the morphology of some Iranian cities has evolved rapidly in response to urbanization growth, and the concept of sustainable urban morphology has been neglected. On the other hand, the growth of cities in the current century and the issue of creating new cities in the past half century have been proposed and implemented as a solution to urban population overflow in order to decentralize population and employment in the world, including in Iran. In fact, urban morphology is one of the most important approaches to understanding the physical structure of cities, its foundation lies in examining the physical changes of the city's architecture over time, which leads to the gradual formation and creation of layers of urban structure development. The present study analyzed and evaluated the urban morphological indicators of the old neighborhoods of Hamedan from the perspective of sustainable development (Kelpa and Kababian neighborhoods).

**Materials and Methods:** This research is an applied study and is descriptive-analytical in terms of method. Urban morphological indicators in line with sustainable development were extracted from the literature review. Since the model used is the random forest algorithm, a series of training and testing points were developed. In this research, different spatial layers and images from relevant organizations and websites were first obtained and entered into ArcMap software. In order to analyze the data, 15 different indicators and layers were used, including access to communication routes, access to transportation, access to educational centers, access to commercial centers, access to health centers, building age, building materials used, vegetation index, land surface temperature, fractal index, Urban texture condition, width of passages, population density, building density, and sky visibility coefficient, which are stable morphological indicators, were analyzed using the random forest algorithm.

**Results and Discussion:** Based on the findings from the Kalpa and Kebabian neighborhoods, it was determined that the amount of vegetation cover in both neighborhoods is below the standard per capita level and this issue should be addressed. Also, the building density and population density in both neighborhoods are high. Access to transportation facilities is relatively limited and most of the transportation is concentrated in the northern part of Hamedan city. The quality of building materials and the age of buildings in these two neighborhoods are unfavorable and indicate an unstable condition. In general, it can be said that the new and planned structures, which were generally built after the Islamic Revolution and where the prices of land and housing are high, are in a stable or semi-stable state. The characteristics of this texture include regular and coarse-grained separation, hierarchical network of passages, attention to green space per capita with new buildings and quality materials. Also, the old and unplanned texture, which is characterized by small houses, irregular separation, lack of attention to access hierarchy and no green space, is in an unstable state. In addition, land and housing prices in these neighborhoods are lower than in other areas.

**Conclusion:** The results of this study showed that despite the old urban fabric of both neighborhoods, the Kalpa neighborhood exhibited a relatively newer urban structure than the Kebabian neighborhood in most of the research indicators, which indicates that it has undergone changes in recent years. This can be attributed to economic, geographical, and social factors. Therefore, it can be said that since before the Iranian Revolution, the rapid change in the economic and social structures of the city has affected the urban form, and today it is developing at a faster pace. This has led to the asymmetry of urban neighborhoods.

**Keywords:** morphology, old neighborhoods, sustainable development, Hamadan city

**Citation:** Parsaeian, M., Pakzad, Sh., & Khastou, M. (2025). Analysis and Evaluation of Urban Morphological Indicators of Old Neighborhoods from the Perspective of Sustainable Development (Study Example: Kababian and Kolpa Neighborhoods of Hamedan). *Sustainable Development of Geographical Environment*, Vol. 8, No. 17, (1-16). <https://doi.org/10.48308/sdge.2024.236143.1198>

Received: 30/06/2024

Revised: 18/10/2024

Accepted: 21/10/2024

\* Corresponding Author's: [shadi.pakzad@qiau.ac.ir](mailto:shadi.pakzad@qiau.ac.ir)

## تحلیل و ارزیابی شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری محلات قدیمی از منظر توسعه پایدار

(نمونه مطالعاتی: محلات کبابیان و کلیا شهر همدان)

میترا پارسائیان<sup>۱</sup>، شادی پاکزاد<sup>۱\*</sup>، مریم خستو<sup>۱</sup>

۱. گروه شهرسازی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قزوین، قزوین، ایران

### چکیده

**مقدمه:** امروزه ریخت‌شناسی برخی شهرهای ایران برحسب رشد شتابان شهرنشینی، به سرعت شکل گرفته و موضوع ریخت‌شناسی پایدار شهری نادیده گرفته شده است. از طرفی رشد شهرها در قرن حاضر و موضوع ایجاد شهرهای جدید در نیم‌قرن گذشته به‌عنوان یک ضرورت در جهت سرریز جمعیت شهری به‌منظور تمرکززدایی جمعیت و اشتغال در جهان و از جمله در کشور ایران مطرح و اجرا شده است. در واقع ریخت‌شناسی شهری یکی از مهم‌ترین رویکردهای کالبدی به شهرها بوده است که اساس مطالعات آن، بررسی تغییرات کالبدی مصنوع شهر در بعد زمان که منجر به شکل‌گیری تدریجی و ایجاد لایه‌های توسعه ساختار شهر شده می‌باشد. پژوهش حاضر به تحلیل و ارزیابی شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری محلات قدیمی شهر همدان از منظر توسعه پایدار (محلات کلیا و کبابیان) پرداخته است.

**مواد و روش‌ها:** این پژوهش از نوع پژوهش‌های کاربردی بوده و به لحاظ روش، توصیفی-تحلیلی می‌باشد. شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری هم‌راستا با توسعه پایدار به‌صورت کتابخانه‌ای از پیشینه پژوهش استخراج گردید. از آنجایی که مدل به کار گرفته شده، الگوریتم جنگل‌های تصادفی می‌باشد یکسری نقاط تست و آموزشی نیز در این راستا تدوین گردید. در این تحقیق ابتدا لایه و تصاویر مختلف از سازمان و سایت‌ها اخذ و وارد نرم‌افزار ArcMap شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از ۱۵ شاخص و لایه مختلف شامل دسترسی به راه‌های ارتباطی، دسترسی به حمل‌ونقل، دسترسی به مراکز آموزشی، دسترسی به مراکز تجاری، دسترسی به مراکز بهداشتی، عمر بنا، مصالح ساختمانی استفاده شده، شاخص پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، شاخص فرکتال، وضعیت بافت، عرض معابر، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی و ضریب دید به آسمان که از شاخص‌های ریخت‌شناسی پایدار هستند با استفاده از الگوریتم جنگل‌های تصادفی انجام گرفت.

**نتایج و بحث:** بر اساس یافته‌های دو محله کلیا و کبابیان، مشخص گردید میزان پوشش گیاهی در هر دو محله کمتر از سرانه استاندارد می‌باشد و باید به این موضوع توجه شود. همچنین تراکم ساختمانی و تراکم جمعیت در هر دو محله بالاست. دسترسی به مراکز حمل‌ونقلی تا حدی کم است و بیشتر تمرکز حمل‌ونقل در قسمت شمال شهر همدان می‌باشد. وضعیت مصالح استفاده‌شده و عمر بنا در این دو محله بسیار نامناسب و در وضعیت ناپایداری قرار دارد. به‌طور کلی می‌توان گفت، بافت جدید و برنامه‌ریزی شده که عموماً بعد از انقلاب اسلامی ساخته شده‌اند و قیمت زمین و مسکن در آن‌ها بالا می‌باشد، در وضعیت پایدار و نیمه‌پایدار می‌باشد. از ویژگی این بافت، می‌توان به تفکیک منظم و درشت‌دانه، شبکه معابر سلسله‌مراتب دار، توجه به سرانه فضای سبز با ساختمان‌های نوساز و با مصالح باکیفیت اشاره کرد. همچنین، بافت قدیم و غیر برنامه‌ریزی شده که ریزخانگی، تفکیک نامنظم، عدم توجه به سلسله‌مراتب دسترسی و بدون فضای سبز ویژگی کالبدی آن‌ها می‌باشد در وضعیت ناپایدار قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، قیمت زمین و مسکن در این محلات پایین‌تر از مناطق دیگر می‌باشد.

**نتیجه‌گیری:** نتایج این پژوهش نشان داد باوجود بافت قدیمی هر دو محله، محله کلیا در اکثر شاخص‌های پژوهش نسبت به محله کبابیان بافت نسبتاً جدیدتری داشته است که نشان می‌دهد در سال‌های اخیر دستخوش تغییر بوده است. دلایل چنین امری را می‌توان به عناصر اقتصادی، جغرافیایی و اجتماعی نسبت داد؛ بنابراین می‌توان عنوان داشت از زمان قبل از انقلاب ایران روند تغییر سریع تغییر ساختارهای اقتصادی، اجتماعی شهر بر ریخت شهری متأثر شده است و امروزه با آهنگی سریع‌تر رو به توسعه است. همین امر به نامتقارن شدن محلات شهری انجامید.

**واژه‌های کلیدی:** ریخت‌شناسی، محلات قدیمی، توسعه پایدار، شهر همدان

## مقدمه

امروزه رشد شهرنشینی چنان در حال پیشرفت است که انتظار می‌رود در سال ۲۰۵۰ از ۶۸ درصد فراتر رود این در حالی است که در سال ۲۰۲۱ نرخ شهرنشینی ۵۶ درصد بوده است (UNHSP, 2022). این رشد شتابان و در نتیجه‌ی آن گسترش فعالیت‌های صنعتی و افزایش ضایعات زیست‌محیطی سبب برگزاری کنفرانس بین‌المللی محیط‌زیست شد (Hamidi et al, 2023). در کنفرانس جهانی محیط‌زیست و توسعه سازمان ملل (۱۹۸۷)، توسعه پایدار به‌عنوان فرآیندی که بدون تخریب توانایی‌های نسل‌های آینده برای برآورده کردن نیازهایشان، نیازهای فعلی را برآورده سازد، تعریف شد. اغلب رویکردها در مورد پایداری شهری از شهر سبز تا شهر هوشمند دارای یک ایده اصلی و نهایی در دستیابی به حداکثر توسعه پایداری هستند (Lee and Tang, 2016). از این‌رو در دهه‌های اخیر یکی از ارکان اساسی توسعه پایدار، دستیابی به توسعه پایدار شهری است؛ اما از آنجایی که شهرها دارای سیستم پیچیده‌ای هستند، لذا شرایط آن‌ها همیشه ساده و قابل تغییر نیست؛ بنابراین لازم است که از دیدگاه پایداری به‌دقت مورد ارزیابی قرار گیرند و عوامل مؤثر بر پایداری بررسی و شناسایی شود. بر این اساس، ریخت‌شناسی شهر به‌عنوان الگوی توزیع فضایی فعالیت‌های انسان در شهر تعریف می‌گردد که تأثیر بسزایی در پایداری محیط ساخته شده دارد (Hamidi et al, 2023). ریخت‌شناسی شهری مطالعه سیستماتیک شکل و پیکربندی سکونتگاه‌های انسانی با نگاهی به کشف اصول و قواعد توسعه و طراحی قرن‌هاست که برای درک، ارزیابی و مداخله در فرآیندهای شهری مورد استفاده قرار می‌گیرد (Durst et al, 2024). به‌گونه‌ای که شکل ظاهری شهرها از قبیل خیابان، میدان، ساختمان و سایر فضاهای عمومی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Zhou and Gao, 2018). در واقع ریخت‌شناسی شهری یکی از مهم‌ترین رویکردهای کالبدی به شهرها بوده است که اساس مطالعات آن، بررسی تغییرات کالبدی مصنوع شهر در بعد زمان که منجر به شکل‌گیری تدریجی و ایجاد لایه‌های توسعه ساختار شهر شده می‌باشد. به تعبیری، ریخت‌شناسان شهری بر نتایج محسوس نیروهای اجتماعی و اقتصادی شهرها تمرکز دارند و برآمدهای حاصل از ایده‌ها و نیاتی را که منجر به شکل‌گیری فرم‌ها بر سطح زمین و تکوین شهرها شده‌اند را مطالعه می‌کنند (Williamson, 2013). همچنین رویکردهای ریخت‌شناسانه، به مطالعه فرآیندهای تاریخی توسعه و پیامدهای فضایی آن بر شکل شهر می‌پردازد و تحولات یک شهر را از سال‌های ابتدایی (شکل‌گیری) آن تا تحولات بعدی با شناسایی و تشریح اجزای گوناگون آن تحلیل می‌کند و به‌طور ضمنی پیوندی میان عناصر فضایی و مادی شهر و نیروهای اجتماعی و اقتصادی شکل‌دهنده آن نیز برقرار می‌کند. به بیانی دیگر کالبد شهر، اثر و ردپای تمایلات و فعالیت‌های انسانی است (Fazel and Farokhi, 2023). کاربردهای تفکر مورفولوژیکی شهری و رویکردهای در نظر گرفتن پایداری شهری یک توسعه نسبتاً جدید است و شاید از مورفولوژی اصلی شهری جدا شده است (Kang et al, 2019; Yuan et al, 2018). شهر همدان به‌عنوان یکی از شهرهای قدیمی ایران دارای هویت تاریخی خاص خود است که از توسعه صنعتی و مدرن، مصون مانده است. برخی از مناطق شهر همدان به مانند بسیاری از شهرهای تاریخی ایران، توسعه بی‌توجه به زمینه را تجربه کرده است و روندهای مدرنیزاسیون شهری توأم با نگاه سرمایه‌ای به زمین، برنامه‌ریزی کالبدی مبتنی بر مفهوم ارزش‌افزوده، ترویج سبک زندگی جدید با ارزش‌های خاص خود، بی‌توجهی به ساختار طبیعی و بافت تاریخی به‌مثابه یک الگوی پایدار، اجرای قوانین و ضوابط معماری و شهرسازی استاندارد شده و طراحی شهری خودرو محور را تجربه کرده است. در سوی دیگر مناطقی را می‌توان مصداقی از محله‌های سنتی دانست که علی‌رغم تغییرات گسترده صورت گرفته در آن، همچنان می‌توان نشانه‌هایی از ویژگی‌های کالبدی سنتی این محله را که از هجوم تغییرات زمانه در امان مانده یافت که در دستیابی به محله‌ای پایدار مؤثر بوده است. در واقع شهر همدان از جمله شهرهای ایران است که تا به امروز بخشی از ساختار ریخت‌شناسی خود را تا حدی حفظ نموده است. توجه به جنبه‌های ریخت‌شناسانه یکی از موضوعات قابل بحث خصوصاً در بافت‌های شهری تاریخی می‌باشد که برای اهداف و نتایج پایدار توسعه کاربرد دارد. باید در نظر داشت که هنوز مطالعه‌ای منسجم در زمینه ارتباط مابین ریخت‌شناسی شهری و توسعه پایدار وجود نداشته است. این در حالی است که به تناسب رشد شهرها و توسعه مبتنی بر رشد شهر به لحاظ ریخت‌شناسی نیز ساختارهای تعادلی و پویایی خود

را از دست داده است؛ بنابراین برقراری ارتباط مابین چگونه توسعه (مبتنی بر پایداری یا غیر مرتبط) و ریخت شهری می‌تواند بازگوکننده آینده یک شهر و میزان استانداردهای زیست آن شهر محسوب شود؛ بنابراین هدف اصلی این پژوهش تحلیل و ارزیابی شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری محلات قدیمی از منظر توسعه پایدار در سطح محلات کبابیان و کلپا شهر همدان است. لذا این پژوهش به دنبال دستیابی به این سؤال نیز می‌باشد:

- در بررسی ریخت‌شناسی پایداری شهر در محلات قدیمی کبابیان و کلپا شهر همدان، تأثیرگذارترین شاخص کدام است؟
  - کدامیک از محلات پژوهش از نظر ریخت‌شناسی شهری، پایداری بیشتری نسبت به محله دیگری دارد؟
- در ادامه این بخش به تعدادی از پژوهش‌های صورت گرفته در زمینه موضوع تحقیق هم در داخل و هم خارج از کشور پرداخته می‌شود. در پژوهشی تحت عنوان «جامعه مورفولوژی‌های شهری ترکیبی خودسازگار محیط مشترک و مداخله نرم آن برای حکومت شهری پایدار» مشخص شد که هیچ‌یک از مؤلفه‌های الگوی مورفولوژی بررسی شده در این تحقیق عملکرد محیطی رضایت بخشی را نشان ندادند و هر الگوی مورفولوژیکی مزایا و معایب مختلفی را از خود نشان داد (Pan, 2023). در تحقیقی که با عنوان «تحول مورفولوژی شهری، آسیب‌پذیری و تاب‌آوری، مطالعه موردی: منطقه خیابان حیفا» انجام گرفت نتایج نشان داد که این دگرگونی بر پیوندهایی که ساختار شهری چیدمان سنتی را به هم متصل می‌کند، تأثیر می‌گذارد که به نوبه خود بر انعطاف‌پذیری سیستم که توسط کوچه‌ها، خیابان‌ها و میدان‌ها است تأثیر می‌گذارد (Basee and Abdulla, 2022). در مقاله‌ای که تحت عنوان «ریخت‌شناسی و پایداری در پروژه فضاهای عمومی» انجام شد پژوهشگران به این نتیجه دست یافتند که محدوده مورد نظر نه تنها از منظر انرژی کارآمد است، بلکه در برابر تغییر شرایط کاربری زندگی شهری باز و انعطاف‌پذیر است (Maretto et al, 2020). در پژوهشی تحت عنوان «تبیین مؤلفه‌های کالبدی ریخت‌شناسانه در فضای شهری، نمونه موردی: محله قیصریه شهر تهران» نتایج بیانگر آن بود که شبکه راه بیشترین تأثیر را در عملکرد پنج تابع داشته است و همین‌طور در محله قیصریه وجود بلوک درشت‌دانه (مجتمع سبحان) به دلیل نبود دسترسی میان بافتی ایجاد اختلال در کل بافت کرده است. نتایج آزمون نشان داد که ایجاد تغییر بهینه در ریخت، باعث بهبود عملکرد توابع در کل بافت و کاهش ترافیک گشته است، هرچند که بیشترین تأثیرپذیری مرتبط با توابع دسترسی، بینابینی و مستقیم بودن است (Aghvami et al, 2022). در مقاله‌ای که با عنوان «تأملی بر روش‌های کمی و کیفی مطالعات فرم ریخت‌شناسانه شهری، مطالعه موردی: بافت تاریخی خرم‌آباد» انجام شد نتایج نشان داد که می‌توان به کمک تلفیقی از طراحی تکمیلی و توسعه درون‌زا و طراحی انطباقی با حفظ عناصر ریختی و ویژگی‌های اصلی بافت، بر مبنای احترام به گذشته ارزشمند فضایی، به تقویت و تثبیت شخصیت فرم محله‌های شهری در بافت‌های تاریخی دست یافت (Alipour kofi et al, 2021). در تحقیقی به «تغییرات ریخت‌شناسی شهر زنجان با استفاده از روش تحلیل نقشه» پرداخته شد. بر اساس نتایج حاصل از تحلیل هم‌پیوندی، این نتیجه حاصل شد که تغییرات ارزش هم‌پیوندی در رابطه با دگرگونی‌های کالبدی-فضایی در ساختار شهر می‌باشد (Aliabadi and Mohammadi, 2019). با توجه به پیشینه پژوهش که به آن اشاره شد می‌توان گفت ریخت‌شناسی شهری امری مهم در شناخت و طراحی و برنامه‌ریزی شهری است و بی‌توجهی به آن می‌تواند سبب آسیب‌های متعددی از جمله آسیب‌های اجتماعی شود. لذا در این پژوهش به تحلیل و ارزیابی شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری محلات قدیمی از منظر توسعه پایدار در سطح محلات کبابیان و کلپا شهر همدان پرداخته شد. از این‌رو ضرورت تحقیق در بحث عنوان پژوهش و محدوده مورد مطالعه می‌باشد که تاکنون انجام نشده است که نوآوری تحقیق را شامل می‌شود.

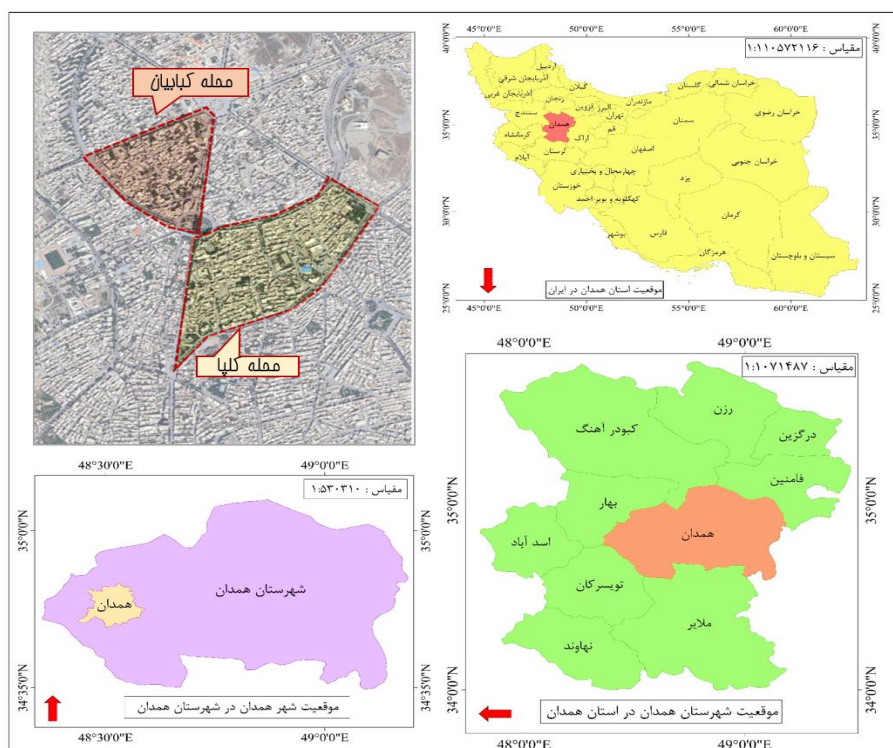
## مواد و روش‌ها

### محدوده مورد مطالعه

شهر همدان یکی از شهرهای غربی و کوهستانی ایران و مرکز شهرستان و استان همدان است. شهر همدان در دامنه شمالی کوه الوند قرار و در بلندای ۱۸۰۰ متری از سطح دریا واقع شده است و از شهرهای سردسیر ایران به شمار می‌آید. شیب کلی آن از جنوب به شمال با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۴ درجه و ۴۸ دقیقه

شمالی می‌باشد. جمعیت شهر همدان طبق سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران برابر با ۵۵۴۴۰۶ نفر بوده است (Hosseini, 2016).

محدوده مورد مطالعه در این تحقیق، دو محله کبابیان و کلپا در شهر همدان است؛ محله کبابیان، در مرکزیت شهر همدان استقرار داشته و به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین محلات بافت تاریخی همدان در محدوده خیابان‌های بوعلی و شریعتی و بلوار خواجه رشید در قطاع جنوب غربی واقع در رینگ اول کمربندی و در مجاورت بازار و میدان مرکزی شهر قرار دارد. ارزش هویتی محله کبابیان به‌عنوان یک مکان شناخته شده در ذهن شهروندان، با دارا بودن بافت تاریخی و وجود ابنیه ارزشمند قدیمی، مرکز محله با کاربری‌های واجد ارزش اجتماعی پیرامون آن، از گذشته تاکنون بر اهمیت آن افزوده است. مطابق با آخرین سرشماری این محله حدود ۳۷۰۰ نفر جمعیت در خود جای داده است. محله کلپا در قسمت مرکزی شهر همدان؛ در ضلع جنوب شرقی میدان آرامگاه بوعلی در حفاصل خیابان‌های بوعلی، بلوار مدنی، خیابان طالقانی و بلوار پانزدهم فروردین واقع شده است. بافت قدیمی کلپا در گذر زمان تغییر و تحولات بسیاری را به خود دیده است. تلفیق بافت مسکونی نو در کنار بافت قدیمی محله، دارا بودن مرکز محله، مسجد، بناهای ارزشمند و همچنین جداره‌های تجاری؛ از جمله خصوصیات ویژه‌ای است که محله کلپا را از سایر محلات شهر همدان متمایز می‌سازد. در دهه‌های اخیر، با مرکز قرار گرفتن میدان آرامگاه بوعلی در نتیجه رشد کالبدی شهر به سمت جنوبی، تحولات زیادی بر چهره و منظر این محله قدیمی وارد شده و بافت و جلوه سنتی آن را دستخوش تغییراتی نموده است. مطابق با آخرین سرشماری این محله حدود ۳۵۰۰ نفر جمعیت در خود جای داده است. در (شکل شماره ۱)، موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه نمایش داده شده است.



شکل ۱. نقشه محدوده مورد مطالعه (منبع: ترسیم نگارندگان، ۱۴۰۴)

## روش پژوهش

پژوهش حاضر از نوع پژوهش‌های کاربردی بوده و به لحاظ روش توصیفی-تحلیلی می‌باشد. شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری هم‌راستا با توسعه پایدار به‌صورت کتابخانه‌ای از پیشینه پژوهش استخراج گردید. از آنجایی که مدل به کار گرفته شده، الگوریتم جنگل‌های تصادفی می‌باشد یکسری نقاط تست و آموزشی نیز در این راستا تدوین گردید. در این تحقیق

ابتدا لایه و تصاویر مختلف از سازمان و سایت‌ها اخذ و وارد نرم‌افزار ArcMap شد. در این نرم‌افزار ابتدا شاخص پوشش گیاهی برای به دست آوردن میزان پوشش گیاهی منطقه و دمای سطح زمین محاسبه شد. این دو شاخص از تصاویر ماهواره لندست ۹ استخراج شده است. شاخص پوشش گیاهی از باند ۵ و ۴ و شاخص دمای سطح زمین از باند ۱۰ و ۱۱ به دست آمده است. همچنین سایر شاخص‌ها از جمله تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی و غیره در این نرم‌افزار محاسبه شد. برای محاسبه میزان دسترسی به کاربری‌های مختلف از ابزار فاصله در نرم‌افزار ArcMap استفاده شد. این تعیین فاصله (۵۰۰ متر کاملاً مناسب، ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر مناسب، ۱۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر متوسط، ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر نامناسب و ۲۵۰۰ متر و بیشتر کاملاً نامناسب) بر اساس استاندارد و نظرات کارشناسان و مقالات مختلف انجام گرفته است. بعد از ارزیابی تمام شاخص‌ها در نرم‌افزار مربوط تمام شاخص‌ها به صورت وکتوری وارد نرم‌افزار R شده و با استفاده از نقاط آموزشی پهنه‌بندی صورت گرفت.

به دلیل موانعی نظیر هزینه، زمان و کمبود منابع انسانی امکان استفاده از تمامی شاخص‌ها وجود ندارد، بررسی یک سری شاخص‌ها به جای کل، گاه ممکن است روایی بالاتری داشته باشد زیرا خستگی کمتر بوده و خطای اطلاعات جمع‌آوری شده کمتر است. در جدول شماره (۱) شاخص‌های این تحقیق بیان شده است.

جدول ۱. شاخص‌های ارزیابی پایداری محلات کبابیان و کلیا شهر همدان (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

ردیف	شاخص‌های مورد استفاده	منبع
۱	دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۲	دسترسی به راه‌های ارتباطی	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۳	دسترسی به مراکز تجاری	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۴	دسترسی به مراکز آموزشی	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۵	دسترسی به مراکز بهداشتی و درمانی	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۶	دمای سطح زمین (LST)	تصویر ماهواره لندست ۹
۷	شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)	تصویر ماهواره لندست ۹
۸	تراکم ساختمانی	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۹	تراکم جمعیت	سرشماری سال ۱۴۰۰
۱۰	عرض معابر	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۱۱	وضعیت مصالح استفاده‌شده	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۱۲	عمر بنا	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۱۳	وضعیت بافت	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۱۴	شاخص فرکتال	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵
۱۵	ضرب دید به آسمان	طرح تفصیلی شهر همدان سال ۱۳۹۵

### مدل جنگل تصادفی

این روش ترکیبی از چند درخت تصمیم است که در ساخت آن چندین نمونه بوت استرپ از داده‌ها شرکت دارند در ساخت هر درخت به طور تصادفی تعدادی از متغیرهای ورودی شرکت می‌کنند. با استفاده از روش بوت استرپ تعداد زیادی نمونه  $n$  تایی از مجموعه داده‌های مشاهداتی اولیه، نمونه‌برداری می‌شوند. هدف از اجرای بوت استرپ پیدا کردن خطای واریانس برآوردگر با استفاده از تکرار مراحل نمونه‌گیری و برآوردیابی است. در هر بار تکرار بر اساس یک و عمل بازنمونه‌گیری از داده‌ها، برآوردگر موردنظر محاسبه می‌شود. در طی فرآیند ساخت درخت در هر شاخه، از بین تمام  $M$  متغیر مستقل به صورت تصادفی  $m$  متغیر برای تقسیم شدن انتخاب می‌شوند.

برای حالت رگرسیونی نسبت  $\frac{m}{M}$  برابر با یک‌سوم است و برای کلاس‌بندی برابر با  $m = \sqrt{M}$  پیشنهاد شده است. پس از ساخت تمام درخت داده‌های تست به تعداد درخت‌ها برای بردار ورودی به درخت معرفی شده و یک خروجی به دست می‌آید. با میانگین‌گیری این خروجی‌ها، خروجی نهایی مدل و با در نظر گرفتن توزیع تجربی خروجی‌ها مقادیر صدک‌ها و دامنه عدم قطعیت محاسبه می‌شود (Pahlavan et al, 2015).

در بررسی شاخص‌ها موارد زیر مدنظر است:

### شاخص (Information Gain Ratio)

در این شاخص مقادیر IGR بالاتر نشان‌دهنده توانایی پیش‌بینی بالاتر آن عامل مؤثر برای مدل‌سازی است. جهت مدل‌سازی پهنه‌بندی از عوامل مختلف از شاخص IGR استفاده شد. اگر S داده‌های آموزشی و n نمونه ورودی و n(L,S) تعداد نمونه در داده‌های آموزشی S متعلق به کلاس L<sub>i</sub> در این صورت رابطه (۱) در زیر را داریم:

$$Info(S) = - \sum_{i=1}^2 \frac{n(L_i, S)}{|S|} \log_2 \frac{n(L_i, S)}{|S|} \quad \text{رابطه (۱)}$$

با توجه به عوامل مؤثر مقدار اطلاعات مورد نیاز برای تقسیم S به مجموعه‌های S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>n</sub> از رابطه (۲) برآورد شد:

$$Info(S, A) = \sum_{j=1}^m \frac{S_j}{|S|} Info(S) \quad \text{رابطه (۲)}$$

شاخص IGR برای تأثیر عوامل از رابطه (۳) برآورد می‌شود:

$$Information\ Gain\ Ratio(S, A) = \frac{Info(S) - Info(S, A)}{SplitInfo(S, A)} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه (۴) SplitInfo نشان‌دهنده اطلاعات تولید شده توسط تقسیم S داده‌های آموزشی m زیرمجموعه SplitInfo است.

$$SplitInfo(S, A) = - \sum_{j=1}^m \frac{S_j}{|S|} \log_2 \frac{|S_j|}{|S|} \quad \text{رابطه (۴)}$$

### استخراج دمای سطح زمین (LST)

برای به دست آوردن این شاخص ابتدا با استفاده از رابطه ۱، مقادیر DN تصاویر به رادیانس طیفی تبدیل شدند، سپس با استفاده از فرمول محاسبه دمای روشنایی، دمای منطقه برحسب کلوین محاسبه شد.

$$TK = \frac{K2}{\ln\left(\frac{k1}{T\lambda}\right) + 1} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه، Tk دمای سطحی برحسب کلوین، K1 و K2 مقادیر بیشینه و کمینه کالیبراسیون دمای روشنایی باند حرارتی و  $\lambda$  که میزان تابش می‌باشد و با استفاده از رابطه (۱) به دست آمده است و در آخر، برای تبدیل دمای کلوین به سانتی‌گراد از رابطه (۲) استفاده می‌شود.

$$TC = Tk - ۲۷۳.۱۵ \quad \text{رابطه (۲)}$$

### شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)

برای بررسی این شاخص از باندهای قرمز و مادون قرمز استفاده می‌شود. دلیل این امر خاصیت جذب نور قرمز توسط رنگ‌دانه‌های موجود در کروئیل که باعث می‌شود گیاهان انعکاس کمتری در این باند داشته باشند و انعکاس شدید در بخش مادون قرمز طیف الکترومغناطیس است.

در رابطه (۳) شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده در این تحقیق آورده شده است.

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در روابط بالا: NIR: باند مادون قرمز نزدیک، R: باند قرمز.

### انتظام شکل قطعات زمین (فرکتال)

به منظور بررسی این شاخص باید دانست که هرچه قدر شکل قطعه نامنظم باشد از نظر نحوه طراحی، فرم، برخورداری از نور، تهویه مناسب و سایر عوامل با مشکل مواجه می‌گردد که این امر سبب شکل‌گیری خانه‌هایی با کیفیت پایین از لحاظ زیست‌پذیری می‌گردد. شاخص فرکتال از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$FD = \frac{2lmp_i}{hna_i} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن  $P_i$  برابر با محیط و  $a_i$  برابر با مساحت است.

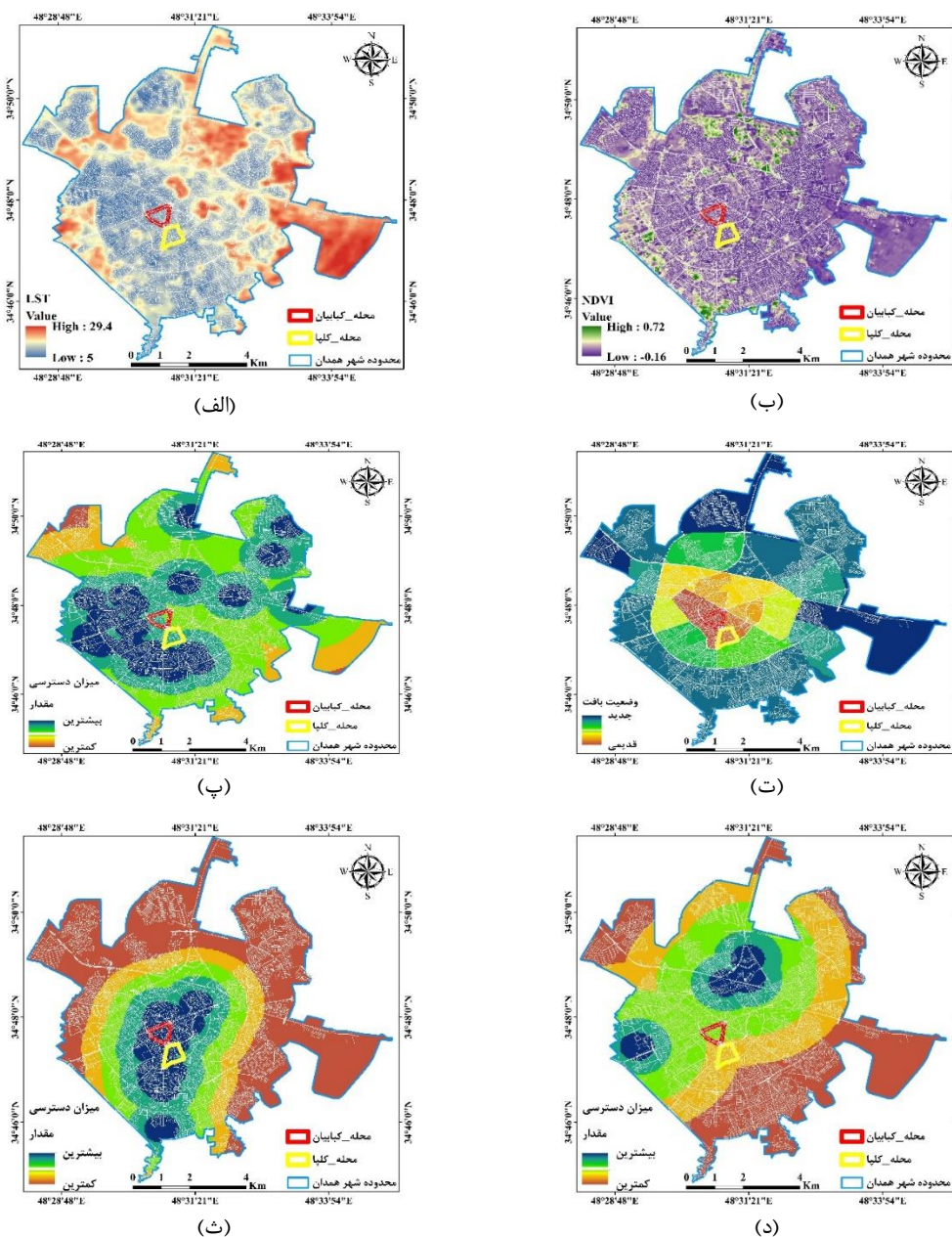
### ضریب دید به آسمان

دید به آسمان به طور مستقیم بر روی میانگین دمای تابشی، دمای کروی، سرعت جابه‌جایی هوا، آسایش حرارتی و جزایر حرارتی شهری اثرگذار است.

### نتایج و بحث

در این بخش به بررسی و ارزیابی دو محله کبابیان و کلیا از نظر سطح پایدار ریخت‌شناسی خواهیم پرداخت. در این پژوهش از ۱۵ شاخص که شامل (میزان دسترسی به مراکز بهداشتی و درمانی، آموزشی، حمل‌ونقل، تجاری، تراکم جمعیت، وضعیت بافت، تراکم ساختمانی، ضریب دید به آسمان، دمای سطح زمین، وضعیت پوشش گیاهی، عرض معابر، عمر بنا، شاخص فرکتال، مصالح ساختمانی، دسترسی به معابر اصلی و فرعی) استفاده شده است. در این پژوهش ابتدا هر کدام از شاخص‌ها به صورت جداگانه در سطح شهر همدان و با تأکید بر دو محله مورد مطالعه انجام شد. در بررسی دمای سطح زمین در شهر همدان حداکثر دما ۲۹/۴ درجه سانتی‌گراد و حداقل ۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در محله کلیا دمای سطح زمین بین ۸ تا ۱۲ درجه سانتی‌گراد و در محله کبابیان ۹ تا ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. همچنین یکی دیگر از عوامل مهم شاخص پوشش گیاهی سطح می‌باشد. پوشش گیاهی و فضای سبز شهری به طور معنی‌داری در کیفیت زندگی، سلامت شهروندان، کاهش اثرات جزایر حرارتی، خنک‌کنندگی هوا، آسایش حرارتی روزانه و شبانه تأثیر دارد. در نتایج این تحقیق مشخص شد که حداکثر و حداقل شاخص در سطح شهر بین ۰/۱۷- و ۰/۷۲ می‌باشد. در این شاخص هر چه عدد به سمت یک میل پیدا کند یعنی پوشش گیاهی متراکم‌تر در این منطقه وجود دارد. در محله کبابیان پوشش گیاهی متراکم کمتری نسبت به محله کلیا وجود دارد. البته در هر دو محله حداکثر و حداقل شاخص تا حدی نزدیک به هم می‌باشد.

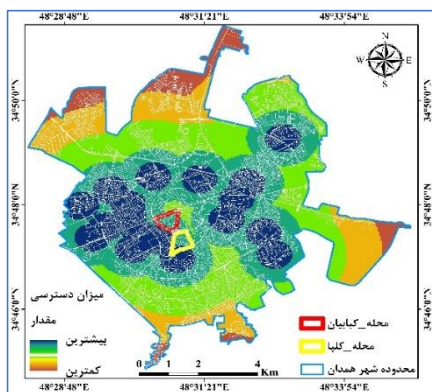
یکی دیگر از عوامل دیگر در سطح شهر برای دستیابی به توسعه پایدار میزان دسترسی به عوامل و مراکز مختلف می‌باشد. دسترسی به خیابان اصلی، دسترسی به حمل‌ونقل عمومی، دسترسی به مراکز تجاری، دسترسی به مدرسه از متغیرهای ریخت‌شناسی شهری مؤثر در تقاضای سفر شناخته می‌شود. تقاضای سفر با آلودگی هوا در ارتباط می‌باشد؛ بنابراین هرچه قدر سفر کمتری تولید شود، آلودگی کمتری نیز تولید می‌گردد. در تصویر (پ) میزان دسترسی به مراکز آموزشی را نشان می‌دهد. در محله کلیا و کبابیان هر دو وضعیت تا حدودی مناسب برای دسترسی به مراکز آموزشی را نشان می‌دهند؛ اما در کل محله کلیا مناسب‌تر از محله کبابیان می‌باشد. در بررسی میزان دسترسی به مراکز تجاری مشخص شد هر دو محله در وضعیت کاملاً مناسبی قرار دارند. همچنین دسترسی به حمل‌ونقل عمومی که شامل ترمینال، ایستگاه تاکسی و اتوبوس می‌شود. در سطح شهر همدان مترو وجود ندارد، اما با احداث مترو می‌توان تا حد زیادی از مشکلات آلودگی و ترافیک کاست. در بررسی این شاخص مشخص شد که هر دو محله در وضعیت خوبی قرار ندارند، اما محله کبابیان تا حدی مناسب‌تر از محله کلیا می‌باشد. یکی دیگر از عواملی که برای بررسی و ارزیابی پایداری دو محله استفاده شد، وضعیت بافت محلات می‌باشد. در بررسی‌ها نشان داده شد هر دو محله قدیمی اما محله کلیا تا حدی جدیدتر از محله کبابیان می‌باشد.



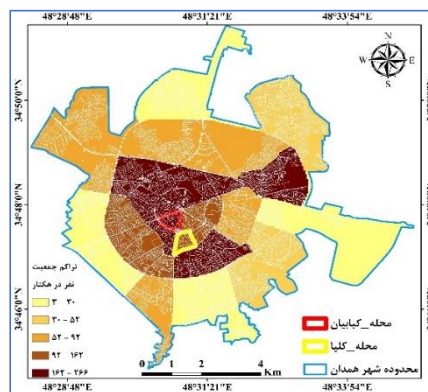
شکل ۲. لایه‌های شهر همدان با تأکید بر دو منطقه کلپا و کبابیان (الف: دمای سطح زمین، ب: شاخص پوشش گیاهی، پ: دسترسی به مراکز آموزشی، ت: وضعیت بافت، ث: دسترسی به مراکز تجاری، د: دسترسی به حمل‌ونقل) (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

در این قسمت به بررسی یکسری از لایه‌های شهر همدان (محلات کلپا و کبابیان) از دید توسعه پایدار پرداخته شده است. در بررسی دسترسی به مراکز بهداشتی در محله کلپا و کبابیان، محله کلپا دارای وضعیت مناسب‌تری نسبت به محله کبابیان قرار دارد و محله کبابیان در وضعیت متوسط در دسترسی به مراکز بهداشتی قرار دارد. همچنین دو عامل بسیار مهم و تأثیرگذار شهر تراکم جمعیت و تراکم ساختمانی می‌باشد. میانگین تراکم جمعیتی در سطح شهر همدان ۹۳ نفر در هکتار می‌باشد. در بررسی این عامل بیشتر سطح شهر در طبقه ۰ تا ۵۲ نفر در هکتار می‌باشد. همچنین بیشترین مقدار جمعیت در طبقه ۹۷ تا ۱۵۶ نفر در هکتار قرار دارد. در محله کلپا تراکم جمعیت بین ۹۲ تا ۱۶۲ نفر در هکتار و در محله کبابیان ۱۶۲ تا ۲۶۶ نفر در هکتار می‌باشد. در بررسی تراکم ساختمانی نیز مشخص شد که کمترین تراکم در اطراف شهر همدان و بیشترین تراکم ساختمانی در مرکز شهر قرار دارد. محله کبابیان دارای تراکم ساختمانی بیشتری نسبت به محله کلپا می‌باشد، اما در کل در هر دو محله تراکم ساختمانی بسیار بالاست.

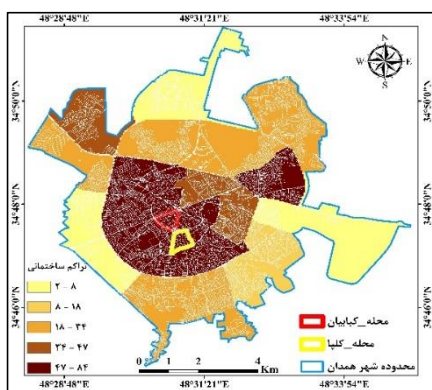
ضریب دید به آسمان نیز یکی دیگر از عوامل تأثیرگذار در بررسی پایداری شهر می‌باشد. در شهر همدان ضریب دید به آسمان بین ۰/۳ تا ۱ می‌باشد. کمترین دید به آسمان در مرکز شهر و قسمت غرب شهر همدان می‌باشد. همان‌طور که در تصویر (ت) نیز مشخص شده است، قسمت شرق شهر همدان دارای فضایی باز بیشتری نسبت به سایر مناطق می‌باشد. در بررسی دو محله کلپا و کبابیان دارای ضریب دید به آسمان بسیار کمی هستند. همچنین در زیر شاخص عمر بنا مشخص شده است. طبق این شاخص بیشتر مناطق قدیمی در مرکز شهر و محلات جدید در جنوب و اطراف شهر قرار دارند. محله کلپا و کبابیان هر دو از محلات قدیمی سطح شهر همدان می‌باشند. ولی در بررسی کلی محله کلپا دارای مناطق تا حدی نوسازتر نسبت به محله کبابیان است.



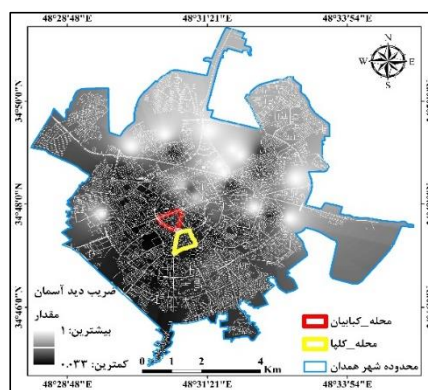
(الف)



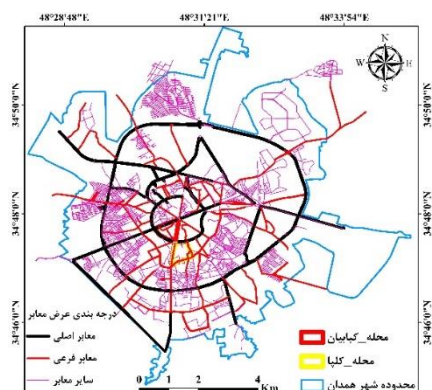
(ب)



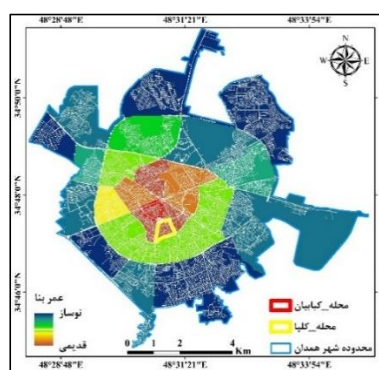
(پ)



(ت)



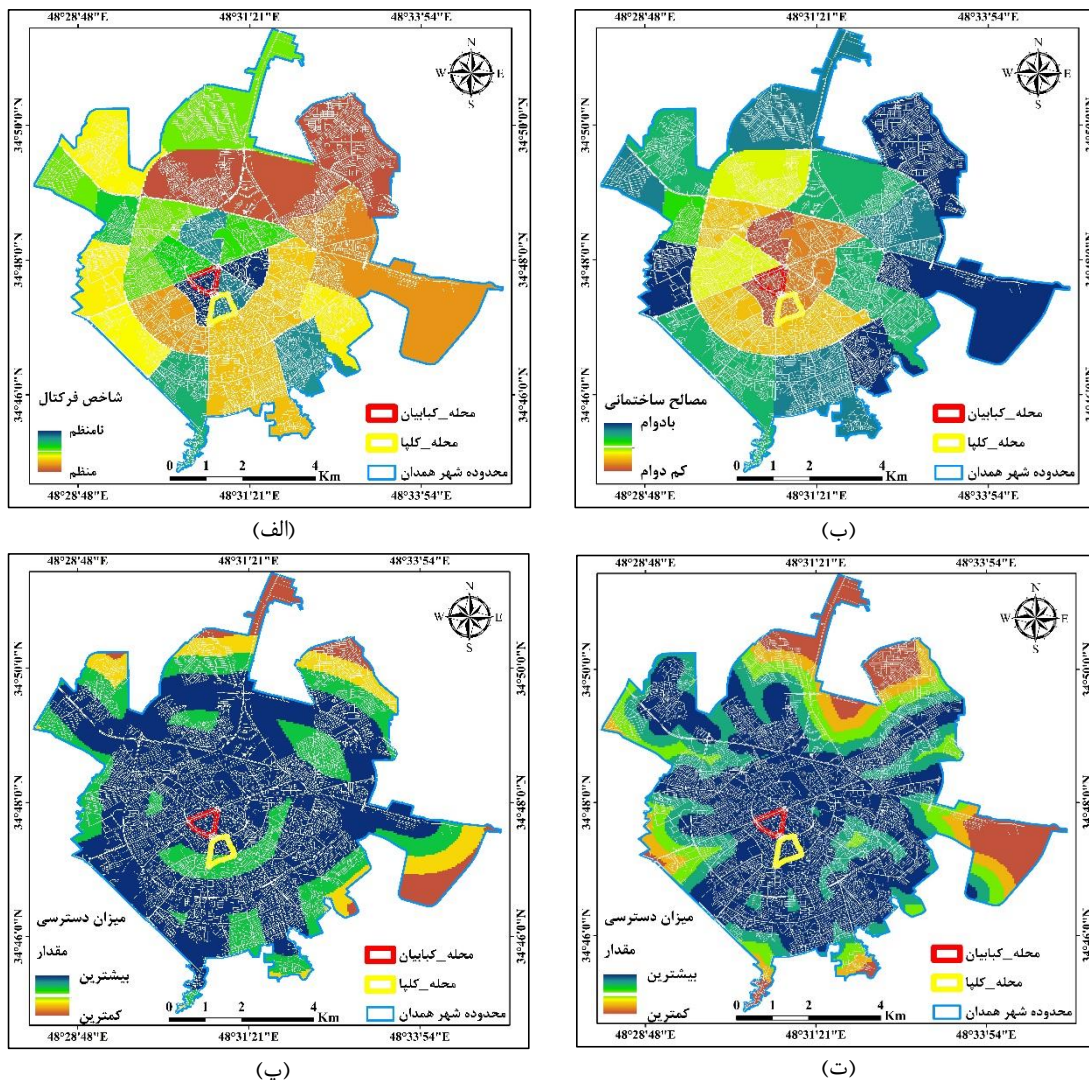
(ث)



(د)

شکل ۳. لایه‌های شهر همدان با تأکید بر دو منطقه کلپا و کبابیان (الف: دسترسی به بهداشتی، ب: تراکم جمعیت، پ: تراکم ساختمانی، ت: ضریب دید به آسمان، ث: عرض معابر، د: عمر بنا) (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

در این بخش نیز به بررسی چند شاخص استفاده شده در این تحقیق خواهیم پرداخت. شاخص فرکتال این شاخص بین ۱ و ۲ قرار می‌گیرد هر چه میزان عدد به دست آمده یک و یا به یک نزدیک‌تر باشد شکل موردنظر منظم‌تر می‌باشد و هر چه که به دو نزدیک‌تر می‌شود از منظم بودن آن کاسته می‌شود. در نتایج دو محله مورد بررسی بیشتر به سمت نامنظم بودن می‌باشد. مصالح عمده ساختمانی ساختمان‌ها در ۵ گروه از بادوام به کم‌دوام تقسیم‌بندی شدند. این طبقه‌بندی به شرح زیر می‌باشد: اسکلت بتنی، اسکلت فلزی، آجر و آهن، ترکیبی، خشت و چوب. در نتایج و بررسی این تحقیق نشان داد که مصالح این دو محله علی‌الخصوص محله کبابیان نامناسب و غیر مستحکم می‌باشد. آخرین شاخص مورد بررسی شاخص دسترسی به راه‌های فرعی و اصلی می‌باشد. در نتایج این دو محله نشان داد شد که هر دو محله دسترسی خوبی به جاده‌های اصلی و فرعی دارند؛ اما باید به این نکته توجه داشت، این دو محله در مرکز شهر و دارای شلوغی زیادی هستند.



شکل ۴. لایه‌های شهر همدان با تأکید بر دو منطقه کلیا و کبابیان (الف: شاخص فرکتال، ب: مصالح ساختمانی، پ: میزان دسترسی به معابر اصلی، ت: میزان دسترسی به معابر فرعی) (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

### تجزیه و تحلیل درجه اهمیت عوامل مؤثر

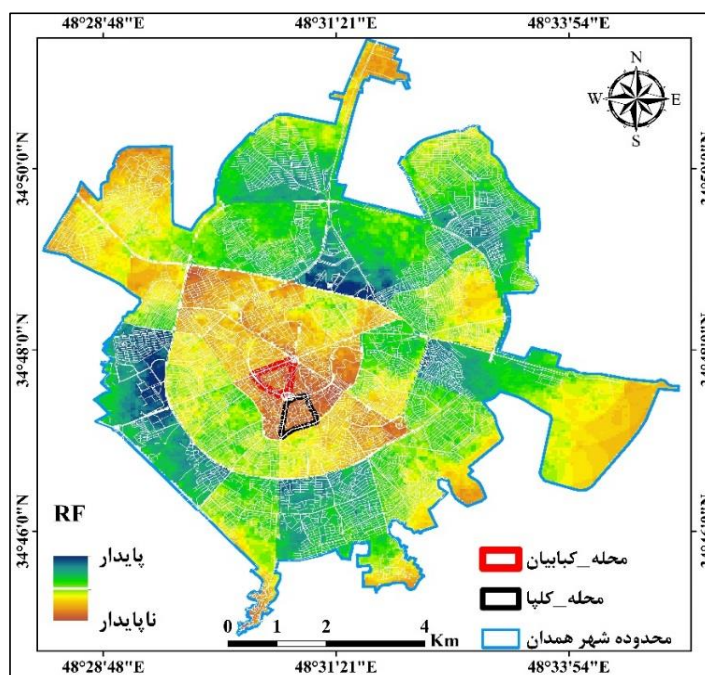
برای تعیین میزان اهمیت هر کدام از عوامل از شاخص IGR استفاده شد. جدول شماره (۲) نتایج این شاخص را نشان می‌دهد. همان‌طور که در جدول مشاهده می‌شود اثر دسترسی به راه‌های ارتباطی و وضعیت بافت دارای بیشترین تأثیر و اثرگذاری هستند.

جدول ۲. ارزش و اهمیت هر کدام از شاخص‌ها (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

ردیف	شاخص	درجه اهمیت
۱	دسترسی به حمل‌ونقل عمومی	۰/۳۲
۲	دسترسی به راه‌های ارتباطی	۰/۸۲
۳	دسترسی به مراکز تجاری	۰/۲۵
۴	دسترسی به مراکز آموزشی	۰/۵۲
۵	دسترسی به مراکز بهداشتی و درمانی	۰/۷
۶	دمای سطح زمین (LST)	۰/۱۷
۷	شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)	۰/۶۵
۸	تراکم ساختمانی	۰/۶۵
۹	تراکم جمعیت	۰/۵۱
۱۰	عرض معابر	۰/۳۵
۱۱	وضعیت مصالح استفاده شده	۰/۵۷
۱۲	عمر بنا	۰/۵۲
۱۳	وضعیت بافت	۰/۷۵
۱۴	شاخص فرکتال	۰/۳۲
۱۵	ضریب دید به آسمان	۰/۰۷

### خروجی نهایی الگوریتم جنگل‌های تصادفی

از تلفیق و هم‌پوشانی نقشه‌های وزن دار، نقشه نهایی با استفاده از الگوریتم جنگل‌های تصادفی حاصل گردید. به طوری که ابتدا نقشه‌های رستری و وزن دار تولید شده، سپس این نقشه‌ها وزن مربوط به آن‌ها تعلق می‌گیرد و یکسری نقاط آموزشی و تست نیز در این مدل به کار برده شده است و در نهایت با همدیگر ترکیب می‌گردد. هر کدام از نقشه‌ها خود دارای طبقاتی می‌باشد که بر اساس ریخت‌شناسی پایدار امتیازدهی شده است. بر اساس نتایج این تحقیق بیشتر مناطق مرکزی شهر همدان دارای وضعیت ناپایدار هستند. همچنین محلات کلپا و کبابیان نیز دارای وضعیت ناپایدار هستند، البته در درون این دو محله نیز مناطق پایدار و نیمه پایدار نیز یافت می‌شود.



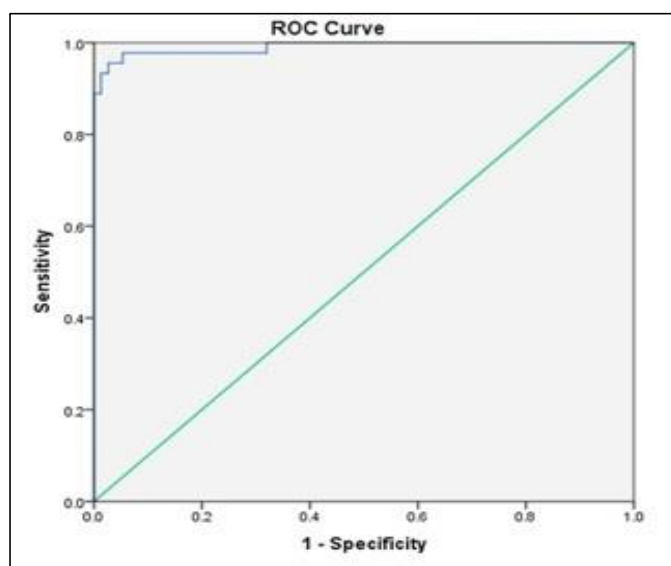
شکل ۵. نقشه نهایی پهنه‌بندی محلات بر اساس ریخت‌شناسی شهری پایدار الگوریتم جنگل‌های تصادفی (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

## ارزیابی عملکرد RF

در این مطالعه، عملکرد مدل RF با استفاده از معیارهای مختلف مانند RMSE، MAE، OA و ROC-AUC مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول شماره (۳) مشاهده می‌شود، طبق این نتایج خروجی و نتایج دارای دقت خوبی بود است، همان‌طور که مشاهده می‌شود ضریب کاپا ۰/۹۶ و خطای مربعات ۰/۱۱ بوده است. همچنین سطح زیر منحنی ROC ۰/۹۹ می‌باشد که همه‌ی این نتایج حاکی از دقت خوب خروجی کار است.

جدول ۳: میزان دقت در مدل RF (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

ردیف	عامل ارزیابی	میزان دقت
۱	kappa	۰/۹۶
۲	MAE	۰/۰۵
۳	RMSE	۰/۱۱
۴	ROC Area	۰/۹۹



شکل ۶: منحنی ROC برای مدل RF (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

## نتیجه‌گیری

توسعه‌ی پایدار شهری ابعاد گوناگونی را شامل می‌شود، در این میان، یکی از مهم‌ترین ابعاد طراحی شهری پایدار، طراحی بافت و فضاهای باز شهری و ریخت‌شناسی شهری است. پژوهش حاضر به تحلیل و ارزیابی شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری محلات قدیمی شهر همدان از منظر توسعه پایدار پرداخته است. این تحقیق در دو محله کلیا و کبابیان صورت گرفته است. در این پژوهش از ۱۵ شاخص و لایه مختلف شامل دسترسی به راه‌های ارتباطی، دسترسی به حمل‌ونقل، دسترسی به مراکز آموزشی، دسترسی به مراکز تجاری، دسترسی به مراکز بهداشتی، عمر بنا، مصالح ساختمانی استفاده شده، شاخص پوشش گیاهی، دمای سطح زمین، شاخص فرکتال، وضعیت بافت، عرض معابر، تراکم جمعیت، تراکم ساختمانی و ضریب دید به آسمان با استفاده از الگوریتم جنگل‌های تصادفی استفاده شده است. نتایج این پژوهش به صورت زیر می‌باشد:

میزان پوشش گیاهی در دو محلات کمتر از سرانه می‌باشد و باید به این موضوع توجه شود. تراکم ساختمانی و تراکم جمعیت در هر دو محله بالاست. دسترسی به مراکز حمل‌ونقلی تا حدی کم می‌باشد، بیشتر تمرکز حمل‌ونقل در قسمت شمال شهر همدان می‌باشد. همچنین وضعیت مصالح استفاده‌شده و عمر بنا در این دو محله بسیار نامناسب و در وضعیت ناپایداری قرار دارد. به‌طور کلی می‌توان گفت، بافت جدید و برنامه‌ریزی شده که عموماً بعد از انقلاب اسلامی ساخته شده

اند و قیمت زمین و مسکن در آن‌ها بالا می‌باشد، در وضعیت پایدار و نیمه پایدار می‌باشد. از ویژگی این بافت، می‌توان به تفکیک منظم و درشت‌دانه، شبکه معابر سلسله‌مراتب دار، توجه به سرانه فضای سبز با ساختمان‌های نوساز و با مصالح باکیفیت اشاره کرد. همچنین، بافت قدیم و غیر برنامه‌ریزی شده که ریز خانگی، تفکیک نامنظم، عدم توجه به سلسله‌مراتب دسترسی و بدون فضای سبز ویژگی کالبدی آن‌ها می‌باشد در وضعیت ناپایدار قرار گرفته‌اند. علاوه بر این، قیمت زمین و مسکن در این محلات پایین‌تر از مناطق دیگر می‌باشد. نتایج به‌دست آمده، هم‌راستا با نتایج پژوهش‌های پروزن و همکاران (۱۳۹۶)، نگاهداری و شمس (۱۳۹۸)، قربانی و همکاران (۱۳۹۷)، حمیدی و همکاران (۱۴۰۲)، علی‌پور جلال احمد (۲۰۲۱) و منش و تادی (۲۰۱۲) می‌باشد. اگرچه پایداری یک مفهوم بسیار گسترده و چندبعدی است؛ اما شاخص‌های ریخت‌شناسی شهری در پایداری کالبدی شهر نقش مؤثری دارند. در کل نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد باوجود بافت قدیمی هر دو محله کبابیان و کلپا، محله کلپا در اکثر شاخص‌های پژوهش نسبت به محله کبابیان بافت نسبتاً جدیدتری داشته است که نشان می‌دهد در سال‌های اخیر دستخوش تغییر بوده است. دلایل چنین امری را همچنان که بیان شد می‌توان به عناصر اقتصادی، جغرافیایی و اجتماعی نسبت داد؛ بنابراین می‌توان عنوان داشت از زمان قبل از انقلاب ایران روند تغییر سریع تغییر ساختارهای اقتصادی، اجتماعی شهر بر ریخت شهری متأثر شده است و امروزه با آهنگی سریع‌تر رو به توسعه است. همین امر به نامتقارن شدن محلات شهری انجامید. علی‌پور کوهی و همکارانش در سال ۱۴۰۰ همین مبنا را متذکر می‌شوند و بیان می‌دارند که توسعه شهر می‌تواند با احترام به عناصر فرهنگی انجام شود. در این حالت هویت شهری در یک تداوم زمانی مناسب به نسل آتی منتقل می‌گردد و شهر بافتی ناآشنا و غیرپذیرا در نتیجه توسعه نخواهد یافت. مرتتو و همکارانش در سال ۲۰۲۰ بیان می‌دارند که توسعه شهر زمانی که از درون یک جامعه شکل بگیرد شکل شهر نیز به تناسب این شکل‌گیری به آهستگی و در تناسب با فاکتورهای پایداری شکل می‌گیرد؛ بنابراین می‌توان شاهد هم‌راستایی شکل و ریخت شهر و توسعه پایدار بود. با توجه به نتایج این مطالعه می‌توان پیشنهادهایی به شرح زیر را ارائه نمود:

- **بهسازی و نوسازی بافت فرسوده:** اجرای برنامه‌های نوسازی تدریجی با تسهیلات مالی و استفاده از مصالح پایدار برای حفظ بافت بومی.
- **افزایش سرانه فضای سبز:** احداث فضاهای سبز کوچک محلی و کاشت درختان مقاوم برای بهبود کیفیت محیطی.
- **بهبود دسترسی به حمل‌ونقل عمومی:** توسعه خطوط حمل‌ونقل و ایجاد ایستگاه‌های جدید اتوبوس برای افزایش دسترسی.
- **طرح‌های بازآفرینی شهری:** تدوین و اجرای طرح‌های جامع بازآفرینی با مشارکت جوامع محلی و سازمان‌های مرتبط برای بهبود وضعیت محله‌ها.

**سپاسگزاری:** مقاله حاضر برگرفته از رساله دکتری نویسنده اول مقاله با عنوان «تحلیل رابطه میان ریخت‌شناسی محلات قدیمی و تعاملات جمعی در بعد اجتماعی توسعه پایدار (نمونه موردی: شهر همدان)» که تحت راهنمایی نویسنده دوم مقاله در دانشگاه آزاد اسلامی واحد قزوین در حال دفاع می‌باشد. بدین‌وسیله از همکاری مشارکت‌کنندگان در این مقاله که سهم مؤثری در جمع‌آوری داده‌ها داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

**حامی مالی:** بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

**سهم نویسندگان در پژوهش:** همه نویسندگان، در نگارش و تنظیم مقاله حاضر نقش و سهم برابر دارند.

**تضاد منافع:** نویسندگان اعلام می‌دارند هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

## References

- Aghvami, N., Majedi, H., & Sadat Saeideh Zarabadi, Z., 2022. Explanation of morphological physical components in urban space: case study of Qeytariyeh neighborhood of Tehran. *Urban Research and Planning*, 13(49), 179–193. <https://doi.org/10.30495/JUPM.2021.21392.3050> (In Persian)
- Aliabadi, Z., & Mohammadi, M., 2019. Study of spatial structure changes in city morphology during historical periods: case study of Zanjan city. *Geographical Planning of Space*, 9(32), 51–70. <https://doi.org/10.30488/GPS.2019.91046> (In Persian)
- Alipour Kohi, P. A., Sadat Saeideh Zarabadi, Z., & Majedi, H., 2021. A reflection on quantitative and qualitative methods of urban morphological form studies: approaches and techniques; case study of historical texture of Khorramabad. *Arman Shahr Architecture and Urban Planning*, 14(35), 223–238. <https://doi.org/10.22034/aud.2020.210486.2055> (In Persian)
- Anderson, J., 2021. *Understanding cultural geography: places and traces*. Routledge.
- Basee, D. H., & Abdulla, Z. R., 2022. Transformation of urban morphology, vulnerability and resilience: Haifa Street area as a case study. *Ain Shams Engineering Journal*, 13(4), 101718. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2022.101718>
- Batty, M., 2013. *The new science of cities*. MIT Press.
- Carmona, M., Tiesdell, S., Heath, T., & Oc, T., 2003. *Public places urban spaces: the dimensions of urban design*. Architectural Press.
- Caval, S., 2016. *Monuments and landscape: an archaeological perspective*. Stanford University.
- Durst, N. J., Sullivan, E., & Jochem, W. C., 2024. The spatial and social correlates of neighborhood morphology: evidence from building footprints in five US metropolitan areas. *PLOS ONE*, 19(4), e0299713. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299713>
- Dushkova, D. O., & Kasatkina, V. A., 2015. The cultural landscape of Berlin among globalisation, identity, and sustainability. *Eastern Academic Journal*, 4, 71–87.
- Elzeni, M. M., Elmokadem, A. A., & Badawy, N. M., 2022. Impact of urban morphology on pedestrians: a review of urban approaches. *Cities*, 129, 103840. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.103840>
- Fazel, A., & Farokhi, M., 2023. Reflection on the morphological dimension of urban design: comparative comparison of urban morphological theories. In *Proceedings of the Fifth International Conference and Sixth National Conference on Civil Engineering, Architecture, Art and Urban Design*. Tabriz Islamic Art University. (In Persian)
- Hamidi, A., Sattarzadeh, D., Valizadeh, N., & Balilan-Asl, L., 2023. Explanation of urban morphological indicators and zoning from the perspective of sustainable development: case study of District One of Tabriz city. *Geography and Planning*, 27(85), 39–55. <https://doi.org/10.22034/GP.2022.52249.3019> (In Persian)
- Hosseini, S. H., 2016. Evaluation of the impact of a set of physical measures: Hamadan Golan neighborhood renovation plan on improving the quality of life of neighborhood residents. Master's thesis, Imam Khomeini International University. (In Persian)
- Kang, J., Yoon, D., & Bae, H., 2019. Evaluating the effect of compact urban form on air quality in Korea. *Urban Analytics and City Science*, 46(1), 179–200. <https://doi.org/10.1177/2399808317705880>
- Lai, P. C., Chen, S., Low, C. T., Cerin, E., Stimson, R., & Wong, P. Y. P., 2018. Neighborhood variation of sustainable urban morphological characteristics. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 465. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030465>
- Lengyel, J., & Friedrich, J., 2020. Multiscale urban modeling: a de-urbanization scenario in the Ruhr area. In *Neue Dimensionen der Mobilität*, 387–408. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-29746-6\\_32](https://doi.org/10.1007/978-3-658-29746-6_32)
- Madanipour, A., 2001. *Design of urban space: an inquiry into a socio-spatial process*. Translated by F. Mortezaee. Pardazesh va Barnamerizi Shahri.
- Maretto, M., Gherri, B., Chiovitti, A., Pitanti, G., Scattino, F., & Boggio, N., 2020. Morphology and sustainability in the project of public spaces. *The Journal of Public Space*, 5(2), 23–44. <https://doi.org/10.32891/jps.v5i2.1280>
- Moudon, A. V., 1997. Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. *Urban Morphology*, 1(1), 3–10.
- Pan, W., 2023. Self-adaptive hybrid urban morphologies community: HUMC; its shared environment and soft intervention for sustainable urban governance. *Building and Environment*, 236, 110251. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110251>
- Tang, H. T., & Lee, Y. M., 2016. The making of sustainable urban development: a synthesis framework. *Sustainability*, 8(5), 492.
- United Nations Human Settlements Programme, 2022. *World cities report*. UN-Habitat.

- Vernez Moudon, A., 1997. Urban morphology as an emerging interdisciplinary field. *Urban Morphology*, 1(1), 3–10. <https://doi.org/10.51347/jum.v1i1.3860>
- Whitehand, J. W. R., 2001. British urban morphology: the Conzenian tradition. *Urban Morphology*, 5(2), 103–109.
- Williamson, G., 2013. Reading the urban forms and urban morphological evaluation of downtown sport facilities in London and Hamilton. Master's thesis, University of Waterloo.
- Xing, H., & Meng, Y., 2018. Integrating landscape metrics and socioeconomic features for urban functional region classification. *Computers, Environment and Urban Systems*, 72, 134–145. <https://doi.org/10.1016/j.compenurbsys.2018.06.005>
- You, Y., & Kim, S., 2018. Revealing the mechanism of urban morphology affecting residential energy efficiency in Seoul, Korea. *Sustainable Cities and Society*, 43, 176–190. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.08.019>
- Zhou, H., & Gao, H., 2018. The impact of urban morphology on urban transportation mode: a case study of Tokyo. *Case Studies on Transport Policy*, 8(1), 197–205. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2018.07.005>
- Zhu, Z., Li, J., & Chen, Z., 2022. Green space equity: spatial distribution of urban green spaces and correlation with urbanization in Xiamen, China. *Environment, Development and Sustainability*, 25(1), 423–443. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02061-0>