

The influence of the structure and function of urban areas in the modern climatic zoning: A case study of Ardabil urban area

Aliakbar Shamsipour¹✉, Ali Azimi², Roghayeh Ansari-Golenji³

1. (Corresponding author) Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

Email: shamsipr@ut.ac.ir

2. Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

Email: a.azimi@ut.ac.ir

3. Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

Email: r.ansari.g@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:

Received:

27 November 2024

Received in revised form:

21 February 2025

Accepted:

2 April 2025

Available online:

6 May 2025

Keywords:

Climatic Classes,
Urban Climate,
Construction Levels,
Land Cover,
LCZ,
Iran.

ABSTRACT

Cities are spaces dominated by built environments characterized by specific geometric, surface, and aerodynamic features, creating diverse climatic conditions. The high variability of surface covers presents a mosaic of climates at local and micro scales. Modern tools and methods are required to identify and classify these climates. The Local Climate Zone (LCZ) map is an innovative method for classifying urban climate areas, with a particular focus on identifying urban heat islands. In this study, Landsat 8 satellite images from 2023, covering the months of May, June, August, and November, were used to classify the local climate zones of Ardabil city. A variety of programs and tools were employed during the processing stages for image pre-processing, sampling of climate zones, classification, and numerical analysis. After completing the necessary processes, the local climate map of Ardabil was generated, identifying 14 climate classes. The results revealed that the most common local climate zones in Ardabil were LCZ2 and LCZ3, which include neighborhoods with dense building structures of medium and low heights. Lake Shorabil and the surrounding green spaces within a 7-kilometer radius, in addition to their recreational value, have a significant cooling effect on Ardabil's urban environment. The density of buildings and impervious surfaces like concrete and asphalt have reduced vegetation cover and the potential for natural air circulation and ventilation. This, combined with the increased heat emissions from human activities, has intensified the capacity for urban heat island formation in the city's central areas.

Cite this article: Shamsipour, A., Azimi, A., & Ansari-Golenji, R. (2025). The influence of the structure and function of urban areas in the modern climatic zoning: A case study of Ardabil urban area. *Geographical Urban Planning Research Quarterly*, 13 (1), 49-65.

<http://doi.org/10.22059/jurbangeo.2025.382658.1990>



© The Author (s)

Publisher: University of Tehran Press

Extended Abstract

Introduction

Cities are defined by their unique architectural landscapes, which showcase distinct geometric forms, coverings, and aerodynamic patterns contributing to a diverse climate. The physical characteristics, geometric configurations, and land use/cover of urban spaces fundamentally alter drainage patterns, surface hydrological networks, and groundwater aquifers. These changes also disrupt the balance of energy exchange between the surface and the atmosphere, resulting in a mosaic of climates and temperatures within urban environments. Additionally, cities significantly influence airflow patterns and natural ventilation in neighborhoods, thanks to their three-dimensional layouts. The variety of land cover processes creates a mosaic of climates on local and micro scales, necessitating modern tools and methodologies for classification. One such tool is the local climate zone map, which effectively categorizes urban climate zones and focuses on identifying urban heat islands. A study of numerous articles shows that the preparation of maps of local climate zones is superior to other methods of classification and preparation of urban climate maps due to the attention paid to the human and natural structure of the city about climatic factors and its separation into 17 classes. Ardabil has a dense and compact urban texture consisting of medium-rise and low-rise buildings and narrow alleys that play a minor role in air conditioning.

Methodology

This research is applied in nature and employs spatial statistics for analysis. A quantitative approach was utilized, incorporating numerical and documentary data through two primary methods as a literature review and acquiring satellite images and official records for meteorological data and urban information layers pertaining to Ardabil. Landsat 8 satellite images captured in May, June, August, and November of 2023 were utilized to classify local climate zones in Ardabil. Nestled in the northern part of the Ardabil Plain and along the Baliglu Chay

River, Ardabil lies in northwestern Iran, close to the border with Azerbaijan, and is separated from the Caspian Sea and Gilan Province by the Tarom Mountains and Heyran Strait. The city features a dense and compact urban fabric composed of medium-to low-rise buildings interspersed with narrow alleys that limit airflow. For the processing and analysis of results, SAGA-GIS software was used for image preprocessing, Google Earth assisted in climatic zone sampling, and ArcGIS was employed for numerical classification and analysis.

Results and discussion

After processing the data, we created a local map for Ardabil City, identifying 14 distinct climate classes. Most areas of Ardabil are characterized by dense buildings, particularly in the central and northern halves, which correspond to local climate classes LCZ 2 and LCZ 3. In contrast, the southern half of the city features dense buildings with more open layouts and medium heights. The climate classes characterized by dense, open textures and low to medium heights cover approximately 2,309.79 square kilometers, making up about 18.86% of the study area. Natural covers, including scattered trees, parks, green spaces, and shrubs, classified under local climate classes LCZ A and LCZ B, encompass roughly 139 square kilometers, or 0.7% of the study area. This greenery is distributed throughout the city but is particularly concentrated along the Baliglu River, Tulip Park, Giral Garden, and inner-city pear orchards. These local climate zones play a significant role in moderating the urban climate. In Ardabil, the sky visibility index is relatively low due to the medium and low building density (primarily low-rise structures). However, the sky visibility index is higher in the peripheral areas of the city, thanks to the presence of open spaces, grassy lands, and agricultural zones on the outskirts. Overall, Ardabil enjoys good sky visibility. The local climate map reveals that the aspect ratios in the city's central areas are higher, while peripheral regions and areas outside the city show lower aspect ratios. The percentage of permeable surfaces is

notably high in urban areas with tree cover and short grass, whereas impermeable surfaces characterize areas with dense urban development and rocky outcrops.

Conclusion,

Ardabil is a largely homogeneous city in terms of its texture and function, with most areas classified as LCZ 2, 3, and 8. These classes consist of dense, low-rise buildings as well as large, low-rise structures. The prevalence of buildings and hard surfaces made of concrete and asphalt has significantly reduced vegetation, diminishing natural air movement and ventilation. This, combined with increased heat emissions from human activities, has intensified the urban heat island effect, particularly in the city's central areas. As Ardabil expands southward and construction activity in these regions increases, the need for more green spaces, reduced building density, and improved ventilation through open areas becomes increasingly apparent. Addressing these issues is crucial for alleviating pressure on groundwater resources and enhancing the urban environment.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.

فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری

اثر ساختار و عملکرد فضاهای شهری در زون‌بندی نوین اقلیمی مطالعه موردی: منطقه شهری اردبیل

علی اکبر شمسی‌پور^۱✉، علی عظیمی^۲، رقیه انصاری فولنجی^۳

۱- نویسنده مسئول، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: shamsipr@ut.ac.ir

۲- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: a.azimi@ut.ac.ir

۳- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: r.ansari.g@ut.ac.ir

چکیده

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۹/۰۷

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۳/۱۲/۰۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۱/۱۳

تاریخ چاپ:

۱۴۰۴/۰۲/۱۶

واژگان کلیدی:

طبقات اقلیمی،

اقلیم شهری،

سطوح ساختمانی،

پوشش طبیعی،

ایران.

شهرها فضاهایی با غلبه مناظر ساختمانی با ویژگی‌های هندسی، پوششی و جریان‌های آیرودینامیکی مشخص هستند که شرایط اقلیمی متنوعی را به نمایش می‌گذارند. تنوع بالای پوشش‌های سطحی، موزاییکی از اقلیم‌ها را در مقیاس‌های محلی و خرد ارائه می‌دهد. برای شناسایی و طبقه‌بندی این اقلیم‌ها، ابزارها و روش‌های مدرن مورد نیاز است. نقشه زون اقلیم محلی یک روش نوین برای طبقه‌بندی مناطق اقلیم شهری است که به شناسایی جزایر گرمای شهری تأکید دارد. در این مطالعه از تصاویر ماهواره لندست ۸ سال ۲۰۲۳ و ماه‌های می، ژوئن، آگوست و نوامبر برای طبقه‌بندی زون‌های اقلیم محلی شهر اردبیل استفاده شد. در فرایند پردازش و تولید نتایج، برنامه‌ها و ابزارهای متنوعی برای پیش‌پردازش و پردازش تصاویر، نمونه‌گیری زون‌های اقلیمی و طبقه‌بندی و تحلیل‌های عددی استفاده گردید. پس از انجام پردازش‌های لازم، نقشه اقلیم محلی شهر اردبیل با ۱۴ طبقه اقلیمی استخراج شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بیشترین طبقه اقلیم محلی شهر اردبیل مربوط به طبقات LCZ2 و LCZ3 است که شامل محلاتی با بافت ساختمانی متراکم و ارتفاع متوسط و کوتاه می‌باشد. وجود دریاچه شورابیل و فضاهای سبز پیرامون آن در محدوده شهر با محیط هفت کیلومتری، اضافه بر نقش تفرجی، ظرفیت بالایی در خنک‌کنندگی فضای شهری اردبیل دارد. تراکم ساختمانی و سازه‌های انسانی با رویه‌های بتونی و آسفالتی نفوذناپذیر باعث کاهش پوشش گیاهی و پتانسیل جابجایی و تهویه طبیعی هوا شده که همراه با افزایش انتشار گرمای ناشی از فعالیت انسانی، منجر به تشدید ظرفیت شکل‌گیری جزیره گرمای شهری در مناطق مرکزی شهر می‌شود.

استناد: شمسی‌پور، علی‌اکبر؛ عظیمی، علی و انصاری فولنجی، رقیه. (۱۴۰۴). اثر ساختار و عملکرد فضاهای شهری در زون‌بندی نوین اقلیمی مطالعه موردی: منطقه شهری اردبیل. پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری، ۱۳(۱)، ۶۵-۴۹.

<http://doi.org/10.22059/jurbangeo.2025.382658.1990>

مقدمه

شهرها با مجموعه‌ای از مشخصات فیزیکی، پوششی، موازنه انرژی و هندسه سه‌بعدی متفاوت از محیط‌های طبیعی شناخته می‌شوند. شهرنشینی همچنان که عامل اصلی رشد اقتصادی، تبادل فرهنگی و پیشرفت فناوری است، با تراکم بالای جمعیت و مصرف فراوان انرژی و کالا، عامل اصلی تولید و انتشار گازهای آلاینده و پسماندها است (Ren et al., 2012; شمسی‌پور، ۱۴۰۱). آلاینده‌ها افزون بر ایجاد تغییرات محیطی، موجب کاهش کیفیت هوا، گرم شدن زمین و تغییر اقلیم جهانی می‌گردند (Han et al., 2024). ویژگی‌های فیزیکی، هندسی و کاربری/پوشش اراضی متفاوت فضاهای شهری، از طرفی سبب تغییر در الگوهای زهکشی و شبکه‌های هیدرولوژی سطحی می‌شوند و از سوی دیگر، موازنه و تعادل انرژی سطحی و هوا را تغییر داده و موزاییکی از اقلیم‌ها را در فضاهای شهری ایجاد می‌کنند. شهرها همچنین با هندسه فضایی سه‌بعدی اثر مهمی بر الگوی جریان هوا و تهویه طبیعی محلات شهری دارند. بنابراین، شهرها با الگوهای توسعه کالبدی و توده‌گذاری متفاوت، توزیع فضاهای سبز، شبکه جاده‌ها و پوشش سطحی متنوع، بستر شکل‌گیری انواع متفاوتی از اقلیم‌های کوچک‌مقیاس و محلی هستند. (Zwolska et al., 2024). بنابراین روش‌های سنتی و تجربی قادر به شناسایی اقلیم‌های درون‌شهری نبوده و لذا، روش‌های منطقه‌بندی اقلیم شهری مطرح و ارائه می‌شوند.

در زمینه روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی و تهیه نقشه اقلیم شهری کارهای مختلفی انجام شده است. محقق آلمانی «کارل ناچ» نخستین بار سیستم نگاشت اقلیمی برای برنامه‌ریزی شهری پیشنهاد کرد (Kastzchner et al., 1951, 1963). همچنین نگاشت اقلیم شهری (UCM)^۱ از برلین و ایالت رور آلمان در دهه هفتاد شروع و با رویکردهای مختلف در شهرهای آسیا و آمریکای لاتین استفاده شد. نقشه‌های اقلیم شهری، از دو رکن اصلی نقشه‌های تحلیلی اقلیم شهری و نقشه‌های اقلیمی با توصیه‌های برنامه‌ریزی شهری تشکیل می‌شوند (Chao et al., 2010). به‌موازات آن زون‌های اقلیم شهری (UCZ)^۲ با تمرکز بر مناطق توسعه‌یافته شهری توسط اوک و استورات (۲۰۱۲) و بهبودیافته آن یعنی زون‌های اقلیم محلی (LCZ) استورات و اوک (۲۰۱۴)، جدیدترین روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی شهرها هستند (Lee & Oh, 2018). زون‌های اقلیم شهری، مناطق همگنی هستند که ویژگی‌های اقلیمی را بر مبنای ساختمان، پوشش طبیعی، بافت و متابولیسم شهری جدا می‌کنند. چندلر، آئور، الفسن و اوک تحقیقات بنیادی بر زون‌های اقلیم شهر را بر پایه توپوگرافی، پوشش زمین و شکل ساختمان‌ها انجام دادند (lee et al., 2019).

محققان زیادی با رویکردهای مختلفی به‌ویژه با تمرکز بر دو حوزه آسایش حرارتی انسان (مانند HUMIDEX و عامل برودت باد) و اقلیم‌شناسی شهری (روش WUDAPT)، روش زون‌های اقلیم محلی را بکار گرفته‌اند (پینگ و همکاران، ۲۰۲۳؛ لنارت و همکاران، ۲۰۲۱؛ برایان و جوزدانی، ۲۰۱۹؛ رن و همکاران (۲۰۱۹) و پیکون و کامپو، ۲۰۱۵). دموزر و همکاران (۲۰۲۱) از برنامه تحت وب، برنارد و همکاران (۲۰۲۴)، از الگوریتمی ساده، کالوستین و بچتل (۲۰۱۶)، برای شناسایی جزایر گرمای شهری بیروت، کریشنر و همکاران (۲۰۲۳)، در ارزیابی رابطه بین فضای سبز شهری و اقلیم محلی در شهر پراگ و زوولسکا و همکاران (۲۰۲۴) و لنارت و همکاران (۲۰۲۱)، پیامدهای رشد شهری بر دمای سطح زمین در شهرهای متوسط اروپایی را بر اساس نقشه‌های اقلیم محلی و رابطه رگرسیونی بررسی کردند. کیو آی و همکاران (۲۰۲۰)، نقشه‌برداری شکل شهری را بر اساس مناطق اقلیم محلی، با استفاده از تطابق پیکسل‌های شش ناحیه شهری آمریکا برای یک دوره طولانی مدت از سال ۱۹۶۸ تا ۲۰۲۰ انجام دادند. نتایج تحقیقات نشان داد که نسبت طبقات طبیعی به‌طور مداوم

1. urban climate maps

2. urban climate zone

در منطقه مورد مطالعه کاهش داشته است. در ارزیابی اقلیم محلی شهرهای چین، نقشه‌های LCZ ۲۰ شهر و سه منطقه اقتصادی چین تهیه شد (رن و همکاران، ۲۰۱۹). نتایج نشان داد که بین سال‌های ۱۹۸۸ و ۲۰۲۱ سهم زون‌های اقلیمی ساختمانی به میزان ۱۹,۲۱ کیلومتر مربع افزایش و به دلیل توسعه شهرنشینی و احیای جنگل‌ها، زون‌های اقلیمی گیاهان پراکنده ۱۲,۷ درصد کاهش یافته و نتیجه آن افزایش دمای سطح زمین در زون‌های اقلیمی از ۱,۵۲ به ۲,۹۷ درجه سانتی‌گراد است.

در مطالعات داخلی در پژوهشی برای پهنه‌بندی اقلیم محلی شهر تهران، از داده‌های هواشناسی، تصاویر ماهواره‌ای و لایه‌های اطلاعات مکانی با روش LCZ استفاده گردید (شمسی‌پور، ۱۴۰۱ و سپاسی‌زنگی‌آبادی، ۱۴۰۱). برای تهیه نقشه اقلیم شهری تهران، کورکی‌نژاد و همکاران از رویکرد آلمانی نگاشت اقلیم شهر استفاده نمودند (کورکی‌نژاد و همکاران، ۱۴۰۰). هان و همکاران (۲۰۲۴)، در پیشبرد چارچوب مناطق اقلیم محلی به بررسی انتقادی چشم‌انداز تحقیقات در تهیه نقشه‌های اقلیم محلی پرداختند. آن‌ها نشان دادند که جهانی بودن، سادگی و عینی بودن چارچوب نقشه‌های اقلیم محلی، آن را به‌عنوان ابزاری امیدوارکننده برای طیف گسترده‌ای از کاربردها در آینده به‌ویژه در حوزه برنامه‌ریزی و طراحی شهری پاسخگو به اقلیم، تبدیل می‌کند.

تهیه نقشه‌های اقلیم محلی، امروزه به‌عنوان یک امر مهم در برنامه‌ریزی است. زون‌های اقلیم محلی به دلیل توجه به ساختار انسانی و طبیعی شهری در ارتباط با عوامل اقلیمی و تفکیک آن به طبقات ۱۷ گانه نسبت به سایر روش‌های طبقه‌بندی اقلیم شهری برتری دارد. شهر اردبیل با ساخت‌وسازهای فراوان و تغییر کاربری، با افزایش بار گرمای شهری، کاهش نفوذپذیری زمین و در نتیجه با افت آب‌های زیرزمینی و به‌مرور نشست زمین مواجه است که ضرورت انجام این تحقیق را نشان می‌دهد.

مبانی نظری

مفهوم اقلیم شهر: برهمکنش عوامل و متغیرهای سطحی و فعالیت‌های انسانی با عناصر و پدیده‌های جوی، در طولانی‌مدت ویژگی اقلیم مناطق شهری را مشخص می‌کند. اقلیم هر منطقه شهری نتیجه اثر موقعیت جغرافیایی آن در روی کره زمین، فرم، عملکرد و اندازه شهر، همسایگی با پهنه‌های آبی، توده‌های کوهستانی، عرصه‌های بیابانی و جنگلی و حتی دیگر سکونتگاه‌های انسانی است (شمسی‌پور، ۱۴۰۳).

نقشه‌های اقلیمی شهری: نقشه‌های اقلیمی شهری، ابزاری اطلاعاتی و ارزیابی برای ادغام عوامل اقلیمی شهر و ملاحظات برنامه‌ریزی شهری با ارائه پدیده‌ها و مشکلات اقلیمی در نقشه‌های فضایی دو بعدی است که از دو رکن اصلی نقشه‌های UC-AnMap و نقشه‌های UC-ReMap تشکیل می‌شود (Chao et al., 2010). زون‌های اقلیم شهری، مناطق طبقه‌بندی شده همگنی هستند که ویژگی‌های اقلیمی را بر مبنای ساختمان، پوشش طبیعی، بافت و متابولیسم شهری مجزا می‌کند (شمسی‌پور، ۱۴۰۳).

بار گرمایی و جزیره گرمای شهری: میزان گرمای ذخیره‌شده یا گسیل‌شده را در مکان‌های خاص مناطق شهری بار گرمایی می‌نامند و اغلب به حجم ساختمان (با به دام انداختن تابش خورشید و کاهش ضریب دید آسمان (SVF) و کاهش سرمایش تابشی شبانه در انتشار گرمای شهری)، توپوگرافی (ساختار شهری در ارتفاعات مختلف) و قابلیت دسترسی به فضاهای سبز (اثر خنک‌کنندگی آن) بستگی دارد. بار گرمایی می‌تواند به‌عنوان تغییرات دمای هوای درون شهری ناشی از فرم‌ها و سطوح متنوع شهری تعریف شود (Evans & de Schiller, 1996). مشهودترین جلوه اقلیم شهری، روند رو به افزایش دمای هوا در فضاهای شهری است که با نام جزیره گرمای شهری معروف است.

شکل و عملکرد شهر: فرم شهر الگوی فعالیت‌های مسکونی و غیرمسکونی شهری و برهمکنش‌های آن‌هاست (مدنی‌پور، ۱۳۸۷). اهمیت فرم شهر به خاطر عملکردهایی است که می‌تواند برای ساکنین یک شهر انجام دهد. عملکرد شهر به فعالیت‌هایی در سطح شهر است که برای تداوم آن به تبادل پیوسته انرژی و ماده نیاز است. این شار دربردارنده انرژی‌هایی است که برای گرمایش، سرمایش و نور ساختمان‌ها، برای صنعت و ترابری مردم و کالاها استفاده می‌شود. ترکیب فرم و کارکرد شهر سبب شکل‌گیری خرد اقلیم‌های متمایز شهری می‌شود.

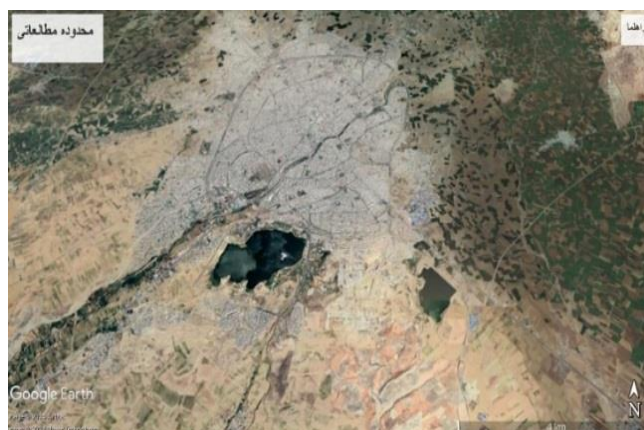
روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش تحلیل، آماری فضایی و از نظر ماهیت رویکرد کمی دارد. در انجام پژوهش از داده‌های مختلف عددی و اسنادی با دو روش (۱) کتابخانه‌ای با مرور منابع و (۲) دریافت تصاویر ماهواره‌ای و نامه‌نگاری رسمی برای دریافت داده‌های هواشناسی و لایه‌های اطلاعات شهری اردبیل استفاده شد. داده‌های ماهانه و سالانه دما، بارش، سرعت و جهت باد و رطوبت ایستگاه‌های هواشناسی برای تحلیل وضعیت کلی اقلیم شهر اردبیل، و از تصاویر ماهواره لندست ۸ (Lev2/coL1) برای تهیه نقشه‌های زون‌های اقلیم محلی (LCZ) شهر و پیرا شهر اردبیل استفاده شده است.

در فرایند انجام پژوهش نخست محدوده مطالعه از سایت USGS مشخص و سپس تصاویر ماهواره‌ای با پوشش ابری کمتر از ۱۰٪ مربوط به ماه‌های می، ژوئن، اگوست و نوامبر برای سال ۲۰۲۳ استخراج گردید. از تصاویر، باندهای ۱ الی ۷ و ۹-۱۰ انتخاب شدند. به‌طورکلی ۳۶ تصویر از منطقه مورد مطالعه تهیه و وارد نرم‌افزار SAGA-GIS شدند. مشخصات تصاویر مورد استفاده در جدول (۱) آورده شده است. در ادامه محدوده شهر و پیرامون آن برای نمونه‌گیری برش داده شده و با انتقال به گوگل-ارثس مرحله نمونه‌گیری انجام شد. نمونه‌گیری زون‌های ۱۷ گانه اقلیم محلی که مهم‌ترین مرحله پژوهش هست با دقت زیادی بر اساس مشخصات طبقات ۱۷ گانه نقشه اقلیم محلی، برای هر زون اقلیمی بیش از پنج نمونه انتخاب شد. سپس پردازش در SAGA-GIS انجام، و زون‌های اقلیم محلی شهر با ۱۴ طبقه اقلیمی استخراج گردید (جدول ۲). فرایند کلی انجام پژوهش در شکل (۲) ارائه شده است.

جدول ۱. اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده برای تهیه نقشه زون اقلیم محلی

نام ماهواره	نام سنجنده	تعداد باند	قدرت تفکیک	تاریخ	پوشش ابر
لندست ۸	OLI	۱۱	۳۰	۲۰۲۳۰۵۲۹	بدون ابر
لندست ۸	OLI	۱۱	۳۰	۲۰۲۳۰۶۲۹	بدون ابر
لندست ۸	OLI	۱۱	۳۰	۲۰۲۳۰۸۱۶	بدون ابر
لندست ۸	OLI	۱۱	۳۰	۲۰۲۳۱۱۱۲	بدون ابر



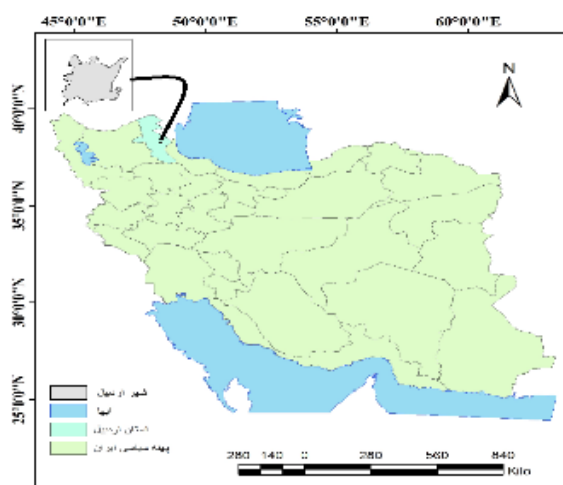
شکل ۱. محدوده شهر اردبیل و حومه آن در تصویر ماهواره‌ای (ژوئیه ۲۰۲۴)

جدول ۲. طبقات نقشه اقلیم محلی LCZ برای شهر اردبیل

نام طبقه	توضیحات	تصویر	زون اقلیم محلی
LCZ2 Compact midrise	ترکیب متراکم بناهای ۳-۹ طبقه با درخت یا بی‌درخت با پوشش سنگ‌فرش.		بافت متراکم با ارتفاع متوسط
Lcz3 Compact low-rise	ترکیب بناهای کم ارتفاع ۱-۳ طبقه. تعداد کمی درخت یا بدون درخت. پوشش زمین سنگ‌فرش است.		بافت متراکم کم ارتفاع
LCZ5 Open midrise	بناهای میان ۳-۹ طبقه با چیدمان باز. فراوانی پوشش گیاهی نسبت به اراضی قبلی (پوشش گیاهی تنک و درختان پراکنده). مصالح بتن، فولاد، سنگ و شیشه		بافت باز متوسط ارتفاع
LCZ6 Open low-rise	بناهای کم ارتفاع با ۱-۳ طبقه با چیدمان باز، فراوانی پوشش گیاهی نسبت به اراضی قبلی (گیاه تنک و درختان پراکنده). مصالح چوب، آجر، سنگ و کاشی و بتن.		بافت باز کم ارتفاع
LCZ7 Lightweight low-rise	ترکیب فشرده بناها متراکم یک طبقه با درخت یا بدون درخت. مصالح ساختمانی سبک (چوب و کاه‌گل).		بارگذاری ساختمانی سبک و کم ارتفاع
LCZ8 Large low-Rise	ساختمان‌های بزرگ کم ارتفاع ۱-۳ طبقه. تعداد کمی درخت یا بدون درخت. پوشش زمین سنگ‌فرش. مصالح ساختمانی فولاد و بتن		بناهای بزرگ و کم ارتفاع
Lcz9 Sparsely built	ساختمان‌های کوچک و کم ارتفاع در یک فضای طبیعی. فراوانی پوشش طبیعی نسبت به طبقات قبل.		بناهای پراکنده کم ارتفاع
LczA Dense trees	چشم‌اندازهای پردرخت، پوشش طبیعی جنگلی و پارک شهری		درختان متراکم
LCZB Scattered trees	چشم‌انداز درختان پراکنده، درختان طبیعی و جنگل، پارک شهری....		درختان پراکنده
LCZC Bush, scrub	چیدمان درختان کوتاه‌قد و بوته‌ها، پوشش زمین عمدتاً قابل نفوذ (خاک و ماسه). کارکرد این منطقه به‌صورت کشاورزی یا بوته‌زار.		درختچه‌ها و بوته‌ها
LCZD Low plants	چشم‌اندازی از علف و محصولات علوفه‌ای. عملکرد منطقه علفزار طبیعی است.		گیاهان علفی تنک
LCZE Bare rock or paved	زمین‌های خاکی و سنگی بدون پوشش درخت. زمین‌های بایر خاکی.		رخنمون‌های سنگی و شوسه
LCZF Bare soil or sand	زمین‌های خاکی و شنی بدون پوشش چمن و درخت. کارکرد به‌صورت بیابان طبیعی یا کشاورزی		زمین‌های عریان خاکی و شنی
LCZG Water	پهنه‌های بزرگ و باز آب، دریاها و دریاچه‌های طبیعی و مصنوعی درون و بیرون شهر. و رودخانه‌ها		آب

محدوده مورد مطالعه

شهر اردبیل در مسیر رودخانه بالیغلو چای در شمال غربی ایران در نزدیکی مرز جمهوری آذربایجان واقع است که به وسیله کوه‌های طارم و تنگه حیران از دریای خزر و استان گیلان جدا می‌شود. ارتفاع آن از سطح دریا برابر با ۱۳۴۵ متر است (شکل ۱). بر پایه سرشماری عمومی سال ۱۳۹۵ جمعیت شهر ۵۲۹۳۷۴ نفر است (شماعی و همکاران، ۱۳۹۷). اردبیل، ۵ منطقه شهرداری، ۱۵ ناحیه شهری و ۵۱ محله دارد (یزدانی و همکاران، ۱۳۹۸). میانگین دما و بارش سالانه شهر به ترتیب ۱۱ درجه و ۲۵۷ میلی‌متر و دارای اقلیم نیمه‌خشک و سرد می‌باشد (ورامش و عنبران، ۱۴۰۱). رشد فیزیکی شهر اردبیل بسیار سریع‌تر از رشد جمعیت و نیازهای واقعی شهر است. جهت رشد شهر به سمت دشت‌های هموار جنوبی به لحاظ ساخت مجتمع‌های صنعتی و کارگاهی و شهرک‌های مسکونی است (باقری و کنعان‌پور، ۱۴۰۲).



شکل ۲. موقعیت شهر اردبیل در نقشه ایران

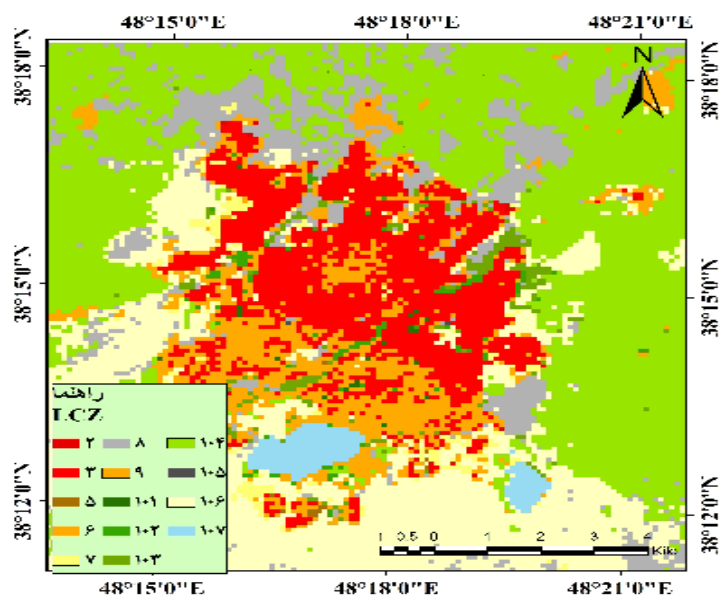
یافته‌ها

مطابق شکل (۳) بیشتر مناطق شهر اردبیل با مشخصه ساختمانی متراکم و طبقات اقلیم محلی LCZ2 و LCZ3، به‌ویژه در مناطق مرکزی و نیمه شمالی دیده می‌شود. در نیمه جنوبی شهر، ساختمان‌های متراکم با بافت باز و ارتفاع متوسط قرار دارند. طبقات اقلیم محلی با مشخصه متراکم، باز و ارتفاع کم و متوسط، با ۱۸/۸۶ درصد از مساحت محدوده مطالعاتی، بالاترین سطح پوشش ساختمانی را در شهر دارند (جدول ۳). زون اقلیم محلی LCZ7، با بافت سبک و کم ارتفاع، حدود ۱/۵ درصد از مساحت شهر را شامل می‌شود و عمدتاً در بخش‌های حاشیه‌ای، به‌ویژه در نیمه شمالی شهر، قرار دارد. زون‌های اقلیم محلی LCZ8 و LCZ9، که شامل سیلوهای بزرگ و انبارها با درختان یا گاهی بدون پوشش گیاهی هستند، به‌طور مشترک حدود ۱۳ درصد از مساحت محدوده مطالعاتی را اشغال کرده‌اند. این زون‌ها به‌صورت پراکنده در جنوب اردبیل و با لکه‌های کوچک در مرکز شهر و تمرکز بیشتر در حاشیه بیرونی مشاهده می‌شوند.

پوشش طبیعی شامل درختان پراکنده، پارک‌ها، فضاهای سبز و بوته‌ها، که مربوط به طبقه اقلیم محلی LCZA و LCZB است، حدود ۱۳۹ کیلومتر مربع (۰/۷ درصد از مساحت محدوده مطالعاتی) را تشکیل می‌دهد. این پوشش در سراسر شهر پراکنده است، اما تمرکز آن در کنار رودخانه بالیغلو و فضاهای سبز بیشتر است. این پهنه اقلیم محلی در تعدیل اقلیم شهری نقش مهمی ایفا می‌کند.

طبقات اقلیم محلی LCZC و LCZD، با مساحتی در حدود ۷۵۰۰ کیلومتر مربع (۳۹/۶٪ محدوده مطالعاتی)، بزرگ‌ترین

پهنه اقلیمی را تشکیل می‌دهند که شامل زمین‌های کشاورزی، چمنزارهای حاشیه و خارج شهر به صورت یک کمربند هلالی در قسمت شمالی شهر کشیده شده است. زمین‌های شنی و خاکی، ماسه‌زارها، رخنمون‌های سنگی و زمین‌های بایر که به طبقات اقلیم محلی LCZE و LCZF تعلق دارند، حدود ۲۴/۳ درصد از مساحت محدوده را پوشش می‌دهند. این پهنه در نوار جنوبی شهر قرار دارد. زون اقلیم محلی LCZG، شامل دریاچه شورابیل که یک دریاچه طبیعی در ضلع جنوبی شهر است و همچنین چند سد کوچک کشاورزی که در جنوب و خارج از شهر قرار دارند، حدود ۱/۵ درصد از مساحت محدوده را شامل می‌شود. و به‌ویژه در ایام تابستان در ایجاد خرد اقلیم معتدل و مرطوب تأثیر زیادی دارد.



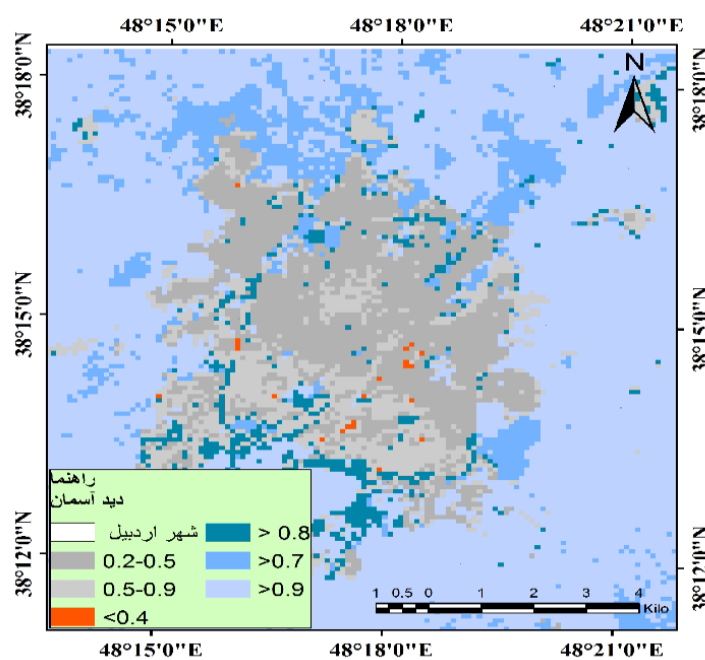
شکل ۳. نقشه زون‌های اقلیم محلی شهر اردبیل

جدول ۳. جدول مقادیر ویژگی‌های پوشش سطحی و ژئومتریک نقشه اقلیم محلی شهر اردبیل

نام کلاس‌ها	مشخصه‌ها	مساحت به کیلومتر مربع	مساحت به درصد
LCZ2	متراکم و ارتفاع متوسط	۱/۶	۰/۰۹
LCZ3	متراکم و ارتفاع کم	۲۲/۶۸	۱۲
LCZ5	بافت باز و ارتفاع متوسط	۱/۵	۰/۰۷
LCZ6	بافت باز و کم ارتفاع	۱۲/۷۹	۶/۷
LCZ7	سبک و کم ارتفاع	۳/۱	۱/۵
LCZ8	بزرگ و کم ارتفاع	۱۸/۴۵	۹/۷
LCZ9	ساختمانی پراکنده	۶/۳۲	۳/۳
LCZA	درختان متراکم	۲/۲	۰/۱
LCZB	درختان پراکنده	۱/۱۷	۰/۶
LCZC	علف‌های کوتاه	۲/۲۴	۱/۲
LCZD	بوته و درختچه	۷۲/۷۶	۳۸/۴
LCZE	رخنمون سنگی یا سنگفرش	۲	۰/۰۱
LCZF	خاک بایر و ماسه	۴۶/۱۱	۲۴/۳
LCZG	آب	۲/۷۸	۱/۵

شاخص دید آسمان^۱

از عوامل مؤثر در وضعیت اقلیمی شهر، شاخص دید آسمان است. این شاخص با نسبت تراکم ساختمان‌ها مرتبط است؛ به‌طوری‌که هر چه تراکم ساختمانی کمتر باشد، دید آسمان بهبود می‌یابد. بر اساس شکل (۴)، در شهر اردبیل، شاخص دید آسمان در مناطقی با ساختمان‌های متراکم، بین ۰/۲ تا ۰/۵ است. این مناطق، شامل زون‌های اقلیم محلی LCZ2 و LCZ3 مساحتی با حدود ۱۲ درصد از محدوده است که در نیمه شمالی، مرکزی و بافت قدیمی شهر پراکنده‌اند. به دلیل تراکم بالای ساختمان‌ها، شاخص دید آسمان در این زون‌ها پایین است. شاخص دید آسمان در شهرک‌های تازه احداث‌شده، مراکز اداری و آموزشی و مراکز صنعتی (LCZ5 و LCZ6)، بین ۰/۵ تا ۰/۹ متغیر است و ۸/۴ درصد از محدوده را شامل می‌شود. زون اقلیم محلی LCZA، با عامل دید آسمان کمتر از ۰/۴، حدود ۰/۱۲ درصد از محدوده مطالعاتی را به‌صورت پراکنده در قسمت‌های مختلف شهر پوشش می‌دهد. زون‌های اقلیم محلی LCZ8 و LCZC، با شاخص دید آسمان بالاتر از ۰/۷ و مساحتی حدود ۲۰ کیلومتر مربع یا ۱۰/۵ درصد از محدوده مطالعه، شامل ساختمان‌های بزرگ با فاصله همراه با درختان و پوشش‌های طبیعی پراکنده در حاشیه شهر هستند. زون LCZ9، با شاخص دید آسمان بیشتر از ۰/۸، به‌صورت یک کمربند اطراف شهر اردبیل را احاطه کرده و بخش‌هایی از زون‌های LCZB و LCZC را نیز شامل می‌شود. زون‌های طبیعی LCZD، LCZE و LCZF، با شاخص دید آسمان بالاتر از ۰/۹ و مساحتی حدود ۱۲۱/۶۷ کیلومتر مربع یا ۶۴/۳ درصد از محدوده مطالعه، شامل زمین‌های بایر، خاکی، شنی، پوشش چمن و مرتع و زمین‌های کشاورزی حاشیه شهر هستند.



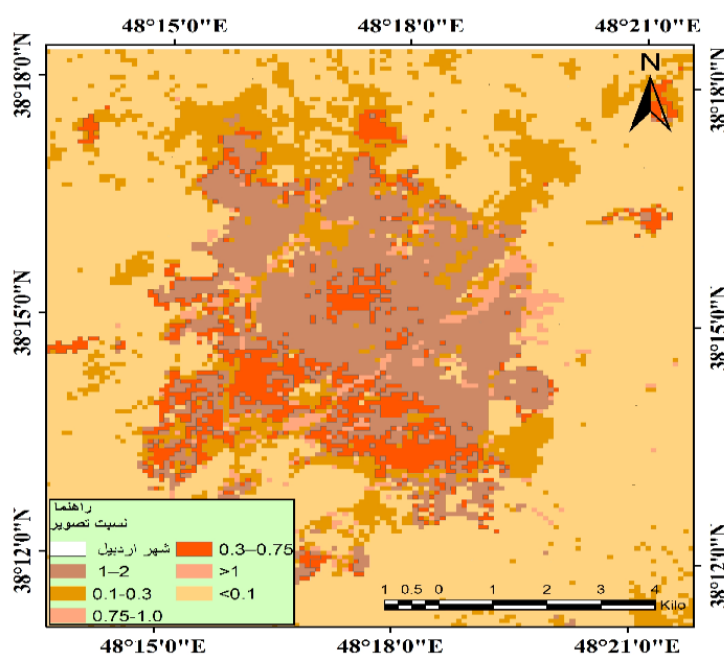
شکل ۴. نقشه عامل دید آسمان شهر اردبیل

نسبت تصویر

عبارت است از ارتفاع ساختمان نسبت به زمین‌های باز اطراف. در حقیقت نسبت تصویر میانگین نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض دره‌های شهری را بیان می‌کند. هرچه مقدار این نسبت بیشتر باشد یعنی ارتفاع ساختمان‌ها نسبت به عرض

1. Sky view factor

خیابان و فضای بسته بیشتر است. خیابان و فضاهای بسته و کم‌عرض امکان کانالیزه شدن باد بیشتری را فراهم می‌کند و برعکس هر چه خیابان دارای عرض بیشتری باشد، باد سرعت کمتری خواهد داشت. در نقشه اقلیم محلی شهر اردبیل نسبت تصویر در مناطق مرکزی ارقام بالا و مناطق حاشیه و نقاط بیرون از شهر پایین است. نسبت تصویر طبقات اقلیمی LCZ 2,3,7 روی هم ۲/۸ درصد محدوده مطالعه است که از نظر ساختمانی جزو بافت متراکم متوسط و کوتاه است (شکل ۵). نسبت تصویر ۰/۱-۰/۳ که بیشتر در حواشی شمالی و جنوبی شهر دیده می‌شود، طبقات LCZ 8,9 را شامل می‌شود. این ساختمان‌ها ۱۳/۱ درصد محدوده شهر را در برمی‌گیرد. نسبت تصویر ۰/۷۵-۱ که در حاشیه شمال شرقی شهر و برخی نقاط پراکنده دیده می‌شود، به‌طور پراکنده، طبقه‌های اقلیمی LCZC (پوشش گیاهی و فضای سبز) و بخش‌هایی از طبقه LCZ 6 و LCZ 7 را در برمی‌گیرد. نسبت تصویر ۰/۳-۰/۷۵ به‌طور مشخص در طبقه اقلیمی LCZ 6 قرار دارد. به‌طور پراکنده در بخش‌های داخلی و حتی حاشیه جنوبی و غربی شهر دیده می‌شود.

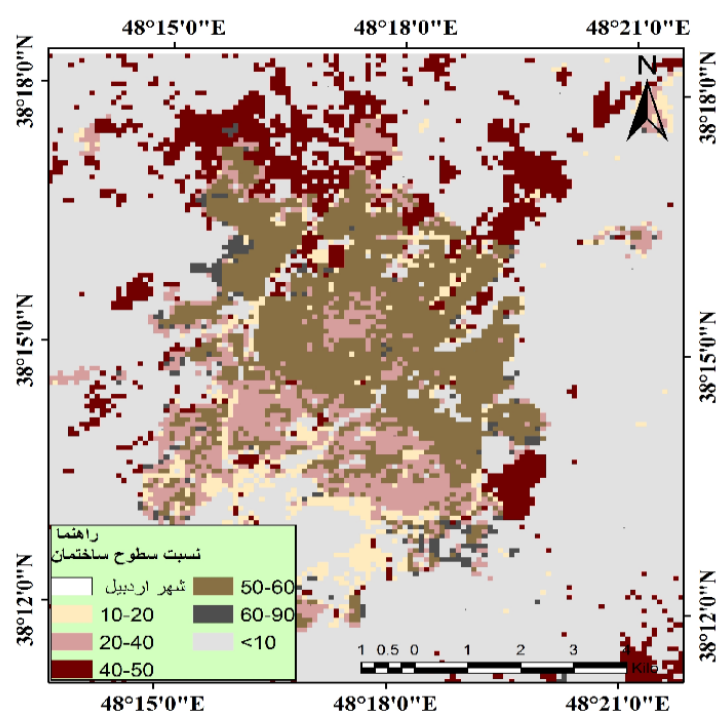


شکل ۵. نقشه نسبت تصویر شهر اردبیل

نسبت سطوح ساختمانی

این شاخص نسبت سطوح ساختمانی به غیر ساختمانی را نشان می‌دهد. ساختمان‌های متراکم با طبقات متوسط و کم دارای نسبت سطح ساختمانی ۷۰-۴۰ هستند. این سطوح ساختمانی که طبقات LCZ 2,3 را شامل می‌شود ۲۲/۸۲ کیلومترمربع و ۱/۲۹ درصد محدوده مطالعاتی را شامل می‌شود. این محدوده شامل، ساختمان‌های داخل شهر و زمین‌های احداث‌شده با بتن و آسفالت است. ساختمان‌های با فضای باز دارای طبقات متوسط و کم، نسبت سطح ساختمانی ۴۰-۲۰ را شامل می‌شود. این مناطق، طبقات اقلیم محلی LCZ 5, 6 را شامل می‌شود که روی هم حدود ۶/۸ درصد مساحت منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. سطوح ساختمانی در این طبقه اقلیم محلی، در مرکز شهر با یک لکه مشخص، و در حاشیه جنوبی شهر پراکندگی دارند. ساختمان‌های احداث‌شده با مصالح سبک (ساختمان‌های چوبی، خشتی...) نسبت سطح ساختمانی ۹۰-۶۰ را شامل می‌شود، به‌طور مشخص در طبقه اقلیم محلی LCZ 7 قرار دارد که حدود ۱/۵۸ درصد از مساحت محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود. سطوح ساختمانی در این طبقه اقلیم محلی، به‌صورت پراکنده در حاشیه

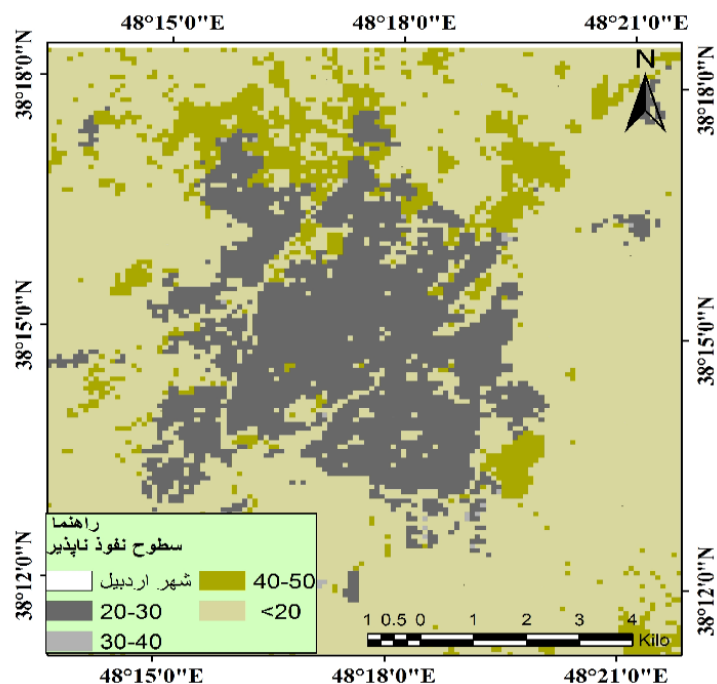
جنوب و جنوب شرق شهر دیده می‌شود. ساختمان‌های بزرگ با ارتفاع کم (بدون درخت و پوشش طبیعی) که نسبت ساختمان‌های ۳۰-۵۰ را درمی‌گیرد، که ۹/۷ درصد محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود. پراکندگی این ساختمان‌ها در نیمه شمالی شهر پراکندگی دارد. ساختمان‌های بزرگ با طبقات کم بدون فضای سبز، با نسبت ساختمان‌های ۱۰-۲۰ که طبقه اقلیم محلی LCZ9 را شامل می‌شود، حدود ۳/۳ درصد از مساحت محدوده را شامل می‌شود. این ساختمان‌ها به‌طور یک نوار باریک، دورتادور کمربندی شهر را در بر گرفته‌اند.



شکل ۶. نسبت سطوح ساختمانی شهر اردبیل

نسبت سطوح نفوذناپذیر

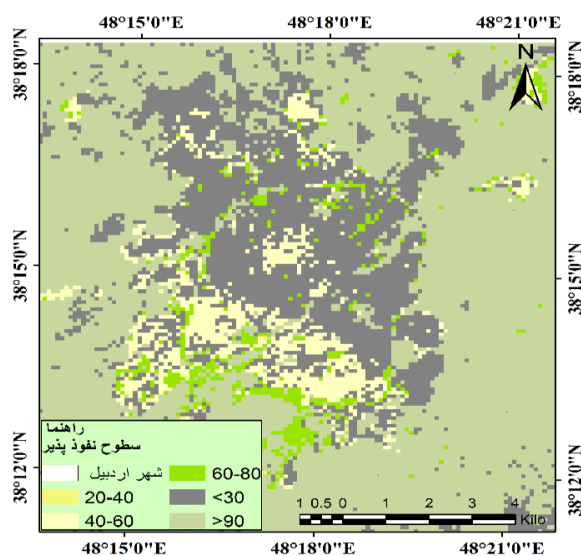
به سطوحی گفته می‌شود که آب از آن به لایه‌های زیرین نفوذ پیدا نمی‌کند. این سطوح نفوذناپذیر همان آسفالت و بتن‌های شهری هستند که هرچقدر بیشتر باشند مقدار نفوذناپذیری آن نیز بیشتر است. اما در مقابل فضای سبز و زمین‌های خاکی بایر، مناطق نفوذپذیر شهری را شامل می‌شوند. با توجه به نقشه مناطق مرکزی شهر به دلیل دارا بودن سطوح نفوذناپذیر، ارقام زیادتری را نشان می‌دهند؛ در مقابل مناطق حاشیه‌ای و فضاهای سبز ارقام کم و کوچک‌تر از ۲۰ را شامل می‌شوند. تمام طبقات LCZ2,3,5,6,8 زون سطوح نفوذناپذیر درون شهری را شامل می‌شوند که مساحت این طبقات روی هم ۳/۲۹ درصد محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود. ارقام کوچک‌تر از ۲۰ تمام طبقات طبیعی LCZ A-G و بخشی از طبقه LCZ9 را شامل می‌شود که روی هم ۶۹/۷ درصد محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود.



شکل ۷. نقشه سطوح نفوذناپذیر شهر اردبیل

سطوح نفوذپذیر شهری

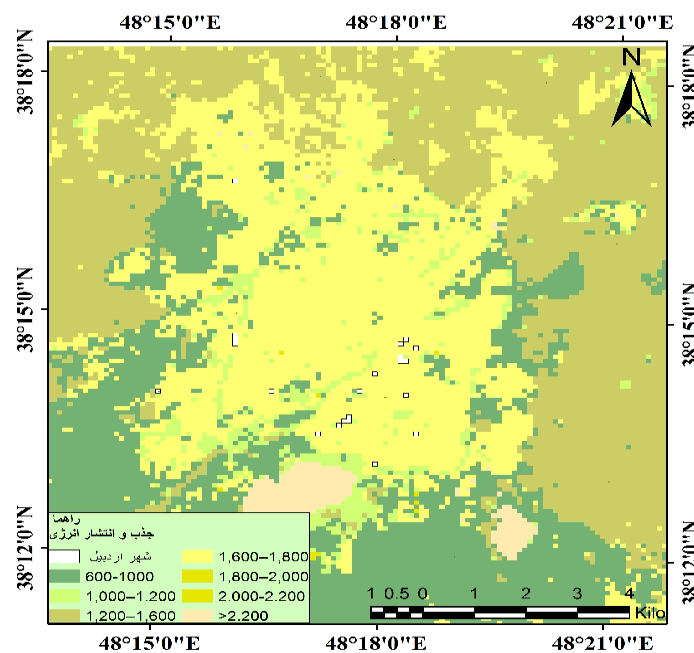
این سطوح نشانگر زمین‌های خاکی، شنی، فضای سبز شهری، جنگل‌های طبیعی، زمین‌های کشاورزی است که آب به راحتی در آن‌ها نفوذ می‌کند. مناطق مرکزی شهر ارقام کمتری از مقدار نفوذپذیری را نشان می‌دهند. اما مناطق حاشیه‌ای و فضاهای سبز و زمین‌های بایر ارقام بالاتری از سطوح نفوذپذیر را به نمایش می‌گذارد. ارقام کوچک‌تر از ۲۰٪ تمام طبقات LCZ 2,3,7,8 با مساحت ۴۴/۱۳۶ کیلومتر مربع در مرکز شهر و به‌طور پراکنده در نیمه شمالی شهر مشخص هستند. سطوح نفوذپذیر با ارقام ۴۰-۶۰ شامل طبقه LCZ6 است که با ۶/۷۶ درصد مساحت محدوده، و سطوح با نفوذپذیری ۶۰-۸۰ مربوط به طبقه LCZ9 با ۳/۳ درصد مساحت محدوده، و سطوح با نفوذپذیری >90 شامل زمین‌های شنی و خاکی و پهنه آب است که مساحتی در حدود ۴۹ کیلومتر از محدوده مورد مطالعه را شامل می‌شود.



شکل ۸. نقشه سطوح نفوذپذیر شهر اردبیل

میزان جذب انرژی

مقدار دریافت و پذیرش انرژی سطحی یکی دیگر از موارد مهم در تهیه نقشه اقلیم شهری است که بیانگر میزان دریافت و جذب انرژی در واحد سطح می‌باشد. بر اساس شکل (۹) مقدار دریافت انرژی خورشید در مرکز شهر و سطوح ساختمانی که پوشیده از بتن و آسفالت می‌باشد بیشتر و در حاشیه شهر، زمین‌های باغی، پارک‌ها و حتی زمین‌های خاکی سطح شهر میزان جذب و دریافت انرژی کمتر می‌باشد. میزان جذب انرژی سطحی در شهر ارقامی بین ۱۸۰۰ - ۲۲۰۰ را نشان می‌دهد درحالی‌که در زمین‌های با پوشش طبیعی این ارقام ۶۰۰ - ۱۰۰۰ می‌باشند.

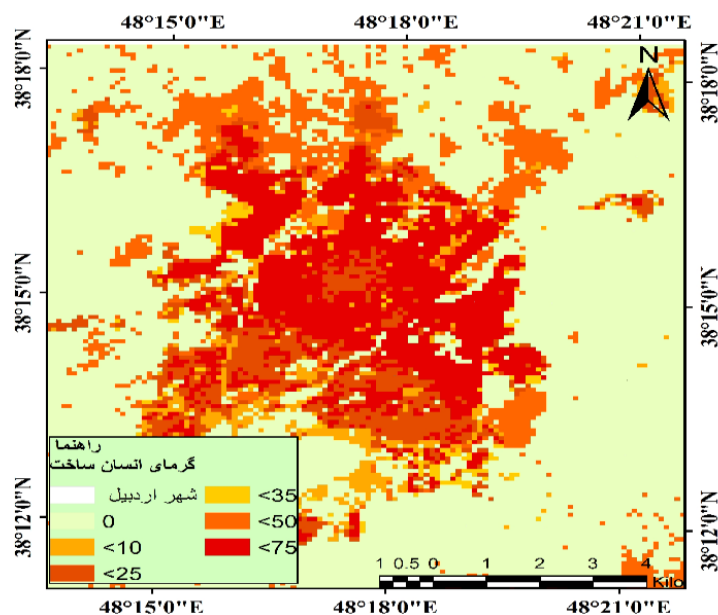


شکل ۹. نقشه میزان جذب و دریافت انرژی سطحی شهر اردبیل

میزان انتشار گرمای انسانی^۱

میزان گرمای حاصل از فعالیت انسانی در سطح شهر است. بر اساس شکل (۱۰) میزان انتشار گرمای حاصل از فعالیت انسانی در مرکز شهر و مناطق مسکونی بیشتر و برعکس به مناطق حاشیه‌ای و مناطق با پوشش طبیعی، میزان انتشار گرمای ناشی از فعالیت انسانی کاهش می‌یابد. به تفکیک ارقام انتشار گرمایی < 75 شامل طبقات LCZ2,3 که مساحتی در حدود ۲۲/۶۷ کیلومترمربع و رقم < 50 شامل طبقه LCZ8 با مساحتی در حدود ۱۸/۴۵ کیلومترمربع و رقم انتشار گرمایی < 35 شامل طبقه LCZ7 با مساحتی در حدود ۳ کیلومترمربع و رقم < 25 شامل طبقه LCZ5,6 که روی هم مساحتی در حدود ۱۳ کیلومترمربع و رقم < 10 شامل طبقه LCZ9 با مساحت ۶/۳۲ کیلومترمربع می‌باشد.

1. Anthropogenic heat output



شکل ۱۰. نقشه میزان گرمای تولیدی انسان ساخت در شهر اردبیل

بحث

اردبیل شهری تقریباً همگن از نظر بافت و عملکرد است، به‌طوری‌که بیشتر بخش‌های آن شامل طبقات اقلیمی LCZ2، ۳ و ۸ است (جدول شماره ۲). این طبقات شامل ساختمان‌های متراکم و کم ارتفاع به همراه ساختمان‌های بزرگ کم ارتفاع هستند. به همین دلیل، شهر اردبیل از نظر ساختمانی در دسته شهرهای بلندمرتبه قرار نمی‌گیرد. در کنار این بافت شهری، پوشش طبیعی شامل درختان، چمنزارها و بوته‌های پراکنده، به همراه زمین‌های بایر و کشاورزی دیده می‌شود که به‌طور گسترده در حاشیه و پیرامون شهر پراکنده‌اند.

شاخص دید آسمان به دلیل تراکم بالای ساختمان‌ها در مرکز و نواحی شهری اردبیل پایین است. همچنین، به دلیل معابر تنگ و کوچک، نسبت سطح اشغال‌شده توسط ساختمان‌ها در اردبیل بالاست. این شهر با ساختمان‌های متوسط و کم ارتفاع و کوچه‌های کوچک و فاقد فضای سبز کافی، منجر به افزایش نسبت سطح ساختمانی به فضای باز شده است. با این حال، در نیمه جنوبی شهر به‌واسطه ساخت شهرک‌های جدید و مجاورت با دریاچه شورابیل، نسبت بین ساختمان‌های مسکونی و فضاهای باز بهتر است. در کل، تراکم بالای ساختمان‌ها و فضای سبز کم، به افزایش بار گرمایی شهر اردبیل کمک کرده است. رودخانه بالیغلو چای که از مرکز شهر عبور می‌کند، نقش مهمی در تهویه هوا دارد. سطح شهر عمدتاً با بتن، آسفالت، ایزوگام و سنگفرش خیابانی پوشیده شده است که باعث شده حدود ۶۰ درصد مساحت شهر غیر قابل نفوذ باشد. در مقابل، سطوح نفوذپذیر بیشتر در نواحی جنوبی، کمربند شهری و زمین‌های بایر و کشاورزی قرار دارند. نواحی حاشیه‌ای و جنوبی شهر که شامل زمین‌های کم ارتفاع هستند، ضریب نفوذپذیری بالاتری تا حدود ۸۰ درصد نشان می‌دهند (شکل ۸). این تراکم ساختمانی بالا و کاهش فضاهای سبز به نفع ساخت‌وسازهای مسکونی و تجاری، باعث افزایش بار گرمایی داخل شهر شده است. معابر کم‌عرض و فشرده در مناطق مرکزی نیز به کاهش شاخص دید آسمان و ظرفیت تهویه هوا منجر شده‌اند (شمسی‌پور و همکاران، ۱۴۰۲).

شهر اردبیل با رشد شهرنشینی و جمعیت‌پذیری مواجه است و به همین دلیل تغییراتی در ساختار مسکن و سازه‌ها شکل گرفته، به‌طوری‌که از مسکن ویلایی و کم ارتفاع به سمت مجتمع‌های چندطبقه تغییر کرده است. در این رابطه سپاسی و همکاران (۱۴۰۲) در تحقیق خود نشان دادند که شهر تهران از نظر ارتفاع ساختمان‌ها در دسته شهرهای متوسط

قرار دارد، و روند افزایش برج‌های بلند افزایشی است. نتایج آن با تحقیق حاضر درباره تراکم ساختمانی اردبیل و افزایش بار گرمایی در این شهر همخوانی دارد. همچنین، نتایج پژوهش کورکی‌نژاد و همکاران (۱۴۰۱) درباره اقلیم شهر تهران نشان داد که مناطق مرکزی این شهر با بار گرمایی بالا و ضعف در تهویه طبیعی مواجه‌اند. این موضوع برای شهر اردبیل نیز اهمیت دارد و کاهش استفاده از سازه‌های بتنی و آسفالتی پیشنهاد می‌شود. ورامش و همکاران (۱۴۰۱) نیز نشان دادند که رشد بی‌رویه شهرنشینی و استفاده از منابع سرزمینی به دلیل گسترش تأسیسات و ساختمان‌های شهری، تغییرات قابل توجهی در کاربری اراضی محدوده اردبیل ایجاد کرده و موجب کاهش نفوذپذیری سطح زمین شده است.

کمترین مقدار سپیدایی در مرکز شهر مشاهده می‌شود، درحالی که زمین‌های بایر جنوبی و حاشیه‌های شمالی و غربی شهر آلودگی بیشتری دارند. مناطق مرکزی شهر به دلیل آلودگی کم، انرژی سطحی بیشتری جذب می‌کنند (نقشه ۹). به‌مراتب با حرکت به سمت حاشیه‌های جنوبی، مقدار جذب انرژی کاهش می‌یابد. انتشار گرمای حاصل از فعالیت‌های انسانی نیز در مرکز شهر بیشتر است و حدود ۷۵ درصد از آن در این منطقه متمرکز شده است (نقشه ۱۰).

نتیجه‌گیری

با توجه به نقشه اقلیم محلی شهر اردبیل که در ۱۴ طبقه به‌دست آمده، این شهر دارای دو بخش کاملاً متمایز است. بخش اول، هسته مرکزی و اصلی شهر است که متشکل از ساختمان‌های با ارتفاع کم تا متوسط است و طبقات اقلیم محلی LCZ 2، ۳، ۵ و ۸ را با بافت فشرده و متراکم تشکیل می‌دهد. بخش دوم شامل بافت باز و پوشش طبیعی است که بیشتر در اطراف شهر و نیمه جنوبی آن متمرکز شده است، مانند زمین‌های بایر، بوته‌زارها، درختزارهای طبیعی، و دریاچه شورابیل که در جنوب شهر قرار دارد. این تضاد در پوشش طبیعی و کالبد فیزیکی، منجر به ایجاد دو اقلیم محلی متفاوت شده است؛ به‌طوری که مرکز شهر با تجمع ساختمان‌های مسکونی و تجاری، اقلیم محلی گرم‌تری دارد. فقدان معابر پهن و کوچه‌های بزرگ، همراه با شار گرمای تولیدشده توسط فعالیت‌های انسانی و سطح آلودگی پایین، منجر به تهویه ضعیف هوا در این مناطق شده است. نواحی پیرامونی شهر و شهرک‌های جدید، مراکز تفریحی و ورزشی و خانه‌های ویلایی که در حاشیه شهر قرار دارند، از دید آسمان بهتری برخوردار بوده و شرایط اقلیم محلی بهتری دارند.

شهر اردبیل در حال رشد است و جمعیت‌پذیری آن ناشی از مهاجرت از شهرها و روستاهای پیرامون بالاست، به همین دلیل رشد ساخت‌وساز و افزایش سطوح نفوذناپذیر ناشی از تغییر پوشش سطحی طبیعی به انسان‌ساخت و ساختمانی می‌باشد. این موضوع به‌ویژه در نقشه (۸) به‌خوبی نشان‌دهنده کاهش نفوذپذیری سطح شهر به دلیل گسترش سازه‌های بتنی و ساختمانی است. با توجه به گسترش شهر اردبیل به سمت جنوب و افزایش ساخت‌وساز در این مناطق، نیاز به توسعه فضای سبز، کاهش تراکم ساختمانی و استفاده از فضاهای باز برای تهویه بهتر و کاهش فشار بر منابع آب‌های زیرزمینی بیشتر احساس می‌شود.

افزایش سطح فضاهای انسانی، در موازنه انرژی سطحی، به‌ویژه چرخه هیدرولوژیک سطحی، تغییر پوشش زمین اثر گذاشته و شرایط متفاوتی از قبل را فراهم می‌کند. این تغییرات در کاهش منابع آب و در نتیجه برنامه‌ریزی برای مدیریت و کنترل منابع آب سطحی و زیرزمینی و هدایت آن‌ها به سمت مصارف شهری را به دنبال دارد؛ که تهدیدی برای مشاغل کشاورزی، دامداری و حیات جانوری و گیاهی طبیعی منطقه است.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

نویسندگان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

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

تقدیر و تشکر

نویسندگان از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به‌ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع

- باقری، بهنام و کنعان‌پور، عبدالله. (۱۴۰۲). ارزیابی و تحلیل کیفی کاربری اراضی شهری از منظر عدالت فضایی با استفاده از مدل RN و تکنیک‌های آماره فضایی (مطالعه موردی: شهر اردبیل). *فصلنامه جغرافیا*، ۲۱(۷۸)، ۷۵-۹۲. <https://doi.org/10.5194/gmd-17-2077-2024>.
- سپاسی زنگی‌آبادی، سعید؛ شمسی‌پور، علی‌اکبر و حسینی، علی. (۱۴۰۱). پهنه‌بندی آب‌وهوای محلی کلان‌شهر تهران بر پایه ساختار فیزیکی. *نشریه علمی مطالعات شهری*، ۱۲(۴۸)، ۴۳-۵۴. <https://doi.org/10.34785/J011.2022.019>.
- شماعی، علی؛ کمانرودی، موسی و خلیلی اوماسلان سفلی، سید علی. (۱۳۹۷). تحلیل اثر ارتقاء جایگاه سیاسی شهر اردبیل بر توسعه فضایی شهر. *مجله پژوهش‌های جغرافیای سیاسی*، ۳(۱۲)، ۶۳-۹۲. <https://doi.org/10.22067/pg.v3i4.8158>.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر. (۱۴۰۳). *مدل‌سازی اقلیمی. نظریه و روش، ویراست دوم*، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر. (۱۴۰۲). *نگاشت اقلیم شهر و توصیه‌های برنامه‌ریزی؛ مروری بر تجارب جهانی*. چاپ دوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- صفائی‌پور، مسعود؛ گودرزی، مجید و پژواک، فضل‌الله. (۱۴۰۳). تحلیل جغرافیایی شاخص‌های عینی و ذهنی توسعه فضای سبز شهری دزفول با رویکرد زیست‌پذیری. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۲(۴)، ۱-۱۸. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.380545.1975>.
- کورکی‌نژاد، محمدحسن؛ شمسی‌پور، علی‌اکبر و حبیبی، کیومرث. (۱۴۰۲). دستورالعمل برنامه‌ریزی با نقشه‌های اقلیم شهری مطالعه موردی: شهر تهران. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۱(۳)، ۱-۲۰. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2023.351363.1759>.
- مدنی‌پور، علی. (۱۳۸۷). *طراحی فضای شهری: نگرشی بر فرایندی اجتماعی - مکانی*. ترجمه فرهاد مرتضایی، چاپ سوم، تهران: تهران: انتشارات پردازش و برنامه‌ریزی شهری.
- ورامش، سعید؛ محترم‌عبران، سهراب و روح‌نواز، زهرا. (۱۴۰۱). ارزیابی و پایش روند گسترش فیزیکی سی‌ساله شهر اردبیل با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای. *فصلنامه اطلاعات جغرافیایی*، ۳۱(۱۲۳)، ۱۳۹-۱۵۳. <http://doi.org/10.22131/sepehr.2022.699919>.
- یزدانی، محمدحسین و فیروزی مجنده، ابراهیم. (۱۳۹۴). بررسی توزیع فضایی کاربری‌های عمومی از منظر عدالت فضایی مطالعه موردی، شهر اردبیل. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۱(۶۱)، ۳۸۳-۲۶۳.

References

- Bagheri, B., & Kananpour, A. (2023). Evaluation and quantitative analysis of urban land use from the prospective of spatial justice using RN model and spatial statistics techniques (Case study: Ardebil city). *Geography*, 21(78), 75-92. 3 <http://dor.net/dor/20.1001.1.27833739>. [In Persian].
- Benjamin, K., Luo, Z., & Wang, X. (2021). Crowdsourcing Urban Air Temperature Data for Estimating Urban Heat Island and Building Heating/Cooling Load in London. *Energies*, 14, 5208. <https://doi.org/10.3390/en14165208>.

- Bernard, J., Bocher, E., Gousseff, M., Leconte, F., & Saux-Wiederhold, E.L. (2024). A generic algorithm to automatically classify urban fabric according to the local climate zone system: implementation in GeoClimate 0.0.1 and application to French cities. *Geosci. Model Dev*, 17, 2077–2116. <https://doi.org/10.5194/gmd-17-2077-2024>.
- Chao, R., Edward, N.G., yunga, Y., & Lutz, K. (2010). Urban climatic map studies: a review. *International Journal Climatology*. <https://doi.org/10.1002/joc.2237>.
- Demuzere, M., Kittner, J., & Bechtel, B. (2021). LCZ Generator: A Web Application to Create Local Climate Zone Maps. *Frontiers in Environmental Science*, <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.637455>.
- Evans, J.M. & de Schiller, S. (1996). Application of microclimate studies in town planning: A new capital city, an existing urban district & urban river front development. *Atmospheric Environment*, 30(3), 361–364. [https://doi.org/10.1016/1352-2310\(94\)00138-3](https://doi.org/10.1016/1352-2310(94)00138-3).
- Johnson, B.A. & Jozdani, S.E. (2019). Local Climate Zone (LCZ) Map Accuracy Assessments Should Account for Land Cover Physical Characteristics that Affect the Local Thermal Environment. *Remot sens*, 11. <https://doi.org/10.3390/rs11202420>.
- Kaloustiana, N. & Bechtel, B. (2016). Local Climatic Zoning and Urban Heat Island in Beirut. *Procedia Engineering*, 169, 216–223. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.10.026>.
- Katzschner, L. & Campe, S. (2015). Urban climatic map studies in Germany: Frankfurt, Chapter book 18. *Routledge*, 247–251. <https://doi.org/10.4324/9781315717616>.
- Katzschner, L. & Horn, K. (2005). *Klimabewertungskarte Hessen*. Wiesbaden: Hessisches Ministerium für Wirtschaft und Landesentwicklung.
- Kopp, J., Frajer, J., Novotná, M., Preis, J. & Dolejš, M. (2021). Comparison of Ecohydrological and Climatological Zoning of the Cities: Case Study of the City of Pilsen. <https://doi.org/10.3390/ijgi10050350>.
- KorkiNezhad, M., Shamsipour, A. & Habibi, K. (2023). Planning recommendations with urban climate maps The Case study of Tehran city. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 11(3), 1–20. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2023.351363.1759>. [In Persian].
- Lau, K., Chung, S.C. & Ren, C. (2019). Outdoor thermal comfort in different urban settings of sub-tropical high-density cities: An approach of adopting local climate zone (LCZ) classification. *Build Environ*, 227–238. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.03.005>.
- Lauwaet, D., Berckmans, J., Hooyberghs, H., Wouters, H., Driesen, G., Lefebvre, F. & Ridder, K. (2024). High resolution modelling of the urban heat island of 100 European cities. *Journal Urban Climate*. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.101850>.
- Lee, D., Kyushik Oh, & Seunghyun Jung. (2019). Classifying Urban Climate Zones (UCZs) Based on Spatial Statistical Analyses. *Sustainability*, 11, 1915, [doi:10.3390/su11071915](https://doi.org/10.3390/su11071915).
- Lehnert, M., Savic, S., Milošević, D., Dunjic, J., & Geletic, J. (2021). Mapping Local climate Zones and Their Applications in European Urban Environments: A Systematic Literature Review and Future Development Trends. *International Journal of Geo-Information*, 10, 260. <https://doi.org/10.3390/ijgi10040260>.
- Madanipour, A. (2008). *Urban Space Design: A Perspective on a Social-Spatial Process*. 3rd Edition. Tehran: Translated by Farhad Mortezaei. Tehran: Pardazah and Urban Planning Publications. [In Persian].
- Picone, N., & Campo, María, A. (2015). Preparing Urban climate maps using the LCZ methodology improving communication with urban planners: the case of Tandil city, Argentina. *Conference Paper*, <https://www.researchgate.net/publication/280446545>.
- Ping, Yu., Fan, A., Qing, He b., Yi Zhou, T. (2023). Identifying research progress, focuses, and prospects of local climate zone (LCZ) using bibliometrics and critical reviews. *Heliyon*, doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14067.
- Pradhesta, YF., Nurjani, E., & Arijuddin, BI. (2019). Local Climate Zone classification for climate-based urban planning using Landsat 8 Imagery (A case study in Yogyakarta Urban Area). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/303/1/012022>.
- Qi, M., Xu, C., Zhang, W., Demuzere, M., Hystad, P., Tianjun Lu, T., Peter J, B., Bechtel, B., & Hankey, S. (2024). Mapping urban form into local climate zones for the continental US from 1986–2020. *nature scientificdata*. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03042-4>.

- Ren, C., Cai, M., Li, X., Zhang¹, L., Wang, R., Xu, Y., & Edward Ng. (2019). Assessment of Local Climate Zone Classification Maps of Cities in China and Feasible Refinements. *nature scientific reports*, 9, <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55444-9>.
- Rena, R., Spith, T., Lenzholzer, S., Lam, H., & Yimd, S., Heusinkvelde, B., Hovee, B.V., Chena, L., Kupskif, S., Burghardt, R. and Katzschner, L. (2012). Urban Climate Map System for Dutch spatial planning. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 18, 207–221. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.01.026>.
- Safaeepour, M., Goodarzi, M., & Pajhwok, F. (2024). Geographical analysis of objective and subjective indicators of Dezful urban green space development with livability approach. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 12(4), 1-18. <https://doi.org/10.22059/jurbangeo.2024.380545.1975>. [In Persian].
- Sepasi-Zangiabadi, S., Shamsipour, A.A. & Hosseini, A. (2023). Local Climate Zoning of Tehran metropolitan base on physical structure. *Motaleate Shahri*, 12(48), 43-54. <https://doi.org/10.34785/J011.2022.019>. [In Persian].
- Shamaei, A., kamanroodi kajverdi, M. & khalili-omaslan sofia, S.A.K. (2018). Analysis of Impacts of Promoting the Political Position of Ardabil on the spatial development of the city. *Research Political Geography Quarterly*, 3(2), 63-92. <https://doi.org/10.22067/pg.v3i4.8158>. [In Persian].
- Shamsipour, A. (2023). *Urban Climate Mapping and Planning Recommendations; A Review of Global Experiences*. 2nd Edition. Tehran: University of Tehran Press. [In Persian].
- Shamsipour, A. (2024). *Climate Modeling, Theory and Method*. 2nd Edition, University of Tehran Press, Tehran. [In Persian].
- Varamesh, S., Mohtaram-Anbaran, S., & Rouhnavaz, Z. (2022). Evaluation and monitoring of the thirty-year physical expansion process of Ardabil city using satellite images *Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 31(123), 139-153. <http://doi.org/10.22131/sepehr.2022.699919>. [In Persian].
- Yang, G., Fu, Y., Yan, M., & Zhang, J. (2020). Exploring the distribution of energy consumption in a northeast Chinese city based on local climate zone scheme: Shenyang city as a case study. *Energy Explor Exploit*, 38, 2079–2094. <https://doi.org/10.1177/014459872095046>.
- Yazdani, M.H. & Firoozeei-Majande, E. (2017). The Analysis of Public Land Distribution in Order to Measure the Space Justice in the Enjoyment of Urban Areas from Public Facilities (Case Study: Ardabil City). *Journal of Geography and Planning*, 21(61), 263-283. [In Persian].
- Zwolska, A., Pórolniczak, M., and Kolendowicz, L. (2024). Urban growth's implications on land surface temperature in a medium-sized European city based on LCZ classification. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-58501-0>