

Local Climate Zoning of Tehran metropolitan base on physical structure

Saeed Sepasi Zangiabadi - Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

Aliakbar Shamsipour¹ - Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

Ali Hoseini - Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 16 March 2022 Accepted: 04 November 2022

Highlights

- Climatic zoning of Tehran was conducted using the latest and most accurate method available.
- This climatic zoning used the processing of Landsat 8 satellite images and sampling in Google Earth.
- 17 climatic zones were obtained according to physical characteristics and land surface cover.
- The LCZ model focuses on the thermal loads of the city, which are affected by building density and land cover/use changes.
- The central and eastern areas of Tehran, due to the high density of buildings, and the southwestern areas of the city, due to industrial and warehouse land use, have high thermal loads.

Extended abstract

Introduction

Urban spaces have different and more complex environmental conditions than natural environments because they combine human-made elements and natural features. Today, urban climate specialists focus on a combination of urban and natural factors when zoning urban spaces.

The Local Climate Classification (LCZs) is a new and systematic classification system for urban spaces proposed by Stuart and Oke (2012). LCZs classify climates according to the physical structure of the city. Each LCZ is characterized by one or more distinctive features, such as land cover, height, and the distance between trees and buildings.

Local Climate Zoning classifies the climate of urban spaces by focusing on the city's physical structure and surface coverage. The LCZ classification has 17 different classes, each of which represents a unique set of characteristics. LCZ classes are individually identified by one or more distinctive characteristics, such as land cover or height, the distance between trees and buildings. Classes 1 to 10 focus more on the physical structure created by humans, while classes A to G focus more on the natural aspect of the city.

Theoretical Framework

The Local Climate Zoning (LCZ) method was extracted and presented by Stewart and Oke (2012) from the Urban Climate Zones (UCZ) method. This method is presented with an emphasis on land cover characteristics and building density for large cities.

In this method, 10 climate zones are specified for urban built spaces and 7 climate zones for natural spaces. The most important data required in this method are Landsat satellite images, which are prepared in both winter and summer seasons to accurately identify the land surface cover. Additionally, for each of the 17 climate classes, it is necessary to take samples in Google Earth to use those samples in the image processing process. Therefore, the accuracy and quality of the map of local climate zones depends on the accuracy of sampling.

¹ Responsible author: shamsipr@ut.ac.ir

Methodology

Three types of data were used in this study: meteorological data, satellite images, and spatial information layers.

- Meteorological data included temperature, precipitation, wind speed, and wind direction data from the Doshan Tappeh, Geophysical, and Mehrabad meteorological stations in Tehran for the past 20 years.
- Satellite images of the city of Tehran were used for two periods: summer and winter.
- Spatial information layers included land use data, land cover, and building floors of Tehran.

To create a map of the local climate classes in Tehran, the satellite images were converted to a spatial resolution of 100 meters in the SAGA-GIS environment. The measured area was then cut and saved in kml format and added to the Google Earth program. In Google Earth, samples of each climatic class were collected. This stage was the most important and decisive stage of the research, and it was conducted with great accuracy and patience using many samples.

Results and Discussion

The city of Tehran has a diverse range of local climate classes (LCZs) due to its diverse natural and human environments. Tehran is a heterogeneous metropolis in terms of its form and function, and this heterogeneity is reflected in the distribution of LCZs.

The results of this study showed that the most common LCZs in Tehran are:

- Dense texture and medium height (LCZ 2): These LCZs are characterized by high ambient heat load and poor ventilation capacity. They are generally concentrated in the central and northeastern parts of Tehran.
- Dense and short (LCZ 3): These LCZs are also characterized by high ambient heat load and poor ventilation capacity. They are found in other parts of the city, such as the southern and southwestern suburbs.
- Low-rise and mid-rise (LCZ 4 to LCZ 6): These LCZs are characterized by lower ambient heat load and better ventilation capacity. They are found in the outer parts of the city, such as the northwestern and southeastern suburbs.
- Barren land and agricultural land (LCZ 7 to LCZ 9): These LCZs have the lowest ambient heat load and best ventilation capacity. They are found outside the city limits.

The distribution of LCZs in Tehran is affected by a number of factors, including:

- The density of buildings
- The height of buildings
- The presence of vegetation
- The topography
- The proximity to water bodies

The high density of buildings in the central and northeastern parts of Tehran is the main reason for the predominance of LCZs 2 and 3 in these areas. The low density of buildings in the outer parts of the city is the main reason for the predominance of LCZs 4 to 6 in these areas. The presence of vegetation helps to reduce the ambient heat load and improve ventilation, while the proximity to water bodies also helps to cool the air.

The distribution of LCZs in Tehran has important implications for the city's climate and environment. The high ambient heat load and poor ventilation capacity of LCZs 2 and 3 can contribute to the formation of the urban heat island effect, while the lower ambient heat load and better ventilation capacity of LCZs 4 to 6 can help to mitigate this effect. The presence of vegetation can also help to improve air quality and reduce noise pollution.

Overall, the distribution of LCZs in Tehran is a complex issue that is affected by a number of factors. The understanding of this distribution is important for the development of strategies to mitigate the effects of climate change and improve the city's environment.

Conclusion

The findings of this study have important implications for the planning and management of Tehran. Identifying areas at risk of high urban heat load and flooding can help to prioritize interventions to reduce these risks. For example, the city

could plant more trees and vegetation to cool the air and reduce the urban heat island effect. It could also improve the drainage system to reduce the risk of flooding.

Overall, this study provides a valuable contribution to the understanding of the urban climate of Tehran. The findings can be used to develop strategies to improve the livability of the city and reduce the risks of heat stress and flooding.

Keywords: Climate classification, Thermal loads, natural ventilation, Local climate zones, Tehran.

Citation: Sepasi Zangiabadi, Saeed; Shamsipour, Aliakbar; Hoseini, Ali (2023). Local Climate Zoning of Tehran metropolitan base on physical structure, *Motaleate Shahri*, 12(48), 43–54. <https://doi.org/10.34785/J011.2022.019.112>.

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



پهنه‌بندی آب و هوای محلی کلان شهر تهران بر پایه ساختار فیزیکی^۱

سعید سپاسی زنگی آبادی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

علی اکبر شمسی پور^۲ - دانشیار آب و هواشناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

علی حسینی - دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۲۵ اسفند ۱۴۰۰ تاریخ پذیرش: ۱۳ آبان ۱۴۰۱

چکیده

فضاهای شهری به واسطه درهم آمیختگی عناصر انسان‌ساخت و عوارض طبیعی، شرایط محیطی متفاوت و پیچیده‌تری از محیط‌های طبیعی دارند. امروزه در منطقه‌بندی اقلیمی فضاهای شهری، رویکرد متخصصان اقلیم شهری بر توجه و استفاده ترکیبی از عوامل شهری و طبیعی است. زون‌های محلی اقلیم به طبقه‌بندی آب و هوایی فضاهای شهری با توجه و تمرکز بر ساختار فیزیکی و پوشش سطحی شهر می‌پردازد. این روش طبقه‌بندی دارای ۱۷ کلاس با ویژگی‌های پوششی و فیزیکی متفاوت است. برای انجام پژوهش از سه نوع داده‌های هواشناسی، تصاویر ماهواره‌ای و لایه‌های اطلاعات مکانی استفاده شد. تصاویر برای دو دوره زمانی تابستان و زمستان، لایه‌های اطلاعات مکانی شهر تهران و حومه آن شامل داده‌های کاربری/پوشش اراضی و طبقات ساختمانی شهر و داده‌های جوی دما، بارش، سرعت و جهت باد در دوره زمانی ۲۰ ساله از ایستگاه‌های هواشناسی داخل شهر تهیه شدند. فرایند پردازش داده‌ها در نرم‌افزار ساگا-جی‌آی‌اس S، نمونه برداری در گوگل ارتس و طبقه‌بندی و خروجی اطلاعات در آرک/جی‌آی‌اس انجام شد. نتایج طبقه‌بندی اقلیم محلی تهران نشان داد، اقلیم‌های محلی با بافت متراکم و ارتفاع متوسط (کلاس ۲) و متراکم و کوتاه (کلاس ۳) غالب هستند. این دو کلاس اقلیم محلی که با بار گرمای محیطی بالا و ظرفیت تهویه ضعیف شناخته می‌شوند، عموماً در مرکز و مناطقی از شمال شرق تهران متمرکزند. همچنین حومه شمال و شمال شرق با پهنه‌های پوشش درختی و طبیعی (یعنی طبقات اقلیمی درختان متراکم تا بوته‌زار) و حومه جنوبی شهر با اراضی کشاورزی و علفزار مشخص شدند؛ این طبقات اقلیمی قابلیت تأمین هوای خنک و مطلوب برای داخل شهر را دارند. در نتیجه تقویت کریدورهای سبز و گذر هوای شمالی - جنوبی برای کاهش بار گرمای مرکز شهر و افزایش ظرفیت پویایی آن پیشنهاد می‌شود.

واژگان کلیدی: بار گرمای محیطی، طبقه‌بندی اقلیمی، تهویه طبیعی، زون‌های اقلیم محلی، تهران.

نکات برجسته

- زون بندی اقلیمی تهران با جدیدترین و دقیق ترین روش موجود انجام شد..
- در این زون بندی اقلیمی، ما از پردازش تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و نمونه برداری در گوگل ارتس استفاده کردیم.
- ۱۷ زون اقلیمی با توجه به ویژگی های فیزیکی و پوشش سطح به دست آمد.
- در روش L.C.Z تأکید بر بار گرمای محیطی شهر هست که متأثر از تراکم ساختمانی و تغییر پوشش/کاربری اراضی است.
- مناطق مرکزی و شرق تهران به دلیل تراکم بالای ساختمانی و مناطق جنوب غرب تهران به دلیل کاربری صنعتی و انباری از بار گرمای بالایی برخوردارند.

۱ این مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد رشته آب و هواشناسی محیطی با عنوان «پهنه‌بندی آب و هوای محلی با تأکید بر ساختار فیزیکی شهر تهران» است که به وسیله نویسنده اول و با راهنمایی نویسنده دوم و مشاوره نویسنده سوم در دانشگاه تهران دفاع شده است.

۲ نویسنده مسئول مقاله: shamsipr@ut.ac.ir

۱. مقدمه

از گذشته‌های دور جوامع بشری برای انجام فعالیت‌های اقتصادی، اجتماعی و مسافرت‌ها به شرایط آب‌وهوایی توجه داشته‌اند. به طوری که برخی پدیده‌های جوی مانند بادهای شرقی به دلیل اهمیت آن در کشتیرانی به نام بادهای تجارتنی نام‌گذاری شده است. برای شناخت الگوهای پوشش گیاهی، کاشت محصولات زراعی، ظرفیت منابع آبی، الگوی معماری بومی و طراحی شهری، تعیین شرایط آسایش حرارتی و شناخت وضعیت غالب و بحرانی آب‌وهوا در هر منطقه‌ای انجام طبقه‌بندی اقلیمی مورد توجه قرار می‌گیرد. بنابراین برای شناخت تفاوت‌های محیطی، فرهنگی، معیشتی و تعیین علل آب‌وهوایی یا تعیین فعالیت‌های سازگار با آنها، پهنه‌بندی‌های آب‌وهوایی با رویکردها و روش‌های متنوعی ارائه شده است.

در دهه ۱۹۷۰ الگوی آلمانی نقشه‌های اقلیم شهری^۱ به جهان معرفی شد. نقشه اقلیم شهری ابزاری اطلاعاتی و تحلیلی برای ترکیب عوامل اقلیم شهری و ملاحظات برنامه‌ریزی شهری با ارائه پدیده‌ها و مسائل اقلیمی در نقشه‌های دوبعدی فضایی است (Baumuller, et al., 1992). این نقشه‌ها دارای دو مؤلفه اصلی (۱) نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری (نقشه عملکرد ترکیبی اقلیم)^۲ و (۲) نقشه توصیه برنامه‌ریزی اقلیم شهری^۳ است (Matzarakis, et al., 2005). در زمینه مطالعه نقشه‌های اقلیم شهری، محقق آلمانی کار ناچ (۱۹۵۱-۱۹۶۳) برای نخستین بار سامانه نگاشت اقلیمی را برای اهداف برنامه‌ریزی پیشنهاد کرد. او یک سری نقشه‌های اقلیم شهری با مقیاس‌های مختلف درنشریه خود دی لاندکلیما - اوفنهام پیشنهاد داد که باید در سیستم برنامه‌ریزی محلی اعمال شود (Ren, et al., 2015). امروزه هیچ رویه مشترک جهانی برای توصیف ماهیت فیزیکی شهرها برای اقلیم‌شناسان شهری وجود ندارد و بیشتر اصطلاحات موجود در مناطق فرهنگی و جغرافیایی قابل انتقال نیست. برای رفع این مشکل و به ویژه برای کمک به استانداردسازی روش‌های مشاهده و مستندسازی در مطالعات جزیره گرمای شهری، اک طرح مناطق اقلیم شهری^۴ را در سال ۲۰۰۴ طرح کرد (Oke, 2004). طرح مناطق اقلیم شهری، جهانی‌ترین طبقه‌بندی آب‌وهوای شهری بود، اما بیشتر روی سناریوی شهرهای مدرن و توسعه یافته متمرکز است. استوارت و اک بعداً این روش را اصلاح کردند و زون‌های محلی اقلیم^۵ را معرفی کردند (Stewart and Oke, 2012). این روش طبقه‌بندی شامل ۱۷ منطقه آب‌وهوایی است که عمدتاً بر اساس خصوصیات ساختار سطح (برای نمونه، ساختمان و ارتفاع و تراکم درخت) و پوشش سطح (نفوذپذیر در مقابل نفوذ ناپذیر) است (تصویر شماره ۱). هر منطقه اقلیمی در مقیاس محلی مشخص می‌شود، یعنی فاصله‌های افقی ۱۰۰ متر تا چند کیلومتر را نشان می‌دهد (Stewart, et al., 2012).

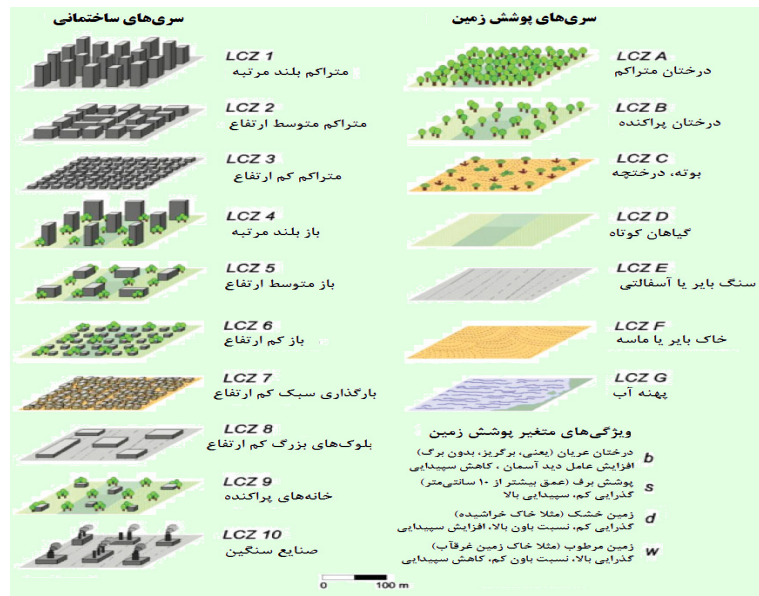
مطالعاتی با روش زون‌های محلی اقلیم در جهان صورت گرفته است. به طوری که در شهر چونگ‌کینگ با استفاده از طبقه‌بندی آب‌وهوایی با روش زون‌های محلی اقلیم و با توجه بیشتر به طبقات مربوط به شهر و ساختمان‌های ۱ تا ۱۰ طبقه، به این نتیجه رسیدند که این

روش طبقه‌بندی برای مطالعات جزیره گرمای شهری کاربرد دارد و در پیشنهاد‌های خود آن روشی کارآمد معرفی کردند (Wang, et al., 2016). در مطالعه دیگری که طبقه‌بندی اقلیمی به روش زون‌های محلی اقلیم در دو شهر ووهان و هانگژو صورت گرفته، دو کلاس A و D بیشترین فراوانی را داشتند و به ۱۷ طبقه اقلیمی تقسیم شدند. همچنین به این نتیجه رسیدند که می‌توان از این روش برای شهرهای دیگر چین نیز استفاده کرد (Ren, et al., 2016). در بلژیک وضعیت اقلیم داخل شهری سه شهر آنتورپ، بروکسل و گنت با روش LCZ به ۱۲ کلاس اقلیمی طبقه‌بندی گردید و این نتیجه به دست آمد که می‌توان از این روش در مناطق شهری ناهمگن در سراسر جهان استفاده کرد (Verdoncka, et al., 2017). در شهر شنیانگ چین طبقه‌بندی اقلیمی LCZ صورت گرفته و در آن با توجه به طبقه‌بندی انجام شده عملکرد تهویه شهری را بررسی کردند و در نتیجه LCZ را روش مناسبی در بررسی تهویه شهری دانستند. در این مطالعه که ۱۶ نقطه از شهر را زیر نظر گرفتند، ۱۷ کلاس LCZ به دست آمد (zhao, et al., 2020). در تحقیقات داخل ایران نیز از روش LCZ برای طبقه‌بندی اقلیمی شهر تهران استفاده شده و ۱۷ طبقه اقلیم محلی به دست آمده که در داخل شهر طبقه LCZ2 و LCZ3 و در حومه آن LCZd غالب بودند (Shamsipour, 2021). همچنین در پژوهش دیگری با روش LCZ طبقه‌بندی محدوده شهرستان تهران مورد توجه قرار گرفته است. در این مورد طبقه‌بندی اقلیم محلی تهران به صورت کلی تری در ۱۷ کلاس طبقه بندی و ارائه شده است (Izadi, 2021) (تصویر شماره ۱).

طبق مطالعات انجام شده در خصوص طبقه‌بندی‌های آب‌وهوای شهری، اغلب روش‌ها از نظر دقت و کاربرد محدود بوده و مناسب استفاده برای فضاهای شهری نیستند (Eskandarian, 2015). در مطالعات انجام شده تقسیم‌بندی اقلیمی با روش‌های سنتی و با تأکید بر عناصر جوی بدون توجه کافی به عناصر و پدیده‌های انسانی و سطحی (توپوگرافی شهری، الگوی توده‌گذاری ساختمانی، جهت‌گیری و تراکم شبکه‌های دسترسی شهری) تأثیرگذار در وضعیت اقلیمی شهر انجام شده است. همچنین در طبقه‌بندی‌های انجام شده در شهر تهران عموماً به ساختار فیزیکی شهر و عوامل انسان ساخت مؤثر در شرایط محیطی و اقلیمی توجه نداشته‌اند.

تنوع محیطی و اقلیمی شهر تهران ناشی از توپوگرافی پیچیده طبیعی آن است، به طوری که از ضلع جنوبی با حاشیه دشت کویر نمک با اقلیم بیابانی و ارتفاع پست محدود شده و از شمال به ارتفاعات و کوهپایه‌های جنوبی رشته کوه‌های البرز میانی پیوند می‌خورد. به همین دلیل اختلاف ارتفاع قابل توجه بالای ۸۰۰ متر در شهر وجود دارد. اختلاف ارتفاع همراه با خود، تفاوت در چشم‌انداز، جهت و میزان شیب سطحی، تغییر در میزان و نوع بارش، اختلاف محسوس دما و رطوبت، تنوع پوشش گیاهی و اقلیمی را به همراه دارد (Moghbel and Shamsipour, 2019). تنوع بالای عناصر، عوامل و متغیرهای محیطی در کنار آشفتگی در توزیع عناصر و مؤلفه‌های فضاهای انسان ساخت، محیطی به شدت متغیر و ناهمگن با تغییرپذیری فضایی بالا را در سطح مادرشهر تهران فراهم ساخته است. یکی از آنها شرایط آب‌وهوایی متنوع و متغیر وابسته به عوامل محیطی و مصنوع شهری تهران است. در این مطالعه با روش LCZ طبقه‌بندی اقلیمی شهر تهران با توجه و اعمال الگوی ساختار فیزیکی آن، ویژگی‌های طبیعی (توپوگرافی) و پوشش زمین انجام شده است.

- 1 Urban Climate Maps
- 2 UC-AnMap
- 3 UC-ReMap
- 4 Urban Climate Zones
- 5 Local Climate Zone

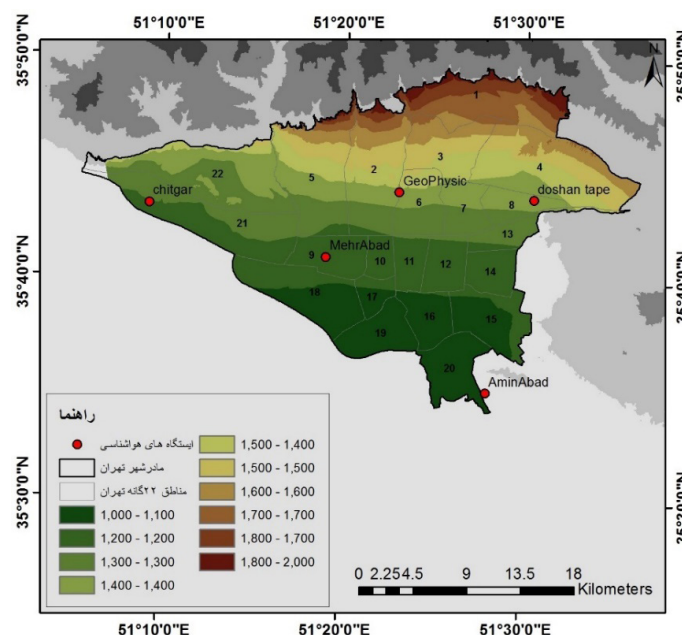


تصویر شماره ۱: طبقات محلی اقلیم (LCZ) و ۱۷ کلاس استاندارد آن (Stewart and Oke, 2012)

۲. داده‌ها و روش‌شناسی تحقیق ۲.۱. منطقه مورد مطالعه

کوهستانی، مجاورت با قله‌های برف‌گیر، بافت نامتراکم، وجود باغ‌های کهن، بوستان‌ها و رود دره‌های متعدد در شمال شهر کمک کرده‌اند تا هوای مناطق شمالی شهر به طور متوسط ۲ تا ۳ درجه سانتیگراد خنک‌تر از مناطق مرکزی و جنوبی شهر باشد (Saadinejad, 2019). شهر تهران از جنبه فرم و عملکرد شهری نیز پیچیده و رشد در هم ریخته‌ای دارد. به طوری که الگوی مشخص و برنامه‌ریزی شده‌ای از توسعه فیزیکی در آن دیده نمی‌شود؛ به این شکل که فرم و عملکرد شهری در تمام محلات و مناطق شهرداری تهران پراکنده و در هم آمیخته است و تفاوت چندانی بین مناطق مرکزی و پیرامونی آن نیست (Shamsipour et al. 2012). از مهمترین ویژگی‌های شهر تهران شبکه بزرگراه‌های شمالی-جنوبی و شرقی-غربی است که به عنوان کریدورهای جریان هوا قابل توجه هستند (Kurkinjad, 2021). از لحاظ کالبدی، مرکز شهر با تراکم‌های ساختمانی، فعالیت، جمعیتی و ترافیکی شناخته می‌شود.

تهران با تراکم جمعیتی ۱۰ میلیون و ۵۵۰ هزار نفر در یک متر مربع درده پانزدهم شهرهای متراکم جهان است (Shamsipour, 2021). تهران با مساحت ۷۳۰ کیلومتر مربع به همراه حومه خود جمعیتی بالغ بر ۱۴ میلیون نفر دارد (Atlas of Tehran Municipality, 2013) و به لحاظ بزرگی محدوده شهری بیست و هشتمین شهر دنیاست (Worldmeter, 2019). محدوده شهری تهران به ۲۲ منطقه شهرداری، ۱۳۴ ناحیه و ۳۷۰ محله اداری تقسیم شده است (Nowrozi, 2015 Sasanpour and). تهران در پهنه‌ای بین دو تیپ اراضی کوهستانی در شمال و دشت کویر نمک در جنوب و در پای دامنه‌های جنوبی البرز گسترده شده است. گستره کنونی تهران از ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ متری از سطح دریا قرار گرفته (تصویر شماره ۲) و جهت شیب عمومی آن جنوبی است (Sajjadi, et al. 2017). ویژگی



تصویر شماره ۲: موقعیت جغرافیایی شهر تهران و ایستگاه‌های هواشناسی با تقسیمات مناطق شهرداری و سطوح ارتفاعی

۲.۲. داده‌ها

مقیاس زمانی ماهانه از سازمان هواشناسی کشور برای ایستگاه‌های همدید مهربآباد، ژئوفیزیک و دوشان تپه در تهران دریافت شد (جدول شماره ۱).

داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از لحاظ نوع و منبع آنها به چند دسته تقسیم می‌شوند. داده‌های نقطه‌ای (مشاهداتی) شامل عناصر دما، بارش، سرعت و جهت باد در دوره زمانی ۲۰ ساله (۲۰۱۹-۲۰۰۰) با

جدول شماره ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده در مطالعه

ایستگاه	داده‌های جوی	تاریخ تاسیس	طول دوره آماری	مقیاس زمانی
ژئوفیزیک	دما، بارش، سرعت و جهت باد	۱۹۹۱	۲۰ سال	ماهانه و فصلی
مهربآباد	دما، بارش، سرعت و جهت باد	۱۹۵۱	۲۰ سال	ماهانه و فصلی
دوشان تپه	دما، بارش، سرعت و جهت باد	۱۹۷۲	۲۰ سال	ماهانه و فصلی

شد (جدول شماره ۲). تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پایش حرارتی یا پوشش سطحی زمین باید عاری از ابر باشند.

داده‌های سنجش از دور شامل تصاویر سنجنده OLI از ماهواره‌ای لندست ۸ است. در دو دوره زمانی تابستان و زمستان سال ۱۳۹۹ برای شهر تهران از سایت Earth Explorer (earthexplorer.usgs.gov) دریافت

جدول شماره ۲: اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای

نام ماهواره	نام سنجنده	تعداد باند	قدرت تفکیک مکانی	تاریخ تصویر (هجری شمسی)	وضعیت
لندست ۸	OLI و TIRS	۱۱	۳۰ متر و ۱۰۰ متر	۱۳۹۹/۰۴/۰۶	بدون ابر
لندست ۸	OLI و TIRS	۱۱	۳۰ متر و ۱۰۰ متر	۱۳۹۹/۱۰/۲۰	بدون ابر

فایل ویژگی‌های کلاس‌های مختلف زون‌های اقلیم محلی، داده دیگری است که به صورت یک فایل متنی نوشته شده و همیشه ثابت است و برای هر شهر در هر نقطه از جهان به کار می‌رود. در حقیقت اطلاعات، پایه و معرف کلاس‌های مختلف است که نرم‌افزار از طریق اطلاعات موجود در این فایل، کلاس‌بندی اقلیم محلی شهر را انجام می‌دهد.

داده‌های مکانی به صورت لایه‌های اطلاعاتی شهر تهران در بردارنده ارتفاع بلوک‌های ساختمانی، کاربری اراضی شهری، توپوگرافی و شبکه راه‌ها از دیگر داده‌های اصلی مورد نیاز بودند که از سازمان فناوری اطلاعات شهرداری تهران تهیه گردید. این لایه‌های اطلاعاتی هم در شناخت وضعیت کالبدی و فرم شهری تهران مورد استفاده بودند و هم برای تعیین کلاس‌های مختلف روش زون‌های اقلیم محلی به کار گرفته شدند (جدول شماره ۳).

جدول شماره ۳: مشخصات لایه‌های اطلاعات مکانی شهری تهران

لایه اطلاعاتی	نوع داده	منبع	سال تولید	مقیاس مکانی
کاربری / پوشش اراضی	لایه برداری	شهرداری	۱۳۹۵	۱:۱۰۰۰۰
فضای سبز شهری	لایه برداری	شهرداری	۱۳۹۵	۱:۱۰۰۰۰
ارتفاع بلوک‌های ساختمانی	لایه برداری	شهرداری	۱۳۹۳	۱:۱۰۰۰۰
مرز شهری	لایه برداری	شهرداری	۱۳۹۹	۱:۱۰۰۰۰

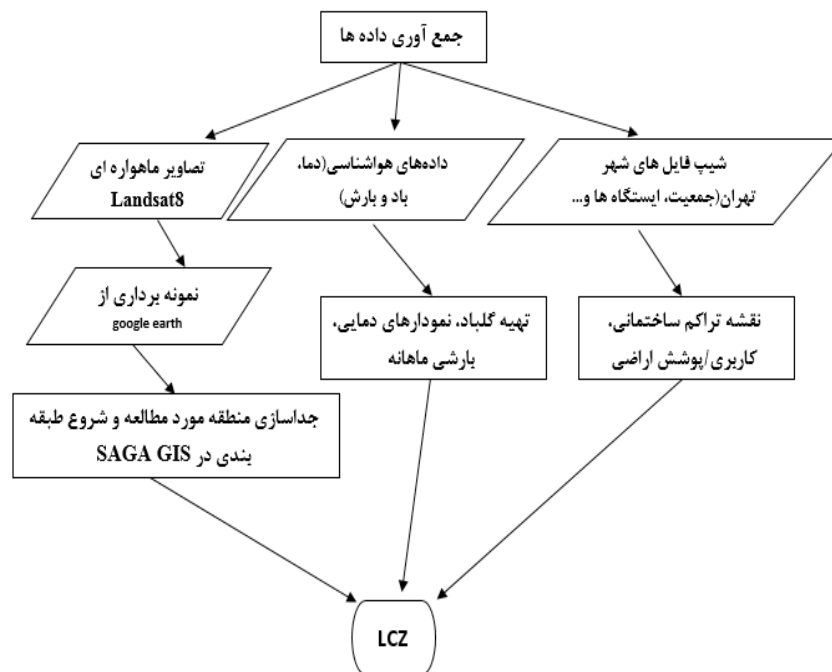
و با استفاده از محدوده پلیگونی تهیه شده تصاویر برش داده شدند. در مرحله بعد با به کارگیری نرم‌افزار گوگل ارتس و داده‌های ارتفاع طبقات ساختمانی تهران، انواع کلاس‌های طبقات اقلیم محلی مشخص و ترسیم شدند. در این مرحله تمامی نمونه‌های ترسیم شده با توجه به ویژگی‌هایشان مشخص شدند. شایان توجه است، هر چه تعداد نمونه‌های هر کلاس بیشتر باشد، کیفیت و دقت طبقات اقلیمی به دست آمده بالاتر خواهد بود. پس از مشخص شدن نمونه‌ها، فایل با فرمت KMZ ذخیره شده و کلاس‌بندی شدند. در این بخش با استفاده از نرم‌افزار SAGA-GIS، تصاویر و نمونه‌های مشخص شده در گوگل ارتس، طبقه‌بندی شدند. در نهایت فایل متنی حاوی مشخصات هر کلاس اضافه شده و خروجی ۱۷ کلاس زون‌های محلی اقلیم در شهر تهران محاسبه و تهیه شد (جدول شماره ۴). فرایند کلی انجام پژوهش در (نمودار شماره ۱) به صورت گرافیکی ارائه شده است.

۳. روش تحقیق

روش انجام پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش تحلیل، آماری و آمار فضایی و از نظر ماهیت دارای رویکرد کمی است. برای تحلیل وضعیت کلی اقلیم شهر تهران از داده‌های دما، بارش، سرعت و جهت باد و رطوبت نسبی ایستگاهی استفاده شد. سپس لایه‌های اطلاعات مکانی مربوط به سطوح ارتفاعی، کاربری اراضی شهری در سامانه اطلاعات جغرافیایی برای شناخت وضعیت سطحی و مشخصات کلی محیط شهری و طبیعی استفاده شدند و نقشه‌های مورد نیاز برای مقایسه با طبقات اقلیم محلی تهیه شد. در مرحله بعد تصاویر سنجنده OLI ماهواره‌ای لندست-۸ مورد نیاز در دو مقطع زمانی زمستان و تابستان از وبگاه USGS دریافت شدند. بر پایه تصاویر ماهواره‌ای دریافت شده برای تعیین محدوده مورد مطالعه یک لایه پلیگونی در برگیرنده محدوده شهر و حومه آن ساخته شد. سپس در محیط نرم‌افزاری SAGA-GIS تصاویر به تفکیک ۱۰۰ متری تبدیل شده

جدول شماره ۴: راهنمای طبقات اقلیم محلی (LCZ) (Stewart, et al., 2014)

رنگ	مشخصه‌ها	مشخصه طبقات	نام کلاس‌ها	ردیف
	Compact High rise	متراکم و بلند مرتبه	LCZ1	۱
	Compact Mid rise	متراکم و ارتفاع متوسط	LCZ2	۲
	Compact Low rise	متراکم و کم ارتفاع	LCZ3	۳
	Open high-rise	بافت باز و بلند مرتبه	LCZ4	۴
	Open mid-rise	بافت باز و متوسط ارتفاع	LCZ5	۵
	Open low-rise	بافت باز و کم ارتفاع	LCZ6	۶
	Lightweight low-rise	سبک و کم ارتفاع	LCZ7	۷
	Large low-rise	بزرگ و کم ارتفاع	LCZ8	۸
	Sparsely built	ساختمانی پراکنده	LCZ9	۹
	Heavy Industrial	صنایع سنگین	LCZ10	۱۰
	Dense Trees	درختان متراکم	LCZA	۱۱
	Scattered Trees	درختان پراکنده	LCZB	۱۲
	Low plants	علف‌های کوتاه	LCZC	۱۳
	Bush, Scrub	بوته و درختچه	LCZD	۱۴
	Bare, Rock or paved	رخنمون سنگی یا سنگ‌فرش	LCZE	۱۵
	Bare soil or sand	خاک بایر یا ماسه	LCZF	۱۶
	Water	آب	LCZG	۱۷



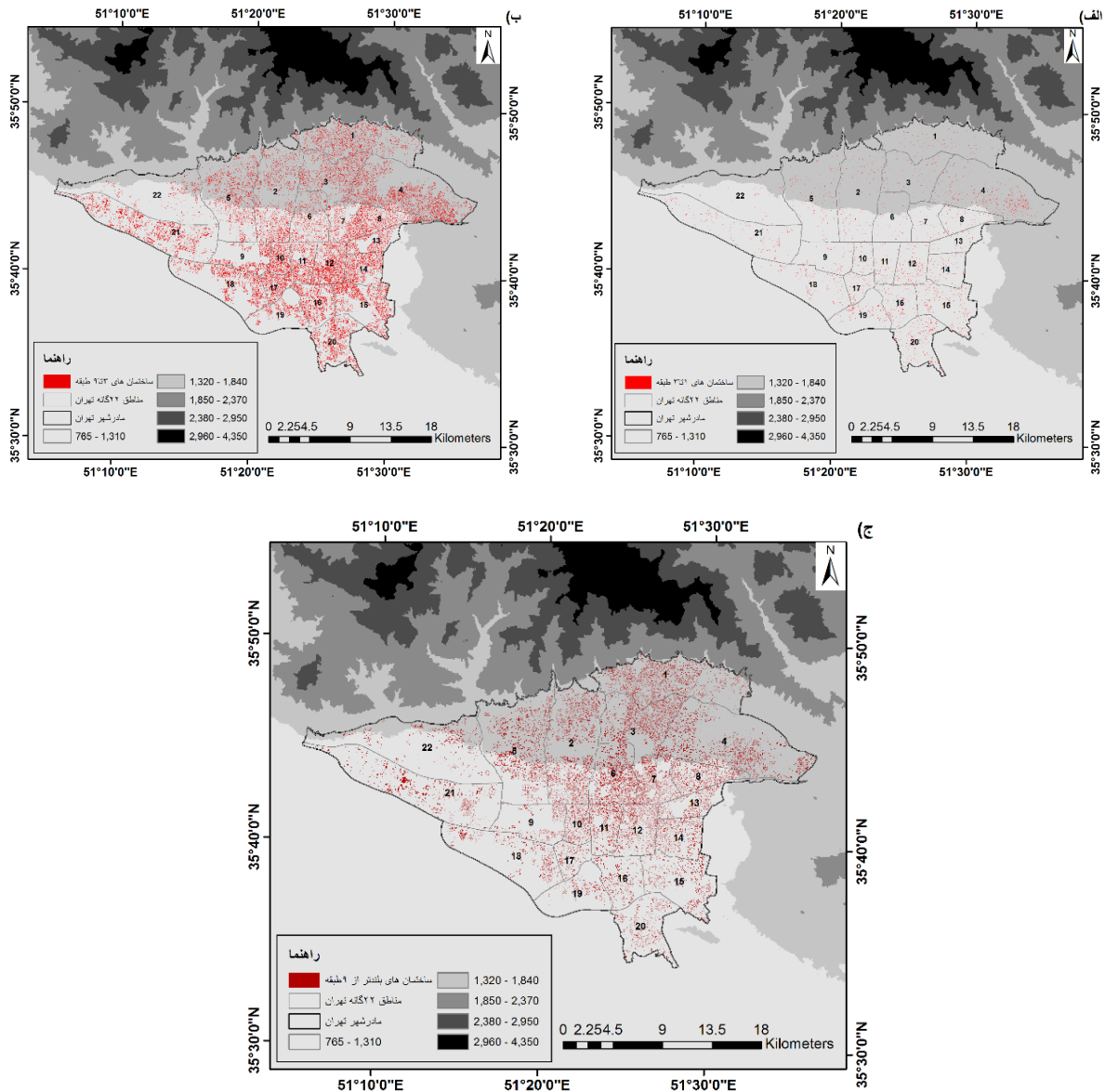
نمودار شماره ۱: روند نمای گرافیکی پژوهش

۴. یافته‌ها

۴.۱. تراکم ساختمانی تهران

می‌شود. از مساحت حدود ۷۳۰ کیلومتر مربعی شهر تهران ۱۳۷ کیلومتر مربع یعنی حدود ۲۰ درصد سطح شهر با بلوک‌های ساختمانی پوشیده شده است. پراکنش و تراکم ساختمان‌ها در شهرهای بزرگی مانند تهران بسیار زیاد است. از نظر ارتفاعی تمامی ساختمان‌ها به سه دسته (۱) ساختمان‌های سه طبقه و کمتر (ارتفاع کمتر از ۱۰ متر)، (۲) ساختمان‌های سه تا نه طبقه (ارتفاع بین ۱۰ تا ۲۷ متر) و (۳) ساختمان‌های بلندتر از نه طبقه (بالای ۲۷ متر) تقسیم گردید (تصویر شماره ۳).

مادرشهر تهران از نظر مشخصات فیزیکی، ساختاری ناهمگن دارد و ساختار منظمی از نظر ساختمان‌ها ندارد. به این صورت که در تمامی مناطق شهر، ساختمان‌های یک تا سه طبقه و یا سه تا نه طبقه پراکنده بوده و در مناطقی با تراکم کمتر و مناطقی هم با تراکم بسیار بالا قابل مشاهده است. ساختمان‌های بلند (بیشتر از نه طبقه) بیشتر در نوار شمالی شهر متمرکز بوده و در قسمت جنوبی شهر کمتر مشاهده

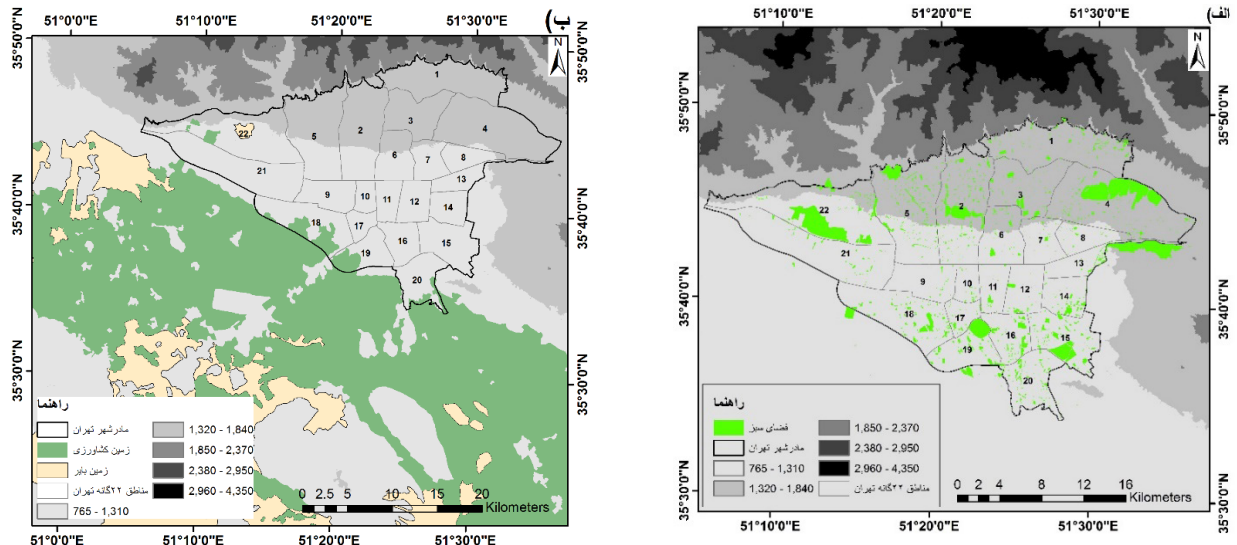


تصویر شماره ۳: نقشه طبقات ساختمانی تهران؛ سه و کمتر (الف)، سه تا نه طبقه (ب) و بالای نه طبقه (ج) (Municipality, 2015)

می‌دهد. زمین‌های بایر به طور غالب در خارج از محدوده مادرشهر تهران به خصوص در پهنه‌های کوهستانی شمال تهران قرار دارند که به واسطه شیب تند سطح زمین و فقدان خاک روئی، امکان کشت و کار ضعیف است. هرچند در سال‌های اخیر برای ساخت و ساز به شدت مورد توجه قرار گرفته‌اند. بنابراین عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۴۵، دشت تهران به دلیل منابع آب سطحی و زیرزمینی غنی و در دسترس و خاک حاصلخیز در دهه‌های گذشته به طور کامل با کاربری زراعی و باغی مشخص می‌شد. با توسعه فیزیکی فضاهای شهری تهران با تغییر و تبدیل گسترده زمین‌های زراعی به زمین‌های شهری همراه بود. در وضع موجود زمین‌های کشاورزی در داخل مادرشهر تهران بسیار اندک است؛ به طوری که فقط در بخش‌های حاشیه‌ای شهر در مناطق ۱۸، ۱۹، ۲۰ و ۲۲ باقی مانده‌اند. عمده این زمین‌ها در خارج از محدوده مادرشهر تهران است.

۴.۲. پراکندگی فضای سبز، زمین کشاورزی و بایر شهر تهران

فضاهای سبز شهری از مهمترین عوامل تأثیرگذار در بهبود کیفیت هوای شهری است. مجاورت با فضاهای سبز و باز در موضوع تعدیل دما و آلودگی هوا با سازوکار تسهیل تهویه هوا اهمیت دارد. در شهر تهران با توجه به نقشه فضای سبز، پهنه‌های بزرگ درختی و جنگلی در نوار شرقی غربی در کمربند میانی شهر با پارک جنگلی چیتگر، پردیس، طالقانی، لویزان و سرخه حصار مشخص می‌شود. افزون بر آنها پارک‌های بزرگی با پوشش عمده درختی در شهر تهران وجود دارند که از مهمترین آنها می‌توان به پارک‌های جنگلی کوهسار، ملت، لاله، پارک شهر و بوستان ولایت، جوانمرد، جمشیدیه و نهج‌البلاغه اشاره کرد. در ضمن بوستان‌های کوچک و بزرگ دیگری در شهر تهران شبکه فضاهای سبز شهری تهران را شکل می‌دهند و در بهبود کیفیت هوای فضاهای شهری مجاور خود اثرگذارند (تصویر شماره ۴ الف). (تصویر شماره ۴ ب) نقشه زمین‌های بایر و کشاورزی محدوده و حومه شهر تهران را نمایش

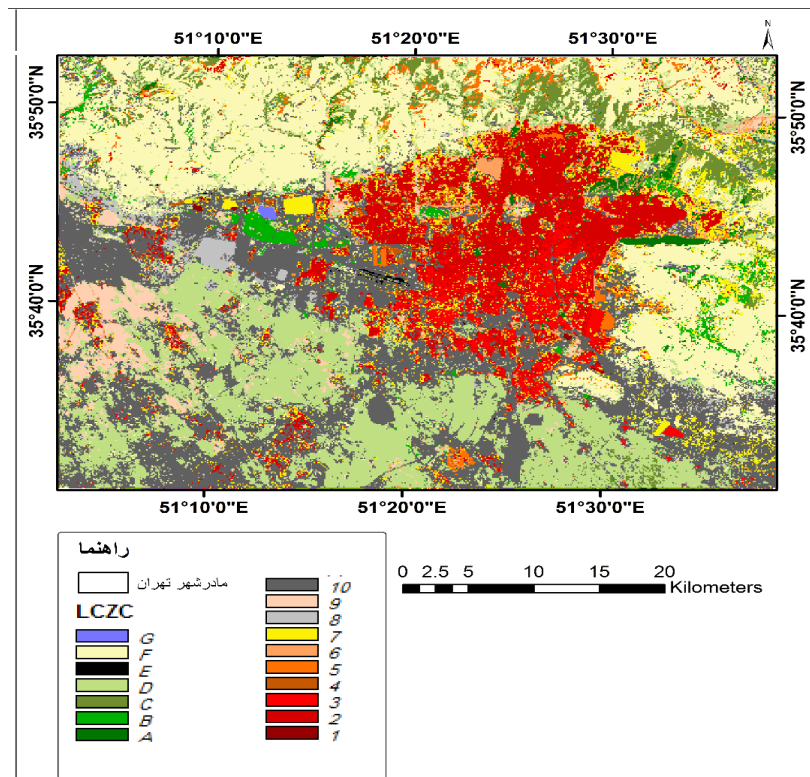


تصویر شماره ۴: نقشه فضای سبز (الف)، زمین کشاورزی و بایر (ب) در شهر تهران (Municipality, 2018)

۴.۳. طبقات اقلیم محلی شهر تهران

تهران، یک و سه در شمال و شرق تهران متمرکزند (تصویر شماره ۵). کلاس صنایع سنگین با مساحت بالای ۵۳۴ کیلومتر مربع به طور غالب حومه جنوبی و غربی شهر را در داخل و بیرون محدوده شهری پوشش داده که گویای تمرکز بالای صنایع در این مناطق است. زمین های بدون پوشش و بایر با ۵۱۲ کیومتر مربع محدوده های وسیعی از زمین های بیرون شهری را در مناطق کوهستانی شمال و شرق تهران می پوشاند. این اراضی با سطوح با ظرفیت گرمایی پایین و سطح ارتفاعی بالا از تغییرپذیری بالای دمای سطحی برخوردار بوده و اثر مهمی در شکل گیری مناطق سرد در طول شب دارند. در تصویر شماره ۵ حومه جنوبی مادرشهر تهران با زمین های کشاورزی نمایان شده اند که حدود

مطابق تصویر شماره ۵ بیشتر مناطق تهران با مشخصه ساختمانی متراکم با طبقات اقلیم محلی یک تا سه به ویژه در مناطق مرکزی، شرقی و شمالی دیده می شود. در بخش غربی شهر ساختمان های بلند و متراکم و پهنه های آبی به خوبی دیده می شوند که دریاچه چیتگر مهمترین پهنه آبی داخل شهری است. طبقه اقلیم محلی با مشخصه متراکم و متوسط ارتفاع با حدود ۲۰۵ کیلومتر مربع بالاترین سطح پوششی را در شهر دارد (جدول شماره ۵). بعد از آن کلاس بارگذاری سبک با بناهای کم ارتفاع با مساحت بالای ۱۲۵ کیلومتر مربع دومین طبقه اقلیم محلی داخل شهر است که عمدتاً در مناطق ۲۲ در غرب



تصویر شماره ۵: نقشه LCZ شهر تهران

حومه بلافصل آن را نشان می‌دهد. مجموع مساحت محدوده مورد مطالعه در این پژوهش برابر با ۲۲۵ هزار و ۷۶۸ هکتار است که شامل محدوده شهری شهرداری تهران و حومه طبیعی و مراکز جمعیتی حاشیه‌ای شهر است. از این میزان طبقه اقلیم محلی مربوط به صنایع سنگین (LCZ10) با نزدیک به ۲۴ درصد بالاترین مساحت را به خود اختصاص داده و بعد آن طبقات اقلیم محلی زمین‌های بایر و ماسه‌ای (LCZ F) و بوته‌ای (LCZ D) به ترتیب با حدود ۲۳ و ۱۸ درصد هستند که هر سه مورد عموماً در محدوده بیرونی شهر متمرکز هستند. در داخل شهر طبقه اقلیم محلی (LCZ2) با بیش از ۸ درصد مساحت کل محدوده مورد مطالعه، بالاترین پوشش داخل شهری را دارد که نشان دهنده یک شهر متراکم و با ارتفاع متوسط ۲۷ تا ۲۷ متری ساختمان‌های آن است (جدول شماره ۵). محله‌های با ساختمان‌های مجاور با فضاهای سبز محلی که شامل کلاس‌های LCZ4, LCZ5, LCZ6 باشند، بسیار محدود بوده و کمتر از ۴٫۵ درصد از فضای شهری تهران را پوشش می‌دهند. این وضعیت گویای کمبود شدید پوشش گیاهی در کالبد شهری است و با رویکرد تخریب خانه‌های ویلایی و تبدیل آنها به برج‌های بدون حیات موجود، شرایط محیطی و اکولوژیک شهر شکننده‌تر می‌شود.

۴۱۲ کیلومتر مربع مساحت دارند. مناطق صنعتی و سوله‌ها در جنوب و غرب شهر در داخل و خارج از محدوده شهری پراکنده شده‌اند. به طور کلی محدوده داخل شهر با دو کلاس ساختمان‌های متراکم و متوسط ارتفاع و کلاس متراکم و کم ارتفاع پوشیده شده است، ولی درصد پهنه ساختمان‌های متراکم و متوسط ارتفاع بسیار بیشتر است که شهر تهران را از نظر ارتفاع ساختمان‌ها به یک شهر نیمه بلند متراکم تبدیل کرده است. محله‌های با ترکیب ساختمانی و فضای سبز میان آنها مساحت بسیار محدودی دارند که در این مورد محله نارمک در شرق و شهرک اکباتان در غرب تهران نمونه‌های مشخص آن هستند. بیشتر فضاهای سبز شهر به صورت پارک‌های متمرکز جنگلی و تفریحی در مناطق مختلف سطح شهر پراکنده‌اند. به همین دلیل محله‌های آب‌وهوایی LCZ4 تا LCZ6 نسبت به LCZ1 تا LCZ3 کمتر به چشم می‌خورند. نمونه زمین‌های با پوشش سنگ‌فرش و آسفالتی افزون بر شبکه‌های راه‌های درون شهری در باند فرودگاه‌های داخل شهری مهرآباد، دوشان‌تپه و قلعه مرغی مشخص هستند. به طور کلی شهر تهران نمایی از تمامی کلاس‌های اقلیم محلی (LCZ) است که با حالتی نامنظم در کل شهر پراکنده هستند.

جدول شماره ۵ مساحت کلاس‌های ۱۷ گانه اقلیم محلی تهران و

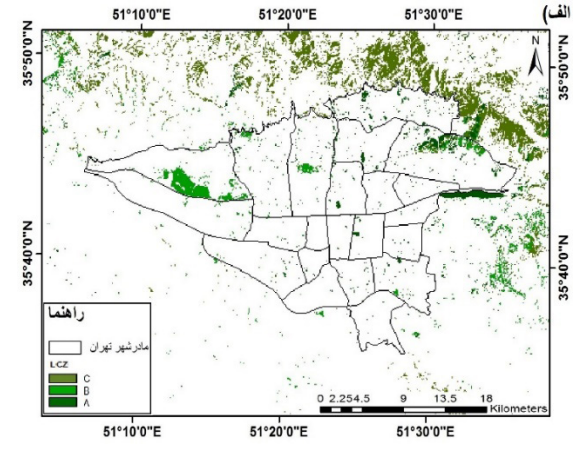
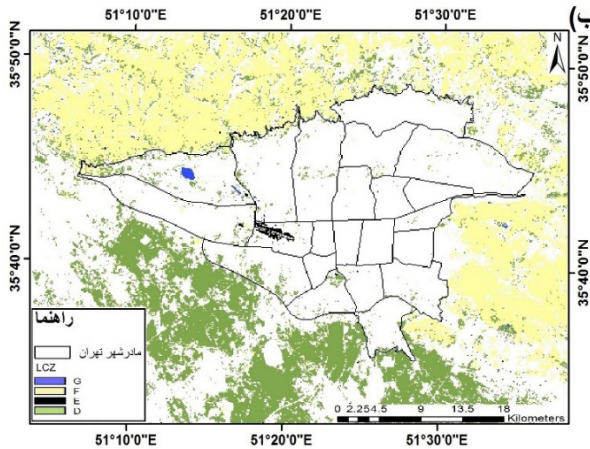
جدول شماره ۵: مشخصات و مساحت کلاس‌های LCZ محاسبه شده برای شهر تهران

نام کلاس‌ها	مشخصه‌ها	مساحت به هکتار	مساحت به درصد
LCZ1	متراکم و بلند مرتبه	۶۹۷	۰/۳۱
LCZ2	متراکم و ارتفاع متوسط	۲۰۴۹۶	۹/۰۸
LCZ3	متراکم و کم ارتفاع	۷۱۲۹	۳/۱۵
LCZ4	بافت باز و بلند مرتبه	۹۸۹	۰/۴۳
LCZ5	بافت باز و ارتفاع متوسط	۵۰۰۷	۲/۲۱
LCZ6	بافت باز و کم ارتفاع	۴۴۷۱	۱/۹۸
LCZ7	سبک و کم ارتفاع	۱۲۵۱۸	۵/۵۴
LCZ8	بزرگ و کم ارتفاع	۴۴۳۶	۱/۹۶
LCZ9	ساختمانی پراکنده	۷۳۰۴	۳/۲۳
LCZ10	صنایع سنگین	۵۳۸۶۷	۲۳/۸۶
LCZA	درختان متراکم	۲۶۷۲	۱/۱۸
LCZB	درختان پراکنده	۳۵۱۱	۱/۵۵
LCZC	علف‌های کوتاه	۹۸۳۶	۴/۳۵
LCZD	بوته و درختچه	۴۱۱۷۰	۱۸/۲۴
LCZE	رخنمون سنگی یا سنگ‌فرش	۱۵۴	۰/۰۶
LCZF	خاک بایر و ماسه	۵۱۲۱۴	۲۲/۶۸
LCZG	آب	۲۹۷	۰/۱۳

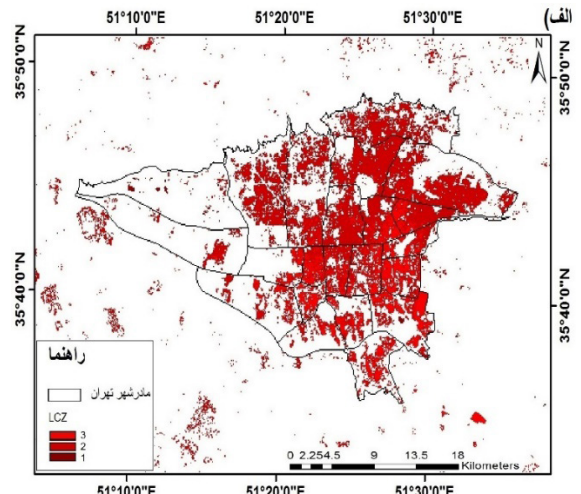
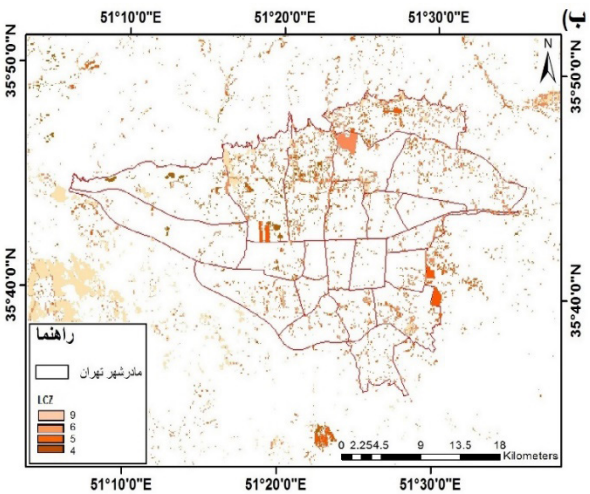
می‌پوشانند.

طبقات اقلیم محلی عمدتاً داخل شهری و مرتبط با فضاهای انسان‌ساخت و ساختمانی در تصویر شماره ۷ ارائه شده است. سه طبقه اقلیمی اول شامل محدوده‌های ساختمانی متراکم و بدون پوشش گیاهی محسوس در تصویر شماره ۷ الف نشان داده شده است که به طور مشخص مرکز به شرق شهر را به طور کامل پوشش داده‌اند. در تصویر شماره ۷ ب طبقات اقلیمی مربوط به محله‌های باز و همراه با پوشش گیاهی هستند که بسیار پراکنده‌تر از طبقات گروه اول هستند. بنابراین شهری فشرده با بافت ساختمانی متراکم و بدون پوشش گیاهی قابل توجه را به خصوص در مناطق مرکزی نشان می‌دهد.

نقشه‌های ترکیبی از برخی کلاس‌های اقلیم محلی که متجانس‌تر هستند، در تصویر شماره ۶ تهیه شده است. طبقات اقلیم محلی مربوط به فضاهای سبزی که به نوعی انسان‌ساخت هستند یعنی (LCZA-LCZB-LCZC) در یک نقشه ارائه شده‌اند که در مجموع بیش از هفت درصد محدوده را پوشش می‌دهند (تصویر شماره ۶ الف). پهنه‌های طبقات اقلیم محلی که به طور غالب طبیعی هستند یعنی طبقات (LCZD تا LCZG) در یک نقشه نمایش داده شده‌اند که عمدتاً در محدوده بیرونی مناطق شهرداری تهران هستند (تصویر شماره ۶ ب) و در مجموع حدود ۴۲ درصد محدوده را در دو بخش مجزای زمین‌های بایر در مناطق کوهستانی و زمین‌های با پوشش گیاهی در ضلع جنوبی



تصویر شماره ۶: نقشه‌های ترکیبی طبقات اقلیم محلی LCZA تا LCZC (الف)، LCZD تا LCZG (ب).

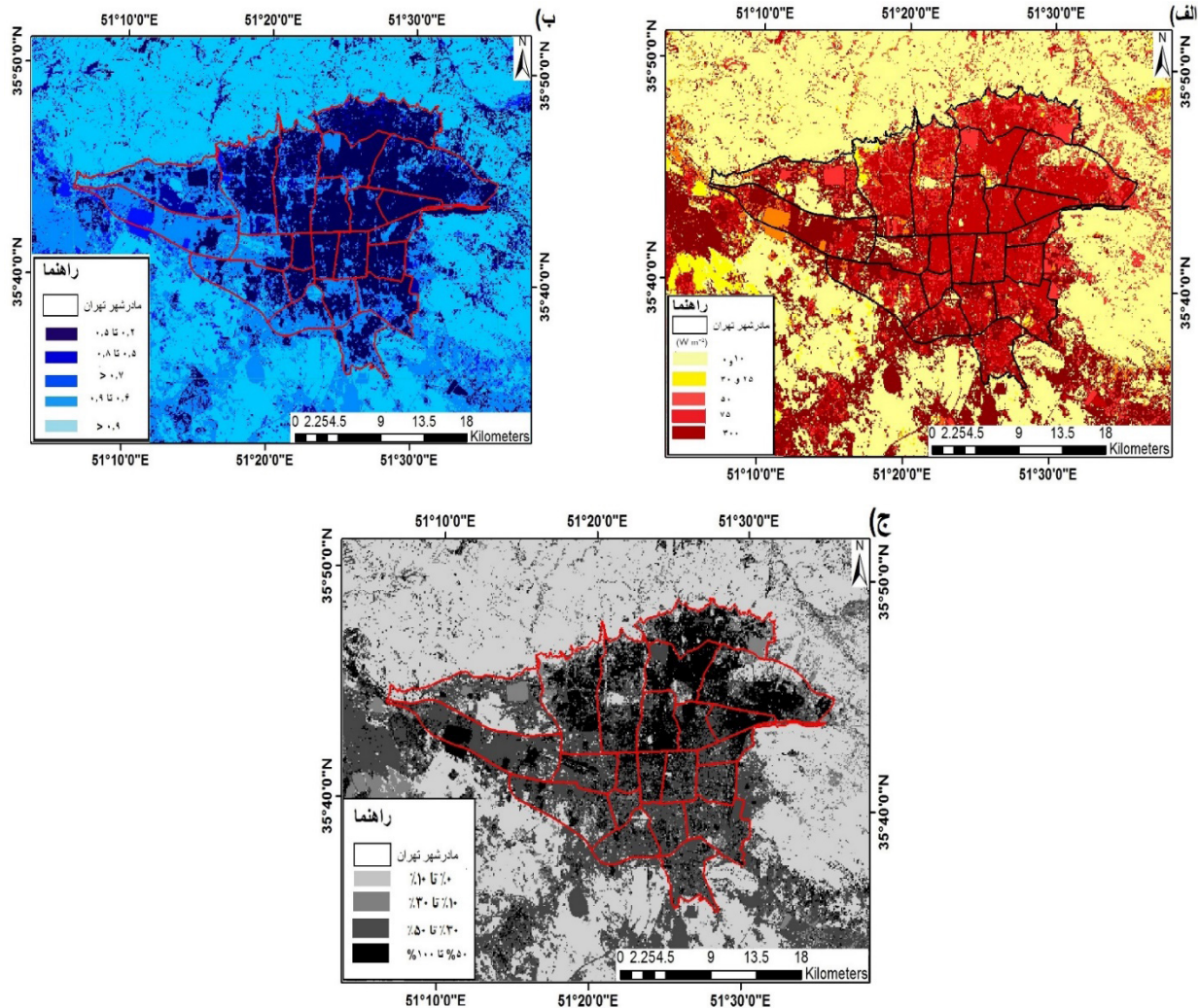


تصویر شماره ۷: نقشه‌های ترکیبی طبقات اقلیم محلی LCZ1 تا LCZ3 (الف)، LCZ4 تا LCZ6 و LCZ9 (ب).

۵. بحث

تهران یک مادرشهر ناهمگن از جنبه‌های فرم و عملکرد به شمار می‌آید و به دلیل این ناهمگنی تمام کلاس‌های LCZ در شهر نمایان است. اما همان طور که در تصویر شماره ۷ قابل مشاهده است، اغلب طبقات اقلیمی داخل شهر منطبق بر کلاس‌های LCZ1 تا LCZ3 هستند که گویای یک شهر با فرم فشرده و تراکم بالای ساختمانی است که با فضاهای سبز محلی پشتیبانی نمی‌شود. در همین رابطه محدوده‌های مرکزی شهر با ساختمان‌های متراکم و متوسط ارتفاع مشخص شده، در حالی که مناطق شمالی‌تر با ساختمان‌های مرتفع‌تر هستند و وجه مشترک آنها در تراکم بالای ساختمانی و فضای سبز ناکافی است. این شرایط سبب شکل‌گیری بار گرمای بالا در مناطق مرکزی و شمالی شهر شده است. افزون بر این تراکم ساختمانی فضاهای ساختمانی سبب پوشش سطحی نفوذناپذیر هستند که باز عامل مهمی در ایجاد پهنه‌ها و لکه‌های داغ هستند. فضاهای متراکم داخل شهری افزون بر موارد بالا در کنار شبکه معابر کم عرض، ضریب دید آسمان و ظرفیت تهویه هوای پایینی نشان می‌دهند (Karimi, 2021). زمین‌های بایر با رخنمون سنگی و بدون پوشش گیاهی در نوار کوهستانی شمالی و

از خروجی نقشه‌های طبقات اقلیمی در محاسبه و تعیین وضعیت بار گرمای شهری، ضریب دید آسمان و سطوح نفوذناپذیر استفاده شد (تصویر شماره ۸). بار گرمای شهری بالا گویای تمرکز آن در مناطق متراکم ساختمانی در محدوده مرکزی شهر به علاوه مناطق صنعتی و شهرهای اقماری حومه تهران است (تصویر شماره ۸ الف). مناطق با ضریب دید آسمان پایین (ضرایب نزدیک به ۰) دقیقاً در مناطق با بار گرمایی بالا در مناطق متراکم ساختمانی مشاهده می‌شود. به همین صورت مناطق دارای ضریب دید آسمان بالا، اکثراً در حاشیه شهر هستند که با بار گرمایی کمینه مشخص شده‌اند (تصویر شماره ۸ ب). محدوده شهر با عناصر و عوارض متراکم انسان‌ساخت گویای سطوح نفوذناپذیر شهری هستند که در داخل شهر با بازه ۲۰ تا ۵۰ درصد دیده می‌شوند. مناطق با رخنمون‌های سنگی و آسفالتی مانند فرودگاه مهرآباد که در تصویر نمایان شده، دارای حداقل سطح نفوذپذیری هستند (۵۰٪ تا ۱۰۰٪ نفوذناپذیری) و امکان ایجاد سیل را نیز به حد اکثر می‌رسانند. همچنین حاشیه شهر دارای حداقل نفوذناپذیری هستند (۲۰٪ تا ۱۰۰٪) (تصویر شماره ۸ ج).



تصویر شماره ۸: نقشه بار گرمای شهری (الف)، سطح نفوذ ناپذیری (ب)، ضریب دید آسمان (ج)

یک شهر متراکم و فشرده است. در این شرایط که بار گرمای شهری بالا، ظرفیت پویایی هوا ضعیف و احتمال بالای ایجاد هسته‌های آلودگی هوا هست، وجود ارتفاعات شمال تهران و کشتزارهای جنوب تهران در پهنه‌های تعدیلی هوا و دمای هوای شهر اهمیت دارند.

۶. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پهنه‌بندی اقلیمی مادرشهر تهران با تأکید بر ساختار فیزیکی نشان داد که مادرشهر تهران یک شهر متوسط ارتفاع از نظر ساختمان‌هاست. به این شکل که بیشتر ساختمان‌های شهر (حدود ۳۸ درصد ساختمان‌های شهر) در طبقه بناهای سه تا نه طبقه هستند. روش LCZ با تمرکز بر کیفیت عوارض ساختمانی، پوشش سطح و نوع کاربری‌ها یک پهنه‌بندی اقلیمی متفاوتی از فضای شهری ارائه می‌کند که با مراجعه به واقعیت‌های زمینی، تقسیم‌بندی دقیق‌تری را نشان می‌دهد. به طوری که هر کدام از طبقات، مشخصات اقلیمی مشخصی ارائه می‌کنند که در میزان آسایش شهروندان نمایان و مشهود است. مناطق با جزیره گرمای شهری به دست آمده در مطالعات مختلف (Moqbal and Shamsipour, 2019; Bokaie et al., 2019; Hashemi Dareh-Badami et al., 2019; Faedaei, 2019)

شرقی تهران طبقات اقلیمی متفاوتی از فضای شهری ایجاد کرده است. این پهنه‌ها با ظرفیت گرمایی پایین و ارتفاع بلندتر در طول شب سرد شده و اختلاف دمای بالایی آنها با فضای شهری که با پدیده جزیره گرمای شهری مواجه است، قابلیت شکل‌گیری جریان هوای شمالی به سمت شهر فراهم می‌شود؛ به طوری که نوار کوهستانی شمال تهران به عنوان مناطق تأمین هوای خنک و مطلوب شهری مشخص می‌شوند. ضلع جنوب و جنوب‌غربی تهران با دو ویژگی متفاوت پراکنش بالایی مراکز شهری و زمین‌های زراعی و باغی مشخص است. مراکز شهری اقماری تهران پذیرای کارخانجات و صنایع مختلفی هستند که امکان فعالیت در محدوده شهری تهران را ندارند و این موضوع سبب شکل‌گیری یک طبقه اقلیم محلی صنایع سنگین و زون آلوده هوا شده است. همچنین نیاز شهر چند میلیونی تهران به مواد غذایی سبب زیر کشت رفتن زمین‌های حاشیه شهر تهران در این مناطق شده و یک طبقه اقلیمی با علفزار و بوته‌ای را شکل داده است. گسترده‌گی زمین‌های زراعی و باغی در این مناطق باعث رشد جمعیتی شده و مناطق پر جمعیتی را ایجاد کرده است. شهر تهران بر مبنای طبقات اقلیم محلی (LCZ) با کمبود فضاهای سبز شهری به عنوان پهنه‌های تعدیل کیفیت هوا مواجه است؛ به خصوص در مناطق مرکزی تهران نمایانگر

- and Technology, 1(1), 57-67. [in Persian]
- Fadaei, H. (2019). Investigating urban heat islands in Tehran using satellite images, *Scientific-Research Quarterly of Geographical Information (Sephehr)*, 29(116), 119-130. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2021.242864>. [in Persian]
 - Hashemi Dareh-Badami, S., Darvishi-Bolorani, A., Alavi-Panah, S.K., Maleki, M., Bayat, R. (2019). Analysis of heat island changes of urban surfaces during the day and night using Madis multi-time sensor products (case study: Tehran metropolis). *Journal of Applied Research in Geographical Sciences*, 19(52), 113-128. DOI:10.29252/jgs.19.52.113.
 - Izadi N, (2021). World Urban Database. https://lczgenerator.rub.de/factsheets/bd3207a4ab473018efc867890c41734cad953407/bd3207a4ab473018efc867890c41734cad953407_factsheet.html.
 - Karimi, M. (2021). Simulation of the effect of sky visibility coefficient on the thermal conditions of urban open spaces (case study: District 12 of Tehran municipality), master's thesis in the field of environmental hydrometeorology, Faculty of Geography, University of Tehran. [in Persian]
 - Korki-Nejad, M.H. (2021). Mapping urban climate maps (UCM) of Tehran, graduate thesis in the field of environmental hydrometeorology, Faculty of Geography, University of Tehran. [in Persian]
 - Knoch. K. (1951). *Über das Wesen einer Landesklimaaufnahme*. *Meteorologische Zeitschrift* 5: 173. Knoch K. 1963. *Die Landsklma-aufanhme, Wesen und Methodik*. *Berichte der Deutschen Wetterdienst* 85: 64.
 - Matzarakis A, Röckle R, Richter CJ. (2005). Urban climate analysis of Freiburg – An integral assessment approach. In Paper Presented at the 4th Japanese–German Meeting on Urban Climatology, Tsukuba, Japan, Retrieved 15 August 2008, from <http://www.kenken.go.jp/japanese/information/information/event/jgmuc/report/c3.pdf>
 - Moghbel, M., Shamsipour, A.A. (2019). Spatiotemporal characteristics of urban land surface temperature and UHI formation: a case study of Tehran, Iran. *Theoretical and Applied Climatology*. 137, 2463–2476. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2735-7>.
 - Ng, E., Ren, C. (2015). *The urban climatic map for sustainable urban planning*. Routledge, Tylor & LCZ2 هستند که گویای مناطق شهری متراکم با سطوح نفوذناپذیر بالای ۵۰ درصد است. همین مناطقی که با شبکه معابر متراکم و کم عرض و ظرفیت تهویه و پویایی هوای ضعیفی شناخته می‌شوند و مهمترین دلایل شکل‌گیری جزیره گرمای شهری هستند. در مقایسه با تحقیق مشابهی که به وسیله شمسی پور با روش زون‌های اقلیم محلی انجام شده، طبقات به دست آمده همپوشانی بالایی دارند. تفاوت اساسی آنها در مساحت متفاوت طبقه صنایع سنگین و توجه به خانه‌های پراکنده در حومه جنوبی شهر در تحقیق شمسی پور، به جای کاربری زراعی مورد توجه این پژوهش بوده است (Shamsipour, 2021). تحقیق دیگری در خصوص طبقه‌بندی زون‌های اقلیم محلی به وسیله ایزدی بر روی شهرستان تهران صورت گرفته است که در این مطالعه دقت کار بیشتر بر روی اطراف شهر و به صورت کلی شهرستانی متمرکز شده است. طبقه‌بندی در اطراف شهر تهران به خوبی انجام گرفته، به گونه‌ای که زمین‌های کشاورزی و رودها و شهرک‌های اطراف مادرشهر تهران مناطق جنگلی و خاکی نمایان شده‌اند ولی در مقیاس کوچک‌تر و محلی خود مادرشهر تهران مورد توجه قرار نگرفته است (Izadi, 2021). در مطالعه دیگری در شهر شنیانگ چین به وسیله ژاو و همکاران طبقه‌بندی اقلیمی زون‌های اقلیم محلی صورت گرفته است که در آن هم شهر با تمام ۱۷ کلاس به دست آمده است (Zhao et al., 2020). در پژوهش دیگری که به وسیله وردانگ و همکاران در بلژیک انجام گرفته هم سه شهر آنتورپ بروکسل و گنت با روش زون‌های اقلیم محلی طبقه بندی شده‌اند که بیشتر مناطق این سه شهر نیز مانند تهران از زون با بافت متراکم و ارتفاع متوسط تشکیل شده است (Verdoncka, et al., 2017). با توجه به نتایج پژوهش و دقت بالای آن در شناخت و تعیین پهنه‌های اقلیمی با قابلیت کاربردی در برنامه‌ریزی و مدیریت شهری پیشنهاد می‌شود که در مطالعات از این روش برای دیگر شهرهای بزرگ کشور نیز استفاده شود. برای بررسی نقاط قوت و ضعف این روش، استفاده از روش‌های دیگری مانند نقشه‌های اقلیم شهری پیشنهاد می‌شود.

References:

- Baumuller, J., Hoffmann, U., Reuter, U. (1992). *Climate booklet for urban development*, Ministry of Economy Baden-Wuerttemberg (Wirtschaftsministerium), Environmental Protection Department (Amt für Umweltschutz).
- Bokaie, M., Shamsipour, A.A., Khatibi, P., Hosseini, A. (2019). Seasonal monitoring of urban heat island using multi-temporal Landsat & MODIS images in Tehran. *International Journal of Urban Sciences*, 23(2): 269-285. <https://doi.org/10.1080/12265934.2018.1548942>.
- Comprehensive Atlas of Tehran (2013). <https://atlas.tehran.ir>. [in Persian]
- Eskandrian, E. (2015). *Climatic comfort in the city of Tehran*. *Research Quarterly in Engineering Sciences*

- Francis group. ISBN 9780367670016.
- Oke, T.R. (2006). Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites, World meteorological organization, Instruments and observing methods, WMO/TD- No. 1250; IOM, Report- No. 81.
 - Ren, C., Meng C.A., Wang, R., XU, Y., Ng, E. (2016). Local Climate Zone (LCZ) Classification Using the World Urban Database and Access Portal Tools (WUDAPT) Method: A Case Study in Wuhan and Hangzhou. The Fourth International Conference on Countermeasure to Urban Heat Islands, University town, NUS. (4th IC2UHI) 30- May- 1 June, Singapore.
 - Saadinejad F., Asgari, A. (2019). The effects of the physical development of the city of Tehran on its peripheral lands, the 6th international conference on modern researches in civil engineering, architecture, urban management and environment. [in Persian]
 - Sajjadi J., Afrasiabi Rad, M.S., Tawakli Nia, J., Yousefi, H. (2017). Evaluation and analysis of water and soil resources in 22 districts of Tehran city using driving force, pressure, situation and response model. Journal of Ecohydrology, 4(1), 103-118. [in Persian]
 - Sasanpour F., Nowrozi S. (2015). Sustainability of urban areas with a green city approach, International Scientific Research Quarterly of the Iranian Geographical Society, 14(50). [in Persian]
 - Shamsipour, A.A. (2021). Urban climate mapping and planning recommendations (global experiences), Tehran University Press, first edition, Tehran. [in Persian]
 - Shamsipour, A.A., Salmanian, F., Azizi, Q. (2012). Modeling and analysis of the effect of covering road surfaces on the temperature of urban open spaces, understanding the design and results of the Sohail project, Geographical Researches of Urban Planning, 1(1), 79-96. [in Persian]
 - Stewart, I.D., Oke T.R. (2012). Local climate zones for temperature studies. Bulletin of the American Meteorological Society, 93(12), 1879-1900, DOI:10.1175/BAMS-D-11-00019.1.
 - Stewart, I.D., Oke, T.R. Krayenhoff, S. (2014). Evaluation of the 'local climate zone' scheme using temperature observations and model simulations; International journal of climatology. 34: 1062–1080. <https://doi.org/10.1002/joc.3746>.
 - Verdoncka, M., Akpona Okujenib, A., Lindenb, S., Demuzerec, M., Wulfä, R., Coilliea F. (2017). Influence of neighbourhood information on 'Local Climate Zone' mapping in heterogeneous cities. International Journal of Applied Earth Observation Geoformation 62, 102–113. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.017>.
 - World Urban Database. (<http://www.wudapt.org>)
 - Worldmeter. (2019). Largest cities in the world. <http://worldmeters.info>
 - www.earthexplorer.usgs.gov
 - Wang, Z., Xing, W., Huang, Y., Xie, T. (2016). Studying the Urban Heat Island Using a Local Climate Zone Scheme. Pol. Journal of Environmental Studies. 25(6), 2609-2616. DOI: <https://doi.org/10.15244/pjoes/63672>.
 - Zhao, Z., Shen, L., Li, L., Wang, H., He, B.J. (2020). Local Climate Zone Classification Scheme Can Also Indicate Local-Scale Urban Ventilation Performance: An Evidence-Based Study. Atmosphere, 11(8): 776. <https://doi:10.3390/atmos11080776>

نحوه ارجاع به مقاله:

سیاسی زندگی آبادی، سعید؛ شمسی پور، علی اکبر؛ حسینی، علی (۱۴۰۲). پهنه بندی آب و هوای محلی کلان شهر تهران بر پایه ساختار فیزیکی، مطالعات شهری، 12 (48)، 43-54. <https://doi.org/10.34785/J011.2022.019.112>

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Motaleate Shahri. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

