

Identification of Homogeneous Climate Response Units in Tehran Metropolitan

Zeinab Kia - Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

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

Ghasem Azizi - Department of Natural Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran.

Received: 22 February 2024

Accepted: 06 August 2024

Highlights

- Tehran exhibits significant climatic diversity due to variations in elevation, morphology, and physical features.
- The geomorphological characteristics of Tehran's substratum play a critical role in shaping homogeneous climate response units.
- The city's compact urban texture and developmental patterns contribute significantly to the formation of Tehran's urban heat island.
- The climate response units of Tehran are influenced by elevation, surface morphology, and urbanization patterns.
- The middle strip of Tehran, featuring hills and constructed parks, creates distinct local climatic conditions.

Extended abstract

Introduction:

Understanding the natural characteristics of urban areas, especially their climatic features, is crucial for effective land management. Urban climate plays a fundamental role in shaping ventilation patterns, air quality, and thermal comfort. To enhance urban planning strategies, a suitable climatic classification system is essential for distinguishing different zones based on their environmental conditions. Climatic zoning facilitates the identification of distinct climatic features, enabling region-specific planning and management.

Traditional climate zoning methods are insufficient for modern urban environments due to variations in land use, land cover, urban geometry, and structure. This research employs an applied approach, using descriptive and analytical methodologies. The study integrates multiple spatial data layers, including digital elevation models, land use/cover, building density, green spaces, and hydrographic networks, to classify urban climate zones effectively. These parameters provide a comprehensive understanding of Tehran's climatic conditions and their spatial distribution.

Study Area:

Tehran, spanning 615 square kilometers, is situated between mountainous zones and arid plains, leading to diverse climatic conditions. The city's climate is primarily influenced by its topography, with the northern highlands experiencing more favorable conditions than the central and southern low-altitude plains.

Local climatic differences arise due to varying land uses, such as green spaces, barren lands, asphalt surfaces, and residential zones. Building density significantly impacts the urban climate, contributing to distinct microclimatic conditions across different localities. The city's morphology and topography play a decisive role in shaping its climatic response units.

Discussion:

A geomorphological map provides valuable insights into the shape, structure, and texture of Tehran's urban landscape. This map illustrates the relationship between natural features, built environments, and climatic conditions. Different

¹ Corresponding author: shamsipr@ut.ac.ir

neighborhoods within Tehran exhibit unique topographic characteristics, construction patterns, traffic densities, and accessibility, all of which influence local climate variations.

Key homogeneous climate response units in Tehran include mountains (class 3), green spaces (class 16), and riverbeds/lakes (class 17). These units contribute positively to reducing air temperature, enhancing air quality, and promoting natural ventilation. Preserving these areas is crucial for mitigating urban heat island effects and improving urban climate resilience.

To assess Tehran's climate at a localized scale, topographic and urban structural parameters were analyzed. First, the spatial distribution of building density was classified into five distinct groups. Subsequently, a geomorphological map of Tehran was generated, identifying ten morphological classes. By integrating building density and urban geomorphology data, a homogeneous climate response unit (HCR) map was developed. This map serves as a vital tool for understanding and managing Tehran's urban climate.

Conclusion:

This research introduces a novel approach to urban climate zoning, previously applied in Lisbon, Portugal, for classifying urban climatic conditions. Central Tehran exhibits high building density, limited green spaces, and pronounced urban heat island effects. The primary factors contributing to the urban heat island phenomenon include high population density, intensified urban activities, and dense construction patterns.

The geomorphological analysis highlights that central and southern Tehran, particularly districts with minimal green spaces (e.g., District 9), suffer from poor air quality and inadequate natural ventilation. These areas exhibit unfavorable climatic conditions due to high pollution levels, urban congestion, and limited airflow. Conversely, northern Tehran (e.g., Districts 1 and 4) benefits from superior air quality, attributed to its proximity to mountains, river valleys, and extensive green spaces.

The prevailing wind direction in Tehran originates from the west, influencing pollutant dispersion patterns. Industrial concentrations in the western parts of the city exacerbate pollution levels in adjacent areas. Consequently, central and southern Tehran require strategic urban interventions to enhance climatic conditions. Recommendations include:

- Integrating green spaces on building facades and streets.
- Establishing water features such as ponds and fountains to moderate air temperature.
- Utilizing reflective and cool materials in urban surfaces to mitigate heat accumulation.
- Expanding green areas to improve air quality and humidity levels.
- Regulating urban expansion to prevent excessive development in climatically vulnerable zones.
- Designing transportation networks to facilitate natural air circulation.

In conclusion, effective climate zoning strategies are essential for sustainable urban development in Tehran. Implementing targeted climate-responsive urban planning measures can significantly improve air quality, thermal comfort, and overall environmental conditions in the city.

Keywords:

climate zones, urban areas, greenery, geomorphology, Iran.

Citation: Kia, Z., Shamsipour, A.A., Azizi, Gh. (2025). Identification of Homogeneous Climate Response Units in Tehran Metropolitan, Motaleate Shahri, 14(53), 67–80. <https://doi.org/10.22034/urbs.2024.140790.5015>.

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.



شناسایی واحدهای همگن واکنش به اقلیم در کلانشهر تهران

زینب کیا - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

علی اکبر شمس‌پور^۱ - دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

قاسم عزیزی - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

تاریخ دریافت: ۳ اسفند ۱۴۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۶ مرداد ۱۴۰۳

چکیده

فضاهای شهری با ویژگی‌های متفاوت از محیط‌های طبیعی، نیازمند تجدید نظر در پهنه‌بندی‌های اقلیمی سنتی هستند تا شرایط اقلیمی در برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت شهر، قابل استفاده باشد. شهر تهران با ویژگی‌های طبیعی و الگوی توسعه شهری متفاوت، پاسخ‌های متفاوتی در برابر شرایط اقلیمی دارد. واحدهای همگن واکنش به اقلیم (HCR) طبقه‌بندی اقلیم شهری را بر اساس نقشه‌های تراکم ساختمانی و ژئومورفولوژی طبیعی زمین انجام می‌دهد. هدف آن تهیه نقشه‌ای با مجموعه‌ای از مناطق همگن با فضای شهری است و مزیت آن در ارائه دستورالعمل‌های اقلیمی برای برنامه‌ریزی در طرح‌های جامع شهری است. برای مطالعه از لایه‌های اطلاعات مکانی کاربری/پوشش اراضی، تراکم ساختمانی، شبکه هیدروگرافی، عناصر جوی، تراکم جمعیتی و توپوگرافی شهری استفاده گردید. نتیجه آن تهیه نقشه اقلیم شهری تهران در ۱۷ واحد اقلیمی و به دنبال آن ارائه هشت دستورالعمل اقلیمی برای برنامه‌ریزی شهری است. ترکیب مورفولوژی زمین، سطوح ارتفاعی، شیب سطحی، بستر رودخانه‌ها با مشخصات فیزیکی و کالبدی شهری مهمترین مشخصه مدل HCR استفاده شده در پژوهش است. نتایج به دست آمده گویای واحد اقلیمی همگنی در نوار شمالی تهران در مجاورت کوهستان با مخروط افکنه‌ها، رودخانه‌ها، پوشش گیاهی غنی ترو رخنمون‌های سنگی است. در حالی که تکه‌تکه شدن زیستگاه‌ها، بافت ساختمانی فشرده، دشت رسوبی هموار مشخصه اصلی مناطق مرکزی شهر هستند. نوار میانی تهران با توالی تپه‌ها و دره‌ها از پارک جنگلی چیتگر در غرب تا تپه‌های گیشا، پردیسان، عباس‌آباد و لویزان واحد اقلیمی همگن میانی را تشکیل داده که فضاهای تنفسی شهر هستند. گسترش فیزیکی شهر در سمت ارتفاعات و به ویژه در مسیر رودخانه‌ها اغلب ظرفیت پویایی، تهویه طبیعی و گردش هوا را کاهش داده و از عوامل افزایش بار گرمای محیطی و شکل‌گیری جزیره گرمای شهری و تشدید آلودگی هوا در مناطق مرکزی شهر هستند.

واژگان کلیدی: طبقه‌بندی اقلیمی، برنامه‌ریزی شهری، اقلیم شهری، ژئومورفولوژی و ایران.

نکات برجسته

- تهران شهری متنوع از جنبه‌های اقلیمی، ارتفاعی، مورفولوژیک و در نتیجه کالبدی و فیزیکی است.
- ژئومورفولوژی طبیعی بستر شهر تهران در شکل‌گیری واحدهای همگن واکنش به اقلیم نقش زیادی دارد.
- الگوی توسعه فیزیکی شهر و بافت فشرده آن مهمترین دلیل شکل‌گیری جزیره گرمای شهری تهران هستند.
- واحدهای همگن واکنش به اقلیم در شهر تهران متأثر از ویژگی‌های کالبدی و مشخصات ارتفاعی و مورفولوژی سطح است.
- نوار میانی شهر تهران با توالی تپه‌ماهورها و پارک‌های احداثی نوع مشخصی از اقلیم محلی را ایجاد کرده‌اند.

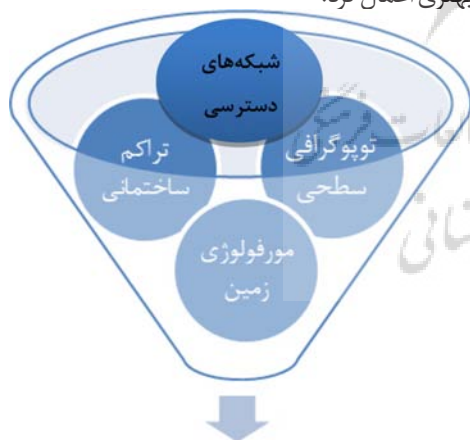
۱. مقدمه

شناسایی ویژگی‌های طبیعی هر منطقه شهری به خصوص اقلیم آن در مدیریت سرزمین نقش مهمی دارد. برای شناسایی وضعیت اقلیمی و برنامه‌ریزی جداگانه هر منطقه‌ای به یک طبقه‌بندی اقلیمی مناسب در جدا کردن مناطق مختلف شهری از هم نیاز است. پهنه‌بندی‌های اقلیمی یکی از راه‌های شناخت محدودیت‌ها و توان‌های محیطی مناطق شهری است (Gandomkar, et al. 2018). محیط‌های شهری با توجه به کاربری/پوشش اراضی، هندسه و کالبد متفاوت، نیاز به تجدید نظر در پهنه‌بندی‌های اقلیمی سنتی دارند. روش‌های متعددی برای شناخت وضعیت اقلیمی شهرها ارائه شده است که از آنها می‌توان به روش‌های طبقه‌بندی اقلیم شهری با طبقات اقلیم محلی (LCZ) (Shamsipour, 2024)، نقشه‌های آب‌وهوای شهری (UCM) (Korkinezhad et al. 2023b) و توپو اقلیم‌ها (Climatopes) (Ciazela, 2021, Mills, 2014) در دهه‌های اخیر اشاره نمود.

فضاهای شهری متفاوت از دیگر محیط‌های طبیعی و روستایی موزاییکی از شرایط اقلیمی است که به وسیله عناصر انسان‌ساخت و هندسه شهری ایجاد می‌شوند. برای همین ضروری است روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی در شهرها متفاوت از فضاهای طبیعی بوده و از داده‌ها و اطلاعات فیزیکی شهر بهره بگیرند (Ghorbani et al. 2000). نخستین مطالعات اقلیم‌شناسی شهری در دهه ۱۹۷۰ در آلمان انجام شد (Katzchner et al. 2010; Matzarakis, 2005). در زمینه مطالعه نقشه اقلیم شهری، محقق آلمانی کار ناچ (Katzchner and Mulder, 2008; Matzarakis, 2005, 2013) برای نخستین بار یک سیستم نگاشت اقلیم برای برنامه‌ریزی شهری را پیشنهاد کرد. اقلیم‌شناسان اشتوتگارت نخستین کسانی بودند که مطالعات نقشه اقلیم شهری را برای کاهش مشکلات آلودگی هوا انجام دادند (Baumuller, 1999 and 2010; Katzchner et al. 2006). در پژوهشی برای طبقه‌بندی اقلیم محلی (LCZ) در شهر یوگیاکارتا در اندونزی، اریجودین و همکاران (۲۰۱۹) از روش WUDAPT بر اساس LCZ از تصاویر لندست ۸ استفاده نمودند (Pradhesta et al. 2019). در پژوهشی برای پهنه‌بندی اقلیم محلی شهر تهران، از داده‌های هواشناسی، تصاویر ماهواره‌ای و لایه‌های اطلاعات مکانی استفاده گردید (Shamsipour, 2024; Sepasi et al. 2023). برای تهیه نقشه اقلیم شهری (UCM) در شهر تهران، کورکی‌نژاد و همکاران از داده‌های دما، بارش و جهت و سرعت باد در ایستگاه‌های هواشناسی و لایه‌های اطلاعات مکانی شهر تهران در نرم‌افزار Arc/GIS استفاده نمودند (Korkinezhad et al. 2023a). در پژوهشی برای طبقه‌بندی مناطق اقلیم شهری، (UCZ) (Jung et al., 2019; Stewart and Oke, 2012)، جانگ و همکاران بر اساس رویکردهای آمار فضایی با هدف بهبود برنامه‌ریزی شهری به طبقه‌بندی مناطق اقلیم شهری (UCZ) برای شهر سئول پرداختند (Jung et al., 2019). در پژوهشی برای شناسایی واحدهای همگن واکنش به اقلیم و به‌کارگیری دستورالعمل‌های اقلیمی در برنامه‌ریزی شهری برای شهر لیسبون (پرتغال) آلکوفرادو و همکاران، از تصاویر ماهواره لندست برای نقشه تراکم ساختمانی، طبقه‌بندی پوشش زمین و توپوگرافی و همچنین برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی، از مدل رقومی زمین (DTM) و توپوگرافی منطقه استفاده کردند (Alcoforado et al. 2009).

جدیدترین روش‌های طبقه‌بندی اقلیمی شهرها عبارتند از: زون‌های اقلیم شهری (UCZ) به وسیله اوک و استورات (۲۰۱۲) بر مبنای نظرات اوئر (۱۹۷۸) و الوفسن (۱۹۹۱)، بیشتر با تمرکز بر مناطق توسعه‌یافته شهری ارائه گردید (Lee and Oh, 2018). زون‌های اقلیم محلی (LCZ) شرایط گرمایی و مورفولوژی شهرها را بیشتر مبتنی بر دانش عمومی و ساده‌شده فرم ساختمان و پوشش زمین در نظر می‌گیرد که اثر مشخصی در دمای سطحی دارند. نقشه‌های اقلیم شهری (UCM) از دو رکن اصلی نقشه‌های تحلیلی اقلیم شهری و نقشه‌های توصیه‌های برنامه‌ریزی شهری تشکیل می‌شود و واحدهای همگن واکنش به اقلیم (HCR) ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه را با توجه به ساختار شهری (ابعاد ساختمان، خیابان)، پوشش زمین (نفوذپذیری)، بافت (مصالح)، متابولیسم (فعالیت انسانی) و امکان تغییر اقلیم طبیعی یا «بیش‌شهری» تعیین می‌کند (Korkinezhad et al. 2023b; Shamsipour, 2024; Stewart and Oke, 2012; Houet and pigeon, 2015).

فضاهای شهری از جنبه‌های متنوعی همانند مشخصات هندسه شهری، فرم و کالبد، ویژگی‌های اقلیمی، آلودگی، تراکم جمعیت دسته‌بندی می‌شوند. با شناخت ویژگی‌های اقلیمی در مناطق مختلف شهری می‌توان برنامه‌ریزی بهتری اعمال کرد. شهر یعنی مکان فعالیت انسان‌هایی که برای زندگی و رفاه بیشتر جمع شده‌اند و ساختارهایی ایجاد نموده‌اند که تأمین‌کننده نیازهای فردی و اجتماعی آنهاست. شهرها به دلیل نوع فعالیت، تراکم ساختمان‌ها، آلودگی هوا، نوع فعالیت از روستا متفاوت است (Zhand, and Zhand, 2017). بنابراین شهرها فضاهای پیچیده‌تری از جمله در مشخصات محیطی و اقلیمی هستند. پس روش‌های مناسبی برای شناسایی ویژگی‌هایی اقلیمی مناطق شهری نیاز است. با شناخت ویژگی‌های اقلیمی در مناطق مختلف شهری می‌توان برنامه‌ریزی محیطی و انسانی بهتری اعمال کرد.



تصویر شماره ۱: مدل مفهومی واحدهای همگن واکنش به اقلیم

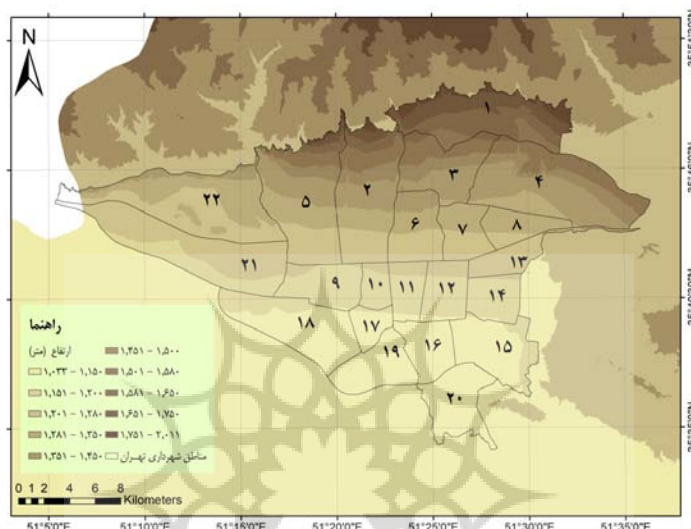
هدف اصلی پژوهش، منطقه‌بندی اقلیمی شهر تهران برای شناخت مناطق ساختاری همگن و تعیین واحدهای همگن واکنش به اقلیم در شهر تهران با تمرکز بر شرایط بارگرمای محیطی است که برای دستیابی به اهداف یادشده پرسش (آیا با توجه به شرایط پیچیده توپوگرافی، بافت ناهمگن و فرم و عملکرد متنوع شهری، نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم در شهر تهران؛ قابلیت تدوین پیشنهادی برنامه‌ریزی شهری را دارند؟) قابل ارائه است.

۲. داده‌ها و روش تحقیق

۲.۱. منطقه مورد مطالعه

شهر تهران از شمال به رشته‌کوه‌های البرز، از شرق به لواسانات، از غرب به کرج و از جنوب به ورامین محدود می‌شود. تصویر شماره ۲ موقعیت شهر تهران را نشان می‌دهد. از نظر طبقه‌بندی توپوگرافی، از شمال تا جنوب شهر تهران تفاوت چشمگیری دارد. به طوری که از شمال به کوه و از جنوب با دشت محدود شده است. اختلاف ارتفاع سبب تفاوت‌های متنوعی در بافت، اقلیم، کیفیت محیطی، معیشتی و توزیع و تراکم جمعیتی شده است. اختلاف ارتفاع تهران از جنوب تا شمال شهر برابر با ۹۰۰ متر است (Tavousi and Hoseinabadi, 2017).

از نظر هندسی مرکز شهر تهران با ساختمان‌های مسکونی، اداری و تجاری متنوع و جنوب شهر با واحدهای کارگاهی، کارخانه‌ها و صنایع مشخص می‌شود. از نظر تراکم جمعیت، منطقه مرکزی شهر تهران به دلیل استقرار ادارات و خدمات زیرساختی، رفاهی و خدماتی تراکم بیشتری دارد و به سمت پیرامون شهر از میزان تراکم کاسته می‌شود. تمرکز جمعیتی، فعالیتی و ترافیکی بالا در مرکز شهر سبب شکل‌گیری هسته آلوده شهری و بار گرمای بالای محیط شده است (تغییرات اقلیمی بر فضاهای شهری اثر می‌گذارند). کشیدگی شمالی-جنوبی شهر به طور متوسط حدود ۲۷ کیلومتر و گسترش شرق به غرب آن بیش از ۵۰ کیلومتر است (Shamsipour et al. 2012).



تصویر شماره ۲: نقشه سطوح ارتفاعی و موقعیت شهر تهران

۲.۲. داده‌ها

لایه‌های اطلاعاتی استفاده شده شامل کاربری/پوشش اراضی، تراکم ساختمانی، شبکه راه‌ها، فضاهای سبز، تراکم جمعیتی، دمای هوا و بارش، شبکه هیدروگرافی و توپوگرافی شهر در محیط GIS هستند. داده‌های یادشده عموماً لایه‌های اطلاعات مکانی شهری تهران هستند که از سازمان فناوری و اطلاعات شهرداری تهران در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ تهیه شده‌اند. کاربری/پوشش اراضی از تصاویر ماهواره لندست ۸ برای سال ۲۰۲۰ با اسکرپیت نویسی در گوگل ارث ارنجین تهیه گردید. مورفولوژی زمین از ترکیب نقشه توپوگرافی، ژئومورفولوژی منطقه‌ای و کوچک مقیاس تهران و تصاویر ماهواره‌ای تهیه شد. داده‌های هواشناسی که برای شناخت وضعیت عمومی اقلیم شهر تهران استفاده شدند از سازمان هواشناسی دریافت شدند.

۲.۳. روش تحلیل داده‌ها

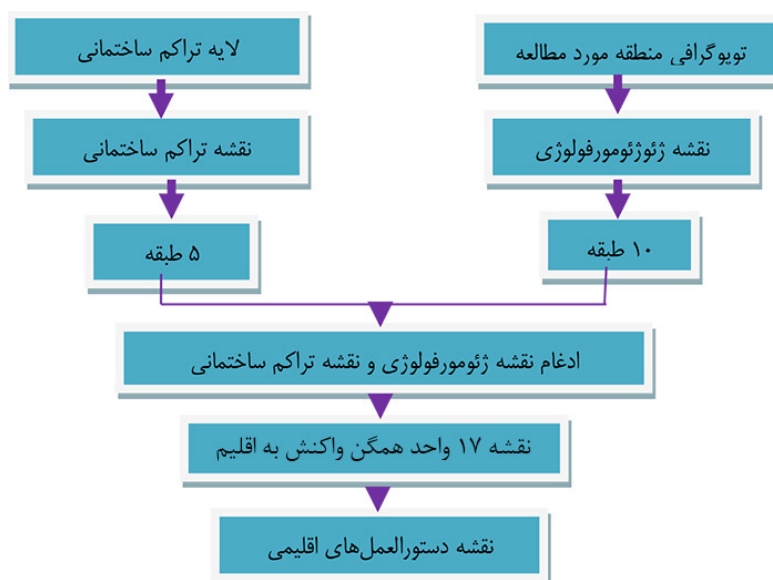
روش مورد استفاده در پژوهش حاضر واحدهای همگن واکنش به اقلیم (HCR) است که طبقه‌بندی اقلیمی را بر اساس نقشه‌های تراکم ساختمانی و ژئومورفولوژی، همچنین عوامل توپوگرافی و پوشش زمین انجام می‌دهد. هدف آن تهیه نقشه‌ای است که مناطق اقلیمی همگن با فضای شهری را نشان می‌دهد و با عنوان واحدهای همگن واکنش به اقلیم (HCR) نام‌گذاری می‌شوند. این روش طبقه‌بندی بر اساس عوامل اقلیمی مانند ارتفاع یا هندسه شهری انجام می‌شود نه بر اساس

عناصر و متغیرهای جوی. مزیت روش HCR ارائه دستورالعمل‌های اقلیمی برای برنامه‌ریزی در طرح‌های جامع شهری است (Alcoforado et al., 2009). پژوهش حاضر از لحاظ ماهیت کاربردی و از جنبه روش تحقیق توصیفی و تحلیلی است. روش تحقیق در تصویر شماره ۳ نشان داده شده و مراحل انجام تحقیق به شرح زیر قابل ارائه است:

مرحله ۱- تولید نقشه ژئومورفولوژی: بر اساس نقشه ژئومورفولوژی شهر و حومه، توپوگرافی و زمین‌شناسی شهر و با استفاده از نرم‌افزار (Google Earth) ترسیم شد. پهنه‌های ارتفاعی، فضاهای سبز، رودخانه‌ها و عوارض داخل و تا حریم دو کیلومتری اطراف شهر (مانند ارتفاعات شرقی) به دلیل اثر اقلیمی آنها شناسایی و به نرم‌افزار Arc/GIS منتقل شدند.

مرحله ۲- طراحی و ترسیم نقشه تراکم ساختمانی: لایه تراکم ساختمانی شهر تهران به پنج کلاس داخلی شامل (۱) کلاس خیلی کم تراکم (۰-۵۰ درصد)، (۲) تراکم ساختمانی پایین (۵۱-۱۰۰ درصد)، (۳) تراکم متوسط (۱۰۱-۱۵۰ درصد)، (۴) تراکم ساختمانی زیاد (۱۵۱-۲۰۰ درصد) و (۵) تراکم خیلی زیاد (۲۰۱-۹۲۲ درصد) طبقه‌بندی شد.

مرحله ۳- تهیه نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم (HCR): با ادغام نقشه‌های طبقات تراکم ساختمانی و واحدهای ژئومورفولوژی، واحدهای همگن واکنش به اقلیم شهر تهران تهیه شده و از آن نقشه دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی ارائه گردید.



تصویر شماره ۳: روند نمای گرافیکی انجام پژوهش

۳. یافته‌ها

مرکزی شهر را از غرب به شرق پوشش می‌دهد. کم‌ارتفاع‌ترین بخش‌های شهر با حدود ۲۰ درصد مساحت کل شهر متعلق به دامنه ارتفاعات ۱۰۳۳-۱۱۵۰ متر است که مناطق جنوبی شهر را شامل می‌شوند. کمترین درصد مساحت متعلق به مرتفع‌ترین طبقه ارتفاعی یعنی ۱۷۵۱-۲۰۱۱ متر است که ۱/۲ درصد مساحت شهر را به خود اختصاص داده و منحصراً در منطقه ۱ شهرداری و در دامنه‌های پرشیب کوه‌های توجال قرار دارد جدول شماره ۱.

برای شناخت وضعیت اقلیم شهر تهران در مقیاس‌های محلی تا متوسط لازم است از عوامل توپوگرافی و کالبد شهری استفاده شود. در این مطالعه بر همین اساس نخست اطلاعات محیطی شهر تهران تجزیه و تحلیل و سپس وضعیت توپوگرافی شهر تهران طبقه‌بندی شد. از طبقه‌بندی سطوح ارتفاعی شهر مشخص شد که حدود ۲۱ درصد مساحت محدوده شهر در طبقه ارتفاعی ۱۲۸۰-۱۴۰۱ متر قرار دارد که نوار

جدول شماره ۱: مساحت و درصد مساحت سطوح ارتفاعی در شهر تهران (منبع داده‌های پایه: نقشه شماره ۳)

ارتفاع	مساحت (هکتار)	درصد	ارتفاع	مساحت (هکتار)	درصد
۱۱۵۰-۱۰۳۳	۱۲۰۹/۳۳	۱۹/۶۲	۱۵۰۰-۱۴۵۱	۲۹۲۹/۹۴	۴/۷۸
۱۲۰۰-۱۱۵۱	۸۸۹۳/۷۹	۱۴/۵۱	۱۵۸۰-۱۵۰۱	۴۳۷۴/۷۵	۷/۱۴
۱۲۸۰-۱۲۰۱	۱۲۷۳۹/۷۰	۲۰/۷۸	۱۶۵۰-۱۵۸۱	۲۷۳۲/۸۵	۴/۴۶
۱۳۵۰-۱۲۸۱	۷۶۵۸/۲۱	۱۲/۴۹	۱۷۵۰-۱۶۵۱	۲۰۴۴/۱۱	۳/۳۳
۱۴۵۰-۱۳۵۱	۷۱۵۸/۷۴	۱۱/۶۸	۲۰۱۱-۱۷۵۱	۷۲۵/۷۷	۱/۲۰

۱۷ تهران می‌شوند و سه محله در این طبقه قرار می‌گیرند. **مناطق شهری با تراکم ساختمانی زیاد:** طبقه تراکمی (۱۵۱-۲۰۰ درصد)، محدوده‌های شمال و مرکز شهر را در بر گرفته‌اند. ۱۱۲ محله در این طبقه قرار می‌گیرند.

مناطق شهری با تراکم ساختمانی متوسط: طبقه تراکمی (۱۰۱-۱۵۰ درصد) اکثر مناطق شهر تهران را تشکیل می‌دهند و بیشترین پوشش را در سطح شهر دارند. ۱۴۲ محله در تهران در این طبقه قرار می‌گیرند.

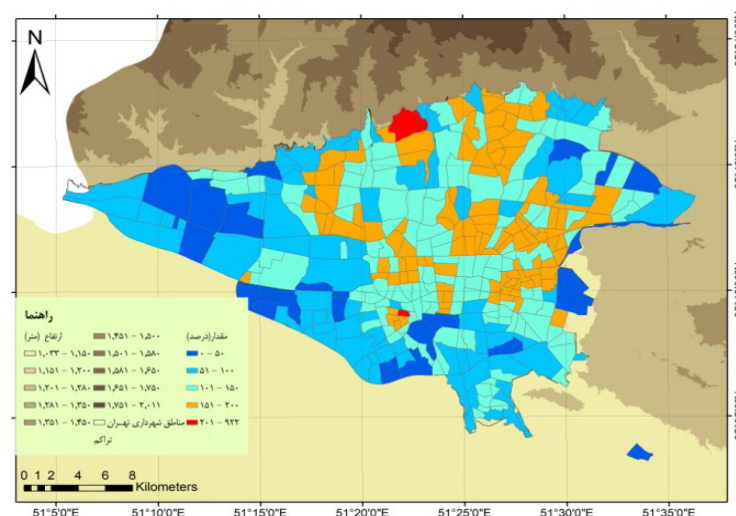
مناطق شهری با تراکم ساختمانی کم: طبقه تراکمی (۵۱-۱۰۰ درصد) اکثر محدوده‌های غرب و جنوب شهر را در بر گرفته‌اند. ۷۷ محله در تهران در این طبقه قرار می‌گیرند.

مناطق شهری با تراکم ساختمانی خیلی کم: طبقه تراکمی (۰-۵۰ درصد) محدوده‌های شرق، غرب و بخش‌هایی از جنوب شهر را در بر گرفته‌اند. ۲۰ محله در تهران در این طبقه قرار می‌گیرند (تصویر شماره ۴).

طبق آمار سازمان بوستان‌ها و پارک‌های شهرداری تهران (۱۳۹۸) در محدوده شهر تهران، در مجموع ۲۲۶۲ بوستان عمومی وجود داشته است که مساحت آنها برابر با ۵۹۴۹ هکتار یعنی کمی کمتر از ۱۰ درصد مساحت شهر است و شبکه هیدروگرافی شهر تهران شامل رود دره‌های ولنجک، درکه، دربند، دارآباد، جمشیدیه، گلابدره هستند که به‌طور کلی می‌توان آنها را به همراه بوستان‌ها، ریه‌های تنفسی شهر به‌شمار آورد (آمارنامه شهر تهران، ۱۳۹۹).

نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم از دو متغیر مهم تراکم ساختمانی و موفولوژی زمین تشکیل می‌شود. تراکم ساختمانی با مفاهیمی مانند ضریب سطوح نفوذناپذیر، سطح اشغال ساختمان، ضریب سطح زیربناها و ضریب فضاهای باز مرتبط است (Pourmohammadi et al. 2018). با استفاده از لایه اطلاعاتی تراکم ساختمانی، پنج گروه تراکمی زیر به‌دست آمد:

مناطق شهری با تراکم ساختمانی خیلی زیاد: طبقه تراکمی (۲۰۱-۹۹۲ درصد) شامل مناطقی از شمال تهران، منطقه یک و قسمتی از منطقه



تصویر شماره ۴: نقشه تراکم ساختمانی شهر تهران

اشغال تراکم ساختمان، متعلق به طبقه تراکم ساختمانی خیلی زیاد با تعداد سه محله (شامل مناطق شمالی شهر به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و بالا بودن قیمت زمین در این مناطق) هستند (جدول شماره ۲).

بیشترین درصد اشغال تراکم ساختمان شهر تهران، متعلق به طبقه تراکم ساختمانی متوسط با تعداد ۱۴۲ محله (شامل مناطق مرکزی شهر به دلیل موقعیت طبیعی و انسانی، مستقر بودن ادارات و سازمان‌های دولتی در این مناطق، دسترسی مناسب و راحت این مناطق نسبت به مناطق دیگر و قیمت مناسب زمین در این مناطق) و کمترین درصد

جدول شماره ۲: مساحت، درصد مساحت و تعداد محلات تراکم ساختمانی شهر تهران (ماخذ: پدید آورندگان مقاله)

تراکم	مساحت	درصد مساحت	تعداد محلات
زیاد	۱۲۷۶۸/۳	۲۰/۴۲	۱۱۲
کم	۲۰۲۵۷/۶۵	۳۲/۴۰	۷۷
متوسط	۲۰۳۴۲/۰۷	۳۲/۵۴	۱۴۲
خیلی زیاد	۵۱۹/۱۱	۰/۸۳	۳
خیلی کم	۸۶۲۱/۳۷	۱۳/۷۹	۲۰

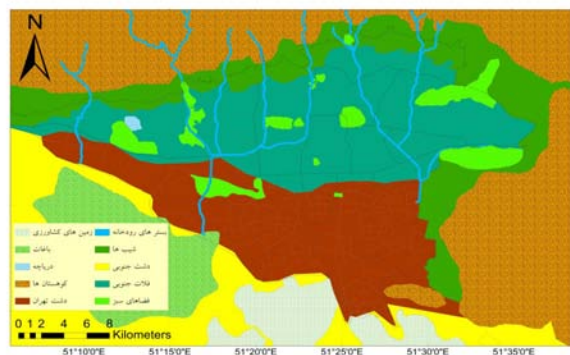
غرب و بخش‌های شمالی مناطق مرکزی را دربر گرفته‌اند. فضاهای سبز با رنگ سبز شامل پارک‌های چیتگر، سرخه حصار، پردیسان، لویزان، جمشیدیه، کوهسار، آتی‌ساز، لاله، المپیک و پارک شهر را در بر گرفته‌اند (تصویر شماره ۵).

بیشترین درصد مساحت طبقه شهری متعلق به پهنه کوهستانی با (۲۵/۳۳) درصد (به دلیل موقعیت خاص جغرافیایی و قرار گرفتن شهر تهران در اطراف رشته کوه‌های البرز) و کمترین درصد متعلق به طبقه دریاچه با (۰/۰۹) درصد (به دلیل وسعت کم این محدوده در شهر) هستند (جدول شماره ۳).

در نهایت از نقشه‌های پایه تراکم ساختمانی و ژئومورفولوژی شهری تهران نقشه واحدهای همگن واکنش به آب‌وهوای شهر تهران (HCR) تهیه شد. نقشه به دست آمده از ادغام نقشه تراکم و نقشه ژئومورفولوژی شهری به نام واحدهای همگن واکنش به اقلیم نامیده می‌شوند که در تصویر شماره ۶ و جدول شماره ۴ ارائه شده‌اند. مطابق جدول شماره ۴ واحدهای طبقات اقلیمی شهر به شرح زیر است:

کلاس ۱ به مناطقی با تراکم ساختمانی کم و خیلی کم در محدوده زمین‌های کشاورزی اشاره دارد. کلاس ۲ مناطق با تراکم ساختمانی کم و خیلی کم در محدوده باغات هستند. کلاس ۳ مناطق با تراکم

برای تهیه نقشه منطقه‌بندی اقلیم شهری تهران مبتنی بر روش (HCR) نیاز به تهیه نقشه ژئومورفولوژی است. مطابق نقشه تهیه شده ۱۰ طبقه مورفولوژیکی در شهر تهران شناسایی شدند. زمین‌های کشاورزی با نماد هاشور در جنوب شهر تهران (اطراف شهر ری) و باغات با نماد هاشور سبز در جنوب غربی شهر (اطراف چهاردانگه) مشخص شده‌اند. دریاچه چیتگر با رنگ آبی در منطقه ۲۲ و محله چیتگر در غرب شهر نشان داده شده است. ارتفاعات شرق و شمال تهران (توچال، کوه‌های بی‌بی‌شهربانو، وردیچ، سولقان، سنگان، زندان، تلو بالا و ده ترکمن) با عنوان کوهستان‌ها با رنگ هاشور قهوه‌ای نشان داده شده‌اند. دشت تهران با رنگ قهوه‌ای پررنگ، بیشتر مناطق مرکزی و نوار جنوبی شهر تهران را دربر گرفته‌اند. زمین‌های پرشیب شهر از نقشه سطوح ارتفاعی محاسبه شد و به دو طبقه پنج درصد و بیشتر از پنج درصد طبقه‌بندی شدند که با رنگ سبز متوسط ارتفاعات شمال شهر تهران را دربر گرفته‌اند. رودخانه‌ها به صورت خطی با رنگ آبی نشان داده شده‌اند که شامل رودهای دارآباد، دربند، ولنجک، درکه، فرحزاد، وسک و کن هستند. دشت جنوبی با رنگ زرد خارج از محدوده شهر تهران و در محدوده باغات و زمین‌های کشاورزی نشان داده شده‌اند. فلات جنوبی با رنگ سبز پررنگ، مناطق نوار میانی شهر از شرق به



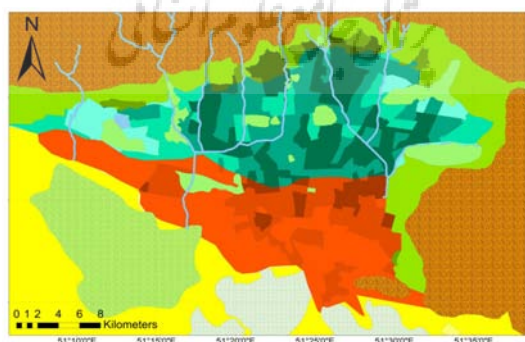
تصویر شماره ۵: نقشه ژئومورفولوژی بر پایه نقشه توپوگرافی شهر تهران

جدول شماره ۳: مساحت و درصد مساحت طبقات شهر تهران (ماخذ: پدید آورندگان مقاله)

طبقات	مساحت	درصد مساحت
زمین‌های کشاورزی	۷۲۷۴/۳۷	۴/۴۸
باغات	۱۳۸۰۸/۲۹	۸/۵۲
کوهستان	۴۱۰۵۷/۵۷	۲۵/۳۳
دشت تهران	۲۳۷۲۶/۹۹	۱۴/۶۴
شیب‌ها	۱۸۲۵۰/۲۴	۱۱/۲۶
دشت جنوبی	۲۱۵۹۱/۱	۱۳/۳۲
فلات جنوبی	۲۷۷۷۶/۵۴	۱۳/۳۲
فضاهای سبز	۵۴۳۵/۷۹	۳/۳۵
بستر رودخانه‌ها	۲۹۶۱/۰۱	۱/۸۲
دریاچه	۱۵۷/۹۳	۰/۰۹

خیلی کم در محدوده دشت جنوبی اشاره دارد. کلاس ۱۲ مناطقی با تراکم ساختمانی زیاد در محدوده فلات جنوبی را شامل می‌شود. کلاس ۱۳ شامل مناطقی با تراکم ساختمانی متوسط در محدوده فلات جنوبی است. کلاس ۱۴ مناطقی با تراکم ساختمانی کم در محدوده فلات جنوبی را شامل می‌شود. کلاس ۱۵ مناطقی با تراکم ساختمانی خیلی کم در محدوده فلات جنوبی است و محدوده کلاس ۱۶ محدود به مناطقی با تراکم ساختمانی خیلی کم در محدوده فضاهای سبز می‌شود. کلاس ۱۷ به مناطقی با تراکم ساختمانی خیلی کم در محدوده دریاچه چیتگر و بستر رودخانه‌ها اشاره دارد. برای کلاس‌های ۱۶ و ۱۷ به دلیل نبود کاربری ساختمانی در بستر رودخانه‌ها و فضاهای سبز، تراکم ساختمانی خیلی کم لحاظ شده است.

ساختمانی متوسط، کم و خیلی کم در محدوده کوهستان هستند. کلاس ۴ شامل مناطقی با تراکم ساختمانی زیاد و خیلی زیاد در محدوده دشت تهران است. کلاس ۵ مناطقی با تراکم ساختمانی متوسط در محدوده دشت تهران را در برمی‌گیرد. کلاس ۶ به مناطقی با تراکم ساختمانی کم و خیلی کم در محدوده دشت تهران اشاره دارد. کلاس ۷ شامل مناطقی با تراکم ساختمانی زیاد و خیلی زیاد در محدوده شیب‌هاست. کلاس ۸ شامل مناطقی با تراکم ساختمانی متوسط در محدوده شیب‌های پایکوهی است. کلاس ۹ مناطقی با تراکم ساختمانی کم و خیلی کم در محدوده شیب‌ها را در برمی‌گیرد. کلاس ۱۰ به مناطقی با تراکم ساختمانی متوسط و کم در محدوده دشت جنوبی اشاره دارد. کلاس ۱۱ به مناطقی با تراکم ساختمانی



تصویر شماره ۶: نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم در شهر تهران

طبقات شهر	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
بستر رودخانه‌ها و دریاچه																	
فضاهای سبز																	
فلات جنوبی																	
دشت جنوبی																	
شیب‌ها																	
دشت تهران																	
کوهستان																	
باغات																	
زمین‌های کشاورزی																	
خیلی زیاد																	
زیاد																	
متوسط																	
کم																	
خیلی کم																	

جدول شماره ۴: واحدهای همگن واکنش به اقلیم به همراه تراکم ساختمانی آنها

دشت جنوبی به دلیل وجود زمین های بایر فراوان، تراکم ساختمانی کم است. به طور کلی در این دو طبقه اقلیمی جمعیت انسانی زیادی ساکن نیستند. تفاوت این واحدها در متراکم بودن و یا نبودن این مناطق از نظر جمعیتی و ساختمانی است (جدول شماره ۵).

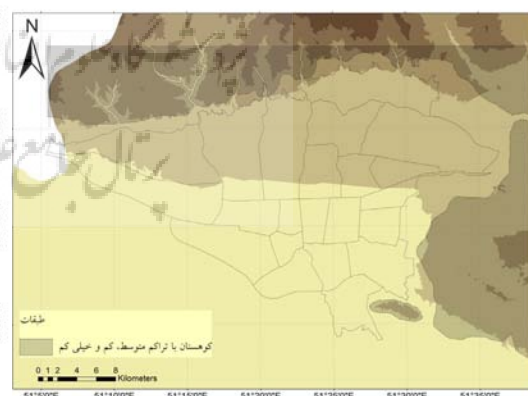
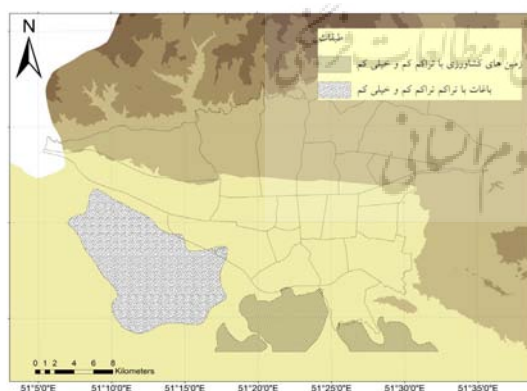
بیشترین درصد مساحت شهر متعلق به کلاس ۱۱، دشت جنوبی با تراکم خیلی کم (۲۵/۳۳) درصد و کمترین درصد مساحت شهر متعلق به کلاس ۳، کوهستان (۰/۱۵) درصد هستند. بدیهی است که در مناطق کوهستانی به دلیل کاهش دما و دشوار بودن شرایط زندگی و در

جدول شماره ۵: نام کلاس، تراکم، مساحت و درصد مساحت ۱۷ واحد همگن واکنش به اقلیم (به هکتار) (ماخذ: پدید آورندگان مقاله)

کلاس	نام کلاس و تراکم	مساحت به هکتار	درصد مساحت	کلاس	نام کلاس و تراکم	مساحت به هکتار	درصد مساحت
۱	زمین های کشاورزی با تراکم کم و خیلی کم	۷۲۷۴/۷۶	۴/۴۸	۱۰	دشت جنوبی با تراکم متوسط و کم	۲۱۳۴۶/۸۱	۸/۵۲
۲	باغات با تراکم تراکم کم و خیلی کم	۱۳۸۰۸/۲۹	۱۳/۱۷	۱۱	دشت جنوبی با تراکم خیلی کم	۲۴۵/۲۹	۲۵/۳۳
۳	کوهستان با تراکم متوسط، کم و خیلی کم	۴۱۰۵۷/۵۸	۰/۱۵	۱۲	فلات جنوبی با تراکم زیاد	۹۲۰۶/۶۳	۱/۲۷
۴	دشت تهران با تراکم خیلی زیاد و زیاد	۲۰۷۳/۴۳۴	۵/۶۸	۱۳	فلات جنوبی با تراکم متوسط	۹۸۹۱/۳۳	۴/۴۷
۵	دشت تهران با تراکم متوسط	۷۲۵۶/۹۹۳	۶/۱۰	۱۴	فلات جنوبی با تراکم کم	۵۹۳۴/۱۱	۸/۸۸
۶	دشت تهران با تراکم کم و خیلی کم	۱۴۳۹۶/۵۷	۳/۶۶	۱۵	فلات جنوبی با تراکم خیلی کم	۲۷۴۴/۴۵	۰/۸۷
۷	شیب با تراکم خیلی زیاد و زیاد	۱۴۲۴/۸۱۶	۱/۶۹	۱۶	فضاهای سبز با تراکم خیلی کم	۵۴۳۵/۷۹	۰/۷۵
۸	شیب با تراکم متوسط	۱۲۱۹/۱۱	۳/۳۵	۱۷	بستر رودخانه ها و دریاچه با تراکم خیلی کم	۳۱۱۸/۹۵	۹/۶۳
۹	شیب با تراکم کم و خیلی کم	۱۵۶۰۶/۳۲	۱/۹۲		مساحت کل واحدها	۱۶۲۰۴۰/۸۷	

میزان استفاده از شیمیایی و سموم را دارند. به دلیل مجاورت با شهر باید از به کارگیری مواد شیمیایی، سموم دفع آفات گیاهی و کودهای شیمیایی پرهیز شود؛ زیرا اگر این موارد به شهر منتقل شوند، سلامتی شهروندان را به خطر می اندازند. در کلاس ۳ حفاظت از این منطقه برای تأمین هوای خنک و تازه در زون کوهستانی به واسطه شرایط ثقلی و ارتفاعی برای شهر تهران ضروری است. در طراحی مسیرهای ترابری شهری باید اقداماتی صورت گیرد تا موجب اختلال در وضعیت جریان باد نشوند (تصویر شماره ۷).

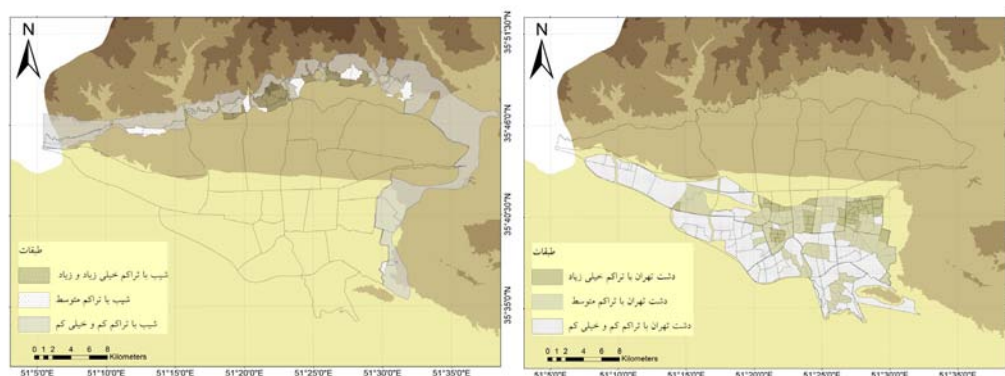
از مزایای تهیه نقشه منطقه بندی اقلیمی شهر از روش واحدهای همگن واکنش به اقلیم، استخراج دستورالعمل های اقلیمی برای برنامه ریزی شهری است. در رابطه با شهر تهران و حومه آن ۱۷ واحد برنامه ریزی اقلیمی به دست آمد. از آنجایی که دستورالعمل های برنامه ریزی در رابطه با موقعیت فضاهای شهری، تراکم ساختمانی و ناهمواری سطحی شهر و همچنین با توپوگرافی طبیعی و انسانی متفاوت است، به طور جداگانه برای هر واحد HCR توضیح داده می شوند. در کلاس های ۱ و ۲ زمین های کشاورزی و باغات بالاترین



تصویر شماره ۷: کلاس های ۱ و ۲ (راست) و کلاس ۳ (چپ) نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم

و اختلالی در وضعیت جریان باد رخ ندهد. مسیرهای جریان هوا و شرایط باد و نسیم شهری نیز حفظ شوند و در گذرهای هوا اختلالی ایجاد نشوند. در کلاس های ۷، ۸ و ۹ باید ضمن حفظ وضع اقلیمی موجود، مناطق مرتفع تر نیز حفاظت شوند و از فرسایش خاک اجتناب شود (تصویر شماره ۸).

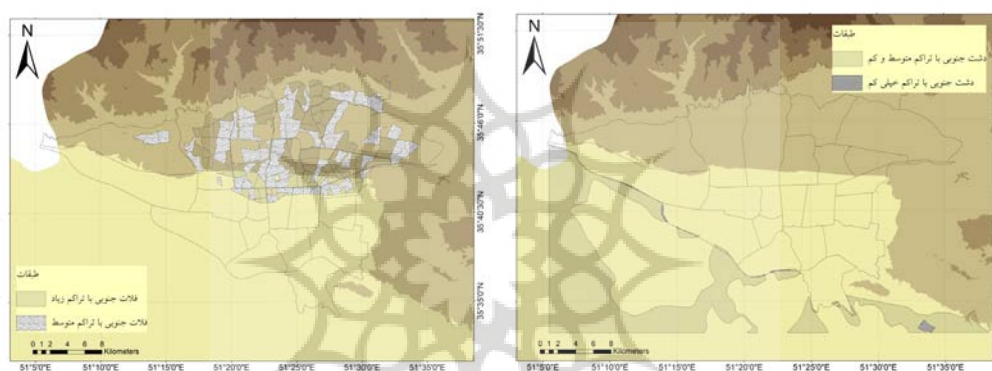
در کلاس های ۴، ۵ و ۶ به دلیل تراکم زیاد جمعیتی و متمرکز بودن ساختمان ها، گرما و آلودگی هوا زیاد است. باید در فضای باز این مناطق، فضای سبز ایجاد گردد؛ محدود کردن توسعه کاربری زمین و کاهش بارگذاری ساختمانی در این مناطق ضروری است. در طراحی مسیرهای ترابری شهری در این کلاس ها نیز باید اقداماتی صورت گیرد



تصویر شماره ۸: کلاس های ۵، ۴ و ۶ (راست) و کلاس های ۸، ۷ و ۹ (چپ) نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم

این مناطق باید افزایش پیدا کنند. در طراحی مسیرهای ترابری شهری باید اقداماتی صورت گیرد تا افزون بر نبود اختلال در وضعیت جریانهای باد، با ایجاد شبکه اکولوژیک و گسترش فضاهای سبز خطی جریان باد تقویت شود (تصویر شماره ۹).

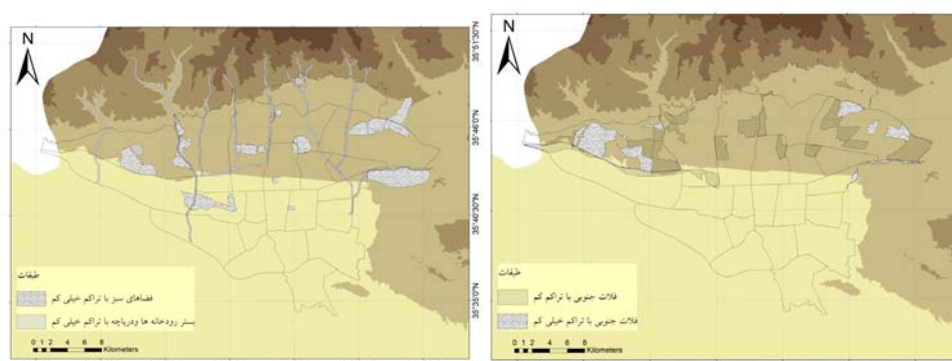
در کلاس های ۱۰ و ۱۱ ضمن حفظ شرایط اقلیمی آنها، ویژگی های شهری این مناطق مانند تراکم جمعیتی و ساختمانی کم باید حفظ و نگهداری شود. در کلاس های ۱۲ و ۱۳ مسیرهای جابه جایی هوا و شرایط باد و نسیم شهری باید تقویت شوند و فضاهای سبز و پوشش های باز در



تصویر شماره ۹: کلاس های ۱۰ و ۱۱ (راست) و کلاس های ۱۲ و ۱۳ (چپ) نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم

در کلاس های ۱۶ و ۱۷، ضمن حفظ و مراقبت از شرایط اقلیمی آنها، ویژگی های شهری این مناطق که شامل مناطقی با حجم ساختمانی و تراکم جمعیتی کم، فضاهای باز و سبز نسبتاً زیاد هستند باید تا حد ممکن حفظ و نگهداری شود؛ زیرا منشأ هوای تمیز و پاک هستند (تصویر شماره ۱۰).

در کلاس های ۱۴ و ۱۵ دستورالعمل های اقلیمی عبارتند از: ۱- وضعیت فضای سبز به عنوان تعدیل کننده دمای هوا باید به حداکثر برسد، ۲- عدم استقرار صنایع در محدوده غربی شهر تهران برای کاهش آلودگی هوا، ۳- گسترش مسیرهای هوایی برای تهویه هوا توصیه می شوند و همچنین در مسیرهای هوایی اختلالی ایجاد نشوند و ۴- کنترل ساخت وسازها برای کاهش شرایط بار گرمایی محیط توصیه می شود.



تصویر شماره ۱۰: کلاس های ۱۴ و ۱۵ (راست) و کلاس های ۱۶ و ۱۷ (چپ) نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم

به غرب عبارتند از: لارک، دارآباد، جمشیدیه، گلابدره، دربند، ولنجک، درکه، فرحزاد، کن و وردآورد (Zahraeipour and Jafarpour, 2021). این رود دره‌ها با جریان آب، منبع تأمین هوای خنک دامنه‌های کوه‌های شمال تهران هستند و ظرفیت ایجاد شرایط هوای خنک‌تر در مسیر خود را در داخل شهر دارند (Hamidi et al. 1997).

در پژوهشی که برای بررسی شرایط آب‌وهوای شهر لیسبون پرتغال و شناسایی واحدهای همگن واکنش به آب‌وهوا در این شهر صورت گرفته است، آلفوفارادو و همکاران برای تهیه نقشه تراکم ساختمانی و طبقه بندی پوشش زمین، چندین نوع طبقه بندی خودکار (حداقل فاصله، حداکثر احتمال و طبقه بندی کننده‌های موازی) و الگوریتم‌های طبقه بندی برای سه تصویر لندست و اسپات را مورد بررسی قرار دادند و در نهایت طبقه بندی حداکثر احتمال تصویر لندست را اعمال کردند و چهار گروه تراکم ساختمانی (زیاد، متوسط، کم و خیلی کم) را برای لیسبون طبقه بندی کردند. آنها توپوگرافی و مدل زمین دیجیتال (DTM) را برای تهیه نقشه ژئومورفولوژی مورد استفاده قرار دادند و در نهایت از طریق ادغام نقشه‌های تراکم و مورفولوژی، هشت واحد HCR را معرفی کردند و در آخر یک سری دستورالعمل‌های اقلیمی برای برنامه‌ریزی شهری را ارائه نمودند (Alcoforado and et al., 2009). در این پژوهش برای تهیه نقشه تراکم ساختمانی بر خلاف مطالعه صورت گرفته در لیسبون از لایه اطلاعاتی تراکم ساختمانی استفاده شده و پنج طبقه با تراکم‌های خیلی زیاد، زیاد، متوسط، کم و خیلی کم طبقه بندی شدند. برای تهیه نقشه مورفولوژی، از طریق نرم‌افزار Google Earth، ۱۰ واحد مورفولوژیک دسته بندی شدند و در نهایت از طریق ادغام نقشه‌های تراکم و مورفولوژی، ۱۷ واحد HCR در شهر تهران شناسایی شده و به دنبال آن دستورالعمل‌های اقلیمی برای برنامه‌ریزی شهری ارائه شدند که با دستورالعمل‌های بیان شده به وسیله آلفوفارادو و همکاران تقریباً همخوانی دارند. هدف این تحقیق با پژوهش آلفوفارادو و همکاران تقریباً مشابه بود و آن این است که کاهش جزیره حرارتی در شهرها به عنوان یک مشکل اقلیمی در اولویت قرار گیرد و همچنین توسعه‌های شهری جدید مانند ساخت و سازها نباید مانع تهویه و گردش هوا شود؛ زیرا موجب افزایش جزیره حرارتی و کاهش کیفیت هوا می‌شوند. بنابراین به افزایش مناطق سبز شهری به عنوان یک عامل خوب باید توجه شود. نتایج این پژوهش در تأیید پژوهش آلفوفارادو و همکاران نیز قرار می‌گیرد.

پژوهشی دیگری به وسیله کورکی نژاد و همکاران با هدف تهیه نقشه بار گرمای شهر تهران انجام شده است که از نتایج آن می‌توان به این اشاره کرد که ۱۹ درصد شهر با تنش گرمایی و عدم تهویه هوا مواجه هستند که در مناطق مرکزی شهر قرار دارند (KorkiNezhad, et al., 2021). در این پژوهش برای تهیه نقشه بار گرمای شهری از لایه‌های اطلاعاتی حجم ساختمان، توپوگرافی شهر و فضای سبز استفاده شده است. نقشه اقلیم شهر تهران از ادغام نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری و نقشه دستورالعمل آب‌وهوای شهری تهیه شده که در هشت دسته طبقه بندی شدند که در تأیید نتایج این پژوهش نیز است. داده‌های هر دو پژوهش شامل عناصر اقلیمی و هواشناسی، داده‌های زمین جغرافیایی و اطلاعات فضای سبز هستند با این تفاوت که در این پژوهش از نقشه حجم ساختمان و همچنین نقشه‌های بار گرمایی

بنابراین در این بخش می‌توان به پاسخ سؤال‌های مطرح شده در قسمت مقدمه پرداخت. روش HCR با پیدا کردن واحدهایی که پاسخ‌های متفاوتی در برابر شرایط اقلیمی می‌دهند و همچنین با ارائه دستورالعمل‌های اقلیمی برای کاهش تنش گرمایی محیط، کاهش شدت آلودگی هوا، ارتقای کیفیت هوا و ایجاد تهویه طبیعی هوا مفید است. همچنین ناهموازی موجود در شهر تهران، یک مزیت در دسته بندی واحدهای همگن واکنش به اقلیم است. در نهایت نقشه واحدهای همگن واکنش به اقلیم، به دلیل این که بالایه‌های اطلاعات مکانی و مشخصات هندسی و فیزیکی شهر تهران تهیه می‌شوند، پایه مناسبی برای تهیه نقشه دستورالعمل‌های اقلیمی هستند.

۴. بحث

در رابطه با فضاهای شهری، کاربری/پوشش زمین از عوامل مهم در ایجاد طبقه اقلیمی مشخص است. پوشش‌های سطحی با ویژگی‌های فیزیکی و حرارتی متنوع با درجات متفاوتی از جذب یا بازتاب انرژی مشخص می‌شوند. تفاوت سطوح در میزان انرژی دریافتی از عوامل مهم تفاوت‌های اقلیمی است. در شهر با توجه به تنوع بالای کاربری/پوشش سطوح، تفاوت‌های اقلیمی زیادی در مقیاس محلی دیده می‌شود. در واکاوی وضعیت پوشش/کاربری اراضی شهر تهران، کاربری‌های متنوعی از قبیل فضاهای سبز، اراضی بایر با رخنمون سنگی، سطوح آسفالتی، کاربری‌های مسکونی، تجاری و اداری تشخیص داده شده‌اند. در بین تمام کاربری‌ها، فضاهای سبز مشخصه زیستی و متفاوتی نسبت به بقیه کاربری‌های ساختمانی و مصنوع شهری دارند. به طوری که گیاهان در فرایند تبخیر و تعرق سبب تعدیل دمای هوای محدوده و پیرامون خود می‌شوند که با اصطلاح جزیره‌های خنک شهری شناخته می‌شوند. در شهر تهران فضاهای سبز به طور کلی در کمربندی از غرب به شرق از میانه شمالی شهر کشیده شده‌اند. به طوری که از پارک جنگلی چیتگر در غرب تا پارک پردیسان و مجموعه تپه‌های عباس‌آباد و لویزان در شرق فضای تنفسی شهر را شکل می‌دهند. بنابراین این کمربند یک طبقه اقلیمی متفاوتی از مناطق مرکزی شهر با کمبود فضاهای سبز و بافت فشرده ساختمانی دارد. در این رابطه درصد تراکم ساختمانی از معیارهای مهم زون‌های اقلیم شهری است. بیشترین درصد اشغال تراکم ساختمان شهر تهران، متعلق به طبقه تراکم ساختمانی متوسط یعنی ۱۰ تا ۱۵ درصد با تعداد ۱۴۲ محله شامل مناطق مرکزی شهر است که با تمرکز بالای ادارات و سازمان‌های دولتی، مناطق قدیمی و هسته اولیه شهر را شکل می‌دهند. کمترین درصد اشغال تراکم ساختمان متعلق به طبقه تراکم ساختمانی خیلی زیاد با تعداد سه محله شامل مناطق شمالی شهر است. تنوع محلات با تراکم‌های ساختمانی متفاوت مشخصات اقلیمی متنوعی را شکل می‌دهد.

از مهمترین عناصر طبیعی در تعیین وضع هوای مناطق شهری تهران، آبرهاها با نام رود دره‌های دهگانه تهران هستند. این رود دره‌ها که جریان‌های فصلی تادائمی آب شناخته می‌شوند، پهنه‌های کوهستانی ارتفاعات توحال را به دشت و داخل شهر وصل می‌کنند. این رود دره‌ها با توجه به ارتفاع بالاتر حوزه آبخیز آنها، ظرفیت تأمین هوای پاک را برای پهنه داخلی شهر دارند. مهم‌ترین رود دره‌های شهر تهران از شرق

و ظرفیت پویایی استفاده نشده است. دسته‌بندی پنج منطقه شهر تهران برای برنامه‌ریزی اقلیم شهری از طریق نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری خروجی دیگری است که در این پژوهش تهیه نشده است. سپاسی و همکاران با هدف پهنه‌بندی آب و هوای محلی (Local Climate Zoning) شهر تهران بر اساس فیزیک و پوشش شهر به این نتیجه رسیدند که آب‌وهوای محلی دارای ۱۷ طبقه با ویژگی‌های پوششی و فیزیکی متفاوت هستند و مرکز شهر کیفیت هوای ضعیفی دارد که دلایل اصلی آن تراکم بالای ساختمان و کمبود فضای سبز شهری است. در نتیجه عدم تهویه طبیعی و ایجاد جزیره گرمایی شهری شکل می‌گیرد (Sepasi Zangiabadi, et al., 2023). آنها تقویت فضاهای سبز در گذرگاه شمالی - جنوبی برای کاهش بار گرمایی را پیشنهاد کردند که در تأیید نتایج این پژوهش نیز است. در هر دو پژوهش از داده‌های هواشناسی و لایه‌های اطلاعات مکانی شهر استفاده شده است. اهداف و نتایج هر دو پژوهش در یک راستا قرار دارند با این تفاوت که در مطالعه صورت گرفته به وسیله سپاسی و همکاران از تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده شده است. در هر دو پژوهش ۱۷ پهنه اقلیمی شناسایی شد که البته با هم متفاوت هستند.

پژوهشی در شهر تهران به وسیله شمسی پور و همکاران با هدف بررسی تغییرات مکانی جزیره گرمایی شهر تهران انجام و از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی شده است. نتایج این پژوهش نشان از تغییرات مکانی جزیره گرمایی در ماه‌های مختلف در ایستگاه‌های دوشان تپه، فاطمی مهرآباد و بهمن می‌دهد و ایستگاه‌های آزادی، بهمن و بازار مراکز اصلی و هسته گرمایی هستند که مناطق نوار مرکزی شهر را شامل می‌شوند و در تأیید نتایج این پژوهش است. با این تفاوت که در این پژوهش از میدان باد حاصل از مدل آلودگی هوا استفاده نشده است (Shamsipour et al. 2013).

ساسان‌پور و همکاران با هدف مطالعه تأثیر کاربری، پوشش اراضی و جزایر حرارتی شهر تهران و با استفاده از نقشه کاربری، پوشش اراضی، نقشه حرارتی تصویر ماهواره‌ای سنجنده ETM+ و همچنین شاخص‌های UTEVI، NDBI، NDBAI، NDWI، NDVI به این نتیجه رسیدند که ارتباط معناداری بین جزایر حرارتی و ساخت و ساز و مناطق بایر و رابطه معکوس بین پوشش گیاهی با دما وجود دارد که نتایج آن نیز در تأیید این پژوهش قرار می‌گیرد. در هر دو پژوهش از داده‌های هواشناسی و لایه‌های اطلاعات مکانی شهر استفاده شده است؛ با این تفاوت که در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه حرارتی و همچنین شاخص‌ها استفاده نشده است (Sasanpour, et al. 2013).

پرادهستا و همکاران با هدف طبقه‌بندی منطقه آب و هوایی محلی با استفاده از پردازش بر روی تصاویر Landsat 8 در یوگیا کارتا ۱۲ LCZ را شناسایی کردند که ۶ LCZ بر اساس نوع ساختمان و ۶ LCZ بر اساس نوع پوشش زمین تشکیل شده و به این نتیجه رسیدند که LCZ3 دارای ویژگی‌هایی ساختمان‌های فشرده با ارتفاع یک تا سه طبقه، ارتفاعات کم، فضای سبز کم، مصالح ساختمانی بتن، فولاد، سنگ و شیشه است؛ در حالی که LCZ5 دارای ویژگی‌های ساختمان‌هایی با ارتفاع سه تا نه طبقه، انبوه درختان و پوشش‌های متداول (گیاهان کم)، بتن، فولاد، سنگ و مصالح ساختمانی شیشه‌ای است. بنابراین افزودن فضای سبز بیشتر می‌تواند جایگزینی برای موادی باشد که گرما را در سراسر منطقه

جذب می‌کنند. نتایج این تحقیق در تأیید این پژوهش قرار می‌گیرد. با این تفاوت که در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای استفاده نشده است (Pradeheta et al. 2019).

در نتیجه‌گیری از مطالعات انجام شده در خصوص روش‌های طبقه‌بندی اقلیم شهری می‌توان گفت تمام آنها به این نکته اشاره داشتند که مناطق مرکزی شهرهای بزرگ، هسته مرکزی شکل‌گیری جزیره حرارتی هستند و از آلودگی و عدم تهویه مناسب هوا برخوردارند و از دلایل آن می‌توان به تراکم بالای ساختمانی، جمعیتی و کاهش یا نبود پوشش گیاهی در این منطقه اشاره نمود و از راهکارهای کاهش این موارد توصیه به ایجاد فضای سبز و پوشش گیاهی شده است. تمام مطالعات با استفاده از لایه‌های اطلاعات مکانی و داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و همچنین نرم‌افزار GIS استفاده شده‌اند. با این تفاوت که در بعضی پژوهش‌ها (به غیر از این پژوهش) از تصاویر ماهواره‌ای نیز استفاده شده است. بنابراین نتایج تمام مطالعات بیان شده در تأیید نتایج این پژوهش هستند.

به طور کلی پژوهش حاضر و پژوهش کورکی‌نژاد و همکاران و پژوهش سپاسی و همکاران و پژوهش آلفورادو و همکاران دارای یک نتیجه مشترک هستند و آن این است که مناطق مرکزی شهرها با تنش گرمایی و عدم تهویه هوا مواجه هستند که دلایل اصلی آن تراکم بالای ساختمان و کمبود فضای سبز شهری است. بنابراین کاهش جزیره حرارتی در شهرها به عنوان یک مشکل اقلیمی در اولویت قرار می‌گیرد و توسعه‌های شهری جدید مانند ساخت و سازها نباید مانع تهویه و گردش هوا شوند؛ زیرا موجب افزایش جزیره حرارتی و کاهش کیفیت هوا می‌شوند (KorkiNezhad, et al., 2021; Sepasi Zangiabadi, et al., 2023; Alcoforado and et al., 2009).

کمبود فضاهای سبز یکی از عوامل شکل‌گیری جزیره گرمای شهری در مناطق مرکزی شهر است.

از عوامل دیگر اثرگذار بر شکل‌گیری طبقات اقلیمی متفاوت در فضاهای شهری، زیرساخت‌های سبز شهری است. اثرات خنک‌کننده فضای سبز در بهبود کیفیت محیطی مورد توجه است، به طوری که از پیوند فضاهای سبز متمرکز (پارک‌ها) با فضاهای سبز خطی، شبکه اکولوژیک شهری ایجاد می‌شود که جریان هوا و ظرفیت تهویه هوای شهری را تقویت می‌کند. بنابراین شهر تهران با تراکم ساختمانی متوسط شناخته می‌شود که به همان نسبت شهر متوسط ارتفاعی است که با ارتفاع ساختمانی بین چهار تا نه طبقه شناخته می‌شوند.

نقشه ژئومورفولوژی به نوعی نشان دادن شکل، ساختار، فرم، بافت شهر و مناطق شهری است. در این نوع نقشه‌ها اجزای شهرها، فضاهای عمومی و فضاهای طبیعی مانند آبراهه‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها، رودخانه‌ها، فضاهای سبز و کوه‌ها نشان داده می‌شوند و به نوعی این نقشه، توپوگرافی شهر را نمایش می‌دهد. شهری مانند تهران محلات متفاوتی با ویژگی‌های توپوگرافی، ساختمانی و ترافیکی متفاوت، کاربری و دسترسی‌های متفاوت و همچنین ارتفاع طبیعی متفاوت دارد که همه این موارد در وضعیت و شرایط اقلیمی غالب بر شهر تهران اثر دارد. به طور کلی اقلیم منطقه‌ای شهر تهران گرم و خشک است که این شرایط از شمال شهر تا جنوب و از شرق تا غرب تفاوت‌های محسوسی نشان می‌دهد. واحدهای همگن واکنش به

اقلیم به واسطه ویژگی‌های کالبدی و توپوگرافی موجود در شهر نسبت به شرایط اقلیمی واکنش متفاوتی دارند که این شرایط از شمال شهر تا جنوب و از شرق تا غرب مختلف عمل می‌کند.

کلاس‌های ۱ و ۲ به مناطقی با تراکم ساختمانی کم و خیلی کم در محدوده زمین‌های کشاورزی و باغات اشاره دارد. در این گونه زمین‌های زراعی و باغی به دلیل ماهیت آنها جمعیت انسانی خاصی زندگی نمی‌کند. کلاس ۳ به مناطقی با تراکم ساختمانی متوسط، کم و خیلی کم در محدوده کوهستان اشاره دارد. در این طبقه نیز جمعیت محدودی زندگی می‌کنند. طبقه متوسط در محدوده کوهستان به دلیل محدود بودن مساحت آن، با کلاس تراکم کم و خیلی کم ادغام شد. کلاس ۴ شامل مناطقی با تراکم ساختمانی زیاد و خیلی زیاد در محدوده دشت تهران است. کلاس ۵ مناطقی با تراکم ساختمانی متوسط در محدوده دشت تهران را در برمی‌گیرد. کلاس ۶ به مناطقی با تراکم ساختمانی کم و خیلی کم در محدوده دشت تهران اشاره دارد. کلاس ۷ شامل مناطقی با تراکم ساختمانی زیاد و خیلی زیاد در محدوده شیب‌هاست. کلاس‌های ۸ و ۹ شامل مناطقی با تراکم ساختمانی متوسط و کم تا خیلی کم در محدوده شیب‌های پایکوهی را در برمی‌گیرد. کلاس‌های ۱۰ و ۱۱ به مناطقی با تراکم ساختمانی متوسط و کم و خیلی کم در محدوده دشت جنوبی اشاره دارد. کلاس‌های ۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۱۵ به ترتیب شامل مناطقی با تراکم ساختمانی زیاد، متوسط، کم و خیلی کم در محدوده فلات جنوبی هستند. محدوده کلاس ۱۶ محدود به مناطقی با تراکم ساختمانی خیلی کم در محدوده فضاهای سبز می‌شود. کلاس ۱۷ به مناطقی با تراکم ساختمانی خیلی کم در محدوده دریاچه چیتگر و بستر رودخانه‌ها اشاره دارد. برای کلاس‌های ۱۶ و ۱۷ به دلیل نبود کاربری ساختمانی در بستر رودخانه‌ها و فضاهای سبز، تراکم ساختمانی خیلی کم لحاظ شده است. کوهستان (کلاس ۳)، فضاهای سبز (کلاس ۱۶) و بستر رودخانه‌ها و دریاچه (کلاس ۱۷)، از مهمترین واحدهای همگن واکنش به اقلیم هستند که باید حفظ شوند. کاهش دمای هوا، کاهش آلودگی هوا و ایجاد تهویه طبیعی هوا از اثرات مثبت این مناطق هستند.

بیشترین درصد مساحت شهر متعلق به کلاس ۱۱، با ویژگی دشت جنوبی با تراکم ساختمانی خیلی کم با ۲۵/۳۳ درصد و کمترین درصد مساحت شهر متعلق به کلاس ۳، کوهستان (۰/۱۵) درصد هستند. بدیهی است که در مناطق کوهستانی به دلیل کاهش دما و دشوار بودن شرایط زندگی و در دشت جنوبی به دلیل وجود زمین‌های بایر فراوان، تراکم ساختمانی کم است. به طور کلی در این دو طبقه اقلیمی جمعیت انسانی زیادی ساکن نیستند. تفاوت این واحدها در متراکم بودن و یا نبودن این مناطق از نظر جمعیتی و ساختمانی است.

۵. نتیجه‌گیری

در این پژوهش از روشی برای منطقه‌بندی اقلیم شهر تهران استفاده شده است که نخستین بار برای طبقه‌بندی اقلیم شهری لیسبون پرتغال به کار رفته بود و بر واحدهای همگن واکنش به اقلیم تأکید دارد. شهرها به واسطه ویژگی‌های اقلیمی و کالبدی کاملاً متفاوت از محیط‌های طبیعی هستند و بنابراین نیاز به استفاده از مفاهیمی است که شرایط محیطی و اقلیمی شهر را متناسب با نیازهای فعالیتی

و آسایشی طبقه‌بندی و پایش کند. یافته‌های این تحقیق با شرایط اقلیم شهر تهران هماهنگی دارد، به طوری که مناطق مرکزی با تراکم ساختمانی بالا و کمبود فضاهای سبز شهری همراه است و جزیره گرمای شهری، مشکل اقلیمی اساسی آن است؛ زیرا اصلی‌ترین دلیل پیدایش جزیره گرمای شهری به خصوص در مراکز شهرها، افزایش دمای ناشی از حجم بالای تراکم جمعیتی، فعالیتی، ترافیکی و حجم زیاد خودروها و افزایش ساختمان‌های پرتراکم است. این مناطق با کمبود فضاهای سبز شهری همراه است که همین نکته دلیلی بر شکل‌گیری جزیره گرمای شهری است. نقشه ژئومورفولوژی نشان داد که کوهستان، رود دره‌های شمال تهران و همچنین فضاهای سبز شهر وضعیت مطلوبی را از نظر تهویه هوا نشان می‌دهد. مناطق مرکزی، جنوبی و پرتراکم شهر تهران و مناطقی که از کمبود فضاهای سبز رنج می‌برند (مانند منطقه ۹) از وضعیت هوای مطلوب و تهویه شهری برخوردار نیستند. مناطق مرکزی و جنوبی شهر کیفیت هوای ضعیفی دارند و از تهویه طبیعی هوا برخوردار نیستند. تراکم بالای ساختمانی، جمعیتی، ترافیکی و نبود فضاهای سبز از دلایل این مورد هستند. شمال تهران یعنی منطقه ۱ و همچنین منطقه ۴ کیفیت هوای مطلوبی دارند (مانند نبود تنش گرمایی و تهویه طبیعی هوا) که از دلایل آن می‌توان به مجاورت با کوهستان و رود دره‌های شمال شهر و گستردگی مطلوب فضای سبز در منطقه ۴ اشاره کرد. به طور کلی طبق این مطلب که دمای هوا با افزایش ارتفاع زیاد می‌شود، از شمال به جنوب شهر تهران با کاهش ارتفاع، بر دمای هوا و شدت گرمای هوا افزوده شده و سبب می‌شود جریان تهویه هوا به صورت مناسب شکل نگیرد. از سمت غرب به شرق وضعیت اقلیم شهر بهتر می‌شود؛ زیرا جریان باد تهران غربی است و با تمرکز صنایع و کارخانه‌ها در سمت غرب شهر، آلاینده‌ها در این منطقه تمرکز بیشتری دارند. نقشه دستورالعمل‌های اقلیمی نشان داد که مناطق مرکزی و جنوبی شهر تهران از بار گرمایی زیاد، وضعیت نامطلوب تهویه و شرایط نامطلوب اقلیمی مانند عدم جریان مناسب هوا برخوردارند. در این مناطق شهر ایجاد فضای سبز بر روی نمای ساختمان و خیابان‌ها، تعبیه حوض آب و آب‌نما در داخل محیط شهر، استفاده از مصالح خنک در خیابان‌ها برای کاهش دمای هوا و شدت آلودگی هوا لازم است. باید در فضای باز این مناطق مناطق سبز ایجاد شود و توسعه کاربری زمین محدود گردد. بنابراین ایجاد فضاهای سبز در مناطق باز و خیابان‌ها برای افزایش رطوبت و تهویه هوا و کاهش بارگذاری ساختمانی در این مناطق لازم و ضروری است. در طراحی مسیرهای حمل و نقل باید اقداماتی صورت گیرد تا موجب اختلال در وضعیت جریان‌ات باد نشوند. به طور کلی مناطق شمالی شهر مانند منطقه ۱، از هوای مطبوع و خنک و همچنین جریان تهویه خوبی برخوردارند؛ به دلیل همجواری با کوهستان و رود دره‌های شمال شهر. مناطق مرکزی و جنوبی شهر به خصوص مناطق ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ دارای شرایط هوای مناسبی نیستند. مناطق شرق و مرکز شهر به خصوص در فصل زمستان از آلودگی هوا و نبود گردش مناسب هوا رنج می‌برند؛ به دلیل غالب بودن جهت باد غربی در تهران و استقرار کارخانجات در این ناحیه. مناطق شمالی شهر تهران از نظر تهویه و جریان هوا و همچنین شرایط اقلیمی مناسب، برای زیست مناسب‌ترند. از شمال به جنوب و از شرق به غرب شهر بر آلودگی و گرمای هوا افزوده می‌شود.



تصویر شماره ۱۱: نتایج و پیشنهادهای پژوهشی به دست آمده از تحقیق

References:

- Alcoforado, M.J., Andrade, H., Lopes, A., & Vasconcelos, J. (2009). Application of climatic guidelines to urban planning the example of Lisbon (Portugal). *Landscape and Urban Planning*, 90, 56–65. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2008.10.006>
- Baumüller, J. & Reuter, U. (1999). *Demands and requirements on a climate atlas for urban planning & design*. Paper presented at the Symposium of Climate Analysis for Urban Planning. Kobe, Japan.
- Baumüller, J. (2006). Implementation of climatic aspects in urban development: The example Stuttgart. In: *Proceedings of PGBC Symposium 2006: Urban Climate + Urban Greenery*. Hong Kong, 2 December, The Professional Green Building Council, 42–52.
- Ciazela, J., & Ciazela, M. (2021). Topoclimate Mapping Using Landsat ETM+ Thermal Data: Wolin Island. Poland. *Remote Sensing*, 13(14).
- Gandomkar, A., Salehvand, I., & Fattahi, E. (2019). Climate zoning based on factor analysis and cluster analysis of a case study of Karoun and Dez rivers in south-west of Iran. *Journal of Meteorology and Atmospheric Science*, 1(4), 326-342.
- Ghorbani Sepehr, A., Amraie, M., Ghaloojeh, M., & Daneshvar, P. (2020). Investigating the effect of climate change on air pollution in metropolises. *Geography and Human Relationships*, 3(2), 330-351. doi:10.22034/

در نتیجه‌گیری از مطالعات انجام شده در خصوص روش‌های طبقه‌بندی اقلیم شهری می‌توان گفت تمام آنها به این نکته اشاره داشتند که مناطق مرکزی شهرهای بزرگ، هسته مرکزی شکل‌گیری جزیره حرارتی هستند و از آلودگی و عدم تهویه مناسب هوا برخوردارند و از دلایل آن می‌توان به تراکم بالای ساختمانی، جمعیتی، فعالیتی و ترافیکی و همچنین کاهش یا نبود پوشش گیاهی در این مناطق اشاره نمود. به منظور تعدیل وضعیت گرمایی و شدت آلودگی هوا در مناطق مرکزی و جنوبی شهر تهران (دشت تهران)، توسعه فضاهاى سبز در سطح شهر، ایجاد فضای سبز بر روی نمای ساختمان‌ها و استفاده از آبنا و یا حوض آب در سطح شهر توصیه می‌شوند. همچنین فضاهاى باز در این مناطق نیاز هست افزایش پیدا کنند و کاهش بارگذاری ساختمانی در این مناطق ضروری است.

اعلام عدم تعارض منافع

نویسندگان اعلام می‌دارند که در انجام این پژوهش هیچ‌گونه تعارض منافی برای ایشان وجود نداشته است.

- gahr.2020.253389. 1459.
- Hmidi, M., Sabri, S.R., Habibi M. and Salimi, J. (1997). Skeleton of the City of Tehran (Volume 3). Tehran Technical and Engineering Consultant Organization press.
 - Houet T. & Pigeon G. (2015). Mapping urban climate zones and quantifying climate behaviors - An application on Toulouse urban area (France). *Environmental Pollution*, 159(8-9), 2180-2192. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.12.027>
 - Jung S., Lee D. & Oh K. (2019). Classifying Urban Climate Zones (UCZs) Based on Spatial Statistical Analyses. *Sustainability*, 11(7).
 - Katzschner, L. & Mulder, J. (2008). "Regional climatic mapping as a tool for sustainable development". *Journal of Environmental Management*, 87(2), 262–267.
 - Katzchner L., Ren C. & Yan-Yang NG. N. (2010). Urban Climate Map Studies: A Review. *International Journal of Climatology*.
 - KorkiNezhad, M., Shamsipour, A. and Habibi, K. (2023a). A modern approach to urban climate analysis maps - Case study: Tehran. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 32(127), 77-94. doi: 10.22131/sepehr.2023.552685.2865
 - KorkiNezhad, M., Shamsipour, A. & Habibi, K. (2023b). Planning recommendations with urban climate maps The Case study of Tehran city. *Geographical Urban Planning Research (GUPR)*, 11(3), 1-20. doi: 10.22059/jurbangeo.2023.351363.1759
 - Korkinejad, M.H. (2021). Urban Climate Mapping (UCM). Master's Thesis. University of Tehran.
 - Lee dongwoo & Oh Kyushik. (2018). Classifying urban climate zones (UCZs) based on statistical analyses. *Urban Climate*, 24, 503-516.
 - Matzarakis, A. (2005). *Country Report: Urban climate research in Germany*. IAUC Newsletter, 11:4–6.
 - Matzarakis, A. (2013). Stadtklima vor dem Hintergrund des Klimawandels. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 73:115–118.
 - Mills J. (2014). Urban climatology: History- status and prospects. *Urban Climate*, 10, 479-489.
 - Stewart I. D. & Oke T. R. (2012). Local Climate Zones for Urban Temperature Studies. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(12), 1879–1900.
 - Pourmohammadi, M. R., Hakimi, H., & Mirzaie, A. (2018). Studying the Relationship between Building Density and Land Price: Case Study of the Municipal Zone 1 of Tabriz Metropolis. *Geography and Urban Space Development*, 4(2), 169-188. doi: 10.22067/gusd.v4i2.56319
 - Pradhesta, Y.F., Nurjani, E. & Arijuddin, B.I. (2019). Local Climate Zone classification for climate-based urban planning using Landsat 8 Imagery (A case study in Yogyakarta Urban Area), *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 303 (2019) 012022, doi:10.1088/1755-1315/303/1/012022.
 - Sasanpour, F. Ziaieian, P. Bahadori, M. (2013). Land-use, Land Cover and Thermal Islands in Tehran, *Geography*, 11(39), 257.
 - Sepasi Zangiabadi, S., Shamsipour, A., & Hosseini, A. (2023). Local Climate Zoning of Tehran metropolitan base on physical structure. *Motaleate Shahri*, 12(48), 43-54. doi: 10.34785/J011.2022.019
 - Shamsipour, A., Mahdian Mahforouzi, M., Akhavan, H., & Hoseinpour, Z. (2013). An Analysis on Diurnal Actions of the Urban Heat Island of Tehran. *Journal of Environmental Studies*, 38(4), -. doi: 10.22059/jes.2013.29862
 - Shamsipour, A., Najafi, M. S., Oroji, H., Alizadeh, M., & Hassan Pour, M. (2012). Assessing Climate for Tourism in the City of Bandar-e Anzali Based on Climate Index for Tourism (CIT). *Journal of Tourism Planning and Development*, 1(2), 74-91.
 - Shamsipour, A. (2024). *Urban Climate Mapping and Planning Recommendations (A Review of Global Experiences)*, Second Edition, Tehran University Publishing Institute. Tehran.
 - Tavousi T, Hossein Abadi N. (2017). Evaluation of Temperature Inversion Indicators in Boundary Layer (Case Study: Tehran, Iran). *GeoRes*; 32 (2) :120-132
 - Zahraeipour, N., JafarPour, R. (2021). The Status of the River Valleys of Tehran as the most important natural edges of the city in the high-level document (comprehensive plan) of the city, *Bagh Nazar*, 18(97), 5-16. doi:10.22034/bagh.2020.195110.4234.
 - Zhand, A. and Zhand, M. (2017). What is a city? Scientific and Cultural Institute for Publication.



نحوه ارجاع به مقاله:

کیا، زینب؛ شمسی پور، علی اکبر؛ عزیزی، قاسم (۱۴۰۳)، شناسایی واحدهای همگن واکنش به اقلیم در کلانشهر تهران، مطالعات شهری، ۱۴ (۵۳)، ۶۷-۸۰، <https://doi.org/10.22034/urbs.2024.140790.5015>

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.

