Geographical Urban Planning Research Quarterly

Online ISSN: 2423-7779

Journal Homepage: www.jurbangeo.ut.ac.ir

Planning recommendations with urban climate maps The Case study of Tehran city

Mohammadhasan KorkiNezhad [1], Aliakbar Shamsipour [2] ✉, Kyoumars Habibi [3]

1. *Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran*
Email: m.h.koorkinezhad@ut.ac.ir
2 Department of Physical Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran
Email: shamsipr@ut.ac.ir
3. *Department of urban planning and Design, Faculty of Art and Architecture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran*
Email: habibi_ki@yahoo.co.uk

Article Info

Article type:
Research Article

Article History:
Received:
23 May 2023
Received in revised form:
26 August 2023
Accepted:
30 September 2023
Available online:
2 November 2023

Keywords:
Urban climate maps,
Urban planning recommendations,
Thermal loads,
Dynamic potential.

ABSTRACT

Cities have an increasing population and physical growth. Their physical growth by changing land cover/use has many environmental and climatic effects. Neglecting the ecological dimensions of cities has caused a decrease in their environmental quality. Among the most important of them we can mention the increase in thermal loads and air pollution, and reduction of dynamic potential. Two-dimensional urban climate maps are an analytical tool that integrates urban climate factors with urban factors so policymakers and urban planners can easily use them. climate approach is divided into two general categories of weather station data for analyzing the city's climatic conditions and spatial information layers used to integrate and calculate the map of planning recommendations. The results of integrating information layers in the geographic information system, Tehran was classified into five urban climate planning zones (UCPZ). These areas include urban climate planning area one with 25% coverage of protection zones and urban climate planning area two with 35% coverage and strategic measures. The changed areas include urban climate planning of region three with 22% attention to reducing harmful factors, urban climate planning of region four including 16% with strategic action to reduce necessary and recommended measures, and planning of urban climate region five with 3%. With strategic measures for necessary reduction, recommendations are also provided for each class with a detailed urban climate planning approach.

Cite this article: KorkiNezhad, M. H., Shamsipour, A. A., Habibi, K. (2023). Planning recommendations with urban climate maps The Case study of Tehran city. *Geographical Urban Planning Research Quarterly, 11* (3), 1-20.
http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2023.351363.1759

© The Author (s).
Publisher: University of Tehran Press
DOI: 10.22059/JURBANGEO.2023.351363.1759

Extended Abstract

Introduction

An urban climate map is an analytical tool that integrates urban climate factors with human and urban factors. Then, using obtained the results, it provides instructions and recommendations based on the climate characteristics in the city and creates a two-dimensional spatial map in a format that specialists and urban planners can easily use. In other words, the urban climate map is an interdisciplinary study and practical program that examines urban climatology and urban planning together and focuses on the application of climate knowledge in the field of planning. A proper understanding of climate conditions and planning recommendations can be implemented in actual physical planning processes of cities such as city/municipal master plan, zoning plan and land use plan. As the planning guidelines refer to specific areas, the use of urban climate maps (UCMaps) is also recommended as an information base. The created maps are considered very important physical tools for planning and as a tool with specific information to establish communication with managers, policymakers, decision-makers and those interested in urban issues.

Methodology

The data used in this research is of the type of location information that contains the information layers of the city of Tehran; The building blocks are urban land use/cover, topography, urban green spaces, surface hydrographic network and road network, which were prepared from the Information Technology Organization of Tehran Municipality. These layers of information were directly used in the calculation of the urban climate maps of Tehran in the urban climate analysis map section.

The research method is based on the analysis and integration of spatial information layers. First, the urban climate analysis map (UC-AnMap) was prepared. Calculating the climate map of the urban planning guidelines, the information contained in the urban climate analysis map is examined and based on the physical, environmental and activity conditions and realities within the city, this information is classified together. The climate map of urban planning guidelines and recommendations has classes known as urban climate planning zones (UCPZ). Each of these urban climate planning areas has guidelines and strategies with implementation capabilities that provide climatological recommendations to maintain or reduce the thermal conditions of each climate area.

Results and discussion

To obtain a map of Tehran's urban planning guidelines, variables and effective components were examined. Based on 8 classes of urban climate analysis maps and according to physical characteristics, natural ventilation potential, thermal load and urban climate classes, Tehran was integrated into 5 Urban Climate Planning Zones (UCPZ). The status of urban development planning zones and their recommendations are as follows: UCPZ1 has covered 24% of the urban area. This part of the city includes areas that, with their natural and suitable vegetation, do not hinder the flow of air and wind. UCPZ2, with 35% of Tehran's urban area, has the highest amount of coverage, and the northern areas of Tehran have this feature of the climate zone. UCPZ3 has covered 22% of the urban area and the central areas of the city have the characteristics of this climate zone. UCPZ 4 has covered 16% of the urban area of Tehran and its distribution includes the central areas of Tehran and areas such as 10, 11, 12, 6 and the south of areas 2 and 5. They cover most of this area. UCPZ5 has covered 3% of the urban surface and the main areas of the climate zone are found in the 21st, 16th, 12th and 11th districts of the municipality. Other southern and central areas of the city have small and limited spots of this climatic zone.

The pattern of population distribution and density determines the amount of man-made environmental thermal load in the city as well as the natural ventilation potential of the air. This study, which is based on urban climate maps (UCM), climate zones and planning recommendations, is based on two components of thermal load and dynamic potential of urban areas. The roads in the

central parts of the city are generally narrow and full of traffic, which leads to poor natural ventilation conditions and an increase in thermal load. Weakness in natural air ventilation has a significant effect on the amount of air pollution in urban areas, in addition to intensifying the environmental thermal load. Warehouses, industries, and uses such as gas stations and road traffic are the main sources of air pollution in different areas and neighborhoods. The urban climate planning recommendation map (UC-ReMap) shows five climate zones. This map realistically shows the climatic conditions of the city according to physical characteristics, urban geometry, urban green and open spaces and proximity to natural spaces. Therefore, it provides information on urban climate for urban planners, and based on this, they analyze regional and strategic planning based on the climatic condition of urban areas.

Conclusion

The central areas are characterized by unfavorable conditions of high thermal load and weak natural ventilation with urban heat island phenomenon: therefore, reducing the building load in these areas is necessary; In the vicinity of the central areas of the city, climate zone 4 has been obtained, which is characterized by hot conditions, and in them, it is recommended to reduce the number of structural measures. In districts 21 and 9, the type of roof materials and the continuity of asphalt surfaces and ground covering in parking lots, warehouses and silos of factories are among the reasons for the high environmental thermal load in these areas. Therefore, it is concluded that the areas with the unfavorable urban climate of Tehran are caused by three factors high building density; continuous metal and asphalt pavements; And the road network dense and narrow. On the other hand, the open and green spaces in the inner areas of the urban fabric and the mountainous suburbs in the north and agricultural suburbs in the south of the city provide favorable climatic areas with weak thermal load and high dynamic potential and natural ventilation. In climate zones one to three, it is necessary to protect and maintain relatively favorable climatic conditions, and in this context, it is necessary to avoid extensive land use conversion and restore favorable climatic conditions in the affected areas.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific.

فصلنامه پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری

شاپا الکترونیکی: 2423-7779

Journal Homepage: www.jurbangeo.ut.ac.ir

دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی با نقشه‌های اقلیم شهری
مطالعه موردی : شهر تهران

محمدحسن کورکی‌نژاد [۱]، علی‌اکبر شمسی‌پور [۲] ✉، کیومرث حبیبی [۳]

۱ - گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: t.hanaee@mshdiau.ac.ir

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

۳ - گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران. رایانامه: t.hanaee@mshdiau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۲/۰۳/۰۲

تاریخ بازنگری:
۱۴۰۲/۰۶/۰۴

تاریخ پذیرش:
۱۴۰۲/۰۷/۰۸

تاریخ چاپ:
۱۴۰۲/۰۸/۱۱

واژگان کلیدی:
نقشه‌های اقلیم شهری، توصیه‌های برنامه‌ریزی شهری، UCMap، بار گرمای محیطی، پتانسیل پویایی

چکیده

شهرها رشد و توسعه جمعیتی و فیزیکی روزافزونی دارند. رشد فیزیکی آن‌ها همراه با تغییر و تبدیل پوشش/کاربری اراضی اثرات محیطی و اقلیمی زیادی به دنبال دارد. بی‌توجهی به ابعاد محیطی و اکولوژیک شهرها سبب کاهش کیفیت محیطی شهرها شده که از مهم‌ترین آن‌ها افزایش بار گرمای محیطی، کاهش ظرفیت جابجایی هوا و آلودگی هوا می‌باشد. نقشه‌های دو بعدی آب‌وهوای شهری ابزاری تحلیلی است که عوامل آب‌وهوای شهری را با عوامل شهری ادغام کرده تا سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان شهری بتوانند به‌راحتی از آن استفاده کنند. برای محاسبه و ترسیم نقشه دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی با رویکرد اقلیمی از داده‌ها و اطلاعات مختلف فیزیکی، پوششی و کاربری اراضی استفاده می‌شود؛ در این تحقیق از دو دسته ۱) داده‌های جوی ایستگاه‌های هواشناسی برای تحلیل شرایط اقلیم شهر و ۲) لایه‌های اطلاعات مکانی برای تلفیق و محاسبه نقشه اقلیمی توصیه‌های برنامه‌ریزی استفاده شدند. بر اساس، نتایج به‌دست‌آمده از تلفیق لایه‌های اطلاعاتی در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS)، شهر تهران به پنج منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ) طبقه‌بندی گردید. این مناطق شامل: منطقه یک برنامه‌ریزی اقلیم شهری، شامل ۲۵ درصد از سطح پوشش مناطق با اقدام حفظ و نگهداری و جلوگیری از ایجاد تغییرات مخرب، منطقه دو برنامه‌ریزی اقلیم شهری با ۳۵ درصد پوشش و با اقدام راهبردی نگهداری و حفظ مناطق و احیای مناطق تغییریافته، منطقه سه برنامه‌ریزی اقلیم شهری با ۲۱ درصد مساحت و با اقدام توجه به کاهش عوامل مخرب، منطقه چهار برنامه‌ریزی اقلیم شهری شامل ۱۶ درصد سطح پوشش و با اقدام راهبردی کاهش اقدامات لازم و توصیه‌شده و منطقه پنج برنامه‌ریزی اقلیم شهری، با ۳ درصد پوشش با اقدام راهبردی کاهش اقدامات لازم و ضروری است که برای هریک از طبقه‌ها نیز توصیه‌هایی با رویکرد برنامه‌ریزی اقلیم شهری و به‌صورت تفصیلی ارائه می‌شود.

استناد: کورکی‌نژاد، محمدحسن؛ شمسی‌پور، علی‌اکبر و حبیبی، کیومرث. (۱۴۰۲). دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی با نقشه‌های اقلیم شهری مطالعه موردی : شهر تهران. *پژوهش‌های جغرافیای برنامه‌ریزی شهری*، ۱۱ (۳)، ۲۰-۱.

http://doi.org/10.22059/JURBANGEO.2023.351363.1759

© نویسندگان

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران

DOI: 10.22059/JURBANGEO.2023.351363.1759

مقدمه

مراکز شهری کسر بزرگی از جمعیت جهان، فعالیت‌های اقتصادی و زیرساخت‌های فیزیکی را در خود جای داده‌اند (Worlmeter, 2019). افزایش تراکم جمعیتی و ساختمانی، پیامدهای گسترده‌ای مانند افزایش تصرف منابع طبیعی، تغییر و تبدیل کاربری اراضی، تغییر وضعیت آب‌وهوایی و برهم خوردن مناسبات تبادل بین ماده و انرژی دارد (Schirber 2021,). درنتیجه شهرها با مسائل و مشکلات بسیاری روبرو هستند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به مسائل مرتبط با طراحی شهری اشاره کرد. مشکلاتی که به دلیل نادیده گرفتن اثر عوامل اقلیمی، منابع طبیعی و تأثیرات انسانی، ایجادشده و سبب خسارت هنگفتی به‌تمامی این عوامل می‌گردد.

یکی از مهم‌ترین موضوعات در کلان‌شهرها، وضعیت تغییریافته اقلیم شهری حاصل از تراکم و افزایش جمعیت و عدم برنامه‌ریزی مناسب و منطبق با مباحث اقلیم شهری است. شهرها در حال حاضر در معرض خطر سیل، امواج گرما، آلودگی هوا، خشک‌سالی و سایر خطراتی هستند که انتظار می‌رود تغییرات اقلیمی آن‌ها را تشدید کند. شهر تهران در طی دهه‌های اخیر تغییرات بسیاری زیادی در خرد اقلیم‌های خود داشته است. جزیره گرمای شهر تهران، از مهم‌ترین مباحثی است که طی سال‌های اخیر توجه بسیار زیادی به آن شده است و آلودگی شهر تهران و نابرابری‌های محیطی در مناطق مختلف شهر تهران (خدامرادی و همکاران، ۱۳۹۵)، از مهم‌ترین مشکلات ساکنان شهر تهران در فصول سرد است.

نقشه اقلیم شهری، ابزاری تحلیلی است که عوامل آب‌وهوای شهری را با عوامل انسانی و شهری ادغام می‌کند. سپس با استفاده از نتایج به‌دست‌آمده از آن، به ارائه دستورالعمل‌ها و توصیه‌هایی بر اساس مشخصات آب‌وهوایی موجود در شهر می‌پردازد و به ایجاد نقشه‌ای فضایی دو بعدی در قالبی که متخصصان و برنامه‌ریزان شهری بتوانند به‌راحتی از آن استفاده کنند، منتج می‌شود (Ren et al, 2011). به بیانی دیگر نقشه آب‌وهوای شهری، یک مطالعه و برنامه عملی میان‌رشته‌ای است که به بررسی اقلیم‌شناسی شهری و برنامه‌ریزی شهری در کنار یکدیگر می‌پردازد و بر کاربرد دانش اقلیمی در زمینه برنامه‌ریزی متمرکز است. درک درست شرایط اقلیمی و توصیه‌های برنامه‌ریزی می‌تواند در فرآیندهای واقعی برنامه‌ریزی فیزیکی شهرها مانند طرح جامع شهر/ شهرداری، طرح منطقه بندی و برنامه کاربری زمین اجرا شود. همان‌طور که دستورالعمل‌های مربوط به برنامه‌ریزی به حوزه‌های خاص اشاره می‌کنند، استفاده از نقشه‌های آب‌وهوای شهری (UCMaps) نیز به‌عنوان یک پایه اطلاعاتی توصیه می‌شود. نقشه‌های ایجادشده به‌عنوان ابزارهای فیزیکی بسیار مهم برای برنامه‌ریزی در نظر گرفته می‌شوند و به‌عنوان ابزاری با اطلاعاتی مشخص برای ایجاد ارتباط با مدیران، سیاست‌گذاران، تصمیم گیران و علاقه‌مند مسائل شهری، در نظر گرفته می‌شود.

موضوع آب‌وهوای شهری با رویکردهای مختلف و متنوعی در سطح جهان موردتوجه محققان و مراکز علمی و اجرایی است. دهه ۱۹۷۰ الگوی آلمانی نقشه‌های آب‌وهوای شهری به جهان معرفی شد. متخصصین هواشناسی اشتوتگارت به رهبری بومولر اولین کسانی بودند که مطالعات UCMap را برای کاهش مشکلات آلودگی هوا در شرایط باد ضعیف انجام دادند و دانش اقلیمی را در برنامه‌ریزی کاربری زمین و برنامه‌ریزی زیست‌محیطی به کار بردند (Baumueller & Reuter,1999). سامانه نقشه‌های آب‌وهوای شهری دارای دو مؤلفه اصلی است: ۱) نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری (نقشه عملکرد ترکیبی آب‌وهوا) (UC-AnMap) و ۲) نقشه اقلیمی دستورالعمل برنامه‌ریزی شهری (UC–ReMaps) (ماتزاراکیس، ۲۰۰۵). در زمینه مطالعه اقلیم شهری، محقق آلمانی کار ناچ (۱۹۵۱– ۱۹۶۳) برای اولین بار سامانه نگاشت آب‌وهوایی را برای اهداف برنامه‌ریزی پیشنهاد کرد. او یک سری نقشه‌های آب‌وهوای شهری با مقیاس‌های مختلف در نشریه خود دی لاندکلیما – اوفنهام پیشنهاد داد، که باید در سیستم برنامه‌ریزی محلی اعمال شود (شمسی‌پور، ۱۴۰۱).

در دهه ۱۹۸۰، با هدف کنترل آلودگی فلزات سنگین در مناطق صنعتی قدیمی شهر رور، انجمن مقامات محلی منطقه،

برنامه‌های مدیریت هوای پاک را با استفاده از نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری اجرا کردند تا این مناطق را با توجه به کارکردها و ویژگی‌های آب‌وهوایی متفاوت خود متمایز سازند. بیش از ۲۵ شهر شامل شهرهای مهم دورتموند، اسن، بوخوم، دویسبورگ، رکالینگهاوزن، و غیره در این پروژه شرکت (Ren et al, 2011). از اواسط دهه ۱۹۸۰، کشورهای اروپایی مانند سوئیس، اتریش، سوئد، مجارستان، چکسلواکی، لهستان، پرتغال و بریتانیا مطالعات تهیه و تولید نقشه آب‌وهوای شهری را برای برخی شهرهای بزرگ خود انجام داده‌اند. به دنبال رویدادهای مهم موج گرما در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۶، بسیاری از کشورهای اروپایی مطالعات مربوط به برنامه‌ریزی فضایی مربوط به تغییرات اقلیمی را بر اساس چارچوب سامانه تولید نقشه اقلیم شهری آغاز کردند (Lindberg,2007). برای نمونه، در فرانسه، یک مطالعه چند رشته‌ای بر روی اثرات تغییر اقلیم به نام پروژه آینده‌نگر EPICEA، از سال ۲۰۰۸ برای شناخت امواج گرمایی تابستان ۲۰۰۳ بر روی پاریس از طریق نگاشت آسیب‌پذیری آن، انجام شد. در این پروژه، داده‌های مرگ‌ومیر اضافی، همراه با پارامترهای زیست‌محیطی انتخاب‌شده، مانند مصالح پشت‌بام‌ها و سطوح ساخته‌شده و زیرساخت‌های سبز و آبی، به‌عنوان لایه‌های تحلیل ورودی در نظر گرفته‌شده و ترسیم‌شده‌اند (Desplat et al,2009).

شائو نوپل[1] بوسیله اهداف پروژه کلیمپراکس[2] (آب‌وهوا در عملکرد شهری) با کمک اطلاعات با وضوح‌بالای هواشناسی در رابطه با وضع موجود و آینده آب‌وهوای شهری، و با تمرکز اصلی بر روی مسئله بار گرمای محیطی شهرها به شکل مدل ویزبادن[3] و ماینتس[4]، با روش‌های موکلیمو[5] ۳ و کوبوئید[6] برای ریزمقیاس کردن استفاده کردند؛ و به شبیه‌سازی‌هایی مبتنی بر سطح فعلی توسعه در شهر پرداخته و با آن قسمت‌هایی که در محدوده رشد و توسعه شهری نبودند، مقایسه شدند. نتایج آن‌ها نشان داد که در مناطق متراکم و انبوه‌سازی شده، افزایش در شاخص‌های آب‌وهوایی در تابستان‌ها که مربوط به توسعه شهری است، به دلیل تغییرات آب‌وهوایی آن، از اهمیت مشابهی با بخش توسعه‌نیافته برخوردار است. همچنین جریان‌های هوای سرد نقش مهمی در تأمین آسایش مناطق متأثر از گرما (Schau-Noppel, 2020; Ramadhan et al, 2021) و شکل‌گیری جزایر گرمای شهری (Faragallah et al,2022). در همین رابطه شویو و همکاران در تحقیقی به تهیه نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری در مناطق مختلف شهر شیامن در چین پرداختند. در این تحقیق با مبنا قرار دادن مسائل آب‌وهوای شهری و تأثیرات آن بر برنامه‌ریزی شهری، به تلفیق ویژگی‌های آب‌وهوایی در شهر به همراه اطلاعات آب‌وهوایی، داده‌های توصیفی موجود، داده‌های کاربری اراضی و توپوگرافی در این شهر پرداخته و در انتها به تهیه نقشه‌ای از آب‌وهوای این شهر منتهی شد و همچنین تفاوت‌های اثرات اقلیم شهری در مناطق مختلف شهری مشخص کرد که دربرگیرنده دستکم ۹ دسته ریز اقلیمی می‌شدند (Shuyu et al,2017). همچنین برگارد[7] و همکاران در تحقیقی به واکاوی اقلیم شهری آرنهم[8] هلند با به‌کارگیری سامانه نقشه اقلیم شهری (UCM) پرداختند. آن‌ها با استفاده از اطلاعات کاربری زمین و ارزیابی نقشه مورفولوژی و تهویه شهری، طبقات خرد آب‌وهوای آرنهم را محاسبه و تعیین کردند. با تهیه نقشه‌هایی با توزیع فضایی حاصل از انواع قله‌ها و کلاس‌های تهویه در نقشه اقلیم شهری آرنهم، موارد لازم را تبیین کردند که این نقشه‌ها درک اولیه‌ای از رابطه بین محیط شهری و آب‌وهوای شهری آرنهم را ارائه می‌دهد (Burghard et al,2010). در همین زمینه ژوان و همکاران به تولید نقشه اقلیم

1. Schau-Noppel
2. KLIMPRAX
3. Wiesbaden
4. Mainz
5. Muklimo
6. Cuboid
7. Burghardt
8. Arnhem

شهری در شهر ساحلی و با توپوگرافی پیچیده باسک اسپانیا با روش UCM پرداختند (Juan et al,2013).

یک نقشه آب‌وهوای شهری، به‌عنوان یک ارزیابی ماهرانه‌ای است که در شرایطی متعادل، اثرات مثبت و منفی آب‌وهوای محلی، توپوگرافی زمین، پوشش گیاهی و ساختمان‌های شهر، و الگوهای باد را در نظر می‌گیرد. در بعد برنامه‌ریزی، این رویکرد یک ابزار ارزیابی فراهم می‌کند که از داده‌های فضایی موجود استفاده می‌کند و راه‌حل‌هایی را برای برنامه‌ریزی و استفاده آن از طریق ارزیابی کارشناسی شده و تخصصی، پیشنهاد می‌کند. نقشه اقلیمی دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی شهری به‌عنوان یک پایگاه ارزیابی یکپارچه، با رویکرد برنامه‌ریزی – اقدام محور است که می‌تواند در مقیاس شهری یا منطقه‌ای اجرا شود. بر اساس نتایج تجزیه‌وتحلیل حاصل از نقشه‌های اقلیمی توصیه‌های برنامه‌ریزی شهری، نقاط اقلیمی مشابه به مناطقی یکسان گروه‌بندی می‌شوند تا حساسیت مناطق خاصی که تحت تأثیر تغییرات کاربری زمین قرارگرفته‌اند را نشان دهند. این مناطق با رنگ‌ها و نمادهای مختلفی نمایش داده می‌شوند، که اشاره‌های متفاوتی برای برنامه‌ریزی عملی شهری از قبیل «مکانی که نیاز به تغییر دارد» یا «مکانی که باید حفظ شود» از دیدگاه اقلیم‌شناسی شهری نشان می‌دهد (Baumüller et al,1992).

در آلمان، اقدامات مختلف برنامه‌ریزی شهری ابتدا زیر نظر مناطق مختلف در نقشه دستورالعمل برنامه‌ریزی شهری، توصیه و اجرا می‌شوند. همچنین مجموعه اطلاعات کلی آب‌وهوای شهری را برای برنامه‌ریزان شهری فراهم می‌کند که بر اساس آن‌ها به تجزیه‌وتحلیل برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و استراتژیک، برنامه‌ریزی و کنترل توسعه شهری بپردازند (Baumüller et al,1992). با هدف برنامه‌ریزی عملی مبتنی بر اطلاعات اقلیم شناسانه و شهرسازی، و به جهت حل مسائل انسانی و محیطی مرتبط با وضعیت اقلیمی شهر تهران و رفع مشکلات عمده آن همانند تشدید بار گرمای محیطی و جزیره گرمای شهری، ضعف تهویه طبیعی و آلودگی هوا، در این پژوهش با رویکردی مدرن و با تکیه بر لایه‌های اطلاعات مکانی شهر تهران، نقشه اقلیمی دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی شهری تهران با قابلیت اجرای عملی و قرارگیری در برنامه‌های توسعه شهری تهیه می‌شود.

روش پژوهش

نقشه دستورالعمل آب‌وهوای شهری (UC-ReMap)، همانند یک بستر اطلاعاتی، دارای راه و روش‌های اطلاعاتی مهم و برنامه محور است. اطلاعات و خروجی‌های این نقشه از نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری به دست می‌آید که در آن مناطق آب‌وهوای شهری به شکل مشخصی قاعده‌مند می‌شوند. لذا بعد از محاسبه و تهیه نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری، نقشه دستورالعمل آب‌وهوای شهری از آن و بر اساس ویژگی‌های نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری (UC-AnMap)، استخراج‌شده و تحلیل می‌شود. داده‌های مورداستفاده در این پژوهش از نوع اطلاعات مکانی است که به‌صورت لایه‌های اطلاعاتی شهر تهران دربردارنده؛ بلوک‌های ساختمانی، کاربری/پوشش اراضی شهری، توپوگرافی، فضاهای سبز شهری، شبکه هیدرو گرافی سطحی و شبکه راه‌ها هستند که از سازمان فناوری اطلاعات شهرداری تهران تهیه گردید. این لایه‌های اطلاعاتی به‌طور مستقیم در محاسبه نقشه‌های اقلیم شهری تهران در بخش نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری استفاده شدند (جدول ۱).

پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و از نظر روش تحلیلی، آماری و آمار فضایی و از نظر ماهیت دارای رویکرد کمی است. روش تحقیق در این مطالعه مبتنی بر تحلیل و تلفیق لایه‌های اطلاعات مکانی است. به‌طوری‌که ابتدا داده‌ها و لایه‌های اطلاعاتی برای تهیه نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری گردآوری و آماده شدند؛ بنابراین لایه‌های اطلاعات مکانی موردنیاز شامل نقشه حجم ساختمان، توپوگرافی، فضای سبز، پوشش زمینی، مناظر و چشم‌انداز طبیعی و مجاورت با

فضاهای باز (جدول ۱) محاسبه و تهیه شدند.

جدول ۱. مشخصات لایه‌های اطلاعات مکانی شهری تهران

لایه اطلاعاتی	نوع داده	منبع	سال تولید	مقیاس مکانی
کاربری/پوشش اراضی	لایه‌برداری	سازمان فناوری اطلاعات شهرداری	۱۳۹۵	۱:۱۰۰۰۰
فضای سبز شهری	لایه‌برداری	سازمان بوستان‌ها	۱۳۹۵	۱:۱۰۰۰۰
بلوک‌های ساختمانی	لایه‌برداری	سازمان فناوری اطلاعات شهرداری	۱۳۹۳	۱:۱۰۰۰۰
مرز شهری	لایه‌برداری	شهرداری	۱۳۹۹	۱:۱۰۰۰۰
توپوگرافی	لایه رستری	ماهواره استر	۱۳۹۶	۹۰ متری
شبکه هیدرو گرافی	برداری	سازمان مشاور فنی شهرداری	۱۳۹۹	۱:۱۰۰۰۰
شبکه معابر شهری	برداری	شهرداری	۱۳۹۹	۱:۱۰۰۰۰
آلاینده‌های هوا	گزارش توصیفی	مرکز کنترل کیفیت هوا	۱۴۰۱	محله‌ای

پیش از محاسبه و تهیه هر یک از لایه‌های اطلاعاتی با دادن ارزش‌های عددی بین منفی ۵ تا مثبت ۵ اقدام به استاندارد کردن نقشه‌ها گردید. در هر کدام از لایه‌ها با توجه به نقش هر عامل یا طبقه اطلاعاتی در افزایش بار گرمای محیطی وزن‌های مثبت و برای طبقاتی که بار گرمای محیطی را تعدیل می‌کنند مقادیر منفی داده شد. به همان نسبت برای تهیه نقشه ظرفیت پویایی و جریان هوا، به طبقات و عواملی که سبب کاهش ظرفیت تهویه و پویایی هوا می‌شوند مقادیر مثبت و برعکس آن برای محدوده‌ها و عواملی که جریان هوا را تسهیل می‌کنند و ظرفیت جریان هوا بهبود پیدا می‌کند، مقادیر منفی داده شد. دلیل علامت مثبت و منفی اثر آن‌ها در کاهش یا افزایش بار گرمای محیطی است. به‌طوری‌که هر عاملی که سبب کاهش بار گرمای محیطی باشد چه با افزایش ظرفیت جریان هوا و چه از طریق دریافت انرژی بیشتر، مقادیر منفی می‌گیرند و برعکس عوامل و متغیرهایی که سبب افزایش بار گرمای محیطی شوند، چه با کاهش و تضعیف جریان هوا، چه با دریافت و جذب بیشتر انرژی، مقادیر مثبت گرفتند (جدول‌های ۲، ۳ و ۴).

جدول ۲. لایه‌های اطلاعات مکانی مبتنی بر GIS برای تهیه نقشه تحلیل اقلیم شهر تهران (UC-AnMap)

معیارهای فیزیکی	اثر	پایه علمی	لایه‌های ورودی
بار گرمایی	منفی	بلوک‌های ساختمانی	لایه ۱: نقشه حجم ساختمان
	مثبت	ارتفاع	لایه ۲: نقشه توپوگرافی
		اثرات زیست‌اقلیمی	لایه ۳: نقشه پوشش گیاهی
ظرفیت پویایی	منفی	نفوذپذیری شهری	لایه ۴: نقشه پوشش زمین
	مثبت	اثرات زیست‌اقلیمی جریان هوای سرد	لایه ۵: نقشه مناظر طبیعی
		تبادل توده‌هوا و اثرات همسایگی	لایه ۶: نقشه مجاورت با فضاهای باز

بنابراین ارزش عددی هر معیار و طبقه در ادامه به شرح جدول‌های هر کدام ارائه می‌شود:

جدول ۳. وزن‌ها و طبقات حجم ساختمانی محاسبه‌شده در پژوهش

بار گرمایی	حجم ساختمان (دامنه درصدها)	ارزش عددی طبقات	بار گرمایی	حجم ساختمان (دامنه درصدها)	ارزش عددی طبقات
صفر	۰ (بدون بنا)	۰	متوسط	۱۰-۴	۳
بسیار کم	۰ (فقط سنگ‌فرش شده)	۱	بالا	۲۵-۱۰	۴
کم	۴-۰	۲	بسیار بالا	> ۲۵	۵

جدول ٤. وزن‌ها و طبقات توپوگرافی محاسبه‌شده در پژوهش

سطوح ارتفاعی	ارتفاع به متر	ارزش عددی طبقات
بسیار بلند	> ۱۸۰۰	۳-
بلند	۱۵۰۰-۱۸۰۰	۲-
متوسط	۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱-
پایین	< ۱۰۰۰	۰

در مورد سومین لایه مربوط به وزن‌ها و طبقات فضای سبز وزن‌ها صفر و یکی بود به‌طوری‌که فضاهای سبز با منفی یک و فضاهای بدون پوشش با صفر وزن دهی شدند. با اعمال وزن‌ها و تهیه نقشه‌های سه‌گانه، و ترکیب آن‌ها نقشه بار گرمای شهر تهران محاسبه شد. در مرحله بعد با تهیه سه نقشه تأثیرگذار بر کیفیت جریان هوا و وزن دهی آن‌ها به شرح جدول‌ها و مطالب پیرو نقشه ظرفیت پویایی هوای شهر محاسبه شد (جدول ۵).

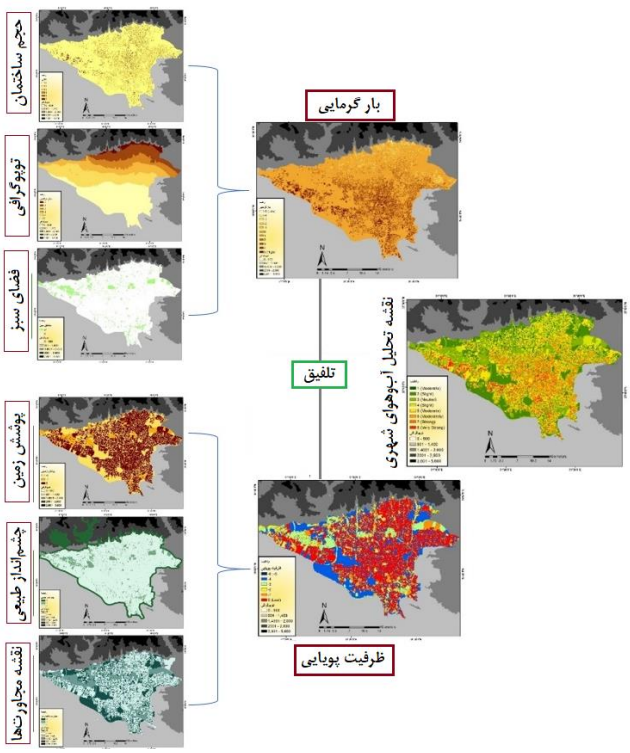
جدول ۵. وزن‌ها و طبقات پوشش زمین (ساختمان‌ها) محاسبه‌شده در پژوهش

پوشش زمینی (ساختمان‌ها)	ظرفیت تهویه هوا	پوشش زمین (درصد)	ارزش عددی طبقات
کم	زیاد	۰-۳۰	۲-
متوسط	متوسط	۳۰-۵۰	۱-
زیاد	کم	> ۵۰	۰

در ادامه لایه مناظر طبیعی با دوطبقه درختزار و محدوده شهری و مراتع، تهیه شد که در شهر تهران پارک‌های جنگلی داخل شهر و باغات و دره‌های حومه شهر در طبقه اول قرارگرفته و وزن یک و بقیه مناظر وزن صفر گرفتند. درنهایت نقشه مجاورت با فضاهای سبز و باز، برای ارزیابی پویایی جریان و تهویه هوا که در تعدیل دمای محیطی شهر موثر هستند، تهیه شد. این لایه خود شامل سه زیر لایه مجاورت با منابع آبی (دریاچه شهدای خلیج‌فارس)، مجاورت با فضاهای باز و سبز و لایه شیب سطحی بود، که محدوده‌های با مجاورت با عناصر نامبرده با وزن‌های ۱- و محدوده‌های دور از آن‌ها با مقدار ۰ وزن دهی شد (CUHK, 2015). از ترکیب این سه نقشه محاسبه و ترسیم‌شده، نقشه ظرفیت جریان هوا به دست آمد.

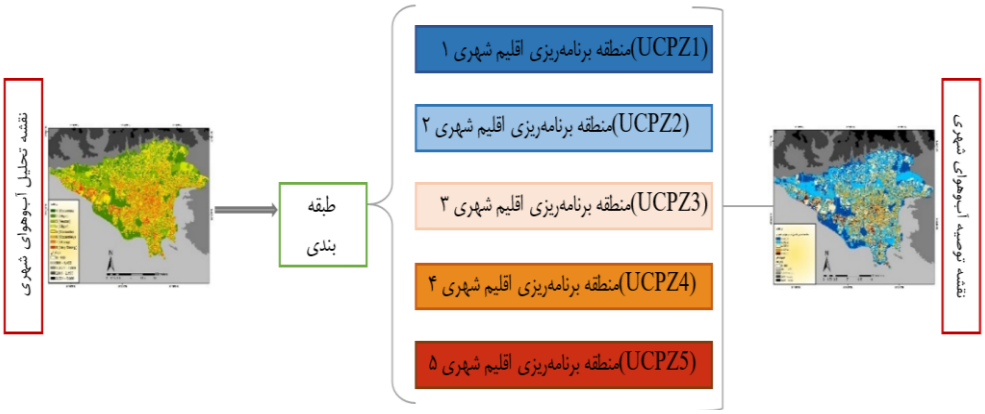
سپس با ترکیب سه نقشه حجم ساختمان، توپوگرافی و فضای سبز، نقشه بار گرمای محیطی محاسبه شد. در ادامه سه نقشه پوشش زمینی، چشم‌انداز طبیعی و مجاورت با فضاهای باز با یکدیگر تلفیق شدند تا نقشه ظرفیت پویایی و تهویه هوا به دست آید. در مرحله بعد دو نقشه بار گرمای محیطی و نقشه ظرفیت پویایی و تهویه هوا به‌صورت جمع جبری با یکدیگر تلفیق شدند و نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری به دست آمد که با مطابقت آن بر اساس شرایط اقلیمی و مشخصات و واقعیت‌های درون‌شهری تهران، نقشه نهایی تحلیل آب‌وهوای شهری تهیه شد (شکل ۱).

تمام فرایند مدیریت داده‌ها، وزن دهی، و تلفیق لایه‌ها در محیط نرم‌افزاری Arc/GIS 10.8.1 انجام‌شده است.



شکل ۱. نمای گرافیکی از فرایند تهیه نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری تهران (UC-AnMap)، منبع: (کورکی‌نژاد، ۱۴۰۰)

برای به دست آمدن نقشه اقلیمی دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی شهری، بایستی بر اساس اطلاعات موجود درون نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری، موردبررسی قرارگرفته شود و بر اساس شرایط و واقعیت‌های فیزیکی، محیطی و فعالیتی درون‌شهری، این اطلاعات با یکدیگر طبقه‌بندی شود. نقشه اقلیمی دستورالعمل‌ها و توصیه‌های برنامه‌ریزی شهری دارای طبقاتی است که با عنوان مناطق برنامه‌ریزی اقلیم شهری[1] شناخته می‌شود. هرکدام از این مناطق برنامه‌ریزی اقلیم شهری دارای دستورالعمل‌ها و راهبردهایی با قابلیت اجرایی است که برای حفظ و یا کاهش شرایط گرمایی هر منطقه اقلیمی، به ارائه توصیه‌هایی اقلیم شناسانه می‌پردازد. در شکل ۳) فرایند تهیه نقشه دستورالعمل اقلیمی شهر تهران ارائه‌شده است.

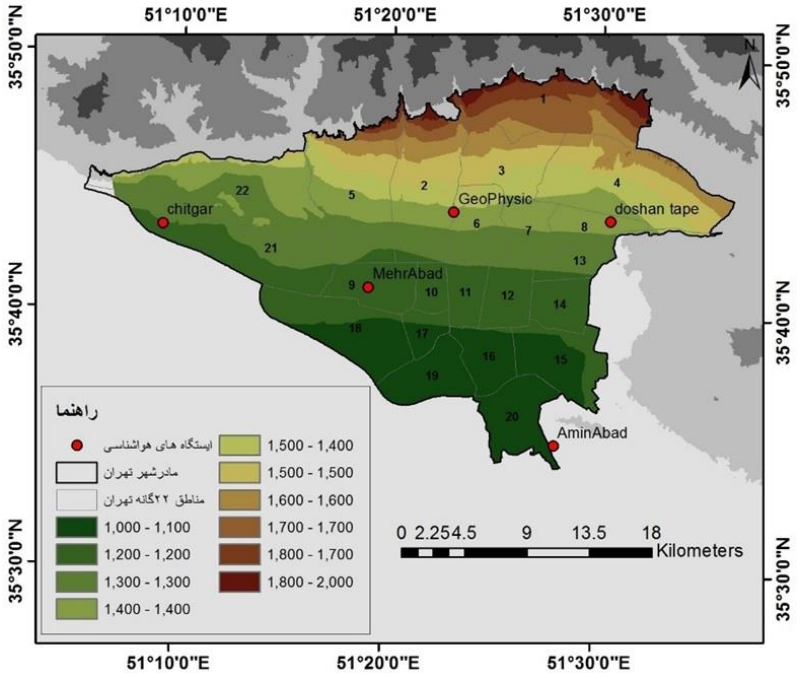


شکل ۲. شمایی از فرایند تهیه نقشه توصیه (دستورالعمل اقلیم شهری تهران)

1. Urban Climate Planning Zone (UCPZ)

محدود موردمطالعه

شهر تهران در دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه‌های البرز واقع‌شده است. وجود این رشته‌کوه به تشبیه یک سد مهم در برابر جریانات بارشی از سمت شمال، سبب عدم نفوذ آن به سمت شهر شده و از سمت دیگر سبب تعدیل هوای شهر است. تهران، بین کوه‌های البرز و حاشیه شمالی کویر مرکزی ایران، در دشتی نسبتاً هموار واقع‌شده است. پهنه استقرار این دشت نسبتاً هموار از جنوب و جنوب غربی به کوه‌های ری و بی‌بی شهربانو و دشت‌های شهریار و ورامین منتهی می‌شود و از شمال به‌واسطه کوهستان محصورشده است. شهر تهران به‌عنوان بزرگ‌ترین و پرجمعیت‌ترین شهر ایران، با مساحت ۶۱۵ کیلومترمربع پرتراکم‌ترین کانون جمعیتی کشور است. تهران در هنگام پایتخت شدن جمعیتی کمتر از ۲۰ هزار نفر داشت اما اکنون به یکی از پرجمعیت‌ترین کلان‌شهرهای خاورمیانه تبدیل‌شده است. بر اساس آمار جمعیتی سال ۱۳۹۵، تهران ۸۶۹۳۷۰۶ نفر جمعیت ساکن دارد و میزان رشد جمعیت در تهران سالانه ۱۷۹ درصد است. بر اساس شش دوره سرشماری انجام‌شده، جمعیت تهران در طی سرشماری بین سال‌های ۱۳۳۵ تا ۱۳۸۵ که به‌طور متناوب هر ده سال یک‌بار صورت می‌گرفته، جمعیت آن پنج برابر شده است و این میزان رشد در دهه‌های اخیر بیشتر در سمت مناطق پیرامونی بوده است (ادیبی سعدی نژاد و همکاران، ۱۳۹۹). شکل ۳) موقعیت شهر تهران همراه با تقسیمات اداری و پس‌زمینه توپوگرافی را نشان می‌دهد.



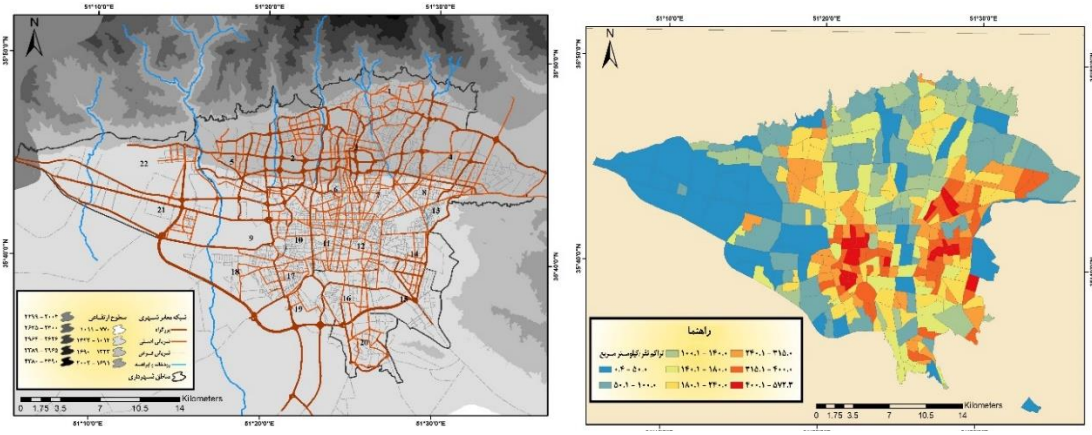
شکل ۳. موقعیت جغرافیایی شهر تهران و ایستگاه‌های هواشناسی با تقسیمات مناطق شهرداری و سطوح ارتفاعی

یافته‌ها

وضعیت آب‌وهوای شهری متأثر از عوامل مختلفی طبیعی و انسانی است؛ بنابراین در طبقه‌بندی اقلیمی شهر لازم است بر مفاهیم و متغیرهای متفاوتی از محیط‌های طبیعی توجه گردد. به‌طوری‌که با تغییر و تبدیل کاربری/پوشش زمین دستکم در دو مؤلفه مهم بیلان انرژی سطحی و چرخه آب تغییرات اساسی ایجاد می‌شود. بنابراین در این مطالعه نخست برخی متغیرها و عواملی که در مناطق اقلیمی شهر تهران حائز توجه هستند بررسی‌شده و سپس آن‌ها با تأکید بر جنبه‌های برنامه‌ریزی شهری تحلیل می‌گردند.

با توجه به اینکه بازیگر اصلی تغییر و تحولات کالبدی و محیطی در شهرها میزان تراکم و الگوی پراکنش فضایی جمعیت است، در اینجا نخست نقشه توزیع مکانی جمعیت شهری تهران ارائه‌شده است (شکل ۴ راست). در شهر تهران مناطق مرکز به سمت شرق و جنوب متراکم‌ترین بخش‌های جمعیتی شهر را تشکیل می‌دهند. به‌طوری‌که بالاترین میزان تراکم جمعیت شهری در مرکز، شرق و جنوب شرقی است که به سمت مناطق شمال شرقی شهر امتداد دارد. بنا بر سرشماری رسمی نفوس و مسکن سال ۱۳۹۵ منطقه ۴ بالاترین جمعیت را با بیش ۹۱۷ هزار نفر دارد. بعد آن مناطق ۵ و ۲ بالاترین جمعیت را در بین مناطق شهرداری تهران دارند. درحالی‌که بر مبنای تراکم جمعیت به نسبت مساحت مناطق ۱۰، ۱۷ و ۱۴ و ۸ را می‌توان نام برد. در مقابل کمترین میزان تراکم جمعیتی در مناطق ۲۲، ۲۱ و ۱۸ در غرب شهر به دلیل استقرار صنایع، انبارها، و درحال‌توسعه بودن مشاهده می‌شود.

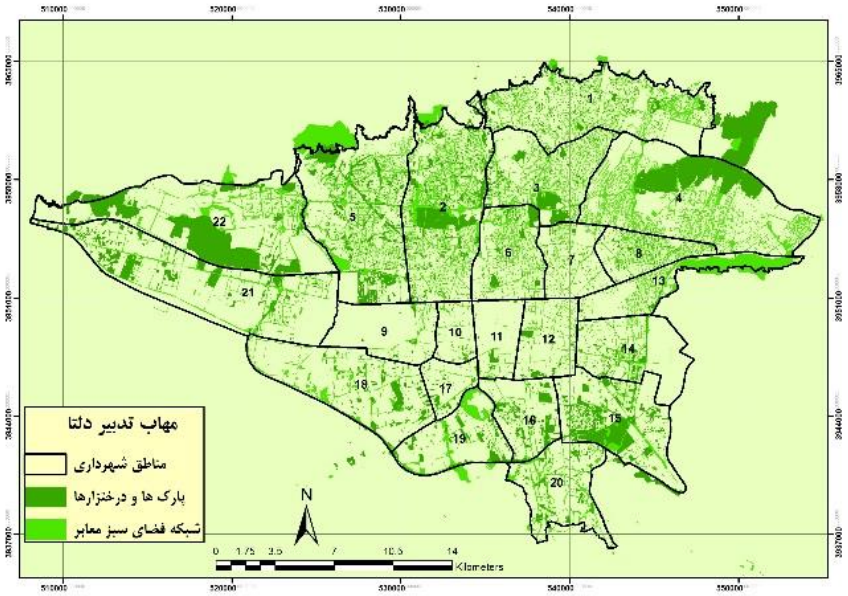
همچنین مطابق وضعیت پراکنش جمعیت شهری، شبکه معابر درون‌شهری تهران شکل‌گرفته‌اند. در مراجعه به شکل (۴ چپ) مناطق غربی متفاوت از بقیه مناطق شهرداری تهران از تراکم معابر کمتری برخوردارند. بافت متراکم در مناطق مرکزی به سمت شرق و جنوب، سبب شکل‌گیری معابر کم‌عرض شده است. مساحت شبکه دسترسی‌ها و معابر شهری تهران بیش از ۲۵ درصد محدوده شهر را اشغال می‌کند.



شکل ٤. نقشه الگوی تراکم جمعیتی (راست) و شبکه معابر درون‌شهری تهران (چپ) (شهرداری تهران، ۱۳۹۳)

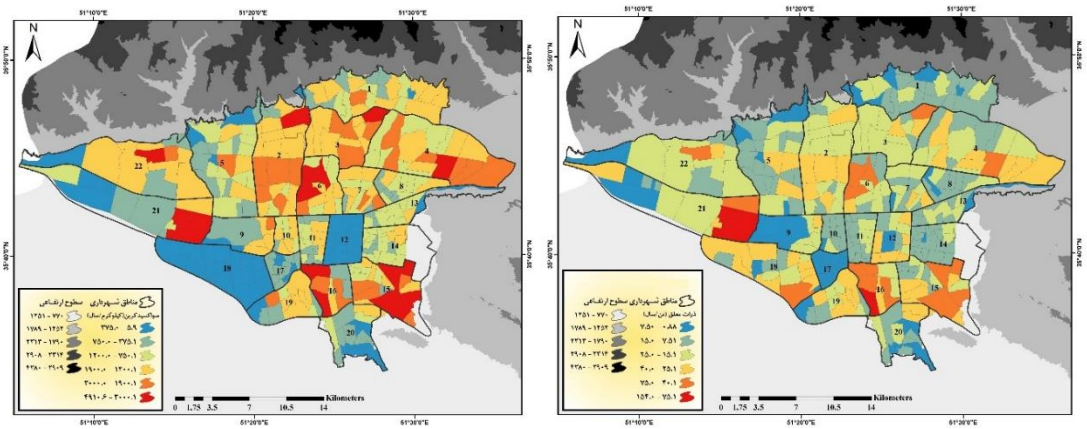
از دیگر عوامل موثر در وضعیت اقلیمی شهر تهران پوشش گیاهی از هر دو نوع طبیعی و انسانی است. به دلیل شرایط آب‌وهوای خشک‌تر محدوده‌های جنوبی شهر تهران، ازلحاظ پوشش گیاهی فقیر و تنوع پایینی دارند. هرچند حومه بیرونی در جنوب شهر با توسعه گسترده سبزی‌کاری و مزارع و باغ‌ها سرسبز می‌باشد. در بین مناطق شهرداری، منطقه ۲۲ با حدود ۷۳۲۷,۰ هکتار بیشترین سهم از فضاهای سبز شهری را در اختیار دارد که یکی از دلایل آن وجود پارک جنگلی چیتگر است؛ و پس‌ازآن، مناطق ۴ و ۱۳ بیشترین مساحت از فضای سبز را دارا هستند. کمترین مقادیر پوشش گیاهی را منطقه ۱۰، با ۶۶,۹۰ هکتار دارد (ساسان پور و همکاران، ۱۳۹۵). بیشتر مناطق شهری تهران همچون منطقه ۵ درگذشته دارای پوشش گیاهی بسیاری بودند که در طی گذر زمان و به دلایل مختلفی، تبدیل به مراکز تجاری و مسکونی شدند. مناطق شمال شهر تهران و مناطق نسبتاً جدید و نوساز در شهر تهران از میزان زیرساخت‌های فضای سبز و پوشش گیاهی بالاتری نسبت به مناطق جنوبی و بافت‌های مناطق قدیمی و مرکزی شهر برخوردار هستند؛ درنتیجه پراکنش مکانی فضای سبز در شهر تهران یکنواخت و متعادل نیست (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۶). شکل (۵) شبکه و زیرساخت‌های اکولوژیک سبز شهر تهران را نشان می‌دهد که از ترکیب دو منبع پردازش تصاویر ماهواره‌ای با محاسبه شاخص سبزینگی (NDVI) و لایه فضاهای سبز شهری از منبع شهرداری تهیه‌شده است. فضاهای سبز با وجود نقش

پررنگی که در تعدیل آلودگی هوا و دمای هوای پیرامون دارند، به‌عنوان زیرساخت اکولوژیک شهری در تاب‌آوری محیطی شهر اثر مهمی دارد. شهرها مهم‌ترین منبع تولید و گسترش کربن هستند و در کمبود سطوح طبیعی و خاکی و یا پهنه‌های آبی، فضاهای سبز شهری در تهران مهم‌ترین منبع ذخیره و ترسیب کربن جو هستند.



شکل ۵. شبکه فضاهای سبز شهری (پارک‌ها، باغات و معابر) شهر تهران

از دیگر پدیده‌های تأثیرگذار در شرایط اقلیمی شهر تهران، تضعیف تهویه طبیعی و افزایش فراوانی آلودگی هواست که از طرفی منجر به تغییر بیلان انرژی سطحی و افزایش دماهای به‌ویژه شبانه شده (کیخسروی، ۱۳۹۸) و از سویی تشدید آلودگی هوا را به دنبال دارد (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، ۱۴۰۱). برای شاخص آلودگی هوای شهر تهران از داده‌های جدول توصیفی آمارنامه میزان انتشار انواع آلاینده‌ها که توسط مرکز کنترل کیفیت هوای شهر تهران تهیه‌شده است استفاده شد. در این مطالعه دو نوع آلاینده ذرات معلق و گاز CO تحلیل و پهنه‌بندی گردید. بر اساس داده‌های به‌دست‌آمده مهم‌ترین منبع تولید منواکسید کربن و ذرات معلق خودروها هستند. که در مقیاس محلات به سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) وارد گردید. مطابق آمار مرکز کنترل کیفیت هوا، آلوده‌ترین مناطق تهران ازلحاظ ذرات معلق مناطق ۱۶ و ۸؛ و ازلحاظ دی‌اکسید نیتروژن و دی‌اکسید گوگرد مناطق ۲۱ و ۲ هستند (شکل ۶).



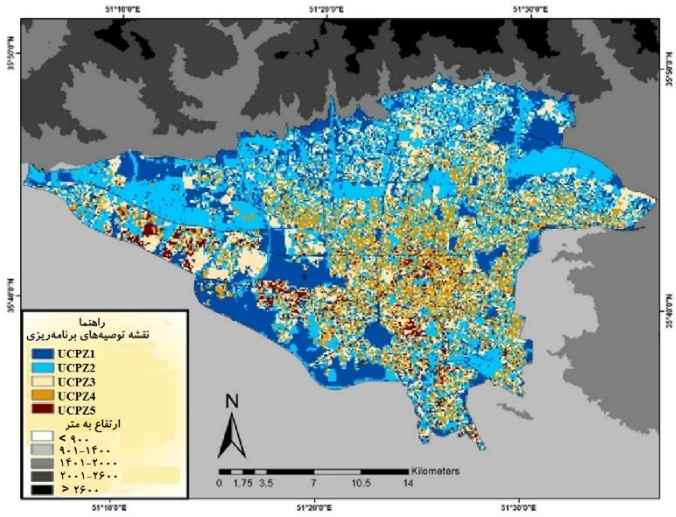
شکل ٦. مقادیر انتشار سالانه ذرات معلق (راست) و منواکسید کربن (چپ) در مقیاس محلات شهری تهران

تلفیق لایه‌های اطلاعاتی مختلف موردنیاز برای تهیه نقشه تحلیل اقلیم شهری انجام و خروجی نهایی برای تهیه نقشه اقلیمی دستورالعمل برنامه‌ریزی شهری به شرح نتایج زیر استفاده گردید. برای به دست آوردن این نقشه، ۸ کلاس نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری با توجه به ویژگی‌های فیزیکی، ظرفیت تهویه طبیعی، میزان بار گرمای محیطی و طبقه اقلیم شهری مناطق مختلف شهر تهران در ۵ منطقه برنامه‌ریزی شهری (UCPZ) ادغام گردید. جدول (۶) اطلاعات لازم برای ادغام این کلاس‌ها در تعیین نقشه دستورالعمل آب‌وهوای شهری نشان می‌دهد.

جدول ٦. اطلاعات ۵ منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری برای نقشه دستورالعمل آب‌وهوای شهری (نگ و همکاران، ۲۰۱۵)

اقدام راهبردی برنامه‌ریزی	مناطق برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ)	تأثیر روی آسایش گرمایی	طبقه اقلیم شهری	کلاس
حفظ و نگهداری و جلوگیری از ایجاد تغییرات مخرب	منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری ۱. (UCPZ1): منطقه شهری با آب‌وهوای مطلوب	●● سرمایش متوسط	بار حرارتی منفی در میزان متوسط و پتانسیل دینامیکی خوب	۱
		● سرمایش ضعیف	بار حرارتی منفی در میزان اندک و پتانسیل دینامیکی خوب	۲
نگهداری و حفظ مناطق و احیای مناطق تغییریافته	منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری ۲. (UCPZ2): منطقه شهری با آب‌وهوای نسبتاً مطلوب	خنثی	بار حرارتی پایین و پتانسیل دینامیکی خوب	۳
		● گرمایش ضعیف	برخی نقاط وجود بار حرارتی و برخی نقاط وجود پتانسیل دینامیک کم	۴
در صورت امکان توجه به کاهش عوامل مخرب	منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری ۳. (UCPZ3): منطقه با شرایط آب‌وهوای معتدل شهری	●● گرمایش متوسط	بار حرارتی متوسط و پتانسیل دینامیکی کم در برخی نقاط	۵
کاهش اقدامات لازم و توصیه‌شده	منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری ۴. (UCPZ4): منطقه شهری با بار گرمای اضافی	●●● گرمایش نسبتاً قوی	بار حرارتی متوسط و پتانسیل دینامیکی ناچیز.	۶
		●●●● گرمایش قوی	بار حرارتی بالا و پتانسیل دینامیکی ناچیز	۷
کاهش اقدامات لازم و ضروری	منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری ۵. (UCPZ5): منطقه شهری با بار گرمای بسیار بالای	●●●●● گرمایش بسیار قوی	بار حرارتی بسیار بالا و پتانسیل دینامیکی ناچیز	۸

پس از ادغام ۸ کلاس نقشه تحلیل اقلیم شهری به ۵ منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری، نقشه دستورالعمل آب‌وهوای شهری تهران به دست آمد. شکل (۷) مناطق مختلف تهران را بر اساس ۵ منطقه برنامه‌ریزی اقلیم شهری نشان می‌دهد.



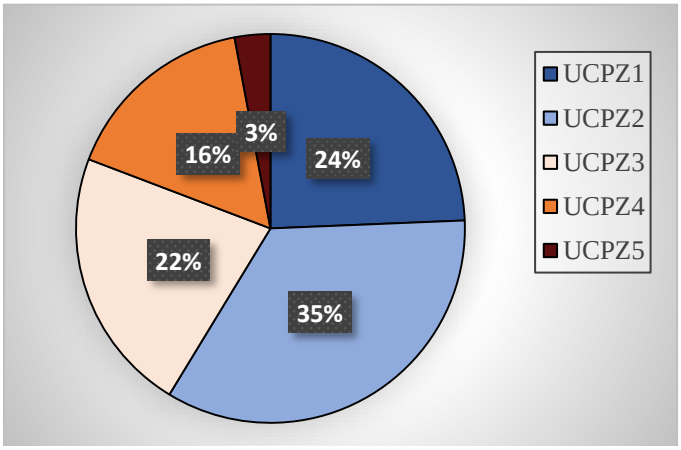
شکل ۷. نقشه دستورالعمل اقلیم شهری تهران

این نقشه اطلاعات بسیار مهمی در خصوص دستورالعمل‌های برنامه‌ریزی آب‌وهوای شهری برای هر کدام از مناطق

پنج‌گانه برنامه‌ریزی اقلیم دارد. در ادامه شکل (۸) نمودار درصد مساحت هرکدام از این مناطق را در نقشه تحلیل اقلیم شهری تهران، نشان می‌دهد. وضعیت پرکنش مناطق برنامه‌ریزی توسعه شهری و همچنین توصیه‌های آن‌ها به شرح زیر است:

منطقه ۱ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ1)، ۲۴ درصد از مساحت فضای شهری تهران را پوشش داده است و عموماً در مناطق ۹، ۱۸، ۱۹ و ۲۲ شهرداری تهران مشاهده می‌شود. این بخش از شهر شامل مناطقی است که با پوشش گیاهی طبیعی و مناسب خود، مانعی برای جریان هوا و وزش باد نیست.

منطقه ۲ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ2)، با ۳۵ درصد از مساحت شهری تهران دارای بیشترین میزان سطح پوشش است و مناطق شمالی شهر تهران همچون ۱، ۲، ۳، ۴، و ۲۲ و بخش‌هایی از منطقه ۱۵ دارای این ویژگی منطقه اقلیمی هستند.



شکل ۸. نمودار درصد مشارکت مناطق برنامه‌ریزی اقلیم شهری تهران در نقشه دستورالعمل اقلیم شهری

منطقه ۳ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ3)، ۲۲ درصد از سطح شهری تهران را پوشش داده است و مناطق مرکزی شهر دارای مشخصه‌های این منطقه اقلیمی هستند و همچنین منطقه ۲۱ شهرداری بیشترین مساحت را در این منطقه اقلیمی دارد.

منطقه ۴ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ4)، ۱۶ درصد از مساحت شهری تهران را پوشش داده است و پراکنش آن به‌صورت تجمعی مناطق مرکزی تهران را در برگرفته و مناطقی همچون ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۶ و جنوب مناطق ۲ و ۵ دارای بیشترین میزان از پوشش این منطقه هستند.

منطقه ۵ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ5)، ۳ درصد از سطح شهری تهران را پوشش داده است و مناطق عمده منطقه اقلیمی در مناطق ۲۱، ۱۶، ۱۲ و ۱۱ شهرداری دیده می‌شوند. دیگر مناطق جنوبی و مرکزی شهر لکه‌های کوچک و محدودی از این منطقه اقلیمی دارند.

بحث

تراکم و توزیع فضایی جمعیت مهم‌ترین بازیگر در تعیین فرم و ساختار کالبدی و بافت شهر تهران است. به‌طوری‌که پراکنش فضایی جمعیت تعیین‌کننده میزان مداخله در تغییر و تبدیل کاربری/پوشش اراضی شهری است؛ چون با تغییر پوشش زمین‌های طبیعی به ساخته‌شده در واقع تغییرات اساسی در بیلان انرژی سطحی و الگوی چرخه آب چه سطحی

یا زیرزمینی ایجاد می‌کند. پراکنش فضایی جمعیت همچنین در توزیع کاربری‌ها و شبکه معابر شهری اهمیت دارد. الگوی پراکنش و تراکم آن‌ها تعیین‌کننده میزان بار گرمای محیطی انسان‌ساخت شهری و نیز ظرفیت تهویه طبیعی هواست. این مطالعه که مبتنی بر نقشه‌های اقلیم شهری (UCM) انجام‌شده است، مناطق اقلیمی و توصیه‌های برنامه‌ریزی به‌دست‌آمده بر دو مؤلفه بار میزان بار گرمای محیطی و ظرفیت دینامیکی و تهویه طبیعی هوای مناطق شهری استوار است.

هندسه شهری تأثیر پیچیده‌ای بر خرد اقلیم فضای شهری دارد. برای نمونه، تفاوت بین هندسه شهری و تراکم ساختمان ممکن است منجر به اختلاف دمای هوای درون‌شهری شود (چندلر، ۱۹۶۵؛ الیسون، ۱۹۹۰–۱۹۹۱؛ اوک، ۱۹۸۷). حجم بالای ساختمان نه‌تنها ظرفیت گرمای محلی (یعنی بار گرمایی) را افزایش می‌دهد، بلکه ضریب دید آسمان (SVF) را نیز کاهش می‌دهد که تأثیر عمده‌ای در کاهش اثر سرمایش تابشی شبانه شهر دارد. مهم‌ترین جنبه این اثر این است که مناطق ساختمانی عمدتاً دید آسمان را مسدود می‌کنند و خنک شدن سطح را در شب‌های صاف و آرام به تأخیر می‌اندازند (اوک، ۱۹۸۱). اگر تراکم حجم ساختمان بالا باشد، تابش موج‌بلند می‌تواند مسدود شده و انرژی به‌کندی بازتاب شود. به همین دلیل، فرآیند خنک‌سازی در مرکز شهر تهران با تراکم ساختمانی بالا نسبت به مناطق پیرامون کندتر است که منجر به شکل‌گیری جزیره گرمای شهری می‌شود.

شبکه راه‌های ارتباطی (جاده‌ای و ریلی) یکی از مواردی است که در شهرها مبتنی بر الگوی توزیع جمعیت و کاربری‌ها توسعه پیدا می‌کنند. معابر در مناطق مرکزی عموماً کم‌عرض و پرترافیک هستند که شرایط ضعیف تهویه طبیعی و افزایش بار گرمای محیطی و انسان‌ساخت را در مناطق مرکزی به دنبال دارد. در مقابل مناطق غربی تهران که از محدوده‌های توسعه‌یافته جدید شهری هستند با شبکه راه‌های عریض و بزرگراهی قابلیت تهویه هوای مناسبی داشته و یکی از دلایل هوای تازه و مطبوع آن مناطق هستند (شکل ۴ چپ). در حدود ۲۵ درصد از مساحت شهر تهران را معابر درون‌شهری تشکیل می‌دهد و قسمت زیادی از گرما و انرژی روزانه شهر، از این بخش آزاد می‌گردد. به دلیل جنس و رنگ جاده‌ها و خطوط حمل‌ونقل، جذب بسیار زیاد انرژی خورشیدی نیز صورت می‌گیرد و شدت‌جریان گرمای شهری را چند برابر می‌کند. به دلیل نوع جنس آسفالت‌ها، در شب‌ها نیز، بخش قابل‌توجهی انرژی نهان آزاد می‌شود و در حفظ تعادل دمای شهری و همچنین تقویت جزیره گرمای شهری می‌تواند اثرگذار باشد. شکل (۴ چپ) معابر درون‌شهری تهران را به همراه دسترسی‌های اصلی آن نشان می‌دهد.

ضعف در تهویه طبیعی هوا افزون بر تشدید بار گرمای محیطی، در میزان آلودگی هوای مناطق شهری اثر قابل‌توجهی دارد. انبارها، صنایع، کاربری‌هایی همچون پمپ‌بنزین‌ها و ترافیک معابر عمده‌ترین عوامل انتشار آلاینده‌ها آلودگی هوا در مناطق و محلات مختلف شهر تهران هستند. در موارد دیگر می‌توان به دفع مواد جامد زائد شهری و نخاله‌های ساختمانی در قسمت حریم جنوبی شهر اشاره کرد که برای شهر تهران نه تازگی دارد و نه تابه‌حال اقدامی برای آن صورت گرفته است (قائدرحمتی و همکاران، ۱۳۹۵؛ توانا و همکاران، ۱۳۹۵). با مراجعه به شکل ۶) پراکنش محله‌های با آلودگی هوای بالای ناشی از ذرات معلق و منواکسید کربن در کل شهر پراکنده است. در این نقشه‌ها که از منبع شرکت کنترل کیفیت هوای شهر تهران به‌دست‌آمده است، به‌صورت کلی مناطق جنوب، جنوب شرق و جنوب غرب تهران به علت اینکه منابع آلوده‌کننده بیشتری در مجاورت آن‌ها وجود دارد، نسبت به دیگر مناطق تهران از آلودگی هوای بیشتری برخوردار است. به‌طور خلاصه، هر چه میزان حجم ساختمان بیشتر باشد، ظرفیت گرمایی بیشتر است که به‌نوبه خود در افزایش بار گرمایی اثر قابل‌توجهی دارد. تراکم شهری نیز عامل اصلی تعیین شرایط تهویه شهری و دمای شهری است. پس، مناطق شهری با تراکم ساختمان‌های بالاتر، شرایط تهویه شهری ضعیف‌تر و اثر جزیره گرمای شهری قوی‌تری را تجربه می‌کند

(گیوونی، ۱۹۹۸؛ هوی، ۲۰۰۱).

با تهیه نقشه‌های پایه متغیرهای تأثیرگذار در شکل‌گیری مناطق مختلف اقلیم شهری تهران و حاصل ترکیب آن‌ها با دو معیار میزان بار گرمای محیطی و ظرفیت پویایی و تهویه طبیعی هوا در نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری (UC-AnMap)، منجر به تهیه نقشه توصیه‌های برنامه‌ریزی آب‌وهوای شهری (UC-ReMap) گردید. این نقشه همچون بستری اطلاعاتی – راهبردی، دارای راه و روش‌های مهم و برنامه محور است. این نقشه با توجه به نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری خروجی گرفته‌شده و در آن مناطق آب‌وهوای شهری به شکل مشخصی قاعده‌مند هستند. برای نمونه در کشور آلمان، اقدامات مختلف برنامه‌ریزی شهری ابتدا تحت نظر مناطق مختلف در نقشه اقلیم شهری دستورالعمل برنامه‌ریزی، توصیه و اجرا می‌شود. همچنین مجموعه اطلاعات کلی آب‌وهوای شهری را برای برنامه‌ریزان شهری فراهم می‌کند، و بر اساس آن‌ها به تجزیه‌وتحلیل برنامه‌ریزی‌های منطقه‌ای و استراتژیک، برنامه‌ریزی و کنترل توسعه شهری با تکیه بر وضعیت اقلیمی مناطق شهری می‌پردازند. شهر تهران به دلیل تنوع در توپوگرافی و ویژگی‌های ساختار و فرم شهری، دارای مناطق اقلیمی مختلفی است؛ در این قسمت پنج منطقه اقلیمی به‌دست‌آمده در نقشه دستورالعمل برنامه‌ریزی شهری تهران موردبحث قرار می‌گیرد.

منطقه ۱ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ1)؛ این منطقه اقلیمی متمرکز در مناطق حاشیه‌ای و فضاهای باز شهری، محیط خنک‌تر و مناسب‌تری برای آسایش حرارتی فراهم می‌کند و ظرفیت مناسب این منطقه با ارتفاع بالاتر و وجود رود دره‌های متعدد در ایجاد شرایط تولید جریان‌های هوای خنک می‌تواند برای دیگر مناطق شهری پیرامون خود، مفید باشد. در این منطقه باید ضمن حفظ وضع آب‌وهوایی موجود، مناطق مرتفع‌تر از سایر مناطق اطراف (برای نمونه کوه‌ها و دامنه‌های با پوشش سبز مجاور با مناطق شهری) باید حفاظت‌شده و از فرسایش و شستشوی خاکی آن و یا توسعه فیزیکی و شهری آن اجتناب شود. ضمن آن‌که این مناطق از نظر آب‌وهوای شهری، دارای ارزش بسیاری است و باید برنامه‌ریزی دقیقی جهت به حداقل رساندن هرگونه اختلالی در ویژگی‌های اقلیمی آن در آینده نیز صورت گیرد.

منطقه ۲ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ2)؛ در این منطقه اقلیمی عمدتاً واقع در بخش‌های کوهپایه‌ای منتهی به دشت تهران و فضاهای سبز شهری، نیز ضمن حفظ و مراقبت از شرایط آب‌وهوایی آن، ویژگی‌های شهری این مناطق که عموماً شامل مناطقی با حجم ساختمانی و تراکم جمعیتی کم، فضاهای باز و سبز نسبتاً زیاد هستند باید تا حد ممکن حفظ و نگهداری شود. بدین منظور نیز باید برنامه‌ریزی‌های دقیق و آینده‌نگری طراحی گردد تا شرایط آب‌وهوایی موجود تغییر نکند. از جمله طرح‌های توسعه ضابطه‌مند در طراحی حجم و تراکم ساختمان‌ها، طراحی مسیرهای حمل‌ونقل و گذرهای جریان هوا نیز علاوه بر توسعه متناسب با منطقه، موجب اختلال در وضعیت جریانات باد در شهر نشود.

منطقه ۳ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ3)، این منطقه از نظر آسایش گرمایی در وضعیت متوسط قرار دارد و برای بهبود وضعیت آن و قرار گرفتن در وضعیت مناطق مطلوبی همچون مناطق ۱ و ۲ برنامه‌ریزی اقلیم شهری، نیز باید تدابیری اندیشه شود و اقداماتی برای تعدیل وضعیت آب‌وهوایی آن صورت گیرد. بدین منظور ضمن ارزیابی‌های دقیق‌تر وضعیت حجم ساختمانی و پوشش گیاهی در این منطقه، بایستی تا حد امکان در فضای باز این مناطق زیرساخت‌های سبز ایجاد و توسعه یابد، تغییرات و توسعه کاربری زمین تا حد امکان محدود و یا متوقف گردد و وضعیت گذرهای جریان و جابجایی هوا نیز با توجه به وضعیت باد در هر منطقه، طراحی و اصلاحات لازم صورت پذیرد.

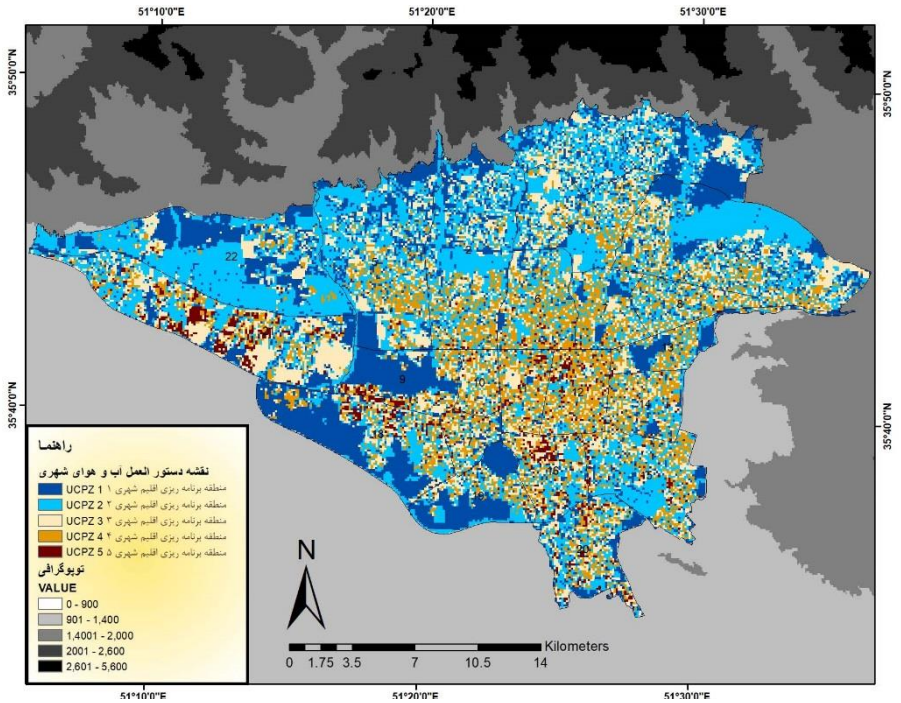
منطقه ٤ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ4)، این منطقه اقلیمی به دلیل اینکه عموماً در مناطق با تراکم بالای ساختمانی و جمعیتی دیده می‌شود، دارای بار گرمایی بالا و پتانسیل دینامیکی ضعیفی است. پس لازم است نخست گذرهای هوا و شرایط وزش باد و نسیم شهری تا حد ممکن حفظ و مراقبت شوند، فضاهای سبز و پوشش‌های باز در این

مناطق بایستی افزایش پیدا کند. شرایط توسعه این مناطق نیز در صورت کاهش پوشش زمین در برابر افزایش حجم ساختمان، برهم نخوردن تعادل و اختلال در گذرهای اکولوژیک و جابجایی هوا، مکان گزینی صحیح ساختمان‌ها برای هم‌تراز شدن با باد غالب و به حداکثر رساندن فضاهای سبز در اطراف این ساختمان‌ها نیز امکان‌پذیر است.

منطقه ۵ برنامه‌ریزی اقلیم شهری (UCPZ5)؛ این منطقه اقلیمی در مناطق با تراکم ساختمانی، فعالیتی و جمعیتی بسیار بالا شکل می‌گیرد؛ درنتیجه دارای بار گرمای محیطی بسیار بالا در کنار ظرفیت پویایی بسیار کم هستند که سبب تنش‌های گرمایی بسیار زیادی در این مناطق می‌شود. در شهر تهران مناطق مرکزی و منطقه ۲۱ با سیلوها و انبارهای با رویه‌های آسفالتی و سقف‌های فلزی تشکیل‌دهنده این منطقه نامطلوب اقلیم شهری هستند. بنابراین ضمن پرهیز از روند توسعه قبلی در این مناطق، بایستی اقداماتی از جمله ایجاد و افزایش مساحت فضاهای سبز در مناطق باز و خیابان‌ها تا حد امکان لازم است. ضمن آنکه محیط شهری این مناطق باید با گسترش و افزایش گذرهای هوایی، کاهش پوشش زمینی و کاربری اراضی، عقب‌نشینی برخی ساختمان‌ها برای بازتر شدن خیابان‌های اطراف خود، تراز کردن نمای بیرونی ساختمان‌ها با جهت‌های باد غالب برای جلوگیری از اختلال در عملکرد سیستم تهویه شهری، و به حداکثر رساندن وضعیت فضای سبز به‌عنوان تعدیل‌کننده دمای هوا، بهبود یابد. روند توسعه شهر نیز باید تا حد امکان متوقف گردد مگر آنکه توجهیات منطقی برای آن آورده شود و در روند کار آن نیز اقدامات کاهشی مناسب و لازم آن صورت گیرد.

نتیجه‌گیری

نقشه دستورالعمل آب‌وهوای شهری تهران بر پایه نقشه تحلیل آب‌وهوایی محاسبه شد. کل شهر تهران در پنج زون آب‌وهوایی قرار گرفتند. مناطق مرکزی با شرایط نامطلوب بار گرمایی بالا و ضعف تهویه طبیعی با شرایط بسیار گرم و گرم مشخص‌شده‌اند: بنابراین کاهش بارگذاری ساختمانی در این مناطق لازم و ضروری است؛ در مجاورت با مناطق مرکزی شهر طبقه ۴ به‌دست‌آمده که با شرایط گرم مشخص‌شده و در آن‌ها نیز کاهش میزان اقدامات ساختاری توصیه می‌شود. همچنین نوع مصالح پشت‌بام‌ها و پیوستگی رویه‌های آسفالتی و روکشی زمین در پارکینگ‌ها، انبارها و سیلوهای کارخانه‌های غرب تهران از دلایل بالا بودن بار گرمای محیطی این محدوده‌ها است. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که مناطق با اقلیم شهری نامطلوب تهران ناشی از سه عامل تراکم ساختمانی بالا، رویه‌های فلزی و آسفالتی پیوسته و شبکه معابر متراکم و کم‌عرض است. در مقابل فضاهای باز و سبز در مناطق داخلی بافت شهری و حومه‌های کوهستانی شمال و زراعی جنوب شهر ارائه‌دهنده مناطق اقلیمی مطلوب با بار گرمایی ضعیف و پتانسیل پویایی و تهویه طبیعی بالا هستند. در مناطق آب‌وهوایی یک تا سه حفاظت و نگهداری از شرایط آب‌وهوایی نسبتاً مطلوب ضروری است و در این زمینه لازم است از تغییر و تبدیل گسترده کاربری اراضی پرهیز شود و در مناطق آسیب‌دیده شرایط اقلیمی مطلوب احیا شود.



شکل ۹. نقشه اقلیم شهری توصیه‌های برنامه‌ریزی تهران

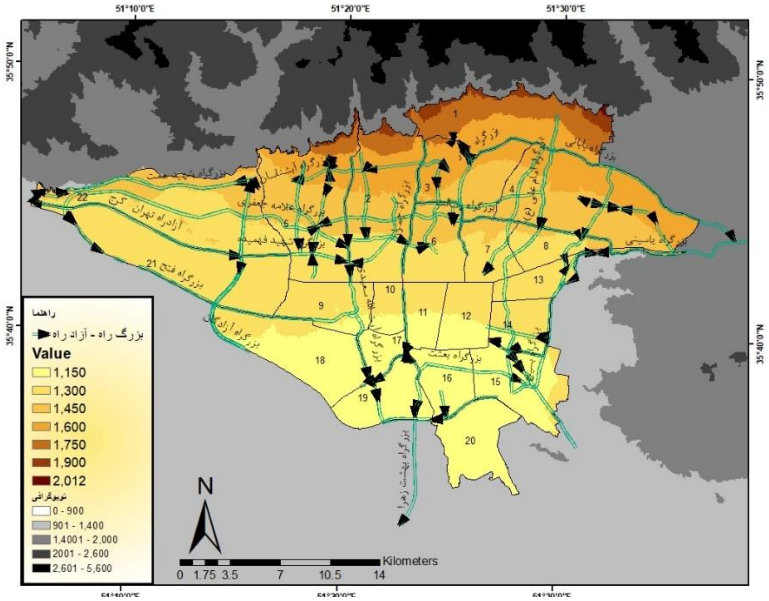
در تحقیق مشابهی توسط رن و همکاران (۲۰۱۰) در شهر آرنهم هلند صورت گرفته است. آن‌ها ضمن تهیه نقشه آب‌وهوای شهری برای شهر آرنهم، به ارائه توصیه‌ها و دستورالعمل‌هایی جهت حل مشکلات اقلیم شهری در این مناطق و ایجاد شرایطی جهت کنترل توسعه شهری برای کاهش اثرات جزیره گرمای شهری در مناطقی که با گرمایش بسیار بالا و ظرفیت پویایی ناچیز مواجه هستند، پرداختند و در تحقیقشان از شاخص‌های آسایش حرارتی مانند PET نیز بهره گرفتند. درحالی‌که در این پژوهش بر روی عواملی که در اثر فعالیت‌های انسانی به وجود آمده‌اند و یا باعث تغییرات در محیط طبیعی شهر تهران شده‌اند، بررسی و تحلیل‌شده است و شاخص‌های آسایش حرارتی موردبررسی قرار نگرفتند.

در پژوهشی دیگر برای نگاشت نقشه‌های آب‌وهوای شهری کوالالامپور مالزی، ایسا و همکاران (۲۰۱۷) نیز با الهام از رویکرد عملی متخصصان آب‌وهوای شهری آلمان، به مطالعه و سپس نگارش نقشه تحلیل آب‌وهوای شهری کوالالامپور در هشت طبقه پرداختند؛ که ۲۱ درصد مناطق گرم، ۳۱ درصد مناطق خنک و ۴۸ درصد نیز مناطق خنثی تعیین و ترسیم کردند. نتایج مطالعات در کوالالامپور نیز در تأیید نتایج این پژوهش برای مادر شهر تهران است.

در مطالعات متعدد پیشین روش‌ها و داده‌های مختلف آب‌وهوایی و اطلاعات زیست‌محیطی مطابق نقشه آب‌وهوای شهری به‌صورت مکانی و کیفی ارائه‌شده است (مقبل و شمسی‌پور، ۲۰۱۹؛ بکایی و همکاران، ۲۰۱۹). برنامه‌ریزان شهری، کارشناسان محیط‌زیست، توسعه‌دهندگان و سیاست‌گذاران در سطوح بالا نیز می‌توانند به اطلاعاتی درباره شرایط آب‌وهوایی و ارزیابی آن‌ها دسترسی داشته باشند و مناطق حساسی که نیاز به توجه دارند را از نظر بحث‌های محیطی و مسائل اقلیمی، شناسایی کنند. نقشه آب‌وهوای شهری می‌تواند بستری را برای مطالعات بین‌رشته‌ای فراهم کند. این مجموعه به‌صورت تصویری، ارزیابی‌های ترکیبی را برای تصمیم‌گیری، توسعه شهری و اقدامات سیاسی را ارائه می‌دهد. درک جامعی از مسائل اقلیمی در سطح شهرها را می‌توان از طریق نقشه آب‌وهوای شهری تهیه کرد. همه اطلاعات اقلیمی به اقدامات و توصیه‌های برنامه‌ریزی‌شده تبدیل می‌شود که می‌تواند در یک طرح جامع شهری استفاده شود.

ساختار مجموعه نقشه اقلیم شهری انعطاف‌پذیر است و به‌راحتی مدیریت می‌شود. این مجموعه شامل لایه‌های ورودی

اصلی و یک نقشه ارزیابی نهایی است که کلیه اطلاعات اقلیمی، محیطی و برنامه‌ریزی‌ها در اندازه یک شبکه در قالب سیستم اطلاعات جغرافیایی تعبیه‌شده است، گردآوری و ارزیابی می‌شوند. بنابراین این اطلاعات اقلیمی، محیطی و برنامه‌ریزی می‌تواند در آینده نیز بروز و مدیریت شود. از طرفی دیگر می‌توان در بسیاری از شهرها، حتی بدون اطلاعات آب‌وهوایی موجود نیز، آن را پیاده‌سازی و اجرا کرد. بنابراین با توجه به اینکه در ایران تا به امروز تحقیقی روش نقشه‌های اقلیم شهری (UCMap) صورت نگرفته است. پیشنهاد می‌گردد نسبت به تهیه نقشه‌های اقلیم شهری برای دیگر شهرها در ایران نیز توجه گردد. همچنین نتایج به‌دست‌آمده در نقشه‌های UCMap، کارآمد و قابل‌اتکا بوده و پیروی از دستورالعمل‌های آن می‌تواند سبب کاهش یا تعدیل جزیره گرمای شهری، تقویت قابلیت تهویه طبیعی در کلان‌شهر تهران، شود لذا پیشنهاد می‌گردد مدیران شهری به همراه متخصصان شهری و متخصصان آب و هواشناسی نتایج آن را به‌صورت جدی پیاده‌سازی کنند. درنهایت برای کاهش و تعدیل وضعیت گرمایی و کاهش شدت آلودگی در مناطق مرکزی و غرب شهر تهران، و جریان بهتر بادهای کوه به دشت (کاتاباتیک) و بادهای غربی به‌عنوان تهویه شهری، توصیه می‌گردد دستورالعمل‌هایی جهت تقویت کریدورهای سبز رود دره‌های شهر تهران اجرا گردد. شکل (۱۰) موقعیت این کریدورها برای شهر تهران نشان می‌دهد. به‌طوری‌که بادهای شمالی و بادهای غربی شهر تهران مهم‌ترین منابع تهویه هوای شهری تهران هستند؛ و لازم است اقداماتی در جهت جلوگیری از بلندمرتبه‌سازی‌ها و کنترل ساخت‌وسازها در مناطق غربی و شمال تهران صورت پذیرد تا از ایجاد شرایط بار گرمایی بالا در مناطق مرکزی و غربی، کاسته شود.



شکل ۱۰. خطوط حمل‌ونقل درون‌شهری (کریدور) شهر تهران

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

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

تضاد منافع

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

تقدیر و تشکر

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

منابع

ادیبی سعدی نژاد، فاطمه و عسگری، علی. (۱۳۹۹). اثرات توسعه فیزیکی شهر تهران بر اراضی حاشیه آن. *ششمین کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در عمران، معماری، مدیریت شهری و محیط‌زیست، کرج ۲۰ مرداد ۱۳۹۹.*

خدامرادی، فرزاد؛ فتوحی، اکبر؛ یونسیان، مسعود؛ امامیان، محمدحسن؛ امینی، هیرش و شمسی‌پور، منصور. (۱۳۹۵). ارزیابی نابرابری محیطی در مواجهه به آلاینده‌های هوای شهری در سطح مناطق ۲۲ گانه شهر تهران در سال ۱۳۹۰. *فصلنامه سلامت و محیط‌زیست*، ۹ (۴)، ۱۲-۱.

ساسان‌پور، فرزانه و نوروزی، سحر. (۱۳۹۵). پایداری مناطق شهری با رویکرد شهر سبز، منطقه موردمطالعه: مناطق ۲۲ گانه کلان‌شهر تهران. *فصلنامه و بین‌المللی انجمن جغرافیای ایران*، ۱۴ (۵۰)، ۳۰۹-۳۲۶.

شرکت کنترل کیفیت هوا (۱۴۰۱). *گزارش‌های سالانه میزان انتشار آلاینده‌های هوا شهر تهران به تفکیک منطقه‌ای*. وب‌سایت مرکز کنترل کیفیت هوا.

شمسی‌پور، علی‌اکبر (۱۴۰۱). *نگاشت اقلیم شهر و توصیه‌های برنامه‌ریزی (مروری بر تجارب جهانی)*. چاپ اول، تهران: موسسه انتشارات دانشگاه تهران.

قائدرحمتی، صفر و احمدی نوحدانی، سیروس. (۱۳۹۵). بررسی مشکلات مدیریت سیاسی فضا در حریم شهر تهران. *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، ۳۱ (۳)، ۹۴-۱۰۳.

توانا مهربانی، فرح و نوحه‌گر، احمد، (۱۳۹۵). بررسی اثرات گسترش فیزیکی شهر بر آلودگی هوا و صوت با استفاده از GIS وAHP (مطالعه موردی: پهنه شمال شرق تهران). *پنجمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا، تهران – مرکز همایش‌های بین‌المللی رازی- بهمن‌ماه ۱۳۹۵، تهران.*

کورکی‌نژاد، محمدحسن. (۱۴۰۰). *نگاشت نقشه‌های آب‌وهوای شهری (UCM) تهران*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

کیخسروی، قاسم. (۱۳۹۸). توسعه فیزیکی کلان‌شهر تهران بر روند افزایش دماهای شب و روز هنگام در طی نیم سده گذشته. *ششمین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم؛ تهران.*

مقیمی، ابراهیم؛ محمدی، حسین و نجفیان گرجی، محمدرضا. (۱۳۹۶). ارزیابی روند تغییرات دما، الگوی جزیره حرارتی و پوشش گیاهی ایام گرم شهر تهران. *فصل‌نامه جغرافیای طبیعی*، ۱۰ (۳۸)، ۱۸-۱.

References

Adibi- Saadinejad, F. & Asgari, A. (2020). The effects of the physical development of Tehran city on its marginal lands. The 6th international conference on modern researches in civil engineering, architecture, urban management and environment, Karaj, August 20, 2019. [In Persian].

Air Quality Control Company. (2022). *Annual reports on the emission of air pollutants in Tehran by region.* Air Quality Control Center website. https://air.tehran.ir/ [In Persian].

Baumueller, J., & Reuter, U. (1999). *Demands and Requirements on a Climate Atlas for Urban Planning and Design*. Office of Environmental Protection: Stuttgart.

Baumüller, J., Esswein, H., Hoffmann, U., Reuter, U., Weidenbacher, S., Nagel, T. and Flassak, T. (2009). Climate Atlas of a metropolitan region in Germany based on GIS. *In: Proceedings*

of The 7th International Conference on Urban Climate. Yokohama, Japan, 29 June–3 July. Available at: http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended abstracts/pdf/375531-2-090501005214-002.pdf.

Baumüller, J., Hoffmann, U. & Reuter, U. (1992). Climate Booklet for Urban Development. Stuttgart: Ministry of Economy Baden-Wuerttemberg (Wirtschaftsministerium). *Environmental Protection Department (Amt fur Umweltschutz).*

Bokaie, M., Shamsipour, A.A., Khatibi, P. & Hosseini, A. (2019). "Seasonal monitoring of urban heat island using multi-temporal Landsat and MODIS images in Tehran". *International Journal of Urban Sciences*, *23*(2), 269-285.

Burghard, R., Katzschner, L., Kupski, S., Ren, Ch. & Spit, T. (2010). Urban Climatic Map of Arnhem City. *Future cities: urban network to face climate change, 1-12.*

Chandler, T.J. (1965). *The Climate of London*. Hutchinson: London.

CUHK. School of Architecture. (2015). *Planning Department: Urban Climatic Map and Standards for Wind Environment – Feasibility Study*, Final Report.

Desplat, J., Salagnac, J-L., Kounkou, R., Lemonsu, A., Colombert, M., Lauffenburger, M. and Masson, V. (2009). EPICEA Project [2008–2010], Multidisciplinary study of the impacts of climate change on the scale of Paris. *In:Proceedings of the 7th International Conference on Urban Climate. Yokohama, Japan, 29 June–3 July*. Available at: http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_ abstracts/pdf/383983-1-090519180457-002.pdf

Eliasson, I. (1990-1991). Urban geometry, surface temperature and air temperature. *Energy and Buildings, 15*, 141-145.

Environmental Inequalities Assessment in Exposure to Urban Air Pollution in 22 Districts of Tehran City in 2012. *Iranian Journal of Health and Environment (IJHE), 9* (4), 471-480. [In Persian]

Faragallah, R.N. & Ragheb, R.A. (2022). Evaluation of thermal comfort and urban heat island through cool paving materials using ENVI-met. *Ain Shams Engineering Journal, 13*, 101609.

Ghaedrahmati S., and Ahmadi, nuhadany S. (2016). Tehran in Space of Management Political of Analysis land Domain. *GeoRes, 31* (3), 93-102. [In Persian].

Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. Van Nostrand Reinhold: New York.

Hui, S.C.M. (2001). Low Energy Building Design in High Density Urban Cities. *Renewable Energy, 24*, 627-640.

Juan, A.A., Arrizabalaga, J., Kupski, S. & Katzschner, L. (2013). Deriving an Urban Climate Map in coastal areas with complex terrain in the Basque Country (Spain). *Portal Komunikacji Naukowej (Elsevier), 4*, 35-60. DOI: 10.1016/j.uclim.2013.02.002.

Keikhosravi, Q. (2019). physical development of Tehran on the trend of increasing day and night temperatures during the past half century. *the sixth regional climate change conference, Tehran*. [In Persian].

Desplat, J., Salagnac, J-L., Kounkou, R., Lemonsu, A., Colombert, M., Lauffenburger, M. and Masson, V. (2009). EPICEA Project [2008–2010]. *Multidisciplinary study of the impacts of climate change on the scale of Paris. In: Proceedings of the 7th International Conference on Urban Climate. Yokohama, Japan, 29 June–3 July.* [In Persian].

KorkiNezhad, M.H. (2021). *urban climate Mapping (UCM) of Tehran*. Master's thesis, Faculty of Geography, University of Tehran. [In Persian].

Lindberg, F. (2007). Modelling the urban climate using a local governmental geo-database. *Meteorological Applied, 14*, 263-273.

Matzarakis A. (2005). Country report: urban climate research in Germany. *IAUC Newsletter, 11*, 4–6.

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.

Moghimi, E., Mohammadi, H., & Najafian Gurji, M. (2016). Evaluation of the trend of temperature changes, thermal island pattern and vegetation cover during hot days in Tehran.

Natural Geography Quarterly, 10 (38), 18-1. [In Persian].

Oke, T.R. (1981). Canyon geometry and the nocturnal heat island: Comparison of scale model and field observations. *Journal of Climatology, 1*, 237-254.

Oke, T.R. (1987). *Boundary Layer Climates*. London, Routledge.

Ramadhan, T., Noor-Hakim, L., Calvin-Fawzy, M. & Nabilah, A. (2021). Outdoor Thermal comfort: Application of rayman tools. *The 20th sustainable, environment and architecture, 738, 012008.*

Ren, Ch., Ng, E., & Katzschner, L. (2011). Urban climatic map studies: a review. *International Journal of Climatology, 31* (15), 2213-2233. DOI: 10.1002/joc.2237.

Sasanpour, F., & Nowrozi S. (2015). Sustainability of urban areas with a green city approach, study area: 22 districts of Tehran metropolitan. *The scientific-research and international quarterly of the Iranian Geographical Society, new period, 14* (50), 309-326. [In Persian]

Schau-Noppel, H., Kossmann, M. & Buchholz, S. (2020). Meteorological information for climate-proof urban planning – The example of KLIMPRAX. *Urban Climate, 32*. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100614.

Schirber, M. (2021). *Cities cover more of Earth than Realized*. www.livescience.com.

Shamsipour, A.A. (1401). *Urban climate mapping and planning recommendations (reviewing on global experiences)*. first edition, Tehran: Tehran University Publications Institute.

Shuyu L., Song, D. & Yu, B. (2017). The Objective and Methodology of Urban Climate Map for the City of Xiamen. Procedia Engineering, 180, 462-470. doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.205.

Tavana Mehrbani, F., & Nohagar, A. (2015). Investigating the effects of the physical expansion of the city on air and noise pollution using GIS and AHP (case study: Northeast Tehran). *The 5th National Conference on Air and Noise Pollution Management, Tehran - Razi International Conference Center - February 2015, Tehran.*

Worldmeter. (2019). *Largest cities in the world*. http://worldmeters.info