



Reassessment of Bioclimatic Components in Sustainable Architecture: A Case Study of Tehran Metropolis

Hamidreza Hosseinkhani ¹, Masoumeh Davoudifar ²

1- Department of Architecture, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Department of Architecture, SR.C., Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Article info

Article type:

Research Article

Received:

2025/04/06

Accepted:

2025/07/09

pp:

1- 20

Keywords:

Sustainable Architecture, Energy, Environment, Human-Made Structures, Thermal Comfort, Tehran.

Abstract

In the contemporary era, sustainable architecture has emerged as a novel paradigm in design and construction, emphasizing the creation of a balanced and harmonious coexistence between human-made structures and the natural environment. Within this framework, the precise identification and comprehensive analysis of bioclimatic components play a pivotal role in achieving sustainability goals. This study focuses on Tehran, Iran's metropolitan capital, as a prime example of cities with highly variable climates, to investigate and map these critical components. The primary objective of this research is to identify, analyze, and evaluate the influence of climatic factors—including solar radiation, wind patterns, temperature fluctuations, and humidity levels—on the design and performance of sustainable architecture in Tehran. Employing a mixed-methods approach that integrates qualitative and quantitative research methodologies, climatic data for Tehran are collected via meteorological stations and climate simulation software, followed by systematic analysis. Additionally, case studies of sustainable architectural projects in Tehran are examined through literature reviews and expert research. The findings of this study are intended to serve as a comprehensive, practical guide for architects, urban planners, and policymakers in designing and constructing sustainable structures tailored to Tehran's unique climate. Such efforts are expected to yield significant reductions in energy consumption, thereby curbing greenhouse gas emissions and mitigating environmental pollution. Furthermore, by improving air quality and optimizing water resource management, this approach promises to enhance public health and urban livability. Ultimately, this research represents a critical step toward advancing sustainable architecture and fostering environmentally compatible urban development in metropolitan Tehran.



Citation: Hosseinkhani, H., & Davoudifar, M. (2025). Reassessment of Bioclimatic Components in Sustainable Architecture: A Case Study of Tehran Metropolis. *Journal of Urban Futurology*, 5(2), 1-20.



© Authors retain the copyright and full publishing rights.

Publisher: Islamic Azad University, Zahedan Branch.

DOI: <https://doi.org/10.82545/uf.2025.1203263>

Extended Abstract

Introduction

The literature of sustainable architecture has its roots in the works of pioneering figures such as Victor Olgyay, who emphasized the importance of climatic considerations in building design in his book "Design with Climate." In recent decades, with the growing awareness of environmental issues, sustainable architecture has emerged as an essential approach in urban design. Numerous studies have explored the impact of climate on sustainable architecture, including investigations into climate-responsive design strategies across different geographical regions. In Iran, research efforts have also focused on sustainable architecture and climatic design, emphasizing indigenous and traditional solutions tailored to various local contexts. However, there remains a significant need for case studies in Iran's major cities, particularly in Tehran, which faces unique climatic challenges. This research aims to address this gap by examining the bioclimatic components specific to Tehran and proposing strategies for sustainable architectural design in the city. Focusing on Tehran—a metropolis characterized by diverse and variable climate conditions—the study investigates and redefines these climatic elements. Given Tehran's unique geographical position and diverse climatic conditions, the design of structures that are adaptable to these factors is essential. The primary objective of this research is to identify and analyze the climatic factors influencing sustainable architecture in Tehran and to understand their effects on design practices. The findings are intended to serve as a guideline for architects and urban planners in developing sustainable, climate-responsive structures that mitigate energy consumption and environmental pollution while enhancing the quality of life for residents. Ultimately, this study contributes to the realization of sustainable architecture and environmentally compatible urban development in Tehran.

Methodology

This research adopts an applied objective and possesses a descriptive-analytical nature, utilizing both qualitative and quantitative methods based on the examination of climatic data and library studies. In the quantitative section, climatic data of Tehran, including temperature, humidity, solar radiation, and wind flow, are collected and analyzed through meteorological stations and climate simulation software. In the qualitative section, case studies of sustainable architecture in Tehran are examined using a review methodology and analysis of previous research. This mixed approach facilitates comprehensive and precise findings concerning the identification of bio-climatic components and the formulation of sustainable architectural design strategies. Ultimately, the SWOT and QSPM models are employed to prioritize the research strategies.

Results and discussion

The findings derived from the analysis of climatic data indicate that Tehran possesses an arid to semi-arid climate characterized by significant fluctuations in temperature and humidity throughout the year. These climatic conditions present both challenges and opportunities for the implementation of sustainable architectural design in the city. The climatic challenges in Tehran—including extreme temperature variations, air pollution, water resource scarcity, and urban heat island phenomena—highlight the necessity for innovative approaches in architectural and urban planning. Conversely, these conditions also harbor considerable potential benefits. Climate-responsive building and urban space design can substantially reduce energy consumption, improve air quality, and enhance thermal comfort for inhabitants. This research employs both qualitative and quantitative methodologies to conduct a detailed analysis of wind patterns, associated temperature variations, and other climatic factors. Such analysis facilitates the development of architectural and urban design strategies that optimize natural ventilation, thereby decreasing reliance on mechanical HVAC systems. Additionally, examining the impact of solar radiation on ambient temperatures enables the design of shading devices and other thermal control elements. Given Tehran's low precipitation levels and relative

humidity, building designs do not require extensive rain protection measures; however, attention must be paid to the adverse effects of dry air on thermal comfort and air quality. Implementing climate-responsive design solutions—such as natural ventilation, shading devices, and high thermal mass building materials—can significantly improve thermal comfort conditions and mitigate the negative impacts of low humidity. These strategies collectively support sustainable urban development by leveraging the city’s climatic characteristics to enhance environmental quality and energy efficiency.

Conclusion

Today, the importance of integrating climate resilience into architectural design—particularly in adapting to future climate variability and developing strategies to withstand abrupt environmental events such as dust storms and sudden temperature fluctuations—has become essential for ensuring the sustainability and functionality of urban spaces. Analyzing long-term climate trends and forecasting future climatic changes can play a pivotal role in guiding the development of resilient architectural solutions, especially in countries like Iran that are vulnerable to the long-term impacts of climate change. Consequently, the incorporation of advanced technologies and data-driven design methodologies can facilitate the creation of built environments that not only meet current needs but are also capable of addressing forthcoming climatic challenges. This comprehensive approach ensures that architecture in Tehran remains adaptable to present climatic conditions while maintaining robustness and efficiency in the face of anticipated environmental transformations.

Declarations

Funding: There is no funding support.

Authors’ Contribution: The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest: The authors declared no conflict of interest.

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



فصلنامه آینده پژوهی شهری

فصلنامه آینده پژوهی شهری

دوره ۵، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۴

شاپا الکترونیکی: ۴۳۴۴-۲۷۸۳

<https://uf.zahedan.iau.ir/>



واحد زاهدان

باز شناخت مؤلفه‌های زیست‌اقلیمی در معماری پایدار (نمونه موردی: کلان‌شهر تهران)

حمیدرضا حسین‌خانی^۱؛ معصومه داودی فر^۲

۱- گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه معماری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	در عصر حاضر، معماری پایدار، به‌عنوان پارادایمی نوین در طراحی و ساخت، بر ایجاد هم‌زیستی متعادل و سازگار بین سازه‌های انسانی و محیط‌زیست تأکید می‌نماید. در این راستا، شناخت دقیق و تحلیل جامع مؤلفه‌های زیست‌اقلیمی، نقشی محوری در تحقق اهداف پایداری ایفا می‌کند. این پژوهش، با تمرکز بر کلان‌شهر تهران، به‌عنوان نمونه‌ای بارز از شهرهای با اقلیم متغیر، به بررسی و بازشناسی این مؤلفه‌ها می‌پردازد. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی، تحلیل و ارزیابی تأثیر عوامل مؤثر اقلیمی، از جمله تابش خورشید، جریان باد، دما و رطوبت، بر طراحی و عملکرد معماری پایدار در شهر تهران است. در این راستا، با بهره‌گیری از رویکردی ترکیبی، شامل روش‌های تحقیق کیفی و کمی، داده‌های اقلیمی شهر تهران از طریق ایستگاه‌های هواشناسی و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی اقلیمی جمع‌آوری و تحلیل می‌گردد. همچنین، نمونه‌های موردی معماری پایدار در شهر تهران با استفاده از روش کتابخانه و بررسی تحقیقات متخصصان موردبررسی قرار می‌گیرند. نتایج حاصل از این پژوهش، می‌تواند به‌عنوان راهنمایی جامع و کاربردی برای معماران، طراحان شهری و سیاست‌گذاران در راستای طراحی و ساخت سازه‌های پایدار و متناسب با اقلیم تهران مورد استفاده قرار گیرد. این امر، نه تنها منجر به کاهش چشمگیر مصرف انرژی و متعاقباً کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلودگی‌های زیست‌محیطی می‌گردد، بلکه با بهبود کیفیت هوا و مدیریت بهینه منابع آب، به ارتقای سطح سلامت و رفاه شهروندان نیز کمک شایانی می‌نماید. در نهایت، این پژوهش، گامی مؤثر در جهت تحقق معماری پایدار و توسعه شهری سازگار با محیط‌زیست در کلان‌شهر تهران محسوب می‌شود.
دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۱۷	
پذیرش: ۱۴۰۴/۰۴/۱۸	
صص: ۱-۲۰	
واژگان کلیدی: معماری پایدار، انرژی، محیط‌زیست، سازه‌های انسانی، آسایش حرارتی، تهران.	

استناد: حسین‌خانی، حمیدرضا؛ داودی فر، معصومه. (۱۴۰۴). باز شناخت مؤلفه‌های زیست‌اقلیمی در معماری پایدار (نمونه موردی: کلان‌شهر تهران). فصلنامه آینده پژوهی شهری، ۵(۲)، ۱-۲۰.

© نویسندگان حق چاپ و حقوق کامل نشر را حفظ می‌کنند.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان.



DOI: <https://doi.org/10.82545/uf.2025.1203263>



^۱ نویسنده مسئول: حمیدرضا حسین‌خانی، پست الکترونیکی: h.hosseinkhani@srbiau.ac.ir، تلفن: ۰۹۳۵۶۰۰۶۲۲۰

مقدمه

هدف اصلی در ساخت یک مرکز فیزیکی، فراهم کردن مکانی برای انسان‌ها (زیست‌محیطی) به‌منظور دستیابی به اهدافشان است. ساختمان به‌عنوان یک محیط ساخته‌شده با شکل فیزیکی خاص در یک مکان خاص، تحت تأثیر اقلیم قرار می‌گیرد. اگر فرآیند طراحی ساختمان ملاحظات اقلیمی را نادیده بگیرد، تأثیر اقلیم می‌تواند منجر به تداخل فعالیت‌های انسانی شود. طراحی زیست‌اقلیمی مفهومی از رویکرد پایدار است که اقلیم و روابط انسانی را در بررسی امکان‌سنجی یک طرح در نظر می‌گیرد. در حال حاضر، تعداد فزاینده‌ای از طراحان، به‌ویژه معماران جوان، علاقه‌مند به استفاده از مفهوم زیست‌اقلیمی به‌عنوان رویکردی پایدار در فرآیند طراحی خود هستند. با این حال، کاربرد این مفهوم در فرآیند طراحی، نتایج قابل‌توجهی در عملیات ساختمانی نشان نداده است (Zr & Mochtar, 2012).

امروزه زیست‌اقلیمی یک استراتژی حیاتی برای دستیابی به سازگاری با محیط‌زیست، سازگاری با انسان و سازگاری با انرژی در محیط ساخته‌شده است. الگوهای ساختمانی، مصالح، نوآوری و کاربرد به انتخاب‌ها، سبک زندگی و قابلیت اقتصادی ساکنان بستگی دارد (Bera & Nag, 2022). در این راستا در طول دهه‌های اخیر، طراحی مجدد پایدار ساختمان‌های موجود، هم در عمل معماری و هم در آموزش، اهمیت پیدا کرده است. اگرچه این امر مبتنی بر دانش اصول اولیه طراحی زیست‌اقلیمی است، اما نیاز به ارزیابی کمی عملکرد انرژی ساختمان‌ها نیز دارد (Alexandrou et al, 2022). به‌طور کلی استراتژی‌های طراحی زیست‌اقلیمی، کارایی خود را در بهبود پایداری ساختمان‌ها ثابت کرده‌اند. با این حال، مزایای اقتصادی آن‌ها که به‌عنوان انگیزه اصلی صاحبان ساختمان برای گنجاندن چنین استراتژی‌هایی در ساختمان‌ها در نظر گرفته می‌شود، هنوز مشخص نیست زیرا به عوامل مختلفی از جمله سطح دسترسی به انرژی کشورها بستگی دارد (Elaouzy & El Fadar, 2023).

معماری پایدار، به‌عنوان رویکردی نوین در طراحی و ساخت، بر همزیستی سازه‌ها با محیط‌زیست تأکید دارد. این رویکرد، با هدف کاهش تأثیرات منفی ساختمان‌ها بر محیط‌زیست و ارتقای کیفیت زندگی انسان‌ها، به دنبال بهره‌گیری از اصول و راهکارهای سازگار با طبیعت است (Edwards, 2010). در این میان، شناخت دقیق مؤلفه‌های زیست‌اقلیمی، نقشی حیاتی در تحقق پایداری ایفا می‌کند (Olgyay, 1963). این مؤلفه‌ها، شامل عواملی مانند تابش خورشید، جریان باد، دما و رطوبت، تأثیر قابل‌توجهی بر طراحی و عملکرد ساختمان‌ها دارند (Watson & Labs, 1983). به‌طور کلی تلفیق دانش اقلیمی و فناوری‌های نوین در معماری، فرصت‌های جدیدی را برای ساخت ساختمان‌هایی فراهم می‌آورد که نسبت به تغییرات اقلیمی مقاوم‌تر و سازگارتر باشند و با نیازهای فرهنگی و اقتصادی هر منطقه هماهنگ شوند. این رویکرد، به‌ویژه در شهرهای بزرگ و پرجمعیت مانند تهران، اهمیت ویژه‌ای یافته است، چرا که می‌تواند نقش مؤثری در بهبود پایداری شهر و کاهش اثرات زیست‌محیطی آن ایفا کند.

ادبیات معماری پایدار، ریشه در آثار پیشگامانی چون ویکتور اولگیای دارد که در کتاب «طراحی با اقلیم»، اهمیت توجه به عوامل اقلیمی در طراحی ساختمان‌ها را مطرح کرد. در دهه‌های اخیر، با افزایش آگاهی نسبت به مسائل زیست‌محیطی، معماری پایدار به‌عنوان یک رویکرد ضروری در طراحی شهری مطرح شده است. مطالعات متعددی در زمینه تأثیر اقلیم بر معماری پایدار انجام شده است، از جمله تحقیقاتی که به بررسی راهکارهای طراحی اقلیمی در مناطق مختلف جغرافیایی می‌پردازند. در ایران نیز، تحقیقاتی در زمینه معماری پایدار و طراحی اقلیمی انجام شده است که به بررسی راهکارهای بومی و سنتی طراحی اقلیمی در مناطق مختلف ایران می‌پردازند. با این حال، نیاز به مطالعات موردی در کلان‌شهرهای ایران، به‌ویژه تهران که با چالش‌های اقلیمی خاصی روبرو است، احساس می‌شود. این پژوهش، با هدف پر کردن این خلاء، به بررسی مؤلفه‌های زیست‌اقلیمی در شهر تهران و ارائه راهکارهایی برای طراحی معماری پایدار در این شهر می‌پردازد. این پژوهش، با تمرکز بر شهر تهران، به‌عنوان کلان‌شهری با اقلیم متغیر، به بررسی و بازشناخت این مؤلفه‌ها می‌پردازد. تهران، با موقعیت جغرافیایی خاص و شرایط اقلیمی متنوع، نیازمند طراحی سازه‌هایی است که با این شرایط سازگار باشند. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی و تحلیل عوامل مؤثر اقلیمی و تأثیر آن‌ها بر طراحی معماری پایدار در شهر تهران است. نتایج این پژوهش، می‌تواند راهنمایی برای معماران و طراحان شهری در راستای طراحی سازه‌های پایدار و متناسب با اقلیم تهران باشد که این امر، نه تنها به کاهش مصرف انرژی و آلودگی‌های زیست‌محیطی کمک می‌کند، بلکه به ارتقای کیفیت زندگی شهروندان نیز منجر می‌شود. در نهایت، این پژوهش، گامی در جهت تحقق معماری پایدار و توسعه شهری سازگار با محیط‌زیست در شهر تهران است.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

در مواجهه با چالش‌های فزاینده زیست‌محیطی و تغییرات اقلیمی، بازشناسی و ادغام مؤثر مؤلفه‌های زیست‌اقلیمی در طراحی معماری پایدار، ضرورتی اجتناب‌ناپذیر برای تحقق توسعه پایدار شهری، به‌ویژه در کلان‌شهری همچون تهران، به شمار می‌رود. طراحی ساختمان‌ها با رویکردی اقلیمی، نه تنها منجر به کاهش چشمگیر مصرف انرژی و متعاقباً کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌گردد، بلکه با بهبود کیفیت هوا و مدیریت بهینه منابع آب، به ارتقای سطح سلامت و رفاه شهروندان نیز کمک شایانی می‌نماید. به‌کارگیری راهکارهای طراحی اقلیمی، از جمله طراحی خورشیدی غیرفعال^۱، تهویه طبیعی^۲ و بام‌های سبز^۳، می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها را افزایش دهد. طراحی خورشیدی غیرفعال، با بهره‌گیری از تابش خورشید برای گرمایش و روشنایی ساختمان، نیاز به انرژی‌های فسیلی را کاهش می‌دهد. تهویه طبیعی، با ایجاد جریان هوا در داخل ساختمان، نیاز به سیستم‌های تهویه مکانیکی را به حداقل می‌رساند و بام‌های سبز، با کاهش اثر جزیره گرمایی شهری و جذب آلاینده‌ها، به بهبود کیفیت هوا کمک می‌کنند. علاوه بر این، استفاده از مصالح ساختمانی بومی و بازیافتی که با اقلیم منطقه سازگار بوده و اثرات زیست‌محیطی کمتری دارند، نقش مهمی در تحقق پایداری ساختمان‌ها ایفا می‌نماید. این مصالح، علاوه بر کاهش مصرف انرژی در فرآیند تولید و حمل‌ونقل، به حفظ منابع طبیعی و کاهش تولید پسماند نیز کمک می‌کنند. در نهایت، طراحی اقلیمی، با رویکردی جامع و یکپارچه، به دنبال ایجاد هم‌زیستی سازگارانه بین ساختمان‌ها و محیط طبیعی است. این رویکرد، با در نظر گرفتن ویژگی‌های اقلیمی هر منطقه، به دنبال بهره‌گیری از راهکارهای نوآورانه و دانش بومی، به منظور کاهش اثرات منفی ساختمان‌ها بر محیط‌زیست و ارتقای کیفیت زندگی انسان‌ها می‌باشد. در ادامه به بررسی واژگان تخصصی این حوزه پرداخته شده است:

پایداری: پایداری، به‌عنوان رویکردی جامع در طراحی و ساخت، نقش مهمی در تحقق توسعه پایدار ایفا می‌کند. طراحی پایدار، به دنبال ایجاد تعادل بین نیازهای انسان و محدودیت‌های محیط‌زیست است. طراحی پایدار، می‌تواند به کاهش تأثیرات منفی ساختمان‌ها بر محیط‌زیست و ارتقای کیفیت زندگی انسان‌ها کمک کند (Vale & Vale, 2013).

تابش خورشید: تابش خورشید، به‌عنوان منبع اصلی انرژی، نقش حیاتی در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها ایفا می‌کند. طراحی مناسب ساختمان‌ها، با توجه به زاویه تابش خورشید در فصول مختلف، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش کمک کند. استفاده از سیستم‌های خورشیدی غیرفعال، مانند پنجره‌های جنوبی و جرم حرارتی، می‌تواند بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها را افزایش دهد (Givoni, 1998). مطالعات نشان داده‌اند که طراحی مناسب پنجره‌ها می‌تواند تا ۳۰٪ مصرف انرژی ساختمان‌ها را کاهش دهد (ASHRAE, 2017).

جریان باد: جریان باد، به‌عنوان عاملی مؤثر در تهویه طبیعی ساختمان‌ها، نقش مهمی در ایجاد آسایش حرارتی دارد. طراحی مناسب ساختمان‌ها، با توجه به جهت و سرعت باد، می‌تواند به بهبود تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی برای تهویه مطبوع کمک کند. استفاده از بادگیرها و سایر عناصر طراحی اقلیمی، می‌تواند بهره‌وری تهویه طبیعی ساختمان‌ها را افزایش دهد (De Dear & Brager, 2002). تحقیقات نشان داده است که تهویه طبیعی می‌تواند تا ۵۰٪ مصرف انرژی برای تهویه مطبوع را کاهش دهد (Nicol & Humphreys, 2002).

دما: دما، به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل اقلیمی، تأثیر قابل‌توجهی بر طراحی و عملکرد ساختمان‌ها دارد. طراحی مناسب ساختمان‌ها، با توجه به تغییرات دمایی در فصول مختلف، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش کمک کند. استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا و سیستم‌های خنک‌کننده طبیعی، می‌تواند بهره‌وری حرارتی ساختمان‌ها را افزایش دهد (Szokolay, 2008). مطالعات نشان داده‌اند که استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا می‌تواند تا ۲۰٪ مصرف انرژی ساختمان‌ها را کاهش دهد (Evangelisti et al., 2015).

رطوبت: رطوبت، به‌عنوان عاملی مؤثر در آسایش حرارتی، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها ایفا می‌کند. طراحی مناسب ساختمان‌ها، با توجه به میزان رطوبت در فصول مختلف، می‌تواند به بهبود آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی برای تهویه

^۱ Passive Solar Design

^۲ Natural Ventilation

^۳ Green Roofs

مطبوع کمک کند. استفاده از سیستم‌های رطوبت‌ساز و رطوبت‌گیر طبیعی، می‌تواند بهره‌وری رطوبتی ساختمان‌ها را افزایش دهد (Fanger, 1970).

مصالح ساختمانی: مصالح ساختمانی، به‌عنوان عاملی مؤثر در عملکرد حرارتی ساختمان‌ها، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ایفا می‌کنند. استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا و ضریب انتقال حرارت پایین، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش کمک کند. استفاده از مصالح بومی و بازیافتی، می‌تواند پایداری ساختمان‌ها را افزایش دهد (Crawford, 2011).
سایه‌بان‌ها: سایه‌بان‌ها، به‌عنوان عناصری مؤثر در کاهش تابش خورشید، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها ایفا می‌کنند. طراحی مناسب سایه‌بان‌ها، با توجه به زاویه تابش خورشید در فصول مختلف، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی برای سرمایش کمک کند. استفاده از سایه‌بان‌های طبیعی، مانند درختان و گیاهان، می‌تواند پایداری ساختمان‌ها را افزایش دهد (DeKay & Brown, 2001).

بام‌های سبز: بام‌های سبز، به‌عنوان عناصری مؤثر در کاهش اثر جزیره گرمایی شهری، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها ایفا می‌کنند. بام‌های سبز، با تبخیر آب و ایجاد سایه، می‌توانند به‌طور قابل‌توجهی دمای هوا را در مناطق شهری کاهش دهند. بام‌های سبز، می‌توانند به بهبود کیفیت هوا و کاهش مصرف انرژی برای سرمایش کمک کنند (Getter & Rowe, 2006).
تهویه طبیعی: تهویه طبیعی، به‌عنوان عاملی مؤثر در ایجاد آسایش حرارتی، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها ایفا می‌کند. طراحی مناسب ساختمان‌ها، با توجه به جهت و سرعت باد، می‌تواند به بهبود تهویه طبیعی و کاهش مصرف انرژی برای تهویه مطبوع کمک کند. استفاده از بادگیرها و سایر عناصر طراحی اقلیمی، می‌تواند بهره‌وری تهویه طبیعی ساختمان‌ها را افزایش دهد (Liddament, 1996).

طراحی خورشیدی غیرفعال: طراحی خورشیدی غیرفعال، به‌عنوان رویکردی مؤثر در کاهش مصرف انرژی، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها ایفا می‌کند. استفاده از عناصری مانند پنجره‌های جنوبی، جرم حرارتی و سایه‌بان‌ها، می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی مصرف انرژی برای گرمایش و سرمایش را کاهش دهد (Mazria, 1979).

طراحی اقلیمی: طراحی اقلیمی، به‌عنوان رویکردی جامع در طراحی ساختمان‌ها، نقش مهمی در تحقق پایداری ایفا می‌کند. طراحی اقلیمی، با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه، به دنبال بهره‌گیری از اصول و راهکارهای سازگار با طبیعت است. طراحی اقلیمی، می‌تواند به کاهش مصرف انرژی، بهبود کیفیت هوا و مدیریت منابع آب کمک کند (Watson & Labs, 1993).

بهره‌وری انرژی: بهره‌وری انرژی، به‌عنوان عاملی مؤثر در کاهش مصرف انرژی ساختمان‌ها، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ایفا می‌کند. استفاده از سیستم‌های خورشیدی، عایق‌های حرارتی و سیستم‌های روشنایی کم‌مصرف، می‌تواند بهره‌وری انرژی ساختمان‌ها را افزایش دهد (Perez-Lombard et al., 2008).

آسایش حرارتی: آسایش حرارتی، به‌عنوان عاملی مؤثر در کیفیت زندگی انسان‌ها، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها ایفا می‌کند. طراحی مناسب ساختمان‌ها، با توجه به شرایط اقلیمی هر منطقه، می‌تواند به ایجاد آسایش حرارتی در فصول مختلف کمک کند (ASHRAE, 2017).

جزیره گرمایی شهری: جزیره گرمایی شهری، به‌عنوان پدیده‌ای مؤثر در افزایش دمای هوا در مناطق شهری، نقش مهمی در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها ایفا می‌کند. طراحی مناسب ساختمان‌ها، با استفاده از بام‌های سبز و سایر عناصر طراحی اقلیمی، می‌تواند به کاهش اثر جزیره گرمایی شهری کمک کند (Rosenfeld et al., 1998).

معماری بومی: معماری بومی، به‌عنوان رویکردی مؤثر در طراحی اقلیمی ساختمان‌ها، نقش مهمی در تحقق پایداری ایفا می‌کند. معماری بومی، با بهره‌گیری از دانش و تجربیات بومی، به دنبال طراحی سازه‌هایی سازگار با اقلیم و فرهنگ هر منطقه است (Oliver, 2006).

در رابطه با موضوع پژوهش، پژوهش‌های متنوعی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است به‌طوری‌که در پژوهش‌های خارج از کشور چورک و همکاران^۱ (۲۰۲۵) در پژوهش خود تحت عنوان «ادغام استراتژی‌های خورشیدی فعال و غیرفعال در ساختمان‌های مسکونی مدولار با انرژی مثبت در آب‌وهوای نیمه‌خشک: بینش‌هایی از پروژه TDART» به ارزیابی عملکرد

^۱ Chorak et al

یک ساختمان مسکونی با بهره‌وری انرژی بالا، خانه TDART، پرداخته‌اند که سیستم‌های خورشیدی فعال و غیرفعال را همراه با طراحی زیست‌اقلیمی برای دستیابی به تعادل انرژی خالص مثبت در آب‌وهوای نیمه‌خشک ادغام می‌کند. با استفاده از نرم‌افزارهای EnergyPlus و Dialux Evo، عملکرد انرژی خانه در زمینه‌های روشنایی، گرمایش، سرمایش و رفتار رطوبتی-حرارتی ارزیابی شد. تجزیه و تحلیل رضایت ساکنین، راحتی و عملکرد ساختمان را تأیید کرد و قابلیت اطمینان مطالعه را تقویت نمود. این یافته‌ها پتانسیل خانه TDART را به‌عنوان یک راه حل عملی و مقیاس‌پذیر برای مسکن با مصرف بهینه انرژی در آب‌وهوای گرم شمال آفریقا برجسته می‌کند و یک مدل قابل تکرار برای ساخت‌وساز پایدار ارائه می‌دهد. این مطالعه با نمایش خانه TDART به‌عنوان یک نمونه اولیه نوآورانه و با مصرف انرژی مثبت خالص، از ابتکارات مسکن پایدار مراکش پشتیبانی می‌کند و بینش‌های ارزشمندی را برای ترویج شیوه‌های ساختمان‌سازی سبز در آب‌وهوای مشابه ارائه می‌دهد. ژشی و آلیاژ^۱ (۲۰۲۴) در پژوهش خود اشاره کرده‌اند که تقاضا برای ساخت‌وساز جدید در آلبانی به‌سرعت در حال افزایش است. در حال حاضر، رایج‌ترین سازه‌ها، طرح‌های تیر-ستون ریخته‌گری شده درجا هستند که هم از طرز فکر سنتی و هم از قابلیت‌های صنعتی ناشی می‌شوند. با این حال، با رشد اقتصادی آلبانی، نیاز فزاینده‌ای به ساختمان‌های مقرون به صرفه، سریع ساخته شده و از نظر فناوری پیشرفته وجود دارد. ساخت‌وساز مدولار، که ماژول‌های پیش‌ساخته را در محل مونتاژ می‌کند، راه‌حلی ارائه می‌دهد. این روش با اصول طراحی زیست‌اقلیمی همسو است، اثرات زیست‌محیطی را کاهش می‌دهد و منابع را بهینه می‌کند و نشانگر تغییر به سمت پایداری در صنعت ساخت‌وساز است. العوزی و الفدار^۲ (۲۰۲۳) در مطالعه خود به بررسی نقش سطح مقرون به صرفه بودن انرژی و شرایط آب و هوایی در گنجاندن استراتژی‌های طراحی زیست‌اقلیمی می‌پردازند؛ بنابراین، اثربخشی ادغام هفت رویکرد زیست‌اقلیمی در یک ساختمان مسکونی مشترک در شش مکان مختلف در سراسر جهان با شرایط آب و هوایی، تولید ناخالص داخلی و قیمت برق متفاوت ارزیابی می‌شود. نتایج هر استراتژی با استفاده از نرم‌افزار EnergyPlus تولید و بر اساس معیارهای کلیدی انرژی، اقتصادی و زیست‌محیطی ارزیابی می‌شود. یافته‌ها نشان می‌دهد که برای اکثر استراتژی‌های طراحی زیست‌اقلیمی، بالاترین سود اقتصادی در مناطقی حاصل می‌شود که نسبت قیمت برق به تولید ناخالص داخلی (EPGDP) بالا است (جایی که انرژی مقرون به صرفه نیست). در واقع، کوتاه‌ترین دوره بازگشت سرمایه با تخفیف، با استفاده از اندازه مناسب شیشه در آب‌وهوای گرم/معتدل با نسبت EPGDP بالاتر (۱۳,۰/۰۴,۰ سال) و عایق حرارتی در آب‌وهوای سرد (۱۷,۱ سال) به دست می‌آید. علاوه بر این، بیشترین ارزش خالص فعلی با ادغام عایق حرارتی در مناطق گرم/سرد با حداکثر ۰,۴,۱۴ هزار دلار/۷۳,۷۶ هزار دلار و طراحی باز شو پنجره در آب‌وهوای معتدل (۳۲,۷ هزار دلار) به دست می‌آید. علاوه بر این، استراتژی‌های بررسی‌شده، صرفه‌جویی قابل توجه در انرژی و کاهش انتشار کربن را نشان می‌دهند. این مطالعه مزایای طراحی زیست‌اقلیمی را تأیید می‌کند. با این وجود، کمپین‌های آگاهی‌بخشی و برنامه‌های تشویقی نیز در ایجاد انگیزه در خانوارها برای ادغام استراتژی‌های پایدار در ساختمان‌هایشان، به‌ویژه در مناطقی که انرژی مقرون به صرفه است، ضروری هستند. برا و ناگ^۳ (۲۰۲۰) به بررسی مؤلفه‌های زیست‌اقلیمی مسکن‌های کم‌هزینه در محیط‌های ساحلی روستایی در شرق هند متمرکز بود. پرسشنامه‌ای که به حدود ۱۳۰۰ پاسخ‌دهنده از ۱۵ روستا (طبقه‌بندی شده به‌عنوان روستایی دورافتاده، روستایی و نیمه‌شهری) داده شد، درک آن‌ها از مسائل مختلف محیط مسکونی را نشان داد. تجزیه و تحلیل آماری ابعاد زیست‌اقلیمی تفاوت معناداری را بین مسکن‌ها نشان داد. خانه‌های گلی کم‌هزینه مناطق روستایی دورافتاده و روستایی در مناطق ساحلی اغلب از شیوه‌های محلی پیروی می‌کنند. علاوه بر این، ابعاد مختلف پوشش داده‌شده در این نظرسنجی، بینش‌هایی را برای ارزیابی مقایسه‌ای دسته‌های مختلف واحدهای مسکونی فراهم کرد.

در پژوهش‌های داخل کشور نیز، بسطامی جو و افضلی (۱۴۰۴) در پژوهششان تحت عنوان «ارزیابی شرایط آسایش انسانی بر اساس شاخص‌های زیست‌اقلیمی (مطالعه موردی: شهر توریستی سی سخت)» به بررسی و تحلیل آسایش انسانی بر اساس مدل‌ها و شاخص‌های زیست‌اقلیمی برای تعیین مؤثرترین و کارآمدترین روش برای ارزیابی شرایط بیوکلیمایی شهر سی سخت مورد بررسی و مقایسه قرار دادند و بررسی‌ها نشان داد که سی سخت در طول سال با داشتن تنوع بیوکلیمایی، از شرایط گرم تا

¹ Xhexhi & Aliaj

² Elaouzy & El Fadar

³ Bera & Nag

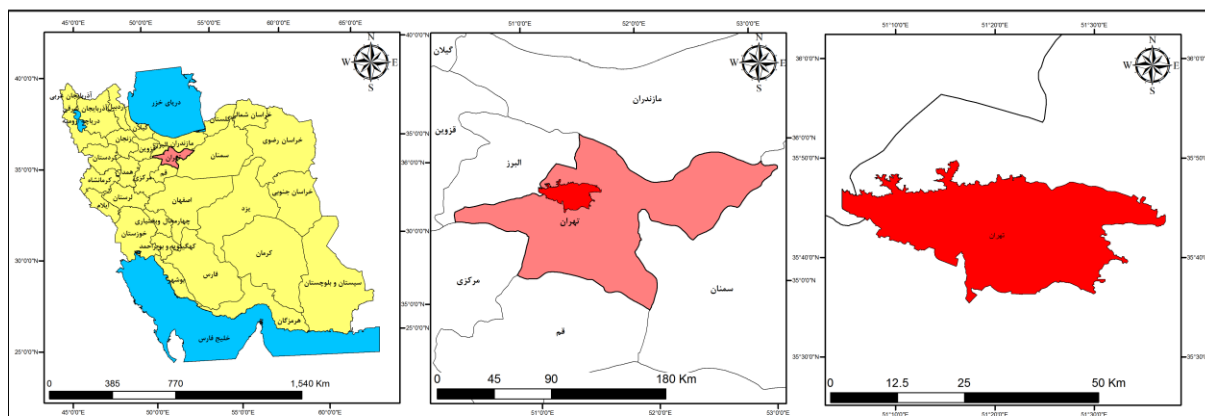
بسیار خنکی برخوردار است؛ طی فصول زمستان و تابستان از محدوده آسایش زیست اقلیمی خارج است و با آغاز فصول بهار و پاییز در ماه‌های گذار از سرما به گرما (فروردین) و گرما به سرما (آبان) اقلیم سی سخت به شرایط آسایش انسانی نزدیک می‌شود. در مجموع بهار با شرایط منحصربه‌فرد آسایش انسانی، بهترین فصل برای انجام فعالیت‌های محیطی و گردشگری در سی سخت است. همچنین با توجه به ویژگی‌های آب و هوایی منطقه مورد مطالعه، روش‌های بیکر، فشار عصبی و بعد از آن روش ترجونگ نسبت به دیگر شاخص‌های زیست اقلیمی، در ارزیابی شرایط بیوکлимایی شهر سی سخت مناسب‌تر و از قابلیت اطمینان بالاتری برخوردار هستند. بهنام (۱۴۰۳) در پژوهش خود تحت عنوان «بازشناخت مولفه‌های فرهنگ و هویت در معماری بومی نمونه موردی: جزیره کیش» به بررسی مولفه‌های فرهنگ و هویت در معماری بومی در جزیره کیش و ارتباط معماری بومی با فرهنگ و محیط طبیعی به صورت توصیفی - تحلیلی پرداخته است. نتایج این پژوهش نشانگر این است که بازشناخت و حفظ مولفه‌های فرهنگی و هویتی در معماری بومی کیش می‌تواند به توسعه پایدار و حفظ هویت فرهنگی منطقه کمک کند. بهره‌گیری از این مولفه‌ها در طراحی‌های معاصر، نه تنها به زیبایی و کارایی بناها می‌افزاید، بلکه به تقویت حس تعلق و هویت بومی در میان ساکنان نیز منجر می‌شود. این پژوهش می‌تواند به عنوان الگویی برای سایر مناطق با معماری بومی خاص مورد استفاده قرار گیرد. طهرانی و همکارانش (۱۴۰۳) در پژوهششان تحت عنوان «شاخص‌های مؤثر در بازتعریف معماری ایرانی به عنوان معماری زیست سازگار و دوستدار طبیعت» با استفاده از روش توصیفی - تحلیلی با روش دلفی و تکنیک شانون یافته‌های کمی پژوهش یک هماهنگی معنادار میان اصول به کاررفته در معماری سنتی ایرانی و معماری زیست سازگار و دوستدار طبیعت یافتند این بررسی‌ها نشان داد که در ابعاد اجتماعی و فرهنگی، توجه به فرهنگ مصرف‌کننده، سازگاری با محیط و چرخه عمر ساختمان؛ در ابعاد اقتصادی، فرهنگ قناعت، انعطاف‌پذیری و بهینه‌سازی نيارش؛ و در ابعاد زیست محیطی توجه به اقلیم و مصالح بوم آورد در اولویت قرار دارند. نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان می‌دهد معماری بومی ایران را می‌توان نمونه‌ای از یک معماری زیست سازگار و دوستدار طبیعت در چارچوب نظریه معماری سرآمد شناخت. معماری ایرانی بیش از محصول به «فرآیند»، بیش از ارزان بودن به «بهینه بودن» و بیش از رویکرد سوداگرانه و سود موقت به «چرخه عمر ساختمان» با نگاهی جامع و یکپارچه می‌نگرند. گوهری و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشان تحت عنوان «تحلیل مولفه‌های فضایی تأثیرگذار بر حضور پذیری فضاهای تجاری بر پایه روابط غیرشکلی؛ نمونه موردی: بازار اصفهان» به بازخوانی الگوهای پیشین در جهت روشن نمودن چگونگی ارتباط انسان با معماری و نحوه حضور وی در فضا با استفاده از روش توصیفی - تحلیلی در کنار تکنیک نحو فضا و شبیه‌سازی در نرم افزار «دپس مپ» پرداخته‌اند. در نتیجه این پژوهش، از آنجا که نقاط کانونی عملکردهای شهری، از بالاترین درجه هم‌پیوندی و تراکم حرکتی برخوردار است، با توسعه دسترسی (به عنوان مهم‌ترین عامل)، تراکم و تنوع، تعمیم هم‌پیوندی به ساختار شهر امکان‌پذیر و ایجاد همبستگی میان عناصر شهری فراهم می‌گردد که حاصل آن رونق بخشی، ایجاد سرزندگی و حضورپذیری در فضا است. دلفانیان و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهش خود تحت عنوان «مروری بر رابطه معماری بومی و اقلیم با بررسی شاخص‌های آسایش حرارتی، مورد مطالعاتی: شهر نوشهر» برای دستیابی به اهداف تحقیق از دوره آماری ۴۰ ساله (۱۹۷۷-۲۰۱۶) ایستگاه سینوپتیک نوشهر به روش تحلیلی - توصیفی بهره گرفته شده است. برای شناسایی گروه اقلیمی منطقه و طول دوره خشکی از فرمول دمارتن، آمبرژه و نمودار آمبروترومیک استفاده شده و برای تعیین محدوده آسایش حرارتی از شاخص‌های اولگی، گیوانی ۳ و ماهانی ۴ بهره گرفته شده است. با بررسی‌های به عمل آمده مشخص شد که شهر نوشهر دارای اقلیم فرامرطوب می‌باشد و به لحاظ آب و هوایی، شش ماه از سال دارای هوای سرد و کمی سرد، چهار ماه راحت و دو ماه گرم و شرجی است. دستورالعمل‌های به دست آمده از شاخص‌ها با معماری بومی منطقه در یک راستا قرار دارند، لذا بهره‌گیری از الگوهای معماری بومی به عنوان الگویی اثبات شده پیشنهاد می‌شود. کامیابی و میرزایی (۱۳۹۴) در پژوهششان تحت عنوان «تطبیق معماری با اقلیم بر اساس شاخص‌های حرارتی نمونه موردی: اقلیم سرد و خشک مشهد» با استفاده از آمار سازمان هواشناسی در یک دوره ۳۰ ساله (از سال ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۴) با روش‌های اقلیمی به تجزیه و تحلیل اقلیم مشهد پرداختند. نتایج به دست آمده از نمودار آمبروترومیک و میزان دما و بارش باران نشان داد که مشهد در اقلیم سرد و خشک قرار گرفته است. هدف از این مقاله بررسی شرایط اقلیمی شهر مشهد با استفاده از شاخص‌های آسایش حرارتی ماهانی، اولگی، اوانز و گیوانی و به تبع آن بررسی راهکارها و پیشنهادهای مناسب در زمینه سازگاری بیشتر اقلیم و معماری و توسعه پایدار می‌باشد.

مواد و روش پژوهش

این پژوهش به لحاظ هدف کاربردی و دارای ماهیت توصیفی-تحلیلی می‌باشد که به روش کیفی و کمی با تکیه بر بررسی داده‌های اقلیمی و مطالعات کتابخانه‌ای گردآوری شده است. در بخش کمی، داده‌های اقلیمی شهر تهران، شامل دما، رطوبت، تابش خورشید و جریان باد، از طریق ایستگاه‌های هواشناسی و نرم‌افزارهای شبیه‌سازی اقلیمی جمع‌آوری و تحلیل می‌شوند. در بخش کیفی، نمونه‌های موردی معماری پایدار در شهر تهران، با استفاده از روش مطالعاتی و بررسی تحقیقات پیشین، مورد بررسی قرار می‌گیرند. این رویکرد ترکیبی، امکان دستیابی به نتایج جامع و دقیق در زمینه بازساخت مؤلفه‌های زیست‌اقليمی و ارائه راهکارهای طراحی معماری پایدار را فراهم می‌سازد. در نهایت با استفاده از مدل SWOT و QSPM به اولویت‌بندی استراتژی‌های پژوهش پرداخته شده است.

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، کلان‌شهر تهران واقع در مرکز کشور می‌باشد. این کلان‌شهر، به‌عنوان پایتخت و یکی از پرجمعیت‌ترین مراکز شهری کشور، با چالش‌های متعددی در حوزه‌های اقلیم و محیط‌زیست مواجه است. موقعیت جغرافیایی منحصر به فرد و قرارگیری در بخش جنوبی رشته‌کوه‌های البرز، منجر به تنوع اقلیمی در این منطقه شده است که نوسانات شدید دما، آلودگی هوای محیط، کمبود منابع آبی و پدیده جزیره گرمای شهری از مهم‌ترین مسائل زیست‌محیطی در تهران می‌باشد و از طرفی با رشد فزاینده جمعیت و گسترش بی‌رویه شهرسازی، این مشکلات را بیش‌تر کرده است. در این راستا، طراحی معماری سازگار با اقلیم و پایدار می‌تواند در کاهش پیامدهای منفی این چالش‌ها نقش مؤثری ایفا کند. موقعیت جغرافیایی این کلان‌شهر در شکل شماره ۱ نشان داده شده است:



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه

(ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۴)

بحث و ارائه یافته‌ها

در ادامه به بررسی ویژگی‌های زیست‌اقليمی کلان‌شهر تهران و به تفکیک شاخص‌های تابش خورشید، نمودار اقلیمی، میزان بارندگی، رطوبت نسبی؛ نمودار سایکرومتریک پرداخته شده است:

تابش خورشید

با توجه به نمودار شماره ۱ توزیع دمایی ارائه شده، تحلیل دقیق سطوح حرارتی در منطقه مورد مطالعه، امکان طراحی و اجرای راهکارهای اقلیمی مؤثر را فراهم می‌سازد. نواحی مشخص شده با رنگ قرمز، که بیانگر دماهای بالا هستند، نیازمند اتخاذ تدابیر کاهش بار حرارتی، مانند استفاده از سایه‌بان‌های مناسب، بام‌های سبز، و مصالح ساختمانی با ظرفیت حرارتی بالا می‌باشند. در مقابل، مناطق با دمای پایین‌تر، که با رنگ‌های زرد و آبی نشان داده شده‌اند، پتانسیل بهره‌گیری از تابش مستقیم خورشید برای

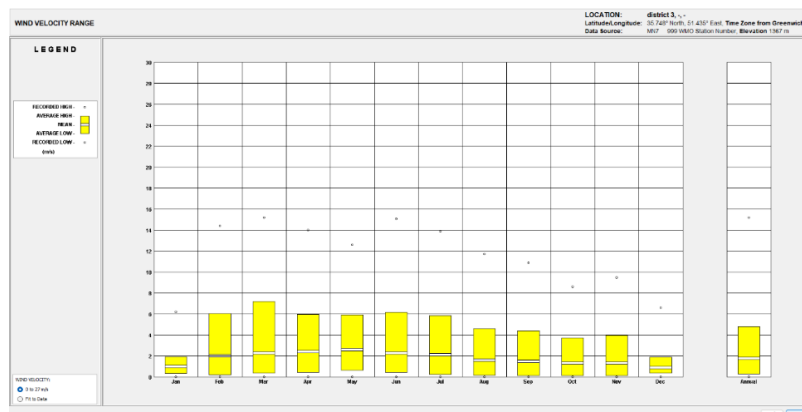
تأمین گرمایش را دارا می‌باشند. طراحی پنجره‌های جنوبی با ابعاد مناسب، استفاده از جرم حرارتی، و سیستم‌های خورشیدی غیرفعال، از جمله راهکارهای پیشنهادی در این مناطق هستند. این تحلیل دقیق، امکان طراحی ساختمان‌هایی با مصرف انرژی بهینه و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه را فراهم می‌سازد.



نمودار ۱- تابش خورشید
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۴)

نمودار اقلیمی

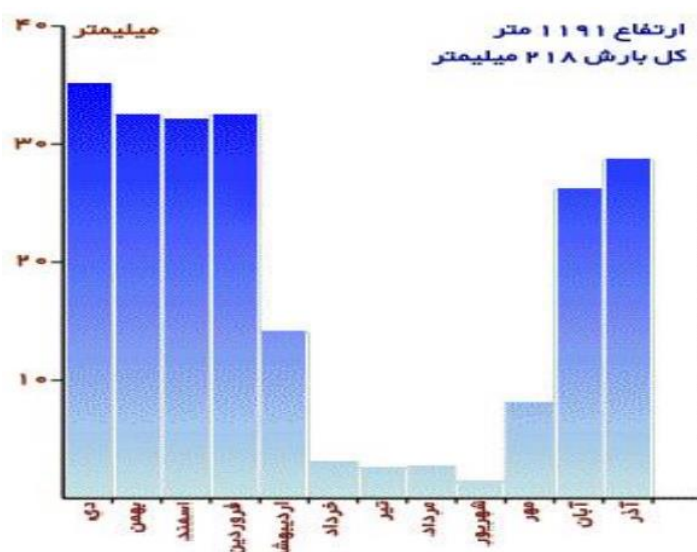
با توجه به نمودار ارائه شده، می‌توان الگوهای وزش باد و دماهای همراه آن را به‌عنوان ابزاری قدرتمند در تحلیل اقلیمی مورد استفاده قرار داد. این تحلیل، اطلاعات ارزشمندی را در خصوص جهت و شدت باد در طول سال و همچنین تغییرات دمایی مرتبط با آن ارائه می‌دهد که برای طراحی معماری و شهرسازی پایدار، از اهمیت بسزایی برخوردار است. جهت‌گیری ساختمان‌ها نسبت به جهت وزش باد، به‌منظور بهره‌گیری از تهویه طبیعی و کاهش نیاز به سیستم‌های تهویه مکانیکی، از جمله کاربردهای کلیدی این تحلیل است. همچنین، بررسی تأثیر تابش خورشید بر دمای هوا، امکان طراحی سایه‌بان‌ها و سایر عناصر کنترل حرارتی را فراهم می‌سازد. در نهایت، این تحلیل، به معماران و طراحان شهری کمک می‌کند تا ساختمان‌ها و فضاهای شهری را به‌گونه‌ای طراحی کنند که آسایش حرارتی ساکنین را در طول سال تأمین نموده و مصرف انرژی را به حداقل برسانند.



نمودار ۲- نمودار اقلیمی
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۴)

میزان بارندگی

با توجه به داده‌های ارائه‌شده، میانگین بارندگی ماهانه در شهر تهران ۱,۱۸ میلی‌متر و مجموع بارندگی سالانه ۲۱۸ میلی‌متر است. الگوی بارندگی نشان می‌دهد که بیشترین میزان بارش در فصل زمستان و اوایل بهار، به‌ویژه در ماه‌های دی، فروردین، بهمن و اسفند رخ می‌دهد، درحالی‌که کمترین میزان بارندگی در فصل تابستان، به‌ویژه در ماه‌های تیر، مرداد و شهریور، مشاهده می‌شود. این الگوی بارندگی، با کمترین میزان بارش در شهریورماه به میزان ۱,۳ میلی‌متر، نشان‌دهنده آب‌وهوای خشک و کم‌بارش در این فصل است. در نتیجه، رطوبت نسبی هوا در تهران به دلیل کمبود بارش، به‌طور کلی پایین است و این امر منجر به خشکی هوا می‌شود. با توجه به میزان پایین بارندگی، طراحی ساختمان‌ها در تهران نیازی به توجه ویژه به محافظت در برابر باران ندارد، اما باید به اثرات منفی خشکی هوا بر آسایش حرارتی و کیفیت هوا توجه کرد. در این شرایط، استفاده از راهکارهای طراحی اقلیمی، مانند تهویه طبیعی، سایه‌بان‌ها، و مصالح ساختمانی با ظرفیت حرارتی بالا، می‌تواند به بهبود شرایط آسایش حرارتی و کاهش اثرات منفی خشکی هوا کمک کند.



نمودار ۳- نمودار میزان بارندگی

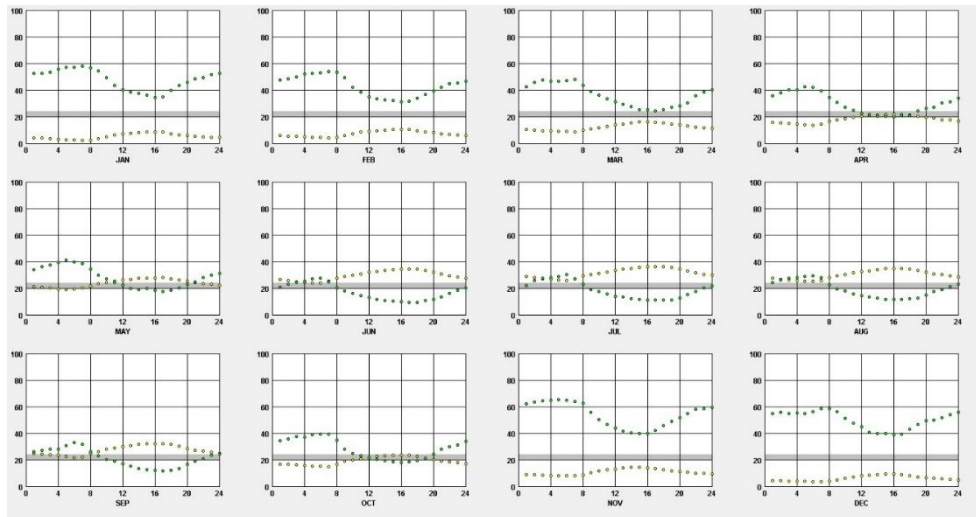
(منبع: نگارندگان، ۱۴۰۴)

رطوبت نسبی

با توجه به اهمیت رطوبت نسبی هوا در طراحی معماری و شهرسازی، این عامل هم‌تراز با درجه حرارت، باد و تابش خورشید، به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های اساسی اقلیمی، موردتوجه قرار می‌گیرد. رطوبت هوا، رابطه‌ای مستقیم با درجه حرارت دارد و احساس آسایش حرارتی انسان، به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر این دو عامل قرار می‌گیرد. باین‌حال، حفظ تعادل رطوبت در محدوده مشخص، از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا افزایش بیش‌ازحد رطوبت، منجر به ایجاد هوای شرجی و اشباع شده و کاهش بیش‌ازحد آن، به‌ویژه در فصل زمستان، احساس سوز سرما را تشدید می‌کند.

بر اساس داده‌های ارائه‌شده، میانگین رطوبت نسبی در شهر تهران ۳۹/۵ درصد است. متوسط حداکثر رطوبت نسبی، که در ساعات اولیه صبح (۶:۳۰) رخ می‌دهد، ۴۹/۸ درصد و متوسط حداقل رطوبت نسبی، که در ساعات میانی روز (۱۲:۳۰) رخ می‌دهد، ۲۹/۲ درصد است. بالاترین میزان رطوبت نسبی در ماه‌های خرداد و مرداد، به میزان ۱۶ درصد، ثبت شده است.

این آمار نشان می‌دهد که رطوبت نسبی در تهران، به‌طور کلی، پایین‌تر از حد نرمال است و این امر، منجر به خشکی هوا می‌شود. این خشکی، به‌ویژه در فصل زمستان، احساس سوز سرما را تشدید می‌کند. باین‌حال، در فصل تابستان، پایین بودن رطوبت نسبی، فرصتی را برای استفاده از رطوبت به‌منظور تعدیل دمای بالای هوا فراهم می‌کند؛ به‌عبارت‌دیگر، می‌توان از رطوبت، به‌عنوان یک عامل خنک‌کننده طبیعی، در طراحی ساختمان‌ها و فضاهای شهری در فصل تابستان بهره برد.

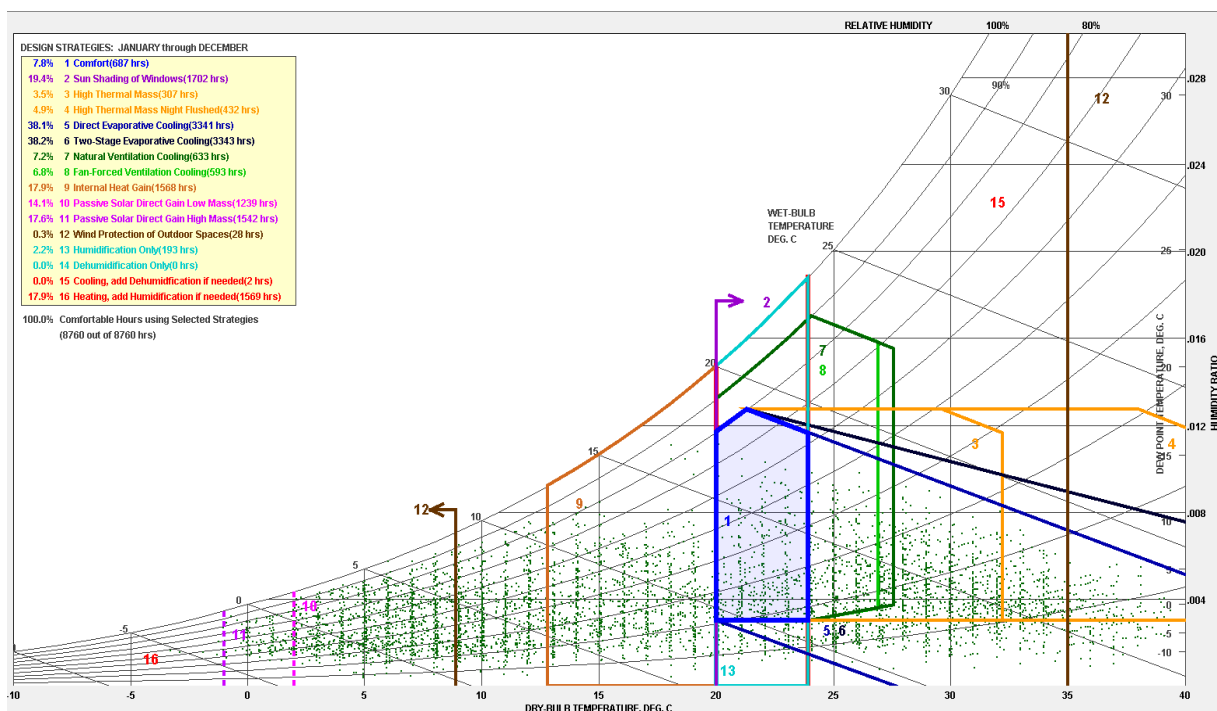


نمودار ۴- نمودار رطوبت نسبی

(منبع: نگارنگان، ۱۴۰۴)

نمودار سایکرومتریک

نمودار سایکرومتریک، به عنوان ابزاری قدرتمند در تحلیل شرایط هوای مرطوب، نقش اساسی در طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع، رطوبت‌زدایی و گرمایش و سرمایش ساختمان‌ها ایفا می‌کند. این نمودار، با نمایش روابط بین پارامترهای مختلف هوا، از جمله دما، رطوبت نسبی، رطوبت مطلق و نقطه شبنم، امکان ارزیابی دقیق شرایط هوای محیط را فراهم می‌سازد. با توجه به اقلیم خشک و نیمه‌خشک تهران، که با تابستان‌های گرم و خشک و زمستان‌های سرد و نوسانات قابل توجه دمایی و رطوبتی در طول سال مشخص می‌شود، استفاده از نمودار سایکرومتریک در طراحی سیستم‌های تهویه مطبوع و ایجاد شرایط آسایش حرارتی در ساختمان‌های این شهر، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این نمودار، به طراحان و مهندسان کمک می‌کند تا با در نظر گرفتن شرایط اقلیمی خاص تهران، سیستم‌های تهویه مطبوع کارآمد و متناسب با نیازهای ساکنین را طراحی و اجرا نمایند.



نمودار ۵- نمودار سایکرومتریک

(منبع: نگارنگان، ۱۴۰۴)

پس از بررسی وضعیت زیست‌اقليمی کلان‌شهر تهران و شناسایی وضعیت آن، به بررسی نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدها پرداخته شده است که نتایج این بررسی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است:

جدول ۱- نقاط قوت، ضعف، فرصت و تهدیدهای زیست‌اقليمی کلان‌شهر تهران

عنوان	نقاط
وجود دانش و تجربه در زمینه طراحی اقلیمی در معماری سنتی ایران پتانسیل بالای بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر به‌ویژه انرژی خورشیدی وجود متخصصان و پژوهشگران فعال در زمینه معماری پایدار تمایل نسبی در بین مردم برای استفاده از ساختمان‌های پایدار	قوت
کمبود قوانین و مقررات جامع در زمینه معماری پایدار عدم آگاهی کافی عموم مردم از مزایای معماری پایدار هزینه بالای اجرای برخی از راهکارهای معماری پایدار عدم وجود مصالح به‌اندازه کافی در کشور	ضعف
توسعه فناوری‌های نوین در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و مصالح ساختمانی پایدار حمایت‌های دولتی از پروژه‌های معماری پایدار افزایش آگاهی جهانی نسبت به مسائل زیست‌محیطی توسعه دانش بومی در زمینه طراحی اقلیمی	فرصت
تغییرات اقلیمی و افزایش دما کمبود منابع آب توسعه بی‌رویه شهری و عدم توجه به اصول پایداری تحریم‌های اقتصادی و عدم دسترسی به تکنولوژی‌های روز	تهدید

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

در مرحله اول به شناسایی عوامل درونی شامل نقاط قوت و ضعف و عوامل بیرونی شامل نقاط فرصت و تهدید پرداخته شد. شناسایی این عوامل توسط صاحب‌نظران دانشگاهی صورت گرفته و سپس اقدام به تشکیل ماتریس ارزیابی عوامل درونی و بیرونی شده است که ماتریس ارزیابی عوامل داخلی از فهرست نقاط قوت و ضعف محیط داخلی و ماتریس ارزیابی عوامل خارجی از فهرست نقاط فرصت و تهدید محیط خارجی، تهیه شده است. عوامل SWOT و ارزیابی عوامل درونی در جدول ۲ و عوامل بیرونی در جدول ۳ ارائه شده است:

جدول ۲- وضعیت عوامل درونی

نقاط قوت (S)		
وزن	درجه‌بندی	امتیاز وزنی
۰/۱۳۰	۳	۰/۳۹۰
۰/۱۲۸	۴	۰/۵۱۲
۰/۱۲۳	۴	۰/۴۹۲
۰/۱۲۲	۳	۰/۳۶۶
۰/۵۰۳	-	۱/۷۶۰
جمع		
نقاط ضعف (W)		
وزن	درجه‌بندی	امتیاز وزنی
۰/۱۲۳	۲	۰/۲۴۶
۰/۱۲۵	۱	۰/۱۲۵
۰/۱۳۲	۲	۰/۲۶۴
۰/۱۱۷	۱	۰/۱۱۷
۰/۴۹۷	-	۰/۷۵۲
جمع		

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

مطابق جدول ۲، جمع وزن عوامل داخلی (قوت و ضعف) برابر با ۱ بوده و مجموعه امتیاز وزنی عوامل داخلی برابر با ۲/۵۱۲ است. برای عوامل داخلی نتایجی به‌دست آمده است که: پتانسیل بالای بهره‌گیری از انرژی‌های تجدیدپذیر به‌ویژه انرژی خورشیدی با امتیاز

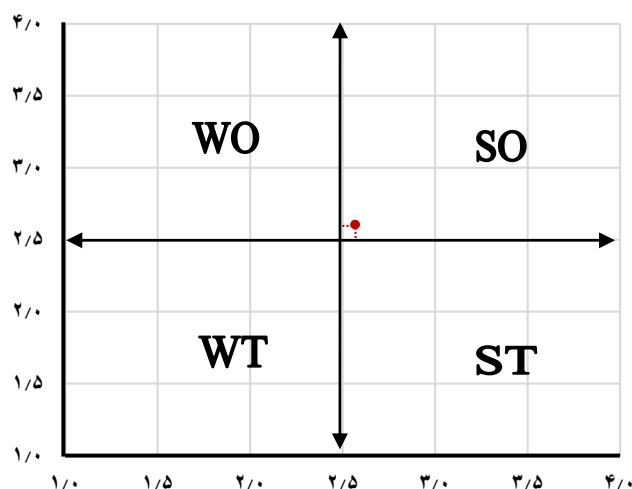
وزنی ۰/۵۱۲ مهم‌ترین نقاط قوت بوده و در بین سایر عوامل بالاترین نمره را کسب کرده است. وجود متخصصان و پژوهشگران فعال در زمینه معماری پایدار با امتیاز وزنی ۰/۴۹۲ به‌عنوان دومین نقطه قوت محسوب شده است. در ارزیابی عوامل داخلی علاوه بر نقاط قوت بایستی نقاط ضعف نیز بررسی گردد؛ مهم‌ترین نقطه‌ضعفی که از مجموعه عوامل نتیجه‌گیری می‌شود، هزینه بالای اجرای برخی از راهکارهای معماری پایدار با امتیاز وزنی ۰/۲۶۴ است که در بین سایر نقاط بیشترین نمره را کسب کرده است و بعدازآن کمبود قوانین و مقررات جامع در زمینه معماری پایدار با امتیاز وزنی ۰/۲۴۶ قرار دارد که این عامل در جایگاه دوم جای می‌گیرد.

جدول ۳- وضعیت عوامل بیرونی

نقاط فرصت (O)	وزن	درجه‌بندی	امتیاز وزنی
۱- توسعه فناوری‌های نوین در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و مصالح ساختمانی پایدار	۰/۱۳۲	۴	۰/۵۲۸
۲- حمایت‌های دولتی از پروژه‌های معماری پایدار	۰/۱۳۷	۳	۰/۳۸۱
۳- افزایش آگاهی جهانی نسبت به مسائل زیست‌محیطی	۰/۱۲۵	۳	۰/۳۷۵
۴- توسعه دانش بومی در زمینه طراحی اقلیمی	۰/۱۳۵	۴	۰/۵۴۰
جمع	۰/۵۱۹	-	۱/۸۲۴
نقاط تهدید (T)	وزن	درجه‌بندی	امتیاز وزنی
۱- تغییرات اقلیمی و افزایش دما	۰/۱۲۱	۲	۰/۲۴۲
۲- کمبود منابع آب	۰/۱۳۰	۲	۰/۲۶۰
۳- توسعه بی‌رویه شهری و عدم توجه به اصول پایداری	۰/۱۰۷	۱	۰/۱۰۷
۴- تحریم‌های اقتصادی و عدم دسترسی به تکنولوژی‌های روز	۰/۱۲۳	۲	۰/۲۴۶
جمع	-	-	۰/۸۵۵

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

مطابق جدول ۳، جمع وزن عوامل خارجی (فرصت و تهدید) برابر با ۱ بوده و مجموعه امتیاز وزنی عوامل خارجی برابر با ۲/۶۷۹ می‌باشد. در این مرحله ارزیابی‌ها انجام شده و با توجه به جداول نتایج حاصل از اولویت‌بندی نقاط فرصت‌ها و تهدیدها (عوامل خارجی) نشان می‌دهد که مهم‌ترین فرصت‌هایی که در این زمینه وجود دارد، شامل مواردی نظیر: توسعه دانش بومی در زمینه طراحی اقلیمی با امتیاز وزنی ۰/۵۴۰ به‌عنوان مهم‌ترین فرصت و توسعه فناوری‌های نوین در زمینه انرژی‌های تجدیدپذیر و مصالح ساختمانی پایدار با امتیاز وزنی ۰/۵۲۸ به‌عنوان دومین فرصت انتخاب شده‌اند. مهم‌ترین تهدیدهایی که در این زمینه وجود دارد نیز مشخص شده است: تحریم‌های اقتصادی و عدم دسترسی به تکنولوژی‌های روز با امتیاز وزنی ۰/۲۴۶ به‌عنوان مهم‌ترین و اولین تهدید می‌باشد و تغییرات اقلیمی و افزایش دما با امتیاز وزنی ۰/۲۴۲ در جایگاه دوم تهدیدها قرار دارد. در ادامه برای تعیین موقعیت استراتژی‌های پژوهش به ترسیم ماتریس ارزیابی موقعیت و اقدام استراتژیک پرداخته شده است که در شکل شماره ۲ نشان داده شده است:



شکل ۲- ماتریس ارزیابی موقعیت و اقدام استراتژیک

(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

مطابق شکل ۲، مجموع امتیاز وزنی عوامل درونی در خط افقی و مجموع امتیاز وزنی عوامل بیرونی در خط عمودی قرار می‌گیرد. محل برخورد این دو خط راهبرد بهینه را نشان می‌دهد. مجموع امتیاز وزنی عوامل درونی ۲/۵۱۲ است و مجموع امتیاز وزنی عوامل بیرونی ۲/۶۷۹ به‌دست آمده است. بر طبق نتیجه به‌دست آمده، توجه به ارزیابی‌ها و تحلیل‌هایی که با استفاده از تکنیک سوات و ماتریس ارزیابی این تکنیک صورت گرفت، در مرحله ترسیم مختصات، بیشترین کشیدگی در هر سمت که بیانگر، راهبرد مربوط به آن سمت است. در نتیجه کشیدگی به‌طرف راهبرد SO تمایل دارد بنابراین می‌توان گفت که بهترین راهبرد برای این پژوهش، راهبرد تهاجمی است. پس از شناسایی موقعیت قرارگیری به تدوین راهبردها پرداخته شده است، به‌طوری‌که با توجه به موقعیت قرارگیری راهبردها در بخش SO، استراتژی حداکثر-حداکثر (تهاجمی) در جدول شماره ۴ نشان داده شده است:

جدول ۴- استراتژی‌های پیشنهادی پژوهش

عنوان	نقاط قوت (S)
فرصت‌ها (O)	استراتژی‌های رقابتی / تهاجمی (SO)
	SO ₁ توسعه پروژه‌های معماری پایدار با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و مصالح ساختمانی پایدار
	SO ₂ استفاده از پتانسیل متخصصان و پژوهشگران برای توسعه فناوری‌های نوین در معماری پایدار و ترویج آن‌ها در پروژه‌های ساختمانی
	SO ₃ حمایت از پروژه‌های معماری پایدار با تمرکز بر انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه دانش بومی در طراحی اقلیمی
	SO ₄ ایجاد و ترویج برنامه‌های آموزشی و آگاهی‌بخشی در میان مردم و فعالان صنعت ساخت‌وساز درباره مزایای ساختمان‌های پایدار و فناوری‌های نوین

مرجع: (یافته‌های نویسندگان، ۱۴۰۳)

پس از تدوین استراتژی‌های پیشنهادی پژوهش، به اولویت‌بندی آن‌ها با استفاده از ماتریس QSPM پرداخته می‌شود که نتایج مرتبط، در جدول شماره ۵ نشان داده شده است:

جدول ۵- امتیازدهی ماتریس QSPM

SO ₄		SO ₃		SO ₂		SO ₁		وزن	عوامل استراتژیک	
TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS	TAS	AS		قوت	
۰/۳۹	۳	۰/۲۶	۲	۰/۳۹	۳	۰/۳۹	۳	۰/۱۳۰		S1
۰/۳۸	۳	۰/۲۶	۲	۰/۲۶	۲	۰/۳۸	۳	۰/۱۲۸		S2
۰/۲۵	۲	۰/۲۵	۲	۰/۳۷	۳	۰/۴۹	۴	۰/۱۲۳		S3
۰/۴۹	۴	۰/۳۷	۳	۰/۱۲	۱	۰/۲۴	۲	۰/۱۲۲		S4
۰/۲۵	۲	۰/۳۷	۳	۰/۲۵	۲	۰/۱۲	۱	۰/۱۲۳		W1
۰/۵۰	۴	۰/۳۸	۳	۰/۳۸	۳	۰/۱۳	۱	۰/۱۲۵		W2
۰/۲۶	۲	۰/۲۶	۲	۰/۱۳	۱	۰/۵۳	۴	۰/۱۳۲		W3
۰/۲۳	۲	۰/۱۲	۱	۰/۲۳	۲	۰/۳۵	۳	۰/۱۱۷		W4
۰/۵۳	۴	۰/۴۰	۳	۰/۵۳	۴	۰/۴۰	۳	۰/۱۳۲		O1
۰/۳۸	۳	۰/۵۱	۴	۰/۳۸	۳	۰/۵۱	۴	۰/۱۲۷		O2
۰/۵۰	۴	۰/۱۳	۱	۰/۱۳	۱	۰/۲۵	۲	۰/۱۲۵		O3
۰/۵۴	۴	۰/۵۴	۴	۰/۵۴	۴	۰/۵۴	۴	۰/۱۳۵		O4
۰/۳۶	۳	۰/۳۶	۳	۰/۱۲	۱	۰/۳۶	۳	۰/۱۲۱		T1
۰/۲۶	۲	۰/۲۶	۲	۰/۲۶	۲	۰/۳۹	۳	۰/۱۳۰		T2
۰/۱۱	۱	۰/۳۲	۳	۰/۳۲	۳	۰/۱۱	۱	۰/۱۰۷		T3
۰/۴۹	۴	۰/۳۷	۳	۰/۳۷	۳	۰/۳۷	۳	۰/۱۲۳	T4	
۵/۹۲۳	-	۵/۱۳۵	-	۴/۷۶۹	-	۵/۵۶۰	-	-	جمع	

مرجع: (یافته‌های نویسندگان، ۱۴۰۳)

با توجه به جدول شماره ۵، اولویت‌بندی اتخاذ استراتژی‌های تهاجمی به شرح زیر می‌باشد:

۱- ایجاد و ترویج برنامه‌های آموزشی و آگاهی‌بخشی در میان مردم و فعالان صنعت ساخت‌وساز درباره مزایای ساختمان‌های پایدار و فناوری‌های نوین،

- ۲- توسعه پروژه‌های معماری پایدار با بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و مصالح ساختمانی پایدار،
- ۳- حمایت از پروژه‌های معماری پایدار با تمرکز بر انرژی‌های تجدیدپذیر و توسعه دانش بومی در طراحی اقلیمی،
- ۴- استفاده از پتانسیل متخصصان و پژوهشگران برای توسعه فناوری‌های نوین در معماری پایدار و ترویج آن‌ها در پروژه‌های ساختمانی.

نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادها

این پژوهش، با اتخاذ رویکردی جامع و چندوجهی، به بررسی و تحلیل مؤلفه‌های زیست‌اقلیمی مؤثر بر معماری پایدار در کلان‌شهر تهران می‌پردازد. هدف اصلی آن بازشناسی دقیق و ارزیابی تأثیر عوامل اقلیمی، از جمله دما، رطوبت، بارندگی، وزش باد و تابش خورشید، بر طراحی و عملکرد ساختمان‌ها و فضاهای شهری است. یافته‌های حاصل از تحلیل داده‌های اقلیمی نشان می‌دهد که تهران دارای اقلیمی خشک و نیمه‌خشک با نوسانات قابل توجه دمایی و رطوبتی در طول سال است. این شرایط اقلیمی، چالش‌ها و فرصت‌هایی را به طور همزمان برای طراحی معماری پایدار در این شهر ایجاد می‌کند. چالش‌های اقلیمی تهران، از جمله نوسانات شدید دما، آلودگی هوا، کمبود منابع آب و پدیده جزیره گرمایی شهری، ضرورت اتخاذ رویکردهای نوآورانه در طراحی معماری و شهرسازی را آشکار می‌سازد. با این حال، فرصت‌های قابل توجهی نیز در این شرایط نهفته است. طراحی ساختمان‌ها و فضاهای شهری با رویکردی اقلیمی، می‌تواند به کاهش چشمگیر مصرف انرژی، بهبود کیفیت هوا و ارتقای آسایش حرارتی ساکنین کمک کند. این پژوهش، با استفاده از روش‌های تحقیق کیفی و کمی، به تحلیل دقیق الگوهای وزش باد، دماهای همراه آن، و سایر عوامل اقلیمی می‌پردازد. این تحلیل، امکان طراحی ساختمان‌ها و فضاهای شهری را به گونه‌ای فراهم می‌سازد که از تهویه طبیعی بهینه بهره‌مند شده و نیاز به سیستم‌های تهویه مکانیکی کاهش یابد. همچنین، بررسی تأثیر تابش خورشید بر دمای هوا، امکان طراحی سایه‌بان‌ها و سایر عناصر کنترل حرارتی را فراهم می‌سازد. با توجه به میزان پایین بارندگی و رطوبت نسبی در تهران، طراحی ساختمان‌ها نیازی به توجه ویژه به محافظت در برابر باران ندارد، اما باید به اثرات منفی خشکی هوا بر آسایش حرارتی و کیفیت هوا توجه کرد. استفاده از راهکارهای طراحی اقلیمی، مانند تهویه طبیعی، سایه‌بان‌ها، و مصالح ساختمانی با ظرفیت حرارتی بالا، می‌تواند به بهبود شرایط آسایش حرارتی و کاهش اثرات منفی خشکی هوا کمک کند. علاوه بر این، اهمیت توجه به سازگاری معماری با تغییرات اقلیمی در آینده و توسعه راهکارهای مقاوم در برابر رویدادهای اقلیمی ناگهانی، از جمله گرد و غبار و تغییرات ناگهانی دما، در جهت حفظ پایداری و کارایی فضاهای شهری ضروری است. بررسی روندهای بلندمدت و پیش‌بینی تغییرات اقلیمی می‌تواند نقش کلیدی در هدایت طراحی‌های آینده داشته باشد، به‌خصوص در کشوری مانند ایران که در معرض تأثیرات بلندمدت تغییرات آب و هوایی قرار دارد؛ بنابراین، ادغام فناوری‌های نوین و روش‌های طراحی مبتنی بر داده‌های پیشرفته، می‌تواند منجر به توسعه فضاهایی شود که نه تنها پاسخگوی نیازهای کنونی هستند، بلکه توانایی مقابله با چالش‌های اقلیمی در آینده را نیز دارا باشند. این رویکرد جامع، تضمین می‌کند که معماری در تهران نه تنها با شرایط اقلیمی فعلی سازگار است، بلکه در برابر تحولات پیش رو مقاوم و کارآمد باقی بماند.

در نهایت، این پژوهش با ارائه راهکارهای کاربردی برای طراحی ساختمان‌ها و فضاهای شهری متناسب با اقلیم تهران، گامی مؤثر در جهت تحقق معماری پایدار و توسعه شهری سازگار با محیط زیست در کلان‌شهر تهران محسوب می‌شود که در زیر به آن‌ها اشاره شده است:

- بهره‌گیری از سایه‌بان‌ها و عناصر کنترل حرارتی: طراحی و اجرای سایه‌بان‌ها، پانل‌های خورشیدی و سایه‌افکن‌های قابل تنظیم بر روی ساختمان‌های مسکونی و تجاری جهت کاهش بار حرارتی تابستانی، با توجه به تحلیل‌های اقلیمی دقیق منطقه، به منظور کاهش مصرف انرژی مرتبط با خنک‌سازی.
- ترویج تهویه طبیعی و سیستم‌های خنک‌کننده تبخیری: توسعه استراتژی‌های تهویه طبیعی بر اساس جهت‌گیری ساختمان و طراحی راه‌پله‌ها و پنجره‌های باز در کنار بهره‌گیری از سیستم‌های خنک‌کننده تبخیری در فضاهای عمومی و ساختمان‌های اداری و مسکونی، جهت کاهش وابستگی به سیستم‌های تهویه مکانیکی و صرفه‌جویی در مصرف انرژی.

- طراحی ساختمان‌ها بر اساس جهت‌گیری باد غالب: تحلیل بادهای غالب در تهران و طراحی فرم و موقعیت ساختمان‌ها برای بهره‌گیری از تهویه طبیعی و کاهش نیاز به سیستم‌های خنک‌کننده، شامل توجه به ارتفاع ساختمان‌ها و نحوه قرارگیری پنجره‌ها و جدارهای خارجی.
- استفاده از مصالح با ظرفیت حرارتی بالا و عایق‌های حرارتی مناسب: انتخاب مصالح ساختمانی با ضریب انتقال حرارتی پایین و عایق‌های حرارتی کارآمد برای کاهش انتقال حرارت در دیوارها، سقف‌ها و کف‌ها، که منجر به کاهش مصرف انرژی در فصل‌های مختلف می‌شود.
- بهره‌گیری از سیستم‌های انرژی خورشیدی: نصب سامانه‌های فتوولتائیک و گرمایش خورشیدی بر روی ساختمان‌ها جهت تأمین برق و گرمایش آب، با توجه به پتانسیل بالای خورشیدی تهران و کاهش وابستگی به شبکه‌های برق فسیلی.
- توسعه بام‌های سبز و عناصر اقلیمی: پیاده‌سازی بام‌های سبز و فضای سبز روی سقف‌ها برای کاهش اثر جزیره گرمایی، بهبود عایق حرارتی و ارتقاء کیفیت زیستی در سطح شهر.
- ترویج سیستم‌های بازیافت و مدیریت پسماند: استقرار سیستم‌های تفکیک و بازیافت پسماند در ساختمان‌ها و فضاهای شهری، به منظور کاهش زباله‌های دفن‌شده و کاهش اثرات زیست‌محیطی.

منابع

- بسطامی جو، مصطفی؛ و افضل، سید فخرالدین. (۱۴۰۴). ارزیابی شرایط آسایش انسانی بر اساس شاخص‌های زیست اقلیمی (مطالعه موردی: شهر توریستی سی سخت). فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۶(۴)، ۱۱۴-۱۲۶. https://www.srds.ir/article_219757.html
- بهنام، مهسا. (۱۴۰۳). بازساخت مولفه‌های فرهنگ و هویت در معماری بومی نمونه موردی: جزیره کیش. جغرافیا و روابط انسانی، ۱۷(۱)، ۳۳۳-۳۵۷. doi: 22034.10/gahr.467125.2024.2201
- دلفانیان، حمیدرضا؛ خاک‌زند، مهدی؛ و کامیابی، سعید. (۱۳۹۷). مروری بر رابطه معماری بومی و اقلیم با بررسی شاخص‌های آسایش حرارتی، مورد مطالعاتی: شهر نوشهر. معماری و شهرسازی آرمان شهر، ۱۱(۲۵)، ۶۹-۷۹. https://www.armanshahrjournal.com/article_85055.html?lang=en
- ذوالفقاری طهرانی، مهدیه؛ مهدوی‌نژاد، محمدجواد؛ انصاری، مجتبی؛ و منصوری، بهروز. (۱۴۰۳). شاخص‌های مؤثر در بازتعریف معماری ایرانی به عنوان معماری زیست سازگار و دوستدار طبیعت. نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی، ۱۴(۲)، ۱-۲۰. <https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-72457-fa.html>
- علیزاد گوهری، نغمه؛ شاهی، بهرام؛ احمدی، فرشته. (۱۴۰۲). تحلیل مولفه‌های فضایی تأثیرگذار بر حضورپذیری فضاهای تجاری بر پایه روابط غیرشکلی؛ نمونه موردی: بازار اصفهان. نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری‌های نوین معماری و شهرسازی، ۱۳(۳)، ۳۰-۵۰. <http://dori.net/dor/1001.20.23224991.1.13.1402.2.3.3>
- کامیابی، سعید؛ و میرزائی، ندا. (۱۳۹۴). تطبیق معماری با اقلیم بر اساس شاخص‌های حرارتی نمونه موردی: اقلیم سرد و خشک مشهد. مطالعات فرهنگی اجتماعی خراسان، ۱۰(۲)، ۱۱۹-۱۴۱. https://www.farhangekhorasan.ir/article_13894.html

References:

- Alexandrou, E., Bougiatioti, F., Katsaros, M., Kotsenos, A., & Zacharopoulos, E. (2022). Sustainability challenges in architectural education: assessment of an architectural technology course on the bioclimatic redesign of existing buildings in Greece. *Int. J. Sustainable Energy*, 41(6)T 609- 628. <https://doi.org/1080.10/2021.14786451.1962880>
- Alizad Gohari, N., Shahedi, B., & Ahmadi, F. (2023). Analysis of Spatial Components Affecting the Presence of Commercial Spaces, Based on Non-Formal Relationships; Case Study: Isfahan Bazaar. *Naqshejahan*, 13(3), 30-50. <http://dori.net/dor/1001.20.23224991.1.13.1402.2.3.3> [In Persian]
- ASHRAE. (2017). ASHRAE Standard 55: Thermal environmental conditions for human occupancy. Atlanta: ASHRAE. <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/standard-55-thermal-environmental-conditions-for-human-occupancy>
- Bastami Joe, M., & Afzali, S. F. (2026). Evaluating human comfort conditions based on bioclimatic indicators (Case study: Si Sakht tourist city). *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 6(4), 114-126. https://www.srds.ir/article_219757.html?lang=en [In Persian]
- Behnam, M. (2024). Reconsideration of Cultural and Identity Components in Local Architecture Case Study: Kish Island. *Geography and Human Relationships*, 7(1), 333-357. doi: 22034.10/gahr.467125.2024.2201 [In Persian]
- Bera, M., & Nag, P. K. (2022). Bioclimatic Design of Low-Cost Rural Dwellings. *Frontiers in Built Environment*, 8, 773108. <https://doi.org/3389.10/fbuil.773108.2022>

- Chorak, A., Mahdaoui, M., Ben Taher, M. A., Kaitouni, S. I., Afass, A., Ouardouz, M., & Ahachad, M. (2025). Integrating active and passive solar strategies in modular residential positive energy building in semi-arid climates: Insights from the TDART project. *Energy Rep.*, 13, 1239–1265. doi: 10.1016/j.egy.12.2024.073
- Crawford, R. (2011). Life Cycle Assessment in the Built Environment. . <http://dx.doi.org/4324.10/9780203868171>
- de Dear, R., & Brager, G. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy Build.*, 34, 549–561. [http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00005-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1)
- DeKay, M., & Brown, G. (2001). *SUN, WIND & LIGHT: Architectural Design Strategies*, 2nd edition. ResearchGate. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/301626264_SUN_WIND_LIGHT_Architectural_Design_Strategies_2nd_edition
- Delfanian, H., Khakzand, M., & Kamyabi, S. (2019). Identifying the Relationship between Vernacular Architecture & Climate through Studying Thermal Comfort Indicators in Nowshahr City. *Armanshahr Architecture & Urban Development*, 11(25), 69-79. https://www.armanshahrjournal.com/article_85055.html?lang=en [In Persian]
- Edwards, B. (2010). *Rough Guide to Sustainability*. London: RIBA Publishing. https://www.ribabooks.com/rough-guide-to-sustainability-a-design-primer_9781859465073
- Elaouzy, Y., & El Fadar, A. (2023). Sustainability of building-integrated bioclimatic design strategies depending on energy affordability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 179, 113295. <https://doi.org/10.1016/j.rser.113295.2023>
- Evangelisti, L., Guattari, C., Gori, C., & Bisegna, F. (2015). Energy savings and thermal comfort improvements in buildings with high thermal inertia. *Energy and Buildings*, 96, 179-188.
- Fanger, P. O. (1970). *Thermal comfort: Analysis and applications in environmental engineering*. Copenhagen: Danish Technical Press. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/5555.10/19722700268>
- Getter, K., & Rowe, D. (2006). The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development. *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*, 41, 1276. <http://dx.doi.org/21273.10/HORTSCI.5.41.1276>
- Givoni, B. (1998). *Climate considerations in building and urban design*. New York: Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Climate+Considerations+in+Building+and+Urban+Design-p-9780471291770>
- Kamyabi, S., & Mirzaei, N. (2016). Ranking the Towns of Razavi Khorasan Province in Terms of Development Indicators, Using Factor Analysis Method. *Journal of Socio-Cultural Studies of Khorasan*, 10(2), 119-141. https://www.farhangekhorasan.ir/article_13894.html?lang=en [In Persian]
- Liddament, M. W. (1996). *A guide to natural ventilation in buildings*. Bracknell: Air Infiltration and Ventilation Centre. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2165909>
- Mazria, E. (1979). *The passive solar energy book: A complete guide to natural heating and cooling*. Emmaus, PA: Rodale Press. <https://www.amazon.de/-/en/Passive-Solar-Energy-Book-Greenhouse/dp/0878572376>
- Nicol, J., & Humphreys, M. (2002). Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. *Energy and Buildings*, 34(6), 563-572. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(02\)00006-3](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00006-3)
- Olgay, V. (2015). *Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism: New and expanded edition*. ResearchGate, 1–190. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/285610217_Design_with_climate_Bioclimatic_approach_to_architectural_regionalism_New_and_expanded_edition
- Oliver, P. (2006). *Built to meet needs: Cultural issues in vernacular architecture*. Oxford: Architectural Press. <https://doi.org/4324.10/9780080476308>
- Pérez-Lombard, L., Ortiz, J., & Pout, C. (2008). A review on buildings energy consumption information. *Energy Build.*, 40(3), 394–398. doi: 10.1016/j.enbuild.03.2007.007
- Rosenfeld, A. H., Akbari, H., Romm, J. J., & Pomerantz, M. (1998). Cool communities: Strategies for heat island mitigation and smog reduction. *Energy and Buildings*, 28(1), 51-62. [https://doi.org/10.1016/S0378-7788\(97\)00063-7](https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00063-7)
- Szokolay, S. V. (2008). *Introduction to Architectural Science: The Basis of Sustainable Design*. Routledge. Retrieved from https://books.google.de/books/about/Introduction_to_Architectural_Science.html?id=jfISC1m3FqUC&hl=en&redir_esc=y
- Vale, B., & Vale, R. (2013). *Time to heal: American environmental architecture into the twenty-first century*. London: Thames & Hudson.
- Watson, D., & Labs, K. (1983). *Climatic Design: Energy-Efficient Building Principles and Practices*. New York: McGraw-Hill. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=1868667>
- Watson, D., & Labs, K. (1993). *Climatic design: Energy-efficient building principles and practices*. New York: McGraw-Hill. <https://www.amazon.de/-/en/Climatic-Design-Energy-Efficient-Principles-Practices/dp/007068488X>

- Xhexhi, K. & Aliaj, B. (2024). Modular Construction and Bioclimatic Strategies: A Sustainable Approach to Building Design. 4Th International Conference on Scientific and Academic Research Icsar, 4(1), 282-292. <https://philpapers.org/versions/XHEMCA>
- Zolfaghari Tehrani, M., Mahdavinejad, M., Ansari, M., & Mansouri, B. (2024). The influential factors in Persian architecture as a biocompatible and eco-friendly building methodology. Naqshejahan, 14(2), 1-20. <https://bsnt.modares.ac.ir/article-2-72457-fa.html> [In Persian]
- Zr, D. L., & Mochtar, S. (2012). Application of Bioclimatic Parameter as Sustainability Approach on Multi-story Building Design in Tropical Area. Procedia Environmental Sciences, 17, 822-830. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.02.2013.100>

**COPYRIGHTS**

Publisher: Islamic Azad University, Zahedan Branch.

© Authors retain the copyright and full publishing rights.

This is an open access article under the CC BY-NC license:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>