



University of Tehran Press

Journal of Environmental Studies

Vol. 51, No. 4, Winter 2026

Homepage: [www.Jes.ut.ac.ir](http://www.Jes.ut.ac.ir)

Print ISSN: 1025-8620

Online ISSN 2345-6922

## Morphological Trade-offs in Urban Microclimates: A Challenge for Achieving Sustainable Environmental Comfort

Rezvan Khalvandi<sup>1</sup>, Mehrdad Karimimoshaver<sup>2</sup>

1. Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: [r.khalvandi@art.basu.ac.ir](mailto:r.khalvandi@art.basu.ac.ir)
2. Corresponding Author, Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran. E-mail: [mkmoshaver@basu.ac.ir](mailto:mkmoshaver@basu.ac.ir)

Article Info	ABSTRACT
<p><b>Article type:</b> Research Article</p> <p><b>Article history:</b> Received: 22 December 2025 Received in revised form: 17 February 2026 Accepted: 19 February 2026 Available online: 16 March 2026</p> <p><b>Keywords:</b> <i>Biological sustainability, Comprehensive optimization, Dual nature, Mitigation strategies, Urban microclimates.</i></p>	<p><b>Objective:</b> The inherent complexity of urban microclimates drives proposed strategies for enhancing habitability and comfort into pathways that often yield multiple, sometimes conflicting effects; thus, optimizing one comfort metric can inadvertently degrade others. This is crucial, as the improper placement of any urban element can cause mitigation strategies to produce effects contrary to their intended purpose. A sustainable and resilient urban environment can be achieved when optimal parameters are quantified and applied with consideration for all dimensions of comfort and livability.</p> <p><b>Method:</b> To address the identified gap, this research utilized ANSYS CFX CFD software to calculate and benchmark the performance efficiencies of common urban morphological components against various microclimate comfort metrics. Subsequently, a multi-criteria decision-making framework was applied to logically integrate these quantitative performance metrics, thereby identifying the optimal morphological configuration that satisfies the required balance of all comfort factors. This research established a foundational selection basis by first categorizing urban building block elements based on shared structural characteristics. The categories were then systematically compared based on their influence on street canyon temperature, pressure, and wind velocity. Finally, a comprehensive ranking system was derived to guide the selection of the optimal form and strategy aligned with specific urban texture conditions. The prevalence of a common structural typology across all examined groups helped the accurate quantification of the percentage of usefulness gained from modifying specific building geometries. Given the critical air quality of Tehran, all simulation input values were proportionally calibrated to the city's climate profile, ensuring the derived solutions were directly relevant to improving its environmental health.</p> <p><b>Results:</b> Across all tested variables, changes to the fundamental building block form and geometry proved to be the dominant factor in improving holistic street canyon environments, resulting in performance efficiencies reaching 70% compared to standard designs. Conversely, strategies focused on localized volumetric changes or facade-based flow modification achieved significantly lower effectiveness, improving street-canyon comfort metrics by 40%.</p> <p><b>Conclusions:</b> This study subsequently introduced a ranking mechanism to systematically evaluate and prioritize intervention tools according to their measurable impact on street-canyon microclimate performance. Focusing the analysis on the primary drivers—temperature, wind speed, and pressure—allows researchers to clearly demonstrate how macro-scale structural modifications exert a greater control over these fundamental factors, thereby minimizing inherent inter-variable conflicts.</p>

**Cite this article:** Khalvandi, R., & Karimimoshaver, M. (2026). Morphological Trade-offs in Urban Microclimates: A Challenge for Achieving Sustainable Environmental Comfort. *Journal of Environmental Studies*, 51 (4), 473-492. <http://doi.org/10.22059/jes.2026.408070.1008662>

© The Author(s).

**Publisher:** University of Tehran Press.



DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2026.408070.1008662>

## **Introduction**

By altering urban microclimates, particularly within street canyons and dense regions, urban blocks significantly impact pedestrian and citizen comfort across various thermal, pollution, and movement dynamics (Bas et al., 2024; Wu & Chen, 2023; Zhang et al., 2025). The structure of urban blocks and their impact on the surrounding environment are determined by several interacting components. By quantifying the impact of each factor on microclimates, planners can make more effective and targeted decisions. This understanding is paramount for optimizing resource allocation across diverse urban sectors by providing a predictive framework for built environment performance. Alterations in these factors often introduce trade-offs and paradoxical outcomes regarding environmental comfort conditions (Karimimoshaver et al., 2025). Consequently, establishing an optimal equilibrium among the manifold factors influencing comfort conditions is essential. Given the complexity discussed, the absence of an integrated assessment and prioritization protocol for optimal urban configurations mandates an in-depth subsequent study. Consequently, to remedy this deficit, this study systematically collated the prevalent design scenarios for improving urban microclimate conditions found in the extant literature and categorized these compiled strategies by shared attributes, followed by an assessment and comparison of their effects on micro-climate comfort metrics. Hence, the study focused on the quantitative assessment of the effect of principal, established morphological features on comfort states, establishing a clear hierarchy among these impacts. By incorporating multiple, sometimes divergent, points of view on comfort, this research uniquely provides comprehensive coverage of the often-competing needs inherent in urban morphology. Ultimately, the findings of this research furnished a structured methodology for achieving an optimal equilibrium among disparate comfort factors. In pursuit of these aims, the study involved the computational modeling of 28 scenarios, and the subsequent comparison quantified the impact of each design mode on critical microclimate determinants. Subsequently, a component ranking was derived based on the scenarios' demonstrated efficacy across the multifaceted spectrum of comfort indices.

## **Method**

To investigate the optimal and standardized metric, it is necessary to confirm its suitability against the specific, real-world operational context. Accordingly, this study aimed to select the input data and the orientation of street canyons in alignment with the city's current operational requirements. Since this study investigated how building shapes affect comfort conditions in street canyons, isolating the precise impact of each form required placing them within a canyon engineered to provide optimal multi-aspect conditions. This approach ensured that the variables were isolated and changes were introduced only to the building form, while the street canyon aspect ratio remained invariant. The chosen forms must also be practical and free from undue implementation complexity. To identify the optimal building forms for climate adjustment and temperature reduction, the simulation scenarios were categorized into three groups. The first set of cases involved changing the gross volume of the buildings, thereby affecting the canyon's temperature through the induced alteration of wind flow characteristics. The second group examined scenarios in which emptying portions of the building volume created channels to facilitate wind movement, simulating wind suction and deflector effects. The third group focused on scenarios where the wind flow was manipulated by adding distinct elements to the building volume and facade. These elements included traditional wind catchers, facade or roof-mounted shells, and various vertical, horizontal, or angular protrusions integrated onto the building surfaces. Collectively, these experimental configurations were systematically classified into three distinct groups, defined by their underlying shared geometric or aerodynamic principles. The inclusion of the standard, unmodified urban form (benchmark) across all simulation groups enabled the calculation of the effective percentage change attributable to the geometry modifications. To reach the research objectives, following the scenario definitions, airflow patterns and their impact on local temperature and human comfort were simulated and quantified via the computational fluid dynamics platform, ANSYS CFX. Once the simulations yielded data on temperature fluctuations, pressure fields, and wind-flow modifications for each scenario, a critical analysis was performed to assess the human comfort levels within the street canyon. To this end, the defining limits for comfort levels and the metrics used to assess street canyons were established based on temperature, wind speed, and pressure. Subsequently, a score ranging from 1 to 10 was assigned to the metrics for each scenario set. The scenario

exhibiting the higher potential for comfort regarding the studied factor ranked higher and obtained a better score.

## Results

The observed effects indicated that scenario performances were not uniform when evaluated against the spectrum of comfort indices. For example, while a component might considerably improve a certain aspect of comfort, it could simultaneously reduce comfort in other areas or offer little improvement overall. Likewise, a particular scenario might improve wind flow in one section of the canyon, yet in another area within the same canyon, it led to thermal discomfort issues. Hence, it was essential to select a mode that enhanced comfort from multiple perspectives, in line with the intended urban setting and key conditions. It is also worth noting that comfort needs themselves may occasionally contradict one another. For example, while stronger winds are beneficial for cooling, if their speed surpasses a specific limit, they can become problematic for pedestrians. Generally, while increased wind velocity enhances thermal comfort by lowering the temperature, this same increase negatively impacts wind-related comfort and exacerbates pressure fluctuations, thereby decreasing pressure-related comfort. However, this trend does not hold in every situation; the specific morphology can change the nature and magnitude of these effects. In general, the comfort factors interact in complex ways to create optimal conditions for passers-by. A similar complexity is observed in the morphological elements that govern these factors. As a result, pinpointing the optimal values and forms for achieving comprehensive comfort in microclimates is challenging. Consequently, this research aimed to find a compromise by integrating quantitative and qualitative methods to define comfort conditions. The outcomes of this evaluation demonstrated that comfort conditions in street canyons could be enhanced by general modifications to the volume of building blocks and by altering their geometry by 70%. Effectively, a routine urban structure could achieve only 30% of the desired comfort levels when juxtaposed with geometrically optimized designs. Compared to buildings that incorporate internal air channels or external facade elements, this benchmark form would deliver 60% of the comfort levels. This was likely attributed to intricate, small-scale details obstructing airflow by creating pockets and heat traps, causing heat or pollution to become stagnant in various parts of the street canyon. Furthermore, the presence of voids beneath or within the volume of certain scenarios created suction and negative pressure in the airflow, resulting in a vacuum effect across different parts of the building blocks and thus disrupting user comfort. The findings indicated that interactions between various comfort factors led to complex situations, such that one strategy might boost one comfort factor while simultaneously causing disorder in others. Consequently, optimal and sustainable comfort for residents could be secured by first prioritizing area-specific needs and subsequently establishing balance among these diverse factors.

## Conclusions

Driven by the need for a robust evaluation and ranking system to select urban morphological characteristics, this research aimed to provide a comprehensive and scalable solution. This framework was designed to achieve optimal values that successfully integrate various facets of urban microclimate comfort. This study presented a new method and a morphological classification system for assessing street canyons, enabling the accomplishment of optimal design values with superior precision and efficiency across heterogeneous urban settings. The proposed method underpins the achievement of sustainability and resilience by successfully mediating the trade-offs inherent between disparate, often conflicting urban demands. To this end, selected key morphological elements that define street canyon structure were prioritized based on their influence on microclimate-altering factors and their efficacy in improving comfort criteria, specifically concerning heat and air movement. Quantifying how urban morphological features affect microclimate conditions is the key to predict the performance of built environments. This allows designers to tailor the geometry of street canyons to balance and achieve an optimal configuration of different comfort criteria. By employing a methodology that integrates the varied requirements of city dwellers with increased sustainability, we can fundamentally change the design and regulatory policies for built environments. If applied appropriately, changes in the macro-form of building blocks demonstrate the highest capacity to enhance urban microclimate conditions, showing potential improvements of up to 70% over conventional forms. This research indicates that morphological elements adopt a context-dependent role, shifting their influence from beneficial to detrimental

concerning their interplay with the immediate environment. The morphological classification system detailed here offers the flexibility to be scaled up, refined, and customized according to the needs of individual projects. Consequently, this methodology renders a ‘one-size-fits-all’ prescription obsolete, allowing information to be updated seamlessly with even minor modifications.

**Author Contributions**

**Rezvan Khalvandi:** Writing, review and editing, Writing the original draft, Visualization, Validation, Software, Resources, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation.

**Mehrdad Karimimoshaver:** Writing, review and editing, Writing the original draft, Visualization, Validation, Supervision, Software, Resources, Project administration, Methodology, Investigation, Formal analysis, Data curation, Conceptualization.

**Data Availability Statement**

Data available on request from the authors.

**Ethical considerations**

The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

**Funding**

This work is based upon research funded by Iran National Science Foundation (INSF) under project No. 4033484.

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results.



University of Tehran Press

## نشریه محیط شناسی

شاپای چاپی: ۸۶۲۰-۱۰۲۵  
شاپای الکترونیکی: ۶۹۲۲-۲۳۴۵

دوره ۵۱، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۴

Homepage: <http://Jes.ut.ac.ir>

# تعارض‌های مورفولوژیک در خرداقلیم شهری: چالشی در دستیابی به آسایش محیطی پایدار

رضوان خالوندی<sup>۱</sup>، مهرداد کریمی مشاور<sup>۲</sup>✉

۱. گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. رایانامه: [r.khalvandi@art.basu.ac.ir](mailto:r.khalvandi@art.basu.ac.ir)  
۲. نویسنده مسئول، گروه معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه بوعلی سینا، همدان، ایران. رایانامه: [mkmshaver@basu.ac.ir](mailto:mkmshaver@basu.ac.ir)

## اطلاعات مقاله

## چکیده

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

**هدف:** پیچیدگی شرایط خرداقلیم‌های شهری راهکارهایی که جهت بهبود شرایط زیستی و آسایشی پیشنهاد می‌گردند را به سمت رفتارهای چندگانه و گاه متناقض سوق می‌دهد، به گونه‌ای که گاه بهبود یک جنبه آسایشی به بدتر شدن سایر جوانب منجر می‌گردد. این موضوع از این نظر حائز اهمیت است که در صورت مکان‌یابی نامناسب هر عنصر شهری، راهکارهای کاهش می‌توانند نتایجی عکس در پی داشته باشند. دستیابی به محیطی پایدار و تاب‌آور زمانی میسر می‌گردد که بتوان مقادیری بهینه را با توجه به همه جوانب و نیازهای مختلف آسایشی محاسبه و ارائه نمود.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۰۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

**روش پژوهش:** این پژوهش تلاش کرده درصد تاثیرگذاری تعدادی از مولفه‌های پرکاربرد مورفولوژیکی را در رابطه با عوامل آسایشی مختلف از طریق نرم‌افزار CFD محور ANSYS-CFX محاسبه نماید. سپس ترکیبی منطقی از نیازها را در انتخاب فرم بهینه به کار گیرد. لذا با دسته‌بندی عناصر سازنده فرم بلوک‌های ساختمانی با توجه به ویژگی‌های ساختاری مشترک، مقایسه اثرات آن‌ها بر تغییرات دما، فشار و سرعت باد در دره-خیابان‌ها، سپس رتبه‌بندی آن‌ها سعی کرده مبنایی جهت انتخاب فرم و روش بهینه متناسب با شرایط بافت موجود ارائه کند. تکرار یک فرم متداول در ساخت‌وسازهای شهری در همه این گروه‌ها، امکان محاسبه درصد تاثیرگذاری اصلاح هندسه‌های ساختمانی را ایجاد می‌کند. به علت شرایط بحرانی هوای تهران، مقادیر ورودی در این شبیه‌سازی متناسب با اقلیم این شهر و به جهت ارائه راهکاری برای بهبود شرایط زیستی آن تنظیم گردیده است.

## کلیدواژه‌ها:

بهینه‌سازی همه جانبه،  
پایداری زیستی،  
خرد اقلیم‌های شهری،  
راهکارهای کاهش،  
ماهیت دوگانه.

**یافته‌ها:** نتایج نشان می‌دهند در میان سناریوهای مختلف، اصلاحات در فرم کلی و هندسه بلوک‌های ساختمانی بیشترین قابلیت را در بهبود شرایط همه جانبه دره خیابان‌ها دارا می‌باشند (تا ۷۰ درصد نسبت به فرم‌های متداول). در مقابل کاستن از حجم ساختمان یا افزودن عناصری برای تغییر جریان باد به نما تنها تا ۴۰ درصد می‌تواند بر بهبود شرایط آسایش دره خیابان تاثیرگذار باشد.

**نتیجه‌گیری:** این پژوهش با افزودن یک لایه تحلیلی جدید، اثربخشی ابزارهای مداخله در شرایط خرداقلیم‌ها را بر اساس مقیاس تاثیرگذاری‌شان رتبه‌بندی می‌کند و با تمرکز بر عوامل اصلی (دما، باد، فشار) به پژوهشگران اجازه می‌دهد تا درک کنند که چگونه تغییرات ساختاری در مقیاس بزرگ، تأثیر بیشتری بر کنترل این عوامل دارند و چگونه می‌توان از تعارضات ذاتی بین آن‌ها کاست.

**استناد:** خالوندی، رضوان و کریمی مشاور، مهرداد (۱۴۰۴). تعارض‌های مورفولوژیک در خرداقلیم شهری: چالشی در دستیابی به آسایش محیطی پایدار. نشریه محیط‌شناسی، (۴)۵۱، ۴۷۳-۴۹۲. <http://doi.org/10.22059/jes.2026.408070.1008662>

© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.



DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2026.408070.1008662>

## مقدمه

بلوک‌های شهری از جمله عوامل مهم تاثیرگذار بر شرایط آسایش در فضاهای شهری هستند (Zhao et al., 2025) که نیازمند توجه و مطالعه بیشتر می‌باشند. آن‌ها با تغییر خرداقلیم‌های شهری به خصوص در دره خیابان‌ها و مناطق متراکم به شدت شرایط آسایش عابران و شهروندان را از جنبه‌های مختلف حرارتی، آلودگی و حرکتی و ... تحت تاثیر قرار می‌دهند (Bas et al., 2024; Wu & Chen, 2023; Zhang et al., 2025). مولفه‌های مختلفی بر ساختار بلوک‌های شهری و اثرات آن‌ها بر محیط اطراف تاثیر گذارند. درک میزان اثرگذاری هر یک از عوامل دخیل در تغییر شرایط خرداقلیم‌ها می‌تواند به هدایت برنامه‌ریزی‌های شهری کمک کند. به عبارتی این امر با کمک به پیش‌بینی عملکرد محیط‌های ساخته شده می‌تواند در بهینه‌سازی تخصیص منابع در زمینه‌های مختلف شهری قابل توجه باشد. نیازهای شهری حوزه‌ها و فاکتورهای متنوعی را در بر می‌گیرند. نیاز به تغییرات در این فاکتورها، گاه نتایج متناقضی را در رابطه با شرایط آسایش ایجاد می‌کند (Karimimoshaver et al., 2025). بنابراین نیاز است تا تعادلی میان عوامل مختلف تاثیرگذار بر شرایط آسایش برقرار گردد (Karimimoshaver et al., 2026). در واقع برای تصمیم‌گیری در مورد انتخاب یک فرم بهینه برای بلوک‌های ساختمانی و در مقیاس بزرگتر تدوین ضوابط و استانداردهای شهری برای برقراری شرایط آسایش لازم است تا میزان اثرگذاری هر فاکتور به صورت جداگانه ارزیابی شود. سپس این مقادیر به گونه‌ای سازمان‌یافته و متناسب با شرایط منطقه مورد مطالعه با هم ترکیب گردند تا یک مقدار بهینه جهت برقراری شرایط مطلوب زندگی انسان و همچنین پایداری و دوام آن به دست آید (Karimimoshaver et al., 2021; Karimimoshaver, 2022; Shahrak, 2022; Khalvandi & Karimimoshaver, 2023).

بدین ترتیب پرسش اصلی در این پژوهش آن است که با وجود ماهیت دوگانه راهکارهای بهسازی خرداقلیم‌های شهری که گاه به جای اثر مثبت، نتیجه عکس داشته و وضعیت را از سایر جوانب بحرانی‌تر می‌کنند، چه نوع اقدامات یا فرم‌های شهری لازم است و چگونه می‌توانند با بهینه‌سازی شرایط خرداقلیم‌ها و برقراری تعادل میان نیازهای مختلف، شرایط زیستی شهر را به صورت همه‌جانبه بهبود بخشند، به گونه‌ای که دوام و پایداری آن قابل تضمین باشد. در واقع با ارائه روشی متفاوت در این پژوهش، میانگینی از مجموعه نیازهای متناقض برای رسیدن به یک آسایش همه جانبه در محیط دره خیابان‌ها در نظر گرفته شده است. حال آن که در مطالعات گذشته مقایسه‌ای میان میزان تاثیرگذاری این حالت‌ها بر فاکتورهای موثر بر شرایط آسایش انجام نشده و همچنین مقادیر ارائه شده عموماً حاصل ارزیابی شرایط آسایش از یک بعد هستند. روش مورد استفاده در این پژوهش، با توجه به شرایط موجود در بافت مورد بررسی قابل بسط و توسعه خواهد بود و بدین ترتیب با کاهش خطاهای مطالعات پیشین از نظر کاربردی می‌تواند در شرایط واقعی شهر قابلیت اجرایی بالاتری داشته باشد.

محاسبات لازم برای این امر زمانی ممکن است که بتوان مقدار تاثیرگذاری هر فرم بر تغییرات دما، فشار، سرعت باد و سایر فاکتورهای موثر در این رابطه را به صورت مجزا به دست آورد و سپس با توجه به آستانه‌های شرایط آسایش حرارتی و حرکتی و ... حجم مطلوب را انتخاب کرد. فقدان یک سیستم ارزیابی و رتبه‌بندی جامع برای انتخاب ساختارهای شهری، مسئله‌ای است که نیازمند پیگیری و مطالعات بیشتر است. با توجه به نوع ویژگی‌های بافت شهری و این که چه میزان عناصر مورفولوژیکی در آن ثابت و یا قابل تغییر هستند، می‌توان راهکارهای بهبود شرایط خرداقلیم‌ها را دسته‌بندی نمود و آن‌ها را مطابق شرایط مورد استفاده قرار داد. بنابراین به منظور رفع این نقصان و کاستی، این پژوهش تلاش کرده تا سناریوهای پیشنهادی پرکاربرد در طراحی ساختارهای شهری در مطالعات پیشین جهت بهبود شرایط خرد اقلیم‌های شهری را گردآوری نماید. آن‌ها را بر اساس ویژگی‌های کلی و مشترکشان دسته‌بندی کند و آثار آن‌ها را بر تغییرات شرایط آسایش مورد ارزیابی و مقایسه قرار دهد. از آنجا که سنجش تمامی عوامل تاثیرگذار بر شرایط آسایش روندی طولانی دارد و در قالب یک پژوهش امکان‌پذیر نخواهد بود، در این جا تنها به بررسی حداقل فاکتورهای مداخله‌کننده اصلی یعنی دمای هوا، فشار، سرعت باد و آستانه‌های آسایش انسان در رابطه با آن‌ها پرداخته شده است. بدین ترتیب این پژوهش با هدف کمی کردن میزان تاثیرگذاری مولفه‌های مورفولوژیکی کلیدی و پرکاربرد بر شرایط آسایش خرداقلیم‌ها و رتبه‌بندی این تاثیرات انجام شده است. رویکرد منحصر به فرد این مطالعه که شرایط آسایش را از منظرهای مختلف ارزیابی می‌کند، نیازهای متضاد را پوشش می‌دهد و به عبارتی سعی شده است تا نتیجه نهایی در این پژوهش روشی را برای ایجاد تعادل میان فاکتورهای مختلف آسایشی ارائه نماید. شهری که با در نظر گرفتن احتیاجات مختلف و برقرار کردن تعادل در میان آن‌ها سازمان یافته باشد در طول زمان می‌تواند آسیب‌پذیری کمتری داشته باشد. ساختار کلی پژوهش در شکل ۱

نمایش داده شده است.



شکل ۱. ساختار کلی پژوهش

### پیشینه پژوهش

اگرچه در مطالعات گذشته راه‌حل‌های مختلفی از جمله بهبود مورفولوژی شهری (Zheng et al., 2025)، استفاده از مصالح با آلبدو بالا (Mohammad et al., 2021)، افزایش پوشش گیاهی (Mun et al., 2024) و بدنه‌های آبی (Yang et al., 2025) و ... به منظور حذف گرما و آلودگی از محیط‌های شهری مورد بررسی قرار گرفته‌اند، اما هر کدام از این راهکارها به‌صورت جداگانه و تنها با در نظر گرفتن یکی از معیارهای آسایشی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. به‌عنوان مثال برخی مطالعات تنها نقش تغییر ابعاد دره خیابان در افزایش یا کاهش سرعت باد (Muniz-Gaal et al., 2020) و یا تغییر فاکتور دید به آسمان در تغییرات دما (Tang et al., 2024) را مورد مطالعه قرار داده‌اند. برخی دیگر تنها به تغییر ارتفاع دیواره‌ها در رابطه با غلظت آلاینده‌ها (Ding et al., 2019; Mirabi & Davies, 2022) پرداخته‌اند. همچنین از دیگر راهکارهای مورفولوژیکی که به‌صورت انفرادی و تک بعدی از نظر شرایط آسایش مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند می‌توان به تغییر زاویه سقف (Nosek et al., 2025)، افزودن بازشوها و گذرگاه‌هایی در پایین‌ترین سطح ساختمان و ایجاد طبقات خالی در ارتفاعات مختلف (Chew & Norford, 2018)، تغییر زاویه ساختمان (Allegrini & Carmeliet, 2017)، استفاده از چیدمان‌های مختلف برای ساختمان‌ها و دره خیابان‌ها (Mishra et al., 2025) و یا ایجاد تغییرات در نما و اضافه کردن عناصری مانند دیواره‌ها و بالکن‌ها به آن جهت تغییر جریان باد (Song Jon et al., 2023; Wang & Ngan, 2025) اشاره کرد. بنابراین همان‌طور که اشاره شد مقایسه‌ای میان میزان تاثیرگذاری این حالت‌ها بر فاکتورهای موثر بر شرایط آسایش انجام نشده است. بدین ترتیب امکان انتخاب از میان این پیشنهادات به گونه‌ای که بتوان فرمی بهینه را انتخاب کرد که قادر به تامین همه جانبه شرایط آسایش باشد، وجود نخواهد داشت، چرا که نیاز است درصد تاثیرگذاری هر مولفه بر هر یک از معیارهای آسایشی و نیز در مقایسه با سایر عناصر مورفولوژیکی به درستی شناخته شود.

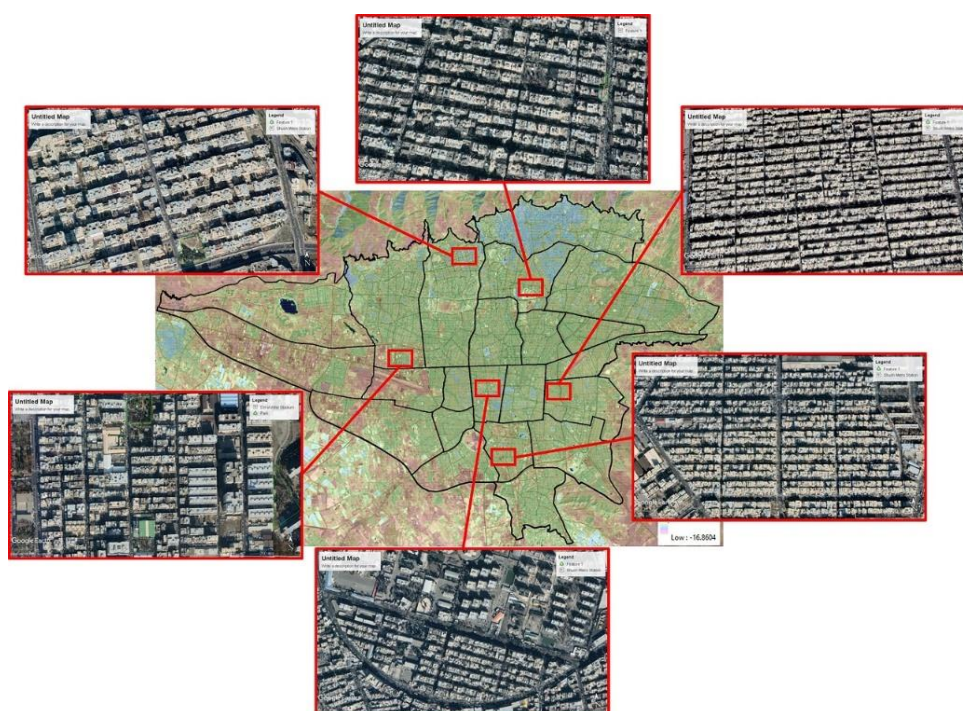
### روش‌شناسی پژوهش

#### – تعریف سناریوها و منطقه مورد مطالعه

پژوهش‌هایی با ماهیت ارائه یک مقدار بهینه و استاندارد برای استفاده در شرایط واقعی بهتر است متناسب با شرایط زمینه باشند. لذا در این پژوهش سعی شده است تا داده‌های ورودی و جهت‌گیری دره خیابان‌ها مطابق با شرایط واقعی در شهر انتخاب شوند. جهت یافتن میزان دقیق اثرگذاری هر فرم بهتر است که بلوک‌ها در دره‌ای جایگذاری شوند که تامین‌کننده یک شرایط بهینه از جنبه‌های مختلف باشد به گونه‌ای که هم قادر به تامین آسایش شهروندان باشد و هم با توجه به ارزش زمین در مناطق متراکم، مسائل اقتصادی را نیز در نظر بگیرد (Khalvandi & Karimimoshaver, 2025a). بنابراین در این پژوهش با توجه به ابعاد بهینه شبیه‌سازی‌های مطالعات پیشین که

برای دره- خیابان‌ها ارائه گردیده است [Khalvandi & Karimimoshaver, 2021; Karimimoshaver et al., 2021; ] ( $L/W=2$  و  $H/W=1^1$ ) است. 2023 سعی شده است تا تغییرات فقط در فرم ساختمان‌ها باشند و ابعاد دره تغییر نکند. همچنین این که فرم‌ها به گونه‌ای انتخاب شوند که از لحاظ اجرا با مشکل و پیچیدگی خاصی همراه نباشند؛ چرا که برای تبدیل یک پیشنهاد به یک ضابطه قابل استناد در قوانین شهری لازم است تا نیازها، امکانات ساخت و موقعیت اقشار مختلف که مخاطب این قوانین هستند مورد توجه قرار گیرد.

شرایط بحرانی کیفیت هوا و نیز افزایش شدت جزایر حرارتی شهر تهران- ایران را نیازمند تدوین ضوابط سختگیرانه برای کنترل شرایط خرد اقلیم‌ها در دره خیابان‌ها و چگونگی گسترش بلوک‌های شهری کرده است (شرکت کنترل کیفیت هوای تهران، ۱۴۰۳). علاوه بر این، کمبود داده‌ها در زمینه آنالیز شرایط دره خیابان‌ها در ایران بر شدت این مشکل افزوده است (Karimimoshaver et al., 2021). لذا شهر تهران به‌عنوان زمینه این مطالعه انتخاب گردیده و داده‌های ورودی از جمله فشار، دما، سرعت، جهت باد و همچنین جهت‌گیری دره خیابان‌ها متناسب با شرایط این شهر تنظیم شده است تا علاوه بر دستیابی به اهداف اولیه پژوهش که بیشتر ذکر گردید مقدار بهینه‌ای را هم جهت توسعه آینده شهر و هم تحقیقات بعدی در این زمینه ارائه کند. مطابق طبقه‌بندی کوپن (BSk) تهران دارای آب‌وهوای سرد و نیمه‌خشک است. بر اساس بررسی‌های اقلیمی شهر تهران باد غالب اصلی، باد غربی معرفی شده و مطابق داده‌های دریافت شده از سازمان هواشناسی تهران سرعت متوسط سالانه باد غربی ۵/۵ متر بر ثانیه است. بنابراین مطابق آنچه بیان شد جهت دره خیابان به صورت شرقی- غربی با جهت باد موازی با دره و از سمت غرب خواهد بود. در چنین شرایطی ضمن قرارگیری دره در راستای جریان باد مطلوب، ساختمان‌ها نیز به طور موثری از نور خورشید بهره‌مند می‌گردند (شهرداری تهران، ۱۳۹۲). شکل ۲ جهت‌گیری غالب خیابان‌ها در شهر تهران را نمایش می‌دهد.

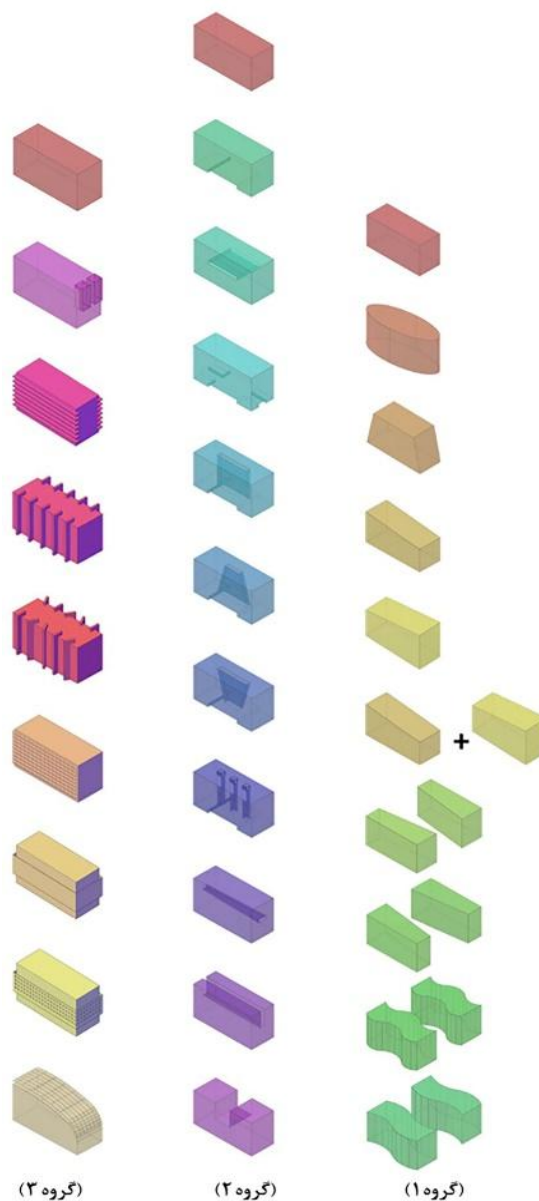


شکل ۲. جهت‌گیری خیابان‌ها در شهر تهران (منبع: تصاویر هوایی برگرفته از Google Earth، سال ۱۴۰۰)

سناریوهای پیشنهادی به‌منظور شبیه‌سازی و یافتن فرم بهینه برای یک دره خیابان شهری و ساختمان‌های تشکیل‌دهنده آن در جهت تعدیل شرایط اقلیمی دره و کاهش دما به شرح زیر در سه گروه تقسیم شده‌اند. گروه اول شامل مواردی است که تغییرات در حجم کلی

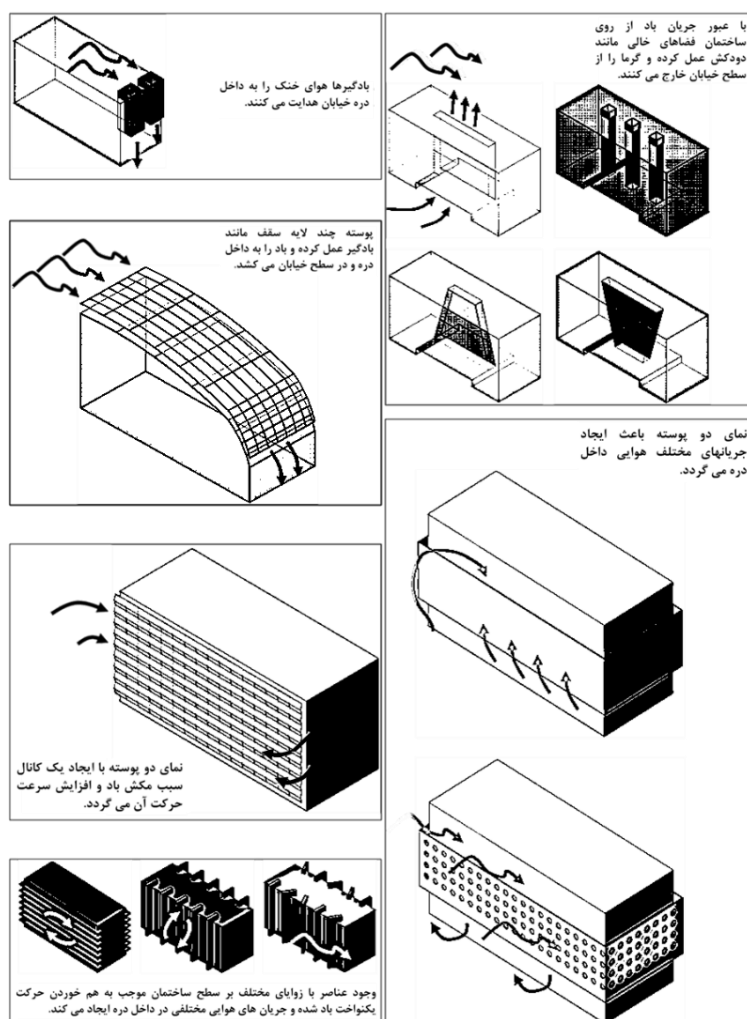
1. H=height, W=width, L=length

ساختمان‌ها اعمال شده‌اند تا با ایجاد تغییر در سرعت و جهت جریان باد بر دمای دره تاثیر بگذارند. گروه دوم حالاتی را شامل می‌شود که سعی شده است با خالی کردن بخشی از حجم ساختمان اثر مکش و بادگیر با ایجاد کانال‌هایی برای حرکت باد شبیه‌سازی گردد. در گروه سوم سناریوهایی جای می‌گیرند که با اضافه کردن قطعاتی به حجم و نمای ساختمان بر جریان باد تاثیر می‌گذارند، این قطعات شامل بادگیر و پوسته‌هایی بر روی نما یا بام ساختمان و عناصر عمودی، افقی و با زوایای مختلف بر روی نمای ساختمان هستند. شکل ۳ گروه‌بندی این سناریوها را نمایش می‌دهد. این سناریوها از میان عناصر پرکاربرد در طراحی‌های شهری استخراج شده‌اند. لازم به ذکر است که تکرار یک فرم متداول در ساخت‌وسازهای شهری (حالت مینا) در همه این گروه‌ها، امکان محاسبه درصد تاثیرگذاری اصلاح هندسه‌های ساختمانی را ایجاد می‌کند. این سناریوها با توجه به راهکارها و پیشنهادهایی که پژوهش‌های مختلف (Cui et al., 2024; Guo et al., 2019; Reiminger et al., 2020) به منظور کاهش دمای دره یا تغییر سرعت باد ارائه کرده‌اند تنظیم شده‌اند. همچنین سعی شده است تا با توجه به قوانین آئروپویزی باد مواردی را نیز که می‌توانند بر جریان باد و دمای هوا تاثیرگذار باشند اضافه گردند.



شکل ۳. دسته‌بندی سناریوها مطابق ویژگی‌های ساختاری مشترک

در شکل ۴ علت شبیه‌سازی برخی از سناریوها به‌طور خلاصه توضیح داده شده است.



شکل ۴. علت شبیه‌سازی برخی سناریوهای پیشنهادی

#### – نرم افزار مورد استفاده

جهت دستیابی به هدف پژوهش بعد از تعریف سناریوها، به کمک نرم‌افزار CFD محور ANSYS CFX 2022/R2 جریانات باد پیرامون ساختمان‌ها و میزان تاثیرگذاری آن بر دما و شرایط آسایش در بافت شهری شبیه‌سازی و مورد سنجش قرار می‌گیرد. یکی از مزیت‌های شبیه‌سازی عددی فرصت ارزیابی سناریوهای مختلف و انجام یک تحلیل مقایسه‌ای نسبتاً ساده و کم‌هزینه است. علاوه بر این شبیه‌سازی‌های عددی اطلاعاتی را درباره کلیه متغیرهای بررسی شده در کل حوزه محاسباتی ارائه می‌دهند (Guo et al., 2019). نرم‌افزار ANSYS-CFX یک نرم‌افزار محاسباتی در محاسبات سه بعدی سیال است که از روش حجم محدود براساس میان‌یابی المان محدود برای حل مسئله استفاده می‌کند و نسبت به سایر نرم‌افزارهای مدل‌سازی خرداقلیم‌های شهری و تحلیل آسایش حرارتی در فضای باز (PET, PMV) مانند ENVI-met از قدرت و سرعت همگرایی نسبتاً بالایی برخوردار است (ANSYS Inc., 2017b; Fluid Codes, 2025).

#### – روش حل معادلات جریان سیال

با توجه به این که جریان سیال ورودی به داخل مجموعه ساختمانی، آشفته می‌باشد و این آشفتگی بر متغیرهای اصلی مسئله یعنی دما و سرعت بسیار تاثیرگذار است، لذا می‌بایست از مدل‌های جریان آشفته برای شبیه‌سازی استفاده نمود. یکی از مدل‌های متداول در دینامیک

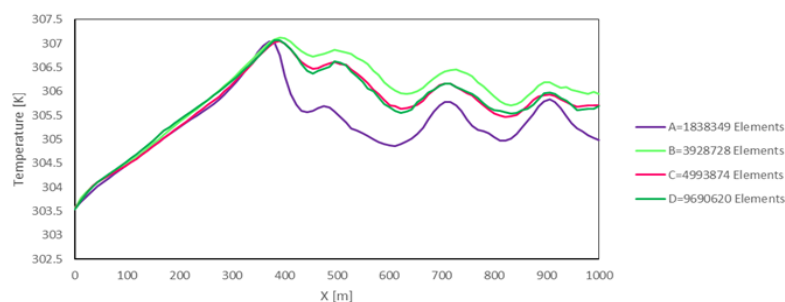
سیالات محاسباتی برای شبیه‌سازی جریان‌های تک فاز با عدد رینولدز بالا، مدل انتقال تنش برشی<sup>۱</sup> بر پایه معادلات  $k-\omega$  می‌باشد که در این پروژه مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل انتخاب این مدل علاوه بر موارد فوق، دقت بالایی آن در نزدیکی دیوارها (که عدد رینولدز کوچک است) و همچنین همگرایی مناسب‌تر آن نسبت به سایر مدل‌ها می‌باشد. معادلاتی که در این مدل استفاده می‌شود همان معادلات ناویر-استوکس<sup>۲</sup> برای بقای مومنتوم و معادله پیوستگی برای بقای جرم می‌باشد، که اثرات آشفتگی جریان توسط مدل دو معادله‌ای  $k-\omega$  اصلاح شده Wilcox با استفاده از قیود منطبق‌کننده با واقعیت در آن اعمال می‌شود. محاسبات به صورت حالت پایا انجام می‌شود. با توجه به پیچیدگی هندسه و شبکه سلول‌های محاسباتی از طرح پیش‌بینی با دقت مرتبه اول (بالادست مرتبه اول<sup>۳</sup>) جهت همگرایی مطلوب‌تر در حل معادلات استفاده می‌شود (ANSYS Inc., 2017a; Hoffmann & Chiang, 2000; Incropera et al., 2011). در جدول ۱ مقادیر شرایط مرزی مربوط به سناریوها آورده شده است.

جدول ۱. شرایط مرزی در تمامی سناریوها

مقدار	شرط مرزی
۳۰	دمای سیال ورودی - °C
۵/۵	سرعت سیال ورودی - $m/s$
فشار نسبی با افزایش ارتفاع تغییر می‌کند.	فشار سیال خروجی - $atm$
آدیاباتیکی	انتقال حرارت دیواره ساختمان‌ها

### – آنالیز حساسیت مش

در فرایند شبیه‌سازی به منظور اطمینان از عدم وابستگی مقادیر خروجی به نوع و ابعاد مش و رسیدن به دقیق‌ترین جواب حل مسئله، نیاز است که از بهینه‌ترین حالت برای مش‌زدن هندسه کار استفاده کرد. بدین منظور آزمایش استقلال از مش برای تمام سناریوها صورت گرفته است. لذا حالات و ابعاد مختلف برای شبکه سلولی در هر سناریو مورد بررسی قرار گرفته و از میان آنها نتایج در یک مقطع خاص از هر گزینه استخراج و با هم مقایسه شده است (در این جا نتایج مربوط به دما). هر زمان که تفاوت میان تغییرات نمودارها قابل چشم‌پوشی باشد، می‌توان گفت که به مش مطلوب دست یافته‌ایم. به عنوان نمونه نمودارهای مقایسه‌ای دما در شکل ۵ برای حالات مختلف مش در سناریوی معیار نمایش داده شده است. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود با افزایش تعداد المان‌ها از یک حد مشخص نتایج تقریباً بر هم منطبق هستند و تغییرات قابل چشم‌پوشی خواهند بود. بنابراین با توجه به آنچه گفته شد و نیز به منظور کاهش زمان محاسبات در این سناریو حالت C به عنوان مش بهینه انتخاب شده است.



شکل ۵. نمودارهای مقایسه دما برای مش‌های مختلف در سناریوی معیار به منظور انتخاب حالت بهینه مش

1. Shear-Stress Transport (SST)
1. Navier-Stokes Equations
2. 1st-order Upwind

### – محاسبه شرایط آسایش در دره خیابان و رتبه‌بندی سناریوها

پس از شبیه‌سازی تاثیرات سناریوها بر تغییرات دما، فشار و جریان باد در نرم‌افزار نیاز است تا یک ارزیابی در رابطه با شرایط آسایش و تغییرات صورت گرفته در دره خیابان صورت گیرد. بدین‌منظور ابتدا آستانه‌های شرایط آسایش و معیارهای سنجش دره خیابان‌ها در رابطه با مولفه‌های دما، سرعت جریان باد و فشار تعیین می‌شود. سپس برای هر گروه از سناریوها، این معیارهای سنجشی از یک تا ۱۰ امتیاز‌گذاری می‌شوند. هر کدام از سناریوها که بالاترین امتیاز را کسب کردند، بهینه‌ترین حالت در میان گروه مربوطه می‌باشند. لازم به ذکر است که این ارزش‌گذاری معیارها به‌گونه‌ای است که همپوشانی نیازها و یا اختلاف میان مقدار مطلوب در مورد فاکتورها را مورد توجه و ارزیابی قرار می‌دهد. شکل ۶ این معیارها و نحوه ارزش‌گذاری سناریوها در رابطه با آن‌ها را نشان می‌دهد. مطابق شاخص بوفورت<sup>۱</sup> سرعت‌های پایین‌تر باد در محدوده ۰ تا ۶ متر بر ثانیه مطلوب‌ترین حالت را برای آسایش انسان در فضای باز فراهم می‌آورند. اما از طرف دیگر دور کردن گرما و آلودگی از بافت شهری موردنظر نیازمند جریان باد با سرعت بالاتری است. از این‌رو، به‌طور کلی می‌توان گفت پایین‌ترین سرعت باد که موجب کاهش دما گردد مطلوب‌تر است (Khalvandi & Karimimoshaver, 2025b). مطابق شاخص PET<sup>۲</sup> دمای مطلوب حدود ۱۸ درجه سانتی‌گراد است (Thierry et al., 2024). از آنجا که دمای هوای ورودی بالاتر از شرایط آسایش است و این هوا در ترکیب با گرمای موجود در دره خیابان گرم‌تر نیز می‌شود، در تمامی سناریوها دما از حد مطلوب آسایش بالاتر است. بنابراین معیار سنجش بر اساس دما حالتی است که مورفولوژی و جریان باد سبب شده‌اند دما نسبت به سایر سناریوها در پایین‌ترین سطح قرار گیرد. به‌عبارتی هر چقدر اختلاف دمای دره با دمای ورودی کمتر باشد، سناریوی مورد ارزیابی از رتبه بالاتری برخوردار خواهد بود. شاخص دیگر در این زمینه، برودت هوا<sup>۳</sup> است که رابطه میان جریان باد و دما را تعدیل می‌کند. معادله ۱ این رابطه را نمایش می‌دهد که در آن V سرعت باد برحسب متر بر ثانیه و T دمای هوا به سانتی‌گراد می‌باشد (رازجویان، ۱۳۸۶).

$$K=(32-T)(10\sqrt{V}+10.5-V) \quad \text{رابطه ۱}$$

مطابق این شاخص در صورتی که K به ۲۰۰ نزدیک‌تر باشد شرایط مساعدتر است، اما هر چقدر K < 200 باشد گرما و هر مقدار K > 200 باشد سرما غالب خواهد بود. در مورد فشار، آستانه آسایش می‌تواند متفاوت باشد و این مقدار به شرایط جغرافیایی و ساکنان آن و قدرت سازگاری بدن انسان بستگی دارد. به‌طور کلی هر چه پرش ناگهانی در تغییرات فشار کمتر باشد و نمودار فشار یکنواخت و با افت کمتری همراه باشد، مطلوب‌تر است (Foken, 2021; Kamiński et al., 2016). بدین‌ترتیب مطلوب‌تر است که نوسانات فشار در پایین‌ترین مقدار قرار داشته باشند. با توجه به آنچه بیان گردید اگر حالتی قادر باشد با کمترین نوسانات فشار و پایین‌ترین سرعت باد، دما را کاهش دهد مناسب‌ترین گزینه خواهد بود.

### یافته‌های پژوهش

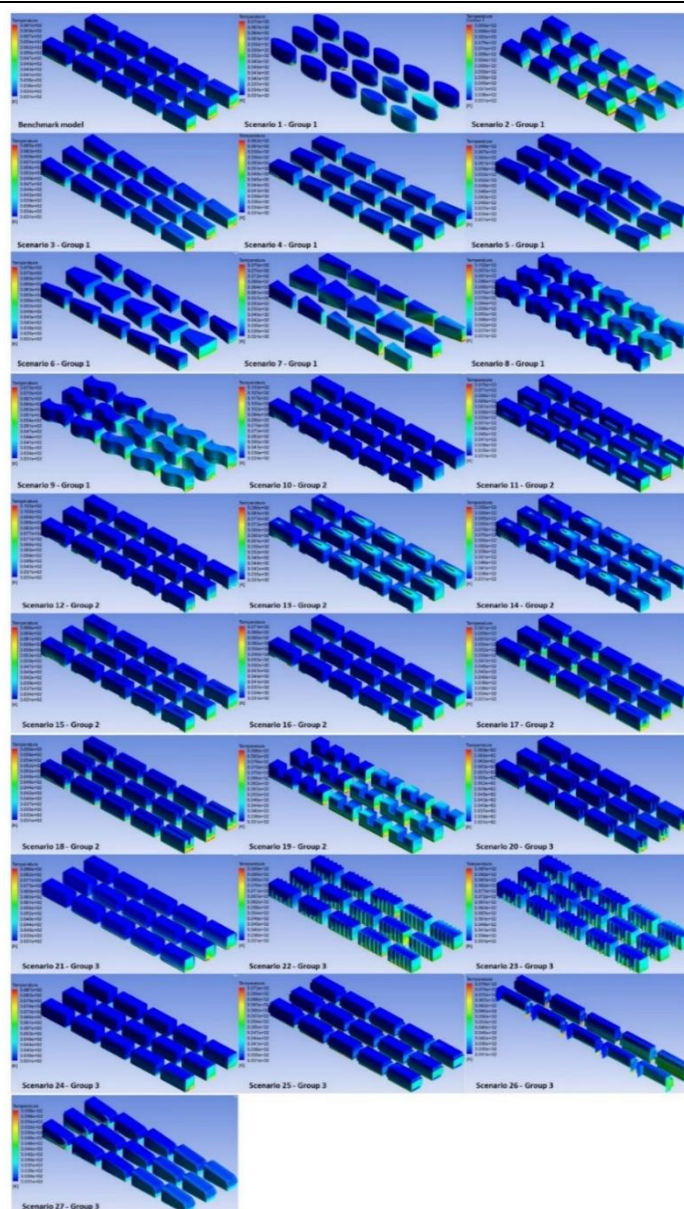
پس از اتمام حل مسائل، داده‌های دما، فشار و سرعت برای سناریوهای مختلف استخراج گردیده و به‌صورت نمودار با یکدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند. با ترسیم نمودارها و کانتورها، تحلیل و امتیازدهی فاکتورها مطابق آنچه در بخش قبل ذکر شد، انجام می‌شود. گروه‌بندی و شماره‌گذاری سناریوها به همراه کانتورهای دما در شکل ۷ نمایش داده شده است. در این ارزیابی، بلوک‌های ساده مستطیلی به‌عنوان یک حالت مبنا (علامت اختصاری B در نمودارها) که غالباً در شهرسازی مورد استفاده گسترده قرار می‌گیرد به‌منظور مقایسه در تمامی گروه‌ها تکرار شده است.

1. Beaufort scale
2. Physiological equivalent temperature (PET)
3. Wind chill factor



شکل ۶. معیارهای سنجش و ارزش‌گذاری دره خیابان

با مقایسه میزان تاثیرگذاری هر سناریو بر فاکتورهای مختلف آسایشی مشاهده می‌شود که این میزان تاثیرگذاری می‌تواند برای هر فاکتور متفاوت باشد (شکل ۸). به عنوان مثال یک مولفه ممکن است تا حد زیادی یک فاکتور آسایشی را بهبود بخشد اما در مقابل سایر شرایط آسایش را بر هم می‌زند و یا تاثیر آنچنانی در بهبود وضعیت سایر فاکتورها ندارد و یا این که جریان باد را در بخشی از دره بهبود بخشد اما در منطقه‌ای دیگر در همان دره آسایش حرارتی را با مشکل مواجه کند. بنابراین نیاز است تا با توجه به بافت شهری موردنظر و شرایطی که بیشتر حائز اهمیت است، حالتی انتخاب گردد که قادر باشد شرایط آسایش را از جوانب مختلف بهبود بخشد.



شکل ۷. کانتورهای دما در سناریوهای مختلف

#### انتخاب سناریوی بهینه برای هر گروه (مجموع امتیازات دما، فشار و سرعت برای سناریوهای هر گروه)

پس از ارزیابی و رده‌بندی جداگانه سناریوها در رابطه با فاکتورهای دما، فشار و سرعت جریان باد، نوبت به سنجش نهایی آن‌ها در اثر دخالت همزمان همه فاکتورها می‌گردد. بنابراین در این مرحله تمامی امتیازات به‌دست آمده برای هر سناریو جمع بسته می‌شوند و مجدداً با یکدیگر مقایسه می‌شوند. شکل ۹ رتبه‌بندی نهایی سناریوهای هر گروه در رابطه با فاکتورهای فشار، دما و سرعت باد را نمایش می‌دهد. در تمامی این گروه‌ها یک حالت مبنا (B) وجود دارد که با سایر سناریوها مورد مقایسه قرار گرفته است. بدین جهت این سناریو در تمامی گروه‌ها تکرار شده است که نمادی از فرم‌های رایج و متداولی که در ساخت‌وسازهای شهری فراوان مورد استفاده قرار می‌گیرد. این سناریو در مقایسه با سایر سناریوهای گروه اول جزء پایین‌ترین رده‌ها قرار گرفته است، در حالی که در دو گروه بعدی در یک جایگاه میانه در جدول قرار دارد. این امر نشان می‌دهد که تغییرات کلی در حجم ساختمان‌ها به نسبت افزودن یا کاستن عناصری مانند هواکش‌ها، بادگیرها و عناصر زائد به نما توانایی بیشتری در بهبود عملکرد دره خیابان‌ها در تامین شرایط همه جانبه آسایش دارا می‌باشند.



شکل ۸. مقایسه قابلیت و گرایش سناریوهای گروه‌های اول تا سوم برای بهبود عوامل مختلف آسایش

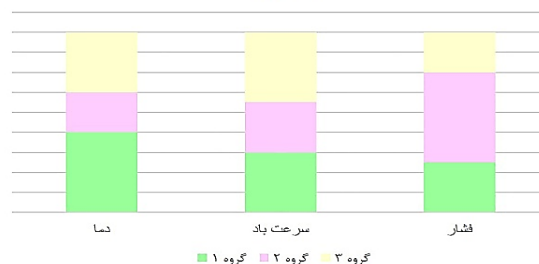
امتیاز (رتبه بندی سناریوها از لحاظ تامین همه جانبه شرایط آسایش)	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
گروه ۱	۹ <sup>۳</sup>	۲	B	۹	۳	۵,۶	۷	۸	۱	۱۰
گروه ۲	۱۴	۱۷,۱۰	۱۱	۱۳	۱۸	B	۱۵	۱۲	۱۶	۵
گروه ۳		۲۶	۲۱	۲۵	۲۲	B	۲۴	۲۷	۲	۳

شکل ۹. رتبه بندی نهایی سناریوهای هر گروه در رابطه با فاکتورهای فشار، دما و سرعت باد

**انتخاب حالت بهینه از میان سناریوهای هر سه گروه (مقایسه نتایج هر سه گروه با هم)**

پس از تعیین سناریوهای بهینه از هر گروه- سناریویی که قادر به تامین همه جانبه شرایط آسایش در خرداقلیم دره خیابان است- با مقایسه کلی میان نتایج هر سه گروه، یک ارزیابی میان ویژگی‌های مختلف ساختاری سناریوها انجام می‌شود. بدین ترتیب بهترین حالت از میان هر سه گروه نیز مشخص می‌گردد و می‌توان یک رده‌بندی دیگر نیز در مورد کلیت گروه‌ها انجام داد تا مشخص شود که چه نوع تغییرات و عناصری در فرم و حجم ساختمان‌ها قادر خواهد بود بیشترین تهویه و در نتیجه کاهش دما در فضای شهر به ارمغان آورد و بدین ترتیب بهترین شرایط آسایش برای ابران و ساکنین را فراهم نماید. بدین منظور سه رتبه برتر از هر گروه (به‌عنوان نماینده‌هایی از هر سه گروه) مجدداً به‌وسیله فاکتورهای ذکر شده برای دما، فشار و سرعت باد مورد سنجش و مقایسه قرار گرفتند. بدین ترتیب هر گروه که نماینده‌های آن به تعداد دفعات بیشتری در جایگاه‌های بالاتری قرار گیرند، رتبه بالاتری را در میان هر سه گروه دریافت می‌کند. امتیازات به‌دست آمده برای هر گروه بیشتر باشد نشان‌دهنده این امر است که آن گروه قابلیت بالاتری در بهبود شرایط خرد اقلیم دره خیابان با در نظر گرفتن معیارها و جوانب مختلف دارد. نتایج کلی این مقایسه در شکل ۱۰ نمایش داده شده است.

مقایسه توانایی گروه‌های مختلف در بهبود شرایط آسایش در رابطه با هر یک از فاکتورهای دما، سرعت باد و فشار



شکل ۱۰. مقایسه سناریوهای هر سه گروه با هم به‌منظور رتبه‌بندی گروه‌ها و انتخاب حالت بهینه نهایی از میان همه سناریوها

در بررسی عملکرد گروه‌ها در مقایسه با هم مشاهده می‌شود که سناریوهای گروه اول در تامین شرایط آسایش حرارتی جایگاه بالاتری دارند. سناریوهای گروه دوم در بهبود نوسانات فشار جایگاه بهتری را کسب کرده‌اند و گروه سوم در بهبود شرایط باد عملکرد بهتری داشته‌اند. با این حال میانگین عملکرد گروه‌ها در رابطه با همه فاکتورهای آسایش نشان می‌دهد که گروه اول به لحاظ برقراری شرایط آسایش از جنبه‌های مختلف رفتار بهتری نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۸ مشاهده می‌شود حالت مینا در گروه اول در جایگاه سوم و در دو گروه بعدی در جایگاه ششم قرار گرفته است. بدین ترتیب یک فرم متداول شهری نسبت به حالت بهینه گروه اول (جایگاه شماره ۱۰) تا ۷ مرتبه در جایگاه پایین‌تری قرار دارد. این در حالی است که نسبت به حالت بهینه گروه‌های دوم و سوم تا ۴ مرتبه نزول درجه دارد. در صورتی که این مقادیر به صورت درصد محاسبه شوند نتایج این ارزیابی نشان می‌دهند که تغییرات کلی در حجم بلوک‌های ساختمانی و اصلاح هندسه آن‌ها تا ۷۰ درصد می‌تواند شرایط آسایش را در دره خیابان‌ها بهبود بخشد. به عبارت دیگر یک ساختمان معمولی در شهر در مقایسه با مواردی که اصلاحاتی در هندسه آن‌ها صورت گرفته است تنها می‌تواند ۳۰ درصد شرایط آسایش را تامین کند. این حالت مینا در مقایسه با ساختمان‌هایی که دارای کانال‌هایی برای عبور هوا در حجم‌شان هستند و یا عناصری بر روی نمای آن‌ها اضافه شده است قادر خواهد بود تا ۶۰ درصد شرایط آسایش را فراهم آورد. به عبارتی کاستن از حجم ساختمان یا افزودن عناصری برای تغییر جریان باد به نما تا ۴۰ درصد می‌تواند بر بهبود شرایط آسایش در دره خیابان تاثیرگذار باشد.

## بحث

آنچه از یافته‌های به دست آمده استنباط می‌شود آن است که تغییرات کلی در فرم و حجم ساختمان‌ها بالاترین تاثیرات را بر شرایط خرداقلیم دره خیابان‌ها دارند. این امر می‌تواند بدان سبب باشد که جزئیات کوچکتر و بیشتر با ایجاد حفره‌ها و دام‌های حرارتی، جریان هوا را مسدود کرده و سبب به دام انداختن حرارت یا آلودگی در نقاط مختلف دره خیابان می‌شوند. همچنین وجود فضاهای خالی در زیر یا داخل حجم برخی سناریوها با ایجاد مکش و فشار منفی در جریان باد سبب ایجاد خلاء در نقاط مختلف بلوک‌های ساختمانی شده و راحتی کاربران را با اختلال مواجه می‌کنند. این در حالی است که چنین فرم‌هایی در مطالعات گذشته به عنوان راهکارهایی برای بهبود شرایط حرارتی معرفی شده‌اند (Chew & Norford, 2018; Song Jon et al., 2023; Wang & Ngan, 2025). این مسئله نشان‌دهنده نگرش یک جانبه پژوهش‌های قبلی در بررسی و ارائه راهکارهای بهسازی شرایط خرداقلیم‌ها می‌باشد. بدین ترتیب می‌توان استنباط کرد که هر چقدر حجم ساختمان ساده‌تر و یکنواخت‌تر باشد اثرات منفی کمتری در پی خواهد داشت و با تنظیم دقیق فرم کلی می‌توان بهبود شرایط آسایش را به حداکثر رساند. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد برهم‌کنش‌های فاکتورهای مختلف آسایش می‌تواند شرایط پیچیده‌ای را ایجاد کند به گونه‌ای که یک سناریو می‌تواند با بهبود یکی از فاکتورهای آسایش، زمینه اختلال در سایر فاکتورها را ایجاد نماید. به همین جهت برای دستیابی به یک شرایط بهینه پایدار می‌توان با اولویت‌بندی نیازهای یک منطقه و سپس برقراری توازن میان آن‌ها، شرایط آسایش ساکنین را از جوانب مختلف فراهم کرد. علاوه بر این برقراری تعادل میان نیازها با قابلیت تطابق با شرایط مختلف در طول زمان‌های مختلف زمینه ارتقای تاب‌آوری شهری را به وجود می‌آورد. به عبارتی تعارضات محیطی ناشی از عدم هماهنگی بین پارامترهای آسایش در مقیاس‌های مختلف طراحی است. این موضوع در پژوهش‌های اخیر نیز مورد تاکید قرار گرفته و نیاز به بررسی هر پیشنهادی از زوایای مختلف به وضوح قابل مشاهده است (Karimimoshaver et al., 2025; Khalvandi & Karimimoshaver, 2025b). با این که در پژوهش‌های مختلف به معرفی عناصر کالبدی تاثیرگذار بر تغییرات محیط، باد و شرایط آسایش (حرارتی، حرکتی و ...) در مناطق شهری پرداخته شده است (Cui et al., 2024; Guo et al., 2019; Reiminger et al., 2020)، اما میزان اثرگذاری این عناصر بر هر یک از مولفه‌های آب‌وهوایی و آسایشی به صورت مجزا مورد بررسی قرار نگرفته است. این مسئله از این نظر حائز اهمیت است که نوع اثرگذاری این فاکتورها بسته به شرایط هر منطقه متفاوت خواهد بود. بدین ترتیب ممکن است حتی با یک یا دو تغییر کوچک در شرایط خرداقلیم‌ها، این فاکتورها سبب ایجاد نتایج معکوس و منفی در شرایط آسایش در دره خیابان‌های شهری شوند. این در حالی است که توصیه‌ها در پژوهش‌های پیشین به صورت یک تجویز کلی برای شرایط مختلف می‌باشد. به عبارتی این مطالعات شرایط آسایش را تنها در یک بعد در نظر گرفته‌اند، در حالی که باید راحتی همه فاکتورها مورد ارزیابی قرار گیرد. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهند برخی سناریوها در تامین شرایط آسایش عملکرد ضعیفی دارند.

این در حالی است که مطالعات پیشین چنین فرم‌هایی را به‌عنوان گزینه‌هایی مطلوب در تامین راحتی عابران پیاده مطرح کرده‌اند (Chew & Norford, 2018; Song Jon et al., 2023; Wang & Ngan, 2025). با توجه به نکته فوق علت این امر این‌گونه آشکار می‌شود که این مطالعات، هر ساختمان را یا تنها در ارتباط با یک فاکتور آسایشی بررسی کرده‌اند و یا با توجه به ویژگی‌های ظاهری‌اش و در قالب یک ساختار منفرد مورد مطالعه قرار داده‌اند. این در حالی است که هر ساختمان در ارتباط با محیط اطرافش و برهم‌کنش‌های عوامل مختلف اقلیمی و غیراقلیمی می‌تواند عملکردهای متفاوتی داشته باشد و حتی موجب بدتر کردن شرایط گردد. لازم به ذکر است که در سایر روش‌های معمول برای سنجش شرایط راحتی، تعداد محدودی از فاکتورها دخیل هستند و علاوه بر این، امکان درک درصد تاثیرگذاری سناریوها بر هر فاکتور به‌صورت مجزا وجود ندارد (Khalvandi & Karimimoshaver, 2025b). در حالی که روش ذکر شده قابل توسعه می‌باشد و می‌توان سایر فاکتورها اعم از اقلیمی یا غیراقلیمی را در جداول ارزیابی و رده‌بندی اضافه نمود. همچنین میزان تاثیرات هر فاکتور در ارزیابی‌ها شفاف است و بدین طریق بر اساس نیازهای خاص هر منطقه می‌توان مجموعه‌ای از عناصر مورفولوژیکی را جهت بهبود شرایط خرداقلیمی به‌کار گرفت. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که در زمانی که نتایج بر مبنای یک مقایسه و نسبت میان مولفه‌ها به‌دست می‌آید، دیگر وابسته به مقادیر داده‌های ورودی اولیه (شامل سرعت باد، دما و ...) نیستند (Karimimoshaver et al., 2021; Khalvandi & Karimimoshaver, 2023). به‌عبارت دیگر، در رابطه با وابستگی هندسه به دما و سرعت باد ورودی، نتایج آنالیزهای حساسیت نشان می‌دهد که نتایج با تغییر در مقادیر داده‌های سرعت باد و دمای ورودی همچنان صادق هستند و قابل تعمیم به سایر زمینه‌ها با شرایط دمایی و باد متفاوت می‌باشند (Karimimoshaver et al., 2021). به همین علت در این پژوهش مقایسه و تناسبات یک مبنا برای انجام پژوهش در نظر گرفته شده‌اند. به‌عبارت دیگر این پژوهش تلاش کرده است تا سناریویی را از میان سایر سناریوها به‌عنوان حالت بهینه انتخاب کند که بهتر قادر است تعادل را میان جنبه‌های مختلف برقرار نماید.

## نتیجه‌گیری

این پژوهش بر مبنای این پرسش شکل گرفت که چه نوع اقداماتی و با چه روشی قادر خواهند بود با وجود رفتارهای متناقض راهبردهای شهرسازی، تعادل را میان نیازهای مختلف شهری برقرار نموده و مقادیری بهینه و همه‌جانبه را برای بهبود خرداقلیم‌ها ارائه نمایند. چرا که راهکارهای ارائه شده در مطالعات پیشین غالباً تک بعدی هستند، به‌گونه‌ای که تلاش برای بهبود یک جنبه آسایشی، سایر جوانب را در شرایطی بحرانی قرار می‌دهد. ضرورت وجود یک سیستم ارزیابی و رتبه‌بندی جامع در پژوهش‌ها برای انتخاب عناصر مورفولوژیکی شهری و دستیابی به مقادیر بهینه و کارآمد که جوانب مختلف آسایش در خرداقلیم‌های شهری را پوشش دهد، سبب شده است تا این پژوهش در صدد پر کردن این شکاف به‌دنبال ارائه راهکاری جامع و قابل توسعه در این زمینه باشد. این پژوهش تلاش کرده است تا با ارائه روشی متفاوت در ارزیابی شرایط دره خیابان‌ها، دستیابی به مقادیر بهینه با دقت بالاتر و کارآمدتر متناسب با بافت‌های مختلف شهری را تسهیل نماید. در حالی که پژوهش‌های گذشته تنها بر تعداد محدودی از فاکتورهای آسایشی تمرکز کرده‌اند، مطالعه حاضر تلاش کرده است روشی برای ارزیابی جامع عملکردها و مقایسه‌پذیر کردن فرم‌ها و طرح‌بندی‌های مختلف با جنس‌های متفاوت در رابطه با عوامل آسایشی متعدد ارائه نماید. این روش با برقراری تعادل میان نیازهای مختلف و گاه متناقض شهری، زمینه دستیابی به یک شرایط پایدار و تاب‌آور را فراهم می‌نماید. بدین‌منظور تعدادی از پرکاربردترین عناصر شکل‌دهنده ساختار دره خیابان‌ها را با توجه به میزان اثرگذاری آن‌ها بر فاکتورهای تعدیل‌کننده شرایط خرداقلیم‌ها و قابلیت آن‌ها در بهبود شرایط آسایش رتبه‌بندی نموده است. بر اساس نتایج، تغییرات در فرم کلی بلوک‌های ساختمانی، در صورتی که به‌درستی مورد استفاده قرار گیرند، بیشترین توانایی را در بهبود شرایط خرداقلیم‌های شهری دارند. به‌عبارت دیگر جزئیات کوچکتر و بیشتر با ایجاد حفره‌ها و دام‌های حرارتی، سبب به دام انداختن حرارت یا آلودگی با مسدود کردن جریان هوا در نقاط مختلف دره خیابان می‌شوند. علاوه بر این فضاهای خالی در زیر یا داخل حجم برخی سناریوها با ایجاد مکش و فشار منفی در جریان باد سبب ایجاد خلاء در نقاط مختلف بلوک‌های ساختمانی شده و راحتی کاربران را با اختلال مواجه می‌کنند. بدین‌ترتیب راهکاری که با فرض بهبود یک جنبه آسایشی انتخاب می‌شود اگر بدون توجه به سایر نیازها به‌کار گرفته شود، خود می‌تواند عاملی برای از بین بردن سایر جوانب راحتی باشد. مبنای این پژوهش تناسبات و مقایسه می‌باشد. لذا نتایج قابل تعمیم به مطالعات با زمینه‌های متفاوت نیز می‌باشند. سیستم

رده‌بندی مورفولوژیکی در این پژوهش در قالب جدول‌هایی قابل بسط و توسعه و تطبیق‌پذیر متناسب با شرایط زمینه‌ای هر پروژه ارائه شده است. بدین ترتیب با چین روشی تجویز نسخه کلی برای همه موقعیت‌ها منسوخ می‌شود و با کوچکترین تغییرات می‌توان اطلاعات را به‌روزرسانی نمود. چرا که نتایج این پژوهش نشان می‌دهند که هر مولفه مورفولوژیکی بسته به نوع برهم‌کنش‌ها با محیط اطراف می‌تواند عملکردی متفاوت (از مطلوب تا نامطلوب) داشته باشد. از آنجا که تغییرات خرداقلیم‌های شهری و به‌دنبال آن زیست‌پذیری بافت شهری در حال تبدیل به یک بحران شهرنشینی است این پژوهش با معرفی این روش در صدد است تا تحقیقات آینده را به سمتی هدایت کند تا روش‌های انجام پژوهش، انتخاب و ارزیابی فاکتورهای موثر بر شرایط آزمایش و به تبع بافت واقعی شهر را به شیوه‌ای سنجیده‌تر و هدفمند برای دستیابی به مقادیر بهینه کارا و قابل اعتماد انتخاب نمایند. لذا توصیه می‌گردد پژوهش‌های آینده با ارائه راهکارهای مناسب و موشکافانه‌تر به‌منظور شناسایی دقیق‌تر نحوه اثرگذاری هر فاکتور به‌صورت جداگانه و سپس ترکیبی سازمان‌دهی شده و همه‌جانبه از عناصر مختلف بر اساس قابلیت‌های آن‌ها در کنترل شرایط آسایش خرداقلیم‌ها با کمک به بهبود مقادیر بهینه شهرسازی متناسب با شرایط خاص و ویژه هر منطقه و تلاش برای تدوین ضوابط شهری سختگیرانه‌تر گامی در جهت ارتقای تاب‌آوری بافت‌های شهری بردارند.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

### مشارکت نویسندگان

رضوان خالوندی: تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیش‌نویس مقاله. مهرداد کریمی مشاور: استاد راهنما و مسئول طرح پژوهشی، طراحی پژوهش، نظارت بر مراحل انجام پژوهش، بررسی و کنترل نتایج، اصلاح، بازبینی و نهایی‌سازی مقاله.

### حمایت مالی

این اثر تحت حمایت مادی بنیاد ملی علم ایران (INSF) برگرفته شده از طرح شماره «۴۰۳۳۴۸۴» انجام شده است.

### اعلام عدم تعارض منافع

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

### منابع

رازجویان، محمود (۱۳۸۶). *آسایش در پناه باد*. دانشگاه شهید بهشتی. تهران.

شرکت کنترل کیفیت هوای تهران (۱۴۰۳). *شاخص کیفیت هوای تهران*. شرکت کنترل کیفیت هوای تهران. <https://airnow.tehran.ir>

شهرداری تهران (۱۳۹۲). *ضوابط و مقررات طرح تفصیلی جدید تهران، معاونت شهرسازی و معماری شهرداری تهران*. <https://shora.tehran.ir>

## References

- Allegrini, J. & Carmeliet, J. (2017). Coupled CFD and building energy simulations for studying the impacts of building height topology and buoyancy on local urban microclimates. *Urban Climate*, 21, 278-305. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2017.07.005>
- ANSYS Inc. (2017a). *ANSYS CFX Reference Guide (Release 18.0)*. ANSYS Inc. <https://ansys.com>
- ANSYS Inc. (2017b). *ANSYS CFX-Solver Theory Guide (Release 18.0)*. ANSYS Inc. <https://ansys.com>
- Bas, H., Andrienne, T., Reiter, S. (2024). City configurations to optimise pedestrian level ventilation and wind comfort. *Sustainable Cities and Society*, 114, 105745. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105745>
- Chew, L.W. & Norford, L.K. (2018). Pedestrian-level wind speed enhancement in urban street canyons with void decks. *Building and Environment*, 146, 64-76. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.09.039>
- Cui, D., Liang, G., Hang, J., Yang, Z., Huang, Z., Mak, C.M. (2024). Effects of envelope features on building surface temperature and ventilation performance in 2D street canyons. *Urban Climate*, 56, 102011. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102011>
- Ding, S., Huang, Y., Cui, P., Wu, J., Li, M., Liu, D. (2019). Impact of viaduct on flow reversion and pollutant dispersion in 2D urban street canyon with different roof shapes - Numerical simulation and wind tunnel experiment. *Science of The Total Environment*, 671, 976-991. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.391>
- Fluid Codes. (2025). *ANSYS Engineering Simulation Solutions*. Fluid Codes. <https://fluidcodes.com>
- Foken, T. (2021). *Springer Handbook of Atmospheric Measurements*. First ed., Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-52171-4>
- Guo, C., Buccolieri, R., Gao, Z. (2019). Characterizing the morphology of real street models and modeling its effect on thermal environment. *Energy and Buildings*, 203, 109433. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109433>
- Hoffmann, K.A. & Chiang, S.T. (2000). *Computational Fluid Dynamics*. Fourth Edition, Volume III, Engineering Education System, Wichita, Kansas, 67208-1078, USA.
- Incropera, F.P., Dewitt, D.P., Bergman, T.L., Lavine, A.S. (2011). *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. Seventh Edition, John Wiley & Sons, USA.
- Kamiński, M., Cieślak-Guerra, U.I., Kotas, R., Mazur, P., Marańda, W., Piotrowicz, M., Sakowicz, B., Napieralski, A., Trzos, E., Uznańska-Loch, B., Rechciński, T., Kurpesa, M. (2016). Evaluation of the impact of atmospheric pressure in different seasons on blood pressure in patients with arterial hypertension. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 29(5), 783-792. <https://doi.org/10.13075/ijom.1896.00546>
- Karimimoshaver, M., Khalvandi, R., Khalvandi, M. (2021). The effect of urban morphology on heat accumulation in urban street canyons and mitigation approach. *Sustainable Cities and Society*, 73, 103127. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103127>
- Karimimoshaver, M., Khalvandi, R., Özkazanç, B. (2025). Evaluation of mutual effects of design needs of urban blocks on improving energy efficiency and providing thermal comfort in open spaces, Case study: Hamedan City. *Iranica Journal of Energy & Environment*, 16(2), 439-452. <https://doi.org/10.5829/ijee.2025.16.02.14>
- Karimimoshaver, M. & Khalvandi, R. (2026). The influence of building height on microclimate and human activities in urban open spaces. *City and Environment Interactions*, 29, 100283. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2025.100283>
- Karimimoshaver, M. & Shahrak, M.S. (2022). The effect of height and orientation of buildings on thermal comfort. *Sustainable Cities and Society*, 79, 103720. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103720>
- Khalvandi, R. & Karimimoshaver, M. (2023). The optimal ratio in the street canyons: Comparison of two methods of satellite images and simulation. *Building and Environment*, 229, 109927. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109927>
- Khalvandi, R. & Karimimoshaver, M. (2025a). Urban street canyons and heat islands: A systematic review on morphological solutions. *Results in Engineering*, 27, 106542. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106542>
- Khalvandi, R. & Karimimoshaver, M. (2025b). Optimizing urban block forms to improve street canyon microclimates and pedestrian comfort. *Energy and Built Environment*, <https://doi.org/10.1016/j.enbenv.2025.08.001>
- Mirabi, E. & Davies, P.J. (2022). A systematic review investigating linear infrastructure effects on Urban Heat Island (UHI<sub>ULI</sub>) and its interaction with UHI typologies. *Urban Climate*, 45, 101261. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101261>
- Mohammad, P., Aghlmand, S., Fadaei, A., Gachkar, S., Gachkar, D., Karimi, A. (2021). Evaluating the role of the albedo of material and vegetation scenarios along the urban street canyon for improving pedestrian thermal comfort outdoors. *Urban Climate*, 40, 100993. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100993>
- Mun, D., Kang, G., Yang, M., Kim, J. (2024). How trees' drag and cooling effects influence airflow and temperature distributions around a street canyon. *Building and Environment*, 264, 111913. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111913>

- Muniz-Gaal, L.P., Pezzuto, C.C., de Carvalho, M.F.H., Mota, L.T.M. (2020). Urban geometry and the microclimate of street canyons in tropical climate. *Building and Environment*, 169, 106547. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106547>
- Nosek, Š., Fuka, V., Radović, J., Babuková, Z., Jaňour, Z. (2025). Can deeper street canyons ventilate better? An analysis of roof geometries and aspect ratios with a focus on pollutant dynamics. *Building and Environment*, 270, 112528. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112528>
- Razjouyan, M. (2007). *Wind and Comfort, Design with Climate*. Tehran, Iran, Shahid Beheshti University publishing, P. 15. [In Persian]
- Reiminger, N., Vazquez, J., Blond, N., Dufresne, M., Wertel, J. (2020). CFD evaluation of mean pollutant concentration variations in step-down street canyons. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 196, 104032. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2019.104032>
- Song Jon, K., Luo, Y., Hyok Sin, C., Cui, P., Huang, Y., Tokgo, J. (2023). Impacts of wind direction on the ventilation and pollutant dispersion of 3D street canyon with balconies. *Building and Environment*, 230, 110034. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110034>
- Tang, H., Chen, W., Li, C. (2024). Experimental and theoretical study on building integrated radiative cooling with a limited sky-view factor. *Journal of Building Engineering*, 97, 110948. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2024.110948>
- Tehran Air Quality Control Company (2024). *Tehran Air Quality Index*. Tehran Air Quality Company <https://airnow.tehran.ir> [In Persian]
- Tehran Municipality (2013). *Rules and regulations of the new detailed plan of Tehran*, Municipality of Tehran, Deputy of Urban planning and Architecture. <https://shora.tehran.ir> [In Persian]
- Thierry, J., Herpin, S., Levi, R., Canonne, D., Demotes-Mainard, S., Cannavo, P., Lemesle, D., Brialix, L., Rodriguez, F., Bournet, P.E. (2024). Impact of a water restriction on the summer climatic benefits of trees inside an outdoor street canyon scale model. *Building and Environment*, 261, 111722. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111722>
- Wang, H. & Ngan, K. (2025). Turbulent flow over street canyons with balconies. *Urban Climate*, 59, 102331. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102331>
- Wu, Y. & Chen, H. (2023). Optimizing block morphology for reducing traffic pollutant concentration in adjacent external spaces of street canyons: A machine learning approach. *Building and Environment*, 242, 110587. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110587>
- Yang, M., Ma, C.P., Zhao, S.X., Zhao, F.Y., Guo, J.H. (2025). Aiding and opposing cooling the street canyon through trees and water bodies: Conflicting effects from temperature reduction and ambient humidification. *Building and Environment*, 270, 112513. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.112513>
- Zhang, T., Fu, X., Qi, F., Shen, Y., Xu, P., Tao, Y., Liu, T., Song, Y. (2025). Optimizing pedestrian thermal comfort in urban street canyons for summer and winter: Tree planting or low-albedo pavements? *Sustainable Cities and Society*, 120, 106143. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106143>
- Zhao, Q., Tao, L., Song, H., Lin, Y., Ji, Y., Geng, J., Yu, K., Liu, J. (2025). Mitigation pathways of urban heat islands and simulation of their effectiveness from a perspective of connectivity. *Sustainable Cities and Society*, 124, 106300. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2025.106300>
- Zheng, J., Ou, Z., Xiang, Y., Li, J., Zheng, B. (2025). How can street interface morphology effect pedestrian thermal comfort: A case study of the old town of Changsha, China. *Urban Climate*, 60, 102341. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2025.102341>