



## Investigating the Impact of Different Patterns of Residential Block Placement on Improving Thermal Comfort in Outdoor Spaces

Mahsa Samadpour Shahrak<sup>1</sup> 

1. Corresponding Author, Department of Architecture and Urban Planning, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran. Email: [msamadpour@tvu.ac.ir](mailto:msamadpour@tvu.ac.ir), [mahsa.samadpour@gmail.com](mailto:mahsa.samadpour@gmail.com)

### Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**

Received: 2 January 2026  
Received in revised form:  
17 February 2026  
Accepted: 19 February 2026  
Available online: 16 March  
2026

**Keywords:**

Central courtyard pattern,  
Linear pattern,  
Scattered pattern,  
Thermal comfort.

### ABSTRACT

**Objective:** Creating thermal comfort conditions in urban open spaces is a crucial factor in maintaining pedestrians' health. This issue is important around residential blocks due to the long-term presence of people in the open spaces. In this study, thermal comfort conditions around residential blocks are investigated. The aim of the study is to examine the effect of different patterns of residential block placement on environmental conditions in the open spaces of the city of Tabriz, Iran, in the summer.

**Method:** To perform this study, initially the patterns of residential block placement in the city of Tabriz were investigated, and it was determined that the scattered, linear, and central courtyard patterns were the main patterns of residential block placement in the city. Therefore, the three mentioned patterns were studied in this research. To achieve this goal, ENVI-met (Version 4.4.4) was used, and to measure thermal comfort, the Predicted Mean Vote (PMV), as one of the important factors in the comfort status, was examined. Also, five receptors were determined at different points of the site to capture environmental conditions.

**Results:** According to the results, the placement pattern of building blocks had a direct impact on thermal comfort conditions in open spaces. In all of the three studied patterns, the PMV index showed an upward trend from the early hours of the day and reaches its peak at 3 pm. The numerical value of the mentioned index was recorded 4.18, 3.81 and 3.29 for scattered, linear, and central courtyard patterns respectively. In most of the daytime, the central courtyard pattern had less mean value than the other two patterns. The average PMV index at the five designated receptors during the studied hours in the central courtyard was 1.97, differing by 0.26 from the scattered pattern and by 0.25 from the linear pattern. The most significant difference between the investigated patterns occurred in the time period from 1 pm to 4 pm, which emphasized the critical role of the pattern of block placement under critical conditions.

**Conclusions:** According to the results, the layout of residential blocks affects the comfort conditions in the open space, and the central courtyard pattern can provide better conditions in the environment compared to the other two studied patterns. However, none of the three studied patterns create comfortable conditions in the environment during the peak heat hours. Therefore, to achieve such conditions, other factors in the environment must be considered. In conclusion, using the pattern of the courtyard, along with considering other climatic design strategies such as vegetation, sun shades, water features, etc. can be recommended as an effective solution to improve environmental conditions in outdoor spaces.

**Cite this article:** Samadpour Shahrak, M. (2026). Investigating the Impact of Different Patterns of Residential Block Placement on Improving Thermal Comfort in Outdoor Spaces. *Journal of Environmental Studies*, 51 (4), 493-510. <http://doi.org/10.22059/jes.2026.408957.1008666>

© The Author(s).

**Publisher:** University of Tehran Press.



DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2026.408957.1008666>

## **Introduction**

In recent decades, numerous studies have been conducted on the effects of urban morphology on microclimate and, consequently, on the thermal comfort of people in outdoor spaces. Despite the research conducted in this field, fewer studies have considered the different patterns of residential blocks in a specific climatic context. In many of these studies, urban block patterns have been examined in the form of a specific and single scenario, and the analysis and comparison of different patterns have received less attention. Therefore, in this study, the effect of different patterns of residential block placement on thermal comfort conditions in outdoor spaces was analyzed and compared. Given that the Envi-met software allows for accurate microclimate simulation by considering environmental factors and has been widely used in various studies, this software was used in this study to perform the simulation. Also, to examine the thermal comfort conditions, the PMV index was applied, because this index is a human-centered index based on body energy balance that allows for quantitative comparison of the intensity of thermal stress in different design scenarios. This index has also been used in numerous articles to measure the thermal comfort conditions in outdoor spaces. The study area is the city of Tabriz, Iran. Studies conducted on residential blocks in Tabriz and their layout show that the linear pattern, central courtyard, and scattered pattern are the three common patterns of block placement in this city. Therefore, these three patterns were examined in the present study.

## **Method**

According to the latest statistical data, the city of Tabriz is divided into ten regions. To conduct the research, first, different types of building blocks were extracted in each region of the city. Accordingly, 70 different residential blocks were identified, and their layout was analyzed. In general, the layout pattern in this city can be divided into several categories: linear, single, central courtyard, or a combination of the three types mentioned. Considering that the three linear, central courtyard, and scattered patterns are the most common layout patterns in the city, these three patterns were selected for the research.

The Envi-met is one of the software specifically designed for analyzing urban open spaces and has attracted a lot of attention due to its accurate microclimate simulation. Several studies, such as investigating the impact of green spaces on temperature and thermal comfort (Sun et al., 2017), urban form analysis (Dissanayake et al., 2021), heat island effect (Ouyang et al., 2022), form (Zhang et al., 2022; Lin et al., 2024), orientation of urban blocks, etc., have been conducted using this software. In fact, this software is a three-dimensional model based on fluid physics and energy exchange and can simulate important environmental components such as temperature, solar radiation, wind, etc. (Ketterer & Matzarakis, 2014) Therefore, in this study, Envi-met Model 4.4.4 software was used for simulation. One of the important factors in analyzing the quality of built environments, especially in urban open spaces, is the assessment of thermal comfort conditions. To perform this assessment, the PMV index, which is one of the most widely used indices in this field, was examined in this study.

## **Results**

According to the results, the pattern of building block placement had a direct impact on thermal comfort conditions in open spaces. In all of the studied patterns, in the early hours of the day, the index value was close to the range of thermal neutral conditions, and as the middle hours of the day approached, due to the increase in the intensity of sunlight and the subsequent increase in air temperature, an increasing trend of the index could be observed, so that at 3:00 PM, the PMV index reached its highest value in all three patterns. Also, in most hours of the day, the central courtyard pattern had the lowest value compared to the other two patterns. As in this pattern, the central space

is typically enclosed by residential blocks, the shaded surfaces increase. Therefore, and the average radiant temperature in the environment decreases, which provides better conditions than the other two patterns. The study showed that in the linear pattern, the orientation of the blocks and the creation of linear shadows improved the comfort conditions to some extent. Also, the largest difference in the values of the mentioned index among the three patterns occurred during the peak heat hours between 13:00 and 16:00. Since the thermal stress reached its peak during these hours, the index was close to the comfort range in the early and late hours of the day. Therefore, those hours were found to be more important in comparing the patterns than other times of the day.

The results showed that the central courtyard pattern created the best conditions compared to the other two patterns and provided low-stress thermal conditions throughout the day. Also, a comparison of the two scattered and linear patterns showed that in some hours of the day, the PMV index in the linear pattern demonstrated a lower numerical value compared to the scattered pattern. However, the difference in the index in these two patterns was insignificant in the early and late hours of the day, and also, the average index in all day long was high in the scattered pattern. Considering that the difference in the index during peak heat hours in the scattered pattern was greater than in the linear pattern, the scattered pattern had the most unfavorable condition, and the linear pattern was in an intermediate position. However, it had similar conditions as of the scattered pattern.

### Conclusions

In this study, the importance of different patterns and layouts of residential blocks as an influential element in urban morphology was examined. The results of the study showed that in all three studied patterns (scattered, linear, and central courtyard), the PMV index was higher than the thermal comfort range in the middle hours of the day when the intensity of solar radiation reached its peak. Therefore, although the way that the blocks are placed affects comfort conditions, paying attention to this factor cannot create favorable environmental conditions in open spaces, and to achieve favorable conditions in the city of Tabriz in the summer, it is necessary to consider other conditions and influential factors in the environment, such as vegetation, water features, etc.

Comparison between the three studied patterns showed that in the scattered pattern, the PMV index values were the highest in most of the daytime, especially in the middle hours of the day, compared to the other two patterns, and as a result, it created the most unfavorable conditions. The reason was that in this pattern, the open space was more exposed to direct sunlight than the other two patterns. The linear pattern showed intermediate performance. Although this pattern created a better condition in the environment than the scattered pattern, according to the extracted results, it had similar conditions to the scattered pattern. This indicated that the creation of linear shadows could to some extent reduce the thermal stresses in the environment, but it was not found to be sufficient alone to achieve optimal thermal conditions in the hot summer climate of the city of Tabriz. The pattern of placing blocks in a central courtyard had the best performance among the studied patterns. The results of the study showed that the form of the blocks affected the comfort conditions in the open space. The use of courtyard patterns, along with considering other climatic solutions such as vegetation, shade sails, water features, etc., is recommended as an effective solution to improve environmental conditions in the open space. Also, for future studies, it is recommended to examine other environmental elements and the compare their impact on the environment in the central courtyard pattern to reach a comfort range in the open space.

### Data Availability Statement

Data available on request from the author.

### **Acknowledgements**

The author would like to thank the reviewers for their constructive and scientific comments.

### **Ethical considerations**

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

### **Funding**

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

### **Conflict of interest**

The author declares no conflict of interest.



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>

# بررسی تاثیر الگوهای مختلف قرارگیری بلوک‌های مسکونی بر بهبود شرایط آسایش حرارتی در فضای باز

مهسا صمدپور شهرک<sup>۱</sup>

۱. نویسنده مسئول، گروه معماری و شهرسازی، دانشکده مهندسی عمران و معماری، دانشگاه ملی مهارت، تهران، ایران. رایانامه: [msamadpour@tvu.ac.ir](mailto:msamadpour@tvu.ac.ir)  
[mahsa.samadpour@gmail.com](mailto:mahsa.samadpour@gmail.com)

## چکیده

## اطلاعات مقاله

**هدف:** به وجود آوردن شرایط آسایش حرارتی در فضای باز مناطق شهری یک عامل موثر و مهم در سلامت عابران پیاده به حساب می‌آید. این مسئله در اطراف بلوک‌های مسکونی به دلیل حضور طولانی مدت افراد در فضای باز حائز اهمیت می‌باشد. لذا در این پژوهش به بررسی شرایط آسایش حرارتی در اطراف بلوک‌های مسکونی پرداخته شده است. هدف پژوهش بررسی تاثیر الگوهای مختلف قرارگیری بلوک‌های مسکونی بر شرایط محیطی در فضاهای باز شهر تبریز در فصل تابستان می‌باشد. **روش پژوهش:** جهت انجام پژوهش ابتدا به بررسی الگوهای قرارگیری بلوک‌های مسکونی در این شهر پرداخته شد و با بررسی‌ها به عمل آمده مشخص گردید سه الگوی پراکنده، خطی و حیاط مرکزی بیشترین الگوی استقرار بلوک‌های مسکونی در این شهر به حساب می‌آیند. لذا سه الگوی نامبرده در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. جهت دستیابی به این هدف، از نرم‌افزار انویمت مدل ۴.۴.۴ استفاده شد و برای سنجش آسایش حرارتی الگوی متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV) که یکی از فاکتورهای مهم در سنجش شرایط آسایشی می‌باشد، مورد بررسی قرار گرفت. همچنین ۵ رسپتور در نقاط مختلف سایت جهت برداشت شرایط محیطی تعیین شد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۱۰/۱۲  
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۲۸  
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۳۰  
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۵

**یافته‌ها:** براساس یافته‌های تحقیق، الگوی استقرار بلوک‌های ساختمانی تاثیر مستقیمی بر شرایط آسایش حرارتی در فضاهای باز داشت. در هر سه الگوی مورد بررسی، مقادیر شاخص مذکور از ساعات ابتدایی روز روند صعودی داشته و در ساعت ۱۵ به اوج رسید. مقدار عددی شاخص مذکور در این ساعت در الگوهای پراکنده، خطی و حیاط مرکزی به ترتیب برابر با ۴/۱۸، ۳/۸۱ و ۳/۲۹ بود. در اغلب ساعات روز، الگوی حیاط مرکزی میانگین کمتری نسبت به دو الگوی دیگر نشان داد. میانگین شاخص PMV در پنج رسپتور تعیین شده در ساعات مورد مطالعه، در الگوی حیاط مرکزی برابر با ۱/۹۷ بود که این مقدار با الگوی پراکنده ۰/۲۶ و با الگوی خطی ۰/۲۵ اختلاف داشت. بیشترین اختلاف میان الگوها در بازه زمانی ۱۳ تا ۱۶ بود که بر نقش تعیین‌کننده الگوی استقرار بلوک‌ها در شرایط بحرانی تاکید دارد.

## کلیدواژه‌ها:

آسایش حرارتی،  
الگوی پراکنده،  
الگوی حیاط مرکزی،  
الگوی خطی.

**نتیجه‌گیری:** نتایج تحقیق نشان می‌دهد نحوه استقرار بلوک‌های مسکونی بر شرایط آسایشی در فضای باز تاثیر گذاشته و الگوی حیاط مرکزی نسبت به دو الگوی دیگر شرایط بهتری در محیط به وجود می‌آورد. با این حال هیچ‌کدام از الگوهای بررسی شده در ساعات اوج گرما، شرایط آسایشی را در محیط ایجاد نکرده و در این راستا باید سایر عوامل محیطی در نظر گرفته شود. در نتیجه، استفاده از الگوی حیاط مرکزی، همراه با سایر راهبردهای طراحی اقلیمی مانند پوشش گیاهی، سایبان‌ها، عناصر آبی و غیره، می‌تواند به عنوان راهکاری مؤثر برای بهبود شرایط محیطی در فضاهای باز توصیه شود.

**استناد:** صمدپور شهرک، مهسا (۱۴۰۴). بررسی تاثیر الگوهای مختلف قرارگیری بلوک‌های مسکونی بر بهبود شرایط آسایش حرارتی در فضای باز. نشریه محیط‌شناسی، ۵۱(۴)، ۴۹۳-۵۱۰. <http://doi.org/10.22059/jes.2026.408957.1008666>

© نویسندگان.

ناشر: انتشارات دانشگاه تهران.



DOI: <http://doi.org/10.22059/jes.2026.408957.1008666>

## مقدمه

در دهه‌های اخیر، تحقیقات متعددی در رابطه با اثرات مورفولوژی شهری بر خرداقلیم و به دنبال آن آسایش حرارتی افراد در فضای باز صورت گرفته و توجه به طراحی اقلیم‌محور در فضاهای شهری، به‌عنوان یک راهبرد کلیدی برای ارتقای آسایش حرارتی فضاهای باز مورد تأکید قرار گرفته است. در این میان چیدمان بلوک‌های ساختمانی تأثیر مستقیم بر عوامل خرداقلیم مانند جریان باد، توزیع دما، میزان سایه و تابش خورشیدی در محیط دارد (Teshnehdel et al., 2020; Taleghani et al., 2015). در این راستا، ترکیب مناسب فرم و فاصله بلوک‌ها، ارتفاع ساختمان‌ها و نسبت سایه‌اندازی آنها نقش تعیین‌کننده‌ای در شکل‌گیری فضاهای باز دارد. همچنین تغییر آرایش بلوک‌های ساختمانی می‌تواند بر بهبود شرایط آسایشی تأثیرگذار باشد (Ghaffarianhoseini et al., 2017). پژوهش‌های جدید در حوزه طراحی شهری نشان می‌دهند که تنظیم الگوی بلوک‌ها با توجه به این که بر جهت‌گیری باد منطقه و الگوهای تابش خورشید تأثیر می‌گذارد، راهکاری کلیدی برای پایداری اقلیم شهری در برابر پدیده گرمایش جهانی محسوب می‌شود (Skelhorn, 2021). بنابراین، بررسی دقیق تأثیر نحوه قرارگیری بلوک‌های ساختمانی نه تنها از نظر زیبایی و عملکرد شهری اهمیت دارد، بلکه مستقیماً به شاخص‌های انسانی آسایش حرارتی پیوند می‌خورد. با وجود تحقیقات صورت گرفته در این زمینه، تحقیقات کمتری به بررسی الگوهای متفاوت بلوک‌های مسکونی در یک بستر اقلیمی مشخص انجام شده است. در بسیاری از این مطالعات، الگوهای بلوک شهری در قالب یک سناریو مشخص و واحد مورد بررسی قرار گرفته و تحلیل و مقایسه میان الگوهای متفاوت کمتر مورد توجه نویسندگان بوده است. همچنین از دیگر کاستی‌های پژوهش‌های گذشته این است که اغلب در مقیاس بافت شهری بوده و تحلیل در مقیاس خرد درون بلوکی را نادیده گرفته‌اند، این در حالی است که کیفیت حرارتی فضای باز در مقیاس خرد به‌طور مستقیم توسط افراد احساس می‌شود و از این نظر حائز اهمیت می‌باشد.

براساس خلاءهای پیش گفته، در این پژوهش به تحلیل و مقایسه تأثیر الگوهای متفاوت قرارگیری بلوک‌های مسکونی بر شرایط آسایش حرارتی در فضای باز پرداخته شد. با توجه به این که نرم‌افزار انویمت امکان شبیه‌سازی دقیق خرداقلیم را با در نظر گرفتن عوامل محیطی فراهم می‌سازد و به‌صورت گسترده در پژوهش‌های مختلف مورد استفاده قرار گرفته است، در این پژوهش نیز برای انجام شبیه‌سازی از این نرم‌افزار استفاده شد. همچنین جهت بررسی شرایط آسایش حرارتی، شاخص متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده<sup>۱</sup> (PMV) مورد بررسی قرار گرفت، چرا که این شاخص یک شاخص انسان‌محور مبتنی بر تعادل انرژی بدن است که امکان مقایسه کمی شدت تنش حرارتی در سناریوهای مختلف طراحی را به‌وجود می‌آورد. همچنین از این شاخص در مقالات متعددی جهت سنجش شرایط آسایش حرارتی در فضای باز استفاده شده است.

منطقه مورد مطالعه در کشور ایران، شهر تبریز می‌باشد. با توجه به این که شهر مذکور تابستان‌های نسبتاً گرم و خشکی دارد و تنش حرارتی در فضاهای باز در این فصل به بیشترین مقدار می‌رسد و از طرفی حضور افراد در فضاهای باز در این فصل بیشتر از سایر فصول می‌باشد، لذا این فصل از سال مورد بررسی قرار گرفت. جهت انجام پژوهش ابتدا گونه‌های مختلف بلوک‌های ساختمانی در هر منطقه از شهر با استفاده از نقشه‌های هوایی استخراج گردید. در نهایت ۷۰ مجتمع مسکونی شناسایی شد که الگوی قرارگیری این مجتمع‌ها به‌صورت خطی، حیاط مرکزی، پراکنده و یا ترکیبی از این الگوها بود و این سه الگو، الگوهای رایج قرارگیری بلوک‌ها در کنار یکدیگر می‌باشند. لذا به بررسی این سه مورد پرداخته شد. الگوهای ذکر شده دارای تفاوت‌های بنیادین هستند و تفاوت در نحوه محصورشدگی، بازشدگی به آسمان، الگوی سایه‌اندازی موجب می‌شود این سه گونه الگو، رفتارهای حرارتی متفاوتی را نشان دهند.

**پیشینه پژوهش****– پیشینه نظری**

تحت تاثیر پدیده گرمایش جهانی، دمای شهرها به صورت پیوسته در حال افزایش است. در شهرها نسبت به مناطق روستایی و حومه‌ها گرمای اضافی بیشتر جذب و ذخیره می‌شود و این پدیده موجب به وجود آمدن پدیده جزیره گرمایی شهری<sup>۱</sup> (UHI) می‌شود (He et al., 2021). چیدمان و فرم نامناسب ساختمان‌ها سبب می‌شود تبادل هوا در اطراف آنها به درستی صورت نگیرد و در نتیجه در تابستان سبب تجمع گرمای اطراف ساختمان‌ها می‌شود. آسایش حرارتی به عنوان وضعیتی از ذهن که بیانگر رضایت از محیط حرارتی است، تعریف می‌شود. از دهه ۸۰ میلادی، مطالعات مربوط به آسایش حرارتی در فضاهای باز به دلیل افزایش توجه به عابران پیاده در دره‌های شهری<sup>۲</sup>، میدان‌ها، فضاهای عمومی پرتردد افزایش پیدا کرده است. Olgay (۱۹۶۳) و Oke (۱۹۸۷) از جمله اولین محققانی بودند که روابط بین معماران و طراحان شهری را از دیدگاه اقلیمی مورد بحث و بررسی قرار دادند و تمرکز مطالعات آن‌ها بر بررسی تعاملات بین طراحی ساختمان و خرداقلیم بود. از دیگر تحقیقاتی که در دهه‌های گذشته صورت گرفته است می‌توان به پژوهش استیمرز و همکاران (۱۹۹۷) اشاره کرد که در نهایت شش فرم شهری و نمونه‌های اولیه برای لندن با ارزیابی میزان تابش خورشید و پتانسیل ساخت و ساز پیشنهاد دادند (Steemers et al., 1997). الگوهای متفاوت قرارگیری بلوک‌های مسکونی، نقش مهمی در خرداقلیم منطقه و در نتیجه شرایط آسایش حرارتی در فضای باز دارد. فرم کالبدی ساختمان‌ها نقش مهمی در تعدیل خرداقلیم ایفا می‌کنند (Emmanuel Rohinton, 2005) و سازماندهی فضایی توده‌های ساختمانی تاثیر معناداری بر شاخص‌های آسایش حرارتی دارند (Bacha et al., 2024, Sadeghi & Bahadori, 2021). بنابراین توجه به نحوه قرارگیری بلوک‌ها در کنار یکدیگر به عنوان فاکتوری تاثیرگذار در بهبود و یا تضعیف آسایش حرارتی در فضای باز مطرح می‌باشد. مطالعات صورت گرفته در این زمینه نشان می‌دهند، هندسه بلوک‌های ساختمانی و تغییر در ویژگی ظاهری آنها از جمله نسبت ارتفاع بلوک‌ها به فاصله آنها از همدیگر، جهت‌گیری آنها و سایر عوامل، همانند الگوی تراکم و درصد فضای باز موجب تغییر در عوامل محیطی از جمله توزیع تابش خورشید، جریان هوا و ... می‌شوند و لذا بر آسایش حرارتی در فضاهای بیرونی بلوک‌ها و میزان مصرف انرژی در داخل ساختمان‌ها تاثیر می‌گذارد (Zhang et al., 2022).

**– پیشینه تجربی**

طالقانی و همکاران (۲۰۱۵) در یک مطالعه مقایسه‌ای پنج شکل و چیدمان مختلف بلوک‌ها را در هلند با آب‌وهوای معتدل در یکی از روزهای گرم تابستان بررسی کرده و به این نتیجه رسیده است که نوع حیاط‌دار نسبت به سایر فرم‌ها، آسایش حرارتی بهتری را ایجاد می‌کند (Taleghani et al., 2015). مطالعه دیگری به بررسی نسبت ابعاد و جهت‌گیری بلوک‌های ساختمانی پرداخته و این نتیجه حاصل شد که نسبت ارتفاع به فاصله بین بلوک‌ها در نسبت یک، بهترین گزینه در شمال یونان با آب‌وهوای گرم و خشک و زمستان‌های معتدل می‌باشد (Chatzidimitriou & Yannas, 2017). شریف و آلتان (۲۰۲۲) در پژوهش خود نشان دادند که در مناطق با آب‌وهوای گرم، چیدمان مارپیچی ساختمان‌ها دمای هوا در اطراف بلوک‌ها را تا ۱/۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به حالت پیکربندی شبکه‌ای کاهش می‌دهد. همچنین چیدمان مارپیچی باعث توزیع بهتر جریان هوا در بین ساختمان‌ها می‌شود (Shareef & Altan, 2022). صادقی و بهادری (۲۰۲۱)، به نقش ساختار خیابان در بهبود شرایط آسایش حرارتی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند که شکل و نسبت هندسی معابر می‌توانند در تغییر شرایط آسایش موثر باشند اما برای رسیدن به شرایط مطلوب، باید از عناصری مانند سایه‌بان و پوشش گیاهی بهره گرفت (Sadeghi & Bahadori, 2021). لذا می‌توان به این نتیجه رسید که گرچه الگوی قرارگیری بلوک‌ها، موجب تغییر در شاخص PMV و کاهش اثرات تنش‌های حرارتی می‌شود اما برای رسیدن به شرایط آسایشی کافی نیستند و نیاز به ترکیب و در نظر گرفتن سایر عوامل همانند استفاده از سایه‌بان‌ها، پوشش‌های گیاهی، آب‌نما، استفاده از مصالح سبک و ... دارند. سانگ و همکاران (۲۰۲۳) در پژوهش خود به بررسی تاثیر تعداد

1 . Urban Heat Island

2 . Urban canyons

ردیف و ستون بلوک‌های مسکونی بر آسایش حرارتی در منطقه گرم و معتدل چین پرداختند و به این نتیجه رسیدند، تعداد ردیف‌های بلوک‌ها در مقایسه با تعداد ستون‌ها تاثیر بیشتری بر آسایش حرارتی دارند (Song et al., 2023). پژوهش دیگری که در الجزایر صورت گرفته نشان می‌دهد که پارامترهای متفاوت مانند نسبت ارتفاع به عرض و سایه‌اندازی‌ها بر شرایط محیطی تاثیر می‌گذارند و در صورتی که سایر پارامترهای تعدیل‌کننده دما در محیط در نظر گرفته نشود، شرایط آسایشی به‌وجود نمی‌آید (Bacha et al., 2024).

در ایران نیز مطالعات متعددی در رابطه با تاثیر فرم و چینش شهری بر شرایط محیطی در فضاهای باز صورت گرفته است. مطالعات خرداقليمی در شهر اصفهان با اقليم خشک و نيمه خشک نشان دادند که بافت‌های سنتی در مقایسه با بافت‌های شطرنجی و مدرن بلندمرتبه در بهبود شرایط آسایشی در فضاهای باز موثرتر هستند (بابایی فروشانی و همکاران، ۱۳۹۹). همچنین فرهادی و همکاران (۲۰۱۹)، در شهر تهران به بررسی تاثیر سبزی‌نگی، جهت‌گیری و مصالح در کاهش اثر جزایر حرارتی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که طراحی صحیح فرم شهری و جهت‌گیری ساختمان‌ها به همراه افزایش پوشش گیاهی اثرات جزایر حرارتی را کاهش می‌دهد و موجب بهبود شرایط آسایش حرارتی می‌شود (Farhadi et al., 2019). مطالعه دیگری در شهر مشهد با اقليم نيمه‌خشک سرد نشان دادند پارامترهای مختلف همانند نسبت ارتفاع به فاصله میان بلوک‌ها، جهت‌گیری خیابان‌ها بر آسایش حرارتی در فضای باز موثر است (Sanagar Darbani, et al., 2021). حیدری و همکاران (۲۰۲۵) به بررسی تغییر مورفولوژی بلوک‌های شهری و تاثیر دیوارهای سبز بر روی آنها بر آسایش حرارتی در شهر تهران با اقليم گرم و نيمه‌خشک پرداخته‌اند. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد چیدمان بلوک‌ها یکی از عوامل مهم در بهبود شرایط محیطی می‌باشد و دیوارهای سبز بهتر است به‌عنوان بخشی از راهبرد جامع طراحی شهری به‌همراه تغییرات هندسی بلوک‌ها باشد. همچنین بلوک‌های مجزا نسبت به سایر سناریوها عملکرد بهتری نشان می‌دهند (Heydari et al., 2025). صمدپور شهرک (۲۰۲۵) در تحقیقی به بررسی الگوی کاشت و تاثیر نحوه قرارگیری درختان بر آسایش حرارتی در فضای باز مجتمع‌های مسکونی بلند مرتبه شهر تبریز پرداخته است. در این تحقیق، با بررسی چهار الگوی متفاوت، الگوی کاشت درختان به‌صورت پراکنده مناسب‌ترین الگو جهت بهبود شرایط آسایش حرارتی معرفی شده است (Samadpour Shahrak, 2025).

با وجود این که مطالعات گسترده‌ای در رابطه با آسایش حرارتی در فضای باز صورت گرفته است، با این حال در رابطه با نقش مستقل الگوی قرارگیری بلوک‌های ساختمانی و تاثیر آن بر شرایط آسایش حرارتی در فضای باز مطالعات نظامندی صورت نگرفته است. بخش قابل توجهی از پژوهش‌های پیشین بر موضوعاتی مانند نسبت ارتفاع به فاصله و یا جهت‌گیری بلوک‌ها که در آنها چیدمان بلوک‌ها ثابت است، تمرکز کرده‌اند و یا در مطالعاتی دیگر تاثیر چیدمان بلوک‌ها در کنار سایر عوامل تعدیل‌کننده شرایط خرداقليمی همچون پوشش گیاهی، سایه‌بان‌ها و ... مورد بررسی قرار گرفته است و ساختار فضایی توده‌های ساختمانی به‌عنوان یک متغیر طراحی مستقل به‌صورت مقایسه‌ای و در شرایط کنترل شده کمتر مورد توجه قرار گرفته است. لذا پژوهش حاضر در پاسخ به این خلاء به تمرکز بر تاثیر الگوهای متفاوت قرارگیری بلوک‌ها بر آسایش حرارتی در فضای باز، تلاش می‌کند اثر سازماندهی فضایی توده‌ها را بدون اتکا به مداخلات مکمل در یک بستر اقليمی مشخص ارزیابی کند و سناریوهای هندسی به‌گونه‌ای در نظر گرفته شده است که سایر متغیرهای تاثیرگذار تا حد امکان کنترل شوند. همچنین، چارچوب تحلیلی ارائه شده که شامل تعریف تیپ‌های کالبدی، مدل‌سازی مقایسه‌ای و ارزیابی شاخص‌های آسایشی است، قابلیت بازتولید در بافت‌های شهری با شرایط اقليمی مشابه را دارد و می‌تواند به‌عنوان الگویی مناسب برای تحلیل فرم شهری در مطالعات اقليم‌محور مورد استفاده قرار گیرد.

## روش‌شناسی پژوهش

شهر تبریز در شمال غرب ایران و مرکز استان آذربایجان شرقی است. این شهر به ده منطقه تقسیم‌بندی می‌شود. جهت انجام پژوهش، ابتدا مناطق ده‌گانه تبریز مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نقشه‌های هوایی و برداشت‌های میدانی، مجتمع‌های مسکونی هر منطقه استخراج و بر این اساس، ۷۰ بلوک مسکونی مختلف شناسایی و در نهایت به تحلیل چیدمان آنها پرداخته شد. در پژوهش حاضر نحوه قرارگیری بلوک‌ها براساس خوانش نقشه‌های هوایی و برداشت‌های میدانی انجام شده است. این رویکرد در حوزه مطالعات مورفولوژی

شهری<sup>۱</sup> قرار دارد، در این حوزه شکل و سازماندهی فضایی شهر از طریق قطعه‌بندی زمین و آرایش توده‌های ساختمانی و استقرار آنها تحلیل می‌شود. در این تحلیل ساختار کالبدی بلوک شهری و نسبت میان دو فاکتور توده‌های ساختمانی و یا به اصطلاح فضای بسته و فضای باز، مبنای شناسایی تیپ‌های فضایی محسوب می‌شود (Conzen, 1960). همچنین در رویکرد تیپولوژیک معماری، نحوه قرارگیری ساختمان‌ها و تکرار الگوهای کالبدی بناها به‌عنوان پایه تعریف تیپ‌های ساختمانی در نظر گرفته می‌شود (Caniggia & Maffei, 2001). بر این اساس در این پژوهش نیز طبقه‌بندی بلوک‌های مسکونی بر مبنای الگوی استقرار بلوک‌ها و رابطه میان فضای بسته و باز صورت گرفت. بعد از بررسی نحوه قرارگیری بلوک‌ها و تیپ‌بندی آنها، جهت افزایش انسجام تحقیق پیش از آغاز تحلیل، معیارهای ارزیابی بلوک‌ها براساس ویژگی‌های کالبدی بلوک‌ها تعریف و شاخص‌هایی برای ارزیابی آنها در نظر گرفته شد. آنچه در تحلیل تصاویر و برداشت‌های میدانی مشاهده می‌شد وجود سه ویژگی در میان آنها به شرح زیر می‌باشد:

الف) داشتن محور امتداد غالب در قرارگیری بلوک‌ها

ب) چگونگی توزیع بلوک‌ها در سایت از نظر تمرکز و یا پراکندگی

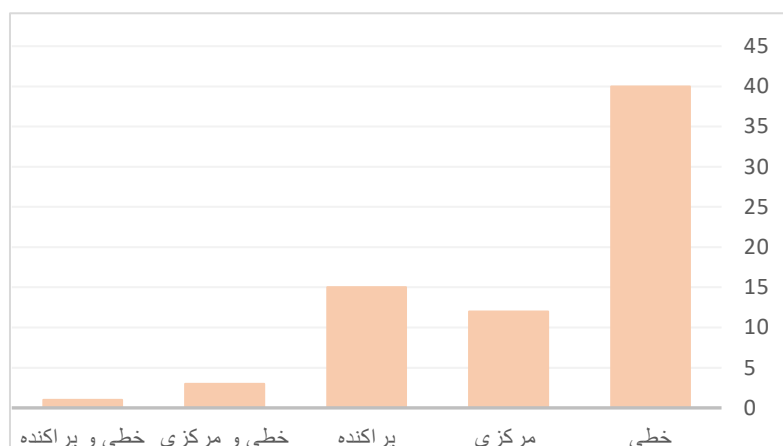
ج) وجود و یا عدم وجود فضای باز و محصور شده میان بلوک‌ها در مرکز سایت

شکل ۱ نمونه‌ای از الگوی چینش بلوک‌های مسکونی در تبریز را نشان می‌دهد. بر این اساس، بلوک‌هایی که سازماندهی فضایی آنها مبتنی بر یک محور مشخص باشد و در چند ردیف تکرار شود در گروه خطی تقسیم‌بندی شدند. بلوک‌هایی که در آنها نظم محوری غالب مشاهده نمی‌شود و ساختمان‌ها در آن با فاصله نسبتاً آزاد قرار گرفتند در گروه پراکنده و ساختمان‌هایی که پیرامون یک فضای باز مرکزی سازمان یافتند و فضای باز توسط ساختمان‌ها احاطه شده در گروه حیاط مرکزی دار تقسیم‌بندی شدند. در این میان بلوک‌هایی که هر سه و یا دو مورد از این موارد در کنار یکدیگر قرار گرفتند به‌عنوان الگوی ترکیبی تعریف شدند. فرایند ارزیابی ذکر شده برای تمامی بلوک‌های مسکونی صورت گرفت.



شکل ۱. نمونه‌ای از الگوهای مختلف قرارگیری بلوک‌های مسکونی

شکل ۲ نمودار الگوی چینش مختلف بلوک‌های مسکونی در شهر تبریز را نشان می‌دهد. با توجه به این که سه الگوی خطی، حیاط مرکزی دار و پراکنده بیشترین نوع الگوی چینش می‌باشد، لذا جهت انجام پژوهش این سه الگو انتخاب شد.



شکل ۲. نمودار الگوی چینش‌های مختلف بلوک‌های مسکونی در شهر تبریز

### – روش شبیه‌سازی

نرم‌افزار انویمت<sup>۱</sup> از جمله نرم‌افزارهایی است که به‌طور خاص برای تحلیل فضاهای باز شهری طراحی شده است و به دلیل داشتن توانایی در شبیه‌سازی دقیق خرداقلیم<sup>۲</sup> مورد توجه محققان زیادی قرار گرفته است. به‌طوری که تحقیقات متعددی از جمله بررسی تاثیر فضای سبز بر دما و آسایش حرارتی (Sun et al., 2017)، تحلیل کانال‌های شهری<sup>۳</sup> (Dissanayake et al., 2021)، اثر جزایر حرارتی (Ouyang et al., 2022)، فرم (Zhang et al., 2022, Lin & Zhang, 2024)، جهت‌گیری بلوک‌های شهری و ... با استفاده از این نرم‌افزار صورت گرفته است. در حقیقت این نرم‌افزار یک مدل سه‌بعدی مبتنی بر فیزیک سیالات و تبادل انرژی می‌باشد و امکان شبیه‌سازی مولفه‌های مهم محیطی مانند دما، رطوبت، تابش خورشید، باد و ... را دارد (Ketterer & Matzarakis, 2014). با این حال این نرم‌افزار همانند سایر نرم‌افزارها محدودیت‌هایی دارد. نرم‌افزار انویمت برای تحلیل‌های در مقیاس بزرگ شهری و یا منطقه‌ای مناسب نیست و کاربرد اصلی آن برای مقیاس ریز می‌باشد. همچنین امکان وارد کردن داده‌های تابش خورشیدی به‌صورت ساعتی وجود ندارد و در رابطه با پوشش گیاهی، مدل گیاهان و درختان ساده‌سازی شده و آنها را به‌صورت خوشه‌های سلولی با چگالی برگ تعریف می‌کند (Bacha et al., 2024).

در این تحقیق نیز از نرم‌افزار انویمت مدل ۴.۴.۴ برای شبیه‌سازی استفاده شد. جدول ۱ اطلاعات داده شده به نرم‌افزار را نشان می‌دهد.

1. ENVI-met  
2. Microclimate  
3. Street canyons

جدول ۱. اطلاعات وارد شده به نرم‌افزار

اطلاعات وارد شده در نرم‌افزار انویمت	
موقعیت جغرافیایی	۴۶/۳۸ °E، ۳۸/۰۶°N
نام منطقه	Tabriz, East Azerbaijan Province, Iran
تاریخ	۲۰۲۴.۰۷.۲۶
اندازه مدل	x-Grids, y-Grids=۵۰, z-Grids=۳۰
اندازه هر سلول به متر	dx=۴, dy=۴, dz=۴
زمان شبیه‌سازی	۷ صبح تا ۱۱ شب، به مدت ۱۶ ساعت
دمای هوا	بیشینه: ۳۳/۷، کمینه: ۱۸/۵ درجه سانتی‌گراد
سرعت باد	۴/۳۱ متر بر ثانیه
جهت باد	۸۰ درجه (سمت شرق)
مصالح کف	Cement Concrete, Albedo:0.4, Thermal capacity: $2.08 [J m^{-3} K^{-1}] \times 10^6$ , Thermal Conductivity: $1.63 [W m^{-1} K^{-1}]$
نمای ساختمان	Cement Walls, Thickness: 15 cm, U-value: 2.54 (W/m <sup>2</sup> K)
اطلاعات وارد شده در قسمت بیومت نرم‌افزار	
مشخصات شخصی	قد: ۱۷۵ سانتی‌متر
	وزن: ۷۵ کیلوگرم
	سن: ۳۵ سال
	جنسیت: مرد
لباس و فعالیت	فعالیت: ۸۶/۲۱ w/m <sup>2</sup>
	لباس: ۰/۹ clo

– شاخص الگوی متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده (PMV)

یکی از فاکتورهای مهم در تحلیل کیفیت محیط‌های مصنوع به‌خصوص در فضاهای باز شهری، ارزیابی شرایط آسایش حرارتی می‌باشد. جهت سنجش این امر، شاخص متوسط نظرسنجی پیش‌بینی شده یکی از شاخص‌های پرکاربرد معرفی شده است. این شاخص نخستین بار توسط فانگر ارائه گردید و بر پایه توازن حرارتی بدن انسان با محیط اطراف تعریف می‌شود که براساس شش پارامتر دمای هوا، دمای تشعشی میانگین، سرعت باد، رطوبت نسبی، سطح فعالیت متابولیک و میزان عایق حرارتی پوشش افراد محاسبه می‌شود (Fanger, 1970). با توجه به این که اکثر فاکتورهای ریزاقلیم در محاسبه این شاخص لحاظ شده‌اند لذا می‌تواند اثر هم‌زمان عوامل محیطی و انسانی را در ارزیابی آسایش حرارتی منعکس کند. شاخص مذکور بیانگر میانگین احساس حرارتی گروه بزرگی از افراد در یک محیط مشخص است و مقادیر مثبت در آن نشان‌دهنده احساس گرما و مقادیر منفی نشان‌دهنده احساس سرما می‌باشد و مقدار صفر بیانگر شرایط حرارتی خنثی است (جدول ۲). این شاخص به‌صورت گسترده برای سنجش شرایط آسایشی در فضای باز در اقلیم‌های گوناگون مورد استفاده قرار گرفته است (Fang et al., 2017; Fabbri et al., 2017; Taleghani et al., 2015; Khalili et al., 2022). فنگ و همکاران (۲۰۱۷) به قابلیت‌ها و محدودیت‌های شاخص PMV پرداخته‌اند و آن را یکی از روش‌های مناسب جهت سنجش شرایط آسایش حرارتی در فضای باز می‌دانند. این شاخص، براساس مدل تعادل حرارتی فانگر، به‌عنوان میانگین رای پیش‌بینی شده افراد به یک محیط حرارتی تعریف شده است و به

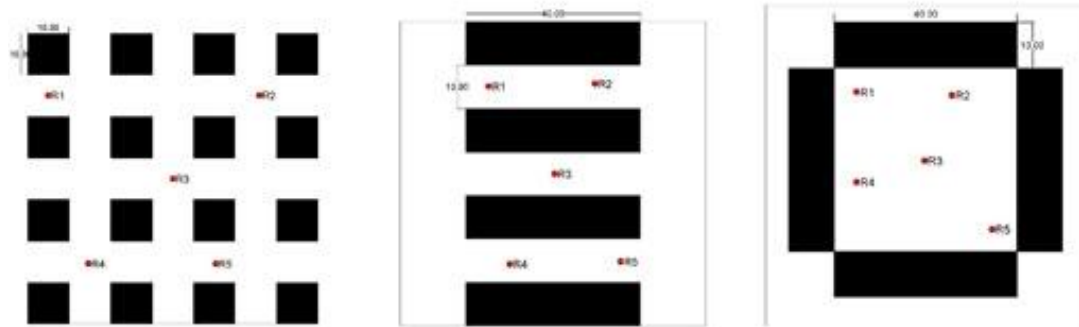
درصد نارضایتی پیش‌بینی شده<sup>۱</sup> بستگی دارد. با وجود این که شاخص مذکور، یکی از شناخته‌شده‌ترین ابزارهای کمی برای ارزیابی آسایش حرارتی است، همانند هر شاخص دیگری دارای محدودیت‌هایی نیز می‌باشد. شاخص PMV در فضاهای داخلی با توجه به این که شرایط نسبت به فضاهای باز پایدارتر است همانند شاخص‌های مشابه، نتایج بهتر و دقیق‌تری از ادراک واقعی افراد ارائه می‌دهد و در فضاهای باز، این شاخص لزوماً بازتاب دقیقی از ادراک واقعی کاربران ارائه نمی‌دهد. زیرا تغییرات سریع تابش خورشید، نوسانات جریان باد و سایر عوامل متغیر محیطی می‌توانند بر تجربه حرارتی افراد تأثیر بگذارند (Tartarini et al., 2025). اگرچه شاخص PMV قادر نیست تمام ابعاد ادراک حرارتی و احساسی افراد در فضای باز را نشان دهد، اما به‌عنوان ابزار تحلیلی و مقایسه‌ای، دارای چارچوب استاندارد است و به‌عنوان یکی از شاخص‌های معتبر در این زمینه محسوب می‌شود و همین ویژگی موجب می‌شود این شاخص در مطالعات مقایسه‌ای میان چند سناریوی طراحی، ابزار مناسبی برای ارزیابی نسبی آسایش حرارتی باشد (Tartarini et al., 2025, Iso, 2005, Emmanuel Rohinton, 2005). همچنین پژوهش‌های متعددی در رابطه با تاثیر میزان آسایش حرارتی در فضای باز با استفاده از این شاخص صورت گرفته است و به بررسی اثر پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی در فضای باز (Ayman El Deeb et al., 2021)، تحلیل شرایط آسایشی در فضاهای باز شهری مانند پارک‌ها (Li et al., 2024)، در بافت‌های شهری و تاثیر بافت‌های متفاوت بر آسایش حرارتی در فضای باز (Karimi et al., 2023) پرداخته است. با وجود محدودیت‌های نامبرده، شاخص مذکور به دلیل قابلیت سنجش کمی، استاندارد بودن و امکان مقایسه سیستماتیک سناریوهای مختلف الگوها و تیپ‌های ساختمانی و با توجه به این که اکثر عوامل خرد اقلیمی در این شاخص لحاظ شده و توسط پژوهشگران متعددی مورد استفاده قرار گرفته است، انتخاب شد. چرا که این شاخص این امکان را فراهم می‌آورد تا تغییرات نسبی، شرایط آسایش حرارتی ناشی از الگوهای مختلف قرارگیری بلوک‌ها به‌طور کمی ارزیابی شود.

جدول ۲. بازه PMV (ASHRAE Standard 55) (ASHRAE, 2013)

PMV	Thermal Sensation (احساس راحتی)	توضیحات
۰	Neutral (خنثی)	حالت مطلوب
+۱	Slightly Warm (کمی گرم)	کمی گرم احساس می‌شود
+۲	Warm (گرم)	گرم محسوس است
+۳	Hot (خیلی گرم)	افراد کاملاً احساس گرما می‌کنند

## یافته‌های پژوهش

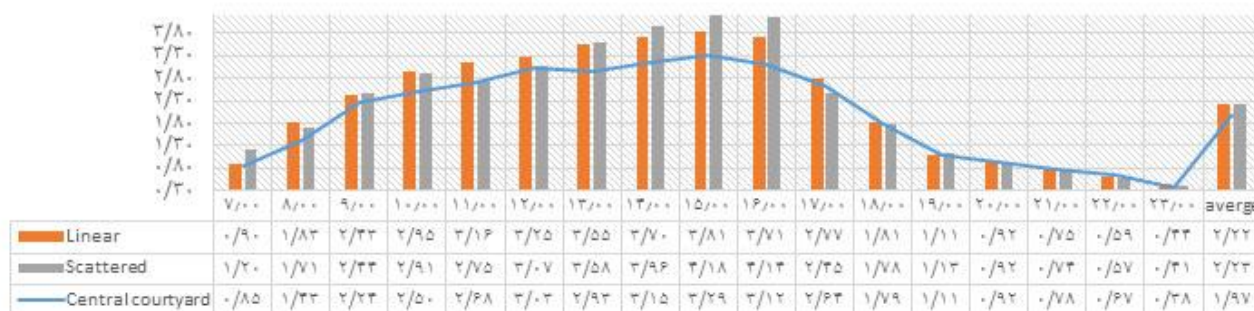
جهت سنجش داده‌ها، ارتفاع بلوک‌ها ۱۰ متر معادل با ساختمان سه الی چهار طبقه به‌عنوان نماینده تیپ‌های مسکونی با ارتفاع متوسط انتخاب شد. با توجه به این که در این ساختمان‌ها عمق پلان در بازه حدودی ۸ تا ۱۲ متر قرار دارد، لذا میانگین حدودی آن انتخاب شد. همچنین، از آنجایی که حداقل نسبت ارتفاع بلوک‌ها به فاصله آنها جهت رعایت سایه‌اندازی، دسترسی به تابش خورشیدی و تهویه طبیعی برابر با یک می‌باشد (Oke, 1988; Emmanuel Rohinton, 2005)، لذا فاصله میان بلوک‌ها نیز برابر با ده متر در نظر گرفته شد. سپس، پنج رسپتور در نقاط مختلف سایت انتخاب گردید. رسپتورها به نحوی انتخاب شدند که بتوانند شرایط و وضعیت کلی محیط را نشان دهند. بنابراین یکی از رسپتورها در هر سه الگو در مرکز سایت (R3)، دوتای دیگر در بالا (R1, R2) و دوتا در پایین سایت (R4, R5)، جایابی شدند. در الگوی حیاط مرکزی و خطی، دو رسپتور در گوشه‌های سایت و دوتای دیگر اطراف سایت و در الگوی پراکنده، دو رسپتور در وسط دو بلوک و دوتای دیگر در وسط ۴ بلوک جایابی شدند (شکل ۳). این رسپتورها به‌نحوی جانمایی شدند که علاوه بر پراکندگی فضایی مناسب در سایت، شرایط متفاوت تابش، سایه‌اندازی و جریان هوا در فضای باز میان بلوک‌ها را نمایندگی کنند. هدف از این انتخاب بازنمایی رفتار حرارتی کلی سایت می‌باشد. همچنین جهت سنجش داده‌ها با توجه به این که میانگین قد انسان‌ها در حالت نشسته و ایستاده در حدود ۱/۵ متر می‌باشد، اطلاعات داده‌ها در این ارتفاع استخراج شد.



شکل ۳. موقعیت قرارگیری رسیپتورها در الگوهای مختلف بلوک‌ها

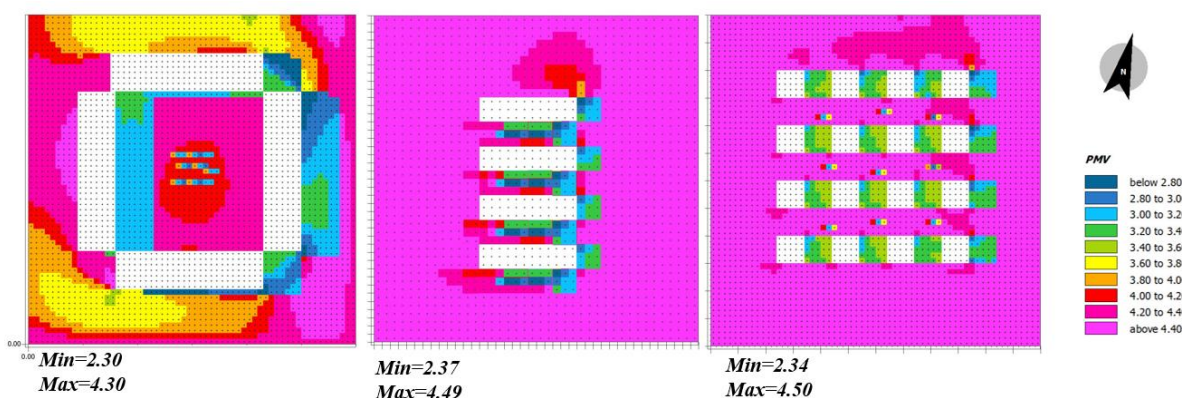
شکل ۴ میانگین شاخص PMV در ۵ رسیپتور مشخص شده را در هر کدام از الگوها نشان می‌دهد. همان‌طور که در نمودار می‌توان مشاهده کرد سه الگوی مورد بررسی رفتارهای حرارتی متفاوتی در طول روز دارند و این تفاوت‌ها در ساعات گرم روز به‌طور محسوسی آشکار می‌شود. بنابراین می‌توان به این نتیجه رسید، الگوی استقرار بلوک‌های ساختمانی تاثیر مستقیمی بر شرایط آسایش حرارتی در فضاهای باز دارد. در تمامی الگوها، در ساعات ابتدایی روز مقدار شاخص به محدوده شرایط خنثی حرارتی نزدیک است و با نزدیک شدن به ساعات میانی روز به دلیل افزایش شدت تابش نور خورشید و به دنبال آن افزایش دمای هوا، روند افزایشی شاخص قابل مشاهده است. به طوری که در ساعت سه بعدازظهر شاخص PMV در تمامی الگوها به بیشترین مقدار می‌رسد. همچنین در اکثر ساعات روز الگوی حیاط مرکزی کمترین مقدار را نسبت به دو الگوی دیگر دارد. مقدار شاخص در این الگو از ۰/۸۵ در ساعت ۷ صبح شروع شده و در ساعت ۱۵ به اوج می‌رسد و این مقدار برابر با ۳/۲۹ می‌باشد. اگر چه این مقدار در بازه آسایش حرارتی قرار ندارد، اما در مقایسه با دو الگوی دیگر، شدت تنش حرارتی کمتری دارد. در این الگو، فضای مرکزی به وسیله بلوک‌های مسکونی محصور می‌شود و در نتیجه آن سطوح سایه‌دار افزایش و میانگین دمای تشعشعی در محیط کاهش می‌یابد. لذا نسبت به دو الگوی دیگر شرایط بهتری دارد. در الگوی خطی، جهت‌گیری بلوک‌ها و به وجود آمدن سایه‌های خطی تا حدی موجب بهبود شرایط آسایشی شده است. مقدار شاخص از ۰/۹۰ در ساعات ابتدایی روز آغاز شده و در ساعت ۱۵ به مقدار ۳/۸۱ می‌رسد. بالاترین مقادیر PMV در اغلب ساعات روز در الگوی پراکنده به وجود آمده است. در این الگو مقدار شاخص مذکور از ۱/۲۰ شروع شده و در ساعت ۱۵ به مقدار ۴/۱۸ رسیده است که این عدد بیانگر شرایط تنش گرمایی شدید است. لذا می‌توان به این نتیجه رسید که در این الگو، فضای باز نسبت به دو الگوی دیگر بیشتر در معرض تابش خورشیدی قرار گرفته است و به دنبال آن سایه‌اندازی موثر بر فضا کاهش و میانگین دمای تشعشعی افزایش پیدا کرده است. همچنین بیشترین اختلاف مقادیر شاخص مذکور در میان سه الگو در ساعات اوج گرما در بازه ۱۳ تا ۱۶ اتفاق افتاده است. از آنجایی که در این ساعات تنش حرارتی به اوج می‌رسد و در ساعات ابتدایی و انتهایی روز شاخص نزدیک به محدوده آسایش است، لذا در مقایسه الگوهای این ساعات نسبت به سایر زمان‌ها در طول روز اهمیت بیشتری دارد. اختلاف شاخص PMV در بین الگوی حیاط مرکزی و خطی در ساعت ۱۳، ۰/۶۲، اختلاف شاخص مذکور در بین الگوی حیاط مرکزی و پراکنده در ساعت ۱۶، برابر با ۱/۰۲ و اختلاف آن در بین الگوی خطی و پراکنده در ساعت ۱۶ برابر با ۰/۴۳ می‌باشد. با توجه به این که در این ساعات مقدار شاخص به اوج می‌رسد و در محدوده تششی بسیار گرم قرار دارد (جدول ۲)، لذا این اختلاف اعداد از منظر ادارک حرارتی برای کاربران در محیط کاملاً محسوس است. این اختلاف اعداد نشان می‌دهد نقش استقرار بلوک‌ها در کنار یکدیگر در شرایط بحرانی حرارتی و در ساعات اوج گرما، به مراتب پررنگ‌تر از ساعات با تنش کمتر می‌باشد. همچنین اعداد نشان می‌دهند که هیچ یک از الگوهای بررسی شده در این پژوهش در زمان اوج گرما در محدوده آسایش حرارتی قرار نمی‌گیرند. با این حال نتایج نشان می‌دهد الگوی حیاط مرکزی، نسبت به دو الگوی دیگر بهترین شرایط را به وجود می‌آورد و شرایط حرارتی کم تششی را در طول روز فراهم می‌کند. همچنین مقایسه دو الگوی پراکنده و خطی نشان می‌دهد در برخی از ساعات روز شاخص PMV در الگوی خطی مقدار عددی کمتری را نسبت به الگوی پراکنده دارد. اما اختلاف شاخص در این دو الگو در ساعات ابتدایی و انتهایی روز مقدار ناچیزی است و همچنین

میانگین شاخص در کل ساعات روز در الگوی پراکنده بیشتر بوده و با توجه به این که اختلاف شاخص در اوج ساعات گرما در الگوی پراکنده نسبت به خطی بیشتر است در نتیجه، الگوی پراکنده نامطلوب‌ترین وضعیت را دارد و الگوی خطی در جایگاهی بینابین قرار می‌گیرد. اما شرایطی مشابه با شرایط الگوی پراکنده دارد.



شکل ۴. میانگین شاخص PMV از ساعت ۷ صبح الی ۱۱ شب در ۵ رسیپتور معین شده

شکل ۵، تصاویر استخراج شده از نرم‌افزار را در ساعت سه بعدازظهر نشان می‌دهد. در این تصاویر نیز می‌توان مشاهده کرد که الگوی حیاط مرکزی نسبت به دو الگوی دیگر شرایط بهتری را در کل محیط ایجاد کرده است.



شکل (۵): تصاویر استخراج شده از نرم‌افزار در ساعت ۳ بعدازظهر

## بحث

نتایج پژوهش نشان می‌دهد الگوی قرارگیری بلوک‌های ساختمانی در کنار یکدیگر نقش تعیین‌کننده‌ای در شدت تنش حرارتی در فضای باز دارد. با وجود این که هیچ‌کدام از الگوها در اوج ساعات گرما در محدوده شرایط آسایش حرارتی قرار نگرفتند، تفاوت معناداری میان شدت تنش حرارتی در سه الگو وجود داشت. برتری عملکرد الگوی حیاط مرکزی در کاهش شدت تنش حرارتی با نتایج پژوهش‌های صورت گرفته در این زمینه هم‌خوانی دارد. مطالعه‌ای که در محدوده مدیترانه صورت گرفته است نشان می‌دهد حیاط‌های محصور شده در طول تابستان شرایط حرارتی بهتر دارند و این حیاط‌ها دمای محیط را تا حدود ۱۲ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌دهند (Diz-Mellado et al., 2023). تحقیقات دیگری که در مناطق مختلف خاورمیانه و شمال آفریقا صورت گرفته است، به نتایج مشابهی دست یافته‌اند و مطالعات آنها نشان می‌دهد فضاهای باز درون‌گرا، محصور و یا نیمه‌محصور از طریق کاهش دید مستقیم به آسمان، افزایش سایه‌اندازی و کاهش دمای تشعشعی میانگین، شرایط حرارتی مطلوب‌تری نسبت به الگوهای دیگر دارند (Johansson, 2006; Emmanuel Rohinton, 2005; Taleghani et al., 2015). همچنین همان‌طور که حیاط در معماری سنتی ایران به عنوان ابزار کارآمد و مهم در بهبود ریزاقلیم بحساب می‌آید و با ایجاد سایه و بهبود جریان هوا در کاهش تابش خورشید، کنترل دمای تشعشعی و ارتقای کیفیت حرارتی در فضای باز نقش

بسنایی داشت. یکی از نوآوری‌های پژوهش حاضر در انتقال این مفهوم به بافت‌های مسکونی در شهر تبریز و تحلیل تاثیر نحوه قرارگیری بلوک‌ها بر آسایش حرارتی در فضای باز می‌باشد. در نتیجه می‌توان گفت که فضاهای باز میان بلوک‌ها می‌توانند به‌عنوان حیاط محصور مدرن به حساب بیایند و همان عملکرد حیاط‌های محصور و نیمه‌محصور سنتی را در مقیاس شهری مدرن ایجاد می‌کنند.

مقایسه و استخراج اعداد به‌دست آمده در پژوهش نشان می‌دهد در ساعات میانی روز که تابش خورشید به اوج می‌رسد مقادیر PMV اعداد بالایی هستند و خارج از محدوده آسایش می‌باشند. در مجموع، مقایسه نتایج این پژوهش با مطالعات مشابه نشان می‌دهد که اگرچه الگوهای کالبدی نمی‌توانند در اقلیم‌های گرم و نیمه‌خشک تابستانی به‌تنهایی آسایش حرارتی کامل ایجاد کنند، اما نقش آن‌ها در کاهش شدت تنش حرارتی بسیار تعیین‌کننده است. برتری الگوی حیاط مرکزی در این پژوهش، هم‌راستا با یافته‌های دیگر پژوهشگران، بر اهمیت طراحی درون‌گرا و اقلیم پاسخگو در فضاهای باز شهری تأکید می‌کند و می‌تواند به‌عنوان راهبردی مؤثر برای طراحی مجموعه‌های مسکونی در اقلیم تبریز و اقلیم‌های مشابه مورد توجه قرار گیرد. در مجموع، می‌توان به این نتیجه رسید، طراحی فضاهای باز باید با تمرکز بر محصوریت فضایی، سایه‌اندازی و کنترل تابش باشد تا هر چند نتواند آسایش کامل ایجاد کند، اما شدت تنش حرارتی را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد.

با وجود دقت در جمع‌آوری داده‌ها و تحلیل آن‌ها، پژوهش حاضر همانند هر پژوهش دیگری دارای محدودیت‌هایی است. از جمله محدودیت‌های آن می‌توان بدین موارد اشاره کرد. نخست این که تحلیل داده‌ها براساس الگوی قرارگیری بلوک‌ها صورت گرفته است و سایر پارامترهای محیطی مانند پوشش گیاهی، مصالح و ... ثابت فرض شده است تا اثر خالص تیپ‌های کالبدی بر شرایط آسایش حرارتی مورد بررسی قرار گیرد. دوم این که این پژوهش مبتنی بر تحلیل بصری و شبیه‌سازی عددی است و برخی رفتارهای استفاده‌کنندگان از محیط همانند تاثیر نوع پوشش، فعالیت بدنی، زمان حضور و ... مدنظر نبوده است. با این حال، محدودیت‌های ذکر شده به اعتبار نتایج آسیبی نمی‌زند، چرا که همه سناریوها تحت شرایط یکسان مورد بررسی قرار گرفته‌اند. در حقیقت این محدودیت‌ها دامنه تفسیر نتایج را مشخص کرده و موجب شفاف‌تر شدن چارچوب روش‌شناختی پژوهش می‌شود.

## نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در این پژوهش اهمیت الگوها و چیدمان مختلف بلوک‌های مسکونی به‌عنوان عنصر تاثیرگذار در بافت‌های شهری مطرح شد و با بررسی و ارزیابی نقش الگوهای مختلف قرارگیری ساختمان‌ها بر آسایش حرارتی در فضای باز، معیارهای مهم در جانمایی ساختمان‌ها ارائه گردید. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در هر سه الگوی بررسی شده، مقادیر PMV در ساعات میانی روز که شدت تابش خورشید به اوج می‌رسد از محدوده آسایش حرارتی بالاتر است. لذا با وجود این که نحوه قرارگیری بلوک‌ها بر شرایط آسایشی تاثیرگذار است با این حال صرفاً توجه به این عامل نمی‌تواند شرایط محیطی مطلوبی را در فضاهای باز ایجاد کند و برای رسیدن به شرایط مطلوب در شهر تبریز در فصل تابستان نیاز به در نظر گرفتن سایر شرایط و عوامل تاثیرگذار در محیط همانند پوشش‌های گیاهی، آب‌نما و ... می‌باشد.

مقایسه میان الگوها نشان می‌دهد که در الگوی پراکنده مقادیر شاخص PMV در اکثر ساعات روز و به‌خصوص در ساعات میانی روز بیشترین مقدار را نسبت به دو شاخص دیگر دارد و در نتیجه نامطلوب‌ترین شرایط را به‌وجود می‌آورد. در این الگو فضای باز نسبت به دو الگوی دیگر بیشتر در معرض تابش مستقیم خورشید قرار می‌گیرد در نتیجه سایه‌اندازی کمتر و دمای تشعشعی محیط بیشتر می‌شود. لذا قرارگیری بلوک‌های ساختمانی به‌صورت الگوی پراکنده بدون در نظر گرفتن سایر ته‌میدات اقلیمی شرایط نامساعدی را ایجاد می‌کند. الگوی خطی عملکرد بینایی از خود نشان می‌دهد. با این که این الگو نسبت به الگوی پراکنده شرایط بهتری در محیط ایجاد می‌کند با این حال با توجه به اعداد استخراج شده، شرایط مشابهی با الگوی پراکنده دارد. این مطلب حاکی از آن است که به‌وجود آمدن سایه‌های خطی می‌تواند تا حدودی تنش‌های حرارتی را در محیط کاهش دهد، اما به‌تنهایی برای دستیابی به شرایط حرارتی مطلوب در اقلیم گرم تابستان تبریز کافی نیست. الگوی قرارگیری بلوک‌ها به‌صورت حیاط مرکزی، بهترین عملکرد را در میان الگوهای بررسی شده دارد چرا که این الگو در طول ساعت بررسی شده مقادیر پایین‌تر و نوسانات محدودتری نسبت به دو الگوی دیگر نشان می‌دهد و به محدوده آسایش حرارتی نزدیک‌تر است. همچنین در ساعات میانی روز که شدت تابش به بیشترین مقدار می‌رسد، شدت تنش گرمایی کمتری را نسبت به

دو الگوی دیگر نشان می‌دهد. از عوامل تاثیرگذار در بهبود عملکرد حرارتی در این الگو می‌توان به محصورشدگی فضا، افزایش سطوح سایه‌دار و کاهش دید مستقیم به آسمان اشاره کرد. نتایج پژوهش نشان می‌دهد فرم کالبدی و نحوه استقرار بلوک‌ها بر شرایط آسایشی در فضای باز تاثیرگذار است و الگوهای فشرده و درون‌گرا نسبت به الگوهای باز و پراکنده کارایی بهتری دارند. در نتیجه استفاده از الگوهای حیاط‌دار در کنار در نظر گرفتن سایر راهکارهای اقلیمی از جمله پوشش گیاهی، سایه‌بان‌ها، آب‌نما و ... به عنوان راهکاری موثر در جهت بهبود شرایط محیطی در فضای باز پیشنهاد می‌شود. از محدودیت‌های پژوهش می‌توان به ساده‌سازی مدل شبیه‌سازی و عدم توجه به مواردی دیگر از جمله پوشش گیاهی و ... به منظور تمرکز بر نحوه قرارگیری بلوک‌ها اشاره کرد. همچنین، جهت انجام مطالعات آتی پیشنهاد می‌شود سایر عناصر محیطی و مقایسه میزان تاثیر آنها بر محیط در الگوی حیاط مرکزی جهت رسیدن به محدوده آسایشی در فضای باز مورد بررسی قرار گیرد.

## ملاحظات اخلاقی

### پیروی از اصول اخلاق پژوهش

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

### تعارض منافع

بنابر اظهار نویسنده، این مقاله تعارض منافع ندارد.

### حامی مالی

مقاله حاضر هیچ‌گونه حمایت مالی از نهادهای دولتی، تجاری یا غیرانتفاعی دریافت نکرده است.

### سپاسگزاری

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

### منابع

بابایی فروشانی، زهرا و چنگلواپی، یونس (۱۳۹۹). تأثیر الگوهای مرفولوژی شهری سنتی و نوین بر جریان باد و اثرات متقابل آن با رویکرد انرژی کارا (نمونه مورد مطالعه: شهر اصفهان). فصلنامه مطالعات شهری، ۱۰ (۳۷)، ۱۲۷-۱۴۲.

## References

- ASHRAE. (2013). *ASHRAE Standard 55: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*. Atlanta, GA: ASHRAE.
- Ayman El Deeb, D., Nagy Sarhan, A., & Sobhy Kandile, Y. (2021). The Use of Green Design Strategies for Achieving Thermal Comfort (Applying PMV as a Measurement Tool). *Engineering Research Journal*, 171, 35-46. <https://doi.org/10.21608/erj.2021.193471>
- Babaei Frooshani, Z., & Changalvaiee, Y. (2021). The Effect of Traditional and Modern Urban Morphology Patterns on Wind Flow and its Interactions with the Energy Efficiency Approach (Case Study: Esfahan). *Motaleate Shahri*, 10(37), 127-142. [In Persian]
- Bacha, A. E., Ahriz, A., Alshenaifi, M., Alfraidi, S., Noaime, E., Alsolami, B., ... & Mesloub, A. (2024). A comprehensive study on outdoor thermal comfort in arid urban environments through microclimatic analysis of urban density. *Buildings*, 14(3), 700. <https://doi.org/10.3390/buildings14030700>
- Caniggia, G., & Maffei, G. L. (2001). *Architectural composition and building typology: interpreting basic building* (Vol. 176). Alinea Editrice.
- Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2017). Street canyon design and improvement potential for urban open spaces; the influence of canyon aspect ratio and orientation on microclimate and outdoor comfort. *Sustainable cities and society*, 33, 85-101. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.05.019>
- Conzen, M. R. G. (1960). Alnwick, Northumberland: A study in town-plan analysis. *Transactions and Papers*, 1-122.
- Dissanayake, C., Weerasinghe, U. G. D., & Dharmasena, J. (2021). Assessment of thermal comfort and microclimate in urban street canyons—a review of recent research. In *Official Conference Proceedings. The IAFOR International Conference on Sustainability, Energy & the Environment—Hawaii* (pp. 63-76).
- Diz-Mellado, E., López-Cabeza, V. P., Rivera-Gómez, C., & Galán-Marín, C. (2023). Seasonal analysis of thermal comfort in Mediterranean social courtyards: A comparative study. *Journal of Building Engineering*, 78, 107756. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107756>
- Emmanuel Rohinton, M. (2005). An Urban Approach to Climate-Sensitive Design, Strategies for Tropics. <https://doi.org/10.4324/9780203414644>
- Fabbri, K., Di Nunzio, A., Gaspari, J., Antonini, E., & Boeri, A. (2017). Outdoor Comfort: The ENVI- BUG tool to evaluate PMV values Output Comfort point by point. *Energy Procedia*, 111, 510-519. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.213>
- Fang, Z., Feng, X., & Lin, Z. (2017). Investigation of PMV model for evaluation of the outdoor thermal comfort. *Procedia Engineering*, 205, 2457-2462. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.973>
- Fanger, P. O. (1970). Thermal comfort. Analysis and applications in environmental engineering.
- Farhadi, H., Faizi, M., & Sanaieian, H. (2019). Mitigating the urban heat island in a residential area in Tehran: Investigating the role of vegetation, materials, and orientation of buildings. *Sustainable Cities and Society*, 46, 101448. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101448>
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., Ghaffarianhoseini, A., Al Waer, H., Clements-Croome, D., & Tookey, J. (2017). Urban heat island and microclimate mitigation strategies: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 67, 793–807. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.060>
- He, B. J., Wang, J., Liu, H., & Ulpiani, G. (2021). Localized synergies between heat waves and urban heat islands: Implications on human thermal comfort and urban heat management. *Environmental Research*, 193, 110584. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110584>
- Heydari, T., Yeganeh, M., & Pourmahabadian, E. (2025). Evaluation of the role of green walls in enhancing outdoor thermal comfort in different morphologies of building blocks. *Frontiers in Sustainable Cities*, 7, 1519375. <https://doi.org/10.3389/frsc.2025.1519375>
- Iso, E. (2005). 7730: 2005; Ergonomics of the Thermal Environment. *Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*.
- Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and environment*, 41(10), 1326-1338. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.022>
- Karimi, A., Bayat, A., Mohammadzadeh, N., Mohajerani, M., & Yeganeh, M. (2023). Microclimatic analysis of outdoor thermal comfort of high-rise buildings with different configurations in Tehran: Insights from field surveys and thermal comfort indices. *Building and Environment*, 240, 110445. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110445>
- Ketterer, C., & Matzarakis, A. (2014). Human-biometeorological assessment of heat stress reduction by replanning measures in Stuttgart, Germany. *Landscape and Urban Planning*, 122, 78-88.
- Khalili, S., Fayaz, R., & Zolfaghari, S. A. (2022). Analyzing outdoor thermal comfort conditions in a university campus in hot-arid climate: A case study in Birjand, Iran. *Urban Climate*, 43, 101128. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101128>

- Li, Z., Zhou, L., Hong, X., & Qiu, S. (2024). Outdoor thermal comfort and activities in urban parks: An experiment study in humid subtropical climates. *Building and Environment*, 253, 111361. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111361>
- Lin, C., & Zhang, S. (2024). Impact of Green Roofs and Walls on the Thermal Environment of Pedestrian Heights in Urban Villages. *Buildings*, 14(12), 4063. <https://doi.org/10.3390/buildings14124063>
- Oke, T. R. (1987). Boundary layer climates.
- Oke, T. R. (1988). *Street design and urban canopy layer climate*. *Energy and Buildings*, 11(1-3), 103-113. DOI:10.1016/0378-7788(88)90026-6
- Olgay, V. (1963). Design with climate--bioclimatic approach to architectural regionalism: some chapters based on cooperative research with Aladar Olgay.
- Ouyang, W., Sinsel, T., Simon, H., Morakinyo, T. E., Liu, H., & Ng, E. (2022). Evaluating the thermal- radiative performance of ENVI-met model for green infrastructure typologies: Experience from a subtropical climate. *Building and Environment*, 207, 108427. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108427>
- Sadeghi, A. R., & Bahadori, Y. (2021). Urban sustainability and climate issues: The effect of physical parameters of streetscape on the thermal comfort in urban public spaces; case study: Karimkhan-e-zand street, shiraz, iran. *Sustainability*, 13(19), 10886. <https://doi.org/10.3390/su131910886>
- Samadpour Shahrak, M. (2025). Evaluating the impact of tree planting patterns on outdoor thermal comfort and microclimate: a case study of open spaces among high-rise buildings. *Agriculture, Environment & Society*, 5(2), 51-62. <https://doi.org/10.22034/aes.2026.529003.1106>
- Sanagar Darbani, E., Monsefi Parapari, D., Boland, J., & Sharifi, E. (2021). Impacts of urban form and urban heat island on the outdoor thermal comfort: a pilot study on Mashhad. *International Journal of Biometeorology*, 65(7), 1101-1117. <https://doi.org/10.1007/s00484-021-02091-3>
- Shareef, S., & Altan, H. (2022). *Urban block configuration and the impact on energy consumption: A case study of sinuous morphology*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 163, 112411. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112411>
- Skelhorn, C. (2021). Adaptation of urban form to climate change: Integrating climate resilience with urban design. *Urban Climate*, 38, 100896. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100896>
- Song, X., Wang, G., Deng, Q., Wang, S., & Jiao, C. (2023). The influence of residential block form on summer thermal comfort of street canyons in the warm temperate zone of China. *Buildings*, 13(7), 1627. <https://doi.org/10.3390/buildings13071627>
- Steemers, K., Baker, N., Crowther, D., Dubiel, J., Nikolopoulou, M. H., & Ratti, C. (1997). City texture and microclimate. *Urban Design Studies*, 3(1997), 25-50.
- Sun, S., Xu, X., Lao, Z., Liu, W., Li, Z., García, E. H., ... & Zhu, J. (2017). Evaluating the impact of urban green space and landscape design parameters on thermal comfort in hot summer by numerical simulation. *Building and Environment*, 123, 277-288. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.07.010>
- Taleghani, M., Kleerekoper, L., Tenpierik, M., & Van Den Dobbelsteen, A. (2015). Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. *Building and environment*, 83, 65-78. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.03.014>
- Tartarini, F., & Schiavon, S. (2025). Comparative analysis of PMV Models accuracy implemented in the ISO 7730: 2005 and ASHRAE 55: 2023. *Building and Environment*, 275, 112766. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.112766>
- Teshnehdel, S., Mirzaei, P. A., & Nomura, T. (2020). Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and microclimate. *Building and Environment*, 179, 106968. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106968>
- Zhang, J., Li, Z., & Hu, D. (2022). Effects of urban morphology on thermal comfort at the micro-scale. *Sustainable Cities and Society*, 86, 104150. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104150>