Journal of Sustainable City

Online ISSN: 2476-6151

Journal Homepage: www.jscity.ir

Typologies of Historical Passageways in Shiraz for Enhancing Climatic Comfort

Najmeh Khatapoosh [1], Mahsa Sholeh [2] ✉, Sahand Lotfi [3], Roza Vakilinezhad [4]

1. *Department of Urban Planning & Design, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran*
Email: najmeh.setare@gmail.com
2. (Corresponding Author) *Department of Urban Planning & Design, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran*
Email: msholeh@shirazu.ac.ir
3. *Department of Urban Planning & Design, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran*
Email: slotfi@shirazu.ac.ir
4. *Department of Architecture, Faculty of Art and Architecture, Shiraz University, Shiraz, Iran*
Email: arch.rv@shirazu.ac.ir

ARTICLEINFO

Article type:
Research Paper

Article History:
Received:
11 June 2026
Received in revised form:
3 September 2026
Accepted:
1 October 2026
Available online:
4 November 2026

Keywords:
Climatic comfort, Universal Thermal Climate Index (UTCI), historical passageways of Shiraz, ENVI-met.

ABSTRACT

In recent decades, rapid urbanization in conjunction with climate change has intensified urban warming, a phenomenon characterized by elevated air temperatures, reduced wind flow, and the accumulation of heat, which poses significant risks to the health and well-being of residents in densely populated cities. Under these conditions, climatic comfort in urban open spaces, particularly within historic urban fabrics, has emerged as a critical component of sustainable urban design. Historical passageways, as the primary structures of movement and social interaction in traditional cities, are especially vulnerable to climatic stress due to their distinct morphological and physical characteristics. This study aims to develop a typology of historical passageways in the city of Shiraz and to conduct a comparative analysis of their performance from the perspective of outdoor climatic comfort. Initially, relevant indicators affecting outdoor thermal comfort were identified through a review of theoretical literature and authoritative documents. Subsequently, based on field surveys, twelve representative passageways within the historic fabric of Shiraz were selected and classified into four typological categories according to orientation, spatial configuration, and physical attributes. From each category, one representative passageway, namely Sang-e Siah, Haft-Pich, Shahzadeh Mansour, and Emamzadeh Zanjiri, was selected for microclimatic simulation using the ENVI-met software. Five key parameters, including potential air temperature, mean radiant temperature, relative humidity, wind speed, and the Universal Thermal Climate Index, were evaluated at a height of 1.4 meters during summer conditions at 14:00. The findings indicate that the Shahzadeh Mansour passageway provides the most favorable climatic conditions, owing to its semi-enclosed form, appropriate width-to-height ratio, presence of shading elements, and effective air circulation. In contrast, the Sang-e Siah and Emamzadeh Zanjiri passageways exhibit the poorest levels of thermal comfort, primarily due to excessive openness, the absence of shading features, and inadequate ventilation.

Citation: Khatapoosh, N., Sholeh, M., Lotfi, S., & Vakilinezhad, R. (2026). Typologies of Historical Passageways in Shiraz for Enhancing Climatic Comfort. *Journal of Sustainable City*, 9 (3), 1-20.
http://doi.org/10.22034/jsc.2026.541862.1872

© The Author(s)

Publisher: Iranian Geography and Urban Planning Association

Extended Abstract

Introduction

Traditional Iranian cities possessed a coherent and integrated structure in which physical, social, and climatic elements were formed in an organic interrelationship. In this context, the network of passages, as one of the most important elements organizing space, played a fundamental role in connecting different parts of the city, facilitating movement, and shaping social interactions. In these fabrics, connectivity was not merely a functional conceptual relationship, but rather flowed as a fundamental principle in the spatial organization of the city, such that the main passages, by linking the city center to neighborhoods, provided the setting for economic activities, presence, and social vitality. Within such a structure, climatic comfort was regarded as one of the essential prerequisites for the sustainability and livability of urban spaces.

In recent years, the rapid growth of urbanization alongside the impacts of climate change has led to the intensification of the urban heating phenomenon and increased thermal stress in open urban spaces. Rising air temperatures, reduced wind flow, and heat accumulation on built surfaces have threatened the health and comfort of citizens, particularly in high-density cities, and have further emphasized the necessity of climate-based design in public spaces. Although a substantial portion of previous research has focused on thermal comfort in indoor spaces, open urban spaces, especially passages, despite their significant role in quality of life and social interactions, have received less attention.

Thermal comfort in outdoor spaces is influenced by a set of climatic factors such as air temperature, mean radiant temperature, relative humidity, and wind speed, as well as by the physical characteristics of space, and the human thermal response to these conditions is affected by individual and psychological variables. In the historical fabrics of Iran, the alignment of spatial structure with climatic conditions is clearly observable; compact form, narrow passage widths, high enclosing walls, diverse width-to-height ratios, varied orientations, the presence of semi-enclosed elements such as sabats, and the use of vegetation were among the strategies that, by reducing direct solar radiation and increasing shading, provided more favorable thermal conditions in public spaces. Historical passages, as the primary elements of spatial organization and the movement network of traditional cities, play a decisive role in the quality of livability of historical fabrics. However, in many contemporary urban interventions, the climate-responsive capacities of these passages have been overlooked, and the reduction of thermal comfort has challenged their presence, vitality, and liveliness.

A review of the research literature indicates that studies related to climatic comfort in open urban spaces generally fall into three categories, including physical-spatial studies, quantitative research based on climatic indices, and environmental modeling using software such as ENVI-met; nevertheless, studies that address comparative analysis of passages, spatial-climatic typology, and microclimate analysis at the urban network scale remain limited. Accordingly, the present study, through the simultaneous use of typological and spatial morphological analysis, climatic data, and microclimate simulation with ENVI-met software across four types of historical passages in the city of Shiraz, seeks to identify criteria affecting climatic comfort and to present a model for the typology of historical passages, a model that can be applied in the conservation and sustainable regeneration of historical public spaces and the design of contemporary urban passages. Overall, the aim of this research is to identify the physical and climatic factors influencing climatic comfort in historical passages and to classify these passages, and the main research question of this article is which criteria and indicators affect climatic comfort for the purpose of designing historical passages? and also how can the historical passages of the city of Shiraz be classified based on the obtained criteria?

Methodology

The present study was conducted with the aim of typologizing the historical passages of the city of Shiraz and performing a comparative analysis of their climatic performance. This research is applied in nature and has been carried out using a descriptive-analytical approach. In the first step, through library-based studies and a review of the theoretical literature, the indicators and criteria affecting thermal comfort in open urban spaces were extracted and, within the framework of a conceptual model, served as the basis for analysis. In the next step, by conducting field studies in the historical fabric of the city of Shiraz, 12 valuable historical passages were identified and classified into four main types based on geographical orientation, spatial form, and physical characteristics. This typology was developed with the aim of facilitating the comparative examination of climatic comfort conditions in historical passages, with an emphasis on the role of orientation in wind flow patterns. Subsequently, one passage from each type was selected as a representative case, including the Sang-e Siah, Haft-Pich, Shazdeh Mansour, and Emamzadeh Zanjiri passages. To evaluate the climatic conditions of these passages, numerical simulations were carried out using ENVI-met software. The simulations were conducted in the summer season, at 14:00 as one of the hottest hours of the day, and at a height of 1.4 meters above ground level, corresponding to the level of human activity. In this process, five key indicators, including potential air temperature, mean radiant temperature, relative humidity, wind speed, and the Universal Thermal Climate Index (UTCI), were evaluated to enable a more comprehensive analysis of the climatic comfort conditions of the passages. Additionally, in each simulation, a number of receptors were used for point-based and more precise examination of the mean radiant temperature indicator with the aid of charts in Excel software.

Result and Discussion

The present study is devoted to the examination and comparative analysis of the historical passages of Shiraz from the perspective of climatic comfort. Although historical passages were formed as part of an interconnected network, they exhibit considerable diversity in terms of orientation, spatial form, materials, and shading elements. Accordingly, 12 valuable historical passages were identified and classified into four main types: Type I (A) includes the Sang-e Siah, Seyyed Zolfaghar, and Nasir Nezam passages with a northeast–southwest orientation; Type II (B) includes the Emamzadeh Zanjiri, Abi Zareh, Haj Zeynal, and Sarbagh passages with an east–west orientation; Type III (C) includes the Shazdeh Mansour, Mansouriyeh, and Haj Asghar Bazaarcheh passages with a northwest–southeast orientation; and Type IV (D) includes the Haft-Pich and Filliha Bazaarcheh passages with a northeast–southwest orientation. For each type, based on physical characteristics and their effects on wind flow and shading, one representative passage (Sang-e Siah Passage, Emamzadeh Zanjiri Passage, Shazdeh Mansour Passage, and Haft-Pich Passage) was selected for simulation in ENVI-met software.

Subsequently, the analysis of five climatic indicators, including potential air temperature, mean radiant temperature (MRT), relative humidity (RH), wind speed, and the UTCI index, shows that physical and morphological differences have a direct and significant impact on thermal comfort. Sang-e Siah Passage, with stone paving, brick walls, and the absence of canopies or sabats alongside vegetation in some locations, experiences the highest potential air temperature (maximum 52.62°C) and a mean radiant temperature exceeding 72°C. Wind speed in this passage is very low, and relatively high relative humidity has also failed to improve thermal comfort conditions; the UTCI index likewise indicates severe thermal stress and unfavorable conditions for human presence. In contrast, Shazdeh Mansour Passage, with a semi-enclosed form, sabats and canopies, an appropriate width-to-height ratio, and asphalt paving, has the lowest potential temperature (50.18°C) and a controlled mean radiant temperature (between 62.75 and 65.45°C). Uniform and appropriate wind flow along the passage has reduced

thermal stress, and the UTCI index has also recorded the lowest value.

This passage offers the best climatic conditions, and human presence within it is more comfortable. Haft-Pich Passage, with a winding form and an initial sabat, demonstrates moderate performance. Potential temperature and mean radiant temperature are reduced compared to Sang-e Siah, but wind flow is limited in some sections and the distribution of relative humidity is also uneven. The UTCI index indicates that despite reduced direct radiation, conditions still fall within the range of relatively severe thermal stress. Emamzadeh Zanjiri Passage, with an east–west orientation and the absence of vegetation and shading elements, exhibits moderate to weak conditions; high potential temperature, a mean radiant temperature of around 70°C, and the distribution of radiation along the passage axis indicate a high UTCI index and low thermal comfort levels. Furthermore, more detailed analysis using receptors clarifies the role of physical characteristics more explicitly. In Sang-e Siah Passage, comparison of different receptors shows that ground surface material (asphalt or stone paving) has a minor effect on mean radiant temperature, while vegetation cover and the height-to-width ratio of the passage create significant differences. For example, the presence of vegetation at one receptor resulted in a reduction of more than 6 degrees in radiant temperature compared to a receptor without vegetation, and an increase in the height-to-width ratio reduced temperature by about 4 degrees. This indicates that shading and enclosure of passages are vital for heat control. In Haft-Pich Passage as well, the receptors showed that greater wall height and narrower passage width reduce radiant temperature by up to 17 degrees. In addition, the presence of sabats and shading reduced radiant temperature to about 43°C during the hottest hours of the day and played an important role in reducing thermal stress. The winding form of the passage, with its angles and bends, has caused heat accumulation and reduced natural ventilation in some areas. These comparisons indicate that physical elements, including shading devices, height-to-width ratio, path geometry, vegetation cover, and ground materials, are effective in determining thermal comfort.

Conclusion

The results of this study indicate that the thermal behavior of the historical passages of the city of Shiraz has a direct and significant relationship with the physical and morphological characteristics and climatic elements present in each passage. An examination of representative passages such as Shazdeh Mansour, Haft-Pich, Sang-e Siah, and Emamzadeh Zanjiri shows that spatial form, height-to-width ratio (H/W), passage orientation, and the presence of shading elements play a highly effective role in improving thermal comfort conditions. ENVI-met software simulations indicate that Shazdeh Mansour Passage, with an appropriate height-to-width ratio, the presence of sabats and effective shading devices, and the possibility of wind penetration, provides the best thermal comfort conditions.

Mean radiant temperature, potential temperature, and the UTCI index in this passage are noticeably lower than in the other passages, and the uniform wind flow enhances the effect of shading and reduces thermal stress. Similarly, Haft-Pich Passage, with its organic and winding form, has been able to reduce direct solar radiation and control perceived temperature, although limited ventilation and uneven distribution of relative humidity have resulted in moderate thermal comfort conditions. Receptor analysis showed that increasing wall height and narrowing the passage can reduce radiant temperature by up to 17 degrees, and the presence of sabats reduced radiant temperature to about 43°C during the hottest hours of the day and played an important role in reducing thermal stress.

In contrast, Sang-e Siah and Emamzadeh Zanjiri passages, due to excessive openness, lack of effective shading elements, inappropriate orientation, and unfavorable ventilation, experience the highest potential temperature and mean radiant temperature, and the UTCI index indicates unfavorable conditions and high thermal stress for human presence. Even the presence of

relatively high relative humidity has not been able to compensate for the negative effects of the lack of shade and inadequate wind flow.

Overall, comparison of receptors and output maps shows that physical elements, including height-to-width ratio, passage orientation, sky view factor (SVF), the presence of sabats and shading devices, vegetation cover, and materials with appropriate reflectance, are more influential than any other factors in enhancing thermal comfort. Ultimately, the present study emphasizes that climate-based design and the use of strategies such as the creation of semi-enclosed spaces, appropriate shading, controlled height-to-width ratios, and favorable wind flow are key to enhancing thermal comfort in historical passages. Shazdeh Mansour Passage represents a prominent example of successful performance, Haft-Pich Passage exhibits relatively improved conditions, and Sang-e Siah and Emamzadeh Zanjiri passages require reconsideration and improvement of climatic strategies.

Funding

This research received no specific grant from any funding agency in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved thecontent of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors would like to thank the editor and anonymous reviewers for their valuable comments and constructive remarks.

مجلـــه شـــهر پایـــدار
Journal Homepage: www.jscity.ir
شاپا الکترونیکی: 2476-6151

گونه شناسی گذرهای تاریخی شیراز در راستای ارتقاء آسایش اقلیمی

نجمه خطاپوش [۱]، مهسا شعله [۲]، سهند لطفی [۳]، رزا وکیلی‌نژاد [۴]

۱- بخش شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایرانر ایانامه: najmeh.setare@gmail.com
۲- نویسنده مسئول، بخش شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: msholeh@shirazu.ac.ir
۳- بخش شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: slotfi@shirazu.ac.ir
۴- بخش معماری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران. رایانامه: arch.rv@shirazu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت:
۱۴۰۵/۰۳/۲۱
تاریخ بازنگری:
۱۴۰۵/۰۶/۱۲
تاریخ پذیرش:
۱۴۰۵/۰۷/۰۹
تاریخ چاپ:
۱۴۰۵/۰۸/۱۳

واژگان کلیدی:
آسایش اقلیمی،
شاخص UTCI،
گذرهای تاریخی شیراز،
ENVI-met.

چکیده

در سال‌های اخیر، رشد شهرنشینی همراه با تغییرات اقلیمی موجب تشدید گرمایش جهانی شده است؛ پدیده‌ای که با دمای بسیار بالا، باد کم و تجمع حرارت شناخته می‌شود و سلامت ساکنان شهرهای پرتراکم را تهدید می‌کند. در چنین شرایطی، توجه به آسایش اقلیمی در فضاهای باز شهری به‌خصوص بافت‌های تاریخی به‌عنوان یکی از مؤلفه‌های ضروری طراحی پایدار اهمیت یافته است. گذرهای تاریخی، به‌عنوان ساختارهای اصلی حرکت و تعامل اجتماعی در شهرهای سنتی، به‌واسطه ویژگی‌های کالبدی خاص خود، در برابر این تغییرات اقلیمی آسیب‌پذیرند. پژوهش حاضر با هدف گونه‌شناسی گذرهای تاریخی شهر شیراز و تحلیل تطبیقی آن‌ها از منظر آسایش اقلیمی صورت گرفته است. ابتدا با بررسی منابع نظری و اسناد معتبر، شاخص‌های مؤثر بر آسایش حرارتی در فضای باز استخراج شد. سپس با مطالعه میدانی، ۱۲ گذر منتخب از بافت تاریخی شیراز شناسایی و بر اساس جهت‌گیری، فرم فضایی و ویژگی‌های کالبدی در چهار گونه دسته‌بندی گردید. از هر گونه، یک نمونه گذر (سنگ سیاه، هفت‌پیچ، شازده منصور و امامزاده زنجیری) برای شبیه‌سازی در نرم‌افزار انوی مت انتخاب شد. پنج شاخص کلیدی شامل دمای بالقوه هوا، میانگین دمای تابشی، رطوبت نسبی، سرعت باد و شاخص UTCI در ساعت ۱۴ تابستان، در ارتفاع ۱/۴ متری، مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد گذر شازده منصور با برخورداری از فرم نیمه محصور، نسبت عرض به ارتفاع مناسب و حضور سایه‌بان‌ها و جریان مطلوب هوا، بهترین شرایط اقلیمی را داراست. در مقابل، گذر سنگ سیاه و امامزاده زنجیری به دلیل بازشدگی زیاد، فقدان عناصر سایه‌انداز و تهویه نامطلوب، ضعیف‌ترین وضعیت آسایش حرارتی را تجربه می‌کنند.

استناد: خطاپوش، نجمه؛ شعله، مهسا؛ لطفی، سهند و وکیلی‌نژاد، رزا. (۱۴۰۵). گونه شناسی گذرهای تاریخی شیراز در راستای ارتقاء آسایش اقلیمی. *مجله شهر پایدار*، ۹ (۳)، ۲۰-۱.

http://doi.org/10.22034/jsc.2026.541862.1872

© نویسندگان

ناشر: انجمن جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری ایران

مقدمه

شهرهای سنتی ایران واجد ساختاری هماهنگ و منسجم بوده‌اند که عناصر مختلف کالبدی و اجتماعی را در پیوندی ارگانیک کنار هم قرار می‌دادند. در میان این عناصر، شبکه گذرها به‌عنوان یکی از مهم‌ترین بسترهای ارتباطی، نقشی اساسی در پیونددهی بخش‌های مختلف بافت شهری و ایجاد زمینه‌ای برای حضور و فعالیت‌های متنوع ساکنان ایفا می‌کردند (عابدینی و آیوازیان، ۱۴۰۱). در این بافت‌ها، مفهوم ارتباط به‌عنوان اصلی بنیادین در سازمان فضایی شهر جاری بوده و گذرهای اصلی با اتصال مرکز شهر به محلات، بستر تعاملات انسانی، فعالیت‌های تجاری و حیات اجتماعی را فراهم می‌ساختند (محسنی و زمانی‌فرد، ۱۳۹۸). باوجوداین جایگاه، توجه به آسایش اقلیمی به‌عنوان یکی از شرایط بنیادین حضورپذیری و پایداری فضاهای عمومی در گذرهای تاریخی نقشی کلیدی داشته است. شرایط حرارتی فضاهای باز همچون گذرهای شهری کمتر موردتوجه قرارگرفته است؛ این در حالی است که این فضاها سهم قابل‌توجهی در ارتقاء کیفیت زندگی شهری و شکل‌گیری تعاملات اجتماعی دارند (Spagnolo & Dear, 2003).

ادبیات پژوهش در زمینه آسایش اقلیمی فضاهای باز شهری، به‌ویژه در بافت‌های تاریخی، در سال‌های اخیر گسترش‌یافته و می‌توان آن را به سه دسته اصلی تقسیم کرد: نخست، مطالعات کالبدی–فضایی بر بستر گذرهای تاریخی؛ دوم، پژوهش‌های کمی–تحلیلی مبتنی بر شاخص‌های اقلیمی؛ و سوم، مدل‌سازی‌های محیطی با استفاده از نرم‌افزارهایی چون ENVI-met. در دسته نخست، پژوهش شعله و یوسفی‌مشهور (۱۳۹۸) با عنوان «واکاوی گونه‌شناسانه عنصر گذر در بافت تاریخی شهرهای ایران؛ مورد پژوهی: بافت تاریخی شیراز»، با تحلیل ۲۰ گذر منتخب، تنوع کالبدی و عملکردی گذرها را شناسایی و گونه‌بندی کرده است. عابدینی و آیوازیان (۱۴۰۱) نیز با مطالعه گذر درخونگاه تهران، شاخص‌هایی چون سکون، تحرک، سلسله‌مراتب، پیوستگی و تنوع فضایی را معرفی کرده‌اند، که در بازآفرینی گذرهای شهری قابل بهره‌برداری‌اند. در دسته دوم، پژوهش‌هایی چون صفایی‌پور و همکاران (۱۳۹۱) و احمدی و همکاران (۱۳۹۷) با استفاده از شاخص‌هایی نظیر PMV، UTCI، MRT و PET، تأثیر جهت‌گیری، مصالح و سایه‌اندازی را بر بهبود شرایط حرارتی در اقلیم‌های گرم و خشک بررسی کرده‌اند. در دسته سوم، مطالعاتی مانند کریمی‌راد و همکاران (۱۳۹۷) و جعفری و تابان (۱۳۹۸) با بهره‌گیری از مدل‌سازی انوی مت، نقش فرم فضایی، پوشش گیاهی و نوع کف‌سازی را در تنظیم شرایط حرارتی ارزیابی کرده‌اند. همچنین پژوهش‌های خارجی (Abdollahzadeh & Biloria, 2021; Labdaoui et al., 2021; Lin et al., 2010; Yahia et al., 2018; Ng & Cheng, 2012; Szucs, 2013). بر اهمیت نسبت ارتفاع به عرض، جهت‌گیری، نوع مصالح و پوشش گیاهی در شکل‌گیری آسایش حرارتی خیابان‌ها در اقلیم‌های گوناگون تأکید داشته‌اند.

پژوهش حاضر با بهره‌گیری هم‌زمان از تحلیل گونه‌بندی و ریخت‌شناسی، در کنار داده‌های اقلیمی و همچنین شبیه‌سازی با انوی مت در چهار گونه گذر تاریخی شیراز، به دنبال پاسخ به این پرسش‌هاست که: ۱) معیارها و شاخص‌های مؤثر بر آسایش اقلیمی به‌منظور طراحی گذرهای تاریخی کدام‌اند؟ ۲) چگونه می‌توان گذرهای تاریخی شهر شیراز را بر اساس معیارهای به‌دست‌آمده گونه‌بندی کرد؟

مبانی نظری

آسایش اقلیمی

آسایش اقلیمی به حالتی ذهنی اطلاق می‌شود که در آن فرد از وضعیت حرارتی محیط خود احساس رضایت دارد. این مفهوم نه‌تنها تحت تأثیر شرایط اقلیمی، بلکه متأثر از ویژگی‌های فیزیولوژیکی، روان‌شناختی و فرهنگی است (Taleb &

Taleb, 2014). از دیدگاه فیزیولوژیکی، آسایش حرارتی حاصل تعامل میان تبادل انرژی بدن انسان تحت تأثیر دما، باد، رطوبت، دمای تابشی و عایق لباس است که چهار مورد اول توسط محیط شهری و مورد آخر توسط فرد تعیین می‌شود (Zhang et al., 2024). ارزیابی آسایش اقلیمی در فضای باز نسبت به فضای داخلی چالش‌برانگیزتر است، زیرا متغیرهای اقلیمی قابل‌کنترل نیستند و مدت‌زمان حضور افراد در این فضاها کمتر است (Szucs, 2013). به‌طوری‌که یان گل در مطالعات خود نشان داد که تصمیم افراد برای ماندن یا ترک فضا، به‌شدت تحت تأثیر عوامل خرد اقلیمی است (Ng & Cheng, 2012). بین ریز اقلیم و طراحی فضاهای باز شهری، همبستگی قابل‌توجهی که شامل عواملی مانند چینش محله‌ها، ارتفاع و تراکم ساختمان‌ها، شکل هندسی، مصالح و ویژگی‌های خیابان‌ها است، وجود دارد (Wang et al., 2025). به‌طورکلی عوامل مؤثر بر آسایش اقلیمی در فضاهای بیرونی به دو دسته عوامل محیطی و عوامل انسانی تقسیم می‌شوند. عوامل محیطی، خود در دو زیرگروه اصلی شامل هندسه شهری و پوشش گیاهی قابل طبقه‌بندی‌اند. عوامل انسانی به ویژگی‌های ذهنی و روان‌شناختی افراد اشاره دارند که بر ادراک آن‌ها از شرایط حرارتی محیط بیرونی تأثیر بسزایی می‌گذارند (Nikolopoulou, 2007). در مقابل، هندسه شهری شامل سه مؤلفه کلیدی نسبت ابعاد فضا (نسبت ارتفاع به پهنا)، نمایانی یا ضریب دید به آسمان (SVF) و جهت‌گیری خیابان (به دلیل میزان دسترسی خورشید و سرعت باد در معبر) است (شعله و همکاران، ۱۴۰۰).

یکی از عوامل کلیدی هندسه دره شهری، نسبت ارتفاع ساختمان به عرض خیابان است که به نسبت میانگین ارتفاع ساختمان‌ها در محدوده موردنظر به پهنای آن خیابان (H/W) تعریف می‌شود. اگر نسبت ارتفاع به پهنا برابر ۱ باشد محدوده شهری دارای دره شهری یکنواخت با عمق متوسط است و اگر این نسبت به ۰/۵ نزدیک شود دارای دره شهری کم‌عمق و اگر برابر با ۲ باشد دره شهری عمیقی را شامل می‌شود (Oke,1998). همچنین می‌توان گفت که مقدار بهینه نسبت ابعاد دره می‌تواند با توجه به جهت خیابان متفاوت باشد (Ng & Chang, 2012). فضاهای بیرونی در مناطقی با ساختمان‌های کم ارتفاع، به نظر می‌رسد محیط شهری، ناراحت‌کننده‌تر است؛ زیرا که هم سایه‌اندازی ساختمان‌ها کاهش می‌یابد و هم جریان تونل باد اتفاق نمی‌افتد؛ همچنین مطالعات نشان می‌دهد که خیابان‌های باریک سایه بهتری را توسط ساختمان‌ها برای عابران پیاده در پیاده‌روها نسبت به خیابان‌های عریض ایجاد می‌کنند (Jamei et al, 2016). به‌کارگیری راهکارهای مبتنی بر طبیعت در محیط‌های شهری، از جمله افزایش پوشش گیاهی در سطوح ساخته‌شده، با کاهش دمای سطوح و تعدیل تبادل حرارتی، می‌تواند نقش مؤثری در بهبود شرایط آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی در مقیاس ساختمان و شهر ایفا کند (نوبر و رحیمی، ۱۴۰۴).

استفاده از شاخص‌های استاندارد برای ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای باز ضروری است. این شاخص‌ها به سه دسته تقسیم می‌شوند: شاخص‌های خطی، مکانیکی و تجربی–ذهنی؛ که از میان آن‌ها، شاخص UTCI (Universal Thermal Climate Index) جامع‌ترین مدل مکانیکی فیزیولوژیکی شامل ترکیب اثرات دما، رطوبت، تابش و باد بر بدن انسان است (Brode et al., 2009). این شاخص در ده سطح از تنش سرمای شدید (منفی ۴۰ درجه سانتی‌گراد) تا تنش گرمای شدید (مثبت ۴۶ درجه سانتی‌گراد) طبقه‌بندی‌شده و با ابزارهایی مانند انوی مت، قابل‌تحلیل است (Feng et al., 2017). همچنین میانگین دمای تابشی (MRT) بیشترین تأثیر را بر مقادیر UTCI دارند و در فضاهای فاقد سایه یا با جهت‌گیری نامناسب، منجر به افزایش شدید استرس حرارتی می‌شود (Yang et al., 2022). بر اساس پژوهش حاضر، استفاده از شاخص UTCI به دلیل جامعیت و توانایی در نمایش تأثیر هم‌زمان چندین متغیر اقلیمی، می‌تواند بهترین شاخص جهت تحلیل وضعیت آسایش اقلیمی گذرهای تاریخی شیراز قرار انتخاب شود.

آسایش اقلیمی در گذرهای تاریخی

بافت تاریخی شهری دارای قدمت زیاد، ساختار فشرده، ارگانیک و هم پیوند، شبکه معابر باریک، تراکم عملکردی، و پیروی از الگوهای اقلیمی است (حبیبی و همکاران،۱۳۸۶). بافت‌های تاریخی به‌گونه‌ای طراحی‌شده‌اند که بتوانند با حداقل مصرف انرژی، شرایط آسایش نسبی برای ساکنان فراهم کنند. استفاده از نسبت‌های مناسب ارتفاع به عرض معابر، مصالح بومی، سایه‌اندازها و هندسه ارگانیک، نمونه‌هایی از این انطباق اقلیمی‌اند. بااین‌حال، در شرایط اقلیمی امروز که با شدت گرمایش و کاهش کیفیت فضای باز مواجه‌ایم، بازخوانی الگوهای بومی در کنار بهره‌گیری از مدل‌سازی اقلیمی می‌تواند راهی مؤثر برای ارتقاء کیفیت زیستی در این بافت‌ها باشد (Szucs, 2013). مطالعه آسایش حرارتی فضای باز در مناطق تاریخی، برای حفاظت، احیا و پایداری ارزش‌های معماری تاریخی حیاتی است (Li et al., 2023) و پیش‌بینی ریز اقلیم‌ها نقش کلیدی در این زمینه دارد (Han et al., 2024). در ساختار شهرهای تاریخی ایران، گذرها به‌عنوان عنصر اصلی سازمان فضایی شهر عمل می‌کردند و نقش اساسی در ارتباط بین مرکز شهر، محلات، بازار و فضاهای عمومی داشتند. آن‌ها نه‌تنها مسیرهای ارتباطی فیزیکی، بلکه بستری برای بروز فعالیت‌های اجتماعی، مذهبی و اقتصادی بودند (توسلی، ۱۳۷۶؛ شعله و یوسفی‌مشهور، ۱۳۹۸). ساختار ارگانیک با فرم‌های محصور، کوچه‌های باریک و سطوح سایه‌انداز، حاصل تطابق با اقلیم و فرهنگ بومی بود که از عناصر پایه شکل‌دهنده به هویت شهری محسوب می‌شدند (ابرقویی‌فرد و منصوری، ۱۴۰۰).

از نظر شکل، این گذرها به دو دسته ارگانیک و مستقیم تقسیم می‌شوند؛ گذرهای ارگانیک اغلب متأثر از نیازهای عملکردی و طبیعی شهر شکل‌گرفته‌اند (شعله و یوسفی‌مشهور، ۱۳۹۸)؛ درحالی‌که گذرهای مستقیم مانند بازار وکیل شیراز، حاصل طرح و برنامه‌ریزی قبلی‌اند (سلطان‌زاده، ۱۳۸۵). جداره‌های گذرها نیز از نظر مصالح و تزئینات به دو دسته تقسیم می‌شوند: سطوح ساده و یکنواخت که بیشتر در معابر فرعی و کوچه‌باغ‌ها رایج بوده‌اند، و سطوح مزین و برجسته که در مجاورت بناهای شاخص مذهبی یا حکومتی دیده می‌شوند. اغلب معابر خاکی و فاقد کف‌سازی بوده‌اند، اما در بازارها و معابر رسمی از مصالحی مانند آجر یا قلوه‌سنگ استفاده‌شده است. برخی از این مسیرها دارای پوشش کامل یا نیمه پوشیده بودند، مانند ساباط‌ها یا بازارهای طاق‌دار، که هم عملکرد اقلیمی و هم عملکرد اجتماعی داشتند (شعله و مشهور، ۱۳۹۸). گذرهای تاریخی نه‌تنها به‌عنوان مسیرهای حرکتی، بلکه به‌عنوان فضاهای زیستی چندوجهی با ساختار اقلیم پایه و اجتماعی، جایگاهی کلیدی در سازمان فضایی بافت تاریخی شهرها داشته‌اند. چارچوب مفهومی پژوهش از حاصل تعامل سه عامل اصلی متغیرهای اقلیمی، ویژگی‌های انسانی و مؤلفه‌های کالبدی گذر شکل‌گرفته است. متغیرهای اقلیمی مانند دما، رطوبت، میانگین دمای تابشی و جریان باد، تحت تأثیر خصوصیات فیزیکی محیط از جمله میزان پوشش گیاهی، مصالح، نسبت ارتفاع به عرض، ضریب دید آسمان و ... قرار می‌گیرند. در کنار آن، پارامترهای انسانی نظیر نوع پوشش، سطح فعالیت و مدت‌زمان حضور، برداشت کاربران از شرایط حرارتی را تعیین می‌کند. همچنین مؤلفه‌های کالبدی گذر، نقشی اساسی در تعدیل یا تشدید شرایط اقلیمی دارند. بر این اساس، مدل مفهومی پژوهش ترکیب این سه دسته متغیر را به‌عنوان بنیان تحلیل گونه‌های گذرهای تاریخی در راستای ارتقای آسایش اقلیمی مطرح می‌کند.

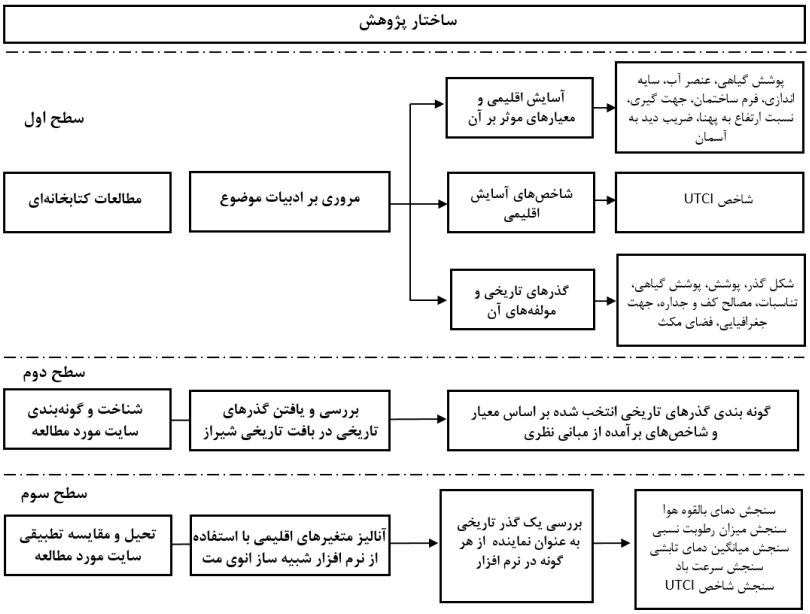


شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

روش پژوهش

در پژوهش کاربردی حاضر با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و مروری بر ادبیات موضوع، ابتدا به بررسی معیارها و شاخص‌های مؤثر بر میزان آسایش اقلیمی در گذرهای تاریخی پرداخته‌شده و در چارچوب مفهومی پژوهش در جهت دستیابی به گونه‌بندی گذرهای تاریخی در راستای ارتقا آسایش اقلیمی اشاره‌شده است. در سطح دوم شناخت گذرهای تاریخی شهر شیراز و گونه‌بندی این گذرها حاصل‌شده است و در سطح سوم به بررسی آسایش اقلیمی هر گونه از گذرها با استفاده از نرم‌افزار شبیه‌سازی انوی مت پرداخته‌شده و در نهایت به بررسی و مقایسه تطبیقی گذرهای تاریخی در هر گونه بر اساس ارتقا آسایش اقلیمی اقدام گردیده است.

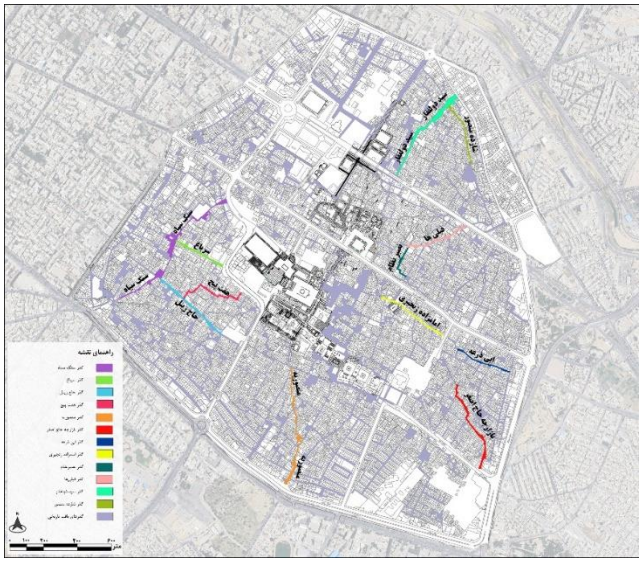
این پژوهش بر پایه دو راهبرد استدلال منطقی و تجزیه‌وتحلیل منابع کتابخانه‌ای از یک‌سو و سنجش کمی، بر پایه نرم‌افزار انوی مت از سوی دیگر بنا شده است. نرم‌افزار مذکور، یک مدل ریز اقلیم سه‌بعدی است که به‌طور گسترده برای مطالعات شبیه‌سازی ریز اقلیم شهری استفاده‌شده است و مجموعه‌ای جامع از متغیرهای مدل‌سازی شده را برای محاسبه جریان‌های انرژی فراهم می‌کند. این مدل شرایط آب و هوایی (دما، باد و رطوبت) را در سطوح مختلف و انواع عوارض (ساختمان‌ها، پوشش گیاهی، سطوح نفوذپذیر و غیر نفوذپذیر) در نظر می‌گیرد (Zhu et al, 2023). بدین ترتیب در فرایند شبیه‌سازی شاخص UTCI به‌عنوان یکی از معتبرترین و پرکاربردترین شاخص‌های سنجش آسایش حرارتی از نرم‌افزار موردنظر، بهره گرفته‌شده است. در این مقاله، شبیه‌سازی در فصل تابستان و یکم تیرماه (به‌عنوان یکی از گرم‌ترین ماه‌های سال در شیراز) سال ۱۴۰۳ و بر اساس داده‌های آب و هوایی پنجاه‌ساله انرژی پلاس شیراز (energyplus.com) انتخاب‌شده‌اند.



شکل ۲. فرایند ساختار پژوهش

محدوده موردمطالعه

محدوده موردمطالعه، بافت تاریخی شیراز در منطقه ۸ شهرداری است که با مساحت تقریبی ۳۶۰ هکتار، ۲/۸ درصد مساحت کل شهر را شامل می‌شود. در این بافت، گذرهای تاریخی متعددی وجود دارد که به‌عنوان بخشی از ساختار شهری قدیمی، نقش مهمی در حمل‌ونقل، تجارت و تعاملات اجتماعی شهر داشته‌اند. در دوره‌های مختلف، بین بازار، مساجد، مدارس و مراکز حکومتی، گذرهایی ایجادشده که ورودی‌های اصلی آن‌ها از طریق دروازه‌ها به منطقه متصل می‌شوند. این گذرها را می‌توان به‌عنوان رگبرگ‌های اصلی شبکه معابر در ساختار ارگانیک و پیچیده بافت شهر تلقی کرد که به دلیل موقعیت مکانی و برخورداری از جداره‌های ارزشمند معماری، نیازمند حفاظت و احیا هستند. با توجه بررسی‌های انجام‌شده از بین گذرهای تاریخی، ۱۲ گذر با جهت‌گیری‌های متفاوت و همچنین نحوه پخشایش انتخاب‌شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳. نقشه ۱۲ گذر تاریخی شهر شیراز

یافته‌ها

گونه شناسی گذرهای بافت تاریخی شیراز

علیرغم شکل‌گیری مشترک گذرها به‌عنوان جزئی از شبکه هم پیوند در شهر تاریخی، ویژگی‌های به‌دست‌آمده از زمینه‌های کالبدی–فضایی، موقعیت مکانی و کارکرد آن‌ها، سبب ایجاد طیف متنوعی از گذرهای تاریخی است.۱۲ گذر تاریخی منتخب در این پژوهش بر اساس تحلیل‌ها در ۴ گونه متفاوت تقسیم‌بندی شدند. این چهار گونه در جهت تسریع بررسی آسایش اقلیمی در این گذرهای تاریخی و بر اساس جهت جغرافیایی گذرها صورت گرفته است. گونه اول (A) شامل گذر سنگ سیاه، گذر سید ذوالفقار و گذر نصیر نظام است که این سه گذر دارای جهت شمال شرقی–جنوب غربی هستند. با توجه به تحلیل‌ها، گذر سنگ سیاه به‌عنوان نمونه موردبررسی از گونه اول در نرم‌افزار انتخاب‌شده است. گذر آبی ذرعه، امامزاده زنجیری، سرباغ و حاج زینل، نام گذرهای گونه شماره دوم (B) هستند که در جهت شرقی–غربی واقع‌شده‌اند. بر خلاف گونه اول، عرض و طول گذرها در این‌گونه شباهت بیشتری به یکدیگر دارند. از این میان‌گذر امامزاده زنجیری در این‌گونه جهت شبیه‌سازی در نرم‌افزار انتخاب‌شده است. یکی از مهم‌ترین دلایل انتخاب این گذر، وجود مسجد نصیرالملک و امامزاده زنجیری است که باعث افزایش تردد عابران پیاده در این مسیر و همچنین افزایش ارتفاع در جداره نسبت به مابقی گذرها شده است. گذرهای منصوریه، بازارچه حاج اصغر و گذر شازده منصور در جهت شمال غربی–جنوب شرقی و بدون هیچ پوشش گیاهی در گونه سوم (C) قرار می‌گیرند. از دیگر اشتراکات این‌گونه، وجود ساباط در دو گذر منصوریه و شازده منصور است. ازاین‌گونه، گذر شازده منصور جهت بررسی بیشتر در نرم‌افزار انتخاب‌شده است. در چهارمین گونه (D)، دو گذر هفت پیچ و بازارچه فیلی‌ها قرار داده شد که جهت‌گیری غالب این دو گذر شمال شرق به جنوب غربی است. گذر هفت پیچ به دلیل داشتن یک ساباط در ابتدای گذر، داشتن شکل هندسی خاص و همچنین زیاد بودن نسبت ارتفاع به عرض کم در این گذر، دارای اهمیت ویژه‌ای است. به همین علت این گذر انتخاب‌شده است تا در نرم‌افزار موردبررسی قرار گیرد. مشخصات و ویژگی‌های هر گونه و دسته‌بندی آن‌ها در جدول ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۱. مقایسه ویژگی‌های گذرهای موجود در گونه‌ها

گونه	نام گذر	جهت قرارگیری گذر	طول گذر	عرض‌گذر	ارتفاع جداره	جنس مصالح بدنه	جنس مصالح کف	پوشش گیاهی	عناصر فیزیکی تأثیرگذار سایه
گونه شماره یک (A)	گذر نصیر نظام	شمال شرقی–جنوب غربی	۱۸۱/۵ متر	ابتدا با عرض ۱/۷ سپس عریض‌تر در حدود ۳/۱ تا ۳/۵ متر	متغیر بین ۳ تا ۸ متر غالباً ۸ متر	غالباً آجری	سنگ‌فرش	ندارد	ندارد
	گذر سنگ سیاه	شمال شرقی–جنوب غربی	۷۶۱/۵ متر	عرض به‌شدت متغیر بین ۱/۸ تا ۲۵ متر	متغیر بین ۵/۲ تا ۵/۷ متر	غالباً آجری	سنگ‌فرش	محوطه سبز در میان‌گذر و باغچه درختان در برخی نقاط	ندارد
	گذر سید ذوالفقار	شمال شرقی–جنوب غربی	۵۰۰ متر	عرض به‌شدت متغیر بین ۶/۵ تا ۲۸ متر	با ارتفاع متغیر بین ۳ تا ۶ متر در انتهای گذر ۹ متر	ترکیب سیمان و آجر غالباً آجر در انتهای گذر	سنگ‌فرش	از ابتدا تا میانه گذر درختان کم ارتفاع در دو طرف مسیر	ندارد
گونه شماره دو (B)	گذر آبی ذرعه	شرقی–غربی	۲۷۸/۳ متر	عرض متغیر بین ۲/۸ تا ۴/۸ متر	بین ۳ تا ۶ متر غالباً ۶	سیمان، آجر و سنگ غالباً سیمان	آسفالت	ندارد	ندارد
	گذر	شرقی–	۳۷۵/۵	عرض متغیر بین ۲	بین ۳ تا ۶ متر	سیمانی و	سنگ‌فرش	ندارد	ندارد

	امامزاده زنجیری	غربی	متر	تا ۶ متر	به‌جز دیوار نصیرالملک حدود ۹	آجری			
	گذر حاج زینل	شرقی–غربی	۳۶۹/۵ متر	متغیر بین ۲/۶ تا ۳/۵ و در محوطه‌ها تا ۵/۲۸	متغیر بین ۳ تا ۶ متر	غالباً آجری	سنگ‌فرش	سه محوطه کوچک در میانه گذر	ندارد
	گذر سرباغ	شرقی–غربی	۲۲۶/۵ متر	متغیر بین ۳ تا ۶/۲ متر	متغیر بین ۳ تا ۹ متر غالباً حدود ۶	غالباً آجری و اندکی سیمان نارنجی	سنگ‌فرش	ندارد	ندارد
گونهٔ شماره سه (C)	گذر منصوریه	شمال غربی–جنوب شرقی	۵۹۵/۵ متر	ابتدا عرض متغیر ۸ تا ۱۲/۵ سپس عرض کمتر بین ۲/۲ تا ۴/۷ متر	بین ۳ تا ۷/۵ متر غالباً ۳ متر	سیمان زرد و آجر غالباً سیمانی	سنگ‌فرش	ندارد	یک ساباط در میانه گذر و سایه‌بان مغازه در مسیر
	گذر بازارچه حاج اصغر	شمال غربی–جنوب شرقی	۴۶۵/۵ متر	در ابتدا با عرض ثابت ۷ سپس متغیر بین ۳ تا ۱۱ معمولاً ۵ متر	ابتدا با ارتفاع‌ثابت ۳ متر و سپس متغیر بین ۳ تا ۶ متر	آجری و سیمان زرد غالباً سیمانی	سنگ‌فرش	ندارد	سایه‌بان مغازه در ورودی گذر
	گذر شازده منصور	شمال غربی–جنوب شرقی	۳۰۰ متر	متغیر بین ۳ تا ۵ به‌جز ابتدای مسیر با عرض ۱۰ متر	متغیر بین ۳ تا ۶ متر	سیمان نارنجی و آجر غالباً سیمانی	آسفالت	ندارد	یک ساباط و دو سایه‌بان در میانه و ابتدا گذر
گونهٔ شماره چهار (D)	گذر بازارچه فیلی‌ها	شمال شرقی–جنوب غربی	۲۶۲ متر	عرض متغیر بین ۳ تا ۵ متر	بین ۳ تا ۶ متر غالباً ۳ متر	آجری و سیمان نارنجی	سنگ‌فرش	یک محوطه کوچک با فضای سبز در میان‌گذر	شیب در دو نقطه بازارچه
	گذر هفت پیچ	شمال شرقی–جنوب غربی	۳۴۶/۵ متر	متغیر بین ۱/۷ تا ۴/۴ متر	متغیر بین ۳ تا ۶ متر غالباً ۶ متر	سیمانی و آجری غالباً سیمانی	سنگ‌فرش	ندارد	یک ساباط طولانی در ابتدای گذر

تحلیل اقلیمی گذرهای انتخاب‌شده در نرم‌افزار انوی مت

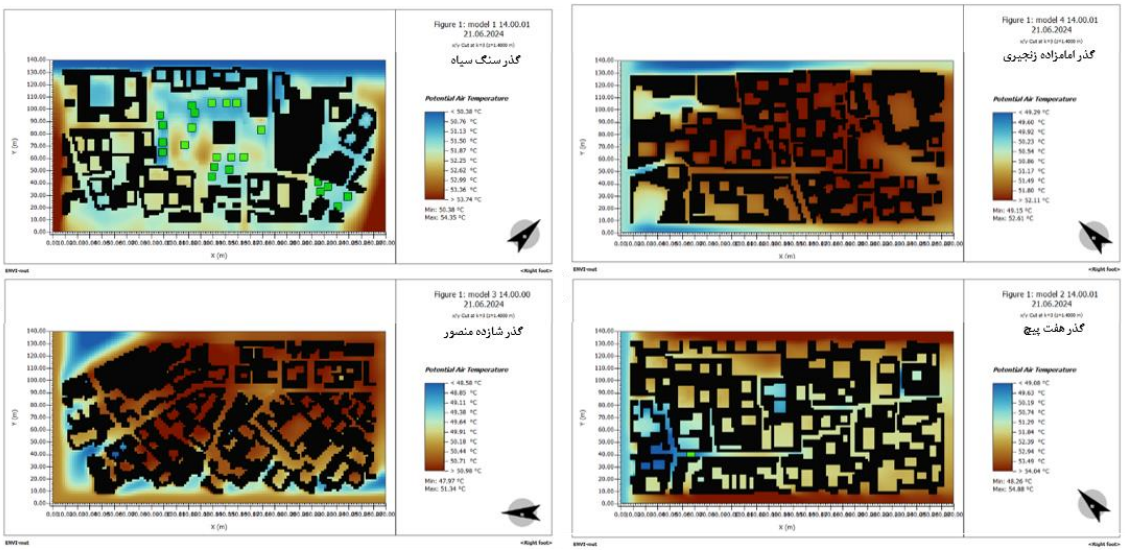
پس از اجرای مدل‌سازی، خروجی‌های مدل اقلیمی توسط نرم‌افزار انوی مت، برای مقطع زمانی ۱۴ بعدازظهر با بیشینه دمای روزانه تیرماه، موردمحاسبه و داده‌های عددی به‌وسیله نرم‌افزار اکسل خروجی گرفته‌شده و سپس برای نمایش نقشه‌های گرافیکی، خروجی‌ها از نرم‌افزار Leonardo استفاده‌شده است. تمامی خروجی‌ها در سطح عابران پیاده و در ارتفاع یک متر و ۴۰ سانتی‌متر گرفته‌شده است. هدف اصلی مقایسه تطبیقی شرایط آسایش اقلیمی در چهار گونه متفاوت گذر و تحلیل شاخص‌های آن است.

تحلیل و مقایسه تطبیقی دمای بالقوه هوا در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

دمای هوای بالقوه معیاری برای مقایسه دما در نقاط مختلف بدون تأثیر مستقیم تغییرات فشار و ارتفاع است. این شاخص در مطالعات اقلیمی و مدل‌سازی شهری به‌ویژه برای تحلیل اثرات مصالح کف، سایه‌اندازی و هندسه شهری بر دمای محیط به کار می‌رود. مقایسه دمای بالقوه هوا بین این چهار گذر تاریخی نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی در هر یک از آن‌ها به‌شدت تحت تأثیر ویژگی‌های کالبدی و مورفولوژیکی محیط اطراف است. در گذر سنگ سیاه بیشترین دمای بالقوه هوا تا حدود °C۵۲/۶۲ و کمینه نیز در حدود °C۵۰/۷۶ قرار دارد. سطح غالب گذر در بازه دمای ۵۱/۵۰ تا ۵۲/۲۵ °Cاست. این شرایط نشان‌دهنده ضعف شدید در کنترل تابش خورشیدی و فقدان سایه‌اندازی مؤثر در بستر گذر

است. فضای باز و همچنین جهت‌گیری نامناسب نسبت به مسیر خورشید باعث بالا رفتن دمای محسوس شده‌اند. این مدل از منظر آسایش حرارتی در پایین‌ترین سطح عملکرد قرار دارد. اما گذر هفت پیچ با دارا بودن جهت‌گیری پیچ‌درپیچ و فرم ارگانیک، نسبت به مدل قبل وضعیت بهتری دارد. با کمینه دما در حدود ۴۹/۶۳°C، بیشینه حدود ۵۱/۸۴ °C و همچنین غالب دما در سطح گذر با ۵۱/۲۹ درجه با پراکندگی یکنواخت‌تر است. این امر ناشی از وجود سایه‌های حاصل از شکست‌های فضایی، تراکم ساختمانی بیشتر و همچنین وجود ساباط در برخی نواحی است.

گذر شازده منصور با حداقل دمای ۵۰/۱۸ °Cو حداکثر ۵۰/۹۸ °C، بهترین شرایط دمای بالقوه در بین چهار مدل را داراست. این گذر دارای فرم نسبتاً متراکم، دارای ساباط و سایه‌بان است که باعث کاهش محسوس دما شده‌اند. همچنین، نسبت عرض به ارتفاع مناسب گذر موجب افزایش آسایش حرارتی شده است. گذر امامزاده زنجیری با کمینه دما در حدود ۵۰/۸۶°C، بیشینه ۵۲/۱۱°C و غالب گذر با دمای ۵۱/۴۹ درجه در رتبه سوم قرار می‌گیرد و نشان از عملکرد متوسط آن دارد. با وجود تراکم نسبی در بافت، فقدان پوشش گیاهی کافی و جهت‌گیری شرقی–غربی آن موجب بالا رفتن دما در نقاطی از گذر شده است. در یک نگاه تطبیقی، گذر شازده منصور از نظر دمای بالقوه هوا بهترین عملکرد را دارد، درحالی‌که گذر سنگ سیاه با بالاترین دمای بالقوه هوا، در پایین‌ترین جایگاه قرار می‌گیرد.



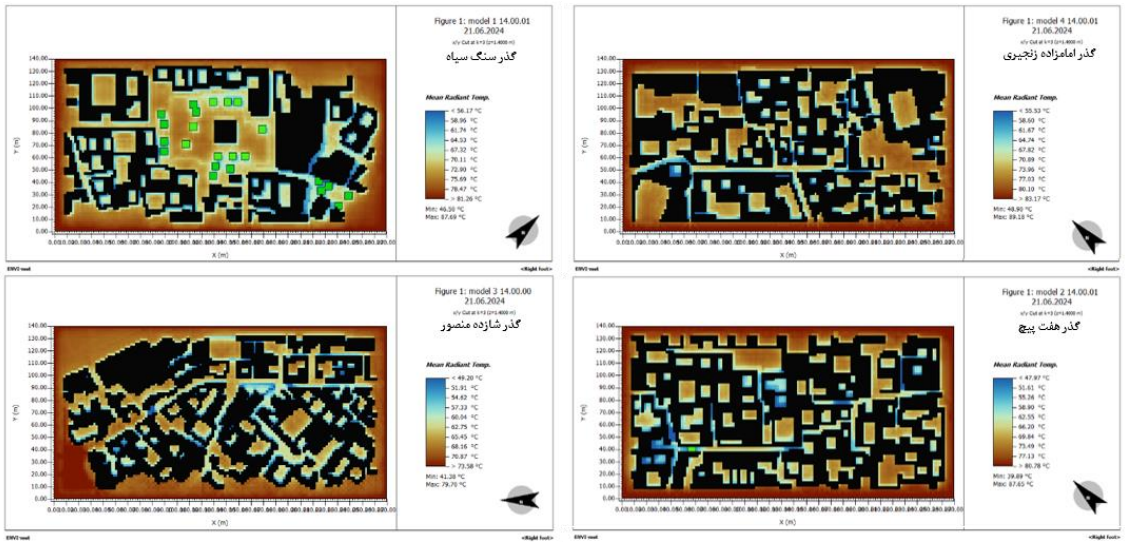
شکل ۴. نقشه دمای بالقوه در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

تحلیل و مقایسه تطبیقی میانگین دمای تابشی در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

میانگین دمای تابشی یکی از مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر بر احساس آسایش حرارتی انسان در محیط‌های باز است. این شاخص بیانگر میانگین دمای سطوح اطراف یک فرد است که از طریق تابش گرمایی بر بدن او اثر می‌گذارد. میانگین دمای تابشی نقش کلیدی در تعیین آسایش حرارتی دارد و می‌تواند تأثیر بیشتری نسبت به دمای هوای محیط داشته باشد. در گذر سنگ سیاه بیشینه میانگین دمای تابشی به حدود ۷۲/۹۰ °Cمی‌رسد و کمینه در حدود ۵۸/۹۶ °C قرار دارد. سطح غالب گذر در بازه ۷۲/۹۰ درجه است که نشان‌دهنده تابش شدید و ناکارآمدی در ایجاد سایه‌های مؤثر در سطح گذر است. عرض زیاد گذر، بازشدگی در مرکز و عدم وجود سایه‌بان‌ها باعث شده تا تابش خورشید بدون مانع به سطح نفوذ کند. این مدل در شاخص میانگین دمای تابشی نیز ضعیف‌ترین عملکرد را دارد. در گذر هفت‌پیچ مقدار میانگین دمای تابشی در بازه ۴۷/۹۷ تا ۶۹/۸۴ °C قرار دارد. میانگین غالب در سطح بین ۶۶/۲۰ درجه است. در این

مدل، هرچند بخش‌هایی با تابش بالا دیده می‌شود، اما ساختار پیچ‌درپیچ، عرض باریک‌تر و ساباط‌های پراکنده باعث شده تابش در نقاط زیادی کنترل شود. در مقایسه با بقیه گذرها، عملکرد قابل‌قبول‌تری داشته و شرایط بهتری برای حضور را فراهم کرده است.

گذر شازده منصور با حداکثر میانگین دمای تابشی برابر با ۷۰/۸۷ °Cو حداقل ۵۱/۹۱ °C، کمترین حداقل میانگین دمای تابشی را دارد. سطح غالب بین ۶۲/۷۵ تا ۶۵/۴۵ درجه است که در وضعیت مطلوبی بعد از گذر هفت پیچ قرار دارد. وجود ساباط و سایه‌بان‌های متعدد، جهت‌گیری مناسب و بافت نیمه محصور از دلایل موفقیت این گذر در کنترل تابش محسوب می‌شود. در گذر امامزاده زنجیری میانگین دمای تابشی بین ۵۵/۵۳ تا ۷۷/۰۳ °C متغیر است و سطح غالب حدوداً در دمای ۷۰/۸۹ درجه قرار دارد. بااینکه تراکم بافتی نسبی مشاهده می‌شود، اما فقدان عناصر سایه‌انداز مانند پوشش گیاهی، سایبان یا طاق‌نما موجب شده بخش عمده‌ای از گذر تحت تأثیر تابش مستقیم قرار گیرد. بر اساس تحلیل‌های انجام‌شده بر شاخص میانگین دمای تابشی، می‌توان گفت گذر سنگ سیاه بیشترین مقدار دمای تابشی را با میانگین غالب حدود ۷۲,۹۰ °Cتجربه می‌کند و در کنترل تابش مستقیم خورشید کاملاً ناکارآمد عمل کرده است. در نقطه مقابل، گذر هفت‌پیچ با ساختار پیچ‌خورده، عرض کم و سایه‌اندازی مناسب، شرایط به‌مراتب بهتری برای حضور انسان در ساعات گرم فراهم می‌سازد. گذر شازده منصور نیز با وجود میانگین دمای تابشی نسبتاً پایین، عملکرد قابل قبولی دارد. بااین‌حال، گذر امامزاده زنجیری، وضعیت نامطلوبی را نشان می‌دهد. درمجموع، گذر شازده منصور و هفت‌پیچ در این شاخص نسبت به دو گذر دیگر عملکرد بهتری دارند، درحالی‌که گذر سنگ سیاه با بیش‌ترین دمای تابشی و کم‌ترین سایه‌پذیری، ضعیف‌ترین شرایط را برای آسایش اقلیمی ارائه می‌دهد.



شکل ۵. نقشه میانگین دمای تابشی در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

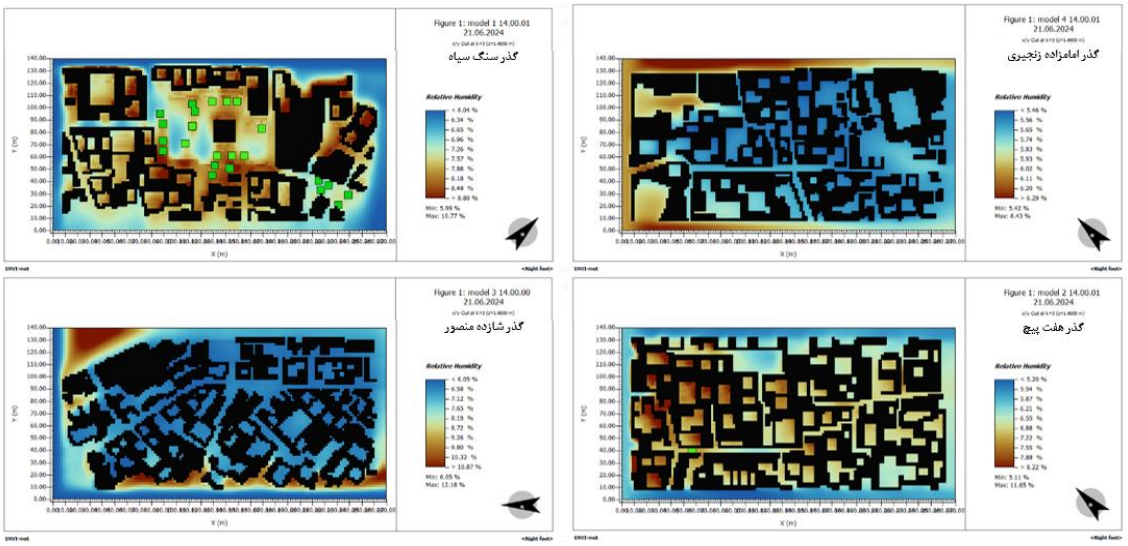
تحلیل و مقایسه تطبیقی رطوبت نسبی در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

رطوبت نسبی نشان‌دهنده نسبت میزان بخار آب موجود در هوا به حداکثر بخاری است که هوا می‌تواند در یک دمای خاص نگه دارد. این شاخص یکی از عوامل مهم در تعیین شرایط آسایش حرارتی افراد در محیط‌های شهری است. مقادیر پایین رطوبت نسبی باعث خشکی هوا و افزایش تبخیر عرق بدن شده و موجب احساس گرمای بیشتر می‌شود،

درحالی‌که مقادیر بالای رطوبت، باعث کاهش تبخیر و ایجاد احساس گرمای نامطبوع می‌شود. رطوبت نسبی در مناطق شهری تحت تأثیر عواملی مانند میزان تابش خورشید، مصالح ساختمانی، پوشش گیاهی و باد قرار دارد.

در گذر سنگ سیاه مقادیر رطوبت نسبی بین حداقل ۶/۳۴ ٪ تا حداکثر ۸/۴۸ ٪ متغیر است. این رطوبت نسبتاً بالا در این مدل به دلیل وجود سطح باز زیاد و احتمال پوشش گیاهی بیشتر در برخی نقاط است که باعث نگهداری رطوبت در کف شده، اما با توجه به شرایط دمایی شدید این رطوبت نتوانسته منجر به آسایش حرارتی شود. در گذر هفت‌پیچ رطوبت نسبی در بازه ۶/۲۱ ٪ تا ۷/۸۹ ٪ قرار دارد. بااین‌حال، بخش زیادی از بافت در محدوده ۶/۸۸ ٪ تثبیت‌شده که نسبت به سنگ سیاه کمتر است. این موضوع می‌تواند به هندسه خاص، بافت متراکم‌تر و کمبود پوشش گیاهی در سطح گذر مربوط باشد که مانع از حفظ رطوبت در کف فضا شده است.

در گذر شازده منصور رطوبت نسبی بین ۶/۰۵ ٪ تا ۷/۱۲ ٪ متغیر است و نشان‌دهنده کاهش رطوبت در بستر این گذر تاریخی می‌باشد؛ که ممکن است ناشی از سطح بالای تابش در مناطق جانبی یا کمبود پوشش گیاهی باشد. در گذر امامزاده زنجیری کمترین میزان رطوبت نسبی به چشم می‌خورد؛ به‌طوری‌که رطوبت نسبی بین ۵/۴۶ ٪ تا ۵/۷۴ ٪ قرارگرفته و به‌وضوح در پایین‌ترین سطح در بین چهار مدل قرار دارد. این مقدار پایین ممکن است ناشی از جهت‌گیری شرقی–غربی، بازشدگی بیش‌ازحد، و نبود عناصر اقلیمی مؤثر مانند ساباط یا سایه‌انداز باشد که باعث از دست رفتن سریع رطوبت شده است. از نظر شاخص رطوبت نسبی، گذر سنگ سیاه برخلاف سایر شاخص‌ها، عملکرد بهتری دارد و توانسته بیشترین سطح رطوبت نسبی را حفظ کند؛ اما به دلیل تابش شدید و فرم باز، نتوانسته شرایط پایداری را فراهم آورد. درحالی‌که گذر امامزاده زنجیری و شازده منصور خشک‌ترین شرایط را دارند. گذر هفت‌پیچ نیز در سطح میانی قرار می‌گیرد، اما به دلیل هندسه پیچ‌درپیچ این گذر، میزان رطوبت با پراکندگی ناهمگون پخش‌شده است.



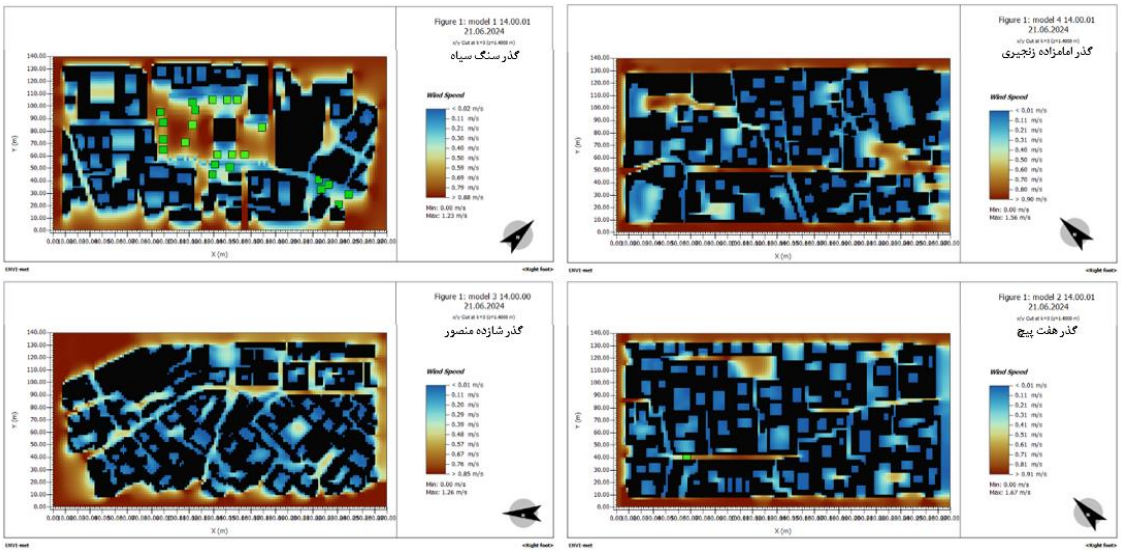
شکل ۶. نقشه میزان رطوبت نسبی در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

تحلیل و مقایسه تطبیقی سرعت باد در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

سرعت باد یکی از عوامل کلیدی در تنظیم آسایش حرارتی و کیفیت محیطی در مناطق شهری محسوب می‌شود. جریان هوای مناسب می‌تواند گرمای محبوس شده در فضاهای شهری را کاهش داده و تبادل حرارتی میان سطح و جو را بهبود بخشد. در مقابل، انسداد جریان باد به دلیل طراحی نامناسب شهری، تراکم بالای ساختمان‌ها و عرض کم معابر،

می‌تواند منجر به تشدید پدیده جزیره گرمایی شهری و افزایش استرس گرمایی در محیط شود. در گذر سنگ سیاه حداکثر سرعت باد در حدود ۰/۵۰ m/s و حداقل آن تقریباً 0/02 m/s گزارش‌شده است. با وجود بازشدگی‌های میانی و عرض زیاد، به دلیل جهت‌گیری نامناسب نسبت به باد غالب، جریان مؤثر هوا در بدنه اصلی گذر کاهش‌یافته و بیشتر در لبه‌های محیطی دیده می‌شود. این الگوی جریان نشان‌دهنده ضعف تهویه در مرکز گذر و کاهش اثر خنک‌کنندگی باد در بخش‌های پرتردد است. گذر هفت‌پیچ با داشتن شبکه‌ای پیچ‌درپیچ و نسبتاً باریک، باعث کاهش شدید سرعت باد در اکثر نقاط، به‌جز محدوده خطی گذر در جهت شرقی–غربی، شده است. بیشینه سرعت باد در این مدل ۰/۸۱ m/s و کمینه آن نزدیک به صفر است. باوجوداینکه فرم ارگانیک باعث شکست جریان هوا و کنترل تابش شده، اما از دید تهویه و جریان باد، گذر عملکرد متوسط تا ضعیفی دارد.

گذر شازده منصور با سرعت باد حداکثری حدود m/s۰/۶۷ عملکرد قابل قبولی در ایجاد جریان‌های داخلی دارد. جهت‌گیری گذر و سطوح باز در امتداد باد، به همراه فرم نیمه محصور باعث نفوذ مناسب باد و پخش متوازن‌تر آن در بخش‌های مختلف شده است. متوسط سرعت باد در این گذر بین ۰/۲۰ تا ۰/۵۷ m/s می‌باشد. در گذر امامزاده زنجیری (مدل ۴)، سرعت باد در محدوده‌ای بین ۰/۱۱ تا ۰/۸۰ m/s پراکنده‌شده است، اما بخش عمده‌ای از گذر، به‌ویژه در نواحی که در جهت شرقی–غربی واقع‌شده‌اند با افزایش سرعت باد تا میانگین حدود ۷۰/۰ m/s مواجه هستیم. با تحلیل شاخص سرعت باد در چهار مدل موردبررسی، می‌توان نتیجه گرفت که فرم، جهت‌گیری و میزان بازشدگی هر گذر تأثیر مستقیمی بر میزان تهویه طبیعی و خنک‌کنندگی محیط دارند. در این میان، گذر امامزاده زنجیری با جهت‌گیری مناسب هم‌راستا با جریان باد، توانسته است شرایط مطلوب‌تری از نظر توزیع و نفوذ باد در بدنه گذر فراهم آورد و عملکرد نسبتاً موفق‌تری نسبت به سایر مدل‌ها داشته باشد. گذر شازده منصور نیز به دلیل افزایش نسبی سرعت باد در برخی نواحی، وضعیت بهتری نسبت به دو مدل دیگر دارد. در مقابل، گذر سنگ سیاه، از پایین‌ترین سطح تهویه رنج می‌برد و جریان هوا بیشتر در مرزهای خارجی آن باقی‌مانده است. گذر هفت‌پیچ علی‌رغم کاهش تابش به کمک فرم ارگانیک، در کنترل و انتقال مؤثر باد در فضاهای داخلی چندان موفق عمل‌نکرده و از نظر جریان هوا، وضعیت متوسط تا ضعیفی دارد.



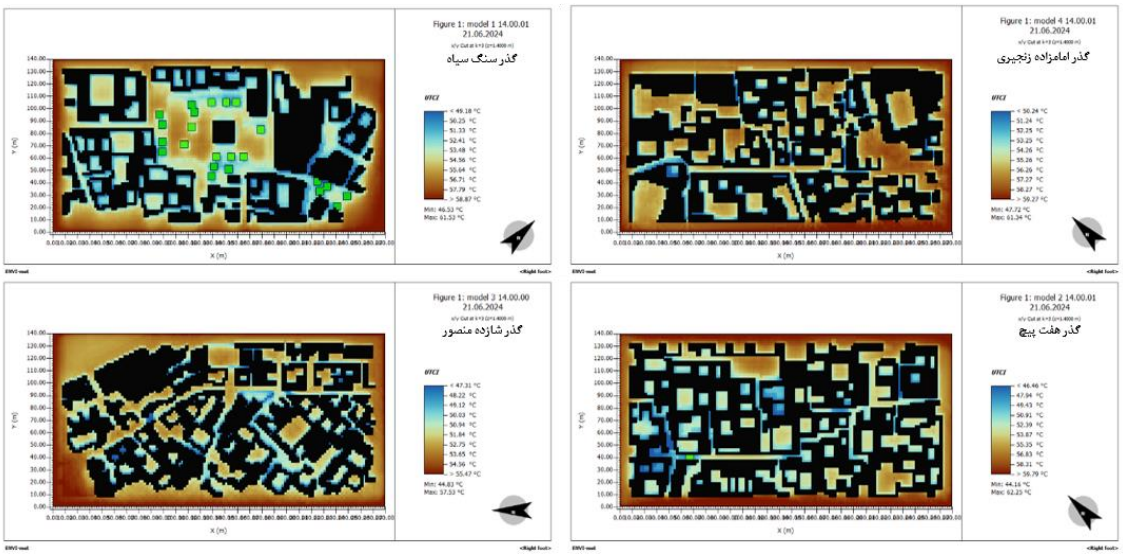
شکل ۷. نقشه سرعت باد در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

تحلیل و مقایسه تطبیقی شاخص UTCI در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

در نرم‌افزار، نقشه‌های UTCI بر اساس ترکیب پارامترهای اقلیمی و فیزیولوژیکی محاسبه و تحلیل می‌شوند. این شاخص میزان راحتی حرارتی انسان را در یک محیط خاص بر اساس دمای هوا، تابش خورشید، رطوبت، سرعت باد و ویژگی‌های تبادل گرمایی بدن انسان تعیین می‌کند. شاخص UTCI به‌صورت یک دما در مقیاس درجه سلسیوس (°C) نمایش داده می‌شود اما معنای آن متفاوت از دمای واقعی هواست، زیرا اثرات اقلیمی مختلف را نیز در نظر می‌گیرد.

گذر سنگ سیاه دارای حداکثر مقدار UTCI برابر با 57/27 و حداقل حدود 51/24 درجه است. سطح غالب گذر در بازه ۵۴/۵۶ درجه قرار دارد که نشان‌دهنده تنش حرارتی شدید و شرایط بسیار نامطلوب برای حضور انسان در فضاست. این وضعیت ناشی از عرض زیاد گذر، کمبود سایه‌اندازی و تهویه ضعیف می‌باشد. این مدل از منظر آسایش حرارتی بعد از گذر امامزاده زنجری در ضعیف‌ترین وضعیت قرار دارد. گذر هفت‌پیچ دارای حداکثر ۵۵/۳۵ و کمینه ۴۶/۴۶ درجه است. سطح غالب گذر در حدود ۵۳/۸۷ درجه سانتی‌گراد است که همچنان شرایط نامطلوبی را نشان می‌دهد، اما به دلیل فرم ارگانیک، وجود ساباط، عرض کم و ارتفاع زیاد، وضعیت نسبتاً کنترل‌شده‌تری نسبت به مدل سنگ سیاه و امامزاده زنجیری دارد. گذر شازده منصور با حداقل 31/47 درجه و حداکثر65/53 درجه، کمترین مقادیر UTCI را در بین چهار مدل دارد. توزیع رنگ آبی تیره در نقاط متعدد نشان‌دهنده عملکرد بهتر در کنترل گرمای محسوس است. وجود سایه‌بان، فرم نیمه محصور، نسبت عرض به ارتفاع مناسب و نفوذ باد، نقش مؤثری در کاهش تنش حرارتی ایفا کرده‌اند. این گذر از لحاظUTCI در بهترین وضعیت اقلیمی قرار دارد. گذر امامزاده زنجیری دارای حداکثر UTCI با غالب ۵۶/۲۶ درجه در طول محور می‌باشد. دمای حداقل این شاخص ۵۱/۲۴ °C و حداکثر ۵۷ /۲۷ °C است. میانگین کلی UTCI نسبتاً بالا و پراکندگی تابش در فضا گسترده است. اگرچه برخی نواحی عملکرد قابل قبولی دارند، اما کمبود سایه‌انداز و پوشش سبز و جهت‌گیری شرق–غربی گذر باعث شده بسیاری از بخش‌ها تحت تأثیر تنش گرمایی قرار بگیرند.

در تحلیل شاخص UTCI که معیار اصلی ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری محسوب می‌شود، تفاوت عملکرد گذرهای چهارگانه به‌وضوح قابل‌مشاهده است. گذر شازده منصور، بهترین عملکرد اقلیمی را داشته و شرایط آسایش حرارتی در آن مطلوب‌تر از سایر مدل‌ها ارزیابی می‌شود. این موفقیت ناشی از ویژگی‌هایی همچون وجود ساباط، سایه‌بان‌های مؤثر، نسبت عرض به ارتفاع مناسب، فرم نیمه محصور و جریان باد مناسب است که همگی نقش مهمی در کاهش تنش گرمایی ایفا کرده‌اند. در مقابل، گذر امامزاده زنجیری، در پایین‌ترین سطح آسایش حرارتی قرارگرفته است. دلیل این وضعیت، جهت‌گیری شرقی–غربی، کمبود سایه‌انداز و فقدان پوشش گیاهی در امتداد گذر است. گذر سنگ سیاه نیز وضعیت نامطلوبی دارد و تنها اندکی نسبت به امامزاده زنجیری بهتر عمل کرده است. گذر هفت‌پیچ، اگرچه همچنان در محدوده تنش گرمایی شدید قرار دارد، اما به دلیل فرم ارگانیک، عرض باریک‌تر، ارتفاع نسبی زیاد و وجود ساباط، شرایط نسبتاً کنترل‌شده‌تری را نسبت به گذرهای امامزاده زنجیری و سنگ سیاه ارائه می‌دهد.



شکل ۸. نقشه شاخص UTCI در ساعت ۱۴ در گذرهای تاریخی

بررسی و مقایسه تطبیقی گیرنده‌ها در نرم‌افزار انوی مت

پس از بررسی نقشه‌های تحلیلی، به بررسی گیرنده‌های موجود در گذرهای تاریخی جهت دستیابی به مقایسه تطبیقی هر شاخص منحصربه‌فرد تأثیرگذار در آسایش اقلیمی پرداخته می‌شود. شاخص‌های موردبررسی شامل: وجود و یا عدم وجود پوشش گیاهی و عناصر سایه‌انداز همانند ساباط، نسبت ارتفاع جداره به عرض، وجود هندسه خاص و در آخر جنس مصالح کف گذر هستند. بدین علت صرفاً به بررسی گذر هفت پیچ و سنگ سیاه با در نظر گرفتن ۱۰ گیرنده، که در نقشه ۹ مشخص‌شده است، پرداخته می‌شود. برای تحلیل دقیق‌تر متغیرها، در فرآیند جانمایی گیرنده‌ها، تلاش شده است که در هر مقایسه، تمامی متغیرها ثابت نگه‌داشته شده و تنها یک متغیر متفاوت باشد تا تأثیر آن به‌صورت دقیق بررسی شود.

بررسی گیرنده‌ها در گذر سنگ سیاه: در گذر سنگ سیاه از پنج گیرنده جهت تحلیل و بررسی بهتر متغیرها استفاده‌شده است. برای جانمایی گیرنده‌ها، سعی بر آن بوده است که دوبه‌دو تمام متغیرها ثابت بوده و صرفاً یک متغیر متفاوت باشد. در این گذر رسپتور ۱ و ۲ تنها در جنس مصالح کف متفاوت‌اند، رسپتور ۳ و ۴ در وجود و یا عدم وجود پوشش گیاهی در تفاوت هستند و رسپتور پنج را می‌توان با رسپتور سه به دلیل تفاوت در نسبت ارتفاع به پهنا با یکدیگر مقایسه کرد.

مقایسه بین رسپتور ۱ و ۲ (تفاوت در جنس مصالح کف): مقایسه بین رسپتورهای ۱ و ۲ که تنها در نوع کف‌سازی تفاوت دارند (جنس آسفالت در رسپتور ۱ و سنگفرش در ۲)، نشان می‌دهد که جنس کف نقش اندکی در دمای تابشی میانگین ایفا می‌کند. داده‌ها نشان می‌دهند که در تمام طول روز، میانگین دمای تابشی در رسپتور ۱ به‌طور پیوسته و اختلاف دمایی بسیار اندک، بالاتر از رسپتور ۲ است. برای مثال، در ساعت ۱۳، میانگین دمای تابشی در رسپتور ۱ برابر با ۷۰/۶۸ °C و در رسپتور ۲ برابر با ۷۰/۰۶ °C ثبت‌شده است. گرچه این اختلاف در برخی ساعات اندک به نظر می‌رسد، ولی به‌صورت تجمعی در طول روز می‌تواند منجر به افزایش میانگین دمای تابشی قابل‌توجهی شود. دلیل این اختلاف را می‌توان در ویژگی‌های فیزیکی آسفالت مانند رنگ تیره، ظرفیت حرارتی بالا و ضریب جذب بیشتر تابش خورشیدی جست‌وجو کرد. سنگفرش در مقابل، گرمای کمتری جذب کرده و سریع‌تر آن را دفع می‌کند، که این ویژگی در تعدیل دمای محیط تأثیرگذار است.

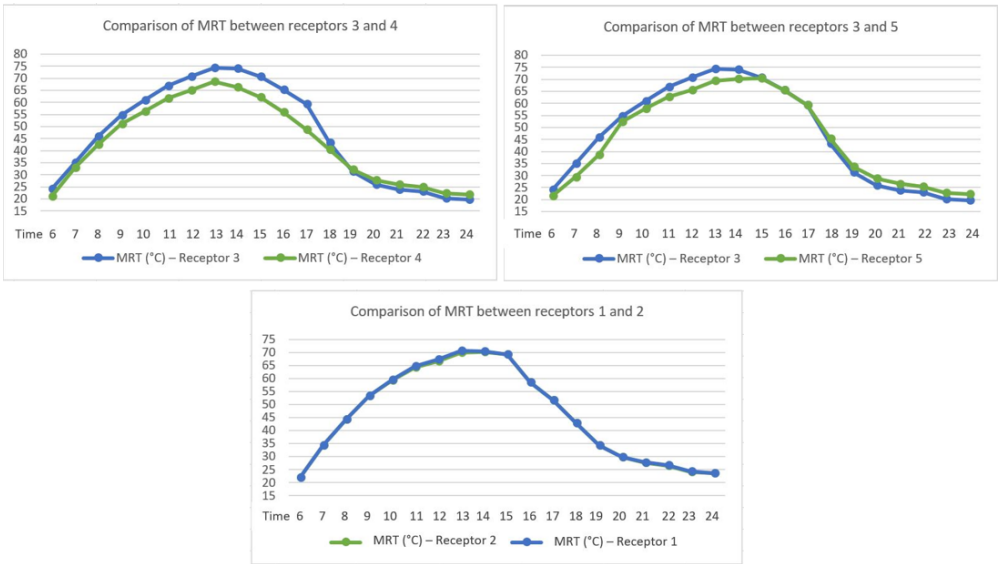
مقایسه رسپتور ۳ و ۴ (تفاوت در وجود و یا عدم وجود پوشش گیاهی): تفاوت میان رسپتور ۳ (فاقد پوشش گیاهی) و رسپتور ۴ (دارای پوشش گیاهی) به‌وضوح تأثیر پوشش گیاهی بر میانگین دمای تابشی را نشان می‌دهد. در ساعات میانی

روز، به‌ویژه ساعت ۱۳، مقدار میانگین دمای تابشی در رسپتور ۳ برابر با ۷۴/۲۶ °Cو در رسپتور ۴ حدود ۶۸/۵۹ °C گزارش‌شده است؛ (یعنی بیش از ۵/۶ درجه اختلاف) همچنین در ساعت ۱۴، مقدار میانگین دمای تابشی در رسپتور ۳ به °C۷۴/۰۴ می‌رسد، درحالی‌که در رسپتور ۴ مقدار کمتری معادل ۶۶/۳۳ °C ثبت‌شده است. این اختلاف محسوس نشان‌دهنده نقش مهم سایه‌اندازی و فرآیند تعرق پوشش گیاهی در کاهش دمای محیط و ارتقاء آسایش اقلیمی است.

مقایسه رسپتور ۳ و ۵ (تفاوت در نسبت ارتفاع به عرض): در این مقایسه، تأثیر نسبت ارتفاع به عرض‌گذر (H/W) بر میانگین دمای تابشی بررسی‌شده است. رسپتور ۳ با نسبت ۰,۶۲:H/W و رسپتور ۵ با نسبت ۱,۲۱ انتخاب‌شده‌اند. همان‌گونه که بیان‌شده است، هر مقدار که نسبت ارتفاع به پهنا کمتر باشد و گذر بازتری داشته باشیم، دمای آن قاعدتاً بیشتر نشان داده می‌شود؛ برای نمونه در ساعت ۱۴، میانگین دمای تابشی در رسپتور ۳ برابر با ۷۴/۰۳ °C و در رسپتور ۵ معادل °C۷۰/۱۴ است که تفاوتی حدود ۴ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد. دلیل اصلی این کاهش، سایه‌اندازی بیشتر در گذرهای باریک‌تر و بلندتر است که از دریافت مستقیم تابش آفتاب در سطوح افقی جلوگیری می‌کند.



شکل ۹. نقشه موقعیت گیرنده‌ها در گذر سنگ سیاه و هفت پیچ

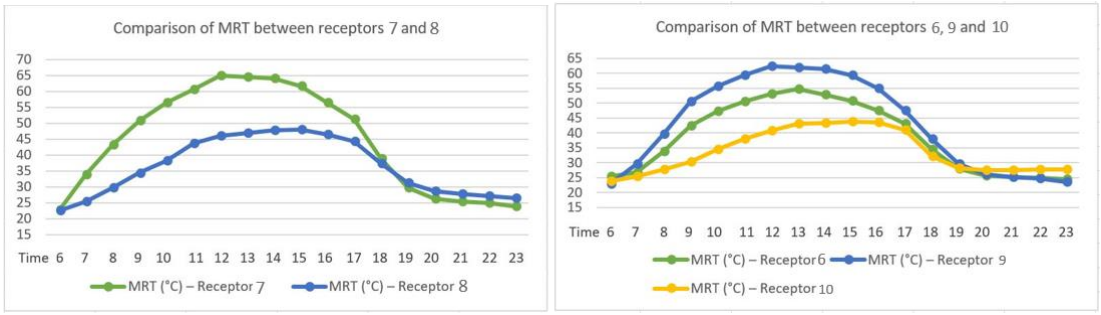


شکل ۱۰. نمودار میانگین دمای تابشی گیرنده‌ها در گذر سنگ سیاه

بررسی گیرنده‌ها در گذر هفت پیچ: برای تحلیل دقیق‌تر متغیرها در گذر هفت پیچ، از پنج گیرنده استفاده‌شده است. در این گذر گیرنده‌های ۷ و ۸ تنها از نظر نسبت ارتفاع به پهنا متفاوت هستند، درحالی‌که گیرنده‌های ۶ و ۱۰ به لحاظ وجود یا عدم وجود ساباط مقایسه شده‌اند. علاوه بر این، گیرنده ۹ را می‌توان با گیرنده ۶ مقایسه کرد، زیرا تفاوت آن‌ها در جهت‌گیری جغرافیایی و هندسه منحصربه‌فرد گذر است.

مقایسه رسپتور ۷ و ۸ (تفاوت در نسبت ارتفاع به عرض): در این مقایسه، دو رسپتور با نسبت‌های متفاوت ارتفاع به عرض موردبررسی قرار گرفتند؛ رسپتور ۷ با نسبت H/W برابر ۱٫۱۲ و رسپتور ۸ با نسبت ۲٫۰۰. نتایج میانگین دمای تابشی نشان می‌دهد که رسپتور ۸، که در گذری باریک‌تر و بلندتر واقع‌شده، در اکثر ساعات روز دمای تابشی کمتری نسبت به رسپتور ۷ دارد. در ساعت ۱۳، میانگین دمای تابشی در رسپتور ۷ حدود ۶۴/۱۵ °C و در رسپتور ۸ تنها ۴۷/۸۲°C ثبت‌شده است؛ یعنی اختلافی قابل‌توجه نزدیک به ۱۷ درجه. این کاهش شدید ناشی از سایه‌اندازی پیوسته جداره‌های مرتفع‌تر در فضای محدود رسپتور ۴ است که مانع از ورود تابش مستقیم به سطح گذر می‌شود.

مقایسه رسپتور ۶، ۹ و ۱۰ (تفاوت در وجود ساباط، جهت‌گیری و فرم هندسی گذر): در این تحلیل سه‌گانه، تأثیر عوامل کالبدی از جمله ساباط، جهت‌گیری معبر و فرم هندسی غیرخطی بر میانگین دمای تابشی بررسی‌شده است. رسپتور ۱۰ که در زیر ساباط قرار دارد، پایین‌ترین میانگین دمای تابشی را در طول روز ثبت کرده است؛ به‌ویژه در ساعات ظهر، که مقدار آن حدود ۴۳ درجه گزارش‌شده، درحالی‌که رسپتور ۶ و رسپتور ۹ به ترتیب ۵۴/۷۵ °C و ۶۱/۹۵ °C را نشان می‌دهند. حضور ساباط نقش مهمی در قطع تابش مستقیم و ایجاد سایه پایدار ایفا کرده است. از سوی دیگر، رسپتور ۹ که در بخشی از گذر با پیچ‌های هندسی و زاویه‌دار قرار دارد، بالاترین میانگین دمای تابشی را ثبت کرده است. به نظر می‌رسد فرم خمیده مسیر، محصوریت بالا و جهت‌گیری خاص آن موجب تجمع گرما و کاهش تهویه طبیعی شده است.



شکل ۱۱. نمودار میانگین دمای تابشی گیرنده‌ها در گذر هفت پیچ

بحث

مطالعه حاضر به تحلیل تطبیقی شرایط آسایش اقلیمی در چهار نمونه گذر تاریخی شهر شیراز در ساعت ۱۴ بعدازظهر پرداخته است، ساعتی که اغلب با بیشینه دمای روزانه مواجه بوده و تعیین‌کننده‌ترین زمان برای سنجش آسایش حرارتی در فضاهای باز به شمار می‌آید. داده‌های استخراج‌شده از مدل انوی مت در قالب شاخص‌های اقلیمی منتخب دمای بالقوه هوا، میانگین دمای تابشی، رطوبت نسبی، سرعت باد و شاخص ترکیبی UTCI، نشان می‌دهد که تفاوت‌های کالبدی هر گذر، مانند عرض و ارتفاع، فرم ارگانیک یا خطی، وجود یا نبود عناصر اقلیمی مانند ساباط، پوشش گیاهی، سایه‌بان و همچنین جهت‌گیری فضایی، تأثیرات مستقیمی بر کیفیت آسایش حرارتی دارند. گذر شازده منصور با برخورداری از فرم نیمه محصور، نسبت مناسب عرض به ارتفاع، وجود ساباط و سایه‌بان‌های مؤثر و نفوذپذیری نسبی جریان باد، بالاترین

سطح آسایش اقلیمی را در بین چهار مدل ارائه داد. در مقابل، گذر سنگ سیاه به دلیل بازشدگی بیش‌ازحد، فقدان عناصر سایه‌انداز و تهویه ضعیف، پایین‌ترین رتبه اقلیمی را کسب کرد. گذر هفت‌پیچ به‌واسطه فرم ارگانیک، شکست‌های فضایی و وجود ساباط عملکرد قابل‌قبولی در کاهش تابش و دمای محسوس داشت، اما از نظر تهویه و حفظ رطوبت نسبی عملکرد متوسط داشت. گذر امامزاده زنجیری نیز بااینکه در برخی شاخص‌ها مانند سرعت باد نتایج نسبتاً خوبی نشان داد، اما به دلیل جهت‌گیری نامناسب و نبود پوشش گیاهی، در شاخص UTCI ضعیف‌ترین وضعیت را داراست.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که رفتار حرارتی گذرهای تاریخی شیراز ارتباط مستقیمی با ویژگی‌های کالبدی، مورفولوژیک و عناصر اقلیمی موجود در هر گذر دارد. بر اساس پژوهش‌های نظری توسلی (۱۳۸۵)، شعله و مشهور (۱۳۹۸) و سلطان‌زاده (۱۳۸۵) در حوزه بافت‌های تاریخی ایران، فرم ارگانیک، نسبت مناسب ارتفاع به عرض، حضور فضاهای نیمه محصور مانند ساباط و استفاده از مصالح همساز با اقلیم، از مهم‌ترین مؤلفه‌های شکل‌دهنده کیفیت محیطی در شهرهای سنتی ایران محسوب می‌شوند. این الگوهای کالبدی دقیقاً در گذرهایی مانند شازده منصور و هفت‌پیچ مشاهده‌شده است و خروجی نقشه‌های انوی مت نیز کارآمدی آن‌ها را در بهبود آسایش حرارتی تأیید می‌کند.

از منظر اقلیمی نیز یافته‌های این تحقیق با نتایج پژوهش‌هایی که نقش هندسه شهری بر شرایط حرارتی را بررسی کرده‌اند همسو است. مطالعاتی مانند کرمی‌راد و همکاران (۱۳۹۷)، شعله و همکاران (۱۴۰۰) و Ng & Chang (۲۰۱۲) نشان داده‌اند که کاهشSVF ، افزایش ارتفاع جداره نسبت به عرض، پیوستگی فضایی و ایجاد سایه‌بان‌های مؤثر باعث کاهش میانگین دمای تابشی، دمای بالقوه و در نهایت بهبود شاخص‌های آسایش حرارتی می‌شود. در این پژوهش نیز گذر شازده منصور با داشتن H/W مناسب، سایه‌اندازی به‌وسیله ساباط و سایه‌بان‌ها و همچنین نفوذپذیری مطلوب باد، بهترین وضعیت UTCI را نشان داده است، درحالی‌که گذر سنگ سیاه به دلیل گشودگی زیاد، نبود فقدان عناصر سایه‌انداز و تهویه نامناسب، پایین‌ترین سطح آسایش اقلیمی را ثبت کرده است. همچنین مقایسه یافته‌های این مطالعه با پژوهش‌هایی در حوزه آسایش اقلیمی نیز هم‌راستا است. برای مثال Abdollahzadeh & Biloria (۲۰۱۲) و Jamei et al(۲۰۱۶) نشان داده‌اند که فرم خطی یا ارگانیک معابر، نوع پوشش گیاهی و نحوه توزیع سایه در طول روز می‌تواند شاخص‌های PET، UTCI و MRT را به‌طور قابل‌توجهی تغییر دهد. در این پژوهش نیز مشخص شد که گذر هفت‌پیچ به دلیل شکست‌های فضایی و وجود ساباط توانسته میانگین دمای تابشی را کاهش دهد، اما ضعف در تهویه باعث کاهش محسوس آسایش حرارتی آن شده است. با توجه به چارچوب مفهومی، مقایسه گیرنده‌ها و نقشه‌های خروجی گرفته‌شده از نرم‌افزار انوی مت با پیشینه نظری موجود نشان می‌دهد که عناصری همچون نسبت ابعاد ارتفاع جداره به عرض (H/W)، جهت‌گیری گذر، حضور عناصر سایه‌انداز (ساباط، سایه‌بان، درخت) و جنس مصالح با بازتاب پذیری مناسب به‌کاررفته در جداره می‌توانند به‌عنوان راهبردهای مؤثر برای ارتقای آسایش اقلیمی در فضاهای تاریخی مورداستفاده قرار گیرند.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش

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

تضاد منافع

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

تقدیر و تشکر

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

منابع

ابرقویی فرد، حمیده و منصوری، سید امیر. (۱۴۰۰). بازخوانی مؤلفه‌های سازنده سازمان فضایی شهر ایرانی پس از اسلام در سفرنامه‌های قرن نهم تا چهاردهم هجری قمری. *منظر*، ۱۳ (۵۵)، ۲۹–۲۰. doi: 10.22034/manzar.2021.240065.2070

توسلی، محمود. (۱۳۷۶). *قواعد و معیارهای طراحی فضای شهری*. تهران: مرکز مطالعات و تحقیقات شهرسازی و معماری ایران.

توسلی، محمود. (۱۳۸۵). *ساخت شهر و معماری در اقلیم گرم و خشک ایران*. تهران: انتشارات مرکز مطالعات معماری و شهرسازی ایران.

سلطان‌زاده، حسین. (۱۳۸۵). *فضاهای شهری در بافت‌های تاریخی ایران*. تهران: دفتر پژوهش‌های فرهنگی.

شعله، مهسا؛ صادقی، علیرضا و عبادی، مریم. (۱۴۰۰). سنجش تغییرات هندسه بافت شهری بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی (مطالعه موردی: بافت مسکونی قدیمی و میانی شیراز). *مجله شهر پایدار*، ۴ (۲)، ۲۲–۱. doi: 10.22034/jsc.2021.244281.1296

شعله، مهسا و یوسفی‌مشهور، سارا. (۱۳۹۸). واکاوی گونه شناسانه عنصر گذر در بافت تاریخی شهرهای ایران مورد پژوهی بافت تاریخی شیراز. *دانش شهرسازی*، ۳ (۳)، ۱۰۸–۸۳. doi: 10.22124/upk.2019.12781.1175

صفایی پور، مسعود؛ شبانکاری، مهران و تقوی، سیدطیبه. (۱۳۹۱). شاخص‌های زیست‌اقلیمی مؤثر بر آسایش انسان (مطالعه موردی: شهر شیراز). *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۲۴ (۲)، ۲۱۰–۱۹۳.

طاهباز، منصوره. (۱۳۸۸). روش تحلیل آمار هواشناسی برای طراحی معماری همساز با اقلیم. *نشریه هنرهای زیبا: معماری و شهرسازی*، ۱ (۳۸)، ۷۲–۶۱.

عابدینی، حامد و آیوازیان، سیمون. (۱۴۰۱). تحلیل جایگاه گذرهای تاریخی در ساختار عمومی شهر (مورد مطالعاتی: گذر درخونگاه تهران). *منظر*، ۱۴(۵۹)، ۸۷–۷۴. doi: 10.22034/manzar.2022.299343.2146

کرمی راد، سینا؛ محمد، علی‌آبادی و امین، حبیبی. (۱۳۹۷). سنجش تأثیر هندسه شهری بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی در مقیاس خرد اقلیم (مورد پژوهی: فضای باز مجتمع مسکونی گلدشت شیراز). *برنامه‌ریزی منطقه‌ای*، ۸ (۲۹)، ۱۶۱–۱۷۲.

محسنی، ملیحه و زمانی‌فرد، علی. (۱۳۹۸). رهیافتی برخوانش روابط اجتماعی در بافت تاریخی بررسی موردی: گذر تاریخی آقابزرگ کاشان. *نامه معماری و شهرسازی*، ۱۱ (۲۲)، ۹۰–۷۱. doi: 10.30480/aup.2019.690

نوبر، زهرا و رحیمی، اکبر. (۱۴۰۴). ارزیابی عملکرد حرارتی بام سبز؛ مطالعه موردی: شهر تبریز. *مجله شهر پایدار*، ۸ (۱)، ۱۱۷–۱۰۱. doi: 10.22034/jsc.2025.475823.1799

References

Abarghouei Fard, H., & Mansouri, S. A. (2021). Reviewing the constituent components of the spatial organization of the Iranian city after Islam in the 9th–14th AH

travelogues. *Manzar: The Scientific Journal of Landscape, 13*(55), 20–29. https://doi.org/10.22034/manzar.2021.240065.2070 [In Persian]

Abdollahzadeh, N., & Biloria, N. (2021). Outdoor thermal comfort: Analyzing the impact of urban configurations on the thermal performance of street canyons in the humid subtropical climate of Sydney. *Frontiers of Architectural Research, 10*(2), 394–409. https://doi.org/10.1016/j.foar.2020.11.006

Abedini, H., & Ayvazian, S. (2022). An analysis of the position of historical passages in the structure of public urban spaces (Case study: Dar-Khoungah passage, Tehran). *Manzar: The Scientific Journal of Landscape, 14*(59), 74–87. https://doi.org/10.22034/manzar.2022.299343.2146 [In Persian]

Feng, Y.-H., Zheng, L.-P., Ying, R., Zhang, Y., Lin, Y.-S., & Wang, G.-Q. (2017). Forms of heavy metals in soils of a zinc mining area in northwestern Guizhou Province and their environmental risks. *Journal of Ecology and Rural Environment, 33*, 142–149. https://doi.org/10.11934/j.issn.1673-4831.2017.02.007

Han, J., Chong, A., Lim, J., Ramasamy, S., & Wong, N. H. (2024). Microclimate spatio-temporal prediction using deep learning and land use data. *Building and Environment, 253*, 111358. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111358

Jamei, E., Rajagopalan, P., Seyedmahmoudian, M., & Jamei, Y. (2016). Review on the impact of urban geometry and pedestrian-level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 54*, 1002–1017. https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104

Karamirad, S., Aliabadi, M., & Habibi, A. (2018). Assessing the impact of urban geometry on outdoor thermal comfort at the microclimate scale: A case study of the open space of the Goldasht residential complex in Shiraz. *Journal of Regional Planning, 8*(29), 161–172. [In Persian]

Labdaoui, K., Mazouz, S., Moeinaddini, M., Cools, M., & Teller, J. (2021). The street walkability and thermal comfort index (SWTCI): A new assessment tool combining street design measurements and thermal comfort. *Science of the Total Environment, 795*, 148663. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148663

Li, Y., Yang, M., Bai, H., Li, R., Liang, J., Huang, J., & Du, Y. (2023). A novel outdoor thermal comfort simulation model for heritage environments (OTC-SM-HE): Verifying the effectiveness in Gulangyu, China. *Building and Environment, 242*, 110568. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110568

Lin, T.-P., Matzarakis, A., & Hwang, R.-L. (2010). Shading effect on long-term outdoor thermal comfort. *Building and Environment, 45*, 213–221. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.06.002

Mohseni, M., & Zamani Fard, A. (2019). An approach for identifying social relationships in historic fabric: Case study of the Aqa Bozorg historic Gozar (passage) of Kashan. *Journal of Architecture and Urban Planning, 11*(22), 71–90. https://doi.org/10.30480/aup.2019.690 [In Persian]

Ng, E., Chen, L., Wang, Y., & Yuan, C. (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment, 47*, 256–271. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.07.014

Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2007). Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area. *Building and Environment, 42*, 3691–3707. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2006.09.008

Nobar, Z., & Rahimi, A. (2025). Thermal performance evaluation of green roofs in metropolises: A case study of Tabriz. *Journal of Sustainable City, 8*(1), 101–117. https://doi.org/10.22034/jsc.2025.475823.1799 [In Persian]

Safaeipour, M., Shabankari, M., & Taghavi, T. (2013). The effective bioclimatic indices for evaluating human comfort (A case study: Shiraz city). *Geography and Environmental Planning (University of Isfahan), 24*(2), 43–46. [In Persian]

Sholeh, M., & Yousefi Mashhour, S. (2019). A typological exploration of pathways in the historic urban fabric of Iranian cities: Case study of Shiraz (Iran). *Urban Planning Knowledge, 3*(3), 83–108. https://doi.org/10.22124/upk.2019.12781.1175 [In Persian]

Sholeh, M., Sadeghi, A., & Ebadi, M. (2021). Evaluation of urban texture geometry variation on outdoor thermal comfort conditions: Case study of old and middle residential fabrics of Shiraz city. *Journal of Sustainable City, 4*(2), 1–22. https://doi.org/10.22034/jsc.2021.244281.1296 [In Persian]

Soltanzadeh, H. (2006). *Urban spaces in the historical fabrics of Iran*. Cultural Research Bureau. [In Persian]

Spagnolo, J., & de Dear, R. J. (2003). A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney, Australia. *Building and Environment, 38*, 721–738. https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00209-3

Szűcs, Á. (2013). Wind comfort in public urban space: A case study within Dublin Docklands. *Frontiers of Architectural Research, 2*, 50–66. https://doi.org/10.1016/j.foar.2012.12.002

Tahbaz, M. (2009). The method of meteorological data analysis for climate-responsive architectural design. *Journal of Fine Arts: Architecture & Urban Planning, 1*(38), 61–72. [In Persian]

Taleb, H., & Taleb, D. (2014). Enhancing thermal comfort at the urban level in a desert area: A case study of Dubai. *Urban Forestry & Urban Greening, 13*, 253–260. https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.01.003

Tavasoli, M. (1997). *Principles and criteria of urban space design*. Iran Urban and Architecture Studies Center. [In Persian]

Tavasoli, M. (2006). *City construction and architecture in Iran's hot and dry climate*. Iran Architecture and Urban Studies Center. [In Persian]

Wang, Y., Liu, X., Xie, R., Wang, J., Dong, Q., Yao, W., & Lin, D. (2025). Thermal comfort and urban microclimate response: A new thermal environment assessment model for waterfront spaces in historic ancient towns. *Energy and Buildings, 331*, 115393. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2025.115393

Yang, X., Zhang, Q., He, S., & Li, S. (2022). Thermal comfort assessment of the Beijing historical town blocks: Analysis of indices and applications. *Scientific Programming, 2022*, 1–18. https://doi.org/10.1155/2022/2381584

Zhang, Y., Kong, Y., Chen, C., Lin, J., Lin, D., Zhang, Y., & Li, Y. (2024). The impact of urban morphology on the thermal environment under extreme heat: A case study in Nanjing, China. *Urban Climate, 58*, 102178. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2024.102178

Zhu, R., Liu, Y., Yan, B., Zhang, X., Yuan, L., Wang, Y., & Pan, Y. (2023). Effects of district parameters, green space, and building density on thermal comfort: A case study of Badaguan District in Qingdao. *Case Studies in Thermal Engineering, 42*, 102705. https://doi.org/10.1016/j.csite.2023.102705