Karafan
Quarterly Scientific Journal of National University of Skill
Winter 2026, Vol. 22, No. 4, p. 230-268
Journal Homepage: https://karafan.tvu.ac.ir/?lang=en
:10.48301/KSSA.2025.510745.3163

Re-examining the climatic performance of semi-open spaces in order to adjust temperature in the hot and dry climate of Shiraz based on physical proportions (case study of a veranda)

Jamshid Karimzadeh[1*], Jamal-e-din Mahdinejad Darzi[2], Bagher Karimi [3]

[1] Ph.D., Department of Architecture, Faculty of Engineering, Bushehr Islamic Azad University, Bushehr, Iran.Shiraz.

[2] Professor, Department of Architecture, Faculty of Architecture and Urban Engineering, Tarbiat Dabir Shahid Rajaee University, Tehran, Iran.

[3] Assistant Professor, Department of Architecture, Faculty of Engineering, Bushehr Islamic Azad University, Bushehr, Iran

ARTICLE INFO

Article Type:
Original Research

Received: 10.03.2025
Revised: 03.06.2025
Accepted: 28.09.2025

Keyword:
Thermal Comfort
Heat Island
Ecological Architecture
Semi-Open Spaces
Physical Proportions
Thermal Performance
PET index

***Corresponding Author:**
Jamshid Karimzadeh
Email:
Jamboy_27884@yahoo.com

ABSTRACT

With the increase in urban construction, the thermal comfort range of human life has also been more affected by the damage caused by climate imbalance. The energy crisis in the world is one of the factors of increasing excess temperatures in urban areas, so living spaces need to develop effective solutions to adjust the temperature in order to reduce the damage. In this regard, the physical proportions of architectural elements and spaces have been a factor in providing thermal comfort. Understanding the impact of the physical proportions of semi-open spaces on their thermal performance based on improving the thermal comfort index and reducing the thermal stress of the surrounding environment was one of the most important goals of this research. The most important question of this research was how physical proportions affect the thermal performance of semi-open spaces in areas with high thermal stress in the city of Shiraz. The research methodology was quantitative, conducted in two historical contexts and one middle context of Shiraz city through field tests and then software simulation. The results were collected by temperature and humidity sensors along with physical measurements. Then, validation was carried out by Envi-met software and the PET thermal comfort index was extracted from this software. Evaluation and screening of parameters were carried out by Delphi software and finally, correlation coefficients were calculated by SPSS and Excel software.The most important achievements of the research indicate that the structure of the veranda in the hot and dry climate of Shiraz has the most suitable climatic structure. The orientation of the veranda on the northwest-west front has the lowest temperature. The most optimal physical proportions, by expanding the area of the veranda on the facade and, in this regard, increasing the width to the height of the veranda (L/H>1), reducing the height for shading, and increasing the height of the veranda from the ground, the PET thermal comfort index has experienced a more appropriate temperature effect. Finally, the thermal comfort index has

shown a more significant effect with increasing the spatial opening in the facade (vertical surface) compared to the horizontal surface.

Introduction

The reinterpretation and reproduction of proven vernacular concepts can play a vital role in mitigating climate change. The pursuit of achieving optimal spatial quality in architecture is fundamentally rooted in human experiences and empirical knowledge. A clear and accurate understanding of semi-open spaces requires a detailed analysis of their climatic performance. Accordingly, recognizing and utilizing the latent potentials of the climate to create environmental comfort in open and semi-open spaces is of particular importance.

By identifying and harnessing natural potentials for reducing temperature and energy consumption, thermal comfort can be improved, contributing to broader goals of climatic sustainability. In this regard, understanding the thermal behavior of vernacular architectural elements and their impact on thermal comfort indices in buildings forms a foundational and influential aspect of this research.

Examining the research problem from various angles and influencing factors leads to the following central question:

- How do spatial proportions affect the thermal performance of semi-open spaces in areas experiencing high thermal stress in Shiraz?

Sub-questions:

- Which orientations of porches (semi-open spaces) in Shiraz's hot and arid climate offer the most optimal thermal conditions?
- Which physical parameters show the closest correlation with the thermal comfort index in porches?

Based on the nature of the research, several hypotheses are proposed to address the research problem:

- Given that vernacular strategies and their integration with contemporary architectural practices can help solve some climatic challenges, if semi-open spaces like porches are aligned with optimized spatial proportions on vertical facades, then they will offer more effective shading and natural ventilation, resulting in better thermal performance compared to adjacent open spaces.
- Considering the critical role of orientation and solar radiation, if the influence coefficient of spatial proportions in climatic elements such as porches and central courtyards is adjusted, then the duration of thermal comfort perception without heat stress will increase.

Based on geographical orientation, solar exposure, and prevailing winds, if the spatial openness of porches is increased horizontally along the façade, then due to enhanced shading and ventilation, mean radiant temperature, air temperature, and surface temperature will decrease.

Table 1 Research background.

Inquirers	Research Objectives
Sabri & Mozaffari Qhadikolaei, 2024	Identification of optimal shading elements and their effective orientation
Jewel et al., 2020	Determining the optimal spatial proportions that improve natural ventilation and shading
Barzanouni, & Hosseini, 2024	Evaluating the effect of opening width on thermal comfort
Bannazadeh & Hadianfard, 2022	Analyzing the influence of individual and environmental factors on thermal comfort perception
Mahdinejad Goodarzi et al., 2022	Investigating effective strategies for optimal shading and ventilation
Jafarian et al., 2023	Reducing unwanted solar exposure through appropriate shading technique
Shoara et al., 2023	Mitigating thermal reflections and their impact on the urban heat island effect
Barzegar & Sajjadi, 2023	Examining the crucial role of spatial openness and operable openings in temperature reduction
Hashemi et al., 2022	Avoiding direct solar radiation and maximizing shading to achieve better temperature moderation
Koulivand, 2023	Determining the correct spatial orientation to optimize wind reception and natural cooling
Neshatsafavi et al., 2023	Increasing shading performance and reducing average radiant temperature

Theoretical Framework

Due to the quantitative nature of the research and the emphasis on the methodology and findings, it was deemed necessary to present the overall research process in the form of a diagram.

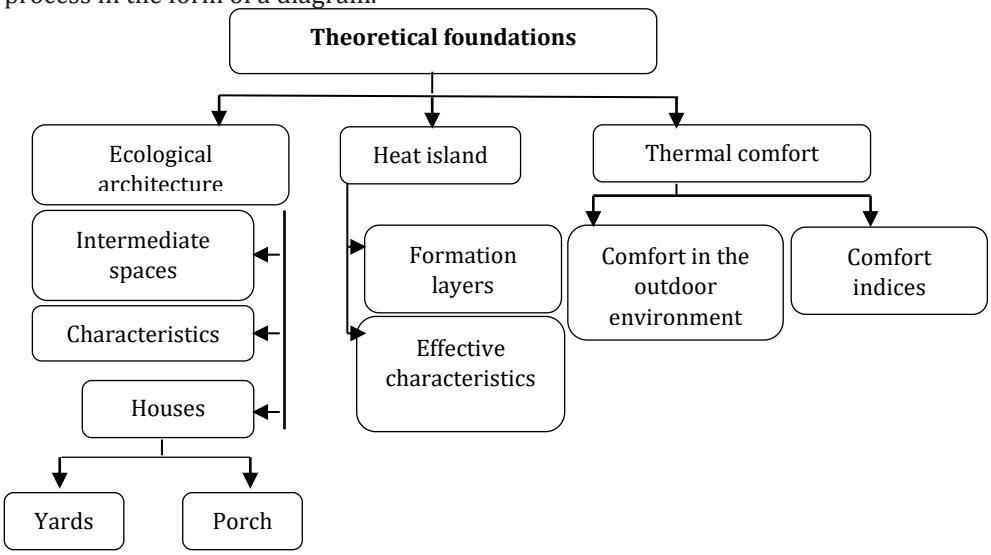


Figure 1. Overall Research Process

Methodology

The research method employed is quantitative and comparative. The primary focus has been on the impact of spatial proportions of semi-open spaces on the thermal behavior of these spaces and their surrounding environment. Accordingly, field tests and simulations were conducted in two historical districts and one mid-scale urban area in the city of Shiraz.

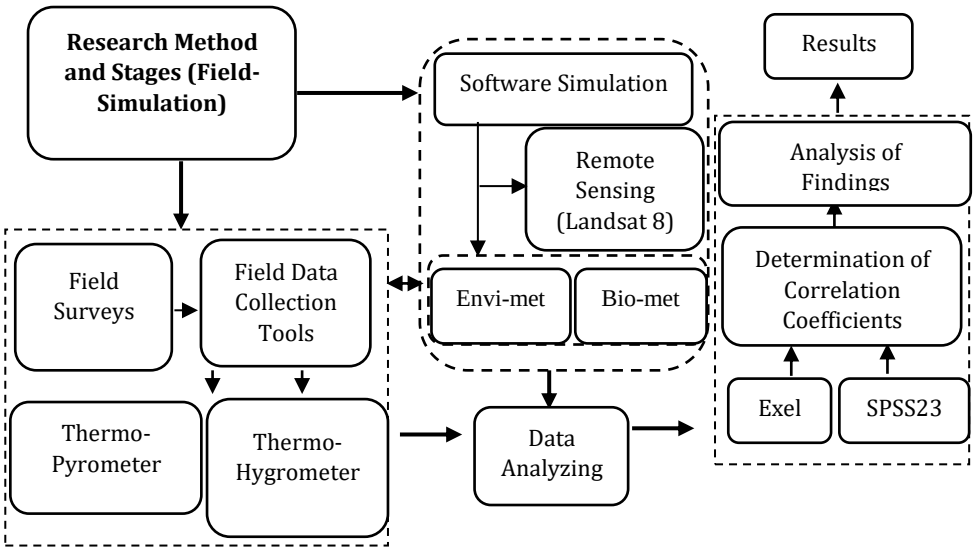


Figure 2. Research Methodology Process Using the Selected Techniques

Results and Discussion

The primary focus of this research was to identify efficient climatic elements and analyze the impact of their spatial proportions on reducing ambient temperature. Based on the results of the findings derived from the research process and correlation analysis, the following observations were made:

- Among all types of semi-open spaces, the porch structure holds the highest significance in the hot and dry climate of Shiraz. (Specifically, curved and concave porch forms are more effective than other types.)
- The porch-courtyard component enhances the influence of climatic data on the thermal comfort index PET (Physiological Equivalent Temperature).
- The duration during which the porch remains within the comfort or low thermal stress zone is approximately 14 hours per day, which is about 2 hours longer than that of the courtyard.
- The minimum effective height of the porch from the ground for influencing thermal comfort is 1.20 meters.
- Independent variables such as air temperature, mean radiant temperature, wind speed, and surface temperature show significant correlation with the PET thermal comfort index.

Following these findings, changes in porch proportions—including increased width and spatial opening area on the façade, increased height from the ground, and the width-to-height ratio (L/H)—along with a decrease in porch height, exhibit the strongest correlation with the thermal comfort index. Hence, modifications in spatial proportions play a vital role in controlling and moderating the temperature within the porch and its surrounding environment. Reducing the porch height increases shading, which in turn controls the mean radiant temperature, thereby decreasing the PET index. Conversely, increasing the porch height reduces the reception of thermal reflections from the surrounding environment and improves wind exposure. Consequently, positioning porches with larger spatial openings on vertical façades and clustering them together significantly contributes to reducing both the ambient temperature and surface temperature around the porch, aided by increased ventilation. It is important to note that all the aforementioned independent variables strongly correlate with the reduction of the PET thermal comfort index.
The function of porches is to receive and transfer heat, and with optimized spatial proportions enhancing ventilation and thermal circulation, this thermal behavior becomes more pronounced and effective.

- The best temperature measurement points throughout the day are:
    1. Center of the porch
    2. Adjacent to the porch within the courtyard
    3. Center of the courtyard
- Priority order for porch location based on orientation:
    1. Northwest-West: Avoidance of prolonged undesirable solar radiation
    2. Southeast-South: Placement in the prevailing wind path
    3. South-Southwest: Shorter durations of undesirable solar exposure with limited wind access

Based on the results, there is a positive correlation between sky view factor (SVF), mean radiant temperature (Tmrt), and the PET thermal comfort index in both courtyards and porches. This relationship is also evident on the façades where porches provide larger spatial openings, creating wider shade on the vertical plane and altering wind pressure as air moves over the otherwise smooth surface.

- Placement of porches at higher elevation levels results in:
    1. Increased heat gain from the rooftop surface
    2. Direct wind flow with minimal pressure changes above the rooftop
- Larger porches tend to experience cooler thermal perception zones earlier and endure moderate cold stress less frequently (large porches at higher elevations record the lowest temperatures throughout the day).
- Increasing the spatial opening size of porches alters wind geometry and speed, positively impacting the thermal comfort index.

Conclusions

1. The porch structure is the most suitable semi-open space in the hot and dry climate of Shiraz.

2. Geographic orientation priority for porches:
    - Northwest-West
    - Southeast-South
    - South-Southwest
3. Increasing the porch width, spatial opening area on the façade, height from the ground, and the width-to-height ratio (L/H), alongside reducing porch height, shows the strongest correlation between spatial proportions and the thermal comfort index in semi-open spaces.
4. Optimal use of porch with larger spatial openings located adjacently contributes to temperature moderation.
5. Suitable adjustments in thermal perception zones emphasize the importance of optimized spatial proportions in porches.
6. Spatial openings on vertical façades have a more significant thermal impact on the thermal comfort index than horizontal openings, highlighting the morphological differences between porches and courtyards.

کارافن
فصلنامه علمی دانشگاه ملی مهارت
زمستان ۱٤۰٤، دوره ۲۲، شماره ٤، ٥۰۱-٤۸۷
آدرس نشریه: https://karafan.tvu.ac.ir/
doi:10.48301/KSSA.2025.510745.3163

بازجست عملکرد اقلیمی فضاهای نیمه‌باز در جهت تعدیل دما در اقلیم گرم و خشک شیراز مبتنی بر تناسبات کالبدی(نمونه موردی ایوان)

جمشید کریم زاده[۱*]، جمال الدین مهدی نژاد درزی[۲]، باقر کریمی[۳]

۱- دکتری معماری، گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران.
۲- استاد گروه معماری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی، تهران، ایران.
۳- استادیار گروه معماری، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰
بازنگری مقاله: ۱۴۰۴/۰۳/۱۳
پذیرش مقاله: ۱۴۰۴/۰۷/۰۶

کلید واژگان:
آسایش‌حرارتی
جزیره گرمایی
معماری بوم‌گرا
فضاهای نیمه‌باز
تناسبات کالبدی
عملکرد حرارتی
شاخص PET

***نویسنده مسئول:** جمشید کریم زاده
پست الکترونیکی:
jamboy_27884@yahoo.com

چکیده

با افزایش ساخت‌وسازهای شهری، محدوده آسایش حرارتی زندگی انسان‌ها نیز بیش‌تر تحت‌تاثیر آسیب‌های ناشی از عدم تعادل اقلیمی قرار گرفته‌است. بحران انرژی در جهان یکی از عوامل افزایش دماهای اضافی در نقاط شهری است، لذا فضاهای زیست، جهت کاهش آسیب وارد شده نیاز به تدوین راه‌کارهای موثری جهت تعدیل دما هستند. در این راستا تناسبات کالبدی عناصر و فضاهای معماری عاملی در جهت تامین آسایش حرارتی بوده‌اند.

شناخت و تاثیر تناسبات کالبدی فضاهای نیمه‌باز بر عملکرد حرارتی آن‌ها مبتنی بر بهبود شاخص آسایش حرارتی و کاهش استرس حرارتی محیط پیرامون از مهم‌ترین اهداف این پژوهش بوده‌است.

چگونگی تاثیر تناسبات کالبدی بر عملکرد حرارتی فضاهای نیمه‌باز در مناطق با استرس حرارتی بالا در شهر شیراز مهم‌ترین سوال این پژوهش بوده‌است؟

روش‌شناسی پژوهش از نوع کمی بوده‌است که در ۲ بافت تاریخی و ۱ بافت میانه شهر شیراز توسط آزمون‌های میدانی و سپس شبیه‌سازی نرم‌افزاری صورت گرفته‌است. نتایج برداشت شده توسط دستگاه‌های ثبت دما و رطوبت به همراه برداشت‌های کالبدی صورت گرفته‌است. در ادامه اعتبارسنجی توسط نرم‌افزار انوی‌مت انجام شده و شاخص آسایش حرارتی PET از همین نرم‌افزار مستخرج شده‌است. ارزیابی و غربالگری پارامترها توسط نرم‌افزار دلفی انجام شده و در نهایت توسط نرم افزار SPSS و اکسل ضرایب همبستگی صورت گرفته‌است.

مهم‌ترین دستاوردهای پژوهش حاکی از آن است که ساختار ایوان در اقلیم گرم و خشک شیراز مناسب‌ترین کالبد اقلیمی را دارد. جهت قرارگیری ایوان در جبهه شمال غرب-غرب کم‌ترین دما را به خود اختصاص داده‌است. بهینه‌ترین تناسبات فیزیکی با گسترش مساحت ایوان در نما و در همین راستا بیش‌تر شدن عرض به

ارتفاع ایوان (L/H>1)، کاهش ارتفاع جهت سایه‌اندازی و افزایش ارتفاع ایوان از سطح زمین، شاخص آسایش حرارتی PET تاثیر دمایی مناسب‌تری را تجربه کرده‌است. در نهایت شاخص آسایش حرارتی با افزایش گشایش فضایی در نما(سطح عمود) نسبت به سطح افقی تاثیر چشم‌گیرتری نشان داده‌است.

مقدمه

بازخوانی و بازتولید مفاهیم آزموده‌شده بومی عاملی بر اصلاح تغییرات اقلیمی خواهد بود. دغدغه ایجاد کیفیت مطلوب در فضای معماری با اتکا بر تجربیات بشری و دستاوردهای انسان بنیان نهاده شده‌است. رسیدن به فهم صحیح و روشنی از فضاهای نیمه‌باز مستلزم تجزیه و تحلیل عملکرد اقلیمی آن‌ها است. بدین ترتیب شناخت و استفاده از توان‌های نهفته در اقلیم برای فراهم کردن آسایش محیطی در فضاهای باز و نیمه‌باز ساختمان‌ها از اهمیت خاصی برخوردار هستند.

گسترش کاربری‌های موجود در اثر شهرنشینی عامل برهم زننده تعادل انرژی بوده‌است و افزایش حرارت را به همراه خواهد داشت. این تغییرات ناشی از جایگزینی خاک و پوشش گیاهی با فرآیندهای دست‌ساز انسانی و سطوح غیر قابل‌نفوذ است[۱]. در این راستا تامین آسایش در خصوص نیازهای اولیه انسان است و نحوه پاسخ‌گویی به آن در کیفیت فضا موثر بوده‌است[۲]. محیط‌های ساخته شده شهری در خرداقلیم‌ها باعث ناترازی دمایی می‌شوند و این ناترازی به عللی هم چون تراکم ساختمانی بالا، مصالح ناهمگون و با جذب دمای بالا، کاهش سطوح سبز، افزایش رشد جمعیت و .... هستند، لازم به ذکر است که متغیرهای فوق با تغییر در حرارت تابش سطح، تبادل حرارتی همرفتی بین زمین و ساختمان‌ها، جریان باد و فرآیند تبخیر و تعرق باعث افزایش دما در این خرداقلیم‌ها شده‌اند[۳]. لذا در بطن خرداقلیم‌های مطرح؛ نور طبیعی، احساس آسایش حرارتی، تهویه هوا، تلفیق فضا با طبیعت، دید و منظر، تناسبات کالبدی همگی در فضاهای نیمه‌باز نمود پیدا کرده که تکمیل کننده شرایط اقلیمی مناسب خواهد بود[۴]. خرداقلیم‌ها و در متن آن‌ها حیاط‌ها نقش فضایی مابین معماری تک بنا و مقیاس کلان‌تر را ایفا می‌کنند و مهم‌ترین نقش آن‌ها به عنوان یک راهبرد غیرفعال، آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی در بناهای پیرامونی است[۵]. در تکمیل فرآیندهای مورد نظر، نمای ساختمان‌ها مهم‌ترین عامل در جهت کنترل تابش خورشید به داخل ساختمان بوده و در پی آن بهبود آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی را به همراه دارد[۶]. مشخصات پوسته و مصالح تشکیل دهنده نما در عملکرد حرارتی خود بنا و محیط پیرامون آن تاثیرگذار است. همچنین تبادل میان فضاهای داخل و خارج با دریافت تابش خورشیدی و میزان استفاده از انرژی در داخل ساختمان و بهبود مصرف، همگی به رفتار حرارتی ساختمان و به عنوان یکی از بازیگران اصلی بستگی دارد[۷]. ساختمان‌ها و پوشش نما و مصالح تشکیل دهنده آن‌ها عامل جذب ذرات حاوی انرژی گرمایی هستند لذا این فرآیند دلیلی بر تمرکز و شکل‌گیری پدیده جزیره گرمایی در محیط‌های شهری شده‌است. مصالح به کار رفته در پوشش ساختمان به خصوص در بافت‌های متراکم شهری، به جذب و انتشار مجدد گرما از تابش خورشیدی کمک کرده و شدت جزیره گرمایی را افزایش می‌دهند[۸]. افزایش دمای سطح زمین پدیده جزیره گرمایی را به همراه داشته‌است و خصوصا در مناطق شهری تاثیرات آن‌ها چشمگیرتر بوده‌است. گسترش مداوم سطوحی هم‌چون ساختمان‌ها، ساخت راه‌ها و پوشش آن‌ها در تغییرات آب‌وهوایی تاثیر بارزتری دارد، این افزایش دما از ۲ درجه سانتیگراد شروع شده است و به درجات بالاتر افزایش می‌یابد[۹].

با توجه به شناخت و بهره‌گیری از پتانسیل‌های طبیعی در کاهش دما و مصرف انرژی می‌توان به بهبود دمای آسایش کمک کرد و در جهت پایداری اقلیمی گام برداشت. براین اساس شناخت عملکرد حرارتی عناصر بوم‌گرا و تاثیرگذاری آن‌ها بر شاخص آسایش حرارتی در بناها از ارکان اصلی و تاثیرگذار پژوهش بوده‌است.

بررسی مساله پژوهش از وجوه مختلف و عوامل موثر بر آن به سوال اصلی زیر خواهد انجامید.

- چگونه تناسبات کالبدی بر عملکرد حرارتی فضاهای نیمه‌باز در مناطق با استرس حرارتی بالا در شیراز تاثیرگذار خواهندبود؟

پرسش‌های فرعی

- کدامیک از جهات جغرافیایی قرارگیری ایوان‌ها در اقلیم گرم و خشک شیراز از شرایط بهینه‌تر دمایی برخوردار بوده‌اند؟
- کدام مولفه‌های فیزیکی نزدیک‌ترین همبستگی را با شاخص آسایش حرارتی در ایوان‌ها داشته‌اند.

بر اساس ماهیت تحقیق فرضیه‌های متعددی در راستای بیان مساله مدنظر قرار گرفته‌است:

- نظر بر اینکه راهبردهای بوم‌گرایانه و تطابق آن با شیوه معماری معاصر توانایی حل پاره‌ای از معضلات اقلیمی را دارند، لذا اگر فضاهای نیمه‌بازی چون ایوان‌ها در بدنه عمودی نماها با تناسبات کالبدی بهینه‌ای هم‌راستا گردند آن‌گاه بهره‌گیری مناسب‌تری از سایه‌اندازی و تهویه طبیعی را به‌همراه خواهند داشت و شرایط عملکرد حرارتی بهتری را نسبت به فضاهای باز پیرامونی ایفا خواهند کرد.
- با توجه به معیار تاثیرگذار جهت جغرافیایی و تابش، اگر ضریب تاثیر تناسبات عناصر اقلیمی نظیر ایوان و حیاط مرکزی را تغییر دهیم، آن‌گاه زمان قرارگیری در محدوده ادراک حرارتی مناسب و بدون استرس دمایی افزایش خواهد یافت.
- با استناد به جهت جغرافیایی و میزان دریافت تابش و باد غالب، اگر میزان گشایش فضایی ایوان‌ها در راستای افقی در سطح نما، افزایش یابد آن‌گاه به علت بهره‌گیری از سایه و تهویه مناسب، دمای متوسط تابشی، دمای هوا و دمای سطح کاهش خواهد یافت.

با بهره‌گیری از روش تحقیق کمی و با اتکا به آزمون‌های میدانی، دمای سطح، دمای هوا و رطوبت نسبی با دستگاه‌های ترموهیگرومتر و ترموپیرومتر اندازه‌گیری شده‌است و سپس شبیه‌سازی توسط نرم‌افزار انوی‌مت انجام شده‌است و تعدادی از فضاهای باز و نیمه‌باز خانه‌های بافت تاریخی(محله پشت شاه‌چراغ و سنگ سیاه) مورد آزمون قرار گرفتند و شاخص آسایش حرارتی آن‌ها توسط مدل بیومت بررسی و تحلیل گردیده‌است. سپس نتایج به بافت میانه خیابان زند شیراز نیز تعمیم داده شد. در نهایت نتایج مستخرج از طریق روند پژوهش و آزمون‌های معنادار آماری مورد ارزیابی قرار گرفتند. با این اوصاف تحلیل دمایی بناهای ایوان‌دار در خرداقلیم‌ها، زوایای متعددی از نحوه عملکرد این ایوان‌ها و تاثیرات آن‌ها بر دمای خود و محیط پیرامون را آشکار کرد. لذا اصلاح ساختارهای تناسباتی عناصر اقلیمی با توجه به تغییر عملکرد حرارتی ساختمان‌های شهری حائز اهمیت بوده‌است.

پیشینه تحقیق

بر اساس پژوهش‌های مختلف و هم‌چنین برای وضوح هرچه بیش‌تر واژگان کلیدی در راستای اهمیت و مبانی شکل‌گیری ایده پژوهش، لازم دیده شد از روند تحقیق‌هایی که نزدیکی زیرساختی با موضوع دارند بهره گرفته

شود. مهم‌ترین هدف از ارایه این روند نتیجه‌گیری‌هایی خواهد بود که پژوهش را به مسیر اصلی خود هدایت کند و استفاده از پیشینه تحقیق کمک شایانی به مقایسه و راستی‌آزمایی و اعتبارسنجی تحقیق پیشرو خواهد داشت.

در اقلیم گرم و خشک فلات ایران، جهت بهبود شاخص آسایش حرارتی در فضای داخل و خارج، نیاز به کاهش دریافت تابش خورشیدی در فصول گرم سال هستیم در این راستا، نیاز به سایه‌اندازی و جلوگیری از تابش مستقیم بر روی نمای ساختمان‌ها، جهت قرارگیری مناسب بناها، کاهش سطوح درگیر با تابش خورشیدی از مهم‌ترین ارکان مورد توجه در کاهش مصرف انرژی بوده‌است. این پژوهش جهت بیش‌ترین میزان کاهش مصرف انرژی در سال از فاصله و جهت مناسب سایه‌اندازها در نمای ساختمان‌ها بیش‌ترین بهره را برده‌است[۱۰]. تحقیقی در سال ۲۰۲۰ برای یافتن درصد بازشوی مناسب در بدنه عمودی ساختمان‌ها مورد بررسی قرار گرفت، دیده شد که ۳۰ تا ۴۰ درصد سطح که به بازشو تعلق بگیرد، هم آسایش حرارتی و هم آسایش بصری و به دنبال آن مصرف بهینه انرژی محقق می‌گردد.[۱۱] لازم به ذکر است که نتایج و یافته‌های این تحقیق هم‌راستا با مهم‌ترین فرضیه پژوهش مبنی بر تناسبات کالبدی بهینه جهت نیل به سایه‌اندازی و تهویه طبیعی است. در تحقیق صورت گرفته توسط برزنونی و همکاران در سال ۲۰۲۴، با به بوته آزمایش گذاشتن تعداد کثیری پنجره در جبهه جنوب و با عرض و ارتفاع‌های مختلف دیده‌شد که کم‌ترین مصرف انرژی در پنجره‌های با عرض ۴ متر و ارتفاع ۲/۵ متر صورت گرفته‌است. با بررسی متغیرهای مختلف، نتایج حاکی از آن بوده‌است که عرض، بیش‌تر از ارتفاع آن بر میزان انرژی حرارتی موثر است. [۱۲] لذا نتایج تحقیق صورت گرفته تائید هم‌راستایی با سوال اصلی و فرضیه پژوهش پیش‌رو را به همراه دارد. وکیلی‌نژاد در سال ۲۰۲۱ به بررسی و ارزیابی نرم‌افزارهای مناسب و قابل اعتماد و صحت‌سنجی شده در مبحث آسایش حرارتی در محیط خارجی پرداخته‌است. از بین ۶ نرم افزار مطرح شده انوی‌مت، سولن و ریمن بیش‌ترین و کارآمدترین نتایج را در خصوص آسایش حرارتی ارائه داده‌اند و در یومی و متئودین، داده‌ها تخمینی از میانگین تابش و سرعت باد بوده‌است. لازم به ذکر است که نرم‌افزار انوی‌مت دارای قابلیت بسیار بالا در خروجی داده‌ها بوده‌است.[۱۳]. تایید و صحت نتایج قابل استناد از نرم‌افزارهای شبیه‌سازی از مهم‌ترین بخش‌های اعتبارسنجی پژوهش‌ها و مهر تاییدی بر یافته‌های آن‌ها است. لذا نتایج تحقیق وکیلی نژاد نشان از قدرت بالای محاسبه و اطمینان از نتایج مستخرج شده از نرم‌افزار انوی‌مت و مدل‌های وابسته به آن دارد. در پژوهش صورت گرفته در سال ۲۰۲۲، تمرکز بر این بوده‌است که آسایش حرارتی صرفا تاکید بر متغیرهای اقلیمی نداشته و دیگر مولفه‌ها هم مورد سنجش قرار گیرند، لذا شاخصه‌های فردی و اجتماعی، علاوه بر پارامترهای محیطی نیز مورد آزمون قرار گرفتند. برای تحقیق چنین اهدافی، در مطالعات میدانی با ابزارهای تعیین دما و رطوبت نسبی هم‌چون حسگرها بهره برده شده‌است. نتایج حاصل شده حاکی از آن است که مولفه فردی و محیطی اثرگذاری بسیاری در احساس آسایش حرارتی داشته‌اند[۱۴]. مهدی‌نژاد گودرزی و همکاران در سال ۲۰۲۲ پژوهشی را بر روی نمای ساختمان‌ها در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر و تاثیر کنترل تابش بر نما در داخل را به انجام رسانده‌اند. سایه‌اندازی، تناسبات پنجره نسبت به دیوار، مصالح پوشش نما و عملکرد حرارتی مجموعه با نرم‌افزار دیزاین بیلدر مورد سنجش قرار گرفته‌است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که سایه‌اندازی عمودی و پنجره‌های مشبک و نمای سیمانی کاهش چشم‌گیر دما را به همراه داشته‌اند و نیاز سرمایشی را تا ۳۸ درصد کاهش داده‌اند.[۶] تاکید محققین این

پژوهش بر سایه‌اندازی بوده‌است که با فرضیه سوم پژوهش در دست بررسی هم‌خوانی داشته و میزان گشایش فضایی ایوان‌ها در نما عاملی در جهت بهره‌گیری از سایه‌اندازی و تهویه بهینه بوده‌است.

در پژوهش صورت گرفته توسط جعفریان و همکاران در سال ۲۰۲۳ اهمیت ایجاد سایه و جلوگیری از تابش‌های غیر ضروری در دستیابی به آسایش حرارتی جهت تداوم حضور انسان‌ها در فضای باز از نکات بارز این پژوهش بوده‌است. در این پژوهش که از روش شبیه‌سازی در نرم‌افزار انوی‌مت بهره برده شده‌است تاثیر سایه‌بان پوششی در شهر سمنان و در اقلیم گرم و خشک مورد سنجش قرار گرفته‌اند. بر اساس یافته‌های پژوهش، سایه‌بان غشایی در تابستان توانسته‌است که دما را تا ۴/۷ درجه سانتیگراد کاهش دهند. شناخت آسیب‌های محیطی و به‌کارگیری مناسب از ابزارها، جهت تعدیل معضلات موجود، همگی عواملی هستند که مسیر رسیدن به محدوده ادراک حرارتی بهینه در فضاهای باز و نیمه‌باز را هموار می‌کنند[۱۵]. هدف شعرا و همکاران در پژوهش انجام گرفته، به‌کار گیری مصالح مدنظر در نمای ساختمان‌ها و تاثیرات آن‌ها بر دما و میانگین تابش طول موج بلند جداره‌ها بوده‌است، لذا در نهایت به دنبال چگونگی تاثیر مصالح در تقویت و تضعیف پدیده جزیره حرارتی بوده‌اند. یافته‌ها حاکی از آن است که بین ۳ مصالح سنگ سفید، بتن خاکستری و آلومینیوم کم‌ترین دمای جداره مربوط به سنگ سفید با ۲۹۴ درجه کلوین در ابتدای صبح و شروع تابش(۵:۰۰) و بیش‌ترین میانگین دمای جداره مربوط به آلومینیوم بوده‌است که در گرم‌ترین ساعت روز و بیش‌ترین دریافت تابش یعنی ساعت ۱۴:۰۰ بوده‌است. نتایج تحقیق نشان‌دهنده این است که بیش‌ترین دمای سطح مربوط به آلومینیوم و کم‌ترین آن مربوط به سنگ سفید است. در عین حال کم‌ترین مقدار طول موج بلند مادون قرمز مربوط به آلومینیوم و بیش‌ترین آن مربوط به سنگ سفید بوده‌است، لذا با توجه به خط روند پژوهش و آزمایش‌های صورت گرفته استفاده از آلومینیوم به دلیل کاهش بازتاب‌های حرارتی تولیدی در بین ساختمان‌ها در کاهش اثر پدیده جزیره حرارتی در شهر شیراز موثر بوده‌است[۱۶]. فضای داخل ساختمان از لحاظ دمایی، هم آسایش حرارتی به همراه داشته و هم سلامت روح و جسم و هم صرفه‌جویی در مصرف انرژی. لذا میزان گشایش فضایی یکی از عوامل اصلی در کنترل آسایش حرارتی و سپس جریان هوا را به همراه خواهدداشت. در این پژوهش که در اقلیم گرم و خشک شیراز صورت گرفته‌است توسط دستگاه‌های ثبت دما، رطوبت و باد، شاخص آسایش حرارتی در داخل ساختمان مدنظر قرار گرفته‌است. نتایج تحقیق حاکی از نقش موثر گشایش فضایی و بازشوها در فضای سکونت بوده‌است که در کاهش دما و تهویه هوا نقش موثری ایفا کرده‌اند[۱۷]. هاشمی و همکاران در سال ۲۰۲۲ تاثیر سایه‌بان‌های خارجی بر روی بازشوی نماها در اقلیم گرم و مرطوب، پژوهشی انجام دادند. نتایج برداشت شده حاکی از آن است که سایه‌بان‌ها توانایی صرفه‌جویی به میزان ۵۳ تا ۷۳ درصد بار سرمایشی و ۸ تا ۱۰ درصد در بار گرمایشی ایجاد کنند[۵]. در این پژوهش پرهیز از دریافت مستقیم تابش و به دنبال آن تولید سایه جهت تعدیل دما مهم‌ترین راهکار مدنظر محققین بوده‌است. در سال ۲۰۲۲ حیدری و همکاران پژوهشی مبنی بر تاثیر فرم ساختمان‌ها و میزان سایه‌اندازی بر کاهش مصرف انرژی انجام دادند. روش تحقیق از نوع کمی بوده‌است و از آزمون‌های میدانی و شبیه‌سازی بهره گرفته شده‌است. فرم و هندسه ساختمان‌ها در اقلیم گرم و مرطوب بوشهر مورد توجه قرار گرفته‌است. نتایج پژوهش نشان از آن داشته که با ترکیب فرم ایده‌آل و المان‌های سایه‌انداز در نمای ساختمان بین ۱۶ تا ۲۵ درصد کاهش مصرف

انرژی را در سال به همراه داشته‌است[۱۸]. در پژوهش صورت گرفته در شهر سبزوار، تاثیر تقابل فرم‌های مختلف حیاط و نسبت گشایش دهانه بازشوها بر آسایش حرارتی در فضای باز مورد سنجش قرار گرفته‌است، روش ارزیابی توسط شبیه‌سازی نرم‌افزار انوی‌مت صورت گرفته‌است. آسایش حرارتی در فضای باز توسط ۲ شاخص UTCI وPET مورد آزمون قرار گرفته‌اند. نتایج تحقیق از بین حیاط مرکزی‌های منقطع، مرکزی محصور و حیاط U شکل، نشان از آن دارد که فرم حیاط مرکزی محصور در مقابل باد و تابش در اقلیم سرد و نیمه خشک فرم محافظت شده‌تری داشته و شرایط ایده‌آل آسایش حرارتی را تجربه کرده‌است[۱۹]. در این پژوهش با به‌کارگیری صحیح مدل‌های شاخص آسایش حرارتی و هم‌چنین بهره‌گیری از نتایج نرم‌افزار انوی‌مت به‌همراه متغیرهای آب‌وهوایی نظیر سرعت باد، دمای متوسط تابشی، دمای هوا و رطوبت نسبی و جزییات کالبدی عناصر فضاهای باز مورد آزمون نظیر نسبت ارتفاع به عرض، جهت بنا و تناسبات فیزیکی از پیوستگی بسیار نزدیکی با پژوهش پیش‌رو داشته و در نهایت به دنبال بهبود آسایش حرارتی در فضای باز بوده‌است. نصراللهی و همکاران پژوهش خود را با استناد به جدول شاخص آسایش حرارتی (جدول ۱) که ماتزراکیس و آملونگ در سال ۲۰۰۸ ارائه داده بودند مورد بحث و بررسی قرار دادند. لازم به ذکر است که اکثر مولفه‌های فیزیولوژیک و آب‌وهوایی که بر سلامت انسان تاثیرگذار بود را مدنظر قرار دادند. در این راستا نمایشی دقیق از شاخص آسایش حرارتی بر حسب درجه سانتیگراد را ارائه دادند[۲۰].

جدول۱. شاخص آسایش حرارتی PET

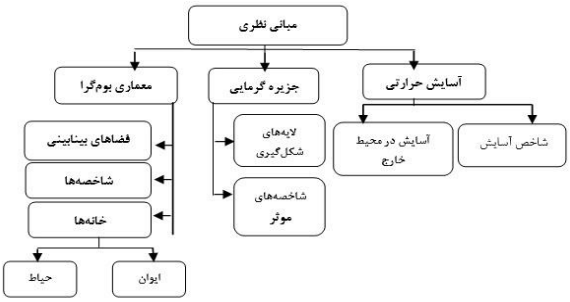
احساس حرارتی	PET	احساس حرارتی	PET
بسیار سرد	<۴	خیلی داغ	>۴۱
سرد	۴-۸	داغ	۳۵-۴۱
خنک	۸-۱۳	گرم	۲۹-۳۵
کمی خنک	۱۳-۱۸	کمی گرم	۲۳-۲۹
محدوده آسایش حرارتی	۲۳-۱۸		

منصوری و ضرغامی، به نقل از وانگ و لو، تحلیلی ارائه داده‌اند که بر اساس نتایج جمع‌آوری شده در مناطق مختلف شهر دیده شده‌است که در روز، بخش‌های تجاری و سیستم حمل و نقل بیش‌ترین دمای سطح را به خود اختصاص داده‌اند و مناطق دارای آب و پوشش گیاهی بیش‌تر، کم‌ترین دما را تجربه کرده‌اند. در شب مناطق تجاری و صنعتی و حمل و نقل سریع‌تر دما از دست داده‌اند و دمای آن‌ها در ابتدای طلوع آفتاب کمی بیش‌تر از مناطق با پوشش گیاهی بوده‌است. لذا طبق نتایج حاصل شده، محیط‌های شهری تولید حرارت بالاتری دارند که عواملی هم‌چون سطوح نفوذناپذیر، سوخت‌های فسیلی، ساختمان‌های مرتفع به عنوان جاذب حرارت عمل کرده‌اند و عامل پیدایش جزایر حرارتی بوده‌اند.[۲۱] لازم به ذکر است که پدیده جزیره حرارتی با تراکم ساختمانی شدت بالاتری می‌گیرد که به صورت کلان نکته حائز اهمیتی بوده‌است، اما بررسی جزئیات در تک بناها کم‌تر مورد توجه قرار گرفته‌اند که در پژوهش پیش‌رو تاکید اصلی بر رابطه تناسبات فضایی در بدنه نماهای تاثیرگذار بر جزیره حرارتی شده‌است و نتایج مستخرج از آن بدعتی در روند پژوهش در این راستا گذاشته‌است. ملکی و همکاران در تحقیق خود تاکید بر عملکرد حرارتی بنا با توجه به موقعیت حیاط و مولفه‌های دیگری هم‌چون تناسبات طول و عرض حیاط و

جهت‌گیری ساختمان داشته‌اند. ۳ نوع حیاط(تمام بسته، نیمه‌بسته و تمام باز) در نرم‌افزار انوی‌مت مورد آزمون قرار گرفته‌است. نتایج حاکی از عملکرد بهینه حیاط تمام بسته بوده‌است و هرچه نسبت طول به عرض به سمت ۱ میل کرده حیاط، دمای بهینه‌تری را تجربه کرده‌است. هم‌چنین جهت جغرافیایی شمالی و جنوبی کمک به شرایط بهتر آب‌وهوایی داخل و محیط پیرامونش داشته‌است[۲۲]. با توجه به روند پژوهش دیده‌شد که نحوه انتخاب روش تحقیق، نرم‌افزار شبیه‌سازی، متغیرهای کالبدی و داده‌های آب و هوایی مورد آزمون با پژوهش پیش‌رو در خیلی از موارد هم‌راستایی مثبت داشته و نتایج مستخرج هم‌پوشانی‌هایی بین متغیرهای مستقل و وابسته و مداخله‌گر را به درستی نشان داده‌است. در پژوهش صورت گرفته توسط کولیوند در سال ۲۰۲۳، بر روی تاثیر عملکرد درختان با نوع برگ‌های متنوع، دیده‌شد که درختان برگ‌ریز توانایی کاهش دما را در ۴ جهت جغرافیایی تا ۲/۵ درجه سانتیگراد خواهند داشت و درختان همیشه سبز به علت کنترل باد سرد در معابر شرایط آسایش بهتری نشان داده‌اند و در نهایت درختان برگ‌ریز چه در تابستان و چه در زمستان شرایط آسایش بهتری را فراهم کرده‌اند[۲۳]. مهم‌ترین نکته مدنظر در این پژوهش انتخاب صحیح جهت قرارگیری فضاها با تنوع درختان مدنظر بوده‌است و عاملی بر بهبود آسایش حرارتی و بهره‌گیری مناسب از میزان دریافت باد و تاثیر آن بر محیط پیرامونی بوده‌است که قسمتی از سومین فرضیه تحقیق پیش‌رو را به درستی پوشش داده‌است. تاثیر پوشش گیاهی بر کاهش جزیره حرارتی در پژوهش سال ۲۰۲۳ مورد توجه قرار گرفته‌است. در این پژوهش که با نرم‌افزار انوی‌مت انجام شده‌است، از سیستم غیرفعال بام سبز و تاثیر آن بر میزان رطوبت، جذب و انعکاس تابش و میزان سایه‌اندازی بهره گرفته شده‌است. ۴ متغیر مستقل دمای هوا، دمای متوسط تابشی، سرعت باد و رطوبت نسبی مورد آزمون قرار گرفتند. نتایج حاکی از آن است که پوشش گیاهی فشرده در بام سبز، موثرترین عامل بر مولفه‌های آب و هوایی بوده‌است، دمای متوسط تابشی کاهش چشم‌گیری نشان داده‌است[۲۴]. انتخاب صحیح سیستم‌های غیرفعال در افزایش سایه‌اندازی و تغییر هندسه باد و کاهش دمای متوسط تابشی مهم‌ترین رویکرد این پژوهش بوده‌است که نتیجه آن کاهش شدت جزیره حرارتی را به همراه داشته‌است.

مبانی نظری

در این بخش، از یک بررسی مختصر بین چندین کلیدواژه و زیرساخت‌های مرتبط با آن‌ها برای تعریف مساله تحقیق استفاده شده‌است. به علت ماهیت کمی پژوهش و تاکید بیش‌تر بر قسمت روش تحقیق و یافته‌های پژوهش لازم دیده‌شد که روند کلی این بخش توسط نمودار(شکل۱) معرفی و به توضیحات کوتاه اکتفا گردد.



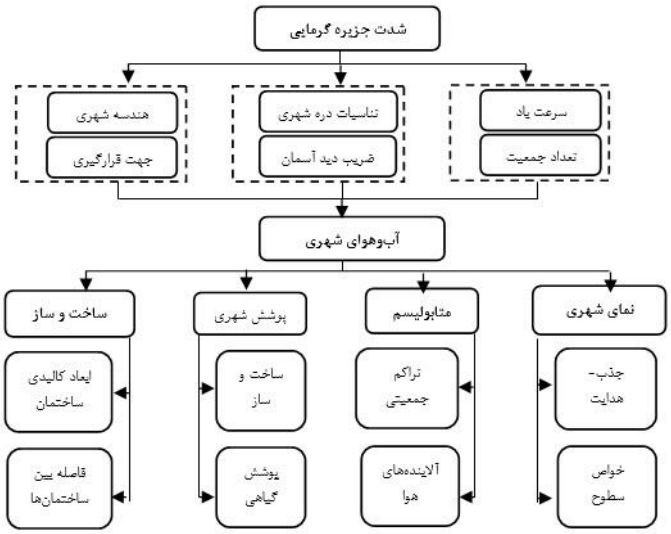
شکل۱. روند کلی تحقیق

آسایش حرارتی

آسایش حرارتی، شرایط ذهنی است که انسان‌ها از محیط سکونتشان احساس رضایت دمایی داشته باشند و این خود عامل اصلی در میزان مصرف انرژی است[۲۵]. آسایش حرارتی در انسان‌ها متفاوت بوده‌است و بستگی به شرایط روانی و فیزیولوژیکی آن‌ها دارد[۲۶]. دمای متوسط تابشی در فضاهای باز یکی از ارکان اصلی و تاثیرگذار بر شاخص آسایش حرارتی است و همبستگی معناداری بین آن دو وجود دارد. لذا افزایش دمای متوسط تابشی منجر به استرس حرارتی خواهد شد[۲۷].

جزیره گرمایی

در شکل ۲ مدل های مطرح شده در حوزه پدیده جزیره حرارتی در قالب نموداری نمایش داده شده‌است.



شکل ۲. مدل حرارتی جزایر گرمایی[۲۶].

معماری بوم‌گرا

معماری بومی متاثر از اقلیم بوده لذا الگوهای سکونتی شکل‌گرفته، سبب ایجاد گونه‌های متنوعی با بهترین عملکرد در بوم خود شده‌است[۲۸]. فرهنگ و نظام اجتماعی در هر ملتی از عوامل اصلی شکل‌گیری خانه و محل سکونت با مفاهیم بنیادین آن هستند[۲۹]. خانه سنتی ایرانی با انسان هویت می‌گیرد و به او هویت می‌بخشد. ایوان یکی از مهم‌ترین مظاهر پدیدارشناسانه خانه ایرانی است که بر ارتباط با طبیعت تاکید می‌کند[۳۰]. ساختمان‌ها در معماری هم‌خوان با اکولوژی در هماهنگی کامل با بستر و در محیط پیرامون خود قابل بحث و بررسی بوده و به صورت عنصر منفرد غیر قابل استناد هستند و در این راستا حیاط‌ها به عنوان خرداقلیم‌ها تکمیل کننده معماری پایدار بوده و کل بافت پیرامون خود را تحت‌تاثیر قرار می‌دهند. فضاهای باز در این معماری نقشی اساسی و محوری داشته و به‌واسطه آن‌ها معماری بومی معنادار و هویت‌مند شده‌است[۳۱].

روش تحقیق

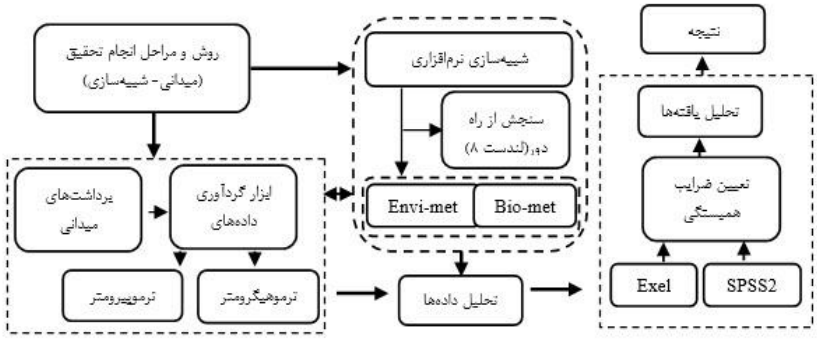
در پژوهش حاضر، روش تحقیق استفاده شده از نوع کمی – مقایسه‌ای بوده‌است. در این راستا تاکید اصلی بر تاثیر تناسبات فضاهای نیمه‌باز بر رفتار حرارتی فضاها و محیط پیرامونشان بوده‌است. لذا در ۲ بافت تاریخی و ۱ بافت میانه در شهر شیراز آزمون‌های میدانی و شبیه‌سازی صورت گرفته‌است. در ابتدا پیش از شروع مدل‌سازی‌های بناهای تاریخی تصمیم بر آن شد یک بافت تاریخی برداشت شده و تعدادی از انواع فضاهای نیمه‌باز نظیر انواع ایوان، بالکن، رواق در ترازهای ارتفاعی متفاوت مورد آزمون قرار گرفته و سپس تاثیر داده‌های آب‌وهوایی به همراه تناسبات فیزیکی در این فضاها مورد بررسی قرار گیرند.

- آزمون‌های میدانی با ابزار اندازه‌گیری و حسگرهایی هم‌چون ترموپیرومتر(دماسنج تشعشی است برای اندازه‌گیری دمای سطح به کار می‌رود) و ترموهیگرومتر(دستگاهی است که برای ثبت حداکثر و حداقل دما و حداکثر و حداقل رطوبت محیط به کار برده می‌شود) انجام گرفته‌است.

شکل ۳. ترموهیگرومتر ترموپیرومتر

- برای تعیین دمای سطح زمین و تاکید بر نشان از افزایش بیش از اندازه دما و حضور پدیده جزیره حرارتی در بافت میانه از تصاویر ماهواره لندست[1] ۸ استفاده شده‌است.
- جهت صحت‌سنجی و به‌کارگیری مناسب از آزمون‌های شبیه‌سازی، از نرم‌افزار قدرتمند انوی‌مت نسخه ۴،۴،۴ ساینس[2] بهره برده شده‌است.
- بعد از اعتبارسنجی، توسط نرم‌افزار انوی‌مت دمای هوا، دمای متوسط تابشی، دمای سطح، رطوبت نسبی و سرعت باد تحلیل و با مدل لئوناردو[3] گراف‌ها و نمودارها برداشت شدند و سپس توسط مدل بیومت، شاخص آسایش حرارتی استخراج شده‌است.
- ارزیابی و غربال کردن پارامترها توسط نرم‌افزار دلفی فازی، جهت نظرسنجی و تثبیت علمی
- درنهایت توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۳ تمامی داده‌های آب‌وهوایی و فیزیکی مستخرج از پژوهش با شاخص PET تعیین ضریب همبستگی شده‌اند.

[1]-Landsat
[2]-Science
[3]- Leonardo



شکل ۴. فرآیند روش تحقیق با استفاده از تکنیک‌های مورد نظر

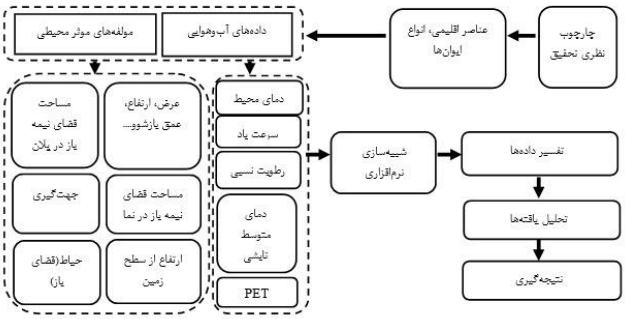
روش نمونه‌گیری و حجم نمونه‌ها

در جامعه آماری مورد سنجش، تلاش شده‌است که عناصر اقلیمی که کالبد و عملکرد حرارتی آن‌ها دارای تشابهاتی بوده‌اند، در اقلیم گرم و خشک شیراز مورد ارزیابی قرار گیرند. در این راستا از نمونه‌گیری موردی بهره برده شده‌است و گروهی از فضاهای نیمه‌باز که اغلب دارای ویژگی‌های عملکردی و کالبدی یکسانی بودند در کنار فضاهای باز(حیاط‌ها) و در قالب یک بافت منسجم مورد سنجش قرار گرفتند. در ابتدا جهت تعیین و انتخاب نمونه‌ها، ۸ گونه از فضاهای نیمه‌باز در بافت تاریخی شیراز توسط نرم‌افزار انوی‌مت، به آزمون گذاشته شدند. در این راستا با توجه به ماهیت اصلی پژوهش و جهت اعتبارسنجی روند شکل‌گیری جزیره حرارتی تصمیم بر آن شد که بین بافت‌های مورد آزمون توسط ماهواره لندست ۸ تصویربرداری صورت گیرد و سپس دمای سطح توسط نرم‌افزار انوی تعیین گردد. در ادامه روند آزمون‌های تحقیق حدود ۱۰ خانه به همراه ۱۳ ایوان در ۴ جهت جغرافیایی انتخاب شدند و مورد آزمون‌های میدانی و شبیه‌سازی قرار گرفتند، همه ایوان‌ها(فضاهای نیمه‌باز) و حیاط‌ها(فضای باز) آن‌ها دارای ابعاد فیزیکی متنوعی بوده‌اند و تنوع جهت جغرافیایی در آن‌ها بارز بوده‌است. در همین راستا حدود ۹ ایوان در یک ساختمان که قابلیت دسترسی و برداشت اطلاعات میدانی آن‌ها بوده‌است مورد ارزیابی میدانی و هم‌چنین توسط نرم‌افزار انوی‌مت مورد آزمون شبیه‌سازی قرار گرفتند.

پیش‌درآمدی بر شروع شبیه‌سازی نمونه‌های انتخابی

برای معرفی هرچه بیش‌تر موضوع، تعدادی از انواع فضاهای نیمه‌باز شاخص، انتخاب شده‌اند و به‌عنوان پیش‌زمینه‌ای جهت تاثیر عملکرد حرارتی و تناسبات کالبدی عناصر اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفته‌اند. مدل‌سازی توسط نرم‌افزار Enivi-met انجام شده‌است.. در ابتدا، تعدادی از فضاهای نیمه‌باز همانند رواق‌ها، ایوان‌های با سقف تخت و قوس‌دار، ستون آوند، ایوان‌های ستون‌دار، بالکن‌ها و طارمه‌ها جمع‌آوری شدند و در یک بافت برداشت شده تاریخی با هم‌جواری‌های مناسب در شیراز و در یک جهت جغرافیایی و در ترازهای مختلف ارتفاعی در کنار حیاط‌ها مورد چینش قرار گرفتند. ۸ فضای نیمه‌باز قرار گرفته در یک محدوده جغرافیایی با شرایط یکسان آب و

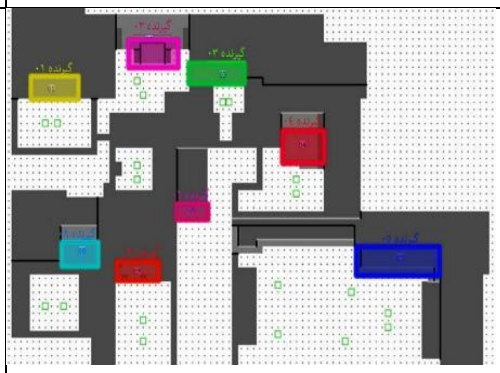
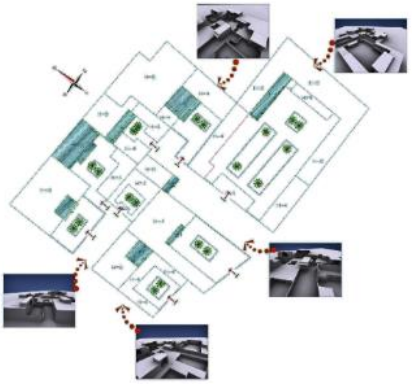
هوایی توسط نرم‌افزار انوی‌مت، شبیه‌سازی شدند. در شکل ۵ فرآیند تحقیق در روش شبیه‌سازی(بافت تاریخی، خانه‌ها و بافت میانه) نمایش داده شده‌است.



شکل ۵. فرآیند تحقیق در بافت تاریخی، خانه‌ها و بافت میانه

تحلیل داده‌های آب‌وهوایی در منطقه‌ای از بافت تاریخی شیراز به‌صورت پیش‌فرض صورت گرفت. عناصری هم‌چون انواع ایوان، بالکن و رواق مورد آزمون‌های اقلیمی قرار گرفتند. طبق جدول ۲ مکان قرارگیری ترازهای ارتفاعی مورد سنجش شامل: تراز ۱/۵متر، ۴/۵ متر، ۵/۵ متر، ۷/۵ متر در ۸ گیرنده محیطی نمایش داده شده‌است. خروجی داده‌های آب‌وهوایی نظیر دمای محیط، دمای متوسط تابشی، سرعت باد، رطوبت نسبی، شاخص آسایش حرارتی PET و دمای سطح مدنظر قرار گرفته‌است. در جدول۳ مشخصات و موقعیت قرارگیری و زمان شبیه‌سازی فضاهای نیمه‌باز و در جدول۴ مشخصات ابعادی آن فضاها تدوین شده‌است. در شکل ۶ تصاویر ترازهای ارتفاعی فضاهای نیمه‌باز نمایش داده شده‌است.

جدول۲. مکان قرارگیری گیرنده‌ها در بافت تاریخی

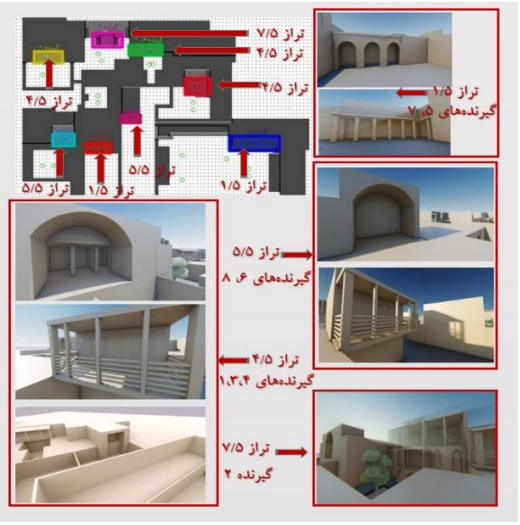
پلان شبیه‌سازی شده	پلان ابعادی
	

جدول۳. مشخصات و موقعیت قرارگیری فضاهای نیمه‌باز

بنا	تعداد طبقات	جهت ایوان	مصالح	تعداد باغچه	روز
گیرنده ۵، ۷	تراز ۱/۵ متری	جنوب	سنگ، آجر	۱ باغچه، ۲ درخت مرکبات	۱۳۹۹/۰۳/۱۱
گیرنده ۱، ۳، ۴	تراز ۴/۵ متری	جنوب	سنگ، آجر	۱ باغچه، ۲ درخت مرکبات	۱۳۹۹/۰۳/۱۱
گیرنده ۶، ۸	تراز ۵/۵ متری	جنوب	سنگ، آجر	۱ باغچه، ۲ درخت مرکبات	۱۳۹۹/۰۳/۱۱
گیرنده ۲	تراز ۷/۵ متری	جنوب	سنگ، آجر	۱ باغچه، ۲ درخت مرکبات	۱۳۹۹/۰۳/۱۱

جدول۴. مشخصات فیزیکی فضاهای نیمه‌باز

بنا	مساحت ایوان در پلان	مساحت ایوان در نما	عرض (L) عمق(W) ارتفاع (H)ایوان	H/W	L/W	L/H
گیرنده ۱	۲۰/۰۶	۲۹/۵۰	H: 5/00 & W: 3/40 & L:5/90 ارتفاع از سطح حیاط:۰۰/۳+	۱/۴۷	۱/۷۳	۱/۱۸
گیرنده ۲	۴۵/۸۵	۴۹/۱۲	H: 3/75 & W: 3/50 & L:13/10 ارتفاع از سطح حیاط:۰۰/۶+	۱/۰۷	۳/۷۴	۳/۴۹
گیرنده ۳	۲۷/۷۷	۲۶/۲۶	H: 2/60 & W: 2/75 & L:10/10 ارتفاع از سطح حیاط:۰۰/۳+	۰/۹۴	۳/۶۷	۳/۸۸
گیرنده ۴	۵۰/۹۷	۲۰/۴۶	H:2/85 & W:7/10 & L:7/18 ارتفاع از سطح حیاط:۰۰/۳+	۰/۴۰	۱/۰۱	۲/۵۱
گیرنده ۵	۴۵/۴۵	۵۳/۰۲	H:3/50 & W: 3/00 & L:15/15 ارتفاع از سطح حیاط:۰۰/۰+	۱/۱۶	۵/۰۵	۴/۳۲
گیرنده ۶	۱۰/۳۵	۱۲/۱۲	H: 2/40 & W: 2/05 & L:5/05 ارتفاع از سطح حیاط:۰۰/۴+	۱/۱۷	۲/۴۶	۲/۱۰
گیرنده ۷	۹/۳۸	۲۱/۴۴	H: 3/20 & W:1/40 & L:6/70 ارتفاع از سطح حیاط:۰۰/۰+	۲/۲۸	۴/۷۸	۲/۰۹
گیرنده۸	۲۸/۵۹	۳۰/۷۵	H: 5/00 & W: 4/65 & L:6/15 ارتفاع از سطح حیاط:۰۰/۴+	۱/۰۷	۱/۳۲	۱/۲۳

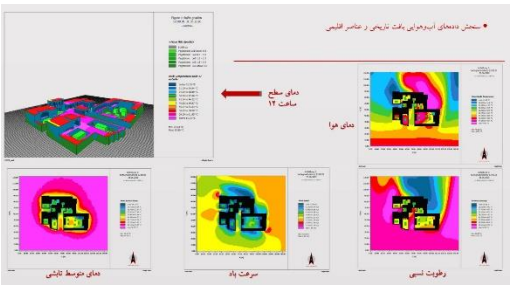


شکل ۶. ترازهای ارتفاعی در بافت تاریخی شیراز

مدل‌سازی عملکرد حرارتی بافت تاریخی

شبیه‌سازی در طول یک شبانه‌روز کامل از طریق نرم‌افزار Envi-met در ترازهای ارتفاعی مدنظر انجام شد. در شکل ۷ داده‌های آب‌وهوایی نظیر دمای سطوح، دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و دمای متوسط تابشی

توسط نرم‌افزار انوی‌مت محاسبه شده‌است و شبیه‌سازی شاخص آسایش حرارتیPET توسط مدل Bio-met انجام شد. سپس تصاویر مستخرج شده از نرم‌افزار لئوناردو و در ۴ تراز ارتفاعی در شکل ۸ تدوین شدند.



شکل ۷. داده های آب و هوایی در بافت تاریخی شیراز

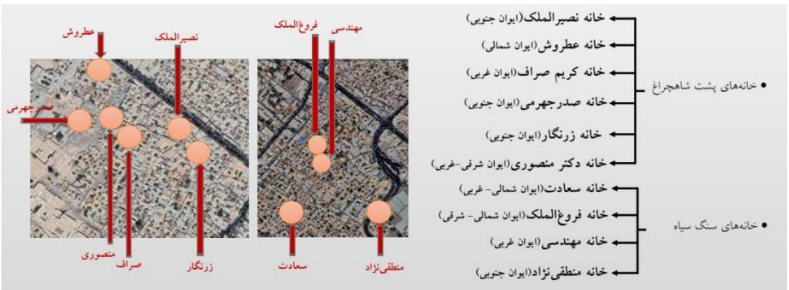
شکل ۸. شاخص آسایش حرارتی در بافت تاریخی شیراز

جمع‌بندی بافت تاریخی

داده‌های مستخرج از شبیه‌سازی در ۴ تراز ارتفاعی و در قالب انواع فضاهای نیمه‌باز در بافت تاریخی شیراز صورت پذیرفت. تمامی پارامترهای موثر کالبدی و متغیرهای آب‌وهوایی مدنظر در روند تحقیق با توجه به ارتفاع انواع فضاهای نیمه‌باز از سطح زمین و تناسبات کالبدی آن‌ها مورد سنجش قرار گرفتند.

شرایط آزمایش خانه‌ها در بافت تاریخی شیراز

در این پژوهش به بررسی تعدادی خانه‌ها در بافت تاریخی شیراز پرداخته شده‌است که بر پایه مشاهده و اندازه‌گیری کمی در ۱۳ نقطه از ایوان‌های موجود و حیاط مرکزی‌ها بر روی مولفه‌های آب‌وهوایی و کالبدی صورت گرفته‌است(جدول۵ و۶). در شکل ۹ موقعیت ۱۰خانه در۲ بافت تاریخی شیراز نمایش داده شده‌است.



شکل ۹. موقعیت خانه ها در بافت تاریخی شیراز

جدول۵. داده‌های آب و هوایی خانه‌ها

نام بنا	پیشینه دمای حیاط	کمینه دمای حیاط	پیشینه رطوبت حیاط	کمینه رطوبت حیاط	پیشینه دمای ایوان	کمینه دمای ایوان	پیشینه رطوبت ایوان	کمینه رطوبت ایوان	ساعت	روز
نصیرالملک	۳۲/۲	۲۳/۸	۳۹٪	۲۸٪	۳۲/۹	۲۲/۳	۳۷٪	۲۵٪	۸:۰۰ تا ۱۳:۰۰	۱۳۹۹/۰۲/۱۵
عطروش (فیروزآبادی)	۳۴/۶	۳۱/۶	۳۳٪	۲۶٪	۳۴/۲	۲۹/۴	۳۴٪	۲۵٪	۱۴:۰۰ تا ۱۹:۰۰	۱۳۹۹/۰۲/۱۵
کریم صراف (صداقتی)	۳۲/۳	۲۲/۹	۳۷٪	۲۵٪	۳۳/۳	۲۳/۸	۳۴٪	۲۵٪	۸:۰۰ تا ۱۳:۰۰	۱۳۹۹/۰۲/۱۸
مهندسی	۳۲/۴	۲۴/۳	۳۷٪	۲۶٪	۳۲/۹	۲۴/۲	۳۵٪	۲۶٪	۸:۰۰ تا ۱۳:۰۰	۱۳۹۹/۰۲/۱۷
سعادت	۳۴/۷	۲۵/۱	۴۱٪	۲۲٪	شمال ۳۵/۳ غرب ۳۴/۳	شمال ۲۴/۹ غرب ۲۲/۲	شمال ۳۴٪ غرب ۳۵٪	شمال ۲۵٪ غرب ۲۶٪	۱۴:۰۰ تا ۱۹:۰۰	۱۳۹۹/۰۲/۱۷
فروغ‌الملک	۲۹/۹	۲۲/۲	۳۹٪	۲۹٪	شرق ۳۱/۳ شمال ۳۱/۳	شرق ۲۰/۸ شمال ۲۱/۵	شرق ۳۹٪ شمال ۳۹٪	شرق ۲۶٪ شمال ۲۸٪	۷:۰۰ تا ۱۱:۰۰	۱۳۹۹/۰۳/۱۱
منطقی‌نژاد	۳۷/۲	۲۶/۹	۳۶٪	۲۶٪	۴۲	۲۶/۶	۳۸٪	۲۲٪	۱۴:۰۰ تا ۱۹:۰۰	۱۳۹۹/۰۳/۱۱
صدرجهرمی	۳۴/۴	۳۰/۳	۳۷٪	۲۴٪	۳۶/۵	۲۷/۷	۳۸٪	۲۲٪	۱۴:۰۰ تا ۱۹:۰۰	۱۳۹۹/۰۲/۱۸
زرنگار (شجاعی)	۲۹/۹	۲۱/۱	۳۹٪	۲۴٪	۲۹/۲	۲۰/۹	۳۹٪	۳۵٪	۷:۰۰ تا ۸:۰۰	۱۳۹۹/۰۲/۱۵
دکتر منصوری	۳۴/۳	۲۶/۲	۳۵٪	۲۵٪	شرق ۳۴/۱ غرب ۳۳/۷	شرق ۲۶/۱ غرب ۲۵/۸	شرق ۳۴٪ غرب ۳۴٪	شرق ۳۴٪ غرب ۲۵٪	۱۱:۰۰ تا ۱۴:۰۰	۱۳۹۹/۰۳/۱۱ و ۱۳۹۹/۰۲/۱۵

جدول۶. داده‌های کالبدی خانه‌ها

نام بنا	مساحت حیاط	مساحت ایوان در نما	طول و عرض حیاط	عرض (L) و عمق(W) وارتفاع (H) ایوان در نما	مساحت ایوان در پلان
نصیرالملک (ایوان جنوب)	۴۱۷/۸۵	۶/۵۵	L:18/60 W:22/40	W: 4/50 & L:2/37 H: 2/76 ارتفاع از سطح حیاط: +۱/۰۰	۱۰/۶۶
عطروش (ایوان شمال غرب)	۳۱۶/۸۵	۱۱/۳۴	L:18/40 W:17/10	W: 2/89 & L:3/16 H: 3/59 ارتفاع از سطح حیاط: +۲/۵۰	۹/۱۳
کریم صراف(صداقتی) (ایوان غرب)	۱۶۴/۴۵	۴۳/۷۲	L:10/90 W:15/10	W: 2/37 & L:13/17 H:3/32 ارتفاع از سطح حیاط: +۲/۸۶	۳۱/۲۱
سعادت(ایوان شمال شرق-شمال غرب)	۲۴۲/۵	شمالی: ۴۷/۹۸ غربی: ۳۰/۶۷	L:17/30 W:16/20	شمال(متمایل به شرق) W:2/05 & L:12/18 H:3/94 ارتفاع از سطح حیاط: +۲/۲۰ غرب(متمایل به شمال) W:1/37& L:9/80 H:3/13 ارتفاع از سطح حیاط: +۱/۶۰	شمالی: ۲۴/۹۶ غربی: ۱۳/۴۲
منطقی‌نژاد (ایوان جنوب غرب)	۱۶۰	۲۲/۵۴	L:13/40 W:12	W: 2/66 & L:6/22 H: 3/59 ارتفاع از سطح حیاط: +۱/۳۳	۱۶/۵۴
مهندسی(ایوان شمال غرب)	۳۱۰	۲۵/۴۰	L:23/70 W:16/60	W: 2/42 & L:7/05 H: 3/60 ارتفاع از سطح حیاط: +۲/۲۵	۱۷/۰۶
فروغ‌الملک (ایوان شمالی-شرقی)	۴۷/۷۰	شمالی: ۱۸/۴۰ شرقی: ۱۳/۴۰	L:9/20 W:6/25	شمال (متمایل به غرب) W:1/50 H:3/42 & L:5/37 ارتفاع از سطح حیاط: +۱/۸۳ شرق(متمایل به شمال) W: 1/50 & L:4/64 H: 2/88 ارتفاع از سطح حیاط: +۱/۸۳	شمالی: ۸/۰۵ شرقی: ۶/۹۶
صدرجهرمی (ایوان جنوب غرب)	۲۶۶/۶۰	۳۰/۳۰	L:15/09 W:19/99	W: 3/08 &L:6/45 H: 4/70 ارتفاع از سطح حیاط: +۲/۰۷	۱۹/۸۶
زرنگار (ایوان جنوب شرق)	۵۸/۶۰	۱۸/۷۶	L:10/80 W:5/45	W: 1/12-1/70 & L:5/07 H: 3/60 ارتفاع از سطح حیاط: ۲/۸۰ تا ۲/۶۲	۷/۱۳
دکتر منصوری (ایوان شرق-غرب)	۳۲۰/۶۴	غربی: ۱۵/۳۶ شرقی: ۱۵/۳۶	L:22/02 W:14/57	غربی و شرقی W:2/15 & L:5/96 H:2/57 ارتفاع از سطح حیاط: +۱/۲۰	غربی: ۱۲/۸۷ شرقی: ۱۲/۸۷

مدل‌سازی عملکرد حرارتی خانه‌های بافت تاریخی شیراز

شبیه‌سازی صورت‌گرفته در طول یک شبانه‌روز(۱۳۹۹/۰۳/۱۱) و نتایج حاصل‌شده در ۲۴ ساعت از طریق نرم‌افزار Envi-met متغیرهای آب‌وهوایی مورد تحلیل و در ساعت۱۲:۰۰ به تصویر کشیده شده‌اند(شکل۱۰).

شکل ۱۰. داده‌های آب و هوایی خانه‌ها

جمع‌بندی خانه‌های بافت تاریخی شیراز

برداشت داده‌های آب‌وهوایی و شاخص آسایش حرارتی در خانه‌های موجود در یک شبانه‌روز کامل انجام شده‌است. با توجه به ارزیابی‌های صورت گرفته توسط نرم‌افزار، سعی بر این بوده‌است که تمامی شرایط طبیعی در محیط شبیه‌سازی مهیا شود تا نتایج مستخرج شده از آنالیزها از درصد خطای بسیار کمی برخوردار شوند. مکان، ارتفاع گیرنده‌ها و تاریخ و ساعت سنجش توسط نرم‌افزار با توجه به جهت جغرافیایی و متغیرهای کالبدی و مصالح موجود در بناها همگی در شرایط سنجش شبیه‌سازی ملاک قرار گرفته‌اند.

آزمون‌های انجام شده در خیابان زند

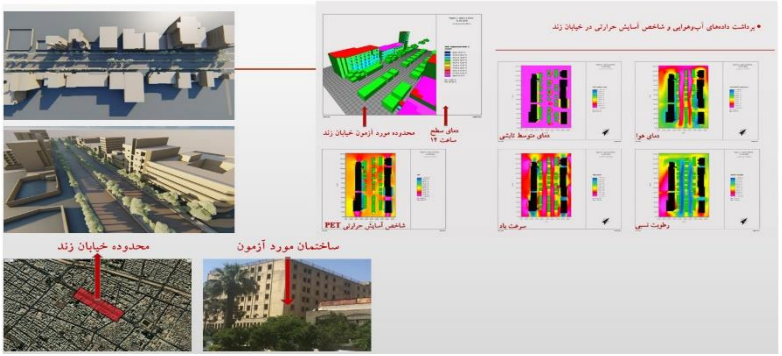
با توجه به مولفه‌های موثر بر شکل‌گیری پدیده جزیره حرارتی و با بررسی‌ها و برداشت‌های میدانی صورت‌گرفته از ایوان‌ها می‌توان اغتشاش در بدنه‌های شهری را کاملا به وضوح رویت کرد و شاهد به دام افتادن دما در این محیط‌ها بود. دراین پژوهش یک بدنه اصلی شهری مورد بررسی قرار گرفته‌است که در این مسیر از لحاظ ارتفاع، عرض، عمق، ارتفاع از سطح زمین و جهات جغرافیایی، ایوان‌هایی مدنظر قرار گرفته و داده‌های آب‌وهوایی و ابعاد دقیق آن‌ها برداشت شده‌است(جدول ۷ و ۸). در شکل ۱۱ ساختمان موردنظر و محدوده خیابان زند به همراه داده‌های آب و هوایی و شاخص آسایش حرارتی برداشت شده از نرم‌افزار انوی مت تدوین شده‌است.

جدول۷. داده‌های آب و هوایی بافت میانه(خیابان زند)

نام بنا	بیشینه دما	کمینه دما	بیشینه رطوبت	کمینه رطوبت	ساعت	روز
ایوان تراز ۴/۵متری	۴۲/۳	۲۷/۵	٪۲۸	٪۲۷	۱۸:۰۰تا۰۸:۰۰	۱۳۹۹/۰۴/۰۲
ایوان تراز ۷/۵ متری	۴۰/۸	۲۵/۵	٪۳۰	٪۲۷	۱۸:۰۰تا۰۸:۰۰	۱۳۹۹/۰۴/۰۳
ایوان تراز ۱۰/۵متری	۳۸/۶	۲۴/۷	٪۳۳	٪۳۰	۱۸:۰۰تا۰۸:۰۰	۱۳۹۹/۰۴/۰۴

جدول۸. داده‌های کالبدی ایوان‌های بافت میانه(خیابان زند)

بنا	موقعیت قرارگیری	مساحت ایوان در نما	مساحت ایوان در پلان	عرض (L) عمق(W) ارتفاع (H)ایوان در نما	H/W	L/W	L/H
۳ ایوان در تراز ۴/۵متری	جنوب غرب	۴	۴	H: 2 & W: 2 & L:2	۱	۱	۱
۳ ایوان در تراز ۷/۵ متری	جنوب غرب	۴	۴	H:2 & W: 2 & L:2	۱	۱	۱
۳ ایوان در تراز ۱۰/۵متری	جنوب غرب	۴	۴	H: 2 & W: 2 & L:2	۱	۱	۱



شکل ۱۱. بنای مورد نظر و داده‌های آب و هوایی

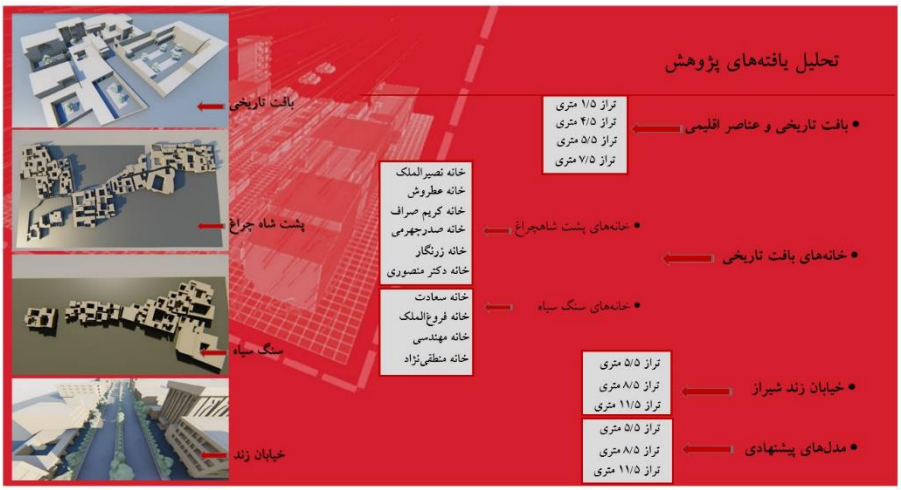
ارزیابی شبیه‌سازی نرم‌افزاری در بافت میانه شیراز

با ورود عوامل کالبدی نظیر عرض، ارتفاع و مساحت گشایش فضایی ایوان‌ها و ارتفاع ایوان‌ها از سطح زمین و تمامی مولفه‌های فیزیکی برداشت شده میدانی و ورود آن‌ها به نرم‌افزار انوی‌مت، داده‌های آب و هوایی و به دنبال آن شاخص آسایش حرارتی PET برداشت و مورد سنجش قرار گرفته‌اند.

یافته‌ها

تبیین شاخص‌های اقلیمی با تاکید بر تاثیر تناسبات کالبدی ایوان‌ها شاکله اصلی پژوهش بوده و هدف کلی، شناخت و ارائه مولفه‌های تناسباتی کارآمد در راستای تاثیر مثبت بر داده‌های آب‌وهوایی بوده‌است. لذا ارزیابی

شاخص آسایش حرارتی در راستای بهینه‌شدن دما، با توجه به اهمیت پارامترهای موثر فیزیکی، راهبرد اصلی پژوهش مدنظر بوده‌است. سنجش عملکرد حرارتی فضاهای نیمه‌باز بر پایه اصلاح داده‌های آب‌وهوایی، کافی به‌نظر نمی‌رسد و لازم است جهت افزایش مدت زمان قرارگیری ایوان‌ها و محیط پیرامونی آن‌ها در محدوده ادراک حرارتی مناسب، متغیرهای دیگری در راستای بهینه‌تر شدن دمای آسایش مورد تحلیل قرار گیرند. در شکل ۱۲ مراحل مختلف پژوهش جهت تحلیل یافته‌ها نمایش داده شده‌است.

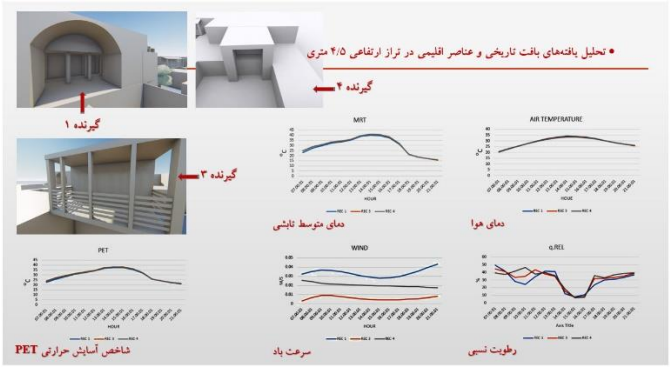


شکل ۱۲. بخش‌های مورد تحلیل یافته‌ها

تحلیل یافته‌های اقلیمی و تناسبات کالبدی بافت تاریخی

با تحلیل‌های صورت گرفته در بافت تاریخی لازم دیده‌شد که عملکرد حرارتی پوسته‌های مدنظر به‌همراه تناسبات کالبدی آن‌ها مورد سنجش قرار گیرند. لذا برداشت داده‌های اقلیمی و شاخص آسایش حرارتی توسط گیرنده‌های محیطی انجام شده‌است و نتایج تراز ۱/۵ و ۴/۵ و ۵/۵ در اشکال زیر به نمایش درآمده‌اند.

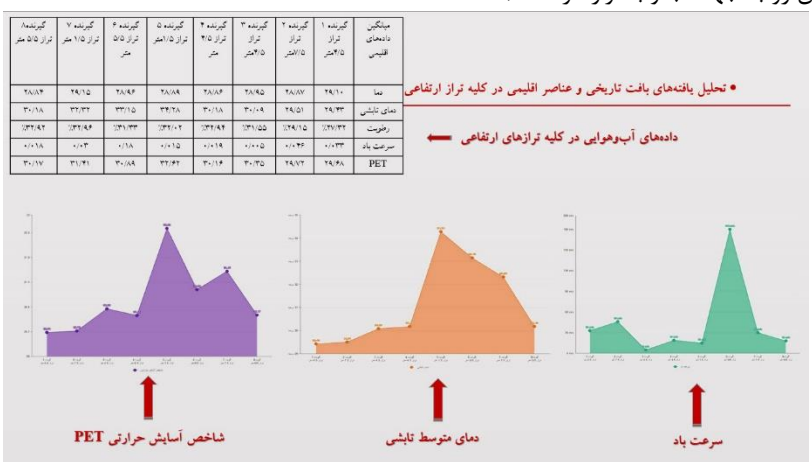
شکل ۱۳. تراز ۱/۵ متر



شکل ۱۴. تراز ۴/۵متر

شکل ۱۵. تراز ۵/۵متر

در شکل ۱۶ نتایج ارزیابی میانگین داده‌های آب‌وهوایی به‌همراه شاخص آسایشPET نمایش داده شده‌است، لذا مقایسه اعداد، حاکی از تاثیرات کالبدی فضاهای نیمه‌باز بر پارامترهای اقلیمی بوده‌است(تمامی فضاهای نیمه‌باز مورد آزمون رو به جهت جنوب قرار گرفته‌اند).



میانگین داده‌های اقلیمی	گیرنده ۱ تراز ۴/۵متر	گیرنده ۲ تراز ۴/۵متر	گیرنده ۳ تراز ۴/۵متر	گیرنده ۴ تراز ۴/۵ متر	گیرنده ۵ تراز ۵/۵ متر	گیرنده ۶ تراز ۵/۵ متر	گیرنده ۷ تراز ۷/۵ متر	گیرنده ۸ تراز ۵/۵ متر
دما	۲۹/۱۰	۲۸/۸۷	۲۸/۹۵	۲۸/۸۶	۲۸/۸۹	۲۸/۸۶	۲۹/۱۵	۲۸/۸۴
دمای تابشی	۲۹/۳۳	۲۹/۵۱	۳۰/۰۹	۳۰/۱۸	۳۳/۲۸	۳۳/۱۵	۳۲/۳۲	۳۰/۱۸
رطوبت	٪۲۷/۳۲	٪۲۹/۱۵	٪۳۱/۵۵	٪۳۲/۹۲	٪۳۲/۰۲	٪۳۱/۳۳	٪۳۱/۸۶	٪۳۲/۹۲
سرعت باد	۰/۰۳۳	۰/۰۲۶	۰/۰۰۵	۰/۰۱۹	۰/۰۱۵	۰/۰۱۸	۰/۰۲۳	۰/۰۱۸
PET	۲۹/۶۸	۲۹/۷۲	۳۰/۳۵	۳۰/۱۶	۳۲/۶۲	۳۰/۸۶	۳۱/۴۱	۳۰/۱۷

شکل ۱۶. تحلیل داده‌های آب و هوایی کل و شاخص آسایش حرارتی

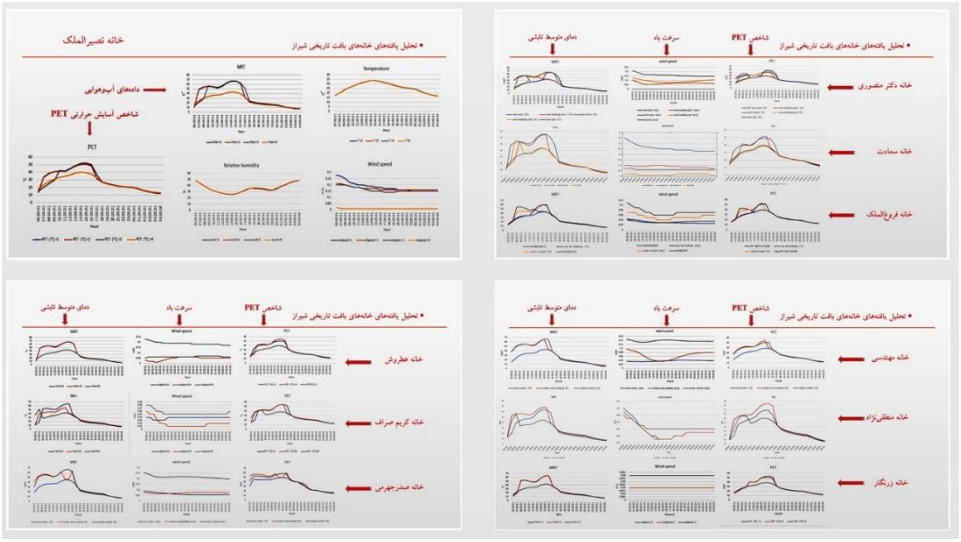
جمع‌بندی یافته‌های حاصل از ارزیابی عملکرد حرارتی عناصر اقلیمی بافت تاریخی

نتایج مستخرج‌شده از پژوهش حاکی از آن است که رسپتور۲ در تراز ارتفاعی ۷/۵ متر و رسپتور۱ در ارتفاع ۴/۵ متر از شرایط دمایی بهتری نسبت به سایر گیرنده‌ها برخوردار بوده‌اند(کم‌ترین دمای متوسط تابشی و شاخص آسایش حرارتی PET). با توجه به شرایط و موقعیت قرارگیری این فضاهای نیمه‌باز و نتایج حاصل‌شده از برداشت و تحلیل داده‌ها، دیده‌شد که افزایش عرض و کاهش ارتفاع و به‌دنبال آن‌ها افزایش گشایش فضایی در نما و افزایش نسبت عرض به ارتفاع فضاها(L/H)، افزایش ارتفاع فضای نیمه‌باز از سطح زمین در بهینه‌تر شدن دمای شاخص آسایش حرارتیPET نقش بارزی ایفا کرده‌اند. در نتیجه رسپتور شماره ۲ با توجه به شاخصه‌های فیزیکی خود و قرارگیری در تراز ارتفاعی بالاتر نسبت به بقیه گیرنده‌ها شاهد دمای تابشی کم‌تر و به‌دنبال آن کاهش شاخص آسایش حرارتی بوده‌است. تفاوت میانگین دمای متوسط تابشی رسپتور ۱ و ۲ نسبت به بقیه گیرنده‌ها از ۰/۲۸ درجه تا ۴/۴۷ درجه سانتیگراد بوده و تفاوت در شاخص آسایش حرارتی اعدادی را بین ۰/۴۴ تا ۲/۹۲ درجه سانتیگراد را نشان می‌دهد که حاکی از عملکرد دمایی بهتر این گیرنده‌ها نسبت به بقیه بوده‌اند. لازم به‌ذکر است که جریان باد در کاهش دما و تصفیه و تهویه مناسب دمای محیط نقش مهمی دارد که رسپتور ۲ بعد از رسپتور ۶ از سرعت باد بیش‌تری برخوردار بوده‌است. در بین ۸ رسپتور مورد آزمون، فضاهای نیمه‌بازی که دارای ساختار ایوان (از ۳ طرف بسته و از یک‌طرف باز) و هم‌چنین سقف‌های مقعر و قوس‌دار بوده‌اند، شرایط و عملکرد حرارتی بهتری را نشان داده‌اند. در این راستا با تحلیل نتایج حاصل از عملکرد حرارتی و در کنار آن رصد کردن ابعاد و تناسبات فیزیکی هر یک از فضاهای نیمه‌باز دیده‌شد که کشیدگی بیش‌تر عرض و ارتفاع محدودتر و بهره‌گیری از تناسبات مستطیلی در گشایش فضایی ایوان در نماها شاخصه موثری در روند بهبود دما بوده‌اند.

نتایج حاصل از رسپتورهای دیده‌شد که جز رسپتور ۵ و ۷ (در پایین‌ترین تراز ارتفاعی قرار گرفته‌اند) بقیه رسپتورها از ساعت ۲۰:۰۰ در محدوده آسایش حرارتی قرار گرفته‌اند. قابل توجه است که رسپتورهای ۱ و ۲ در ساعت ذکرشده، کم‌ترین دمای آسایش را نسبت به بقیه تجربه کرده‌اند و هم‌چنین در ابتدای روز و از زمان طلوع آفتاب تا ساعت ۸:۰۰ صبح نیز مجددا در محدوده ادراک حرارتی ایده‌آل قرار داشته و کم‌ترین استرس حرارتی را داشته‌اند. با توجه به نتایج حاصل‌شده از ارزیابی و تحلیل بافت تاریخی دیده‌شد که بیش‌ترین عرض بازشو، کم‌ترینPET، کم‌ترین دمای متوسط تابشی، دومین دریافت کننده سرعت باد بهتر، بهره‌گیری از مساحت گشایش فضایی بالاتر، بیش‌ترین ارتفاع از سطح زمین، L/H (نسبت عرض به ارتفاع) مناسب‌تر، همگی از مشخصه‌های گیرنده شماره ۲ بوده و بر این اساس شرایط دمایی و شاخص آسایش حرارتی مناسب‌تری را نسبت به بقیه گیرنده‌ها به خود اختصاص داده‌است.

تحلیل یافته‌های اقلیمی و تناسبات کالبدی خانه‌های بافت تاریخی شیراز

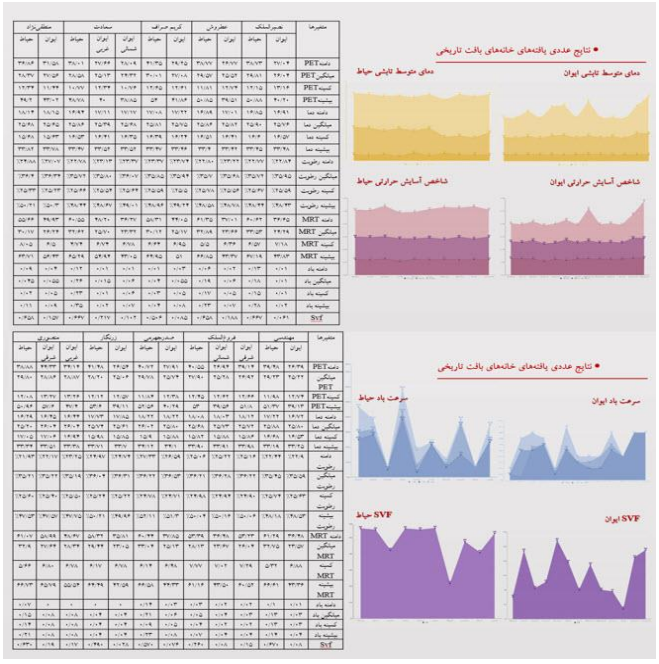
با توجه به حساسیت موضوع و اهمیت نتایج مستخرج از پژوهش، لازم دیده‌شد که تعدادی از بناهای ایوان‌دار با توجه به تناسبات فیزیکی آن‌ها مورد سنجش اقلیمی قرار گیرند تا ارزیابی مناسبی بر روی داده‌های آب‌وهوایی آن‌ها انجام گیرد. لذا یافته‌های ۱۰خانه آزموده شده در شکل ۱۷ تدوین شده‌است تا با تحلیل یافته‌ها نتایج دقیق‌تری به دست آید.



شکل ۱۷. تحلیل داده‌های آب و هوایی کل خانه‌ها

ارزیابی داده‌های اقلیمی خانه‌های بافت تاریخی شیراز

براساس ارزیابی‌های صورت گرفته و خروجی اعداد به‌دست آمده از حیاط‌ها و ایوان‌های مورد آزمون، نتایج مستخرج‌شده از داده‌های آب‌وهوای و شاخص آسایش حرارتی PET در شکل ۱۸ تدوین شده‌است.



شکل ۱۸. تحلیل داده‌های به صورت عددی و نموداری

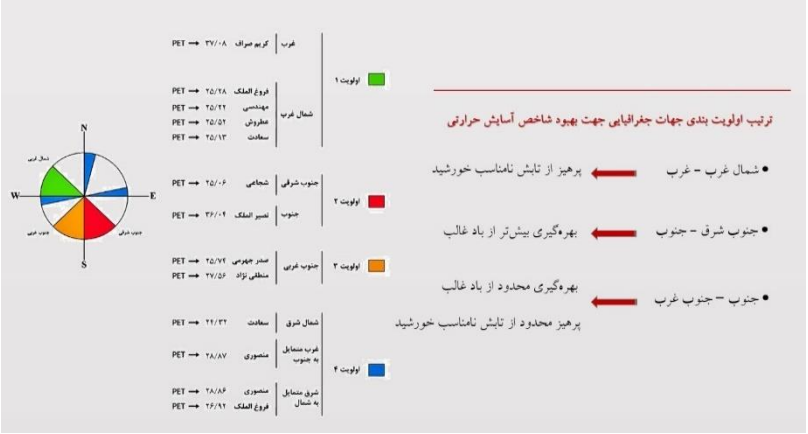
با استناد به تحلیل تمامی شاخص‌های محیطی موثر بر فضاهای باز و نیمه‌باز در خانه‌ها دیده‌شد که به صورت میانگین، تفاوت دمای متوسط تابشی ایوان‌ها و حیاط‌ها در کل نمونه‌ها ۶/۵ درجه سانتیگراد بوده‌است که ایوان‌ها دمای کم‌تری را با توجه به میزان سایه‌اندازی و رفتار حرارتی آن‌ها در دریافت و انتقال دما تجربه کرده‌اند و با توجه به کاهش دریافت تابش ایوان‌ها نسبت به حیاط‌ها تفاوت میانگین دمای آسایش حرارتی ایوان‌ها نسبت به حیاط‌ها در کل نمونه‌ها ۲/۸۱ درجه سانتیگراد کاهش نشان داده‌اند. بر اساس تحلیل‌های صورت گرفته بر داده‌های آب‌وهوایی، دیده‌شد که اکثر خانه‌ها در مرکز حیاط دریافت باد بیش‌تری را نسبت به تمامی گیرنده‌های دیگر شاهد بوده‌اند. لازم به ذکر است که با توجه به وسعت بیش‌تر حیاط‌ها، ضریب دید آسمان آن‌ها نیز نسبت به ایوان‌ها از میزان بالاتری برخوردار بوده‌اند که همین، عاملی بر دریافت تابش بیش‌تر و به دنبال آن افزایش دمای متوسط تابشی بوده‌است.

ارزیابی شاخص آسایش حرارتی PET خانه‌های بافت تاریخی شیراز

تحلیل‌های صورت گرفته بر شاخص آسایش حرارتی PET در خانه‌های مورد آزمون، محدوده ادراک حرارتی و درجه فشار فیزیولوژیک در فضای نیمه‌باز در ۱۹ تدوین شده‌است.

شکل ۱۹. محدوده ادراک حرارتی ایوان‌ها

براساس روند پژوهش دیده‌شد که ایوان منازل مورد آزمون در همه جهات جغرافیایی از ساعت ۲۰:۰۰ تا ۲۴:۰۰ در محدوده بدون استرس حرارتی قرار گرفته‌اند. بر مبنای قرارگیری موقعیت‌های مختلف جغرافیایی در بعضی از منازل از ابتدای صبح تا قبل از ساعت ۸:۰۰ نیز هم‌چنان در بعضی از ساعات در محدوده آسایش قرار دارند. با مقایسه خانه ها دیده‌شد که اکثر ایوان خانه‌ها حدود ۱۴ ساعت در طول شبانه‌روز در محدوده استرس دمایی کم و یا بدون استرس حرارتی قرار گرفته‌اند که این محدوده برای حیاط‌ها حدود ۱۲ ساعت و با دمای بیش‌تری بوده‌است. جهت جغرافیایی(شکل۲۰)، میزان تابش و باد دریافتی در ایوان‌ها در کنار مولفه‌های کالبدی مطرح شده(افزایش عرض و مساحت گشایش ایوان در نما جهت تهویه، ارتفاع گرفتن از سطح زمین جهت دوری جستن از بازتاب‌های حرارتی) همگی در تعدیل و بهینه‌کردن دمای آسایش نقش موثری ایفا کرده‌اند.



شکل ۲۰. اولویت جهات جغرافیایی ایوان‌ها

با توجه به نتایج به‌دست آمده از ۱۰ خانه مدنظر در بافت تاریخی شیراز، دیده‌شد که ایوان‌هایی که در جبهه شمال غرب- غرب قرار گرفته‌اند از دمای ایده‌آل‌تری برخوردار بوده‌اند و سپس ایوان‌های جبهه جنوب شرق- جنوب که در مسیر باد غالب قرا گرفته‌اند و سپس ایوان‌های جهت جنوب – جنوب غرب که تا حدودی در مسیر دریافت باد غالب قرار دارند در رده‌های بعدی ایوان‌های با کیفیت دمایی مناسب قرار گرفته‌اند.

ضریب همبستگی داده‌های آب و هوایی خانه‌های بافت تاریخی شیراز

براساس رابطه همبستگی تاثیر دما، باد، رطوبت نسبی و دمای متوسط تابشی بر شاخص آسایش حرارتی PET نتایج مستخرج گردیده‌است. با توجه به شکل۲۱، دما و دمای متوسط تابشی تاثیر مثبت و معنی‌داری با شاخص PET نشان داده‌اند. در این نتایج به‌دست آمده باد تاثیر منفی و معنی‌داری بر شاخص PET داشته‌است و رطوبت نسبی فاقد رابطه همبستگی با شاخص آسایش PET بوده‌است.

فرضیه	ضریب	آماره تی	سطح معناداری	ضریب تعیین
تاثیر متغیر دما بر PET	۰/۴۵۲	۹/۹۲۱	۰/۰۰۰	۰/۹۸۴
تاثیر متغیر باد بر PET	-۶/۱۷۱	-۵/۰۸۲	۰/۰۰۰	
تاثیر متغیر رطوبت بر PET	-۰/۰۳۸	-۱/۰۸۸	۰/۲۷۷	
تاثیر متغیر دمای تابشی بر PET	۰/۵۲۲	۷۴/۹۵۷	۰/۰۰۰	

شکل۲۱. ضریب همبستگی داده های آب و هوایی

بررسی تاثیر مولفه‌های فیزیکی ساختمان بر شاخص PET

با استفاده از رابطه همبستگی ۱۶ مولفه فیزیکی انتخاب شده و شاخص آسایش حرارتی PET مورد آزمون قرار گرفتند. در شکل ۲۲ نتایج مستخرج شده نمایش داده شده‌است و نزدیک‌ترین همبستگی را با شاخص آسایش حرارتی PET مولفه‌های، ارتفاع ایوان از سطح زمین، مساحت گشایش فضایی ایوان در نما، عرض ایوان، ارتفاع ایوان و نسبت عرض به ارتفاع ایوان نشان داده‌اند.

شکل۲۲. ضریب همبستگی داده‌های کالبدی

جمع‌بندی یافته‌های حاصل از ارزیابی عملکرد حرارتی و تاثیر تناسبات کالبدی ایوان‌های خانه‌های بافت تاریخی شیراز

بر اساس نتایج مستخرج از پژوهش، دیده‌شد که میزان دمای آسایش حیاط از ایوان بالاتر بوده‌است، هم‌چنین زمان‌های قرارگیری حیاط در محدوده آسایش تا حدودی همانند شرایط ایوان بوده‌است. لذا عامل اصلی درجه حرارت بالاتر و یا افزایش زمان‌های قرارگیری حیاط در محدوده ادراک حرارتی خیلی داغ با استرس گرمایی شدید را می‌توان منوط به سایه‌اندازی کم‌تر حیاط‌ها در طول روز و تناسبات فیزیکی آن‌ها دانست. در بررسی تمامی شاخص آسایش حرارتی PET در ایوان‌ها دیده‌شد که از ساعت ۲۰:۰۰ تا ۲۴:۰۰ بهترین دما برای استفاده از ایوان‌ها در ۴ جهت جغرافیایی بوده و در محدوده آسایش قرار گرفته‌اند و بیش‌ترین مدت قرارگیری ایوان‌ها در همین محدوده زمانی بوده‌است. با توجه به نتایج حاصل‌شده، ایوان‌ها حدود ۱۴ساعت از شبانه‌روز(۱۸:۰۰ تا ۸:۰۰ صبح) عموما در محدوده آسایش حرارتی و یا استرس دمایی بسیار کم قرار گرفته‌اند. براساس خط روند پژوهش و هم‌چنین رگرسیون صورت گرفته در رابطه با تناسبات کالبدی ایوان‌ها و حیاط‌ها با شاخص آسایش حرارتی PET دیده‌شد که ۴ شاخص، ارتفاع ایوان از سطح حیاط، مساحت ایوان در نما، و عرض و ارتفاع ایوان از بقیه پارامترها نزدیکی بیش‌تری به سطح معناداری با شاخص آسایش حرارتی PET داشته و از اهمیت بالاتری برخوردار بوده‌اند. افزایش عرض بازشوی ایوان در نما، افزایش ارتفاع ایوان از سطح حیاط، افزایش مساحت گشایش فضایی ایوان در نما و ارتفاع محدودتر ایوان از نکات حائز اهمیت در این پژوهش بوده‌است و ضریب همبستگی تاکیدی بر نتایج حاصل‌شده از داده‌های آب‌وهوایی و پارامترهای فیزیکی تمامی خانه‌ها بوده‌است. با این وجود در کنار متغیرهای قدرتمندی همانند جهت جغرافیایی و جهت و میزان دریافت باد غالب، فاکتورهای عرض و ارتفاع و مساحت ایوان در نما و ارتفاع از سطح زمین در بهبود شاخص آسایش حرارتی نقش مهمی را ایفا می‌کنند. این نکته حائز اهمیت

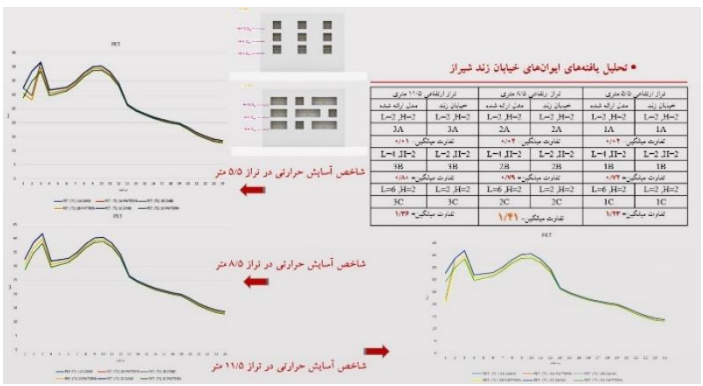
بوده‌است که عرض ایوان ضریب تاثیرگذاری مثبت و ارتفاع تاثیرگذاری منفی بر دمای محیط ایوان داشته‌است(هرچه عرض بیش‌تر و ارتفاع کم‌تر، شرایط دمایی مناسب‌تر خواهدشد). لذا در این راستا نسبت L/H (عرض به ارتفاع) ایوان هرچه از ۱ بالاتر برود و تناسبات به سمت مستطیل کشیده افقی تمایل پیدا کند، توانایی سیرکولاسیون هوا هم به مراتب بیش‌تر خواهدشد و ایوان، دمای آسایش مناسب‌تری را تجربه خواهدکرد.

تحلیل یافته‌ها در بافت میانه (خیابان زند شیراز)

با توجه به تمامی شواهد میدانی و برداشت‌های فیزیکی، تعداد ۹ ایوان(در ستون‌های A، B، C) برداشت شده و همین تعداد مدل پیشنهادی در نمای ساختمانی با ترازهای مختلف ارتفاعی مورد سنجش قرار گرفته‌اند(شکل ۲۳).

شکل ۲۳. اولویت جهات جغرافیایی ایوان‌ها

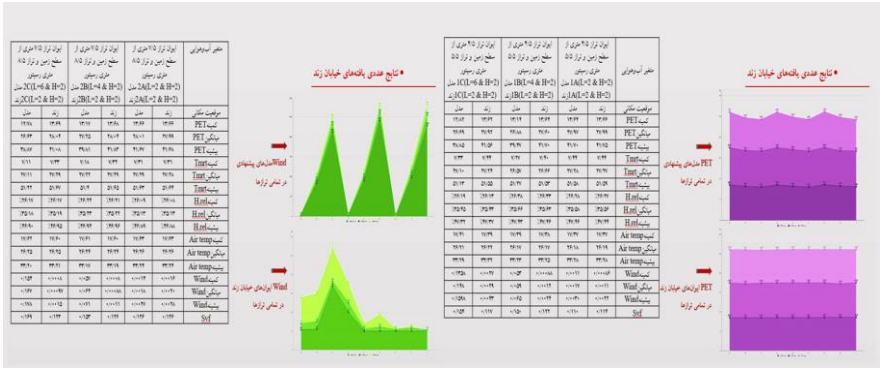
با توجه به نتایج مستخرج شده از دمای سطوح در ایوان‌ها دیده‌شد که نسبت دیوار داخلی ایوان به دیوار بیرونی ساختمان دمایی بین ۱۳/۶۵ تا ۱۷/۰۷ درجه سانتیگراد بوده که دیوار بیرونی ساختمان دمای بیش‌تری را تجربه کرده‌است. لازم به ذکر است که تفاوت دمای کف و دیوار ایوان‌ها در تراز پایین نسبت به تراز ارتفاعی بالاتر حدود ۶/۷۲ درجه سانتیگراد بوده‌است. در ۳ تراز ارتفاعی در خیابان زند و مدل پیشنهادی، نمودارهای شاخص آسایش حرارتی و جدول عددی آن در شکل۲۴ به نمایش درآمده است.



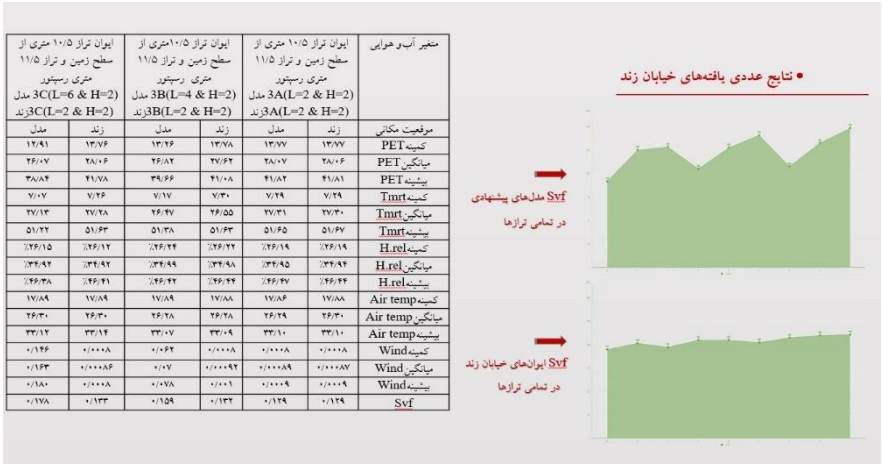
شکل ۲۴. شاخص آسایش حرارتی در ترازهای مختلف

تحلیل یافته‌ها در بافت میانه (خیابان زند و مدل‌های پیشنهادی)

طبق شبیه‌سازی صورت گرفته در ۲۴ ساعت و در سه تراز ارتفاعی، متغیرهای آب‌وهوایی مورد تحلیل قرار گرفتند. در شکل۲۵ و ۲۶ نتایج داده‌های آب‌وهوایی مستخرج از شبیه‌سازی نمایش داده شده‌است.



شکل ۲۵. جدول داده‌ها و نمودار باد و شاخص آسایش حرارتی



شکل۲۶. جدول داده‌ها و نمودار ضریب دید آسمان(SVF)

بر اساس نتایج مستخرج از پژوهش در ۳ تراز ارتفاعی ۵/۵، ۸/۵ و ۱۱/۵ متری دیده‌شد که ماهیت تناسبات شکلی مدل‌ها با توجه به افزایش عرض و مساحت بازشو در نما تاثیرگذار بر داده‌های آب‌وهوایی و شاخص آسایش حرارتی PET بوده‌است. لذا در تراز ۱۱/۵ متری مدل 3C (ابعاد L=6 و H=2) دمای ایده‌آل‌تری را نسبت به ۲ الگوی دیگر در همین تراز تجربه کرده‌است(مدل A با ابعادL=2 و H=2 و مدل B با ابعادL=4 و H=2). با توجه به نتایج تدوین شده در اشکال ۲۵ و ۲۶ می‌توان رابطه زیر را برای شاخص آسایش حرارتی در تراز ارتفاعی ۱۱/۵ متری ارائه داد:

PET (3C) <PET (3B) <PET (3A)

هم‌چنین در تراز ارتفاعی ۸/۵ متری الگوی 2C از الگوهای 2B و 2A دمای ایده‌آل‌تری داشته‌است، لذا رابطه زیر صادق است:

PET (2C) <PET (2B) <PET (2A)

در نهایت در تراز ۵/۵ متری، 1C دمای کم‌تری تجربه کرده‌است. لذا عرض و مساحت گشایش فضایی بیش‌تر، دمای آسایش کم‌تر و ایده‌آل‌تری را به همراه خواهدداشت.

PET (1C) <PET (1B) <PET (1A)

در هر سه تراز ارتفاعی دیده‌شد که هم‌جواری ۲ ایوان با عرض و مساحت بیش‌تر در کنار یکدیگر در قبال دو ایوان با عرض و مساحت کم‌تر، شاخص آسایش حرارتی بهینه‌تری داشته و با کاهش استرس حرارتی کم‌تری روبرو شده‌است، در نتیجه شاهد کاهش دمای بیش‌تری بوده‌ایم.

جمع‌بندی یافته‌های بافت میانه شیراز(خیابان زند)

با توجه به نتایج تحقیق در بافت میانه، شاهد کاهش دما تا ۱/۴۱ درجه سانتیگراد در مدل‌های پیشنهادی نسبت به ایوان‌های برداشت شده خیابان زند بوده‌ایم. دمای سطوح بیرونی نما حدود ۴/۶۸ تا ۱۳/۶۵ درجه سانتیگراد افزایش را نسبت به سطوح داخلی ایوان‌ها نشان داده‌است. ایوان‌های مدل پیشنهادی با افزایش عرض و مساحت گشایش فضایی و ارتفاع گرفتن از سطح زمین، کاهش دمای بیش‌تری را شاهد بوده‌اند و این ایوان‌ها زمان بیش‌تری را در محدوده آسایش و یا استرس حرارتی کم سپری کرده‌اند. ایوان‌های مدل پیشنهادی که با مساحت گشایش فضایی بیش‌تری در کنار یکدیگر قرار گرفته اند، نسبت به قرارگیری ایوان‌های با مساحت کم‌تر در هم‌جواری یکدیگر، دمای داخل و پیرامونشان از کاهش بیش‌تری برخوردار شده‌اند. لازم به ذکر است که با افزایش مساحت گشایش فضایی در ایوان‌ها، دیده شده‌است که تاثیر چشم‌گیری بر هندسه و سرعت باد دریافتی داشته‌اند، لذا افزایش تناسبات مستطیلی عاملی بر ایجاد کوران در اطراف ایوان‌ها بوده‌است. بنابراین سه پارامتر اصلی عرض و مساحت گشایش فضایی ایوان در نما و ارتفاع از سطح زمین از مهم‌ترین فاکتورهای کالبدی تاثیرگذار بر شاخص آسایش حرارتی PET در نمای ساختمان‌ها در محدوده خیابان زند شیراز بوده‌است.

نتیجه‌گیری

شناسایی عناصر کارآمد اقلیمی و تاثیر تناسبات کالبدی آن‌ها بر کاهش دمای محیط، مهم‌ترین رویکرد پژوهش بوده‌است. با استناد به سوال اصلی مطرح شده در پژوهش مبنی بر؛ چگونگی تاثیرگذاری تناسبات کالبدی بر عملکرد حرارتی فضاهای نیمه‌باز در مناطق با استرس حرارتی بالا در شیراز؛ و هم‌چنین سوالی با موضوعیت؛ شناخت نزدیک‌ترین همبستگی مولفه‌های فیزیکی با شاخص آسایش حرارتی در ایوان‌ها؛ با توجه به نتایج مستخرج شده بر اساس خط روند پژوهش و هم‌چنین تحلیل ضرایب همبستگی دیده‌شد:

- ساختار ایوان در بین تمامی انواع فضاهای نیمه‌باز از درجه اهمیت بیش‌تری در اقلیم گرم و خشک شیراز برخوردار است.(ساختار قوس‌دار و مقعر از بقیه فرم‌های ایوان کارآمدتر است).
- مولفه ایوان- حیاط تاثیر داده‌های آب و هوایی بر شاخص آسایش حرارتی PET را افزایش داده‌است.
- زمان قرارگیری ایوان در محدوده آسایش و یا استرس حرارتی کم حدود ۱۴ ساعت در طول روز بوده‌است که این محدوده برای حیاط ۲ ساعت کم‌تر نشان داده شده‌است.
- حداقل ارتفاع تاثیرگذار ایوان از سطح زمین بر شاخص آسایش حرارتی ۱/۲۰ متر است.
- متغیرهای مستقل پژوهش همانند دمای هوا، دمای متوسط تابشی، سرعت باد، دمای سطح با شاخص

آسایش حرارتی PET همبستگی نشان داده‌اند.

به دنبال موارد ذکر شده، تغییر در تناسبات ایوان‌ها؛ با افزایش، عرض و مساحت گشایش فضایی ایوان در نما و ارتفاع ایوان از سطح زمین و نسبت عرض به ارتفاع(L/H) و هم‌چنین با کاهش ارتفاع ایوان؛ نزدیک‌ترین همبستگی با شاخص آسایش حرارتی را نشان داده‌اند، لذا تغییر تناسبات کالبدی در کنترل و تعدیل دمای ایوان‌ها و محیط پیرامونی آن‌ها نقش موثری ایفا کرده‌اند. کاهش ارتفاع ایوان، افزایش میزان سایه‌اندازی و به دنبال آن با کنترل دمای متوسط تابشی، کاهش شاخص آسایش حرارتی را در پی داشته‌است. با افزایش ارتفاع ایوان از سطح زمین، دریافت بازتاب‌های حرارتی ساطع شده از محیط پیرامون کاهش یافته و هم‌چنین دریافت و قرارگیری ایوان‌ها در مسیر باد افزایش یافته‌اند. لذا قرارگیری ایوان‌های با گشایش فضایی بیش‌تر در بدنه عمودی نماها و هم‌چنین قرارگیری آن‌ها در کنار یکدیگر، علی‌رغم کاهش دمای محیط خود ایوان با توجه به افزایش میزان باد، در کاهش دمای محیط پیرامون و هم‌چنین دمای سطح بسیار تاثیرگذار بوده‌است. لازم به ذکر است که همه مولفه‌های مستقل ذکر شده همبستگی قدرت‌مندی را با کاهش شاخص آسایش حرارتی PET نشان داده‌اند.

وظیفه ایوان‌ها دریافت و انتقال دما بوده‌است که با تغییر تناسبات کالبدی و ایجاد تهویه و سیرکولاسیون دمایی این رفتار حرارتی شدت و قوت بیش‌تری به خود گرفته‌است.

- بهترین ثبت گیرنده‌های دما در طول روز:

۱- مرکز ایوان ۲- هم جوار ایوان و مستقر در حیاط ۳- مرکز حیاط

- ترتیب اولویت قرارگیری موقعیت ایوان‌ها

۱- شمال غرب- غرب: پرهیز از تابش‌های غیرمفید طولانی

۲- جنوب شرق- جنوب: قرارگیری در مسیر باد غالب

۳- جنوب- جنوب غرب: برخورداری از مدت زمان کم‌تر تابش‌های غیرمفید و بهره‌گیری محدود از دریافت باد غالب

با توجه به نتایج حاصل شده از روند پژوهش و همبستگی مثبتی بین ضریب دید آسمان(Svf) و دمای متوسط تابشی(Tmrt) و شاخص آسایش حرارتی(PET) در حیاط‌ها و ایوان‌ها وجود دارد. این رابطه در بدنه نماها با وجود ایوان‌ها بابت گشایش فضایی بیش‌تر و ایجاد خلل و فرج عریض‌تر در سطح عمودی نما عاملی بر ایجاد سایه وسیع‌تر در سطحی از نما و هم‌چنین باعث تغییر فشار باد در حین حرکت و لغزیدن از روی سطح صاف نما شده‌است. بنابراین تغییر در تناسبات کالبدی فضاهای نیمه‌باز با استناد به معیار ذاتی Svf هم‌راستایی و همبستگی داشته‌است و مهر تاییدی بر روند تغییرات مناسب کالبدی ایوان‌ها بوده‌است.

- قرارگیری ایوان ها در آخرین تراز ارتفاعی:

۱- دریافت بیش‌تر دما از سطح بام ۲- حرکت مستقیم و بدون تغییر فشار باد در بالای پشت‌بام

- هرچه ایوان‌ها وسعت بیش‌تری بگیرند، زودتر محدوده ادراک حرارتی خنک با استرس سرمایی متوسط را تجربه می‌کنند(ایوان‌های وسیع در تراز ارتفاعی بالا، کم‌ترین دما در تمامی ساعات روز را شاهد هستند).
- قرارگیری ایوان‌های با وسعت گشایش فضایی بیش‌تر عاملی بر تغییر هندسه و سرعت باد بوده‌است که بر شاخص آسایش حرارتی تاثیر مثبتی می‌گذارد.

با توجه به جزئیات نتایج مستخرج از پژوهش، دستاوردهای کلی تدوین گردند.

دستاوردهای تحقیق

۱- مناسب‌ترین فضای نیمه‌باز در اقلیم گرم و خشک شیراز، ساختار ایوان است.

۲- ترتیب اولویت موقعیت جغرافیایی • شمال غرب – غرب • جنوب شرق- جنوب • جنوب- جنوب غرب

۳- افزایش عرض ایوان، افزایش مساحت گشایش فضایی ایوان در نما، افزایش ارتفاع ایوان از سطح زمین، افزایش نسبت عرض به ارتفاع ایوان(L/H)، کاهش ارتفاع، نزدیک‌ترین همبستگی مولفه‌های کالبدی فضاهای نیمه‌باز با شاخص آسایش حرارتی است.

۴- استفاده بهینه از ایوان‌های با مساحت گشایش فضایی بیش‌تر در هم‌جواری یکدیگر در جهت تعدیل دما

۵- تغییر مناسب در محدوده ادراک حرارتی با تاکید بر تناسبات بهینه کالبدی ایوان‌ها

۶- گشایش فضایی در بدنه عمودی نما نسبت به سطح افق تاثیر دمایی مناسب‌تری بر شاخص آسایش حرارتی دارد(تفاوت کالبدی ایوان و حیاط).

پیشنهادات آتی

با توجه به نتایج مستخرج از پژوهش دیده‌شد که شناخت عناصر پاسخ‌گو به اقلیم و به‌کارگیری مبانی و مفاهیم شکل‌گیری به‌همراه تناسبات کالبدی آن‌ها در بدنه معماری امروزی، در کاهش و کنترل و به تعادل رساندن دمای محیطی موثر خواهندبود. لذا کمبود فضای کافی جهت ارائه موقعیت‌های مختلف جهت رصد کردن نتایج آن‌ها، به‌نظر می‌رسد که در پژوهش‌های آتی موارد زیر مورد توجه بیش‌تری قرار گیرند.

- تاکید بر ریخت‌شناسی فرمی در پلان ایوان‌ها و نحوه چیدمان فرمی دیوارهای جانبی ایوان؛ نظیر دیوارهای زاویه‌دار، مقعر، عمود بر هم در پلان؛ بر کاهش دمای آسایش
- تحلیل داده‌های آب‌وهوایی ایوان‌ها در پهنه‌ها و اقلیم‌های جغرافیایی دیگر نظیر گرم و مرطوب
- تاثیر دمایی ایوان‌های کشیده و سرتاسری در بدنه نما
- شناسایی تاثیر پارامترهای اقلیمی بر گشایش نورگیرها در پلان ساختمان و تاثیر آن‌ها بر شاخص آسایش حرارتی و تولید ضوابط اجرایی با وسعت بنا و میزان ارتفاع و نوع کاربری آن‌ها
- بررسی تاثیر عملکرد حرارتی ایوان‌ها بر تغییرات دما در فضاهای بسته با توجه به نوع عملکرد و وسعت فضاهای بسته پیرامون ایوان‌ها

References

[1] Ghorbani, F, & Sajadzadeh, H. (2024) The Impact of Vegetation on Urban Heat Island Reduction in the City of Karaj, *Journal of Urban Studies*, 13 (52), 3-16. https://doi.org/10.22034/urbs.2024.140477.5005

[2] Majidi, F.S, Heidari, S, Qal, el Noei, M, & Qassemi Sichani, M. (2019) Assessing and Comparing Thermal Comfort in Residential Neighborhoods of Isfahan (Case study: Ali-Qoli Aqa and Dashtestan Neighborhoods), *Journal of Iranian Architecture Studies*, 8(15), 47-64. https://doi.org/ 10.22052/1.15.47

[3] Kandya, A, & Mohan, M. (2018) Mitigating the urban heat island effect through building envelope modification, *Energy & Buildings*, 164, 266-

277. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.01.014Get rights and content
[4] Hedayat, A, Eshrati, P, & Karimi, B. (2020) Study of the Effect of Outdoor Semi-open Space on the Quality of the Residential Environment (Case Study: Apartment in Bushehr City), *Scientific Journal of Iranian Architecture & Urbanism*, 11(2), 57- 74. https://doi.org/10.30475/isau.2020.214584.1338
[5] Hashemi, N, Heidari, S, & Rahbar, M. (2022) Adaptive Thermal Comfort as the Final Metric for Evaluating the Quality of the Exterior Shading on Building Envelopes; Case Study: A Residential Building in Shiraz, Iran, *Journal of Fine Arts: architecture and urban planning*, 27(3), 5-17. DOI: 10.22059/JFAUP.2022.342483.672765
[6] Mahdinejad Goodarzi, Z, Mahdi nejad Darzi, J, & Mozaffari Qadiklaei, M.(2022) Principles of Ecological Architecture for Designing Residential Building Facades in Hot and Humid Climates to Lower Indoor Air Temperature Based on Ecological Architectur, *Journal of Iranian Architecture & Urbanism.* 13(2): 297-316, https://doi.org/10.30475/isau.2021.249604.1524
[7] Mohammadi, M, Ghiabaklou, Z, & Moztarzadeh, H. (2023) The Optimal Dimensions and Openning Area for Windows in Residential Buildings in the Hot-Humid Climate of Asalouyeh City, *Journal of Fine Arts: architecture and urban planning*, 28(3), 91-105. DOI: 10.22059/JFAUP.2024.363130.672895
[8] Talaei, M, & Azari, R.(2024) Smart building skies for urban heat island mitigation: A review, *ASCE(American Society of Civil Engineers)* , 30(4). https://profdoc.um.ac.ir/articles/a/1099700.pdf
[9] Amiri, S, & Sayyadi, A. (2023) Analisis and Evaluation of the Formation for a Heat Island in Tehran During Three Decades, *Journal of Renewable Energy And Environment*, 10(3), 67-80. https://doi.org/10.3050/jree.2022.349418.1396
[10] Sabri, R, Rostami, R, & Mozaffari Qhadikolaei, F. (2024) Thermal Performance of Double-layer Green Walls in Optimizing Energy Consumption in a Typical Commercial Office Building in Tehran, *Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University(Karafan)*, 20(4), 179-194. DOI:10.48301/KSSA.2023.388810.2473
[11] Jewel, R, Rakibul, H, Habibur Rhman, S & Vivian w.y.Tam. (2020) Impact assessment of window to wall ratio on energy consumption of an office building of subtropical monsoon climatic country Bangladesh, *International Journal of Construction Management*, 22(13), 2528-2553. https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1808561
[12] Barzanouni, N, Fayaz, R,& Hosseini, S.B.(2024) The Effect of Window Dimensions on Lighting and Thermal Energy in Office Buildings in Hot Arid Climate, *Journal of Architecture and Urban Planning*, 16)42), 25-44 DOI: 10.30480/AUP.2022.3837.1828
[13] Vakilinezhad, R.(2021) Comparative study of thermal comfort simulation software in urban environment, *Journal of Iranian Architecture & Urbanism*. 12(2): 235-250. https://doi.org/10.30475/isau.2020.217902.1353
[14] Bannazadeh, B, Heidari, S, & Hadianfard, H. (2022) Identification and assessment of the effect of environmental, personal and social components on thermal comfort in office building, *Journal of Iranian Architecture & Urbanism*. 13(1): 259- 279. https://doi.org/10.30475/isau.2021.222582.1371
[15] Jafarian, S, Sarkardehee, E, Monsefi Parapari, D, & Mojahedi, M. (2023)

Simulation and evaluation of the impact of membrane canopies on outdoor *Urbanism.* 14(1): 5-19, https://doi.org/10.30475/isau.2023.262631.1596

[16] Shoara, S, Mofidi Shemirani, S. M, Shahriari S. K, & Saeideh Zarabadi, Z. S. (2023) Investigation of the Effect of Urban Street Canyon Materials on Microclimate by CFD in Shiraz, *Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University(Karafan)*, 19(4), 223-240. DOI: 10.48301/KSSA.2023.354640.2225

[17] Barzegar, Z, & Sajjadi, K. (2023) Analogy of thermal comfort with the influence of opening by PMV method in traditional houses and apartments in shiraz, *Journal of Iranian Architecture & Urbanism*. 14(1): 117-131. https://doi.org/10.30475/isau.2023.231996.1424

[18]Heydari, E, Mahdinejad, J, & Doulabi, P. (2022) Strategic Principles of Designing the form of a Residential Building in Bushehr Based on Reducing Energy Consumption, *Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University(Karafan)*, 18(4), 345-361. DOI: 10.48301/KSSA.2022.306864.1761

[19] Akhlaghinezhad, F, & Bagheri Sabzevar, H. (2023) Evaluation of Outdoor Thermal Comfort in Different Couryard Forms at Neiborhood Scale; Case: Cold and Semi-Arid of Sabzevar, *Journal of Fine Arts: architecture and urban planning*, 28(1), 45- 61. DOI: 10.22059/JFAUP.2023.352410.672828

[20] Nasrollahi, N, Hatami, M, Khastar, S.R, & Taleghani, M. (2017) Numerical evaluation of thermal comfort in traditional courtyards to develop new microclimate design in a hot and dry climate, *Sustaiable Cities and Society*, 35, 449-467. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.017

[21] Mnsouri, S.T, & Zharghami, E. (2024) Dynamic Analasis of Urban Heat Islands in Tehran (2013- 2023) Based on MODIS Images and Google Earth Engine, *Journal of Remote Sensing and Geoinformation Research*, 2(1), 45-64. https://doi.org/10.22061/jrsgr.2024.10762.1057

[22] Maleki, S.M.R, Mohammad Kari, B, & Mareafat, M. (2017) Investigating courtyard and its design parameters for thermal performance and comfort in Tehran climate, *Modares Mechanical Engineering*, 17 (4) :369-380. https:// 20.1001.1.10275940.1396.17.4.47.3

[23] Koulivand, T. (2023) Comparison of Thermal Performance of Broadleaf and Coniferous Trees in Urban Canyons (Case Study: City of Isfahan*), Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University (Karafan)*, 19(4), 333-364. DOI: 10.48301/KSSA.2022.298183.1650

[24] Neshatsafavi, S.H, Babakhani, M, & Azmoodeh, M. (2023) Comparative Comparison of the Effect of Green Roof Vegetation on the Reduction of Urban Heat Island (Case Study: Enghelab Square, City of Tehran), *Quarterly Scientific Journal of Technical and Vocational University (Karafan)*, 19(4), 259-282. DOI: 10.48301/KSSA.2022.319059.1893

[25] Zomoridian, Z.S. (2016), Thermal comfort in educational spaces in Tehran, PhD Thesis, Shahid Beheshti University, Tehran.

[26] Karim zadeh, J, Mahdi Nezhad Darzi, J, & Karimi, B. (2023) The principles of temperature control in the formation of heat islands based on vernacular

architecture strategies' feedback, Doctoral Thesis, Islamic Azad University, Busher.

[27] Karami Rad, S, Aliabadi, M, Hbibi, A. (2018), Measuring the impact of urban geometry on external thermal comfort conditions at the microclimate scale; (Case study: open space of residential complexes in Goldasht, Shiraz), *Journal of Regional Planing*, 8(29), 161-172.

[28] Nikghadam, N. (2013) Patterns of Semi-Open Spaces in Vernacular Houses of Dezful, Bushehr and Bandar-e-Lenge Considering Climate Atributes, *Journal of Fine Arts: architecture and urban planning*, 18(3), 54-69. https://doi.org/ 10.22059/JFAUP.2013.51319

[29] Kochakian, M, Aivazian, S, Darab, D, & Nourooz Borazjani, V. (2018), Represantation the Concept of Housing in Social and Economic Factors, *Urban Management*, 16(49), 263-286. https://www.magiran.com/p1801888

[30] Hamzenejad M, & Dashti M. (2016) Iranian traditional houses from the perspective of phenomenologists and moral traditionalists. *Naqshejahan*, 6 (2) :24-35. https://doi.org/20.1001.1.23224991.1395.6.2.2.2

[31] Ahmadi, Z. (2012) Recognize the missing role of central courtyard to achieve sustainable architecture, *Architecture in Hot and Dry Climate*, 2(2), 25-40 https://doi.org/20.1001.1.26453711.1391.2.2.2.4