



## ORIGINAL RESEARCH PAPER

## Analogy of thermal comfort with the influence of openings by PMV method in traditional houses and apartments in Shiraz

Zhara Barzegar <sup>1\*</sup>, Khatereh Sajjadi <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Assistant Professor, Department of Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

<sup>2</sup> Ph.D. Candidate in Architecture, Department of Architecture, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran.

## ARTICLE INFO

## Article History:

|                  |            |
|------------------|------------|
| Received         | 2021/04/04 |
| Revised          | 2021/06/09 |
| Accepted         | 2022/09/10 |
| Available Online | 2023/08/06 |

## Keywords:

Thermal Comfort  
Openness  
PMV  
Traditional House  
Hot and Dry

Use your device to scan  
and read the article online



Number of References

34



Number of Figures

9



Number of Tables

10

## Extended ABSTRACT

**BACKGROUND AND OBJECTIVES:** Humans have always tried to build shelters in nature that are compatible with the climate to provide the best conditions for their survival. Exploiting the climate and weather conditions of each region in architecture is one of the important issues that has attracted the attention of Iranian and foreign researchers in architecture and urban planning research, and it has even influenced the quality of domestic architecture. In addition, in today's science, it is proven that design will be a very costly process without considering the features and climatic factors. One of the most important factors that is effective in improving the quality of the indoor environment is the concept of thermal comfort. Thermal comfort is a mental condition that expresses satisfaction with the thermal environment. According to the important role of the openness as an index of control of comfort conditions and air flow in the interior, it will play an important role. Investigating the capabilities and comparing the internal thermal comfort of residents under the influence of construction openings are studied the present research.

**METHODS:** The current research method is quantitative and thermal comfort is calculated by PMV method. At first, the thermal comfort of the traditional and modern houses changed under the influence of construction openings in the hot season is investigated, then the Percentage People Dissatisfied (PPD) was compared in both open and closed openings in modern and traditional houses and ultimately the most effective factor in reducing the amount PPD dissatisfaction is estimated. In order to investigate the performance of openings in the semi-hot and dry climate of Shiraz, temperature, humidity and wind were measured by a data logger and, with the help of estimation of dissatisfaction and PPD, PMV was extracted. Therefore, in the process of research, a comparison was made between the internal thermal comfort of a traditional house and a modern apartment, and the analyzes were made under the influence of openness in two different states; The first opening mode is fully open and the second opening mode is closed. Opening windows has a great effect on thermal comfort as well as reducing energy consumption, so its correct evaluation is important and accordingly, the newly developed opening model is designed based on the activity pattern and density of people.

**FINDINGS:** In examining the results of field observations and comparing internal thermal comfort under the influence of openings in a traditional house and a modern apartment in Shiraz through PMV calculation, the effect of each of the factors of temperature, humidity and wind speed on the amount of PMV was analyzed. The results of the research indicate that the predicted percentage of dissatisfaction with the predicted mean vote in open window mode at traditional house is 18% and close mode is 59%. This index in open window at apartment is 61% and close mode is 91%. The opening studied in the traditional house was the five-door opening; therefore, it played a more significant role in creating indoor thermal comfort.

**CONCLUSION:** The thermal suitability of the indoor environment of the building, in addition to providing comfort for the residents, will save energy, enhance health and productivity and also improve the morale of the residents. In the present research, openness and opening of the most important indicators of comfort conditions in the



**Extended ABSTRACT**

interior space were investigated and functionally evaluated. Therefore, the five-door of the traditional house played an effective role in creating thermal comfort. The analysis of the research shows that the design of the types of openings, the dimensions and sizes of the openings in traditional buildings are such that the opening of the interior spaces are within the comfort range during most of the hot season. The noteworthy point of the opening dimensions is the approximate equality of the opening area with the total area of transparent surfaces, their frequency and repetition, as well as the optimal fit of the opening dimensions with the dimensions of the interior space. In general, it can be assumed that opening will play an effective role in indoor cooling and ventilation. What is so much considered today in sustainable design is featured in the principles of Iranian architecture, which is known as an amenity in building spaces. Subsequently, the quality of the indoor environment depends on other factors, such as the quality of light, visibility and scenery, in addition to thermal comfort.

**HIGHLIGHTS:**

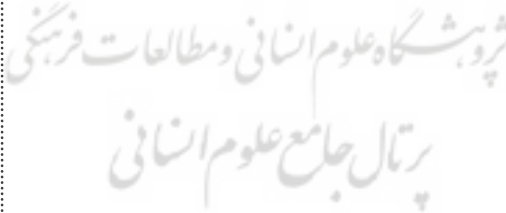
- Measurement of internal thermal comfort in the hot season under the influence of openings.
- Calculation of the amount of thermal dissatisfaction based on the thermal performance of the interior spaces of the house at different heights.
- Evaluating the function of opening and window as one of the most important indicators of controlling the comfort conditions in the interior.

**ACKNOWLEDGMENTS:**

Thanks to the cultural heritage organization that made it possible for the writers to access information and visit the traditional houses of Shiraz city.

**CONFLICT OF INTEREST:**

The authors declared no conflicts of interest.

**COPYRIGHTS**

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the Journal of Iranian Architecture & Urbanism (JIAU). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, as long as the original authors and source are cited. No permission is required from the authors or the publishers.

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

**HOW TO CITE THIS ARTICLE**

Barzegar, Z.; Sajjadi, Kh., (2023). Analogy of thermal comfort with the influence of openings by PMV method in traditional houses and apartments in Shiraz. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism.*, 14(1): 117-131.



<https://dx.doi.org/10.30475/isau.2023.231996.1424>



[https://www.isau.ir/article\\_176056.html](https://www.isau.ir/article_176056.html)



## سنجش آسایش حرارتی درونی فصل گرم تحت تأثیر گشودگی‌ها با کمک روش PMV در خانه‌های سنتی و آپارتمانی شهر شیراز

زهرا برزگر<sup>۱\*</sup>، خاطره سجادی<sup>۲</sup>

۱. استادیار، گروه معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.  
۲. دانشجوی دکتری معماری، گروه معماری، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

| مشخصات مقاله                   | چکیده  |
|--------------------------------|--|
| تاریخ ارسال ۱۴۰۰/۰۱/۰۵         | <p>آسایش حرارتی، شرایط ذهنی است که رضایت‌مندی از محیط حرارتی را بیان می‌کند. مناسب بودن داخل ساختمان از لحاظ حرارتی، نه تنها آسایش را برای ساکنان فراهم می‌آورد، بلکه باعث صرفه‌جویی در مصرف انرژی، سلامت، بالا رفتن میزان بهره‌وری و بهبود روحیه ساکنان خواهد شد. با توجه به آن که گشودگی یا بازشو به‌عنوان یکی از شاخص‌های کنترل شرایط آسایش و جریان هوا در فضای داخلی نقش مؤثری خواهد داشت، بررسی قابلیت‌ها و مقایسه آسایش حرارتی درونی ساختمان‌های مسکونی تحت تأثیر گشودگی‌های ساختمانی مورد توجه موضوع پژوهش قرار گرفته است. در پژوهش حاضر نحوه تغییرات آسایش حرارتی درونی خانه‌های سنتی و مدرن شهری تحت تأثیر گشودگی‌های ساختمانی در فصل گرم بررسی شده، سپس میزان نارضایتی<sup>۱</sup> PPD در دو حالت گشودگی باز و بسته در خانه‌های مدرن و سنتی مقایسه شده و در نهایت مؤثرترین عامل در کاهش میزان نارضایتی PPD برآورد شده است. جهت بررسی عملکرد بازشوها در اقلیم نیمه گرم و خشک شیراز میزان دما، رطوبت و باد با دستگاه دیتالاگر برداشت شد و با کمک سنجش میزان نارضایتی PPD، شاخص متوسط محدوده آسایش حرارتی<sup>۲</sup> PMV استخراج شد. دو نمونه موردی خانه سنتی صالحی و آپارتمان مدرن نور و تأثیر بازشو در دو حالت باز و بسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که میزان نارضایتی از آسایش حرارتی درونی در فصل گرم در خانه سنتی، حالت گشودگی باز ۱۸٪ و حالت گشودگی بسته ۵۹٪ و در آپارتمان با بازشوی باز ۶۱٪ و حالت بازشوی بسته ۹۱٪ است. گشودگی مورد مطالعه در خانه سنتی پنج‌دری بوده، بنابراین در ایجاد آسایش حرارتی فضای داخلی نقش مؤثرتری داشت. به‌طور کلی می‌توان چنین برداشت نمود که گشودگی و بازشو نقش مؤثری در سرمایش و تهویه هوای داخلی خواهد داشت. امری که امروزه در طراحی پایدار بسیار مورد توجه است و در اصول معماری ایرانی با عنوان مردم‌واری در فضاهای ساختمان نمایان می‌شود.</p> |
| تاریخ بازنگری ۱۴۰۰/۰۳/۱۹       |  |
| تاریخ پذیرش ۱۴۰۰/۰۶/۱۹         |  |
| تاریخ انتشار آنلاین ۱۴۰۲/۰۵/۱۵ |  |
| <b>واژگان کلیدی</b>            |  |
| آسایش حرارتی                   |  |
| گشودگی                         |  |
| PMV                            |  |
| خانه سنتی                      |  |
| گرم و خشک                      |  |
|                                | <b>نکات شاخص</b>   |
|                                | <p>- سنجش آسایش حرارتی درونی فصل گرم تحت تأثیر گشودگی‌ها.<br/>- محاسبه میزان نارضایتی حرارتی بر اساس عملکرد حرارتی فضاهای داخلی خانه در ارتفاع‌های مختلف.<br/>- ارزیابی کارکرد گشودگی و بازشو به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های کنترل شرایط آسایش در فضای داخلی.</p>   |

### نحوه ارجاع به مقاله

برزگر، زهرا و سجادی، خاطره. (۱۴۰۲). سنجش آسایش حرارتی درونی فصل گرم تحت تأثیر گشودگی‌ها با کمک روش PMV در خانه‌های سنتی و آپارتمانی شهر شیراز، نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران، ۱۴(۱)، ۱۱۷-۱۳۱.

\*\* نویسنده مسئول

تلفن: ۰۰۹۸۹۱۷۷۱۸۹۳۷۸

پست الکترونیک: zahrabarzegar86@yahoo.com

## مقدمه

و خارج محیط بسته می‌باشند که کنترل ویژگی‌های آن به صورت مستقیم بر آسایش حرارتی نقش مؤثری دارد. از طرفی ضرورت پژوهش بر فراهم آوردن شرایط آسایش حرارتی برای ساختمان‌های مسکونی در شهرها بوده و با تکیه بر مبانی معماری خانه سنتی و تفاوت ابعاد گشودگی و نوع جهت‌گیری بازشوها در ساختمان سنتی و مدرن، کارکرد گشودگی‌ها مورد تحلیل و ارزیابی قرار گرفته است.

## پیشینه تحقیق و مروری بر مطالعات انجام شده حول محور آسایش حرارتی

حول محور آسایش حرارتی تحقیقات کلانی در دنیا صورت گرفته است، برخی از پژوهشگران نظریات متفاوتی در مورد مفهوم کاربردی آسایش حرارتی ارائه کردند (Olgyay, 1978; Konya, 1980; Macin, 1982; Tayer, 1982; Fanger, 1985; Gaag, 1986; Aynsley, 1989; Henson, 1990; Cariono, 1997; Oak, 1998; Dider & Burger, 1998; Nicol, 2002; Bentli et al., 2003; Charls, 2003; Kasmaei, 2005; Kamali & Moradi, 2006; Han et al, 2007; Heydari & Ghaffari, 2009; Ashari, 2010; Delfani et al., 2010; Van Hoof, 2010; Baqaei et al., 2012; Hiechez, 2012; Saqafi, 2012) که هر یک شرایط خاصی را برای آسایش حرارتی تعریف نموده‌اند. برخی دیگر به اصول کلی حاکم بر اقلیم‌های متفاوت پرداخته و بر اساس داده‌های بیوکلیماتیک، برداشت‌های میدانی و نقش عناصر مختلف در شکل‌گیری آسایش حرارتی در شهرهای مختلف پرداختند. پژوهشگرانی نیز به طراحی استراتژی‌های پیش طراحی و راهکارهایی برای استفاده بهینه از انرژی‌های زوال ناپذیر مانند آفتاب و باد پرداختند و استفاده حداکثری از انرژی‌های پاک را بیان کردند (Kifa, 2004; Saliqeh, 2003; Eli, 1998; Bahadori & Yaghoub, 2005; Nilson, 2005; Razjouyan, 2008; Rouhizadeh, 2008; Tav-oosi & Abdolahi, 2008). از میان عرصه‌های مختلف که بیان‌کننده تأثیر اقلیم بر معماری محسوب می‌شوند، شناسایی عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی ارجحیت بیشتری دارد.

در مجموعه تحقیقات گردآوری شده، آسایش حرارتی به دو زیرمجموعه آسایش حرارتی در فضاهای بسته درونی و آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری بیرونی تقسیم می‌شود. در مورد آسایش حرارتی درونی تحقیقات بیشماری انجام گرفته است (Pritous & Ourand, 1984; Dider, 1998; Nicol & Humphreys, 2002; Charls, 2003; Olison, 2004; Han-Jey, 2007; Qiyabaklo, 2007; Lean et al., 2009; Alton et al, 2009; Piters et al., 2009; Lomas & Gridharan, 2012; Kaan & Qrantini, 2012; Moradi et al., 2013, Javanroudi & Mahdavejad, 2013; Ansarimanesh & Nasrollahi, 2014; Andre et al, 2014; Islami, 2014; Zare et al., 2015; Debenskey et al., 2015; Zomorodian et al., 2016; Harimi, 2017). به‌عنوان مثال در زمینه آسایش

در طول تاریخ انسان همواره برای تأمین هدف سکونت خود، سعی در ساخت پناهگاه‌هایی در دل طبیعت و سازگار با اقلیم آن داشته تا بتواند بهترین شرایط را برای بقای زندگی خود و خانواده‌اش فراهم سازد. بهره‌برداری از شرایط اقلیم و آب و هوای هر منطقه در معماری ساختمان‌ها، یکی از موضوعات و مباحث مهمی است که در پژوهش‌های معماری و شهرسازی مورد استقبال محققان ایرانی و خارجی بوده و حتی کیفیت معماری داخلی را نیز تحت تأثیر خود قرار داده است. علاوه بر این، در علم امروز ثابت شده طراحی بدون توجه به ویژگی‌ها و عوامل اقلیمی فرایندی بسیار پرهزینه خواهد بود. یکی از پر اهمیت‌ترین و ملموس‌ترین عواملی که در بهبود کیفیت محیط داخلی مؤثر است مفهوم آسایش حرارتی است.

از طرفی شهرنشینی مستلزم گسترش مرزها و تراکم بافت شهری بوده و همچنین منجر به ساخت سازه‌های بلند ساختمان در کنار خیابان‌های نسبتاً باریک شده است. دمای هوا در مناطق متراکم شهری عموماً بالاتر از مناطق داخلی روستایی است. این مسئله در شهرهای دارای آب و هوای گرم، می‌تواند بر مصرف کلی انرژی و راحتی و سلامتی ساکنان آن تأثیر جدی بگذارد (Moonen et al., 2012).

بنابراین یکی از روش‌های نزدیک شدن به شرایط آسایش در اقلیم گرم و خشک، ایجاد تهویه طبیعی از طریق جریان‌های سیال هوا و باد در داخل فضا است. البته جریان هوا از یک طرف می‌تواند عاملی برای خنکی و ایجاد آسایش حرارتی باشد و از طرفی دیگر ممکن است عامل مخربی برای آسایش حرارتی گردد. در هر صورت جریان هوا عاملی است که در ارتباط مستقیم با عناصر معماری و طراحی بنا می‌باشد و باعث تبادل حرارتی بین بدن و محیط می‌شود. بنابراین تأثیر فراوانی بر احساس آسایش حرارتی دارد (Heydari & Ghaffari, 2009). کنترل این عامل می‌تواند راهکاری برای کاهش نرخ نارضایتی حرارتی باشد. در این راستا یکی از مؤثرترین عملکرد گشودگی‌ها و بازشوها که در تأمین آسایش حرارتی فضاهای بسته مؤثر است، تهویه، کنترل و هدایت مطلوب جریان هوا می‌باشد که موضوع پژوهش حاضر حول محور آن قرار گرفته است.

گشودگی‌ها دارای عملکردهای متفاوتی مانند تهویه، دریافت تابشی، هدایت جریان باد و ... هستند و جریان باد را به‌داخل ساختمان هدایت می‌کنند و این عمل باعث ایجاد کوران هوا در داخل بنا می‌شود و شرایط آسایش را فراهم می‌کند. گشودگی به کلیه درها و پنجره‌ها و راه‌های ورود هوا مانند کانال‌ها و ... گفته می‌شود که عمده‌ترین آن‌ها در و پنجره است و در تحقیق حاضر مد نظر پژوهشگر قرار گرفته است. گشودگی‌ها اولین عامل انتقال حرارت و هوا به داخل



## مبانی نظری

استاندارد اشرفی<sup>۳</sup> آسایش حرارتی را به شرایط ذهنی اطلاق می‌کند که رضایت‌مندی از محیط گرمایی را بیان می‌کند (Ashrae, 2013). آسایش حرارتی شرایطی است که در آن ۸۰ درصد انسان‌ها از لحاظ فیزیکی احساس آسایش دارند و زمانی تحقق می‌یابد که از نظر ذهنی، فکری و جسمی در شرایط آسایش قرار داشته باشد (Sajjadzadeh et al., 2014).

آسایش حرارتی با ۴ فاکتور قابل کنترل دمای هوا، دمای متوسط تشعشعی، سرعت نسبی هوا و فشار بخار مرتبط است (Fanger, 1970). این فاکتورها، فاکتورهای تشکیل‌دهنده محیط حرارتی‌اند و در کنار آن‌ها آسایش فرد با ۳ فاکتور میزان فعالیت، میزان لباس و انتظارات شخصی تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Van Hoof et al., 2010). این‌ها نشان می‌دهد که انسان با تجربه خود می‌تواند شناختی از آسایش حرارتی داشته باشد و نمی‌توان احساس او را نسبت به محیط با بررسی عوامل اقلیمی توصیف کرد، زیرا ترکیب این عوامل بر انسان تأثیر گذاشته و با آسایش فیزیکی او رابطه دارد. به‌عنوان مثال فعالیت موجب گرم شدن شده و یا لباس گرم در مکان سرد احساس خوبی به انسان خواهد داد. بنابراین انسان نیازمند داشتن آسایش حرارتی در محیط‌های داخلی بوده و این مسئله همواره یکی از مهمترین مسائل مورد توجه معماران بوده، چراکه طراحی خلاق و ترکیب استفاده از روش‌های غیر فعال و فعال توسط آنان می‌تواند در ساختمان ایجاد محیطی مطلوب کند. صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ایجاد کیفیت مناسب هوای داخل، آسایش برای انجام فعالیت‌های گوناگون و ارتقای بازده فکری و عملی افراد، رهاورد بررسی در این مبحث است. افرادی که در فضاهای داخلی قرار می‌گیرند، با وجود در امان ماندن از گرمای انرژی تابشی خورشید، همچنان ممکن است با شرایط آسایش حرارتی فاصله زیادی داشته باشند.

در مطالعات انجام شده حول محور خانه‌های سنتی ایران در اقلیم گرم و خشک، بدون بهره‌گیری از خنک‌کننده‌های مکانیکی، شرایط آسایش حرارتی برای ساکنین فراهم شده است. این آسایش با حرکت در زمان‌های مختلف در خانه امکان استفاده از مناسب‌ترین آب‌وهوای متنوع خانه را ایجاد کرده است. به‌عنوان مثال استفاده از سطح روی سقف در شب، استفاده از طبقه همکف در صبح و عصر و مهم‌تر از همه استفاده از زیرزمین در گرم‌ترین زمان روز (Foruzanmehr, 2012). علاوه بر این عناصر معماری مانند پانل‌های تهویه و پنجره‌های تزئینی در همه طرف ساختمان‌ها به‌طور قابل توجهی تهویه داخلی و سرعت تغییر هوا را بهبود می‌بخشد (Shaeri et al., 2018).

در معماری سنتی ایران پنجره‌ها با نام‌های خاص نامیده می‌شوند؛ ارسی، در یا درپنجره،

حرارتی درونی، هیمفریز و نیکل به آسایش حرارتی تطبیقی و استانداردهای قابل تحمل برای ساختمان‌ها و مقایسه آن با شاخص‌های منطقی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از شاخص‌های منطقی در شرایط واقعی مشکل است، آن‌ها همچنین روش‌های اندازه‌گیری آسایش را بررسی نموده‌اند.

از تحقیقات انجام گرفته در ایران نیز می‌توان به قیابکلو اشاره کرد که به بررسی روش‌های تخمین محدوده آسایش حرارتی و عوامل مهم تأثیرگذار بر آسایش فیزیکی انسان در رابطه با محیط اطراف پرداخته است و بیان داشت که به رغم باور عمومی، عواملی چون سن، جنس، رنگ فضا و شرایط اقلیمی تأثیر چندانی در آسایش گرمایی ندارند که از این حیث با هیچ‌یک دیدگاه مشترکی دارد (Barzegar et al., 2015). موضوع آسایش حرارتی در ساختمان‌های مسکونی به صورت گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است (Wall, 2006; Hoawee, 2006; Hashemi, 2017; Fakhrieh, 2017) که به نقش آتریوم در فضاهای مسکونی پرداخته و با توجه به نتایج آن پژوهش عملکرد تهویه با وجود آتریوم حدود ۵۰/۸۸٪ بهبود یافته است.

همچنین مطالعات بسیاری در مورد جریان هوا از طریق گشودگی‌های ساختمانی و تهویه فضاهای داخلی، حیاط مرکزی و دیگر عناصر معماری در اقلیم گرم و خشک صورت گرفته است از جمله (Covaniz-bergur, 1972; Kasmaei, 1973; Qobadian, 1983; Benin, 2001; Haydi, 2002). برخی از پژوهشگران نیز در تحقیقات خود به این نتیجه رسیده‌اند که جریان هوا تأثیر قابل توجهی در رسیدن به آسایش حرارتی یا عدم آن دارد مانند (Arens, 1998; Fantin, 1998; Zhang, 2005).

الحمیدی والسعود (2001) ثابت می‌کنند که ترکیب حیاط مرکزی با تهویه عرضی به صورتی که پنجره‌های داخلی و خارجی به صورت متناوب در دوره‌های شبانه و روزانه باز و بسته شوند، نقش قابل توجهی در خنک کردن فضای داخل و در نتیجه کاهش مصرف انرژی خواهند داشت. در ایران نیز تحقیقات جامعی در زمینه تهویه طبیعی در معماری سنتی گرم و خشک صورت گرفته است (Bahado-rinezhad, 2007).

در حالت کلی، تمرکز اکثر مطالعات روی عناصر شاخصی چون بادگیر و حیاط مرکزی بوده که در گستره جغرافیایی بزرگتری مورد استفاده قرار گرفته است (Atrvash & Fayaz, 2014)، که با هدف بررسی عناصر کنترلی جریان سیال در فضاهای داخلی معماری خانه‌های سنتی ایران با استفاده از روش شبیه‌سازی مورد تحلیل و بررسی قرار دادند.

بر اساس مطالعات صورت گرفته، یافته‌های پژوهشگران متعدد حول محور آسایش حرارتی در ۶۰ سال اخیر در جدول ۱ ارائه شده است.

## روش تحقیق

روش تحقیق حاضر کمی بوده و به کمک روش PMV میزان آسایش حرارتی محاسبه گردیده است. جهت این محاسبه شش پارامتر دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد، دمای تابشی، سطح لباس و فعالیت بدست آمده و با کمک فرمول فنگر میزان PMV آسایش حرارتی در دو حالت پنجره باز و بسته در نمونه‌موردی خانه سنتی صالحی و آپارتمان مدرن نور استخراج شده است.

همچنین به‌منظور بررسی عملکرد حرارتی فضاهای داخلی در هر خانه، دو نقطه در مکان‌های پر کاربرد برای فعالیت به صورت نشسته و ایستاده (در ارتفاع‌های مختلف) تعیین شد. در نهایت میزان ناراضی‌تی حرارتی نیز محاسبه شده است.

در مرحله اول مشخصه آب و هوایی هر یک از این فضاها در دو روز متوالی برای خانه سنتی صالحی دو روز ۲۱ و ۲۲ ژوئن ۲۰۱۷ (۳۱ خرداد و ۱ تیر ۱۳۹۶) و آپارتمان مدرن نور روزهای ۲۶ و ۲۷ ژوئن ۲۰۱۷ (۵ و ۶ تیر ۱۳۹۶) در دو حالت پنجره باز و بسته، از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعدازظهر با فاصله زمانی یک

پانچگ، دریچه، روزن. واژه‌های ترکیبی مثل سه‌دردی، پنج‌دردی، هفت‌دردی به اتاق‌هایی گفته می‌شوند که پنجره‌هایی از نوع درپنجره دارند. در این موارد واژه‌ی در گاهی هم برای پنجره اتاق و هم در ورودی اتاق به کار می‌رود (Parsa, 2010).

بازشوه‌های داخلی، گوشواره‌ها و درهای درون راهروها در کنار بازشوه‌های خارجی مانند پنجره‌ها و ارسی‌ها، مجموعه‌ای کامل از عناصری را تشکیل می‌دهند که در مدیریت و کنترل هوای داخلی فضاهای معماری سنتی نقش ایفا می‌کنند. با توجه به استاندارد ایزو ۷۷۳۰، یکی از عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی، سرعت جریان هوا بوده و بر حجم هوای ورودی به اتاق تأثیر خواهد گذاشت. لذا علاوه بر تعداد دفعات تعویض هوا، تغییر سرعت جریان می‌تواند نقش مهمی در رسیدن به شرایط آسایش حرارتی داشته باشد. همچنین حیاط خانه سنتی به‌عنوان یک استراتژی مؤثر برای شرایط گرمایی بوده و به دلیل وجود هوای سرد و اختلاف دمای بین حیاط مرکزی و حیاط پشتی، باعث ایجاد سرعت هوای ملایم در اتاق‌های مجاور آن شده است (Ryu, Kim & Lee, 2009).

Table 1. Research findings

| Research findings   | Year | Author            |
|---|------|-------------------|
| The first bioclimatic map of Iran (Adl, 1960)   | 1960 | Adl               |
| Passive solution in the building  | 1971 | Mahouni           |
| Design criteria for housing in tropical areas   | 1972 | Covanizbergur     |
| Internal comfort according to temperature and humidity  | 1976 | Giyoni            |
| Thermal comfort under the influence of temperature and humidity (Olgay, 1978)                               | 1978 | Olgay             |
| Environmental and human factors   | 1982 | MacinTayer        |
| environmental factors; Radiation, wind, humidity (Fanger et al, 1985)                                       | 1985 | Fanger            |
| The significance of ventilation in the conduct of residents (Dubrul, 1988)                                  | 1988 | Dubrul            |
| The regulation of temperature and the establishment of human-acceptable conditions (Henson, 1990)           | 1990 | Henson            |
| Compilation of the form suitable for the climate  | 1990 | Casmaei           |
| Human bioclimatic map in Iran   | 1993 | Caviani           |
| Thermal comfort in different climates   | 1994 | Dider             |
| Bioclimatic division of the United States   | 1996 | Trajunak          |
| Comparative model of thermal comfort in Indonesia   | 1997 | Carionu           |
| Ventilation modeling based on user behavior   | 2000 | Mins & Johnsons   |
| Analysis of how radiation and wind affect each other  | 2001 | Bentli            |
| Examining comfort measurement methods (Nicol & Humphreys, 2002)   | 2002 | Nicol & Humphreys |
| Presentation of the thermal comfort model   | 2003 | Charls            |
| Thermal satisfaction standard   | 2004 | Olison            |
| Inner comfort in Mexico   | 2004 | Morlon Galoz      |
| Internal heat exchange in China   | 2007 | HanJey            |
| Evaluation of PMV model for indoor environment  | 2009 | Piters            |
| human factor; The amount of activity and clothing (Van Hoof, Mazej & Hensen, 2010)                          | 2010 | Van Hoof          |
| The thermal comfort of Yazd houses during the summer season   | 2012 | ForouzanMehr      |
| The role of microclimate in thermal comfort   | 2012 | Moonen et al      |
| The role of climate in creating thermal comfort (Mahdaveinejad & Mator, 2012)                               | 2012 | Mahdaveinejad     |
| Thermal evaluation with dynamic simulation  | 2014 | Rebular           |
| Hot and dry climate cooling technique (Garcia & Melchor, 2014)  | 2014 | Garcia & Melchor  |
| Native strategies for indoor thermal comfort (Fernandes, Pimenta, Mateus, Silva & Braganca, 2015)           | 2015 | Fernandes         |
| Evaluation of energy performance and thermal comfort (Himpe, Janssens & Rebollar, 2015)                     | 2015 | Himpe et al       |
| Energy simulation of the area with building performance (Baetens & Saelens, 2016)                           | 2016 | Baetens & Saelens |
| Indoor thermal comfort in a hot and humid climate (Beccali, Strazzeri, Germania, Melluso & Galatioto, 2018) | 2018 | Beccali et al     |
| Thermal comfort in a traditional tropical house (Shaeri, Yaghoubi, Aflaki & Habibi, 2018)                   | 2018 | Shaeri            |
| Effect of window model on thermal comfort (Verbruggen, Delghust, Laverge, Janssens, 2019)                   | 2019 | Verbruggen        |



شکل‌گیری شهر را در خود جای داده، ۲/۸ درصد مساحت کل آن را شامل می‌شود و خانه‌های حیاط مرکزی اصلی‌ترین عنصر تشکیل‌دهنده قطعات مسکونی بافت آن است (Memarian, 1997). بالغ بر دو هزار خانه قاجاری با کالدهای متنوع، در بافت با ارزش شیراز موجودند که تعداد ۱۹۲ خانه در سازمان میراث فرهنگی به ثبت رسیده است. در خانه‌های سنتی شهر شیراز، ویژگی‌های فراوانی به لحاظ هماهنگی با اقلیم نیمه گرم و خشک وجود دارد؛ که انواع گشودگی مانند در، چند دری و ارسی از آن جمله می‌باشد. وجود گشودگی‌ها با ابعاد متفاوت در خانه نشان‌گر تأثیر مثبت و بهینه این عناصر در ایجاد آسایش حرارتی درونی است. همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده، برای انتخاب نمونه موردی مناسب و قابل قیاس با خانه‌های کنونی، در بین خانه‌های سنتی شهر شیراز، عواملی چون سلامت ساختمان به لحاظ قابلیت سکونت و عدم تغییر کاربری به غیر مسکونی، قابلیت دسترسی و امکان انجام برداشت‌های میدانی در انتخاب نمونه موردی توجه پژوهشگر بوده است.

Table 2. Comparison of traditional houses in Shiraz city

| Case study  | Residential application | The possibility of field notes | Desirable examples | The presence of a five-door opening | Habitability | Building safety | Accessibility | Point |
|-------------|-------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------|-----------------|---------------|-------|
| Zinatolmolk | 0                       | 0                              | 0                  | 1                                   | 0            | 1               | 1             | 3     |
| Nemati      | 1                       | 0                              | 1                  | 1                                   | 1            | 1               | 1             | 6     |
| Salehi      | 1                       | 1                              | 1                  | 1                                   | 1            | 1               | 1             | 7     |
| Tavallaai   | 1                       | 0                              | 1                  | 1                                   | 1            | 1               | 1             | 6     |
| Tavakoli    | 0                       | 0                              | 0                  | 1                                   | 0            | 0               | 1             | 2     |
| Javanmardi  | 1                       | 0                              | 1                  | 1                                   | 1            | 1               | 1             | 6     |
| Dokhanchi   | 1                       | 0                              | 0                  | 1                                   | 1            | 0               | 1             | 4     |

بنا بر بازدیدهای میدانی انجام شده از میان خانه‌های سنتی ثبت شده در میراث فرهنگی، خانه صالحی انتخاب شد. بازشوها و نحوه تأثیر آن‌ها در آسایش حرارتی با یک نمونه معتبر آپارتمان مدرن در شیراز مقایسه و تحلیل شدند. آپارتمان نور به عنوان نمونه‌ای از آپارتمان‌های مدرن شهر شیراز به دلیل شمالی بودن آن و نورگیری مشابه خانه سنتی صالحی انتخاب شد.

### روند کار

داده‌های برداشت شده در روزهای مورد نظر در جدول ۳ ارائه شده است. سپس ابعاد بازشوهای سطوح خارجی و داخلی، جهت جغرافیایی، موقعیت اتاق‌ها، مساحت فضا و همچنین مصالح جداره‌ها برداشت شده و با شبیه‌سازی در نرم‌افزار اکوتکت، دمای تابشی در دو نقطه ارتفاعی نشسته و ایستاده، بر اساس روزهای مراجعه از ساعت ۹ صبح تا ۴ بعدازظهر با فاصله زمانی هر یک ساعت برآورد شده و در جدول ۴ ارائه شده است.

ساعت اندازه‌گیری شده است. متغیرها بصورت میدانی شامل دمای هوا (T)، رطوبت نسبی (RH) و سرعت باد (V) هستند. به منظور افزایش دقت در برداشت داده‌ها، برای محاسبه دما و رطوبت از دستگاه دیتالاگر<sup>۴</sup> استفاده شده که وسیله‌ای الکترونیکی است و داده‌هایی شامل دما، رطوبت نسبی و سرعت باد را توسط حسگرهای درونی یا حسگر خارجی، در طول زمان ذخیره و گزارش‌دهی می‌کند. همچنین برای محاسبه سرعت باد از بادسنج بهره گرفته شده است.

دستگاه‌های مورد استفاده در این پژوهش در شکل ۱ نمایش داده شده، در هر دو خانه سنتی و مدرن، بر روی سطحی در ارتفاع ۱۵۰ سانتی‌متر برای حالت ایستاده و ۶۰ سانتی‌متر برای حالت نشسته و در فاصله افقی ۱۶۰ سانتی‌متری از بازشوها قرار داده شده است.

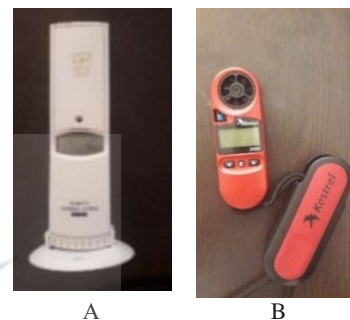


Fig. 1. A: Temperature & humidity data logger; B: Anemometer

بنابراین روند کار به این صورت است که مقایسه‌ای بین آسایش حرارتی درونی خانه سنتی و آپارتمان مدرن صورت گرفته و تحلیل‌ها تحت تأثیر گشودگی‌های ساختمانی در دو حالت مختلف صورت گرفته است؛ حالت نخست بازشو تماماً باز و حالت دوم بازشو بسته.

باز شدن پنجره‌ها تأثیر بسیاری در آسایش حرارتی و همچنین کاهش مصرف انرژی دارد، بنابراین ارزیابی صحیح آن مهم بوده و بر همین اساس مدل بازشو که به تازگی پیشرفت کرده، بر اساس الگوی فعالیت و تراکم افراد طراحی می‌شود (Verbruggen et al., 2019).

### نحوه انتخاب نمونه‌های موردی

ایران از نظر اقلیمی دارای اقلیم‌های متنوعی بوده که استان فارس یکی از اقلیم‌های گرم و خشک آن است. شهر شیراز در زمستان آب‌وهوایی نسبتاً معتدل توأم با بارندگی و در تابستان هوایی گرم و خشک دارد. بر اساس آمار سینوپتیک شیراز در حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۹ و ۴۲ درجه سانتیگراد و میانگین سرعت باد در ماه ژوئن ۵/۲ نات است. (سایت چهارمحال بختیاری) با توجه به طبقه‌بندی اقلیمی کوپن (نقشه کوپن- گایگر)، شیراز در گروه BSh قرار دارد (Peel, Finlayson & McMahon, 2007) و منطقه اقلیم نیمه گرم و خشک محسوب می‌شود. بافت قدیم شیراز که هسته اولیه

دانشگاه برکلی طراحی شده و توسعه یافته است. در این ابزار بر اساس دمای هوا، دمای تابشی، سرعت هوا، رطوبت نسبی، سطح لباس و فعالیت، نمودار سایکرومتریک ترسیم شده و آسایش یا عدم آسایش حرارتی افراد سنجیده می‌شود.

با توجه به تفاوت نوع پوشش تابستانه و فرهنگ جامعه در دو نمونه موردی سنتی و مدرن، با استفاده از استاندارد اشری مقادیر متفاوتی برای نوع لباس در آن‌ها محاسبه گردید. بر اساس محاسبه مقادیر لباس‌ها Clo در خانه سنتی ۰/۸ و در خانه مدرن ۰/۵ در نظر گرفته شد. همچنین برای Met مقادیر ۱ برای حالت نشسته و ۱/۲ برای حالت ایستاده در نظر گرفته شد.

بر اساس اطلاعات موجود، برداشت‌های میدانی به صورت نمودارهای مقایسه‌ای ترسیم گردید و نتایج حاصل از آن‌ها برآورد شده است. با استفاده از داده‌های برداشت شده توسط دیتالاگر (دما، رطوبت و سرعت باد) در حالت‌های مختلف گشودگی باز و بسته، محاسبه PMV میسر گردید که فرایند محاسبه آن و روند کار پژوهش به صورت نمودار در شکل ۲ ارائه شده است.

در این مرحله با استفاده از نرم‌افزار ابزار آسایش<sup>۵</sup> با وارد کردن داده‌های برداشت‌شده و دمای تابشی از طریق نرم‌افزار شبیه‌سازی اکوتکت، Clo و Met بر اساس استاندارد اشری ۵۵، میزان آسایش حرارتی PMV استخراج شد. این ابزار آنلاین برای محاسبات آسایش حرارتی بر اساس استاندارد اشری ۵۵ توسط

Table 3. Data collection by data logger and anemometer device on specific days

| Case study               | Time  | Open window      |          |                 |                   |          |                 | Closed window    |          |                 |                   |          |                 |
|--------------------------|-------|------------------|----------|-----------------|-------------------|----------|-----------------|------------------|----------|-----------------|-------------------|----------|-----------------|
|                          |       | sitting position |          |                 | standing position |          |                 | sitting position |          |                 | standing position |          |                 |
|                          |       | Air Speed        | Humidity | Air Temperature | Air Speed         | Humidity | Air Temperature | Air Speed        | Humidity | Air Temperature | Air Speed         | Humidity | Air Temperature |
| Salehi traditional house | 9:00  | 0.8              | 30       | 26.7            | 0.8               | 30       | 27.1            | 0                | 28       | 27.1            | 0                 | 28       | 28              |
|                          | 10:00 | 1.1              | 28       | 30              | 1                 | 29       | 30              | 0                | 21       | 28              | 0                 | 21       | 31.2            |
|                          | 11:00 | 1.6              | 26       | 30.9            | 1.2               | 27       | 31              | 0                | 21       | 28.8            | 0                 | 21       | 31.4            |
|                          | 12:00 | 1                | 25       | 32.3            | 0.8               | 26       | 32.4            | 0                | 21       | 29.7            | 0                 | 21       | 32              |
|                          | 13:00 | 2.3              | 25       | 32.5            | 2.2               | 25       | 32.4            | 0                | 18       | 32.3            | 0                 | 18       | 33.7            |
|                          | 14:00 | 2                | 23       | 32.3            | 2                 | 25       | 32.5            | 0                | 18       | 33.6            | 0                 | 18       | 34.2            |
|                          | 15:00 | 1.6              | 23       | 31.5            | 1.4               | 23       | 32              | 0                | 18       | 33.7            | 0                 | 18       | 34.5            |
| 16:00                    | 3.3   | 18               | 31.5     | 3.2             | 23                | 31.8     | 0               | 17               | 34       | 0               | 17                | 34.7     |                 |
| The modern house of Noor | 9:00  | 0.3              | 30       | 31.9            | 0.2               | 32       | 31.9            | 0                | 30       | 28              | 0                 | 30       | 29.5            |
|                          | 10:00 | 0.5              | 25       | 32.2            | 0.4               | 27       | 32.3            | 0                | 31.2     | 28              | 0                 | 31.2     | 32.4            |
|                          | 11:00 | 1                | 24       | 32.5            | 0.5               | 25       | 33.3            | 0                | 32       | 29.2            | 0                 | 32       | 32.8            |
|                          | 12:00 | 1                | 23       | 33.5            | 0.5               | 23       | 34.5            | 0                | 33       | 31.5            | 0                 | 33       | 33.2            |
|                          | 13:00 | 0.3              | 15       | 34.6            | 0.2               | 19       | 34.7            | 0                | 32.2     | 33.1            | 0                 | 32.2     | 33.8            |
|                          | 14:00 | 0.2              | 18       | 35.1            | 0                 | 18       | 35.2            | 0                | 31       | 34.5            | 0                 | 31       | 34.9            |
|                          | 15:00 | 0.1              | 17       | 35.5            | 0                 | 18       | 36.2            | 0                | 31       | 34.6            | 0                 | 31       | 35              |
| 16:00                    | 0.2   | 16               | 37.1     | 0               | 16                | 37.5     | 0               | 30               | 35       | 0               | 30                | 36.1     |                 |

Table 4. Radiant temperature based on simulation in Ecotect software

| Case study               | Time  | Radiant temperature (tr) |          |               |          |
|--------------------------|-------|--------------------------|----------|---------------|----------|
|                          |       | Open window              |          | Closed window |          |
|                          |       | sitting                  | standing | sitting       | standing |
| Salehi traditional house | 9:00  | 28.88                    | 28.01    | 26.66         | 26.71    |
|                          | 10:00 | 29.13                    | 29.11    | 27.88         | 27.92    |
|                          | 11:00 | 30.4                     | 30.42    | 29.53         | 29.53    |
|                          | 12:00 | 31.38                    | 31.42    | 30.79         | 30.77    |
|                          | 13:00 | 32.19                    | 32.24    | 31.91         | 31.85    |
|                          | 14:00 | 32.63                    | 32.69    | 32.65         | 32.58    |
|                          | 15:00 | 32.83                    | 32.89    | 33.02         | 32.94    |
| 16:00                    | 32.82 | 32.88                    | 33.18    | 33.1          |          |
| The modern house of Noor | 9:00  | 34.24                    | 34.26    | 32.91         | 32.92    |
|                          | 10:00 | 35.94                    | 35.99    | 34.71         | 34.75    |
|                          | 11:00 | 37.3                     | 37.37    | 36            | 36.07    |
|                          | 12:00 | 37.82                    | 37.9     | 36.54         | 36.62    |
|                          | 13:00 | 37.42                    | 37.49    | 36.23         | 36.3     |
|                          | 14:00 | 36.18                    | 36.24    | 35.21         | 35.26    |
|                          | 15:00 | 34.47                    | 34.51    | 33.6          | 33.64    |
| 16:00                    | 32.59 | 32.59                    | 31.79    | 31.8          |          |



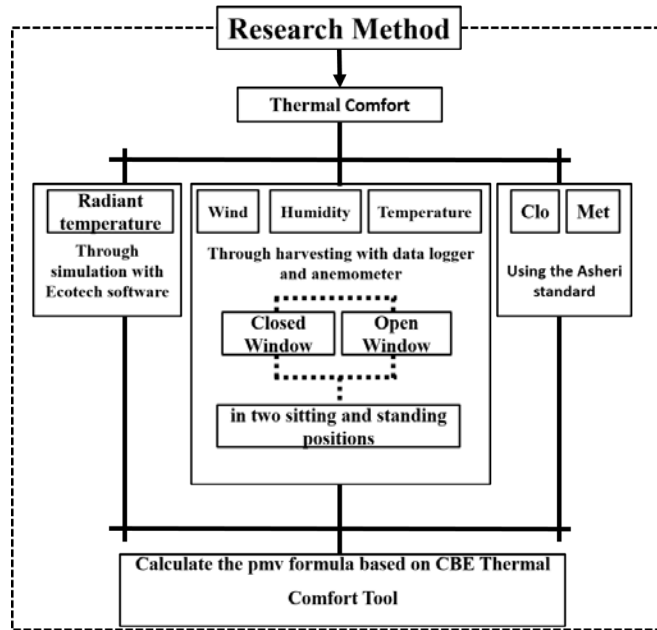


Fig. 2. Research process and calculation of PMV

**یافته‌ها**

در یافته‌های پژوهش ابتدا به مقایسه بین ویژگی‌های فضایی دو خانه سنتی و مدرن پرداخته شده که در جدول ۵ نشان داده شده است. همانطور که بیان شد دمای تابشی خانه سنتی صالحی و خانه مدرن نور با استفاده از شبیه‌سازی در نرم‌افزار اکوتکت برآورد شده که تغییرات آن جهت وضوح بهتر در شکل ۳ نمایش داده شده است.

**تغییرات دمای هوای درونی دو خانه سنتی و**



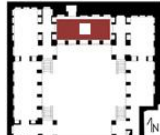



**مدرن**

جهت بررسی دماهای درونی دو خانه سنتی صالحی و مدرن نور، ابتدا دماهای درونی و بیرونی

هر یک به صورت جداگانه برداشت شد تا شرایط یکسان برای هر دو محدوده فراهم گردد. سپس با توجه به دماهای بیرونی تقریباً یکسان تغییرات دمایی آن‌ها نسبت به هم و در شرایط ارتفاعی یکسان در شکل ۴ مقایسه شده است.

در شرایط مشابه مطابق با جدول ۶، در حالت بسته بودن کامل گشودگی‌ها، خانه سنتی تقریباً در دمای یکسان و حدود ۱ درجه خنک‌تر از خانه مدرن بوده که این شرایط با باز شدن گشودگی‌ها برای خانه سنتی بهتر شده و متوسط دمای داخلی خانه سنتی در خنک‌ترین و گرم‌ترین ساعات حدود ۵ درجه کمتر از خانه مدرن بوده است.

Table 5. Comparison of spatial characteristics of the case samples

| House specifications  |   | The study area                |  |
|---|---|-------------------------------|--|
|  <p>Salehi traditional house</p> | Area  | 485 m <sup>2</sup>            |  <p>Area</p> <p>30 m<sup>2</sup></p> <p>room height</p> <p>3.5 m</p> <p>number of openings</p> <p>5</p> <p>Opening dimensions</p> <p>light surface</p> <p>The direction of establishment</p> |
|   | Number of floors  | 4 floors and 1 basement       |  |
|   | location  | North-South                   |  |
|   | Central courtyard, five doors in the north of the room, three-door rooms in the east and west of the courtyard, service spaces (kitchen and WC, etc.) |                               |  |
|   |   |                               |  |
|  <p>The modern house of Noor</p> | Area  | 220 m <sup>2</sup> Each floor |  <p>Area</p> <p>40 m<sup>2</sup></p> <p>room height</p> <p>2.8 m</p> <p>number of openings</p> <p>2</p> <p>Opening dimensions</p> <p>light surface</p> <p>The direction of establishment</p> |
|   | Number of floors  | 4 floors and a basement       |  |
|   | location  | North-South                   |  |
|   | Basement: parking and storage - ground floor and floors: residential unit (bedroom, reception, living room, kitchen and WC)                           |                               |  |
|   |   |                               |  |

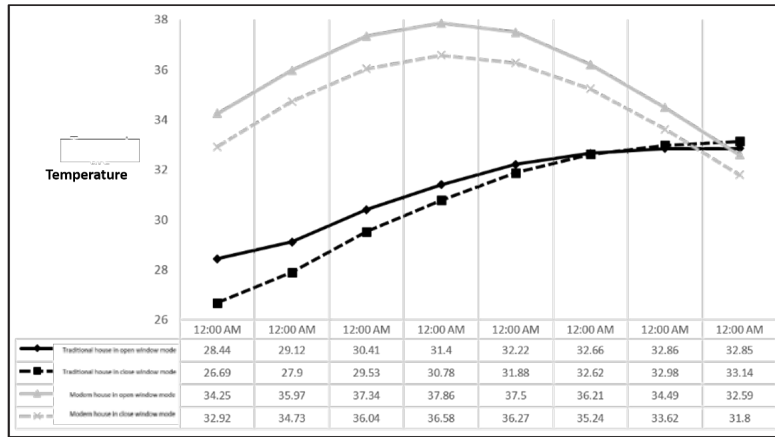


Fig. 3. Comparison of the average radiant temperature changes of a traditional house and a modern apartment, taken from Ecotech software

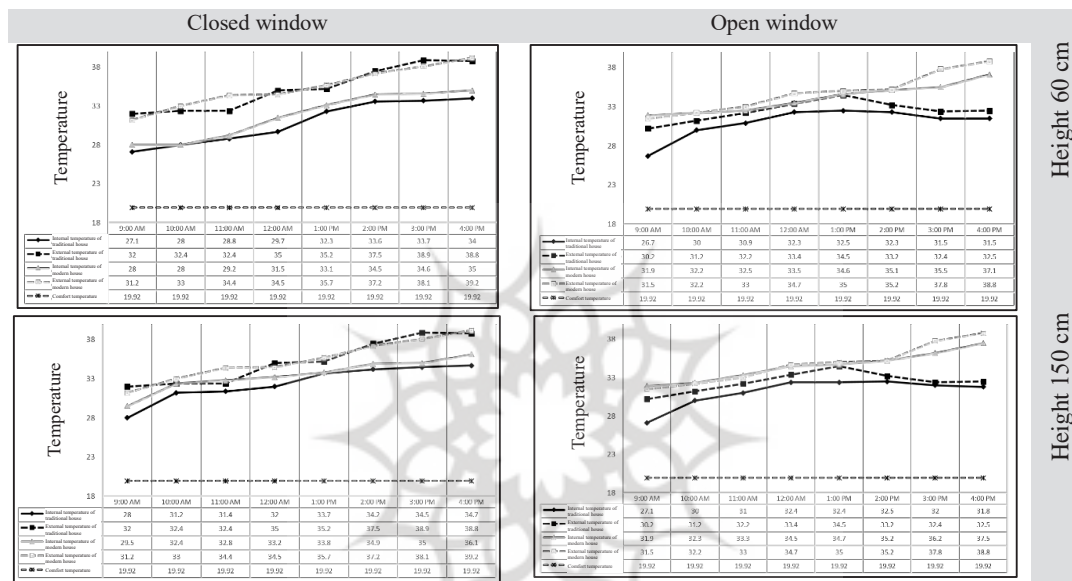


Fig. 4. Field sampling of indoor and outdoor air temperature on two specific days from 9:00 AM to 4:00 PM

Table 6. Average minimum and maximum internal temperature

| Case study   | Average minimum temperature | Average maximum temperature | Temperature difference | Window opening rate |
|--------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|
| Salehi House | 26.9                        | 32.45                       | About 5 degrees        | Completely open     |
| Noor House   | 31.9                        | 37.3                        |                        |                     |
| Salehi House | 27.55                       | 34.35                       | About 1 degrees        | Completely closed   |
| Noor House   | 28.75                       | 35.55                       |                        |                     |

تغییر ناگهانی و نامطلوب بودن رطوبت نسبی خانه سنتی نسبت به خانه مدرن شده است (شکل ۵).

با مقایسه‌ی دو خانه نسبت افزایش رطوبت نسبی هوا با باز شدن گشودگی در خانه سنتی بیشتر از خانه مدرن است. در خانه سنتی وجود حیاط مرکزی و درختان و حوض آب می‌تواند شرایط رطوبتی را به محدوده آسایش نزدیک‌تر کند و پیش‌بینی می‌شود اگر در طبقه سکونت برقرار شود، شرایط آسایش بسیار مساعد خواهد شد. در مناطق گرم و خشک میزان تابش خورشید بر سطوح مختلف حیاط، از عوامل تأثیرگذار بر عملکرد حرارتی ساختمان است (جدول ۷).

تغییرات رطوبت هوای درونی دو خانه سنتی و مدرن

در برداشت رطوبت، درون سالن پذیرایی آپارتمان مدرن نور چند گونه گیاهی بصورت گلدان‌های تکی و گروهی موجود دیده شد، آشپزخانه بدون حریم و به‌صورت Open طراحی شده و تمامی فضاها در تبادل رطوبت مؤثر هستند. در چنین فضای بازی رطوبت ناشی از پخت و پز نیز در میزان رطوبت نسبی هوای داخل نسبت به خانه سنتی که فضای مطبخ آن به‌صورت مجزا و دور از اتاق پنج‌دری بوده، تأثیر بسزایی خواهد داشت. از طرفی در خانه سنتی سکونت در طبقه‌ی زیرزمین بوده و در تراز همکف شرایط زندگی مهیا نیست، به همین دلیل شاید موجب



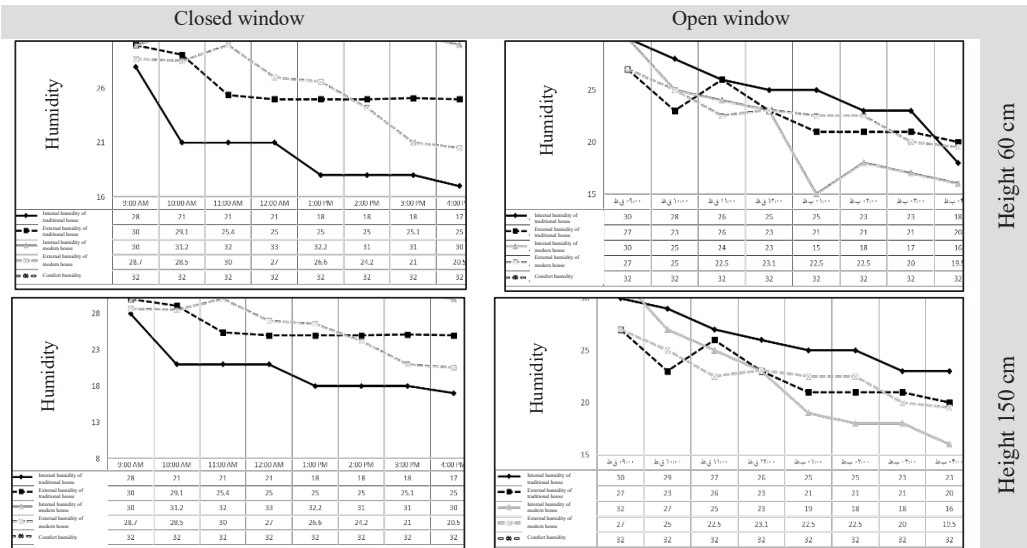


Fig. 5. Field sampling of indoor and outdoor air humidity on two specific days from 9:00 AM to 4:00 PM

Table 7. Average minimum and maximum indoor air humidity

| Opening           | Case study   | Average maximum | Average minimum |
|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|
| Completely open   | Salehi House | 30              | 20.5            |
|                   | Noor House   | 31              | 16              |
| Completely closed | Salehi House | 28              | 17              |
|                   | Noor House   | 33              | 30              |

آسایش شاخصی متوسط نظریات PMV است که در ۱۹۷۰ توسط فنگر پیشنهاد شده است. در این روش بسیاری از معیارهای آسایش از قبیل متغیرهای اقلیمی، نوع پوشاک و فعالیت با هم مورد استفاده قرار می‌گیرند و بر اساس محاسبه‌ی میزان تبادل حرارت بدن انسان و محیط پیرامونش استوار است. سازمان اشری ۷ درجه متفاوت را برای استاندارد فنگر در جدول ۸ ارائه داده است (Zare et al., 2015).

در این معیار اعدادی که کمی بالاتر از +۱ یا کمی پایین‌تر از -۱ باشد، موجب نارضایتی می‌شوند و اعداد بین +۱ و -۱ در محدوده‌ی آسایش قرار می‌گیرند (Qiyabaklo, 2007). با استفاده از نرم‌افزار ابزار آسایش CBE Thermal Comfort Tool داده‌های برداشت شده، دمای تابشی، Clo و Met، میزان آسایش حرارتی PMV استخراج شد (شکل ۷).

### تغییرات سرعت باد هوای درونی دو خانه سنتی و مدرن

امروزه از داده‌های مربوط به جهت، دامنه و سرعت باد در موارد زیادی نظیر جهت‌گیری بافت شهر و انتخاب مسیر فرودگاه، مکان‌یابی صنایع دودزا، انتخاب محل پنجره ساختمان و احداث بادشکن‌ها و غیره استفاده می‌گردد (Mashhoudi, 1996). در شرایط یکسان و بدون وجود سیستم‌های مکانیکی سرمایشی، سرعت باد در حالت پنجره بسته در هر دو خانه صفر بوده است. با باز شدن گشودگی، شرایط فرق کرده و سرعت باد بیرونی در هوای درونی تأثیر گذاشته است که در شکل ۶ نمایش داده شده است.

### تعیین آسایش حرارتی PMV

یکی از دقیق‌ترین روش‌های تخمین محدوده‌ی

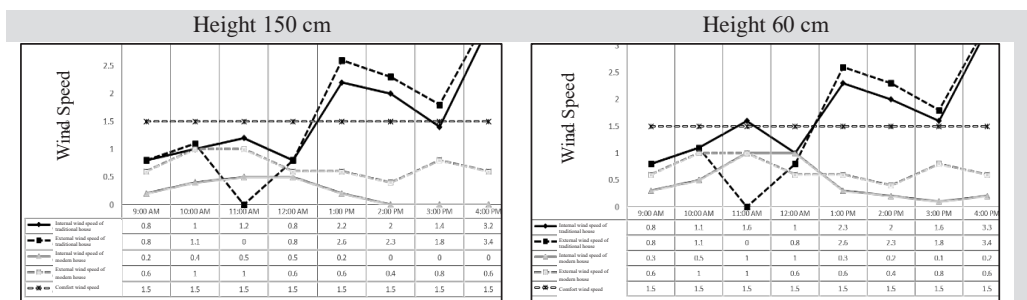


Fig. 6. Field collection of indoor and outdoor wind speed on two specific days from 9:00 AM to 4:00 PM

Table 8. Asheri classification of Fenger standard

| Cold | A little cold | Balanced | A little warm | Hot | Very hot |
|------|---------------|----------|---------------|-----|----------|
| -2   | -1            | 0        | +1            | +2  | +3       |

(Zare et al., 2016)

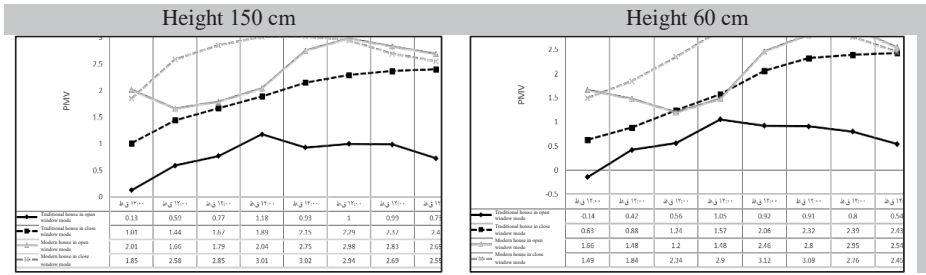


Fig. 7. Comparison of PMV in two traditional Salehi and modern Noor houses on two specific days from 9:00 am to 4:00 pm at a time interval of one hour by the CBE Thermal Comfort Tool software

Table 10. R2 values taken from the Scatter plot

| Calculate R2       | Position            | Open window |              | Closed window |              |
|--------------------|---------------------|-------------|--------------|---------------|--------------|
|                    |                     | Height 60cm | Height 150cm | Height 60cm   | Height 150cm |
|                    | Temperature and PMV | Salehi      | 0.926        | 0.9049        | 0.9829       |
|                    | Noor                | 0.692       | 0.6084       | 0.6019        | 0.377        |
| humidity and PMV   | Salehi              | 0.249       | 0.4801       | 0.7676        | 0.8744       |
|                    | Noor                | 0.6331      | 0.6767       | 0.2826        | 0.5816       |
| Wind speed and PMV | Salehi              | 0.828       | 0.0391       | ---           | ---          |
|                    | Noor                | 0.6954      | 0.7416       | ---           | ---          |

هر چه میزان  $R_2$  به عدد یک نزدیک‌تر باشد، یعنی رابطه دقت بیشتری داشته و از صحت بالاتری برخوردار است، همچنین رابطه‌ی بین دو پارامتر بیشتر است؛ رابطه‌ی دما و PMV خانه سنتی بیشتر از ۰/۹ و خانه مدرن کمتر از ۰/۷ و نشان‌دهنده‌ی تأثیر بیشتر تغییرات دمایی بر خانه‌ی سنتی است.

در خانه‌ی مدرن تغییرات دمایی بر کاهش میزان ناراضی‌تی ساکنین تأثیر مطلوبی نداشته است. رابطه‌ی رطوبت و PMV خانه سنتی کمتر از ۰/۵ و خانه مدرن بیشتر از ۰/۶ است. رطوبت مطلوب خانه مدرن از وجود گونه گیاهی بصورت گلدان‌های تکی و گروهی، آشپزخانه بدون حریم و پخت و پز در کنار پذیرایی نشأت گرفته است.

رابطه‌ی پارامتر باد و PMV در خانه سنتی بیشتر از ۰/۴ و در خانه مدرن بیشتر از ۰/۷ است. در خانه مدرن به دلیل باز بودن و ارتباط داشتن چند فضای کارکردی باهم، مانند نشیمن و آشپزخانه و پذیرایی، پارامتر باد مؤثرتر است.

در مقایسه حالت باز و بسته پنجره برای دو پارامتر دما و رطوبت نسبت به PMV، میزان  $R_p$  در حالت پنجره بسته و بدون ارتباط با فضای بیرونی خانه سنتی به عدد یک نزدیک‌تر است و برعکس خانه مدرن با باز شدن پنجره میزان  $R_2$  به عدد یک نزدیک‌تر شده است.

در پنجره بسته سرعت باد به دلیل نبود سیستم سرمایشی صفر است، پس نمی‌توان با  $R_2$  نسبت مشخصی را تعیین نمود.

تغییرات دما نسبت به PMV به صورت خاص در شکل ۸ نمایش داده شده، نمودارهای خانه سنتی به عدد یک نزدیک‌تر بوده و PMV و دما با هم نسبت مطلوب و نزدیک‌تری دارند. از طریق محاسبه‌ی  $R_2$ ، دما مؤثرترین عامل کاهش PPD است.

مقادیر PMV در شکل ۷ نشان‌دهنده‌ی این امر است که خانه سنتی در حالت گشودگی باز بسیار متناسب و مطلوب شرایط آسایش حرارتی بوده و حتی در حالت گشودگی بسته در بسیاری از ساعات عملکرد بهتری نسبت به خانه مدرن داشته است. در جدول ۹ مقادیر PMV بر اساس ۴ حالت طبیعی، کمی گرم، گرم و خیلی گرم درجه‌بندی شده که با تیره‌تر شدن جدول اعداد به درجه‌ی خیلی گرم نزدیک‌تر شده است. در نتیجه در خانه سنتی میزان رضایت از مطبوعیت فضایی و آسایش حرارتی نیز بیشتر خواهد شد.

Table 9. The range of thermal comfort of the five-door space of the traditional house and the reception hall of the modern house using the PMV index

| Sample                   | Time  | Open window |              | Closed window |              |
|--------------------------|-------|-------------|--------------|---------------|--------------|
|                          |       | Height 60cm | Height 150cm | Height 60cm   | Height 150cm |
| Salehi traditional house | 9:00  | -0.14       | 0.13         | 0.63          | 1.01         |
|                          | 10:00 | 0.42        | 0.59         | 0.88          | 1.44         |
|                          | 11:00 | 0.56        | 0.77         | 1.24          | 1.67         |
|                          | 12:00 | 1.05        | 1.18         | 1.57          | 1.89         |
|                          | 13:00 | 0.92        | 0.93         | 2.06          | 2.15         |
|                          | 14:00 | 0.91        | 1            | 2.32          | 2.29         |
|                          | 15:00 | 0.8         | 0.99         | 2.39          | 2.37         |
| The modern house of Noor | 9:00  | 1.66        | 2.01         | 1.49          | 1.85         |
|                          | 10:00 | 1.48        | 1.66         | 1.84          | 2.58         |
|                          | 11:00 | 1.2         | 1.79         | 2.34          | 2.85         |
|                          | 12:00 | 1.48        | 2.04         | 2.9           | 3.01         |
|                          | 13:00 | 2.46        | 2.75         | 3.12          | 3.02         |
|                          | 14:00 | 2.8         | 2.98         | 3.09          | 2.94         |
|                          | 15:00 | 2.95        | 2.83         | 2.76          | 2.69         |
| 16:00                    | 2.54  | 2.69        | 2.45         | 2.55          |              |

### بحث

در بررسی نتایج حاصل از برداشت‌های میدانی و مقایسه آسایش حرارتی درونی تحت تأثیر گشودگی‌ها در خانه سنتی و آپارتمان مدرن شهر شیراز از طریق محاسبه PMV، تأثیر هر یک از عوامل دما، رطوبت و سرعت باد بر میزان PMV مورد تحلیل قرار گرفت و نتایج آن در جدول ۱۰ ارائه شده است.

$R_2$  ضریب تشخیص ۶ بیان‌گر میزان احتمال همبستگی میان دو دسته داده (دما و PMV، رطوبت و هوا و PMV، سرعت باد و PMV) در آینده می‌باشد. دما، رطوبت و باد به‌عنوان متغیرهای مستقل و PMV به‌عنوان متغیر وابسته تعریف شده است.



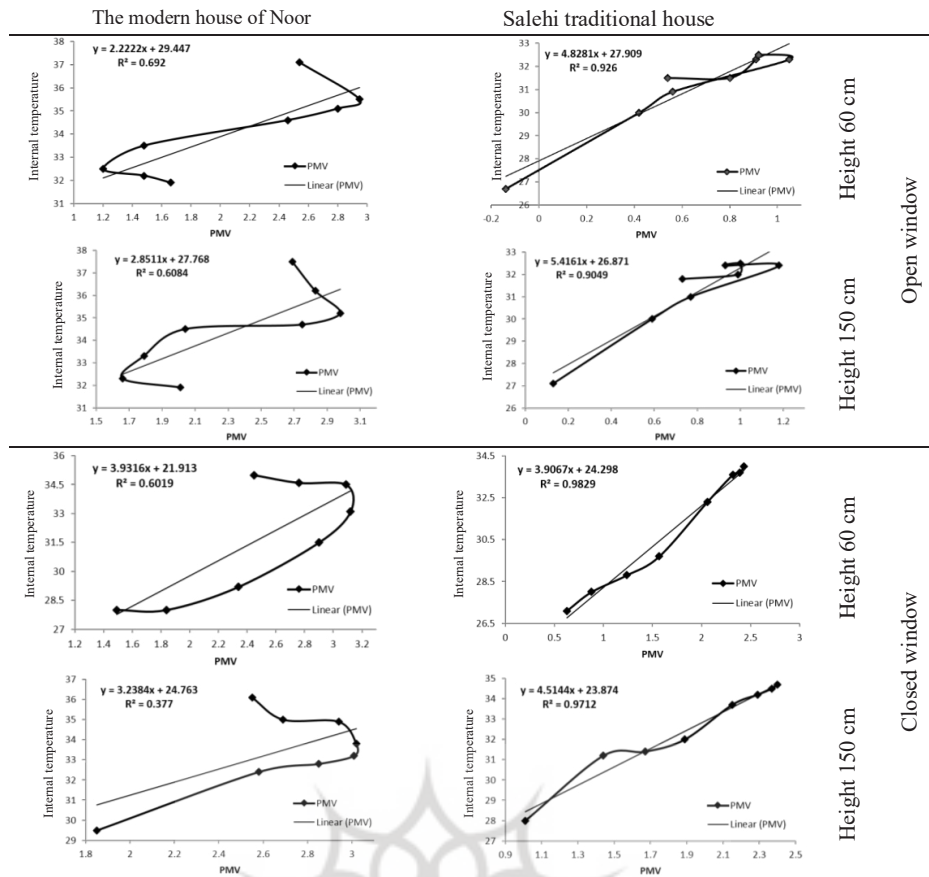


Fig. 8. Comparison of R2 values for Salehi traditional and Noor modern houses using Scatter diagram

میزان تغییرات دما، رطوبت و باد با دستگاه دیتالاگر در دو نمونه موردی خانه سنتی صالحی و آپارتمان مدرن نور و در دو حالت بازشوی باز و بسته برداشت شد. سپس با کمک نرم افزار ابزار آسایش، متوسط محدوده آسایش حرارتی PMV و میزان ناراضیتمندی PPD، استخراج شد. با توجه به نتایج پژوهش نکات زیر جمع بندی شده است:

- متوسط دمای داخلی خانه سنتی در خنک ترین و گرم ترین ساعات حدود ۵ درجه کمتر از خانه مدرن بوده است. وجود حیاط مرکزی موجب متعادل کردن دمای هوای اتاق پنج دری در شرایط مشابه نسبت به سالن آپارتمان مدرن شده است.

- با وجود عواملی مانند چند گونه گیاهی بصورت گلدان های تکی و گروهی، آشپزخانه بدون حریم و به صورت Open، فضاها در تبادل رطوبت قرار می گیرند. بنابراین وجود عامل زندگی، تنفس، پخت و پز و ... در تأمین آسایش مؤثر است.

- وجود حیاط مرکزی، گیاهان موجود در حیاط و حوض آب باعث خنک شدن جداره ی نمای ساختمان می شود که خنک شدن جداره منجر به هدایت هوای خنک و مطبوع به داخل فضاهای خانه خواهد شد.

نتایج پژوهش حاکی از آن است که میزان ناراضیتمندی از آسایش حرارتی درونی در فصل گرم در خانه سنتی حالت گشودگی باز ۱۸٪ و حالت گشودگی بسته ۵۹٪ و در آپارتمان با بازشوی باز ۶۱٪ و

این ضریب در واقع نتایج تقریبی پارامتر مورد نظر در آینده را بر اساس مدل ریاضی تعریف شده که منطبق بر داده های موجود هست بیان می دارد. بر اساس شکل ۹ ناراضیتمندی در دو حالت گشودگی باز و بسته خانه ی مدرن بیشتر از خانه سنتی است.

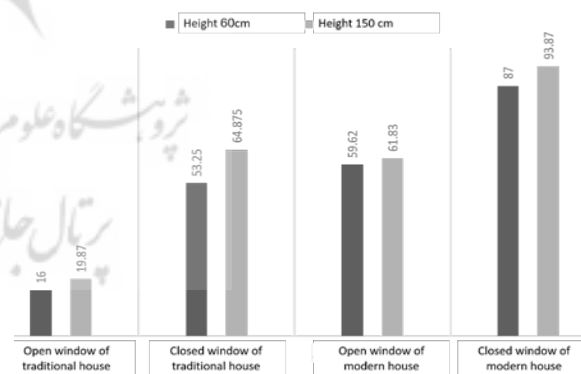


Fig. 8. By the level of dissatisfaction with the researched spaces

### نتیجه گیری

مناسب بودن محیط داخل ساختمان از لحاظ حرارتی، نه تنها آسایش را برای ساکنان فراهم می آورد، بلکه باعث صرفه جویی در مصرف انرژی، سلامت، بالا رفتن میزان بهره روری و نیز بهبود روحیه ساکنان خواهد شد. در پژوهش حاضر گشودگی و بازشو به عنوان یکی از مهم ترین شاخص های کنترل شرایط آسایش در فضای داخلی مورد بررسی و ارزیابی کارکردی قرار گرفت. جهت بررسی بهینه ی عملکرد بازشوها در اقلیم نیمه گرم و خشک شیراز

## تشکر و قدردانی

با تشکر و قدردانی از سازمان میراث فرهنگی که دسترسی به اطلاعات و بازدید از خانه‌های سنتی شهر شیراز را برای نگارندگان مقدور ساخت.

## تعارض منافع

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

## تأییدیه‌های اخلاقی

نویسندگان متعهد می‌شوند که کلیه اصول اخلاقی انتشار اثر علمی را براساس اصول اخلاقی COPE رعایت کرده‌اند و در صورت احراز هر یک از موارد تخطی از اصول اخلاقی، حتی پس از انتشار مقاله، حق حذف مقاله و پیگیری مورد را به مجله می‌دهند.

## منابع مالی / حمایت‌ها

موردی توسط نویسندگان گزارش نشده است.

## مشارکت و مسئولیت نویسندگان

نویسندگان اعلام می‌دارند به‌طور مستقیم در مراحل انجام پژوهش و نگارش مقاله مشارکت فعال داشته و به‌طور برابر مسئولیت تمام محتویات و مطالب گفته‌شده در مقاله را می‌پذیرند.

بسته ۹۱٪ است. بنابراین پنجدری خانه سنتی در ایجاد آسایش حرارتی نقش مؤثرتری داشت. تحلیل‌های پژوهش نشان می‌دهد که طراحی انواع گشودگی، ابعاد و اندازه‌ی بازشوها در بناهای سنتی، به‌صورتی است که باز شدن آن‌ها فضاهای داخلی در بیشتر اوقات فصل گرم در محدوده‌ی آسایش قرار گرفته‌اند. نکته‌ی قابل توجه ابعاد گشودگی به معنی برابری تقریبی مساحت بازشو با مساحت کل سطوح شفاف، تعدد و تکرار آن‌ها و همچنین تناسب مطلوب ابعاد گشودگی با ابعاد فضای داخلی است. اتاق پنجدری به‌عنوان اتاق مهمان و پذیرایی به تناسب و اندازه کاربران طراحی شده است. به‌طور کلی می‌توان چنین برداشت نمود که هر چه تعداد گشودگی‌ها بیشتر شود، سرمایه‌ی و تهویه هوای داخلی راحت‌تر صورت می‌پذیرد. امری که امروزه در طراحی پایدار بسیار مورد توجه است و در اصول معماری ایرانی با عنوان مردم‌واری در فضاهای ساختمان نمایان می‌شود. همجواری اتاق‌ها و جهت‌گیری آن‌ها نسبت به هم و حیاط مرکزی در وضعیت آسایش حرارتی مؤثر است. همچنین وجود عامل آب، درختان و حیاط مرکزی در خانه‌های سنتی موجب کاهش دمای بیرونی و افزایش رطوبت نسبی هوا نسبت به خانه‌های مدرن شده است. کیفیت محیطی داخلی به جز آسایش حرارتی به عوامل دیگری مانند نحوه‌ی توزیع و کیفیت نور، دید و منظر و ... نیز بستگی دارد که می‌تواند به عنوان پژوهش‌های آینده پیشنهاد گردد.

## پی‌نوشت

1. Predicted Percentage of Dissatisfied
2. Predicted Mean Vote
3. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers
4. Data logger TA120
5. CBE Thermal Comfort Tool
6. Coefficient of Determination

## References

1. Adl, A. H. (1960). *The climatic divisions and plants of Iran*. Tehran: Tehran University Publications. [In Persian]
2. Atrvash, A., Fayaz, R. (2014). The effect of sashes on indoor air flow. *The Scientific and Research Journal of the Scientific Association of Architecture and Urban Planning of Iran*. Vol. 9, pp. 19-26. [In Persian]
3. Aynsley, R. M. (1989). Politics of pedestrian level urban wind control. *Building and Environment*, Vol. 24, No. 4, pp. 291-295.
4. Baetens, R. & Saelens D. (2016). Modelling uncertainty in district energy simulations by stochastic residential occupant behaviour. *Journal of Building Performance Simulation*, Vol. 9(4), pp. 431-47.
5. Bahadorinezhad, M. (2007). Cooling and heating in Iranian native architecture. *Keyhan Farhangi*, Vol. 468, pp. 5-16. [In Persian]
6. Baqaee, P., Ansari, M., Bamanian, M. R., Fayaz, R. (2012). The variety of temperature levels within the traditional residential open space of Yazd city. *Identity of city magazine*, Vol. 23, pp. 59-72. [In Persian]
7. Barzegar, Z., Rasayipoor, M., Bandgale, N., Mansouri, S. (2015). Comparison of the thermal comfort of the old and new market from the perspective of solar radiation with a questionnaire and simulation of Ecotect case study in Shiraz city. *Iranian energy magazine*, Vol. 19, No. 2, pp. 191-206. [In Persian]
8. Beccali, M., Strazzeri, V., Germana, M. L., Meluso, V., Galatioto, A. (2018). Vernacular and bioclimatic architecture and indoor thermal comfort implications in hot-humid climates. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 82 (2), pp. 1726-1736.
9. Dubrul, C. (1988). *Inhabitant Behaviour with*



- Respect to Ventilation.*
10. Fanger, P. O. (1970). *Thermal Comfort Copenhagen*. Denmark: Danish Technical Press.
  11. Fanger, P. O., Ipsen, B. M., Langkilde, G., Olesen, B. W., Christensen N. K., Tanabe, S. (1985). Comfort Limits for Asymmetric Thermal Radiation. *Energy and Buildings*, Vol. 8, pp. 225-236.
  12. Fernandes, J., Pimenta, C., Mateus, R., Silva, S. M., Braganca, L. (2015). Contribution of portuguese vernacular building strategies to indoor thermal comfort and occupants' perception. *Buildings*, Vol. 5, pp. 1242-1264.
  13. Foruzanmehr, A. (2012). Summer-time thermal comfort in vernacular earth dwellings in Yazd Iran. *Sustainable Design Journal*, Vol. 2(1), pp. 46-63.
  14. Garcia, J. R., Melchor, F. F. (2014). Application of combined passive cooling and passive heating techniques to achieve thermal comfort in a hot dry climate. *Energy Procedia, 2013 ISES Solar World Congress*, Vol. 57, pp. 1669-1676.
  15. Henson, J. L. M. (1990). Literature Review on Thermal Comfort in Transient Conditions. *Building and Environment*, Vol. 25, No. 4, pp. 309-316.
  16. Heydari, Sh., Ghaffari, Sh. (2009). Determine the time range of thermal comfort for Tabriz. *Scientific and research journal of mechanical engineering of Modarres*, Vol. 10, No. 4, pp. 37-44. [In Persian]
  17. Himpe, E., Janssens, A., Rebollar, J. E. (2015). Energy and comfort performance assessment of monitored low energy buildings connected to low-temperature district heating, *Energy Procedia, 6th International Building Physics Conference*.
  18. Konya, A. R. (1980). *Design primer for hot climates*. London: The Architectural Press, pp. 33-62.
  19. Mahdavinejad, M., Mator, S. (2012). The Quality of Light Openings in Iranian Domes. *Naqsh-e-jahan*. 2(2), 2012, pp. 31-42.
  20. Mashhoudi, S. (1996). Planning and designing of openings. *Architecture and Urbanism*. Vol. 6, No. 5. [In Persian]
  21. Memarian, GH. (1997). *Introduction to Iranian residential architecture: extroverted typology*. Tehran: Iran University of Science & Technology. [In Persian]
  22. Moonen, P., Defraeye, T., Dorer, V., Blocken, B., Carmeliet, J. (2012). Effect of the micro-climate on comfort health and energy demand. *Frontiers of architectural research*, Vol. 1, pp. 197-228.
  23. Nicol, J. F., Humphreys, M. A. (2002). Adaptive Thermal Comfort and Sustainable Thermal Standards for Buildings. *Energy and Buildings*, Vol. 34, pp. 563-572.
  24. Olgyay, V. (1978). *Design with Climate: Bioclimatic Approach to Architectural Regionalism*. New Jersey: Princeton University Press.
  25. Parsa, M. A. (2010). The origin of window architecture, focused on the concept of window in Persian language and Iranian culture. *Scientific and research journal dedicated to housing and village environments*, Vol. 134, pp. 73-95. [In Persian]
  26. Peel, M. C., Finlayson, B. L., and McMahon, T. A. (2007). Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11, pp. 1633-1644.
  27. Qiyabaklo, Z. (2007). *Acquaintance with Ecotect software*. Tehran: Jahad University Publications, Amirkabir Industrial Unit. [In Persian]
  28. Ryu, Y., Kim, S., Lee, D. (2009). The influence of wind flows on thermal comfort in the Dae-chung of a traditional Korean house. *Build. Environ*, Vol. 44, pp. 18-26.
  29. Sajjadzadeh, H., Moatari, M., SafarAlikhani, F. (2014). The relationship between building form and traditional architectural elements with thermal comfort in Gilan houses. *The national civil engineering and architecture conference aims to address sustainable development issues*. [In Persian]
  30. Shaeri, J., Yaghoubi, M., Aflaki, A., Habibi, A. (2018). Evaluation of thermal comfort in traditional houses in a tropical climate. *Buildings*, Vol. 8, p. 126.
  31. Tavooosi, T., Abdolahi, A. (2008). Evaluation of temperature comfort indicators and architecture compatible with Ravansar climate. *Scientific and research journal of geography and planning*, Vol. 32, pp. 125-150. [In Persian]
  32. Van Hoof, J., Mazej, M. & Hensen, J. (2010). Thermal comfort: research and practice. *Frontiers in bioscience. A journal and virtual library*. (15), pp. 765-788.
  33. Verbruggen, S., Delghuust, M., Laverge, J., Janssens, A. (2019). Impact of an occupancy and activity based window use model on the prediction of the residential energy use and thermal comfort. *From energy crisis to sustainable indoor climate, 40th AIVC- 8th TightVent- 6th venticool Conference*, pp. 912-919.
  34. Zare, A., Shahcheraghi, A., Heydari, Sh. (2015). Investigating the environmental quality of indoor spaces with emphasis on thermal comfort in traditional houses, case examples of two Qajar houses in Shiraz. *Two Quarterly Journals of Iranian Architectural Studies*, Vol. 9, pp. 85-100. [In Persian]



شروعگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

فصلنامه علمی

معماری و شهرسازی ایران