ISSN: 2538-2594; Naqshejahan - Basic studies and New Technologies of Architecture and Planning. 2021;11(3):33-48

The Investigation of Thermal Adaptation in Apartments in Hot and Dry Climate: A Study on Thermal Comfort and Thermal Behavior in Shiraz

ARTICLE INFO

Article Type
Analytic Study

Authors
Seyedeh Mahsa Abdollahzadeh[1]
Shahin Heidari[2*]
Alireza Einifar[3]

How to cite this article

Abdollahzadeh M, Heidari Sh, Einifar A. The Investigation of Thermal Adaptation in Apartments in Hot and Dry Climate: A Study on Thermal Comfort and Thermal Behavior in Shiraz. *Naqshejahan*. 2021 Nov 10; 11(3):33-48.

https://dorl.net/dor/20.1001.1.23224991.1400.11.3.2.9

1. Architecture Department, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.
2. Architecture Department, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.
3. Architecture Department, School of Architecture, College of Fine Arts, University of Tehran, Tehran, Iran.

**Correspondence*
Address: College of Fine Arts, University of Tehran, Enghelab Square, Tehran, Iran. Postcode: 141556458.
Phone: +9183410093

Article History
Received: 28 Dec 2020
Accepted: 14 Feb 2021
ePublished: 10 Nov 2021

ABSTRACT

Aims: Based on the thermal adaptation concept, an individual adaptation at physiological, psychological, and behavioral levels can be effective in providing residential thermal comfort, consuming energy, and designing building. The present study was, therefore, aimed to investigate the thermal adaptation in residential apartments of Shiraz, Iran by determining thermal comfort range, priority of thermal behavior, and causes of thermal dissatisfaction of the residents.

Materials & Methods: The quantitative research method was performed by using the survey of thermal comfort, behavioral priority, and thermal dissatisfaction factors. The correlation between the variables was then, analyzed. Thermal adaptation was further investigated through analytical and inferential methods.

Findings: While thermal comfort range was found to be higher than the international standards, 45% of the respondent's dissatisfaction was reported to be due to the lack of proper climatic design. Both clothes change and cooling system use as the first, and opening the windows as the second priorities of thermal behavior in hot season. Drawing curtains, closing doors and windows, and clothes change, however, were the respective priorities in winter, which vindicates the priority of using passive approaches in cold season. The effect of season on both behavior and reactive behavior were further investigated.

Conclusion: The higher thermal comfort range and neutral temperature found in comparison to those reported in standards, as well as the study of either reactive or interactive behaviors and seasonal habits of residents vindicated the individuals' thermal adaptation. Using aforementioned items in building design has significant effects on improving thermal comfort and reducing energy consumption.

Keywords: Thermal comfort, Occupant behavior, Residential apartments; Sustainability, Adaptation.

CITATIONLINKS

[1]Ten questions concerning occupant behavior… [2]The human dimensions of energy use in buildings: A review… [3] The impact of occupants' behaviours on building… [4]A literature review on driving factors and contextual… [5] Occupant behaviour and robustness of building design. [6]Urban energy generation: The added value of photovoltaics… [7] Movers and stayers: the resident's contribution to variation … [8] Comparison of physical performances of the ventilation systems… [9] Advances in research and applications of energy-related… [10] The energy implications of a climate-based indoor… [11]Thermal adaptation in the built environment… [12]Indoor climate experience, migration, and thermal comfort… [13]Behavioral response and adaptation to environmental stimulation… [14] American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning… [15] Thermal comfort temperature of people of Tehran. [16] Clothing and comfort of secondary school children… [17]Field studies of thermal comfort compared and applied… [18] Thermal comfort: a handbook for field studies toward an adaptive… [19] Thermal Comfort Assessment in Classrooms in the Hot and Dry… [20]Occupants' adaptive responses and perception… [21] Adaptive thermal comfort in primary school classrooms… [22] Field study on thermal comfort in Malaysia. [23]Developing an adaptive model of thermal comfort… [24]Field experiments on occupant comfort and … [25]Towards a psycho-physiological model of thermal… [26]Airconditioning in Australia III—thermobile controls. [27]Environmental psychology: An interdisciplinary… [28]Thermal comfort and psychological… [29] Building design and management… [30] On the behaviour and adaptation… [31] Human thermal environments: the effects… [32]Human-in-the-loop HVAC operations… [33] Triggers for Users' Behaviours. InImpact… [34] How peers' personal attitudes affect indoor… [35] Survey of occupant behaviour and control… [36] Energy efficient design and occupant… [37] The effect of opening windows … [38] Verification of stochastic models… [39] Use of occupant behaviour to control… [40] A review of occupant control on natural… [41] The impact of occupant behaviour… [42] Thermal comfort in Iranian courtyard… [43] Numerical evaluation of thermal comfort in traditional… [44] Thermal Adaptation in Architecture… [45] A comparative analysis of short-term… [46] Evaluating adaptive thermal comfort… [47]Understanding the thermal experience of elderly people in their residences: Study on thermal comfort and adaptive… [48]What drives our behaviors in buildings? A review on occupant…

Copyright© 2021, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0International License whichpermits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

بررسی سازگاری حرارتی در آپارتمان‌های اقلیم گرم و خشک: مطالعه آسایش و رفتار حرارتی در آپارتمان‌های شیراز

سیده مهسا عبداله‌زاده[۱] ، شاهین حیدری*[۲] ، علیرضا عینی‌فر[۳]

۱. دانشجوی دکترای معماری،گروه معماری، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
۲. گروه معماری، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.(نویسنده مسئول)
۳. گروه معماری، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

چکیده

اهداف: با توجه به مصرف۴۰٪ انرژی جهانی در ساختمان‌ها، درک تعاملات ساکنان با ساختمان‌ها برای تأمین گرمایش و سرمایش جهت صرفه‌جویی در انرژی ضروری است. بر مبنای مفهوم سازگاری نحوه‌ی تعامل ساکنین با محیط در سطوح فیزیولوژیکی، روانی و رفتاری می‌تواند در تامین آسایش حرارتی، مصرف انرژی و نحوه طراحی بسیار موثر باشد. هدف پژوهش بررسی سازگاری حرارتی در آپارتمان‌های شیراز با تعیین محدوده آسایش حرارتی، اولویت رفتار حرارتی ساکنان و علل نارضایتی حرارتی می‌باشد.

روش‌ها : روش تحقیق کمی با استفاده از نظرسنجی‌های آسایش حرارتی، اولویت رفتاری و عوامل نارضایتی حرارتی مورد استفاده قرار گرفت. سپس با تحلیل همبستگی بین متغیرها و توصیف تحلیلی و استنباطی به بررسی سازگاری حرارتی پرداخته‌شد.

یافته‌ها: محدوده آسایش حرارتی ساکنان در دمای بالاتری، نسبت به استانداردها می‌باشد و ۴۵٪نارضایتی ساکنان از شرایط حرارتی به علت عدم طراحی مناسب اقلیمی می‌باشد. اولویت اول رفتار حرارتی در ماه‌های گرم به‌طور مشترک تغییر لباس و استفاده از وسایل سرمایشی و اولویت دوم بازکردن پنجره‌ها و در ماه سرد کشیدن پرده، بستن پنجره و درب فضای سرد و تغییر لباس می‌باشد که نشان از اولویت بهره‌گیری از راهکارهای غیرفعال در زمستان می‌باشد. همچنین بررسی تاثیر فصول بر رفتار و رفتارهای واکنشی ساکنان از دیگر یافته‌های پژوهش است.

نتیجه‌گیری: قرارگیری محدوده آسایش حرارتی و دمای خنثی در محدوده بالاتری از استانداردها و بررسی رفتارهای واکنشی، غیر واکنشی و عادات فصلی ساکنان نشان از سازگاری حرارتی افراد دارد که بهره گیری از آنها در طراحی تاثیرات قابل‌توجهی در بهبود آسایش حرارتی و کاهش مصرف انرژی می‌گذارد.

کلمات کلیدی: آسایش حرارتی، رفتار ساکنان، آپارتمان‌های مسکونی، پایداری، سازگاری.

مقدمه

توجه به محیط‌زیست و صرفه‌جویی در مصرف انرژی در طراحی امروز ساختمان‌ها حائز اهمیت است؛ علی‌رغم افزایش بهره‌گیری از راهکارهای فناورانه و غیرفعال در طراحی معماری در سال‌های اخیر، کاهش مصرف انرژی در حد انتظار به نظر نمی‌رسد[۴-۱].تفاوت قابل‌ملاحظه بین میزان مصرف انرژی پیش‌بینی شده (در مرحله طراحی و قبل از بهره‌برداری) و مصرف واقعی (پس از بهره‌برداری) در ساختمان‌ها می‌تواند به دلیل تفاوت بین طراحی ساختمان و بنای ساخته‌شده در شرایط کار فنی و تاسیسات، انتخاب تجهیزات و مصالح در مرحله ساخت و رفتار ساکنان در رابطه با مصرف انرژی باشد، که در فرآیند شبیه‌سازی انرژی نادیده گرفته شده است[۳-۵]. تاثیر رفتار افراد بر تفاوت میزان مصرف انرژی در ساختمان های مشابه به میزان سه برابر[۶-۸]، دلیلی بر اهمیت درنظرگرفتن رفتار ساکنان در راهکارهای طراحی ساختمان های بهره‌ور در مصرف انرژی کاهش تفاوت بین میزان مصرف انرژی پیش‌بینی شده و مصرف واقعی در ساختمان‌ها است[۲-۹]. بنابراین توجه به سازگاری حرارتی(فیزیواوژیکی، روانی و رفتاری) می‌تواند تأثیرات قابل‌توجهی در بهبود آسایش حرارتی افراد، کاهش مصرف انرژی[۱۰] و تغییر نحوه طراحی و بهره‌برداری از ساختمان‌ها بگذارد[۱۱].

در این راستا اولین قدم برای دستیابی به نتایج دقیق‌تر در شبیه‌سازی و طراحی، شناسایی محدوده آسایش حرارتی ساکنان، رفتارها و نحوه تعامل با محیط می‌باشد. از این رو هدف پژوهش بررسی سازگاری حرارتی در آپارتمان‌های شیراز از طریق شناسایی محدوده آسایش حرارتی و اولویت‌های رفتار حرارتی است. پرسش‌های پژوهش به شرح زیر می‌باشند:۱-محدوده آسایش حرارتی ساکنان در فصل گرم در آپارتمان‌های شیراز چقدر است؟ ۲-چگونه رفتارهای ساکنان آپارتمان‌های مسکونی در تامین آسایش حرارتی موثر است؟ ۳-چه عواملی در نارضایتی حرارتی ساکنان تاثیرگذار است؟

در راستای پاسخگویی به سوالات، با اندازه‌گیری متغیرهای محیطی و بررسی آسایش حرارتی کاربران، محدوده آسایش حرارتی و دمای خنثی مشخص گردید. همچنین اولویت رفتار حرارتی و عوامل نارضایتی حرارتی از طریق پرسشنامه و مصاحبه جمع‌آوری شد. هدف این پژوهش ارزیابی وضعیت آسایش و سازگاری حرارتی در آپارتمان‌های مسکونی در فصل گرم است. برای نتیجه‌گیری دقیق در خصوص محدوده آسایش حرارتی قابل‌قبول در این اقلیم نیاز به مطالعات گسترده در طول سال و در تعداد نفرات بیشتر است.

مواد و روش ها

آسایش حرارتی و سازگاری حرارتی

طبق تعریف اشری آسایش حرارتی،شرایط ذهنی است که میزان رضایت افراد از محیط را بیان می‌کند[۱۴]. دو رویکرد اصلی در مطالعات آسایش حرارتی: ۱- مدل کلاسیک و ایستا معرفی شده توسط فانگر(۱۹۷۰) که بر اساس تعادل حرارتی بدن در شرایط آزمایشگاهی می‌باشد.

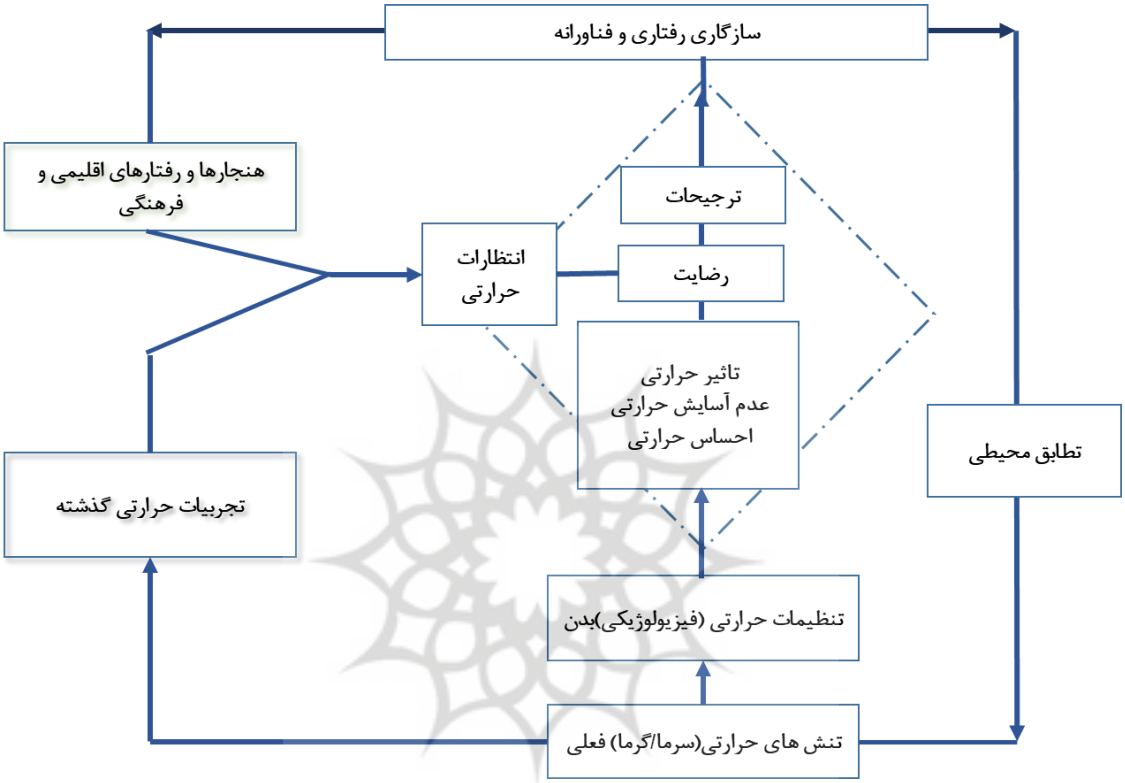
۲-رویکرد تطبیقی بر اساس مطالعات میدانی که در آن افراد در دنیای واقعی و بدون تغییر شرایط محیطی مورد پرسش قرار می‌گیرند[۱۵]. همفریز [۱۷-۱۶] و نیکل[۱۸] اختلاف بین این دو روش را گزارش دادند. در رویکرد تطبیقی رفتار افراد، در صورت تغییر در شرایط آسایش، منجر به بازیابی آسایش حرارتی افراد می‌گردد. در این بین بستر، پیشینه حرارتی و انتظارات افراد تاثیر به سزایی در ترجیحات حرارتی آنها داردو [۱۹] از اینرو به کارگیری تئوری سازگاری طبق نظر همفریز منجر به صرفه‌جویی قابل‌توجهی در مصرف انرژی ساختمان‌ها می‌گردد. همچنین دی‌دیر(۲۰۱۳) ترکیب رویکرد تطبیقی و تعادل حرارتی را جامع‌ترین رویکرد آسایش حرارتی معرفی می‌کند[۲۲-۲۰]. مدل سازگاری بر اساس سه موضوع مرتبط:۱-تطبیق روانی (دمای آسایش موردانتظار و دمای آسایشی که بدان عادت کردند، تحت تاثیر هوای داخل و خارج است)) ۲-تطبیق رفتاری جهت بازیابی شرایط آسایش ۳-تطبیق فیزیولوژیکی (خوگرفتن)) می-باشد(جدول ۱)[۲۳].

جدول۱- انواع سازگاری حرارتی[۱۳-۱۱]

انواع سازگاری حرارتی				
سازگاری فیزیولوژیکی	تغییراتی که شامل پاسخ های فیزیولوژیکی ناشی از قرار گرفتن در معرض عوامل حرارتی محیطی می شود و منجر به کاهش تدریجی فشار ناشی از می شود	ژنتیکی		تغییراتی که بخشی از میراث ژنتیکی یک فرد یا گروه از مردم است اما در بازه زمانی فراتر از زمان زندگی یک فرد می باشد
		خوگرفتگی		تغییر در تنظیمات سیستم تنظیم حرارت فیزیولوژیکی بیش از یک دوره چند روزه یا چند هفته در پاسخ به قرار گرفتن در معرض محرک حرارتی محیطی در سیستم خود کنترلی بدن تغییراتی ایجاد و نهادینه می شود.
سازگاری روانی	ادراک تغییر یافته و واکنش به سوابق حسی شامل تنظیمات آزمایش ساکنان ساختمان است که ممکن است در طول زمان و فضا متفاوت باشد	انتظارها	ارزیابی حرارتی محیط بر اساس انتظارات افراد	تجربیات فعلی تجربیات گذشته عادت فرهنگی عادت تکنولوژیکی
		تجربه ها		تجربه بلند مدت الگویی که افراد در ذهن خود ساخته اند تجربه کوتاه مدت
		انتظارات فرهنگی و اجتماعی		تحت تاثیر عادات فرهنگی و اجتماعی
سازگاری رفتاری	تغییراتی به صورت آگاهانه یا ناخودآگاه که موجب تغییر شار حرارتی و جرمی در تعادل حرارتی بدن می گردد.	(تغییر محیط) انعطاف پذیری		باز و بستن پنجره ها، سیستم سرمایش و گرمایشی، بستن پرده ها، سایه بان های جمع شونده ، روشن وخاموش نمودن چراغ ها و یا وسایل برقی
		(تغییر در رفتار) تطبیق پذیری ساکنان		تغییر لباس، جابه جایی در خانه، افزایش یا کاهش میزان فعالیت فرد تغییر در حالت یا موقعیت قرارگیری فرد، تغییر در گرمای متابولیک فرد با مصرف نوشیدنی و غذاهای سرد و گرم
		فرهنگی		رفتارهای برنامه ریزی شده، زمان حضور ساکنان، کنترل لباس، کنترل فعالیت
		فناورانه		استفاده از سیستم های گرمایشی و سرمایشی

فرضیه سازگاری بیان می‌کند که رضایت فرد از شرایط داخلی از طریق مطابقت شرایط دمایی محیط در آن زمان و مکان با انتظارات فرد از شرایطی که بایددر آنجا باشد، به دست می‌آید. این انتظارات مهم ناشی از تلاقی تجربیات حرارتی فرد در گذشته و حال و نیز رفتارهای فرهنگی و فناوارانه می‌باشد[۱۸، ۲۶-۲۴].

این روابط که در نمودار اولیسیمز ارائه شده، نشان می‌دهد که میزان آسایش و رضایت ساکنان تحت تاثیر شرایط هوای داخل، بسته به فرهنگ، و انتظارات اقلیمی و انتظارات معمارانه/تهویه مطبوع می‌تواند متفاوت باشد[۱۱](تصویر۱).



شکل ۱-مدل سازگاری در ادراک حرارتی[۲۳]

رفتار حرارتی

در تئوری سازگاری، نحوه‌ی تعامل ساکنان با محیط با درنظرگرفتن تاثیر عواملی مانند تجارب قبلی افراد، اهداف و برنامه‌های آینده بر ادراک افراد حائز اهمیت است[۲۷]. همچنین از آنجایی که ادراک افراد از محیط متفاوت است، می‌توان گفت عوامل روانشناختی بر ادراک حرارتی فضا و تغییرات آن تاثیر می‌گذارند[۲۸]. با ایجاد تغییر حرارتی در محیط، افراد واکنش نشان داده و با انطباق ویژگی‌های فردی و محیطی آسایش خود را حفظ می‌کنند[۳۰-۲۹]. در این بین رفتارهایی مانند تغییر مقدار خون در سطح پوست، تعرق و لرزیدن به صورت ناخودآگاه و تغییر لباس، وضعیت بدن و میزان فعالیت، استفاده از کنترل‌کننده‌های حرارتی و جابجایی بین محیط‌های حرارتی مختلف، رفتارهای آگاهانه جهت تامین آسایش حرارتی می‌باشند[۳۱].

عوامل موثر بر رفتار حرارتی و مصرف انرژی

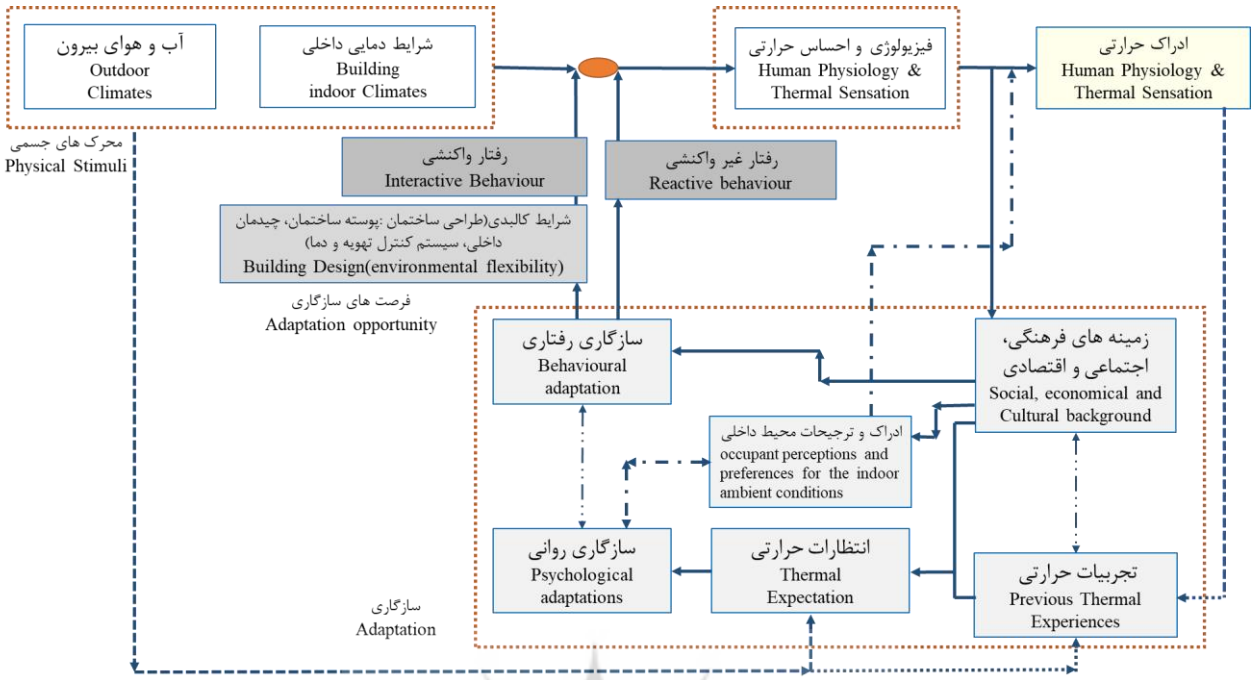
مطالعات نشان می‌دهد که رفتارهای تعاملی انسان با محیط را می‌توان در گروه‌های زیر دسته‌بندی کرد: (۱) الگوهای مکانی-زمانی حضور در محیط (۲) ادراک و ترجیحات ساکنان برای شرایط (حرارتی، بصری و آکوستیک) داخلی (۳) آگاهی ساکنان از انرژی و پیامدهای زیست‌محیطی (۴) تعامل ساکنان با لوازم‌خانگی و کنترل‌کننده‌ها (۵) سطح فعالیت ساکنان [۳۲]. پژوهشگران با استفاده از (نظریه‌های روانشناختی، جامعه‌شناسی، اجتماعی و اقتصادی) رفتار ها و عوامل موثر بر آنها مانند[۳۳]عوامل محیطی زمینه‌ای، فیزیولوژیکی، روانشناختی و عادت‌ها، بررسی می کنند[۴،۳۴]؛ که اغلب به دلیل دشواری بررسی، کمی‌کردن و تعیین همبستگی این عوامل به صورت اطلاعات پراکنده گزارش شده‌اند. دراین بین متغیرهای محیطی، الگوی اشغال و سکونت و بررسی رفتارها بر اساس زمان عوامل عینی هستند که می‌توانند به راحتی ثبت و مقایسه شوند[۴].

از نظر هنگ و همکاران رفتار ساکنان به دوگونه رفتارهای تطبیق‌پذیر(۱- انعطاف‌پذیری محیط ۲- تطبیق‌پذیری ساکنان) و رفتارهای غیرتطبیق‌پذیر(مانند حضور ساکنان، کارایی تجهیزات‌الکتریکی و جابه‌جایی بین فضاها) می‌تواند در میزان مصرف انرژی تاثیرگذار باشد[۱]. فراهم‌شدن شرایط جهت رفتارهای تطبیق پذیر و سازگاری در ساختمان‌ها تحت عنوان فرصت‌ها و محدودیت‌های سازگاری مطرح می‌شودکه شامل موارد زیر است: ۱-اقلیم: (معتدل سخت).۲- اقتصاد (هزینه-های کنترل دمای‌محیط) ۳- طراحی ساختمان(۱- پوسته ساختمان ۲-چیدمان داخلی۳- سیستم کنترل هوا) ۴- عادات اجتماعی ۵-اصول سازمانی مربوط به شرایط ساختمان (محدودیت نوع لباس، محدودیت فضای‌کاری ، دستورالعمل‌های انرژی و ...)[۱۱].

در بخش مسکونی، بررسی تفاوت رفتاری در مصرف انرژی بسیار موردتوجه است. مطالعات در اروپا[۳۶-۳۵]، آمریکا[۳۷]، آسیا[۳۹-۳۸] و استرالیا[۴۱-۴۰].تنوع در مصرف انرژی خانگی با ضریب ۳-۱۰ را نشان می‌دهد که به عوامل رفتاری نسبت داده می‌شود[۲]. در مطالعات آسایش حرارتی فضاهای داخلی در ایران، ارزیابی آسایش‌حرارتی بیشتر از طریق شبیه‌سازی و بر مبنای پیش‌فرض‌ها، بدون درنظرگرفتن رفتار واقعی ساکنان انجام شده که ضرورت انجام این پژوهش ها را نشان می‌دهد.

مدل سازگاری و رفتار حرارتی

تجربه مکان یک پدیده چندمتغیره و بازتابی از میزان مطابقت مکان با اهداف و انتظارات شخص می‌باشد. در رویکرد تطبیقی، ادراک حرارتی تحت شرایطی فراتر از تعادل حرارتی، مانند شرایط آب‌وهوایی، اجتماعی، ملاحظات اقتصادی و سایر عوامل زمینه‌ای می‌باشد.[۱۱]. بر مبنای مطالعات، مدل سازگاری حرارتی عوامل تاثیرگذار بر رفتار حرارتی با توجه به فرصت‌های سازگاری ارائه شده است. رفتار حرارتی ساکنان به دو صورت رفتار غیرواکنشی (تغییر لباس، جابه-جایی، تغییر میزان فعالیت، عادت به دمای محیط) که مربوط به تطبیق‌پذیری فرد و رفتار واکنشی(بازکردن و بستن پنجره-ها، استفاده از سیستم سرمایش و گرمایش، باز یا بستن پرده‌ها، روشن یا خاموش‌نمودن وسایل برقی) که به انعطاف‌پذیری محیط و شرایط کالبدی (فرصت‌ها و محدودیت‌های سازگاری) مربوط می‌شود، بروز می‌یابد و سازگاری فیزیواوژیکی و روانی **(تحت تاثیر ادراک و ترجیحات محیط داخلی و انتظارات حرارتی ناشی از تجربیات حرارتی فعلی و گذشته، عادت‌های فرهنگی و تکنولوژیکی)** به‌طور غیرمستقیم بر آن تاثیرگذار است. در نهایت تعامل سازگاری رفتاری، روانی و فیزیولوژیکی و بازخورد آن‌ها بر هم در ادراک حرارتی فرد تاثیرگذار است(تصویر۲). در این پژوهش به‌منظور بررسی سازگاری حرارتی علاوه بر تعیین محدوده آسایش و دمای-خنثی (سازگاری فیزیولوژیکی و روانی) به بررسی اولویت-های رفتاری (واکنشی و غیر واکنشی) ساکنان در تامین آسایش حرارتی پرداخته می‌شود.



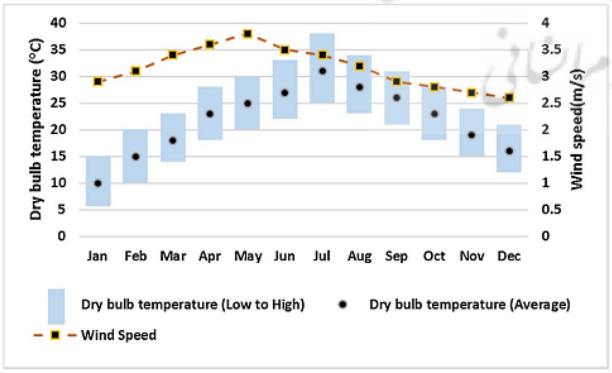
شکل۲- مدل سازگاری و رفتار حرارتی در دستیابی به آسایش حرارتی

روش تحقیق

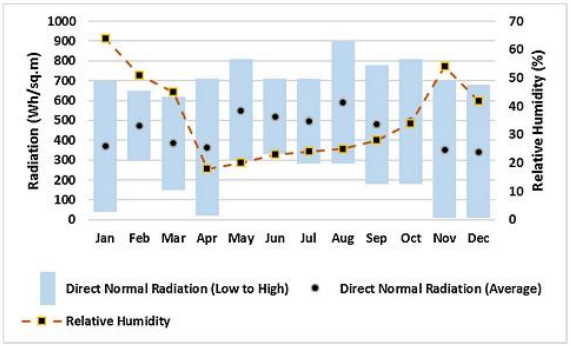
در مقاله حاضر مطابق با روش نیکل، از روش متقاطع (محقق با تجهیزات اندازه‌گیری متغیرها از سوی یک نفر به سوی نفر دیگر می‌رود و تکمیل پرسشنامه و اندازه‌گیری متغیرهای محیطی و فردی انجام می‌شود) جهت سنجش آسایش حرارتی استفاده شده‌است.از آنجا که جهت انجام بررسی‌های میدانی در مطالعات آسایش حرارتی، نیکل و حیدری تکمیل ۱۰۰ پرسشنامه را کافی می‌دانند[۴۲،۱۸] ، حجم نمونه ۱۰۱ نفر از ساکنان آپارتمان‌های با ارتفاع متوسط (مساحت۱۰۰-۱۶۰مترمربع) در مناطق متوسط رو به بالای شهر به لحاظ اجتماعی تعیین شدند و جمع‌آوری داده‌ها به روش پیمایشی و میدانی به منظور یافتن ادراک حرارتی افراد در وضعیت واقعی و اولویت‌های رفتاری ساکنان برای تامین آسایش حرارتی انجام شد. از اینرو روش تحقیق کمی با بهره‌گیری از نظرسنجی‌های آسایش حرارتی و اولویت رفتاری (از طریق پرسشنامه) استفاده و عوامل نارضایتی حرارتی با مصاحبه ساکنان جمع‌آوری شد. سپس با تحلیل همبستگی بین متغیرها و توصیف تحلیلی و استنباطی اولویت‌های رفتاری، و عوامل نارضایتی حرارتی به بررسی سازگاری حرارتی پرداخته‌شد.

مطالعات میدانی

شهر شیراز در بخش مرکزی استان فارس و در جنوب‌غربی ایران، دارای اقلیم نیمه‌گرم و خشک است. در زمستان آب و هوای نسبتا معتدل توأم با بارندگی و درتابستان دارای هوای گرم و خشک می‌باشد. در دسته‌بندی کوپن این شهر در گروه BSh قرار می‌گیرد(Weather Base). تصویر ۳- ۴ میانگین وضعیت آب‌وهوایی شیراز را نشان می‌دهد.



شکل ۳- میانگین وضعیت آب و هوای شیراز ۱۹۵۱- ۲۰۱۰ (سازمان هواشناسی کشور)[۴۳]



شکل ۴- میانگین وضعیت آب و هوای شیراز ۱۹۵۱- ۲۰۱۰ (سازمان هواشناسی کشور)[۴۳]

پرسشنامه و اندازه‌گیری پارامترهای محیطی

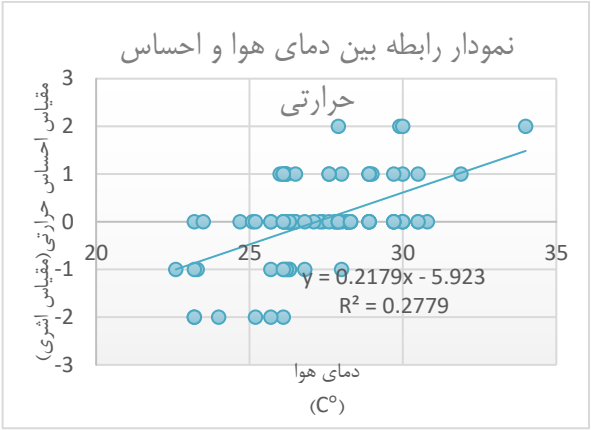
ابتدا به صورت تصادفی تعدادی واحد مسکونی با ارتفاع متوسط در مناطق با سطح اجتماعی متوسط رو به بالا، با پراکندگی مناسب انتخاب گردیدند. دامنه سنی جمعیت مورد مطالعه۲۰-۷۷ سال و سوالات پرسشنامه مرتبط با احساس و ترجیح حرارتی و اولویت‌های رفتاری ساکنان برای تامین آسایش حرارتی می‌باشد. تکمیل پرسشنامه‌ها از ساعت ۱۰- ۱۸ در مرداد و شهریور ۱۳۹۸ انجام شد. پرسشنامه همچنین شامل اطلاعات عمومی مانند سن، جنسیت و قد کاربران، نوع لباس و سطح فعالیت است. در پژوهش حاضر از مقیاس هفتگانه اشری (۳- خیلی‌سرد تا ۳+ خیلی‌گرم) برای احساس حرارتی و از مقیاس سه‌تایی مکینتایر(۱۹۷۶) (-۱ سرد، ۰ مناسب، +۱ گرم) برای ارزیابی ترجیح حرارتی استفاده شد. همزمان با تکمیل پرسشنامه در فضای اصلی با دستگاه دیتالاگر مدل WBGT۸۷۷۸ اطلاعات مربوط به دمای‌هوا، دمای‌کروی، رطوبت نسبی و شاخص WBGT برداشت می‌شد. دستگاه از فردی به فرد دیگر منتقل و از نظر تابش و فاصله از دیوار و کف کنترل می‌شد (در نزدیکترین محل به پاسخ‌دهنده، در ارتفاع عمودی ۱۱۰-۱۶۰ سانتی‌متر از زمین و در فاصله بیشتر از یک متر از هر دیوار). همچنین نرخ فعالیت و پوشش کاربران بر اساس چک‌لیست اشری استاندارد۵۵ محاسبه می‌گردید. برای اندازه‌گیری دمای هوای خارج، دیتالاگر در سایه و به دور از تابش مستقیم مورد استفاده قرار گرفت.

یافته ها

آسایش حرارتی

متوسط احساس حرارتی، میانگین متوسط آرا و همان احساس واقعی افراد است. آیین‌نامه اشری، احساس حرارتی بین (۱- و ۱+) را شرایط قابل‌قبول و آنرا محدوده‌ی آسایش برای حداقل ۸۰٪ افراد می‌دانند. در تصویر۵-۲ احساس حرارتی ساکنان با مقیاس هفتگانه اشری آورده شده است. مطابق با استاندارد فوق، در این پژوهش محدوده بین (۱- و ۱+) شرایط مناسب و اعدادی که کمی‌بیشتر از مثبت یک و یا اندکی کمتر از منفی یک باشند باعث بروز نارضایتی افراد می‌شوند. نتایج نشان می‌دهند که ۹۰٪/۱ از افراد در محدوده آسایش حرارتی ۵۹/۴٪ افراد احساس حرارتی خنثی داشتند. طبق نمودار دمای‌هوا – آسایش حرارتی(تصویر۵-۱) شیب نمودار احساس حرارتی کاربران ۰/۲۱ است. دامنه آسایش ساکنان بین ۲۲/۶-۳۱/۹ و دمای خنثی ۲۷.۱۸ می‌باشد. پاسخ‌دهندگان در بازه دمایی ۲۳/۲-۳۰/۸ درجه سانتی‌گراد به (احساس حرارتی=۰)رای داده‌اند. بنابراین قدرت تطبیق مردم شیراز با شرایط آب و هوایی مناسب و از دمای آسایش استانداردها (۲۱- ۲۵ درجه)، به میزان ۲/۲ درجه بیشتر است. بر اساس نتایج معادله رگرسیون خطی، در مجموع در بازه دمایی ۲۲/۵۹-۳۱/۷۷ درجه سانتیگراد بر اساس مقیاس هفتگانه اشری حدود ۸۰٪ از پاسخ‌دهندگان از شرایط خود راضی و در محدوده آسایش قرار دارند.

نمودار ۱-رابطه بین دمای هوا و احساس حرارتی



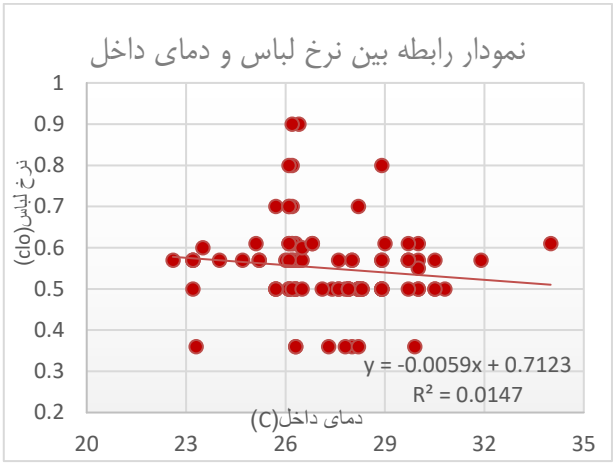
نمودار ۲-احساس حرارتی ساکنان با مقیاس هفتگانه اشری در فصل گرم در آپارتمان‌های شیراز

ترجیح حرارتی

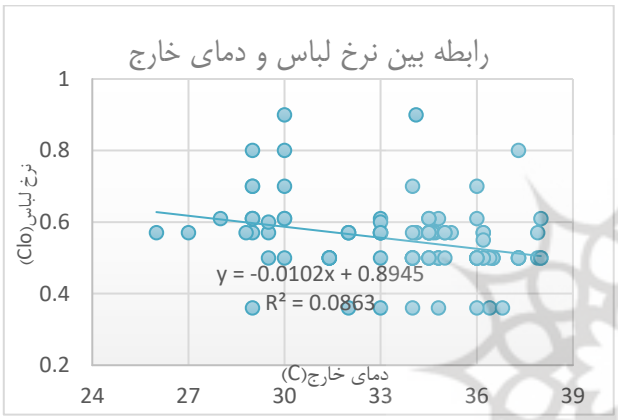
از ساکنان درخصوص ترجیح حرارتی دمای محیط (سردتر، بدون‌تغییر، گرم‌تر) پرسیده شد. ۴۹/۵٪ پرسش‌شوندگان تمایلی به تغییر شرایط حرارتی ندارند، در حالی‌که ۴۵/۵٪ خواهان سردتر شدن و ۵٪ تمایل به گرم‌تر شدن شرایط دارند. متوسط احساس حرارتی در فصل گرم حدود۰/۰۳ و متوسط ترجیح حرارتی برابر ۰/۴- می‌باشد. تقریبا نزدیک به نیمی از افراد تمایل به کاهش دمای محیط دارند که می‌تواند در رفتار ساکنان جهت تامین دمای ترجیحی و مصرف انرژی تاثیرگذار باشد.

نقش لباس در سازگاری

لباس از مهمترین رفتارهای سازگاری فرد برای نیل به آسایش است. (تصویر۶). بررسی همبستگی بین دمای داخل و نرخ لباس در فصل گرم نشان می‌دهد که مقدار لباس به سطحی کاهش یافت که از نظر فرهنگی قابل قبول بود و فارغ از دمای هوا نمی توان بیشتر آن را کاهش داد. نرخ لباس ساکنان بین ۰/۳۶تا۰/۹ کلو و میانگین آن ۰/۵۴می‌باشد.(در چندین مورد نرخ لباس کمی بالاتر از حد انتظار در تابستان است که به دلیل مسائل دینی و فرهنگی، سن افراد و یا نرخ لباس رسمی ساکنان که به محض بازگشت از کار در تکمیل پرسشنامه مشارکت کردند، می‌باشد).



نمودار ۲-رابطه بین متغیر لباس و دمای هوای داخل



نمودار ۳-رابطه بین لباس و دمای هوای خارج در آپارتمان‌های شیراز

اولویت های رفتاری ساکنان در تامین آسایش حرارتی

مانیتورینگ و مشاهده رفتار افراد یک روش معمول در نظرسنجی‌های آسایش حرارتی است، اما این روش دید جزئی در مورد آسایش حرارتی ساکنان دارد[۴۷] . بنابراین، در این مطالعه سازگاری رفتاری حرارتی و فرصت‌های سازگاری در ارتباط با محیط، پرسش از ساکنان و بررسی پارامترهای مهم در آسایش حرارتی، مانند نرخ لباس انجام شد. با توجه به اینکه پژوهش حاضر در محیط داخلی آپارتمان‌های مسکونی انجام گرفته به دلیل ورود به حریم خصوصی کاربران، امکان تکرار آن در دفعات بیشتر و برداشت رفتار ساکنان در طول روز ممکن نبود.در این راستا اولویت رفتار حرارتی در صورت گرم‌تر و سردتر شدن محیط در ماه‌های گرم و سرد از بین ۸ گزینه بر اساس اولویت ۱تا ۳ مشخص نمودند. در ماه‌های گرم اولویت اول به طور

مشترک به روشن‌کردن کولر و تغییر لباس، اولویت دوم به بازکردن پنجره‌ها، و اولویت سوم پس از استفاده از وسایل سرمایشی به تغییرمکان و جابه‌جایی به فضایی با دمای مناسبتر اختصاص دارد، در حالیکه در ماه‌های سرد اولویت اول به بستن پنجره‌ها و درب فضای سرد، اولویت دوم به تغییر لباس و اولویت سوم به استفاده از وسایل گرمایشی اختصاص دارد (جدول ۱ و ۲).

بررسی اولویت‌های رفتاری با اختصاص دادن اعداد ۱ تا ۳ به اولویت‌های سوم تا اول، به هر رفتار امتیاز داده شد. سپس با تقسیم جمع امتیازهای هر رفتار به مجموع امتیازها میانگین وزنی تعیین شدند. بر اساس محاسبه میانگین وزنی در ماه‌های گرم اولویت اول به تغییر لباس، اولویت دوم (با اختلاف بسیارکم با اولویت اول) به روشن‌کردن کولر و اولویت سوم به بازکردن پنجره‌ها اختصاص دارد. در ماه‌های سرد نیز اولویت اول به بستن پنجره و درب فضای سرد و اولویت دوم و سوم به تغییر لباس و استفاده از وسایل گرمایشی اختصاص دارد.

اولویت دادن به صورت معمول از طریق پرسشنامه، با اولویت دادن به صورت میانگین وزنی بسیار نزدیک است. نتایج نشان از اولویت بهره‌گیری از راهکارهای غیرفعال در فصل سرد (تغییر لباس و بستن پنجره) در مقایسه با استفاده از وسایل گرمایشی دارد، در حالیکه در فصل گرم با توجه به اختلاف جزئی تغییر لباس و استفاده از وسایل سرمایشی و درصد فراوانی یکسان آنها در اولویت اول رفتاری ساکنان (جدول۲)، می‌توان هر دو را به عنوان اولویت اول و بازکردن پنجره را اولویت دوم درنظرگرفت. هرچند راهکارهای غیرفعال دیگر مانند جابه‌جایی، کاهش یا افزایش فعالیت‌ها و یا عادت‌کردن به دمای محیط(در صورت چندین درجه اختلاف دما) چندان توسط ساکنان استفاده نمی‌گردد. از اینرو استفاده از وسایل سرمایشی و تغییر لباس جهت تامین آسایش حرارتی اولویت اول رفتاری ساکنان در فصل گرم می‌باشد (جدول۲ و ۳).

جدول۲- اولویت رفتار حرارتی ساکنان در فصل سرد بر اساس بر اساس پاسخ ساکنان و محاسبه میانگین وزنی

اولویت	استفاده از وسایل سرمایشی	کاهش استفاده از وسایل برقی و گرم کننده	کنار زدن پرده و بازکردن پنجره ها	کاهش انجام برخی از فعالیت ها(ورزشی و ...)	تغییر نوع لباس	تغییر مکان فعالیت و یافتن مکانی با دمای مناسبتر	عادت به دمای محیط	سایر
۱	٪ ۳۴,۷	٪۲	٪۲۳.۸	٪۱	٪ ۳۴.۷	٪۱	٪۲	٪۱
۲	٪۸.۲۰	٪۳	٪۶.۳۹	---	٪ ۷.۲۹	-----	٪۳	٪۳
۳	٪ ۲۸.۷	۵,۹٪	۱۰,۹٪	٪۲	٪ ۱۴.۹	۱۶,۸٪	٪۱۳.۹	-
جدول۲) ۲-اولویت رفتار حرارتی در ماه های گرم بر اساس میانگین وزنی								
اولویت	استفاده از وسایل سرمایشی	کاهش استفاده از وسایل برقی و گرم کننده	کنار زدن پرده و بازکردن پنجره ها	کاهش انجام برخی از فعالیت ها(ورزشی و ...)	تغییر نوع لباس	تغییر مکان فعالیت و یافتن مکانی با دمای مناسبتر	عادت به دمای محیط	سایر
درصد	٪۷/۲۸	٪۳۳/۳	٪۷۱/۲۷	٪۸/۰	٪۳۸/۳۰	٪۱۷/۳	٪۶۷/۳	٪۱۷/۲
اولویت	۲	۵	۳	۸	۱	۶	۴	۷

جدول ۳- اولویت رفتار حرارتی ساکنان در فصل گرم بر اساس بر اساس پاسخ ساکنان و محاسبه میانگین وزنی

اولویت	استفاده از وسایل گرمایشی	کشیدن پرده و بستن پنجره ها و درب فضای سرد	تغییر بعضی از فعالیت ها (ورزشی و ..)	تغییر نوع لباس	تغییر مکان فعالیت و یافتن مکانی با دمای مناسبتر	عادت به دمای محیط	سایر
۱	۷/۲۷	۵/۴۷	۱	۸/۲۰	۰	۳	۰
۲	۸/۲۰	۸/۲۳	۰	۶/۴۴	۲	۹/۸	۰
۳	۷/۳۰	۹/۵	۴	۸/۲۳	۹/۸	۸/۱۹	۱
جدول۲) ۴-اولویت رفتار حرارتی در ماه های سرد بر اساس میانگین وزنی							
اولویت	استفاده از وسایل گرمایشی	کشیدن پرده و بستن پنجره ها و درب فضای سرد	تغییر بعضی از فعالیت ها (ورزشی و ..)	تغییر نوع لباس	تغییر مکان فعالیت و یافتن مکانی با دمای مناسبتر	عادت به دمای محیط	سایر
درصد	۱۶/۲۶	۱۶/۳۳	۱	۸۳/۲۹	۸۳/۱	۸	۰
اولویت	۳	۱	۶	۲	۵	۴	۷

رفتار های حرارتی ساکنان در خصوص تغییر محیط

جهت بررسی سازگاری اقدامات ساکنان برای تامین آسایش حرارتی در ارتباط با تغییر محیط از طریق مصاحبه با آنها برداشت شد. این فعالیت‌ها به عنوان راهکارهای غیرفعال شامل موارد زیر می‌باشد:

۱-کنترل میزان تابش ورودی از طریق افزایش انعکاس تابش دریافتی پنجره‌ها با قراردادن ورق‌های آلومونیومی در پشت شیشه

۲-کنترل تابش از طریق ایجاد لایه محافظ مانند حصیر، پوشش سبز در تراس.

۳- بهبود فضای ایوان از طریق ایجاد جداره سبز از طریق افزایش رطوبت و کنترل تابش دریافتی.

۴- جابه‌جایی مبلمان و تغییر مکان فضای نشیمن(در صورت امکان) بر اساس موقعیت پنجره.

موارد فوق نشان می‌دهد که تابش کنترل‌نشده در فضای اصلی از عوامل نارضایتی ساکنان است که سعی در رفع آن با ایجاد تغییراتی در محیط داشتند.

رضایت حرارتی در فصول سرد و گرم

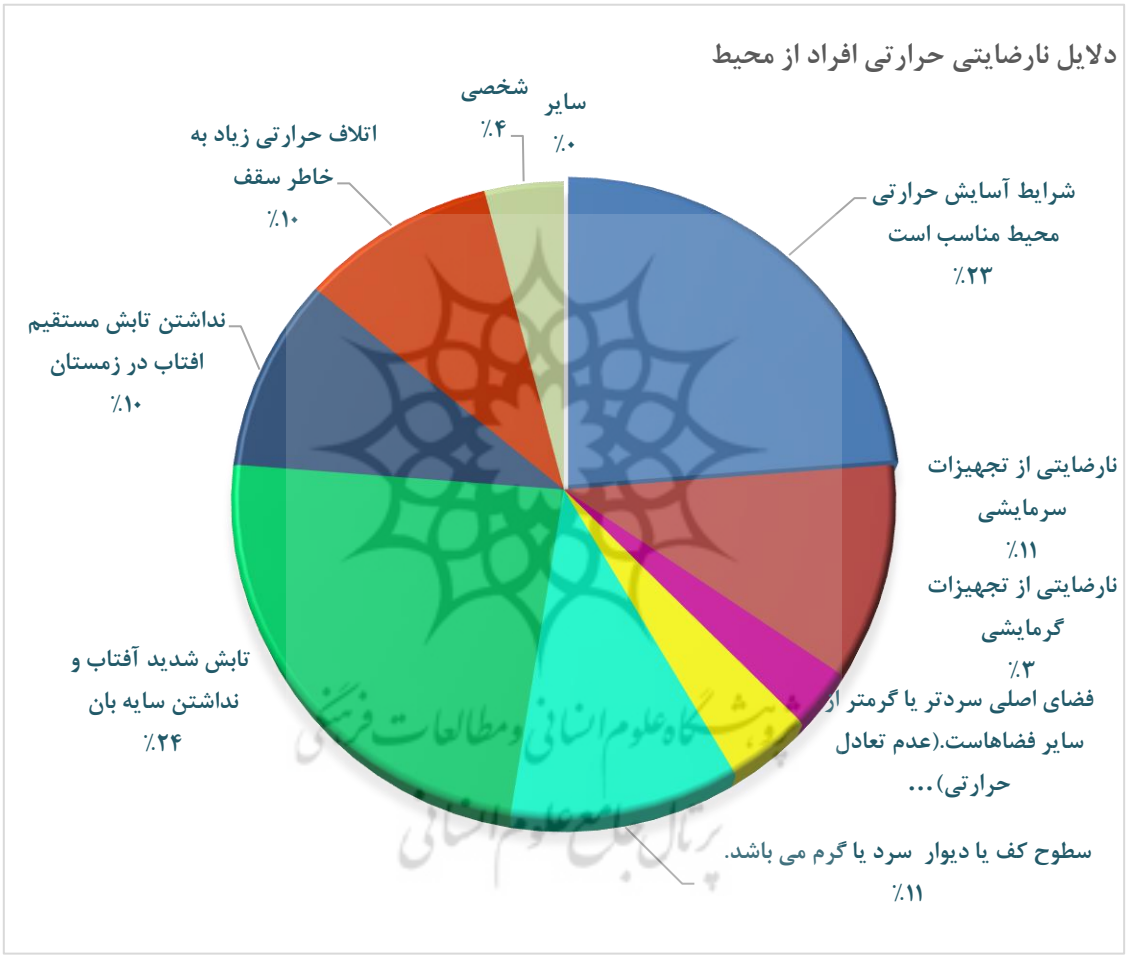
به منظور بررسی مناسب بودن فضا به لحاظ اقلیمی میزان رضایت ساکنان در فصل سرد و گرم پرسیده شد. پاسخ‌ها نشان از رضایت ۲/۴ برابر از آپارتمان در فصل سرد دمای محیط در زمستان در مقایسه با تابستان راحتتر می‌باشد.چراکه تعداد زیادی از ساکنان آپارتمان‌های جنوبی از تابش زیاد در تابستان و گرم‌شدن فضا ناراضی بودند که منجر به استفاده زیاد از وسایل سرمایشی، راهکارهایی جهت کنترل تابش ورودی و در صورت امکان جابه‌جایی در محیط بود. همچنین یکنواخت‌بودن دمای محیط در فصل سرد با بهره‌گیری از رادیاتور و علاقه شخصی به عنوان دیگر دلیل رضایت افراد ذکر شد.در مقابل افرادی که از محیط در فصل گرم رضایت بیشتری داشتند علت نارضایتی در فصل سرد را آفتابگیر نبودن فضاها(در واحدهای شمالی)، سایه‌اندازی ساختمان‌های مجاور، سرد بودن محیط به دلیل عدم عایق‌بندی مناسب واحد های طبقه آخر و همکف(روی پارکینگ) عنوان کردند.

علت نارضایتی افراد از شرایط حرارتی

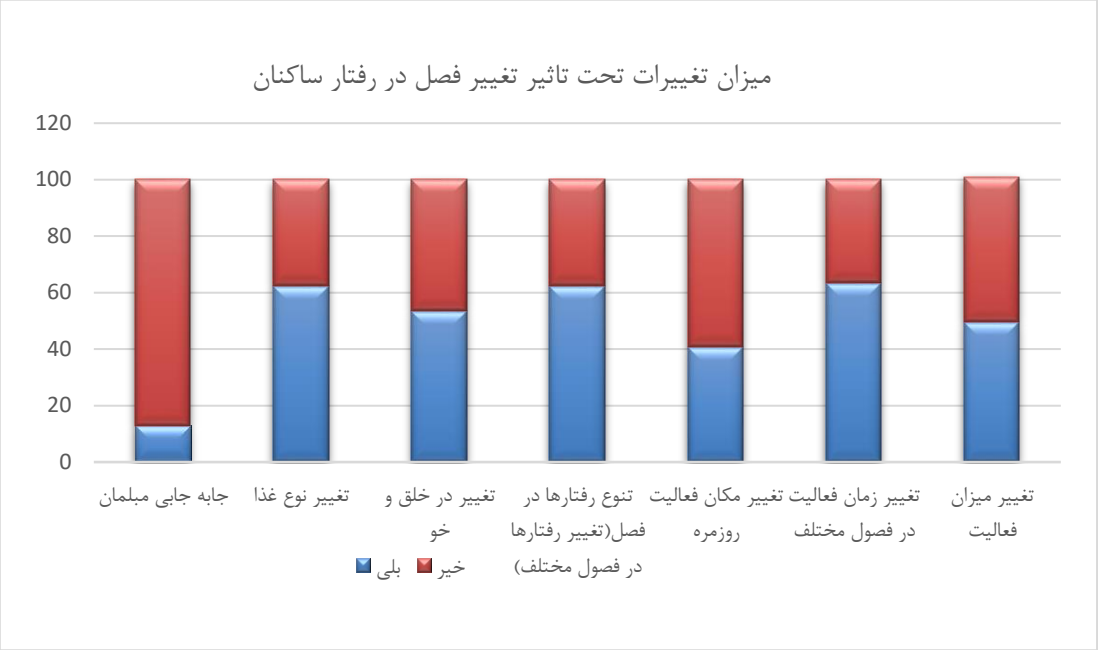
با بررسی پاسخ ساکنان، عوامل موثر در نارضایتی از شرایط حرارتی در نمودار زیر مشخص گردید(تصویر۷-۱). مهمترین عوامل به‌ترتیب تابش شدید و کنترل‌نشده آفتاب و نبود سایه‌بان، سطوح سرد یا گرم و اتلاف حرارتی از سقف، نارضایتی از تجهیزات سرمایشی، نداشتن تابش مستقیم در واحدهای شمالی در زمستان می‌باشد.

سازگاری رفتار افراد در فصول مختلف

یکی از جنبه‌های سازگاری بروز رفتارهای متفاوت در فصول مختلف با تغییر پارامترهای محیطی است. در جهت یافتن تغییراتی که با تغییر فصل بر زندگی و رفتار افراد رخ می‌دهد، نظرات ساکنان که شامل تغییراتی در زمینه نوع رفتار(خواب نیمروز در تابستان، میزان دید و بازدید، خوابیدن در فضای تراس، تغییر مدت زمان اقامت در خانه، ورزش)، زمان رفتارها (فصلی و روزانه(زمان استراحت، فعالیت))، مکان بروز رفتارها(جابه جایی فصلی از فضای سرد به گرم یا با تابش مناسب، جابه‌جایی مبلمان(به علت دید، تابش و ..)، تغییر مکان استراحت و غذاخوردن، استفاده از تراس)، میزان فعالیت و بازدهی افراد، تغییر غذا و خلق‌وخوی افراد جمع‌آوری گردید. (نمودار۳)



نمودار ۳- عوامل نارضایتی حرارتی ساکنان در آپارتمان‌ها



نمودار ۳- میزان تغییرات تحت تاثیر تغییر فصل در رفتار ساکنان

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر سازگاری و آسایش حرارتی در آپارتمان‌های شیراز در تابستان ۱۳۹۸ و اولویت‌های رفتاری در تامین آسایش حرارتی را ارزیابی می‌کند. یافته‌های زیر از نتایج تحقیق است:

۱-از مجموع ساکنان ۵۹٪ احساس حرارتی خنثی و حدود ۹۰٪ کاربران احساس حرارتی در محدوده آسایش (کمی‌گرم تا کمی‌سرد) بر اساس مقیاس۷گانه اشری را دارند. درجه حرارت خنثی ۲۷/۱۸ درجه سانتی‌گراد است که نشان می‌دهد کاربران به سازگاری خوبی با محیط حرارتی اطراف خود رسیده‌اند. به‌عبارتی ساکنان، در دمای بالاتر (۲/۲ (c)بیشتر) نسبت به دمای آسایش در استانداردهای ایران(۲۲-۲۵ درجه) در فصل گرم، احساس آسایش می‌کنند.

۲-بررسی استراتژی‌های سازگاری حرارتی ساکنان نشان می‌دهد که آنان در فصل سرد ابتدا از راهکارهای غیرفعال(بستن پنجره و درب فضای سرد و افزایش لباس) استفاده می‌کنند قبل از اینکه به راهکارهای مصرف انرژی متوسل شوند، اما در فصل گرم اولویت اول به طور مشترک به تغییر لباس و استفاده از وسایل سرمایشی و اولویت دوم به بازکردن پنجره‌ها اختصاص دارد. این امر می‌تواند منجربه مصرف بالای انرژی شود.

۳- بررسی عوامل نارضایتی حرارتی ساکنان(تابش شدید آفتاب و نداشتن سایه‌بان مناسب، گرما و سرمای زیاد واحدهای طبقه آخر در تابستان و زمستان و نیاز به مصرف انرژی جهت تامین آسایش، سطوح سرد یا گرم و ....) و رفتارهای واکنشی، نشان از نامناسب بودن طراحی کالبدی با توجه به ملاحظات اقلیمی و اولویت استفاده از وسایل سرمایشی در فصل گرم جهت بهبود شرایط محیطی دارد.

۴- ارزیابی رفتارها و عادات فصلی ساکنان نشان از تغییر و تنوع رفتاری،تغییر مکان فعالیت(در صورت امکان)، تغییر مبلمان و تغییر زمان فعالیت در فصول مختلف دارد که با مطالعه گسترده‌تر می‌توان از آن‌ها در شبیه‌سازی رفتارها به منظور تحلیل مصرف انرژی و طراحی مناسب‌تر فضاهای مسکونی، استفاده کرد.

بنابراین، برای موفقیت هر ساختمان در تامین آسایش ساکنان بسیار مهم است که فرصت‌های سازگاری (انعطاف‌پذیری محیط و تطبیق‌پذیری ساکنان) با درنظرگرفتن نیازهای رفتاری

و روانی فراهم شود.از اینرو رویکردهای انعطاف‌پذیرتر و استراتژی‌ها و راهکارهای جدید در خصوص آسایش حرارتی بایستی ارائه شود. همچنین با توجه به اینکه، عوامل اختصاصی (سن، جنس، وزن و رفتار)، عوامل زمینه‌ای (طراحی بنا، عملکرد بنا، فصل، اقلیم شناسی، شرایط اجتماعی)و عوامل ادراکی (انتظارات و ترجیح حرارتی) بر آسایش حرارتی موثر می‌باشد و تغییر آنها موجب واکنش‌های رفتاری، فیزیولوژیکی و روان‌شناختی می‌شوند، نیاز به پژوهش در این زمینه‌ها در هر منطقه احساس می‌گردد. از اینرو نیاز مبرم به مدل‌های آسایش حرارتی برای هر منطقه وجود دارد که نیازهای آسایشی و عملکرد انرژی ساختمان را بهبود می‌بخشد.

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده- است.

تائیدیه اخلاقی: این مقاله برگرفته از رساله دکترای معماری سیده مهسا عبداله زاده با عنوان " تعامل اقلیم و رفتار بر آسایش حرارتی و روانی ساکنان در محیط‌های مسکونی (بررسی موردی معماری مسکونی اقلیم گرم و خشک)" است که به راهنمایی دکتر شاهین حیدری و دکتر علیرضا عینی‌فر در پردیس هنرهای زیبای دانشگاه تهران در دست تهیه است.

تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده‌است.

سهم نویسندگان: سیده مهسا عبداله زاده(نویسنده اول)، نگارنده مقاله/ پژوهشگر اصلی(۴۰٪)؛ شاهین حیدری (نویسنده دوم)، روش شناس/ پژوهشگر کمکی(۳۰٪)، علیرضا عینی‌فر (نویسنده سوم)، روش شناس/ پژوهشگر کمکی(۳۰٪).

منابع مالی: موردی توسط نویسندگان گزارش نشده‌است.

منابع

1- Hong T, Yan D, D'Oca S, Chen CF. Ten questions concerning occupant behavior in buildings: The big picture. Building and Environment. 2017 Mar 1;114:518-30. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.006

2- D'Oca S, Hong T, Langevin J. The human dimensions of energy use in buildings: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018 Jan 1;81:731-42. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.08.019

3- Delzendeh E, Wu S, Lee A, Zhou Y. The impact of occupants' behaviours on building energy analysis: A research review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017 Dec 1;80:1061-71. https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.264

4- Stazi F, Naspi F, D'Orazio M. A literature review on driving factors and contextual events influencing occupants' behaviours in buildings. Building and Environment. 2017 Jun 1;118:40-66. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.03.021

5- Buso T, Fabi V, Andersen RK, Corgnati SP. Occupant behaviour and robustness of building design. Building and Environment. 2015 Dec 1;94:694-703. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.11.003

6- Bahaj AS, James PA. Urban energy generation: The added value of photovoltaics in social housing. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2007 Dec 1;11(9):2121-36. https://doi.org/10.1016/j.rser.2006.03.007

7- Sonderegger RC. Movers and stayers: the resident's contribution to variation across houses in energy consumption for space heating. Energy and buildings. 1978 Apr 1;1(3):313-24. https://doi.org/10.1016/0378-7788(78)90011-7

8- Maier T, Krzaczek M, Tejchman J. Comparison of physical performances of the ventilation systems in low-energy residential houses. Energy and Buildings. 2009 Mar 1;41(3):337-53. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.10.007

9- Hong T, Taylor-Lange SC, D'Oca S, Yan D, Corgnati SP. Advances in research and applications of energy-related occupant behavior in buildings. Energy and buildings. 2016 Mar 15;116:694-702. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.11.052

10- Milne GR. The energy implications of a climate-based indoor air temperature standard in Standards for thermal comfort: indoor air temperature standards for the 21st century. Ed. Nicol JF, Humphreys MA, Sykes O and Roaf S. 1995.

11- De Dear R, Brager GS. Thermal adaptation in the built environment: a literature review.1998: 27;83-96. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(97)00053-4

12- Luo M, Wang Z, Brager G, Cao B, Zhu Y. Indoor climate experience, migration, and thermal comfort expectation in buildings. Building and Environment. 2018 Aug 15;141:262-72. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.05.047

13- Wohlwill J.F. Behavioral response and adaptation to environmental stimulation in: A. Damon (Ed.).Physiological Anthropology.Harvard Univ. Press, Cambridge. MA. 1975. pp. 20.5-334.

14- American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook: Refrigeration systems and applications. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers; Atlanta. 2017. https://www.ashrae.org/technical-resources/ashrae-handbook/description-2017-ashrae-handbook-fundamentals

15- Heidari S. Thermal comfort temperature of people of Tehran. Iran. jounal of fine arts-Architectural and urbanisim. 2011(38). https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=97328

16- Humphreys MA. Clothing and comfort of secondary school children in summertime. Thermal comfort and moderate heat stress, proceedings of CIB commission W45 (Human Requirements).London. 1972.

17- Humphreys, M. A. Field studies of thermal comfort compared and applied. Building Service Engineer.1976; 44: 5-27.

18- Nicol F. Thermal comfort: a handbook for field studies toward an adaptive model. London: University of East London; 1993.

19- Zomorodian ZS, Aminian S, Tahbaz M. Thermal Comfort Assessment in Classrooms in the Hot and Dry Climate of Iran Field Survey in a Primary School of Kashan. Honar-Ha-Ye-Ziba: Memary Va Shahrsazi. 2017 Feb 19;21(4):17-28. 10.22059/jfaup.2017.61653

20- Yao R, Liu J, Li B. Occupants' adaptive responses and perception of thermal environment in naturally conditioned university classrooms. Applied Energy. 2010 Mar 1;87(3):1015-22. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.09.028

21- ter Mors S, Hensen JL, Loomans MG, Boerstra AC. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. Building and Environment. 2011 Dec 1;46(12):2454-61. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.025

22- Hussein I, Rahman. M.H.A. Field study on thermal comfort in Malaysia.2009. http://dspace.uniten.edu.my/jspui/handle/123456789/6457

23- DeDear R, Brager G, Cooper D. Developing an adaptive model of thermal comfort and preference: final report [on] ASHRAE RP-884. Macquarie Research Limited; 1997. https://escholarship.org/uc/item/4qq2p9c6.

24- de Dear R, Fountain M. Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot-humid climate.1994. https://escholarship.org/uc/item/97n1d8hd

25- Auliciems A. Towards a psycho-physiological model of thermal perception. International journal of biometeorology. 1981 Jun 1;25(2):109-22. https://doi.org/10.1007/BF02184458

26- Auliciems A. Airconditioning in Australia III—thermobile controls. Architectural Science Review. 1990 Jun 1;33(2):43-8.

dwellings. Energy and Buildings. 2009 Jan 1;41(1):11-6. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.07.004

36- Steemers K, Manchanda S. Energy efficient design and occupant well-being: Case studies in the UK and India. Building and environment. 2010 Feb 1;45(2):270-8. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.08.025

37- Howard-Reed C, Wallace LA, Ott WR. The effect of opening windows on air change rates in two homes. Journal of the Air & Waste Management Association. 2002 Feb 1;52(2):147-59. https://doi.org/10.1080/10473289.2002.10470775

38- Schweiker M, Haldi F, Shukuya M, Robinson D. Verification of stochastic models of window opening behaviour for residential buildings. Journal of Building Performance Simulation. 2012 Jan 1;5(1):55-74. https://doi.org/10.1080/19401493.2011.567422

39- Nakaya T, Matsubara N, Kurazumi Y. Use of occupant behaviour to control the indoor climate in Japanese residences. InProceedings of conference: Air Conditioning and the Low Carbon Cooling Challenge, Windsor, UK 2008 Jul 27 (pp. 27-29). http://nceub.org.uk.

40- Roetzel A, Tsangrassoulis A, Dietrich U, Busching S. A review of occupant control on natural ventilation. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2010 Apr 1;14(3):1001-13. https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.11.005

41- Hetherington J, Roetzel A, Fuller R. The impact of occupant behaviour on residential greenhouse gas emissions reduction. Journal of Green Building. 2015;10(4):127-40. https://doi.org/10.3992/jgb.10.4.127

42- Heidari S. Thermal comfort in Iranian courtyard housing (Doctoral dissertation, University of Sheffield).2000. http://etheses.whiterose.ac.uk/10239/

43- Nasrollahi N, Hatami M, Khastar SR, Taleghani M. Numerical evaluation of thermal comfort in traditional courtyards to develop new microclimate design in a hot and dry climate. Sustainable cities and society. https://doi.org/10.1080/00038628.1990.9696669

27- Veitch R, Arkkelin D. Environmental psychology: An interdisciplinary perspective. Pearson College Division; 1995.

28- Nikolopoulou M, Steemers K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. Energy and Buildings. 2003 Jan 1;35(1):95-101. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00084-1

29- Oseland N.A., Humphreys M.A., Nicol J.F., Baker N.V., Parsons K.C. Building design and management for thermal comfort: BRE Client Report CR 203/98, Building Research Establishment Ltd, Watford, United Kingdom.1998.

30- Haldi F, Robinson D. On the behaviour and adaptation of office occupants. Building and environment. 2008 Dec 1;43(12):2163-77. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2008.01.003

31- Parsons K. Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance. CRC press; 2014 Apr 9.

32- Jung W, Jazizadeh F. Human-in-the-loop HVAC operations: A quantitative review on occupancy, comfort, and energy-efficiency dimensions. Applied Energy. 2019 Apr 1;239:1471-508. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.01.070

33- Stazi F, Naspi F. Triggers for Users' Behaviours. InImpact of Occupants' Behaviour on Zero-Energy Buildings 2018 (pp. 19-29). Springer, Cham.https://doi.org/10.1007/978-3-319-71867-5_4

34- Pisello AL, Castaldo VL, Piselli C, Fabiani C, Cotana F. How peers' personal attitudes affect indoor microclimate and energy need in an institutional building: Results from a continuous monitoring campaign in summer and winter conditions. Energy and Buildings. 2016 Aug 15;126:485-97. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.053

35- Andersen RV, Toftum J, Andersen KK, Olesen BW. Survey of occupant behaviour and control of indoor environment in Danish

2017 Nov 1;35:449-67. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.08.017

44- Heidari S. Thermal Adaptation in Architecture; First Step of Energy Saving. City: University of Tehran Press. 2014.

45- Heidari S, Sharples S. A comparative analysis of short-term and long-term thermal comfort surveys in Iran. Energy and Buildings. 2002 Jul 1;34(6):607-14. https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00011-7

46- Hashemi Rafsanjani L, Heidari S. Evaluating adaptive thermal comfort in residential buildings in hot-arid climates Case study: Kerman province. Journal of Architecture in Hot and Dry climate. 2018; 6(7):43-65. 10.29252/ahdc.2018.1422

47- Giamalaki M, Kolokotsa D. Understanding the thermal experience of elderly people in their residences: Study on thermal comfort and adaptive behaviors of senior citizens in Crete, Greece. Energy and Buildings. 2019 Feb 15;185:76-87. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.12.025

48- Heydarian A, McIlvennie C, Arpan L, Yousefi S, Syndicus M, Schweiker M, Jazizadeh F, Rissetto R, Pisello AL, Piselli C, Berger C. What drives our behaviors in buildings? A review on occupant interactions with building systems from the lens of behavioral theories. Building and Environment. 2020 May 13:106928.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی