



Research Paper

Investigating How Users' Behavior is Affected by Radiation in Urban Spaces: Monirieh Square in Tehran

Maryam Mohammadi^{*1} , Sareh Mehrabi² 

¹ Associate Professor, Department of Urban Design, Faculty of Urban Planning & Architecture, Iran University of Art, Tehran, Iran

² MA, Department of Urban Design, Faculty of Urban Planning & Architecture, Iran University of Art, Tehran, Iran



[10.22080/usfs.2025.28155.2483](https://doi.org/10.22080/usfs.2025.28155.2483)

Received:

December 11, 2024

Accepted:

June 3, 2025

Available online:

October 22, 2025

Keywords:

Pedestrian behavior patterns, Thermal comfort, Radiation intensity, Urban space

Abstract

This research has investigated the influence of behavior in urban space based on environmental thermal comfort, emphasizing the sun radiation index. The results of the research, while confirming the relationship between the two, specifically examined what kinds of behaviors in the environment under the influence of thermal stability occur in the case study. It should be noted that this research has faced limitations that affected the results. One of the most important limitations of the research has been the selected time period (winter season); even though an attempt was made to choose a suitable period among the days, since one of the effective environmental elements in measuring thermal comfort is the presence of appropriate vegetation and because of the resiliency of the vegetation and the selection of the cold season, this variable was not included in the analysis of thermal comfort. Unfortunately, it was not possible to measure their effect on thermal comfort in winter because the trees had no leaves. At the same time, with the knowledge that thermal comfort and behavior include different aspects, aspects of individual perception such as clothing and metabolism, cultural, social, and economic discussions on the one hand, and other factors such as morphology and physical characteristics such as height and type of materials, on the other hand, have not been investigated in this research. Also, apart from radiation, which is known as the most important criterion, other climate criteria could have been considered, but they were not due to the limitations of the research.

Copyright © 2024 The Authors. Published by University of Mazandaran. This work is published as an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.

*Corresponding Author: Maryam Mohammadi

Address: Department of Urban Design, Faculty of Urban Planning & Architecture, Iran University of Art, Tehran, Iran.

Tel: 09122638772

Email: m.mohammadi@art.ac.ir

1. Introduction

Thermal comfort is a mental condition in which various factors are involved. Behavior is an individual's actions and reactions to respond to a need. In general, radiation and average radiation temperature have a great impact on the perception of thermal comfort, and they are somehow the most important components in this connection. In addition, heat or cold stress causes people to be present and remain in the space. Achieving the thermal comfort that exists in every person's mind is almost impossible, but it is possible to measure this mental issue by studying the users' behavior and the environment.

2. Research Methodology

According to the research goals, this study is applied and carried out to understand the behavioral patterns caused by radiation and its effect on thermal comfort. Among the two quantitative and qualitative approaches in research, according to the nature and type of research indicators, the used approach is quantitative. Two techniques have been used to collect data according to the research variables. The first technique is field observation and behavior observation. The second tool is the use of Riemann software to measure the thermal comfort indices of the "P.A.I.T." indicator and using "GIS" software. The input data of Riemann software is climatic information, including air temperature, relative humidity or vapor pressure, wind speed, and global radiation taken from the meteorological station.

3. Research Findings

The findings of the Riemann show that in the beginning and end hours of the day, when the sun's radiation is not completely dominant in space, users should feel

thermal comfort. Observations in the field survey also indicate that in the middle hours of the day (the second time period), when the sun shines directly on all three fronts of space, there are no shadows in the space in this time period, and there is a greater variety of activities. The value of the P.E.T. index obtained by the software also proves that people, on average, felt thermal comfort to some extent in space, and their desire to continue being in space has increased. Users felt the environment was cool at 9:00 and 16:00 and slightly cool at 13:00, and the range of feeling slightly cool is close to the satisfaction range of thermal comfort or conditions without heat or cold stress. In addition, the amount of P.E.T. in the sitting and standing positions can reveal the cause of the occurrence of standing behavior more in the morning and sitting behavior more in the noon. That is, due to the direct radiation that dominates the spaces in the second period, the feeling of satisfaction in sitting has increased, and in the absence of direct radiation in the morning, standing in the space is considered a more pleasant behavior than sitting.

4. Conclusion

This research has investigated the influence of behavior in urban space based on environmental thermal comfort, emphasizing the sun radiation index. The results of the research, while confirming the relationship between the two, specifically examined what kinds of behaviors in the environment under the influence of thermal stability occur in the case study. It should be noted that this research has faced limitations that affected the results. One of the most important limitations of the research has been the selected time period (winter season); even though an attempt was made to choose a suitable period among the



days, since one of the effective environmental elements in measuring thermal comfort is the existence of appropriate vegetation and because of the resiliency of the vegetation and the selection of the cold season, this variable was not included in the analysis of thermal comfort. Unfortunately, it was not possible to measure their effect on thermal comfort in winter because the trees had no leaves. At the same time, with the knowledge that thermal comfort and behavior include different aspects, aspects of individual perception such as clothing and metabolism, cultural, social, and economic discussions on the one hand, and other factors such as morphology and physical characteristics such as height and type of materials, on the other hand, have not been investigated in this research. Also, apart from radiation, which is known

as the most important criterion, other climate criteria could have been considered, but they were not due to the limitations of the research.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the persons for scientific consulting in this paper.



علمی پژوهشی

بررسی نحوه تأثیرپذیری رفتار شهروندان از مؤلفه تابش در فضاهای شهری (مورد مطالعه: میدان منیریه در تهران)

مریم محمدی^{*۱} ID، ساره محرابی^۲ ID

^۱ دانشیار، گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران.
^۲ کارشناسی ارشد، گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر، تهران، ایران.

[10.22080/usfs.2025.28155.2483](https://doi.org/10.22080/usfs.2025.28155.2483)

چکیده

آسایش حرارتی، شرایط ذهنی منحصربه‌فردی است که عوامل گوناگونی در آن دخیل هستند. رفتار نیز تمامی کنش‌ها و واکنش‌های فردی است که در راستای پاسخ‌گویی به یک نیاز صورت می‌گیرد. در میان عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی، به‌صورت خاص تابش و میانگین دمای تابشی، تأثیر بسزای در درک آسایش حرارتی دارد و به‌نوعی مهم‌ترین مؤلفه در این ارتباط محسوب می‌شود. ازاین‌رو، در این پژوهش، تأکید بر این مؤلفه بوده است. در عین حال، ناداشتن استرس گرمایی و یا سرمای، باعث حضور افراد بیشتر و ماندن در فضا می‌شود. ازآنجا که دستیابی به آسایش حرارتی که در ذهن هر فرد وجود دارد، امری است تقریباً ناممکن؛ با مطالعه رفتار افراد و همچنین محیط، نزدیک‌شدن به این موضوع ذهنی، امکان‌پذیر است. پژوهش پیش رو با هدف بررسی تأثیرپذیری رفتار از شدت تابش آفتاب در میدان منیریه تهران، در ابتدا با شناسایی معیارهای پژوهش در ارتباط با آسایش حرارتی، تابش آفتاب و رفتار، با پارادایمی اثبات‌گرا، به بررسی موضوع پرداخته است. روش مطالعه، به منظور مطالعه رفتار کاربران فضا، منطبق بر برداشت میدانی و از طریق مشاهده در سه روز و سه بازه زمانی تعیین‌شده در دی ماه و در سه موقعیت‌های انتخابی، توسط متخصصان، تمام‌شماری شده است. به منظور جمع‌آوری داده‌های اقلیمی، از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی استفاده و داده‌ها در نرم‌افزار ریمن، تحلیل شده است. براساس نتایج، زمانی که تابش به‌صورت مستقیم در فضا وجود دارد، مکث در فضا افزایش و رفتار نشستن و ایستادن بیشتری در فضا رخ می‌دهد. همچنین به هنگام وجود تابش مستقیم، رفتارها گروه‌های بیش از سه نفر و در قالب رفتارهای متنوع‌تری نظیر پرسه‌زنی، عکس گرفتن و... مشاهده شده است. بدین‌ترتیب به نظر می‌رسد در طراحی فضاهای شهری باید به‌نحوه بهره‌مندی فضا از متغیر تابش توجه نمود تا در فصول سرد نیز امکان حضور و سرزندگی در فضاهای شهری فراهم شود.

تاریخ دریافت:

۲۱ آذر ۱۴۰۳

تاریخ پذیرش:

۱۳ خرداد ۱۴۰۴

تاریخ انتشار:

۳۰ مهر ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:

الگوهای رفتاری پیاده؛ آسایش حرارتی؛ شدت تابش؛ فضای شهری

* نویسنده مسئول: مریم محمدی

آدرس: گروه طراحی شهری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر ایران، تهران، ایران.

تلفن: ۰۹۱۲۲۶۳۸۷۷۲

ایمیل: m.mohammadi@art.ac.ir



۱ مقدمه

طبق گفته سوکوپ^۱، اکولوژی شهری علم روابط بین موجودات زنده، جوامع آن‌ها و محیط زیست آن‌ها در شهرها است. این اصل اکولوژیکی، اجزای زنده و غیرزنده را به‌طور جدایی‌ناپذیری در اکوسیستم به هم مرتبط می‌کند (Oke et al., 2017). فضاهای شهری همواره در تلاش برای جذب مخاطب خود هستند. حیات این فضاها با حضور شهروندان درهم تنیده است. این نوع از فضاها، به شهروندان فرصت‌هایی برای تجمع، معاشرت، تفریح، برگزاری گردهمایی‌ها، بیان اعتراضات و تراحم را عرضه می‌دارند (Hou, 2010). آسایش اقلیمی و به‌طور مشخص‌تر آسایش حرارتی - که خود در ارتباطی دوسویه با اقلیم و انسان است - از عواملی است که در مطلوبیت کیفیت محیط‌های شهری تأثیر دارد. آسایش حرارتی، عکس‌العمل بدن به شرایط محیطی در فضاهای داخلی و خارجی است و به‌صورت ذهنی، فیزیولوژیکی و عینی قابل تعریف است. در تعریف روان‌شناختی نیز، به بیان مغز از رضایت نسبت به دمای محیط مرتبط است (احمدپور کلهرودی^۲ و همکاران، ۲۰۱۵). درواقع آسایش حرارتی، فردی است و افراد مختلف، احساس و ادراک متفاوتی از شرایط دمایی دارند؛ باوجوداین، به‌منظور فراهم‌شدن امکان بررسی، محققین شرایطی را که ۸۰٪ افراد از نظر احساس حرارتی، توافق دارند، مد نظر قرار می‌دهند (Johansson, 2006). آسایش حرارتی در تعریف اولیه، عکس‌العمل بدن به شرایط محیطی در فضاهای داخلی و خارجی است (احمدپور کلهرودی و همکاران، ۲۰۱۵).

متغیرهای اصلی آسایش حرارتی در فضای باز، شامل متغیرهای اقلیمی و فردی هستند. متغیرهای اقلیمی خود از دمای هوا، رطوبت، تابش و سرعت باد تأثیر می‌پذیرند. دمای تابشی یکی از مهم‌ترین متغیرهای ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز

است؛ چراکه تأثیر دمای تابشی بر انسان چندجانبه است. متغیرهای فردی نیز چون نرخ فعالیت و نرخ لباس و همچنین سن و جنسیت و عوامل دیگر بر آسایش حرارتی در فضای باز تأثیر دارند (Zabetian & Kheyroddin, 2019). با این توضیحات، مسأله این پژوهش، نحوه تأثیر متغیر تابش از طریق استرس حرارتی بر رفتار کاربران در فضای بیرونی است. بنابراین این پژوهش، با طرح این پرسش که جایگاه و اهمیت متغیر تابش در آسایش حرارتی و الگوهای رفتاری کاربران چیست و شاخص‌های سنجش آن کدامند، بر آن است تا تأثیر تابش را بر رفتار کاربر در فضای عمومی شهری بررسی نماید.

۱/۱ پیشینه پژوهش

به‌طورکلی مطالعات متعددی در خصوص تأثیر کیفیت آسایش حرارتی بر الگوی رفتاری عابرین پیاده در فضای باز شهری انجام شده است. در ادامه، به تفکیک پژوهش‌های خارجی و داخلی ارائه می‌شود.

احمد^۳ و همکاران (۲۰۲۴)، در پژوهشی به بررسی تأثیر آسایش حرارتی بر استفاده از فضاهای شهری در شهر رم در ایتالیا پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از پوشش گیاهی، نوع مصالح و ضریب آلبدو بر آسایش حرارتی تأثیر دارد. لهنرت^۴ و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهشی به بررسی آسایش حرارتی در محیط‌های شهری در روزهای گرم تابستان پرداخته‌اند و از طریق نقشه‌های مشارکتی، آسایش حرارتی را بهبود داده‌اند. براساس نتایج، استفاده از درختان، همچنین نما و بام‌های سبز و عنصر آب بر آسایش حرارتی مؤثر است. لیو^۵ و همکاران (۲۰۲۳)، در پژوهش با بررسی عوامل مؤثر بر آسایش حرارتی و تأثیر آن بر بهبود فضاهای عمومی، به تأثیر هندسه شهری، پوشش گیاهی، مصالح کف و عنصر آب بر آسایش حرارتی پرداخته‌اند. آقاملایی^۶ و همکاران (۲۰۲۳) در مروری

^۴ Lehnert

^۵ Liu

^۶ Aghamolaei

^۱ Sukopp

^۲ Ahmadvpour Kalthroodi

^۳ Ahmed



تابستان‌های گرم و مرطوب در تایلند پرداخته است. براساس نتایج، اچ. اس. ایی، مناسب‌ترین شاخص تنش حرارتی است و بر اساس این، دستورالعمل اولیه‌ای برای پیشگیری یا کاهش نرخ مرگ‌ومیر ارائه شده است. وسیلیکو^۷ و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی روش‌های کیفی برای ادراک حرارتی در فضای باز شهری پرداخته‌اند. این پژوهش، با مرور مقایسه‌ای گسترده‌ای از روش‌های کیفی، ارتباط میان اطلاعات حرارتی-مکانی و ادراک افراد شناسایی کرده است. لیکارو و کرو^۸ (۲۰۱۵)، در پژوهشی به بررسی تأثیر ایجاد فضای سبز (شامل چمن، بام سبز و درختان) بر بهبود آسایش حرارتی در خیابان شهری پرداخته‌اند. شاخص حرارتی پی. ایی. تی. (دمای معادل فیزیولوژیکی) با وجود پوشش گیاهی، کاهش می‌یابد. نایوک، هین و هونگ^۹ (۲۰۱۲)، به بررسی آسایش حرارتی در فضاهای باز در سنگاپور پرداخته‌اند. نتایج این پژوهش نشان داد، تابش آفتاب، بیشترین تأثیر را بر آسایش حرارتی دارد. همچنین پیکره‌بندی شهری با تأکید بر ارتفاع زیاد برای کاهش تابش آفتاب در این محدوده پیشنهاد شده است. نیکولوپلو و همکاران^{۱۰} (۲۰۰۶)، به‌عنوان یکی از نخستین مطالعات، تأثیر آسایش حرارتی فضای باز شهری را بر الگوهای رفتاری، بررسی نموده‌اند. همین‌طور لندکویست^{۱۱} (۲۰۰۴) در مطالعه خود به تأثیرات فیزیکی، فیزیولوژیکی و روانی استفاده‌کنندگان فضا بر میزان تداوم حضور و استراحت افراد پرداخته است.

در پژوهش‌های داخلی، ثروتی و لطیفی^{۱۲} (۲۰۲۰)، در مطالعه خود، جهت‌گیری مناسب در طراحی بناها در شهر تهران را با توجه به جهت باد با

سیستماتیک، به بررسی عوامل و رویکردهای مؤثر بر آسایش حرارتی پرداخته‌اند. نتایج یافته‌ها نشان داد که دو رویکرد کلی انسان-محور و محیط-محور به‌صورت کلی بر تعیین عناصر مؤثر بر آسایش حرارتی تأثیر دارند. الراف و همکاران (۲۰۲۲)، در پژوهش خود به تأثیر هندسه شهری بر آسایش محیط بیرونی در اقلیم گرم و مطلوب پرداخته‌اند. براساس نتایج جهت‌گیری خیابان، نسبت ارتفاع به عرض، گونه ساختمانی و... بر آسایش حرارتی در این نوع از اقلیم مؤثر بوده است. لی^۱ (۲۰۲۰)، در پژوهشی با رویکرد انسان‌محور، به ارزیابی آسایش حرارتی را با دو مجموعه آزمایشی پرداخته است: داده‌های فیزیولوژیکی محیط کنترل‌شده و داده‌های محیطی در فضای باز. براساس نتایج مشخص شد که دمای هسته بدن^۲ را می‌توان به‌صورت غیرتهاجمی با دقت بالا پیش‌بینی کرد و به‌واسطه آن درک بهتری از تأثیر متغیرهای اقلیمی بر سلامت انسان داشت.^۳ اسمیت و هرنیکوز^۴ (۲۰۱۹)، به بررسی ادراک آسایش حرارتی در فضاهای عمومی باز در فصل تابستان، در محدوده‌ای در شیلی، پرداخته‌اند. براساس نتایج مشخص شد که تأثیر تجربیات کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت پیشین بر درک راحتی و آسایش، تأثیر و سطح آسایش حرارتی مداوماً با مدت سکونت ساکنان افزایش می‌یابد. براردی و همکاران^۵ (۲۰۱۸)، به تحلیل آسایش حرارتی در محوطه دانشگاهی در شهر کوالالامپور، مالزی پرداخته‌اند. براساس یافته‌ها بازطراحی فضاهای بیرونی در مناطق استوایی، با تأکید بر سطح سایه و پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی تأثیر دارد. چینداپل^۶ (۲۰۱۶)، در پایان‌نامه خود، به بررسی آسایش حرارتی و استرس گرمایی سالمندان در

⁴ Smith and Herniquez

⁵ Berardi

⁶ Chindapol

⁷ Vasilicou

⁸ Lobaccaro

⁹ Nyuk, Hien, Wong

¹⁰ Nikolopoulou

¹¹ Lindqvist

¹² Servati & Latifi

¹ Lee

² Tc

^۳ در این پژوهش با استفاده از ساعت مچی مجهز به حس‌گر، دمای بدن، به‌صورت فرد به فرد اندازه‌گیری شد تا به دو پرسش پژوهش شامل: (۱) آیا حس‌گر پوشیدنی می‌تواند فشار گرما را پیش‌بینی کند؟ و (۲) چه اطلاعاتی در مورد احساس حرارتی را می‌توان با استفاده از نظارت شخصی به دست آورد؟ پاسخ داده شود.



(۲۰۱۳)، در پژوهشی به ارزیابی شاخص‌های آسایش حرارتی در فضای باز پرداخته‌اند. یافته‌های این پژوهش از یک‌سو به روابط میان احساس حرارتی و شاخص‌های حرارتی و تعیین محدوده‌های شاخص‌ها می‌پردازد و از سوی دیگر میزان تأثیر عوامل محیطی بر شاخص‌های حرارتی سنجیده شده و معادله ریاضی برای محاسبه شاخص «دمای معادل فیزیولوژیکی» بر پایه داده‌های محیطی اولیه ارائه شده است.

در ادامه برخی از پژوهش‌هایی که به‌صورت خاص رابطه میان آسایش حرارتی و رفتار کاربران را بررسی کرده‌اند، مورد توجه قرار می‌گیرد. ساخری، بادا و امانوئل^۶ (۲۰۲۰)، در پژوهشی رابطه همبستگی بین الگوهای سایه و رفتار انسان در شهرهای گرم و خشک را در محدوده بیسکرا^۷ در الجزایر مورد بررسی قرار داده‌اند. با بررسی رفتار به روش میدانی مشخص شد، بین این دو عامل، رابطه همبستگی وجود دارد و گسترش یکنواخت سایه در فضای شهری، کلید شکل‌دهی فضاهای شهری مطلوب در مناطق خشک است. بوماراف و همکاران^۸ (۲۰۲۰)، در پژوهش خود با موضوع آسایش حرارتی و رفتارهای عابران پیاده در فضاهای عمومی شهری در اقلیم گرم و خشک، به این نتیجه دست یافتند که کاربران محیط، به‌واسطه شرایط آب‌وهوایی، فضا را مطلوب و نامطلوب می‌دانند و این امر می‌تواند بر استفاده آن‌ها از فضا تأثیر داشته باشد. سریوانیت و همکاران^۹ (۲۰۱۵)، به بررسی آسایش حرارتی در فضاهای شهری در اقلیم گرم و مرطوب در شهر چیانگ مای^{۱۰} در تایلند پرداخته‌اند. براساس یافته‌ها، آسایش حرارتی تأثیر بسزایی بر رفتار کاربران در فضا دارد؛ اما سطح تحمل افراد در مناطق مختلف، متفاوت است. بروس^{۱۱} (۲۰۰۷)، در پژوهشی با موضوع شبیه‌سازی حرارتی در فضاهای باز شهری

بهره‌گیری از روش‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی شناسایی کرده‌اند. مجیدی و حیدری^۱ (۲۰۱۸)، با تحلیل عوامل مؤثر بر سازگاری آسایش حرارتی در فضاهای باز در محلات شهر تهران، دریافتند که ساختار و کالبد محل سکونت، شرایط فرهنگی، اقتصادی و اجتماعی بر آسایش حرارتی تأثیر دارند. ضابطیان و خیرالدین^۲ (۲۰۱۹)، به بررسی تأثیر آسایش حرارتی بر الگوی رفتاری در دو نمونه از میادین شهر تهران پرداخته‌اند. از دید وی سازگاری روانی در کنار آسایش حرارتی تأثیر بسزایی در ادراک آسایش حرارتی مناسب دارد. ادیب و همکاران^۳ (۲۰۱۶) به‌صورت ویژه تأثیر پوشش گیاهی را بر آسایش حرارتی در فضاهای باز بررسی نموده‌اند. نتیجه این پژوهش نشان داد، اثر فضای سبز شاید بر بهبود دمای هوا کمتر باشد، اما اثر آن بر رطوبت نسبی، سرعت باد و میانگین دمای تابشی محسوس بوده و کاهش سرعت باد و ایجاد سایه به‌علت وجود درختان می‌تواند در تعدیل شرایط محیطی بسیار اثرگذار باشد. احمدپور کلهرودی و همکاران (۲۰۱۵)، به شناسایی تأثیر عناصر طراحی بر کیفیت آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری پرداخته‌اند. در این پژوهش بر دو شاخص پی‌ام‌وی و دید به آسمان تأکید شده است. هدایتی راد و همکاران^۴ (۲۰۱۵)، در پژوهشی مروری به بررسی تأثیر شاخص‌های زیست اقلیمی بر فعالیت‌های انسانی پرداخته‌اند. براساس یافته‌های این پژوهش، ویژگی‌های اقلیمی و اغلب شاخص‌های آن در پراکندگی فضایی و شکل‌گیری رفتار محیطی جوامع انسانی، نقش تعیین‌کننده‌ای دارد و از همین‌رو است که امروزه مطالعات و بررسی‌های بیوکلیمای انسانی و استفاده از پتانسیل‌های مختلف آن، پایه و اساس برنامه‌ریزی‌های شهری، عمرانی، سکونت‌گاهی، معماری، جهانگردی و... است. حیدری و منعم^۵

⁷ Biskra

⁸ Boumaraf

⁹ Srivanit

¹⁰ Chiang Mai

¹¹ Bruse

¹ Majidi & Heidari

² Zabetian & Kheyroddin

³ Adib et al.

⁴ Hedaiti Rad et al.

⁵ Heidari & Monam

⁶ Sakhri, Bada, mmanue



۲ مبانی نظری

۲.۱ رفتار و الگوهای رفتاری و تأثیر

عوامل اقلیمی بر آن

نحوه انجام یک فعالیت را رفتار می‌گویند. رفتار انسانی، برآیندی است از انگیزه‌ها و نیازهای فرد، قابلیت محیط، تصویر ذهنی فرد از دنیای خارج، ناشی از ادراک او و معنایی که این تصویر برای او دارد (پاکزاد، ۳، ۲۰۱۸). رفتار متأثر از انگیزه‌های فردی و گروهی، قابلیت‌های محیطی، ادراک فردی، تصویر ذهنی و معنای برساخته از محیط و به‌عنوان واکنشی در جهت تعامل با محیط و هماهنگی با آن دانسته می‌شود. محیط و فضا در خصوص انجام رفتار، ممکن است تسهیل‌گر یا تشویق‌کننده و یا بازدارنده و محدودکننده باشد (احمدی^۴ و همکاران، ۲۰۲۰). عوامل متعددی بر رفتار و الگوهای رفتاری تأثیر دارند چون: انگیزه‌ها و نیازهای فردی و گروهی (احمدی و همکاران، ۲۰۲۰، پاکزاد، ۲۰۱۸، لنگ^۵، ۲۰۱۵، امین‌زاده و افشار^۶، ۲۰۰۲، صحرakar و ذاکر حقیقی^۷، ۲۰۱۹)؛ اقلیم (پاکزاد، ۲۰۱۸، غفوری^۸ و همکاران، ۲۰۲۲، شلمانی و حناچی، ۲۰۱۵، احمدی و همکاران، ۲۰۲۰، صحرakar و ذاکر حقیقی، ۲۰۱۹، لنگ، ۱۳۹۴، امین‌زاده و افشار، ۲۰۰۲، لطیفی و سجاذزاده^۹، ۲۰۱۴، بهزادفر^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۷، بحرینی^{۱۱}، Taleghani, 2022, Lin, 2008, Bruse, 2007، ضابطین و خیرالدین، ۲۰۱۹، Chen, 2011، Lin, 2008، Bruse, 2007)؛ فرهنگ (شلمانی و حناچی، ۲۰۱۵، صحرakar و ذاکر حقیقی، ۲۰۱۹، غفوری و همکاران، ۲۰۲۲، لنگ، ۲۰۱۵، امین‌زاده و افشار، ۲۰۰۲، بحرینی، ۲۰۱۴)؛ زمان شامل (زمان رخداد و طول رفتار، دفعات بروز رفتار و رایج بودن آن (احمدی و همکاران، ۲۰۲۰، بهزادفر و همکاران، ۲۰۱۷، پاکزاد، ۲۰۱۸، صحرakar و ذاکر حقیقی، ۲۰۱۹)؛ مکان بروز رفتار (احمدی و

که با شبیه‌سازی چند هزار عابرپیاده مجازی انجام شد و ارتباط میان نقشه‌های آسایش با الگوی رفتاری حرکتی افراد را بررسی نمود؛ به این نتیجه دست یافت که در فضاهای باز عمومی عوامل متعددی چون شرایط محیطی، اقتصادی و اجتماعی بر مطلوبیت فضای شهری تأثیر دارد. در پژوهش‌های داخلی نیز، بحرینی و آقاکریمی^۱ (۲۰۱۶)، در پژوهشی به بررسی نقش دو اقلیم سرد و کوهستانی (نمونه شهرکرد) و گرم و مرطوب (نمونه بوشهر) بر الگوهای رفتاری استفاده‌کنندگان از فضا پرداخته و ضوابطی را برای فضاها تدوین کرده‌اند. بحرینی و خسروی^۲ (۲۰۱۵) در پژوهشی در دو فضای شهری با اقلیم‌های متفاوت گرم و خشک (نمونه یزد) و معتدل و مرطوب (شهر فومن) به این نتیجه رسیدند که ویژگی‌های اقلیمی هم در نوع فعالیت‌های شهری و هم در چرخه‌های زمانی آن‌ها تأثیر دارند. آن‌ها با تبیین این موضوع که شرایط اقلیمی نامناسب، رفتارها را محدود می‌کند، با بررسی الگوهای فرمی-فضایی تاریخی ایران برای تعدیل شرایط سخت اقلیمی، پیشنهادات کالبدی-فضایی را ارائه نموده‌اند. براساس بررسی‌های انجام شده، مشخص شد علی‌رغم آنکه در نمونه‌ای از پژوهش‌ها، به بررسی شاخص‌های متعدد آسایش حرارتی و همچنین الگوی رفتاری پیاده به‌صورت مجزا پرداخته شده، اما به استناد پژوهش‌های در دسترس، پژوهشی که به‌صورت اختصاصی برهم‌کنش شاخص تابش بر الگوی رفتاری پیاده را مد نظر قرار دهد، مشاهده نشده است.

⁷ Sahrakar & Zakerhaghighi

⁸ Ghafouri et al.

⁹ Latifi & Sajadzadeh

¹⁰ Behzadfar et al.

¹¹ Bahrainy

¹ Bahrainy & Aghakarimi

² Bahrainy & Khosravi

³ Pakzad

⁴ Ahmadi et al.

⁵ Lang

⁶ Aminzadeh & Afshar



همکاران، ۲۰۲۰، پاکزاد، ۲۰۱۸، صحراراکار و ذاکر حقیقی، ۲۰۱۹، امین زاده و افشار، ۲۰۰۲۱، بهزادفر و همکاران، ۲۰۱۷) و ویژگی‌های فردی (احمدی و همکاران، ۲۰۲۰، صحراراکار و ذاکر حقیقی، ۲۰۱۹). در این پژوهش بر عوامل اقلیمی تأکید شده است.

۲،۲ آسایش حرارتی و اهمیت تابش

آسایش حرارتی^۱ ترکیب دو واژه آسایش (دهخدا: [ی] (امص) اسم مصدر و مصدر دوم آسودن. راحت. استراحت. آسانی. آسودگی.) و حرارتی (دهخدا: [ح] ر] (ص نسبی) منسوب به حرارت است) است. طبق واژه‌شناسی انجمن اشری^۲، آسایش حرارتی، وضعیت ذهنی است (Oke et al., 2017) که بیان‌گر رضایت از محیط حرارتی اطراف است و هم در محیط درونی و هم بیرونی (Taleghani et al., 2020) حائز اهمیت است و نه تنها بر راحتی، بلکه بر بهره‌وری و حتی سلامت و رفاه تأثیر می‌گذارد (Chow, 2022; lea et al., 2022). آسایش حرارتی تحت تأثیر هدایت گرما، همرفت، تابش، تلفات حرارتی تبخیری و حرکت نسبی هوا قرار می‌گیرد (ASHRAE, 2023). براساس مقیاس اشری، مقیاس‌های ۷ سطحی (سرد / خنک / کمی خنک / خنثی / کمی گرم / گرم / خیلی گرم) را دربرمی‌گیرد (Labdaoui et al., 2021). عوامل متعدد اقلیمی (چون دما Labdaoui et al., 2021، وکیل نژاد، ۲۰۲۱، اسکندریان^۳، ۲۰۱۵: ۶۳، منعام و حیدری، ۲۰۱۳: ۱۹۸، Brown & Kim, 2022، Emetere, 2022، Song, Liu et al., 2022، Shen, 2022، Ahmad et al., 2016: 153، Chow, 2022، Oke et al., 2017، Ashrae, 2023، Labdaoui et al., 2021؛ رطوبت نسبی (وکیل نژاد، ۲۰۲۱، اسکندریان، ۱۳۹۴: ۶۳، Emetere, 2022، Ahmad et al., Song, 2022، Liu et al., 2022، Song, 2022، Emetere, 2022)، باد (Ashrae, 2023، Ahmad et al., 2016: 153، وکیل نژاد، ۲۰۲۱، Song, 2022، Oke et al., 2017،

۲،۳ تابش و عوامل مؤثر بر ادراک آن

براساس دیدگاه لیو^۴ و همکاران، دمای هوا و تابش خورشید، می‌توانند بیشترین میزان آسایش حرارتی را در فضای باز ایجاد کنند. همچنین برخی معتقد هستند از آنجاکه تفاوت‌های بزرگ بین محیط‌های بیرونی و داخلی، تحت تأثیر تابش خورشید است، این شاخص مؤلفه‌ای مهم برای محیط حرارتی در فضای باز است (Song, 2022 و Zabetian & kheirodin, 2019: 7). همچنین تابش خورشید مهم‌ترین محرک اقلیمی، نزدیک به سطح زمین است (Oke et al., 2017). به‌طور کلی، فرآیند تابش از یک منبع (به‌صورت امواج الکترومغناطیسی یا تشعشع هسته‌ای)، یکی از روش‌های انتقال انرژی گرمایی است (Bahrami et al., 2005). شدت تابش و دمای تابشی دو مؤلفه مربوط به تابش خورشید هستند. شدت تابش به «توان تابش در زاویه فضایی واحد در جهتی معین» گفته می‌شود (فرهنگستان زبان و ادب فارسی، ۲۰۱۲: ۱۳۹).

¹ Thermal comfort

² ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air

³ Eskandrian

⁴ Lio

⁵ The Academy of Persian Language and Literature



خورشیدی (تابش مستقیم خورشیدی، تابش پراکنده خورشیدی، موج کوتاه آلبو زمین؛ ۲) اندازه و موقعیت بدن (مساحت سطح دوبوآ (برهنه)، ناحیه عمودی تا پرتو خورشیدی، ناحیه رو به اوج و افق)؛ و ۳) لباس (قابلیت عبور، جذب و بازتاب مواد لباس، تابش خورشیدی جذب شده به پوست، ضریب افزایش سطح پیش‌بینی شده) (Song, 2022).

۲،۴ شاخص‌های آسایش حرارتی و روش‌های سنجش آن

شاخص‌های آسایش حرارتی در فضای باز براساس دو مدل ۱- تجربی و ۲- منطقی به‌دست می‌آید. در مدل اول، معادله یا مدل آماری است که تلاش می‌کند رابطه تجربی بین مقادیر شاخص مشاهده شده و داده‌های زمانی در مورد خطر گرما یا بیماری را ارائه دهد. مدل منطقی، یک مدل حرارتی ارائه می‌دهد که اصول تعادل و تنظیم حرارتی را با آنترپومتری^۳ و آناتومی^۴ (کالبدشناسی) ترکیب می‌کند تا توصیفی ریاضی از بدن انسان ارائه دهد (Brown et al., 2020). شاخص‌های آسایش حرارتی در دو گروه تجربی (دمای مؤثر^۵، دمای حاصل^۶، دمای عملیاتی هوای مرطوب^۷، دمای عملیاتی^۸، شاخص باد سرد^۹) و تحلیلی (شاخص تنش حرارتی^{۱۰}، شاخص استرس گرمایی^{۱۱}، دمای جدید مؤثر^{۱۲}، دمای مؤثر ایستا^{۱۳}، دمای مؤثر ایستای بیرونی^{۱۴}، میانگین رأی پیش‌بینی شده^{۱۵}، دمای درک شده^{۱۶}، دمای فیزیولوژیکی معادل^{۱۷}) قابل دسته‌بندی هستند (منعام و حیدری، 2013: ۱۹۸). برخی از مهم‌ترین شاخص‌های آسایش حرارتی در ادامه ارائه شده و در نهایت در قالب جدول مقایسه شده است:

همچنین شدت تابش را مقدار انرژی ساطع شده در واحد زمان از واحد سطح نرمال، بیان کرده‌اند (Norris et al., 2014). زاویه خورشید نسبت به زمین در درک تابش مؤثر است. تشعشعات خورشیدی هنگام گذر از جو کره زمین با ذرات آب، گردوغبار و مولکول‌های هوا برخورد داشته و پراکنده می‌شوند (Lechner, 2015). گیاهان نیز براساس نوع و تراکم تاجشان، توانایی‌های متفاوتی برای فیلتر کردن تابش خورشید دارند (Ahmad et al., 2016; 154; Lehnert et al., 2023).

دو روش برای محاسبه بار تشعشع بر بدن انسان وجود دارد. یک روش از ضریب تشعشع استفاده می‌کند که بار تشعشع را به اختلاف دمای بین دمای پوست و دمای هوا مرتبط می‌کند که پس از محاسبه انتقال حرارت همرفتی مدل شده است. در روش دیگر «اس. دبلیو. آر.» و «ال. دبلیو. آر.» را محاسبه می‌کنند. درواقع برای آسایش حرارتی در فضای باز، اثرات تابش موج کوتاه (تابش خورشیدی) و تابش موج بلند نیز (تابش سطح و اتمسفر) معمولاً به‌طور جداگانه بر پاسخ حرارتی انسان در نظر گرفته می‌شوند. از جنبه زمانی، تابش موج بلند (ال. دبلیو. آر.) نسبتاً ثابت است؛ درحالی‌که تابش موج کوتاه (اس. دبلیو. آر.) در طول یک روز صاف، بسیار متفاوت است. هودر و همکاران معتقد هستند که «ال. دبلیو. آر.» تأثیر کمی بر آسایش حرارتی دارد؛ درحالی‌که قرارگرفتن در معرض «اس. دبلیو. آر.» ممکن است به دلیل ابر، سایه‌های شهری و فعالیت‌های انسانی به‌طور قابل توجهی متفاوت باشد (Song, 2022). عوامل اصلی مؤثر در تابش خورشید بر روی انسان عبارت‌اند از: ۱) شدت تابش

¹⁰ ITS: Index of Thermal Stress

¹¹ HIS: Heat Stress Index

¹² ET: New Effective Temp

¹³ SET*: Stand. Effective Temp

¹⁴ OUT_SET: Out. Stand. Eff. Temp

¹⁵ PMV: Predicted mean vote

¹⁶ PT: Perceived Temp

¹⁷ PET: Physiol. Equiv. Temp

¹ LWR

² SWR

³ Anthropometry

⁴ Anatomy

⁵ ET: Effective Temp

⁶ RT: Resultant Temp

⁷ HOP: Humid Operative Temp

⁸ OT: Operative Temp

⁹ WCI: Wind Chill Index



استاندارد اشری ۵۵، محاسبه رطوبت هوا، سرعت باد و دما را برای به دست آوردن این شاخص ضروری می‌داند (Emetere, 2022).

- شاخص «اس. ایی. تی.»: دمای مؤثر استاندارد، شاخص آسایش حرارتی براساس مدل دو-گره‌ای^۸ است که توسط گاک^۹ و همکارانش در سال ۱۹۸۶ ارائه شده است. آن‌ها با تعریف دمای هوای معادل، محیط حرارتی پیچیده را به شرایطی استاندارد، ساده کردند. کاربران در محیط همدمای فرضی با رطوبت نسبی ۵۰ درصد که در آن لباس استاندارد در سطح فعالیت می‌پوشند، همان استرس حرارتی محیط واقعی را تجربه می‌کنند. با توجه به اینکه این شاخص، براساس یک مدل دو-گره است و مؤلفه‌های فیزیکی اندازه‌گیری شده را در شرایط پایدار اعمال می‌کند، با محدودیت‌های خاصی در هنگام استفاده در فضای باز مواجه است که شرایط حرارتی ذاتاً نامتقارن و ناپایدار دارند. با این حال این شاخص، برای شرایط حرارتی گرم در فضای باز مناسب است. علاوه بر این، این شاخص رابطه رگرسیون^{۱۰} خطی قابل قبولی با میزان حس گرمایی^{۱۱} (تی. اس. وی. ^{۱۲}) در محیط‌های حرارتی معتدل حتی در محیط‌های بیرونی دارد. (Liu et al., 2022, 13).

- شاخص «پی. پی. ایی. تی.»: دمای معادل فیزیولوژیکی است که در آن دمای پوست و هسته برابر با دما در حالت تعادل است. این شاخص، در بسیاری از مطالعات

- شاخص «پی. ام. وی.»: شاخص پی. ام. وی. فانگر^۱، یکی از متداول‌ترین شاخص‌ها است که در سال ۱۹۷۰ توسعه و مبتنی بر مدل حالت ثابت، است. وقتی تعداد زیادی از مردم به دمای معینی عادت داشته باشند، مقادیر پی. ام. وی. نشان‌دهنده میانگین احساس حرارتی آن‌ها است. شش متغیر برای تعیین پی. ام. وی در نظر گرفته می‌شوند: رطوبت، سرعت باد، میانگین دمای تابشی، میزان متابولیسم افراد و عایق پارچه که دو متغیر مرتبط با فرد هستند (Emetere, 2022).

- شاخص «تی. ا. پی.»: این شاخص را می‌توان به عنوان میانگین وزنی «تی. ایی. ^۲» و «تی. ام. آر. تی. ^۳» با ضرایب انتقال حرارت محاسبه کرد که با دماسنج کروی سیاه اندازه‌گیری و محاسبه می‌شود (Liu et al., 2022, 10).

- شاخص «یو. تی. سی. آی. ^۴»: این شاخص مبتنی بر دانش چندرشته‌ای مشتمل بر علم ترموفیزیولوژی^۵، پزشکی، بیومتریولوژی^۶ و علوم محیطی است. یو. تی. سی. آی. با دمای هوای مرجع (دمای هوا برابر با ام. آر. تی. ^۷، سرعت باد=۰٫۵ متر بر ثانیه در ۱۰ متر، آر. اچ. =۵۰٪ تا فشار بخار آب ثابت ۲۰ اچ. پی. ایی. و نرخ متابولیک=۱۳۵ وات بر مترمربع) نشان داده می‌شود و باعث ایجاد تنش حرارتی مشابه با محیط واقعی می‌شود (Song, 2022).

- شاخص «پی. پی. دی.»: شاخص پی. پی. دی. فانگر، برای ارزیابی عینی آسایش حرارتی و براساس مدل حالت پایدار است.

⁷ MRT

⁸ Two-node

⁹ Gagge

¹⁰ Regression

¹¹ TSV (thermal sensation vote)

¹² TSV

¹ Fanger

² Ta

³ Tmrt

⁴ UTCI

⁵ Thermophysiology

⁶ Biometrics



علی‌رغم آنکه تمام شاخص‌های طرح‌شده در بررسی آسایش حرارتی تأثیر دارند، اما شاخص‌های «یو. تی. سی. آی.» و شاخص‌های «ایی. تی. وی. ا.»^۳ و «ایی. تی. اف.»^۴ و «ایی. تی. اف. ای.»^۴ در حیطه نظری ارائه شده‌اند. همچنین علی‌رغم آنکه شاخص «ایی. تی. وی. ا.» برای فضاهای بیرونی که افراد در معرض تابش مستقیم خورشید قرار دارند، کاربرد دارد، اما شرایط غیریکنواخت یا هدایت حرارتی را نمی‌تواند پوشش دهد. همچنین اگرچه «ایی. تی. اف.» و «ایی. تی. اف. ای.» حرارت هدایتی را در نظر می‌گیرند، اما برای فضاهای غیریکنواخت مناسب نیستند.

میدانی با دقت خوبی به دست آمده و توسط وی. دی. آی. ۲۰۰۸، توصیه شده است. علاوه‌براین، پی. ایی. تی. در مناطق مختلف آب‌وهوایی متفاوت است (Song, 2022).

- شاخص «تی. ام. آر. تی.»: شاخص میانگین دمای تابشی، مؤلفه‌ای است که تأثیر حرارتی شارهای تابشی را در بدن انسان اندازه‌گیری می‌کند (Andrade et al., 2011).

جدول ۱. مقایسه شاخص‌های مهم سنجش آسایش حرارتی

شاخص	متغیرهای مؤثر	مقیاس (فضای بیرونی و درونی) و کاربرد	روش سنجش	نقاط قوت و ضعف	امکان استفاده در پژوهش
ام. پی. وی.	رطوبت/ سرعت باد/ میانگین دمای تابشی/ دمای هوا/ متابولیسم فرد/ پوشش فرد	مناسب سنجش آسایش حرارتی در فضای بیرونی و درونی	نرم‌افزارهای مرتبط و پرسش‌نامه	بر مبنای تعادل حرارتی بدن انسان استوار است. برای بازه زمانی کوتاه‌مدت خیلی توصیه نمی‌شود. مناسب سنجش گروهی از انسان‌ها	✓
پی. پی. دی.	رطوبت هوا/ سرعت باد/ دمای هوا/ میانگین دمای تابشی از سه ارتفاع معین	مناسب سنجش حرارتی فضای بیرونی و درونی	نرم‌افزار مرتبط	مناسب پیش‌بینی درصد کمی افراد ناراضی است.	✓
تی. ا. پی.	دمای هوا	این شاخص به‌تنهایی قابلیت استفاده ندارد.	نرم‌افزارهای مرتبط	بیشتر به‌عنوان میانگین وزنی دو متغیر تی. ام. آر. تی. و تی. ای. مورد استفاده قرار می‌گیرد.	✓
اس. ایی. تی.	نرخ خنثی/ نرخ راحتی	برای سنجش آسایش حرارتی فضای درونی مناسب‌تر از فضای بیرونی است.	نرم‌افزارهای مرتبط	دارای محدودیت‌هایی برای استفاده در فضای بیرونی است.	✓
پی. ایی. تی.	دمای هوا/ میانگین دمای تابشی/ سرعت باد/ رطوبت	مناسب ارزیابی آسایش حرارتی در فضای بیرونی و درونی	نرم‌افزارهای مرتبط	مناسب سنجش فردی؛ مناسب سنجش در فضای بیرونی؛ و مناسب تنش حرارتی است.	✓
یو. تی. اس. آی.	دمای هوا/ سرعت باد/ رطوبت نسبی/ فشار بخار آب/ نرخ متابولیک	این شاخص در سنجش جزیره حرارتی مورد استفاده قرار می‌گیرد.	نرم‌افزارهای مرتبط	با محتوای پژوهش همخوانی ندارد.	✓
تی. ام. آر. تی.	حرارت تابشی/ حرارت هدایتی	مناسب سنجش آسایش حرارتی فضای بیرونی	نرم‌افزارهای مرتبط	این شاخص رابطه همبستگی بالایی با احساس آسایش حرارتی دارد.	✓

³ ETF

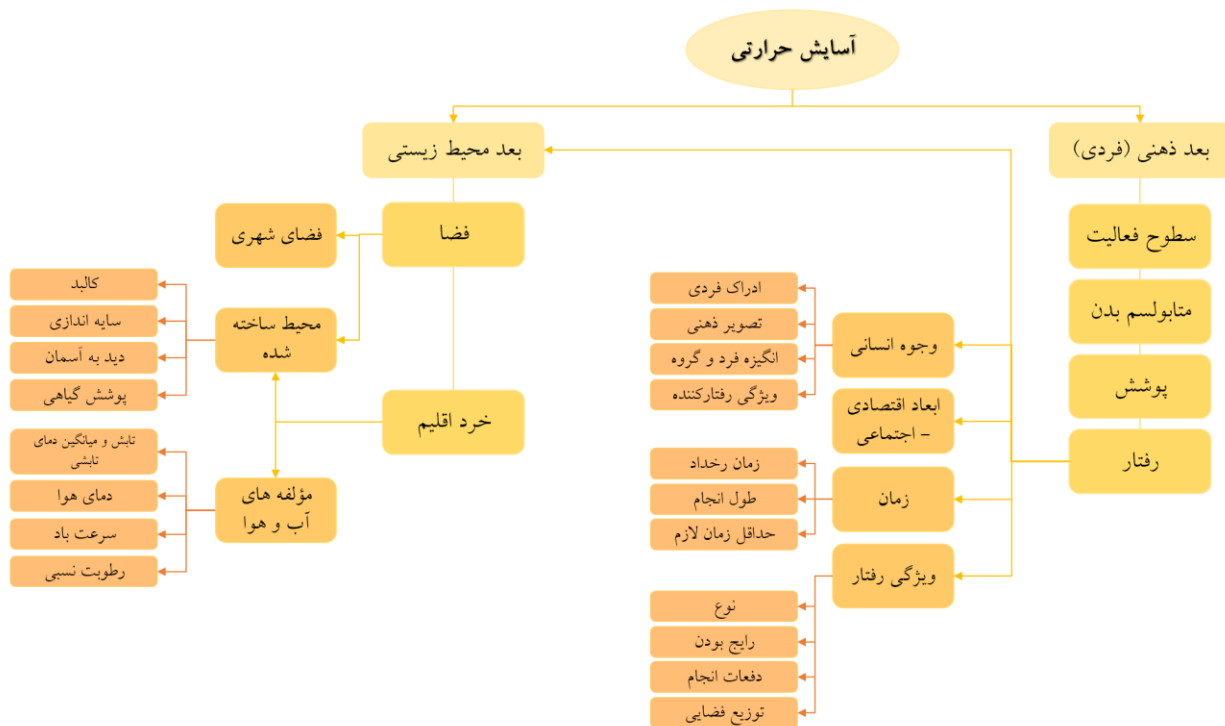
⁴ ETFe

¹ VDI 2008

² ETVO

۲،۵ چارچوب مفهومی پژوهش

پژوهش حاضر رابطه بین دو مفهوم اصلی «آسایش حرارتی» و «رفتار» را مورد بررسی قرار داده است. براساس مبانی نظری بررسی شده، مشخص شد که این دو مفهوم بر هم تأثیر دارند. این مؤلفه‌ها و ارتباط آن‌ها در مدل مفهومی پژوهش در تصویر زیر مشخص شده است. همان‌طور که مشخص است مفهوم آسایش حرارتی دارای دو جنبه محیطی و فردی است. در زمینه فردی، سطوح فعالیت،



شکل ۱. مدل مفهومی پژوهش

پژوهش و نوع شاخص‌های پژوهش، رویکرد مورد استفاده کمی و مبتنی بر پارادایم اثبات‌گرایی ابزاری^۳ است؛ به این معنی پژوهش علمی‌ای که براساس پرسش‌هایی شکل گرفته که با ابزارهای پژوهشی مانند پرسش‌نامه، مصاحبه و... قابل آزمون باشد (توانا، ۲۰۱۴). برای جمع‌آوری داده‌ها با توجه به متغیرهای پژوهش از ۲ تکنیک استفاده شده است. تکنیک اول برداشت میدانی و مشاهده رفتار است.

۳ متدولوژی پژوهش

تحقیقات برحسب اهداف به پنج دسته تحقیقات بنیادی (پایه‌ای)، کاربردی، ارزیابی، تحقیق و توسعه‌ای و عملی طبقه‌بندی می‌شوند (خاکی^۱، 2011). این پژوهش از حیث هدف، کاربردی است. از میان دو رویکرد کمی و کیفی در پژوهش (خیرالدین و دلایی میلان^۲، 2016)، با توجه ماهیت

³ Instrumental Positivism

¹ Khaki

² Khairoddin & Dalaei Milan



تحلیل‌ها در نظر بگیرد. بنابراین به‌منظور ارائه نتایج دقیق‌تری از شاخص «پی. ایی. تی»، از تصاویر «فیش. آی.» و ورودی سه‌بعدی از محیط مورد مطالعه نیز استفاده شده است.

۳/۱ بستر مطالعاتی- میدان منیریه در شهر تهران

محله منیریه، املاک و باغات کامران میرزا، فرزند و منیرالسلطه، همسر ناصرالدین شاه قاجار را دربر می‌گرفته است. در جریان تغییرات کالبدی که در دوره پهلوی اول در شهر تهران شروع شد، محله منیریه دستخوش تغییرات شد؛ یکی از این تغییرات پدیدآمدن میدانی به نام منیریه بود که خیابان ولیعصر (عج) شهر تهران نیز از آن می‌گذشت (با استناد به تحقیقات و اسناد موجود در موزه خیابان ولیعصر (عج)). میدان منیریه در منطقه ۱۱ شهرداری تهران در هم‌جواری مناطق شش، ده، دوازده، شانزده و هفده قرار گرفته است. این منطقه بین خیابان‌های انقلاب در شمال، وحدت اسلامی در شرق، شوش در جنوب و بزرگراه نواب صفوی در غرب محصور است. میدان منیریه تقریباً در مرکز محله قرار گرفته و خیابان‌های معیری در غرب، ابوسعید در شرق و ولیعصر (عج) در جنوب و شمال به این میدان منتهی می‌شوند. جمعیت محله منیریه تهران براساس سرشماری سال ۱۳۹۵، ۲۶۹۹۷ نفر است. کاربران فضا در میدان صرفاً از ساکنین محله نبوده و به‌دلیل کاربری‌های مستقر در میدان و خیابان ولی‌عصر، کاربران دیگری نیز در فضا حضور دارند. با توجه به روش بیان‌شده در بازه‌های زمانی منتخب در سه نقطه تعیین شده، تمام شماری انجام شده است.

ابزار دوم، استفاده از نرم‌افزار ریمن جهت سنجش شاخص‌های آسایش حرارتی «پی. ایی. تی.» و استفاده از نرم‌افزار «جی. آی. اس.» به‌منظور تحلیل فضایی داده‌ها است. داده‌های ورودی نرم‌افزار ریمن، اطلاعات اقلیمی مشتمل بر دمای هوا، رطوبت نسبی و یا فشار بخار، سرعت باد و تابش جهانی است که از ایستگاه هواشناسی گرفته شده است.

دلیل استفاده از نرم‌افزار ریمن، به این دلیل است که این نرم‌افزار یکی از ابزارهای ویژه سنجش آسایش حرارتی است. این نرم‌افزار توسط ماتزاراکیس^۱ ابداع و سپس توسط انجمن مهندسان آلمانی^۲ توسعه داده شد. این نرم‌افزار به سنجش تابش در محیط‌های ساده و پیچیده (فضاهای درونی و به‌ویژه بیرونی) بر مبنای چند عامل مختلف از جمله دما، رطوبت، سرعت باد و... می‌پردازد و خروجی‌های آن، شاخص‌های مرتبط با آسایش حرارتی شامل دمای معادل فیزیولوژیک (همان پی. ایی. تی.)، دمای مؤثر استاندارد و یا میانگین دمای پیش‌بینی‌شده است. همان‌طور که پیش‌تر نیز به آن اشاره شد، جهت سنجش پی. ایی. تی. علاوه بر عواملی چون دمای هوا، رطوبت و باد، به سنجش میانگین دمای تابشی نیز نیاز است. از مزایای این نرم‌افزار، محاسبه این شاخص توسط نرم‌افزار است. محاسبه میانگین دمای تابشی، نیازمند داده‌های متعدد و تجهیزات به‌خصوصی است که باید در محیط مستقر شود، اما از طریق نرم‌افزار مورد استفاده در این پژوهش، این شاخص محاسبه می‌شود. علاوه بر ورودی‌های ذکرشده به‌عنوان پارامترهای اقلیمی، این نرم‌افزار قادر است از طریق تصاویر «فیش. آی.» و ورودی‌های سه‌بعدی از محیط، کالبد و دید به آسمان را نیز در نتایج

³ Fish Eye pictures

¹ Matzarakis

² VDI



شکل ۲. موقعیت میدان منیریه

۴ یافته‌ها و بحث

۴.۱ بازه‌های زمانی برداشت رفتار

برای مطالعه رفتار از شمارش رفتار استفاده شد. از آنجایی که مدت زمان تداوم هر رفتار در این پژوهش مهم است، مدت زمان تداوم رفتار نیز ثبت شد. لازم به ذکر است رفتارهای نظیر پارک کردن موتور، خرید کردن و... که ارتباط چندانی با موضوع مورد بحث ندارند، از لیست برداشت خارج شدند. از آنجاکه در سنجش اثر تابش بهتر آن است که زمان برداشت در ساعات روز باشد و با توجه به اینکه موقعیت خورشید و میزان تابش در ساعات ابتدایی، میانی و پایانی روز متفاوت است؛ برداشت‌ها در چند نقطه (به صورت هم‌زمان) و در سه بازه از روز کاری از فصل زمستان (۱۱، ۱۲ و ۱۳ دی ماه ۱۴۰۲) (در نوبت صبح ۹:۰۰ الی ۹:۱۵) که آفتاب تقریباً در شرق آسمان قرار دارد، ظهر (۱۳:۰۰ الی ۱۳:۱۵) که آفتاب در میانه آسمان است و عصر (۱۶:۰۰ الی ۱۶:۱۵) که

آفتاب در غرب آسمان است))، به مدت ۱۵ دقیقه برداشت شد. لازم به ذکر است که در این روز آسمان فاقد ابر و گرفتگی، در تمام ساعات روز آفتابی و دمای هوا نیز برای برداشت مطلوب بوده است. نقاط منتخب برای ثبت رفتار در میدان سه نقطه ای. (ضلع شمالی)، بی. (ضلع غربی) و سی. (ضلع شرقی) را دربر می‌گیرد. شناسایی جبهه‌های مورد برداشت مبتنی بر این امر است که در آن محدوده‌ها، فعالیت رخ می‌دهد. درعین حال انتخاب این محدوده‌ها نیز با بررسی اولیه میدان در ساعات مختلف روز به دست آمد. در رابطه با انتخاب دی‌ماه ضمن آنکه محدودیت‌های زمانی انجام و اتمام پژوهش، در آن مؤثر بوده است اما براساس شرایط اقلیمی کشور، در ماه دی، ۹۳ درصد از سطح کشور دارای تنش‌های گرمایی و سرمای و در تیرماه، ۸۵ درصد با تنش‌های گرمایی روبه‌رو هستند. بنابراین بیشترین و کمترین ضریب تغییرات مکانی زیست اقلیمی کشور به دی و تیر ماه مربوط است (اسماعیلی، ۲۰۱۴).



شکل ۳. نقاط برداشت رفتار

- بازه زمانی سوم (ساعت ۱۶:۰۰ الی ۱۶:۱۵): در ساعت ۱۶ در جبهه شرقی در بیشتر فضا سایه مشاهده می‌شود و قسمت اندکی تابش مستقیم نه‌چندان مطلوبی از خورشید در حال غروب را داراست. در بخش غربی، سایه کاملی که حاصل وجود جداره غربی است، بر فضا حکم است و بخش شمالی نیز سایه کاملی دارد.

۴٫۲ رفتارهای مشاهده‌شده در فضا

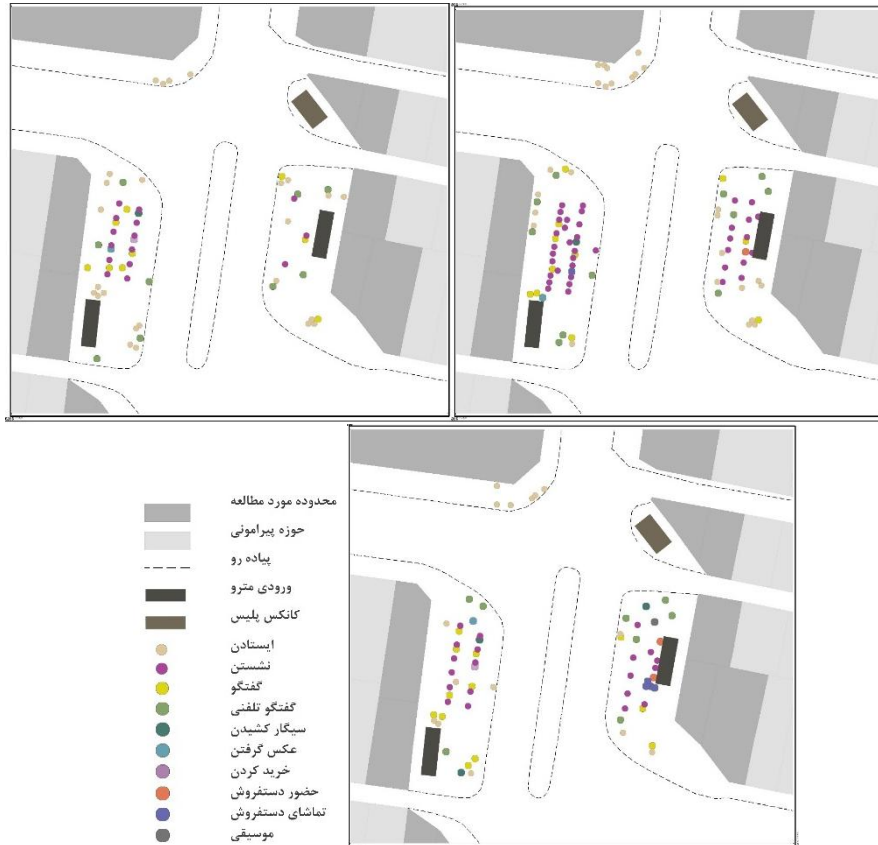
در سه تصویر زیر انواع رفتارهای برداشت‌شده در سه بازه زمانی مشاهده می‌شود. در بازه زمانی صبح رفتارها در نقطه ای. فقط به صورت ایستادن بوده است. رفتارهای نشستن، گفت‌وگوی تلفنی، گفت‌وگو با دیگران و سیگارکشیدن در نقاط بی. و سی. وجود داشته است. این رفتارها عمدتاً در نزدیکی ورودی مترو و یا پشت جداره ورودی آن رخ می‌دهد. در بازه زمانی ظهر، با توجه به تابش آفتاب در این بازه زمانی، رفتارها در تمامی نقاط بیشتر شده است. به خصوص رفتارهای نشستن و ایستادن در نقاط بی. و سی. افزایش مشهودی داشته است. در بازه زمانی سوم، رفتارها مجدداً به دلیل نزدیک شدن به غروب آفتاب تغییر کرده است. محل بروز رفتارهای نشستن تغییری نداشته، اما میزان رفتارها کمتر شده است. آنچه در فضا بارز است، حضور

- بازه زمانی اول (ساعت ۹:۰۰ الی ۹:۱۵): در یک روز آفتابی فصل زمستان در ساعت ۹ صبح جبهه شرقی میدان (بی.) از میزان تابش کمتری برخوردار است. بخشی از فضا در تابش مستقیم قرار دارد و بخشی دیگر سایه حاصل از جداره شرقی میدان را داراست و در مرز بین این دو مبلمان وجود دارد که دارای تکیه‌گاه است و رفتار نشستن بیشتر در این مرز مشاهده می‌شود. جبهه غربی میدان تماماً از تابش مستقیم آفتاب بهره‌مند است. مبلمان این بخش نسخه مشابه بخش شرقی است ولی هر دو نوع مبلمان پذیرای کاربران فضا هستند. جبهه شمالی نیز تماماً در معرض تابش مستقیم آفتاب است و سایه نه‌چندان مطلوبی حاصل از درخت پرشاخه حاشیه آن بر فضا دیده می‌شود.

- بازه زمانی دوم (ساعت ۱۳:۰۰ الی ۱۳:۱۵): در این ساعت هر سه فضا از تابش مستقیم آفتاب بهره‌مند هستند و سایه خیلی کمی نزدیک به جداره غربی، روی فضا دیده می‌شود. همچنین در بخش شرقی سایه بسیار اندکی توسط سازه ورودی مترو در بخش شرقی مشاهده می‌شود. در قسمت شمالی شرایط تقریباً با نوبت اول یکی است، اما هوا قدری گرم‌تر حس می‌شود.

ایستگاه «بی. آر. تی» واقع در خیابان ولیعصر (عج) است. همچنین در این محدوده حضور راننده‌های تاکسی و پیک‌های موتوری مشاهده می‌شود.

دست‌فروشان در این ساعت به دلیل افزایش رفتار عبوری است. رفتارها در نقطه ای. همچنان شامل رفتارهای عبوری و ایستادن بوده که دلیل آن خاصیت این نقطه مبنی بر حرکت به سمت



مجموعه اشکال ۴. موقعیت مکانی رفتارهای برداشت‌شده در ساعت ۹:۰۰ تا ۹:۱۵؛ در ساعت ۱۳:۰۰ تا ۱۳:۱۵ و در ساعت ۱۶:۰۰ تا ۱۶:۱۵ (از راست به چپ)

سه بازه زمانی به‌عنوان سه بازه زمانی برای سنجش شاخص لحاظ شده است.

- موقعیت مکانی: طول و عرض جغرافیایی میدان منیریه برای نرم‌افزار تعریف و منطقه زمانی ایران (+۳:۳۰) نیز تعریف شده است.
- داده‌های هواشناسی: داده‌ها در روز برداشت و در بازه‌های زمانی مدنظر از طریق سایت سازمان هواشناسی ایران^۱ تهیه و خریداری شده است.

۴٫۳ تحلیل آسایش حرارتی

همان‌گونه که پیش از این بیان شد، به منظور بررسی آسایش حرارتی از نرم‌افزار ریمن به‌منظور سنجش شاخص «پی. ای. تی» استفاده شده است. برای محاسبه این شاخص لازم است اطلاعات زیر وارد محیط نرم‌افزاری شود. این نرم‌افزار، طبق دستورالعمل مربوط به آن، جهت محاسبه شاخص «پی. ای. تی» نیازمند ورودی‌های زیر است:

- تاریخ و ساعت: در این پژوهش روز برداشت رفتار به‌عنوان تاریخ و همچنین

^۱ <https://data.irimo.ir/withoutlogin/index.aspx>



استفاده از نرم‌افزار «جی. آی. اس.»^۳ فضا در قالب «شیپ فایل»^۴ استخراج و طبقات مربوط به پلاک‌ها در یک ستون مجزا در نظر گرفته شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار «کیو. جی. آی. اس.»^۳ از طریق پلاگین مرتبط با نرم‌افزار ریمن، خروجی مورد نیاز این نرم‌افزار دریافت شد. درنهایت این خروجی در نرم‌افزار ریمن تحت عنوان «موانع»^۴ فراخوانی شد و در تحلیل شاخص مورد نظر استفاده شده است.

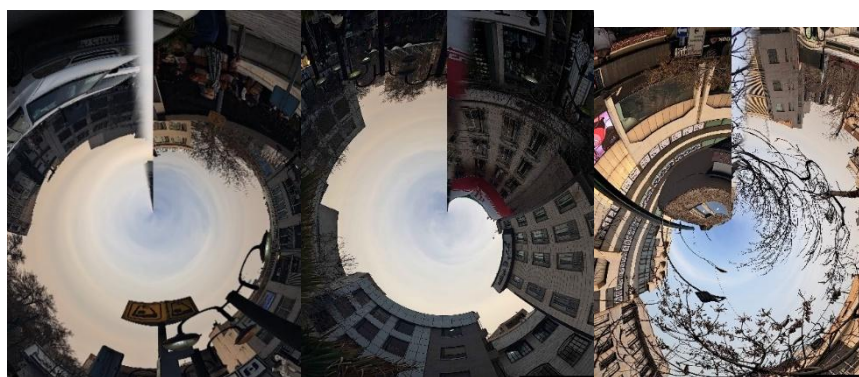
- ضریب دید به آسمان: داده‌های مرتبط با ضریب دید به آسمان از طریق واردکردن این مقدار به صورت عددی و یا از طریق محاسبه آن در نرم‌افزار توسط تصاویر «فیش. آی.»^۵ به دست می‌آید. در این پژوهش، ضریب دید به آسمان از طریق تصاویر فیش. آی. که در فضای میدان منیریه عکاسی شده، به دست آمده است. لازم به ذکر است که جهت واردکردن تصاویر به نرم‌افزار باید تغییراتی چون تبدیل کردن آن‌ها به تصاویر تک‌رنگ با پسوند «بی. ام. پی.» بر روی آن‌ها اعمال شود.

هواشناسی شامل دمای هوا، فشار بخار، سرعت باد و تابش جهانی^۱ است. تابش جهانی از جمله پارامترهایی است که مربوط به بازه ۲۴ ساعته و کل روز است و برای سه بازه برداشت شده در این پژوهش از مقدار ثابتی برخوردار است.

- داده‌های فردی، پوشش و فعالیت: طبق دستورالعمل این نرم‌افزار، داده‌های فردی از جمله قد، وزن، سن، جنسیت و داده‌های مرتبط با پوشش و فعالیت باید در محاسبه شاخص مورد نظر این پژوهش به صورت ثابت در نظر گرفته شود و براساس پیش‌فرض نرم‌افزار باشد. تنها گزینه قابل تغییر، موقعیت فرد است که در دو حالت ایستاده و نشسته وجود دارد.

- توپوگرافی: نقاط ارتفاعی مرتبط با محدوده مورد مطالعه در این نرم‌افزار وارد شد.

- کالبد و جداره میدان: بارگذاری تمامی قطعات مورد نظر در فضای شهری میدان منیریه در این نرم‌افزار وجود داشت. جهت انجام این کار، ابتدا با



مجموعه اشکال ۵. تصاویر «فیش. آی.» به ترتیب از بالا به پایین مربوط به نقاط ای. بی. و سی.

^۳ QGIS

^۴ Obstacles

^۱ Global Radiation

^۲ Shp



۴٫۴ تحلیل آسایش حرارتی براساس شاخص‌ها

براساس داده‌های ورودی سه خروجی دیاگرام قطبی^۱ (نشان‌دهنده مسیر آفتاب^۲ برای داده‌های وارد شده و موقعیت آفتاب^۳ برای بازه‌های زمانی وارد شده است)، نمایش سایه‌اندازی و جداول محاسبه شاخص «پی. ایی. تی» به دست می‌آید. شاخص پی. ایی. تی. دمای معادل فیزیولوژیکی است و در بازه عددی بین صفر تا بیش از ۴۱ درجه و ۷ طیف قابل تعریف است که هر طیف میزان استرس حرارتی و حساسیت حرارتی را بین خیلی داغ تا خیلی سرد نشان می‌دهد.

میانگین دمای تابشی یا همان «تی. ام. آر. تی.»^۴ نشان‌دهنده مجموع دماهای تابشی به محیط است

که شامل تابش مستقیم خورشید، بازتاب نور خورشید و... است. در نرم‌افزار ریمن بر اساس داده‌های ورودی هر دو شاخص آسایش حرارتی به دست آمد. در جدول زیر میزان عددی شاخص‌ها در میدان منیریه ارائه شده است. براساس مقادیر به دست آمده، در ساعت ۹:۰۰ صبح، کمترین میزان پی. ایی. تی. مشاهده می‌شود که این میزان با افزایش تابش آفتاب در ساعات ظهر (۱۳:۰۰) به سمت بیشتر شدن و حساسیت حرارتی بالاتر میل می‌کند. همچنین در ساعت ۱۶:۰۰ با کاهش دمای هوا و حرکت به سمت غروب آفتاب، میزان پی. ایی. تی. کاهش می‌یابد. در رابطه با رفتارها نیز مشخص است که با تغییر رفتار از ایستادن به نشستن، آسایش حرارتی کاهش می‌یابد و میزان پی. ایی. تی. به سمت کمتر شدن میل می‌کند.

جدول ۲. معیار سنجش شاخص پی. ایی. تی.

پی. ایی. تی.	طبقه‌بندی استرس فیزیولوژیکی	حساسیت حرارتی
بالای ۴۱	استرس گرمایی شدید	خیلی داغ
۳۵-۴۱	استرس گرمایی قوی	داغ
۲۹-۳۵	استرس گرمایی متوسط	گرم
۲۳-۲۹	استرس گرمایی خفیف	کمی گرم
۱۸-۲۳	بدون استرس حرارتی	خنثی
۱۳-۱۸	استرس سرما خفیف	کمی خنک
۸-۱۳	استرس سرما متوسط	خنک
۴-۸	استرس سرما قوی	سرد
پایین ۴	استرس سرما شدید	خیلی سرد

جدول ۳. مقدار عددی شاخص پی. ایی. تی. و تی. ام. آر. تی. در محدوده

شاخص زمان	پی. ایی. تی. در حالت ایستاده	حساسیت حرارتی	پی. ایی. تی. در حالت نشسته	حساسیت حرارتی	تی. ام. آر. تی.
۹:۰۰	۹٫۲	خنک	۸٫۸	خنک	۴۷٫۹
۱۳:۰۰	۱۴٫۷	کمی خنک	۱۴٫۳	کمی خنک	۴۷٫۹
۱۶:۰۰	۸٫۸	خنک	۸٫۴	خنک	۴۶٫۲

^۳ Sun's Position

^۴ Tmrt

^۱ Polar Diagram

^۲ Sun Path



۵ بحث: انطباق داده‌های رفتاری و آسایش حرارتی در میدان

یافته‌های حاصل از نرم‌افزار بیان‌گر آن است که در ساعت ابتدایی و انتهایی روز که تابش خورشید تماماً در فضا حاکم نیست، درصد آسایش حرارتی کمتری باید توسط کاربران حس شود. مشاهدات در برداشت میدانی نیز بیان‌گر آن است که در ساعات میانی روز (بازه زمانی دوم) که خورشید بر هر سه جبهه از فضا به‌طور مستقیم می‌تابد و تحلیل‌های نرم‌افزاری و مشاهدات میدانی وجود سایه در فضا را در این بازه زمانی رد می‌کنند، تنوع فعالیتی بیشتری به چشم می‌خورد. مقدار شاخص پی. ایی. تی. به‌دست آمده توسط نرم‌افزار نیز گواه این است که افراد به‌طور متوسط آسایش حرارتی را تا حدی در فضا حس کرده و تمایل آن‌ها برای تداوم حضور در

فضا افزایش یافته است. کاربران در ساعت ۹:۰۰ و ۱۶:۰۰ محیط را خنک و در ساعت ۱۳:۰۰ محیط را کمی خنک احساس کرده‌اند و بازه حسی کمی خنک، نزدیک به بازه رضایت از آسایش حرارتی یا شرایط بدون استرس گرمایی یا سرمایایی است. به‌علاوه مقدار پی. ایی. تی. در حالت نشسته و ایستاده می‌تواند علت رخداد رفتار ایستادن بیشتر را در نوبت صبح و رخداد رفتار نشستن بیشتر در نوبت ظهر آشکار سازد. یعنی به‌واسطه تابش مستقیم حاکم بر فضاها در بازه زمانی دوم، احساس رضایت در حالت نشسته افزایش داشته و در نبود تابش مستقیم در نوبت صبح، ایستادن در فضا به نسبت نشستن، رفتار مطبوع‌تری قلمداد شده است. ارتباط و انطباق اطلاعات به‌دست‌آمده از تحلیل نرم‌افزاری نظیر سایه‌اندازی، پی. ایی. تی. و نیز اطلاعات به‌دست‌آمده از طریق برداشت میدانی نظیر رفتارهای بروز یافته و تداوم آن‌ها، در جدول زیر ارائه شده است.



جدول ۴. انطباق داده‌های برداشت رفتار و نرم‌افزار

سایه			تعداد رخداد			نوع رفتار	حساسیت حرارتی	میانگی پی. ایی. تی	نوبت برداشت
سی.	بی.	ای.	سی.	بی.	ای.				
✓	x	✓	۱۶۳	۵۳	۱۳۵	عبور	خنک	۹	اول ۹:۰۰ الی ۹:۱۵
			۳	۱۴	-	نشستن			
			۱۰	۱۰	۴	ایستادن			
			۳	۷	-	گفت‌وگو			
			۴	۵	-	گفت‌وگوی تلفنی			
				۱	-	غذاخوردن			
			۱	۴	-	پرسه‌زدن			
			-	۴	-	سیگارکشیدن			
			-	۱	-	خوابیدن			
تحلیل سایه نشان می‌دهد که در نوبت اول تنها فضایی که به‌طور کامل از تابش مستقیم بهره‌مند است، جبهه غربی است که این مطلب در برداشت میدانی نیز مشاهده شد. میانگین پی. ایی. تی. در حالت نشسته و ایستاده نشان می‌دهد که فضا از حیث آسایش حرارتی در محدوده خنک قرار دارد که در برداشت میدانی نیز آن‌دسته از فضاهایی که سایه داشتند مکث و توقف کمتری در آن‌ها اتفاق افتاده است (جبهه‌ای. و سی.). در صورتی که در جبهه بی. مکث بیشتری در فضا مشاهده شده و تنوع فعالیتی نیز بیشتر است.									
✓	x	x	۱۶۳	۶۱	۱۲۵	عبور	کمی خنک	۱۴٫۵	دوم ۱۳:۰۰ الی ۱۳:۱۵
			۱۴	۶		نشستن			
			۸	۳۰	۲۵	ایستادن			
			-	۸	-	گفت‌وگو			
			۵	۸	-	گفت‌وگوی تلفنی			
			-	۱	-	غذاخوردن			
			۳	۴	-	پرسه‌زدن			
			-	۵	-	سیگارکشیدن			
			-	۱	-	غذا دادن به پرندگان			
			-	۱	-	دوچرخه‌سواری			
			۱	-	-	خریدکردن			
تحلیل سایه‌ها نشان داد که در نوبت دوم، تنها فضای سایه‌دار جبهه سی. بوده و در مشاهدات میدانی نیز در این فضا مقادیر کمی سایه مشاهده شده است. میانگین پی. ایی. تی. در بازه زمانی دوم نشان داد که آسایش حرارتی در محدوده کمی خنک قرار داشته است و در برداشت میدانی نیز مشاهده شد، تعداد و تنوع رفتاری در بخش‌هایی که سایه نداشته‌اند، بیشتر بوده است. اما از آنجایی که بخش قابل توجهی از جبهه سی. تابش آفتاب را به‌طور مستقیم دریافت می‌کند، میزان توقف در فضا به اشکال رفتاری متفاوت، افزایش یافته است.									
x	✓	✓	۱۵۷	۱۳۴	۱۴۴	عبور	خنک	۸٫۶	سوم ۱۶:۰۰ الی ۱۶:۱۵
			۱۲	۱۱	-	نشستن			
			۳	۹	۱۲	ایستادن			
			۳	۱۱	-	گفت‌وگو			
			-	۳	-	گفت‌وگوی تلفنی			



			۲	۲	-	پرسه زدن		
			۱	۲	-	سیگار کشیدن		
			-	۱	-	عکس گرفتن		
			۲	-	-	دست فروشی		
			۴	-	-	تماشای دست-فروش		
			۱	-	-	نوازندگی		

تحلیل سایه نشان می‌دهد که در بازه زمانی سوم، جبهه سی. تنها فضایی است که از تابش مستقیم برخوردار است و برداشت میدانی نیز این موضوع مشاهده است. میانگین شاخص پی. ایی. تی. در بازه زمانی سوم نیز آسایش حرارتی را محدوده خنک نشان می‌دهد. در جبهه سی. تنوع رفتاری در این نوبت افزایش یافته است که این موضوع با توجه به جمیع اطلاعات در ارتباط با تابش مستقیم در این بازه قابل تعریف است.

۶ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

و بحرینی و خسروی (۲۰۱۵) با مقایسه دو اقلیم متفاوت رابطه میان این دو حوزه را بررسی و با توجه به ماهیت مقایسه‌ای آن‌ها، تفاوت رفتارها و چرخه‌های زمانی تحت تأثیر اقلیم را شناسایی نموده و راهکارهای کالبدی از جنس کد و یا الگوهای فرمی ارائه داده‌اند. نکته حائز اهمیت در پژوهش حاضر این است که در این مطالعه، صرفاً بر شاخص تابش تأکید شده، لذا از این جهت نتایج و یافته‌ها با تأکید بر آن و استفاده از نرم‌افزار مربوطه و تخصصی و نه نرم‌افزارهای معمول چون انوی‌مت است. درعین حال براساس قابلیت‌های نرم‌افزار در ورود برخی از ویژگی‌های فعالیت، ورود تصویر فیش. آی. و کالبد فضا و... امکان تأثیر آن‌ها بر آسایش حرارتی و بروز نوع رفتار فراهم شده است. براساس یافته‌ها، کاربرد نتایج پژوهش، شناسایی حوزه‌های استرس‌سرمایی و گرمایی در محیط است که با توجه به شاخص‌های مورد توجه در نرم‌افزار ریمن، شناسایی عوامل مؤثر بر حوزه‌های استرس حرارتی و تعیین بهبود شرایط محیطی فراهم است.

لازم به ذکر است که پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی مواجه بوده است که نتایج پژوهش از آن‌ها تأثیر پذیرفته است. یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های پژوهش، بازه زمانی انتخابی (فصل زمستان) بوده است. با وجود اینکه تلاش شد از میان روزها، بازه زمانی مناسبی انتخاب شود، اما از آنجاکه یکی از عناصر محیطی مؤثر در سنجش

پژوهش حاضر به بررسی تأثیرپذیری رفتار در فضای شهری از شاخص تابش آفتاب پرداخته است. نتایج پژوهش، ضمن تأیید رابطه بین این دو، به‌صورت خاص بررسی نمود، چه نوع رفتارهایی در محیط تحت تأثیر آسایش حرارتی در نمونه مطالعاتی پژوهش روی می‌دهد. در ساختار دانش موجود نیز، رابطه میان این دو موضوع تأیید شده بود. هرچند تفاوت‌هایی میان یافته‌ها به دلیل تأکید بر شاخص‌های اقلیمی، پهنه اقلیمی منتخب و ابزار مورد استفاده مشاهده می‌شود. برای نمونه مهم‌ترین یافته پژوهش‌های ساخری، بادا و امانوئل (۲۰۲۰)، بوماراف و همکاران (۲۰۲۰)، بررسی ارتباط آسایش حرارتی و رفتار انسان در اقلیم گرم و خشک بوده است. پژوهش اول با تأکید بر الگوهای سایه و توجه پژوهش دوم بر تأثیر آسایش حرارتی بر درک مطلوبیت محیط بوده است و هر دو به‌صورت عمومی آسایش حرارتی را مورد توجه قرار داده‌اند. پژوهش‌های سریونیت و همکاران (۲۰۱۵) و بروس (۲۰۰۷)، به‌صورت کلی در یک اقلیم خاص رابطه آسایش حرارتی بر الگوی رفتاری را تبیین نموده‌اند و پژوهش دوم برای بررسی هر دو حوزه یعنی آسایش حرارتی و رفتار از روش‌های شبیه‌سازی بهره برده است، این در حالی است که در این پژوهش، برداشت رفتار در محیط واقعی انجام شده است. در پژوهش‌های داخلی نیز، بحرینی و آقاکریمی (۲۰۱۶)



فرهنگی، اجتماعی و اقتصادی از یکسو و عوامل دیگری چون ریخت‌شناسی و ویژگی‌های کالبدی نظیر ارتفاع و جنس مصالح و... از سوی دیگر، در این پژوهش بررسی نشده‌اند. همچنین به جز تابش که مهم‌ترین معیار شناخته می‌شود، معیارهای متفاوت اقلیمی دیگر نیز می‌توانست مورد توجه قرار گیرد که به دلیل محدودیت‌های پژوهش میسر نشد.

آسایش حرارتی، وجود پوشش گیاهی مناسب است، به دلیل خزان‌پذیر بودن پوشش گیاهی و انتخاب فصل سرد، این متغیر در بررسی آسایش حرارتی لحاظ نشد. متأسفانه در فصل زمستان به این علت که درختان فاقد برگ هستند، امکان سنجش تأثیرشان بر آسایش حرارتی ممکن نبود. درعین‌حال با علم به این موضوع که آسایش حرارتی و رفتار جنبه‌های متفاوتی را شامل می‌شوند، اما جنبه‌های ادراک فردی نظیر پوشش و متابولیسم، بحث‌های



منابع

- Abbaszadeh, Mohammad. (2012). [Validity and reliability in qualitative researches](#). *Journal of Applied Sociology*, 23 (1), 19-34.
[20.1001.1.20085745.1391.23.1.2.5](#)(In Persian)
- Adib, Morteza; Hafezi, Mohammad Reza; & Davtalab, Jamshid (2017). [Vegetation and Thermal Comfort in Open Spaces: The Case of Sistan Province](#). *Soffeh*, 26(75), 19-42 (In Persian).[20.1001.1.1683870.1395.26.4.2.1](#)
- Aghamolaei, Reihaneh., Azizi, Mohammad Mehdi., Aminzadeh, Behnaz., & O'Donnell, James. (2023). A comprehensive review of outdoor thermal comfort in urban areas: Effective parameters and approaches. *Energy & Environment*, 34(6), 2204-2227.
<https://doi.org/10.1177/0958305X221116176>
- Ahmad, Mardiana I., Ismail, Mazran, Riffat, Saffa. (2016). *Renewable energy and sustainable technologies for building and environmental applications: options for greener future*; ISBN 978-3-319-31840-0.
<https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-31840-0>
- Ahmadi, Hassan, Haghbayan, Rasool, [Nabizadeh](#), Maziyar. (2020). The Investigating of Behavioral Patterns of Urban Space Users in the Social Sustainability of the Environment (Case Study: Business Axis of Sagharizan Neighborhood in Rasht). *Journal of Studies of Human Settlements Planning*, 15(51), 547-548.
[10.22059/jhgr.2020.300191.1008101](#) (In Persian)
- Ahmadpour Kalhroodi, Narges, Pourjafar, Mohammadreza, Mahdavinejad, Mohammadjavad & Yousefian, Samira. (2017). [The Role and Impact of Design Elements on the Quality of Thermal Comfort in Urban Open Spaces Case Study: Design of Pedestrian Way in Tamghachiha Pathway in the City of Kashan](#). *Journal of Architecture and Urban Planning*, 9(18), 59-80.
[10.30480/aup.2017.512](#) (In Persian)
- [Ahmed](#), Nour M., Altamura, [Paola](#)., Giam-paoletti, [Marco](#)., Hemeida, Fahd A. & Mohamed, [Abdelaziz Farouk A](#). (2024). Optimizing human thermal comfort and mitigating the urban heat island effect on public open spaces in Rome, Italy through sustainable design strategies. *Sci Rep* 14, 19931 (2024).
<https://doi.org/10.1038/s41598-024-65794-8>
- Aminzadeh, Behnaz, Afshar, Dekhi (2003), design and behavior patterns: a proposal for the improvement of urban parks. *Journal of Environmental Studies*, 29, 43-60.
<https://www.sid.ir/paper/372866/fa> (In Persian)



- Andrade, Henrique, Alcoforado, Maria-Joao, Oliveira, Sandra. (2011). Perception of temperature and wind by users of public outdoor spaces: relationships with weather parameters and personal characteristics. *International Journal of Biometeorol*, 55(5), 665-680. [10.1007/s00484-010-0379-0](https://doi.org/10.1007/s00484-010-0379-0)
- Bahrainy, Seyed Hossein, Aghakarimi, Arash. (2016). Formulation of Design Criteria Based on Recognition and Comparison of User Patterns of Behavior, Emphasizing on the Role of Climate in Urban Public Spaces, Case Studies: Shahr-e- Kord and Bushehr. *Journal of Environmental Studies*, 42(1), 151-168. [10.22059/jes.2016.58112](https://doi.org/10.22059/jes.2016.58112) (In Persian)
- Bahrainy, Seyed Hossein, Khosravi, Hossein. (2015). Comparative study of the impact of micro-climate features on urban behaviour patterns, the case of urban spaces of Yazd (warm and dry climate) and Fuman (moderate and humid climate). *Journal of Environmental Studies*, 41(2), 465-482. [10.22059/jes.2015.54994](https://doi.org/10.22059/jes.2015.54994) (In Persian)
- Bahrainy, Seyyed Hossein (2013). Urban spaces analysis in relation to user behavior patterns and criteria for design. Tehran: University of Tehran publication. (In Persian)
- Bahrami, Bakhtiar; Mansournia, Soran; Mahmoudi Farahani, Leila; Aram, Farshid (2005). Understanding children's perceptions and activities in urban public spaces: The case study of Zrêbar Lake Waterfront in Kurdistan, *Urban studies journal*, 58(2), 372-388. [10.1177/0042098020903008](https://doi.org/10.1177/0042098020903008)
- Behzadfar, Mostafa, Dekaleh, Hossein, Ghalenoei, Mahmood, Ameneh, Bakhtiar Nasrabadi. (2017). Recognition of Behavioral Patterns in Enghelab Square of Isfahan. *Haft Hesar Journal of Environment Studies*, 6 (21), 95-111. <http://hafthesar.iauh.ac.ir/article-1-472-en.html> (In Persian)
- Berardi, Umberto; Ghaffarianhoseini, Amirhosein; Ghaffarianhoseini, Ali; Al-Obaidi, Karam (2018). Analyzing the thermal comfort conditions of outdoor spaces in a university campus in Kuala Lumpur, Malaysia; *Science of the Total Environment*, 666, 1327-1345. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.284>
- Boumaraf, Hocine; Amireche, Lousia (2020), Thermal comfort and pedestrian behaviors in urban public spaces in cities with warm and dry climates, *Open House International*, 1-17. [10.1108/ohi-06-2020-0060](https://doi.org/10.1108/ohi-06-2020-0060)
- Brown, Robert; Kim, Youjoung (2022). Effect of meteorological conditions on leisure walking: a time series analysis and the application of outdoor thermal comfort indexes,



- International Society of Biometeorology.
- [10.1007/s00484-022-02262-w](https://doi.org/10.1007/s00484-022-02262-w)
- Bruse, Michael. (2007). Simulating human thermal comfort and resulting usage patterns of urban open spaces with a Multi-Agent System. I Wittkopf, St. and Tan, B. K. (eds.): *Proceeding of the 24th international Conference on Passive and Low Energy Architecture PELA*, 699-706.
- <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:29697147>
- Chen, Liang. Ng, Edward. (2011). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. *Cities*, 29 (2), 118-125.
- <https://doi.org/10.1016/j.cities.2011.08.006>
- Chindapol, Sumavalee. (2016). *Thermal Comfort and Heat Stress of the Elderly in Hot-Humid Summers in Thailand*. A thesis for the degree of Doctor of Philosophy, Faculty of Built Environment, University of New South Wales
- Davtalab, Jamshid, Hafezi, Mohammad Reza, Adib, Morteza, (2017). [Vegetation and Thermal Comfort in Open Spaces: The Case of Sistan Province](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.04.006). *Soffeh*, 26 (75), 19-42.
- [20.1001.1.1683870.1395.26.4.2.1](https://doi.org/10.1001.1.1683870.1395.26.4.2.1)(In Persian)
- Dehkhoda, Ali Akbar (1998). *Dehkhoda dictionary*. Tehran: University of Tehran publication. (In Persian)
- Elraouf, Reem Abd., Elmokadem, Ashraf., Megahed, Naglaa., Eleinen, Osama Abo., & Eltarabily, Sara. (2022). The impact of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot-humid climate. *Building and Environment*, 225, 109632.
- <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109632>
- Emetere, Moses Eterigho. (2022). Typical environmental challenges. In Moses Eterigho Emetere (Ed), *Numerical methods in environmental data analysis*, 41-51. [10.1016/B978-0-12-818971-9.00004-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818971-9.00004-1)
- Eskandrian, Elnaz (2014). Climatic comfort in the city of Tehran; Research Quarterly in Science. *Engineering and Technology*, 1, 57-67.
- <http://uctjournals.com/farsi/archive/engineer/1394/winter/7.pdf> (In Persian)
- Esmaili, Reza (2014). Human Bioclimatic Zoning of Iran. *Journal of Climate Research*, 5(17), 19-32.
- https://clima.irimo.ir/article_15073.html?lang=en (In Persian)
- Fallah Ghalhari, GholamAbass, Mayvaneh, Fatemeh, Shakeri, Fahmieh. (2015). Evaluation of thermal comfort and human health using Universal Thermal Climate Index (UTCI) Case Study: Kurdistan province. *Iranian Journal of Health and Environment*, 8 (3), 367-378.



- <http://ijhe.tums.ac.ir/article-1-5479-en.html> (In Persian)
- Ghafouri, Mehdi, [Rezaei Khonakdar](#), Arian, Zabihi Hossein. (2022). Construction of a Safe City Model, Based on Residents' Behavioral Characteristics: A Case Stud on Saadi Neighborhood of Sari. *Journal of Urban Structure and Function Studies*, 9 (30), 59-95.
- [10.22080/usfs.2021.3515](https://doi.org/10.22080/usfs.2021.3515)(In Persian)
- Hedaiti Rad, Faezeh, Shabankari, Mehran, Zarghamian, Mohammad Reza. (2015). Evaluation of bioclimatic indicators affecting human comfort (Case study: Arvand Free Zone). *Journal of Environmental Science and Technology*, 18, 24-41.
- <https://sanad.iau.ir/en/Article/839037> (In Persian)
- [Heidari](#), Shahin, Monam, Alireza. (2014). [Evaluation of Thermal Comfort Indices in Outdoor Space](#). *Journal of Geography and Regional Development*, 20, 198-216.
- <https://doi.org/10.22067/geography.v11i20.30753> (In Persian)
- Hou, Jeffrey. (2010). *Insurgent Public Space*. London: Routledge
- Inanlo, Hossein, Mohammadi, Hossein. (2014), Assessment of Climatic Comfort in the Rural Houses the North of Qazvin plain by Using ET and PET Methods. *Territory*, 14 (11), 15-26.
- <https://srb.sanad.iau.ir/en/Article/823708?FullText=FullText> (In Persian)
- Jan, Gehl, Svarre, Brigitte. (2015). *How to Study Public Life*. Translated by: Mostafa Behzadfar, Mohammad Rezaei Nadushan and Ahmad Rezaei Nadushan. Tehran: Elm-e Me-mar Publication. (In Persian)
- Ji, Yuchen; Song, Jusheng; Shen, Pengyuan. (2022). A review of studies and modelling of solar radiation on human thermal comfort in outdoor environment. *Building and Environment*, 214, 108891.
- <https://doi.org/10.1016/j.build-env.2022.108891>
- Johansson, Erik. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and Environment*, 41, 1326- 1338.
- <https://doi.org/10.1016/j.build-env.2005.05.022>
- Khairoddin, Reza, Dalaei Milan, Ibrahim. (2015). Content analysis of the four levels of research methodology in urban planning studies (Case study: urban planning theses of Iran University of Science and Technology, 1380-1393). *Scientific-Research Quarterly Journal of Humanities Methodology*, 89, 107-136.
- [10.34785/J011.2022.462/Jms.2022.112](https://doi.org/10.34785/J011.2022.462/Jms.2022.112) (In Persian)



- Khaki, Gholamreza. (1390). *Methodology (with Thesis Writing Approach)*. Tehran: Baztab Publishing House. (In Persian)
- Labdaoui, Kahina, Mazouz, Said, Reiter, Sigrid. Teller, Jacques. (2021). Thermal perception in outdoor urban spaces under the Mediterranean climate of Annaba Algeria. *Urban climate*, 39, 100970.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100970>
- Lang, John. (2015). *Creating Architectural Theory: The Role of the Behavioral Sciences in Environmental Design*. Translated by Alireza Eini Far. Tehran: University of Tehran. (In Persian)
- Latifi, Amin, Sajadzadeh, Hassan. (2014). The evaluation of environmental quality factors on the Behavioral patterns in urban parks- Case study: Mardom park of Hamadan City. *Motaleate Shahri*, 3(11), 3-18.
https://urbstudies.uok.ac.ir/article_9563.html?lang=fa (In Persian)
- Lea A. Ruefenacht, Lea A., Adelia, Ayu S., Acero, Juan A. and Nevat, Ido (2022). Urban Design Guidelines for Improvement of Outdoor Thermal Comfort in Tropical Cities. *European Journal of Geography [En ligne]*, Cartographie, Imagerie, SIG, document 1032.
<https://doi.org/10.4000/cyber-geo.39608>
- Lechner, Norbert. (2015). *Heating, Cooling, Lighting, Sustainable Design Methods for Architecture*. US: Wiley & Sons.
- Lee, Jason; Nazarian, Negin; Liu, Sijie; Miller, Clayton (2020). Project coolbit: Can your watch predict heat stress and thermal comfort sensation?, *Environmental research*,
<https://doi.org/10.1088/1748-9326/abd130>
- Lehnert, Michal., Pánek, Jiří., Kopp, Jan., Geletič, Jan., Květoňová, Veronika., & Jurek, Martin. (2023). Thermal comfort in urban areas on hot summer days and its improvement through participatory mapping: A case study of two Central European cities. *Landscape and Urban Planning*, 223, 104713.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2023.104713>
- Lenzholzer, Sanda, Klemm, Wiebke; Vasilikou, Carolina. (2016). Qualitative methods to explore thermo-spatial perception in outdoor urban spaces. *Urban Climate Journal*, 23, 231-249.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.10.003>
- Lenzholzer, Sanda; Klemm, Wiebke; Vasilikou, Carolina (2016). Qualitative methods to explore thermo-spatial perception in outdoor urban spaces; *Urban Climate journal*; volume 23; 231-249



- Lin, Tzu-ping. (2008). Thermal comfort perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44, 2017-2026.
<https://doi.org/10.1016/j.build-env.2009.02.004>
- Liu, Sijing; Xie, Yongxin; Zhu, Yingxin; Lin, Borong; Cao, Bin; Wong, Nyuk; Niu, Jianlei; Fang, Zhaosong; Lai, Dayi; Liu, Weiwei; Wen, Jianxiu; Mou, Di; Tang, Hao; Liu, Zhaoru; Ignatius, Marcel (2022). Comparative analysis on indoor and outdoor thermal comfort in transitional seasons and summer based on multiple databases: Lessons learnt from the outdoors. *Science of the Total Environment*, 848 (20), 157694.
10.1016/j.scitotenv.2022.157694.
- Liu, Zheming., Li, Jin. & Tianyu, Xi (2023). A Review of Thermal Comfort Evaluation and Improvement in Urban Outdoor Spaces. *Buildings*, 13(12), 3050;
<https://doi.org/10.3390/buildings13123050>
- Lobaccaro, Gabriele, Acero, Juan. A. (2015). Comparative analysis of green actions to improve outdoor thermal comfort inside typical urban street canyons. *Urban Climate*. 14, 251-267.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.10.002>
- Majidi, Fatemeh Sadat, Heidari, Shahin. (2019). Analysis of Adaptability Signs in the Thermal Comfort of Open Spaces (Case Study: Isfahan Residential Neighborhoods). *Journal of Fine Arts: Architecture and Urban Planning*, 24(1), 17-28.
[10.22059/jfaup.2019.276802.672227](https://doi.org/10.22059/jfaup.2019.276802.672227)
(In Persian).
- McIntyre, Donald. (1973). A guide to thermal comfort. *Applied Ergonomics*, 4 (2), 66-72.
[https://doi.org/10.1016/0003-6870\(73\)90079-3](https://doi.org/10.1016/0003-6870(73)90079-3)
- Nasrollahi, Nazanin, Taleghani, Mohamad, Ghosouri, Amir, Khodakarami, Jamal. (2020). Heat-Mitigation Strategies to Improve Pedestrian Thermal Comfort in Urban Environments: A review. *Sustainability*, 12 (23), 10000
<https://doi.org/10.3390/su122310000>
- Nikolopoulou, Marialena, Lykoudis, Spyros. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment*, 41(11), 1455-1470.
<https://doi.org/10.1016/j.build-env.2005.05.031>
- Norris, Andy; Wall, Alan; Bole, Alan (2014). Radar and ARPA manual(third edition),
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-097752-2.00002-7>
- Oke, Timothy R., Mills, Gerald, Christen, Andreas, Voogt, James, A. (2017).



- Urban Climates. Publisher: Cambridge University Press.
- Pakzad, Jahanshah. (2017). Theoretical foundations and urban design process. Tehran: Shahidi Publishing House. (In Persian)
- [Sahrakar](#), Neda, Zakerhaghighi, Kianoosh. (2020). Explain the effect of physical environment quality on behavior patterns (Case Study: Baba Taher Hamadan Square). *Research and Urban Planning*, 10 (39), 144-156.
[20.1001.1.22285/229.1398.10.39.11.9](https://doi.org/10.22285/229.1398.10.39.11.9) (In Persian)
- Sakhri, Hadjira, Bada, Yassine, Emmanuel, Rohinton, (2022). Study on correlation between shadow patterns and human behaviour in hot, arid cities: a case study of Biskra, Algeria. *International Journal of Biometeorology*, 66 (12), 2517-2528.
[10.1007/s00484-022-02376-1](https://doi.org/10.1007/s00484-022-02376-1)
- Salehi, Behrouz. (2018). The intelligent model for evaluating thermal sensation with the aim of improving thermal comfort and cognitive functions in office buildings. PhD thesis, Tarbiat Dabir-e Shahid Rajaei University. (In Persian)
- Servati, Zahra, Latifi, Cholan Reza. (2021). Evaluating the impacts of climatic factors, especially quality and direction of the prevailing wind on thermal comfort using geographical models of a town square Case study: Nabovat Square in East of Tehran. *Scientific-search Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 30 (117), 251-265.
<https://doi.org/10.22131/sepehr.2021.244466> (In Persian)
- Shalmani, Ameneh, Hanachi, Simin. (2014). Investigating the influence of visual factors of urban spaces on the behavioral patterns of citizens (Case study: Rasht Municipality Square). *Hoveiat Shahr*, 24, 67-71.
<https://sanad.iau.ir/en/Article/795447> (In Persian)
- Smith, Pamela, Henríquez, Cristián. (2019). Perception of thermal comfort in outdoor public spaces in the medium-sized city of Chillán, Chile, during a warm summer. *Urban Climate*, 30, 1-13.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100525>
- Srivanit, Manat, Auttarat, Sudarat. (2015). Thermal Comfort Conditions of Urban Spaces in a Hot-Humid Climate of Chiang Mai City, Thailand, *International conference on Urban Climate jointly with 12th symposium on the Urban Environment*, France: Toulouse.
http://www.meteo.fr/icuc9/LongAbstracts/bph3-1-1341092_a.pdf
- Taleghani, Mohammad, Kleerekoper, Laura, Tenpierik, Martin, Dobbelsteen, Andy. (2015). Outdoor thermal comfort within five



- different urban forms in the Netherlands. *Building and Environment*, 83, 65-78.
<https://doi.org/10.1016/j.build-env.2014.03.014>
- Tavana, Mohammad Ali. (2015). [The Paradigm of Critical Realism: Approach to an Interdisciplinary Methodology. *Interdisciplinary Studies in the Humanities*, 7\(1\), 27-56.](#)
https://www.isih.ir/article_179.html?lang=en (In Persian)
- The Academy of Persian Language and Literature. (2012). *A thousand physics words; the first volume; Publication of works.* (In Persian)
- Thorsson, S., Lindqvist, M. and Lindqvist, S. (2004) Thermal Bioclimatic Conditions and Patterns of Behaviour in an Urban Park in Göteborg, Sweden. *International Journal of Biometeorology*, 48, 149-156.
<https://doi.org/10.1007/s00484-003-0189-8>
- [Vakilnezhad](#), Roza (2021). Comparative Study of Thermal Comfort Simulation Software in Urban Environment. *Journal of Iranian Architecture & Urbanism*, 12 (2), 235-250.
<https://doi.org/10.30475/isau.2020.217902.1353> (In Persian)
- Yang, Wei, Nyuk, Wong Hien, Kardinal Jusuf, Steve (2013), Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. *Building and Environment*, 59, 426-435.
<https://doi.org/10.1016/j.build-env.2012.09.008>
- Yang, Wei; Hien Wong, Nyuk; Kardinal Jusuf, Steve (2013), Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore, *Building and Environment* 59, 426-435
- Zabetian, Elham, Kheyroddin, Reza (2019), Comparative evaluation of relationship between psychological adaptations in order to reach thermal comfort and sense of place in urban spaces. *Urban Climate*, 29, 100483.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2019.100483>