Scientific Journal of
Sustainable Development of Geographical Environment
Vol. ??, No. ??, ????

Original Article

Assessing Outdoor Thermal Comfort and Adaptive Behaviors along the Warm Humid Coasts of Southeastern Iran: The Case of Bandar Chabahar

Hamid Nazaripour[1*], Hamidreza Rakhshaninasab[2], Safieh Ahmadi[2],
[1] Department of Physical Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.
[2] Department of Human Geography, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran.

Absratct

Introduction: Urban open spaces, as the lungs of cities, play a role far beyond beautification. These spaces provide a platform for social interactions, recreational activities, and the enhancement of citizens' mental health. However, one of the fundamental challenges in the design and utilization of these spaces is ensuring thermal comfort, particularly in hot and humid climates. Bandar Chabahar, located in southeastern Iran, has a hot and humid coastal climate. Due to its high tourism potential and unique geopolitical position, it is considered a critical location regarding outdoor thermal comfort. Despite extensive research on thermal comfort worldwide, few studies have comparatively examined adaptive behaviors among different groups of people in hot and humid climates. This research gap has created a unique situation in Chabahar because of the simultaneous presence of a native population with long-term acclimatization and non-native tourists with short-term adaptation. Therefore, the present study is designed with the primary objective of quantitatively and qualitatively assessing outdoor thermal comfort in Chabahar's urban spaces and identifying the behavioral and psychological adaptation techniques employed by individuals (both natives and non-natives).

Materials and Methods: This research is applied in purpose and mixed-method (quantitative-qualitative) in nature. For objective thermal comfort assessment, the modified Physiological Equivalent Temperature (mPET) index was used. This index was calculated using the RayMan Pro 3.1 software model. For subjective thermal comfort assessment, a questionnaire based on the ASHRAE 55-2004 standard was randomly completed by 149 individuals present at coastal and inland sites. The survey period was March 19–20, 2022, and March 21, 2022, coinciding with the peak tourist presence in the region. Additionally, regression equations based on climatic variables were developed to predict thermal comfort. Data analysis was performed using descriptive statistics, multiple linear regression, and Pearson correlation coefficient in the MATLAB software environment.

Results and Discussion: Findings from the mPET index showed that thermal comfort conditions prevail only 20% of the year in Bandar Chabahar. The highest frequency of thermal comfort occurrence is observed from November to April. Hourly analysis revealed that in December, January, and February, daytime hours (especially 9:00 to 15:00), and in March, April, and November, nighttime hours (18:00 to 03:00) are the most suitable time windows for outdoor activities. Questionnaire results showed that 98% of respondents were non-native (tourists), and their peak presence in open spaces occurred after 19:00, which fully coincided with the calculated thermal comfort hours. This alignment is a clear example of behavioral adaptation (choosing the time of presence). Regression analysis results indicated that personal characteristics and behavioral choices (clothing type, time of presence, and location choice) explain 64% of the variance in actual thermal sensation (subjective thermal comfort). The correlation coefficients between the mPET index and ASV, as well as between mPET and Y_{DS}, also demonstrate the high validity of the mPET index in hot and humid climates and its predictability using climatic variables.

Conclusion: This study showed that despite the hot and humid conditions of Chabahar, individuals can achieve acceptable thermal comfort through behavioral (choosing appropriate time, location, and clothing) and psychological adaptation. However, poor urban network design reduces the efficiency of wind drainage in natural cooling.

Keywords: Outdoor Thermal Comfort, Adaptive Behaviors, Warm Humid Climate, Thermal Indices, Bandar Chabahar.

Citation: Nazaripour, H., Rakhshaninasab, H.R. & Ahmadi, S. (2026). Assessing Outdoor Thermal Comfort and Adaptive Behaviors along the Warm Humid Coasts of Southeastern Iran : The Case of Bandar Chabahar . *Sustainable Development of Geographical Environment*: Vol. ??, No. ??, (??-??). https://doi.org/10.48308/sdge.2023.232311.1136

Reccived: ??/??/?? Revised:??/??/?? Accepted:??/??/??

* Corresponding Author's Email: h.nazaripour@gep.usb.acir

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY). license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فصلنامه علمی توسعه پایدار محیط جغرافیایی
SDGE
دوره ؟، شماره ؟؟، ؟؟

مقاله پژوهشی

ارزیابی آسایش حرارتی و رفتار سازگارانه در سواحل گرم مرطوب جنوب‌شرق ایران، مطالعه موردی: بندر چابهار

حمید نظری‌پور[1*]، حمیدرضا رخشانی‌نسب[2]، صفیه احمدی[2]

۱.گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

۲. گروه جغرافیای انسانی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

نسخه الکترونیکی

چکیده

مقدمه: فضاهای باز شهری به عنوان ریه‌های تنفسی شهرها، نقشی فراتر از زیباسازی ایفا می‌کنند. این فضاها بستری برای تعاملات اجتماعی، فعالیت‌های تفریحی و ارتقای سلامت روان شهروندان هستند. با این حال، یکی از چالش‌های اساسی در طراحی و بهره‌برداری از این فضاها، تأمین آسایش حرارتی به ویژه در اقلیم‌های گرمِ مرطوب است. بندر چابهار در جنوب‌شرق ایران، با اقلیم گرمِ مرطوب ساحلی، به دلیل پتانسیل بالای گردشگری و موقعیت ژئوپلیتیک ویژه، یکی از نقاط حساس از نظر آسایش حرارتی در فضای باز محسوب می‌شود. با وجود پژوهش‌های گسترده در زمینه آسایش حرارتی در نقاط مختلف جهان، مطالعات اندکی به بررسی تطبیقی رفتار سازگارانه میان گروه‌های مختلف افراد، در اقلیم‌های گرمِ مرطوب پرداخته‌اند. این شکاف تحقیقاتی در چابهار به دلیل حضور همزمان جمعیت بومی با سازگاری طولانی‌مدت و گردشگران غیربومی با سازگاری کوتاه‌مدت، یک موقعیت منحصربه‌فرد ایجاد کرده است. از این رو، پژوهش حاضر با هدف اصلی ارزیابی کمی و کیفی آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری چابهار و شناسایی تکنیک‌های سازگاری رفتاری و روانی که افراد (بومی و غیربومی) به کار می‌گیرند، طراحی شده است.

مواد و روش‌ها: این پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از نظر ماهیت، ترکیبی (کمی-کیفی) است. برای ارزیابی آسایش حرارتی عینی، از شاخص اصلاح‌شده دمای معادل فیزیولوژیک (mPET) استفاده شده است. این شاخص با استفاده از مدل نرم‌افزاری RayMan Pro 3.1 محاسبه گردیده است. برای ارزیابی آسایش حرارتی ذهنی، پرسشنامه مبتنی بر استاندارد ASHRA 55-2004 به صورت تصادفی از ۱۴۹ نفر از افراد حاضر در سایت‌های ساحلی و خشکی تکمیل شده است. زمان پرسش‌گری روزهای ۲۸ و ۲۹ اسفند سال ۱۴۰۰ و ۱ فروردین سال ۱۴۰۱ بوده که همزمان با اوج حضور گردشگران در منطقه است. همچنین معادلات رگرسیونی بر اساس متغیرهای اقلیمی برای پیش‌بینی آسایش حرارتی توسعه داده شده است. تحلیل داده‌ها با استفاده از آمار توصیفی، رگرسیون خطی چندگانه و ضریب همبستگی پیرسون در محیط نرم‌افزار متلب انجام شده است.

نتایج و بحث: یافته‌های حاصل از شاخص mPET نشان داد که شرایط آسایش حرارتی در بندر چابهار تنها در ٪۲۰ از سال مهیا است. بیشترین فراوانی وقوع آسایش حرارتی در ماه‌های نوامبر تا آوریل می‌باشد. بررسی توزیع ساعتی نشان داد که در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه، ساعات روز (به ویژه ۹ صبح تا ۱۵) و در ماه‌های مارس، آوریل و نوامبر، ساعات شب (۱۸ تا ۳ بامداد) مناسب‌ترین بازه زمانی برای فعالیت در فضای باز هستند. نتایج پرسشنامه نشان داد که ٪۹۸ افراد مورد پرسش‌گری، غیربومی (گردشگر) بودند و اوج حضور آن‌ها در محیط‌های باز پس از ساعت ۱۹ بود که همخوانی کامل با ساعات آسایش حرارتی محاسبه‌شده دارد. این تطابق، نمونه بارزی از سازگاری رفتاری (انتخاب زمان حضور) است. نتایج تحلیل رگرسیون نشان داد که مشخصات فردی و انتخاب‌های رفتاری (نوع پوشش، زمان حضور و انتخاب مکان)، ٪۴۱ از تغییرات احساس واقعی آسایش حرارتی (آسایش حرارتی ذهنی) را تبیین می‌کند. ضرایب همبستگی بین شاخص mPET و ASV و YDS نیز نشان دهنده اعتبار بالای شاخص mPET در اقلیم گرم مرطوب و قابلیت پیش‌بینی آن توسط متغیرهای اقلیمی است.

نتیجه‌گیری: این مطالعه نشان داد که علیرغم شرایط گرم و مرطوب چابهار، افراد با سازگاری رفتاری (انتخاب زمان، مکان و پوشش مناسب) و روانی می‌توانند آسایش حرارتی قابل قبولی را تجربه کنند. با این حال، طراحی نامناسب شبکه شهری، کارایی زهکشی باد در خنک‌کنندگی طبیعی را کاهش می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: احساس آسایش حرارتی، رفتار سازگارانه، اقلیم گرم مرطوب، شاخص‌های حرارتی، بندر چابهار.

استناد: نظری‌پور، ح.، رخشانی‌نسب، ح.ر. و احمدی، ص. ۱۴۰۵. ارزیابی آسایش حرارتی و رفتار سازگارانه در سواحل گرم مرطوب جنوب‌شرق ایران، مطالعه موردی: بندر چابهار، توسعه پایدار محیط جغرافیایی: دوره ؟، شماره ؟، ؟ ؟، (؟-؟). https://doi.org/10.48308/sdge.2023.232311.1136

دریافت: ؟؟/؟؟/؟؟ بازنگری: ؟؟/؟؟/؟؟ پذیرش: ؟؟/؟؟/؟؟

* رایانامه نویسنده مسئول: h.nazaripour@gep.usb.ac.ir

مقدمه

بیش از نیمی از جمعیت جهان در شهرها زندگی می‌کنند .(Lai et al, 2020) در این میان، فضای باز شهری به عنوان بخش جدایی‌ناپذیر از بافت شهر، نقش حیاتی در شکل‌دهی به کیفیت زندگی و تقویت تعاملات اجتماعی در جوامع شهری ایفا می‌کند. فضای باز شهری به مجموعه‌ای از فضاهای عمومی و نیمه‌عمومی اطلاق می‌شود که برای بهره‌مندی همه شهروندان قابل دسترس است. این فضاها در اشکال و اهداف گوناگون، از خیابان‌ها و پیاده‌راه‌ها گرفته تا پارک‌ها و فضاهای سبز، طیف وسیعی را در بر می‌گیرند (Manavvi and Rajasekar, 2022). اهمیت فضاهای باز شهری فراتر از جنبه‌ی زیبایی‌شناختی بوده و بر ابعاد فیزیکی، زیست‌محیطی، اجتماعی و اقتصادی زندگی شهری تأثیر می‌گذارد (Woolley, ۲۰۰۳).

یکی از چالش‌های اساسی در طراحی فضاهای باز شهری، تأمین آسایش حرارتی در این فضاها است. آسایش حرارتی به یک شاخص کلیدی برای ارتقای سلامت شهری و تاب‌آوری در برابر اقلیم تبدیل شده است، زیرا عدم آن به طور قابل توجهی بر سلامت انسان، تقاضای انرژی و کیفیت کلی زندگی تأثیر می‌گذارد (Fu et al, 2026). از منظر آسایش حرارتی، فضای باز شهری به عنوان یک سامانه‌ی پیچیده از عوامل اقلیمی و انسان‌ساخت تعریف می‌شود که هدف غایی آن ایجاد تعادل فیزیولوژیکی و ذهنی در کاربران و در نتیجه افزایش سرزندگی شهرهاست (Ahmadpour et al, 2017). طراحی مطلوب این فضاها در برنامه‌ریزی شهری(Kusaka et al, 2018) ، سلامت و رفاه انسان (Baruti et al, 2019)و کاهش مصرف انرژی داخلی (Deng et al, 2018) نقش دارد. با این حال، در شهرهایی با آب و هوای سخت، میزان استفاده از فضاهای باز به شدت تحت تأثیر ناراحتی حرارتی قرار می‌گیرد .(Thorsson et al, 2007) برای مثال، در روزهای تابستانی گرم، شرایط حرارتی نامناسب باعث می‌شود افراد تنها برای فعالیت‌های ضروری از خانه خارج شوند و فعالیت‌های غیراجباری مانند پیاده‌روی و معاشرت کاهش یابد. در مقابل، فضاهای باز با آسایش حرارتی بالا، ساکنان را جذب کرده و سرزندگی شهری را افزایش می‌دهند.(Yin et al, 2012)

شاخص‌های حرارتی متعددی برای توصیف شرایط حرارتی برای فضای باز توسعه داده شده‌اند. دمای تر گویسان (WBGT) برای محیط‌های گرم و شاخص سوزباد (WCI) برای محیط‌های سرد، دو شاخصی هستند که به طور گسترده برای ارزیابی استرس حرارتی استفاده می‌شوند. برای ارزیابی آسایش در فضای باز، شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی(PET)، نیز امکان ارزیابی زیست‌هواشناسی انسانی را در سطح منطقه‌ای فراهم می‌کند (Höppe, 1999). همچنین، شاخص اقلیم حرارتی جهانی (UTCI) که توسط انجمن بین‌المللی زیست هواشناسی توسعه داده شده است، به طور گسترده برای کاربردهای زیست هواشناسی استفاده می‌شود (Błazejczyk et al, 2010). شاخص‌های اصلاح‌شده دما مؤثر استاندارد فضای باز (OUT_SET*) و دمای مؤثر استاندارد (SET*) با در نظر گرفتن اثر تابش خورشید برای ارزیابی آسایش حرارتی در محیط‌های باز و نیمه‌باز در سال ۲۰۰۰ پیشنهاد شده است (Pickup and deDear, 2000). شاخص‌های PET، UTCI و SET* همگی به عنوان دمای هوای شرایط مرجع تعریف می‌شوند، اما برای یک محیط یکسان، مقادیر متفاوتی را ارائه می‌دهند. تعداد فزاینده‌ای از مطالعات در مورد موضوع آسایش حرارتی در فضای باز شهری انجام شده است. این مطالعات در شهرهایی با آب و هوای متنوع انجام شده‌اند. اگرچه این مطالعات دانش ارزشمندی در مورد آسایش حرارتی در فضای باز جمع‌آوری کرده‌اند، اما به نتایج متناقضی نیز رسیده‌اند. این تضاد ممکن است به دلیل روش‌های مختلف مورد استفاده برای به دست آوردن آسایش حرارتی، تجزیه و تحلیل و تفسیر داده‌ها باشد (Johansson et al, 2014). علاوه بر روش‌های متمایز، مدل‌های مختلف مورد استفاده در مطالعات مختلف ممکن است به پیچیدگی آسایش حرارتی در فضای باز بیفزایند. این مدل‌ها با در نظر گرفتن عوامل مختلف تأثیرگذار بر آسایش حرارتی در فضای باز، مانند عوامل فیزیکی، فیزیولوژیکی، روانی، اجتماعی، فرهنگی، رفتاری و شخصی، توسعه داده شده‌اند.

مدل‌های نوین آسایش حرارتی در فضای باز، طیف گسترده‌ای از عوامل فیزیکی، فیزیولوژیکی، روانی، اجتماعی، فرهنگی، رفتاری و شخصی را در نظر می‌گیرند. در این میان، یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌هایی که انسان را قادر می‌سازد با شرایط

حرارتی متغیر کنار بیاید، سازگاری است. نتایج مطالعات متعدد درباره آسایش حرارتی در فضای باز در اقلیم‌های مختلف نشان داده است که محیط‌های بیرون در مقایسه با فضای داخلی، منطقه آسایش وسیع‌تری دارند، زیرا به نظر می‌رسد محرک‌های حرارتی بیشتری را تجربه می‌کنند (Lu et al, 2019)؛ این علاوه بر تنظیمات رفتاری است که فرد ممکن است هنگام احساس نارضایتی از وضعیت ناراحت کننده انجام دهد (Inavonna et al, 2018). چنین سازگاری نشان‌دهنده یک ارتباط با محیط است، زیرا فرد در برابر عوامل استرس‌زای حرارتی، پیشگیرانه‌تر عمل می‌کند (Brager and de Dear, 1998). این رابطه با محیط، به اشکال مختلفی از جمله سازگاری فیزیولوژیکی، سازگاری روانی و رفتاری ظاهر می‌شود (Humphreys et al, 2012). سازگاری فیزیولوژیکی به تغییر واکنش‌های سیستماتیک درونی ناشی از مواجهه مداوم با یک محرک اشاره دارد و در نهایت باعث کاهش تدریجی استرس ناشی از مواجهه می‌شود (Nikolopoulou, 2003). سازگاری روانشناختی به پاسخ‌های افراد به یک محرک خارجی بر اساس اطلاعاتی که از آن محرک دارند، اشاره دارد. به این ترتیب، آگاهی حرارتی از یک فضا تحت تأثیر عوامل روانشناختی قرار می‌گیرد که به نوبه خود می‌تواند بر این ادراک تأثیر بگذارد، از جمله انتظار و تجربه‌ای که فرد از فضا، آب و هوا یا زمان قرار گرفته در معرض آن دارند. سازگاری رفتاری شامل تمام تغییرات فیزیکی است که فرد می‌تواند برای تطبیق محیط با نیازهای خود ایجاد کند و دو نوع دارد: واکنشی و تعاملی (Enteria, 2020; Eliasson, 2007). تغییرات واکنشی، شخصی هستند، برای مثال، تغییر لایه‌های لباس، وضعیت بدن یا مکان، در حالی‌که تغییرات تعاملی شامل تغییراتی در محیط برای افزایش راحتی می‌شوند؛ این ممکن است به عنوان مثال شامل نصب سایه‌بان باشد. با این اوصاف، معمولاً سازگاری تعاملی در یک فضای عمومی بیرونی برای ایجاد آسایش حرارتی عملی نیست، زیرا ما معمولاً قادر به تغییر محیط نیستیم. در این زمینه، واکنش به خُرد اقلیم‌های فضای باز می‌تواند در مقایسه با زمانی که در شرایط آب و هوایی داخلی هستند، منفعلانه باشد (Eliasson et al, 2007).

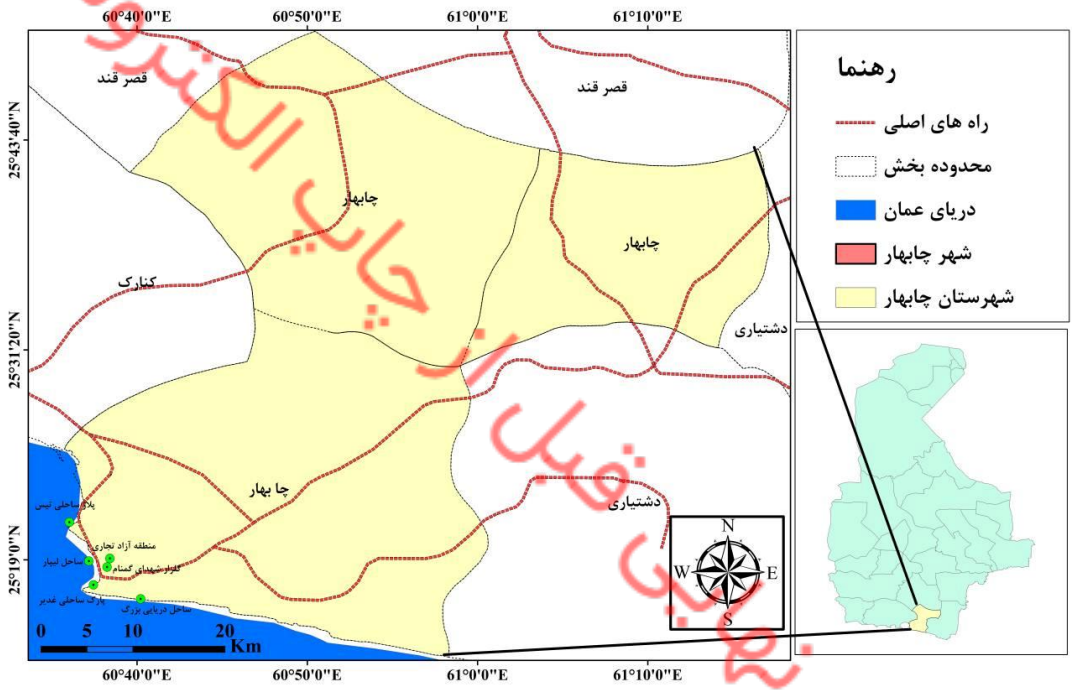
با وجود پژوهش‌های گسترده در زمینه‌ی سازگاری حرارتی، مطالعات اندکی به مقایسه رفتار سازگارانه بین گروه‌های مختلف کاربران (به ویژه ساکنان بومی در برابر گردشگران غیربومی) در اقلیم‌های گرم و مرطوب پرداخته‌اند. این مقاله یک مطالعه موردی منحصربه‌فرد را در بندر چابهار (جنوب‌شرق ایران) تحلیل می‌کند؛ جایی که نیمی از جامعه‌ی آماری (ساکنان بومی) فرصت اعمال تنظیمات رفتاری و روانی برای سازگاری حرارتی را دارند، در حالی که نیمی دیگر (گردشگران غیربومی) فاقد چنین فرصتی هستند. این تقابل، دو ویژگی رفتاری متفاوت با احساسات حرارتی متمایز ایجاد کرده است. این مطالعه ضمن ارزیابی آسایش حرارتی محیط، تکنیک‌های سازگاری (روانی و رفتاری) شرکت‌کنندگان را با استفاده از معیارهای ذهنی و عینی شناسایی می‌کند. اهداف تحقیق عبارتند از: (۱) ارزیابی ادراک حرارتی و ترجیحات عابران پیاده در فضاهای شهری متضاد، (۲) بررسی تأثیر سازگاری حرارتی بر احساس حرارتی انسان در مکان‌های مختلف، و (۳) شناسایی عوامل کلیدی مؤثر بر آسایش حرارتی در فضاهای باز با اقلیم گرم و مرطوب.

مواد و روش‌ها

محدوده مورد مطالعه

این مطالعه در بندر چابهار واقع در بین عرض‌های ۲۵° تا ۳۰ ' ۲۵° درجه شمالی و طول‌های جغرافیایی ۳۰ ' ۶۰° تا ۶۱° درجه شرقی انجام شده است (شکل۱). این شهر در طبقه‌بندی کوپن-گایگر، در دسته آب و هوای گرم و خشک (BWh) قرار دارد (Raziei, 2017). به طور کلی، آب و هوای مرطوب ساحلی با تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل و با تغییرات دمای فصلی کم مشخص می‌گردد (Keikha et al, 2024). میانگین دمای ماهانه در این منطقه حدود ۲۶ درجه سلسیوس تخمین زده می‌شود. حداقل میانگین دمای ماهانه در ژانویه و فوریه (حدود ۲۰ درجه سلسیوس) و حداکثر آن در ژوئن و ژوئیه (حدود ۳۰ درجه سلسیوس) رخ می‌دهد. میانگین دمای سالانه نیز بین ۲۵ تا ۲۷ درجه سلسیوس متغیر است (Armanfar et al., 2019). میانگین بارندگی ماهانه حدود ۱۰ میلی‌متر و میانگین بارندگی سالانه حدود ۱۲۰ میلی‌متر است. ضریب تغییرات بارندگی ماهانه و سالانه در این منطقه بالا بوده و بارندگی از اواسط پاییز تا اواخر زمستان متمرکز

است (Tavakoli & Mokhtari Karchegani. 2024). بندر چابهار، یکی از شهرهای کلیدی در سواحل جنوب‌شرقی ایران، که به دلیل پتانسیل قابل توجه گردشگری خود شناخته شده است. این منطقه با دریای تمیز و آرام، خلیج‌های خوش‌منظره، سواحل شنی، زیبایی‌های طبیعی، مناطق جنگلی و فرصت‌هایی برای فعالیت‌های ورزشی مختلف مانند موج‌سواری، غواصی، قایقرانی و پاراگلایدر، در کنار صحنه‌های اجتماعی پر جنب و جوش، گردشگران را به خود جذب می‌کند (Sabzevari et al., 2018). تعداد ۵ سایت مجزا با دو موقعیت مکانی متفاوت (ساحلی و خشکی) به عنوان مطالعه موردی انتخاب شده‌اند. این سایت‌های منتخب از این فرضیه پشتیبانی می‌کنند که عابران و گردشگران را به مدت زمان استفاده طولانی‌تری تشویق می‌کنند و بنابراین امکان بررسی آسایش حرارتی فضای باز شهری را فراهم می‌کنند. سایت‌های پنجگانه، همگی از مهم‌ترین و پُرترددترین نقاطِ حضورِ گردشگران در فصلِ اوجِ گردشگری محسوب می‌شوند. این سایت‌ها به‌گونه‌ای انتخاب شده‌اند که نمونهٔ بارزی از دو نوعِ فضایِ شهریِ ساحلی و خشکی درر چابهار باشند.



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه پژوهش

روش پژوهش

در این مطالعه، رأی احساس واقعی(ASV)، با آرای محاسبه شده از طریق احساس حرارتی (Y_{DS}) و شاخص اصلاح‌شده دمای معادل فیزیولوژیک (mPET)، جهت ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز شهری مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

رأی احساس واقعی

جهت ارزیابی احساس واقعی آسایش حرارتی از یک پرسشنامه از پیش طراحی شده توسط مؤسسه فناوری جورجیا تحت استانداردهای آشرا[1] استفاده شده است. داده ها در چندین موقعیت فضای باز شامل ساحل و بازار واقع در شهر چابهار در اواخر فصل زمستان و اوایل فصل بهار جمع آوری شده‌اند. شاخص ها بر این اساس انتخاب شده اند که می توانند با ویژگی های اقلیمی منطقه مورد مطالعه مناسب باشند. پرسشنامه آسایش حرارتی به طور تصادفی بر روی افراد حاضر در موقعیت های یاد شده اعمال شده است. این پرسشنامه با اصلاحات جزئی دارای چند بخش می باشد. بخش نخست به تعیین زمان حضور، موقعیت مکانی و فعالیت یا حالت فرد می پردازد. سپس مشخصات فردی (شامل سن، جنس، قد، نوع پوشش

[1] ASHRAE 55-2004

نسخه پذیرفته شده قبل از چاپ الکترونیک

و غیره) مورد پرسشگری قرار می گیرد. شرایط هوای موجود (شامل دمای تقریبی محیط و وضعیت آسمان) نیز تعیین می گردد. در بخش بعدی احساس واقعی از آسایش حرارتی در محیط مورد ارزیابی قرار می گیرد و در نهایت اطلاعات تکمیلی افراد از محیط جمع آوری می‌گردد. آرای احساس حرارتی از طریق یک مقیاس قضاوت ذهنی به دست آمده است که بر طبق استاندارد ISO 10551 می‌باشد. این مقیاس دارای ساختار متقارن دو قطبی (مثبت و منفی) با هفت درجه از شدت (از ۳- بسیار سرد تا ۳+ بسیار گرم) با نقطه مرکزی بی تفاوتی (صفر، خنثی) می‌باشد. تنش فیزیولوژیک معادل این دامنه های حرارتی عبارتند از سرد (۳-)، خنک (۲-)، کمی خنک (۱-)، خنثی (۰)، کمی گرم (۱+)، گرم (۲+) و داغ (۳+) را شامل می شود (جدول۱). پیش از این پرسش، درباره مدت حضور در مکان خاص، محیط حرارتی مکان قبلی و سطح احساس راحتی در مکان حاضر اطلاعات لازم کسب می‌گردد.

معادلات رگرسیونی آسایش حرارتی

معادلات آسایش حرارتی در فضای باز در مناطق مرطوب و گرم بر اساس روش شناسی پیشنهاد شده توسط (Sangkertadi and Syafriny, ۲۰۱٤) در اندونزی و (Lucchese et al, ۲۰۱۷) در برزیل می باشد. در روش شناسی پیشنهادی، سه معادله رگرسیون برای نمایش حالت های فعالیت توسعه یافته است که شامل: (۱) پیاده روی عادی (سرعت در حدود ۲ کیلومتر بر ساعت)، (۲) راه رفتن سریع (سرعت حدود ۴ تا ۵ کیلومتر بر ساعت) و (۳) افراد نشسته که فعالیت متوسطی انجام می دهند. در بررسی حاضر از معادله رگرسیون برای حالت افراد نشسته با فعالیت متوسط استفاده و برای محیط جغرافیایی پژوهش کالیبراسیون گردیده است. لازم به ذکر است که در بخش نخست پرسشنامه درباره فعالیت جاری افراد پرسیده شده است. این معادله رگرسیونی به شرح زیر است:

$$Y_{DS} = -۷۹۱ - ۰.۵۲\ v + ۰.۰۵T_a + ۰.۱۷T_g - ۰.۰۰۰۷\ RH + ۱.۴۳\ Adu$$

در اینجا، v سرعت باد (متر بر ثانیه) ، دمای هوا(T_a)، T_g دمای تابشی، RH رطوبت نسبی و Adu مساحت پوست بدن (مترمربع) است. یکی از پرکاربردترین فرمول ها برای محاسبه مقدار Adu ، فرمول Du Bios است (Du Bios and Du Bios, ۱۹۱٦).

$$Adu = ۰.۲۰۲ \times (Height\ (m))^{۰.۷۲۵} \times (Weight(kg))^{۰.۴۲۵}$$

دمای تابشی (T_g) نیز بر اساس روش شناسی ارائه شده توسط (Hajizadeh et al. ۲۰۱۷) محاسبه شده است. این روش شناسی بر مبنای برازش رگرسیون به RH،T_a و SR می باشد. در اینجا، SR تابش خورشیدی است که از NASA Giovanni NLDAS اخذ شده است.

$$T_g = ۰.۰۱۴۹۸\ SR + ۱.۱۸۴\ T_a - ۰.۰۷۸۹\ RH - ۲.۷۳۹$$

علاوه بر این، معادلات رگرسیونی برای ارزیابی شرایط آسایش حرارتی در فضای باز مناطق شهری بر اساس داده‌های میدانی جمع آوری شده در سائوپائولو در برزیل توسط (Monteiro and Alucci, ۲۰۱۲) پیشنهاد شده است. دمای معادل درک شده (TEP) به عنوان دمای معادل برای فردی با لباس های مناسب اقلیم، با وضعیت ایستاده، در شرایط بیرونی با رطوبت نسبی ۵۰ درصد و هوای ساکن (سرعت باد کمتر از ۰/۱ متر بر ثانیه) و میانگین دمای تابشی برابر با دمای هوا تعریف و بر اساس رابطه زیر به دست می آید:

$$TEP = -۳.۷۷۷ + ۰.۴۸۲۸\ T_a + ۰.۵۱۷۲T_{mrt} + ۰.۰۸۰۲\ RH - ۲.۳۲۲\ V_a$$

در اینجا، T_a، T_{mrt}،RH و V_a به ترتیب دمای هوا (سلسیوس)، میانگین دمای تابشی (سلسیوس)، رطوبت نسبی (درصد) و سرعت باد (متر برثانیه) است.

شاخص اصلاح‌شده دمای معادل فیزیولوژیک

دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) یک شاخص حرارتی است که به طور گسترده در زمینه زیست هواشناسی انسان استفاده می گردد و بر اساس بیلان انرژی بدن انسان می باشد (Höppe, ۱۹۹۹). این شاخص در راهنمای VDI ۳۷۸۷ (انجمن مهندسی آلمان) برای ارزیابی آسایش حرارتی انسان در محیط های بیرونی توصیه شده است. شاخص دمای معادل فیزیولوژیک یکی از سه شاخص حرارتی می باشد که بخشی از مدل ریمن می‌باشند و شار انرژی و پارامترهای بدن بر اساس مدل بیلان انرژی برای افراد، استوار است (Matzarakis et al. ۲۰۰۷). اطلاعات مورد نیاز برای برآورد تنش حرارتی انسان توسط شاخص دمای معادل فیزیولوژیکی شامل چهار دسته می باشند که عبارتند از:

(۱) اطلاعات مربوط به مشخصات موقعیت جغرافیایی. این اطلاعات شامل طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع و منطقه زمانی می‌باشد. این اطلاعات مربوط به موقعیت ایستگاه سینوپتیک چابهار می‌باشد که در عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۱۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی با ارتفاع ۸ متر از سطح دریای آزاد واقع شده است.

(۲) اطلاعات مربوط به عناصر اقلیمی. این اطلاعات شامل دمای هوا به درجه سلسیوس، فشار بخار به هکتوپاسکال(رطوبت نسبی به درصد)، سرعت باد به متر بر ثانیه، پوشش ابر به اُکتا و متوسط دمای تابشی محیط به سلسیوس می‌باشد. این اطلاعات برای ایستگاه سینوپتیک چابهار در بازه زمانی استاندارد ۲۰۲۰- ۱۹۹۱ به صورت ساعتی (سه ساعتی) از آرشیو اداره هواشناسی استان سیستان و بلوچستان تهیه شده است.

(۳) اطلاعات مربوط به متغیرهای فردی. این اطلاعات شامل ویژگی‌های فیزیولوژیک فردی مانند قد، وزن، جنس و سن می‌باشند.

(۴) اطلاعات مربوط به نوع پوشش و میزان فعالیت.

مجموعه اطلاعات گروه‌های (۱) و (۲) شامل اطلاعات جغرافیایی ایستگاه‌ها و متغیرهای هواشناسی می‌باشد و برای هر مکان متفاوت می‌باشد. مجموعه اطلاعات گروه‌های (۳) و (۴) شامل ارزش‌هایی هستند که در مدل نرم‌افزاری ریمن ثابت در نظر گرفته می‌شود(جدول۲).

جدول(۱) ارزش‌های ثابت در نظر گرفته شده در مدل نرم‌افزاری **RayMan Pro ۳،۱**

Personal Data		داده‌های فردی	Clothing and Activity		فعالیت و پوشش
Height	1.75 m	قد	Activity	80.0 W	فعالیت
Weight	75.0 kg	وزن	Clothing	0.90 clo	پوشش
Age	35	سن			
Sex	m	جنس			

لازم است اطلاعات عناصر اقلیمی شامل، دمای هوا به درجه سلسیوس، فشار بخار به هکتوپاسکال (رطوبت نسبی به درصد) و سرعت باد به متر بر ثانیه به صورت ساعتی یا روزانه برای هر سایت (مکان) ایجاد شود. در میان پارامترهای هواشناسی، میانگین دمای تابشی (T_{mrt}) مهم ترین پارامتر هواشناسی برای بدست آوردن بیلان انرژی انسان در طول شرایط تابستان می باشد و اثر قوی در شاخص‌های با اهمیت ترمو- فیزیولوژیکی مانند دمای معادل فیزیولوژیک دارد (Matzarakis et al. ۲۰۱۰). این پارامتر را می توان از طریق قانون استفان بولترمان به دست آورد. فرایند محاسبه مطابق با الزامات استانداردهای ISO ۷۷۲۶ است.

$$T_{mrt}(°C) = \sqrt[۴]{\left(S_{str}/(a_{۱}\sigma)\right)} - ۲۷۳.۲$$

نسخه پذیرفته شده قابل انتشار از چاپ الکترونیکی

در اینجا، σ ضریب ثابت استفان بولتزمان $۵.۶۷ * ۱۰^{-۸} W/m^{-۲}K^{-۱}$ و S_{str} چگالی متوسط شار تابشی از بدن است که طبق معادله زیر و از طریق شارهای تابشی موج کوتاه (K_i) و موج بلند (L_i) محاسبه می‌گردد.

$$S_{str} = a_k \sum_{i=۱}^{۶} K_i F_i + a_۱ \sum_{i=۱}^{۶} L_i F_i$$

دراینجا a_k و $a_۱$ به ترتیب ضرایب جذب برای تابش موج کوتاه و بلند و F_i فاکتور زاویه از سطوح جامد می باشند(Höppe, ۱۹۹۲). برای برآورد میانگین دمای تابشی در مطالعات بلندمدت بدون اندازه‌گیری مستقیم شارهای تابشی، می‌توان از طریق مدل‌های شبیه ریمن اقدام نمود. اطلاعات مورد نیاز برای برآورد این پارامتر مهم توسط (Matzarakis et al, 2007) تشریح شده است. شاخص دمای معادل فیزیولوژیک از جامع‌ترین و پُرکاربردترین شاخص‌های ترمو- فیزیولوژیکی برای ارزیابی شرایط زیست آب و هواشناختی و شناسایی منابع اقلیم گردشگری محسوب می‌گردد و مزیت اصلی آن ارائه بر حسب درجه سلسیوس می‌باشد (Matzarakis, 2007). دامنه‌های از شاخص دمای معادل فیزیولوژیک برای درجه‌های مختلف احساس حرارتی بوسیله انسان و تنش‌های فیزیولوژیک در جدول (۲) آورده شده است.

با این حال، PET دارای محدودیت های چندگانه نیز است. (۱) مکانیسم فیزیولوژیکی از مدل دو گره بیلان انرژی مونیخ برای افراد (MEMI) بیش از ۳۰ سال قدمت دارد و بنابراین قدیمی است، (۲) مکانیسم پوشش (لباس) به دلیل مدل تک گره، اثر ضعیفی دارد و (۳) PET تأثیر فشار بخار در مناطق گرم و مرطوب را ناچیز می انگارد. چن و ماتزاراکیس (Chen and Matzarakis, 2017) با چندین روش به این محدودیت ها پرداخته اند: (۱) با اعمال یک معادله بیو- حرارتی و مدل بدن چند بخشی (۱۶ تا ۲۶ گره) برای بهبود ترموفیزیولوژیک و تنظیم حرارت PET (۲) با استفاده از لباس (پوشش) چندلایه بر اساس عایق کل پوشش (۳) با اصلاح مکانیسم مورد استفاده برای انتقال شار گرمای نهان از پوست و لباس به هوا و (۴) با توسعه مدل اصلاح شدهPET (mPET) برای انطباق با شرایط اقلیمی، به ویژه شرایط مناطق گرم و مرطوب(Kántor and Unger, 2011; Lin et al. 2019). بنابراین، mPET انتظار می‌رود که ارزیابی واقعی‌تر برای شرایط حرارتی با ملاحظه اتخاذ فاکتورهای پوشش و رطوبت باشد.

جدول ۲. طبقات و دامنه های احساس آسایش حرارتی

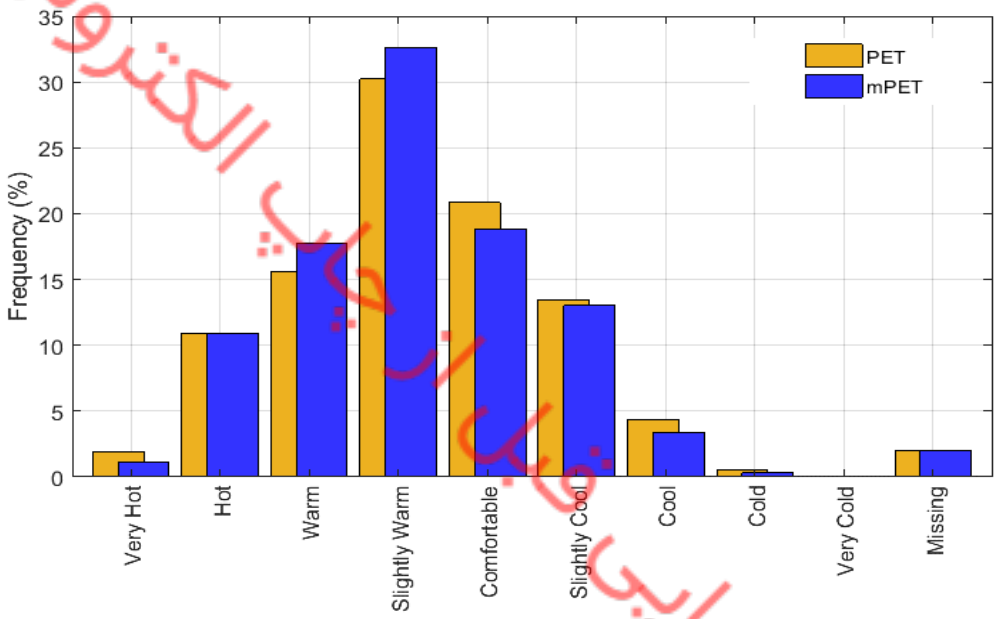
نوع احساس		TSV	mPET	Y_{DS}
Very cold	تنش سرمایی شدید	-۳	< ۴	-۳
cold	تنش سرمای متوسط	-۲	۴ to 8	-۲
Slightly cold	تنش سرمای خفیف	-۱	۸ to 18	-۱
Neutral	بدون تنش	۰	۱۸ to 23	۰
Slightly hot	تنش گرمای خفیف	+۱	۲۳ to 35	+۱
Hot	تنش گرمای متوسط	+۲	۳۵ to 41	+۲
Very hot	تنش گرمای شدید	+۳	> ۴۱	+۳

نتایج و بحث

در بخش اول یافته‌ها به ارزیابی آسایش حرارتی برپایه شاخص اصلاح‌شده دمای معادل فیزیولوژیکی پرداخته شده است. در این مدل نرم افزاری RayMan Pro 3.1، پارامترهای اقلیمی در فایل دادهای مخصوص (Datafile) ذخیره و به محیط نرم افزار وارد شده‌اند. سایر اطلاعات لازم مانند مختصات جغرافیایی سایت (طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع و منطقه

زمانی)، اطلاعات فردی (قد، جرم، سن و جنس)، نوع پوشش، میزان فعالیت و حالت فرد نیز از طریق پنجره های مخصوص به هریک از اطلاعات وارد مدل شده است. این مدل قادر است با تنظیمات خاص، شاخص های حرارتی ششگانه را محاسبه نماید که mPET یکی از به‌روزترین آن‌ها بوده که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفته است.

فراوانی ماهانه وقوع آسایش حرارتی در بندر چابهار، بر اساس شاخص mPET در طول سال، در شکل(۲) برآورد و با شاخص PET مقایسه شده است. بر این اساس، شرایط آسایش حرارتی در چابهار به مدت ۲۰ درصد از سال، معادل ۷۳ روز، حاکم است. بیشترین فراوانی رخداد متعلق به شرایط حرارتی کمی گرم، حدود ۳۰ درصد است. تنش حرارتی شدید، یعنی گرم، کمتر از ۵ درصد و تنش حرارتی متوسط (گرم) حدود ۱۵ درصد نشان داده شده است. تنش حرارتی ملایم (کمی خنک) نزدیک به ۱۵ درصد است، در حالی که تنش حرارتی متوسط (خنک) و تنش حرارتی (سرد) کمتر از ۵ درصد است. به دلیل شرایط جغرافیایی و اقلیمی، تنش حرارتی بسیار سرد در این موقعیت مکانی رخ نمی‌دهد.

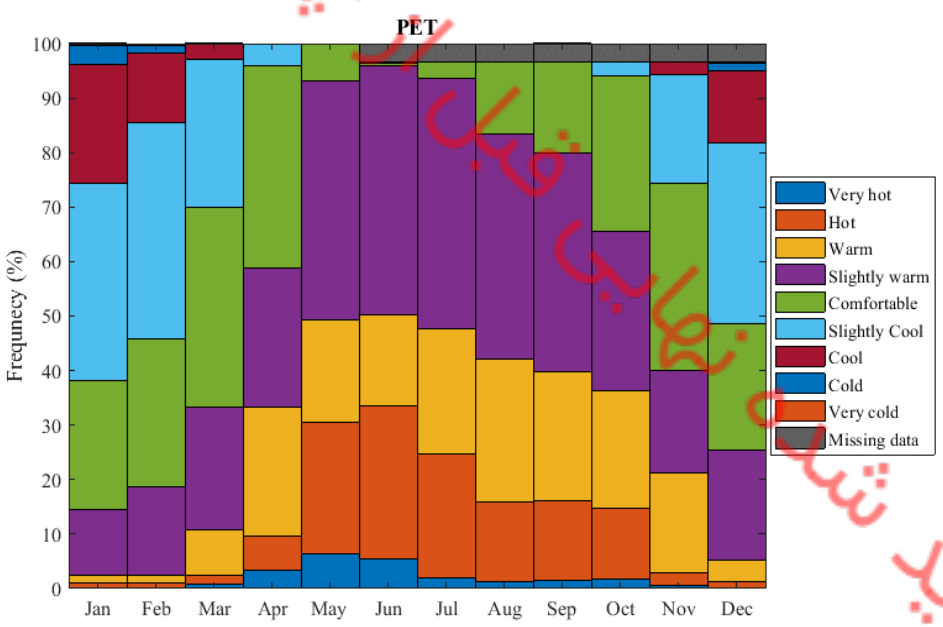


شکل ۲. مقایسه طبقات آسایش حرارتی در بندر چابهار بر اساس شاخص‌های PET و mPET(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

فراوانی ماهانه طبقات شاخص PET اصلاح شده، یعنی mPET، در شکل (۳) و جدول (۳) نشان داده شده است. طبق نتایج، آسایش حرارتی در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس و آوریل وجود دارد. در ماه‌های مه، ژوئن، ژوئیه و اوت، آسایش حرارتی بسیار ناچیز و عملاً وجود ندارد. از سپتامبر به بعد، آسایش حرارتی دوباره آغاز می‌شود و تا دسامبر ادامه می‌یابد. بیشترین فراوانی وقوع آسایش حرارتی در ماه‌های مارس، آوریل و نوامبر مشاهده می‌شود. از اکتبر به بعد، طبقات مرتبط با استرس سرمایی شروع به ظاهر شدن می‌کنند و در دسامبر، ژانویه و فوریه به بالاترین فراوانی خود می‌رسند و از آوریل به بعد، این تنش سرمایی ظاهر نمی‌شود. وقوع تنش حرارتی کمی‌گرم یا تنش حرارتی ملایم در تمام ماه‌های سال وجود دارد؛ این تنش حرارتی از می تا سپتامبر به حداکثر خود می‌رسد و در ژانویه و فوریه از فراوانی آن کاسته می‌شود. تنش حرارتی گرم از فوریه افزایش می‌یابد، در ژولای به حداکثر خود می‌رسد و از دسامبر کاهش می‌یابد و در ژانویه و فوریه وجود ندارد. تنش حرارتی شدید (گرم) از می تا اکتبر وجود دارد و از نوامبر تا فوریه به طور ناچیزی رخ می‌دهد. به طور کلی، در شاخص mPET ، فراوانی وقوع احساس حرارتی گرم بیشتر از طبقات سرد است که نشان می‌دهد چابهار به طور کلی شهری با آب و هوای گرم است.

جدول ۳. درصد فراوانی ماهانه از طبقات آسایش حرارتی در بندر چابهار بر اساس شاخص **mPET** (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
Very hot	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۱۲	۱.۲۴	۴.۶۱	۳.۷۲	۱.۲۱	۱.۰۶	۰.۴۶	۰.۸۹	۰.۱۸	۰.۰۰
Hot	۰.۱۲	۰.۳۷	۱.۸۹	۶.۶۰	۲۴.۸۳	۳۱.۰۸	۲۳.۶۲	۱۴.۲۱	۱۴.۳۳	۱۱.۵۱	۱.۰۶	۰.۳۸
Warm	۱.۶۱	۱.۸۳	۸.۲۷	۲۵.۱۳	۲۱.۴۸	۲۶.۰۴	۲۸.۰۲	۲۸.۶۰	۲۶.۲۵	۲۴.۵۲	۱۷.۴۹	۳.۱۵
Slightly warm	۱۳.۷۹	۱۸.۳۱	۲۵.۷۲	۳۴.۳۱	۴۵.۲۴	۳۵.۲۴	۴۱.۸۵	۴۴.۶۲	۴۵.۵۷	۳۹.۴۸	۲۳.۸۶	۲۲.۳۹
Comfortable	**۲۵.۳۶**	**۲۹.۹۵**	**۳۹.۱۱**	**۲۹.۵۸**	۳.۶۴	۰.۳۵	۱.۹۲	۸.۱۵	۱۰.۰۱	۱۸.۲۳	**۳۵.۱۰**	**۲۵.۷۳**
Slightly cool	۳۹.۰۱	۳۹.۰۲	۲۳.۲۰	۳.۱۰	۰.۰۳	۰.۰۶	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۲.۰۳	۱۷.۱۴	۳۳.۹۷
Cool	۱۸.۲۸	۹.۴۲	۱.۶۱	۰.۰۳	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۱.۸۳	۹.۹۵
Cold	۱.۷۱	۰.۹۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۱.۰۲
Very cold	۰.۰۸	۰.۰۶	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
missing data	۰.۰۴	۰.۱۵	۰.۰۷	۰.۰۳	۰.۱۷	۳.۵۱	۳.۳۷	۳.۳۶	۳.۳۸	۳.۳۶	۳.۳۳	۳.۴۳



شکل ۳. فراوانی ماهانه طبقات آسایش حرارتی در بندر چابهار بر اساس شاخص mPET(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

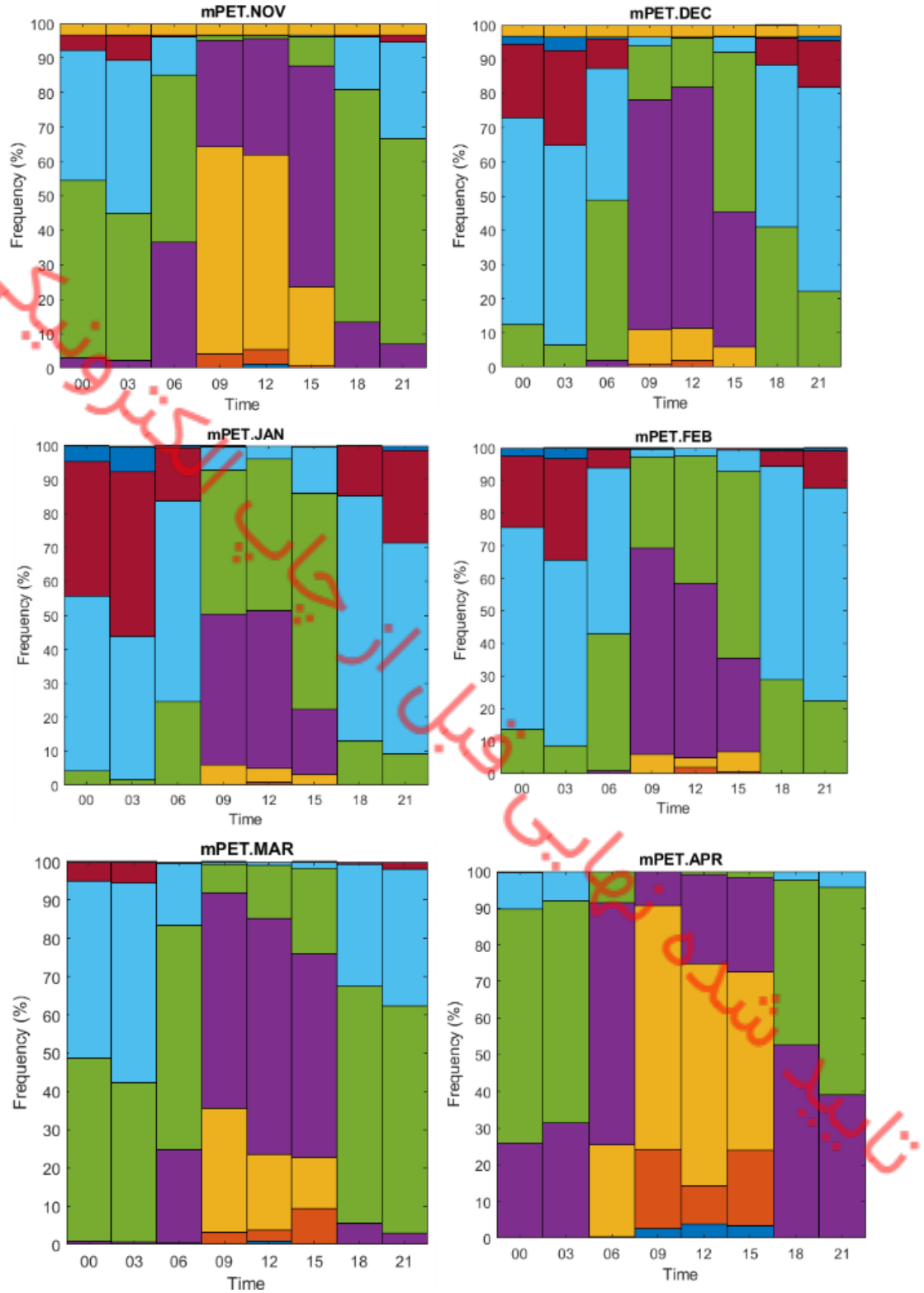
با توجه به اینکه فراوانی ماهانه وقوع آسایش حرارتی از نوامبر تا آوریل، بر اساس شاخص mPET، بیش از ۲۵ درصد تخمین زده می‌شود، این دوره را می‌توان به عنوان مناسب‌ترین فصل برای فعالیت‌های گردشگری در امتداد نوار ساحلی چابهار شناسایی کرد. با این حال، ارزیابی آسایش حرارتی صرفاً بر اساس میانگین‌های ماهانه کافی نیست، زیرا شرایط حرارتی در ساعات مختلف روز به طور قابل توجهی متفاوت است. بنابراین، برای دستیابی به یک الگوی واقع‌بینانه‌تر و کاربردی‌تر، بررسی توزیع ساعتی طبقات آسایش حرارتی ضروری است. به همین دلیل، در این مطالعه، فراوانی ساعتی mPET فقط برای ماه‌های مذکور (نوامبر تا آوریل) محاسبه و ارائه شده است (شکل۴).

بر اساس نتایج شاخص mPET، آسایش حرارتی در ماه نوامبر پس از یک دوره طولانی بدون آسایش حرارتی ظاهر می‌شود. علاوه بر این، فراوانی ساعات با استرس سرمایی خفیف افزایش می‌یابد. در این زمان از سال، ساعات صبح بالاترین تناسب حرارتی را برای گذراندن وقت در فضای باز دارند. ساعات ظهر با استرس گرمایی مرتبط هستند، در حالی که ساعات شب آسایش حرارتی را ارائه می‌دهند. تعداد ساعات آسایش حرارتی در ماه دسامبر افزایش یافته، به طوری که آسایش حرارتی در تمام ساعات شبانه روز وجود دارد. بیشترین فراوانی آسایش حرارتی در ساعات روز از ساعت ۰۶:۰۰ تا ۱۵:۰۰ رخ می‌دهد. ساعات عصر و شب با استرس سرمایی خفیف و متوسط همراه است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده برای ماه ژانویه، آسایش حرارتی از ساعت ۹:۰۰ تا ۱۵:۰۰ (۱۲:۳۰ تا ۱۸:۳۰ به وقت محلی) بیشترین درصد فراوانی را دارد. بنابراین در این ماه، آسایش حرارتی به مدت ۶ ساعت، حاکم است. از ساعت ۱۸:۰۰ تا ۰۶:۰۰ هوا سرد می‌شود و استرس سرمای ملایم بیشترین فراوانی را در این بازه زمانی دارد. در ماه فوریه، آسایش حرارتی در ساعت ۶:۰۰ نسبت به ژانویه فراوانی بیشتری دارند، زیرا هوا به تدریج گرم‌تر می‌شود. بنابراین، محدوده آسایش حرارتی در فوریه گسترده‌تر از ژانویه می‌شود. با توجه به این تفاوت، می‌توان گفت که در این دوره از سال، گردشگران و ساکنان محلی می‌توانند بیشتر از ماه قبل پیاده‌روی کنند و از فعالیت‌های فضای باز لذت ببرند. با این حال، در این ماه، هوا از ساعت ۱۸:۰۰ تا ۶:۰۰ همچنان سرد است و بیشترین فراوانی مربوط به تنش سرمای خفیف است. در ماه مارس، فراوانی ساعتی آسایش حرارتی افزایش می‌یابد، به طوری که آسایش در ساعت ۰۰:۰۰ نیز وجود دارد و به مردم اجازه می‌دهد در ساحل پیاده‌روی و ورزش کنند. در واقع، آسایش حرارتی در اوایل صبح و اواخر عصر قابل توجه است. نکته قابل توجه در این ماه این است که از ساعت ۰۶:۰۰ تا ۱۵:۰۰، هوا گرم‌تر می‌شود و استرس گرمایی خفیف بیشتر دیده می‌شود. علاوه بر این، فراوانی استرس سرمایی خفیف در این ماه کاهش می‌یابد.

در ماه آوریل، از ساعت ۶:۰۰ تا ۱۵:۰۰ هیچ آسایش حرارتی وجود ندارد. در این ساعات، بیشترین رخدادها، هوای گرم یا استرس گرمایی متوسط است و هیچ استرس سرمایی مشاهده نمی‌شود. آسایش حرارتی در این ماه از ساعت ۱۸:۰۰ تا ۰۳:۰۰ وجود دارد. بنابراین، در این دوره از سال، آسایش حرارتی در فضای باز به ساعات شب محدود می‌شود و فعالیت طولانی مدت در فضای باز در طول روز توصیه نمی‌شود. در ماه‌های مه، ژوئن، ژوئیه، اوت، نوامبر و سپتامبر، هیچ آسایش حرارتی قابل توجهی در هیچ ساعتی از روز یا شب مشاهده نمی‌شود. به طور کلی، ساعات روز در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه و ساعات شب در ماه‌های مارس، آوریل و نوامبر مناسب‌ترین زمان‌ها برای فعالیت‌های فضای باز هستند.

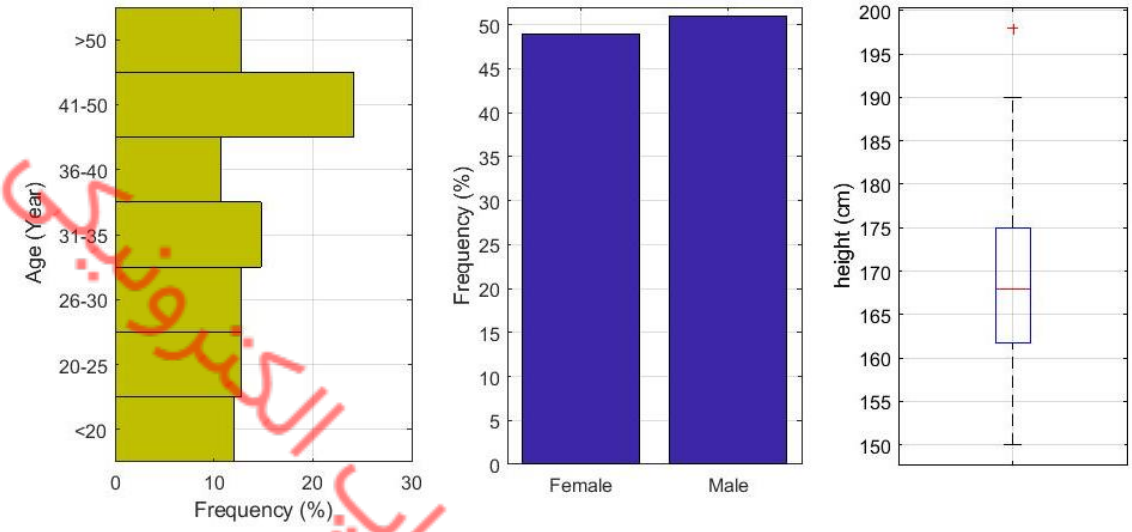
تایید شده نهایی



شکل ۴. فراوانی ساعتی طبقات آسایش حرارتی در بندر چابهار بر اساس شاخص mPET(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳)

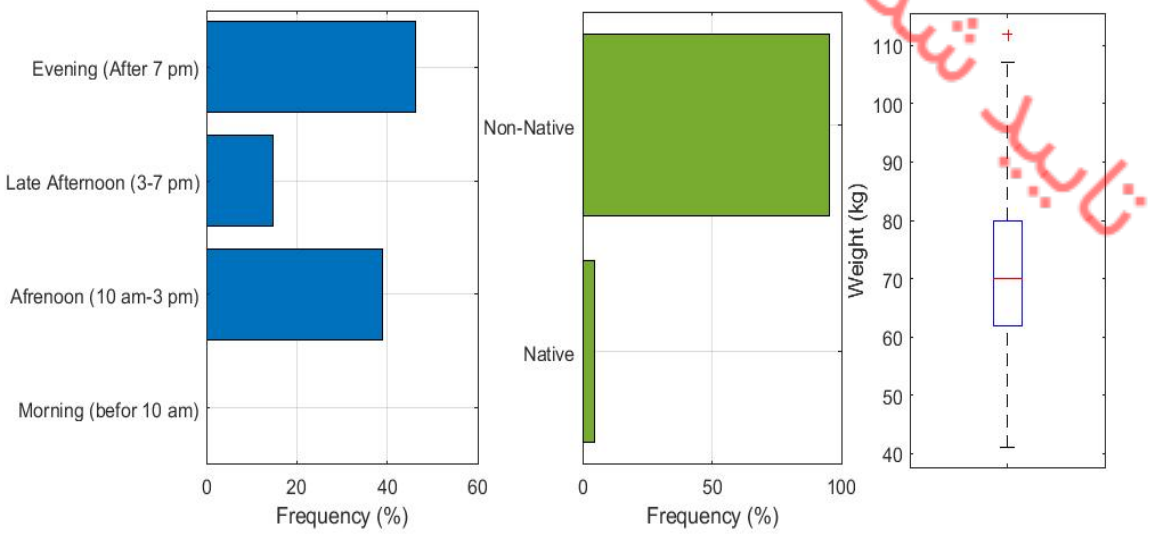
در بخش دوم یافته‌ها به ارزیابی احساس واقعی آسایش حرارتی و تکنیک‌های سازگاری افراد براساس معیارهای ذهنی و عینی پرداخته شده است. در این مرحله، تعداد ۱۴۹ پرسشنامه درباره احساس واقعی آسایش حرارتی از افراد بومی و غیربومی در روزهای ۲۸ و ۲۹ اسفند سال ۱۴۰۰ و ۱ فروردین سال ۱۴۰۱ در موقعیت‌های فضای باز شهری شامل پلاژ

ساحلی تیس، ساحل لیپار، ساحل دریای بزرگ، پارک ساحلی غدیر و منطقه آزاد تجاری، تکمیل و تجزیه و تحلیل شده است. خلاصه اطلاعات پایه‌ای افراد مورد پرسش‌گری در شکل (۵) آورده شده است. ٪۵۱ از افراد را مردان و ٪۴۹ را زنان تشکیل داده‌اند. قد افراد در دامنه بین ۱۵۰ و ۱۹۸ سانتی‌متر با میانه ۱۶۸ و میانگین ۱۷۰ سانتی‌متر بوده است.



شکل ۵. مشخصات جمعیت‌شناختی افراد مورد پرسش‌گری درباره احساس واقعی آسایش حرارتی(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

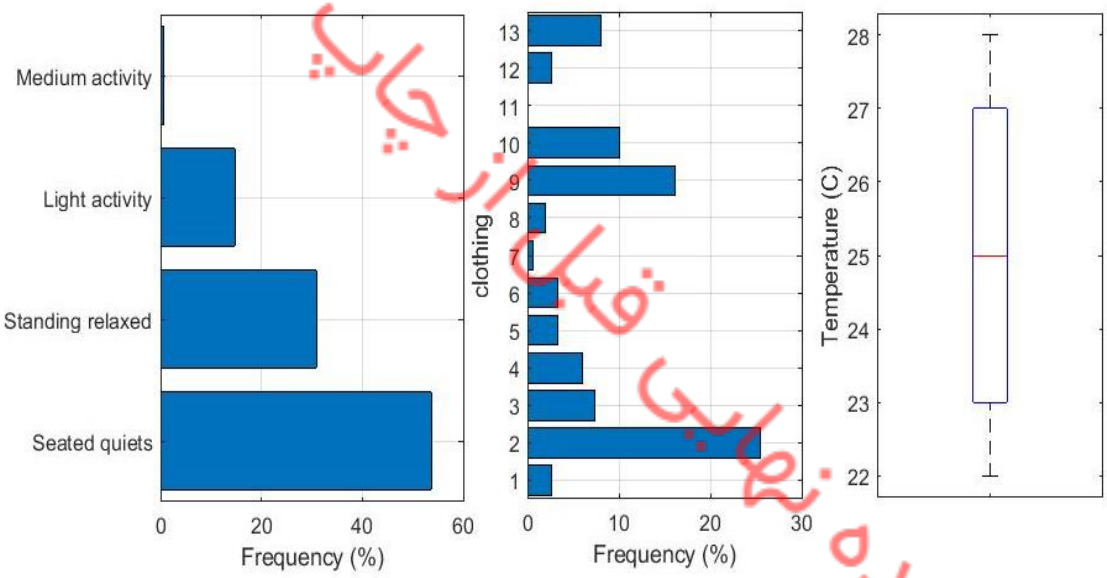
وضعیت زمان حضور در محیط، وزن، بومی و غیربومی بودن افراد نیز در شکل (۶) نشان داده شده است. براساس نتایج مشاهده شده، میانگین، حداقل و حداکثر وزن افراد به ترتیب، ۷۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم بوده است. غالب افراد (حدود ٪۹۸) مورد پرسش‌گری دارای وضعیت غیربومی بوده‌اند. زیرا پرسشنامه‌ها زمانی توزیع شده‌اند که شرایط محیطی برای پذیرای گردشگران مهیا بوده و اغلب افراد غیربومی برای گذراندن اوقات فراغت و خرید به این شهر بندی مراجعه کرده بودند. زمان‌های حضور افراد در محیط باز نیز مورد ارزیابی قرار گرفته است. براساس مشاهدات، قبل از ساعت ۱۰ صبح، کسی در محل حاضر نبوده است. در بازه زمانی ۱۰ تا ۱۵ بعدازظهر، ٪۴۰ از افراد حضور داشته اند. از ساعت ۱۵ تا ۱۹ بعدازظهر از تعداد افراد حاضر در محل کاسته شده و پس از ساعت ۱۹ اوج حضور افراد در محیط بوده است. این ساعات حضور افراد با ساعات آسایش حرارتی ماه مارس (شکل۴) کاملاً در تطابق بوده و نمونه‌ای از سازگاری افراد با محیط می‌باشد.



تایید شده نهایی قبل از چاپ الکترونیکی

شکل ۶. وضعیت بومی و غیربومی، وزن و زمان حضور افراد مورد پرسش‌گری در فضای باز شهری(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

وضعیت دمای محیط، پوشش لباس و فعالیت جاری افراد در فضای باز نیز تحلیل شده است. براساس نتایج بدست آمده افراد مورد بررسی فعالیت سنگین نداشته اند آنان بیشتر کنار ساحل ایستاده، نشسته یا در حال قدم زدن بوده اند. نمودار وسط از شکل (۷) نتایج فراوانی پوشش لباس زنان و مردان را نشان می‌دند که نوع پوشش آن در شکل (۸) نشان داده شده است. در این شکل کد ۱ تا ۷ مربوط به زنان و کدهای ۸ تا ۱۵ مربوط به نوع پوشش زنان است. براساس نتایج حاصل، کد ۲، بیشترین نوع پوشش در بین زنان را داشته است این پوشش یک فرم لباس معمولی و متناسب با محیط است. بیشترین نوع پوشش در بین مردان ابتدا کد ۹، سپس ۱۰ و در نهایت کد ۱۳ بوده است. این نوع پوشش‌ها نشان از آن دارد که مردان نسبت به زنان در انتخاب لباس آزادی عمل بیشتری دارند و لباس راحت‌تری می پوشند. نمودار سوم از شکل (۷)، دمای تقریبی محیط را مورد بررسی قرار می‌دهد. میانگین، حداقل و حداکثر دمای محیط به ترتیب ۲۵، ۲۳ و ۲۷ درجه سلسیوس در بازه پرسش‌گری بوده است. انتخاب فعالیت سبک، نوع پوشش و بررسی دمای محیط نیز نمونه‌های از سازگاری افراد با محیط می‌باشد.



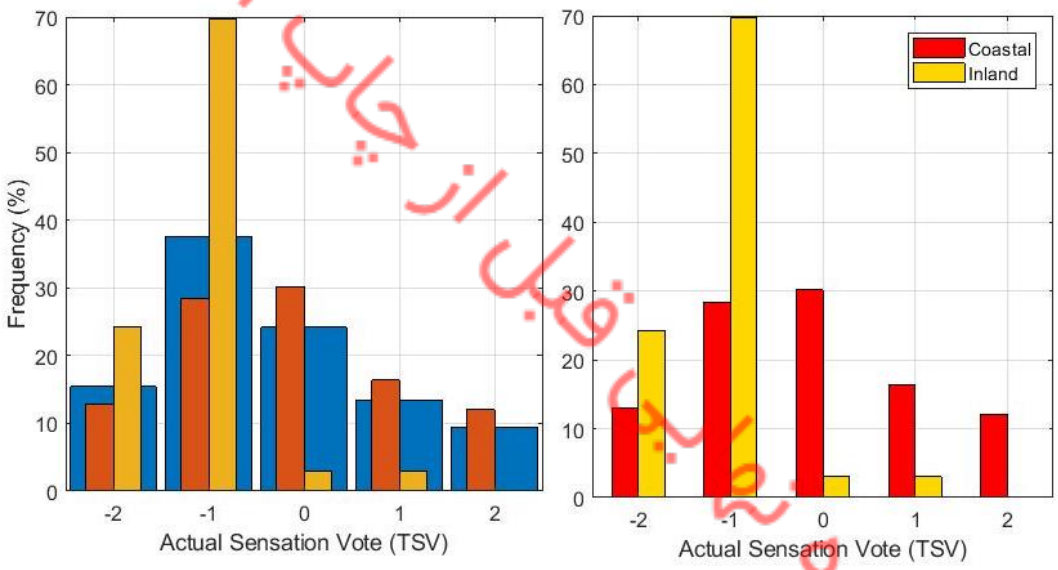
شکل ۷. وضعیت دمای محیط، پوشش لباس و فعالیت جاری افراد در فضای باز شهری(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)



شکل ۸. وضعیت پوشش لباس افراد حاضر در فضای باز شهری(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

احساس واقعی افراد از آسایش حرارتی در محیط باز نیز مورد تحلیل قرار گرفته است (شکل۹). دامنه شاخص احساس واقعی آسایش حرارتی یا TSV از ۳- تا ۳+ متغیر است. کد صفر شرایط بدون تنش یا آسایش، کد ۱- تا ۳- تنش سرمایی و کد ۱+ تا ۳+ تنش گرمایی را بیان می‌کند. براساس نتایج حاصل، افراد حاضر در سایت خشکی (منطقه آزاد تجاری) احساس آسایش حرارتی مطلوب و خنک را نسبت به افراد حاضر در سایت‌های ساحلی داشته‌اند. انتخاب زمان

حضور در فضای باز و انتخاب نوع فضا نیز نمونه‌های از سازگاری افراد با محیط می‌باشد که در این یافته‌ها نمود یافته است. نسیم دریا و خشکی که در ساعات شب از سمت خشکی به دریا می‌وزد باعث ایجاد احساس آسایش حرارتی و خنکی در افراد حاضر در سایت‌های واقع در خشکی گردیده است. به دلیل شرایط خشکی محیط، زمان آغاز نسیم خشکی در شب زودهنگام بوده و افراد حاضر در فضای باز آن را تجربه می‌نمایند. افراد حاضر در سایت‌های ساحلی احساس‌های گرم را نسبت به افراد حاضر در سایت‌های خشکی بیشتر داشته‌اند. شبکه شهری پیچیده بدون لحاظ زهکشی باد سبب ناکارآمدی جریان نسیم خشکی در محیط‌های ساحلی گردیده و هوای مرطوب و گرم‌تری را ایجاد می‌نماید. با این اوصاف، بر اساس اظهارات شخصی افراد، ٪۸۰ احساس راحتی بیشتری نسبت به محیط قبل داشته‌اند و تنها ٪۲۰ از افراد شرایط خنثی یا عدم راحتی را بیان کرده‌اند. بنابراین انتخاب هوشمند زمان و مکان حضور در فضای باز می‌تواند احساس بهتری از محیط جدید به افراد منتقل نماید. لازم به ذکر است که این تفسیر، مبتنی بر مشاهدات کیفی و تفاوت احساس حرارتیِ گزارش‌شده توسط کاربران است و مستلزم پژوهش‌های مجزایی با اندازه‌گیریِ دقیقِ پارامترهای هندسی و کالبدیِ شهری (مانند نسبت ارتفاع به عرض، جهت خیابان،ضریب منظر آسمان و غیره) برای تبدیل به یک نتیجه‌گیریِ مستندِ کمی می‌باشد.



شکل ۹. شرایط احساس واقعی از آسایش حرارتی افراد حاضر در فضای باز شهری(منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

یک تحلیل رگرسیونی بین احساس واقعی آسایش حرارتی (ASV یا TSV) و اطلاعات مشخصات فردی و شرایط افراد انجام گرفته است. نتایج نشان داده است مشخصه‌های فردی و انتخاب‌های وی قادر است ٪۴۱ از احساس واقعی آسایش حرارتی او را از محیط را تبیین کند (جدول ۴ و ۵) که به شدت وابسته به سازگاری فرد با محیط می‌باشد. دستکاری محیط فضای باز شهری و توسعه فضاهای سازگارانه با اقلیم می‌تواند رضایت افراد از محیط و احساس راحتی وی را افزایش دهد. بنابراین، نتایج تحلیل رگرسیون خطی چندگانه نشان داد که ترکیب متغیرهای فردی و رفتاری، با ضریب همبستگی چندگانه ۰/۶۴ (جدول۴)، توانسته است ۴۱ درصد از واریانس احساس واقعی آسایش حرارتی را تبیین نماید. مقدار تعدیل‌شده ضریب تعیین (۰/۳۷) نیز برازشِ قابل‌قبولِ مدل را با لحاظ تعدادِ متغیرها تأیید می‌کند.

نسخه پیش از چاپ قبل از چاپ الکترونیکی

جدول۴. تحلیل رگرسیون بین (**ASV**) و اطلاعات مشخصات فردی و شرایط موجود افراد(**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴**)

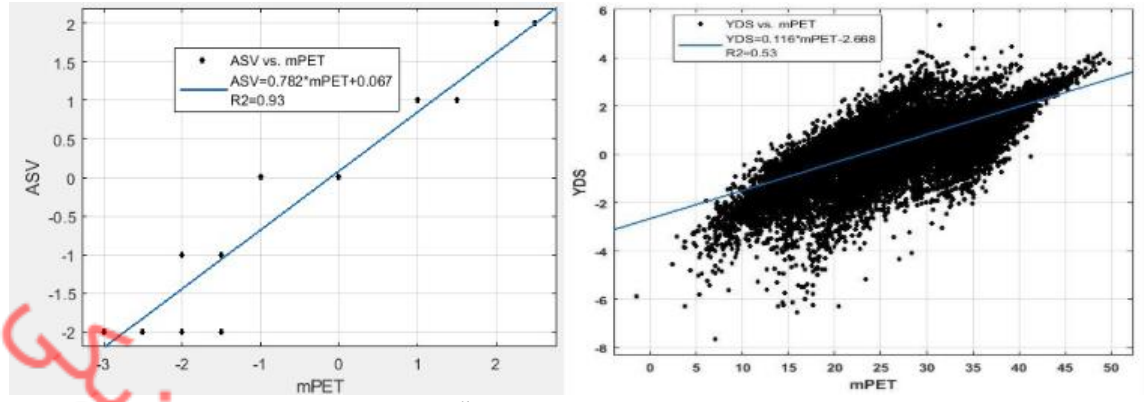
Regression Statistics	
Multiple R	**0.64**
R Square	0.41
Adjusted R Square	0.37
Standard Error	0.94
Observations	148.00

جدول۵. تحلیل واریانس رگرسیون بین (**ASV**)، مشخصات فردی و شرایط موجود افراد(**منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴**)

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	9	83.34	9.26	10.59	0.00
Residual	138	120.68	0.87		
Total	147	204.02			

همبستگی بین شاخص احساس واقعی آسایش حرارتی (ASV) و شاخص اصلاح شده دمای معادل فیزیولوژیک (mPET) و همچنین شاخص منتج از معادله رگرسیونی (Y_{DS}) و شاخص اصلاح شده دمای معادل فیزیولوژیک (mPET) در شکل (۹) آورده شده است. نتایج نشان داد که یک همبستگی بسیار قوی (۰/۹۶) بین شاخص احساس واقعی آسایش حرارتی (ASV) و شاخص اصلاح شده دمای معادل فیزیولوژیک (mPET) برقرار است. بنابراین شاخص اصلاح شده دمای معادل فیزیولوژیک (mPET) به خوبی قادر است شرایط آسایش حرارتی را به ویژه در محیط‌های گرم و مرطوب مدل‌سازی نماید. یک همبستگی قوی (۰/۷۳) نیز شاخص منتج از معادله رگرسیونی (Y_{DS}) و شاخص اصلاح شده دمای معادل فیزیولوژیک (mPET) برقرار می‌باشد. بنابراین یک معادله رگرسیونی منتج از متغیرهای اقلیمی نیز به خوبی می‌تواند رفتار شاخص اصلاح شده دمای معادل فیزیولوژیک (mPET) را پیش‌بینی نماید (شکل ۱۰).

برای ارزیابیِ دقیق‌ترِ عملکردِ شاخص mPET در برآوردِ احساس واقعیِ آسایش حرارتی(ASV)، علاوه بر ضریب همبستگیِ پیرسون، شاخص‌های خطای ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE)، میانگین قدرمطلق خطا (MAE)، میانگین خطای اریبی (MBE) و ضریب تعیین(R^2) محاسبه گردید. مقادیر RMSE و MAE به‌ترتیب برابر با ۲/۱۴ و ۱/۶۸ به‌دست آمد که نشان‌دهنده دقّتِ قابل‌قبولِ mPET در مقیاسِ طبقاتِ هفت‌گانه آسایش حرارتی است. مقدار منفی از شاخص MBE (۰/۴۲-) نیز حاکی از اُریبی بسیار جزئیmPET به سوی برآورد خنک‌تر از احساس واقعی است که می‌تواند ناشی از تفاوت‌های روانی و انتظارات افراد در مواجهه با شرایط ساحلی باشد. ضریب تعیین (۰/۹۲) نیز مؤید آن است که شاخص مذکور، بیش از ۹۰ درصد از واریانس احساس واقعی را تبیین می‌کند. این یافته‌ها اعتبار بالایmPET را در اقلیم‌های گرم و مرطوب، همان‌گونه که در پژوهش‌های (Chen and Matzarakis, ۲۰۱۷; Lin et al., ۲۰۱۹) گزارش شده است، تأیید و نشان می‌دهد که این شاخص، ابزاری قابل‌اعتماد برای ارزیابیِ آسایش حرارتی در نوار ساحلی جنوب‌شرق ایران محسوب می‌شود.



شکل ۱۰. ضرایب همبستگی و معادلات رگرسیونی بین شاخص‌های ارزیابی آسایش حرارتی (منبع: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۴)

نتیجه‌گیری

این مطالعه با هدف ارزیابی آسایش حرارتی و شناسایی رفتارهای سازگارانه در فضاهای باز شهری بندر چابهار، به عنوان نمونه‌ای از اقلیم گرم و مرطوب ساحلی جنوب‌شرق ایران، انجام شد. نتایج حاصل از شاخص اصلاح‌شده دمای معادل فیزیولوژیک(mPET) نشان داد که شرایط آسایش حرارتی در این شهر تنها حدود ۲۰ درصد از سال (معادل ۷۳ روز) حاکم است و بهترین بازه زمانی برای فعالیت‌های گردشگری و حضور در فضای باز، ماه‌های نوامبر تا آوریل می‌باشد. بررسی توزیع ساعتی آسایش حرارتی نیز مشخص ساخت که در ماه‌های دسامبر، ژانویه و فوریه، ساعات روز و در ماه‌های مارس، آوریل و نوامبر، ساعات شب، مناسب‌ترین زمان‌ها برای حضور در فضای باز هستند.

به‌طور مکمل، رطوبت بالای ناشی از مجاورت با دریای عمان (به‌ویژه در ماه‌های گرم سال) و استقرار پرفشار جنب‌حاره‌ی عربستان، با مهار خنک‌سازی تبخیری و افزایش دمای تابشی، توجیه‌گر غلبه‌ی طبقات گرمایی بر سرمایی و عدم آسایش حرارتی در ماه‌های ژوئن تا سپتامبر است. با این حال، واکاوی عمیق‌ترِ گردش‌های همدیدِ منطقه‌ای، فراتر از موضوع این پژوهش خُرداقلیمی بوده و می‌تواند محور تحقیقات آینده قرار گیرد.

یافته‌های حاصل از پرسش‌نامه احساس واقعی آسایش حرارتی(ASV)، نشان داد که افراد بومی و غیربومی به طور هوشمندانه زمان و مکان حضور خود را بر اساس شرایط حرارتی انتخاب می‌کنند. به طوری که اوج حضور افراد در ساعات عصر(پس از ساعت ۱۹) ثبت شد که کاملاً با ساعات آسایش حرارتی منطبق است. همچنین افراد حاضر در سایت‌های خشکی(منطقه آزاد تجاری) نسبت به سایت‌های ساحلی، احساس آسایش بیشتری داشتند که این امر ناشی از وزش نسیم خشکی در شب و عدم کارآمدی جریان باد در شبکه شهری ساحلی است. تحلیل رگرسیونی نیز نشان داد که مشخصات فردی و انتخاب‌های رفتاری افراد (مانند نوع پوشش، زمان حضور و انتخاب مکان) قادر است حدود ۶۴ درصد از تغییرات احساس واقعی آسایش حرارتی را تبیین کند که مؤید نقش کلیدی سازگاری رفتاری و روانی در تعدیل تنش‌های حرارتی است.

همبستگی بسیار قوی (۰/۹۶) بین شاخص ASV و mPET نشان داد که شاخص اصلاح‌شده دمای معادل فیزیولوژیک، ابزاری معتبر و کارآمد برای ارزیابی آسایش حرارتی در اقلیم‌های گرم و مرطوب محسوب می‌شود. همچنین همبستگی قوی (۰/۷۳) بین شاخص حاصل از معادله رگرسیونی (Y_{DS}) و mPET حاکی از آن است که می‌توان با استفاده از متغیرهای اقلیمی قابل اندازه‌گیری، شرایط آسایش حرارتی را با دقت مناسبی برآورد کرد.

در مجموع، این مطالعه نشان داد که علیرغم شرایط اقلیمی گرم و مرطوب چابهار، افراد با بهره‌گیری از سازگاری‌های رفتاری (انتخاب زمان و مکان مناسب، نوع پوشش متناسب) و روانی (انتظار و تجربه قبلی) می‌توانند احساس رضایت و آسایش را در فضای باز تجربه کنند. با این وجود، طراحی نامناسب شبکه شهری و عدم توجه به جریان باد در مناطق ساحلی، کارایی خنک‌کنندگی طبیعی را کاهش می‌دهد. بنابراین، توصیه می‌شود در برنامه‌ریزی‌های آتی توسعه شهری چابهار، اصول اقلیمی نظیر بهینه‌سازی کوریدورهای باد، ایجاد سایه‌بان‌های طبیعی و مصنوعی، و طراحی فضاهای باز با

تأکید بر ساعات آسایش حرارتی، مورد توجه قرار گیرد. انجام مطالعات تکمیلی در فصول مختلف سال و با حجم نمونه بیشتر از ساکنان بومی نیز برای تعمیم‌پذیری بیشتر نتایج پیشنهاد می‌شود. یافته‌های این پژوهش به‌وضوح نشان می‌دهد که در غیابِ امکانِ تغییرِ اقلیم، سازگاری رفتاری هوشمندانه (انتخابِ زمانِ مناسبِ حضور، انتخابِ مکانِ با تهویهٔ طبیعی و نوعِ پوششِ متناسب) نقشی کلیدی در تعدیلِ تنش‌های حرارتی در اقلیمِ گرم و مرطوب ایفا می‌کند. با این حال، از آنجا که این پژوهش، داده‌هایِ کالبدی-شهری (مانند نسبتِ ارتفاع به عرض معابر، ضریبِ دیدِ آسمان و زبریِ سطح) را اندازه‌گیری نکرده است، هیچ‌یک از نتیجه‌گیری‌هایِ فوق را نمی‌توان به‌طورِ مستقیم به طراحیِ بهینهٔ شبکه‌ی شهری تعبیر کرد. بنابراین، توصیه‌هایِ سیاستیِ ارائه‌شده در اینجا، صرفاً بر مبنایِ استنتاجِ منطقی از الگوهایِ رفتاریِ مشاهده‌شده است و برایِ تبدیل به دستورالعملِ اجرایی، نیازمندِ پژوهش‌هایِ تکمیلی در حوزهٔ اقلیم‌شناسیِ شهری با رویکردِ شبیه‌سازیِ عددی می‌باشد.

هرچند تفاوت محسوسِ احساس حرارتی میان سایت‌های ساحلی و خشکی، نشان‌دهنده نقش احتمالیِ تهویه طبیعی و زهکشی باد در تعدیل آسایش است، اما از آنجا که پارامترهای کالبدیِ شهری مانند نسبت ارتفاع به عرض معابر، ضریب دید آسمان و پوشش گیاهی در این پژوهش اندازه‌گیری نشده‌اند، این نتیجه‌گیری به‌عنوان یک فرضیه‌ی ناظر بر پژوهش‌های آینده مطرح می‌شود. انجام مطالعات تکمیلی با رویکرد اقلیم‌شناسی شهری و سنجش کمیِ این متغیرها برای تأیید قطعیِ نقش شبکه‌ی شهری در خنک‌کنندگی طبیعی، ضروری است.

لازم به ذکر است که داده‌های رفتاریِ ذهنیِ ارائه‌شده در این پژوهش، طی یک کارزار میدانی کوتاه‌مدت و فشرده (۲۸ و ۲۹ اسفند ۱۴۰۰ و ۱ فروردین ۱۴۰۱) و همزمان با اوج فصل گردشگری (تعطیلات نوروز) جمع‌آوری شده‌اند. اگرچه ارزیابی عینی اقلیم، بر پایهٔ یک دورهٔ آماری ۳۰ساله استوار است، اما یافته‌های پرسشنامه‌ای درباره‌ی رفتارهای سازگارانه (مانند زمان حضور، نوع پوشش و انتخاب مکان) نماینگر یک برش مقطعی از همین دورهٔ خاص تعطیلات می‌باشند. از این رو، این الگوهای رفتاری ممکن است پاسخ‌های سازگارانه در گرمای شدید تابستان یا سایر فصول کم‌گردشگر را به‌طور کامل بازتاب ندهند. بنابراین، در تعمیم نتایج رفتاری به کل سال باید احتیاط کرد و انجام مطالعات تکمیلی با نمونه‌گیری در فصول مختلف برای تأیید پایداری زمانی این رفتارهای سازگارانه توصیه می‌شود.

سپاسگزاری: مقاله حاضر برگرفته از یک مطالعه میدانی و آزمایشگاهی مستقل می‌باشد. بدین وسیله از همکاری مشارکت‌کنندگان در این مقاله که سهم موثری در جمع‌آوری داده‌ها داشته‌اند، تشکر و قدردانی می‌شود.

حامی مالی: بنا به اظهار نویسنده مسئول، این مقاله حامی مالی نداشته است.

سهم نویسندگان در پژوهش: همه نویسندگان، در نگارش و تنظیم مقاله حاضر نقش و سهم برابر دارند.

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

References

Ahmadpour, N. , Pourjafar, M. , Mahdavinejad, M. and Yousefian, S. (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. 59-80. https://doi.org/10.30480/aup.2017.512 **(In Persian).**

Almeida, F., Guimarães, C. M., and Amorim, V. (2024). Exploring the differences and similarities between smart cities and sustainable cities through an integrative review. *Sustainability*, *16*(20), 8890. □□□□□://□□□.□□□/۱۰.۳۳۹۰/□□۱۶۲۰۸۸۹۰

Amin nayeri, B., Zali, N. and Motavaf, S. (2019). Identification of regional development drivers by scenario Planning. *International Journal of Urban Management and Energy Sustainability*, *1*(2), 67-80. https://doi.org/10.22034/IJUMES.2017.06.15.016 **(In Persian).**

Armanfar, M., Goharnejad, H., Niri, M. Z., & Perrie, W. (2019). Assessment of coastal vulnerability in Chabahar Bay due to climate change scenarios. *Oceanologia*, *61*(4), 412-426. https://doi.org/10.1016/j.oceano.2019.03.001

Baruti, M. M., Johansson, E., & Åstrand, J. (2019). Review of studies on outdoor thermal comfort in warm humid climates: challenges of informal urban fabric. *International journal of biometeorology*, *63*(10), 1449-1462. https://doi.org/10.1007/s00484-019-01757-3

Błażejczyk, K., Broede, P., Fiala, D., Havenith, G., Holmér, I., Jendritzky, G., ... & Kunert, A. (2010). Principles of the new Universal Thermal Climate Index (UTCI) and its application to bioclimatic research in European scale. *Miscellanea Geographica. Regional Studies on Development*, *14*, 91-102. https://doi.org/10.2478/mgrsd-2010-0009

Brager, G. S., & De Dear, R. J. (1998). Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and buildings*, *27*(1), 83-96. https://doi.org/10.1016/s0378-7788(97)00053-4

Chen, Y. C., Fröhlich, D., Matzarakis, A., & Lin, T. P. (2017). Urban roughness estimation based on digital building models for urban wind and thermal condition estimation—Application of the SkyHelios model. *Atmosphere*, *8*(12), 247. https://doi.org/10.3390/atmos8120247

Deng, Y., Feng, Z., Fang, J., & Cao, S. J. (2018). Impact of ventilation rates on indoor thermal comfort and energy efficiency of ground-source heat pump system. *Sustainable Cities and Society*, *37*, 154-163. https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.11.014

Eliasson, I., Knez, I., Westerberg, U., Thorsson, S., & Lindberg, F. (2007). Climate and behaviour in a Nordic city. *Landscape and urban planning*, *82*(1-2), 72-84. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.020

Enteria, N., Awbi, H., & Santamouris, M. (2020). *Building in Hot and Humid Regions—Historical Perspective and Technological Advances*; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2020; ISBN 978-981-13-7518-7. https://doi.org/10.1007/978-981-13-7519-4

Fu, X., Zhang, T., Yan, S., Qi, F., & Shen, Y. (2026). Seeing urban heat from a pedestrian perspective: A systematic review of street-view imagery in thermal environment and comfort research. *Building and Environment*, 114435. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2026.114435

Höppe, P. (1999). The physiological equivalent temperature–a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International journal of Biometeorology*, *43*(2), 71-75. https://doi.org/10.1007/s004840050118

Humphreys, M. A., Nicol, J. F., & Raja, I. A. (2012). Field studies of indoor thermal comfort and the progress of the adaptive approach. In *Advances in building energy research* (pp. 55-88). Routledge. https://doi.org/10.1080/17512549.2007.9687269

Inavonna, I., Hardiman, G., & Purnomo, A. B. (2018, January). Outdoor thermal comfort and behaviour in urban area. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 106, No. 1, p. 012061). IOP Publishing. https://doi.org/10.1088/1755-1315/106/1/012061

Johansson, E., Yahia, M.W., Arroyo, I., Bengs, C., 2018. Outdoor thermal comfort in public space in warm-humid Guayaquil, Ecuador. Int. J. Biometeorol. 62, 387–399. https://doi.org/10.1007/s00484-017-1329-x

Kántor, N., & Unger, J. (2011). The most problematic variable in the course of human-biometeorological comfort assessment—the mean radiant temperature. *Central European Journal of Geosciences*, *3*(1), 90-100. https://doi.org/10.2478/s13533-011-0010-x

Keikha,L. , Amirhajloo,S. and Naseri,R. (2024). the effects of climate and environment on the formation and development of architecture on the coasts of chabahar and konarak during the islamic era. *Journal of Sistan and Baluchistan Studies*, *4*(1), 1-13. https://doi.org/10.22034/jsbs.2024.347399.1036.

Kusaka, M., Setoguchi, T., Watanabe, N., Guo, Z., & Paukaeva, A. (2018). Human Behavior in Downtown Public Spaces during Cooling Periods in Winter Cities. *Journal of civil Engineering and Architecture*, *12*(1), 1-10. https://doi.org/10.17265/1934-7359/2018.01.001

Lai, D., Lian, Z., Liu, W., Guo, C., Liu, W., Liu, K., & Chen, Q. (2020). A comprehensive review of thermal comfort studies in urban open spaces. *Science of the Total Environment*, *742*, 140092. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140092

Lin, T. P., Yang, S. R., Yung-Chang, C., & Matzarakis, A. (2019). The potential of a modified physiologically equivalent temperature (mPET) based on local thermal comfort perception in hot and humid regions. *Theoretical and applied climatology*, *135*(3-4), 873-876. https://doi.org/10.1007/s00704-018-2419-3

Lu, M., Hou, T., Fu, J., & Wei, Y. (2019). The effects of microclimate parameters on outdoor thermal sensation in severe cold cities. *Sustainability*, *11*(6), 1572. https://doi.org/10.3390/su11061572

Lucchese, J. R., & Andreasi, W. A. (2017). Designing thermally pleasant open areas: the influence of microclimatic conditions on comfort and adaptation in Midwest Brazil. *Journal of Sustainable Development*, *10*(4), 11. https://doi.org/10.5539/jsd.v10n4p11

Manavvi, S., & Rajasekar, E. (2022). Evaluating outdoor thermal comfort in urban open spaces in a humid subtropical climate: Chandigarh, India. *Building and Environment*, *209*, 108659. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108659

Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *International journal of biometeorology*, *51*(4), 323-334. https://doi.org/10.1007/s00484-006-0061-8

Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. (2010). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments: basics of the RayMan model. *International journal of biometeorology*, *54*(2), 131-139. https://doi.org/10.1007/s00484-009-0261-0

Monteiro, L. M., & Alucci, M. P. (2012). Modelo adaptativo de conforto para avaliação in loco de espaços urbanos abertos. *Ambiente Construído*, *12*, 61-79. https://doi.org/10.1590/s1678-86212012000100005

Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and buildings*, *35*(1), 95-101. https://doi.org/10.1016/s0378-7788(02)00084-1

Pickup, J., & de Dear, R. (2000, November). An outdoor thermal comfort index (OUT_SET*)-part I-the model and its assumptions. In *Biometeorology and urban climatology at the turn of the millenium. Selected papers from the Conference ICB-ICUC* (Vol. 99, pp. 279-283).

Raziei, T. (2017). Köppen-Geiger climate classification of Iran and investigation of its changes during 20th century. *Journal of the Earth and Space Physics*, *43*(2), 419-439. https://doi.org/10.22059/jesphys.2017.58916 **(In Persian).**

Sabzevari, A. A., Miri, M., Raziei, T., Oroji, H., & Rahimi, M. (2018). Evaluating the climate capabilities of the coastal areas of southeastern Iran for tourism: a case study on port of Chabahar. *International journal of biometeorology*, *62*(7), 1135-1145. https://doi.org/10.1007/s00484-018-1516-4

Sangkertadi, S., & Syafriny, R. (2014). New Equation for Estimating Outdoor Thermal Comfort in Humid-Tropical Environment. *European Journal of Sustainable Development*, *3*(4), 43-43. https://doi.org/10.14207/ejsd.2014.v3n4p43

Tavakoli, M., & Mokhtari Karchegani, A. (2024). Analysis of the efficiency of crisis management of local communities in the face of floods due to climate change: five selected villages of port Chabahar County, Iran. *International Journal of Coastal, Offshore and Environmental Engineering* , *9*(1), 67-78.

Thorsson, S., Lindqvist, M., & Lindqvist, S. (2004). Thermal bioclimatic conditions and patterns of behaviour in an urban park in Göteborg, Sweden. *International journal of biometeorology*, *48*(3), 149-156. https://doi.org/10.1007/s00484-003-0189-8

Woolley, H., 2003. Urban Open Spaces. Taylor and Francis, Abingdon. https://doi.org/10.4324/9780203402146

Yin, J., Zheng, Y., Wu, R., Tan, J., Ye, D., & Wang, W. (2012). An analysis of influential factors on outdoor thermal comfort in summer. *International journal of biometeorology*, *56*(5), 941-948. https://doi.org/10.1007/s00484-011-0503-9

تایید شده نهایی