

ارزیابی و مقایسه آسایش حرارتی در محلات مسکونی شهر اصفهان (مطالعه موردی: محلات علی قلی آقا و دشتستان)*

علمی پژوهشی

فاطمه السادات مجیدی**

شاهین حیدری***

محمود قلعه نویی****

مریم قاسمی سیجانی*****

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۵/۱۵

چکیده

آسایش در فضاهای باز شهری یکی از ارکان اصلی استفاده از این فضاها توسط شهروندان بوده و ایجاد محیطی مناسب برای آن‌ها از طریق حفاظت در برابر شرایط اقلیمی نامناسب ضروری است. همچنین تأمین آسایش در خصوص نیازهای اولیه انسان بوده و نحوه پاسخ‌گویی به آن در کیفیت فضا مؤثر است. در این راستا با توجه به اهمیت آسایش حرارتی در کیفیت فضاهای باز شهری و محله‌ای و همچنین تأثیر این فضاها در تأمین آسایش فضاهای بیرونی و داخلی، این پژوهش به ارزیابی و مقایسه وضعیت آسایش حرارتی در فضای باز محلات مسکونی با دو ساختار کالبدی متفاوت پرداخته و دمای آسایش و محدوده آن را مورد بررسی قرار داده است. از این رو محله علی‌قلی آقا واقع در بافت سنتی و محله دشتستان واقع در بافت معاصر شهر اصفهان مورد مطالعه و تحلیل میدانی قرار گرفته و وضعیت آن‌ها از نظر آسایش حرارتی با هم مقایسه شده است. بر این اساس، مطابق با روش نیکل از سطح سه و روش متقاطع در بررسی‌های میدانی و برداشت متغیرها استفاده شده است. حجم نمونه نیز شامل ساکنان و کاربران فضاهای باز دو محله مذکور بوده که چهارصد پرسشنامه در دو فصل سرد و گرم به صورت تصادفی و در طی چهار روز تکمیل شده است. همچنین به منظور مقایسه برداشت‌های میدانی با نتایج محاسبه شاخصه حرارتی از شاخصه دمای مؤثر استاندارد بهره گرفته شده است. نتایج مطالعات و بررسی‌ها نشان می‌دهند که دمای آسایش و حدود آن در محلات منتخب شهر اصفهان بسیار به هم نزدیک بوده، در عین حال با یکدیگر متفاوت‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این مسئله نشان‌دهنده تأثیر تفاوت در نوع ساختار و بافت محل سکونت، شرایط اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی بر احساس حرارتی افراد در محلات مختلف شهر اصفهان است.

کلیدواژه‌ها:

آسایش حرارتی، دمای آسایش، محله علی‌قلی آقا، محله دشتستان، شاخصه دمای مؤثر استاندارد.

* این مقاله برگرفته از رساله دکتری نگارنده اول با عنوان ارائه مدل آسایش حرارتی در فضای باز عمومی محلات مسکونی با تکیه بر نظریه سازگاری (نمونه موردی: محلات منتخب جدید و قدیم شهر اصفهان) می‌باشد که به راهنمایی نگارندگان دوم و سوم و مشاوره نگارنده چهارم انجام شده است.

** استادیار، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

*** استاد، دانشکده معماری، پردیس هنرهای زیبا، دانشگاه تهران، نویسنده مسئول، shheidari@ut.ac.ir

**** دانشیار، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه هنر اصفهان

***** استادیار، دانشکده معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)

مطالعات معماری ایران

دو فصلنامه معماری ایرانی
شماره ۱۵ - بهار و تابستان ۹۸

۴۷

پرسش‌های پژوهش

۱. وضعیت آسایش حرارتی در فضای باز محلات مسکونی منتخب شهر اصفهان به تفکیک فصل سرد و گرم چگونه است؟
۲. دمای آسایش و محدوده آن برای کاربران دو محله علی‌قلی‌آقا و دشتستان کدام است؟
۳. چه تفاوتی میان محدوده آسایش حرارتی محلات بر اساس برداشت‌های میدانی و محاسبه شاخصه حرارتی وجود دارد؟

مقدمه

آسایش حرارتی بر اساس رویکرد روان‌شناختی، شرایط ذهنی رضایت از دمای محیط است که بر اساس ارزیابی شخصی از فضای اطراف مشخص می‌شود. در رویکرد فیزیولوژی، آسایش را بر مبنای احساس گرمایش محرک‌های پوستی و ذهنی تعریف می‌کنند که این مقوله خود بر اساس حداقل میزان نشانه‌های دریافتی از محرک‌های حرارتی معین می‌شود (Höppe 2002).

توجه به تحلیل شرایط حرارتی و در نتیجه آسایش حرارتی در فضای باز در زمان کنونی ضروری است. آسایش حرارتی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نیازها، همواره در کانون توجه معماران و طراحان قرار دارد و این نه‌تنها از نظر توجه به انسان، بلکه بدان سبب است که مهندس طراح را به‌سمت استفاده از روش‌های غیرفعال و استفاده حداقلی از روش‌های فعال برای تأمین آسایش کاربران در ساختمان‌ها و فضاهای باز راهنمایی می‌کند. صرفه‌جویی در مصرف انرژی، ایجاد کیفیت مناسب هوای داخل و آسایش برای انجام فعالیت‌های گوناگون پیامدهای توجه به چنین بررسی‌هایی است (حیدری ۱۳۹۳، ۴).

آسایش حرارتی ترکیبی پیچیده از شرایط فیزیولوژیکی، روان‌شناختی و کالبدی است. به‌دلیل تنوع شرایط اقلیمی در فضای باز، ارزیابی آسایش حرارتی تنها بر اساس رویکرد فیزیولوژیکی شایسته نیست. تغییر ویژگی‌های افراد در پوشش لباس، میزان فعالیت، تغییر موقعیت و حالت فیزیکی در تعیین آسایش حرارتی فضای باز تأثیر قابل توجهی دارند. متغیرهای روانی از قبیل حق انتخاب، خاطرات و تجارب را نیز باید در نظر گرفت (Givoni et al. 2003; Höppe 2002). بر مبنای همین جنبه‌های روان‌شناختی است که می‌توان تفاوت میان آسایش پیش‌بینی‌شده با آسایش ادراکی را تفسیر کرد (بقایی ۱۳۹۳).

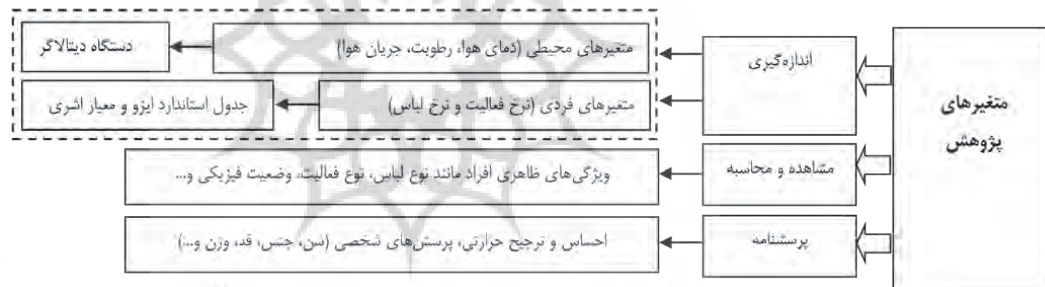
در این راستا ارتقای مطلوبیت فضاهای باز، یک مسئله کلیدی است که نه‌تنها برای تأمین آسایش فضاهای بیرونی، بلکه در آسایش فضاهای داخلی ضروری است. در محله‌ها و فضاهای شهری، پایداری زیست‌محیطی و کیفیت بالای زندگی فقط به عملکرد انرژی ساختمان بستگی ندارد، بلکه به کیفیت خوب فضاهای باز نیز وابسته است (Rossi et al. 2013, 1). این مطلب واضح است که این فضاها برای افزایش کیفیت، باید دارای شرایط آسایش از جمله آسایش حرارتی باشند و گرنه به فضاهایی مرده و فاقد تحرک و سرزندگی تبدیل می‌شوند (منعم ۱۳۹۱، ۲)؛ به‌طوری که این اعتقاد وجود دارد که اگر مردم فضایی را به‌علت عدم راحتی یا ترس استفاده نکنند، فضای باز عمومی از بین رفته است (ضرابیان ۱۳۸۹، ۱). به عبارت دیگر، آسایش حرارتی یکی از عواملی است که در استفاده و قبول فضاهای عمومی، به‌خصوص برای فعالیت‌های اجتماعی، حضور و مشارکت شهروندان مؤثر است (Yang, Wong, and Ebrahimabadi 2015; Lin 2015).

بنابراین با توجه به اهمیت آسایش حرارتی در ارتقای کیفیت فضاهای باز، تأمین آسایش و افزایش حضور شهروندان در این فضاهای شهری، این پژوهش به ارزیابی و مقایسه آسایش حرارتی در فضای باز محلات مسکونی در دو بافت شهری سنتی و معاصر می‌پردازد. در این خصوص محلات اصفهان به‌عنوان نمونه مورد بررسی در این پژوهش انتخاب شده‌اند. این شهر سال‌ها به‌عنوان محلی برای شهرنشینی خردمندان (به معنای تلاش برای برقراری توازن میان شرایط

اقلیمی، فرهنگ و تاریخ، نیازهای انسانی، اقتصاد و سیاست) مورد توجه بوده است؛ اما امروزه شکل گیری محلات جدید باعث شده تا انتقاداتی متوجه فضا و کیفیت محیط آن‌ها شود. بنابراین ارزیابی عملکرد حرارتی فضاهای باز در دو بافت سنتی و معاصر و میزان آسایش حرارتی کاربران آن در بسیاری از محلات امروزی از جمله محلات مسکونی واقع در شهر اصفهان ضروری بوده و در این مقاله مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۱. روش و مراحل انجام تحقیق

نیکل (Nicol 1993 به نقل از Heidari 2000, 97)، بررسی‌های میدانی در مطالعات آسایش حرارتی را به سه سطح تقسیم کرده است: سطح ۱. اندازه‌گیری ساده از یک متغیر محیطی مانند دمای هوا، بدون استفاده از پرسشنامه؛ سطح ۲. اندازه‌گیری متغیرهای محیطی (اغلب دو متغیر یا بیشتر) و استفاده از پرسشنامه؛ سطح ۳. بررسی و اندازه‌گیری همه عوامل مورد نیاز برای محاسبه تبادل حرارت بین فرد و محیط، همراه با پرسشنامه. بنابراین مقاله حاضر مطابق با روش نیکل، از روش متقاطع (در این روش پژوهشگر با تجهیزات خود از سوی یک نفر به سوی نفر دیگر می‌رود تا در ملاقات با هر فرد، هم پرسشنامه تکمیل شود و هم متغیرهای محیطی و فردی اندازه‌گیری شوند) و سطح سه استفاده کرده است. همچنین حجم نمونه، شامل ساکنان و کاربران فضاهای باز محلات منتخب (۴۰۰ نفر با استفاده از روش نیکل (با در نظر گرفتن ۱۰۰ پرسشنامه برای نظرسنجی ۱۰۰ نفر در هر محله و هر فصل) تعیین شدند. در این پژوهش برای ارزیابی و برداشتهای میدانی، دو محله علی‌قلی‌آقا و دشتستان در شهر اصفهان انتخاب شده است.



نمودار ۱: روش گردآوری متغیرهای پژوهش

۲. پیشینه پژوهش

تعریف آسایش در طول زمان با ظهور تکنولوژی‌ها و استراتژی‌های جدید و کنترل بالاتر افراد بر محیط پیرامون تغییر کرده است. در ابتدا آسایش تنها به مفهوم «شرایط قابل تحمل و کافی» بود و تجملات را به دنبال نداشت. در قرن نوزدهم، آسایش محیطی با روشی، گرما و تهویه ارتباط یافت (Kamholz and Storer 2009, 4). درباره کاربرد آسایش حرارتی به معنای امروزی، می‌توان گفت که این اصطلاح تا قبل از انقلاب صنعتی به‌عنوان مبحثی کاربردی نبود و دلیل آن را شاید بتوان در دسترس نبودن ابزارهای لازم برای کنترل و تغییر شرایط دمایی در داخل ساختمان‌ها دانست. با پیشرفت چشمگیر علوم و فناوری، عرصه‌های فعالیت افراد در جامعه گسترده‌تر شد. از سوی دیگر، سطح توقعات افراد و نیاز آن‌ها به ایجاد شرایط آسایش در محیط‌های مسکونی، اداری، کارگاه‌ها و... محسوس‌تر می‌شود؛ از این‌رو ضرورت دستیابی به سیستم‌های حرارتی و برودتی که بتواند شرایطی سالم و مطبوع در ساختمان ایجاد کند به‌شدت احساس گردید (معرفت و امیدوار ۱۳۹۲، ۱۴). همچنین قبل از انقلاب صنعتی، تجهیزات امروز گرمایشی و سرمایشی وجود نداشت؛ از این‌رو اگر مردم احساس سردی می‌کردند، لباس خود را بیشتر کرده، غذای گرم می‌خوردند یا به آتش و فضاهای گرم‌تر پناه می‌بردند. وقتی احساس گرمی داشتند، تغییر مکان داده، از بادبزن استفاده کرده یا

لباس خود را کم می‌کردند. پس در این دوران (قبل از انقلاب صنعتی)، آسایش حرارتی مقوله‌ای نبوده که در مقام نظریه و روش، برای آن جایگاهی تصور کرد (حیدری ۱۳۹۳، ۷).

از جمله پژوهش‌های انجام‌شده در این زمینه در سطح جهانی، کار هالدان^۱ در سال ۱۹۰۵ بود که در ابتدای قرن بیستم به‌عنوان نخستین مطالعه مدون در انگلیس انجام شد. او برای اینکه تأثیر منفی دمای بالا را در فضاهای کار متوجه شود، مطالعه‌ای میدانی با اندازه‌گیری دمایی انجام داد. در طول و پس از جنگ جهانی دوم، فعالیت‌های پژوهشی در خصوص این مسئله افزایش یافته و علاوه بر مهندسی، رشته‌های دیگری همچون فیزیولوژی و داروسازی وارد مباحث جغرافیا و اقلیم شدند (Auliciems and V.Szokolay 2007, 5).

در این خصوص طی دهه‌های اخیر، تعداد قابل توجهی از تحقیقات درباره مطالعات آسایش حرارتی در داخل ساختمان‌ها و فضاهای باز در کشورها و اقلیم آب‌وهوایی مختلف انجام شده است؛ در این پژوهش برای آگاهی از پیشرفت مطالعات حوزه آسایش حرارتی در فضاهای باز به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

تروسون و همکارانش (Thorsson et al. 2007) در مقاله‌ای با عنوان «روش‌های مختلف برای برآورد دمای متوسط تابشی در فضای باز شهری» به ارزیابی آسایش حرارتی و سطح و نوع فعالیت کاربران در دو فضای بوستان و میدان شهر ماتسودو^۲ در کشور ژاپن پرداختند. آن‌ها علاوه بر اندازه‌گیری‌های اقلیمی، از طریق مشاهده و پرسشنامه، تعداد حضور، وضعیت و احساس آسایشی کاربران را نیز در نظر گرفتند. نتایج اولیه این پژوهش نشان داد که دمای هوای بوستان در حدود ۱/۱ درجه سانتی‌گراد کمتر از میدان است. در ادامه تحقیقات، «فعالیت و آسایش حرارتی در فضای باز، مروری بر تحقیقات ده سال گذشته» عنوان مقاله‌ای است که توسط چن و ان جی (Chen and Ngt) (2012)، در هنک کنگ چین به انجام رسیده است. با توجه به اهمیت فضاهای باز در افزایش سرزندگی و نشاط شهر، این تحقیق به بررسی مقالات و تحقیقات انجام‌شده در ده سال گذشته پرداخته و آسایش حرارتی را در فضای باز بر اساس جنبه‌ها و دیدگاه‌های رفتاری شهروندان ارزیابی کرده است. همچنین یانگ و همکاران (Yang, Wong, and Kardinal Jusef 2013) در مقاله‌ای با عنوان «آسایش حرارتی در فضای باز شهری سنگاپور»، به بررسی ادراکات، ترجیحات حرارتی، دمای خنثی و محدوده دمای قابل قبول در ۱۳ فضای باز شهری پرداختند. در این مطالعه، ۲۰۵۹ نفر مورد پرسش قرار گرفتند. دمای خنثی در فضاهای باز کشور سنگاپور، ۲۸/۷ درجه سانتی‌گراد و محدوده دمای قابل قبول ۲۶/۳ تا ۳۱/۷ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است. بلانکارد (Blanchard 2013) تحقیقی در خصوص بهبود آسایش حرارتی در وینزور^۳ کانادا، با هدف پیاده‌سازی استراتژی‌هایی برای کمک به آسایش حرارتی اماکن تفریحی و پارک‌ها انجام داده است. برای انجام مطالعات میدانی در پژوهش مذکور، ۶ پارک انتخاب شده است که شامل ۲ پارک همجوار، ۲ پارک محلی و ۲ پارک منطقه‌ای هستند. روش جمع‌آوری داده‌ها در این تحقیق با استفاده از پرسشنامه و اندازه‌گیری متغیرهای اقلیمی صورت گرفته است. در مقاله‌ای دیگر، تأثیر تغییرات آب‌وهوایی روی آسایش حرارتی فضاهای باز در اقلیم مرطوب، توسط آرزو و همکارانش (Orosa et al. 2014) مورد بررسی قرار گرفت. این پژوهش در شهر گالیسیا^۴ واقع در شمال غربی اسپانیا با فصول گرم و رطوبت نسبی بالا به انجام رسید.

در ادامه، نیو و همکاران (Niu et al. 2015) در پژوهشی با عنوان «یک روش جدید برای ارزیابی تفاوت‌های فضایی از آسایش حرارتی در فضای باز»، به موانع حضور شهروندان در فضاهای باز به‌خصوص در تابستان پرداخته و تأثیر پارامترهای حرارتی را بر عابر پیاده در دو روز از فصل تابستان مورد بررسی قرار داده‌اند. آن‌ها در این پژوهش با استفاده از اندازه‌گیری دمای معادل فیزیولوژیکی در سه سایت داخل محوطه دانشگاه مورد مطالعه در فضای باز به تفاوت‌های پارامترهای زیست‌محیطی دمای تابشی و سرعت باد پرداخته‌اند.

پس از آن بوخلخال و بوربیا (Boukhelkhal and Bourbia 2016)، شرایط آسایش حرارتی را در فضاهای باز شهری در اقلیم گرم و خشک شهر گردایه الجزایر مورد مطالعه قرار دادند. هدف اصلی این مقاله بررسی تأثیر هندسه شهری و سایه درختان بر تغییرات خرد اقلیم فضای باز است. همچنین کریمی‌نیا و همکاران (Kariminia et al. 2016) در مقاله‌ای، رابطه خصوصیات فضاهای باز شهری را با شرایط آسایش حرارتی بازدیدکنندگان مورد بررسی

قرار دادند. خصوصیات فضاهای باز بررسی شده شامل فرم، هندسه و جهت‌گیری فضا، حضور آب و نوع پوشش گیاهی در فضاها بوده و نمونه مورد مطالعه میدان نقش جهان اصفهان است.

کاردینال جوزف و همکاران (Kardinal Jusuf, Ignatius, and Hien 2016) در مطالعات خود درباره نقشه‌برداری اقلیمی شهری با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی دمای محیط و آسایش حرارتی در فضای باز، به ارزیابی دمای محیط و میزان آسایش حرارتی در کشور سنگاپور پرداختند. نتیجه این تحقیق، یک برنامه مدل‌سازی سه‌بعدی برای استفاده معماران، طراحان و مهندسان برای تجزیه و تحلیل طرح‌های شهری است. در مقاله‌ای دیگر، تانگ و همکاران (Tong et al. 2017) به بررسی تأثیر مورفولوژی شهری بر محیط‌زیست و آسایش حرارتی در شهر تیانجین^۵ چین پرداخته و متغیرهای اقلیمی شامل دمای هوا، رطوبت نسبی و سرعت باد را در ۴۶ نقطه از شهر مذکور و در دو فصل زمستان و تابستان اندازه‌گیری کردند. همچنین سطح آسایش حرارتی با استفاده از نظرسنجی حرارتی به دست آمده و اثرات اجزای شهری مانند ساختمان‌ها، پیاده‌روها، فضاهای سبز و... بر جزایر حرارتی و شرایط خرد اقلیم مورد مطالعه قرار گرفته است. در ادامه، میلو سویچ و همکاران (Milošević, Savić, and Bajšanski 2017) در مقاله‌ای با عنوان «استفاده از الگوریتم‌های خودکار برای بهبود آسایش حرارتی در فضای باز شهرها»، به آزمایش کاربرد الگوریتمی برای تغییر ارتفاع ساختمان‌ها و مکان درختان در خیابان‌ها با هدف بهبود آسایش حرارتی پرداختند. این مطالعه در یکی از شهرهای اروپایی انجام شده و نتیجه آن بهبود ۶۶ درصدی احساس گرمای کاربران در مکان‌های مورد مطالعه بوده است. امین دلدار و همکاران (Amindeldar et al. 2017) در مقاله‌ای به بررسی تأثیر متغیرهای شخصی و محیطی بر آسایش حرارتی در فضای باز پرداخت. این مقاله از طریق بررسی‌های میدانی، طی پنج روز زمستان با استفاده از نظرسنجی، پرسشنامه و مصاحبه با کاربران خیابان ولیعصر شهر تهران انجام شده است. این تحقیق تأثیر متغیرهای شخصی (سن و جنس) و اقلیمی (درجه حرارت هوا، تابش خورشیدی و سرعت جریان هوا) را بر آسایش حرارتی فضاهای باز بررسی می‌کند.

جدول ۱: پیشینه پژوهش‌های آسایش حرارتی فضاهای باز

| ردیف | نویسنده (سال) | عنوان تحقیق | روش تحقیق | نتایج |
|------|--------------------------|--|---|---|
| ۱ | (Thorsson et al. 2007) | روش‌های مختلف برای برآورد دمای متوسط تابشی در فضای باز شهری | اندازه‌گیری‌های اقلیمی از طریق مشاهده و پرسشنامه | نتایج این پژوهش نشان داد که دمای متوسط تابشی در بوستان به‌عنوان یک فضای باز شهری در حدود ۱/۱ درجه سانتی‌گراد کمتر از میدان (دیگر فضای باز شهری) است. |
| ۲ | (Chen and Ngt 2012) | فعالیت و آسایش حرارتی در فضای باز، مروری بر تحقیقات ده سال گذشته | مطالعه مروری، مطالعه میدانی و ارزیابی احساس حرارتی افراد بر پایه جنبه‌های رفتاری | ارائه یک چارچوب کلی برای ارزیابی آسایش حرارتی در فضای باز بر اساس جنبه‌های رفتاری و نیاز به ابزار پیش‌بینی در طراحی و برنامه‌ریزی شهری |
| ۳ | (Orosa et al. 2014) | تأثیر تغییرات آب‌وهوایی روی آسایش حرارتی فضاهای باز در اقلیم مرطوب | جمع‌آوری داده‌ها در ۵۰ ایستگاه آب‌وهوایی در شهر گالیسیا | این تحقیق تغییرات درجه آب‌وهوایی ۲۰ سال آینده را تخمین زده و پیشنهاد کرده است که مناطق در معرض خطر برای جلوگیری از قرارگیری در موقعیت‌های خطرناک و کاهش مصرف انرژی، مصالح و نوع طراحی ساختمان‌های خود را تغییر دهند. |
| ۴ | (Niu et al. 2015) | یک روش جدید برای ارزیابی تفاوت‌های فضایی از آسایش حرارتی در فضای باز | استفاده از اندازه‌گیری دمای معادل فیزیولوژیکی در سه سایت داخل محوطه دانشگاه مورد مطالعه | نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که تقویت باد همراه با اثرات سایه می‌تواند شرایط آسایش حرارتی را در طبقه همکف پیلوتی حتی در یک روز گرم آفتابی در فصل تابستان در شهرستان‌های نیمه‌گرمسیری ایجاد کند. |
| ۵ | (Amindeldar et al. 2017) | تأثیر متغیرهای شخصی و میکروکلیماتیک بر آسایش حرارتی در فضای باز: مطالعه میدانی در تهران در فصل سرد | استفاده از نظرسنجی، پرسشنامه و مصاحبه | نتایج این مطالعه در ابتدا، تأثیر قابل توجه متغیرهای شخصی (سن و جنس) را بر ادراک حرارتی تأیید کرده و نشان‌دهنده حساسیت بیشتر زنان نسبت به تغییر دمای هوا در فصل سرد است. همچنین نتایج نشان می‌دهد که جوانان در برابر سرما حساس‌ترند. |

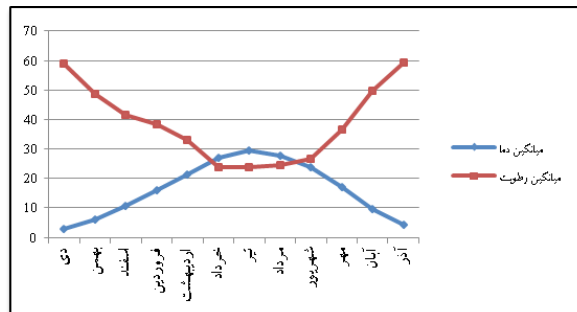
با توجه به مطالعه و مرور پیشینه تحقیقات انجام شده می‌توان این گونه نتیجه گرفت که با وجود ضرورت و اهمیت آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری، مطالعات پرداخته شده به این موضوع نسبت به بررسی آسایش حرارتی در ساختمان‌ها و فضاهای بسته کمترند. در این میان فضاهای باز همچون پارک، میدان، بوستان، خیابان، محوطه دانشگاه و... مورد مطالعه و پژوهش قرار گرفته که به بررسی نقاط ضعف و قوت برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود.

- نقطه قوت برای تحقیق انجام شده توسط بالانکار، انتخاب شش پارک در سه مقیاس مختلف برای انجام بررسی‌های میدانی است. این کار موجب بالا رفتن اعتبار نتایج و تعمیم راهکارهای مذکور برای بهبود شرایط حرارتی می‌شود.
- نکته قابل توجه درباره تحقیق انجام شده توسط نیو و همکاران، انجام مطالعات میدانی و اندازه‌گیری متغیرهای اقلیمی تنها در دو روز از فصل تابستان است. در صورتی که سایر فصول، مخصوصاً روزهایی از فصل زمستان نیز نیازمند بررسی و مطالعه هستند.
- پژوهش انجام شده توسط کریمی‌نیا و همکاران (۲۰۱۶) نسبت به پژوهش‌های پیشین، دارای نوآوری در بررسی رابطه بین متغیرها بوده و آن استفاده از مدل‌های هوش مصنوعی و شبکه عصبی علاوه بر روش‌های کلاسیک است.
- ایرادی که می‌توان بر تحقیق امین دلدار و همکاران (۲۰۱۷) وارد کرد، درباره تعداد نمونه مورد مطالعه است؛ زیرا تنها خیابان ولیعصر تهران به عنوان نمونه مورد بررسی شده و سایر خیابان‌ها مورد غفلت قرار گرفته‌اند؛ این انتخاب باعث از بین رفتن امکان مقایسه میان خیابان‌های شهر تهران شده و تعمیم نتایج را با شبهه روبه‌رو می‌کند.

۳. محل انجام پروژه

شهر اصفهان بزرگ‌ترین مجتمع زیستی در فلات مرکزی ایران است که در دشتی گسترده بین کوهستان زاگرس و پیش‌کوه‌های داخلی کشور واقع شده است. این شهر با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۹ دقیقه و ۴۰ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۸ دقیقه و ۳۰ ثانیه شمالی در مرکز کشور ایران قرار دارد (اداره کل هواشناسی استان اصفهان ۱۳۹۴). ارتفاع متوسط این شهر از سطح آب‌های آزاد ۱۵۸۰ متر و کمترین فاصله هوایی آن تا خلیج فارس، حدود ۳۰۰ کیلومتر است. شهر اصفهان آب‌وهوای نیمه‌خشک با زمستان‌های نسبتاً سرد (نواحی جلگه‌ای در مرکز و کویری در شمال) دارد و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومازن دارای اقلیم فراخشک سرد است (معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان ۱۳۹۴ الف).

بر اساس بررسی‌های بلندمدت آماری (۲۰۱۵-۱۹۵۱) میانگین سالانه دمای ایستگاه اصفهان ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد (درجه سلسیوس) است. میانگین دما در سردترین ماه سال ژانویه (دی‌ماه)، ۳ درجه سانتی‌گراد و در گرم‌ترین ماه سال یعنی جولای (تیرماه) ۲۹/۵ درجه سانتی‌گراد است. طبق این آمار، میانگین ماهانه رطوبت نسبی هوا در ایستگاه اصفهان ۳۸/۷ درصد بوده که در این میان، میانگین حداقل رطوبت نسبی تقریباً ۲۳ درصد و میانگین حداکثر آن ۵۷/۶ درصد است. همچنین میانگین سالانه سرعت بادهای غالب در اصفهان تقریباً ۲/۵ متر بر ثانیه است. در ایستگاه اصفهان، جهت وزش بادهای غالب در طول سال، غربی است (اداره کل هواشناسی استان اصفهان ۱۳۹۴).



نمودار ۲: میانگین دما و رطوبت در اصفهان (۲۰۱۵-۱۹۵۱)
 (نگارندگان، بر اساس اداره کل هواشناسی استان اصفهان ۱۳۹۴)

۴. نمونه‌های منتخب

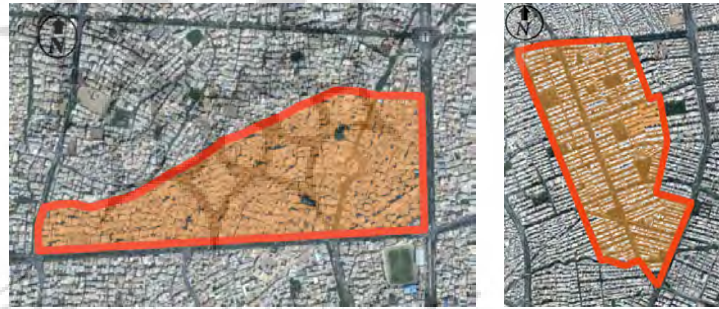
با توجه به اینکه شهر اصفهان عمدتاً ترکیبی از محلات سنتی و معاصر بوده و این محلات از نظر ساختار کالبدی با یکدیگر متفاوت و در نتیجه، دارای وضعیت حرارتی متفاوت نیز هستند؛ از این رو پژوهش حاضر برای انجام مطالعات میدانی، دو محله مسکونی علی‌قلی‌آقا و دشتستان را واقع در دو بافت سنتی و معاصر، برای تحلیل و مقایسه با یکدیگر انتخاب کرده است. این محلات بر اساس معیارهایی همچون قرارگیری در موقعیت‌های جغرافیایی متفاوت، فاصله مناسب از یکدیگر، موجود و به‌روز بودن اطلاعات مربوط به آن‌ها، امنیت و دسترسی مناسب و... انتخاب شده‌اند.

۱.۴. محله علی‌قلی‌آقا

محله علی‌قلی‌آقا یکی از محلات سنتی و تاریخی شهر اصفهان و مربوط به دوران صفوی است. این محله در شمال غربی مرکز شهر و در محدوده شهرداری منطقه ۱ قرار گرفته است. این محله از شمال به خیابان جامی، از جنوب به خیابان مسجد سید، از شرق به خیابان چهارباغ پایین و از غرب به خیابان پنج‌مهر محدود می‌شود. مساحت این منطقه ۵۳۳۹۳۸ مترمربع است (معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان ۱۳۹۴، ج ۶۸).

۲.۴. محله دشتستان

محله دشتستان یکی از محلات معاصر شهر اصفهان بوده که در اواخر دوره پهلوی دوم در دهه ۵۰ طراحی و ساخته شده است. این محله در شمال شرقی مرکز شهر و در محدوده شهرداری منطقه ۱۰ قرار دارد. این محله از شمال به خیابان عطار، از جنوب به محله سروستان، از شرق به محله پروین و از غرب به محله عسکریه محدود می‌شود. مساحت این محله ۱۰۹۷۶۶۳ مترمربع (۱۰۹/۷ هکتار) است (همان، ۷۲).



تصویر ۱ و ۲: موقعیت و محدوده محله علی‌قلی‌آقا (سمت راست) و محله دشتستان (سمت چپ) در بافت اصفهان (نگارندگان، بر اساس گوگل ارث ۲۰۱۷)

ساختار کالبدی دو محله منتخب، بر اساس مواردی همچون شکل شبکه، جهت‌گیری کلی محله و نسبت توده فضا صورت گرفته است. همچنین معیار تبیین گونه‌شناسی فضای باز محلات، فرم (هندسه)، درصد فضای باز و درصد سبزی‌نگی، نوع حضور آب و فضای سبز در فضاهای باز عمومی محلات بوده است. این مشخصات در جدول ۲ و ۳ ارائه شده است.

جدول ۲: ساختار کالبدی محلات منتخب

| محلات منتخب | ساختار کالبدی محله | | | | | | |
|------------------|--------------------|--------------|-----------------|-------|----------|------|------|
| | شکل شبکه | جهت‌گیری کلی | نسبت توده - فضا | انرژی | سبزی‌نگی | توجه | مکان |
| محله علی‌قلی‌آقا | ✓ | ✓ | - | ✓ | - | - | - |
| محله دشتستان | - | - | - | ✓ | ✓ | - | - |

جدول ۳: گونه‌شناسی فضای باز عمومی محلات منتخب

| درصد سبزیگی | | درصد فضای باز | | | | | | فرم (هندسه) | | | محلات قدیمی/ جدید | | |
|-------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|------------|------|----------------------|--------------|-------------|
| ۰ تا ۱۰٪ | ۱۰ تا ۲۰٪ | ۲۰ تا ۳۰٪ | ۳۰ تا ۴۰٪ | ۴۰ تا ۵۰٪ | ۵۰ تا ۶۰٪ | ۶۰ تا ۷۰٪ | ۷۰ تا ۸۰٪ | ۸۰ تا ۹۰٪ | ۹۰ تا ۱۰۰٪ | مختص | | هندسی نامنظم | مختص |
| - | - | - | ✓ | - | - | - | - | - | ✓ | - | ✓ | ✓ | علی‌قلی آقا |
| - | ✓ | - | - | - | - | ✓ | - | - | - | - | ✓ | ✓ | دشتستان |

۵. شرح جمع‌آوری داده‌ها

هم‌زمان با تکمیل پرسشنامه توسط کاربران، متغیرهای اقلیمی مانند دما، رطوبت و سرعت جریان هوا اندازه‌گیری می‌شود تا روابط این متغیرها و احساس حرارتی واقعی افراد سنجیده شود. اندازه‌گیری این متغیرها در دو محله منتخب (محله قدیمی علی‌قلی آقا واقع در بافت سنتی و محله جدید دشتستان واقع در بافت معاصر) در شهر اصفهان و در دو فصل سرد (اوایل اسفند ۱۳۹۵) و گرم (اوایل شهریور ۱۳۹۶)، از صبح تا عصر انجام شده است. برای اندازه‌گیری متغیر دما و رطوبت از دستگاه سنسج دیتالاگر مدل ۹۸۵۸۳^۶ و برای سنسج سرعت باد از بادسنج مدل ۹۸۶۲۰^۷ استفاده شد.



تصویر ۳ و ۴: دستگاه دیتالاگر دما و رطوبت (سمت راست)؛ بادسنج (سمت چپ)

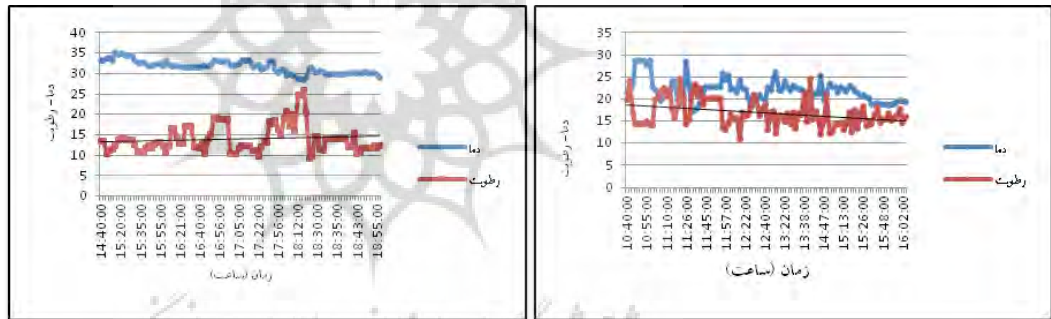
چگونگی اندازه‌گیری متغیرها بدین صورت انجام شد که ابتدا پرسشنامه‌ها در اختیار کاربران قرار گرفت و هم‌زمان با تکمیل پرسشنامه، دستگاه‌های دیتالاگر و بادسنج در نزدیک‌ترین نقطه به پاسخ‌دهندگان در ارتفاع ۱/۵ متر از سطح زمین و در سایه، دمای هوا و رطوبت را ثبت کردند. در بخش پرسشنامه، احساس حرارتی (با استفاده از مقیاس هفت‌گانه اشری)، ترجیح حرارتی (با استفاده از مقیاس سه‌گانه مکین تایر) و پرسش‌های شخصی (سن، جنس، قد و وزن) اخذ شده و نوع فعالیت و لباس ظاهری پرسش‌شوندگان نیز ثبت شد. در این راستا افراد در محیط طبیعی خود مورد بررسی و نظرسنجی قرار می‌گیرند تا ادراکشان از محیط حرارتی به دست آید.

در این راستا محله علی‌قلی آقا در روزهای ۸ اسفند ۱۳۹۵ (فصل زمستان) و ۴ شهریور ۱۳۹۶ (فصل تابستان) مورد مطالعه میدانی و ارزیابی قرار گرفت. متغیرهای اقلیمی این محله در فصل زمستان بین ساعت ۱۰ صبح تا ۵ عصر و در فصل گرم بین ساعت ۲ بعدازظهر تا ۷ عصر اندازه‌گیری شدند. همچنین جمع‌آوری داده و اندازه‌گیری متغیرها در محله دشتستان در تاریخ ۴ اسفند ۱۳۹۵ (فصل زمستان) و ۷ شهریور ۱۳۹۶ (فصل تابستان) صورت پذیرفت. این محله در زمستان بین ساعت ۱۰ صبح تا ۵ عصر و در تابستان بین ساعت ۲ بعدازظهر تا ۷ عصر مورد مطالعه میدانی قرار گرفت.

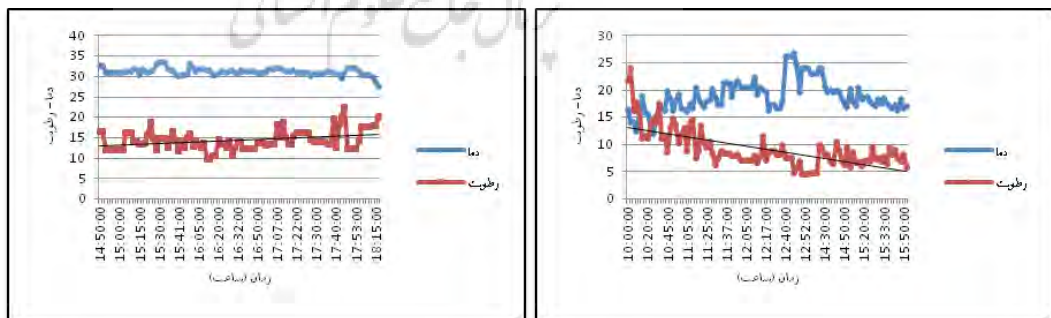
جدول ۴: کمینه، بیشینه و میانگین میزان متغیرهای اقلیمی، محیطی اندازه‌گیری شده در محلات علی‌قلی‌آقا و دشتستان

| محلّه | فصل | (ب) کمینه دما (س) (C) | (د) کمینه رطوبت (س) (%) | (ا) میانگین دما (س) (C) | (ب) میانگین رطوبت (س) (%) | (ج) بیشینه دما (س) (C) | (د) بیشینه رطوبت (س) (%) |
|---------------|---------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|--------------------------|
| ۱ علی‌قلی‌آقا | زمستان | ۱۷/۱ | ۲۸/۸ | ۲۱/۸۶ | ۱۱ | ۲۴/۶ | ۱۶/۸۶ |
| | تابستان | ۲۸/۳ | ۳۵/۳ | ۳۱/۵۸ | ۹/۲ | ۲۵/۸ | ۱۴ |
| ۲ دشتستان | زمستان | ۱۱/۹ | ۲۶/۸ | ۱۹/۸۷ | ۴/۵ | ۲۴ | ۹/۱۸ |
| | تابستان | ۲۷/۵ | ۳۳/۴ | ۳۱/۱۵ | ۹/۸ | ۲۲/۴ | ۱۴/۲۵ |

با توجه به نمودارهای زیر، می‌توان گفت که به‌طور کلی آهنگ تغییرات دما و رطوبت در هر دو محلّه تقریباً یکسان است. در این راستا کمترین نوسان دما، مربوط به محلّه دشتستان در فصل تابستان و بیشترین آن نیز مربوط به همین محلّه در فصل زمستان است. همچنین بیشترین نوسان رطوبت در محلّه دشتستان و در فصل زمستان و کمترین آن نیز در محلّه دشتستان و در فصل تابستان دیده می‌شود.



نمودار ۳ و ۴: رابطه میان دما، رطوبت و زمان (ساعت) در محلّه علی‌قلی‌آقا (سمت راست: فصل زمستان، سمت چپ: فصل تابستان)



نمودار ۵ و ۶: رابطه میان دما، رطوبت و زمان (ساعت) در محلّه دشتستان (سمت راست: فصل زمستان، سمت چپ: فصل تابستان)

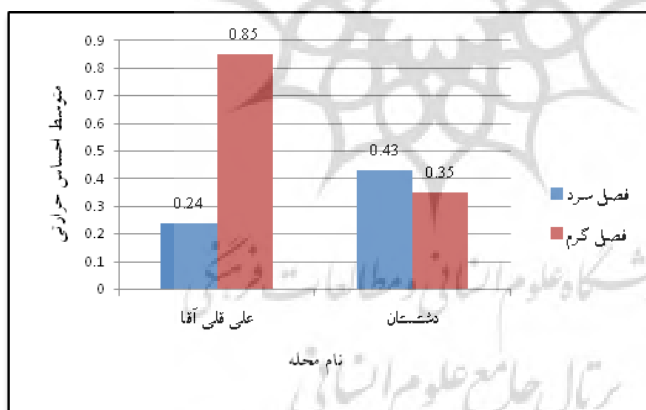
۶. ارزیابی آسایش حرارتی محلات بر اساس برداشت‌های میدانی

۱.۶. متوسط احساس حرارتی

متوسط احساس حرارتی همان احساس واقعی افراد است. متوسط احساس حرارتی بر اساس پرسش از کاربران مطابق با مقیاس هفت‌گانه اشری و در نهایت، معادله همبستگی بین دما و احساس حرارتی در دو فصل سرد و گرم به دست آمده است. آیین‌نامه اشری ۵۵، احساس حرارتی بین منهای یک و مثبت یک (-۱ و +۱) را شرایط قابل قبول و آن را محدوده آسایش برای حداقل ۸۰ درصد افراد می‌داند (زارع مهذبیه، شاهچراغی، و حیدری ۱۳۹۵). مطابق با استاندارد فوق، در این مطالعه محدوده بین منهای نیم و مثبت نیم ($+0.5$ و -0.5)، شرایط عالی و محدوده بین منهای یک و مثبت یک (-۱ و +۱) شرایط مناسب و قابل قبول است. در این معیار اعدادی که کمی بیشتر از (+۱) و یا اندکی کمتر از (-۱) باشند، باعث بروز نارضایتی افراد می‌شوند.

الف. مقایسه محلات منتخب

نمودار شماره ۷ نشان می‌دهد که افراد در شرایط خارجی (فضای باز محلات مسکونی اصفهان) در آسایش حرارتی بوده و احساس حرارتی آن‌ها در هر دو فصل، بین ۱ و -۱ قرار دارد. در این راستا، محله علی‌قلی‌آقا در تابستان تا حدودی گرم و در زمستان دارای وضعیت رضایت‌بخش می‌باشد. همچنین وضعیت حرارتی کاربران در محله دشتستان، در هر دو فصل سرد و گرم مطلوب بوده و به شرایط خنثی نزدیک است. مقایسه متوسط احساس حرارتی کاربران در دو محله منتخب، حاکی از آن است که شرایط محله علی‌قلی‌آقا در فصل گرم غیرقابل تحمل‌تر از محله دشتستان بوده و از شرایط خنثی فاصله گرفته است؛ درحالی‌که در فصل سرد وضعیت معکوس شده و محله علی‌قلی‌آقا شرایط مناسب‌تری نسبت به محله دشتستان دارد.



نمودار ۷: مقایسه متوسط احساس حرارتی (میانگین متوسط آرا) در محلات علی‌قلی‌آقا و دشتستان

نظرسنجی احساس حرارتی کاربران نیز نتایج فوق را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد که در زمستان، ۷۶ درصد از کاربران در محله علی‌قلی‌آقا و ۶۰ درصد در محله دشتستان احساس راحتی داشته‌اند. بنابراین با توجه به مقایسه احساس حرارتی کاربران این دو محله، مشخص می‌شود که کاربران محله سنتی علی‌قلی‌آقا نسبت به محله معاصر دشتستان احساس راحتی بیشتری داشته و این محله دارای محیط حرارتی مطلوب‌تری در فصل سرد است. در ادامه با مقایسه احساس حرارتی کاربران این دو محله در تابستان، درمی‌یابیم که ۴۱ درصد از کاربران در محله علی‌قلی‌آقا و ۶۷ درصد در محله دشتستان احساس راحتی داشته و از شرایط محیطی راضی بوده‌اند. آمار فوق نشان‌دهنده معکوس شدن شرایط محلات مورد مطالعه در فصل گرم بوده و حاکی از آن است که میزان رضایت افراد از محیط حرارتی محله دشتستان نسبت به محله علی‌قلی‌آقا بیشتر است.



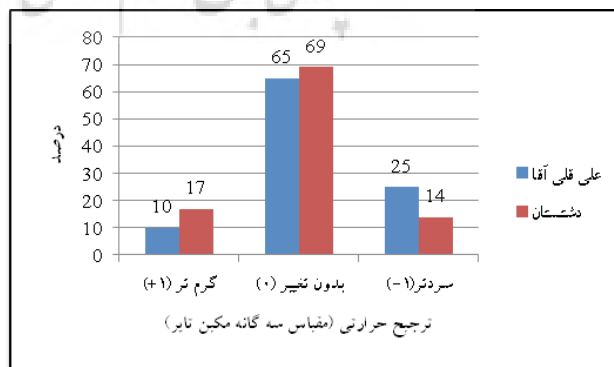
نمودار ۸ و ۹: مقایسه نظرسنجی احساس حرارتی کاربران محلات علی‌قلی‌آقا و دشتستان با مقیاس هفت‌گانه‌اشری (سمت راست: فصل زمستان، سمت چپ: فصل تابستان)

۲.۶. ترجیح حرارتی^۷

انسان‌ها ممکن است از شرایط حرارتی محیط خود احساس ناراضی‌تایی نداشته باشند، اما به تغییر آن در جهت بهبودی علاقه‌مند باشند؛ برای مثال فردی علاقه دارد که هوا کمی خنک‌تر باشد. این تقاضا در شرایطی است که اگر تغییری هم در شرایط محیط اتفاق نیفتد، فرقی در حالات روحی، روانی و حرارتی فرد پیش نخواهد آمد. به شرایط مذکور «ترجیح حرارتی» و به میزان دمای درخواست‌شده، «دمای ترجیحی» می‌گویند. ترجیح حرارتی معمولاً با مقیاس سه‌گانه مکین تایر [یله-گرم‌تر (+۱)]، [خیر- (۰)]، [یله-سردتر (-۱)] سنجیده می‌شود. در این مقیاس به جز انتخاب حالت خیر، فرد در دو حالت دیگر علاقه‌مند به استفاده از دمای ترجیحی است (حیدری ۱۳۸۴، ۲۵).

الف. مقایسه محلات منتخب در فصل سرد

با مقایسه درصد ترجیح حرارتی کاربران در دو محله جدید علی‌قلی‌آقا و دشتستان، مشخص می‌شود که در این فصل، ۶۵ درصد افراد در محله علی‌قلی‌آقا و ۶۹ درصد در محله دشتستان از شرایط حرارتی محله راضی بوده و در پاسخ به سؤال «تمایل دارید شرایط حرارتی چگونه باشد؟» گزینه بدون تغییر را انتخاب کرده‌اند. در این راستا ۱۰ درصد افراد در محله علی‌قلی‌آقا و ۱۷ درصد در محله دشتستان مایل به گرم‌تر شدن هوا بودند. همچنین ۲۵ درصد از کاربران در محله علی‌قلی‌آقا و ۱۴ درصد آن‌ها در محله دشتستان خواهان سردتر شدن هوا بوده‌اند. با توجه به مقایسه ترجیح حرارتی کاربران این دو محله مشخص می‌شود که افراد در محله دشتستان نسبت به محله علی‌قلی‌آقا تمایل کمتری به تغییر شرایط حرارتی داشته و این محله برای کاربران خود محیط حرارتی مطلوب‌تری در فصل سرد داشته است.

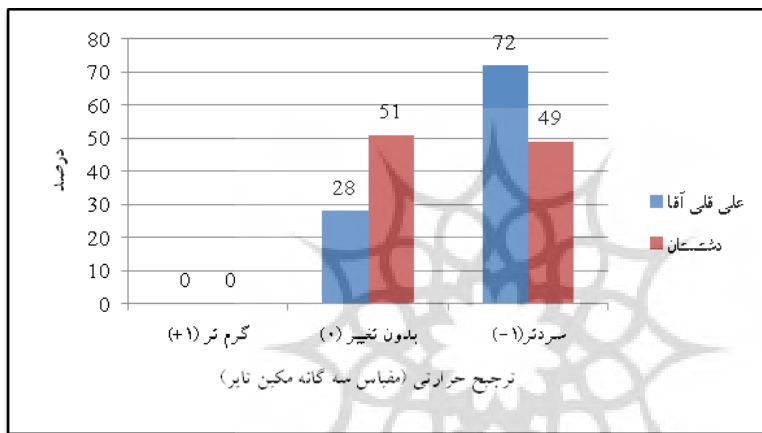


نمودار ۱۰: مقایسه ترجیح حرارتی کاربران محله علی‌قلی‌آقا و دشتستان با مقیاس سه‌گانه‌مکین تایر در فصل سرد

ب. مقایسه محلات منتخب در فصل گرم

نمودار زیر درصد ترجیح حرارتی را در فصل تابستان و در دو محله علی‌قلی‌آقا و دشتستان نشان می‌دهد. در این فصل، در محله علی‌قلی‌آقا ۲۸ درصد و در محله دشتستان، ۵۱ درصد افراد از شرایط حرارتی محله راضی بوده و تمایلی به تغییر شرایط حرارتی آن نداشته‌اند. در این راستا هیچ‌یک از افراد جامعه آماری مایل به گرم‌تر شدن شرایط حرارتی محله نبوده‌اند.

با توجه به مقایسه ترجیح حرارتی کاربران این دو محله، مشخص می‌شود که افراد در محله دشتستان نسبت به محله علی‌قلی‌آقا تمایل کمتری به استفاده از دمای ترجیحی داشته و افراد این محله، محیط حرارتی مطلوب‌تری را در فصل گرم تجربه کرده‌اند.



نمودار ۱۱: مقایسه ترجیح حرارتی کاربران محله علی‌قلی‌آقا و دشتستان با مقیاس سه‌گانه مکین تاپر در فصل گرم

۳.۶. دمای خنثی و حدود آسایش

دمای خنثی یکی از راه‌های بررسی احساس حرارتی است؛ یعنی شرایط حرارتی که افراد در آن نه احساس گرما و نه احساس سرما کنند. این اصطلاح برای اولین بار توسط همیفریز در سال ۱۹۷۵ معرفی شد. این دما در نظرسنجی احساس حرارتی، نقطه خنثی یا میانگین هفت نقطه در مقیاس اشری (مقیاسی برای ارزیابی احساس آسایش فرد در مقیاس هفت‌گانه از محدوده بسیار سرد تا بسیار گرم) است. به عبارت دیگر می‌توان گفت که دمای خنثی همان دمای راحتی یا درجه‌حرارت مطلوب است. بر اساس تجزیه و تحلیل رگرسیونی از دمای خنثی و حدود آسایش، نتایج نشان می‌دهد که دمای خنثی در محله علی‌قلی‌آقا در فصل سرد حدود ۱۸/۱ درجه سانتی‌گراد و در فصل گرم حدود ۲۹/۲ درجه سانتی‌گراد، در دامنه ۵/۴ (۲۱/۵ تا ۳۱/۹) است. در این محله، شیب خط در زمستان ۷ درصد و در تابستان ۴۰ درصد است. این مسئله نشان می‌دهد که سازگاری کاربران این محله با شرایط سرد بیشتر از سازگاری آن‌ها با شرایط گرم است.

همچنین نتایج به‌دست‌آمده در محله دشتستان حاکی از آن است که این محله در فصل سرد، دارای دمای خنثی حدود ۱۷/۶ درجه سانتی‌گراد، در دامنه ۱۰/۲ (۱۲/۵ تا ۲۲/۷) بوده و در تابستان با یک جهش ۱۲ درجه‌ای به حدود ۲۹/۷ درجه سانتی‌گراد، در دامنه ۸/۰ (۲۵/۶ تا ۳۳/۷) می‌رسد. محله مذکور در زمستان دارای شیب خط ۲۰ درصد و در تابستان ۲۵ درصد است. این نتایج نشان‌دهنده آن است که سازگاری کاربران این محله با شرایط سرد بیشتر از سازگاری آن‌ها با شرایط گرم است.

جدول ۵: نتایج تجزیه و تحلیل رگرسیونی از دمای خنثی و حدود آسایش فصل سرد و گرم در محلات منتخب

| دمای خنثی و حدود آسایش | | | | | | |
|------------------------|-------------|--------|-----------|----------------|----------------|-----------------|
| فصل | محله | شیب خط | دمای خنثی | حد پایین آسایش | حد بالای آسایش | دامنه قابل قبول |
| زمستان | علی‌قلی‌آقا | ۰/۰۷ | ۱۸/۱ | - | - | - |
| | دشتستان | ۰/۲ | ۱۷/۶ | ۱۲/۵ | ۲۲/۷ | ۱۰/۲ |
| تابستان | علی‌قلی‌آقا | ۰/۴ | ۲۹/۲ | ۲۶/۵ | ۳۱/۹ | ۵/۴ |
| | دشتستان | ۰/۲۵ | ۲۹/۷ | ۲۵/۶ | ۳۳/۷ | ۸/۰ |

الف. مقایسه محلات منتخب در فصل سرد

مقایسه دمای خنثی و حدود آسایش دو محله علی‌قلی‌آقا و دشتستان حاکی از آن است که دمای خنثی در دو محله مذکور به هم نزدیک بوده ولی محله جدید دشتستان واقع در بافت معاصر با دمایی برابر با ۱۷/۶ درجه، به میزان حدود ۰/۵ درجه سانتی‌گراد دمای خنثای کمتری نسبت به محله قدیمی علی‌قلی‌آقا واقع در بافت سنتی دارد. این دو محله دارای شیب خطوط کمتر از ۰/۳ هستند که در این راستا محله علی‌قلی‌آقا با شیب ۰/۰۷، شیب کمتری نسبت به محله دشتستان دارد. از این رو درمی‌یابیم که کاربران محله قدیمی علی‌قلی‌آقا قدرت تطبیق سرمایی بیشتری دارند. در این راستا، افراد محله دشتستان تا ۱۲/۵ درجه سانتی‌گراد سرما را در فضاهای باز محله تحمل می‌کنند.

ب. مقایسه محلات منتخب در فصل گرم

مقایسه محلات علی‌قلی‌آقا و دشتستان نشان می‌دهد که دمای خنثی در محلات مذکور تقریباً برابر بوده، اما محله علی‌قلی‌آقا با اختلاف جزئی دارای دمای خنثای کمتری نسبت به محله دشتستان است. این دو محله دارای شیب خطوط کمتر از ۰/۵۰ هستند و شیب خط در محله جدید دشتستان به اندازه حدود ۰/۱۵ از محله قدیمی علی‌قلی‌آقا کمتر است. آمار فوق نشان‌دهنده این مطلب است که افراد محله دشتستان نسبت به محله علی‌قلی‌آقا، قدرت تطبیق گرمایی بیشتری دارند. در این راستا، با اینکه دامنه تطبیق دمایی هر دو محله به هم نزدیک است، محله دشتستان به میزان ۱/۷۷ درجه، دامنه تطبیق دمایی (حد بالای آسایش) بیشتری نسبت به محله علی‌قلی‌آقا داشته و این نشان می‌دهد که در فصل گرم، افراد محله دشتستان به میزان ۱/۸ درجه، گرمایی بیشتری را در فضاهای باز محله تحمل می‌کنند.

۷. ارزیابی آسایش حرارتی محلات با استفاده از شاخصه حرارتی

در این پژوهش، از میان سه شاخصه پرکاربرد دمای مؤثر استاندارد^۸، دمای معادل فیزیولوژیکی^۹ و پیش‌بینی متوسط نظر^{۱۰}، شاخصه دمای مؤثر استاندارد برای ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای باز محلات مسکونی و تحلیل محدوده حرارتی (رفتار حرارتی) آن‌ها انتخاب و مورد استفاده قرار می‌گیرد. دلیل انتخاب سه شاخصه فوق، پرکاربرد بودن آن‌ها و تأیید رابطه همبستگی بالای ۸۹ درصد آن‌ها با احساس آسایش حرارتی در فضای باز توسط پژوهشگران است. همچنین دلیل انتخاب نهایی شاخصه دمای مؤثر استاندارد، در ادامه آورده شده است:

شاخصه مذکور یکی از کامل‌ترین شاخصه‌های دمای آسایشی و برگرفته از مطالعات مؤسسه اشری با همکاری هوگتن و یوگلو است (بقایی ۱۳۹۳، ۱۱۳). این دما نشان‌دهنده دمای هوای معادل یک محیط با دمای یکنواخت و رطوبت ۵۰ درصد است که در آن، شخص لباسی را که بر اساس فعالیتش متناسب است، پوشیده و همان تنش حرارتی (دمای پوست) و تنظیم دمایی (رطوبت پوست) محیط واقعی را دارد (حیدری‌نژاد و دیگران ۱۳۸۸، ۳۳). نرخ لباس و سطح فعالیت از متغیرهای اصلی محاسبه این شاخصه بوده و سازگاری رفتاری در آن لحاظ شده است. به صورت نظری، این شاخصه در محاسبه تنظیم دمای بدن دارای مزایایی نسبت به شاخصه پیش‌بینی متوسط نظر است که سبب افزایش دقت آن در فضای باز می‌گردد. متغیرهای سرعت وزش باد، میانگین دمای تابشی و وزن افراد در شاخصه دمای مؤثر استاندارد دارای بیشترین تأثیر هستند (حیدری و منعم ۱۳۹۲).

جدول ۶: استاندارد دامنه آسایش شاخصه دمای مؤثر استاندارد (حیدری و منعم ۱۳۹۲، ۲۰۲)

| احساس حرارتی | انجماد | خیلی سرد | سرد | کمی سرد | آسایش | کمی گرم | گرم | خیلی گرم | داغ |
|---------------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|---------|---------|-----------|-------------|
| دمای مؤثر استاندارد | کمتر از ۱۰ | ۱۰-۱۴/۵ | ۱۴/۵-۱۷/۵ | ۱۷/۵-۲۲/۲ | ۲۲/۲-۲۵/۶ | ۲۵/۶-۳۰ | ۳۰-۳۴/۵ | ۳۴/۵-۳۷/۵ | بیش از ۳۷/۵ |

با توجه به اینکه از میان مدل‌های مختلف در راستای بررسی شرایط زیست اقلیمی، مدل ریمن به لحاظ استفاده از پارامترهای مختلف اقلیمی، فرم محاسباتی مناسب و پشتیبانی توسط نرم‌افزار مربوط بیش از سایر روش‌ها مورد توجه محققان داخلی و خارجی بوده و ماهیت مقاله حاضر نیز به آن‌ها نزدیک است، این مدل برای محاسبه شاخصه حرارتی انتخاب می‌شود. با انتقال داده‌هایی مانند دمای هوا، رطوبت، سرعت جریان هوا، مشخصات شخصی (شامل قد، وزن، سن و جنس)، نرخ فعالیت، نرخ لباس و اطلاعاتی همچون طول و عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، میزان ابرناکی (تهیه شده از اداره کل هواشناسی اصفهان) و دیگر اطلاعات مورد نیاز به نرم‌افزار ریمن، ابتدا دمای تابشی و سپس شاخصه دمای مؤثر استاندارد برای دو محله منتخب به تفکیک فصل سرد و گرم محاسبه شده و محدوده آسایش حرارتی (رفتار حرارتی) فضاهای باز محلات در دو بافت شهری سنتی و معاصر مورد مطالعه مشخص می‌شود.

جدول ۷: اطلاعات ورودی برنامه ریمن

| ردیف | محله | فصل | دمای هوا (CO) | رطوبت نسبی (%) | سرعت جریان باد (m/s) | لباس (Clo) | فعالیت (W) | میزان ابرناکی (Octas) | میانگین سن (سال) | میانگین قد (متر) | میانگین وزن (کیلوگرم) |
|------|-------------|---------|---------------|----------------|----------------------|------------|------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|
| ۱ | علی‌قلی‌آقا | زمستان | ۲۱/۸۶ | ۱۶/۸۶ | ۰/۰۵ | ۰/۷۱ | ۱۰۰ | ۰ | ۳۵ | ۱/۶۹ | ۷۵ |
| | | تابستان | ۳۱/۵۸ | ۱۴ | ۰/۰۷ | ۰/۶۶ | ۱۱۴ | ۰ | ۳۳ | ۱/۶۸ | ۶۸/۵ |
| ۲ | دشتستان | زمستان | ۱۹/۸۷ | ۹/۱۸ | ۰/۲۹ | ۰/۷۳ | ۱۰۵ | ۰ | ۳۲ | ۱/۶۸ | ۷۰/۳ |
| | | تابستان | ۳۱/۱۵ | ۱۴/۳۵ | ۰/۰۶ | ۰/۵۱ | ۷۵ | ۰ | ۳۹ | ۱/۶۸ | ۶۹/۷ |

با محاسبه شاخصه مذکور، می‌توان دریافت که وضعیت آسایش حرارتی آن‌ها چگونه است. به عبارت دیگر، عملکرد حرارتی (رفتار حرارتی) فضاهای باز محلات مورد مطالعه آشکار می‌شود. مطابق با جدول ۷، اگر مقدار دمای مؤثر بین ۲۲/۲ تا ۲۵/۶ به دست آید، شرایط راحت و قابل قبول بوده و اعدادی که بالاتر یا پایین‌تر از این محدوده باشند، باعث ناراحتی افراد می‌شوند. در جدول ۸ مقادیر SET هریک از محلات تعیین شده است.

جدول ۸: مقادیر SET* محلات منتخب به تفکیک فصل سرد و گرم

| دمای مؤثر استاندارد SET* | نام محله فصل سرد | علی‌قلی‌آقا | دشتستان |
|--------------------------|------------------|-------------|---------|
| (درجه سانتی‌گراد) | فصل سرد | ۱۷ | ۱۷/۹ |
| | فصل گرم | ۳۹/۲ | ۳۰/۵ |

در فصل سرد و گرم، هر دو محله علی‌قلی‌آقا و دشتستان، خارج از حد آسایش هستند. در این راستا شاخصه SET در محلات مورد نظر از ۱۷ تا ۳۰/۵ به دست آمده است. به منظور سهولت در محدوده آسایش حرارتی فضاهای باز محلات مسکونی مورد مطالعه و رفتار حرارتی آن‌ها، اعداد محاسبه شده برای شاخصه مذکور، در دو جدول مجزا و به تفکیک فصل سرد و گرم آورده شده است.

جدول ۹: محدوده حرارتی فضاهای باز محلات منتخب با استفاده از شاخصه SET* در فصل سرد

| نام محله | بسیار گرم | گرم | کمی گرم | آسایش | کمی سرد | سرد | بسیار سرد |
|-------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | ۳۴/۵-۳۷/۵ | ۳۰-۳۴/۵ | ۲۵/۶-۳۰ | ۲۲/۲-۲۵/۶ | ۱۷/۵-۲۲/۲ | ۱۴/۵-۱۷/۵ | ۱۰-۱۴/۵ |
| علی‌قلی‌آقا | بسیار گرم | گرم | کمی گرم | آسایش | کمی سرد | سرد | بسیار سرد |
| دشتستان | بسیار گرم | گرم | کمی گرم | آسایش | کمی سرد | سرد | بسیار سرد |

در زمستان، شاخصه SET در محله علی‌قلی‌آقا برابر با ۱۷ درجه سانتی‌گراد بوده و مطابق با جدول ۶ در محدوده سرد قرار می‌گیرد. همچنین محله دشتستان با ۱۷/۹ درجه سانتی‌گراد در محدوده کمی سرد دسته‌بندی می‌شود. اما در فصل گرم، محله علی‌قلی‌آقا در محدوده کمی گرم و محله دشتستان در محدوده گرم هستند. در این فصل، شاخصه SET در محله علی‌قلی‌آقا برابر با ۲۹/۲ و در محله دشتستان ۳۰/۵ درجه سانتی‌گراد به دست آمده است.

جدول ۱۰: محدوده حرارتی فضاهای باز محلات منتخب با استفاده از شاخصه SET* در فصل گرم

| نام محله | بسیار گرم | گرم | کمی گرم | آسایش | کمی سرد | سرد | بسیار سرد |
|-------------|-----------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | ۳۴/۵-۳۷/۵ | ۳۰-۳۴/۵ | ۲۵/۶-۳۰ | ۲۲/۲-۲۵/۶ | ۱۷/۵-۲۲/۲ | ۱۴/۵-۱۷/۵ | ۱۰-۱۴/۵ |
| علی‌قلی‌آقا | بسیار گرم | گرم | کمی گرم | آسایش | کمی سرد | سرد | بسیار سرد |
| دشتستان | بسیار گرم | گرم | کمی گرم | آسایش | کمی سرد | سرد | بسیار سرد |

۸. مقایسه نتایج برداشت‌های میدانی با شاخصه حرارتی

برای اعتبارسنجی داده‌ها، نتایج برداشت‌های میدانی با خروجی نرم‌افزار ریمین مقایسه می‌شود. به عبارت دیگر، دمای خنثی که از نتایج بررسی‌های میدانی است، با شاخصه دمای مؤثر استاندارد، به‌عنوان خروجی نرم‌افزار ریمین، در دو محله مورد مطالعه و به تفکیک دو فصل سرد و گرم قیاس می‌شود.

جدول ۱۱: وضعیت آسایش حرارتی محلات منتخب بر اساس فاکتورهای مورد بررسی در فصل سرد

| فصل سرد | | فصل گرم | |
|-------------|---------|-------------|---------|
| علی‌قلی‌آقا | دشتستان | علی‌قلی‌آقا | دشتستان |
| ۱۷ | ۱۷/۹ | ۲۹/۲ | ۳۰/۵ |
| ۱۸/۱ | ۱۷/۶ | ۲۹/۲ | ۲۹/۷ |

فاکتورهای مورد بررسی در محلات منتخب

دمای مؤثر استاندارد

دمای خنثی

مقایسه شاخصه مذکور در فضای باز دو محله علی‌قلی‌آقا و دشتستان در شهر اصفهان نشان داد که در هر دو فصل سرد و گرم، در برخی موارد میزان دمای خنثی کمتر از شاخصه دمای مؤثر استاندارد و در برخی برابر یا بیشتر است. در این میان، در فصل سرد، اختلاف این دو شاخصه در محله علی‌قلی‌آقا ۱/۱ درجه و در محله دشتستان حدود ۰/۲۶ درجه سانتی‌گراد است. همچنین در فصل گرم، این دو دما در محله علی‌قلی‌آقا منطبق بوده و اختلاف آن‌ها در محله دشتستان حدود ۰/۸ درجه است. در این راستا بیشترین اختلاف مربوط به محله علی‌قلی‌آقا در فصل زمستان و کمترین آن مربوط به محله دشتستان در همان فصل است.

نتیجه

مقاله پیش رو در پی ارزیابی و مقایسه وضعیت آسایش حرارتی در فضای باز محلات مسکونی با دو ساختار کالبدی متفاوت و همچنین بررسی دمای آسایش و محدوده آن بوده است. در این میان، محله علی‌قلی‌آقا واقع در بافت سنتی و محله دشتستان واقع در بافت معاصر شهر اصفهان مورد مطالعه و تحلیل میدانی قرار گرفت و وضعیت آن‌ها از نظر آسایش حرارتی با هم مقایسه شد. بر این اساس، ارزیابی وضعیت آسایش حرارتی در فضای باز محلات مسکونی منتخب حاکی از آن است که بر اساس محاسبه متوسط احساس حرارتی، افراد در شرایط خارجی محلات در محدوده آسایش بوده و احساس حرارتی آن‌ها در هر دو فصل، بین ۱ و ۱- قرار دارد. این مسئله نشان می‌دهد که کاربران در بیشتر موارد شرایط راحتی را برای خود فراهم می‌کنند. در ادامه با بررسی و مقایسه ترجیح حرارتی کاربران این دو محله مشخص می‌شود که در فصل زمستان کاربران محله دشتستان نسبت به محله علی‌قلی‌آقا تمایل کمتری به تغییر

شرایط حرارتی داشته و در فصل تابستان افراد در محله دشتستان تمایل کمتری به استفاده از دمای ترجیحی داشته‌اند. در نهایت بر اساس یافته‌های به‌دست‌آمده، نتایج تحلیل وضعیت آسایش حرارتی در فضای باز عمومی محلات منتخب در دو فصل سرد و گرم و بر اساس فاکتورهایی همچون متوسط احساس حرارتی، ترجیح حرارتی و شاخصه دمای مؤثر استاندارد به تفکیک محلات مورد مطالعه به شرح زیر است:

نتایج در فصل سرد حاکی از آن است که بر اساس فاکتور متوسط احساس حرارتی و ترجیح حرارتی، محلات علی‌قلی‌آقا و دشتستان دارای وضعیت مطلوب هستند. همچنین بر مبنای شاخصه دمای مؤثر استاندارد، محله علی‌قلی‌آقا، سرد و محله دشتستان دارای شرایط حرارتی کمی سرد است. نتایج در فصل گرم نشان می‌دهد که فاکتور متوسط احساس حرارتی شرایط را در محله علی‌قلی‌آقا، کمی گرم و در محله دشتستان مطلوب شمرده است. در ادامه بر مبنای فاکتور ترجیح حرارتی، محله علی‌قلی‌آقا دارای وضعیت گرم و محله دشتستان دارای وضعیت کمی گرم می‌باشد. همچنین بر مبنای شاخصه دمای مؤثر استاندارد، محله علی‌قلی‌آقا در محدوده کمی گرم و محله دشتستان در محدوده گرم قرار می‌گیرد.

در ادامه در پاسخ به پرسش دوم پژوهش درباره یافتن دمای آسایش و محدوده آن برای کاربران فضای باز محلات مسکونی اصفهان، می‌توان اذعان داشت که تحلیل دمای آسایش در فضای باز عمومی محلات منتخب و مقایسه آن نشان می‌دهد که میانگین دمای خنثی در فضای باز محلات منتخب در فصل سرد $17/8$ درجه بوده و از $17/6$ درجه در محله دشتستان تا $18/1$ درجه در محله علی‌قلی‌آقا متغیر است. همچنین میانگین دمای راحتی در محلات مذکور در فصل گرم $29/4$ درجه سانتی‌گراد است و از $29/2$ درجه در محله علی‌قلی‌آقا تا $29/7$ درجه سانتی‌گراد در محله دشتستان متفاوت است. در این راستا حدود و دامنه آسایش برای محله علی‌قلی‌آقا در فصل سرد دارای روایی مطلق نبوده و این مسئله نشان از کامل بودن پروسه سازگاری است. اما محدوده آسایش در این فصل برای محله دشتستان از $12/5$ درجه تا $22/7$ درجه در دامنه $10/2$ درجه سانتی‌گراد است. همچنین این محدوده در فصل گرم از $26/54$ درجه تا $31/96$ درجه سانتی‌گراد در دامنه $5/42$ درجه سانتی‌گراد در محله علی‌قلی‌آقا و از $25/69$ درجه تا $33/73$ درجه سانتی‌گراد در دامنه $8/04$ درجه سانتی‌گراد در محله دشتستان متفاوت است. با توجه به تحلیل‌های صورت‌گرفته مشخص شد که دمای راحتی و حدود آسایش در محلات منتخب شهر اصفهان بسیار به هم نزدیک بوده ولی با یکدیگر متفاوت‌اند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که این مسئله نشان‌دهنده تأثیر تفاوت در نوع ساختار و بافت محل سکونت، شرایط اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و... بر احساس حرارتی افراد در محلات مختلف شهر اصفهان است.

در نهایت با مقایسه وضعیت آسایش حرارتی محلات بر اساس برداشت‌های میدانی و نتایج محاسبه شاخصه حرارتی دمای مؤثر استاندارد، می‌توان این‌طور بیان کرد که اختلاف میان موارد مذکور از $0/26$ درجه تا $1/1$ درجه سانتی‌گراد در محلات مورد مطالعه است. بنابراین با توجه به اختلاف جزئی میان برداشت‌های میدانی و شاخصه حرارتی دمای مؤثر استاندارد، این شاخصه می‌تواند برای ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای باز محلات شهر اصفهان و تعیین محدوده حرارتی آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته و جایگزین بررسی‌های میدانی شود. در مجموع، عدم تطابق و اختلاف جزئی پیش‌آمده میان برداشت‌های میدانی با نتایج محاسبه شاخصه حرارتی می‌تواند دلایلی همچون عدم توجه شاخصه‌های حرارتی به عواملی مانند عوامل روان‌شناختی و سازگاری رفتاری (انتظارات، تجربیات حرارتی، مدت زمان حضور، ادراک ذهنی و...) داشته باشد؛ که می‌تواند در پژوهش‌های آینده مورد تحلیل و بررسی قرار گیرد.

پی‌نوشت‌ها

1. Haldane
2. Matsudo
3. Windsor
4. Galicia
5. Tianjin

6. Actual Mean Vote (Amv)
7. Thermal Preference
8. SET*
9. PET
10. PMV

منابع

- اداره کل هواشناسی استان اصفهان. ۱۳۹۴. *نمایه اقلیمی اصفهان*.
- بقایی، پرهام. ۱۳۹۳. *برهم‌کنش عوامل منظرپر داز در تحلیل شرایط حرارتی مسکن سنتی ایران (نمونه مورد بررسی خانه‌های سنتی یزد)*. پایان‌نامه دکتری، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه تربیت مدرس.
- حیدری، شاهین. ۱۳۸۴. *تئوری نوین آسایش حرارتی*. چ ۱، تهران: وزارت نیرو.
- حیدری، شاهین. ۱۳۹۳. *سازگاری حرارتی در معماری (نخستین قدم در صرفه‌جویی مصرف انرژی)*. چ ۱، تهران: دانشگاه تهران.
- حیدری، شاهین، و علیرضا منعم. ۱۳۹۲. *ارزیابی شاخصه‌های آسایش حرارتی در فضای باز. مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*. ش. ۲۰: ۱۹۷-۲۱۶.
- حیدری‌نژاد، قاسم، شهرام دلفانی، محمدمامین زنگنه، و محمد حیدری‌نژاد. ۱۳۸۸. *آسایش حرارتی*. تهران: مرکز تحقیقات ساختمان و مسکن.
- زارع مهدیه، آیداه، آزاده شاهچراغی، و شاهین حیدری. ۱۳۹۵. *بررسی کیفیت محیطی فضاهای داخلی با تأکید بر آسایش حرارتی در خانه‌های سنتی، نمونه موردی: دو خانه قجری در شیراز. مطالعات معماری ایران*. ش. ۹: ۸۵-۱۰۰.
- ضرابیان، فرناز. ۱۳۸۹. *طراحی فضاهای باز قابل دفاع در محلات مسکونی شهر تهران (مطالعه موردی: محله باغ فیض-پونک)*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران.
- معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان. ۱۳۹۴. *الف: آمارنامه شهر اصفهان، بخش سرزمین / آب‌وهوا*.
- معاونت برنامه‌ریزی، پژوهش و فناوری اطلاعات شهرداری اصفهان. ۱۳۹۴. *ج: آمارنامه شهر اصفهان، بخش جمعیت*.
- معرفت، مهدی، و امیر امیدوار. ۱۳۹۲. *آسایش حرارتی (محاسبات و ملاحظات طراحی)*. تهران: یزدا.
- منعم، علیرضا. ۱۳۹۱. *آسایش محیطی در فضاهای باز شهری (ارزیابی آسایش حرارتی در بوستان‌های منتخب شهر تهران)*. پایان‌نامه دکتری، دانشکده معماری و شهرسازی، دانشگاه علم و صنعت ایران.
- Amindeldar, S., SH. Heidari, and M. Khalili. 2017. The effect of personal and microclimatic variables on outdoor thermal comfort: A field study in Tehran in cold season. *Sustainable Cities and Society*, no. 32: 153-159.
- Auliciems, A., and S. Szokolay. 2007. Thermal comfort. passive and low energy architecture international (PLEA), in *Association with Department of Architecture*, The University of Queensland Brisbane 4072, note 3.
- Blanchard, S. 2013. *Improving thermal comfort in windsor, ON; Assessing Urban Parks and Playgrounds. Report Prepared for the City of Windsor*.
- Boukhelkhal, I., and F. Bourbia. 2016. Thermal comfort conditions in outdoor urban spaces: Hot dry climate. *Ghardaia, Algeria. Procedia Engineering*, no. 169: 207-215.
- Chen, L. and E. Ng. 2012. Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. *Cities*, no. 29: 118-125.
- Ebrahimabadi, S. 2015. Outdoor comfort in cold climates (Integrating microclimate factors in urban

design). PH.D thesis, Luleå University of Technology.

_ Givoni, B., M. Noguchi, H. Saaroni, O. Pochter, Y. Yaacov, N. Feller, S. Becker. 2003. Outdoor comfort research issues. *Energy and Buildings*, no. 35: 77-86.

_ Heidari, SH. 2000. Thermal comfort in Iranian courtyard housing, PH.D. Thesis, University of Sheffield.

_ Höpfe, P. 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, no. 34: 661-665.

_ Kamholz, J., and L. Storer. 2009. Regional and historic standards of comfort. school of architecture, the University of Texas at AUSTIN.

_ Kardinal Jusef, S. M. IGNATIUS, and W.N. Hien. 2016. Urban climatic mapping using prediction models for ambient temperature and outdoor thermal comfort: a Singapore Case Study. *4th International Conference on Countermeasures to Urban Heat Island, 3031. May and 1 June 2016, National University of Singapore, Singapore.*

_ Kariminia, SH., SH. Shamshirband, SH. Motamedi, R. Hashim, CH. Roy. 2016. A systematic extreme learning machine approach to analyze visitors' Thermal comfort at a public urban space. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 58: 751-760.

_ Milošević, D.D. S.M. Savić, and I.V. Bajšanski. 2017. Applications of automatic algorithms for improvement of outdoor thermal comfort in cities. *Procedia Engineering*, no. 198: 187-192.

_ Niu, J., J. Liu, and et al. 2015. A new method to assess spatial variations of outdoor thermal comfort: Onsite monitoring results and implications for precinct planning. *Building and Environment*, no. 91: 263-270.

_ Orosa, J.A.; Cošta, A.M; Rodríguez. Fernández, A. And Roshan, GH. 2014. Effect of climate change on outdoor thermal comfort in humid climates. *Journal of environmental health science & engineering*, no. 12:55-46 .

_ Rossi, M., V. Martarocco, R. Grascelli, and et al. 2013. Design choices and comfort outdoors in sustainable neighbourhoods, PLEA _ 29th Conference, *Sustainable Architecture for a Renewable Future*, Munich, Germany.

_ Thorsson, S., F. Lindberg, I. Eliasson, B. Holmer. 2007. Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. *International Journal of Climatology*, no. 27: 1983-1993.

_ Tong, sh., N.H. Wong, CH.L. Tan, S. Kardinal Jusef, M. Ignatius, E. Tan. 2017. Impact of Urban morphology on microclimate and thermal comfort in northern China. *Solar Energy*, no. 155: 212-223.

_ Yang, W., N.H. Wong, and Y. Lin. 2015. Thermal comfort in high-rise urban environments in Singapore. *Procedia Engineering*, no. 121: 2125-2131.

_ Yang, W. N.H. Wong, and S.Kardinal Jusef. 2013. Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore. *Building and Environment*, no. 59: 426-435.

_ <http://www.googleearth.com>