

مقایسه تطبیقی شاخص آسایش حرارتی (PMV) زنان در محلات تاریخی

موردی مطالعه: مرکز محلات شیخداد و شش بادگیر شهر یزد

**A comparative analysis of the thermal comfort index (PMV)
for women in historical neighborhoods**

**Case study: the center of Sheikhdad and Shesh-Badgir
neighborhoods in Yazd city**

چکیده

امروزه یکی از مهمترین موضوعات در طراحی فضاهای باز شهری توجه به وضعیت اقلیمی و آسایش حرارتی کاربران است. در این گونه از فضاها شرایط حرارتی و خرد اقلیم شهری تأثیر بسزایی بر سطح سلامت و آسایش شهروندان می گذارد، به نحوی که در مواقعی منجر به تغییر در عملکرد ذهنی و جسمی شهروندان می شود. در این بین، زنان به دلیل حساسیت بیشتر به وضعیت و شرایط محیطی، به صورت یکسان با مردان از فضاهای شهری بهره نمی برند. بنابراین شناخت و درک نیازها و شرایط حضور بانوان در فضاهای شهری از الزامات طراحی و ساخت پایدارتر این نوع از فضاها است. هدف اصلی این پژوهش بررسی و مقایسه وضعیت آسایش حرارتی زنان در محلات تاریخی شهر یزد بر اساس شاخص PMV است. در همین راستا با استفاده از روش ترکیبی و با رویکرد کمی و کیفی و با بهره گیری از تحلیل های نرم افزاری (Basic ENVI-met 5.6) به مقایسه تطبیقی شاخص آسایش حرارتی (PMV) زنان در محلات تاریخی شهر یزد پرداخته است. نتایج این پژوهش حاکی از آن است استفاده از پوشش گیاهی مناسب و سایه انداز با تراکم تاج تقریباً بالا و همچنین ایجاد پوشش های گیاهی مقطعی در نقاط مختلف، استفاده از مصالح بوم آورد در کف و جداره ها و استفاده از رنگ های روشن، حتی در فصل زمستان نیز میتواند وضعیت آسایش حرارتی بسیار مطلوبی را برای عابران پیاده فراهم کند.

واژگان کلیدی: زنان، آسایش حرارتی، ENVI-met، بافت تاریخی، شهر یزد.

Abstract

In today's urban design, it is crucial to consider the climatic conditions and thermal comfort of users in open spaces. The city's thermal conditions and microclimate significantly impact citizens' health and comfort, influencing their mental and physical performance. Women's usage of urban spaces differs from men's due to their heightened sensitivity to environmental conditions. Understanding the needs and conditions of women's presence in urban spaces is essential for sustainable design and construction. This research aims to compare the thermal comfort of women in Yazd's historical neighborhoods based on the PMV index. By employing a combined quantitative and qualitative approach and software analysis (Basic ENVI-met 5.6), the study compared the thermal comfort index (PMV) of women in these neighborhoods. The findings suggest that implementing suitable vegetation and shading with high crown density, creating sectional vegetation in various locations, using canvas materials on the floor and walls, and incorporating bright colors can make a highly favorable thermal comfort environment for pedestrians, even in the winter season.

Keywords : Women, Thermal comfort, ENVI-met, Historical fabric, Yazd city.

۱- مقدمه

مراکز محلات از فضاهای عمومی شهر هستند که از ویژگی‌هایی مانند سرزندگی، تحرک، تحول مداوم، پیوستگی و گسستگی برخوردارند. مهمتر اینکه همه گروه‌های اجتماعی میتوانند در این فضاها حضور یابند و تجربه و درک استفاده از فضاهای شهری تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله جنسیت است، در این میان زنان به عنوان نیمی از جمعیت جامعه گروه بزرگی از استفاده‌کنندگان از این فضاها می‌باشند. زنان خصوصیات بیولوژیک، مسئولیت‌ها و نگاه متفاوتی در مقایسه با مردان دارند که در نوع ارتباط آنها با فضا تأثیر می‌گذارد. آنها تسهیلات خاصی را از فضا انتظار دارند که با خصوصیات جسمی و نیازهای عاطفی و روحیشان متناسب باشد و زندگی روزمره و فعالیت‌هایشان را تسهیل کند از این جهت توجه به شرایط حرارتی و خرد اقلیم شهری حائز اهمیت است، زیرا ارتقای کیفی شرایط محیطی میتواند شرایط مناسبی جهت حضور افراد و به خصوص زنان را، در این مکان‌ها فراهم آورده و با افزایش مدت زمان استفاده از فضاهای جمعی سبب پویایی و سرزندگی شهری شود، با توجه به تنوع پارامترهای تأثیرگذار در شکل‌گیری خرداقلیم شهری و نقشی که آسایش اقلیمی به عنوان یکی از عوامل کلیدی در ارتقای کیفیت فضا ایفا می‌کند، این موضوع مستقیماً بر میزان وقوع فعالیت‌های انتخابی و حتی فعالیت‌های ضروری تأثیر گذاشته و کنترل و ارزیابی پایداری شرایط محیطی را پیچیده‌تر می‌سازد. در این راستا، استفاده از الگوهای شبیه‌سازی خرداقلیم برای درک دقیق‌تر عملکرد و تأثیرگذاری عناصر اقلیمی، به‌ویژه در طراحی فضاهای شهری، امری حیاتی است. این اقدام با هدف دستیابی به الگویی منسجم و پایدار که مبتنی بر تأمین شرایط آسایش اقلیمی و بهینه‌سازی ساختارهای فضایی است، ضرورت پیدا می‌کند.

۱-۱- مروری بر پیشینه پژوهش

یکی از اصلی‌ترین دغدغه‌ها در حوزه طراحی شهری توجه به آرامش و آسایش شهروندان در محیط‌های شهری است، به همین دلیل پژوهش و تلاش‌ها در جهت ایجاد فضاهای شهری با حداکثر توجه به رفاه و به خصوص ایجاد آسایش حرارتی مطلوب در شهر برای شهروندان از اوایل سده بیست و یکم میلادی مورد توجه پژوهشگران این حوزه قرار گرفته است. در ادامه برخی از مهمترین پژوهش‌های انجام شده در این زمینه بررسی شده‌اند.

یوهانسون و همکاران (۲۰۰۶) در مقاله‌ای با عنوان "تأثیر طراحی شهری بر آسایش حرارتی فضای باز در شهر گرم و مرطوب کلمبو، سریلانکا" با بررسی ۵ نقطه متفاوت در داخل و حومه این شهر و ثبت اطلاعات و داده‌های محیطی توسط دیتالاگر، دوربین مادون قرمز و دماسنج در هر ۵ نقطه و بررسی و تحلیل آنها توسط نرم افزار RayMan مقدار شاخص‌های PMV، PET، SET و MRT برای هر محدوده را اندازه‌گیری و مورد بررسی قرار دادند. در نهایت با توجه به نتایج بدست آمده، برای شهرهای گرم و مرطوب مانند کلمبو، اصولی خاص جهت طراحی شهری با تأکید بر آسایش حرارتی پیشنهاد کردند که از جمله آنها میتوان به: طراحی فشرده‌تر توده شهری، ایجاد سایه اندازی توسط درختان، ساختمان‌ها و...، تعریض نوار ساحلی جهت افزایش وزش باد اشاره نمود.[۱]

در پژوهش یاناس و همکاران (۲۰۱۶) تحت عنوان "طراحی خرد اقلیم فضاهای باز: رتبه بندی اثرات طراحی شهری بر آسایش حرارتی عابر پیاده در تابستان" تأثیر مورفولوژی شهری و پارامترهای طراحی شهری بر آسایش حرارتی بررسی شده است. در این پژوهش یک یک میدان دارای فضای باز شهری انتخاب شده و با استفاده از نرم افزارهای Envi-met، RadTherm و Fluent میزان شاخص های موثر بر آسایش حرارتی عابران در این فضا در فصل تابستان مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است. نتایج این پژوهش نشان داد طراحی خرد اقلیم های دارای پوشش گیاهی مناسب، ایجاد جریان باد، وجود آب و رطوبت مناسب خاک باعث افزایش آسایش حرارتی مناسب عابران در فصل تابستان خواهد شد. [۲]

در پژوهش باراکات و همکاران (۲۰۱۷) با عنوان "طراحی شهری با تأکید بر آسایش حرارتی انسان در اقلیم گرم و خشک با استفاده از روش های شبیه سازی پیشرفته" روش اتخاذ شده مبتنی بر استفاده از نرم افزار Envi-met برای اندازه گیری چهار شاخص حرارتی دمای هوا، رطوبت نسبی، MRT و PMV بوده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد تغییر در طراحی شبکه ی خیابان ها و معابر، طراحی با توجه به توپوگرافی و توجه به مصالح مصرفی می تواند سطح حرارت را افزایش دهد، در نتیجه با کنترل موارد فوق الذکر میتوان آسایش حرارتی مناسبی در شهر های اقلیم گرم و خشک ایجاد نمود. [۳]

در پژوهش دیگری که توسط زو و همکاران (۲۰۲۱) تحت عنوان "راهبردهای سرمایه یی برای آسایش حرارتی در شهرها: مروری بر روش های کلیدی در طراحی منظر" صورت گرفته است، میزان تأثیر جزایر حرارتی بر شهرها و فعالیت های انسانی را مورد مطالعه قرار داده است؛ و در نهایت نشان می دهد تراکم تاج پوشش درختان، بافت طبیعی زمین و تراکم پوشش گیاهی سطح زمین، شکل آب نماها، رنگ و بافت مصالح و مقیاس سایه اندازی ساختمان ها و به طور کلی پوشش گیاهی در افزایش آسایش حرارتی و کاهش اثرات جزایر گرمایی در شهرها تأثیر دارد. [۴]

در پژوهش انجام شده توسط کاتسشنر (۲۰۰۶) با عنوان "تحلیل خرد اقلیمی آسایش حرارتی در شهرها برای برنامه ریزی شهری و طراحی فضای باز" با بررسی شاخص PET به مدت ۱۱ هفته در یک محدوده شهری دارای جزیره گرمایی، تأثیر آن بر رفتار شهروندان را بررسی نموده و الگوی رفتاری عابران که تحت تأثیر شاخص های اقلیمی و تنش های حرارتی بوده است را تحلیل می کند، نتیجه بیان میدارد که هرچه تنش های گرمایی بیشتر باشد میل به آرام حرکت کردن، نشستن و استفاده از کاربری های تجاری جهت کاهش تنش گرمایی در عابران افزایش پیدا می کند. [۵]

در پژوهش جاکوبیک و همکاران (۲۰۱۸) تحت عنوان "تجزیه و تحلیل حساسیت پارامترهای طراحی شهری پایدار: آسایش حرارتی، جزیره گرمایی شهری، انرژی، نور روز و تهویه در سنگاپور" تأثیر ۶ معیار طراحی شهری شامل ارتفاع ساختمان، تناسبات شکل قطعه، سرسبزی، نسبت لعاب مصالح، سایه و مصالح را بر معیارهای محیطی پایدار با استفاده از روش تحلیل حساسیت موریس روش تحلیل حساسیت موریس (SA) بررسی می کند. نتایج این پژوهش حکایت از آن دارد که ارتفاع ساختمان و نسبت پوشش سایت بیشترین تأثیر را بر معیارهای محیطی دارند. با این حال، تمام پارامترها در حداقل یک معیار زیست محیطی قابل توجه هستند. [۶]

در پژوهش دیگری که توسط گریفونی و همکاران (۲۰۱۳) تحت عنوان "ارزیابی آسایش حرارتی فضای باز و ارتباط آن با هندسه شهری" انجام شده است، شاخص PMV با استفاده از نرم افزار ModeFRONTIER مورد ارزیابی قرار گرفته است. به کمک این نرم افزار بهینه سازی و ترتیب الگوریتم های PMV مرتبط با پارامترهای هندسه شهری مانند چیدمان خیابان، تراکم ساختمان، مورفولوژی ساختمان و نسبت ارتفاع به عرض خیابان های شهری مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد بهبود این معیارها تاثیر قابل توجهی بر افزایش آسایش حرارتی و کمرنگ شدن اثرات جزایر گرمایی در شهرها خواهد داشت. [۷]

یوهانسون (۲۰۰۶) در پژوهش تحت عنوان "تأثیر هندسه شهری بر آسایش حرارتی در فضای باز در اقلیم گرم و خشک نمونه موردی: شهر فاس مراکش" به مقایسه یک خیابان دره ای بسیار عمیق و کم عمق در فاس پرداخته است. نتایج نشان می دهد که در اقلیم های گرم و خشک، طراحی شهری فشرده با محصوریت بسیار زیاد ترجیح داده می شود. با این حال طراحی شهری برای فصول سرد باید شامل برخی از خیابان ها یا فضاهای بازتر یا هر دو باشد تا دسترسی نور و گرمای خورشید را به حد کافی فراهم کند. [۸]

فهمی و همکاران (۲۰۰۸) در پژوهش خود با عنوان "طراحی غیرفعال برای آسایش حرارتی: مقایسه بین اشکال مختلف شهری در قاهره، مصر" با استفاده از نرم افزار ENVI-met هندسه و مورفولوژی شهری در سه محدوده مختلف را شبیه سازی کرده و سپس با توجه به میزان پوشش گیاهی و نوع سازمان فضایی محدوده ها، شاخص PMV اندازه گیری شده است. در نهایت نتایج نشان می دهد در اقلیم گرم و خشک فشردگی شهر و شکل خوشه ای آن که باعث گردش هرچه بهتر جریان باد میشود بهترین حالت برای ایجاد آسایش حرارتی است، اما این مقدار کافی نیست و اقداماتی مثل افزایش پوشش گیاهی توسط درختان سایه انداز نیز میتواند به ارتقای آسایش حرارتی کمک قابل توجهی داشته باشد. [۹]

همچنین پژوهش های داخلی صورت گرفته در حوزه آسایش حرارتی که می توان به آن ها اشاره کرد عبارت اند از: در پژوهش احمدپورکله رودی و همکاران (۱۳۹۶) تحت عنوان "نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در طراحی پیاده راه طمقچی های شهر کاشان"، کیفیت آسایش حرارتی در یکی از معابر شهر کاشان با بهره گیری از تکنیک شبیه سازی فضا در نرم افزار ENVI-met و تحلیل شاخص PMV مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه، میزان تأثیرگذاری عوامل مختلفی مانند عناصر الحاقی نما، سایبان، پوشش گیاهی و سطوح آب، به عنوان ابزارهای طراحی مؤثر بر آسایش حرارتی عابران پیاده در اقلیم های گرم و خشک ارزیابی شده است. نتایج این پژوهش، با تحلیل شاخص آسایش حرارتی و تنش های حرارتی موجود در محیط، نشان می دهد که پایین بودن میزان محصوریت فضا و نبود پوشش گیاهی از جمله عوامل مؤثر بر کاهش آسایش حرارتی هستند. همچنین، استفاده از ترکیبی از رواق ها، سطوح آب، و پوشش گیاهی می تواند بیشترین تأثیر مثبت را بر مطلوبیت آسایش حرارتی داشته باشد. بنابراین، ایجاد سایه به عنوان یکی از روش های مؤثر در مقیاس خرد اقلیم شهری نقش بسیار تعیین کننده ای در بهبود شرایط آسایش حرارتی دارد. [۱۰]

نتایج تحقیق کرمی راد و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان "سنجش میزان تأثیر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی عابران پیاده در نمونه مطالعه مجتمع مسکونی گلدشت شیراز" نشان می دهد که شش الگوی متفاوت پوشش گیاهی در پنج نقطه مختلف از

این مجتمع مسکونی، با استفاده از نرم افزار ENVI-met مورد بررسی قرار گرفته‌اند. معیارهای سنجش و ارزیابی شامل متغیرهای اصلی آسایش حرارتی بیرونی، مانند دمای هوا، رطوبت نسبی و جریان هوا بوده است. بر اساس نتایج این پژوهش، نوع درختان با توجه به شاخص تراکم و سطح برگ، فرم تاج درختان، و ارتفاع ساقه، تأثیر بسزایی بر میزان آسایش حرارتی بیرونی دارد. این ویژگی‌ها بر عواملی نظیر میزان سایه‌اندازی، جذب تابش، تغییر جریان باد، و افزایش یا کاهش رطوبت محیط اثرگذار هستند. در نهایت، پژوهش نشان می‌دهد که با تغییر الگوی کاشت و چیدمان درختان، می‌توان به حداکثر مطلوبیت در تأمین آسایش حرارتی بیرونی دست یافت. [۱۱]

ضابطیان و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان "نقش ادراک آسایش به ویژه آسایش حرارتی در الگوی رفتار شهروندان در فضاهای شهری، نمونه موردی: میدان امام خمینی و امام حسین شهر تهران" به بررسی تفاوت میان احساس حرارتی و ادراک افراد و همچنین تأثیر این ادراک بر نوع رفتارهای شهروندان در فضاهای شهری هنگام مواجهه با تغییرات آب‌وهوایی پرداخته‌اند. در این تحقیق، نتایج حاصل از شبیه‌سازی با نرم افزار ENVI-met در دو فصل تابستان و زمستان تحلیل شد. نتایج نشان داد که در هر دو میدان مورد بررسی، آسایش حرارتی در فصل‌های تابستان و زمستان برقرار نبوده و میان دمای واقعی محیط و دمای ادراک‌شده توسط افراد تفاوت قابل توجهی وجود دارد. همچنین، عواملی مانند سایه‌بان‌ها و چترهای آفتاب‌گیر در فضا نقش مهمی در ایجاد سازگاری روانی و افزایش احساس راحتی شهروندان داشتند، که بر الگوی رفتار و استفاده از فضاهای شهری تأثیر مثبتی می‌گذارد. [۱۲]

جعفری و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی با عنوان "ارزیابی آسایش حرارتی در خیابان شهری، نمونه موردی: خیابان چمران کرمانشاه" آسایش حرارتی در محدوده مورد نظر را به وسیله برداشت‌های میدانی و اندازه‌گیری پارامترهای اقلیمی و ارزیابی نتایج به وسیله مدل سازی وضعیت حرارتی توسط نرم افزار ENVI-met بررسی شده است. بررسی نتایج نشان داد که برای طراحی یک فضای شهری پایدار و مناسب در این اقلیم با مداخله در فضا و تغییر محصوریت میتوان در منطقه آسایش حرارتی تغییر ایجاد کرد. در این پژوهش شاخص آسایش حرارتی در پاسخ به ویژگی‌های هندسه شهری چون محصوریت و ضریب دید آسمان بررسی شده است که در نهایت به جهت ایجاد آسایش اقلیمی مطلوب اقداماتی از جمله تغییر زاویه ساختمان‌های جنوبی، عقب نشینی در ارتفاع ساختمان‌ها و پوشش گیاهی پیشنهاد شده است. [۱۳]

صمدپور شهرک و کریمی مشاور (۱۴۰۲) در پژوهشی تحت عنوان "ارزیابی تأثیر الگوی کاشت درخت بر آسایش حرارتی اطراف بلوک‌های مسکونی" با استفاده از ثبت داده‌های میدانی و سپس شبیه‌سازی چهار نوع الگوی متفاوت کاشت درختان با استفاده از نرم افزار ENVI-met تأثیر پوشش گیاهی و الگوی کاشت درختان مورد بررسی و ارزیابی قرار داده‌اند. که در نهایت با بررسی نتایج شبیه‌سازی؛ تغییر در الگوی کاشت درختان بر افزایش مطلوبیت شاخص آسایش حرارتی تأثیرگذار بوده و الگوی کاشت درختان به صورت ردیفی و پراکنده مناسب‌ترین الگو در جهت بهبود شرایط محیطی است. همچنین نتایج تحقیق حاکی از آن است که تغییر الگوی کاشت در بهبود شرایط منطقه تأثیرگذار است و الگوی کاشت ردیفی و پراکنده، مناسب‌ترین الگو در جهت بهبود شرایط محیطی هستند. [۱۴]

منجزی و اسلامی مقدم (۱۴۰۲) در مقاله‌ای با عنوان "شاخص PMV در آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در فصل بهار در پیاده‌راه رود کنار خرم‌آباد" به بررسی عوامل اقلیمی و محیطی در محدوده شهر خرم‌آباد و حریم قلعه فلک‌الافلاک پرداخته‌اند. در این پژوهش، شاخص آسایش حرارتی PMV در فصل بهار برای تمامی طول مسیر پیاده‌راه، با استفاده از نرم‌افزار ENVI-met، مورد ارزیابی قرار گرفته است. نتایج شبیه‌سازی که تمامی نقاط مختلف مسیر پیاده‌راه را شامل می‌شد، نشان داد عواملی همچون انتخاب جهت حرکت مسیر پیاده‌راه، عرض پیاده‌راه، وجود درختان سایه‌انداز، حضور عناصر آبی، و همچنین زمان پیاده‌روی، تأثیر قابل توجهی بر میزان آسایش حرارتی مسیر پیاده‌راه دارند. این یافته‌ها نقش طراحی آگاهانه در ایجاد آسایش اقلیمی در فضاهای شهری را برجسته می‌سازد. [۱۵]

کرمی راد و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان "سنجش تأثیر هندسه شهری بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی در مقیاس خرداقلیم؛ مورد پژوهی: فضای باز مجتمع مسکونی گلدشت شیراز" به بررسی ارتباط میان هندسه شهری و شاخص‌های آسایش حرارتی پرداخته‌اند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که ضرایب به‌دست‌آمده نشانگر همبستگی معناداری میان "دمای متوسط تابشی" و "شاخص آسایش حرارتی PMV" است. در این رابطه، افزایش دمای متوسط تابشی باعث افزایش استرس حرارتی محیط و در نتیجه کاهش آسایش حرارتی برای عابران پیاده می‌شود. همچنین، یافته‌های پژوهش بر اهمیت طراحی آگاهانه هندسه شهری تأکید دارد. عواملی همچون ضریب دید آسمان، تناسبات دره شهری و جهت‌گیری نقش بسزایی در خلق فضاهای باز شهری باکیفیت به‌ویژه در فصول گرم سال دارند. این نتایج، ضرورت توجه به اصول طراحی خرداقلیم در ارتقای آسایش حرارتی در محیط‌های شهری را برجسته می‌کند. [۱۶]

طالب صفا و همکاران (۱۴۰۲) در پژوهشی با عنوان "ارزیابی تأثیر سایه بر آسایش حرارتی فضای باز و تعیین محدوده آسایش حرارتی" به بررسی نقش سایه در بهبود شرایط آسایش حرارتی پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که ارتباط معناداری میان موقعیت مکانی و سطح آسایش حرارتی وجود دارد. سایه ایجادشده توسط پوشش گیاهی با جلب رضایت بیش از ۸۰ درصد از کاربران، محیط حرارتی مناسبی را فراهم می‌کند. پس از آن، سایه پارکینگ و سایه ساختمان نیز موجب رضایت اکثر افراد حاضر در محیط شدند، در حالی که نامطلوب‌ترین شرایط حرارتی در موقعیت‌های بدون سایه و آفتاب‌گیر مشاهده شد. یافته‌ها نشان دادند که در موقعیت‌های دارای سایه، مقادیر شاخص PET (دمای معادل فیزیولوژیکی) و تنش‌های حرارتی به‌ویژه در فصل‌های گرم و روزهای آفتابی کاهش می‌یابند. این امر موجب افزایش ساعات و سطح آسایش حرارتی در طول روز می‌شود. بر این اساس، پژوهشگران نتیجه‌گیری کردند که ایجاد سایه و مسدود کردن تابش مستقیم خورشید از طریق پوشش گیاهی یا عناصر مصنوعی، راهکاری مؤثر برای بهبود شرایط آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری به‌ویژه در فصل گرم سال است. [۱۷]

صادقی روش و طباطبایی (۱۳۸۸) در پژوهشی با عنوان "تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوای خشک، مطالعه موردی: شهر یزد" به بررسی محدوده آسایش حرارتی در این منطقه پرداختند. در این مطالعه، برای محاسبه محدوده آسایش حرارتی از مدل اولگی استفاده شد و مرزهای حرارتی این مدل با توجه به عرض جغرافیایی منطقه اصلاح گردید. یافته‌های پژوهش نشان

داد که محدوده آسایش حرارتی در شرایط تابستانی بین ۲۱٫۸ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد و در شرایط زمستانی بین ۲۰٫۴ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد قرار دارد. محققان تأکید کردند که رعایت این محدوده‌های حرارتی پیشنهادی نه تنها می‌تواند شرایط داخلی مطلوب را تأمین کند، بلکه از مصرف ناپایدار انرژی نیز جلوگیری می‌نماید. [۱۸]

حقیقت نائینی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی با عنوان "دستیابی به آسایش حرارتی در فضاهای همگانی با بهره‌گیری از روش شبیه‌سازی گام‌به‌گام بررسی موردی: یک واحد همسایگی در شهرک امام خمینی لار"، با استفاده از فرآیند شبیه‌سازی گام‌به‌گام و نرم‌افزار ENVI-met به بررسی تأثیر هندسه کالبدی بر شرایط حرارتی معابر پرداختند. نتایج نشان داد که این عامل نقش تعیین‌کننده‌ای در دستیابی به آسایش حرارتی دارد. [۱۹]

همچنین، مریم آزموده (۱۴۰۰) در پژوهشی با عنوان "چگونگی عملکرد گیاهان در تعدیل پارامترهای مؤثر بر آسایش حرارتی در فضای شهری، نمونه پژوهش: دیوار سبز شهری در تهران"، با استفاده از نرم‌افزار ENVI-met، یک بلوک شهری موجود را با استقرار درختان فرضی و یک بلوک فرضی با اضافه کردن پوشش گیاهی شبیه‌سازی کرد. نتایج نشان داد که دمای هوا در نقاط نزدیک به فضای استقرار گیاهان (کمتر از ۰٫۵ متر) به میزان ۰٫۵ درجه سانتی‌گراد کاهش می‌یابد. علاوه بر کاهش دما، رطوبت نسبی نیز در این محدوده افزایش یافته و در نتیجه، آسایش حرارتی در میکرواقلیم‌های شهری اطراف گیاهان، خصوصاً در فصول گرم، ارتقا پیدا می‌کند. همچنین، پژوهش مشخص کرد که تأثیر تعدیل دما فارغ از نوع گیاه اتفاق می‌افتد. [۲۰]

با توجه به مرور و بررسی پژوهش‌های انجام‌شده در سال‌های اخیر، می‌توان این‌گونه بیان کرد که در مباحث آسایش اقلیمی و حرارتی، به طور عمده به تحلیل هندسه شهری، مورفولوژی شهری، چیدمان فضا، چیدمان پوشش گیاهی و عوامل مشابه پرداخته شده است. از آن‌جا که شهر یزد در مرکز کشور ایران و در مجاورت دشت لوت قرار دارد، در اغلب روزهای سال با تابش آفتاب زیاد و دمای هوای بالا مواجه است. بنابراین، بررسی آسایش حرارتی در شهر یزد و به ویژه در نظر گرفتن گروه خاصی از شهروندان مانند بانوان، یکی از چالش‌های همیشگی در زمینه طراحی شهری مرتبط با اقلیم و آسایش حرارتی به شمار می‌آید.

۲-۱-۲- چارچوب نظری

۱-۲-۱- آسایش حرارتی

آسایش حرارتی به معنای احساس رضایت فرد از شرایط محیطی است که در آن قرار دارد. [۱] به عبارت دیگر، هنگامی که فرد در شرایط مطلوب آسایش حرارتی قرار می‌گیرد، بدن او نه احساس گرما می‌کند و نه سرما. این شرایط به‌طور مستقیم به تعادل دما بین بدن انسان و محیط اطراف بستگی دارد.

با توجه به سابقه طولانی معماری در مقایسه با طراحی شهری، بیشتر پژوهش‌ها ابتدا معیارها و روش‌های سنجش آسایش حرارتی را در فضاهای داخلی بررسی کرده و سپس آن‌ها را به فضاهای بیرونی تعمیم داده‌اند. در این مطالعات، معمولاً شاخص‌هایی چون دمای هوا، رطوبت و جریان هوا در نظر گرفته می‌شوند، در حالی که این ویژگی‌ها به‌طور کامل در فضاهای باز شهری اعمال نمی‌شوند. در

روش‌های جدید، علاوه بر این شاخص‌ها، تأکید زیادی بر اشعه تابشی و نقش آن در تعادل حرارتی بدن انسان شده است. همچنین تأثیر دمای متوسط تابشی ناشی از کالبد فضاها، شهری بر آسایش حرارتی عابران پیاده بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. شرایط مناسب آسایش حرارتی نه تنها می‌تواند باعث بهبود سلامت عمومی افراد شود، بلکه می‌تواند به افزایش تمایل افراد به پیاده‌روی در فضای شهری و در نتیجه کاهش آلودگی هوا کمک کند. [۱۶]

به‌طور کلی، عواملی مانند وضعیت حرکتی فرد (ایستاده، در حال حرکت یا نشسته بودن)، نوع پوشش، سن، جنسیت و میزان چربی زیر پوست ممکن است بر شرایط آسایش حرارتی تأثیرگذار باشند. اما به‌طور کلی، آنچه شرایط محیطی را از نظر آسایش حرارتی تبیین می‌کند، بیشتر به تعامل چهار عامل اصلی باد، دمای هوا، رطوبت و دمای متوسط تابشی بستگی دارد. [۲۲] در این بین، دما و رطوبت تأثیرات بیشتری بر سلامت و راحتی انسان دارند و به همین دلیل، بیشتر مدل‌ها و شاخص‌های سنجش آسایش حرارتی انسان بر این دو عنصر تمرکز دارند.

۱-۲-۲- شاخص آسایش حرارتی (PMV)

شاخص PMV اختصار عبارت Predicted Mean Vote تحت عنوان "میانگین رأی پیش بینی شده" است که توسط پروفسور فنگر به عنوان پدر آسایش حرارتی مدرن در سال ۱۹۷۰ مطرح شده است. این شاخص بر اساس تعادل گرمای بدن انسان ساخته شده است که برای پیش بینی میانگین آسایش و احساس راحتی افراد کاربرد دارد. این روش بر اساس مبادله میزان تبادل حرارت بین بدن انسان و محیط پیرامونش استوار است و یکی از متداول‌ترین روش‌های تخمین محدوده آسایش شناخته شده است. در این مدل، اعداد مثبت نشان‌دهنده شرایط گرم و اعداد منفی نشان‌دهنده شرایط سرد هستند. اعدادی که کمی بیشتر از (+۱) یا کمی کمتر از (-۱) باشند، می‌توانند باعث ناراحتی و نارضایتی افراد از شرایط محیطی شوند. به عبارت دیگر، هرچه مقدار این شاخص به صفر نزدیک‌تر باشد، شرایط آسایش حرارتی بهینه‌تر و رضایت‌بخش‌تر خواهد بود. [۲۳] در نرم‌افزار انوی‌مت، محدوده آسایش حرارتی بین (۴) تا (-۴) تعریف شده است. با توجه به مؤلفه‌های ذکر شده در بالا، شکل ۱، این محدوده شرایط آسایش حرارتی متفاوتی را نمایش می‌دهد.

(شکل ۱- محدوده آسایش حرارتی تعریف شده در نرم افزار ENVI-met، ماخذ: [۲۳])

جدول ۱ رابطه PMV و شرایط دمایی را نشان می‌دهد. با محاسبه عدد PMV می‌توان دریافت که محیط مورد مطالعه در کدامیک از طبقه بندی‌های بالا قرار می‌گیرد. [۲۴]

(جدول ۱- رابطه PMV و شرایط دمایی)

۱-۲-۳- دما و رطوبت نسبی

دمای هوا به میزان انرژی خورشیدی که به هر نقطه از سطح زمین در طول سال می‌تابد، بستگی دارد. این تابش تحت تأثیر شدت و مدت زمان تابش آفتاب در هر منطقه قرار دارد و میزان گرما یا سرمای سطح زمین، عامل اصلی تعیین‌کننده دمای هوای بالای آن سطح است. [۲۱] دمای هوا (Air Temp Delta) در یک محدوده تأثیر متقابلی با توده‌های آن مجموعه ندارند، هرچند دمای متوسط تابشی می‌تواند در تغییرات دما مؤثر واقع گردد. یکی از مهم‌ترین فاکتورهای آسایش حرارتی در مناطق گرم و خشک رطوبت نسبی (Relative humidity) می‌باشد، تعداد درختان، بوته‌ها و چمنزار مستقیم بر روی میزان رطوبت نسبی تأثیر می‌گذارد، اگرچه شکل، نوع و مساحت گیاه نقش بسزایی را در میزان رطوبت نسبی دارا می‌باشند، اما نباید از تأثیر نوع مصالح پوشش کف چشم‌پوشی کرد. [۱۱]

۱-۲-۴- دمای متوسط تابشی

دمای متوسط تابشی (Mean radiant temperature) دمایی است که سطوح ساختمان‌ها نظیر جداره‌ها و تجهیزات از خود تابش می‌کنند و با بدن انسان تبادل حرارتی انجام می‌دهند که به عواملی نظیر دمای هوا، نوع مصالح و... بستگی دارد. اصلیت‌ترین عامل اثرگذار بر هندسه شهری در ایجاد شرایط آسایش حرارتی مناسب را دمای متوسط تابشی است. توده‌های ساختمانی تأثیر بسزایی در تغییرات دمای تابشی دارند. [۱۱] بنابراین تغییرات دمای تابشی در طول روز بیشتر از دیگر متغیرها می‌باشد که با توجه به زمان، می‌تواند تأثیر مستقیمی بر روی آسایش حرارتی عابران پیاده داشته باشد.

۲- روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از نرم افزار ENVI-met عواملی چون دمای تابشی، رطوبت نسبی، دمای نسبی و شاخص آسایش حرارتی PMV بر آسایش اقلیمی در مراکز محلات نام برده شده مورد بررسی قرار گرفته است. ENVI-met یک نرم افزار شبیه سازی میکرو اقلیم سه بعدی است که ایجاد شرایط زندگی پایدار را در یک محیط دائمی در حال تغییر ممکن می‌سازد. نرم افزار ENVI-met یکی از ابزارهای رایج برای تحلیل انرژی در محیط‌های شهری است که قادر به تجزیه و تحلیل دقیق و شبیه سازی عناصر میکرو اقلیم می‌باشد. این نرم افزار با شبیه سازی فرآیندهای پیچیده ریز اقلیمی، پیش بینی های دقیقی از تأثیر عوامل محیطی بر طراحی شهری ارائه می‌دهد و به حمایت از تصمیم گیری های آگاهانه در برنامه ریزی شهری، توسعه زیرساخت های سبز و استراتژی های تغییرات اقلیمی کمک می‌کند. ENVI-met مجموعه ای گسترده از متغیرهای مدل شده را برای نمایشی دقیق از ساختار شهری پیچیده در اختیار قرار می‌دهد که شامل محاسبه جریان های انرژی (طول موج بلند و کوتاه، دمای محسوس و نهان) است. این مدل قادر است شرایط آب و هوایی (دما، باد، رطوبت) را در سطوح مختلف، در چارچوبی متنوع از عوارض ساختمانی، انواع پوشش های گیاهی، و سطوح قابل و غیر قابل نفوذ مورد تحلیل قرار دهد. [۲۵] شکل ۲، فرایند کلی شبیه سازی با استفاده از نرم افزار ENVI-met را نشان می‌دهد.

(شکل ۲- فرایند کلی شبیه سازی در استفاده از نرم افزار ENVI-met)

با استفاده از شبیه سازی مراکز محلات مورد نظر در این نرم افزار و استفاده از داده های اقلیمی موجود، نتایج شبیه سازی در قالب نمودار ها و آمار و ارقام مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است؛ از همین جهت می توان گفت روش گردآوری اطلاعات و همچنین روش تحلیل آنها نیز هم به صورت بیان عوامل و دلایل به صورت کیفی و هم تحلیل آمار و ارقام به صورت کمی بوده است در نتیجه پژوهش ترکیبی (آمیخته) و با رویکرد کمی و کیفی است. در این پژوهش سعی بر این است تا با استفاده از تحلیل های اسنادی و آمار و ارقام به نوعی شناخت و نتیجه گیری نسبت به موضوع دست یافت از همین رو پژوهش توصیفی است.

۳-نتایج و بحث

۳-۱-موردی مطالعه و شرایط شبیه سازی با استفاده از نرم افزار ENVI-met

شهر یزد دارای پنج منطقه و بافت تاریخی یزد به عنوان یکی از مناطق، شامل ۹ برزن اصلی است. شکل ۳ موقعیت برزن شش بادگیر و شیخداد را در شهر یزد و در میان برزن های تاریخی شهر یزد نشان می دهد. همچنین شکل ۴ و ۵، تصویر هوایی مراکز محلات شش بادگیر و شیخداد و خصوصیات هندسی آن هارا نشان می دهد.

(شکل ۳- موقعیت برزن شیخداد در شهر یزد و محلات تاریخی شهر یزد)

(شکل ۴ و ۵- به ترتیب از سمت راست مرکز محله شش بادگیر و مرکز محله شیخداد)

مرکز محله شیخداد شهر یزد شامل بوستان شیخداد، مسجد گلدسته و آب انبار شیخداد است. و همچنین مرکز محله شش بادگیر شهر یزد شامل آب انبار، حسینیه بنی فاطمیه شش بادگیری و یک فضای باز فاقد پوشش گیاهی است. این پژوهش به مقایسه تطبیقی شاخص PMV در آسایش حرارتی زنان در روز اول زمستان سال ۱۴۰۲ (انقلاب زمستانی) با پوشش متوسط روزانه و با سن ۴۰ سال و قد ۱۶۵ سانتی متر و وزن ۷۵ کیلوگرم (اطلاعات پایه ورودی به نرم افزار) در مرکز محلات شش بادگیر و شیخداد واقع در شهر یزد و ارتفاع از سطح دریا ۱۲۱۶ متر و بر اساس طبقه بندی شاخص دوماستن دارای اقلیم خشک میپردازد. [۲۶] جدول ۲، شرایط شبیه سازی را نشان می دهد.

(جدول ۲- اطلاعات پایه ورودی و شرایط شبیه سازی در نرم افزار Envi-met)

۳-۲-یافته های پژوهش و تحلیل آزمون

پس از اجرای مدل سازی، خروجی مدل اقلیمی توسط نرم افزار ENVI-met برای دو مقطع زمانی صبح (ساعت ۱۰:۰۰) و ظهر (۱۴:۰۰) در تاریخ ۱ دیماه ۱۴۰۲ (انقلاب زمستانی) گرفته شد و به صورت نمایش گرافیکی توسط Leonardo قابل استخراج گردیده اند.

۳-۲-۱- دما و رطوبت نسبی

با توجه به بررسی نتایج حاصل از شبیه سازی در نرم افزار و در نظر گرفتن عوامل اثر گذار متعدد از جمله پوشش گیاهی، مصالح و ارتفاع ساختمان ها؛ میتوان گفت دما در مرکز محلات شش بادگیر و شیخداد در انقلاب زمستانی از دمای پیش بینی شده کاهش یافته است و دما سرد تر است. در ساعت ۱۰ صبح انقلاب زمستانی در مرکز محله شش بادگیر با توجه به تابش آفتاب در مراکز محلات و وجود مصالحی مانند آسفالت و وجود زمین های خاکی که گرمای نور خورشید را جذب میکنند محیطی با گرمای معتدل ایجاد میشود.

در مرکز محله شیخداد به دلیل داشتن پوشش گیاهی بیشتر نسبت به مرکز محله شش بادگیر، میزان رطوبت بیشتر از میزان رطوبت موجود در مرکز محله شش بادگیر است، این مقدار در مرکز محله شش بادگیر حدود ۵۰٪ است در حالی که همین شاخص در همان زمان برای مرکز محله شیخداد بیش از ۵۰٪ است. همچنین با توجه به نتایج شبیه سازی در ساعت ۱۴ بعد از ظهر نیز در مرکز محله شیخداد به دلیل وجود پوشش گیاهی رطوبت نسبی بیش از ۵۰٪ اندازه گیری شده است، این در حالیست که در مرکز محله شش بادگیر به دلیل کم تر بودن پوشش گیاهی و وجود سنگ فرش های بتنی و مصالحی از این دست، در همین ساعت رطوبت نسبی هوا کاهش یافته و در حدود ۳۰٪ قرار دارد.

(شکل ۶ و ۷- دما و رطوبت نسبی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۰ صبح)

(شکل ۸ و ۹- دما و رطوبت نسبی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر)

۳-۲-۲- دمای متوسط تابشی

با توجه به موارد مطرح شده در خصوص دما و رطوبت در مرکز محلات در مقایسه دمای متوسط تابشی نیز نتایج مشابهی را شاهد هستیم، در ساعت ۱۰ صبح مرکز محله شیخداد دمای متوسط مطلوب تری را به دلیل وجود پوشش گیاهی نسبت به مرکز محله شش بادگیر دارد، همچنین در ساعت ۱۴ بعد از ظهر نیز به همین ترتیب مرکز محله شیخداد دمای متوسط تابشی کمتری را نسبت به مرکز محله شش بادگیر دارد؛ که این امر سبب میشود با توجه به کاهش تابش نور خورشید و سایه اندازی بیشتر، افراد در این ساعات تنش سرمایی متوسط تا اندکی را تجربه کنند.

(شکل ۱۰ و ۱۱- دمای متوسط تابشی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۰ صبح)

(شکل ۱۲ و ۱۳- دمای متوسط تابشی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر)

۳-۲-۳- شاخص آسایش حرارتی (PMV)

با توجه به نتایج شبیه سازی در حدود ساعت های ۱۰ الی ۱۱ صبح به دلیل نزدیک تر بودن به ساعات اولیه صبح و میزان تابش نور خورشید، در مرکز محله شش بادگیر آسایش حرارتی کمتری به نسبت ساعات بعدی دیده میشود و دمای هوا کمتر است. اما در مرکز محله شیخداد به دلیل وجود پوشش گیاهی شاخص آسایش حرارتی از وضعیت مطلوبی در این ساعت برخوردار است. در مقایسه دو مرکز محله میزان شاخص PMV در اکثر نقاط تقریباً نزدیک به صفر بوده است اما به طور نسبی در مرکز محله شیخداد آسایش حرارتی از وضعیت بهتری نسبت به مرکز محله شش بادگیر برخوردار است. و زنان در معابر اطراف مرکز محله شیخداد به ویژه معابر شمال مرکز محله تنش سرمایی اندک و متوسط را تجربه می کنند.

شاخص آسایش حرارتی PMV در ساعت ۱۴ بعد از ظهر انقلاب زمستانی در محله شش بادگیر نسبت به محله شیخداد بیشتر بوده و افراد در محله شیخداد به خصوص در معابر شمالی مرکز محله تنش سرمایی اندک تا متوسطی را تجربه میکنند که این موضوع در مرکز محله شش بادگیر کمتر بوده و آسایش نسبی مطلوب تری فراهم است. این امر به دلیل وجود رنگ های جذب کننده گرما در مصالح، تابش نور خورشید، و میزان پوشش گیاهی در مرکز محلات می باشد؛ که درجه تنش فیزیولوژیک مراکز محلات را از یکدیگر متفاوت میسازد. در مرکز محله شش بادگیر درجه تنش فیزیولوژیک در حدود ۱,۵ بوده که تنش سرمایی متوسط محسوب میشود، این امر با توجه به اینکه در روز انقلاب زمستانی قرار دارد و تابش نور خورشید با بوجد آمدن نسیم خنکی همراه میشود میتواند باعث ایجاد آسایش حرارتی مطلوبی در این محله شود.

(شکل ۱۴ و ۱۵- شاخص PMV آسایش حرارتی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۰ صبح)

(شکل ۱۶ و ۱۷- شاخص PMV آسایش حرارتی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر)

۴-نتیجه گیری

در مجموع از بررسی شرایط اقلیمی مراکز محلات در انقلاب زمستانی ۱۴۰۲ میتوان به نتایج زیر دست یافت:
به طور کلی، شاخص آسایش حرارتی PMV در ساعات اولیه روز تا ظهر در مرکز محله شیخداد نسبت به مرکز محله شش بادگیر وضعیت مطلوبتری دارد. در مرکز محله شش بادگیر، ویژگی‌هایی مانند محصوریت پایین معبر و کمبود پوشش گیاهی قابل توجه،

به همراه استفاده از آسفالت در بخش‌های وسیعی از معبر، موجب شده است که در ساعات ابتدایی روز وضعیت آسایش حرارتی برای عابران پیاده در این منطقه نسبت به محله شیخداد نامناسب‌تر باشد. با این حال، در ساعات بعدازظهر، شرایط آسایش حرارتی در مرکز محله شش بادگیر بهبود یافته و وضعیت مطلوب‌تری را نشان می‌دهد.

در هر دو مرکز محله شیخداد و شش بادگیر، شاخص PMV بین ساعات ۱۰ صبح تا ۲ ظهر بین مقادیر ۲,۵- و ۱,۵- قرار داشته است که نشان‌دهنده بروز تنش سرمایی متوسط تا اندک است. در این بازه، افراد به طور کلی در وضعیت آسایش اقلیمی قرار دارند و تعادل بین گرما و سرما برقرار است.

با توجه به مقایسه شاخص‌های آسایش حرارتی در دو مرکز محله در شهر یزد و با در نظر گرفتن اقلیم گرم و خشک این منطقه، استفاده از پوشش گیاهی مناسب با تراکم تاج بالا، ایجاد پوشش‌های گیاهی مقطعی در نقاط مختلف، به علاوه به کارگیری مصالح بوم‌آورد در کف و جداره‌ها و رنگ‌های روشن برای جلوگیری از جذب بیش از حد گرمای خورشید، حتی در فصل زمستان می‌تواند آسایش حرارتی مطلوبی را برای عابران پیاده ساکن این محلات فراهم آورد. علاوه بر این، تغییر در عوامل بررسی شده تأثیر متفاوتی بر آسایش حرارتی زنان خواهد داشت و موجب رضایت یا نارضایتی آن‌ها از محیط می‌شود. بنابراین، توجه به این موارد می‌تواند به بهبود فرایند تصمیم‌گیری در طراحی‌های پایدار برای طراحان شهری کمک کرده و به ارتقای کیفیت زندگی شهری و آسایش ساکنان منجر شود.

مصادر

- [1] Johansson,E, & Emmanuel, R. (2006). The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *Int J Biometeorol*, 51, 119-133.
- [2] Chatzidimitriou, A, & Yannas, S. (2016). Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer, *Journal of Sustainable Cities and Society*, 26, 27-47.
- [3] Barakat, A, & Ayad, H, & El-Sayed, Z. (2017). Urban design in favor of human thermal comfort for hot arid climates using advanced simulation methods. *Alexandria Engineering Journal*, 56, 533-543.
- [4] Zou, M, & Zhang, H. (2021). Cooling Strategies for Thermal Comfort in Cities: A Review of Key Methods in Landscape Design. *Journal of Research Square*, 1-18.
- [5] Katschner, L. (2005). Microclimatic thermal comfort analysis in cities for urban planning and open space design. Institute of Environmental Meteorology, University Kassel, Department of Architecture and Urban Planning, Kassel, Germany.
- [6] Aydin, E, & Jakubiec. (2018). Sensitivity Analysis of Sustainable Urban Design Parameters: Thermal Comfort, Urban Heat Island, Energy, Daylight, and Ventilation in Singapore. Singapore University of Technology and Design, Singapore.
- [7] Cocci Grifoni, R, & Passerini, G, & Pierantozzi, M. (2013). Assessment of outdoor thermal comfort and its relation to urban geometry. *Journal of Sustainable Development and Planning*, 173, 3-14.
- [8] Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Journal of Building and Environment*, 41, 1326-1338.
- [9] Fahmy, M, & Sharples, S. (2008). Passive design for urban thermal comfort: a comparison between different urban forms in Cairo, Egypt. *Conference on Passive and Low Energy Architecture*, 307, 1-6.

[۱۰] احمدپور کلهرودی، نرگس؛ پورجعفر، محمدرضا؛ مهدوی نژاد، محمدجواد؛ یوسفیان، سمیرا (۱۳۹۶)، نقش و تاثیر عناصر طراحی در کیفیت اسایش حرارتی فضاهای باز شهری (بررسی موردی: طراحی پیاده راه طمقچی ها در کاشان)، نشریه علمی نامه معماری و شهرسازی، ۱۸.

[۱۱] کرمی راد، سینا؛ علی آبادی، محمد؛ حبیبی، امین؛ وکیلی نژاد، رزا (۱۳۹۶)، سنجش میزان تاثیر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی عابران پیاده (نمونه مطالعه مجتمع مسکونی گلدفش شیراز)، نشریه علمی - پژوهشی انجمن علمی معماری و شهرسازی ایران، ۱۴.

[۱۲] ضابطیان، الهام؛ خیرالدین، رضا (۱۳۹۷)، نقش اسایش بویژه آسایش حرارتی در الگوی رفتار شهروندان در فضاهای شهری (نمونه موردی: میدان امام خمینی و امام حسین شهر تهران)، نشریه علمی مدیریت شهری، ۵۰.

[۱۳] جعفری، مریم؛ تابان، محسن؛ صفاری پور، محسن (۱۳۹۸)، ارزیابی آسایش حرارتی در خیابان شهری (نمونه موردی: خیابان چمران کرمانشاه)، نشریه علمی محیط شناسی، ۴.

[۱۴] صمدپور شهرک، مهسا؛ کریمی مشاور، مهرداد (۱۴۰۲)، ارزیابی تاثیر الگوی کاشت درخت بر آسایش حرارتی اطراف بلوک های مسکونی، نشریه علمی مطالعات شهری، ۱۲.

[۱۵] منجزی، نورمحمد؛ اسلامی مقدم، علی (۱۴۰۲)، شاخص PMV در آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در فصل بهار (نمونه موردی پیاده راه رود کنار خرم آباد)، نشریه پژوهش های اقلیم شناسی، ۵۳.

[۱۶] کرمی راد، سینا؛ علی آبادی، محمد؛ حبیبی، امین (۱۳۹۷)، سنجش تاثیر هندسه شهری بر شرایط اسایش حرارتی بیرونی در مقیاس خرد اقلیم (مورد پژوهی: فضای باز مجتمع مسکونی گلدفش شیراز)، فصلنامه برنامه ریزی منطقه‌ای، ۲۹.

[۱۷] طالب صفا، شهرزاد؛ طاهری شهر آیینی، مسعود؛ شیائوشان یانگ، و؛ ربیعی، محمدرضا (۱۴۰۲)، ارزیابی تأثیر سایه بر آسایش حرارتی فضای باز و تعیین محدوده آسایش حرارتی، فصلنامه علمی معماری و شهرسازی صفا، ۱۰۲: (۳) ۴۳-۵۹.

[۱۸] صادقی روش، محمدحسن؛ طباطبائی، سیدمهدی (۱۳۸۸)، تعیین محدوده آسایش حرارتی در شرایط آب و هوای خشک (مطالعه موردی: شهر یزد)، نشریه هویت شهر، ۳: (۴) ۴۶-۳۹.

[۱۹] حقیقت‌نائینی، غلامرضا؛ فیاض، ریما؛ بیغرض، بهروز (۱۳۹۷)، دستیابی به آسایش حرارتی در فضاهای همگانی با بهره‌گیری از روش شبیه سازی گام به گام (بررسی موردی: یک واحد هم‌سایگی در شهرک امام خمینی لار)، نشریه علمی نامه معماری و شهرسازی، (۲۱): ۷۷-۹۹.

[۲۰] آزموده، مریم (۱۴۰۰)، چگونگی عملکرد گیاهان در تعدیل پارامترهای مؤثر بر آسایش حرارتی در فضای شهری (نمونه

پژوهش: دیوار سبز شهری در تهران)، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی محیطی. ۳۲. (۳): ۸۰-۶۷.

[۲۱] کسمایی، مرتضی (۱۳۸۷). اقلیم و معماری انتشارات، خاک تهران.

[۲۲] رضازاده، راضیه و آقاجان بیگلو، عماد (۱۳۹۰)، الگوی پیشنهادی برای توده گذاری در قطعات مسکونی ردیفی بررسی تطبیقی

دو الگوی توده گذاری در بلوک های مسکونی با معیار آسایش حرارتی، نامه معماری و شهرسازی. (۷).

[23] Bruse M, (2015). ENVI-met. Available at: <http://www.envi-met.com/>.

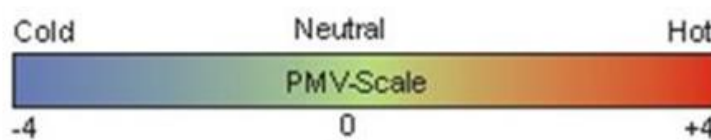
[24] Matzarakis. A, Mayer H and Iziomon M G. (1999), Application of a Universal Thermal Index: Physiological Equivalent Temperature. Int. Biometorology.43: 78-84.

[25] Bruse M. (2009). ENVI-met website, Available at: <http://www.envi-met.com>.

[۲۶] مهندسین مشاور شهرسازی و معماری عرصه (۱۳۸۸)، طرح جامع شهر یزد، سازمان مسکن و شهرسازی استان یزد، وزارت

مسکن و شهرسازی.

دیاگرام ها

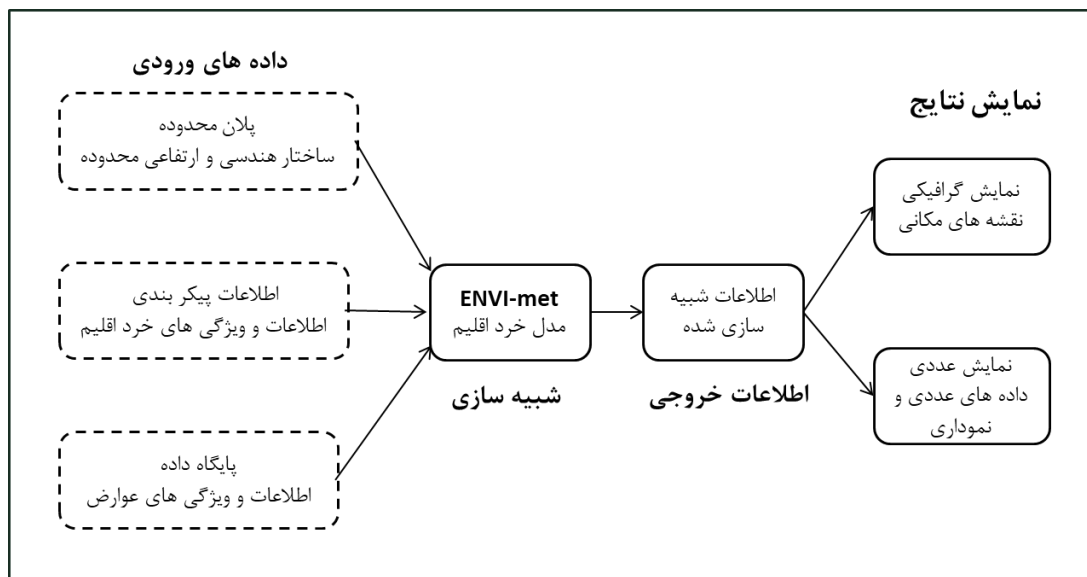


شکل ۱۸- محدوده آسایش حرارتی تعریف شده در نرم افزار **ENVI-met**. (ماخذ: [۲۳])

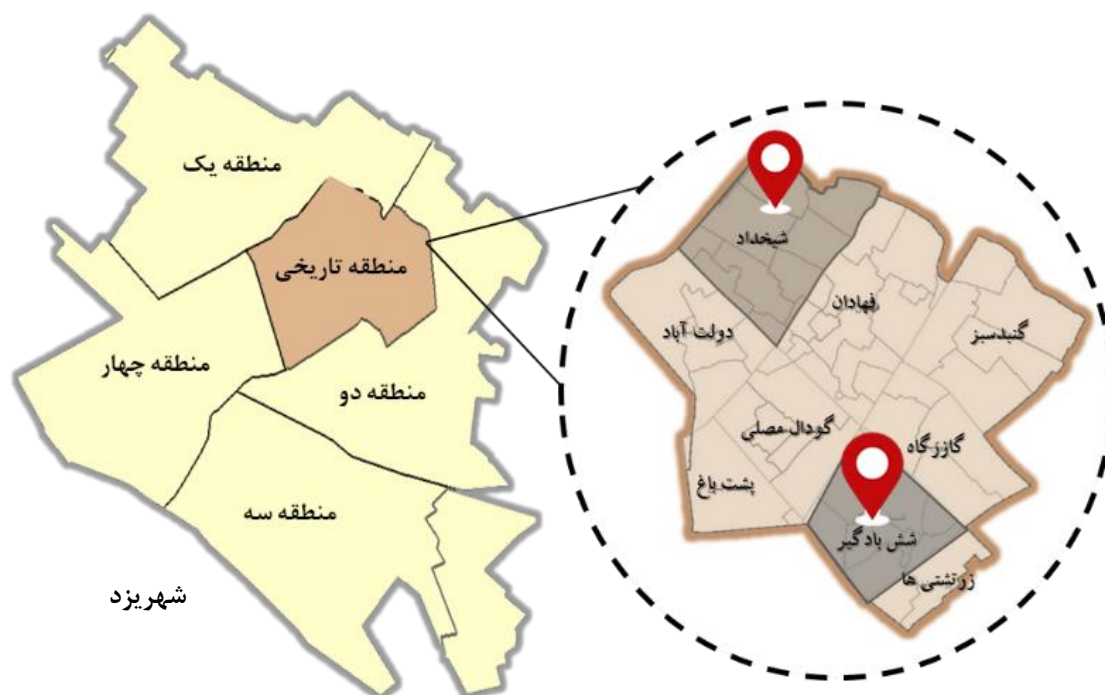
جدول ۳ - رابطه PMV و شرایط دمایی

درجه تنش فیزیولوژیک	حساسیت حرارتی	PMV
تنش سرمایی شدید	سرد	-۳,۵
تنش سرمایی متوسط	خنک	-۲,۵
تنش سرمایی اندک	کمی خنک	-۱,۵
بدون تنش سرما	راحت	-۰,۵
تنش گرمای اندک	کمی گرم	۰,۵
تنش گرمای متوسط	گرم	۱,۵
تنش گرمای شدید	خیلی گرم	۲,۵
تنش گرمای بسیار شدید	داغ	۳,۵

ماخذ: [۲۴]



شکل ۱۹- فرایند کلی شبیه سازی در استفاده از نرم افزار ENVI-met



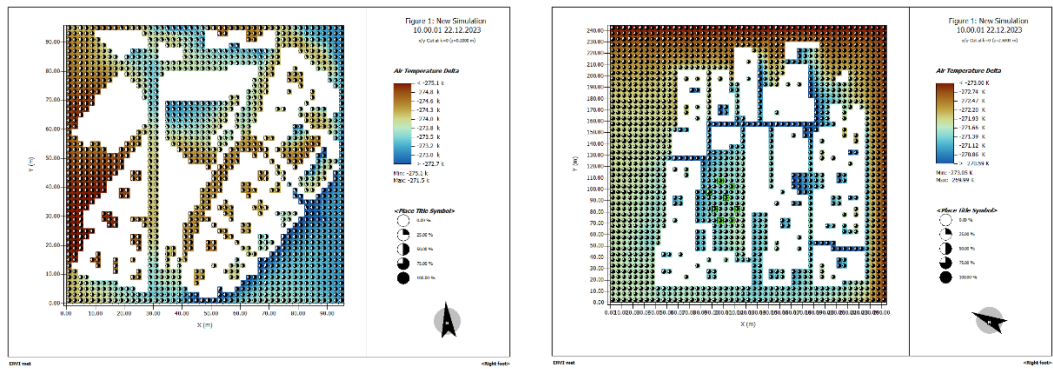
شکل ۲۰- موقعیت برزن شیرخدا در شهر یزد و محلات تاریخی شهر یزد



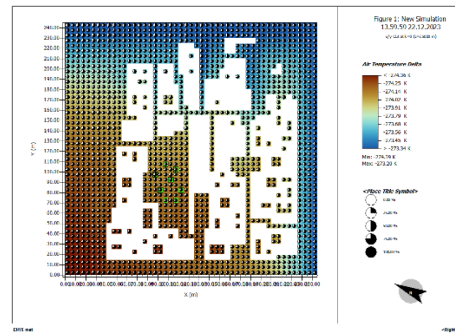
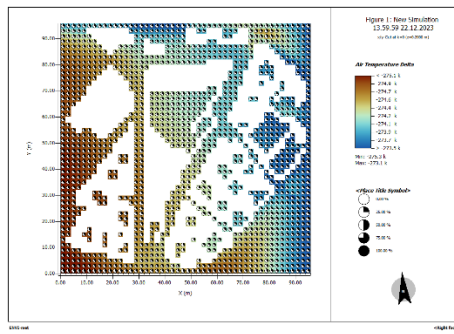
شکل ۲۱ و ۲۲- به ترتیب از سمت راست مرکز محله شش بادگیر و مرکز محله شیخداد

جدول ۴- اطلاعات پایه ورودی و شرایط شبیه سازی در نرم افزار Envi-met

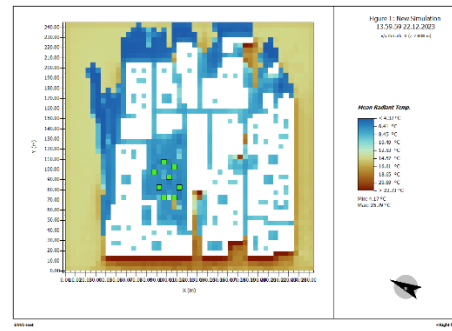
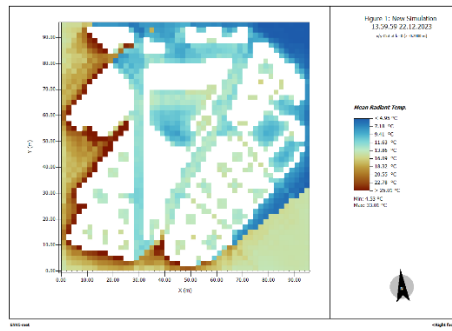
شرایط شبیه سازی	
موقعیت جغرافیایی شهر یزد	31.8974° N, 54.3569° E
نام محدوده مورد مطالعه	استان یزد، شهر یزد، مرکز محله شش بادگیر و مرکز محله شیخداد
تاریخ	۲۰۲۳/۱۲/۲۲ - ۱۴۰۲/۱۰/۰۱ - روز اول زمستان - انقلاب زمستانی
مدت زمان شبیه سازی	از ۹ صبح تا ۲ ظهر به مدت ۵ ساعت-ساعات منتخب: ۱۰ و ۱۴
دمای هوا	بیشینه ۱۹ درجه سانتی گراد، کمینه ۲ درجه سانتی گراد
نوع گیاهان	درخت زیان گنجشک، درخت نخل، بوته گل رز
مشخصات شخص فرضی حاضر در محیط	
جنسیت	زن با پوشش متوسط روزانه
قد	۱۶۵ سانتی متر
وزن	۷۵ کیلوگرم
سن	۴۰ سال



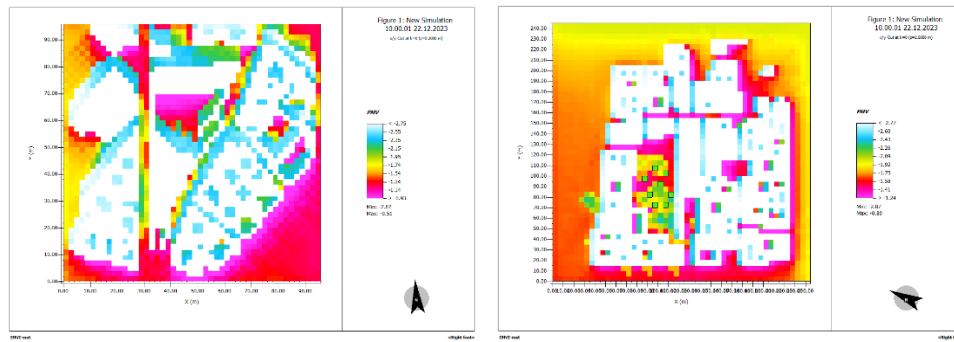
شکل ۲۳ و ۲۴- دما و رطوبت نسبی به ترتیب از راست در مرکز شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۰ صبح



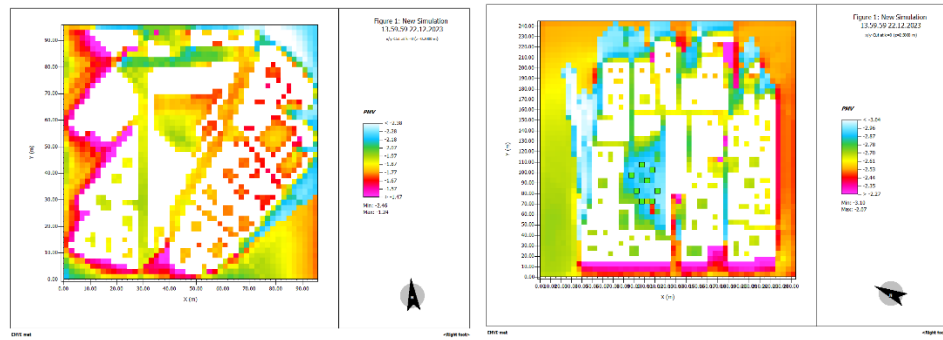
شکل ۲۵ و ۲۶- دما و رطوبت نسبی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر



شکل ۲۹ و ۳۰- دمای متوسط تابشی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر



شکل ۳۱ و ۳۲- شاخص PMV آسایش حرارتی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۰ صبح



شکل ۳۳ و ۳۴- شاخص PMV آسایش حرارتی به ترتیب از راست در مرکز محله شیخداد و مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر