

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

ARTICLE INFO

Article Type Systematic Review

Author

Mehdi Montazerlhojat^{1*}
Fatemeh Akhavan Qalibaf²
Setareh Chayichi Khunsari³

How to cite this article

Montazerlhojat, Mehdi and Akhavan, Fatemeh and Chayichi Khunsari, Setareh. 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. Urban Design Discourse. 2025; 6(2): 93-106.

Doi:

doi.org/10.48311/udd.2025.24230

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.

¹ Doctoral degree, Urban Studies, Department of Urban Planning, Faculty of Arts and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran.

² Bachelor's degree, student in Urban Design (M.A. track) in the Department of Urban Planning, Faculty of Arts and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran.

³ Bachelor's degree, student in Urban Design (M.A. track) in the Department of Urban Planning, Faculty of Arts and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran.

* Correspondence

Address: Doctoral degree, Urban Studies, Department of Urban Planning, Faculty of Arts and Architecture, Yazd University, Yazd, Iran
Email: montazer@yazd.ac.ir

Article History

Received: 2025/01/20

Accepted: 2025/02/19

Revised date: 2025/01/20



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

موردی مطالعه: مرکز محلات شیخداد و شش‌بادگیر شهر یزد

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 می‌گذارد، به نحوی که در مواقعی منجر به تغییر در عملکرد ذهنی و جسمی شهروندان می‌شود. در این بین، زنان به دلیل حساسیت بیشتر به وضعیت و شرایط محیطی، به صورت یکسان با مردان از فضاهای شهری بهره نمی‌برند. 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 بهره‌گیری از تحلیل‌های 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 سایه‌انداز با تراکم تاج تقریباً بالا و همچنین ایجاد پوشش‌های گیاهی مقطعی در نقاط مختلف، استفاده از مصالح بوم‌آورد در کف و جداره‌ها و استفاده از رنگ‌های روشن، حتی در فصل زمستان نیز می‌تواند وضعیت آسایش حرارتی بسیار مطلوبی را برای کاربران پیاده فراهم کند.

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

اطلاعات مقاله:

نوع مقاله: مروری سیستماتیک

نویسندگان:

مهدی منتظرالحجه^{۱*}

فاطمه اخوان قالی‌باف^۲

ستاره چائی‌چی خونساری^۳

نحوه استناد به این مقاله:

منتظرالحجه، مهدی و اخوان قالی‌باف، فاطمه و چائی‌چی خونساری، ستاره. مقایسه تطبیقی شاخص آسایش حرارتی (PMV) زنان در محلات تاریخی موردی مطالعه: مرکز محلات شیخداد و شش‌بادگیر شهر یزد. گفتمان طراحی شهری مروری بر ادبیات و نظریه‌های معاصر، ۶ (۲)، ۹۳-۱۰۶.

۱. دکتری، شهرسازی، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۲. کارشناسی، دانشجوی ارشد طراحی شهری، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
۳. کارشناسی، دانشجوی ارشد طراحی شهری، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

* نویسنده مسئول:

دکتر مهدی منتظرالحجه

نشانی: دکتری، شهرسازی، گروه شهرسازی، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه یزد، یزد، ایران
ایمیل: montazer@yzd.ac.ir

تاریخ مقاله

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۱

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 استفاده کنندگان 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، SET، PET 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 فشرده تر توده شهری، ایجاد سایه‌اندازی 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 شاخص‌های 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 اقلیم‌های 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 روش‌های شبیه‌سازی پیشرفته» روش اتخاذ شده مبتنی بر استفاده از نرم افزار Envi-met برای اندازه‌گیری چهار شاخص حرارتی دمای هوا، رطوبت نسبی، MRT و PMV بوده است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد تغییر در طراحی شبکه‌ی خیابان‌ها و معابر، طراحی با توجه به توپوگرافی و توجه به مصالح مصرفی می‌تواند سطح حرارت را افزایش دهد، در نتیجه با کنترل موارد فوق الذکر می‌توان آسایش حرارتی مناسبی در شهرهای اقلیم گرم و خشک ایجاد نمود. [۳]

در پژوهش دیگری که توسط زو و همکاران (۲۰۲۱) تحت عنوان «راهنمای سرمایشی برای آسایش حرارتی در شهرها: مروری بر روش‌های کلیدی در طراحی منظر» صورت گرفته است، میزان تأثیر جزایر حرارتی بر شهرها و فعالیت‌های انسانی را مورد مطالعه قرار داده است؛ و در نهایت نشان می‌دهد تراکم تاج پوشش درختان، بافت طبیعی زمین و تراکم پوشش گیاهی سطح زمین، شکل آب‌نماها، رنگ و بافت

فشرده با محصوریت بسیار زیاد ترجیح داده می‌شود. با این حال طراحی شهری برای فصول سرد باید شامل برخی از خیابان‌ها 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 شبیه‌سازی کرده و سپس با توجه به میزان پوشش گیاهی و نوع سازمان فضایی محدوده‌ها، شاخص PMV اندازه‌گیری شده است. در نهایت نتایج نشان می‌دهد در اقلیم گرم و خشک فشردگی شهر و شکل خوشه‌ای 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 سایه‌انداز نیز می‌تواند به ارتقای آسایش حرارتی کمک قابل توجهی داشته باشد. [۹]

همچنین پژوهش‌های داخلی صورت گرفته در حوزه آسایش حرارتی که می‌توان به آن‌ها اشاره کرد عبارت‌اند از:

در پژوهش احمدپورکلهرودی و همکاران (۱۳۹۶) تحت عنوان «نقش و تأثیر عناصر طراحی در کیفیت آسایش حرارتی فضاهای باز شهری در طراحی پیاده‌راه طمقچی‌های شهر کاشان» کیفیت آسایش حرارتی در یکی از معابر شهر کاشان با بهره‌گیری از تکنیک شبیه‌سازی فضا در نرم‌افزار 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، به‌عنوان ابزارهای طراحی مؤثر بر آسایش حرارتی عابران پیاده در اقلیم‌های گرم و خشک ارزیابی شده است. نتایج این پژوهش، با تحلیل شاخص آسایش حرارتی و تنش‌های حرارتی موجود در محیط، نشان می‌دهد که پایین بودن میزان محصوریت فضا و نبود پوشش گیاهی از جمله عوامل مؤثر بر کاهش آسایش حرارتی هستند. همچنین، استفاده از ترکیبی از رواق‌ها، سطوح آب، و پوشش گیاهی می‌تواند بیشترین تأثیر مثبت را بر مطلوبیت آسایش حرارتی داشته باشد. بنابراین، ایجاد سایه به‌عنوان یکی از روش‌های مؤثر در مقیاس خرداقلیم شهری نقش بسیار تعیین‌کننده‌ای در بهبود شرایط آسایش حرارتی دارد. [۱۰]

نتایج تحقیق کرمی راد و همکاران (۱۳۹۶) با عنوان «سنجش میزان تأثیر پوشش گیاهی بر شرایط آسایش

مصلح و مقیاس سایه‌اندازی ساختمان‌ها 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 کاتشنر (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 شاخص‌های اقلیمی و تنش‌های حرارتی بوده است را تحلیل می‌کند، نتیجه بیان می‌دهد که هرچه تنش‌های گرمایی بیشتر باشد میل به آرام حرکت کردن، نشستن و استفاده از کاربری‌های تجاری جهت کاهش تنش گرمایی در عابران افزایش پیدا می‌کند. [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 می‌کند. 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 بهینه‌سازی و ترتیب الگوریتم‌های PMV مرتبط با پارامترهای هندسه شهری مانند چیدمان خیابان، تراکم ساختمان، مورفولوژی ساختمان و نسبت ارتفاع به عرض خیابان‌های شهری مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد بهبود این معیارها تأثیر 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 دره‌ای بسیار عمیق و کم عمق در فاس پرداخته است. نتایج نشان می‌دهد که در اقلیم‌های گرم و خشک، طراحی شهری

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 جهت بهبود شرایط تأثیرگذار است و الگوی کاشت ردیفی و پراکنده، مناسبترین الگو در جهت بهبود شرایط محیطی هستند. [۱۴]

منجری 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]

کریمی 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

حرارتی بیرونی عابران پیاده در نمونه مطالعه مجتمع مسکونی گلدشت شیراز» نشان می‌دهد که شش الگوی متفاوت پوشش گیاهی در پنج نقطه مختلف از این مجتمع مسکونی، با استفاده از نرم‌افزار 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 نرم‌افزار 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

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. چارچوب نظری

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.

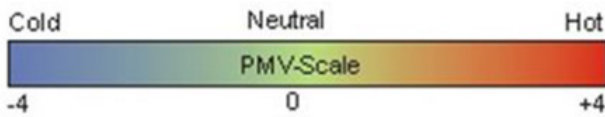
با توجه به سابقه طولانی معماری در مقایسه با طراحی شهری، بیشتر پژوهش‌ها ابتدا معیارها و روش‌های سنجش آسایش حرارتی را در فضاهای داخلی بررسی کرده و سپس آن‌ها را به فضاهای بیرونی تعمیم داده‌اند. در این مطالعات،

یافته‌های پژوهش بر اهمیت طراحی آگاهانه هندسه شهری تأکید دارد. عواملی همچون ضریب دید آسمان، تناسب 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



شکل ۱. محدوده آسایش حرارتی تعریف شده در نرم افزار ENVI-met، منبع: [۲۳]

جدول ۱ رابطه PMV و شرایط دمایی را نشان می دهد. با محاسبه عدد PMV می توان دریافت که محیط مورد مطالعه در کدامیک از طبقه بندی های بالا قرار می گیرد. [۲۴]

جدول ۱ رابطه PMV و شرایط دمایی منبع: [۲۴]

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

۳-۲. دما و رطوبت نسبی

دمای هوا به میزان انرژی خورشیدی که به هر نقطه از سطح زمین در طول سال می تابد، 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 تعیین کننده دمای هوای بالای آن سطح است. [۲۱] دمای هوا (Air Temp Delta) در یک محدوده تأثیر متقابلی با توده های آن مجموعه ندارند، هرچند دمای متوسط تابشی می تواند در تغییرات دما مؤثر واقع گردد. یکی از مهم ترین فاکتورهای آسایش حرارتی در مناطق گرم و خشک رطوبت نسبی (Relative humidity) می باشد، تعداد درختان، بوته ها و چمنزار مستقیم بر روی میزان رطوبت نسبی تأثیر می گذارد، اگرچه شکل، نوع و مساحت گیاه نقش بسزایی را در میزان رطوبت نسبی دارا می باشند، اما نباید از تأثیر نوع مصالح پوشش کف چشم پوشی کرد. [۱۱]

معمولاً شاخص هایی چون دمای هوا، رطوبت و جریان هوا در نظر گرفته می شوند، در حالی که این ویژگی ها به طور کامل در فضاهای باز شهری اعمال نمی شوند. در روش های جدید، علاوه بر این شاخص ها، تأکید زیادی بر اشعه تابشی و نقش آن در تعادل حرارتی بدن انسان شده است. همچنین تأثیر دمای متوسط تابشی ناشی از کالبد فضاهای شهری بر آسایش حرارتی عابران پیاده بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. شرایط مناسب آسایش حرارتی نه تنها می تواند باعث بهبود سلامت عمومی افراد شود، بلکه می تواند به افزایش تمایل افراد به پیاده روی در فضای شهری و در نتیجه کاهش آلودگی هوا کمک کند. [۱۶]

به طور 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 به طور کلی، آنچه شرایط محیطی را از نظر آسایش حرارتی تبیین می کند، 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 مدل ها و شاخص های سنجش آسایش حرارتی انسان بر این دو عنصر تمرکز دارند.

۲-۲. شاخص آسایش حرارتی (PMV)

شاخص PMV اختصار عبارت Predicted Mean Vote تحت عنوان «میانگین رأی پیش بینی شده» است که توسط پروفیسور 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 متداول ترین روش های تخمین محدوده آسایش شناخته شده است. در این مدل، اعداد مثبت نشان دهنده شرایط گرم و اعداد منفی نشان دهنده شرایط سرد هستند. اعدادی که کمی بیشتر از (+۱) یا کمی کمتر از (-۱) باشند، می توانند باعث ناراحتی و نارضایتی افراد از شرایط محیطی شوند. به عبارت دیگر، هرچه مقدار این شاخص به صفر نزدیک تر باشد، شرایط آسایش حرارتی بهینه تر و رضایت بخش تر خواهد بود. [۲۳] در نرم افزار انوی مت، محدوده آسایش حرارتی بین (۴) تا (-۴) تعریف شده است. با توجه به مؤلفه های ذکر شده در بالا، شکل ۱، این محدوده شرایط آسایش حرارتی متفاوتی را نمایش می دهد.

۲-۴. دمای متوسط تابشی

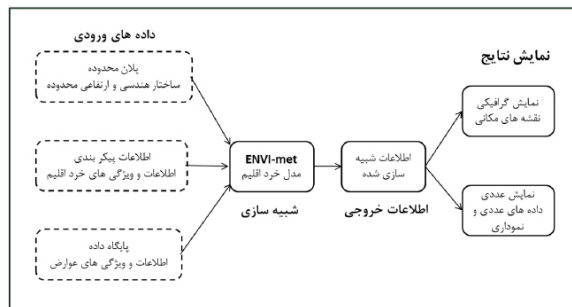
دمای متوسط تابشی (Mean radiant temperature) دمای است که سطوح ساختمان‌ها نظیر جداره‌ها و تجهیزات از خود تابش می‌کنند و با بدن انسان تبادل حرارتی انجام می‌دهند که به عواملی نظیر دمای هوا، نوع مصالح و... بستگی دارد. اصلترین عامل اثرگذار بر هندسه شهری در ایجاد شرایط آسایش حرارتی مناسب را دمای متوسط تابشی 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.

۳. 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 شبیه‌سازی میکرو اقلیم سه بعدی است که ایجاد شرایط زندگی پایدار را در یک محیط دائمی در حال تغییر ممکن می‌سازد. نرم‌افزار ENVI-met یکی از ابزارهای رایج برای تحلیل انرژی در محیط‌های شهری است که قادر به تجزیه و تحلیل دقیق و شبیه‌سازی عناصر میکرو اقلیم می‌باشد. این نرم‌افزار با شبیه‌سازی فرآیندهای پیچیده ریز اقلیمی، پیش‌بینی‌های دقیقی از تأثیر عوامل محیطی بر طراحی شهری ارائه می‌دهد و به حمایت از تصمیم‌گیری‌های آگاهانه در برنامه‌ریزی شهری، توسعه زیرساخت‌های سبز و استراتژی‌های تغییرات اقلیمی کمک می‌کند. ENVI-met مجموعه‌ای گسترده از متغیرهای مدل شده را برای نمایشی دقیق از ساختار شهری پیچیده در اختیار قرار می‌دهد که شامل محاسبه جریان‌های 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 پوشش‌های گیاهی، و سطوح قابل و غیرقابل نفوذ مورد تحلیل قرار دهد. [۲۵] شکل ۲، فرایند کلی شبیه‌سازی با استفاده از نرم افزار ENVI-met را نشان می‌دهد.

با استفاده از شبیه‌سازی مراکز محلات مورد نظر در این نرم افزار و استفاده از داده‌های اقلیمی موجود، نتایج شبیه‌سازی در قالب نمودارها و آمار و ارقام مورد تحلیل و بررسی قرار گرفته است؛ از همین جهت می‌توان 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 تحلیل‌های اسنادی و آمار و ارقام به نوعی شناخت و نتیجه گیری نسبت به موضوع دست یافت از همین رو پژوهش توصیفی است.

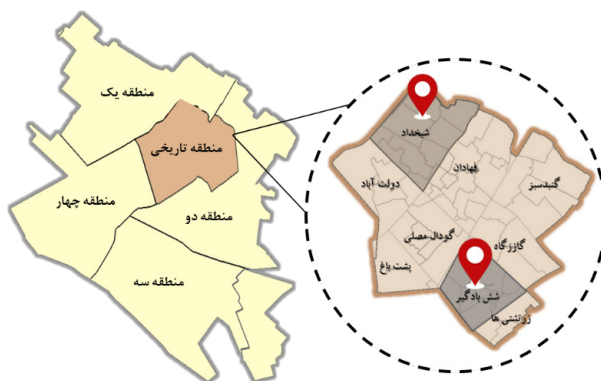


شکل ۲. فرایند کلی شبیه‌سازی در استفاده از نرم افزار ENVI-met

۴. نتایج و بحث

۴-۱. موردی مطالعه و شرایط شبیه‌سازی 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 برزن‌های تاریخی شهر یزد نشان می‌دهد. همچنین شکل ۴ و ۵، تصویر هوایی مراکز محلات شش بادگیر و شیخداد و خصوصیات هندسی آن‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۳ موقعیت برزن شیخداد در شهر یزد و محلات تاریخی شهر یزد

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.

جدول ۲. اطلاعات پایه ورودی و شرایط شبیه‌سازی در نرم افزار Envi-met

شرایط شبیه‌سازی	
موقعیت جغرافیایی	N, 54.3569° E 31.8974°
شهر یزد	
نام محدوده مورد مطالعه	استان یزد، شهر یزد، مرکز محله شش بادگیر و مرکز محله شیخداد
تاریخ	۲۳/۱۲/۲۲ - ۲۳/۱۰/۰۱ - ۱۴۰۲/۱۰/۰۱ - روز اول زمستان - انقلاب زمستانی
مدت زمان شبیه‌سازی	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 زبان 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

۴-۲. یافته‌های پژوهش و تحلیل آزمون

پس از اجرای مدل‌سازی، 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 گردیده‌اند.

۴-۲-۱. دما و رطوبت نسبی

با توجه به بررسی نتایج حاصل از شبیه‌سازی در نرم افزار و در نظر گرفتن عوامل اثر گذار متعدد از جمله پوشش گیاهی، مصالح و ارتفاع ساختمان‌ها؛ 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 زمین‌های 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

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 دوماترن دارای اقلیم خشک میپردازد. [۲۶] جدول ۲، شرایط شبیه‌سازی را نشان می دهد.

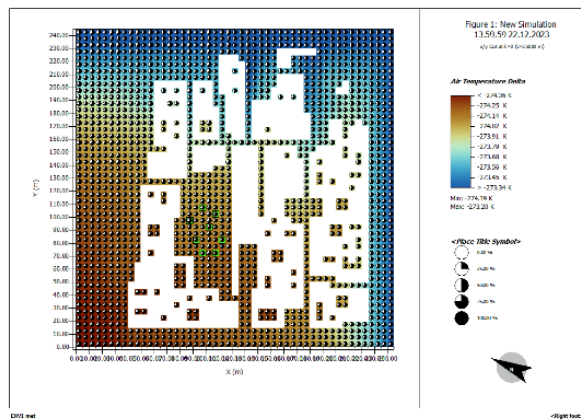


شکل ۴. مرکز محله شش بادگیر

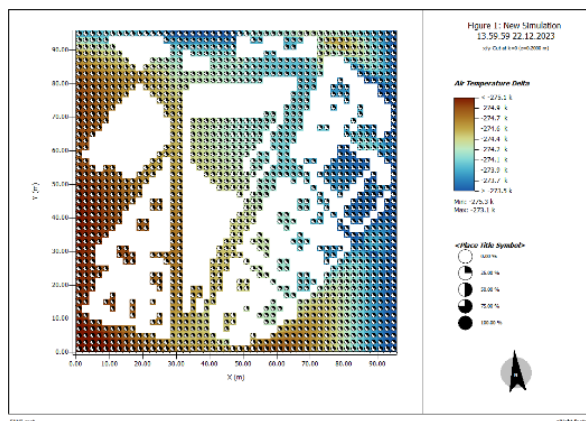


شکل ۵. مرکز محله شیخداد

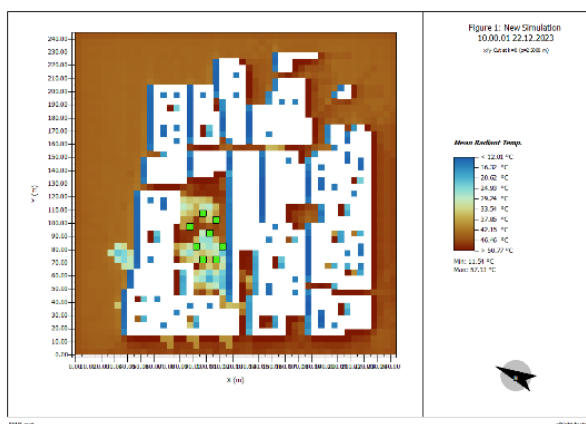
این امر سبب میشود با توجه به کاهش تابش نور خورشید و سایه‌اندازی بیشتر، افراد در این ساعات تنش سرمایی متوسط تا اندکی را تجربه کنند.



شکل ۸. دما و رطوبت نسبی در مرکز محله شیخداد ۱۴ ظهر

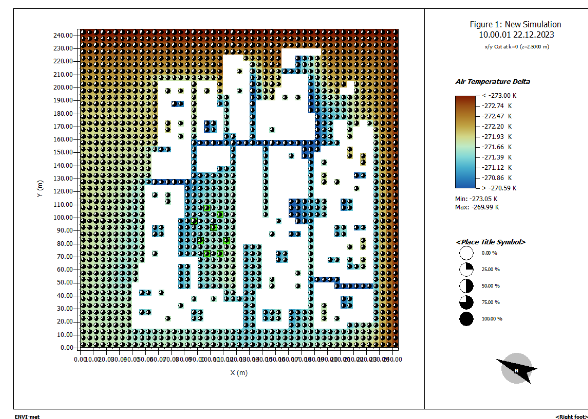


شکل ۹. دما و رطوبت نسبی در مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر

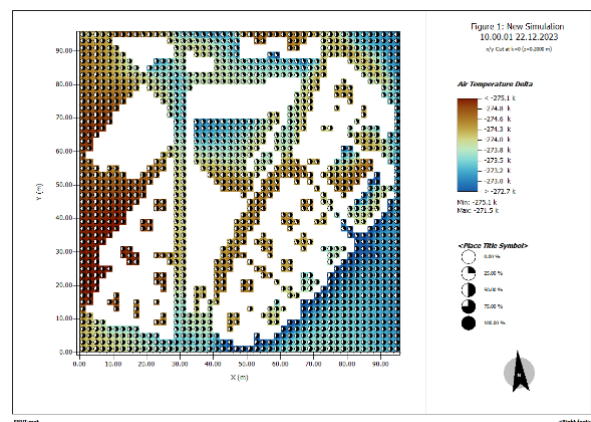


شکل ۱۰. دمای متوسط تابشی در مرکز محله شیخداد ساعت ۱۰ صبح

که همین شاخص در همان زمان برای مرکز محله شیخداد بیش از ۵۰٪ است. همچنین با توجه به نتایج شبیه‌سازی در ساعت ۱۴ بعد از ظهر نیز در مرکز محله شیخداد به دلیل وجود پوشش گیاهی رطوبت نسبی بیش از ۵۰٪ اندازه‌گیری شده است، این در حالیست که در مرکز محله شش بادگیر به دلیل کم تر بودن پوشش گیاهی و وجود سنگ فرش‌های بتنی و مصالحی از این دست، در همین ساعت رطوبت نسبی هوا کاهش یافته و در حدود ۳۰٪ قرار دارد.



شکل ۶. دما و رطوبت نسبی در مرکز محله شیخداد ساعت ۱۰ صبح



شکل ۷. دما و رطوبت نسبی در مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۰ صبح

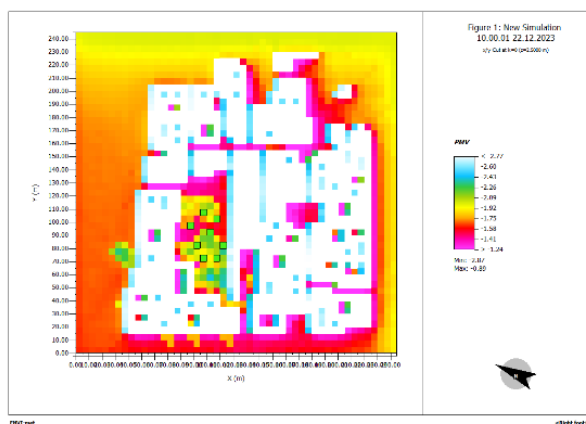
۴-۲-۲. دمای متوسط تابشی

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

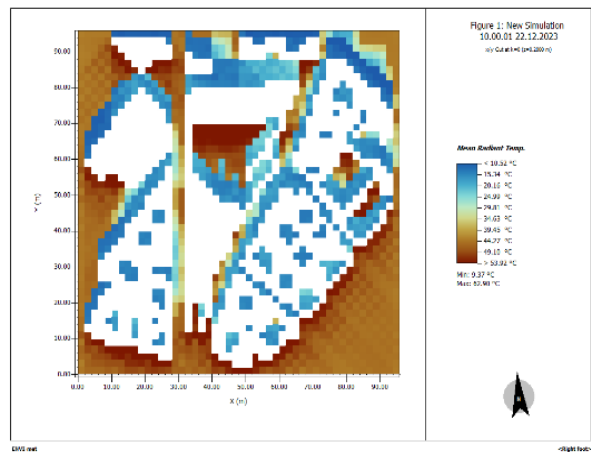
۴-۲-۳. شاخص آسایش حرارتی (PMV)

با توجه به نتایج شبیه‌سازی در حدود ساعت‌های 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.

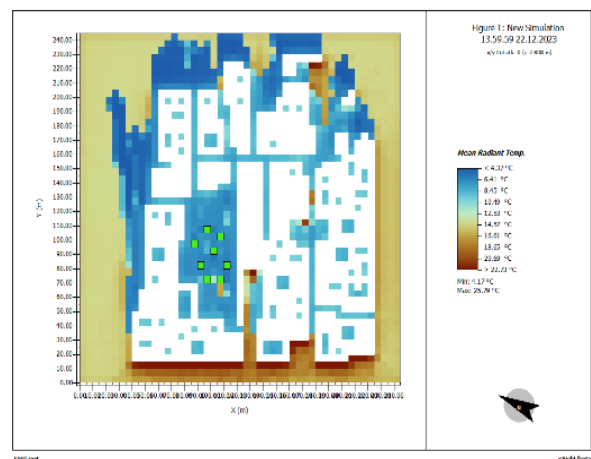
شاخص آسایش حرارتی PMV در ساعت ۱۴ بعد از ظهر انقلاب زمستانی در محله شش بادگیر نسبت به محله شیخداد بیشتر بوده و افراد در محله شیخداد به خصوص در معابر شمالی مرکز محله تنش سرمایی اندک تا متوسطی را تجربه میکنند که این موضوع در مرکز محله شش بادگیر کمتر بوده و آسایش نسبی مطلوب تری فراهم است. این امر به دلیل وجود رنگ‌های 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 بوجود آمدن نسیم خنکی همراه میشود می‌تواند باعث ایجاد آسایش حرارتی مطلوبی در این محله شود.



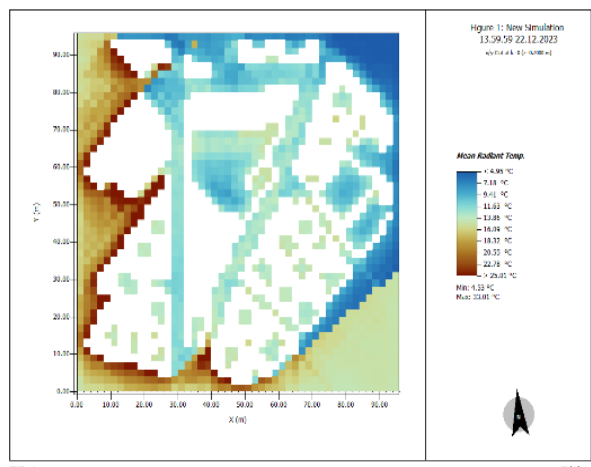
شکل ۱۴. شاخص PMV آسایش حرارتی در مرکز محله شیخداد ساعت ۱۰ صبح



شکل ۱۱. دمای متوسط تابشی در مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۰ صبح



شکل ۱۲. دمای متوسط تابشی در مرکز محله شیخداد ساعت ۱۴ ظهر



شکل ۱۳. دمای متوسط تابشی در مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر

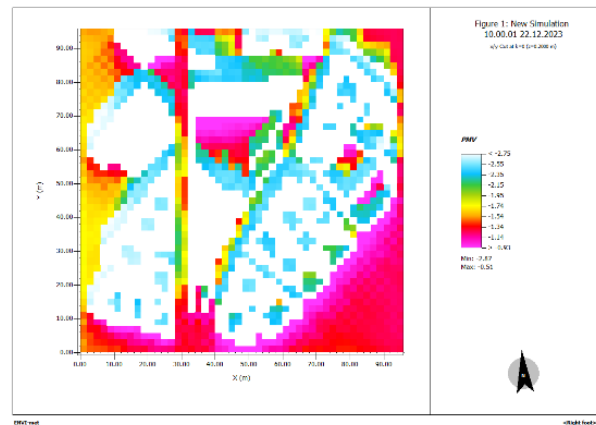
به طور کلی، شاخص آسایش حرارتی PMV در ساعات اولیه روز تا ظهر در مرکز محله شیخداد نسبت به مرکز محله شش بادگیر وضعیت مطلوب‌تری دارد. در مرکز محله شش بادگیر، ویژگی‌هایی مانند محصوریت پایین معبر و کمبود پوشش گیاهی قابل توجه، به همراه استفاده از آسفالت در بخش‌های وسیعی از معبر، موجب شده است که در ساعات ابتدایی 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 -2.5 و -1.5 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.

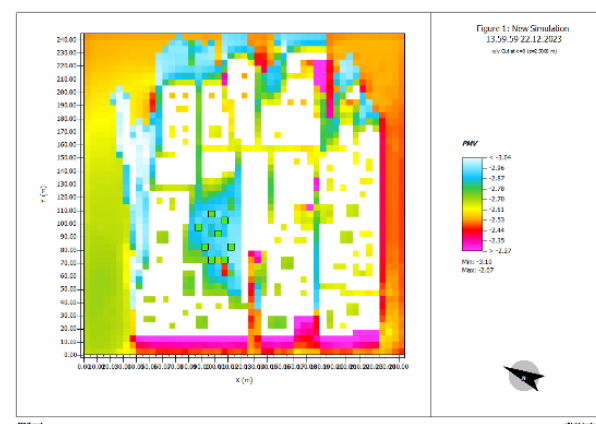
با توجه به مقایسه شاخص‌های آسایش حرارتی در دو مرکز محله در شهر یزد و با در نظر گرفتن اقلیم گرم و خشک این منطقه، استفاده از پوشش گیاهی مناسب با تراکم تاج بالا، ایجاد پوشش‌های گیاهی مقطعی در نقاط مختلف، به علاوه به کارگیری مصالح بوم‌آورد در کف و جداره‌ها و رنگ‌های روشن برای جلوگیری از جذب بیش از حد گرمای خورشید، حتی در فصل زمستان می‌تواند آسایش حرارتی مطلوبی را برای عابران پیاده ساکن این محلات فراهم آورد. علاوه بر این، تغییر در عوامل بررسی‌شده 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.

References

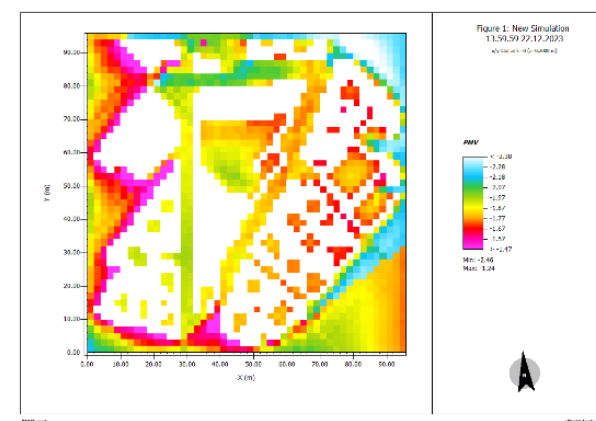
1. Johansson, E., & Emmanuel, R. (2006). The influence of urban design on outdoor thermal comfort in the hot, humid city of Colombo, Sri Lanka. *Int J Biometeorol*, 51, 119-133.
2. Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2016). Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian 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



شکل ۱۵. شاخص PMV آسایش حرارتی مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۰ صبح



شکل ۱۶. شاخص PMV آسایش حرارتی در مرکز محله شیخداد ساعت ۱۴ ظهر



شکل ۱۷. شاخص PMV آسایش حرارتی در مرکز محله شش بادگیر ساعت ۱۴ ظهر

۵. نتیجه‌گیری

در مجموع از بررسی شرایط اقلیمی مراکز محلات در انقلاب زمستانی ۱۴۰۲ میتوان به نتایج زیر دست یافت:

- Assessment of thermal comfort in urban streets (Case study: Chamran Street, Kermanshah). *Journal of Environmental Studies*, 4.
14. Samdpoo Shahrak, M.; Karimishavar, M. (1402). Assessment of tree-planting patterns on surrounding thermal comfort of residential blocks. *Journal of Urban Studies*, 12.
 15. Monjazi, N.; Eslami Moghadam, A. (1402). PMV index in thermal comfort of open urban spaces in spring (Case study: Pedestrian walkway along the Khoramabad River). *Journal of Climate Studies*, 53.
 16. Karmi Rad, S.; Ali Abadi, M.; Habibi, A. (1397). Assessing the influence of urban geometry on outdoor thermal comfort at a small-scale climate level (Case: Goldast Shiraz residential complex). *Regional Planning Quarterly*, 29.
 17. Taleb Safa, Shahrzad; Taheri Shahr Aini, M.; Shiaushan Yang, Y.; Rabii, M. R. (1402). Assessing the impact of shading on outdoor thermal comfort and delimitation of thermal comfort zone. Pages: 43–59. *Saffi Architecture and Urban Studies Quarterly*.
 18. Sadeghi Roshan, M. H.; Tabatabaei, S. M. (1388). Delineation of thermally comfortable ranges under arid climate (Case study: Yazd City). *City Identity Journal*, 3(4), 46–39.
 19. Haqiqat-Naini, G.; Fiyaz, R.; Biqarrh, B. (1397). Attaining thermal comfort in public spaces using step-by-step simulation method (Case study: one housing unit in Imam Khomeini Town, Lar). *Journal of Architectural and Urbanism Notes*, 21, 77–99.
 20. Azmoudeh, M. (1400). How plants modulate parameters affecting thermal comfort in urban spaces (Study: Green wall in Tehran). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 32(3), 80–67.
 21. Kosmāei, M. (1387). *Climate and Architecture*. Tehran: Ars Publisher.
 22. Razazadeh, R.; Aghajan Biglu, E. (1390). A proposed pattern for massing in row housing units: A comparative study of two massing patterns in residential blocks with a thermal comfort criterion, *Name of Architecture and Urbanism Journal*. (7).
 23. Bruse M, (2015). ENVI-met. Available at: <http://www.envi-met.com/>.
 24. Matzarakis. A, Mayer H and Iziomon M G. 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. Katzschner, 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.
 10. Ahmadpour Kalhorudi, N.; Pourjafer, M.; Mahdavi Nejad, M.; Yousfiian, S. (1396). The role and influence of design elements on the thermal comfort quality of urban open spaces (Case study: Pedestrianization of Tamqāchi streets in Kashan). *Journal of Architecture and Urbanism Notes*. 18.
 11. Karmi Rad, S.; Ali Abadi, M.; Habibi, A.; Vakili Nejad, R. (1396). Assessing the influence of vegetation cover on outdoor thermal comfort of pedestrians (Case study: Goldast Shiraz residential complex). *Journal of Scientific-Research of Iran Architectural and Urbanism Association*, 14.
 12. Zabetian, E.; Khirdein, R. (1397). The role of comfort—especially thermal comfort—in citizen behavior patterns in urban spaces (Case study: Imam Khomeini and Imam Hossein Squares, Tehran). *Journal of Urban Management*, 50.
 13. Jafari, M.; Taban, M.; Safari Pour, M. (1398).

26. Arsa Urban Planning and Architecture Consulting Engineers (2009/1388), Yazd City Comprehensive Plan, Yazd Province Housing and Urban Development Organization, Ministry of Housing and Urban Development.
- (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>.