

ارزیابی آسایش حرارتی در بافت‌های مختلف طراحی شده شهر تبریز (ردیفی، حلقه‌ای، نامنظم)؛ نمونه موردی: شهریار تبریز

مریم نجف علیلو^۱، ایرج تیموری^{۲*}، اکبر رحیمی^۳، عارفه کاراداغ^۴

۱ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، تبریز، ایران،

m.najafalilu@gmail.com

۲ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، تبریز، ایران،

iraj_teymuri@yahoo.com

۳ دانشگاه تبریز، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، گروه برنامه‌ریزی شهری و منطقه‌ای، تبریز، ایران،

akbar.rahimi@tabrizu.ac.ir

۴ دانشگاه اگه، دانشکده جغرافیا، گروه جغرافیا، ازمیر، ترکیه، arife.karadag@ege.edu.tr

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۲

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۰۹

چکیده

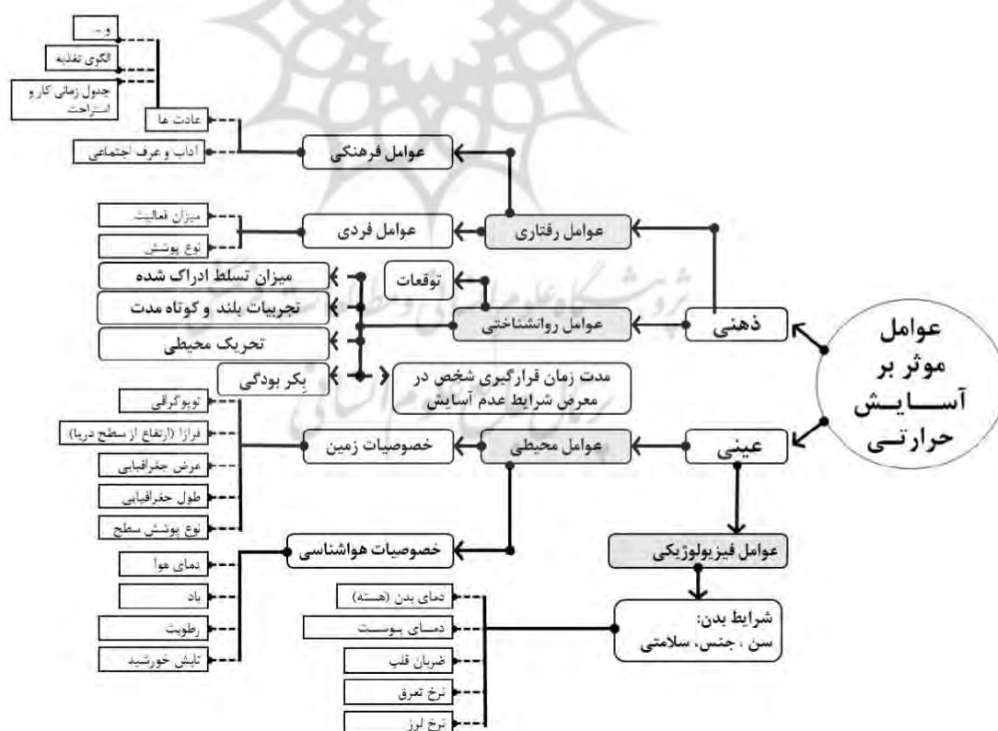
این روزها تغییرات اقلیمی و گرم شدن زمین، توجه به مسائل حرارتی را در محیط شهری و بافت‌های مختلف شهری ضروری کرده است. از طرفی دیگر آسایش حرارتی در فضای شهری یکی از ارکان اصلی استفاده از این فضاها توسط شهروندان می‌باشد. یکی از راهکارهای مواجهه با این موضوع، توجه به آسایش حرارتی و شناخت مؤلفه‌های تأثیرگذار بر آسایش حرارتی در فضاهای شهری می‌باشد. هدف از مطالعه، ارزیابی آسایش حرارتی در بافت طراحی شده شهری می‌باشد. در این مطالعه، پارامترهای هواشناسی از نرم‌افزار مترونوم و برای شبیه‌سازی مدل بافت شهری و ارزیابی آسایش حرارتی با مدل UTCI و SET از نرم‌افزار انوی - مت ۵,۶,۱ استفاده شده است. در این مطالعه بافت طراحی شده مورد مطالعه در نرم‌افزار انوی مت شبیه‌سازی شده و داده‌های هواشناسی در سردترین (۲۰۲۲,۱,۲۲) و گرم‌ترین (۲۰۲۲,۷,۱۶) روز سال و بحرانی‌ترین ساعت از روز از نرم‌افزار متونوم استخراج گردیده و نهایتاً آسایش حرارتی در بافت مورد مطالعه در ۲ روز از سال بررسی می‌شود. نتایج حاکی از آن است در گرم‌ترین روز سال، کمترین و بیشترین میزان UTCI، به ترتیب، ۳۱ و ۴۳ درجه می‌باشد که نشانگر آن است که فشار و گرمای زیادی در محدوده مورد مطالعه حس می‌شود و این محدوده خارج از آسایش حرارتی می‌باشد، تنها در قسمت‌هایی که پوشش گیاهی نسبتاً مناسبی را شامل می‌شود، میزان نارضایتی و عدم آسایش کمتر است. از لحاظ معیار SET، همانند نتایج حاصل از معیار UTCI، محدوده مورد مطالعه کاملاً خارج از محدوده آسایش قرار گرفته و کل سایت دارای هوای بسیار گرم می‌باشد، باید توجه کرد که در قسمت‌هایی که سایه ساختمان‌ها بر روی معابر اطراف افتاده است و همچنین قسمت‌هایی که دارای پوشش گیاهی نسبتاً مناسبی می‌باشد، میزان نارضایتی و گرمای آزاردهنده کمتر و نزدیک به محدوده آسایش حرارتی می‌باشد. در سردترین روز سال، با بررسی نقشه‌های خروجی UTCI، می‌توان نتیجه گرفت که کمترین و بیشترین میزان UTCI، به ترتیب، ۲۱- و ۸ می‌باشد که نشان می‌دهد در محدوده هوای بسیار سرد و خارج از محدوده آسایش را شاهد هستیم و تنها در بخش‌هایی از محدوده از جمله فضاهای پیرامونی ساختمان‌ها که فضای ایجاد شده گردابه جریان غالب باد شهری و شامل پوشش گیاهی هستیم، نسبتاً آسایش برای شهروندان برقرار است و این بخش‌ها دارای آسایش حرارتی نسبی هستند.

کلمات کلیدی: آسایش حرارتی، بافت طراحی شده، تبریز، انوی مت، UTCI، SET

مقدمه

امروزه باتوجه به گرم شدن زمین، افزایش شهرنشینی و افزایش تمرکز بر شهرها در چند دهه گذشته، با چالش‌هایی همراه بوده است که قطعاً تغییرات آب‌وهوایی را به همراه داشته است (Egerer et al, 2021). از آنجایی که رابطه بین خرد اقلیم و فرم شهری یک ارتباط متقابل است (Ibrahim et al, 2021) فرم شهری می‌تواند شرایط اقلیمی مطلوب در فضاهای بیرونی را نیز ایجاد کند (Maleki et al, 2021). این امر می‌تواند منجر به ارتقای آسایش حرارتی افراد در فضاهای بیرونی شود. به بیان دیگر، فرم شهر از جمله مهم‌ترین عواملی است که طراحی شهری می‌تواند با مداخله در ابعاد گوناگون فضایی، کالبدی و محیطی آن، بر میزان وابستگی به سوخت‌های فسیلی، صرفه‌جویی در مصرف انرژی و ایجاد محیط‌های مطلوب برای حضور انسان در شهر اثرگذار باشد (متنظری و همکاران، ۱۳۹۶). 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 می‌شود (Hoppe 2002).

توجه به آسایش حرارتی در فضای باز در زمان کنونی ضروری است. آسایش حرارتی به‌عنوان مهم‌ترین نیاز، همواره در کانون توجه معماران و طراحان قرار دارد. (حیدری، ۱۳۹۳). آسایش حرارتی ترکیبی پیچیده از شرایط فیزیولوژیکی، روان‌شناختی و کالبدی است. به دلیل تنوع شرایط اقلیمی در فضای باز، ارزیابی آسایش حرارتی تنها براساس رویکرد فیزیولوژیکی شایسته نیست. تغییر ویژگی‌های افراد در پوشش لباس، میزان فعالیت، تغییر موقعیت و حالت فیزیکی در تعیین آسایش حرارتی فضای باز تاثیر قابل توجهی دارند. متغیرهای روانی از قبیل حق انتخاب، خاطرات و تجارب را نیز باید در نظر گرفت (Givoni et al. 2003) مولفه‌های تاثیرگذار بر آسایش حرارتی در نمودار ۱ نشان داده شده است.



نمودار ۱. مولفه‌های تاثیرگذار بر آسایش حرارتی

در قرن‌های اخیر، تعامل آسایش حرارتی با طراحی شهری یکی از زمینه‌های جالب مطالعه اقلیمی می‌باشد. تعاریف زیادی درباره آسایش حرارتی وجود دارد. آسایش حرارتی وضعیتی از ذهن است که بیانگر تعریف رضایت از محیط حرارتی است (Höppe 2002). سطوح

فعالیت، پوشاک و خرد اقلیم (درجه حرارت هوا، رطوبت هوا و باد) از عوامل اصلی تأثیرگذار در آسایش حرارتی هستند (Oskouee & Badamchizadeh, 2024). در شهرسازی دنیای امروز، باتوجه به افزایش تعداد ساختمان‌های بلندمرتبه و تراکم ارتفاعی شهرها، یکی از اساسی‌ترین موضوعات در حوزه آسایش حرارتی، تشدید سرعت جریان باد در محدوده اطراف ساختمان‌ها می‌باشد. (بادامچی زاده و همکاران، ۱۴۰۱). معمولاً عدم آسایش ناشی از احساس گرما یا سرمای بیش از حد است که می‌تواند از یک کوران ناخواسته یا تفاوت دمای محیط یا بدن باشد (Saadatjoo et al., 2023). ارزیابی آسایش حرارتی، فرایند پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل فیزیولوژیک، فیزیکی، روانشناختی و دیگر شاخص‌ها قرار دارد معمولاً احساس حرارتی در افراد مستقر در محیط‌های یکسان ممکن است متفاوت باشد. آسایش حرارتی از مکانی به مکان دیگر و از فردی به فرد دیگر متفاوت است. در حالت کلی، معیار کاملی برای برآورد شرایط آسایش حرارتی وجود ندارد. در سال ۱۹۶۲ مک فرسن شش شاخص اساسی که آسایش حرارتی را تحت تأثیر قرار می‌دهند بدین صورت تعریف کرد: چهار پارامتر فیزیکی شامل دما و سرعت هوا و متوسط دمای تابش و رطوبت نسبی، و دو پارامتر شخصی میزان عایق لباس و میزان فعالیت شخص (معلمی خیابوری معرفت، ۱۳۹۳). مطالعات متعددی در زمینه بررسی آسایش حرارتی فضای باز و رسیدن به سطح متعادل انجام شده است. در حقیقت، اکثر تحقیقات راجع به آسایش حرارتی، اساساً در فضاهای بیرونی اهمیت داشته‌اند. مطالعه آسایش حرارتی با در نظر گرفتن جنبه‌های مختلف فیزیکی، فیزیولوژیکی و روانی، در نظر گرفتن ارتباط بین شرایط آسایش محیط، پاسخ روانی و پدیده فیزیولوژیک انجام شده است. روش فیزیکی آسایش حرارتی انسان را ماشین حرارتی در نظر می‌گیرد و ارتباط متقابل وی را با محیط برحسب تغییرات گرمایی لحاظ می‌کند. روش فیزیولوژیک به مکانیسم خودگردان که از محیط حرارتی برمی‌آید توجه دارد، همچون تعرق و لرزش. در نهایت، روش روانی قصد دارد تا ارتباط بین متغیرهای فیزیکی و فیزیولوژیک و نتایج حسی افراد را تعیین کند. (Nikolopoulou & Steemers, 2003).

مبانی نظری

آسایش حرارتی

دیدگاه اقلیمی در طراحی شهری، علاوه بر مطالعه تأثیر پارامترهای مورفولوژیک، بر وضعیت آسایش یا راحتی مردم در محیط‌های شهری، همچون پیاده‌ها در خیابان‌ها، افراد گوناگون در پارک‌های شهری نیز متمرکز است (پوردیهیمی، ۱۳۹۰). در این میان تأمین آسایش در فضاهای باز بیش از فضاهای بسته به شناخت شرایط اقلیمی و محیطی وابسته است زیرا در فضاهای داخلی با استفاده از تجهیزات مکانیکی گرمایش و سرمایش می‌توان تحت هر شرایطی، اگر چه با هزینه‌ی و انرژی بیشتر، به طور مصنوعی شرایط آسایش را فراهم نمود ولی در فضاهای باز چنین امکانی وجود ندارد (Al-Yasiri & Sabzo, 2021). از طرف دیگر دستیابی به شرایط آسایش در فضاهای باز زمینه‌ساز دستیابی به آسایش در فضاهای داخلی ساختمان‌هاست، زیرا فضاهای باز بستر دربرگیرنده و سازنده خرد اقلیم محیط پیرامون ساختمان‌ها می‌باشند (Aboelata, 2021). لذا در صورت رعایت اصول معماری همساز با اقلیم در فضاهای باز، تأمین شرایط آسایش در فضاهای داخلی تسهیل شده و صرفه‌جویی قابل ملاحظه‌ای در مصرف انرژی به عمل خواهد آمد. یکی از معیارهای مناسب در تحلیل وضعیت اقلیمی فضاهای باز "معیار پن واردن" است که شرایط آسایش انسان را باتوجه به فاکتورهای اقلیمی دما، سرعت باد، تابش آفتاب و فاکتورهای انسانی (میزان فعالیت بدن و لباس مناسب فصل) ارائه کرده است. به کمک این معیار آستانه‌های آسایش عابر پیاده در فصول مختلف در سایه و آفتاب تعیین می‌گردد (Vasilikou, 2020). از سردمداران این دیدگاه فنگر است که مطالعات او مرجع تهیه بسیاری از استانداردهای مربوط به آسایش گرمایی انسان است (Fanger, 1973). دیدگاه دوم بحث دیگری را مطرح کرده و به انسان به عنوان موجودی هوشمند و فعال در تنظیم آسایش گرمایی خود نگاه می‌کند. در این دیدگاه عادت، توقع، پذیرش، ترجیح، انسان را در سازگاری

^۱ Fanger

او با شرایط محیطی بسیار مؤثر دانسته و معتقدند یک معیار آسایش جهانی صرفاً بر اساس فیزیولوژی بدن انسان، همه واقعیت مربوط به احساس آسایش او را پوشش نمی‌دهد. سردمدار این تفکر همفری است که با اتکاء به مطالعات میدانی و روش‌های سازگاری مردم با شرایط اقلیمی، تفاوت‌های موجود در آستانه‌های آسایش ساکنین بومی اقلیم‌های مختلف را نشان داده است. بر اساس این دو دیدگاه، دو مفهوم کلی آسایش حرارتی و احساس آسایش ۲ به وجود آمده است. پس از آن معماران مختلفی از جمله الگی، گیونی (تأثیر جداره ساختمان در تعیین شرایط آسایش انسان و نیازهای اقلیمی او)، ماهانی، ایوانز و پن واردن به تهیه جداول و نمودارهایی اقدام کردند (Badamchizadeh et al., 2024)، (رازجویان، ۱۳۸۹) که بر مبنای مقیاسها و ضرایب آسایش حرارتی تهیه شده است. شرایط آسایش حرارتی، محدوده‌های است از دما و رطوبت که در آن ساز و کار تنظیم حرارت بدن در حداقل فعالیت باشد (Giovoni, 1992) و یا می‌توان آن را شرایطی ذهنی دانست که احساس رضایت از شرایط حرارتی محیط را بیان میکند و به عوامل زیر وابسته است (ASHREA Standard, 2010): دما و تابش، دمای موثر و منتج شده، رطوبت نسبی، سرعت و شدت گردابه‌های جریان هوا، پوشش و فعالیت، شرایط محیطی: دمای سطوح، دمای پنجره‌ها، سن فرد، سازگاری فرد با محیط، گرادیان عمودی دمای هوا بنا بر نظر ریچارد هایتز، از بین فاکتورهای ارائه شده، داده‌های دمایی و رطوبت مهمترین شاخص تشخیص آسایش حرارتی هستند (Richard Hayter, 2007).

معیارهای آسایش حرارتی

دمای مؤثر استاندارد نوین (SET)

های متداول استفاده شده برای ارزیابی آسایش حرارتی در فضاهای باز است. این شاخص یکی از شاخص SET شاخص آسایش حرارتی بر پایه دمای هوای خشک SET شود. ها در معرض شرایط هوایی مختلف در فضاهای باز استفاده می‌منظور تعیین راحتی یا ناراحتی انسان به این متغیرها به شکل موازی در نظر SET شود. در محاسبه و تر، رطوبت نسبی، جریان هوا و دمای تابشی میانگین محیطی محاسبه می‌گیرد. این شاخص با ترکیب دما، رطوبت، جریان ها مورد بررسی قرار می‌ها بر راحتی یا ناراحتی انسان شوند و تأثیر هر یک از آن گرفته می‌کند و یک مقدار واحد را برای شرایط هوایی مورد هوا و دمای تابشی، تأثیر متغیرهای محیطی مختلف بر آسایش حرارتی را ارزیابی می‌توان شرایط آسایش، می‌SET باشد. با استفاده از شاخص ها در آن شرایط می‌دهد که نمایانگر راحتی یا ناراحتی انسان بررسی ارائه می‌های شهری، و مناطق تفریحی، را ارزیابی کرده و اقدامات مناسب برای افزایش راحتی و ها، محیط حرارتی در فضاهای باز، مانند پارک کیفیت زندگی در این فضاها اتخاذ نمود. شاخص دمای مؤثر استاندارد نوین را گاید و دیگران در سال ۱۹۸۶ با ایجاد تغییراتی در شاخص های داخلی و بیرونی بکار گرفته شد های گوناگون جهت ارزیابی حرارتی محیط دمای مؤثر نوین ارائه دادند که از آن پس بارها و در پژوه (این شاخص، معادل دمای محیطی هم‌دما، با رطوبت ۵۰ درصد است که شخص با لباسی متناسب با فعالیت مربوطه، Honjo, 2009) منظور از Erell et al., 2012 همان تنش گرمایی و تلاش برای تنظیم حرارتی‌ای را تجربه کند که در محیط واقعی با آن روبرو است (بوده و سرعت هوا MRT محیط هم‌دما، محیطی هم ارتفاع با سطح دریای آزاد است که در آن دمای هوا معادل با میانگین دمای تابشی (نسخه‌ای از این تر نمود صفر است. این شاخص با دخیل ساختن میزان پوشش و نرخ فعالیت، شاخص دمای مؤثر نوین را کاربردی، جهت به‌کارگیری در فضاهای UT-SET* های اخیر به دست پیکاپ و دی دیر،^۳ تحت عنوان دمای مؤثر استاندارد بیرونی شاخص، در سال باز بیرونی با نتایجی امیدوارکننده آزموده و ارائه شد. "تفاوت اصلی میان شرایط محیط‌های بیرونی و درونی در تابش خورشید و امواج فروسرخ است، این دو عامل در شاخص دمای مؤثر استاندارد بیرونی، به کمک مدل جداگانه‌ای جهت تخمین میانگین دمای تابشی بیرونی،

¹ Standard Effective Temperature

² isothermal environment

³ J. Pickup and R. de Dear

(اسپاگنولو و دی دیر در پژوهشی جهت ارزیابی حرارتی فضاهاى بیرونی سیدنی، این Pickup & De Dear, 2000 ("لحاظ شده است (Spagnolo & De Dear, 2003 شاخص را کارآمدتر از دیگر شاخص‌هایی نظیر دمای مؤثر و دمای معادل فیزیولوژیک یافتند)

جدول ۱. میزان شدت گرما بر اساس معیار SET.

Assessing heat stress based on SET.

Category	Thermal sensation	Physiological Stress
<17	Cool	Moderate Hazard
17-30	Comfortable	No Danger
30-34	Warm	Caution
34-37	Hot	Extreme caution
>37	Very Hot	Danger

۱^۱ UTCI

در سال ۱۹۹۹، انجمن بین‌المللی هواشناسی زیستی ISB کمیسیونی را با عنوان "توسعه شاخص جهانی آب و هوای گرمایی" تأسیس کرد. هدف از این پروژه استخراج یک شاخص حرارتی بر اساس پیشرفته‌ترین مدل ترموفیزیولوژیکی بود. شاخص آسایش حرارتی جهانی UTCI یک ابزار پیشرفته برای ارزیابی شرایط حرارتی در فضای باز است که توسط محققان هواشناسی و بهداشت عمومی توسعه یافته است. این شاخص با در نظر گرفتن چندین متغیر مهم هواشناسی، از جمله دما، سرعت باد، رطوبت و...، تأثیر این متغیرها بر تنظیمات فیزیولوژیکی بدن انسان را بررسی می‌کند. به عنوان مثال تصور کنید در یک روز آفتابی دمای واقعی ۰ درجه سانتیگراد است اما ممکن است به راحتی احساس کنید که در زیر آفتاب ۱۲ درجه هستید. برعکس ممکن است با ابری شدن هوا و وزش باد احساس کنید که دما ۱۰- درجه است. این تخمین از واکنش فیزیولوژیکی ما به شرایط خارجی همان چیزی است که UTCI اندازه گیری می‌کند که تفاوت قابل ملاحظه‌ای با دمای هوای اندازه گیری شده دارد. برای محاسبه UTCI، ابتدا میزان هریک از متغیرهای هواشناسی اندازه‌گیری شده یا مدل سازی می‌شود. سپس از یک مدل فیزیولوژیکی استفاده می‌شود که اثر هر یک از این متغیرها بر فیزیولوژی بدن انسان را مدل‌سازی می‌کند. در نهایت، با استفاده از این اطلاعات، مقدار UTCI به عنوان یک اندازه‌گیری کمی از تعامل بین شرایط هواشناسی و راحتی حرارتی ارائه می‌شود. لازم نیست که UTCI با اندازه گیری‌های فیزیکی دمای هوا که در علم آب و هواشناسی استفاده می‌شود مطابقت داشته باشد و معمولاً UTCI با مقادیر اندازه گیری شده دمای هوا تفاوت چشمگیری دارد. یکی از معروف‌ترین مدل‌های استفاده شده برای محاسبه UTCI، مدل "فرانکلین و همکاران" است که در سال ۲۰۰۸ توسعه یافته است. این مدل شامل یک سری فرمول‌ها و روابط است که با در نظر گرفتن متغیرهای هواشناسی و فیزیولوژی انسان، مقدار UTCI را محاسبه می‌کند.

^۱ Universal Thermal Climate Index

جدول ۲. میزان شدت گرما بر اساس معیار UTCI.

UTCI (°C)	Classificação de Stress
Superior a +46	extreme heat stress
+38 to +46	very strong heat stress
+32 to +38	strong heat stress
+26 to +32	moderate heat stress
+9 to +26	no thermal stress
0 to +9	slight cold stress
0 to -13	moderate cold stress
+13 to -27	strong cold stress
-27 to -40	very strong cold stress
below a -40	extreme cold stress

پیشینه پژوهش

در سالهای اخیر مطالعات زیادی در راستای آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری انجام شده است. پرورزا و همکاران (۲۰۱۶)، در مقاله ای به بررسی انتقال به سیستم های گرمایش پایدارتر نیازمند رویکردهای اجتماعی و فنی برای برنامه ریزی استراتژیک، پرداخته اند. نتایج نشان می دهد که این روش به غلبه بر محدودیت های رویکردهای مرسوم برای توسعه سناریو و از انتخاب دقیق و شفاف یک مجموعه سناریو برای تجزیه و تحلیل مشارکتی پشتیبانی می شود. این روش باعث ایجاد سناریوهای مبتنی بر اجماع برای سیستم های گرمایش پایدارتر در هر دو شهر باتوجه به کیفیت آسایش داخلی، اثرات زیست محیطی، بهره وری منابع و امنیت انرژی شده است. ماجیدی و همکاران (۲۰۱۹)، در مقاله ای چارچوبی را برای به حداکثر رساندن کارایی راه حل های مبتنی بر طبیعت (NBS) برای کاهش خطر سیل و افزایش آسایش حرارتی ارائه می کند. نتایج کلی نشان می دهد که مؤثرترین عملکرد از نظر کاهش سیل و افزایش آسایش حرارتی احتمالاً با اعمال طیفی از اقدامات متفاوت در مکان های مختلف به دست می آید. آلتان و اوزارسوی (۲۰۲۲)، در مقاله ای به بررسی عملکرد انرژی بخش مسکن اجتماعی پس از جنگ را در جنوب شرقی جزیره مدیترانه ای قبرس که در آن آب و هوا نیمه گرمسیری (Csa) و تا حدی نیمه خشک (Bsh) است، پرداخته اند. نتایج نشان می دهد که یک رابطه متوسط-قوی بین جهت گیری و دلایل عدم آسایش حرارتی وجود دارد ($Cramer's V = 0.405$, $p < 0.001$, $c2 = 49327$). لین و همکاران (۲۰۲۳)، در مقاله ای به بررسی تغییرات آب و هوایی و تشدید جزیره گرمایی شهری پرداخته اند. نتایج نشان می دهد که (۱) دمای هوا و تابش خورشیدی مهمترین متغیرهای مؤثر بر آسایش حرارتی در فضای باز هستند در حالی که سرعت باد و رطوبت نسبی تأثیر کمتری دارند. (۲) نتایج نشان می دهد که محدوده آسایش حرارتی خنثی از ۵۰ وات بر متر مربع به ۸۰ وات بر متر مربع در مناطق گرم تابستان و زمستان های گرم افزایش می یابد. سون و همکاران (۲۰۲۳)، در مقاله ای به بررسی تأثیر فضاهای سبز کوچک شهری بر اثر جزیره گرمایی شهری و آسایش حرارتی پرداخته اند. روش شبیه سازی نرم افزار ENVI-met 5.1.1 برای تجزیه و تحلیل شرایط محیطی و آسایش حرارتی این مکان ها استفاده شده است.

1. Kateryna Pereverza
2. Abdul Naser Majidi
3. Hasim Altan
4. Jing Lin
5. Fuhao Sun

نتایج حاکی از آن است که: (۱) فضاهای سبز کوچک شهری به طور قابل توجهی دمای هوای شهری را کاهش می دهند، به ویژه در هوای گرم، با کاهش دما از ۲،۴۰ درجه سانتی گراد تا ۲،۶۷ درجه سانتی گراد، که به طور مداوم کمتر از بالاترین دما در ChuoWard توکیو، عمدتاً بین ۱ و ۲. (۲) تجزیه و تحلیل آسایش حرارتی نشان می دهد که فضاهای سبز کوچک شهری می توانند به طور قابل توجهی آسایش حرارتی شهری را در طول روز، به ویژه حوالی ظهر، با کاهش یک یا دو سطح آسایش حرارتی در مقایسه با بلوک های معمولی خیابان های شهری بهبود بخشند. با این حال، این تفاوت ها به تدریج در طول عصر و شب کاهش می یابد و آسایش حرارتی در داخل و خارج از فضای سبز یکنواخت تر می شود. (۳) اندازه فضای سبز تنها عامل مؤثر بر آسایش حرارتی نیست. چیدمان گیاهان داخل فضای سبز و چیدمان ساختمان های اطراف نیز تأثیرگذار است. با وجود اندازه کوچک، حتی فضاهای سبز کوچک می توانند راحتی را به میزان قابل توجهی افزایش دهند. این مطالعه نیاز به ارتقای پایداری شهری را از طریق ادغام گسترده فضاهای سبز کوچک در محیط های شهری متراکم نشان می دهد. **تاو و همکاران (۲۰۲۳)**؛ در مقاله ای به بررسی اثرات عوامل طراحی معماری در ۱۸ حیاط در چهار دانشگاه در Lingnan را بر محیط حرارتی پرداخته اند. مطالعات مربوطه ثابت کرده است که حیاط ها در تنظیم اقلیمی کوچک مقرون به صرفه هستند و عواملی مانند مقیاس و باز بودن حیاط ها نیز بر آسایش حرارتی حیاط ها تأثیر دارند. نتایج حاکی از آن است که: (۱) محیط حرارتی مهمترین عامل تأثیرگذار بر بازدیدکنندگان حیاط است (۲۲٪)، و آسایش حرارتی خوب باعث بهبود شرایط محیطی می شود. (۲) حیاط ها دارای عملکرد تنظیم کننده میکرو اقلیم مثبت هستند و در ۸۰٪ آنها یک اثر خنک کننده رخ می دهد. و (۳) محل طبقه، نوع، جهت و ضریب خط آسمان (SVF) حیاط ها عوامل اصلی طراحی مؤثر بر محیط حرارتی و PET هستند. **گانگمن و همکاران (۲۰۲۳)**، در مقاله ای به بررسی اثرات کیفیت هوای بیرون و محیط حرارتی بر آسایش حرارتی به منظور ارائه یک مبنای نظری برای ارزیابی های جامع محیط بیرون و مکانیسم پرداخته اند. نتایج نشان می دهد که توان حرارتی لباس و دمای محیط به دنبال یک تغییر معکوس است که در آن افراد معمولاً زمانی که دما از ۲۸ درجه سانتی گراد فراتر رفت، مقدار لباس را کاهش دادند. یک واحد تغییر در حس حرارتی (TSV) به ازای هر ۱۱ درجه سانتیگراد افزایش دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) رخ می دهد. PET خنثی ۲۱،۶۸ درجه سانتیگراد بود و PET راحت حدود ۲۳ درجه سانتیگراد بود. شاخص کیفیت هوا (AQI) و رضایت هوا همبستگی منفی داشتند و رضایت به ازای هر تغییر AQI ۲۳۰، واحد کاهش یافت. فصل انتقالی زمانی راحت تر بود که دما کمی خنک بود TSV = -0.70. (TSV = -0.70) خنثی در تابستان ۰،۵۰۷ و در زمستان -۰،۳۳۴ بود. کیفیت هوا تأثیر قابل توجهی بر آسایش حرارتی (TCV) دارد (p = ۰،۰۵ = ۰،۰۴۸۵). **نینگ و همکاران (۲۰۲۳)** در مطالعه ای به بررسی آسایش حرارتی فضاهای بیرونی در کالج ها و دانشگاه ها برای ترویج فعالیت های فضای باز و کاهش فشار روانی پرداخته اند. شاخص جهانی آب و هوای گرمایی (UTCI) برای بررسی حس حرارتی افراد تحت ادراکات مختلف خورشید برای آشکار کردن تأثیر حساسیت به آفتاب بر روی افراد مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که از نظر ادراک ذهنی، نسبت افرادی که در فضای باز احساس گرما می کردند با افزایش درک نور خورشید افزایش یافت. علاوه بر این، با تغییر ادراک نور خورشید، دمای مورد انتظار جمعیت نیز تغییر کرد. با تغییر ادراک نور خورشید از ضعیف به قوی، دمای مورد نظر جمعیت زمستانی از ۲۱،۲ درجه سانتیگراد به ۱۷،۷ درجه سانتیگراد تغییر کرد و دمای مورد نظر جمعیت پاییز از ۲۳،۸ درجه سانتیگراد به ۱۹،۸ درجه سانتیگراد تغییر کرد. افزایش مناسب سایه در فضای باز در پاییز باعث افزایش راحتی جمعیت می شود، در حالی که افزایش مناسب مکان نور در زمستان در فضای باز باعث افزایش راحتی جمعیت می شود. این یافته ها بینش های ارزشمندی را برای طراحی آسایش حرارتی و تحقیقات آینده در کالج های واقع

1. Yiqi Tao
2. Guangmeng Bian
3. Shaobo Ning

در مناطق سرد ارائه می دهد. **تولا و همکاران (۲۰۲۳)**، در مقاله ای به بررسی آسایش حرارتی در فضای باز پرداخته اند. این تحقیق بر تفرجگاه ساحلی مدیترانه متمرکز با استفاده از شبیه سازی های کامپیوتری ENVI-met با تمرکز بر شاخص PET است. نتایج سناریوها نشان داده است که انتخاب انواع مناسب فضای سبز و سایه مصنوعی باعث بهبود آسایش حرارتی عابر پیاده بین ۱۲ تا ۴۵ درصد می شود. بنابراین نحوه طراحی تفرجگاه ها و فضاهای عمومی با توجه ویژه به عناصر کالبدی آنها مانند سایه انداز طبیعی و مصنوعی بسیار مهم است. **پوری و همکاران (۲۰۲۳)**، در مقاله ای به بررسی آسایش حرارتی در فضای باز، که تحت تأثیر پیکربندی های فیزیکی ساختمان است، پرداخته اند. در این تحقیق تأثیر فرم و چیدمان ساختمان بر آسایش حرارتی فضای باز در یک مجتمع مسکونی در تبریز بررسی شده است. در این مطالعه از نرم افزار ENVI-met برای شبیه سازی دمای هوا، میانگین دمای تابشی، میانگین نظر پیش بینی شده (PMV)، سرعت باد و نسبی استفاده می شود. آسایش حرارتی فضای باز در شرایط فعلی با شش مورد با ابعاد و الگوهای چیدمان متفاوت مقایسه شده است. بررسی ها نشان میدهد که ترکیب دو شکل بلوک پراکنده کارآمدترین الگو برای ارائه آسایش حرارتی در فضای باز است، زیرا میانگین PMV از ۴٫۳۱- به ۱٫۲۵- افزایش یافته است. بلوک های U شکل به دلیل تضعیف باد در گوشه ها عملکرد قابل قبولی داشتند. اما چیدمان محیطی برای اقلیم تبریز مناسب نیست. این مطالعه راه حل های طراحی را برای برنامه ریزان شهری و معماران برای برآورده کردن الزامات زیست محیطی و ارائه آسایش حرارتی در فضای باز در آب و هوای سرد پیشنهاد می کند. **لیو و همکاران (۲۰۲۳)**، در مقاله ای به بررسی اثر جزیره گرمایی شهری برای بهبود آسایش گرمایی تابستانی دره های خیابانی شهری با بهینه سازی سبز کردن خیابان ها پرداخته اند. هدف بررسی تأثیرات سبز کردن خیابان های شهری بر آسایش حرارتی در روزهای سرد و گرم در همان زمان می باشد. نتایج نشان می دهد که مدل با تراکم تاج درخت بالا، درختان بلند، تاج های بزرگ و متراکم، و سایه ساختمان کافی از آسایش حرارتی خوبی در روزهای گرم برخوردار است (میانگین دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) برای دوره مورد مطالعه ۳۱/۱ درجه سانتی گراد است). و آسایش حرارتی بد در روزهای سرد (PET 13.3 درجه سانتیگراد است) در مقایسه با مدلهای دیگر (میانگین PET ها به ترتیب ۳۶٫۲ C، ۳۱٫۵ C، ۴۱٫۵ C، ۳۶٫۲ C و ۳۵٫۵ C هستند)، در روزهای گرم و برای مدل های دیگر). **ال دن و همکاران (۲۰۲۴)**، در مقاله ای به بررسی چگونگی کاهش UHI بر آسایش حرارتی انسان در فضای باز در سه شکل مختلف از الگوهای درختان شهری مکرر در پرجمعیت ترین شهر جهان در مصر، اسوان، پرداخته اند. مدل ENVI-met برای ارزیابی شاخص های هواشناسی با استفاده از برنامه شبیه سازی اقلیم (تحلیل Ecotect)، ساختمان ها و توزیع پوشش گیاهی با استفاده از *Pupulus Alba* استفاده شده است. نتایج شبیه سازی آسایش حرارتی و عدم آسایش بالایی را پس از تعیین ۳ مورد برای الگوی درختان برای اقلیم و پوشش گیاهی احتمالی (نقوش درختان) نشان می دهد. نقشی که درختان شهری در تغییر اقلیم های کوچک ایفا می کنند. **سووانامی و همکاران (۲۰۲۴)**؛ در مقاله ای به بررسی آسایش حرارتی برای ارزیابی کیفیت محیط های بیرونی پرداخته اند. این مطالعه شرایط حرارتی در فضای باز و درک راحتی عابران پیاده را با استفاده از مسیرهای پیاده روی در محوطه دانشگاه در تایلند، واقع در منطقه گرمسیری گرم و مرطوب، بررسی کرد. در این مطالعه میدانی، اندازه گیری های میکرو اقلیم برای ارزیابی دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) پیاده روها انجام شد و از نظرسنجی های پرسشنامه در محل ($n=400$) برای ارزیابی آرای حس حرارتی عابران پیاده در شرایط مختلف پیاده رو استفاده شد. نتایج نشان میدهد که PET خنثی ۲۵٫۲ C و محدوده قابل قبول آن ۲۴٫۶-۳۲٫۰ C می باشد. اکثر عابران پیاده شرایط حرارتی همه انواع پیاده رو را می پذیرند، اما در سطوح مختلف قابل قبول، البته با احساس کمی گرم. در میان انواع مختلف پیاده رو، راهروی پوشیده شده با درختان پراکنده، نزدیک ترین PET را به

1. A Tola(Tola et al., 2023)
2. Sepideh Pouri
- Junyou Liu 3.
4. Y Gamal El-Deen
5. Naphat Suwanmanee

PET خنثی می‌دهد. راحت‌ترین و مطلوب‌ترین مسیر پیاده روی با دمای هوای کمتر، نور خورشید کمتر و تهویه باد بیشتر است. مطالعات بر روی آسایش حرارتی در فضای باز پیاده‌روها می‌تواند برای برنامه‌ریزان و مهندسان شهری در طراحی شرایط فیزیکی و محیطی پیاده‌روها و همچنین ترویج حمل‌ونقل غیرموتوری و پردیس‌های دانشگاهی سبز مفید باشد. **ژنگ و همکاران (۲۰۲۴)**، در مقاله‌ای به بررسی رابطه بین طراحی خیابان و ریزاقليم شهری، با هدف ارائه طیف وسیعی از استراتژی‌های طراحی که می‌تواند به طور قابل توجهی آسایش حرارتی در محیط خیابان را بهبود بخشد، پرداخته شده است. یافته‌ها نشان می‌دهد که افزایش پوشش گیاهی شهری منجر به کاهش گرمای شهری می‌شود و به طور قابل توجهی آسایش حرارتی در فضای باز را بهبود می‌بخشد. علاوه بر این، ادغام درختان سایه بان موثرتر از سبز کردن عمودی در کاهش ناراحتی حرارتی در فضای باز است. **لیو و همکاران (۲۰۲۴)**، در مقاله‌ای به منظور درک بهتر آسایش حرارتی پارک‌های شهری و ارائه مرجع تجربی برای طراحی بهینه‌سازی فضای سبز شهری، پایش میدانی ۵ روزه در پارک مردم در ارومچی، یک شهر واحد در یک منطقه خشک چین انجام شده است. نتایج نشان می‌دهد که: (۱) آسایش حرارتی در صبح به طور کلی بیشتر از بعد از ظهر بود، و آسایش حرارتی در نزدیکی بدنه آبی و پوشش گیاهی سرسبز در پارک بالاتر بود، در حالی که آسایش حرارتی در جاده کمتر بود، به ویژه در خیابان هوتن و جاده بینهان که از پارک دور بودند. بنابراین توصیه می‌شود که ساکنان اطراف تا حد امکان صبح‌ها در فضای باز و در پارک ورزش کنند و بعد از ظهرها به پارک و مجاورت آن بپردازند و سعی کنند آرام بنشینند یا به آرامی راه بروند و از مکان‌هایی که راحت‌تر هستند خودداری کنند. به عنوان جاده هوتان و جاده بینهان. (۲) به دلیل پوشش گیاهی متراکم و عدم ساخت زیرساخت، منطقه آسایش حرارتی شرایط برای تجمع جمعیت را ندارد. لذا پیشنهاد می‌شود پارک زیرساخت‌های مناطق مربوطه را بهبود بخشد. (۳) از طریق تجزیه و تحلیل تأثیر معنی‌دار متغیرهای توضیحی بر متغیرهای توضیح داده شده، نشان می‌دهد که اثر تهویه در پارک ناکافی است. بنابراین، افزایش مناسب تعداد درختان، بدنه‌های آبی و کانال‌های باد برای ارتقای تهویه در پارک به منظور بهبود آسایش حرارتی پارک توصیه می‌شود.

همچنین از محققین داخلی، مطالعاتی به شرح زیر انجام شده است: **برزگر و همکاران (۱۳۹۵)**، در پژوهشی به مقایسه آسایش حرارتی در دو نمونه بازار قدیمی وکیل و جدید ملاصدرای شهر شیراز پرداخته‌اند. روش پژوهش، توصیفی - تحلیلی است و همچنین به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای اکوتکت و SPSS استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از عدم رضایت ۷۳/۳ درصدی مشتریان خیابان ملاصدرا از سطوح سایه بویژه در بعد از ظهرها و استفاده ۹۳/۳ درصدی مغازه‌داران از وسایل گرمایشی و سرمایشی است که تضاد شدیدی را با نتایج بدست آمده از بازار وکیل که در آن مشتریان به دلیل مسقف بودن آن در اکثر ساعات براحته در بازار به خرید مشغولند، نشان داد. **زنګنه و برزگر (۱۳۹۷)**، در پژوهشی به بررسی میزان آسایش حرارتی فضای زمستان‌نشین و حیاط مرکزی خانه سنتی در خانه تولایی شیراز پرداخته‌اند. روش پژوهش، توصیفی - تحلیلی است. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Energy Plus 8.6، Sketch Up و همچنین از ابزار Data logger TA120 و مدل‌های PMW و PPD استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که آسایش حرارتی زمستان‌نشین خانه تولایی در فصل سرما نسبت به حیاط مرکزی آن، از درجه راحت‌تر برخوردار بوده است و بیش از ۸۵ درصد کاربران از زمستان‌نشین این خانه احساس رضایت دارند. **کرمی‌راد و همکاران (۱۳۹۷)**، در پژوهشی به سنجش تأثیر هندسه شهری بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی در مقیاس خرد اقلیم در فضای باز مجتمع مسکونی گلدشت شیراز پرداخته‌اند. روش پژوهش، توصیفی - تحلیلی است و همچنین به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار ENVI-met 4 basic استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که همبستگی معناداری بین "دمای متوسط تابشی" با "شاخص آسایش حرارتی PMV وجود دارد. در این

1. Ying Zheng
2. Yujie Liu(Liu et al., 2023)

رابطه افزایش "دمای متوسط تابشی" منجر به افزایش "استرس حرارتی" محیط شده و بنابراین کاهش آسایش حرارتی را برای عابران پیاده در پی خواهد داشت. **صالحی (۱۳۹۸)**، در رساله دکتری خود با عنوان «مدل هوشمند ارزیابی وضعیت احساس حرارتی با هدف ارتقاء آسایش حرارتی و عملکردهای شناختی در ساختمان‌های اداری» به بررسی تأثیر شرایط حرارتی مختلف بر عملکرد افراد در ساختمان‌های اداری شهر ایلام پرداخته است. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از دستگاه پایش عوامل محیطی مدل HID32.1 استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که با افزایش دمای هوا مقدار میانگین احساس حرارتی واقعی افراد و PMV افزایش پیدا می‌کند. همچنین نتایج دیگر پژوهش نشانگر آن است که افراد در محدوده وسیع‌تری نسبت به محدوده پیشنهادی شاخص PMV احساس آسایش دارند اما در محدوده آسایش حرارتی پیشنهادی PMV و زمانی که PMV کمتر از ۰/۵ - باشد عملکرد افراد تفاوت معناداری با شرایط PMV بیشتر از ۰/۵ دارد. **مهدوی عادل (۱۳۹۸)**، در رساله دکتری خود با عنوان «بهینه‌سازی مصرف انرژی نوعی ساختمان انرژی صفر با دیدگاه افزایش آسایش حرارتی» به مدل‌سازی، شبیه‌سازی و تحلیل انرژی یک ساختمان اداری در شرایط آب‌وهوایی شهر زاهدان پرداخته است. روش پژوهش، توصیفی - تحلیلی است و به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از مدل‌های شبیه‌سازی فنگر^۱ چند بخشی پیرس^۲ و دانشگاه کانزاس^۳ استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که کمینه ساعت‌های عدم آسایش حرارتی سالیانه ساکنان ۲۱۸ ساعت و بیشترین آسایش حرارتی ساکنان در ماه‌های معتدل سال وجود دارد. با استفاده همزمان از انرژی‌های تجدیدپذیر، علاوه بر ایجاد ساختمان انرژی صفر، امکان فروش انرژی الکتریکی مازاد سالیانه ۴۴۳۹ kWh به شبکه سراسری برق وجود دارد. تحلیل پارامتریک صورت گرفته تعیین‌کننده درصد پنجره به دیوار و جهت‌گیری‌های مختلف ساختمان مدل‌سازی شده جهت رسیدن به بهینه دمای عملکردی، ساعت‌های آسایش حرارتی ساکنان و انتشار گاز دی اکسید کربن در ماه‌های گرم و سرد سال است. بیشترین آسایش حرارتی ساکنان در درصد پنجره به دیوار ۴۰٪ و جهت‌گیری جنوبی و کمترین تولید گاز دی اکسید کربن در درصد پنجره به دیوار ۲۰٪ و جهت‌گیری شرقی ساختمان است که سالیانه ۲۵۳ کیلوگرم (معدل حدود ۲٪) از انتشار گازهای آلاینده جلوگیری می‌کند. **جعفریان و همکاران (۱۳۹۹)**، در پژوهشی به بررسی تأثیر سایه‌بان غشایی به عنوان یکی از عوامل ایجاد سایه در فضای باز با هدف افزایش آسایش حرارتی پرداخته‌اند. روش پژوهش، مروری - تحلیلی است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که سایه‌بان‌های غشایی به دلیل سبکی، سرعت و سهولت احداث و ویژگی‌های حرارتی خاصی که دارند بخصوص برای استفاده در فضای باز اقلیم‌های گرم مناسب هستند و سبب سایه‌اندازی مؤثر در محیط و افزایش آسایش حرارتی بیرونی می‌شوند. **افشون و همکاران (۱۴۰۰)**، در پژوهشی با عنوان «ارزیابی میزان ارتباط مؤلفه‌های روانی و آسایش حرارتی کاربران در فضاهای باز شهری (نمونه موردی: کناره رودخانه کارون در اهواز)» به بررسی ارتباط میان مؤلفه‌های روانی در افراد و مقوله آسایش حرارتی کاربران در کناره رودخانه کارون در اهواز پرداخته‌اند. روش پژوهش، توصیفی - تحلیلی است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که حالات روحی و روانی افراد در شرایط مختلف می‌تواند پاسخ حرارتی متفاوت و حتی خارج از انتظار را هم در بازه آسایش حرارتی و هم در محدوده خارج از آن به همراه داشته باشد. **کریم‌زاده و همکاران (۱۴۰۰)**، در پژوهشی به بررسی داده‌های اقلیمی ایوان‌ها و شناخت عملکرد حرارتی آنها با توجه به تناسب کالبدی در شیراز پرداخته‌اند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Spss23، Excel، تری دی مکس^۴، Biomet، لومیون^۵ و Envimet و همچنین از ابزارهای ترموپرومتر^۶ و ترموهیگرومتر^۷ استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که برای عملکرد حرارتی بهتر، نیاز به کاهش دمای متوسط تابشی در حیاط و ایوان‌ها هستیم، بنابراین

1. Fanger
2. MS-Pierce (Multi Segment Pierce)
3. KSU (Kansas State University)
4. 3Dmax
5. Lumion
6. Thermo-rometer
7. Thermo-Hygrometer

باتوجه به همبستگی بسیار قوی دمای متوسط تابشی و شاخص آسایش حرارتی در حیاط و ایوان نمونه‌های مورد مطالعه دیده شد که به رغم اثرات محیطی مؤثر در حیاط پیرامونی، افزایش عرض ایوان‌ها، افزایش مساحت گشایش فضایی ایوان در نما و افزایش ارتفاع از سطح حیاط از یک طرف و سایه‌اندازی بیشتر در حیاط از دیگر سو از درجه اهمیت بالاتری برخوردارند. **معتقد و سجادزاده (۱۴۰۰)**، در پژوهشی به تبیین شرایط آسایش اقلیمی در الگوهای فضایی - کالبدی بافت محلات سنتی شهر همدان پرداخته‌اند. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Ecotect Autodesk و Auto Cad استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که استفاده از الگوهای مرکزگرا در ایجاد محلات می‌تواند باعث بالا رفتن میزان آسایش اقلیمی در محلات گردد. همچنین باتوجه به نوع اقلیم سرد و خشک محلات یاد شده، وجود درختان کهنسال در مراکز محله ضمن فراهم کردن موجبات عدم نفوذ بادهای سرد غالب در محیط پیرامون، بستری برای ایجاد خنکی و آسایش اقلیمی به خصوص در فصول گرم در این مناطق شده است. **بادامچی زاده و همکاران (۱۴۰۱)**، در پژوهشی به بررسی نقش پوشش گیاهی در حفظ آسایش اقلیمی و تعدیل جریان باد آزاردهنده پیاده‌راه خیابان امام تبریز پرداخته‌اند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای Dlubal RWIND 2.02 و SPSS استفاده شده است و همچنین جهت آزمودن فرضیات از آزمون آماری اسپیرمن بهره‌گیری شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که استفاده از پوشش گیاهی متناسب با اقلیم، در فواصل و طبق الگوی درست می‌تواند سرعت باد را به صورت قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد. نیمکت‌های درختی پیرامونی، جریان هوا را به سمت خیابان هدایت کرده و باعث تعدیل سرعت باد در سطح عابر پیاده می‌گردد. **کولیوند و نصرالهی (۱۴۰۱)**، در پژوهشی به بررسی میزان تأثیرگذاری انواع پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی در اصفهان پرداخته‌اند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از ابزار Weather meter و همچنین از نرم‌افزار Envi - met استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که در میان سناریوهای مختلف، الگوی درخت به تنهایی نسبت به الگوهای ترکیبی آن با چمن و بوته‌های کوتاه میزان تأثیر خنک‌کنندگی بیشتری دارد. این الگو در تمام نسبت ارتفاع به عرض‌ها و جهت‌گیری‌ها بهترین حالت را دارد. **خورانی و همکاران (۱۴۰۲)**، در پژوهشی به ارزیابی تغییرات عناصر اقلیمی در مناطق ساحلی استان هرمزگان براساس خروجی مدل‌های بزرگ مقیاس اقلیمی و آشکارسازی اثرات این تغییرات، بر آسایش حرارتی گردشگران ساحلی پرداخته‌اند. نتایج پژوهش حاکی از آن است که در دوره پایه در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی ماه‌های ژانویه، فوریه و دسامبر برای گردشگری ساحلی فاقد تنش گرمایی یا خشی، مارس و نوامبر کمی گرم و آوریل تا اکتبر داغ و خیلی داغ محسوب شده است. شرایط غیر قابل تحمل تنها برای ایستگاه میناب در جولای و آگوست محاسبه شده است. براساس هر دو سناریو هم در آینده نزدیک و هم در آینده دور جابجایی ماهانه در آسایش حرارتی گردشگران منطقه ایجاد خواهد شد. ماه‌های خشی فقط به ژانویه و فوریه محدود شده، ماه‌های با تنش گرمایی کم به گرم و داغ تبدیل شده و شرایط غیر قابل تحمل در تمام ایستگاه‌ها افزایش خواهد یافت. **ثروتی و همکاران (۱۴۰۲)**، در پژوهشی به بررسی الگوی توزیع فضایی جزایر گرمایی شهر تهران در بستر ویژگی‌های اجتماعی (رفتاری) آن و همچنین به برنامه‌ریزی و توسعه شهری براساس تأثیر الگوهای رفتاری به منظور افزایش آسایش اقلیمی در این جزایر گرمایی پرداخته‌اند. به منظور

1. Spearman
2. January
3. February
4. December
5. March
6. November
7. April
8. October
9. July
- 1 . Agust

آزمودن فرضیات از آزمون‌های آماری آنوا^۱ و اسپیرمن استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که برخی از محلات در مناطق ده، یازده و دوازده کلانشهر تهران (محل‌های منتخب از همپوشانی نقشه‌ها با تصاویر ماهواره‌ای)، به دلیل وجود کاربری‌های مختلط و تداخل‌های ترافیکی و نابسامانی مدیریت و غیره، آسایش اقلیمی خود را از دست داده و تبدیل به جزایر گرمایی شده‌اند، اما به دلیل وجود کاربری‌های فعال، در اکثر نقاط، حضورپذیری بالایی از شهروندان در این محل‌ها وجود دارد. فعالیت‌های موجود در این محل‌ها، به لحاظ معنایی در سطح شهر شناخته شده‌اند ولی فاقد قواعد اجرایی مناسب، هستند. بنابراین این قسمت‌ها پتانسیل لازم برای تبیین و ارائه الگوهای رفتاری جهت کاهش اثرات جزایر گرمایی را دارند. **رضائی و همکاران (۱۴۰۲)**، در پژوهشی به بررسی مؤلفه‌های مصنوع باغ جهان‌نما و عوامل اقلیمی مؤثر بر آسایش حرارتی آن پرداخته‌اند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار Envi-met 4 basic استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که تغییر مصالح و جهت‌گیری شرایط آسایش باغ را بهبود بخشیده و تغییر جهت‌گیری باغ نسبت به تغییر مصالح تأثیرگذارتر است و همچنین میانگین دمای تابشی بیشترین اثرگذاری را بر آسایش حرارتی دارد که میانگین ضرایب آن به ترتیب $R1 = 0.73$ ، $R3 = 0.70$ ، $R5 = 0.74$ و $R7 = 0.74$ می‌باشند که نشان از همبستگی آنهاست. مؤلفه‌های مصنوع باغ جهان‌نما بر آسایش حرارتی باغ تأثیر بسزایی در فصول گرم دارد. در نتیجه انتخاب مصالح و جهت‌گیری مناسب منجر به کنترل میزان جذب دمای هوا و عبور جریان آن که کاهش استرس حرارتی افراد را به همراه دارد، می‌شود. **طالب‌صفا و همکاران (۱۴۰۲)**، در پژوهشی به بررسی تأثیر سایه بر آسایش حرارتی دانشجویان دانشگاه صنعتی شاهرود در فصل گرم سال پرداخته‌اند. به منظور تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای SPSS و RaYMan و همچنین جهت آزمودن فرضیات از آزمون‌های آماری رگرسیون‌های خطی و لجستیک استفاده شده است. نتایج پژوهش حاکی از آن است که ارتباط معناداری میان موقعیت و آسایش حرارتی وجود دارد. سایه پوشش گیاهی با رضایت بیش از ۸۰٪ کاربران، محیط حرارتی قابل قبولی را ایجاد کرده و پس از آن، سایه پارکینگ و سایه ساختمان نیز برای اکثر افراد حاضر در این محیط‌ها رضایت از محیط را فراهم کرده است؛ در حالی که نامطلوب‌ترین شرایط حرارتی در موقعیت آفتاب رخ می‌دهد. در موقعیت‌های دارای سایه مقدار PET و همچنین تنش‌های حرارتی در فصل گرم و روزهای آفتابی کاهش می‌یابند و این موجب افزایش سطح و ساعات آسایش در طی روز می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ایجاد سایه و مسدود کردن تابش مستقیم خورشید با استفاده از پوشش گیاهی یا عناصر مصنوع تا حد زیادی می‌تواند شرایط آسایش حرارتی فضای باز را در فصل گرم بهبود بخشد.

روش پژوهش

در این پژوهش، با توجه به ماهیت شهر به عنوان یک سیستم پیچیده از فرایند ترکیب روش‌های توصیفی - تحلیلی، مطالعات گونه‌شناختی، ترسیم و شبیه‌سازی مدل‌ها و نیز آنالیز داده‌های کمی استفاده شده است. امروزه نقش نرم‌افزارها در شهرسازی غیرقابل انکار بوده، به نحوی که استفاده از آنها نه تنها موجب تسریع امر برنامه‌ریزی می‌شود، بلکه دقت طرح‌ها در صورت استفاده از تکنیک‌های شبیه‌سازی، آنالیز و تحلیل نرم‌افزاری مناسب به شدت افزایش می‌یابد (Zhang, 2021).

در حال حاضر نرم‌افزارهای تخصصی به بازار ارائه شده‌اند که توانایی مدل‌سازی، شرایط آسایش حرارتی را در فضاهای داخلی و خارجی داراست. در بافت‌های شهری و نرم‌افزار ENVI-MET 5.6.1 جهت بررسی فاکتورهای آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری استفاده شده است. روش انجام پژوهش را می‌توان به مراحل زیر تقسیم کرد: مرحله اول شامل مطالعات اسنادی و کتابخانه‌ای در خصوص مفاهیم

1. Anova
2. Linear Regression
3. Logistic Regression

نظری از جمله آسایش حرارتی، مؤلفه‌های فرم شهری و بافت شهری می‌باشد. در مرحله دوم با مروری بر ویژگی‌های مورفولوژیک حوزه مطالعاتی بخش شمال شرقی تبریز و نیز فاکتورهای استخراج یافته در بخش اول، به طراحی مدل‌ها و سناریوهای پیشنهادی پرداخته شده است. در مرحله سوم به شبیه‌سازی و بررسی شاخص‌های آب‌وهوایی در سردترین و گرم‌ترین روز سال پرداخته شده است و در مرحله پایانی، معیارهای آسایش حرارتی UTCI و SET مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

جدول ۳. پارامترهای شبیه‌سازی انوی مت

موقعیت	تبریز- ایران
زمان شبیه‌سازی	۱۴ جولای و ۲۲ ژانویه
مدت شبیه‌سازی	۱ ساعت
تعداد شبکه‌ها	۲۵*۲۰*۲۰۰
اندازه هر شبکه	۱۰ متر

جدول ۴. پارامترهای فیزیولوژیکی

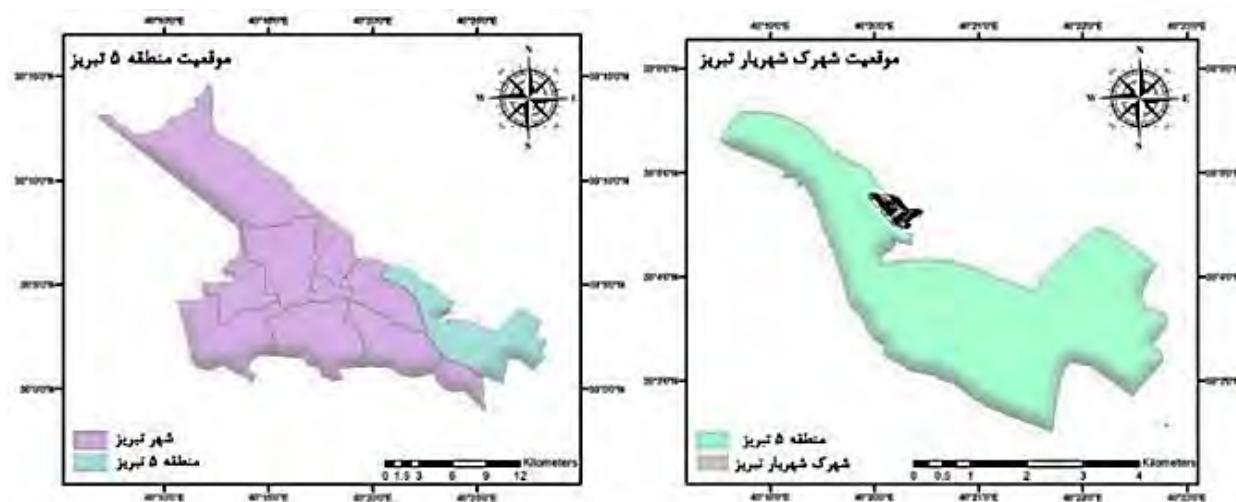
سن	۳۵ سال
وزن	۷۵ کیلوگرم
جنسیت	مرد
قد	۱٫۷۵ متر
میزان پوشش	۹۰

جدول ۵. اطلاعات هواشناسی با استفاده از متونورم

	گرم‌ترین روز سال (۲۰۲۲، ۰۷، ۱۴)	سردترین روز سال (۲۰۲۲، ۰۱، ۲۲)
	ساعت ۴ بعد از ظهر	ساعت ۷ صبح
دما	۳۹/۴	-۱۲/۷
رطوبت	۱۰	۸۴
سرعت باد	۹/۶	۴

محدوده مورد مطالعه

کلان‌شهر تبریز با وسعتی حدود ۲۴۵۵۹/۱۳ هکتار در موقعیت جغرافیایی ۲۳°، ۴۵°، ۱۱'، ۴۶° طول شرقی و ۹'، ۳۸°، ۱' عرض شمالی با ارتفاع حدود ۱۳۴۰ متر در جلگه‌ای واقع شده است (اصغری زمانی، ۱۳۷۹). شهرک جدید شهریار در بخش باسمنج استان آذربایجان شرقی، واقع در کیلومتر ۴ جاده تبریز - اهر در شمال شرق کلان‌شهر تبریز می‌باشد. هدف از احداث این شهرک، اسکان سرریز جمعیت کلان‌شهر تبریز بوده و پیش‌بینی جمعیت آن، ۱۷۰ هزار نفر و مساحت محدوده قانونی آن ۱۵۰۰ هکتار است. در شکل ۱ به محدوده مورد مطالعه اشاره شده است.



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه.



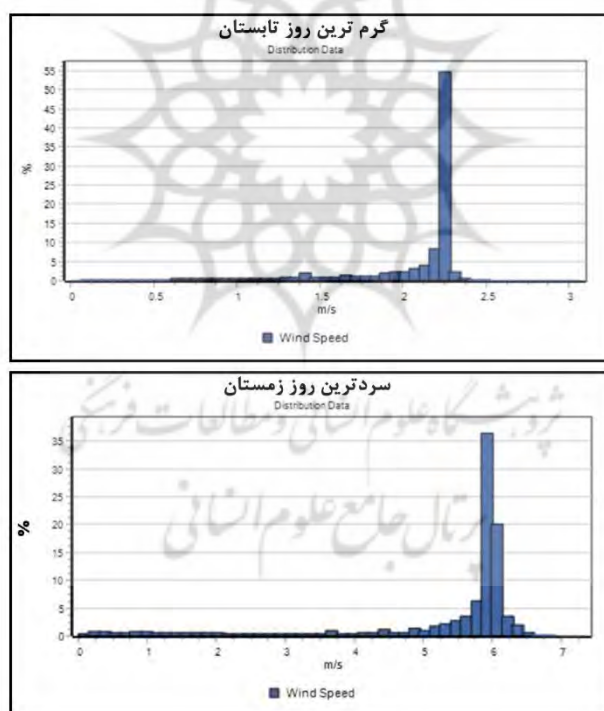
شکل ۲. محدوده مورد مطالعه

داده‌ها و یافته‌های پژوهش

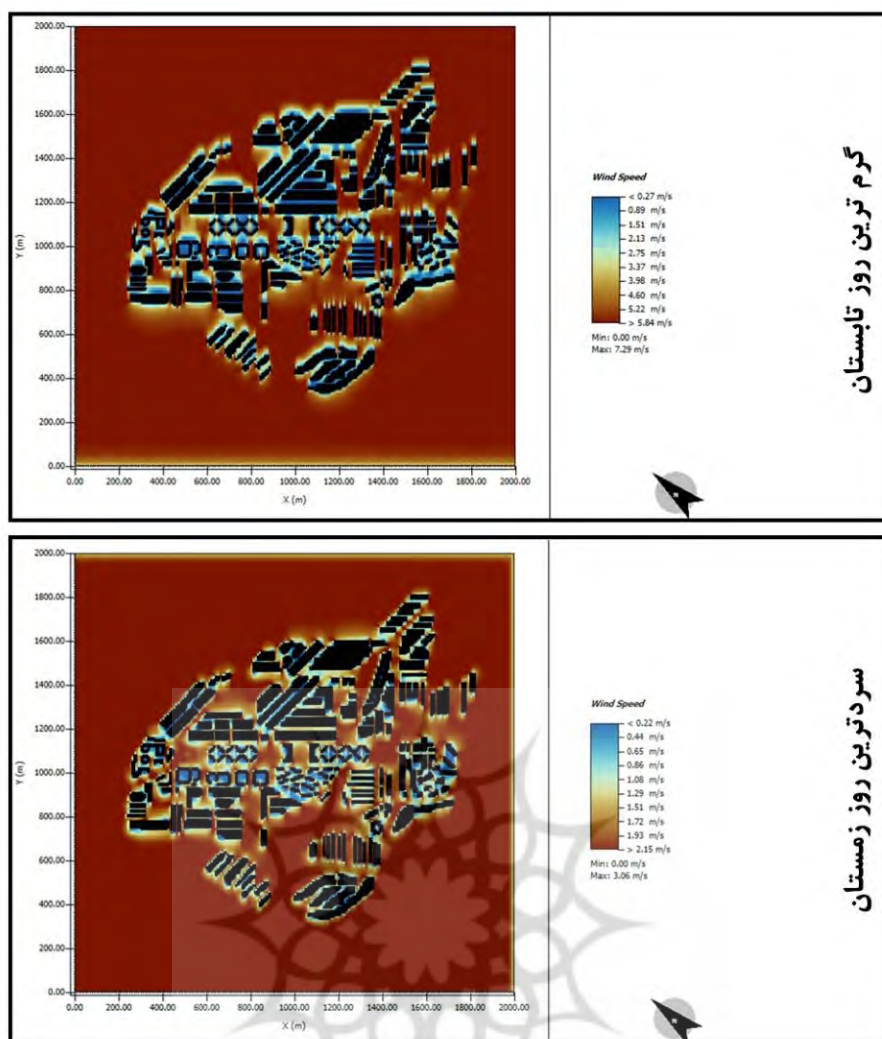
محدوده مورد مطالعه در نرم‌افزار انوی مت با تعداد شبکه‌ها ۲۰۰ در ۲۰۰ و ارتفاع ۲۵ شبیه‌سازی شد. برای اندازه‌گیری هر گرید (شبکه) ۱۰ متر در نظر گرفته شده است. شکل ۳ مدل شبیه‌سازی شده در انوی مت را نشان می‌دهد. در محدوده مورد مطالعه میزان پوشش گیاهی در محیط نرم‌افزار مدل سازی شده است.



شکل ۳. محدوده شبیه سازی شده در نرم افزار انوی مت



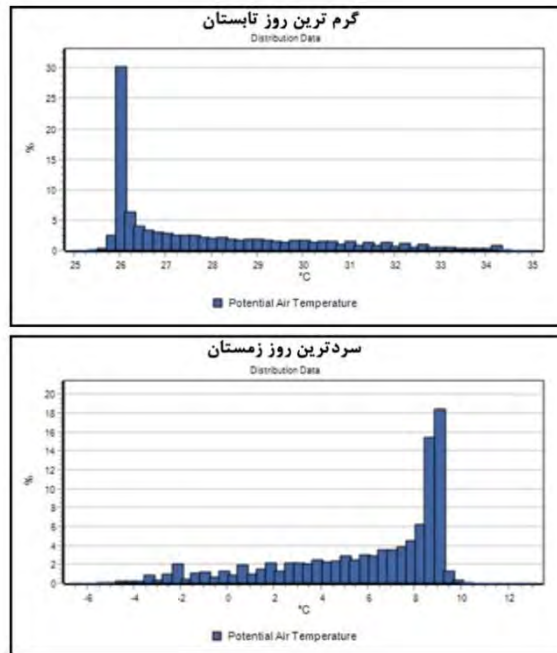
نمودار ۲. نمودار فراوانی سرعت باد در سردترین و گرم ترین روز سال ۲۰۲۲



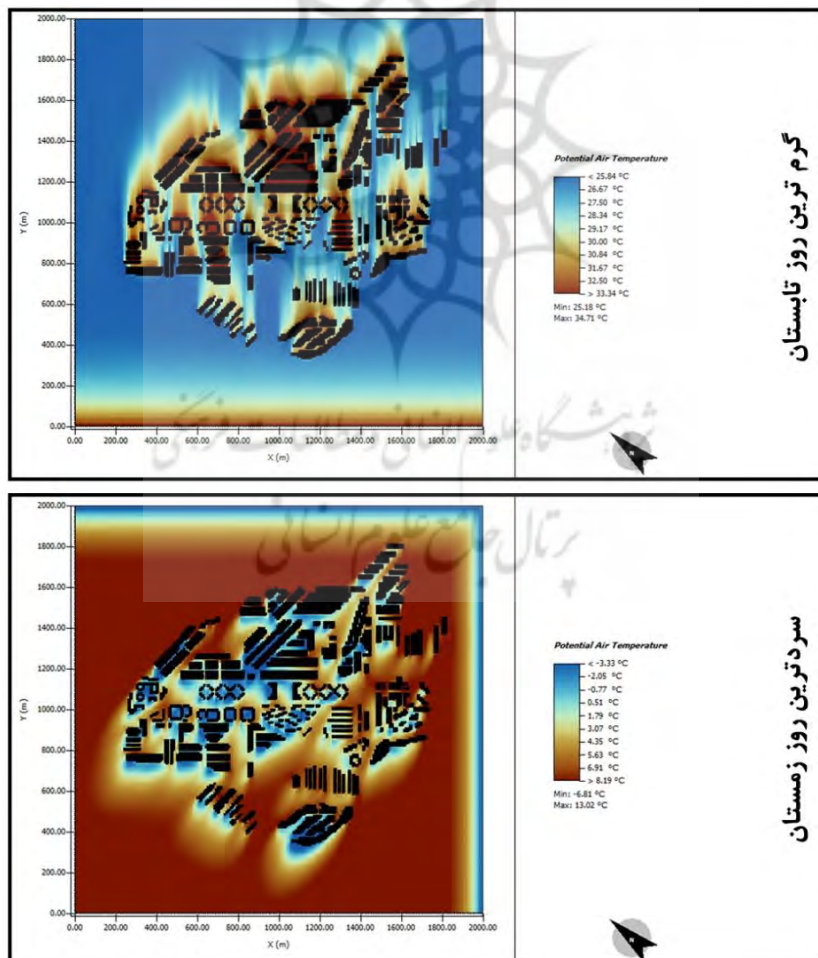
شکل ۴. کانتور سرعت باد در سردترین و گرم ترین روز سال ۲۰۲۲

بررسی فراوانی سرعت باد در محدوده مورد مطالعه در سردترین و گرم ترین روز سال ۲۰۲۲، نشان می دهد که اختلاف متوسط سرعت باد در محدوده مورد مطالعه در حدود ۴ متر بر ثانیه می باشد و این محدوده دارای بادهای تند و سرد در فصول سرد می باشد که آسایش حرارتی را تحت تاثیر قرار می دهد و از طرفی دیگر سرعت ببار کم باد در فصول گرم سال، تهویه طبیعی فضاهای شهری را محدود می کند.

نمودار فراوانی سرعت باد در ارتفاع ۱,۴ متری که ارتفاع عابر پیاده را شامل می شود، از نرم افزار مستخرج شده است.

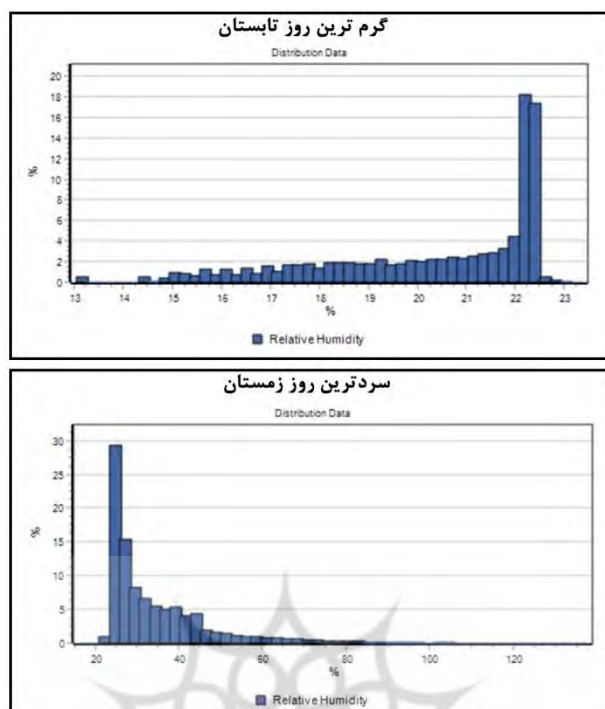


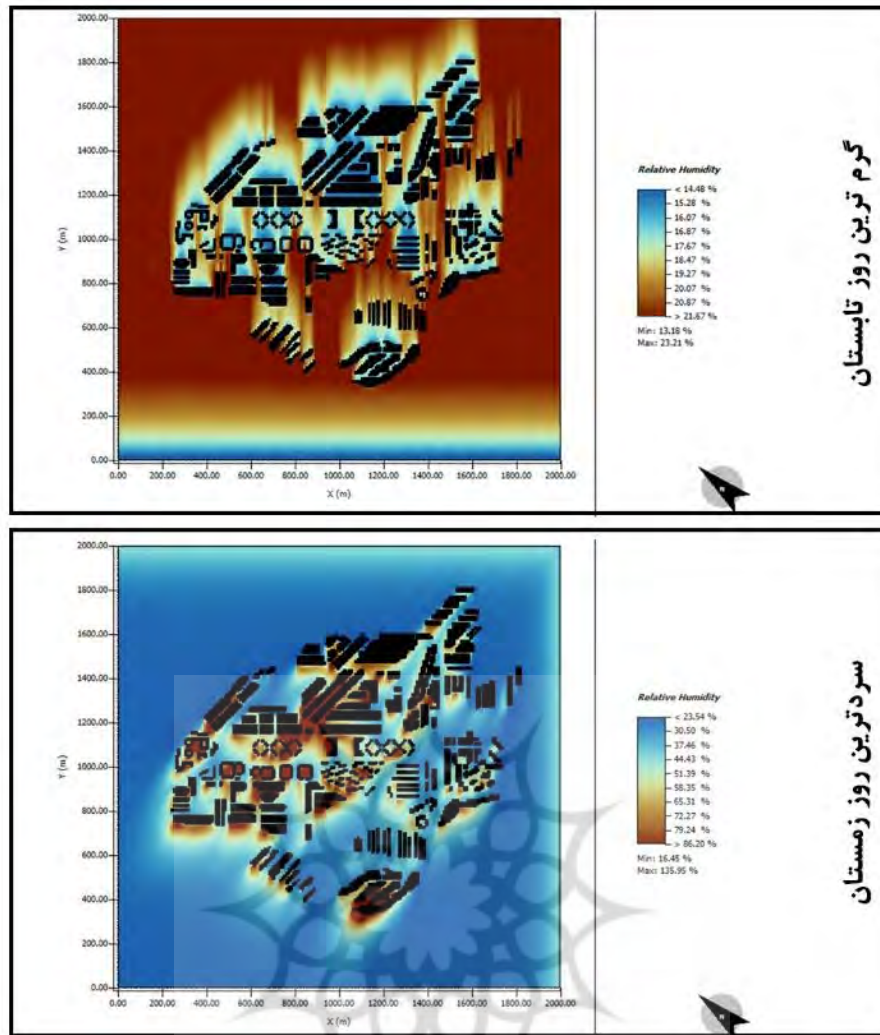
نمودار ۳. نمودار فراوانی دمای هوا در سردترین و گرم ترین روز سال ۲۰۲۲



شکل ۵. کانتور دمای هوا در سردترین و گرم ترین روز سال ۲۰۲۲

نمودار فراوانی دمای هوا در سردترین و گرم‌ترین روز از سال نشانگر این است که اختلاف دمایی بسیاری در ساعات شبانه روز وجود دارد و همچنین این محدوده شامل زمستان‌های بسیار سرد و تابستان‌های بسیار گرم می‌باشد.



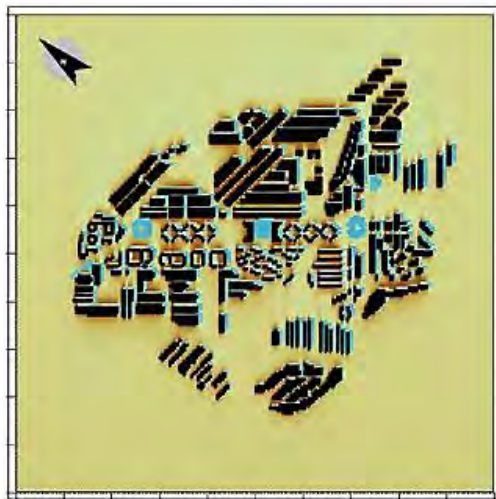


شکل ۶. کانتور رطوبت هوا در سردترین و گرم ترین روز سال ۲۰۲۲

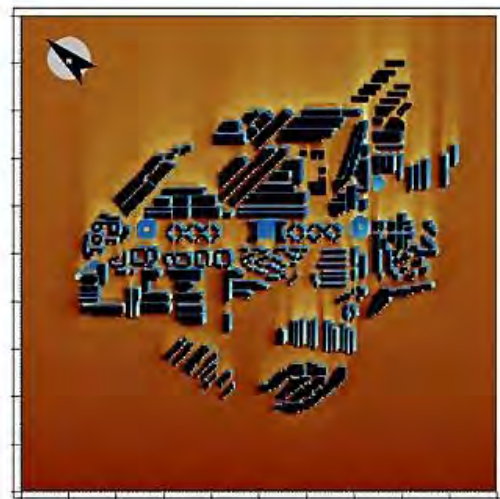
نمودار فراوانی رطوبت هوا در سردترین و گرم ترین روز از سال مورد مطالعه، نشان می دهد که رطوبت هوا در فصول سرد بیشتر از فصول گرم بوده و در فصل های سرد علاوه بر سرعت باد و دما هوای پایین بایستی به شاخص رطوبت زیاد هوا در جهت حفظ آسایش اقلیمی توجه کرد.

علاوه بر نقشه های شاخص های آب و هواشناسی از جمله دما، رطوبت هوا و سرعت باد، نقشه های معیارهای آسایش حرارتی UTCI و SET در سطح ارتفاعی ۱,۴ متر (سطح عابر پیاده) از نرم افزار استخراج شد. در قسمت اول داده های گرم ترین روز تابستان به نرم افزار جهت داده های هواشناسی تعریف شد، شبیه سازی در روز ۲۰۲۲,۷,۱۴ و ساعت ۱۶ انجام شد. از بخش Biomet نرم افزار انوی مت، نقشه های آسایش حرارتی مستخرج و نهایتاً همراه با سردترین روز سال که در روز ۲۰۲۲,۱,۲۲ و ساعت ۷ شبیه سازی ها مجدداً صورت گرفته، جهت بررسی آسایش حرارتی در بافت های شهری ارزیابی شد.

دلیل انتخاب این سایت برای بررسی آسایش حرارتی، عمدتاً به علت وجود بافت های مختلف در کنار یکدیگر از جمله حلقه ای، سطری و ردیفی و با جهت گیری های مختلف نسبت به جهت جریان باد می باشد. نقشه های خروجی از نرم افزار به تفکیک سردترین و گرم ترین روز سال در شکل ۷ نمایش داده شده است.



(۱)



(۲)



(۳)



(۴)

شکل ۷ کانتورهای معیار آسایش حرارتی برحسب **SET** و **UTCI** (۱ و ۲ مربوط به گرم‌ترین روز سال، ۳ و ۴ مربوط به سردترین روز سال) عکس ۴ تا ۶ فاکتورهای آب و هوایی از جمله دما، سرعت باد و میزان رطوبت را به تفکیک سردترین روز و گرم‌ترین سال نشان می‌دهد. باتوجه به معابر، بافت شهری و همچنین جهت گیری معابر و زاویه با باد غالب در سرتین و گرم‌ترین روز، در محدوده مورد مطالعه، تاثیر هر یک از عوامل فوق بر عوامل آب و هواشناسی بررسی و مقایسه می‌شود. معابر در راستای باد غالب شهری در فصول گرم سال شامل معابر شمالی - جنوبی و همچنین در فصول سرد سال معابر شرقی - غربی را شامل می‌شود. بافت شهری به صورت ردیفی و همچنین به حالت حلقه‌ای و بافت به هم ریخته از لحاظ فاکتورهای اقلیمی مقایسه و نتایج گزارش شده است.

باتوجه به سنجش آسایش حرارتی با استفاده از معیار **UTCI**، در بازه ۹-۲۶ درجه باتوجه به خروجی نرم افزار انوی مت، شهروندان مشکلی از لحاظ سلب آسایش حرارتی را احساس نمی‌کنند. باتوجه به خروجی نتایج، در گرم‌ترین روز سال، کمترین و بیشترین میزان **UTCI**، به ترتیب، ۳۱ و ۴۳ درجه می‌باشد که نشانگر آن است که فشار و گرمای زیادی در محدوده مورد مطالعه حس می‌شود و این محدوده خارج از آسایش حرارتی می‌باشد، تنها در قسمت‌هایی که پوشش گیاهی نسبتاً مناسبی را شامل می‌شود، میزان ناراضیاتی و عدم آسایش کمتر

است. از لحاظ معیار SET، بازه ۱۷-۳۰ در محدوده آسایش قرار می‌گیرد که باتوجه به نقشه محدوده در گرم‌ترین روز سال، همانند نتایج حاصل از معیار UTCI، محدوده مورد مطالعه کاملاً خارج از محدوده آسایش قرار گرفته و کل سایت دارای هوای بسیار گرم می‌باشد، باید توجه کرد که در قسمت‌هایی که سایه ساختمان‌ها بر روی معابر اطراف افتاده است و همچنین قسمت‌هایی که دارای پوشش گیاهی نسبتاً مناسبی می‌باشد، میزان ناراضیاتی و گرمای آزاددهنده کمتر و نزدیک به محدوده آسایش حرارتی می‌باشد. در سردترین روز سال، با بررسی نقشه‌های خروجی UTCI، می‌توان نتیجه گرفت که کمترین و بیشترین میزان UTCI، به ترتیب، ۲۱- و ۸ می‌باشد که نشان می‌دهد در محدوده هوای بسیار سرد و خارج از محدوده آسایش را شاهد هستیم و تنها در بخش‌هایی از محدوده از جمله فضاهای پیرامونی ساختمان‌ها که فضای ایجاد شده گردابه جریان غالب باد شهری و شما پوشش گیاهی هستیم، نسبتاً آسایش برای شهروندان برقرار است و این بخش‌ها دارای آسایش حرارتی نسبی هستند. از لحاظ معیار SET، بازه ۱۷-۳۰ که در محدوده آسایش قرار می‌گیرد، باتوجه به نقشه محدوده در سردترین روز سال، همانند نتایج حاصل از معیار UTCI، محدوده مورد مطالعه کاملاً خارج از حد آسایش حرارتی قرار دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

در این مطالعه هدف بررسی آسایش حرارتی در بافت‌های مختلف شهر تبریز بود که بدین منظور محدوده شهرک جدید شهریار به علت دارا بودن بافت‌های مختلف در یک محدوده انتخاب و گردید و شبیه‌سازی‌ها در محیط نرم‌افزاری اتوی مت انجام گرفت. داده‌های هواشناسی سرتین و گرم‌ترین روز با استفاده از نرم‌افزار متونورم استخراج و به نرم‌افزار تعریف شد. در مرحله بعدی مدل‌سازی محدوده مورد مطالعه در فضای نرم‌افزاری اتوی مت انجام گرفت. نهایتاً نقشه‌های آسایش حرارتی با تأکید بر معیارهای UTCI و SET توسط نرم‌افزار بدست آمد. نقشه‌های مذکور در شکل ۷ به تفکیک سرتین و گرم‌ترین روز سال با هم مقایسه شدند و همچنین بافت‌های مختلف در محدوده از جمله بافت‌های حلقه‌ای، ردیفی و به هم ریخته (نامنظم) و ... باتوجه به جهت‌گیری جریان باد و زاویه معابر اصلی تشکیل‌دهنده، بررسی شدند.

نتایج این پژوهش حاکی از آن است که باتوجه به سنجش آسایش حرارتی با استفاده از معیار UTCI، در بازه ۹-۲۶ درجه باتوجه به خروجی نرم‌افزار اتوی مت، شهروندان مشکلی از لحاظ سلب آسایش حرارتی را احساس نمی‌کنند. باتوجه به خروجی نتایج، در گرم‌ترین روز سال، کمترین و بیشترین میزان UTCI، به ترتیب، ۳۱ و ۴۳ درجه می‌باشد که نشانگر آن است که فشار و گرمای زیادی در محدوده مورد مطالعه حس می‌شود و این محدوده خارج از آسایش حرارتی می‌باشد، تنها در قسمت‌هایی که پوشش گیاهی نسبتاً مناسبی را شامل می‌شود، میزان ناراضیاتی و عدم آسایش کمتر است. از لحاظ معیار SET، بازه ۱۷-۳۰ در محدوده آسایش قرار می‌گیرد که باتوجه به نقشه محدوده در گرم‌ترین روز سال، همانند نتایج حاصل از معیار UTCI، محدوده مورد مطالعه کاملاً خارج از محدوده آسایش قرار گرفته و کل سایت دارای هوای بسیار گرم می‌باشد، باید توجه کرد که در قسمت‌هایی که سایه ساختمان‌ها بر روی معابر اطراف افتاده است و همچنین قسمت‌هایی که دارای پوشش گیاهی نسبتاً مناسبی می‌باشد، میزان ناراضیاتی و گرمای آزاددهنده کمتر و نزدیک به محدوده آسایش حرارتی می‌باشد. در سردترین روز سال، با بررسی نقشه‌های خروجی UTCI، می‌توان نتیجه گرفت که کمترین و بیشترین میزان UTCI، به ترتیب، ۲۱- و ۸ می‌باشد که نشان می‌دهد در محدوده هوای بسیار سرد و خارج از محدوده آسایش را شاهد هستیم و تنها در بخش‌هایی از محدوده از جمله فضاهای پیرامونی ساختمان‌ها که فضای ایجاد شده گردابه جریان غالب باد شهری و شما پوشش گیاهی هستیم، نسبتاً آسایش برای شهروندان برقرار است و این بخش‌ها دارای آسایش حرارتی نسبی هستند. از لحاظ معیار SET، بازه ۱۷-۳۰ که در محدوده آسایش قرار می‌گیرد، باتوجه به نقشه محدوده در سردترین روز سال، همانند نتایج حاصل از معیار UTCI، محدوده مورد مطالعه کاملاً خارج از حد آسایش حرارتی قرار دارد.

نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج مطالعات پیشین، پوری و همکاران، ۲۰۲۳، کرمی راد و همکاران، ۱۳۹۷، کریم زاده و همکاران، ۱۴۰۰ و رضائی و همکاران، ۱۴۰۲ که نسبت به بررسی آسایش حرارتی با استفاده از نرم افزارانوی مت پرداختند، همسو بوده و با مطالعات جعفری و همکاران، ۱۳۹۸، منتظری و همکاران، ۱۳۹۷، مجیدی و همکاران، ۱۳۹۸ از لحاظ موضوع شناسی همراستا بوده و هم چنین با مطالعه نینگ و همکاران، ۲۰۲۳ از نظر معیار آسایش حرارتی مورد ارزیابی یکسان می باشد.

از محدودیت های این پژوهش بررسی آسایش بافت های مختلف شهر تبریز در ۲ روز از سال و در زمان حال می باشد، این مطالعه می تواند با استفاده از سناریوهای تعریف شده برای تغییرات اقلیمی برای زمان های آینده نیز تعریف شود و همچنین در این مطالعه به بررسی یک محدوده با بافت های مختلف شهری پرداخته شده است، در مطالعات آتی پیشنهاد می شود به بررسی بافت های مناطق مختلف تبریز در موقعیت های جغرافیایی متفاوت از لحاظ آسایش حرارتی در فصول مختلف سال پرداخته شود.

منابع

- اصغری زمانی، اکبر. (۱۳۷۹). پژوهشی در روند حاشیه نشینی ایران؛ مطالعه موردی: شهر تبریز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.
- افشون، کتابون؛ تابان، محسن؛ مسعودی نژاد، مصطفی؛ جلیل زاده ینگجه، رضا. (۱۴۰۰). ارزیابی میزان ارتباط مؤلفه های روانی و آسایش حرارتی کاربران در فضاهای باز شهری (نمونه موردی: کناره رودخانه کارون در اهواز). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۳(۱۲)، ۱۰۷-۱۲۰.
- بادامچی زاده پریناز؛ سعادت جو، پریا؛ احمدلوی داراب، مجید؛ کاظمیان، مهیار. (۱۴۰۱). ارزیابی عملکرد پوشش گیاهی در برقراری آسایش باد شهری؛ نمونه موردی: پیاده راه خیابان امام تبریز. نقش جهان - مطالعات نظری و فناوری های نوین معماری و شهرسازی. ۱۲(۴)، ۹۶-۱۱۵.
- برزگر، زهرا؛ رسائی پور، مریم؛ بندگاله، نازنین؛ منصوری، سعیده. (۱۳۹۵). مقایسه آسایش حرارتی بازار قدیم و جدید از منظر تابش خورشیدی با پرسشنامه و شبیه سازی اکوتکت- نمونه موردی: شهرشیراز. نشریه انرژی ایران، ۱۹(۲)، ۱۹۱-۲۰۶.
- پوردیهیمی، شهرام. (۱۳۹۰). زبان اقلیم در طراحی محیطی پایدار، انتشارات دانشگاه بهشتی.
- ثروتی، زهرا؛ لطیفی، غلامرضا؛ سلطانی، علی؛ صناعیان، هانیه. (۱۴۰۲). برنامه ریزی شهری براساس الگوهای رفتاری متناسب با آسایش اقلیمی (مطالعه موردی: مناطق ده، یازده و دوازده تهران). توسعه پایدار محیط جغرافیایی، ۵(۸)، ۱۷۱-۱۸۸.
- جعفریان، سپیده؛ سرکرده ئی، الهام؛ منصفی پراپری، دانیال؛ مجاهدی، محمدرضا. (۱۳۹۹). ایجاد سایه در فضای باز با هدف افزایش آسایش حرارتی. معماری شناسی، ۳(۱۷)، ۱-۸.
- حبیب، فرح (۱۳۸۴)، جزوه درس شکل شناسی شهری، دوره ی دکترای تخصصی شهرسازی، واحد علوم و تحقیقات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران (منتشر نشده).
- حسامی، سیامد (۱۳۹۷). بررسی تاثیر فرم محله های شهری بر آسایش اقلیمی با تاکید بر جریان باد نمونه موردی بافت مرکزی شهر سنندج، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه هنر تهران.

حیدری، ابراهیم و دیوسالار، علی (۱۳۸۶) برنامه ریزی سناریو، ابزار ارزیابی استراتژی‌ها؛ مطالعه موردی: استراتژی‌های توسعه نانو تکنولوژی ایران، پنجمین کنفرانس ملی مهندسی صنایع، تهران، انجمن مهندسی صنایع ایران، دانشگاه علم و صنعت ایران.

حیدری، امیر هوشنگ. (۱۳۹۳). مبانی و مفاهیم آینده پژوهی. ترویج علم، ۵(۲)، ۸۱-۹۶.

حیدری، شاهین. (۱۳۹۳). سازگاری حرارتی در معماری (نخستین قدم در صرف هجویی مصرف انرژی). ج ۱، تهران: دانشگاه تهران.

خورانی، اسدالله؛ مرادی، علی؛ مرادی، عباس. (۱۴۰۲). پیش‌یابی تغییرات آسایش حرارتی گردشگران ساحلی در استان هرمزگان. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۵۵(۲)، ۷۱-۸۷.

رازجویان، محمود. (۱۳۸۹)، آسایش در پناه معماری همساز با اقلیم، دانشگاه شهید بهشتی، چاپ اول

رحمتی، مهرداد؛ چهارسوقی، سید کمال، معمارپور، مهدی؛ رجب زاده، علی (۱۳۹۱) آینده پژوهی در حوزه انرژی و ارزیابی راهبردهای مدیریت انرژی کشور با استفاده از برنامه ریزی سناریو، دوره ۶، شماره ۱۸، زمستان ۱۳۹۱، صص. ۳۳ - ۵.

رضایی، مهناز؛ حبیب، فرح؛ شاه‌چراغی، آزاده. (۱۴۰۲). ارزیابی و تحلیل مولفه‌های مصنوع سازنده باغ جهان‌نما شیراز بر کیفیت آسایش حرارتی و کاهش استرس حرارتی) با استفاده از شاخص حرارتی (PET) مطالعات محیطی هفت حصار. ۱۱(۴۳)، ۱۱۳-۱۳۰.

زالی، نادر (۱۳۹۲) آینده‌نگاری راهبردی در برنامه ریزی و توسعه منطقه‌ای، تهران: ناشر پژوهشکده مطالعات راهبردی.

زنگنه، نجمه؛ برزگر، زهرا. (۱۳۹۷). مقایسه میزان آسایش حرارتی درونی و بیرونی زمستان‌نشین و حیاط مرکزی در خانه سنتی به روش PMV و PPD (مطالعه موردی: خانه تولایی شیراز). مطالعات محیطی هفت حصار. ۶(۲۴)، ۵۵-۶۸.

صالحی، بهروز. (۱۳۹۸). مدل هوشمند ارزیابی وضعیت احساس حرارتی با هدف ارتقاء آسایش حرارتی و عملکردهای شناختی در ساختمان‌های اداری، رساله دکتری، رشته مهندسی معماری، استاد راهنما: دکتر عبدالحمید قنبران، اساتید مشاور: دکتر مهدی معرفت و دکتر آناهیتا خرمی، دانشکده مهندسی معماری و شهرسازی، دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی.

طالب‌صفا، شهرزاد؛ طاهری شهرآئینی، مسعود؛ یانگ، شیانوشان؛ ربیعی، محمدرضا. (۱۴۰۲). ارزیابی تأثیر سایه بر آسایش حرارتی فضای باز و تعیین محدوده آسایش حرارتی. صفا، ۳۳(۳)، ۴۳-۵۹.

کرمی‌راد، سینا؛ علی‌آبادی، محمد؛ حبیبی، امین. (۱۳۹۷). سنجش تأثیر هندسه شهری بر شرایط آسایش حرارتی بیرونی در مقیاس خرد اقلیم؛ (موردپژوهی: فضای باز مجتمع مسکونی گلدشت شیراز). فصلنامه علمی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، ۸(۲۹)، ۱۶۱-۱۷۲.

کریم‌زاده، جمشید؛ مهدی‌نژاد درزی، جمال‌الدین؛ کریمی، باقر. (۱۴۰۰). سنجش عملکرد عناصر اقلیمی خانه‌های سنتی بافت تاریخی شیراز با رویکرد آسایش حرارتی؛ موردپژوهی: ایوان. مطالعات معماری ایران، ۱۰(۲۰)، ۸۹-۱۱۵.

کولیوند، طاهره؛ نصراللهی، نازنین. (۱۴۰۱). بررسی میزان تأثیرگذاری انواع پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی در تنگه‌های شهری در اقلیم گرم و خشک. علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۴(۸)، ۱۰۲-۸۹.

گل، یان. (۱۳۹۲). "شهر انسانی". مترجمان: علی غفاری، لیلا غفاری. تهران: علم معمار.

معتقد، محمد؛ سجاذاده، حسن. (۱۴۰۰). تبیین شرایط آسایش اقلیمی در الگوهای فضایی - کالبدی بافت محلات سنتی (مطالعه موردی: محلات سنتی شهر همدان). علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۲۳(۱۲)، ۲۵۹-۲۶۹.

معلمی خیابوری، نگین.، معرفت، مهدی. (۱۳۹۳). مقدمه‌ای بر آسایش حرارتی، مهندسی مکانیک، ۹۶.

مهدوی عادل، محسن. (۱۳۹۸). بهینه‌سازی مصرف انرژی نوعی ساختمان انرژی صفر با دیدگاه افزایش آسایش حرارتی. رساله دکتری، رشته مهندسی مکانیک، گرایش تبدیل انرژی، اساتید راهنما: دکتر سعید فراهت، دکتر فرامرز سرحدی، دانشکده مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان.

مهدی زاده، جواد (۱۳۸۸) برنامه ریزی راهبردی توسعه شهری، انتشارات حوزه معاونت شهرسازی و معماری وزارت مسکن و شهرسازی.

میوانه، فاطمه، الهه اکبری، محمد باعقیده (۱۳۹۳). "ارتباط بین شاخص‌های آسایش حرارتی و مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی". مجله دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی مشهد، ۵۷ (۸)، ۹۴۲-۹۳۲.

Aboelata, a. (2021). Reducing outdoor air temperature, improving thermal comfort, and saving buildings' cooling energy demand in arid cities-cool paving utilization. *Sustainable cities and society*, 68, 102762.

Altan, H., & Ozarisoy, B. (2022). An Analysis of the Development of Modular Building Design Elements to Improve Thermal Performance of a Representative High Rise Residential Estate in the Coastline City of Famagusta, Cyprus. *Sustainability (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14074065>

Al-yasiri, q., & szabó, m. (2021). Incorporation of phase change materials into building envelope for thermal comfort and energy saving: a comprehensive analysis. *Journal of building engineering*, 36, 102122.

Badamchizadeh, P., Saadatjoo, P., Ahmadlouydarab, M., & Zhang, G. (2024). Evaluating the impact of urban multifunctional walls on pedestrian wind comfort on street sidewalks (Case study: Tabriz City). *Wind and Structures, An International Journal*, 39(3), 223-242. <https://doi.org/10.12989/was.2024.39.3.223>

Basu R(2009). High ambient temperature and mortality: a review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. *Journal of Environmental Health*.;8(40):1-13.

Bian, G., Gao, X., Zou, Q., Cheng, Q., Sun, T., Sha, S., & Zhen, M. (2023). Effects of thermal environment and air quality on outdoor thermal comfort in urban parks of Tianjin, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(43), 97363-97376. <https://doi.org/10.1007/s11356-023-29130-3>

Coronel, J. F., & Alvarez, S. (2001). Experimental work and analysis of confined urban spaces. *Solar Energy*, 70(3), 263-273.

Egerer, m., haase, d., mcphearson, t., frantzeskaki, n., andersson, e., nagendra, h., & ossola, a. (2021). Urban change as an untapped opportunity for climate adaptation. *Npj urban sustainability*, 1(1), 1-9.

Fahey, L; Randall, R.M,)1998(, *Learning from the Future: Competitive Foresight Scenarios*, Wiley Publications: New York.

- Fanger, p. O. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *Occupational and environmental medicine*, 30(4), 313-324.
- Gamal El-Deen, Y., Fahmy, M., & Temraz, T. (2024). Improving Pedestrian Thermal Comfort Using Optimized Urban Trees Pattern in Aswan City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1283(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1283/1/012004>
- 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.
- Höppe, P. 2002. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, no. 34: 661–665.
- Ibrahim, y., kershaw, t., shepherd, p., & coley, d. (2021). On the optimisation of urban form design, energy consumption and outdoor thermal comfort using a parametric workflow in a hot arid zone. *Energies*, 14(13), 4026.
- Jendritzky G, de Dear R, Havenith G (2012) UTCI—why another thermal index? *Int J Biometeorol* 56(3):421–428. doi:10.1007/s00484-011-0513-7
- Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: a study in Fez, Morocco. *Building and environment*, 41(10), 1326-1338 .
- Johansson, E., et al. (2014). Instruments and methods in outdoor thermal comfort studies—The need for standardization. *Urban Climate*, 346-446.
- Kropf, Karl (1996), *Urban Tissue and the Character of Towns*, Urban Design International, Vol.1, No3.
- Krüger, E. L., Minella, F. O., & Rasia, F. (2011). Impact of urban geometry on outdoor thermal comfort and air quality from field measurements in Curitiba, Brazil. *Building and Environment*, 46(3), 621-634.
- Kunst AE ,Groenhof F ,Mackenbach JP(1994). The association between two windchill indices and daily mortality variation in the Netherlands. *American Journal of Public Health*.;84(11):1738-42.
- Li, J., Delmas, A., Donn, M., & Willis, R. (2018). Validation and comparison of different CFD simulation software predictions of urban wind environment based on AIJ wind tunnel benchmarks. *Simulation Series*, 50(7), 206–212. <https://doi.org/10.22360/simaud.2018.simaud.027>
- Liu, J., Zheng, B., & Yang, F. (2023). A Simulation Study of the Impact of Urban Street Greening on the Thermal Comfort in Street Canyons on Hot and Cold Days. *Forests*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/f14112256>
- Liu, Y., Fan, J., Xie, S., & Chen, X. (2023). Study on the spatial and temporal distribution of thermal com-2 fort and its influencing factors in urban parks. *Atmosphere* 2021, 12.
- Liu, Y., Fan, J., Xie, S., & Chen, X. (2023). Study on the spatial and temporal distribution of thermal com-2 fort and its influencing factors in urban parks. *Atmosphere* 2021, 12.
- Majidi, A. N., Vojinovic, Z., Alves, A., Weesakul, S., Sanchez, A., Boogaard, F., & Kluck, J. (2019). Planning nature-based solutions for urban flood reduction and thermal comfort enhancement. *Sustainability (Switzerland)*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/su11226361>

- Maleki, I., Majedi, H., & Zarabadi, Z. S. S. (2021). Analyzing the role of urban approaches in response to climate changes with emphasis on biophilic urbanism, a case study: Tonekabon city. *Urban planning knowledge*, 5(1), 147-163.
- Nikolopoulou, M. and Steemers, K. 2003. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35(1): 95-101.
- Ning, S., Jing, W., & Ge, Z. (2023). Sunlight perception and outdoor thermal comfort in college campuses: a new perspective. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43077->
- Oskouee Aras, A., & Badamchizadeh, P. (2024). Analyzing the approaches of neighborhood-oriented planning and community-oriented regeneration. *Geography and Human Relationships*, 6(3), 733-767. <https://doi.org/10.22034/gahr.2023.406966.1912>
- Pereverza, K., Pasichnyi, O., Lazarevic, D., & Kordas, O. (2017). Strategic planning for sustainable heating in cities: A morphological method for scenario development and selection. *Applied Energy*, 186, 115-125. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.07.008>
- Pouri, S., Saadatjoo, P., & Rahimi, L. (2024). Exploring the effect of building form and arrangement on outdoor thermal comfort in residential complexes (case study: Tabriz city). *Environment, Development and Sustainability*. <https://doi.org/10.1007/s10668-023-04223-8>
- Ratcliffe, J. (2000). Scenario building: a suitable Method for Strategic Property Planning?. *Property Management*, Vol 18, No 2, pp 127-144.
- Ratcliffe, John. & Krawczyk, Elzbieta. (2010) *Imagineering Cities: Creating Liveable Urban Futures in the 21st Century*, Publication, Futures Academy, Dublin Institute of Technology.
- Saadatjoo, P., Badamchizadeh, P., & Mahdavinnejad, M. (2023). Towards the new generation of courtyard buildings as a healthy living concept for post-pandemic era. *Sustainable Cities and Society*, 97. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104726>
- Standard, ASHRAE. (2004). Standard 55-2004. Thermal environmental conditions for human occupancy .
- Sun, F., Zhang, J., Yang, R., Liu, S., Ma, J., Lin, X., Su, D., Liu, K., & Cui, J. (2023). Study on Microclimate and Thermal Comfort in Small Urban Green Spaces in Tokyo, Japan—A Case Study of Chuo Ward. *Sustainability*, 15(24), 16555. <https://doi.org/10.3390/su152416555>
- Suwanmanee, N., Kronprasert, N., Suthetarakul, C., Arunotayanun, K., & Rinchumphu, D. (2024). Investigation of Outdoor Thermal Comfort for Campus Pedestrian Walkways in Thailand. *Sustainability (Switzerland)*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/su16020657>
- Szűcs, Á. (2013). Wind comfort in a public urban space—case study within Dublin Docklands. *Frontiers of architectural Research*, 2(1), 50-66.
- Taleb, H. & Taleb D. (2014) "Enhancing the thermal comfort on urban level in a desert area: Case study of Dubai, United Arab Emirates," *Urban Forestry & Urban Greening*, 13, 253-260.
- Tao, Y., Lou, Y., Chen, Z., Zhao, F., Wang, W., & Lin, X. (2023). Study on Strategy for Optimization of Thermal Comfort of College Courtyards in Lingnan Area in Summer. *Atmosphere*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/atmos14111685>

Tola, A., Velesnja, J., Meunier, P. L., & Bisha, G. (2023). Impact of shade on outdoor thermal comfort, in the case of a Mediterranean Promenade. *Journal of Physics: Conference Series*, 2600(9). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2600/9/092023>

Tola, A., Velesnja, J., Meunier, P. L., & Bisha, G. (2023). Impact of shade on outdoor thermal comfort, in the case of a Mediterranean Promenade. *Journal of Physics: Conference Series*, 2600(9). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2600/9/092023>

Tselioua, A., Tsirosa, I. X., Lykoudis, S., Nikolopoulou, M. (2010). An evaluation of three biometeorological indices for human thermal comfort in urban outdoor areas under real climatic conditions, *Building and Environment*, Volume 45, Issue 5, PP. 1346–1352.

Vasilikou, c., & nikolopoulou, m. (2020). Outdoor thermal comfort for pedestrians in movement: thermal walks in complex urban morphology. *International journal of biometeorology*, 64(2), 277-291.

Zheng, Y., Han, Q., & Keeffe, G. (2024). An Evaluation of Different Landscape Design Scenarios to Improve Outdoor Thermal Comfort in Shenzhen. *Land*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/land1301006>

