



Studying the Effect of Removing Old Trees and Vegetation on the Walls of Urban Streets on the Range and Feeling of Thermal Comfort of Pedestrians

Karen Fatahi^{*}

Department of Architecture, II.c., Islamic Azad University, Ilam, Iran.

*Corresponding Author: Karen.fatahi@iau.ac.ir

Keywords:

Urban green space, Trees,
Urban tree-lined streets,
Thermal comfort, Thermal
range, Pedestrians

Received:

07 Feb 2025

Revised:

27 Mar 2025

Accepted:

28 Apr 2025

Extended Abstract

Introduction

The urban streetscape is a complex environment where the built and natural worlds intersect, with significant implications for pedestrian experience and comfort. Trees and vegetation on urban street walls, such as ivy, climbers, and other forms of green infrastructure, can play a crucial role in mitigating the urban heat island effect, improving air quality, and enhancing aesthetic appeal. However, the maintenance and management of these features can be challenging, and in some cases, old trees and vegetation may be removed due to concerns about damage to infrastructure, safety, or upkeep. Despite the potential benefits of urban greening, there is a need to investigate the consequences of removing old trees and vegetation on urban street walls, particularly in terms of the impact on the range and thermal comfort of pedestrians. This study aims to explore the effects of such removal on the urban microclimate and pedestrian experience, shedding light on the trade-offs between maintaining urban green infrastructure and managing the built environment.

Materials and Methods

This mixed-methods study combined library and field research (August–September 2024) to assess thermal comfort at four intersections in Ilam City, Iran, using a sample

How to cite this article:

Fatahi, K. (2025). Studying the Effect of Removing Old Trees and Vegetation on the Walls of Urban Streets on the Range and Feeling of Thermal Comfort of Pedestrians. *Journal of Drought and Climate change Research* (JDCR), 3(11), 117-140. [10.22077/jdcr.2025.8907.1117](https://doi.org/10.22077/jdcr.2025.8907.1117)



of 384 passers-by (96 per intersection) determined via Cochran's formula. Data collection involved environmental measurements (temperature, humidity, air velocity, radiant temperature, and CO₂ levels) and a standardized ASHRAE Thermal Comfort Questionnaire, which evaluated thermal sensation on a seven-point scale (-3 to +3) and preferences (warmer, unchanged, cooler). The five-step field process (13 minutes per participant) included questionnaire completion, personal data recording, skin temperature measurements, climatic data logging, and CO₂ level assessment. Statistical analyses employed chi-square tests to examine variable relationships and linear regression to model thermal comfort ranges (20–26°C) in SPSS, identifying neutral (± 0.5), warm ($> +0.5$), and cold (< -0.5) thresholds for urban design optimization.

Results and Discussion

Based on the research, the thermal comfort status of people on different streets has been investigated. On Taleghani Street (without trees), the thermal comfort point is at 28.64 degrees Celsius, and the thermal comfort range is between 25.70 and 31.58 degrees Celsius. The regression equation shows that there is a linear and significant relationship between temperature and thermal sensation, and with increasing temperature, the feeling of heat and discomfort increases. On Samandari Street (without trees), the thermal comfort point is at 24.69 degrees Celsius, and the thermal comfort range is between 28.53 and 33.38 degrees Celsius. The results show that about 63.3 percent of the changes in thermal sensation can be explained by temperature changes. On Pasdaran Gharbi Street (with tree cover), the thermal comfort point is at 21.54 degrees Celsius, and the thermal comfort range is between 17 and 26.09 degrees Celsius. Tree cover seems to affect the thermal comfort range. At the intersection of Samandari Street (without trees), the thermal comfort point is at 22.45°C, and the thermal comfort range is between 17.90 and 27°C. Overall, this research shows that there is a relationship between temperature and thermal comfort in different street environments and that temperature management is very important for improving the thermal comfort of pedestrians in urban environments. This study investigated the thermal preferences and feelings of pedestrians in the urban streets of Ilam, focusing on the role of trees. The results show that in treeless streets such as Taleghani and Samandari streets, the majority of pedestrians prefer the environment to become colder, which indicates discomfort due to heat. In contrast, in tree-lined streets such as Pasdaran Gharbi and Sharghi-Wasiti, most pedestrians prefer the thermal conditions not to change, which indicates a more comfortable environment. Chi-square statistical tests also confirm that the presence of trees in urban streets plays an important role in increasing the thermal comfort of pedestrians. The frequency distribution of the thermal comfort feelings of pedestrians also shows that in treeless streets, a higher percentage of pedestrians feel hot (very hot and hot), while in tree-lined streets, this feeling is lower. Specifically, on Taleghani and Samandari streets, which lack trees, a significant

percentage of pedestrians felt hot or very hot, while on Pasdaran Gharbi and Sharghi, Wasiti streets, which have trees, the majority felt slightly hot. These findings emphasize that trees provide a more comfortable environment for pedestrians by reducing ambient temperature and providing shade, and play an important role in improving thermal comfort in urban spaces.

Conclusion

The research clearly demonstrates the significant impact of urban greenery on pedestrian thermal comfort in Ilam. Streets lacking tree cover, like Taleghani and Samandari, exhibit higher thermal discomfort, with pedestrians desiring cooler conditions. Conversely, streets with tree cover, such as Pasdaran Gharbi and Sharghi-Wasiti, offer more comfortable thermal environments, as indicated by pedestrian preference for unchanged conditions. Statistical analysis further confirms this correlation between tree presence and enhanced thermal comfort. The findings underscore the importance of integrating trees into urban design to mitigate heat and improve the overall experience of pedestrians in urban spaces, ultimately promoting a more livable and sustainable city.



بررسی اثر حذف درختان کهن سال و پوشش گیاهی در جداره معابر شهری بر دامنه و احساس آسایش

حرارتی عابرین



کارن فتاحی*

گروه معماری، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران.

*نویسنده مسئول: Karen.fatahi@iau.ac.ir

چکیده

واژه‌های کلیدی:

جزایر گرمایی شهری، با افزایش دمای محیط، آسایش عابران پیاده را به شدت تحت تأثیر قرار می‌دهند. از این رو، کنترل عوامل محیطی مؤثر بر آسایش حرارتی افراد امری ضروری است. طراحی هوشمندانه خیابان‌ها، به‌ویژه کاشت درختان، با ایجاد سایه و افزایش رطوبت، نقشی کلیدی در کاهش دما و بهبود شرایط دارد. این پژوهش به بررسی مقایسه‌ای تأثیر پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی عابران در معابر دارای درخت و فاقد آن در شهر ایلام پرداخته است. این مطالعه میدانی، اثر حذف درختان کهن سال و پوشش گیاهی (نظیر شمشاد، چمن و بوته‌های گل) را مورد تحلیل قرار داد. جامعه آماری شامل ۳۸۴ نفر بود که به روش نمونه‌گیری ساده تصادفی از چهار خیابان انتخاب شدند. داده‌ها با استفاده از پرسش‌نامه استاندارد ASHRAE-55 و ابزارهای دقیقی مانند دیتالاگر و دماسنج لیزری جمع‌آوری و سپس با روش‌های آماری هم‌بستگی پیرسون و رگرسیون خطی چندمتغیره تحلیل شدند. یافته‌ها رابطه معناداری بین ترجیح حرارتی و نوع معبر (دارای درخت یا بدون درخت) را نشان داد. میانگین احساس آسایش در خیابان‌های بدون درخت به مراتب پایین‌تر از خیابان‌های دارای درخت بود. همچنین، دمای خنثی (دمای آسایش) در معابر بدون درخت بین ۲۴/۶۹ تا ۲۸/۶۴ درجه سانتی‌گراد بود، در حالی که این دما در معابر دارای درخت به حدود ۲۱/۵۴ تا ۲۲/۴۵ درجه کاهش یافت. علاوه بر این، دامنه آسایش حرارتی در خیابان‌های دارای درخت حدود ۳/۴۲ درجه بیشتر بود. در مجموع، نتایج به وضوح نشان می‌دهد که وجود درختان و پوشش گیاهی نه تنها باعث کاهش حدود ۷/۱۰ درجه‌ای دمای خنثی می‌شود، بلکه با ایجاد خنکی و تعدیل میکرواقلیم، نقش حیاتی در کاهش اثر جزیره گرمایی شهری و افزایش آسایش عابران پیاده ایفا می‌کند.

فضای سبز شهری، درخت، معابر
درخت‌دار شهری، آسایش حرارتی،
دامنه حرارتی، عابران

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۱۱/۱۹

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۴/۰۱/۰۷

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۴/۰۲/۰۸

مقدمه

در طول چند دهه گذشته، محیط‌های شهری با سرعت قابل توجهی گسترش یافته است. این رشد گسترده و بی‌برنامه شهرنشینی باعث کاهش کیفیت محیط زیستی و افزایش مصرف انرژی ساختمان‌ها شده است. ساخت‌وساز و بهره‌برداری از محیط‌های ساخته شده سهم عمده‌ای در کیفیت زندگی در مکان‌های شهری دارند. مناطق شهری به دلیل تغییرات تدریجی در کاربری زمین، به‌ویژه جایگزینی پوشش گیاهی با ساختمان‌ها و جاده‌ها، دمای بالایی را تجربه می‌کنند (Detommaso et al., 2021). در نتیجه، مناطق شهری مستعد اثرات شهرنشینی مانند تغییرات آب‌وهوا، افزایش دمای شهری و غلظت آلاینده‌ها هستند (Aghamolaei et al., 2021; Liu et al., 2022^b). از پیامدهای تغییر اقلیم می‌توان به بروز سیل، طوفان‌های مخرب، کمبود آب، آتش سوزی‌های شدید و کاهش تنوع زیستی اشاره کرد. همچنین این پدیده می‌تواند بر سلامت و بهداشت، مسکن، امنیت، غذا و فعالیت‌های انسان نیز تأثیر بگذارد (Farzaneh et al., 2023). علاوه بر این، افزایش دمای هوای شهری به‌طور قابل توجهی مصرف انرژی ساختمان‌ها را تشدید می‌کند (Jamei et al., 2017). این اثرات منفی سلامت و آسایش حرارتی ساکنان شهری را در محیط‌های بیرونی تهدید می‌کند (Aghamolaei et al., 2023). در محیط‌های شهری، فضاهای بیرونی نقش مهمی در تقویت زندگی شهری ایفا می‌کنند که اغلب به‌عنوان امتداد مناطق زندگی ما دیده می‌شود. فضاهای بیرونی با طراحی دقیق، محیط‌های راحت را ایجاد می‌کند که شهروندان را به تعامل با محیط اطراف خود دعوت می‌کند و در نتیجه سلامت و رفاه را ارتقا می‌دهد. برای اطمینان از سودمند بودن این فضاها، ادغام ملاحظات محله و طراحی معماری که آسایش را افزایش می‌دهد و تجربه کلی شهری را ارتقا می‌بخشد، ضروری است. با ارائه فضاهای بیرونی باکیفیت بالا با دسترسی عادلانه، شهرها می‌توانند توسعه پایدار را پیش ببرند و زندگی را برای همه ساکنان خود بهبود بخشند (Ka-Lun Lau et al., 2021). همراه با افزایش امواج گرما در سال‌های اخیر، این

پدیده یک چالش جدی برای آسایش و سلامت انسان به‌ویژه برای گروه‌های آسیب‌پذیر مانند سالمندان و کودکان خردسال است (Dominika Bochenek et al., 2021)؛ بنابراین درک و مدیریت آسایش حرارتی در فضاهای باز برای ایجاد محیط‌های شهری پایدار از اهمیت بالایی برخوردار است (Liu et al., 2024). استرس فزاینده ناشی از گرمای شهری یک نگرانی جدی است که به‌سرعت با شهرنشینی و پدیده جزایر گرمایی مرتبط می‌شود. این استرس حرارتی به‌طور قابل توجهی بر کیفیت فضاهای عمومی در فضای باز تأثیر می‌گذارد و آسایش حرارتی افراد را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این موضوع از اهمیت بالایی برخوردار است؛ زیرا مستقیماً بر رفاه و تجربه افراد در آن فضاها تأثیر می‌گذارد (Mohite et al., 2024). تغییرات دما می‌تواند به دو صورت طبیعی یا ناشی از فعالیت‌های انسانی مانند انتشار گازهای گلخانه‌ای رخ دهد. این تغییرات می‌تواند اثرات گسترده‌ای بر محیط زیست، کشاورزی، شرایط آب و هوایی، جوامع انسانی و اقتصاد داشته باشد (Fakhri, 2024). آسایش حرارتی به رضایت فرد از محیط حرارتی اطراف اشاره دارد که تحت تأثیر عوامل مختلف است. درک و مدیریت این عوامل می‌تواند به ایجاد فضاهای باز راحت‌تر مانند معابر در محیط‌های شهری کمک کند (Chun et al., 2005). در پاسخ به این چالش، می‌توان راهبردهای طراحی شهری را برای کاهش دمای شهری و افزایش رفاه و تاب‌آوری در معابر توسعه داد (Blau et al., 2018). یکی از عوامل مهم برای توسعه فضاهای سبز شهری، ایجاد و نگهداری از پارک‌ها و باغ‌ها، انتخاب گونه‌های درختی و درختچه‌ای مناسب و افزایش تنوع گونه‌ای در این فضاها است. (Asgari et al., 2024) پوشش گیاهی را می‌توان به‌عنوان یک راهبرد مهم در تنظیم شرایط اقلیمی در نظر گرفت که فرایندهای خنک‌کننده را در معابر امکان‌پذیر می‌کنند (Cascone et al., 2022). پوشش گیاهی مزایای محیط زیستی زیادی را ارائه می‌دهند. درختان هوای گرم را از طریق فرایند تبخیر و تعرق خنک می‌کنند که به کاهش دما کمک می‌کند. علاوه بر این، با ایجاد سایه‌اندازی دمای تابش را کاهش می‌دهند و امکان مدیریت سرعت و

تنه، تشکیل حفره‌های ناشی از گسیختگی بافت، ترک‌های عمیق و سایر آسیب‌های مشابه می‌شود. از طرفی، عوامل محیطی همچون بادهای شدید، بارش‌های سنگین برف و باران نیز بر این ضعف‌ها افزوده و پایداری فیزیکی درخت را کاهش می‌دهند. در نتیجه، کاهش مقاومت مکانیکی و آسیب‌پذیری ساختاری، احتمال شکستن یا سقوط درخت را افزایش می‌دهد که این موضوع، اهمیت ارزیابی و حفظ پایداری درختان را به‌ویژه از منظر ایمنی و جلوگیری از خطرات احتمالی به وضوح نشان می‌دهد (Lotfi et al., 2020).

چالش‌های فزاینده جزایر گرمایی شهری و تغییرات آب‌وهوایی بر اهمیت حیاتی درک چگونگی استفاده از پوشش گیاهی برای بهبود آسایش حرارتی در فضای باز تأکید می‌کند؛ بنابراین بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی در جداره معابر شهری ضروری است؛ زیرا این فضاها می‌توانند به‌طور ویژه در معرض دمای بالا، بحران جزیره گرمای حرارت شهری و کیفیت پایین هوا باشند و به‌طور مستقیم بر رفاه و سلامت افرادی که از این فضاها استفاده می‌کنند تأثیر بگذارند. همچنین بر قابلیت استفاده محیط‌های شهری اثرگذار است. باین‌حال هدف پژوهش حاضر بررسی اثر حذف درختان کهن‌سال و پوشش گیاهی در جداره معابر شهری ایلام بر دامنه و احساس آسایش حرارتی عابرین در خرد اقلیم‌های شهری است.

از قرن بیست و یکم، نرخ رشد جمعیت شهری جهان بسیار بیشتر از جمعیت جهان بوده است و شهرنشینی جهانی وارد مرحله جدیدی شده است (Cai et al., 2022). توسعه پایدار شهرها ارتباط نزدیکی با ۱۷ هدف توسعه پایدار سازمان ملل دارد (Sachs et al., 2019). شهرنشینی عمدتاً در رشد جمعیت و گسترش جغرافیایی منعکس می‌شود (Dlamini et al., 2021). گسترش جغرافیایی شهری (گسترش فضای شهری) برای انطباق با جمعیت روبه‌رشد با جایگزینی مناظر طبیعی با سطوح بتنی و آسفالتی است که به‌معنای افزایش سطح نفوذ ناپذیر و کاهش پوشش گیاهی شهری است (Guan et al., 2019). پوشش گیاهی

جهت باد را فراهم می‌کنند. با کاهش دما، پوشش گیاهی به بازسازی کیفیت هوا و جذب ذرات گردوغبار کمک می‌کنند. همچنین، نقش مهمی در فیلتر کردن گردوغبار و سروصدا دارند و به محیط شهری پاک‌تر و ساکت‌تر کمک می‌کنند (Picot, 2004). Perini و همکاران (Perini et al., 2014) به بررسی تأثیر پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی پرداختند. این مطالعه تأثیر قابل‌توجه پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی در محیط‌های شهری، به‌ویژه در کاهش اثر جزیره گرمایی شهری را نشان داد. پوشش گیاهی شهری به وضوح آسایش حرارتی در فضای باز را بهبود می‌بخشد (Meili et al., 2021).

چندین مطالعه تأثیر درختان در جداره خیابان را بر میزان تابش خورشیدی دریافتی بررسی کرده و نقش مؤثر درختان را به‌عنوان عامل سایه‌بان در کاهش دمای بالای هوای شهری و بهبود آسایش حرارتی نشان دادند (Quadros et al., 2023). افزایش آسایش حرارتی در جداره معابر شهری می‌تواند محیط زندگی راحت و سالمی را برای افراد فراهم کند و در نتیجه سرزندگی خیابان‌ها را افزایش دهد. درخت به‌عنوان مؤثرترین راهبرد برای بهبود آسایش حرارتی معابر خیابانی شناخته شده است زیرا درختان سایه و تبخیر و تعرق قابل توجهی را ایجاد می‌کنند. برای محققان و طراحان مهم است که نقش درختان را در بهبود آسایش حرارتی عابران پیاده در تنگه‌های خیابان به‌طور مؤثر هدایت کنند (Xiao et al., 2024). سایه زدن درختان می‌تواند ناراحتی حرارتی را در معابر کاهش دهد (Wu et al., 2024). درختان کهنسال، به‌عنوان ارکان حیاتی و ساختارهای پیچیده‌ی اکولوژیک، در گستره‌ای از زیست‌بوم‌ها از جنگل‌های انبوه و بیشه‌زارهای سرسبز گرفته تا فضاهای شهری حضوری تعیین‌کننده دارند. درختان کهنسال، کارکردهای زیستی بنیادینی را بر عهده دارند که می‌توان به تثبیت حجم عظیمی از کربن جو و خلق و حفظ زیستگاه‌های منحصربه‌فرد برای گونه‌های متنوع جانوری اشاره کرد (Lindenmayer et al., 2014). افزایش سن درختان، به‌تدریج منجر به بروز ناهنجاری‌های ساختاری درونی مانند پوسیدگی‌های

بعد از ظهر، دمای هوا و دمای سطح جاده می‌توانند به ترتیب ۵٫۶ درجه سانتیگراد و ۲۷٫۵ درجه سانتیگراد کاهش پیدا کنند (Fan et al., 2025). بنابراین با افزایش تراکم کاشت درختان، کارایی خنک‌کنندگی را بهبود می‌بخشد و منجر به آسایش حرارتی می‌شود (Vatani et al., 2024).

تشدید نگرانی‌ها در مورد گرمایش جهانی و پیامدهای وخیم آن، طراحی و مدیریت شهری پایدار را مورد توجه جدی قرار داده است (Rosenzweig et al., 2018). تفاوت در ویژگی‌های گونه‌های درختی منجر به ظرفیت‌های متفاوتی برای تأثیرگذاری بر محیط‌های حرارتی در فضای باز می‌شود. تحقیقات نشان می‌دهد که شاخ و برگ متراکم، الگوهای انشعاب، و ویژگی‌های برگ (مانند نوع، اندازه و آرایش) نقش مهمی در فیلتر کردن تشعشعات حرارتی و افزایش توانایی درختان برای جذب و انعکاس انرژی خورشیدی دارند (Zhang et al., 2022). گیاهان طیف وسیعی از مزایای فراتر از ظاهر و ارزش‌های زیبایی شناختی را ارائه می‌دهند (Fabbri et al., 2020). برای مثال، درختان سوزنی با برگ‌های سوزنی‌مانند و سازگاری با اقلیم‌های مختلف، و درختان برگ‌ریز که به‌خاطر شکل‌ها و اندازه‌های متنوع، می‌توانند آسایش حرارتی را افزایش دهند (Ghaffarianhoseini et al., 2019).

مواد و روش‌ها

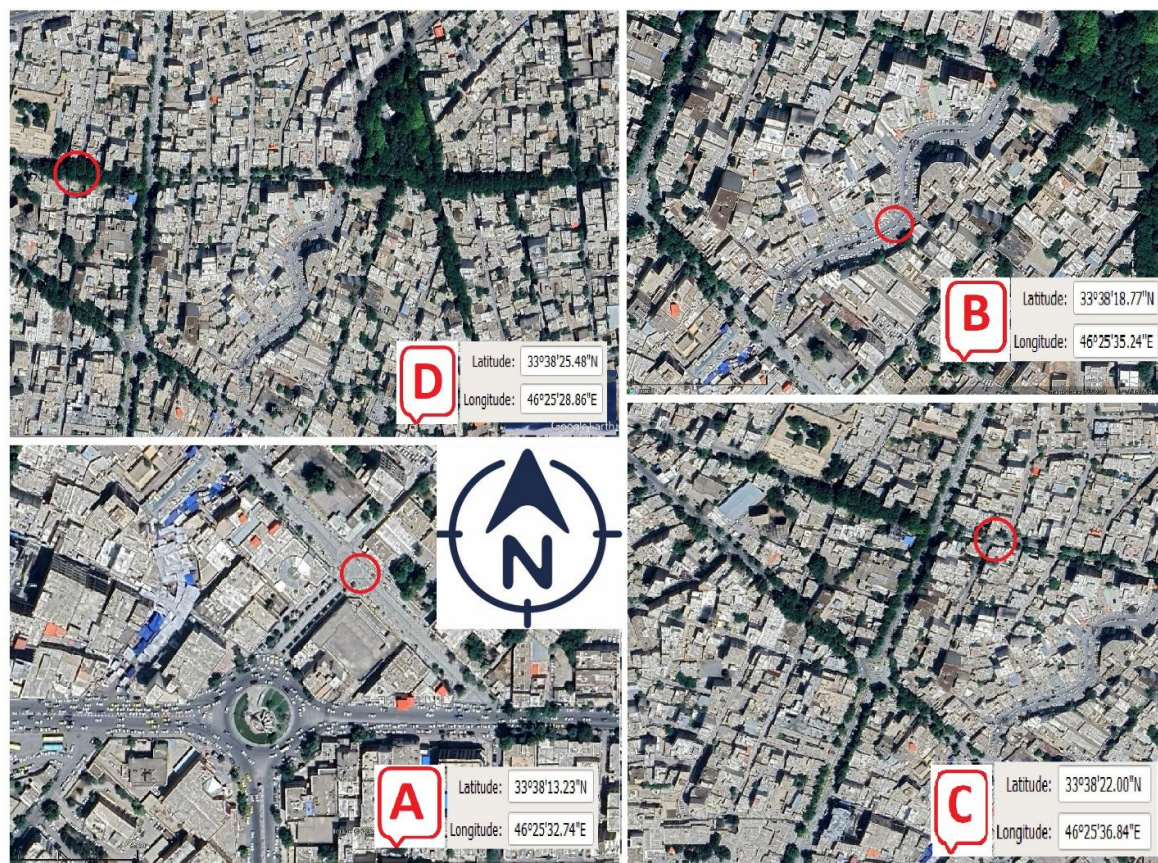
پژوهش حاضر از نوع ترکیبی است که در آن از روش مطالعات کتابخانه‌ای و مطالعات میدانی (از ابتدای مرداد تا نیمه شهریور ۱۴۰۳) برای جمع‌آوری داده‌ها استفاده شده است. جامعه آماری شامل ۳۸۴ نفر از عابرین با ۹۶ شرکت‌کننده از هر ۴ معبر شهر ایلام مورد مطالعه بود. از آنجایی که جامعه آماری برای جمع‌آوری کامل داده‌ها بسیار گسترده بود، نمونه‌گیری با استفاده از فرمول کوکران برای تعیین حجم نمونه انجام شد. بر اساس فرمول کوکران، حجم نمونه برای این تحقیق ۳۸۴ نفر تعیین شد. انجام مطالعات میدانی و برداشت داده‌ها در ۴ معبر شهر ایلام در دو وضعیت (با درخت و بدون درخت) که شامل معبر خیابان بدون درخت طالقانی (بخش A)، خیابان

برای افرادی که در محیط شهری زندگی می‌کنند از اهمیت بالایی برخوردار است (Chen et al., 2021). پوشش گیاهی شهری نه تنها می‌تواند ذخیره کربن را افزایش داده و چرخه آب شهری را بهبود بخشد، بلکه اثر جزیره گرمایی شهری، آلودگی هوا و بلایای آب و هوایی را نیز کاهش می‌دهد (Zhong et al., 2021). نقش پوشش گیاهی در بهبود آسایش حرارتی در فضاهای باز، هم به‌عنوان یک راهبردی برای انطباق با محیط حرارتی در سطح عابر پیاده و هم به‌عنوان یک راهبردی برای کاهش اثرات تغییرات آب و هوایی است (Meili et al., 2021).

افزایش آسایش حرارتی در فضای باز مزایای فراوانی را برای عابرین پیاده به‌همراه دارد، مانند افزایش قابلیت پیاده‌روی و اتصال در جامعه، پیشگیری از بیماری‌های ناشی از گرما، و بهبود آمادگی جسمانی و انسجام اجتماعی از طریق استفاده مشترک از امکانات در فضای باز که برای ایجاد فضای شهری سالم، سرزنده و پایدار ضروری هستند؛ بنابراین نیاز به تلاش‌های آگاهانه برای کاهش گرما در فضای شهری موجود و برنامه‌ریزی شده دارد (Jia et al., 2024; An et al., 2024). راهبردهای متداول کاهش گرما برای بهبود آسایش حرارتی در فضای باز شامل استفاده از مواد بسیار بازتابنده برای سقف خنک و استفاده از پوشش گیاهی برای ایجاد «بام سبز»، «تماهای سبز» و درختان است. به‌طور کلی، درختان بهترین وسیله برای بهبود آسایش حرارتی در فضای باز در فصل تابستان به‌دلیل سایه اندازی هستند. تاج درخت خورشید را مسدود می‌کند، ذخیره گرما روی زمین را کاهش می‌دهد و در نتیجه گرمای تابشی از زمین را کاهش می‌دهد. سایه درختان همچنین به عابران پیاده اجازه می‌دهد تا بهتر با گرما سازگار شوند، زیرا اکثر مردم ترجیح می‌دهند وقتی احساس گرما می‌کنند به سایه بروند (Liu et al., 2022^a). گیاهان آسایش حرارتی را با کاهش دمای هوا از طریق فرآیندهای تبخیر و سایه‌زنی افزایش می‌دهند (Tang et al., 2023). مطالعات نشان می‌دهد که خیابان‌های پردرخت در مقایسه با خیابان‌های بدون درخت، میانگین دمای تابشی، رطوبت و آلودگی کمتری دارند. به‌عنوان مثال، در

پژوهش در دو بخش برداشت متغیرهای محیطی و پرسش‌نامه‌ای (پرسش‌نامه استاندارد آسایش حرارتی ASHRAE آمریکا صورت گرفت.

بدون درخت سمندری (بخش B)، خیابان با درخت پاسداران غربی (بخش C)، خیابان با درخت پاسداران شرقی-واسطی (بخش D) در شکل ۱ انجام گرفت. این



شکل ۱. موقعیت انجام مطالعات میدانی در معابر شهری

Fig 1. Location of field studies in urban streets

که اکثر افراد در دماهای که احساس کمی سرد یا کمی گرم می‌کنند، احساس آسایش حرارتی دارند. این محدوده می‌تواند بسته به شرایط محیطی و فصلی متفاوت باشد، اما به‌طور کلی، دمای آسایش بین ۲۰ تا ۲۶ درجه سانتی‌گراد است. مطابق جدول ۱ وضعیت متعادل (آسایش) همواره بین دو وضعیت کمی سرد و کمی گرم مطابق با استاندارد جهانی قرار دارد (Fatahi et al., 2021; Fatahi et al., 2024). رنج داده‌های متغیر وابسته احساس آسایش حرارتی بین عدد (-۳) تا (+۳) قرار دارد که دامنه به‌صورت پیوسته می‌باشد در تعیین وضعیت احساس آسایش حرارتی سه بخش، محدوده عدم احساس آسایش (گرم)، محدوده آسایش (خنثی) و محدوده عدم احساس آسایش (سرما) مهم است. بنابراین پس از برازش مدل، تحلیل‌ها بر مبنای این نقاط حساس ($TSV >$)، $(+0/5)$ ، $(TSV = \pm 0/5)$ و $(TSV < -0/5)$ صورت می‌گیرد.

در بخش مطالعات میدانی، برای سنجش آسایش حرارتی متغیرهای اقلیمی شامل (دما، رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا، دمای تابشی مسیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا)، اطلاعات شخصی افراد و وضعیت آسایش و ترجیح حرارتی افراد مطابق پرسش‌نامه استاندارد ASHRAE آمریکا (ANSI/ASHRAE Standard 55, 2020) ثبت گردید. دامنه آسایش حرارتی بر اساس مقیاس هفت‌گانه استاندارد ASHRAE آمریکا دارای سه محدوده دمایی سرد، متعادل و گرم است. این مقیاس شامل هفت بازه بسیار سرد (-۳)، سرد (-۲)، کمی سرد (-۱)، خنثی (۰)، کمی گرم (+۱)، گرم (+۲)، و بسیار گرم (+۳) است. دامنه آسایش حرارتی معمولاً حول نقطه خنثی (۰) قرار دارد و شامل محدوده‌هایی است که افراد احساس راحتی می‌کنند، که معمولاً بین مرز کمی سرد (-۰/۵) و کمی گرم (+۰/۵) تعریف می‌شود. به این معنی

جدول ۱. مقیاس احساس حرارتی مطابق استاندارد اشری امریکا

Table 1. Thermal Sensation Scale According to ASHRAE Standards

مقیاس احساس حرارتی مطابق استاندارد اشری امریکا (Thermal Sensation Vote)						
Thermal Sensation Vote Scale According to the American ASHRAE Standard						
بسیار سرد Very Cold	سرد Cool	کمی سرد Slightly Cool	خنثی Neutral	کمی گرم Slightly Warm	گرم Hot	بسیار گرم Very Hot
-۳	-۲	-۱	۰	+۱	+۲	+۳
TSV < -0/5		TSV = -0/5		TSV = +0/5		TSV > +0/5
خارج از محدوده آسایش (احساس سرما) Outside the Thermal Comfort Zone (Cool Sensation)		محدوده آسایش حرارتی Thermal Comfort Zone		خارج از محدوده آسایش (احساس گرما) Outside the Thermal Comfort Zone (Warm Sensation)		

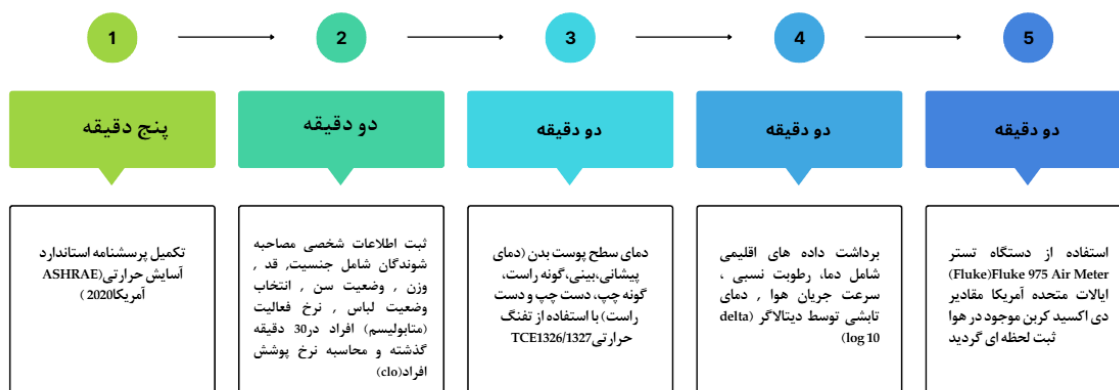
محیطی مورد بررسی قرار گیرد (شکل ۳). پس از حضور فیزیکی در معابر، برداشت مطالعات میدانی و ثبت داده‌ها می‌توان وضعیت آسایش حرارتی را با استفاده از مدل رگرسیون^۱ و آزمون کای اسکور^۲ در نرم‌افزار SPSS مشخص کرد، آزمون کای اسکور در حوزه آسایش حرارتی به دلیل قابلیت آن در بررسی رابطه و استقلال بین متغیرها مانند دسته‌بندی‌های مختلف دمایی و پاسخ‌های افراد به شرایط حرارتی استفاده می‌شود. این آزمون با مقایسه فراوانی‌های مشاهده شده و مورد انتظار در گروه‌های مختلف، امکان ارزیابی وجود یا عدم وجود ارتباط معنادار بین شرایط محیطی و احساس آسایش حرارتی را فراهم می‌کند. همچنین، کای اسکور به دلیل سادگی در کاربرد و قابلیت تحلیل داده‌های طبقه‌بندی شده، ابزاری مناسب برای تحلیل داده‌های جمع‌آوری شده از پرسش‌نامه‌ها و مشاهدات در مطالعات آسایش حرارتی است که معمولاً شامل گروه‌های مختلف افراد یا شرایط محیطی می‌شود (Fatahi et al., 2021^b). همچنین رگرسیون خطی در فضاهای باز شهری به عنوان یک ابزار قدرتمند برای تحلیل و پیش‌بینی شرایط آسایش حرارتی استفاده می‌شود. این روش با مدل‌سازی رابطه خطی بین عوامل محیطی مانند دما، رطوبت و سرعت هوا با احساسات حرارتی افراد، امکان تعیین محدوده‌های بهینه آسایش را فراهم می‌کند. در فضاهای باز، رگرسیون خطی به تعیین محدوده آسایش حرارتی کمک می‌کند. این روش به طراحان شهری کمک می‌کند تا با در نظر گرفتن شرایط

سؤالات بخش سازگاری حرارتی، دارای دو بازه بله و خیر است. سؤالات ترجیح حرارتی بر اساس مدل استاندارد فنگر است و دارای سه بازه گرم‌تر شود، تغییر نکند و سرد تر شود، است؛ بنابراین چنانچه افراد با افزایش یا کاهش دما همچنان احساس آسایش حرارتی در محیط داشته باشند، وسعت دامنه دمایی افزایش پیدا می‌کند و شرایط حرارتی محیط مساعدتر است. انجام پژوهش شامل ۵ مرحله در مجموع ۱۳ دقیقه با کسب اجازه مصاحبه‌شوندگان انجام گرفت (شکل ۲). مرحله اول این فرایند به مدت ۵ دقیقه برای تکمیل پرسش‌نامه استاندارد آسایش حرارتی (ASHRAE آمریکا) و گام دوم به مدت ۲ دقیقه ثبت اطلاعات شخصی مصاحبه‌شوندگان شامل جنسیت، قد، وزن، وضعیت سن، انتخاب وضعیت لباس، نرخ فعالیت (متابولیسم) افراد در ۳۰ دقیقه گذشته و محاسبه میزان نرخ پوشش افراد (clo) ثبت گردید (Fatahi et al., 2024). گام سوم به مدت ۲ دقیقه برای بررسی احساس حرارتی افراد در مواجهه با عوامل محیطی دمای، سطح پوست بدن (دمای پیشانی، بینی، گونه راست، گونه چپ، دست چپ و دست راست) با استفاده از فننگ حرارتی TCE1326/1327 اندازه‌گیری و ثبت گردید. گام چهارم ۲ دقیقه برداشت داده‌های اقلیمی شامل دما، رطوبت نسبی، سرعت جریان هوا، دمای تابشی توسط دیتالاگر (MIC98586) ثبت گردید. گام پنجم به مدت ۲ با استفاده از دستگاه تستر (Fluke 975 Air Meter) ایالات متحده آمریکا مقادیر دی‌اکسیدکربن موجود در هوا ثبت لحظه‌ای گردید تا امکان تطابق پاسخ‌های افراد با اندازه‌گیری‌های

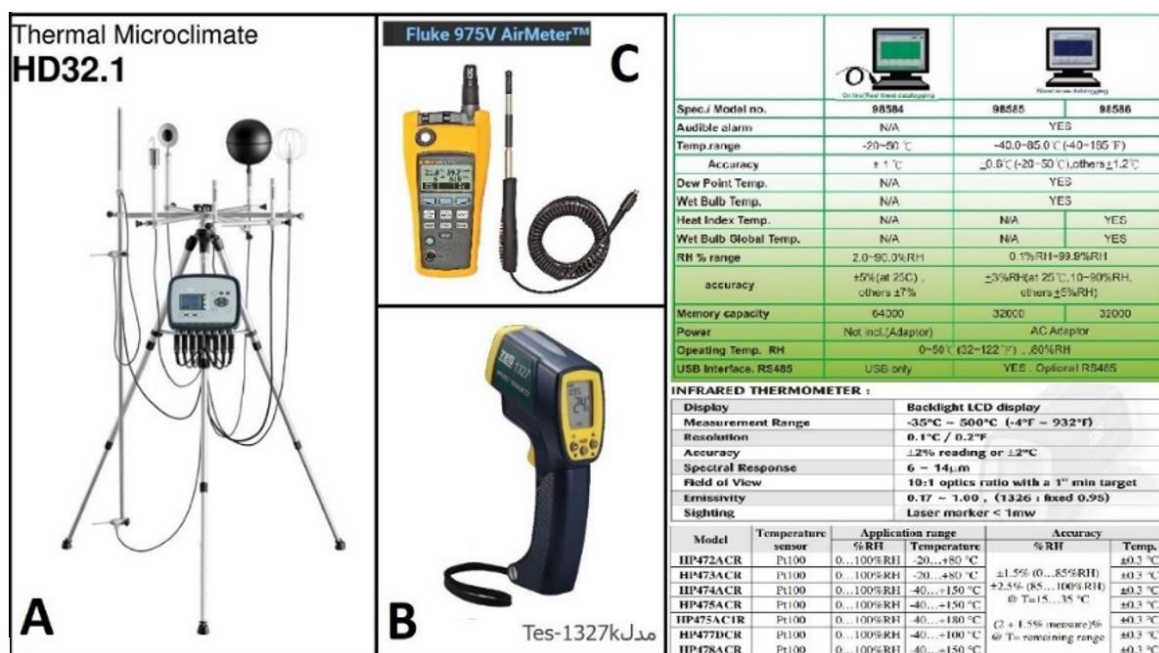
1 Regression model

2 Chi-square test

آسایش حرارتی، فضاهای شهری را بهینه‌سازی کنند
و شرایط مطلوب‌تری برای ساکنان و بازدیدکنندگان ایجاد کنند.



شکل ۲. زمان بندی و مسیر انجام پژوهش
Fig 2. Timing and path of research



شکل ۳. مشخصات فنی دستگاه‌ها
Fig. Technical specifications of devices

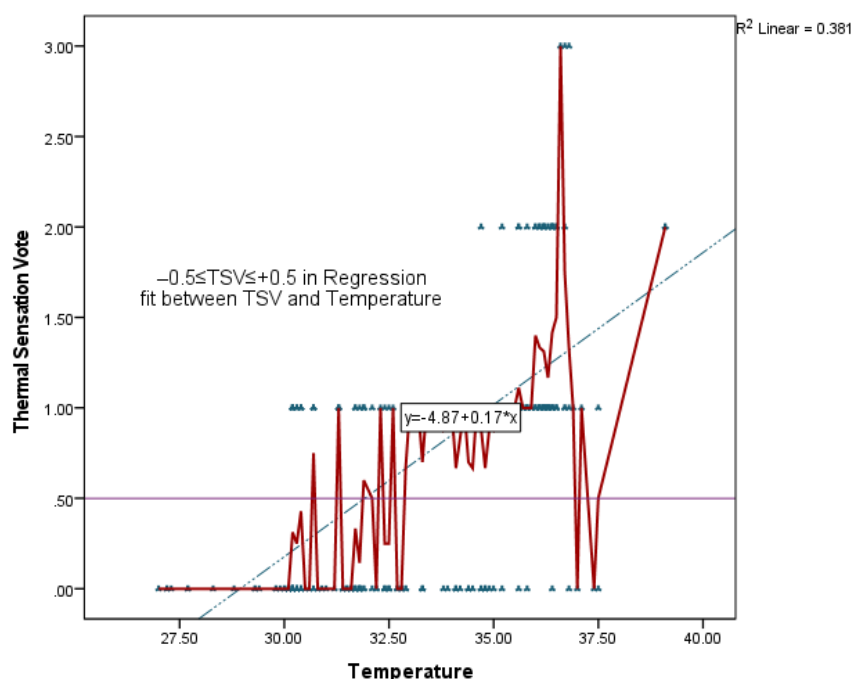
گانه مورد بررسی قرار گرفت. پس از ثبت داده‌های اقلیمی، محاسبه‌ی نرخ لباس، متابولیسم افراد و ثبت داده‌ها بر اساس دسته‌بندی: وضعیت متعادل (آسایش) بین دو وضعیت کمی سرد و کمی گرم ($TSV^1 = \pm 0.5$) و وضعیت حرارتی غیر متعادل سرد ($TSV < 0.5$) و وضعیت حرارتی غیر متعادل گرم ($TSV > 0.5$) به‌عنوان وضعیت غیر متعادل از نظر حرارتی که این وضعیت نشان می‌دهد افراد در این

1 Thermal Sensation Vote

نتایج و بحث
یافته‌های محدوده آسایش حرارتی عابرین در معبر خیابان طالقانی (بدون درخت)
با تفکیک داده‌ها بر اساس معابر می‌توان وضعیت آسایش حرارتی افراد را بین معابر مختلف مقایسه و تحلیل نمود. شکل ۴ محدوده آسایش حرارتی معبر خیابان طالقانی (بدون درخت) را نشان می‌دهد، احساس آسایش حرارتی افراد براساس پرسش‌نامه استاندارد ASHRAE آمریکا بر اساس مقیاس هفت

آسایش حرارتی از نقطه دمای خنثی تا آستانه احساس دمای قابل قبول (کمی گرم) ترسیم شده‌اند. در دماهای میان این دو محدوده، بیشتر افراد احساس آسایش حرارتی می‌کنند، با افزایش دما، TSV افزایش یافته و نشان‌دهنده احساس گرما و ناراحتی است. مرز آسایش حرارتی معبرخیابان طالقانی (بدون درخت) مشخص شده نشان می‌دهد هر چقدر احساس آسایش حرارتی عابران نزدیک به مرز استاندارد باشد افراد دارای آسایش حرارتی بیشتر و هر چقدر از مرز استاندارد دورتر باشد عابران احساس آسایش حرارتی کمتری دارند.

محدوده احساس آسایش حرارتی ندارند. بنابراین اگر میزان احساس آسایش حرارتی افراد $TSV=0$ در نظر بگیریم نقطه آسایش حرارتی برابر $28/64$ درجه سانتیگراد است. همچنین اگر میزان احساس آسایش حرارتی افراد را در شرایط استاندارد $TSV=\pm 0/5$ در نظر بگیریم محدوده آسایش حرارتی بین $25/70$ تا $31/58$ و شیب $0/17$ است، در نتیجه دامنه‌ی دمایی معبرخیابان طالقانی (بدون درخت) $5/88$ درجه سانتیگراد است. بر اساس شکل ۴ خط رگرسیون با معادله $y = -4.87 + 0.17x$ نشان‌دهنده یک رابطه خطی و معنادار در سطح خطای یک درصد با میزان $(R^2 = 0.381)$ است. خطوط افقی در $TSV=0$ (راحتی) و $TSV=\pm 0/5$ احساس



شکل ۴. ارتباط بین دما و احساس آسایش حرارتی در معبرخیابان طالقانی (بدون درخت)

Fig 4. The relationship between temperature and thermal comfort at Taleghani Street intersection (without tree)

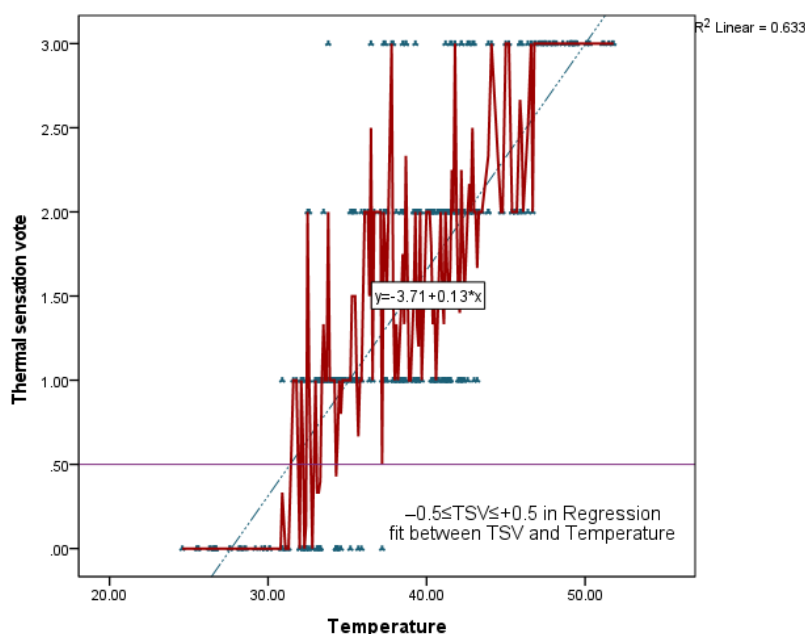
و وضعیت حرارتی غیر متعادل سرد ($TSV < 0/5$) و وضعیت حرارتی غیر متعادل گرم ($TSV > 0/5$) به‌عنوان وضعیت غیر متعادل از نظر حرارتی که این وضعیت نشان می‌دهد افراد در این محدوده احساس آسایش حرارتی ندارند که در بسیاری از پژوهش‌ها به این شیوه استناد شده است (Fatahi et al., 2024; Fatahi et al., 2021^a; et al., 2021^b). بنابراین اگر میزان احساس آسایش حرارتی افراد $TSV=0$ در نظر بگیریم نقطه آسایش حرارتی برابر $24/69$ درجه سانتیگراد است.

محدوده آسایش حرارتی معبر خیابان سمندری (بدون درخت)

شکل ۵ محدوده آسایش حرارتی عابران را براساس پرسش‌نامه استاندارد ASHRAE آمریکا مطابق مقیاس هفت گانه در معبر خیابان سمندری (بدون درخت) را نشان می‌دهد. پس از ثبت داده‌های اقلیمی این معبر، محاسبه‌ی نرخ لباس، متابولیسم افراد و ثبت داده‌ها بر اساس دسته‌بندی وضعیت متعادل (آسایش) بین دو وضعیت کمی سرد و کمی گرم ($TSV=\pm 0/5$)

بیانگر یک رابطه خطی بین این دو متغیر است. خط افقی مشخص شده در $TSV = 0/5$ ، آستانه‌ای را نشان می‌دهد که در آن افراد تمایل حس حرارتی به سمت احساس کمی گرم می‌کنند. تحلیل رگرسیون به‌طور خاص بر داده‌هایی متمرکز شده است که در محدوده $-0/5 \leq TSV \leq +0/5$ قرار دارند، با توجه به رابطه مثبت بین دما و TSV ، افزایش میزان دما منجر به افزایش رأی حس حرارتی به سمت احساس گرما و کاهش میزان دما منجر به کاهش رأی حس حرارتی و تمایل به سمت احساس سرما می‌شود، که نشان‌دهنده تجربه حس خارج از محدوده آسایش حرارتی افراد خارج از محدوده مدل است.

همچنین اگر میزان احساس آسایش حرارتی افراد را در شرایط استاندارد $TSV = \pm 0/5$ در نظر بگیریم محدوده آسایش حرارتی بین $28/53$ تا $33/38$ و شیب خط $0/13$ است در نتیجه دامنه‌ی دمایی معبر خیابان سمندری (بدون درخت) $7/69$ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس شکل ۵ و تحلیل رگرسیونی انجام شده بر روی داده‌های مربوط به دما و احساس آسایش حرارتی، با معادله $y = -3.71 + 0.13x$ یک رابطه خطی و معنادار در سطح خطای یک درصد به‌دست آمده است. مقدار ضریب تعیین (R^2) برابر با $0/63$ نشان می‌دهد که تقریباً $63/3$ درصد از تغییرات احساس حرارتی (TSV) توسط تغییرات دما قابل تبیین است. این مقدار R^2



شکل ۵. ارتباط بین دما و احساس آسایش حرارتی در معبر خیابان سمندری (بدون درخت)

Fig 5. The relationship between temperature and thermal comfort at the Samandari Street intersection (without tree)

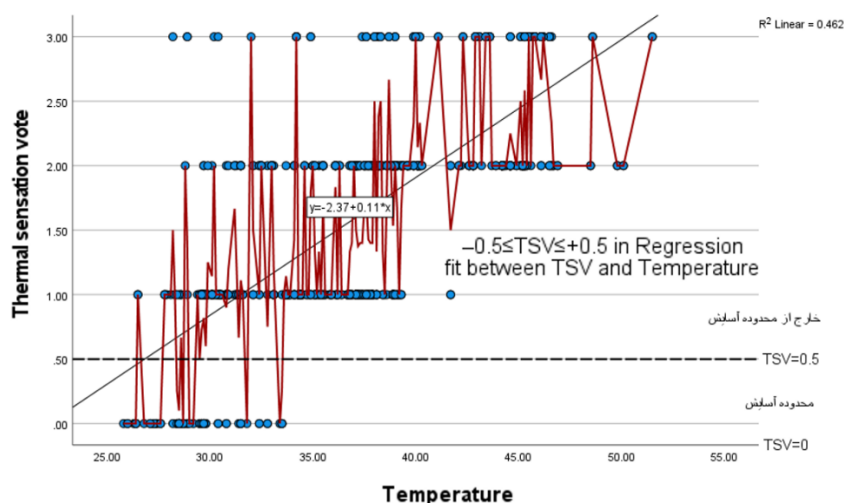
که بین دو حالت «کمی سرد» و «کمی گرم» قرار دارد، وضعیت نامتعادل سرد با شاخص $(TSV < 0/5)$ ، و وضعیت نامتعادل گرم با شاخص $(TSV > 0/5)$ بر این اساس، تنها محدوده $TSV = \pm 0/5$ به‌عنوان بازه آسایش حرارتی شناخته می‌شود، درحالی‌که مقادیر خارج از این محدوده نشان‌دهنده نارضایتی حرارتی عابران است؛ بنابراین اگر میزان احساس آسایش حرارتی افراد $TSV = 0$ در نظر بگیریم نقطه آسایش حرارتی برابر $21/54$ درجه سانتیگراد است. همچنین اگر میزان احساس آسایش حرارتی افراد را در شرایط

محدوده آسایش حرارتی معبر خیابان پاسداران غربی (با درخت)

شکل ۶ نتایج ارزیابی محدوده آسایش حرارتی عابران در خیابان پاسداران غربی (با پوشش درختی) را بر مبنای استاندارد ASHRAE آمریکا و مقیاس هفت‌گانه آن نمایش می‌دهد. در این پژوهش، پس از ثبت و تحلیل داده‌های اقلیمی این معبر، محاسبه نرخ لباس (Clo) و سطح متابولیسم افراد، شرایط حرارتی در سه دسته‌بندی اصلی طبقه‌بندی شده است: وضعیت متعادل (آسایش حرارتی) با بازه $TSV = \pm 0/5$

احساس کمی گرم می کنند. تحلیل رگرسیون به طور خاص بر داده هایی متمرکز شده است که در محدوده $-0.5 \leq TSV \leq +0.5$ قرار دارند، باتوجه به رابطه مثبت بین دما و TSV، افزایش دما منجر به افزایش حس گرما و کاهش دما منجر به کاهش حس گرما و تمایل به احساس سرما می شود. این پدیده نشان می دهد که افراد خارج از محدوده آسایش حرارتی $TSV = \pm 0.5$ تجربه ای خارج از این بازه دارند. به عبارت دیگر، افزایش دما باعث می شود که افراد بیشتر به سمت احساس گرما گرایش پیدا کنند، در حالی که کاهش دما باعث می شود که حس گرما کاهش یابد و افراد به سمت احساس سرما تمایل پیدا کنند. این شرایط نشان می دهد که افراد در خارج از محدوده آسایش حرارتی، تجربه ای نامناسب از شرایط حرارتی دارند.

استاندارد $TSV = \pm 0.5$ در نظر بگیریم محدوده آسایش حرارتی بین ۱۷ تا ۲۶/۰۹ و شیب خط ۰/۱۱ است در نتیجه دامنه دمایی معبر خیابان پاسداران غربی (با پوشش درختی) ۹/۰۹ درجه سانتی گراد است. بر اساس شکل ۶ و تحلیل رگرسیونی انجام شده بر روی داده های مربوط به دما و احساس آسایش حرارتی، با معادله $y = -2.37 + 0.11x$ یک رابطه خطی و معنادار در سطح خطای یک درصد به دست آمده است. مقدار ضریب تعیین (R^2) برابر با ۰/۴۶۲ نشان می دهد که تقریباً ۴۶/۲ درصد از تغییرات احساس حرارتی (TSV) توسط تغییرات دما قابل تبیین است. این مقدار R^2 بیانگر یک رابطه خطی بین این دو متغیر است. خط افقی مشخص شده در $TSV = 0.5$ ، آستانه ای را نشان می دهد که در آن افراد تمایل حس حرارتی به سمت



شکل ۶. ارتباط بین دما و احساس آسایش حرارتی در معبر خیابان پاسداران غربی (با درخت)

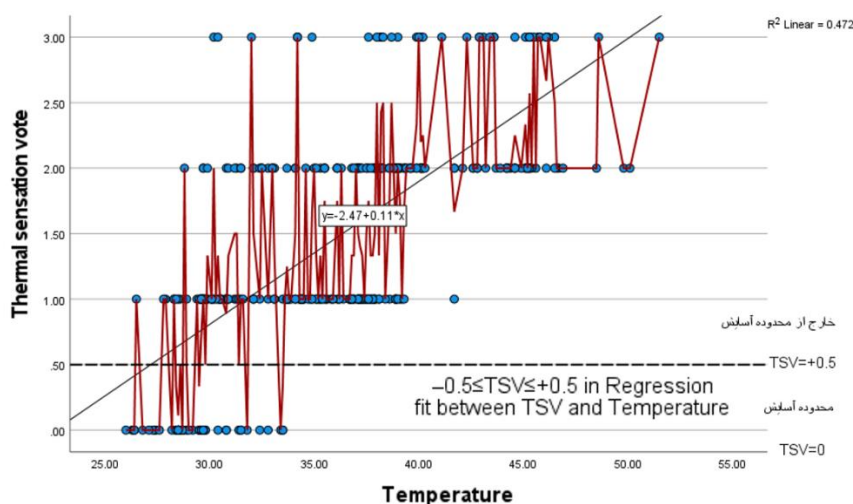
Fig 6. The relationship between temperature and perceived thermal comfort at the West Pasdaran Street intersection (with tree)

$TSV > 0.5$) و وضعیت حرارتی غیر متعادل گرم ($TSV > 0.5$) به عنوان وضعیت غیر متعادل از نظر حرارتی که این وضعیت نشان می دهد افراد در این محدوده احساس آسایش حرارتی ندارند که در بسیاری از پژوهش ها به این شیوه استناد شده است. بنابراین اگر میزان احساس آسایش حرارتی افراد $TSV = 0$ در نظر بگیریم نقطه آسایش حرارتی برابر ۲۲/۴۵ درجه سانتیگراد است. همچنین اگر میزان احساس آسایش حرارتی افراد را در شرایط استاندارد $TSV = \pm 0.5$ در نظر بگیریم محدوده آسایش حرارتی بین ۱۷/۹۰ تا ۲۷ و شیب

محدوده آسایش حرارتی معبر خیابان پاسداران شرقی، واسطی (با درخت)

شکل ۷ محدوده آسایش حرارتی عابران را براساس پرسش نامه استاندارد ASHRAE آمریکا مطابق مقیاس هفت گانه در معبر خیابان سمندری (بدون درخت) را نشان می دهد. پس از ثبت داده های اقلیمی این معبر، محاسبه ی نرخ لباس، متابولیسم افراد و ثبت داده ها بر اساس دسته بندی وضعیت متعادل (آسایش) بین دو وضعیت کمی سرد و کمی گرم ($TSV = \pm 0.5$) و وضعیت حرارتی غیر متعادل سرد ($TSV < -0.5$)

متغیر است. خط افقی مشخص شده در $TSV = 0/5$ ، آستانه‌ای را نشان می‌دهد که در آن افراد تمایل حس حرارتی به سمت احساس کمی گرم می‌کنند. تحلیل رگرسیون به‌طور خاص بر داده‌هایی متمرکز شده است که در محدوده $-0/5 \leq TSV \leq +0/5$ قرار دارند، خط $TSV = 0/5$ به‌عنوان آستانه‌ای تعریف می‌شود که فراتر از آن، افراد احساس "خارج از محدوده آسایش" را تجربه می‌کنند و این تحلیل، اهمیت کنترل دامنه دما را برای بهبود آسایش حرارتی عابران در فضای باز در این معبر شهری را نشان می‌دهد.



شکل ۷. ارتباط بین دما و احساس آسایش حرارتی در معبر خیابان پاسداران شرقی - واسطی (با درخت)

Fig 7. The relationship between temperature and perceived thermal comfort at the Pasdaran Sharqi-Wasiti Street intersection (with trees)

می‌دهند.

جدول ۳ آزمون‌های آماری کای اسکور با مقدار آماره $207/84$ با سطح معناداری $(p < 0/01)$ بین ترجیح حرارتی و نوع معبر را تأیید می‌کنند، که نشان می‌دهد درختان در معابر شهری ایلام نقش مهمی در افزایش آسایش حرارتی عابران پیاده دارند. شامل توزیع فراوانی مربوط به متغیر نوع معبر در مقابل متغیر ترجیح حرارتی عابران است که بر اساس آن، برای عابران خیابان طالقانی (بدون درخت)، ۷۷ نفر "سرد تر شود"، ۱۵ نفر "تغییر نکنند" و ۴ نفر "گرم‌تر شود" را ترجیح داده‌اند. به‌طور مشابه، برای عابران خیابان سمندری (بدون درخت)، توزیع به این صورت بود: ۶۹ نفر "سرد تر شود"، ۲۱ نفر "تغییر نکنند" و ۶ نفر "گرم‌تر شود" را ترجیح دادند. برای عابران خیابان پاسداران غربی (با درخت)، توزیع به این صورت بود

خط $0/11$ است در نتیجه دامنه‌ی دمایی معبر خیابان سمندری (بدون درخت) $9/30$ درجه سانتی‌گراد است. بر اساس شکل ۶ و تحلیل رگرسیونی انجام شده بر روی داده‌های مربوط به دما و احساس آسایش حرارتی، با معادله $y = -2.47 + 0.11x$ یک رابطه خطی و معنادار در سطح خطای یک درصد به‌دست آمده است. مقدار ضریب تعیین (R^2) برابر با $0/472$ نشان می‌دهد که تقریباً $47/2$ درصد از تغییرات احساس حرارتی (TSV) توسط تغییرات دما قابل تبیین است. این مقدار R^2 بیانگر یک رابطه خطی بین این دو

در این مطالعه، ترجیح حرارتی عابران پیاده در معابر شهری ایلام با استفاده از مدل استاندارد فنگر و مقیاس سه نقطه‌ای گرم‌تر شدن، تغییر نکند و سرد تر شدن ارزیابی شده است. نتایج نشان می‌دهند که در معابر بدون درخت مانند خیابان‌های طالقانی و سمندری، اکثر عابران (به‌ترتیب حدود $80/2\%$ و $71/9\%$) ترجیح می‌دهند که محیط سرد تر شود که این نشان‌دهنده ناراحتی ناشی از گرما در این مناطق است. در مقابل، در معابر درخت‌دار مانند پاسداران غربی و پاسداران شرقی - واسطی، اکثریت عابران (به‌ترتیب حدود $84/4\%$ و $91/7\%$) ترجیح می‌دهند که شرایط حرارتی تغییر نکند که نشان‌دهنده یک محیط راحت‌تر است. این یافته‌ها حاکی از آن است که درختان به‌طور قابل‌توجهی آسایش حرارتی را بهبود می‌بخشند و تمایل به شرایط خنک‌تر را کاهش

جدول ۲. محدوده آسایش حرارتی عابرین در معابر شهری ایلام درخت دار و فاقد درخت

Table 2. Thermal comfort range of pedestrians in urban streets with and without trees in Ilam

ردیف Row	دمای خنثی و حدود دامنه آسایش حرارتی Neutral Temperature and the Thermal Comfort Zone				
	شیب خط Slope of the Line	دمای خنثی (C) Neutral Temperatu re (°C)	حد پایین آسایش حرارتی (C) Lower Bound of the Thermal Comfort Zone (°C)	حد بالای آسایش حرارتی (C) Upper Bound of the Thermal Comfort Zone (°C)	دامنه قابل قبول آسایش حرارتی (C) Acceptable Thermal Comfort Range (°C)
۱	۰/۱۷	۲۸/۶۴	۲۵/۷۰	۳۱/۵۸	۵/۸۸
	معبر (بدون درخت) خیابان طالقانی Taleghani Street Corridor (Tree-Free Segment)				
۲	۰/۱۳	۲۴/۶۹	۲۸/۵۳	۳۲/۳۸	۷/۶۹
	معبر (بدون درخت) خیابان سمندری Samandari Street Corridor (Tree-Free Segment)				
۳	۰/۱۱	۲۱/۵۴	۱۷	۲۶/۰۹	۹/۰۹
	معبر (با درخت) خیابان پاسداران غربی Western Pasdaran Street Corridor (Tree-Lined Segment)				
۴	۰/۱۱	۲۲/۴۵	۱۷/۹۰	۲۷	۹/۳۰
	معبر (با درخت) خیابان پاسداران شرقی، واسطی Eastern Pasdaran- Vaseti Street Corridor (Tree- Lined Segment)				

شرایط خنک تر بهبود می بخشند. این نشان می دهد وجود درختان آسایش حرارتی عابران پیاده را افزایش می دهد.

جدول ۴ نشان دهنده توزیع فراوانی احساس آسایش حرارتی عابران پیاده در معابر (درخت دار و بدون درخت) در مقابل احساس آسایش حرارتی عابرین (Thermal Sensation Vote) است که در آن متغیر احساس آسایش حرارتی شامل ۷ مقیاس بازه های بسیار گرم، گرم، کمی گرم، خنثی، کمی سرد، سرد، و بسیار سرد مطابق استاندارد ASHRAE امریکا است. نتایج آزمون کای اسکور نشان می دهد که توزیع احساس حرارتی در معابر با و بدون درخت در سطح خطای یک درصد ارتباط معنی داری با هم دارند (p < 0/01). به طور مشخص، در معابر فاقد درخت (خیابان

که ۶ نفر "سرد تر شود"، ۸۱ نفر "تغییر نکند" و ۹ نفر "گرم تر" شود را ترجیح داده اند. برای عابران خیابان پاسداران شرقی، واسطی (با درخت)، توزیع به این صورت بود: ۵ نفر "سرد تر شود"، ۸۸ نفر "تغییر نکند" و ۳ نفر "گرم تر" شود را ترجیح داده اند. نتایج نشان می دهد در خیابان های طالقانی و سمندری (بدون درخت)، بیشتر عابران پیاده (به ترتیب ۷۷ و ۶۹ نفر) «سرد شدن» را ترجیح می دهند که نشان دهنده ناراحتی ناشی از گرما است. در مقابل، در خیابان های پاسداران غربی و پاسداران شرقی، واسطی (دارای درخت)، اکثریت (به ترتیب ۸۱ و ۸۸) «عدم تغییر حرارتی» را ترجیح می دهند، که نشان دهنده محیط راحت تر است. این نشان می دهد که درختان به طور قابل توجهی آسایش حرارتی را با کاهش تمایل به

جدول ۳. ترجیح حرارتی عابرین در معابر شهری ایلام درخت‌دار و فاقد درخت

Table 3. Thermal preference of pedestrians in Ilam urban streets with and without trees

سطح معنی‌داری Significance Level	ترجیح حرارتی عابران Pedestrians' Thermal Preference			نام معابر Names of Urban Corridors	نوع معابر Type of Urban Corridors
	سرد تر شود Prefer Cooler	تغییر نکند No Change	گرم‌تر شود Prefer Warmer		
	۶	۸۱	۹		
۰/۰۰۱	۵	۸۸	۳	خیابان پاسداران غربی Western Pasdaran Street	معابر با درخت Tree-Lined Urban Corridors
	۷۷	۱۵	۴	خیابان پاسداران شرقی - واسطی Eastern Pasdaran-Vaseti Street	
	۶۹	۲۱	۶	خیابان طالقانی Taleghani Street	معابر فاقد درخت Tree-Free Urban Corridors
				خیابان سمندری Samandari Street	

احساس کمی گرم داشتند. این یافته‌ها تأکید می‌کنند که درختان با کاهش دمای محیط و ایجاد سایه، محیطی راحت‌تر را برای عابران پیاده فراهم می‌کنند.

نتایج این مطالعه نشان داد درختان آسایش حرارتی عابران پیاده را در شهر ایلام بهبود می‌بخشند. خیابان‌های دارای درخت دارای دمای پایین‌تر (۲۱/۵۴ درجه سانتی‌گراد و ۲۲/۴۵ درجه سانتی‌گراد)، محدوده دمایی وسیع‌تر (۹/۰۹ درجه سانتی‌گراد و ۹/۳۰ درجه سانتی‌گراد) هستند و عابران پیاده راحتی بیشتری نسبت به خیابان‌های بدون درخت با دامنه دمایی بالاتر (۲۸/۶۴ درجه سانتی‌گراد و ۲۴/۶۹ درجه سانتی‌گراد) و دامنه دمایی کمتری (۵/۸۸ درجه سانتی‌گراد و ۷/۶۹ درجه سانتی‌گراد) دارند. بنابراین پرداختن به تأثیر پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی مردم در معابر بسیار مهم است زیرا به‌طور مستقیم بر سلامت عمومی، پایداری شهری و کیفیت کلی زندگی در شهرها تأثیر می‌گذارد. معابر اغلب فضاهایی هستند که به‌شدت مورد استفاده قرار می‌گیرند و در برابر دماهای شدید و کیفیت پایین هوا آسیب‌پذیر هستند.

پوشش گیاهی می‌تواند به‌طور قابل‌توجهی گرمای شهری را کاهش دهد و کیفیت کلی فضاهای عمومی را افزایش دهد. با بهبود آسایش عابران پیاده، شهرها می‌توانند سبک زندگی سالم‌تر و رفاه بیشتر جامعه را ترویج کنند. این پژوهش مهم مورد توجه بسیاری

طالقانی و سمندری)، درصد بیشتری از عابران احساس حرارتی گرما (+۲ و +۳) با مقادیر یکسان ۶۶۷٪ داشتند، در حالی که در معابر دارای درخت (پاسداران غربی و شرقی-واسطی) عابران احساس حرارتی گرما به‌ترتیب با مقادیر ۲۷،۱٪ و ۳۲،۳٪ داشتند. آزمون‌های آماری کای‌اسکوئر با مقدار آماره ۶۱/۸۲ با درجه آزادی ۱۲ و سطح معناداری ($p < 0/001$)، وجود ارتباط آماری معنادار بین نوع معبر و احساس حرارتی عابران را نشان می‌دهد. این یافته‌ها تأیید می‌کنند که وجود درختان در معابر شهری می‌تواند به‌طور مؤثری در کاهش احساس گرما و بهبود آسایش حرارتی عابران پیاده نقش داشته باشد. در خیابان طالقانی که فاقد درخت است، حدود ۲۹٪ عابران احساس بسیار گرم یا گرم داشتند. در حالی که حدود ۵۷٪ احساس گرم یا بسیار گرم گزارش دادند. در خیابان سمندری نیز که فاقد درخت است، توزیع مشابهی مشاهده شد و حدود ۶۶٪ عابران احساس گرم یا بسیار گرم داشتند. در مقابل، در خیابان پاسداران غربی که دارای درخت است، حدود ۲۷٪ عابران احساس گرم یا بسیار گرم داشتند. در خیابان پاسداران شرقی و واسطی نیز که دارای درخت است، حدود ۳۲٪ عابران احساس گرم یا بسیار گرم گزارش دادند. نتایج نشان می‌دهد که در خیابان‌های طالقانی و سمندری که فاقد درخت هستند، اکثر عابران احساس گرم یا بسیار گرم داشتند. در حالی که در خیابان‌های پاسداران غربی و شرقی، واسطی که دارای درخت هستند، اکثریت

جدول ۴. احساس آسایش حرارتی عابرین در معابر درخت دار و فاقد درخت شهر ایلام
Table 4. Thermal comfort of pedestrians in tree-lined and tree-free streets in Ilam city

سطح معنی داری Significance Level	رأی احساس حرارتی مطابق استاندارد اشری امریکا (Thermal Sensation Vote) Thermal Sensation Vote according to ASHRAE Standard							نام معابر رأی Names of Surveyed Corridors	
	-۳	-۲	-۱	۰	+۱	+۲	+۳		
	بسیار سرد Very Cold	سرد Cool	کمی سرد Slightly Cool	خنثی Neutral	کمی گرم Slightly Warm	گرم Hot	بسیار گرم Very Hot		
۰/۰۰۱	-	-	۶	۲۱	۴۳	۲۳	۳	خیابان پاسداران غربی Western Pasdaran Street	معابر با درخت Tree-Lined Urban Corridors
	-	-	۲	۱۹	۴۴	۲۶	۵	خیابان پاسداران شرقی - واسطی Eastern Pasdaran - Vaseti Street	
	-	-	۱	۹	۲۲	۵۳	۱۱	خیابان طالقانی Taleghani Street	معابر فاقد درخت Tree-Free Urban Corridors
	-	-	۲	۱۲	۱۸	۴۶	۱۸	خیابان سمندری Samandari Street	

می‌گذارد (Hashemin et al., 2022). همچنین پژوهشی نشان داد درختان با ایجاد سایه، خنک کردن محیط و بهبود شاخص کلی آسایش حرارتی نقش مهمی در افزایش آسایش حرارتی در فضاهای باز شهری دارند (Monjezi et al., 2021). نتایج پژوهشی نشان داد پوشش گیاهی در محیط شهری از طریق تعدیل دما و رطوبت، تأثیر مثبتی بر آسایش حرارتی دارد. تحقیقات نشان داده است که حضور گیاهان، به‌ویژه در قالب دیوار سبز، می‌تواند دمای هوا را در نزدیکی خود (تا ۵/۵ متر) حدود ۰/۵ درجه کاهش داده و رطوبت نسبی را افزایش دهد (Azmoudeh, 2021). همچنین نتایج پژوهشی نشان داد پوشش گیاهی، به‌ویژه دیوارهای سبز، تأثیر قابل توجهی بر آسایش حرارتی دارند. در فصل گرم، دیوارهای سبز می‌توانند دمای اطراف خود را تا ۱ درجه سانتیگراد کاهش دهند، در حالی که در فصل سرد، دمای اطراف را تا ۳ درجه سانتیگراد افزایش می‌دهند. این موضوع باعث ایجاد شرایط دمایی مطلوب‌تر در محیط‌های کوچک اطراف این ساختارهای گیاهی می‌شود (Azmoudeh, 2017).

از محققین قرار گرفته است. طبق نتایج به‌دست‌آمده در پژوهشی، چیدمان مناسب عناصر منظر، از جمله درختان، می‌تواند دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) را تا ۱/۶ درجه سانتیگراد در طول تابستان کاهش دهد و به‌طور مؤثر ناراحتی حرارتی در فضای باز را کاهش دهد. (Yang et al., 2022). پوشش گیاهی با کاهش دمای هوا با میانگین K 2.0 و کاهش دمای معادل فیزیولوژیکی (PET) تا K 13.0 در طول روزهای تابستان، آسایش حرارتی را در فضاهای باز شهری به‌طور قابل توجهی افزایش می‌دهد. این کاهش‌ها به کاهش اثرات گرمایش جهانی و جزایر گرمایی شهری کمک می‌کند و محیط‌های بیرونی را برای ساکنان شهر راحت‌تر و جذاب‌تر می‌کند (Lai et al., 2019). مطالعه‌ای که در چنگدو چین انجام شد نشان داد، پوشش گیاهی در جداره معابر شهری نقش مهمی در افزایش دامنه آسایش حرارتی به میزان ۶ درجه سانتیگراد داشته است. (Zhang et al., 2020). نتایجی پژوهشی نشان داد حالت کاشت درختان که در کنار هم قرار می‌گیرند، میانگین دمای هوا را ۰/۸۵ درجه سانتیگراد، کاهش می‌دهد این نشان می‌دهد، درختان به‌طور قابل توجهی بر آسایش حرارتی تأثیر

نتیجه‌گیری

این مطالعه تأثیر چشمگیر درختان بر آسایش حرارتی عابر پیاده در شهر ایلام را برجسته می‌کند و تمایز واضحی را بین خیابان‌های با و بدون پوشش درخت آشکار می‌کند. نتایج نشان داد خیابان‌های پاسداران غربی و پاسداران شرقی، واسطی (با درخت) در مقایسه با خیابان‌های طالقانی و سمندری (بدون درخت) دارای آسایش حرارتی بیشتر (۲۱/۵۴ درجه سانتی‌گراد و ۲۲/۴۵ درجه سانتی‌گراد) و محدوده دمایی وسیع‌تری (۹/۰۹ درجه سانتی‌گراد و ۹/۳۰ درجه سانتی‌گراد) نشان می‌دهند که نشان‌دهنده آسایش و پایداری حرارتی بیشتر است. همچنین نتایج نشان داد عابران پیاده در خیابان‌های طالقانی و سمندری (بدون درخت) عمدتاً شرایط «خنک‌تر» را ترجیح می‌دهند، که نشان‌دهنده ناراحتی از وضعیت حرارتی گرما است، در حالی که عابران در خیابان‌های پاسداران غربی و پاسداران شرقی، واسطی (با درخت) عمدتاً وضعیت ترجیح حرارتی «بدون تغییر» را ترجیح می‌دهند که نشان‌دهنده رضایت حرارتی، احساس سازگاری و انطباق با شرایط حرارتی محیط است. با توجه به اینکه معابر با درخت آسایش حرارتی بهتری را نسبت به معابر بدون درخت نشان دادند، بنابراین پوشش گیاهی نقش حیاتی در خنک کردن مناطق شهری ایفا می‌کند. بنابراین برنامه ریزان شهری باید درخت‌کاری را در اولویت طراحی شهری قرار دهند. این رویکرد نه تنها آسایش حرارتی را بهبود می‌بخشد، بلکه با کاهش نیاز به خنک‌کننده مصنوعی، مصرف کلی انرژی شهر را نیز کاهش می‌دهد. این تضاد آشکار بر نقش حضور پوشش گیاهی و درختان در افزایش آسایش حرارتی و کاهش تنش گرمایی در محیط‌های شهری تأکید می‌کند. این مطالعه به وضوح نقش حیاتی درختان را در ایجاد محیط‌های شهری راحت و پایدار نشان می‌دهد. درختان با کاهش گرمای درک شده و گسترش دامنه دمای راحت، آسایش حرارتی و رفاه عابران پیاده را افزایش می‌دهند، در نتیجه یک خرد اقلیم راحت‌تر و پایدار برای عابران پیاده ایجاد می‌کنند. در نهایت، این مطالعه بر اهمیت گنجاندن پوشش درخت در طراحی خیابان‌های شهری برای

کاهش استرس و جزیره حرارتی، گرمایی و بهبود تجربه حرارتی کلی ساکنان شهری، کمک به شهرهای پایدارتر برای حضور بیشتر افراد در فضاهای باز شهری تأکید می‌کند. با توجه به تأثیر قابل توجه پوشش گیاهی بر آسایش حرارتی، تحقیقات آینده باید بررسی گونه‌های درختی، ارتفاع، آرایش فضایی، جهت‌گیری، تراکم و تعامل آنها با هندسه شهری را در اولویت قرار دهند. روش‌های کمی و مطالعات شبیه‌سازی برای ارزیابی بهتر و بهینه‌سازی این عوامل توصیه می‌شود و راهبردهای مؤثرتری را برای بهبود آسایش حرارتی در محیط‌های شهری ممکن می‌سازد.

منابع

- Aghamolaei, R., Azizi, M M., Aminzadeh, B., & O'Donnell J. (2023). A comprehensive review of outdoor thermal comfort in urban areas: Effective parameters and approaches. *Energy & Environment*. 34(6), 2204-2227. [In Persian] <https://doi.org/10.1177/0958305X2211161>
- Aghamolaei, R., Fallahpour, M., & Mirzaei, PA. (2021). Tempo-spatial thermal comfort analysis of urban heat island with coupling of CFD and building energy simulation. *Energy Build*. 251, 111317. [In Persian]. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111317>
- An, S M., Kim, B., Lee, HY., Yi, CY., Joshi, N., & Wende, W. (2024). Views rather than radiosity: A study on urban cover view factor mapping and utilization. *Remote Sensing*. 16(24), 4618. <https://doi.org/10.3390/rs16244618>
- ANSI/ASHRAE Standard 55. (2020). Thermal environmental conditions for human occupancy, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning

- environment. *Journal of Cleaner Production*. 380,135032. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135032>
- Chen, Y., Feng, X., Tian, H., Wu, X., Gao, Z., & Feng, Y.etal. (2021). "Accelerated increase in vegetation carbon sequestration in China after 2010: A turning point resulting from climate and human interaction. *Global Change Biology*. 27 (22), 5848–5864. [doi:10.1111/gcb.15854](https://doi.org/10.1111/gcb.15854).
- Chun, C., & Tamura, A. (2005) Thermal comfort in urban transitional spaces. *Building and Environment*. 40(5), 633-639. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.08.001>
- Detommaso, M., Gagliano, A., Marletta, L., & Nocera, F. (2021). Sustainable urban greening and cooling strategies for thermal comfort at pedestrian level. *Sustainability*. 13(6), 3138. <https://doi.org/10.3390/su13063138>
- Dlamini, S., Tesfamichael, S G., Breetzke, G D., & Mokhele T. (2021). "Spatio-Temporal patterns and changes in environmental attitudes and place attachment in Gauteng, South Africa. *Geo-Spatial Information Science*. 24 (4): 666–677. [doi:10.1080/1095020.2021.1976599](https://doi.org/10.1080/1095020.2021.1976599)
- Fabbri, K., Ugolini, A., Iacovella, A., & Bianchi, A P. (2020). The effect of vegetation in outdoor thermal comfort in archaeological area in urban context *Build. Environ*. 175,106816. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106816>
- Fakhri, M. (2024). Study of the temperature changes in Iran compared to the past long-term climate standard period. *Journal of Engineers*, Atlanta, GA.
- Asgari, M., Etemad, V., Ahmadali, K., Abdi, E., Zare, S., & Javanmiripour, M. (2024). Determining the water requirement of Tehran pine and bitter olive species at different growth ages under drought stress conditions. *Journal of Drought and Climate Change Research*. 2(1), 59-. [In Persian]. [doi: 10.22077/jdcr.2024.7076.1056](https://doi.org/10.22077/jdcr.2024.7076.1056)
- Azmoudeh, M. (2021). How plants function in adjusting parameters affecting thermal comfort in urban space. Research example: Urban green wall in Tehran. *Geography and Environmental Planning*. 32(3), 67-80 . [In Persian]
- Azmoudeh, M., & Heydari, S. (2017). The effect of urban green walls on reducing microclimate temperatures and the urban heat island effect. *Environmental Science and Technology*. 5(19), 597-606 . [In Persian]
- Blau, ML., Luz, F., & Panagopoulos, T. (2018). Urban river recovery inspired by nature-based solutions and biophilic design in Albufeira, Portugal. *Land*. 7:141. <https://doi.org/10.3390/land7040141>
- Cai, B., Shao, Z., Fang, S., & Huang, X. (2022). Quantifying dynamic coupling Coordination degree of Human–Environmental interactions during Urban–Rural land transitions of China. *Land*. 11(3), 935. [doi:10.3390/land11060935](https://doi.org/10.3390/land11060935).
- Cascone, S., & Gagliano, A. (2022). Recycled agricultural plastic waste as green roof drainage layer within the perspective of ecological transition for the built

- (2019). Analyzing the thermal comfort conditions of outdoor spaces in a university campus in Kuala Lumpur, Malaysia Sci. *Total Environ.* 666, 1327–45. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.284>
- Guan, X., Shen, H., Li, X., Gan, W., & Zhang, L. (2019). A Long-Term and comprehensive assessment of the Urbanization-Induced impacts on vegetation net primary productivity.. *The Science of the Total Environ.* 669, 342–352. [doi:10.1016/j.scitotenv.2019.02.361](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.361)
- Hashemin, S A., Zarkesh, A., Higuera Garcia, E., & Suzanchi, K. (2022). Effect of tree planting design on human thermal comfort at microclimate scale; Case study: Faculty of Art and Architecture, Tarbiat Modares University. *Naqshejahan.* 12 (2), 138-158. [In Persian]. URL: <http://bsnt.modares.ac.ir/article-2-61858-en.html>
- Jamei, E., & Rajagopalan, P. (2017). Urban development and pedestrian thermal comfort in Melbourne. *Sol Energy.* 144, 681–698. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.01.023>
- Jia, F., Cao, Y., Gao, W., Yao, W., Meng, X., & Wang, C.etal. (2024). A new quantitative method for evaluating the impact of garden greening on outdoor thermal environment in summer - A case study of Japanese residential gardens. *Sustainable Cities and Society.* 117, 105962. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105962>
- Ka-Lun Lau, k., & Yin Choi, C. (2021). The influence of perceived aesthetic and acoustic quality on outdoor thermal comfort in urban environment. *Building Drought and Climate Change Research.* 2(3), 17-32. [In Persian] [doi: 10.22077/jdcr.2024.7392.1062](https://doi.org/10.22077/jdcr.2024.7392.1062)
- Fan, L., Zhao, M., Huo, J., Sha, Y., & Zhou, Y. (2025). The Impact of vegetation layouts on thermal comfort in urban main streets: A case study of Youth street in Shenyang. *Sustainability.* 17(4), 1755. <https://doi.org/10.3390/su17041755>
- Farzaneh, M., & Bani Mustafa Arab, F. (2023). Analysis of climate change adaptation laws in developed countries. *Journal of Drought and Climate Change Research.* 1(1), 49-70. [In Persian] [doi: 10.22077/jdcr.2023.6024.1009](https://doi.org/10.22077/jdcr.2023.6024.1009)
- ^aFatahi, K., nasrollahi, N., ansarimanesh, M., khodakarami, J., & emranipour, A. (2021). Investigating the role of geometry and type of urban open space on thermal comfort and environmental quality (Case study: Kashan historical part). *Motaleate Shahri.* 10(39), 69-82. [In Persian]. [doi: 10.34785/J011.2021.138](https://doi.org/10.34785/J011.2021.138)
- Fatahi, K., & Beigi, M. (2024). Assessing the state of cognitive performance of employees and determining the range of thermal comfort of different genders in Ilam hospitals. *Tkj.* 16 (3), 27-41. [In Persian] URL: <http://tkj.ssu.ac.ir/article-1-1324-fa.html>
- ^bFatahi, K., Nasrollahi, N., & Ansarimanesh, M.etal. (2021) Comparison of thermal comfort range of Finn garden and historical texture of Kashan. *Naqshejahan.* 11 (1), 53-63. [In Persian].
- Ghaffarianhoseini, A., Berardi, U., Ghaffarianhoseini, A., & Al-Obaidi, K.

- Lotfi, S., Saadatnia, M A., Moradian, M H., & Poursartip, L. (2020). Investigation of biomechanical properties of black pine using stress wave and resistography techniques. *Iranian Wood and Paper Science Research*. 36(2), 144-156. [In Persian]. doi: 10.22092/ijwpr.2021.352921.1652
- Meili, N., Acero, J A., Peleg, N., Manoli, G., Burlando, P., & Fatichi, S. (2021). Vegetation cover and plant-trait effects on outdoor thermal comfort in a tropical city. *Building and Environment*. 195, 107733. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107733> Get rights and content
- Mohite, S., & Surawar, M. (2024). Impact of urban street geometry on outdoor pedestrian thermal comfort during heatwave in Nagpur city. *Sustainable Cities and Society*. 108, 105450. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105450>
- Monjezi, N. M., & Moghadam, A. E. (2021). Investigating the PMV index in thermal comfort of urban open spaces in summer Case Study: Pedestrian Walkway near the river, Khorramabad, Lorestan. *Scientific Journal Urban Design Discourse*, (3)2 . 19-41. [In Persian] .URL: <http://udd.modares.ac.ir/article-40-58440-en.html>
- Perini, K., & Magliocco, A. (2014). Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. *Urban Forestry & Urban Greening*. 13(3), 495-506. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2014.03.003>
- and Environment. 206, 108333. DOI:10.1016/j.buildenv.2021.108333
- Lai, D., Liu, W., Gan, T., Liu, K., & Chen, Q. (2019). A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces. *Science of The Total Environment*. 661, 337-353. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.062>
- Lindenmayer, D B., Laurance, W. F., Franklin, J. F., Likens, G. E., Banks, S. C., Blanchard, W, et al. (2014). New policies for old trees: averting a global crisis in a keystone ecological structure. *Conservation Letters*. 7(1), 61-69. <https://doi.org/10.1111/conl.12013>
- ^aLiu, X., Ming, Y., & Liu, Y., et al. (2022). Influences of landform and urban form factors on urban heat island: comparative case study between Chengdu and Chongqing. *Sci Total Environ*. 820, 153395. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153395>
- Liu, Y., Yu, Z., Song, Y., Yu, X., Zhang, J., & Song, D. (2024). Psychological influence of sky view factor and green view index on daytime thermal comfort of pedestrians in Shanghai. *Urban Climate*. 56, 102014. doi: 10.22108/gep.2021.128810.1424
- ^bLiu, H., Lim, J Y., Thet, BWH., Lai, PY., & Koh, WS .(2022). Evaluating the impact of tree morphologies and planting densities on outdoor thermal comfort in tropical residential precincts in Singapore . *Building and Environment*. 221, 109268. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109268>

- post-industrial landscape. *Environmental Research Letters*. 19, 6. [In Persian]. DOI : 10.1088/1748-9326/ad49b7
- Wu, H., Jin, R., Liu, M., Nie, Z., Zhao, H., & Yao, L.etal.(2024). Investigating the potential of street trees in mitigating pedestrian thermal stress during heatwaves conditions: An empirical study in Guangzhou. *Building and Environment*.265,111955. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111955>
- Xiao, Q., Fan, X., Guo, Y., Li, S., He, W., & Deng, Y.etal. (2024). Tree form characteristics as criteria for tree species selection to improve pedestrian thermal comfort in street canyons: Case study of a humid subtropical city. *Sustainable Cities and Society*.105, 105339. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2024.105339>
- Yin, S., Wang, F., Xiao, Y., & Xue, S. (2022). Comparing cooling efficiency of shading strategies for pedestrian thermal comfort in street canyons of traditional shophouse neighbourhoods in Guangzhou, China. *Urban Climate*. 43, 101165. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101165>
- Zhang, T., Hong, B, Su, X, Li, Y., & Song, L. (2022). Effects of tree seasonal characteristics on thermal-visual perception and thermal comfort. *Building and Environment*.212, 108793. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108793>
- Zhang, L., Wei, D., Hou, Y., Du, J., Liu, Z., Zhang, G., & Shi, L. (2020). Outdoor thermal comfort of urban Park—A case study.. *Sustainability*.12(5), 1961. <https://doi.org/10.3390/su12051961>
- Picot, X.(2004). Thermal comfort in urban spaces: impact of vegetation growth: Case study: Piazza della Scienza, Milan, Italy. *Energy and Buildings*. 36(4), 329-334. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2004.01.044>
- Quadros, B.M., & Mizgier, M.G.O. (2023). Urban green infrastructures to improve pedestrian thermal comfort: A systematic review. *Urban Forestry & Urban Greening*. 88, 128091. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2023.128091>
- Rosenzweig, C., Solecki, W. D., Romero-Lankao, P., Mehrotra, S., Dhakal, S., & Ibrahim, S. A. .et al.(2018). Climate change and cities: Second assessment report of the urban climate change research network, Cambridge University Press.
- Sachs, J D., Schmidt-Traub, G., Mazzucato, M., Messner, D., Nakicenovi, c N., & Rockström, J. (2019). Six transformations to achieve the sustainable development goals. *Nature Sustainability* .2 (9), 805–814. [doi:10.1038/s41893-019-0352-9](https://doi.org/10.1038/s41893-019-0352-9).
- Tang, Y F., WenY, B., Chen, H., Tan, Z C., Yao, YH., & Zhao, F Y. (2023). Airflow mitigation and pollutant purification in an idealized urban street canyon with wind driven natural ventilation: cooperating and opposing effects of roadside tree plantings and non-uniform building heights. *Sustainable Cities and Society*. 92, 104483. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2023.104483>.
- Vatani, M., Kiani, K., Mahdavejad, Mj., & Georgescu, M.(2024). Evaluating the effects of different tree species on enhancing outdoor thermal comfort in a

Zhong, J., Liu, J., Jiao, L., Lian, X., Xu, Z., & Zhou, Z. (2021). Assessing the Comprehensive Impacts of Different Urbanization Process on Vegetation Net Primary Productivity in Wuhan, China, from 1990 to 2020. *Sustainable Cities and Society*. 75, 103295. doi:10.1016/j.scs.2021.103295.

