Analysing Climate Justice and Urban Heat Management Strategies in the Informal Settlements of Mashhad City

Saleh Ebrahimipour[1]*, Katayoun Alizadeh[1]

1. Department of Geography, Faculty of Theology and Foreign Languages, Islamic Azad University, Mashhad, Iran.

* Corresponding Author's Email: saleh.ebrahimipour@iau.ir

Introduction

Climate change has emerged as one of the most significant global challenges of the 21st century, with profound local manifestations. Urban areas, particularly in the Global South, are at the forefront of experiencing their impacts, chiefly through the intensification of urban heat islands (UHIs). This phenomenon, where urban regions experience significantly higher temperatures than their rural surroundings, is exacerbated by rapid urbanisation, densification, and the loss of green cover. Informal settlements, characterised by physical density, inadequate infrastructure, substandard building materials, and a lack of green spaces, are disproportionately affected. This creates a nexus of environmental and social vulnerability, raising critical questions of climate justice—the fair distribution of both the causes and consequences of climate change.

Mashhad, Iran's second-largest metropolis and a major pilgrimage destination, exemplifies this crisis. Approximately 30-32% of its population, over one million people, reside in informal settlements covering nearly 10% of the city's area. These neighbourhoods face severe climatic pressures, with studies indicating a 2.1°C increase in the city's annual mean temperature over the past five decades, coupled with a decline in vegetation cover. This research addresses a significant gap in the literature by employing an integrated, interdisciplinary approach to investigate the multifaceted nature of climate injustice within four prominent informal settlements of Mashhad: Khaje Rabi'e, Ghale Sakhteman, Siyidi, and Old Ghochan Road. The study posits that structural climate injustice exists in these areas, manifested through distributive and procedural inequities, and that current urban heat management policies have been ineffective in providing a just response.

Materials and Methods

This study adopts a mixed-methods research design, combining quantitative, spatial, and qualitative data to triangulate findings and provide a holistic understanding of climate justice. The research is descriptive-analytical in nature and applied in purpose.

Study Areas: Four informal settlements were selected based on geographic, physical, and socio-economic diversity: Khaje Rabi'e (north, near Kashaf River), Ghale Sakhteman (east/southeast, hottest), Siyidi (south/southeast, compact fabric), and Old Ghochan Road (northwest, rapidly developing).

Quantitative & Spatial Data:

Questionnaire Survey: A sample of 306 households (approx. 80 per zone) was selected via multi-stage cluster sampling. A structured questionnaire assessed demographic variables, perception of heat intensity, discomfort from high Physiological Equivalent Temperature (PET), and perceptions of distributive, procedural, and cognitive justice. Reliability was confirmed (Cronbach's Alpha > 0.75).

Spatial Analysis: Landsat satellite imagery (TM 1979, ETM+ 2009, OLI/TIRS 2023) was processed using ENVI and ArcGIS software to derive long-term changes in Land Surface Temperature (LST) and the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI). Summer PET was estimated as a more comprehensive thermal comfort indicator.

Qualitative Data:

Semi-structured Interviews: 20 interviews were conducted (14 residents, 6 municipal officials/experts).

Focus Group Discussions (FGDs): Four FGD sessions were held with residents.

Qualitative data were analysed using thematic analysis in MAXQDA software.

Data Integration & Analysis: Quantitative data were analysed using SPSS (descriptive stats, Pearson correlation, ANOVA, independent t-test, multivariate regression). A triangulation approach was used to synthesise findings from all data levels, leading to the development of a final conceptual model of climate justice in Mashhad's informal settlements.

Results and Discussion

The findings paint a clear picture of entrenched and multi-dimensional climate injustice, revealing strong convergence between objective environmental data and subjective resident experiences.

Spatial & Environmental Injustice: Satellite data analysis confirmed significant inter-zonal disparities. Ghale Sakhteman and Siyidi had the highest LST (41.0°C and 40.2°C, respectively) and the lowest NDVI (0.11 and 0.14, respectively) in 2023, indicating severe heat islands and minimal vegetation. In contrast, Khaje Rabi'e, benefiting from proximity to the Kashaf River, had a lower LST (36.8°C) and higher NDVI (0.20). This objective distributive injustice in environmental risk was stark.
Perceptual & Social Injustice: Questionnaire results strongly correlated with spatial data. Residents of Ghale Sakhteman and Siyidi reported the highest levels of perceived discomfort from heat (mean 4.40 and 4.35 on a 5-point scale) and the strongest sense of climate injustice. Statistical analysis revealed significant negative correlations between perceived heat intensity and all three justice dimensions (distributive, procedural, and cognitive), and a positive correlation with the sense of injustice.
Justice Dimensions: Exploratory Factor Analysis validated a three-factor structure for climate justice, explaining 64% of the variance:
Distributive Justice (30.5% variance): Access to green space, shade, and cooling facilities.
Procedural Justice (18.2% variance): Participation in meetings, awareness of plans, and transparency.
Cognitive Justice (15.3% variance): Awareness of local methods, recognition of indigenous knowledge.
Key Predictors of Injustice: A multivariate regression model ($R^2 = 0.47$) identified the most significant factors reducing the sense of injustice: Access to Green Space ($\beta = -0.41$), Procedural Justice ($\beta = -0.36$), and Cognitive Justice ($\beta = -0.28$). An independent t-test underscored the powerful impact of green space, showing a large effect size (Cohen's $d = 0.76$) in lowering perceived injustice for those with access within 5 minutes.
Qualitative Themes – The Lived Experience: Resident interviews and FGDs crystallised the experiential dimension of injustice into core themes: "Unjust Urban Heat and Suffocation," "Inequity in Cooling Services," and "Perception of Institutional Neglect." Residents expressed frustration over a lack of shade, unreliable electricity, and feeling unheard by authorities. FGDs highlighted community redefinitions of justice as "unequal access to shade and wind" and raised concerns over intergenerational justice.
The Institutional-Experiential Gap: A critical finding was the stark contrast between resident and official perspectives. While residents emphasised service inequality and exclusion, officials' narratives focused on "Resource Limitations and Prioritisation of Formal Populations," "Lack of Precise Local Climatic Data," and the "Challenges in Social Participation." This reflects a fundamental conceptual gap: a technical-managerial perspective on climate justice versus a lived-experiential and rights-based perspective.
Integrated Conceptual Model: Synthesising all findings, the study proposes a conceptual model where climate injustice is the outcome of three reinforcing processes: 1 Exposure to UHI effects, 2) Social and physical Vulnerability, and 3) Institutional Procedural Injustice. This leads to perceived climatic inequality and ultimately impacts residents' physical and mental health.
The discussion contextualises these findings within global literature, confirming that informal settlements are epicentres of UHIs and that vulnerability is socially stratified. The study aligns with international research on the necessity of procedural justice but adds a crucial local insight: in Mashhad, feelings of injustice are compounded by a symbolic inequality—a perception of being unseen and unheard in the city's political and planning processes.

Conclusion

This research conclusively confirms the hypothesis of structural climate injustice within Mashhad's informal settlements and the inadequacy of current policy responses. Injustice is not incidental but is woven into the physical fabric, social composition, and governance structures of these neighbourhoods. Achieving climate justice in Mashhad requires a fundamental paradigm shift from a technical-physical management of heat to a socio-institutional management of climate.
This necessitates integrated action on three fronts:
Distributive Actions: Prioritising investment in green infrastructure (micro-parks, street trees), cool materials, and ventilation corridors specifically within informal settlements.
Procedural Reforms: Establishing transparent, participatory mechanisms to include residents in planning and decision-making processes related to climate adaptation, thereby rebuilding institutional trust.
Recognitive Measures: Validating and integrating local knowledge and experiences into formal adaptation strategies.

Keywords: Climate Justice, Informal Settlements, Urban Heat Islands, Land Surface Temperature (LST), Normalised Difference Vegetation Index (NDVI)

بررسی عدالت اقلیمی و راهبردهای مدیریت گرمای شهری در سکونتگاه های غیررسمی شهر مشهد

صالح ابراهیمی پور[1*]، کتایون علیزاده[1]

۱- گروه جغرافیا، دانشکده الهیات و زبان‌های خارجی، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران.

* رایانامه نویسنده مسئول: saleh.ebrahimipour@iau.ir

چکیده

عدالت اقلیمی به‌عنوان یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار شهری، به توزیع عادلانه مخاطرات و مواهب محیطی در بین گروه‌های مختلف اجتماعی می‌پردازد. پژوهش حاضر با هدف تحلیل عدالت اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی شهر مشهد، بر پایه رویکردی تلفیقی و میان‌رشته‌ای انجام شده است. در این مطالعه، ترکیب داده‌های کمی و کیفی شامل تحلیل تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های پرسش‌نامه‌ای، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و جلسات گروه‌های کانونی به کار گرفته شد. یافته‌ها نشان داد سکونتگاه‌های غیررسمی مانند قلعه ساختمان و سیدی بالاترین دمای سطح و کمترین پوشش گیاهی را دارند. ساکنان این مناطق از رضایت زیست‌محیطی پایین و دسترسی ناکافی به خدمات رنج می‌برند. همچنین شکاف معناداری بین درک ساکنان (تمرکز بر نابرابری خدمات) و مدیران شهری (تمرکز بر محدودیت‌های نهادی) وجود دارد. این پژوهش وجود بی‌عدالتی اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد را تأیید می‌کند و نشان می‌دهد دستیابی به عدالت اقلیمی مستلزم تلفیق هم‌زمان عدالت توزیعی، رویه‌ای و ترمیمی است.

واژه‌های کلیدی: عدالت اقلیمی، سکونتگاه‌های غیررسمی، جزایر حرارتی شهری، دمای سطح زمین (LST)، شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، مشهد.

مقدمه

تغییر اقلیم، یکی از بزرگ‌ترین و فوری‌ترین چالش‌های پیش روی بشریت در قرن بیست و یکم است (Ndlangamandla, 2023; Ghasemi et al., 2024). یکی از مهم‌ترین اثرات تغییرات اقلیمی بر پوشش گیاهی، تغییر در محدوده پراکنش گونه‌ها است (Dastorani et al., 2025). هیئت بین‌الدولی تغییر اقلیم (IPCC) پیش‌بینی نموده است که نرخ تغییر اقلیم در قرن ۲۱ به مقدار بی‌سابقه‌ای در جهان برسد(Ramezani Etedali & Koohi, 2025). گزارش ششم هیئت بین‌الدولی تغییرات اقلیمی (IPCC) نشان می‌دهد که میانگین دمای جهانی طی دو دهه نخست این قرن حدود ۰.۹۹ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است (IPCC, 2021 به نقل از Mahadevia, 2024) و هم‌اکنون دمای سطح زمین ۱/۱ درجه سانتی‌گراد بالاتر از سطوح پیشاصنعتی است (The World Bank, 2023). تغییر اقلیم به‌عنوان یک چالش جهانی، با افزایش دمای کره زمین و تشدید پدیده‌هایی مانند امواج گرما، تأثیرات عمیقی بر زیستگاه‌های انسانی گذاشته است (IPCC, 2021; Zayyari et al., 2025). در چنین شرایطی، بدون مداخلات فوری، جهان با «خطرات شدید، گسترده و غیر قابل بازگشت» مواجه خواهد شد (Joof, 2025).

در میان پیامدهای تغییر اقلیم، گرمای شدید یکی از ملموس‌ترین و تهدیدآمیزترین جلوه‌های آن است. افزایش میانگین دمای جهانی، وقوع و شدت امواج گرما را افزایش داده است (The World Bank, 2023)، به‌گونه‌ای که دماهای بالای ۴۰ و حتی ۵۰ درجه سانتی‌گراد در بسیاری از نقاط جهان تکرار می‌شود (World Meteorological Organization, 2024). مطالعات متعدد تأکید می‌کنند که گرمای شدید بیشترین میزان مرگ‌ومیر مرتبط با اقلیم را در جهان رقم می‌زند (Walnycki et al., 2025) و افزایش دمای بیش از ۱.۵ درجه سانتی‌گراد می‌تواند به رشد چشمگیر مرگ‌ومیر انسانی منجر شود (Satterthwaite et al., 2020; WHO, 2023).

هم‌زمان با تشدید بحران اقلیمی، روند شهرنشینی نیز با سرعتی بی‌سابقه در حال گسترش است. بیش از نیمی از جمعیت جهان اکنون در شهرها زندگی می‌کنند و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ این سهم به حدود ۷۰ درصد و تا سال ۲۱۰۰ به بیش از ۸۵ درصد برسد (Oraiopoulos et al., 2025; United Nations, 2018). رشد سریع شهرنشینی به‌ویژه در کشورهای جنوب

نسخه پیش از انتشار

جهانی شامل آسیا و آفریقا نه‌تنها چالش‌های زیربنایی، بلکه فشار فزاینده‌ای بر زمین، منابع و خدمات شهری وارد کرده است (Shand & Ndezi, 2025).

این تأثیرات در بافت‌های شهری، به‌ویژه از طریق پدیده جزیره حرارتی، نمودی بارزتر دارد (Mentaschi et al., 2022). جزیره گرمایی شهری، پدیده‌ای است که ارتباط تنگاتنگی با توسعه شهرها و گسترش شهری دارد (Mansourian & Askarzade, 2025). این پدیده موجب می‌شود دمای مناطق شهری تا ۱۰ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد بالاتر از مناطق پیرامونی باشد (Mentaschi et al., 2022) و با تداوم گرمایش جهانی، اثرات آن نیز تشدید خواهد شد (Mahadevia, 2024). به این ترتیب، مدیریت گرما در شهرها به مسئله‌ای حیاتی برای سیاست‌گذاری شهری بدل شده است (Walnycki et al., 2025).

هم‌زمان، رشد سریع و گاه بی‌ضابطه شهرنشینی در کشورهای در حال توسعه، منجر به گسترش سکونتگاه‌های غیررسمی شده است که از حداقل خدمات و زیرساخت‌های شهری برخوردارند (Shand & Ndezi, 2025). بیش از یک میلیارد نفر در سراسر جهان در این سکونتگاه‌ها زندگی می‌کنند (Ramsay et al., 2023; Williams et al., 2019) و انتظار می‌رود این رقم تا سال ۲۰۵۰ به سه برابر افزایش یابد (Shand & Ndezi, 2025). این مناطق که اغلب در حاشیه کلان‌شهرهای کشورهای در حال توسعه شکل گرفته‌اند، از حداقل زیرساخت، پوشش گیاهی و خدمات شهری برخوردارند و دمای آن‌ها گاه ۳ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد بیش از محلات مجاور است (Opiyo & Matata., 2021; Santamouris, 2020).

در این میان، بار نابرابر اثرات تغییر اقلیم بر دوش گروه‌های کم‌درآمد و ساکنان این سکونتگاه‌ها قرار گرفته است (Ghasemi et al., 2024). تراکم بالا، نبود فضای سبز و مصالح نامناسب، این مناطق را به کانون‌های گرمایی و آسیب‌پذیر تبدیل کرده است (Opiyo & Matata, 2021). این نابرابری در مواجهه با مخاطرات اقلیمی، مسئله «عدالت اقلیمی» را به‌عنوان یک چارچوب ضروری برای تحلیل و سیاست‌گذاری مطرح می‌کند (Shand & Ndezi, 2025; Hanaee & Khalesi, 2024). عدالت اقلیمی بر این اصل استوار است که اثرات تغییرات اقلیم به‌صورت ناعادلانه توزیع شده‌اند و جوامع کم‌درآمد و حاشیه‌نشین، با وجود سهم اندک در تولید آلاینده‌ها، بیشترین آسیب را متحمل می‌شوند (Shand & Ndezi, 2025). تراکم کالبدی، فرسایش محیط‌های طبیعی و دسترسی محدود به خدمات شهری در این سکونتگاه‌ها، نابرابری حرارتی و در نتیجه بی‌عدالتی اقلیمی را تشدید کرده است (Corburn et al., 2022; Shand & Ndezi, 2025). ازاین‌رو، عدالت اقلیمی نه‌تنها یک مفهوم نظری، بلکه ابزاری عملی برای تحلیل و اصلاح سیاست‌های اقلیمی محسوب می‌شود (Mohtat & Khirfan, 2021; Joof, 2025).

در ایران، کلان‌شهر مشهد نمونه‌ای شاخص از این بحران چندوجهی است. این شهر به‌عنوان دومین کلان‌شهر کشور و قطب زیارتی-مهاجرتی شرق ایران، با حدود ۳۸۹۴ هکتار سکونتگاه غیررسمی و میزبانی بیش از یک میلیون نفر از جمعیت شهری، با چالش‌های جدی در حوزه عدالت اقلیمی مواجه است (Baghban & Minaei, 2023; Aghajani et al., 2024). گسترش فیزیکی شهر، کاهش پوشش گیاهی، افزایش مصرف انرژی و فعالیت‌های انسانی موجب تشدید پدیده جزیره حرارتی شهری در مشهد شده است؛ به‌طوری که در یک دهه گذشته، دمای این شهر به‌طور میانگین ۲/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. سکونتگاه‌های غیررسمی به دلیل تراکم بالا، مصالح نامناسب، کمبود فضاهای سبز و فقدان زیرساخت‌های سرمایشی، در برابر گرمایش شهری آسیب‌پذیرترند و اکنون به کانون‌های گرمایی مشهد بدل شده‌اند. با این حال، مطالعات پیشین در ایران کمتر به بررسی پیوند میان گرمایش شهری، سکونتگاه‌های غیررسمی و عدالت اقلیمی به‌صورت یکپارچه پرداخته‌اند. این پژوهش درصدد است تا این خلأ را پر کند.

فرضیه اصلی تحقیق این است که در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد، بی‌عدالتی اقلیمی در ابعاد توزیعی و رویه‌ای وجود دارد و سیاست‌های مدیریت گرمای شهری نتوانسته‌اند پاسخی مؤثر و عادلانه به این وضعیت ارائه دهند. هدف اصلی این پژوهش، تحلیل وضعیت عدالت اقلیمی و ارزیابی راهبردهای مدیریت گرمای شهری در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد است. اهداف فرعی شامل: ۱) تحلیل الگوی توزیع فضایی مخاطرات گرمایی، ۲) بررسی جایگاه مشارکت و دانش بومی در راهبردها، و ۳) ارزیابی کارآمدی

نسخه پیش از انتشار

و عدالت‌محوری سیاست‌های موجود است. پرسش اصلی آن است که: «وضعیت عدالت اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد چگونه است و راهبردهای مدیریت شهری تا چه حد در کاهش این بی‌عدالتی‌ها موفق بوده‌اند؟»

مبانی نظری این پژوهش بر پیوند چند مفهوم کلیدی استوار است. تغییرات اقلیمی به‌عنوان دگرگونی بلندمدت در الگوهای آب‌وهوایی تعریف می‌شود که فعالیت‌های انسانی عامل اصلی شتاب آن در دوران معاصر است (IPCC, 2023). گزارش IPCC با قاطعیت بیان می‌کند که گرمایش جهانی عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی است (IPCC, 2023). انتشار گازهای گلخانه‌ای در بالاترین سطح تاریخی خود قرار دارد (Yang et al., 2025) و غلظت دی‌اکسیدکربن نسبت به دوران پیشاصنعتی حدود ۴۲ درصد افزایش یافته است (UNDP, 2021). مطالعات علمی نشان می‌دهد انسان‌ها تقریباً مسئول تمام گرمایش ۲۰۰ سال گذشته‌اند (Chukwuemeka et al., 2024). یکی از تظاهرات محلی این پدیده در شهرها، جزیره حرارتی شهری است که به دلیل جایگزینی سطوح طبیعی با مصالح مصنوعی ایجاد شده و دمای شهر را نسبت به حومه افزایش می‌دهد (Rahman et al., 2022) و می‌تواند تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد اختلاف دما ایجاد کند (Pastam, 2024).

سکونتگاه‌های غیررسمی، به‌عنوان بخش قابل توجهی از فضای شهری در کشورهای در حال توسعه، به دلیل ویژگی‌هایی مانند تراکم بالا، کمبود زیرساخت و فضاهای سبز، به طور ویژه‌ای در برابر پدیده جزیره حرارتی آسیب‌پذیر هستند (Satterthwaite et al., 2020). درحالی‌که کشورهای صنعتی سهم بیشتری در انتشار گازهای گلخانه‌ای دارند، جوامع کم‌درآمد و کشورهای جنوب جهانی بیشترین آسیب را متحمل می‌شوند (Agyeman et al., 2016). ازاین‌رو، عدالت اقلیمی فراتر از یک موضوع زیست‌محیطی صرف، به مسئله‌ای اخلاقی، اقتصادی و سیاسی بدل شده است (Walker, 2012). این آسیب‌پذیری نابرابر، مسئله عدالت اقلیمی را مطرح می‌کند. این مفهوم بر توزیع ناعادلانه هم علل و هم پیامدهای تغییر اقلیم تأکید دارد و خواستار توجه به جوامع حاشیه‌ای است (Schlosberg, 2013). عدالت اقلیمی در سطح شهری ابعادی چون عدالت توزیعی (تقسیم منصفانه منابع و مخاطرات)، عدالت رویه‌ای (مشارکت در تصمیم‌گیری) و عدالت به رسمیت‌شناختن (احترام به دانش و تجربه محلی) را دربر می‌گیرد.

در مواجهه با این چالش، مدیریت گرمای شهری و تاب‌آوری اقلیمی به‌عنوان راهبردهای عملی اهمیت می‌یابند. مدیریت گرمای شهری شامل مجموعه‌ای از اقدامات کالبدی (مانند توسعه فضای سبز) و برنامه‌ای برای کاهش اثرات گرماست (Santamouris, 2015). تاب‌آوری شهری نیز به ظرفیت سیستم شهری برای جذب، سازگاری و تحول در برابر شوک‌هایی مانند امواج گرما اشاره دارد (Meerow et al., 2016). تحقق این راهبردها در بافت‌های غیررسمی، مستلزم گنجاندن اصول عدالت اقلیمی و بهره‌گیری از ظرفیت‌های اجتماعی این جوامع است.

در نهایت، ادغام اصول عدالت اقلیمی و تاب‌آوری در سیاست‌گذاری‌های شهری می‌تواند مسیر گذار به شهرهای پایدار اقلیم‌محور را هموار کند. این نگاه به‌ویژه برای تحلیل سکونتگاه‌های غیررسمی در شهرهایی چون مشهد ضرورتی نظری و کاربردی دارد، چرا که این بافت‌ها در خط مقدم تجربه بحران‌های حرارتی و نابرابری‌های اقلیمی قرار دارند.

مرور ادبیات نشان می‌دهد که پیوند گرمایش جهانی، شهرنشینی و آسیب‌پذیری اجتماعی، موضوعی میان‌رشته‌ای است. مطالعات جهانی تأکید دارند که پدیده جزیره حرارتی شهری، به‌عنوان نماد تغییر اقلیم در شهرها، از تلفیق عوامل کالبدی (تراکم، مصالح)، اقلیمی و اجتماعی ناشی می‌شود و گروه‌های کم‌درآمد را بیشتر تحت تأثیر قرار می‌دهد (Ren et al., 2022; Leal Filho et al., 2023). تحول روش‌شناختی با استفاده از فناوری‌هایی مانند سنجش از دور و GIS، امکان تحلیل دقیق‌تر الگوهای فضایی-زمانی گرما را فراهم کرده و مسیر پژوهش را به سمت سیاست‌گذاری و عدالت فضایی سوق داده است (Acosta et al., 2021; Cafaro et al., 2024). این تغییر رویکرد از اقلیم‌شناسی صرف به سمت سیاست‌گذاری و عدالت فضایی حرکت کرده است. افزون بر این، پژوهش‌های اجتماعی-اقلیمی (Yin et al., 2023) نشان داده‌اند که تجربه حرارتی و احساس ناامنی اقلیمی در گروه‌های اجتماعی مختلف نابرابر است. در ایران نیز مطالعات اخیر در این مسیر گام برداشته‌اند و با تحلیل شاخص‌های پوشش گیاهی و دمای سطح زمین به شناسایی نواحی داغ شهری پرداخته‌اند (Nasiri et al., 2022; Safarrad et al.,2025). در شهر

مشهد، پژوهش‌ها نشان داده‌اند که کاهش پوشش گیاهی، گسترش بافت متراکم و ضعف در طراحی اقلیمی شهری از مهم‌ترین عوامل افزایش گرمای سطحی هستند (Torky & Masoodian, 2022; Saberifar, 2025).

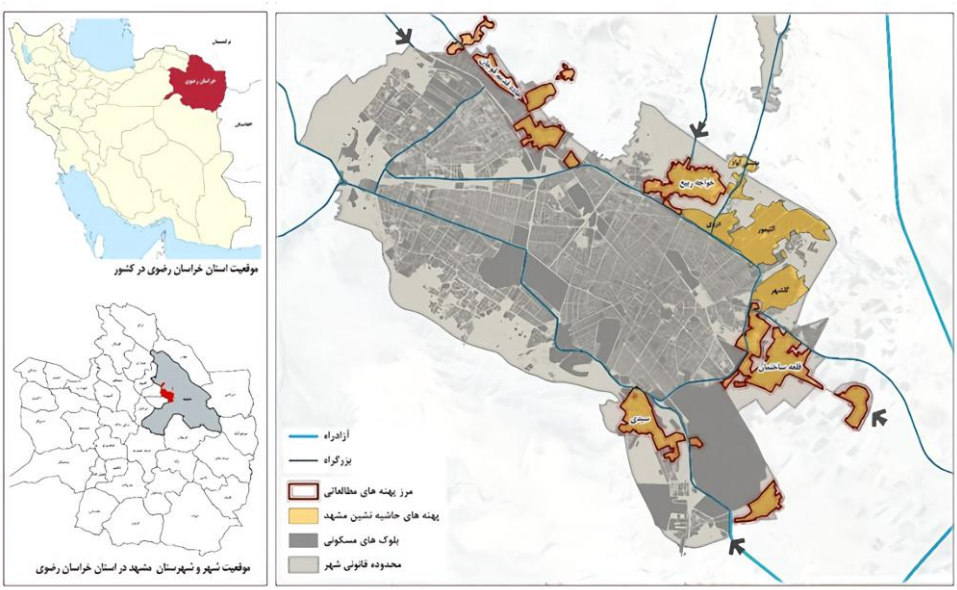
در حوزه سکونتگاه‌های غیررسمی، پژوهش‌ها بر آسیب‌پذیری ذاتی این مناطق در برابر گرما به‌دلیل تراکم بالا، مصالح نامناسب و نبود زیرساخت‌های خنک‌کننده تأکید کرده‌اند (Scott et al., 2017; Mehrotra et al., 2018). اگرچه ظرفیت‌های اجتماعی این جوامع به‌عنوان عاملی برای سازگاری شناسایی شده (Marques, 2025)، اما نابرابری در دسترسی به خدمات، عدالت اقلیمی را در این بافت‌ها تضعیف می‌کند (Satterthwaite et al., 2020). در ادبیات داخلی، مطالعات پیرامون سکونتگاه‌های غیررسمی بیشتر بر ابعاد اقتصادی، اجتماعی و کالبدی متمرکز بوده‌اند (Teymouri, 2024; Ramezani Farokhad et al., 2024) و جنبه‌های اقلیمی این بافت‌ها کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. در حوزه عدالت اقلیمی، پژوهش‌های جهانی از آثار نظری میتچل و چاکرابورتی (Mitchell & Chakraborty, 2018) تا مطالعات تجربی هسو و همکاران (Hsu et al., 2021) و مک‌لین (McLean, 2025)، نشان داده‌اند که توزیع نابرابر گرما، آلودگی و منابع خنک‌کننده، مصداق بارز بی‌عدالتی اقلیمی است. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2023) و اوگونبود و همکاران (Ogunbode et al., 2024) نیز این شکاف را در مقیاس جهانی مستند کرده‌اند. در ایران، تنها دو پژوهش عمده در این زمینه انجام شده است (Hanaee & Khalesi, 2024; Jahanbin et al., 2024) که بیشتر بر ابعاد نظری تمرکز داشته و هیچ‌کدام عدالت اقلیمی را در بستر سکونتگاه‌های غیررسمی بررسی نکرده‌اند. بنابراین، شکاف پژوهشی اصلی در فقدان مطالعه تجربی یکپارچه است که سه محور گرمایش شهری، سکونتگاه غیررسمی و عدالت اقلیمی را با رویکردی ترکیبی (تلفیق داده‌های اقلیمی و اجتماعی) و در مقیاس محلی (مشهد) بررسی کند. پژوهش حاضر در صدد پر کردن این خلأ است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در کلان‌شهر مشهد، دومین شهر پرجمعیت ایران، انجام شده است. رشد سریع جمعیت و مهاجرت گسترده در دهه‌های اخیر، منجر به شکل‌گیری و گسترش سکونتگاه‌های غیررسمی وسیعی در این شهر شده است. بر اساس آمار رسمی، حدود ۳۰ تا ۳۲ درصد از جمعیت مشهد (معادل بیش از یک میلیون نفر) در این سکونتگاه‌ها زندگی می‌کنند که وسعتی حدود ۳۶۹۵ هکتار (معادل ۱۰٪ مساحت شهر) را در بر می‌گیرد (Vice Presidency for Planning and Human Capital Development of Mashhad Municipality, 2021).

برای انجام مطالعه میدانی، چهار پهنه اصلی سکونتگاه غیررسمی در مشهد با هدف پوشش تنوع جغرافیایی، کالبدی و اجتماعی انتخاب شدند: سیدی، قلعه ساختمان، خواجه ربیع و جاده قدیم قوچان. موقعیت این پهنه‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است. انتخاب این پهنه‌ها بر اساس معیارهایی چون جمعیت، سابقه شکل‌گیری، موقعیت نسبت به شهر و ویژگی‌های محیطی صورت گرفت تا امکان مقایسه تطبیقی وضعیت عدالت اقلیمی در شرایط مختلف فراهم شود.

نسخه پیش از انتشار



شکل ۱. موقعیت محدود سکونتگاه‌های غیر رسمی مشهد و پهنه‌های مورد مطالعه.

Fig 1. Location of informal settlements in Mashhad and the studied areas.

محله خواجه ربیع در شمال مشهد و در حاشیه محدوده رسمی شهر قرار دارد که به دلیل نزدیکی به باغ خواجه ربیع و مسیر رودخانه کشف‌رود، از نظر اقلیمی اندکی معتدل‌تر از سایر نواحی حاشیه‌ای است. محله قلعه ساختمان در شرق و جنوب شرق شهر واقع شده و به دلیل موقعیت جغرافیایی در نواحی گرم‌تر، در معرض اثرات شدید جزیره حرارتی قرار دارد. محله جاده قدیم قوچان نیز در شمال غرب مشهد واقع شده و در سال‌های اخیر رشد سریعی داشته است.

جدول ۱. ویژگی‌های عمومی چهار محدوده مورد مطالعه (منابع داده‌ها: برآوردهای میدانی و آمارهای طرح ساماندهی سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد، ۱۴۰۴)

Table 1. General Characteristics of the Four Studied Areas. (Data Sources: Field Surveys and Statistics from the Mashhad Informal Settlements Regulation Plan, 2025)

معیار criteria	پهنه خواجه ربیع Khaje Rabi'e Zone	پهنه قلعه ساختمان Ghale Sakhteman Zone	پهنه سیدی Siyidi Zone	پهنه جاده قدیم قوچان Old Ghochan Road Zone
جمعیت (نفر) Population (people)	94212	188268	125905	144987
مساحت (هکتار) Area (hectares)	442	868	556	605
تراکم جمعیت (نفر/هکتار) Population Density (people/hectare)	213	217	226	240
موقعیت نسبت به شهر Location Relative to the City	داخل محدوده Within City Limits	داخل محدوده Within City Limits	داخل محدوده Within City Limits	داخل محدوده / حریم Within City Limits / Peripheral Zone
موقعیت جغرافیایی Geographical Location	شمال north	شرق و جنوب شرق East and Southeast	جنوب و جنوب شرق south and south - east	شمال غرب north west
ویژگی کالبدی غالب Dominant Physical Features	ترکیب بافت سنتی و توسعه‌های جدید	بافت متراکم، خانه‌های یک‌طبقه، عرض کم معابر	بافت فشرده، معابر باریک، مصالح غیراستاندارد Compact Fabric, Narrow Streets, Use of	توسعه سریع، ساخت‌وساز پراکنده Rapid Development,

ویژگی اقلیمی-زیست‌محیطی Climatic and Environmental Characteristics	مجاورت با کشف‌رود، تهویه نسبی بهتر Proximity to the Kashaf River, Relatively Better Air Ventilation	یکی از گرم‌ترین نواحی مشهد، کمبود فضای باز One of the Hottest Areas in Mashhad, Lack of Open Space	دمای بالاتر از میانگین شهر، کمبود فضای سبز Temperatures Higher than the City Average, Lack of Green Space	ساخت‌وساز پراکنده اراضی بایر پیرامونی، تابش زیاد و کمبود سایه Dispersed Construction on Surrounding Barren Lands, High Solar Radiation, Lack of Shaded Areas
	Combination of Traditional Fabric and New Developments	Dense Fabric, Single-Story Houses, Narrow Passages	Non-Standard Building Materials	

این پراکندگی جغرافیایی، امکان بررسی عدالت اقلیمی و درک متفاوت ساکنان از گرمای شهری را در شرایط متنوع محیطی فراهم می‌کند. هر یک از این محلات دارای ویژگی‌های متمایز کالبدی، جمعیتی و زیست‌محیطی هستند که مقایسه تطبیقی وضعیت عدالت اقلیمی در آن‌ها را امکان‌پذیر می‌سازد.

روش تحقیق این پژوهش با هدف بررسی عدالت اقلیمی و راهبردهای مدیریت گرمای شهری در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد، از رویکردی ترکیبی با غلبه بر داده‌های میدانی بهره می‌گیرد. این رویکرد ترکیبی امکان بررسی هم‌زمان ابعاد عینی و ذهنی عدالت اقلیمی را فراهم می‌سازد، به‌گونه‌ای که داده‌های کمی برای سنجش شاخص‌های قابل اندازه‌گیری و داده‌های کیفی برای فهم عمیق‌تر فرایندها و تجربیات زیسته به کار گرفته می‌شوند. پژوهش از نظر هدف، کاربردی و از حیث ماهیت، توصیفی–تحلیلی محسوب می‌شود که به روش میدانی و با استفاده از پرسش‌نامه، مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و جلسات گروه کانونی اجرا می‌گردد.

در بخش کمی، حجم نمونه بر اساس فرمول کوکران با سطح اطمینان ۹۵ درصد و خطای مجاز ۵ درصد، ۳۲۰ خانوار تعیین گردید که به‌صورت میانگین از هر محله حدود ۸۰ خانوار به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای انتخاب شدند. ابزار گردآوری داده در این بخش، پرسش‌نامه ساختاریافته‌ای بود که بر اساس مطالعات پیشین عدالت اقلیمی و شرایط بومی مشهد طراحی شد و شامل سه بخش اصلی ویژگی‌های جمعیت‌شناختی، وضعیت مواجهه با گرمای شهری و احساس عدالت در توزیع امکانات و تصمیم‌گیری‌ها بود.

روایی محتوایی پرسش‌نامه با نظر سه متخصص حوزه محیط شهری و عدالت اقلیمی تأیید شد و پایایی آن با آلفای کرونباخ ۰.۸۶ در یک مطالعه پیش‌آزمون به دست آمد. داده‌های گردآوری‌شده با استفاده از نرم‌افزار SPSS و با به‌کارگیری روش‌های آماری تحلیل توصیفی، آزمون همبستگی و تحلیل عاملی اکتشافی مورد تحلیل قرار گرفتند.

در بخش کیفی، با هدف دستیابی به درکی عمیق‌تر از تجربه ساکنان و دیدگاه مسئولان، از مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و جلسات گروه کانونی استفاده شد. در مجموع، ۲۰ مصاحبه فردی شامل ۱۴ نفر از ساکنان منتخب محلات مورد مطالعه و ۶ نفر از کارشناسان و مدیران مرتبط با مدیریت شهری و محیط زیست مشهد، همراه با چهار جلسه گروه کانونی با مشارکت میانگین هشت نفر در هر جلسه برگزار گردید. تحلیل داده‌های کیفی با روش تحلیل مضمون و با استفاده از نرم‌افزار MAXQDA انجام شد و برای افزایش پایایی تحلیل، دو پژوهشگر مستقل در مرحله کدگذاری همکاری کردند.

در تکمیل بخش داده‌های محیطی، از تکنیک سنجش از دور برای بررسی تغییرات پوشش گیاهی و تغییرات درجه حرارت ناشی از دگرگونی کاربری اراضی در سکونتگاه‌های غیررسمی استفاده شد. بدین منظور، تصاویر ماهواره‌ای لندست با سنجنده‌های مختلف در بازه زمانی بلندمدت از سال ۱۳۵۸ تا ۱۴۰۲ انتخاب گردید و پردازش اولیه داده‌های ماهواره‌ای شامل تصحیح هندسی و رادیومتریکی، محاسبه شاخص‌های پوشش گیاهی و استخراج نقشه‌های تغییرات حرارتی با استفاده از نرم‌افزارهای ENVI و ArcGIS انجام شد.

نسخه پیش از انتشار

برای افزایش اعتبار تحقیق از روش مثلث‌سازی داده‌ها استفاده گردید که در آن نتایج حاصل از پرسش‌نامه‌ها، مصاحبه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای با یکدیگر مقایسه و تلفیق شدند. ملاحظات اخلاقی نیز در کلیه مراحل رعایت شد که شامل اخذ رضایت آگاهانه شرکت‌کنندگان، حفظ ناشناس بودن پاسخ‌ها و استفاده از نام مستعار در گزارش‌ها بود. ترکیب این داده‌ها در نهایت تصویری جامع از وضعیت عدالت اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد ارائه داد و مبنایی برای تدوین راهبردهای بهبود مدیریت گرمای شهری در این مناطق فراهم ساخت.

نتایج و بحث

این بخش به ارائه و تحلیل یافته‌های پژوهش در سه حوزه اصلی می‌پردازد: ۱) یافته‌های توصیفی مربوط به ویژگی‌های جمعیت‌شناختی و اقتصادی-اجتماعی نمونه آماری، ۲) یافته‌های فضایی و زیست‌محیطی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، و ۳) یافته‌های کمی و تحلیلی مبتنی بر پرسش‌نامه.

بر اساس داده‌های جدول ۲ که مشخصات جمعیت‌شناختی نمونه ۳۰۶ نفری را نشان می‌دهد، ترکیب جمعیتی مورد مطالعه عمدتاً از مردان (۵۲/۹ درصد) و زنان (۴۷/۱ درصد) تشکیل شده که بیشترین سهم سنی مربوط به گروه ۳۰ تا ۴۴ سال (۳۵/۳ درصد) است. از نظر اقتصادی، ۸۱/۱ درصد از خانوارها دارای درآمد ماهانه کمتر از ۱۵ میلیون تومان هستند و ۴۱/۸ درصد در مشاغل غیررسمی فعالیت دارند که مؤید وضعیت اقتصادی ضعیف جامعه مورد مطالعه است.

جدول ۲. مشخصات جمعیت‌شناختی و اقتصادی-اجتماعی نمونه آماری (n = ۳۰۶)

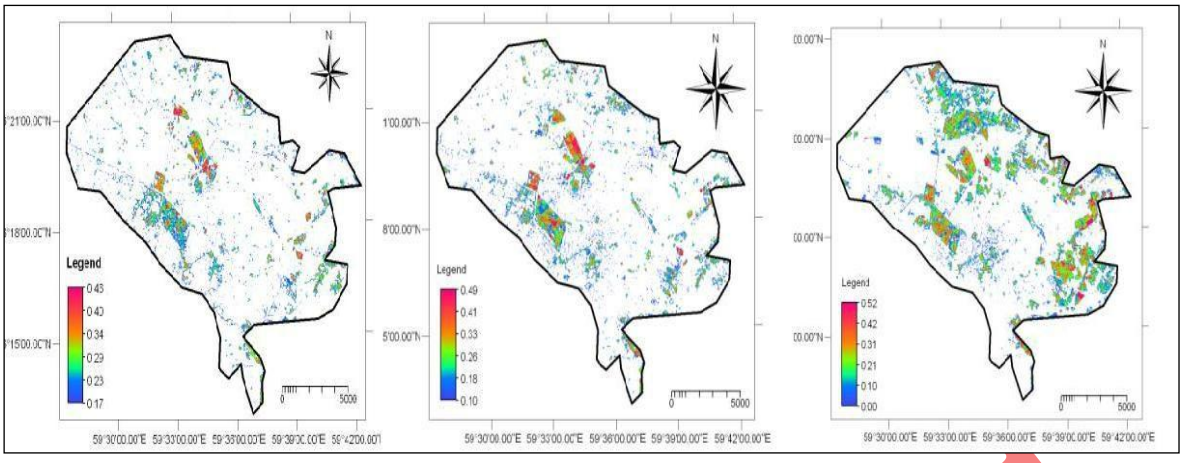
Table 2. Demographic and Socio-economic Characteristics of the Sample (n=306)

متغیر variable	گروه group	تعداد (نفر) number (people)	درصد (٪) percentage (%)
جنسیت gender	مرد Male	162	52.9
	زن Female	144	47.1
گروه سنی (سال) age group (years)	18-29	42	47.1
	33-44	108	35.3
	45-59	94	30.7
	60 and Above	62	20.3
وضعیت تأهل marital status	مجرد single	58	19.0
	متأهل married	216	70.6
	بیوه/مطلقه Widowed/Divorced	32	10.4
سطح تحصیلات level of education	بی‌سواد uneducated	46	15.0
	ابتدایی Elementary	74	24.2

	سیکل/متوسطه Middle/High School	102	33.3
	دیپلم و بالاتر diploma and higher	84	27.5
وضعیت اشتغال employment status	شاغل رسمی Formally Employed	42	13.7
	شاغل غیررسمی Informally Employed	128	41.8
	بیکار Unemployed	78	25.5
	خانه‌دار Homemaker	58	19.0
درآمد ماهانه خانوار (میلیون تومان) Household Monthly Income (Million Toman)	Less than 10	122	39.9
	10 to 15	126	41.2
	Above 15	58	18.9
نوع مالکیت مسکن Type of Housing Ownership	ملکی Owned	148	48.4
	اجاره‌ای Rented	122	39.9
	سایر (رایگان/واگذاری غیررسمی) Other (Free/Informal Transfer)	36	11.7
مدت سکونت در محله (سال) Length of Residence in the Neighborhood (Years)	Less than 5	38	12.4
	5 to 10	78	25.5
	11 to 20	102	33.3
	More than 20	88	28.8

تحلیل داده‌های فضایی حاکی از افزایش قابل توجه ۲/۱ درجه سانتی‌گرادی میانگین دمای سالانه مشهد طی پنج دهه اخیر است، به‌طوری که این شاخص از ۱۱ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۳۵۰ به ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد در سال ۱۴۰۰ رسیده است. هم‌زمان، شاخص پوشش گیاهی (NDVI) روندی نزولی را نشان می‌دهد و از ۰/۳۵ در سال ۱۹۸۷ به ۰/۲۰ در سال ۲۰۲۳ کاهش یافته است. این کاهش به‌ویژه در پهنه‌های قلعه ساختمان و سیدی با مقادیر NDVI کمتر از ۰/۲ مشهودتر است.

داده‌های حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان می‌دهد که دمای سطح زمین (LST) در تمامی پهنه‌ها افزایش یافته است. پهنه قلعه ساختمان به‌عنوان گرم‌ترین نقطه، شاهد افزایش دما از ۳۵-۳۴ درجه در ۱۹۸۷ به ۴۱ درجه سانتی‌گراد در ۲۰۲۳ بوده است. پهنه سیدی با رسیدن به دمای ۴۰/۲ درجه در رده بعدی قرار دارد، درحالی‌که پهنه خواجه ربیع با میانگین دمای ۳۶/۸ درجه سانتی‌گراد، وضعیت بهتری دارد.

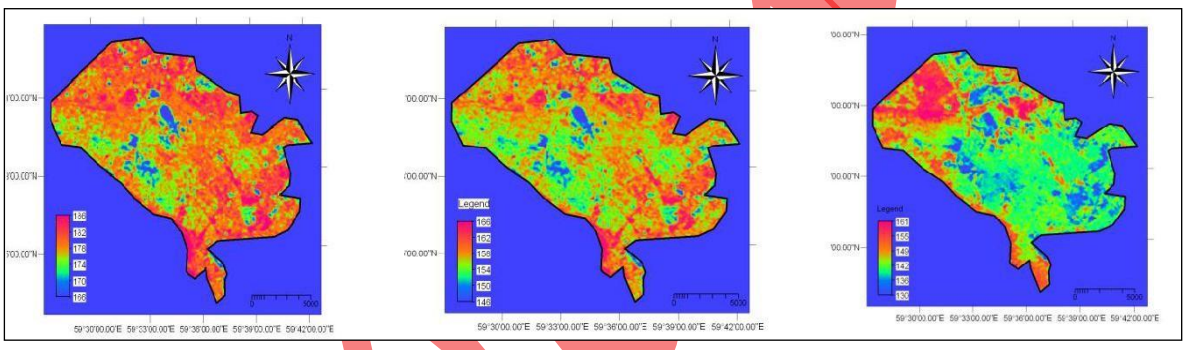


(ج) (ب) (الف)

(c) (b) (a)

شکل ۳. پوشش گیاهی منطقه در سال‌های (الف) ۱۹۸۷ میلادی، (ب) ۲۰۰۹ میلادی و (ج) ۲۰۲۳ میلادی

Fig 3. Vegetation Cover of the Region in (a) 1987, (b) 2009, and (c) 2023



(ج) (ب) (الف)

(c) (b) (a)

شکل ۴. باند حرارتی منطقه مطالعاتی در سال‌های (الف) ۱۹۸۷ میلادی، (ب) ۲۰۰۹ میلادی و (ج) ۲۰۲۳ میلادی

Fig 4. Thermal Band of the Study Area in (a) 1987, (b) 2009, and (c) 2023

جدول ۳. شاخص‌های اقلیمی و زیست‌محیطی پهنه‌های مورد مطالعه در سال ۲۰۲۳، منبع: داده‌های پردازش‌شده تصاویر Landsat (TM 1979, ETM+ 2009, OLI/TIRS 2023)

Table 3. Climatic and Environmental Indicators of the Studied Areas in 2023. Source: Processed Landsat imagery data (TM 1979, ETM+ 2009, OLI/TIRS 2023)

پهنه Zone	میانگین دمای سطح زمین Mean Land Surface Temperature (LST, °C)	شاخص پوشش گیاهی Vegetation Index (NDVI)	میانگین دمای معادل فیزیولوژیک تخمینی تابستان (PET) Mean Estimated Summer Physiological Equivalent Temperature (PET) (°C)	ویژگی غالب اقلیمی Prevailing Climatic Feature
خواجه ربیع Khaje Rabi'e	36.8	0.20	42.1	تهویه نسبی بهتر به‌دلیل مجاورت با کشف‌رود Better relative ventilation due to proximity to the Kashaf River
قلعه ساختمان Ghale Sakhteman	41.0	0.11	48.5	بالاترین دمای سطح، کمبود فضای باز و سایه

Highest surface temperature, lack of open space and shaded areas فشردگی کالبدی، مصالح غیراستاندارد، گرمای بالا				
Physical compactness, use of non-standard building materials, and high heat intensity ساخت‌وساز پراکنده، کمبود پوشش گیاهی، بازتاب بالا	47.8	0.14	40.2	سیدی Siyidi
Dispersed construction, lack of vegetation cover, and high surface reflectivity	45.2	0.17	38.5	جاده قدیم قوچان Old Ghochan Road

*منبع LST و NDVI: پردازش تصاویر لندست. PET: برآورد محققان بر اساس مدل‌سازی ساده با استفاده از داده‌های LST، رطوبت نسبی منطقه‌ای و الگوی باد.

برای سنجش دقیق‌تر ادراک گرما از شاخص استاندارد «دمای معادل فیزیولوژیک» (Physiological Equivalent Temperature - PET) به‌عنوان مبنا استفاده شد. PET یک شاخص بین‌المللی است که اثر ترکیبی دمای هوا، رطوبت، سرعت باد و تشعشع گرمایی بر آسایش انسان را محاسبه می‌کند و نشان‌دهنده دمای واقعی‌تری است که بدن احساس می‌کند. این یافته‌ها به‌وضوح رابطه معکوس و تنگاتنگ بین دو شاخص کلیدی NDVI و LST را نشان می‌دهد. پهنه‌هایی مانند قلعه ساختمان و سیدی که پایین‌ترین میزان پوشش گیاهی را دارند، بالاترین میانگین دمای سطح زمین را نیز تجربه می‌کنند. در مقابل، خواجه ربیع با NDVI بالاتر (۰/۲۰)، خنک‌ترین پهنه (۳۶/۸ درجه) است. این الگو نقش مؤثر فضاهای سبز در تعدیل دمای محلی و لزوم توجه به آن به عنوان یک راهکار کلیدی در کاهش اثر جزیره حرارتی را خاطرنشان می‌سازد.

یافته‌های کمی و تحلیلی پژوهش نشان می‌دهد که داده‌ها از کفایت لازم برای تحلیل‌های عاملی برخوردار بوده‌اند، به‌طوری که مقدار شاخص KMO برابر با ۰/۸۳ و نتیجه آزمون بارتلت معنادار بود ($p < 0.001$ ،231 = df ،χ^2 = 6/1840). تحلیل عاملی اکتشافی ساختار سه‌عاملی سازه «عدالت اقلیمی» را تأیید کرد که در مجموع ۶۴ درصد از واریانس کل را تبیین می‌کنند.

جدول ۴. خلاصه نتایج تحلیل عاملی اکتشافی (EFA) برای سنجه‌های عدالت اقلیمی

Table 4. Summary of Exploratory Factor Analysis (EFA) Results for Climate Justice Metrics

درصد واریانس تبیین‌شده Explained Variance ٪	شاخص‌ها/گویه‌های بارز typical indicators / items	عامل factor
30.5	دسترسی به فضای سبز، سایه، امکانات خنک‌کننده Access to green space, shade, cooling facilities	عدالت توزیعی Distributive Justice
18.2	مشارکت در جلسات، اطلاع از طرح‌ها، شفافیت تصمیمات Participation in meetings, awareness of plans, transparency of decisions	عدالت رویه‌ای Procedural Justice
15.3	آگاهی از روش‌های محلی، پذیرش دانش بومی Awareness of local methods, recognition of indigenous knowledge	عدالت شناختی Cognitive Justice
64.0	-	جمع واریانس تبیین‌شده Total Explained Variance

نسخه پیش از انتشار

بر اساس داده‌های جدول ۵، میانگین بالای متغیر ادراک ناراحتی ناشی از PET بالا (۴/۱۵ از ۵) نشان می‌دهد ساکنان به شدت تحت تأثیر گرمای محیط قرار دارند. در مقابل، میانگین پایین مؤلفه‌های عدالت اقلیمی (بین ۲/۱۲ تا ۲/۶۴) حاکی از ضعف درک شده در توزیع عادلانه امکانات، مشارکت در تصمیم‌گیری و به رسمیت شناخته شدن دانش بومی است.

جدول ۵. خلاصه آماره‌های توصیفی متغیرهای اصلی تحقیق (n = ۳۰۶)

Table 5. Summary of Descriptive Statistics for Main Research Variables (n=306)

متغیر variable	حداقل minimum	حداکثر maximum	میانگین average	انحراف معیار standard deviation	آلفای کرونباخ cronbach 's alpha
ادراک ناراحتی ناشی از PET بالا Perceived Discomfort due to High PET	2.8	5.0	4.15	0.67	0.79
عدالت توزیعی Distributive Justice	1.4	3.8	2.38	0.59	0.78
عدالت رویه‌ای Procedural Justice	1.2	3.6	2.12	0.64	0.75
عدالت شناختی Cognitive Justice	1.8	4.2	2.64	0.58	0.81
احساس بی‌عدالتی اقلیمی Sense of Climate Injustice	2.0	4.8	3.21	0.83	0.84

مقایسه پهنه‌ها (جدول ۶) نشان می‌دهد پهنه‌های قلعه‌ساختمان و سیدی که از نظر عینی بالاترین PET و LST و پایین‌ترین NDVI را دارند، بالاترین میانگین را در ادراک ناراحتی گرما (۴/۴۰ و ۴/۳۵) و احساس بی‌عدالتی (۳/۴۳ و ۳/۳۸) گزارش کرده‌اند.

جدول ۶. مقایسه میانگین شاخص‌های عدالت اقلیمی و ادراک گرما بین پهنه‌های مورد مطالعه

Table 6. Comparison of Mean Climate Justice Indicators and Heat Perception Among the Studied Areas

متغیر / پهنه Variable / Zon	خواجه‌ربیع Khaje Rabi'e	قلعه‌ساختمان Ghale Sakhteman	سیدی Siyidi	جاده قدیم قوچان Old Ghochan Road
ادراک ناراحتی ناشی از PET بالا Perceived Discomfort due to High PET	3.89	4.40	4.35	3.87
عدالت توزیعی Distributive Justice	2.64	2.18	2.21	2.49
عدالت رویه‌ای Procedural Justice	2.36	1.94	2.05	2.28
عدالت شناختی Cognitive Justice	2.83	2.52	2.58	2.70
احساس بی‌عدالتی اقلیمی Sense of Climate Injustice	2.88	3.41	3.37	3.08
تعداد پاسخ‌گویان Number of Respondents	77	77	77	75
تخمینی تابستان (°C PET) Estimated Summer PET (°C)	42.1	48.5	47.8	45.2
NDVI (2023)	0.20	0.11	0.14	0.17
LST (2023, °C)	36.8	41.0	40.2	38.5

همبستگی‌های به دست آمده در جدول ۷ روابط نظری پژوهش را تأیید می‌کنند. ادراک شدت گرما با هر سه مؤلفه عدالت رابطه‌ای معکوس و معنادار دارد (توزیعی: $r = -۰/۴۸$، رویه‌ای: $r = -۰/۵۵$، شناختی: $r = -۰/۳۶$). همچنین، رابطه مثبت و معنادار

ادراک شدت گرما با احساس بی‌عدالتی (r = ۰/۴۲) نشان می‌دهد که گرمای شهری به عنوان یک استرسور محیطی، احساس نابرابری اجتماعی را تشدید می‌کند.

جدول ۷. ماتریس همبستگی پیرسون بین متغیرهای کلیدی

Table 7. Pearson Correlation Matrix Between Key Variables

متغیر Variable	ادراک شدت گرما Perceived Heat Intensity	عدالت توزیعی Distributive Justice	عدالت رویه‌ای Procedural Justice	عدالت شناختی Cognitive Justice	احساس بی‌عدالتی Sense of Climate Injustice
ادراک شدت گرما Perceived Heat Intensity	1	-	-	-	-
عدالت توزیعی Distributive Justice	-0.48	1	-	-	-
عدالت رویه‌ای Procedural Justice	-0.55	0.62	1	-	-
عدالت شناختی Cognitive Justice	0.31	-0.36	-0.35	1	-
احساس بی‌عدالتی Sense of Climate Injustice	0.42	-0.46	-0.35	-0.22	1

یادداشت: $p < 0.01$. علامت منفی بیانگر رابطه معکوس بین متغیرهاست.

به منظور بررسی دقیق‌تر تفاوت‌های مشاهده‌شده در جدول ۸، از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) استفاده شد. نتایج (جدول ۸) نشان می‌دهد که میانگین ادراک شدت گرما و احساس بی‌عدالتی در بین چهار پهنه مورد مطالعه تفاوت آماری معناداری دارد ($p < ۰/۰۵$). برای شناسایی دقیق محل این تفاوت‌ها، آزمون تعقیبی Tukey انجام پذیرفت. نتایج این آزمون آشکار ساخت که تفاوت عمده به‌طور خاص بین پهنه‌های قلعه‌ساختمان و خواجه‌ربیع، و همچنین بین سیدی و خواجه‌ربیع وجود دارد.

جدول ۸. آزمون ANOVA برای مقایسه میانگین متغیرها بین پهنه‌های مورد مطالعه

Table 8. ANOVA Test for Comparing Variable Means Among the Studied Areas

متغیر Variable	F	Df	p	نتیجه Result
ادراک شدت گرما Perceived Heat Intensity	3.30	23.12	0.026	تفاوت معنادار Significant Difference
احساس بی‌عدالتی Sense of Climate Injustice	3.30	26.48	0.001>3	تفاوت معنادار Significant Difference

برای درک عینی و ملموس تأثیر یکی از قویترین پیش بین های مدل رگرسیون (دسترسی به فضای سبز)، یک آزمون t مستقل انجام شد. نتایج (جدول ۹) نشان داد میانگین احساس بی عدالتی در بین ساکنانی که به فضای سبز دسترسی داشتند (۲/۷۸) به طور معناداری پایین تر از ساکنان فاقد این دسترسی (۳/۴۷) بود ($t = -6.02, p > 0.001$).نکته بسیار قابل توجه، اندازه اثر بزرگ (d = ۰/۷۶) این تفاوت است که نشان میدهد دسترسی به فضای سبز نه تنها یک رابطه آماری معنادار، بلکه تفاوتی عملی و بااهمیت در تجارب ساکنان ایجاد میکند و می تواند به شکل قابل ملاحظه ای احساس بی عدالتی اقلیمی را کاهش دهد.

جدول ۹. آزمون t مستقل برای اثر دسترسی به فضای سبز بر احساس بی‌عدالتی

Table 9. Independent Samples T-test for the Effect of Green Space Access on Perception of Injustice

گروه Group	میانگین Mean	SD	N	t	df	p	اندازه اثر (Cohen's d) Effect Size (Cohen's d)

دسترسی ≤۵ دقیقه Access ≤ 5 minutes	2.78	0.026	0.84	124	-	-	-
بدون دسترسی ≤۵ دقیقه No Access ≤ 5 minutes	3.47	0.91	182	-6.02	304	<0.001	0.76

نتایج تحلیل رگرسیون چندمتغیره در جدول ۱۰ نشان می‌دهد که مدل نهایی به طور کلی معنادار بود ($F = 36.1, p > 0.001$) و توانست ۴۷ درصد از واریانس احساس بی‌عدالتی را تبیین کند. دسترسی به فضای سبز ($\beta = -۰/۴۱$) قوی‌ترین پیش‌بین منفی احساس بی‌عدالتی بود، به طوری که بهبود دسترسی به فضاهای سبز به طور مستقیم منجر به کاهش احساس نابرابری می‌شود (Ji et al., 2024). عدالت رویه‌ای ($\beta = -۰/۳۶$) و عدالت شناختی ($\beta = -۰/۲۸$) نیز به ترتیب به عنوان عوامل کاهنده مهم در احساس بی‌عدالتی شناسایی شدند.

جدول ۱۰. مدل رگرسیون چندمتغیره پیش‌بینی احساس بی‌عدالتی

Table 10. Multivariate Regression Model Predicting Perception of Injustice

متغیر مستقل Independent Variable	β غیر استاندارد(B) Unstandardized B	SE	(β) استانداردشده Standardized β	t	p
(ثابت) (Constant)	0.72	0.14	-	5.14	<0.001
عدالت رویه‌ای (مشارکت) Procedural Justice (Participation	-0.36	0.08	-0.36	-4.50	<0.001
عدالت شناختی (آگاهی) Cognitive Justice (Awareness)	-0.28	0.09	-0.28	-3.11	0.002
دسترسی به فضای سبز Access to Green Space	-0.42	0.07	-0.41	-6.00	<0.001
ادراک شدت گرما Perceived Heat Intensity	0.31	0.10	0.29	3.10	0.002
ادراک ناراحتی ناشی از PET بالا Perceived Discomfort due to High PET	0.29	0.08	0.25	3.10	0.002
درآمد (متوسط نسبت به پایین) Income (Medium vs. Low)	-0.10	0.06	-0.09	-1.67	0.096
مالکیت مسکن Home Ownership	-0.08	0.05	-0.08	-1.60	0.110
سن Age	0.01	0.002	0.02	0.50	0.62

آمار مدل: $R^2 = 0.47$, Adjusted $R^2 = 0.45$, $F(7, 298) = 36.1$, $p < 0.001$ و آزمون چندهم‌خطی: VIF < 2.1 → بدون مشکل جدی.

نکته حائز اهمیت آن که متغیرهای جمعیتی مانند درآمد، مالکیت مسکن و سن در حضور این متغیرهای اصلی، اثر معناداری از خود نشان ندادند. این یافته بر اهمیت فوق‌العاده عوامل محیطی و فرآیندی در شکل‌دهی به ادراک عدالت اقلیمی تأکید می‌کند. یافته‌های کیفی پژوهش مبتنی بر ۲۰ مصاحبه نیمه‌ساختاریافته و چهار جلسه گروه کانونی نشان می‌دهد که ساکنان سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد به‌طور گسترده‌ای بی‌عدالتی اقلیمی را تجربه می‌کنند. تحلیل مضمون مصاحبه‌های ساکنان سه مضمون اصلی را آشکار ساخت: گرمای ناعادلانه و خفگی شهری، نابرابری در خدمات خنک‌کننده، و احساس بی‌توجهی نهادی.

جدول ۱۱. مضامین اصلی شناسایی‌شده از مصاحبه‌های ساکنان

Table 11. Main Themes Identified from Resident Interviews

مضمون اصلی Core Theme	مقوله‌های فرعی Subcategories	نمونه اظهارنظر ساکنان Sample Resident Statement	محلاتی با بیشترین اشاره

Neighborhoods with the Highest Frequency of Mention			
سیدی، قلعه ساختمان Siyidi, Ghale Sakhteman	«آفتاب تا شب روی سقف می‌تابد، هیچ سایه‌ای نیست. کولر هم کار نمی‌کند چون هوا نمی‌چرخد.» (ساکن سیدی، زن ۴۵ ساله) The sun beats down on the roof until " nightfall, there is no shade. Even the air conditioner doesn't work properly because there's no air movement." (Resident of Siyidi, 45-year-old woman	نبود جریان هوا، تراکم کالبدی، مصالح داغ Lack of air circulation, physical density, heat-retaining materials	گرمای ناعادلانه و خفگی شهری Unjust Urban Heat and Suffocation
قلعه ساختمان، جاده قدیم قوچان Ghale Sakhteman, Old Ghochan Road	«محله‌های بالای شهر حتی مه‌پاش دارند، ما فقط باد گرم کویر داریم.» (ساکن قلعه ساختمان، مرد ۵۸ ساله) The neighborhoods in the upper part of the " city even have misting systems; all we have is the hot desert wind." (Resident of Ghale Sakhteman, 58-year-old man)	نبود پارک و فضای باز، کمبود درخت و آب‌نما، قطعی برق Absence of parks and open spaces, lack of trees and water features, power outages	نابرابری در خدمات خنک‌کننده Inequity in Cooling Services and Amenities
همه محلات All neighborhoods	«بارها گفتیم برای خیابان درخت بکارید، گفتند بودجه نداریم. بعد رفتند جای دیگر چمن زدند.» (ساکن خواجه‌ربیع، مرد ۶۰ ساله) We have asked many times for trees to be " planted along the street; they said there's no budget. Then they went and installed grass elsewhere." (Resident of Khaje Rabi'e, 60-year-old man)	نبود ارتباط با شهرداری، بی‌اعتمادی به طرح‌ها Lack of communication with the municipality, distrust in municipal plans	احساس بی‌توجهی نهادی Perception of Institutional Neglect

در مقابل، مصاحبه‌های مسئولان شهری سه مضمون کلیدی را نشان داد: محدودیت منابع و اولویت‌بندی جمعیت رسمی، نبود داده‌های دقیق اقلیمی محلی، و دشواری مشارکت اجتماعی. این تفاوت دیدگاه‌ها حاکی از شکاف مفهومی در درک عدالت اقلیمی است، به طوری که ساکنان آن را امری عاطفی و تجربی می‌دانند و مسئولان آن را موضوعی فنی و مدیریتی قلمداد می‌کنند.

جدول ۱۲. مضامین اصلی شناسایی‌شده از مصاحبه‌های مسئولان

Table 12. Main Themes Identified from Officials' Interviews

تبیین مفهومی Conceptual Interpretation	نمونه اظهارنظر مسئولان Sample Official Statement	مقوله‌های فرعی Subcategories	مضمون اصلی Core Theme
نشانگر نگاه فنی-سازمانی به عدالت اقلیمی Reflects a technical-organizational perspective on climate justice	«محلات غیررسمی در اولویت خدمات سبز نیستند چون در محدوده طرح تفصیلی نیستند.» Informal settlements are not a " priority for green services because they are not within the detailed city plan boundaries	محدودیت منابع و اولویت‌بندی بودجه ناکافی، جمعیت غیرثابت، فشار بر خدمات Insufficient budget, transient population, strain on services	جمعیت رسمی Resource Limitations and Prioritization of Formal Populations
ضعف زیرساخت داده در سیاست‌گذاری اقلیمی Indicates a data infrastructure gap in climate policymaking	فقدان ایستگاه‌های سنجش دما، نبود نقشه‌های جزئی Absence of temperature measurement stations, lack of detailed maps	نبود پارک و فضای باز، کمبود درخت و آب‌نما، قطعی برق Absence of parks and open spaces, lack of trees and	نبود داده‌های دقیق اقلیمی محلی Lack of Precise Local Climatic Data

دشواری مشارکت اجتماعی Challenges in Social Participation	بی‌اعتمادی ساکنان، پیچیدگی هماهنگی اجتماعی Resident distrust, complexity of social coordination	«مشارکت مردمی زمان‌بر است و گاهی باعث توقف پروژه‌ها می‌شود.» "Public participation is time-consuming and can sometimes lead to project delays."	بازتاب ذهنیت مدیریتی نسبت به عدالت رویه‌ای Reflects a managerial mindset regarding procedural justice
	water features, power outages		

جلسات گروه‌های کانونی نیز چهار مضمون اصلی را آشکار ساخت: عدالت اقلیمی به‌مثابه «دسترسی نابرابر به سایه و باد»، تجربه مشترک «شهر داغ» و مهاجرت تابستانی، بازتعریف اعتماد از طریق اقدام محلی، و عدالت بین‌نسلی و نگرانی برای آینده فرزندان. این گفت‌وگوهای گروهی نه‌تنها واقعیت‌های اقلیمی را آشکار کردند، بلکه ظرفیت بالایی برای بازسازی اعتماد و همبستگی محلی ایجاد نمودند.

جدول ۱۳. نتایج جلسات گروه‌های کانونی

Table 13. Results of Focus Group Sessions

مضمون اصلی Core Theme	مؤلفه‌های فرعی Subcomponents	نمونه گفتار جمعی Sample Collective Discourse	پهنه‌های برجسته Prominent Zones
عدالت اقلیمی به‌مثابه «دسترسی نابرابر به سایه و باد» Climate Justice as "Unequal Access to Shade and Wind"	کمبود فضای سبز، جهت‌گیری نامناسب ساختمان‌ها Lack of green space, inappropriate building orientation	«حتی وقتی درخت می‌کارند، در مسیر باد نیست. انگار کسی فکر نکرده باد از کدام طرف می‌آید.» "Even when they plant trees, they're not in the path of the wind. It's as if no one thought about which direction the wind comes from."	قلعه ساختمان، سیدی Ghale Sakhteman, Siyidi
تجربه مشترک «شهر داغ» و مهاجرت تابستانی Shared Experience of the "Hot City" and Summer Migration	ترک موقت محله در تابستان، پناه‌بردن به خانه اقوام Temporarily leaving the neighborhood in summer, seeking refuge with relatives	«تابستان بچه‌ها را می‌فرستیم روستا، چون گرما اینجا غیرقابل‌تحمله.» "We send our children to the village in summer because the heat here is unbearable."	سیدی، جاده قدیم قوچان Siyidi, Old Ghochan Road
بازتعریف اعتماد از طریق اقدام محلی Redefining Trust through Local Action	پیشنهاد برای درخت‌کاری جمعی، مدیریت آب‌خنک‌کننده Proposals for collective tree planting, community-managed water cooling	«اگر خودمان درخت بکاریم و آبیاری را به مردم بدهند، نتیجه‌اش بهتر است.» "If we plant trees ourselves and they let the community manage the watering, the results will be better."	خواجه‌ربیع Khaje Rabi'e
عدالت بین‌نسلی و نگرانی برای آینده فرزندان Intergenerational Justice and Concern for Future Generations	از بین رفتن باغات، آلودگی کشف‌رود، بی‌آبی Loss of orchards, pollution of the Kashaf River, water scarcity	«بچه‌های ما دیگر سایه درخت هم نمی‌بینند.» "Our children no longer even see the shade of a tree."	همه پهنه‌ها All Zones

تلفیق و ترکیب یافته‌ها از طریق رویکرد مثلث‌سازی داده‌ها نشان داد که یافته‌های حاصل از پرسشنامه، داده‌های ماهواره‌ای و مصاحبه‌ها هم‌پوشانی قابل توجهی دارند. به عنوان مثال، پهنه‌های قلعه‌ساختمان و سیدی که از نظر عینی دارای بالاترین دمای سطح زمین (LST) و پایین‌ترین پوشش گیاهی (NDVI) هستند، بالاترین میانگین را در ادراک شدت گرما و احساس بی‌عدالتی گزارش کرده‌اند. این انطباق قوی، اعتبار نتایج پژوهش را به شدت افزایش می‌دهد.

نسخه پیش از انتشار

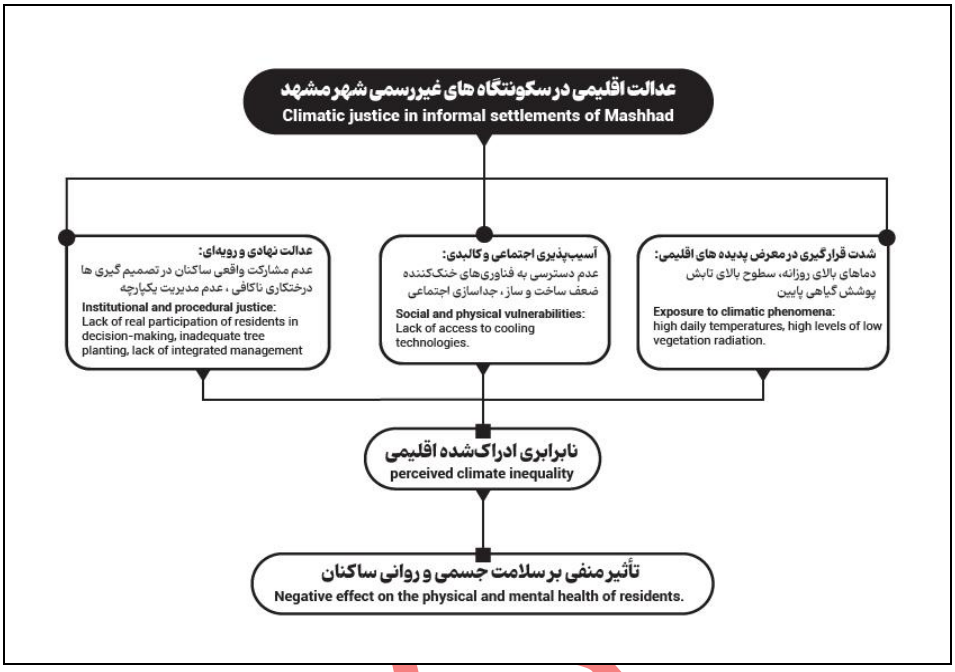
جدول ۱۴. تلفیق و ترکیب یافته‌های پژوهش

Table 14. Synthesis and Integration of Research Findings

سطح داده Data Level	یافته کلیدی Key Finding	هم‌پوشانی / تفاوت با سایر سطوح Overlap / Divergence with Other Levels	تفسیر تحلیلی Analytical Interpretation
داده‌های کمی (پرسشنامه) Quantitative Data "(Questionnaire)	احساس بالای گرما و بی‌عدالتی در قلعه‌ساختمان و سیدی High perceived heat and sense of injustice in Ghale Sakhteman and Siyidi	هم‌پوشانی با داده‌های ماهواره‌ای و مصاحبه‌ها Convergence with satellite data and interview findings	عدالت اقلیمی بیشتر به شرایط کالبدی و خدماتی گره خورده است Climate justice is strongly linked to physical conditions and service provision
داده‌های فضایی (LST و NDVI) Spatial Data (LST & NDVI	افزایش دمای سطح و کاهش پوشش گیاهی در سکونتگاه‌های متراکم Increased land surface temperature and reduced vegetation cover in dense settlements	هم‌پوشانی با ادراک ساکنان، تأیید بی‌عدالتی زیست‌مکانی Convergence with resident perceptions, confirming bio-".mechanical injustice	بیانگر تمرکز آسیب اقلیمی در مناطق کم‌برخوردار Indicates a concentration of climate impact in disadvantaged areas
داده‌های کیفی (مصاحبه‌ها و گروه‌های کانونی) Qualitative Data (Interviews & Focus Groups	نارضایتی از نابرابری خدمات و حذف از فرآیند تصمیم‌گیری Dissatisfaction with service inequality and exclusion from decision-making processes	هم‌پوشانی با نتایج کمی؛ تضاد با برداشت مسئولان Convergence with quantitative results; contrast ".with officials' perspectives	شکاف میان تجربه‌ی زیسته و برنامه‌ریزی رسمی Reveals a gap between lived experience and formal planning
تحلیل مدیریتی Managerial Analysis (Official Perspectives)	تمرکز بر محدودیت منابع و نبود داده دقیق Focus on resource limitations and lack of precise data	تفاوت مفهومی با سایر یافته‌ها Conceptual divergence from ".other findings	نیاز به بازتعریف عدالت اقلیمی در سیاست شهری Highlights the need to redefine climate justice in urban policy

تحلیل تلفیقی نهایی نشان می‌دهد که عدالت اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد مفهومی چندبعدی است که در آن گرمای شهری نه تنها پدیده‌ای فیزیکی بلکه اجتماعی و ادراکی است. کاهش پوشش گیاهی و نبود جریان هوای محلی مستقیماً با احساس بی‌عدالتی در ارتباط است، و عدم مشارکت ساکنان در تصمیم‌گیری‌ها عامل تشدید شکاف اقلیمی-اجتماعی محسوب می‌شود. این یافته‌ها به وضوح نشان می‌دهند که درک مسئولان از عدالت اقلیمی بیشتر به «تخصیص منابع» محدود می‌شود تا «حق برابر زیستن در محیطی سالم». این شکاف مفهومی نیاز به بازتعریف عدالت اقلیمی در سیاست‌گذاری شهری مشهد را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

مدل مفهومی نهایی عدالت اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد حاصل تلفیق سه جریان اصلی داده‌های پژوهش است که به عنوان چارچوبی تحلیلی-راهبردی برای تبیین روابط میان ابعاد مختلف عدالت اقلیمی طراحی شده است. این مدل برهم‌کنش سه مؤلفه اصلی «شدت قرارگیری در معرض پدیده‌های اقلیمی»، «آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی» و «عدالت نهادی و رویه‌ای» را نشان می‌دهد که هر یک در تبیین احساس نابرابری اقلیمی نقشی اساسی دارند.



شکل ۴. مدل مفهومی نهایی عدالت اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد

Fig 5. Final Conceptual Model of Climate Justice in Mashhad's Informal Settlements

مؤلفه نخست، شدت قرارگیری در معرض پدیده‌های اقلیمی، بیانگر وضعیت فیزیکی و محیطی سکونتگاه‌ها در برابر گرمای شهری است. یافته‌های حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۳ نشان می‌دهد که پهنه‌های قلعه‌ساختمان و سیدی بیشترین میانگین دمای سطح زمین و کمترین شاخص پوشش گیاهی (NDVI) را دارند، در حالی که پهنه خواجه‌ربیع به دلیل مجاورت با کشف‌رود از تهویه طبیعی بهتری برخوردار است. این ناهمگونی فضایی نخستین سطح نابرابری اقلیمی را شکل می‌دهد.

مؤلفه دوم، آسیب‌پذیری اجتماعی و کالبدی، به عواملی اشاره دارد که میزان تأثیرپذیری ساکنان از گرمایش را تعیین می‌کند. داده‌های پرسشنامه نشان داد که تراکم بالا، استفاده از مصالح غیراستاندارد، فقر اقتصادی و محدودیت دسترسی به تجهیزات سرمایشی از مهم‌ترین مؤلفه‌های تشدید آسیب‌پذیری هستند. این یافته‌ها در مصاحبه‌ها نیز تأیید شد، به طوری که سالمندان و زنان خانه‌دار به عنوان گروه‌های حساس‌تر، بیشترین تأثیر را از گرمای محیط گزارش کردند.

مؤلفه سوم، عدالت نهادی و رویه‌ای، به فرآیندهای مدیریتی و سیاست‌گذاری شهری مرتبط است. یافته‌های کیفی نشان داد که برنامه‌های اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی اغلب به صورت مقطعی و از بالا به پایین اجرا می‌شوند و حضور ساکنان در تصمیم‌سازی‌ها بسیار محدود است. این وضعیت سبب شکل‌گیری احساس «نادیده‌شدن» و «بی‌صدا بودن» در میان ساکنان شده و بی‌اعتمادی نهادی را به وجود آورده است.

ترکیب این سه بعد، سازه میانجی «نابرابری ادراک‌شده اقلیمی» را ایجاد می‌کند که بازتاب درک ذهنی و تجربه زیسته ساکنان از بی‌عدالتی محیطی است. یافته‌ها نشان می‌دهد حتی در صورت اجرای پروژه‌های بهسازی، تا زمانی که فرآیند تصمیم‌گیری شفاف و مشارکتی نباشد، احساس بی‌عدالتی تداوم می‌یابد.

در بخش پایانی مدل، پیامد نهایی یعنی تأثیر بر سلامت جسمی و روانی ساکنان قرار دارد. داده‌های پژوهش نشان داد که افزایش دمای محیط، کاهش پوشش گیاهی و ضعف خدمات اقلیمی با بروز علائم خستگی مزمن، اختلال خواب و اضطراب در میان

ساکنان رابطه معناداری دارد. در این چارچوب، سلامت نه فقط نتیجه شرایط محیطی، بلکه بازتابی از احساس عدالت یا بی‌عدالتی اقلیمی نیز تلقی می‌شود.

این مدل به عنوان ابزاری تحلیلی و راهبردی می‌تواند توسط سیاست‌گذاران و مدیران شهری مورد استفاده قرار گیرد تا عدالت اقلیمی نه صرفاً به عنوان هدفی محیطی، بلکه به مثابه فرایندی اجتماعی و مشارکتی در برنامه‌ریزی شهری مشهد نهادینه گردد. بر اساس این مدل، هرگونه مداخله شهری برای سازگاری اقلیمی باید همزمان سه بعد اصلی را پوشش دهد: کاهش شدت قرارگیری در معرض از طریق توسعه فضاهای سبز، ارتقای تاب‌آوری اجتماعی از طریق توانمندسازی ساکنان، و ارتقای عدالت نهادی از طریق مشارکت واقعی مردم در تصمیم‌سازی‌ها.

آزمون فرضیات پژوهش مبتنی بر مجموعه‌ای از شواهد کمی، فضایی و کیفی نشان می‌دهد که فرضیه اصلی تحقیق مبنی بر وجود بی‌عدالتی اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد و ناکارآمدی سیاست‌های کنونی به طور کامل تأیید می‌شود.داده‌های فضایی حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای لندست در بازه زمانی ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۳ به وضوح تفاوت‌های چشمگیری را در دمای سطح زمین (LST) و شاخص پوشش گیاهی (NDVI) بین چهار پهنه مورد مطالعه نشان می‌دهد. پهنه‌های قلعه‌ساختمان و سیدی با بالاترین میانگین دما (به ترتیب ۴۱/۰ و ۴۰/۲ درجه سانتی‌گراد) و پایین‌ترین میزان پوشش گیاهی (NDVI برابر با ۰/۱۱ و ۰/۱۴) در مقایسه با پهنه خواجه‌ربیع (دمای ۳۶/۸ درجه و NDVI برابر با ۰/۲۰) شواهد روشنی از نابرابری فضایی در توزیع مخاطرات اقلیمی ارائه می‌کنند.از سوی دیگر، نتایج پرسشنامه‌ها نشان می‌دهد متغیرهایی همچون سطح درآمد، نوع مصالح ساختمانی و دسترسی به خدمات شهری با شاخص‌های آسایش حرارتی و سلامت رابطه معکوس معناداری دارند ($p < 0.05$). تحلیل رگرسیون چندمتغیره نیز تأیید می‌کند که دسترسی به فضای سبز ($\beta = -0/41$) و عدالت رویه‌ای ($\beta = -0/36$) قوی‌ترین پیش‌بین‌های کاهش احساس بی‌عدالتی هستند. یافته‌های کیفی نیز عمق این بی‌عدالتی را آشکار می‌سازد. مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته نشان می‌دهد ساکنان محلات کم‌برخوردار، گرما را نماد نابرابری و بی‌توجهی مدیریتی می‌دانند، در حالی که مسئولان شهری بر محدودیت‌های مالی و قانونی تأکید دارند. این شکاف دیدگاهی بیانگر ناکارآمدی رویکردهای فعلی در تحقق عدالت اقلیمی است.بر این اساس، پژوهش حاضر تأکید می‌کند که تحقق عدالت اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد نیازمند تغییر رویکرد از «مدیریت فیزیکی گرما» به «مدیریت اجتماعی-نهادی اقلیم» است. این تغییر پارادایم مستلزم تمرکز همزمان بر سه محور اصلی است: کاهش شدت گرمای محیط از طریق توسعه فضاهای سبز، ارتقای تاب‌آوری اجتماعی از طریق توانمندسازی ساکنان، و تضمین مشارکت واقعی ذی‌نفعان در فرآیند تصمیم‌سازی شهری.بدین ترتیب، یافته‌های پژوهش به طور قاطعانه فرضیه وجود بی‌عدالتی اقلیمی ساختاری در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد و ناکارآمدی سیاست‌های فعلی را تأیید می‌کند و لزوم بازنگری اساسی در رویکردهای مدیریت شهری را خاطرنشان می‌سازد.

بحث و تحلیل یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که پدیده گرمایش شهری در مشهد به‌ویژه در سکونتگاه‌های غیررسمی به صورت نابرابر و ساختاری عمل می‌کند. تحلیل داده‌های دمای سطح زمین و شاخص پوشش گیاهی طی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۳ آشکار ساخت که محلات سیدی و قلعه‌ساختمان بیشترین شدت گرمای سطحی و کمترین پوشش گیاهی را دارند، در حالی که پهنه خواجه‌ربیع از شرایط اقلیمی نسبتاً مطلوب‌تری برخوردار است. این الگوی فضایی گرما با یافته‌های جهانی Santamouris (2020) و Opiyo & Matata. (2021) همخوانی دارد که نشان می‌دهند سکونتگاه‌های غیررسمی به دلیل فشردگی کالبدی و نبود فضاهای سبز به «جزایر حرارتی» درون‌شهری تبدیل می‌شوند.یافته‌های این پژوهش فراتر از تأیید الگوی توزیع نابرابر گرما، نشان می‌دهد که تجربه گرما برای گروه‌های اجتماعی مختلف درون سکونتگاه‌ها نیز نابرابر است. سالمندان، زنان و کودکان بیش از سایر گروه‌ها از پیامدهای گرمای شهری رنج می‌برند که با یافته‌های Hajat et al. (2021) و WHO (2021) هم‌راستا است. در این چارچوب، مفهوم «عدالت اقلیمی» در مشهد نه صرفاً به توزیع فیزیکی گرما، بلکه به نابرابری در تاب‌آوری اجتماعی نیز مربوط می‌شود.

در سطح نهادی، مصاحبه با مسئولان شهری و جلسات گروه‌های کانونی نشان داد که سیاست‌های موجود مدیریت حرارت شهری در مشهد فاقد رویکرد عدالت‌محور هستند. این یافته با تحلیل‌های Mohtat & Khirfan (2021) و Schlosberg (2013) هم‌خوانی دارد که تأکید می‌کنند عدالت اقلیمی بدون عدالت رویه‌ای و مشارکت محلی قابل تحقق نیست. تصمیم‌گیری‌های از بالا به پایین و اجرای پروژه‌های مقطعی بدون مشارکت ساکنان، به جای کاهش نابرابری، احساس بی‌عدالتی را در میان ساکنان تقویت کرده است.در تحلیل تطبیقی، نتایج پژوهش حاضر هم‌راستا با یافته‌های جهانی درباره پیوند میان فقر، گرمایش شهری و آسیب‌پذیری اجتماعی است (Leal Filho et al., 2023; Ren et al., 2022). داده‌های دمای سطحی و شاخص NDVI در مشهد، همانند نتایج پژوهش Žiberna et al. (2021) در زاگرب و Chapman et al. (2019) در ملبورن، نشان داد که تراکم کالبدی و از بین رفتن پوشش گیاهی عامل اصلی شکل‌گیری الگوی جزیره حرارتی است.

مطالعات پیشین در ایران (Teymouri, 2024; Ramezani Farokhad et al., 2024) بیشتر بر ابعاد اقتصادی و کالبدی سکونتگاه‌های غیررسمی متمرکز بوده و کمتر به تحلیل عدالت اقلیمی پرداخته‌اند. پژوهش حاضر با تلفیق داده‌های مکانی، اجتماعی و نهادی، این خلأ را پر کرده است. همچنین، در حالی که پژوهش‌های جهانی به‌طور گسترده از مدل‌های چندمنبعی برای تحلیل عدالت اقلیمی بهره برده‌اند(Yin et al., 2023; Joof, 2025) در ایران چنین رویکرد تلفیقی پیش‌تر مشاهده نشده است.مدل مفهومی حاصل از تلفیق یافته‌ها نشان می‌دهد که بی‌عدالتی اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد برآیند سه فرآیند متقابل است: قرارگیری در معرض گرما، آسیب‌پذیری اجتماعی-کالبدی، و ضعف عدالت نهادی. این سه بعد به صورت زنجیره‌ای عمل می‌کنند و از هم تقویت می‌شوند. همان‌گونه که در مطالعات Mitchell & Chakraborty (2018) و Zhang et al. (2023) نیز تأکید شده است، تجربه بی‌عدالتی اقلیمی نه فقط تابع شرایط محیطی، بلکه بازتابی از ساختارهای اجتماعی و حکمرانی شهری است.

در سطح سیاست‌گذاری، یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که بدون اصلاح رویه‌های نهادی و مشارکت‌محور کردن فرآیند تصمیم‌سازی، راهکارهای فنی تأثیری پایدار نخواهد داشت. این نتیجه با تحلیل‌های Marques (2025) و Dovey et al. (2020)همسو است که بر نقش سرمایه اجتماعی و مشارکت مردمی در سازگاری اقلیمی تأکید می‌کنند.همچنین، همخوانی این یافته‌ها با گزارش IPCC (2022) قابل توجه است که عدالت اقلیمی را در گرو ادغام دانش بومی و تجارب محلی در برنامه‌ریزی شهری می‌داند.

با وجود هم‌پوشانی گسترده یافته‌های این پژوهش با ادبیات بین‌المللی، دو تفاوت اساسی نیز مشاهده می‌شود. نخست آن که در مشهد، برخلاف بسیاری از شهرهای مورد مطالعه جهانی، گرمای شهری نه تنها پیامد توسعه کالبدی بلکه نتیجه مستقیم ضعف مدیریت حریم رودخانه‌ها و فضاهای طبیعی است. دوم آن که، احساس بی‌عدالتی در میان ساکنان صرفاً به شرایط اقلیمی محدود نمی‌شود، بلکه به نوعی نابرابری نمادین در دیده‌شدن و شنیده‌شدن آنان در فرایندهای تصمیم‌گیری شهری تبدیل شده است.در جمع‌بندی، می‌توان گفت یافته‌های این تحقیق ضمن همخوانی نظری با مطالعات بین‌المللی درباره عدالت اقلیمی (Corburn et al., 2022; McLean, 2025; Hsu et al., 2021)، از نظر بومی‌سازی مدل و تمرکز بر سکونتگاه‌های غیررسمی ایران واجد ارزش افزوده علمی است. پژوهش حاضر تأیید می‌کند که عدالت اقلیمی در بسترهای نابرابر شهری تنها از رهگذر هم‌زمان‌سازی سه سیاست می‌تواند تحقق یابد: سیاست‌های محیطی برای کاهش گرمای سطحی، سیاست‌های اجتماعی برای افزایش تاب‌آوری و سیاست‌های نهادی برای تضمین مشارکت.از این منظر، مشهد می‌تواند به الگویی برای بازاندیشی عدالت اقلیمی در شهرهای ایران بدل شود؛ شهری که در آن اقلیم، فقر، و برنامه‌ریزی شهری نه در تقابل، بلکه در تعامل سازنده قرار گیرند.

نتیجه گیری

این پژوهش با تلفیق داده‌های مکانی، اجتماعی و نهادی نشان می‌دهد که بی‌عدالتی اقلیمی در سکونتگاه‌های غیررسمی مشهد واقعیتی چندوجهی و ساختاری است. گرمایش شهری در این مناطق نه صرفاً پدیده‌ای طبیعی، بلکه بازتابی از نابرابری‌های

کالبدی، نهادی و اجتماعی است که طی سال‌ها در فرایند توسعه شهری تثبیت شده است. یافته‌ها نشان دادند که سکونتگاه‌های غیررسمی به دلیل تراکم بالا، کمبود فضای سبز، مصالح غیراستاندارد و ضعف خدمات شهری، بیشترین فشار حرارتی را متحمل می‌شوند و در عین حال کمترین سهم را از سیاست‌های کاهش دما و سازگاری اقلیمی دارند.در سطح اجتماعی، گروه‌های کم‌درآمد و آسیب‌پذیر نظیر سالمندان، زنان و کودکان بیش از دیگران در معرض استرس حرارتی و فقر انرژی قرار دارند. در سطح نهادی نیز ضعف عدالت رویه‌ای و نبود مشارکت مؤثر ساکنان در تصمیم‌گیری‌های شهری، چرخه بی‌عدالتی اقلیمی را بازتولید می‌کند. به این ترتیب، فرضیه اصلی پژوهش مبنی بر وجود بی‌عدالتی اقلیمی و ناکارآمدی سیاست‌های فعلی در پاسخ به آن تأیید می‌شود.این نتایج، مشهد را به نمونه‌ای شاخص از شهرهای در حال توسعه بدل می‌سازد که در آن شکاف میان اقلیم و عدالت اجتماعی به روشنی قابل مشاهده است. در چارچوب مدل مفهومی پژوهش، عدالت اقلیمی در این شهر تنها در صورتی تحقق می‌یابد که سه بعد کلیدی آن یعنی «عدالت توزیعی»، «عدالت رویه‌ای» و «عدالت ترمیمی» به صورت هم‌زمان در سیاست‌های شهری نهادینه شود.

با وجود این دستاوردها، پژوهش حاضر با محدودیت‌هایی روبرو بود که از جمله آنها می‌توان به دسترسی محدود به داده‌های دمایی با وضوح زمانی و مکانی بالا، تمرکز بر سه سکونتگاه منتخب و محدودیت در مشارکت ساکنان به دلیل ملاحظات اجتماعی اشاره کرد. همچنین ارزیابی سیاست‌ها بر پایه مصاحبه‌های نهادی صورت گرفت و از تحلیل اسناد بودجه‌ای یا طرح‌های اجرایی استفاده مستقیم نشد.

با توجه به این محدودیت‌ها، چند مسیر برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌شود. نخست، انجام مطالعات مقایسه‌ای در سایر کلان‌شهرهای ایران مانند تهران، اهواز و کرمانشاه می‌تواند به تعمیم مدل عدالت اقلیمی در بافت‌های متنوع کمک کند. دوم، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای با قدرت تفکیک بالاتر (مانند Sentinel یا ECOSTRESS) همراه با مدل‌سازی انرژی شهری، امکان تحلیل دقیق‌تر دینامیک حرارتی را فراهم می‌آورد. سوم، پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آینده به بررسی پیوند میان احساس بی‌عدالتی اقلیمی و رفتارهای سازگاری ساکنان بپردازند تا درک اجتماعی از گرما به‌صورت روان‌شناختی نیز سنجیده شود. همچنین، مطالعات میان‌رشته‌ای که اقتصاد شهری، سلامت عمومی و اقلیم‌شناسی را با هم ترکیب کنند، می‌توانند چارچوبی جامع‌تر برای سیاست‌گذاری اقلیمی در بافت‌های غیررسمی ارائه دهند.

بر اساس یافته‌های این تحقیق، پیشنهادهای کاربردی زیر برای سیاست‌گذاران و مدیران شهری ارائه می‌شود: نخست، طراحی و اجرای برنامه‌های کاهش دمای شهری با تمرکز بر سکونتگاه‌های غیررسمی، از طریق توسعه‌ی ریزفضاهای سبز، استفاده از مصالح با آلبدوی بالا در بام‌ها و معابر، و حفظ مسیرهای جریان هوا در طراحی شهری. دوم، ایجاد نظام داده‌ی اقلیمی محلی با همکاری سازمان‌های شهری و دانشگاهی برای پایش مداوم دمای سطح زمین و تحلیل ارتباط آن با شاخص‌های اجتماعی. سوم، ادغام مفهوم عدالت اقلیمی در طرح‌های جامع و تفصیلی شهر مشهد و الزام دستگاه‌های اجرایی به ارزیابی اثرات اقلیمی طرح‌ها بر گروه‌های کم‌درآمد. چهارم، توانمندسازی ساکنان از طریق برنامه‌های آموزشی و مشوق‌های انرژی پاک برای استفاده از فناوری‌های سرمایشی کم‌مصرف. پنجم، ایجاد سازوکارهای مشارکت‌محور تصمیم‌گیری اقلیمی به‌گونه‌ای که دانش بومی و تجربه زیسته‌ی ساکنان به بخشی از فرایند سیاست‌گذاری بدل شود.

در نهایت، نتایج این پژوهش بر ضرورت بازنگری در رویکرد مدیریت شهری مشهد تأکید دارد. عدالت اقلیمی تنها زمانی محقق می‌شود که اقلیم نه به عنوان یک متغیر طبیعی، بلکه به عنوان مسئله‌ای اجتماعی و سیاسی درک شود. دستیابی به شهری تاب‌آور و منصفانه مستلزم پیوند میان علم، سیاست و جامعه است؛ جایی که سیاست‌های اقلیمی نه از بالا، بلکه از درون زندگی روزمره شهروندان شکل گیرد.

سپاسگزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند از خانم دکتر کتایون علیزاده بابت مطالعه دقیق متن مقاله و ارائه نظرات ارزشمندشان صمیمانه سپاسگزاری نمایند. همچنین از داوران محترم نیز به دلیل تبادل نظرهای علمی و ارائه راهکارهای ساختاری که به ارتقای کیفیت نهایی این پژوهش انجامید، نهایت قدردانی را به عمل می‌آورند.

منابع

Acosta, M. P., Vahdatikhaki, F., Santos, J., Hammad, A., & Doree, A. G. (2021). How to bring UHI to the urban planning table? A data-driven modelling approach. *Sustainable Cities and Society*, *71*, 102948. https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102948

Aghajani, H., Razzaghian, F. and Ghazi, R. (2024). Identifying Factors Influencing the Formation and Growth of Informal Settlements in Mashhad (Case Study: Seyedi, Khajeh Rabi, Ghal'e Sakhteman, and Jaddeh Qadim Ghochan Areas). *Geography and Development*, *22*(77), 31-54. https://doi.org/10.22111/gdij.2024.8681. [In Persian]

Agyeman, J., Schlosberg, D., Craven, L., & Matthews, C. (2016). Trends and directions in environmental justice: from inequity to everyday life, community, and just sustainabilities. *Annual review of environment and resources*, *41*(1), 321-340.

Baghban, S. and Minaei, M. (2023). Spatial analysis of social resilience in the suburbs of Mashhad based on a multi-criteria spatial decision support system (MC-SDSS). *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, *32*(125), 143-161. https://doi.org/10.22131/sepehr.2023.545658.2834. [In Persian]

Cafaro, R., Cardone, B., D'Ambrosio, V., Di Martino, F., & Miraglia, V. (2024). A new GIS-based framework to detect urban heat islands and its application on the city of Naples (Italy). *Land*, *13*(8), 1253. https://doi.org/10.3390/land13081253

Chapman, S., Thatcher, M., Salazar, A., Watson, J. E., & McAlpine, C. A. (2019). The impact of climate change and urban growth on urban climate and heat stress in a subtropical city. *International Journal of Climatology*, *39*(6), 3013-3030. https://doi.org/10.1002/joc.5998

Chukwuemeka, N. K., Ulusow, A. H., & Sylvanus, O. M. (2024). Climate change, causes, economic impact and mitigation. *Int. J. Sci. Res. Updates*, *8*, 001-008. https://doi.org/10.53430/ijsru.2024.8.1.0043

Corburn, J., Njoroge, P., Weru, J., & Musya, M. (2022). Urban climate justice, human health, and citizen science in Nairobi's informal settlements. *Urban Science*, *6*(2), 36. https://doi.org/10.3390/urbansci6020036

Dastorani, M., Zarei, M. and Qaderi, M. (2025). Climate Change and Vegetation Cover in the Kahneh Watershed, Khorasan Razavi, Using Remote Sensing in the GEE Environment. *Journal of Drought and Climate Change Research*, *3*(3), 47-62. https://doi.org/10.22077/jdcr.2025.8922.1118. [In Persian]

Dovey, K., van Oostrum, M., Chatterjee, I., & Shafique, T. (2020). Towards a morphogenesis of informal settlements. *Habitat International*, *104*, 102240. https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2020.102240

Ghasemi S, Hadyani Z, Hamidianpour M.(2024). Identifying the key drivers affecting the future climate change and resilience of Isfahan city. *JFCV*,*5* (1) : 3. URL: http://jvfc.ir/article-1-293-fa.html. [In Persian]

Hajat, S., Vardoulakis, S., & Heaviside, C. (2021). Health impacts of urban heat: A systematic review. *Environmental International*, *147*, 106812. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-081632

Hanaee, T. and Khalesi, B. (2024). Typology of Research Method in Urban Morphology to Increase Climate Justice with the Approach of Reducing Energy Consumption. *Urban Planning Knowledge*, *8*(1), 23-44. https://doi.org/10.22124/upk.2024.24462.1865. [In Persian]

Hsu, A., Sheriff, G., Chakraborty, T., & Manya, D. (2021). Disproportionate exposure to urban heat island intensity across major US cities. *Nature communications*, *12*(1), 2721. https://doi.org/10.1038/s41467-021-22799-5

IPCC. (2021). Summary for policymakers. In and B. Z. Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu (Ed.), Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (pp. 3–32). *Cambridge University Press*. https://doi.org/10.1017/9781009157896.001

IPCC. (2022). Climate Change 2022. Impacts, Adaptation and Vulnerability in: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report on the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press. Available at: https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civil

wars_12December2010.pdf%0Ahttps://thinkasia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625.
IPCC. (2023). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 1-34, https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
Iran Meteorological Organisation. (2023). *Razavi Meteorological Service*. Retrieved from https://www.razavimet.ir/fa/.[In Persian]
Islamic Parliament Research Centre (IPRC). (2022). Marginalisation (informal settlement) in Iran: Approaches, policies, and measures. Tehran, Iran. https://rc.majlis.ir/fa/report/show/1753875. **[In Persian]**
Jahanbin, Shabab, Faqih Habibi, Ali, Mohamadi, Ali, shirazian, shirin, Kiadaliri, Hadi. "Analysing the most obvious factors of invalidation of climate change treaties, an approach to facilitating the obtaining of the right to climate sustainability." Environmental Management and Law, vol. 2, no. 2, 2024, pp. 77-90. https://doi.org/10.30486/JEML.2024.140309151192657
Joof, M. L. (2025). Climate Change Adaptation and Injustice in Informal Settlements: The Case of EBO Town, the Gambia (Doctoral dissertation, Middle East Technical University (Turkey)). https://hdl.handle.net/11511/113715
L. Ji, C. Shu, A. Gaur, L. Wang, M. Lacasse, A state-of-the-art review of studies on urban green infrastructure for thermal resilient communities, Build. *Environ*. *257* (2024) 111524, https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2024.111524.
Leal Filho, W., Tuladhar, L., Li, C., Balogun, A. L. B., Kovaleva, M., Abubakar, I. R., ... & Donkor, F. K. K. (2023). Climate change and extremes: implications on city livability and associated health risks across the globe. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, *15*(1), 1-19. https://doi.org/10.1108/IJCCSM-07-2021-0078
Mahadevia, D. (2024). Heat adaptation and health in the informal housing—An exploratory research in Ahmedabad, India. *Development*, *2*(4), 2461. https://doi.org/10.54517/ssd.v2i4.2461
Mansourian, H. and Askarzade, R. (2025). Strategies to Reduce the Urban Heat Island: Solutions and Challenges in Improving the Urban Environment. *Journal of Drought and Climate Change Research*, *3*(1), 115-134. https://doi.org/10.22077/jdcr. 2024.7450.1064. [In Persian]
Marques, C. A. (2025). The Informal City as Urban Idealisation. Buildings, *15*(7), 1083. https://doi.org/10.3390/buildings15071083
McLean, L. B. (2025). Climate Justice in the Concrete Jungle: Exploring Urban Heat Islands and Equity. In Justice-Oriented Science Teaching and Learning: Anchoring Phenomena in Secondary Classrooms (pp. 241-261). *Cham: Springer Nature Switzerland*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-76297-0_14
Meerow, S., Newell, J. P., & Stults, M. (2016). Defining urban resilience: A review. Landscape and urban planning, *147*, 38-49.
Mehrotra, S., Bardhan, R., & Ramamritham, K. (2018). Urban informal housing and surface urban heat island intensity: exploring spatial association in the City of Mumbai. *Environment and Urbanisation ASIA*, *9*(2), 158-177. https://doi.org/10.1177/0975425318783548
Mentaschi, L., Duveiller, G., Zulian, G., Corbane, C., Pesaresi, M., Maes, J., ... & Feyen, L. (2022). Global long-term mapping of surface temperature shows intensified intra-city urban heat island extremes. *Global Environmental Change*, *72*, 102441. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2021.102441
Mitchell, B. C., & Chakraborty, J. (2018). Thermal inequity: The relationship between urban structure and social disparities in an era of climate change. In Routledge Handbook of Climate Justice (pp. 330-346). *Routledge*. https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315537689-25/thermal-inequity-bruce-mitchell-jayajit-chakraborty
Mohtat, N., & Khirfan, L. (2021). The climate justice pillars vis-à-vis urban form adaptation to climate change: A review. *Urban Science*, *39*, 100951. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.100951
Nasiri R, Motesaddi Zarandi S, Motlagh M E.(2022).Climate Change and the Challenges of Quantitative Assessment of Urban Climate Change: A Case Study in Tehran Metropolis. *Sjsph*,*19* (3):293-314. URL: http://sjsph.tums.ac.ir/article-1-6064-fa.html. [In Persian]
Ndlangamandla, M. (2023). Design Strategies for Informal Settlements towards Climate Change Adaptation in Eswatini (Doctoral dissertation, University of Pretoria (South Africa)). https://doi.org/https://doi.org/10.25403/UPresearchdata.25285822.v1

Ogunbode, C. A., Doran, R., Ayanian, A. H., Park, J., Utsugi, A., van den Broek, K. L., ... & Clayton, S. (2024). Climate justice beliefs related to climate action and policy support around the world. *Nature Climate Change*, *14*(11), 1144-1150. https://doi.org/10.1038/s41558-024-02168-y

Opiyo, N., & Matata, L. (2021). Passive cooling strategies in informal housing: Case studies from Nairobi. *Building and Environment*, *190*, 107507.

Oraiopoulos, A., Wieser, M., Verdiere, M., Lambert, R., Fennell, P., & Ruyssevel, P. (2025). Improving habitability in informal settlements in the Global South: Exploring the impact of community urban green infrastructure on outdoor heat stress. *Building and Environment*, *113787*. https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2025.113787

Pastam, M. K. (2024). Informal Settlements and Climate Change. Strategies for adapting Hyderabad City to Heatwaves (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino). http://webthesis.biblio.polito.it/id/eprint/30154

Rahman, M. N., Rony, M. R. H., Jannat, F. A., Chandra Pal, S., Islam, M. S., Alam, E., & Islam, A. R. M. T. (2022). Impact of urbanisation on urban heat island intensity in major districts of Bangladesh using remote sensing and geo-spatial tools. *Climate*, *10*(1), 3. https://doi.org/10.3390/cli10010003

Ramezani Etedali, H. and Koohi, S. (2025). Investigating the Impact of Climate Change on the Aridity in Iran with the Population Exposure Approach. *Journal of Drought and Climate Change Research*, *3*(1), 17-38. https://doi.org/10.22077/jdcr.2024.8258.1079. [In Persian]

Ramezani Farokhad, A., Akbari, H., Fouladiyan, M. and Mousaaei, M. (2024). A marginal area on the body of Mashhad metropolis: A socioeconomic analysis of the formation process of the Qala-e-Khiaban Neighborhood in Mashhad. *Geography and Urban Space Development*, *11*(1), 25-47. https://doi.org/10.22067/jgusd.2022.72270.1098. [In Persian]

Ramsay, E. E., Duffy, G. A., Burge, K., Taruc, R. R., Fleming, G. M., Faber, P. A., & Chown, S. L. (2023). Spatio-temporal development of the urban heat island in a socioeconomically diverse tropical city. *Environmental Pollution*, *316*, 120443. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120443

Ren, Z., Fu, Y., Dong, Y., Zhang, P., & He, X. (2022). Rapid urbanisation and climate change significantly contribute to worsening urban human thermal comfort: A national 183-city, 26-year study in China. *Urban Climate*, *43*, 101154. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101154

Saberifar,R. (2025). Analysing the effects of land use change on vegetation and surface temperature of the city and the response of urban managers to this trend (Case study: Mashhad city). Journal of Sustainable *Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, *6*(1), 68-83. https://www.srds.ir/article_213418.html. [In Persian]

Safarrad, T., Yousefi, Y., & Gholizadeh Pasha, A. (2025). Spatiotemporal Analysis of the Urban Heat Island in Babolsar. *Urban Structure and Function Studies*, *12*(4), 37-56. https://doi.org/10.22080/usfs.2025.27956.2479. [In Persian]

Santamouris, M. (2015). Analysing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. *Science of the Total Environment*, *512*, 582-598. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.060

Santamouris, M. (2020). Recent progress on urban overheating and heat island research. Integrated assessment of the energy, environmental, vulnerability and health impact. Synergies with the global climate change. *Energy Build*, *207*, 109482. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109482

Satterthwaite, D., Archer, D., Colenbrander, S., Dodman, D., Hardoy, J., Mitlin, D., & Patel, S. (2020). Building resilience to climate change in informal settlements. One earth, *2*(2), 143-156. https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.02.002

Schlosberg, D. (2013). Theorising Environmental Justice: The Expanding Sphere of a Discourse. *Environmental Politics*, *22*(1), 37–55. https://doi.org/10.1080/09644016.2013.755387

Scott, A. A., Misiani, H., Okoth, J., Jordan, A., Gohlke, J., Ouma, G., ... & Waugh, D. W. (2017). Temperature and heat in informal settlements in Nairobi. *PloS one*, *12*(11), e0187300. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187300

Shand, W., & Ndezi, T. (2025). Community-led Climate Adaptation in Informal Settlements. World Bank. *Washington DC* .http://documents.worldbank.org/curated/en/099042425143018382

Teymouri, M. (2024). Marginalisation in Mashhad City: A Meta-analysis of Existing Research. *Journal of National Social Capital Research*, *2*(1), e197515. https://www.jisr.ir/article_197515.html. [In Persian]

The World Bank. (2023). Urban Heat in South Asia. Integrating People and Place in Adapting to Rising Temperatures. openknowledge.worldbank.org

Torky, M. and Masoodian, S. A. (2022). Analysis of Spatiotemporal Behaviour of Mashhad Metropolis's Urban Heat Island. Iranian Journal of Remote Sensing and GIS, *13*(4), 35-50. https://doi.org/10.52547/gisj.13.4.35

UNDP.(2021). Climate Change: Challenges and Responses. OCTOBER 25, 2025.https://www.undp.org/georgia/publications/climate-change-challenges-and-responses
United Nations (2018). Department of Economics and Social Affairs, Population Division, World Urbanisation Prospect. United Nations: Key Facts.
Vice Presidency for Planning and Human Capital Development of Mashhad Municipality. (2021). https://planning.mashhad.ir
Walker, G. (2012). *Environmental justice: Concepts, evidence and politics*. Routledge.
Walnycki, A. Schoonman,N. Treichel,P. Shand, W., Tonks, E., Matsika, R.(2025). Extreme heat in informal settlements: Evidence review. *Quadrature Climate Foundation*. https://www.qc.foundation/news-and-research/extreme-heat-in-informal-settlements/
WHO, 2023, Aasheim, E. T, Bhopal, A. S, O'Brien, K., Lie, A. K, Nakstad, E. R., Andersen, L. F, & Banik, D. (2023). Climate change and health: a 2-week course for medical students to inspire change. In The Lancet Planetary Health (7th ed., Vol. 1, pp. 12-17). https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health
Williams, D. S., Máñez Costa, M., Sutherland, C., Celliers, L., & Scheffran, J. (2019). Vulnerability of informal settlements in the context of rapid urbanisation and climate change. *Environment and urbanisation*, *31*(1), 157-176. https://doi.org/10.1177/0956247818819694
World Health Organisation (WHO). (2021). Urban heat stress and health risks: A global analysis. WHO Publications. https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health
World Meteorological Organisation, 'More extreme heat demands coordinated action,' Jun. 2024. Accessed: Aug. 15, 2024. [Online]. Available: https://wmo.int/media/news/ more-extreme-heat-demands-coordinated-action
Yang, H., Ma, W., Li, H., & Li, Q. (2025). Climate Change, Factor Inputs and Cotton Yield Growth: Evidence from the Main Cotton Producing Areas in China. *Agriculture*, *15*(21), 2271. https://doi.org/10.3390/agriculture15212271.
Yin, Z., Liu, Z., Liu, X., Zheng, W., & Yin, L. (2023). Urban heat islands and their effects on thermal comfort in the US: New York and New Jersey. *Ecological Indicators*, *154*, 110765. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110765
Zayyari, K. A., Mansouri etminan, A. and Mohammadyelsooei, M. (2025). Investigating and analysing the role of institutional resilience in facing the effects of climate change on cities (Case study: Mashhad city). *Geography and Urban Space Development*, *12*(1), 1-19. https://doi.org/10.22067/jgusd.2022.78089.1237. [In Persian]
Zhang, H., Luo, M., Pei, T., Liu, X., Wang, L., Zhang, W., ... & Liao, W. (2023). Unequal urban heat burdens impede climate justice and equity goals. *The Innovation*, *4*(5). https://doi.org/10.1016/j.xinn.2023.100488
Žiberna, I., Pipenbaher, N., Donša, D., Škornik, S., Kaligarič, M., Bogataj, L. K., ... & Ivajnšič, D. (2021). The impact of climate change on urban thermal environment dynamics. *Atmosphere*, *12*(9), 1159. https://doi.org/10.3390/atmos12091159