IJCAUS
International Journal of Civil, Architecture and Urban Studies (IJCAUS)
مجله بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی
https://ijcaus.ir
دوره ۲ – شماره ۱ (بهار ۱۴۰۵) – صفحه ۶۴ تا ۷۸

# تاب آوری حرارتی شهری و عدالت سلامت در سیستم های شهری پیچیده: تحلیل نظام مند و چارچوب مفهومی یکپارچه

**امیر میدانی**
دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست، دانشگاه تهران.
amirmeidani۱۲۵@gmail.com

**چکیده**

افزایش فراوانی و شدت امواج گرمایی ناشی از تغییر اقلیم، همراه با تشدید جزایر حرارتی شهری، به یکی از مهم ترین تهدیدات سلامت عمومی در شهرهای جهان تبدیل شده است. با این حال، پیامدهای حرارتی به شکلی نامتوازن توزیع می شوند و گروه های اجتماعی کم برخوردار به طور نظام مند در معرض سطوح بالاتری از خطر حرارتی قرار می گیرند. این مقاله با رویکردی مروری و تحلیلی، به بررسی رابطه پیچیده میان تاب آوری حرارتی شهری و عدالت سلامت در سیستم های شهری پیچیده می پردازد. برای این منظور، ۲۸ منبع علمی معتبر از سال های ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۵ به روش نظام مند مرور و تحلیل شده اند. یافته های مقاله نشان می دهد که نابرابری های حرارتی نه تنها نتیجه تفاوت های فضایی در شدت جزیره حرارتی، بلکه محصول فرآیندهای تاریخی بی توجهی به زیرساخت ها، نابرابری های ساختاری در دسترسی به منابع سرمایشی، و فقدان رویکردهای عدالت محور در سیاست گذاری شهری است. مقاله یک چارچوب مفهومی سه لایه ای شامل «لایه خطر حرارتی»، «لایه حساسیت اجتماعی» و «لایه ظرفیت سازگاری» را برای تحلیل تاب آوری حرارتی عادلانه ارائه می کند. همچنین نشان می دهد که مداخلات کالبدی مانند افزایش پوشش درختی و سطوح خنک، هرچند مؤثر در کاهش کلی مرگ و میر، در صورت عدم هدف گیری صریح نیازهای گروه های آسیب پذیر، می توانند نابرابری ها را بازتولید کنند. در نهایت، مقاله توصیه های سیاستی برای یکپارچه سازی عدالت سلامت در برنامه ریزی تاب آوری حرارتی ارائه می دهد.

**واژگان کلیدی:** تاب آوری حرارتی، عدالت سلامت، جزیره حرارتی شهری، سیستم های پیچیده شهری، آسیب پذیری اجتماعی، فقر سرمایشی، سازگاری اقلیمی

IJCAUS
International Journal of Civil, Architecture and Urban Studies (IJCAUS)
مجله بین‌المللی عمران، معماری و شهرسازی
https://ijcaus.ir
دوره ۲ – شماره ۱ (بهار ۱۴۰۵) – صفحه ۶۴ تا ۷۸

## ۱. مقدمه

گرمایش جهانی و شهرنشینی سریع دو نیروی هم افزایی هستند که الگوهای حرارتی شهرهای معاصر را به شدت تغییر داده اند. سال ۲۰۲۴ به عنوان گرم ترین سال ثبت شده در تاریخ ابزارهای مدرن هواشناسی شناخته شد و نخستین سالی بود که میانگین دمای جهانی از سطح ۱.۵ درجه سانتی گراد بالاتر از سطوح پیش از صنعتی شدن عبور کرد (Yadav et al., ۲۰۲۶). در چنین شرایطی، شهرها به دلیل ویژگی های کالبدی خود مانند تراکم بالای ساختمان ها، سطوح نفوذناپذیر و کاهش پوشش گیاهی، به طور مستقیم در معرض پدیده جزیره حرارتی شهری قرار دارند که می تواند دمای هوا را تا چند درجه سانتی گراد بیشتر از مناطق حاشیه ای افزایش دهد (Amann, & Krenz ۲۰۲۵). پیامدهای سلامت این افزایش دما به شدت نامتوازن است: مرور نظام مند شواهد نشان می دهد که تنها یک درجه سانتی گراد افزایش دما می تواند مرگ و میر قلبی عروقی را به طور معناداری افزایش دهد، به ویژه در میان جمعیت بالای ۶۵ سال (Mazzone et al., ۲۰۲۳).

با این حال، آنچه که مسئله را به مراتب پیچیده تر می کند، توزیع نابرابر این خطرات در فضاهای شهری است. مطالعات متعدد نشان داده اند که گروه های اجتماعی کم برخوردار، از جمله اقلیت های قومی، خانوارهای کم درآمد، سالمندان و کودکان، به طور نظام مند در مناطقی با دمای سطحی بالاتر زندگی می کنند. برای نمونه، کِرنز و آمان (۲۰۲۵) در مطالعه ای بر روی لندن بزرگ نشان دادند که مناطق با سکونت اقلیت های قومی و گروه های کم درآمد تا چهار درجه سانتی گراد گرم تر از مناطق ثروتمندتر هستند. این نابرابری های فضایی نه تنها بازتاب الگوهای تاریخی تبعیض مسکن، بلکه محصول سیاست های شهری ای است که به طور ناکافی به نیازهای گروه های آسیب پذیر توجه کرده اند.

مفهوم تاب آوری حرارتی شهری در سال های اخیر به عنوان چارچوبی برای درک و پاسخ به این چالش ها ظهور کرده است. یادیو و همکاران (۲۰۲۶) تاب آوری حرارتی را به عنوان «توانایی یک سیستم شهری برای پیش بینی، جذب، سازگاری و بازیابی از تنش های حرارتی» تعریف می کنند. اما نکته حیاتی این است که تاب آوری بدون عدالت ناقص است: یک شهر می تواند به طور کلی تاب آور باشد در حالی که گروه های خاصی در آن همچنان در معرض خطرات حرارتی شدید قرار داشته باشند. این پدیده که گاهی «تاب آوری ناعادلانه» نامیده می شود، در مطالعات متعددی مستند شده است (Shi et al., ۲۰۲۳ Friesenecker et al., ۲۰۲۵).

این مقاله با هدف پاسخ به سه پرسش اصلی تدوین شده است: نخست، رابطه میان تاب آوری حرارتی شهری و عدالت سلامت در ادبیات علمی معاصر چگونه مفهوم سازی شده است؟ دوم، چه عواملی موجب بازتولید نابرابری های حرارتی در سیستم های شهری پیچیده می شوند؟ سوم، چه چارچوب مفهومی و چه راهبردهای سیاستی می توانند به یکپارچه سازی عدالت سلامت در برنامه ریزی تاب آوری حرارتی کمک کنند؟ برای پاسخ به این پرسش ها، مقاله از روش مرور نظام مند ادبیات علمی منتشر شده در بازه ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۵ استفاده می کند و ۲۸ منبع معتبر را تحلیل می کند.

## ۲. مبانی نظری و مرور ادبیات

### ۲.۱. سیستم های شهری پیچیده و تاب آوری حرارتی

شهرها به عنوان سیستم های پیچیده انطباقی شناخته می شوند که از زیرسیستم های متعدد کالبدی، اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی تشکیل شده اند و روابط غیرخطی میان این زیرسیستم ها رفتار کل سیستم را تعیین می کند (Shi et al., ۲۰۲۱). در چنین سیستم هایی، مداخله در یک بخش می تواند پیامدهای پیش بینی نشده ای در بخش های دیگر ایجاد کند. برای مثال، افزایش پوشش درختی در یک محله می تواند دمای هوا را در آن محله کاهش دهد، اما اگر این مداخله به کاهش جریان هوا یا تغییر الگوهای باد منجر شود، ممکن است دمای محله های مجاور را افزایش دهد.

تاب آوری حرارتی در این چارچوب به عنوان یک ویژگی چندبعدی درک می شود که شامل ظرفیت جذب (توانایی سیستم برای مقاومت در برابر تنش حرارتی بدون تغییر اساسی)، ظرفیت سازگاری (توانایی بازیگران برای یادگیری و تنظیم رفتارهای خود در پاسخ به تغییرات) و ظرفیت تحول (توانایی سیستم برای بازساخت ساختارهای بنیادین خود در پاسخ به تنش های مزمن) است (Yadav et al., ۲۰۲۶). یادیو و همکاران (۲۰۲۶) شاخص تاب آوری حرارتی شهری را به عنوان ترکیبی وزنی از چهار مؤلفه معرفی می کنند: تنش حرارتی، ظرفیت سرمایشی، حائل زیست محیطی و ظرفیت سازگاری.

### ۲.۲. عدالت سلامت و نابرابری های حرارتی

عدالت سلامت به وضعیتی اطلاق می شود که در آن همه افراد فرصت های عادلانه ای برای دستیابی به بالاترین سطح سلامت ممکن داشته باشند (Lyra et al., ۲۰۲۶). در زمینه حرارت شهری، این مفهوم به سه بُعد قابل تفکیک است: عدالت توزیعی (توزیع عادلانه خطرات و مزایای حرارتی در فضا)، عدالت رویه ای (مشارکت عادلانه گروه های آسیب پذیر در فرآیندهای تصمیم گیری) و عدالت شناسایی (به رسمیت شناختن نیازها و تجربیات گروه های حاشیه نشین) (Friesenecker et al., ۲۰۲۵).

شواهد تجربی نشان می دهد که نابرابری های حرارتی در شهرها هم در بُعد توزیعی و هم در بُعد رویه ای عمیقاً ریشه دار هستند. کِرنز و آمان (۲۰۲۵) با تحلیل داده های دمای سطحی لندن نشان دادند که مناطق با نسبت بالای جمعیت اقلیت قومی تا چهار درجه گرم تر از مناطق عمدتاً سفیدپوست و ثروتمند هستند. این یافته با مطالعه بو و همکاران (۲۰۲۴) در تورنتو همسو است که نشان دادند جوامع مسکونی کم درآمد و برج های مسکونی بلندمرتبه به طور معناداری آسیب پذیرتر از میانگین شهر هستند.

### ۲.۳. فقر سرمایشی به عنوان یک پدیده چندبعدی

مفهوم «فقر سرمایشی» چارچوب تحلیلی مهمی برای درک نابرابری های حرارتی فراهم می کند. مازونه و همکاران (۲۰۲۳) فقر سرمایشی را به عنوان وضعیتی تعریف می کنند که از ترکیب عوامل اقتصادی (ناتوانی در پرداخت هزینه انرژی)، زیرساختی (کیفیت پایین ساختمان ها و نبود تهویه مناسب)، اجتماعی (انزوا و عدم دسترسی به شبکه های حمایتی) و زیست محیطی

(قرار گرفتن در معرض جزیره حرارتی) ناشی می شود. این مفهوم نشان می دهد که نابرابری حرارتی صرفاً نتیجه تفاوت در موقعیت مکانی نیست، بلکه محصول تعامل پیچیده میان ساختارهای اجتماعی، اقتصادی و کالبدی است.

مازونه و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه ای بر روی جوامع کم برخوردار ریودوژانیرو نشان دادند که فقر سرمایشی نه تنها به دسترسی فیزیکی به سیستم های تهویه محدود نمی شود، بلکه شامل عواملی مانند تغذیه نامناسب، دسترسی محدود به آب آشامیدنی سالم و شرایط کاری نامناسب می شود که ظرفیت تنظیم دمای بدن را تضعیف می کند. این یافته ها اهمیت رویکردی چندبعدی به تاب آوری حرارتی را برجسته می سازد.

### ۲.۴. پیامدهای سلامت نابرابری های حرارتی

شواهد اپیدمیولوژیک گسترده ای نشان می دهد که قرار گرفتن در معرض گرمای شدید با طیف وسیعی از پیامدهای نامطلوب سلامت مرتبط است. یونگمن و همکاران (۲۰۲۳) در مطالعه ای بر روی ۹۳ شهر اروپایی تخمین زدند که ۶۷۰۰ مرگ زودرس در تابستان ۲۰۱۵ قابل انتساب به اثرات جزیره حرارتی شهری بوده است که معادل ۴.۳۳ درصد از کل مرگ و میرهای تابستانی است. مطالعه ای دیگر بر روی ۲.۸۴ میلیون مرگ قلبی عروقی در اروپا نشان داد که افزایش دما از صدک ۷۵ به صدک ۹۹ با افزایش ۱۴ درصدی خطر مرگ قلبی عروقی همراه است (Zhang et al., ۲۰۲۳).

پیامدهای سلامت حرارتی فراتر از مرگ و میر است و شامل طیف گسترده ای از پیامدهای حاد و مزمن می شود. مطالعات نشان می دهد که گرمای شدید با افزایش بستری شدن در بیمارستان به دلیل بیماری های تنفسی، کلیوی و روانی، افزایش خطر زایمان زودرس و وزن کم هنگام تولد، و تشدید اختلالات سلامت روان مرتبط است (Huang et al., ۲۰۲۴). جدول ۱ خلاصه ای از پیامدهای سلامت منتسب به حرارت شهری را بر اساس مرور ادبیات ارائه می کند.

**جدول ۱: پیامدهای سلامت منتسب به حرارت شهری بر اساس گروه های آسیب پذیر**

| گروه آسیب پذیر | پیامدهای سلامت | منبع |
|---|---|---|
| **سالمندان (۶۵+ سال)** | افزایش مرگ و میر قلبی عروقی، تنفسی و کلیوی؛ تشدید بیماری های مزمن | Mazzone et al. (۲۰۲۳); Zhang et al. (۲۰۲۳) |
| **کودکان و نوزادان** | زایمان زودرس، وزن کم هنگام تولد، افزایش بستری تنفسی | Part et al. (۲۰۲۲); Amann & Krenz (۲۰۲۵) |
| **زنان باردار** | اختلالات فشار خون بارداری، زایمان زودرس، عوارض بارداری | Part et al. (۲۰۲۲) |
| **بیماران روانی** | تشدید افسردگی، اضطراب، افزایش خطر خودکشی، بستری روانی | Huang et al. (۲۰۲۴) |
| **اقلیت های قومی** | قرار گرفتن در معرض دمای بالاتر، دسترسی محدود به فضاهای خنک | Amann & Krenz (۲۰۲۵) |

| | | |
|---|---|---|
| **خانوارهای کم درآمد** | فقر سرمایشی، کیفیت پایین مسکن، ناتوانی در پرداخت هزینه انرژی | .al et Mazzone (۲۰۲۳)؛ .al et Bu (۲۰۲۴) |
| **کارگران فضای باز** | بیماری های ناشی از گرما، کم آبی، کاهش بهره وری | .al et Lyra (۲۰۲۶) |

## ۳. چارچوب مفهومی: تاب آوری حرارتی عادلانه

بر اساس مرور ادبیات، این مقاله یک چارچوب مفهومی سه لایه ای برای تحلیل تاب آوری حرارتی عادلانه در سیستم های شهری پیچیده ارائه می دهد. این چارچوب بر این ایده استوار است که تاب آوری حرارتی نمی تواند تنها بر اساس میانگین های شهری سنجیده شود، بلکه باید توزیع خطرات و ظرفیت ها را در میان گروه های اجتماعی مختلف در نظر بگیرد.

### ۳.۱. لایه اول: خطر حرارتی

لایه خطر حرارتی شامل مؤلفه های فیزیکی و زیست محیطی است که شدت و مدت تنش حرارتی را در یک منطقه شهری تعیین می کنند. این مؤلفه ها شامل دمای سطح زمین، دمای هوا، رطوبت نسبی، سرعت باد و پوشش گیاهی می شوند (Yadav et al., ۲۰۲۶). شدت جزیره حرارتی شهری در این لایه به عنوان یک عامل کلیدی ظاهر می شود که تحت تأثیر الگوهای کاربری زمین، تراکم ساختمانی و میزان سطوح نفوذناپذیر قرار دارد (Amann, & Krenz ۲۰۲۵).

### ۳.۲. لایه دوم: حساسیت اجتماعی

لایه حساسیت اجتماعی شامل ویژگی های جمعیتی و اجتماعی-اقتصادی است که آسیب پذیری گروه های خاص را در برابر تنش حرارتی افزایش می دهند. این ویژگی ها شامل سن (کودکان و سالمندان)، وضعیت سلامت پیشینی (بیماری های قلبی عروقی، تنفسی و روانی)، وضعیت اقتصادی-اجتماعی (درآمد، تحصیلات، اشتغال)، نوع مسکن (کیفیت ساختمان، دسترسی به تهویه) و انزوای اجتماعی می شوند (al et Bu., ۲۰۲۴). جدول ۲ شاخص های کلیدی حساسیت اجتماعی را بر اساس مطالعات مرور شده نشان می دهد.

**جدول ۲: شاخص های کلیدی حساسیت اجتماعی به حرارت شهری**

| بُعد | شاخص ها | منابع |
|---|---|---|
| **جمعیت شناختی** | نسبت سالمندان (۶۵+)، نسبت کودکان زیر ۵ سال، تراکم جمعیت | Amann & Krenz (۲۰۲۵)؛ .al et Bu (۲۰۲۴) |
| **سلامت** | شیوع بیماری های قلبی عروقی، تنفسی و روانی؛ ناتوانی جسمی | .al et Zhang (۲۰۲۳)؛ .al et Huang (۲۰۲۴) |

| | | |
|---|---|---|
| **اقتصادی-اجتماعی** | درآمد خانوار، نرخ بیکاری، سطح تحصیلات، نرخ اجاره نشینی | Lyra et al. (۲۰۲۶); Friesenecker et al. (۲۰۲۵) |
| **مسکن** | کیفیت ساختمان، وجود تهویه مطبوع، جهت گیری ساختمان، تراکم واحدها | Mazzone et al. (۲۰۲۳) |
| **اجتماعی** | انزوای اجتماعی، تنهایی، شبکه های حمایتی ضعیف، موانع زبانی | Bu et al. (۲۰۲۴); Friesenecker et al. (۲۰۲۵) |

### ۳.۳. لایه سوم: ظرفیت سازگاری

لایه ظرفیت سازگاری شامل منابع و توانایی هایی است که به افراد، خانوارها و جوامع امکان می دهد تا با تنش های حرارتی مقابله کنند، خود را با آن ها تطبیق دهند و از آن ها بازیابی شوند. این لایه شامل دسترسی به فضاهای خنک (پارک ها، مراکز سرمایشی، آب های سطحی)، توانایی مالی برای استفاده از سیستم های سرمایشی، دانش و آگاهی درباره خطرات حرارتی، و شبکه های اجتماعی حمایتی می شود (Shi et al., ۲۰۲۳). جدول ۳ چارچوب سه لایه ای را به طور خلاصه ارائه می کند.

**جدول ۳: چارچوب سه لایه ای تاب آوری حرارتی عادلانه**

| لایه | مؤلفه ها | سنجه های نمونه |
|---|---|---|
| **خطر حرارتی** | دمای سطح، دمای هوا، رطوبت، پوشش گیاهی، سطوح نفوذناپذیر | LST، intensity UHI، NDVI |
| **حساسیت اجتماعی** | جمعیت شناختی، سلامت، اقتصادی-اجتماعی، مسکن، اجتماعی | شاخص آسیب پذیری حرارتی (HVI) |
| **ظرفیت سازگاری** | دسترسی به سرمایش، فضاهای خنک، دانش، شبکه های اجتماعی | فاصله تا پارک، نرخ مالکیت AC، شاخص انسجام اجتماعی |

## ۴. روش شناسی

این مقاله از روش مرور نظام مند ادبیات علمی برای بررسی رابطه میان تاب آوری حرارتی شهری و عدالت سلامت استفاده می کند. جستجوی ادبیات در پایگاه های داده Scopus، Science of Web، PubMed و ScienceDirect با استفاده از ترکیب واژگان کلیدی «urban heat» «resilience، health» «equity، thermal» «inequality، urban» «island، heat» «social، vulnerability» و «complex urban systems» انجام شد. بازه زمانی جستجو از سال ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۵ تعیین شد تا بر جدیدترین شواهد علمی تمرکز شود.

دوره ۲ – شماره ۱ (بهار ۱۴۰۵) – صفحه ۶۴ تا ۷۸

معیارهای ورود شامل مقالات داوری شده منتشر شده در مجلات معتبر، گزارش های سازمان های بین المللی معتبر، و مطالعاتی بود که به طور مستقیم به رابطه میان حرارت شهری و نابرابری های سلامت می پرداختند. معیارهای خروج شامل مقالات فاقد داده های تجربی کافی، مطالعات صرفاً توصیفی بدون تحلیل علّی، و مقالاتی که به زبان های غیر از انگلیسی یا فارسی منتشر شده بودند. در مجموع، ۲۸ منبع برای تحلیل نهایی انتخاب شد که شامل ۲۲ مقاله داوری شده، ۴ گزارش سازمان های بین المللی و ۲ چارچوب سیاستی است.

تحلیل داده ها با استفاده از روش تحلیل محتوای کیفی انجام شد. ابتدا متون به طور کامل خوانده شدند و کدهای اولیه استخراج شدند. سپس کدها در قالب مضامین اصلی دسته بندی شدند که شامل: (۱) ابعاد نابرابری حرارتی، (۲) پیامدهای سلامت، (۳) استراتژی های تاب آوری، و (۴) رویکردهای سیاستی عدالت محور بود. در نهایت، یافته ها در قالب چارچوب مفهومی سه لایه ای سازماندهی شدند.

## ۵. یافته ها و بحث

### ۵.۱. ابعاد نابرابری حرارتی در شهرها

تحلیل ادبیات نشان می دهد که نابرابری های حرارتی در شهرها در چهار بُعد اصلی قابل تفکیک هستند: نابرابری فضایی، نابرابری اجتماعی، نابرابری کالبدی و نابرابری نهادی. نابرابری فضایی به توزیع نامتوازن دمای سطحی و هوایی در مناطق مختلف شهر اشاره دارد. مطالعات نشان می دهد که در بسیاری از شهرهای بزرگ، محله های کم برخوردار در مناطق با شدت بالای جزیره حرارتی قرار دارند. کِرِنز و آمان (۲۰۲۵) با تحلیل داده های لندن نشان دادند که تفاوت دمای سطحی میان محله های ثروتمند و کم برخوردار می تواند تا چهار درجه سانتی گراد برسد. این الگو در شهرهای مختلف جهان از جمله تورنتو (Bu et al., ۲۰۲۴)، بالتیمور (Shi et al., ۲۰۲۳) و شهرهای مکزیک (Population, Vulnerable ۲۰۲۵) نیز گزارش شده است.

نابرابری اجتماعی به تفاوت های نظام مند در حساسیت گروه های مختلف به تنش حرارتی اشاره دارد. تحلیل ادبیات نشان می دهد که سالمندان، کودکان، اقلیت های قومی، افراد با درآمد پایین و افراد دارای بیماری های پیشینی به طور نامتناسبی تحت تأثیر گرمای شهری قرار می گیرند. یک مرور نظام مند نشان داد که خطر مرگ قلبی عروقی ناشی از گرما در افراد بالای ۶۵ سال به طور معناداری بالاتر از سایر گروه های سنی است (Zhang et al., ۲۰۲۳). همچنین مطالعات نشان می دهد که اقلیت های قومی در شهرهایی مانند لندن و تورنتو در مناطقی با دمای بالاتر و دسترسی کمتر به فضاهای خنک زندگی می کنند (Amann, & Krenz ۲۰۲۵; Bu et al., ۲۰۲۴).

نابرابری کالبدی به تفاوت در کیفیت مسکن و دسترسی به زیرساخت های سرمایشی اشاره دارد. مازونه و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که خانوارهای کم درآمد در ساختمان های با کیفیت پایین تر، عایق بندی ضعیف تر و تهویه نامناسب تر زندگی می کنند که آن ها را در برابر گرمای شدید آسیب پذیرتر می کند. این پدیده که با عنوان «فقر سرمایشی» شناخته می شود، در جوامع کم برخوردار ریودوژانیرو به طور مستند نشان داده شده است. همچنین در تورنتو، ساکنان برج های مسکونی کم درآمد به طور معناداری آسیب پذیرتر از میانگین شهر هستند (Bu et al., ۲۰۲۴).

دوره ۲ – شماره ۱ (بهار ۱۴۰۵) – صفحه ۶۴ تا ۷۸

نابرابری نهادی به عدم توازن در توزیع منابع و خدمات عمومی مرتبط با حرارت اشاره دارد. لِیرا و همکاران (۲۰۲۶) در مرور نظام مند خود نشان دادند که برنامه ریزی شهری در بسیاری از شهرها فاقد رویکرد عدالت محور در تخصیص منابع برای کاهش حرارت است. آن ها دریافتند که در حالی که ادبیات مربوط به عدالت زیست محیطی و دسترسی به فضای سبز از دهه ۲۰۱۰ به طور چشمگیری گسترش یافته، این مفاهیم همچنان از نظر تحلیل حاکمیتی و سیاستی ضعیف باقی مانده اند. این شکاف نهادی به بازتولید نابرابری های حرارتی در طول زمان کمک می کند.

### ۵.۲. مکانیسم های بازتولید نابرابری حرارتی

تحلیل ادبیات نشان می دهد که نابرابری های حرارتی از طریق چند مکانیسم کلیدی بازتولید می شوند. نخست، تبعیض تاریخی مسکن و الگوهای جدایی اجتماعی-فضایی موجب شده است که گروه های کم برخوردار در مناطقی با کیفیت زیست محیطی پایین تر سکونت یابند. کِرنز و آمان (۲۰۲۵) نشان می دهند که الگوهای سکونتی ناشی از تبعیض تاریخی در لندن با الگوهای دمای سطحی بالاتر هم پوشانی دارند. این پدیده در ادبیات به عنوان «تله فضایی آسیب پذیری» توصیف شده است که در آن محله های کم برخوردار هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی در موقعیت نامطلوب قرار دارند.

دوم، عدم تعادل قدرت در فرآیندهای تصمیم گیری شهری موجب می شود که نیازهای گروه های آسیب پذیر در سیاست های کاهش حرارت نادیده گرفته شود. فرایزِنکر و همکاران (۲۰۲۵) نشان می دهند که عدالت رویه ای در برنامه ریزی حرارتی اغلب نادیده گرفته می شود و گروه های کم برخوردار فرصت کافی برای مشارکت در تصمیم گیری درباره اولویت های مداخلات حرارتی ندارند. این وضعیت به تخصیص ناکارآمد و ناعادلانه منابع منجر می شود.

سوم، وابستگی فزاینده به سیستم های تهویه مطبوع به عنوان راه حل اصلی برای مقابله با گرما، نابرابری های جدیدی ایجاد می کند. مازونه و همکاران (۲۰۲۳) هشدار می دهند که اتکای گسترده به تهویه مطبوع نه تنها انتشار گازهای گلخانه ای را افزایش می دهد و گرمایش جهانی را تشدید می کند، بلکه شکاف میان کسانی که توانایی مالی برای دسترسی به سرمایش دارند و کسانی که ندارند را عمیق تر می سازد. این پدیده که «نابرابری حرارتی جدید» نامیده می شود، در شهرهای در حال توسعه که دسترسی به انرژی اغلب نامطمئن است، به مراتب حادتر است.

### ۵.۳. اثربخشی و محدودیت های استراتژی های تاب آوری حرارتی

تحلیل ادبیات نشان می دهد که استراتژی های مختلفی برای افزایش تاب آوری حرارتی شهری توسعه یافته اند، اما اثربخشی آن ها از نظر عدالت سلامت به شدت متفاوت است. جدول ۴ خلاصه ای از استراتژی های اصلی و پیامدهای عدالت محور آن ها را ارائه می کند.

دوره ۲ – شماره ۱ (بهار ۱۴۰۵) – صفحه ۶۴ تا ۷۸

جدول ۴: استراتژی های تاب آوری حرارتی و پیامدهای عدالت سلامت

| استراتژی | مکانیسم اصلی | اثربخشی کلی | پیامدهای عدالت محور |
|---|---|---|---|
| **افزایش پوشش درختی** | سایه اندازی، تعرق، کاهش دمای سطحی | بالا | نامتوازن؛ گرایش به کاشت درخت در مناطق ثروتمندتر (Shi et al., ۲۰۲۳) |
| **سطوح خنک و بازتابنده** | کاهش جذب تابش خورشیدی | متوسط تا بالا | توزیع نسبتاً عادلانه در صورت هدف گیری صریح (Shi et al., ۲۰۲۳) |
| **زیرساخت سبز-آبی** | تبخیر، تعدیل دما، خنک کنندگی محیطی | بالا | وابسته به مکان یابی؛ خطر مالکیت پذیری بالا (Lyra et al., ۲۰۲۶) |
| **مراکز سرمایشی** | دسترسی به فضای خنک اضطراری | متوسط | اثربخشی محدود برای افراد با تحرک محدود (Shi et al., ۲۰۲۳) |
| **بهبود کارایی انرژی ساختمان** | کاهش دمای داخلی، کاهش نیاز به تهویه | متوسط تا بالا | خطر جابجایی و افزایش قیمت مسکن (Mazzone et al., ۲۰۲۳) |
| **برنامه های هشدار حرارتی** | اطلاع رسانی و آماده سازی | متوسط | اثربخشی کمتر در گروه های حاشیه نشین (Friesenecker et al., ۲۰۲۵) |

یافته های حاصل از تحلیل ادبیات نشان می دهد که افزایش پوشش درختی، هرچند مؤثرترین استراتژی برای کاهش دمای هوا و بهبود سلامت عمومی است، اما در صورت عدم هدف گیری صریح نیازهای گروه های آسیب پذیر، می تواند نابرابری ها را تشدید کند. شی و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از ابزار City-HEAT در بالتیمور نشان دادند که مسیرهای متمرکز بر کاشت درخت، اگرچه بیشترین کاهش کلی در مرگ و میر را به همراه دارند، اما در کاهش تفاوت نرخ مرگ و میر میان محله ها عملکرد ضعیفی دارند. این نتیجه به این دلیل است که مدل های هزینه-اثربخشی معمولاً کاشت درخت را در مناطقی تشویق می کنند که هزینه کمتری دارند و این مناطق معمولاً ثروتمندتر و دارای سطوح نفوذناپذیر کمتر هستند.

در مقابل، استراتژی های زیرساختی مانند سطوح خنک و بام های سبز عملکرد بهتری در کاهش نابرابری های مرگ و میر دارند. شی و همکاران (۲۰۲۳) نشان دادند که مسیرهای متمرکز بر زیرساخت، تفاوت نرخ مرگ و میر میان محله ها را به طور معناداری کاهش می دهند و این کار را با هزینه کل کمتری انجام می دهند. این یافته نشان می دهد که انتخاب استراتژی های مداخله حرارتی نه تنها یک تصمیم فنی، بلکه یک تصمیم سیاسی با پیامدهای عمیق عدالت محور است.

دوره ۲ – شماره ۱ (بهار ۱۴۰۵) – صفحه ۶۴ تا ۷۸

### ۵.۴. شاخص های تاب آوری حرارتی و عدالت

توسعه شاخص هایی که بتوانند تاب آوری حرارتی را با در نظر گرفتن عدالت سلامت اندازه گیری کنند، یک حوزه کلیدی در ادبیات معاصر است. شاخص آسیب پذیری حرارتی که توسط بو و همکاران (۲۰۲۴) برای تورنتو توسعه یافته است، سه بُعد مواجهه، حساسیت و ظرفیت سازگاری را ترکیب می کند و از داده های دمای سطحی و ویژگی های اجتماعی-اقتصادی سرشماری استفاده می کند. این شاخص نشان می دهد که آسیب پذیری حرارتی در تورنتو الگوی U شکل دارد، با بالاترین سطوح آسیب پذیری در حاشیه های شهر و پایین ترین سطوح در نزدیکی دریاچه انتاریو.

یادیو و همکاران (۲۰۲۶) شاخص تاب آوری حرارتی شهری را معرفی کرده اند که ترکیبی وزنی از چهار مؤلفه تنش حرارتی، ظرفیت سرمایشی، حائل زیست محیطی و ظرفیت سازگاری است. آن ها این شاخص را برای ۱۵ شهر در جنوب آسیا به کار بردند و نشان دادند که نمرات تاب آوری از ۳۵.۲ در دهلی تا ۶۷.۱ در تیمفو متغیر است. نکته مهم این است که شهرهایی با نمرات بالاتر تاب آوری هیچ روند گرمایشی معناداری را نشان ندادند، در حالی که شهرهای با تاب آوری پایین تر با افزایش مداوم دمای سطحی مواجه بودند. این یافته اهمیت سرمایه گذاری در تاب آوری ساختاری را به عنوان یک استراتژی پیشگیرانه برجسته می کند.

با این حال، شاخص های موجود هنوز محدودیت های مهمی دارند. اکثر آن ها بر داده های سرشماری و سنجش از دور متکی هستند و نمی توانند پیچیدگی های تجربه زیسته گروه های آسیب پذیر را به طور کامل بازتاب دهند. لِیرا و همکاران (۲۰۲۶) استدلال می کنند که رویکردهای مشارکتی و روش های کیفی برای درک عمیق تر نابرابری های حرارتی ضروری هستند. همچنین، شاخص های فعلی معمولاً بُعد عدالت رویه ای را نادیده می گیرند و بر توزیع فضایی خطرات تمرکز می کنند.

### ۵.۵. رویکردهای سیاستی و حاکمیتی

تحلیل ادبیات نشان می دهد که رویکردهای سیاستی مختلفی برای یکپارچه سازی عدالت سلامت در برنامه ریزی تاب آوری حرارتی ظهور کرده اند. این رویکردها را می توان در سه دسته اصلی طبقه بندی کرد: رویکردهای مبتنی بر شواهد، رویکردهای مشارکتی و رویکردهای ساختاری.

رویکردهای مبتنی بر شواهد بر استفاده از داده های دقیق و ابزارهای تحلیلی برای شناسایی مناطق و گروه های آسیب پذیر و هدف گیری مداخلات تأکید می کنند. ابزار City-HEAT که توسط شی و همکاران (۲۰۲۳) توسعه یافته است، نمونه ای از این رویکرد است. این ابزار به تصمیم گیرندگان امکان می دهد تا مسیرهای مختلف کاهش حرارت را بر اساس معیارهای چندگانه از جمله کاهش مرگ و میر، کاهش نابرابری و هزینه ارزیابی کنند. یافته های حاصل از کاربرد این ابزار در بالتیمور نشان می دهد که هیچ مسیر واحدی نمی تواند همه اهداف را به طور همزمان بهینه کند و تصمیم گیرندگان باید میان کارایی، برابری و هزینه تعادل برقرار کنند.

رویکردهای مشارکتی بر مشارکت فعال گروه های آسیب پذیر در فرآیندهای تصمیم گیری تأکید می کنند. فرایزِنکر و همکاران (۲۰۲۵) استدلال می کنند که عدالت رویه ای نیازمند فرآیندهای تصمیم گیری شفاف، فراگیر و پاسخگو است. آن ها نشان می دهند که در بسیاری از شهرها، برنامه های سازگاری اقلیمی بدون مشارکت معنادار جوامع آسیب پذیر تدوین می شوند و

این امر به تخصیص ناکارآمد منابع و بی اعتمادی عمومی منجر می شود. رویکردهای مشارکتی شامل استفاده از نقشه برداری مشارکتی، جلسات عمومی هدفمند و مکانیسم های بازخورد مستمر می شوند.

رویکردهای ساختاری بر نیاز به تغییر ساختارهای بنیادینی که نابرابری های حرارتی را بازتولید می کنند، تأکید دارند. لِیرا و همکاران (۲۰۲۶) استدلال می کنند که بدون پرداختن به ریشه های ساختاری نابرابری حرارتی، از جمله تبعیض مسکن، نابرابری اقتصادی و عدم تعادل قدرت، مداخلات فنی به تنهایی نمی توانند عدالت سلامت را محقق کنند. این رویکرد بر اهمیت سیاست های بازتوزیعی، سرمایه گذاری هدفمند در محله های کم برخوردار و اصلاحات نهادی برای افزایش پاسخگویی و شفافیت تأکید می کند.

## ۶. نتیجه گیری و توصیه های سیاستی

این مقاله با مرور نظام مند ادبیات علمی ۲۰۲۱ تا ۲۰۲۵ نشان داد که رابطه میان تاب آوری حرارتی شهری و عدالت سلامت یک رابطه پیچیده و چندبعدی است که نمی تواند تنها از طریق مداخلات فنی یا کالبدی حل شود. یافته های کلیدی مقاله را می توان در چهار محور خلاصه کرد:

نخست، نابرابری های حرارتی در شهرها ریشه در فرآیندهای تاریخی و ساختاری دارند و صرفاً نتیجه تفاوت های تصادفی در توزیع فضایی دما نیستند. تبعیض مسکن، جدایی اجتماعی-فضایی و عدم تعادل قدرت در تصمیم گیری شهری همگی به بازتولید الگوهایی کمک می کنند که در آن گروه های کم برخوردار به طور نظام مند در معرض خطرات حرارتی بالاتر قرار می گیرند.

دوم، پیامدهای سلامت نابرابری های حرارتی فراتر از مرگ و میر است و شامل طیف گسترده ای از پیامدهای حاد و مزمن برای گروه های آسیب پذیر می شود. سالمندان، کودکان، زنان باردار، افراد دارای بیماری های روانی و اقلیت های قومی به طور نامتناسبی تحت تأثیر قرار می گیرند.

سوم، اثربخشی استراتژی های تاب آوری حرارتی از نظر عدالت سلامت به شدت متفاوت است. استراتژی هایی مانند افزایش پوشش درختی که بر کاهش کلی دما متمرکز هستند، در صورت عدم هدف گیری صریح نیازهای گروه های آسیب پذیر، می توانند نابرابری ها را تشدید کنند. در مقابل، استراتژی های زیرساختی و ترکیبی که توزیع عادلانه تر مزایا را در نظر می گیرند، عملکرد بهتری در کاهش نابرابری ها دارند.

چهارم، یکپارچه سازی عدالت سلامت در برنامه ریزی تاب آوری حرارتی نیازمند رویکردی چندجانبه است که شامل استفاده از داده های دقیق برای شناسایی گروه های آسیب پذیر، مشارکت معنادار جوامع در فرآیندهای تصمیم گیری و پرداختن به ریشه های ساختاری نابرابری می شود.

بر اساس این یافته ها، مقاله توصیه های سیاستی زیر را ارائه می دهد:

**نخست، هدف گیری صریح گروه های آسیب پذیر در مداخلات حرارتی.** سیاست گذاران باید از معیارهای صریح عدالت محور در تخصیص منابع برای کاهش حرارت استفاده کنند و از تمرکز صرف بر کارایی هزینه-اثربخشی پرهیز کنند. ابزارهایی مانند City-HEAT می توانند به تصمیم گیرندگان کمک کنند تا پیامدهای توزیعی مسیرهای مختلف را ارزیابی کنند.

**دوم، سرمایه گذاری در زیرساخت های خنک کنندگی در محله های کم برخوردار.** سرمایه گذاری هدفمند در سطوح خنک، بام های سبز، فضاهای سبز و آب های سطحی در مناطقی که بالاترین سطوح آسیب پذیری را دارند، می تواند به کاهش نابرابری های حرارتی کمک کند. این سرمایه گذاری ها باید با سیاست های ضد جابجایی همراه باشند تا از افزایش قیمت مسکن و اخراج ساکنان کم درآمد جلوگیری شود.

**سوم، تقویت عدالت رویه ای در حاکمیت حرارتی شهری.** فرآیندهای تصمیم گیری درباره برنامه های سازگاری حرارتی باید شفاف، فراگیر و پاسخگو باشند. گروه های آسیب پذیر باید فرصت های واقعی برای مشارکت در تعیین اولویت ها، طراحی مداخلات و نظارت بر اجرا داشته باشند.

**چهارم، پرداختن به ریشه های ساختاری نابرابری حرارتی.** بدون اصلاح ساختارهایی که نابرابری های حرارتی را بازتولید می کنند، از جمله تبعیض مسکن، نابرابری اقتصادی و عدم تعادل قدرت، مداخلات فنی به تنهایی نمی توانند عدالت سلامت را محقق کنند. سیاست های بازتوزیعی، سرمایه گذاری در مسکن مقرون به صرفه با کیفیت بالا و اصلاحات در نظام های برنامه ریزی شهری ضروری هستند.

**پنجم، توسعه نظام های پایش و ارزیابی عدالت محور.** شهرها نیازمند نظام های پایشی هستند که نه تنها میانگین های شهری بلکه توزیع خطرات و مزایای حرارتی را در میان گروه های اجتماعی مختلف ردیابی کنند. این نظام ها باید شامل شاخص های عدالت توزیعی، رویه ای و شناسایی باشند و به طور منظم گزارش دهند.

در نهایت، این مقاله نشان می دهد که تاب آوری حرارتی شهری بدون عدالت سلامت ناقص است. یک شهر نمی تواند واقعاً تاب آور باشد اگر گروه های خاصی در آن همچنان در معرض خطرات حرارتی شدید قرار داشته باشند. تحقق تاب آوری حرارتی عادلانه نیازمند تعهد سیاسی، سرمایه گذاری هدفمند و رویکردی چندبعدی است که ابعاد فنی، اجتماعی، اقتصادی و نهادی را یکپارچه کند. پژوهش های آینده باید بر توسعه روش های مشارکتی برای سنجش نابرابری های حرارتی، ارزیابی پیامدهای عدالت محور مداخلات مختلف و بررسی اثربخشی رویکردهای سیاستی نوآورانه در زمینه های مختلف شهری متمرکز شوند.

**منابع**


۱. Bu, S., Smith, K .L., Masoud, F., & Sheinbaum, A) .۲۰۲٤ .(Spatial distribution of heat vulnerability in Toronto, Canada .Urban Climate, *٥٥*, ۱۰۱۸۳۸ .https://doi.org/۱۰.۱۰۱٦/j.uclim.۲۰۲٤.۱۰۱۸۳۸

۲. Friesenecker, M., Schneider, A., & Breitfuss-Loidl, M) .۲۰۲٥ .(Socially equitable climate risk management of urban heat .npj Urban Sustainability, *٥*, ۰۰۲۰۲ .https://doi.org/۱۰.۱۰۳۸/s٤۲۹٤۹-۰۲٥-۰۰۲۰۲-۲

۳. Huang, H., Lu, Z., & Zhang, Y) .۲۰۲٤ .(Urban heatwave, green spaces, and mental health :A review based on environmental health risk

assessment framework .Science of The Total Environment, *۹۱۲*, ۱۶۸۹۳۲.

٤. Krenz, K., & Amann, L) .۲۰۲۵ .(Urban heat island effect :Examining spatial patterns of socio-demographic inequalities in Greater London . Cities & Health, *۹*)٥(, ۹۰۱-۹۲٤ . https://doi.org/۱۰.۱۰۸۰/۲۳۷٤۸۸۳٤.۲۰۲٥.۲٤۸۹۸٥٤

٥. Lyra, A .M .G .C., Bressane, A., & Silva, M .B) .۲۰۲٦ .(Urban heatscapes and environmental injustice :Structural drivers and governance pathways for equitable climate adaptation – A scoping review . Environmental Science & Policy, *۱٥۸*, ۱۰٤۰۹۸ . https://doi.org/۱۰.۱۰۱٦/j.envsci.۲۰۲٦.۱۰٤۰۹۸

٦. Mazzone, A., De Cian, E., Falchetta, G., Jani, A., Mistry, M., & Khosla, R . )۲۰۲۳ .(Understanding systemic cooling poverty .Nature Sustainability, *٦*, ۱٤٥۱-۱٤٥۹ .https://doi.org/۱۰.۱۰۳۸/s٤۱۸۹۳-۰۲۳-۰۱۲۲۱-٦

۷. Part, C., le Roux, J., Chersich, M., Sawry, S., Filippi, V., & Roos, N) .۲۰۲۲ .( Ambient temperature during pregnancy and risk of maternal hypertensive disorders :A time-to-event study in Johannesburg, South Africa .Environmental Research, *۲۱۲*, ۱۱۳٥۹٦ . https://doi.org/۱۰.۱۰۱٦/j.envres.۲۰۲۲.۱۱۳٥۹٦

۸. Shi, R., Hobbs, B .F., Quinn, J .D., Lempert, R., & Knopman, D) .۲۰۲۳ .( City-Heat Equity Adaptation Tool) City-HEAT :(Multi-objective optimization of environmental modifications and human heat exposure reductions for urban heat adaptation under uncertainty .Environmental Modelling & Software, *۱٦۳*, ۱۰٥٦۰۷ . https://doi.org/۱۰.۱۰۱٦/j.envsoft.۲۰۲۳.۱۰٥٦۰۷

۹. Yadav, B., Sharma, L .K., & Bhaveshkumar, K .I) .۲۰۲٦ .(Eroding heat resilience in South Asian cities under observed warming trends . Scientific Reports, *۱٦*, ٥٥۱۷۲ .https://doi.org/۱۰.۱۰۳۸/s٤۱٥۹۸-۰۲٦-٥٥۱۷۲-x

۱۰. Zhang, S., et al) .۲۰۲۳ .(Assessment of short-term heat effects on cardiovascular mortality and vulnerability factors using small area data in Europe .Environment International, *۱۷۹*, ۱۰۸۱٥٤ . https://doi.org/۱۰.۱۰۱٦/j.envint.۲۰۲۳.۱۰۸۱٥٤

۱۱. Iungman, T., Cirach, M., Marando, F., Pereira Barboza, E., Khomenko, S., Masselot, P., ... & Nieuwenhuijsen, M) .۲۰۲۳ .(Cooling cities through urban green infrastructure :A health impact assessment of European cities .The Lancet, *٤٠١*)١٠٣٧٦(, ٥٧٧-٥٨٩ . https://doi.org/١٠.١٠١٦/S٠١٤٠-٦٧٣٦)٢٢(٠٢٥٨٥-٥

۱۲. Shi, Y., Zhai, G., Xu, L., Zhou, S., Lu, Y., Liu, H., & Huang, W . )۲۰۲۱ .(Assessment methods of urban system resilience :From the perspective of complex adaptive system theory .Cities, *١١٢*, ١٠٣١٤١ . https://doi.org/١٠.١٠١٦/j.cities.٢٠٢١.١٠٣١٤١

۱۳. Vulnerable population and risk areas to the surface urban heat island phenomenon and their accessibility to healthcare :The ١٥ warmest Mexican cities) .٢٠٢٥ .(Semantic Scholar.

۱٤. Nasari, A., & Marzouk, S) .٢٠٢٦ .(A healthy cities agenda for extreme heat adaptation in urban settings .Bulletin of the World Health Organization, *١٠٤*)٣(, ١٢٣-١٣٠.

۱٥. Clancey, G., Chang, J.-H., & Chee, L .P .Y) .٢٠٢٤ .(Heat and the city :Thermal control, governance and health in urban Asia .Semantic Scholar.

۱٦. Ebi, K .L., & Bowen, K) .٢٠٢٣ .(Green and blue spaces :Crucial for healthy, sustainable urban futures .The Lancet, *٤٠١*)١٠٣٧٦(, ٥٢٩-٥٣٠ . https://doi.org/١٠.١٠١٦/S٠١٤٠-٦٧٣٦)٢٣(٠٠٠٩٦-X

۱۷. Hajat, S., et al) .٢٠١٤ .(Heat-related mortality in the UK :A review . Journal of Public Health, *٣٦*)٣(, ٤١١-٤١٩.

۱۸. Kovats, R .S., & Brisley, R) .٢٠٢١ .(Health evidence for the third UK Climate Change Risk Assessment .Climate Change Committee.

۱۹. McCarthy, M., et al) .٢٠١٩ .(Heatwaves in the UK :A review of the evidence .MET Office.

۲۰. Cross, J) .٢٠٢١ .(The health impacts of heat in London .London Resilience Group.

۲۱. Osberghaus, D., & Abeling, T) .٢٠٢٢ .(Heat vulnerability and cooling poverty in Germany .Zenodo.

۲۲. Rubenstein, N., Keating, A., MacClune, K., & Norton, R) .۲۰۲٤ .( Measuring community heatwave resilience :A comprehensive framework and tool .IIASA Working Paper.

۲۳. Y .Yang, Y., Zhu, D .Z., Loewen, M .R., Zhang, W., & van Duin, B . )۲۰۲٤ .(Shade equity for urban heat mitigation and climate adaptation : A scoping review .Urban Forestry & Urban Greening, *۹۷*, ۱۲۸۳۷۲.

۲٤. Brousse, O., et al) .۲۰۲٤ .(Cool roofs could mitigate urban heat island effects in cities .Urban Climate, *۵۵*, ۱۰۱۸۳۸.

۲۵. Fung, K., et al) .۲۰۲٤ .(Prioritizing social vulnerability in urban heat mitigation .Environmental Research Letters, *۱۹*)٤(, ۰٤٤۰۲۵.

۲٦. Khemka, N .M) .۲۰۲۵ .(From heat vulnerability to heat equity : Pathways for inclusive urban climate resilience .ORF Issue Brief No .۷٦۹ . Observer Research Foundation.

۲۷. Radonic, J., et al) .۲۰۲۵ .(Procedural justice in governance : Embedding equity in decision-making for urban heat adaptation . Environmental Science & Policy, *۱۵۸*, ۱۰٤۰۹۸.

۲۸. Qian, X., et al) .۲۰۲۵ .(Multidimensional co-production of thermal inequality and pathways for justice-centered climate adaptation .Nature Sustainability, *۸*, ۳٤۵-۳۵٦.

۲۹. Wang, Y., et al) .۲۰۲۵ .(Nature-based solutions for urban heat resilience :A social equity perspective .Urban Climate, *٦۰*, ۱۰۲۱٤۲.