

# A Meta-Analysis on Urban Heat Island Studies in Iran

Hasan masoudi<sup>1</sup> , Abolfazl Meshkini<sup>2</sup> , Safar Ghaedrahmati<sup>3</sup> , and Amir Reza Khavarian Garmsir <sup>4</sup>

1. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: [masoudi.hasan@modares.ac.ir](mailto:masoudi.hasan@modares.ac.ir)
2. Corresponding author, Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: [meshkini@modares.ac.ir](mailto:meshkini@modares.ac.ir)
3. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Humanities, University of Tarbiat Modares, Tehran, Iran. E-mail: [safarrahmati@modares.ac.ir](mailto:safarrahmati@modares.ac.ir)
4. Department of Geography and Urban Planning, Faculty of Geographical Sciences and Planning, University of Isfahan, Isfahan, Iran. E-mail: [a.khavarian@geo.ui.ac.ir](mailto:a.khavarian@geo.ui.ac.ir)

---

---

## Article Info

**Article type:**  
Research Article

**Article history:**

Received:

Revised:

Accepted:

Published online:

(Times New Roman 9)

**Keywords:**

Urban Heat Island (UHI),  
Urban Heating,  
Climate Change,  
Temperature Variation,  
Meta-Analysis

## ABSTRACT

The urban heat island (UHI) is the most visible manifestation of climate change in cities, which has attracted a lot of research interest today. Despite the high importance of UHI and the large volume of studies conducted in this field, this issue has not been systematically analyzed in domestic research. The present study was developed with the aim of meta-analyzing previous studies in the field of UHI and, by focusing on domestic studies, while examining the research process, it aims to analyze their nature in terms of different dimensions and extract research gaps. The statistical population of the study includes reputable domestic publications and articles indexed in the databases of Magiran, Normagz, and Jihad Daneshgahi, which includes a total of 213 studies. The findings of the study indicate an upward trend in studies, and their dimensions and depth have gradually increased in this field. So far, UHI have been studied in more than 40 cities in the country, the most of which have been conducted in the cities of Tehran (33%), Isfahan (8.25%), and Mashhad (7.28%). These studies have been published in more than 88 domestic journals, with geographers and climatologists playing the largest role in their compilation. About 90% of the studies are of an applied type and have been written with a quantitative approach. In addition, satellite images and meteorological data have been used more than other methods in data collection (more than 70%). Four main thematic areas were identified in UHI studies, of which “measuring UHI and the impact of various factors on them” is the dominant one in the studies. Finally, the present study extracts the gaps in the topic of UHI and reminds that a reasonable amount of knowledge has been produced in the field of measuring UHI so far; However, it is not enough and future studies should move towards providing mitigation and adaptation solutions and strategies, and consequently increasing the climate resilience of cities against this phenomenon.

---

**Cite this article:** masoudi, Hasan, Meshkini, Abolfazl., & Ghaedrahmati, Safar. Khavarian Garmsir Amir Reza . (2024).

A Meta-Analysis on Urban Heat Island Studies in Iran , Journal. TitleTown and Country Planning

<http://doi.org/JTCP-202412-670483> (R1)



© The Author(s).

Publisher: University of Tehran

Press

DOI: <http://doi.org/JTCP-202412-670483> (R1)

---

---

# فرا تحلیلی بر مطالعات جزیره گرمایی شهری در ایران

حسن مسعودی<sup>1</sup>، ابوالفضل مشکینی<sup>2\*</sup>، صفر قائدرحمتی<sup>3</sup> و امیررضا خاوریان گرمسیر<sup>4</sup>

1. گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: [masoudi.hasan@modares.ac.ir](mailto:masoudi.hasan@modares.ac.ir)
2. گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: [meshkini@modares.ac.ir](mailto:meshkini@modares.ac.ir)
3. گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. رایانامه: [safarrahmati@modares.ac.ir](mailto:safarrahmati@modares.ac.ir)
4. گروه جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: [a.khavarian@geo.ui.ac.ir](mailto:a.khavarian@geo.ui.ac.ir)

اطلاعات مقاله	چکیده
<b>نوع مقاله:</b> مقاله پژوهشی	جزیره گرمایی شهری، مشهودترین نمود تغییر اقلیم در شهرها می باشد که امروزه علاقه تحقیقاتی فراوانی را به خود جلب کرده است. علیرغم اهمیت بالای جزایر حرارتی شهری و حجم گسترده ای از مطالعات انجام شده در این زمینه، این موضوع به صورت سیستماتیک در پژوهش های داخلی تحلیل نشده است. پژوهش حاضر با هدف فرا تحلیلی مطالعات پیشین در حوزه جزایر گرمایی شهری تدوین شده است و با تمرکز بر مطالعات داخلی، ضمن بررسی روند مطالعات، قصد دارد ماهیت آن ها را به لحاظ ابعاد مختلف واکاوی نموده و شکاف های تحقیقاتی را استخراج کند. جامعه آماری پژوهش شامل نشریات معتبر داخلی و مقالات نمایه شده در پایگاه های اطلاعاتی مگیران، نورمگز و جهاد دانشگاهی می باشد که در مجموع ۲۱۳ مطالعه را در بر می گیرد. یافته های تحقیق حاکی از روند صعودی مطالعات می باشد که به مرور بر ابعاد و گستردگی آن ها افزوده شده است. تاکنون، جزایر حرارتی شهری در بیش از ۴۰ شهر کشور مطالعه شده که عمده ترین آن ها در شهرهای تهران (۳۳ درصد)، اصفهان (۸٫۲۵ درصد) و مشهد (۷٫۲۸ درصد) صورت گرفته است. این مطالعات در بیش از ۸۸ نشریه داخلی به چاپ رسیده اند که جغرافیدانان و اقلیم شناسان بیشترین نقش را در تدوین آن ها داشته اند. حدود ۹۰ درصد مطالعات از نوع کاربردی بوده و با رویکرد کمی به نگارش درآمده اند. در گردآوری داده ها نیز تصاویر ماهواره ای و داده های هواشناسی بیش از دیگر روش ها کاربرد داشته است. پژوهش حاضر چهار حیطه موضوعی اصلی در این زمینه را شناسایی کرد که «اندازه گیری جزایر گرمایی شهری و تأثیر عوامل مختلف بر آن» در مطالعات غالب بوده است. در نهایت، مطالعه حاضر شکاف های موجود در موضوع جزایر گرمایی شهری را استخراج نموده و یادآور می شود تاکنون دانش معقولی در زمینه سنجش جزایر گرمایی شهری تولید شده است؛ لیکن، کافی نبوده و مطالعات آینده بایستی به سمت ارائه راهکارها و استراتژی های کاهش و انطباق و در نتیجه افزایش تاب آوری اقلیمی شهرها در برابر این پدیده حرکت کنند.
<b>تاریخ دریافت:</b> <b>تاریخ بازنگری:</b> <b>تاریخ پذیرش:</b> <b>تاریخ انتشار:</b>	
<b>کلیدواژه ها:</b> جزیره گرمایی (حرارتی) شهری، گرمایش شهری، تغییرات اقلیمی، تغییرات دما، فرا تحلیلی.	

**استناد:** نام خانوادگی، مسعودی؛ نام حسن، مشکینی، ابوالفضل؛ قائدرحمتی، صفر، خاوریان گرمسیر، امیر رضا (۱۴۰۳). عنوان مقاله. *فرا تحلیلی بر*

*مطالعات جزیره گرمایی شهری در ایران*، مجله آمایش سرزمین ۵۸ (۱)، ۲۰-۱.

<http://doi.org/JTCP-202412-670483> (R1)



© نویسنده گان.

ناشر: دانشگاه تهران.

## مقدمه و بیان مسئله

مشهودترین و مستندترین نمود تغییر اقلیم در شهرها، جزیره حرارتی یا گرمایی شهری (UHI) نام دارد (Oke, 2002; Santamouris et al., 2019) که به عنوان تفاوت دما (بالا بودن دما) در مناطق متراکم شهری در مقایسه با مناطق غیر شهری یا روستایی پیرامونی شناخته می‌شود (Rahmani and Sharifi, 2023). گرمای بیش از حد و UHI به دلایل متعددی از جمله فقدان ساختار قانونی خاص، پیچیدگی زمانی و مکانی، ترکیب با سایر عوامل و نامرئی بودن از دیگر خطرات اقلیمی متمایز است (Keith et al., 2019) و تهدید جدی تری برای جوامع محسوب می‌شود (Kotharkar and Arch, 2021). امروزه، UHI در سراسر جهان مشاهده شده (Zhou et al., 2018) و در بیش از ۴۰۰ شهر نیز به خوبی ثبت شده است (Santamouris, 2020). از همین رو، UHI در عصر کنونی به یکی از موضوعات مهم علمی تبدیل گشته (Estoque et al., 2017) و علاقه‌ی تحقیقاتی قابل توجهی را به ویژه در دهه گذشته به خود جلب کرده است (Zhou et al., 2018).

دلایل متعددی را می‌توان به وقوع UHI و تشدید آن در بافت‌های شهری نسبت داد (Aflaki et al., 2017). در یک دسته‌بندی کلی، عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و تشدید UHI را می‌توان به دو دسته قابل کنترل و غیرقابل کنترل تقسیم کرد. عوامل کنترل‌پذیر عمدتاً مربوط به طراحی و برنامه‌ریزی شهرها و فرآیندهای تصمیم‌گیری هستند که تا حدودی در کنترل انسان قرار دارند؛ در حالی که عوامل غیرقابل کنترل به محیط طبیعی بستگی داشته و تقریباً از کنترل انسان خارج اند (Parsaee et al., 2019). با این وجود، اجماع گسترده‌ای وجود دارد که UHI ماحصل اصلی رشد و توسعه شهری است (Aflaki et al., 2017) و ارتباط نزدیکی مابین تغییرات کاربری اراضی، ساختار شهری و پیکربندی ساختمان‌ها با افزایش دما و تغییرات اقلیمی قابل مشاهده است (Parsaee et al., 2019). شهرنشینی فزاینده همراه با فعالیت‌های انسانی رو به رشد، محرک اصلی شکل‌گیری و تشدید جزایر گرمایی و تغییرات اقلیمی می‌باشد (Santamouris, 2015a). شهرنشینی، با تغییر الگوهای سکونت‌گاهی و محیط ساخته شده (مشکینی و همکاران، ۱۴۰۳) فشار به سرزمین و اکوسیستم‌های طبیعی و انسانی را افزایش داده (محمودزاده و مسعودی، ۱۳۹۸) و با تغییر کاربری اراضی موجب گرمایش شهری شده است (Diren-Üstün et al., 2024). علاوه بر آن، گرمای حاصل از خودروها و ترافیک شهری، صنایع، تراکم شدید ساختمانی و جمعیتی، استفاده از مصالح با آلبیدو پایین، مورفولوژی شهری با خیابان‌های باریک و غیره از دیگر عواملی هستند که در تشدید UHI مؤثرند (Leal Filho et al., 2017).

بنابراین، مناطق شهری کانون اصلی بروز تغییرات اقلیمی و جزایر حرارتی می‌باشند (Halder et al., 2021) که اثرات زیان‌بار تغییرات اقلیم و افزایش دما در آن‌ها بسیار چشم‌گیرتر است (Melgar, 2023). افزایش اوج تقاضای برق و آب به ویژه

<sup>1</sup>- Urban Heat Island

<sup>2</sup>- Overheating

در طول تابستان (Keith et al., 2019)، تأثیر نامطلوب UHI بر جوامع انسانی و اکوسیستم طبیعی به طور گسترده در ادبیات مستند شده است (Deilami et al., 2018). این اثرات به حدی است که برخی از UHI به عنوان «قاتل خاموش» یاد می‌کنند؛ زیرا پیامدهای آن، تدریجی بوده و تأثیر مخربی بر سلامت انسان، زیرساخت‌ها و اکوسیستم‌های طبیعی در دراز مدت می‌گذارد (Kotharkar and Arch, 2021). افزون بر آن، با توجه به برهم‌کنش و هم‌افزایی UHI و تغییرات اقلیم جهانی و شهرنشینی، پیش‌بینی‌ها حاکی از تشدید اثرات و پیامدهای زیان‌بار UHI در آینده تحت شرایط اقلیمی گرم‌تر و جهان به سرعت در حال شهرنشینی، می‌باشد (Carvalho et al., 2017). لذا، نگرانی‌های جدی و شدیدی نسبت به پیامدهای این پدیده در حال و آینده وجود دارد (Santamouris, 2020) و بسیار مهم است که بدانیم چه عواملی موجب شکل‌گیری و تشدید UHI می‌شوند تا متناسب با آن‌ها بتوان اقدامات پیشگیرانه را هدف قرار داد. همین موضوع ضرورت مطالعات بیشتر و جامع‌تر و ابداع راهکارهایی برای مقابله با اثرات UHI را دو چندان می‌کند (Deilami et al., 2018).

بنابراین، شهرها اگرچه به عنوان مراکز اصلی و تشدیدکننده تغییرات اقلیمی و اثرات UHI شناخته می‌شوند، کانون کلیدی برای مواجهه با آن و ارائه راهکارها و استراتژی‌های مربوطه نیز در نظر گرفته می‌شوند (Melgar, 2023). به عبارتی، شهرها نقش اساسی در کاهش اثرات تغییرات اقلیمی و UHI و دستیابی به پایداری دارند؛ و این امر در گزارش‌ها و برنامه‌های بین‌المللی متعددی صراحتاً اشاره شده است (Sharifi, 2021b). در این میان، برنامه‌ریزی و حکمروایی شهری، عنصر حیاتی برای کاهش چالش‌های ناشی از تغییرات اقلیمی و UHI و دستیابی به شهرهای تاب‌آور و پایدار می‌باشد که مستلزم همکاری بین ذینفعان مختلف از جمله نهادهای دولتی، بخش خصوصی و شهروندان است (Arunab and Mathew, 2024). به واقع، هرچه شهرها بهتر برنامه‌ریزی شوند و اقدامات مطلوبی جهت کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در آن‌ها صورت گیرد، به اهداف توافق‌نامه پاریس نزدیک‌تر شده و پایداری و تاب‌آوری آن‌ها افزایش می‌یابد (Aboagye and Sharifi, 2024). به طور کلی، محققان در برخورد یا چالش‌های اقلیمی از جمله UHI، سازگاری یا انطباق و کاهش را به عنوان دو رویکرد اساسی در این زمینه مطرح می‌کنند. سازگاری بر محدود کردن آسیب‌پذیری شهرها و افزایش تاب‌آوری و ظرفیت غلبه متمرکز می‌باشد (Sharifi, 2021a) و توسط IPCC به عنوان «فرآیند تطبیق یا تعدیل با اقلیم واقعی یا مورد انتظار و اثرات آن در سیستم‌های طبیعی یا انسانی» تعریف شده است (IPCC, 2014). اقداماتی شامل کمک مالی برای زندگی در فضاهای نامطبوع، اجرای سیستم‌های هشدار بهداشتی، طراحی ساختمان‌های با کیفیت بهتر (Santamouris, 2020)، ارتقای آگاهی عمومی (Arunab and Mathew, 2024) و غیره در این دسته قرار می‌گیرند. در مقابل، کاهش به مسائل مربوط به محرک‌های تغییرات اقلیمی می‌پردازد و به عنوان «مداخله انسانی برای کاهش استفاده از منابع یا کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای» تعریف شده است (IPCC, 2014). گسترش فضاهای سبز شهری و سطوح سبز، استفاده از سقف‌های خنک (بام سبز یا سفید)، استفاده از سطوح با آلیئودوی بالا و... از جمله استراتژی‌های کارآمدی هستند که در کاهش دمای شهرها و اثرات UHI مؤثر می‌باشند (Santamouris, 2015a). در این میان، اقدامات کاهش‌ی توجه بیشتری را به خود جلب کرده و در بسیاری از شهرها، حتی در جهان توسعه‌یافته، ترتیبات سازمانی بهتری برای آن شکل گرفته است. با این وجود، از زمان انتشار چهارمین گزارش ارزیابی IPCC، یک تغییر پارادایم به سمت کاربست هم‌زمان کاهش و سازگاری و ادغام آن‌ها صورت گرفته است؛ که این هم‌افزایی می‌تواند دستیابی به توسعه شهری کم‌کربن و پایدار را تسریع بخشد (Sharifi, 2021a).

بر مبنای آن چه بحث شد، پدیده UHI تقریباً در همه شهرهای جهان مشاهده شده است. واقعیتی که با توجه به روند رو به رشد شهرنشینی و گرمایش جهانی، انتظار می‌رود در دهه‌های آینده چشم‌گیرتر و بغرنج‌تر شود. این موضوع، بر اهمیت فزاینده این پدیده

<sup>1</sup>- Adaptation

<sup>2</sup>- Mitigation

در مطالعات شهری صحنه می‌گذارد و ضرورت توجه به آن را دو چندان می‌کند. با وجود خیل عظیمی از پژوهش‌ها در زمینه UHI چه در داخل و چه در خارج از کشور، مطالعه جامعی در این حوزه با هدف تحلیل استنادی و محتوایی تحقیقات پیشین در داخل کشور انجام نشده است. به واقع، مطالعات در موضوع جزایر گرمایی به وفور انجام شده است؛ لیکن، اغلب پژوهش‌ها پراکنده بوده و دسته‌بندی جامعی از آن‌ها صورت نگرفته است؛ افزون بر آن، تاکنون هیچ مطالعه مروری و نظامندی از تحقیقات گذشته در موضوع جزایر حرارتی در داخل کشور انجام نشده است. ضرورت مسئله و پراکندگی مطالعات قبلی، نگارندگان را بر آن داشت تا با نگاه مروری و تحلیل محتوایی به پر کردن شکاف و خلاء موجود بپردازند. لذا، پژوهش حاضر با هدف فراتحلیل پژوهش‌های انجام شده در حوزه جزایر حرارتی - با تأکید بر مطالعات داخلی - تدوین شده است؛ تا ضمن بررسی و مرور ویژگی‌های عمومی پژوهش‌ها، ماهیت آن‌ها را به لحاظ ابعاد مختلف واکاوی کند و با بررسی دقیق آن‌ها به سه پرسش اصلی پاسخ دهد؛ **فخست**، روند مطالعات خارجی (به صورت اجمالی) و داخلی در موضوع UHI به چه صورت بوده است؟ **دوم**، پژوهش‌های پیشین به کدام دسته‌های موضوعی پرداخته‌اند؟ و **سوم**، شکاف‌های پژوهش در حوزه مذکور کدام‌اند؟ نتایج این تحقیق می‌تواند در شناخت روندها و موضوعات مطرح در زمینه UHI مؤثر واقع شود و راهنمای مناسبی برای پژوهشگران و محققین در این حوزه باشد.

## روش پژوهش

قرن‌هاست دانشمندان به این نتیجه رسیده‌اند که یک مطالعه به تنهایی نمی‌تواند حتی بخش کوچکی از یک مشکل بزرگ را حل کند. بنابراین، اساس علم، انباشت دانش حاصل از نتایج بسیاری از مطالعات است (E. Hunter et al., 1986). به واقع، انباشت اطلاعات حاصل از پژوهش‌های علمی، یکی از ویژگی‌های دانش بشری می‌باشد که همواره از یک روند رو به رشدی برخوردار است. این موضوع از جایی به بعد به عنوان یک بحران علمی مطرح می‌شود که حجم بالا و پراکندگی گسترده مطالعات، موجب دشواری دست یافتن به دانش عینی و کاربردی از میان انبوه اطلاعات پژوهشی در موضوعی خاص می‌شود (مرادپور و همکاران، ۱۴۰۰). محققان با آگاهی از این موضوع و با جمع‌بندی و تلخیص گسترده‌ای از پژوهش‌ها، دانش کاربردی و اصیل نهفته در آن‌ها را استخراج و از بروز بحران‌ها و سوگیری‌های علمی جلوگیری می‌کنند (Shu and Ye, 2023).

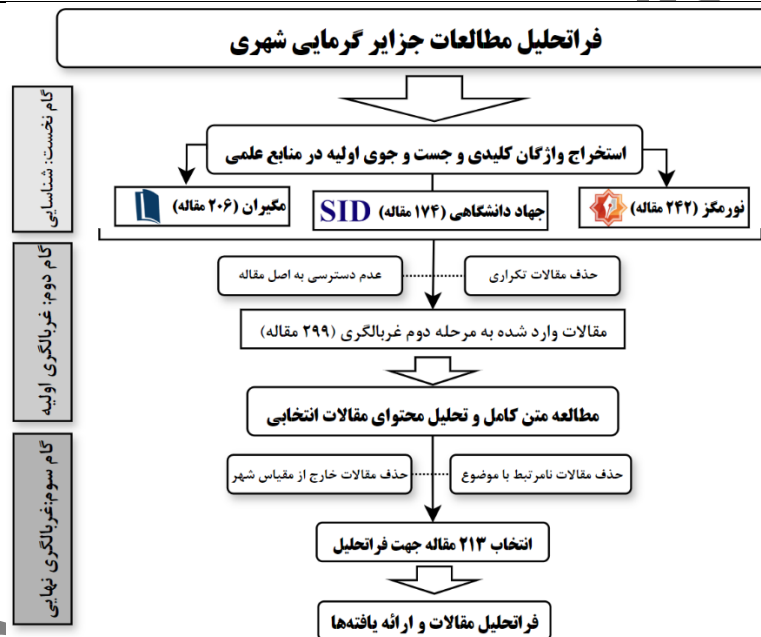
یکی از روش‌هایی که در سال‌های اخیر به منظور بررسی، ترکیب و آسیب‌شناسی پژوهش‌های گذشته معرفی و بکار گرفته شده است، روش فراتحلیل یا متا-آنالیز می‌باشد (بهره و همکاران، ۱۴۰۱). فراتحلیل، یک روش کمی و کاملاً سیستماتیک است که برای تجزیه و تحلیل تناقضات و ناهمگونی‌های نتایج تحقیقات پیشین در یک زمینه خاص، مورد استفاده قرار می‌گیرد. به طور کلی، متاآنالیز عدم قطعیت منتج از یک مطالعه را با ادغام چندین پژوهش فردی و مرتبط، به میزان قابل توجهی کاهش داده و نتایج قابل اعتمادتری ارائه می‌دهد (Sun et al., 2023). بنابراین، فراتحلیل در باب یک مسئله پژوهشی خاص بکار گرفته شده و با حصول به یافته‌های دقیق علمی از پژوهش‌های پیشین، مطالعات آینده را جهت داده و تسهیل می‌کند. با توجه به مسئله موجود و مطالعات گسترده‌ای که در زمینه جزایر حرارتی چه در داخل و چه خارج از کشور به تدوین درآمده است، پژوهش حاضر با کاربردی‌ترین روش فراتحلیل به دنبال مرور سیستماتیک مطالعات پیشین می‌باشد. بر همین اساس، این تحقیق از نظر هدف کاربردی - توسعه‌ای و از نظر روش، توصیفی - تحلیلی می‌باشد پژوهش حاضر، از چهار مرحله کلی تشکیل شده است که به اختصار عبارتند از: ۱- تعیین موضوع و سؤال پژوهش؛ ۲- مرور ادبیات که شامل تنظیم پروتکل جست‌وجو، جست‌وجو و غربالگری اولیه می‌شود؛ ۳- انتخاب مقالات و ارزیابی کیفیت آن‌ها جهت غربالگری نهایی؛ و ۴- استخراج داده‌ها و ارائه یافته‌ها (Hansen et al., 2022).

علاوه بر آن، با توجه به سؤالات پژوهش، یک روند سه مرحله‌ای در پیش گرفته شد. **فخست**، مرور اجمالی موضوع پژوهش در پژوهش‌های خارجی؛ **دوم**، مرور مطالعات داخلی و فراتحلیل آن‌ها؛ و **سوم**، دسته‌بندی موضوعی و استخراج شکاف‌های

مطالعاتی. در همین راستا، ابتدا با تحلیل محتوای ادبیات تحقیق و یک جست‌وجوی اولیه در پایگاه مطالعاتی وب آو ساینس، روند موضوع پژوهش در مطالعات خارجی مرور شد. سپس، در قالب روش فراتحلیل، با تنظیم پروتکل و انتخاب کلیدواژه‌های تحقیق (جدول ۱)، جست‌وجوی اولیه‌ای در پایگاه‌های اطلاعاتی جهاد دانشگاهی (SID)، نورمگز و مگیران در تاریخ ۱۴۰۳/۰۸/۰۲ صورت گرفت. در جست‌وجوی اولیه، مجموعاً ۶۲۲ مطالعه شناسایی شد که جامعه آماری تحقیق را در بر می‌گیرند. با غربالگری اولیه که شامل حذف مطالعات تکراری، دسترسی به منابع و مقیاس تحقیق می‌باشد، ۲۹۹ مطالعه استخراج گردید. در ادامه، تمامی منابع دانلود و فایل متنی آن‌ها از منظر ویژگی‌های عمومی و محتوایی مورد بررسی قرار گرفت؛ در نهایت، ۲۱۳ مطالعه جهت فراتحلیل انتخاب شد (شکل ۱).

جدول ۱. پروتکل جست و جو در پایگاه‌های اطلاعاتی

کلیدواژه	معیار جست و جو	بازه زمانی	پایگاه اطلاعاتی
جزایر گرمایی، جزایر حرارتی، جزیره	عنوان، چکیده و	از ابتدا تا پایان	مگیران، نورمگز
گرمایی، جزیره حرارتی، تغییرات دما	کلمات کلیدی	مهرماه ۱۴۰۳	SID و



شکل ۱. فرآیند غربالگری مطالعات جهت ورود به مرحله فراتحلیل

## یافته‌های پژوهش

### ۱. مروری بر روند شکلگیری و تکامل جزایر گرمایی در ادبیات جهانی

اصطلاح «جزیره گرمایی شهری» یا (UHI) برای نخستین بار توسط گوردون مانلی<sup>۲</sup> (۱۹۵۸) در ادبیات هواشناسی انگلیسی‌زبان مطرح شد (Aflaki et al., 2017). با این حال، از زمان پیدایش و مطالعه در زمینه تغییرات اقلیم و تغییرات دمای شهرها، بیش از ۲۰۰ سال می‌گذرد (Stewart and Mills, 2021). نخستین بار، این موضوع توسط لوک هاوارد<sup>۳</sup> در سال ۱۸۱۸ با انتشار کتابی

<sup>۱</sup> - Web of Science

<sup>۲</sup> - Gordon Manley, (1958)

<sup>۳</sup> - Luke Howard, (1772-1864)

با عنوان «اقلیم لندن» مورد بررسی قرار گرفت (Howard, 2012). هاوارد اولین مشاهدات علمی در ارتباط با دمای شهرها را انجام داد؛ که تجزیه و تحلیل‌های وی نشان داد لندن نسبت به حومه پیرامونی خود چند درجه سانتی‌گراد گرم‌تر است (Stewart, 2011). با این وجود، مطالعات سیستماتیک در مورد UHI و تغییرات دمای شهر و اثرات آن تا اوایل دهه ۱۹۵۰ به صورت جدی دنبال نشده بود؛ و در حقیقت بعد از آن و به دنبال شهرنشینی گسترده پس از جنگ جهانی دوم (Wu and Ren, 2019) و افزایش نگرانی در مورد تأثیر انسان بر محیط پیرامونی بود که این مفهوم در ادبیات جهانی گسترش یافت (Yow, 2007). این موضوع تا اواخر قرن بیستم و شروع قرن بیست و یکم نیز، نگرانی گسترده‌ای محسوب نمی‌شد (O'Neill et al., 2009). اما، از آن زمان تاکنون (غالباً از دهه ۱۹۹۰) به دلیل تأثیرات نامطلوب این پدیده بر محیط‌زیست شهری و زیست‌پذیری شهرها، حجم عظیمی از ادبیات و مطالعات در این خصوص توسط محققان و اندیشمندان متعدد تولید شده است. امروزه UHI و تغییرات دمای شهرها یکی از موضوعات تحقیقاتی مهم در زمینه‌های مختلف علمی می‌باشد (Estoque et al., 2017)؛ و پژوهش‌های متعددی در این خصوص در صدها شهر جهان از جمله تقریباً همه شهرهای بزرگ اروپا، آمریکای شمالی و آسیای شرقی به انجام رسیده است (Stewart, 2011).

توجه به گرمای شدید و UHI در طراحی و برنامه‌ریزی شهرها، در ابتدا عمدتاً در حیطه پژوهشگران و معماران شهرهای کویری و بیابانی بود؛ مانند گولانی<sup>۲</sup> (۱۹۸۳) که بهترین شیوه‌ها را در طراحی این شهرها بیان کرد، و وفیک آلپ<sup>۳</sup> (۱۹۹۱) که در مورد استفاده از معماری سنتی و بومی در سازگاری با گرمای بیش از حد سکونت‌گاه‌ها تحقیق می‌کرد (Keith et al., 2019). در میان نسل اولیه محققان و پیشگامان در این زمینه، مطالعات و کارهای تیموتی اوکه<sup>۴</sup> بیش از همه مؤثر بوده است (Wang, 2022). وی از جمله پیشتازان و محققان برجسته در مطالعه اقلیم شهری و جزایر حرارتی است که تحقیقاتش از دهه ۷۰ میلادی تاکنون، کمک شایانی به درک و شناخت ما از UHI و اثرات آن بر شهرها کرده است.

مطالعات جزایر گرمایی شهری را می‌توان به دو دوره کلاسیک (۱۹۸۰-۱۸۰۰) و دوره مدرن (۱۹۸۰ به بعد) تقسیم نمود. در طول دوره کلاسیک محققان مشاهدات جوی را به رسمیت شناخته و به اندازه‌گیری دما در شهرهای مختلف پرداختند و در این عرصه به پیشرفت‌های زیادی رسیدند (Stewart, 2019). در چینی شرایطی بود که لندسبرگ<sup>۵</sup> اظهار داشت پدیده جزیره گرمایی به یک «رویداد کمی قابل پیش‌بینی» تبدیل شده است (Landsberg, 1979). در دوره مدرن، مطالعات علاوه بر شناسایی و کشف جزایر حرارتی، بر پیامدها و اثرات UHI در شهرها و همین‌طور استراتژی‌های کاهش و سازگاری تمرکز کرده‌اند (Wu and Ren, 2019). امروزه، جزایر گرمایی شهری به یکی از مباحث علمی مهم و مطرح در دهه‌های گذشته تبدیل شده و روز به روز بر علاقه‌مندی به آن افزوده شود. به گونه‌ای که تحلیل اسناد موجود در پایگاه علمی وب آو ساینس (WoS) با استفاده از کلیدواژه‌های «Urban Heat Island» یا «Urban Heat-Island» یا «UHI» در تاریخ ۲۳ مهر ۱۴۰۳ (۱۴ اکتبر ۲۰۲۴)، نشان داد که از سال ۲۰۰۰ تاکنون، در حدود ۱۰۰۹۹ سند شامل کتاب، مقاله علمی-پژوهشی، مقاله مروری و مقاله کنفرانسی و غیره در موضوع مورد مطالعه به چاپ رسیده است که از این تعداد حدود ۶۷۵ پژوهش در حوزه جغرافیا و مطالعات شهری بوده است. نمودار زمانی مطالعات از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۳ نیز حاکی از روند افزایشی پژوهش‌ها و در نتیجه علاقه‌مندی رو به رشد پژوهشگران به این موضوع است (شکل ۱).

<sup>111</sup>- The Climate of London

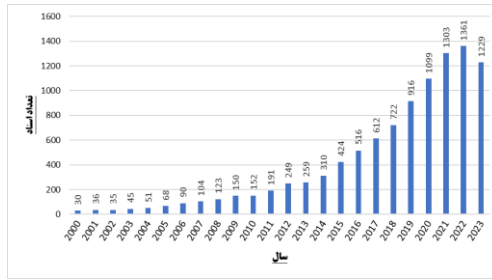
<sup>2</sup> - Golany, (1983)

<sup>3</sup> - Vefik Alp, (1991)

<sup>4</sup> - Timothy Oke

<sup>5</sup> - Landsberg

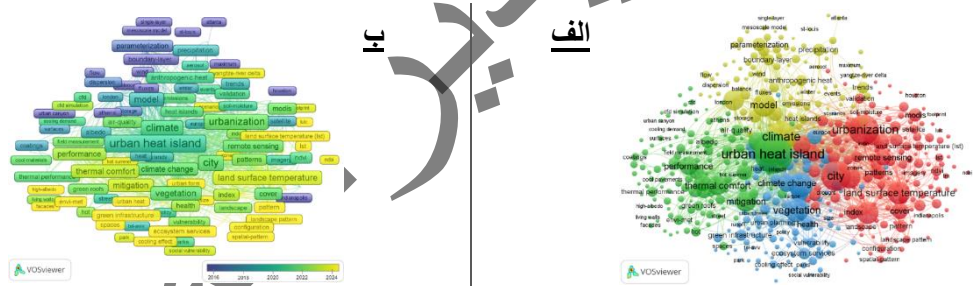
<sup>6</sup> - Web of Science



شکل ۲. روند پژوهش‌های مرتبط با جزایر گرمایی از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۴ (منبع: پایگاه داده WoS)

به لحاظ موقعیت جغرافیایی نیز، به ترتیب چین (۳۴ درصد)، آمریکا (۲۱ درصد)، انگلستان (۶٫۵ درصد)، ایتالیا (۶٫۲ درصد) و آلمان (۵٫۹ درصد) بیشترین سهم را در بین مطالعات صورت گرفته در سرتاسر جهان دارا می‌باشند. همچنین کشور ایران با ۲۰۷ عنوان سند، در جایگاه شانزدهم (۲٫۱ درصد) قرار گرفته است.

در تحلیل هم‌زمانی واژگان کلیدی با استفاده از نرم‌افزار VOSviewer (با اعمال آستانه هفت رخداد مشترک و ۵۰۰ کلیدواژه اول)، چهار خوشه اصلی از واژگان کلیدی شناسایی شد که بیشترین بسامد را داشته‌اند. از میان واژگان استخراج شده به ترتیب جزایر حرارتی شهری، دما، اقلیم، شهرنشینی، پوشش گیاهی و دمای سطحی زمین بیشترین کاربرد و هم‌رخدادی را در مطالعات داشته‌اند (شکل ۳-الف). روند موضوعات مطرح بر حسب سال‌های مختلف نیز نشان می‌دهد که موضوعات و واژگانی نظیر اثرات خنک‌سازی، خدمات اکوسیستم، زیرساخت‌های سبز، اقدامات کاهش‌ی، آسایش حرارتی و غیره از جمله موارد جدیدی هستند که در سال‌های اخیر به طور گسترده‌تر مطرح شده و مورد استفاده قرار گرفته‌اند (شکل ۳-ب).



شکل ۳. نقشه شبکه هم‌رخدادی واژگان در مطالعات جزایر حرارتی شهری (الف) و روند موضوعات و واژگان مرتبط با پژوهش از سال ۲۰۰۰ (ب) - (منبع: پایگاه داده WoS)

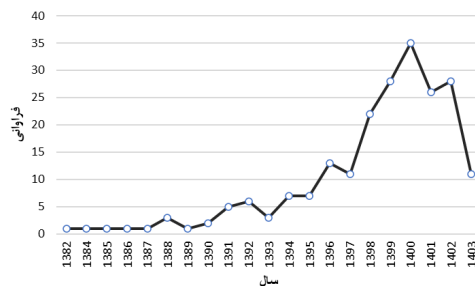
## ۲. فراتحلیل پژوهش‌های داخلی

### ۱،۲. توزیع زمانی و مکانی پژوهش‌ها

نخستین بار، یدالله فرید در کتاب «جغرافیا و شهرشناسی»، به تفاوت دمای شهرها و روستاها اشاره نمود. وی بیان می‌دارد «شهرها از مناطق روستایی حومه خود گرم‌ترند زیرا در استفاده از انرژی اسراف می‌کنند و ظرفیت حرارتی خیابان‌ها و ساختمان‌ها نیز برای دریافت اشعه خورشید بیش‌تر می‌باشد. در طول روز گرم شدن سطوح ساختمان‌های شهری سریع‌تر از روستاهای اطراف شهر است. گرمایی که از خانه‌ها و سوخت‌های اتومبیل‌ها در فضاهای شهری نشر می‌یابد و در تغییر هوای شهر اثر می‌گذارد، گرمایی است که با رشد و توسعه شهر فزاینده است». ایشان این نوع انرژی (گرما) آزاد شده به وسیله انسان را نوعی آلودگی هوا می‌خواند؛ چرا که باعث تغییر مشخصی در آب و هوای شهرها شده و در آینده نیز اثرات جهانی بر آب و هوا و اقلیم خواهد داشت (فرید، ۱۳۶۸؛ به نقل از صرامی و سلکی، ۱۳۸۵: ۴۳). با این وجود، مفهوم جزایر گرمایی تقریباً از اواسط دهه ۱۳۸۰ در کشور ایران به صورت کاربردی و جدی مطرح شد و به مرور مورد توجه محققان حوزه‌های مختلف قرار گرفت. بر اساس یافته‌های تحقیق، پژوهش‌ها در دهه ۸۰ تقریباً روند ثابتی داشته و از اوایل دهه ۹۰ با یک روند صعودی دنبال شده است. تا جایی که در سال ۱۴۰۰، بیشترین

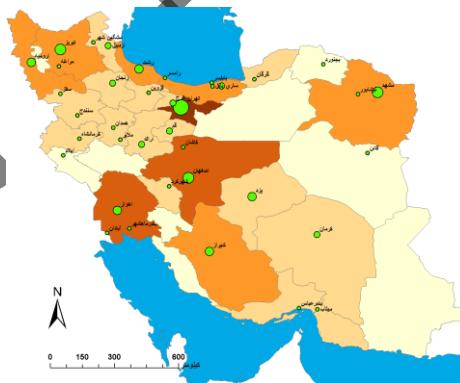


مطالعات در این حوزه انجام شده است (۱۶,۵ درصد). در سال‌های بعدی (۱۴۰۱ و ۱۴۰۲)، مطالعات با مقداری افت مواجه شده است؛ اما، با توجه به اینکه در میانه سال ۱۴۰۳ می‌باشیم، همچنان موضوع UHI مورد توجه محققان داخلی می‌باشد و از اهمیت آن کاسته نشده است (شکل ۴).



شکل ۴. روند زمانی مقالات داخلی منتشر شده در حوزه جزایر گرمایی شهری

همچنین، تحلیل پراکندگی جغرافیایی مطالعات شان می‌دهد که بیشترین پژوهش‌ها در استان‌های تهران، اصفهان، خوزستان و خراسان رضوی انجام شده است. در این میان، استان تهران با ۶۸ مورد، در حدود ۳۰ درصد از مطالعات قبلی را به خود اختصاص داده است. بر اساس شهرهای مورد مطالعه نیز، یافته‌ها حاکی از آن است که UHI در کلانشهرهای کشور بیشتر مورد توجه می‌باشد؛ که این موضوع می‌تواند نشان‌دهنده اهمیت بالای پدیده UHI و تشدید آن در کلانشهرها باشد. بر مبنای نتایج پژوهش، به ترتیب شهرهای تهران (۳۳ درصد)، اصفهان (۸,۲۵ درصد)، مشهد (۷,۲۸ درصد) و تبریز (۶,۸ درصد)، بیشترین فراوانی را در مطالعات دو دهه اخیر به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۵). این پدیده، تاکنون در بیش از ۲۷ استان و ۴۰ شهر کشور مطالعه شده است؛ لیکن، در استان‌هایی همچون سمنان، سیستان و بلوچستان، بوشهر و لرستان پژوهشی در این زمینه انجام نشده و یا کمتر مورد توجه بوده است. با این وجود، با توجه به اهمیت UHI و فراگیر بودن آن در شهرهای مختلف جهانی با اندازه‌ها و جمعیت‌های متنوع و همین‌طور پیش‌بینی‌های علمی از تشدید تغییرات اقلیمی و پدیده UHI، انتظار می‌رود این موضوع در سایر استان‌ها و شهرهای کشور نیز مورد توجه محققان واقع شود.



شکل ۵. توزیع جغرافیایی مطالعات انجام شده در حوزه جزایر گرمایی بر حسب استان و شهر

## ۲,۲. تحلیل پژوهش‌ها بر مبنای نشریات انتشاردهنده و تخصص پژوهشگران

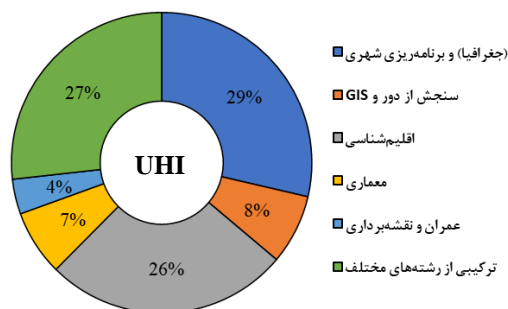
نشریات علمی — پژوهشی، نقش مهمی در انتشار و گسترش یافته‌های علمی محققان دارند. از آن جهت که بسیاری از مطالعات دیگر از جمله پایان‌نامه‌ها و طرح‌های تحقیقاتی، یافته‌های اصیل و پژوهشی خود را در قالب مقاله در آن‌ها به چاپ می‌رسانند؛ تمرکز اصلی این پژوهش نیز بر مقالات منتشر شده در نشریات علمی - پژوهشی داخلی بوده است. در پژوهش حاضر بیش از ۸۸ نشریه داخلی شناسایی شد که مقالات انجام شده در حوزه UHI را به چاپ رسانده‌اند. در این میان، به ترتیب نشریه‌های «اطلاعات

جغرافیایی (سپهر)، «جغرافیا و مطالعات محیطی»، «تحلیل فضایی مخاطرات محیطی» و «محیط‌شناسی» بیشتر حجم از مطالعات را به چاپ رسانده‌اند (جدول ۲).

جدول ۲. ده نشریه برتر کشور در چاپ مقالات با موضوع جزایر گرمایی شهری

عنوان نشریه	فراوانی	عنوان نشریه	فراوانی
اطلاعات جغرافیایی (سپهر)	۱۲	جغرافیا و پایداری محیط	۷
جغرافیا و مطالعات محیطی	۱۰	آمایش جغرافیایی فضا	۶
تحلیل فضایی مخاطرات محیطی	۹	تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی	۵
محیط‌شناسی	۹	جغرافیا و برنامه‌ریزی	۵
جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی	۷	سنجش از دور و GIS ایران	۵

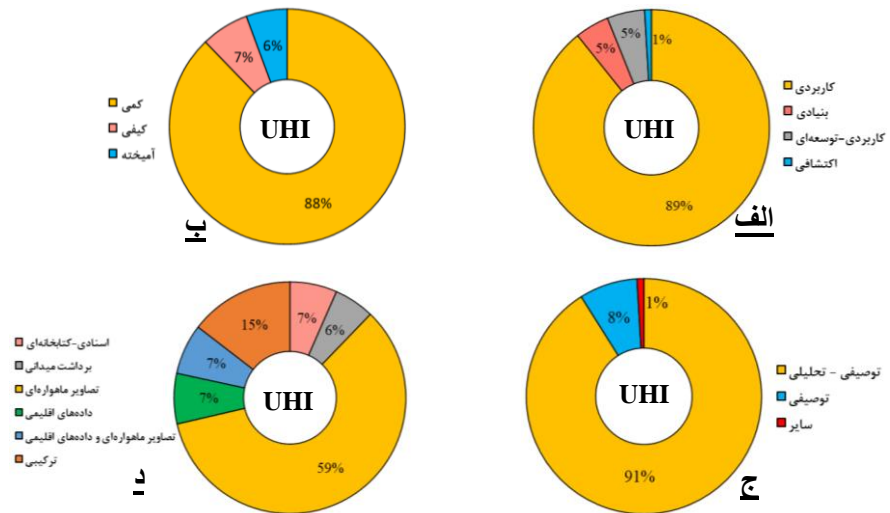
بیشترین مطالعات در حوزه UHI نیز توسط محققان جغرافیا (برنامه‌ریزی شهری) و شهرسازی (۲۹ درصد) و اقلیم‌شناسان (۲۶ درصد) صورت گرفته است. متخصصان سنجش از دور و GIS، معماری، عمران و نقشه‌برداری و ژئومورفولوژی از دیگر محققانی می‌باشند که در این زمینه به پژوهش پرداخته‌اند. این مورد، نشان دهندهٔ بین رشته‌ای بودن مطالعات UHI می‌باشد که هر محققى بنابر تخصص خود، از جنبه دیگری این پدیده را مطالعه و بررسی کرده است.



شکل ۶. مطالعات انجام شده بر اساس تخصص نگارندگان

### ۳.۲. تحلیل پژوهش‌ها بر مبنای هدف و دیدگاه روش‌شناختی

از نظر ماهیت پژوهش (نوع تحقیق بر مبنای هدف)، در حدود ۹۰ درصد از مطالعات در دسته کاربردی قرار گرفته و مطالعات بنیادی و کاربردی - توسعه‌ای هر کدام حدود ۵ درصد از پژوهش‌ها را شامل می‌شود. بر اساس رویکرد پژوهش، حدود ۸۸ درصد از پژوهش‌ها از نوع کمی، ۷ درصد کیفی و ۶ درصد نیز با رویکرد آمیخته (کمی-کیفی) به نگارش درآمده‌اند. از نظر روش تحقیق نیز، بخش اعظمی از مطالعات (۹۱ درصد)، توصیفی - تحلیلی می‌باشند، ۸ درصد از پژوهش‌ها نیز توصیفی بوده و تنها ۱ درصد از آن‌ها با سایر روش‌ها صورت گرفته است. تحلیل روش‌های گردآوری اطلاعات، نشان می‌دهد در مطالعات UHI، تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های هواشناسی نقش اساسی دارند. به طوری که بر اساس یافته‌ها، در ۵۹ درصد از مطالعات تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. داده‌های هواشناسی و کاربرد توأم آن‌ها با تصاویر ماهواره‌ای در حدود ۱۴ درصد از مطالعات بکار گرفته شده‌اند. برخی از مطالعات نیز از اسناد و منابع کتابخانه‌ای استفاده کرده‌اند (۷ درصد) و بعضی دیگر نیز بر برداشت‌های میدانی متکی بوده‌اند (۶ درصد). دسته دیگری از مطالعات نیز متکی به یک نوع داده خاص نبوده و ترکیبی از داده‌ها و اطلاعات مختلف (۱۵ درصد) را مورد استفاده قرار داده‌اند (شکل ۷).



شکل ۷. پژوهش‌های انجام شده بر مبنای ماهیت تحقیق (الف)، رویکرد تحقیق (ب)، روش تحقیق (ج) و روش گردآوری اطلاعات (د)

#### ۴.۲. دسته‌بندی موضوعی مطالعات جزایر گرمایی شهری

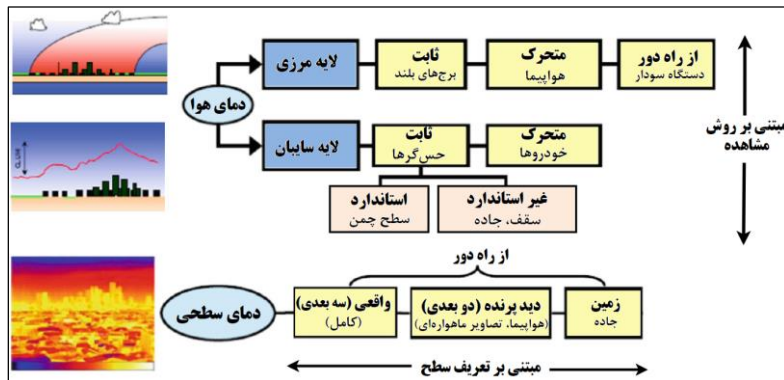
همان‌طور که پیشتر بحث شد، UHI یکی از موضوعات گسترده و بین‌رشته‌ای می‌باشد که مورد توجه متخصصان مختلفی قرار گرفته است. عموماً، اولین مطالعات در داخل و خارج از کشور به توصیف نحوه شکل‌گیری و تشدید این پدیده و وجود آن در شهرها پرداخته و آن را مورد سنجش قرار داده‌اند. مطالعات بعدی، عمدتاً علل و عوامل ایجاد UHI، اثرات آن و راهکارهایی را که در مواجهه با آن می‌توان در نظر گرفت مورد بررسی قرار داده‌اند. مطالعات انجام شده در موضوع UHI را در یک بررسی کلی، می‌توان به چهار حیطه موضوعی اصلی تقسیم نمود:

##### ۱- اندازه‌گیری و سنجش جزایر گرمایی شهری

اولین مطالعات در ارتباط با UHI، به دنبال اختلاف دمای مشاهده شده مابین شهرها و پیرامون‌شان به انجام رسید. این مطالعات از دهه‌ها قبل شروع شده و همچنان با رشد صعودی در حال انجام هستند. لذا، می‌توان گفت این دسته از مطالعات، درصد بالایی از تحقیقات را به خود اختصاص داده‌اند و در وهله اول از مطالعات مربوط به UHI قرار می‌گیرند. پژوهش‌هایی که به اندازه‌گیری و کشف جزایر حرارتی می‌پردازند، اغلب یک بازه زمانی را شامل می‌شوند که در آن تغییرات زمانی-مکانی جزایر حرارتی در یک منطقه شهری مورد بررسی قرار می‌گیرد. دسته دیگری از این مطالعات نیز به توسعه و کاربرد روش‌ها و تکنیک‌های مختلف در سنجش جزایر حرارتی می‌پردازند.

به طور کلی، جزایر حرارتی به دو دسته سطحی و جوی یا اتمسفریک طبقه‌بندی می‌شوند که در نحوه شکل‌گیری، روش‌های اندازه‌گیری، تأثیرات و تا حدودی راهبردهای مواجهه با یکدیگر متفاوت هستند (Basics, 2011). جزیره حرارتی سطحی، توسط افزایش دما در سطوح شهری ایجاد می‌شود که با اندازه‌گیری اشعه مادون قرمز توسط تصاویر ماهواره‌ای و فناوری‌های سنجش از دوری (اندازه‌گیری غیرمستقیم) قابل شناسایی است. دسته دوم نیز خود شامل لایه‌های تاج یا سایبان شهری (فضای موجود بین ساختمان‌های شهری) و لایه مرزی شهری (بالتر از لایه اول و سطح بام‌ها) می‌شود که با اندازه‌گیری دمای هوا و با استفاده از مشاهدات زمینی و شبکه دماسنج‌های ثابت یا تراورس (اندازه‌گیری مستقیم) صورت می‌گیرد (Badawy and Chen, 2020). مرور مطالعات، نشان داد محققان داخلی از هر دو روش برای سنجش جزایر حرارتی استفاده کرده و با استفاده از داده‌های اقلیمی و تصاویر ماهواره‌ای به تحلیل جزایر حرارتی و تغییرات دما پرداخته‌اند. مطالعات زندگی و همکاران، ۱۴۰۲؛ مددی و

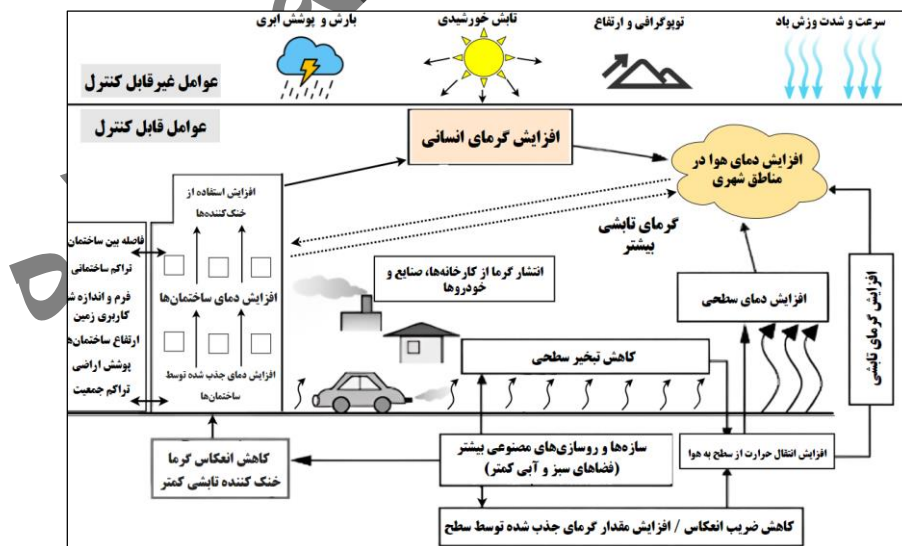
همکاران، ۱۴۰۱؛ احمدی و علی‌بخشی، ۱۴۰۰. در این دسته قرار می‌گیرند. فراتحلیل مطالعات نشان می‌دهد در مجموع، حدود ۳۶ درصد از مطالعات، به اندازه‌گیری و سنجش جزایر گرمایی پرداخته‌اند.



شکل ۸. روش‌های اندازه‌گیری انواع جزایر گرمایی شهری (منبع: مطالعات نگارندگان، ۱۴۰۳)

## ۲- مطالعه تأثیر عوامل مختلف بر جزایر گرمایی شهری و ارتباط آن‌ها با یکدیگر

این نوع از مطالعات، عوامل متعددی که در شکل‌گیری و تشدید جزایر گرمایی نقش دارند که بر پایه فراتحلیل مطالعات، به طور کلی آن‌ها را می‌توان در دو دسته کلی تقسیم نمود: **اول**، عوامل غیر قابل کنترل نظیر بارش و پوشش ابری، تابش خورشیدی و وزش باد؛ و **دوم**، عوامل قابل کنترل همچون کاربری اراضی، تراکم جمعیت و فرم شهری (شکل ۹). این مطالعات، با دسته قبلی هم‌پوشانی زیادی دارند و بسیاری از مطالعات که به سنجش و ارزیابی جزایر گرمایی شهری می‌پردازند، در واقع تأثیر عوامل مختلف - به ویژه شهرنشینی گسترده و تغییرات کاربری اراضی - بر این پدیده را بررسی می‌کنند. برخی از پژوهش‌های مرتبط در این عبارتند از: تیموری و همکاران، ۱۴۰۲؛ ملکی و همکاران، ۱۴۰۱؛ مرتضوی و همکاران، ۱۴۰۱؛ امیدوار و همکاران، ۱۳۹۹. بر اساس یافته‌های پژوهش، بیش از ۴۰ درصد از مطالعات داخلی انجام شده در حوزه جزایر گرمایی شهری، در این دسته قرار می‌گیرند. به عبارتی، با توجه به هم‌پوشانی تحقیقات دسته اول و دسته دوم، بیش از ۷۵ درصد از مطالعات داخلی در این دو حیطه انجام شده است.



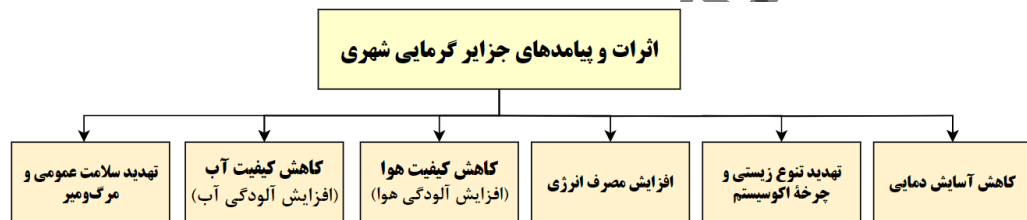
شکل ۹. دسته‌بندی عوامل مؤثر بر شکل‌گیری و تشدید جزایر گرمایی شهری (منبع: مطالعات نگارندگان، ۱۴۰۳)

(۱۴۰۳)

## ۳. مطالعه اثرات و پیامدهای جزایر گرمایی شهری

جزایر حرارتی و افزایش بی‌رویه دمای شهرها، اثرات و پیامدهای متعددی بر اقلیم و ساکنان شهری به دنبال داشته (Leal Filho et al., 2017) و جنبه‌های متعددی از زندگی انسان اعم از مصرف انرژی، آسایش حرارتی، رفاه و سلامت را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Santamouris, 2015b). جزایر گرمایی شهری نه تنها تأثیر منفی بر انسان‌ها و محیط زیست‌شان دارد، بلکه بر محیط زیست شهری نیز تأثیر سوء گذاشته و چرخه اکوسیستم را می‌تواند مختل کند (Wu and Ren, 2019). با این حال، عمده‌ترین و جدی‌ترین تأثیر UHI را بر سلامت انسان می‌توان دید؛ به طوری که یک ارتباط قوی بین مرگ و میر و دمای بالا در شهرها گزارش شده است (Patz et al., 2005).

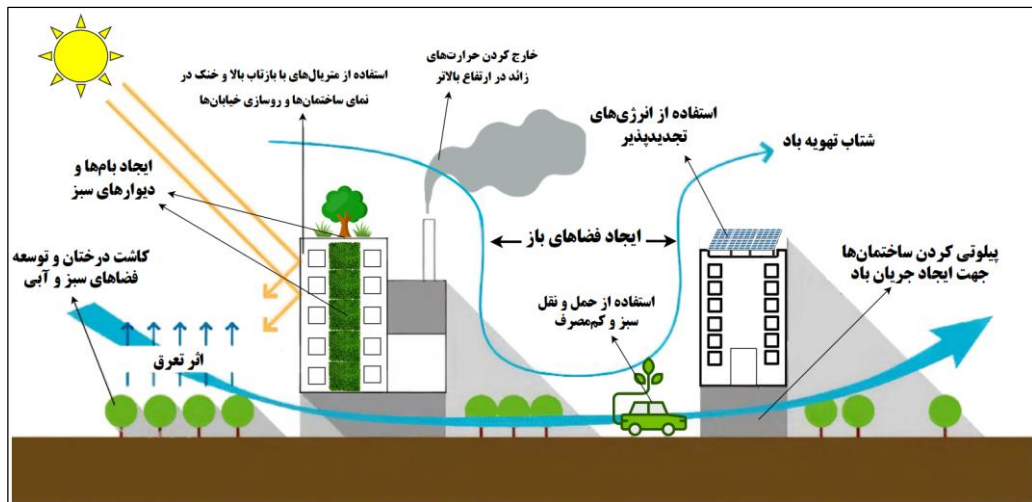
این دسته از مطالعات در کشورمان، بر خلاف پژوهش‌های بین‌المللی کم‌تر به انجام رسیده و مورد استقبال اندکی از پژوهشگران بوده‌اند. لذا، با وجود همبستگی بالای شدت جزایر حرارتی و بروز پدیده‌های مختلف نظیر آلودگی هوا، تنش گرمایی، افزایش مصرف انرژی، بیماری‌های متعدد و غیره، شکاف بزرگی در این زمینه دیده می‌شود. این موضوع، ضرورت بررسی اثرات و پیامدهای پدیده جزایر حرارتی بر جوامع و محیط‌های شهری در تحقیقات آینده را دو چندان می‌کند. مطالعات مرتضوی و همکاران، ۱۴۰۱؛ ناصر و همکاران، ۱۴۰۱؛ رفیعیان و همکاران، ۱۳۹۹، در این دست قرار می‌گیرند. بر مبنای یافته‌های پژوهش، تنها حدود ۸ درصد از مطالعات پیشین در این حیطه بوده است.



شکل ۱۰. اثرات و پیامدهای جزایر گرمایی شهری (منبع: مطالعات نگارندگان، ۱۴۰۳)

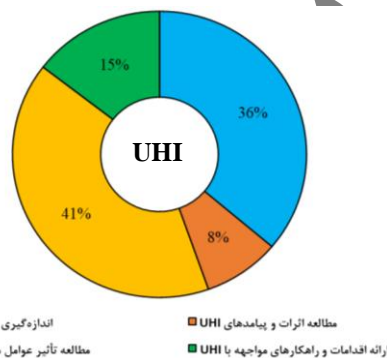
#### ۴. ارائه اقدامات و راهکارهای مواجهه با جزایر گرمایی شهری

آخرین دسته از مطالعات مربوط به UHI را پژوهش‌هایی شامل می‌شود که به منظور ارائه راهکارهایی در راستای کاهش اثرات UHI و یا سازگاری با آن انجام می‌شوند. در واقع، با توجه به چالش‌ها و مسائل متعددی که گرمای فزاینده شهرها و تشدید UHI با وجود آورده است، کاهش سریع یا توقف افزایش انتشار کربن شهری و افزایش امواج گرما و دیگر رویدادهای شدید آب و هوایی، و بکارگیری استراتژی‌های کاهش گرما در شهرها به یک ضرورت اساسی تبدیل شده است (Melgar, 2023). به طور کلی، مقابله با UHI نیازمند تغییرات بلند مدت در سیاست‌ها و برنامه‌های عملیاتی شهرها می‌باشد (Parsaee et al., 2019). این تحقیقات عمدتاً در سال‌های اخیر مورد توجه بوده‌اند و در آن‌ها بر راهکارهای کاهش اثرات جزایر حرارتی توجه شده است. راهکارهایی همچون روسازی‌های خنک، توسعه مبتنی بر حمل و نقل همگانی، توسعه فضاهای سبز و غیره از جمله این موارد می‌باشند. برخی از مطالعات مرتبط در این زمینه عبارتند از: توفیقی و همکاران، ۱۴۰۲؛ نامجومنش و همکاران، ۱۴۰۱؛ حیدری و همکاران، ۱۴۰۱.



شکل ۱۱. دیاگرام از اقدامات و راهکارهای مواجهه با جزایر گرمایی شهری (منبع: مطالعات نگارندگان، ۱۴۰۳)

دسته‌های موضوعی مورد بحث، در شکل ۱۲ نشان داده شده‌اند. بر مبنای مطالب گفته شده، مطالعات جزایر گرمایی شهری در ابتدا با تمرکز بر دسته اول (اندازه‌گیری و سنجش UHI) آغاز شده و به مرور همزمان با تشدید این پدیده و درک عمیق از آن، دیگر موضوعات نیز مدنظر محققان قرار گرفته است.



شکل ۱۲. دسته‌بندی موضوعی مطالعات جزایر گرمایی شهری

## ۵.۲. شکاف پژوهشی در مطالعات داخلی

امروزه، پدیده جزایر حرارتی تنها یک بحران یا مسئله شهری نیست؛ بلکه بسیاری به این نتیجه رسیده‌اند که این موضوع یک مرحله از شهرنشینی و توأمان با گسترش شهرهاست و پدیده‌ای جهانی محسوب می‌شود. با شدت‌گیری برخی از مسایل و بحران‌ها در دنیای امروز نظیر گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی، می‌توان انتظار داشت پدیده جزایر حرارتی در آینده از شدت بیشتری برخوردار باشد. به عبارتی، جزایر حرارتی موضوعی حیاتی است که با هم‌افزایی احتمالی با امواج گرما (گرمایش جهانی)، پرداختن به آن هم برای دوره فعلی و هم آینده امری ضروری می‌باشد. بنابر آن‌چه در بخش قبل بحث شد، می‌توان گفت هر مطالعه‌ای پیرامون UHI‌ها در یکی از چهار دسته فوق قرار می‌گیرد. تحقیقات آتی نیز از هر نوعی که باشند، با توجه به تشدید تغییرات اقلیمی و گرمایش شهرها، همچنان مجال بحث و گفت‌وگو خواهند داشت و می‌توانند در حل مسائل و چالش‌های کنونی و آتی تأثیرگذار باشند. در مجموع، بررسی مطالعات بین‌المللی حاکی از آن است که بسیاری از مطالعات به سمت طرح استراتژی‌های کاهش و سازگاری اثرات UHI پیش می‌روند (دسته چهارم)؛ که در این زمینه حجم بالایی از پژوهش‌ها نیز انجام شده است. در مقیاس داخلی اما شرایط قدری متفاوت‌تر است و عموماً مطالعات در دسته اول قرار می‌گیرند. یعنی، مطالعات داخلی که عمدتاً از سوی متخصصان جغرافیدانان و اقلیم‌شناسان صورت می‌گیرد، اغلب به دنبال سنجش و کشف روند زمانی-مکانی تغییرات دمایی و

UHI می‌باشد؛ اگرچه این موضوع نیز همچنان جای کار دارد و تنها در برخی از کلان‌شهرها و شهرهای بزرگ کشور بررسی شده است. با این حال، با توجه به روند مطالعات خارجی و تشدید دما و اثرات UHI در بسیاری از شهرهای کشور، ضروری است مطالعات آینده نیز به سمت ارائه راهکارها و استراتژی‌های کاهش و انطباق و در نتیجه افزایش تاب‌آوری اقلیمی شهرها حرکت کنند. در واقع، با توجه به هم‌پوشانی موضوعات، مطلوب است تحقیقات آتی طیفی از دسته‌بندی فوق (سنجش UHI در یک بازه طولانی، به کارگیری روش‌ها و مدل‌های کارآمد و نوین، بررسی اثرات افزایش دما بر ساکنان و در نهایت ارائه استراتژی‌های کاهش) را داشته باشند تا به نتایج کارآمدتری در این زمینه دست یابند.

علاوه بر آن، اغلب مطالعات پراکنده بوده و دسته‌بندی جامعی از آن‌ها وجود ندارد. همچنان که مرور پیشینه پژوهش نشان داد، اثرات متعددی بر اقلیم و ساکنان شهری دارد که عمدتاً در سطح محلی مطرح می‌باشد؛ با این حال، از آن‌جا که جزایر گرمایی در مقایسه با حومه شهرها بررسی شده و نواحی پیرامونی بر شدت پدیده تأثیر گذارند، UHI یک چالش کلان محسوب می‌شود و ضروری است به منظور اطمینان از تعادل اجتماعی، اقتصادی و زیست‌محیطی بین شهرها و اطرافشان، این مسئله در مقیاس منطقه‌ای و فرا‌شهری نیز بررسی شود. لیکن، مطالعات گذشته در ارزیابی اثرات تغییرات اقلیمی و ارائه راهکارهای کاهش و سازگاری، توجه نسبتاً کمی به فرآیندهای مقیاس منطقه‌ای و کلان نموده‌اند (Leal Filho et al., 2017).

مایلز (۲۰۱۷)، به طور کلی هفت نوع شکاف پژوهش در مطالعات را شناسایی می‌کند و معتقد است محققان بایستی این شکاف‌ها یا گپ‌های موجود در موضوع مورد مطالعه را شناسایی کنند تا از تکرار پذیری و کیفیت آن اطمینان حاصل کنند. شکاف‌های مدنظر مایلز عبارتند از: **شکاف شواهد و مدارک**، **شکاف دانشی**، **شکاف عملی-دانشی**، **روش‌شناسی**، **تجربی**، **نظری** و **جغرافیایی/جمعیتی** (Miles, 2017). در سال‌های اخیر دانش کافی در زمینه UHI ایجاد شده و به مرور روش‌ها و ابزارهای شناخت این پدیده نیز کامل‌تر و بهینه‌تر شده است؛ لیکن، همچنان شکاف‌هایی در این زمینه وجود دارد که بر مبنای دسته‌بندی فوق در جدول ۳ خلاصه شده‌اند.

### جدول ۳. شکاف پژوهش در مطالعات داخلی و خارجی بر اساس دسته‌بندی مایلز

نوع شکاف	مطالعات خارجی	مطالعات داخلی
شواهد و مدارک	موضوع جزایر حرارتی تاکنون در بسیاری از شهرهای جهان بررسی شده است. عمدتاً در کلان‌شهرها و از سوی محققان چینی، آمریکایی و اروپایی. بر اساس شواهد موجود، پدیده جزایر حرارتی در بیش از ۴۰۰ شهر بزرگ جهان مطالعه و تایید شده است.	مطالعه جزایر حرارتی در کشورمان محدود به برخی کلان‌شهرها و شهرهای بزرگ می‌باشد و یا در مقیاس‌های کوچک‌تر مطالعه شده است. این مطالعات همگی تایید کننده وجود و شکل‌گیری جزایر حرارتی در شهرهای کشورمان هستند.
دانش	پدیده جزایر حرارتی از سابقه طولانی در پژوهش برخوردار است و دانش کافی در این زمینه جمع‌آوری شده است. این مطالعات در کشورهای پیشرفته	این پدیده در کشورمان تقریباً از یک دهه گذشته مورد توجه محققان بوده است. با توجه به اهمیت بالای جزایر حرارتی و

مطالعه آن‌ها در شهرها، شناخت

دقیق‌تر و بیشتر این پدیده

ضروری می‌باشد. همچنین،

جزایر حرارتی جنبه‌های

مختلفی را تحت تأثیر قرار

می‌دهند که نیاز است مورد

توجه بیشتری قرار گیرند.

جزایر حرارتی در کشورمان

عمدتاً با استفاده از تکنیک‌های

سنجش از دوری اندازه‌گیری و

تحلیل می‌شوند و کمتر به دیگر

تکنیک‌ها که مبتنی بر هوش

مصنوعی هستند توجه شده

است. تکنیک‌های نوین، در

واقع مکمل و تکمیل‌کننده

روش‌های قبلی می‌باشند که

نتایج دقیق‌تری را به دنبال

دارند.

مشاهدات داخلی نیز، وجود و

تشدید این پدیده را تأیید می‌نمایند؛

لیکن، بسیاری از آن‌ها راهکارای

جامع و کاربردی ارائه نداده و یا به

مرحله اجرا نرسیده‌اند. علاوه بر آن،

کمتر مطالعه‌ای عوامل و ریشه‌های

شکل‌گیری این پدیده در شهرها را

بررسی نموده است.

مطالعات داخلی، پراکندگی

کمتری داشته و تنها در چند

شهر بزرگ و عمدتاً در مقیاس

چشم‌گیرتر و کاربردی‌تر می‌باشند. روند

مطالعات در این حوزه نیز، همان‌طور که

پیش‌تر بررسی شد از سنجش و اندازه

گیری به سمت ارائه راهکارهای انطباقی

و کاهشی پیش‌رفته است.

به لحاظ روش شناختی، در سال‌های اخیر

تکنیک‌های شناخت و اندازه‌گیری این

پدیده گسترده‌تر و دقیق‌تر شده است.

مطالعات کنونی عمدتاً بر تکنیک‌های

مبتنی بر سنجش از دور، هوش مصنوعی،

یادگیری عمیق و یادگیری ماشین تکیه

دارند.

مشاهدات و تجربیات قبلی در زمینه

موضوع تحقیق، حاکی از وجود و تشدید

پدیده جزایر حرارتی در بسیاری از

شهرهای جهان می‌باشد. محققان در این

زمینه راهکارهای متعددی را در نظر

گرفته‌اند که در این میان راهکارهای

کاهشی و انطباقی بیش از همه مد نظر

بوده است. مواردی نظیر توسعه فضاهای

سبز، استفاده از مواد با آلیبدو بالا و ...

در مطالعات خارجی، تجارب از انجام

مطالعات صرف فراتر رفته و راهکارهای

عمل‌گرایانه‌تری ارائه می‌دهند.

مطالعات خارجی از پراکندگی قابل

قبولی به لحاظ جغرافیایی برخوردارند. به

طوری که تقریباً اکثر شهرهای بزرگ

جهانی این موضوع مورد توجه محققان

روش

شناسی

تجربی

جغرافی

ایی

جمعیت

ی



شهری و مناطق شهری مد نظر  
بوده‌اند.

بوده است. علاوه بر آن، به لحاظ مقیاس  
جغرافیایی نیز این مطالعات هم شامل  
مقیاس‌های محلی و شهری و هم منطقه‌ای  
می‌شوند. یعنی علاوه بر مطالعه یک شهر  
در مقیاس‌های متفاوت، مجموعه‌های  
شهری و چند شهر در ارتباط با یکدیگر  
را نیز مطالعه کرده‌اند.

## نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهادت

جزایر گرمایی شهری، یکی از پدیده‌های بارز ناشی از شهرنشینی گسترده در محیط‌های شهری است که تأثیرات مخربی بر کیفیت زندگی، سلامت عمومی، و پایداری محیط‌زیست دارد. این پژوهش ضمن مرور مطالعات خارجی، با فراتحلیل ۲۱۳ مطالعه داخلی انجام شده در بازه‌های زمانی مختلف، تصویری جامع از وضعیت مطالعات مرتبط با UHI در ایران ارائه داده و به تحلیل روندها، روش‌ها، و شکاف‌های تحقیقاتی پرداخته است. پژوهش حاضر را می‌توان جزو اولین مطالعات مروری دانست که به بررسی پدیده جزایر گرمایی در تحقیقات داخلی پرداخته است. این پژوهش، روند مطالعات را بررسی نموده و آن‌ها را بر اساس توزیع مکانی و زمانی، هدف و روش مطالعه، نشریات چاپ شده، تخصص نگارندگان و حیطه‌های موضوعی، دسته‌بندی نموده است. لذا، از این منظر پژوهشی نو محسوب می‌شود که می‌تواند راهنمای جامعی برای پژوهشگران و متخصصان در موضوع جزایر گرمایی شهری باشد.

یافته‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد مطالعات مورد بررسی، ماهیت کاربردی و رویکردی کمی داشته‌اند. تصاویر ماهواره‌ای، با کاربست ۵۹ درصد، رایج‌ترین ابزار گردآوری داده‌ها بوده و در بسیاری از موارد با داده‌های هواشناسی ترکیب شده است. بیش از ۷۵ درصد پژوهش‌ها بر "اندازه‌گیری و سنجش جزایر گرمایی" و "تأثیر عوامل مختلف بر آن" متمرکز بوده‌اند. این پژوهش‌ها اغلب در کلان‌شهرهایی نظیر تهران (۳۳ درصد)، اصفهان (۸٫۲۵ درصد)، و مشهد (۷٫۲۸ درصد) انجام شده است، در حالی که سایر مناطق کشور کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. از منظر انتشار، ۸۸ نشریه داخلی در انتشار مقالات مرتبط با UHI نقش داشته‌اند و نشریه "اطلاعات جغرافیایی (سپهر)" با ۱۲ مقاله، بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. در میان تخصص‌های علمی نیز، متخصصان جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری و شهرسازان و اقلیم‌شناسان، با بیش از ۵۰ درصد مشارکت، نقش برجسته‌ای در مطالعات داشته‌اند. علاوه بر آن، در یک دسته‌بندی موضوعی، بیش از ۷۵ درصد از مطالعات به سنجش و ارزیابی جزایر گرمایی شهری و ارتباط آن با دیگر عوامل نظیر تغییر کاربری اراضی و شهرنشینی، متمرکز بوده‌اند.

این مقاله همچنین نشان می‌دهد که با وجود تولید دانش قابل توجه در زمینه UHI، همچنان شکاف‌های مهمی در مطالعات داخلی به چشم می‌خورد. بر اساس یافته‌ها، مطالعات داخلی از پراکندگی کمتری برخوردار بوده و اغلب آن‌ها محدود به کلان‌شهرها و شهرهای بزرگ می‌باشد؛ در حالی که بسیاری از شهرهای بزرگ و کوچک کشور در معرض این پدیده بوده و از این نظر مغفول مانده‌اند. مطالعات داخلی عمدتاً مبتنی بر تکنیک‌های سنجش از دوری (تصاویر ماهواره‌ای) و داده‌های هواشناسی می‌باشند و کمتر از روش‌های نوین در شناخت پدیده UHI استفاده می‌شود. علاوه بر آن، مطالعات داخلی اغلب به شناخت مسئله پرداخته‌اند و کمتر به بررسی اثرات جزایر گرمایی شهری و ارائه راهکارهای کاهش و انطباقی توجه نموده‌اند. ضروری است مطالعات آینده با تأکید بر ارائه استراتژی‌های عملیاتی، گسترش دامنه پژوهش‌ها به شهرهای کوچک‌تر، و استفاده از فناوری‌های نوین، به سمت ارتقای تاب‌آوری اقلیمی شهرها حرکت کنند. تنها با این رویکرد، می‌توان در جهت کاهش اثرات جزایر گرمایی شهری و دستیابی به توسعه پایدار شهری گام برداشت.

## منابع

- احمدی، محمود؛ علی‌بخشی، زهرا (۱۴۰۰). بررسی تغییرات لکه‌های داغ شهر تهران و اقمار بر اساس نوع کاربری اراضی و نقش آن در مخاطرات حرارتی شهری، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۸(۲)، ۱۳۴-۱۱۹.
- امیدوار، کمال؛ موید فر، سعیده؛ فاطمی، مهران؛ نارنگی فرد، مهدی. (۱۳۹۹). ارزیابی ارتباط کاربری اراضی شهری و جزایر حرارتی، مطالعه موردی: شهر بیابانی یزد، فصلنامه جغرافیای طبیعی، ۱۳(۴۷)، ۱۷-۱.
- بهره‌ا، بهاره؛ پورجعفر، محمدرضا؛ رفیعان، مجتبی. (۱۴۰۱). فراتحلیل مؤلفه‌های مؤثر بر مکان‌سازی فضاهای دانش و نوآوری معاصر. آمایش سرزمین، دوره ۱۴، شماره ۲، ۴۹۱-۵۲۲.
- توفیقی، آرمین؛ تن‌زاده، رشید؛ مقدس‌نژاد، فریدون. (۱۴۰۲). شناخت پدیده مخرب جزایر گرمایش شهری و کاهش آن با رویکرد بررسی روسازی راه، نشریه مهندسی عمران، ۵۵(۹)، ۱.
- تیموری، ایرج؛ اصغری‌زمانی، اکبر؛ محرم‌پور، عرفان. (۱۴۰۲). بررسی اثر مورفولوژی شهری بر شدت جزایر حرارتی - مطالعه موردی: شهر تبریز، نشریه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۳۲(۱۲۶)، ۱۹۵-۱۸۳.
- حیدری، علی‌اکبر؛ قهرمان‌ایزدی، ندا؛ اکبری، زهرا. (۱۴۰۱). ارائه الگوی بهینه چیدمان مجتمع‌های مسکونی با تأکید بر کاهش پدیده جزیره گرمایی (نمونه موردی: مجتمع‌های مسکونی میان مرتبه شهر شیراز)، فصلنامه پژوهش و برنامه‌ریزی شهری، ۱۳(۵۰)، ۲۲۴-۲۳۹.
- رفیعان، مجتبی؛ ثناگر، الهام؛ حنایی، تکتم؛ منصفی، دانیال. (۱۳۹۹). کاهش تأثیرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت انسان‌ها از طریق تغییرات فرم شهری در اقلیم گرم و خشک شهر مشهد، فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط‌زیست، شماره ۴، دوره ۲۲، ۳۷۵-۳۸۷.
- رنجبر سعادت‌آبادی، عباس؛ آزادی، مجید؛ علی‌اکبری بیادختی، عباسعلی؛ صادقی حسینی، سیدعلیر ضا. (۱۳۸۴). مطالعه موردی جزیره گرمایی تهران و شبیه‌سازی عددی آن. مجله فیزیک زمین و فضا، ۳۱(۱)، ۷۸-۶۳.
- زندگی، رحمان؛ سلمانی مقدم، محمد؛ روکی، زهره. (۱۴۰۱). سنجش میزان خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین با کاربری اراضی نمونه مطالعه: شهر اصفهان، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۳۴(۱)، ۷۶-۶۱.
- صرامی، حسین؛ سلکی، لیلا. (۱۳۸۵). جزیره گرمایی، نشریه اطلاعات جغرافیایی (سپهر)، ۱۴(۵۶)، ۴۳.
- محمودزاده، حسن و مسعودی، حسن (۱۳۹۸). تحلیلی بر تغییرات ساختاری سیمای سرزمین کلانشهر تبریز با استفاده از مبانی اکولوژی سیمای سرزمین و با تأکید بر مفهوم پیوستگی، آمایش سرزمین، دوره ۱۱، شماره ۲، ۲۰۴-۱۷۹.
- مددی، عقیل؛ قلعه، احسان؛ عبادی، الهام؛ نظافت تکه، بهروز. (۱۴۰۱). بررسی ارتباط کاربری‌های مختلف با دمای سطح زمین مبتنی بر تحلیل خودهمبستگی فضایی (موران) با استفاده از داده‌های تصاویر ماهواره ای لندست (مطالعه موردی: شهرستان کوثر)، فصلنامه فضای جغرافیایی، ۲۲(۷۷)، ۹۹-۱۱۹.
- مرادپور، نبی؛ پوراحمد، احمد؛ حاتمی‌نژاد، حسین؛ زبیری، کرامت‌الله (۱۴۰۰). فراتحلیل بر پژوهش‌های چاپ‌شده در حوزه تاب‌آوری شهری در ایران. فصلنامه علمی پژوهشی مدیریت شهری و روستایی، شماره ۶۴، ۷-۲۴.
- مرتضوی اصل، کامیار؛ سعیدی، نوید؛ رضایی، محمود. (۱۴۰۱). ارزیابی میزان تاثیر ذرات معلق و پوشش گیاهی بر تشکیل جزایر گرمایی و خنک در شهر تهران، نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، ۹(۱)، ۹۷-۱۱۴.
- مشکینی، ابوالفضل؛ علیپور، سمیه و مسعودی، حسن (۱۴۰۳). تاب‌آوری کالبدی مسکن شهری در برابر زلزله: تحلیلی از محلات و مناطق شمالی کلانشهر تهران. مخاطرات محیط طبیعی، ۱۳(۴۱)، ۶۰-۳۹.
- ملکی مرشت، رقیه؛ سبحانی، بهروز؛ مرادی، مسعود. (۱۴۰۱). واکاوی رابطه امواج گرمایی و جزایر حرارتی شهری مطالعه موردی: کلان شهر اهواز، مجله جغرافیا و توسعه، ۲۰(۶۷)، ۱۱۷-۱۰۲.

ناصر، مریم؛ صفائی پور، مسعود؛ رضایی جعفری، کامران. (۱۴۰۱). بررسی تاثیر جزایر گرمایی کلانشهر اهواز بر میزان آسایش روانی شهروندان، نشریه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای، ۳(۱)، ۲۲-۱.  
نامجو منش، جواد؛ کارگر، بهمن؛ زیویار، پروانه. (۱۴۰۱). مدیریت شهری و بازآفرینی فضاهای سبز و تاثیر آن در تعدیل جزایر گرمایی، نشریه جامعه شناسی سیاسی ایران، ۵(۱۲)، ۲۳۵۲-۲۳۳۳.

- Aboagye, P.D., Sharifi, A., 2024. Urban climate adaptation and mitigation action plans: A critical review. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 189, 113886.
- Aflaki, A., Mirnezhad, M., Ghaffarianhoseini, Amirhosein, Ghaffarianhoseini, Ali, Omrany, H., Wang, Z.-H., Akbari, H., 2017. Urban heat island mitigation strategies: A state-of-the-art review on Kuala Lumpur, Singapore and Hong Kong. *Cities* 62, 131–145.
- Ahmadi M, Alibakhshi Z. The assessment of hot spots changes in Tehran and satellite based on land use and its role in urban heat hazards. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards* 2021; 8 (2) :119-134 (in Persian).
- Arunab, K.S., Mathew, A., 2024. Quantifying urban heat island and pollutant nexus: A novel geospatial approach. *Sustain. Cities Soc.* 101, 105117.
- Badawy, S., Chen, D.-H., 2020. *Recent Developments in Pavement Engineering*. Springer.
- Bahra, B., Pourjafar, M., & Rafieian, M. (2022). A Meta-Analysis of the Factors Effective on Placemaking the Contemporary Knowledge and Innovation Spaces. *Town and Country Planning*, 14(2), 491-522 (in Persian).
- Basics, U.H.I., 2011. *Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies*. US EPA. Available online <http://www.epa.gov/heatisland/resources/compendium.htm>. (accessed 14 January 2011).
- Carvalho, D., Martins, H., Marta-Almeida, M., Rocha, A., Borrego, C., 2017. Urban resilience to future urban heat waves under a climate change scenario: A case study for Porto urban area (Portugal). *Urban Clim.* 19, 1–27.
- Deilami, K., Kamruzzaman, M., Liu, Y., 2018. Urban heat island effect: A systematic review of spatio-temporal factors, data, methods, and mitigation measures. *Int. J. Appl. earth Obs. Geoinf.* 67, 30–42.
- Diren-Üstün, D.H., Ünal, Y.S., Bilgen, S.İ., Sonuç, C.Y., Sodoudi, S., Güney, C., Doğru, A.Ö., İncecik, S., 2024. Effects of land-use mitigation scenarios on urban heat island intensity in Istanbul. *Atmos. Res.* 297, 107083. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSRES.2023.107083>
- E. Hunter, J., L. Schmidt, F., B. Jackson, G., 1986. *Meta-Analysis: Cumulating Research Findings Across Studies* Sage Publications: Beverly Hills, 1982, 176 pp. *Educ. Res.* 15, 20–21.
- Estoque, R.C., Murayama, Y., 2017. Monitoring surface urban heat island formation in a tropical mountain city using Landsat data (1987–2015). *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 133, 18–29.
- Estoque, R.C., Murayama, Y., Myint, S.W., 2017. Effects of landscape composition and pattern on land surface temperature: An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia. *Sci. Total Environ.* 577, 349–359. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.10.195>
- Halder, B., Bandyopadhyay, J., Banik, P., 2021. Monitoring the effect of urban development on urban heat island based on remote sensing and geo-spatial approach in Kolkata and adjacent areas, India. *Sustain. Cities Soc.* 74, 103186.
- Hansen, C., Steinmetz, H., Block, J., 2022. How to conduct a meta-analysis in eight steps: a practical guide. *Manag. Rev. Q.*

- He, B.-J., Wang, W., Sharifi, A., Liu, X., 2023. Progress, knowledge gap and future directions of urban heat mitigation and adaptation research through a bibliometric review of history and evolution. *Energy Build.* 112976.
- Heidari, Aliakbar; Ghahreman Izadi, Neda; Akbari, Zahra. (2022). Presenting the optimal pattern of residential complexes with an emphasis on reducing heat island (Case example: mid-rise residential complexes in Shiraz city), *Research and Urban Planning*, 13(50), 224-239 (in Persian).
- Howard, L., 2012. *The climate of London: deduced from meteorological observations.* Cambridge University Press.
- IPCC, 2014. *Climate change 2014 synthesis report.* IPCC Geneva, Switzerland. 1059–1072.
- Keith, L., Meerow, S., Wagner, T., 2019. Planning for extreme heat: a review. *J. Extrem. Events* 6, 2050003. <https://doi.org/10.1142/s2345737620500037>
- Kotharkar, R., Arch, A.G.M., 2021. Progress in extreme heat management and warning systems: A systematic review of heat-health action plans (1995-2020). *Sustain Cities Soc.*, 76, 103487.
- Landsberg, H.E., 1979. Atmospheric changes in a growing community (the Columbia, Maryland experience). *Urban Ecol.* 4, 53–81. [https://doi.org/10.1016/0304-4009\(79\)90023-8](https://doi.org/10.1016/0304-4009(79)90023-8)
- Landsberg, H.E., 1981. *The urban climate.* Academic press.
- Leal Filho, W., Echevarria Icaza, L., Emanche, V.O., Quasem Al-Amin, A., 2017. An evidence-based review of impacts, strategies and tools to mitigate urban heat islands. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 14, 1600.
- MADADI, AGHIL, Ghale, Ehsan, Ebadi, Elhame, & Nezafat takle, Behrouz. (2022). Investigating the Relationship between Different Uses with Earth's Surface Temperature Based on Spatial Autocorrelation Analysis Using Landsat Satellite Image Data (Case Study: Kosar County). *GEOGRAPHIC SPACE*, 22(77), 99-119, (in Persian).
- Mahmoudzadeh, H., & Masoudi, H. (2019). The Analysis of Structural Landscape Changes in Tabriz City Using Landscape Ecology Principles with an Emphasis on the Connectivity Concept. *Town and Country Planning*, 11(2), 179-204 (in Persian).
- Maleki Rashti, R., Sobhani, B., & Moradi, M. (2022). Investigation of the relationship between heat waves and urban heat islands (Case study: Ahvaz metropolis). *Geography and Development*, 20(67), 121-141 (in Persian).
- Melgar, H., 2023. *Radical Urban Natures: Mitigating Urban Heat with Nature-Based Techniques in Portland, Oregon.*
- Meshkini, A., Alipour, S., & Masoudi, H. (2024). Physical Resilience of urban housing against earthquakes: an analysis of northern neighborhoods and regions of Tehran Metropolis. *Journal of Natural Environmental Hazards*, 13(41), 39-60 (in Persian).
- Miles, D.A., 2017. A taxonomy of research gaps: Identifying and defining the seven research gaps, in: *Doctoral Student Workshop: Finding Research Gaps-Research Methods and Strategies*, Dallas, Texas. pp. 1–15.
- Moradpour, Nabi; Pourahmad, Ahmad; Hataminezhad, Hosein; Ziari, Keramatollah. (2022). A meta-analysis of published research in the field of urban resilience in Iran, *Urban Management*, 20(64), 7-24 (in Persian).
- Mortazavi-Asl S K, saeidirezvani N, Rezaei M. Evaluation of the effect of particulate matter and vegetation on the formation of heat and cold islands in Tehran. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards* 2022; 9 (1) :97-114 (in Persian).
- Namjoumanesh, J., Karegar, B., & Zivyar, P. (2022). Urban management and regeneration of green spaces and its effect on mitigation of heat islands. *Political Sociology of Iran*, 5(12), 2332-2352 (in Persian).

- Naser, M., Safaeepour, M., & Rezaei Jafari, K. (2022). Investigating the Effect of Heat Islands in Ahvaz Metropolis on the Level of Psychological Comfort of Citizens. *Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS)*, 3(1), 1-22 (in Persian).
- O'Neill, M.S., Carter, R., Kish, J.K., Gronlund, C.J., White-Newsome, J.L., Manarolla, X., Zanobetti, A., Schwartz, J.D., 2009. Preventing heat-related morbidity and mortality: new approaches in a changing climate. *Maturitas* 64, 98–103.
- Oke, T.R., 2002. *Boundary layer climates*. Routledge.
- Omidvar, Kamal; Moaiedfar, Saeedeh; Fatemi, Mehran; Narengi-Fard, Mehdi, (2020). Assessing the relationship between urban land use and thermal islands, Case study: Yazd desert city, *Journal of Physical Geography*, 13(47), 1-17 (in Persian).
- Parsaee, M., Joybari, M.M., Mirzaei, P.A., Haghghat, F., 2019. Urban heat island, urban climate maps and urban development policies and action plans. *Environ. Technol. Innov.* 14, 100341.
- Patz, J.A., Campbell-Lendrum, D., Holloway, T., Foley, J.A., 2005. Impact of regional climate change on human health. *Nature* 438, 310–317.
- Peng, J., Hu, Y., Dong, J., Liu, Q., Liu, Y., 2020. Quantifying spatial morphology and connectivity of urban heat islands in a megacity: A radius approach. *Sci. Total Environ.* 714, 136792.
- Rahmani, N., Sharifi, A., 2023. Comparative Analysis of the Surface Urban Heat Island (SUHI) Effect Based on the Local Climate Zone (LCZ) Classification Scheme for Two Japanese Cities, Hiroshima, and Sapporo. *Climate* 11, 142.
- Ranjbar-Saadatabadi, Abbas; Azadi, Majid; Bidokhti, Ali, Sadeghi, Alireza, (2005). *Journal of the Earth and Space Physics*, 31(1) (in Persian).
- RIZWAN, A.M., DENNIS, L.Y.C., LIU, C., 2008. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *J. Environ. Sci.* [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(08\)60019-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4)
- Sanagar, Elham, Rafeian, Mojtaba, Toktam, Hanaee, Monsefi parapari, Danial. (2020). The Effects of Urban Heat Islands Mitigation on Human Health through Change in Urban form Hot and Arid Climate of Mashhad. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 22(4 (95) ), 375-387 (in Persian).
- Santamouris, M., 2015a. Analyzing the heat island magnitude and characteristics in one hundred Asian and Australian cities and regions. *Sci. Total Environ.* 512, 582–598.
- Santamouris, M., 2015b. Regulating the damaged thermostat of the cities—Status, impacts and mitigation challenges. *Energy Build.* 91, 43–56.
- 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.
- Santamouris, M., Ding, L., Osmond, P., 2019. Urban heat island mitigation. *Decarbonising Built Environ. Charting Transit.* 337–355.
- Sarami, H., & Salaki, L. (2006). Thermal Islands. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 14(56), 43-49 (in Persian).
- Sejati, A.W., Buchori, I., Rudiarto, I., 2019. The spatio-temporal trends of urban growth and surface urban heat islands over two decades in the Semarang Metropolitan Region. *Sustain. Cities Soc.* 46, 101432.
- Seto, K.C., Güneralp, B., Hutyra, L.R., 2012. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 16083–16088.

- Sharifi, A., 2021a. Co-benefits and synergies between urban climate change mitigation and adaptation measures: A literature review. *Sci. Total Environ.* 750, 141642.
- Sharifi, A., 2021b. Urban sustainability assessment: An overview and bibliometric analysis. *Ecol. Indic.* 121, 107102.
- Shu, X., Ye, Y., 2023. Knowledge Discovery: Methods from data mining and machine learning. *Soc. Sci. Res.* 110, 102817.
- Stewart, I.D., 2011. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. *Int. J. Climatol.* 31, 200–217. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/joc.2141>
- Stewart, I.D., 2019. Why should urban heat island researchers study history? *Urban Clim.* 30, 100484.
- Stewart, I.D., Mills, G., 2021. *The Urban Heat Island*. Elsevier.
- Sun, J., Zhou, T., Wang, D., 2023. Effects of urbanisation on PM<sub>2.5</sub> concentrations: A systematic review and meta-analysis. *Sci. Total Environ.* 166493.
- Teimouri, I., Asghari Zamani, A., & Moharrampour, E. (2023). The effect of urban morphology on the intensity of urban heat islands; Case study: Tabriz. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 32(126), 183-195, (in Persian).
- Tofighi, A., Tanzadeh, R., & Moghadas Nejad, F. (2023). Urban Heat Island Destructive Phenomenon and Its Reduction with the Approach of Road Pavement Evaluation. *Amirkabir Journal of Civil Engineering*, 55(9), 1733-1752. (in Persian).
- Wang, Z.-H., 2022. Reconceptualizing urban heat island: Beyond the urban-rural dichotomy. *Sustain. Cities Soc.* 77, 103581.
- Wu, Z., Ren, Y., 2019. A bibliometric review of past trends and future prospects in urban heat island research from 1990 to 2017. *Environ. Rev.* 27, 241–251.
- Yow, D.M., 2007. Urban heat islands: Observations, impacts, and adaptation. *Geogr. Compass* 1, 1227–1251.
- Zandi, R., Salmani Moghadam, M., & Roki, Z. (2023). Measuring the Degree of Spatial Autocorrelation of Land Surface Temperature with Land Use (Isfahan City). *Geography and Environmental Planning*, 34(1), 61-76 (in Persian).
- Zhao, Z., Sharifi, A., Dong, X., Shen, L., He, B.-J., 2021. Spatial variability and temporal heterogeneity of surface urban heat island patterns and the suitability of local climate zones for land surface temperature characterization. *Remote Sens.* 13, 4338.
- Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y., Froking, S., Yao, R., Qiao, Z., Sobrino, J.A., 2018. Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. *Remote Sens.* 11, 48. <https://doi.org/10.3390/rs11010048>