

## **Evaluation of the Spatial Pattern of Health Risk Caused by Urban Heat Islands with Emphasis on the Elderly (Case study: Yazd City)**

**Mehrangiz Shirvani**

PhD Student, Geography and Urban Planning, Yazd University, Yazd, Iran

**Mohammad Hossein Saraei<sup>1</sup>**

Professor of Geography and Urban Planning, Yazd University, Yazd, Iran

*Received: 2 October 2024    Revised: 12 February 2025    Accepted: 25 February 2025*

### **Abstract**

The increasing development of urban spaces has given rise to the phenomenon of heat islands, which can impact human health. The elderly are among the most vulnerable people to heatwaves in society. This study aimed to examine the spatial pattern of the risk posed by urban heat islands to the elderly's health in Yazd city. To achieve this goal, the research draws on a combination of social data and remote sensing. The statistical population consisted of 26,169 elderly individuals over 65 years of age in Yazd. The data are based on the latest census of the Statistical Center of Iran in 2016. To assess the intensity of heat islands in Yazd city, the data were extracted from the 2017 to 2022 period for July using the MODIS 11A2 006 Aqua satellite and the Google Earth Engine platform. A temperature map of Yazd city was generated using ArcGIS software. To weight the exposure and vulnerability components of the elderly population, the density and proportion of the elderly population in the regions were used, respectively. The data were analyzed using "Crichton's Risk Triangle". The results identified three levels of urban heat risk in Yazd city: High-risk areas (critical): These areas scored high in all three indices (UHI intensity, density, population ratio). In these areas, more elderly people are at risk. Districts 2 and 5 fell into this category. Potentially high-risk areas (semi-critical): Areas that scored high in only two indicators. District 1 belonged to this group. Low-risk areas: Areas with normal values in at least two indicators, which could provide a safer urban heat environment for the elderly. Districts 3 and 4 were in this group. Overall, results suggested that critical and semi-critical zones make Yazd city undesirable in terms of urban heat health risk for the elderly.

**Keywords:** Urban Heat Islands, Urban Health, Elderly, Yazd City.

---

1. Corresponding Author. msaraei@yazd.ac.ir



©2024 The author(s). This is an open access article under the CC BY license: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

**How to Cite This Article:** Shirvani, M. and Saraei, M. H. (2025). Evaluation of the Spatial Pattern of Health Risk Caused by Urban Heat Islands with Emphasis on the Elderly (Case study: Yazd City). *Journal of Geography and Regional Development*, 23(1),127-157. Doi: 10.22067/jgrd.2025.84592.1336

## ارزیابی الگوی مکانی خطر سلامت ناشی از جزایر گرمایی شهری با تأکید بر سالمندان (مورد مطالعه: شهر یزد)

مهرانگیز شیروانی (دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه یزد، یزد، ایران)

mehrangizshirvani95@gmail.com

محمدحسین سرایی (استاد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه یزد، یزد، ایران، نویسنده مسئول)

msaraei@yazd.ac.ir

### چکیده

توسعه روزافزون فضاهای شهری سبب بروز پدیده جزایر گرمایی شده است. یکی از پیامدهای این پدیده، تأثیر آن بر سلامت انسان است. سالمندان در یک جامعه از آسیب‌پذیرترین افراد در برابر امواج گرما به شمار می‌آیند. پژوهش حاضر با هدف بررسی الگوی مکانی خطر ناشی از جزایر گرمایی شهری بر سلامت سالمندان شهر یزد انجام شد. با توجه به این هدف، در این پژوهش از تلفیق داده‌های اجتماعی و سنجش از دور استفاده شد. جامعه آماری پژوهش را ۲۶۱۶۹ نفر از سالمندان بالای ۶۵ سال شهر یزد تشکیل دادند. داده‌ها براساس آخرین سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ گردآوری شد. به منظور ارزیابی شدت جزایر گرمایی در شهر یزد، داده‌ها در بازه زمانی ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲ در ماه جولای، با استفاده از ماهواره MODIS 11A2 006 و موتور Google earth engine استخراج گردید. سپس نقشه دمایی شهر یزد با استفاده از نرم‌افزار Aqua و ArcGIS تهیه شد. به منظور وزن‌گذاری مؤلفه‌های مواجهه و آسیب‌پذیری جمعیت سالخورده، به ترتیب از تراکم و نسبت جمعیت سالمندان در مناطق استفاده شد. سپس اطلاعات با استفاده از چارچوب ارزیابی "مثلت ریسک کرایتون" تحلیل شد. براساس نتایج پژوهش سه سطح خطر گرمای شهری در شهر یزد شناسایی شد: ۱- مناطق پرخطر (بحرانی)؛ این مناطق در هر سه شاخص (شدت UHI، تراکم و نسبت جمعیت) مقادیر بالا را نشان داد، به‌طوری که در این مناطق سالمندان بیشتری در معرض خطر قرار دارند. منطقه ۲ و ۵ در این گروه قرار گرفت. ۲- مناطق با خطر بالقوه بالا (نیمه‌بحرانی)؛ مناطقی هستند که فقط در دو شاخص مقادیر بالا را نشان داد. منطقه ۱ در این گروه قرار گرفت. ۳- مناطق کم‌خطر؛ مناطقی هستند که از نظر حداقل دو شاخص مقادیر نرمال را ثبت کرد، در نتیجه محیط مناسب‌تری از نظر خطر گرمای شهری

برای سالمندان محسوب می‌شوند. منطقه ۳ و ۴ در این گروه قرار گرفت. به‌طور کلی نتایج نشان داد که با توجه به مناطق بحرانی و نیمه‌بحرانی، شهر یزد از نظر خطر سلامت گرمای شهری برای سالمندان در وضعیت مطلوبی قرار ندارد.

**واژگان کلیدی:** جزایر گرمایی شهری، سلامت شهری، سالمندان، شهر یزد.

#### ۱. مقدمه

شهرنشینی و تغییرات آب‌وهوایی دو پدیده محیط زیست قرن بیستم هستند که به‌طور فزاینده‌ای به هم مرتب می‌باشند. شهرنشینی، اقلیم را در مقیاس محلی تغییر داده است و با توسعه شهرها این تغییرات بیش‌تر خواهد شد (فرجی و همکاران، ۱۳۹۸: ۵۴). ازجمله اثرات ترکیبی تغییر اقلیم و گسترش شهرها افزایش دمای شهری، خطرات سلامتی و افزایش تقاضای انرژی در تابستان است (کورپوز<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۴: ۱). یکی از مهم‌ترین پیامدهای منفی اثرات تغییرات آب‌وهوایی بر شهرها، گسترش مشکلات ناشی از جزایر گرمایی شهری (UHI)<sup>۲</sup> است که به‌عنوان مناطقی در یک شهر که بسیار گرم‌تر از سایر مکانهاست؛ به‌ویژه در مقایسه با مناطق روستایی شناخته می‌شود (فیلیو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۷: ۱). جزایر گرمایی شهری معمولاً به‌عنوان پدیده‌ای که دارای یک سری پیامدهای منفی در استفاده از انرژی، آسایش حرارتی انسان، سلامت شهروندان، رفاه و کیفیت هوا است، معرفی شده است (هی<sup>۴</sup>، ۲۰۱۸: ۲۶). این پدیده، بیانگر یک نگرانی بهداشتی قابل توجه در تابستان است؛ زیرا جمعیت شهرها در معرض درجه حرارت بالا قرار می‌گیرد (اسکات، وو، زیچیک<sup>۵</sup>، ۲۰۱۸: ۱). شدت جزایر گرمایی شهری، به دلیل تغییرات آب‌وهوایی جهانی و شهری در حال افزایش است، در نتیجه آسیب‌شناسی ناشی از این پدیده نیز در حال افزایش است (کیم<sup>۶</sup> و براون، ۲۰۲۱: ۱). ازآنجایی که این پدیده تنش‌های گرمایی را تشدید می‌کند، اثرات آن در محیط‌های شهری، شدیدتر خواهد بود.

1. Corpuz

2. Urban haet Island

3. Philho

4. He

5. Scott, Waugh & Zaitchik

6. Kim & Brown

مستقیم‌ترین اثر این پدیده بر سلامتی ناشی از خطر گرماست که در مناطق شهری به‌ویژه در طول موج گرما تشدید می‌شود. تأثیر جزایر گرمایی شهری بر سلامت ساکنان شهری، مصرف انرژی و کیفیت هوای شهری به‌طور فزاینده‌ای در شهر قابل توجه است (اکوئر، میرزایی، ریفت<sup>۱</sup>، ۲۰۲۰: ۲). از نظر اثرات جزایر گرمایی شهری بر سلامتی، بیشتر مشکلات سلامتی و حوادث مرگبار در زمان‌های شدید حرارتی اتفاق می‌افتد، به‌طور خاص افراد مبتلا به بیماری‌های زمینه‌ای به‌ویژه، بیماری‌های قلبی و عروقی و تنفسی بیشتر تحت تأثیر قرار می‌گیرند. در هر دو طرف مقیاس، یعنی افراد بسیار مسن و بسیار جوان مستعدترین افراد در برابر چنین مشکلاتی هستند، با این حال تعیین کمیت اثرات این پدیده بر سلامت دشوار است، زیرا داده‌های خاص در مورد آنها محدود است و موارد ضعیف گزارش شده‌اند (فیلیو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۷: ۱). جزایر گرمایی شهری نه تنها بر سلامت انسان تأثیر می‌گذارند، بلکه می‌توانند نرخ مرگ‌ومیر ناشی از استرس گرمای شهری را نیز افزایش دهند (هالدر، باندیوپادهای و بنیک<sup>۳</sup>، ۲۰۲۱: ۱). آینده نزدیک روند افزایش استرس گرمایی، اثر جزایر گرمایی شهری و مسائل بهداشتی مرتبط با گرما، عوارض متعددی را برای همه کشورهای جهان ایجاد خواهد کرد (نانایکارا<sup>۴</sup> و همکاران، ۲۰۲۳: ۱۶). امواج گرما با افزایش خطر مرگ‌ومیر، بستری شدن در بیمارستان و بازدیدهای اورژانسی مرتبط است (چین، گوو و ژانگ<sup>۵</sup>، ۲۰۱۶: ۸۴۵). برخی مطالعات نشان داد که امواج گرما یک خطر برجسته برای رفاه افراد مبتلا به اختلالات ذهنی شناختی است (هانسن<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۸: ۱۳۷۴). علاوه بر این شهروندان مناطق از بیماری عصبی، بی‌خوابی، تحرک‌پذیری، افسردگی و کاهش حافظه رنج می‌برند. فرانسه بین ۱ تا ۲۰ اوت ۲۰۰۳ تحت تأثیر موج گرمای شدید قرار گرفت که منجر به مرگ‌ومیر ۱۴۸۰۰ نفر شد (کَرین<sup>۷</sup> و همکاران، ۲۰۱۲).

---

1. Equere, Mirzaei & Riffat

2. Filho

3. Halder, Bandyopadhyay &amp; Banik

4. Nanayakkara

5. Chien, Guo &amp; Zhang

6. Hansen

7. Karin

اثرات امواج گرما بر سلامت به عوامل مختلفی بستگی دارد؛ از جمله وضعیت سلامت و سن افراد. برای برخی از این عوامل مانند کهولت سن، شواهد قوی و قابل قبول فیزیولوژیک برای نقش آنها در افزایش آسیب‌پذیری در برابر امواج گرما وجود دارد (اسکیپانی<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۹: ۲). می‌توان گفت که سالمندان آسیب‌پذیرترین افراد در برابر امواج گرما هستند. تغییرات اقلیمی، با افزایش سن افراد، خطرات سلامتی را افزایش می‌دهد. واضح‌ترین تأثیر آن، کاهش توانایی تنظیم حرارت در شرایط گرمای شدید است. از آنجایی که افراد مسن بیشتر وقت خود را داخل خانه می‌گذرانند، در صورت عدم وجود سرمایش و تهویه مناسب در داخل خانه، سلامتی آنها در طول موج گرما بیشتر تهدید می‌شود (دیرینگ<sup>۲</sup>، ۲۰۲۳: ۲۳۳). طبق گزارش سازمان ملل هر ماهه یک میلیون نفر در جهان پا به ۶۰ سالگی می‌گذارند. از این رقم ۸۰ درصد در کشورهای در حال توسعه زندگی می‌کنند؛ جایی که در آنجا فرآیند پیری و سالخورده شدن بسیار سریع‌تر از کشورهای توسعه‌یافته است. همچنین برآورد شده است که تا سال ۲۰۵۰ دو میلیارد نفر یعنی؛ قریب به یک‌چهارم جمعیت کره زمین، بالای ۶۰ سال خواهند شد. سازمان ملل ۱۰ کشور را که تا سال ۲۰۵۰ بیشترین سرعت حرکت به سمت پیر شدن را خواهند داشت، معرفی کرده است که همه این کشورها در حال توسعه هستند، از جمله امارات رتبه اول، بحرین رتبه دوم و ایران رتبه سوم جهان را از نظر پیر شدن جمعیت پیش‌بینی شده است. میزان افزایش جمعیت بالای ۶۰ سال ایران، از سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۵۰ بالغ بر ۲۶ درصد پیش‌بینی شده است و انتظار می‌رود در سال ۲۰۵۰ حدود ۳۳ درصد جمعیت ایران بالای ۶۰ سال باشد (کوششی و همکاران، ۱۳۹۵: ۱۱۰). براساس گزارش مرکز آمار ایران سال ۱۳۹۰، جمعیت سالمندان بالای ۶۰ سال ۸/۲۶ درصد بوده است. در حال حاضر این جمعیت حدود هشت میلیون نفر است. در آمارگیری سال ۱۳۹۵ جمعیت سالمندان بالای ۶۰ سال ۹/۳ درصد بوده است (فداییان آراتی و همکاران؛ ۱۴۰۱: ۷۵). روند رو به افزایش جمعیت سالمند در ایران و همراه بودن پدیده سالمندی با بروز اختلالات جسمی و روحی ضرورت تعیین کیفیت زندگی این قشر را افزایش داده است (سلیمانی مهرنجانی و

---

1. Schipani

2. Deering

مفاخری، ۱۴۰۰: ۵۷). مطالعات اخیر نشان داد که یک رابطه قوی بین امواج گرما و افزایش نرخ مرگ و میر در میان سالمندان به ویژه برای مرگ و میر تنفسی و قلبی و عروقی وجود دارد (استرم، فوراً بری و روکلو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱). جزایر حرارتی شهری در اقلیم های گرم و خشک تأثیر نامطلوبی بر محیط زیست و سلامت انسان دارد. شهر یزد به عنوان یک شهر گرم و خشک و با جمعیت سالمند بالغ بر ۲۵۹۷۴ نفر، از این قاعده مثثنی نیست. اگرچه مطالعاتی در زمینه جزایر حرارتی انجام شده است، اما به ندرت رابطه جزایر حرارتی با سلامت جمعیت شهری به طور عام و جمعیت سالمندان به طور خاص مورد توجه قرار گرفته است. از آنجایی که از یک طرف، افراد مسن نسبت به سایر گروه ها در برابر افزایش خطر گرما آسیب پذیرتر هستند و از طرف دیگر، بهبود سلامتی در برابر گرمای شهری، از طریق شناسایی، تجزیه و تحلیل دقیق مناطق پرخطر و طراحی مجدد منظر در این مناطق می تواند انجام شود (رضایی قلعه، حق پرست و ملکی، ۱۴۰۱: ۷۱) و با توجه به شکاف تحقیقاتی که در این زمینه وجود دارد، هدف مطالعه حاضر، ارزیابی خطرات گرما بر سلامت سالمندان به منظور شناسایی و رده بندی مناطق بالقوه خطر سلامت گرمای شهری، با استفاده از ادغام داده های سنجش از دور و داده های اجتماعی در شهر یزد می باشد.

## ۲. پیشینه پژوهش

تحقیقات متعدد داخلی و خارجی در زمینه رابطه بین سلامت و گرمای شهری صورت گرفته است که به طور کلی می توان به این موارد اشاره کرد: کنتی<sup>۲</sup> و همکارانش (۲۰۰۶)، در تحقیقی با عنوان «مرگ و میر عمومی و اختصاصی در میان سالمندان در طول موج گرما ۲۰۰۳ در جنوا (ایتالیا)» به بررسی مرگ و میر بیش از حد، در طول موج گرمای ۲۰۰۳ در میان افراد مسن در شهر جنوا (ایتالیا) پرداخت. نتایج این مطالعه ارتباط بین امواج گرما و مرگ و میر سالمندان را تأیید کرد. اسکپانی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۹)، در مطالعه ای با عنوان «حساسیت به مرگ و میر ناشی از موج گرما: مطالعه گروهی

1. Astrom, Foraberg & Rocklov

2. Conti

3. Schipani

از سالمندان رم» به بررسی تأثیر خطر مرگ در طول موج گرما، در گروهی از ساکنان مسن در رم پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که در گروه سنی ۶۵-۷۴ سال خطر مرگ در طول موج گرما در افراد تنها و کسانی که قبلاً به دلیل بیماری مزمن ریوی یا دیابت، بیماری‌های عصبی، اختلالات روانی، عروقی و مغزی بستری شده بودند، بیشتر بود. نوری-سرما<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۹)، در مطالعه‌ای با عنوان «تأثیر امواج گرما بر مرگ‌ومیر در شمال غربی هند» به بررسی مرگ‌ومیر ناشی از موج گرما در دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۲ پرداختند. نتایج نشان داد که کل مرگ‌ومیر در طول روزهای موج گرما در مقایسه با روزهای غیرموج گرما ۱۸/۱ درصد با بالاترین خطر در جیپور افزایش یافت. ترویر<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۲۰)، در پژوهشی با عنوان «مرگ‌ومیر مربوط به گرما در دو منطقه شهر بزرگ بلژیک: تجزیه و تحلیل سری زمانی» به ارزیابی رابطه گرما و مرگ‌ومیر در دو منطقه شهری بزرگ در بلژیک؛ یعنی آنتورپ و بروکسل برای فصول گرم سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۱ با در نظر گرفتن تأثیر آلودگی هوا پرداختند. نتایج مطالعه تأثیر قابل توجه دما را بر مرگ‌ومیر بالاتر از یک آستانه خاص شهر را هم در آنتورپ و هم در بروکسل نشان داد، به طوری که افزایش مرگ‌ومیر بالاتر از حداکثر دمای ۲۵/۲ درجه سانتیگراد در آنتورپ و ۲۲/۸ درجه در بروکسل رخ می‌دهد. هوانگ<sup>۳</sup> (۲۰۲۰)، در تحقیقی با عنوان «تکامل فضایی جزیره گرمایی شهری بر سلامت انسان» با استفاده از روش تحلیل داده مانند نرم‌افزار و تحلیل زمین آماری به بررسی تحولات فضایی پرداخت. نتایج نشان داد، UHI به طور قابل توجهی بیماری‌های تنفسی، گردش خون و مشکلات قلبی-عروقی را افزایش می‌دهد. نتایج همچنین نشان داد، مناطق بسیار متمرکز در مرکز شهر و بخش‌هایی با خطر بهداشتی بالا وجود دارد که گسترش نقاط داغ به صورت یک طرفه به سمت جنوب رخ می‌دهد و مرکز شهر را احاطه می‌کند و از داخل به خارج کوچکتر می‌شود. کاکسی گریفونی<sup>۴</sup> (۲۰۲۲)، در تحقیقی با عنوان «مطالعه ترکیبی جزیره گرمایی شهری در آسکولی پینچو با سنجش از دور و شبیه‌سازی CFD - تغییر اقلیم و تاب‌آوری

---

1. Nori-Sarma

2. Troeyer

3. Huang

4. Cocci Grifoni

سلامت شهری-پروژه CCUHRE» با استفاده از سنجش از دور، داده‌های مکانی، تصاویر ماهواره‌ای و شبیه‌سازی دینامیک سیالات حرارتی ویژگی‌های دینامیک حرارتی را شناسایی کرد و یک مجموعه داده ارائه نمود که میزان آسیب‌پذیری محله را تعریف کرد و مناطق در معرض خطر حرارتی را شناسایی نمود.

میرزایی و همکاران (۱۳۹۸)، در تحقیقی با عنوان «پایش جزایر گرمایی شهری و اثرات آن بر وضعیت سلامت عمومی شهروندان در کلان‌شهر اصفهان: رویکرد سنجش از دور و پیمایش میدانی» با استفاده از داده‌های سنجش از دور و پیمایش میدانی به بررسی سیستماتیک اثرات UHI بر سلامت شهروندان پرداختند. نتایج نشان داد که رودخانه زاینده‌رود و فضای سبز اطراف آن نقش مهمی در تنظیم دمای محیط و ارتقا سلامت شهروندان داشته است. همچنین شهروندان ساکن در مناطق حومه شهر بیشتر در معرض UHIs بودند. ثناگر و همکاران (۱۳۹۹)، در پژوهشی با عنوان «کاهش تأثیرات جزایر حرارتی شهری بر سلامت انسان‌ها از طریق تغییر فرم شهری در اقلیم گرم و خشک شهر مشهد» به بررسی تأثیر جزایر حرارتی بر سلامت انسان از طریق تغییر فرم شهری پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که ایجاد سایه‌اندازی از طریق ترکیب پوشش گیاهی و همچنین ایجاد تغییرات متنوع در ساختارهای ارتفاع به عرض که هم سایه‌اندازی را افزایش دهد و در بخش‌هایی راه را برای انتشار گرمای محیط بازنماید، می‌تواند در کاهش دمای محیط و سطوح تأثیرگذار باشد و می‌تواند شدت جزایر حرارتی را کاهش دهد. رضایی قلعه و همکاران (۱۴۰۱)، در تحقیقی با عنوان «بررسی زیرساخت سبز-آبی و کاهش آسیب‌پذیری سلامت در برابر گرمای شدید متأثر از تغییرات اقلیمی (نمونه‌موردی شهر قزوین)» به مقایسه بین اثر دو شاخص میزان زیرساخت سبز-آبی در جهت کاهش دما و خطرات سلامت پرداختند در این مطالعه بیماری‌هایی که مرتبط با گرما هستند از جمله گرم‌زدگی، بیماری قلبی-عروقی، سکته مغزی، بیماری‌های تنفسی با استفاده از آمار تعداد بیمارانی که در بازه زمانی ۱۳۹۷ تا ۱۳۹۹ به پایگاه‌های اورژانس شهر قزوین تماس گرفته بودند، پایش شد. نتایج رابطه معکوس بین سرانه زیرساخت سبز-آبی را با تعداد تماس‌های اورژانس در بیماری‌های

قلبی-عروقی، سخته مغزی نشان داد و همچنین نتایج نشان داد محله‌هایی که سرانه کمتر زیرساخت سبز-آبی و دمای بالاتر داشتند، با تعداد تماس اورژانس بیشتری نیز روبه‌رو بودند. پژوهش حاضر با نگاهی اجمالی به تحقیقات پیشین و شکاف تحقیقاتی که در این میان وجود دارد، گروه سالمندان را به عنوان یک گروه اجتماعی آسیب‌پذیر که کمتر مورد توجه قرار گرفته است مورد تأکید قرار داده است. از طرف دیگر، بهبود سلامتی در برابر گرمای شهری، از طریق شناسایی، تجزیه و تحلیل دقیق مناطق پرخطر و طراحی مجدد منظر در این مناطق می‌تواند انجام شود. از این منظر سعی شده است تا با دیدگاه متفاوت به مسائل سلامتی سالمندان پرداخته شود و با رویکرد تلفیقی بین داده‌های سنجش از دور و داده‌های اجتماعی، مناطق پرخطر سلامت گرمای شهری شهر یزد برای این گروه اجتماعی شناسایی شود و در این زمینه به دیدگاهی نو دست یابد، بنابراین از این جهت این پژوهش دارای نوآوری است.

### ۳. روش‌شناسی پژوهش

#### ۳.۱. داده‌ها

##### ۳.۱.۱. داده‌های دمای سطح زمین

برای ارزیابی جزایر حرارتی شهری، داده‌ها در یک دوره ۶ ساله (۲۰۱۷-۲۰۲۲) در ماه جولای با استفاده از سنجنده Aqua، MODIS11، موتور (GEE) Google Earth Engine تهیه شد. مودیس سنجنده‌ای است که بر روی ماهواره‌های ترا و آکوا قرار دارد و زمین را هر ۱ یا ۲ روز یکبار بررسی می‌کند و داده‌ها را در ۳۶ باند طیفی بین طول موج‌های ۰/۴ تا ۱۴/۴ میکرومتر جمع‌آوری می‌کند (گارسیا مورا، مس و هینکلی<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲: ۶۴). توان تفکیک طیفی این سنجنده، امکان ترکیب باندهای مختلف و ایجاد تصاویر مرکب رنگی مناسب برای تشخیص عوارض را فراهم می‌کند. همچنین دارا بودن باندهای حرارتی متعدد آن را نسبت به سایر سنجنده‌ها در موقعیت ممتازی قرار می‌دهد. در

1. Garcia-Mora, Mas & Hinklry

این پژوهش از باند حرارتی MYD11A2.61 Aqua استفاده شد که تصویربرداری خود را از ۱:۳۰ تا ۱۳:۳۰ انجام می‌دهد. این محصول دارای قدرت تفکیک مکانی تقریباً یک کیلومتر (۹۲۶/۶) و دوره تناوب زمانی هشت روزه است (علوی‌پناه، قریشی و شمسی پور ۱۳۹۵: ۴۴۴). جدول ۱ ویژگی‌های باندهای ماهواره MODIS را برای LST روز و شب نشان می‌دهد.

جدول ۱- باندهای ماهواره MODIS برای LST روز و شب

منبع: Modis Land website

| Name          | Description                    | Min  | Max   | Units  | scale |
|---------------|--------------------------------|------|-------|--------|-------|
| LST-Day-1km   | Day land surface temperature   | 7500 | 65535 | kelvin | 0.02  |
| LST-Night-1km | Night land surface temperature | 7500 | 65635 | kelvin | 0.02  |

GEE یک بستر مبتنی بر ابر، برای تجزیه و تحلیل جغرافیایی در مقیاس سیاره زمین است که توانایی محاسباتی عظیم برای انواع موضوعات از جمله جنگل‌زدایی، خشکسالی، بحران، امنیت غذایی، مدیریت آب، نظارت بر آب و هوا و حفاظت محیط زیست را فراهم می‌کند. با استفاده از GEE می‌توان مجموعه‌ای گسترده از کارکردها که به‌طور خاص برای محاسبات در موتور گوگل ارث تهیه شده است، فراخوانی و آنها را به‌طور همزمان با استفاده از زیرساخت‌های محاسباتی گوگل در بسیاری از تصاویر اعمال نمود (فرانچسکینی و علی<sup>۱</sup>، ۲۰۲۲: ۴). برای ارزیابی LST در بازه زمانی مورد نظر، میانگین LST در شب برای محدوده مورد مطالعه تهیه گردید. ابتدا ۲۴ تصویر با استفاده از ماهواره MODIS 11A2 006 Aqua استخراج گردید، سپس این تصاویر با استفاده از کاهنده سامانه Google earth engine به یک تک‌تصویر تبدیل شد. کاهنده‌ها گروه خاصی از توابع هستند که بر روی مجموعه‌ای از تصاویر اعمال می‌شوند که داده‌ها را در طول زمان، مکان یا به روش‌های دیگر جمع‌آوری می‌کنند و مجموعه تصاویر را به یک تصویر جداگانه کاهش می‌دهند و به‌طور خاص

خروجی به صورت پیکسلی محاسبه می‌شود، به طوری که هر پیکسل در خروجی از مقدار میانه تمام تصاویر مجموعه در آن مکان تشکیل شده است (فرانچسکینی و<sup>۱</sup> همکاران، ۲۰۲۲: ۲۷)، سپس با استفاده از توابع خطی، میانگین دمای سطح زمین در شب برای مناطق پنجگانه شهر یزد در بازه زمانی مورد مطالعه محاسبه شد و سپس مقدار LST با استفاده از دستور زیر نرمال شد:

$$normaliz = \frac{LST_{mean} - LST_{min}}{LST_{max} - LST_{min}}$$

مقدار نرمال شده بین صفر و یک است که هر چه مقدار دما به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده دمای بیشتر و هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده دمای کمتر است. در نهایت داده‌ها در نرم‌افزار GIS پردازش شد و نقشه‌های دمایی تهیه شد.

### ۳.۲. داده‌های اجتماعی

جامعه آماری این پژوهش از افراد سالمند که به عنوان افراد بالای ۶۵ سال تعریف می‌شوند (مونتورو-رامیرز<sup>۲</sup>، ۲۰۲۲: ۲) تشکیل شد. داده‌ها براساس آخرین سرشماری مرکز آمار ایران در سال ۱۳۹۵ انتخاب شد. براساس این آمار، کل جمعیت سالمند شهر یزد ۲۶۱۶۹ نفر می‌باشد که توزیع آن براساس مناطق پنجگانه شهر یزد در جدول شماره ۲ نشان داده شده است.

---

1. Franceschini & Ali  
2. Monotoro-Ramirez

جدول ۲- جمعیت سالمندان (۶۵ سال به بالا) شهر یزد به تفکیک مناطق

منبع: مرکز آمار ایران سال ۱۳۹۵

| مناطقه | کُل<br>جمعیت (نفر) | مرد (نفر) | زن (نفر) |
|--------|--------------------|-----------|----------|
| ۱      | ۸۶۷۴               | ۴۵۶۳      | ۴۱۱۱     |
| ۲      | ۶۰۹۹               | ۳۲۴۸      | ۲۸۵۱     |
| ۳      | ۴۱۷۲               | ۲۳۱۶      | ۱۸۵۶     |
| ۴      | ۳۴۷۲               | ۱۹۲۷      | ۱۵۴۵     |
| ۵      | ۳۷۵۲               | ۱۹۹۸      | ۱۷۵۴     |

## ۳.۳. چارچوب ارزیابی خطر

درک خطر مرتبط با سالمندان نیازمند یک چارچوب ارزیابی ریسک است. وقتی صحبت از تئوری ارزیابی ریسک می‌شود، باید سه مؤلفه خطر، آسیب‌پذیری و قرارگرفتن در معرض را در نظر گرفت (کرایتون<sup>۱</sup>، ۱۹۹۹). این ارزیابی نظری ریسک به‌عنوان مثلث ریسک کرایتون شناخته می‌شود که در این پژوهش به‌عنوان چارچوبی برای ارزیابی خطر سلامت گرمای شهری در نظر گرفته شده است (شکل ۱). ریسک به‌عنوان تابعی از خطر، قرارگرفتن در معرض (مواجهه) و آسیب‌پذیری ارزیابی می‌شود. برای ارزیابی وجود ریسک باید هر سه متغیر در یک مکان وجود داشته باشد. منظور از خطر، خطر بالقوه یک رویداد و توانایی آن در ایجاد خسارت (مانند زلزله، سیل، بیماری و...) است. مواجهه، معیاری از دارایی‌هایی که در معرض آسیب احتمالی قرار می‌گیرد (مانند ساختمان، زیرساخت یا افراد) است. آسیب‌پذیری نگرشی است که در مواجهه با رویداد آسیب می‌بیند (مانند ویژگی‌های ساختمان، سیستم زهکشی و سن) (پلوچینو<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۰).

**خطر:** در این پژوهش، شدت UHI به‌عنوان شاخص خطر در نظر گرفته شد.

1. Crichton

2. pluchino

**مواجهه:** مواجهه (قرارگفتن در معرض)، اساساً با اندازه جمعیت آن منطقه مطابقت دارد (پلوچینو و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۲)، بنابراین تراکم جمعیت سالمند که نشان‌دهنده تعداد افراد مسن در هر کیلومتر است، به عنوان شاخص قرار گرفتن در معرض خطر در نظر گرفته شد. تراکم از تقسیم جمعیت سالخورده بر مساحت منطقه به دست آمد.

**آسیب‌پذیری:** تغییرات آب‌وهوا با افزایش سن افراد، خطر سلامتی آنها را افزایش می‌دهد. واضح‌ترین تأثیر، کاهش توانایی تنظیم حرارت در شرایط گرمای شدید است. در این پژوهش سن به عنوان یک عامل آسیب‌پذیری در نظر گرفته شد، بنابراین برای شاخص آسیب‌پذیری از نسبت بین جمعیت بالای ۶۵ سال و کل جمعیت استفاده شد (پلوچینو و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۳).

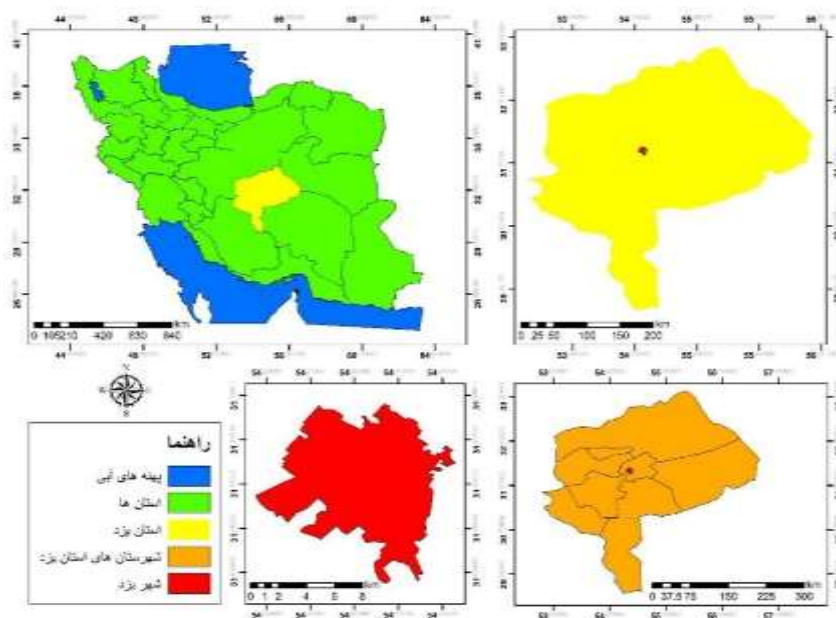


شکل ۱: مثلث ریسک کرایتون، (۱۹۹۹)

### ۳.۴. محدوده مورد مطالعه

شهر یزد با مختصات جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۲ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی بزرگ‌ترین واحد تاریخی استان یزد و مرکز اداری آن است. ارتفاع متوسط این شهر از سطح دریا ۱۲۳۰ متر است. این شهر در میانه فلات داخلی ایران واقع شده است. این شهر از شمال به شهرستان اردکان و از شرق به شهرستان بافق و از جنوب به شهرستان تفت و از غرب به استان اصفهان محدود شده است. آب‌وهوای شهر یزد به علت قرار داشتن بر روی کمربند خشک دارای زمستان سرد و نسبتاً مرطوب و تابستان گرم و طولانی و خشک است. شهر یزد با میانگین بیشینه دمای ۴۵/۶ درجه سلسیوس و میانگین بارندگی سالانه ۲۳/۷ میلی متر دارای آب‌وهوای گرم و

خشک می‌باشد. جمعیت شهر یزد در سال ۱۳۹۵ برابر با ۶۵۶۴۷۴ نفر و تعداد خانوار آن ۱۹۵۱۳۴ است (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)



شکل ۲- نقشه موقعیت شهر یزد

مأخذ: نگارنده، ۱۴۰۳

#### ۴. مبانی نظری پژوهش

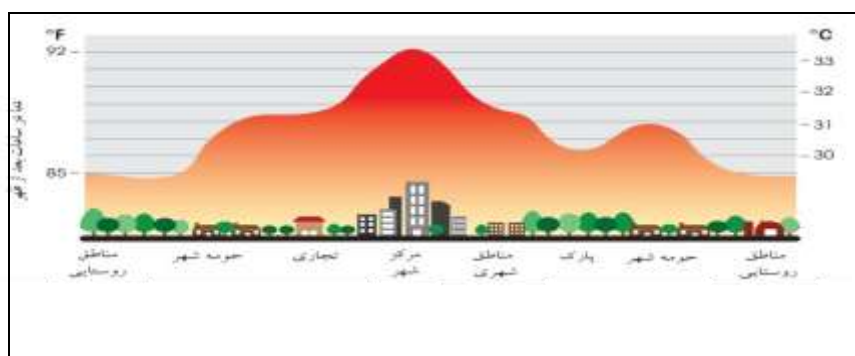
##### ۴.۱. جزایر گرمایی شهری

به پدیده افزایش دما در شهرها نسبت به مناطق روستایی آنها جزایر گرمایی شهری گفته می‌شود (نسترن، کوبال و الر<sup>۱</sup>، ۲۰۱۹: ۳۳). جزایر گرمای شهری را برای اولین بار لاک هاوارد<sup>۲</sup> در شهر لندن مطرح کرد (اسدی، حمزه و کیاورزمقدم، ۱۳۹۸: ۷۶۱). براساس بررسی‌های گاتلند در کتابی جامع برای جزایر حرارتی، نخستین بار مستندات پیرامون جزایر گرمایی در سال ۱۸۱۸ به

1. Nastran, Kobal & Eler

2. Luke Howard

وسیله لاک هاوارد ارائه گردید. وی گرمای مصنوعی غیرعادی مناطق را با نواحی اطراف شهر مقایسه کرد (شوشتری و همکاران، ۱۳۹۶: ۴۲). یک جزیره گرمایی شهری، براساس تغییرات دمایی بین محیط‌های شهری و روستایی طبقه‌بندی می‌شود. مناطق شهری عمدتاً به دلیل شهرنشینی، فشار جمعیت، صنعتی شدن، کمبود پوشش گیاهی، سیستم حمل‌ونقل و تغییرات آب‌وهوایی در شرایط بحرانی قرار می‌گیرند (هالدر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۲۱: ۲). ادامه شهرنشینی همراه با گرم شدن زمین توسط انسان باعث افزایش دمای زمین و دمای هوا در مناطق شهری در مقایسه با مناطق روستایی آنها شده است که منجر به جزایر گرمایی می‌شود. این پدیده خطر زیست محیطی و سلامتی را به همراه دارد و بر جنبه‌های فیزیولوژیکی سلامت انسان تأثیر می‌گذارد (منافلویان، زرآبادی و بهزادفر، ۱۳۹۸: ۵۰۹). در واقع فعل و انفعالات هم‌افزایی بین جزایر حرارتی و امواج گرما به دلیل تأثیرات نامطلوب آنها بر ساکنان شهری بسیار نگران‌کننده است (کیم<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۴: ۱). بنابراین درک و توصیف جزایر گرمایی شهری با توجه به تأثیر قابل توجهی که بر مردم ساکن در شهرها دارند، مهم است (پرز<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۲۴: ۱).



شکل ۳- طرح شماتیک جزایر حرارتی شهری

(مأخذ: بخشی و همکاران، ۱۴۰۱ به نقل از c3headlines.com)

1. Halder
2. Kim
3. Perez

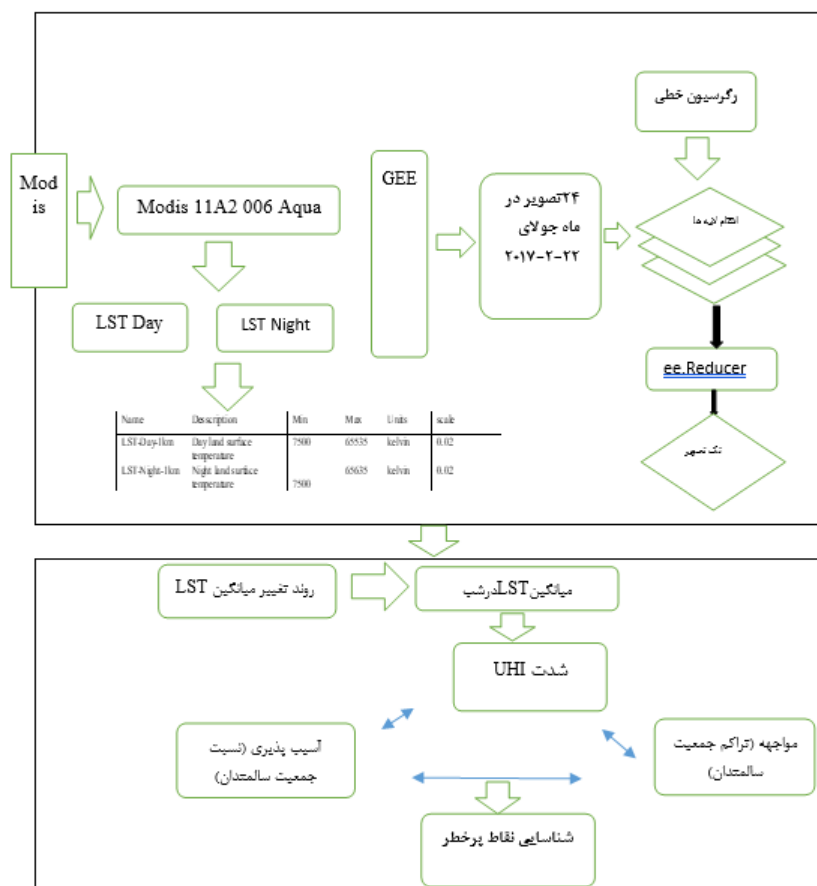
#### ۲.۴. سلامت شهری

یکی از زمینه‌های مهم پژوهش در نظام سلامت، وارد کردن آن در شهرسازی و برنامه‌ریزی شهری است که به عنوان حوزه سلامت شهری شناخته می‌شود (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۷۵، به نقل از بارتون، ۱۳۸۱: ۲۹). سلامت شهری در ساده‌ترین حالت یعنی وضعیت سلامت جمعیت شهری (فلاح برزگر و خلیلی، ۱۴۰۱: ۳۵۷) و این به معنای تندرستی کامل جسمی، روانی و اجتماعی همه ساکنان شهر، همچنین محیط فیزیکی و فضای اجتماعی، فرهنگی، اقتصادی، سیاسی سالم در شهر است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۷۳). سلامت شهری مفهومی چندبعدی و نتیجه شرایط و ویژگی‌های محیط زندگی است که فرد در آن قرار دارد و به دنبال افزایش سطح شهرنشینی و تبعات ناشی از لجام‌گسیختگی آن در برخی موارد در زمینه‌های تهدید سلامت انسان و خصوصاً کیفیت زندگی شهروندان در کشورهای در حال توسعه شکل گرفته است (رمضانی و نسترن، ۱۴۰۱: ۵۳). سلامت شهری تضمین‌کننده سلامت در کلیه ابعاد شهروندان است، به طوری که یک شهر یا محله سالم از بیماری‌های مزمن و واگیردار و صدمات ناشی از حوادث طبیعی و مصنوع و از انزوای و استرس‌های ناشی از زندگی جلوگیری می‌کند و در جهت توانمندسازی ساکنان و شکوفایی عملکردهایشان عمل می‌کند. زندگی شهری و تنش‌های ناشی از شهری شدن بر عملکرد عاطفی و شناختی، ضربه‌های روحی و اضطراب شهروندان تأثیر می‌گذارد. سلامت شهری در جهت بهبود موارد ذکر شده عمل خواهد کرد (فلاح‌برزگر و خلیلی، ۱۴۰۲: ۲۵). هدف اصلی برنامه‌ریزی سلامت شهری دستیابی عادلانه همه ساکنان به سلامت کامل جسمی، روانی و اجتماعی و همچنین دستیابی عادلانه به عوامل تعیین‌کننده سلامت شهری می‌باشد (احمدی و همکاران، ۱۳۹۹: ۱۷۳).

#### ۳.۴. سالمندی و سلامت

سالمندی به عنوان یک مفهوم، نماینگر بخش پایانی چرخه حیات انسان است و مقطع سنی بالاتر از ۶۵ سال اشاره دارد. افراد سالمند قابلیت تجدید قوای محدودی دارند و نسبت به دیگر بزرگسالان بیشتر در معرض بیماری، سندرم‌ها و کسالت هستند (حیدری، احمدی و مونی منش، ۱۴۰۱: ۱۰). البته پیری یک فرآیند فیزیولوژیکی طبیعی است. با افزایش سن افراد تغییراتی در بدن آنها رخ می‌دهد،

از جمله کندی عمومی متابولیسم (دیرینگ<sup>۱</sup>، ۲۰۲۳: ۲۳۳). پیری بیولوژیک سالمندان وضعیت بهداشتی آنها را کاهش می‌دهد و باعث می‌شود، آنها آسیب‌پذیرتر شوند. از آنجا که متابولیسم بدن کند می‌شود و ظرفیت بازسازی سلول‌ها کاهش می‌یابد، باعث می‌شود که در وضعیت سلامتی ناپایدار و معلولیت قرار گیرند (کالیاراسی<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۲۷۴).



شکل ۴- مدل مفهومی پژوهش

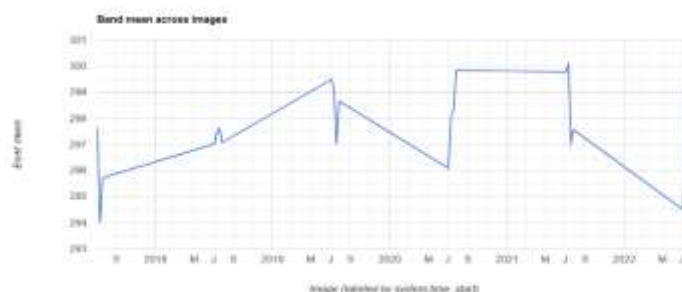
مأخذ: نگارنده، ۱۴۰۳

1. Deering
2. kalaiyarasi

## ۵. یافته‌های پژوهش

## ۱.۵. تغییرات زمانی جزایر حرارتی شهری

نمودار سری زمانی دمای سطح زمین در شب در شهر یزد (شکل ۵)، حاکی از این است که، طی دوره مورد مطالعه (۲۰۱۷-۲۰۲۲) کمترین مقدار تغییرات LST مربوط به سال ۲۰۱۷ (۲۹۳/۹۹ k) و بیشترین مقدار آن مربوط به سال ۲۰۲۲ (۳۰۰/۰۵۸ K) می‌باشد. این اختلاف دمای ۶/۰۶ درجه کلوین بین سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲ نشان‌دهنده روند افزایشی LST در شهر یزد است که از دلایل آن می‌توان به تغییرات اقلیم، استفاده از سوخت‌های فسیلی، فعالیت‌های انسانی، افزایش ساخت‌وسازها و گسترش سطوح غیرقابل نفوذ اشاره نمود. با توجه به روند افزایشی پدیده جزایر گرمایی طی سال‌های اخیر، می‌توان انتظار داشت که این پدیده در سال‌های آینده نیز افزایش خواهد یافت.



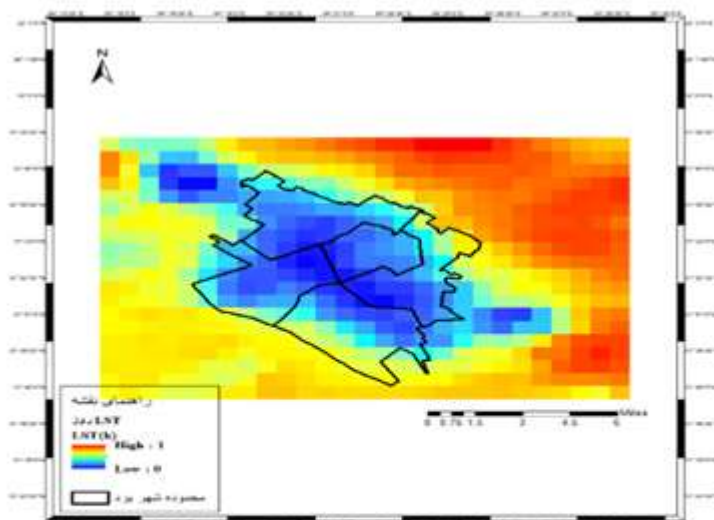
شکل ۵- نمودار تغییرات زمانی میانگین LST شب

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

## ۲.۵. میانگین LST شب

جزایر حرارتی شهری را نمی‌توان با استفاده از دمای سطح روز شناسایی کرد، زیرا در طول روز اثر تشعشعات خورشیدی اضافی وجود دارد و این باعث می‌شود که نتوانیم جزایر حرارتی را دقیقاً براساس دما و شرایط حرارتی آنها تشخیص دهیم (منصوری و ضرغامی، به نقل از شریفی، ۱۴۰۳:

شکل ۶ میانگین LST روزانه در ماه جولای سال‌های ۲۰۱۷ تا ۲۰۲۲ را در شهر یزد نشان می‌دهد. در این شکل دمای سطحی با طیفی از رنگ‌های آبی، زرد، نارنجی و قرمز نشان داده شده است. رنگ آبی کمترین دما و رنگ قرمز بالاترین را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود یک تفاوت دمایی بالایی در طول روز در شهر یزد بین مناطق اطراف شهر و سطح شهر وجود دارد، به‌طوری که یک چاله سرمایی بر روی شهر ایجاد شده است که به‌عنوان جزیره سرد شهری (UCI) نامیده می‌شود (رضایی‌قلعه، حق‌پرست و ملکی، ۱۴۰۱: ۷۵).

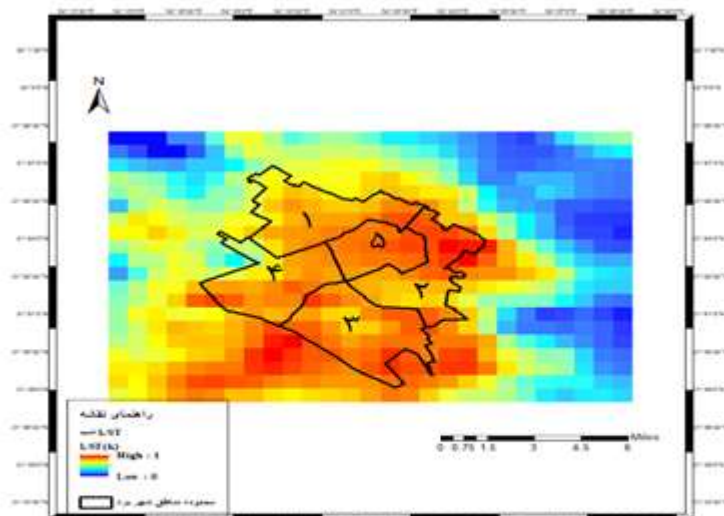


شکل ۶- نقشه میانگین LST روز در شهر یزد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

از ویژگی‌های مناطق خشک این است که به دلیل اقلیم گرم و خشک و بیابانی بودن نواحی اطراف آن، در هنگام روز دمای اطراف شهر با سرعت بیشتری افزایش یافته و جزایر سرمایی در داخل شهر تشکیل می‌شود، اما در هنگام شب به دلیل رطوبت هوای داخل شهر نسبت به محیط پیراشهر و گرمای ویژه بیشتر هوای مرطوب نسبت به هوای خشک، هوای درون شهر با سرعت کمتری گرمای خود را از دست داده و در سطح شهر جزایر گرمایی شکل می‌گیرد (قاسمی و همکاران،

۱۴۰۲: ۲۲). به همین دلیل استفاده از داده‌های شبانه برای شهر گرم و خشک یزد ضروری است. نقشه LST شبانه شهر یزد (شکل ۷) نشان می‌دهد که تقریباً تمام مناطق شهر یزد تحت تأثیر جزایر حرارتی قرار دارد. تغییرات دمایی بین صفر و یک قرار دارد که هرچه به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده دمای کمتر است و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد، نشان‌دهنده دمای بالاتر است.

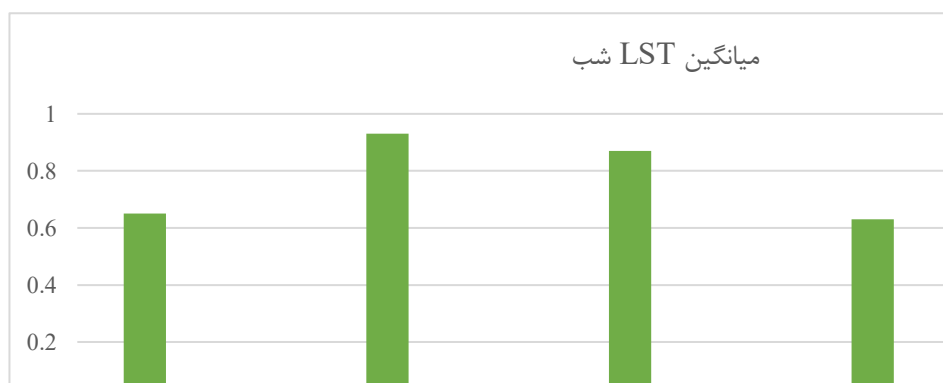


شکل ۷. نقشه میانگین LST شب در شهر یزد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

تغییرات مکانی جزایر حرارتی شهر یزد نشان می‌دهد، اولین مناطقی که تحت تأثیر این پدیده قرار دارند، منطقه ۲ و ۵ است. همان‌طور که شکل ۸ نشان می‌دهد، منطقه ۲ با ۹۳/۰ درجه کلوین بالاترین دما را ثبت نموده است. این منطقه در شرق و شمال شرق شهر یزد قرار دارد. از دلایل وجود جزایر حرارتی در این منطقه می‌توان به نبود پوشش گیاهی و فضای سبز و همچنین وجود زمین‌های بایر در اطراف منطقه، وجود فضای نفوذناپذیر و آسفالت اشاره نمود. منطقه ۵ با ۸۹/۰ درجه کلوین در رتبه دوم قرار دارد. این منطقه که به عنوان بافت مرکزی شهر یزد محسوب می‌شود، به علت وجود

تراکم ساختمانی و ترافیک، آلودگی هوا و آسفالت از دلایل ایجاد جزایر گرمایی در این منطقه می‌باشد. منطقه ۳ با میانگین  $0/87$  درجه کلوین در رتبه سوم قرار دارد. این منطقه که در جنوب شهر یزد قرار دارد، به علت مجاورت با زمین‌های بایر و عدم پوشش گیاهی از جزایر حرارتی در این منطقه به شمار می‌آید. منطقه ۱ و ۴ به ترتیب با ثبت بالاترین میانگین  $0/65$  و  $0/63$  درجه کلوین کمترین میانگین دما را نسبت به مناطق دیگر دارا می‌باشند. منطقه ۱ که در شمال شهر یزد قرار دارد، به علت تراکم کمتر ساختمان‌ها، وجود باغات شاهدهیه، همچنین وجود پارک‌ها و فضای سبز، علی‌رغم وجود فرودگاه و ترمینال شهر یزد و شهرک صنعتی در نزدیکی این منطقه، از دمای کمتر و اقلیم خنک‌تری برخوردار است، همچنین منطقه ۴ که در غرب شهر یزد قرار دارد، به علت تراکم کمتر ساختمان‌ها، وجود آسفالت کمتر نسبت به سایر مناطق و وجود فضاهاى سبز، کمتر تحت تأثیر جزایر حرارتی قرار گرفته است.



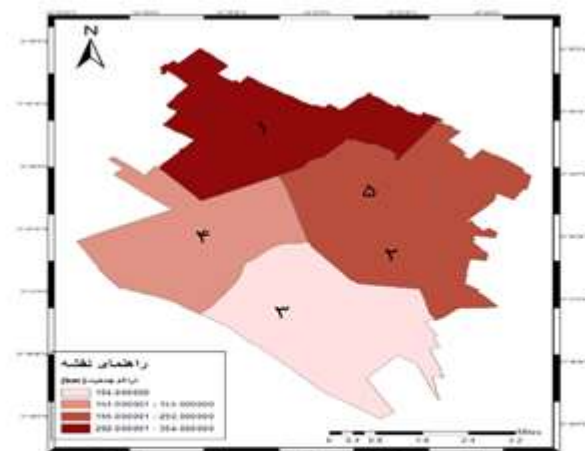
شکل ۸- نمودار بالاترین میانگین LST شب برحسب مناطق پنجگانه شهر یزد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

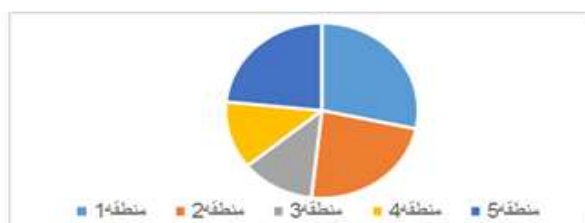
### ۵.۳. تراکم جمعیت سالمندان برحسب مناطق

تراکم جمعیت سالمندان از تقسیم جمعیت سالمندان هر منطقه بر مساحت منطقه به دست آمده است. همان‌طور که شکل ۹ نشان می‌دهد، منطقه ۱ با تراکم ۳۵۴ نفر در هر کیلومتر بالاترین تراکم جمعیت سالمند را دارا است، سپس منطقه ۲ و ۵ با تراکم ۲۹۲ نفر در هر کیلومتر در رتبه دوم قرار دارند.

منطقه ۴ با ۱۵۵ نفر در هر کیلومتر و منطقه ۳ با تراکم ۱۵۴ نفر در هر کیلومتر در رتبه سوم و چهارم قرار دارند.



شکل ۹- نقشه تراکم جمعیت سالمندان به تفکیک مناطق پنجگانه شهر یزد  
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

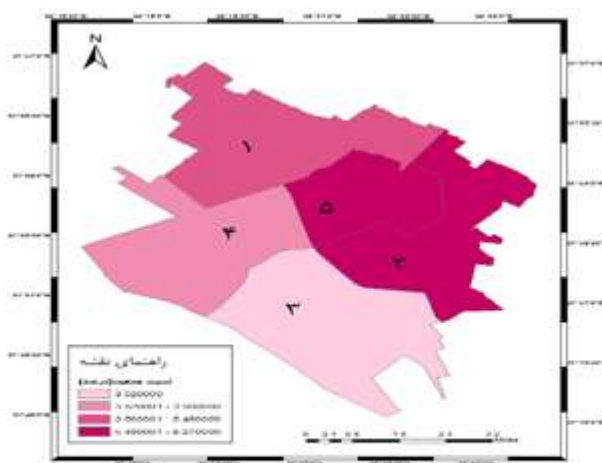


شکل ۱۰- نمودار تراکم جمعیت سالمندان به تفکیک مناطق پنجگانه شهر یزد  
مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

#### ۴.۵. نسبت جمعیت سالمندان برحسب مناطق پنجگانه

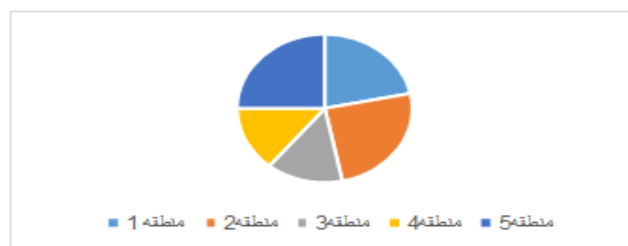
نسبت جمعیت سالمندان از تقسیم جمعیت سالمندان بر کل جمعیت به دست آمد. همان‌طور که شکل ۱۱ نشان می‌دهد، براساس آخرین سرشماری مسکن و نفوس سال ۱۳۹۵ شهر یزد، منطقه ۲

۵ با نسبت جمعیت ۶/۲۷ درصد بالاترین نسبت جمعیت سالمند شهر یزد را دارا می‌باشند، سپس منطقه ۱ با نسبت جمعیت ۵/۴۸ درصد در رتبه دوم قرار دارد و منطقه ۴ با نسبت ۳/۵۶ و منطقه ۳ با نسبت ۳/۵۲ در رتبه سوم و چهارم قرار دارند.



شکل ۱۱- نسبت جمعیت سالمندان به تفکیک مناطق پنجگانه شهر یزد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳



شکل ۱۲- نمودار نسبت جمعیت سالمندان به تفکیک مناطق پنجگانه شهر یزد

مأخذ: یافته‌های پژوهش، ۱۴۰۳

## ۶. نتیجه‌گیری

در جوامع امروزی ساختار جمعیت در حال تغییر است؛ زیرا نسبت سالمندان به دلیل افزایش طول عمر افزایش می‌یابد. مطالعات نشان داده است که جمعیت سالمندان در برابر امواج گرما و

دماهای بالا آسیب‌پذیرترین افراد هستند (استرم، فورسبری و روکلو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۱: ۱۰۰). اثرات امواج گرما بر سلامت می‌تواند برای سالمندان به‌ویژه آنهایی که در مناطق شهری هستند، جدی باشد. مطالعات ارتباط بین امواج گرما و مرگ‌ومیر سالمندان را تأیید می‌کند (کنتی<sup>۲</sup>، ۲۰۰۶: ۲۶۸). همچنین تحقیقات نشان می‌دهد که سالمندان به دلیل سلامت جسمانی ضعیف‌تر و شیوع اختلالات شناختی که مانع ادراک خطر می‌شود، لازم است مراقبت‌های مناسب از آنها صورت گیرد (استرم و همکاران؛ ۲۰۱۱: ۱۰۰)، به‌ویژه سالمندانی که به تنهایی زندگی می‌کنند، بیشتر در معرض خطر تغییرات اقلیمی قرار دارند. مخاطرات اقلیمی ناشی از گرمای شدید به‌ویژه برای قشر آسیب‌پذیر جامعه یعنی کودکان و سالمندان نگران‌کننده است. هدف اصلی این پژوهش شناسایی دقیق مناطق پرخطر و بحرانی از نظر سلامت گرمایی شهر برای سالمندان شهر یزد بود. با توجه به هدف پژوهش سه مؤلفه در نظر گرفته شد: ۱- شدت UHI نشان‌دهنده خطر ۲- تراکم جمعیت سالمندان نشان‌دهنده مواجهه با خطر ۳- نسبت افراد مسن نشان‌دهنده آسیب‌پذیری است. یافته‌های تحقیق نشان داد، بالاترین میانگین LST در مناطق ۲ و ۳ و ۵ ثبت شد؛ یعنی هرچه از غرب به شرق و از شمال به جنوب حرکت کنیم شدت جزایر حرارتی بیشتر می‌شود. مناطق ۱ و ۴ از نظر شدت دما در وضعیت مطلوب‌تری قرار دارد. از نظر مؤلفه دوم یعنی مواجهه؛ برای محاسبه شاخص مواجهه، میانگین تراکم جمعیت سالمند در مناطق به‌عنوان حد استاندارد در نظر گرفته شد. با توجه به جدول شماره ۳، میانگین تراکم بر حسب هکتار ۲/۴۹۲ و بر حسب کیلومتر ۲۴۹/۶ می‌باشد. نتایج نشان داد که تراکم جمعیت سالمندان در سه منطقه ۱، ۲، ۵ بالاتر از حد استاندارد است و از نظر مؤلفه سوم یعنی آسیب‌پذیری، با توجه به اینکه میانگین جمعیت سالمند به‌عنوان حد استاندارد در نظر گرفته شد و با توجه به جدول شماره ۳، میانگین آن ۵/۰۲ درصد می‌باشد. نتایج نسبت بالایی را برای منطقه ۱ و ۲ و ۵ نشان داد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از پژوهش و براساس چارپوب نظری مثلث ریسک کرایتون، همه مناطق به سه دسته با سطوح ریسک متفاوت تقسیم شد (شکل ۱۳).

---

1. Astrom, Forsberg & Rocklov

2. Conti

۱- مناطق رده اول (قرمز): مناطقی که با سه شاخص، همپوشانی نشان می‌دهد؛ شدت بالای UHI- تراکم بالای جمعیت سالمند- نسبت بالای ساکنان سالمند. همان‌طور که در شکل ۱۳ نشان داده شده است، مناطق رده اول (قرمز) به‌عنوان مناطق پرخطر سلامت گرمای شهری شناخته شد. منطقه ۲ و ۵ در این رده قرار گرفت. ۱۲۴۲۷ نفر سالمند در این مناطق زندگی می‌کند.

۲- مناطق رده دوم (بنفش)، مناطقی که با دو شاخص هم‌پوشانی نشان می‌دهد؛ این مناطق به‌عنوان مناطق با خطر بالقوه بالا شناخته شد. منطقه ۳ در این رده قرار گرفت. در این منطقه ۶۰۹۹ نفر سالمند زندگی می‌کنند. این مناطق در آینده به دلیل شهرنشینی سریع ممکن است به مناطق پرخطر تبدیل شود.

۳- مناطق رده سوم (سبز): مناطق کم‌خطر که حداقل در دو شاخص حد نرمال را دارد. مناطق ۴ و ۱ در این رده قرار گرفت. ۷۶۴۴ نفر سالمندان در این مناطق زندگی می‌کنند، بنابراین با توجه به تمرکز جمعیت سالمند و پیوند سه شاخص شدت گرما، آسیب‌پذیری و مواجهه منطقه ۲ و ۵ به‌عنوان بحرانی‌ترین منطقه از نظر تأثیر گرمای شهری بر سالمندان شناخته می‌شود. (جدول شماره ۴)

جدول ۳- نتایج اجتماعی به دست آمده از پژوهش

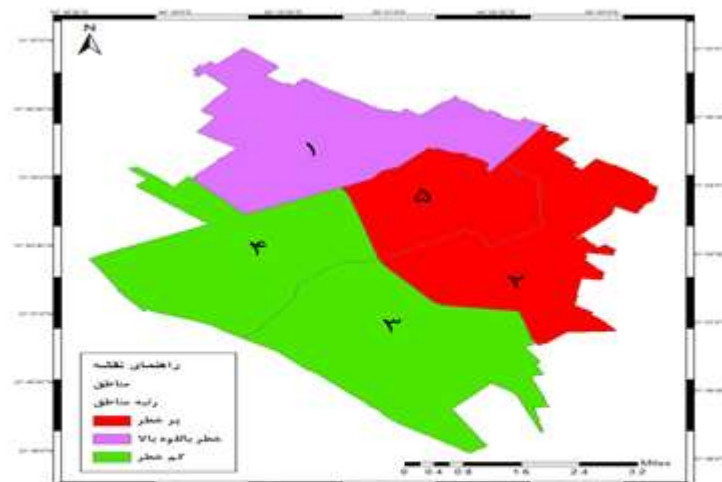
مأخذ: یافته های پژوهش، ۱۴۰۳

| نام     | مساحت       | کل جمعیت | جمعیت سالمندان | تراکم در هکتار | تراکم در کیلومتر | تخصیص (درصد) |
|---------|-------------|----------|----------------|----------------|------------------|--------------|
| منطقه ۱ | ۲۴۵۰/۸۳۹۹۹۷ | ۱۵۸۰۹۹   | ۸۶۷۴           | ۳/۵۳۹          | ۳۵۴/۰۴           | ۵/۴۸         |
| منطقه ۲ | ۲۰۸۸/۱۶۹    | ۹۷۲۰۹    | ۶۰۹۹           | ۲/۹۲۰          | ۲۹۲/۰۹           | ۶/۲۷         |
| منطقه ۳ | ۲۶۷۷/۶۱۹۱۸۴ | ۱۱۷۰۸۹   | ۴۱۷۲           | ۱/۵۴۱          | ۱۵۴/۱۶۵          | ۳/۵۲         |
| منطقه ۴ | ۲۲۲۸/۰۷۳۲۷۵ | ۹۷۴۵۱    | ۳۴۷۲           | ۱/۵۵۸          | ۱۵۵/۸۳           | ۳/۵۶         |
| منطقه ۵ | ۱۲۸۵/۱۰۳۹۳۱ | ۵۹۸۲۵    | ۳۷۵۳           | ۲/۹۲۰          | ۲۹۲/۰۶           | ۶/۲۷         |
| میانگین |             |          |                | ۲/۴۹۲          | ۲۴۹/۶۳           | ۵/۰۲۳۸       |

جدول ۴- رده بندی مناطق بر حسب سه شاخص مورد مطالعه

مأخذ: یافته های پژوهش، ۱۴۰۳

| منطقه<br>شاخص | خطر     | آسیب پذیری | مواجهه با خطر | رده بندی مناطق  |
|---------------|---------|------------|---------------|-----------------|
| ۱             | متوسط   | حد بالا    | حد بالا       | خطر بالقوه بالا |
| ۲             | حد بالا | حد بالا    | حد بالا       | پر خطر          |
| ۳             | حد بالا | حد پایین   | حد پایین      | کم خطر          |
| ۴             | متوسط   | حد پایین   | حد پایین      | کم خطر          |
| ۵             | حد بالا | حد بالا    | حد بالا       | پر خطر          |



شکل ۱۳- نقشه رده بندی مناطق شهر یزد برحسب میزان خطر سلامت گرمای شهری

مأخذ: یافته های پژوهش، ۱۴۰۳

نتایج این پژوهش با مطالعات تاملینسن<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۱) و هیونگ<sup>۲</sup> (۲۰۲۰) همخوانی دارد. با توجه به نتایج به دست آمده، مناطق واقع در مرکز شهر، مانند منطقه تاریخی از پرخطرترین مناطق شناخته شدند. نتایج به دست آمده از مطالعات هیونگ (۲۰۲۰) نشان داد مناطق بسیار متمرکز در مرکز شهر به عنوان پرخطرترین مناطق شهری شناسایی شدند؛ به طوری که با حرکت از داخل به سمت خارج از شهر از میزان خطر کاسته می شود که تا حد زیادی با مطالعه حاضر همخوانی دارد. همچنین در مطالعات زئو لیو<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۴) در شهر پکن یک الگوی مکانی با خطر بالاتر در منطقه شهری و خطر کمتر در مرزهای بین شهری و روستایی و کمترین خطر در منطقه روستایی را شناسایی شد. در مطالعه دیگری که توسط چارلی جی تامیلسون و همکاران (۲۰۱۱) انجام شده است، نشان داده شد که مناطق پرخطر در مرکز شهر و بعضی از نقاط شهر متمرکز است و تجزیه و تحلیل خانوار نشان داد که افراد آسیب پذیر در معرض خطرات بسیار بالا در این مناطق زندگی می کنند. این مطالعات

1. Tomlinson

2. Huang

3. Zhao Liu

تا حدودی با مطالعه حاضر همخوانی دارد. با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش، با توجه به اینکه در شهر یزد از نظر خطر گرمای شهری، دو منطقه یعنی منطقه ۲ و ۵ در وضعیت بحرانی و یک منطقه یعنی منطقه ۳ در وضعیت نیمه بحرانی قرار دارد، این شهر از نظر خطر سلامت گرمای شهری برای سالمندان در وضعیت مطلوبی قرار ندارد.

#### ۷. پیشنهادها

- لازم است مدیران شهری هنگام برنامه ریزی شهری، مناطق بحرانی یعنی منطقه ۱ و ۵ شهر یزد را در اولویت قرار دهند.
- توسعه فضای سبز در مناطق بحرانی و گسترش پارک های بیشتر در این مناطق.
- زیرساخت های جدید با شرایط بحرانی اقلیمی که بر زندگی افراد تأثیر می گذارد، تطبیق داده شود.
- همچنین برنامه ریزان و مدیران شهری تدابیری باید بیندیشند که از تبدیل شدن مناطق رده دوم و سوم به مناطق پرخطر جلوگیری شود، زیرا به دلیل گسترش شهرها، در آینده نزدیک این مناطق به مناطق پرخطر تبدیل می شوند.

#### کتابنامه

۱. احمدی، م؛ حاتمی نژاد، ح؛ پوراحمد، ا؛ زیاری، ک؛ زنگنه شهرکی، س؛ و پارسی پور، ح. (۱۳۹۹). بررسی و تحلیل عدالت در سلامت شهری محدوده مورد مطالعه: شهر بجنورد. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۰(۳۸)، ۱۷۳-۱۹۶.
۲. اسدی، ی؛ حمزه، س؛ و کیاورز مقدم، م. (۱۳۹۸). بررسی تأثیر کاربری زمین و پوشش گیاهی بر جزایر گرمایی شهری با استفاده از سنجه های سیمای سرزمین (مطالعه موردی، منطقه ۶ تهران). *مجله پژوهش های جغرافیای انسانی*، ۵۲(۲)، ۷۷۳-۷۵۹.

۳. حیدری، آ؛ احمدی، س؛ و مؤمنی‌منش، ط. (۱۴۰۱). بررسی وضعیت سلامت سالمندان و رابطه آن با خودمراقبتی و حمایت اجتماعی (نمونه موردی مطالعه سالمندان شهر یاسوج). *فصلنامه مطالعات توسعه اجتماعی و فرهنگی*، ۱۱ (۳)، ۹-۳۶.
۴. رضایی‌قلعه، م؛ حق‌پرست، ف؛ و ملکی، آ. (۱۴۰۱). بررسی رابطه زیرساخت سبز-آبی و کاهش آسیب‌پذیری سلامت در برابر گرمای شدید متأثر از تغییرات اقلیمی. *نشریه علمی باغ نظر*، ۱۹ (۱۰۷)، ۶۹-۸۴.
۵. رمضانی، س؛ و نسترن، م. (۱۴۰۱). سنجش وضعیت شاخص‌های سلامت شهری در سطح شهر تهران (نمونه موردی: محلات تجریش، بازار و اسماعیل‌آباد). *فصلنامه توسعه پایدار شهری*، ۳ (۸)، ۵۳-۶۹.
۶. سلیمانی‌مهرنجانی، م؛ و مفاخری، ل. (۱۴۰۰). رتبه‌بندی مناطق کلان‌شهر تهران براساس شاخص‌های زندگی سالمندی. *فصلنامه توسعه پایدار شهری*، ۲ (۳)، ۵۷-۷۰.
۷. شوشتری، ص؛ قلعه‌نویی، م؛ عزتیان، و؛ ملکی، آ؛ پاک‌نژاد، م؛ و رهپو، ر. (۱۳۹۷). بررسی روش ترکیبی در تشخیص جزایر گرمایی و راهکارهای تعدیل از طریق ظرفیت فضای سبز شهری (مطالعه موردی شهر اصفهان). *فصلنامه علمی-پژوهشی مطالعات شهری*، ۷ (۲۸)، ۴۱-۵۴.
۸. علوی‌پناه، س. ص؛ قریشی، س؛ و شمسی‌پور، ع. ا. (۱۳۹۵). اثر خنک‌کنندگی فضاها و سبز شهری (مطالعه موردی: شهر مونیخ). *مجله محیط‌شناسی*، ۴۲ (۲)، ۴۴۱-۴۵۳.
۹. فرجی، ع. ا؛ عساکره، ح؛ سیدموسوی، م. ح؛ و مطلبی‌زاده، س. (۱۴۰۱). ارزیابی تأثیر شهرنشینی بر تغییرات فراسنج‌های دمایی (دمای حداقل و حداکثر) در نقاط شهری، پژوهش موردی: شمال غرب ایران. *فصلنامه پژوهش‌های بوم‌شناسی شهری*، ۱۳ (۴)، ۵۳-۷۴.
۱۰. فداییان‌آرانی، ا؛ فرخ‌نژادافشار، پ؛ حسینی‌آغا، ف؛ باقری، ا؛ و راشدی، و. (۱۴۰۱). رابطه کیفیت زندگی و انزوای اجتماعی سالمندان مراکز خدمات جامع سلامت شهری شهرستان آران و بیدگل. *نشریه سالمندشناسی*، ۱۷ (۱)، ۷۴-۸۳.
۱۱. فلاح‌برزگر، م؛ و خلیلی، ا. (۱۴۰۲). مفهوم‌شناسی و الگوسازی سنجش سلامت شهری در مطالعات شهری و منطقه‌ای. *فصلنامه پژوهش‌های جغرافیایی برنامه‌ریزی شهری*، ۱۱ (۴)، ۱-۳۱.
۱۲. فلاح‌برزگر، م؛ و خلیلی، ا. (۱۴۰۱). تحلیل علم‌سنجی و مرور سیستماتیک متون نظری جهانی در حوزه سلامت شهری. *نشریه علمی معماری و شهرسازی ایران*، ۱۳ (۲)، ۳۵۱-۳۷۲.

۱۳. قاسمی، ا؛ ناظمی، ز؛ مختارزاده، ص؛ و سلیمانی، م. (۱۴۰۲). تحلیل همبستگی عوامل کلان مقیاس محیط طبیعی و مصنوع با شدت جزایر گرمایی شهری (نمونه مورد مطالعه: کلان شهر اصفهان). *نشریه علمی مطالعات شهری*، ۱۳(۴۹)، ۱۷-۳۲.

۱۴. کوششی، م؛ میرزایی، م؛ پوررضا، ا؛ و حسینی درمیان، غ.ر. (۱۳۹۵). تأثیر سرمایه های اجتماعی بر سلامت سالمندان ۶۰ سال و بالاتر در مناطق شهری یزد. *مجله علوم اجتماعی دانشگاه فردوسی مشهد*، ۱۳(۱)، ۱۰۹-۱۲۹.

۱۵. منافلوین، س؛ زرآبادی زهراسادات، س؛ و بهزادفر، م. (۱۳۹۸). سنجش عوامل مؤثر بر تاب آوری اقلیمی (نمونه موردی: شهر تبریز). *فصلنامه نگرش های نو در جغرافیای انسانی*، ۱۲(۱)، ۵۰۹-۵۲۵.

۱۶. منصوری، س.ت؛ و ضرغامی، ا. (۱۴۰۳). تحلیل دینامیک جزایر حرارتی شهری در تهران (۲۰۱۳-۲۰۲۳) براساس تصاویر MODIS و موتور Google Earth. *نشریه علمی پژوهش های سنجش از دور و اطلاعات مکانی*، ۲(۱)، ۴۵-۶۴.

17. Astrom, D.O., Foraberg, B., & Rocklov, J. (2011). Heat wave impact on morbidity and mortality in the elderly population . A review of recent studie. *Maturitas*, 69(2), 99-105.
18. Chien, L., Guo, Y., & Zhang, K. (2016). Spatiotemporal analysis of heat wave effects on elderly mortality in Texas 2006-2011, *Science of Total. Environment*, 562, 845-851.
19. Conti, S., Masocco, M., Meli, P., Minelli, G., Palummeri, E., Solimini, S., ... & Vichi, M. (2007). General and specific mortality among the elderly during the 2003 heat wave in Gevoa (Italy). *Environmental Research*, 103(2), 267-274.
20. Corpuz, B., Zaitchik, B., Waugh, D., Scott, S., & Logan, T. (2024). Shifting Island: How weather conditions and urban form shape the spatiotemporal character of Baltimore s urban heat island. *Urban Climate*, 56(102058), 1-17.
21. Crichton, D. (1999). *The Risk Triangle*. Natural disaster management: a presentation to commemorate the International Decade for Natural Disaster Reduction (IDNR). 1999-2000, Inglton, J, Tudor Rose 1999.
22. Deering, S. (2023). Clinical public health, climate change, and aging. *Canadian Family Physician, Le Medecin de Family Canadian (CFP.MFD)*, 69(4), 233-235.

23. Equere, V., Mirzaei, A.P., & Riffat, S. (2020). Definition of a New Morphological Parameter to Improve Predication of Urban Heat Island. *Sustainable Cities and Society*, 56(102021), 1-18.
24. Filho, W.L., Icaza, L.E., Emanche, V.O., & Al – Amin, A.Q. (2017). An Evidence – Based Review of Impacts, Strategies and Tools to Mitigate Urban Heat Islands. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), 1-29.
25. Franceschini, G., & Ali, M. (2022). Introductory course to Google Earth Engine, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Room, FAO. [HTTPS://Doi.org/10.4060/cb9049en](https://doi.org/10.4060/cb9049en).
26. Garcia-Mora, T.J., Mas, J.F., & Hinklry, E.A. (2012). Land Cover mapping application with MODIS: a literature review. *International Journal of Digital Earth*, 5(1), 63-87.
27. Halder, B., Bandyopadhyay, J., & Papiya B. (2021). Monitoring the effect of urban development on urban heat island based on remote sensing and geo – spatial approach in Kolkata and adjacent. *Sustainable Cities and Society*, 74, 103186, 1-18.
28. Hansen, A., Bi, P., Nitschke, M., Ryan, Ph., Pisaniello, D., & Tucker, G. (2008). The Effect of Heat Waves on Mental Health in a Temperate Australian City. *Environmental Health Perspectives*, 116(10), 1369-1375.
29. He, B, J. (2018). Potentials of meteorological characteristics and synoptic conditions to mitigate urban heat island effects. *Urban Climate*, 24, 26-33.
30. Kalaiyarasi, V., & Rajkumar, P. (2020). Impact of climate change on elderly health. *International Journal Management*, 11(12), 1273-1278.
31. Karine, L., Abdelkrim, Z., Benedicte, D., Philippe, B., Stephanie, V., Emmanuel G., & Pascal, B. (2012). The impact of heat islands on mortality in paris during the August 2003 Heat Wave. *Environmental Health Perspectives*, 120(2), 254-259.
32. Kim, D.H., Park, K., Baik, J.J., Jin, H.G., & Han, B.S. (2024). Contrasting interactions of urban heat islands with dry and moist heat waves and their implications for urban heat stress. *Urban Climate*, 56(102050), 1-14.
33. Kim, S.W., & Brown, R.D. (2021). Urban heat island (UHI) intensity and A systematic Literature review. *Science of the Total Environment*, 779 (146389), 1-17.
34. Montoro-Ramirez, E.M., Parra-Angueta, L., Alvarez-Nieto, C., Parra, G., & Lopez-Medina, I. (2022). Effects of climate change in the elderly's health: a scoping review protocol. *BMJ*, 12(4), 1-5.
35. Nanayakkarra, S., Wang, W., Cao, J., Wang, J., & Zhou, W. (2023). Analysis of Urban Heat Island Effect, Heat Stress and Public in Colombo, Sri Lanka and Shenzhen, China. *Atmosphere*, 14(5), 1-19.
36. Nastran, M., Kobal, K., & Eler, K. (2018). Urban heat island in relation to green land use in European cities. *Urban Forestry & Urban Greening*, 37, 33-41.

37. Perez, I.A., Garcia, M.A., Rasekhi, S., Pazoki, F., & Fernandez-Duque, B. (2024). Extension and trend of the London urban heat island under lamb weather types. *Sustainable Cities and Societys*, 114(105743), 1-14.
38. Pluchino, A., Inturri, G., Rapisarda, A., Biondo, A.E., LeMoli, R., Zappala, C., ...& Latora, V. (2020). A Novel Methodoligy for Epidemic Risk Assessment: the case of COVID-19 outbreaks in Italy, *ResearchGate*. <https://www.researchgate.net/publication/340475021>.
39. Schipani, P., Cappai, G., Sario, M.D., Michelozzi, P., Marino, C., Bargagli, A.M., & Perucci, C.A. (2009). Susceptibility to heat wave – related mortality; a follow-up study of a cohort of elderly in Rome. *Environmental Health*, 8(50), 1-14.
40. Scott, A. A., Waugh, D.W., & Zaitchik, B.F. (2018). Reduced Urban Heat Island intensity under warmer conditions. *Environmental Research Letters*, 13(6), 1-9.