Urban Design Discourse- a Review of Contemporary Litreatures and Theories. 2020;1(1):69-83

Effective Factors of Forming Urban Heat Islands; With an Emphasis on Urban Design Challenges and Features

ARTICLE INFO

Article Type
Qualitative Study

Authors
Pouramin K.[1] *MA,*
Khatami S.M.*[1] *PhD,*
Shamsodini A.[1] *PhD*

How to cite this article
Pouramin K, Khatami S.M, Shamsodini A. Effective Factors of Forming Urban Heat Islands; With an Emphasis on Urban Design Challenges and Features. Urban Design Discourse- a Review of Contemporary Litreatures and Theories. 2020-;1(1):69-83.

[1]Urban Planning & Design Department, Arts & Architecture Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
[2]Humanities Faculty, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Correspondence
Address: Arts & Architecture Faculty, Tarbiat Modares University, Nasr Bridge,Tehran, Iran
Phone: +98 (21) 82883730
Fax: +98 (21) 88008090
s.khatami@modares.ac.ir

Article History
Received: August 11, 2019
Accepted: October 3, 2019
ePublished: March 14, 2020

ABSTRACT

Forming urban heat islands is a serious challenge of the present age and a concern of academic communities. Attention to this issue has increased tremendously in scientific articles and researches, particularly in the last decade. With regard to the importance of the issue, the aim of this study is to form a systematic review and thematic analysis of articles and other researches in this field. Moreover, the content of the key articles was analyzed and the most important factors affecting the formation of urban heat islands were represented in a diagram and each of them was analyzed separately. As examined, urban heat islands are affected by climatic and urban construction factors. The climatic factors include sunlight, wind speed and direction, cloud cover, soil moisture, air humidity, precipitation, latitude, seasonal topographic variations, and the proximity to the river and the sea. Although these factors are almost uncontrollable in the existing cities, they have enormous importance for deciding new towns location and making the decision for city development direction. The second group of factors mainly related to the design of cities is controllable. Among these factors, the most important one is the amount and quality of vegetation in the city. Other factors such as land use, urban density, type of materials used on the facade of the buildings and streets, form and geometry of the city, and also transportation mode could influence the intensity and extent of urban heat islands.

Keywords Urban Heat Island; Heat Island; Effective Urban Design Factors on Heat Island

CITATION LINKS

[1] Our changing ... [2] Louisville urban heat management ... [3] Cooling our communities ... [4] A review on the generation ... [5] Thermal remote sensing of urban ... [6] Handbook of environmental ... [7] Analysis ... [8] The energy ... [9] Transportation [10] Observations ... [11] High ... [12] Climate ... [13] The urban ... [14] The energetic ... [15] Daytime ... [16] Comfortable ... [17] Summertime ... [18] The dependence ... [19] Remote sensing ... [20] Characteristics ... [21] Climate considerations ... [22] Urban-rural humidity ... [23] Reducing urban ... [24] Urban ... [25] Urban climates ... [26] An investigation ... [27] Urban design ... [28] Approaches to ... [29] Climate change ... [30] Urban heat ... [31] Urban heat storage ... [32] Energy and ... [33] Urban ... [34] City size and ... [35] Outdoor thermal ... [36] Wind modification ... [37] Temporal and spatial ... [38] Temporal dynamics ... [39] Urban nocturnal ... [40] Two decades of urban ... [41] Urban heat island ... [42] The synoptic ... [43] Urban-rural air ... [44] Spatial and ... [45] Urban heat islands: Observations ... [46] Nocturnal urban ... [47] Analysis of ... [48] The impact of a small ... [49] Urban effect on ... [50] Urban climatological ... [51] Quantifying ... [52] The surface heat ... [53] Relationships between ... [54] Land-use and ... [55] Note on the NDVI-LST ... [56] Land use planning ... [57] Investigation of temperature ... [58] Influences of urbanization ... [59] The built environment ... [60] Flow and dispersion in ... [61] Modeling the impacts of anthropogenic ... [62] Vegetation as a climatic ... [63] Surface urban heat ... [64] Simulation of a summer ... [65] Urban form and thermal ... [66] How factors of land ... [67] Canyon geometry and ... [68] Street design and urban ... [69] Effects of asymmetry ... [70] An urban form experiment ... [71] Potential application ... [72] Impacts of land ... [73] Cool surfaces and shade ... [74] Evaluating the effects ... [75] Effects of vegetation ... [76] Research on urban ... [77] The effect of vegetation ... [78] The impact of land use-land ... [79] Urban bias in ... [80] Influences of land cover ... [81] Estimating the daytime ... [82] Urban form and extreme ... [83] Quantifying the effects ... [84] Canyon geometry ...[85] On relationships between ... [86] An urban canyon energy ... [87] Sky view factor ... [88] Quantitative analysis ... [89] Design guidelines for ... [90] The effect of urban ... [91] A numerical study ... [92] A study of the ... [93] Building cluster ... [94] Mitigating urban heat ... [95] Impact of anthropogenic ... [96] A top-down methodology ... [97] A review of methods ...

Copyright© 2020, TMU Press. This open-access article is published under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits Share (copy and redistribute the material in any medium or format) and Adapt (remix, transform, and build upon the material) under the Attribution-NonCommercial terms.

عوامل موثر بر شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری؛ با تاکید بر ویژگی‌ها و چالش‌های طراحی شهری

کتایون پورامین MA
گروه شهرسازی، دانشکده هنر ومعماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
سیدمهدی خاتمی* PhD
گروه شهرسازی، دانشکده هنر ومعماری، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
علی شمس‌الدینی PhD
دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

چکیده
شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری به یکی از چالش‌های جدی عصر حاضر تبدیل شده و ذهن جامعه علمی را به خود مشغول کرده است. توجه به این موضوع در مقالات و تحقیقات علمی خصوصاً در دهه اخیر رشد بسیار زیادی داشته است. طبق نظر محققین اگر روند فعلی افزایش دما ادامه یابد، باعث بروز مشکلات جدی زیست محیطی و تحمیل هزینه‌های بسیار در سطح شهرها خواهد شد. با توجه به اهمیت موضوع، هدف از این مطالعه مرور نظام‌مند و تحلیل موضوعی مقالات و تحقیقات علمی انجام‌شده در این زمینه است. طبق بررسی‌های انجام‌شده، جزیره حرارتی شهری تحت تاثیر دو گونه از عوامل اقلیمی و عوامل مربوط به ساخت شهر است. عوامل مربوط به اقلیم شامل تابش خورشید، سرعت و جهت شدت باد، پوشش ابری، رطوبت خاک و هوا، بارش، عرض جغرافیایی، تغییرات فصلی، توپوگرافی، نزدیکی به رودخانه و دریا هستند. این عوامل اگرچه در شهرهای موجود تقریباً غیر قابل کنترل هستند، اما در تصمیم‌گیری پیرامون جایابی شهرهای جدید و یا تعیین جهت توسعه شهر اهمیت بسیاری دارند. دسته دوم عوامل قابل کنترل و عمدتاً مرتبط با طراحی و ساخت شهر هستند. شناخت اهمیت این عوامل می‌تواند نقش و جایگاه برنامه‌ریزی و طراحی شهری را در کاهش جزایر حرارتی شهری نشان دهد. در میان این عوامل بیش از همه میزان و کیفیت پوشش گیاهی در سطح شهر اهمیت دارد. عوامل دیگری همچون کاربری زمین، میزان تراکم شهری، نوع مصالح مصرفی در سطح بیرونی ساختمان‌ها و خیابان‌ها، فرم و هندسه شهر و نوع حمل و نقل از عوامل موثر بر شدت و میزان جزایر حرارتی شهری است.

کلیدواژه‌ها: جزیره حرارتی شهری، جزیره حرارتی، عوامل شهرسازی موثر بر جزیره حرارتی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۷/۱۱
*نویسنده مسئول: s.khatami@modares.ac.ir

مقدمه

تغییرات اقلیمی در شهرها براساس دو عامل متمایز به وجود می‌آید. عامل اول در مقیاس کل کره زمین و عامل دیگر در مقیاس شهری و منطقه‌ای است. اثر گازهای گلخانه‌ای به‌عنوان عامل اول، پدیده‌ای آب و هوایی است که از طریق حضور گازهای گلخانه‌ای در جو زمین، انرژی تابشی را به دام می‌اندازد و سبب گرم‌شدن جو زمین می‌شود[1]. علاوه بر تغییر در ساختار جو زمین، فعالیت‌های انسانی و تغییرات در استفاده از زمین در مقیاس شهری و منطقه‌ای نیز به افزایش دما کمک کرده است. جایگزینی مواد و مصالح ساختمانی همچون بتن و آسفالت در توسعه شهری به جای درختان و دیگر گیاهان طبیعی، میزان جذب و ذخیره انرژی حرارتی را در شهرها نسبت به مناطق روستایی اطراف افزایش می‌دهد[2]. این تغییرات بر بسیاری از شهرهای بزرگ جهان تاثیر می‌گذارد و می‌تواند دمای هوا را تا ۱۰درجه فارنهایت (حدود ۵/۵°C) نسبت به محیط اطراف افزایش دهد[3]. پدیده اختلاف درجه حرارت محیطی میان شهر و محیط اطراف آن، جزیره حرارتی شهری تعریف شده است[4]. این پدیده به سه نوع و مقیاس کلی دسته‌بندی می‌شود: جزیره حرارتی لایه تاج پوشش که لایه هوایی است که از سطح زمین تا سطح بالایی درختان و ساختمان‌ها وجود دارد؛ جزیره حرارتی لایه مرزی که در بالای لایه تاج‌پوش (در ارتفاع ۲۰۰۰متری) قرار گرفته است و جزیره حرارتی لایه سطح که به لایه سطح و زیر سطح زمین مربوط می‌شود.

جزیره حرارتی لایه تاج پوشش و جزیره حرارتی لایه مرزی به افزایش دمای هوا منجر می‌شود و جزیره حرارتی لایه سطح می‌تواند مربوط به گرمای نسبی سطح زمین و زیر سطح هم باشد[5]. طبقه‌بندی ویژگی‌ها و خصوصیات انواع جزیره حرارتی شهری در جدول ۱ ارایه شده است.

در وضعیت کنونی، جهان شهرنشینی مهم‌ترین عامل تغییرات اقلیمی و از علل اصلی ایجاد پدیده جزیره حرارتی در یک ناحیه ساخته شده است[7]. بافت مصنوعی شهری از جمله مصالح مورد استفاده در نما و پوشش ساختمان‌ها و سطح خیابان‌های شهری از لحاظ جذب تابش طول موج‌های کوتاه و بلند، انتقال گرما و به‌دام‌انداختن باد، به‌طور قابل توجهی ماهیت متفاوتی از طبیعت دارد[8]. مصالحی مانند آسفالت، بتن، آجر و سنگ مقدار بیشتری از گرما را در طول روز جذب می‌کنند و با آزادکردن آن در اواخر روز سبب گرم‌ترشدن مناطق شهری نسبت به مناطق روستایی نزدیک می‌شود. همچنین مصالح ساختمانی شهری مانند کف‌پوش خیابان‌ها و پوشش بام‌ها به‌طور کلی غیر قابل نفوذ هستند و میزان رطوبت جذب و حفظ‌شده در شهرها برای ایجاد اثر خنک‌کنندگی را کاهش می‌دهند. فقدان درختان و دیگر پوشش‌های طبیعی زمین نیز منجر به ایجاد محیط گرم‌تر از طریق کاهش سایه‌اندازی و مهم‌تر از همه کاهش خنک‌سازی از طریق تبخیر می‌شود[2].

یکی از نتایج مهم افزایش درجه حرارت مرتبط با مشکلات حاد نگهداری زیرساخت‌های حمل‌ونقل شهری است که به‌طور فزاینده‌ای تحت‌فشار افزایش دمای هوا هستند. زیرساخت‌های حمل‌ونقل برای چند دهه طراحی شده‌اند، اما با ادامه افزایش دمای هوا فشار قابل توجهی روی این سیستم قرار می‌گیرد. برای مثال گرمای شدید، هزینه تعمیر و نگهداری جاده‌ها و مسیرهای راه‌آهن را افزایش می‌دهد[9]. همچنین گرمای بیش از حد آسایش حرارتی و فعالیت در فضای باز را کاهش می‌دهد و می‌تواند اثرات منفی بر سطح فعالیت‌های فیزیکی انسان به‌خصوص در کودکان و سالمندان داشته باشد[10, 11].

دانشمندان در سراسر جهان پیش‌بینی می‌کنند که اگر روند فعلی افزایش دما ادامه یابد تا پایان قرن آینده میانگین دمای جهانی ۲ تا ۵°C افزایش پیدا می‌کند[12]. به‌طور کلی افزایش دمای سطح

زمین و شکل‌گیری جزایر حرارتی در کلان‌شهرهای جهان همچون تهران به یکی از معضلات زیست‌محیطی تبدیل شده است. اهمیت موضوع و کمبود مطالعات انجام‌شده به‌خصوص در ایران، نیاز توجه روزافزون طراحان و برنامه‌ریزان شهری به عوامل شهرسازی و کالبدی موثر بر جزیره حرارتی شهری به‌عنوان عواملی که از طریق طراحی قابل کنترل هستند را در اولویت قرار می‌دهد. بنابراین پژوهش حاضر، با مرور نظام‌مند مطالعات و پژوهش‌های انجام‌شده موجود با تاکید بر پایگاه علمی اسکوپوس (Scopus)، دسته‌بندی از عوامل موثر بر شکل‌گیری و شدت جزیره حرارتی شهری ارایه کرده و به بررسی شباهت‌ها، تفاوت‌ها و حتی تناقضات موجود در مطالعات پیشین پرداخته است.

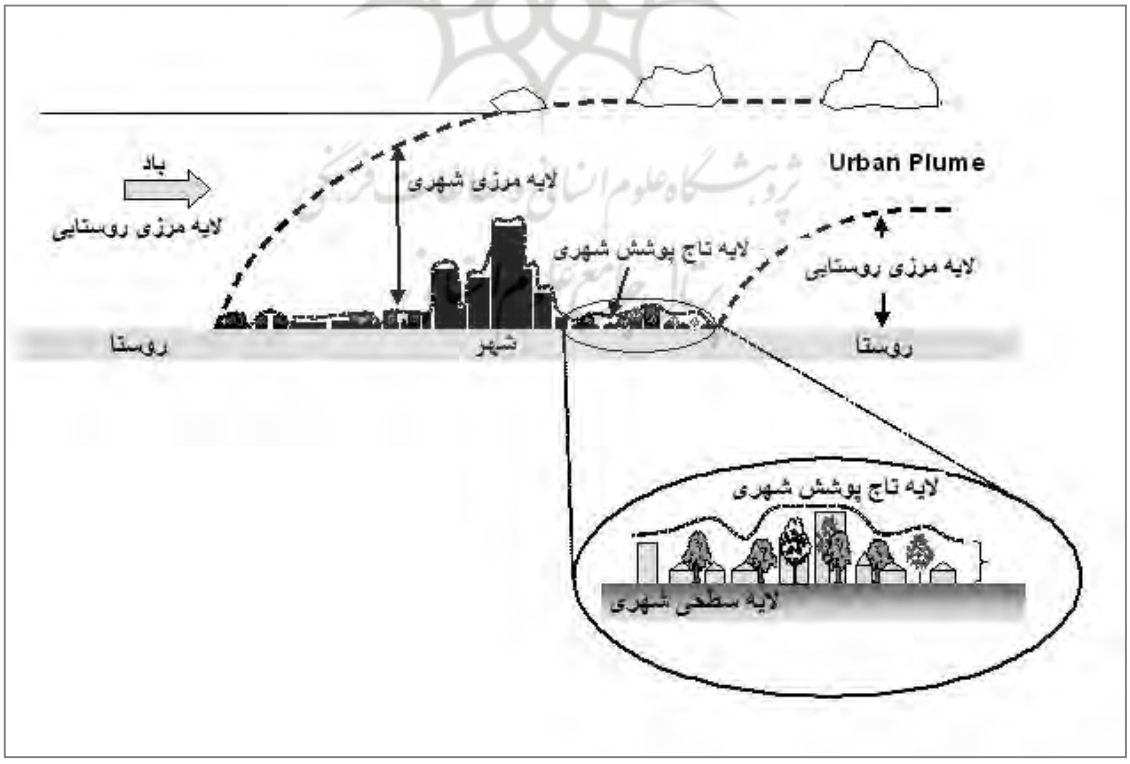
پیشینه تحقیق

پدیده‌ی جزیره حرارتی شهری، برای اولین‌بار به‌عنوان یکی از نتایج شهرنشینی و صنعتی‌شدن تمدن بشری توسط *لوک هوارد* در سال ۱۸۱۸ و در نخستین نسخه کتاب مرتبط با آب و هوای شهری مطرح شد[3, 13]. اما اولین مطالعات روی شدت جزیره حرارتی در ساختار فضایی- زمانی (پوشش زمین- ساعات شبانه‌روز) و عمودی (ارتفاع ساختمان‌ها)، جمعیت، دینامیک و تعیین‌کننده‌های جزیره حرارتی شهری در محدوده شهر و روستا توسط وی انجام شد[14].

به غیر از تفاوت‌های جزیی که به علت ویژگی‌های جغرافیایی یا اقلیمی به وجود می‌آید، الگوی کلی جزیره حرارتی شهری در اکثر شهرها مشابه است. همان‌طور که در شکل ۱ نشان داده شده است، با حرکت از حومه، درجه حرارت هوا به‌طور چشمگیری در لبه شهر افزایش می‌یابد و هر چه به سمت مرکز شهر پیش می‌رود این افزایش به‌آرامی ادامه پیدا می‌کند و دمای هوا در محدوده پارک‌ها و یا مناطق جنگلی کاهش می‌یابد. بالاترین درجه دما یا "اوج" معمولاً در محدوده مرکز شهر است[3].

جدول ۱) طبقه‌بندی انواع جزیره حرارتی شهری، مقیاس، اندازه و زمان‌بندی آنها[6]

اوج شدت	زمان‌بندی/مقیاس	مقیاس فضایی	نوع جزیره حرارتی
بیشترین شدت در طول روز فصل تابستان	- روز: شدت بسیار بالای جزیره حرارتی - شب: شدت زیاد جزیره حرارتی	کوچک (۱۰۰-۱سانتی‌متر)	سطح شهر
بیشترین شدت قبل از طلوع آفتاب در فصل زمستان	- روز: شدت پایین جزیره حرارتی؛ در صورت وجود سایه درختان و ساختمان‌ها می‌تواند منفی باشد (جزیره سرد) - شب: شدت زیاد جزیره حرارتی؛ از غروب خورشید تا چند ساعت بعد افزایش می‌یابد.	محلی (۱۰<۱کیلومتر)	لایه تاج پوشش شهر
با افزایش ارتفاع در لایه‌مرزی افزایش می‌یابد.	- روز و شب: شدت پایین جزیره حرارتی	محلی- بزرگ (۱۰کیلومتر به بالا)	لایه مرزی شهر



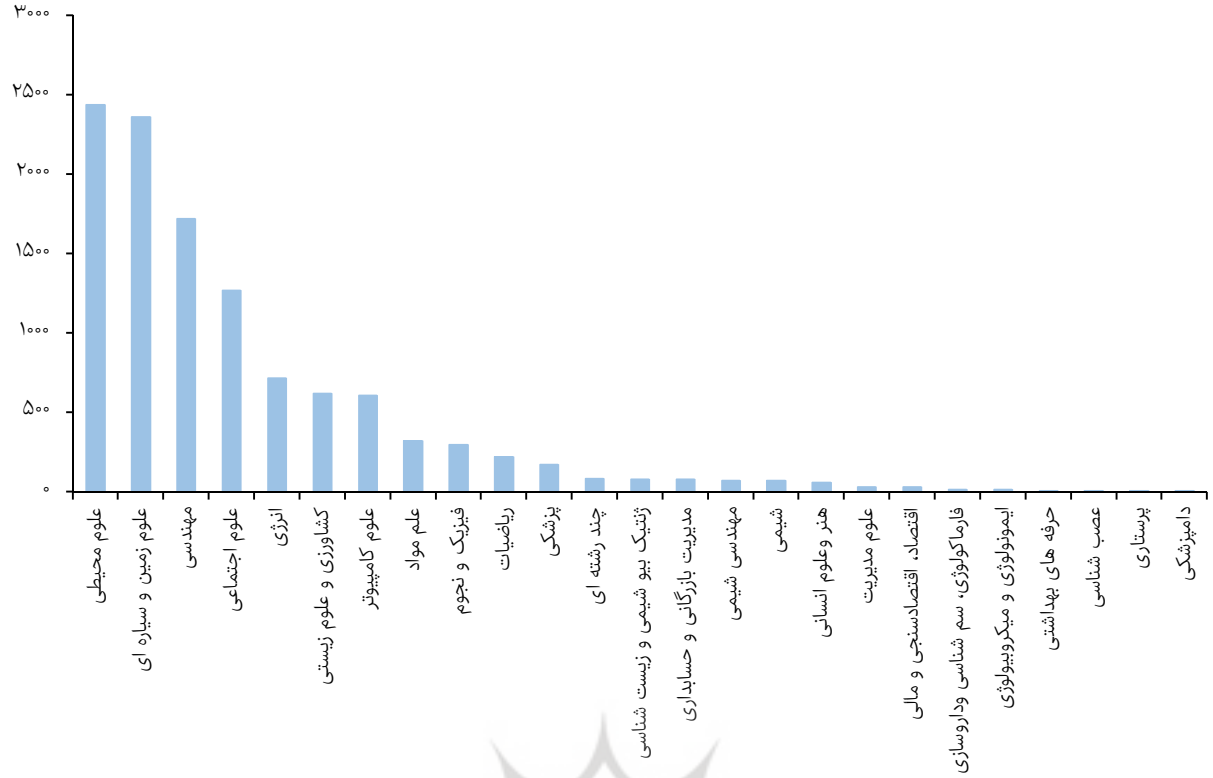
شکل ۱) انواع جزیره حرارتی شهری و محدوده‌های تشکیل آن[5]

در این مطالعه برای بررسی دقیق‌تر پیشینه موضوع، مقالات و مطالعات موجود در پایگاه علمی اسکوپوس به‌عنوان یکی از جامع‌ترین پایگاه‌های علمی مورد بررسی قرار گرفت و کلیدواژه جزیره حرارتی شهری جست‌وجو شد. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که تاکنون بیش از ۶۰۰۰ مقاله و کتاب در زمینه جزیره حرارتی شهری منتشر شده است و مطالعات دانشگاهی در این زمینه از دهه ۱۹۶۰ اهمیت بیشتری یافته، تا سال ۲۰۰۰ میلادی به‌تدریج روند صعودی داشته و در هزاره سوم میلادی شتاب بیشتری گرفته است. افزایش شتاب توجه به موضوع در مقالات علمی از سال ۲۰۰۰ می‌تواند تحت تاثیر گزارش‌های سالانه کنوانسیون تغییرات اقلیمی سازمان ملل متحد (**UNFCCC**) و همچنین ارزیابی‌های محیط زیست ملی ایالات متحده (NCA) روی تاثیر گرمایش جهانی باشد. نقطه اوج تعداد پژوهش‌های انجام‌شده، مربوط به دهه اخیر است (نمودار ۱). بسیاری از مطالعات به ترتیب در زمینه‌های علوم محیطی، علوم زمین و سیاره‌ای، مهندسی، علوم اجتماعی، انرژی، کشاورزی و علوم زیستی، علوم کامپیوتر، علوم مواد، فیزیک و نجوم، ریاضیات و پزشکی انجام شده است. با بررسی اجمالی بر تعدادی از این پژوهش‌ها می‌توان دریافت که اولین محققین مطرح‌کننده جزیره حرارتی شهری دانشمندان حیطه جغرافیا، هواشناسی، انرژی، زمین‌شناسی و غیره بوده‌اند که تاکنون سهم عمده‌ای از پژوهش‌ها را بر عهده داشته‌اند (نمودار ۲). در سال‌های اخیر اهمیت موضوع جزیره حرارتی شهری، اثرات آن و لزوم توجه و اهمیت به عوامل قابل کنترل موثر بر جزیره حرارتی شهری، سبب حضور پررنگ‌تر برنامه‌ریزان، طراحان و معماران شهری در این عرصه شده است.

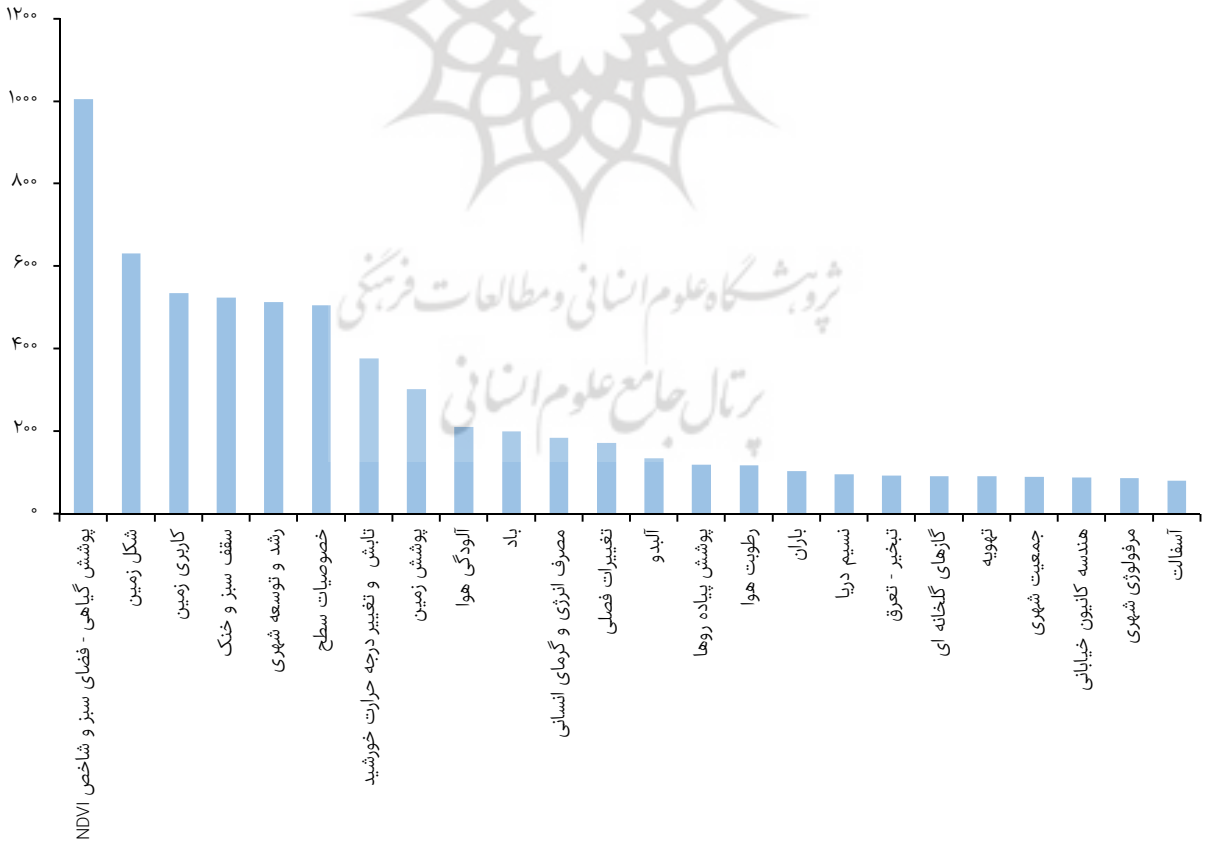
بررسی پرتکرارترین کلیدواژه‌های استفاده‌شده در مطالعات انجام‌شده در این زمینه اهمیت مهم‌ترین عوامل موثر بر این موضوع را نشان می‌دهد. مطالعه و بررسی تعداد کلیدواژه‌های مطرح‌شده در این مقالات و همچنین مرور چکیده مقالات پرارجاع در این حوزه بیش از هر موضوعی اهمیت مساله پوشش گیاهی و فضای سبز و تاثیر آن بر کاهش جزایر حرارتی شهری را نشان می‌دهد. واژه پوشش گیاهی و یا معادل‌های آن در حدود ۱۰۰۰ مقاله از بین مقالات موجود در این حوزه تکرار شده است. پس از آن کلیدواژه‌هایی همچون شکل زمین، کاربری زمین، سقف سبز، رشد و توسعه شهری، خصوصیات سطح، تابش، پوشش زمین، آلودگی هوا و باد به ترتیب بیش از سایر کلیدواژه‌ها تکرار شده‌اند (نمودار ۳).

این کلیدواژه‌ها را می‌توان در سه دسته کلی تقسیم‌بندی کرد: دسته اول کلیدواژه‌های مرتبط با عوامل غیر قابل کنترل اقلیمی هستند. در میان عوامل اقلیمی کلیدواژه تابش و تغییرات درجه حرارت خورشید دارای بیش‌ترین تکرار است. پس از تابش خورشیدی، کلیدواژه باد و تغییرات فصلی بیش‌ترین تکرار را داشته‌اند. کلیدواژه‌های رطوبت هوا، باران، نسیم دریا، تبخیر- تعرق و تهویه به ترتیب در مراحل بعدی قرار می‌گیرند (نمودار ۴). دسته دوم کلیدواژه‌ها، مرتبط با عوامل قابل کنترل شهرسازی و طراحی شهر هستند. در میان این عوامل، کلیدواژه پوشش گیاهی و فضای سبز بیش‌ترین تکرار را داشته است و پس از آن به ترتیب کلیدواژه‌های شکل زمین، کاربری زمین، سقف سبز و خنک، رشد و توسعه شهری، خصوصیات سطح، پوشش زمین، آلبدو (Albedo) یا بازتاب خورشیدی سطح، پوشش پیاده‌روها، جمعیت شهری، هندسه کانیون خیابانی، مورفولوژی شهری و آسفالت قرار می‌گیرند (نمودار ۵). دسته سوم کلیدواژه‌ها، مرتبط با سایر عوامل وابسته و تحت تاثیر شهرسازی هستند. در این دسته کلیدواژه‌های آلودگی هوا، مصرف انرژی و گرمای انسانی و گازهای گلخانه‌ای به ترتیب بیش‌ترین تکرار را دارند (نمودار ۶).

نمودار ۱) تعداد پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه جزیره حرارتی شهری (برگرفته از پایگاه علمی Scopus)

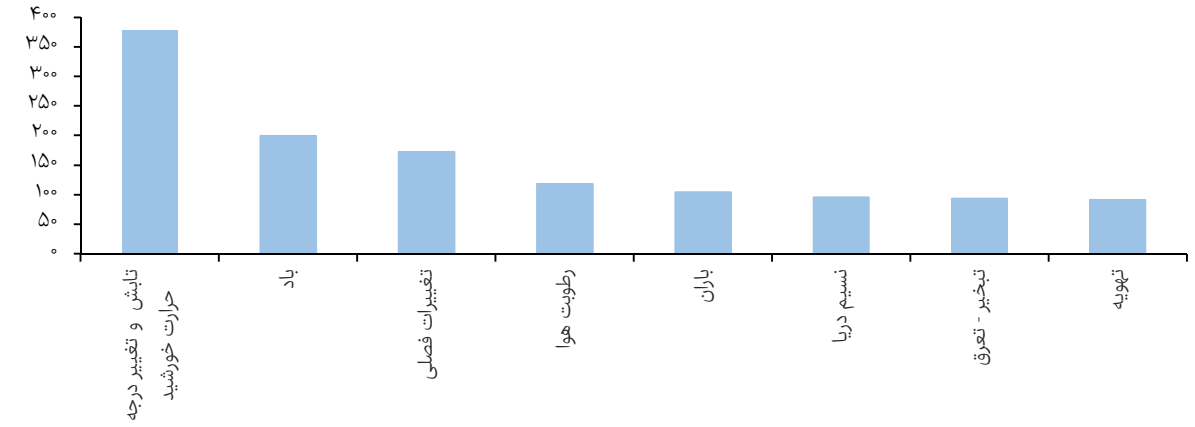


نمودار ۲) زمینه‌های علمی مطالعات انجام‌شده با موضوع جزیره حرارتی شهری (برگرفته از پایگاه علمی Scopus)

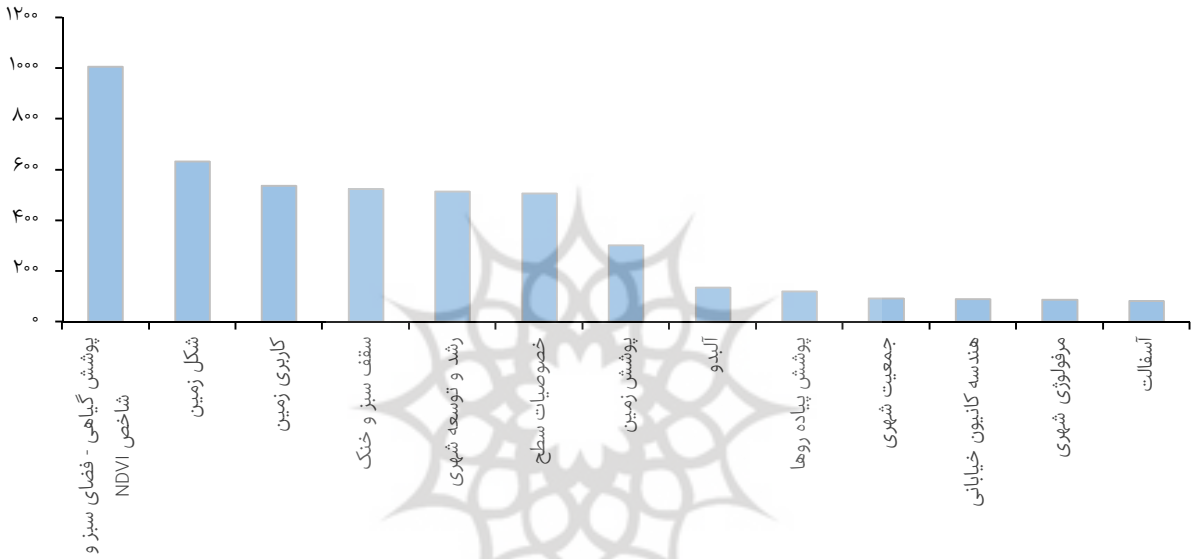


نمودار ۳) پرتکرارترین کلیدواژه‌های استفاده‌شده در مطالعات انجام‌شده با موضوع جزیره حرارتی شهری (برگرفته از پایگاه علمی Scopus)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



نمودار ۴) پرتکرارترین کلیدواژه‌های دسته عوامل غیر قابل کنترل اقلیمی (برگرفته از پایگاه علمی Scopus)



نمودار ۵) پرتکرارترین کلیدواژه‌های دسته عوامل قابل کنترل شهرسازی و ساخت شهر (برگرفته از پایگاه علمی Scopus)

با توجه به کلیدواژه‌های پرتکرار مرتبط با جزیره حرارتی شهری از یک طرف و مرور مقالات کلیدی و پرارجاع و بررسی سایر منابع و کتب معتبر، در این مطالعه عوامل موثر بر جزیره حرارتی شهری در سه دسته عوامل غیر قابل کنترل اقلیمی، عوامل قابل کنترل شهرسازی و ساخت شهر و عوامل وابسته و تحت تاثیر شهرسازی تقسیم‌بندی شده است که در ادامه به‌طور مفصل شرح داده شده است.

بررسی عوامل غیر قابل کنترل؛ عوامل اقلیمی موثر بر جزیره حرارتی شهری

اولین‌بار *لندزبرگ* ارتباط شدت جزیره حرارتی شهری را با عناصر هواشناسی، کاربری و پوشش گیاهی، ارتفاع جغرافیایی و تفاوت‌های دمایی سطوح مختلف بررسی کرد و عنوان نمود که با انتخاب شرایط محیطی مناسب می‌توان مکان راحتی برای زندگی تعیین کرد[16]. *لندزبرگ* در کتاب اقلیم شهر نشان می‌دهد که تغییرات دمایی جزیره حرارتی شهری ناشی از فعالیت‌های انسانی سبب افزایش دمای ایستگاه‌های هواشناسی شهری در مقایسه با ایستگاه‌های روستایی می‌شود. با این حال ویژگی‌ها و علل این تغییرات به عوامل متعددی از جمله شرایط وضع هوا، سرعت و جهت باد، رطوبت، عرض و ارتفاع جغرافیایی، پوشش گیاهی، توپوگرافی، آلودگی هوا، شرایط تخلیه هوای شهر و غیره که با گذشت زمان تغییر می‌کند، بستگی دارد[13].

تابش خورشیدی

تابش خورشیدی به‌عنوان یکی از منابع اصلی گرما در یک منطقه معرفی شده است. تنها بخش کوچکی از گرمای تولیدشده از تابش خورشید، مستقیماً محیط را گرم می‌کند و مقدار باقیمانده آن توسط ساختارهای شهری جذب و به‌طور غیر مستقیم باعث گرم‌شدن محیط می‌شود. این ساختارهای طبیعی و انسانی به‌طور مداوم انرژی گرمایی را از طلوع خورشید تا غروب آن، جذب و ذخیره می‌کنند. پس از غروب خورشید محیط شروع به خنک‌شدن می‌کند و سپس گرمای ذخیره‌شده در ساختمان‌ها به محیط منتقل می‌شود[4].

تحقیقات بسیاری در جهت بیان میزان تاثیر تابش خورشیدی در ایجاد جزیره حرارتی شهری در سال‌های اخیر انجام شده است.

به‌عنوان مثال در پژوهشی که *فنگ‌یانگ* و همکاران در شانگهای انجام دادند، نشان داد که یکی از مهم‌ترین متغیرها در شدت جزیره حرارتی شهری روزانه، مقدار تابش خورشیدی ورودی به سایت است[17].

سرعت، شدت و جهت باد

مطالعات بسیاری تاثیر سرعت باد و پوشش ابری را بر جزیره حرارتی شهری گزارش کرده‌اند که نتایج حاصل از آنها نشان می‌دهد که جزیره حرارتی شهری رابطه منفی با افزایش سرعت باد دارد[18-20].

در بین تمام عناصر اقلیمی موثر بر جزیره حرارتی شهری، شرایط باد بیش از همه به‌وسیله شهرنشینی تغییر می‌کند. باد شهری بیش از هر عنصر دیگر آب و هوایی می‌تواند توسط طراحی شهری کنترل و اصلاح شود. هنگامی که جریان باد به مرزهای منطقه شهری نزدیک می‌شود با مقاومت بیشتری که توسط ساختمان‌ها ایجاد می‌شود، روبه‌رو شده و درنتیجه مقابله با آن، سرعت جریان باد در سطح شهر کاهش می‌یابد[21]. نتیجه تحقیقات نشان می‌دهد که به علت تفاوت‌های توپوگرافی، هر شهر واکنش متفاوتی در برابر جریان باد نشان می‌دهد. در بسیاری از موارد چگونگی توسعه جزیره حرارتی شهری با توجه به جهت مختلف باد متفاوت است[13].

ساختمان‌های بلند با فضاهای باز بزرگ بین آنها شرایط تهویه مناسب‌تری را نسبت به ساختمان‌های کم‌ارتفاع نزدیک به هم فراهم می‌کنند. همچنین تحقیقات نشان می‌دهد که بیش از ارتفاع ساختمان، تفاوت بین ارتفاع ساختمان‌ها شرایط جریان باد را تحت تاثیر قرار می‌دهد. شدت و کیفیت باد تحت تاثیر جزییات طراحی ساخت‌وسازهای شهری قرار دارد و بنابراین می‌تواند با طراحی شهری مناسب کنترل شود. اصلاح شرایط باد، بیشترین فرصت برای تعدیل آب و هوای شهری و ایجاد آسایش حرارتی انسان در شهرها را فراهم می‌آورد[21].

رطوبت خاک و رطوبت هوا

انرژی خورشیدی در اوایل روز از یک سو عامل تبخیر شبنم و قطرات روی گیاهان است و از طرف دیگر توسط مصالح ساختمانی جذب می‌شود. علاوه بر این کاهش پوشش گیاهی در شهرها باعث افزایش سرعت رواناب روی سطح زمین می‌شود که این پدیده سبب کاهش ذخیره‌سازی آب در خاک و به دنبال آن کاهش میزان تبخیر در سطح شهر خواهد شد[13]. بنابراین هم‌زمان با افزایش رشد و توسعه شهری رطوبت کمتری توسط خاک حفظ می‌شود و اثر خنک‌کنندگی آن از بین می‌رود[2]. طبق بررسی‌های انجام‌شده برخلاف رفتار رطوبت خاک که افزایش آن موجب کاهش جزیره حرارتی شهری می‌شود، افزایش رطوبت هوا میزان شدت جزیره حرارتی شهری را افزایش می‌دهد[19, 20, 22].

توپوگرافی و ارتفاع

توپوگرافی از عوامل تاثیرگذار بر تشکیل جزیره حرارتی شهر است. تاثیر توپوگرافی در تشکیل جزیره حرارتی شهری به‌ویژه زمانی که بادهای غالب نسبتاً ضعیف هستند از اهمیت بالایی برخوردار است[23]. *گلدریچ* شهرها را براساس توپوگرافی به چهار نوع شامل شهرهای دره‌ای، شهرهای روی دامنه، شهرهای درون گودال، شهرها در ارتفاع زیاد طبقه‌بندی می‌کند[24].

الف) شهرهای دره‌ای: مناطقی شهری که پایین دره واقع شده‌اند، به اندازه مناطق روستایی هم‌جوار تحت تاثیر وارونگی دمای هوای شبانه قرار نمی‌گیرند، چراکه ساختمان‌ها به‌عنوان موانع فیزیکی عمل می‌کنند و مانع از ورود هوای سرد از دامنه‌های بالاتر می‌شوند. همچنین تابش حرارتی سطوح در لایه تاج پوشش شهری تا حدی از وارونگی دمای هوای شبانه در مناطق شهری جلوگیری می‌کند. درنتیجه، جزیره حرارتی شهری شدیدی، به‌خصوص در اوایل شب در مناطق شهری واقع در پایین دره تشکیل می‌شود[20].

ب) شهرهای روی دامنه: جزیره حرارتی شهرهایی که روی دامنه‌ها ساخته شده‌اند نیز می‌تواند تحت تاثیر بادهای محلی قرار گیرد. هنگامی‌که باد بر شهر بوزد، می‌تواند وارونگی دمایی را شروع و یا شدت ببخشد، به این ترتیب جزیره حرارتی شهری را تضعیف یا پراکنده سازد[24].

ج) شهرهای درون گودال: جزیره حرارتی شهرهایی که در گودال‌ها واقع شده و توسط کوه‌ها و موانع احاطه نشده‌اند، در شرایط آرام و باد ضعیف، افزایش می‌یابد[20].

د) شهرها در ارتفاع زیاد: همچنین با افزایش ارتفاع از سطح دریا، شدت جزیره حرارتی شهری کاهش می‌یابد[15]. به‌طور متوسط به ازای هر ۱۰۰۰ متر $6^{\circ}C$ دمای هوا کاهش پیدا می‌کند.

دسته‌بندی‌های ارایه‌شده توسط *گلدریچ* با توجه به بستر مطالعاتی انجام‌شده و در اقلیم‌های مختلف قابلیت اصلاح دارد. به‌عنوان مثال در ایران می‌توان به دسته‌ای دیگر از شهرهای واقع در دشت و بیابان نیز اشاره کرد.

عرض جغرافیایی

به‌طور کلی در حرکت از عرض جغرافیایی پایین یا کم (صفر درجه) به بالا یا زیاد (۹۰ درجه)، به علت اینکه تابش اشعه خورشید عمودتر می‌شود، دمای هوا افزایش می‌یابد. مطالعه *وینرت* و *کوتلر* روی ۲۲۳ شهر در نیم‌کره شمالی و جنوبی نشان می‌دهد که همبستگی مثبتی بین عرض‌های جغرافیایی بالا و شدت جزیره حرارتی شهری وجود دارد[18]. در بیشتر شهرهای واقع در عرض‌های جغرافیایی متوسط و زیاد، دمای هوای شهر به‌طور کلی بالاتر از مناطق روستایی آنها است[25].

نزدیکی به سطوح وسیع آب مانند رودخانه و دریا

بیشتر مطالعاتی که تاکنون روی بررسی رابطه میان شدت جزیره حرارتی شهری و نرخ نزدیکی به دریا انجام شده است، نشان می‌دهند که رودخانه‌ها و آب‌های وسیع نیز بر دمای هوا تاثیر می‌گذارند و دمای هوا در مناطق نزدیک‌تر به آنها کاهش می‌یابد[26].

بررسی و تحلیل عوامل قابل کنترل؛ نقش طراحی شهری بر میزان و شدت جزیره حرارتی در سطح شهر

تحقیقات بسیاری تاثیر عوامل قابل کنترل مختلفی از جمله کاربری و پوشش زمین، اندازه، تراکم، هندسه و بافت شهر، خصوصیات فرم سه‌بعدی ساختمان، عرض و جهت‌گیری خیابان‌ها و نوع مصالح را

بر افزایش درجه حرارت هوا و تشکیل جزیره حرارتی شهری مورد بررسی قرار داده‌اند[34, 21, 4].

پوشش گیاهی و کاربری زمین

درختان و پوشش گیاهی از طریق سایه‌اندازی به کاهش دمای سطح و از طریق فرآیند تبخیر به کاهش دمای هوا کمک می‌کنند. کاهش پوشش گیاهی در مناطق شهری نسبت به مناطق روستایی و در مقابل، گسترش شهرها با سطوح غیر قابل نفوذ همچون جاده‌ها، پیاده‌روها و پارکینگ‌ها سبب کاهش رطوبت و تبخیر و در نهایت موجب افزایش دمای هوا در شهرها می‌شود[23].

در سال ۲۰۰۳ مطالعه‌ای روی نحوه تغییرات کاربری و پوشش زمین در ۱۳ منطقه از شهر آتلانتا با جزیره‌های حرارتی متفاوت، انجام شد که در آن محققان کاربری و پوشش زمین را به شش نوع شامل کاربری شهری با تراکم بالا (عمدتاً تجاری و صنعتی)، کاربری شهری با تراکم کم (عمدتاً مسکونی)، زمین‌های کشاورزی، گیاهان زراعی یا علف‌زارها، جنگل و آب طبقه‌بندی کردند. طی دوره ۲۵ساله توسعه سریع شهر، وسعت مناطق تراکم بالا و کم‌تراکم به ترتیب ۹۰% و ۱۱۹% افزایش می‌یابد، در حالی که مناطق جنگلی و مزرعه به ترتیب ۲۱% و ۳۳% کاهش یافته بودند. با تغییرات در کاربری و پوشش زمینی در متروی آتلانتا طی یک دوره ۱۰ساله، این منطقه دارای چهار جزیره حرارتی شهری بزرگ شده است. در اواخر دهه ۱۹۹۰، مناطق حومه‌ای نزدیک مرکز آتلانتا تبدیل به گرم‌ترین مناطق کل شهر شدند[54].

نتیجه پژوهش دیگری که روی شهرهای شمال ایالات متحده برای تعیین رابطه بین دمای سطح و شاخص پوشش گیاهی انجام شد، نشان داد که همبستگی بین دمای سطح و شاخص پوشش گیاهی، وابسته به سال، فصل، زمان و روز است. همچنین برای زمستان همبستگی بین دمای سطح و پوشش گیاهی مثبت است و همبستگی منفی قوی بین آنها تنها در طول فصل گرم دیده می‌شود. به عبارت دیگر در هر دو فصل سرد و گرم پوشش گیاهی باعث مطلوب‌ترشدن دمای هوا می‌شود. علاوه بر آن اثر خنک‌سازی پوشش گیاهی بر دمای سطح، در طول روز نسبت به شب قوی‌تر است[55].

اثر پوشش‌های گیاهی مختلف بر دمای سطح متفاوت است. به‌طور مثال، *استون* و *نورمن* دریافتند که اگر مناطق حومه آتلانتا ۲۵% زمین‌های چمن خود را کاهش دهد و آنها را با درختان جایگزین کند، می‌تواند سهم گرمای ناخواسته را ۱۳% کاهش دهد[56].

در ایران اکبری الگوی توزیع درجه حرارت شهر تهران را مورد مطالعه قرار داد. او با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی حداکثر احتمال، میانگین حرارت برای هر یک از انواع کاربری پارک تفریحی، پارک جنگلی، مسکونی- صنعتی، معابر، اراضی کم‌درخت و اراضی بایر را استخراج کرد. وی پس از بررسی‌و ارزیابی نتیجه گرفت که کاربری‌های مختلف دارای میانگین حرارتی متفاوت با یکدیگر هستند و هر کدام بر طبقه دمایی ویژه‌ای انطباق دارند[57].

مصالح و سطوح نفوذناپذیر

سه ویژگی اصلی مواد و مصالح شهری، یعنی بازتاب خورشیدی یا همان آلبدو مصالح (توانایی یک سطح ساخته‌شده برای بازتاب گرمای تابش خورشیدی)، تابش حرارتی (توانایی یک سطح برای رهایی از گرما و یا انتشار تابش طول موج بلند) و ظرفیت گرمایی (مقدار انرژی لازم برای افزایش دمای یک سطح) بر میزان توسعه جزیره حرارتی شهر تاثیر می‌گذارند، زیرا آنها تعیین می‌کنند که تابش خورشید چگونه بازتاب، منتشر و جذب شود. سطوح با مقادیر بالای انتشار، خنک‌تر می‌شوند، زیرا آنها گرما را به‌آسانی آزاد می‌کنند. بسیاری از مصالح ساختمانی که در ساخت‌وسازهای شهری رواج دارند مانند فولاد و بتن، ظرفیت حرارتی بالاتری نسبت به مصالح غالب استفاده‌شده در ساخت‌وسازهای روستایی مانند خاک و چوب دارند[32, 23].

در دهه‌های اخیر، اثر دیگر تشدید شهرنشینی، استفاده از سطوح نفوذناپذیر نظیر آسفالت و بتن به جای خاک طبیعی است. این امر سبب کاهش نفوذ آب به سطوح و به تبع آن باعث کاهش عملکرد برودتی سطوح می‌شود. مناطق شهری، با سطوح غیر قابل نفوذ بسیار، رواناب بیشتر از همتایان روستایی خود دارند. آب روان به‌سرعت تخلیه می‌شود و در درازمدت آب سطحی کمتری برای تبخیر- تعرق در دسترس است. میزان تبخیر پایین‌تر در مناطق شهری عامل مهمی در افزایش دمای هوا است[25].

حمل‌ونقل

تمرکز عمده حمل‌ونقل در مناطق شهری است و تاثیر چشمگیری بر محیط و شرایط آب و هوایی شهر دارد که سبب تغییرات آب و هوایی می‌شود. خودروها و وسایل نقلیه در انتشار گرما در مناطق شهری نقش دارند و گرمای کل ساطع‌شده توسط آنها در لایه تاج پوشش شهری به دام می‌افتد و از این طریق سبب افزایش دمای هوا می‌شوند و آسایش حرارتی ساکنان شهر را کاهش می‌دهند. همچنین گازهای گلخانه‌ای تولیدشده توسط وسایل نقلیه در شکل‌گیری دود شهری و گرم‌شدن کره زمین نقش دارند[59, 58].

تحقیقات نشان می‌دهد که گرمای آزادشده از صنعت، اتومبیل و واحدهای ساختمانی، جزیره حرارتی شهری را به میزان ۱ تا ۵°C افزایش می‌دهد[62-60].

اندازه، تراکم و جمعیت شهر

در مقایسه با سایر عوامل، اندازه شهر به‌طور گسترده مورد مطالعه قرار نگرفته است. *اوک* از اولین محققینی بود که در سال ۱۹۷۳، برای بررسی تاثیر اندازه شهر بر جزیره حرارتی شهری، تفاوت‌های بین شهرهای مختلف در کانادا را با جمعیتی از ۱۰۰۰ تا ۲ میلیون نفر مورد تحلیل و بررسی قرار داد. این مطالعات نشان داد که اندازه شهر بر شدت جزیره حرارتی شهری تاثیرگذار است[34]. وی در سال ۱۹۸۲ با استفاده از فرمولی نشان داد که بین شدت جزیره حرارتی شهری و جمعیت بالای شهرها رابطه‌ای مستقیم وجود دارد[14].

در بیشتر نمونه‌های بررسی‌شده تراکم ساختمانی و فعالیت‌های تولیدکننده گرما در مرکز شهر با افزایش اندازه یک شهر افزایش می‌یابد. بنابراین رابطه معقولی بین اندازه شهر و شدت جزیره حرارتی در مرکز شهر وجود دارد[21]. میزان جمعیت می‌تواند اثراتی دوگانه

روی تولید گرما داشته باشد که اثر مستقیم آن از طریق جمعیت بیشتر و درنتیجه متابولیزم بیشتر است و اثر غیر مستقیم آن از طریق تعداد ساختمان‌ها، وسایل نقلیه، کارخانه‌ها و غیره است که با رشد جمعیت افزایش می‌یابند. بنابراین تراکم جمعیت می‌تواند میزان گرمای یک منطقه را افزایش دهد[4]. برخی از پژوهشگران همچون *کیم* و *بایک* در سال ۲۰۰۴ و *پنگ* و همکاران در سال ۲۰۱۲ این عامل را در شهرهای بزرگ از عوامل کم‌اهمیت بر ایجاد جزایر حرارتی ارزیابی کردند. *پنگ* و همکاران پس از بررسی ۴۱۹ شهر بزرگ با جمعیت بیش از یک میلیون نفر، تاثیر اندازه شهر بر جزیره حرارتی شهری را در مقایسه با سایر عوامل اقلیمی، اقتصادی و اجتماعی و غیره کم‌اهمیت دانستند[44, 63].

فرم و هندسه

فرم پراکنده و فشرده، ارتفاع ساختمان‌ها، عرض و جهت‌گیری خیابان‌ها (کانیون‌های شهری) و دید به آسمان از جمله عوامل قابل کنترل جزیره حرارتی مرتبط با فرم و هندسه شهری هستند که در زیر به شرح آنها پرداخته شده است:

الف) فرم پراکنده و فشرده: جزیره حرارتی شهری تحت تاثیر فرم، بافت و شکل محله‌ها قرار دارد[64]. *استون* در سال ۲۰۱۰ با بررسی رابطه بین شاخص پراکندگی پیکربندی فضایی (مرکزیت، اتصال، تراکم و ترکیب کاربری) و شدت تمرکز کاربری زمین در ۸۳ شهر از بزرگ‌ترین مناطق شهری ایالات متحده نشان داد که شهرهایی با فرم پراکنده (دارای بالاترین شاخص پراکندگی) در مقایسه با شهرهای فشرده (دارای کمترین شاخص پراکندگی)، بیشترین افزایش در جزیره حرارتی شهری را داشته‌اند[65]. به نظر می‌رسد دلیل اصلی این مساله گسترش سطوح نفوذناپذیر و زیرساخت‌های شهری در سطح بیشتری از شهر، همچنین افزایش حمل‌ونقل و نرخ جمعیت باشد.

ب) ارتفاع ساختمان‌ها: با الگوی مشابهی از پوشش زمین، ساختمان‌های بلندتر سبب کاهش سرعت باد روی سطح زمین نسبت به ساختمان‌های کوتاه‌تر می‌شوند. با این حال اثر ارتفاع ساختمان‌های بلند با ارتفاع نسبی ساختمان‌های مجاور اصلاح می‌شود. شرایط باد بر روی سطح زمین در منطقه شهری با ساختمان‌هایی هم‌ارتفاع، کاملاً متفاوت از منطقه شهری با ترکیبی از ساختمان‌های بلند و کوتاه است. عوامل اصلی که اثر تراکم شهری را بر سرعت باد شهری تعیین می‌کنند، ارتفاع متوسط ساختمان‌ها و فاصله بین آنها است. با این حال مهم‌ترین عامل در رابطه با ارتفاع ساختمان، از جنبه تهویه شهری، تفاوت در ارتفاع ساختمان‌های مجاور است[21].

ج) کانیون‌های شهری: یکی دیگر از جنبه‌های هندسه شهری که توسط محققان در ارتباط با جزایر حرارتی مورد بررسی قرار گرفته است، کانیون‌های شهری است. کانیون‌های شهری را می‌توان یک خیابان نسبتاً باریک که توسط ساختمان‌های بلند احاطه شده است، تعریف کرد[23]. کانیون‌های شهری با نسبت ارتفاع ساختمان به عرض خیابان (H/W) در نظر گرفته می‌شود[66]. در شهرهایی که نسبت ارتفاع ساختمان‌ها به عرض خیابان زیاد است، جزیره حرارتی شهری نیز غالباً شدیدتر است[67]. *اوک* معتقد است نسبت ایده‌آل کانیون‌های شهری بین ۰/۴ تا ۰/۶ است[68].

در طول روز، کانیون‌های شهری می‌توانند اثرات دوگانه داشته باشند. از یک طرف ساختمان‌های بلند می‌توانند سایه ایجاد کنند و دمای هوا را کاهش دهند و از سوی دیگر، هنگامی که تابش خورشیدی به سطوح کانیون‌های شهری برسد، تابش حرارتی سطوح، آلبدو سراسر شهر را پایین می‌آورد و می‌تواند دمای هوا را افزایش دهد. در هنگام شب کانیون‌های شهری عموماً مانع از خنک‌شدن هوا می‌شوند[23].

جهت‌گیری کانیون‌های شهری معمولاً جهت‌گیری ساختمان را تعیین می‌کند و بر شرایط باد در منطقه شهری، نور و سایه در خیابان‌ها و پیاده‌روها، قرارگرفتن در معرض خورشید و تهویه در ساختمان‌ها تاثیرگذار است[21]. به صورتی که خیابان‌های شرقی-غربی به دلیل سایه کمتر در طول روز نسبت به خیابان‌های شمالی-جنوبی، دمای بالاتری دارند[17, 69].

د) دید به آسمان: شاخص دید به آسمان نسبتی از منطقه آسمان قابل مشاهده به کل گنبد آسمان از یک نقطه مشاهده در زمین تعریف شده که مقدار عددی آن بین صفر تا یک است. هر چه این عدد به یک نزدیک‌تر باشد بیانگر دید بهتر به آسمان است[70]. شاخص دید به آسمان مانند نسبت کانیون‌های شهری (نسبت ارتفاع ساختمان به عرض خیابان) یکی دیگر از خصوصیات سه‌بعدی فرم ساختمان است که مقدار نسبی آسمان بدون مانع یا بازبودن آن را اندازه‌گیری می‌کند. با این حال برخلاف نسبت کانیون‌های شهری، تاثیر درختان و توپوگرافی را نیز در نظر می‌گیرد[39]. طبق نظرات برخی از محققان با ایجاد تغییرات در نمای دید آسمان و کاهش نسبت ارتفاع ساختمان به عرض خیابان، میزان شدت جزیره حرارتی شهری کاهش می‌یابد[4, 15].

سایر عوامل قابل کنترل وابسته به شهرسازی

آلودگی هوا، انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمای انسانی آزادشده از جمله عواملی هستند که در اثر خصوصیات و متغیرهای شهرسازی و کالبدی در شهرها ایجاد می‌شوند.

آلودگی هوا

آلودگی هوای شهری نیز به بسته به روز و فصل سال با جزیره حرارتی ارتباط دارد. در طول روزهای آفتابی، آلودگی با ممانعت از ورود تابش خورشیدی باعث کاهش دما می‌شود، با این حال در شب آلودگی هوا همچون پوششی از خروج گرما جلوگیری می‌کند و درنتیجه سبب افزایش شدت جزیره حرارتی می‌شود. این گرما و آلودگی حاصل از وسایل نقلیه و دیگر سیستم‌های مکانیکی در زمستان و یا در شهرهای سردسیر به کاهش مصرف انرژی کمک می‌کند، اما در طول تابستان، تابش خورشیدی بسیار شدید و شدت جزیره حرارتی شهری به‌وضوح متاثر از تعامل ساختارهای شهری و تابش خورشیدی است[2].

گازهای گلخانه‌ای

به‌طور کلی اعتقاد بر این است که آلودگی هوا در بالای مناطق شهری

می‌تواند طول موج بلند تابشی را جذب و مجدداً بازتابش کند و مانع از خنک‌شدن سطح شود و با ایجاد اثر گلخانه‌ای جزیره حرارتی شهری را ایجاد کند[4]. این آلاینده‌ها برای سلامت انسان مضر هستند و سبب باران‌های اسیدی می‌شوند[23].

گرمای انسانی

گرمای انسانی منتشرشده عمدتاً شامل گرمای تولیدشده از مصرف انرژی (گرمای تولیدشده غیر مستقیم) و متابولیسم بدن انسان (گرمای تولیدشده مستقیم) است[95, 96]. در پژوهشی که در سال ۱۹۸۴ انجام شد، مصرف انرژی و تراکم جمعیت به‌عنوان شاخص‌های گرمای انسانی انتخاب شدند. شدت جزیره حرارتی رابطه قابل توجهی با مصرف انرژی دارد. افزایش مصرف انرژی سبب افزایش شدت جزیره حرارتی می‌شود. تمام فرآیند مصرف انرژی در زندگی روزانه به‌طور مرتب میزان زیادی از گرما، گرد و غبار و گازهای گلخانه‌ای را به اتمسفر می‌رساند و درنتیجه دمای هوا را افزایش می‌دهد و جزیره حرارتی شهری را تشدید می‌کند[4, 25, 40, 81, 97].

همان‌طور که در جدول‌های ۲، ۳ و ۴ گزارش شده است، تاثیر برخی از عوامل در پژوهش‌های گوناگون دارای نتایج متفاوتی است. به‌عنوان مثال تاثیر هندسه و کانیون شهری دید به آسمان، نرخ ارتفاع ساختمان به عرض خیابان (H/W)، درصد مساحت ساخته‌شده (FAR) می‌تواند نتایج متفاوتی را ارایه دهد. آنچه به‌طور کلی بیان می‌شود، این است که افزایش نرخ ارتفاع به عرض می‌تواند جزیره حرارتی شهری روزانه و شبانه را افزایش دهد. بررسی‌های بیشتر نشان می‌دهند که افزایش نرخ ارتفاع به عرض در اقلیم گرم و نیمه‌گرم با تابستان‌های خشک می‌تواند سبب کاهش جزیره حرارتی روزانه شود. همچنین افزایش میزان دید به آسمان می‌تواند میزان دما و شدت جزیره حرارتی روزانه و شبانه را کاهش دهد، اما در مواردی شدت جزیره حرارتی روزانه به علت افزایش ورود اشعه تابش خورشیدی و جذب بیشتر مصالح ساختمانی افزایش می‌یابد. درصد بالای مساحت ساخته‌شده (تراکم) در پژوهش‌های بسیاری به‌عنوان افزایش‌دهنده شدت جزیره حرارتی شهری مطرح می‌شود، اما مواردی نیز مطرح شده است که کاهش شدت جزیره حرارتی تحت تاثیر این عامل را نشان می‌دهد. با این حال برخی از محققین افزایش و یا کاهش شدت جزیره حرارتی شهری تحت تاثیر هندسه شهری را منوط به وجود میزان مطلوبی از نرخ ارتفاع به عرض (H/W) و نرخ مساحت ساخته‌شده (FAR) می‌دانند. این تناقضات می‌تواند نشان‌دهنده این مساله باشد که در بررسی عوامل موثر لازم است که سایر عوامل تاثیرگذار نیز در نظر گرفته شوند. به‌طور مثال کاهش دما و شدت جزیره حرارتی شهری در اثر افزایش درصد مساحت ساخته‌شده می‌تواند به دلیل کاهش زمین‌های بایر و خالی و تبدیل آنها به مناطق مسکونی باشد. طبق مطالعات انجام‌شده، زمین‌های بایر و خشک در اثر تبخیر و تعرق، رطوبت خود را از دست می‌دهند و نسبت به سایر پوشش‌های زمین از دمای بالاتری برخوردار هستند. همچنین خاک به دلیل داشتن رنگ تیره در مقابل رنگ روشن مصالح ساختمانی، می‌تواند گرمای بیشتری را جذب کند. بنابراین می‌توان ادعا کرد که توسعه شهرنشینی در مواردی نیز باعث کاهش دمای محیط و جزیره حرارتی شهری شده است.

همبستگی مثبت و یا منفی هر یک از عوامل مطرح‌شده بر روی جزیره حرارتی شهری، نیازمند بررسی هم‌زمان سایر عوامل، در نظرگیری موقعیت جغرافیایی، ویژگی‌ها و تاثیرات شهرسازی و سایر عواملی است که تنها از طریق بازدیدهای میدانی به دست آید.

جدول ۲) جمع‌بندی نتایج تحقیقات برخی از محققین بر روی عوامل غیر قابل کنترل موثر بر جزیره حرارتی شهری

عوامل اقلیمی	نتایج
تابش خورشید	افزایش تابش خورشیدی و تابش ورودی کل به سایت سبب افزایش میزان شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[4, 17, 27]. مهم‌ترین متغیر تاثیرگذار بر شدت جزیره حرارتی شهری روزانه است[17, 28].
عرض جغرافیایی	در حرکت از عرض جغرافیایی پایین (صفر درجه) به بالا (۹۰ درجه)، میزان شدت جزیره حرارتی شهری افزایش می‌یابد[18, 25, 29]. جزیره حرارتی شهری در عرض‌های جغرافیایی پایین نسبت به عرض‌های بالاتر (موجب صرفه‌جویی در انرژی و کاهش انتشار گرمای انسانی به‌خصوص در فصل زمستان می‌شود) اثرات منفی بیشتری دارد[25, 30, 31]. اهمیت جزیره حرارتی شهری در عرض‌های پایین در طول سال و در عرض‌های بالا در فصل تابستان است[31, 32].
رطوبت خاک و هوا	افزایش رطوبت خاک و فرآیند تبخیر- تعرق، سبب کاهش میزان شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[2, 19, 33]. افزایش رطوبت هوا سبب افزایش میزان شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[19, 20, 22].
باد	افزایش سرعت باد سبب کاهش میزان شدت جزیره حرارتی شهری روزانه و شبانه می‌شود[13, 21, 23, 29, 34]. کنترل‌کننده مهم شدت جزیره حرارتی شهری است[13, 20, 27, 35]. بر شکل، فرم و ابعاد فضایی جزیره حرارتی شهری تاثیرگذار است[36, 37]. رابطه باد و جزیره حرارتی شهری در شرایط بدون ابر ضعیف است[38].
پوشش ابری	افزایش پوشش ابری سبب کاهش میزان شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[13, 29, 31, 39, 40].
شرایط آنتی‌سیلیکون	شرایط آنتی‌سیلیکون باعث افزایش دمای جزیره حرارتی می‌شود[41-43].
توپوگرافی و ارتفاع	توپوگرافی شهری می‌تواند تاثیر مثبت و یا منفی بر شدت جزیره حرارتی شهری داشته باشد[20, 24, 39, 44, 45]. با افزایش ارتفاع از سطح دریا، شدت جزیره حرارتی شهری کاهش می‌یابد[15, 27, 46].
نزدیکی به دریا	نزدیکی به رودخانه‌ها، دریاچه‌ها و سطوح آبی بزرگ، سبب کاهش میزان شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[20, 23, 26, 29, 45, 47]. سطوح آبی بزرگ سبب کاهش شدت جزیره حرارتی روزانه و افزایش شدت جزیره حرارتی شبانه می‌شوند[27, 48]. تقویت و یا تضعیف شدت جزیره حرارتی شهری توسط سطوح آبی بستگی به فصل دارد[49, 50]. بین سطوح آبی و شدت جزیره حرارتی شهری همبستگی ضعیف و یا عدم همبستگی دیده می‌شود[51-53].

جدول ۳) جمع‌بندی نتایج تحقیقات برخی از محققین بر روی عوامل قابل کنترل شهرسازی موثر بر جزیره حرارتی شهری

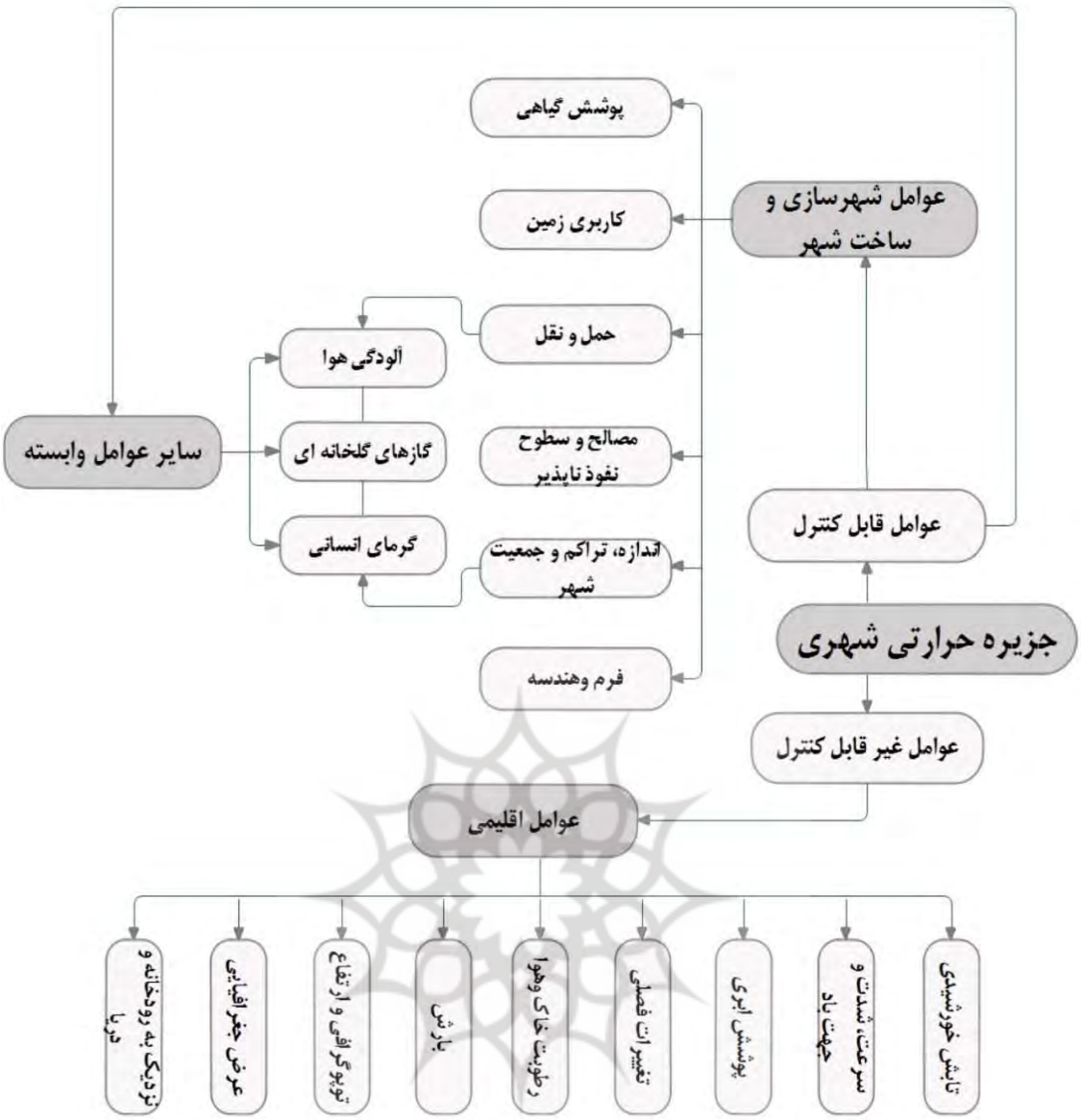
عوامل شهرسازی	نتایج
کاربری زمین	کاربری‌های شهری (مناطق ساخت‌شده- مراکز شهری و صنعتی) به نسبت کاربری‌های غیرشهری دمای بالاتری دارند[19, 23, 65, 66, 71, 72]. بالاترین کلاس دمایی مربوط به زمین‌های بایر و خشک است[19].
پوشش گیاهی	افزایش پوشش گیاهی و شاخص نرمال‌شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) سبب کاهش شدت جزیره حرارتی شهری می‌شوند[15, 19, 23, 25, 29, 52, 65, 73, 74]. مهم‌ترین کنترل‌کننده فیزیکی جزیره حرارتی شهری است[51-53, 65, 75]. پوشش گیاهی بر کاهش دمای جزیره حرارتی بعد از ظهر و شب موثرتر است[17, 35, 66, 76]. تاثیر پوشش گیاهی بر جزیره حرارتی شهری وابسته به فصل است و بیشترین تاثیر را بر جزیره حرارتی فصل تابستان دارد[51, 53, 55, 75, 77]. اثر پوشش‌های گیاهی مختلف بر دما متفاوت و رابطه ضعیفی بین پوشش گیاهی چمن و جزیره حرارتی برقرار است[53, 56, 72].
آلبدو و مصالح	افزایش ضریب آلبدو مصالح سبب کاهش میزان شدت جزیره گرمایی شهری می‌شود[23, 25, 27, 32, 52, 56, 70, 73, 78].
سطوح نفوذناپذیر	افزایش سطوح نفوذناپذیر سبب افزایش میزان شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[2, 25, 29, 52, 56, 65].
حمل‌ونقل	افزایش گرمای آزادشده از صنعت، اتومبیل و واحدهای ساختمانی سبب افزایش میزان شدت جزیره گرمایی شهری می‌شود[60-62].
اندازه- جمعیت شهر	افزایش جمعیت شهر سبب افزایش شدت جزیره حرارتی می‌شود[4, 21, 29, 34, 40, 65]. همبستگی بین جمعیت و شدت جزیره حرارتی شهری دیده نمی‌شود[44, 63, 79, 80]. افزایش مساحت شهر سبب افزایش شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[80-83].
هندسه و کانیون‌های شهری	هندسه شهری (دید به آسمان و نسبت H/W) با شدت جزیره حرارتی شهری رابطه‌ای قوی دارد[14, 39, 64, 84-87]. رابطه قابل توجهی بین هندسه کانیون شهری با جزیره حرارتی شبانه دیده نمی‌شود[38, 39, 66]. شهرهای فشرده در کاهش دما و شدت جزیره حرارتی شهری سازگارتر از شهرهای پراکنده هستند[15, 56, 68, 82]. افزایش ارتفاع ساختمان سبب کاهش شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[27, 69, 75, 78]. شدت جزیره حرارتی شهری در کانیون‌های شرقی- غربی بالاتر از کانیون‌های شمالی- جنوبی است[17, 35, 69, 89, 90].
نسبت H/W	افزایش میزان H/W (ارتفاع ساختمان به عرض خیابان) سبب افزایش دمای جزیره حرارتی شهری می‌شود[20, 29, 66, 67, 91, 92]. افزایش میزان H/W در آب و هوای نیمه‌گرم، با تابستان‌های خشک سبب کاهش دمای جزیره حرارتی می‌شود[48, 69, 93]. میزان H/W بین ۰/۴-۰/۲ برای کانیون‌های شهری مناسب است[68].
دید به آسمان	افزایش شاخص دید به آسمان سبب کاهش میزان شدت جزیره گرمایی شهری می‌شود[4, 52, 70]. افزایش شاخص دید به آسمان سبب افزایش میزان شدت جزیره حرارتی شهری روزانه می‌شود[15, 17, 27, 93]. افزایش شاخص دید به آسمان سبب کاهش میزان شدت جزیره حرارتی شهری شبانه می‌شود[27, 29, 67, 87, 94].
تراکم ساختمان	افزایش تراکم ساختمانی (FAR) سبب افزایش جزیره حرارتی شهری می‌شود.

جدول ۴) جمع‌بندی نتایج تحقیقات برخی از محققین بر روی عوامل قابل کنترل شهرسازی موثر بر جزیره حرارتی شهری

عوامل وابسته شهرسازی	نتایج
آلودگی هوا	افزایش آلودگی هوا سبب افزایش میزان شدت جزیره گرمایی شهری می‌شود[4, 23, 88].
گرمای انسانی	افزایش گرمای انسانی آزادشده سبب افزایش میزان شدت جزیره حرارتی شهری می‌شود[4, 29, 60-62, 80, 96]. نقش گرمای انسانی آزادشده بر جزیره حرارتی شهری در شب و فصل زمستان بیشتر است[4, 20, 23, 25, 28, 61, 97].
گازهای گلخانه‌ای	اثر گلخانه‌ای سبب تشدید جزیره حرارتی شهری می‌شود[23, 80].

نتیجه‌گیری

در مجموع با مرور نظام‌مند مطالعات بسیاری که روی جزیره حرارتی شهری انجام شده است و براساس تحلیل موضوعی مقالات و نیز تحلیل محتوایی مقالات منتخب می‌توان گفت که جزیره حرارتی شهری تحت تاثیر دو دسته عوامل قرار می‌گیرد. دسته اول عوامل اقلیمی هستند که می‌توان از میان آنها تابش خورشید و شدت باد را موثرترین عوامل دانست. اگرچه این دسته از عوامل در شهرهای موجود تقریباً غیر قابل کنترل هستند، اما در تصمیم‌گیری پیرامون جایابی شهرهای جدید و یا تعیین جهت توسعه شهر اهمیت بسیاری دارند. دسته دوم، عوامل قابل کنترل و عمدتاً مرتبط با طراحی و ساخت شهر هستند که می‌توان پوشش گیاهی، کاربری زمین، حمل‌ونقل و خصوصیات مصالح سطح را مهم‌ترین آنها محسوب کرد (شکل ۲). شناخت اهمیت این عوامل می‌تواند نقش و جایگاه طراحی شهری، برنامه‌ریزی شهری و معماری را در کاهش جزایر حرارتی شهری نشان دهد.



شکل ۲) دسته‌بندی عوامل موثر بر شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری

تشکر و قدردانی: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.
تاییدیه اخلاقی: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.
تعارض منافع: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.
سهم نویسندگان: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.
منابع مالی: موردی توسط نویسندگان ذکر نشده است.

منابع

1- Walsh J, Wuebbles D, Hayhoe K, Kossin J, Kunkel K, Stephens G, et al. Our changing climate. In: U.S. Government Printing. Climate change impacts in the United States. Washington DC.: U.S. Government Printing; 2014. pp. 19-67.
2- Urban Climate Lab of the Georgia Institute of Technology. Louisville urban heat management study. Louisville: Louisville Metro Office of Sustainability; 2016.
3- Akbari H. Cooling our communities; A guidebook on tree planting and light-colored surfacing. Akbari H, Davis S, Dorsano S, Huang J, Winnett S, editors. Washington, D.C: U.S. Environmental Protection Agency; 1992.
4- Rizwan AM, Dennis LY, Chunho L. A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. J Environ Sci. 2008;20(1):120-8.
5- Voogt JA, Oke TR. Thermal remote sensing of urban climates. Remote Sens Environ. 2003;86(3):370-84.
6- Fernando HJ. Handbook of environmental fluid dynamics, overview and fundamentals. 1st Volume. Boca Raton: CRC Press; 2012.
7- Zhang H, Qi ZF, Ye XY, Cai YB, Ma WC, Chen MN. Analysis of land use/land cover change, population shift, and their effects on spatiotemporal patterns of urban heat islands in metropolitan Shanghai, China. Appl Geogr. 2013;44:121-33.
8- Nunez M, Oke TR. The energy balance of an urban canyon. J Appl Meteorol. 1977;16(1):11-9.
9- Schwartz HG, Meyer M, Burbank CJ, Kuby M, Oster C, Posey J, et al. Transportation. In: U.S. Government Printing. Washington DC.: U.S. Government Printing; 2014. pp. 130-49.

10- Baranowski T, Thompson WO, Durant RH, Baranowski J, Puhl J. Observations on physical activity in physical locations: Ager gender, ethnicity, and month effects. Res Q Exerc Sport. 1993;64(2):127-33.
11- Basu R. High ambient temperature and mortality: A review of epidemiologic studies from 2001 to 2008. Environ Health. 2009;8(1):40.
12- Houghton JT, Jenkins GJ, Ephraums JJ. Climate change: The IPCC scientific assessment. Cambridge: Press Syndicate the University of Cambridge; 1990.
13- Landsberg HE. The urban climate. Cambridge: Academic Press; 1981.
14- Oke TR. The energetic basis of the urban heat island. Q J R Meteorol Soc. 1982;108(455):1-24.
15- Giridharan R, Ganesan S, Lau SS. Daytime urban heat island effect in high-rise and high-density residential developments in Hong Kong. Energy Build. 2004;36(6):525-34.
16- Landsberg HE. Comfortable living depends on microclimate. Weatherwise. 1950;3(1):7-10.
17- Yang F, Lau SS, Qian F. Summertime heat island intensities in three high-rise housing quarters in inner-city Shanghai China: Building layout, density and greenery. Build Environ. 2010;45(1):115-34.
18- Wienert U, Kuttler W. The dependence of the urban heat island intensity on latitude-a statistical approach. Meteorologische Zeitschrift. 2005;14(5):677-86.
19- Chen XL, Zhao HM, Li PX, Yin ZY. Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover changes. Remote Sens Environ. 2006;104(2):133-46.
20- Suomi J. Characteristics of urban heat island (UHI) in a high latitude coastal city-a case study of Turku, SW Finland [Dissertation]. Turku: University of Turku; 2014.
21- Givoni B. Climate considerations in building and urban design. Hoboken: John Wiley & Sons; 1998.
22- Lee DO. Urban-rural humidity differences in London. Int J Climatol. 1991;11(5):577-82.
23- Ferguson B, Fisher K, Golden J, Hair L, Haselbach L, Hitchcock D, et al. Reducing urban heat islands: Compendium of strategies-cool pavements [Internet]. Washington, DC: The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine; 2008 [cited 2019 July 10]. Available from: https://trid.trb.org/view/920168.
24- Goldreich Y. Urban topoclimatology. Prog Phys Geogr. 1984;8(3):336-64.
25- Taha H. Urban climates and heat islands: Albedo, evapotranspiration, and anthropogenic heat. Energy Build. 1997;25(2):99-103.
26- Oswald EM, Rood RB, Zhang K, Gronlund CJ, O'Neill MS, White-Newsome JL, et al. An investigation into the spatial variability of near-surface air temperatures in the Detroit, Michigan, metropolitan region. J Appl Meteorol Climatol. 2012;51(7):1290-304.
27- Giridharan R, Lau SS, Ganesan S, Givoni B. Urban design factors influencing heat island intensity in high-rise high-density environments of Hong Kong. Build Environ. 2007;42(10):3669-84.
28- Mirzaei PA, Haghighat F. Approaches to study urban heat island-abilities and limitations. Build Environ. 2010;45(10):2192-201.
29- Kuttler W. Climate change on the urban scale-effects and counter-measures in Central Europe. In: Chhetri N, editor. Human and social dimensions of climate change. Norderstedt: Books on Demand; 2012. pp.105-42.
30- Giridharan R, Kolokotroni M. Urban heat island characteristics in London during winter. Sol Energy. 2009;83(9):1668-82.
31- Oke TR, Cleugh HA. Urban heat storage derived as energy balance residuals. Bound Layer Meteorol. 1987;39(3):233-45.
32- Christen A, Vogt R. Energy and radiation balance of a central European city. Int J Climatol. 2004;24(11):1395-421.
33- Kim HH. Urban heat island. Int J Remote Sens. 1992;13(12):2319-36.
34- Oke TR. City size and the urban heat island. Atmos Environ. 1973;7(8):769-79.
35- Taleghani M, Kleerekoper L, Tenpierik M, Van Den Dobbelsteen A. Outdoor thermal comfort within five different urban forms in the Netherlands. Build Environ. 2015;83:65-78.
36- Preston-Whyte RA. Wind modification of temperature and moisture distribution over Durban. South Afr Geogr. 1973;4:203-9.
37- Klysik K, Fortuniak K. Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. Atmos Environ. 1999;33(24-25):3885-95.
38- Chow WT, Roth M. Temporal dynamics of the urban heat island of Singapore. Int J Climatol. 2006;26(15):2243-60.
39- Eliasson I. Urban nocturnal temperatures, street geometry and land use. Atmos Environ. 1996;30(3):379-92.
40- John Arnfield A. Two decades of urban climate research: A review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. Int J Climatol. 2003;23(1):1-26.
41- Pongrácz R, Bartholy J, Dezső Z, Lelovics E. Urban heat island effect of large central European cities using satellite measurements of surface temperature. The 89th American Meteorological Society Annual Meeting: 8th Symposium on the Urban Environment, 2009 January 11-15, Phoenix, Arizona. Unknown Publisher city: Unknown Publisher; 2009.
42- Unwin DJ. The synoptic climatology of Birmingham's urban heat island, 1965-74. Weather. 1980;35(2):43-50.
43- Unger J. Urban-rural air humidity differences in Szeged, Hungary. Int J Climatol. 1999;19(13):1509-15.
44- Kim YH, Baik JJ. Spatial and temporal structure of the urban heat island in Seoul. J Appl Meteorol. 2005;44(5):591-605.
45- Yow DM. Urban heat islands: Observations, impacts, and adaptation. Geogr Compass. 2007;1(6):1227-51.
46- Alcoforado MJ, Andrade H. Nocturnal urban heat island in Lisbon (Portugal): Main features and modelling attempts. Theor Appl Climatol. 2006;84(1-3):151-9.
47- Nasrallah HA, Brazel AJ, Balling Jr RC. Analysis of the Kuwait City urban heat island. Int J Climatol. 1990;10(4):401-5.
48- Saaroni H, Ziv B. The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: The case of Tel Aviv, Israel. Int J Biometeorol. 2003;47(3):156-65.
49- Heino R. Urban effect on climatic elements in Finland. Helsinki: University of Helsinki; 1979.
50- Steinecke K. Urban climatological studies in the Reykjavık subarctic environment, Iceland. Atmos Environ. 1999;33(24-25):4157-62.
51- Steeneveld GJ, Koopmans S, Heusinkveld BG, Van Hove LW, Holtslag AA. Quantifying urban heat island

effects and human comfort for cities of variable size and urban morphology in the Netherlands. J Geophys Res Atmos. 2011;116:D20129.
52- Klok L, Zwart S, Verhagen H, Mauri E. The surface heat island of Rotterdam and its relationship with urban surface characteristics. Resour Conserv Recycl. 2012;64:23-9.
53- Zhou W, Qian Y, Li X, Li W, Han L. Relationships between land cover and the surface urban heat island: Seasonal variability and effects of spatial and thematic resolution of land cover data on predicting land surface temperatures. Landsc Ecol. 2014;29(1):153-67.
54- Lo CP, Quattrochi DA. Land-use and land-cover change, urban heat island phenomenon, and health implications. Photogramm Eng Remote Sens. 2003;69(9):1053-63.
55- Sun D, Kafatos M. Note on the NDVI-LST relationship and the use of temperature-related drought indices over North America. Geophys Res Lett. 2007;34(24):L24406.
56- Stone B, Norman JM. Land use planning and surface heat island formation: A parcel-based radiation flux approach. Atmos Environ. 2006;40(19):3561-73.
57- Akbari H. Investigation of temperature distribution pattern of Tehran city using Landsat TM [Dissertation]. Tehran: Tarbiat Modarres University; 2000.
58- Wang K, Wang J, Wang P, Sparrow M, Yang J, Chen H. Influences of urbanization on surface characteristics as derived from the Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer: A case study for the Beijing metropolitan area. J Geophys Res Atmos. 2007;112(D22):D22S06.
59- Younger M, Morrow-Almeida HR, Vindigni SM, Dannenberg AL. The built environment, climate change, and health: Opportunities for co-benefits. Am J Prev Med. 2008;35(5):517-26.
60- Britter RE, Hanna SR. Flow and dispersion in urban areas. Annu Rev Fluid Mech. 2003;35(1):469-96.
61- Fan H, Sailor DJ. Modeling the impacts of anthropogenic heating on the urban climate of Philadelphia: A comparison of implementations in two PBL schemes. Atmos Environ. 2005;39(1):73-84.
62- Shashua-Bar L, Hoffman ME. Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban green areas with trees. Energy Build. 2000;31(3):221-35.
63- Peng Sh, Piao Sh, Ciais P, Friedlingstein P, Ottle C, Bréon FM, et al. Surface urban heat island across 419 global big cities. Environ Sci Technol. 2011;46(2):696-703.
64- Lemonsu A, Masson V. Simulation of a summer urban breeze over Paris. Bound Layer Meteorol. 2002;104(3):463-90.
65- Stone Jr B, Rodgers MO. Urban form and thermal efficiency: How the design of cities influences the urban heat island effect. J Am Plan Assoc. 2001;67(2):186-198.
66- Coseo P, Larsen L. How factors of land use/land cover, building configuration, and adjacent heat sources and sinks explain Urban Heat Islands in Chicago. Landsc Urban Plan. 2014;125:117-29.
67- Oke TR. Canyon geometry and the nocturnal urban heat island: Comparison of scale model and field observations. J Climatol. 1981;1(3):237-54.
68- Oke TR. Street design and urban canopy layer climate. Energy Build. 1988;11(1-3):103-13.
69- Ali-Toudert F, Mayer H. Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons. Sol Energy. 2007;81(6):742-54.
70- Hu Y, White M, Ding W. An urban form experiment on urban heat island effect in high density area. Procedia Eng. 2016;169:166-74.
71- Carlson TN, Augustine JA, Boland FE. Potential application of satellite temperature measurements in the analysis of land use over urban areas. Bull Am Meteorol Soc. 58(12)1977:1301-3.
72- Zhang Y, Liang S. Impacts of land cover transitions on surface temperature in China based on satellite observations. Environ Res Lett. 2018;13(2):024010.
73- Akbari H, Pomerantz M, Taha H. Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas. Sol Energy. 2001;70(3):295-310.
74- Rezaei Rad H, Rafieian M, Sozer H. Evaluating the effects of increasing of building height on land surface temperature. Int J Urban Manag Energy Sustain. 2017;1(1):11-6.
75- Perini K, Magliocco A. Effects of vegetation, urban density, building height, and atmospheric conditions on local temperatures and thermal comfort. Urban For Urban Green. 2014;13(3):495-506.
76- Yang L, Qian F, Song DX, Zheng KJ. Research on urban heat-island effect. Procedia Eng. 2016;169:11-8.
77- Kaufmann RK, Zhou L, Myneni RB, Tucker CJ, Slayback D, Shabanov NV, et al. The effect of vegetation on surface temperature: A statistical analysis of NDVI and climate data. Geophys Res Lett. 2003;30(22):2147.
78- Carlson TN, Arthur ST. The impact of land use-land cover changes due to urbanization on surface microclimate and hydrology: A satellite perspective. Glob Planet Chang. 2000;25(1-2):49-65.
79- Böhm R. Urban bias in temperature time series- a case study for the city of Vienna, Austria. Clim Chang. 1998;38(1):113-28.
80- Du H, Wang D, Wang Y, Zhao X, Qin F, Jiang H, et al. Influences of land cover types, meteorological conditions, anthropogenic heat and urban area on surface urban heat island in the Yangtze River Delta Urban Agglomeration. Sci Total Environ. 2016;571:461-70.
81- Fulton PN. Estimating the daytime population with the urban transportation planning package. Transp Res Rec. 1984;(981):25-7.
82- Stone B, Hess JJ, Frumkin H. Urban form and extreme heat events: Are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities?. Environ Health Perspect. 2010;118(10):1425-8.
83- Tan M, Li X. Quantifying the effects of settlement size on urban heat islands in fairly uniform geographic areas. Habitat Int. 2015;49:100-6.
84- Bärring L, Mattsson JO, Lindqvist S. Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden. J Climatol. 1985;5(4):433-44.
85- Yamashita Sh, Sekine K, Shoda M, Yamashita K, Hara Y. On relationships between heat island and sky view factor in the cities of Tama River basin, Japan. Atmos Environ. 1986;20(4):681-6.
86- John Arnfield A, Grimmond CS. An urban canyon energy budget model and its application to urban storage heat flux modeling. Energy Build. 1998;27(1):61-8.
87- Svensson MK. Sky view factor analysis-implications for urban air temperature differences. Meteorol Appl. 2004;11(3):201-11.
88- Palme M, Lobato A, Carrasco C. Quantitative analysis of factors contributing to urban heat island effect in cities

of latin-American Pacific coast. Procedia Eng. 2016;169:199-206.
89- Yezioro A, Capeluto IG, Shaviv E. Design guidelines for appropriate insolation of urban squares. Renew Energy. 2006;31(7):1011-23.
90- Boukhabla M, Alkama D, Bouchair A. The effect of urban morphology on urban heat island in the city of Biskra in Algeria. Int J Ambient Energy. 2013;34(2):100-10.
91- Sakakibara Y. A numerical study of the effect of urban geometry upon the surface energy budget. Atmos Environ. 1996;30(3):487-96.
92- Montávez JP, Rodríguez A, Jiménez JI. A study of the urban heat island of Granada. Int J Climatol. 2000;20(8):899-911.
93- Bourbia F, Awbi HB. Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate: Part 1: Air and surface temperature measurements. Renew Energy. 2004;29(2):249-62.
94- Yuan Ch, Chen L. Mitigating urban heat island effects in high-density cities based on sky view factor and urban morphological understanding: A study of Hong Kong. Archit Sci Rev. 2011;54(4):305-15.
95- Ichinose T, Shimodozono K, Hanaki K. Impact of anthropogenic heat on urban climate in Tokyo. Atmos Environ. 1999;33(24-25):3897-909.
96- Sailor DJ, Lu L. A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas. Atmos Environ. 2004;38(17):2737-48.
97- Sailor DJ. A review of methods for estimating anthropogenic heat and moisture emissions in the urban environment. Int J Climatol. 2011;31(2):189-99.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی