Sustainable Urban & Regional Development Studies Quarterly

Volume 6, Issue 4 - Serial Number 22, Winter 2025 **Online ISSN: 2783-0764**
Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_229442.html?lang=en

Analysis of thermal reduction capacity based on green spaces in Maragheh city using the urban cooling model

Hassan Mahmoudzadeh[1*] ,Firouz Jafari[2] , Nasrin Dinparvar[3]
1. Professor, Department of Urban and Regional Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Associate Professor, Department of Geography and Urban and Regional Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
3. PhD Student, Department of Urban and Regional Planning, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Received Date: 08 June 2025 **Accepted Date:** 14 September 2025

Abstract

Background and Objective: Considering the increase in global temperature and the intensification of the urban heat island effect, the expansion of vegetation can reduce the intensity of this phenomenon and provide a healthier and more stable environment for city residents. In general, green areas in cities are an effective approach to reduce the effects of urban heat island and create comfort for residents. The improvement of microclimatic conditions in urban environments is mostly influenced by evaporation and transpiration.

Methodology: In this article, using the urban cooling model, the effects of green spaces on the process of reducing the effects of heat islands in the city of Maragheh were investigated. According to the nature of the subject, the purpose of the research is the application and research method based on the descriptive-analytical method. In this research, Landsat satellite images with 30x30 pixel size have been used to monitor urban land use changes in the period from 1984 to 2022. To check the amount of cooling in Maragheh city, the urban cooling model was used in the Invest software.

Results and Findings: In 1984 in the class 0.83 to 0.90 equal to 19.5%, in 2002 in the class 0.60 to 0.93 equal to 19.87. percent and in class 2022 in class 0.59 to 0.83 equal to 20.65% was able to reduce heat islands. According to the results obtained from the urban cooling model, it was observed that in all three periods, the city of Maragheh did not have a very favorable situation in reducing heat islands. According to the land use maps of three periods, the growth pattern of the city of Maragheh has followed a scattered and horizontal uneven growth pattern with the destruction of garden and fertile agricultural lands and replacing them with the fabric of scattered and incoherent urban and rural neighborhoods. The energy saving due to the reduction of urban heat islands due to urban green infrastructure in Maragheh city in 1984 was 10,626 megawatts for 2002 equal to 19,252 megawatts and finally for 2022 equal to 36,234 megawatts.

Keywords: Thermal islands,Green space,Urban cooling, Maragheh.

* **Correspong Author Email**: mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir
Cite this article: Mahmoudzadeh, H. , Jafari, F. and Dinparvar, N. (2026). Analysis of thermal reduction capacity based on green spaces in Maragheh city using the urban cooling model. Journal of Sustainable Urban & Regional Development Studies (JSURDS), 6(4), 350-366.

فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای

دوره ۶، شماره ۴، شماره پیاپی ۲۲، زمستان۱۴۰۴ شاپا:۰۷۶۴-۲۷۸۳

Journal Hompage https://www.srds.ir/
https://www.srds.ir/article_229442.html?lang=fa

تحلیل ظرفیت کاهش حرارتی بر اساس فضاهای سبز در شهر مراغه با استفاده از مدل سرمایش شهری

حسن محمودزاده[*۱]، فیروزجعفری[۲]، نسرین دین پرور[۳]

۱. استاد گروه برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲. دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۳. دانشجوی دکتری گروه برنامه ریزی شهری و منطقه ای، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۳/۱۸ **تاریخ پذیرش:** ۱۴۰۴/۰۶/۲۳

چکیده

زمینه و هدف: با توجه به افزایش دمای جهانی و تشدید اثر جزیره حرارتی شهری ، گسترش پوشش گیاهی می‌تواند از شدت این پدیده بکاهد و محیطی سالم‌تر و پایدارتر را برای ساکنان شهرها فراهم کندبه طور کلی مناطق سبز در شهرها رویکردی مؤثر برای کاهش اثرات جزیره گرمایی شهری و ایجاد آسایش برای ساکنان می باشد. بهبود شرایط ریزاقلیمی در محیط های شهری بیشتر تحت تأثیر تبخیر و تعرق است. به عبارتی با کاهش پوشش گیاهی و تغییرات کاربری زمین مرتبط است.

روش‌شناسی:در این مقاله با استفاده از مدل سرمایش شهری به بررسی تاثیرات فضاهای سبز بر روند کاهش اثرات جزایر حرارتی در شهر مراغه پرداخته شد. با توجه به ماهیت موضوع، هدف پژوهش کاربرد ی و روش تحقیق مبتنی بر روش توصیفی – تحلیلی است. در این پژوهش به منظور پایش تغییرات کاربری شهری در بازه زمانی ۱۳۶۳تا ۱۴۰۱ تصاویر ماهوارهٔ لندست با پیکسل سایز ۳۰×۳۰ استفاده شده است برای بررسی میزان خنک کنندگی در شهر مراغه از مدل سرمایش شهری در نرم افزار Invest استفاده شده است.

نتایج و یافته‌ها: در سال ۱۳۶۳ در کلاس ۰,۸۳ تا ۰,۹۰ برابر با ۱۹,۵ درصد ،در سال۱۳۸۳ در کلاس ۰,۶۰ تا ۰,۹۳ برابر با ۱۹,۸۷ . درصد و در کلاس ۱۴۰۱ در کلاس ۰,۵۹ تا ۰,۸۳ برابر با ۲۰,۶۵ درصد توانسته جزایر گرمایی را کاهش دهد .با توجه به نتایج به دست آمده از مدل سرمایش شهری مشاهده شد که در هر سه دوره شهر مراغه در کاهش جزایر گرمایی وضعیت چندان مطلوبی نداشته است. با توجه به نقشه های کاربری اراضی سه دوره الگوی رشد شهر مراغه از الگوی رشدی پراکنده و افقی ناموزون با تخریب زمین های باغی و حاصلخیز کشاورزی و جایگزین شدن آنها با بافت محله های پراکنده و نامنسجم شهری و روستایی تبعیت نموده است که این با توجه به از بین رفتن باغات وپوشش های گیاهی اطراف شهر جزایر حرارتی در شهر گسترش روز افزون داشته است. صرفه جویی انرژی ناشی از کاهش جزایر گرمایی شهری را براثر زیرساخت های سبز شهری در سال ۱۳۶۳ در شهر مراغه ۱۰۶۲۶ مگاوات برای سال ۱۳۸۳برابر با ۱۹۲۵۲مگاوات و در نهایت برای سال ۱۴۰۱برابر با ۳۶۲۳۴مگاوات بوده است.

کلید واژه‌ها: جزایر حرارتی، فضای سبز، سرمایش شهری، مراغه .

* **نویسنده مسئول** mahmoudzadeh@tabrizu.ac.ir

ارجاع به این مقاله: محمودزاده, حسن , جعفری, فیروز و دین پرور, نسرین . (۱۴۰۴). ۲۲.تحلیل ظرفیت کاهش حرارتی بر اساس فضاهای سبز در شهر مراغه با استفاده از مدل سرمایش شهری. فصلنامه مطالعات توسعه پایدار شهری و منطقه ای, ۶(۴), ۳۵۰-۳۶۶.

مقدمه و بیان مسأله

امروزه بیش از نیمی از جمعیت جهان در مناطق شهری زندگی می کنند و انتظار می رود که تعداد آنها به سرعت در حال رشد باشد و پیش بینی می شود که تا سال ۲۰۵۰ بیش از دو سوم جمعیت جهان (۶۸) درصد در مناطق شهری ساکن خواهند شد. این بدان معناست که از هر ۱۰ نفر ۷ نفر در مراکز شهری زندگی خواهند کرد. این پیش‌بینی‌ها همچنین نشان داد که آسیا و آفریقا تقریباً ۹۰ درصد از افزایش جمعیت را تشکیل خواهند داد (UN-DESA,2018) . با کمال تعجب، گزارش های اخیر نشان داده اند که نرخ مصرف منابع از نرخ رشد جمعیت پیشی گرفته است.پیش‌بینی موجود نشان داد که انتظار می‌رود تا سال ۲۰۵۰، نرخ مصرف منابع شهری سریع‌تر از نرخ رشد جمعیت شهری رشد کند (گانیوت [۱]،۲۰۲۲). تا سال ۲۰۵۰، مصرف مواد خانگی شهری ۶۰ درصد از کل مصرف جهانی مواد داخلی را تشکیل خواهد داد (باینز و موسانگو[۲] ، ۲۰۱۹) . مصرف مواد داخلی به ۸ تا ۱۷ تن در سال خواهد رسید که از استاندارد تعیین شده توسط هدف توسعه پایدار فراتر می رود (۶ تا ۸ تن سرانه در سال؛ سویلینگ و همکاران، ۲۰۱۸). تا به امروز، تظاهراتی ظاهر شده است که الگوی مصرف منابع در تضاد با مقرون به صرفه بودن طبیعت است(پارسون[۳] ،۲۰۲۱).

خدمات اکوسیستم تحت فشار گسترده ای قرار دارند (رحیمی، ۱۴۰۰). اثرات متقابل انسان و محیط طبیعی همواره به صورت مستقیم و غیر مستقیم موجب تغییرات کاربری اراضی می‌شوند که مشکلات زیست محیطی بسیاری را به دنبال دارند و حیات کره زمین را به خطر می اندازد؛ لذا شناخت تغییرات و عوامل موثر بر آن‌ها برای ادامه حیات و کاهش تغییرات کاربری اراضی برای غلبه بر مشکلات ضروری است. تغییرات اقلیمی در شهرها براساس دو عامل متمایزی به وجودمی آید. عامل اول در مقیاس کل کره زمین و عامل دیگر در مقیاس شهری یا منطقه است. اثر گازهای گلخانه ای به عنوان اولین عامل ، پدیدهای آب و هوایی است که از طریق حضور گازهای گلخانه ای در جو زمین، انرژی تابشی را به دام می اندازد و سبب گرم شدن جو زمین می شود (ویبلز،[۴] ۲۰۱۴).علاوه بر تغییر در ساختار جو زمین، فعالیت های انسانی و تغییرات در استفاده از زمین در مقیاس شهری و منطقه ای به افزایش دما کمک کرده است جایگز ینی مواد و مصالح ساختمانی همچون بتن و آسفالت در توسعه شهری به جای درختان و دیگرمنابع طبیعی ، میزان جذب و ذخیره انرژی حرارتی را در شهرهانسبت به مناطق روستایی اطراف افزایش می دهد بر بسیاری از شهرهای بزرگ جهان تاثیر میگذارد و میتواند دمای هوا را تا ۱۰درجه فارنهایت (حدود$^{\circ}$C ۵/۵) نسبت به محیط اطراف پدیده اختلاف درجه حرارت محیطی ان شهرافزایش دهد (رضوان[۵] ،۱۳۸۷) در وضعیت کنونی، جهان شهرنشینی، مهمترین عامل تغییرات اقلیمی و از علل اصلی ایجاد پدیده جزیره حرارتی در یک ناحیه ساخته شده است (ژانگ[۶] ،۲۰۲۴).

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 به دام انداختن باد، به طور قابل توجهی ماهیت متفاوتی از طبیعت مانند آسفالت، بتن، آجر و سنگ مقدار بیشتری از مصالحی دارد 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 به طور کلی غیر قابل نفوذ هستند و میزان رطوبت جذب و حفظ شده در شهرها برای ایجاد اثر خنک کنندگی را کاهش می دهد . فقدان درختان و دیگر پوششهای طبیعی زمین نیز منجر به ایجاد محیط گرمتر از طریق کاهش سایه اندازی و مهم تر از

1. Ganivet
2. Baynes and Musango
3. Parson
4. Wuebbles
5. Rezwan
6. Zhang

همه کاهش خنک سازی از طریق تبخیر می شود. افزا یش دما در نتیجه ی پدیده جزایرحرارتی، باعث بروز فرآیندهای شیمیایی میشود که تشکیل مولکول ها ی ازن را تشدید می کند و تهدید جدی برای سلامت انسان است . ازن سطح زمین نیز ارتباط تنگاتنگی با جزیره حرارتی شهری دارد(تن[1] ، ۲۰۲۱).علاوه بر این، تأثیر بر کیفیت آب شهری، ناهنجار ی های دمایی و امواج گرم از آثار ناگوار پدیده جزایر حرارتی شهری محسوب می شود، بنابراین، آثار نامطلوب فوق به همراه تولید گازهای آلاینده ضمن فشارهای روانی بر شهرو ندان، منجر به افزایش هزینه تولید انرژی در سطح شهر می شود .از آن جا که دلیل اصلی پیدایش جزیرۀ حرارتی شهری نحوه استفاده از زمین و تغییر کاربری اراضی است ، این تحول از طریق اقداماتی نظیر حذف پوشش گیاهی ، تغییر کاربری ار اضی کنار دریا و رودخانه، ساخت و سازهای جدید و همچنین سازه های بتونی در جهت افقی، آسفالت خیابان ها و کوچه ها ، فعالیت های صنعتی و خانگی، باعث سرعت بخشیدن به گسترش و توسعۀ جزیرۀ حرارتی شهری میشود (کارن[2] ،۲۰۲۱).

عاری شدن شهرها از پوشش گیاهی سبب بالا رفتن دماخصوصا در فصل تابستان در شهرها خواهد شد. گسترش سازه ها ی بتونی به صورت عمودی و افقی باعث عدم جابجایی جریان هوا درون شهرها می شود که این خود باعث افزایش دمای شهرها است. از عوامل دیگر افزایش جزیرۀ حرارتی شهری افزایش سوخت ها ی فسیلی و تولید گا زهای ترپوسفری مثل دی اکسیدکربن و ازن که خود از عوامل افزایش دما است خواهد بود . شدیدترین زمان وقوع جزیرۀ حرارتی شهری در تابستان ها یی با آسمان صاف و فاقد وزش باد پدید می آید.آنچه در این میان مهم جلوه می کند یافتن راه حل برای کاهش اثرات مخرب این پدیده بر شهر ونیاز بیشتر به ایجاد سرمایش بیشتر در شهر است.اقدامات موثر در زمینه ی خنک کنندگی سیستم های شهری به طیف وسیعی از اقدامات در زمینه برنامه ریزی شهری ،طراحی ،معماری نیاز دارد .استراتژهای خنک کنندگی شهری علاوه برتاثیرات مثبت براقلیم منطقه تاثیر بسزایی در اب وهوای جهانی دارد.این راه کارها در چهاردسته ی استراتژهای سبز شهری ،سطوح سرد شهری،طراحی شهری ،کاهش گرمای انسان ساز می باشد. در میان بسیاری از راه حل های پیشنهادی، یک راه حل به طور فزاینده ای مورد توجه قرار می گیرد و آن‌هم راه حل مبتنی بر طبیعت است. این راه حل‌ها می توانند به ما کمک کنند تا اکوسیستم ها را حفظ یا احیا کنیم و در عین حال دی اکسید کربن (CO_2) را از جو حذف کنیم. در عین حال این راه حل ها می توانند به ما در دستیابی به اهداف توافق پاریس کمک کنند و از وقوع سیلاب ها جلوگیری کرده و اثرات شدید تغییرات آب و هوایی را مدیریت کنندNBS . ها به عنوان "راه حل هایی برای چالش های اجتماعی که از طبیعت الهام گرفته و حمایت می شوند، مقرون به صرفه هستند، در حالی که به طور همزمان مزایای زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی را برای کمک به ایجاد انعطاف پذیری ارائه می دهند" تعریف می شوند (ریموند[3] ،۲۰۲۱) . راه حل های مبتنی بر طبیعت ممکن است حاوی عناصر طراحی باشند که طبیعت را برای دستیابی به یک یا چند سرویس اکوسیستم مورد نظر تقلید، تقویت، حفظ یا پشتیبانی می کنند (لاوادی[4] ،۲۰۲۰) .می توانند به شکل افزایش سبزی/پوشش گیاهی سطحی جمله بام های سبز، جنگل های شهری و سطوح عمودی پوشش گیاهی یا افزایش بازتاب سطح از جمله زیرساخت های بازتابنده یا خنک باشند. راه حل های مبتنی بر طبیعت می توانند مصرف انرژی ساختمان و انتشار کربن ناشی از آن را کاهش دهند، ریزاقلیم را تعدیل کنند و تاثیر رویدادهای گرمای شدید را کاهش دهند. برنامه ریزان شهری و سیاست گذاران چالش انتخاب راه حل های مبتنی بر طبیعت مناسب به منظور دستیابی به طیف وسیعی از اهداف در محیط شهری هستند. چالش ها عبارتند از، تعیین چگونگی ایجاد تعادل بین هم افزایی ها و مبادلاتی که ازراه حل های مبتنی بر طبیعت به دست می آیند، اجتناب از استفاده از روش های اکتشافی در هنگام انتخاب استراتژی های مفید برای اجرا، و کسب مهارت های مورد نیاز برای طراحی، ساخت و حفظ استراتژی انتخاب شد (کروزر[5] ،۲۰۲۱). این بررسی پیشرفته، درک فعلی از مزایا و خطرات مرتبط با اجرای راه حل های مبتنی بر طبیعت در تراز انرژی را ارائه می‌کند: مجتمع‌های شهری، ساختمان‌ها و آسایش حرارتی ساکنان، و محیط بیرون و راحتی حرارتی عابران پیاده. درسال های اخیر افزایش جمعیت شهر مراغه از ۱۰۰۶۷۹ نفر در سال ۱۳۶۵ به ۱۷۵۶۰۰ نفر در سال ۱۳۹۵ همراه با توسعه ی فیزیکی

1.Ten
2.Karen
3. Raymond
4. Laouadi
5. Croeser

شهر، باعث تغییر و تحول قابل توجهی در پوشش اراضی ساخت وسازاین شهر شده است که این تغییرات منجر به تخریب پوشش گیاهی و توسعه جزیرۀ حرارتی در شهر گردیده و اثرات سوئی بر زندگی شهرنشینان دارد. ازاین رو اثرات پدیده جزیرۀ حرارتی در زندگی شهری و ساکنان آن، مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد تا عوامل مؤثر در تولید جزیره گرمایی در این شهر مشخص گردیده و در جهت رفع آن برای کاهش اثر این پدیده تلاش نمود.

پیشینه و مبانی نظری پژوهش

در رابطه با تاثیر خدمات اکوسیستمی بر خنک کنندگی سیستم های شهری تحقیقات داخلی و خارجی بسیاری صورت گرفته است که به نمونه هایی از آن اشاره می کنیم.

ایام شیاع علی التمیمی و افسانه زرکش در مقاله ی تحلیل تاثیر تکنیک ساختمان های سبز بر کاهش مصرف انرژی (تکنیک بام سبز در ساختمان آموزشی در شهر واسط عراق(۱۴۰۲) با بیان اینکه عراق دارای زمستان های معتدل و هوای گرم و خشک در تابستان های طولانی است به همین دلیل خنک سازی به پر مصرف ترین جنبه انرژی در عراق تبدیل شده و میزان مصرف انرژی در حال افزایش است. این مشکل در عدم تمایل به استفاده از راه های ساختمان سبز است که با هدف کاهش مصرف انرژی و منابع طبیعی انجام می شود. لذا این تحقیق بر روی یکی از این استراتژی‌ها تمرکز دارد که عبارت از بام سبز بعنوان بهترین راه برای صرفه‌جویی در انرژی است. هدف تحقیق ارائه نمونه ای از طراحی سقف با استفاده از فناوری بام سبز در یک ساختمان آموزشی در شهر واسط می باشد و ارزیابی رفتار حرارتی این فناوری در بهبود مصرف انرژی است آموزشی در شهر واسط می باشد و ارزیابی رفتار حرارتی این فناوری در بهبود مصرف انرژی است. روش بررسی: این مطالعه به صورت تحلیلی از طریق برنامه دیزاین بیلدر برای ارزیابی تأثیر بام سبز بر مصرف انرژی شش نوع گیاه بومی مناسب منتخب برای اقلیم واسط انجام شد. ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و ارتفاع لایه رشد به‌عنوان متغیرهای پژوهش وجود دارند که از طریق آنها، میزان بهبود مصرف انرژی سالانه اندازه‌گیری می‌شود به این نتیجه رسیدند که بام سبز در اقلیم شهر واسط راه حلی عملی و پایدار برای مصرف انرژی در آب و هوای گرم و خشک است و می توان از مزایای بسیار آن در اقلیم این شهر بهره برد.

در مقاله ای دیگر اصغر عابدینی و همکاران (۱۴۰۳) در مقاله کاهش اثرات جزایر گرمایشی شهری از طریق مصالح روسازی خنک در منطقه ۸ کلانشهر تبریز جزایر حرارتی شهر تبریز را به عنوان یکی از مهم ترین مراکز جمعیتی و صنعتی ایران در نمونه موردی منطقه ۸ آن, با استفاده از تصاویر لندست ۸ موردبررسی قرارگرفته شده است. اهداف این پژوهش شامل استخراج, مکان یابی و تحلیل پدیده جزایر حرارتی شهری در منطقه موردمطالعه با استفاده از الگوریتم های مشخص و تهیه نقشه های مربوطه و بررسی با نوع مصالح استفاده شده بود که شناسایی دو جزیره حرارتی گرم در مرکز و غرب با دمای ۳۳/۴۸ درجه سانتی گراد و یک جزیره حرارتی سرد در شمال منطقه با دمای ۲۰/۰۲ درجه سانتی گراد را در پی داشت. در ادامه شاخص های تأثیرگذار در جزایر حرارتی زمین شهری در محدوده مطالعاتی مورد ارزیابی واقع گردید. پس از تحلیل ۱۵ عامل عمده تعیین شده برای منطقه ۸ تبریز و برداشت های میدانی از عمده مصالح مورداستفاده محدوده که اکثراً سیمان و خشت بود و تعیین بازتاب نور, نرخ انتشار تابش حرارتی, ظرفیت گرمایی و بازتاب خورشیدی رنگ های موجود در محدوده, نتایج به دست آمده این است که با برخورداری کم وبیش تمام منطقه از شاخص های تأثیرگذار جزایر حرارتی, تفاوت اصلی در اختلاف درجه حرارت شهری را می توان در نوع مصالح روسازی به کار برده شده و رنگ آن در جزایر حرارتی تعیین شده مشاهده نمود. جایی که جزیره حرارتی سرد یعنی بازار سرپوشیده تبریز علی رغم شرایط تقریباً یکسان با جزایر گرمایشی موجود در بیشتر شاخص های تعیین شده, تفاوت اصلی در نو مصالح روسازی نمایان بود که از سنگ مرمر و مصالح انعکاسی روشن استفاده شده است.

امیر حسین حلبیان و همکاران(۱۴۰۰) در مقاله ی دیگری با عنوان واکاری تغییرات فضایی –زمانی جزایر گرمایش شهری و کاربری اراضی با رویکرد زیست محیطی در شیراز پوشش گیاهی ,*کاربری اراضی* و شناسایی پهنه های بحرانی زیست محیطی جزایر حرارتی شهری در *شیراز* است. بدین منظور, ابتدا ۸ تصویر دوره گرم سال در بازه زمانی ۲۰۱۵-۱۹۸۶ از ماهواره لندست شامل سنجنده های(TM) (لندست ۵ ETM) ,لندست ۷ (TIRS/OLI) ,لندست ۸ استخراج و پس از پیش پردازش های لازم, دمای سطح رمین ,(LST) شاخص تفاضل به هنجارشده پوشش گیاهی ,(NDVI) الگوهای *کاربری اراضی* برای پایش

تغییرات *کاربری اراضی* شهری *شیراز* محاسبه شد. در ادامه, مناطق حساس شهری با استفاده از شاخص قیاسی وضع بحرانی زیست محیطی (ECI) شناسایی و تحلیل شد. نتایج نشان داد که اراضی بایر پیرامون شهر به صورت پیوسته و متراکم دارای بالاترین دما هستند و محدوده های دمایی بسیار گرم را تشکیل می دهند. این مراکز حرارتی در مناطق مسکونی شهری با محدوده های بافت فرسوده و متراکم شهری انطباق دارد. در عین حال, واکاوی نقشه های دمای سطح زمین در شهر *شیراز* حکایت از هماهنگی بین پایین ترین طبقه دمایی با کاربری پوشش گیاهی دارد. نقشه های *کاربری اراضی* نیز نشان از کاهش مساحت اراضی بایر و پوشش گیاهی و افزایش کاربری شهری دارد. بدین ترتیب, حدود ۱۰/۰۱ کیلومتر مربع از اراضی بایر و ۱۹/۷ کیلومتر مربع از پوشش گیاهی به کاربری شهری تبدیل شده است. این موضوع نشان می دهد که مهم ترین عامل در گسترش جزایر گرمایی کاهش پوشش گیاهی (به میزان ۳۶٪) بوده است. بیشترین *حساسیت محیطی* پهنه بحرانی با مساحت ۲۹/۷ کیلومتر مربع, ۱۴/۲ درصد از سطح منطقه مورد پژوهش) نیز غالبا در پیرامون شهر به سبب وجود اراضی بایر و در درون شهر نیز به صورت خرد در اطراف مراکز صنعتی, اطراف فرودگاه بین المللی, ترمینال مسافربری (کاراندیش), اطراف ایستگاه های مترو, بزرگراه ها و خیابان های پرترافیک و مکان های دارای بافت فرسوده مشاهده می شود. از این رو, گسترش بام سبز و استفاده از پوشش گیاهی سازگار با اقلیم بومی به عنوان راه حلی برای تعدیل جزیره گرمایی شهری و مقابله با وضع بحرانی زیست محیطی پیشنهاد می شود.

در مطالعات خارجی ژنگ تونگ یین و همکاران(۲۰۲۱) در مقاله ی جزایر گرمایی شهری و اثرات آنها بر آسایش حرارتی در ایالات متحده: نیویورک و نیوجرسی با استخراج داده‌های اقلیمی پس از جهان، داده‌های DEM و داده‌های کاربری زمین برای ۲۰ سال بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۰، ابتدا الگوی تغییرات و ویژگی‌های توزیع فضایی جزایر گرمایی شهری در ایالت نیویورک را مطالعه می‌کند و ویژگی‌های توزیع فصلی دما را خلاصه می‌کند. و سپس از فرمول Giles برای محاسبه شاخص ناراحتی تام و ارزیابی آسایش حرارتی انسان استفاده می کند و تأثیر جزیره گرمایی را بر آسایش حرارتی حسی انسان ارزیابی می کند. نتایج نشان می دهد که در مقیاس زمانی، دمای سطح در منطقه مورد مطالعه به طور کلی روند صعودی آهسته ای را در ۲۰ سال گذشته نشان داده است. به عنوان مثال در ماه جولای بیشینه و کمینه دما به ترتیب ۳,۲ درجه سانتی گراد و ۴,۱ درجه سانتی گراد افزایش یافت. در مقیاس فضایی، بیشتر مناطق جزیره گرمایی در منطقه مورد مطالعه در متراکم شهر نیویورک توزیع شده اند، به ویژه از ماه می تا اکتبر، زمانی که اثر جزیره گرمایی به ویژه آشکار بود.نتایج نشان می دهد که تمرکز بیش از حد توسعه شهری به طور جدی بر کیفیت زندگی ساکنان تأثیر می گذارد. ما باید به تأثیر همبسته تغییرات اقلیمی و جزایر گرمایی شهری بر شاخص ناراحتی انسانی توجه کنیم و با برنامه‌ریزی معقول، تقویت فضای سبز و استفاده از فناوری ساختمان‌سازی شهرها را برای زندگی‌پذیرتر کردن شهرها، دمای بالای محلی و منطقه گرمایی را تنظیم کنیم.

مرد سینگ ونگ و همکاران (۲۰۲۰) در مقاله زیرساخت سبز به عنوان یک استراتژی کاهش جزیره گرمایی شهری با بیان اینکه تحقیقات در مورد کاهش گرمای شهری در سال‌های اخیر با تمرکز بسیاری از مطالعات بر زیرساخت سبز (GI)به عنوان یک استراتژی برای کاهش اثرات نامطلوب جزیره گرمایی شهری (UHI)در حال رشد بوده است. هدف این مقاله ارائه مروری بر دامنه یافته‌های حاصل از تحقیقات GI برای کاهش گرمای شهری از طریق مروری بر مقالات علمی منتشر شده طی سال‌های ۲۰۰۹-۲۰۲۰ است. این تحقیق شامل مروری بر انواع مختلف GI و سهم آن در کاهش گرمای شهری و آسایش حرارتی انسان است. علاوه بر تجزیه و تحلیل استراتژی‌های مختلف کاهش، ابزارهای شبیه‌سازی عددی که معمولاً استفاده می‌شوند نیز بررسی می‌شوند. مشاهده می‌شود که ENVI-met یکی از ابزارهای مدل‌سازی است که به عنوان ابزاری قابل اعتماد برای شبیه‌سازی استراتژی‌های کاهش مختلف در نظر گرفته می‌شود و از این رو در گذشته اخیر بسیار مورد استفاده قرار گرفته است. با توجه به محبوبیت آن در مطالعات میکرو اقلیم شهری، این مقاله همچنین مروری بر نتایج شبیه‌سازی ENVI-met که در مقالات بررسی‌شده گزارش شده‌اند، ارائه می‌کند. مشاهده شد که اکثر تحقیقات در مقیاس فضایی محدود انجام شده و بر دما و آسایش حرارتی انسان متمرکز شده است.

هواوی لی و همکاران (۲۰۲۰)در مقاله نقشه برداری و تجزیه و تحلیل اثر خنک کننده پارک در جزیره گرمایی شهری در یک شهر در حال گسترش: مطالعه موردی در شهر ژنگژو، چین در طول ۲۰ سال گذشته، منطقه ساخته شده شهر ژنگژو پنج برابر بزرگتر شده است و اثر UHI برای ساکنان شهر به طور فزاینده ای تحت فشار قرار گرفته است. بنابراین، کاهش اثر UHI یک

تمرکز تحقیقاتی مهم در مرکز در حال گسترش استان هنان است. در این تحقیق، تصویر Landsat 8 تیرماه ۱۳۹۸ از مجموعه لندست انتخاب شد تا با استفاده از روش معادله انتقال تشعشع (RTE)دمای سطح زمین (LST)و با استفاده از شاخص‌های طیفی، اطلاعات پوشش زمین ارائه شود. علاوه بر این، تصاویر گوگل ارث با وضوح بالا برای انتخاب ۱۲۳ پارک، گروه بندی شده در پنج دسته، برای بررسی عوامل تاثیر بر اثر خنک کننده پارک استفاده شد. شدت خنک کننده پارک (PCI)به عنوان شاخصی از اثر خنک کننده پارک انتخاب شده است که ارتباط آن را با معیارهای وصله پارک کمیت می کند. نتایج نشان می دهد که: (۱) در بین پنج نوع پارک مورد مطالعه، دسته پارک موضوعی بیشترین اثر خنک کنندگی را دارد در حالی که دسته پارک خطی کمترین اثر خنک کننده را دارد. (۲) میانگین پارک LST و PCI نمونه ها با پوشش گیاهی کسری (FVC)و با شاخص تفاوت عادی آب (NDWI)همبستگی مثبت دارند، اما این ها با شاخص سطح غیرقابل نفوذ نرمال شده تفاوت (NDISI)همبستگی منفی دارند. می توان فرض کرد که افزایش میزان پوشش گیاهی در نواحی آبی و همچنین کاهش سطح نفوذناپذیر در برنامه ریزی و طراحی منظر، پارک های آینده را سردتر خواهد کرد. بین PCI و ویژگی های پارک همبستگی وجود دارد. اثر UHI را می توان با افزایش اندازه پارک و کاهش ابعاد فراکتال پارک و نسبت محیط به مساحت کاهش داد. (۴) PCI تحت تأثیر خود پارک و منطقه اطراف آن است. این نتایج مرجع مهمی برای برنامه ریزی شهری آینده و طراحی پارک شهری برای کاهش اثر جزیره گرمایی شهری فراهم می کند.

مبانی نظری پژوهش

فضای سبز شهری : آن بخش از فضای سبز که در محدوده شهر طراحی و بنا شده، فضای سبز شهری نامیده می شود، یا بخشی از سیمای شهر که از انواع گیاهان تشکیل شده است .جامعترین تعریف: فضای سبز شهری بخشی از فضاهای باز شهری است که در عرصه های طبیعی یا مصنوعی آن تحت استقرار درختان، گلها، چمنها و سایر گیاهان است که بر اساس نظرات و مدیریت انسان با در نظر گرفتن ضوابط، قوانین و تخصصهای مرتبط با آن برای بهبود شرایط زیستی، زیستگاهی و رفاهی شهروندان و مراکز جمعیتی غیر روستایی، حفو ، نگهداری یا بنا میشود (رحیمی ،۱۴۰۰).

پدیده جزیره گرمایی هنگامی شکل می گیرد که درصد زیادی از پوشش های طبیعی سطحی از بین می روند و جای خود را به ساختمان ها، جاده ها و سایر تاسیسات شهری می دهند. کاربری های شهری و سطوح غیرقابل نفوذ) مواد سخت، بتون و آسفالت و در سطح شهر باعث جذب بیشتر انرژی خورشید و گرمای محسوس شهر شده و با افزایش نسبت تراکم جمعیت شهر به واحد سطح جزایر حرارتی تشدید می شوند و هرچه این تراکم جمعیت بیشتر و فشرده تر باشد درجه حرارت نیز افزایش می یابد. جزایر حرارتی بسیاری با ابعاد و وسعت های مختلف در بیشتر مناطق شهری جهان دیده شده اندشهرهای بزرگ با تراکم جمعیتی بالاو دارای ساختمان های مرتفع و پوشش گیاهی اندک، شدید ترین جزایر گرمایی را ایجاد می کنند. در شب هایی که وضعیت جوی آرام و آسمان صاف است، شدت جزایر گرمایی به ۱۰ درجه می رسد. در شب های طوفانی و بارانی ممکن است به هیچ وجه جزایر حرارتی تشکیل نشود. باد های با سرعت بیش از ۲۵ کیلومتر در ساعت، می توانند اثر جزایر حرارتی را از بین ببرند. هرچه شهرها وسعت، تراکم و جمعیت بیشتری داشته باشند، شدت جزیره گرمایی نیز بیشتر می شود. بسیاری از شهر ها منابعی از گرما و آلودگی می باشند و ساختار حرارتی اتمسفری خاصی تحت عنوان جزایر حرارتی در بالای خود دارند که از آن تاثیر پذیرفته و همچنین بر روی آن تاثیر می گذارند. حرارتی که در طول آفتاب ساطع شده و باعث ایجاد اختلاف درجه حرارت بین مناطق شهری و روستایی می گردد .جزایر گرمایی زمانی اتفاق می‌افتند که یک منطقه توسعه‌یافته دمای بالاتری نسبت به مناطق روستایی مجاور داشته باشد، یا زمانی که نواحی دماهای گرم‌تری را در داخل شهر تجربه می‌کنند. سازمان حفاظت محیط زیست متعهد به ارائه اطلاعات در مورد جزایر گرمایی، استراتژی های خنک کننده، نمونه های اجرا و مواد کمکی برای کمک به کاهش جزایر گرمایی و اثرات آنها بر جوامع و محله های پربار است. بسیاری از جوامع با استفاده از پنج استراتژی اصلی برای کاهش جزایر گرمایی شهری اقدام می‌کنند: ۱) افزایش پوشش درختی و گیاهی، ۲) نصب بام‌های سبز، ۳) نصب سقف‌های خنک – عمدتاً بازتابنده، ۴) استفاده از روسازی‌های خنک (اعم از بازتابی یا نفوذپذیر). و ۵) استفاده از

شیوه های رشد هوشمند. استفاده از فضای سبز شهری (UGS) یکی از مؤثرترین راه‌ها برای کاهش UHI است(امیران[۱] ، ۲۰۱۹).

پوشش گیاهی نه تنها محیط را زیبا می کند (مانولی[۲] ،۲۰۱۹).کربن را جدا می کند و اکسیژن آزاد می کند، بلکه نقشی محوری در کاهش دما ایفا می کند (هان[۳] ،۲۰۱۹).میانگین دمای UGS 1-2 درجه سانتیگراد کمتر از دمای اطراف است. اثر خنک کنندگی UGS عمدتاً به دلیل سایه و تبخیر و تعرق است (میلی[۴] ،۲۰۱۹) .تقریباً ۸۰ تا ۹۰ درصد تابش خورشیدی را می توان به طور مؤثر رهگیری کرد(کوتزن[۵] ، ۲۰۱۸). عوامل آب و هوایی مانند بارندگی و تابش خورشیدی در مناطق مختلف آب و هوایی بسیار متفاوت است که بر شدت سایه و تبخیر و تعرق UGS در مناطق مختلف آب و هوایی تأثیر می گذارد (لیو[۶] ،۲۰۲۱).بنابراین، ایجاد سرمایش از طریق برنامه ریزی مناسب UGS در مناطق مختلف آب و هوایی مهم است.فضاهای سبز در جوامع می تواند نقش مهمی در پرداختن به خطرات تغییرات آب و هوایی ایفا کند. پارک‌ها، باغ‌ها، بام‌های سبز و دیوارهای سبز می‌توانند با ایجاد سایه و جذب گرمای خورشیدی به کاهش دمای شهری کمک کنند و در نتیجه اثر جزیره گرمایی شهری را کاهش دهند (وونگ[۷] ،۲۰۲۱).علاوه بر این، فضاهای سبز می توانند خدمات اکوسیستمی مختلفی مانند تصفیه هوا، مدیریت آب باران، ترسیب کربن و تامین زیستگاه حیات وحش را ارائه دهند (لو و پاتونو[۸] ،۲۰۲۳) .

فضاهای سبز می توانند با به حداقل رساندن تأثیر سیل و افزایش مقاومت در برابر امواج گرما و خشکسالی، انعطاف پذیری جامعه را در برابر تغییرات آب و هوایی افزایش دهند(گریم[۹] ،۲۰۲۳). آنها همچنین به عنوان فضاهای عمومی برای اهداف تفریحی، سرگرمی و اجتماعی عمل می کنند(هرنندز[۱۰] ،۲۰۲۲). در مقیاس شهری، محققان معمولاً تأثیرات سطح کلان، مانند انواع کاربری کلی زمین، توزیع و اتصال فضاهای سبز و پوشش گیاهی در کل شهر را تجزیه و تحلیل کرده‌اند .در مقیاس جامعه کوچکتر، نقش فضاهای سبز محدودتر و تحت تأثیر عوامل متعددی است. اندازه، شکل، نوع پوشش گیاهی و پوشش فضاهای سبز جامعه ممکن است بر اثرات خنک کنندگی آنها تأثیر بگذارد پیشنهاد کردند. علاوه بر این، ریزاقلیم و سایه های ساختمانی در جامعه ممکن است بر اثر خنک کنندگی فضاهای سبز تأثیر بگذارد (سون[۱۱] ،۲۰۲۴). با توجه به تأثیر پیچیده عوامل مختلف بر دمای سطح زمین تعریف واضح سهم سرمایش عوامل مختلف و آستانه خنک‌کننده آن‌ها چالش برانگیز است. افزایش پوشش گیاهی یک راه اولیه برای بهبود آسایش حرارتی شهری است. به طور کلی، فضاهای سبز بزرگتر اثرات خنک کنندگی بهتری را ارائه می دهند (یانگ[۱۲] ،۲۰۲۳).تحقیقات نشان داده است که پارک های بزرگتر از ۱۰ هکتار اثرات خنک کنندگی خاصی دارند . عملکردهای خنک‌کننده و مرطوب‌کننده فضاهای سبز بزرگ آشکارتر و پایدارتر هستند، در حالی که تأثیرات خنک‌کننده فضاهای سبز کوچک بسیار متغیر است (شیائو[۱۳] ،۲۰۱۸).از نظر الگوهای فضای سبز، اندازه، مساحت و تجمع لکه های سبز ممکن است بر اثرات خنک کننده تأثیر بگذارد. با توجه به مدل‌سازی شاخص‌های الگوی منظر با LST، فضاهای سبز با تجمع و اتصال بیشتر می‌توانند به طور مؤثرتری به اهداف سرمایش دست یابند (مسعودی ،۱۴۰۰).علاوه بر این، آبیاری پوشش گیاهی می‌تواند ظرفیت خنک‌کنندگی سطح زمین را افزایش دهد، در حالی که سرعت باد محلی بالاتر می‌تواند خنک‌سازی سریع‌تر سطح را تسهیل کند پوشش گیاهی یا جنگل‌های متراکم معمولاً نسبت به درختچه‌ها یا علفزارهای پایین‌تر سطح راندمان سرمایش بالاتری را نشان می‌دهند (وانگ[۱۴] ،۲۰۲۱).

1. Imiran
2. Manoli
3.Han
4.milie
5.Kotzon
6.Liu
7. Wong
8. Luo and Patuano
9. Grimm
10. Hernndez
11.Sun
12.Yang
13. Xiao
14.Wang

روش هایی برای خنک کنندگی سیستم های شهری

ساختمان های آجری: در ساختمان های آجری گرمای ویژه بسیار نزدیک به خاک و در ساختمان های سیمانی و بتنی گرمای ویژه نزدیک به فلز است. در برابر تغییر و دگرگونی دما اولی پایدارتر و دومی بسیار ناپایدار است. استفاده از ساختمان های آجری، با بررسی و در نظر داشتن کلیه ی عوامل مهندسی، بویژه ایمنی و زلزله، به لیل کاهش اثر پدیده جزایر حرارتی، باعث صرفه جویی در مصرف انرژی و کاهش بسیاری از هزینه های جاری کشور خواهد شد.

ساختمان هایی با انرژی کم: به منظور به حداقل رساندن تقاضا برای انرژی و بهینه سازی عرضه انرژی می بایست به منابع محلی و تجدیدپذیر اکتفا نمود. گزینه کارآمد دیگر فرم شهری متراکم با منطقه بندی عمودی از طریق خوشه های شهری چند سطحی و چند منظوره برای زندگی در شهرهای متراکم است.اقدام به حداکثر رساندن تولید گیاهان با راندمان بالا و منابع تجدید پذیر برای بالا بردن بهره وری از سطح کل انرژی و مهم ترین اقدام آموزش مردم و آگاهی دادن به آنها برای اجرای بهره وری انرژی و سیاست های تجدید پذیر تا مردم استفاده کم از انرژی را بپذیرند.

بام های خنک کننده: در یک روز گرم تابستانی، مواد به کار رفته در سقف های سنتی، دمای آن را به دمایی باالتر از ۸۸ درجه سانتی گراد می رساند. درحالی که با استفاده از بام های خنک کننده، این مقدار به ۱۳ درجه سانتی گراد تقلیل می یابد.

کفپوش های خنک کننده ایجاد جریان باد و تهویه: واد موجود در این نوع کف پوش ها، حداقل میزان جذب گرمای هوا و انتقال حرارت به محیط های اطراف را دارا هستند و به دو دسته تقسیم می شوند :موادی با رنگ روشن و دارای خلل و فرج و ساختاری مشبک که دارای بازتاب فضایی باالتر هستند و انرژی خورشید را کمتر جذب کرده و راحت تر خشک می شوند و سایه هایی به رنگ سفید، بژ ، خاکستری کمرنگ ایجاد می کنند .نوع دیگر آن دارای قابلیت نفوذ خاص ی می باشد، که به عنوان فیلتر زمین جهت نگه داشتن سرمای کف آن کمک کرده و زمین را مرطوب نگه می دارد و از مواد سیمانی، پالستیک ویا حتی آسفالتی با جنسیت خاص و ساختاری مشبک تهیه شده و خلل و فرج آن توسط خاک، شن، ماسه و علف هرز پر می شود و بدین ترتیب رطوبت را در خود حفظ می کنند.

ایجاد جریان باد و تهویه: رعایت ارتفاع مناسب برای ساختمان ها نسبت به فاصله بین آنها و حداکثر طول نمای پیوسته از مهمترین عوامل در جهت عدم جلوگیری از باد های موجود خواهد بود. قرارگیری ساختمان ها و درختان هماهنگ با باد و مسیر تهویه و پیلوتی کردن ساختمان ها امکان تهویه محلی را فراهم می کند. برج های خنک کننده در ساختمان های بلند)آتریومی بودن پالن(که یکی از ویژگی های آن ایجاد عمل نشست گرما به صورت طبیعی خواهد بود، امکان تهویه درفضاهای داخلی را فراهم می کند. برخی بادگیرهای سنتی مناطق مرکزی ایران نیز عملکردی این چنین داشته اند.

درخت ترفندی برای خنک نمودن هوا: گیاهان، به ویژه درختان، با ایجاد سایه در روی سطح زمین، به طور مستقیم، و با رها سازی رطوبت در جو و افزایش آب در هوا، به طور غیر مستقیم، باعث خنکی شهر می شوند. با کاشت علمی درختان مناسب ، تا ۴۰ ٪در اثر سایه درختان و ۳۰ ٪در اثر افزایش رطوبت، کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی را به دنبال دارد. لذا توجه در بکارگیری فضای سبز و درختان مناسب جهت تعدیل هوای شهر از درجه اهمیت باالیی برخوردار است. بر اساس مطالعات وزارت مسکن و شهرسازی، سرانه ی متعارف و قابل قبول فضاهای سبز شهری در ایران بین ۷ تا ۱۲ متر مربع برای هر نفر است که در مقایسه با شاخص تعیین شده از سوی محیط زیست سازمان ملل متحد۲۰ تا۲۵ مترمربع برای هر نفررقم کمتری است (رحیمی ،۱۳۹۶).

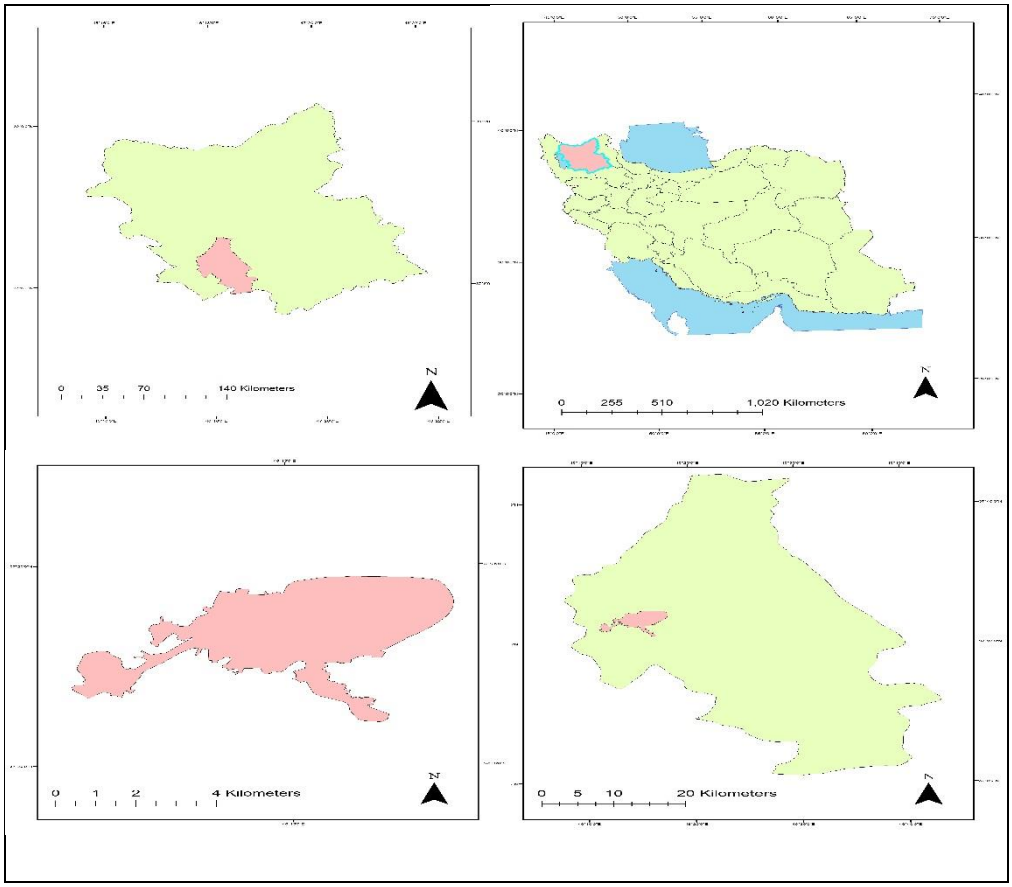
استفاده از آسفالت سرد: در اکثر کشورهای جهان خیابان ها از بتن و آسفالت غیر قابل نفوذ تشکیل شده اند که در فصل تابستان می تواند به دمای ۴۸ الی ۶۷ درجه سانتی گراد برسد. این سطوح گرمای دریافتی از محیط را می توانند به سطوح پایین تر انتقال داده و آنرا در خود ذخیره کرده و آنرا دوباره درشب بصورت گرما آزاد کنند. در طول روزهای گرم، گرمای خیابان ها باعث افزایش دمای خطوط آب شهری می شوند و باعث افت کیفیت آب می شوند و همچنین باعث افزایش سرعت تشکیل جزیره حرارتی بخصوص در هنگام شب می شود. جذب انرزی گرمایی توسط سازه های بتنی و آسفالتی دمای سطح خود را تا چندین درجه باالتر از هوای اطراف خود می برند. استفاده از این تکنولوژی در خیابان ها باعث ذخیره کمتر گرمای خورشید می شود و حتی در مقایسه با سطوح آسفالته و بتنی دارای طوح سردتری نیز می باشند. این نوع پوشش در خیابان های شهری و حومه شهری باعث کاهش دما در کل منطقه شهری شده و از شدت جزیره حرارتی شهری بطور قابل مالحظه ای می کاهند. باتوجه به

اینکه در بعضی شهرها ممکن است سطوح کاربری اراضی خیابان ها در مقایسه با سطوح پوشش گیاهی و سقف ساختمان ها بیشتر باشد در نتیجه از جمله عوامل اصلی تشکیل جزیره حرارتی می باشند. در این تکنولوژی با استفاده از رنگدانه هایی روشن تر بجای رنگدانه های سیاه از تمرکز انرژی گرمایی کاسته و امواج کوتاه مادون قرمز خورشید را بیشتر منعکس می کنند(رستمی ،۱۳۹۵).

پوشش سرد یک راه حل ارزان قیمت و در حال گسترش برای کمک به کاهش ذخیره گرمایی در شهرها می باشد .استفاده از درختان بالغ در فضای شهریبرای اینکه درختان عملکرد سرمایشی مناسبی از خود نشان دهند، باید رشد کافی داشته باشند که این امر به مواردی از جمله کیفیت خاک، دسترسی آب و ایجاد فضای کافی برای رشد ریشه بستگی دارد. درواقع، درختی که فضای کافی برای رشد در زمین ندارد به حداکثر اندازه خود نرسیده و عمر کوتاهی نیز خواهد داشت.یک درخت بالغ می تواند حدود ۴۵۰ لیتر آب را در طی روز از طریق فرآیند تبخیر-تعرق از دست بدهد که عملکرد سرمایشی آن برابر با فعالیت حدود ۵ دستگاه تهویه مطبوع فعال در طول ۲۰ ساعت از یک روز است. امروزه تراکم شهرها سبب فشردگی زیاد و کاهش فضای مناسب کاشت و پرورش درختان در محیط های شهری شده است که این شرایط باعث محدود شدن دسترسی درختان به آب، هوا و مواد مغذی مناسب موجود در خاک می شود. در همین راستا، برای ایجاد رشد بهینه درختان در محیط های شهری می توان از ساختارهای سلولی به عنوان یک راه حل مناسب استفاده کرد. ساختارهای سلولی در واقع، قاب های مدوالری هستند که در زیرزمین جای گذاری شده و توسط خاک با کیفیت بالا پر می شود. این سیستم ها سبب تامین فضای رشد کافی برای درختان شده و دسترسی مناسب به آب، هوا و مواد مغذی فراهم می اورند. بعلاوه، نقش این سیستم ها در جذب آب باران و کنترل آب های سطحی نیز غیر قابل چشم پوشی است. انواع مختلفی از ساختار های سلولی وجود دارند که می توانند برای بهبود شرایط کاشت و پرورش درختان در محیط های شهری مورد استفاده قرار بگیرند(روشنی ،۱۳۹۶).

معرفی محدوده مورد مطالعه

مراغه با دارا بودن ۳۴ کیلومتر مربع مساحت(۱۳۹۸) و ۱۷۵۶۰۰ نفر جمعیت شهری که بدون احتساب بخش‌ها و روستاهای حومه آن می‌باشد(۱۳۹۵). شهر مراغه از شمال به شهرستان تبریز، از مشرق به هشترود، از جنوب به شهرستان میاندوآب و از غرب به دریاچه ارومیه محدود شده است. .شهرستان مراغه از نظر توپوگرافی از دو قسمت مجزا تشکیل شده است. بخش شمالی که شامل دامنه های جنوبی ارتفاعات سهند میباشد، به صورت کوهستانی و ناهموار بوده و بخش مرکزی و جنوبی شهرستان، به صورت دشت و جلگه است. توده کوهستانی سهند از مهمترین عوارض توپوگرافیک شهرستان محسوب میشود که دامنه های جنوبی این کوهستان پیکربندی بخش عمده ای از شهرستان را تشکیل میدهدآب و هوای مراغه معتدل متمایل به سرد و مرطوب است. مراغه در امتداد یک دره سرسبز کشیده شده که آن را کوه‌ها و تپه ماهورها احاطه کرده‌اند.شهر مراغه از سه منطقه شهری تشکیل شده است که منطقه یک بزرگترین آن که شامل مرکز ،شرق وجنوب شهر می باشد که مساحتی پیشنهادی این منطقه در طرح تفضیلی ۱۸۴۵هکتار است و منطقه سه با دو ناحیه و چهار محله در غرب وجنوب غرب شهر کوچکترین آن با مساحت پیشنهادی ۴۸۵,۱۱هکتار است.بر۹۵ .این شهر دارای ۱۷۵هزار و ۲۵۵ نفر جمعیت بوده است. طبق آخرین اطلاعات باغ‌شهر مراغه بیش از دو میلیون و ۵۸۴ هزار و ۵۹۷ متر مربع فضای سبز شهری و پارک دارد که یک میلیون و ۲۱۰ هزار و ۶۸۰ متر مربع آن، به پارک‌های احداثی در سطح شهر اختصاص دارد و سرانه هر فرد ۱/۳ مترمربع میباشد .



شکل۱: نقشه ی محدوده مورد مطالعه : شهر مراغه

روش پژوهش

با توجه به ماهیت موضوع، هدف پژوهش کاربرد ی و روش تحقیق مبتنی بر روش توصیفی – تحلیلی است. در این پژوهش به منظور پایش تغییرات کاربری شهری در بازه زمانی ۱۳۶۳تا ۱۴۰۱ تصاویر ماهوارۀ لندست با پیکسل سایز ۳۰×۳۰ استفاده شده است برای بررسی میزان خنک کنندگی در شهر مراغه از مدل سرمایش شهری در نرم افزار Invest استفاده شده است .مدل سرمایش شهری به مدلسازی اثرات فضای سبز بر جزایر حرارتی می پردازد.این مدل یک شاخص کاهش گرما را بر اساس سایه، تبخیر و تعرق و آلبیدو و همچنین فاصله از جزایر خنک کننده (مانند پارک ها) محاسبه می کند.ورودی های اصلی این مدل نقشه های کاربری اراضی ،نقشه تبخیر و تعرق به صورت رستری وجدول بیوفیزیکال مربوط به کاربری اراضی و پوشش گیاهی شهر مراغه می باشد که نقشه های کاربری شهر مراغه به تاریخ های ۱۳۶۳ ،۱۳۸۳و۱۴۰۱ توسط ماهواره لندست تهیه شده است از ماهواه لندست ۸ برای سال ۱۴۰۱ و لندست ۵ برای سال ۱۳۸۳ و ۱۳۶۳ به کار رفته است .برای تهیه ی نقشه تبخیر و تعرق مرجع از الگوریتم سبال استفاده شده است .الگوریتم سبال یک روش پردازش تصویر بر مبنای علم فیزیک جهت ارزیابی جز مجهول معادله ی تعادل انرژی یعنی تبخیر و تعرق به عنوان باقی مانده ی این معادله است .

مدل سرمایش شهری

شاخص ظرفیت خنک کننده این مدل ابتدا شاخص ظرفیت خنک کننده را برای هر پیکسل بر اساس سایه محلی، تبخیر و تعرق و آلبدو محاسبه می کند.

جدول ۱- بیوفیزیکال

عنوان	مقدار	توضیحات
سایه	بین ۰ تا ۱	نشان‌دهنده نسبت پوشش درختی است (۰ برای بدون درخت؛ ۱) برای پوشش کامل درخت با ارتفاع تاج پوشش ≤۲ متر.
Kc	بین ۰ تا ۱	مقدار ضریب گیاهی
آلبدو	بین ۰ تا ۱	نشان‌دهنده نسبت تابش خورشیدی است که مستقیماً توسط کلاس LULC منعکس می‌شود.
منطقه سبز	بین ۰ تا ۱	۱به عنوان منطقه سبز و ۰ منطقه سبز محسوب نمی شود.
تراکم ساختمان	بین ۰ تا ۱	این مقدار با تقسیم مساحت طبقه بر مساحت زمین، که بین ۰ و ۱ نرمال‌سازی شده است، محاسبه می‌شود.

شاخص تبخیر و تعرق نشان دهنده یک مقدار نرمال شده از تبخیر و تعرق بالقوه است، یعنی تبخیر و تعرق از پوشش گیاهی (یا تبخیر از خاک، برای مناطق بدون پوشش گیاهی) برای هر پیکسل با ضرب تبخیر و تعرق مرجع است.

رابطه (۱)

$$ETI = + \frac{KC.ET0}{ET\ MAX}$$

ETI = میزان تبخیر و تعرق ET0 = تبخیر تعرق مر جع KC = ضریب گیاهی ET max = ماکزیمم تبخیر و تعرق

عامل albedo مقداری بین ۰ و ۱ است که نشان دهنده نسبت تابش خورشیدی است که توسط نوع LULC منعکس شده است.

رابطه (۲) $$CCi=0.6 \cdot shade+0.2 \cdot albedo+0.2 \cdot ETI$$

CCi = پتانسیل سرمایش پیکسل ضرایب :نشان دهنده اثر سایه ۳ برابر آلبدو و ۳ برابر تبخیر و تعرق است.

شدت ساختمان: یک پیش بینی کننده مهم برای دمای شبانه است زیرا گرمای ذخیره شده در روز توسط ساختمان ها در طول شب آزاد می شود. برای پیش‌بینی دمای شبانه، ضریب شدت ساختمان را برای هر نوع کاربری زمین در جدول بیوفیزیکی ارائه میشود.

رابطه (۳) $$CCi=1-building.intensity$$

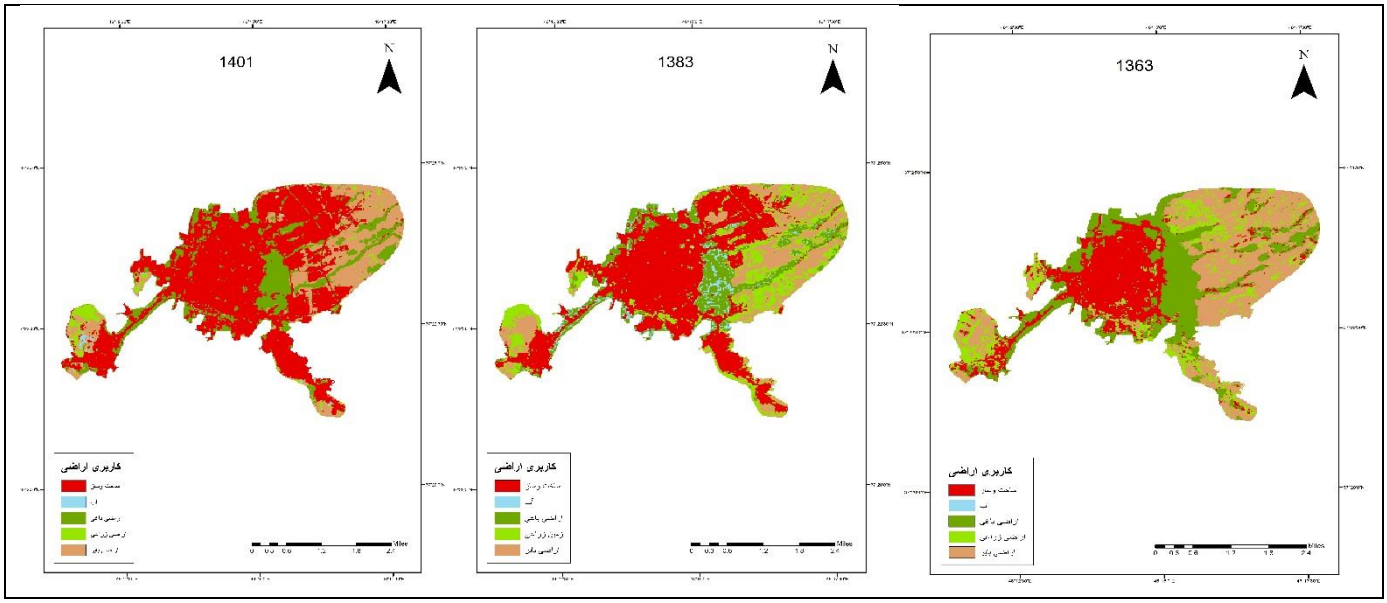
شدت جزایر حرارتی پدیده بالا بودنِ چشمگیرِ درجه ی دمای برخی از شهرها یا مناطق شهری در مقایسه با حومه شهر یا محدوده‌های روستاییِ نزدیکشان گفته می‌شود. این میزان در مورد شهر مراغه برای فصل تابستان و طول روز در سال ۱۳۶۳ برابر با ۱,۵ برای سال ۱۳۸۳ برابر با ۲,۵ و برای سال ۱۴۰۱ برابر با ۳,۵ درجه سانتیگراد است .دمای مرجع روستایی برای سال ۱۳۶۳برابر با ۲۰ درجه برای سال ۱۳۸۳ برابر ۲۲,۸و برای سال ۱۴۰۱ برابر با ۲۳,۵ درجه سانتیگراد می باشد.

بحث و یافته‌های پژوهش

نقشه های کاربری اراضی

برای تهیه نقشه کاربری اراضی/پوشش اراضی از تصاویر ماهوارهای لندست ۵ برای سال های ۱۳۶۳و ۱۳۸۳و لندست ۸ برای سال ۱۴۰۱ در محیط گوگل ارث انجین استفاده شده است .تصاویر مربوط به فصل تابستان ماه ژوئن وز ۲۴ ام می باشد .نقشه کاربری اراضی/پوشش اراضی شامل ۵کلاس باغات،اراضی زراعی ، مناطق مسکونی ،اراضی بایر و آب می باشد.تغییرات اراضی منطقه نشان می دهد درسال ۱۳۶۳در بررسی ۵ کلاس کاربری اراضی ساخت و ساز مساحتی حدود ۴۳۶/۲۱ هکتار اراضی باغی ۵۴۲/۷۶ هکتار، اراضی زراعی ۵۱۰/۴۲ هکتار، اراضی بایر ۱۲۳۴/۱۲ هکتار و آب ۰۱/ ۱۹می باشد .در سال ۱۳۸۳به ترتیب اراضی ساخت وساز ۱۰۸۰/۷۱ هکتار ، اراضی باغی ۳۹۸/۸۷هکتار، اراضی زراعی ۱۲۲/۶۵هکتار، اراضی بایر ۱۰۶۱/۳۲ هکتار و

آب برابر با ۲/۰۱ بوده است همچنین در سال ۱۴۰۱ اراضی ساخت وساز ۱۵۱۹/۳۲ هکتار، اراضی باغی ۲۹۱/۴۲ هکتار ، اراضی زراعی ۱۱۵/۱۱ هکتار، اراضی بایر ۷۰۴/۰۹ هکتار و آب برابر با ۳۵/۴۵ می باشد.روند بررسی تغییرات کاربری شهر مراغه از سال ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۱ نشان دهنده ی کاهش محسوس زمین های زراعی و اراضی بایر و باغی این شهر می باشد. کاربری اراضی ساخته شده، در طول بازه زمانی ۱۳۶۳ تا ۱۴۰۱ بیشترین تغییرات مساحت را داشت بیشتر اراضی باغی و کشاورزی با تغییر کاربری در جهت ساخت وساز قرار گرفته است .گسترش شهر به دلیل همجواری با باغات و زمین های کشاورزی باعث ادغام این فضا در داخل محدوده شهر و تخریب و تغییر کاربری آن شده است.



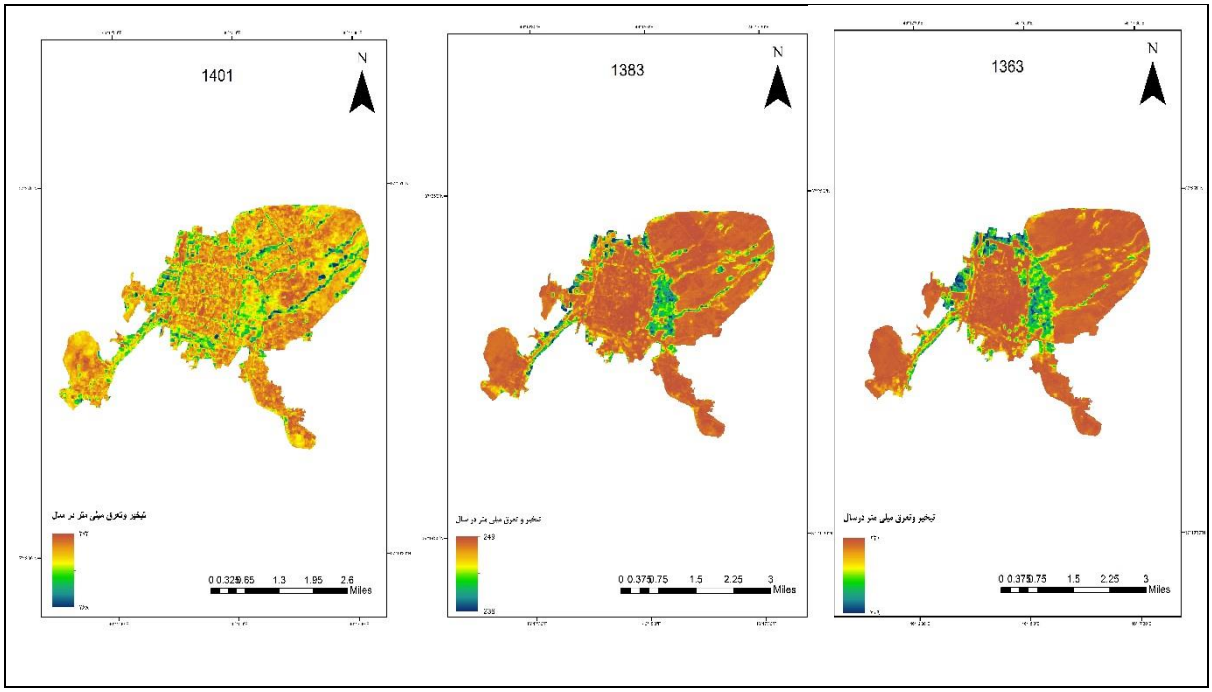
شکل۲: نقشه کاربری اراضی شهر مر اغه برای سال های ۱۳۶۳ ، ۱۳۸۳ ، ۱۴۰۱

نقشه تبخیر وتعرق

تبخیر و تعرق یکی از اجزای اصلی چرخه هیدرولوژی است و تعیین صحیح آن برای بسیاری از مطالعات از قبیل توازن هیدرولوژیکی آب، طراحی و مدیریت سیستمهای آبیاری، شبیهسازی میزان محصول و طراحی و مدیریت منابع آب از درجه اهمیت بالایی برخوردار است . تبخیر- تعرق گیاه مرجع (ET0) بطور مستقیم بوسیله لایسیمتراندازه گیری میشود و یا غیر مستقیم با استفاده از داده های هواشناسی یا تبخیر از تشت برآورد میگردد. روشهای ترکیبی نیز تغییرات تبخیر را با شار تابش خالص وخصوصیات انتقال آئرودینامیک یک سطح طبیعی مرتبط مینمایند. روش های زیادی مبتنی بر داده های هواشناسی برای شرایط مختلف جغرافیایی و اقلیمی برای محاسبه ET0 تدوین شده است معادله فائو پنمن مونتیث به عنوان رابطه استاندارد برای محاسبه تبخیر- تعرق که از سوی فائو ارائه شده است، استفاده شد و معادله آن به شرح زیر است:

رابطه **(es -ea20.408Δ (Rn - G) + y(Ca /T + 273.16)U**
ی (۴)
Δ + y(1 + cdu2)

در این رابطه : ETo: تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه مرجع Rn:تابش خالص در سطح پوشش گیاهیG:شار گرما به داخل خاکT: متوسط 0دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمینU2: سرعت باد در - 1ارتفاع ۲ متری از سطح زمین es: فشار بخار اشباع: ea شار بخار واقعی ea-es: کمبود فشار بخار اشباع Δ: شیب منحنی فشار بخارy :ضریب رطوبتی.میزان متوسط تبخیر و تعرق برای شهر مراغه برای سال ۱۳۶۳برابر با ۲۲۰/۸۹میلی متر ، برای سال ۱۳۸۳برابر با ۲۴۸/۴۵میلی متر و برای سال ۱۴۰۱با ۲۷۲/۷۶میلی متر در سال بوده است.

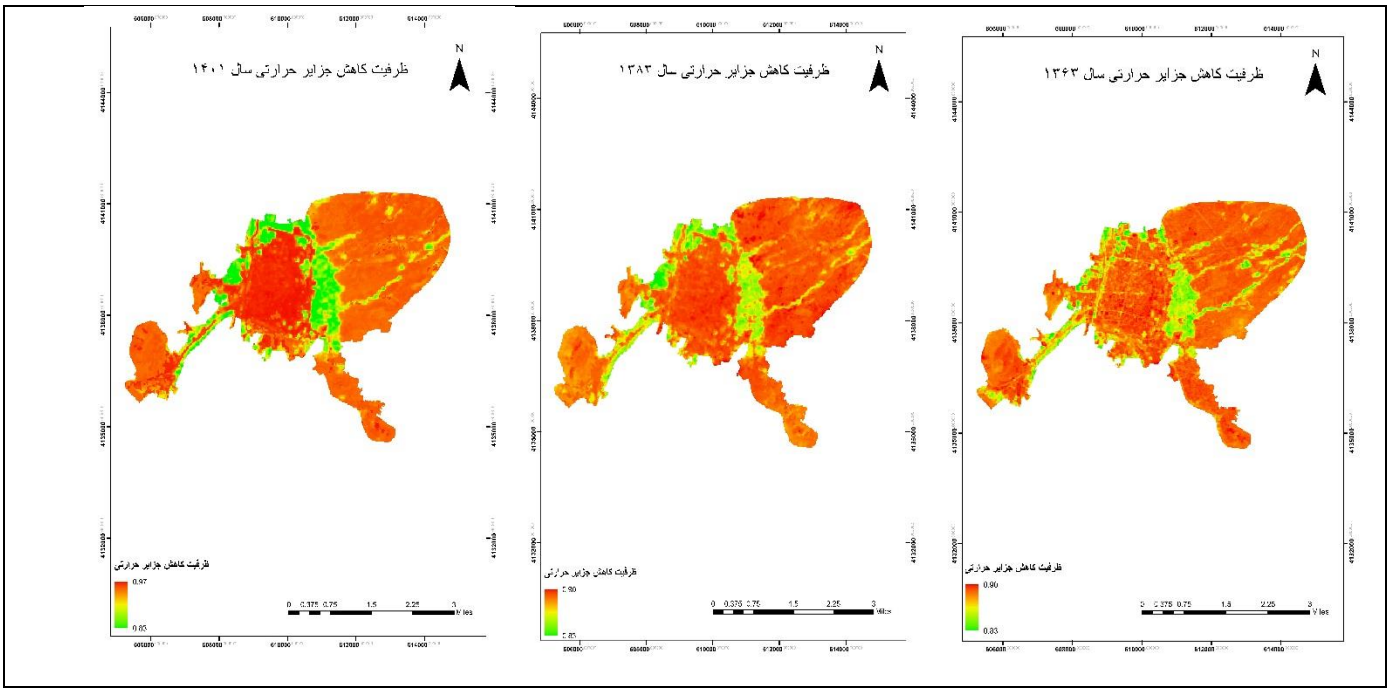


شکل۳: نقشه تبخیر و تعرق مرجع برای سال های ۱۳۶۳ ، ۱۳۸۳ ، ۱۴۰۱

ظرفیت کاهش جزایر گرمایی

در شهر مراغه مقدار میانگین شاخص کاهش جزایر گرمایی شهری در سال ۱۳۶۳ از ۰/۸۳ تا ۰/۹۰ می باشد بیشترین میزان کاهش جزایر گرمایی شهری مراغه در سال ۱۳۶۳در بهترین حالت مربوط به مناطق ۲،۳ به ترتیب با میزان ۲۶/۴۵، ۲۱/۵ و در بدترین حالت در منطقه ۳ ۳۸/۳۴ درصد می باشد. مراغه در سال ۱۳۶۳در بهترین حالت دمایی حدود ۴ درجه و در بدترین حالت دمایی در حدود ۱ درجه خودش را خنک کند . در کل شهرمراغه در سال ۱۳۶۳ در بهترین حالت در روز ۲۵ درجه ودر بدترین حالت با احتساب ۱ درجه میزان خنک کنندگی دمایی در حدود ۳۱ داشته که در منطقه ۳ می باشد..در کل مراغه در سال ۱۳۸۳در کلاس ۰,۲۳ تا ۰,۸۳ در بدترین حالت ۳۸,۷ در کلاس ۰,۱۸تا ۰,۲۸ درصد ۲۹,۷ و در کلاس ۰,۸۳ تا ۰,۹۰ درصد در بهترین حالت ۱۹,۷ درصد کاهش جزایر گرمایی را به خود اختصاص داده است .در سال ۲۰۰۲ شاخص کاهش جزایر گرمایی بین ۰,۸۳ تا ۰,۹۰ درصد می باشد .میزان کاهش جزایر گرمایی برای مناطق ۱ و۲ برابر ۲۴,۵ و ۱۹,۲۳ در بهترین حالت و در بدترین حالت برابر ۴۱,۳۳برای منطقه ۳ بوده است .شهر مراغه در طول روز در بهترین حالت میتواند خود را ۳,۳۳ درجه و در بدترین حالت ۰,۳۴۱ درجه خنک سازی کند در واقع با توجه به دمای مرجع روستایی که برابر با ۲۲,۸ درجه می باشد با احتساب بهترین حالت خنک کنندگی دمایی حدود ۲۵ درجه که شامل مناطق ۱و۲ ودر بدترین حالت با احتاسب میزان خنک کنندگی دمایی حدود ۳۱,۷۸ است که در منطقه ۳ وجود دارد .در کلاس ۰,۲۱ تا ۰,۹۷ ۳۶,۷۶ در کلاس ۰,۲۳تا ۰,۳۶ برابر با ۱۹,۸۰درصد در کلاس ۰,۲۶تا ۰,۵۰ برابر ۱۷,۱۵درصد و در کلاس ۰,۶۰تا ۰,۹۳ برابر ۲۰,۶۵درصد بهترین کاهش جزایر گرمایی را داشته است .بررسی شاخص کاهش جزایر گرمایی در سال ۱۴۰۱در شهر مراغه به این صورت است که در کلاس ۰۸۳ درصد تا ۰,۹۷ که اعداد نزدیک به ۰,۹۷ بدترین و اعداد نزدیک به ۰,۸۳ بهترین میزان کاهش جزایر گرمایی را نشان می دهد .بهترین حالت مربوط به منطقه ۱و۲ با میزان ۲۸,۲۰ و ۳۳,۵ و بدترین میزان خنک کنندگی با عدد ۴۴,۴۳ مربوط به منطقه ۳ شهر مراغه می باشد .شهر مراغه در بهترین حالت در روز می توانسته دمایی در حدود ۵,۵ درجه ودر بدترین حالت در حدود ۱ درجه خودش راخنک کند با توجه به دمای مرجع روستایی که برای سال ۲۰۲۲ در مراغه برابر ۲۳,۵ درجه می باشد که در واقع در بهترین حالت دمای شهر ۲۷,۵ که شامل مناطق ۱ و۲ ودر بدترین حالت دمایی در حدود ۳۱ درجه داشته است که در منطقه ۳ مشاهده میشود .در کلاس ۰,۲۲تا ۰,۹۰ در حدود ۳۳,۵درصد در کلاس ۰,۴۰ تا ۰,۵۵ حدود ۳۱,۶۵ درصد در کلاس

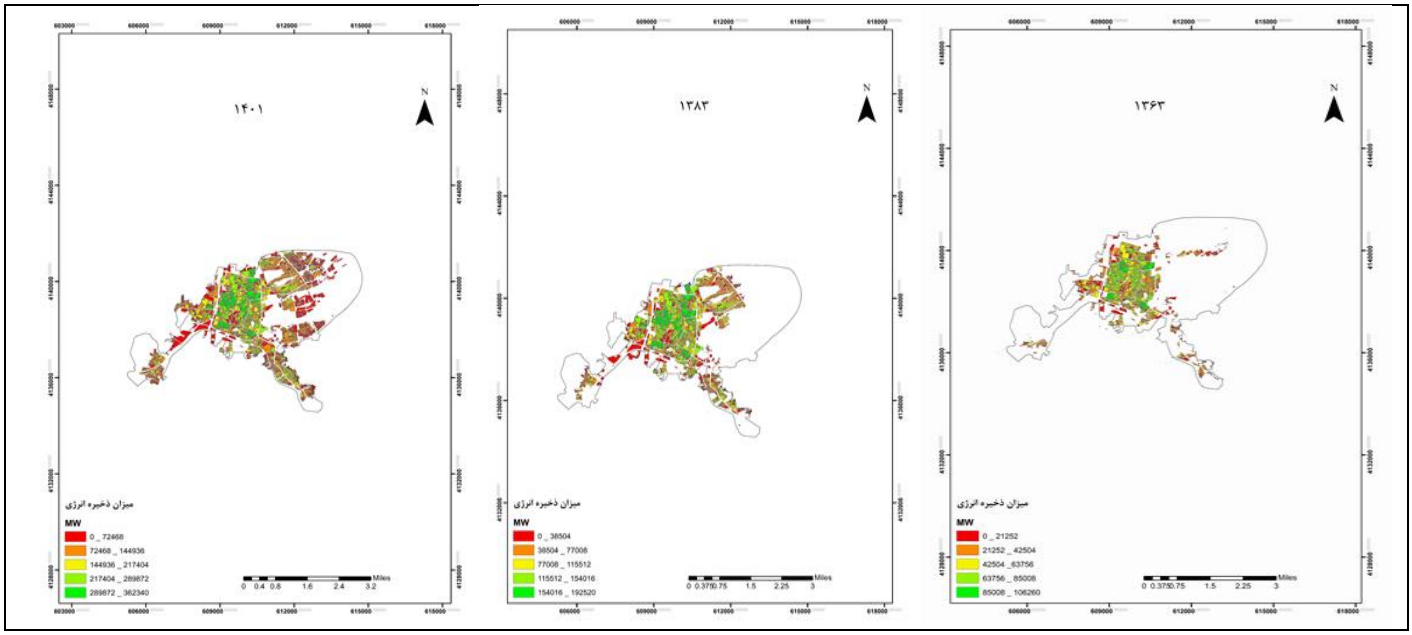
۰,۲۴ تا ۰,۳۴ برابر با ۱۷,۴۵ درصد و در کلاس۰,۵۹ تا ۰,۸۳ برابر با بهترین حالت خود یعنی ۱۸,۵ درصد میزان خنک کنندگی می باشد.



شکل ۴: نقشه ظرفیت کاهش جزایر گرمایی برای سال های ۱۳۶۳ ، ۱۳۸۳ ، ۱۴۰۱

میزان ذخیره انرژی بر اساس ظرفیت کاهش جزایر گرمایی شهری

صرفه جویی انرژی ناشی از کاهش جزایر گرمایی شهری را براثر زیرساخت های سبز شهری در سال ۱۳۶۳ در شهر مراغه ۱۰۶۲۶ مگاوات بوده است که در ۳ منطقه ی شهری ۱و۲و۳به ترتیب۲۵۴۲ ،۳۲۹۱، ۴۸۴۳ مگاوات ساعت بیشترین صرفه جویی ناشی از مصرف انرژی را داشته اند . در سال ۱۳۸۳صرفه جویی ناشی از فضای سبز شهری ۱۹۲۵۲مگاوات بوده است که در منطقه شهری مراغه به ترتیب مناطق ۱و۲و۳ برابر با ۵۴۱۷، ۶۲۱۹، ۷۸۳۱مگاوات بیشترین صرفه جویی ناشی از فضای سبز را داشته اند.شهر مراغه در سال ۱۴۰۱ بر اثر کاهش جزایر گرمایی شهری ناشی از فضاهای سبز شهری معادل ۳۶۲۳۴مگاوات بوده است در سه منطقه ی شهری به ترتیب۸۳۵۱ ،۱۱۸۷۲ ، ۱۵۸۸۷ مگاوات بیشترین صرفه جویی ناشی از فضای سبز را داشته اند. در کل صرفه جویی ناشی از فضای سبز براساس هزینه ی دلار برای ۱و۲و۳ به ترتیب برابر ۱۰۶۲۶۰ ، ۱۹۲۵۲۰ ، ۳۶۲۳۴۰ می باشد



شکل ۵: میزان ذخیره انرژی ناشی از کاهش جزایر گرمایی شهری زیرساخت های سبز شهر مراغه سال ۱۳۶۳، ۱۳۸۳، ۱۴۰۱

جمع بندی و نتیجه گیری

با توجه به تبدیل سطوح طبیعی و نیمه طبیعی به مناطق ساخت و ساز شده باعث ایجاد عدم تعادل دمایی بین شهرها و روستاهای اطراف شده است .اساسا در سالهای اخیر حفظ فضای سبز شهری و پوشش های گیاهی به عنوان اصلی ترین دلیل جلوگیری از افزایش دمای شهرها مورد توجه قرار گرفته است چراکه فضای سبز بخش زنده و حیاتی ساختار مورفولوژیک و اصلی ترین عامل تواز اکولوژیکی در شهرها و به عنوان یکی از سطوح سرد برای تعدیل دما و کاهش تاثیرات اثرات جزایر حرارتی بر شهرها است .هدف از پژوهش حاضر بررسی کاربری اراضی و نقش آن بر ایجاد افزایش دما در محیط شهری مراغه وشناسایی مناطق بحرانی زیست محیطی می باشد. نتایج حاکی است از با توجه به بررسی کاربری اراضی شهری مراغه توسط تصاویر ماهواره ای برای سال های ۱۳۶۳ و ۱۳۸۳و ۱۴۰۱ که اراضی ساخت و ساز شده به ترتیب سال برابر ۴۳۶,۲۱ و ۱۰۸۰,۷۱ و ۱۵۱۹,۳۳ در بحث اراضی باغی به ترتیب سال ۵۴۲,۷۶ و ۳۹۸,۸۷ و ۲۹۱,۴۲ هکتار و در اراضی زراعی برابر با ۵۱۰,۴۲ و ۱۲۲,۴۲ و ۱۱۵,۱۱هکتار می باشد که نشان می دهد در بازه ی ۳۸ ساله اراضی ساخت و ساز افزایش و اراضی باغی و زراعی کاهش چمگیری داشته است در واقع بیشتر مناطق باغی وزراعی اطراف شهر به زیر ساخت وساز رفته است . با توجه به نتایج مشاهده می شود که مناطقی که بیشترین میزان خنک کنندگی را به خود اختصاص داده اند مناطق شمالی و جنوبی شهر که بیشترین میزان باغات را دارا هستن می باشد همچنین کمترین میزان خنک کنندگی مربوط به مناطق غربی وقسمتی از جنوب شهر است که مناطق بایر و ساخت وساز شده زیادی را دارند. لذا میتوان گفت ارتباط مستقیمی بین میزان فضاهای سبز وکاهش اثرات جزایر گرمایی بر شهر وجود دارد . خروجی مدل سرمایش شهری نشان می دهد فضاهای سبز و باغات نقش ارزشمندی در کاهش پدید جزیره گرمایی دارند. اثر جزیره گرمایی شهری یکی از چالش‌های اصلی برای برنامه ریزی شهری است. برای دستیابی به توسعه پایدار، استفاده ازمزایای خدمات اکوسیستم در برنامه‌ریزی شهری بسیار موثر است تراکم ساختمان و جمعیت ، منجر به کاهش ظرفیت خنک کنندگی مناطق شهری شده است. در تصمیم گیری توسعه ی شهرهای و یا تعیین جهت توسعه شهر باید به عوامل مرتبط با طراحی و ساخت شهر و پوشش گیاهی، کاربری زمین، حمل ونقل و خصوصیات مصالح سطح توجه کرد خدمات اکوسیستم به دلیل تمرکز بر تعامل بین طبیعت و جامعه به عنوان زیربنای توسعه پایدار تعریف می‌شود. بنابراین کمی‌سازی خدمات اکوسیستمی مهم ابزاری برای تصمیم‌گیران و مدیران کشوری به‌منظور مدیریت و پایش سطح عرضه خدمات اکوسیستمی است. ظرفیت سرمایش شهری یکی از مزایای خدمات اکوسیستم شهری است که به کاهش اثرات جزیره گرمایی

شهری کمک می‌کند . شناخت اهمیت این عوامل میتواند نقش و جایگاه طراحی شهری، برنامه ریزی شهری و معماری را در کاهش جزایر حرارتی شهری نشان دهد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسندگان اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده‌اند و این موضوع مورد تأیید همه آنهاست.

مشارکت نویسندگان

مشارکت نویسندگان در مقاله مستخرج از فعالیت پژوهشی به شکل توضیح داده شده از سوی مجله، مورد تأیید نویسندگان این مقاله است.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر فاقد حمایت مالی است.

سپاسگزاری

از کلیه کسانی که در مراحل مختلف نوشتن این مقاله با نظرات خود ما را یاری دادند سپاسگذاری می‌کنیم.

منابع و مأخذ

التمیمی، ایام شیاع علی و زرکش، افسانه و یگانه، منصور،۱۴۰۲،تحلیل تاثیر تکنیک ساختمان های سبز بر کاهش مصرف انرژی (تکنیک بام سبز در ساختمان آموزشی در شهر واسط عراق). //sanad.iau.ir/Journal/jsde/Article/846529/FullText

حلبیان, امیرحسین سلطانی, زهرا . (۱۳۹۹). واکاوی تغییرات فضایی- زمانی جزایر گرمایی شهری و کاربری اراضی با رویکرد زیست‌محیطی در شیراز .*مطالعات ساختار و کارکردشهری*. //sid.ir/paper/408207/fa

عابدینی, اصغر , آزمون, مجتبی , آذرکیش, کیارش و مشتاقی, سینا (۱۴۰۲). کاهش اثرات جزایر گرمایشی شهر از طریق مصالح روسازی خنک نمونه مطالعاتی: منطقه ۸کلان‌شهر تبریز .توسعه پایدار شهری۱۰۵ _۱۲۸. 10.22034/USD.2024.2008122.1092.

رحیمی، نگین (۱۴۰۰). بررسی جزایر حرارتی شهری در رابطه با کاربری اراضی (مطالعه موردی شهر تهران). مدیریت منابع طبیعی، GIS و سنجش از دور جلد ۳، شماره ۲، ۲۵-۳۴ نوامبر ۲۰۲۱.

Balany, F., Ng, A. W. M., Muttil, N., Muthukumaran, S., & Wong, M. S. (2020). Green infrastructure as an urban heat island mitigation strategy—a review. *Water (Switzerland)*, *12*(12), Article 3577. doi.org/10.3390/w12123577

Babraz Karimi , Ahmad Roshani(2018). Analyzing the distribution of public land use from the spatial justice perspective: A case study of 10 districts of Shiraz Metropolitan. Journal of Geography and Spatial Justice2018. doi.org/10.22098/gsd.2024.2983.

Beverly Parsons, Lovely Dhillon, and Matt Keene (Eds.). (2020). Visionary Evaluation for a Sustainable, Equitable Future . Charlotte, NC: Information Age, 276 pages. (ISBN: 978-1-64113-835-2)

Benz Kotzen (2018).Chapter 4.2 - Green Roofs Social and Aesthetic Aspects.Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability2018, Pages 273-281. doi.org/10.1016/B978-0-12-812150-4.00025-2.

Davide Longato , Chiara Cortinovis , Mario Balzan , Davide Geneletti (2021). A method to prioritize and allocate nature-based solutions in urban areas based on ecosystem service

demand. Landscape and Urban Planning Volume 235, July 2023, 10474. DOI:10.1016/j.landurbplan.2023.104743.

Elias Ganivet. Growth in human population and consumption both need to be addressed to reach an ecologically sustainable future. Environment, Development and Sustainability, 2020, 22 (6), pp.4979- 4998. ff10.1007/s10668-019-00446-wff. ffhal-02939187. DOI: 10.1007/s10668-019-00446-w.

Grimm, Karl and Grimm-Pretner, Dagmar (2023) Integrative Design Solutions for Connecting Street Trees to the Urban Water Cycle. LET IT GROW, LET US PLAN, LET IT GROW. Nature-based Solutions for Sustainable Resilient Smart Green and Blue Cities. Proceedings of REAL CORP 2023, 28th International Conference on Urban Development, Regional Planning and Information Society. pp. 429-438. ISSN 2521-3938. doi.org/10.48494/REALCORP2023.7091.

Han, Wenchao; Li, Zhanqing; Wu, Fang; Zhang, Yuwei; Guo, Jianping; Su, Tianning; Cribb, Maureen; Fan, Jiwen; Chen, Tianmeng; Wei, Jing; Lee, Seoung-Soo (2019). The mechanisms and seasonal differences of the impact of aerosols on daytime surface urban heat island effect Atmospheric Chemistry and Physics Discussions 20:6479-6493. doi.org/10.5194/acp-20-6479-2020, 2020.

Huimin Liu [a], Bo Huang [a b], Qingming Zhan [c d], Sihang Gao [c], Rongrong Li [a], Zhiyu Fan(2021) . The influence of urban form on surface urban heat island and its planning implications: Evidence from 1288 urban clusters in China. Sustainable Cities and Society. DOI:10.1016/j.scs.2021.102987.

Huawei Li, Guifang Wang, Guohang Tian (2020). Mapping and Analyzing the Park Cooling Effect on Urban Heat Island in an Expanding City: A Case Study in Zhengzhou City, China. *Land* 2020, *9*(2), 57; doi.org/10.3390/land9020057.

Imran, H.M.; Kalab, J.; Nga, A.W.M.; Muthukumaran, S. Effectiveness of vegetated patches as Green Infrastructure in mitigating Urban Heat Island effects during a heatwave event in the city of Melbourne. *Weather Clim. Extrem.* 2019, *25*, 100217. DOI:10.1016/j.wace.2019.100217.

J.K.N. Tan , R.N. Belcher , H.T.W. Tan , S. Menz , T. Schroepfer (2021) . The urban heat island mitigation potential of vegetation depends on local surface type and shade. Urban Forestry & Urban Greening Volume 62, July 2021, 127128.doi.org/10.1016/j.ufug.2021.127128.

José G. Vargas-Hernández, Karina Pallagst ,Justyna Zdunek-Wielgołaska (2023).Urban Green Spaces as a Component of an Ecosystem. Sustainable Development and Environmental Stewardshippp 165–198. DOI: 10.1007/978-3-031-28885-2_8.

Karen *Cancino* (2009). The urban heat island : causes and effects. Focusing on Urban Forestry as a Key Mitigation Strategy. Faculty of Forestry The University Of BritishColumbiaVancouver, B.C. dx.doi.org/10.14288/1.0075500.

Laouadi, A.; Bartko, M.; Lacasse, M.A. Development of assessment criteria for overheating risk analysis in buildings. In Proceedings of the 2nd International Conference on New Horizons in Green Civil Engineering, Victoria, BC, Canada, 25–27 April 2020. doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110360.

Razvan Nita [f], Davide Geneletti [g], Carlo Calfapietra [h i],(2017). A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. Environmental Science & Policy Volume 77, November 2017, Pages 15-24. doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008.

Manoli, G., Fatichi, S., Schläpfer, M., Yu, K., Crowther, T. W., Meili, N., … Bou-Zeid, E. (2019). Magnitude of urban heat islands largely explained by climate and population. *Nature*, *573*(7772), 55–60. doi.org/10.1038/s41586-019-1512-9.

Mahyar Masoudi , Tan Puay Yok (2020). The effects of land use on spatial pattern of urban green spaces and their cooling ability. Urban Climate Volume 35, January 2021, 100743. doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100743.

Noredin Rostami , Hassan Fathizad(2022). Spatial and temporal changes of land uses and its relationship with surface temperature in western Iran. Atmósfera vol.35 no.4 Ciudad de México oct. 2022 Epub 25. doi.org/10.20937/atm.52985 .

Nyuk Hien Wong, Chen Yu(2021).Study of green areas and urban heat island in a tropical city. Habitat InternationalVolume 29, Issue 3, September 2005, Pages 547-558. DOI:10.1016/j.habitatint.2004.04.008.

Roshani, Hossein; Dessouky, Samer; Montoya, Arturo; Papagiannakis, A. T(2016). Energy harvesting from asphalt pavement roadways vehicle-induced stresses: A feasibility study. Applied Energy Volume 182, 15 November 2016, Pages 210-218. doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.08.116.

Rizwan Ahmed Memon, DENNIS Leung Y.C., LIU Chunho (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. Journal of Environmental SciencesVolume 20, Issue 1. doi.org/10.1016/S1001-0742(08)60019-4.

Sitong Luo*, Agnès Patuano(2023).Multiple ecosystem services of informal green spaces: A literature review. Urban Forestry & Urban GreeningVolume 81, March 2023, 127849. DOI:10.1016/j.ufug.2023.127849.

Tao Sun , Liding Chen , Ranhao Sun (2024).Cooling effects in urban communities: Parsing green spaces and building shadows. Urban Forestry & Urban GreeningVolume 94, April 2024, 128264. doi.org/10.1016/j.ufug.2024.128264.

T Croeser, G Garrard, R Sharma, A Ossola, S Bekessy (2021). Choosing the right nature-based solutions to meet diverse urban challenges. Urban Forestry and Urban Greening | ELSEVIER GMBH | Published : 2021 DOI: 10.1016/j.ufug.2021.127337.

Timothy Malcolm Baynes , Josephine Kaviti Musango(2019). Estimating current and future global urban domestic material consumption. Environmental ResearcLetters, Volume13, Number 6. DOI:10.1088/1748-9326/aac391.

Wei Zhang , Yuqing Li , Caigui Zheng , Yubi Zhu (2024). Surface urban heat island effect and its driving factors for all the cities in China: Based on a new batch processing method. Ecological IndicatorsVolume 146, February 2023, 109818. DOI:10.1016/j.ecolind.2022.109818.

Walsh, J., D. Wuebbles, K. Hayhoe, J. Kossin, K. Kunkel, 2014: Ch. 2: Our Changing Climate. Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment, J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, 19-67. doi:10.7930/J0KW5CXT.

Yang Xiao, Yi Lo, Yan Guo, Yuan Yuan (2018). Estimating the willingness to pay for green space services in Shanghai: Implications for social equity in urban China. Urban Forestry & Urban Greening Volume 26, August 2017, Pages 95-103. Doi: 10.1016/j.ufug.2017.06.007.

Yin, Zhengtong ; Liu, Zhixin ; Liu, Xuan ; Zheng, Wenfeng ; Yin, Lirong (2023). Urban heat islands and their effects on thermal comfort in the US: New York and New Jersey. Ecological indicators, 2023-10, Vol.154, p.110765-110765, Article 110765. DOI: 10.1016/j.ecolind.2023.110765.

Zhengtong Yin , Zhixin Liu , Xuan Liu , Wenfeng Zheng , Lirong Yin (2021). Urban heat islands and their effects on thermal comfort in the US: New York and New Jersey. Ecological IndicatorsVolume 154, October 2023, 110765. DOI:10.1016/j.ecolind.2023.110765.