



Research Paper

Spatial and Temporal Analysis of the Thermal Islands of Maragheh City

Ebrahim Sami ^{*1} , Pooran Karbasi² , Zahra Akhavan ³ 

¹ Assistant professor in Geography and urban planning, University of Maragheh, Iran.

² Ph.D. in Geography and urban planning University of Tabriz, Iran.

³ Master of Geography and Urban Planning, University of Maragheh.



10.22080/USFS.2023.24802.2329

Received:

January 3, 2023

Accepted:

June 6, 2023

Available online:

July 4, 2023

Keywords:

Heat Island, Surface temperature, Land use, Maragheh City

Abstract

The heat island is considered an important variable in climate and environmental studies. Today, population growth and urbanization are one of the factors that increase the air temperature in urban areas, which causes the creation of a heat island in these areas compared to the surrounding environment, whose effects can play a fundamental role in air quality and consequently public health. Therefore, in this research, the spatial and temporal changes of the thermal islands of Maragheh City during the periods of 1984, 1994, and 2020 have been investigated using Landsat satellite data. The results of the relationship between temperature and vegetation show that in 1986, the highest average temperature in the area without vegetation was 34.74 degrees Celsius and the lowest temperature in the dense vegetation area was 25.11 degrees Celsius. In 2020, the highest average temperature for the area without vegetation was 35.15 degrees Celsius and the lowest temperature for the dense vegetation area was 28.70 degrees Celsius. Also, the spatial autocorrelation index shows that the heat islands of the city had a cluster pattern at the 99% confidence level in all periods. Moreover, the results obtained from hotspots reveal that hot spots were located in the center, southeast, and northwest of the city, and cold spots were located in the south and north of the city at a confidence level of 99%.

* Corresponding Author: Ebrahim Sami

Address: Assistant professor in Geography and urban planning, University of Maragheh, Iran.

Email: sami@maragheh.ac.ir

Tel: 09141784088

Extended Abstract

1. Introduction

Increasing population growth and consequently the development of urban areas can profoundly affect climate events and thus intensify phenomena such as heat stress. This issue has been emphasized due to the increase of the urban population in the future and the creation of more comfortable and better-quality urban environments, as well as the concerns related to energy consumption and minimizing the energy used for achieving thermal comfort. Moreover, with the prediction of global warming and the threat of increasing the temperature of cities worldwide, urban cooling techniques may even become more important in the coming decades. Hence, this study aims to examine the relationship between land use and heat islands in the city of Maragheh during the periods of 1984, 1994, and 2020.

2. Research Methodology

This descriptive-analytical research investigates and analyzes the role of land use on the formation of the thermal island of Maragheh City with to reduce the effect of the heat island of Maragheh City. The present study focuses on the analysis of a time series database composed of images from Thematic Mapper (TM) and Operational Land Imager (OLI), and Thermal Infrared Sensor (TIRS) onboard Landsat-5 and 8 satellites covering a 37-year period between 1984 and 2020. This database was constructed by selecting images located in the 168/34 path/row, with a cloud coverage period of less than 10%. The data of thermal band 6 of Landsat 5 and band 11 of Landsat 8 with a wavelength of 10.60 to 11.19 μm were

used to calculate the surface temperature distribution patterns of the city. Bands 3 and 4 of Landsat 5 and bands 4 and 5 of Landsat 8 were also used to calculate the NDVI index.

3. Research Findings

Population growth and urbanization development are one of the factors affecting the increase in air temperature in urban areas, which create the heat island in these areas compared to the surrounding environment, and the resulting effects can play a fundamental role in air quality and consequently, public health. In the present study, preliminary processes such as radiometric, atmospheric, and geometric corrections were carried out, and then the upper atmospheric radiations were converted to surface radiation, and the vegetation index, radiation, and temperature were calculated.

4. Conclusion

The results of thermal extraction showed that the maximum temperature is related to residential, industrial, asphalt-concrete, and brick-iron frameworks. The minimum temperature is also high-density vegetation. In order to obtain information on the status of land surface temperature and their relationship with land use, the results of this research can pave the way for planners and experts at the regional level to make management decisions in order to conserve natural and agricultural resources. Due to the moderating role of vegetation, it is suggested that vacant land and the wilderness be converted into uses such as parks and landscapes, and sufficient reasons be considered in addressing other residential, industrial, and workshop uses.



The surface temperatures of most buildings in the city, which have the highest amount of radiation reflection, can be reduced by planting vegetation on the roofs of buildings known as green roofs. High-resolution satellite images are also recommended for land-use mapping.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

The authors appreciate all the scientific consultants in this paper.



علمی پژوهشی

ارزیابی نقش کاربری اراضی بر شکل‌گیری جزیره حرارتی در شهر مراغه

ابراهیم سامی^{*۱} ID، پوران کرباسی^۲ ID، زهرا اخوان^۳ ID^۱ استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.^۲ دانش آموخته دکتری، گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه مراغه، مراغه، ایران.

10.22080/USFS.2023.24802.2329)

چکیده

جزیره حرارتی یک متغیر مهم در مطالعات اقلیمی و زیست‌محیطی محسوب می‌شود. امروزه رشد جمعیت و توسعه شهرنشینی یکی از عوامل مؤثر بر افزایش دمای هوا در نواحی شهری است که موجب ایجاد جزیره حرارتی بر روی این مناطق در مقایسه با محیط اطراف می‌شود و اثرات ناشی از آن می‌تواند نقش اساسی و مهمی در کیفیت هوا و به تبع آن سلامت عمومی ایفا نماید. از این رو، این پژوهش با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست به بررسی نقش کاربری اراضی در ایجاد جزایر حرارتی شهر مراغه، طی دوره‌های زمانی ۱۹۸۴، ۱۹۹۴ و ۲۰۲۰ پرداخته است. نتایج حاصل از رابطه دما با کاربری اراضی نشان می‌دهد که در سال ۱۹۸۶ بیشترین میانگین دما مربوط به اراضی باغی با میزان ۳۴/۴۳ درجه سانتی‌گراد و کمترین دما، مربوط به اراضی باغی با میزان ۲۵/۹۶ درجه سانتی‌گراد است. در سال ۲۰۲۰ بیشترین میانگین دما مربوط به اراضی باغی با میزان ۳۷/۳۲ سانتی‌گراد و کمترین دما مربوط به اراضی باغی با میزان ۲۹/۴۷ سانتی‌گراد است. همچنین نتایج شاخص خودهمبستگی فضایی نشان می‌دهد که جزایر حرارتی شهر دارای الگوی خوشه‌ای در سطح اطمینان ۹۹ درصد در تمام دوره‌ها است و نتایج حاصل از شاخص لکه‌های گرم و سرد (Hot Spot) بیانگر این است که لکه‌های گرم در مرکز، جنوب شرق و جنوب غرب شهر (اراضی باغی) و لکه‌های سرد در سطح اطمینان ۹۹ درصد در مناطق جنوبی و شمال شهر (اراضی باغی) استقرار دارد.

تاریخ دریافت:

۱۳ دی ۱۴۰۱

تاریخ پذیرش:

۱۶ خرداد ۱۴۰۲

تاریخ انتشار:

۱۳ تیر ۱۴۰۲

کلیدواژه‌ها:

جزیره حرارتی، دمای سطح، کاربری اراضی، شهر مراغه

^{*} نویسنده مسؤل: ابراهیم سامی

آدرس: استادیار گروه جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری دانشگاه

مراغه، ایران.

ایمیل: Sami@ maragheh.ac.ir

تلفن: ۰۹۱۴۱۷۸۴۰۸۸



۱ مقدمه

شهرها همواره تحت تأثیر نیروها و عوامل گوناگونی شکل گرفته و گسترش می‌یابند و از لحاظ کالبدی بزرگتر و از لحاظ ساخت پیچیده‌تر می‌شوند. این تغییرات اثرات متفاوتی بر آب و هوا در مقیاس محلی و جهانی ایجاد کرده و موجبات تغییر اقلیم در شهرها را فراهم آورده است (Mi et al, 2018). امروزه موضوع تغییر اقلیم به دلیل پیامدهای زیست-محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی به یکی از مباحث مهم برای آشکارسازی نمودهای مختلف این پدیده تبدیل شده است (Xu et al., 2011:2). بخشی از دلایل تغییر اقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه‌ای در اثر فعالیت‌های انسان و صنعتی شدن کشورهاست که منجر به افزایش دمای کره زمین و افزایش بلایای طبیعی می‌شود. فعالیت‌های بشر، وضعیت جوی کره زمین را تغییر می‌دهد و باعث بروز تحولات مخربی بر روی خشکسالی، رشد و نمو گیاهان، تنوع زیستی، خصوصیات خاک، جنگل‌ها و آب‌های زیرزمینی و در نتیجه تغییر اقلیم می‌شود (Adegoke et al, 2015:157). که پدیده جزایر گرمایی یکی از بهترین شواهد ثبت شده تغییر انسان‌ساز آب و هوا در نواحی شهری است این پدیده هنگامی شکل می‌گیرد که درصد زیادی از پوشش‌های طبیعی سطحی از بین می‌روند (Mousavi Baygi, 2010: 190). جایگزین شدن پوشش طبیعی سطح زمین با سنگفرش، ساختمان‌ها، بتن، آسفالت و دیگر ساخت‌وسازهای شهری، اثرات خنک‌کنندگی سطوح طبیعی را از بین می‌برند. علاوه بر آن، حرارت وسایل نقلیه، کارخانه‌ها و وسایل تهویه هوا، گرمای محیطی را افزایش و همچنین ساختمان‌های بلند و خیابان‌های باریک جریان هوا را کاهش می‌دهند و هوای پیرامون را گرم می‌کنند این تغییرات منجر به شکل‌گیری جزیره حرارتی شهری می‌شود (Xu et al., 2011:2) و (Liu & Zhang, 2011:1537). پدیده‌ای که به موجب آن مناطق شهری درجه حرارت گرم‌تر از محیط روستایی اطراف خود تجربه می‌کنند. این مسأله هنگامی

اتفاق می‌افتد که تابش خورشید در طی روز در لابه-لای ساختار شهری به دام بیفتد و در هنگام شب بازتابش شود، در نتیجه فرایند سرد شدن طبیعی سطح زمین در طی شب با سرعت کم‌تری اتفاق می‌افتد. بنابراین دمای هوای شهرها به‌طور معمول از دمای هوا در مناطق حومه شهر بالاتر خواهد بود (Oke,1973:769). این اختلاف دما گاهی به ۵ تا ۶ درجه سیلسیوس می‌رسد و حتی در شب‌های آرام و صاف در شهرهای بزرگ در حدود ۶ تا ۸ درجه سیلسیوس نیز رسیده است (Barry and Chorely,1987:358). بنابراین به‌طور کلی جزیره حرارتی شهری به دو شکل آشکار می‌گردد: الف) جزیره حرارتی شهری سطحی (SUHI) عبارت است از تغییر دما بین سطوح نواحی شهری و نواحی روستایی مجاور (Stathopoulou et al, 2009). و ب) جزیره حرارتی شهری اتمسفری (AUHI): در برگیرنده تفاوت در الگوی دمای هوا بین رویدادهای شهری و روستایی است (Weng, 2003: 566).

در پیدایش جزایر حرارتی شهری عوامل زیادی دخیل هستند که به‌طور کلی می‌توان آن‌ها را به سه گونه دسته‌بندی کرد: متغیرهای با تأثیر موقتی مانند سرعت باد و پوشش ابر، متغیرهای با تأثیر ثابت و پایدار مانند فضاهای سبز، مصالح ساختمانی، و عامل دید آسمان و در نهایت متغیرهای با تأثیر دوره-ای یا چرخه‌ای مانند تابش خورشیدی و منابع گرمایی ناشی از فعالیت‌های انسانی. به‌طور کلی گرمای تولید شده در یک سطح، از خورشید به شکل تابش خورشیدی، صنایع و کارخانه‌های بزرگ، اتومبیل‌ها، سیستم‌های تهویه هوا و دیگر منابع مربوط به فعالیت‌های انسانی ناشی می‌شود (Rizwan et al, 2008: 122). به همین دلیل از زمان اولین مشاهده-های جزیره حرارتی شهری خط‌مشی‌های زیادی مبنی بر خنک‌سازی شهرها دنبال شده است. این موضوع با توجه به افزایش جمعیت شهری در آینده و ایجاد محیط‌های شهری راحت‌تر و با کیفیت‌تر و همچنین نگرانی‌های مربوط به مصرف انرژی و به حداقل رساندن انرژی مورد استفاده برای دستیابی به



جزیره گرمایی در این شهر مشخص گردیده و در جهت رفع آن برای کاهش اثر این پدیده تلاش نمود.

۲ مبانی نظری

جزیره گرمایی شهری نتیجه تأثیرات پیچیده فرایندهای شهری روی اقلیم آن است. این فرایندها موجب می‌شوند که شهرها به وسیله یک توده‌های گرم محصور شوند که در طول روز ارتفاع آن حدود ۱۲۰ متر است و در شب به بیش از دو برابر این مقدار می‌رسد. در این پدیده، مرکز شهر نسبت به مناطق روستایی اطرافش بالاترین درجه حرارت را دارد و با دور شدن از مرکز شهر، این درجه حرارت و ارتفاع توده‌های گرم کاهش می‌یابد؛ به طوری که در روستاها آثار آن کاملاً محو می‌شود. این پدیده را از این رو، جزیره گرمایی نامیده‌اند که اگر منحنی‌های هم‌دما در شهر و حومه آن رسم شود، خطوط منحنی، شهر را شبیه جزیره محصور در آب نشان می‌دهد (Chen et al, 2006). جزایر حرارتی شهری منطقه شهری است که به میزان قابل توجهی گرم‌تر از محیط اطرافش است. همان‌طور که مراکز جمعیتی از لحاظ اندازه روستا به شهرک و سپس به شهر رشد می‌کنند، به میزان قابل توجهی افزایش دمایی خواهند داشت که در ماه‌های زمستانی نسبت به ماه‌های تابستانی بیشتر می‌شود. در روزهای گرم تابستان هوای شهر می‌تواند ۲ الی ۱۰ درجه فارنهایت گرم‌تر از حومه آن باشد. شدت جزایر حرارتی بسته به فصل، تابش خورشید و ویژگی‌های شهر می‌تواند بین ۰ تا ۷ درجه سانتی‌گراد تغییر کند (Chow & ROYH, 2006). در یک روز آفتابی و گرم تابستانی، سطح شهر را که در معرض دید سنجنده است، مانند سقف‌ها و پیاده‌رو به علت ویژگی‌های حرارتی خاص با تابش خورشید، چندین درجه گرم‌تر از هوای اطراف می‌شوند. در حالی که در مناطق سایه و مناطق مرطوب که اغلب در حومه شهر وجود دارند دمای سطح به دمای هوا نزدیک است. جزایر حرارتی شهری سطح اغلب در طول روز و شب نمایان

آسایش حرارتی مورد تأکید بوده است. علاوه بر این، با پیش‌بینی گرمایش جهانی و تهدید به افزایش بیشتر دمای شهرها در سراسر جهان، حتی ممکن است تکنیک‌های خنک‌کننده شهری در دهه‌های آینده مهم‌تر شوند (Mackey et al, 2012: 349; Smith & Levermore, 2008: 4559).

با ورود فناوری سنجش از دور حرارتی بررسی جزایر حرارتی شهری به‌طور غیرمستقیم با استفاده از سکوی ماهواره‌ای و هواپیمایی در مقیاس‌های قاره‌ای و جهانی امکان‌پذیر شد و دروازه‌های جدیدی برای مشاهده جزایر حرارتی و تحلیل علل و عوامل آن فراهم شد (Voogt and Oke, 2003; Weng, et al, 2004). مطالعه پدیده جزایر حرارتی با استفاده از اندازه‌گیری دمای سطح زمین در ابتدا با کاربرد ماهواره NOAA AVHRR صورت گرفت که توان تفکیک مکانی ۱/۱ کیلومتری این ماهواره برای نقشه‌سازی دمایی کوچک-مقیاس شهر مناسب است؛ پس از آن داده‌های مادون قرمز حرارتی Landsat ETM+ و Landsat با توان تفکیک ۱۲۰ و ۶۰ متر، به ترتیب، برای استخراج دمای سطحی به کار برده شده است. به دلیل آثار آسیب‌رسان پدیده جزیره حرارتی همواره پژوهشگران به دنبال راه حلی برای کاهش میزان شدت جزیره حرارتی هستند که برخی از پژوهشگران افزایش سطوح دارای مواد با قابلیت برگشت انرژی خورشید و سطوح سبز و... را برای کاهش آثار آن پیشنهاد کردند (Solecki et al, 2005).

در سال‌های اخیر افزایش جمعیت شهر مراغه از ۱۰۰۶۷۹ نفر در سال ۱۳۶۵ به ۱۷۵۶۰۰ نفر در سال ۱۳۹۵ (مرکز آمار ایران، ۱۳۹۵)؛ همراه با توسعه فیزیکی شهر، باعث تغییر و تحول قابل توجهی در پوشش اراضی (ساخت‌وساز) این شهر شده است که این تغییرات منجر به تخریب پوشش گیاهی و توسعه جزیره حرارتی در شهر گردیده و اثرات سوئی بر زندگی شهرنشینان دارد. از این رو اثرات پدیده جزیره حرارتی در زندگی شهری و ساکنان آن، مورد مطالعه و بررسی قرار گیرد تا عوامل مؤثر در تولید



حرارتی این نواحی می‌شوند؛ بنابراین در مناطق شهری بسته به پوشش‌ها و کاربری‌های موجود، مناطقی با درجه حرارت بیشتر از سایر نواحی به وجود می‌آید (قربی^۲، ۱۳۹۲). همچنین گیاهان، به‌ویژه درختان، با ایجاد سایه در روی سطح زمین، به‌طور مستقیم و با رهاسازی رطوبت در جو و افزایش آب در هوا، به‌طور غیرمستقیم، باعث خنکی شهر می‌شوند. خنکی مناطق مسکونی در تابستان یعنی صرفه‌جویی در هزینه‌های گوناگون و این به‌غیراز سودمندی‌های دیگری است که درختان باعث آن هستند. ایجاد زیستگاه برای جانداران گوناگون، پیشگیری از آلودگی‌های صوتی با جلوگیری از حرکت امواج صوت، نگهداری و جلوگیری از فرسایش خاک توسط ریشه، گرفتن ضربه ناشی از بارش و به‌ویژه رگبارها و در نتیجه ممانعت از فرسایش خاک، جذب آلاینده‌های گوناگون از هوا و ... است. با کاشت علمی درختان مناسب تا ۴۰ درصد در اثر سایه درختان و ۳۰ درصد به دلیل افزایش رطوبت، کاهش اثر پدیده جزیره گرمایی را به دنبال دارد (تبریزی^۳ و همکاران، ۱۳۸۷). به همین خاطر پژوهشگران جزایر حرارتی شهری (UHI) را به‌طور گسترده-ای از طریق مشاهدات زمینی با استفاده از شبکه‌های ثابت دماسنجی، یا پیمایش با دماسنج‌های نصب شده بر روی وسایل نقلیه، در مطالعات اقلیم‌شناسی شهری بررسی کرده‌اند (Spronken-Smith and Oke, 1998; Wong and Yu, 2005).

ژانگ^۴ و همکاران، (۲۰۱۲) به بررسی جزیره حرارتی شهری بر اساس NDVI و دمای تابشی سطح برای شهر ووهان واقع در منطقه مرکزی چین با تصاویر TM برای فصل پاییز پرداخته‌اند. نتایج نشان داد که همبستگی منفی بین NDVI و دمای تابشی سطح برقرار است. از سویی دمای تابش سطحی برای مناطق تجاری و صنعتی بالاتر است در نتیجه باعث افزایش درجه حرارت منطقه شده و بالعکس

می‌شوند اما در طول روز تابش آفتاب، آن را تشدید می‌کند. بسته به فصل همان‌طور که پوشش گیاهی و آب‌وهوا تغییر می‌کنند، شدت جزایر حرارتی شهری سطح نیز متغیر است. به‌طور کل شدت جزایر حرارتی شهری سطح زمین در فصل تابستان به بیشترین حد خود می‌رسد. گرم‌تر بودن در برخی مناطق شهری در مقایسه با دیگر مناطق شهری، جزایر حرارتی اتمسفری نامیده می‌شود (Voogt & Oke, 2003).

نقش عوامل محیطی و انسانی در شکل‌گیری جزایر حرارتی شهری

شهرنشینی انواع پوشش زمینی در نواحی شهری را تغییر داده که منتج به شکل‌گیری آب‌وهوای متمایزی شده است که آب‌وهوای شهری نامیده می‌شود. آب‌وهوای شهری از نواحی با ساخت‌وسازهای کم‌تر به سبب تفاوت در دمای هوا، رطوبت، سرعت و جهت باد و مقدار بارندگی، متمایز می‌شود. این تفاوت‌ها، عمدتاً به خاطر تبدیل سطوح طبیعی به سطوح سفت که دارای ظرفیت و قابلیت هدایت حرارتی عظیم‌تری است، است (رنگزن^۱ و همکاران، ۱۳۸۹). درواقع با توسعه شهرنشینی مقادیر زیادی از مساحت مناطق کشاورزی و جنگلی جای خود را به مناطق شهری داده‌اند. مناطق شهری مدرن توسط آسفالت، بتون و سایر سطوح غیرقابل نفوذ پوشیده شده‌اند. رشد شهری بخصوص در شهرهای بزرگ با سرعت زیاد تغییرات پوشش زمین را در پی دارد. از آنجایی‌که دمای سطح در هر محدوده‌ای به خصوصیات مواد تشکیل‌دهنده سطح و بازتابش انرژی خورشید وابسته است، الگوی حرارتی مناطق شهری نسبت به نواحی غیرشهری تفاوت قابل‌توجهی دارند. ظرفیت حرارتی بالای سطوح، مصالح مورد استفاده در شهرها، کاهش میزان آلودگی و وجود منابع حرارتی ناشی از فعالیت‌های انسانی موجب افزایش دمای برخی مناطق شهری نسبت به دیگر مناطق و تغییرات بیلان

³ Tabrizi

⁴ Zhang

¹ Rangzan

² Gharbi



حرارتی، کاربری‌های ساختمانی و منطقه بایر ارتباط مستقیم و بین جزیره حرارتی، پوشش گیاهی و آب ارتباط غیر مستقیم وجود دارد.

در این پژوهش با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست به بررسی تأثیرات کاربری اراضی بر شکل‌گیری جزایر حرارتی شهرمراغه پرداخته خواهد شد تا با مطالعه و بررسی ارتباط دمای سطحی با کاربری اراضی جهت تدوین برنامه‌ریزی محیطی و فضایی شهری برای کاهش اثرات این پدیده اقدام گردد.

۳ روش تحقیق

با توجه به ماهیت موضوع، هدف پژوهش کاربردی و روش تحقیق مبتنی بر روش توصیفی - تحلیلی است. در این پژوهش به منظور شناسایی جزایر حرارتی شهر مراغه و استخراج الگوهای حرارتی و درعین حال پایش تغییرات کاربری شهری در بازه زمانی ۱۹۸۴ تا ۲۰۲۰ از تصاویر ماهواره لندست (شامل سنجنده‌های TM) (لندست ۵، ETM) (لندست ۷ و TIRS / OLI) استفاده شد. که شامل دو مجموعه باندهای طیفی انعکاسی و باندهای حرارتی است (جدول ۱). از باندهای حرارتی برای شناسایی دمای سطح زمینی و جزیره حرارتی استفاده شدند. باندهای انعکاسی نیز جهت اعمال شاخص‌ها برای پردازش تصویر به کار گرفته شدند. داده‌های TM این ماهواره در ۶ باند، داده‌های ETM در ۸ باند و داده‌های OLI/TIRS در ۱۱ باند ارائه شده‌اند. از داده‌های باند ۶ حرارتی لندست ۵ و ۷ و باند ۱۰ لندست ۸ با طول موج ۱۰/۶۰ تا ۱۱/۱۹ میکرومتر برای محاسبه الگوهای توزیع دمای سطحی شهر استفاده شد. باندهای ۳ و ۴ لندست ۷ و ۵، باندهای ۴ و ۵ لندست ۸ نیز برای محاسبه شاخص NDVI به کار گرفته شدند.

برای مناطقی که دارای فضای سبز و آبی هستند نقش به‌سزایی در کاهش جزیره حرارتی دارد.

گراور و همکاران، (۲۰۱۵) به تجزیه و تحلیل جزیره حرارتی شهر در ارتباط NDVI برای دو شهر دهلی و بمبئی (هند) با استفاده از لندست ۵، برای دهلی ۵ مه ۲۰۱۰ و برای بمبئی ۱۷ آوریل ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج نشان داد مناطق ساخت‌وساز و زمین‌های دست نخورده از درجه حرارت بالاتری برخوردار بود. در حالی که مناطق پوشش گیاهی و آب از درجه حرارتی بالایی برخوردار بود. و دمای سطح زمین ارتباط مستقیمی با شاخص نرمال شده پوشش گیاهی داشت. همچنین رودخانه‌های موجود در بمبئی نقش مؤثری در تعدیل جزیره حرارتی منطقه داشته است.

حاجیلو^۱ و همکاران، (۱۳۹۳) پایش سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح را با استفاده از تصویر سنجنده ETM+ و OLI در استان قم مورد پژوهش قرار دادند. در این تحقیق جهت محاسبه دمای سطح زمین از روش NDVI استفاده گردید. نتایج نشان می‌دهد که این روش در مناطق دارای پوشش گیاهی متراکم نتایج قابل قبولی را در بر خواهد داشت. همچنین نتایج این مطالعه نیز نشان داد که دو جزیره حرارتی مهم صنعتی شهر قم به سمت بخش‌های یاز حومه منتقل و گسترش یافته است (شمال و جنوب غرب قم) که با کاهش شدید پوشش گیاهی و بیشترین گسترش کاربری‌های صنعتی-کارگاهی مواجه شده‌اند.

مشروطه و حسنلو،^۲ (۱۳۹۴) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای Landsat8 برای سال‌های ۲۰۱۳ و ۲۰۱۴ شهر کرمان پس از محاسبه شاخص‌های خاک (BI)، شهری (NDBal)، پوشش گیاهی (NDVI) و نقشه کاربری به این نتیجه رسیدند که بین جزیره

² Mashroteh and Hassanlou

¹ Hajilo



جدول ۱. ویژگی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش

ماهواره	سنجنده	تعداد باند	تاریخ تصویربرداری	ردیف	گذر
Landsat5	TM	۷	۱۹۸۶/۶/۱۳	۳۴	۱۶۸
Landsat5	TM	۷	۱۹۹۶/۶/۹	۳۴	۱۶۸
Landsat7	ETM	۸	۲۰۰۶/۶/۱۳	۳۴	۱۶۸
Landsat8	TIRS/OLI	۱۱	۲۰۲۰/۶/۱۱	۳۴	۱۶۸

Source: Research Findings, 2021

دمای سطح (Ts) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$Ts = \frac{k2}{\ln\left(\frac{e^{NBk1}}{Rc} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۳-۲}$$

در رابطه فوق، Ts حرارت سطح بر حسب درجه کلوین، Rc رادیانس باند حرارتی تصحیح شده و در واقع رادیانس واقعی گسیل شده از سطح زمین است که برای اصلاح اتمسفری تصحیح شده باشد، E_{NB} گسیل‌مندی سطحی باند حرارتی (قابلیت انتشار) که معرف رفتار سطحی برای گسیل حرارتی در باند حرارتی تصویر ماهواره‌ای است، K1 و K2 ضرایب کالیبراسیون باند ۱۰ سنجنده OLI-TIRS هستند که به ترتیب برابر ۷۷۴/۸۹ و ۱۳۲۱/۰۸ است. واحد K1 وات بر متر مربع استرادیان میکرومتر ($W/m^2sr \mu m$) و واحد K2 درجه کلوین است.

محاسبه دمای سطح زمین با استفاده از نرم‌افزار ENVI5.1 صورت گرفت و دمای سطح زمین با استفاده از روش پلانک محاسبه گردید (شمسی خسروشاهی و همکاران، ۱۶:۱۳۹۲).

$$LST = \frac{Tb}{\ln\left(1 + \frac{\lambda \cdot Tb}{\rho}\right) \ln \epsilon} \quad \text{رابطه ۴-۲}$$

محاسبه NDVI

این شاخص به میزان و وضعیت پوشش گیاهی حساسیت دارد و از رابطه (۲-۵) به دست می‌آید (شمسی خسروشاهی و همکاران، ۱۷:۱۳۹۲). مقادیر این شاخص بین ۱ و -۱ قرار دارد.

$$NDVI = \frac{(p4 - p3)}{(p4 + p3)} \quad \text{رابطه ۵-۲}$$

۳،۱ تبدیل DN به رادیانس

DN اعداد صحیح بدون واحدی هستند که ماهواره‌ها از آن‌ها برای ثبت مقدار نسبی رادیانس استفاده می‌کنند که برای تصاویر ۸ بیتی بین ۰-۲۵۵ قرار دارد. این مرحله شامل تبدیل DN^2 (تصویر خام) به رادیانس است که این کار با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید:

$$L\lambda = M_L Q_{cal} + A_L \quad \text{رابطه ۱-۲}$$

در رابطه فوق، $L\lambda$ تابش طیفی، M_L ضریب چندگانه مخصوص باند (Radiance Mult Band) مربوط به باند منتخب است که در متادیتای تصویر مورد مطالعه موجود است، Q_{cal} عدد رقومی در محل پیکسل مورد نظر (تصویر خام مربوط به باند انتخاب شده)، A_L ضریب تجمعی مخصوص باند (Radiance Add Band) است (U.S. Department of the Interior, 2013).

۳،۲ تبدیل تابش طیفی به دمای جسم سیاه

تابش طیفی با استفاده از رابطه زیر به دمای جسم سیاه تبدیل می‌شود؛

$$Tb = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{T\lambda} + 1\right)} \quad \text{رابطه ۲-۲}$$

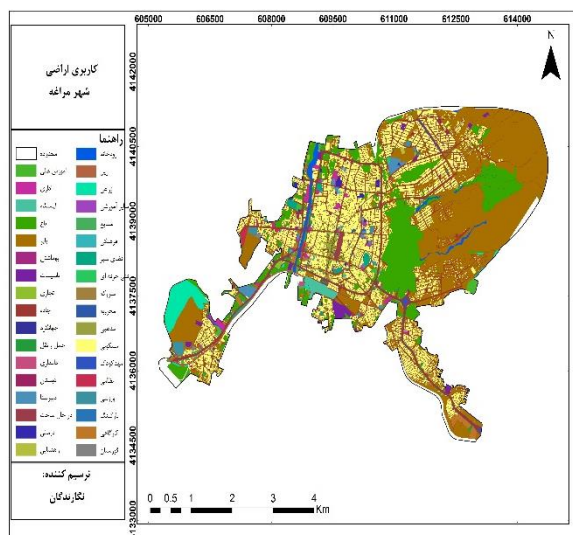
در رابطه فوق، Tb دمای مؤثر در ماهواره بر حسب درجه کلوین، K1 و K2 ضریب کالیبراسیون اول و دوم باند ۱۰ که از فایل هدر تصویر ماهواره‌ای مورد نظر استخراج می‌گردد.



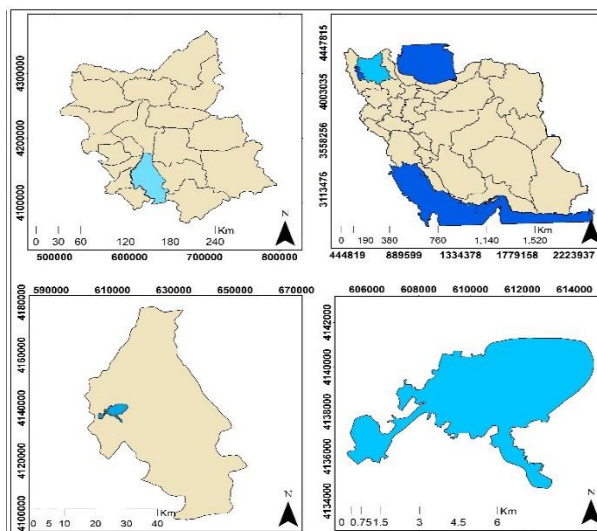
می‌شود. مساحت این شهر بالغ بر ۲۰ کیلومتر مربع است که بزرگ‌ترین شهر استان آذربایجان شرقی پس از کلان‌شهر تبریز است. آب و هوای آن معتدل و در فصول مختلف سال بین ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر تا ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالای صفر متغیر است. میزان متوسط بارندگی آن ۳۰۰ میلی‌متر در سال است. موقعیت منطقه مورد مطالعه و شهر مراغه در شکل ۱ نشان داده شده است.

در رابطه فوق، p3 قابلیت انتشار باند قرمز و p4 قابلیت انتشار باند مادون قرمز نزدیک است.

منطقه مورد مطالعه در شمال غربی ایران به مرکزیت شهر مراغه در موقع ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و بر دامنه جنوبی سهند واقع شده است. محدوده آن از غرب به دریاچه ارومیه و از شرق به دشت هشتروند و از جنوب به جلگه میاندوآب منتهی



شکل شماره ۲- کاربری ارضی شهر مراغه (Source:)



شکل شماره ۱- موقعیت محدوده مورد مطالعه

Authors, 2021)

با استفاده از روش نظارت‌شده شبکه عصبی و عمل فیلتر حداکثر ۳*۳ بر روی تصاویر نهایی پردازش گردید در نهایت نقشه‌های کاربری پوشش زمین استخراج گردید. به‌منظور بررسی دقت طبقه‌بندی، ابتدا ماتریس خطاها را تشکیل داده، سپس از دو شاخص دقت کل (overall accuracy) و ضریب کاپا (kappa coefficient) استفاده شده است. ماتریس خطاها، در جدول زیر نشان داده شده است.

۴ یافته‌ها و بحث

در این پژوهش ابتدا در منطقه مورد مطالعه پیش‌پردازش‌های لازم تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری روی تصاویر انجام گردید. سپس با توجه به پراکنش کاربری‌ها از لحاظ پوشش و کاربری اراضی در محدوده شهر مراغه، پنج کلاس کاربری به این شرح انتخاب شد: اراضی باغی، اراضی باغی و آب. سپس ساخت‌وساز، اراضی زراعی، اراضی باغی و آب. سپس



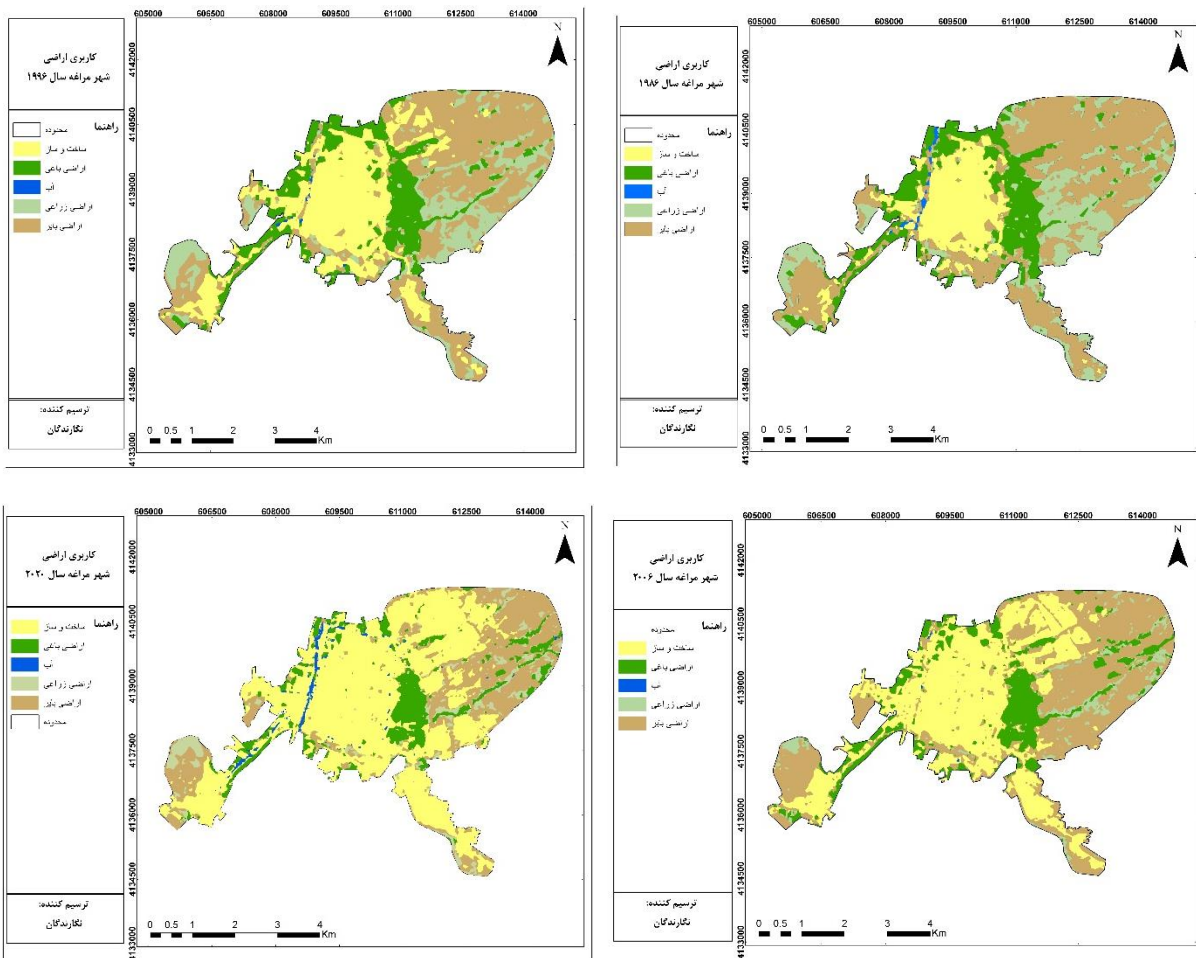
جدول ۲. ضریب کاپا و دقت کل تصاویر

تصاویر	ضریب کاپا	دقت کل
۱۹۸۶	۰/۷۸۱۴	۰/۸۱۱۷
۱۹۹۶	۰/۷۸۲۲	۰/۸۰۶۳
۲۰۰۶	۰/۹۰۳۵	۰/۹۱۶۳
۲۰۲۰	۰/۹۳۸۲	۰/۹۵۷۱

Source: Research Findings, 2021

بوده، در پایان دوره به ۱۵۱۱/۹۳ هکتار افزایش پیدا کرده و اراضی باغی با مساحت ۴۸۱/۶۱ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۲۹۷/۲۴ هکتار در سال ۲۰۲۰ کاهش پیدا کرده است. اراضی زراعی با مساحت ۵۰۱/۸۶ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۱۱۹/۴۱ هکتار در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. (جدول ۳).

با بررسی‌ها و تحلیل‌های انجام‌شده بر روی نقشه‌های تغییرات کاربری در GIS مقایسه تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر اساس تصاویر طبقه‌بندی‌شده سال‌های متوالی منطقه به دست آمد. تغییرات اراضی منطقه نشان می‌دهد اراضی ساخت‌وساز که در سال ۱۹۸۶ حدود ۴۶۶/۵۶ هکتار



شکل شماره ۳- کاربری ارضی شهر مراغه در سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۶، ۲۰۰۶، ۲۰۲۰، Source: Research Findings, 2021



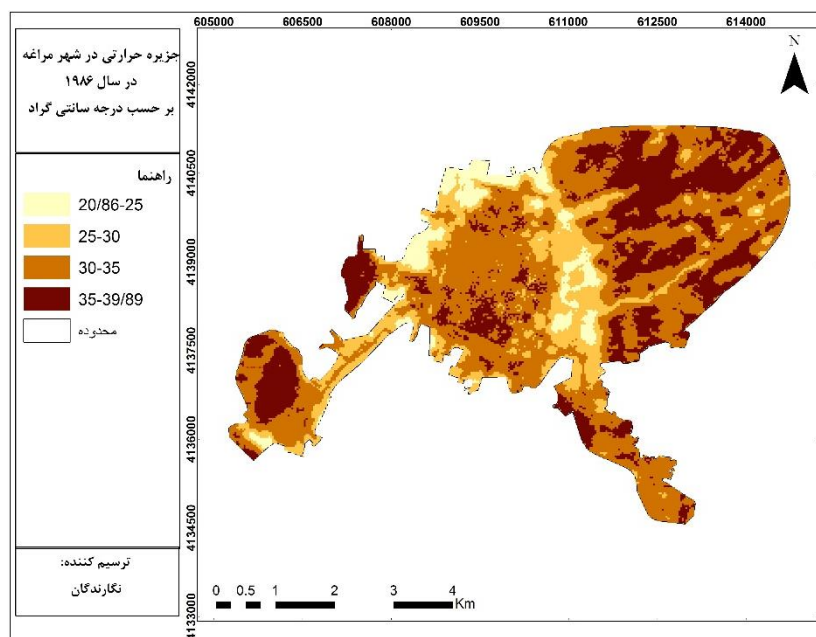
جدول ۳. تغییرات کاربری اراضی مراغه در سال‌های ۱۹۸۶-۲۰۲۰ (به هکتار)

کاربری	(۱۹۸۶)	(۱۹۹۶)	(۲۰۰۶)	(۲۰۲۰)
اراضی ساخت‌وساز	۴۶۶/۵۶	۷۶۵/۲۲	۱۰۹۷/۲۷	۱۵۱۱/۹۳
اراضی باغی	۴۸۱/۶۱	۴۵۷/۵۳	۳۷۴/۸۳	۲۹۷/۲۴
آب	۱۴/۳۲	۴/۹۹	۱/۳۸	۳۴/۹۶
اراضی زراعی	۵۰۱/۸۶	۴۱۲/۷۶	۱۲۶/۵۸	۱۱۹/۴۱
اراضی بایر	۱۲۰۶/۵۳	۱۰۳۰/۲۸	۱۰۷۰/۶۲	۷۰۷/۲۴

Source: Research Findings, 2021

سانتی‌گراد در حدود ۵۰/۵۴ درصد و محدوده دمایی ۳۵-۳۹ درجه سانتی‌گراد در حدود ۲۶/۴۰ درصد است نتایج نشان می‌دهد که در شرق و جنوب غربی شهر مراغه درجه حرارتی، به دلیل وجود زمین‌های بایر در سطح بالایی قرار دارد و در اراضی باغی در سطح پایینی قرار دارد.

با توجه به نقشه‌های دمای سطح زمین شهر مراغه در بازه زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۲۰ آشکار شد که محدوده‌های دمایی بسیار گرم که به رنگ قهوه‌ای تیره نمایش داده شده است، در این شکل محدوده دمایی ۲۵-۲۰/۸۶ درجه سانتی‌گراد در حدود ۶/۱۵ درصد، محدوده دمایی ۲۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد در حدود ۱۶/۹۱ درصد، محدوده دمایی ۳۰-۳۵ درجه



شکل شماره ۴- جزیره حرارتی در شهر مراغه سنجنده TM باند حرارتی (۶) در سال ۱۹۸۶ (Source: Authors, 2021)

جدول ۴. طبقات دمایی شهر مراغه سال ۱۹۸۶

کلاس حرارتی	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۲۰/۸۶-۲۵	۱۶۴/۳۳	۶/۱۵
۲۵-۳۰	۴۵۱/۸۲	۱۶/۹۱

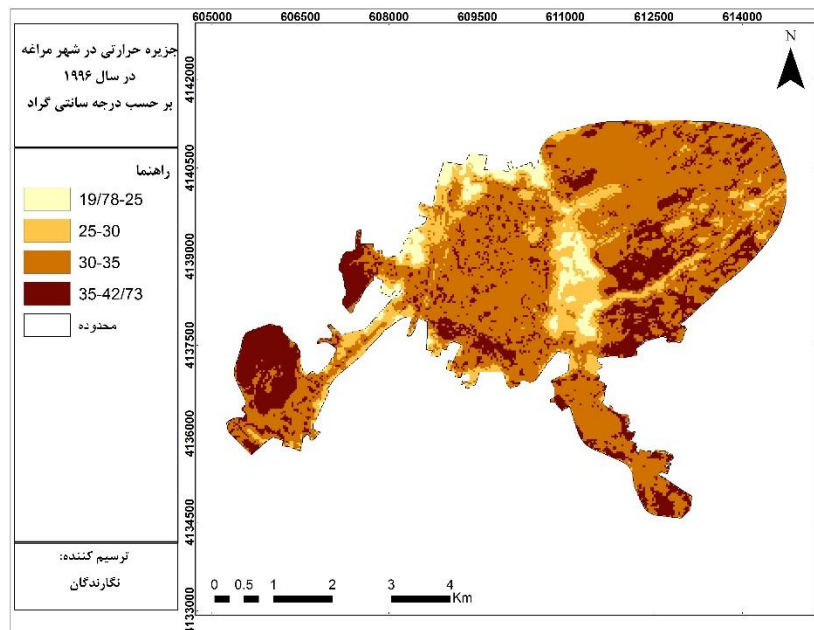


۵۰/۵۴	۱۳۵۰/۰۲	۳۰-۳۵
۲۶/۴۰	۷۰۵/۰۳	۳۵-۳۹/۸۹

Source: Research Findings, 2021

محسوب می‌شود به علت ظرفیت حرارتی بالای خاک خشک و عدم انجام تبخیر-تعرق، جزایر حرارتی را تشکیل داده است، لذا زمین بایر و نیمه بایر به دلیل داشتن زمین‌های لخت دارای بازتاب تابشی بالایی بوده و دمای نسبتاً بالایی برای آنها توسط سنجنده ثبت شده است.

نتایج جزایر حرارتی استخراج شده مراغه در سال ۱۹۹۶ نشان می‌دهد کمترین میزان دمای ثبت شده در شهر ۱۹/۷۸ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان دمای ثبت شده ۴۲/۷۳ درجه سانتی‌گراد است مناطق شمال شرق و جنوب غرب مراغه به دلیل اینکه جزو مناطق بایر و نیمه بایر داخل شهر



شکل شماره ۵- جزیره حرارتی در شهر مراغه سنجنده TM باند حرارتی (۶) در سال ۱۹۹۶ (Source: Authors, 2021)

جدول ۵. طبقات دمایی شهر مراغه سال ۱۹۹۶

کلاس حرارتی	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۱۹/۷۸-۲۵	۱۲۷/۱۶	۴/۷۷
۲۵-۳۰	۳۶۶/۶۱	۱۳/۷۳
۳۰-۳۵	۱۶۱۳/۴۱	۶۰/۴۱
۳۵-۴۲/۷۳	۵۶۳/۰۲	۲۱/۰۹

Source: Research Findings, 2021

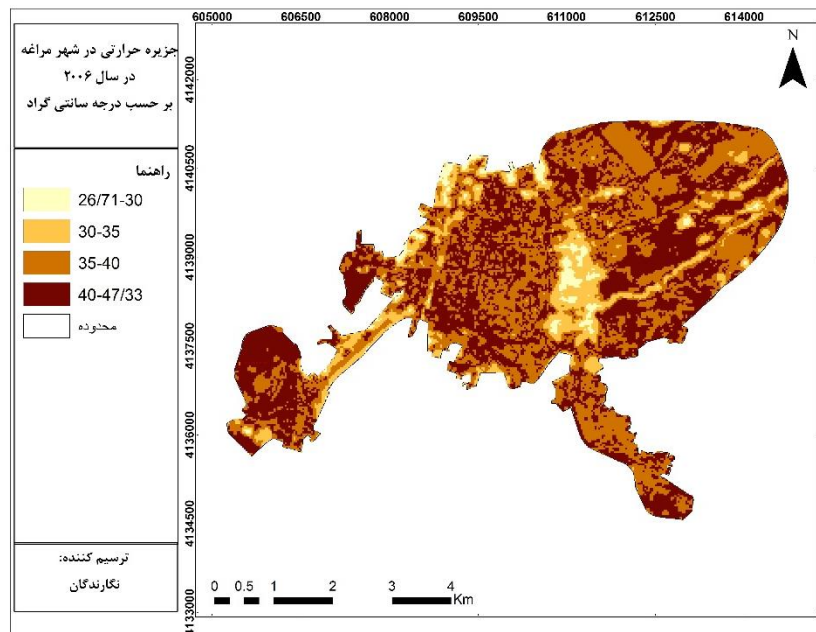
۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد در حدود ۱۱/۲۲ درصد، محدوده دمایی ۳۵-۴۰ درجه سانتی‌گراد در حدود ۴۳/۴۰ درصد و محدوده دمایی ۴۰-۴۷/۳۳ درجه

نتایج جزایر حرارتی استخراج شده مراغه در سال ۲۰۰۶ نشان می‌دهد محدوده دمایی ۲۶/۷۱-۳۰ درجه سانتی‌گراد در حدود ۲/۴۱ درصد، محدوده دمایی



است. در این دوره کمترین میزان دمای ثبت شده در شهر ۲۶/۷۱ درجه سانتی‌گراد و بیشترین میزان دمای ثبت شده ۴۷/۳۳ درجه سانتی‌گراد است.

سانتی‌گراد در حدود ۴۲/۹۷ درصد است. نتایج نشان می‌دهد جزایر حرارتی استخراج شده مراغه در سال ۲۰۰۶ نشان می‌دهد افزایش دما روند رو به رشد قابل ملاحظه‌ای در دوره زمانی مورد مطالعه داشته



شکل شماره ۶- جزیره حرارتی در شهر مراغه سنجنده ETM باند حرارتی (۶) در سال ۲۰۰۶ (Source: Authors, 2021)

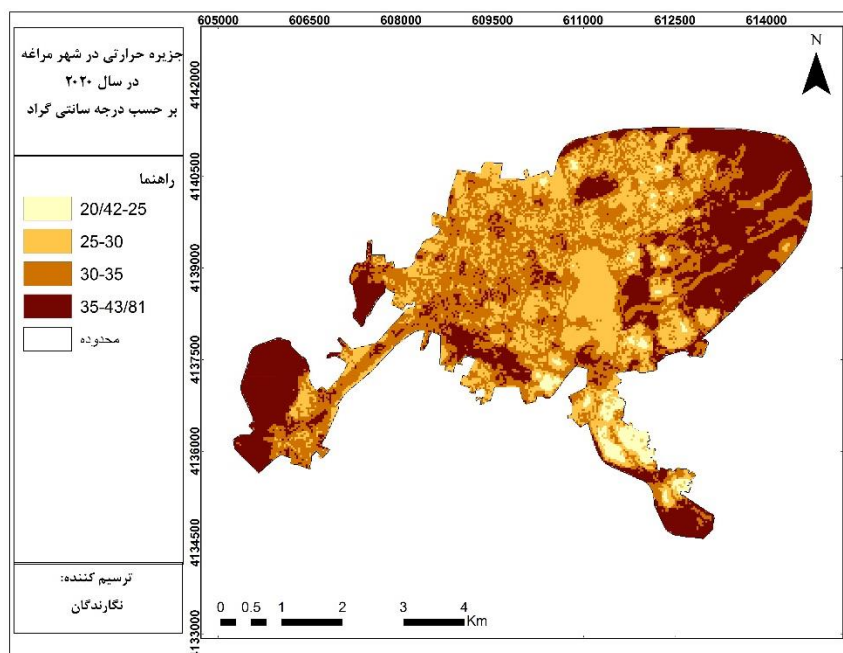
جدول ۶. طبقات دمایی شهر مراغه سال ۲۰۰۶

درصد مساحت	مساحت (هکتار)	کلاس حرارتی
۲/۴۱	۶۴/۲۵	۲۶/۷۱-۳۰
۱۱/۲۲	۲۹۹/۷۲	۳۰-۳۵
۴۳/۴۰	۱۱۵۹/۳۶	۳۵-۴۰
۴۲/۹۷	۱۱۴۷/۸۷	۴۰-۴۷/۳۳

Source: Research Findings, 2021

۲۷/۱۳ درصد، محدوده دمایی ۳۰-۳۵ درجه سانتی‌گراد در حدود ۲۹/۸۵ درصد و محدوده دمایی ۳۵-۴۰/۸۱ درجه سانتی‌گراد در حدود ۳۰/۴۶ درصد است. در این دوره بیشترین مساحت محدوده دمایی در ۳۵-۴۳/۸۱ ثبت شده است.

جزایر حرارتی در سال ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که دمای سطح زمین شهر مراغه بر حسب درجه سانتی‌گراد حداکثر دما ۴۳/۸۱ و حداقل دما ۲۰/۴۲ است. در این دوره محدوده دمایی ۲۵-۴۲/۲۵ در حدود ۲/۵۲ درصد، محدوده دمایی ۳۰-۲۵ درجه سانتی‌گراد در حدود



شکل شماره ۷- جزیره حرارتی در شهر مراغه سنجنده TIRS باند حرارتی (۱۰) در سال ۲۰۲۰ (Source: Authors, 2021)

جدول ۷. طبقات دمایی شهر مراغه سال ۲۰۲۰

کلاس حرارتی	مساحت (هکتار)	درصد مساحت
۲۰/۴۲-۲۵	۶۷/۲۰	۲/۵۲
۲۵-۳۰	۷۲۴/۶۹	۲۷/۱۳
۳۰-۳۵	۱۰۶۴/۵۳	۳۹/۸۵
۳۵-۴۳/۸۱	۸۱۳/۷۸	۳۰/۴۶

Source: Research Findings, 2021

۴٫۱ رابطه کاربری اراضی با دمای سطح

دمای سطح از شرایط مختلف سطح تأثیر می‌گیرد، نواحی دارای تجمع پوشش گیاهی بیشتر نسبت به مکان‌های عاری از پوشش گیاهی، دمای سطح پایین‌تری دارند. پوشش گیاهی با جذب انرژی خورشید و تعرق آب از طریق برگ‌های خود یک سیستم تهویه مطبوع طبیعی ایجاد می‌کند. توسعه فیزیکی شهر مراغه به دلیل افزایش ساخت‌وساز در دهه‌های گذشته از ۴۶۶/۵۶ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۱۵۱۱/۹۳ هکتار در سال ۲۰۲۰ اثرات زیست‌محیطی زیادی را به وجود آورده است. از جمله این اثرات تغییرات کاربری زمین‌های زراعی و فضای سبز اطراف شهر به کاربری ساخته شده است که موجب جایگزین شدن سطوح طبیعی با سطوح نفوذناپذیر مانند

ساختمان‌ها و جاده‌ها شده است. این امر، کاهش درصد پوشش گیاهی، از بین رفتن سیستم خنک‌کنندگی سطوح طبیعی و افزایش دمای سطح را به همراه داشته است. در سال ۱۹۸۶ بیشترین میانگین دما مربوط به اراضی بایر با میزان ۳۴/۴۳ درجه سانتی‌گراد و کمترین دما مربوط به اراضی باغی با میزان ۲۵/۹۶ درجه سانتی‌گراد است. در سال ۱۹۹۶ بیشترین میانگین دما مربوط به اراضی بایر با میزان ۳۴/۶۵ درجه سانتی‌گراد و کمترین دما مربوط به اراضی باغی با میزان ۲۶/۸۲ درجه سانتی‌گراد است. همچنین در سال ۲۰۰۶ بیشترین میانگین دما مربوط به اراضی بایر با میزان ۴۰/۴۳ درجه سانتی‌گراد و کمترین دما مربوط به اراضی باغی با



۳۷/۳۲ سانتی‌گراد و کمترین دما مربوط به اراضی باغی با میزان ۲۹/۴۷ سانتی‌گراد است.

میزان ۳۲/۷۳ درجه سانتی‌گراد و در سال ۲۰۲۰ بیشترین میانگین دما مربوط به اراضی بایر با میزان

جدول ۸. رابطه دما و پوشش گیاهی در سال ۱۹۸۶، ۱۹۹۶، ۲۰۰۶ و ۲۰۲۰

سال	کلاس	AREA	MIN	MAX	MEAN	STD
۱۹۸۶	اراضی ساخت‌وساز	۴۶۴۷۶۰۰	۲۴/۳۱	۳۸/۵۱	۳۳/۲۸	۱/۸۹
	اراضی باغی	۴۸۳۳۰۰۰	۲۰/۸۶	۳۲/۳۱	۲۵/۹۶	۲/۱۶
	آب	۱۴۷۶۰۰	۲۲/۱۱	۳۷/۰۱	۲۹/۵۰	۳/۲۱
	اراضی زراعی	۵۰۶۶۱۰۰	۲۲/۳۸	۳۷/۷۶	۳۲/۸۶	۲/۲۵
	اراضی بایر	۱۲۰۴۸۳۰۰	۲۴/۳۸	۳۹/۸۸	۳۴/۴۳	۲/۱۱
۱۹۹۶	اراضی ساخت‌وساز	۷۶۱۷۶۰۰	۲۴/۳۱	۳۹/۷۰	۳۳/۱۰	۱/۸۵
	اراضی باغی	۴۵۷۵۶۰۰	۱۹/۷۸	۳۶/۶۷	۲۶/۸۲	۲/۸۳
	آب	۵۴۹۰۰	۲۳/۴۳	۳۵/۹۷	۳۱/۳۲	۲/۲۶
	اراضی زراعی	۴۱۷۱۵۰۰	۲۴/۱۵	۴۱/۷۷	۳۳/۶۶	۲/۹۹
	اراضی بایر	۱۰۳۲۳۰۰۰	۲۳/۴۳	۴۲/۷۳	۳۴/۶۵	۲/۵۱
۲۰۰۶	اراضی ساخت‌وساز	۱۰۹۵۲۱۰۰	۲۸/۰۳	۴۶/۷۹	۳۹/۷۲	۲/۶۰
	اراضی باغی	۳۶۷۹۲۰۰	۲۶/۷۰	۴۲/۳۸	۳۲/۷۳	۲/۷۸
	آب	۱۴۴۰۰	۲۸/۱۰	۴۲/۶۵	۳۴/۶۹	۴/۳۷
	اراضی زراعی	۱۲۵۳۷۰۰	۲۹/۶۹	۴۵/۶۲	۳۹/۲۳	۳/۲۰
	اراضی بایر	۱۰۶۲۹۰۰۰	۲۹/۵۱	۴۷/۳۳	۴۰/۴۳	۲/۹۱
۲۰۲۰	اراضی ساخت‌وساز	۱۵۱۰۶۵۰۰	۲۴/۸۸	۴۳/۱۴	۳۶/۹۲	۲/۴۸
	اراضی باغی	۲۹۸۲۳۰۰	۲۰/۴۲	۳۸/۹۸	۲۹/۴۷	۲/۵۵
	آب	۳۴۱۱۰۰	۲۱/۴۹	۳۹/۳۰	۳۱/۱۰	۲/۳۵
	اراضی زراعی	۱۱۹۹۳۰۰	۲۳/۳۰	۴۳/۸۰	۳۳/۴۰	۱/۴۵
	اراضی بایر	۷۰۶۱۲۰۰	۲۶/۵۲	۴۳/۸۴	۳۷/۳۲	۳/۱۹

Source: Research Findings, 2021

که هیچ نوع خوشه‌بندی فضایی بین مقادیر عنصر مرتبط با عوارض جغرافیایی مورد نظر وجود ندارد. زمانی که مقدار سطح معنی‌داری بسیار کوچک و مقدار Z محاسبه شده (قدر مطلق آن) بسیار بزرگ باشد (خارج از محدوده اطمینان قرار گیرد)، آنگاه می‌توان فرضیه صفر را رد کرد. اگر مقدار شاخص موران بزرگ‌تر از صفر باشد، داده‌ها خوشه‌بندی فضایی را نشان می‌دهند و اگر مقدار شاخص کمتر از صفر باشد عوارض مطالعه شده دارای الگوی پراکنده هستند. در جدول (۹) شاخص موران در تمام دوره‌ها مورد مطالعه آورده شده است.

برای بررسی همبستگی فضایی جزیره حرارتی از شاخص موران استفاده گردید این شاخص نه تنها ارزش‌ها در سطح جهانی را شناسایی می‌کند، حتی بر نقاط محلی هم تمرکز می‌کند. شاخص موران دو نوع خروجی را ارائه می‌دهد. خروجی عددی و گرافیکی به‌طور کلی اگر مقدار شاخص موران نزدیک به +۱ باشد، داده‌ها دارای خودهمبستگی فضایی و دارای الگوی خوشه‌ای بوده و اگر مقدار شاخص موران نزدیک به عدد -۱ باشد، آنگاه داده‌ها از هم‌گسسته و پراکنده خواهند بود. خروجی گرافیکی، پراکنده یا خوشه‌ای بودن داده‌ها را نشان می‌دهد. در مورد این ابزار، فرضیه صفر این است



جدول ۹. شاخص موران برای دوره‌های مورد مطالعه

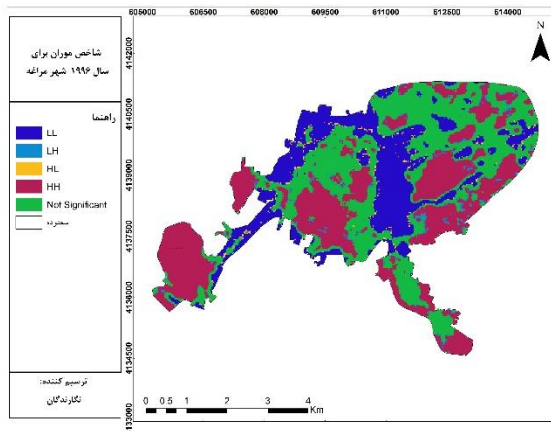
موران	۱۹۸۶	۱۹۹۶	۲۰۰۶	۲۰۲۰
Moran's Index	۰/۸۸۷۶	۰/۷۸۱۱	۰/۶۸۴۲	۰/۸۲۰۳
Expected Index	-۰/۰۰۰۰۳۴	-۰/۰۰۰۰۳۴	-۰/۰۰۰۰۳۴	-۰/۰۰۰۰۳۴
Variance	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۰۲
z-score	۵۸۳/۸۷۶۴	۵۱۳/۷۸۳۶	۴۵۰/۰۱۹۳	۵۳۹/۵۵۵۷
p-value	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

Source: Research Findings, 2021

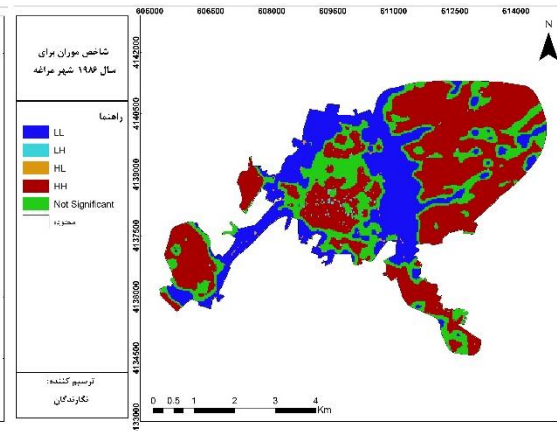
بیانگر خوشه‌های مقادیر زیاد یا خودهمبستگی فضایی مثبت در سطح ۹۹ درصد اطمینان است، LL بیانگر خوشه‌های مقادیر کم یا خودهمبستگی فضایی منفی در سطح ۹۹ درصد اطمینان است، HL نشانگر پراکندگی است که در آن مقادیر زیاد توسط مقادیر کم محاصره شده‌اند و LH تک سلول‌هایی است که در آن عارضه دارای مقدار کم، توسط عوارض دارای مقادیر زیاد محاصره شده‌اند و از نظر آماری معنادار (سطح ۵ درصد) هستند را از یکدیگر متمایز می‌کند.

طبق جدول شاخص موران در تمام دوره‌ها جزایر حرارتی شهر مراغه دارای الگوی خوشه‌ای است. مقدار Z در دوره‌های مختلف به ترتیب ۵۸۳/۸۷، ۵۱۳/۷۸، ۴۵۰/۰۲ و ۵۳۹/۵۵ است. بنابراین با توجه به بالابودن مقدار Z و پایین بودن مقدار ارزشی سطح معنی‌داری می‌توان فرضیه وجود خودهمبستگی فضایی بین داده جزایر حرارتی شهر مراغه را تأیید نمود.

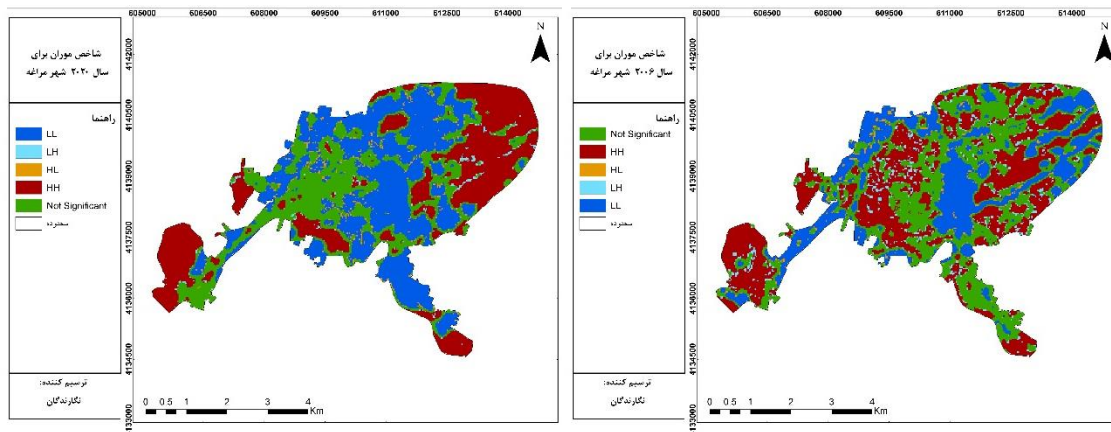
نتایج گرافی مدل موران نشان می‌دهد که خوشه‌های خروجی مدل باحروف اختصاری چون، HH که



شکل شماره ۹- شاخص موران شده برای سال ۱۹۹۶



شکل شماره ۸- شاخص موران برای سال ۱۹۸۶

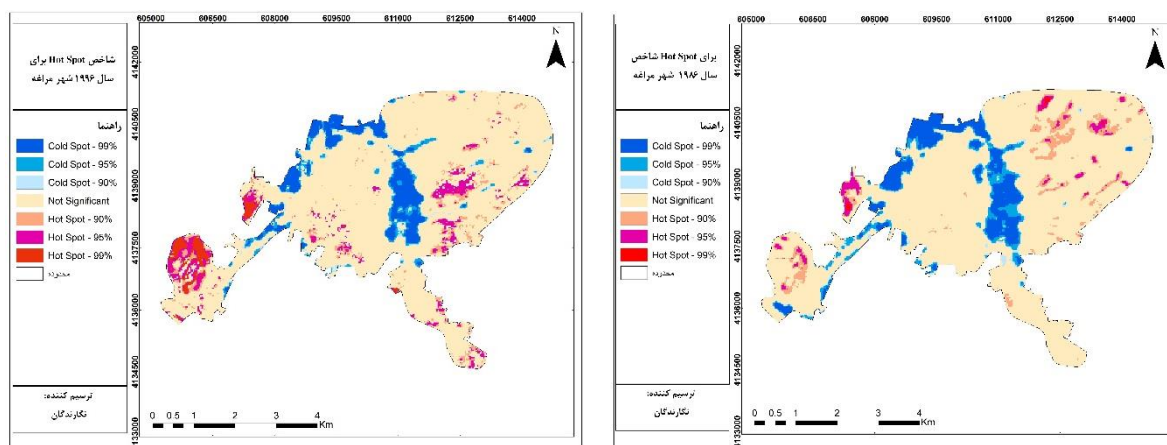


شکل شماره ۱۱- شاخص موران شده برای سال ۲۰۲۰

شکل شماره ۱۰- شاخص موران برای سال ۲۰۰۶

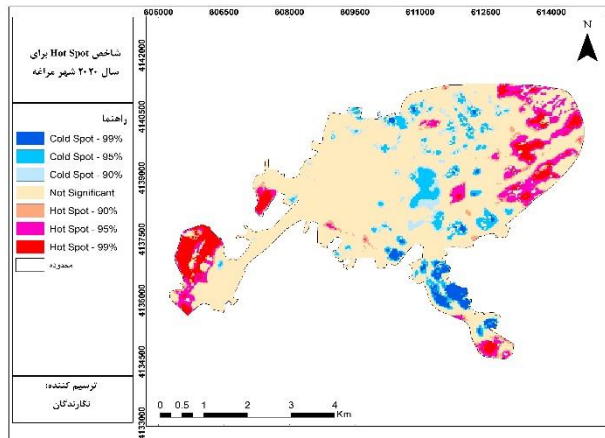
حاکم و با نقاط کمترین درجه حرارت شهری منطبق است. به دلیل اینکه توزیع فضایی خوشه‌ها دقیق در منطقه تعیین می‌شود از شاخص هات اسپات استفاده شده است. این روش نوعی Z امتیاز است. برای امتیاز Z مثبت و معنادار از نظر آماری، هر چه امتیاز Z بزرگتر باشد، مقادیر بالا به میزان زیادی خوشه بندی شده و لکه داغ را تشکیل می‌دهند. برای امتیاز Z منفی و معنادار از نظر آماری، هر چه امتیاز Z کوچکتر باشد، به معنای خوشه‌بندی شدیدتر مقادیر پایین خواهد بود و این‌ها در حقیقت لکه‌های سرد را نشان می‌دهند. در زیر نتایج تحلیل مناطق سرد و گرم جزایر حرارتی شهر نشان داده شده است.

نتایج نشان می‌دهد که در مناطق مرکزی، شمال غربی و جنوب شرقی شهر دارای پهنه گرم و شدید جزایر حرارتی با سلول‌های شاخص HH شهر منطبق است. قسمتی از فضای شهر هیچ نوع الگویی حاکم نبوده و یا به عبارتی فاقد خودهمبستگی فضایی است. این وضعیت در تمام سطح شهر در دوره‌های مورد مطالعه وجود دارد، اما بیشتر در مرکز شهر به چشم می‌خورد. از لحاظ تک سلول‌ها HL و LH می‌شود. از نظر شرایط لکه‌های LL باید گفت این شاخص درست در مناطق جنوب و مناطقی که دارای پوشش گیاهی متراکم هست دیده می‌شود شهر

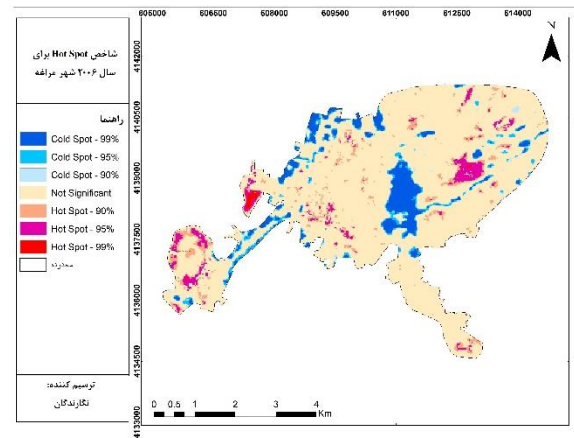


شکل شماره ۱۳- شاخص Hot Spot شده برای

شکل شماره ۱۲- شاخص Hot Spot برای سال ۱۹۸۶ سال ۱۹۹۶



شکل شماره ۱۵- شاخص Hot Spot شده برای سال



شکل شماره ۱۴- شاخص Hot Spot برای سال

۲۰۲۰

درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است. این در حالی است که مساحت مناطق ساخت‌وساز شده نیز روند افزایشی را نشان می‌دهد و از ۴۶۶/۵۶ هکتار در سال ۱۹۹۶ به ۱۵۱۱/۹۳ هکتار در سال ۲۰۲۰ رسیده است. میانگین دمای اراضی باغی نیز در سال ۱۹۸۶ به میزان ۲۵/۹۶ درجه سانتی‌گراد بوده که در سال ۲۰۲۰ به ۲۹/۴۷ سانتی‌گراد رسیده است. همچنین مساحت اراضی باغی از ۴۸۱/۶۱ هکتار در سال ۱۹۸۶ به ۲۹۷/۲۴ هکتار در سال ۲۰۲۰ کاهش یافته است. اراضی بایر نیز در سال ۱۹۸۶ دارای متوسط دمای ۳۴/۴۳ درجه سانتی‌گراد بود که این مقادیر برای سال ۲۰۲۰ برابر با ۳۷/۳۲ درجه سانتی‌گراد است. مساحت اراضی بایر نیز روندی کاهشی در حدود ۴۹۹ هکتار داشته است. همچنین اراضی بایر به دلیل کمبود رطوبت و نبود پوشش گیاهی گرم‌تر از سایر مناطق هستند.

همچنین نتایج شاخص خودهمبستگی فضایی نشان می‌دهد که جزایر حرارتی شهر دارای الگوی خوشه‌ای در سطح اطمینان ۹۹ درصد در تمام دوره‌ها است و نتایج حاصل از هات اسپات بیانگر این است که لکه‌های گرم در مرکز، جنوب شرق و جنوب غرب شهر (اراضی بایر) و لکه‌های سرد در سطح اطمینان ۹۹ درصد در مناطق جنوبی و شمال شهر (اراضی باغی) استقرار دارد.

نتایج شاخص لکه‌های گرم و سرد جزایر حرارتی شهر مراغه نشان می‌دهد که لکه‌های گرم در مرکز، جنوب شرق و شمال غرب شهر قرار دارند که این مناطق به شدت تحت شرایط ساختار شهری، کاربری اراضی در این مناطق است که به شدت درجه حرارت شهری را بالا می‌برد. این در حالی است که نقاط سرد در سطح اطمینان ۹۹ درصد در مناطق جنوبی و شمال شهر استقرار دارد که نشان دهنده این موضوع است که شرایط طبیعی و انسانی در به وجود آوردن نقاط سرد دخیل بوده است.

۵ جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

اساساً توسعه پایدار شهری با شناخت لازم و کافی از ویژگی‌های پویای شهری و پیکربندی آن‌ها به‌منظور کاهش پیامدهای ناگوار جزایر گرمایی شهری امکان‌پذیر است. از این‌رو، هدف از پژوهش حاضر واکاوی نقش کاربری اراضی در شکل‌گیری جزیره حرارتی با بهره‌گیری از داده‌های رقومی ماهواره‌ای و تعیین محدوده‌های دمایی بسیار گرم و درعین‌حال، تحلیل کاربری اراضی شهری و شناسایی پهنه‌های بحرانی زیست‌محیطی در شهر مراغه است. نتایج نشان می‌دهد که دمای مناطق ساخت‌وساز در سال ۱۹۸۶ برابر با ۳۸/۵۱ درجه سانتی‌گراد بوده که این مقدار در سال ۲۰۲۰ به ۴۳/۱۴ درجه سانتی‌گراد رسیده است یعنی ۴/۶۳



افزایش دمای سطوح ارتباط دارد. همچنین این نتایج مطالعه با مطالعات جیانانگ و گوانژن (۲۰۱۰) نیز مطابقت دارد، آنان در مطالعه خود به بررسی تأثیر پوشش شهری بر دمای سطحی پرداختند و نتایج مطالعه آنان نشان داد که تغییر پوشش سطحی مهم‌ترین عامل در افزایش دمای سطحی است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اراضی باغی در نتیجه افزایش مناطق مسکونی و گسترش شهری روند کاهشی داشتند و افزایش جمعیت و افزایش ساخت‌وساز در سطح شهر پدیده جزایر حرارتی را در شهر مراغه سبب شده است.

بررسی جزایر حرارتی شهر مراغه نشان داد که در طول دوره مطالعه، الگوی توزیع دمای سطحی شهر مراغه دچار تغییر و دگرگونی شده است. این تغییر و دگرگونی به نفع افزایش مساحت دماهای بسیار گرم و کاهش وسعت دماهای بسیار خنک بیشتر است. درحالی‌که از وسعت دماهای متوسط و بسیار خنک به‌طور قابل‌توجهی کاسته شده، نواحی بسیار گرم گسترش چشم‌گیری داشته‌اند. نتایج این بخش با نتایج اوون و همکاران (۱۹۹۸)، مطابقت دارد. آنها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که تغییرات پوشش اراضی شهری به‌طور قابل‌توجهی با کاهش نسبت پوشش گیاهی و



References:

- Adegoke, C. & Sojobi, A. (2015). Climate change impact on infrastructure in Osogbo metropolis, south-west Nigeria. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*, Vol. 6 (1). pp. 156-167.
- Barry, R. G. & Chorley, R. J. (1987). *Atmosphere, weather and climate*. Methuen & Co. Ltd., London, Great Britain.
- Chen, X.L., zhao, H.M., Li, P.X., Yin, Z.Y. (2006). Remote sensing image-based analysis of the relationship between urban heat island and land use/cover change, residential cooling loads and the urban heat island- the effects of albedo, *Building and Environment*, Vol. 23 (4), pp. 444-456.
- Chow, W. & Roth, M. (2006). Temporal dynamics of the urban heat island of Singapore, *International Journal of Climatology*, Vol. 26 (15). pp. 2243-2260.
- Gharbi, M. (2012). The influence of contemporary architecture and urbanism on the creation of heat islands. The second national conference on climate, building and optimization of energy consumption, Tehran. . (In Persian)
- Grover, A. & Singh, R. B. (2015). Analysis of urban heat island (UHI) in relation to normalized difference vegetation index (NDVI): A comparative study of Delhi and Mumbai, *Environments*, Vol. 2 (2). pp. 125-138.
- Hajilo, M., Al-Madrsi, A., Zarang, A. & Sarkargarardani, A. (2013). Monitoring the surface temperature of the earth and investigating the relationship between land use and surface temperature using ETM and OLI sensor image (case study: Qom province). National conference on the application of advanced models of spatial analysis (remote sensing) in land management, Yazd. (In Persian)
- Kabiri, K. (1998). Investigating the effects of drought on the vegetation cover of Ayaran in the 90s using NOAA images. Master's thesis, K. N. Toosi University of Technology. (In Persian)
- Liu, L. & Zhang, Y. (2011). Urban heat island analysis using the Landsat TM data and ASTER data: A case study in Hong Kong. *Remote Sensing*, Vol. 3 (7). pp. 1535-1552.
- Mackey, C. W., Lee, X. & Smith, R. B. (2012). Remotely sensing the cooling effects of city scale efforts to reduce urban heat island. *Building and Environment*, No. 49, pp. 348-358.
- Mashroteh, Hami and. Hassanlou, Mehdi (2014). Investigating the relationship between land use/land cover and the thermal island of Kerman city using Landsat images 8. The first spatial information technology engineering conference of Khwaja Nasiruddin Toosi University of Technology, Faculty of Mapping Engineering, January 29 and 30, 2014. . (In Persian)



- Mi, Z., Guan, D. Liu, Z. & Liu, J. (2018). Viguié, the core of climate change mitigation. *Journal of Cleaner Production*, No. 207. pp. 582-589.
- Mousavi-Baygi, M., Ashraf, B., & Miyanabady, A. (2010). The investigation of Tehran's heat island by using the surface ozone and temperature data. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, Vol. 5 (2). pp. 189-200.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*. Vol. 7 (8). pp. 769-779.
- Rangzan, K, Firouzi, M., Taghizadeh, A. & Mehdizadeh, R. (2009). Investigating and analyzing the role of land use in the formation of thermal islands using R.S and GIS in the case of Ahva city. National seminar on the use of GIS in economic planning. Social and urban, Tehran. . (In Persian)
- Rizwan, A. M. & Dennis, L. Y. & Liu, C. (2008). A review on the generation, determination and mitigation of Urban Heat Island. *Journal of Environmental Sciences*, Vol. 20 (1). pp. 120-128.
- Shamsi Khosrow Shahi, S., Abdullah Abadi, S. & Imrani, K. (2013). Finding the spatial distribution of surface temperature in the urban environment using thermal remote sensing (Case study: Tabriz). The first national conference on geography, urban planning and sustainable development. . (In Persian)
- Smith, C. & Levermore, G. (2008). Designing urban spaces and buildings to improve sustainability and quality of life in a warmer world. *Energy policy*, Vol. 36 (12). pp. 4558-4562.
- Solecki, W. D., Rosenzweig, C., Parshall, L., Pope, G., Clark, M., Cox, J. & Wiencke, M. (2005). Mitigation of the heat island effect in urban New Jersey. *Global Environmental Change Part B, Environmental Hazards*, Vol. 6 (1). pp. 39-49.
- Spronken-Smith, R.A., Oke, T.R. (1998). The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19 (11). pp. 2085 - 2104.
- Stathopoulou, M., & Cartalis, C. (2009). Downscaling AVHRR land surface temperatures for improved surface urban heat island intensity estimation. *Remote Sensing of Environment*, Vol. 113 (12) pp. 2592-2605.
- Tabrizi, M., Naderi, A., Saeed & Zahra Yaqoubpour (2008). Survey of urban development on growth and temperature changes of Tehran city, the 7th National Conference of the Association of Environmental Experts of Iran, Tehran. (In Persian)
- U.S. Department of the Interior & U.S. Geological Survey. (2013). LDCM CAL/VAL ALGORITHM DESCRIPTION DOCUMENT. February 25, version 3.
- Voogt, J. A., Oke, T. R. (2003). Thermal remote sensing of urban climates.



- Remote Sensing of Environment, Vol. 86 (3). pp. 370-384.
- Weng, Q. (2003). Fractal analysis of satellite-detected urban heat island effect. Photogrammetric engineering & remote sensing, Vol. 69 (5). pp. 555-566.
- Weng, Q., Dengsheng, Lu. & Jacquelyn, S. (2004). Estimation of land surface temperature vegetation abundance Relationship for urban heat island studies. Remote Sensing of Environment. No. 89, pp. 467-483.
- Wong, N.H., Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. Habitat International, No. 29, pp. 547-558.
- Xu, H., Chen, Y., Dan, S. & Qiu, W. (2011). Spatial and temporal analysis of urban heat Island effects in Chengdu City by remote sensing. In 2011 19th International Conference on Geoinformatics (pp. 1-5). IEEE.