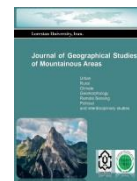




Lorestan University

Online ISSN: 2717-2325

Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas

journal homepage: <http://www.gsma.lu.ac.ir>

Research Paper

## Study and monitoring the changes in thermal islands in Tehran province and their relationship with climatic variables and pollutants

Ali Tymouri<sup>a\*</sup>, Saeed Jahanbakhsh Asl<sup>b</sup>, Ali Mohammad khorshiddoust<sup>c</sup>

<sup>a</sup> PhD student Climatology, University of Tabriz, Tabriz, Iran .

<sup>b</sup> Professor of Department of Climatology, Tabriz, University, Tabriz, Iran .

<sup>c</sup> Professor of Department of Climatology, Tabriz, University, Tabriz, Iran.

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 08 March

2023;

Accepted: 15 July 2023

Available online 06

December 2023

#### Keywords:

Atmospheric compounds,  
Google Earth engine,  
Surface temperature,  
Thermal islands, Tehran  
province, Path analysis.

### ABSTRACT

One of the major global environmental concerns in recent years is the phenomenon of global warming. Understanding the relationships between the phenomena affecting this phenomenon can be a way to reduce and control the surface temperature and prevent the formation of thermal islands. The aim of this study was to determine the relationship between surface temperature intensity with variables So<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, Co, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, HCHO, H<sub>2</sub>O, PM, LST-Day as well as temporal and spatial changes of thermal islands in Tehran province. In this study, 8-day productions of Aqua satellite and Sentinel-5 data along with coding method in JavaScript language in Google Earth engine system, path analysis and statistical clustering method have been used. According to the research findings, the trend and direction of spatial changes in the thermal islands of Tehran province during the years 2022-2000 from Tehran to the surrounding cities and satellite towns have been moving and relocating. Based on the temperature similarity between the 22 urban areas, six clusters were formed by K-mean clustering method. Based on the results of the final table of path analysis using AMOS software, among the studied variables, the highest coefficient of total impact on the increase in night surface temperature was related to the daily surface temperature, water vapor and carbon monoxide, respectively. PM particles also have the highest overall impact factor in reducing the night temperature.

### 1. Introduction

The increase in the growth rate of urbanization and the desire of people to live in cities has caused the temperature of cities to increase compared to their surroundings. If this temperature difference rises above a certain level, it will lead in problems and risks such as: change in biodiversity; changes in weather; disturbing the thermal balance; Greenhouse effects and other problems and environmental damage. The difference between levels in urban and non-urban areas in terms of three-dimensional structure of Built-up areas on the one hand and heat absorption of the building materials used, surface reflection and amount of coating Plants, on the other hand, bring about

fundamental changes in the nature of built-up urban areas. The increase in temperature in urban areas and its small-scale climate changes are known as the urban heat island; Contrary to built-up areas, cities located in arid and semi-arid climates will have a lower surface temperature than their non-urban dry surroundings, this phenomenon is known as cold heat island. There are reciprocal relationships between the intensity of heat islands and atmospheric pollutants; This means that the intensity of heat islands can affect chemical reactions and be affected by them. A review of the literature related to the relationship between the urban heat island and air pollution in the last 30 years shows that it is better to investigate

\*Corresponding Author. Ali. Tymouri

Email Addresses: [abchenarali@gmail.com](mailto:abchenarali@gmail.com) (A. Tymouri), [jahanbakhshsaeed@yahoo.com](mailto:jahanbakhshsaeed@yahoo.com) (S. Jahanbakhsh Asl) [khorshid@tabrizu.ac.ir](mailto:khorshid@tabrizu.ac.ir), (A. Mohammadkhorshiddoust)

#### To cite this article:

Tymouri, A., Jahanbakhsh Asl, S., khorshiddoust, A.M. (2023). Study and monitoring the changes in thermal islands in Tehran province and their relationship with climatic variables and pollutants. Journal of Geographical Studies of Mountainous Areas, 4(15), 125-142

Doi:10.52547/gsma.4.3.125

the synergistic effect of these two factors instead of investigating air pollution and urban heat island separately.

## 2. Methodology

In order to monitor the changes in thermal islands of Tehran province and investigation of its relationship with atmospheric pollutants, satellite remote sensing method combined with mathematical and statistical methods has been used. By writing the appropriate codes in the Google Earth Engine system, thermal islands and a map of temperature changes were produced; Also, by using the products of Sentinel-5 satellite in the Google Earth Engine system and using the methods of cluster analysis and path analysis, the relationship between climatic parameters and atmospheric pollutants of SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, HCHO and PM has been explained and described.

## 3. Results

According to the tables of beta coefficients, the daily temperature of the earth's surface with a beta coefficient of 0.315 had the greatest impact on the dependent variable of the nighttime temperature of the earth's surface. The research findings show that among the studied variables, the CO molecule was the main factor in increasing SO<sub>2</sub> concentration. Likewise, the O<sub>3</sub> molecule with the standard beta coefficient of -0.205 had the greatest reduction effect on the NO<sub>2</sub> molecule, and other variables did not have a significant effect on the increase or decrease of NO<sub>2</sub>. According to the maps, the intensity of nighttime heat islands in the city of Tehran belongs to the central and southern areas of the city, which is due to the high concentration of residential structures and atmospheric pollutants. The maps of the temporal changes of the heat islands in the study area show that the main location of these islands is moving from the center of the city to its surroundings, which is caused by factors other than atmospheric pollutants. Among the ways of distinguishing this research from other researches conducted by other researchers, we can mention the use of atmospheric chemistry rules and its application in expressing and analyzing the role of atmospheric pollutants on the temperature near the earth's surface.

## 4. Discussion

In order to determine the direct and indirect effects of the studied variables on the night temperature of the earth's surface, the path analysis was performed step by step and path diagrams of intermediate dependent variables were drawn. Among the studied variables, the daily temperature of the earth's surface had the greatest impact on the nighttime temperature of the earth's surface. Beta tables and path charts indicate that CO had the greatest impact on the increase of SO<sub>2</sub>; Similarly, O<sub>3</sub> has the most effect in reducing NO<sub>2</sub>. The map of the changes in the nocturnal heat islands between the years 2000 and 2022 shows the changes in the heat islands from the city of Tehran to the cities and satellite towns around it; It is similar to the process of changes and the direction of movement of thermal islands at night from the metropolis of Karaj to the cities and satellite towns around it. The average nightly heat island intensity map shows that during the years 2000 to 2022, the highest heat island intensity was in the central and southern regions of Tehran.

## 5. Conclusion

The natural and political geography of Tehran province is one of its differences with other provinces of the country. The simultaneous mixing and interaction of the province's climatic, geomorphological and geopolitical conditions has caused the heat islands to acquire a special pattern. Based on the research done with the help of GEE system and under-desktop software; It was observed that the place of occurrence of thermal islands is moving and changing its place from the city of Tehran to the satellite cities and towns around it. According to the findings of this research, among the studied variables, the daily temperature of the earth's surface has the highest and PM particles have the least overall effect in reducing the nighttime temperature of the earth's surface. According to the obtained maps, charts and data; It was observed that among the 22 districts of Tehran, districts 11 and 12 were the permanent occurrences of nocturnal heat islands and had the highest occurrence frequency.

## Acknowledgments

Atmospheric compounds, Google Earth engine, Surface temperature, Thermal islands, Tehran province, Path analysis



دانشگاه لرستان

شاپای الکترونیکی: ۲۳۲۵-۲۷۱۷

فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی

http://www.gsma.lu.ac.ir



مقاله پژوهشی

## مطالعه و پایش روند تغییرات جزایر حرارتی در استان تهران و رابطه آن با متغیرهای اقلیمی و آلاینده‌ها

علی تیموری<sup>۱\*</sup>؛ سعید جهانبخش اصل<sup>۲</sup>؛ علی محمد خورشید دوست<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

<sup>۲</sup> استاد گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

<sup>۳</sup> استاد گروه آب و هواشناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

### اطلاعات مقاله

دریافت مقاله:

۱۴۰۱/۱۲/۱۷

پذیرش نهایی:

۱۴۰۲/۰۴/۲۴

تاریخ انتشار:

۱۴۰۲/۰۹/۱۵

واژگان کلیدی:

ترکیبات جو، تحلیل مسیر، جزایر حرارتی، دمای سطح زمین، گوگل ارث انجین، استان تهران.

### چکیده

یکی از دغدغه‌های زیست محیطی مهم جهانی در طی سال‌های اخیر پدیده گرمایش زمین است. شناخت روابط بین پدیده‌های تاثیرگذار بر این پدیده، راهی برای کاهش و کنترل دمای سطح زمین و عدم شکل‌گیری جزایر حرارتی ناشی از آن می‌باشد. هدف این پژوهش تعیین رابطه شدت دمای سطح زمین با متغیرهای  $So_2$ ،  $CH_4$ ،  $Co$ ،  $O_3$ ،  $NO_2$ ،  $HCH$ ،  $H_2O$ ،  $LST-Day.PM$  و همینطور بررسی تغییرات زمانی - مکانی جزایر حرارتی در استان تهران می‌باشد. در این بررسی از تولیدات ۸ روزه ماهواره آکوا و داده‌های سنسینل ۵ به همراه روش کدنویسی به زبان جاوا اسکریپت در سامانه گوگل ارث انجین، تحلیل مسیر و روش خوشه‌بندی استفاده شده است. بنا بر یافته‌های پژوهش، روند و جهت تغییرات مکانی جزایر حرارتی استان تهران در طی سال‌های ۲۰۲۲ - ۲۰۰۰ از شهر تهران به سمت شهرها و شهرک‌های اقماری اطراف آن در حال حرکت و تغییر مکان بوده است. بر اساس مشابهت دمایی بین مناطق ۲۲ گانه شهری به روش خوشه بندی K-mean شش خوشه اصلی تشکیل گردید. نتایج جدول نهایی تحلیل مسیر به کمک نرم افزار AMOS، نشان داد که در بین متغیرهای مورد مطالعه؛ بیشترین ضریب تأثیر کلی بر افزایش دمای شبانه سطح زمین به ترتیب مربوط به دمای روزانه سطح زمین، بخار آب و مونوکسیدکربن بوده است. همچنین ذرات PM بیشترین ضریب تأثیر کلی را در کاهش دمای شبانه به خود اختصاص داده است.

بالا تر رود، مشکلات و خطراتی از قبیل: تغییر در تنوع زیستی؛

### ۱. مقدمه

تغییرات در آب و هوا؛ بر هم زدن تعادل گرمایی؛ اثرات

افزایش نرخ رشد شهرنشینی و تمایل افراد برای زندگی در شهرها سبب شده است تا دمای شهرها نسبت به محیط‌های پیرامون آنها بیشتر شود. اگر این اختلاف دما از سطح معینی

\* نویسنده مسئول:

پست الکترونیک نویسندگان: abchenarali@gmail.com (ع، تیموری)؛ jahanbakhshsaeed@yahoo.com (س، جهانبخش اصل)؛ khorshid@tabrizu.ac.ir (م.ع)،

خورشید دوست).

نحوه استنادی به مقاله: تیموری، علی، جهانبخش اصل، سعید، خورشید دوست، علی محمد (۱۴۰۲). مطالعه و پایش روند تغییرات جزایر حرارتی در استان تهران و رابطه آن با متغیرهای اقلیمی و آلاینده‌ها. فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی. سال چهارم، شماره ۳ (۱۵)، صص ۱۴۲-۱۲۵.



Doi:10.52547/gsma.4.3.125

را بر پراکنندگی آلودگی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها نشان دادند؛ زمانی که نسبت شناوری ستون شهری به سرعت باد بیشتر از دو باشد جزیره حرارتی شهری حاکم می‌شود و در شرایط پایدار و نسبت‌های کمتر از نیم، با افزایش یک واحد سرعت باد، متوسط دمای شهری به میزان ۰/۱۲۵ درجه کلون کاهش می‌یابد. دیگر نتایج نشان داده است که در صورت نادیده گرفتن اثر تشعشعی آلاینده‌ها برای مقادیر کمتر از نیم، هرگونه افزایش در سرعت باد منجر به کاهش قابل توجه وضعیت آلودگی می‌شود. جزایر حرارتی شهری بر کیفیت هوای منطقه شهری تاثیر منفی خواهند داشت؛ زیرا در آب‌وهوای گرم منجر به تولید گازهای آلاینده نظیر: ازن؛ مونوکسید کربن و اکسیدهای نیتروژن (NO<sub>2</sub> و NO) می‌شوند (EPA, 2012). با رخداد همزمان پدیده جزیره حرارتی و افزایش گازهای گلخانه‌ای، استرس بدنی و عدم آسایش گروه‌های حساس مشاهده می‌شود (Huang et al, 2021:25). بدون‌شک، نوع ترکیبات جو می‌تواند میزان تابش دریافتی سطح زمین را تحت تاثیر قرار دهد. از آنجا که اغلب واکنش‌های شیمیایی تحت تاثیر گرما و نور قرار می‌گیرند؛ بنابراین دمای سطح زمین می‌تواند واکنش‌های شیمیایی جو، غلظت و ترکیبات آن را تحت تاثیر قرار دهد. بعضی از گازها به طور گذرا تابش مادون قرمز گرمایی با طول موج‌های خاصی را جذب می‌کنند؛ بنابراین تمام تابش مادون قرمز منتشر شده از سطح و جو زمین مستقیماً به فضا باز نمی‌گردد. در فاصله‌ی کوتاهی پس از جذب تابش مادون قرمز توسط مولکول‌های معلق در هوا مانند CO<sub>2</sub>، این تابش در تمام جهات و کاملاً به طور تصادفی منتشر می‌شود؛ بنابراین مقداری از تابش مادون قرمز گرمایی مجدداً به سمت زمین هدایت شده و دوباره جذب می‌شود؛ در نتیجه سطح زمین و هوا را بیشتر گرم می‌کند (Baird colin, 1999:139). در سال‌های اخیر بررسی هم‌زمان رفتار آلودگی هوا و جزیره حرارتی، به یک رویکرد جدید تحقیقاتی تبدیل شده است. مروری بر ادبیات پژوهشی مربوط به ارتباط بین جزیره حرارتی شهر و آلودگی هوا، در طی ۳۰ سال گذشته نشان می‌دهد که در آینده باید به جای بررسی جداگانه

گلخانه‌ای و دیگر مشکلات زیست محیطی را در پی خواهد داشت. در شهرهای بزرگ یکی از این معضلات زیست محیطی، عمدتاً جزایر گرمایی می‌باشند. طی شصت سالی که از طرح مفهوم جزیره گرمایی گذشته است، پژوهشگران تعاریف گوناگونی از آن ارائه داده‌اند. اگر چه مبنای همه این تعاریف یکی است؛ اما از بعد فنی دچار دگرگونی شده است. در واژه‌نامه تخصصی انجمن هواشناسی ایالات متحده آمریکا، جزیره گرمایی این‌گونه تعریف شده است: جزیره گرمایی شهری در بردارنده خطوط هم دمای بسته‌ای است که نماینده‌ی پهنه‌ای گرم است، به ویژه پهنه‌ای که انسان وضع طبیعی زمین را برهم زده باشد (مانند شهرها و شهرک‌ها). در تعریف دیگری جزایر گرمایی این‌گونه تعریف شده است: جزیره گرمایی شهری محدوده‌ای است که به طور معناداری گرم‌تر از مناطق مجاور خود می‌باشد و باز نمود شاخصی از مشکلات محیط زیستی شهری است (Liu & Zhang, 2011:1535-1552). اختلاف بین سطوح در مناطق شهری و غیر شهری از لحاظ ساختار سه بعدی مناطق ساخته شده، جذب حرارت مصالح ساختمانی به کار برده شده، بازتاب سطح و مقدار پوشش گیاهی سبب تغییرات بنیادینی در ماهیت مناطق ساخته شده شهری می‌شود (Comarazamy et al, 2010:2). افزایش دما در مناطق شهری و تغییرات آب و هوایی کوچک مقیاس آن به نام جزیره گرمایی شهری شناخته می‌شود (farina, 2012:42). مناطق ساخته شده شهری که در آب‌وهوای خشک و نیمه خشک قرار گرفته‌اند دمای سطحی کمتری نسبت به محیط اطراف خشک غیرشهری خود دارند (Shigete et al, 2009:58 Frey et al, 2009: 53)، این پدیده به عنوان جزیره حرارتی سرد شناخته می‌شود. بین شدت جزایر حرارتی با آلاینده‌های جوی، روابط متقابلی وجود دارد؛ بدین معنی که شدت جزایر حرارتی می‌تواند واکنش‌های شیمیایی را تحت تاثیر قرار دهد و خود نیز تحت تاثیر آن‌ها قرار گیرد (Abbassi et al, 2022:20) به بررسی تاثیر سرعت باد بر گرمای شهری و جزایر آلودگی پرداختند و به صورت عددی اثر شدت وزش باد و پایداری محیط

آلودگی هوا و جزیره حرارتی شهری، اثر هم افزایی این دو عامل را مورد بررسی قرار داد. از نظر تغییرات زمانی و مکانی شباهت‌هایی بین UHI و آلودگی هوا وجود دارد؛ به عنوان مثال شدت جزیره حرارتی در شهرهای بزرگ بیشتر از شهرهای کوچک و غلظت آلاینده‌های هوا در شهرهای توسعه یافته اقتصادی و پر جمعیت بیشتر از سایر مناطق است. عوامل زیادی مانند: شرایط هواشناسی؛ کاربری اراضی؛ پوشش زمین؛ جمعیت و توسعه اقتصادی می‌توانند بر جزیره حرارتی و آلودگی هوا تاثیرگذار باشند (wang et al, 2018:29). واکاوی همبستگی بین شدت جزیره حرارتی و آلودگی هوا در شهر سئول بیانگر همبستگی منفی ازن با UHI می‌باشد؛ در حالی که پارامترهای  $PM_{2.5}$ ،  $SO_2$ ،  $CO$  با شدت جزیره حرارتی همبستگی منفی نشان دادند (Jack et al, 2021:45). بعد از مطرح شدن توسعه پایدار؛ مطالعه پیرامون جزیره حرارتی، به عنوان یکی از چالش‌های زیست محیطی مؤثر بر کیفیت هوا و ترکیبات جوی، مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است. در پژوهش‌های مختلف نقش دمای سطح زمین بر ترکیبات جو و کیفیت هوا مورد تایید قرار گرفته است؛ برای سنجش این مورد علاوه بر استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست، مودیس و سنتینل از الگوها و مدل‌های ریاضی و آماری نیز استفاده شده است (El Hatab et al, 2007:49). از باند حرارتی TM/ETM+/OLI تصاویر ماهواره لندست مربوط به سه دوره ۱۹۴۸، ۲۰۰۰، ۲۰۱۵ جهت تهیه نقشه جزیره حرارتی، تعیین دمای سطحی زمین و بررسی رابطه جزیره گرمایی شهر با پوشش زمین و نرخ تغییرات آن استفاده کردند. نتایج نشان داد که با توسعه گسترده شهری، تنوع زمانی - مکانی دمای سطح زمین به ویژه در کاربری صنعتی که دمای بیشتری را در محیط پدید می‌آورند رخ داده است (Guo et al, 2015:61)، در منطقه شهری ووهان چین برای سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۳ ابتدا نقشه‌های نسبت پوشش زمین و تراکم حجم ساخت و ساز را ترسیم کردند؛ سپس رابطه بین این دو متغیر را با LST مورد بررسی قرار دادند. نتایج پژوهش حاکی از وجود رابطه مستقیم و قوی میان این دو متغیر بوده است )

فصلنامه مطالعات جغرافیایی مناطق کوهستانی، سال چهارم، شماره سوم (پیاپی ۱۵)، پاییز ۱۴۰۲

گرمایی شهری و آلاینده‌های هوا و عوامل مؤثر بر آن‌ها در دلتای رودخانه یانگ تسه‌چین پرداختند. براساس نتایج شدت جزایر حرارتی با غلظت آلودگی هوا روند مشابه و مخالفی در توزیع زمانی - مکانی نشان داده است. بر اساس نتایج، روند روزانه زمانی دما و غلظت  $PM_{2.5}$  دارای مشابهت بیشتری بوده است؛ در حالی که دما با سایر آلاینده‌های هوا روند معکوسی نشان داده است. آن‌ها دریافتند که اثر UHI و آلودگی ازن معمولاً در روزهای گرم و آفتابی تابستان به طور هم‌زمان رخ می‌دهد؛ در حالی که غلظت  $PM_{2.5}$  در شب‌های زمستان بیشتر بوده است. بر اساس دیگر نتایج غلظت آلودگی هوا در مرکز و شمال بیشتر از شهرهای جنوبی و شدت UHI در جنوب و مرکز بیشتر از شهرهای شمالی بوده است (Ying et al, 2020:4262-4252)، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و تجزیه - تحلیل‌های آماری تاثیر و همبستگی آلودگی هوا بر جزیره حرارتی سطحی شهری را در مجموعه شهری ژوژو، چانگشا و شیانگتان مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که آلودگی مادون قرمز و جزیره حرارتی سطحی شهری، از طریق چندین مکانیسم فیزیکوشیمیایی برهمکنش دارند و شرایط مختلف آب و هوایی و جغرافیایی میزان همبستگی بین آنها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. بر اساس نتایج در صورت حاکمیت آلودگی شدید، ذرات آئروسول با SUHI همبستگی منفی نشان می‌دهد در حالی که در شرایط هوای پاک، بین آن‌ها همبستگی مثبتی وجود دارد. دیگر نتایج نشان داده است که افزایش شدت آلودگی مناطق شهری، اثرات نامطلوب موج گرمای شهری را افزایش می‌دهد. همینطور تغییرات SUHI عمدتاً تحت تاثیر ابرناکی و رطوبت نسبی قرار می‌گیرد و در شرایط مختلف هواشناسی سهم ذرات آئروسول بین ۹/۴۸ - ۱۷/۱۱ درصد قرار می‌گیرد (Jahanbakhsh Asl, 2019) شبیه‌سازی واداشت‌های تابشی و اثر متقابل گرد و غبار و اقلیم توسط مدل WRF-chem در منطقه جنوب غرب آسیا را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که گرد و غبار منجر به کاهش متوسط

هدف پژوهش ارزیابی جزیره گرمایی کلان‌شهر اصفهان بوده است بنابراین؛ از کل پایگاه داده‌ای، محدوده‌ای به ابعاد  $۵۴*۸۴$  یاخته ( $۶۸,۵۰۰۵۱*۱۶,۷۷۸۵۸$ ) به مرکزیت کلان‌شهر اصفهان استخراج گردیده است. نتایج تحقیق نشان داد که جزیره گرمایی شبانه تقریباً ویژگی غالب کلان‌شهر اصفهان است به بیان دیگر در بیش از ۹۸ درصد موارد دمای شهر در شب هنگام بیش از دمای پس زمینه است. در طی دوره مورد بررسی میانگین دمای رویه زمین این شهر  $۱۸/۲$  درجه سلسیوس بوده است (Alijani et al, 2017:99-112)، به محاسبه شدت جزیره‌حرارتی براساس هندسه‌شهری پرداختند. این تحقیق با هدف شبیه‌سازی و محاسبه حداکثر شدت جزیره حرارتی با توجه به شرایط هندسه‌شهری در منطقه کوچه‌باغ شهر تبریز با استفاده از معادله عددی - نظری به رشته تحریر درآمده است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی نشان داده که در محله کوچه‌باغ تبریز هر چه بناها بلند مرتبه‌تر و عرض معابر کمتر باشد میزان شدت جزیره حرارتی بیش‌تر و هر قدر عکس این شرایط حاکم باشد شدت جزایر حرارتی کم‌تر خواهد بود (Guang et al;2023) اثر هم افزایی امواج گرمایی و جزایر گرمایی شهری را در مناطق مختلف آب و هوایی محلی چین مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در ۹ نقطه ثابت از مناطق محلی آب و هوایی به اندازه‌گیری دمای هوا پرداختند. نتایج نشان داد که در صورت وجود شرایط امواج گرمایی، حداکثر شدت جزایر گرمایی روزانه در مناطق محلی آب و هوایی بین  $۱/۱-۰/۴$  درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا می‌کند. آن‌ها پیشنهاد کردند که برای تقویت کاهش شدت جزایر گرمایی؛ در زمان حاکمیت امواج گرمایی در مناطق آب و هوایی محلی اقداماتی گرمایی انجام شود.

## ۲. روش تحقیق

در این پژوهش به منظور پایش روند تغییرات جزایر حرارتی استان تهران و بررسی رابطه آن با آلاینده‌های جوی، روش سنجش‌ازدور ماهواره‌ای توأم با روش‌های ریاضی و آماری به کار

دمای سطحی و سرمایش منطقه تحت تاثیر گرد و غبار می‌گردد. (Khorshiddoust et al, 2018) به تحلیل زمانی - مکانی آلودگی‌های خطرناک شهر تبریز با تاکید بر  $PM_{10}$  پرداختند. نتایج نشان داد که در همه ایستگاههای مورد مطالعه بیشترین رخداد فراوانی  $PM_{10}$  در تابستان و در ماه اوت رخ داده است. آن‌ها همینطور نشان دادند که استیلای پرفشار جنب‌حاره‌ای آזור و تشکیل لایه‌های حرارتی بر روی ایران در افزایش آلودگی‌های خطرناک تابستان تبریز نقش موثری داشته است. هدف این پژوهش پایش روند تغییرات جزایر حرارتی و بررسی رابطه‌ی آن با آلاینده‌های جوی و مشخص کردن مهم‌ترین متغیرهای تاثیرگذار بر دمای سطح زمین می‌باشد (Ahmadi et al, 2019:114-195)، به پایش جزایر حرارتی شهری با رویکرد فرکتال ویژه (FNEA) پرداختند. هدف این تحقیق ارزیابی هم‌زمان عوارض بیوفیزیکی و دمای سطح زمین با رویکرد تکاملی فرکتال ویژه به منظور استخراج جزیره حرارتی شهری در تهران بوده است. نتایج نشان داده است که در کلان‌شهر تهران یک رابطه مثبت قوی، بین سطح غیرقابل نفوذ با جزایر حرارتی شهری وجود دارد (Pourdeyhimi et al, 2019:97-122)، به بررسی تاثیر پوشش گیاهی بر کاهش شدت جزایر حرارتی شهری در کلان‌شهر تهران پرداختند. در این پژوهش دمای سطح زمین با روش سنجش‌ازدور ماهواره‌ای و از اطلاعات برداشت شده توسط سنجنده‌های لندست ۸ استخراج و پوشش گیاهی از طریق به‌کارگیری روش شاخص اختلاف پوشش گیاهی بهنجار شده به دست آمده است. نتایج علاوه بر مشخص کردن شیوه گسترش فضایی طبقات دمایی سرد و گرم در محدوده شهر تهران، اختلاف دمای سطح زمین بین دسته‌های مختلف کاربری زمین را به میزان  $۵/۵$  تا  $۶$  درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. (Masoudian et al, 2020:35-46) برای بررسی رفتار زمانی - مکانی جزیره گرمایی کلان‌شهر اصفهان از داده‌های دمای رویه زمین مودیس بهره گرفته و از میان فرآورده‌های دمایی گوناگون مودیس فرآورده‌های  $MOD11A1$  و  $MYD11A1$  را برگزیده‌اند.

گرفته شده است. برای نشان دادن مراحل انجام پژوهش فلوچارت شکل (۲) آورده شده است.



شکل ۲. نمودار مراحل انجام پژوهش

Source: Authors, 2022

نقشه‌هایی با کیفیت از منطقه مورد مطالعه از باند

Lst\_Night\_1Km استفاده گردید.

- تولید نقشه تغییرات دمایی

جهت تولید نقشه تغییرات دمایی منطقه مورد مطالعه، در قسمت کدنویسی گوگل ارث انجین، کدی تحت عنوان change heat در ادامه کد قبلی اجرا شد که به کمک آن تغییرات دمای شبانه در طول بازه ۲۲ ساله به کمک رگرسیون خطی و مدل Linear fit به تصویر کشیده شد. سیستم مختصات نقشه، سیستم جنرال EGS84 در نظر گرفته شده است. در آخر به کمک دستور Export.Image.toDrive خروجی نقشه در گوگل درایو ذخیره گردید تا در قسمت‌های بعدی به کمک نرم افزار Snap و Q Gis مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد.

- ترسیم پروفیل دمایی

برای ترسیم پروفیل دمایی بخشی تحت عنوان transect در داخل کد ایجاد گردید تا توسط آن تغییرات دمایی استان تهران مورد ارزیابی قرار گیرد. برای این کار بر روی نقشه منطقه مورد مطالعه در GEE دو نقطه آغاز و پایان (غرب به شرق) انتخاب شده است

- محاسبه جزایر حرارتی استان تهران با استفاده از تصاویر مودیس

در سامانه گوگل ارث انجین

ابتدا یک لایه وکتوری بر روی استان تهران، به عنوان یک متغیر ژئومتری ایجاد و به منظور کاهش خطای ناشی از ابر، تولیدات ۸ روزه ماهواره آکوا به داخل صفحه کدنویسی سامانه GEE فراخوانی گردید. به کمک زبان برنامه‌نویسی جاوا اسکریپت و نگاشتن کدهای لازم نقشه جزایر حرارتی و نمودارهای مورد نظر ترسیم گردید.

با استفاده از دستور (filterDate('2000-01-01,2022-.

01-01' کل داده‌های موجود سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ فراخوانی و

بعد از انتخاب داده‌های ترکیبی ۸ روزه ماهواره آکوا، از بین

باندهای آن Lst\_Night\_1Km انتخاب و factor=.02

Scale روی آن اعمال گردید. تا این مرحله ۱۰۰۵ تصویر شبانه

دمای سطح زمین تهیه گردید که با اعمال توابع میانگین‌گیری و

استرچ ۹۰ درصد، تصویر میانگین ۲۲ ساله دمای شبانه سطح زمین

به دست آمد. به منظور کاهش اثر تابش اضافی خورشید و تهیه

تا بتوان با ترسیم یک نمودار روند تغییرات دمایی و اختلاف جزیره حرارتی منطقه مورد مطالعه از نظر دمایی با نواحی مجاور به شکل مطلوبی نشان داده شود.

- بررسی تغییرات غلظت مولکول‌های گازی CO<sub>2</sub>، SO<sub>2</sub>، O<sub>3</sub>، NO<sub>2</sub>، H<sub>2</sub>O، HCHO و ذرات PM

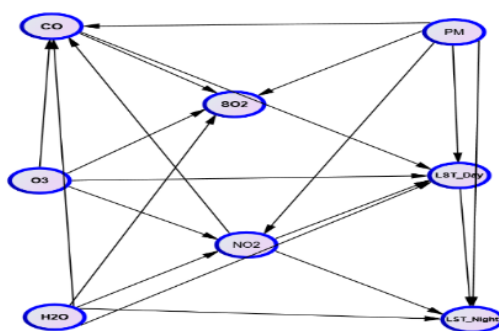
ترکیبات جو می‌توانند رفتار نور و در نتیجه دمای سطح زمین را تحت تاثیر قرار دهند. به منظور تبیین و تشریح ارتباط بین پارامترهای اقلیمی و آلاینده‌های مورد مطالعه با دمای سطح زمین، روش‌های تحلیل خوشه‌ای و تحلیل مسیر به کار گرفته شده است؛ بنابراین به منظور پایش غلظت آلاینده‌های مورد مطالعه، در سامانه گوگل ارث انجین از تولیدات ماهواره sentinel-5 استفاده و نمودار روند تغییرات تمام متغیرهای فوق تهیه و نقشه میانگین برای هر کدام از آن‌ها ترسیم شده است.

- تحلیل خوشه‌ای K-mean

به منظور تشخیص تشابه مناطق ۲۲ گانه از نظر دمای سطح زمین، از روش خوشه‌بندی K-mean استفاده شده است.

- تحلیل مسیر

متغیرهای مورد مطالعه اثرات مستقیم و غیرمستقیمی بر دمای سطح زمین دارند؛ بنابراین برای تبیین روابط بین متغیرها، روش تحلیل مسیر به کار گرفته شده است. این روش میزان کاذب بودن روابط بین متغیرها را نشان می‌دهد؛ به این معنا که چقدر از این روابط ناشی از متغیرهای مستقل مورد نظر و چقدر ناشی از متغیرهای خارج از تحلیل است. مهم‌ترین بخش تحلیل مسیر، طراحی و آزمون نمودار مسیر است. شکل (۳) مدل مفهومی روابط بین متغیرهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد.



شکل ۳. مدل مفهومی روابط بین متغیرها

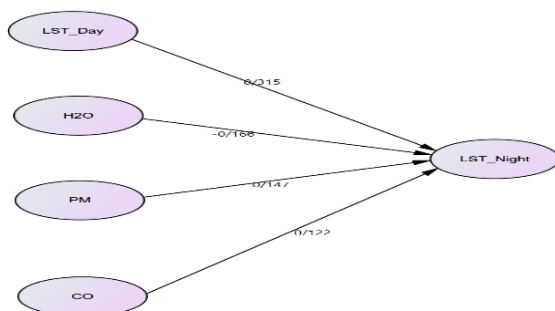
Source: Authors, 2022

## ۲.۱. معرفی محدوده مورد مطالعه (B Titr 12 Bold)

کلان‌شهرهای کشور با ۱۶ شهرستان به حساب می‌آید. بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ جمعیت این استان ۱۳۲۶۷۶۳۷ نفر بوده است. مرکز این استان شهر تهران با ۲۲ منطقه شهری می‌باشد. در نواحی مختلف استان تهران، به علت موقعیت ویژه جغرافیایی، آب‌وهوای متفاوتی شکل گرفته است. سه عامل جغرافیایی در ساخت کلی اقلیم استان نقش مؤثری دارند که عبارتند از: کویر یا دشت کویر، رشته کوه البرز، بادهای غربی.

استان تهران با مساحت فضایی ۱۳۶۹۲ کیلومتر مربع از شمال به استان مازندران، از جنوب به استان قم، از غرب به استان قزوین و از شرق به استان سمنان محدود می‌شود. این استان از نظر موقعیت جغرافیایی بین ۳۴ درجه و ۵۲ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۲۱ دقیقه عرض شمالی و ۵۰ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی قرار دارد. استان تهران علاوه بر این که به عنوان مرکزیت سیاسی کشور مطرح می‌باشد؛ به عنوان یکی از مهم‌ترین





شکل ۴. نمودار مسیر متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر دمای شبانه سطح زمین

Source: Authors, 2022

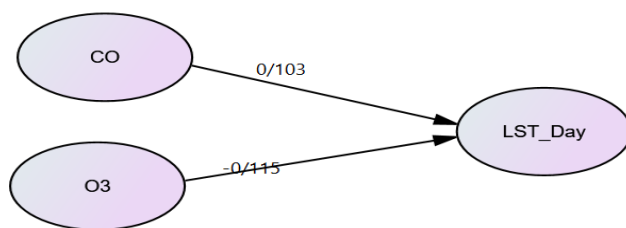
بر اساس اعداد درج شده بر روی مسیرهای نمودار شکل ۳، روزانه سطح زمین، به عنوان متغیر وابسته وارد معادله تحلیل دمای روزانه سطح زمین در این مرحله، بیشترین تاثیر را بر روی دمای شبانه سطح زمین نشان داده است. در مرحله بعد دمای مسیر شده است تا تاثیر سایر متغیرها بر آن سنجیده شود. جدول (۲) نتایج این تحلیل را نشان می دهد.

جدول ۲. ضریب بتا و بتای استاندارد متغیرهای مورد مطالعه با دمای روزانه سطح زمین

متغیر مستقل	ضریب بتای غیر استاندارد	ضریب بتای استاندارد	سطح معنی داری
Co	۵۷/۴۴۵	۰/۱۰۳	۰/۴۱۰
NO <sub>2</sub>	-۳۸۵/۰۸۱	۰/۰۷۲	۰/۵۲۲
So <sub>2</sub>	۱۰۱/۹۵۹	۰/۰۲۷	۰/۸۲۲
O <sub>3</sub>	-۲۷/۲۸۲	-۰/۱۱۵	۰/۳۲۳
PM	-۰/۱۶۴	-۰/۰۳۵	۰/۷۶۲
H <sub>2</sub> O	۰/۰۰۰	-۰/۰۲۱	۰/۸۶۵

Source: Authors, 2022

بر اساس نتایج جدول (۲) مسیر زیر ترسیم شده است.



شکل ۵. متغیرهای مستقل تاثیرگذار بر دمای روزانه سطح زمین

Source: Authors, 2022

در مرحله بعدی به کمک تحلیل رگرسیون خطی چند متغیره، سایر متغیرهای مستقل بر روی آن مشخص گردد. جدول شماره (۳) نتایج تحلیل این مرحله را نشان می دهد. SO<sub>2</sub> به عنوان متغیر وابسته میانی وارد مدل شده است تا تاثیر

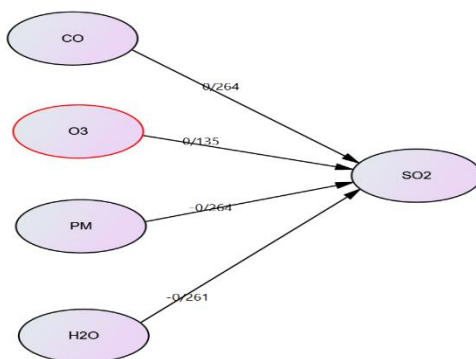
جدول ۳. ضریب بتا و بتای استاندارد متغیرهای مورد مطالعه با دی اکسید گوگرد

متغیر مستقل	ضریب بتای غیر استاندارد	ضریب بتای استاندارد	سطح معنی داری
Co	۰/۰۳۹	۰/۲۶۴	۰/۰۲۲
NO <sub>2</sub>	۰/۰۶۵	۰/۰۴۷	۰/۶۵۹

O <sub>3</sub>	۰/۰۰۸	۰/۱۳۵	۰/۲۱۰
PM	۰/۰۰۰	-۰/۲۶۴	۰/۰۱۴
H <sub>2</sub> O	E-۵/۲۱۷	-۰/۲۶۱	۰/۰۲۰

Source: Authors, 2022

با توجه به نتایج جدول (۳) CO بالاترین ضریب بتای استاندارد را در افزایش میزان SO<sub>2</sub> به خود اختصاص داده است؛ بنابراین مسیر زیر را می توان برای آن ترسیم نمود.



شکل ۶. مسیر متغیرهای مستقل تاثیر گذار بر میزان SO<sub>2</sub>

Source: Authors, 2022

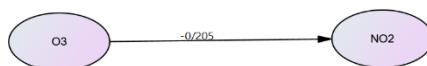
در ادامه متغیر NO<sub>2</sub> وارد معادله تحلیل مسیر شده است تا تاثیر سایر متغیرهای مستقل بر آن آزمون گردد. جدول (۴) نتایج این قسمت را نشان می دهد.

جدول ۴. ضریب بتا و بتای استاندارد متغیرهای مورد مطالعه با دی اکسید نیتروژن

متغیر مستقل	ضریب بتای غیر استاندارد	ضریب بتای استاندارد	سطح معنی داری
Co	-۰/۰۰۲	-۰/۰۱۸	۰/۸۸۳
SO <sub>2</sub>	-۰/۰۳۷	-۰/۰۵۱	۰/۶۵۹
O <sub>3</sub>	-۰/۰۰۹	-۰/۲۰۵	۰/۰۷۰
PM	E-۵-۴/۸۹۲	-۰/۰۵۶	۰/۶۲۵
H <sub>2</sub> O	-۸E۸/۱۶۷	۰/۰۵۷	۰/۶۳۵

Source: Authors, 2022

بر اساس نتایج جدول (۴) مسیر زیر ترسیم شده است.



شکل ۷: مسیر متغیرهای مستقل تاثیر گذار بر غلظت مولکول NO<sub>2</sub>

Source: Authors, 2022

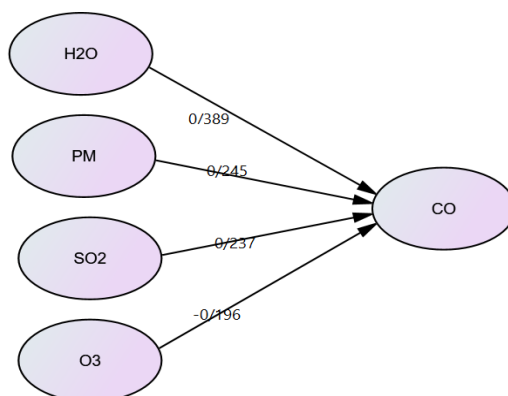
نتایج جدول (۴) نشان می دهد که مولکول O<sub>3</sub> با ضریب بتای استاندارد -۰/۲۰۵ بیشترین اثر کاهندگی را بر مولکول NO<sub>2</sub> داشته است و سایر متغیرها اثر معناداری بر افزایش یا کاهش NO<sub>2</sub> نداشته اند

در آخرین مرحله تحلیل مسیر، متغیر CO به عنوان متغیر وابسته میانی وارد معادله شده است. جدول (۵) و شکل (۸) خروجی این مرحله را نشان می دهند.

جدول ۵. ضریب بتا و بتای استاندارد متغیرهای مورد مطالعه با مونوکسید کربن

متغیر مستقل	ضریب بتای غیراستاندارد	ضریب بتای استاندارد	سطح معنی داری
NO <sub>2</sub>	-۳۸۵/۰۸۱	-۰/۰۷۲	۰/۵۲۲
SO <sub>2</sub>	۱۰۱/۹۵۹	۰/۰۲۷	۰/۸۲۲
O <sub>3</sub>	-۲۷/۲۸۲	-۰/۱۱۵	۰/۳۲۳
PM	-۰/۱۶۴	-۰/۰۳۵	۰/۷۶۲
H <sub>2</sub> O	۰/۰۰۰	-۰/۰۲۱	۰/۸۶۵

Source: Authors, 2022

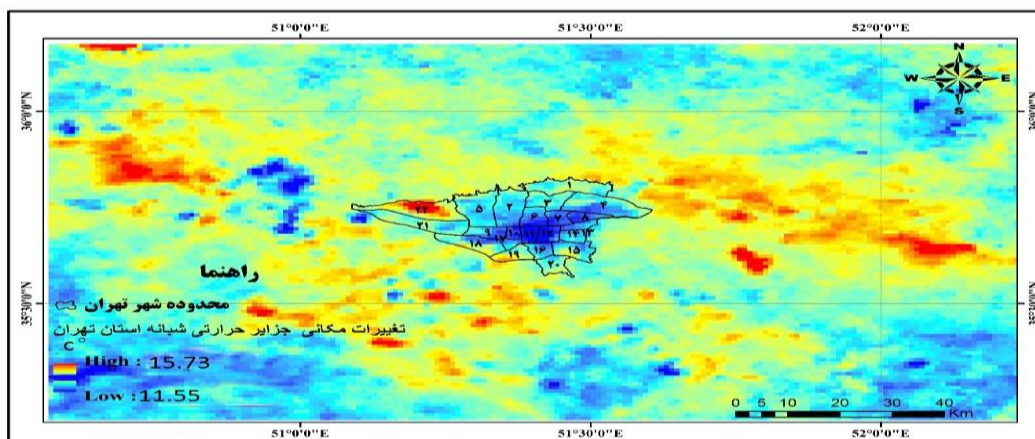


شکل ۸. مسیر متغیرهای تاثیرگذار بر مولکول مونوکسید کربن

Source: Authors, 2022

پردیس؛ لواسان؛ پاکدشت؛ باقرشهر؛ اسلامشهر؛ رباط کریم و شهریار در حرکت است. به گونه‌ای مشابه، روند تغییرات و جهت حرکت جزایر حرارتی شبانه از کلان‌شهر کرج به شهرها و شهرک‌های اقماری اطراف آن نظیر نظرآباد در حال گسترش می‌باشد. نتایج نقشه روند تغییرات جزایر حرارتی ترسیم شده پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین انطباق و هم‌خوانی بالایی را نشان می‌دهد. با توجه به تراکم سازه‌های مسکونی و غلظت آلاینده‌ها در مراکز شهرها نسبت به اطراف؛ احتمالاً عوامل دیگری سبب حرکت جزایر حرارتی از مرکز به سمت پیرامون شده‌است.

همان‌گونه که داده‌های جدول (۵) نشان می‌دهد، مولکول O<sub>3</sub> با ضریب بتای معادل -۰/۱۱۵- بیشترین تاثیر را در کاهش مولکول ازن داشته است؛ استناد به مباحث شیمی جو و نوع واکنش‌های شیمیایی بین این دو مولکول تاییدی بر این ادعا می‌باشد. بر اساس نتایج فوق و به کمک نرم افزار AMOS مسیر شکل ۸ ترسیم شده است. نقشه (۹) بر اساس میانگین‌گیری از ۱۰۰۵ تصویر فراخوانی شده طی سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ به دست آمده‌است. این نقشه نشان می‌دهد که سیر تغییرات جزایر حرارتی از شهر تهران به سمت شهرها و شهرک‌های اقماری اطراف آن شامل: دماوند؛ رودهن؛

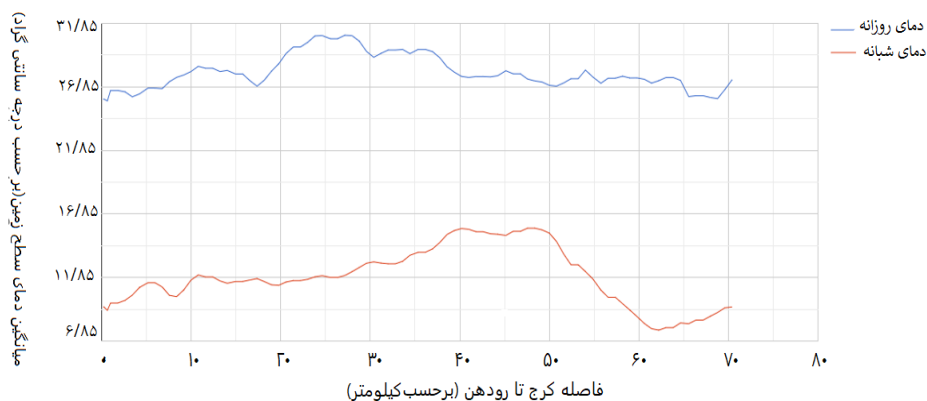


شکل ۹. نقشه روند تغییرات جزایر حرارتی شبانه بین سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ بر اساس داده‌های مودیس

Source: Authors, 2022

نمودار (۴) روند تغییرات جزایر حرارتی را در مسیر غرب به شرق (کرج-رودهن) نشان می‌دهد. براساس این نمودار لانه‌گزینی مکانی جزایر حرارتی شبانه نسبت به روزانه در طول دوره آماری مورد مطالعه، متفاوت بوده‌است. اوج شدت

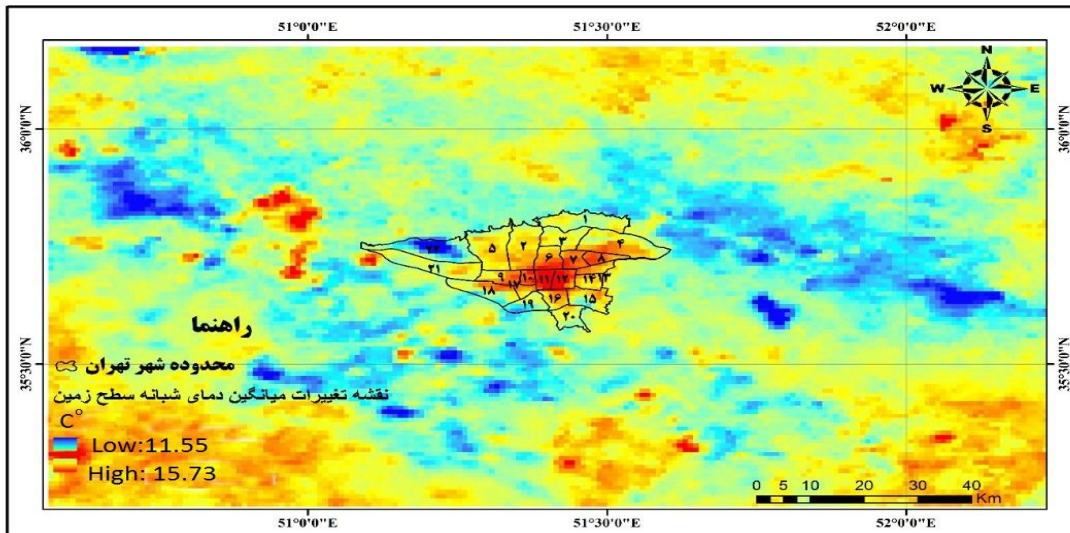
جزایر حرارتی شبانه در فاصله ۴۰ تا ۵۰ کیلومتری شرق کرج اتفاق افتاده‌است؛ در حالی که بیشترین شدت جزایر حرارتی روزانه در فاصله ۱۵ تا ۳۰ کیلومتری شرق کرج بوده‌است.



شکل ۱۰. نمودار روند تغییرات جزایر حرارتی روزانه و شبانه در سال‌های ۲۰۰۰ - ۲۰۲۲

Source: Authors, 2022

نقشه (۱۱) میانگین شبانه شدت جزایر حرارتی بین سال‌های ۲۰۰۰-۲۰۲۲ را نشان می‌دهد، براساس این نقشه بیشترین شدت جزایر حرارتی شبانه در شهر تهران، متعلق به مناطق مرکزی و جنوبی شهر بوده‌است؛ زیرا از تمرکز بالای سازه‌های مسکونی و آلاینده‌های جوی برخوردار می‌باشد.

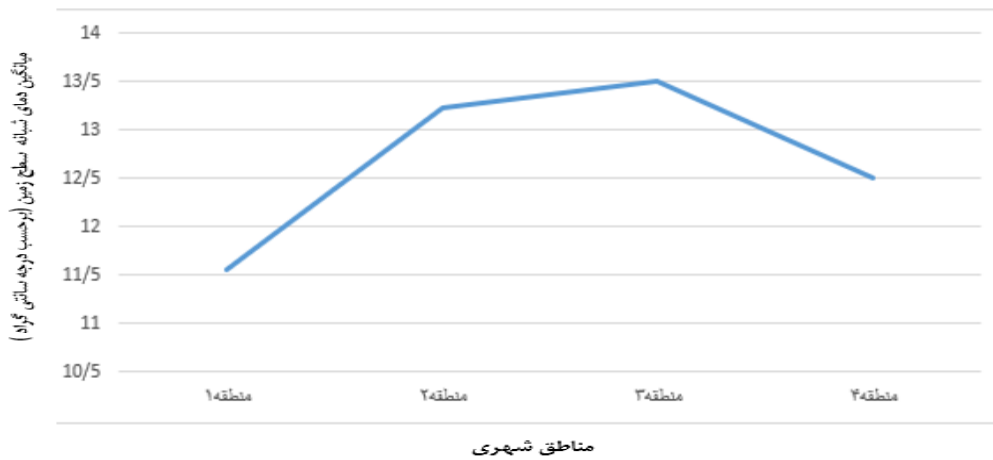


شکل ۱۱. نقشه میانگین شبانه شدت جزایر حرارتی بین سال های ۲۰۰۰ - ۲۰۲۲

Source: Authors, 2022

شده است. همان گونه که از نمودار پیداست دمای شبانه سطح زمین از منطقه یک به سمت منطقه سه روند افزایشی داشته است.

در سامانه گوگل ارث انجین برای تک تک مناطق ۲۲ گانه تهران داده های LST استخراج و نمودار تغییرات دمای سطح زمین ترسیم شده است؛ نمودار میانگین تغییرات دمایی مناطق یک تا چهار برای سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۲ به عنوان نمونه ارائه

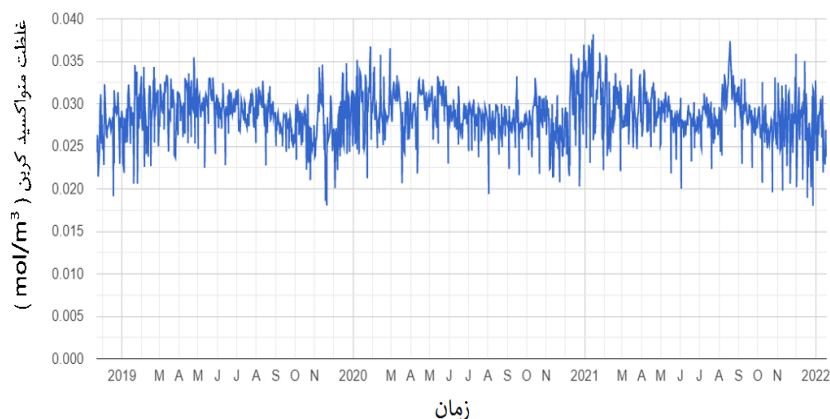


شکل ۱۲. روند تغییرات دمای شبانه سطح زمین مناطق ۱ تا ۴ بین سال های ۲۰۰۰ - ۲۰۲۲

Source: Authors, 2022

میانگین ماهانه که روند تغییرات متغیر مورد نظر را نشان می دهند به دست آمد. علاوه بر تصاویر به دست آمده برای هر متغیر، در سامانه گوگل ارث انجین نمودار روند تغییرات نیز ترسیم شده است. شکل (۱۳) روند تغییرات مونوکسید کربن را بر حسب  $\text{mol/m}^3$  نشان می دهد.

به منظور بررسی روند تغییرات گازهای آلاینده مورد مطالعه و ذرات معلق، با استفاده از ماهواره Sentinel-5 در طول بازه زمانی (۲۰۲۲-۰۱-۱۸ تا ۲۰۱۸-۱۱-۲۰) یعنی کل داده های موجود، برای هر کدام از متغیرهای مورد بررسی حداقل ۲۵۰۰ تصویر ماهواره ای استخراج گردید که از بین آن ها ۳۸ تصویر



شکل ۱۳. روند تغییرات مونوکسید کربن در بازه زمانی (۱۸-۰۱-۲۰۲۲ تا ۱۱-۰۱-۲۰۱۸)،

Source: Authors, 2022

همان‌طور که قبلاً گفته شد، متغیرهای مورد مطالعه در این می‌گذارند. نتایج گام‌های قبل در قالب جدول (۶) آورده پژوهش به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر دمای سطح زمین تاثیر شده است.

جدول ۶. تاثیر متغیرهای مورد مطالعه بر میانگین دمای شبانه سطح زمین

متغیرهای مستقل	تاثیر مستقیم	تاثیر غیر مستقیم	تاثیر کل
دمای روزانه سطح زمین	۰/۳۱۵	-	۰/۳۱۵
ذرات آتروسول (PM)	-۰/۱۴۷	۰/۰۱۲	-۰/۱۳۴
مونوکسید کربن	۰/۱۲۲	۰/۰۳۲	۰/۱۵۴
بخار آب	۰/۱۶۶	۰/۰۳۰	۰/۱۹۶
دی اکسید نیتروژن	۰/۰۵۱	-	۰/۰۵۱
دی اکسید گوگرد	۰/۰۶۷	۰/۰۲۸	۰/۰۹۵
ازن	۰/۰۲۴	۰/۰۱۵	۰/۰۰۸

Source: Authors, 2022

به‌منظور خوشه‌بندی مناطق ۲۲ گانه تهران براساس داده‌های دمای شبانه سطح زمین حاصل از ماهواره مودیس، جدول (۷) طراحی شده است.

جدول ۷. میانگین دمای شبانه سطح زمین مناطق ۲۲ گانه بین سال‌های ۲۰۲۲ - ۲۰۰۰

نام منطقه شهری	میانگین دمای شبانه سطح زمین بر حسب درجه سانتی گراد	نام منطقه شهری	میانگین دمای شبانه سطح زمین بر حسب درجه سانتی گراد
۱	۱۱/۵۵	۱۲	۱۵/۲۹
۲	۱۳/۲۲	۱۳	۱۵/۰۱
۳	۱۳/۵	۱۴	۱۵/۵۵
۴	۱۲/۵۱	۱۵	۱۴/۷۰
۵	۱۲/۶۱	۱۶	۱۴/۸۴
۶	۱۴/۸۶	۱۷	۱۵/۳۴
۷	۱۵/۲۵	۱۸	۱۲/۷۴
۸	۱۵/۰۳	۱۹	۱۴/۳۹

۹	۱۴/۳۰	۲۰	۱۴/۲۲
۱۰	۱۵/۷۳	۲۱	۱۲/۷۱
۱۱	۱۵/۳۹	۲۲	۱۲/۴۸

Source: Authors, 2022

برای استخراج مناطق شهری از نظر تشابه دمای شبانه سطح زمین و قراردادن آن‌ها در گروه‌های مشابه، با استفاده از داده‌های جدول (۷) به کمک روش خوشه‌بندی K-mean شش خوشه به شرح جدول (۸) به دست آمده‌است.

جدول ۸. خوشه‌بندی کا-من، داده‌های میانگین دمای شبانه سطح زمین مناطق ۲۲ گانه تهران در سال‌های ۲۰۲۲-۲۰۰۰

	خوشه ۱	خوشه ۲	خوشه ۳	خوشه ۴	خوشه ۵	خوشه ۶
میانگین دمای شبانه سطح زمین بر حسب درجه سانتی‌گراد	۱۱/۵۵	۱۳/۲۲	۱۴/۲۲	۱۲/۴۸	۱۵/۷۳	۱۵/۰۱
مناطق شهری	۱	۲،۳	۹،۱۹،۲۰	۴،۵،۱۸،۲۱،۲۲	۷،۱۰،۱۱،۱۲،۱۴،۱۷	۶،۸،۱۳،۱۵،۱۶

#### ۴. بحث و نتیجه‌گیری

آن در بیان و تحلیل نقش آلاینده‌های جوی بر دمای نزدیک سطح زمین اشاره کرد. دیگر نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل‌های صورت گرفته بر روی آلاینده‌های جوی در پایه زمانی (۱۸-۰۱-۲۰۲۲ و ۱۱-۰۱-۲۰۱۸) به شرح زیر می‌باشد: از ۲۵۲۱ تصویر به دست آمده مربوط به غلظت مونوکسید کربن، ۳۸ تصویر میانگین ماهانه تهیه گردید؛ بر اساس نتایج این تصاویر بیشترین مقدار غلظت CO مربوط به شهر تهران بوده است.

از میان ۲۵۲۴ تصویر به دست آمده برای آلاینده گازی فرمالدئید ۳۹ تصویر میانگین ماهانه تهیه گردید؛ بر اساس میانگین این تصاویر بیشترین غلظت مربوط به شهر تهران و کمترین آن مربوط به قسمت‌های شمالی و غربی استان تهران بوده‌است. مروری بر پژوهش‌های انجام شده نشان می‌دهد که تاکنون در ارتباط با مطالعه جزایر حرارتی، تغییرات غلظت فرمالدئید از طریق سامانه گوگل ارث انجین مورد مطالعه قرار نگرفته است.

جغرافیای طبیعی و سیاسی استان تهران، یکی از وجوه تمایز آن با سایر استان‌های کشور می‌باشد. اختلاط و تعامل همزمان شرایط آب و هوایی، ژئومورفولوژیکی و ژئوپلیتیکی استان سبب شده‌است تا جزایر حرارتی الگوی ویژه‌ای به خود اختصاص دهند. بر اساس کاوش انجام شده به کمک سامانه GEE و نرم‌افزارهای تحت دسکتاپ؛ مشاهده گردید که محل وقوع جزایر حرارتی از شهر تهران به سمت شهرها و شهرک‌های اقماری اطراف آن در حال حرکت و تغییر مکان می‌باشد. بر اساس یافته‌های پژوهش در بین متغیرهای مورد مطالعه، دمای روزانه سطح زمین بیشترین اثر کلی را بر افزایش دمای شبانه سطح زمین داشته است. همین‌طور ذرات PM بیشترین اثر کلی را در کاهش دمای شبانه سطح زمین به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به نقشه‌ها، نمودارها و داده‌های به دست آمده مشاهده گردید که در بین مناطق ۲۲ گانه شهر تهران مناطق ۱۱ و ۱۲ محل وقوع دائمی جزایر حرارتی شبانه بوده‌اند و بیشترین فراوانی وقوع را به خود اختصاص داده‌اند. از وجوه تمایز پژوهش حاضر با تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین می‌توان به استفاده از قواعد شیمی جو و کاربرد

آقای دکتر سعید جهانبخش اصل استخراج شده است. نویسندگان بر خود لازم می‌دانند مراتب تشکر صمیمانه خود را از تمام کسانی که ما را در انجام و ارتقای کیفی این پژوهش یاری دادند را به عمل آورند.

بر اساس ۳۹ تصویر میانگین ماهانه مستخرج از ۲۵۴۰ تصویر دی‌اکسید نیتروژن، بیشترین غلظت این آلاینده در مناطق مرکزی شهر مشاهده شده است.

### تقدیر و سپاسگزاری

این مقاله از رساله دوره دکتری تخصصی آقای علی تیموری دانشجوی رشته آب‌وهواشناسی دانشگاه تبریز، با راهنمایی

### منابع

- Abbasi, Y., Ahmadikia, H. and Beniasadi, A. (2011). "The effect of wind speed on heat and urban pollution islands". Urban climate, volume (44). <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2022.101200>.
- Ahmadi, Mahmoud; Dadashi Rodbari, Abbas Ali and Esfandiyari Neda (2019), Monitoring the Urban heat islands with a Fractal Net Evolution (FNEA) Approach (Case Study: Tehran Metropolis), Iranian Remote Sensing & GIS, Vol 11, pp 95-114. -Baird, Colin. (1999). Environmental chemistry. Tehran: University of Tehran, Vol 3, pp 139.
- Alijani, Bohloul; Toulabi Nejjad, Meysam and sayadi Fariba (2017), Calculation of heat island intensity based on urban geometry case Study: Kuchebagh neighborhood of Tabriz city, Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards, Vol 3, pp 99 – 112.
- Comarazamy, D. E., González, J. E., Luvall, J. C., Rickman, D. L. & Mulero, P. J. (2010). "A land-atmospheric interaction study in the coastal tropical city of San Juan, Puerto Environment, Vol (240), <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110434>.
- Guo, G., Wu, Z., Xiao, R., Chen, Y., Liu, X., & Zhang, X (2015). "Impacts of urban biophysical composition on land surface temperature in urban heat island clusters". *Landscape and Urban Planning*, 135, 1-10.
- Huang, X., Li, J., Yang, J., Zhang, Z., Li, D., Liu, X., 2021. "30 m global impervious surface area dynamics and urban expansion pattern observed by Landsat satellites: from 1972 to 2019". *Sci. China Earth Sci.* 64, 1922–1933. <https://doi.org/10.1007/s11430-020-9797-9>.
- Hung, W. C., Chen, Y. C., & Cheng, K. S. (2010). Comparing landcover patterns in Tokyo, Kyoto, and Taipei using ALOS multispectral images". *Landscape and Urban Planning*, 97(2).
- Jack, N., Jin, W.o, Mi, A.S & Mat, S. (2021). "Influences of wind speed, sky conditions, land use and land cover characteristics on the Rico". *Earth Interactions*, 14(16), 1 - 24. <https://doi.org/10.1175/2010EI309.1>.
- El - Hattab, M., Amany, S.M., & Lamia, G. E. (2018). Monitoring and assessment of urban heat islands over the Southern region of Cairo Governorate, Egypt". *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 21(3), 311-323.
- Farina, A. (2012). Exploring the relationship between land surface temperature and vegetation abundance for urban heat island mitigation in Seville, Spain. *LUMA-GIS Thesis*.
- Frey, C. M., Rigo, G., & Parlow, E., 2021. "Investigation of the daily Urban Cooling Island (UCI) in two coastal cities in an arid environment: Dubai and Abu Dhabi (UAE)". *City*, 81, 2-06.
- Guang, C., Yiqi, C., Hao, H., Junsong, W., & Lihua Zhao. (2023). Assessing the synergies between heat waves and urban heat islands of different local climate zones in Guangzhou, China. *Building and* magnitude of the urban heat island in Seoul: An exploratory analysis", *Sustainable Cities and Society*, Volume (71). <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102953>.
- 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*, 3(71)1535-1552.
- Masoudian, Seyyed Abulfazl and Montazeri Majid (2020), spatio-temporal behavior of heat island in Isfahan metropolis, *Journal of Natural Environmental Hazards*, Vol 9, and PP 35 – 46.
- Mohammad Khorshiddoust, Ali; Khalil Valizadeh, Kamran And Bghtash, Ali Ghasemi (2018), Analysis of temporal-spatial distribution of dangerous contaminants in Tabriz with emphasis on PM10, *Physical Geography Research quarterly*, Vol 49, pp 585-602.
- Pourdeyhimi, Shahram; Tahsildoust, Mohammad and Ameri Pourya (2019), the effect of vegetation on reducing the intensity

- of urban heat islands: a case study of Tehran metropolis, *Journal of Energy Planning and Policy Research*, Vol 3, ppm 97-122.
- Saeed Jahanbakhsh Asl; Rezaei Banafsheh, Majid; Mohammad Khorshiddust, Ali and Farahmand Hajar(2019) Investigation of Radiative Forcing and Interactions of Dust and Climate in Southwest of Asia using WRF-Chem Model, *Journal of Meteorology and Atmospheric Sciences* , Vol 2, No 1, pp29-41.
- Shigeta, Y., Ohashi, Y., & Tsukamoto, O. (2009). Urban Cool Island in daytime—analysis by using thermal image and air temperature measurements. In *The Seventh International Conference on Urban Climate* (Vol. 29).
- Wang, S., Ma, Q., Ding, H., & Liang, H. (2018). Detection of urban expansion and land surface temperature change using multi-temporal landsat images. *Resources, Conservation and Recycling*, 128, 526-534.
- Ying, D., Huihui, F., Bin, Z & Yunfeng, N. (2022). Heterogeneous air pollution controls its correlation to urban heat island: A satellite perspective". *Advances in Space Research*, Volume (69). Pages 4252-4262. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.03.027>.
- Yuanyuan, W., Zhongyang, G & Ji, H. (2021). "The relationship between urban heat island and air pollutants and them with influencing factors in the Yangtze River Delta, China"., *Ecological Indicators*, Volume(129). <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107976>.