

Evaluation of Time Series Relationship Between Land Use Changes and Land Surface Temperature in Desert Cities (Case Study: Yazd City)

Rahman Zandi ^{1✉}, | Fatemeh Shahriar ²

1. Corresponding author, Associate Professor, Department of Natural Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, Isfahan University, Isfahan-Iran. E-mail: r.zandi@geo.ui.ac.ir
 2.,senior expert in geography and urban planning, Hakim Sabzevari University, Sabzevar-Iran.
 E-mail: f.shahriar.2023@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received: 12 February 2024 Revised: 8 May 2024 Accepted: 19 May 2024 Published: 21 June 2025 Keywords: land surface temperature (LST), land use, time series, Google Earth Engine, Yazd city.	Investigating land surface temperature, as the most important criterion for urban, regional and local planning, plays an important role in controlling radiation from thermal heating in biological, chemical and physical processes on the earth's surface. This study aimed to evaluate the time series relationship between land use changes and land surface temperature in cities in desert areas in Yazd city using satellite images of the 2020-1987 time series in the Google Earth Engine system. To calculate (LST) using Landsat 5, 7 and 8 thermal band data in these two time periods of 2020-1987, in addition to the supervised classification method, the discrete window algorithm method was used to calculate vegetation cover from the normalized difference index (NDVI). The results of the supervised classification method showed; By comparing the changes in land use area between 2022 and 1987, it was determined that in 1987, desert areas had the largest area with (1815.14) square kilometers, and in 2022, residential areas had the largest area with (74.18) square kilometers. The smallest area in 1987-2020 was related to garden and forest lands with (34.49) square kilometers and in 2022 with (2.52) square kilometers, respectively. The amount of vegetation change in 1987 with (11.99) square kilometers had the smallest area compared to 2022 with (13.04) square kilometers. The results of temperature changes showed that the maximum and minimum temperatures in 1987 were (60-61) degrees Celsius compared to 2022 with (19-33) degrees Celsius, with temporal and spatial changes. By examining the average annual temperature and precipitation in different seasons of the year until the horizon of 2045, it was determined that the increase in annual temperature has caused a decrease in precipitation in different rainy seasons of the year, so the highest temperature will occur in the spring and the lowest amount of precipitation in the fall. The results of the present study can be of great help to energy planners, designers and urban managers in the direction of sustainable development
Cite this article: Zandi, R., Shahriar, F.,. (2025). Evaluation of time series relationship between land use changes and land surface temperature in desert cities (case study: Yazd city). <i>Journal of Geography and Planning</i>, 29 (91), 91-112. http://doi.org/10.22034/gp.2024.60544.3237	



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/gp.2024.60544.3237>

Publisher: University of Tabriz.

Introduction

Changes in land cover cause changes in the temperature of the earth's surface (Heylemariam et al., 2018). Therefore, knowledge of changes in land use, vegetation and surface temperature in each region and the process of their temporal and spatial changes during different time series is important in urban planning. Therefore, for the optimal use of land, it is necessary to know about land use changes (Pour Ahmed et al., 1401: 16). Therefore, according to the main goal of the research on the evaluation of the relationship between the time series of land use changes and the temperature of the land surface, in the cities of desert regions such as Yazd, it is necessary to use the Google Earth Engine system and the extraction of thermal bands (TM-OLI- ETM+) and collecting the data from meteorological stations of Yazd city, to examine the climatic changes of temperature and annual rainfall between 1987 and 2022, considering the amount of temperature and rainfall until the next 30 years (2045). Also, by calculating land use changes and NDVI index, the amount of land and vegetation changes was obtained in Arc GIS software according to the temperature changes of each land use.

Data and Method

In terms of practical purpose, this research has calculated the images taken from the time series 1987-2022 using the USGS satellite images and Google Earth Engine using the supervised classification method and the separate window algorithm method. Therefore, satellite images were extracted from thermal band 6 in Landsat 5 sensor TM year (1987 to 2000), Landsat 7 sensor ETM+ year (2000 to 2013) and thermal band 11-10 Landsat 8 sensor OLI year (2013-2022). Maps related to the area of land use changes and vegetation classification using index (NDVI) and land surface temperature (LST) have been calculated in the Arc Map environment. To calculate the temperature of the earth's surface in 2022, the separate window algorithm method was used from Landsat 8, and to calculate the temperature of the earth's surface in 1987, Landsat 5 was used in terms of Kelvin and degrees Celsius. To prepare a map of land use changes from Landsat 8 and 5 images, the lands are divided into five categories (gardens and forests - vegetation - residential areas - barren lands - desert areas) and the vegetation is divided into 3 classes (barren lands - vegetation - garden lands), were classified. To calculate temperature changes in different seasons of the year using the Yazd synoptic station, temperature and precipitation data for the years (1987 to 2022) to the next 30 years (2045) have been taken.

Results and Discussion

The supervised classification results showed; By comparing the changes in land use between 2022 and 1987, it was determined that in 1987, desert areas with (1815/1416) square kilometers had the largest area compared to residential areas with (74/1861) square kilometers in 2022. The lowest area in these two years, garden-forest lands with (34.4934) square kilometers and in 2022 with (2.5281) square kilometers, and vegetation area with (11.9916) square kilometers, compared to 2022 It has decreased by (13.0455) square kilometers. The results of NDVI index for 1987, background temperature (0.36) and minimum (0.02) in 2022, background temperature (0.44) and minimum (-0.05) were obtained. The map of land surface temperature (LST) showed that the maximum and minimum temperature of 1987 was equal to (60-61) degrees Celsius compared to the year 2022 with values of (19-33) degrees Celsius with temporal-spatial changes. The results of the average surface temperature of the earth from the years 1987 to 2012 and the years 2013 to 2022 using the synoptic station of Yazd city showed that the surface temperature of the earth in July 2019 with a temperature of 52.778 degrees and in June of the year 2017 has increased with the temperature of 52.747 degrees Celsius. Therefore, the annual temperature changes in spring have increased by 0.8 and winter by 0.7 compared to summer and autumn. The results of the overall average observational and base temperature have estimated the temperature in different months between 2016 and 2021 in Yazd city to be 19.1 degrees Celsius. This temperature for a period of 30 years (2045) is equal to 19.6 degrees Celsius. The results of annual seasonal changes of rainfall at Yazd synoptic station in different seasons between 2015 and 2021 show that the annual rainfall is 49.1 mm and the lowest rainfall is in the autumn season. The results of rainfall variables of Yazd station for the years 2016 to 2045 showed according to 30-year rainfall. The average rainfall of the Yazd observation period is 58.6 mm in the base period, 59.4 mm, and 57.8 mm for the year 2045.

Conclusion

By comparing the map of land use changes between 1987-2022, it was determined that with the increase in population until 2022, residential areas have increased compared to other land uses. Is. Therefore, human activities are one of the influencing factors in the process of increasing the temperature of the earth's surface. As a result, by examining the average annual temperature in different seasons of the year (1987-2022) to (2045), it is estimated to be 20.6 degrees Celsius. The average temperature is increasing in autumn and winter and decreasing in summer and spring. The average rainfall in different seasons of the year is equal to 58.6 mm for a period of 30 years (2045) with 57.8 mm. Therefore, the amount of precipitation has decreased in the winter season, but the precipitations are increasing in the spring season. Therefore, the general conclusion of the research is this, with the increase in the temperature of the earth's surface and the decrease in rainfall, especially in the rainy seasons and months of the year, the future of the city will be affected. Next year (2045), there will be a temperature increase of 0.5 degrees. As a result, with the decrease in rainfall, the access to water sources is limited and this will cause the destruction of agricultural lands and vegetation in the city areas.

ارزیابی ارتباط سری زمانی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در شهرهای مناطق بیابانی (مطالعه موردی: شهر یزد)

رحمان زندی^۱ ✉، فاطمه شهريار^۲

۱. نویسنده مسئول، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه: R.zandi@geo.ui.ac.ir

۲. کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: f.shahriar2023@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۲۳ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۲/۳۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۳/۳۱ کلیدواژه‌ها: دمای سطح زمین (LST)، شاخص (NDVI)، تغییرات کاربری اراضی، تغییرات اقلیمی، شهر یزد	بررسی دمای سطح زمین به عنوان مهم‌ترین معیار برنامه‌ریزی شهری، ناحیه‌ای و منطقه‌ای، نقش مهمی در کنترل تشعشعات حاصل از گرمایش حرارتی در فرایندهای زیستی، شیمیایی و فیزیکی سطح زمین دارد. این پژوهش با هدف ارزیابی ارتباط سری زمانی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در شهرهای مناطق بیابانی در شهر یزد با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سری زمانی ۱۹۸۷-۲۰۲۰ در سامانه گوگل ارث انجام شده است. برای محاسبه (LST) با استفاده از داده‌های باند حرارتی لندست ۵، ۷ و ۸ در این دو بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۲۰ علاوه بر روش طبقه بندی نظارت شده، از روش الگوریتم پنجره مجزا، برای محاسبه پوشش گیاهی از شاخص نرمال شده (NDVI) استفاده گردیده است. نتایج روش طبقه بندی نظارت شده نشان داد؛ با مقایسه تغییرات مساحت کاربری‌ها بین سال ۲۰۲۲ تا ۱۹۸۷ مشخص گردید، در سال ۱۹۸۷ مناطق کویری با (۱۸۱۵/۱۴) کیلومتر مربع، و در سال ۲۰۲۲ مناطق مسکونی با (۷۴/۱۸) کیلومتر مربع دارای بیشترین مساحت بوده اند. کمترین مساحت به ترتیب در سال ۱۹۸۷-۲۰۲۰ مربوط به اراضی باغی و جنگلی با (۳۴/۴۹) کیلومتر مربع و در سال ۲۰۲۲ با (۲/۵۲) کیلومتر مربع می باشد. میزان تغییرات پوشش گیاهی در سال ۱۹۸۷ با (۱۱/۹۹) کیلومتر مربع، نسبت به ۲۰۲۲ با (۱۳/۰۴) کیلومتر مربع کمترین مساحت را داشته است. نتایج تغییرات دمایی نشان داد، مقدار دمای بیشینه و کمینه سال ۱۹۸۷ برابر با (۶۱-۶۰) درجه سانتی گراد نسبت به سال ۲۰۲۲ با مقادیر (۳۳-۱۹) درجه سانتی گراد دارای تغییرات زمانی و مکانی بوده است. با بررسی میانگین دما و بارش سالیانه در فصول مختلف سال تا افق ۲۰۴۵ مشخص گردید، افزایش دمای سالیانه سبب کاهش بارندگی‌ها در فصول مختلف پر بارش سال گردیده است، لذا بیشترین دما در فصل بهار و کمترین مقدار بارندگی در فصل پاییز رخ خواهد بود. نتایج پژوهش حاضر می تواند به برنامه‌ریزان انرژی، طراحان و مدیران شهری در راستای توسعه‌ی پایدار کمک شایانی بنماید.

استناد: زندی، رحمان؛ شهريار، فاطمه (۱۴۰۴). ارزیابی ارتباط سری زمانی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در شهرهای مناطق بیابانی (مطالعه موردی: شهر یزد). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۹ (۹۱)، ۱۱۲-۱۹.


<http://doi.org/10.22034/gp.2024.60544.3237>

© نویسنده‌گان.

ناشر: دانشگاه تبریز.

مقدمه

دهه‌های اخیر بیشتر کشورهای جهان با گسترش بی‌سابقه شهرنشینی مواجه شده‌اند (Sheng et al., 2015). از این رو رشد شهرنشینی سبب تغییر و تحولات عمده‌ای در پدیده‌های طبیعی شده است. این تغییرات به نوبه خود موجب تغییرات دمای سطح زمین گردیده است (زندى و همکاران، ۱۳۹۸: ۹۵). لذا تغییرات دمای سطح زمین و رشد شهرنشینی، می‌تواند بر شرایط اقلیمی و آب و هوایی در دوره‌های مختلف فصلی و یا دوره‌های بلند مدت در مقیاس‌های محلی، منطقه‌ای و جهانی نقش تأثیر گذاری داشته باشد (Ning et al., 2018). به‌طوری‌که تغییر در پوشش اراضی باعث ایجاد تغییرات در دمای سطح زمین گردیده است (Heylemariyam et al., 2018). بنابراین دمای سطح زمین یکی از مهمترین منابع اطلاعاتی در مطالعه فرایندهایی نظیر؛ تبخیر و تعرق، مدل سازی دمای هوا و تغییرات اقلیمی می باشد. از این رو داده‌های ماهواره‌ای امکان اندازه‌گیری دمای سطح زمین را در کل جهان با قدرت تفکیک مکانی و زمانی بالا میسر نموده است (مدنیان و همکاران، ۱۳۹۶: ۱). از طرفی دمای سطح زمین شامل متغیرهایی از جمله؛ خاک، آب، پوشش گیاهی و برف می‌باشند، که دامنه وسیعی از مطالعات علوم زمینی و محیط زیستی را به خود اختصاص داده‌اند. از این رو معمولاً دمای سطح زمین در نقاط مختلف به وسیله ایستگاه‌های هواشناسی مورد پایش و اندازه گیری قرار می‌گیرد. در مواقعی که توزیع مکانی دمای سطح زمین به طور هم‌زمان مورد نیاز است، فن‌آوری سنجش از دور که دارای قابلیت‌های بسیاری است می‌تواند خصوصیات فیزیکی سطح زمین و ارتباط آن را با دمای زمین با توجه به نوع کاربری‌ها مورد ارزیابی و سنجش قرار دهد (جعفر زاده و حسینی تبار، ۱۴۰۰: ۵۱). از طرف دیگر کاربری‌های اراضی یا پوشش زمین در یک منطقه، پارامتر مهمی در مقدار دمای سطح زمین محسوب می‌گردد. از این رو فعالیت‌های انسانی نیز بر مقدار دمای سطح منطقه تأثیرگذار است. چنانچه مقدار دمای سطح زمین تغییر کند، سبب ذوب یخچال‌ها، از بین رفتن پوشش گیاهی، و بارندگی‌های غیرقابل پیش‌بینی می‌گردد. این امر به نوبه خود منجر به تغییرات اقلیم محلی نیز خواهد شد (Rajeshwari et al., 2014). لذا الگوریتم‌های بسیاری به وسیله محققان برای محاسبه دمای سطح زمین استفاده شده‌اند. از جمله این الگوریتم‌ها می‌توان به؛ الگوریتم پنجره مجزا (SW) الگوریتم زاویه دوتایی (DA) الگوریتم کانال مجزا (SC) اشاره کرد. از این رو الگوریتم پنجره مجزا به دلیل این که از هر دو باند OLI و TIRS استفاده می‌کند نسبت به الگوریتم‌های دیگر معتبرتر و اطلاعات استخراج شده از آن دقیق‌تر است (Suresh et al., 2016). از این‌رو الگوریتم پنجره مجزا دمای سطح زمین را با استفاده از درجه روشنایی (BT) مستخرج از باندهای سنجنده (TIRS) و عامل گسیل‌مندی سطح زمین مستخرج از پوشش گیاهی در باندهای نوری سنجنده (OLI) محاسبه می‌کند. بنابراین گرم شدن محیط زیست شهری نیز از جمله عواملی است که، سبب کاهش پوشش گیاهی در بیشتر مناطق شهری شده است. از این‌رو آگاهی از درجه حرارت سطح زمین، برای اجرای مطالعات علوم زمینی و ایجاد تغییرات محیط زیستی و تأثیر آن بر آب‌وهوای شهری مد نظر محققان و برنامه‌ریزان شهری می‌باشد. بنابراین توزیع مکانی تغییرات دمای سطح زمین، با توجه به نقشه‌های کاربری ارضی و شاخص پوشش گیاهی در شهرها و مناطق شهری امری ضروری است (اقدرد و همکاران، ۱۳۹۷: ۸۱۷).

شهر یزد نیز به عنوان یکی از کلان شهرهای ایران، تحت تأثیر موقعیت‌های جغرافیایی و اقلیمی قرار گرفته است، لذا اطلاع از وضعیت پوشش گیاهی، شاخص NDVI و تغییرات اقلیمی که بر اثر افزایش دما و درجه حرارت در این شهر رخ داده، نیازمند سیاست‌گذاری‌ها در امر مدیریت و برنامه‌ریزی شهری می‌باشد. بنابراین با توجه به هدف اصلی پژوهش "ارزیابی ارتباط سری زمانی تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در شهرهای مناطق بیابانی مطالعه موردی: شهر یزد" ضرورت انجام پژوهش حاضر در این است تا با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین و استفاده از باندهای حرارتی (TM- OLI- ETM+) و برداشت داده‌های حاصل از ایستگاه‌های هواشناسی در شهر یزد با توجه بر تغییرات اقلیمی بین سال‌های ۲۰۲۲-۱۹۸۷، افزایش دما را تا ۳۰ سال آینده تا افق (۲۰۴۵) مورد بررسی و سنجش قرار دهد. همچنین با محاسبه شاخص NDVI در نرم افزار Arc GIS میزان تغییرات دمایی در پوشش گیاهی این شهر را به دست آورد. لذا این تحقیق سعی دارد تا با استفاده از تصاویر ماهواره-

ای لندست ۷ و ۸ و ۵ در بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۲۰ با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده، تغییرات کاربری اراضی و محاسبه میزان دما را با استفاده از روش الگوریتم پنجره مجزا در شهر یزد مورد ارزیابی و سنجش قرار دهد.

پیشینه پژوهش

در زمینه‌ی نقش تحولات و تغییرات کاربری اراضی و ارتباط آن با دمای سطح زمین تحقیقات متعدد و تنوعی توسط پژوهشگران داخلی و خارجی صورت پذیرفته است، بر همین اساس در ادامه به تحقیقاتی که در ۵ سال اخیر توسط این پژوهشگران صورت گرفته اشاره خواهد گردید.

مسعودیان و منتظری (۱۳۹۸)، با بررسی رفتار زمانی- مکانی جزیره‌ی گرمایی کلان شهر اصفهان به این نتیجه رسیده‌اند که، شدت جزایر گرمایی در دی ماه نسبت به تابستان ضعیف تر است. لذا با توجه به رفتار زمانی و مکانی جزیره گرمایی اصفهان به نظر می‌رسد تغییراتی که شهر در ترکیب جو ایجاد کرده نقش مهمی در ایجاد جزایر حرارتی داشته است. لذا از آنجا که آب بر شدت جزایر گرمایی می‌افزاید زاینده رود نیز در تعدیل دمای زمین در این شهر نقش دارد.

عربی علی‌آباد و همکاران (۱۳۹۸)، با برآورد تغییرات فصلی، دمای عمق خاک دشت یزد - اردکان را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و بهره‌گیری از شبکه عصبی مصنوعی انجام داده‌اند در نتیجه، روش شبکه عصبی مصنوعی می‌تواند با کمک دمای سطح زمین و استخراج تصاویر لندست ۸ دمای خاک را تا عمق ۱۰۰ سانتیمتری در تمام فصول سال تخمین زند. از این رو روش پنجره مجزا در مقایسه با شبکه مصنوعی دمای عمق خاک را با دقت بیشتری برآورد می‌کند.

زندى و همکاران (۱۳۹۸)، نقش تغییرات کاربری اراضی را بر فرم فضایی جزایر حرارتی شهر مشهد را بررسی کرده‌اند. نتایج حاصل از تحقیقات ایشان نشان داد، جزایر حرارتی در سال ۱۹۹۸ هم دمای کم تری نسبت به سال ۲۰۱۶ داشته است. از این رو با توجه به افزایش محدوده‌های انسان ساخت، از سال ۱۹۹۸ تا ۲۰۱۶ باعث انتقال جزایر حرارتی از خارج شهر به داخل این شهر شده‌است.

اصغری سراسکانرودی و اسدی (۱۳۹۹)، با بررسی اثرات کاربری‌های مختلف شهرستان اصفهان بر ایجاد جزایر حرارتی به این نتیجه رسیده‌اند که در رابطه بین کاربری اراضی و دما با استفاده از روش پنجره مجزا، مناطق کویری در سال ۲۰۰۰ به دلیل نداشتن پوشش گیاهی در این شهر دارای بیشترین دما بوده است.

عربی علی‌آباد و همکاران (۱۳۹۹)، با بررسی اثرات تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در دشت یزد در سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۹ به این نتیجه دست یافتند که، با توجه به اثرات تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین ۲۸ درصد از مساحت اراضی کشاورزی کاسته شده ولی ۱۲ درصد به مساحت اراضی شهری افزوده شد، این امر نشان دهنده تخریب زمین‌های کشاورزی و جای‌گزینی آن با مناطق شهری است.

پندار و همکاران (۱۳۹۹)، با پژوهشی که با بررسی و تفکیک جزیره حرارتی و گرمایش جهانی در دشت مشهد انجام داده‌اند به این نتیجه رسیده‌اند، که میانگین دمای سطح زمین بین ۱۷/۹ تا ۴۹/۰ درجه سانتی گراد در مناطق مختلف دارای تغییرات زمانی و مکانی بوده است. بیش‌ترین مقدار مربوط به کاربری‌های شهری و کم‌ترین مقدار مربوط به مناطق کوهستانی است.

جعفرزاده و حسنی‌تبار (۱۴۰۰)، با هدف بکارگیری سنجش از دور حرارتی در استخراج دمای سطح زمین و بررسی انطباق آن با الگوهای کاربری اراضی به این نتیجه رسیده‌اند، که دمای سطح زمین به شدت از رطوبت سطحی و تراکم پوشش گیاهی تأثیر می‌پذیرد. بطوریکه سطحی که دارای رطوبت کم و پوشش گیاهی کم تراکمی است؛ بیشترین دما را بر روی تصاویر حرارتی نشان داده‌است. از این رو زمین‌های بایر با دمای ۹/۳۳ درجه سانتی گراد دارای بیشترین دما و سطوح آبی با دمای ۱۱/۲۷ درجه سانتی گراد کمترین دما را در بین کاربری‌ها داشته‌اند.

عرب و همکاران (۱۴۰۱)، با هدف بررسی و تعیین دمای سطح زمین با استفاده از روش پنجره مجزا و تک پنجره در شهر مشهد پرداخته‌اند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد، دمای محاسبه شده در روش تک پنجره با میانگین ۵/۱ و در روش پنجره مجزا با

میانگین ۱/۷ درجه سانتی گراد دارای اختلاف دما بوده‌است. بنابراین روش پنجره مجزا در محاسبه دمای سطح زمین نسبت به روش تک پنجره از دقت بالاتری برخوردار بوده و با دمای واقعی انطباق بیشتری دارد.

زندگی و همکاران (۱۴۰۲)، با سنجش میزان خود همبستگی فضایی دمای سطح زمین با کاربری اراضی در شهر اصفهان به این نتیجه رسیده‌اند، که خوشه‌بندی دمای سطح زمین با سطح اطمینان ۹۹ درصد وجود داشته و مناطق ۴-۵-۶- و ۱۲ دارای بیشترین دما و مناطق ۱-۲ و ۳ کمترین دما را داشته‌اند. لذا در این خوشه بندی لکه‌های سرد در مناطق مرکزی با ۹۹ درصد و لکه‌های داغ ایجاد شده در مناطق جنوب شرقی ۹۹ درصد را شامل شده‌است.

عرب و همکاران (۱۴۰۱)، با هدف بررسی و تحلیل پویایی کاربری اراضی و تأثیر آن بر جزایر حرارتی شهری در مشهد؛ به این نتیجه رسیده‌اند که مساحت زمین‌های کشاورزی و اراضی باغی به دلیل تبدیل آن اراضی به مناطق شهری و مسکونی کاهش یافته است. بنابراین تغییرات کاربری اراضی انسان ساخت منجر به تغییرات دمایی سطح زمین شده‌است. لذا افزایش دمای سطح زمین و کاهش دمای مناطق درون شهری نشان دهنده گسترش جزایر حرارتی در شهر مشهد است.

انصاری و نوروزی (۱۴۰۲)، با بررسی خودهمبستگی فضایی دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری اراضی اهواز نشان دادند که، بر اساس نتایج آماره گتیس-آراد جی بیشترین مساحت لکه‌های داغ روزانه ۵۳/۵۰۵۰ و شبانه ۶۹/۸۰۵۵ در شرق اهواز می‌باشد. بر اساس نتایج آزمون کروسکال والیس، میانگین دمای کاربری‌های ساخته شده از نوع صنعتی در اراضی لخت، دارای بیشترین دما، در پهنه‌های آبی و مناطق پوشش گیاهی دارای کمترین دما می‌باشد. از این رو بین شاخص NDVI و LST همبستگی منفی (۰,۴۷) وجود داشته‌است. از این رو میانگین شاخص NDVI ۰/۱۷ بوده که نشان دهنده پوشش گیاهی ضعیف در شهر اهواز می‌باشد.

زانا^۱ و همکاران (۲۰۱۵)، در مطالعه‌ای که در شهر وهان چین انجام داده‌اند، دمای سطح زمین و میزان تراکم ساخت و سازهای مسکونی را در مناطق شهری مورد بررسی قرار داده، به این نتیجه رسیده‌اند که، بین دمای سطح زمین و پوشش اراضی آن رابطه خطی قوی وجود داشته است.

مدنیان^۲ و همکاران (۲۰۱۷)، با تخمین دمای سطح زمین در بخش مرکزی استان اصفهان که با استفاده از داده‌های حرارتی لندست ۸ و روش الگوریتم پنجره مجزا صورت گرفته، به این نتیجه رسیده‌اند که؛ بیشترین دمای سطح زمین مربوط به اراضی خاکی، اراضی بایر و فاقد پوشش گیاهی می‌باشد و کمترین دمای سطح زمین مربوط به پهنه‌ها و محیط‌های آبی و سپس مناطق دارای پوشش گیاهی بوده‌است. از این رو ساختمان‌ها، مناطق مسکونی و جاده‌ها، جزء نقاط داغ و سطوح نفوذ پذیر در مقابل دمای سطح زمین محسوب می‌شوند.

رونالد^۳ و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی میانگین دمای سطح زمین و رابطه درجه حرارت با الگوی فضایی سطوح نفوذپذیر و فضای سبز شهری در شهرهای بزرگ مناطق بانکوک تایلند و جاکارتای اندونزی و مانیل فیلیپین پرداخته و در نتیجه دریافته‌اند که، ارتباط معنادار بین میانگین دمای سطح زمین و تراکم سطح نفوذپذیر (مثبت) و فضای سبز (منفی) در امتداد شیب شهر و روستا در هر سه شهر مورد مطالعه با جزایر حرارتی وجود دارد.

سپیی و یانگ^۴ (۲۰۲۰)، با مطالعه دمای سطح زمین و تغییرات کاربری اراضی در هنگ کنگ، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های جغرافیایی و اقلیمی به این نتیجه رسیده‌اند که، میانگین دمای سطح زمین تحت تأثیر انواع تغییرات کاربری‌های اراضی و پوشش گیاهی در این شهر می‌باشد. همچنین با بررسی نتایج مدل رگرسیون وزنی مشخص گردید که، رابطه بین میزان LST و NDVI منفی بوده‌است.

^۱ .Zhana

^۲ .Madanian

^۳ .Ronald

^۴ . Siqi & Yuhong

تانگ^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، با بررسی رابطه دمای سطح زمین و کاربری‌های اراضی شهر چین به این نتیجه رسیده‌اند، میزان دمای سطح زمین (LST) از نوع سطوح تأثیر می‌پذیرد. لذا زمین‌های ساحلی، مرداب‌ها، مزارع و جنگل‌های ساحلی مقدار LST بیشتری دارند. علاوه بر این بین NDVI و LST رابطه همبستگی قوی و پایداری وجود دارد که، بیشترین تأثیر را بر میزان دمای سطح زمین بر جای می‌گذارند.

شهریار^۲ و همکاران (۲۰۲۲)، با هدف بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین بر دمای سطح زمین LST در چیتاگونگ بنگلادش از نظر دمای فعلی و آینده پرداخته‌اند. در نتیجه دریافته‌اند، مساحت مناطق ساخته شده با ۴/۵۷ درصد، بدنه های آبی با ۱/۰۴ درصد و زمین‌های کشاورزی با ۰/۹۴ درصد افزایش یافته است. در حالی که از پوشش گیاهی با ۰/۳۴ درصد و زمین‌های بایر با ۰/۸۷ درصد بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۱۹۹۰ کاسته شده‌است. لذا بیشترین دما را زمین های لخت تجربه نموده- است. از این رو با در رابطه با میزان LST و سایر متغیرها در صورتی که دمای فعلی افزایش پیدا کند، دمای شهر نیز تا سال ۲۰۵۰ به وضعیت بحرانی خواهد رسید.

منصور مقدم^۳ و همکاران (۲۰۲۳)، با بررسی و پیش‌بینی دمای سطح زمین LST بر اساس داده‌های سنجش از دور طی سال‌های ۲۰۳۰-۱۹۸۷ در شهر ریکیاویک ایسلند پرداخته‌اند. در نهایت بر اساس زنجیره مارکوف میزان LST و دمای شهر ریکیاویک تا سال ۲۰۳۰ پیش‌بینی گردید. در نتیجه میزان دما در مناطق شهری ۳۸/۵ درصد، پوشش گیاهی ۴۳- درصد، زمین های برهنه و بایر ۱۴/۷ درصد و پهنه‌های آبی ۱۴/۸ درصد خواهد بود. بنابراین میزان دما و LST در این منطقه ۶۷/۵ درصد (۷/۷ درجه سانتی گراد) افزایش داشته است. لذا میانگین LST تحت تأثیر پهنه‌های آبی قرار دارد که، میانگین همبستگی بین آنها ۰/۷ درصد افزایش یافته‌است.

با توجه به تحقیقات انجام شده در زمینه بررسی تغییرات کاربری اراضی بر دمای سطح زمین (LST) می‌توان به این نتیجه رسید، افزایش جمعیت شهر و فعالیت‌های انسانی از جمله عواملی هستند که سبب افزایش میزان دما و تغییرات کاربری اراضی زمین در شهرهای مختلف کشور و همچنین سایر کشورهای جهان شده‌اند. به طوری که فعالیت ها و ساخت و سازهای مناطق شهری سبب نابودی بخش زیادی از زمین‌های کشاورزی و اراضی جنگلی و پوشش گیاهی در شهرها شده است. از این رو شهر یزد به دلیل اقلیم گرم و خشکی که دارد علاوه بر افزایش دما در کاربری‌های اراضی هم چون اراضی بایر و فاقد پوشش گیاهی منجر به افزایش دمای سطح زمین و کاهش بارندگی در سطح شهر یزد در فصول مختلف سال شده‌است. بنابراین با توجه به نتایج تحقیقات یاد شده، جای یک تحقیق نسبتاً جامع که بتواند به بررسی نقش کاربری اراضی و تغییرات اقلیمی بر دمای سطح زمین در منطقه مورد مطالعه بپردازد؛ خالی است. از این رو دست‌یابی به این مهم از اهداف اصلی پژوهش حاضر می‌باشد. تا از این طریق بتواند اثرات تغییرات کاربری اراضی و عواملی که منجر به افزایش دمای سطح زمین می‌شود را به حداقل ممکن برساند.

مبانی نظری

شهرنشینی به عنوان یکی از پیامدهای انقلاب صنعتی است، که یکی از نتایج اصلی آن تغییرات کاربری اراضی و رشد نامتوازن مناطق شهری می‌باشد، این امر به عنوان یکی از چالش‌های اصلی مدیریت شهری در قرن ۲۱ می‌باشد (اسدی و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۴۳). لذا تغییرات کاربری اراضی همگام با رشد شهرنشینی سبب تحولات عمده‌ای در سایر کاربری‌های شهری شده‌است (آذری و همکاران، ۱۴۰۰: ۱۲۳). بنابراین تغییرات کاربری اراضی و پوشش زمین ذاتاً حالتی فضایی و پویا دارد (Aspinall 5). از این رو کاربری اراضی به عنوان هسته اصلی برنامه‌ریزی شهری می‌باشد که نقش مهمی در فراهم کردن خدمات رفاهی و تامین نیازمندی‌ها و خواست شهروندان دارد. در صورتی که کاربری‌های اراضی به طور متعادل توزیع نشود،

¹ . Tang

² . Shahriar

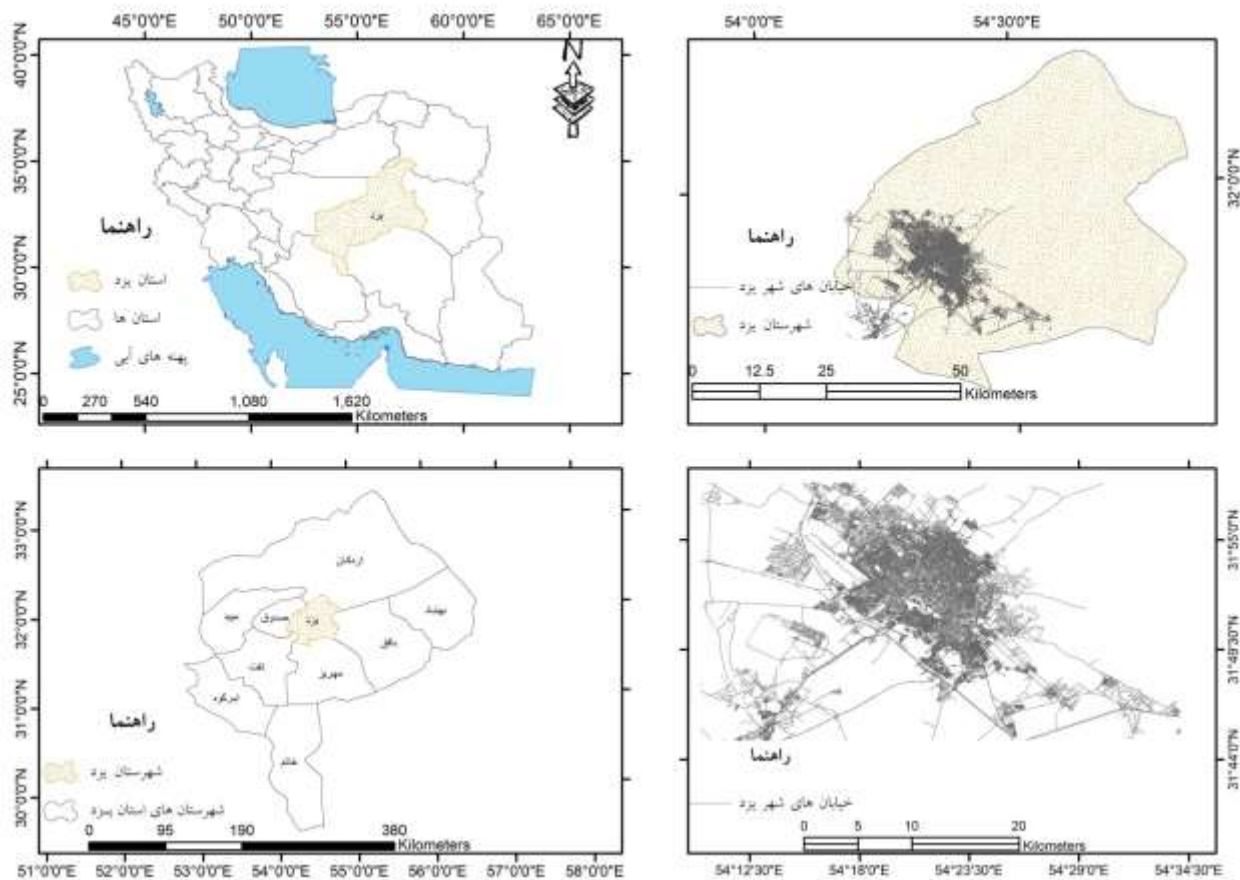
³ . Mansour Mogadam

موجب پیدایش شکاف و عدم پایداری نواحی شهری و افزایش نارضایتی شهروندان از محیط سکونت خود را در پی خواهد داشت (خمر و همکاران، ۱۴۰۱: ۵۷). از این رو برنامه‌ریزی کاربری اراضی شهری نحوه تقسیم بندی زمین و مکان بهینه را برای کاربردهای متنوع زندگی انسان تعریف نموده تا نظام برنامه‌ریزی کاربری اراضی بتواند نوع مصرف زمین در شهر، ساماندهی فضای شهری و چگونگی ساخت و انطباق آن‌ها را با سیستم شهری مشخص نماید (Stewart et al., 2004: 229). از این رو آگاهی از پوشش گیاهی، تغییرات کاربری اراضی و دمای سطح زمین در هر منطقه و روند تغییرات زمانی و مکانی آن‌ها در طول زمان‌های مختلف در برنامه‌ریزی شهری از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. لذا جهت استفاده بهینه از زمین، آگاهی از تغییرات کاربری اراضی امری ضروری است. این امر با پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی و فناوری سنجش از دور امکان پذیر است. در دو دهه اخیر نیاز به اطلاعات دمای سطح زمین برای مطالعات منابع طبیعی و سنجش از دور حرارتی و تخمین دمای سطح زمین به عنوان یکی از موضوعات مهم تحقیقاتی می‌باشد (Munoz & Sobrino, 2003). از طرفی جایگزین شدن پوشش زمین با سنگ فرش، آسفالت و سایر ساخت و سازهای شهری اثرات خنک کنندگی سطوح را از بین می‌برد. همچنین سازه‌های مرتفع و خیابان‌های باریک جریان هوا را کاهش داده و هوای پیرامون را گرم می‌کند. علاوه بر این حرارت وسایل نقلیه، کارخانه‌ها و وسایل تهویه کننده هوا، گرمای محیط را افزایش داده و اثرات جزایر حرارتی را تشدید می‌نماید. لذا افزایش دمای سطح زمین با تغییر الگوی بادهای محلی، تقویت رشد ابرها و مه، افزایش تعداد رعد و برق و تأثیر میزان بارش، شرایط هوا و اقلیم محلی را تحت تأثیر خود قرار داده، به طوری که متوسط دمای برخی مناطق شهری ۳ درجه سانتی گراد نسبت به متوسط دمای سطح شهر افزایش داشته‌است. این محدوده در واقع جزایر حرارتی یا دمای سطح زمین می‌باشد (Lin & Zhang, 2011: 1535).

روش پژوهش

موقعیت منطقه مورد مطالعه

وضعیت پراکندگی تابش‌های حرارتی و ارتباط آن با نوع کاربری‌های موجود در شناخت میکروکلیمای نواحی شهری دارای اهمیت زیادی می‌باشد. دمای سطح زمین یکی از پارامترهای مهم در مطالعات مربوط به تغییر اقلیم و برآورد بیلان تابش در مطالعات توازن انرژی می‌باشد. آگاهی از درجه حرارت سطح زمین جهت انجام فعالیت‌ها و مطالعات علوم زمین، از قبیل تغییرات محیط زیست جهانی و مخصوصاً آب و هوای شهری، ضروری است (محمودزاده و همکاران، ۱۳۹۹). شهر یزد به عنوان مرکز شهرستان یزد و یکی از شهرهای مرکزی ایران محسوب می‌شود. این شهر از نظر موقعیت جغرافیایی بین طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی و ۵۴ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی عرض جغرافیایی قرار گرفته است. مساحت این شهر ۱۴۱/۴۰ کیلومتر مربع است، که دارای جمعیت ۵۲۹/۶۷۳ هزار نفر در سال (۱۳۹۵) می‌باشد (منبع: سرشماری سال ۱۳۹۵). میانگین دمای سالیانه آن ۱۹/۲ درجه سانتی گراد و میانگین بارش ۵۹ میلی متر (خشک‌ترین استان ایران) و میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۲۳۷ متر می‌باشد. گرم‌ترین ماه‌های سال در این شهر، به ترتیب ژوئیه با ۴۵ درجه سانتی گراد، سپس ژوئن با ۴۲ درجه سانتی گراد و اوت با ۴۲ درجه سانتی گراد می‌باشد (شیرغلامی، ۱۴۰۱) شکل ۱ موقعیت شهر یزد در شهرستان یزد، استان یزد و کشور ایران نشان می‌دهد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه ی مورد مطالعه

این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر ماهیت تحلیلی- توسعه‌ای با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده و روش الگوریتم پنجره مجزا، به ارزیابی و محاسبه تصاویر برداشت شده در سری زمانی ۱۹۸۷-۲۰۲۲ با استفاده از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای سایت USGS و Google Earth Engine پرداخته است. از این رو تصاویر ماهواره‌ای شامل؛ تصاویر باند حرارتی ۶ در لندست ۵ سنجنده TM در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۱۹۸۷ و لندست ۷ سنجنده ETM+ از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۳ و نهایتاً باند حرارتی ۱۱-۱۰ در لندست ۸ سنجنده OLI برای بازه زمانی ۲۰۱۳-۲۰۲۲ استخراج شده‌است. نقشه‌های مربوط به مساحت تغییرات کاربری اراضی و طبقه‌بندی پوشش گیاهی با استفاده از شاخص (NDVI) و دمای سطح زمین (LST) در محیط Arc Map محاسبه گردیده‌اند. از این رو برای محاسبه دمای سطح زمین در سال ۲۰۲۲ از روش الگوریتم پنجره مجزا در لندست ۸ و برای محاسبه دمای سطح زمین در سال ۱۹۸۷ برحسب کلونین و درجه سلسیوس از لندست ۵ استفاده شده‌است (Kashki et al., 2021). برای استخراج نقشه‌های تغییرات کاربری اراضی ابتدا تصاویر لندست ۸ و ۵ به پنج دسته (اراضی باغی و جنگلی- پوشش گیاهی و مراتع- مناطق مسکونی- اراضی بایر- مناطق کویری) تقسیم‌بندی و پوشش گیاهی نیز به ۳ کلاس (اراضی بایر- پوشش گیاهی و چمنی- اراضی باغی و جنگلی)، طبقه‌بندی شده‌اند. لذا مقادیر لازم برای هر طبقه به این ترتیب می‌باشد: اراضی فاقد پوشش گیاهی و لخت (اراضی بایر) مقادیر کمتر از ۰/۳ درصد، اراضی دارای پوشش گیاهی (چمنی و مرتعی) با مقادیر بین ۰/۳ تا ۰/۶ درصد، و اراضی که دارای بیشترین پوشش گیاهی (باغی، جنگلی و درختچه‌ای) هستند بالای ۰/۶ درصد طبقه‌بندی شده‌اند. برای محاسبه میزان تغییرات دمایی در فصول مختلف سال با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک یزد داده‌های دما و میزان بارش مربوط به سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۰ برای ۳۰ ساله آینده (۲۰۴۵) برداشت، سپس میانگین سالیانه دما و بارش برای هر یک از ماه‌های سال مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

جدول ۱. میانگین دما و بارش سالیانه ایستگاه هواشناسی شهر یزد

ایستگاه	نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع سطح دریا (m)	میانگین دراز مدت دما (C)	میانگین دراز مدت بارش (mm)
یزد	سینوپتیک	۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه	۳۱ درجه و ۵۴ دقیقه	۱۳۳۰	۲۰/۶	۴۹/۱

(جدول ۲) ویژگی‌ها و مشخصات برداشت شده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و ۵ را در دو بازه زمانی ۱۹۸۷-۲۰۲۲ نشان داده است.

جدول ۲. ویژگی‌های تصاویر ماهواره ای برداشت شده پژوهش، در لندست (۵-۸) در سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲

نام سنجنده	تاریخ برداشت	ساعت برداشت	تعداد	میزان	زاویه ارتفاع	زاویه آزیموت
	تصویر	تصویر	باند	پوشش ابر	خورشیدی	خورشیدی
لندست ۵- TM	۱۹۸۷/۹/۲۷	۰۶:۲۴:۱۶	۷	۰	۴۷/۶۲	۱۳۶/۲۰
لندست ۸- OLI	۲۰۲۲/۶/۲۳	۰۶:۵۷:۲۵	۱۱	۰	۶۸/۵۸	۱۰۷/۲۸

سری زمانی دمای سطح زمین (LST) در سال‌های (۱۹۸۷-۲۰۲۲)

برای محاسبه دمای سطح زمین ابتدا به محاسبه تابش در لندست ۵ و سپس محاسبه دمای سطح زمین با توجه به الگوریتم پنجره مجزا در لندست ۸ به ترتیب از مراحل و روابط (جدول ۳) زیر استفاده شده است. در ادامه مراحل و روابط مربوطه به محاسبه دمای سطح زمین (LST) و شاخص NDVI شرح داده شده است: منبع فرمول‌ها (زند و همکاران، ۱۴۰۰)

جدول ۳. مراحل و روابط محاسبه میزان دمای سطح زمین (LST) و شاخص (NDVI) در شهر یزد

روابط	فرمول‌ها: منبع فرمول‌ها (www. Lst in arc map)
۱) دمای روشنایی (L _s) Landsat 5	$L_K = \left(\frac{LMAX_K - LMIN_K}{Q_{cal\ max} - Q_{cal\ min}} \right) (DN - Q_{cal\ min}) + LMIN_K$
۲) دمای کلین (T-C) Landsat 5	$T_C = \frac{K_2}{\ln \left(\frac{K_1}{L_K} + 1 \right)}$
۳) دمای سطح زمین (LST) Landsat 5	$C = K - 273.15$
۴) پوشش گیاهی (NDVI) Landsat 5	$NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4)$
۵) رادیانس طیفی بالای اتمسفر (L _s) Landsat 8	$(L_K) = M_L * Q_{cal} + A_L$
۶) درجه روشنایی (BT) Landsat 8	$BT = K_2 / (\ln K_2 / L) + 1) - 273.15$
۷) شاخص پوشش گیاهی (NDVI) Landsat 8	$NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4)$
۸) شاخص پوشش گیاهی تعدیل شده خاک (PV) Landsat 8	$P_V = \text{Square} ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} + NDVI_{min}))$
۹) گسیل مندی سطحی (E) Landsat 8	$+ 0.986_x P E = 0.004 *$

$$LST = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388)) * \ln(E))$$

۱۰) دمای سطح زمین (LST) Landsat 8

الف) محاسبه میزان LST و پوشش گیاهی در لندست ۵ (TM)

برای محاسبه میزان LST و پوشش گیاهی (NDVI) در لندست ۵ TM از روابط ۴ گانه زیر استفاده شده است:

۱) محاسبه دمای روشنایی (L_K)

برای محاسبه دمای روشنایی یا سطح زمین ابتدا باید به تبدیل مقادیر تصویری (DN) باند حرارتی تصاویر به مقادیر طیف تابشی آن پرداخته شود. از این رو مقدار تابش در هر تصویر از رابطه ۱ به دست آمده است:

$$1) \quad L_K = \left(\frac{LMAX_K - LMIN_K}{Q_{calmax} - Q_{calmin}} \right) (DN - Q_{calmin}) + LMIN_K$$

در این رابطه مقدار تابش LMAX و LMIN که به ترتیب مقادیر تابش بیشینه (حداکثر) و کمینه (حداقل) دما را نشان می دهد، محاسبه و سپس تقسیم بر مقدار باسنجی بیشینه و مقدار باسنجی کمینه شده است. سپس مقدار DN که همان باند حرارتی ۶ است از مقدار کمینه کم شده و در آخر با مقدار کمینه تابشی جمع بندی گردیده است در نهایت دمای روشنایی محاسبه می شود.

۲) محاسبه دمای کلونین (T-C)

برای محاسبه دمای کلونین از رابطه ۲ استفاده شده است. در این رابطه مقادیر K_1 و K_2 به عنوان ضرایبی هستند که توسط طول موج مؤثر دریافت شده از حس گرهای ماهواره ای دریافت شده اند. بنابراین مقادیر K_1 و K_2 برای هر یک از تصاویر ماهواره ای متفاوت بوده، مقادیر مربوط به لندست ۵ طبق (جدول ۴) بر اساس دمای کلونین محاسبه شده است.

$$2) \quad T_C = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_K} + 1\right)}$$

جدول ۴. مقادیر K_1 و K_2 برای محاسبات دمای Kelvin در باندهای حرارتی لندست ۵

سنجنده (Sensor)	K_1	K_2
Landsat 5-6 TM	607.76	1260.56
Landsat 4 -6 TM	671.62	1284.30

۳) محاسبه دمای سطح زمین (LST)

برای به دست آوردن دمای سطح زمین (LST) در لندست ۵ ابتدا باید مقدار به دست آمده دمای کلونین را به دمای سلسیوس تبدیل نمود. برای این منظور از رابطه ۳ استفاده گردیده است:

$$3) \quad C = K - 273.15$$

۴) محاسبه پوشش گیاهی (NDVI)

برای محاسبه میزان NDVI و پوشش گیاهی شهر یزد در لندست ۵ سال ۱۹۸۷ از رابطه ۴ استفاده شده است:

$$4) \quad NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4)$$

در این رابطه برای محاسبه سنجنده TM از باند مادون قرمز باند ۴ و باند قرمز باند ۳ استفاده شده است. برای محاسبه میزان پوشش گیاهی از مراحل فرمول ۴ استفاده شده است.

ب) محاسبه دمای سطح زمین (LST) با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا در لندست ۸ (OLI)

برای محاسبه میزان تابش و دمای سطح زمین (LST) در لندست ۸ از روابط ۶ گانه زیر استفاده شده‌است:

(۱) محاسبه رادیانس طیفی بالای اتمسفر (L_{λ})

ابتدا رادیانس طیفی بالای اتمسفر را از رابطه ۱ محاسبه می‌نماییم. در این رابطه (L_{λ}) بیان گر رادیانس طیفی بالای اتمسفر است و Q بیانگر تصویر باندهای ۱۰ و ۱۱ لندست ۸ (OLI) و M_L و A_L ضرایب و فاکتورهای خاص در باند (۱۰ و ۱۱) می باشند. این مقادیر در (جدول ۵) آورده شده‌است.

$$5) \quad (L_{\lambda}) = M_L * Q_{cal} + A_L$$

جدول ۵. مقادیر (L_{λ}) در باندهای حرارتی لندست ۸

مقادیر	باند ۱۰	باند ۱۱
M_L	۰,۰۰۰,۳۳۴	۰,۰۰۰,۳۳۴
A_L	۰/۱	۰/۱

(۲) محاسبه درجه روشنایی (BT)

برای برآورد درجه روشنایی و مقدار تابش بر اساس دمای کلون از رابطه ۲ استفاده شده است:

$$6) \quad BT = K_2 / (\ln K_2 / L + 1) - 273.15$$

در این رابطه BT مقدار دمای تابش یا درجه روشنایی و مقادیر K_1 و K_2 نیز اعداد ثابتی هستند که در باندهای ۱۰ و ۱۱ مقادیر هر کدام متفاوت است. مقادیر هر باند در (جدول ۶) ذکر شده‌است.

جدول ۶. مقادیر K_1 و K_2 برای محاسبات دمای تابش BT در باندهای حرارتی لندست ۸

سنجنده (Sensor)	K_1	K_2
Landsat 8- 10 OLI	774.8853	1321.0789
Landsat 8-11 OLI	480.8883	1201.14442

(۳) محاسبه شاخص پوشش گیاهی (NDVI)

شاخص پوشش گیاهی از عواملی است که سبب کاهش دمای سطح زمین می‌شود. از این شاخص برای بیان اطلاعاتی نظیر؛ تراکم پوشش گیاهی، پیش بینی تولیدات کشاورزی، بیابان زایی و خشک سالی استفاده می‌شود. از این رو مقادیری برای نشان دادن میزان NDVI استفاده می‌شود. مقادیر استفاده شده در این شاخص از (۰/۳ تا ۰/۶) به ترتیب برای اراضی فاقد پوشش گیاهی و اراضی دارای پوشش گیاهی در هر منطقه مد نظر قرار گرفته‌است. برای محاسبه سنجنده OLI از باند مادون قرمز باند ۵ و باند قرمز باند ۴ استفاده شده است. برای محاسبه پوشش گیاهی (NDVI) از رابطه ۷ استفاده شده است:

$$7) \quad NDVI = (Band\ 5 - Band\ 4) / (Band\ 5 + Band\ 4)$$

(۴) محاسبه شاخص پوشش گیاهی نرمال شده و تعدیل شده اثر خاک (PV)

از این شاخص برای محاسبه اپتیکال خاک بر قابلیت بازتاب تاج پوشش گیاهی توسعه یافته استفاده می‌شود. مقادیر استفاده شده در این شاخص از مقادیر ۱- تا ۱+ برآورد شده است. میزان این شاخص از رابطه ۸ به دست آمده است.

$$8) \quad P_V = \text{Square} ((NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} + NDVI_{min}))$$

(۵) محاسبه گسیلمندی سطحی (E)

گسیلمندی سطحی به منظور نسبت انرژی گرمایی تابش به وسیله سطح به انرژی گرمایی تابش شده، و به وسیله جسم سیاه در همان دما تعریف شده‌است. این محاسبه از رابطه ۹ به دست آمده است:

$$9) \quad E = 0.004 * P_x + 0.986$$

۶ محاسبه دمای سطح زمین (LST)

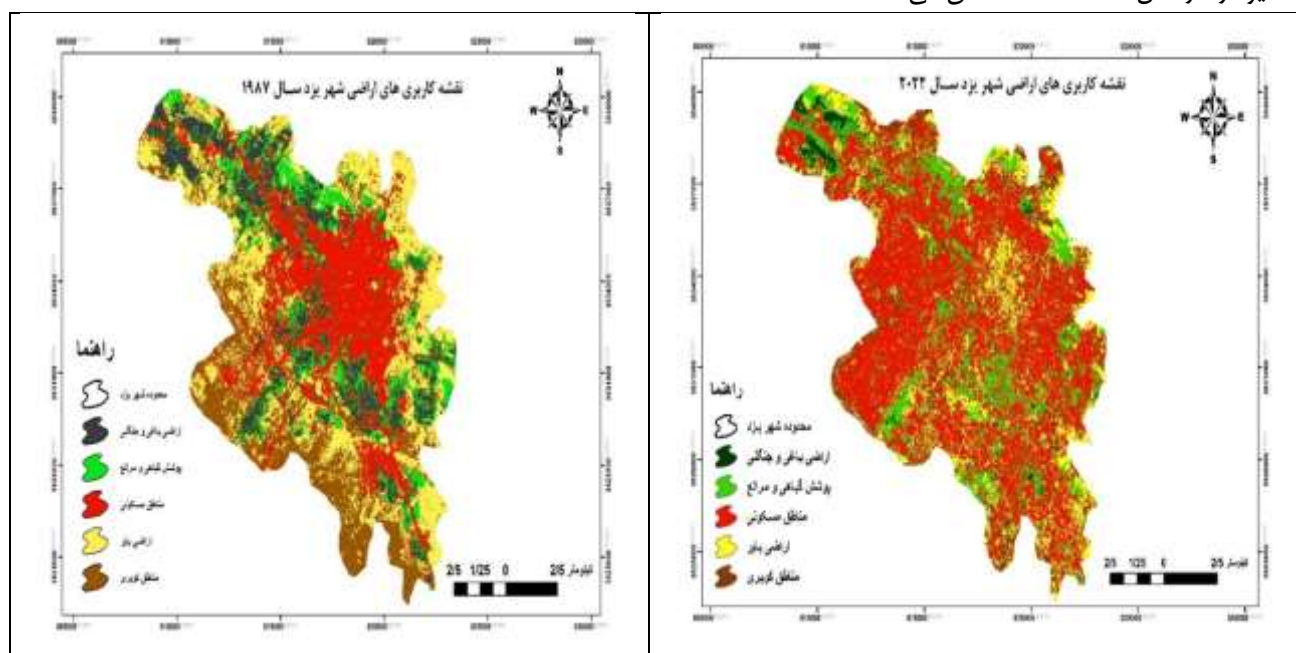
برای محاسبه دمای سطح زمین LST، ابتدا باید درجه روشنایی را حسب فرمول زیر محاسبه نمود. سپس در مقدار $LN(E)$ که گسیل‌مندی سطحی انرژی گرمایی است ضرب کرد. میزان دمای سطح زمین در لندست ۸ سال ۲۰۲۲ با استفاده از رابطه ۱۰ محاسبه شده‌است.

$$10) LST = (BT / (1 + (0.00115 * BT / 1.4388) * Ln(E)))$$

نتایج

برآورد میزان تغییرات کاربری اراضی شهر یزد در سال‌های (۱۹۸۷-۲۰۲۲)

نقشه تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲ در شهر یزد، بر اساس تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (TM) و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI) نشان داد، تصاویر باندهای (۱-۵) بعد از مرحله Composite bands و ترکیب طیف رنگی باندهای (Red-Green-Blue) با توجه به محدوده شهر یزد با دستور Extract by mask در نرم افزار Arc Map برش داده شده‌اند. سپس کاربری‌های اراضی با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده در شهر یزد به ۵ طبقه (اراضی باغی و جنگلی- پوشش گیاهی و مراتع- مناطق مسکونی- اراضی بایر- مناطق کویری) طبقه‌بندی گردیده‌اند. (شکل ۲) نقشه کاربری‌های اراضی شهر یزد را در سال ۱۹۸۷-۲۰۲۲ نشان می‌دهد.



شکل ۲. کاربری های اراضی شهر یزد، سال های ۱۹۸۷-۲۰۲۲

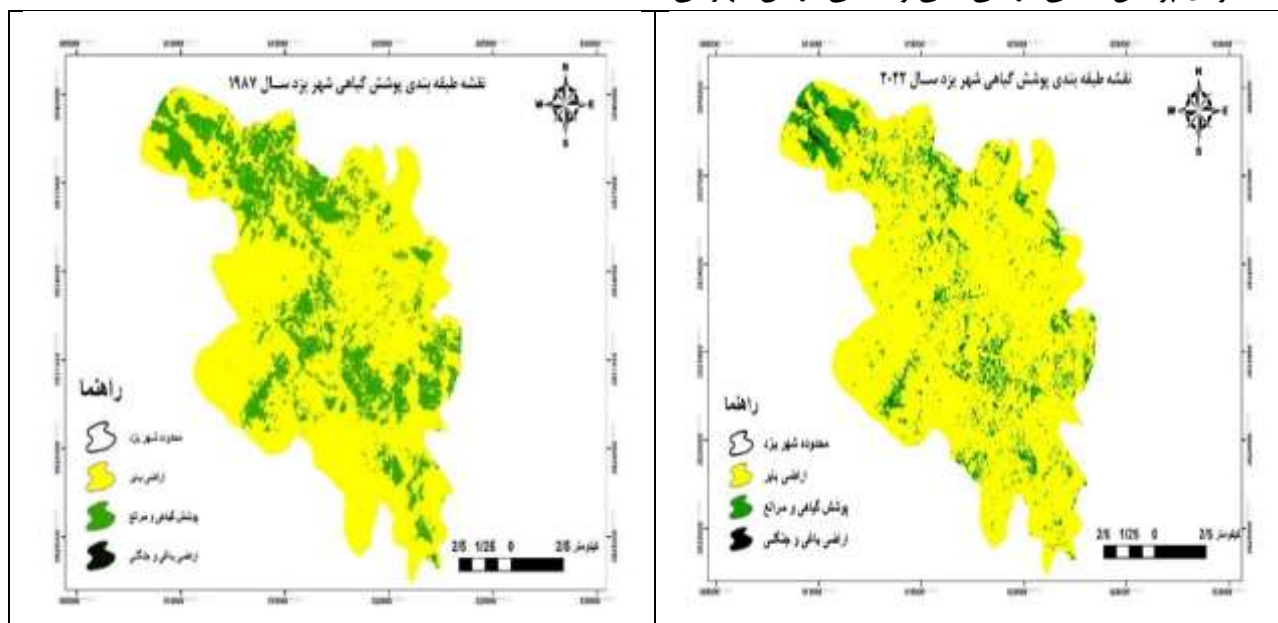
با توجه به نتایج جدول (۷) با افزایش جمعیت و رشد شهرنشینی تا سال ۲۰۲۲ مناطق مسکونی نسبت به سایر کاربری‌ها روند افزایشی داشته، این امر سبب افزایش تغییراتی در مساحت سایر اراضی گردیده‌است. از این رو با مقایسه نتایج به دست آمده از مساحت کاربری‌های اراضی بین سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۲ مشخص گردید؛ در سال ۱۹۸۷ مساحت پوشش گیاهی و مراتع با ۲۶۸/۲۷ کیلومتر مربع و اراضی باغی و جنگلی با ۳۴/۴۹ کیلومتر مربع افزایش داشته است، ولی در سال ۲۰۲۲، مساحت پوشش گیاهی و مراتع به ترتیب به ۲۱/۵۴ اراضی باغی و جنگلی به ۲/۵۲ کیلومتر مربع کاهش یافته است. اراضی بایر با مساحت ۲۴/۹۱ کیلومتر مربع و مناطق کویری با مساحت ۱۲/۰۴ در مقایسه با مناطق مسکونی در سال ۱۹۸۷ روند کاهشی داشته است.

جدول ۷. نتایج مساحت کاربری اراضی در سال (۱۹۸۷-۲۰۲۲)

نام کاربری	سال ۲۰۲۲		سال ۱۹۸۷		درصد
	مساحت، متر مربع	مساحت، کیلومتر مربع	مساحت، متر مربع	مساحت، کیلومتر مربع	
اراضی باغی و جنگلی	۲۵۲۸۱۰	۲/۵۲۸۱	۳۴۴۹۳۴۰۰	۳۴/۴۹۳۴	۰/۱۵۴
پوشش گیاهی و مراتع	۲۱۵۴۷۸۰۰	۲۱/۵۴۷۸	۲۶۸۲۷۵۶۰۰	۲۶۸/۲۷۵۶	۰/۱۲
مناطق مسکونی	۷۴۱۸۶۱۰۰	۷۴/۱۸۶۱	۲۱۱۹۹۲۳۰۰	۲۱۱/۹۹۲۳	۰/۹۴۹
اراضی بایر	۲۴۹۱۲۹۰۰	۲۴/۹۱۲۹	۶۵۲۸۴۶۵۰۰	۶۵۲/۸۴۶۵	۰/۲۹۲۱
مناطق کویری	۱۲۰۴۹۲۰۰	۱۲/۰۴۹۲	۱۸۱۵۱۴۱۶۰۰	۱۸۱۵/۱۴۱۶	۰/۸۱۳۲

طبق بندی پوشش گیاهی (NDVI) سال‌های (۱۹۸۷-۲۰۲۲)

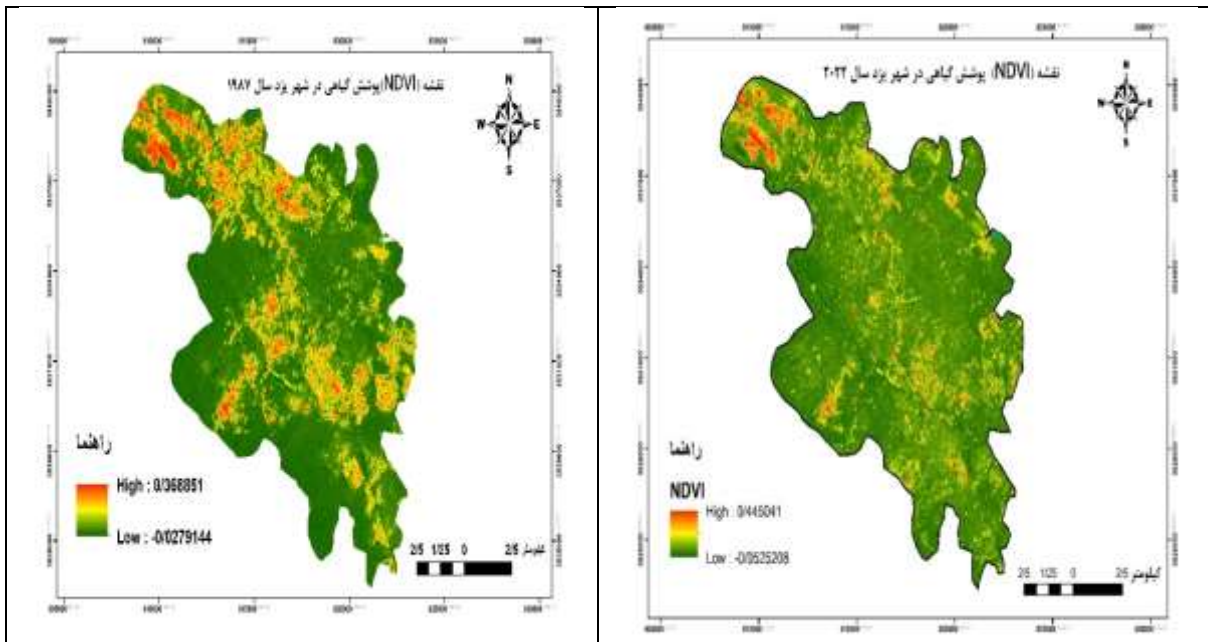
بر اساس نتایج بدست آمده از شکل (۳) به محاسبه شاخص NDVI و تغییرات پوشش گیاهی شهر یزد بر اساس تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ سال ۱۹۸۷ و تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ سال ۲۰۲۲ در Arc Map پرداخته‌است. لذا میزان پوشش گیاهی با توجه به ۳ کلاس (اراضی بایر- پوشش گیاهی و مراتع- اراضی باغی و جنگلی) نشان داد، مناطق فاقد پوشش گیاهی در مقایسه با مناطقی که دارای پوشش گیاهی متوسط یا بیشتری می‌باشند، تغییرات بیشتری را تجربه نموده‌اند. بر این اساس مناطقی که مقادیر کمتر از ۰/۱ است به عنوان مناطق فاقد پوشش گیاهی، مناطقی که دارای پوشش گیاهی متوسط و به صورت مرتعی یا چمنی هستند با مقادیر بین ۰/۳-۰/۶، و مناطقی که دارای پوشش گیاهی بیشتر و به صورت درختچه ای و جنگلی هستند با مقادیر ۰/۶ یا بیشتر از این میزان را شامل شده‌اند. در مقایسه خروجی به دست آمده از نقشه‌های طبقه‌بندی تغییرات پوشش گیاهی بین سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲ در شهر یزد مشخص گردید، میزان پوشش گیاهی و اراضی جنگلی در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال ۱۹۸۷ روند کاهشی داشته و از میزان مناطق دارای پوشش گیاهی و باغی کاسته شده‌است. این روند کاهشی نشان دهنده نابودی پوشش گیاهی، اراضی باغی و جنگلی در این شهر می‌باشد.



شکل ۳. طبقه‌بندی پوشش گیاهی شهر یزد، سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲

محاسبه شاخص (NDVI) در اراضی بایر و پوشش گیاهی سال‌های (۱۹۸۷-۲۰۲۲)

بر حسب نتایج شکل (۴) پوشش گیاهی شهر یزد با استفاده از باندهای حرارتی مادون قرمز (۳-۴) در لندست ۵ TM برای سال ۱۹۸۷ و باندهای حرارتی مادون قرمز (۴-۵) در لندست ۸ OLI برای سال ۲۰۲۲ در نرم افزار ArcMap تجزیه، تحلیل و استخراج گردیده‌اند. به این ترتیب که در سال ۱۹۸۷ برای شاخص NDVI میزان دمای پیشینه (۰/۳۶) و دمای کمینه (۰/۰۲) محاسبه گردیده‌اند. در سال ۲۰۲۲ نیز برای شاخص NDVI میزان دمای پیشینه (۰/۴۴) و کمینه (۰/۰۵) به دست آمده‌است. این نتایج نشان دهنده افزایش دما و تغییرات شاخص NDVI در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال ۱۹۸۷ می‌باشد.



شکل ۴. NDVI و پوشش گیاهی شهر یزد، سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲

نتایج شاخص NDVI و مساحت اراضی بایر و پوشش گیاهی در سال‌های ۲۰۲۲ تا ۱۹۸۷ شهر یزد نشان داد: اراضی بایر دارای بیشترین مساحت و پوشش گیاهی دارای کمترین مساحت می‌باشند. از طرفی با کاهش مساحت زمین‌های بایر در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال ۱۹۸۷ به مساحت پوشش گیاهی افزوده شده‌است (جدول ۶).

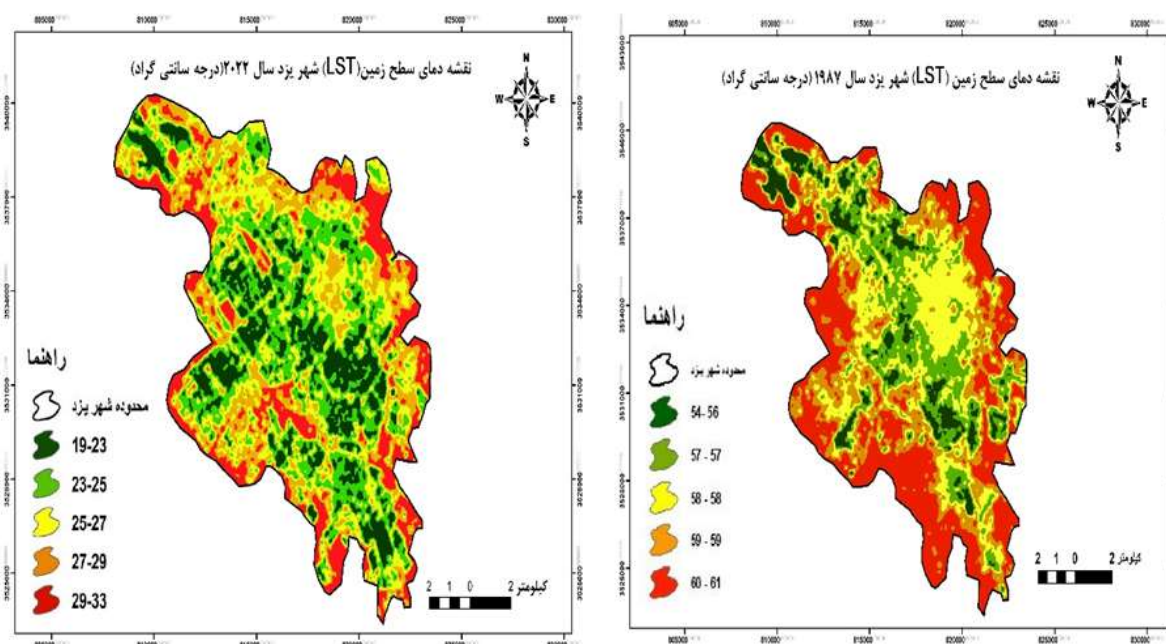
جدول ۶. مساحت شاخص (NDVI) در اراضی بایر و پوشش گیاهی سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲

نام کاربری	سال ۲۰۲۲		سال ۱۹۸۷	
	مساحت، متر مربع	مساحت، کیلومتر مربع	مساحت، متر مربع	مساحت، کیلومتر مربع
اراضی بایر	۱۲۲۱۷۸۶۰۰	۱۲۲/۱۷۸۶	۱۲۳۲۳۲۵۰۰	۱۲۳/۲۳۲۵
پوشش گیاهی و مراتع	۱۳۰۴۵۵۰۰	۱۳/۰۴۵۵	۱۱۹۹۱۶۰۰	۱۱/۹۹۱۶

محاسبه میزان دمای سطح زمین (LST) در سال‌های (۱۹۸۷-۲۰۲۲)

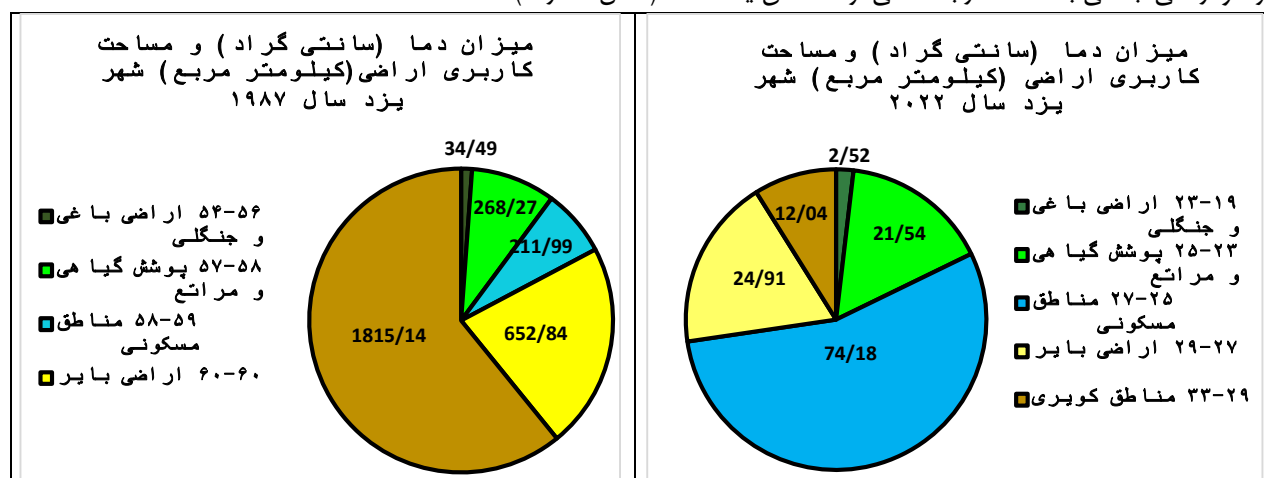
نقشه دمای سطح زمین (LST) در لندست ۵ TM سال ۱۹۸۷ و لندست ۸ OLI سال ۲۰۲۲، شهر یزد از طریق جانمایی مرز محدوده شهر در Google Earth Pro به دست آمد و در نرم افزار Arc Map با دستور Extract by mask برش داده شده‌است. سپس از طریق محاسبه الگوریتم پنجره مجزا میزان LST شهر در دو سال (۱۹۸۷-۲۰۲۲) استخراج گردید. لذا در سال ۱۹۸۷ مقدار دمای پیشینه و دمای کمینه (۶۱-۶۰) درجه سانتی گراد و در سال ۲۰۲۲ مقدار دمای پیشینه و دمای کمینه (۳۳-۱۹) درجه سانتی گراد محاسبه گردیده‌اند. با توجه به نقشه‌های استخراج شده از دمای سطح زمین در سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲ مشخص گردید، دمای سطح زمین همواره رو به افزایش است. این افزایش دما می‌تواند اثرات مخربی در سطح زمین بر جای

گذارد و سبب از بین رفتن پوشش گیاهی و افزایش تغییرات اقلیمی و دمایی در سایر کاربری‌های گردد. (شکل ۵) دمای سطح زمین را برای سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲ در شهر یزد نشان می‌دهد.



شکل ۵. دمای سطح زمین (LST) در شهر یزد بین سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲

نمودار دایره‌ای زیر به مقایسه تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی و میزان دمای سطح زمین به صورت دمای کمینه (حداقل) و بیشینه (حداکثر) در دو سال ۱۹۸۷-۲۰۲۲ نشان داده‌است. بنابراین افزایش تغییرات در انواع کاربری‌های اراضی منجر به بالا رفتن دمای سطح زمین LST در شهر یزد بین سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲ شده‌است. این تغییرات دمایی از سال ۱۹۸۷ در دمای بیشینه و کمینه مناطق کویری با ۶۰-۶۱ درجه سانتی‌گراد و مساحت ۱۸۱۵/۱۴ کیلومتر مربع و سپس اراضی بایر با دمای ۵۸-۵۹ درجه سانتی‌گراد با مساحت ۶۵۲/۸۴ کیلومتر مربع که فاقد پوشش گیاهی هستند قابل مشاهده است. در سال ۲۰۲۲ نیز این تغییرات دمایی در مناطق کویری با ۲۹-۳۳ درجه سانتی‌گراد و اراضی بایر با دمای ۲۷-۲۹ درجه سانتی‌گراد که فاقد پوشش گیاهی بوده بیشتر است. لذا در سال ۲۰۲۲ دمای سطح زمین با افزایش مناطق مسکونی و انسان ساخت بین ۲۵-۲۷ درجه سانتی‌گراد بوده است. و در مقابل دمای بیشینه و کمینه در سال ۲۰۲۲ در مناطق دارای پوشش گیاهی با ۲۳-۲۵ درجه سانتی‌گراد و اراضی جنگلی با ۲۳-۱۹ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است (شکل شماره ۶).

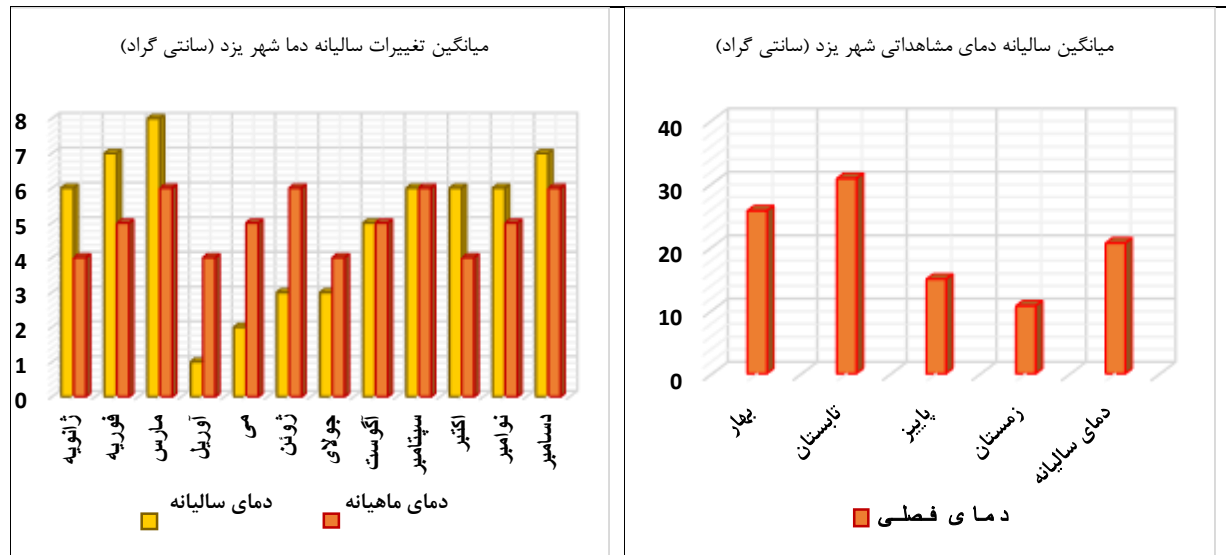


شکل ۶. نمودار دایره‌ای تغییرات مساحت کاربری‌های اراضی و تغییرات دمایی شهر یزد در سال‌های ۱۹۸۷-۲۰۲۲

میزان تغییرات اقلیمی در شهر یزد (۱۹۸۷-۲۰۲۲)

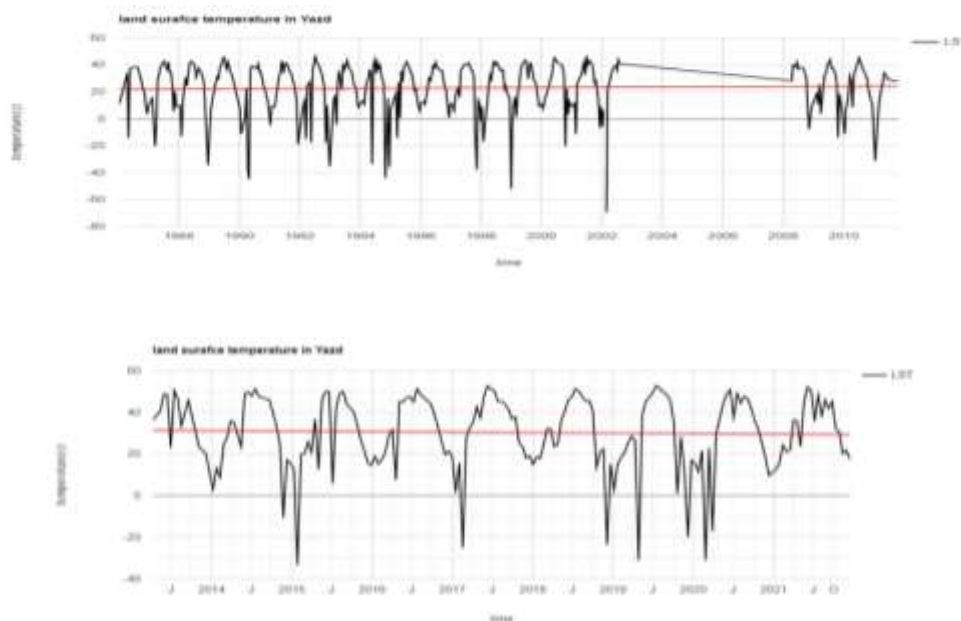
میانگین دمای سالیانه سطح زمین در شهر یزد

با توجه به نتایج تغییرات دمایی در ایستگاه هواشناسی یزد مشخص گردید، دمای مشاهداتی و سالیانه در شهر یزد $۲۰/۶$ درجه سانتی گراد بوده است. لذا میزان تغییرات دمایی سالیانه نیز در فصل بهار با $۰/۸$ و فصل زمستان با $۰/۷$ نسبت به فصل تابستان و فصل پاییز افزایش یافته است.



شکل ۷. نمودار ستونی تغییرات دما شهر یزد ۲۰۲۲-۲۰۱۵

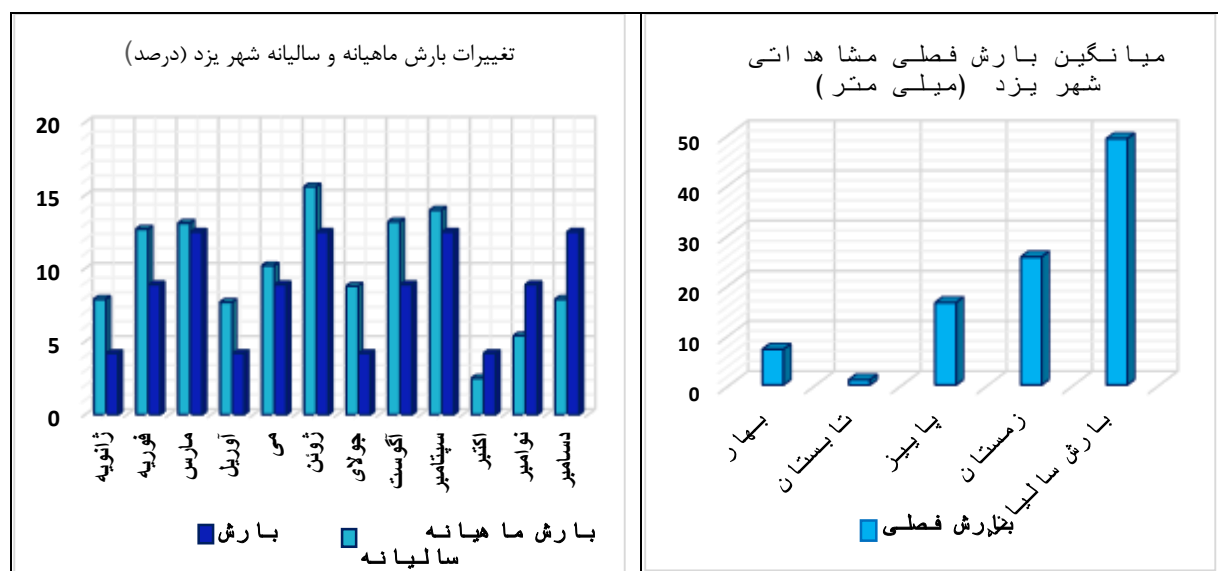
میزان دمای سطح زمین (LST) در شهر یزد را از سال ۱۹۸۷-۲۰۲۲ نشان داده است. با توجه به نتایج به دست آمده از میانگین دمای سطح زمین از سال ۱۹۸۷-۲۰۲۲ با استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی شهر یزد نشان داد، میزان دمای سطح زمین به ترتیب در ماه جولای در سال ۲۰۱۹ با دمای $۵۲/۷۷۸$ درجه سانتی گراد و در ماه ژوئن در سال ۲۰۱۷ با دمای $۵۲/۷۴۷$ درجه سانتی گراد افزایش داشته است. بنابراین دمای سطح زمین از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۲۲ در حال افزایش دما است (شکل ۸).



شکل ۸. نمودار دمای سطح زمین (LST) شهر یزد ۲۰۲۲-۱۹۸۷

میانگین بارش‌های سالیانه در شهر یزد

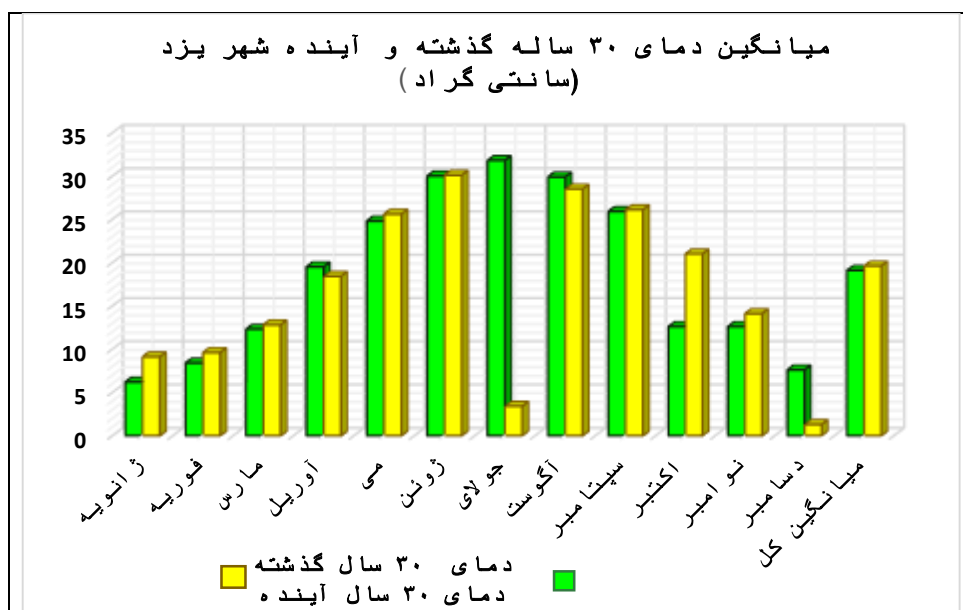
نتایج تغییرات فصلی سالیانه بارندگی نیز با توجه به داده‌های مختلف از ایستگاه هواشناسی یزد در فصول مختلف بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۲۲ نشان می‌دهد، میزان بارش سالیانه ۴۹/۱ میلی متر بوده که کمترین مقدار بارش‌ها در فصل پاییز رخ داده است (شکل ۹).



شکل ۹. شکل ستونی تغییرات سالیانه بارش شهر یزد ۲۰۱۵-۲۰۲۲

میانگین دما و درجه حرارت ۳۰ ساله شهر یزد (۲۰۱۶-۲۰۴۵)

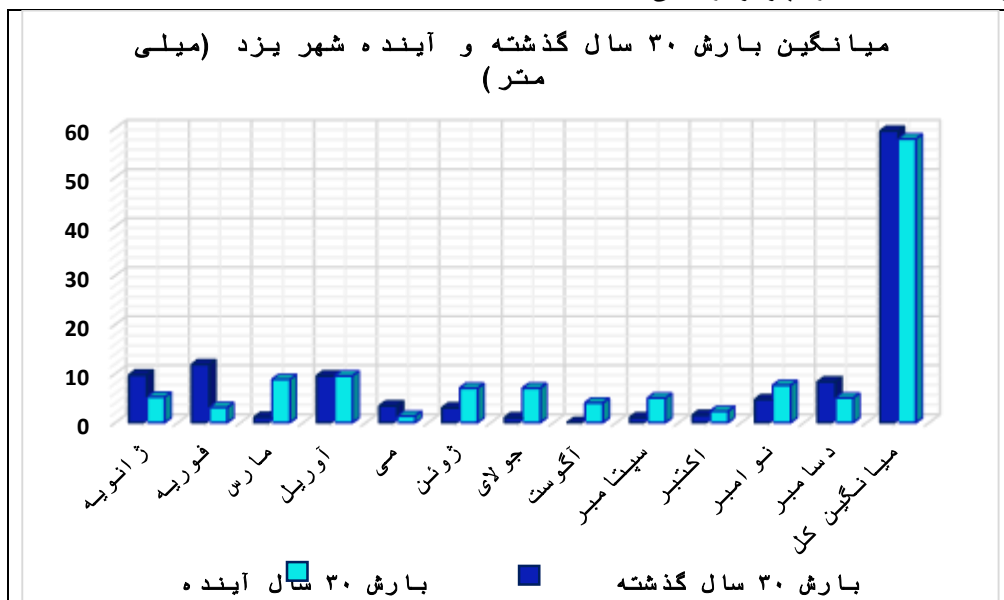
با توجه به نتایج استخراج شده از میانگین کل دمای مشاهداتی و دمای پایه بر اساس داده‌های ایستگاه سینوپتیک، میزان درجه حرارت در ماه‌های مختلف بین سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۱ در شهر یزد برابر با ۱۹/۱ درجه سانتی گراد برآورد شده است. این دما برای دوره ۳۰ ساله تا سال ۲۰۴۵ برابر با ۱۹/۶ درجه سانتی گراد می‌باشد. این امر حاکی از افزایش دمای ۰/۵ درجه در دوره آتی خواهد بود. از این رو متوسط درجه حرارت در ماه‌های مختلف در فصل پاییز و زمستان در حال افزایش و در فصل تابستان و بهار در حال کاهش دما می‌باشد. در ادامه میانگین دمای ۳۰ ساله و آینده شهر یزد را نشان می‌دهد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰. نمودار ستونی میانگین دما برای ۳۰ سال آینده در شهر یزد، ۲۰۴۵-۲۰۱۶

میانگین بارندگی ۳۰ ساله شهر یزد (۲۰۴۵-۲۰۱۶)

نتایج متغیرهای بارندگی ایستگاه یزد برای سال های ۲۰۴۵ تا ۲۰۱۶ با توجه به میزان بارندگی ۳۰ ساله و میانگین کل بارش شهر یزد را نشان می دهد. لذا متوسط بارندگی دوره مشاهداتی ایستگاه سینوپتیک یزد برابر با ۵۸/۶ میلی متر و برای دوره پایه ۵۹/۴ میلیمتر بوده این میزان برای دوره ۳۰ ساله تا سال ۲۰۴۵ برابر با ۵۷/۸ میلیمتر برآورد شده است. از این رو میزان بارش در ۳۰ سال گذشته در فصل زمستان کاهش داشته ولی بارش های فصلی در فصل بهار در حال افزایش است. در شکل ۱۱ میانگین بارندگی را برای ۳۰ ساله آینده در شهر یزد را نشان داده است.



شکل ۱۱. نمودار ستونی میانگین بارش برای ۳۰ سال آینده در شهر یزد، ۲۰۴۵-۲۰۱۶

نتیجه‌گیری

مسئله گرمایش زمین عمده‌ترین دغدغه جهانی در دهه های اخیر بوده است. شناخت روابط بین پدیده‌های تاثیرگذار بر آن می‌تواند راهگشای کنترل و کاهش پدیده زمین‌گرمایی باشد (اسماعیل پور و همکاران، ۱۴۰۰). افزایش جمعیت و دخالت‌های انسانی در کاربری‌های اراضی منجر به افزایش دمای سطح زمین شده‌است به‌طوری‌که با افزایش فعالیت‌های انسانی و افزایش کارگاه‌ها و کارخانه‌جات صنعتی در خارج شهر باعث شده تا این دما از خارج شهر به داخل شهر نفوذ پیدا کند. بنابراین با توجه به یافته‌های تحقیق میزان تغییرات پوشش گیاهی با توجه به ۳ کلاس (اراضی بایر- پوشش گیاهی و مراتع- اراضی باغی و جنگلی) نشان می‌دهد، مناطقی که فاقد پوشش گیاهی هستند؛ در مقایسه با مناطقی که دارای پوشش گیاهی متوسط یا بیشتری می‌باشند تغییرات بیشتری را تجربه نموده‌اند. بنابراین مشخص گردید میزان پوشش گیاهی و اراضی جنگلی در سال ۲۰۲۲ نسبت به سال ۱۹۸۷ روند کاهشی داشته است. از این رو نتایج حاصل از برای بررسی شاخص NDVI نشان داد؛ که به ترتیب در سال ۱۹۸۷ میزان دمای پیشینه (۰/۳۶) و کمینه (۰/۰۲-)، و برای سال ۲۰۲۲ نیز برای شاخص NDVI میزان دمای پیشینه (۰/۴۴) و کمینه (۰/۰۵-) به دست آمده‌است. نتایج حاصل از میزان LST که از طریق محاسبه الگوریتم پنجره مجزا به دست آمده نشان داد؛ در سال ۱۹۸۷ مقدار دمای پیشینه و کمینه (۶۱-۶۰) درجه سانتی‌گراد و در سال ۲۰۲۲ مقدار دمای پیشینه و کمینه (۳۳-۱۹) درجه سانتی‌گراد محاسبه گردیده‌اند. در نتیجه اینکه با توجه به نقشه‌های استخراج شده از دمای سطح زمین مشخص شد، میزان دمای سطح زمین با توجه به افزایش جمعیت و فعالیت‌های انسانی همواره رو به افزایش است. از این رو با توجه به نتایج میانگین دمای سطح زمین از سال‌های ۲۰۱۲ تا ۱۹۸۷ و در سال‌های ۲۰۲۲ تا ۲۰۱۳ با استفاده از ایستگاه‌های هواشناسی در شهر یزد مشخص گردید؛ میزان دمای سطح زمین به ترتیب در ماه جولای سال ۲۰۱۹ با دمای ۵۲/۷۷ درجه سانتی‌گراد و در ماه ژوئن در سال ۲۰۱۷ با دمای ۵۲/۷۴ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته‌است. لذا میزان تغییرات دمایی سالیانه نیز در فصل بهار با ۰/۸ و فصل زمستان با ۰/۷ نسبت به فصل تابستان و پاییز افزایش داشته‌است. بنابراین میانگین دمای سالیانه در فصول مختلف سال (۲۰۲۲-۱۹۸۷) تا ۳۰ سال آینده (۲۰۴۵) برابر با ۲۰/۶ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی سالیانه ۴۹/۱ میلی متر برآورد شده‌است. از این رو با افزایش دمای سطح زمین و کاهش بارندگی‌ها به خصوص در ماه‌های پر بارش در فصول مختلف سال آینده شهر را تحت تأثیر قرار خواهد داد. این امر حاکی از افزایش دمای ۰/۵ درجه در دوره آتی خواهد بود. از این رو متوسط درجه حرارت در ماه‌های پاییز و زمستان در حال افزایش و در فصل تابستان و بهار در حال کاهش دما می‌باشد. لذا متوسط بارندگی یزد برابر با ۵۸/۶ میلیمتر و برای دوره پایه ۵۹/۴ میلیمتر بوده‌است. این میزان برای دوره ۳۰ ساله تا سال ۲۰۴۵ برابر با ۵۷/۸ میلیمتر برآورد شده است. از این رو میزان بارش در فصل زمستان کاهش داشته ولی بارش‌های فصلی در فصل بهار در حال افزایش است. بنابراین در آینده‌ای نه چندان دور این افزایش دما و کاهش بارندگی‌ها سبب افزایش تغییرات اقلیمی و آب و هوایی در شهر یزد شده، به طوری که سیستم شهر را با مشکل کمبود آب و بارش در بخش‌های مختلف صنعتی، تجاری، کشاورزی و مناطق مسکونی مواجه خواهد ساخت. لذا با توجه به اهمیت موضوع و میزان تغییرات دمایی در کاربری‌های اراضی و تأثیراتی که بر افزایش دمای سطح زمین و کاهش بارندگی‌ها در فصول سرد سال داشته سیاست‌های جامع در امر مدیریت و برنامه‌ریزی شهری تأثیرگذار خواهد بود. مقایسه تطبیقی نتایج حاصلی با پژوهش‌های پژوهشگرانی که در مناطق بیابانی پژوهش کرده‌اند، منطبق می‌باشد و نشان می‌دهد که در مناطق بیابانی محیط‌های پیراشهری دارای دمای بیشتری بوده و جزایر حرارتی از بیرون به دورن شهرها کشیده شده‌اند (اقدار و همکاران، ۱۳۹۷؛ اسدی و همکاران، ۱۳۹۹؛ زندی و همکاران، ۱۴۰۲؛ عربی علی آباد و همکاران، ۱۳۹۹؛ مسعودیان و انتظار، ۱۳۹۸؛ Zareian(1401)). اما با پژوهش‌های صورت گرفته در شهرهای مناطق کوهستانی، جنگلی و ساحلی منطبق نمی‌باشد، چرا که در مناطق ذکر شده؛ جزایر حرارتی در درون شهرها بوده و معمولاً هسته‌های مرکزی شهری به عنوان هسته‌ی مرکزی جزایر حرارتی شهری مطرح می‌باشند (Kashki et al, 2021؛ انصاری و نوروزی، ۱۴۰۲؛ پندار و همکاران، ۱۳۹۹؛ زندی و همکاران، ۱۳۹۸؛ عرب و همکاران، ۱۴۰۱).

منابع

- آذری، مرتضی، فنی، زهره، کوزه گرکالجی، لطف علی (۱۴۰۰) بررسی نقش پیش ران های کلیدی در تغییر کاربری زمین و تحولات فضایی شهر با رویکرد آینده پژوهی در منطقه ۱۲ تهران. فصل نامه برنامه ریزی و آمایش فضا. ۲(۱)، ۱۴۴-۱۲۱.
- اقدرد، حسین، شایسته، کامران، محمد یاری، فاطمه، رنگ زن، کاظم (۱۳۹۷) ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین شهرستان بهبهان در سال های ۱۳۷۸-۱۳۹۲ با کاربرد سنجش از دور حرارتی، پژوهش های جغرافیای انسانی، ۵۲(۳)، ۸۳۲-۷۱۷.
- اصغری سراسکانرودی، صیاد، اسدی، بهاره (۱۳۹۹) بررسی اثرات کاربری های مختلف شهرستان اصفهان بر ایجاد جزایر حرارتی، کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۸(۲)، ۲۴۶-۲۱۷.
- اسدی، احمد، محمدپور سنگانی، زینت، حاجی زاده شیخوانلو، علی (۱۳۹۹) شبیه سازی و پیش بینی رشد و گسترش شهر با استفاده از تکنیک سنجش از دور در تربت جام، جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۲(۳۷)، ۱۶۰-۱۴۳.
- اسماعیل پور، نجم، اسمعیل پور، فاطمه، یامی، مجتبی، & امیرعسّدی، حسین. (۱۴۰۰). بررسی رابطه تغییرات پوشش زمین و جزیره حرارتی با استفاده از الگوریتم تک پنجره و روش مفهومی درخت تصمیم (نمونه موردی: شهر اهواز). جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۵(۷۸)، ۴۱-۲۱. doi: 10.22034/gp.2021.44604.2784
- انصاری، محمد رضا، نوروزی، آذین (۱۴۰۲) با هدف بررسی خود همبستگی فضایی دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری اراضی شهر اهواز، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۳۴(۳)، ۱۶۶-۱۴۱.
- پندار، حسین، موسوی بایگی، محمد، قهرمان، بیژن (۱۳۹۹) بررسی و تفکیک جزیره حرارتی و گرمایش جهانی در دشت مشهد، نشریه آب و خاک علوم و صنایع کشاورزی، ۳۵(۱)، ۱۵۱-۱۳۷.
- جعفر زاده، جعفر، حسنی تبار، سید محمد (۱۴۰۰) به کارگیری سنجش از دور حرارتی در استخراج دمای سطح زمین و بررسی انطباق آن با الگوهای کاربری اراضی، کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم محیطی، ۱۱(۱)، ۶۶-۵۱.
- خمر، غلامعلی، آذریان، سحر، راهدار پودینه، سمیه (۱۴۰۱) تحلیل تاثیر کاربری اراضی در پایداری محله های شهری در شهر زابل، نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، ۲۷(۸۵)، ۶۷-۵۷.
- زندى، رحمان، نصیری، ابوذر، خسرویان، مریم (۱۴۰۰)، کاربرد سنجش از دور در آب و هواشناسی، انتشارات ماهواره، تهران.
- زندى، رحمان، سلمانی مقدم، محمد، روکی، زهره (۱۴۰۲) سنجش میزان خود همبستگی فضایی دمای سطح زمین با کاربری اراضی در شهر اصفهان، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ۲۴(۱)، ۷۶-۶۱.
- زندى، رحمان، کرمی، مختار، طاهری، جلال (۱۳۹۸) تغییرات کاربری اراضی بر فرم فضایی جزایر حرارتی در شهر مشهد، نشریه علمی-پژوهشی برنامه ریزی توسعه کالبدی، ۴(۴)، ۱۰۶-۹۵.
- شیرغلامی، محمدرضا (۱۴۰۱). بررسی تغییرات مکانی-زمانی اقلیم آسایش گردشگری استان یزد با مقایسه شاخص اقلیم گردشگری (TCI) و شاخص اقلیمی تعطیلات (HCI). پژوهش های اقلیم شناسی، ۱(۵۲)، ۲۰۷-۲۲۲.
- عربی علی آباد، فهیمه، زارع، محمد، مختاری، محمد حسین (۱۳۹۸) برآورد تغییرات فصلی دمای عمق خاک دشت یزد- اردکان با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست ۸ و بهره گیری از شبکه عصبی مصنوعی، فصل نامه خشک بوم، ۹(۲)، ۱۰۱-۸۵.
- عرب، نرگس، سلمان ماهینی، عبدالرسول، میکاییلی تبریزی، علیرضا، ویه، توما (۱۴۰۱) بررسی و تحلیل پویایی کاربری اراضی و تأثیر آن بر جزایر حرارتی شهری در شهر مشهد، نشریه محیط زیست طبیعی، ۷۵(۳)، ۳۸۴-۳۹۸.
- عرب، نرگس، سلمان ماهینی، عبدالرسول، میکاییلی تبریزی، علیرضا، ویه، توما (۱۴۰۱) تعیین دمای سطح زمین با استفاده از دو الگوریتم پنجره مجزا و تک پنجره در شهر مشهد، فصل نامه اطلاعات جغرافیایی سپهر، ۳۱(۱۲۴)، ۷۳-۵۳.
- عربی علی آباد، فهیمه، زارع، محمد، غفاریان مال میری، حمید رضا (۱۳۹۹) بررسی اثرات تغییرات پوشش اراضی بر دمای سطح زمین در دشت یزد، کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، نشریه علمی کاوش های جغرافیایی مناطق بیابانی، ۹(۲)، ۴۷-۳۴.
- مدنیان، ملیحه السادات، سفینیان، علیرضا، سلطانی کوپانی، سعید، پور منافی، سعید، مومنی، مهدی (۱۳۹۶) تخمین دمای سطح زمین بخش مرکزی استان اصفهان از داده های حرارتی لندست ۸ با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا، نشریه علوم آب و خاک، ۲۳(۴)، ۱۱-۱.

محمودزاده، حسن، پویان جم، آذر، & امان زاده، فاطمه. (۱۳۹۹). محاسبه دمای سطح زمین و استخراج جزایر حرارتی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و الگوریتم پنجره مجزا در شهر ارومیه. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۴(۷۳)، ۳۲۵-۳۴۸.

doi: 10.22034/gp.2020.10794

مسعودیان، سید ابوالفضل، مجید منتظری (۱۳۹۸) رفتار زمانی- مکانی جزیره گرمایی کلان شهر اصفهان، مخاطرات محیط طبیعی، ۹(۲۴)، ۳۵-۴۶.

References

- Azari, Morteza, Fani, Zohreh, Kozeh Garkalji, Lotf Ali (2011) Investigating the role of key drivers in land use change and urban spatial developments with a futures research approach in Tehran's 12th district. Quarterly Journal of Spatial Planning and Development. 2(1), 121-144. [In Persian]
- Aghdar, Hossein, Shayesteh, Kamran, Mohammad Yari, Fatemeh, Rangzan, Kazem (2018) Evaluating the spatial distribution of land surface temperature in Behbahan County in 1999-2013 using thermal remote sensing, Human Geography Research, 52(3), 717-832. [In Persian]
- Asghari Saraskanroudi, Sayyad, Asadi, Bahareh (2019) Investigating the effects of different land uses in Isfahan County on the creation of heat islands, Geographical Explorations of Desert Areas, 8(2), 246-217. [In Persian]
- Asadi, Ahmad, Mohammadpour Sangani, Zeinat, Hajizadeh Shikhanloo, Ali (2019) Simulation and prediction of urban growth and expansion using remote sensing techniques in Torbat Jam, Geography and Environmental Hazards, 2 (37), 160-143. [In Persian]
- Esmailpour, Najma, Esmailpour, Fatemeh, Yami, Mojtaba, & Amir-Azdi, Hossein. (2019). Investigating the relationship between land cover changes and heat island using single window algorithm and decision tree conceptual method (case study: Ahvaz city). Geography and Planning, 25(78), 21-41. doi: 10.22034/gp.2021.44604.2784 [In Persian]
- Ansari, Mohammad Reza, Norouzi, Azin (2013) Aiming to investigate the spatial autocorrelation of land surface temperature and its relationship with land use in Ahvaz city, Geography and Environmental Planning, 34(3), 166-141. [In Persian]
- Pendar, Hossein, Mousavi Baygi, Mohammad, Ghahreman, Bijan (2019) Investigation and separation of heat island and global warming in Mashhad plain, Journal of Water and Soil, Agricultural Sciences and Industries, 35(1), 151-137. [In Persian]
- Jafarzadeh, Jafar, Hassanitabar, Seyed Mohammad (2019) Application of thermal remote sensing in extracting land surface temperature and investigating its compatibility with land use patterns, Application of Remote Sensing and GIS in Environmental Sciences, 1(1), 66-51. [In Persian]
- Khamer, Gholam Ali, Azarian, Sahar, Rahdar, Poudineh, Somayeh (2013) Analysis of the impact of land use on the sustainability of urban neighborhoods in Zabol city, Scientific Journal of Geography and Planning, 27(85), 67-57. [In Persian]
- Zandi, Rahman, Nasiri, Abuzar, Khosravian, Maryam (2013), Application of remote sensing in water and meteorology, Satellite Publications, Tehran. [In Persian]
- Zandi, Rahman, Salmani Moghadam, Mohammad, Roki, Zohreh (2013) Measuring the spatial autocorrelation of land surface temperature with land use in Isfahan city, Geography and Environmental Planning, 24(1), 76-61. [In Persian]
- Zandi, Rahman, Karami, Mokhtar, Taheri, Jalal (2019) Land use changes on the spatial form of heat islands in Mashhad city, Scientific and Research Journal of Physical Development Planning, 4(4), 106-95. [In Persian]
- Shirgholami, Mohammad Reza (2013). Investigating the spatiotemporal changes in the tourism climate of Yazd province by comparing the tourism climate index (TCI) and the holiday climate index (HCI). Climatological Research, 1(52), 207-222. [In Persian]
- Arabi Aliabad, Fahime, Zare, Mohammad, Mokhtari, Mohammad Hossein (2019) Estimation of seasonal changes in soil depth temperature of Yazd-Ardakan plain using Landsat 8 satellite images and artificial neural network, Khoshkboom Quarterly, 9(2), 101-85. [In Persian]
- Arab, Narges, Salman Mahini, Abdolrasoul, Mikayili Tabrizi, Alireza, Vieh, Toma (2018) Investigating and analyzing the dynamics of land use and its impact on urban heat islands in Mashhad city, Journal of Natural Environment, 75(3), 398-384. [In Persian]

- Arab, Narges, Salman Mahini, Abdolrasoul, Mikayili Tabrizi, Alireza, Vieh, Toma (2012) Determining the land surface temperature using two separate window and single window algorithms in Mashhad city, Quarterly Geographic Information Sepehr, 31(124), 73-53. [In Persian]
- Arabi Aliabad, Fahimeh, Zare, Mohammad, Ghaffarian Malmiri, Hamid Reza (2019) Investigating the effects of land cover changes on land surface temperature in Yazd plain, Geographical Explorations of Desert Areas, Scientific Journal of Geographical Explorations of Desert Areas, 9(2), 47-34. [In Persian]
- Madanian, Maliheh Sadat, Safinian, Alireza, Soltani Kopani, Saeed, Pour Manafi, Saeed, Momeni, Mehdi (2017) Estimating the land surface temperature of the central part of Isfahan province from Landsat 8 thermal data using the separate window algorithm, Journal of Water and Soil Sciences, 23(4), 1-11. [In Persian]
- Mahmoudzadeh, Hassan, Pouyan Jam, Azar, & Amanzadeh, Fatemeh. (2019). Calculating the Earth's Surface Temperature and Extracting Heat Islands Using Landsat 8 Satellite Images and the Discrete Window Algorithm in Urmia City. Geography and Planning, 24(73), 325-348. doi: 10.22034/gp.2020.10794 [In Persian]
- Masoudian, Seyed Abolfazl, Majid Montazeri (2019) Temporal-spatial Behavior of the Heat Island of Isfahan Metropolitan City, Natural Environment Hazards, 9(24), 46-35. [In Persian]
- Aspin all, J., Richard, Hill, Michael, J. 2008. Land use change: Science, policy and management, CRC Press: Taylor and Francis Group, 185 -193.
- Aqdar, H., Shaisheta, K., Mohammad Yari, F., Rangzen, K. (2017). Evaluation of the spatial distribution of surface temperature in Behbahan city in the years 2012-2018 using thermal remote sensing, human geography research, 52(3), 817-832. (in Farsi).
- Arabi, Aliabad, F., Zare, M., Mokhtari, M. H. (2018). Estimation of seasonal variations of soil depth temperature in Yazd-Ardakan plain using Landsat 8 satellite images and using artificial neural network, two dryland scientific quarterly journals, 9(2), 101-85. (in Farsi).
- Asghari Saraskanroudi., S., Esadi, B. (2019). Investigating the effects of different uses of Isfahan city on the creation of thermal islands, Geographical Explorations of Desert Regions, 8(2), 217-246. (in Farsi).
- Azari, Morteza, Fani, Zohra, Kozegar Koleji, Lotfali. (2020). Investigating the role of key drivers in land use change and spatial developments of the city with a future research approach in the 12th district of Tehran. Space Planning and Design Quarterly. 2(1), 121-144. (in Farsi).
- Asadi, Ahmad, Mohammadpour Sangani, Zeenat, Hajizadeh Shikhanlou, Ali. (2019). Simulating and predicting the growth and expansion of the city using the remote sensing technique in Torbet Jam. Geography and environmental hazards. 2 (37). 143-160. (in Farsi).
- Arabi Aliabad, F., Zare, M., Ghafarian Malmiri, H. R. (2021). Investigating the effects of land cover changes on ground surface temperature in Yazd Plain, Geographical Explorations of Desert Regions, Scientific Journal of Geographical Explorations of Desert Regions, 9(2), 43-47. (in Farsi).
- Arab, N., Salman Mahini, A. R., Mikayili Tabrizi, A., Wieh, T. (2022). Investigation and analysis of land use dynamics and its impact on urban thermal islands in Mashhad, Natural Environment Journal, 75(3), 398 -384. (in Farsi).
- Arab, N., Salman Mahini, A. R., Mikayili Tabrizi, A., Vieh, T. (2022). Determining the surface temperature of the earth using two separate window and single window algorithms in the city of Mashhad, Geographic Information Research Quarterly, 31(124), 53-73. (in Farsi).
- Ansari, M. R., Nowrozi, A. (2023). with the aim of investigating the spatial autocorrelation of ground surface temperature and its relationship with the land use of Ahvaz city, Geography and Environmental Planning, 34(3), 141-166. (in Farsi).
- Haylemariyam. (2018). etection of land Surface Temperature in Relation to land Use land Cover Change. Dire Dawa City, Ethiopia, Remote Sens, 7(10), 4172/2469- 4134.1000245.
- Jiménez-Muñoz, J. C., & Sobrino, J. A. (2003). A generalized single-channel method for retrieving land surface temperature from remote sensing data. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 108(D22).
- Jafar Zadeh, J., Hosni Tabar, S. M. (2021). Application of thermal remote sensing in extracting the surface temperature of the earth and checking its compliance with land use patterns, application of remote sensing and GIS in environmental sciences, 1(1), 51-66. (in Farsi).

- Khmer, Gholam Ali, Azarian, Sahar, Rahdar Pudineh, Samia (1401), Analysis of the impact of land use on the sustainability of urban neighborhoods in Zabul city, Scientific Journal of Geography and Planning, 27(85), 57-67.(in Farsi).
- Kashki, A., Karami, M., Zandi, R., & Roki, Z. (2021). Evaluation of the effect of geographical parameters on the formation of the land surface temperature by applying OLS and GWR, A case study Shiraz City, Iran. Urban Climate, 37, 100832.
- Kafi, F., Yousefi Rubiyat, E., Jahani Shakib, F. (2022). Determining the most suitable method of extracting the surface temperature of the earth using Landsat satellite images in the city of Birjand, Iran Remote Sensing and GIS, 11(2), 54 -37.(in Farsi).
- 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(7), 1535-1552.
- Madanian, M., Elsadat, Sefinian, A., Soltani Kopani, S., Pour Manafi, S., Momeni, Mehdi (2016) Estimation of land surface temperature in the central part of Isfahan province from Landsat 8 thermal data using separate window algorithm, Journal of Water Sciences and Soil, 23(4), 1-11.(in Farsi).
- Madanian, M., Elsadat, Sefinian, A., Soltani Kopani, S., Pour Manafi, S., Momeni, M. (2016). Estimation of land surface temperature in the central part of Isfahan province from Landsat 8 thermal data using separate window algorithm, Journal of Water Sciences and Soil, 23(4), 1-11.
- Madanian, M., Sefinian, A., Soltani Kopani, S., Pour Manafi, S., Momeni, M. (2017). Estimation of land surface temperature in the central part of Isfahan province from Landsat 8 thermal data using separate window algorithm, Journal of Soil and Water Sciences, 23(4), 1-11.
- Masoudian, Seyyed Abolfazl, Majid Montazeri (2018) Temporal-spatial behavior of Isfahan metropolitan heat island, Journal of Natural Environment Hazards, 9(24), 35-46.(in Farsi).
- Mansour Moghadam, Mohammad, Rusta, Iman, Zamani, Mohammad Sadegh, Olafson, Haraldur (2023) Investigation and prediction of LST land surface temperature based on remote sensing data during 1987-2030, Reykjavik Iceland, Urban Ecosystems, 26 (2) pp 359-337.
- Ning, J., Gao, Z., Meng, R., Xu, F., & Gao, M. (2018). Analysis of relationships between land surface temperature and land use changes in the Yellow River Delta. Frontiers of Earth Science, 12(2), 444-456.
- Pandar, Hossein, Mousavi Baygi, Mohammad, Kahraman, Bijan (2019) Investigation and separation of heat island and global warming in Mashhad plain, Water and soil journal of agricultural sciences and industries, 35(1), 137-151.(in Farsi).
- Pour Ahmad, Mahdi, Karampour, Mostafafi, Nasiri, Behrouz (1401), Dust optical depth changes related to land use changes in central Zagros, Scientific Journal of Geography and Planning, 27(85), 13-25.(in Farsi).
- Rajeshwari., and Mani, N, D. (2014). Estimation of Land Surface Temperature of Dindigul District using Landsat 8 Data , IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology, 03 (5),
- Ronald, C., Estoque., M., Yhji., M. (2017). Effects of landscape Composition and pattern on land surface temperature An urban heat island study in the megacities of Southeast Asia,. National Library of Medicine, 15 (577), 349-359.
- Stewart, T.J., R. Janssen, and M. van Herwijnen, (2004) A genetic algorithm approach to multiobjective Land use planning. Computers & Operations Research. 31(14). 2293-2313.
- Sheng, L., Lu, D., & Huang, J. (2015). Impacts of Land-cover Types on an urban heat island in Hangzhou, China. International Journal of Remote Sensing, 36(6), 1584-1603.
- Suresh, S., Ajay Suresh, V., and Mani , K. (2016). Esimation of land surface temperature of high range mountain landscape 8 data. Iandscape of Devikulan Taluk using landsat-8 data. International Journal of Research in Engineering and Technology, 5(1), 2121-7308.
- Siqi, J. & Yuhong., W. (2020). Effects of land use and land- cover patten on uarban temperature variations: A case study in Hong Kong. Urban Climate, 4 (34), 236-249.
- Shahriar, Abdullah, Barwa, Dehrobo, Eski MD Abubakar, Abdullah and Hidarbi, Yasin (2022) Investigating the impact of land use and land cover changes on LST land surface temperature in Chittagong, Bangladesh in terms of current and future temperatures, Earth Systems and Environment, 6 (1), pp. 235-221.

- Tang, J., De, Y., Qing, L., Xuelan, T. & Weijun., Zh. (2020). Spatial relationship between land-use/ land-cover change and land surface temperature in the Dongting Lake area, China. Scientific Reports, 10(1), 1-9.
- Zhana, O, Meng, F. and Xiao, Y. (2015). Exploring the relationships of between landsurface Temperature, ground Coverage ratio and building volume density in an urbanized environment. The Intemationaal Archives of Photogrammetre, Remote Sensing and Spatial information Sciennces, 40(7), 255-272.
- Zandi, R., Karmi, M., Taheri, J. (2018). Land use changes on the spatial form of thermal islands in Mashhad city, scientific-research journal of physical development planning, 4(4), 95-106.(in Farsi).
- Zandi, R., Salmani Moghadam, M., Roki, Z. (2022). Measuring the spatial autocorrelation of land surface temperature with land use in Isfahan city, Geography and Environmental Planning, 24(1), 61-76 [In Persian]
- Zareian, Javad (1401), Effects of climate change and precipitation in Yazd province based on the combined output of CMIP6 model, Journal of Sciences and Water and Soil, 26(2), 91-105 [In Persian]