



Hakim Sabzevari University



## Revealing the influence of the physical expansion process of Khorram Abad city on changes in surface albedo and boundary layer height

Farzane Ahmadi<sup>1</sup> | Dariush Yarahmadi<sup>2✉</sup> | Hamid Mirhashemi<sup>3</sup>

1. Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran. [farzane.ahmadi7@gmail.com](mailto:farzane.ahmadi7@gmail.com)

2. Corresponding Author, Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran. [yarahmadi.d@lu.ac.ir](mailto:yarahmadi.d@lu.ac.ir)

3. Department of Geography, Faculty of Literature and Humanities, Lorestan University, Khorramabad, Iran. [mirhashemi.h@lu.ac.ir](mailto:mirhashemi.h@lu.ac.ir)

### Article Information

#### Research Paper

**Vol:** 16  
**No:** 59  
**P:** 87-104  
**Received:** 2024-07-23  
**Revised:** 2024-09-04  
**Accepted:** 2024-09-07  
**Published:** 2025-05-01

#### Keywords:

- Boundary layer height
- Surface albedo
- Landsat satellite
- Physical expansion
- Khorramabad city

#### Cite this Article:

Ahmadi, Farzane., Yarahmadi, Dariush & Mirhashemi, Hamid. (2025). Revealing the influence of the physical expansion process of Khorram Abad city on changes in surface albedo and boundary layer height. *Journal of Arid Regions Geographic Studies* 16(59): 87-104. doi: 10.22034/jargs.2024.468022.1122

**Publisher:** Hakim Sabzevari University

© The Author(s)



[10.22034/jargs.2024.468022.1122](https://doi.org/10.22034/jargs.2024.468022.1122)

### Abstract

**Aim:** This research aims to reveal the expansion trend of the built-up up of Khorramabad city and its effects on the boundary layer height and surface albedo in the city.

**Material & Method:** The data related to the 2 main factors as surface Albido (FAL) and boundary layer height (BLH), were also obtained from the ECMWF data of ERAS model for the statistical period of 1990-2020.

**Finding:** The results indicated that the urban area of Khorramabad grew by 829 hectares during the 30-year period, which indicates that this city expanded by 47% during the last 30-year period. The climatic result of this physical expansion in 2 variables of surface albedo and boundary layer height represented that with the expansion of the physical built-up of the city, the amount of albedo has decreased significantly. This decrease in surface albedo has caused a further increase in radiation and an increase in the heat budget of the city, which has increased the height of the boundary layer during the statistical period of 1990-2020.

**Conclusion:** The expansion of Khorramabad's physical built-up has significantly reduced the surface Albido and increased the height of the boundary layer in the city.

**Innovation:** Investigating and revealing the effect of land use changes on the thermal factors of the lower atmosphere of the region (surface albedo, boundary layer height) is the most important innovation of this research. Changes in thermal factors such as albedo and boundary layer height have extensive effects on climatic comfort and environmental quality. Therefore, it is essential to reveal the impact of the physical texture of the city concerning the spatial distribution, green space and urban gardens and parks to adjust the city's thermal conditions.

## **Extended Abstract**

### **1. Introduction**

Urbanization changes natural landscapes to manufactured uses and changes the surface with different physical characteristics. Changes and transformations in surface coverings have an important effect on the local weather conditions, population, and building densities, along with heat production caused by human activities, which constantly change the shape of cities, and the decrease in the visibility of the sky causes an increase in the temperature of the city compared to the surrounding environment. With the majority of the world's population living in cities, it is essential to investigate whether urban areas can be the cause of unprecedented climate change in the last century. Today, one of the most important challenges for societies and institutions is the adaptation of urban areas to atmospheric and climatic changes. The effect of urbanization on atmospheric changes and its boundary layer manifests itself in the form of phenomena called heat islands, which have more heat flux than their surrounding environment. The important feature of heat islands is the increase in air temperature in urban environments compared to the surrounding areas and suburbs. Much evidence shows the mutual relationship between the atmosphere and land cover, the physical feedback of land cover or land use to the amount of radiation received in the form of its reflection in the wavelength or appears in long infrared. Surface albedo is a fraction of the sun's short-wave radiant energy reflected by the Earth's surface in all directions. Albedo is a critical physical parameter in climatic and meteorological studies, hydrological studies, and studies in radiation transfer and calculation of the Earth's radiation reserve. The albedo of the Earth's surface depends on the characteristics and type of land cover, weather conditions, soil moisture level, and vegetation in the area. The main goal of this research is to reveal the process of physical changes in Khorramabad and recover their effects on the two climatic components of boundary layer height and surface albedo in Khorramabad.

### **2. Materials and methods**

In this article, two types of data have been used. The first data set is related to Landsat 5 and 8 satellite images for 4 statistical periods with 10-year time steps of 1990, 2000, 2010, and 2020 for June with the minimum cloudy or cloudless filter. Considering that Khorramabad city is located in the 39th zone of the UTM coordinate system, a Landsat image block with the coordinates of 037 Row and 166 Path for 4 years 1990, 2000, 2010, and 2020 was obtained from the Earth Explorer database for June of this year.

The second group of data was related to the two climatic factors, surface albedo 2 (FAL) and boundary layer height 3 (BLH). These data were also obtained from the comprehensive database of Copernicus from the ECMWF collection, ERA5, with Netcdf format and a spatial resolution of 0.12 arc degrees, separating the two warm (June) and cold (January) seasons of the year for the statistical period 1990-2020. The surface albedo product of ERA5 reanalysis is a dimensionless index showing the surface reflectance level. However, the height of the boundary layer is a calculation index in meters (height above the ground).

This research aims to reveal the effect of the expansion of the physical fabric of Khorramabad city on two climatic/meteorological factors, including the surface albedo and the height of the boundary layer. In this regard, first, a 30-year trend of two climatic/meteorological factors, i.e., surface albedo and height of the boundary layer of the cold and warm periods of the year (January and June were chosen as representative of the cold and warm periods of the year) using two flow analysis tests The non-parametric Sen slope estimator and the Man-Kendal test are performed at a confidence level of 0.95 ( $P\_value=0.05$ ).

### **3. Results and Discussion**

Land cover classes or land use is one of the most important shapers and determinants of the climate near the surface of the earth. The role of land cover in the received radiation budget has a significant impact on determining the temperature of the surface of the earth, soil moisture, phenological phases of a plant and surface biodiversity. One of the most important motives and drivers of climate change are land cover and land use changes, especially urban and residential physical development in natural lands and areas. In this research, it was seen that the analysis of the physical changes in the urban fabric of Khorramabad using Landsat 5 and 8 satellite images during the statistical period 1990-2020 indicated that the urban context of Khorramabad has faced a growth of 829 hectares during this 30-year period, which indicates that the city of Khorramabad has expanded by 47% during this 30-year period. The increasing trend in the growth of the area or urban use in Khorramabad is a model that has been seen in most cities of the country (Heydari et al., 2023, Safarrad et al. 2023). This expansion was generally in lands with thin vegetation and pastures or agricultural lands and gardens. The microclimatic result of this physical expansion of Khorramabad city can be recovered in two climatic variables as surface albedo and boundary layer height. The investigation

and revealing of the relationship between the decadal changes in the urban fabric of Khorramabad by two climatic factors, namely surface albedo and surface temperature, indicate a significant relationship, as observed in similar studies such as Safarzadeh et al., 2019, Heidari et al., 2023. The results of the correlation analysis between the temporal trend of urban changes in Khorramabad and the values of surface albedo of this city during the statistical period of 1990-2020 showed that both in cold and warm years, there has been a significant inverse correlation, at a confidence level of 95% ( $P\_value=0.05$ ), between changes in surface albedo and urban texture changes in Khorramabad. This negative correlation indicates that concurrently with the growth and development of the urban fabric, the albedo or surface reflectance has decreased, and the absorption of radiation by the urban fabric has increased. This pattern of relationship was more pronounced during the cold years. The effect of a reduction in surface albedo can be restored by changing the thermal regime of the city. On the other hand, the relationship between the development process of the physical texture of Khorramabad city and the changes in the height of the border layer in Khorramabad city has been significantly high. This direct correlation indicates that with the physical development of Khorramabad city during the period of 1990-2020, the height of the boundary layer on the surface of Khorramabad city has also increased. This level of correlation between the expansion of the Khorramabad urban texture and the height of the boundary layer has been higher in the cold period of the year. Based on this, it can be said that the expansion of the urban texture of Khorramabad has, on one hand, led to a decrease in surface albedo in the city and, on the other hand, resulted in an increase in the boundary layer height, with this pattern being stronger during the cold years. Thus, based on a futuristic perspective, it can be postulated that with the continuation of the urban texture expansion trend in Khorramabad, its climatic effects may lead to a warmer urban environment. In this regard, attention to green space per capita and appropriate distribution and proportion of green space at the city level to mitigate the city's climatic conditions is very important.

#### 4. Conclusion

The results of the analysis of the urban texture changes in Khorramabad, using Landsat 5 and 8 satellite images during the statistical period of 1990-2020, showed that the urban texture of Khorramabad has experienced a growth of 829 hectares during these 30 years, indicating a 47% expansion of the city. The climatic outcome of this urban expansion in Khorramabad, in terms of two climatic variables, surface albedo and boundary layer height, indicated that with the expansion of the urban texture in Khorramabad, the surface albedo in the city has considerably decreased. The decrease in the amount of surface albedo has caused more radiation absorption and increased the city's thermal budget. The result of this increase in the thermal budget of the city is an increase in the height of the boundary layer during the statistical period of 1990-2020 in the level of Khorramabad city. Based on this, the expansion of the physical texture of Khorramabad during the statistical period of 1990-2020 has notably led to a decrease in the surface albedo and an increase in the height of the boundary layer in the city.

#### 5. Acknowledgement & Funding

- The manuscript did not receive a grant from any organization.

#### 6. Conflict of Interest

- The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.
- The authors declare no conflict of interest.

## آشکار سازی تأثیر روند گسترش کالبدی شهری خرم آباد بر تغییرات میزان آلبدوی سطحی و ارتفاع لایه مرزی

فرزانه احمدی<sup>۱</sup>، داریوش یاراحمدی<sup>۲</sup>✉، حمید میرهاشمی<sup>۳</sup>

۱- گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. farzane.ahmadi7@gmail.com

۲- نویسنده مسئول، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. yarahmadi.d@lu.ac.ir

۳- گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه لرستان، خرم آباد، ایران. mirhashemi.h@lu.ac.ir

### چکیده:

**هدف:** هدف از این تحقیق آشکار سازی روند گسترش بافت کالبدی شهر خرم آباد و اثرات آن بر ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی شهر است. در این راستا در ماه ژوئن ۴ دوره آماری ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۲۰، با اجرای تابع جبرباندی، بافت کالبدی شهر خرم آباد و روند تغییرات آن طی ۳۰ سال بررسی گردید.

**روش و داده:** داده‌های مربوط به سپیدایی سطحی و ارتفاع لایه مرزی از داده‌های بازتحلیل ECMWF مدل ERA5 با قدرت تفکیک ۰/۱۲۵ درجه قوسی، برای دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ اخذ شد. تغییرات دوره‌ای بافت شهری خرم آباد نیز با استفاده از شاخص سنجش از دوری NDBI از تصاویر ماهواره‌های لندست ۵ و ۸ طی دوره ۳۰ ساله استخراج گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد بافت شهر خرم آباد طی دوره ۳۰ ساله رشد ۸۲۹ هکتاری داشته و نشان داد که شهر طی دوره ۳۰ ساله ۴۷ درصد گسترش یافته است. نتیجه اقلیمی این گسترش کالبدی در متغیرهای سپیدایی سطحی و ارتفاع لایه مرزی نشان داد با گسترش بافت کالبدی شهر، میزان سپیدایی به صورت معنی‌داری با شیب سالانه ۰/۰۳۲- درصد در دوره سرد و ۰/۰۰۵- درصد در دوره گرم سال کاهش داشته است؛ اما ارتفاع لایه مرزی شهر خرم آباد، بر خلاف میزان سپیدایی، روند افزایشی با شیب ۷ متر در سال در دوره گرم و ۳ متر در سال در دوره سرد سال بوده است. کاهش میزان سپیدایی سطحی باعث افزایش بیشتر تابش بودجه حرارتی شهر شده و افزایش بودجه حرارتی باعث افزایش ارتفاع لایه مرزی طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ شده است.

**نتیجه‌گیری:** بر مبنای یافته‌های تحقیق می‌توان گفت که گسترش بافت کالبدی شهر خرم آباد طی ۳۰ سال اخیر به صورت معنی‌داری منجر به کاهش سپیدایی سطحی و افزایش ارتفاع لایه مرزی در سطح شهر شده است.

**نواوری، کاربرد نتایج:** بررسی و آشکار سازی تأثیر تغییرات کاربری اراضی بر فاکتورهای حرارتی جو پایین منطقه (سپیدایی سطحی، ارتفاع لایه مرزی) مهم‌ترین نوآوری این تحقیق است. تغییرات فاکتورهای حرارتی مانند سپیدایی و ارتفاع لایه مرزی تأثیرات گسترده‌ای در آسایش اقلیمی و کیفیت محیط زیستی شهر دارند؛ لذا آشکار سازی تأثیر بافت کالبدی شهر در ارتباط با توزیع فضایی، فضای سبز و بوستان‌ها و پارک‌های شهری جهت تعدیل شرایط حرارتی شهر بسیار مهم است.

### اطلاعات مقاله

#### مقاله پژوهشی

شماره:

۱۶

دوره:

۵۹

صفحه:

۸۷-۱۰۴

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۵/۰۲

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۳/۰۶/۱۴

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۶/۱۷

تاریخ انتشار:

۱۴۰۴/۰۲/۱۱

#### کلیدواژه‌ها:

- ارتفاع لایه مرزی
- سپیدایی سطحی
- ماهواره لندست
- گسترش کالبدی
- شهر خرم آباد

#### نحوه ارجاع به این مقاله:

احمدی، فرزانه، یاراحمدی، داریوش، میرهاشمی، حمید. (۱۴۰۴). آشکار سازی تأثیر روند گسترش کالبدی شهری خرم آباد بر تغییرات میزان آلبدوی سطحی و ارتفاع لایه مرزی. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۱۶(۵۹): ۸۷-۱۰۴.

doi: 10.22034/jargs.2024.468022.1122

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری



© نویسنده(گان).

## ۱- مقدمه

نرخ بالای شهرنشینی منجر به مشکلات شدید جمعیتی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی و اقلیمی، کاربری اراضی و تغییرات آب و هوا شده است. رشد سریع شهرنشینی، تغییر پوشش زمین و تغییرات دمای سطح زمین را به دنبال داشته است (Yu et al., 2018). در دهه‌های اخیر گسترش و رشد شهرها که در واقع ناشی از افزایش جمعیت، مهاجرت و رشد شهرنشینی بوده است، از الگوهای شهرها در کل کشور است. آثار این رشد و گسترش شهرها بر ابعاد محیط زیستی از جمله اقلیم، کاربری اراضی تغییر چشم‌اندازها، تغییر در الگو روان‌آب‌ها و منابع آب، بسیار برجسته و حائز اهمیت است (Azizi, 2004; Shamsipour et al., 2014). افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش ساختمان‌ها و فعالیت‌های انسانی شکل ساختمان‌های شهری باعث افزایش درجه حرارت شهرها در مقایسه با محیط اطراف آن‌ها شده است. با توجه به اینکه امروزه اکثر جمعیت جهان شهرنشین شده و نرخ رشد شهرنشینی افزایش یافته است، این سوال پیش می‌آید که آیا شهرها از دلایل تغییر اقلیم در قرون اخیر هستند یا خیر؟ تأثیر شهرنشینی بر روی تغییرات جوی و لایه مرزی، خود را به صورت پدیده‌های به نام جزایر حرارتی ظاهر می‌سازد که شار حرارتی بیشتر نسبت به محیط اطرافشان از خصوصیات آن است. در واقع ویژگی مهم جزایر گرمایی، افزایش دمای هوا در محیط‌های شهری نسبت به فضاهای پیرامونی و حومه است (Oke, 1973). شواهد فراوانی وجود دارد که نشان‌دهنده ارتباط متقابل بین اتمسفر و پوشش اراضی است، بازخوردهای فیزیکی پوشش اراضی یا کاربری اراضی به میزان تابش دریافتی به صورت بازتابش در طول موج بلند (مادون قرمز) ظاهر می‌گردد (Hurt et al., 2011).

سپیدایی سطحی، کسری از انرژی تابشی فرودی موج کوتاه خورشید است که توسط سطح زمین در تمامی جهات بازتاب می‌شود. سپیدایی، پارامتر فیزیکی بسیار مهمی در مطالعات اقلیمی و هواشناسی، هیدرولوژیکی (Twine et al., 2004) و مطالعه در زمینه انتقال تابش و محاسبه ذخیره تابشی زمین محسوب می‌شود (Maurer, 2002). سپیدایی سطح زمین به ویژگی‌ها و نوع پوشش زمین، شرایط جوی، میزان رطوبت خاک و وضعیت پوشش گیاهی منطقه وابسته است (Bonan, 1996). از این رو می‌توان از آن در تعیین پارامترهای جوی (ابر، هواویز، بخار آب و ...) و همچنین در مطالعه تغییرات محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی و طبیعی مانند فعالیت‌های کشاورزی، شهرسازی، تغییر کاربری زمین، جنگل‌زدایی، کویرزایی و تغییر پوشش زمین استفاده نمود (Li et al., 1994). این پارامتر، دارای تغییرات مکانی و فصلی است که وابستگی زیادی به تغییرات درخشندگی خورشید، رشد گیاهان و فعالیت‌های انسانی مثل کاشت، برداشت، سوزاندن مزارع و بریدن جنگل‌ها دارد (Haydari et al., 2022) برای تعیین سپیدایی اجسام روی سطح زمین، در مقیاس وسیع و با در نظر گرفتن توپوگرافی‌های سطح زمین، امکان اندازه‌گیری زمینی مقادیر سپیدایی اجسام وجود نداشته لذا به ناچار از روش‌های سنجش از دور برای این مورد استفاده می‌گردد.

شهر خرم‌آباد یکی از شهرهای مهم استان لرستان است که در طی ۳ دهه اخیر همانند بسیاری از شهرها و کلان‌شهرهای کشور، روند توسعه قابل توجهی را طی کرده است و به تبع آن تغییرات کاربری اراضی قابل توجهی در محدوده آن شکل گرفته است (Consulting Engineers, Technical Assistant, 2008). یکی از مسائل مهم این شهر، افزایش بافت شهری در بخش‌هایی از شهر است که منجر به تغییر کاربری اراضی از پوشش‌های طبیعی از قبیل مرتع، اراضی کشاورزی و اراضی بایر به پهنه مسکونی و بافت شهری است. این تغییر در کاربری شهری در شهر خرم‌آباد، پیامدهای محیطی و اکولوژیکی قابل توجهی در مقیاس خرد اقلیم داشته است. برخی از تظاهرات اقلیمی مانند درجه حرارت بالا و همچنین افزایش دمای سطحی، رشد رخدادهای گرد و غبارهایی که از اراضی بایر و کانون‌های داخل از کشور نشأت گرفته‌اند، رشد امواج گرمایی، روند افزایشی هسته‌های گرم در سطح شهر خرم‌آباد، روند افزایشی روزها و شب‌های گرم در سطح شهر خرم‌آباد همگی از تبعات منفی اقلیمی تغییر در کاربری اراضی هستند. طی دو دهه اخیر، بی‌توجهی به کنترل و هدایت گسترش کالبدی شهر خرم‌آباد موجب شده است که بخش زیادی از اراضی مرغوب کشاورزی اطراف شهر که در واقع بافت پوشش گیاهی فصلی داشتند و به عنوان یک پوشش خنک‌کننده شهر به حساب می‌آمدند، از طریق ساخت‌وسازهای مجاز و غیرمجاز، تبدیل به بافت شهری شوند و کارکرد خرد اقلیم تعدیل‌کنندگی دمای خود را از دست بدهند و حتی به یک کاربری گرم‌زا تبدیل شوند. از سال ۱۳۸۵ تاکنون (۱۴۰۱)، حدود هفت روستا شامل دره گرم سفلی، دره گرم علیا، فلک‌الدین، اسبستان، پشته سپه‌وند، ماسور و حسن‌آباد، که در واقع کارکرد کشاورزی و زراعت و باغداری داشتند (مرکز آمار ایران، ۱۴۰۰). با از دست دادن این کاربری‌ها، در شهر خرم‌آباد ادغام شده و به بافت‌های حاشیه‌ای شهر خرم‌آباد با کارکردهای غیرکشاورزی تبدیل شده‌اند. این تغییرات عمده در وضعیت کاربری اراضی می‌تواند واداشت‌های اقلیمی در مقیاس خرد اقلیم سطح شهر داشته باشد که

شامل تغییر در الگوهای دمایی و حتی بارشی و رطوبتی سطح شهر است. در این راستا مطالعاتی صورت گرفته است که به برخی از آن‌ها پرداخته می‌شود.

حجازی‌زاده و همکاران به مدل‌سازی فضایی زمانی سپیدایی در گستره‌ی ایران پرداختند. نتایج حاصل از تحلیل زمانی در مقیاس فصلی نشان داد که بیشترین مقدار سپیدایی در پهنه ایران در فصل زمستان به مقدار ۰/۲۶ درصد و حداقل مقدار بازتابش در فصل بهار با ۰/۲۳ درصد به ثبت رسیده است (Hejazizadeh et al., 2017).

صفرراد و همکاران نشان دادند که کاربری‌های متفاوت اراضی، در مقدار شار تابش به دلیل تغییر در مقادیر انرژی خروجی تفاوت معنادار دارند، به نحوی که دمای زمین‌های بایر ۶ درجه سانتی‌گراد بیشتر از مناطق مسکونی و ساخته شده است و اراضی ساخته شده ۱/۵ درجه سانتی‌گراد نسبت به فضای سبز گرم‌تر هستند (Safarrad et al., 2019).

کفایت مطلق و همکاران به واکاوی میانگین بلندمدت سپیدایی سرخ فام ایران زمین پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که سپیدایی ایران با میانگین ۲۱ درصد نزدیک به میانگین سیاره‌ای است که این ویژگی گذشته از عرض جغرافیایی به ناهمواری‌ها و شرایط رویه زمین بستگی دارد. همچنین نتایج حاصل از بررسی رابطه سپیدایی با تراز دریا نشان داد که این پیوند یک رابطه خطی است؛ به طوری که ابتدا با افزایش ارتفاع (از سطح زمین تا ۱۰۰۰ متری) سپیدایی کاهش یافته و سپس با افزایش ارتفاع (بالتر از ۱۴۰۰ متری) به سبب کاهش دما و پوشش برفی بر سپیدایی افزوده شده است (Kefayat motlagh et al., 2020).

غفاریان مال‌میری و همکاران به برآورد سپیدایی سطح زمین در کاربری‌های مختلف اراضی در دشت یزد اردکان پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین ضریب سپیدایی در اراضی بایر با ضریب ۰/۳۱ و کمترین آلبیدو در اراضی کشاورزی با میانگین ۰/۲۰ است و به ترتیب از بیشترین تا کمترین ضریب آلبیدو برای کاربری‌های اراضی بایر، مناطق مسکونی، تپه ماسه‌ای مرتع، کوهستان و کشاورزی است. بررسی روند تغییرات آلبیدو در سال‌های مورد مطالعه در هر کاربری نشان داد که آلبیدو روند ثابتی داشته است (Ghafarian malmiri, 2020).

حاجی فتحعلی و همکاران به بررسی رابطه گرمای هوا، میانگین گرمای تابشی و سپیدایی در کاهش جزایر حرارتی شهرها پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که تغییرات در میزان توان تابشی و دمایی محیط می‌تواند تأثیر به‌سزایی در میزان میانگین دمای تابشی محیط و به تبع آن بر آسایش حرارتی فضای باز محیط بگذارد، نتایج حاکی از آن است که با وجود مناسب بودن مصالح سرد با سپیدایی بالا برای کف خیابان‌ها و بام‌ها، اما مصالح دارای سپیدایی بالا در نما به خاطر انعکاس زیادی که در محیط دارند، آسایش حرارتی را پایین‌تر می‌آورند و محیط را گرم‌تر می‌کند و در شهرهایی که دارای جزیره حرارتی هستند، مصالح روشن باعث گرم شدن محیط می‌شوند؛ اما در شهرهایی که هنوز مشکل تشکیل جزایر حرارتی وجود ندارد، استفاده از مصالح روشن با سپیدایی بالا موجب کاهش مصرف انرژی در داخل ساختمان می‌گردد و سبب می‌گردد، سرمایش ساختمان‌ها در تابستان کمتر شده و بالتبع مصرف انرژی کاهش یابد (Haji fatali Et al., 2021).

مرادی و حسنی در پژوهشی دمای سطح زمین و ارتباط آن با کاربری اراضی شهری در منطقه ۱ و ۲۱ شهر تهران پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که بین دمای سطحی و کاربری اراضی در مناطق ۱ و ۲۱ شهر تهران ارتباط وجود دارد و با توجه به فعالیتی که در هر منطقه صورت می‌گرفت، دمای سطحی متفاوت بود. منطقه ۲۱ کارکرد‌هایی مانند صنعتی و کارگاهی، زمین‌های بایر، پوشش گیاهی اندک، نبود آبراهه‌ها در سطح شهر و همچنین استفاده بیش از حد مصالح مصنوعی و رشد درجه حرارت به دلیل فعالیت‌های انسانی زیاد در این منطقه، متوسط دمای سطحی در منطقه ۲۱ بیش از ۵ درجه سانتی‌گراد بیشتر از منطقه ۱ بود (Moradi & Hasani, 2022).

هی برای تخمین سپیدایی سطحی مودیس، به جای این که ابتدا تصحیحات اتمسفری را انجام دهد و سپس تصاویر بازتابندگی و محصول سپیدایی سطحی را مطابق آنچه مرسوم است تولید کند، شرایط اتمسفری و توپوگرافی را همزمان تخمین زد (Hi, 2012).

چایکیو و همکاران با استفاده از مدل آب و هوای منطقه‌ای بودجه تابش در سراسر اروپا را طی ۲ دوره آماری، از ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۷ و دوره دیگر از ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۰ را با یکدیگر ارزیابی و مقایسه کردند. ایشان نتیجه گرفتند که مقدار بودجه تابشی در سری زمانی ۱۹۷۹ تا ۱۹۸۷ افزایشی بوده است ولی در دوره ۱۹۷۹ تا ۲۰۱۰ با روند کاهش روبه‌رو بوده است (Chiacchi, 2015).

ینگ و همکاران مقدار بازتاب موج کوتاه در پهنه یخی قطب شمال را با استفاده از داده‌های سنجنده مودیس برآورد کردند. نتایج این مطالعه نشان داد که، الگوریتم مستقیم بازتاب، بر اساس BRDF-R دارای مقدار ۰/۶۷ و متوسط مربعات خطا برابر با

۰/۰۶۸ درصد است. نتایج همچنین نشان داد الگوریتم مستقیم برآورد بازتاب مبتنی بر BRDF برای نقشه‌برداری موج کوتاه بازتابش از سطح یخ‌های قطب شمال مناسب است (Yuing et al., 2016).

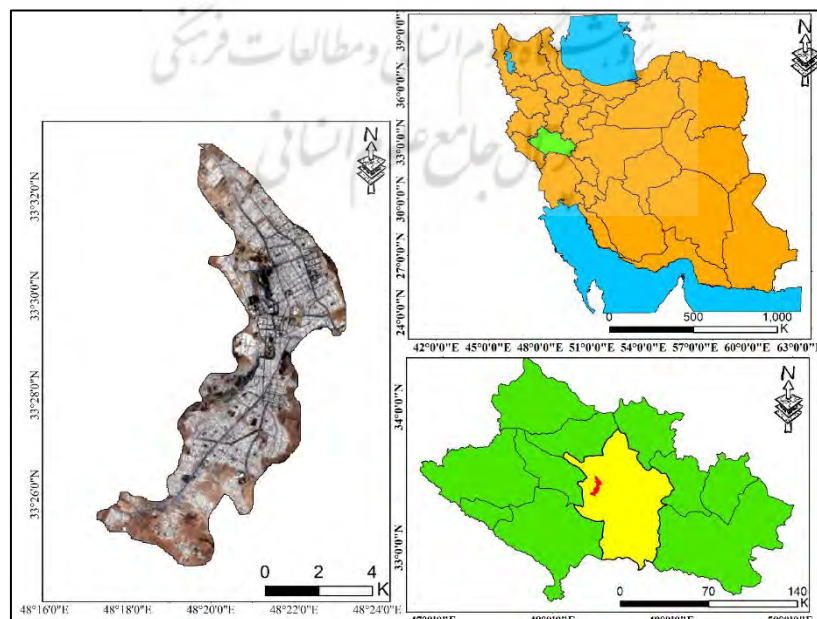
سینگ و همکاران با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای بین سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ به این نتیجه رسیدند که بخش مرکزی شهر لاکونوی، هند مرکزی بالاترین دمای سطح در مقایسه با منطقه حومه آن را دارد، مناطقی با ساختاری نفوذناپذیر متراکم درجه حرارت بالاتر و مناطقی که تحت پوشش گیاهان و آب‌های سطحی قرار دارند، دمای پایین را نشان می‌دهد (Sing et al., 2017). دانکن و همکاران با استفاده از مدل‌ها و روش‌های ریاضی مانند رگرسیون وزن‌دار و واریانس دما به بررسی اثرات پوشش گیاهی بر افزایش دمای سطحی پرداختند و تأثیر پوشش گیاهی بر پهنه‌سازی و خنک‌سازی در مقیاس شهری و محلی را نشان دادند. (Duncan et al., 2019).

نورواندا و همکاران با استفاده از تصاویر Landsat در سال‌های ۱۹۹۷، ۲۰۰۷ و ۲۰۱۷ به بررسی رابطه بین دمای سطح زمین و گسترش شهرها و کاربری پرداختند. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربری زمین بیشترین تأثیر را در میزان دما داشته است و کاربری را برای آینده پیش‌بینی کردند که کمترین دمای سطحی را داشته باشد (Nurwand et al., 2020). همان‌طور که گفته شد با توجه به رشد سریع جمعیت و نیز ادغام بخش‌های روستایی مختلف در شهر خرم‌آباد، در دهه اخیر شهر خرم‌آباد روند رو به رشد قابل توجهی داشته است که بی‌شک واداشتها یا اثرات اقلیمی و خرداقلیمی این گسترش بافت شهری نیازمند توجه و بررسی است. هدف اساسی این تحقیق آشکارسازی روند تغییرات بافت کالبدی شهر خرم‌آباد و بازایی اثرات آن روی دو مؤلفه اقلیمی ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی در سطح شهر خرم‌آباد است.

## ۲- داده و روش

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شهر خرم‌آباد مرکز شهرستان خرم‌آباد است. این شهر از نظر جمعیتی بیست و سومین شهر پرجمعیت در کشور ایران و همچنین شهر خرم‌آباد مرکز استان لرستان است. جمعیت شهر خرم‌آباد بر اساس سرشماری سال ۱۳۹۵ مرکز آمار ایران، ۳۷۳۴۱۶ نفر است. این شهر در ارتفاع ۱۱۴۷/۸ متر از سطح دریا واقع است که در دره‌های کوهستان‌های عظیم زاگرس قرار دارد. فاصله تقریبی شهر خرم‌آباد تا تهران ۴۹۰ کیلومتر است و با توجه به این که شهر خرم‌آباد در مسیر تهران - جنوب قرار دارد اهمیت ارتباطی و راهبردی دارد. همان‌طور که در شکل ۱ دیده می‌شود شهر خرم‌آباد از لحاظ موقعیت ریاضی در محدوده ۳۳ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۳۴ دقیقه عرض شمالی و نیز در محدوده ۴۸ درجه و ۱۷ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۲۴ دقیقه طول شرقی قرار گرفته است.



شکل ۱. منطقه مورد مطالعه - موقعیت شهر خرم‌آباد در شهرستان خرم‌آباد و استان لرستان و ایران

## ۲-۲- روش پژوهش

در این تحقیق از دو دسته از داده‌ها استفاده شده است. دسته اول داده‌ها مربوط به تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸ است که برای ۴ دوره آماری با گام‌های زمانی ۱۰ ساله (سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰)، برای ماه ژوئن با فیلتر کمینه ابرناکی یا فاقد ابر، اخذ گردید. مشخصات تصاویر اخذ شده برای انجام این تحقیق در جدول شماره ۱ آمده است. با توجه به قرارگیری شهر خرم‌آباد در زون ۳۹ شمالی سیستم مختصات UTM، پس این شهر در یک بلوک تصویر لندست با مختصات مسیر Row 037 و Path 166 قرار دارد و در این تحقیق برای ۴ سال ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰، برای ماه ژوئن این سال‌ها از پایگاه تجمیعی سازمان زمین‌شناسی و نقشه‌برداری وابسته به ایالات متحده آمریکا<sup>۱</sup> این تصاویر اخذ گردید.

جدول ۱. تصاویر ماهواره لندست مورد استفاده در این پژوهش

| سال اخذ تصویر | سنجنده   | ماهواره | تاریخ   | قدرت تفکیکی مکانی |
|---------------|----------|---------|---------|-------------------|
| ۱۹۹۰          | TM       | لندست ۵ | ۲۷ ژوئن | ۳۰*۳۰ متر         |
| ۲۰۰۰          | TM       | لندست ۵ | ۲۲ ژوئن | ۳۰*۳۰ متر         |
| ۲۰۱۰          | TM       | لندست ۵ | ۲۶ ژوئن | ۳۰*۳۰ متر         |
| ۲۰۲۰          | OLI/TIRS | لندست ۸ | ۲۷ ژوئن | ۳۰*۳۰ متر         |

## ➤ آشکارسازی تغییرات کالبدی بافت شهری خرم‌آباد

برای آشکارسازی تغییرات کالبدی بافت شهری خرم‌آباد در طی ۴ دوره آماری که در جدول ۱ ارائه شده است، از شاخص تفاضل نرمال شده بافت شهری<sup>۲</sup> (NDBI) استفاده شد. این شاخص مبتنی بر باندهای مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز طول موج کوتاه ۱ (SWIR1) در سنجنده‌های TM و OLI است (رابطه ۱):

رابطه ۱) شاخص تفاضل نرمال شده بافت شهری (NDBI):

$$NDBI = \frac{SWIR1 - NIR}{SWIR1 + NIR}$$

حال با محاسبه شاخص پوشش گیاهی و استخراج این شاخص از آن، مقادیر بافت شهری با خارج کردن فضای سبز و باغات اطراف شهر با دقت بالاتری به دست خواهد آمد. در ادامه از شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی که مبتنی بر باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک سنجنده‌های TM و OLI است، این شاخص محاسبه گردید.

رابطه ۲) شاخص تفاضل نرمال شده پوشش گیاهی (NDVI):

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

با توجه به این‌که در سنجنده TM باند ۳ مربوط به طول موج قرمز (RED)، باند ۴ مربوط به طول موج مادون قرمز نزدیک (NIR) و باند ۵ مربوط به طول موج مادون قرمز طول موج کوتاه ۱ (SWIR1) است و در سنجنده OLI همین طول موج‌ها به ترتیب در باندهای ۴، ۵ و ۶ قرار دارند، لذا در روابط فوق از این باندها استفاده گردید. حال در نهایت شاخص بافت شهری (BU)<sup>۳</sup> به صورت رابطه زیر برای استخراج بافت شهری خرم‌آباد از روی دو سنجنده TM و OLI اعمال گردید (رابطه ۳):

رابطه ۳) شاخص بافت شهری (BU):

$$BU = NDBI - NDVI$$

1. <https://earthexplorer.usgs.gov/>

2. Normalized Difference Built-up Index (NDBI)

3. Built Up

دسته دوم از داده‌ها، مربوط به دو فاکتور اقلیمی سپیدایی سطحی<sup>۱</sup> (FAL) و ارتفاع لایه مرزی<sup>۲</sup> (BLH) بود. این داده‌ها نیز از پایگاه داده‌های جامع کپرنیکس<sup>۳</sup> از مجموعه ECMWF نسخه ERA5، با فرمت Netcdf، و تفکیک مکانی ۰/۱۲۵ درجه قوسی به تفکیک دو فصل گرم (ماه ژوئن) و سرد (ماه ژانویه) سال برای دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ اخذ شد. در جدول ۲ مشخصات این دسته از داده‌ها ارائه شده است. محصول سپیدایی سطحی بازتحلیل ERA5 شاخصی بدون بُعد است که میزان بازتابش سطحی را نشان می‌دهد. اما ارتفاع لایه مرزی، یک شاخص بر حسب متر (ارتفاع از سطح زمین) است که از پایگاه ECMWF اخذ شد.

جدول ۲. داده‌های مورد استفاده در تحقیق

| نام داده           | نام محصول | دوره آماری | دقت فضایی       | منبع                                                                              |
|--------------------|-----------|------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ارتفاع لایه مرزی   | BLH       | ۱۹۹۰-۲۰۲۰  | ۰/۱۲۵ درجه قوسی | <a href="https://atmosphere.copernicus.eu/">https://atmosphere.copernicus.eu/</a> |
| میزان سپیدایی سطحی | FAL       | ۱۹۹۰-۲۰۲۰  | ۰/۱۲۵ درجه قوسی | <a href="https://atmosphere.copernicus.eu/">https://atmosphere.copernicus.eu/</a> |

### ➤ آزمون‌های آشکارسازی روند

در این تحقیق هدف آشکارسازی تأثیر روند گسترش بافت کالبدی شهر خرم‌آباد، روی دو فاکتور اقلیمی / هوا شناختی شامل میزان سپیدایی سطحی و میزان ارتفاع لایه مرزی بوده است. در این راستا روند ۳۰ ساله ۱۹۹۰-۲۰۲۰ از دو فاکتور اقلیمی / هواشناختی یعنی سپیدایی سطحی و ارتفاع لایه مرزی دوره سرد و گرم سال (ماه ژانویه و ماه ژوئن به عنوان نماینده دوره سرد و گرم سال انتخاب شدند) و بافت کالبدی شهر خرم‌آباد با استفاده از دو آزمون تحلیل روند ناپارامتریک تخمین‌گر شیب سنس<sup>۴</sup> و آزمون من-کندال<sup>۵</sup>، در سطح اطمینان ۰/۹۵ (P\_value=0.05) انجام می‌شود.

### الف) تخمین‌گر شیب سنس

برای برآورد شیب واقعی از روش تخمین‌گر شیب Sens یک روش ناپارامتریک برآورد شیب روند است استفاده می‌شود. این روش نیز همانند بسیاری دیگر از روش‌های ناپارامتریک همچون من-کندال بر تحلیل تفاوت بین مشاهدات سری زمانی استوار است. این روش زمانی می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد که روند موجود در سری زمانی یکی روند خطی باشد. این بدین معناست که رابطه ۴ برابر است با:

رابطه ۴) شیب خط مدل تخمین‌گر شیب سنس

$$f(t) = Qt + B$$

که Q شیب خط روند و B مقدار ثابت است. جهت محاسبه شیب خط روند یعنی Q، ابتدا بایستی شیب بین هر جفت داده مشاهداتی، با استفاده از رابطه ۵ محاسبه گردد (Tavousi et al., 2015):  
رابطه ۵) محاسبه پارامتر شیب در مدل تخمین‌گر شیب سنس

$$Q_i = \frac{x_i - x_k}{k - i}$$

که  $k > i$  است. در این معادله  $x_i$  و  $x_k$  به ترتیب داده‌های مشاهداتی در زمان‌های  $i$  و  $k$  است. با اعمال این رابطه، برای هر جفت داده مشاهده‌ای، یک شیب به دست می‌آید. با قرار دادن این شیب‌ها در کنار یکدیگر یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه‌شده حاصل می‌آید.

1. Forecasted Albedo
2. Boundary Layer Height (BLH)
3. <https://atmosphere.copernicus.eu/>
4. Sens Slope Estimator
5. Man-Kendal

**ب) آزمون من-کندال**

این آزمون در سال ۱۹۸۸ به وسیله سازمان جهانی هواشناسی (WMO) پیشنهاد شد و در بررسی معناداری روند سری‌های اقلیمی در موارد مختلف استفاده شد. در این آزمون تحلیل روند نیز محاسبه اختلاف بین تک تک مقادیر سری زمانی مقادیر سپیدایی، ارتفاع لایه مرزی و مساحت بافت شهری خرم‌آباد، با همدیگر و اعمال تابع علامت (sgn) و محاسبه پارامتر S است (Tavousi et al., 2015).

رابطه ۶ محاسبه پارامتر S آزمون علامت

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

که در رابطه فوق n تعداد جملات سری است که ۳۰ ساله است،  $X_{j,k}$  نیز داده زام k ام سری است. تابع علامت یا sgn نیز بر اساس ارتباط بین مقادیر سری، صورت زیر به دست می‌آید که در این رابطه مقادیر عددی سری به مقادیر بین صفر و ۱ و -۱ تبدیل می‌شود.

رابطه ۷ محاسبه تابع علامت

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

در مرحله بعد باید تابع Var(s) یا واریانس پارامتر s محاسبه گردد که از رابطه زیر محاسبه شد.

رابطه ۷ محاسبه تابع Var سری ۳۰ ساله فاکتورهای تحقیق

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{30}$$

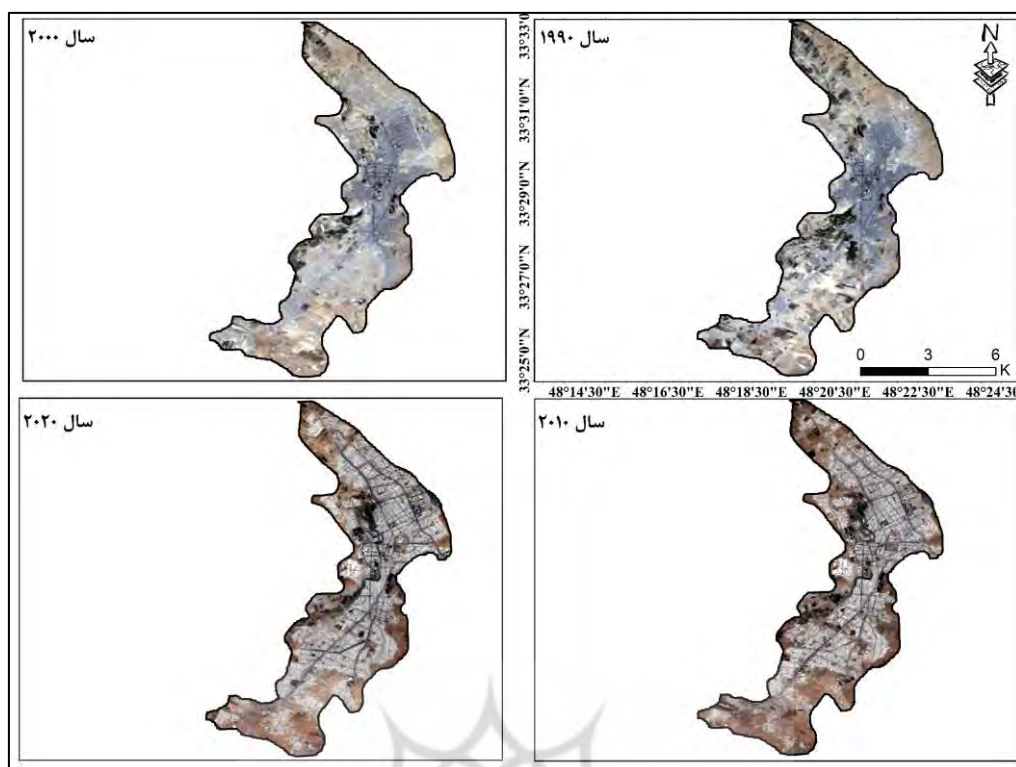
که در رابطه فوق n تعداد داده‌ها، m تعداد سری‌های که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد، t نیز فراوانی داده‌های ارزش یکسان یا تکراری است. در نهایت نمره z آزمون من کندال یا T محاسباتی من کندال به صورت رابطه زیر به دست می‌آید: رابط ۸ محاسبه شاخص z من کندال:

$$Z = \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}}$$

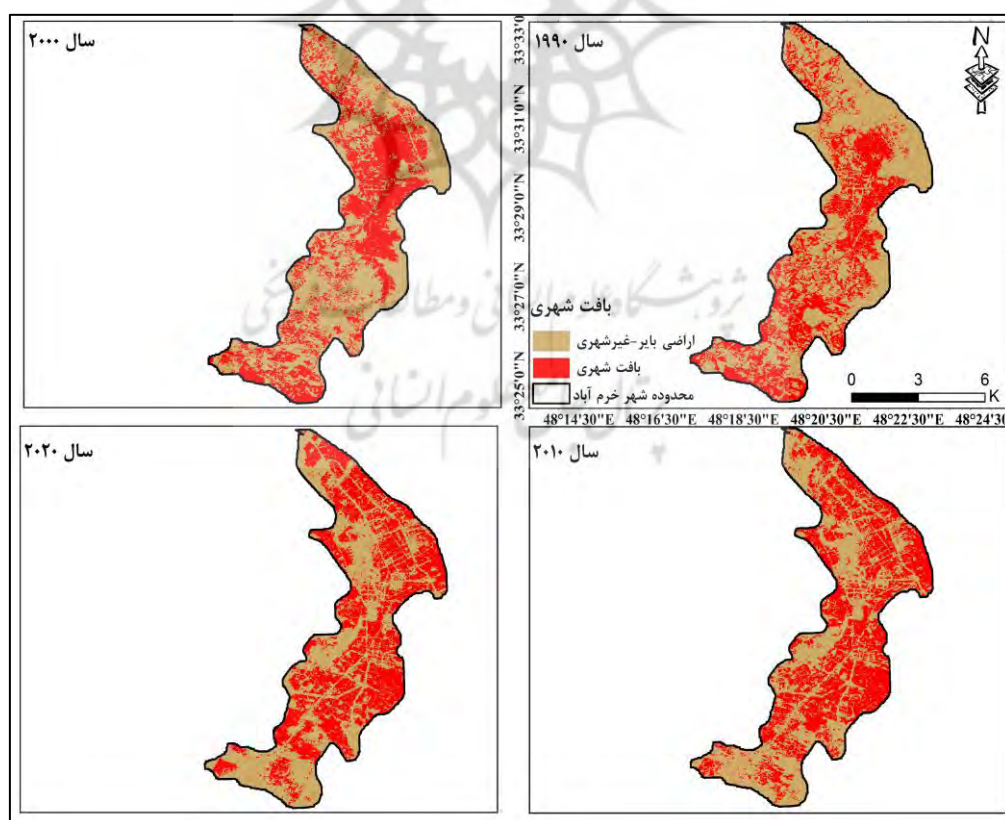
حال اگر آمار z آزمون یا T محاسباتی من کندال خارج از محدوده  $\pm 1/96$  باشد گویای آن است که روند آشکار شده در سری زمانی متغیرهای تحقیق، در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value=0.05$ ) معنی‌دار بوده است و تغییر تصادفی نبوده است (Tavousi et al., 2015).

**۳- یافته‌ها**

تصویر ترکیب مرئی بافت شهر خرم‌آباد به تفکیک ۱۰ ساله طی دوره آماری مورد بررسی ۱۹۹۰-۲۰۲۰ در شکل شماره ۲ آمده است. این تصاویر از باندهای ۱ تا ۳ سنجنده TM لندست ۵ و ۲ تا ۴ سنجنده OLI لندست ۸ به دست آمده است. با توجه به شکل، همانطور که دیده می‌شود این شهر طی دوره ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ روند رو به رشد داشته و گسترش فیزیکی داشته است. همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود، مساحت بافت شهری (Built Up) استخراج شده از دو سنجنده TM لندست ۵ و OLI لندست ۸، در سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ استخراج شده است. نتایج در این بخش نشان داد که در سال ۱۹۹۰، مساحت بافت شهری یا محدوده‌های ساخت‌وساز شده، ۱۷۸۱ هکتار بوده است. این بافت شهری عموماً در بخش‌های مرکزی شهر خرم‌آباد متمرکز بوده است. همانطور که در جدول ۳ دیده می‌شود، در سال ۲۰۰۰ مساحت بافت شهری خرم‌آباد با یک افزایش ۱۹۴ هکتاری روبه‌رو بوده است و مساحت آن به ۱۹۷۵ هکتار رسیده است. در این سال مساحت بافت شهری خرم‌آباد نسبت به سال ۱۹۹۰، ۱۱ درصد افزایش پیدا کرده است که بیشترین افزایش در بافت شهری خرم‌آباد در بخش‌های مرکزی و شمالی شهر دیده شده است.



شکل ۲. تصویر ترکیب مرئی بافت شهر خرم‌آباد در مقیاس دهه‌ای طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ مستخرج از باندهای RGB  
سنجنده‌های TM لندست ۵ و OLI لندست ۸



شکل ۳. بافت شهر خرم‌آباد طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ (تفکیک ده ساله) مستخرج از شاخص استاندارد NDBI سنجنده‌های  
TM لندست ۵ و OLI لندست ۸

در سال ۲۰۱۰، نیز بافت شهری خرم‌آباد، روند افزایشی خود را تداوم داده است و نسبت به سال ۲۰۰۰، با افزایش ۱۷ درصدی مساحت آن به ۲۳۰۸ هکتار رسیده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود دوره ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۰ بالاترین درصد رشد بافت شهر خرم‌آباد مشاهده شد. در این دوره بافت شهر خرم‌آباد ۳۳۲ هکتار رشد کرده است و شاکله اصلی کالبدی شهر خرم‌آباد در این دهه ایجاد شده است. در نهایت در آخرین دوره مورد بررسی یعنی دهه ۲۰۱۰-۲۰۲۰، بافت شهری خرم‌آباد، ۳۰۲ هکتار افزایش یافته است و مساحت کل بافت شهری به ۲۶۱۰ هکتار رسیده است. میزان رشد این دوره یعنی سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۲۰۱۰ برابر ۱۳ درصد بوده است.

جدول ۳. تغییرات مساحت بافت شهری خرم‌آباد استخراج شده از شاخص NDBI اجرا شده روی سنجنده‌های TM و OLI طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰

| مساحت بافت شهری-هکتار | میزان تغییرات-هکتار | درصد تغییرات نسبت به دوره قبل |
|-----------------------|---------------------|-------------------------------|
| ۱۷۸۱                  | -                   | -                             |
| ۱۹۷۵                  | ۱۹۴                 | ۱۱                            |
| ۲۳۰۸                  | ۳۳۲                 | ۱۷                            |
| ۲۶۱۰                  | ۳۰۲                 | ۱۳                            |

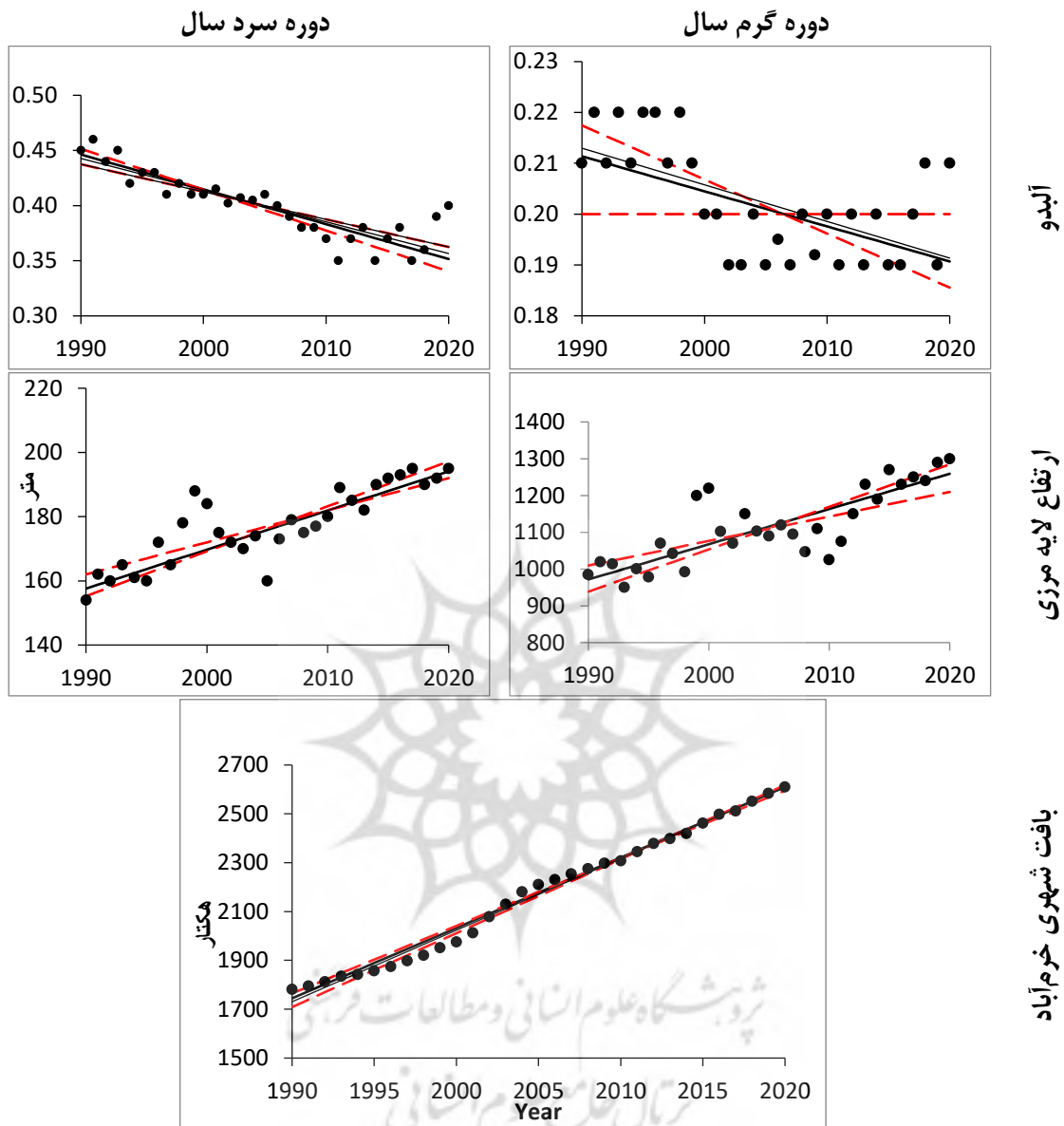
ساختار دو فاکتور هوا/ اقلیم شناختی ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی در سطح شهر خرم‌آباد به صورت جدول ۴ ارائه شده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود، میانگین ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۲۰۲۰) ارتفاع لایه مرزی استخراج شده از داده‌های ERA5 روی محدوده شهر خرم‌آباد، در دوره سرد سال برابر ۱۹۵ متر و در دوره گرم سال به طور متوسط برابر ۱۳۰۰ متر بوده است، در مورد فاکتور سپیدایی سطحی نیز مقادیر استخراجی از روی یاخته پوشش‌دهنده شهر خرم‌آباد برای دوره سرد سال برابر ۰/۴ و برای دوره گرم سال برابر ۰/۲۱ بوده است. مقادیر کمینه و بیشینه دو فاکتور مذکور یعنی سپیدایی سطحی و ارتفاع لایه مرزی نیز در سطح شهر خرم‌آباد طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰ در جدول ۴ ارائه شده است. بالاترین ارتفاع لایه مرزی در دوره گرم سال برابر ۱۳۰۰ متر بود که در سال ۲۰۲۰ مشاهده گردید در حالی که در همین دوره کمترین آن مربوط به سال ۱۹۹۵ بود که ارتفاع لایه مرزی در ژوئن آن سال برابر ۹۷۸ متر بوده است.

جدول ۴. مشخصات آمار توصیفی ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۲۰۲۰) دو فاکتور ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی روی شهر خرم‌آباد، مستخرج از داده‌های پایگاه ECMWF، نسخه ERA5، براساس یاخته پوشش‌دهنده شهر خرم‌آباد

| دوره گرم سال      | دوره سرد سال          |                                      |
|-------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| ۱۳۰۰              | ۱۹۵                   | میانگین ۳۰ ساله ارتفاع لایه مرزی-متر |
| ۰/۲               | ۰/۴                   | میانگین ۳۰ ساله سپیدایی سطحی-درصد    |
| ۱۳۰۰ متر سال ۲۰۲۰ | ۱۹۵ متر سال ۲۰۱۷-۲۰۲۰ | بالاترین ارتفاع لایه مرزی            |
| ۹۷۸ متر سال ۱۹۹۵  | ۱۵۹ متر سال ۱۹۹۵      | کمترین ارتفاع لایه مرزی              |
| ۰/۲۲۵ سال ۱۹۹۸    | ۰/۴۶ سال ۱۹۹۶         | بالاترین میزان سپیدایی سطحی          |
| ۰/۱۸۸ سال ۲۰۱۶    | ۰/۳۵ سال ۲۰۱۴         | کمترین میزان سپیدایی سطحی            |

اما در مورد روند سری زمانی ۳۰ ساله، فاکتورهای ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی به تفکیک دوره گرم و سرد سال نیز مورد بررسی قرار گرفت که نتایج به صورت شکل ۴ ارائه شده است. نتایج حاصل از اجرای آزمون‌های ناپارامتریک تحلیل روند من‌کندال و تخمین‌گر شیب سن نشان داد که به طور کلی سپیدایی سطحی هم در دوره سرد سال و هم در دوره گرم سال، در یاخته پوشش‌دهنده شهر خرم‌آباد، طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰، یک روند کاهشی را طی کرده است که این میزان کاهش در هر دو دوره گرم و سرد سال، معنی‌دار بوده است (جدول ۵). در مورد روند تغییرات ۳۰ ساله ارتفاع لایه مرزی در سطح شهر خرم‌آباد، که از طریق مقادیر ارتفاع لایه مرزی سالانه روی یاخته پوشش‌دهنده شهر خرم‌آباد به دست آمد، مشخص شد، که ارتفاع لایه مرزی هم در دوره گرم سال و هم در دوره سرد سال، روی شهر خرم‌آباد، روند افزایشی داشته است. در دوره گرم سال، شیب روند افزایشی ارتفاع

لایه‌مرزی در سطح شهر خرم‌آباد، ۷ متر در سال و در دوره سرد سال برابر ۲/۱ متر در سال بوده است که این شیب افزایش در سطح اطمینان ۰/۹۵ براساس آزمون نارامتریک من-کندال معنی‌دار بوده است (جدول ۵).



شکل ۴. روند تغییرات ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۲۰۲۰) ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی روی شهر خرم‌آباد، مستخرج از داده‌های پایگاه ECMWF، نسخه ERA5، بر اساس یاخته پوشش‌دهنده شهر خرم‌آباد بر اساس مدل تخمین گر شیب سن

همان‌طور که در جدول ۵ دیده می‌شود، فاکتور سپیدایی سطحی در سطح شهر خرم‌آباد در طی دوره سرد سال با شیب  $-0.0032$  درصد در سال روند کاهشی داشته است. در حالی که شاخص سپیدایی سطحی در سطح شهر خرم‌آباد در همین دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰، با شیب  $-0.0005$  درصد در سال کاسته شده است. بر این اساس در دوره سرد سال، میزان سپیدایی شهر خرم‌آباد با شتاب بیشتری کاسته شده که به معنی آن است که میزان یا درصد جذب تابش خورشیدی در دوره سرد سال با شتاب بیشتری نسبت به دوره گرم سال افزایش یافته است. از طرف دیگر افزایش در میزان جذب تابش خورشیدی به ویژه در دوره سرد سال، به صورت افزایش در ارتفاع لایه مرزی خود را نشان داده است. همان‌طور که در جدول ۵ دیده می‌شود، ارتفاع لایه مرزی در سطح شهر خرم‌آباد طی ۳۰ سال اخیر یعنی ۱۹۹۰-۲۰۲۰، در دوره سرد سال، با شتاب ۳ متر در سال، افزوده شده است در حالی که در دوره گرم سال با شتاب ۷ متر در سال افزوده شده است (توجه به این نکته ضروری است که شیب افزایشی ۳ متر در سال باید در مقیاس ۱۵۰ تا ۲۵۰ متر ارتفاع

لایه مرزی دوره سرد سال در نظر گرفته شود در حالی که شیب افزایشی ۷ متر در سال باید در مقیاس ۹۰۰-۱۵۰۰ متر ارتفاع لایه مرزی دوره گرم سال در نظر گرفته شود). بر این اساس میزان تغییرات دو شاخص مذکور در دوره سرد سال بالاتر و شدیدتر از دوره گرم سال بوده است. روندهای آشکار شده دو شاخص مذکور نیز در سطح شهر خرم‌آباد طی ۳ دهه اخیر، نیز با توجه به این که آماره T محاسباتی خارج از بازه  $\pm 1/96$  آزمون من کندال بوده است، معنی‌دار بوده است.

جدول ۵. روند تغییرات ۳۰ ساله (۱۹۹۰-۲۰۲۰) ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی روی شهر خرم‌آباد، مستخرج از داده‌های پایگاه ECMWF، نسخه ERA5، بر اساس یاخته پوشش‌دهنده شهر خرم‌آباد بر اساس مدل تخمین گر شیب Sen

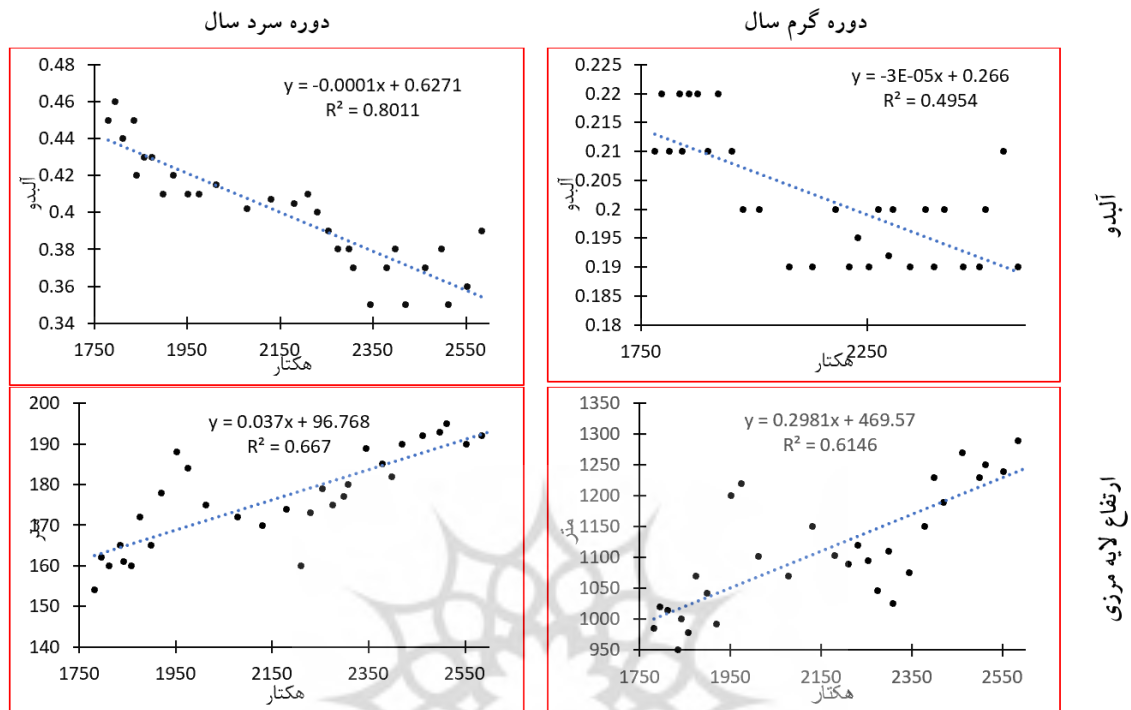
| طبقات پوشش اراضی           | آماره تخمینگر شیب Sen | آماره معنی داری من-کندال T-محاسباتی | T بحرانی من کندال | Sig  |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|------|
| سپیدایی دوره گرم           | -۰.۰۰۰۵               | -۲.۲                                | $\pm 1/96$        | ۰/۰۰ |
| سپیدایی دوره سرد           | -۰.۰۰۳۲               | -۵                                  | $\pm 1/96$        | ۰/۰۰ |
| ارتفاع لایه مرزی- دوره گرم | ۷                     | ۲.۷                                 | $\pm 1/96$        | ۰/۰۰ |
| ارتفاع لایه مرزی دوره سرد  | ۳                     | ۳.۲                                 | $\pm 1/96$        | ۰/۰۰ |

برای آشکارسازی ارتباط بین روند تغییرات ۳۰ ساله بافت شهری خرم‌آباد و دو فاکتور اقلیمی/ هواشناختی ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی در سطح شهر خرم‌آباد، از ماتریس همبستگی سری زمانی در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ ) استفاده شد که نتایج آن به صورت جدول ۶ ارائه شده است. نتایج این همبستگی سری زمانی بین روند تغییرات کالبدی شهر خرم‌آباد و مقادیر سپیدایی سطحی این شهر، طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰، نشان داد که هم در دوره سرد و هم در دوره گرم سال، یک همبستگی معکوس که در سطح اطمینان ۰/۹۵ ( $P\_value = 0.05$ ) معنی‌دار است، بین تغییرات سپیدایی سطحی و تغییرات بافت شهری خرم‌آباد، برقرار بوده است. ضریب همبستگی بین سپیدایی سطحی دوره گرم سال و روند تغییرات بافت شهری، برابر ۰/۶۲- و در دوره سرد سال برابر ۰/۸۵- بوده است. این همبستگی منفی بیانگر آن است که همزمان با رشد و توسعه بافت شهری، میزان آلوده یا بازتاب سطحی کاهش داشته است و میزان جذب تابش توسط بافت شهری افزایش داشته است. این الگوی ارتباط در دوره سرد سال، بارزتر بوده و این ارتباط معکوس بیانگر آن است که همزمان با توسعه کالبدی شهر خرم‌آباد و گسترش بافت شهری، میزان بازتابش یا سپیدایی سطحی به ویژه در دوره سرد سال کمتر شده است که این اثر را می‌توان در تغییر رژیم حرارتی شهر، بازایی نمود. از طرف دیگر، ارتباط بین روند توسعه بافت کالبدی شهر خرم‌آباد با تغییرات ارتفاع لایه مرزی در سطح شهر خرم‌آباد، به صورت معنی‌داری بالا بوده است. در دوره سرد سال همبستگی بین روند تغییرات بافت کالبدی شهر خرم‌آباد و روند تغییرات ارتفاع لایه مرزی برابر ۰/۸۱ و در دوره گرم سال برابر ۰/۷۸ بوده است. این همبستگی مستقیم، بیانگر آن است که با توسعه کالبدی شهر خرم‌آباد طی دوره ۱۹۹۰-۲۰۲۰، ارتفاع لایه مرزی روی سطح شهر خرم‌آباد نیز افزایش داشته است. این میزان همبستگی بین روند گسترش بافت شهری خرم‌آباد و ارتفاع لایه مرزی در دوره سرد سال، بالاتر بوده است. بر این اساس می‌توان گفت گسترش کالبدی شهر خرم‌آباد، از یک طرف موجب کاهش سپیدایی سطحی در شهر خرم‌آباد و از طرف دیگر منجر به افزایش در ارتفاع لایه مرزی شده است که این الگو، در دوره سرد سال قوی‌تر بوده است.

جدول ۶. ماتریس همبستگی بین سری زمانی ۳۰ ساله روند تغییرات بافت کالبدی شهر خرم‌آباد و دو فاکتور سپیدایی سطحی و ارتفاع لایه مرزی، استخراج شده از یاخته پوشش‌دهنده شهر خرم‌آباد

| ارتفاع لایه مرزی              | ضریب همبستگی | Sig  |
|-------------------------------|--------------|------|
| ارتفاع لایه مرزی دوره سرد سال | ۰/۸۱         | ۰/۰۰ |
| ارتفاع لایه مرزی دوره گرم سال | ۰/۷۸         | ۰/۰۰ |
| سپیدایی سطحی دوره سرد سال     | -۰/۸۵        | ۰/۰۰ |
| سپیدایی سطحی دوره گرم سال     | -۰/۶۲        | ۰/۰۰ |

پراکنش نگارهای ارتباط بین روند ۳۰ ساله تغییرات فیزیکی شهر خرم‌آباد و دو فاکتور اقلیمی سپیدایی سطحی و ارتفاع لایه مرزی، در شکل ۵ ارائه شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود، در هر دو دوره گرم و سرد سال با گسترش فیزیکی شهر خرم‌آباد، میزان سپیدایی سطحی کاهش داشته است؛ اما در مورد ارتفاع لایه مرزی، همان‌طور که در پراکنش نگارهای شکل ۵ دیده می‌شود، گسترش فیزیکی شهر خرم‌آباد، افزایش ارتفاع لایه مرزی را به همراه داشته است.



شکل ۵. پراکنش نگار ارتباط بین روند تغییرات ۳۰ ساله بافت شهری خرم‌آباد و دو فاکتور اقلیمی سپیدایی سطحی و ارتفاع لایه مرزی به تفکیک دوره گرم و سرد سال

#### ۴- نتیجه‌گیری

یکی از مهم‌ترین محرک‌ها و پیشران‌های تغییرات اقلیمی، تغییرات پوشش و کاربری اراضی به ویژه توسعه کالبدی شهری و مسکونی در اراضی و عرصه‌های طبیعی است. هدف اساسی این تحقیق آشکارسازی روند تغییرات بافت کالبدی شهر خرم‌آباد و بازیابی اثرات آن دو مؤلفه اقلیمی ارتفاع لایه مرزی و سپیدایی سطحی در سطح شهر خرم‌آباد است. تحلیل روند تغییرات کالبدی بافت شهری خرم‌آباد، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ و ۸ طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰، نشان داد که بافت شهری خرم‌آباد، طی این دوره ۳۰ ساله با یک رشد ۸۲۹ هکتاری روبه‌رو بوده است که بیانگر این است که شهر خرم‌آباد طی این دوره ۳۰ ساله، ۴۷ درصد گسترش یافته است. نتیجه اقلیمی این گسترش کالبدی شهر خرم‌آباد در دو متغیر اقلیمی سپیدایی سطحی و ارتفاع لایه مرزی، نشان داد که با گسترش بافت کالبدی شهر خرم‌آباد، میزان سپیدایی سطحی در سطح شهر خرم‌آباد، به صورت معنی‌داری کاهش یافته است، این کاهش در میزان سپیدایی سطحی، باعث جذب بیشتر تابش و افزایش بودجه حرارتی شهر شده است. نتیجه این افزایش در بودجه حرارتی شهر به صورت افزایش در ارتفاع لایه مرزی طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰، در سطح شهر خرم‌آباد شده است. چنین نتیجه‌ای در کار باراحمدی و همکاران نیز در بررسی اثرات تغییرات کاربری اراضی روی تغییرات ارتفاع لایه مرزی دیده شد که با افزایش بافت کالبدی شهر کرمانشاه، ارتفاع لایه‌مرزی روی این شهر نیز به ویژه در دوره سرد سال افزوده شده بود (Yarahmadi et al., 2018).

بر این اساس گسترش بافت کالبدی شهر خرم‌آباد طی دوره آماری ۱۹۹۰-۲۰۲۰، به صورت معنی‌داری منجر به کاهش سپیدایی سطحی و افزایش ارتفاع لایه‌مرزی در سطح شهر شده است. به طور کلی می‌توان گفت افزایش ارتفاع در لایه مرزی و نیز کاهش در میزان سپیدایی سطحی در سطح بافت کالبدی شهر خرم‌آباد که طی ۳۰ سال اخیر با رشد پیوسته بافت شهری خرم‌آباد به صورت

معنی‌داری همراه شده بود. این یافته تحقیق می‌تواند دلیلی بر این باشد که گسترش بافت شهری در سطح شهر خرم‌آباد توانسته است منجر به ایجاد یک خرد اقلیم گرم‌تر شود که در این خرد اقلیم گرم‌تر در سطح شهر خرم‌آباد، یکی از واداشت‌های آن، افزایش میزان جذب تابش و کاهش سپیدایی و سپس افزایش در ارتفاع لایه مرزی باشد. در تحقیق احمدی و همکاران به وضوح دیده شد که همزمان با افزایش مساحت بافت شهری خرم‌آباد دمای سطح زمین روی این بافت شهری طی ۳ دهه اخیر در ماه ژوئن از ۴۱ درجه به ۴۳/۱ درجه رسیده است که گویای افزایش ۲ درجه سانتی‌گرادی دمای سطح زمین روی بافت کالبدی شهر خرم‌آباد است. بنابراین به طور سلسله مراتبی و تطبیقی می‌توان گفت در تحقیق حاضر دیده شد که اولاً با افزایش در مساحت بافت کالبدی شهر خرم‌آباد (رشد ۴۱ درصدی در طی ۳ دهه اخیر)، میزان سپیدایی در سطح بافت کالبدی شهر، با شیب ۰/۰۰۳۲ درصد در سال در دوره سرد و ۰/۰۰۰۵ درصد در سال در دوره گرم سال کاسته شده که به معنی جذب بیشتر تابش خورشیدی به ویژه در دوره سرد سال در سطح شهر خرم‌آباد است، در گام دوم در تحقیق احمدی و همکاران، یک افزایش دمای ۲ درجه‌ای در دمای سطح زمین بافت شهری خرم‌آباد دیده شد که می‌تواند با افزایش در میزان جذب تابش و کاهش سپیدایی مرتبط باشد و در گام سوم، در همین تحقیق دیده شد که ارتفاع لایه مرزی نیز با شیب ۳ متر در دوره سرد و ۷ متر در دوره گرم افزایش داشته که گویای این است که رشد بافت شهری به صورت گرم‌تر شدن خرد اقلیم از طریق جذب بیشتر تابش خورشیدی خود را نشان داده است.

## ۵- سپاس‌گزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه مقطع دکتری خانم فرزانه احمدی است که با حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه لرستان انجام شده است.

## ۶- فهرست منابع

- احمدی فرزانه، یاراحمدی داریوش، میرهاشمی حمید، (۱۴۰۲). آشکارسازی تأثیر روند گسترش بافت شهری بر تغییرات دمای شهر خرم‌آباد، *پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی*، ۴ (۱۵)، ۳۸-۳۳
- حاجی فتحعلی، مهسا، فیضی، محسن، دهقان، عاطفه. (۱۴۰۰). رابطه گرمای هوا میانگین گرمای تابشی و آلودگی در کاهش جزایر حرارتی در شهرها. *فصلنامه علمی انجمن جغرافیایی ایران*، ۱۹ (۷۱)، ۱۷۳-۱۹۱.
- حجازی‌زاده، زهرا، بزمی، نسرين، رحیمی، علیرضا، طولابی نژاد، میثم، بساک، عاطفه. (۱۳۹۶). مدل‌سازی فضایی زمانی آلودگی در گستره‌ی ایران زمین. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۷ (۴۷)، ۱-۱۷.
- حیدری، حامد، یاراحمدی، داریوش، میرهاشمی، حمید. (۱۴۰۱). آشکارسازی واداشت‌های بازتاب سطحی پوشش اراضی استان لرستان با استفاده از محصولات سنجنده MODIS. *مخاطرات محیطی دانشگاه خوارزمی*، ۹ (۲)، ۱۲۷-۱۴۰.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر، عزیزی، قاسم، کریمی احمدآباد، مصطفی، مقبل، معصومه. (۱۳۹۳). مطالعه الگوی دمای سطوح فیزیکی در شرایط جوی متفاوت. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۴۶ (۱)، ۵۹-۷۶.
- صفر راد، طاهر، منصوری‌نیا، مهران، انتظامی، هیرش. (۱۳۹۸). بیان تابش و کاربری اراضی شهری نمونه موردی: شهر کرمانشاه. *نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی*، ۱۹ (۵۳)، ۲۱۷-۲۳۱.
- طاوسی تقی، رخشانی، زینب، فیروزی فاطمه. (۱۳۹۳). تحلیل روند تغییرات بیشینه و کمینه دمای فصلی و سالانه استان فارس با استفاده از روش‌های ناپارامتری. *نیوار*، ۱۷، ۳۹-۳۰.
- غفاریان مال‌میری، حمیدرضا و عربی علی‌آباد، فهیمه. (۱۳۹۹). برآورد آلودگی سطح زمین در کاربری‌های مختلف اراضی در دشت یزد اردکان. *مطالعات علوم محیط زیست*، ۱ (۵)، ۲۳۹۴-۲۴۰۳.
- کفایت مطلق، امیدرضا، خسروی، محمود، مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۹۹). واکاوی میانگین بلندمدت سپیدایی سرخ فام ایران زمین. *پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی*، ۵۲ (۱)، ۸۵-۹۴.
- مرادی، غلامرضا و حسینی، علیرضا. (۱۴۰۱). استخراج و شناسایی دمای سطحی زمین و تبیین ارتباط آن با کاربری اراضی شهری نمونه موردی: مناطق ۱ و ۲۱ شهر تهران. *آمایش محیط*، ۱۵ (۵۸)، ۸۱-۱۰۲.
- یاراحمدی، داریوش، زراعی چقابلکی، زهرا، و حلیمی، منصور. (۱۳۹۷). آشکارسازی تأثیر کاربری اراضی در تغییرپذیری زمانی مکانی سالانه ارتفاع لایه مرزی (مطالعه موردی شهر کرمانشاه). *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۵ (۳)، ۵۳-۶۶.

## References

- Ahmadi, F., Yarahmadi, D. and mirhashemi, H. (2023). Revealing the impact of Khorramabad urban expansion on urban temperature changes using landsat satellite thermal images. *Climate Change Research*, 4(15), 23-38. doi: 10.30488/ccr.2023.410913.1154. **[In Persian]**
- Bonan, G. B. (1996). *A Land Surface Model (LSM Version 1.0) for Ecological, Hydrological, and Atmospheric Studies: Technical Description and User's Guide* (No. NCAR/TN-417+STR). University Corporation for Atmospheric Research. doi:10.5065/D6DF6P5X.
- Chiacchio, M., Solmon, F., Giorgi, F., Stackhouse, P., & Wild, M. (2015). Evaluation of the radiation budget with a regional climate model over Europe and inspection of dimming and brightening. *J. Geophys. Res. Atmos*, 120, 1951- 1971. <https://doi.org/10.1002/2014JD022497>
- Duncan, J.M.A., Boruff, B., Saunders, A., Sun, Q., Hurley, J., & Amati, M. (2019). Turning down the heat: An enhanced understanding of the relationship between urban vegetation and surface temperature at the city scale., *Science of The Total Environment*, 656, 118-128. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.223>
- Ghafarian malmiri, H., & Arabi aliabad, F. (2020). Estimating of Surface Albedo in different Land use of the Yazd-Ardakan Plain. *Journal of Environmental Science Studies*, 5(1), 2394-2403. [https://www.jess.ir/article\\_105762.html?lang=en](https://www.jess.ir/article_105762.html?lang=en) **[In Persian]**
- Hajifathali, M., faizi, M., & dehaghan, A. (2022). The Relationship between Air Temperature, mean Radiant Temperature and Albedo in the Reduction of Thermal Island in Cities. *Geography*, 19(71), 173-191. [https://mag.iga.ir/article\\_246574.html?lang=en](https://mag.iga.ir/article_246574.html?lang=en). **[In Persian]**
- He, T. (2012). Estimating land surface albedo from satellite data. Doctor of Philosophy dissertation, Faculty of the Graduate School of the University of Maryland, College Park, pp54.
- Heidari, H., yarahmadi, D., mirhashemi, H. (2022). Detection of surface reflection inductions in Lorestan province using MODIS sensor products. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 9 (2) ,127-140. [https://jsaeh.khu.ac.ir/browse.php?a\\_id=3297&sid=1&slc\\_lang=en](https://jsaeh.khu.ac.ir/browse.php?a_id=3297&sid=1&slc_lang=en). **[In Persian]**
- Hejazizadeh, Z., Toulabi Nejad, M., Rahimi, A., bazmi, N., Bosak, A. (2017). Modeling of spatio-temporal of albedo over Iran. *jgs*, 17 (47) ,1-17. <https://jgs.khu.ac.ir/article-1-2874-en.html>. **[In Persian]**
- Hurt, G. C., Chini, L. P., Frolking, S., Betts, R. A., Feddema, J., Fischer, G., Fisk, J. P., Hibbard, K., Houghton, R. A., Janetos, A., Jones, C. D., Kindermann, G., Kinoshita, T., Klein Goldewijk, K., Riahi, K., Shevliakova, E., Smith, S., Stehfest, E., Thomson, A., Thornton, P., Vuuren, D. P., & Wang, Y. P. (2011). Harmonization of land-use scenarios for the period 1500–2100: 600 years of global gridded annual land-use transitions, wood harvest, and resulting secondary lands. *Climatic Change*, 109, 117-161. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-011-0153-2>
- Kefayat Motlagh, O. R., Khosravi, M., Masoodian, S. A., Keykhosravi Kiani, M. S., & Hamidianpour, M. (2020). Analysis of Long-Term Mean of Red Band Albedo in Iran. *Physical Geography Research*, 52(1), 85-94. [https://jphgr.ut.ac.ir/article\\_75681.html](https://jphgr.ut.ac.ir/article_75681.html). **[In Persian]**
- Li, Z., & Garand, L. (1994). Estimation of surface albedo from space: A parameterization for global application, *Geophysical Research*, 66, 8335- 8350 . <https://doi.org/10.1029/94JD00225>
- Maurer, J. (2002). Retrieval of surface albedo from space, Part of a graduate course ("Remote Sensing Field Methods"). NASA/GSFC/LARC/JPL, 4, 4-43. <https://www2.hawaii.edu/~jmaurer/albedo/>
- Moradi, Gholamreza., & Hosni, Alireza. (1401). Extracting and identifying the surface temperature of the earth and explaining its relationship with urban land use, a case study: Districts 1 and 21 of Tehran. *Environmental Research*, 15(58), 81-102. <https://sanad.iau.ir/Journal/ebtp/Article/987078>. **[In Persian]**
- Nurwand, A., & Tsuyoshi, H. (2020). The prediction of city expansion and land surface temperature in Bogor City Indonesia. *Sustainable Cities and Society* 52. doi:10.1016/j.scs.2019.101772.
- Oke, Author TR. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment*, 7(8), 769–779. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Safarrad, T., Mansourinia, M., entezami, H. (2019). Radiation balance and urban land use (case study: Kermanshah city). *jgs*, 19 (53) :217-231. <https://jgs.khu.ac.ir/article-1-3049-en.html>. **[In Persian]**
- Shamsipour, A. A., Azizi, G., Karimi Ahmadabad, M., & Moghbel, M. (2014). Study on Physical Surface Temperature Patterns in Different Weather Conditions. *Physical Geography Research*, 46(1), 59-76. [https://jphgr.ut.ac.ir/article\\_50619.html](https://jphgr.ut.ac.ir/article_50619.html). **[In Persian]**
- Singh, P., Kikon, N., & Verma, P. (2017). Impact of land use change and urbanization on urban heat island in Lucknow city, Central India. A remote sensing based estimate. *Sustainable Cities and Society*, 32, 100-114. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.02.018>
- Tavousi T., Rakhshani Z., Firoozi, F. (2015) Trend Analysis of the Changes in Seasonal and Annual Maximum and Minimum Temperatures in Fars province by the Use of Nonparametric Methods. *NIVAR*, 87, 30-39. [https://nivar.irimo.ir/article\\_13254.html?lang=en](https://nivar.irimo.ir/article_13254.html?lang=en). **[In Persian]**

- Twine, T.E., Kucharik, C.J., & Foley, J.A. (2004). Effects of land cover change on the energy and water balance of the Mississippi River Basin, *Hydrometeorology*, 640- 655. [https://journals.ametsoc.org/view/journals/hydr/5/4/15257541\\_2004\\_005\\_0640\\_eolcco\\_2\\_0\\_co\\_2.xml](https://journals.ametsoc.org/view/journals/hydr/5/4/15257541_2004_005_0640_eolcco_2_0_co_2.xml)
- Yarahmadi, Daryoush, Zeraii choghbalki, Zahra, & HALIMI, MANSOUR. (2018). Revealing the impact of changing land use of the annual spatiotemporal boundary layer height (Kermanshah Case Study). *JOURNAL OF SPATIAL ANALYSIS ENVIRONMENTAL HAZARDS*, 5(3 ), 53-66. <http://jsaeh.khu.ac.ir/article-1-2675-en.html>. **[In Persian]**
- Ying, Qu., Shunlin, L., Qiang, L., Xijia, L., Youbin, F., & Suhong, L. (2016). Estimating Arctic sea-ice shortwave albedo from MODIS data. 2016. *Remote Sensing of Environment*, 186, 32- 46. <https://glass-product.bnu.edu.cn/docs/ABD4.pdf>
- Yu, Z., Guo, X., Zeng, Y., Koga, M., & Vejre, H. (2018). Variations in land surface temperature and cooling efficiency of green space in rapid urbanization: The case of Fuzhou city, China. *Urban forestry & urban greening*, 29, 113-121. <https://researchprofiles.ku.dk/en/publications/variations-in-land-surface-temperature-and-cooling-efficiency-of->

