

Estimation of Tempo-Spatial Changes of Land Surface Temperature Due to Land Cover Changes Using Remote Sensing (Case study: Darab Plain)

Hosein Esmaeili^{1*}, Seyed Hosein Mirmosavi²

1. M.Sc of Climatology, Department of Geography, University of Zanjan

2. Associate Professor of Climatology Department of Geography, University of Zanjan



Esmaeili, H & Mir Mosavi, S.H. (2022). [Estimation of Tempo-Spatial Changes of Land Surface Temperature Due to Land Cover Changes Using Remote Sensing (Case study: Darab Plain)]. *Geography and Development*, 19 (65), 277-300.

doi: <http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.6542>

Received: 28/03/2021
Accepted: 14/10/2021

Keywords:

Normalized temperature, Land use / Land cover (LULC), Landsat images, Proportion of Vegetation (PV), Maximum Likelihood, Land Surface Emissivity (LSE).

ABSTRACT

Surface temperature is one of the important parts of the climate system that changes in land use and land cover cause its change and intensification. This study aimed to investigate the effect of land cover changes on spatio-temporal changes in land surface temperature over 30 years using remote sensing and Landsat satellite images in Darab plain. After the required preprocessing on the images, classification maps of different types of land cover in the study area were prepared and the changes that occurred in each class were investigated. According to the studies, the rangeland class had the highest rate of changes and transformations with 72.14%. In the next step, Land surface temperature (LST) maps were extracted using the normalized index in 5 different classes. Among the temperature classes, the moderate temperature class had the largest area during the study period, which is distributed in almost all areas. Findings indicate that the vegetation areas with an average temperature of 29.82 °C had a lower temperature than other areas without vegetation. In terms of land uses in the study area, the highest surface temperature during 30 years with an average of 38.07 degrees Celsius belongs to the barren land class. Another significant finding of the research is that the average temperature of pastures (32.03) and residential areas (33.37) of the study area during the study period are close to each other.

Copyright©2022, Geography and Development. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

1. Introduction

Land Surface Temperature (LST) is one of the basic parts of climate systems (How Jin Aik et al., 2020: 2) which is influential on regional

and global scales and plays an important role in the processes of energy interaction between the earth's surface and atmosphere. (Yin et al., 2020: 1) So that knowledge of the tempo-spatial distribution of surface temperature for meteorological studies and the process of evapotranspiration is essential (Ahmadi et al., 2018: 48). Satellite data has facilitated climate research in areas that do not have monitoring stations or the density of distribution of stations is low (Masoudian, 2018: 21). Intensification and change in Land surface temperature are the results of changes in land cover and land use (Gohain et al., 2020:1). Increased human activity and

*Corresponding Author:

Hosein Esmaeili

Address: Department of Geography
University of Zanjan

Tel: +98 (9178390265)

E-mail: Hossein.esmaeili@alumni.znu.ac.ir

urban development around the world have led to changes in land cover and vegetation, disrupting the natural balance of natural ecosystems (Alademomi et al., 2020: 88). Satellite imagery and remote sensing can detect changes in the earth's surface using thermal infrared, visible and near-infrared bands, as well as shortwave infrared (Alexander, 2020:2). Therefore, this study aimed to investigate the tempo-spatial changes of land surface temperature and to investigate the relationship and effect of land-use changes and conversions or land cover on land surface temperature changes over 30 years (1990-2020) using Landsat satellite images.

2. Materials and Methods

-Feature of used images

The data used in the present study are Landsat 5 (TM) and Landsat 8 (OLI) satellite images over a period of 30 years (1990-2020) that thermal bands were used to estimate the land surface temperature and their visible bands were used to extract the land use classification maps of the study area. The images were obtained from the US Geological Survey (USGS) website. The required atmospheric and radiometric corrections were made on the relevant images by ENVI.5.3.1 software and the final drawings were drawn in Arc / Gis 10.5 software environment.

-Calculate the land surface temperature

From Equation (1), the surface temperature of the earth is estimate based on the degree Celsius (Sobrino et al., 2004: 436, Gemitzi et al., 2021:5):

$$\text{Equation (1)} \quad LST = \frac{TB}{1 + \left(\frac{\lambda + TB}{\rho}\right) Ln \varepsilon} - 273.15$$

In which Equation (1) TB is the brightness temperature, λ the radius of the thermal band, ρ the constant value of 14380 and ε the Land Surface Emissivity (LSE). Because the process of comparing different temperatures of images with each other is possible, All temperature imaging cells were normalized according to Equation (2), (Haashemi et al., 2016:5):

$$\text{Equation (2)} \quad NLST = \frac{(LST - LST_{min})}{(LST_{max} - LST_{min})}$$

3. Result and Discussion

Investigating land use changes

After performing the image classification process, the changes and transformations that occurred between 1990 (first year) and 2020 (last year) were investigated and revealed. According to the studies, the rangeland class had the highest rate of changes and transformations with 72.14%.

Investigation of spatial distribution of temperature classes

According to the studies and based on Figure (1) among the temperature classes, the temperate temperature class during the period under study has the largest area of the study area, which is almost scattered in most areas.

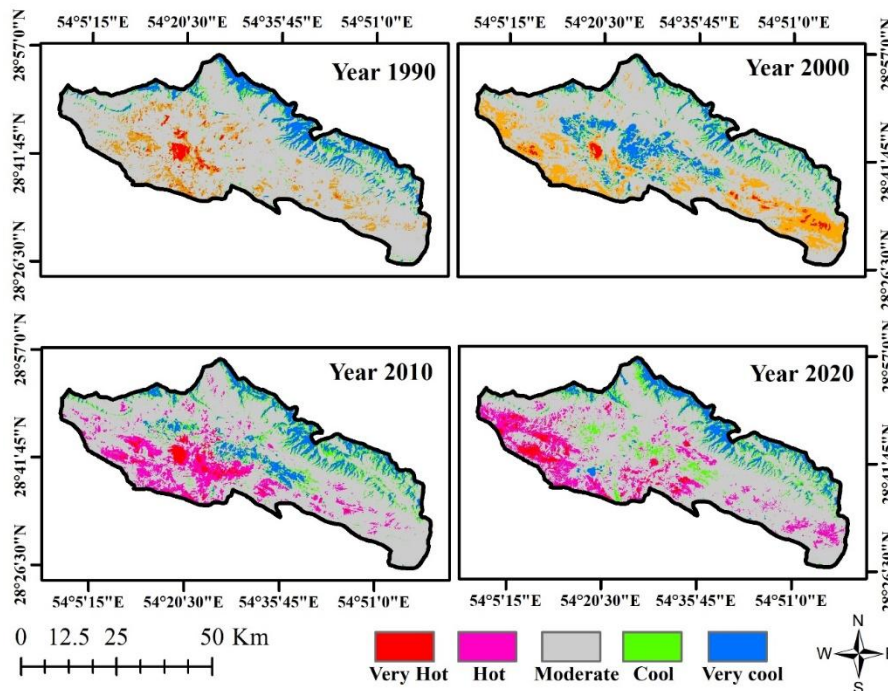


Figure 1: Temperature classes of the study area over a period of 30 years

-Investigation of the relationship between surface temperature and vegetation (NDVI)

According to the results, the highest level of vegetation was in 2020 and the lowest in 2010. On the other hand, in areas with more dense vegetation, the air temperature is lower than in areas without vegetation and bare land. During the study period, the areas that included vegetation (Pastures, Orchards and Agricultural) the average surface temperature was 29.82 degrees Celsius.

-Relationship between land surface temperature and types of land cover

The highest surface temperature during the years under study with an average of 38.07 degrees Celsius is related to the barren land class, So that the temperature of this class in 2000 and 2010 is equal to 41.73 and 40.84 degrees Celsius, respectively, and more than that in 2020 is 30.17 and in 1990 is 39.56 degrees Celsius.

4. Conclusion

The aim of this study was to investigate the effect of land use / land cover changes on tempo-spatial changes in land surface temperature over a period

of 30 years using Landsat satellite imagery. Detection of changes and transformations that occurred during the study period indicates that the rangeland class with 72.14% had the highest rate of changes and transformations. Another finding of the research indicates that according to the maps of tempo-spatial changes in land surface temperature, among the temperature classes, the moderate temperature class had the highest area in all the studied years. Another finding of the study is that according to spatial distribution maps of vegetation status (NDVI), areas with denser vegetation have lower temperatures than areas without vegetation and bare land. This point is in line with similar studies conducted by Lamus et al. (2020) in the metropolis of Barcelona, Entezari et al. (2019) in Fars province, Asghari Saraskanrud and Emami (2019) in Ardabil. According to the findings, in terms of land uses in the region, the highest land surface temperature during the 30-year period with an average of 40.30 degrees Celsius belongs to the barren land class. So that the temperature of this class in 2000 and 2010 is equal to 41.73 and 40.84 degrees Celsius respectively, and more than that in 2020 is 39.07 and in 1990 is 39.56 degrees Celsius.

The result obtained from this section is consistent with the study of Nse et al. (2020), Jamali et al. (2019) as well as Halabian and Soltani (2020). One of the significant findings of the research is that the ground surface temperature of the residential use class in 2020 is lower than other years.

Keywords: Normalized temperature, Land use / Land cover (LULC), Landsat images, Proportion of Vegetation (PV), Maximum Likelihood, Land Surface Emissivity (LSE).

5. References

- Ahmadi, M., Dadashi Roudbari, A., Ahmadi, H. (2018). Analysis of daytime land surface temperature in Iran based on the MODIS sensor output. *Environmental sciences*, 16(1), 47-68. [In Persian]. https://envs.sbu.ac.ir/article_97918.html?lang=en
- Asghari S, Emami H (2019). Monitoring the Earth Surface Temperature and Relationship Land use with Surface temperature using of OLI and TIRS Image. *researches in Geographical Sciences*. 2019; 19 (53): 195-215. [In Persian]. <http://jgs.khu.ac.ir/article-1-3074-fa.html>
- Adulkongkaew, T., Satapanajaru, T., Charoenhirunyingyos, S., & Singhirunnusorn, W (2020). Effect of land cover composition and building configuration on land surface temperature in an urban-sprawl city, case study in Bangkok Metropolitan Area, Thailand. *Heliyon*, 6(8), e04485. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04485>
- Akinyemi, F. O., Ikanyeng, M., & Muro, J (2019). Land cover change effects on land surface temperature trends in an African urbanizing dryland region. *City and Environment Interactions*, 4, 100029. <https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100029>
- Alademomi, A. S., Okolie, C. J., Daramola, O. E., Agboola, R. O., & Salami, T. J. (2020). Assessing the Relationship of LST, NDVI and EVI with Land Cover Changes in the Lagos Lagoon Environment. *Quaestiones Geographicae*, 39(3), 87-109. <https://doi.org/10.2478/quageo-2020-0025>
- Alexander, C (2020). Normalised difference spectral indices and urban land cover as indicators of land surface temperature (LST). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 86, 102013. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102013>
- Allen, R., Tasumi, M., Trezza, R., Waters, R., & Bastiaanssen, W. (2002). *Sebal (surface energy balance algorithms for land). Advance Training and Users Manual—Idaho Implementation, Version, 1*, 97. <http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-479-Waters-et-al-SEBAL.pdf>
- Athick, A. M. A., Shankar, K., & Naqvi, H. R (2019). Data on time series analysis of land surface temperature variation in response to vegetation indices in twelve Wereda of Ethiopia using mono window, split window algorithm and spectral radiance model. *Data in brief*, 27, 104773. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104773>
- Chavez, P. S (1996). Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 62(9), 1025-1035. http://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1996journal/zsep/1996_sep_1025-1036.pdf
- Choudhury, D., Das, K., & Das, A. (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(2), 203-218. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.05.004>
- Das, S., & Angadi, D. P. (2020). Land use-land cover (LULC) transformation and its relation with land surface temperature changes: A case study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100322>
- Darvishi, S., rashidpour, M., soleimani, K. (2019). Analysis of Land Use Role in the Formation of Thermal Islets of Marivan County Using Landsat Satellite Images. *Geography And Development Iranian Journal*, 17(54), 143-162. [In Persian]. <https://dx.doi.org/10.22111/gdij.2019.4361>
- Entezari, A., Zandi, R., Khosravian, M (2019). Evaluation of spatial variations of vegetation and surface temperature using Landsat and midsize images, case study: Fars Province, 1967-2017. *Watershed Engineering and Management*, 11(4), 929-940. [In Persian]. <https://dx.doi.org/10.22092/jjwmse.2018.122914.1528>

- Elmes, A., Rogan, J., Williams, C., Ratick, S., Nowak, D., & Martin, D (2017). Effects of urban tree canopy loss on land surface temperature magnitude and timing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 128, 338-353.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.04.011>
- Gemitzi, A., Dalampakis, P., & Falalakis, G (2021). Detecting geothermal anomalies using Landsat 8 thermal infrared remotely sensed data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 96, 102283.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102283>
- Gohain, K. J., Mohammad, P., & Goswami, A (2020). Assessing the impact of land use land cover changes on land surface temperature over Pune city, India. *Quaternary International*.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.052>
- Guha, S., Govil, H., Gill, N., & Dey, A. (2020). A long-term seasonal analysis on the relationship between LST and NDBI using Landsat data. *Quaternary International*.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.06.041>
- Ghorbannia, V., Mirsanjari, M., Liaghati, H., Armin, M. (2017). Estimating land surface temperature of land use and land cover in Dena county using single window algorithm and landsat 8 satellite data. *Environmental Sciences*, 15(2), 55-74. [In Persian].
https://envs.sbu.ac.ir/article_97845.html?lang=en
- Halabian, A., Soltani, Z. (2020). Analysis of spatial-temporal variation of urban thermal islands and landuse based on an environmental approach in Shiraz. *Urban Structure and Function Studies*, (24),73-97. [In Persian].
[doi: 10.22080/usfs.2020.15874.1736](https://doi.org/10.22080/usfs.2020.15874.1736)
http://shahr.journals.umz.ac.ir/article_2843.html?lang=en
- Hashemi, S., Alavipanah, S., Dinarvandi, M. (2013). LST Assessment Using Thermal Remote Sensing in Urban Environment. *Journal of Environmental Studies*, 39(1), 81-92. [In Persian].
[doi: 10.22059/jes.2013.30392](https://doi.org/10.22059/jes.2013.30392)
https://jes.ut.ac.ir/article_30392.html?lang=en
- Haashemi, S., Weng, Q., Darvishi, A., & Alavipanah, S. K. (2016). Seasonal variations of the surface urban heat island in a semi-arid city. *Remote Sensing*, 8(4), 352. <https://doi.org/10.3390/rs8040352>
- How Jin Aik, D., Ismail, M. H., & Muharam, F. M. (2020). Land Use/Land Cover Changes and the Relationship with Land Surface Temperature Using Landsat and MODIS Imageries in Cameron Highlands, Malaysia. *Land*, 9(10), 372.
<https://doi.org/10.3390/land9100372>
- Jamali Z, ownegh M, salman mahini A R. Investigation the relationship between surface temperature and land use and Normalized Difference Vegetation Index in Gorgan plain. *MJSP*.2019; 23(3):175-194. [In Persian].
- Lemus-Canovas, M., Martin-Vide, J., Moreno-Garcia, M. C., & Lopez-Bustins, J. A. (2020). Estimating Barcelona's metropolitan daytime hot and cold poles using Landsat-8 Land Surface Temperature. *Science of the Total Environment*, 699, 134307.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134307>
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J. (2015). *Remote sensing and image interpretation* (Vol. 763): John Wiley & Sons.
[https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=AFHDCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA91&dq=\)+Remote+sensing+and+image+interpretation+\(Vol.+763\):+John+Wiley+%26+Sons.&ots=0Doqj69Dax&sig=qkGfxiizycILvhhWGd5QkUPPK_0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=AFHDCAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA91&dq=)+Remote+sensing+and+image+interpretation+(Vol.+763):+John+Wiley+%26+Sons.&ots=0Doqj69Dax&sig=qkGfxiizycILvhhWGd5QkUPPK_0#v=onepage&q&f=false)
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., & Moran, E. (2004). Change detection techniques. *International journal of remote sensing*, 25(12), 2365-2401.
<https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>
- Masoodian, S. (2020). An Analysis of Frequency Distribution of LST in Iran. *Geography And Development Iranian Journal*, 18(60), 21-30. [In Persian].
https://gdij.usb.ac.ir/article_5639.html?lang=en
- Neinavaz, E., Skidmore, A. K., & Darvishzadeh, R (2020). Effects of prediction accuracy of the proportion of vegetation cover on land surface emissivity and temperature using the NDVI threshold method. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 85, 101984.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101984>
- Nse, O. U., Okolie, C. J., & Nse, V. O. (2020). Dynamics of land cover, land surface temperature and NDVI in Uyo City, Nigeria. *Scientific African*, 10, e00599.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00599>
<http://hsmmp.modares.ac.ir/article-21-33747-fa.html>
- Nateghi, S., Nohegar, A., Ehsani, A., Bazrafshan, O. (2017). Evaluating the vegetation changes upon vegetation index by using remote sensing, 24(4), 778-790. [In Persian].
<https://dx.doi.org/10.22092/ijrdr.2017.114889>
- Richards, J. A., & Richards, J. (1999). *Remote sensing digital image analysis* (Vol. 3): Springer.
<https://www.springer.com/gp/book/9783540297116>

- Siqi, J., & Yuhong, W. (2020). Effects of land use and land cover pattern on urban temperature variations: A case study in Hong Kong. *Urban Climate*, 34, 100693.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100693>
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- Vanhellemont, Q. (2020). Combined land surface emissivity and temperature estimation from Landsat 8 OLI and TIRS. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 390-402.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.007>
- Yang, C., Yan, F., & Zhang, S. (2020). Comparison of land surface and air temperatures for quantifying summer and winter urban heat island in a snow climate city. *Journal of environmental management*, 265, 110563.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110563>
- Yin, C., Meng, F., & Yu, Q. (2020). Calculation of land surface emissivity and retrieval of land surface temperature based on a spectral mixing model. *Infrared Physics & Technology*, 108, 103333.
<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103333>
- Zareie, S., Khosravi, H., & Nasiri, A. (2016). Derivation of land surface temperature from Landsat Thematic Mapper (TM) sensor data and analyzing relation between land use changes and surface temperature. *Solid Earth Discuss*, 1-15.
<https://se.copernicus.org/preprints/se-2016-22/se-2016-22.pdf>

برآورد تغییرات زمانی - مکانی دمای رویه زمین در اثر تغییرات پوشش زمین با استفاده از سنجش از دور (مطالعه موردی: دشت داراب)

حسین اسمعیلی^{۱*}، دکتر سیدحسین میرموسوی^۲

چکیده

دمای رویه زمین از جمله بخش‌های مهم سیستم آب‌وهوایی محسوب می‌شود که تغییر در کاربری اراضی و پوشش زمین موجب تغییر و تشدید آن می‌شود. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر تغییرات پوشش زمین بر تغییرات مکانی- زمانی دمای رویه زمین طی یک دوره ۳۰ ساله با استفاده از سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای لندست در دشت داراب انجام شد. پس از انجام پیش‌پردازش‌های مورد نیاز بر روی تصاویر، نقشه‌های کلاس‌بندی انواع پوشش زمین محدوده مورد مطالعه تهیه و به بررسی تغییرات روی داده هر کلاس اقدام شد. مطابق با بررسی‌های صورت‌گرفته، کلاس مراتع با ۷۲/۱۴ درصد بیشترین میزان تغییرات و تبدیلات را داشته است. در مرحله بعد نقشه‌های دمای رویه زمین با استفاده از شاخص بهنجارشده در ۵ کلاس مختلف استخراج شد. از میان طبقات دمایی، طبقه دمایی معتدل در طی دوره مورد مطالعه بیشترین مساحت را داشته که تقریباً در اکثر نواحی توزیع شده است. یافته‌های تحقیق حاکی از این است که مناطق متشکل از پوشش گیاهی با میانگین دمای ۲۹/۸۲ درجه سلسیوس دمای پایین‌تری نسبت به سایر نواحی بدون پوشش گیاهی داشته‌اند. به لحاظ کاربری‌های موجود در محدوده مورد مطالعه، بیشترین مقدار دمای رویه زمین در طی دوره ۳۰ ساله با میانگین ۴۰/۳۰ درجه سلسیوس به کلاس زمین‌های بایر اختصاص دارد. یکی دیگر از یافته‌های قابل توجه تحقیق این است که میانگین دمای مراتع (۲۲/۰۲) و مناطق مسکونی (۲۳/۳۷) محدوده مورد مطالعه در طی دوره مورد بررسی به هم نزدیک است، این امر بدین دلیل است که از یک سو محدوده مورد مطالعه به لحاظ صنعتی و کارگاهی رشد چندانی نداشته است و از سوی دیگر زمین‌های زراعی، باغات و مناطق مسکونی در تداخل با هم یا به فاصله اندکی از هم استقرار یافته‌اند و در نتیجه دمای مناطق مسکونی را کاهش داده‌اند.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۵، زمستان ۱۴۰۰
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۲۲
صفحات: ۳۰۰-۲۷۷



واژه‌های کلیدی:

دمای بهنجارشده، کاربری اراضی / پوشش زمین، تصاویر لندست، نسبت پوشش گیاهی، حداکثر درست‌نمایی، گسیل‌مندی سطح زمین.

مقدمه

از نرم‌افزارهای مدرن، می‌توان دمای رویه زمین را از طریق باندهای حرارتی محاسبه کرد (Athick et al, 2019:3). در واقع داده‌های ماهواره‌ای انجام پژوهش‌های آب‌وهوایی را در مناطقی که فاقد ایستگاه دیده‌بانی هستند یا چگالی پراکنش ایستگاه‌ها کم است، آسان کرده است (مسعودیان، ۱۳۹۹: ۲۱) و از سویی داده‌های دمایی ثبت‌شده توسط ایستگاه‌های زمینی تنها دمای یک مکان خاص و نه یک پهنه گسترده را نشان می‌دهند و حتی در پارامترهای مواقع به دلایلی همچون صعب‌العبور بودن منطقه، امکان به‌دست آوردن دمای آن بسیار سخت، هزینه‌بر و غیرممکن است. در این میان کاربری اراضی یا پوشش زمین پارامتر مهم و تأثیرگذار در مقدار دمای رویه

دمای رویه زمین یکی از قسمت‌های اساسی سیستم‌های آب‌وهوایی است (How Jin Aik et al, 2020: 2) که در مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی تأثیرگذار است و نقش مهمی در فرایندهای تعامل انرژی بین سطح و جو زمین ایفا می‌کند (Yin et al, 2020: 1)؛ به طوری که آگاهی از توزیع زمانی- مکانی دمای رویه زمین در جهت بررسی‌های هواشناختی و فرایند تبخیر- تعرق امری ضروری است (حمیدی و همکاران، ۱۳۹۷: ۴۸). در زمان‌های گذشته تجزیه و تحلیل دمای رویه زمین به دلیل دسترس نبودن داده‌های هواشناسی مشکل بود؛ اما امروزه با پیشرفت‌های صورت‌گرفته در سنجش از دور و استفاده

پون^۴ واقع در هند را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که تغییر در میانگین دمای رویه زمین در کلاس‌های مختلف کاربری اراضی روند افزایشی و مثبت را در طول فصل تابستان و روند منفی و کاهش را در فصل زمستان نشان می‌دهد. ال‌دمومی^۵ و همکاران (۲۰۲۰) رابطه بین LST، NDVI و EVI با تغییرات کاربری اراضی در تالاب لاگوس^۶ مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مناطق انسان‌ساخت بیشترین سهم را در افزایش LST دارند. در حالی که پوشش گیاهی اثر خنک‌کنندگی دارند. یانگ^۷ و همکاران (۲۰۲۰) جزایر گرمایی شهری سطحی در شهر چانگچون^۸ چین را با استفاده از LST برآورد شده از تصاویر لندست و داده‌های دمایی اندازه‌گیری شده توسط ۴۱ ایستگاه دماسنجی روی زمین استخراج کردند. اسیک^۹ و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از سنجش‌ازدور رابطه LST و NDVI در وریدس^{۱۰} اتیوپی را مورد مطالعه قرار دادند. یافته‌های آن‌ها بیانگر این است که مقادیر بالاتر LST نشان‌دهنده NDVI کوچک‌تر و برعکس است. سیکی و یوهونگ^{۱۱} (۲۰۲۰) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست به بررسی رابطه بین دمای رویه زمین و تغییرات پوشش زمین در هنگ‌کنگ اقدام کردند و به این نتیجه رسیدند که دمای رویه زمین به‌طور قابل توجهی تحت تأثیر پوشش زمین قرار می‌گیرد.

در مطالعه‌ای دیگر داس و انگدی^{۱۲} (۲۰۲۰) تأثیر تغییرات پوشش زمین بر دمای رویه زمین باراکپور در بنگال غربی هند را بررسی کردند. یافته‌های آن‌ها نشان‌دهنده این است که میانگین دمای رویه زمین در فصل تابستان ۴ درجه سلسیوس و در فصل زمستان ۳

زمین است (قربان‌نیا خیبری، ۱۳۹۶: ۵۶) تشدید و تغییر دمای رویه زمین، نتیجه تغییر در پوشش زمین و کاربری اراضی است (Gohain et al., 2020: 1) که افزایش فعالیت‌های انسانی و تماس بیشتر بشر با طبیعت مهم‌ترین عامل تغییر سریع پوشش سطح زمین است (Alademomi et al., 2020: 88)؛ به طوری که در دوره جدید، شهرنشینی سریع باعث افزایش فرایندهای تغییر و تبدیل زمین و افزایش دمای سطح زمین شده است (Guha et al., 2020: 1)؛ بنابراین افزایش فعالیت‌های انسانی و توسعه شهری در سراسر جهان به تغییر در پوشش زمین و پوشش گیاهی منجر شده و تعادل طبیعی اکوسیستم‌های طبیعی را مختل کرده است (Alademomi et al., 2020: 88) بدین ترتیب تغییر سریع کاربری زمین/پوشش زمین به دلیل افزایش جمعیت و گسترش شهری عمیقاً بر تنوع زیستی و عملکرد اکوسیستم و همچنین آب‌وهوای محلی و منطقه‌ای تأثیر می‌گذارد (Choudhury et al., 2019: 203). تصاویر ماهواره‌ای و سنجش‌ازدور قادر است تغییرات سطح زمین را با استفاده از باندهای مادون قرمز حرارتی، مادون قرمز مرئی و نزدیک و همچنین مادون قرمز موج کوتاه تشخیص دهد (Alexander, 2020: 2). در ادامه به تعدادی از مطالعات انجام شده در زمینه تأثیر تغییرات پوشش زمین بر دمای رویه زمین اشاره می‌شود:

المیس^۱ و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از سنجش‌ازدور به بررسی رابطه بین تغییرات تاج پوشش درختان شهری ماساچوست و دمای سطح رویه زمین پرداختند. مطالعه آن‌ها نشان داد که درختان شهری اندازه و زمان جزایر حرارتی شهری سطحی^۲ را کاهش می‌دهند. گوهاین^۳ و همکاران (۲۰۲۰) تأثیر تغییرات کاربری‌های اراضی زمین بر دمای رویه زمین در شهر

4-Pune
5-Alademomi
6-LAGOS
7-Yang
8-Changchun
9-Athick
10-Weredas
11-Siqi & Yuhong
12-Das & Angadi

1-Elmes
2-Surface Urban Heat Island (SUHI)
3-Gohain

و جلوگیری از افزایش دمای رویه زمین و در نتیجه تعدیل دما در سال‌های آتی فراهم سازد.

مواد و روش‌ها

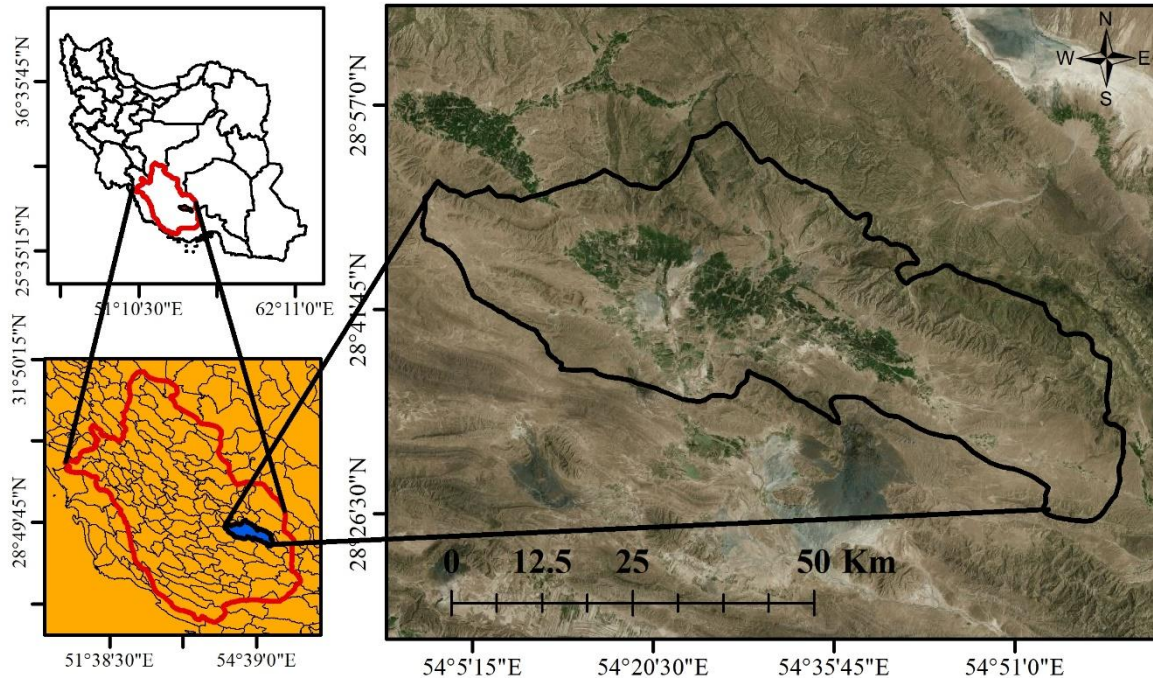
معرفی محدوده مورد مطالعه

دشت داراب در جنوب‌شرق استان فارس و در قسمت شمالی شهرستان داراب است که در محدوده ۵۴ درجه تا ۵۴ درجه و ۵۹ دقیقه و ۳۷ ثانیه طول شرقی و ۲۸ درجه و ۲۷ دقیقه و ۵ ثانیه تا ۲۸ درجه و ۵۶ دقیقه و ۱۳ ثانیه عرض شمالی واقع شده است، (شکل ۱). از نظر ژئومورفولوژی این منطقه جزو زاگرس جنوب شرقی (منطقه فارس) است که در این منطقه، زاگرس به حداکثر پهنای خود رسیده و چهره ظاهری ناهمواری‌ها با سایر بخش‌های زاگرس متفاوت است (علائی‌طالقانی، ۱۳۸۲: ۱۶۰). میانگین ارتفاع این دشت حدود ۱۴۶۴ متر از سطح دریا است و از نظر اقلیمی جزو مناطق با آب‌وهوای گرم و خشک محسوب می‌شود و بیشتر ریزش‌های جوی آن در طی فصل زمستان صورت می‌گیرد. طی بررسی صورت‌گرفته و براساس داده‌های ثبت‌شده توسط ایستگاه سینوپتیک حسن‌آباد موجود در این دشت، میانگین بارش سالانه دشت مذکور طی دوره آماری ۲۰ ساله (۱۳۹۹-۱۳۷۹)، ۲۳۶/۳ میلی‌متر و میانگین دمای هوای ثبت‌شده آن ۲۲/۲ درجه سانتیگراد است. دشت مذکور از لحاظ پوشش گیاهی بسیار غنی و دارای انواع مختلف گیاهان خودرو است و تنها در برخی از قسمت‌ها که از خاک‌های شور تشکیل شده، گیاهان شوری‌پسند مانند گز دیده می‌شود. دشت داراب یکی از دشت‌های بسیار مهم در زمینه تولید محصولات کشاورزی، اعم از زراعی و باغی است و معیشت و اقتصاد افراد ساکن در آن به تولیدات کشاورزی آن وابسته است.

درجه سلسیوس افزایش داشته است. اکینومی^۱ و همکاران (۲۰۱۹) به بررسی تأثیر تغییرات پوشش زمین بر روی دمای رویه زمین شهر گابورون^۲ آفریقای جنوبی در مقایسه زمانی شبانه و روزانه پرداختند. یافته‌های آن‌ها نشان داد که مناطق ساخته‌شده مصنوعی و عاری از پوشش گیاهی نوسانات دمایی بیشتری دارند.

انتظاری و همکاران (۱۳۹۸) تغییرات پوشش گیاهی و دمای رویه زمین استان فارس را با استفاده از سنجش‌ازدور مورد بررسی قرار دادند. کاهش میزان پوشش گیاهی و افزایش دمای رویه زمین یکی از یافته‌های مطالعه آن‌ها است. جمالی و همکاران (۱۳۹۸) در پژوهشی ارتباط دمای رویه زمین با انواع کاربری‌های اراضی دشت گرگان را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که دمای نواحی دچار جنگل‌تراشی شده حدود ۵ درجه سانتیگراد بیشتر از نواحی با جنگل متراکم است. در پژوهشی دیگر که حلبیان و سلطانی (۱۳۹۹) به‌منظور واکاوی تغییرات فضایی-زمانی جزایر حرارتی شهر شیراز انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که اراضی بایر و پیرامون شهر از دمای بالاتری نسبت به سایر کاربری‌ها برخوردار بوده و محدوده‌های دمایی بسیار گرم را تشکیل می‌دهند.

با توجه به مباحث بیان‌شده، این تحقیق با هدف بررسی تغییرات زمانی-مکانی دمای رویه زمین و همچنین بررسی ارتباط و اثر تغییرات و تبدیلات کاربری اراضی یا پوشش سطح زمین بر تغییرات دمای رویه زمین در بازه زمانی ۳۰ ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۰) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست انجام شد تا بدین طریق نقش پوشش زمین بر دمای رویه زمین مشخص و آشکار شود و بدین ترتیب زمینه‌های آگاهی مناسب را برای مدیران و برنامه‌ریزان در جهت فرایند برنامه‌ریزی



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

مشخصات تصاویر استفاده شده

تصاویر سعی شد تا از تصاویر بدون ابر زیاد و در زمان‌هایی که منطقه از نظر پوشش گیاهی در شرایط مطلوبی قرار دارد استفاده شود. تصحیحات اتمسفری و رادیومتریکی مورد نیاز بر روی تصاویر مربوط توسط نرم‌افزار ENVI.5.3.1 صورت گرفت و نقشه‌های نهایی در محیط نرم‌افزار Arc/Gis 10.5 ترسیم شد. بعد از انجام تصحیحات مورد نیاز و پردازش‌های اولیه بر روی تصاویر منتخب، در جهت دستیابی به نتایج مدنظر مراحل بعدی تحقیق طی شد.

داده‌های مورد استفاده در تحقیق حاضر تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵ (TM) و لندست ۸ (OLI) طی دوره ۳۰ ساله (۲۰۲۰-۱۹۹۰) است (جدول ۱) که از باندهای حرارتی آن‌ها (در لندست ۵ باند ۶ و در لندست ۸ باندهای ۱۰ و ۱۱) به منظور برآورد دمای رویه زمین و از باندهای مرئی آن‌ها به منظور استخراج نقشه‌های طبقه‌بندی کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه استفاده شد. تصاویر مورد نظر از تارنمای سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۳ دریافت شد. در انتخاب

1-Thematic Mapper
2-Operational Land Imager
3-United States Geological Survey (USGS)

جدول ۱: مشخصات تصاویر ماهواره‌ای استفاده‌شده در مطالعه

شماره	تاریخ میلادی	تاریخ شمسی	ماهواره	نوع سنجنده	اندازه پیکسل	تعداد باند	شماره فریم (ردیف و گذر)
۱	۱۹۹۰/۰۴/۲۱	۱۳۶۹/۰۲/۰۱	لندست ۵	TM	۳۰ متر	۸	۱۶۱-۴۰
۲	۲۰۰۰/۰۴/۱۶	۱۳۷۹/۰۱/۲۸	لندست ۵	TM	۳۰ متر	۸	۱۶۱-۴۰
۳	۲۰۱۰/۰۴/۲۸	۱۳۸۹/۰۲/۰۸	لندست ۵	TM	۳۰ متر	۸	۱۶۱-۴۰
۴	۲۰۲۰/۰۴/۲۳	۱۳۹۹/۰۲/۰۴	لندست ۸	OLI	۳۰ متر	۱۱	۱۶۱-۴۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰

رابطه (۲):

$$T_B = \frac{K_2}{Ln \left(\frac{K_1}{L\lambda} + 1 \right)}$$

در رابطه (۲)، T_B دمای روشنایی ماهواره بر حسب کلوین، $L\lambda$ تابش طیفی باند حرارتی، K_1 و K_2 ضریب ثابت کالیبراسون هستند که مقدار آن‌ها برای سنجنده‌های مختلف در جدول ۲ بیان شده است که از فایل اطلاعات تصویر استخراج شده‌اند.

جدول ۲: مقادیر K_1 و K_2 در سنجنده‌های مختلف

سنجنده	K_1	K_2
ETM, TM	۶۶۶/۰۹	۱۲۸۲/۷۱
OLI	۷۷۴/۸۸۵۳	۱۳۲۱/۰۷۸۹

مأخذ: Allen et al, 2002: 17, Siqi & Yuhong, 2020: 5

شاخص پوشش گیاهی NDVI

خصوصیات بیوشیمیایی و بیوفیزیکی پوشش‌های گیاهی با درجات متفاوت به‌وسیله داده‌های سنجنش‌ازدور از قسمت‌های مختلف طیف الکترومغناطیس قابل‌بازیابی هستند (Neinavaz et al, 2020: 1) که شاخص نرمال‌شده تفاضل پوشش گیاهی یا NDVI در زمره پرکاربردترین شاخص‌های مربوط است و به‌طور گسترده برای شناسایی شرایط رشد پوشش گیاهی استفاده می‌شود (ناطق‌ی و همکاران، ۱۳۹۶: ۷۸۲) که مطابق با رابطه (۳) با انجام نسبت‌گیری بین باندهای قرمز و مادون‌قرمز نزدیک قابل استخراج است (Siqi & Yuhong, 2020: 5):

رابطه (۳):

مراحل محاسبه دمای سطح زمین

محاسبه رادیانس طیفی (L_λ)

رادیانس طیفی انرژی تابشی در سطوح بالای اتمسفر است که توسط سنجنده ثبت شده است. در جهت محاسبه رادیانس طیفی برای هر باند از تصویر از رابطه (۱) استفاده می‌شود (Zareie et al., 2016: 4):

رابطه (۱):

$$L_\lambda = \left(\frac{LMAX - LMIN}{QCALMAX - QCALMIN} \right) \times (DN - QCALMAX) + LMIN$$

که در رابطه (۱) DN عدد رقومی هر پیکسل، LMAX و LMIN ضریب ثابت کالیبراسیون^۲ سنجنده یا مقدار حداکثر و حداقل رادیانس باند حرارتی سنجنده، QCALMAX و QCALMIN به‌ترتیب بزرگترین و کوچکترین مقدار عددی است که برای باندهای حرارتی سنجنده‌های TM و ETM برابر با ۲۵۵ و ۱ است. همچنین مقدار آن برای باند ۱۰ سنجنده OLI برابر با ۶۵۵۳۵ و ۱ است که در هر فایل^۳ تصویر مقادیر عددی آن‌ها موجود است.

تبدیل تابش طیفی به دمای جسم سیاه

با اعمال رابطه (۲) دمای جسم سیاه درجه کلوین به‌دست می‌آید (Alademomi et al, 2020: 92):

1-Digital Number (DN)
2-Calibration constants
3-Header File

که در روابط فوق ε_{soil} گسیل‌مندی خاک لخت، ε_{veg} گسیل‌مندی پوشش گیاهی، ε_{mix} برای مناطق مخلوط پوشش گیاهی و خاک لخت و P_v نسبت پوشش گیاهی^۴ است که از طریق رابطه (۵) قابل محاسبه است (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۸۵؛ Vanhellemont, 2020: 393):

$$P_v = \left[\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right]^2 \quad \text{رابطه (۵)}$$

که در رابطه (۵) $NDVI_{min}$ و $NDVI_{max}$ به ترتیب حداقل و حداکثر پوشش گیاهی محدوده مورد مطالعه است.

محاسبه دمای سطح زمین

بعد از انجام تصحیح گسیل‌مندی سطحی از رابطه (۶) دمای رویه زمین برحسب درجه سلسیوس برآورد می‌شود (Sobrino et al, 2004: 436; Gemitzi et al, 2021: 5):

$$LST = \frac{TB}{1 + \left(\frac{\lambda + TB}{\rho} \right) Ln \varepsilon} - 273.15 \quad \text{رابطه (۶)}$$

که در آن TB دمای روشنایی، λ رادیانس باند حرارتی و ρ مقدار ثابت ۱۴۳۸۰ و ε گسیل‌مندی سطح زمین است. از آنجایی که محدوده مورد مطالعه از لحاظ کلاس‌های کاربری و پوشش زمین ناهمگون است و همچنین دمای رویه برآوردشده تصاویر برای زمان‌های متفاوتی است، به جهت اینکه فرایند مقایسه دماهای مختلف تصاویر با همدیگر امکان‌پذیر باشد، همه یاخته‌های تصاویر دمایی طبق رابطه (۷) بهنجار شد (Haashemi et al, 2016: 5):

$$NLST = \frac{(LST - LST_{min})}{(LST_{max} - LST_{min})} \quad \text{رابطه (۷)}$$

$$NDVI = \frac{\rho_{\lambda}(NIR) - \rho_{\lambda}(RED)}{\rho_{\lambda}(NIR) + \rho_{\lambda}(RED)}$$

که در رابطه (۳) NIR باند مادون قرمز و RED باند قرمز سنجده و ρ_{λ} بازتابندگی سطحی^۱ یا ضریب انعکاس به صورت نسبت شار طیفی بازتاب یافته به شار طیفی فرودی است که از طریق رابطه (۴) میزان آن برای هر باند قابل محاسبه است (هاشمی و همکاران، ۱۳۹۲: ۸۵؛ Allen et al, 2002: 17; Athick et al, 2019: 3):

$$\rho_{\lambda} = \frac{\pi \cdot L_{\lambda}}{ESUN_{\lambda} \cdot \cos \theta d_R} \quad \text{رابطه (۴)}$$

که در رابطه فوق θ زاویه فرودی (زینتی) خورشید به درجه است و به صورت $\theta = 90 - \beta$ محاسبه می‌شود که β میزان ارتفاع خورشید است که از هدر فایل قابل استخراج است.

تصحیح گسیل‌مندی سطح زمین

نسبت انرژی گرمایی که توسط سطح تابش شده به نسبت انرژی گرمایی که توسط جسم سیاه و در همان دما تابش می‌شود، گسیل‌مندی سطحی^۲ نام دارد. از روش‌های کاربردی برای محاسبه میزان گسیل‌مندی سطحی استفاده از روش آستانه‌گذاری بر روی شاخص NDVI^۳ است که از طریق روابط زیر اعمال می‌شود (Sobrino et al, 2004: 436; How et al, 2020: 8):

$$NDVI < 0.2 \rightarrow \varepsilon_{soil} = 0.97$$

$$NDVI > 0.5 \rightarrow \varepsilon_{veg} = 0.99$$

$$0.2 \leq NDVI \leq 0.5 \rightarrow \varepsilon_{mix}$$

$$\varepsilon_{mix} = \varepsilon_v P_v + \varepsilon_s (1 - P_v) + d_{\varepsilon}$$

1-Reflectivity
2-Land Surface Emissivity (LSE)
3-NDVI Threshold Method

که در رابطه (۷) NLST دمای نرمال شده رویه زمین، LST دمای رویه زمین، LST_{min} و LST_{max} به ترتیب دمای رویه کمینه و بیشینه برای محدوده

مورد مطالعه است. در ادامه دمای بهنجار شده تصاویر با استفاده از جدول ۳ به ۵ کلاس دمایی تقسیم شد.

جدول ۳: نحوه کلاس بندی دمای سطحی بهنجار شده

کلاس های دمایی	دامنه مربوط به هر کلاس دمایی
دمای بسیار خنک	$1/5 \times$ انحراف معیار - دمای میانگین \leq دمای رویه زمین
دمای خنک	دمای میانگین - انحراف معیار $\times 1/5 >$ دمای رویه زمین $>$ دمای میانگین - انحراف معیار
دمای معتدل	انحراف معیار + دمای میانگین \leq دمای رویه زمین $<$ انحراف معیار - دمای میانگین
دمای گرم	انحراف معیار $\times 1/5 +$ دمای میانگین \leq دمای رویه زمین $<$ انحراف معیار + دمای میانگین
دمای بسیار گرم	دمای رویه زمین $<$ دمای میانگین $+ 1/5 \times$ انحراف معیار

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰

استخراج نقشه های کاربری اراضی

پس از برآورد و استخراج نقشه های دمای رویه زمین محدوده مورد مطالعه، در جهت بررسی ارتباط انواع کاربری های اراضی و پوشش زمین و همچنین تغییرات آن ها با دمای سطح زمین، تصاویر با استفاده از روش حداکثر درست نمایی طبقه بندی شد و انواع مختلف کلاس های کاربری و پوشش زمین استخراج شد. روش حداکثر درست نمایی در زمره دقیق ترین و پراستفاده ترین روش نظارت شده است که فرض را بر این امر قرار می دهد که داده های آماری آموزشی برای هر باند از توزیع نرمال برخوردار هستند (درویشی و همکاران، ۱۳۹۸: ۱۴۸).

ارزیابی صحت طبقه بندی

طبقه بندی تا زمانی که دقت آن مورد ارزیابی قرار نگرفته است، تکمیل نیست (Lillesand et al, 2015: 125). معمول ترین عامل های برآورد دقت شامل دقت کلی^۱ و ضریب کاپا^۲ هستند (Lu et al, 2004: 375; Adulkongkaew et al, 2020: 3) که براساس نمونه های مرجع یا واقعیت زمینی و توسط جدول

ماتریس خطا^۳ به دست می آیند. تئوری محاسباتی ضریب کاپا به صورت رابطه (۸) است (Richards & Richards, 1999: 304; Chavez, 1996: 1032; Choudhury et al., 2019: 206)

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^r X_{i+} X_{+i}} \quad \text{رابطه (۸)}$$

در رابطه مذکور N تعداد کل پیکسل های نمونه های مرجع یا واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر iام و X_{+i} مجموع عناصر ستون iام هستند که به صورت زیر قابل محاسبه هستند:

$$N = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c X_{ij}$$

$$X_{+j} = \sum_{i=1}^r X_{ij}$$

$$X_{ij} = \sum_{j=1}^c X_{ij}$$

که در آن I و C تعداد سطر و ستون ماتریس خطا هستند. جدول ۴ نتایج ارزیابی دقت طبقه بندی تصاویر ماهواره ای استفاده شده در این پژوهش را نشان می دهد.

جدول ۴: نتایج ارزیابی دقت طبقه‌بندی تصاویر

سال	دقت کلی (%)	ضریب کاپا (%)
۱۹۹۰	۷۹/۳۸	۸۳/۱۴
۲۰۰۰	۸۴/۵۰	۸۶/۱۲
۲۰۱۰	۸۵/۳۶	۸۶/۲۳
۲۰۲۰	۸۹/۴۹	۹۰/۲۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰

بحث و نتایج

بررسی تغییرات کاربری اراضی

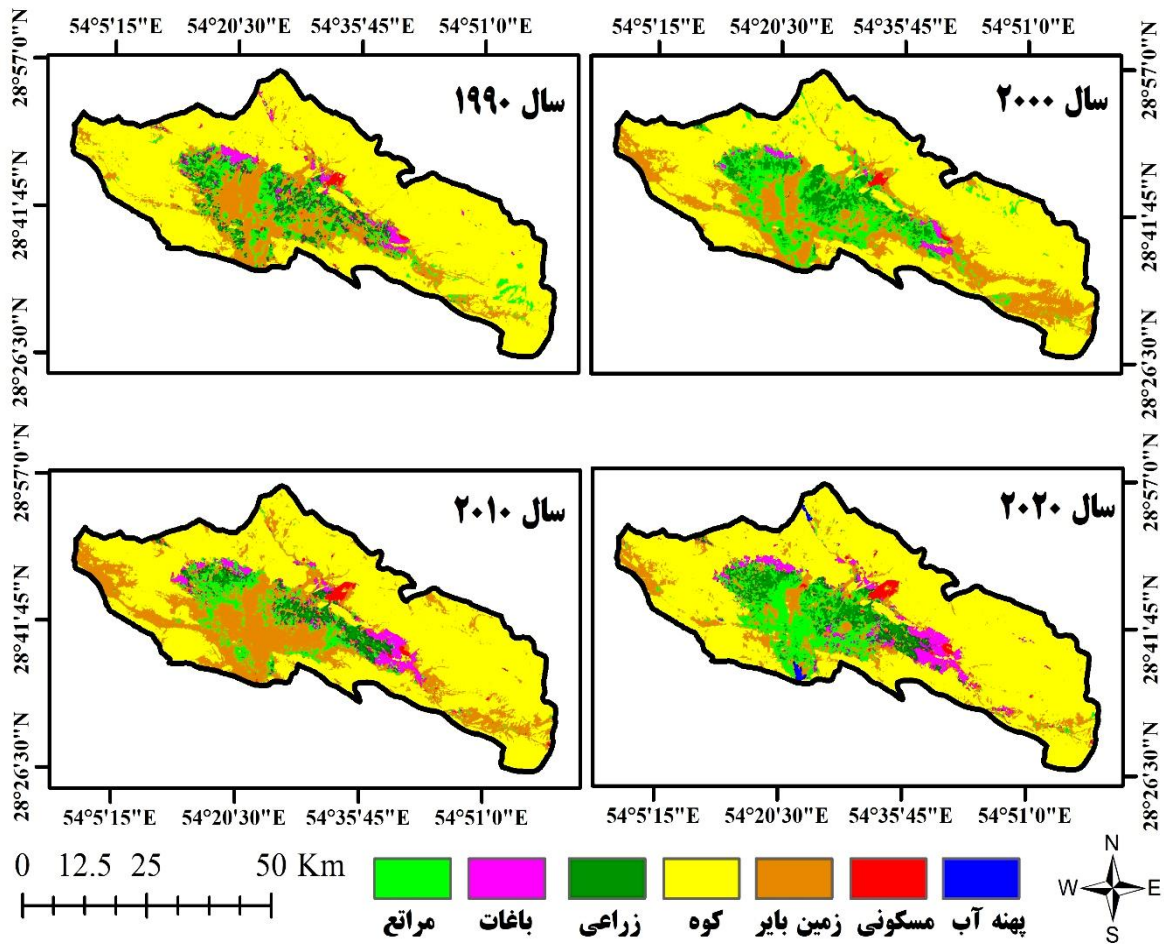
پس از انجام فرایند طبقه‌بندی تصاویر (شکل ۲) و ارزیابی صحت‌سنجی طبقه‌بندی انجام‌شده (جدول ۴)، مساحت هریک از کلاس‌های پوشش زمین در سال‌های مختلف محاسبه شد (جدول ۵). مطابق با نتایج به‌دست‌آمده طی دوره ۳۰ ساله، بیشترین میزان مساحت‌های کلاس‌های کاربری در همه سال‌ها در مرتبه اول به کلاس کوه و در مرتبه دوم به زمین‌های بایر تعلق دارد. همچنین کمترین میزان مساحت کلاس‌های کاربری در همه سال‌های دوره مورد بررسی به کلاس کاربری‌های مسکونی یا انسان‌ساخت مربوط است. در مرحله بعد به بررسی و

آشکارسازی تغییرات و تبدیلات رخ داده بین سال‌های ۱۹۹۰ (سال اول) و ۲۰۲۰ (سال آخر) اقدام شد (جدول ۶). مطابق با بررسی‌های صورت‌گرفته کلاس مراتع با ۷۲/۱۴ درصد بیشترین میزان تغییرات و تبدیلات را داشته است. همچنین این کلاس حدود ۵۲/۴۰ درصد رشد افزایشی داشته و به این ترتیب به میزان مساحت آن افزوده شده است. کمترین میزان تغییرات و تبدیلات به میزان ۷/۵۷ درصد به کلاس کوه مربوط است به طوری که این کلاس از رشد منفی برخوردار شده و ۱/۴۷ درصد از میزان مساحت آن کاسته شده است. قطر اصلی جدول ۶ درصد‌های بدون تغییر و ثابت هریک از کلاس‌های کاربری را نشان می‌دهد.

جدول ۵: مساحت کلاس‌های کاربری اراضی (به کیلومتر مربع) طی سال‌های مورد بررسی

سال	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰
کلاس				
مراتع	۱۴۲/۵۸	۲۲۷/۵۳	۱۲۲/۲۷	۲۰۰/۳۶
باغات	۷۸/۸۸	۲۶/۹۲	۸۴/۷۶	۱۱۲/۷۶
زراعی	۱۰۱/۶۶	۱۲۵/۳۱	۷۸/۶۵	۱۳۷/۴۴
کوه	۱۵۹۵/۶۷	۱۴۰۳/۲۲	۱۴۲۷/۴۷	۱۵۷۹/۹۲
زمین بایر	۴۲۷/۰۴	۵۶۱/۷۵	۶۲۲/۰۶	۲۹۵/۸۵
مسکونی	۶/۳۱	۸/۴۲	۱۷/۹۴	۱۹/۰۸
منابع آب	-	-	-	۷/۷۲

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰



شکل ۲: نقشه‌های طبقه‌بندی کلاس‌های کاربری اراضی / پوشش زمین محدوده مورد مطالعه در طی دوره ۳۰ ساله تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

جدول ۶: درصد تغییرات و تبدیلات صورت گرفته مابین سال‌های ۱۹۹۰-۲۰۲۰

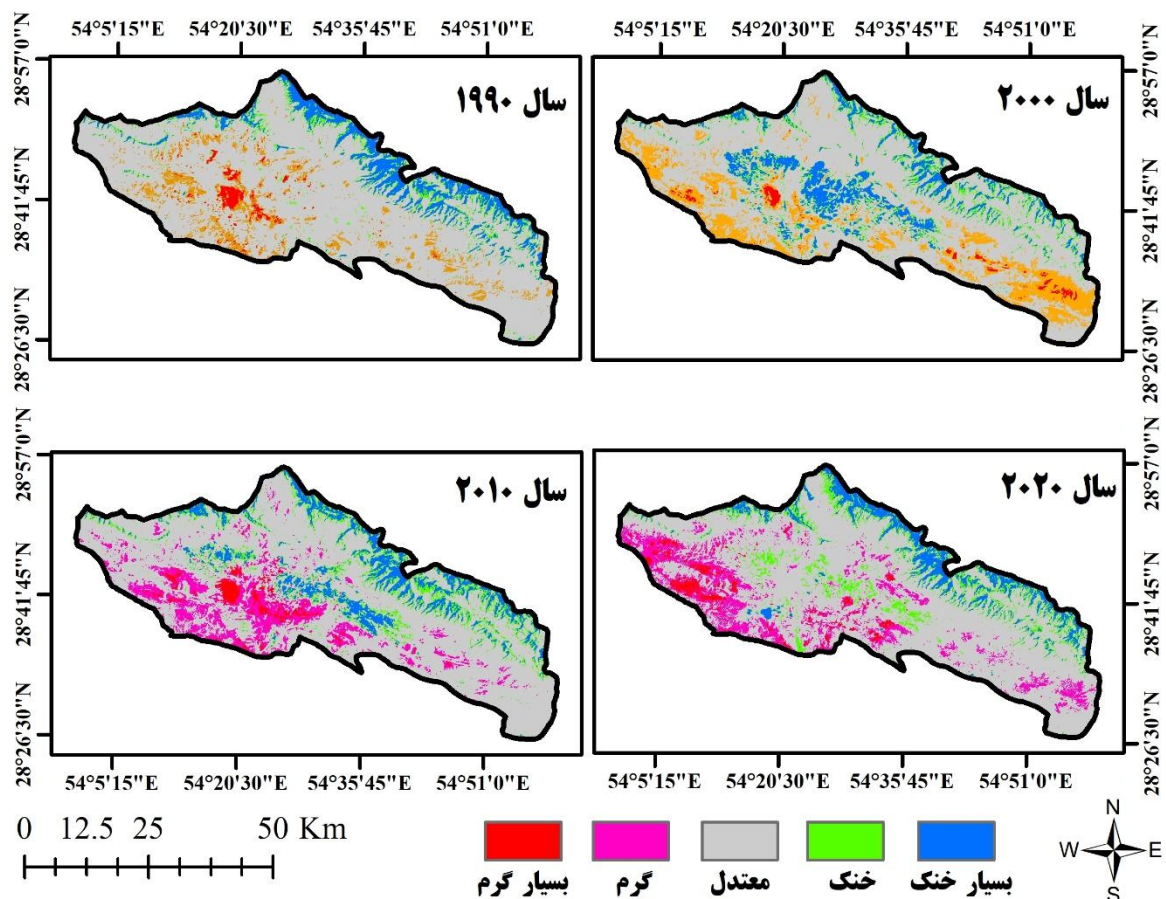
مسکونی	زمین بایر	کوه	زراعی	باغات	مراتع	کلاس کاربری
۳/۸۳	۲۷/۳۷	۰/۴۰	۲۸/۷۹	۲۱/۵۵	۲۸/۶۰	مراتع
۰/۸۶	۸/۳۶	۱/۱۰	۱۰/۱۲	۳۷/۳۵	۱۵/۸۵	باغات
۱/۱۶	۸/۲۷	۰/۰۵	۴۶/۵۶	۲۵/۸۶	۲۶/۰۶	زراعی
۷/۵۵	۱۶/۷۷	۹۲/۴۳	۰/۴۵	۵/۲۲	۱۴/۵۴	کوه
۲۵/۷۴	۳۸/۳۴	۵/۵۳	۱۴/۰۳	۸/۷۵	۱۴/۴۶	زمین بایر
۶۰/۸۲	۰/۸۷	۰/۴۶	۰/۰۵	۱/۲۸	۰/۴۹	مسکونی
۳۹/۱۸	۶۱/۶۶	۷/۵۷	۵۳/۴۴	۶۲/۶۵	۷۲/۱۴	تغییر و تبدیل
۸۵/۱۷	-۳۰/۷۲	-۱/۴۷	۴۰/۷۴	۵۶/۸۷	۴۰/۵۲	تغییر افزایشی کاهشی ±

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰

بررسی توزیع مکانی طبقات دمایی

مطابق با بررسی‌های صورت گرفته و براساس شکل ۳، از میان طبقات دمایی، طبقه دمایی معتدل در طی دوره مورد بررسی بیشترین مساحت محدوده مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است که تقریباً در اکثر نواحی پراکنده شده است. در مرتبه بعد، طبقه دمایی گرم بیشترین حاکمیت را در محدوده مورد مطالعه داشته است که از لحاظ پراکندگی اکثراً نواحی و محدوده‌هایی که از زمین بایر تشکیل شده را احاطه کرده است. طبقه دمایی بسیار گرم در طی

سال‌های مورد بررسی کمترین میزان مساحت را به خود اختصاص داده است که بیشتر در مناطق مرکزی و غربی محدوده مورد مطالعه واقع شده است. همچنین طبقه دمایی خنک و بسیار خنک در طی دوره مورد بررسی بیشتر در قسمت‌های شمالی محدوده مورد مطالعه که مناطقی کوهستانی است، سیطره داشته است. از طرفی این دو طبقه دمایی در سال‌های ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ علاوه بر نواحی کوهستانی در قسمت‌هایی از نواحی همراه با اراضی زراعی و باغات نیز وجود واقع شده‌اند.



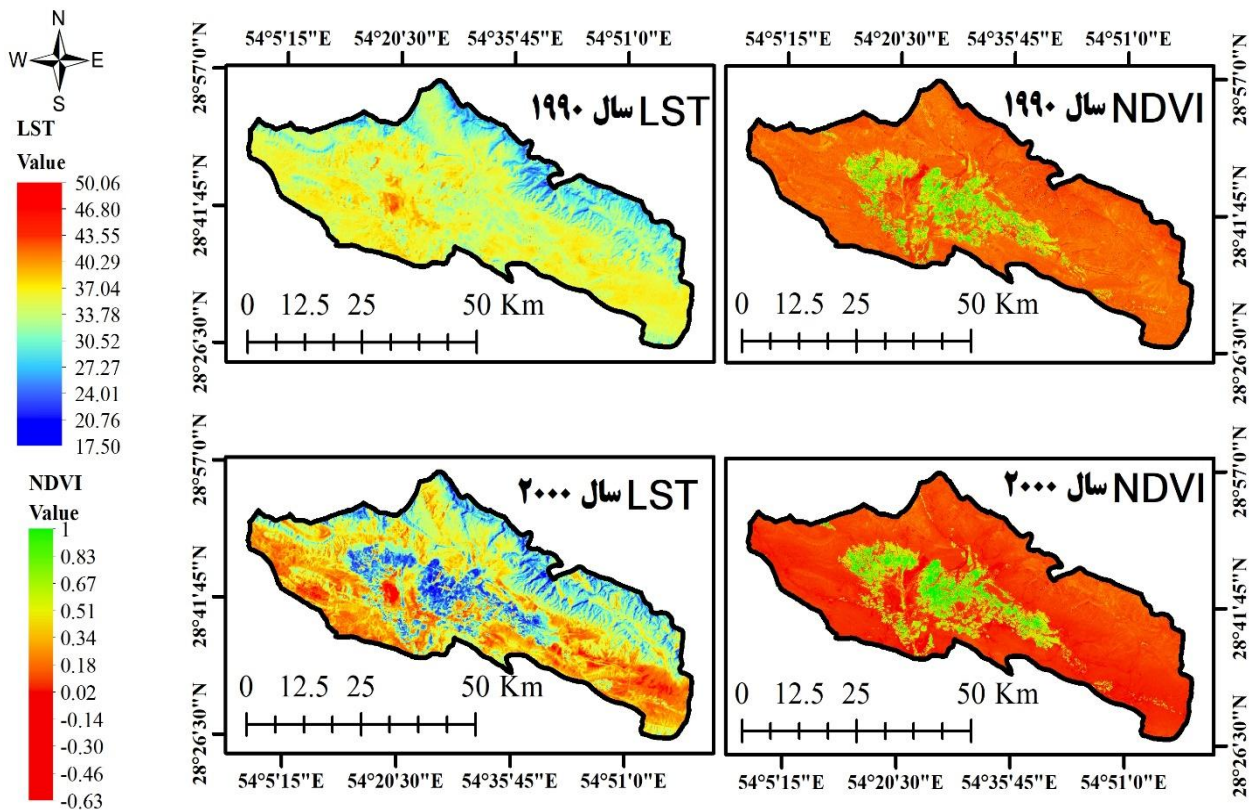
شکل ۳: کلاس‌های دمایی محدوده مورد مطالعه در طی دوره ۳۰ ساله

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

بررسی رابطه دمای رویه زمین با پوشش گیاهی (NDVI)

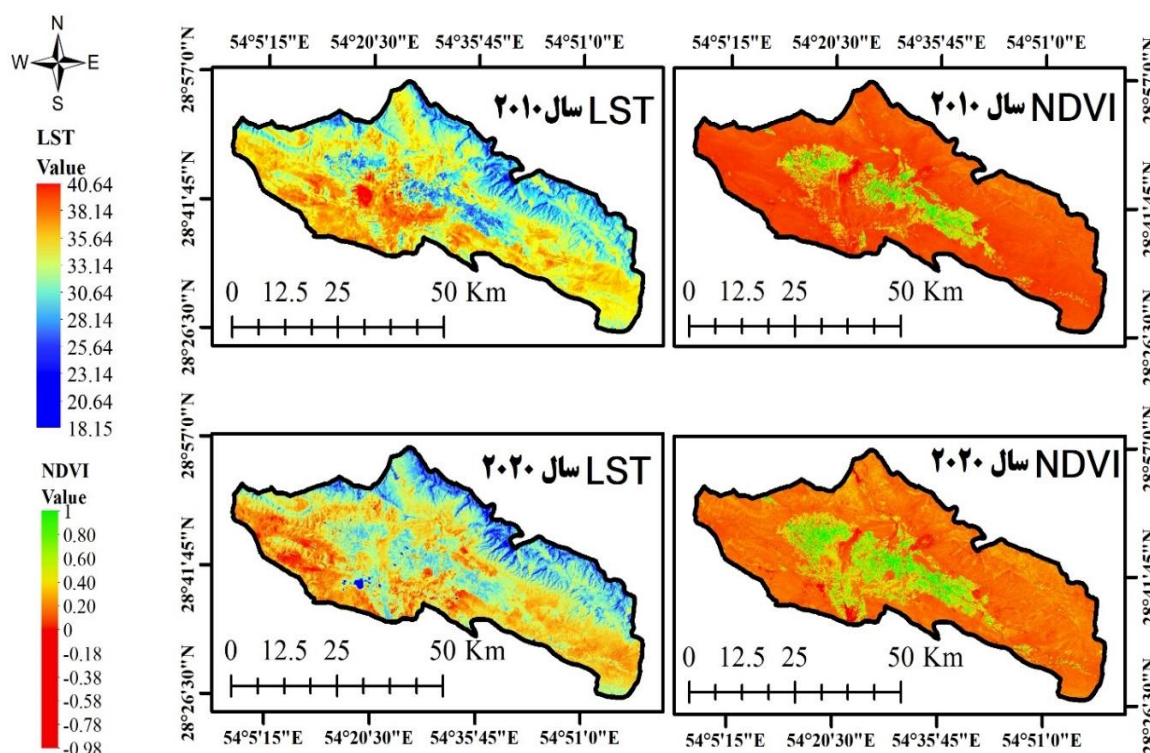
پوشش گیاهی در نتیجه تأثیرگذاری بر فرایندهای اقلیمی از قبیل انتقال انرژی به وسیله دمای هوا، تغییرات رطوبت نسبی، بارش و پوشش ابر از عوامل قابل توجه در تغییرپذیری اقلیم کره زمین به حساب می‌آید (سراسکانرود و امامی، ۱۳۹۸: ۲۰۶). نقشه‌های توزیع مکانی شاخص پوشش گیاهی (NDVI) و دمای رویه زمین محدوده مورد مطالعه در طی سال‌های مورد بررسی در شکل‌های ۵ و ۶ ارائه شده است. مطابق با نتایج به دست آمده، بیشترین سطح پوشش

گیاهی در سال ۲۰۲۰ و کمترین میزان آن در سال ۲۰۱۰ وجود داشته است و از سویی در مناطقی که از پوشش گیاهی انبوه و متراکم‌تری برخوردار بوده، میزان دمای هوا پایین‌تر از مناطق بدون پوشش گیاهی و زمین لخت است. به طوری که در طی دوره مورد بررسی مناطقی که شامل پوشش گیاهی (مراعی، باغات و زراعی) بوده‌اند، میانگین دمای رویه زمین ۲۵/۲۴ درجه سلسیوس بوده است؛ در حالی که میانگین سایر نواحی فاقد پوشش گیاهی ۳۱/۵۱ درجه سلسیوس بوده است.



شکل ۴: نقشه شاخص پوشش گیاهی و دمای رویه زمین برای سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ محدوده مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰



شکل ۵: نقشه شاخص پوشش گیاهی و دمای رویه زمین برای سال‌های ۲۰۱۰ و ۲۰۲۰ محدوده مورد مطالعه

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۴۰۰

و این امر خود از یکسو موجب کاهش سطح زمین‌های بایر شده و از سوی دیگر به دنبال افزایش میزان پوشش گیاهی میزان فرایند تبخیر و تعرق توسط پوشش گیاهی افزایش یافته که این امر به نوبه خود باعث خنک‌نگه‌داشته شدن دمای رویه زمین مناطق اطراف و زمین‌های بایر شده است. مشابه وضعیت رخ داده برای کلاس زمین‌های بایر شاهد رخدادی مشابه برای سه کلاس مراتع، باغات و زراعی هستیم؛ به طوری که با افزایش مساحت سه کلاس مذکور در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال‌های دیگر، میزان دمای رویه زمین آن‌ها در طی سال‌های مختلف کاهش یافته است که توجیه این امر را می‌توان این‌گونه بیان داشت که در نتیجه انبوه، متراکم و فشرده شدن کلاس‌های مذکور فضاهای خالی و زمین‌های بایر و خاکی میان آن‌ها کاهش یافته و از آنجایی که اصولاً زمین‌های بایر دمای رویه بیشتری

رابطه دمای رویه زمین با انواع پوشش زمین

مطابق با بررسی‌های صورت گرفته و براساس جدول ۷ که دمای رویه زمین کاربری‌های مختلف محدوده مورد مطالعه را نشان می‌دهد و همچنین اشکال ۴ و ۵ که توزیع مکانی دمای رویه زمین در طی سال‌های مورد بررسی را نمایان می‌سازد، به لحاظ کاربری‌های موجود بیشترین میزان دمای رویه زمین در طی سال‌های مورد بررسی با میانگین $40/03$ درجه سلسیوس به کلاس زمین‌های بایر مربوط می‌شود؛ به طوری که میزان دمای این کلاس در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به ترتیب برابر با $41/73$ و $40/84$ درجه سلسیوس بوده و بیشترین میزان آن در سال ۲۰۲۰ به میزان $39/07$ و سال ۱۹۹۰ به میزان $39/56$ درجه سلسیوس است که کاهش دما در سال ۲۰۲۰ به این دلیل است که میزان پوشش گیاهی در این سال نسبت به سال‌های دیگر رشد چشمگیری داشته

این سال‌ها بر خلاف بسیاری از شهرهای دیگر، محدوده مورد مطالعه به لحاظ صنعتی و کارگاهی و در نتیجه افزایش آلودگی‌های منتج و افزایش دمای رویه زمین، از رشد قابل توجهی برخوردار نبوده است که شاید بتوان به لحاظ محیط‌زیست شهری این امر را به‌عنوان امتیازی مثبت به حساب آورد. از سویی از آنجا که زمین‌های زراعی و باغی و مناطق مسکونی در محدوده مورد مطالعه در تداخل باهم یا به فاصله اندکی از هم هستند افزایش پوشش گیاهی زمین‌های کشاورزی (زراعی و باغی) بنا به دلایلی که در قسمت‌های قبل نیز بیان شد، موجب کاهش دمای مناطق مسکونی شده است. از میان همه کلاس‌های کاربری موجود در محدوده مورد مطالعه کمترین دمای استخراج‌شده به کلاس پهنه آبی و با میزان ۲۳/۳۳ درجه سلسیوس و به سال ۲۰۲۰ اختصاص دارد و از آنجایی که در سایر سال‌های مورد بررسی هیچ‌گونه پهنه آب سطحی قابل توجهی در محدوده مورد مطالعه در دسترس نبود، امکان مقایسه تغییرات دمای این کلاس در سال‌های مختلف وجود نداشت.

دارند و همچنین پوشش‌های بایر و خاکی به نسبت سایر پوشش‌ها زودتر گرم می‌شوند. با ازبین‌رفتن زمین‌های بایر و تبدیل آن‌ها به سه کلاس مراتع، باغات و زراعی میزان دمای رویه زمین کاهش پیدا کرده است. از نظر کلاس کاربری مسکونی سال ۲۰۰۰ با دمای ۳۶/۹۸ درجه سلسیوس و سال ۲۰۱۰ با ۳۳ درجه سلسیوس به ترتیب دمای بیشتری نسبت به سال ۱۹۹۰ با دمای ۳۱/۴۳ و سال ۲۰۲۰ با دمای ۳۲/۰۶ درجه سلسیوس تجربه کرده‌اند. با این تفاسیر سال ۲۰۲۰ طی دوره مورد مطالعه از لحاظ کلاس کاربری مسکونی کمترین میزان دما را به خود اختصاص داده است. از آنجایی که در مناطق مسکونی بدیل، ساخت‌وسازهای فشرده و تراکم ساختمان‌های بلند و همچنین احداث صنایع، کارخانه‌ها و کارگاه‌های صنعتی معمولاً افزایش درجه حرارت صورت می‌گیرد و حتی در پاره‌ای موارد باعث رخداد جزایر حرارتی سطحی شهری می‌شود. پایین‌تر بودن دمای رویه زمین کلاس مسکونی در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال‌های دیگر نشان‌دهنده این است که به احتمال زیاد در طی

جدول ۷: میانگین دمای رویه زمین کلاس‌های کاربری اراضی محدوده مورد مطالعه

سال	۱۹۹۰	۲۰۰۰	۲۰۱۰	۲۰۲۰
کلاس کاربری				
مراتع	۳۲/۱۶	۳۳/۱۳	۳۴/۹۱	۲۷/۹۰
باغات	۳۱/۲۳	۳۳/۲۷	۳۲/۹۹	۲۷/۴۶
زراعی	۲۶/۳۱	۲۶/۱۱	۲۷/۵۶	۲۴/۸۳
کوه	۳۳/۲۵	۳۶/۸۷	۳۵/۶۸	۲۷/۶۱
زمین بایر	۳۹/۵۶	۴۱/۷۳	۴۰/۸۴	۳۹/۰۷
مسکونی	۳۱/۴۳	۳۶/۹۸	۳۳	۳۲/۰۶
پهنه آبی	-	-	-	۲۳/۳۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۴۰۰

نتیجه

دمای رویه زمین به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم سیستم آب‌وهوایی کره زمین در انواع مطالعات اقلیمی از بزرگ‌اقلیم گرفته تا ریزاقلیم حائز اهمیت بسیار

است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر تغییرات کاربری اراضی / پوشش زمین بر تغییرات مکانی- زمانی دمای رویه زمین در طی یک دوره ۳۰ ساله با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست انجام شد.

طی دوره ۳۰ ساله با میانگین $40/30$ درجه سلسیوس به کلاس زمین‌های بایر تعلق دارد؛ به طوری که میزان دمای این کلاس در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۱۰ به ترتیب برابر با $41/73$ و $40/84$ درجه سلسیوس بوده و بیشتر از میزان آن در سال ۲۰۲۰ به میزان $39/07$ و سال ۱۹۹۰ به میزان $39/56$ درجه سلسیوس است که کاهش دمای زمین‌های بایر در سال ۲۰۲۰ به این دلیل است که میزان پوشش گیاهی (زراعی، باغات و مراتع) در این سال نسبت به سال‌های دیگر رشد چشمگیری داشته و این امر خود از یک سو موجب کاهش سطح زمین‌های بایر و تبدیل آن‌ها به نواحی همراه با پوشش گیاهی (زراعی، باغات و مراتع) شده و از سوی دیگر در نتیجه افزایش سطح پوشش گیاهی میزان فرایند تبخیر و تعرق توسط پوشش گیاهی افزایش یافته که این امر به نوبه خود به طور کلی باعث کاهش دمای روبه زمین شده است. نتیجه به دست آمده از این بخش با مطالعه انسلی^۱ و همکاران (۲۰۲۰)، جمالی و همکاران (۱۳۹۸) و همچنین حلبیان و سلطانی (۱۳۹۹) که در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که کاربری بایر دارای دمای بالاتری نسبت به سایر کاربری‌ها است، همسو می‌باشد. در نهایت از آنجایی که دمای روبه زمین در اکثر مطالعات علوم محیطی نقش بسیار مهمی دارد و از پارامترهای مهم و مورد توجه دست‌اندرکاران امر برنامه‌ریزی در زمینه‌های کشاورزی، آب‌خیزداری، عمران، معماری و سایر مختصان است، استفاده از تکنولوژی سنجش از دور در این پژوهش نمایانگر نقش و جایگاه بالای فناوری سنجش از دور در این حیطه است.

آشکارسازی تغییرات و تبدیلات کلاس‌های کاربری رخ داده در طول دوره مورد مطالعه حاکی از این است که کلاس مراتع با $72/14$ درصد بیشترین میزان تغییرات و تبدیلات را داشته است. همچنین این کلاس حدود $52/40$ درصد رشد افزایشی داشته است. یافته دیگر تحقیق بیانگر این است که مطابق با نقشه‌های تغییرات مکانی- زمانی دمای روبه زمین از میان طبقات دمایی، طبقه دمایی معتدل در همه سال‌های مورد مطالعه بیشترین مساحت را داشته که تقریباً در اکثر قسمت‌ها توزیع شده است. براساس نقشه‌های توزیع مکانی وضعیت پوشش گیاهی (NDVI) بیشترین سطح پوشش گیاهی در سال ۲۰۲۰ و کمترین میزان آن در سال ۲۰۱۰ وجود داشته است و از سویی محدوده‌هایی که از پوشش گیاهی انبوه و متراکم‌تری برخوردار بوده‌اند، میزان درجه حرارت پایین‌تری نسبت به مناطق فاقد پوشش گیاهی و زمین لخت دارند؛ به طوری که در طی دوره مورد بررسی مناطق شامل پوشش گیاهی (مراتع، باغات و زراعی) دارای میانگین دمای $29/82$ درجه سلسیوس بوده، در حالی که میانگین دمای سایر نواحی بدون پوشش گیاهی (کوه، مناطق مسکونی و زمین‌های بایر) $35/67$ درجه سلسیوس بوده است که این نکته با پژوهش‌هایی مشابه که توسط لموس^۱ و همکاران (۲۰۲۰) در کلان‌شهر بارسلونا، انتظاری و همکاران (۱۳۹۸) در استان فارس، اصغری سراسکانرود و امامی (۱۳۹۸) در شهرستان اردبیل انجام شده است و همگی به این نتیجه رسیدند که نواحی همراه با پوشش گیاهی و همچنین مناطق سبز شهری دارای دمای پایین‌تری نسبت به نواحی فاقد پوشش گیاهی اطراف خود هستند، همسو است. مطابق با یافته‌های به دست آمده به لحاظ کاربری‌های موجود در منطقه، بیشترین میزان دمای روبه زمین در

منابع

- درویشی، شادمان؛ مصطفی رشیدیپور؛ کریم سلیمانی (۱۳۹۸). بررسی ارتباط تغییرات کاربری اراضی با دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مطالعه موردی: شهرستان مریوان، فصلنامه جغرافیا و توسعه. شماره ۵۴. صفحات ۱۶۲-۱۴۳.
- <https://dx.doi.org/10.22111/gdij.2019.4361>
- علائی طالقانی، محمود (۱۳۸۲). ژئومورفولوژی ایران، چاپ نهم. نشر قومس. صفحات ۳۶۰.
- <http://www.ghoomes.com/index.php/photos/album/5/photo/338.html>
- قربان‌نیا خیبری، وجیهه؛ میرمهرداد میرسنجری؛ همایون لیاقتی؛ محسن آرمین (۱۳۹۶). برآورد دمای سطح زمین کاربری اراضی و پوشش زمین شهرستان دنا با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و داده‌های ماهواره لندست ۸، فصلنامه علوم محیطی. دوره ۱۵. شماره ۲. ۷۴-۵۵.
- https://envs.sbu.ac.ir/article_97845.html?lang=fa
- مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۹۹). واکاوی توزیع فراوانی دمای رویه زمین ایران با داده‌های مودیس آکوا، فصلنامه جغرافیا و توسعه. شماره ۶۰. صفحات ۳۰-۲۱.
- https://gdij.usb.ac.ir/article_5639.html?lang=fa
- ناطقی، سعیده؛ احمد نوحه‌گر؛ امیرهوشنگ احسانی؛ ام البنین بذرافشان (۱۳۹۶). بررسی تغییرات پوشش گیاهی براساس شاخص‌های گیاهی با استفاده از سنجش‌ازدور، فصلنامه علمی- پژوهشی مرتع و بیابان. جلد ۲۴. شماره ۴. صفحات ۷۹۰-۷۷۸.
- <https://dx.doi.org/10.22092/ijrdr.2017.114889>
- هاشمی، محمود؛ سیدکاظم علوی‌پناه؛ مرتضی دیناروندی (۱۳۹۲). ارزیابی توزیع مکانی دمای سطح زمین در محیط‌زیست شهری با کاربرد سنجش‌ازدور حرارتی، نشریه محیط‌شناسی. شماره ۱. صفحات ۹۲-۸۱.
- <https://dx.doi.org/10.22059/jes.2013.30392>
- احمدی، محمود؛ عباسعلی داداشی رودباری؛ حمزه احمدی (۱۳۹۷). واکاوی دمای روزهنگام سطح زمین ایران مبتنی بر برون‌داد سنجنده MODIS. فصلنامه علوم محیطی. دوره ۱۶. شماره ۱. صفحات ۶۸-۴۷.
- https://envs.sbu.ac.ir/article_97918.html?lang=fa
- اصغری سراسکانرود، صیاد؛ هادی امامی (۱۳۹۸). پایش دمای سطح زمین و بررسی رابطه کاربری اراضی با دمای سطح با استفاده از تصاویر سنجنده OLI و ETM+ مطالعه موردی: (شهرستان اردبیل)، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. سال ۱۹. شماره ۵۳. صفحات ۲۱۵-۱۹۵.
- <http://dx.doi.org/10.29252/jgs.19.53.195>
- انتظاری، علیرضا؛ رحمان زندی؛ مریم خسرویان (۱۳۹۸). ارزیابی تغییرات فضایی پوشش گیاهی و دمای سطح زمین با استفاده از تصاویر لندست و مادیس، مطالعه موردی: استان فارس، نشریه علمی- پژوهشی مهندسی و مدیریت آب‌خیز. جلد ۱۱. شماره ۴. صفحات ۹۴۰-۹۲۹.
- <https://dx.doi.org/10.22092/ijwmse.2018.122914.1528>
- جمالی، زهرا؛ مجید اونق؛ عبدالرسول سلمان ماهینی (۱۳۹۸). بررسی ارتباط دمای سطح زمین با کاربری اراضی و شاخص اختلاف گیاهی نرمال‌شده در دشت گرگان، فصلنامه برنامه‌ریزی و آمایش فضا. دوره ۲۳. شماره ۳. صفحات ۱۹۴-۱۷۵.
- <http://hsm.sp.modares.ac.ir/article-21-33747-fa.html>
- حلبیان، امیرحسین؛ زهرا سلطانی (۱۳۹۹). واکاوی تغییرات فضایی- زمانی جزایر حرارتی شهری و کاربری اراضی با رویکرد زیست‌محیطی در شهر شیراز، فصلنامه مطالعات ساختار و کارکرد شهری. سال ۷. شماره ۲۴. صفحات ۹۷-۷۳.
- http://shahr.journals.umz.ac.ir/article_2843.html?lang=fa

- Choudhury, D., Das, K., & Das, A (2019). Assessment of land use land cover changes and its impact on variations of land surface temperature in Asansol-Durgapur Development Region. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 22(2), 203-218.
<https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.05.004>
- Das, S., & Angadi, D. P (2020). Land use-land cover (LULC) transformation and its relation with land surface temperature changes: A case study of Barrackpore Subdivision, West Bengal, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 19, 100322.
<https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100322>
- Elmes, A., Rogan, J., Williams, C., Ratick, S., Nowak, D., & Martin, D (2017). Effects of urban tree canopy loss on land surface temperature magnitude and timing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 128, 338-353.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.04.011>
- Gemitzi, A., Dalampakis, P., & Falalakis, G (2021). Detecting geothermal anomalies using Landsat 8 thermal infrared remotely sensed data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 96, 102283.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2020.102283>
- Gohain, K. J., Mohammad, P., & Goswami, A (2020). Assessing the impact of land use land cover changes on land surface temperature over Pune city, India. *Quaternary International*.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.04.052>
- Guha, S., Govil, H., Gill, N., & Dey, A (2020). A long-term seasonal analysis on the relationship between LST and NDBI using Landsat data. *Quaternary International*.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.06.041>
- Haashemi, S., Weng, Q., Darvishi, A., & Alavipanah, S. K (2016). Seasonal variations of the surface urban heat island in a semi-arid city. *Remote Sensing*, 8(4), 352.
<https://doi.org/10.3390/rs8040352>
- Adulkongkaew, T., Satapanajaru, T., Charoenhirunyingyos, S., & Singhirunnusorn, W (2020). Effect of land cover composition and building configuration on land surface temperature in an urban-sprawl city, case study in Bangkok Metropolitan Area, Thailand. *Heliyon*, 6(8), e04485.
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04485>
- Akinyemi, F. O., Ikanyeng, M., & Muro, J (2019). Land cover change effects on land surface temperature trends in an African urbanizing dryland region. *City and Environment Interactions*, 4, 100029.
<https://doi.org/10.1016/j.cacint.2020.100029>
- Alademomi, A. S., Okolie, C. J., Daramola, O. E., Agboola, R. O., & Salami, T. J (2020). Assessing the Relationship of LST, NDVI and EVI with Land Cover Changes in the Lagos Lagoon Environment. *Quaestiones Geographicae*, 39(3), 87-109.
<https://doi.org/10.2478/quageo-2020-0025>
- Alexander, C (2020). Normalised difference spectral indices and urban land cover as indicators of land surface temperature (LST). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 86, 102013.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.102013>
- Allen, R., Tasumi, M., Trezza, R., Waters, R., & Bastiaanssen, W (2002). Sebal (surface energy balance algorithms for land). *Advance Training and Users Manual—Idaho Implementation, Version, 1*, 97.
<http://www.posmet.ufv.br/wp-content/uploads/2016/09/MET-479-Waters-et-al-SEBAL.pdf>
- Athick, A. M. A., Shankar, K., & Naqvi, H. R (2019). Data on time series analysis of land surface temperature variation in response to vegetation indices in twelve Wereda of Ethiopia using mono window, split window algorithm and spectral radiance model. *Data in brief*, 27, 104773.
<https://doi.org/10.1016/j.dib.2019.104773>
- Chavez, P. S (1996). Image-based atmospheric corrections-revisited & improved. *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 62(9), 1025-1035.
http://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1996journal/sep/1996_sep_1025-1036.pdf

- Siqi, J., & Yuhong, W (2020). Effects of land use and land cover pattern on urban temperature variations: A case study in Hong Kong. *Urban Climate*, 34, 100693.
<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100693>
- Sobrino, J. A., Jiménez-Muñoz, J. C., & Paolini, L (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Remote Sensing of environment*, 90(4), 434-440.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2004.02.003>
- Vanhellemont, Q (2020). Combined land surface emissivity and temperature estimation from Landsat 8 OLI and TIRS. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 166, 390-402.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.06.007>
- Yang, C., Yan, F., & Zhang, S (2020). Comparison of land surface and air temperatures for quantifying summer and winter urban heat island in a snow climate city. *Journal of environmental management*, 265, 110563.
<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110563>
- Yin, C., Meng, F., & Yu, Q (2020). Calculation of land surface emissivity and retrieval of land surface temperature based on a spectral mixing model. *Infrared Physics & Technology*, 108, 103333.
<https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103333>
- Zareie, S., Khosravi, H., & Nasiri, A (2016). Derivation of land surface temperature from Landsat Thematic Mapper (TM) sensor data and analyzing relation between land use changes and surface temperature. *Solid Earth Discuss*, 1-15.
<https://se.copernicus.org/preprints/se-2016-22/se-2016-22.pdf>
- How Jin Aik, D., Ismail, M. H., & Muharam, F. M (2020). Land Use/Land Cover Changes and the Relationship with Land Surface Temperature Using Landsat and MODIS Imageries in Cameron Highlands, Malaysia. *Land*, 9(10), 372.
<https://doi.org/10.3390/land9100372>
- Lemus-Canovas, M., Martin-Vide, J., Moreno-Garcia, M. C & Lopez-Bustins, J. A (2020). Estimating Barcelona's metropolitan daytime hot and cold poles using Landsat-8 Land Surface Temperature. *Science of the Total Environment*, 699, 134307.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134307>
- Lillesand, T., Kiefer, R. W., & Chipman, J (2015). *Remote sensing and image interpretation* (Vol. 763): John Wiley & Sons.
[https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=AFHDCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA91&dq=.+Remote+sensing+and+image+interpretation+\(Vol.+763\):+John+Wiley+%26+Sons.&ots=0Doqj69Dax&sig=qkGfxiizy cILvhhWGd5QkUPPK_0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/books?hl=en&lr=&id=AFHDCAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA91&dq=.+Remote+sensing+and+image+interpretation+(Vol.+763):+John+Wiley+%26+Sons.&ots=0Doqj69Dax&sig=qkGfxiizy cILvhhWGd5QkUPPK_0#v=onepage&q&f=false)
- Lu, D., Mauseel, P., Brondizio, E., & Moran, E (2004). Change detection techniques. *International journal of remote sensing*, 25(12), 2365-2401.
<https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>
- Neinavaz, E., Skidmore, A. K., & Darvishzadeh, R (2020). Effects of prediction accuracy of the proportion of vegetation cover on land surface emissivity and temperature using the NDVI threshold method. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 85, 101984.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101984>
- Nse, O. U., Okolie, C. J., & Nse, V. O (2020). Dynamics of land cover, land surface temperature and NDVI in Uyo City, Nigeria. *Scientific African*, 10, e00599.
<https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00599>
- Richards, J. A., & Richards, J (1999). *Remote sensing digital image analysis* (Vol. 3): Springer.
<https://www.springer.com/gp/book/9783540297116>

