



<https://gep.ui.ac.ir/?lang=en>  
Geography and Environmental Planning  
E-ISSN: 2252- 0910  
Document Type: Research Paper  
Vol. 33, Issue 4, No.88, Winter 2022, pp. 1- 4  
Received: 22/11/2021 Accepted: 24/07/2022

## Monitoring and Estimating the Fire-Affected Areas of the Zagros Mountains Using Landsat Satellite Images

Mousa Abedini<sup>1\*</sup>, Maryam Mohamadzadeh Shishegaran<sup>2</sup>, Ehsan Ghale<sup>3</sup>

1- Professor in Geomorphology , Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

abedini@uma.ac.ir

2- Ph.D. candidate, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

mmohamadzadeh23@gmail.com

3- Ph.D. student, Department of Physical Geography, Faculty of Social Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

ghale.ehsan@yahoo.com

### Abstract

Forests have an extremely important place in the ecosystem in terms of providing social and environmental balances. Fire is the greatest danger to forests. Therefore, estimating fire formation and its behavioral characteristics is very important to deal with this issue. Every year, large areas of forests in the Zagros region in western Iran are burned and destroyed. The extent and distribution of fires, the mountainous terrain, and the difficulty of crossing the predominantly forested areas of the Zagros Mountain Range have hampered managers' abilities to obtain quantitatively reliable information about the burned areas, levels of damage, as well as their statistics and factual information. Utilizing appropriate and available satellite data and images can provide useful information about pre- and post-forest fire conditions. The aim of this study was to estimate fire affected areas and be aware of the efficiency and capability of Landsat satellite data and NBR and dNBR indices in identifying, evaluating, and mapping the burned forests of Zagros region. For this purpose, after preparing the required images, the fires that occurred in June 2016 in the forests of Zagros were investigated by using remote sensing techniques and the necessary processing. The results showed that NBR and dNBR indices provided good information about the impact of fire and its changes. 13685 hectares of Zagros forests were burned in this fire in 2016.

**Keywords:** fire, NBR and dNBR indices, classification, Zagros

\*Corresponding Author

Abedini, M., Mohamadzadeh, M., & Ghale, E. (2022). Monitoring and estimating the area of fire affected parts of the Zagros mountains using Landsat satellite images. *Geography and Environmental Planning*, 33 (4 ), 1-4.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



<https://doi.org/10.22108/gep.2022.131560.1470>



20.1001.1.20085362.1401.33.4.6.0

## Introduction

Due to the location of Iran in the dry belt of the Earth and the high pressure area of the subtropical region, weather conditions are perfect for the occurrence of unexpected events. According to the surveys, our country is among the 10 most accident-prone countries in the world. One of these incidents that happen abundantly in Iran is the phenomenon of fire in forests and pastures. Forests are an important part of the Earth's ecosystem. They are a great resource for various purposes, including a genetic reservoir, water reservoir, carbon source, and a source of energy storage in nature. They play an essential role in improving the environment and keeping it in balance. At the same time, they are an important natural resource for proper development in the social economy; yet, this huge resource has been endangered by fires. Every year, thousands of hectares of forests are burned in different regions. Forest fire with natural or human origin has direct or indirect harmful and destructive effects on human life. In addition to the destruction of the environment and its pollution, it causes the destruction of wood reserves, livestock, agricultural and grazing lands, buildings, and human lives and property, besides having many economic, social, and psychological consequences.

## Methodology

In this research, Landsat 8 Satellite images were used, which were obtained from the USGS (United States Geological Survey) website. Landsat 8 is the 8<sup>th</sup> satellite of this series. The most important role of Landsat program is monitoring and ensuring that the resources necessary for human livelihood, such as food, water, and forests will continue to exist. Landsat 8 satellite images were used by the OLI sensor to extract the land use map and the TIRS sensor was used to extract the surface temperature of the ground and fire-affected areas. In this study, the fires that occurred in Kermanshah, Ilam, and Kurdistan provinces were selected from among the fires in the forests and pastures of Zagros in June 2019. The fire in Kermanshah Province started on Thursday, June 8, 2019, and because it was not constrained in time, it spread to the borders of Ilam and Kurdistan provinces on June 9, 2019. The data used were case-by-case with descriptive information due to the extent of fires during this time period and limited access to satellite images. First, the areas with fires were identified and then, Landsat 8 Satellite images were prepared on a case-by-case basis before and after these two fires.

## Discussions

According to the main objective of the study --determination of fire-affected areas -- after separation and identification of fire areas through the used indicators, classification and separation of the burnt areas from other areas were done. In this regard, the basic pixel method and the maximum likelihood algorithm were used for classification. The 3 classes of fire-affected areas, residential areas, and other land uses were used in the classification process. Using the results obtained from the classification map (Fig. 6), the extent of the fire areas in the study area was estimated to be 13,685 hectares.

## Conclusions

The changes after the fire and burn severity were analyzed using the NBR index. As a general conclusion, it could be said that according to the accuracy of the classification results in distinguishing the burned areas from other areas with high confidence, the power and capability of Landsat Satellite images and NBR and dNBR indices in separating and distinguishing the burned forest areas could be emphasized. Based on the results of the fire intensity maps obtained from this study, it could be claimed that the spatial and spectral resolutions of Landsat images could be a good enough for

preparing correct statistics and information about fire areas, especially for preparing a map of burned areas in the Zagros forests of Iran. According to the results obtained from the maps of ground surface temperatures related to before and after the fire, which indicated an increase of 9°C in the studied area, and by extracting the fire-affected areas by using the NBR and dNBR indices and simultaneously performing fire classification via the supervised method (maximum likelihood algorithm), as well as aligning these areas, it was possible to estimate the size of the areas affected by fire in the study area (13,685 hectares) with high confidence.

## References

- Aboelnour, M., & Engel, B. (2018). Application of remote sensing techniques and Geographic Information Systems to Analyze Land Surface Temperature in Response to Land Use/Land Cover Change in Greater Cairo Region, Egypt. *Journal of Geographic Information System*, 10, 57-88.
- Ardakani, A., Valadanjooy, M., Mansourian, A. (2010). Spatial Analysis of Fire Potential in Iran Different Region by Using RS and GIS. *Journal of Environmental Studies*, 35(52), 25-34.
- Chen, Y., Lara, M.J., & Hu, F.S. (2020). A robust visible near-infrared index for fire severity mapping in Arctic tundra ecosystems. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 159, 101–113.
- Darvishi, S., Solaimani, K., Rashidpour, M. (2019). Impact of vegetation indices and urban surface characteristics on land surface temperature changes (Case study: Sanandaj city). *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 10(1), 17-35.
- Gondwe, S.V.C., Muchena, R., & Boys, J. (2018). Detecting land Use and Land Cover and Land Surface Temperature Change in Lilongwe City, Malawi. *Journal of Remote Sensing and GIS*, 9(2), 17-26.
- Hussaina, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., & Stenley, D. (2013). Change Detection from Remotely Sensed Images: From Pixel based to Object-based Approaches. *Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 80, 91–106.
- Kakehmami, A., Ghorbani, A., Asghari Sarasekanrood, S., Ghale, E., Ghafari, S. (2020). Study of the relationship between land use and vegetation changes with the land surface temperature in Namin County. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 11(2), 27-48.
- Kaufman, Y.J., Ichoku, C., & Giglio, L. (2003). Fire and Smoke Observation from the Earth Observation System MODIS Instrument-Products, Validation, and Operational Use. *International Journal of Remote Sensing*, 24(8), 1765-1781.
- Kurnaz, B., Bayik, C., & Abdikan, S. (2019). Determination of Forest Fire Area by Using Satellite Images: Muğla Case. *3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies*, 19-21.
- Labib, S. M., & Harris, A. (2018). The potentials of Sentinel-2 and Landsat-8 data in green infrastructure extraction, using object based image analysis (OBIA) method. *European Journal of Remote Sensing*, 51(1), 231-240.
- Niu, R., & Zhai, P. (2012). Study on forest fire danger over Northern China during the recent 50 years. *Climatic Change*, 111(3-4), 723-736.
- Novelli, A., Aguilar, M.A., Nemmaoui, A., Auilar, F.J., & Tarantino, E. (2016). Performance evaluation of object based greenhouse detection from Sentinel-2 MSI and Landsat 8 OLI data: A case study from Almería (Spain). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 52, 403–411.

- Parks, S.A., Dillon, G.K., & Miller, C. (2014). A New Metric for Quantifying Burn Severity: The Relativized Burn Ratio. *Remote Sensing*, 6, 1827-1844.
- Quintano, C., Fernández-Manso, A., & Fernández-Manso, O. (2018). Combination of Landsat and Sentinel-2 MSI data for initial assessing of burn severity. *International Journal Applied Earth Observation Geoinformation*, 64, 221–225.
- Sobrino, J.A., Jiménez-Muñoz, J.C., & Paolini, L. (2004). Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5. *Journal of Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434-440.
- Veysi, S., Naseri, A., Hamzeh, S., Moradi, P. (2016). Estimation of sugarcane field temperature using Split Window Algorithm and OLI LandSat 8 satellite images. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 7(1), 27-40.
- Wan, Z., & Dozier, J. (1996). A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space. *Journal of Geoscience and Remote Sensing*, 34(4), 892-905.



جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی

سال ۳۳، پیاپی ۸۸، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۱، ص ۶۲-۴۹

وصول: ۱۴۰۰/۹/۱ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۲

مقاله پژوهشی

## پایش و برآورد وسعت مناطق گرفتار حریق بخشی از کوهستان زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست

موسی عابدینی<sup>\*</sup>، استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

abedini@uma.ac.ir

مریم محمدزاده شیشه‌گران، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی گرایش ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

mmohamadzadeh23@gmail.com

احسان قلعه، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

ghale.ehsan@yahoo.com

### چکیده

جنگل‌ها از نظر تأمین تعادل اجتماعی و زیست‌محیطی جایگاه فوق‌العاده مهمی در اکوسیستم دارد. بزرگ‌ترین خطر برای چنین جنگل‌هایی، آتش‌سوزی است. هر ساله سطوح زیادی از جنگل‌های منطقه زاگرس در غرب ایران، دستخوش آتش‌سوزی می‌شود و از بین می‌رود؛ بنابراین برآورد شکل‌گیری و ویژگی‌های رفتاری آتش برای مقابله با آن بسیار مهم است. بهره‌گیری از داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای مناسب و در دسترس، اطلاعات مفیدی را درباره شرایط پیش و پس از آتش‌سوزی عرصه‌های جنگلی فراهم می‌کند. این پژوهش، با هدف برآورد مساحت مناطق گرفتار حریق و آگاهی از کارایی، قابلیت داده‌های ماهواره لندست و شاخص‌های NBR و dNBR در تشخیص، ارزیابی و تهیه نقشه جنگل‌های سوخته‌شده منطقه زاگرس انجام شد. برای این منظور، پس از تهیه تصاویر لازم، آتش‌سوزی‌های اتفاق‌افتاده در خردادماه سال ۱۳۹۹ در جنگل‌های زاگرس با بهره‌گیری از تکنیک‌های سنجش از دور و انجام پردازش‌های لازم بررسی شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان‌دهنده آن بود که شاخص‌های NBR و dNBR اطلاعات مناسبی را در خصوص تأثیر آتش‌سوزی و روند تغییرات آن در اختیار قرار می‌دهد؛ همچنین ۱۳۶۸۵ هکتار از جنگل‌های زاگرس در این آتش‌سوزی طعمه حریق شده‌اند. واژه‌های کلیدی: آتش‌سوزی، شاخص‌های NBR و dNBR، طبقه‌بندی، زاگرس.

\*نویسنده مسئول

عابدینی، موسی، محمدزاده شیشه‌گران، مریم قلعه، احسان. (۱۴۰۱). پایش و برآورد وسعت مناطق دچار حریق بخشی از کوهستان زاگرس با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۳ (۴)، ۶۲-۴۹.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



<https://doi.org/10.22108/gep.2022.131560.1470>



20.1001.1.20085362.1401.33.4.6.0

## مقدمه

به دلیل قرارگرفتن کشور ایران در کمربند خشک کره زمین و ناحیه پرفشار جنب حاره‌ای، شرایط جوی برای وقوع حوادث غیرمترقبه به‌طور کامل فراهم است. مطابق بررسی‌های انجام‌شده، کشور ما جزو ۱۰ کشور حادثه‌خیز دنیاست. یکی از این حوادث که به وفور در ایران اتفاق می‌افتد، پدیده آتش‌سوزی جنگل‌ها و مراتع است. جنگل‌ها، بخش مهمی از سیستم زیست‌بوم زمین و منبع بزرگی برای مقاصد مختلف از جمله مخزن ژنتیک، مخزن آب، منبع کربن و یک سرچشمه ذخیره انرژی در طبیعت است. جنگل‌ها در به‌ترکردن محیط‌زیست و در تعادل نگهداشتن آن نقش اساسی دارد و هم‌زمان برای ارتباط با توسعه مناسب در اقتصاد اجتماعی یک منبع مهم طبیعی است (سرکارگر اردکانی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲۶)؛ اما این منابع عظیم با آتش‌سوزی‌ها به خطر افتاده است. هرساله در مناطق مختلف، هزاران هکتار از جنگل‌ها طعمه حریق می‌شود. آتش‌سوزی جنگل با منشأ طبیعی یا انسانی، اثرهای زیان‌بار و ویرانگری به شکل مستقیم یا غیرمستقیم بر زندگی بشر به جای می‌گذارد. علاوه بر تخریب محیط‌زیست و آلودگی آن، موجب نابودی ذخایر چوب، احشام، زمین‌های کشاورزی و چرای، ساختمان‌ها و جان و مال انسان‌ها می‌شود و پیامدهای اقتصادی، اجتماعی و روانی زیادی در پی دارد (Niu & Zhai, 2012: 724). براساس گزارش سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور، عرصه‌های منابع طبیعی ایران شامل جنگل، مرتع، بیابان، بیشه‌زار و درختچه‌زارها، معادل ۸۳/۴۸ درصد از مساحت کشور است که از این بین، سهم جنگل‌ها و مراتع ۶۱/۸۲ درصد است و عمده آتش‌سوزی ایران در این عرصه‌ها اتفاق می‌افتد. مهم‌ترین عواملی که زمینه آتش‌سوزی را در جنگل‌ها و مراتع فراهم می‌کند، کاهش رطوبت نسبی هوا و در دسترس بودن مواد سوختی است. ماده سوختی، از خشک‌شدن شاخ و برگ گیاهان به دلیل خشک‌سالی یا یخبندان در فصل زمستان فراهم می‌شود؛ همچنین در فصل پاییز که سطح جنگل را برگ‌های خشک‌شده می‌پوشاند، گرم‌شدن هوا زمینه مناسبی را برای آتش‌سوزی مواد سوختی فراهم می‌کند و انباشت مواد سوختی در جنگل، خطر آتش‌سوزی را افزایش می‌دهد. نگهداری درختان خشک‌شده در فصولی که خطر آتش‌سوزی وجود دارد نیز بر ریسک حریق می‌افزاید (Niu & Zhai, 2012: 725). از طرف دیگر، بی‌احتیاطی ساکنان یا مسافران و نبود امکان دستیابی به مناطق آتش‌گرفته، باد، توپوگرافی و شکل زمین و مدیریت آتش از عوامل اثرگذار در شدت و گسترش آتش‌سوزی است (محمدی، ۲۰۰۸: ۳۱). آتش، یک پدیده جهانی است که از مؤثرترین فاکتورها در اکوسیستم‌های خاکی کره زمین به‌شمار می‌رود. به دلیل قرارگرفتن کشور ایران در کمربند خشک کره زمین و ناحیه پرفشار جنب حاره‌ای، شرایط جوی لازم برای وقوع آتش‌سوزی در جنگل‌ها و مراتع فراهم است و گاهی اوقات خسارات زیادی را به جنگل‌ها و مراتع وارد می‌کند. در راستای نگهداری از جنگل‌ها و حفظ منابع طبیعی، راهبردها و راهکارهای متفاوتی در دنیا استفاده می‌شود (Kaufman et al, 2003: 1767). برای مبارزه با آتش‌سوزی جنگل باید هم‌زمان رفتار آتش و نیز نحوه مبارزه با آن را در یک دنیای مجازی، قبل، حین و بعد از وقوع آتش‌سوزی بازسازی و رفتار گسترش آتش، استراتژی‌ها و روش‌های مبارزه با آن را بررسی کرد. سنجنده‌های ماهواره‌های سنجش از دور با قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب، اطلاعات مهمی را برای هشدارهای زودهنگام آتش‌سوزی در دسترس قرار می‌دهد؛ همچنین فرصت‌هایی را برای آنالیز کیفی جنگل و دیگر اکوسیستم‌ها در

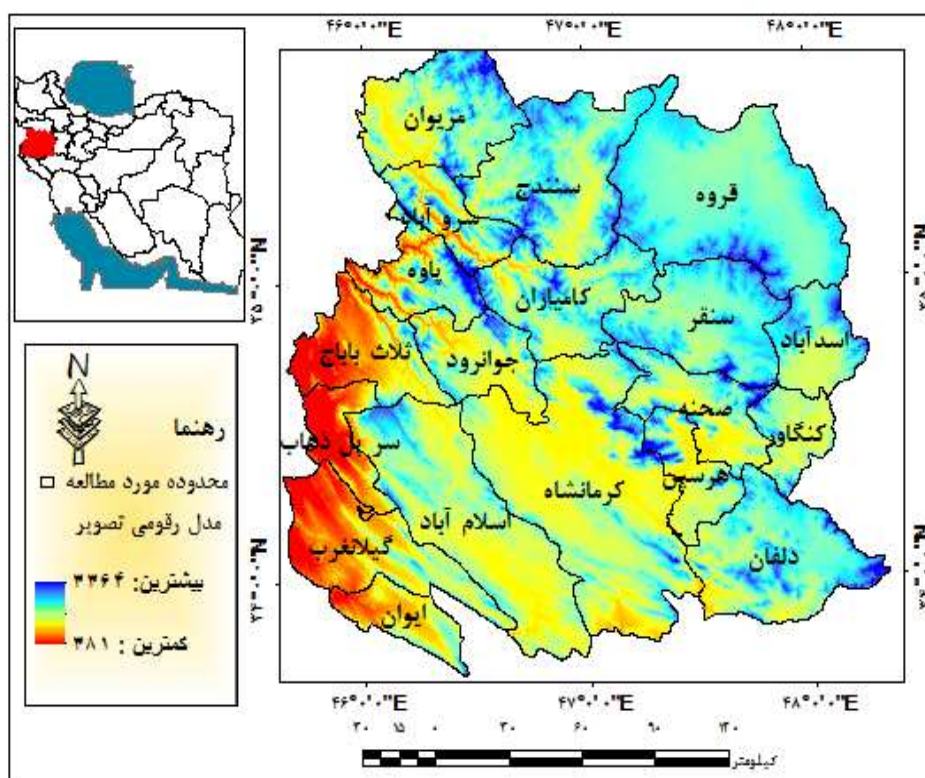
مقیاس‌های مکانی، جغرافیایی، تکنولوژی و ژئومکانی فراهم می‌کند و اطلاعات و ابزارهای ضروری را برای ایجاد یک نقشه حساسیت آتش‌سوزی از طریق شناسایی، کلاسه‌بندی و تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی ایجاد می‌کند (Labib & Harris 2018: 234). با تکیه بر پتانسیل‌های یادشده از داده‌های سنجش از دور در زمینه تهیه نقشه خطر آتش‌سوزی جنگل و بررسی عوامل مؤثر در ایجاد و گسترش آتش‌سوزی، پژوهش‌هایی در داخل و خارج از کشور انجام شده است. Quintano et al (2018) شدت سوختگی را با استفاده از سه شاخص dNBR, RdNBR و نسبت سوختگی نسبی شده (RBR) را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ و لندست ۸ بررسی کردند. نتایج نشان‌دهنده آن بود که شاخص RdNBR مبتنی بر ماهواره Landsat به بیشترین دقت رسیده است. Garcia-Llamas et al (2019) آتش‌سوزی جنگلی را بررسی کردند که در منطقه کوهستانی کابره (Cabre) در شمال غربی اسپانیا در آگوست ۲۰۱۷ با استفاده از داده‌های ماهواره‌های Landsat-8, Sentinel-2 و Deimos-1 رخ داد. آنها شاخص‌های انعکاسی، حرارتی و ترکیبی را روی تصاویر اعمال کردند و به این نتیجه رسیدند که Sentinel-2 نشان‌دهنده نتایج بهتری است و شاخص‌های مبتنی بر NBR همبستگی بیشتری را برای تجزیه و تحلیل شدت سوختگی، پوشش گیاهی و خاک ارائه می‌کند. Chen et al (2020) در پژوهشی، شدت آتش‌سوزی را با اعمال ده شاخص بر روی داده‌های Landsat شناسایی کردند و نتیجه گرفتند که شاخص dGEMI و dNBR قوی‌ترین رویکرد را در منطقه مورد مطالعه ارائه می‌دهد. Kurnaz et al (2019) در پژوهشی، هفت شاخص dNBR, RBR, RdNBR, dNDVI, dGNDVI, BAI و GEMI را برای شناسایی مناطق گرفتار حریق استفاده کردند که از بین شاخص‌های مورد استفاده، شاخص dNBR و RdNBR بیشترین دقت و عملکرد را در شناسایی مناطق گرفتار حریق داشت.

هدف از پژوهش حاضر، کشف آتش و تعیین وسعت مناطق گرفتار حریق در آتش‌سوزی اتفاق افتاده در خردادماه سال ۱۳۹۹ در کوهستان زاگرس شامل بخش‌هایی از استان‌های کرمانشاه، ایلام و کردستان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ است.

### روش‌شناسی پژوهش

پهنه رویشی زاگرس شامل رشته‌کوه‌های زاگرس، وسیع‌ترین و اصلی‌ترین رویشگاه گونه‌های مختلف بلوط در ایران بوده است و به همین دلیل این منطقه اهمیت بسیار ویژه‌ای دارد. جنگل‌های بلوط منطقه زاگرس از منتهی‌الیه شمال غربی ایران استان آذربایجان غربی آغاز شده است و تا غرب ایران (استان‌های کردستان، کرمانشاه، ایلام، چهارمحال و بختیاری، خوزستان و لرستان و جنوب غرب ایران استان‌های کهگیلویه، بویر احمد و فارس) ادامه دارد. جنگل‌های زاگرس با گستردگی در ۱۱ استان کشور با ۶ میلیون هکتار مساحت، ۴۰ درصد جنگل‌های ایران را تشکیل می‌دهد که حدود ۷۰ درصد تپ گونه‌های جنگلی زاگرس را بلوط‌ها شامل می‌شود. پوشش گیاهی در نواحی غربی شامل گیاهان سردسیری و در نواحی شرقی شامل گیاهان گرمسیری است. بخش عمده‌ی پوشش گیاهی زیستگاه جنگلی زاگرس را درختان بلوط تشکیل می‌دهد. در ارتفاعات بالاتر از مرز جنگل (حدود ۲۳۰۰ متر) علفزارها و بوته‌زارهای انبوه مشاهده می‌شود. بارندگی این ناحیه از ۶۰۰ میلی‌متر در قسمت‌های شمالی تا ۳۰۰ میلی‌متر در جنوب

غرب در نوسان است. اقلیم منطقه نیز مدیترانه‌ای نیمه خشک با زمستان‌های سرد است. فرم غالب جنگل‌شناسی در زاگرس، جنگل‌های شاخه زاد بوده است و این دلالت بر تخریب ناشی از حضور طولانی مدت جوامع انسانی دارد. زاگرس شامل زاگرس شمالی، میانی و جنوبی است که تفاوت آنها بیشتر در قسمت شمالی- جنوبی به لحاظ تفاوت در چین خوردگی‌ها مشهود است. زاگرس مرکزی اغلب کوهستانی و در دامنه ارتفاعی ۸۳۰ تا ۴۴۱۶ متر از سطح دریا قرار گرفته است. میانگین ارتفاع محدوده ۲۳۳۲ متر است. ۳۴ درصد از محدوده، ارتفاع ۲۴۰۰-۲۱۰۰ متر و کمتر از یک درصد آن، ارتفاع کمتر از ۱۰۰۰ متر دارد. متأسفانه به دلیل رشد جمعیت در قرن اخیر و نیاز جنگل‌نشینان به سوخت، منبع غذایی برای دام‌ها و زمین‌های کشاورزی و بهره‌برداری غیراصولی از این جنگل‌ها، به کلی چهره آنها را دگرگون کرده است و به جز در نقاط معدودی، نشانی از انبوهی سابق این جنگل‌ها نیست.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure (1) Geographical location of the studied area (source: authors, 1400)

در این پژوهش، از تصاویر ماهواره‌اندست ۸ استفاده و این تصاویر از سایت USGS (سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده) اخذ شد. اندست ۸، هشتمین ماهواره از این مجموعه است و اطمینان حاصل می‌شود که مهم‌ترین نقش برنامه‌اندست در تعیین و نظارت بر منابع لازم برای معیشت انسان مانند غذا، آب و جنگل‌ها خواهد داشت. از تصویر ماهواره‌اندست ۸، سنجنده OLI برای استخراج نقشه کاربری اراضی و از سنجنده TIRS برای استخراج دمای سطح زمین و مناطق دچار حریق استفاده شد.



جدول (۱) اطلاعات تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۸. (منبع: متادیتا تصاویر)

Table (1) information of Landsat 5 and 8 satellite images. (Source: image metadata)

تاریخ	زمان (گرینویچ)	زاویه خورشید	درصد پوشش ابر	گذر	مسیر	نوع سنجنده
۲۰۲۰/۰۶/۰۴	۰۷:۲۶:۳۴	۱۲۴/۹۰۵۹۶۳۶۷	۰	۳۶	۱۶۷	لندست ۸
۲۰۲۰/۰۵/۱۹	۰۷:۲۶:۲۸	۱۱۴/۳۹۱۸۸۷۳۱	۰	۳۶	۱۶۷	لندست ۸

در این پژوهش، آتش‌سوزی‌های رخ داده در استان‌های کرمانشاه، ایلام و کردستان از آتش‌سوزی‌های جنگل‌ها و مراتع زاگرس در خردادماه ۱۳۹۹ انتخاب شد. آتش‌سوزی در استان کرمانشاه از روز پنجشنبه ۸ خردادماه ۱۳۹۹ آغاز شد و به علت اینکه به موقع مهار نشد، در ۹ خردادماه ۱۳۹۹ به محدوده استان‌های ایلام و کردستان سرایت کرد و گسترش یافت. داده‌های استفاده‌شده با توجه به گستردگی آتش‌سوزی‌ها در طول این دوره زمانی و محدودیت دسترسی به تصاویر ماهواره‌ای به صورت موردی همراه با اطلاعات توصیفی است. ابتدا نواحی دارای آتش‌سوزی شناسایی و سپس به صورت موردی تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ برای پیش و پس از این دو آتش‌سوزی تهیه شد. به دلیل شرایط متفاوت اخذ تصاویر سنجنش از دور از جمله حضور اتمسفر در فاصله بین سنجنده و زمین و ...، خطاهایی در تصویر به وجود می‌آید؛ به همین دلیل، قبل از استفاده از این تصاویر، برخی پیش‌پردازش‌ها (Pre-Processing) از جمله تصحیح اتمسفری، تصحیح رادیومتریکی و توپوگرافی برای بهبود کیفیت تصاویر انجام شد.

### محاسبه دمای سطح زمین

بسیاری از روش‌های بازیابی دمای سطح زمین از پژوهش‌های سنجنش از دور ارائه شده از سوی چند کانال مادون‌قرمز داده‌های حرارتی استفاده می‌کند و این روش به طور تقریبی به سه گروه تقسیم می‌شود: الگوریتم تک کانال، الگوریتم چند کانال به عنوان مثال، الگوریتم پنجره مجزا و روش چند زمانه. پژوهش‌ها نشان‌دهنده آن است که نقش سنجنش از دور حرارتی در مطالعه و برآورد دمای سطح زمین بسیار حائز اهمیت است. داده‌های سنجنش از دور حرارتی، امکان بررسی و تخمین دمای سطح زمین و همچنین جزایر حرارتی را فراهم می‌کند. از بین داده‌های حرارتی سنجنش از دور، تصاویر ماهواره‌ای جایگاه خاصی دارد و تصاویری همچون لندست، استر، مودیس و ... در برآورد دمای سطح زمین به دلیل داشتن باندهای حرارتی مفید واقع می‌شود. دمای سطح زمین به عنوان نمایه‌ای از شدت گرما، از عناصر اساسی شناخت آب‌وهواست (درویشی و همکاران، ۱۳۹۸: ۲۰). در سنجنش از دور، دمای سطح زمین که بالای جو با سنجنده‌ها به دست می‌آید، دمای روشنایی نامیده می‌شود. این دما به علت پدیده‌های جذب و پخش جوی به نظر کمتر از دمای واقعی در سطح زمین است. برای استخراج دمای سطح زمین، روش‌های مختلفی توسعه داده شده است که هرکدام از این روش‌ها مزایا و معایب خاص خود را دارد. روش‌های مختلف استخراج دمای سطح زمین عبارت است از: روش‌های تک کانالی، توازن انرژی برای سطح زمین (سبال)، روش دفتر علوم لندست، روش استفان بولتزمن و روش پنجره مجزا (کاکه ممی و همکاران، ۱۳۹۹: ۳۰). در این پژوهش، از روش پنجره مجزا استفاده شد که مراحل آن به صورت زیر است.

## برآورد دمای روشنایی

دمای روشنایی، تشعشع الکترومغناطیسی انتقالی رو به بالا از لایه بالای اتمسفر زمین است که با استفاده از ثابت‌های حرارتی ارائه شده در فایل مرجع تصویر رادیانس طیفی به دمای روشنایی تبدیل شد. فرایند تبدیل حرارتی با تبدیل مقادیر ارزش رقومی باندهای حرارتی خام باندهای حرارتی سنجنده TIRS به رادیانس طیفی لایه بالای اتمسفر انجام شد و سپس با استفاده از رابطه (۱) (رابطه پلانک) دمای روشنایی محاسبه شد. در واقع در این مرحله، واریانس طیفی به دمای جسم سیاه در سطح سنجنده تبدیل شد (Aboelnour & Engel, 2018: 60).

$$T = K_2 / \ln \left( \frac{K_1}{L\lambda + 1} \right) - 272.15 \quad \text{رابطه (۱)}$$

که:

$T$  = دمای روشنایی ماهواره برحسب کلونین؛  $K_2 - K_1$  = ثابت حرارتی برای هر دو باند حرارتی موجود در متادیتا؛  $L\lambda$  = درخشندگی جو بالاست.

## برآورد قابلیت انتشار سطح زمین

به دلیل تفاوت قابلیت انتشار یک ماده واقعی در مقایسه با جسم سیاه، بسته به نوع ماده تشکیل دهنده پدیده‌های مختلف، در طول موج‌های مختلف ناحیه مادون قرمز حرارتی با یکدیگر، پدیده‌های مختلف با وجود دمای یکسان، با استفاده از این پارامتر تشخیص داده می‌شود. هنگامی که قابلیت انتشار انرژی از اجسام واقعی در طول موج‌های مختلف اندازه‌گیری شود، مقادیر متفاوتی حاصل خواهد شد که این امر وابسته به طول موج است (ویسی و همکاران، ۱۳۹۵: ۳۱). برای محاسبه دمای سطح زمین برآورد قابلیت انتشار در سطح زمین ضروری است که این معیار به صورت جداگانه در باندهای حرارتی سنجنده TIRS ماهواره لندست ۸ (باند ۱۰ و ۱۱) محاسبه شود که رابطه آن به صورت زیر است (Gondwe et al, 2018: 20).

$$LSE = Es(1 - FVC) + Ev \times FVC \quad \text{رابطه (۲)}$$

که:

$LSE$  = قابلیت انتشار سطح زمین؛  $Es - v$  = انتشار گیاه و خاک برای باندهای حرارتی طبق جدول (۲)؛  $FVC$  = نسبت پوشش گیاهی است.

جدول (۲) قابلیت انتشار برای گیاه و خاک

Table (2) Emissivity for plant and soil

باند ۱۱	باند ۱۰	قابلیت انتشار
۰/۹۷۷	۰/۹۷۱	خاک
۰/۹۸۹	۰/۹۸۷	گیاه

## محاسبه نهایی دمای سطح زمین (LST) با روش پنجره مجزا

این الگوریتم از جمله روش‌های مؤثر در برآورد دمای سطح زمین است و نسبت به سایر روش‌ها صحت بیشتری دارد (Sobrino et al, 2004: 436). ویژگی مهم این روش، حذف اثرهای جوی است. با توجه به اینکه این الگوریتم، اطلاعات دقیقی درباره نمایه جوی کسب ماهواره‌ای نیاز ندارد، برای بازیابی LST از دو سنسور چند طیفی و حرارتی استفاده می‌کند که از رابطه زیر به دست می‌آید (Wan & Dozier, 1996, p. 895).

$$(SW)LST = TB_{10} + C_1(TB_{10} - TB_{11})C_2(TB_{10} - TB_{11})^2 + C_0 + (C_3 + C_4W)(C_5 + C_6W)\Delta\varepsilon(1 + \varepsilon) \quad \text{رابطه (۳)}$$

که:

$TB_{10}$ - $TB_{11}$  = دمای روشنایی؛  $C_0 \dots C_6$  = ضرایب الگوریتم دیدنی در جدول (۳)؛  $W$  = مقدار بخار آب موجود در جو (رابطه ۴)؛  $\Delta\varepsilon$  = اختلاف قابلیت انتشار سطح زمین؛  $\varepsilon$  = میانگین قابلیت انتشار سطح زمین است.

$$W = C_0 + C_1 * (T_j / T_i) + C_2 * (T_j / T_i)^2 \quad \text{رابطه (۴)}$$

که:  $T_j / T_i$  = میانگین دمای روشنایی؛  $C_0 = -۹/۶۷۴$ ؛  $C_1 = ۰/۶۵۳$ ؛  $C_2 = ۹/۰۸۷$  است.

جدول (۳) مقادیر ضرایب

Table (3) values of coefficients

ارزش‌ها	ضرایب ثابت و محاسبه شده
$C_0$	-۰/۲۶۸
$C_1$	۱/۳۷۸
$C_2$	۰/۱۸۳
$C_3$	۵۴/۳
$C_4$	-۲/۲۳۸
$C_5$	-۱۲۹/۲
$C_6$	۱۶/۴

### شاخص نسبت سوختگی نرمال شده (Normalized Burn Ratio)

شاخص نسبت سوختگی نرمال شده (NBR) یکی از شاخص‌های پرکاربرد در مطالعات مشاهده آتش است که با مطالعات سنجش از دور انجام می‌شود. شاخص NBR، برای برجسته کردن مناطق سوزانده شده در مناطق بزرگ آتش‌سوزی طراحی شده است. مقادیر شاخص NBR، از مادون قرمز نزدیک (NIR) و باندهای مادون قرمز موج کوتاه (SWIR) با تناسب تفاوت‌ها و مجموع آنها اعمال می‌شود. شاخص NBR، در مقادیر بین -۱ و +۱ بیان می‌شود. از آنجایی که کاهش پوشش گیاهی در فرایند پس از آتش‌سوزی رخ می‌دهد، بازتاب نوار مادون قرمز نزدیک به شدت کاهش می‌یابد. پوشش گیاهی سالم به طور کلی ارزش بالایی دارد؛ درحالی که زمین خالی یا مناطق تازه سوخته، ارزش شاخص پایینی دارند. معادله شاخص نسبت سوختگی نرمال شده در رابطه ۵ آورده شده است (Novelli et al, 2016: 405).

$$NBR = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \quad \text{رابطه (۵)}$$

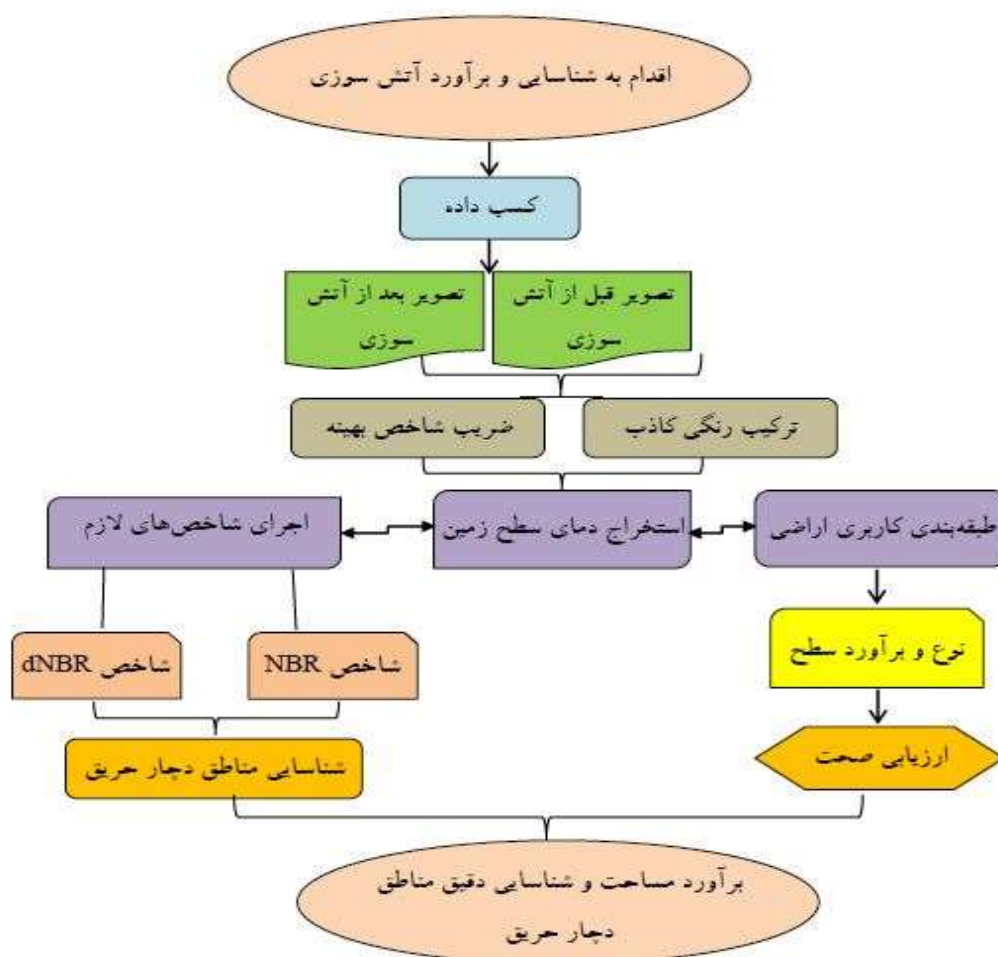
### شاخص اختلاف نسبت سوختگی نرمال شده (Differenced Normalized Burn Ratio)

شاخص اختلاف نسبت سوختگی نرمال شده (dNBR)، اختلاف نواحی سوخته را با استفاده از تفاوت NBR محاسبه شده از تصاویر قبل و بعد از رویداد تعیین می‌کند. از آنجایی که مقادیر خاکستری در شاخص NBR قبل از آتش‌سوزی بزرگ‌تر از مقادیر خاکستری در مناطق سوخته پس از آتش‌سوزی است، نتیجه گرفته می‌شود که آتش‌سوزی در مناطق با مقادیر خاکستری مثبت رخ داده است؛ درحالی که مناطق با مقادیر منفی بر آتش‌سوزی اثر نمی‌گذارد. (Parks et al, 2014: 1831).

$$dNBR = NBR_{pre-fire} - NBR_{post-fire} \quad \text{رابطه (۶)}$$

## طبقه‌بندی نظارت شده

یکی از روش‌های قدرتمند در ارتباط با تولید نقشه‌های موضوعی، استفاده از روش‌های طبقه‌بندی پیکسل مبنای از طریق چند باند طیفی متفاوت است. به صورت کلی، ساختار الگوریتم طبقه‌بندی پیکسل مبنای در دو مرحله خلاصه می‌شود: خوشه‌های طیفی ایجاد شده در فضای ویژگی و اختصاص داده شدن هر یک از پیکسل‌ها به یک کلاس (Hussaina et al, 2013: 94). طبقه‌بندی نظارت شده به طور معمول به دنبال وجه تشابهی با پیکسل‌های معلوم هر کلاس است. این پیکسل‌های معلوم را اشیای نمونه‌تعلیمی می‌نامند. برای انجام طبقه‌بندی نظارت شده، انتخاب نمونه‌های تعلیمی لازم از کلاس‌های مختلف با شناخت از منطقه، استفاده از اطلاعات جانبی و بر مبنای DN پیکسل‌های تصویر رنگی تصاویر ماهواره‌اندست صورت گرفت. روش بیشترین احتمال (Maximum Likelihood) از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده، تاکنون به عنوان دقیق‌ترین و پراستفاده‌ترین روش‌ها شناخته شده است. در روش مذکور، فرض بر این است که همه مناطق آموزشی دارای پراکنش نرمال است. درحقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشد (مختاری و نجفی، ۱۳۹۴: ۳۸).

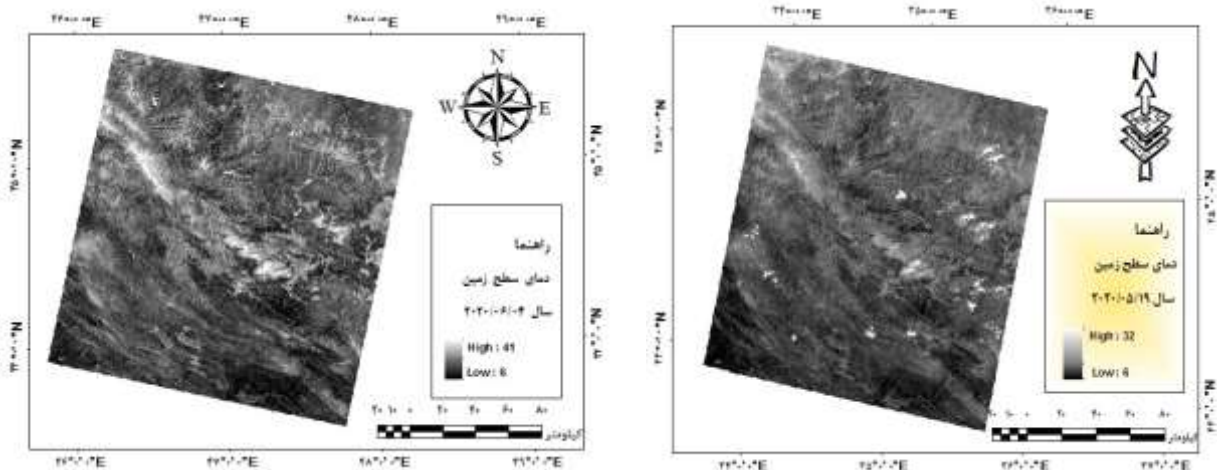


شکل (۲) فلوجارت مراحل تحقیق (منبع: نویسندگان، ۱۴۰۰)

Figure (2) flowchart of the research steps (source: authors, 1400)

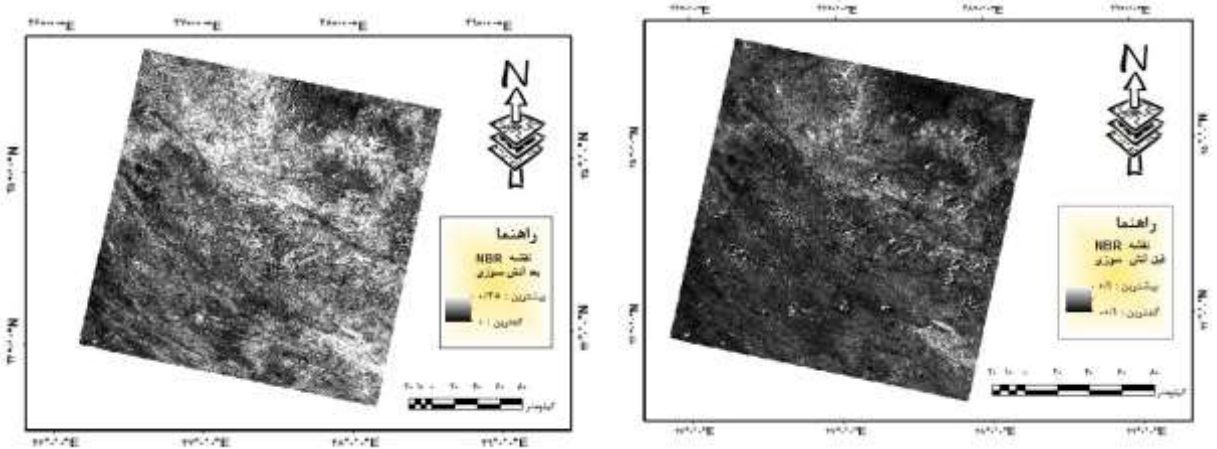
یافته‌های پژوهش و تجزیه و تحلیل آنها

نقشه‌های خروجی دمای سطح زمین با استفاده از تصویر ماهواره لندست ۸ سنجنده TIRS باند ۱۰ در شکل (۳) نشان داده شده است. با توجه به نقشه‌های استخراج شده، دمای سطح زمین برای تصویر قبل از آتش‌سوزی کمترین و بیشترین دما به ترتیب ۶ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد و برای تصویر بعد از آتش‌سوزی به ترتیب ۶ و ۴۱ درجه سانتی‌گراد است که افزایش دمای ۹ درجه سانتی‌گرادی در بازه زمانی قبل و بعد از آتش‌سوزی حاکی از وجود آتش‌سوزی در منطقه مورد مطالعه است.



شکل (۳) نقشه دمای سطح زمین قبل از آتش‌سوزی (سمت راست) و بعد از آتش‌سوزی (سمت چپ)  
 Figure (3) Earth surface temperature map before the fire (right side) and after the fire (left side)

پس از انتخاب الگوریتم‌های شناسایی آتش‌سوزی، به پیش پردازش (تصحیحات هندسی، رادیومتریک و اتمسفری)، پردازش (اعمال روابط و فرمول‌های آتش‌سوزی برای شناسایی آتش‌سوزی) و پس‌پردازش (ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج آتش‌سوزی‌های شناسایی شده با الگوریتم‌های آتش‌سوزی) تصاویر اقدام شد. نتایج نهایی آتش‌سوزی‌های شناسایی شده برای بخش‌هایی از رشته‌کوه زاگرس از سوی الگوریتم‌های آتش‌سوزی نشان‌دهنده آن است که آتش‌سوزی‌های شناسایی شده با شاخص NBR طبق شکل (۴) در منطقه مورد مطالعه به صورت پراکنده و با شدت زیادی رخ داده است.



شکل (۴) نقشه شاخص NBR قبل از آتش‌سوزی (سمت راست) و بعد از آتش‌سوزی (سمت چپ)  
 Figure (4) NBR index map before the fire (right side) and after the fire (left side)

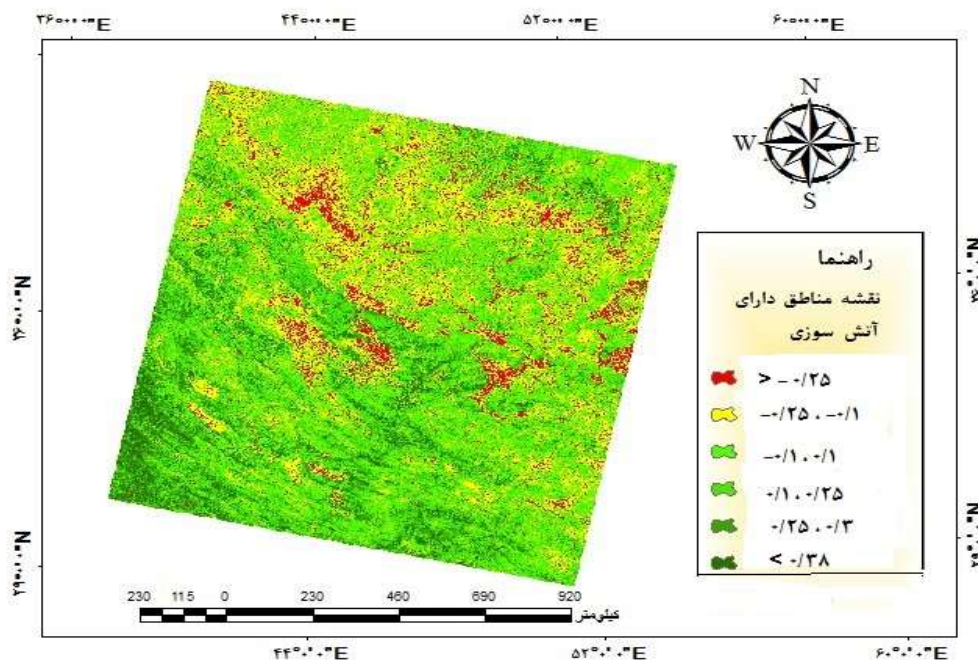
از تفاوت بین NBR قبل از آتش‌سوزی و بعد از آتش‌سوزی تصاویر برای محاسبه dNBR استفاده می‌شود که برای تخمین شدت سوختگی مورد استفاده قرار می‌گیرد. مقادیر dNBR از حالتی به حالت دیگر متفاوت است؛ بنابراین اگر تفسیر در موارد خاص برای دستیابی به بهترین نتایج باشد، باید از طریق ارزیابی میدانی انجام شود؛ با این حال، سازمان زمین‌شناسی آمریکا یک طبقه‌بندی را برای تفسیر شدت سوختگی پیشنهاد کرد؛ در نتیجه برای برآورد شدت سوختگی در شاخص dNBR شش درجه مختلف شدت آتش تعریف می‌شود و به هر یک رنگی اختصاص داده می‌شود (جدول ۴).

جدول (۴) طبقه‌بندی شدت سوختگی شاخص dNBR

Table (4) classification of dNBR index burn severity

طبقات شاخص اختلاف نسبت سوختگی نرمال شده (dNBR)	
> -۰/۲۵	رشد مجدد زیاد پس از آتش‌سوزی
-۰/۲۵ ، -۰/۱	رشد مجدد کم پس از آتش‌سوزی
-۰/۱ ، ۰/۱	مناطق فاقد حریق
۰/۱ ، ۰/۲۵	سوختگی با شدت کم
۰/۲۵ ، ۰/۳	سوختگی با شدت متوسط
< ۰/۳۸	سوختگی با شدت زیاد

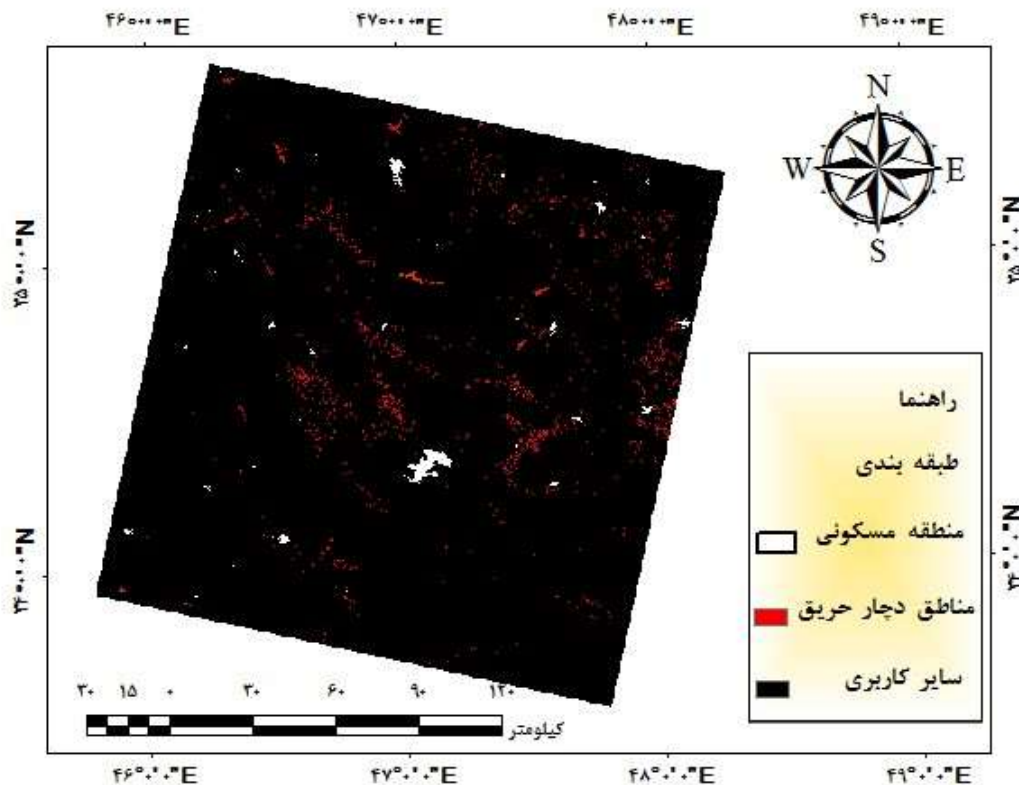
با توجه به نقشه dNBR حاصل از تصاویر ماهواره‌ای (شکل ۵)، مشخص شد که آتش‌سوزی اتفاق افتاده در منطقه مورد مطالعه به صورت پراکنده و با شدت زیاد از شمال غرب آغاز شده و به سمت جنوب شرق ادامه پیدا کرده است که با شدت و ضعف مختلف، بر منطقه وسیعی اثر گذاشته است.



شکل (۵) نقشه شاخص dNBR منطقه مورد مطالعه

Figure (5) dNBR index map of the studied area

ارزیابی نتایج به دست آمده، امری ضروری است؛ به طوری که اگر نتایج ارزیابی نشوند، بدین معنی است که تفسیر کامل نیست. با توجه به هدف اصلی پژوهش (تشخیص مناطق گرفتار حریق)، پس از تفکیک و تشخیص مناطق آتش سوزی با استفاده از شاخص های مورد استفاده، اقدام به طبقه بندی و تفکیک مناطق سوخته از سایر مناطق شد. در این راستا، از روش پیکسل پایه و الگوریتم بیشترین احتمال برای طبقه بندی استفاده شد که از ۳ طبقه مناطق گرفتار حریق، مناطق مسکونی و سایر کاربری ها در طبقه بندی استفاده شد. با استفاده از نتایج به دست آمده از نقشه طبقه بندی (شکل ۶)، وسعت مناطق گرفتار حریق در منطقه مورد مطالعه، ۱۳۶۸۵ هکتار برآورد شد.



شکل (۶) نقشه طبقه بندی شده مناطق گرفتار حریق

Figure (6) classified map of the fire affected areas

### نتیجه گیری

بهره گیری از دانش سنجش از دور و تصاویر ماهواره ای در ارزیابی و مدیریت پایدار منابع طبیعی و به تبع آن بررسی چالش ها و تهدیدات منابع جنگلی، به دلیل ویژگی های این مناطق و همچنین کارایی تکنیک های سنجش از دوری، به صورت گسترده در حال توسعه و تکامل است. امروزه بررسی قابلیت تصاویر ماهواره های مختلف، در تشخیص و ارزیابی جنبه های گوناگون علوم جنگل داری از سوی محققان، در بسیاری از مناطق رویشی دنیا انجام شده و اطلاعات بسیار خوبی را در اختیار قرار داده است. خوشبختانه در این ارتباط در دهه های اخیر، تصاویر سنجنده های مختلف لندست به آسانی و برای دوره های مختلف در دسترس بوده است و در صورتی که از قابلیت

مناسبتی در تشخیص مناطق جنگلی سوخته‌شده برخوردار باشد، به‌راحتی در تعیین سطوح آتش‌سوزی‌های مناطق مختلف مؤثر است و اطلاعات دقیقی را در اختیار قرار می‌دهد. این پژوهش با هدف به‌کارگیری قابلیت و توان تصاویر ماهواره‌اندست، شاخص NBR و dNBR در تفکیک و شناسایی عرصه‌های جنگلی سوخته‌شده از سایر پدیده‌ها، در بخشی از جنگل‌های زاگرس، طراحی و اجرا شد. بررسی تغییرات پس از آتش‌سوزی و آگاهی از شدت سوختگی با استفاده از شاخص NBR تجزیه و تحلیل شد. به‌عنوان نتیجه‌گیری کلی گفته می‌شود که با توجه به صحت نتایج طبقه‌بندی در تشخیص عرصه‌های سوخته‌شده از سایر مناطق با اعتماد بالا، بر توان و قابلیت مناسب تصاویر ماهواره‌اندست و شاخص NBR و dNBR در تفکیک و تمایز مناطق جنگلی سوخته‌شده تأکید شده است. براساس نتایج نقشه‌های شدت آتش به‌دست‌آمده از این پژوهش، ادعا می‌شود که توان تفکیک مکانی و طیفی تصاویر اندست به‌خوبی پاسخ‌گوی تهیه آمار و اطلاعات صحیح از عرصه‌های آتش‌سوزی و در نتیجه تهیه نقشه مناطق جنگلی سوخته‌شده در محدوده جنگل‌های زاگرس ایران است؛ در نتیجه با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از نقشه‌های دمای سطح زمین مربوط به قبل و بعد از آتش‌سوزی که حاکی از افزایش ۹ درجه سانتیگرادی دما در منطقه مورد مطالعه و همچنین با توجه به استخراج مناطق دچار حریق توسط شاخص‌های NBR و dNBR و استخراج مناطق دچار حریق با طبقه‌بندی به روش نظارت‌شده (الگوریتم بیشترین احتمال) و همخوانی و همسویی این مناطق با یکدیگر، وسعت مناطق دچار حریق در منطقه مورد مطالعه ۱۳۶۸۵ هکتار برآورد می‌شود.

ادب و همکاران (۲۰۱۲) در پژوهشی به مدل‌سازی خطر آتش‌سوزی در جنگل‌های گلستان به کمک تصاویر مودیس و سیستم اطلاعات جغرافیایی توجه کردند. متغیرهای مورد استفاده براساس ضریب آتش‌سوزی به طبقاتی تقسیم‌شده با تجزیه و تحلیل داده‌ها در محیط GIS به سه منطقه خطر کم، متوسط، زیاد برای منطقه به دست آمد. نجفی و همکاران (۱۳۹۴) پژوهشی را با عنوان مدل‌سازی و تهیه نقشه خطر وقوع آتش‌سوزی جنگل و با استفاده از سنسجس از دور در منطقه باغ شادی یزد بررسی کردند. در این پژوهش، از مدل تحلیل سلسله‌مراتبی و معیارهای فیزیولوژی شامل شیب، ارتفاع دما و بارش و ... استفاده شد؛ همچنین از شاخص‌های پوشش گیاهی نیز استفاده شد و در آخر منطقه به طبقات پرخطر و خطرناک همپوشانی زیادی با نقاط آتش‌گرفته گذشته داشته است.

## منابع

- درویشی، شادمان، سلیمانی، کریم، رشیدپور، مصطفی (۱۳۹۸). تأثیر شاخص‌های گیاهی و خصوصیات سطح شهری بر تغییرات دمای سطح زمین (مطالعه موردی: شهرستان سنندج). سنسجس از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۱۰، شماره ۱، ص ۳۵-۱۷.
- سرکارگردکانی، علی، ولدان زوج، محمدجواد، منصوریان، علی (۱۳۸۸). تحلیل فضایی نیروی آتش‌سوزی مناطق مختلف کشور با استفاده از RS و GIS. محیط شناسی، دوره ۳۵، شماره ۵۲، ص ۳۴-۲۵.



کاکه ممی، آزاد، قربانی، اردوان، اصغری سراسکانرود، صیاد، قلعه، احسان، غفاری، سحر (۱۳۹۹). **بررسی رابطه تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی با دمای سطح زمین در شهرستان نمین**. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۱۱، شماره ۲، ص ۲۷-۴۸.

مختاری، محمدحسین، نجفی، احمد (۱۳۹۴). **مقایسه روش های طبقه بندی ماشین بردار پشتیبان و شبکه عصبی مصنوعی در استخراج کاربری های اراضی از تصاویر ماهواره ای لندست TM**. مجله علوم آب و خاک، دوره ۱۹، شماره ۷۲، ص ۳۵-۴۵.

ویسی، شادمان، ناصری، عبدعلی، حمزه، سعید، مرادی، پوریا (۱۳۹۵). **برآورد دمای مزارع نیشکر با استفاده از الگوریتم پنجره مجزا و تصاویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸**. سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی، دوره ۷، شماره ۱، صص ۲۷-۴۰.

Aboelnour, M., & Engel, B. (2018). **Application of remote sensing techniques and Geographic Information Systems to Analyze Land Surface Temperature in Response to Land Use/Land Cover Change in Greater Cairo Region, Egypt**. Journal of Geographic Information System, 10, 57-88.

Chen, Y., Lara, M.J., & Hu, F.S. (2020). **A robust visible near-infrared index for fire severity mapping in Arctic tundra ecosystems**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 159, 101-113.

Gondwe, S.V.C., Muchena, R., & Boys, J. (2018). **Detecting land Use and Land Cover and Land Surface Temperature Change in Lilongwe City, Malawi**. Journal of Remote Sensing and GIS, 9(2), 17-26.

Hussaina, M., Chen, D., Cheng, A., Wei, H., & Stenley, D. (2013). **Change Detection from Remotely Sensed Images: From Pixel based to Object-based Approaches**. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 80, 91-106.

Kaufman, Y.J., Ichoku, C., & Giglio, L. (2003). **Fire and Smoke Observation from the Earth Observation System MODIS Instrument-Products, Validation, and Operational Use**. International Journal of Remote Sensing, 24(8), 1765-1781.

Kurnaz, B., Bayik, C., & Abdikan, S. (2019). **Determination of Forest Fire Area by Using Satellite Images: Muğla Case**. 3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies, 19-21.

Labib, S.M., & Harris, A. (2018). **The potentials of Sentinel-2 and Landsat-8 data in green infrastructure extraction, using object based image analysis (OBIA) method**. European Journal of Remote Sensing, 51(1), 231-240.

Niu, R., & Zhai, P. (2012). **Study on forest fire danger over Northern China during the recent 50 years**. Climatic Change, 111(3-4), 723-736.

Novelli, A., Aguilar, M.A., Nemmaoui, A., Auilar, F.J., & Tarantino, E. (2016). **Performance evaluation of object based greenhouse detection from Sentinel-2 MSI and Landsat 8 OLI data: A case study from Almería (Spain)**. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 52, 403-411.

Parks, S.A., Dillon, G.K., & Miller, C. (2014). **A New Metric for Quantifying Burn Severity: The Relativized Burn Ratio**. Remote Sensing, 6, 1827-1844.

Quintano, C., Fernández-Manso, A., & Fernández-Manso, O. (2018). **Combination of Landsat and Sentinel-2 MSI data for initial assessing of burn severity**. International Journal Applied Earth Observation Geoinformation, 64, 221-225.

Sobrino, J.A., Jiménez-Muñoz, J.C., & Paolini, L. (2004). **Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM 5**. Journal of Remote Sensing of Environment, 90(4), 434-440.

Wan, Z., & Dozier, J. (1996). **A generalized split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from space**. Journal of Geoscience and Remote Sensing, 34(4), 892-905.

