نشریه علمی
علوم و مهندسی آبخیزداری ایران
Iran-Watershed Management Science & Engineering
Vol. 19, No. 68, Spring 2025
سال نوزدهم- شماره ۶۸- بهار ۱۴۰۴

Assessment and Analysis of Land Use Changes Using Landsat Satellite Images and Random Forest Algorithm (Case Study: Khosuyeh Dam Watershed)

Zahra Mohammadi [1], Esmaeil Soheili *[2], Yaghoub Niazi [3], Farid Foroughi [4]

Received: 13-12-2024, Revised 22-12-2024, Accepted: 16-01-2025, Published: 09-06-2025
https://doi.org/10.22034/19.68.3

Extended Abstract

Introduction

Land use change analysis is of particular importance due to its direct impact on environmental, social cycles, and ecohydrological conditions of watersheds. Watersheds in arid and semi-arid regions, especially dam and agricultural plains, as are as sensitive to environmental changes, require careful management based on scientific data. Remote sensing data is one of the important tools in this field, which is a suitable alternative to traditional and expensive land surveying methods due to its wide coverage, lower cost, and ease of access. Satellite image classification, as one of the main steps in remote sensing data processing, includes a variety of methods, including algorithms such as maximum likelihood, support vector machines, decision trees, neural networks, and random forests. Previous studies have shown that the random forest algorithm has a high ability to classify satellite images and prepare land cover maps. This method has been used to analyze land use changes in different regions of the world and has brought high accuracy in the results. Among the research conducted, we can mention the application of this algorithm in the assessment of urban, agricultural and forest changes, all of which emphasize the high efficiency and accuracy of this method. In this regard, the accurate identification and analysis of land use change patterns can not only help improve management processes, but also serve as a tool for predicting the long-term effects of environmental changes in watersheds.

Methodology

The study area in this study is the Khosuyeh Dam watershed in Darab County, located in the southeast of Fars Province. This area is considered a semi-arid region of the country, and in line with the objectives of this study, land use changes in this area have been examined in two time periods (2001 and 2021). To analyze land use changes in the Khosuyeh Dam watershed in the time period of 2001 and 2021, satellite data from Landsat 7 for 2001 and Landsat 8 for 2021 were selected. Information on precipitation and temperature in the study area has been collected from meteorological stations. This data has been used to analyze climatic conditions and their changes over time. For the classification of satellite data, the random forest algorithm has been proposed

1 . M.Sc. Student of Ecohydrology, Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Range and Watershed Management, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran. Corresponding author: Es.Sohaili@gmail.com
3. . Ph.D. in Watershed Management Sciences and Engineering, Yazd University, Yazd, Iran.
4 . Assistant Professor, College of Agriculture and Natural Resources of Darab, Shiraz University, Darab, Iran.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

as one of the most effective non-parametric methods. Random forest is one of the powerful and popular algorithms in the field of machine learning and data classification, which is very suitable for complex and noisy data. This algorithm is constructed using a set of decision trees randomly and can effectively classify data into different classes. Due to its high ability to deal with unbalanced data and low sensitivity to small changes in the data, random forest has high accuracy for land cover classification. Accordingly, in this study, the random forest algorithm was used to classify satellite images and simulate land use changes in the study area.

Results

To classify Landsat 7 and 8 satellite images in 2001 and 2021, a random forest algorithm with 40 decision trees was used. This algorithm was selected due to its ability to manage large data, roboticity, and high accuracy in multi-class classification problems, especially in the field of remote sensing. The number of trees, 40, was determined based on the principle of stable error rates. Also, considering the multi-band nature of Landsat satellite images and based on previous studies, the square root of the number of spectral bands (in this study, 7 bands) was considered as the basis for selecting the number of variables examined in each tree. Comparative analysis of land use maps in the two study periods showed significant changes in land use types, especially the reduction of wasteland and the increase in urban areas. These changes are the result of a complex interaction of human and natural factors and can have important consequences on water resources, soil, biodiversity, and ecosystems of the region. Overall, the total land area in 2021 has increased significantly compared to 2001. Each of the land use classes has experienced different changes. Some classes such as “cropland” and “buildings” have seen a significant increase in area, while classes such as “barren land” have seen a decrease in area. These changes reflect different development trends in the study area.

Discussion and Conclusion

In this study, with the aim of analyzing land use changes in the Khosuyeh Darab Dam watershed, Landsat 7 and 8 satellite images from 2001 and 2021 were used. In order to classify land use more accurately, the random forest algorithm was used, and the results indicated the optimal performance of this method with an overall accuracy of 89% in 2001 and 91% in 2021. This indicates the high efficiency of the random forest algorithm in separating land uses and preparing accurate land cover maps. A comparative analysis of land use maps of the two time periods studied showed significant changes in land use types, especially the reduction of barren lands and the increase in urban areas. These changes are the result of the complex interaction of human and natural factors and can have important consequences on water resources, soil, biodiversity, and ecosystems of the region. This research, using modern methods of satellite data analysis and machine learning, has provided a suitable platform for a deeper understanding of environmental changes and providing management solutions. The results obtained provide a valuable tool for managers and planners of the region to formulate natural resource conservation and sustainable development programs. In addition, the methodology used in this research has the potential to be generalized to other similar regions in the country. Similar research has also shown that the use of the random forest algorithm can have high accuracy in land classification, including a study in a semi-arid region that reported an overall accuracy of the random forest algorithm of over 90 percent.

Keywords: *Darab Plain, Land Use, Machine Learning, Dam Watershed*
Article Type: Research Article

Acknowledgement

The authors would like to thank the Hassanabad Darab Meteorological Station for their cooperation.

Conflicts of interest

The authors of this article declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

Data Availability Statement

The datasets are available upon a reasonable request to the corresponding author.

Authors' contribution

Zahra Mohammadi: Conducting research, analyzing data, writing and making corrections and making comments in the abstracted article. Esmaeil Soheili: Guidance in choosing the topic, choosing the study area, collecting the necessary information, conducting and writing the research, editing and reviewing the article, controlling the results.

Yaghoub Niazi: Guidance in conceptualization, using remote sensing, performing software/statistical analyses, editing and reviewing the article.

Farid Foroughi: Guidance in reviewing and editing the article

Citation: Mohammadii Z, Soheili E, Niazi Y, Foroughi F. Assessment and Analysis of Land Use Changes Using Landsat Satellite Images and Random Forest Algorithm (Case Study: Khosuyeh Dam Watershed).jwmseir 2025; 19 (68): 32-45

Iran-Watershed Management Science & Engineering, Year 2025, Vol 19, No 68, PP 32-45

Publisher: Watershed Management Society of Iran
© Author(s)

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

ارزیابی و تحلیل تغییرات کاربری‌اراضی با استفاده از تصاویرماهواره‌ای‌لندست و الگوریتم‌جنگل‌تصادفی (مطالعه‌موردی: حوزه‌آبخیز سدخسویه)

زهرا محمدی[۱]، اسماعیل سهیلی[۲*]، یعقوب نیازی[۳]، فرید فروغی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۲۳، تاریخ داوری۱۴۰۳/۱۰/۰۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۲۷، تاریخ انتشار : ۱۴۰۴/۰۳/۱۹

https://doi.org/10.22034/19.68.3

چکیده

تحلیل تغییرات کاربری اراضی به‌دلیل تأثیر مستقیم بر چرخه‌های محیطزیستی، اجتماعی‌و شرایط اکوهیدرولوژی حوزه‌های آبخیز، اهمیت ویژه‌ای دارد. حوزه‌های آبخیز مناطق‌خشک و نیمه‌خشک بویژه حوزه‌آبخیز سدها و دشت‌های با کاربری کشاورزی به‌عنوان مناطق حساس به تغییرات‌محیطی، نیازمند مدیریت دقیق و مبتنی بر داده‌های علمی هستند. داده‌های سنجش‌ازدور، یکی از ابزارهای مهم در این زمینه محسوب می‌شوند که به دلیل گستردگی‌پوشش، هزینه کمتر و سهولت دسترسی، جایگزینی مناسب برای روش‌های سنتی و پرهزینه نقشه‌برداری زمینی هستند. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای به‌عنوان یکی از مراحل اصلی پردازش داده‌های سنجش‌ازدور، روش‌های متنوعی را شامل می‌شود که از جمله آن‌ها می‌توان به الگوریتم‌هایی همچون حداکثراحتمال، ماشین‌بردار پشتیبان، درخت تصمیم‌گیری، شبکه‌های عصبی و جنگل‌تصادفی اشاره کرد. در این پژوهش، با هدف تحلیل تغییرات کاربری اراضی در حوزه‌آبخیز سدخسویه داراب، از تصاویر ماهواره‌ای لندست۷ و۸ در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۲۱ استفاده شد. به منظور طبقه‌بندی دقیق‌تر کاربری اراضی، الگوریتم جنگل‌تصادفی به کار گرفته شد که نتایج حاکی از عملکرد مطلوب این روش با دقت‌کلی ۸۹ درصد در سال ۲۰۰۱ و ۹۱ درصد در سال ۲۰۲۱ بود. این نشان‌دهنده کارایی‌بالای الگوریتم جنگل تصادفی در تفکیک کاربری‌های اراضی و تهیه نقشه‌های دقیق پوشش‌اراضی است. تحلیل مقایسه‌ای نقشه‌های کاربری اراضی دو دوره زمانی مورد مطالعه، تغییرات معناداری در انواع کاربری‌ها، به‌ویژه کاهش اراضی بایر و افزایش مناطق شهری را نشان داد. این تغییرات نتیجه تعامل پیچیده عوامل انسانی و طبیعی است و می‌تواند پیامدهای مهمی بر منابع‌آب، خاک، تنوع‌زیستی و بوم‌سازگان منطقه داشته باشد. این پژوهش، با استفاده از روش‌های نوین تحلیل داده‌های ماهواره‌ای و یادگیری ماشین، بستری مناسب برای درک عمیق‌تر تغییرات‌محیطی و ارائه راهکارهای مدیریتی فراهم کرده است. نتایج به‌دست‌آمده، ابزاری ارزشمند برای مدیران و برنامه‌ریزان منطقه به منظور تدوین برنامه‌های حفاظت منابع‌طبیعی و توسعه پایدار فراهم می‌کند. علاوه براین، روش‌شناسی به‌کاررفته در این تحقیق قابلیت تعمیم به سایر تحقیقات مشابه نیز نشان داده‌اند که استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی می‌تواند دقت بالایی در طبقه‌بندی اراضی داشته.مناطق مشابه در کشور را دارد باشد، از جمله مطالعه‌ای در منطقه‌ای نیمه‌خشک که دقت کلی الگوریتم جنگل تصادفی را بالای ۹۰ درصد گزارش کرده است.

کلیدواژه‌ها: دشت داراب، کاربری اراضی، یادگیری ماشین، حوزه آبخیز سد.

نوع مقاله: پژوهشی

استناد:. محمدی زهرا، سهیلی اسماعیل، نیازی یعقوب، فروغی فرید. ارزیابی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویرماهواره‌ای لندست و الگوریتم جنگل تصادفی (مطالعه‌موردی: حوزه آبخیز سد خسویه).علوم ومهندسی آبخیزداری ایران. ۱٤۰٤؛ ۱۹(٦۸): ۳۲-٤٥

علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال ۱٤۰٤، دوره ۱۹، شماره ٦۸، صفحه ۳۲-٤٥

ناشر: انجمن آبخیزداری ایران

© نویسندگان

CC BY NC

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد اکوهیدرولوژی، بخش مرتع وآبخیزداری، دانشکده‌کشاورزی‌ومنابع‌طبیعی‌داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران.
۲- استادیار بخش مرتع وآبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، داراب، ایران. نویسنده مسئول: Email: Soheili@shirazu.ac.ir
۳- دانش‌آموخته دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه یزد، یزد، ایران.
٤- استادیار،دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی داراب، دانشگاه شیراز، ایران،

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

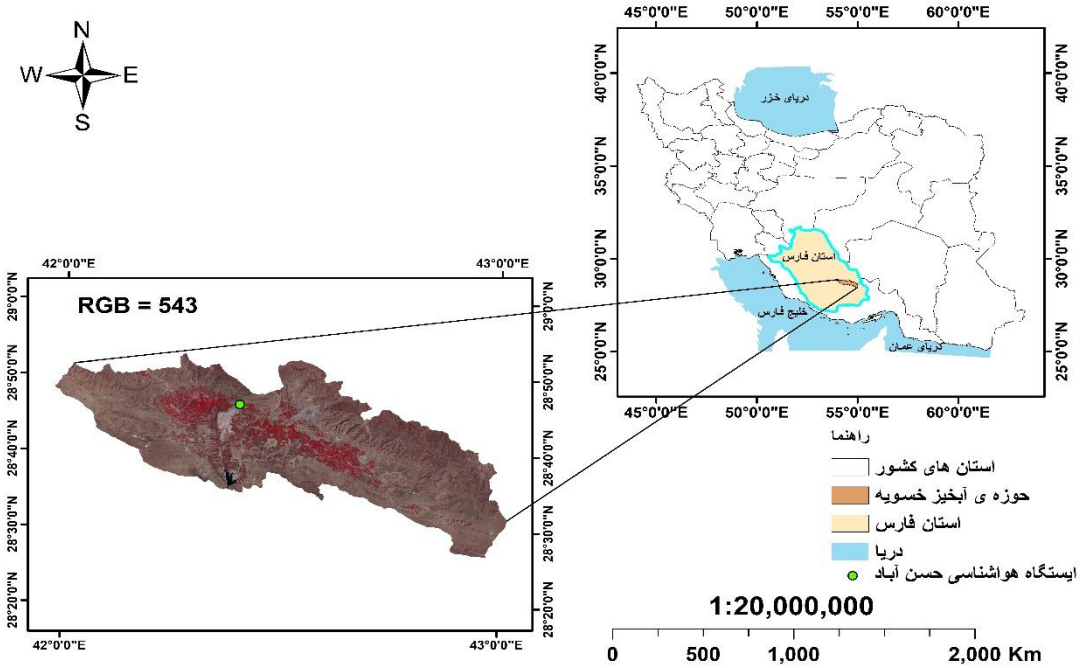
مقدمه

کاربری اراضی به مجموعه‌ای از فعالیت‌ها و تأثیرات انسانی و طبیعی بر زمین اطلاق می‌شود که مستقیماً بر زندگی موجودات‌زنده و بوم‌سازگان‌ها تأثیر می‌گذارد [۱۲،۷] که شامل ارتباط دوسویه‌ای عوامل‌انسانی و شرایط‌طبیعی مانند اقلیم، کیفیت‌خاک و منابع آبی است. متأسفانه رشدجمعیت و افزایش نیازهای انسانی، به‌ویژه در دهه‌های اخیر، باعث تغییرات و تخریب‌های گسترده‌ای در کاربری اراضی شده است که سبب تأثیرات عمده منفی و مخربی بر تنوع‌زیستی، منابع‌آبی و اقلیم جهانی شده است [۱۳،۸]. در نتیجه تحلیل تغییرات کاربری اراضی به‌دلیل تأثیرمستقیم برچرخه‌های محیط‌زیستی و اجتماعی، به‌ویژه در سطح حوزه‌های آبخیز که، مناطق حساس به تغییرات‌محیطی، نیازمند مدیریت دقیق و مبتنی بر داده‌های علمی هستند، بسیار حائز اهمیت است [۱٤]. در نتیجه شناسایی و تحلیل دقیق الگوهای تغییرات کاربری‌اراضی نه تنها می‌تواند به بهبود فرآیندهای مدیریتی کمک کند، بلکه به عنوان یک ابزار دقیق برای پیش‌بینی اثرات بلندمدت تغییرات محیط‌زیستی در حوزه‌های آبخیز نیز عمل می‌کند. در شرایطی که تغییرات‌اقلیمی و فشارهای انسانی به طور فزاینده‌ای بر بوم‌سازگان‌های طبیعی تأثیر می‌گذارند، مدل‌های‌تحلیلی مبتنی بر داده‌های سنجش از دور قادرند به عنوان ابزاری قدرتمند برای رصد و شبیه‌سازی این تغییرات عمل کنند. این تحلیل‌ها می‌توانند در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی به ویژه در زمینه حفاظت از منابع‌طبیعی و بهینه‌سازی استفاده از اراضی کمک شایانی کنند. علاوه بر این، ارزیابی تغییرات کاربری اراضی می‌تواند به‌طور موثر در شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر بلایای طبیعی همچون سیلاب‌ها و فرسایش‌خاک مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به قابلیت علم سنجش از دور و داده‌های ارزشمند آن (تصاویر و محصولات ماهواره‌ای) یکی از ابزارهای مهم و موثر در این زمینه محسوب می‌شوند که به دلیل گستردگی پوشش، هزینه کمتر و سهولت‌دسترسی، جایگزینی مناسب برای روش‌های سنتی و پرهزینه نقشه‌برداری زمینی بوده است [۹،۱۸]. تصاویر ماهواره‌ای مانند سری لندست، سنتینل و داده‌های راداری، به دلیل دقت، رزولیشن مکانی بسیاربالا و قابلیت‌های متنوع، به‌طور گسترده برای تهیه نقشه‌های پوشش‌زمین و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی استفاده می‌شوند [۱٦،۲۲]. سری ماهواره‌های لندست به‌دلیل سابقه طولانی و قابلیت ارائه داده‌های چندطیفی[1] با تفکیک زمانی‌مناسب، به‌عنوان یکی از منابع‌اصلی‌داده در پژوهش‌های مرتبط با کاربری اراضی شناخته می‌شود [۹،۱۱]. طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای را رفتار طیفی یکسان به کلاس‌هایی خاص گویند و به‌عنوان یکی از مراحل اصلی پردازش‌داده‌های سنجش از دور، روش‌های متنوعی را شامل می‌شود که در این راستا الگوریتم‌های متعددی توسط محققان استفاده می‌شود. از جمله می‌توان به الگوریتم‌هایی همچون حداکثراحتمال، ماشین بردار پشتیبان[2]، درخت تصمیم‌گیری[3]، شبکه‌های عصبی[4] و جنگل‌تصادفی[5] اشاره کرد [۲٤،۱۰]. لازم به ذکر است الگوریتم جنگل‌تصادفی یک روش غیرپارامتریک و قدرتمند در یادگیری ماشین است، که برای طبقه‌بندی داده‌های گسسته و پیوسته استفاده می‌شود. این الگوریتم به دلیل دقت بالا، انعطاف‌پذیری، مقاومت در برابر نویز و توانایی بالا در پردازش داده‌های نامتوازن، به یکی از پر کاربردترین روش‌ها در تحلیل تغییرات کاربری اراضی تبدیل شده است [۳،۲،۲٦]. مطالعات‌پیشین نشان داده‌است که الگوریتم جنگل‌تصادفی توانایی‌بالایی در طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه‌های پوشش‌زمین دارد. این روش برای تحلیل تغییرات کاربری‌اراضی در مناطق مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفته‌است و دقت‌بالایی را در نتایج به ارمغان آورده‌است [۱۷،۱۹،۲۱]. دراین راستا می‌توان به کاربرد این الگوریتم در زمینه‌ی ارزیابی تغییرات کاربری‌شهری، کشاورزی و جنگلی اشاره‌کرد که همگی بر کارایی و دقت‌بالای این روش تأکید دارند [۱،۱۸]. امینی و همکاران (۲۰۲۲) الگوریتم جنگل‌تصادفی را برای تحلیل تغییرات کاربری و پوشش اراضی‌شهری با استفاده از سری‌های زمانی تصاویر لندست به‌کار بردند و بر دقت بالای این روش در تفکیک کلاس‌های مختلف تأکید کردند. او و همکاران (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای به مقایسه چهار الگوریتم یادگیری ماشین، از جمله جنگل‌تصادفی، برای طبقه‌بندی کاربری اراضی در مناطق تحت‌تأثیر استخراج طلا پرداختند. این تحقیق نشان داد که الگوریتم جنگل تصادفی توانسته است در طبقه‌بندی دقیق‌تر کاربری اراضی نسبت به دیگر الگوریتم‌ها عملکرد بهتری داشته باشد. هدف اصلی این پژوهش، بررسی و تحلیل تغییرات کاربری اراضی در حوزه آبخیز سدخسویه، واقع در استان فارس، طی دوره زمانی ۲۰۰۱ و ۲۰۲۱ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست (۷و۸) و الگوریتم جنگل‌تصادفی است. انتخاب حوزه‌آبخیز سدخسویه به‌دلیل اهمیت این منطقه در تأمین منابع‌آبی محلی و قرارگیری آن در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک صورت گرفته است. این منطقه به‌دلیل فعالیت‌های انسانی گسترده مانند کشاورزی و توسعه شهری در دهه‌های اخیر و تأثیر مستقیم تغییرات کاربری اراضی بر منابع‌آبی، یک نمونه مناسب برای بررسی الگوهای تغییرات کاربری اراضی محسوب می‌شود. در این تحقیق، ضمن ارائه نقشه‌های کاربری اراضی با دقت بالا، تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسانی و شرایط‌طبیعی منطقه را شناسایی و تحلیل شدند که یافته‌های آن به‌عنوان یک گامی مؤثر در مدیریت و برنامه‌ریزی کاربری اراضی در این منطقه تلقی می‌شود. نوآوری این مطالعه در کاربرد الگوریتم جنگل تصادفی برای تحلیل تغییرات کاربری اراضی در منطقه‌ای نیمه‌خشک مانند حوزه آبخیز سدخسویه نهفته است. این منطقه به

1. Multispectral

2. Support Vector Machine
3. Decision Tree
4. Neural Network
5. Random Forest

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]



شکل ۱- موقعیت‌منطقه‌موردمطالعه‌درکشور، استان فارس و شهرستان داراب

Fig 1. Location of the study area in the country, Fars Province and Darab County

دلیل نقش کلیدی در تأمین منابع آبی و تأثیرپذیری از تغییرات اقلیمی کمتر مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین، تمرکز این تحقیق بر پیامدهای تغییرات کاربری اراضی بر منابع‌آبی و محیط‌زیستی منطقه، به آن جنبه‌ای منحصربه‌فرد می‌بخشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، حوزه‌آبخیز سدخسویه در شهرستان داراب است که در جنوب‌شرقی استان‌فارس، واقع شده است (شکل۱). این منطقه جزء مناطق نیمه‌خشک کشور به شمار می‌رود و موقعیت جغرافیایی این منطقه بین طول‌جغرافیایی ″۳۲-۵۸ °۲۵ تا″۰۶-۰۱°۵۵ شرقی و عرض‌جغرافیایی ″۳۳-۲۵°۲۸ تا″۰۸-۵۴°۲۸ شمالی قرار دارد و تقریباً ۲۵۰ کیلومتر از مرکز استان، فاصله دارد. مساحت کل حوزه حدود۲۲۴۵ کیلومترمربع است و ارتفاع متوسط آن از سطح دریا تقریباً ۱۴۳۹متراست. این منطقه دارای شرایط اقلیمی نیمه‌خشک با میانگین دمای سالانه ۲۲/۵ درجه‌سانتیگراد است. میانگین بارش‌سالانه در این ناحیه حدود ۲۵۰ میلی‌متر و متوسط تبخیروتعرق بالقوه سالانه به میزان ۱۸۲۱ میلی‌متراست [۲۶، ۲۷].

داده‌های مورد استفاده در تحقیق

اطلاعات نمونه‌های‌تعلیمی و داده‌های‌میدانی

در این مطالعه، تعداد ۱۶۰ نمونه تعلیمی از تصاویر ماهواره‌ای جمع‌آوری شد. نمونه‌ها شامل کلاس‌های اصلی کاربری اراضی مانند پهنه‌های آبی، کشاورزی، مرتع، جنگل، باغات، بوته‌زار، مناطق‌شهری، و بایر بودند. انتخاب نمونه‌ها با استفاده از تکنیک نمونه‌برداری تصادفی در مناطق مختلف حوزه‌آبخیز سدخسویه انجام شد. همچنین، داده‌های میدانی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای گوگل‌ارث در تاریخ‌های مورد بررسی تأیید شدند.

تصاویر ماهواره‌ای: برای تحلیل تغییرات کاربری اراضی حوزه‌آبخیز سدخسویه در بازه‌زمانی ۲۰۰۱ و ۲۰۲۱، داده‌های ماهواره‌ای کالکشن ۲ سطح ۲ برای هر دو لندست ۷ و ۸ که سنجنده لندست ۷ برای سال ۲۰۰۱ و سنجنده لندست ۸ برای سال ۲۰۲۱ انتخاب شده‌اند. برای سال ۲۰۰۱، تصاویر مربوط به تاریخ‌های ۲۷ آوریل، ۲۱ مه، ٦ ژوئن، ۸ ژوئیه، ۹ اوت، ۱۷ اوت، و ۱۲ اکتبر استفاده شده‌اند که بازه‌های کلیدی فصل‌رشد، اوج فعالیت کشاورزی و تغییرات فصلی در پاییز را پوشش می‌دهند. برای سال ۲۰۲۱، تصاویر مربوط به تاریخ‌های ۹ مارس، ۲۵ مارس، ۱۰ آوریل، ۱۲ مه، ۲۸ مه، ۱۳ ژوئن، ۲۹ ژوئن، ١٦ اوت، ۱ سپتامبر، ۱۷ سپتامبر، ۳ اکتبر، و ۱۹ اکتبر انتخاب شد که تغییرات فصلی از اوایل‌بهار تا پایان پاییز را به‌خوبی نشان می‌دهند. این توزیع زمانی، امکان تحلیل دقیق تغییرات کاربری‌اراضی طی دودهه، شامل الگوهای‌رشد و برداشت محصولات کشاورزی، تغییرات مراتع، و گسترش مناطق‌شهری یا بایر را فراهم می‌کند. این مجموعه داده‌ها پایه‌ای مناسب برای مقایسه تغییرات اراضی و ارائه نقشه‌های دقیق کاربری اراضی در این بازه زمانی است. تصاویر انتخاب شده جزء تصاویری با وضوح بالا و شرایط هواشناسی مناسب و فاقد ابر بودند که این امر منجر به افزایش دقت طبقه‌بندی شد.

داده‌های هواشناسی: اطلاعات مربوط به بارندگی و دما در منطقه مورد مطالعه از ایستگاه‌های هواشناسی موجود در منطقه به‌ویژه

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

ایستگاه سینوپتیک حسن‌آباد داراب که دقیقا در حوزه مورد مطالعه قرار دارد، جمع‌آوری شده است. این داده‌ها به‌منظور تحلیل شرایط اقلیمی و تغییرات آن در طول زمان استفاده شده‌اند.

این مجموعه داده‌ها بادقت و جامعیت بالا انتخاب شده‌اند تا امکان تحلیل تغییر کاربری اراضی در دوره مورد مطالعه فراهم شود.

الگوریتم جنگل تصادفی

برای طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای، الگوریتم جنگل‌تصادفی به دلیل ساختار مبتنی بر درخت‌های تصمیم متعدد و قابلیت ترکیب نتایج آن‌ها، به‌عنوان روشی انعطاف‌پذیر و قدرتمند در یادگیری‌ماشین شناخته می‌شود [۳،۱۵]. این الگوریتم توانایی پردازش داده‌های با حجم‌بالا و پیچیدگی‌زیاد را دارد و به‌ویژه در مواجهه با داده‌های غیرخطی و نویزدار عملکرد قابل‌توجهی ارائه می‌دهد [۲۰]. این الگوریتم با استفاده از مجموعه‌ای از درخت‌تصمیم است به‌صورت تصادفی ساخته می‌شود و می‌تواند به‌طور مؤثری داده‌ها را به کلاس‌های مختلف طبقه‌بندی کند. جنگل‌تصادفی به‌دلیل قابلیت‌بالا در مقابله با داده‌های نامتوازن و حساسیت‌پایین نسبت به تغییرات‌کوچک در داده‌ها، برای طبقه‌بندی پوشش‌اراضی از دقت‌بالایی برخوردار است [۱۷]. براین اساس در این پژوهش، برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و شبیه‌سازی تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد مطالعه، از الگوریتم جنگل‌تصادفی به دلیل دقت‌بالا، قابلیت مدیریت داده‌های پیچیده، و نیاز به تنظیمات ساده‌تر نسبت به الگوریتم‌های یادگیری عمیق انتخاب شده است. این الگوریتم بادقت بالای ۸۹–۹۱ درصد برای تحلیل تغییرات کاربری اراضی در این مطالعه به کار گرفته‌شد و درعین‌حال پیچیدگی محاسباتی آن نسبت به الگوریتم‌های یادگیری‌عمیق کمتر است، استفاده شد. مراحل ساخت الگوریتم جنگل‌تصادفی در ادامه ارائه شده است [۱٤، ۲۵ و ۲٦] :

ایجاد نمونه‌های تصادفی[1]

ابتدا، از مجموعه داده اصلی، نمونه‌هایی با جایگزینی انتخاب می‌شوند. این فرآیند به‌عنوان *Bootstrap Sampling* شناخته می‌شود.

ایجاد درخت‌های تصمیم‌گیری[2]

هر درخت تصمیم‌گیری روی یک زیرمجموعه از داده‌ها و ویژگی‌ها ساخته می‌شود. هر گره درخت با توجه به بیشینه‌سازی معیار جداسازی، مانند معیار جینی (Gini) یا آنتروپی(Entropy) ، تقسیم‌بندی می‌شود که در ادامه به هر کدام پرداخته شده است [۱۷، ۲۰].

معیار جینی[3]

معیاری برای اندازه‌گیری خلوص داده‌ها در هر گره، به‌صورت معادله زیر تعریف می‌شود:

$$Gini = 1 - \sum_{i=1}^{k} p_i^2 \qquad (۱)$$

که در آن:

p_i نسبت نمونه‌هایی است که به کلاس i تعلق دارند.

k تعداد کل کلاس‌ها است.

آنتروپی[4]

معیار دیگری برای سنجش میزان اختلاط داده‌ها که معادله زیر نشان‌دهنده آن است :

$$\text{Entropy} = -\sum_{i=1}^{k} p_i log_2(p_i) \qquad (۲)$$

ترکیب پیش‌بینی‌ها

در مرحله نهایی، نتایج پیش‌بینی‌شده توسط تمامی درخت‌ها ترکیب می‌شوند. در طبقه‌بندی، از رأی‌گیری اکثریت (Majority Voting) استفاده می‌شود، در حالی که برای رگرسیون، میانگین مقادیر پیش‌بینی‌شده محاسبه می‌شود.

پیش‌پردازش تصاویر و استخراج ویژگی‌ها

پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای یکی از مراحل ضروری در هر تحلیل دورسنجی است. این مراحل شامل تصحیح رادیومتریک، حذف‌ابر و استخراج ویژگی‌های مختلف مانند NDVI[5] (شاخص تفاوت‌پوشش‌گیاهی) و بازتاب است. در این پژوهش برای تحلیل تغییرات کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه براساس، داده‌های ماهواره‌ای لندست استفاده شده است. تصاویر انتخاب شده از این ماهواره به دلیل پوشش‌گسترده و تفکیک‌مکانی‌مناسب، در مطالعات مشابه به‌طور گسترده استفاده شده‌اند [۲۳،٤]. در این پژوهش، مراحل پیش‌پردازش و استخراج ویژگی‌ها به شرح زیر انجام‌شده‌است.

تصحیحات هندسی و رادیومتریک

تصحیحات‌هندسی: برای تطابق مکانی‌دقیق تصاویر ماهواره‌ای، تصحیحات‌هندسی با استفاده از نقاط‌کنترل‌زمینی (GCPs) و مدل‌های رقومی ارتفاعی (DEM) انجام شد. این مرحله تضمین می‌کند که تمامی پیکسل‌ها به‌طور دقیق در موقعیت‌مکانی خود قرار دارند.

تصحیحات‌رادیومتریک: تصحیحات‌رادیومتریک برای حذف اثرات جوی، تغییرات‌روشنایی‌خورشید و اختلافات سنجنده انجام‌شد. این مرحله شامل نرمال‌سازی داده‌ها با تبدیل واحدهای‌خام (DN)به بازتاب‌سطحی (Reflectance) بود.

$$\text{Reflectance} = \frac{L.d^2}{E_s.\cos\theta_s} \qquad (۳)$$

که در معادله بالا آن را مشاهده می‌کنیم و در آن [۱۵]:

L: درخشندگی‌طیفی،

d: فاصله‌زمین تا خورشید (برحسب‌واحدنجومی)،

E_s: تابش‌خورشیدی در طول موج خاص،

θ_s: زاویه‌خورشید.

1 . Bootstrap Sampling
2 . Decision Trees
3. Entropy
4 . Voting or Averaging
5 . Index Normalized Difference Vegetation

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

استخراج ویژگی‌های طیفی

در این پژوهش ویژگی‌های طیفی مختلف با استفاده از باندهای تصاویر لندست۷ و لندست۸ استخراج شدند. یکی از مهم‌ترین شاخص‌طیفی محاسبه‌شده شاخص نرمال‌شده تفاوت‌پوشش‌گیاهی **است** که به شرح زیر است:

شاخص نرمال‌شده تفاوت‌پوشش‌گیاهی(NDVI)

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (٤)$$

که در معادله بالا به آن پرداخته شده است و در آن [١٤]:

NIR: بازتاب باند مادون قرمز نزدیک،

RED: بازتاب باند قرمز.

طبقه‌بندی تصاویر با الگوریتم‌جنگل‌تصادفی

پس از استخراج ویژگی‌ها، طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از الگوریتم جنگل‌تصادفی انجام‌شد. این الگوریتم با بهره‌گیری از ویژگی‌های طیفی دقت بالایی در طبقه‌بندی پوشش‌اراضی ارائه‌داد.

تحلیل تغییرات زمانی

با استفاده از تصاویرسال‌های ۲۰۰۱ (لندست۷) و ۲۰۲۱ (لندست۸)، تحلیل تغییرات کاربری اراضی انجام‌شد. برای این منظور، تفاوت در مقادیر مساحت کلاس‌های طبقه‌بندی شده در دو بازه‌زمانی محاسبه شد.

ارزیابی صحت‌طبقه‌بندی

اطمینان از دقت و صحت اطلاعات موضوعی، یکی از مراحل اساسی در استفاده از این نوع داده‌ها است. ارزیابی نتایج طبقه‌بندی به‌عنوان مرحله‌نهایی در فرآیند تولید نقشه‌های طبقه‌بندی شده محسوب می‌شود. یکی از روش‌های رایج برای ارزیابی‌دقت این نقشه‌ها، ماتریس‌خطا (Confusion Matrix) است که داده‌های طبقه‌بندی شده را با داده‌های مرجع (مانند داده‌های زمینی یا تصاویر با وضوح بالا) مقایسه می‌کند [٥].

پارامترهای کلیدی قابل استخراج از ماتریس‌خطا شامل صحت کلی[1]، ضریب کاپا[2]، صحت کاربر[3] و صحت تولیدکننده[4] هستند که برای ارزیابی‌عملکرد طبقه‌بندی به کار می‌روند [١، ٢، ٢٤]:

صحت کلی(OA)

با تقسیم مجموع درایه‌های قطراصلی‌ماتریس‌خطا به تعداد کل نمونه‌ها و از رابطه ٥ به‌دست می‌آید.

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^{k} n_{ii}}{N} \quad (٥)$$

n_{ii}: تعداد پیکسل‌های درست طبقه‌بندی شده برای کلاس i

N: کل تعداد پیکسل‌های مرجع

ضریب کاپا(k)

یک آزمون آماری برای ارزیابی میزان صحت‌طبقه‌بندی است که با رابطه ٦ بدست می‌آید.

$$\kappa = \frac{N\sum_{i=1}^{k} n_{ii} \sum_{i=1}^{k}(n_{i+}.n_{+i})}{N^2-\sum_{i=1}^{k}(n_{i+}.n_{+i})} \quad (٦)$$

n_{i+}: مجموع پیکسل‌های ردیف i

n_{+i}: مجموع پیکسل‌های ستون i

صحت کاربر: احتمال اینکه یک پیکسل در نقشه طبقه‌بندی شده به‌درستی به یک کلاس خاص اختصاص داده شده باشد.

صحت تولیدکننده: احتمال اینکه یک پیکسل در نقشه مرجع به‌درستی در نقشه طبقه‌بندی شده تشخیص داده شود.

دراین‌پژوهش، از پارامترهای فوق برای ارزیابی نقشه‌های طبقه‌بندی شده استفاده شده است. این ارزیابی به درک میزان‌دقت نقشه‌ها و اعتماد به آن‌ها در تحلیل تغییرات کاربری زمین کمک می‌کند.

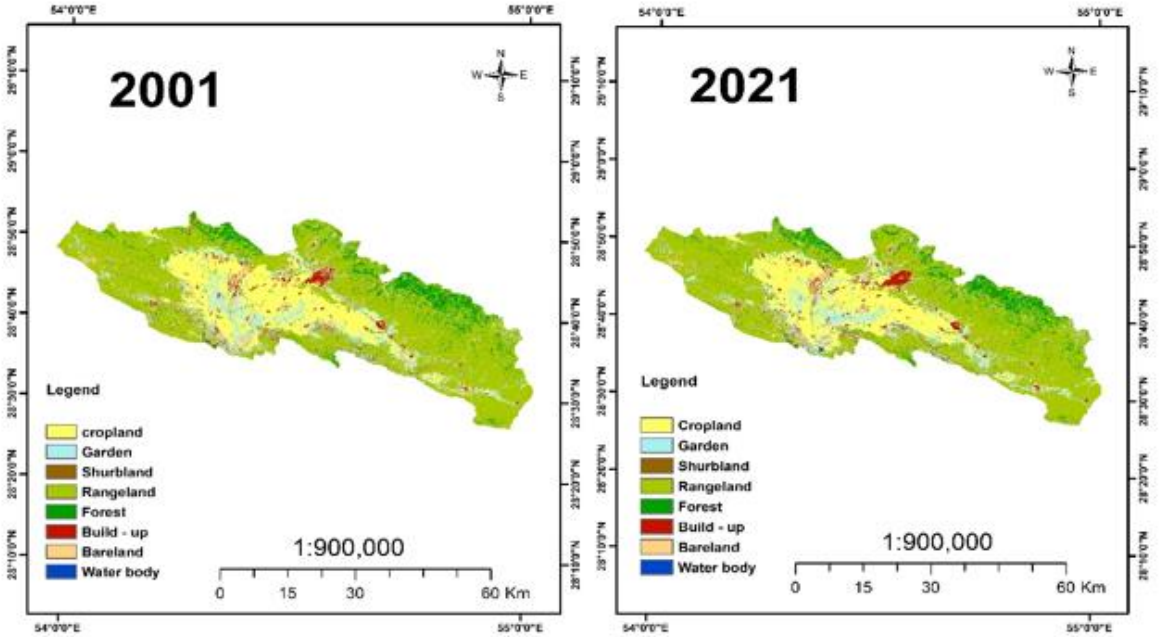
نتایج

برای طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای لندست۷ و۸ در سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۲۱، از الگوریتم جنگل‌تصادفی با ٤٠ درخت تصمیم‌گیری استفاده شد. انتخاب این الگوریتم به دلیل توانایی آن در مدیریت داده‌های بزرگ، دقت‌بالا در مسائل طبقه‌بندی چندکلاسه، به‌ویژه در حوزه سنجش از دور، صورت گرفت. یکی از محدودیت‌های این مطالعه استفاده از دو بازه زمانی (۲۰۰۱ و ۲۰۲۱) برای تحلیل تغییرات کاربری اراضی است. در حالی که این بازه زمانی برای نشان دادن تغییرات کلی مناسب است، استفاده از داده‌های مربوط به دوره‌های زمانی کوتاه‌تر می‌تواند الگوی‌تغییرات را با دقت بیشتری مشخص کند. پیشنهاد می‌شود که در مطالعات‌آتی، تغییرات کاربری اراضی با استفاده از چندین بازه زمانی تحلیل گردد. تعداد درختان ٤٠ براساس اصل پایدارماندن نرخ خطا تعیین‌شد. همچنین، باتوجه به ماهیت چندباندی تصاویرماهواره‌ای لندست و با استناد به مطالعات‌پیشین [٢،٢٤،٥، ١٦]، جذرتعداد باندهای‌طیفی (در این‌مطالعه۷ باند) به‌عنوان مبنای انتخاب تعداد متغیرهای مورد بررسی در هر درخت در نظر گرفته‌شد. شکل۳ نقشه کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی نظارت‌شده با الگوریتم جنگل‌تصادفی برای سال‌های ۲۰۰۱ و ۲۰۲۱ را نشان‌می‌دهد.

جدول ١ نتایج حاصل از طبقه‌بندی کاربری اراضی سال ۲۰۰۱ را با روش جنگل‌تصادفی نشان می‌دهد. این جدول حاوی اطلاعاتی در مورد دقت و صحت مدل طبقه‌بندی، عملکرد آن در طبقه‌بندی هر یک ازکلاس‌های کاربری اراضی و همچنین میزان انطباق بین نقشه طبقه‌بندی شده و واقعیت زمینی است. نتایج حاصل از طبقه‌بندی کاربری اراضی سال۲۰۰۱ حاکی از دقت کلی۸۹ درصد و ضریب کاپای۰/۸٦ است که نشان‌دهنده تطابق قابل‌قبول بین نقشه طبقه‌بندی شده و واقعیت‌زمین است. در واقع مدل طبقه‌بندی استفاده شده (الگوریتم جنگل‌تصادفی) توانسته‌است با دقت مناسبی، کاربری‌های مختلف اراضی را از یکدیگر تفکیک نماید. با این‌حال، بررسی دقیق‌تر نتایج نشان‌داد که دقت طبقه‌بندی برای همه کلاس‌ها یکسان

1 . Overall Accuracy
2 . Kappa Coefficient
3 . User's Accuracy
4 . Producer's Accuracy

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]



شکل ۳- نقشه کاربری‌اراضی حوزه‌آبخیز سدخسویه با الگوریتم‌جنگل‌تصادفی برای دوسال ۲۰۰۱و۲۰۲۱

Fig 3. Land use map of the Khosuyeh Dam watershed using the random forest algorithm for the years 2001 and 2021"

نبوده است. کمترین دقت مربوط به کلاس"بوته‌زار" با ۸۵ درصد و بیشترین دقت مربوط به کلاس"آب" با ۹۷ درصد بوده است. علت اصلی تفاوت در دقت می‌تواند به عوامل‌مختلفی از جمله شباهت طیفی بین کلاس‌ها، اندازه کلاس‌ها و کیفیت تصاویر ماهواره‌ای مرتبط باشد. تحلیل ماتریس اشتباهات (ماتریس‌خطا) نیز نشان‌داد که برخی از کلاس‌ها بیشتر مستعد خطا هستند. به‌عنوان مثال، کلاس‌های "زمین زراعی" و"باغ" به دلیل شباهت‌های‌طیفی، در برخی موارد با یکدیگر اشتباه گرفته شده‌اند. همچنین، برخی از پیکسل‌های کلاس "بوته‌زار" به اشتباه در کلاس "مرتع" طبقه‌بندی شده‌اند که علت این خطا به تغییرات فصلی پوشش‌گیاهی و وضوح پایین تصاویر ماهواره‌ای برمی‌گردد. به‌طورکلی، نتایج بدست‌آمده در بخش ارزیابی‌صحت منطقه مورد مطالعه عملکرد مناسب الگوریتم جنگل‌تصادفی را در تفکیک و طبقه بندی کلاس‌های اصلی‌کاربری اراضی تأیید می‌کند.

جدول ۲ نتایج حاصل از طبقه‌بندی کاربری اراضی سال ۲۰۲۱ را به روش جنگل‌تصادفی نشان می‌دهد. با توجه به ضریب کاپای۰/۸۹ و دقت کلی۰/۹۱، می‌توان نتیجه گرفت که مدل طبقه‌بندی به‌طور کلی عملکرد قابل قبولی داشته است. این نشان می‌دهد که الگوریتم جنگل‌تصادفی توانسته است با دقت مناسبی کاربری‌های مختلف اراضی را از یکدیگر تفکیک نماید. با بررسی دقیق‌تر جدول ۲، مشاهده می‌شود که دقت طبقه‌بندی برای همه کلاس‌ها یکسان نبوده است. کلاس‌هایی مانند "آب" و "زمین‌های‌بایر" به دلیل ویژگی‌های طیفی متمایزتر، بالاترین دقت را داشته‌اند، در حالی که دقت طبقه‌بندی کلاس‌هایی مانند "باغ" و "زمین‌های‌زراعی" به دلیل شباهت طیفی‌بالاتر و تغییرات پیچیده‌تر در الگوهای مکانی آن‌ها، در رتبه‌های پایین‌تر قرارگرفتند. این پیچیدگی‌های مکانی ممکن است به عواملی نظیر تغییرات زمانی پوشش‌گیاهی، تنوع بافت‌ها و الگوهای جغرافیایی خاص هر کلاس مربوط باشد که در تفکیک دقیق آن‌ها تأثیرگذار است.

همچنین، برخی از پیکسل‌های کلاس "زمین‌های‌بایر" به اشتباه به‌عنوان "زمین‌های‌زراعی" طبقه‌بندی شده‌اند که می‌تواند به دلیل تغییرات فصلی پوشش‌گیاهی در فصل‌های بهار و تابستان (زمانی که پوشش‌گیاهی ممکن است در این کلاس‌ها مشابه باشد) یا وضوح پایین تصویر باشد. به‌طور کلی شایان ذکر است یافته‌های بدست‌آمده از طبقه‌بندی حاکی از عملکرد خوب الگوریتم جنگل‌تصادفی بوده است و در واقع با دقت مناسبی فرآیند تفکیک و طبقه بندی کاربری‌های مختلف اراضی در منطقه مورد مطالعه صورت گرفت.

جدول ۳ تغییرات کاربری اراضی را در بازه زمانی ۲۰ سال را نشان می‌دهد. این‌جدول حاوی اطلاعاتی در خصوص تغییرات‌کمی و کیفی پوشش‌اراضی است که می‌تواند از آنها برای تحلیل روندهای تغییرات کاربری اراضی و شناسایی عوامل‌مؤثر بر این تغییرات بهره‌گرفت. به‌طور کلی، مساحت کل اراضی در سال ۲۰۲۱ نسبت به سال ۲۰۰۱ افزایش یافته است. این افزایش می‌تواند به دلیل عوامل‌مختلفی مانند گسترش‌شهرنشینی، تغییر الگوهای کشاورزی‌و یا تغییرات‌اقلیمی باشد. تغییرات قابل‌توجهی در مساحت هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی رخ داده است. برخی از کلاس‌ها مانند "زمین‌های زراعی" و "ساختمان‌ها" افزایش مساحت داشته‌اند، درحالی که کلاس‌هایی مانند "زمین‌های بایر" کاهش مساحت داشته‌اند. افزایش اندک مساحت زمین‌های زراعی نشان‌دهنده ادامه روند توسعه کشاورزی و احتمالاً تغییر در الگوهای کشت است. افزایش جزئی مساحت باغ‌ها می‌تواند به علت افزایش توجه به تولید محصولات کشاورزی با ارزش‌افزوده بالا باشد. کاهش

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

جدول ۱- ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی کاربری اراضی با الگوریتم جنگل تصادفی (سال ۲۰۰۱)

Table 1- Evaluation of the accuracy of land use classification results using the random forest algorithm(2001)

		Ground Truth 2001 (واقعیت زمینی)									
	LU/LC Classes (کلاس‌های کاربری)	Cropland (زمین‌های زراعی)	Garden (باغ)	Shurbland (بوته‌زار)	Rangeland (مرتع)	Forest (جنگل)	Build-up (ساخت‌وساز)	Bareland (اراضی‌بایر)	Water body (پهنه‌های آبی)	Total (کل)	User_Accuracy (دقت کاربر)
Classified Map 2001 (نقشه طبقه‌بندی‌شده)	Cropland (زمین‌های زراعی)	23	0	1	1	0	0	1	0	26	0.88
	Garden (باغ)	0	15	0	2	0	0	0	0	17	0.88
	Shurbland (بوته‌زار)	0	0	11	2	0	0	0	0	13	0.85
	Rangeland (مرتع)	0	1	1	51	2	0	1	0	56	0.91
	Forest (جنگل)	0	0	0	2	10	0	0	0	12	0.83
	Build-up (ساخت‌وساز)	0	1	0	0	0	11	0	0	12	0.92
	Bareland (اراضی‌بایر)	2	0	0	0	0	0	12	0	14	0.86
	Water body (پهنه‌های آبی)	0	0	0	1	0	0	0	9	10	0.90
	Total (کل)	25	17	13	59	12	11	14	9	160	
	Producer_Accuracy (دقت تولیدکننده)	0.92	0.88	0.85	0.86	0.83	1.00	0.86	1.00		
	Kappa (ضریب کاپا)					0.86					
	Overal Accuracy (دقت کلی)					0.89					

جدول ۲- ارزیابی دقت نتایج طبقه‌بندی کاربری اراضی با الگوریتم جنگل تصادفی (سال ۲۰۲۱)

(۲۰۲۱) Table 2- Evaluation of the accuracy of land use classification results with the random forest algorithm

		Ground Truth 2021 (واقعیت زمینی)									
	LU/LC Classes (کلاس‌های کاربری)	Cropland (زمین‌های زراعی)	Garden (باغ)	Shurbland (بوته‌زار)	Rangeland (مرتع)	Forest (جنگل)	Build-up (ساخت‌وساز)	Bareland (اراضی‌بایر)	Water body (پهنه‌های آبی)	Total (کل)	User_Accuracy (دقت کاربر)
Classified Map 2021 (نقشه طبقه‌بندی‌شده)	Cropland (زمین‌های زراعی)	26	3	0	0	0	0	1	0	30	0.87
	Garden (باغ)	1	13	0	1	0	0	0	0	15	0.87
	Shurbland (بوته‌زار)	0	0	15	1	0	0	0	0	16	0.94
	Rangeland (مرتع)	0	0	2	45	3	0	0	0	50	0.90
	Forest (جنگل)	0	0	0	1	12	0	0	0	13	0.92
	Build-up (ساخت‌وساز)	0	0	0	0	0	15	1	0	16	0.94
	Bareland (اراضی‌بایر)	0	0	0	1	0	0	11	0	12	0.92
	Water body (پهنه‌های آبی)	0	0	0	0	0	0	0	8	8	1.00
	Total (کل)	27	16	17	49	15	15	13	8	160	
	Producer_Accuracy (دقت تولیدکننده)	0.96	0.81	0.88	0.92	0.80	1.00	0.85	1.00		
	Kappa (ضریب کاپا)					0.89					
	Overal Accuracy (دقت کلی)					0.91					

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

مساحت بوته‌زارها نیز به تغییرات در پوشش‌گیاهی طبیعی و احتمالاً گسترش فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی و دامداری می‌گردد. افزایش اندک مساحت مراتع می‌تواند به‌دلیل تغییر در الگوهای استفاده از زمین و یا بهبود مدیریت چراگاه‌ها باشد و افزایش اندک مساحت جنگل‌ها نشان‌دهنده تلاش‌هایی برای احیاءو حفاظت از جنگل‌ها و یا جلوگیری از تعرض به منابع‌طبیعی توسط ارگان‌های ذی‌ربط است. افزایش قابل‌توجه مساحت ساختمان‌ها نشان‌دهنده رشد شهرنشینی و توسعه مناطق‌مسکونی و صنعتی است و کاهش قابل‌توجه مساحت زمین‌های بایر نشان‌دهنده استفاده بیشتر از این اراضی برای فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و یا مسکونی است. شکل٤ مساحت هریک از کلاس‌های کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی با الگوریتم جنگل‌تصادفی برای سال‌های۲۰۰۱ و۲۰۲۱ و شکل۵ تغییرات کاربری اراضی برای حوزه‌آبخیز سدخسویه بین این سال‌ها را نشان می‌دهد

جدول ٤ تغییرات کاربری اراضی بین سال‌های ۲۰۰۱ تا ۲۰۲۱ را در حوزه سدآبخیز خسویه را ارائه می‌دهد. جدول ارائه شده، تغییرات قابل‌توجهی را در کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در طول دو دهه نشان می‌دهد. این تغییرات، نتیجه عوامل مختلفی مانند رشد جمعیت، توسعه اقتصادی، تغییرات اقلیمی‌و سیاست‌های توسعه‌ای است که بر محیط‌زیست، اقتصاد و جامعه تأثیرگذار بوده است. به‌طور کلی، مساحت کل تمامی کلاس‌های کاربری اراضی در سال۲۰۲۱ نسبت به سال۲۰۰۱ افزایش قابل توجهی داشته است.

جدول ۳- نتایج‌طبقه‌بندی‌کاربری‌اراضی برای‌سال‌های۲۰۰۱و۲۰۲۱

Table 3- Land use classification results for 2001 and 2021

LU/LC (کاربری اراضی)	AREA_2001 (مساحت) (km^2)	AREA_2021 (مساحت) (km2)	Change Area (تغییرات‌مساحت)	AREA_2001 (مساحت)(%)	AREA_2021 (مساحت)(%)
Cropland (زمین‌های‌زراعی)	433.26	443.85	10.58	19.30	19.78
Garden (باغ)	246.57	247.77	1.20	10.99	11.04
Shurbland (بوته‌زار)	59.62	52.47	-7.15	2.66	2.34
Rangeland (مرتع)	1201.79	1208.35	6.57	53.55	53.84
Forest (جنگل)	160.99	163.18	2.19	7.17	7.27
Build-up (ساخت‌وساز)	53.97	64.01	10.04	2.40	2.85
Bareland (اراضی‌بایر)	90.42	63.97	-26.45	4.03	2.85
Water body (پهنه‌های‌آبی)	0.06	1.67	1.61	0.00	0.07

جدول ٤- ماتریس‌تبدیل‌کاربری‌اراضی بین سال‌های۲۰۰۱ و۲۰۲۱ (کیلومترمربع)

Table 4- Land use conversion matrix between 2001 and 2021 (square kilometers)

	LU/LC Classes (کلاس‌های کاربری‌اراضی)	2021									
		Water body (پهنه‌های‌آبی)	Bareland (اراضی‌بایر)	Build-up (ساخت‌وساز)	Cropland (زمین‌های‌زراعی)	Forest (جنگل)	Garden (باغ)	Rangeland (مرتع)	Shurblan (بوته‌زار)	Tota (کل)
2001	Water body (پهنه‌های‌آبی)	0.03	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.06
	Bareland (اراضی‌بایر)	0.33	43.01	6.99	8.76	1.25	20.94	6.79	2.29	90.38
	Build-up (ساخت‌وساز)	0.16	5.98	37.32	4.13	0.28	4.92	0.46	0.71	53.96
	Cropland (زمین‌های‌زراعی)	0.68	1.96	9.26	357.35	3.60	52.09	4.40	3.88	433.22
	Forest (جنگل)	0.21	0.70	0.27	3.21	121.73	4.22	27.78	2.42	160.54
	Garden (باغ)	0.24	5.59	8.32	63.44	4.73	125.15	28.95	10.00	246.42
	Rangeland (مرتع)	0.01	5.70	1.14	4.84	28.19	29.07	1121.78	9.57	1200.30
	Shurbland (بوته‌زار)	0.01	0.98	0.72	2.10	3.29	11.28	17.64	23.53	59.54
	Total (کل)	1.67	63.93	64.00	443.84	163.08	247.68	1207.81	52.41	2244.42

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

هر یک از کلاس‌های کاربری اراضی تغییرات متفاوتی را تجربه کرده‌اند. برخی از کلاس‌ها مانند "زمین‌های زراعی" و "ساختمان‌ها" افزایش مساحت چشمگیری داشته‌اند، درحالی که کلاس‌های مانند "زمین‌های بایر" کاهش مساحت داشته‌اند. این تغییرات نشان‌دهنده روندهای مختلف توسعه در منطقه مورد مطالعه است. استفاده از تصاویرماهواره‌ای تا سال۲۰۲۱ محدودیت دیگری از این مطالعه است، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی، از داده‌های به‌روزتر ماهواره‌های لندست و سنتینل برای افزایش دقت نتایج استفاده شود.

بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به‌منظور تحلیل تغییرات کاربری اراضی در حوزه‌آبخیز سدخسویه در شهرستان داراب، از تصاویر ماهواره‌ای لندست۷ و۸ مربوط به سال‌های ۲۰۰۱و۲۰۲۱ بهره برده است. به منظور طبقه‌بندی دقیق‌تر کاربری اراضی، الگوریتم جنگل‌تصادفی به کار گرفته شد. نتایج به دست‌آمده نشان داد که این‌روش در منطقه مورد مطالعه عملکرد خوبی داشته است، به‌طوری که دقت کلی آن درسال ۲۰۰۱ برابر با ۸۹ درصد و در سال ۲۰۲۱ برابر با ۹۱ درصد بود. این نتایج نشان دهنده کارایی بالای الگوریتم جنگل‌تصادفی در تفکیک کاربری‌های اراضی و تهیه نقشه‌های دقیق پوشش اراضی در این منطقه است. تحلیل مقایسه‌ای نقشه‌های کاربری اراضی در دو دوره زمانی مورد مطالعه، تغییرات معنی‌داری در انواع کاربری‌ها، به‌ویژه کاهش اراضی‌بایر و افزایش مناطق شهری را نشان داد. این تغییرات نتیجه تعامل پیچیده عوامل‌انسانی‌و طبیعی است‌و می‌تواند پیامدهای مهمی بر منابع‌آب، خاک، تنوع زیستی‌و بوم‌سازگان منطقه داشته باشد. درتحقیقات مشابه در حوزه‌های آبخیز نیمه‌خشک نشان داده است که رشد مناطق‌شهری و تغییرات‌اقلیمی از عوامل اصلی تغییرات کاربری اراضی در این مناطق است [۶،۲۵]. این پژوهش، با استفاده از روش‌های نوین تحلیل داده‌های ماهواره‌ای و یادگیری‌ماشین، بستری‌مناسب برای درک عمیق‌تر تغییرات‌محیطی و ارائه راهکارهای مدیریتی فراهم کرده است. نتایج به‌دست‌آمده، ابزاری ارزشمند برای مدیران و برنامه‌ریزان منطقه به منظور تدوین برنامه‌های حفاظت منابع‌طبیعی‌و توسعه‌پایدار فراهم می‌کند. علاوه بر این، روش‌شناسی به کار رفته در این تحقیق قابلیت تعمیم به سایر مناطق مشابه در کشور را دارد. تحقیقات مشابه نشان‌دهنده این است که الگوریتم جنگل‌تصادفی قادر به ارائه دقت‌بالایی در طبقه‌بندی کاربری اراضی است. به‌عنوان مثال، در مطالعه‌ای که در یک منطقه نیمه‌خشک انجام شده، دقت کلی این الگوریتم بیش از۹۰ درصد گزارش شده است[۲۰،۱]. یافته‌های این پژوهش‌ها تأکید می‌کنند که ترکیب داده‌های ماهواره‌ای (لندست۷و۸) و مدل‌های یادگیری‌ماشین(الگوریتم جنگل‌تصادفی) ابزاری کارآمد برای تحلیل تغییرات کاربری اراضی در مقیاس‌های مختلف است. باتوجه به این یافته‌ها، می‌توان پیشنهاد داد که برای ارتقای دقت مدل‌های پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی، استفاده از تصاویر با وضوح بالاتر(مانند تصاویر سنجنده یا ماهواره سنتیل۱و۲) و ترکیب الگوریتم‌های یادگیری ماشین با داده‌های اقلیمی‌و توپوگرافی منطقه مدنظر قرارگیرد. همچنین، ادامه تحقیقات در این زمینه می‌تواند به شناسایی دقیق‌تر عوامل مؤثر بر تغییرات کاربری اراضی و ارائه راهکارهای مدیریت یکپارچه حوزه‌آبخیز منجر شود.

سپاسگزاری

نویسندگان از همکاری ایستگاه هواشناسی حسن‌آباد داراب تشکر می‌نمایند.

تضاد منافع نویسندگان

نویسندگان این مقاله اعلام میدارند که هیچگونه تضاد منافعی در خصوص نگارش و انتشار مطالب و نتایج این پژوهش ندارند.

دسترسی به داده‌ها

داده‌ها و نتایج استفاده شده در این پژوهش از طریق مکاتبه با نویسنده مسئول در اختیار قرار خواهد گرفت.

مشارکت نویسندگان

زهرا محمدی: انجام پژوهش، تجزیه و تحلیل داده‌ها، نگارش‌و انجام اصلاحات‌و اعمال نظرات در مقاله مستخرج.

اسماعیل سهیلی: راهنمایی در انتخاب موضوع، انتخاب منطقه موردمطالعه، جمع‌آوری اطلاعات موردنیاز، شیوه انجام و نگارش پژوهش، ویرایش و بازبینی‌مقاله، کنترل نتایج.

یعقوب نیازی: راهنمایی در مفهوم‌سازی، استفاده‌ها از سنجش از دور، انجام تحلیل‌های نرم‌افزاری/آماری، ویرایش و بازبینی‌مقاله.

فرید فروغی: راهنمایی بازبینی و ویرایش‌مقاله.

منابع مورد استفاده

1. Amini, S., Saber, M., Rabiei-Dastjerdi, H., & Homayouni, S. (2022). Urban Land Use and Land Cover Change Analysis Using Random Forest Classification of Landsat Time Series. *Remote Sensing*,14(11),2654. https://doi.org/10.3390/rs14112654.

2. Asif, M., Kazmi, S., Tariq, A., Zhao, N., Guluzade, R., Soufan, W., Almutairi, K., Sabagh, A., & Aslam, M. (2023). Modelling of land use and land cover changes and prediction using CA-Markov and Random Forest. *Geocarto International*, 38(1).2210532 https://doi.org/10.1080/10106049.2023.2210532.

3. Belgiu, M., & Drăguţ, L. (2016). Random forest in remote sensing: A review of applications and future directions. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 114, 24-31. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.01.011.

4. Chaves, M., Picoli, M., & Sanches, I. (2020). Recent Applications of Landsat 8/OLI and Sentinel-2/MSI for Land Use and Land Cover Mapping: A Systematic Review. *Remote Sensing*, 12(18), 3062. https://doi.org/10.3390/rs12183062.

5. Congalton, R., & Green, K. (1993). A practical look at the

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

15.Liang, Y., & Liu, L. (2017). Simulating land-use change and its effect on biodiversity conservation in a watershed in northwest China. *Ecosystem Health and Sustainability*, 3(5).1335933

https://doi.org/10.1080/20964129.2017.1335933.

16.Lowe, B., & Kulkarni, A. (2015). Multispectral Image Analysis Using Random Forest. *International Journal of Soft Computing*, 6, 1-14. https://doi.org/10.5121/IJSC.2015.6101.

17.Navin, M., & Agilandeeswari, L. (2020). Multispectral and hyperspectral images based land use/land cover change prediction analysis: An extensive review. *Multimedia Tools and Applications*, 79, 29751-29774. https://doi.org/10.1007/s11042-020-09531-z.

18.Noi, P., Kuch, V., & Lehnert, L. (2020). Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier - The Role of Image Composition. *Remote Sensing*, 12, 2411. https://doi.org/10.3390/rs12152411.

19.Pasquarella, V., Holden, C., Kaufman, L., & Woodcock, C. (2016). From imagery to ecology: leveraging time series of all available Landsat observations to map and monitor ecosystem state and dynamics. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2(3).152-170.

https://doi.org/10.1002/rse2.24.

20.Paul, A., Mukherjee, D., Das, P., Gangopadhyay, A., Chintha, A., & Kundu, S. (2018). Improved Random Forest for Classification. *IEEE Transactions on Image Processing*, 27, 4012-4024. https://doi.org/10.1109/TIP.2018.2834830.

21.Pelletier, C., Valero, S., Inglada, J., Champion, N., & Dedieu, G. (2016). Assessing the robustness of Random Forests to map land cover with high-resolution satellite image time series over large areas. *Remote Sensing of Environment*, 187, 156-168.

https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.10.010.

22.Panuju, D., Paull, D., & Griffin, A. (2020). Change Detection Techniques Based on Multispectral Images for Investigating Land Cover Dynamics. *Remote Sensing*, 12, 1781.

https://doi.org/10.3390/rs12111781.

23.Potapov, P., Hansen, M., Pickens, A., Hernández-Serna, A., Tyukavina, A., Turubanova, S., Zalles, V., Li, X., Khan, A., Stolle, F., Harris, N., Song, X., Baggett, A., Kommareddy, I., & Kommareddy, A. (2022). The Global 2000-2020 Land Cover and Land Use Change Dataset Derived From the Landsat Archive: First Results. *Frontiers in Remote Sensing*, 3. 856903.

https://doi.org/10.3389/frsen.2022.856903.

24. Razavizadeh, Dargahian, Teymouri, Gohardoust, & Azadeh. (2025). Study of changes in floodplains of Sistan Hamoons in Google Earth Engine. Iranian Journal of Watershed Science and sources of confusion in error matrix generation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59, 641-644.

doi: 10.12691/jgg-6-3-2

6.Daneshi, A., Brouwer, R., Najafinejad, A., Panahi, M., Zarandian, A., & Maghsood, F. (2020). Modelling the impacts of climate and land use change on water security in a semi-arid forested watershed using InVEST. *Journal of Hydrology*, 593, 125621.

https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125621.

7.Felipe-Lucia, M., Soliveres, S., Penone, C., Fischer, M., Ammer, C., Boch, S., Boeddinghaus, R., et al. (2020). Land-use intensity alters networks between biodiversity, ecosystem functions, and services. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117,28140-28149. https://doi.org/10.1073/pnas.2016210117.

8.Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., Chapin, F., et al. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309, 570-574.

https://doi.org/10.1126/science.1111772.

9.Gu, Z., & Zeng, M. (2023). The Use of Artificial Intelligence and Satellite Remote Sensing in Land Cover Change Detection: Review and Perspectives. *Sustainability*. 16(1),274.

https://doi.org/10.3390/su16010274.

10.Gupta, M., Dwivedi, R., & Kumar, A. (2021). Review of Various Learning Algorithms Applied to Satellite Image Classification. *2021 10th International Conference on System Modeling & Advancement in Research Trends (SMART)*, 285-289.

https://doi.org/10.1109/SMART52563.2021.9676215

11.Gutman, G., & Masek, J. (2012). Long-term time series of the Earth's land-surface observations from space. *International Journal of Remote Sensing*, 33, 4700-4719.

https://doi.org/10.1080/01431161.2011.638341.

12.Hasan, S., Zhen, L., Miah, M., Ahamed, T., & Samie, A. (2020). Impact of land use change on ecosystem services: A review. *Environmental Development*. 34, 100527.

https://doi.org/10.1016/j.envdev.2020.100527.

13.Jha, M. (2020). Impacts of Landscape Changes on Water Resources. *Water*. 12(8), 2244.

https://doi.org/10.3390/w12082244.

14. Kazemi, M. Jafarpoor. A. (2025). Land use time series classification using spectral indices, Sentinel 2 images and variable training samples in Google Earth Engine (GEE) platform. Iranian Journal of Watershed Science and Engineering, 18(67), 1-15. .(in persian)

https://doi.org/10.22034/18.67.1

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]

27. Hassani, M. Shamsnia, S. A. 1402. Spatial analysis of wheat irrigation indicators using geostatistical models in the direction of sustainable environmental development (Case study: Darab Plain - Fars Province). Environmental Science Studies. 9. (2): 8418-8428. .(in persian)
doi: 10.22034/jess.2023.410079.2097

Engineering, 18(67), 16-30. .(in persian)
https://doi.org/10.22034/18.67.2

25. Sadeghi Lari, Adnan, Kazemi, & Rajabi. (2024). Investigating the effect of climatic and land surface characteristics on groundwater quality using Google Earth Engine (GEE) data (Case study: Kohorestan Plain, Hormozgan). Iranian Journal of Watershed Science and Engineering, 18(66), 59-72. .(in persian)
doi:10.22059/ije.2015.57301

26. Bahrami, A. Dashtbani, Z. Bahrami, M. 1402. Evaluation of groundwater quality in the Fasarud plain (Darab county) for agricultural and drinking purposes. Quarterly Journal of Environmental Science Studies. 8. (3): 7122-7113. .(in persian)
doi:10.22034/jess.2023.391379.1994

[Downloaded from jwmsei.ir on 2025-12-19]