

## Estimating the Changes in the Agricultural Lands Using Satellite Images Case Study: Fariman Dam Downstream Basin

A. Nouri<sup>1</sup>, J. Omidvar<sup>2</sup>, F. Modaresi<sup>3\*</sup>, K. Davari<sup>4</sup>, S. Nouri<sup>5</sup>, A. Asadi<sup>6</sup>

1- M.Sc, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran  
2, 3, 4, 5 and 6- Ph.D Student, Assistant Professor, Professor, Ph.D in Agrometeorology and M.Sc, Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.  
(\* - Corresponding Author Email: [Fmodaresi@um.ac.ir](mailto:Fmodaresi@um.ac.ir))

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Received: 27-06-2023         | <b>How to cite this article:</b><br>Nouri, A., Omidvar, J., Modaresi, F., Davari, K., Nouri, S., & Asadi, A. (2024). Estimating the changes in the agricultural lands using satellite images Case study: Fariman dam downstream basin. <i>Journal of Water and Soil</i> , 37(6), 829-840. (In Persian with English abstract). <a href="https://doi.org/10.22067/jsw.2023.83163.1301">https://doi.org/10.22067/jsw.2023.83163.1301</a> |
| Revised: 02-12-2023          |   |
| Accepted: 03-12-2023         |   |
| Available Online: 03-12-2023 |   |

### Introduction

Limited fresh water resources and access to these resources as well as providing food security for the growing world population have led researchers to make extensive efforts in the field of optimal management of water consumption and determining the cultivation pattern in different regions. Therefore, identifying cultivated crops in a region and determining their area can be very effective in land management and water allocation in these regions. With the growth and advancement of technology in the field of satellite and remote sensing in recent decades, the use of satellite images in order to identify types of land use and types of cultivated products has expanded greatly. Sentinel-1 (radar) and Sentinel-2 (multi-spectral) satellites have been very popular in agriculture due to their improved spatial resolution (10 meters) and appropriate time resolution (5 days for Sentinel 2 and 12 days for Sentinel 1).

### Materials and Methods

The studied area is located downstream of the Fariman dam in an area of 22.51 square kilometers (5122 hectares) and the central coordinates are 35 degrees 41 minutes and 59 seconds north latitude and 59 degrees 50 minutes and 49 seconds east longitude. In order to classify satellite images and produce crop maps, ground observation data is needed to train the classification model and also evaluate the accuracy of the results. For this purpose, sample points were taken from different land uses in the region, using GPS. Since it was not possible to take enough samples for all land uses and crops in the determined border, a larger sampling area was selected. Then, all collected data were sorted and for each class, 70% of the data was randomly used to train the classification model and 30% was used to validate the obtained classification results. In the present study, Sentinel 2 satellite images for the first 6 months (crop season) of 2021 and 2022 and digital elevation image (DEM) of the study area were considered. According to the surveys conducted and the reports of the agricultural jihad of Fariman city, the main crops cultivated in the region include maize, tomato, sugar beet, wheat and barley. Therefore, according to the phenological stages of these products in the region, the appropriate time series of images was selected. The accuracy of the classified map was evaluated using the Kappa coefficient and overall accuracy.

### Results and Discussion

In order to identify and separate the land use in the study area according to the major cultivated crops, first the agricultural calendar of the crops was determined. Then, satellite images were selected based on crop cultivation period. Based on the evaluation indexes of commission error, omission error, overall accuracy as well as the Kappa coefficient, it was observed that the identification of classes and land use was done well and with high accuracy, so that the overall accuracy for the classification map of 2022 is equal to 0.97 and the kappa coefficient value was 0.94.



©2023 The author(s). This is an open access article distributed under [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/), which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source.

<https://doi.org/10.22067/jsw.2023.83163.1301>

In order to compare land use changes during the two years 2022 and 2021, classification was also done for the images of the crop year 2021. Since the training samples of agricultural crops were not available separately and in sufficient numbers in the crop year of 2021, the classification map of this year was produced only based on the type of land use, and all crops in one class entered the classification model training process. The values of overall accuracy and kappa coefficient in 2021 were obtained as 0.97 and 0.95 respectively. According to the obtained results, the area of the orchard class has increased since 2021 compared to 2022. After repeated field visits to the study area and investigation of some land uses that had been changed and turned into orchard use, it was found that in some areas in 2022 there was the growth of villa gardens and in some areas the farmers have converted cropland to orchard (construction of an orchard). Even in some cases, the old orchard in the region was destroyed by the farmers and the land was fallow for 2 to 3 years (2021, fallow). In 2022, the farmer built a new orchard. It is also necessary to mention that fallow lands are included in the soil class depending on whether they are newly plowed or have no vegetation, and if weeds have grown on these lands, they are included in the rangeland class.

## Conclusion

The effective management of water resources from dams for agricultural purposes necessitates the identification of land use downstream of the dams, along with determining the types of crops and their respective areas. In this study, Sentinel 2 satellite images were employed to classify and delineate land use associated with agricultural cultivation downstream of the Fariman dam in Razavi Khorasan Province, spanning the crop years of 2021 and 2022. The results indicate that the Sentinel 2 satellite demonstrates a high capacity to differentiate between various types of land use and crops. The generated map depicting changes in land use and crop cultivation areas can be instrumental in water use planning and the allocation of water resources.

**Keywords:** Allocation of water resources, Classification, Land use change, Land use map, Sentinel 2

مقاله پژوهشی

جلد ۳۷، شماره ۶، بهمن-اسفند ۱۴۰۲، ص. ۸۴۰-۸۲۹

## برآورد تغییرات سطح زیرکشت محصولات زراعی و باغی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مطالعه موردی: حوضه پایین دست سد فریمان

علیرضا نوری<sup>۱</sup> - جواد امیدوار<sup>۲</sup> - فرشته مدرسی<sup>۳\*</sup> - کامران داوری<sup>۴</sup> - سمیرا نوری<sup>۵</sup> - علی اسدی<sup>۶</sup>

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۴/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۱۲

### چکیده

مدیریت نهاده‌ها و زمین‌های کشاورزی به‌خصوص مصرف بهینه آب و تخصیص منابع آبی، نیازمند به داشتن اطلاعات دقیق از انواع کاربری و روند تغییرات آن طی سال‌های مختلف است. استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک سنجش از دور، به‌علت ویژگی مقرون به‌صرفه بودن از نظر هزینه و زمان و در عین حال دارا بودن دقت مناسب، می‌تواند در شناسایی کاربری اراضی و تغییرات آن مورد استفاده قرار گیرد. از این رو پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تفکیک کاربری اراضی حوضه پایین دست سد فریمان طی سال‌های زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ انجام شده است. در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ با دقت مکانی ۱۰ متر و دقت زمانی ۵ روز و الگوریتم طبقه‌بندی جنگل تصادفی استفاده شد. یافته‌ها نشان می‌دهد ماهواره سنتینل ۲ قادر است با معیارهای دقت کلی بیش از ۰/۹۷ و ضریب کاپای بیش از ۰/۹۴، محصولات زراعی و باغی را در منطقه مورد مطالعه شناسایی و از هم تفکیک نماید. براساس نتایج به‌دست آمده، سطح زیرکشت مناطق درختکاری شده نسبت به مناطق زراعی طی سال ۱۴۰۱ افزایش یافته است. براساس بازدیدهای میدانی انجام گرفته از مناطق تغییر کاربری یافته، مشاهده شد که احداث باغ ویلاها توسط مالکان زمین‌ها و تبدیل برخی زمین‌های زراعی و آیش به باغ توسط کشاورزان، سبب افزایش سطح درختکاری در منطقه مورد مطالعه شده است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنتینل ۲ به‌منظور شناسایی، تفکیک و بررسی تغییرات کاربری اراضی و پوشش گیاهی، کارآمد و دارای دقت بالا بوده و می‌توان از نتایج به‌دست آمده در سیاست‌گذاری بهینه مصارف آب و مدیریت اراضی بهره برد.

**واژه‌های کلیدی:** تخصیص منابع آب، تغییر کاربری، سنتینل ۲، کاربری اراضی، طبقه‌بندی

### مقدمه

تخصیص آب در مناطق مذکور شود. بنابراین می‌توان با استفاده از نقشه محصولات کشت شده در یک منطقه نسبت به تغییر و اصلاح الگوی کشت به‌طور هدفمند اقدام نمود. در این میان، تغییرات کاربری اراضی و الگوی کشتی که توسط کشاورزان و بهره‌برداران منابع آبی به‌صورت مستقل و جدا از برنامه‌های مدیریتی منطقه‌ای انجام می‌شود، می‌تواند تخصیص منابع آب را با مشکل مواجه نماید. از این رو تعیین تغییرات کاربری اراضی در هر منطقه می‌تواند به مدیران ذیربط در جهت تغییرات

محدود بودن منابع آب شیرین و دسترسی به این منابع از یک سو و از سوی دیگر تأمین امنیت غذایی جمعیت رو به رشد جهان سبب گردیده محققان تلاش گسترده‌ای در زمینه مدیریت بهینه مصارف آب و تعیین الگوی کشت در مناطق مختلف داشته باشند. در این مسیر، شناسایی محصولات تحت کشت در یک منطقه و تعیین سطح زیرکشت این محصولات می‌تواند گام مؤثری در جهت مدیریت اراضی و

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران  
۲، ۳، ۴، ۵ و ۶- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استادیار، استاد، فارغ‌التحصیل دکتری هواشناسی کشاورزی و فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

(Email: Fmodaresi@um.ac.ir)

\*- نویسنده مسئول:

الگوی مصرف آب و کاهش برداشت بی رویه از منابع آبی کمک شایانی نماید.

با رشد و پیشرفت تکنولوژی در بحث ماهواره و سنجنش از دور در دهه‌های اخیر، کاربرد تصاویر ماهواره‌ای به منظور شناسایی انواع کاربری و انواع محصولات کشت شده گسترش زیادی داشته است. ماهواره‌های سری لندست از جمله پرکاربردترین ماهواره‌ها در این زمینه بوده است. در مسیر پیشرفت تکنولوژی ماهواره‌ها، اولین ماهواره از ماهواره‌های سری سنتینل در سال ۲۰۱۴ به فضا پرتاب شد. در این میان، ماهواره‌های سنتینل ۱ (راداری) و سنتینل ۲ (چند طیفی) به دلیل قدرت تفکیک مکانی بهبود یافته (۱۰ متر) و قدرت تفکیک زمانی مناسب (۵ روز برای سنتینل ۲ و ۱۲ روز برای سنتینل ۱) و رایگان بودن تصاویرشان از محبوبیت زیادی در مباحث کشاورزی برخوردار شدند؛ به طوری که مطالعات زیادی در زمینه کاربرد این سری از ماهواره‌ها در اقصی نقاط دنیا انجام شده است.

اوکی و همکاران (Ok et al., 2012) با مقایسه دو روش طبقه بندی حداکثر احتمال و جنگل تصادفی و استفاده از تصاویر ماهواره اسپات ۵، دریافتند که روش جنگل تصادفی حدود ۸ درصد بهتر از روش حداکثر احتمال قادر است مناطق کشاورزی را از هم تفکیک نماید. استفاده از سری زمانی تصاویر لندست ۷ برای تفکیک محصولات زراعی و الگوریتم جنگل تصادفی در پرو نیز نشان داد که الگوریتم جنگل تصادفی با دقت کلی ۸۱ درصد و ضریب کاپای ۰/۷ دارای عملکرد بالایی در شناسایی طبقات مختلف محصولات است (Sonobe et al., 2018). ساعی و همکاران (Saei et al., 2018) با به کارگیری تصاویر ماهواره لندست و الگوریتم جنگل تصادفی اراضی تحت کشت گندم، جو و یونجه منطقه مرودشت فارس را از هم تفکیک نمودند. یافته‌های ایشان نشان داد علی‌رغم بهبود شناسایی نواحی جو و گندم، همچنان این دو محصول به خوبی از هم تفکیک نشده‌اند. در پژوهشی که توسط کردی و همکاران (Kordi et al., 2018) در منطقه میان‌دوآب انجام شد، امکان طبقه‌بندی محصولات کشاورزی با به کارگیری تصاویر ماهواره لندست ۸ مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد استفاده از تصاویر سری زمانی در کنار شاخص‌هایی همچون GNDVI، آلبیدو و دمای سطح زمین در کنار الگوریتم ماشین بردار پشتیبان باعث شد نقشه‌هایی با دقت کلی ۹۲ درصد و ضریب کاپای ۹۱ به دست آید. زارع و همکاران (Zare et al., 2020) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۸ و سنتینل ۲ اقدام به تعیین سطح زیرکشت محصول پسته در استان یزد نمودند. طبق نتایج به دست آمده توسط ایشان، ماهواره سنتینل ۲ با دقت بهتری به شناسایی نواحی تحت کشت پسته پرداخته بود. همچنین ایشان بیان کردند استفاده از فیلتر میانه پس از تهیه نقشه طبقه‌بندی، منجر به افزایش دقت طبقه‌بندی گردید. سونوبی و همکاران با به کارگیری ۸۲ شاخص، امکان شناسایی و تفکیک محصولات زراعی را در منطقه‌ای در ژاپن مورد بررسی قرار دادند. یافته‌ها نشان داد

شاخص‌های گیاهی بیشترین سهم را در شناسایی انواع محصولات کشاورزی داشته است (Sonobe et al., 2018). در زمینه اهمیت استفاده از شاخص‌های گیاهی در فرآیند طبقه‌بندی، نتایج مشابهی توسط کوبایاشی و همکاران (Kobayashi et al., 2020) گزارش شده است. کارایی تصاویر ماهواره سنتینل ۲ در شناسایی و برآورد محصولات کشت زمستانه در اوایل رشد این محصولات توسط تیان و همکاران (Tian et al., 2021) در منطقه‌ای در چین مورد بررسی قرار گرفت. یافته‌ها نشان داد که با کمک این تصاویر ماهواره‌ای می‌توان گندم را ۴ ماه و کلزا را ۲ ماه پیش از کشت شناسایی کرد.

سیستم‌های خرده مالکی از جمله عواملی هستند که تعیین نوع کشت را در یک منطقه با مشکلاتی مواجه می‌کنند. مشکلی که در اکثر مناطق آفریقا به دلیل غالب بودن این نوع از مالکیت بسیار مشهود است به طوری که زمین‌های تحت کشت سیب زمینی اکثراً زیر یک هکتار است. ایبراهیم و همکاران (Ibrahim et al., 2021) با استفاده از تلفیق تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۲ و اسکای ست اقدام به شناسایی نقشه محصولات در این مناطق نمودند و عملکرد این دو ماهواره را در تفکیک اراضی با سطح زیرکشت کم محصولات متنوع خوب و کارآمد گزارش کردند. در مطالعه انجام شده توسط جیم و همکاران (Gim et al., 2020) تغییر در شروع فصل رشد در کمر بند کشت ذرت در غرب ایالات متحد با استفاده از شاخص NDVI ماهواره AVHRR مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان داد که ضریب همبستگی در مرحله کاشت از ۰/۴۳ تا ۰/۶۸ و در گلدهی از ۰/۵۱ تا ۰/۸۳ متغیر بوده است. مقادیر سالانه RMSE نیز از ۳/۶ تا ۷/۴ روز در طول سال‌های ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵ تغییر داشته است. کارایی ماهواره سنتینل ۲ و الگوریتم جنگل تصادفی در تعیین تغییرات کاربری اراضی در هندوستان توسط پاندی (Pande, 2022) گزارش شده است. ایشان استفاده از تصاویر ماهواره‌ای را روشی مؤثر در مدیریت اراضی و تعیین مساحت تغییرات مذکور بیان نمودند. همچنین به منظور افزایش دقت نتایج طبقه‌بندی می‌توان از شاخص گیاهی NDVI و باند SWIR جهت شناسایی طبقات مختلف کاربری اراضی و تفکیک گیاهان استفاده نمود (Kumar et al., 2022). بنابر آنچه پیشتر توضیح داده شد و با توجه به ضرورت مدیریت مصارف آب در بخش پایین دست سد فریمان، این پژوهش در راستای تعیین انواع محصولات عمده تحت کشت در این منطقه و همچنین بررسی تغییرات کاربری زراعی و باغی در این مناطق با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و الگوریتم‌های طبقه‌بندی انجام شده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در اراضی پایین دست سد فریمان در محدوده ای به مساحت ۵۱/۲۲ کیلومتر مربع (۵۱۲۲ هکتار) و مختصات مرکزی

سنتینل ۲ در این مطالعه استفاده شد. این ماهواره در سال ۲۰۱۵ در مدار قرار گرفت و دارای قدرت تفکیک زمانی ۵ روز و قدرت تفکیک مکانی ۱۰، ۲۰ و ۶۰ متر در باندهای مختلف خود می‌باشد. سنجنده MSI این ماهواره دارای ۱۳ باند طیفی است. در پژوهش حاضر تصاویر ماهواره سنتینل ۲ به همراه تصویر رقومی ارتفاعی (DEM) با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر، محدوده مورد مطالعه برای ۶ ماه نخست (فصل زراعی) سال‌های ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ در نظر گرفته شد. طبق بررسی‌های انجام گرفته و گزارش‌های جهاد کشاورزی شهرستان فریمان، محصولات زراعی عمده تحت کشت در منطقه شامل ذرت، گوجه فرنگی، چغندر قند، گندم و جو می‌باشند. از این رو با توجه به مراحل فنولوژیکی این محصولات در منطقه اقدام به انتخاب سری زمانی تصاویر مناسب شد. به منظور انتخاب تاریخ‌های مناسب طبقه‌بندی، ابتدا کلیه تصاویر اخذ گردید و سپس تصاویر فاقد ابرناکی (ابرناکی ۰ درصد) انتخاب شد زیرا وجود ابر در تصاویر می‌تواند منجر به ایجاد خطای طبقه‌بندی شود. پس از بررسی کیفیت تصاویر موجود و همچنین تطابق با دوره زمانی رشد محصولات عمده منطقه، در نهایت به ازای ماه‌های اسفند، فروردین، تیر و مرداد، تصاویر مورد نیاز اخذ گردید. تصاویر ماهواره سنتینل ۲ به صورت رایگان از سایت Copernicus Open Access Hub, (2021) قابل دانلود می‌باشند. در فرآیند انتخاب تصاویر سعی شده تا هر محصول حداقل یک تصویر در دوره اوج سبزیگی دارا باشد. جدول ۱ تصاویر مورد استفاده در این پژوهش را نشان می‌دهد.

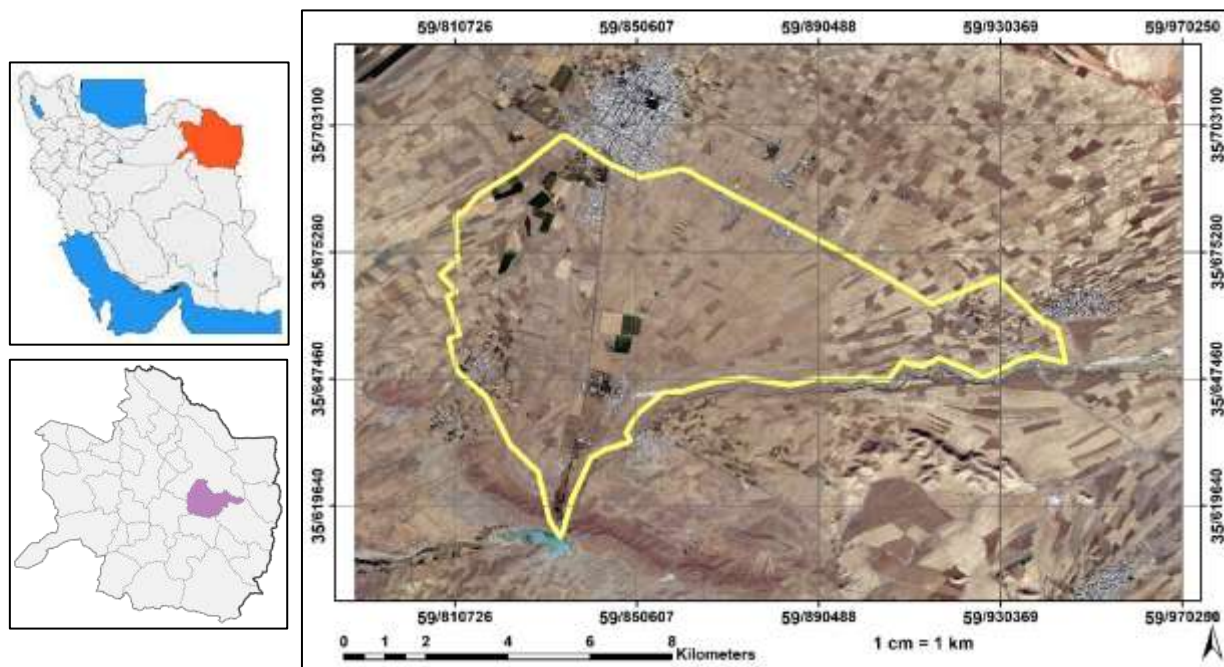
با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه ۴۱ دقیقه و ۵۹ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۵۰ دقیقه و ۴۹ ثانیه شرقی قرار گرفته است. منطقه مذکور از دهانه سد فریمان تا محدوده شهر فریمان را در بر گرفته است (شکل ۱).

#### داده‌های زمینی مورد استفاده

به منظور انجام طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تولید نقشه محصولات، نیاز به داده‌های مشاهداتی زمینی برای آموزش مدل طبقه‌بندی و همچنین ارزیابی صحت نتایج حاصل از آن است. بدین منظور با استفاده از GPS، موقعیت نقاط نمونه از کاربری‌های مختلف در منطقه برداشت شد. از آنجاکه در مرز تعیین شده امکان برداشت نمونه کافی برای همه اراضی تحت کشت و کاربری‌ها فراهم نبود، منطقه نمونه‌برداری بزرگتر انتخاب گردید. سپس کل داده‌های برداشت شده مرتب شد و به ازای هر طبقه ۷۰ درصد داده به صورت تصادفی برای آموزش مدل طبقه‌بندی و ۳۰ درصد برای ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج طبقه‌بندی به دست آمده استفاده گردید. نقشه پراکندگی نقاط نمونه آموزشی و تست در شکل ۲ ارائه شده است.

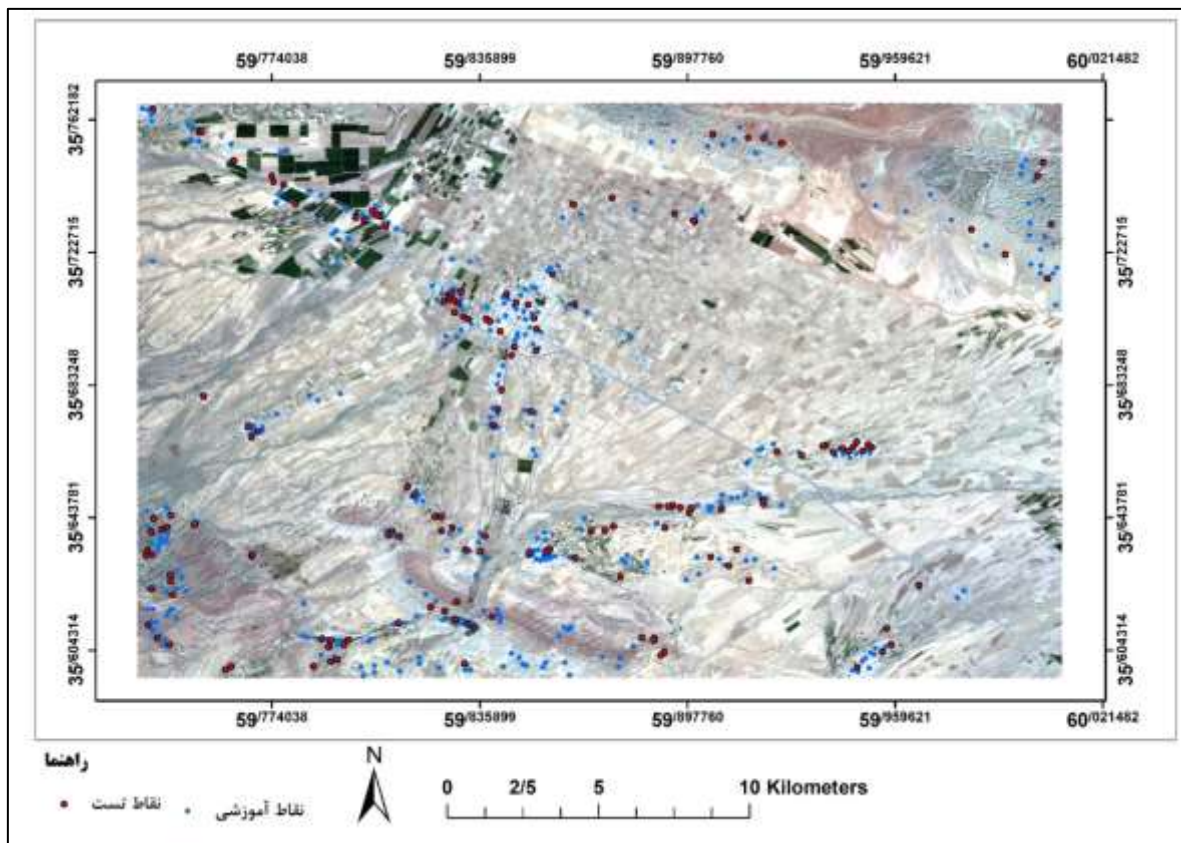
#### تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

با توجه به بررسی منابع انجام شده و هدف مقاله، از تصاویر ماهواره



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Geographical location of the study area



شکل ۲- نقشه پراکنش نقاط آموزشی و تست برداشت شده در محدوده مورد مطالعه  
Figure 2- Distribution map of training and testing points in the study area

جدول ۱- تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده در پژوهش حاضر (سال‌های زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱)  
Table 1- Satellite images used in the current research (crop years 2021 and 2022)

| ماهواره<br>Satellite  | تاریخ شمسی<br>Solar Date | تاریخ میلادی<br>Georgian Date |
|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
|                       | 1399/12/08               | 2021/02/27                    |
|                       | 1400/01/16               | 2021/04/05                    |
|                       | 1400/04/18               | 2021/07/04                    |
| ستینل ۲<br>Sentinel 2 | 1400/05/20               | 2021/08/11                    |
|                       | 1400/12/01               | 2022/02/19                    |
|                       | 1401/01/14               | 2022/04/03                    |
|                       | 1401/04/18               | 2022/07/09                    |
|                       | 1401/05/15               | 2022/08/06                    |
| تصویر SRTM, DEM       | -                        | -                             |

منظور تفکیک طبقات در نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش گیاهی توسط مطالعات زیادی پیشنهاد شده است ( *Fei et al., 2022*; *Orynbaikyzy et al., 2022*; *Choudhary et al., 2022*). به‌منظور انجام عملیات محاسباتی نرم‌افزارهای ArcGIS، ENVI، SNAP و برای پردازش‌های پس از طبقه‌بندی، نرم‌افزار QGIS مورد استفاده قرار گرفت.

#### طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و ارزیابی صحت نتایج

پس از انجام بیش پردازش‌های لازم شامل انطباق تصاویر با منطقه مورد مطالعه، موزائیک و برش تصاویر، باندهای محدوده مرئی به همراه باندهای مادون قرمز نزدیک، مادون قرمز موج کوتاه و همینطور شاخص NDVI به همراه لایه شیب به‌دست آمده از تصویر DEM منطقه با استفاده از مدل طبقه‌بندی جنگل تصادفی (RF) وارد فرآیند طبقه‌بندی شدند (*Nouri et al., 2018*). استفاده از الگوریتم جنگل تصادفی به

#### 1- Random Forest

جدول ۲- نتایج ارزیابی تفکیک طبقات انواع کاربری و محصولات زراعی در سال ۱۴۰۱  
Table 2- Results of evaluating the classification for land use and crops in 2022

| نوع کاربری<br>Land use Type   | دقت کاربر<br>Commission Error | دقت تولیدکننده<br>Omission Error |
|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| گندم و جو<br>Wheat and Barley | 0.95                          | 0.97                             |
| ذرت<br>Maize                  | 0.97                          | 0.83                             |
| چغندر قند<br>Sugar Beet       | 0.94                          | 0.94                             |
| گوجه فرنگی<br>Tomato          | 0.98                          | 0.96                             |
| باغات<br>Orchard              | 0.96                          | 0.83                             |
| سایر محصولات<br>Other Crops   | 0.95                          | 0.98                             |
| جنگل<br>Forest                | 1                             | 0.82                             |
| مرتع<br>Rangeland             | 0.94                          | 0.98                             |
| خاک<br>Soil                   | 0.93                          | 0.95                             |
| شهر<br>Urban                  | 0.97                          | 0.89                             |
| آب<br>Water                   | 1                             | 0.78                             |

در زمین کشت نشده‌اند یکی از تصاویر در این زمان انتخاب شد. با توجه به زمان اوج سبزیگی این دو محصول در منطقه، تصویر دیگر نیز در فروردین ماه در نظر گرفته شد. اوج سبزیگی سایر محصولات عمده منطقه که شامل چغندر قند، گوجه فرنگی و ذرت می‌باشند نیز به ترتیب تیر، مرداد و مرداد است. سایر تصاویر در این بازه زمانی در نظر گرفته شد. صحت‌سنجی نتایج به‌دست آمده از طبقه‌بندی محصولات در سال زراعی ۱۴۰۱ در **جدول ۲** ارائه شده است. از آنجا که دو محصول گندم و جو به‌خوبی قابل تفکیک از هم نبودند، هر دو در یک طبقه در نظر گرفته شدند.

براساس نتایج ارائه شده در **جدول ۲** مشاهده می‌شود که تفکیک و شناسایی طبقات و کاربری‌ها به خوبی و با دقت بالایی انجام شده است. به‌منظور مقایسه تغییرات کاربری اراضی طی دو سال ۱۴۰۱ و ۱۴۰۰، فرآیند طبقه‌بندی برای تصاویر سال زراعی ۱۴۰۰ نیز انجام شد. از آنجا که نمونه‌های آموزشی محصولات زراعی به تفکیک و به تعداد کافی در سال زراعی ۱۴۰۰ موجود نبود، نقشه طبقه‌بندی این سال تنها براساس نوع کاربری زمین تولید شد و تمام محصولات زراعی در یک طبقه وارد فرآیند آموزش مدل طبقه‌بندی گردید. نتایج حاصل از ارزیابی صحت خروجی‌های نقشه‌های طبقه‌بندی هر دو سال در **جدول ۳**

صحت و دقت نقشه طبقه‌بندی شده به دست آمده، با استفاده از معیار ضریب کاپا<sup>۱</sup> و دقت کلی<sup>۲</sup> مورد ارزیابی قرار گرفت. معیار دقت کلی میانگینی از دقت طبقه‌بندی ارائه می‌دهد. ضریب کاپا نیز دقت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. برای برآورد دقت هر کلاس به‌صورت مجزا نیز از معیارهای دقت کاربر<sup>۳</sup> و دقت تولیدکننده<sup>۴</sup> استفاده می‌شود. دقت کاربر نشان‌دهنده تعداد نمونه‌هایی از یک کلاس است که واقعاً به آن کلاس تعلق ندارند و دقت تولیدکننده نشان‌دهنده تعداد نمونه‌هایی از یک کلاس است که به اشتباه در کلاس‌های دیگر طبقه‌بندی شده است (Riahi et al., 2019).

## نتایج و بحث

به‌منظور شناسایی و تفکیک اراضی در منطقه مورد مطالعه با توجه به محصولات عمده تحت کشت، ابتدا تقویم زراعی محصولات مشخص شد و سپس براساس دوره کشت محصولات، تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شدند. از آنجا که محصولات گندم و جو در زمستان در اوایل دوره رشد رویشی خود هستند و اکثر محصولات در این زمان

3- Commission Error  
4- Omission Error

1- Kappa Coefficient  
2- Overall Accuracy

اراضی طی دو سال مذکور متناسب با مرز منطقه پایین دست سد محدود شد (شکل ۴ و شکل ۵) و مساحت هر یک از طبقات نیز تعیین گردید (جدول ۴).

با بررسی شکل ۴ و شکل ۵ و همچنین نتایج ارائه شده در جدول ۴، مشاهده می‌شود مساحت طبقه باغ در سال ۱۴۰۱ نسبت به سال ۱۴۰۰، ۱۰۳ درصد افزایش داشته است. این در حالی است که مساحت زمین‌های مرتع و آیش ۴۱۴ درصد افزایش، مناطق خاک و سنگلاخ ۵ درصد کاهش و زمین‌های زراعی ۴۴ درصد کاهش نشان داده است.

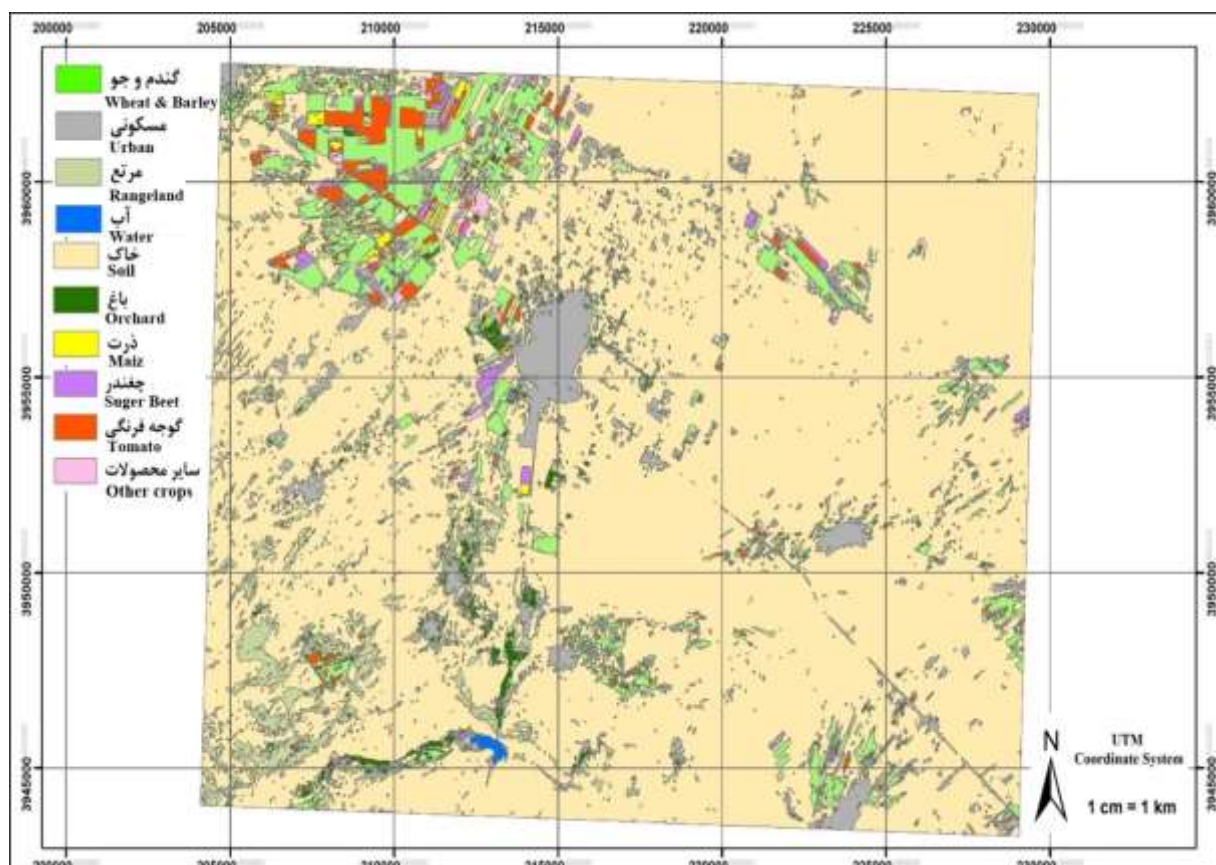
نمایش داده شده است. نتایج این جدول نیز قابلیت مدل طبقه‌بندی جنگل تصادفی و تصاویر ماهواره سنتینل ۲ را در شناسایی و تفکیک اراضی و کاربری‌های مختلف نشان می‌دهد. نقشه طبقه‌بندی شده محصولات و کاربری اراضی طی سال زراعی ۱۴۰۱ و همچنین نقشه کاربری اراضی طی سال زراعی ۱۴۰۰ در شکل ۲ و شکل ۳ ارائه شده است.

از آنجا که هدف مقاله تعیین و بررسی تغییرات کاربری اراضی در منطقه پایین دست سد فریمان بوده است، نقشه طبقه‌بندی کاربری

جدول ۳- نتایج ارزیابی صحت نقشه‌های طبقه‌بندی و تعیین سطح زیرکشت طی دو سال زراعی ۱۴۰۱ و ۱۴۰۰

Table 3- Results of assessing the accuracy of the classification maps and the determination of the cultivation area in the two crop years 2021 and 2022

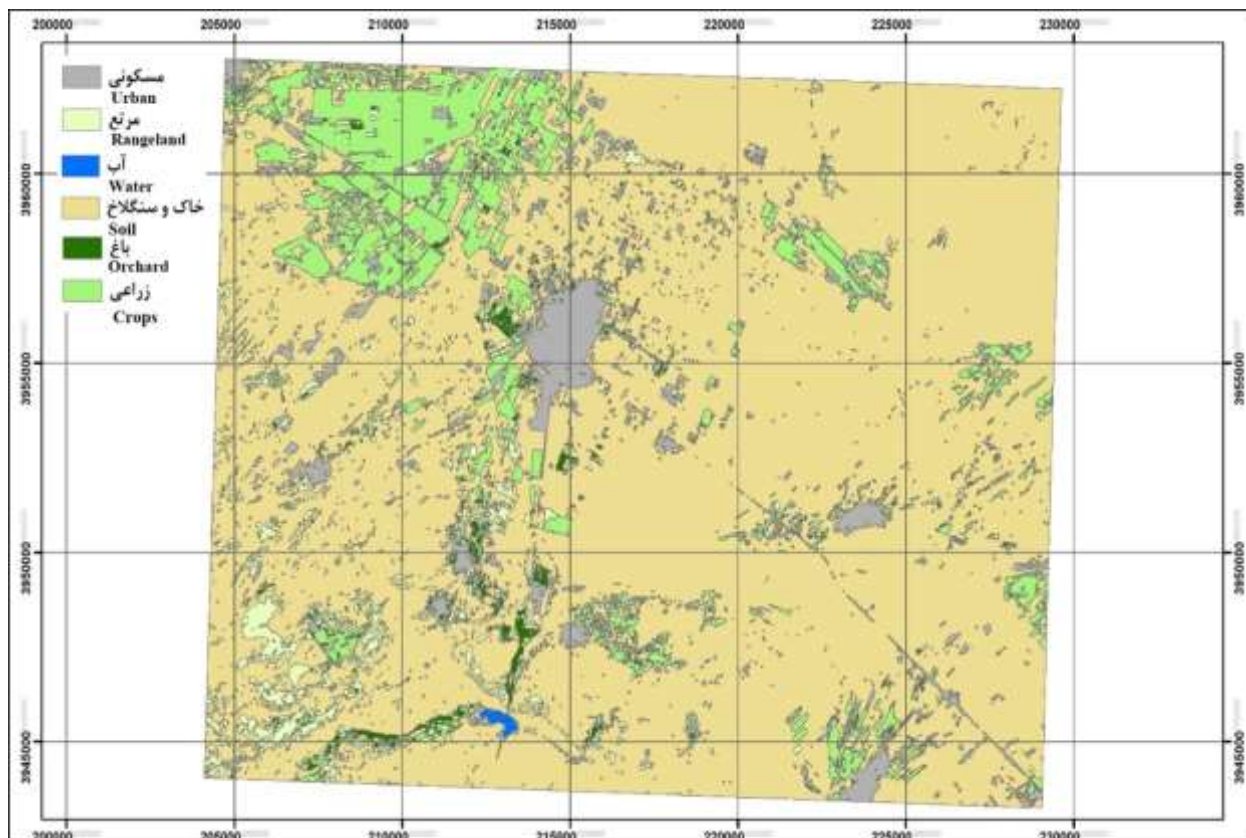
| عنوان<br>Title  | دقت کلی<br>Overall Accuracy | ضریب کاپا<br>Kappa Factor |
|---|-----------------------------|---------------------------|
| نقشه طبقه‌بندی به تفکیک محصولات، سال زراعی ۱۴۰۱<br>Classification map by crops, crop year 2022              | 0.97                        | 0.94                      |
| نقشه طبقه‌بندی محصولات به طور کلی، سال زراعی ۱۴۰۰<br>Classification map of crops in general, crop year 2021 | 0.97                        | 0.95                      |



شکل ۳- نقشه طبقه‌بندی اراضی محدوده مورد مطالعه، فصل زراعی سال ۱۴۰۱

Figure 3- Land use/cover classification map of the study area, cropping season of 2022





شکل ۴- نقشه طبقه‌بندی اراضی محدوده مورد مطالعه، فصل زراعی سال ۱۴۰۰  
Figure 4- Land use classification map of the study area, crop season of 2021

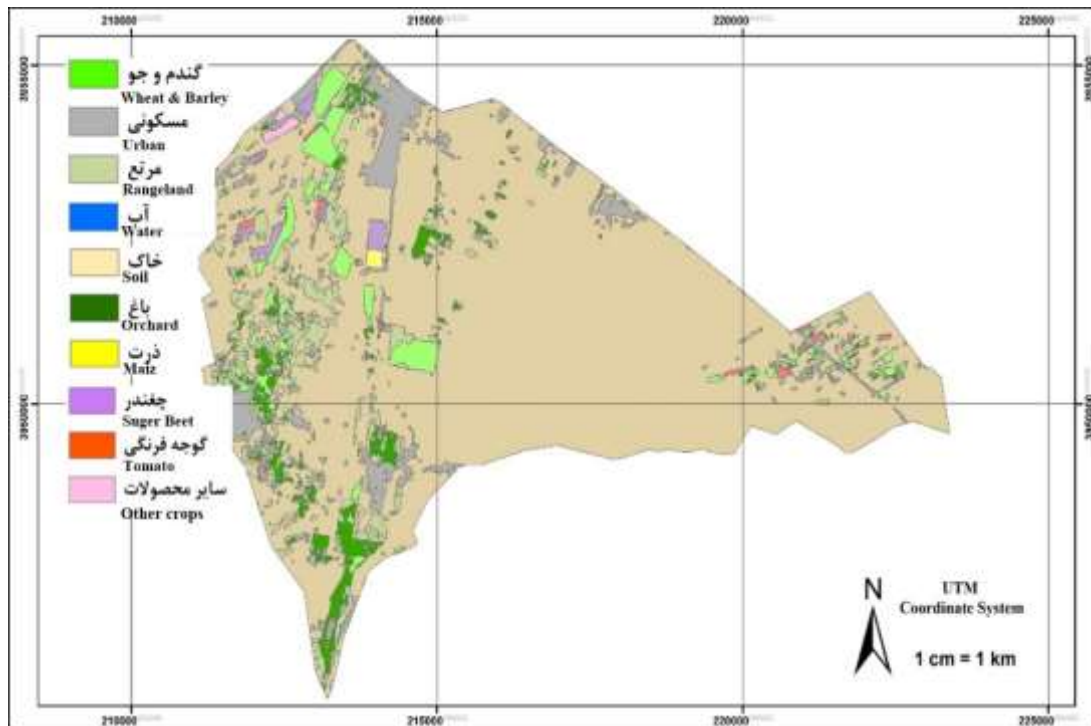
رفتار مالکین زمین‌ها، روند تغییرات طی چند سال مداوم بررسی و تحلیل شود.

### نتیجه‌گیری

مدیریت بهینه و لزوم تخصیص کارآمد منابع آبی سدها به محصولات کشاورزی و باغی سبب ایجاد اهمیت برای تعیین کاربری اراضی پایین دست سدها و همچنین تعیین نوع و سطح کشت‌های انجام شده در این مناطق شده است. این موضوع در مناطق دارای آب و هوای خشک و منابع آبی محدود از اهمیت بالاتری برخوردار است. با توجه به کمبود داده‌های موجود، بکارگیری سنجش از دور و به‌خصوص ماهواره‌ها به دلیل مقرون به‌صرفه بودن از نظر زمان و هزینه، نقشی اساسی در این زمینه ایفا می‌نمایند. از این رو، در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره سنتینل ۲ برای طبقه‌بندی و تعیین نوع کاربری اراضی تحت کشت محصولات کشاورزی پایین دست سد فریمان واقع در استان خراسان رضوی طی دو سال زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱ استفاده شد.

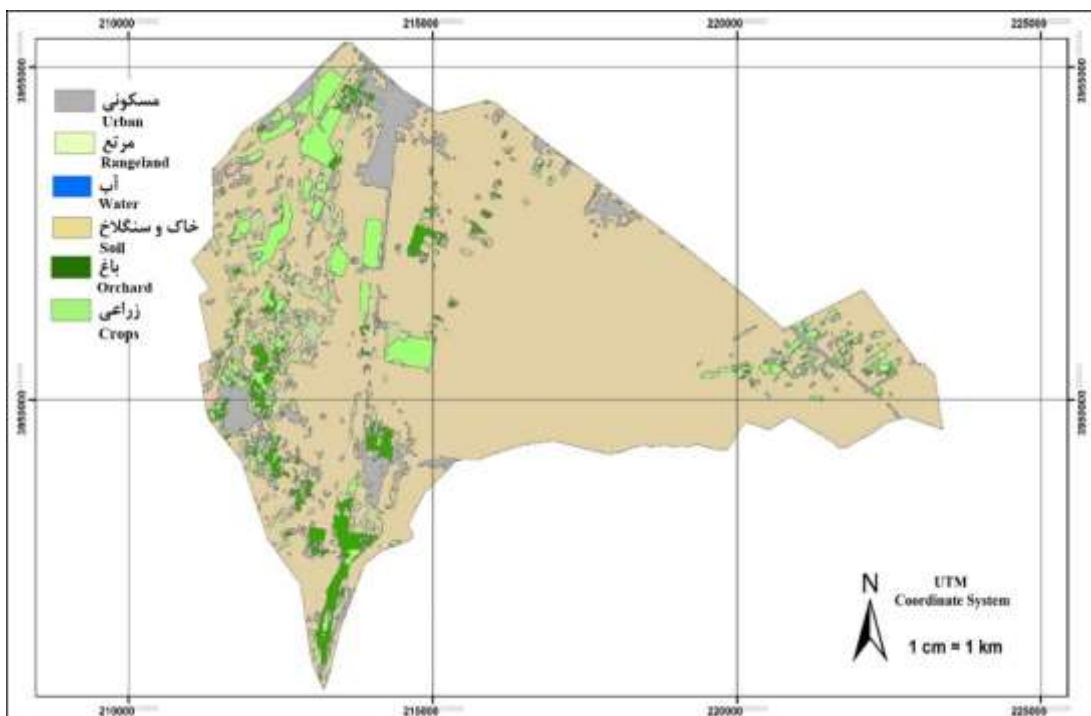
پس از بررسی‌های مجدد از محدوده مورد مطالعه و بررسی برخی زمین‌هایی که تغییر کاربری داده و به کاربری باغ تبدیل شده بودند، مشخص شد که در برخی مناطق در سال ۱۴۰۱ رشد باغ و بلاها وجود داشته است و در برخی مناطق نیز کشاورزان اقدام به تبدیل زمین زراعی به باغ (احداث باغ) نموده‌اند. حتی در مواردی، باغ قدیمی در منطقه توسط کشاورزان تخریب شده و زمین به مدت ۲ تا ۳ سال آیش بوده است (سال ۱۴۰۰، آیش) و در سال ۱۴۰۱، کشاورز اقدام به احداث باغ جدید نموده است. ذکر این نکته نیز ضروری است که زمین‌های آیش بسته به اینکه تازه شخم خورده باشند و یا به هر دلیلی فاقد پوشش گیاهی باشند جزء طبقه خاک قرار گرفته‌اند و در صورتی که در این زمین‌ها علف هرز رشد کرده باشد در طبقه مراتع قرار می‌گیرند. بررسی تغییرات کاربری‌های فوق نشان می‌دهد علی‌رغم لزوم کاهش و مصرف بهینه آب، تغییر کاربری روی داده خلاف رویکرد مورد نظر بوده و افزایش باغ و بلاها منجر به افزایش مصرف آب و کاهش تولیدات بخش زراعی در این منطقه می‌شود.

لازم به ذکر است مقایسه تغییرات سالانه کاربری‌ها اگرچه لازم و ضروری است اما پیش طولانی‌مدت‌تر تغییرات در یک منطقه، دید جامع‌تری از روند مصرف آب و رفتار زارعین و باغداران ارائه می‌دهد. از این رو پیشنهاد می‌شود برای بررسی جامع‌تر الگوی مصرف آب و تغییر



شکل ۵- نقشه طبقه‌بندی اراضی منطقه پایین دست سد فریمان، فصل زراعی سال ۱۴۰۱

Figure 5- Land use/cover classification map of the area downstream of Fariman dam, crop season of 2022



شکل ۶- نقشه طبقه‌بندی اراضی منطقه پایین دست سد فریمان، فصل زراعی سال ۱۴۰۰

Figure 6- Land use classification map of the area downstream of Fariman dam, crop season of 2021

جدول ۴- سطح زیرکشت محصولات کشاورزی منطقه پایین دست سد فریمان طی سال های زراعی ۱۴۰۰ و ۱۴۰۱  
Table 4- The agricultural area in downstream of the Fariman dam during the crop years 2021 and 2022

| پوشش و کاربری<br>Land use/cover                   | سال زراعی ۱۴۰۰     | سال زراعی ۱۴۰۱     |
|---|--------------------|--------------------|
|   | Crop year 2021     | Crop year 2022     |
|   | مساحت<br>Area (ha) | مساحت<br>Area (ha) |
| مرتع و آیش<br>Rangeland & Fallow                  | 52.9               | 272                |
| باغ و جنگل (مناطق دارای درخت)<br>Orchard & Jungle | 80.9               | 164.8              |
| خاک و سنگلاخ<br>Soil                              | 4257.6             | 4031               |
| محصولات زراعی<br>Crops                            | 498.9              | 277.6              |

طبقه‌بندی به‌دست آمده نیز نشان داد که کاربری باغ نسبت به زراعی در این منطقه در سال ۱۴۰۱ رو به افزایش بوده است. بررسی‌ها نشان داد که علت این امر، رشد باغ ویلاها و همچنین تغییر کاربری زراعی به کاربری باغ بوده است. با توجه به نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر و تغییرات مهم صورت گرفته در کاربری اراضی و اثرات آن بر میزان تقاضای آب، پیشنهاد می‌شود که با در نظرگیری کمبود منابع آبی موجود، تغییرات کاربری اراضی به‌عنوان یک عامل مهم و اثرگذار در برنامه‌ریزی‌های تخصیص منابع آب مورد توجه قرار گرفته و بر این اساس، مصرف آب در مناطق مختلف کنترل و بهینه شود.

نتایج به‌دست آمده از پژوهش حاضر نشان داد که ماهواره سنتینل ۲ به خوبی قادر است انواع کاربری و همچنین انواع محصولات زراعی کشت شده را تشخیص داده و تفکیک نماید که این نتیجه با نتایج به دست آمده توسط زارع و همکاران (Zare *et al.*, 2020) و تیان و همکاران (Tian *et al.*, 2021) همخوانی دارد. همچنین استفاده از شاخص گیاهی NDVI منجر به افزایش دقت نقشه‌های طبقه‌بندی خروجی در محدوده مطالعاتی گردید که تأیید کننده نتایج حاصل از کوبایاشی و همکاران (Kobayashi *et al.*, 2020) و سونوب و همکاران (Sonobe *et al.*, 2018) است. بررسی تغییرات نقشه‌های

## References

- Choudhary, K., Shi, W., Dong, Y., & Paringer, R. (2022). Random forest for rice yield mapping and prediction using Sentinel-2 data with Google Earth Engine. *Advances in Space Research*, 70(8), 2443-2457. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2022.06.073>
- Copernicus Open Access Hub. (2021). Retrieved from <https://scihub.copernicus.eu/>
- Fei, H., Fan, Z., Wang, C., Zhang, N., Wang, T., Chen, R., & Bai, T. (2022). Cotton classification method at the county scale based on multi-features and random forest feature selection algorithm and classifier. *Remote Sensing*, 14(4), 829. <https://doi.org/10.3390/rs14040829>
- Gim, H.J., Ho, C.H., Jeong, S., Kim, J., Feng, S., & Hayes, M.J. (2020). Improved mapping and change detection of the start of the crop growing season in the US Corn Belt from long-term AVHRR NDVI. *Agricultural and Forest Meteorology*, 294, 108143.
- Ibrahim, E.S., Rufin, P., Nill, L., Kamali, B., Nendel, C., & Hostert, P. (2021). Mapping crop types and cropping systems in nigeria with sentinel-2 imagery. *Remote Sensing*, 13(17), 3523. <https://doi.org/10.3390/rs13173523>
- Kobayashi, N., Tani, H., Wang, X., & Sonobe, R. (2020). Crop classification using spectral indices derived from Sentinel-2A imagery. *Journal of Information and Telecommunication*, 4(1), 67-90. <https://doi.org/10.3390/rs13173523>
- Kordi, F., Hamzeh, S., Atarchi, S., & Alavipanah, S.K. (2018). Agricultural product classification for optimal water resource management using the data time series of landsat8. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 5(4), 1267-1283. (In Persian with English abstract). <https://doi.org.10.22059/ije.2018.264578.943>
- Kumar, S., Arya, S., & Jain, K. (2022). A SWIR-based vegetation index for change detection in land cover using multi-temporal Landsat satellite dataset. *International Journal of Information Technology*, 14, 2035-2048. <https://doi.org/10.1007/s41870-021-00797-6>
- Nouri, S., Sanaei Nejad, S.H., & Davari, K. (2018). Investigate of using of vegetation indices based on Satellite imagery in assessing agricultural drought (Case study: North Khorasan Province in Iran). *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, 11(6), 1076-1086. (In Persian with English abstract)
- Ok, A.O., Akar, O. and Gungor, O. (2012). Evaluation of random forest method for agricultural crop classification. *European Journal of Remote Sensing*, 45(1), 421-432. <https://doi.org/10.5721/EuJRS20124535>

11. Orynbaikyzy, A., Gessner, U., & Conrad, C. (2022) Spatial transferability of random forest models for crop type classification using Sentinel-1 and Sentinel-2. *Remote Sensing*, 14(6), 1493. <https://doi.org/10.3390/rs14061493>
12. Pande, C.B. (2022) Land use/land cover and change detection mapping in Rahuri watershed area (MS), India using the google earth engine and machine learning approach, *Geocarto International*, 37(26), 13860-13880, <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2086622>
13. Riahi, V., Zeaiean Firouzabadi, P., Azizpour, F., & Darouei, P. (2019). Identification and investigation of the area under cultivation in Lenjanat using Landsat 8 satellite images. *Journal of Applied researches in Geographical Sciences*, 19(52), 147-169. (In Persian with English abstract). <https://doi.org.10.29252/jgs.19.52.147>
14. Saei Jamalabad, M., Mojardi, B., & Abkar, A.A. (2018). Winter wheat classification by multi-temporal optimized image analysis based on random forest algorithm. *Journal of Geomatics Science and Technology*, 8(2), 133-150. (In Persian)
15. Sonobe, R., Yamaya, Y., Tani, H., Wang, X., Kobayashi, N., & Mochizuki, K.I. (2018). Crop classification from Sentinel-2-derived vegetation indices using ensemble learning. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(2), 026019-026019. <https://doi.org/10.1117/1.JRS.12.026019>.
16. Tian, H., Wang, Y., Chen, T., Zhang, L., & Qin, Y. (2021). Early-season mapping of winter crops using sentinel-2 optical imagery. *Remote Sensing*, 13(19): 3822. <https://doi.org/10.3390/rs13193822>
17. Zare khormizi, H., Ghafarian Malamiri, H.R., & Mortaz, M. (2020). Evaluation of supervised classification capability of Landsat-8 and Sentinel-2A Satellite images in determining type and area of pistachio cultivars. *Journal of RS and GIS for Natural Resources*, 11(1), 84-103. (In Persian with English abstract). <https://doi.org.10.30495/girs.2020.672378>