



## Evaluating the Rate of Natural Land Degradation Based on Land Use Change in Zagros Forests

Nahid Jafareiyani<sup>1\*</sup> and Omid Karami<sup>2</sup>

1- Ph.D. Student, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran

2- Ph.D, Department of Forest Science, Faculty of Natural Resources, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Sari, Iran

\*Corresponding author: nahidjafareiyani2013@gmail.com

(Received: 18 January 2022

Revise: 5 February 2022

Accepted: 18 February 2022)

### Extended Abstract

**Introduction:** Land use change is one of key factors in global environmental change, which affects a wide range of environmental characteristics and natural resources (processes and functions of ecosystems and climate systems, water quality, land and air resources). Excessive destruction and exploitation of forests and pastures, inadequate cultivation patterns, land degradation due to population growth and lack of proper management of natural environments have endangered nature and destroyed habitats. Planning in this respect demands a clear understanding of how the land should be used and the type of activity done in each part of it in order to obtain accurate information about different communities and terrestrial phenomena. Also, it is difficult to access information to evaluate land degradation and land use change on both global and regional scale. One of the most important ways to determine land use change is satellite imagery. Because protected areas play an important role and are the core of biodiversity conservation, their management and conservation require further field research. Therefore, having information about land use and its changes over time is one of the important issues in planning and policy-making in this region. Therefore, the present study was conducted to predict and evaluate the rate of natural land degradation by emphasizing land use change in the Dinarkoh protected area.

**Materials and Methods:** Dinarkoh forest protected area is one of the mountainous areas of Ilam province. This study collected the required information about the study area and similar studies using library and field studies. Then, satellite images were extracted for data analysis and software methods were used to process them. In this way, after examining the geometric and atmospheric errors in the images used, using the maximum probability method, a map of land use classes related to the period 2001-2020 was created. Then, using two post-classification comparison methods, the difference in vegetation index (NDVI) was used to detect and study land use changes in the study period.

**Results and Discussion:** The results of evaluating the accuracy of the map obtained from the classification with the maximum probability algorithm on TM and OLI images showed that the accuracy of each of the TM and OLI classified images in the supervised classification method with the maximum probability method is high and acceptable. Considering the overall accuracy of 92.09% in TM image classification and 92.66% in OLI image, it can be said that these two images can prepare the desired area map at any time and can be used to identify changes. The results showed that factors such as similarity of the reflection of some lands which causes an inaccurate segregation of classes reduce the accuracy and are classified as a source of error. Therefore, in general, it can be said that according to the accuracy obtained from TM and OLI images, these two sensors can detect changes. The results showed that forest exploitation and a sharp increase in the population of villages and cities and their need for housing and economic factors have reduced the level of forest. Comparison of the classification maps obtained from the methods used in this research with the ground reality map showed that these methods have different accuracy in identifying areas of change and non-change. The results of satellite image processing showed that in 2001, compared to 2020, more than 6000 ha of forest lands in the region during the 19-year period have been converted into non-forest lands such as agriculture and rangeland, which indicates poor protection of the region.

**Conclusion:** The results showed that 8000 ha lands in the study area in terms of NDVI index had a decrease in vegetation cover, which indicates the trend of degradation in the region and the need for more serious conservation measures.

**Keywords:** Land use, Maximum probability, NDVI, Remote sensing.

**Citation:** Jafareiyani, N. & Karami, O. (2022). Evaluating the rate of natural land degradation based on land use change in Zagros forests. *Integrated Watershed Management*, 1(2), 47-61. doi: 10.22034/iwm.2022.250824

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



# ارزیابی میزان تخریب اراضی طبیعی با تکیه بر تغییرات کاربری اراضی در مناطق جنگلی زاگرس

ناهید جعفریان<sup>۱\*</sup> و امید کرمی<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، گروه جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران  
 ۲- دانش‌آموخته دکتری علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران

\*نویسنده مسئول: nahidjafareian2013@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۱/۱۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۰/۲۸

## چکیده

این تحقیق با هدف بررسی میزان تخریب مناطق جنگلی با توجه به تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت شده دینارکوه استان ایلام انجام گردید. در این مطالعه از تصویر سنجنده‌های TM به تاریخ ۱۰ خرداد ۱۳۸۰ و OLI و ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۹، مربوط به ماهواره لندست ۵ و ۸ برای به دست آوردن نقشه کاربری اراضی استفاده شده و سپس تصحیح هندسی و رادیومتریک انجام گرفت. در نتیجه از ترکیب رنگی کاذب، شاخص گیاهی و روش طبقه‌بندی نظارت شده جهت بازسازی عوارض و از الگوریتم حداکثر احتمال برای طبقه‌بندی نظارت شده پوشش اراضی (جنگل، مرتع، کشاورزی و سنگی) استفاده گردید. پس از تولید نقشه کاربری اراضی عملیات ارزیابی صحت با محاسبه ماتریس خطا و سپس عملیات آشکارسازی برای این نقشه‌ها انجام گرفت. نتایج نشان داد که در دوره زمانی ۱۹ ساله، تغییرات قابل توجهی در منطقه مورد مطالعه صورت گرفته است. به گونه‌ای که ۱۰۹۸۶ هکتار از اراضی سطح منطقه دچار تغییر شدند. بر اساس نتایج، بیش از ۶ هزار هکتار از اراضی جنگلی به اراضی غیرجنگلی (کشاورزی و مرتع) تبدیل شده‌اند. همچنین بیش از ۳۳۰۰ هکتار از اراضی مرتعی در این دوره تحت کشت دیم قرار گرفته‌اند. نتایج نشان داد که ۸۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص NDVI کاهش شاخص و یا به عبارتی کاهش پوشش گیاهی داشته است که نشان‌دهنده تخریب است. این مسئله بیانگر ضرورت افزایش اقدامات حفاظتی و احیایی متمرکزتر در این منطقه است.

واژه‌های کلیدی: حداکثر احتمال، سنجش از دور، کاربری اراضی، NDVI.

استناد: جعفریان، ن. و کرمی، ا. (۱۴۰۰). ارزیابی میزان تخریب اراضی طبیعی با تکیه بر تغییرات کاربری اراضی در مناطق جنگلی زاگرس. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۲)، ۴۷-۶۱.

## حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

تغییرات کاربری پوشش زمین یکی از مهمترین و مؤثرترین عوامل بر تغییرات محیط‌زیست جهانی است که می‌تواند بر طیف گسترده‌ای از ویژگی‌های محیط‌زیست و منابع طبیعی مانند فرایندها و توابع اکوسیستم‌ها و سیستم‌های آب و هوایی، کیفیت آب، منابع زمینی و هوایی تأثیرگذار می‌باشد (Sundarakumar et al., 2012). تخریب و بهره‌برداری بیش از حد از جنگل‌ها و مراتع، الگوی کشت نامناسب، تخریب بی‌رویه اراضی به دلیل افزایش جمعیت و مدیریت نادرست محیط‌های طبیعی سبب به مخاطره افتادن طبیعت و تخریب زیستگاه‌ها و رویشگاه‌ها شده است (Singh & Punia, 2018; Makhdoom et al., 2004). امروزه موجودیت مناطق حفاظت شده نیز تحت تأثیر فشارهای سیاسی و اقتصادی تحت الشعاع قرار گرفته است. با توجه به رشد جمعیت و توسعه اقتصادی در جهان و از جمله در ایران، تغییر کاربری اراضی یکی از اصلی‌ترین معضلات این مناطق است (Makhdoom et al., 2004).

تغییرات کاربری اراضی پیامد واکنش بین عوامل فرهنگی، مهارت‌ها، احتیاجات جامعه از یک سو و پتانسیل‌های طبیعی از سوی دیگر می‌باشد. این تغییرات یا به صورت طبیعی در مدار گردش آن و یا به وسیله عوامل مصنوعی از جمله دخالت انسان به وجود می‌آیند (Neshat, 2002).

از مهمترین عوامل تخریب مناطق جنگلی و مرتعی توسط عوامل انسانی می‌توان به تغییر کاربری جنگل‌ها و مراتع به اراضی کشاورزی و مسکونی، استفاده از چوب جنگل‌ها در تولید فرآورده‌های چوبی و منبع سوخت و انرژی به‌ویژه در بخش‌های محروم منطقه و همچنین تخریب تدریجی و کاهش وسعت آن‌ها به دلیل آلودگی محیط‌زیست و گرم شدن کره زمین (Sarhangzadeh, 1995)، آتش‌سوزی، جاده‌ها و خطوط ارتباطی و انتقال نیرو (گاز-برق)، فرسایش خاک و لغزش اشاره نمود (Rezaei Banafsheh et al., 2007); که سبب از بین

رفتن پوشش گیاهی و افزایش سرعت فرسایش خاک شده است (Rashki et al., 2013).

مطالعات نشان داده است که فعالیت‌های انسانی مهمترین عامل از بین رفتن اراضی طبیعی است؛ بنابراین به منظور مدیریت و حفاظت پایدار از این منابع، توجه به سرعت و مساحت تخریب ضروری است (Rezaei Banafsheh et al., 2007). در بیشتر این مطالعات فعالیت انسانی را مهمترین عامل تغییرات کاربری و تخریب منابع طبیعی دانسته‌اند.

آگاهی از نحوه استفاده از زمین و نوع فعالیتی که در هر بخش از زمین انجام می‌گیرد، جهت دستیابی به اطلاعات صحیح و به هنگام از جوامع و پدیده‌های مختلف زمینی اساس برنامه‌ریزی‌های گوناگون است (Neshat, 2002). اهمیت جنگل‌ها از نظر تجاری و زیست‌محیطی ایجاب می‌کند که اطلاعات کمی و کیفی به هنگام و دقیقی از آن تهیه و تغییرات آن در طول دوره‌های نه چندان طولانی مدت تعیین گردد (Ghanbari, 2008). بخش عمده‌ای از اطلاعات مورد نیاز برنامه‌ریزان برای تصمیم‌گیری‌های اصولی به وسیله نقشه‌های کاربری اراضی و پوشش زمین تأمین می‌شود. به منظور مدیریت بهتر منابع طبیعی، شناخت کامل از تغییرات کاربری، آشکارسازی و پیش‌بینی تغییرات کاربری ضروری است و در مدیریت بهتر منبع طبیعی نقش مهمی دارد (Fathi Zad et al., 2014).

دسترسی به اطلاعات به منظور ارزیابی تخریب اراضی و بررسی تغییرات کاربری اراضی در مقیاس جهانی و منطقه‌ای دشوار و محدود است. یکی از مهمترین روش‌ها به منظور تعیین تغییرات، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است. سنجش از دور نقش مهمی در پایش و مدیریت این مناطق دارد که با ایجاد یک دید وسیع و یکپارچه از منطقه، می‌تواند الگوهای مکانی کاربری و پوشش اراضی را تعیین کند (Rahdar et al., 2011). در حال حاضر فن سنجش از دور با بیشترین سرعت و دقت، ابزار مناسبی برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی است. با استفاده از داده‌های چند زمانه سنجش از دور با

پژوهش با هدف پیش‌بینی و ارزیابی میزان تخریب اراضی طبیعی با تکیه بر تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت شده دینارکوه انجام گرفت.

## مواد و روش‌ها

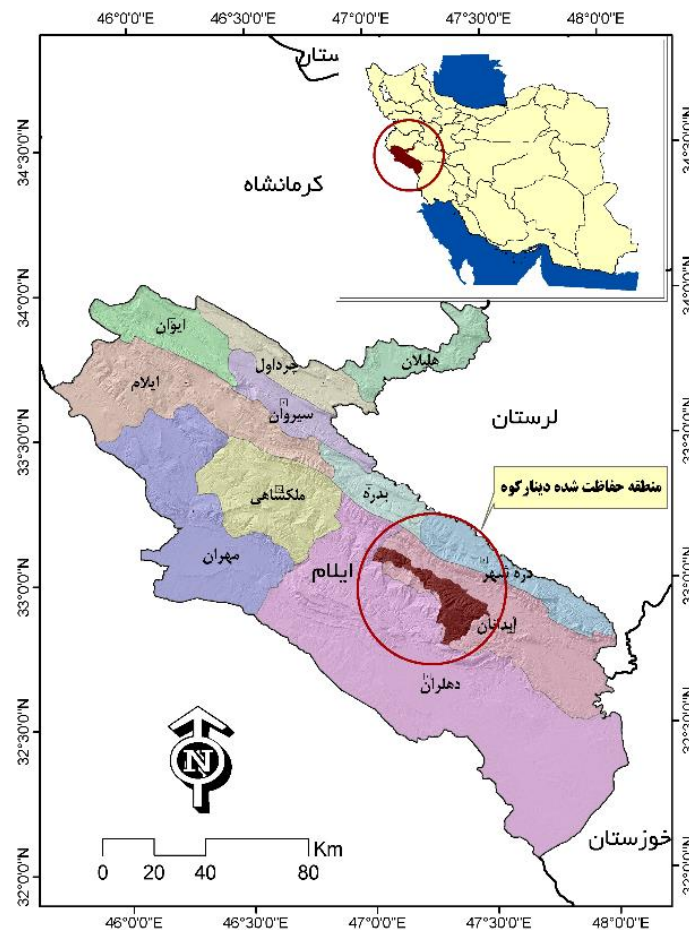
### منطقه مورد مطالعه

دینارکوه منطقه‌ای کوهستانی در جنوب استان ایلام و بین شهرستان‌های آبدانان و دهلران قرار گرفته است. منطقه حفاظت شده جنگلی دینارکوه از مناطق کوهستانی استان است که در مختصات جغرافیایی ۴۷ درجه تا ۳۰ دقیقه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقه عرض شمالی در شهرستان آبدانان استان ایلام واقع شده است (شکل ۱). دامنه تغییرات ارتفاع منطقه بین ۸۰۰ تا ۱۹۵۵ متر از سطح دریا است. میانگین بارندگی سالیانه محدوده این منطقه حفاظت شده معادل ۵۴۵ میلی‌متر و بر اساس داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک شهرستان آبدانان، آذرماه با متوسط ۹۱/۷ میلی‌متر پرباران‌ترین فصل سال است. حدود ۷۰ درصد بارش منطقه در ایام سرد سال فصول (پاییز و زمستان) رخ می‌دهد. با توجه به منحنی آمبروترمیک ایستگاه، دوره خشکی منطقه حدوداً از اواخر اردیبهشت‌ماه و اوایل خردادماه تا اوایل آبان‌ماه است. مردادماه با میانگین ۳۵/۸ درجه بالای صفر بالاترین و بهمن‌ماه با میانگین ۹/۷ درجه سانتی‌گراد کمترین دما را دارند. دمای حداکثر مطلق ماهانه ۴۶ و دمای حداقل مطلق ماهانه ۶/۲- درجه سانتی‌گراد در دی و بهمن‌ماه است. میانگین رطوبت نسبی منطقه ۴۳ درصد است. آذرماه با ۶۹ درصد بیشترین و مردادماه با ۱۷ درصد کمترین رطوبت نسبی را دارا هستند.

کمترین زمان و هزینه می‌توان نسبت به استخراج کاربری‌های اراضی اقدام کرد (Arekhi *et al.*, 2011) و سپس با استفاده از روش‌های مختلف بازبانی تغییرات نظیر روی هم‌اندازی تصاویر، تفریق تصاویر، تقسیم تصاویر، تحلیل و آنالیز مؤلفه‌های اصلی و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای، نسبت تغییرات را در دوره‌های زمانی مختلف ارزیابی (Alavi Panah *et al.*, 2003) و با استفاده از روش زنجیره مارکوف<sup>۱</sup> تغییرات پوشش را در آینده پیش‌بینی نمود.

در سال‌های اخیر تحقیقات زیادی در زمینه پیش‌بینی و ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در مناطق مختلف انجام گرفته است که می‌توان به پیش‌بینی تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت شده بیجار توسط Meratifar و همکاران (۲۰۱۴)، پیش‌بینی تغییرات آینده پوشش اراضی منطقه حفاظت شده سبزه‌کوه توسط Abolalizadeh و Ebrahimi (۲۰۱۵)، مطالعات Azimi Sardari و همکاران (۲۰۰۷) در میناب، Jafareiyani و همکاران (۲۰۲۰) در منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ در استان ایلام، مطالعه Hishe و همکاران (۲۰۱۸) در شمال اتیوپی و Alawamy و همکاران (۲۰۲۰) در لیبی اشاره کرد.

از آنجایی که مناطق حفاظت شده نقش مهمی دارند و هسته اصلی حفاظت از تنوع زیستی هستند، مدیریت و حفاظت از آن‌ها نیازمند بررسی‌های میدانی بیشتر است. منطقه حفاظت شده دینارکوه واقع در استان ایلام از اهمیت زیست‌محیطی بسیاری برخوردار می‌باشد. بنابراین داشتن اطلاعاتی از نوع استفاده از اراضی و تغییرات آن در طی زمان از موارد مهم در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری در این منطقه می‌باشد. بنابراین این



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایلام و ایران

Figure 1- Location of the study area in Ilam Province and Iran

## روش تحقیق

بررسی تغییرات کاربری در دوره زمانی مورد مطالعه پرداخته شد.

## داده‌های مورد استفاده

داده‌های مورد استفاده در این پژوهش تصاویر ماهواره‌ای متعلق به ماهواره‌ی لندست ۵ و ۸ و سنجنده‌های TM و OLI است. ابتدا تصاویر ماهواره لندست از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا در دوره‌های زمانی مناسب انتخاب و دانلود شد. در این تحقیق از داده‌های سنجنده TM ماهواره لندست مربوط به تاریخ ۳۱ می ۲۰۰۱ مطابق با ۲۳ اردیبهشت ۱۳۸۰ و تصویر سنجنده OLI ماهواره لندست ۸ مربوط به تاریخ ۱۹ می ۲۰۲۰ مطابق با ۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۹ استفاده شد؛ که به‌علت توان طیفی و

در این تحقیق ابتدا اطلاعات مورد نیاز در خصوص منطقه مورد مطالعه با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی جمع‌آوری شد. سپس برای تجزیه و تحلیل اطلاعات، تصاویر ماهواره‌ای استخراج و از روش‌های نرم‌افزاری برای پردازش آن‌ها استفاده شد. به این صورت که پس از بررسی خطاهای هندسی و اتمسفریک در تصاویر مورد استفاده، با استفاده از روش حداکثر احتمال، نقشه طبقات کاربری اراضی مربوط به دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۹ مورد بررسی تهیه شد. سپس با استفاده از دو روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفاضل شاخص پوشش گیاهی (NDVI)<sup>۱</sup> به آشکارسازی و

1. Normalized Difference Vegetation Index

استخراج و بررسی شد. مشاهده میانگین حاصل از ارزش‌ها در تصویر حاصل از تفاضل تصویر سال ۱۳۸۰ از تصویر سال ۱۳۹۹، نشان داد که بین ارزش‌های ثبت شده در باندها اختلاف چندانی وجود ندارد و میزان خطای اتمسفری قابل توجه نبوده و انجام این نوع از تصحیحات در این تحقیق ضرورتی ندارد.

### طبقه‌بندی تصاویر

با توجه به هدف مطالعه، جهت انجام طبقه‌بندی، ابتدا در روی هر یک از تصاویر رنگی TM و OLI به‌طور مجزا نمونه‌های تعلیمی برای طبقه‌بندی کاربری‌های مختلف (جنگل، مرتع، کشاورزی و سنگی) با شناخت از منطقه و بررسی‌های میدانی، تصاویر رنگی مرکب و تصاویر گوگل‌ارث و با در نظر گرفتن وسعت هر کاربری و با پراکنش مناسب انتخاب شد. پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی مناسب، اندازه تفکیک‌پذیری و تباین بین کلاس‌ها مورد بررسی قرار گرفت. معمولاً تباین بیشتر بین دو کلاس، بیانگر آن است که آن دو کلاس دارای بیشترین فاصله آماری بوده و دارای بالاترین احتمال برای طبقه‌بندی صحیح می‌باشند. برای اندازه‌گیری میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها نسبت به همدیگر، از معیار واگرایی استفاده گردید. حداقل تفکیک‌پذیری با استفاده از این معیار صفر و حداکثر آن ۲ می‌باشد.

سپس به‌منظور طبقه‌بندی تصاویر هر دوره زمانی، پس از انتخاب بهترین ترکیب باندی با استفاده از باندهای اصلی هر سنجنده، طبقه‌بندی با استفاده از نمونه‌های تعلیمی طبقات، با الگوریتم متداول حداکثر احتمال<sup>۱</sup> انجام گردید. روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال دقیق‌ترین و متداول‌ترین (Darwish Sefat, 1998) روش طبقه‌بندی می‌باشد. اساس روش حداکثر احتمال بر مشخصه‌های آماری نمونه‌های تعلیمی (میانگین و انحراف از معیار) در فضای چند بعدی باندها استوار است. این الگوریتم با محاسبه احتمال تعلق هر پیکسل به طبقات مختلف، پیکسل را به طبقه‌ای اختصاص می‌دهد که دارای بیشترین احتمال باشد. مهمترین شرط روش

مکانی مناسب و قدمت سری‌های زمانی در این پژوهش استفاده شد. در این تحقیق از باندهای حرارتی هر دو سنجنده به‌دلیل عدم کارایی در برآورد مشخصه‌های پوشش گیاهی، استفاده نشده است. از نقشه راه‌ها و آبراهه‌های منطقه برای ارزیابی تطابق هندسی استفاده گردید.

### تهیه نقشه واقعیت زمینی نمونه‌ای

پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای و تهیه نقشه تغییرات-عدم تغییرات، ارزیابی صحت این نقشه‌ها برای اکثر استفاده‌کنندگان تهیه نقشه واقعیت زمینی ضروری به‌نظر می‌رسد. به‌منظور ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده، از نقشه واقعیت زمینی منطقه که با استفاده از ۲۰۰ قطعه نمونه به روش نمونه‌ای که به‌صورت تصادفی طبقه‌بندی شده ایجاد شد، استفاده گردید. به‌منظور شناسایی محل این قطعات از تصاویر رنگی TM و OLI و همچنین از تصویر گوگل‌ارث منطقه، استفاده گردید. به مناطقی که در دو دوره تغییر نداشته‌اند، کد ۱ و مناطق دارای تغییرات کد ۲ تعلق گرفت.

### پیش‌پردازش‌های داده‌های ماهواره‌ای

#### بررسی تطابق هندسی داده‌های ماهواره‌ای

برای رفع خطاهای هندسی موجود در تصاویر انجام تصحیحات هندسی ضرورت دارد. بررسی خطاهای هندسی تصاویر با استفاده از ۲۰۰ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب در سطح منطقه انجام گرفت. با روی هم‌اندازی خطوط رقومی شده جاده‌ها به‌عنوان مبنا بر روی تصاویر ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ خطای هندسی در داده‌ها مشاهده نشد.

#### بررسی میزان خطای اتمسفری داده‌های

#### ماهواره‌ای

به‌منظور بررسی میزان خطای اتمسفری، منطقه‌ای کوچک و بدون پوشش گیاهی و اراضی بایر در تصاویر دو دوره انتخاب گردید. اختلاف بین ارزش‌ها و میانگین آن‌ها در این منطقه انتخابی در باندهای مختلف

## آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی در طی دوره زمانی مورد مطالعه

به‌منظور آشکارسازی تغییرات کاربری اراضی، میزان تغییرات از هر کاربری به کاربری دیگر در طی دوره‌های مورد مطالعه محاسبه شد. برای این منظور از دو روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، تفاضل شاخص NDVI استفاده شد.

روش مقایسه پس از طبقه‌بندی رایج‌ترین شیوه در آشکارسازی تغییرات (Jensen, 2004) و یکی از روش‌های بازتابی تغییرات است که در آن تصاویر چند زمانه با استفاده از الگوریتم‌های موجود طبقه‌بندی شد، سپس دو نقشه طبقه‌بندی شده که توسط تحلیل‌گر تولید شده، با همدیگر مقایسه شده و نقشه مشخص‌کننده مناطق تغییر تهیه شد. با کد گذاری مناسب نتایج طبقه‌بندی مربوط به زمان‌های مختلف، تحلیل‌گر می‌تواند نقشه‌های تغییر را ایجاد نماید که نشان‌دهنده ماتریس کاملی از تغییرات می‌باشد. در این روش نه تنها تشخیص پیکسل‌هایی که در بین دو تاریخ تصویربرداری تغییر یافته‌اند امکان‌پذیر است، بلکه می‌توان ماهیت آن‌ها را نیز مشخص کرد (Jensen, 2004). در تکنیک مقایسه پس از طبقه‌بندی، هر یک از تصاویر ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ به‌طور مستقل از هم به روش نظارت شده، طبقه‌بندی و سپس با هم مقایسه شدند.

یکی دیگر از شاخص‌های مهمی که در تعیین تغییرات پدیده‌های زمینی استفاده می‌شود و در مطالعات پوشش گیاهی اهمیت زیادی دارد، شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI) است. این شاخص از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این فرمول NIR<sup>۱</sup> باند مادون قرمز نزدیک و R باند قرمز می‌باشد. دامنه آن از -۱ تا +۱ می‌باشد. در حالتی که پوشش خیلی خوب و پرتراکم باشد این شاخص به +۱ نزدیک می‌شود و در حالت تخریب پوشش گیاهی و از بین رفتن آن کاهش پیدا می‌کند.

حداکثر احتمال، توزیع نرمال طبقات است ولی از آنجا که داده‌های واقعی در یک مدل خلاصه نمی‌شوند، طبقه‌بندی با تولید خطا مواجه خواهد بود. برای کاهش خطا بهتر است نمونه‌های تعلیمی از توزیع نرمال پیروی کنند. در استفاده از این روش باید توجه داشت که ممکن است استفاده از باندهای متعدد به‌جای نتیجه مطلوب، نتیجه عکس در برداشته باشد. چرا که اطلاعات مطلوب یک باند برای طبقه‌بندی، در ترکیب با باندهای نامطلوب کاهش می‌یابد؛ بنابراین از باندهای فرعی و اصلی باید آگاهانه و هدفمند استفاده نمود.

## ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی

صحت نتایج طبقه‌بندی تصاویر با نقشه واقعیت زمینی ارزیابی شد و در نهایت جدول خطا برای ارزیابی مقادیر خطا تشکیل شد. ارزیابی صحت نتایج حاصل از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از شاخص‌های صحت کلی و ضریب کاپا انجام شد (رابطه ۱ و ۲).

صحت کلی میانگینی از دقت طبقه‌بندی است که نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به جمع کل پیکسل‌های مقایسه شده را نشان می‌دهد.

$$\text{O.A.} = \frac{\sum_{i=0}^C E_{ii}}{N} \quad \text{رابطه (۱)}$$

C: تعداد طبقات، N: تعداد کل پیکسل‌های معلوم، E<sub>ii</sub>: اعضا قطری ماتریس خطا، O.A.: صحت کلی

ضریب کاپا یک شاخص اختلاف بین توافق واقعی داده‌های مرجع و یک طبقه‌بندی کننده خودکار و توافق تصادفی بین داده‌های مرجع و طبقه‌بندی کننده تصادفی می‌باشد.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^C X_{ii} - \sum_{i=1}^C (X_{i+} * X_{+i})}{N^2 - \sum_{i=2}^C (X_{i+} * X_{+i})} \quad \text{رابطه (۲)}$$

C: تعداد کلاس‌ها در ماتریس خطا، X<sub>ii</sub>: تعداد پیکسل‌ها در سطر و ستون i (در قطر اصلی)، X<sub>i+</sub>: تعداد پیکسل‌ها در سطر i (مجموع پیکسل‌های هر سطر)، X<sub>+i</sub>: تعداد کل پیکسل‌ها در ستون i (مجموع پیکسل‌های هر ستون)، N: تعداد کل پیکسل‌های ماتریس خطا.

طبقه‌بندی با روش‌های مقایسه پس از طبقه‌بندی، شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی (دو برابر انحراف معیار)، با نقشه واقعیت زمینی به وجود آمده مورد ارزیابی صحت قرار گرفتند و در نهایت جدول خطا برای ارزیابی مقادیر خطا تشکیل شد.

در این تحقیق از نرم‌افزار PCI Geomatica 9.1، Idrisi Selva و Arc GIS 10.8 برای پردازش تصاویر، تهیه نمونه‌های تعلیمی، تهیه نقشه واقعیت زمینی و همچنین استخراج اطلاعات طیفی استفاده شد.

### نتایج

#### بررسی تفکیک‌پذیری طبقات

پس از انتخاب نمونه‌های تعلیمی مناسب، اندازه تفکیک‌پذیری و تباین بین کلاس‌ها مورد بررسی قرار گرفت. معمولاً تباین بیشتر بین دو کلاس، بیانگر آن است که آن دو کلاس دارای بیشترین فاصله آماری بوده و دارای بالاترین احتمال برای طبقه‌بندی صحیح می‌باشند. برای اندازه‌گیری میزان تفکیک‌پذیری کلاس‌ها نسبت به همدیگر از معیار واگرایی استفاده گردید. حداقل تفکیک‌پذیری با استفاده از این معیار صفر و حداکثر آن ۲ می‌باشد. مقدار صفر به معنای عدم تفکیک‌پذیری، ۱-۰ تفکیک‌پذیری ضعیف، ۲-۱ تفکیک‌پذیری خوب و ۲ تفکیک‌پذیری ۱۰۰ درصد بین طبقات را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از بررسی میزان تفکیک‌پذیری بین طبقه‌ها به صورت جدول ۱ است.

نتایج حاصل از ارزیابی کمی تفکیک‌پذیری بین طبقات نشان داد که طبقات مختلف از نظر طیفی بر روی تصاویر مورد نظر قابل تفکیک هستند.

#### نتایج طبقه‌بندی تصاویر در دوره‌های مورد مطالعه

پس از اطمینان از تفکیک‌پذیری مناسب در بین طبقه‌ها، طبقه‌بندی با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال انجام گرفت. نتایج طبقه‌بندی تصویر TM و OLI در شکل ۲ آورده شده است.

برای پی بردن به تغییرات پوشش گیاهی ابتدا شاخص NDVI برای دو تصویر سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ به دست آمد. سپس تفاوت دو NDVI از طریق تفاضل به دست آمد.

$$D\text{NDVI} = (\text{NDVI}_{t_2}) - (\text{NDVI}_{t_1}) \quad (۴)$$

که در آن  $D\text{NDVI}$  اختلاف بین اعداد شاخص پوشش گیاهی نرمال شده دو زمان ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ میلادی،  $t_1$  و  $t_2$  اشاره به زمان اخذ تصاویر، سال‌های ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ است. با مقایسه شاخص پوشش گیاهی حاصل از دو تصویر مختلف، محل تغییر پوشش گیاهی مشخص شد. در تصاویر حاصله NDVI تهیه شده ارزش پیکسل‌ها بین -۱ تا +۱ می‌باشد. در این تصاویر، تغییرات با اعداد مثبت و منفی و عدم تغییرات صفر یا نزدیک به صفر هستند.

به منظور تعیین سطح آستانه، با استفاده از یک سری نقاط (۸۰ نقطه) مقادیر NDVI (دامنه و میانگین) دو طبقه پوشش گیاهی و فاقد پوشش گیاهی در مناطقی که در دو دوره بدون تغییر باقی مانده‌اند، استخراج گردید و بدین ترتیب نقشه مناطق بدون تغییر تولید شد و با توجه به آن سطح آستانه تعیین گردید. با بررسی هیستوگرام تصویر، با در نظر گرفتن دو برابر انحراف معیار از میانگین این تصاویر به دست آمده از تفریق باند-های NDVI دو زمان ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ به دو کلاسه تغییر-عدم تغییر تبدیل شد.

#### مقایسه تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات از

#### طریق تهیه نقشه واقعیت‌زمینی و ارزیابی صحت

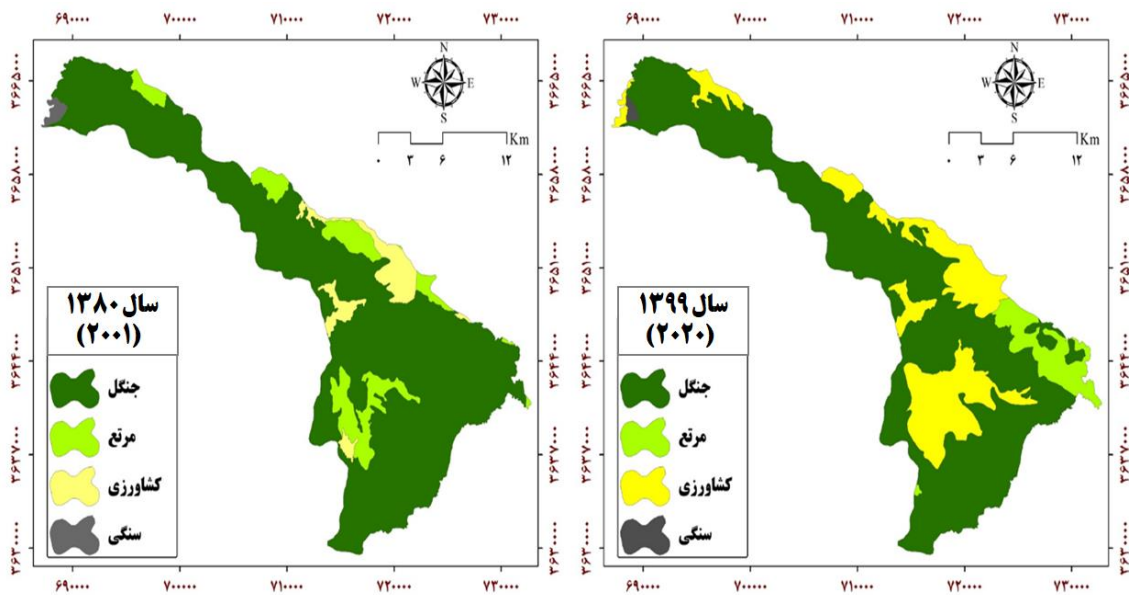
#### نقشه تغییرات

به منظور مقایسه تکنیک‌های به کار رفته در این تحقیق، نقشه واقعیت‌زمینی نمونه‌ای با استفاده از تعدادی نقاط از مناطق تغییر یافته و بدون تغییر و به صورت نقشه دو کلاسه‌ای تغییر و عدم تغییر در طی دوره زمانی ۱۹ ساله برای منطقه مورد مطالعه تهیه شد. نتایج حاصل از

جدول ۱- نتایج میزان تفکیک‌پذیری بین کاربری‌های مورد بررسی

Table 1- Results of the separation rate between Studied land use

| شاخص           | Index                  | تصویر OLI<br>OLI image | تصویر TM<br>TM image |
|----------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| جنگل - مرتع    | Forest- Rangeland      | 1.98                   | 1.96                 |
| جنگل - کشاورزی | Forest- Agriculture    | 1.85                   | 1.86                 |
| جنگل - سنگی    | Forest- Rocky          | 2.00                   | 2.00                 |
| مرتع - کشاورزی | Rangeland- Agriculture | 1.95                   | 1.93                 |
| مرتع - سنگی    | Rangeland- Rocky       | 1.99                   | 1.98                 |
| کشاورزی - سنگی | Agriculture - Rocky    | 2.00                   | 2.00                 |



شکل ۲- نقشه‌های کاربری اراضی حاصل از طبقه‌بندی تصاویر سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹

Figure 2- Land use maps obtained from classification of images of 2001 and 2020

جدول ۳ نتایج مربوط به مساحت تغییرات انواع کاربری‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان داد در دوره زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۹ مساحت ۲۷۹۳۹ هکتار از سطح منطقه بدون تغییر و ۱۰۹۸۵/۸ هکتار دارای تغییر بوده است. تبدیل کاربری جنگل به کشاورزی به میزان ۳۶۲۸/۹ هکتار و تبدیل کاربری مرتع به کشاورزی به میزان ۳۳۳۳/۳ هکتار در سطح منطقه بیشترین و تبدیل اراضی سنگی به جنگل به میزان ۸/۰۲ هکتار کمترین میزان تغییر را نشان داد (جدول ۳). در این دوره زمانی ۱۲۸/۸ هکتار از مراتع، ۲۷۹۳۹/۸ هکتار از اراضی جنگلی، ۱۶۱۸/۸ هکتار از اراضی زراعی و ۱۰۶/۴ هکتار از اراضی سنگی بدون تغییر مانده است (شکل ۳).

### ارزیابی صحت نتایج طبقه‌بندی

نتایج حاصل از طبقه‌بندی با نقشه واقعیت زمینی تهیه شده، مقایسه شد. نتایج نشان داد که تصاویر حاصل از طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال دارای صحت بالایی می‌باشند. صحت کلی در تصویر حداکثر احتمال مربوط به TM سال ۲۰۰۱ برابر با ۹۳/۵ درصد و در OLI سال ۲۰۲۰ برابر با ۹۷/۲ درصد، ضریب کاپای تصویر TM برابر با ۰/۸۸ و در OLI برابر با ۰/۹۲ حاصل آمد. نتایج در جدول ۲ آمده است.

تهیه نقشه تغییرات و تعیین میزان و نوع تغییرات در روش مقایسه پس از طبقه‌بندی

جدول ۲- نتایج حاصل از ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر

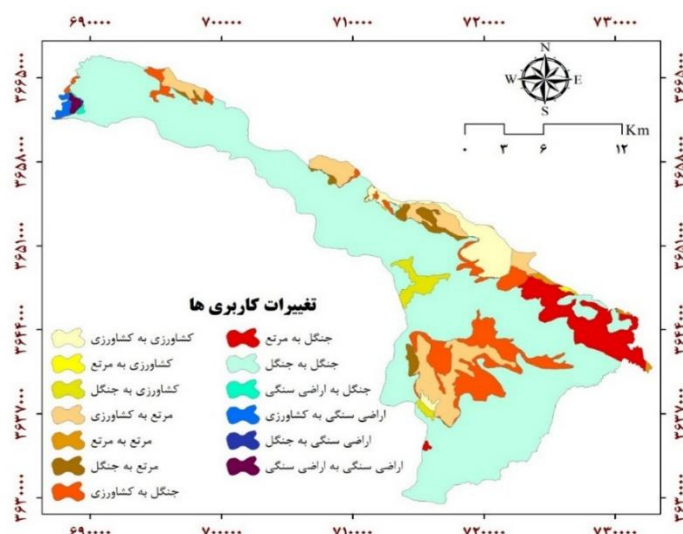
Table 2- The results of accuracy assessment of image classification

| تصویر<br>Image                | صحت کلی (%)<br>Overall accuracy (%) | ضریب کاپا<br>Kappa coefficient | متوسط صحت تولید کننده (%)<br>Average producer accuracy (%) | متوسط صحت کاربر (%)<br>Mean user accuracy (%) |
|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| TM سال ۱۳۸۰<br>TM year 2001   | 93.5                                | 0.88                           | 94.31  | 93.52   |
| OLI سال ۱۳۹۹<br>OLI year 2020 | 97.2                                | 0.92                           | 97.09  | 97.54   |

جدول ۳- مساحت مناطق تغییر و بدون تغییر

Table 3- Area with and without change

| کلاس تغییرات<br>Change classes                                 | مساحت (هکتار)<br>Area (ha) |
|--|----------------------------|
| مناطق بدون تغییرات<br>Areas without changes                    | 27939.0                    |
| مناطق دارای تغییرات<br>Areas with change                       | 10985.8                    |
| تبدیل جنگل به جنگل<br>Convert forest to forest                 | 27939.8                    |
| تبدیل جنگل به کشاورزی<br>Convert forest to agriculture         | 3628.3                     |
| تبدیل جنگل به مرتع<br>Convert forest to rangeland              | 2442.6                     |
| تبدیل جنگل به اراضی سنگی<br>Convert forest to rocky            | 39.1                       |
| تبدیل مرتع به جنگل<br>Convert rangeland to forest              | 680.5                      |
| تبدیل مرتع به کشاورزی<br>Convert rangeland to agriculture      | 3333.3                     |
| تبدیل مرتع به مرتع<br>Convert rangeland to rangeland           | 128.7                      |
| تبدیل مرتع به اراضی سنگی<br>Convert rangeland to rocky         | 0.0                        |
| تبدیل کشاورزی به جنگل<br>Convert agriculture to forest         | 668.0                      |
| تبدیل کشاورزی به کشاورزی<br>Convert agriculture to agriculture | 1618.8                     |
| تبدیل کشاورزی به مرتع<br>Convert agriculture to rangeland      | 35.8                       |
| تبدیل کشاورزی به اراضی سنگی<br>Convert agriculture to forest   | 0.0                        |
| تبدیل اراضی سنگی به جنگل<br>Convert rocky to forest            | 8.0                        |
| تبدیل اراضی سنگی به کشاورزی<br>Convert rocky to agriculture    | 149.3                      |
| تبدیل اراضی سنگی به مرتع<br>Convert rocky to rangeland         | 0.0                        |
| تبدیل اراضی سنگی به اراضی سنگی<br>Convert rocky to forest      | 106.4                      |



شکل ۳- نقشه تقابل تصاویر برای نقشه‌های کاربری اراضی سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹  
Figure 3- Map of images crosstab for land use maps of 2001 and 2020

در این تصویر ۸۳/۲۹ درصد به دست آمد. صحت کلی در این تصویر ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپای آن ۰/۵۱ می‌باشد که بدان معناست که ۰/۵۱ درصد نقشه حاصل از طبقه‌بندی تصویر به صورت کاملاً تصادفی با واقعیت زمینی مطابقت دارد (جدول ۴).

**روش آشکارسازی تغییرات با استفاده از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (NDVI)**

به منظور انجام این روش از آشکارسازی تغییرات، تصاویر NDVI مربوط به دو دوره تولید شد و تصویر حاصل از تفریق NDVI دو دوره ایجاد شد. در شکل ۴ شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی مربوط به سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹ آورده شده است.

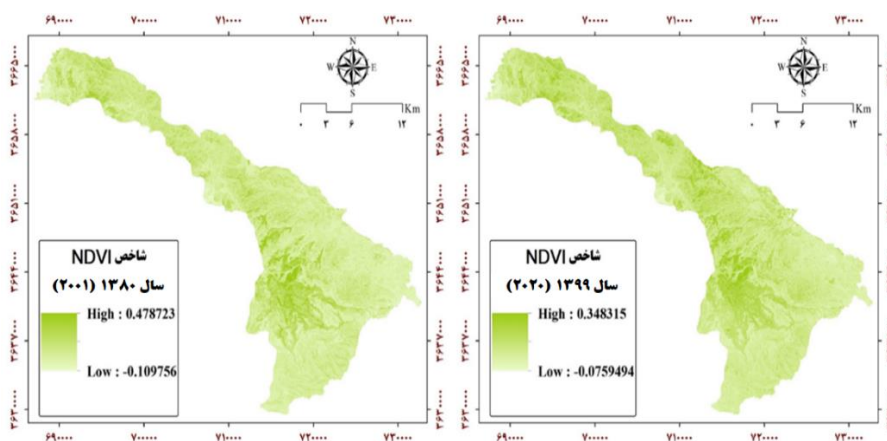
**ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده حاصل از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی**

به منظور ارزیابی صحت نقشه تغییرات حاصل از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی، نقشه دو طبقه تغییر و عدم تغییر با نقشه واقعیت زمینی تهیه شده، به کمک پارامترهای صحت کلی و ضریب کاپا مورد مقایسه قرار گرفت و ماتریس خطا تشکیل شد. نتایج جدول خطا نشان داد که تصویر طبقه‌بندی شده توسط این روش دارای خطای Omission به طور متوسط ۲۸/۳۳ درصد می‌باشد. متوسط صحت تولیدکننده معادل ۷۱/۶۷ درصد است. همچنین متوسط خطای Commission در این تصویر برابر با ۱۶/۷۲ درصد و متوسط صحت کاربر

جدول ۴- نتایج حاصل از ارزیابی صحت روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با واقعیت زمینی

**Table 4- Results of accuracy assessment of the comparison after classification method using ground truth data**

| روش<br>Method   | صحت کلی (%)<br>Overall accuracy (%) | ضریب کاپا<br>Kappa coefficient | متوسط صحت تولید کننده (%)<br>Average producer accuracy (%) | متوسط صحت کاربر (%)<br>Mean user accuracy (%) |
|---|-------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| مقایسه پس از طبقه‌بندی<br>Comparison after classification | 85.13                               | 0.508                          | 71.67  | 83.28   |



شکل ۴- نقشه شاخص تفاضل اختلاف پوشش گیاهی استاندارد (NDVI) مربوط به سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹

**Figure 4- The NDVI images for 2001 and 2020**

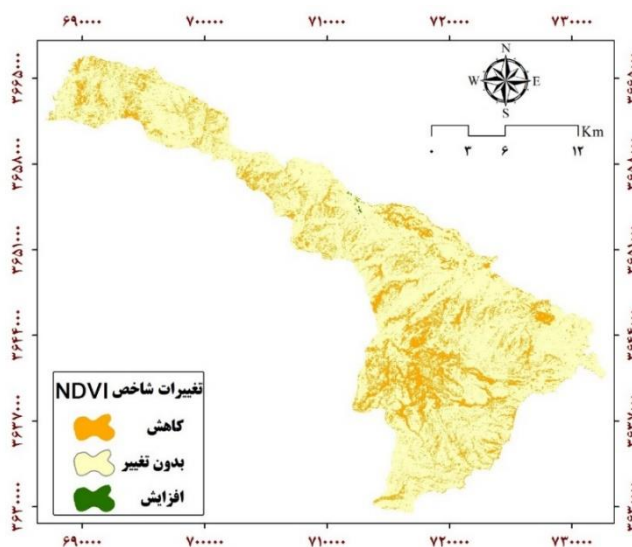
استفاده از یک سری نقاط (۸۰ نقطه) مقادیر NDVI (دامنه و میانگین) دو طبقه جنگل و غیرجنگل که در

به منظور تعیین سطح آستانه در روش آشکارسازی تغییرات شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی، با

محدوده ۰/۱۳- تا ۰/۲۴۲۶ برای دو برابر انحراف معیار قرار گرفت. با بررسی هیستوگرام تصویر تفریقی و مشاهده حداقل و حداکثر مقادیر موجود، تصویر NDVI تفریقی، به دو منطقه عدم تغییرات (کد ۱) و مناطق دارای تغییرات (کد ۲) طبقه‌بندی شد.

شکل ۵ نقشه گستره تغییرات و مناطق بدون تغییر با اعمال آستانه بر روی تصویر تفاضل NDVI را نشان می‌دهند.

این دو دوره ثابت باقی مانده‌اند، استخراج گردید و با توجه به آن سطح آستانه تعیین گردید. میانگین نقاط در مناطق بدون تغییرات ۰/۰۲ و انحراف معیار آن ۰/۱۴ به دست آمد. با ملاحظه به این موضوع که دامنه شاخص NDVI بین -۱ تا +۱ می‌باشد، با توجه به فرمول تعیین آستانه  $(\bar{X} \pm n\sigma)$ ، با در نظر گرفتن دو برابر انحراف معیار از میانگین، دامنه عدم تغییرات تعیین گردید. دامنه مناطق بدون تغییر در دو دوره مورد نظر در



شکل ۵- تصویر حاصل از تفاضل NDVI سال ۱۳۸۰ و ۱۳۹۹  
Figure 5- The difference images of NDVI for 2001 and 2020

تغییرات و بدون تغییرات با استفاده از تصویر تفاضل NDVI دارای خطای Omission به‌طور متوسط ۲۸/۲۲ درصد و متوسط صحت تولید کننده ۷۱/۷۸ درصد می‌باشد. متوسط خطای Commission در این تصویر برابر با ۲۷/۵۱ درصد و متوسط صحت کاربر ۷۲/۴۹ به دست آمد. صحت کلی در این تصویر ۸۰/۵۱ درصد و ضریب کاپای آن ۰/۴۴ می‌باشد (جدول ۵).

ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده NDVI به‌منظور بررسی صحت نتایج روش آشکارسازی تغییرات شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی، نقشه دو طبقه تغییر و عدم تغییر به‌وجود آمده با نقشه واقعیت‌زمینی تهیه شده، به کمک پارامترهای صحت کلی و ضریب کاپا مورد مقایسه قرار گرفت و ماتریس خطا تشکیل شد. نتایج جدول خطا نشان می‌دهد که نقشه گستره

جدول ۵- نتایج ارزیابی صحت روش آشکارسازی تغییرات شاخص نرمال شده تفاوت گیاهی با واقعیت زمینی

Table 5- Results of accuracy assessment of the changes detecting method for NDVI using ground truth data

| روش<br>Method   | صحت کلی (%)<br>Overall accuracy (%) | ضریب کاپا<br>Kappa coefficient | متوسط صحت تولید کننده (%)<br>Average producer accuracy (%) | متوسط صحت کاربر (%)<br>Mean user accuracy (%) |
|-----------------|-------------------------------------|--------------------------------|--|---|
| مقدار<br>Amount | 80.51                               | 0.442                          | 71.78  | 72.49   |

**بحث**

عدم تغییر می‌باشند. روش مقایسه پس از طبقه‌بندی با صحت کلی ۸۵/۱۳ درصد و ضریب کاپای ۰/۵۰۸۵ نسبت به سایر روش‌های تعیین تغییرات دارای بالاترین صحت کلی و ضریب کاپاست.

بر اساس نتایج تحقیق حاضر تغییرات چشمگیری در منطقه رخ داده است. به گونه‌ای که ۱۰۹۸۵/۸۵ هکتار از سطح منطقه دچار تغییر کاربری شده است. نتایج حاصل از پردازش تصاویر ماهواره‌ای نشان داد که در سال ۲۰۰۱ نسبت به سال ۲۰۲۰ بیش از ۶ هزار هکتار از اراضی جنگلی منطقه در طی دوره ۱۹ ساله به اراضی غیر جنگلی همانند کشاورزی و مرتع تبدیل شده‌اند که نشان‌دهنده وضعیت نه‌چندان مناسب حفاظت از منطقه است و در طی این سالیان با شخم‌زدن زیراشکوب اراضی جنگلی زمینه برای تبدیل و تخریب جنگل به وجود آمده است. از طرفی وجود خشک‌سالی‌های اخیر و وجود بیماری زوال بلوط باعث شده است که درختان جنگلی بیش از پیش رو به سوی نابودی و تخریب پیش روند. تبدیل و تخریب اراضی جنگلی و مرتعی به کشاورزی در مطالعات مختلف نیز اثبات شده است. مطالعه Jafareiyani و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص روند تغییرات کاربری اراضی در منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ نیز نشان از کاهش سطح جنگل و مرتع و تبدیل آن به اراضی کشاورزی داشت؛ که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. Azimi Sardari و همکاران (۲۰۰۷) در مطالعه خود بیشترین افزایش سطح را در اراضی کشاورزی و کمترین را در اراضی مرتعی مشاهده کردند. نتایج مطالعه Naseri Rad و همکاران (۲۰۱۹) نیز نشان از افزایش اراضی کشاورزی و کاهش سطح اراضی جنگلی داشت. همچنین بیش از ۳۳۰۰ هکتار از اراضی مرتعی در این دوره تحت کشت دیم قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تمایل مردم منطقه به تخریب اراضی طبیعی و تبدیل به زراعت است که لازم است در این مورد تدابیر لازم اتخاذ گردد. مطالعه Meratifar و همکاران (۲۰۱۴) کاهش اراضی مرتعی و افزایش اراضی کشاورزی را در منطقه حفاظت شده بیجار نشان داد.

آشکارسازی تغییرات به‌موقع از عوارض سطح زمین برای درک روابط و فعل و انفعال‌های بین انسان و پدیده‌های طبیعی به‌منظور تصمیم‌گیری بهتر برای مدیریت و استفاده بهینه از منابع بسیار مهم است (Ghanbari, 2006). از این‌رو در این تحقیق سعی شده است میزان، نوع و نرخ تغییرات گستره کاربری‌ها و پوشش گیاهی به‌وجود آمده با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های TM و OLI توسط دو روش آشکارسازی تغییرات مقایسه پس از طبقه‌بندی و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گیرد.

نتایج ارزیابی صحت نقشه حاصل از طبقه‌بندی با الگوریتم حداکثر احتمال بر روی تصاویر TM و OLI نشان داد که دقت هر یک از تصاویر طبقه‌بندی شده TM و OLI در روش طبقه‌بندی نظارت‌شده با روش حداکثر احتمال در حد بالا و قابل‌قبول بوده است. با توجه به صحت کلی ۹۲/۰۹ درصد در طبقه‌بندی تصویر TM و ۹۲/۶۶ درصد در تصویر OLI می‌توان بیان کرد که این دو تصاویر قابلیت تهیه نقشه گستره مد نظر را در هر مقطع زمانی دارند و می‌توانند برای بررسی آشکارسازی تغییرات مورد استفاده قرار گیرند. نتایج نشان داد که عواملی نظیر تشابه بازتاب بعضی از اراضی که باعث عدم تفکیک دقیق طبقات می‌شود به دلیل عدم تشابه بازتاب آن‌ها، به‌عنوان خطا طبقه‌بندی شده اند، از عوامل خطا بودند که باعث کاهش صحت شده است؛ بنابراین به‌طور کلی می‌توان گفت با توجه به صحت به‌دست آمده از تصاویر TM و OLI، این دو سنجنده قابلیت شناسایی تغییرات را دارا می‌باشند.

نتایج نشان داد بهره‌برداری جنگل و افزایش شدید رشد جمعیت روستاها و شهرها و نیاز آن‌ها برای مسکن و عوامل اقتصادی باعث کاهش در سطح جنگل شده است. مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده حاصل از روش‌های به‌کار گرفته شده در این تحقیق با نقشه واقعیت زمینی نشان داد که روش‌های مورد استفاده دارای صحت‌های متفاوتی در شناسایی مناطق تغییر و

تغییر و عدم تغییر می‌باشند. نتایج نشان داد که روش مقایسه پس از طبقه‌بندی نسبت به روش دیگر تعیین تغییرات دارای صحت کلی و ضریب کاپای بیشتری است.

بر اساس نتایج حاصله سطح وسیعی از اراضی جنگلی منطقه در طی تقریباً دو دهه به اراضی غیرجنگلی همانند کشاورزی و مرتع تبدیل شده‌اند که نشان‌دهنده وضعیت نه‌چندان مناسب حفاظت از منطقه است. در طی این سالیان شخم زیراشکوب اراضی جنگلی زمینه برای تبدیل و تخریب جنگل به‌وجود آمده است. از طرفی وجود خشک‌سالی‌های اخیر و وجود بیماری زوال بلوط باعث شده است که درختان جنگلی بیش از پیش رو به‌سوی نابودی و تخریب پیش روند. همچنین بیش از ۳۳۰۰ هکتار از اراضی مرتعی در این دوره تحت کشت دیم قرار گرفته‌اند که نشان‌دهنده تمایل مردم منطقه به تخریب اراضی طبیعی و تبدیل به زراعت است که لازم است در این مورد تدابیر لازم اتخاذ گردد. نتایج نشان داد که ۸۰۰۰ هکتار از اراضی منطقه مورد مطالعه از نظر شاخص NDVI کاهش شاخص و یا به‌عبارتی کاهش پوشش گیاهی داشته است که نشان‌دهنده تخریب است.

Mirzapour و همکاران (۲۰۱۹) نیز تغییرات کاربری اراضی در سال ۱۳۷۰ تا ۱۳۹۵ را بررسی کردند که نتایج مطالعه آن‌ها نشان از کاهش سطح مراتع داشت. Hishe و همکاران (۲۰۱۸) نیز در ارزیابی صورت گرفته در شمال اتیوپی افزایش سطح زمین‌های کشاورزی را مشاهده کردند.

تخریب و تبدیل اراضی جنگلی به کشاورزی تخریب اراضی با پوشش طبیعی و فرسایش خاک را به دنبال دارد (Falahatkar, 2016). از دلایل، رعایت نکردن اصول اکولوژیکی، افزایش رشد جمعیت، مشکلات اقتصادی-اجتماعی جنگل‌نشینان از جمله دلایل کاهش جنگل‌ها و مراتع و تبدیل آن‌ها به اراضی کشاورزی است (Heidarizadi & Mohammadi, 2015).

### نتیجه‌گیری کلی

مقایسه نقشه‌های طبقه‌بندی شده حاصل از روش‌های به‌کار گرفته شده در این تحقیق با نقشه واقعیت زمینی نشان داد که روش‌های مقایسه پس از طبقه‌بندی و شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی، تغییرات را با درستی نسبی بالایی شناسایی می‌کنند. همچنین این روش‌ها دارای صحت‌های متفاوتی در شناسایی مناطق

### References

- Abolalizadeh, Z. & Ebrahimi, A. (2015). Land cover change prediction in Sabzkouh protected area using CA-Markov modeling. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 22(1), 21-30. (In Persian)
- Alawamy, J. S., Balasundram, S. K., Mohd Hanif, A. H. & Boon Sung, C. T. (2020). Detecting and analyzing land use and land cover changes in the region of Al-Jabal Al-Akhdar, Libya using time-series landsat data from 1985 to 2017. *Sustainability*, 12(4490), 1-24. Doi: 10.3390/su12114490.
- Alavi Panah, S. K., Ehsani, A. H. & Omid, P. (2003). Investigation of desertification and land changes of Damghan playa using multi-time and multi-spectral satellite data. *Desert Magazine*, 9(51), 144-154. (In Persian)
- Arekhi, S., Niazi, Y. & Arzani, H. (2011). Comparing various techniques for land use/cover change detection using RS & GIS (case study: Daresher Catchment, Ilam province). *Environmental Sciences*, 8(3), 81-96. (In Persian)
- Azimi Sardari, M. R., Bazar Afshan, U., Panagapoulos, T. & Rafiei Sardoui, E. (2007). Modeling land use change using artificial neural network and Markov chain (case study: Esteghlal dam, Minab Watershed). *Journal of Natural Biology Iranian Natural Resources*, 73(1), 103-114. (In Persian)
- Darwish Sefat, A. A. (1998). *Remote Sensing Textbook. Faculty of Natural Resources. University of Tehran.* (In Persian)
- Falahatkar, S., Hosseini, S. M., Salman Mahiny, A. R. & Ayoubi, S. H. (2016). Prediction of land use/ cover change by using LCM model. *Environmental Research*, 7(13), 163-174. (In Persian)
- Fathi Zad, H., Karimi, H., Tazeh, M. & Tavakoli, M. (2014). Predicting of land use and land cover change in arid and semi-arid regions using satellite image and Markov

- chain model (case study: Doiraj Basin, Ilam province). *Journal of Desert Management*, 3, 61-76. (In Persian)
- Ghanbari, F. (2008). *Investigation of methods for detecting temporal changes using satellite and aerial photography*. Seminar 2, M.Sc., Gorgan University of Agriculture and Natural Resources, Faculty of Forestry. (In Persian)
  - Heidarizadi, Z. & Mohammadi, A. R. (2015). Predicting land use changes in Mehran plain using automatic- arkov cell model. *Journal of Desert Ecosystem*, 5(10), 57-68. (In Persian)
  - Hishe, S., Bewket, W., Nyssen, J. & Lyimo, J. (2018). Analyzing past land use land cover change and CA Markov based future modeling in the Middle Suluh Valley, Northern Ethiopia. *Geocarto International*, 35(3), 225-255. Doi: 10.1016/j.envc.2021.100419.
  - Jafareiyani, N., Mirzaei, J. & Karami, O. (2020). The trend of land use change in Manasht-Ghalarang protected area using satellite imagery. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 18(1), 14-30. Doi: 10.22092/ijfrpr.2020.341865.1416. (In Persian)
  - Jensen, J. R. (2004). Digital change detection. *Introductory digital image processing: A Remote Sensing Perspective*, pp. 467-494. New Jersey: Prentice-Hall.
  - Makhdoom, M., Darvish Sefat, A. A., Jafarzadeh, H. & Makhdoom, A. R. (2004). *Environmental Assessment and Planning with GIS*. University of Tehran Press. (In Persian)
  - Meratifar, M., Kaboudvandpour, S. & Aman Elahi, J. (2014). *Validation of Ca-Markov and GEOMOD models to predict land use change in Bijar protected area*. Master Thesis in Environment, University of Kurdistan. (In Persian)
  - Mirzapour, H., Haghizadeh, A., Zinivand, H. & Tahmasbipour, N. (2019). Predicting land use changes using the auto Cell-Markov model in the windy watershed of Lorestan. *Hydrogeomorphology*, 5(20), 79-99. (In Persian)
  - Naseri Rad, S., Naghavi, H., Soosani, J. & Nouredini, A. R. (2019). Modeling the spatial changes of Zagros forests using satellite imagery and LCM model (case study: Bastam, Selseleh). *Geography and Development*, 54, 107-120. (In Persian)
  - Neshat, A. (2002). *Analysis and evaluation of land use changes and land cover using remote sensing data and geographic information system in Golestan province*. Master Thesis in Remote Sensing, Tarbiat Modares University. (In Persian)
  - Rahdari, V., Maleki, S., Afsari, K. H., Abtin, E., Piri, H. & Fakhireh, A. (2011). Monitoring land use changes in Hamoon Wildlife Sanctuary from 1986 to 2009 using satellite imagery and GIS. *Iranian Remote Sensing & GIS*, 3(2), 59-70. (In Persian)
  - Rashki, A., Kaskaoutis, D. G., Goudie, A. S. & Kahn, R. A. (2013). Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: the case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Science of the Total Environment*, 463, 552-564. Doi: 10.1016/j.scitotenv.2013.06.045.
  - Rezaei Banafsheh, M., Rostamzadeh, H. & Faizi Zadeh, B. (2007). Investigating and evaluating the process of changing forest levels using remote sensing and GIS (case study of Arasbaran forests). *Journal of Geographical Research*, 62, 143-159. (In Persian)
  - Sarhangzadeh, J. (1995). *Land management of Arasbaran protected area, master's thesis*. Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University. (In Persian)
  - Singh, N. & Punia, M. (2018). Geospatial approach for land use/land cover change prediction: a case study of Bhagirathi Basin, uttarakhand, INDIA. In *42nd COSPAR Scientific Assembly*, 42.
  - Sundarakumar, K., Harika, M., Begum, S. A. & Yamini, S. (2012). Balakrishna land cover change detection and urban sprawl analysis of Vijayawada city using a landsat data. *Engineering Science & Technology*, 4, 170-178.