

## Original Article



# Monitoring Temporal Changes of Land Use in Khoda Afarin and Kalibar Cities Using Remote Sensing Technology

Received: 2023.09.21

Accepted: 2023.12.23

Ali Khodaie,<sup>1\*</sup>  Rahman Zandi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Environmental Sciences and Engineering, Faculty of Geography and Environmental Sciences, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

<sup>2</sup>Department of Natural Geography, Faculty of Geographical Sciences and Planning, Isfahan University, Isfahan, Iran

## EXTENDED ABSTRACT

**Introduction:** Investigating changes in land cover is one of the most important aspects of natural resource management and environmental changes. With the increase of urban and rural areas and the necessities of human life, changes are made on the surface of the earth. These changes are caused by the conflict between the needs of human societies and environmental constraints on Earth. In this research, using remote sensing techniques, the monitoring of land surface changes in Khoda Afarin and Kalibar cities was investigated using remote sensing technology during a period of 20 years (2000-2020).

**Material and Methods:** In order to perform statistical and visual analysis of MODIS sensor images installed on Terra and Aqua satellites, for the period of 2000 to 2020, the method of classification and extraction of the earth's surface cover was studied. The IGBP classification method was used in 17 classes to classify land use. Then, based on the model and classification method, they were processed in the Arc GIS software environment. The area of each land use was calculated in each year. Natural factors affecting land use changes were used from the daily rainfall data for the studied period. Based on these values, the trend of changes in precipitation and drought was drawn according to the SPI standard precipitation index in the software environment.

**Results and Discussion:** Twenty MODIS sensor images were analyzed for the period under study and annual maps and change trend charts of each land use were drawn. The land use coverage in the years 2001, 2002 and 2003 showed that the largest area was related to agriculture in 2001, followed by pasture. This trend continued from 2002 to 2003. In these years, the process of forest destruction and change of use from forest to pasture and then agriculture has started. From 2004 to 2006, Bayer's unfavorable coverage is visible. In the years 2007 to 2009, regarding dam construction the water coverage and the area under cultivation increased and in the years 2010 to 2012, the city and man-made buildings increased significantly, and from 2012 to 2020, the process of destroying forests and turning them into pastures and then agricultural lands in the year. The end of the investigated period is also quite evident, and also by examining the natural factors, the amount of rainfall and drought during the 20-year period has had a downward trend.

**Conclusion:** The results show that the area of forest and shrub cover has decreased, and instead, there has been a significant increase in barren, water, pasture and agricultural cover, although the increase in water cover is due to the construction of dams in the study area. Also, the results of examining the amount of precipitation and drought show that the trend of precipitation is decreasing and relatively severe droughts have occurred in the region.

**Keywords:** Earth surface monitoring, MODIS, Remote sensing, Khodaafrin-Keliber

## How to cite this article:

Khodaie, A. and Zandi, A., 2024. Monitoring Temporal Changes of Land Use in Khoda Afarin and Kalibar Cities Using Remote Sensing Technology. *Environ. Sci.* 22(2): 225-244

\* Corresponding Author Email Address: A.khodaie@hsu.ac.ir

DOI: 10.48308/envs.2023.1341



Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

## پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی شهرستان خداآفرین و کلیبر با استفاده از فناوری سنجش از دور

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۰۲

علی خدائی\*<sup>۱</sup>، رحمان زندی<sup>۲</sup>

### چکیده مبسوط

**سابقه و هدف:** بررسی تغییرات زمانی کاربری اراضی، یکی از مهم‌ترین جنبه‌های مدیریت منابع طبیعی و بازنگری در تغییرات محیطی است. با افزایش مناطق شهری و روستای و ملزومات زندگی بشر، تغییراتی در سطح زمین ایجاد می‌شود این تغییرات، در اثر تقابل نیازهای همیشگی جوامع انسانی و محیطی با زمین ایجاد می‌شود. در تحقیق حاضر با استفاده از تکنیک سنجش از دور، پایش تغییرات سطح زمین در شهرستان های خداآفرین و کلیبر با استفاده از فناوری سنجش از دور در طی دوره ۲۰ ساله (۲۰۰۰-۲۰۲۰) بررسی قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها:** جهت انجام تحلیل‌های آماری و بصری از تصاویر سنجنده مادیس که بر روی دو ماهواره‌ی ترا و آکووا نصب می‌باشد، برای بازه‌ی زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ میلادی به روش طبقه بندی و استخراج پوشش سطح زمین پرداخته شد. از روش طبقه بندی IGBP در ۱۷ کلاس جهت طبقه بندی کاربری اراضی استفاده شده است. سپس بر اساس مدل و روش طبقه بندی در محیط نرم افزار Arc GIS پردازش شدند. میزان مساحت هر یک از کاربری در هر سال محاسبه گردید. عوامل طبیعی موثر بر تغییرات کاربری اراضی از داده‌های روزانه بارش برای دوره‌ی مورد بررسی استفاده گردید. بر اساس این مقادیر روند تغییرات بارش و همچنین خشکسالی بر حسب شاخص بارش استاندارد SPI در محیط نرم‌افزار ترسیم گردید.

**نتایج و بحث:** ۲۰ تصویر سنجنده مادیس برای دوره‌ی مورد بررسی، تجزیه و تحلیل گردیدند و نقشه‌های سالانه و نمودار روند تغییرات هر یک از کاربری‌ها ترسیم گردید. پوشش کاربری سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ نشان داد سال ۲۰۰۱ بیشترین مساحت مربوط به پوشش کشاورزی و زارعی و سپس مرتع می‌باشد همچون سال ۲۰۰۱ تا سال ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۳ نیز همین روند ادامه پیدا کرده است. در این سال‌ها روند تخریب جنگل و تغییر کاربری از جنگلی به مرتع و سپس کشاورزی شروع شده است. از سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ پوشش نامطلوب بایر قابل مشاهده است. در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ با توجه به سدسازی، پوشش آب و سطح زیر کشت و کشت آبی افزایش یافته و در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ شهر و انسان ساخت با افزایش چشمگیر دیده می‌شود و از سال ۲۰۱۲ تا ۲۰۲۰ روند تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به مراتع و سپس زمین‌های کشاورزی در سال‌های پایانی دوره مورد بررسی نیز کاملاً مشهود است و همچنین با بررسی عوامل طبیعی میزان بارش و خشکسالی در طی دوره‌ی ۲۰ ساله روند نزولی داشته است.

**نتیجه‌گیری:** نتایج نشان می‌دهد که مساحت پوشش جنگلی و درختچه‌ای کاهش یافته و در عوض پوشش بایر، آب، مرتع و کشاورزی افزایش چشم‌گیری داشته است، البته افزایش پوشش آب به علت سدسازی‌های صورت گرفته در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌شود. همچنین نتایج حاصل از بررسی میزان بارش و خشکسالی نشان می‌دهد که روند بارش نزولی بوده و خشکسالی‌های نسبتاً شدیدی در منطقه اتفاق افتاده است.

**واژه‌های کلیدی:** پایش سطح زمین، مادیس، سنجش از دور، خداآفرین، کلیبر

استناد به این مقاله: خدائی، ع. و

ر. زندی. ۱۴۰۳. پایش تغییرات

زمانی کاربری اراضی شهرستان

خداآفرین و کلیبر با استفاده از

فناوری سنجش از دور. فصلنامه علوم

محیطی، ۲۴۴-۲۲۵: (۲) ۲۲

\* Corresponding Author Email Address: A.khodaie@hsu.ac.ir

DOI: 10.48308/envs.2023.1341



## مقدمه

(Ghasemzadeh *et al.*, 2014). بنابراین، نظر به آثار منفی و پیامدهای نامطلوبی که در اثر بهره‌کشی و استفاده ناپایدار از سرزمین به وجود آمده است، بررسی و تجزیه و تحلیل تغییرات سیمای سرزمین و کمی‌سازی آن در طی زمان می‌تواند در ارزیابی کمی اثرات توسعه به‌عنوان ابزاری مفید مؤثر باشد. ترسیم نقشه‌های تغییرات پوشش سطح زمین اطلاعات باارزشی را برای فهم وضعیت طبیعت و محیط زیست انسان‌ساخت با استفاده از بیان کمی تغییرات در مقیاس‌های محلی تا جهانی در یک دوره زمانی مشخص و یا در طول دوره زمانی پیوسته ارائه می‌دهد (Gopal, 1996).  
پایش تغییرات اراضی برای فهم محرک‌های پویا مؤثر بر زمین‌ها در بازه زمانی طولانی مدت برای مدیریت مناسب آن‌ها اهمیت بسزایی دارد؛ زیرا این تغییرات اراضی بسیار گسترده و سریع تحت تأثیر عوامل مختلف طبیعی و انسانی هستند که باعث تغییر اکوسیستم‌های طبیعی می‌شوند (Turner *et al.*, 1986; Rawat *et al.*, 2015). آشکارسازی تغییرات پوشش سطح زمین برای تعیین ناهمگونی سیمای سرزمین و تنوع زیستی و درنهایت تعیین نواحی در اولویت برای حفاظت می‌باشد (Karami, 2012). بررسی الگوی تغییرات چشم‌اندازها، تغییرات و تعامل بین فعالیت‌های انسانی و پدیده‌های طبیعی برای مدیریت اراضی و اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی مناسب روزبه‌روز ضروری‌تر می‌شود (Dadhich *et al.*, 2011; Othman *et al.*, 2014; Prestele *et al.*, 2016). سری‌های زمانی سنجش از دور یا داده‌های ماهواره‌ای یکی از سریع‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش‌های در اختیار محققین برای بررسی تغییرات و پویایی‌های محیطی می‌باشد (Key, 1989; Surabuddin *et al.*, 2013). کاربرد سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS<sup>1</sup>)، بویژه در برخورد با چندین داده جغرافیایی و تفسیر منطقه گسترده سطح زمین به‌طور وسیعی رایج شده است (McGarigal, 2002; Tourian *et al.*, 2015).

فعالیت‌های بشر اغلب تأثیرات ناسازگاری بر سیمای سرزمین و اکوسیستم‌ها می‌گذارند. از بین رفتن و قطعه قطعه شدن زیستگاه‌ها، دو تهدید بزرگ برای تنوع زیستی به‌شمار می‌روند. این پدیده پیامدهای اجتماعی-اقتصادی و محیط زیستی متعددی را در پی دارد. گسترش شهرنشینی و کاربری‌های انسان ساخت در طبیعت موجب تغییرات زیربنایی در ساختار و کارکرد بوم‌شناسی سیمای سرزمین و تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی سرزمین می‌شود (Forman and Gordon, 1987; Guan *et al.*, 2011).  
گسترش فیزیکی شهرها منجر به از بین رفتن محیط‌های طبیعی پیرامونی و زمین‌های زراعی شده و همچنین منجر به تغییرات زیربنایی در ساختار و کارکرد اکولوژیکی سیمای سرزمین، تغییر تدریجی ساختار مکانی و الگوی سیمای سرزمین می‌شود (Weng *et al.*, 2008; Huang *et al.*, 2008; Jordan *et al.*, 2020). آگاهی از انواع پوشش سطح زمین و فعالیت‌های انسانی در قسمت‌های مختلف آن، به‌عنوان اطلاعات پایه برای برنامه‌ریزی‌های مختلف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نقشه‌های پوشش اراضی حاصل از تصاویر ماهواره‌ای نقش مهمی در ارزیابی‌های منطقه‌ای و ملی ایفا می‌کنند (Konron *et al.*, 2009; Shu *et al.*, 2020).  
تغییرات پوشش کاربری سرزمین در نتیجه‌ی فعل و انفعالات پیچیده‌ی فاکتورهای ساختاری و عملکردی مرتبط با تقاضا، ظرفیت تکنولوژی و ارتباطات اجتماعی، اثرات گسترده‌ای بر سیمای سرزمین دارد (Matsushita and Fukushima, 2006) برای درک بهتر پویایی چشم‌انداز در طول زمان و در راستای رسیدن به اهداف حفاظتی، بررسی تغییرات الگوهای مکانی بسیار ضروری است (Pakanit and Fukushima, 2006). مجموعه‌های محیط زیستی طبیعی امروزه تا حدود زیادی تحت تأثیر اعمال کنش‌های انسانی قرار گرفته‌اند و نه تنها شکل و کالبد فیزیکی آن‌ها دچار تغییرات شده بلکه در عملکرد و کارکرد این فضاها نیز تغییرات عمده‌ای صورت پذیرفته است

سیمای سرزمین را بررسی کردند و نشان دادند که شاخص‌های قابل تفسیر ساده با واکنش قابل پیش‌بینی به تغییرات در مقیاس مثل تعداد لکه‌ها، تراکم لکه‌ها، تراکم حاشیه، غنای لکه و اندازه‌ی متوسط لکه، مهمترین شاخص‌ها برای ارزیابی ساختار سیمای سرزمین هستند. Masoumi (2014) و Moshiri با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نقشه‌های کاربری اراضی شهر اردبیل را در سه دوره با هدف بررسی نرخ تغییرات و در نهایت آنالیز تغییرات مکانی-زمانی کاربری/پوشش اراضی و قطعه قطعه شدگی سیمای سرزمین مطالعه نمودند. نتایج محاسبه متریک‌های فضایی مانند MPS، LPI، NP و PLAND نشان داد که در طی زمان مورد مطالعه سه مرحله انتشار، بهم آمیختگی و افزایش مقیاس در سطوح ساخت و ساز شده منطقه شهری اردبیل کاملاً مشهود است. (Sfougaris et al. 2014) با هدف شناسایی سنجه‌های مناسب سیمای سرزمین به این نتیجه رسیدند که تراکم حاشیه و میانگین شاخص پیچ‌خوردگی لکه برای توصیف الگوهای سیمای سرزمین صرف‌نظر از مقیاس مناسب می‌باشد. (Hamed et al. 2017) تغییرات پویای پوشش زمین را در پارک ملی هالگارد ساکران کردستان عراق مطالعه نمودند. آن‌ها در این مطالعه به بررسی نحوه پویایی پوشش گیاهی در ساختار منظره و ساختار ناحیه هسته پارک در طول ۳۱ سال گذشته (۱۹۸۴ تا ۲۰۱۵) پرداختند.

(Barati et al. 2017) با به‌کارگیری متریک‌های سیمای سرزمین از جمله CA، CAP، TE، MSI، NP، MPS و MNM در سطح کلاس از هم‌گسیختگی منطقه در پارک ملی و پناهگاه حیات وحش کاله قاضی نشان دادند، لکه‌های مرتع خوب، یکپارچه‌تر شده است. (Mirzaei et al. 2018) استفاده از تصاویر IRS و تصاویر لندست به بررسی تغییرات کاربری و پوشش اراضی شهرستان خلخال پرداختند و نشان دادند که کاربری‌های کشاورزی، مراتع و مسکونی در این منطقه در طی دوره مطالعه بیشتر شده است.

(Khodaie and Zandi 2023) به بررسی روند تغییرات دمای

هدف از این پژوهش پایش تغییرات زمانی کاربری اراضی در شهرستان خداآفرین و کلیبر با استفاده از فناوری سنجش از دور در یک بازه زمانی ۲۰ ساله (طی دوره ۲۰۰۰ - ۲۰۲۰) با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد. همچنین با توجه به اهمیت بالای زیست محیطی این منطقه و اتکای مردم شهرستان خداآفرین و کلیبر به بهره‌برداری از منابع طبیعی، باغات، کشاورزی و دامپروری، نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند در برنامه‌ریزی توسعه و لزوم توجه به پیامدهای حاصل از تغییرات سطح زمین، اهمیت بهره‌گیری از فناوری‌های نوین و داده‌های سنجش از دور در برنامه‌ریزی محیطی حائز اهمیت باشد. برخی تحقیقات صورت گرفته در راستای موضوع مورد مطالعه به شرح ذیل می‌باشند.

(Jokarsarhangi و Gholami 1992) با ایجاد تغییر فرضی در کاربری اراضی در محیط GIS، امتیاز عامل کاربری حوضه زامرود را سه بار در مدل تغییر داده، تأثیر تغییر کاربری اراضی را در میزان فرسایش و رسوب بررسی نمودند. نتایج نشان داد تنها با تغییر کاربری اراضی مزارع و باغ‌ها مکان‌های با امکان تغییر کاربری و نوع کشت می‌توان شدت فرسایش را بطور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. (1994) Azmudeh et al. در پژوهشی به‌منظور بررسی رواناب و فرسایش خاک در خاک‌های تحت پوشش اراضی جنگلی و مقایسه آن با اراضی زراعی و باغی که منتج از تغییر کاربری جنگل بوده، نسبت به شناسایی عوامل مؤثر در رواناب و فرسایش خاک در محدوده شهرستان ساری اقدام نمودند.

(Fegghi و Karami 2012) با استفاده از سنجش از دور در مطالعات الگوهای سیمای سرزمین را بررسی کردند و نشان دادند که می‌توان با استفاده از سنجه‌های سیمای سرزمین و محیط GIS، الگوها و تغییرات سیمای سرزمین را تجزیه و تحلیل کرد.

(Simova و Gdulova 2012) وضعیت شاخص‌های سیمای سرزمین برای کمی‌سازی و نیز ارزیابی اثرات تغییر در مقیاس‌های مکانی بر روی این شاخص‌ها برای ارزیابی

شهری این شهرستان ۱۶۵۹ نفر و جمعیت روستایی آن ۳۳۳۱۸ نفر و تعداد خانوار آن ۱۰۱۹۶ خانوار است. بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان کلیبر در حدود ۴۸۸۳۷ نفر (۱/۳ درصد جمعیت استان) و جمعیت مرکز این شهرستان ۹۸۸۷ نفر برآورد شده است. جمعیت شهری این شهرستان ۱۲۲۰۵ نفر و جمعیت روستایی آن ۳۶۶۳۲ نفر و تعداد خانوار آن ۱۴۱۴۵ خانوار است.

وضعیت اقلیمی این منطقه تحت تأثیر آب و هوای خزری بوده و اغلب اوقات کوهستان‌های مرتفع را مه غلیظ می‌پوشاند و رود ارس از شمال آن می‌گذرد. از نظر آب و هوا چهارفصل، دارای تابستان‌های معتدل، کوه‌های جنگلی پوشیده از درخت و زمستان‌های پربرف است. از لحاظ اقلیمی به دو منطقه تقسیم می‌شود: الف: منطقه مرتفع جنوب سمت کلیبر که بلندی‌های قره‌داغ را تا ۳۰۰۰ متری از سطح دریا شامل می‌شود و اکثر مناطق جنگلی و مرتفع در این قسمت قرار گرفته است. ب: منطقه شمالی سمت خدا-آفرین کناره‌های رود ارس با ارتفاع ۱۴۰ متر از سطح دریا بوده و اکثر اراضی مستعد کشاورزی در این منطقه قرار گرفته است.

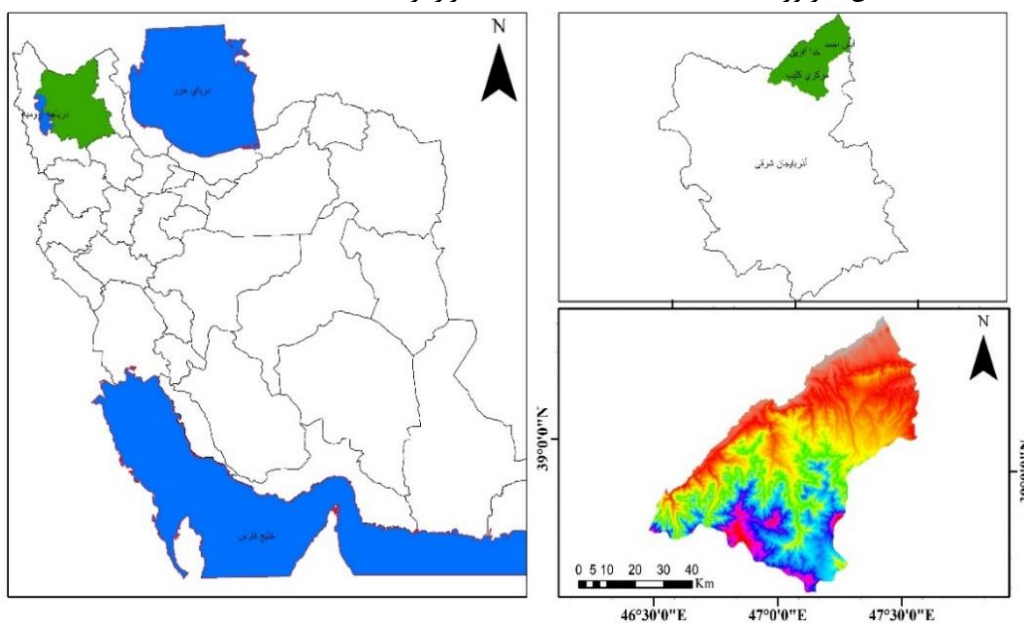
سطح زمین و ارتباط آن با پوشش گیاهی پرداخته‌اند، که نتایج پژوهش آنان نشان می‌دهد که دمای سطح زمین روند افزایشی و پوشش گیاهی روند کاهشی داشته است. مروری بر مطالعات صورت گرفته نشان می‌دهد که جای یک تحقیق نسبتاً جامع که به ارزیابی تغییرات کاربری اراضی در منطقه کلیبر و خداآفرین با استفاده از داده‌های سنجنش از دور در بازه ی ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ تقریباً خالیست لذا دستیابی به این مهم از اهداف پژوهش حاضر می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

شهرستان خداآفرین و کلیبر در شمال شرقی استان آذربایجان شرقی بین رشته‌کوه‌های جنگلی قره‌داغ و رشته‌کوه‌های قفقاز واقع شده است موقعیت جغرافیایی ۴۷ درجه و ۰۲ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ارتفاع ۱۴۰ متری از سطح دریا قرار گرفته است (شکل ۱).

بر اساس نتایج سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵، جمعیت شهرستان خداآفرین در حدود ۳۴۹۷۷ نفر (۰/۹ درصد جمعیت استان) برآورد شده است. جمعیت



شکل ۱- موقعیت شهرستان خداآفرین و کلیبر در ایران و استان آذربایجان شرقی  
 Fig. 1- Location of Khoda Afrin and Kalibar cities in Iran and East Azarbaijan Province

## روش تحقیق

مطالعه حاضر از لحاظ هدف گذاری کاربردی و از لحاظ روش شناسی توصیفی - تحلیلی می باشد. گردآوری اطلاعات در بخش توصیفی از طریق مطالعه اسناد کتابخانه‌ای و در بخش تحلیلی پژوهش از طریق استخراج تصاویر ماهواره‌ای ترا و آکوورا سنجنده مادیس برای ۲۰ سال اخیر، سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ از محدوده شهرستان خداآفرین و کلیبر جهت روند تغییرات پوشش سطح زمین انجام گرفته است. در این پژوهش از روش طبقه‌بندی International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) در ۱۷ کلاس (جدول شماره) جهت طبقه‌بندی پوشش سطح زمین استفاده شده است. این روش یکی از پنج الگوریتم طبقه‌بندی کاربری اراضی در تصاویر سالانه مادیس می باشد که کاربری‌ها را در ۱۷

کلاس نمایش می‌دهد. تصاویر مورد نظر از سایت <https://search.earthdata.nasa.gov> دانلود شدند، سپس بر اساس مدل و روش طبقه‌بندی در محیط نرم افزار Arc GIS پردازش شدند. میزان مساحت هر یک از کاربری در هر سال محاسبه گردید و پس از انتقال به محیط اکسل نمودارها و خط روند کاربری‌ها ترسیم و نهایتاً به تحلیل داده‌های مورد نظر پرداخته شد. جهت ارزیابی نقش عوامل طبیعی موثر بر تغییرات کاربری اراضی در منطقه‌ی مورد مطالعه، از داده‌های روزانه بارش برای دوره‌ی مورد بررسی استفاده گردید و مجموع بارش سالانه، میانگین و انحراف معیار داده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت تا بر اساس این مقادیر روند تغییرات بارش و همچنین خشکسالی بر حسب شاخص بارش استاندارد (SPI) در محیط نرم افزار ترسیم گردید.

جدول ۱- توصیف طبقات در روش طبقه‌بندی IGBP

Table 1. Description of classes in the IGBP classification method

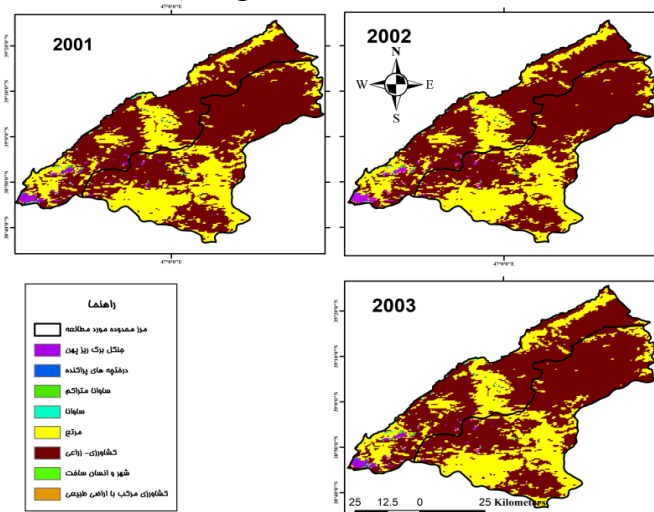
| Name                                | Value | Description  |
|-------------------------------------|-------|--|
| Evergreen Needle leaf Forests       | 1     | Dominated by evergreen conifer trees (canopy >2m). Tree cover >60%.                                    |
| Evergreen Broadleaf Forests         | 2     | Dominated by evergreen broadleaf and palmate. Tree s (canopy >2m). Tree cover >60%.                    |
| Deciduous Needle leaf Forests       | 3     | Dominated by deciduous needle leaf (larch) trees (canopy >2m). Tree cover >60%.                        |
| Deciduous Broadleaf Forests         | 4     | Dominated by deciduous broadleaf trees (canopy >2m). Tree cover >60%.                                  |
| Mixed Forest                        | 5     | Dominated by neither deciduous nor evergreen (40-60% of each) tree type (canopy >2m). Tree cover >60%. |
| Closed Shrub lands                  | 6     | Dominated by woody perennials (1-2m height) >60% cover.  |
| Open Shrub lands                    | 7     | Dominated by woody perennials (1-2m height) 10-60% cover.  |
| Woody Savannas                      | 8     | Tree cover 30-60% (canopy >2m).  |
| Savannas                            | 9     | Tree cover 10-30% (canopy >2m).  |
| Grasslands                          | 10    | Dominated by herbaceous annuals (<2m)  |
| Permanent Wetlands                  | 11    | Permanently inundated lands with 30-60% water cover and >10% vegetated cover.                          |
| Croplands                           | 12    | At least 60% of area is cultivated cropland.   |
| Urban and Built-up Land             | 13    | At least 30% impervious surface area including building materials, asphalt, and vehicles.              |
| Cropland/Natural Vegetation Mosaics | 14    | Mosaics of small-scale cultivation 40-60% with natural tree, shrub, or herbaceous vegetation.          |
| Permanent Snow and Ice              | 15    | At least 60% of area is covered by snow and ice for at least 10 months of the year.                    |
| Barren                              | 16    | At least 60% of area is non-vegetated barren (sand, rock, soil) areas with less than 10% vegetation.   |
| Water Bodies                        | 17    | At least 60% of area is covered by permanent water bodies  |
| Unclassified                        | 255   | Has not received a map label because of missing inputs.  |

## تجزیه و تحلیل

شکل شماره ۲، پوشش کاربری سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ را نشان می‌دهد، در نقشه‌ی سال ۲۰۰۱ بیشترین مساحت مربوط به پوشش کشاورزی - زارعی (۶۶.۲۵٪) و سپس مرتع (۳۱.۹٪) می‌باشد، پوشش بایر و آب در این سال وجود ندارند، سال ۲۰۰۲ نیز همچون سال ۲۰۰۱ بیشترین مساحت به پوشش‌های کشاورزی - زارعی و مرتع می‌باشد. نسبت به سال ۲۰۰۰ پوشش مرتع افزایش یافته و پوشش جنگل کاهش یافته و به نظر می‌رسد روند تخریب جنگل و تغییر

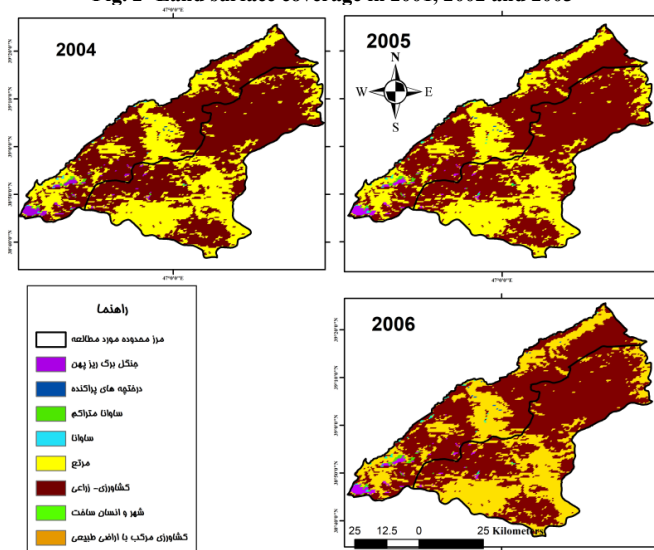
کاربری از جنگلی به مرتع و سپس کشاورزی شروع شده است. در سال ۲۰۰۳ نیز همین روند ادامه پیدا کرده است.

تغییرات پوشش سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ (شکل شماره ۳) حاکی از همان روند دوره‌ی قبل می‌باشد و جایگزینی مرتع و کشاورزی به جای پوشش جنگلی و درختچه‌ای می‌باشد، همچنین برخی از زمین‌های زارعی که کیفیت لازمه جهت کشت را نداشته‌اند، رها شده و پوشش نامطلوب بایر را ایجاد کرده‌اند؛ که این روند از سال ۲۰۰۶ شروع و تا پایان دوره افزایش می‌یابد.



شکل ۲- پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳

Fig. 2- Land surface coverage in 2001, 2002 and 2003

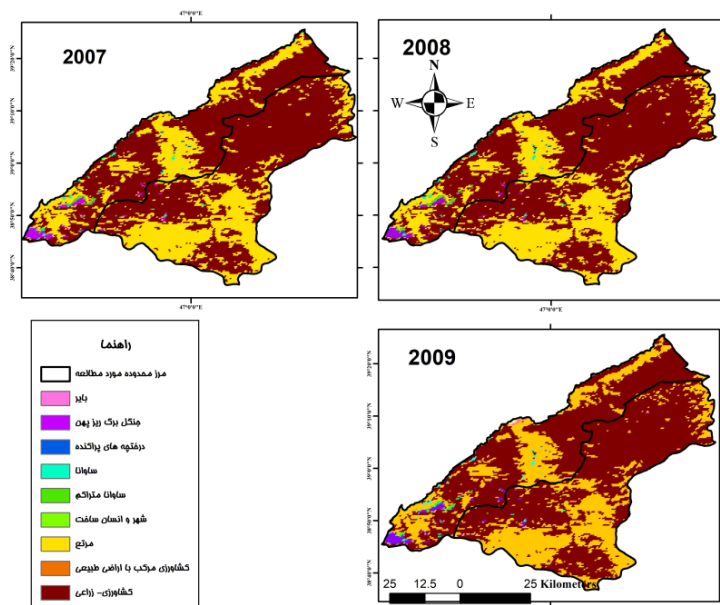


شکل ۳- پایش پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۰۴، ۲۰۰۵ و ۲۰۰۶

Fig. 3- Land cover monitoring in 2004, 2005 and 2006

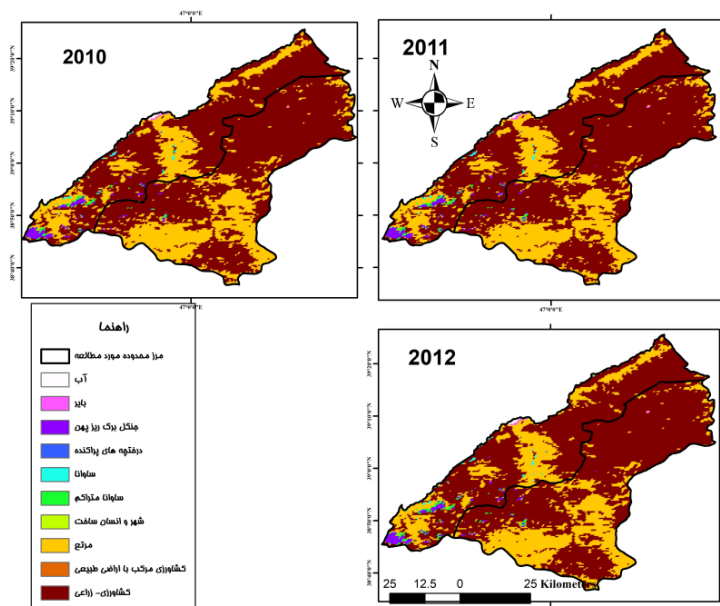
شدن منطقه تاثیرگذار بوده است. شکل شماره ۵، پایش پوشش سطح زمین در سال‌های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ را نشان می‌دهد، در این دوره افزایش چشمگیر پوشش شهر و انسان ساخت و زمین بایر محدوده مورد بررسی دیده می‌شود. مراتع روند افزایش و پوشش جنگلی و درختچه‌ای روند کاهشی را نشان می‌دهند.

ارزیابی پوشش سطح زمین در سال‌های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ (شکل شماره ۴)، نشان از افزایش سطح زیر کشت؛ افزایش زمین‌های بایر خصوصا در مناطق جنوب غربی دارد. با توجه به سد سازی؛ پوشش آب در منطقه مورد مطالعه خودنمایی می‌کند. سد سازی و افزایش سطح زیر کشت و کشت آبی بر روند تغییرات کاهشی پوشش جنگلی و درختچه‌ای و بایر



شکل ۴- پایش پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹

Fig. 4- Land cover monitoring in 2007, 2008 and 2009



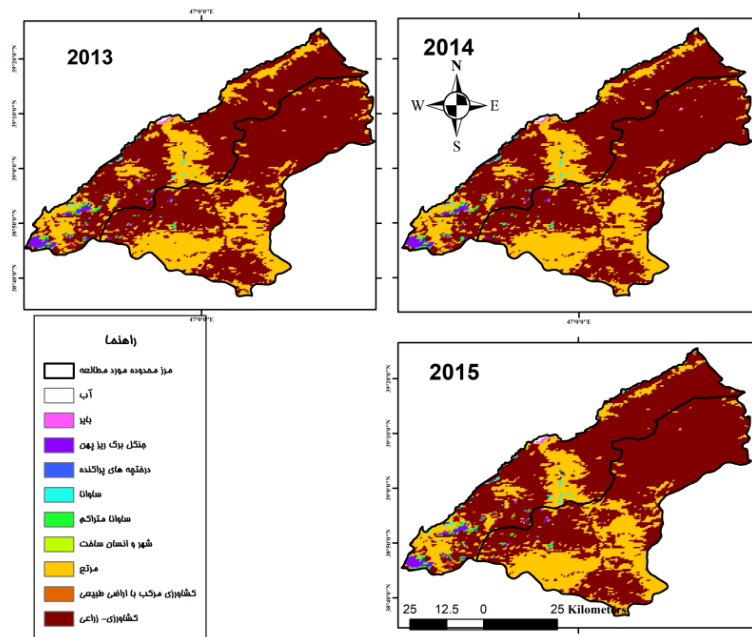
شکل ۵- پایش پوشش سطح زمین در سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ در منطقه‌ی مورد مطالعه

Fig. 5- Land cover monitoring in the years 2010, 2011, and 2012 in the study area

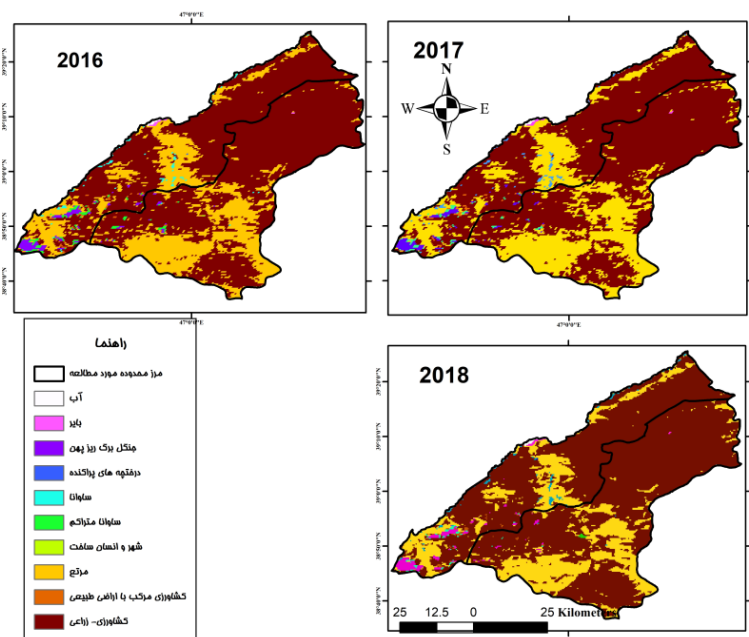


بر اساس شکل ۷، در سال ۲۰۱۷ سد دوم منطقه ایجاد و مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد و سبب به زیر رفتن بخش زیادی از جنگل‌های، مراتع و زمین‌های کشاورزی می‌شود؛ همچنین با توجه به زیر آب رفتن تعدادی از روستاها زمینه‌ی مهاجرت و افزایش جمعیت در مناطق شهری فراهم می‌شود.

تغییرات پوشش سطح زمین در شهرستان کلیر بیش از شهرستان خداآفرین بوده و مناطق مرکزی این شهرستان بیشتر دستخوش تغییرات شده‌اند (شکل شماره ۶). به علت خشکسالی میزان منابع آبی کاهش پیدا کرده و حجم آب پشت سد کاهش پیدا کرده است.



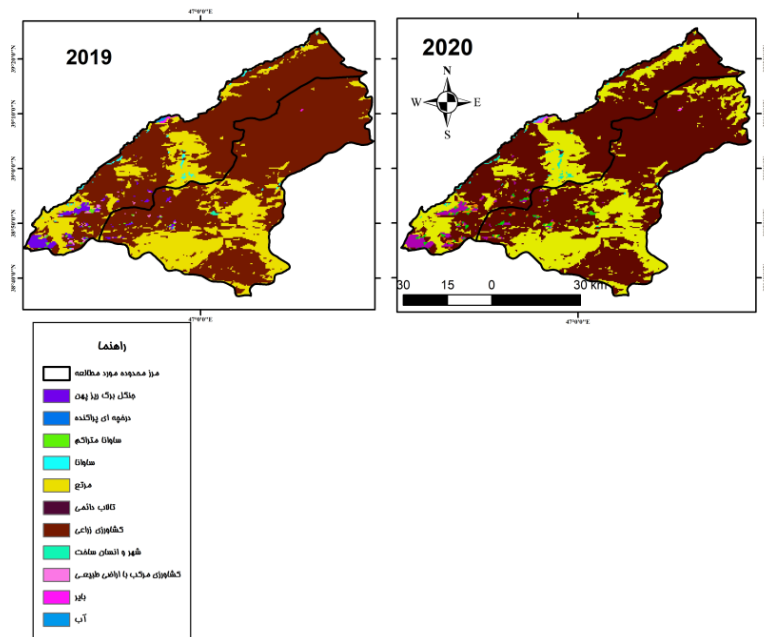
شکل ۶- پایش پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۱۳، ۲۰۱۴ و ۲۰۱۵ در منطقه ی مورد مطالعه  
 Fig. 6- Land cover monitoring in the years 2013, 2014, and 2015 in the study area



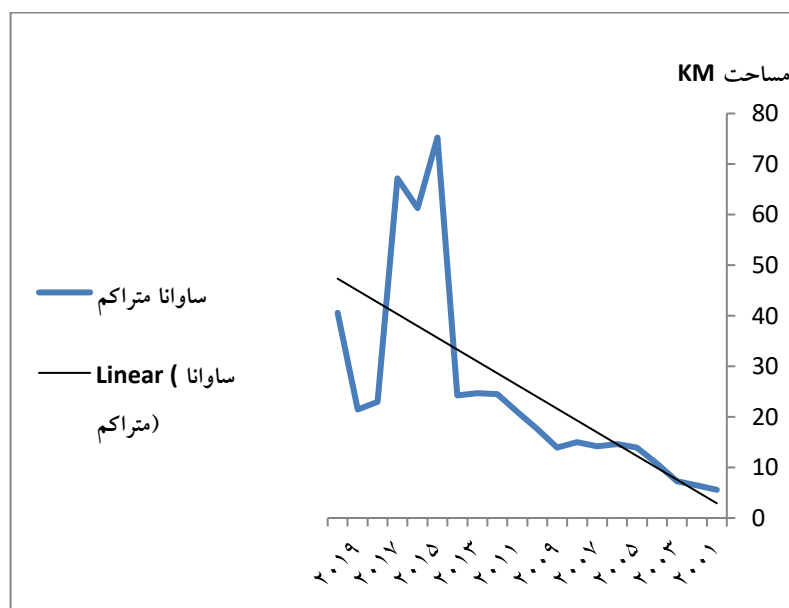
شکل ۷- پایش تغییرات سطح زمین در سال های ۲۰۱۶، ۲۰۱۷ و ۲۰۱۸ در منطقه ی مورد مطالعه  
 Fig. 7- Monitoring land surface changes in the years 2016, 2017, and 2018 in the study area

زمین‌ها پس از چند سال رها شده و تبدیل به مناطق بایر می‌شوند و بیابان‌زایی را گسترش می‌دهند. ارزیابی روند سری زمانی تغییرات در کاربری ساوانا متراکم نشان می‌دهد (شکل ۹) که، روند کلی سیر افزایشی بوده و بیشترین میزان در سال ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ بوده و سپس روند نزولی شروع می‌شود.

روند تخریب جنگل‌ها و تبدیل آن‌ها به مراتع و سپس زمین‌های کشاورزی در سال‌های پایانی دوره مورد بررسی (شکل ۸)، نیز کاملاً مشهود است، عدم وجود شغل و خشکسالی-های پی در پی سبب تخریب بیشتر محیط گشته و باز مصیبت را بر دوش جنگل انداخته است. با توجه به کیفیت پایین زمین‌هایی که حاصل تخریب جنگل می‌باشند، این



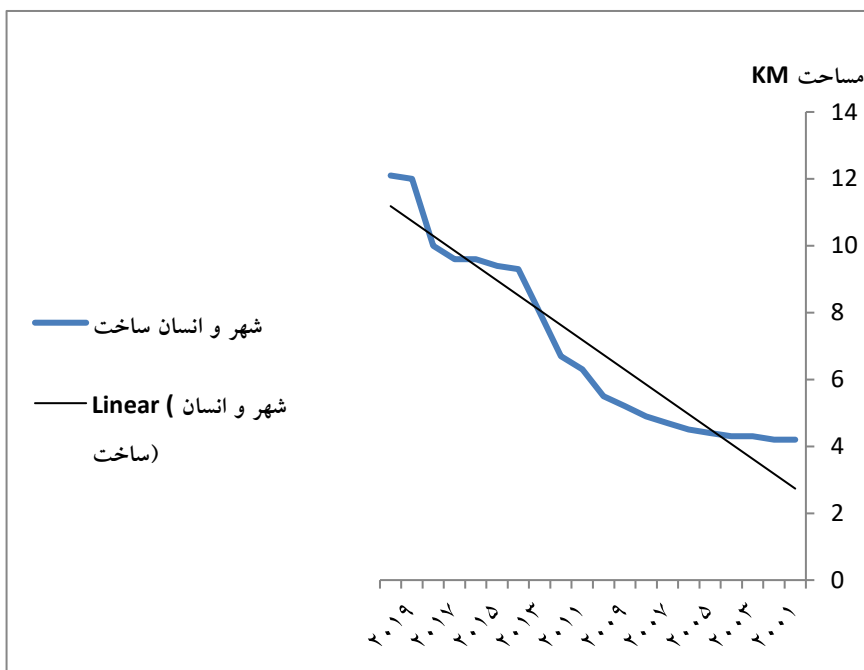
شکل ۸- پایش پوشش سطح زمین در سال‌های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ در منطقه‌ی مورد مطالعه  
Fig. 8- Land cover monitoring in 2019 and 2020 in the study area



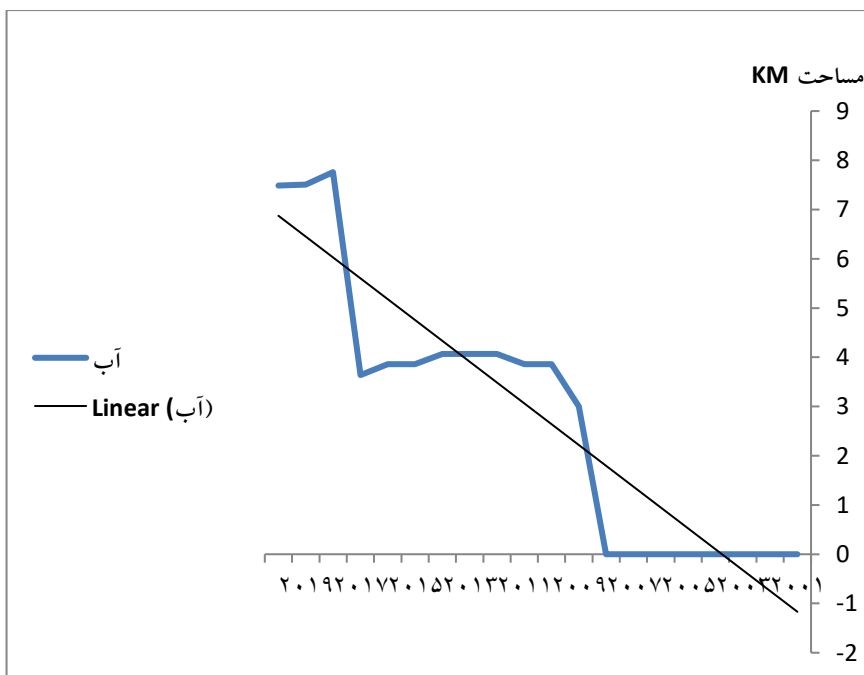
شکل ۹- سری زمانی تغییرات پوشش ساوانا متراکم در منطقه‌ی مورد مطالعه  
Fig. 9- Time series of dense savanna cover changes in the studied area

مورد مطالعه را نشان می‌دهد، دو پیک در تصویر قابل مشاهده می‌باشد، اولی در سال ۲۰۰۸ و دومی در سال ۲۰۱۷؛ که هر دو حاصل سد سازی و انباشت آب در پشت سدها می‌باشند.

سری زمانی روند تغییرات در پوشش شهر و انسان (شکل ۱۰) در کل دوره روند افزایشی را نشان می‌دهد، که افزایش جمعیت و افزایش ساخت و ساز از دلایل اصلی آن بشمار می‌روند. شکل ۱۱، سری زمانی تغییرات پوشش آب در منطقه‌ی



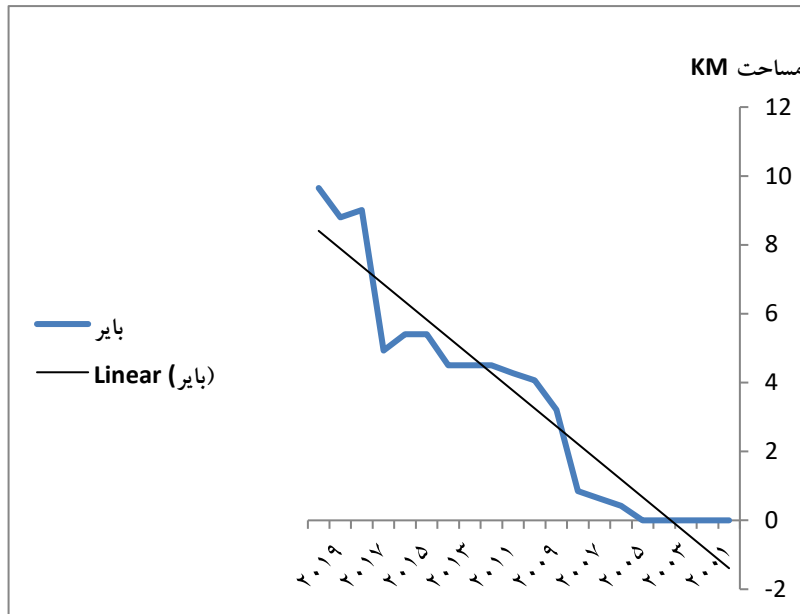
شکل ۱۰- سری زمانی تغییرات پوشش شهر و انسان ساخت در منطقه‌ی مورد مطالعه  
 Fig. 10- Time series of urban and man-made changes in the study area



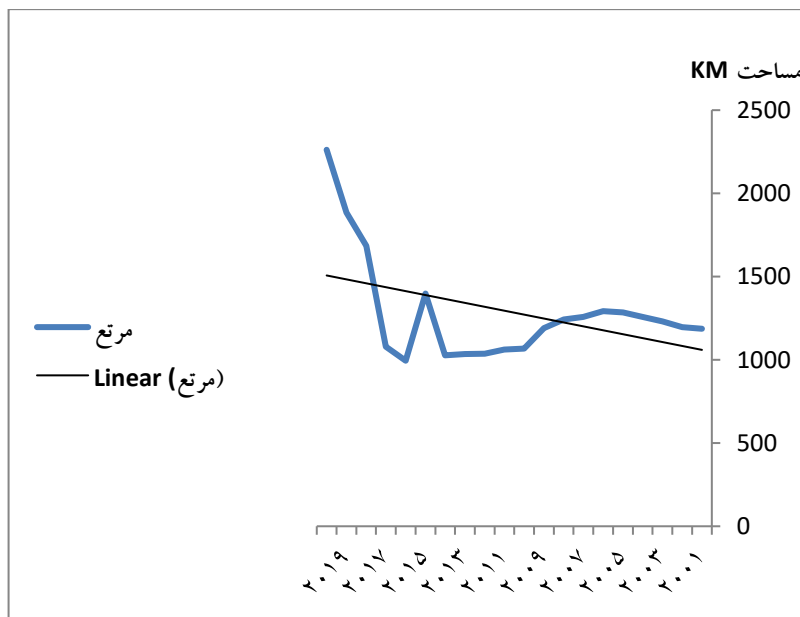
شکل ۱۱- سری زمانی تغییرات پوشش آب در منطقه‌ی مورد مطالعه  
 Fig. 11- Time series of water cover changes in the study area

گسترش مناطق بایر گردیده است. روند تغییرات مراتع (شکل شماره ۱۳) روند افزایشی را نشان می‌دهد که اگر تغییر کاربری بایر به مرتع باشد مطلوب و اگر تغییر کاربری جنگلی به مرتع باشد نامطلوب و نشان از تخریب سرزمین و تغییر کاربری اراضی نامطلوب می‌باشد. مساحت مرتع در طول دوره‌ی مورد مطالعه بیش از دو برابر افزایش پیدا کرده است.

تا سال ۲۰۰۵ هیچگونه زمین بایری در منطقه‌ی مورد مطالعه نمایان نیست، اما کم کم از این سال این کاربری به سایر کاربری‌های منطقه اضافه می‌گردد؛ که نشان از بیابان‌زایی و تخریب مناطق جنگلی و مراتع می‌باشد. پیک افزایشی این کاربری با پیک افزایشی کاربری آب همخوانی دارد و میتوان ادعا کرد که سدسازی در این منطقه سبب



شکل ۱۲- سری زمانی تغییرات پوشش بایر در منطقه‌ی مورد مطالعه  
Fig. 12- Time series of barren cover changes in the studied area



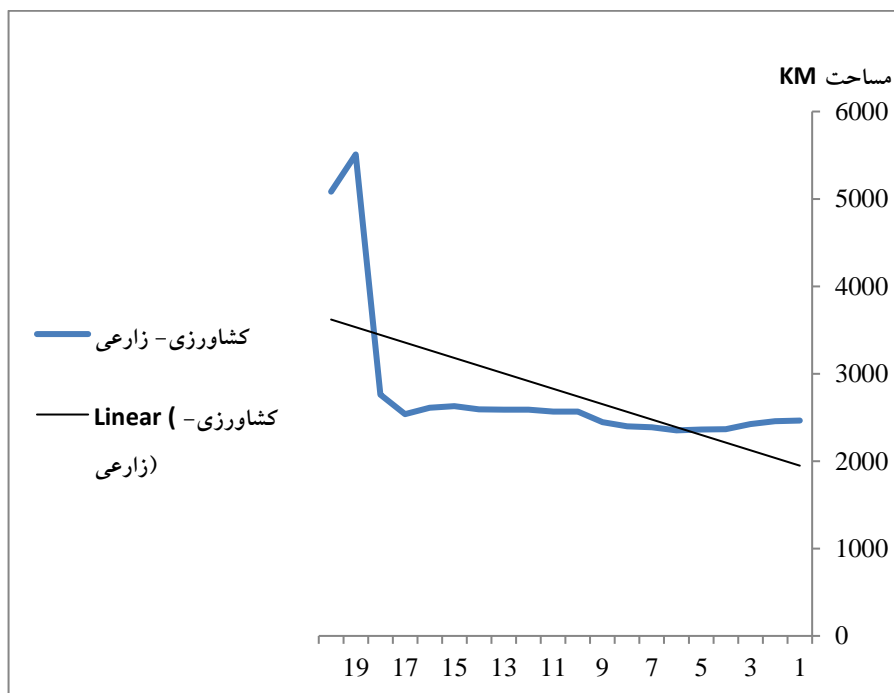
شکل ۱۳- سری زمانی تغییرات پوشش مرتع در منطقه‌ی مورد مطالعه  
Fig. 13- Time series of pasture cover changes in the study area

اما از این سال به بعد به یکباره سطح زیر کشت افزایش می‌یابد و روند افزایشی را نشان می‌دهد.

کاربری کشاورزی مرکب (شکل شماره ۱۴)، نیز سیر افزایشی داشته و گسترش یافته است. کشاورزی - زراعی (شکل ۱۵) تا سال ۲۰۱۸ یک روند نرمالی را نشان می‌دهد



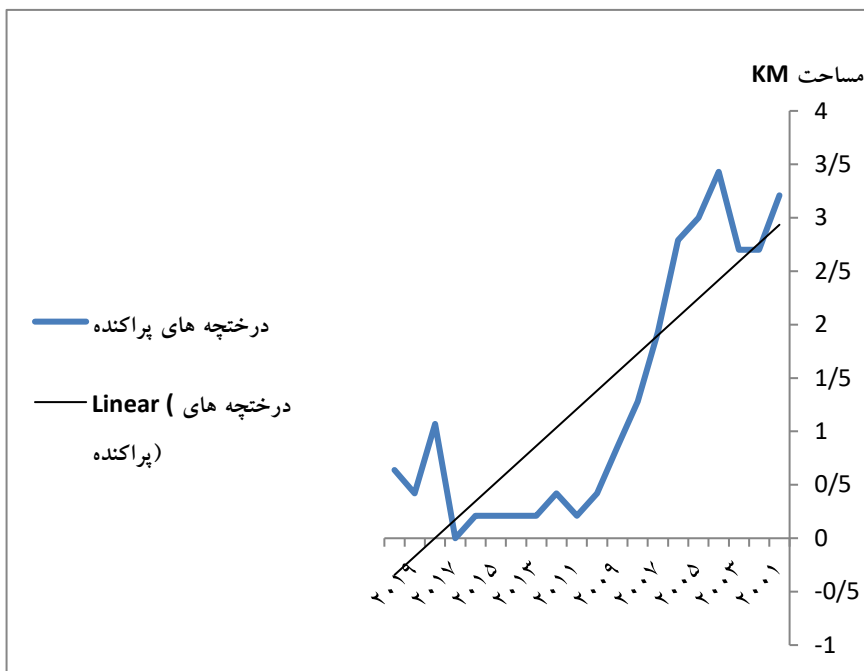
شکل ۱۴- سری زمانی تغییرات پوشش کشاورزی با مرکب در منطقه‌ی مورد مطالعه  
 Fig. 14- Time series of changes in Agricultural cover with citrus fruits in the study area



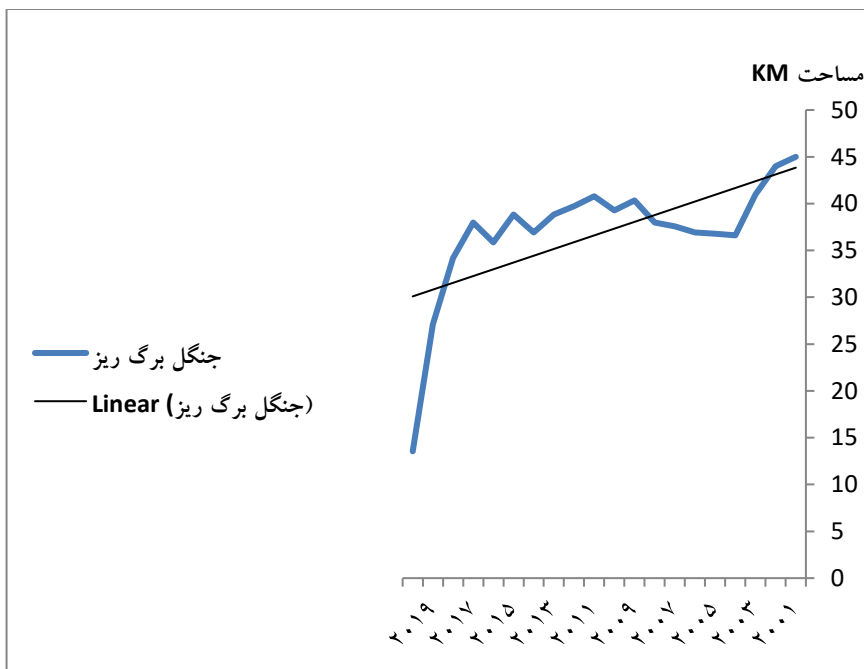
شکل ۱۵- سری زمانی تغییرات پوشش کشاورزی - زراعی در منطقه‌ی مورد مطالعه  
 Fig. 15- Time series of changes in agricultural-crop cover in the studied area

شده است. با توجه به کیفیت جنگل‌های منطقه ارس نیاز هست که در این منطقه با دقت و نظارت بیشتر سبب جلوگیری از کاهش این کاربری‌ها شده و از آنها حفاظت گردد.

درختچه‌های پراکنده و جنگل برگ‌ریز (شکل ۱۶ و شکل ۱۷)، روند کاهشی را نشان می‌دهند. بطور کلی کاربری جنگلی و درختچه‌ای در بازه‌ی مورد مطالعه همواره سیر نزولی داشته و مساحت آن‌ها کمتر و کمتر



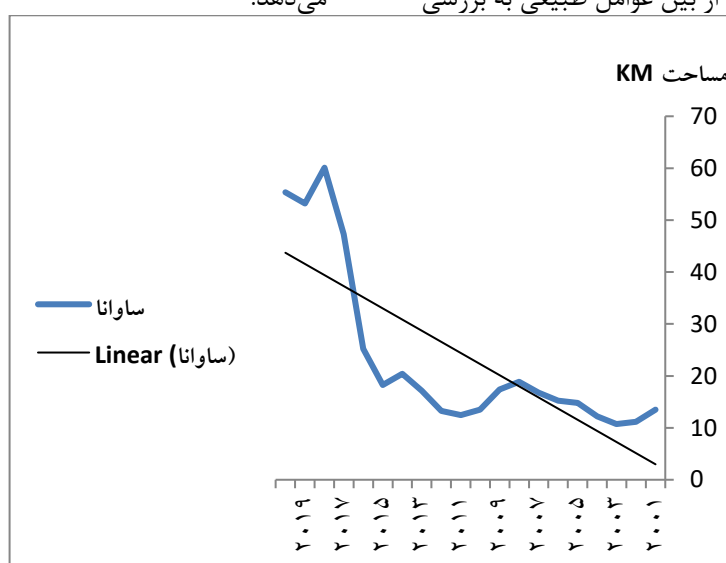
شکل ۱۶- سری زمانی تغییرات پوشش درختچه‌های پراکنده در منطقه‌ی مورد مطالعه  
 Fig. 16- Time series of changes in the cover of scattered shrubs in the study area



شکل ۱۷- سری زمانی تغییرات پوشش جنگل برگ‌ریز در منطقه‌ی مورد مطالعه  
 Fig. 17- Time series of deciduous forest cover changes in the study area

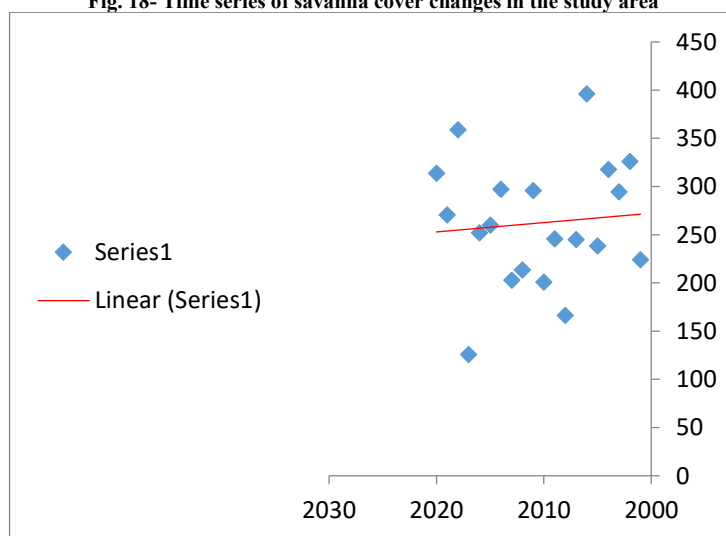
میزان بارش و خط روند آن (شکل شماره ۱۹) و میزان خشکسالی بر اساس شاخص SPI (شکل ۲۰) در منطقه‌ی مورد مطالعه پرداخته شد. نتایج نشان می‌دهد که روند بارش نزولی بوده و میزان بارش در طی دوره‌ی مورد مطالعه کاهش یافته است. شاخص خشکسالی بارش استاندارد نیز نشان می‌دهد که خشکالی روند نزولی داشته و اگر همین روند ادامه پیدا کند باید منتظر خشکسالی‌های شدیدتر و طولانی‌تر باشیم. در بین دوره‌ی مورد بررسی ۲۰ ساله، سال ۲۰۱۷ شدیدترین میزان خشکسالی را نشان می‌دهد.

کاربری ساونا (شکل شماره ۱۸)، نیز همچون کاربری مراتع ابتدا روند نرمالی را نشان می‌دهند اما از سال ۲۰۱۷ به یکباره افزایش می‌یابد که نیازمند مطالعه بیشتر در مورد علل و عوامل آن می‌باشیم تا بتوانیم در این راستا کمکی به حفظ محیط زیست این قطعه از سرزمین پهناور ایران کنیم. دو دسته عوامل طبیعی همچون بارش، دما، تبخیر و تعرق، خشکسالی و... و همچنین عوامل انسانی نظیر افزایش جمعیت، فعالیت‌های انسانی (راه سازی و...)، افزایش سطح زیر کشت و... توام با هم سبب تغییرات گسترده پوشش سطح زمین گردیده‌اند. که از بین عوامل طبیعی به بررسی



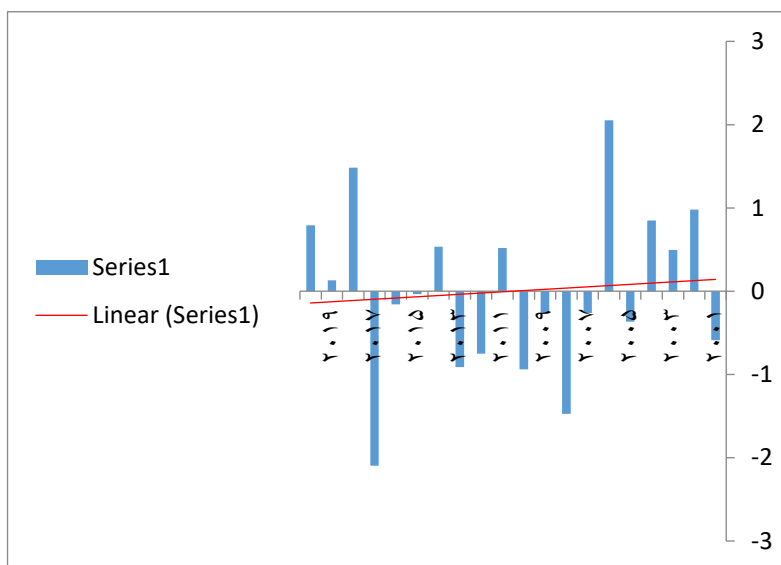
شکل ۱۸- سری زمانی تغییرات پوشش ساوانا در منطقه‌ی مورد مطالعه

Fig. 18- Time series of savanna cover changes in the study area



شکل ۱۹- روند تغییرات بارش در منطقه‌ی مورد مطالعه

Fig. 19- The trend of precipitation changes in the study area



شکل ۲۰- روند تغییرات خشکسالی در منطقه‌ی مورد مطالعه

Fig. 20- The trend of drought changes in the study area

### نتیجه گیری

مساحت پوشش جنگلی و درختچه‌ای کاهش یافته و در عوض پوشش بایر، آب، مرتع و کشاورزی افزایش چشمگیری داشته است، البته افزایش پوشش آب بعلت سدسازی‌های صورت گرفته در منطقه‌ی مورد مطالعه می‌شود.

می‌توان ادعا نمود که مهم‌ترین تغییرات کاربری منطقه‌ی مورد مطالعه در درجه اول، تبدیل اراضی جنگلی به مرتعی است و توسعه به دلیل افزایش جمعیت، رشد تکنولوژی و رعایت نکردن اصول اکولوژیکی و اجرای قوانین قابل مشاهده است. کما اینکه محققین متعددی در نقاط مختلف ایران و جهان به نتایج مشابهی در این خصوص دست یافته‌اند

(Yousefi, 2011; Sanjari, 2013). در درجه دوم، تبدیل اراضی مرتعی به کشت دیم است که بدلیل شغل مردم منطقه که دامداری و سپس کشاورزی می‌باشد، قابل توجیه است. به طور کلی می‌توان بیان نمود که در طی ۲۰ سال گذشته اراضی کشت دیم در منطقه روندی افزایشی داشته است که همسو با مطالعات Roosta *et al.*, 2011 می‌باشد. اما این موضوع با مطالعات Rajesh, 2006 مغایرت دارد که در آن در طی یک دوره اراضی کشاورزی کاهش یافته است. در ادامه می‌توان بیان کرد که جنگل-های منطقه در طی سال‌های گذشته همواره روند کاهشی

کاربری و پوشش اراضی در طول زمان دچار تغییر و دگرگونی می‌شوند و عامل انسانی بیشترین نقش را در این تغییر و تبدیلات ایفا می‌نماید. از دیرباز دانشمندان همواره در فکر شناسایی تغییرات کاربری بوده است در ابتدا با عکس‌های هوایی به کشف تغییرات می‌پرداختند؛ ولی در حال حاضر داده‌های ماهواره‌ای و سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در این رابطه نقش اساسی را بر عهده دارند و ابزار مناسبی برای کشف تغییر محسوب می‌گردند.

آشکارسازی و بررسی تغییرات یکی از مهم‌ترین کاربردهای داده‌های سنجنش‌ازدور است. قابلیت تکرار دوره‌ای در طی زمان، باعث شده است که بتوان از این داده‌ها جهت شناسایی و بررسی پدیده‌های متغیر و پویا در محیط استفاده کرد. در این راستا روش‌های رقومی متعددی برای آشکارسازی و کشف تغییرات و تحولات پدیده‌های سطح زمین در سنجنش‌ازدور توسعه یافته است. تحقیق حاضر باهدف آشکارسازی تغییرات سطح زمین طی دوره ۲۰ ساله، از سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ در سطح شهرستان‌های خداآفرین و کلیبر انجام شد.

برای انجام تحقیق حاضر از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه سنجنش از دور استفاده شده است. نتایج نشان می‌دهد که



و روند تغییرات در کاربری‌های مختلف موجب فهم بیشتر و اتخاذ تصمیم مناسب مدیریتی در ارتباط با کاربری‌های مختلف خواهد شد. البته باید اذعان داشت که علت اصلی این تغییرات، عدم وجود شغل مناسب در منطقه است که در نهایت برای کسب درآمد اقدام به تخریب منابع طبیعی منطقه می‌گردد. لذا، مدیریت مناسب و اجرای برنامه‌های آمایش سرزمین در این منطقه ضروری به نظر می‌رسد.

### سپاسگزاری

از سایت سازمان فضایی اتحادیه اروپا بخاطر در اختیار قرار دادن داده‌ها و تصاویر مورد استفاده در این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نماییم.

### References

- Azmudeh, A., Kavian, A., Soleimani, K. and Vahabzadeh, Q., 1994. Comparison of runoff and erosion rates in soils covered by forest, agricultural and garden uses using a rain simulator. *Ab and Khak Journal*. 24(3). (In Persian). <https://doi.org/10.22067/jsw.v0i0.3620>
- Barati, B., Jahani, A., Zebardast, L. and Rayegani, B., 2017. "Integration assessment of the protected areas using landscape ecological approach (Case study: Kolah Ghazy national park and Wildlife Refuge). *Journal of Town and Country Planning*. 9 (1), 153-168. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jtcp.2017.61412>
- Dadhich, P.N. and Hanaoka, S., 2011. Spatio-temporal urban growth modeling of Jaipur, India. *Journal of Urban Technology*. 18 (3), 45-65. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.615567>
- Fatemi Talab, S.R., Maadani Pour, M. and Hashemi, S.A., 2014. Estimation of changes in the cover plant of Rudsar forests using classification of artificial neural network and maximum probability. *Journal of Rs and GIS in Natural Resources*. 6(2). (In Persian). <https://sanad.iau.ir/Journal/girs/Article/903053>
- Forman, R. T.T and Godron, M., 1986. *Landscape ecology*, New York: Wiley.
- Ghasemzadeh, B., Pazhuhan, M., Hataminejad, H. and Sajjadzadeh, H., 2014. Impact of Zayandeh Rud drought on social interactions and populated spaces in Isfahan city, *Journal of Environmental Studies*. 40 (2), 481-498. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jes.2014.51214>
- Gopal, S. and Woodcock, C., 1996. Remote sensing of forest change using artificial neural network,

شدیدی داشته که با توجه به محدود بودن سطح جنگل - های منطقه نیازمند توجه بیشتر مسئولین در این خصوص است، بخصوص که این تغییرات منجر به ایجاد اراضی بایر و بدون پوشش می‌شود که با توجه به فرارگیری آن در ارتفاعات و وجود باندهای شدید در این ناحیه در آینده موجب وارد شدن گرد و خاک به سمت شهر خلخال خواهد شد. در تحقیق FatemiTalab *et al.*, 2014 هم میزان جنگل‌های منطقه روندی کاهشی داشته است هر چند که در تحقیق Jafarnia *et al.*, 2016 سطح جنگل‌های منطقه روندی افزایشی داشته است که علت آن رشد طبیعی جنگل‌های منطقه بوده است. در این ارتباط تحقیقات Lu *et al.*, 2004 نیز موید این مطلب است که شناخت مقدار

### منابع

- IEEE Transactions of Geosciences and Remote Sensing. 34 (2), 398-404. <https://doi.org/10.1109/36.485117>
- Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T. and Hokao, K., 2011. Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*. 222 (20-22), 3761-3772. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.09.009>
- Hamad, R., Balzter, H. and Kolo, K., 2017. Multi-criteria assessment of land cover dynamic changes in halgurd sakran national park (HSNP), kurdistan region of Iraq, using remote sensing and GIS, *Land*. 6 (1), 18-32. <https://doi.org/10.3390/land6010018>
- Huang, Y., Yang, B., Wang, M., Liu, B. and Yang, X., 2020. Analysis of the future land cover change in Beijing using CA-Markov chain model. *Environmental Earth Sciences*. 79 (2), 60. <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8785-z>
- Jafarnia, Sh., Oladi, J., Hoojati, S.M. and Mirakhorloo, Kh., 2016. Status and change detection of Mangrove forest in Qeshm Island using satellite imagery from 1988 to 2008, *J. Env. Sci. Tech*. 18(1). (In Persian) <https://sanad.iau.ir/Journal/jest/Article/839768>
- Jokar sarhangi, A. and Gholami, M., 1992. The effect of land use change on increasing the rate of erosion and sediment production and suggesting suitable use in the Zaram River basin of Mazandaran using geographic information system. *Geographical Research Quarterly*. 3-23. (In Persian) <https://doi.org/10.22067/GEOEH.2022.74281.1145>
- Jordan, A. L., Martinez, Z. and Bellinfante, N., 2008. Heterogeneity in soil hydrological response from

- different land cover types in southern Spain. *Catena*. 74, 137-143. <https://doi.org/10.1002/esp.1890>
- Karami, A. and Fegghi, J., 2012. Controlling and comparison of north and south Zagros land use using landscape ecology approach ,Case study: Provinces of Kurdistan and Kohgiluyeh and Boyer Ahmad, *Journal of Town and Country Planning*. 4 (6), 5-34. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/JTCP.2012.28787>
- Kelarestaghi, A., Ahmadi, H., Jafari, M. and Ghodoosi, J., 2008. Predicting Possible Changes in Forest Use to Deforestation Using Probabilistic Modeling in Frame Sahra WatershedMazandaran Province, *Journal of Research and Construction*. 21(3), 52-63. (In Persian). <https://doi.org/10.30466/JFRD.2021.53873.1572>
- Key, J.A. and Schweiger, A.J., 1989. Classification of merged AVHRR and SMMR arctic data with neural networks, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 55, 1331- 1338. <https://mpira.ub.uni-muenchen.de/id/eprint/77811>
- Khodaie, A. and Zandi, R., 2023. Monitoring changes in vegetation cover and its relationship with surface temperature and land use in Khodaafrin and Kalibar cities using remote sensing technology, *Journal of natural environment*. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/JNE.2023.365834.2602>
- Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V.C., Kuemmerle, T., Kozak, J. and Hostert, P., 2009. Land cover mapping of largeareas using chain classification of neighboring Landsat satellite images, *Remote Sens, Environ*. 113, 957- 964. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.rse.2009.01.010>
- Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E. and Moran, E., 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*. 25(12), 2365- 2407. <https://doi.org/10.1080/0143116031000139863>
- Masoumi, M.T. and Moshiri, S.R., 2014. Using landscape spatial metrics and remote sensing data for spatio-temporal urban land use/cover changes analysis, A case study of Ardebil municipality, *Journal of Geographical Space*. 14 (45), 176-196. (In Persian). <http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-986-en.html>
- Matsushita, B., Xu, M. and Fukushima, T., 2006. Characterizing changes in landscape structure in the lake Kasumigaura basin, Japan using a high quality GIS dataset, *Journal of Landscape and Urban Planning*. 78 (3), 241-250. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.08.003>
- McGarigal, K., Cushman, S.A., Neel, M.C. and Ene, E., 2002. Fragstats: Spatial pattern analysis program for categorical maps, Oregon State University, Corvallis.
- Mirzaei Mossivand, A., Ghorbani, A. and Keivan Behjou, F., 2018. Land use-cover change detection using landsat and IRS imagery: A case study, Khalkhal county, *Journal of Geographical Space*. 17 (60), 101-116. (In Persian). <http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1670-en.html>
- Othman, A. A., Al-Saady, Y. I., Al-Khafaji, A.K. and Gloaguen, R., 2014. Environmental change detection in the central part of Iraq using remote sensing data and GIS. *Arabian Journal of Geosciences*. 7 (3), 1017-1028.
- Pakniat, D. and Rahdari, V., 2012. Detection of land use change and land cover in the Masjid Oblast in the years 1978 to 2006 using GIS and RS, The First International Conference on Land Ecology. 29-30 Oct. (On line), (In Persian). <http://doi.org.10.1007/s12517-013-0870-0>
- Prestele, R., Alexander, P., Rounsevell, M. D., Arneth, A., Calvin, K., Doelman, J. and Havlik, P., 2016. Hotspots of uncertainty in land-use and land-cover change projections: a global-scale model comparison. *Global Change Biology*. 22 (12), 3967-3983. <https://doi.org/10.1111/gcb.13337>
- Rajesh, B. and Yuji, M., 2006. Land use change analysis using remote sensing and GIS: A Case Study of Kathmandu Metropolitan, Nepal. *Research Abstracts on Spatial Information Science CSIS DAYS*. <https://doi.org/10.3390/su12093925>
- Rawat, J. S. and Kumar, M., 2015. Monitoring land use-cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 18 (1), 77-84. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2015.02.002>
- Roosta, Z., Darvish, S.Y. and Falahati, F., 2012. Application of remote sensing and geographic information system in extracting land use map of Shiraz suburbs, *Landuse planning*. 4(6), 149-163. (In Persian) <https://doi.org/10.36937/ben.2021.002.002>
- Sanjari, S. and Boroumand, N., 2013. Monitoring land use and land cover changes over the past three decades using RS (case study: Zarand city in Kerman province). *Journal of RS and GIS application in natural resources*. 4(1), 56-67. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/jest.2020.22762.3182>
- Sfougaris, A.L., Sofia G.P. and Loannis, P.I., 2014. Selecting landscape metrics as indicators of spatial heterogeneity- A comparison among Greek landscapes. *International Journal of Applied Earth observation and Geoinformation*. 26, 26-35. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.05.001>
- Shirani, N. and Karimi, S., 2011. The use of GIS in the study of patterns of urban landforms, Second Planning and Environment Conference, (On line), Tehran, 16-17 May. University of Tehran. (In Persian) <https://doi.org/10.1109/ICMT.2011.6001730>
- Shu, B., Zhu, S., Qu, Y., Zhang, H., Li, X. and Carsjens, G. J., 2020. Modelling multi-regional

urban growth with multilevel logistic cellular automata, *Computers, Environment and Urban Systems*. 80, 101457. <https://doi.org/10.3390/land11122210>

Simova, P. and Gdulova, K., 2012. Landscape indices behavior, A review of scale effects., *Journal of Applied Geography*. 34, 385-394. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.01.003>

Surabuddin M. M., Sharma, N., Kappas, M. and Garg, P.K., 2013. Modeling of spatiotemporal dynamics of land use and land cover in a part of Brahmaputra River basin using Geoinformatic techniques. *Geocarto International*. 28 (7), 632-656. <https://doi.org/10.3390/su122410452>

Tourian, M. J., Elmi, O., Chen, Q., Devaraju, B., Roohi, S. and Sneeuw, N., 2015. A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of

Lake Urmia in Iran. *Remote Sensing of Environment*. 156 (2), 349-360.

Turner, M. G. and Ruscher, C. L., 1988. Changes in landscape patterns in Georgia, USA. *Landscape ecology*. 1 (4), 241-251. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.10.006>

Wang, Y., Fan, Z., Wang, X. and Li, J., 2008. GIS-based urban mosaic and its gradient analysis, IEEE the Second International Conference On Bioinformatics and Biomedical Engineering (ICBBE 2008), Shanghai, China. 4310-4313. <https://doi.org/10.1109/ICBBE.2008.577>



*This page is intentionally  
left blank.*