

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

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

<sup>۱</sup> گروه علوم و مهندسی محیط زیست، دانشکده جغرافیا و علوم محیطی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران  
<sup>۲</sup> گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

**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 روش ها:** جهت انجام تحلیل‌های آماری و بصری از تصاویر سنجنده مادیس که بر روی دو ماهواره ی ترا و آکووا نصب می باشد، برای بازه ی زمانی سال ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۰ میلادی به روش طبقه بندی و استخراج پوشش سطح زمین پرداخته شد.

**نتایج و بحث:** بیست تصویر سنجنده مادیس برای دوره ی مورد بررسی، تجزیه و تحلیل گردیدند و نقشه های سالانه و نمودار روند تغییرات هر یک از کاربری ها ترسیم گردید.

**نتیجه گیری:** نتایج نشان می هد که مساحت پوشش جنگلی و درختچه ای کاهش یافته و در عوض پوشش باهر، آب، مرتع و کشاورزی افزایش چشم گیری داشته است، البته افزایش پوشش آب به علت سدسازی های صورت گرفته در منطقه ی مورد مطالعه می شود. همچنین نتایج حاصل از بررسی میزان بارش و خشکسالی نشان می دهد که، روند بارش نزولی بوده و خشکسالی های نسبتا شدیدی در منطقه اتفاق افتاده است.

**واژه های کلیدی:** پایش سطح زمین، مادیس، سنجش از دور، خداآفرین – کلیبر.

فعالیت‌های بشر اغلب تأثیرات ناسازگاری بر سیماهای 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 محیط‌زیستی 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 & 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, 2020; Jordan et al, 2008). 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 و Fukushima, 2006). برای درک بهتر پویایی چشم‌انداز در طول زمان و در راستای رسیدن به اهداف حفاظتی، بررسی تغییرات الگوهای مکانی بسیار ضروری است (Fukushima و Pakanit, 2006). مجموعه‌های محیط‌زیستی 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 (Ghasemzadeh و همکاران, 2014). بنابراین، نظر به آثار منفی و پیامدهای نامطلوبی که در اثر بهره‌کشی و استفاده ناپایدار از سرزمین به‌وجود 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 محیط‌زیست 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 روز به روز ضروری‌تر می‌شود (Dadhich et al, 2011; Othman et

سری‌های زمانی سنجش‌ازدور 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 سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS<sup>1</sup>)، به‌ویژه در برخورد با چندین داده جغرافیایی و تفسیر منطقه گسترده سطح زمین به‌طور وسیعی رایج شده است (McGarigal, 2002; Tourian et al, 2015).

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 سنجش‌ازدور و نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد؛ همچنین با توجه به اهمیت بالای زیست‌محیطی 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 سنجش‌ازدور در برنامه‌ریزی محیطی حائز اهمیت باشد. برخی تحقیقات صورت گرفته در راستای موضوع مورد مطالعه به شرح ذیل می‌باشند.

جوکارسرهنگی و غلامی (۱۹۹۲) با ایجاد تغییر فرضی در کاربری اراضی در محیط GIS، امتیاز عامل کاربری حوضه زارمرود 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 به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش داد. آزموده و همکاران (۱۹۹۴) در پژوهشی به منظور 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.

کریمی و شیرانی (۲۰۱۱) 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.

Gdulova و Simova (۲۰۱۲) وضعیت شاخص‌های سیمای سرزمین برای کمی‌سازی و نیز ارزیابی اثرات تغییر در مقیاس‌های مکانی بر روی این شاخص‌ها برای ارزیابی 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. معصومی و مشیری (۲۰۱۴) 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، به هم آمیختگی و افزایش مقیاس در سطوح ساخت و ساز شده منطقه شهری اردبیل کاملاً مشهود است. Sfougaris و همکاران (۲۰۱۴) 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 و همکاران (۲۰۱۷) 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.

براتی و همکاران (۲۰۱۷) با به‌کارگیری متریک‌های سیمای سرزمین از جمله CA، CAP، TE، MSI، NP، MPS و MNN در سطح کلاس از هم‌گسیختگی منطقه در پارک ملی و پناهگاه حیات وحش کاله قاضی نشان دادند، لکه‌های مرتع خوب، یکپارچه‌تر شده است. میرزایی و همکاران (۲۰۱۸) با 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.

خدایی و زندی (۲۰۲۳) به بررسی روند تغییرات دمای 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 ی 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

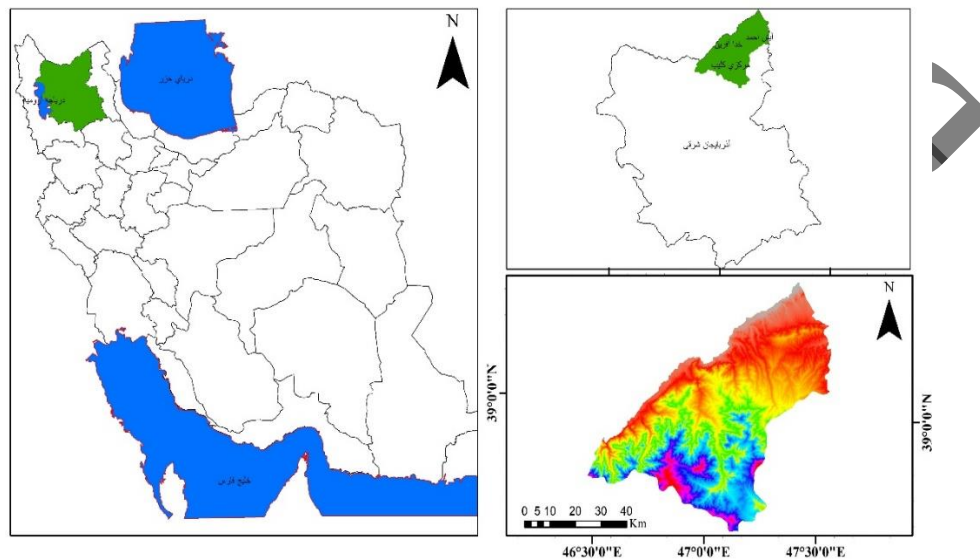
### منطقه مورد مطالعه

شهرستان خداآفرین و کلیبر در شمال شرقی استان آذربایجان شرقی بین رشته‌کوه‌های جنگلی قره داغ 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 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 آب‌وهوای خزری بوده و اغلب اوقات کوهستان‌های مرتفع را مه غلیظ می‌پوشاند و رود ارس از شمال آن می‌گذرد. از نظر آب‌وهوا چهار فصل، 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 قره داغ 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 خداآفرین کناره‌های رود ارس با ارتفاع ۱۴۰ متر از سطح دریا بوده و اکثر اراضی مستعد کشاورزی در این منطقه قرار گرفته است.



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 هدف‌گذاری کاربردی و از لحاظ روش‌شناسی توصیفی - تحلیلی می‌باشد. 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 سال 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 طبقه بندی International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) در ۱۷ کلاس (جدول شماره) جهت طبقه بندی پوشش سطح زمین استفاده شده است. این روش یکی از ۵ الگوریتم طبقه بندی کاربردی اراضی در تصاویر سالانه مادیس می‌باشد که کاربردی‌ها را در ۱۷ کلاس نمایش می‌دهد. تصاویر مورد نظر از سایت <https://search.earthdata.nasa.gov> دانلود شدند، سپس بر اساس مدل و روش طبقه بندی در محیط نرم افزار Arc GIS پردازش شدند. میزان مساحت هر یک از کاربری‌ها 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.

## جدول ۱- توصیف طبقات در روش طبقه بندی IGBP

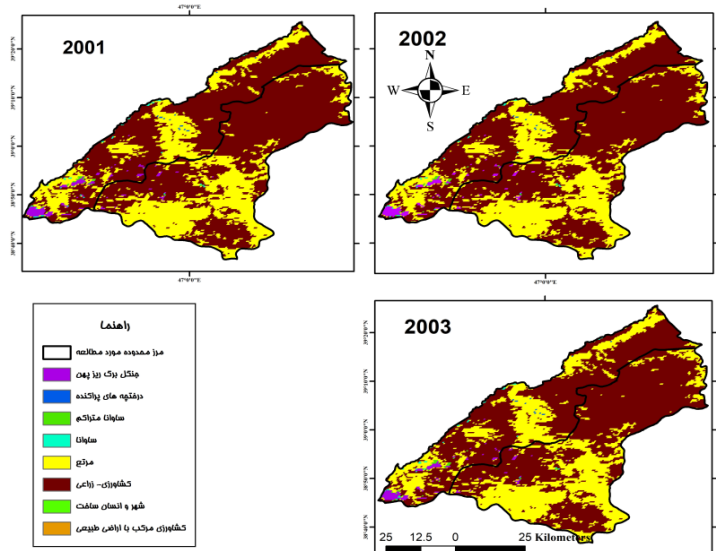
**Table 1. Description of classes in the IGBP classification method**

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.

جهت ارزیابی نقش عوامل طبیعی موثر بر تغییرات کاربری اراضی در منطقه ی مورد مطالعه، ازداده های روزانه بارش برای دوره ی مورد بررسی استفاده گردید و مجموع بارش سالانه، میانگین و انحراف معیار داده ها مورد ارزیابی قرار گرفت تا بر اساس این مقادیر روند تغییرات بارش و همچنین خشکسالی بر حسب شاخص بارش استاندارد (SPI) در محیز نرم افزار ترسیم گردید.

### تجزیه و تحلیل

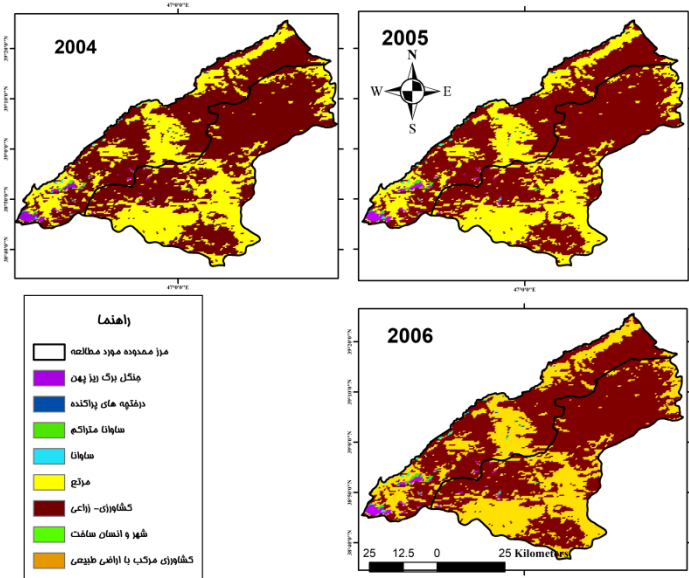
شکل شماره ۲، پوشش کاربری سطح زمین در سال های ۲۰۰۱، ۲۰۰۲ و ۲۰۰۳ را نشان می دهد، در نقشه ی سال ۲۰۰۱ بیشترین مساحت مربوط به پوشش کشاورزی-زراعی (۶۶.۲۵٪) و سپس مرتع (۳۱.۹٪) می باشد، پوشش بایر و آب در این سال وجود ندارند، سال ۲۰۰۲ نیز همچون سال ۲۰۰۱ بیشترین مساحت به پوشش های کشاورزی-زراعی و مرتع می باشد. نسبت به سال ۲۰۰۰ پوشش مرتع افزایش یافته و پوشش جنگل کاهش یافته و به نظر می رسد 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.



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

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

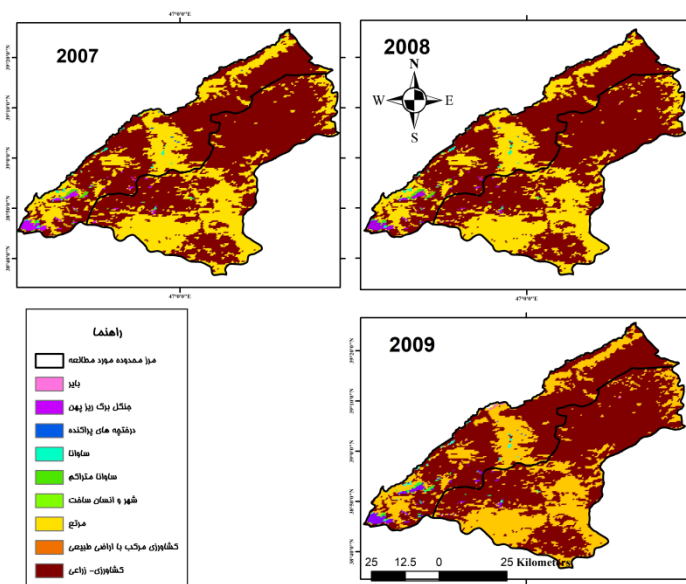
تغییرات پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۰۴ تا ۲۰۰۶ (شکل شماره ۳) حاکی از همان روند دوره ی قبل می باشد و جایگزینی مرتع و کشاورزی به جای پوشش جنگلی و درختچه ای می باشد، همچنین برخی از زمین های زراعی که کیفیت لازمه جهت کشت را نداشته اند، رها شده و پوشش نامطلوب بایر را ایجاد کرده اند؛ که این روند از سال ۲۰۰۶ شروع و تا پایان دوره افزایش می یابد.



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

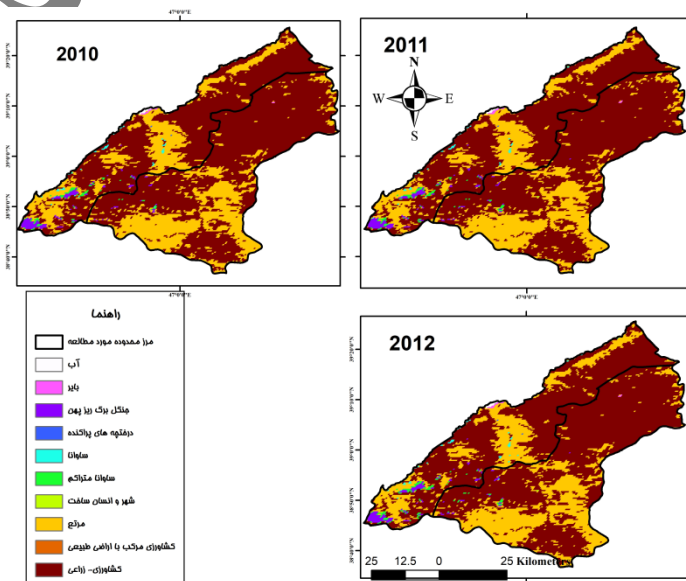
Fig. 3- Land cover monitoring in 2004, 2005 and 2006

ارزیابی پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۹ (شکل شماره ۴)، نشان از افزایش سطح زیر کشت؛ افزایش زمین های بایر خصوصا در مناطق جنوب غربی دارد. با توجه به سد سازی؛ پوشش آب در منطقه مورد مطالعه خودنمایی می کند. سدسازی و افزایش سطح زیر کشت و کشت آبی بر روند تغییرات کاهشی پوشش جنگلی و درختچه ای و بایر شدن منطقه تاثیر گذار بوده است.



شکل ۴- پایش پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۰۷، ۲۰۰۸ و ۲۰۰۹  
 Fig. 4 - Land cover monitoring in 2007, 2008 and 2009

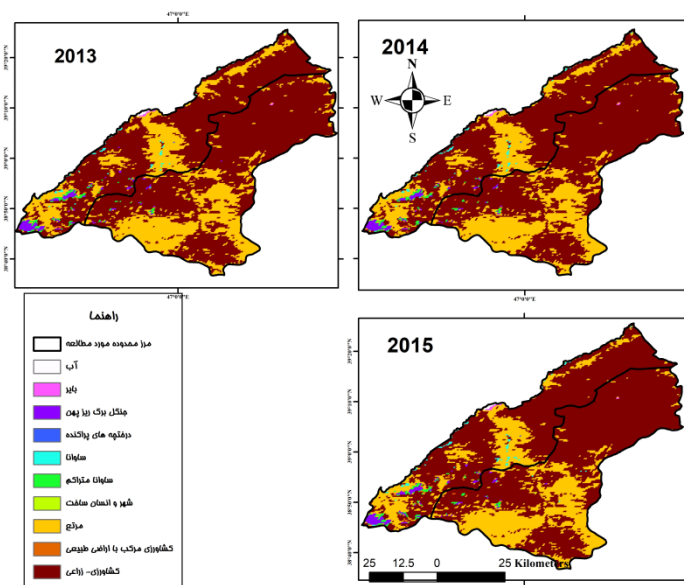
شکل شماره ۵، پایش پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۲ را نشان می دهد، در این دوره افزایش چشمگیر پوشش شهر و انسان ساخت و زمین بایر محدوده مورد بررسی دیده می شود. مراغه روند افزایش و پوشش جنگلی و درختچه ای روند کاهشی را نشان می دهند.





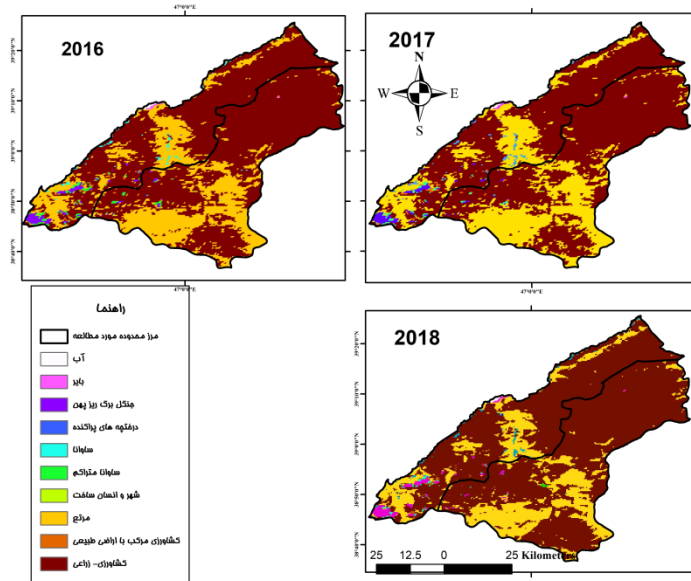
شکل ۵- پایش پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ در منطقه ی مورد مطالعه  
 Fig. 5- Land cover monitoring in the years 2010, 2011 and 2012 in the study area

تغییرات پوشش سطح زمین در شهرستان کلیبر بیش از شهرستان خداآفرین بوده و مناطق مرکزی این شهرستان بیشتر دستخوش تغییرات شده اند (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

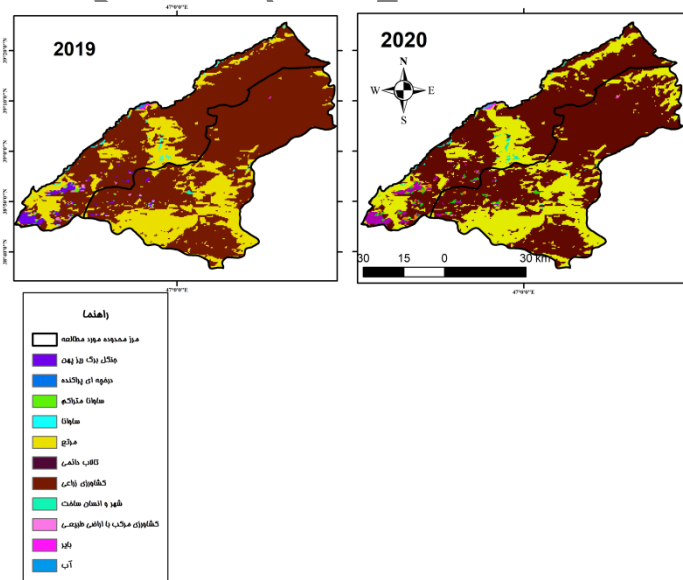
بر اساس شکل شماره ۷، در سال ۲۰۱۷ سد دوم منطقه ایجاد و مورد بهره برداری قرار می گیرد و سبب به زیر رفتن بخش زیادی از جنگل های، مراغه و زمین های کشاورزی می شود؛ همچنین با توجه به زیر آب رفتن تعدادی از روستاها؛ زمینه ی مهاجرت و افزایش جمعیت در مناطق شهری فراهم می شود.



شکل ۷- پایش تغییرات سطح زمین در سال های ۲۰۱۶، ۲۰۱۷، ۲۰۱۸ در منطقه ی مورد مطالعه

Fig. 7- Monitoring land surface changes in the years 2016, 2017 and 2018 in the study area

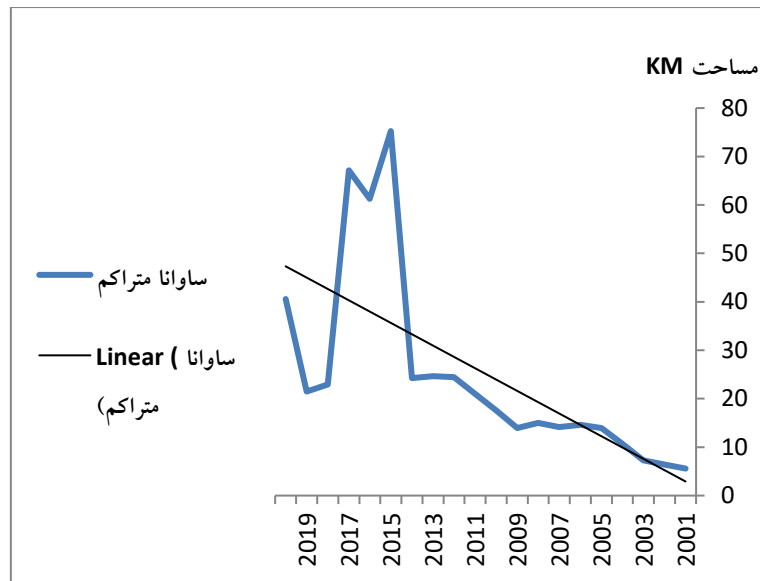
روند تخریب جنگل ها و تبدیل آنها به مراتع و سپس زمین های کشاورزی در سال های پایانی دوره مورد بررسی (شکل شماره ۸)، نیز کاملا مشهود است، عدم وجود شغل و خشکسالی های پی در پی سبب تخریب بیشتر محیط گشته و باز مصیبت را بر دوش جنگل انداخته است. با توجه به کیفیت پایین زمین هایی که حاصل تخریب جنگل می باشند، این زمین ها پس از چند سال رها شده و تبدیل به مناطق بایر می شوند و بیابان زایی را گسترش می دهند.



شکل ۸- پایش پوشش سطح زمین در سال های ۲۰۱۹ و ۲۰۲۰ در منطقه ی مورد مطالعه

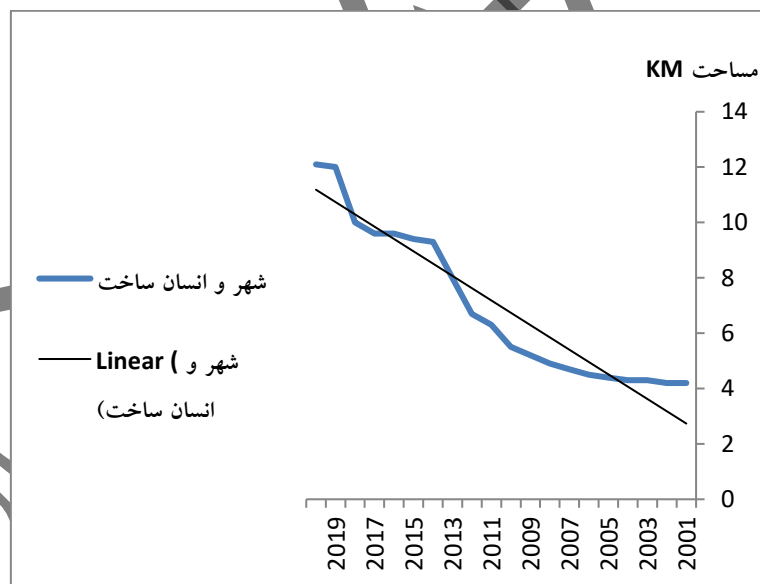
Fig. 8 - Land cover monitoring in 2019 and 2020 in the study area

ارزیابی روند سری زمانی تغییرات در کاربری ساوانا متراکم نشان می دهد (شکل شماره ۹) که، روند کلی سیر افزایشی بوده و بیشترین میزان در سال ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ بوده و سپس روند نزولی شروع می شود.



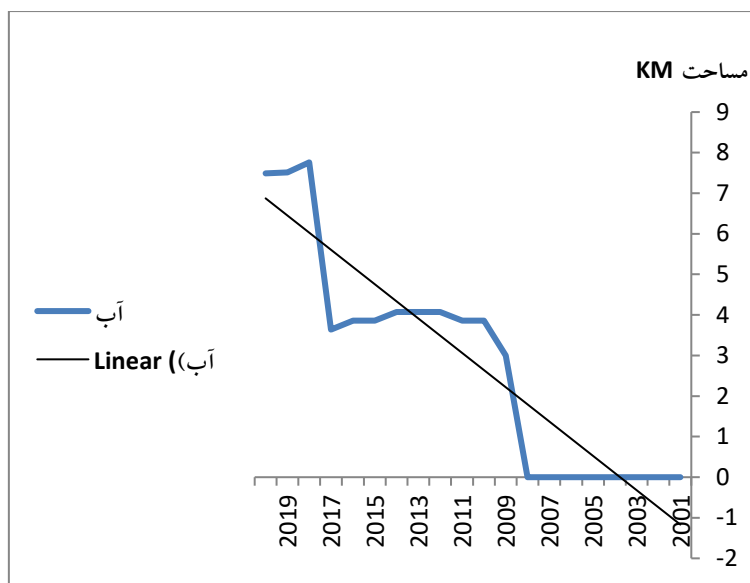
شکل ۹- سری زمانی تغییرات پوشش ساوانا متراکم در منطقه ی مورد مطالعه  
**Fig. 9- Time series of dense savanna cover changes in the studied area**

سری زمانی روند تغییرات در پوشش شهر و انسان (شکل شماره ۱۰) در کل دوره روند افزایشی را نشان می دهد، که افزایش جمعیت و افزایش ساخت و ساز از دلایل اصلی آن بشمار می روند.



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

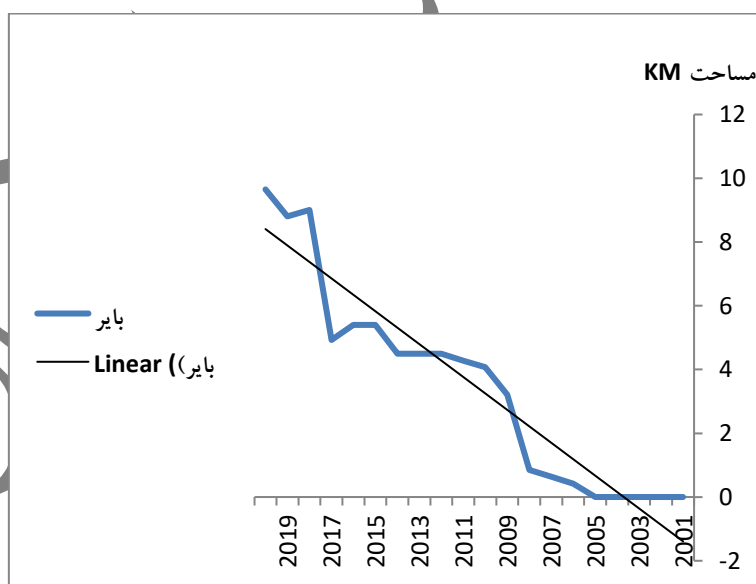
شکل شماره ۱۱، سری زمانی تغییرات پوشش آب در منطقه ی مورد مطالعه را نشان می دهد، دو پیک در تصویر قابل مشاهده می باشد، اولی در سال ۲۰۰۸ و دومی در سال ۲۰۱۷؛ که هر دو حاصل سد سازی و انباشت آب در پشت سدها می باشند.



شکل ۱۱- سری زمانی تغییرات پوشش آب در منطقه ی مورد مطالعه

Fig. 11- Time series of water cover changes in the study area

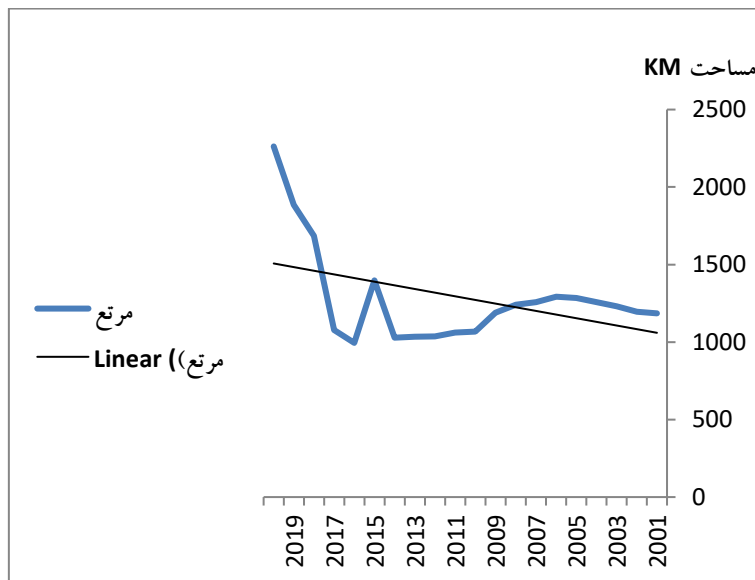
تا سال ۲۰۰۵ هیچگونه زمین بایری در منطقه ی مورد مطالعه نمایان نیست، اما کم کم از این سال این کاربری به سایر کاربری های منطقه اضافه می گردد؛ که نشان از بیابان زایی و تخریب مناطق جنگلی و مراتع می باشد. پیک افزایشی این کاربری با پیک افزایشی کاربری آب هم خوانی دارد و می توان ادعا کرد که سدسازی در این منطقه سبب گسترش مناطق بایر گردیده است.



شکل ۱۲- سری زمانی تغییرات پوشش بایر در منطقه ی مورد مطالعه

Fig. 12- Time series of barren cover changes in the studied area

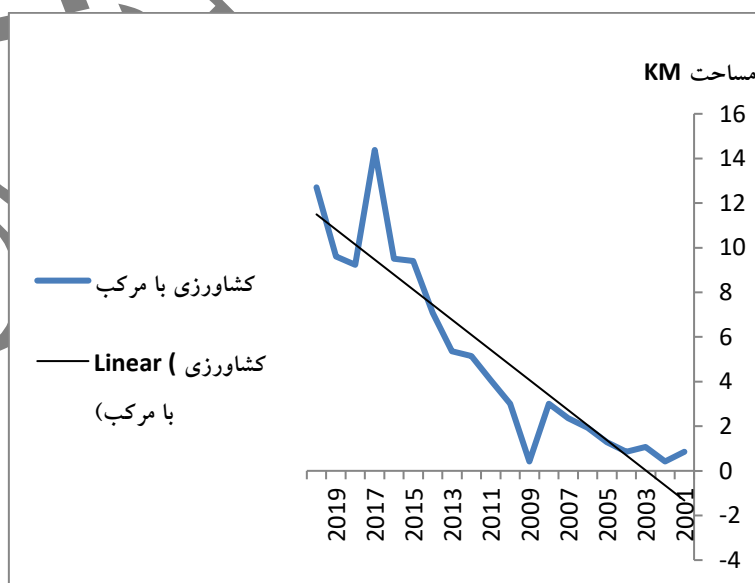
روند تغییرات مراتع (شکل شماره ۱۳) روند افزایشی را نشان می دهد که، اگر تغییر کاربری بایر به مرتع باشد مطلوب و اگر تغییر کاربری جنگلی به مرتع باشد نامطلوب و نشان از تخریب سرزمین و تغییر کاربری اراضی نامطلوب می باشد. مساحت مرتع در طول دوره ی مورد مطالعه بیش از دو برابر افزایش پیدا کرده است.



شکل ۱۳- سری زمانی تغییرات پوشش مرتع در منطقه ی مورد مطالعه

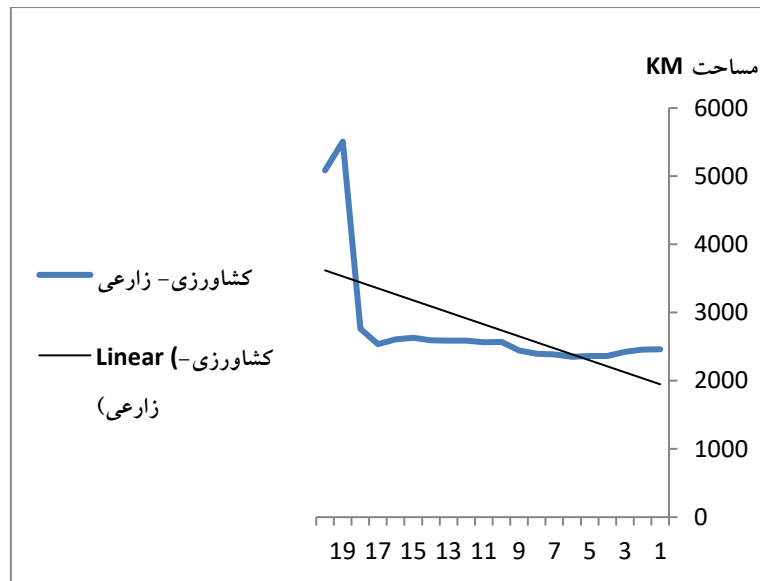
Fig. 13- Time series of pasture cover changes in the study area

کاربری کشاورزی مرکب (شکل شماره ۱۴)، نیز سیر افزایشی داشته و گسترش یافته است. کشاورزی-زراعی (شکل شماره ۱۵) تا سال ۲۰۱۸ یک روند نرمالی را نشان می دهد اما از این سال به بعد به یکباره سطح زیر کشت افزایش می یابد و روند افزایشی را نشان می دهد.



شکل ۱۴- سری زمانی تغییرات پوشش کشاورزی با مرکب در منطقه ی مورد مطالعه

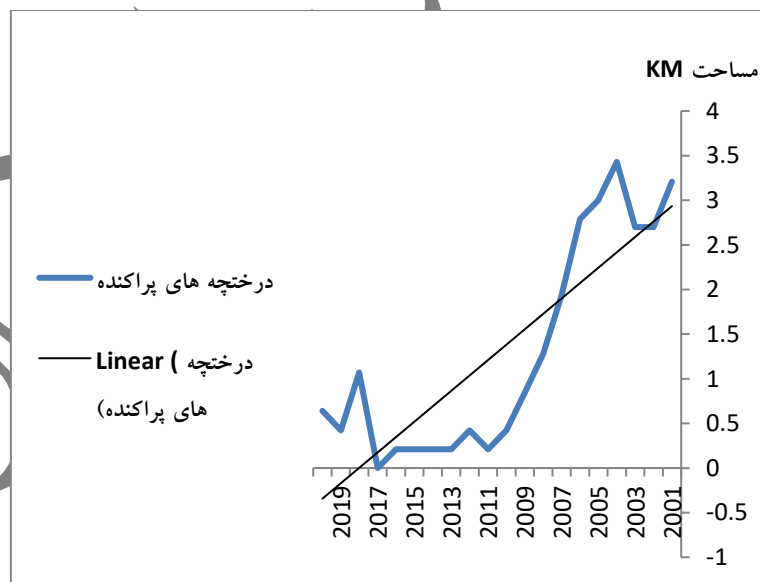
Fig. 14- Time series of changes in agricultural cover with ink in the study area



شکل ۱۵- سری زمانی تغییرات پوشش کشاورزی-زراعی در منطقه ی مورد مطالعه

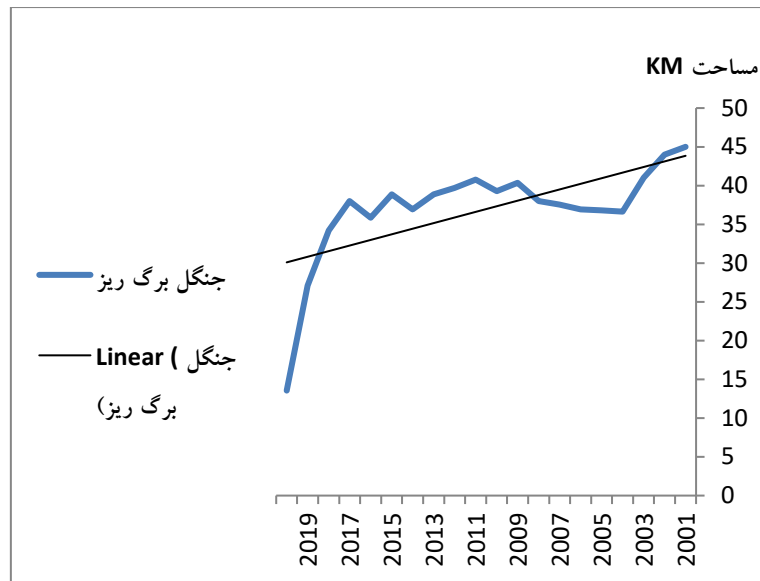
Fig. 15- Time series of changes in agricultural-crop cover in the studied area

درختچه های پراکنده و جنگل برگ ریز (اشکال ۱۶ و ۱۷)، روند کاهشی را نشان می دهند؛ بطور کلی کاربری جنگلی و درختچه ای در بازه ی مورد مطالعه همواره سیر نزولی داشته و مساحت آنها کمتر و کمتر شده است. با توجه به کیفیت جنگل های منطقه ارس نیاز هست که در این منطقه با دقت و نظارت بیشتر سبب جلوگیری از کاهش این کاربری ها شده و از آنها حفاظت گردد.



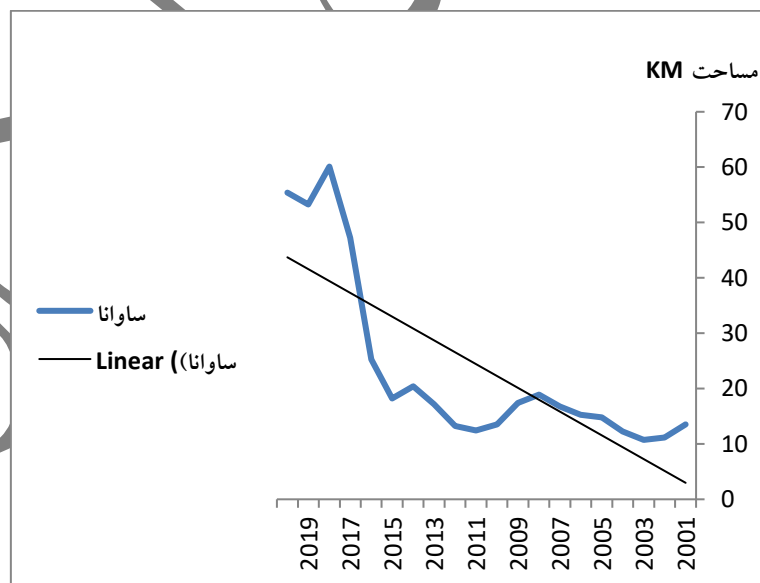
شکل ۱۶- سری زمانی تغییرات پوشش درختچه های پراکنده در منطقه ی مورد مطالعه

Fig. 16- Time series of changes in the cover of scattered shrubs in the study area



شکل ۱۷- سری زمانی تغییرات پوشش جنگل برگ ریز در منطقه ی مورد مطالعه  
**Fig. 17- Time series of deciduous forest cover changes in the study area**

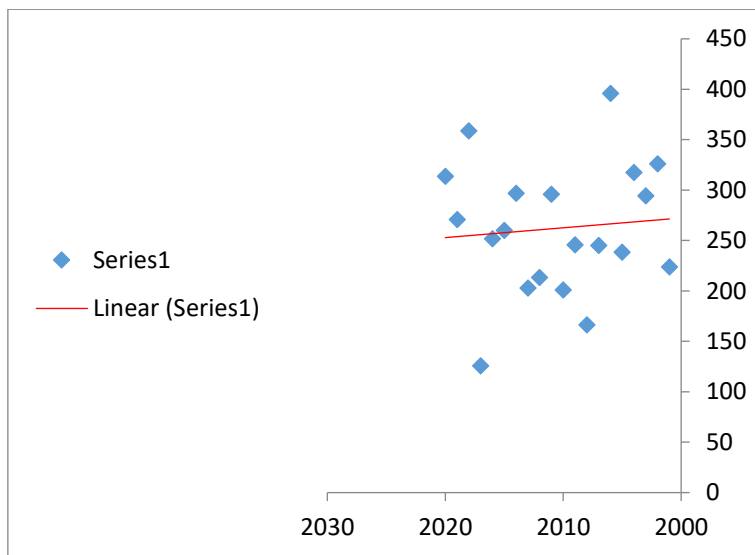
کاربری ساونا (شکل شماره ۱۸)، نیز همچون کاربری مراتع ابتدا روند نرمالی را نشان می دهند اما از سال ۲۰۱۷ به یکباره افزایش می یابد که نیازمند مطالعه بیشتر در مورد علل و عوامل آن می باشیم تا بتوانیم در این راستا کمکی به حفظ محیط زیست زیبا و دوست داشتنی این قطعه از سرزمین پهناور ایران بکنیم.



شکل ۱۸- سری زمانی تغییرات پوشش ساوانا در منطقه ی مورد مطالعه  
**Fig. 18- Time series of savanna cover changes in the study area**

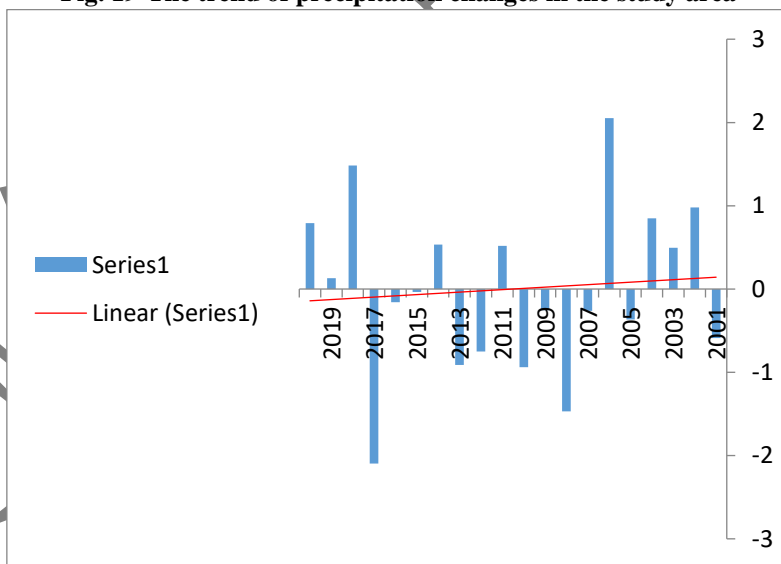
دو دسته عوامل طبیعی و انسانی، عوامل طبیعی همچون بارش، دما، تبخیر و تعرق، خشکسالی و... عوامل انسانی نظیر افزایش جمعیت، فعالیت های انسانی (راه سازی و ...)، افزایش سطح زیر کشت و... توام با هم سبب تغییرات گسترده پوشش سطح زمین گردیده اند. که از

بین عوامل طبیعی به بررسی میزان بارش و خط روند آن (شکل شماره ۱۹) و میزان خشکسالی بر اساس شاخص SPI (شکل شماره ۲۰) در منطقه ی مورد مطالعه پرداخته شد. نتایج نشان می دهد که روند بارش نزولی بوده و میزان بارش در طی دوره ی مورد مطالعه کاهش یافته است. شاخص خشکسالی بارش استاندارد نیز نشان می دهد که خشکالی روند نزولی داشته و اگر همین روند ادامه پیدا کند باید منتظر خشکسالی های شدیدتر و طولانی تر باشیم. در بین دوره ی مورد بررسی ۲۰ ساله، سال ۲۰۱۷ شدیدترین میزان خشکسالی را نشان می دهد.



شکل ۱۹- روند تغییرات بارش در منطقه ی مورد مطالعه

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



شکل ۲۰- روند تغییرات خشکسالی در منطقه ی مورد مطالعه

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

نتیجه گیری



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 سنجش‌ازدور 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 سنجش‌ازدور 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 سنجش‌ازدور استفاده شده است. 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 منطقه مورد مطالعه می‌شود.

می‌توان ادعا نمود که مهم‌ترین تغییرات کاربری منطقه 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 (Sanjari, 2013 و Yousefi, 2011). در درجه دوم، تبدیل اراضی مرتعی به کشت دیم است که به دلیل 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 هم سو 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 جنگل‌های منطقه در طی سال‌های گذشته همواره روند کاهشی شدیدی داشته که با توجه به محدود بودن سطح جنگل‌های منطقه نیازمند توجه بیش‌تر مسئولین در این خصوص است، به خصوص که این تغییرات منجر به ایجاد اراضی بایر و بدون پوشش می‌شود که با توجه به قرارگیری آن در ارتفاعات و وجود باندهای شدید در این ناحیه در آینده موجب وارد آمدن گرد و خاک به سمت شهر خلخال خواهد شد. در تحقیق فاطمی طلب و همکاران (۲۰۱۴) هم میزان جنگلهای منطقه روندی کاهشی داشته است هر چند که در تحقیق جعفرنیا و همکاران (۲۰۱۶) سطح جنگل‌های منطقه روندی افزایشی داشته است که علت آن رشد طبیعی جنگل‌های منطقه بوده است. در این ارتباط تحقیقات Lu و همکاران (۲۰۰۴) نیز مؤید این مطلب است که شناخت مقدار 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 می گردد. لذا، مدیریت مناسب و اجرای برنامه های آمایش سرزمین در این منطقه ضروری به نظر می رسد.

## منابع

1. Amazudeh, A., A. Kavian, K. Soleimani and Q. Vahabzadeh, (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].
2. Barati, B., Jahani, A., Zebardast, L., 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 & Country Planning*, 9 (1): 153-168. [In Persian].
3. Dadhich, P. N. & Hanaoka, S. (2011). Spatio-temporal urban growth modeling of Jaipur, India. *Journal of Urban Technology*, 18 (3), 45-65.
4. Fatemi talab, S.R., Maadani pour, M., Hashemi, S.A., 2014, Estimation of changes in the cover plant of Rudsar forests using classification of artificial neural network & Maximum probability, *Journal of Rs & GIS in natural resources*, the sixth year, No.2. (In Persian)
5. Forman, R. T.T., Godron, M., (1986), "Landscape ecology", New York: Wiley.
6. Ghasemzadeh, B., Pazhuan, M., Hataminejad, H., 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].
7. Gopal, S., Woodcock, C., (1996), "Remote sensing of forest change using artificial neural network", *IEEE Transactions of Geosciences and Remote Sensing*, 34 (2): 398-404.
8. Guan, D., Li, H., Inohae, T., Su, W., Nagaie, T. & Hokao, K. (2011). Modeling urban land use change by the integration of cellular automaton and Markov model. *Ecological Modelling*, 222 (20-22), 3761-3772.
9. Hamad, R., Balzter, H., 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.
10. Huang, Y., Yang, B., Wang, M., Liu, B. & Yang, X. (2020). Analysis of the future land cover change in Beijing using CA–Markov chain model. *Environmental Earth Sciences*, 79 (2), 60.
11. Jafarnia, Sh., Oladi, J., Hoojati, S.M., Mirakhorloo, Kh., 2016, Status and change detection of Mangrove forest in Qeshm Island using satellite imagery from 1988 to 2008, *J. Env. Sci. Tech.*, Vol 18, No.1. (In Persian)
12. Jokarsarhangi A. and Gholami (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].
13. Jordan A., L. Martinez-Zavala and N. Bellinfante. 2008. Heterogeneity in soil hydrological response from different land cover types in southern Spain. *Catena*, 74: 137–143.

14. Karami, A., Feghhi, 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 & Country Planning*, 4 (6): 5-34. [In Persian].
15. kelarestaghi, A., Ahmadi, H., Jafari, M., Ghodoosi, J., 2008, Predicting Possible Changes in Forest Use to Deforestation Using Probabilistic Modeling in Frame Sahra Watershed Mazandaran Province, *Journal of Research and Construction*, 21th year, No.3., pp. 52-63. (In Persian)
16. Key, J. A., Schweiger, A. J., (1989), "Classification of merged AVHRR and SMMR arctic data with neural networks", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 55: 1331- 1338.
17. Khodai, A., 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).
18. Knorn, J., Rabe, A., Radeloff, V. C., Kuemmerle, T., Kozak, J., Hostert, P., (2009), "Land cover mapping of large areas using chain classification of neighboring Landsat satellite images", *Remote Sens, Environ*, 113: 957- 964.
19. Lu, D., Mausel, P., Brondizio, E., Moran, E., 2004. Change detection techniques. *International Journal of Remote Sensing*, 25(12), Pp 2365- 2407.
20. Masoumi, M. T., 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].
21. Matsushita, B., Xu, M., 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.
22. McGarigal, K., Cushman, S. A., Neel, M. C. Ene, E., (2002), "Fragstats: Spatial pattern analysis program for categorical maps", Oregon State University: Corvallis.
23. Mirzaei Mossivand, A., Ghorbani, A., 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].
24. Othman, A. A., Al-Saady, Y. I., Al-Khafaji, A. K. & 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.
25. Pakniat, D., Rahdari, V., (2012), "Detection of land use change and land cover in the Masjed Oblast in the years 1978 to 2006 using GIS & RS", *The First International Conference on Land Ecology*. 29-30 Oct. ]On line[: [https://www.civilica.com/Paper-IALE01-IALE01\\_274.html](https://www.civilica.com/Paper-IALE01-IALE01_274.html). [In Persian].
26. Prestele, R., Alexander, P., Rounsevell, M. D., Arneth, A., Calvin, K., Doelman, J. ... & 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.
27. Rajesh, B., 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:*

28. Rawat, J. S. & 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.
29. Roosta, Z., Darvish, S.Y., Falahati, F., 2012, Application of remote sensing and geographic information system in extracting land use map of Shiraz suburbs, *Landuse planning*, 4th year, No.6., pp149-163. (In Persian)
30. Sanjari, S., Boroumand, N., 2013, Monitoring land use / land cover changes over the past three decades using RS (case study: Zarand city in Kerman province), *Journal of RS& GIS application in natural resources*, 4, the year, No.1.,pp. 56-67. (In Persian).
31. Sfougaris, A. L., Sofia G. P., 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.
32. Shirani, N., Karimi, S., (2011), "The use of GIS in the study of patterns of urban landforms", *Second Planning and Environment Conference*, [On line[: [https://www.civilica.com/PaperESPME02-ESPME02\\_394.html](https://www.civilica.com/PaperESPME02-ESPME02_394.html). Tehran, 16-17 May. University of Tehran, [In Persian].
33. Shu, Bangrong, Shouhong Zhu, Yi Qu, Honghui Zhang, Xin Li & Gerrit, J. (2020). "Modelling multi-regional urban growth with multilevel logistic cellular automata." *Computers, Environment and Urban Systems*. 80 (2), 101-114.
34. Simova, P., Gdulova, K., (2012), "Landscape indices behavior: A review of scale effects", *Journal of Applied Geography*, 34: 385-394.
35. Surabuddin Mondal, M., Sharma, N., Kappas, M. & 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.
36. Tourian, M. J., Elmi, O., Chen, Q., Devaraju, B., Roohi, S. & Sneeuw, N. (2015). A spaceborne multisensor approach to monitor the desiccation of Lake Urmia in Iran. *Remote Sensing of Environment*, 156 (2), 349-360.
37. Turner, M. G. & Ruscher, C. L. (1988). Changes in landscape patterns in Georgia, USA. *Landscape ecology*, 1 (4), 241-251.
38. Wang, Y., Fan, Z., Wang, X., 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, PP 4310-4313.

Original Article

**Monitoring temporal changes of land use in Khoda Afarin and Kalibar cities using remote sensing technology**

**Ali Khodaie<sup>1†</sup> and 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

**Introduction:** Investigating changes in land cover is one of the most important aspects of natural resource management and reviewing 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 confrontation of the constant needs of human societies and the environment with the earth. In this research, using remote sensing technique, 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.

**Results and discussion:** Twenty MODIS sensor images were analyzed for the period under review and annual maps and change trend charts of each land use were drawn.

**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.

**Key words:** Earth surface monitoring, MODIS, remote sensing, Khodaafrin-Keliber.

---

<sup>†</sup> Corresponding Author: *Email Address*.alikhodaie@yahoo.com