



## سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی (سال چهاردهم / شماره اول) بهار ۱۴۰۲

نمایه شده در سایت: پایگاه استنادی علوم جهان اسلام، جهاد دانشگاهی، مگ ایران، نورمگز، سیویلیکا، گوگل اسکولار  
آدرس وب سایت: <http://girs.iaabushehr.ac.ir>



مقاله  
پژوهشی

### ارزیابی تخریب اراضی با استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره لندست در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۰ (مطالعه موردی: شهرستان اصفهان)

هادی اسکندری دامنه، حامد اسکندری دامنه، حسن خسروی، میثم چراغی، محسن عادل ساردوئی

دریافت: ۲۳ مهر ۱۴۰۰ / بازنگری: ۸ آذر ۱۴۰۰ / پذیرش: ۲۱ آذر ۱۴۰۰

دسترسی اینترنتی: ۲۱ آذر ۱۴۰۰ / دسترسی چاپی: ۱ فروردین ۱۴۰۲

#### چکیده

در این مناطق با استفاده از داده‌های سنجش از دور امکان پذیر است، به نحوی که این دانش به‌طور گسترده‌ای برای پیش تخریب اراضی منطقه‌ای مورد استفاده قرار خواهد گرفت. با توجه به اهمیت موضوع تخریب اراضی و نیاز به پایش اراضی جهت دستیابی به درک درستی از وضعیت شهرستان اصفهان و به دنبال آن ایجاد مدیریت مناسب و به موقع جهت جلوگیری از گسترش تخریب، این تحقیق با هدف بررسی وضعیت تخریب اراضی در این شهرستان با استفاده از مدل‌سازی شاخص‌های محیطی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۰ انجام شد.

مواد و روش‌ها در این تحقیق به منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در حوزه مطالعاتی، از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده‌های TM و OLI استفاده گردید و همچنین از داده‌های حاصل از بازدید میدانی به عنوان اطلاعات جانبی استفاده شد. پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار ENVI صورت گرفت. به منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی، روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال بکار گرفته شد. سپس تمامی کاربری‌های منطقه مورد مطالعه در چهار کاربری اراضی کشاورزی، مراتع، اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت تقسیم‌بندی شدند. در نهایت لایه‌های بدست آمده، جهت محاسبه مساحت کاربری‌ها و تهیه نقشه خروجی مناسب به نرم‌افزار

پیشینه و هدف تخریب اراضی یکی از پدیده‌های مخرب است که ثبات و امنیت اکوسیستم‌ها به‌ویژه در مناطق خشک را تهدید می‌کند. تخریب اراضی می‌تواند منجر به کاهش حاصلخیزی و بهره‌وری خاک، مهاجرت و جابه‌جایی جمعیت، ناامنی غذایی و نابودی اکوسیستم‌ها شود. علیرغم اقدامات گسترده در زمینه مقابله با تخریب اراضی، این مشکل در دهه‌های اخیر نه تنها کاهش نیافته است، بلکه به تدریج تشدید شده است. بنابراین، پایش تخریب اراضی و آشکارسازی ویژگی‌های آن برای مدیریت و بازیابی کیفیت اراضی ضروری است و این پایش در مناطق خشک امکان مدیریت صحیح و مبارزه با این پدیده را تسهیل می‌کند. پایش تخریب اراضی هادی اسکندری دامنه<sup>۱</sup>، حامد اسکندری دامنه<sup>۲</sup>، حسن خسروی<sup>۳</sup>، میثم چراغی<sup>۴</sup>، محسن عادل ساردوئی<sup>۵</sup>

۱. دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، هرمزگان، ایران

۲. دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۳. دانشیار، گروه احیاء مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۴. دانشجوی دکتری علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

۵. استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

پست الکترونیکی مسئول مکاتبات: [hakhosravi@ut.ac.ir](mailto:hakhosravi@ut.ac.ir)

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2023.686944>

<https://dori.net/dor/20.1001.1.26767082.1402.14.1.5.0>

در چهار کاربری اراضی کشاورزی، مراتع، اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۴۰۰ نشان داد که بین سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۰ اراضی کشاورزی و مراتع به ترتیب ۵/۷ و ۵/۰۶ درصد کاهش داشت؛ در حالی که اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت به ترتیب ۱۰/۴۵ و ۱/۵۱ درصد افزایش داشتند. از طرفی، در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۵ اراضی کشاورزی و مراتع به ترتیب ۰/۷۵ و ۱/۲۵ درصد کاهش و اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت ۱/۵۱ و ۰/۵ درصد افزایش نشان داده‌اند. همچنین در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۰ اراضی کشاورزی و مراتع به ترتیب کاهش ۶/۴۵ و ۶/۳۲ درصدی و کاربری‌های اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق مسکونی و انسان ساخت به ترتیب افزایش ۱۱/۹۶ و ۰/۸ درصدی داشتند. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی نشان داد که در این بازه زمانی ۱۰ ساله، روند تخریب اراضی کشاورزی و مراتع، کاهشی بوده و اراضی بایر و شوره‌زار و همچنین مناطق شهری و انسان ساخت در حال افزایش بود. بررسی تغییرات کلاس‌های بیابان‌زایی نشان داد که در بازه زمانی مورد مطالعه، کلاس‌های متوسط، شدید و خیلی شدید بیابان‌زایی افزایش یافته به طوری که مساحت زمین‌های بیابانی به ترتیب از ۳۴۲۸، ۲۸۱۷ و ۱۳۴۰ در سال ۱۳۹۰ به ۴۰۷۹، ۴۲۷۶ و ۴۳۰۲ کیلومتر مربع در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. کلاس‌های کم و خیلی کم نیز از ۲۸۲۶ و ۵۲۹۵ در سال ۱۳۹۰ به ۵۷۴ و ۲۴۷۵ کیلومتر مربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است. این تغییرات نشان دهنده افزایش بیابان‌زایی در شهرستان اصفهان است.

**نتیجه‌گیری** با استفاده از شاخص‌های برآورد شده از تصاویر سنجنش دور، می‌تواند با دقتی مناسب روند تخریب و بیابان‌زایی را پیش‌گویی کرد و اقدامات لازم برای مقابله با این پدیده مخرب را در دستور کار قرار داد. با استفاده از نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان روند تخریب اراضی شهرستان اصفهان را در گذر زمان برآورد کرد و برنامه‌ها و سیاست‌های لازم برای مقابله با این پدیده را اعمال نمود.

**واژه‌های کلیدی:** بیابان‌زایی، شوری خاک، تغییرات اقلیمی، روند تخریب

ArcGIS منتقل گردید. پس از بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش حداکثر احتمال شاخص‌های شوری خاک SI و شاخص اقلیمی Albedo، شاخص پوشش گیاهی NDVI و LSM تهیه شدند. شاخص شوری خاک SI یکی از شاخص‌های اصلی ارزیابی تخریب سرزمین است؛ این شاخص استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، قادر به ارزیابی شوری خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که با استفاده از رابطه  $SI = \sqrt{(\rho_{Blue} \times \rho_{Red})}$  و  $\rho_{Red}$  به ترتیب باند قرمز و آبی در سنجنده‌های TM و OLI در ماهواره لندست) محاسبه گردید. شاخص آلبیدو سطحی بدست آمده از داده‌های سنجنش از دور یک پارامتر فیزیکی است که ویژگی‌های بازتاب سطح و طول موج‌های کوتاه خورشید را بیان می‌کند. این پارامتر فیزیکی تحت تأثیر پوشش گیاهی، رطوبت خاک و سایر شرایط سطح زمین می‌باشد. بنابراین، با بررسی تغییرات آلبیدو می‌توان تغییرات در سطح زمین و نتیجه تخریب اراضی را به خوبی مورد بررسی قرار داد. برای محاسبه آلبیدو سطحی در سنجنده‌های TM و OLI در این مطالعه از رابطه  $Albedo = 0.356 \rho_{Blue} + 0.130 \rho_{Red} + 0.373 \rho_{NIR} + 0.085 \rho_{SWIR1} + 0.072 \rho_{SWIR2} - 0.018$  (OLI و TM) تصاویر سنجنده ماهواره لندست) استفاده شد. برای بررسی پوشش گیاهی در این پژوهش، از شاخص NDVI که از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های TM و OLI به دست می‌آید، استفاده شد. این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی داشته و در مقابل اثرات جوی و زمینه خاک، به جز در مواردی که پوشش گیاهی کم باشد، حساسیت کمتری دارد. یکی دیگر از پارامترهای بسیار مهم برای بررسی تخریب اراضی، بررسی رطوبت سطحی خاک است که در این مطالعه با استفاده از تغییرات شاخص LSM مورد مطالعه قرار گرفت. در نهایت برای برآورد تخریب اراضی (LD) در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ از روش آنالیز مؤلفه‌های اولیه (PCA) بین شاخص‌های Albedo، SI، NDVI و LSM استفاده شد. ابتدا شاخص‌های مورد نظر نرمال‌سازی شدند و سپس مقدار تخریب اراضی برای هر سال برآورد گردید. به طوری که مقادیر زیاد تخریب اراضی نشان دهنده حداکثر تخریب اراضی می‌باشد.

**نتایج و بحث** بررسی روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان اصفهان

## مقدمه

تخریب اراضی یک فرآیند زیست محیطی مخرب است که به شیوه‌های مختلفی تعریف شده است. برخی از محققین آن را کاهش پتانسیل تولید اراضی و یا کاهش عملکرد اکوسیستم در دراز مدت تعریف کرده‌اند (۱۱). برخی نیز آن را تأثیر منفی فعالیت‌های انسانی بر کاهش منابع، در طول زمان، تعریف کرده‌اند (۱۸ و ۲۱). تخریب اراضی تهدید مهمی برای ثبات و امنیت اکوسیستم‌ها، به‌ویژه در مناطق مستعد فرسایش است (۲۶). عواملی مانند استفاده بی‌رویه از منابع خاک و آب، سد سازی، کاهش بارندگی و افزایش دما از جمله عواملی هستند که باعث افزایش تخریب اراضی می‌شوند. تخریب اراضی می‌تواند منجر به کاهش حاصلخیزی و بهره‌وری خاک، مهاجرت و جابه‌جایی جمعیت، ناامنی غذایی و نابودی اکوسیستم‌ها شود (۱۲). علیرغم اقدامات گسترده در زمینه مقابله با تخریب اراضی، این مشکل در دهه‌های اخیر نه تنها کاهش نیافته است، بلکه به تدریج تشدید شده است (۲۶). بنابراین، پایش تخریب اراضی و آشکارسازی ویژگی‌های آن برای مدیریت و بازیابی کیفیت اراضی ضروری است. در دهه‌های اخیر، تخریب اراضی توجه بسیاری از محققان رشته‌های مختلف را در سراسر جهان به خود جلب کرده است. امروزه از شاخص‌ها (مانند شاخص پوشش گیاهی، شاخص بیابان‌زایی و غیره) و روش‌های مختلفی برای پایش تخریب اراضی استفاده می‌شود که اساس چنین کارهایی استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و استفاده از علم سیستم اطلاعات جغرافیایی است (۵، ۱۳ و ۲۲). این مطالعات و روش‌ها، درک مکانیسم تخریب اراضی و عوامل مؤثر بر آن و همچنین یافتن راهکارهایی اساسی برای مقابله با آن را در مقیاس منطقه‌ای و جهانی تسهیل کرده است (۲۵). با این وجود، ویژگی‌ها و عوامل مؤثر بر تخریب اراضی برای هر منطقه متفاوت است، این مطالعات به دنبال ایجاد چارچوب یا شاخص ارزیابی تخریب اراضی می‌باشند، که ممکن است بر دقت ارزیابی نتایج تأثیر بگذارد (۱۴). بنابراین، انتخاب شاخص‌هایی که نمایانگر ویژگی‌های اکولوژیکی منطقه مورد ارزیابی باشند، می‌تواند

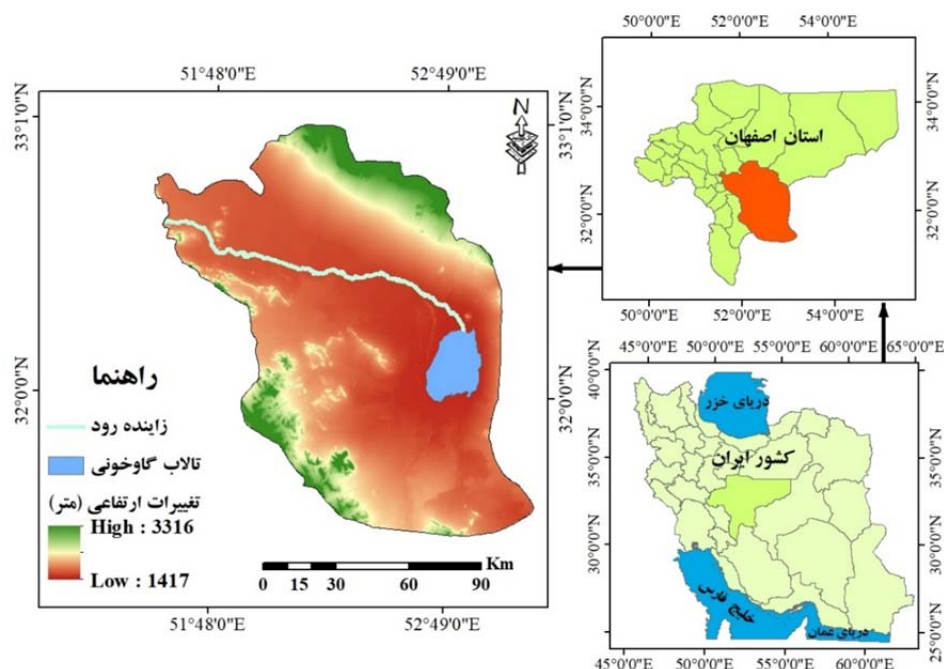
معقولیت ارزیابی تخریب اراضی را افزایش دهد. به‌عنوان مثال در مناطق شور، هنگام پایش تخریب اراضی، شاخص شوری (SI)، که اطلاعات مربوط به شوری شدن خاک را منعکس می‌کند، به‌عنوان یک فاکتور هم در نظر گرفته می‌شود (۱۵). علاوه بر این، شاخص‌هایی مانند شاخص نرمالیزه شده پوشش گیاهی (Normalized difference vegetation index (NDVI)) (۴)، آلبدو (۱۹ و ۲۸) و رطوبت خاک (۱۴)، که از داده‌های سنجش از دور استخراج می‌شوند، به‌طور گسترده‌ای برای پایش تخریب اراضی منطقه‌ای مورد استفاده قرار خواهند گرفت (۶). NDVI یکی از شاخص‌های پرکاربرد برای پایش تخریب اراضی می‌باشد، زیرا می‌تواند اطلاعات سبزی‌نگی پوشش گیاهی و اطلاعات زیست توده را به‌طور دقیق منعکس کند (۲۴). آلبدو (Albedo) سطحی ارتباط نزدیکی با تخریب پوشش گیاهی و سطح خاک دارد. افزایش آلبدو را می‌توان به‌عنوان یک شاخص غیر مستقیم برای تشخیص تخریب پوشش سطح خاک در مناطق خشک استفاده کرد (۲۱). علاوه بر این، شاخص رطوبت خاک (Land Surface Soil Moisture Index (LSM)) می‌تواند محتوای آب خاک را منعکس کند و یک شاخص کلیدی برای پایش تخریب اراضی در مناطق خشک باشد (۲۴). ترکیبی از شاخص‌های ذکر شده NDVI، SI، LSM و Albedo می‌تواند درک جامعی از تخریب اراضی در مناطق مستعد و در حال تخریب، برای مدیریت اراضی مناطق مختلف ارائه دهد (۱۴، ۲۱ و ۲۳). بنابراین، برای ارزیابی تخریب اراضی یک منطقه از لحاظ وضعیت تخریب، مجموعه‌ای از شاخص‌ها مانند پوشش گیاهی، رطوبت خاک، آلبدو بایستی مورد بررسی قرار گیرد تا بتوان جنبه‌های مختلف تخریب اراضی را به‌خوبی مطالعه قرار داد. به‌دلیل تغییرات اقلیمی، گرم شدن هوا و کاهش سطح آب زیر زمینی در اکثر اراضی شهرستان اصفهان، اراضی آن تحت تأثیر تخریب قرار گرفته و از این جهت بررسی و تعیین وضعیت اراضی آن از نظر پتانسیل تخریب اراضی و شناخت عوامل مؤثر بر تخریب اراضی این شهرستان ضروری به‌نظر می‌رسد. با توجه به اهمیت موضوع تخریب اراضی و نیاز به پایش اراضی جهت دستیابی

واقع شده است؛ موقعیت جغرافیایی آن بین طول‌های  $30^{\circ}15'$  و  $51^{\circ}30'15''$  شرقی و عرض‌های  $31^{\circ}30'15''$  و  $15^{\circ}00'33''$  شمالی قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه  $106$  میلی‌متر و میانگین دمای سالانه  $15$  درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۳). حداقل ارتفاع این شهرستان  $1417$  و حداکثر ارتفاع آن  $3316$  متر می‌باشد. شکل ۱ موقعیت استان اصفهان را در کشور ایران و موقعیت شهرستان اصفهان را در استان اصفهان نشان می‌دهد.

به درک درستی از وضعیت منطقه و به دنبال آن ایجاد مدیریت مناسب و به موقع جهت جلوگیری از گسترش تخریب، این تحقیق با هدف بررسی وضعیت تخریب اراضی شهرستان اصفهان با استفاده از مدل‌سازی شاخص‌های محیطی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای در بازه زمانی  $1400-1390$  انجام شد.

#### منطقه مورد مطالعه

شهرستان اصفهان دارای مساحت حدود  $1507$  کیلومترمربع است. این شهرستان در جنوب شرق استان اصفهان



شکل ۱. موقعیت استان اصفهان در کشور ایران و موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان

Fig. 1. Location of Isfahan province in Iran and location of the study area in Isfahan province

از تصاویر سنجنده OLI استفاده گردید و از داده‌های حاصل از بازدید میدانی، نقشه‌های موجود و اطلاعات بدست آمده از سامانه گوگل ارث به‌عنوان اطلاعات جانبی در تهیه و ارزیابی نقشه‌ها استفاده گردید. پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای در محیط نرم‌افزار ENVI صورت گرفت. به‌منظور تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی، روش طبقه‌بندی نظارت شده حداکثر احتمال بکار گرفته شد (۸). در روش حداکثر احتمال، احتمال تعداد پیکسل‌ها به هر یک از طبقات محاسبه گردید و بر اساس

#### روش تحقیق

#### نقشه‌های کاربری اراضی

در این تحقیق به‌منظور بررسی روند تغییرات کاربری اراضی در شهرستان اصفهان در سال‌های  $1390$ ،  $1395$  و  $1400$  از تصاویر ماهواره‌ای لندست استفاده شد، به طوری که برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال  $1390$  از تصاویر سنجنده TM و برای تهیه نقشه کاربری اراضی سال‌های  $1395$  و  $1400$

### برآورد شاخص‌های Albedo، SI، NDVI و LSM

پس از بررسی تغییرات کاربری اراضی با استفاده از روش حداکثر احتمال شاخص‌های شوری خاک SI و شاخص اقلیمی Albedo، شاخص پوشش گیاهی NDVI و LSM تهیه شدند. شاخص شوری خاک SI یکی از شاخص‌های اصلی ارزیابی تخریب سرزمین است (۲۰)؛ این شاخص استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای، قادر به ارزیابی شوری خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که با استفاده از رابطه ۳ محاسبه گردید.

$$SI = \sqrt{\rho_{Blue} \times \rho_{Red}} \quad [3]$$

در این رابطه؛  $\rho_{Blue}$  و  $\rho_{Red}$  به ترتیب باند قرمز و آبی در سنجنده‌های TM و OLI در ماهواره لندست می‌باشند (۱۶). شاخص آلبدو سطحی بدست آمده از داده‌های سنجش از دور یک پارامتر فیزیکی است که ویژگی‌های بازتاب سطح و طول موج‌های کوتاه خورشید را بیان می‌کند. این پارامتر فیزیکی تحت تأثیر پوشش گیاهی، رطوبت خاک و سایر شرایط سطح زمین می‌باشد. بنابراین، با بررسی تغییرات آلبدو می‌توان تغییرات در سطح زمین و نتیجه تخریب اراضی را به‌خوبی مورد بررسی قرار داد. برای محاسبه آلبدو سطح در سنجنده‌های TM و OLI در این مطالعه از رابطه ۴ استفاده شد (۲۱).

$$Albedo = 0.356 \rho_{Blue} + 0.130 \rho_{Red} + 0.373 \rho_{NIR} + 0.085 \rho_{SWIR1} + 0.072 \rho_{SWIR2} - 0.018 \quad [4]$$

در این رابطه؛  $\rho$  باند مربوط به تصاویر سنجنده TM و OLI ماهواره لندست می‌باشند

### شاخص NDVI

برای بررسی پوشش گیاهی در این پژوهش، از شاخص NDVI که از تصاویر ماهواره لندست، سنجنده‌های TM و OLI به‌دست می‌آید، استفاده شد. این شاخص بیشترین حساسیت را به تغییرات پوشش گیاهی داشته و در مقابل اثرات جوی و زمینه خاک، به‌جز در مواردی که پوشش گیاهی کم

بالاترین میزان احتمال، عمل طبقه‌بندی و اختصاص پیکسل‌ها به طبقات صورت گرفت. گام اول در انجام طبقه‌بندی نظارت شده، تعیین نوع و تعداد طبقه‌ها بود و این نوع طبقه‌بندی بر پایه پیش شناخت دقیق طبقه‌بندی‌های مورد نظر استوار بود؛ بدین منظور برای تعیین هر نوع کاربری نمونه‌های تعلیمی در طبقه‌بندی داده‌ها به‌کار برده شد (۹)، سپس تمامی کاربری‌های منطقه مورد مطالعه در چهار کاربری اراضی کشاورزی، مراتع، اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت تقسیم‌بندی شدند. در نهایت لایه‌های بدست آمده، جهت محاسبه مساحت کاربری‌ها و تهیه نقشه خروجی مناسب به نرم‌افزار ArcGIS منتقل گردید.

### ارزیابی صحت نقشه‌های پوشش اراضی

پس از طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از ماتریس خطا و محاسبه ضرایب صحت کلی (Overall Accuracy) و ضریب کاپا (Kappa coefficient) صحت تصاویر طبقه‌بندی شده مورد ارزیابی قرار گرفت. صحت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا بر تعداد پیکسل‌ها طبق رابطه ۱ محاسبه شد (۳).

$$OA = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{ii} \quad [1]$$

در این رابطه؛ OA صحت کلی، N تعداد پیکسل‌های  $\sum P_{ii}$  جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد. شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مدنظر قرار می‌دهد و صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کند. شاخص کاپا با استفاده از رابطه ۲ محاسبه گردید.

$$Kappa = \frac{P_0 - P_c}{1 - P_c} \quad [2]$$

در این رابطه؛  $P_0$  درستی مشاهده شده،  $P_c$  توافق مورد انتظار است (۷).

در این رابطه؛  $C_{xy} =$  همبستگی بین شاخص  $x$  و  $y$ ،  $S_x$  و  $S_y$  به انحراف معیار شاخص  $x$  و  $y$  می‌باشد. مقدار این شاخص بین ۱ و -۱ است.

### مدل تخریب اراضی

در این مطالعه برای برآورد تخریب اراضی (LD) در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ از روش آنالیز مؤلفه‌های اولیه (PCA) بین شاخص‌های  $SI$ ،  $Albedo$ ،  $NDVI$  و  $LSM$  استفاده شد. ابتدا با استفاده از رابطه ۹ شاخص‌های مورد نظر نرمال‌سازی شدند و سپس با استفاده از رابطه ۱۰ مقدار تخریب اراضی برای هر سال برآورد گردید. براین اساس مقادیر زیاد LD نشان دهنده حداکثر تخریب اراضی می‌باشد.

$$NI = \frac{(I - I_{min})}{(I_{max} + I_{min})} \quad [9]$$

در این رابطه؛  $NI$  شاخص نرمال شده،  $I =$  شاخص مورد نظر،  $I_{min}$  و  $I_{max}$  به ترتیب حداقل و حداکثر مقدار شاخص مورد نظر مقدار این شاخص بین ۰ تا ۱ است (۲۶).

$$LD = PCA \left[ \delta \left( Albedo, SI, NDVI, LSM \right) \right] \quad [10]$$

به منظور بررسی دقیق مقدار و تغییرات کلاس‌های مختلف بیابان‌زایی در کلاس‌های مختلفی طبقه‌بندی شد، طوری که LD در پنج طبقه بیابان‌زایی طبقه‌بندی شد که به کلاس خیلی کم (۰-۰/۲)، کم (۰/۲-۰/۴)، متوسط (۰/۴-۰/۶)، شدید (۰/۶-۰/۸) و خیلی شدید (۰/۸-۱) تقسیم بندی می‌شود (۲۲).

### نتایج

نتایج ارزیابی دقت چهار کاربری تغییرات کاربری اراضی شهرستان اصفهان در چهار کاربری اراضی کشاورزی، مراتع، اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۰ نشان داد که دقت کلی بالای ۸۹ درصد و ضریب کاپا نیز بالای ۰/۸۶ بوده که این نشان‌دهنده دقت مناسب و کافی نقشه‌های کاربری تهیه‌شده است (جدول ۱).

باشد، حساسیت کمتری دارد (۶). شاخص  $NDVI$  از طریق رابطه ۵ محاسبه می‌شود.

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad [5]$$

در این رابطه؛  $NIR$ ، بازتاب در باند فرسرخ نزدیک و  $RED$  انعکاس در باند سرخ است. مقدار این شاخص در محدوده -۱ و +۱ می‌باشد. هر چه پوشش گیاهی متراکم‌تر باشد این شاخص به سمت +۱ و هر چه پوشش گیاهی کم‌تر باشد به سمت -۱ میل می‌نماید (۷). پژوهش‌های قبلی نشان دادند که شاخص  $NDVI$  معمولاً به عنوان شاخص پوشش گیاهی، برای آنالیز وضعیت رشد پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۲).

### شاخص LSM

یکی دیگر از پارامترهای بسیار مهم برای بررسی تخریب اراضی، بررسی رطوبت سطحی خاک است که در این مطالعه با استفاده از تغییرات شاخص  $LSM$  مورد مطالعه قرار گرفت. این شاخص بر اساس رابطه‌های ۶ و ۷ برای تصاویر ماهواره  $TM$  و  $OLI$  محاسبه گردید.

$$LSM_{TM} = 0.0315\rho_{Blue} + 0.2021\rho_{Green} + 0.3102\rho_{Red} + 0.1594\rho_{NIR} - 0.5806\rho_{SWIR1} - 0.6109\rho_{SWIR2} \quad [6]$$

$$LSM_{OLI} = 0.1511\rho_{Blue} + 0.1972\rho_{Green} + 0.3283\rho_{Red} + 0.3407\rho_{NIR} - 0.7117\rho_{SWIR1} - 0.4559\rho_{SWIR2} \quad [7]$$

در این رابطه‌ها؛  $\rho$  باند مربوط به تصاویر سنجنده  $TM$  و  $OLI$  ماهواره لندست می‌باشند (۲۶).

### رابطه همبستگی بین شاخص‌های مورد بررسی

در این مرحله همبستگی پیرسون بین شاخص‌های مختلف مورد بررسی در سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ با استفاده از رابطه ۸ محاسبه گردید (۲۷).

$$r = \frac{(C_{xy})}{(S_x S_y)} \quad [8]$$

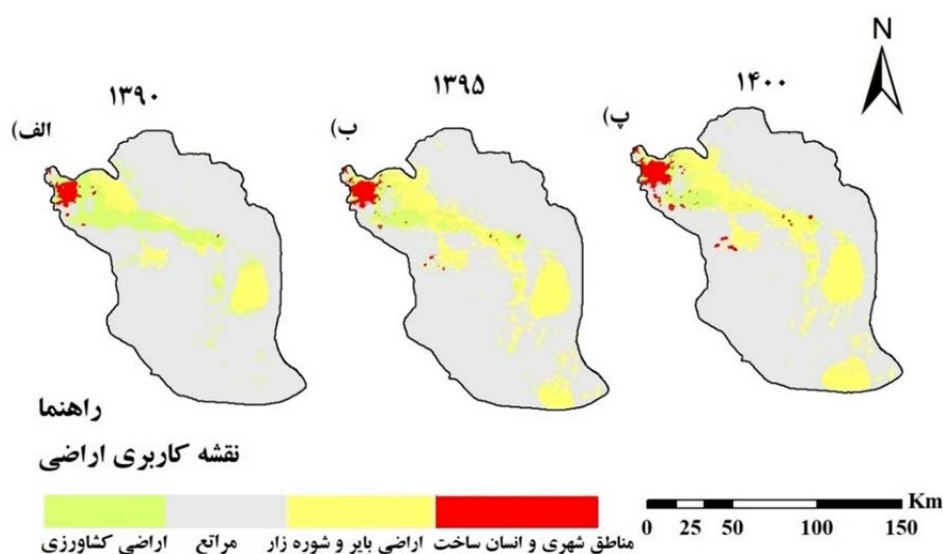
جدول ۴. ارزیابی دقت کلاس‌های کاربری‌های سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ شهرستان اصفهان

Table 4. Accuracy assessment of land use classes in the years 2011, 2016, and 2021 in the city of Isfahan

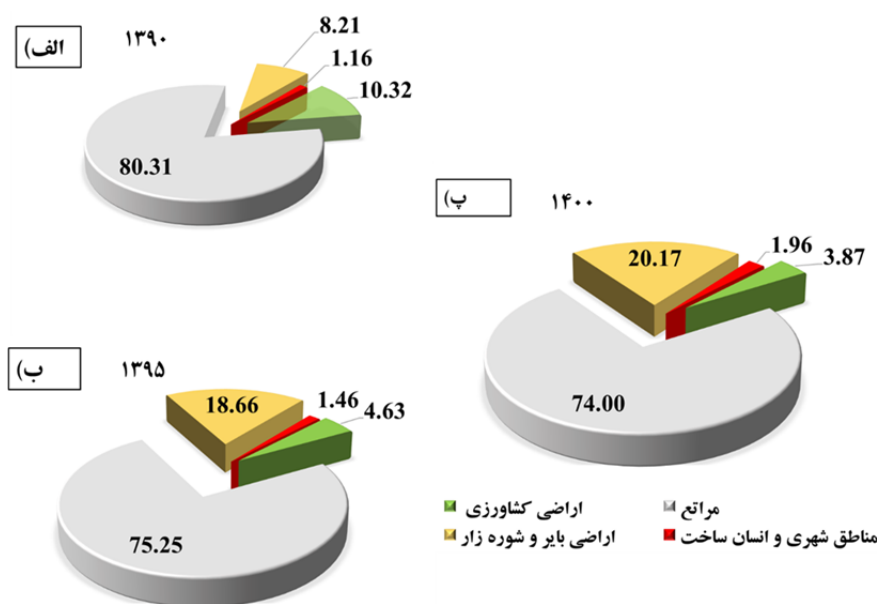
۱۴۰۰		۱۳۹۵		۱۳۹۰		سال
دقت کاربر (%)	دقت تهیه‌کننده (%)	دقت کاربر (%)	دقت تهیه‌کننده (%)	دقت کاربر (%)	دقت تهیه‌کننده (%)	کلاس کاربری
۹۱/۸۴	۸۴/۹۱	۸۷/۲	۸۷/۹۳	۹۳/۵	۸۸/۵	اراضی کشاورزی
۸۹/۲۹	۹۱/۷۴	۸۶/۱	۸۴/۴۰	۸۹/۳	۸۸/۴۶	مراتع
۹۰/۸۲	۹۲/۸۶	۹۲/۲	۹۴/۹۸	۹۰/۹	۹۲/۸۷	اراضی بایر و شوره‌زار
۹۰/۹۱	۹۶/۳۹	۹۷/۲۲	۸۵/۸۰	۸۹/۷	۹۵/۸۹	مناطق شهری و انسان ساخت
۹۰/۶۶		۸۹/۴۳		۹۰/۹۶		دقت کلی (%)
۰/۸۸		۰/۸۶		۰/۸۸		ضریب کاپا

۱۳۹۵-۱۴۰۰ اراضی کشاورزی و مراتع به ترتیب ۰/۷۵ و ۱/۲۵ درصد کاهش و اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت ۱/۵۱ و ۰/۵ درصد افزایش نشان داده‌اند. همچنین در باز زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۰ اراضی کشاورزی و مراتع به ترتیب کاهش ۶/۴۵ و ۶/۳۲ درصدی و کاربری‌های اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق مسکونی و انسان ساخت به ترتیب افزایش ۱۱/۹۶ و ۰/۸ درصدی داشتند.

بررسی روند تغییرات کاربری اراضی شهرستان اصفهان در چهار کاربری اراضی کشاورزی، مراتع، اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۰ در شکل ۲ و ۳ آورده شده است. براساس این نتایج بین سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ اراضی کشاورزی و مراتع به ترتیب ۵/۷ و ۵/۰۶ درصد کاهش داشت؛ در حالی که اراضی بایر و شوره‌زار و مناطق شهری و انسان ساخت به ترتیب ۱۰/۴۵ و ۱/۵۱ درصد افزایش داشتند. از طرفی، در بازه زمانی



شکل ۲. نقشه کاربری سال‌های (الف) ۱۳۹۰، (ب) ۱۳۹۵ و (پ) ۱۴۰۰  
Fig. 2. Land use map of the years (a) 2011, (b) 2016 and (c) 2021



شکل ۳. درصد مساحت کاربری سال‌های (الف) ۱۳۹۰، (ب) ۱۳۹۵ و (پ) ۱۴۰۰  
 Fig. 3. Percentage of land use area for the years (a) 2011, (b) 2016 and (c) 2021

و ۰/۵۸ همبستگی منفی در حالی که با LSM با ۰/۸ همبستگی مثبت نشان داد. همچنین بین LSM و SI با ۰/۹۲ همبستگی منفی دیده شده است. از طرفی دیگر بین SI، Albedo و LSM به ترتیب با ۰/۹۲ و ۰/۸۵ همبستگی مثبت و منفی وجود داشت. در سال ۱۴۰۰ نیز همبستگی بین شاخص NDVI با شاخص‌های SI و Albedo به ترتیب با ۰/۷۸ و ۰/۷۶ همبستگی منفی مشاهده شد در حالی که با LSM با ۰/۷۶ همبستگی مثبت نشان داده است. همچنین بین LSM و SI با ۰/۸۶ همبستگی منفی دیده شده است. از طرفی دیگر بین SI و Albedo و LSM به ترتیب با ۰/۹۵ و ۰/۹۸ همبستگی مثبت و منفی برقرار بوده است.

بررسی همبستگی بین شاخص‌های NDVI، SI، LSM و Albedo در بازه زمانی ۱۴۰۰-۱۳۹۰  
 بررسی همبستگی بین شاخص‌های NDVI، SI، LSM و Albedo در بازه زمانی ۱۰ ساله مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. براساس نتایج حاصل از این جدول، در سال ۱۳۹۵ همبستگی بین شاخص NDVI با شاخص‌های SI و Albedo به ترتیب با ۰/۶۷ و ۰/۶۵ همبستگی منفی در حالی که با LSM با ۰/۶۳ همبستگی مثبت نشان داده است. همچنین بین LSM و SI با ۰/۹۷ همبستگی منفی دیده شده است. از طرفی نیز بین SI، Albedo و LSM به ترتیب با ۰/۸۸ و ۰/۸۷ همبستگی مثبت و منفی برقرار بوده است. در سال ۱۳۹۵ نیز همبستگی بین شاخص NDVI با شاخص‌های SI و Albedo به ترتیب با ۰/۷۵



جدول ۱. همبستگی بین شاخص‌های NDVI، SI، LSM و Albedo در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۴۰۰

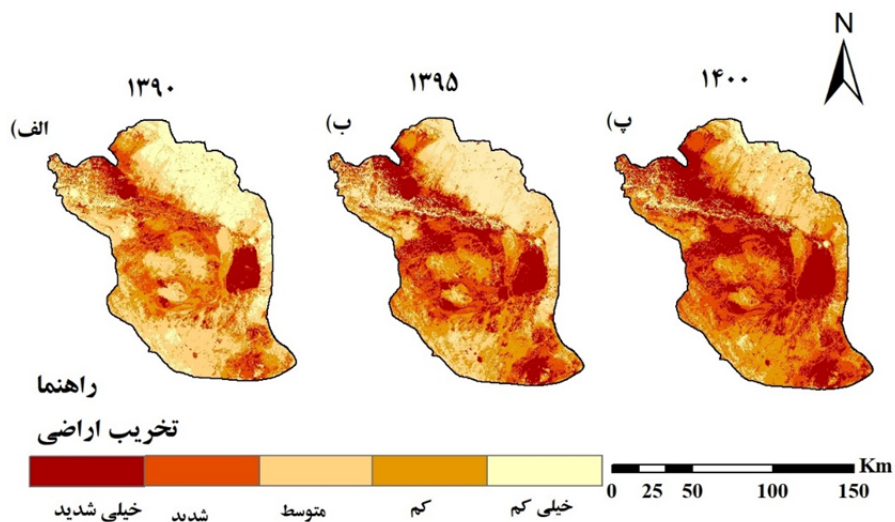
Table 1. Correlation between NDVI, SI, LSM and Albedo indices in the period of 2011-2021

سال	شاخص	NDVI	SI	LSM	Albedo
۱۳۹۰	NDVI	۱			
	SI	-۰/۶۷	۱		
	LSM	۰/۶۳	-۰/۹۷	۱	
	Albedo	-۰/۶۵	۰/۸۸	-۰/۸۷	۱
۱۳۹۵	NDVI	۱			
	SI	-۰/۷۵	۱		
	LSM	۰/۸	-۰/۹۲	۱	
	Albedo	-۰/۵۸	۰/۹۲	-۰/۸۵	۱
۱۴۰۰	NDVI	۱			
	SI	-۰/۷۸	۱		
	LSM	۰/۷۶	-۰/۸۶	۱	
	Albedo	-۰/۷۶	۰/۹۵	-۰/۹۸	۱

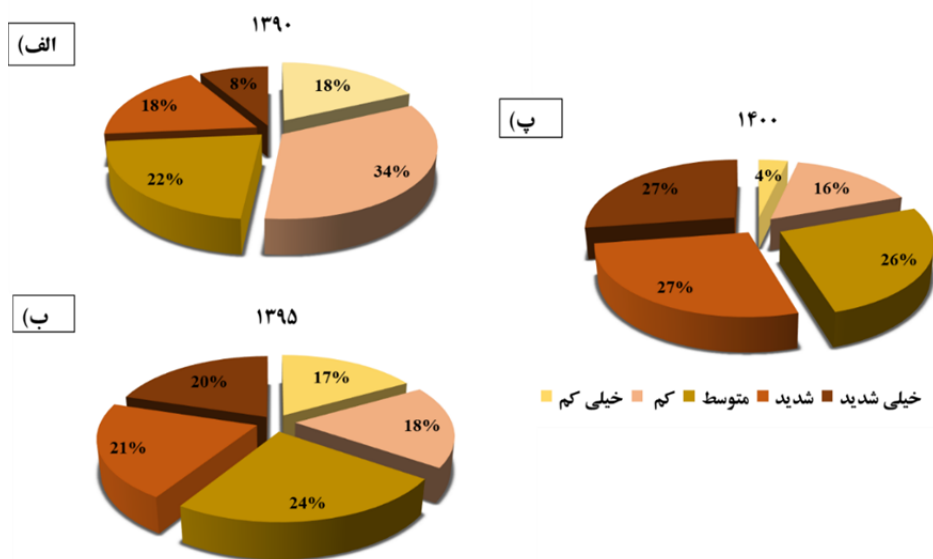
#### بررسی روند تغییرات کلاس‌های تخریب اراضی

نتایج حاصل از بررسی تغییرات کلاس‌های مختلف تخریب اراضی در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۴۰۰ در شکل ۴ و ۵ ارائه شده است. براساس نتایج بدست آمده، در سال ۱۳۹۰، بیشترین درصد مساحت، متعلق به کلاس‌های خیلی کم، کم و متوسط با ۷۳/۵۳ می‌باشد؛ در سال ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰، بیشترین درصد مساحت، متعلق به کلاس‌های متوسط، زیاد و خیلی زیاد با ۶۵/۳۵ و ۸۰/۵۹ درصد است. براساس شکل‌های ۴ و ۵، بین سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۹۵ مساحت کلاس‌های خیلی کم و کم به ترتیب حدود ۱/۲۴ و ۱۵/۸۴ بود در حالی که مساحت

کلاس‌های متوسط، شدید و خیلی شدید به ترتیب حدود ۲/۵۳، ۲/۹۱ و ۱۱/۶۵ درصد افزایش داشته‌اند. در بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۴۰۰ کلاس‌های خیلی کم و کم به ترتیب حدود ۱۳/۰۹ و ۲/۱۲ درصد کاهش و کلاس‌های متوسط، شدید و خیلی شدید به ترتیب ۱/۶۲، ۶/۳۸ و ۷/۲۱ درصد افزایش یافته‌اند. بررسی تغییرات کلاس‌های مختلف در بازه زمانی ۱۳۹۰-۱۴۰۰ نیز نشان داد که کلاس‌های خیلی کم و کم تخریب اراضی به ترتیب ۱۴/۳۴ و ۱۷/۹۶ درصد کاهش داشت این در حالی است که کلاس‌های متوسط، زیاد و خیلی زیاد به ترتیب حدود ۴/۱۵، ۹/۲۹ و ۱۸/۸۶ درصد افزایش نشان دادند.



شکل ۴. تغییرات کلاس‌های مختلف تخریب اراضی را در سال‌های (الف) ۱۳۹۰، (ب) ۱۳۹۵ و (پ) ۱۴۰۰  
 Fig. 4. Changes of different land degradation classes in the years (a) 2011, (b) 2016 and (c) 2021



شکل ۵. تغییرات درصد مساحت کلاس‌های مختلف تخریب اراضی را در سال‌های (الف) ۱۳۹۰، (ب) ۱۳۹۵ و (پ) ۱۴۰۰  
 Fig. 5. Changes in the percentage of area of different land degradation classes in the years (a) 2011, (b) 2016 and (c) 2021

دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی برای توصیف و درک تغییرات فعال در چشم اندازها بسیار کارآمد است (۱۷). سنجنش از دور یک ابزار کارآمد و مفید برای تشخیص، نقشه برداری و پایش تخریب و مشکلات حاصل از آن می‌باشد. در این مطالعه، برای برآورد تخریب اراضی، بعد از بررسی روند تغییرات کاربری شهرستان اصفهان، از شاخص‌های مختلف

### بحث و نتیجه‌گیری

روش‌های مختلفی برای تخمین تخریب اراضی ارائه شده است. ارزیابی کمی تخریب اراضی به عوامل متفاوتی وابسته بوده و به داده‌ها و اطلاعاتی مختلفی نیازمند می‌باشد؛ از جمله این داده‌ها می‌توان به شرایط خاک، اقلیم، کاربری زمین، توپوگرافی و غیره اشاره کرد (۱). امروزه استفاده از سنجنش از

نشان دهنده افزایش بیابانزایی در شهرستان اصفهان است که این امر حاصل از تغییرات کاربری مخصوصاً تبدیل اراضی مرتع به اراضی کشاورزی و همچنین خشکسالی‌های مکرر و خشک شدن رودخانه زاینده رود که عامل رها کرد اراضی کشاورزی و تبدیل آنها به اراضی بایر و شورزار می‌باشد (۱۰). از طرفی با خشکی هوا، خشکسالی‌های مکرر و مدیریت نامناسب آب ورودی به زاینده‌رود به شدت کاهش یافته به طوری که دبی ثبت شده در ایستگاه ورزنه در سال آبی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ به ۰/۰۳ متر مربع در ثانیه رسیده است (۱۷)، که این خود باعث شور شدن خاک و افزایش غیر قابل استفاده شدن اراضی مرغوب این شهرستان شده است. همچنین در پایین دست رودخانه زاینده رود تالاب گاوخونی قرار دارد که یکی تالاب‌های مهم کشور ایران است و با توجه به کاهش آب ورودی بسترهای اطراف آن به اراضی بایر و شورزار تبدیل شده که خود نشان دهنده افزایش بیابانی شدن این تالاب است (۱۶). نتایج تحقیق حاضر بیان داشت که اراضی بایر و شوره زار از سال ۱۳۹۲ تا ۱۴۰۰ حدود ۱۱/۹۶ درصد افزایش داشته که به طور کامل تالاب گاوخونی را شامل می‌شود که نتایج تحقیق انجام شده توسط خسروشاهی و همکاران (۱۷)، تایید کننده این نتایج است، براساس نتایج تحقیق آنها روند خشک شدن تالاب گاوخونی از سال ۱۳۷۲ که حدود ۸۹ درصد آن پوشیده از آب بوده است و در سال ۱۳۹۲ حدود ۹۰ درصد و در سال ۱۳۹۸ این تالاب کاملاً خشک شده است، همچنین بیان داشتند که، خشک شدن این تالاب یکی از پدیده‌های اصلی تخریب اراضی و بیابانزایی و یکی از منشأهای اصلی طوفان‌های گرد و غبار در شهرستان اصفهان و مناطق اطراف آن است. بنابراین، با استفاده از شاخص‌های برآورد شده از تصاویر سنجش دور، می‌تواند با دقتی مناسب روند تخریب و بیابانزایی را پیش کرد و اقدامات لازم برای مقابله با این پدیده مخرب را در دستور کار قرار داد.

LSM، SI، NDVI و Albedo حاصل از تصاویر ماهواره لندست ۸ و ۵ برای سال‌های ۱۳۹۰، ۱۳۹۵ و ۱۴۰۰ استفاده شد. بررسی روند تغییرات کاربری اراضی نشان داد که در این بازه زمانی ۱۰ ساله، روند تخریب اراضی کشاورزی و مراتع، کاهش یافته و اراضی بایر و شورزار و همچنین مناطق شهری و انسان ساخت در حال افزایش بود. بین سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰ اراضی مرتعی و کشاورزی به ترتیب از ۱۶۲۱ به ۶۰۸ کیلومترمربع رسیده است. بنابراین، زوال پوشش گیاهی در این شهرستان واضح است. براساس نتایج حاصل از تحقیق جعفری و هاشمی‌نسب (۱۳) در بازه زمانی ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۳ اراضی کشاورزی حاشیه زاینده رود افزایش یافته که این افزایش اراضی کشاورزی بر اثر افزایش تغییر کاربری مرتع به اراضی کشاورزی بوده است. از طرفی، نتایج ما نشان داد که در این بازه زمانی اراضی بایر روند افزایشی داشت، به گونه‌ای که از ۱۲۸۸ در سال ۱۳۹۰ به ۳۱۶۹ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ رسید، همچنین مناطق شهری و انسان ساخت نیز روندی افزایشی داشته و در این بازه ۱۰ ساله از ۱۸۲ به ۳۰۸ کیلومترمربع رسیده است. نتایج سراسر سراسر و اسدی (۳) نیز گویا این واقعیت است که در بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۸ در شهرستان اصفهان، مناطق کویری و آیش و همچنین مناطق مسکونی افزایش داشته است. افزایش مناطق کویری و آیش به دلیل خشکسالی و خشک شدن زاینده رود و به دنبال آن رها کردن اراضی کشاورزی و زراعی می‌باشد. بررسی تغییرات کلاس‌های بیابانزایی نشان داد که در بازه زمانی مورد مطالعه، کلاس‌های متوسط، شدید و خیلی شدید بیابانزایی افزایش یافته به طوری که مساحت زمین‌های بیابانی به ترتیب از ۳۴۲۸، ۲۸۱۷ و ۱۳۴۰ در سال ۱۳۹۰ به ۴۰۷۹، ۴۲۷۶ و ۴۳۰۲ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ افزایش یافته است. کلاس‌های کم و خیلی کم نیز از ۲۸۲۶ و ۵۲۹۵ در سال ۱۳۹۰ به ۵۷۴ و ۲۴۷۵ کیلومترمربع در سال ۱۴۰۰ رسیده است. این تغییرات

## References

1. AbdelRahman MA, Natarajan A, Hegde R. 2016. Assessment of land suitability and capability by integrating remote sensing and GIS for agriculture in Chamarajanagar district, Karnataka, India. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 19(1): 125-141. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2016.02.001>.
2. Ahmadaali K, Eskandari Damaneh H, Ababaei B, Eskandari Damaneh H. 2021. Impacts of droughts on rainfall use efficiency in different climatic zones and land uses in Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 14: 1-15. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-06389-1>.
3. Asghari Sarasekanrood S, Asadi B. 2021. Analysis of land use changes and their effects on the creation of thermal islands in Isfahan City. *The Journal of Geographical Research on Desert Areas*, 8(2): 217-246. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.2345332.1399.8.2.9.6>. (In Persian).
4. Bai ZG, Dent DL, Olsson L, Schaepman ME. 2008. Proxy global assessment of land degradation. *Soil Use and Management*, 24(3): 223-234. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00169.x>.
5. Cheng W, Xi H, Sindikubwabo C, Si J, Zhao C, Yu T, Li A, Wu T. 2020. Ecosystem health assessment of desert nature reserve with entropy weight and fuzzy mathematics methods: A case study of Badain Jaran Desert. *Ecological Indicators*, 119: 106843. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106843>.
6. Damaneh HE, Gh Z, Salajeghe A, Ghorbani M, Khosravi H. 2018. Assessing the effect of land use changes on groundwater quality and quantity (Case study: west basin of Jazmoryan wetland). *Journal of Range and Watershed Management*, 71(3): 563-578. (In Persian).
7. Eskandari Damaneh H, Eskandari Damaneh H, Khosravi H, Gholami H. 2019. Analysis and monitoring of drought using NDVI index (Case study: the west basin of Jaz Murian wetland). *Rangeland*, 13(3): 461-475. <http://rangelandsrm.ir/article-1-785-en.html>. (In Persian).
8. Eskandari Damaneh H, Jafari M, Eskandari Damaneh H, Behnia M, Khorani A, Tiefenbacher JP. 2021. Testing possible scenario-based responses of vegetation under expected climatic changes in Khuzestan Province. *Air, Soil and Water Research*, 14: 1-17. <https://doi.org/10.1177/11786221211013332>.
9. Eskandari Damaneh H, Jafari R, Soltani S. 2018. Assessment of land degradation indices obtained from remote sensing data. *Desert Management*, 5(10): 43-56. (In Persian).
10. Eskandari Damaneh H, Zehtabian G, Khosravi H, Azarnivan H, Barati A. 2020. Investigation of vegetation changes trend affected by drought in arid and semi-arid regions using remote sensing technique (Case study: Hormozgan province). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 9(28): 25-34. (In Persian).
11. Foster RH. 2006. Methods for assessing land degradation in Botswana. *Earth and Environment*, 1: 238-276.
12. Gisladottir G, Stocking M. 2005. Land degradation control and its global environmental benefits. *Land degradation & development*, 16(2): 99-112. <https://doi.org/10.1002/ldr.687>.
13. Jafari R, Hasheminasab S. 2017. Assessing the effects of dam building on land degradation in central Iran with Landsat LST and LULC time series. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189: 1-15. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-5792-y>.
14. Jiang L, Bao A, Jiapaer G, Guo H, Zheng G, Gafforov K, Kurban A, De Maeyer P. 2019. Monitoring land sensitivity to desertification in Central Asia: Convergence or divergence? *Science of the Total Environment*, 658: 669-683. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.152>.
15. Khan NM, Sato Y. 2001. Environmental land degradation assessment in semi-arid Indus basin area using IRS-1B LISS-II data. In: *IGARSS 2001. Scanning the Present and Resolving the Future. Proceedings. IEEE 2001 International Geoscience and Remote Sensing Symposium (Cat. No. 01CH37217)*. IEEE, pp 2100-2102. <https://doi.org/2110.1109/IGARSS.2001.977916>.
16. Khedri Gharibvand L, Ghahrudi Tali M, Sabokkhiz F, Sepehr A. 2018. Investigation of evolution in Gavkhouni wetland muddy zones by using fractal model. *Geography and Environmental Planning*, 29(2): 113-128. <https://doi.org/10.22108/GEP.2018.98241.0>. (In Persian).
17. Khosroshahi M, Ebrahimi Khusfi Z, Gohardoust A, Lotfi Nasab Asl S, Dargahian F, Zenouzi L. 2020. Monitoring the physical surface changes of the Gavkhoni Wetland and its relation with dust and its surrounding sand dunes activity. *Desert Management*, 8(15): 139-160. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2020.44935>. (In Persian).
18. Kouchookos N, Smith R, Gleason A, Thenkabail P, Hole F, Barkoudah Y, Albert J, Gluhosky P, Foster J. 1997. Monitoring the distribution, use, and regeneration of natural resources in semi-arid Southwest Asia. *Proceedings of the Transformations of Middle Eastern Natural*

- Environments: Legacies and Lessons, Oct: 467-491.
19. Liang S, Shuey CJ, Russ AL, Fang H, Chen M, Walthall CL, Daughtry CS, Hunt Jr R. 2003. Narrowband to broadband conversions of land surface albedo: II. Validation. *Remote Sensing of Environment*, 84(1): 25-41. [https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00068-8](https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00068-8).
  20. Luo L, Ma W, Zhuang Y, Zhang Y, Yi S, Xu J, Long Y, Ma D, Zhang Z. 2018. The impacts of climate change and human activities on alpine vegetation and permafrost in the Qinghai-Tibet Engineering Corridor. *Ecological Indicators*, 93: 24-35. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.067>.
  21. Mariano DA, dos Santos CA, Wardlow BD, Anderson MC, Schiltmeyer AV, Tadesse T, Svoboda MD. 2018. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. *Remote Sensing of Environment*, 213: 129-143. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.04.048>.
  22. Shan W, Jin X, Ren J, Wang Y, Xu Z, Fan Y, Gu Z, Hong C, Lin J, Zhou Y. 2019. Ecological environment quality assessment based on remote sensing data for land consolidation. *Journal of Cleaner Production*, 239: 118126. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118126>.
  23. Sommer S, Zucca C, Grainger A, Cherlet M, Zougmore R, Sokona Y, Hill J, Della Peruta R, Roehrig J, Wang G. 2011. Application of indicator systems for monitoring and assessment of desertification from national to global scales. *Land Degradation & Development*, 22(2): 184-197. <https://doi.org/10.1002/ldr.1084>.
  24. Symeonakis E, Karathanasis N, Koukoulas S, Panagopoulos G. 2016. Monitoring sensitivity to land degradation and desertification with the environmentally sensitive area index: The case of lesvos island. *Land Degradation & Development*, 27(6): 1562-1573. <https://doi.org/10.1002/ldr.2285>.
  25. Yang C, Li Q, Chen J, Wang J, Shi T, Hu Z, Ding K, Wang G, Wu G. 2020. Spatiotemporal characteristics of land degradation in the Fuxian Lake Basin, China: Past and future. *Land Degradation & Development*, 31(16): 2446-2460. <https://doi.org/10.1002/ldr.3622>.
  26. Yu T, Jiapaer G, Bao A, Zheng G, Jiang L, Yuan Y, Huang X. 2021. Using synthetic remote sensing indicators to monitor the land degradation in a salinized area. *Remote Sensing*, 13(15): 2851. <https://doi.org/10.3390/rs13152851>.
  27. Zhang F, Yushanjiang A, Jing Y. 2019. Assessing and predicting changes of the ecosystem service values based on land use/cover change in Ebinur Lake Wetland National Nature Reserve, Xinjiang, China. *Science of the Total Environment*, 656: 1133-1144. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.444>.
  28. Zhao Y, Wang X, Novillo CJ, Arrogante-Funes P, Vázquez-Jiménez R, Berdugo M, Maestre FT. 2019. Remotely sensed albedo allows the identification of two ecosystem states along aridity gradients in Africa. *Land Degradation & Development*, 30(12): 1502-1515. <https://doi.org/10.1002/ldr.3338>.



## Assessment of land degradation using Landsat satellite data in the period 2011-2021 (Case Study: Isfahan city)

Hadi Eskandari Damneh, Hamed Eskandari Damaneh, Hasan Khosravi, Meysam Cheraghi, Mohsen Adeli Sardooei

Received: 15 October 2021 / Received in revised form 29 November 2021 / Accepted: 12 December 2021  
Available online 12 December 2021 / Available print 21 March 2023

### Abstract

**Background and Objective** Land degradation is one of the destructive phenomena that threaten the stability and security of ecosystems, especially in arid areas. Land degradation can lead to reduced soil fertility and productivity, population migration and displacement, food insecurity, and ecosystem destruction. Despite widespread efforts to combat land degradation, this problem has not only not diminished in recent decades but has gradually intensified. Therefore, monitoring land degradation and revealing its characteristics is essential for land management and recovery, and this monitoring in arid areas facilitates proper management and control of this phenomenon. Monitoring of land degradation in these areas is possible using remote

sensing data so that this science will be widely used to monitor land degradation in areas. Considering the importance of land degradation and the need for land monitoring, this study was performed to understand the degradation situation in Isfahan city properly. Also, this study tries to create appropriate and timely management for the spread of degradation using modeling of environmental indicators obtained from satellite data in the period 2011-2021.

**Materials and Methods** In this study, Landsat satellite imagery, TM, and OLI sensors were used to study the trend of land-use change. In addition, the data from field visits were also used as ancillary information. Satellite images were processed and analyzed in ENVI software environment. The supervised maximum classification method was used to prepare a map of land-use changes. Then, all land uses in the study area were divided into agricultural lands, rangelands, barren and saline lands, and urban and man-made areas. Finally, the obtained layers were transferred to ArcGIS software to calculate the land use area and prepare a suitable output map. After investigating land-use changes, SI soil salinity indices and Albedo climatic index, NDVI, and the LSM vegetation index were designed using the maximum likelihood method. SI soil salinity index is one of the main indicators of land degradation assessment. This index extracted from satellite images can assess soil salinity in arid and semi-arid regions, calculated using Equation  $SI = \sqrt{(\rho_{Blue} \times \rho_{Red})}$  ( $\rho_{Blue}$  and  $\rho_{Red}$  are the red and blue bands on the TM and OLI sensors,

H. Eskandari Damneh<sup>1</sup>, H. Eskandari Damneh<sup>2</sup>,  
H. Khosravi<sup>3</sup>, M. Cheraghi<sup>4</sup>, M. Adeli Sardooei<sup>2</sup>

1. PhD. of Combating Desertification, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Hormozgan, Hormozgan, Iran
2. PhD. of Combating Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Department of Arid and Mountainous Regions Reclamation, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran
4. PhD. Student of Soil Science and Engineering, Faculty of Agricultural, University of Tehran, Tehran, Iran
5. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Jiroft, Jiroft, Iran

e-mail: [hakhosravi@ut.ac.ir](mailto:hakhosravi@ut.ac.ir)

<https://doi.org/10.30495/GIRS.2023.686944>

<https://dorl.net/dor/20.1001.1.26767082.1402.14.1.5.0>

respectively). The surface albedo index obtained from remote sensing data is a physical parameter that expresses the sun's surface reflection characteristics and short wavelengths. This physical parameter is affected by vegetation, soil moisture, and other surface conditions. Therefore, by studying the changes in Albedo, it is possible to look at the changes in the ground surface and the result of land degradation. Equation  $Albedo = 0.356 \rho_{Blue} + 0.130 \rho_{Red} + 0.373 \rho_{NIR} + 0.085 \rho_{SWIR1} + 0.072 \rho_{SWIR2} - 0.018$  (The  $\rho$  band corresponds to the Landsat TM and OLI sensor images) was used to calculate the surface albedo in TM and OLI sensors in this study. The NDVI index, which is obtained from Landsat satellite images, TM and OLI sensors, was used to study the vegetation in this study. This index is most sensitive to changes in vegetation and is less susceptible to the effects of climate and soil, except in cases where vegetation is low. Another important parameter for land degradation is soil moisture content, which was studied using changes in the LSM index. Finally, the primary component analysis (PCA) method between Albedo, SI, NDVI, and LSM indices was used to estimate land degradation (LD) in 2011, 2016, and 2021. First, the desired indicators were normalized, and then the amount of land degradation for each year was estimated. So that large amounts of land degradation indicate the maximum land degradation.

**Results and Discussion** The trend of land-use changes in Isfahan city in four uses of agricultural lands, rangelands, barren and saline lands, and urban and man-made areas in the period of 2011-2021 showed that between 2011-2016, agricultural lands and rangelands have decreased by 5.7 and 5.06, respectively. In contrast, barren and saline lands and urban and man-made areas increased by 10.45% and 1.51%, respectively. On the other hand, from 2016 to 2021, agricultural lands and rangelands have decreased by 0.75 and 1.25 percent, respectively, and barren and salty lands, urban and man-made areas have increased by 1.51 and 0.5 percent, respectively. Also, from 2011 to 2021, agricultural lands and rangelands decreased by 6.45 and 6.32 percent,

respectively, and land use of barren and salty lands, urban and man-made areas increased by 11.96 and 0.8 percent, respectively. The study of the trend of land use changes showed that in this period of 10 years, the trend of destruction of agricultural lands and rangelands was decreasing, and barren and saline land and urban and man-made areas were increasing. The changes in desertification classes showed that the medium, high, and very high desertification classes have increased. The area of desert lands rose from 3428, 2817, and 1340 in 2011 to 4079, 4276, and 4302  $Km^2$  in 1400, respectively. Low and very low classes have changed from 2826 and 5295 in 2011 to 574 and 2475  $Km^2$  in 2021. These changes indicate an increase in desertification in Isfahan, which is due to land-use changes, especially the conversion of rangelands into agricultural lands and frequent droughts and drying of the Zayanderud River, which abandoned agricultural lands and turned them into barren and salty lands. On the other hand, with the dryness of the air, frequent droughts, and drying of the Zayanderud River, the soil moisture has decreased, which has caused salinization of the soil and increased unusable quality lands of this city. Also downstream of the Zayanderud River is Gavkhoni Wetland, one of the most important wetlands in Iran. Due to the reduction of incoming water, the surrounding beds have become barren and saline lands, which indicates the increasing desertification of this wetland.

**Conclusion** It can be concluded that by using the indicators estimated from remote sensing images, it is possible to monitor the destruction and desertification process with reasonable accuracy and put the necessary measures to deal with this destructive phenomenon on the agenda. In this study, the process of land degradation in Isfahan city was estimated over time, based on which the necessary programs and policies can be applied to deal with this phenomenon.

**Keywords:** Desertification, Soil salinity, Climate change, Degradation process