

مقاله پژوهشی

بررسی روند تغییرات شاخص NDVI حاصل از تصاویر سنجنده مودیس (مطالعه موردی: استان اصفهان)

سروه داروند^۱، حسن خسروی^۲، هادی اسکندری دامنه^۳ و حامد اسکندری دامنه^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
۲- دانشیار، گروه مدیریت و کنترل بیابان، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران، (نویسنده مسوول: hakhosravi@ut.ac.ir)
۳- دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی هرمزگان، دانشگاه هرمزگان، ایران
۴- دانشجوی دکتری بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران
تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۱/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۱۷
صفحه: ۶۹ تا ۷۹

چکیده

هدف از مطالعه حاضر بررسی تغییرات شاخص NDVI با استفاده از داده‌های سنجنده MODIS در استان اصفهان است. در راستای این هدف، تصاویر ۱۶ روزه شاخص پوشش گیاهی NDVI سنجنده مودیس برای سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ استفاده شد و تجزیه و تحلیل دقیق پوشش گیاهی استان اصفهان و شهرستان‌های خور و بیابانک، آران و بیدگل، اصفهان، سمیرم و فریدون‌شهر شاخص NDVI در چهار طبقه (۰/۱-، ۰/۲-، ۰/۳- و ۰/۴+) طبقه‌بندی و سپس روند تغییرات این کلاس‌ها در این بازه زمانی ۱۰ ساله مورد بررسی قرار گرفت. بررسی تغییرات شاخص NDVI نشان داد که کلاس‌های (۰/۱- و ۰/۲-) روند افزایشی داشته به‌طوری‌که به‌ترتیب از ۶۲/۹۳، ۳۲/۶۵ درصد در سال ۲۰۱۰ به ۶۹/۶۹، ۲۷/۶۳ در سال ۲۰۲۰ رسیده است و کلاس‌های (۰/۳- و ۰/۴+) در بازه زمانی مد نظر روند کاهشی داشته به‌طوری‌که از ۳/۶۹ و ۰/۷۴ در سال ۲۰۱۰ به ۲/۱۹ و ۰/۴۹ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده است. بررسی شاخص NDVI در شهرستان فریدون‌شهر و اصفهان و سمیرم و شهرستان خور و بیابانک نشان داد کلاس‌ها ۰/۱- و ۰/۲- در حال افزایش و کلاس‌های ۰/۳- و ۰/۴+ در حال کاهش می‌باشند. اما در شهرستان آران و بیدگل کلاس‌های NDVI ۰/۳- و ۰/۴+ در حال افزایش و کلاس‌های ۰/۱- و ۰/۲- در حال کاهش می‌باشند. این شاخص در حال کاهش هستند که علت آن را می‌توان به افزایش وسعت اراضی کشاورزی نسبت داد. میزان تخریب پوشش گیاهی در شهرستان سمیرم و فریدون‌شهر شدت بیشتری داشته است که علت آن را می‌توان نابودی مراتع و جنگل‌ها بر اثر تغییر کاربری و استفاده نادرست و بی‌رویه از این مناطق دانست. با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان روند تغییرات پوشش گیاهی در مناطق مختلف استان اصفهان را مورد بررسی قرار داد و متناسب با آن، سیاست‌ها و برنامه‌ریزی‌های مناسب را در استفاده از پوشش گیاهی اتخاذ نمود.

واژه‌های کلیدی: استان اصفهان، پوشش گیاهی، تخریب اراضی، سنجش از دور، مودیس، NDVI

مقدمه

کلروفیل موجود در ساختار گیاهان می‌تواند نور قرمز را جذب و لایه مزوفیل برگ نور مادون قرمز نزدیک را منعکس سازد، استوار است. شاخص NDVI احتمالاً رایج‌ترین شاخص پوشش گیاهی برای ارزیابی مقدار و شرایط پوشش گیاهی باشد که به‌شدت تحت تأثیر شرایط اقلیمی می‌باشد، به‌طوری‌که این تأثیر در مناطق خشک و نیمه‌خشک شدیدتر است (۲۶). بنابراین از این شاخص می‌توان به عنوان عاملی برای بررسی تغییرات اقلیمی و تخریب اراضی استفاده کرد (۶، ۲۲، ۳۴).

تاکنون مطالعات زیادی در رابطه با بررسی تراکم و تغییرات پوشش گیاهی، به‌عنوان فاکتور مناسب نشان‌دهنده تخریب، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای و شاخص‌های مختلف پوشش گیاهی به‌خصوص NDVI شده است.

شفیعی و حسینی (۳۰) با استفاده از داده‌های ماهواره لندست به بررسی پوشش گیاهی در استان سیستان در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ پرداختند و به این نتیجه رسیدند که سطح پوشش گیاهی در سال ۲۰۰۶ نسبت به سال ۱۹۹۰ کاهش یافته است. مختاری و همکاران (۲۱) در مطالعه‌ای در اصفهان با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست TM، درصد

تخریب اراضی یک فرآیند منفی اکولوژیکی است که توسط محققان زیادی با استفاده از روش‌های متفاوت، تعریف شده است. فوستر تخریب اراضی را معادل کاهش پتانسیل تولید زمین تعریف کرده (۱۲) در حالی‌که بیا و همکارانش آن را معادل کاهش عملکرد اکوسیستم در درازمدت تعریف کرده‌اند (۳). استوکینگ و مارناگان^۱ نیز تخریب را معادل کاهش منابع در نتیجه تأثیر منفی فعالیت‌های انسان در طول زمان دانسته‌اند (۳۲). با وجود این تفاوت‌ها، تمامی این تعاریف در این مسئله که تخریب اراضی باعث کاهش ظرفیت منابع زمین برای برطرف کردن نیازهای اکوسیستم می‌شود، مشترک است.

روش‌های مختلفی برای ارزیابی تخریب پوشش گیاهی در مقیاس زمانی و مکانی مختلف وجود دارد (۲۲، ۳۱). سنجش از دور به‌عنوان یک ابزار کارآمد و قدرتمند برای ارزیابی تخریب اراضی استفاده می‌شود (۴، ۱۳، ۳۳). مطالعات زیادی برای ارزیابی تخریب اراضی از شاخص تفاوت نرمال شده پوشش گیاهی^۲ (NDVI) برای پایش پوشش گیاهی استفاده کرده‌اند (۱۹، ۲۸). شاخص NDVI بر پایه این حقیقت که

1- Stoking & marnaghan

2- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

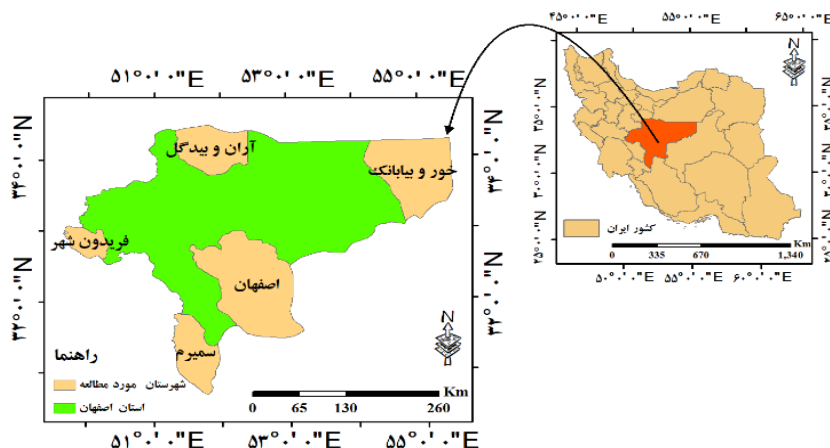
محدود است. در این میان دانش سنجش از دور نقش مهمی را در پایش و مدیریت این مناطق بر عهده دارد و با ایجاد یک دید وسیع و یکپارچه، امکان بررسی تغییرات پوشش گیاهی را فراهم می‌کند. با توجه به اینکه ارزیابی دقیق و صحیح وضعیت پوشش گیاهی یکی از پیش نیازهای اصلی مدیریت پایدار اکوسیستم‌ها به حساب می‌آید، این تحقیق با هدف برآورد تخریب پوشش گیاهی در استان اصفهان با استفاده از بررسی پوشش گیاهی در بازه زمانی ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰، انجام گرفت. در این پژوهش پوشش گیاهی (شاخص NDVI) به عنوان فاکتور نشان دهنده تخریب و شاخصی که به خوبی تأثیر عوامل انسانی و اقلیمی را نشان می‌دهد، در نظر گرفته شد.

مواد و روش‌ها منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان با وسعت ۱۰۷۰۴۵ کیلومترمربع به لحاظ طبیعی و انسانی در شمار یکی از مهم‌ترین مناطق جغرافیایی کشور است. به لحاظ جغرافیایی، منطقه مورد مطالعه بین مدار ۳۰ درجه و ۴۲ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۳۰ دقیقه عرض شمالی و ۴۹ درجه و ۴۰ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی در مرکز ایران قرار دارد و متوسط بارش سالانه آن ۱۶۰ میلی‌متر در سال است. اقلیم استان اصفهان براساس روش تورنت وایت در ۵۸/۷۳ درصد از سطح استان، خشک (مناطق شرقی و مرکزی استان)، در ۲۸ درصد نیمه‌خشک و در ۱۳/۲۷ درصد نیمه‌مرطوب و مرطوب است (۳۵). قسمت عمده عرصه‌های طبیعی استان اصفهان را اراضی مرتعی تشکیل می‌دهند، به طوری که مساحتی حدود ۶/۳ میلیون هکتار معادل ۵۸ درصد سطح استان به این اراضی اختصاص دارد. در این اراضی که ۷/۴۷ درصد از مراتع کشور را شامل می‌شوند، حدود ۳/۳ میلیون واحد دامی وابسته به مرتع چرا می‌کنند و با توجه به نوسانات اقلیمی تغییر پذیر می‌باشند (۱۱). در کنار مراتع که سطح وسیعی از استان را در بر گرفته است و به طبقات مختلفی از نظر وضعیت و سلامت تقسیم می‌شود، جنگل‌های مختلف طبیعی و دست‌کاشت نیز در مناطق مختلف استان دیده می‌شوند که از نظر اکولوژیکی به گروه‌های مختلفی تقسیم‌بندی می‌شوند. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی مناطق مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

پوشش گیاهی را برآورد نموده‌اند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که از بین شاخص‌های مورد استفاده، شاخص NDVI با ضریب همبستگی بیش از ۰/۹، بیش‌ترین همبستگی را با درصد تاج پوشش دارد. حسین‌زاده و همکاران (۱۴) با استفاده از تصاویر ETM+ و ETM بر اساس شاخص NDVI به بررسی تغییرات پوشش جنگلی در دامنه‌های شمالی البرز پرداختند، نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که در بازه زمانی ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۰ حدود ۳۲ درصد از جنگل‌های با تراکم انبوه در این منطقه دچار تغییر شده‌اند. دارویش و فایور (۵) در تحقیق خود علت تخریب مراتع در لبنان را با استفاده از شاخص NDVI مورد بررسی قرار دادند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که با کاهش اراضی مرتعی در منطقه، وسعت اراضی کشاورزی افزایش یافته است. بنابراین NDVI یک ابزار مهم در ارتباط با پوشش گیاهی است (۲۷، ۲۹)، از طرفی پوشش گیاهی به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک تحت تأثیر مستقیم شرایط آب و هوایی است (۲). بنابراین با تجزیه و تحلیل مکانی و زمانی NDVI می‌توان تغییرات اقلیمی را در مقیاس محلی و منطقه‌ای مورد بررسی قرار داد. لامچین و همکاران (۱۹) در مطالعه‌ای برای پایش پوشش گیاهی در منگولیا از رابطه بین شاخص NDVI حاصل از تصاویر مودیس و بارندگی در مناطق طبیعی استفاده کردند. نتایج مطالعات آن‌ها نشان داد که عامل تغییر در پوشش گیاهی عوامل طبیعی و فعالیت‌های انسانی است، به طوری که جنگل‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم است در حالی که فعالیت‌های انسانی دلیل اصلی برای تغییر در گیاهان دست‌کاشت می‌باشد. ایکرت و همکاران (۷) نیز با استفاده از بررسی سری زمانی NDVI بدست آمده از تصاویر سنجنده مودیس به بررسی تخریب زمین در منطقه منگولیا پرداختند، آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی NDVI برای تشخیص تغییر پوشش گیاهی و شناسایی تخریب اراضی بسیار مناسب است.

به‌طور کلی تخریب سرزمین یک فرایند تدریجی است که می‌تواند در اثر فعالیت‌های انسانی تشدید شود و موجب پیامدهای منفی بسیاری گردد. کسب دانش در مورد سلامت خاک و پوشش گیاهی، نقش مهمی در مدیریت زیست‌بوم‌ها ایفا می‌کند. دسترسی به اطلاعات به‌منظور ارزیابی و نظارت بر زیست‌بوم‌ها در مقیاس جهانی و منطقه‌ای اغلب دشوار و



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه
Figure 1. Location of the study area

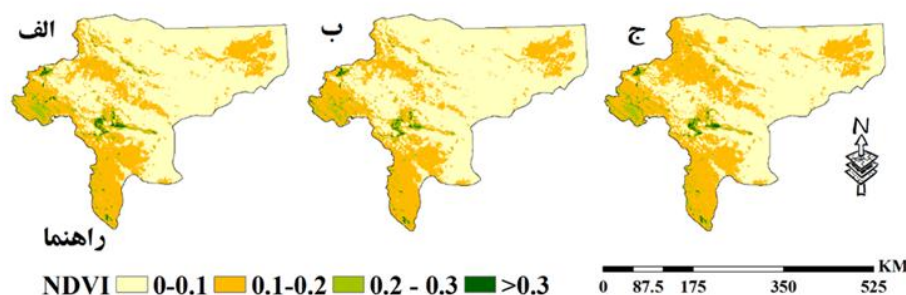
روشن تحقیق در این تحقیق برای بررسی پوشش گیاهی از شاخص NDVI ۱۶ روزه سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ که از تصاویر ماهواره ترا سنجنده مودیس (MOD13A2) بدست می‌آید، استفاده شد. این شاخص از مهم‌ترین شاخص‌های پوشش گیاهی می‌باشد (۱۰). برای محاسبه شاخص مذکور از فرمول زیر می‌توان استفاده کرد (۱۱):

$$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)} \quad (1)$$

نتایج و بحث

شکل (۲)، میانگین NDVI ۱۶ روزه استان اصفهان را در سال ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ نشان می‌دهد. برای بررسی بهتر، پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه، به چهار کلاس (۰-۰/۱، ۰/۱-۰/۲، ۰/۲-۰/۳ و ۰/۳-۰/۴) طبقه‌بندی شد، که این که این کلاس‌ها در سال ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ به ترتیب (۶۲/۹۳، ۳۲/۶۵، ۳۶/۶۹ و ۰/۷۳)، (۶۶/۳۱، ۳۰/۳۱، ۲/۸۷ و ۰/۵۱)، (۶۹/۶۹، ۲۷/۶۳، ۲/۱۹ و ۰/۴۹) درصد از منطقه مورد مطالعه را به خود اختصاص داده است.

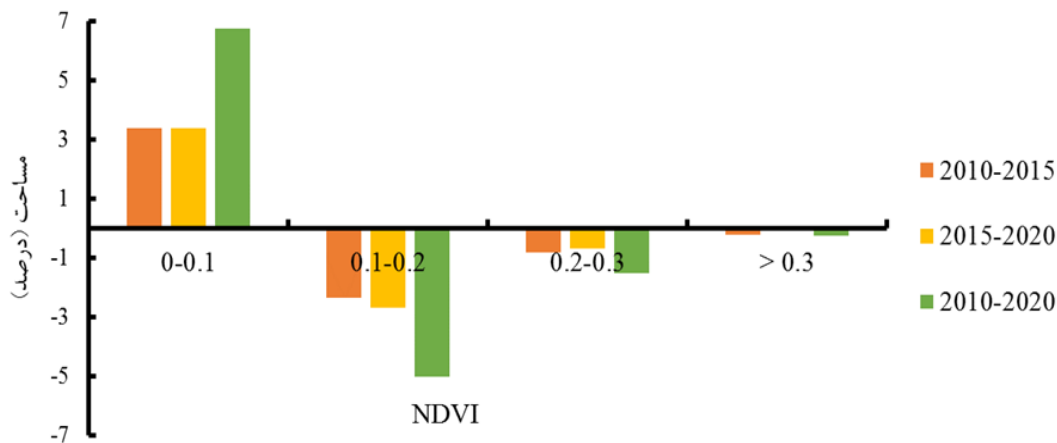
NIR باند مادون قرمز نزدیک و R باند قرمز می‌باشد (۸، ۱۸). دامنه تغییرات این شاخص بین ۱ و -۱ است. ابرها، برف و آب کم‌ترین مقدار و پوشش گیاهی سبز بیش‌ترین مقدار شاخص NDVI را در پدیده نشان می‌دهند. گیاهان سبز، مقادیر شاخص بالایی را نشان خواهند داد، آب مقادیر منفی و خاک برهنه مقادیری نزدیک به صفر دارد (۲۵). MOD13A2، شاخص تفاضل نرمال پوشش گیاهی ۱۶ با قدرت تفکیک مکانی (رزولوشن) ۱ کیلومتر را تولید می‌کند



شکل ۲- الف، متوسط NDVI ۱۶ روزه سال ۲۰۱۰ و ب، متوسط NDVI ۱۶ روزه در سال ۲۰۱۵ و ج، متوسط NDVI ۱۶ روزه سال ۲۰۲۰
Figure 2. a, average 16-day NDVI in 2010 and b, average 16-day NDVI in 2015 and c, average 16-day NDVI in 2020

سایر کلاس افزایش نشان نداده است. به طوری که به ترتیب کلاس ۰/۱-۰/۲ حدود ۲/۳۴، ۲/۶۸ و ۵/۰۲ درصد، کلاس ۰/۲-۰/۳ حدود ۰/۸، ۰/۶۸ و ۱/۵۰ درصد و کلاس >0.3 نیز به ترتیب حدود ۰/۲۳، ۰/۰۲ و ۰/۲۴ درصد کاهش داشته است.

شکل (۳)، درصد تغییرات NDVI استان اصفهان را در سال ۲۰۱۰ تا ۲۰۲۰ نشان می دهد. براساس این شکل در این بازه زمانی درصد مساحت کلاس ۰-۰/۱ افزایش یافته که این افزایش بین سال های ۲۰۱۵-۲۰۲۰، ۲۰۱۰-۲۰۲۰ و ۲۰۱۵-۲۰۲۰ به ترتیب ۳/۳۹، ۳/۳۸ و ۶/۷۷ درصد بوده است، اما

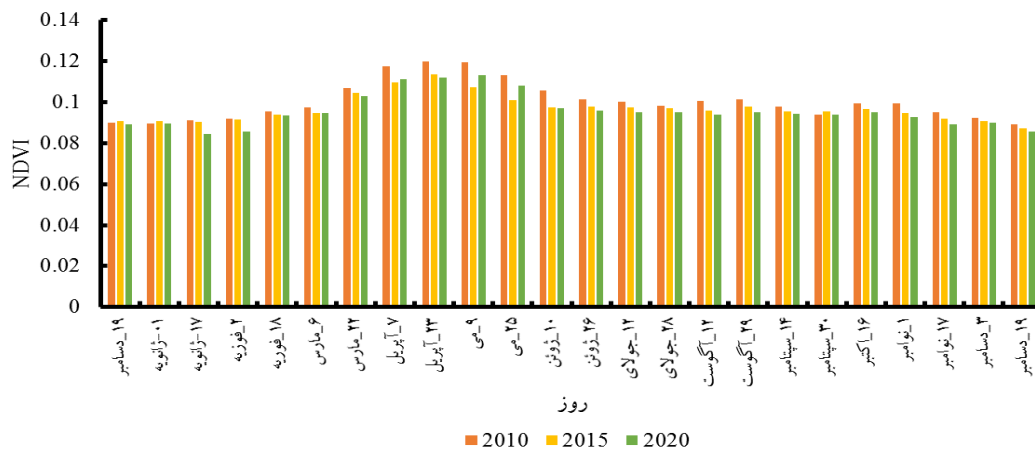


شکل ۳- درصد تغییرات مساحت کلاس های NDVI در سال های (۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰)

Figure 3. Percentage of changes in NDVI classroom area over the years (2010, 2015 and 2020)

۲۵ می و حداقل آن در ۱۶ روزهای ماه های ژانویه و دسامبر دیده شده است، روند تغییرات این شاخص در این بازه ۱۰ ساله کاهشی بوده است به طوری که حداکثر مقدار آن در سال ۲۰۱۰ و حداقل مقدار آن در سال ۲۰۲۰ رخ داده است.

شکل (۴)، روند تغییرات ۱۶ روزه شاخص NDVI را در بازه زمانی بین سال های ۲۰۱۰ و ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ نشان می دهد. بر اساس شکل (۴)، بررسی ۱۶ روزه NDVI نشان داد که حداکثر مقدار این شاخص ۱۶ روزه در بازه زمانی ۷ آوریل تا



شکل ۴- شاخص NDVI در سال های (۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰)

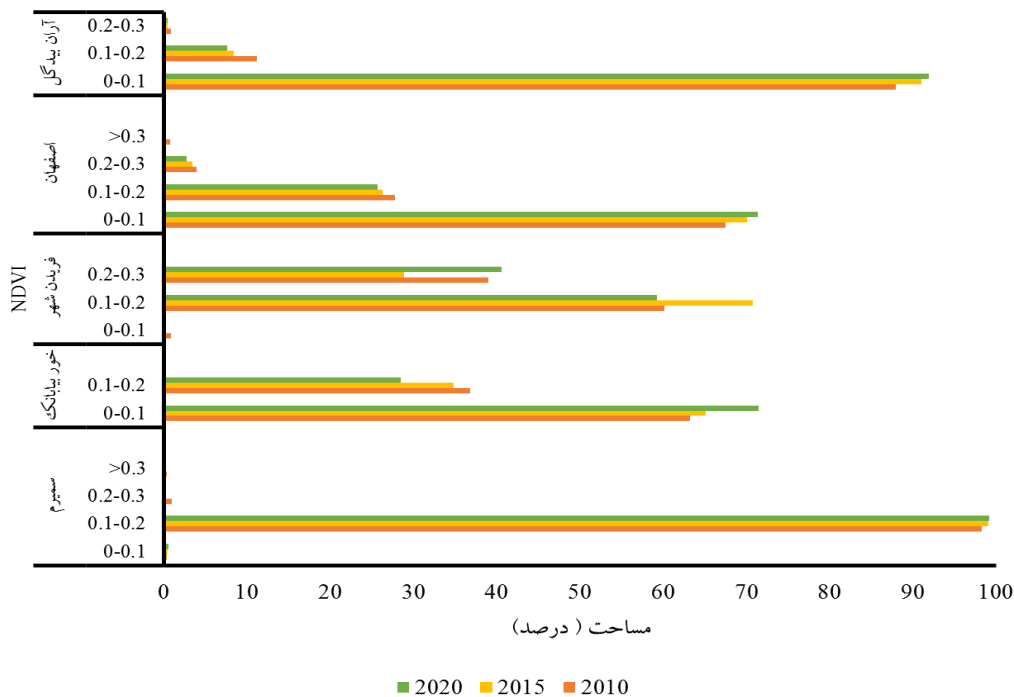
Figure 4. NDVI Index for the years (2010, 2015 and 2020)

فریدون شهر) که دارای اقلیم های مختلف با توزیع مکانی مناسب است، به طور تصادفی محاسبه شد. پس از بدست آوردن این شاخص از داده های ماهواره ای، پوشش گیاهی در

برای بررسی دقیق تر تخریب پوشش گیاهی در استان اصفهان با استفاده از شاخص NDVI میزان این شاخص در ۵ شهرستان (خور و بیابانک، آران و بیدگل، اصفهان، سمیرم و

۰-۰/۱ و روند کاهشی در کلاس ۰/۱-۰/۲ در این دوره ۱۰ ساله مشاهده شد. بررسی تغییرات طبقات پوشش گیاهی (شکل ۵) در شهرستان‌های فریدون‌شهر و آران و بیدگل نیز نشان داد که شاخص NDVI در طبقات ۰-۰/۱، ۰/۱-۰/۲ و ۰/۲-۰/۳ قرار گرفته است که در شهرستان فریدون‌شهر بیش‌ترین درصد پوشش گیاهی در کلاس‌های ۰/۱-۰/۲ و ۰/۳-۰/۲ قرار گرفته که بیش از ۹۸ درصد پوشش را به خود اختصاص داده‌اند که روند کاهشی داشته این در حالی است که کلاس ۰-۰/۱ که کمتر از ۲ درصد پوشش گیاهی را در بر گرفته است روند افزایشی نشان داده است. در شهرستان آران و بیدگل بیش‌ترین درصد پوشش گیاهی در طبقات ۰-۰/۱ و ۰/۱-۰/۲ قرار گرفته که بیش از ۹۹ درصد پوشش گیاهی را به خود اختصاص داده و کمتر از ۱ درصد مساحت منطقه در کلاس ۰/۳-۰/۲ قرار گرفته است. در این شهرستان کلاس ۰-۰/۱ روند افزایشی داشته و دو کلاس ۰/۱-۰/۲ و ۰/۲-۰/۳ روند کاهشی داشته‌اند.

۴ کلاس (۰-۰/۱، ۰/۱-۰/۲، ۰/۲-۰/۳ و ۰/۳-۰/۴) طبقه‌بندی شد، مورد بررسی قرار گرفت. بررسی تغییرات شاخص NDVI در بازه زمانی ۲۰۱۵، ۲۰۲۰ و ۲۰۲۰ در شکل (۵)، نشان می‌دهد که تغییرات این شاخص در شهرهای اصفهان و سمیرم در کلاس‌های ۰-۰/۱، ۰/۱-۰/۲، ۰/۲-۰/۳ و ۰/۳-۰/۴ قرار گرفته است. به‌طوری‌که در بیش‌ترین درصد شاخص NDVI در کلاس‌های ۰-۰/۱ و ۰/۱-۰/۲ که بیش‌تر از ۹۸ درصد از پوشش این دو شهرستان را در بر گرفته‌اند که در این بازه زمانی روند افزایشی داشته است. در حالی است که دو کلاس دیگر کمتر از ۲ درصد پوشش این دو شهرستان را به خود اختصاص داده‌اند و روند این دو کلاس در این ۱۰ سال کاهشی بوده است. بررسی کلاس‌بندی در شهرستان خور و بیابانک نشان که شاخص NDVI در این شهرستان در دو کلاس ۰-۰/۱ و ۰/۱-۰/۲ قرار گرفته است که بیش از ۶۳ درصد از این شهرستان در در کلاس ۰-۰/۱ و مابقی در کلاس ۰/۱-۰/۲ قرار گرفته که روند فزایشی در کلاس



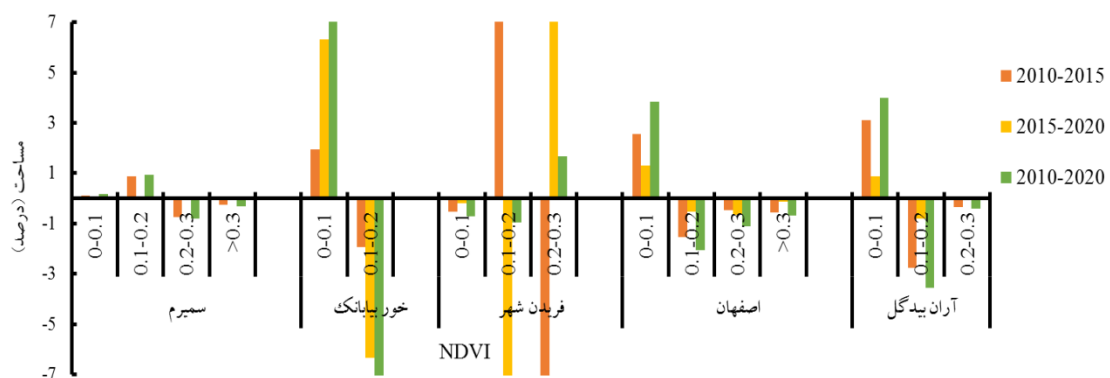
شکل ۵- درصد NDVI در چهار کلاس در مناطق مورد مطالعه در سال‌های (۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰)
Figure 5. NDVI report in four classes on the case study in the years (2010, 2015 and 2020)

۰/۷۴، ۰/۰۷ و ۰/۸۰ درصدی کلاس‌های ۰/۲-۰/۳ و کاهش ۰/۲۶، ۰/۰۵ و ۰/۳۱ درصدی کلاس ۰/۳-۰/۴ بوده است. تغییرات این شاخص در شهرستان خور و بیابانک نیز در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۱۰، ۲۰۲۰-۲۰۱۵ و ۲۰۲۰-۲۰۱۰ نشان می‌دهد که کلاس ۰-۰/۱ این شاخص به‌ترتیب افزایش ۱/۹۴، ۶/۳۳ و ۸/۲۷ درصدی داشته که این افزایش از کاهش ۱/۹۴، ۶/۳۳ و ۸/۲۷ درصدی کلاس ۰/۱-۰/۲ دیده شده است. تغییرات این شاخص در شهرستان فریدون‌شهر نیز در

شکل (۶) بررسی تغییرات شاخص NDVI ۱۶ روزه کلاس‌های ۰-۰/۱، ۰/۱-۰/۲، ۰/۲-۰/۳ و ۰/۳-۰/۴ در شهرستان مورد مطالعه در سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۰، ۲۰۲۰-۲۰۱۵ و ۲۰۲۰-۲۰۱۰ نشان می‌دهد بر طبق این شکل شاخص NDVI شهرستان سمیرم کلاس‌های ۰-۰/۱ و ۰/۱-۰/۲ در این بازه زمانی افزایش داشته که به‌ترتیب در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۱۰، ۲۰۲۰-۲۰۱۵ و ۲۰۲۰-۲۰۱۰ حدود ۱، ۱/۱ و ۱/۱۱ درصدی داشته که این افزایش را از کاهش

کلاس ۰-۰/۱ در این بازه زمانی‌ها به‌ترتیب افزایش ۲/۵۵، ۱/۳۱ و ۳/۸۶ درصدی داشته که این افزایش از کاهش سایر کلاس‌ها بوده است. تغییرات این شاخص در شهرستان آران و بیدگل نیز در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵، ۲۰۱۵-۲۰۲۰ و ۲۰۱۰-۲۰۲۰ نشان می‌دهد که کلاس ۰-۰/۱ در این بازه زمانی‌ها به‌ترتیب افزایش ۳/۱، ۰/۸۸ و ۳/۹۹ درصدی داشته است. که این افزایش در بازه ۰/۱ دیده شده است این افزایش در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵، ۲۰۱۵-۲۰۲۰ و ۲۰۱۰-۲۰۲۰ از کاهش ۲/۷۵ و ۰/۳۵، ۰/۸۱ و ۰/۰۷، ۳/۵۷ و ۰/۴۲ درصدی کلاس‌های ۰/۱-۰/۲ و ۰/۲-۰/۳ به‌ترتیب در این بازه‌ها بوده است.

بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵، ۲۰۱۵-۲۰۲۰ و ۲۰۱۰-۲۰۲۰ نشان می‌دهد که در فاصله بین سال ۲۰۱۰-۲۰۱۵ کلاس ۰/۱-۰/۲ افزایش ۱۰/۵۸ درصدی داشته که این افزایش به‌ترتیب از کاهش ۰/۵۲ و ۱۰/۰۶ درصد کلاس‌های ۰-۰/۱ و ۰/۲-۰/۳ بوده است. در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۰ و ۲۰۱۰-۲۰۲۰ به‌ترتیب کاهش ۰/۲-۰/۳ افزایش ۱۱/۷۴ و ۱/۶۸ درصد نشان داده است که به‌ترتیب این افزایش از کاهش ۰/۲، ۱۱/۵۴ درصدی کلاس‌های ۰-۰/۱ و ۰/۱-۰/۲ در بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۲۰ و کاهش ۰/۷۲ و ۰/۹۶ درصدی این دو کلاس در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۲۰ رخ داده است. تغییرات این شاخص در شهرستان فریدون‌شهر نیز در بازه زمانی ۲۰۱۰-۲۰۱۵، ۲۰۱۵-۲۰۲۰ و ۲۰۱۰-۲۰۲۰ نشان می‌دهد که

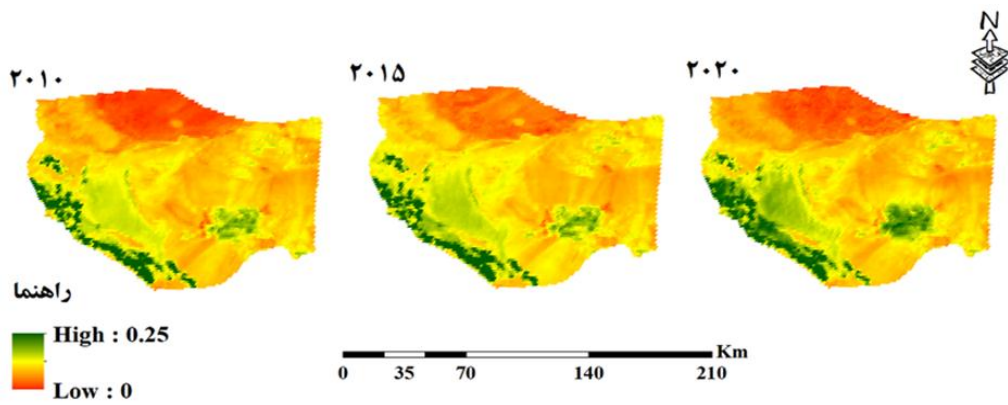


شکل ۶- درصد NDVI در چهار کلاس در مناطق مورد مطالعه در سال ۲۰۲۰، ۲۰۱۵، ۲۰۱۰

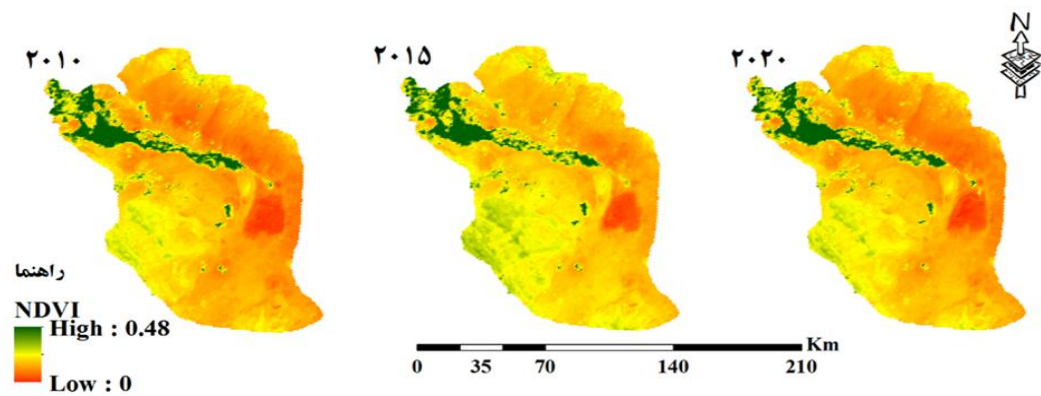
Figure 6. NDVI report in four classes on the case study in 2010, 2015, 2020

به‌طوری‌که از ۰/۱۸ در سال ۲۰۱۰ به ۰/۱۹ در سال ۲۰۲۰ رسیده است. بررسی تغییرات مکانی شاخص NDVI در شهرستان خور و بیابانک نشان داد که حداکثر مقدار آن ۰/۲ و متوسط این شاخص تقریباً بدون تغییر بوده است. این روند تغییرات در شهرستان سمیرم افزایشی بود که از ۰/۱۶ در سال ۲۰۱۰ به ۰/۱۷ در سال ۲۰۲۰ رسیده است و حداکثر مقدار این شاخص ۰/۴۵ بوده است. به‌طوری‌که مقدار NDVI در شهرستان آران و بیدگل در کلاس (۰-۰/۱) تغییری نداشته و کلاس (۰/۲-۰/۳) کاهش ۱/۰۹ درصدی داشته که ۱/۰۷ درصد آن به کلاس (۰/۳-۰/۴) و مابقی به کلاس (>۰/۳) تبدیل شده است (شکل ۷-۱). دلیل این تغییرات را می‌توان افزایش اراضی کشاورزی در این منطقه دانست، که این موضوع، خود باعث تخریب زمین خواهد شد.

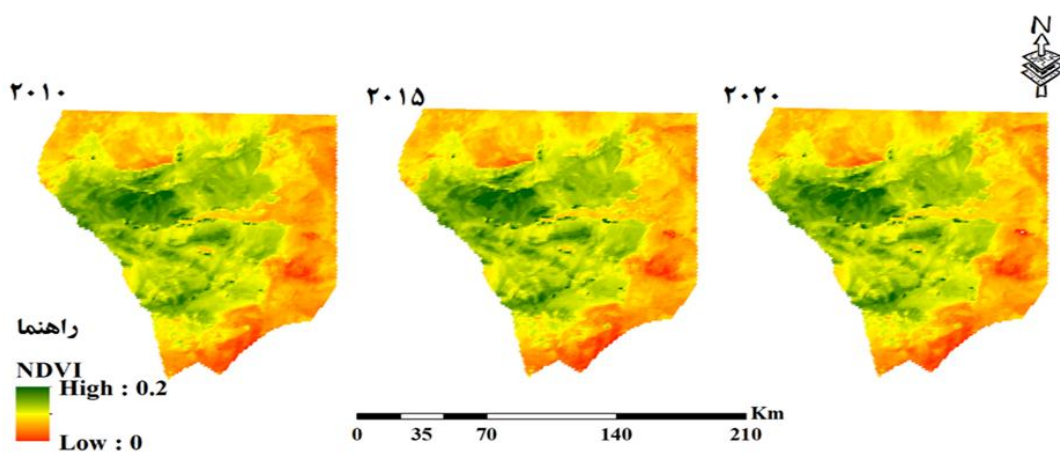
برای بررسی دقیق‌تر تغییرات پوشش گیاهی روند تغییرات مکانی شاخص NDVI بین سال‌های ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ در مناطق مورد مطالعه قرار گرفت. براساس شکل ۷-۱ حداکثر مقدار NDVI شهرستان آران بیدگل در این بازه زمانی ۰/۲۵ می‌باشد. تغییرات متوسط این شاخص نشان می‌دهد که این تغییرات متوسط افزایشی بوده است به‌طوری‌که از ۰/۰۸۱ در سال ۲۰۱۰ به ۰/۰۸۵ در سال ۲۰۲۰ رسیده است. بررسی تغییرات مکانی شاخص NDVI در شهرستان اصفهان نشان می‌دهد که حداکثر مقدار این شاخص ۰/۴۸ بوده است و روند تغییرات متوسط شاخص NDVI در این شهرستان کاهشی بوده به‌طوری‌که از ۰/۰۹۸ در سال ۲۰۱۰ به ۰/۰۹۶ در سال ۲۰۲۰ رسیده است. بررسی تغییرات مکانی شاخص NDVI در شهرستان فریدون‌شهر نشان می‌دهد که حداکثر مقدار این شاخص ۰/۳۵ بود که روند تغییرات متوسط آن افزایشی بوده



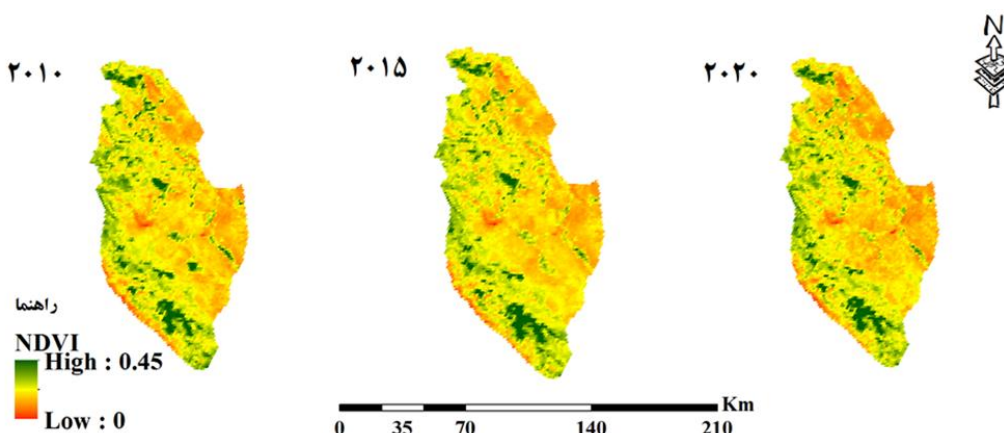
شکل ۱-۷- تغییرات مکانی شاخص NDVI شهرستان آران و بیدگل در بازه زمانی ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰
Figure 1-7: Spatial changes of NDVI index of Aran and Bidgol cities in 2010, 2015 and 2020



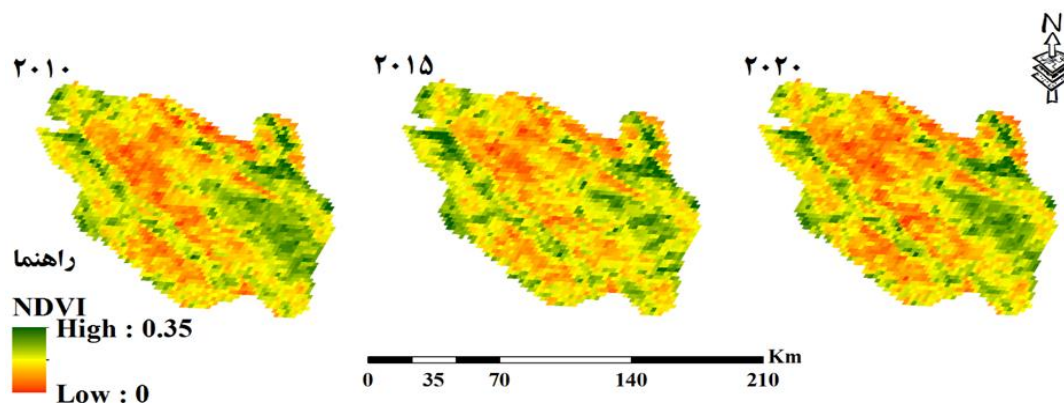
شکل ۲-۷- تغییرات مکانی شاخص NDVI شهرستان اصفهان در بازه زمانی ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰
Figure 2 7. Spatial changes of NDVI index of Isfahan city in 2010, 2015 and 2020



شکل ۳-۷- تغییرات مکانی شاخص NDVI شهرستان فریدونشهر در بازه زمانی ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰
Figure 3-7. NDVI spatial index mechanism of Fereydunshahr city in 2010, 2015 and 2020



شکل ۴-۷- تغییرات مکانی شاخص NDVI شهرستان خور و بیابانک در بازه زمانی ۲۰۲۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۰
Figure 4-7. Modification of NDVI index mechanics of Khor and Biabank city in 2010, 2015 and 2020



شکل ۵-۷- تغییرات مکانی شاخص NDVI شهرستان سمیرم در بازه زمانی ۲۰۲۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۰
Figure 5-7. Mechanics correction of NDVI index of Semirom city in 2010, 2015 and 2020

شکل ۷- تغییرات پوشش گیاهی مناطق مورد مطالعه بین سال ۲۰۲۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۰
Figure 7. Vegetation cover of the study areas between 2010, 2015 and 2020

از کلاس‌های منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید و اعداد حاصله با یکدیگر مقایسه شد بر اساس نتایج بدست آمده، درصد مساحت کلاس (۰-۰/۱) و (۰/۲-۰/۱) افزایش یافته است به‌طوری‌که از ۹۵/۵۷ در سال ۲۰۱۰ به ۹۷/۳۲ درصد در سال ۲۰۲۰ رسیده است این در حالی است که تغییرات مجموع کلاس‌های ۰/۳-۰/۲ و ۰/۳ > در سال ۲۰۱۰، ۴/۴۳ و در سال ۲۰۲۰ به ۲/۶۸ درصد رسیده است. این تغییرات نشان‌دهنده تخریب پوشش گیاهی می‌باشد. فعالیت‌های انسانی از قبیل تغییر کاربری و استفاده بیش از اندازه از زمین برای کشاورزی و همچنین تغییرات اقلیمی از قبیل گرمایش جهانی و کاهش بارندگی از دلایل این تغییرات پوشش گیاهی می‌باشند که با نتایج مطالعه (۱) مطابقت دارد. اسکندری دامنه و همکاران (۱۱) در بررسی اثرات متغیرهای اقلیمی بر تغییرات پوشش گیاهی بیان داشتند که تغییرات پوشش گیاهی به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی و تغییرات اقلیمی از قبیل افزایش دما و کاهش بارندگی می‌باشد. بررسی بررسی

نتیجه‌گیری

یکی از موارد وقوع تخریب زمین از بین رفتن پوشش گیاهی است که می‌تواند محرکی برای شروع دیگر انواع تخریب از جمله از دست دادن خاک و کاهش رطوبت خاک باشد (۳۲). جهت بررسی‌های تخریب پوشش گیاهی، نتایج بدست آمده از داده‌های سنجنش از دور و ارزیابی کارشناسان بسیار با یکدیگر همبستگی داشته است (۲۴). نتایج مطالعات (۵، ۱۵) بیان داشت که شاخص NDVI شاخص مناسبی برای بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بر اساس مطالعه حاضر افزایش NDVI به‌معنی افزایش فراوانی پوشش گیاهی و همگن‌تر و یکدست شدن پوشش زمین است. اما کاهش NDVI معرف ناهمگن‌تر شدن پوشش زمین می‌باشد (۲۰). جهت بررسی دقیق تغییرات پوشش گیاهی در طی این دوره ۱۰ ساله (۲۰۱۰-۲۰۲۰)، چهار کلاس پوشش گیاهی (۰/۱-۰/۲، ۰/۲-۰/۳، ۰/۳-۰/۴ و ۰/۴ >) برای هر سال تعریف و درصد مساحت برای هر یک

بازه زمانی مطالعاتی را نیز می‌توان دلیل کاهش پوشش گیاهی در شهرستان اصفهان دانست (۱۱). همچنین علت این کاهش در شهرستان خور و بیابانک را می‌توان به کاهش اراضی باغی و کشاورزی در اثر تغییرات اقلیمی نسبت داد. از طرفی افزایش پوشش گیاهی در شهرستان آران و بیدگل را می‌توان به افزایش فعالیت‌های کشاورزی در این منطقه نسبت داد که موجب افزایش بهره‌برداری از سطح آب‌های زیرزمینی خواهد شد و تخریب اراضی را در پی خواهد داشت (۱۷). همچنین این افزایش می‌تواند به دلیل اقدامات اصلاحی از قبیل کشت درختان تاغ به عنوان جنگل‌های تاغ در منطقه باشد (۳۶). در نهایت پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، روند تغییرات شاخص NDVI در قالب کاربری اراضی بررسی و به صورت نقشه ارائه شود تا روند تغییر این شاخص در هر کاربری به تفکیک مشخص گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود روند تغییرات هر کلاس تحت تأثیر فاکتورهای اقلیمی دما و بارش و شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی قرار گیرد.

تغییرات پوشش گیاهی شاخص NDVI در ۵ شهرستان استان اصفهان نشان داد که در شهرستان فریدون‌شهر و اصفهان و سمیرم و خور و بیابانک کلاس‌های ۰-۰/۱ و ۰/۱-۰/۲ افزایش یافته و کلاس‌ها ۰/۲-۰/۳ و ۰/۳-۰/۴ در حال کاهش می‌باشند. این نتایج با نتایج مطالعات (۱۱) مطابقت داشت. اما در شهرستان آران و بیدگل کلاس‌های ۰/۲-۰/۳ و ۰/۳-۰/۴ این شاخص پوشش گیاهی در حال افزایش و کلاس‌هایی ۰-۰/۱ و ۰/۱-۰/۲ این شاخص در حال کاهش هستند که علت آن را می‌توان به افزایش وسعت اراضی کشاورزی نسبت داد. میزان تخریب پوشش گیاهی در شهرستان سمیرم و فریدون‌شهر شدت بیشتری داشته است که علت آن را می‌توان نابودی مراتع و جنگل‌ها بر اثر تغییر کاربری و استفاده نادرست و بی‌رویه از این مناطق دانست که این نتیجه با نتایج تحقیقات جباری (۱۶) که به بررسی تغییرات درصد پوشش گیاهی مراتع با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در منطقه سمیرم اصفهان پرداخته بود، مطابقت دارد. احداث سدهای متعدد در بالادست رودخانه زاینده رود و کم آب شدن این رودخانه در

منابع

1. Abtahi, S. 2016. Investigation of Vegetation Dynamics in the Semi-Steppe Rangelands of Isfahan Province (Case study: Doolat Gharin of Semirom). Journal of Range and Watershed Managment, 69(2): 311-322 (In Persian).
2. Ahmadaali, K., H.E. Damaneh, B. Ababaei and H.E. Damaneh. 2021. Impacts of droughts on rainfall use efficiency in different climatic zones and land uses in Iran. Arabian Journal of Geosciences, 14(2): 1-15.
3. Bai, Y., J. Wu, Q. Xing, Q. Pan, J. Huang, D. Yang and X. Han. 2008. Primary production and rain use efficiency across a precipitation gradient on the Mongolia plateau. Ecology, 89(8): 2140-2153.
4. Bai, Z.G., D.L. Dent, L. Olsson and M.E. Schaepman. 2010. Proxy global assessment of land degradation. Soil use and management, 24(3): 223-234.
5. Darwish, T. and G. Faour. 2008. Rangeland degradation in two watersheds of Lebanon. Lebanese Science Journal, 9(1): 71-80.
6. Dregne, H.E. 2002. Land degradation in the drylands. Arid land research and management, 16(2): 99-132.
7. Eckert, S., F. Hüsler, H. Liniger and E. Hodel. 2015. Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia. Journal of Arid Environments, 113(10): 16-28.
8. Eskandari Damaneh, H., H. Gholami, R. Mahdavi, A. Khorani and J. Li. 2021. Monitoring Land Degradation and Desertification in the Arid and Semi-arid Regions with an Emphasis in Response to Gross Primary Production Relative to the Climatic Variables during the 2001-2017 in the Province of Fars. Watershed Management Researches Journal, 34(1): 41-58.
9. Eskandari Damaneh, H., H. Eskandari Damaneh, H. Khosravi and H. Gholami. 2019. Analysis and monitoring of drought using NDVI index (Case study: the west basin of Jaz Murian wetland). Rangeland, 13(3): 461-475.
10. Eskandari Damaneh, H., Gh. Zehtabian, H. Khosravi, H. Azarnivand and A. A. Barati. 2020. Investigating the Influence of Drought on Trend of Vegetation Changes in Arid and Semiarid Regions, Using Remote Sensing Technique: A Case Study of Hormozgan province), Dessert Ecosystem Engagearin journal, 9(28): 13-28.
11. Eskandari Damaneh, H., R. Jafari and S. Soltani. 2018. Assessment of land degradation indices obtained from remote sensing data. Desert Management, 5(10): 43-56 (In Persian).
12. Foster, R. 2006. Methods for assessing land degradation in Botswana. Earth and Environment, 1: 238-276.
13. Gao, J. and Y. Liu. 2008. Mapping of land degradation from space: a comparative study of Landsat ETM+ and ASTER data. International Journal of Remote Sensing, 29(14): 4029-4043.
14. Hosaeinzade.M., R. Esmaeili, A. Nouhigar and M. Saghafi. 2009. A Survey of Changes to Forest Covering in the Northern Slopes of Alborz-A Case Study: the Distance between Harahz and Chalos River and Chalos, Noshar, Noor and Amol Cities (In Persian).

15. Huang, C.Y. and G.P. Asner. 2009. Applications of remote sensing to alien invasive plant studies. *Sensors*, 9(6): 4869-4889.
16. Jabbari, S., S.J. Khajedin, R. Jafari and S. Soltani. 2015. Remote sensing technology for mapping and monitoring vegetation cover (Case study: Semirom-Isfahan, Iran). *Pollution*, 1(2): 165-174 (In Persian).
17. Karam, A., Sh. Froushnia and H. Hakimi. 2012. Evaluation and analysis of landscape coherence, a new approach in environmental planning (Case study: Kashan-Aran region), *Journal of Geography and Environmental Studies*, 1(3): 29-44 (In Persian).
18. Khosravi, H., A. Azareh, H. Eskandari Dameneh, E. Refiei Sardoi and H. Eskandari Dameneh. 2017. Assessing the effects of the climate change on land cover changes in different time periods. *Arabian Journal of Geosciences*, 10(4): 93.
19. Liu, Y., J. Gao and Y. Yang. 2003. A holistic approach towards assessment of severity of land degradation along the Great Wall in northern Shaanxi Province, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 82(2): 187-202.
20. Mohammadyari, F., H. Pourkhabaz, M. Tavakilo and H. Aghdar. 2014. Preparation of vegetation map and monitoring of its changes using remote sensing techniques and GIS (Case study: Behban city), *Journal of Geographic Information*, 23(92): 23-34 (In Persian).
21. Mokhtari, A., S. Faeznia and H. Ahmadi. 2018. Application of remote sensing in the preparation of land use information layers and land cover in MPSIC soil erosion model, *Journal of Research and Construction*, 1(46): 82-87 (In Persian).
22. Nicholson, S.E., C.J. Tucker and M. Ba. 1998. Desertification, drought, and surface vegetation: an example from the West African Sahel. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 79(5): 815-829.
23. Oldeman, L., R.T.A. Hakkeling and W.G. Sombroek. 1991. World map of the status of human-induced soil degradation: an explanatory note, 2nd. rev. 906672046, 8 ISRIC etc.
24. Omuto, C., Z. Balint and M. Alim. 2014. A framework for national assessment of land degradation in the drylands: a case study of Somalia. *Land Degradation & Development*, 25(2): 105-119.
25. Pandey, A. and A. Sahu. 2002. Generation of curve number using remote sensing and geographic information system, *Water Resources, Map India Conferenc*.
26. Pettorelli, N., J.O.Vik, A. Mysterud, J.M. Gaillard, C.J. Tucker and N.C. Stenseth. 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in ecology & evolution*, 20(9): 503-510.
27. Philippon, N., L. Jarlan, N. Martiny, P. Camberlin and E. Mougin. 2007. Characterization of the interannual and intraseasonal variability of West African vegetation between 1982 and 2002 by means of NOAA AVHRR NDVI data. *Journal of Climate*, 20(7): 1202-1218.
28. Prince, S. 1991. A model of regional primary production for use with coarse resolution satellite data. *International Journal of Remote Sensing*, 12(6):1313-1330.
29. Salinas-Zavala, C.A. Douglas and H. Diaz. 2002. Interannual variability of NDVI in northwest Mexico. Associated climatic mechanisms and ecological implications. *Remote Sensing of Environment*, 82(2): 417-430.
30. Shafei, H. and S.M. Hosseini. 2011. A study of vegetation in Sistan region through satellite data (In Persian).
31. Sonneveld, B. 2003. Formalizing expert judgements in land degradation assessment: A case study for Ethiopia. *Land Degradation & Development*, 14(4): 347-361.
32. Symeonakis, E. and N. Drake. 2004. Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. *International Journal of Remote Sensing*, 25(3): 573-592.
33. Wessels, K., S. Prince, J. Malherbe, J. Small, P. Frost and D. VanZyl. 2007. Can human-induced land degradation be distinguished from the effects of rainfall variability? A case study in South Africa. *Journal of Arid Environments*, 68(2): 271-297.
34. Wessels, K., S. Prince and I. Reshef. 2008. Mapping land degradation by comparison of vegetation production to spatially derived estimates of potential production. *Journal of Arid Environments*, 72(10): 1940-1949.
35. Yousefi, S., S. Mirzaei, Sh. Tavangar and A. Zakarya. 2011. Climatic zoning of Isfahan province using Geographic Information System (GIS), *Proceedings of Geomonics Conference 90*, Iran Surveying Organization, Tehran. Vernal Research and Educational Institute, Ofogh Darreh Mehregan Institute (In Persian).
36. Zarepour, M. 2016. Evaluation of desertification plans based on vegetation criteria in Aran and Bidgol counties. Master Thesis, Kashan University, Faculty of Agriculture and Natural Resources (In Persian).

Investigating the Trend of NDVI Changes Derived from MODIS Sensor Imagery (Case Study: Isfahan Province)

Serveh Darvand¹, Hassan Khosravi², Hadi Eskandari Damaneh³ and
Hamed Eskandari Damaneh⁴

1- M.Sc. Student of Desert Management and Control University of Tehran Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

2- Associate Professor University of Tehran Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
(Corresponding author: hakhosravi@ut.ac.ir)

3- PhD in Combatting Desertification University of Hormozgan, Faculty of Natural Resource, University of Hormozgan, Bandar Abbas

4- PhD Student in Combatting Desertification University of Tehran, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: April 15, 2021

Accepted: June 7, 2021

Abstract

The present research aims to study vegetation cover degradation in Isfahan province, Iran using the MODIS sensor data. So, the 16-day images of the DNVl vegetation cover index of MODIS were used for 2010, 2015, and 2020. To precisely analyze vegetation, cover in Isfahan province and the counties of Khouz va Biabanak, Aran va Bidgol, Isfahan, Semirom, and Fereydun Shahr, NDVI was categorized into four classes (0-0.1, 0.0-1.2, 0.0-2.3, and >0.3). Then, the variation trend of these classes was explored over a 10-year period. The results revealed an ascending trend of the 0-0.1 and 0.2-0.2 classes so that they reached from 62.93% and 32.65% in 2010 to 69.69% and 27.63% in 2020, respectively, whereas the 0.0-2.3 and >0.3 classes descended in the same period, changing from 3.69% and 0.74% in 2010 to 2.19% and 0.49% in 2020, respectively. The results of NDVI in the counties of Fereydun Shahr, Isfahan, Semirom and Khouz va Biabanak showed the rising trend of the 0-0.1 and 0.1-0.2 classes and the falling trend of the 0.2-0.3 and >0.3 classes. The opposite was observed in Aran va Bidgol, i.e., an ascending trend in the 0.0-2.3 and >0.3 classes but a descending trend in the 0-0.1 and 0.1-0.2 classes. This can be ascribed to the expansion of arable lands. Vegetation cover degradation was fiercer in Semirom and Fereydun Shahr, possible due to the degradation of rangelands and forests by land-use change and excessive exploitation. Using the results of this study, it is possible to study the trend of vegetation changes in different regions of Isfahan province and adopt appropriate plans and policies on vegetation cover use.

Keywords: Isfahan province, Land degradation, MODIS, NDVI, Remote sensing, Vegetation cover