

پایش روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، یکی از مهمترین شاخص های تخریب

سرزمین (در استان ایلام)

نورالله نیک پور، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

حسین نگارش، استاد ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

صمد فتوحی، دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.

زین العابدین حسینی، استادیار سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، یزد، ایران.

شهرام بهرامی، دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۱۰/۴

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۱۵

چکیده

جنگل زدایی و تخریب پوشش گیاهی یکی از محرکان اصلی تغییرات جهانی زمین به شمار می‌رود و پیامدهای بزرگی بر عملکرد اکوسیستم و حفاظت از تنوع زیستی دارد. یکی از راه‌های مطالعه تغییرات پوشش گیاهی به عنوان مهمترین شاخص تخریب زمین، سنجش از راه دور است. در این مطالعه هدف اصلی پایش روند تغییرات پوشش گیاهی در راستای تخریب سرزمین در استان ایلام می‌باشد. بعد از اخذ و آماده سازی داده های مورد نیاز (۴۱۰ تصویر داندلود شده) در محیط نرم افزار های Arc Gis و Surfer عملیات ضرب، موزائیک و ژئو رفرنس صورت گرفت. تبدیل فرمت تصاویر به فرمت ASCII مرحله بعدی کار را تشکیل داد. با تبدیل این فرمت تعداد مجموع پیکسل هایی که در داخل محدوده مورد مطالعه قرار گرفتند ۹۵۳۵۵۲ پیکسل، که بعد از حذف ارزش های گمشده و منفی، تعداد ۳۲۸۰۴۲ پیکسل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. همچنین با استفاده از روش آماری پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک و به کمک برنامه نویسی در محیط نرم افزار R، روند شیب تغییرات و معناداری شیب تغییرات پوشش گیاهی برای دوره زمانی ۱۷ ساله (۲۰۱۶-۲۰۰۰) بدست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که کانون بیشترین روند شیب تغییرات کاهشی (روند شیب تغییرات منفی) در شاخص NDVI در سراسر نیمه غربی محدوده مورد مطالعه و کانون بیشترین روند شیب تغییرات افزایشی (روند شیب تغییرات مثبت) در شاخص NDVI در مرکز و شرق محدوده مورد مطالعه مشاهده شده است. معناداری روند شیب تغییرات نیز این ادعا را تأیید می‌کند. یعنی کانون بیشترین روند شیب تغییرات (منفی) در غرب و جنوب غرب محدوده مورد مطالعه و بیشترین روند شیب تغییرات (مثبت) در مرکز و شرق محدوده مورد مطالعه در سطح احتمالاتی $\alpha = 0.05$ معنی دار می باشند.

واژگان کلیدی: ایلام، تخریب سرزمین، روند، رگرسیون خطی کلاسیک، NDVI، MODIS.

مقدمه

تخریب سرزمین با توجه به تاثیر آن بر محیط زیست، امنیت غذایی، عرضه خدمات کشاورزی و خدمات معیشت مردم مانعی بر سر راه توسعه پایدار است (UNCCD, ۲۰۱۵). این یک مشکل ترکیبی محلی، منطقه ای و جهانی است که نه تنها مناطق آسیب پذیر زمین های خشک را تحت تاثیر قرار می دهد، بلکه همه مناطق در سراسر جهان را در مقیاس های مختلف تحت تاثیر قرار می دهد. تخریب سرزمین حدود ۴۱ درصد از سطح زمین را در بر می گیرد و ۴۴ درصد از زمین های کشاورزی بالقوه در جهان را پوشش می دهد و حدود یک سوم جمعیت جهان، یعنی حدود ۲ میلیارد نفر تحت تاثیر قرار داده است (Raynolds, ۲۰۰۲; Walter V. Reid, ۲۰۰۵; Veron et al., ۲۰۰۶). توجه ویژه به تخریب زمین در مناطق خشک در ابتدا توسط جنگل شناس فرانسوی به نام اوبرویل^۱ در سال ۱۹۴۹، مورد توجه قرار گرفت. زمانی که او در آفریقای غربی کار می کرد تا وسعت تخریب پوشش گیاهی را توصیف کند، این واژه پس از خشکسالی منطقه ساحل^۲ آفریقا در دهه ۱۹۷۰ توجه جهانیان را به خود جلب کرد (Herrmann and Hutchinson, ۲۰۰۶). به طور گسترده ای توافق شده است که برجسته ترین تظاهرات فیزیکی تخریب زمین در مناطق خشک، کاهش کربن کل، زیست توده و تغییر پوشش گیاهی در زمینه بهره وری از زمین است (WMO, ۲۰۰۵). این به این دلیل است که الگو و ابعاد تغییرات پوشش گیاهی، بدون توجه به عامل ایجاد تغییرات، به راحتی می تواند مشاهده شود. در نتیجه دانشمندان بر این باورند که تغییرات پوشش گیاهی به عنوان مهمترین تظاهرات فیزیکی تخریب زمین در مناطق خشک شناخته شده است و در حال حاضر یکی از شاخص های پیشرو در ارزیابی تخریب زمین است (Verón et al., ۲۰۰۶; Reynolds et al., ۲۰۰۷). بنابراین، تخریب زمین و تغییرات پوشش گیاهی، فرآیندهای همزمان هستند که معمولاً با مناطق خشک در ارتباطند. با این وجود، فقدان یک روش استاندارد یکنواخت، تنگنای عمده این ارزیابی و پایش است (Higginbottom, ۲۰۱۴).

با توجه به تعریف UNCCD ۱۹۹۴ تخریب زمین به عنوان "تنزل، خسارت یا از دست دادن بهره وری بیولوژیکی یا اقتصادی زمین های زراعی دیم، زمین های زراعی آبی، مراتع، جنگل، بیشه زار و... در مناطق خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب، در نتیجه استفاده از زمین، بواسطه یک فرآیند یا ترکیبی از فرآیندها، از جمله فرآیندهای ناشی از فعالیت های انسانی می باشد. دو اصطلاح تخریب سرزمین^۳ و بیابانزایی^۴ واژه هایی همزاد هستند. به عبارتی بیابانزایی مترادف کلمه تخریب سرزمین است. به طوریکه تا به امروز اصطلاح بیابانزایی برای بیان وضعیت تخریب سرزمین در مناطق مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفته است. بنابراین واژگان بیابانزایی و تخریب سرزمین اغلب با یک مفهوم بکار برده می شوند، ولی زمانی که تأکید بر تأثیر فعالیتهای مخرب انسانی نسبت به اثرات خشکی و بارش کم (تغییرات اقلیمی) بیشتر باشد، واژه تخریب سرزمین ترجیح داده می شود (بهرامی و همکاران، ۱۳۹۵). تخریب سرزمین از دیرباز به عنوان یک مسئله و بحران زیست محیطی و اقتصادی با توجه به اثرات آن بر امنیت غذایی و شرایط محیطی شناخته شده است. این مسأله شامل فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی است. فرآیندهای فیزیکی شامل تغییرات در ساختار خاک، آلودگی محیط زیست

^۱ - Aubreville

^۲ - Sahelian

^۳ - Land Degradation

^۴ - Desertification

و استفاده ناپایدار از منابع طبیعی است. فرآیندهای شیمیایی شامل اسیدی شدن، شسته شدن، شوری، کاهش ظرفیت نگهداری کاتیونی و کاهش باروری و اما فرآیندهای بیولوژیکی کاهش زیست توده و تنوع زیستی را شامل می‌شود (Eswaran et al., ۲۰۰۱). تخریب سرزمین و بیابان زایی در هر منطقه‌ای بسته به شرایط اقلیمی، خاک شناسی، ژئومورفولوژی و فاکتورهای مختلف دیگر فعالیت می‌کند (احمدی، ۱۳۸۵).

برای ارزیابی تخریب سرزمین، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی بعنوان یکی از ابزارهای مهم تهیه لایه‌های اطلاعاتی مانند تهیه نقشه پوشش گیاهی، تهیه نقشه خاک و یا سایر اطلاعات مورد استفاده مانند نقشه شوری، کاربری اراضی و... بکار گرفته می‌شوند. توجه به عوامل و فرایندهایی که منجر به پدیده تخریب سرزمین و بیابان زایی می‌گردند (مانند تخریب پوشش گیاهی و خاک، فرسایش آبی و بادی، شوری خاک، فشردگی سطح خاک، پایین رفتن سطح سفره‌های آب زیرزمینی و...) و نیز بررسی علل و عوامل ایجادکننده آن به منظور کنترل و ارزیابی بیابان زایی کاملاً ضروری است. استفاده از فناوری‌های اطلاعات زمینی با قابلیت‌های بسیار مناسب به منظور ارزیابی و کنترل، تأثیر بسزایی در انجام صحیح این عمل دارد. نتایج حاصل از این ارزیابی‌ها می‌بایستی توسط تصمیم‌گیران دولتی و یا محلی از طریق تعیین اولویت‌های بودجه‌ای در سطوح محلی، ملی، منطقه‌ای و یا جهانی مورد استفاده قرار گیرند تا از وارد شدن زیان‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی و در نهایت انسانی جلوگیری گردد (مشکوه، ۱۳۷۷). همانطور که گفته شد سنجش از دور ابزاری مهم برای تولید و ارائه اطلاع از وضعیت و وسعت جغرافیایی تخریب زمین به شمار می‌رود (Eiumnoh, ۲۰۰۱; Symeonakis, ۲۰۰۴; Wessels et al, ۲۰۰۴; Yahaya et al, ۲۰۱۵; Gabriela et al, ۲۰۰۳; Weston, ۲۰۱۶; Mushtak, ۲۰۰۵; Temesgen, ۲۰۱۴; Olander et al, ۲۰۱۷; Landmann et al, ۲۰۱۴; Waswa et al ۲۰۱۲; Yahaya et al ۲۰۱۷; Sudhakar et al., ۲۰۱۸; Jamali et al ۲۰۱۴). در مطالعه تخریب زمین از شاخص‌های خاصی، از جمله شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) به دست آمده از داده‌های ماهواره‌ای به طور گسترده‌ای در جهت برآورد و تخمین تغییرات پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد و توانایی آن در مطالعات مختلف تخریب زمین نشان داده شده است (Vandandorj et al, ۲۰۱۵; Zhang et al, ۲۰۱۴; Diouf, ۲۰۰۱). یکی از مزیت‌های اصلی استفاده از داده‌ها و روش‌های سنجش از راه دور این است که آنها می‌توانند به طور قطعی در ارزیابی فرآیند تخریب جنگل و جنگل زدایی با هزینه بسیار پایین تر از سایر روش‌ها باشند (Mascaro, et al, ۲۰۱۱). فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه به وسیله گنجایش و فعالیت کلروفیل تعیین می‌شود. NDVI از اندازه‌گیری انعکاس در بخش طیف‌های قرمز (R_{RED}) و مادون قرمز نزدیک (NIR) محاسبه می‌شود رابطه (۱-۱).

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

که در آن R_{NIR} بازتابی از تابش مادون قرمز نزدیک است و R_{RED} بازتابی از تابش قرمز مرئی است. سری‌های زمانی طولانی مدت، استفاده از سنجش از راه دور برای ارزیابی تخریب سرزمین و نظارت بر تغییرات آن را برای کاربران آسان کرده‌اند (Albalawi et al, ۲۰۱۳; Anyamba et al, ۲۰۱۲; Bai et al, ۲۰۰۸; Cook et al, ۲۰۱۳; Jong et al, ۲۰۱۳; Townshend et al, ۲۰۱۲; Shalaby et al, ۲۰۰۷; Symeonakis et al, ۲۰۰۴; et al. ۲۰۱۱b). از شاخص‌های نزدیک به

NDVI می توان به شاخص^۱ EVI اشاره کرد. EVI توسط گروه نظارتی زمین (MODIS) توسعه داده شد. اما NDVI همیشه بر EVI ترجیح داده می شود (Jensen ۲۰۰۷; Huete et al. ۲۰۰۲). باروری پوشش گیاهی و تخریب زمین از نگرانی های جهان است و پیامدهای قابل توجهی را برای تولید محصولات کشاورزی، تنوع زیستی و به طور کلی قابلیت چشم انداز در حفظ شرایط خدمات اکوسیستم ارائه می دهد. مشاهدات باروری پوشش گیاهی مشتق از ماهواره، میراث طولانی در مطالعات تغییرات جهانی دارد (Lambin, ۱۹۹۷; Le, et al, ۲۰۱۲; Fensholt, ۲۰۱۲). تغییرات در اکوسیستم ها را می توان در سه گروه طبقه بندی کرد: تغییر فصلی، تدریجی و ناگهانی (Verbesselt et al., ۲۰۰۹). نتیجه اثر طبیعی تخریب پوشش گیاهی، یک تعدیل در سطح فعالیت پوشش گیاهی در طول زمان است که می تواند از طریق مطالعه روند های شاخص پوشش گیاهی و شاخص های فنولوژیکی اندازه گیری شود (Reed et al., ۲۰۰۳). سنجش از دور ماهواره مدت هاست که منبع داده ای برای شناسایی و پایش پویایی پوشش گیاهی در طول زمان است (Coppin et al., ۲۰۰۴). تغییرات پوشش گیاهی را می توان با سنجش از دور از شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) اندازه گیری کرد، چون یک همبستگی قوی بین NDVI و پوشش گیاهی برقرار شده است. سری زمانی داده های MODIS NDVI به طور موفقیت آمیزی برای اندازه گیری فعالیت های گیاهی و اندازه گیری پویایی پوشش گیاهی به کار گرفته شده است (Ahl et al., ۲۰۰۶; Zhang et al., ۲۰۱۰; Jacquin et al., ۲۰۰۳).

هدف از این مقاله، پایش، توصیف و تعیین کمیت تخریب پوشش گیاهی در اکوسیستم خشک و نیمه خشک استان ایلام با استفاده از سنجش از دور، سری زمانی داده های Terra-MODIS NDVI-۲۵۰m برای دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۰ است. رویکرد ما بر اساس اندازه گیری روندهای سری زمانی NDVI با استفاده از مولفه روند رگرسیون خطی کلاسیک است. این روش در تشخیص تغییرات، تغییرات تدریجی را از تغییرات فصلی و ناگهانی جدا می کند (Bai et al., ۲۰۰۳; Eklundh et al, ۲۰۰۵). شاخص های پوشش گیاهی اندازه گیری های تجربی قوی از فعالیت های پوشش گیاهی در سطح زمین هستند (Solano et al., ۲۰۱۰). طبق گزارش بانک جهانی (۱۹۹۱)، در حدود ۶۰ درصد از جنگل زدایی در کشورهای در حال توسعه، ممکن است به دلیل پیشرفت عملیات کشاورزی، حدود ۲۰ درصد عملیات جنگلداری (از جمله معادن) و ۲۰ درصد برای استفاده از چوب برای سوخت خانوارها، مربوط شود. (Farahpour et al., ۲۰۰۴; Hajabbasi et al, ۲۰۰۸; Salehi, et al., ۲۰۰۸; Qadir, et al., ۲۰۰۸; Emadodin, ۲۰۰۸ & ۲۰۰۹). تخریب اکوسیستم های مناطق خشک و نیمه خشک جهان، به عنوان بیابان زایی یا تخریب زمین نامیده شده است، و یکی از تهدیدات عمده برای محیط زیست جهانی و پایداری زمین بشمار می رود، که مستقیماً بر سلامت انسان تاثیر می گذارد و به عنوان یک تهدید، در معکوس کردن دستاوردهای انسانی در بسیاری از نقاط جهان، به رسمیت شناخته شده است به طوری که بیش از ۲۰ درصد از اراضی زراعی، ۳۰ درصد جنگل ها و ۱۰ درصد از مراتع را در بر گرفته است (Warren, ۲۰۰۲; UNU^۲, ۲۰۰۶; Bai et al, ۲۰۰۸). که هم اکنون با شتابی بیش از ۵۰ میلیون هکتار در سال به حرکت تخریبی خود ادامه می دهد (پروژه منارید، ۱۳۹۳). برآوردها در مقیاس جهانی نشان می دهد که این پدیده بیش از ۱/۲ میلیارد انسان ساکن در ۱۱۰ کشور جهان را

^۱ - Enhanced Vegetation Index

^۲ - United Nations University

متاثر کرده و سالانه افزون بر ۴۲ میلیارد دلار خسارت به بار می‌آورد و عواقب آن گریبانگیر سایر ساکنان این کره خاکی نیز خواهد شد (UNEP, ۱۹۹۴). تعداد کمی از افراد می‌توانند بر روی وسعت و شدت تخریب زمین در مناطق خشک هم نظر باشند که این می‌تواند به علت وجود تفاوت در روش‌های ارزیابی و مناطق مورد مطالعه باشد (Warren, ۲۰۰۲ & LADA, ۲۰۰۹).

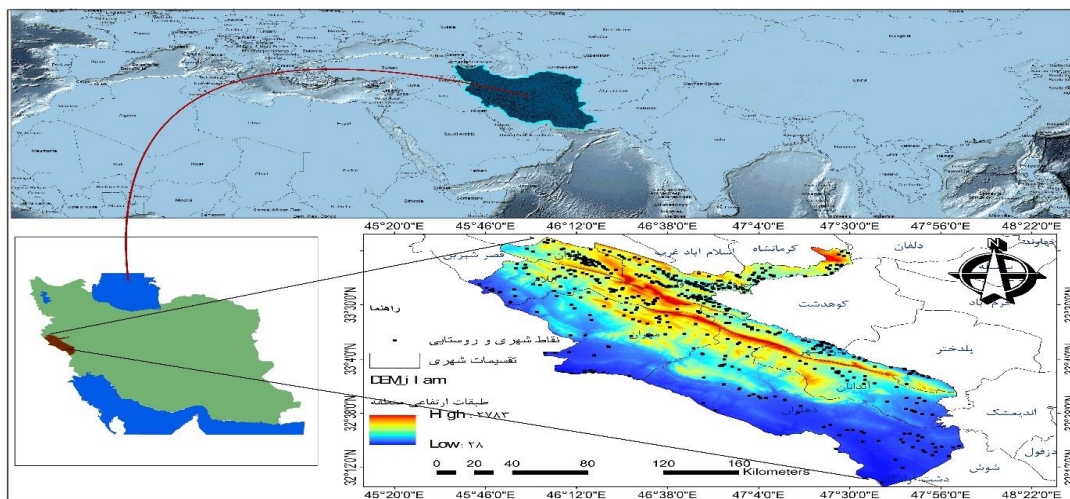
مسئله تخریب سرزمین و بیابانزایی از مهمترین مسایل زیست محیطی قرن حاضر در سراسر کره زمین می‌باشد. که در سال‌های اخیر این بحران زیست محیطی در نتیجه تغییر اقلیم و دخالت‌های نابجای بشر به سرعت در حال پیش روی می‌باشد. از این رو چون کشور ایران نیز به لحاظ آب و هوایی دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد و همچنین افزایش جمعیت و بالطبع دخالت حساب نشده بشر موجب شده روز به روز به مناطق تخریب شده در کشور ایران افزوده شود و جنگلها و منابع آب سطحی و زیر سطحی و همچنین منابع خاک نیز رو به زوال رود. با این حساب استان ایلام در غرب کشور ایران از این قضیه مستثنی نبوده و به نظر در سالهای اخیر، با مسئله بیابانزایی و تخریب سرزمین در اثر عواملی چون وقوع خشکسالی‌های پی در پی، دخالت نابجای بشر، چرای بیش از حد احشام و آتش سوزی جنگل و مراتع و ... گرفتار شده است و نیاز به پایش تغییرات پوشش گیاهی در این منطقه در جهت مقابله و یا جلوگیری از پیشرفت تخریب زمین در منطقه به شدت احساس می‌شود.

داده‌ها و روش کار

الف: قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه:

استان ایلام در غرب کشور ایران، هم مرز با کشور عراق می‌باشد. که مساحتی حدود ۲۰,۱۵۰ کیلومتر مربع و ۱,۲ درصد از مساحت کل کشور را پوشش می‌دهد (شکل ۱). جمعیت آن در سال ۱۳۹۶ بالغ بر ۵۸۰,۰۰۰ نفر با تراکم حدود ۲۸,۸ نفر در کیلومتر مربع است. از آنجا که استان ایلام یکی از مناطق مهم پرورش دام و کشاورزی در کشور ایران است، حفاظت از آب، خاک و پوشش گیاهی یک چالش عمده در این زمینه است. ایلام دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک با میانگین بلند مدت بارش سالانه ۵۸۰ میلی متر می‌باشد. آب و هوای استان ایلام به سبب تأثیرپذیری از عوامل گوناگونی چون عرض جغرافیایی (زاویه تابش آفتاب)، ارتفاع، امتداد رشته کوه‌های زاگرس، فاصله کم از بیابان‌های عراق و عربستان و بادهای محلی و ناحیه‌ای از شمال به جنوب و از غرب به شرق از تنوع زیادی برخوردار است. استان ایلام دارای سه منطقه آب و هوایی (آب و هوای سرد کوهستانی، آب و هوای معتدل کوهستانی، آب و هوای صحرایی و نیمه‌صحرایی "گرم و خشک" است. بارندگی‌ها تنها در دو فصل بارانی منسجم از آبان تا فروردین متمرکز هستند. قسمت شمالی منطقه نسبت به قسمت جنوبی و همچنین قسمت شرقی منطقه نسبت به قسمت غربی به لحاظ اقلیمی مرطوب تر و دارای توپوگرافی خشن تری (تاقدیس و ناودیس های متراکم) می‌باشد. غرب و جنوب غربی استان ایلام دارای آب و هوای گرم و خشک که جزئی از دشت خوزستان شمالی بحساب می‌آید. زیستگاه‌های انسانی اکثراً در دره‌های اصلی و پایکوه‌ها (ناودیس‌ها) تمرکز یافته‌اند (شکل ۱). در منطقه انواع مختلف خاک مشاهده می‌شود، که بیشتر آنها بسیار حساس به فرسایش هستند. در این مناطق غالب پوشش گیاهی را به ترتیب جنگل‌های بلوط، بنه و ارزن در بر گرفته است که در دهه‌های گذشته به شدت تحت تأثیر چرای مفرط و آتش سوزی‌های ناشی از دخالت نابجای بشر قرار گرفته است. آتش سوزی در منطقه تا

حدودی مسئول پدیده تخریب خاک و پوشش گیاهی است. به علت کشت چند نوبتی و چرای مفرط ناشی از تراکم جمعیت و نبودن شغل جایگزین برای ساکنان منطقه و همچنین وقوع خشکسالیهای پی در پی در دهه های گذشته، در سالهای اخیر تخریب پوشش گیاهی، خاک و منابع آب به شدت تحت تأثیر قرار گرفته، به صورتی که در بعضی از مناطق زمین ها غیر قابل کشت و خالی از سکنه شده اند. بطور کلی موقعیت جغرافیایی استان ایلام بین ۳۱ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی نسبت به استوا و ۴۵ درجه و ۴۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی نسبت به نصف النهار گرینویچ قرار دارد که از طرف غرب با کشور عراق، از طرف شرق با استان لرستان، از طرف شمال با استان کرمانشاه و از سمت جنوب با استان خوزستان همسایه است. به طور کلی استان ایلام به لحاظ واحد های ژئومورفولوژیکی به دو واحد کوهستان (شامل تاقدیس های کبیرکوه، دینارکوه، مانشت، قلا رنگ و ...) و دشت (شامل دشت عباس، دشت دهلران و ناودیس های مرکزی) تقسیم می شود. از جمله مهمترین رودخانه هایی که در محدوده جغرافیایی استان ایلام که از دامنه های شمالی و جنوبی کبیرکوه سرچشمه می گیرند، می توان به رودخانه سیمره، دوبرج، چنگوله، آبدانان، میمه و سیاه گاو و... اشاره کرد که برخی از این رودخانه ها از مناطق مرزی غرب استان ایلام گذشته و وارد کشور عراق می شوند. همچنین به لحاظ زمین شناسی، ارتفاعات استان ایلام را سازند های گچساران، سروک، گرو، سورگاه، ایلام، پابده، آسماری و آغاچاری در برگرفته است (نیک پور، ۱۳۹۳). محدوده استان ایلام از شمال در زون چین خورده زاگرس و از سمت غرب و جنوب در زون چین نخورده خوزستان قرار دارد و به همین جهت به لحاظ ژئومورفولوژیکی و زمین شناسی دارای اشکال ژئومورفولوژیکی و سازند های متفاوتی می باشد. که این موضوع خود موجب گردیده، تا روند تخریب سرزمین در سراسر منطقه یکسان عمل نکند و در بعضی مناطق تخریب سرزمین با شدت بالاتری پیش رود و به حد بحرانی برسد. با توجه به گستره وسیعی از قلمرو استان ایلام، هر گونه تلاش برای ارزیابی و نظارت بر فرایندهای پیچیده تخریب زمین، و همچنین شدت، وسعت و توزیع فضایی آن در سراسر استان، باید علاوه بر داده های میدانی، از داده های سنجنش از راه دور استفاده شود.



شکل ۱- نقشه محدوده مورد مطالعه

ب: داده های ماهواره ای

در این مطالعه از ترکیبات ۱۶ روز MODIS NDVI با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متری (MODIS 13Q1 collection ۵) استفاده کردیم که به طور عمده‌ای در جهت تشخیص محرکان انسانی تغییرات پوشش سطح زمین از آنها استفاده می‌شود. تصاویر MODIS 13Q1 بین ۲۴ فوریه ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۶ (حدوداً ۴۱۰ تصویر) به دست آمد و برای تهیه نیمرخ های زمانی ۱۷ ساله NDVI مورد استفاده قرار گرفت. و با سیستم تصویر UTM مورد پردازش قرار گرفت. ارزش های گمشده^۱ (۹۹۹-) از طریق برنامه نویسی در محیط نرم افزاری R را از سری زمانی NDVI حذف شد. داده های سنجنده اسپکترو رادیومتر MODIS با وضوح و رزولوشن تصویربرداری متوسط سوار بر ماهواره های ناسا Terra از سال ۲۰۰۰ و ماهواره Aqua از سال ۲۰۰۲ فرصت منحصر به فردی برای ارزیابی سازگاری اندازه گیری های مبتنی بر ماهواره ای ارائه می‌دهند. داده های تولید شده از هر دو سنجنده با استفاده از الگوریتم های سازگار و منسجم تولید می‌شوند و محصولات استاندارد MODIS از طیف وسیعی از برنامه های کاربردی علمی حمایت می‌کنند (Justice et al., ۲۰۰۲; Esaias et al., ۱۹۹۸; King et al., ۲۰۰۳). این مطالعه بر اساس تجزیه و تحلیل داده های MODIS نوشته شده، که توسط دو سنجنده بر روی سکوهای Terra و Aqua ناسا تولید می‌شوند. این دو ماهواره در یک مدار خورشید آهنگ، در مدار نزدیک قطب شمال در ارتفاع ۷۰۵ کیلومتری هستند که هر روز در ساعت ۱۰:۳۰ به وقت محلی از استوا عبور می‌کنند (NASA, ۲۰۱۲). داده های مورد نظر برای دوره آماری سال های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ برای استان ایلام از سایت مربوطه (<http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/datasets>) دانلود و مورد استفاده قرار گرفت. شاخص پوشش گیاهی MODIS محصولات MODIS در قالب HDF-EOS^۲ ارائه شده است. سیستم تصویر استاندارد، سیستم شبکه بندی سینوزوئیدال (sinusoidal) است. اندازه کاشی های MODIS حدود ۴۸۰۰ در ۴۸۰۰ پیکسل هستند که برابر با ۱۲۰۰ در ۱۲۰۰ کیلومتر می باشد. تمام محصولات MODIS را می‌توان از وب سایت (EOSDIS^۳) نیز به صورت رایگان دانلود کرد. (NASA, ۲۰۱۲).

ج: روش کار

NDVI یک تبدیل نرمال شده از نسبت قابلیت انعکاس بین امواج مادون قرمز نزدیک (NIR) و مادون قرمز (RED) یا (rNIR/rRED) حاصل می‌شود، که طراحی شده برای استاندارد کردن ارزش شاخص پوشش گیاهی که بین +۱ و -۱ هستند، و عدد صفر به معنی عدم پوشش گیاهی و همچنین مقادیر منفی برای نشان دادن سطوحی به غیر از پوشش گیاهی مانند آب و برف است (Silleos et al., ۲۰۰۶). در این پژوهش جهت مطالعه روند تغییرات پوشش گیاهی استان ایلام برای یک دوره آماری ۱۷ ساله (۲۰۰۰-۲۰۱۶) از تولیدات NDVI سنجنده MODIS ماهواره ترا با نام (MODIS 13Q1) استفاده شد. در این مطالعه حدوداً ۴۱۰ تصویر برای سالهای ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ با حجم ۲ ترابایت برای کل ایران از سایت مربوطه دانلود شد، که هر سال به طور میانگین ۲۴ تصویر را در بر می‌گرفت. بعد از اخذ تصاویر، تمامی آنها برای منطقه مورد مطالعه موزائیک و با سیستم مختصات جهانی UTM با استفاده از روش نمونه برداری نزدیکترین همسایه ژئو رفرنس

^۱ - Missing values^۲ - Hierarchical Data Format for NASA's Earth Observing System^۳ - Earth Observing System Data and Information System

شدند و در نهایت این داده ها را در محیط نرم افزارهای Gis، Envi و Surfer عملیات تصیحات، ضرب و clipe را اعمال نمودیم.

بعد از اخذ و آماده سازی تصاویر و تشکیل بانک اطلاعاتی، نحوه استخراج و تنظیم داده ها مرحله بعدی کار را تشکیل می داد. در این مرحله ابتدا تمامی ۴۱۰ تصویر ۱۶ روزه داندود شده بعد از مرحله موزاییک و MRT، به ۲۰۰ تصویر تقلیل یافت که برای هر سال ۱۲ تصویر (به عبارتی برای هر ماه یک تصویر داشتیم) بدست آمد، تک به تک این تصاویر به فرمت ASCII تبدیل و ذخیره شدند. و در نهایت نیز میانگین تصاویر ۱۲ ماهه هر سال نیز گرفته شد و به یک تصویر و یک ASCII تبدیل شد. یعنی به طور کلی ما برای هر سال یک ASCII و در مجموع از ۱۷ فایل ASCII برای پایش سالیانه تغییرات پوشش گیاهی استفاده کردیم. با توجه به قدرت تفکیک فضایی ۲۵۰ متر هر تصویر، تعداد مجموع پیکسل های هر تصویر که در داخل مرزهای منطقه مورد مطالعه قرار می گرفتند بالغ بر ۹۵۳۵۵۲ پیکسل می شدند. که بعد از حذف داده های گم شده^۱ حدود ۳۲۸۰۴۲ باقی مانده مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در نهایت از طریق برنامه نویسی در محیط نرم افزار R، سری زمانی شاخص NDVI با استفاده از روش اماری پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک برای تمامی پیکسل ها برای کل دوره آماری ۱۷ ساله (۲۰۱۶-۲۰۰۰) مورد مطالعه آماده شدند و نتایج را از آنها استخراج کردیم. در ادامه مراحل محاسباتی این روش به طور کامل آورده شده است.

ج-۱: روش رگرسیون خطی کلاسیک

شکل کلی معادله رگرسیون خطی کلاسیک به صورت رابطه (۲-۱) می باشد که در آن y متغیر خروجی، x_1, x_2, \dots, x_n متغیرهای ورودی و a_0, a_1, \dots, a_n ضرایب معادله به حساب می آیند (علیجانی، ۱۳۹۰: فیروزی، ۱۳۹۷).

$$(1-2)$$

$$y = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n + \varepsilon$$

رابطه (۳-۱) حالت تک متغیره رگرسیون خطی کلاسیک می باشد که در این تحقیق از این حالت استفاده شده است.

$$(1-3)$$

$$y = a_0 + a_1x + \varepsilon$$

فرض کنید مجموعه ایی از زوج متغیرهای مشاهداتی به صورت $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ موجود باشد. معمولاً با

کمینه کردن مجموع مربعات خطاها بین داده های مشاهداتی و محاسباتی که رابطه آن به صورت $\sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1x_i)]$

می باشد، ضرایب معادله یعنی a_0 و a_1 به صورت زیر محاسبه می گردد (علیجانی، ۱۳۹۰: فیروزی، ۱۳۹۷).

^۱ -- Missing values

(۱-۴)

$$a_1 = \frac{m \sum_{i=1}^m x_i y_i - \sum_{i=1}^m x_i \sum_{i=1}^m y_i}{m \sum_{i=1}^m x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^m x_i \right)^2}$$

که در آن α_0 عرض از مبدأ خط و α_1 شیب یا تغییر y بر حسب تغییر یک واحد از x را نشان می‌دهد. برای انتخاب مدل مناسب از بین مدل‌های مورد مطالعه نیاز به معیارهایی وجود دارد. همواره کیفیت یک مدل با بررسی میزان خطای پیش‌بینی $(x_t - \hat{x}_t)$ قابل ارزیابی است که آن را با ε_t نشان می‌دهیم. در این راستا از سه معیار میانگین قدر مطلق انحراف (MAD)، میانگین مربعات انحراف (MSD) و میانگین قدر مطلق درصد انحراف (MAPD) جهت انتخاب بهترین مدل استفاده شد. در زیر معادلات هر سه شاخص به ترتیب در قالب فرمول‌های (۱-۵) تا (۱-۷) آورده شده است (علیچانی، ۱۳۹۰: فیروزی، ۱۳۹۷):

(۱-۵)

$$MAD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_t - \hat{x}_t|$$

(۱-۶)

$$MSD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_t - \hat{x}_t)^2$$

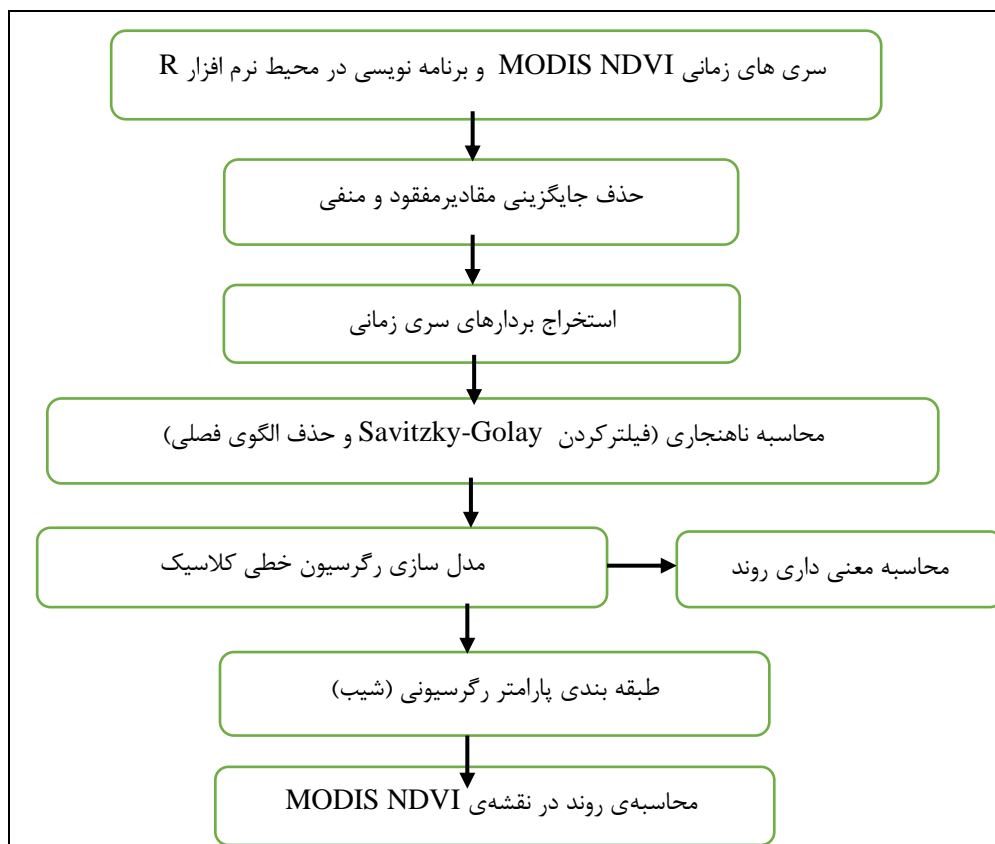
(۱-۷)

$$MAPD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{x_t - \hat{x}_t}{x_t} \right| \times 100$$

مزیت میانگین قدر مطلق درصد انحراف (MAPD) این است که خطا را به درصد در سری زمانی مورد مطالعه اندازه‌گیری می‌کند و تحت تأثیر واحد اندازه‌گیری نمی‌باشد. خصوصیت میانگین مربعات انحراف (MSD) نیز این است که جریمه سنگین‌تری برای خطاها نسبت به میانگین قدر مطلق انحراف (MAD) در نظر می‌گیرد. ضمناً بایستی توجه شود که میانگین قدر مطلق انحراف (MAD) و میانگین مربعات انحراف (MSD) به‌تنهایی معنایی ندارند و در مقایسه با یکدیگر است که معنا پیدا می‌کنند ولی معیارهای درصدی علاوه بر اینکه به‌تنهایی دارای معنی می‌باشند قابلیت مقایسه را نیز دارند.

ج-۲: تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی MODIS NDVI

تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی داده‌های رستری بر اساس تعدادی از تکنیک‌های آماری که در برنامه آماری R اجرا می‌شود، متکی است (Arun K, ۲۰۰۸). مراحل مختلف متدولوژیک برای تجزیه و تحلیل سری MODIS NDVI و در شکل ۲ نشان داده شده است.

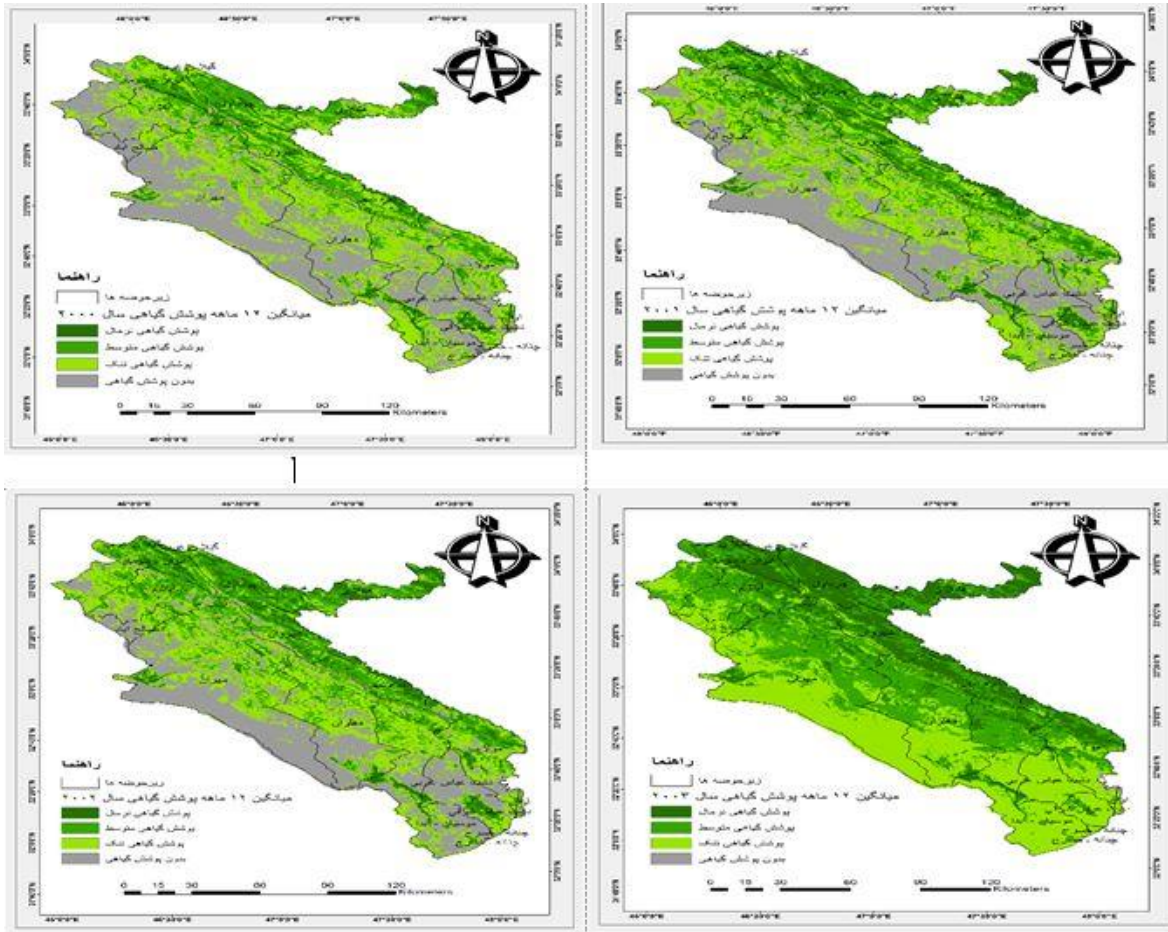


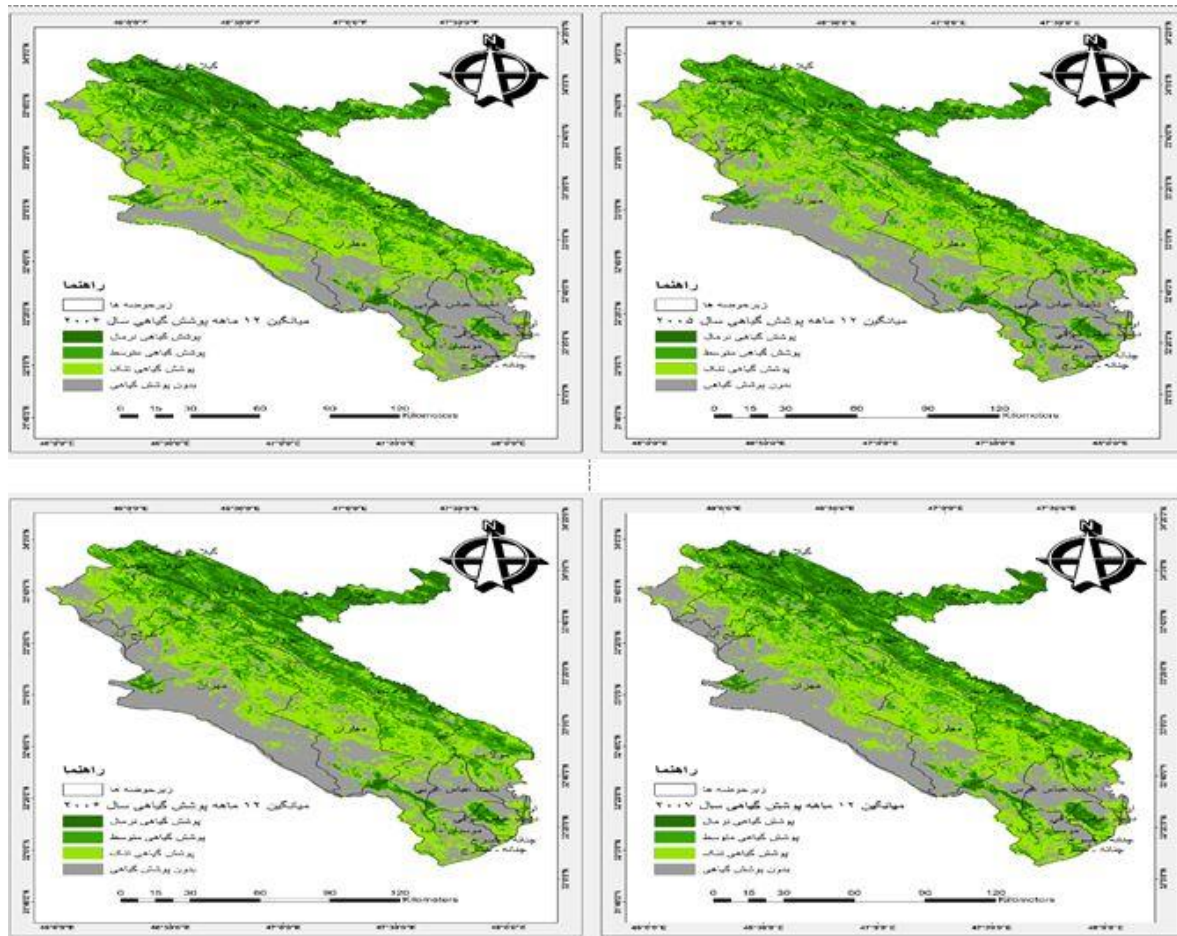
شکل ۲: چارچوب متدولوژی و مراحل کار

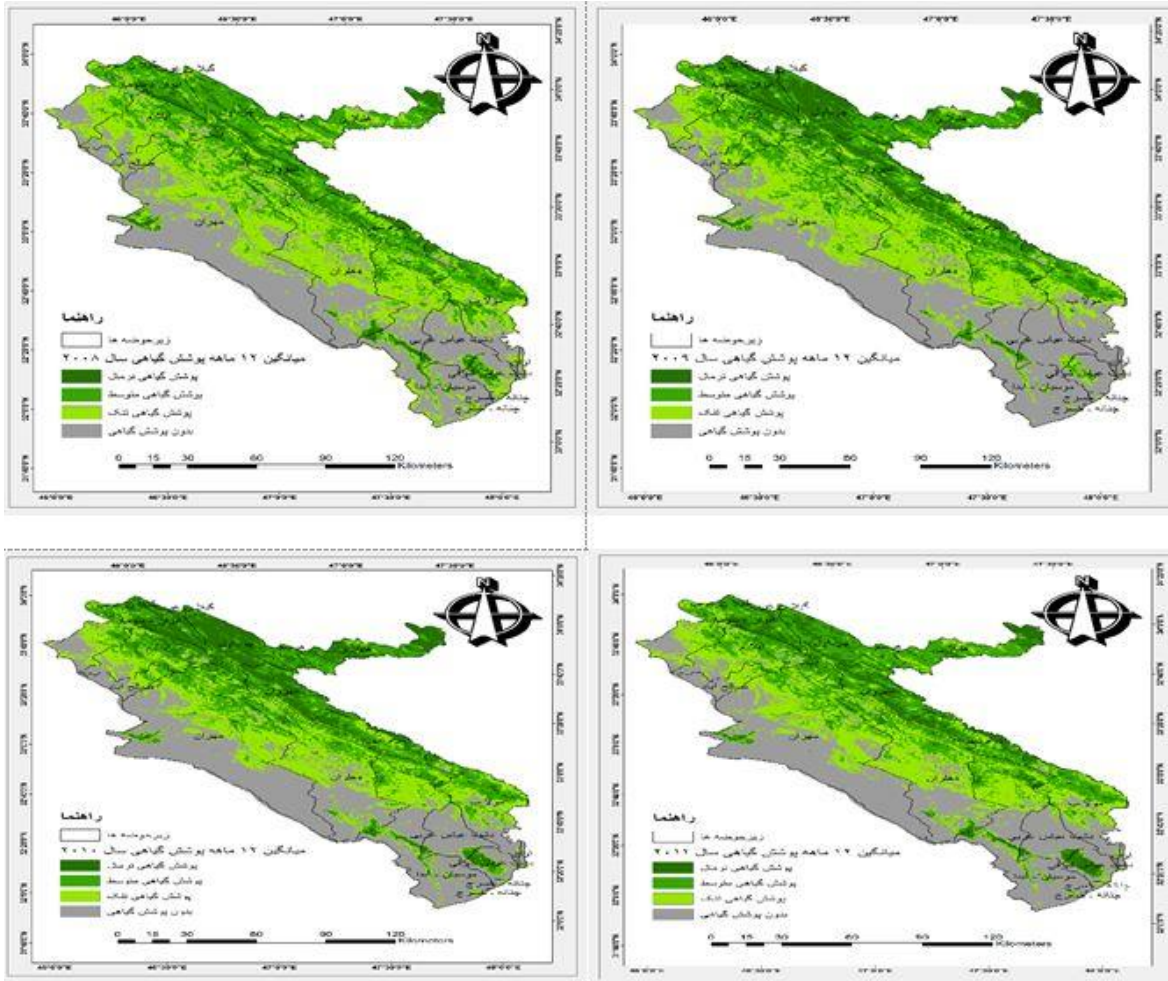
سرانجام، مناطق تغییری به سه دسته: روند صفر یا بدون تغییر، روند مثبت و روند منفی گروه بندی و بر روی منطقه مورد مطالعه اعمال شد (Jacquin et al., ۲۰۱۰).

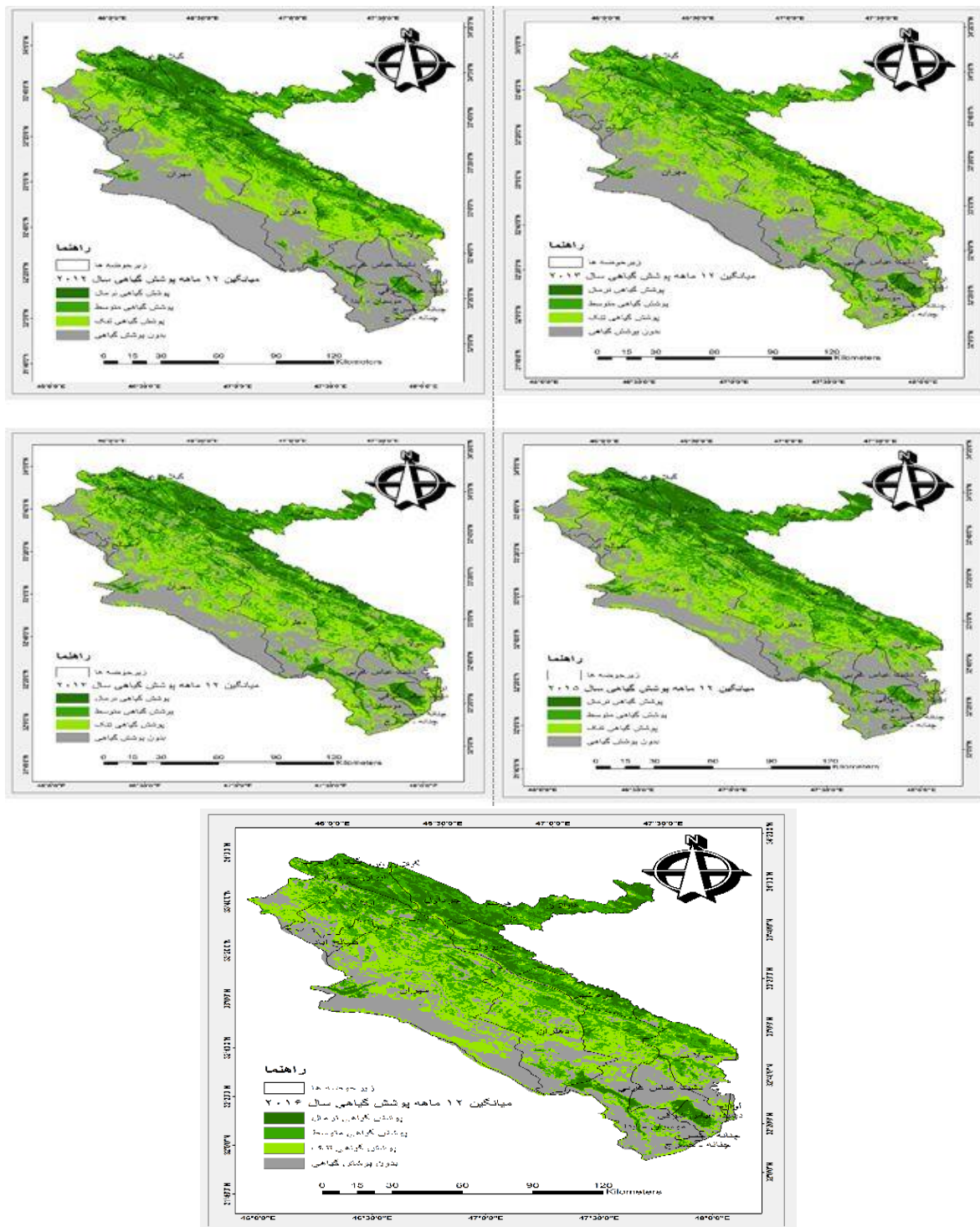
شرح و تفسیر نتایج

نقشه های پوشش گیاهی حاصل از پردازش تصاویر سنجنده MODIS ماهواره ترا برای ۱۷ سال از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ برای منطقه مورد مطالعه تهیه شدند (شکل ۳). در شکل شماره ۳ نقشه های پوشش گیاهی کل دوره ۱۷ ساله مورد مطالعه آورده شده است. در این تصاویر به روشنی پویایی پوشش گیاهی در سال های مختلف قابل مشاهده است. با توجه به این تصاویر به طور کلی تخریب سرزمین و تخریب پوشش گیاهی در طول بازه زمانی، در سراسر محدوده مورد مطالعه از سمت غرب به سمت شرق در حال پیشروی است. همان گونه که از تصاویر برداشت می شود در سال های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ تخریب پوشش گیاهی در غرب و بخصوص در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه در زیر حوضه های (دشت عباس غربی و شرقی، موسیان، چنانه و همچنین غرب، زیر حوضه های (آبدانان، دهلران، مهران و صالح آباد) شدیدتر بوده است و میزان پوشش گیاهی به کمترین میزان خود رسیده است.



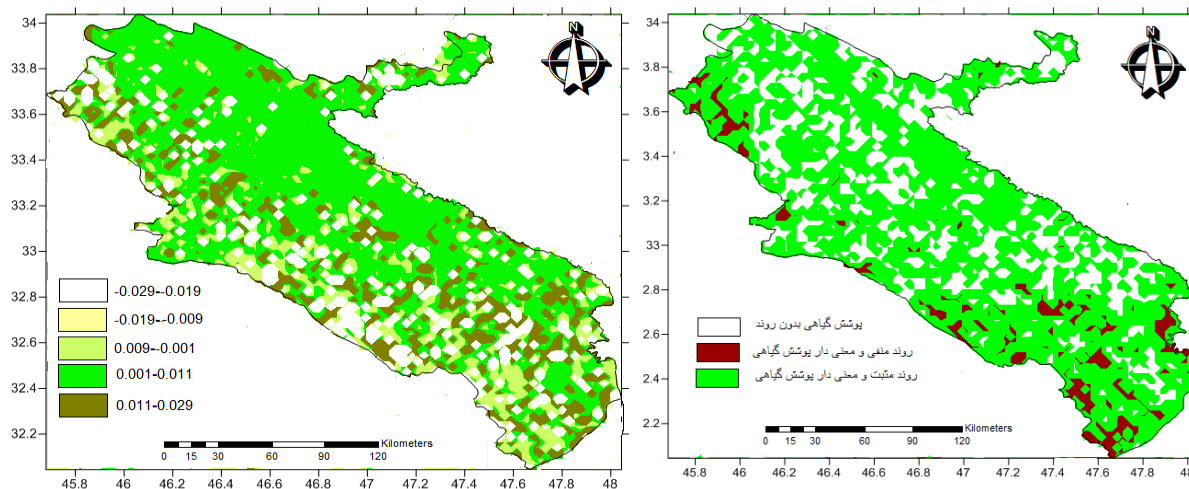






شکل شماره ۳: نقشه های میانگین پوشش گیاهی ۱۲ ماهه یا سالیانه (MODIS NDVI) استان ایلام برای دوره آماری ۲۰۱۶-۲۰۰۰.

معنادار بودن روندهای به دست آمده در سطح احتمالاتی $\alpha = 0.05$ نکته بسیار مهمی است که در بسیاری از مطالعات مربوط به روند تغییرات بدان توجه می شود. در این مطالعه نیز تمامی روندهای به دست آمده در سطح احتمالاتی $\alpha = 0.05$ مورد ارزیابی قرار گرفتند. در راستای پویایی پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه، مقدار شیب روند تغییرات شاخص $NDVI$ ، به صورت بلند مدت برای دوره آماری ۱۷ ساله، با استفاده از روش پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک، پیکسل به پیکسل، برای تمامی ۳۲۸۰۴۲ پیکسل واقع شده در محدوده استان ایلام محاسبه شدند. در ادامه مقادیر شیب روندهای به دست آمده در قالب نقشه معنا داری شیب روند جهت تحلیل های فضایی تهیه شدند (شکل ۳). در نقشه تغییرات روند شیب (شکل ۳) شاهد الگوهای فضایی روند شیب تغییرات ۱۷ ساله پوشش گیاهی بین -0.029 درصد با رنگ سفید (کاهش پوشش گیاهی) تا $+0.029$ درصد سبز پر رنگ (افزایش پوشش گیاهی) در منطقه هستیم. با توجه به این نقشه ها به روشنی مشخص می شود که بیشترین روند شیب تغییرات در غرب و جنوب غرب، جایی که منطقه کم بارش و بیابانی استان می باشد، مشاهده شده است. و اما بررسی معناداری شیب تغییرات روند پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه نشان می دهد که روند منفی و معنا دار پوشش گیاهی (روند کاهشی در مقادیر شاخص $NDVI$) در گوشه جنوب غرب و شمال غرب استان ایلام متمرکز شده است. و هم چنین چند نقطه شیب تغییرات روند در غرب استان ایلام نیز منفی می باشد که در نقشه معناداری به رنگ قرمز نشان داده شده اند. این امر بیان کننده این موضوع است که تخریب پوشش گیاهی و متعاقباً تخریب سرزمین در استان ایلام از سمت مرزهای غربی در حال پیشروی و سرایت به مناطق مرکزی و شرقی استان است. که باید مدیریت صحیح در جهت بهبود و احیاء مناطق آسیب دیده در دستور کار مدیران قرار گیرد. نقاط معنادار و منفی روند تغییرات پوشش گیاهی (روندهای کاهشی در مقادیر شاخص $NDVI$) اکثراً در جنوب غرب استان ایلام متمرکز شده که خود جزئی از شمال دشت خوزستان بحساب می آید. در مقابل روند مثبت و معنی دار شیب تغییرات پوشش گیاهی (روندهای افزایشی در مقادیر شاخص $NDVI$) در محدوده استان ایلام در مرکز و شرق محدوده مورد مطالعه تمرکز یافته است که در نقشه معنا داری با رنگ سبز نمایش داده شده اند. و در نهایت نقاط بدون روند تغییرات شیب با رنگ سفید نشان داده شده است، یعنی در این قسمت روند شیب تغییرات پوشش گیاهی نه افزایشی بوده و نه کاهشی، بلکه روندی خنثی و بدون تغییر مشاهده می شود. هر چند در نقشه های شماره ۴ وسعت روند افزایش پوشش گیاهی در مرکز و شرق محدوده مورد مطالعه بیشتر از روند کاهشی در غرب و جنوب غرب است. ولی این مسأله بیانگر افزایش صدصدی پوشش گیاهی نیست بلکه جاهایی که ما افزایش پوشش گیاهی داریم و روند مثبت معناداری شیب تغییرات (شکل B) وجود دارد، در حد کمتر از یک درصد افزایش پوشش گیاهی وجود داشته است. و روند منفی معناداری شیب تغییرات (شکل B) که بیشتر در قسمت بیابانی محدوده مورد مطالعه قرار دارد با واقعیت صدق می کند. یعنی این مسأله دقیقاً با وضعیت عمومی منطقه و وضعیت اقلیمی و توپوگرافی منطقه سازگار می باشد.



نقشه روند شیب تغییرات (شکل A)

روند معناداری شیب تغییرات (شکل B)

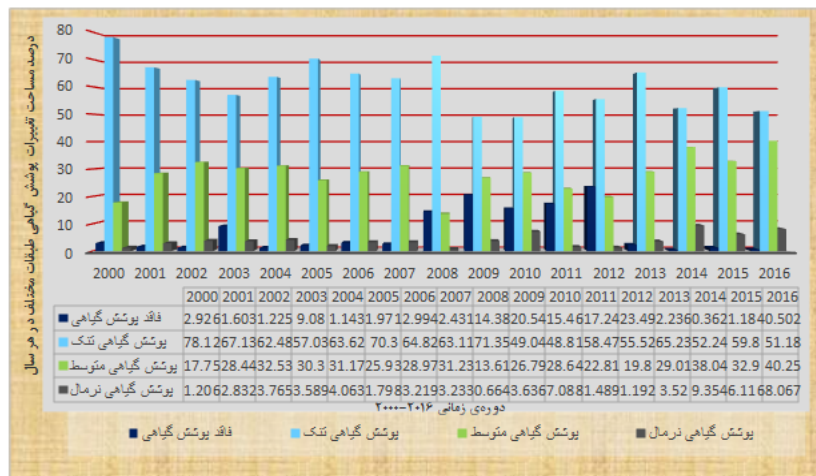
اشکال (۴): A و B به ترتیب مربوط به میانگین ۱۷ ساله تغییرات روند شیب و معناداری روند شیب NDVI در محدوده مورد مطالعه

با توجه جدول شماره ۱ و همچنین نمودار شماره ۱، مساحت طبقات مختلف تغییرات پوشش گیاهی (طبقه فاقد پوشش گیاهی، تنک، متوسط، نرمال) به صورت $m^2 \cdot k^2$ و درصد و همچنین تعداد پیکسل های هر طبقه در سالهای مختلف آورده شده است. با توجه به نتایج این داده ها حداکثر درصد مساحت مربوط به پهنه فاقد پوشش گیاهی در سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ و کمترین مقدار آن در سال های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ کمتر از ۰.۵٪ اتفاق افتاده است که در نمودار ۱ به با آبی پر رنگ نشان داده شده اند. همچنین بیشترین مساحت مربوط به پهنه پوشش گیاهی تنک در سراسر دوره زمانی کمتر از ۵۰٪ نبوده و حداکثر مساحت را سال ۲۰۰۰ نزدیک به ۸۰٪ و کمترین مساحت را سال ۲۰۰۹ و ۲۰۱۰ یعنی ۵۰٪ سطح منطقه را به خود اختصاص داده است. همچنین مساحت پوشش گیاهی متوسط در تمام دوره زمانی بجز سال های ۲۰۰۰، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۲ در کمترین مقدار خود یعنی کمتر از ۲۰٪ بوده و در مابقی سال ها میزان آن بیشتر از ۲۵٪ نشان می دهد که از سال های ۲۰۱۳ به بعد این روند حالت صعودی پیدا کرده و میزان آن به بیش از ۳۰٪ محدود مورد مطالعه افزایش یافته است. در نهایت درصد مساحت پوشش گیاهی نرمال در تمام سال ها کمتر از ۵٪ می باشد. بجز سال های ۲۰۱۰، ۲۰۱۴، ۲۰۱۵ و ۲۰۱۶ این میزان به بیش از ۵ درصد صعود کرده و به نظر مساحت این طبقه در سالهای اخیر در حال افزایش می باشد. و حداکثر مساحت آن در سال ۲۰۱۴ حدود ۱۰ درصد و حداقل مساحت آن در حدود ۰.۵ درصد در سال ۲۰۰۸ اتفاق افتاده است.

جدول ۱: جدول مربوط به مساحت طبقات مختلف $NDVI$ (۲۰۱۶-۲۰۰۰)

سال	تعداد پیکسل های هر طبقه	مساحت به M^2	مساحت به K^2	درصد مساحت هر طبقه
۲۰۰۰	فاقد پوشش گیاهی	۹۵۹۸	۵۹۹۸۷۵۰۰۰	۲,۹
	تنک	۲۵۶۲۷۴	۱۶۰۱۷۱۲۵۰۰۰	۷۸,۱
	متوسط	۵۸۲۱۶	۳۶۳۸۵۰۰۰۰۰	۱۷,۷
	نرمال	۳۹۵۵	۲۴۷۱۸۷۵۰۰	۱,۲
۲۰۰۱	فاقد پوشش گیاهی	۵۲۵۸	۳۲۸۶۲۵۰۰۰	۱,۶
	تنک	۲۲۰۲۰۰	۱۳۷۶۲۵۰۰۰۰۰	۶۷,۱
	متوسط	۹۳۲۹۳	۵۸۳۰,۸۱۲۵۰۰	۲۸,۴
	نرمال	۹۲۹۱	۵۸۰,۶۸۷۵۰۰	۲,۸
۲۰۰۲	فاقد پوشش گیاهی	۴۰۱۸	۲۵۱۱۲۵۰۰۰	۱,۲
	تنک	۲۰۴۹۶۳	۱۲۸۱۰,۱۸۷۵۰۰	۶۲,۵
	متوسط	۱۰۶۷۱۱	۶۶۶۹۴۳۷۵۰۰	۳۲,۵
	نرمال	۱۲۳۵۱	۷۷۱۹۳۷۵۰۰	۳,۸
۲۰۰۳	فاقد پوشش گیاهی	۲۹۷۸۷	۱۸۶۱۶۸۷۵۰۰	۹,۱
	تنک	۱۸۷۰۷۳	۱۱۶۹۲۰,۶۲۵۰۰	۵۷,۰
	متوسط	۹۹۴۱۲	۶۲۱۳۲۵۰۰۰۰	۳۰,۳
	نرمال	۱۱۷۷۳	۷۳۵,۸۱۲۵۰۰	۳,۶
۲۰۰۴	فاقد پوشش گیاهی	۳۷۴۹	۲۳۴۳۱۲۵۰۰	۱,۱
	تنک	۲۰۸۷۰۳	۱۳۰۴۳۹۳۷۵۰۰	۶۳,۶
	متوسط	۱۰۲۲۶۷	۶۳۹۱,۶۸۷۵۰۰	۳۱,۲
	نرمال	۱۳۳۲۸	۸۳۳۰۰۰۰۰۰	۴,۱
۲۰۰۵	فاقد پوشش گیاهی	۶۴۶۶	۴۰۴۱۲۵۰۰۰	۲,۰
	تنک	۲۳۰۶۲۴	۱۴۴۱۴۰۰۰۰۰۰	۷۰,۳
	متوسط	۸۵۰۵۹	۵۳۱۶۱۸۷۵۰۰	۲۵,۹
	نرمال	۵۸۹۷	۳۶۸,۵۶۲۵۰۰	۱,۸
۲۰۰۶	فاقد پوشش گیاهی	۹۸۲۲	۶۱۳۸۷۵۰۰۰	۳,۰
	تنک	۲۱۲۶۳۲	۱۳۲۸۹۵۰۰۰۰۰	۶۴,۸
	متوسط	۹۵۰۳۵	۵۹۳۹۶۸۷۵۰۰	۲۹,۰
	نرمال	۱۰۵۶۱	۶۶۰,۰۶۲۵۰۰	۳,۲
۲۰۰۷	فاقد پوشش گیاهی	۷۹۷۴	۴۹۸۳۷۵۰۰۰	۲,۴
	تنک	۲۰۷۰۱۳	۱۲۹۳۸۳۱۲۵۰۰	۶۳,۱
	متوسط	۱۰۲۴۵۱	۶۴۰۳۱۸۷۵۰۰	۳۱,۲
	نرمال	۱۰۶۰۶	۶۶۲,۸۷۵۰۰۰	۳,۲
۲۰۰۸	فاقد پوشش گیاهی	۴۷۱۶۹	۲۹۴۸,۰۶۲۵۰۰	۱۴,۴
	تنک	۲۳۴۰۵۲	۱۴۶۲۸۲۵۰۰۰۰	۷۱,۳
	متوسط	۴۴۶۵۱	۲۷۹۰,۶۸۷۵۰۰	۱۳,۶
	نرمال	۲۱۷۷	۱۳۶,۰۶۲۵۰۰	۰,۷
۲۰۰۹	فاقد پوشش گیاهی	۶۷۳۷۰	۴۲۱۰,۶۲۵۰۰۰	۲۰,۵

۴۹,۰	۱۰۰۵۴,۶۸۷۵	۱۰۰۵۴۶۸۷۵۰۰	۱۶۰۸۷۵	تنک	
۲۶,۸	۵۴۹۲,۱۸۷۵	۵۴۹۲۱۸۷۵۰۰	۸۷۸۷۵	متوسط	
۳,۶	۷۴۵,۴۳۷۵	۷۴۵۴۳۷۵۰۰	۱۱۹۲۷	نرمال	
۱۵,۵	۳۱۶۸,۶۸۷۵	۳۱۶۸۶۸۷۵۰۰	۵۰۶۹۹	فاقد پوشش گیاهی	۲۰۱۰
۴۸,۸	۱۰۰۰۸,۱۲۵	۱۰۰۰۸۱۲۵۰۰۰	۱۶۰۱۳۰	تنک	
۲۸,۶	۵۸۷۲,۶۸۷۵	۵۸۷۲۶۸۷۵۰۰	۹۳۹۶۳	متوسط	
۷,۱	۱۴۵۳,۱۲۵	۱۴۵۳۱۲۵۰۰۰	۲۳۲۵۰	نرمال	۲۰۱۱
۱۷,۲	۳۵۳۴,۴۳۷۵	۳۵۳۴۴۳۷۵۰۰	۵۶۵۵۱	فاقد پوشش گیاهی	
۵۸,۵	۱۱۹۸۷,۱۸۷۵	۱۱۹۸۷۱۸۷۵۰۰	۱۹۱۷۹۵	تنک	
۲۲,۸	۴۶۷۵,۶۸۷۵	۴۶۷۵۶۸۷۵۰۰	۷۴۸۱۱	متوسط	۲۰۱۲
۱,۵	۳۰۵,۳۷۵	۳۰۵۳۷۵۰۰۰	۴۸۸۶	نرمال	
۲۳,۵	۴۸۱۶,۳۷۵	۴۸۱۶۳۷۵۰۰۰	۷۷۰۶۲	فاقد پوشش گیاهی	
۵۵,۵	۱۱۳۸۲,۳۱۲۵	۱۱۳۸۲۳۱۲۵۰۰	۱۸۲۱۱۷	تنک	۲۰۱۳
۱۹,۸	۴۰۵۹,۵۶۲۵	۴۰۵۹۵۶۲۵۰۰	۶۴۹۵۳	متوسط	
۱,۲	۲۴۴,۳۷۵	۲۴۴۳۷۵۰۰۰	۳۹۱۰	نرمال	
۲,۲	۴۵۸,۴۳۷۵	۴۵۸۴۳۷۵۰۰	۷۳۳۵	فاقد پوشش گیاهی	۲۰۱۴
۶۵,۲	۱۳۳۷۴,۵	۱۳۳۷۴۵۰۰۰۰۰	۲۱۳۹۹۲	تنک	
۲۹,۰	۵۹۴۸,۱۸۷۵	۵۹۴۸۱۸۷۵۰۰	۹۵۱۷۱	متوسط	
۳,۵	۷۲۱,۷۵	۷۲۱۷۵۰۰۰۰	۱۱۵۴۸	نرمال	۲۰۱۵
۰,۴	۷۴,۲۵	۷۴۲۵۰۰۰۰	۱۱۸۸	فاقد پوشش گیاهی	
۵۲,۲	۱۰۷۱۱,۴۳۷۵	۱۰۷۱۱۴۳۷۵۰۰	۱۷۱۳۸۳	تنک	
۳۸,۰	۷۷۹۹,۵	۷۷۹۹۵۰۰۰۰۰	۱۲۴۷۹۲	متوسط	۲۰۱۶
۹,۴	۱۹۱۷,۸۱۲۵	۱۹۱۷۸۱۲۵۰۰	۳۰۶۸۵	نرمال	
۱,۲	۲۴۲,۶۸۷۵	۲۴۲۶۸۷۵۰۰	۳۸۸۳	فاقد پوشش گیاهی	
۵۹,۸	۱۲۲۶۰,۶۸۷۵	۱۲۲۶۰۶۸۷۵۰۰	۱۹۶۱۷۱	تنک	۲۰۱۵
۳۲,۹	۶۷۴۵,۶۸۷۵	۶۷۴۵۶۸۷۵۰۰	۱۰۷۹۳۱	متوسط	
۶,۱	۱۲۵۳,۹۳۷۵	۱۲۵۳۹۳۷۵۰۰	۲۰۰۶۳	نرمال	
۰,۵	۱۰۲,۸۷۵	۱۰۲۸۷۵۰۰۰	۱۶۴۶	فاقد پوشش گیاهی	۲۰۱۶
۵۱,۲	۱۰۴۹۳,۱۲۵	۱۰۴۹۳۱۲۵۰۰۰	۱۶۷۸۹۰	تنک	
۴۰,۳	۸۲۵۲,۹۳۷۵	۸۲۵۲۹۳۷۵۰۰	۱۳۲۰۴۷	متوسط	
۸,۱	۱۶۵۴	۱۶۵۴۰۰۰۰۰۰	۲۶۴۶۴	نرمال	



نمودار شماره ۱: مربوط به درصد تغییرات مساحت طبقات مختلف *NDVI* در بازه زمانی ۲۰۰۰-۲۰۱۶

در آخر برای صحت سنجی نتایج به دست آمده، اقدام به بازدید و برداشت های میدانی و همچنین مصاحبه شفاهی با افراد مطلع و قدیمی ساکن در محدوده مورد مطالعه گردید. در شکل ۵ تصاویری از چشم اندازهای مختلف محدوده مورد مطالعه برای درک بهتری از تغییرات آورده شده است. نتایج مصاحبه با افراد ساکن در مناطق مختلف محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد مناطقی که روند آنها کاهشی و معنادار بوده است، به خصوص در سراسر نیمه غربی و جنوب غرب، به دلیل رها کردن زمین های کشاورزی به دلایل مختلفی از جمله خشکسالی های طولانی مدت و مشکلات کم آبی و همچنین چرای بیش از حد در نقاط مرزی ایران و عراق بوده است. اما پیکسل هایی که روند آنها افزایشی بوده است همچنانکه در بالا نیز بدان اشاره شده بود قسمتی از آن مربوط به ایجاد سد دویرج در جنوب دهلران و انتقال آب از سد کرخه به جنوب غرب استان ایلام مربوط به بخش کشاورزی (گندم، جو و صیفی جات) بوده و قسمت های دیگر روند افزایشی و معنادار پوشش گیاهی مربوط به جنگلهای بلوط در ارتفاعات کبیر کوه، دینار کوه، قلاج، مانشت و ... که در مرکز و شرق محدوده مورد مطالعه تمرکز یافته است. اشکال شماره (۵).





صاویری از چرای بی رویه و تخریب پوشش گیاهی، خاک و ایجاد فرسایش خندقی در محدوده مورد مطالعه

اشکال شماره (۵): تصاویر مختلف تهیه شده در بازدید میدانی از محدوده مورد مطالعه

نتیجه گیری

در این مطالعه روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از روش پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک در غرب کشور ایران مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه ما از ترکیبات ۱۶ روز MODIS NDVI با قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متری (MODIS ۱۳Q۱ collection) و از مدل آماری پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک برای بررسی روند شیب تغییرات NDVI در بازه زمانی ۱۷ ساله در جهت پایش روند تغییرات پوشش گیاهی به عنوانی یکی از شاخص های تخریب سرزمین در استان ایلام (۲۰۰۹-۲۰۱۶ MODIS-NDVI) استفاده شد. نقشه های پوشش گیاهی حاصل از پردازش تصاویر سنجنده MODIS ماهواره ترا برای ۱۷ سال از ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۶ برای منطقه مورد مطالعه (شکل شماره ۳)، پویایی پوشش گیاهی در سال های مختلف قابل مشاهده است. ولی به طور کلی تخریب سرزمین و تخریب پوشش گیاهی در طول بازه زمانی، در سراسر محدوده مورد مطالعه از سمت غرب به سمت مرکز و شرق در حال پیشروی است. همان گونه که از تصاویر برداشت می شود در سال های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ تخریب پوشش گیاهی در غرب و بخصوص در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه در زیر حوضه های (دشت عباس غربی و شرقی، موسیان و چنانه، همچنین غرب، در زیر حوضه های آبدانان، دهلران، مهران و صالح آباد) شدیدتر بوده است و میزان پوشش گیاهی به کمترین میزان خود رسیده است. به طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که کانون بیشترین تغییرات افزایشی در شاخص NDVI در شمال شرق، شرق و مرکز منطقه مورد مطالعه بوده است. که علت آن به بیشتر بودن میزان بارندگی و رطوبت، افزایش کشاورزی وابسته به سد سیمره و رودخانه های پر آب منطقه و همچنین تراکم تر بودن جنگلهای بلوط در نتیجه ارتفاع و رطوبت مناسب وابسته است. اما کانون بیشترین تغییرات روند کاهشی در شاخص NDVI در غرب، جنوب غرب و شمال غرب منطقه قابل مشاهده است که با مناطق بیابانی و کم بارش منطقه تطابق دارد. هر چند مساحت مناطق دارای روند کاهشی در مقایسه با مناطق دارای روند افزایشی و خنثی کمتر است ولی در صورت عدم توجه به این امر در سال های آینده شاهد سرایت و پیشروی تخریب پوشش گیاهی و متعاقباً تخریب زمین به دیگر نقاط منطقه مورد مطالعه خواهیم بود. در راستای پویایی پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه، مقدار شیب روند تغییرات شاخص NDVI، به صورت بلند مدت برای دوره آماری ۱۷ ساله، با استفاده

از روش پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک، پیکسل به پیکسل، برای تمامی ۳۲۸۰۴۲ پیکسل واقع شده در محدوده استان ایلام محاسبه شدند. در ادامه مقادیر شیب روندهای به دست آمده در قالب نقشه معنا داری شیب روند جهت تحلیل های فضایی تهیه شدند (شکل ۳). در نقشه تغییرات روند شیب (شکل ۳) شاهد الگوهای فضایی روند شیب تغییرات ۱۷ ساله پوشش گیاهی بین ۰,۰۲۹- درصد با رنگ سفید (کاهش پوشش گیاهی) تا ۰,۰۲۹+ درصد سبز پر رنگ (افزایش پوشش گیاهی) در منطقه هستیم. با توجه به این نقشه ها به روشنی مشخص می شود که بیشترین روند شیب تغییرات در غرب و جنوب غرب، جایی که منطقه کم بارش و بیابانی استان می باشد، مشاهده شده است. و اما بررسی معناداری شیب تغییرات روند پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه نشان می دهد که روند منفی و معنا دار پوشش گیاهی (روند کاهش) در مقادیر شاخص *NDVI* در گوشه جنوب غرب و شمال غرب استان ایلام متمرکز شده است. و هم چنین چند نقطه شیب تغییرات روند در غرب استان ایلام نیز منفی می باشد که در نقشه معناداری به رنگ قرمز نشان داده شده اند. این امر بیان کننده این موضوع است که تخریب پوشش گیاهی و متعاقباً تخریب سرزمین در استان ایلام از سمت مرزهای غربی در حال پیشروی و سرایت به مناطق مرکزی و شرقی استان است. که باید مدیریت صحیح در جهت بهبود و احیاء مناطق آسیب دیده در دستور کار مدیران قرار گیرد. نقاط معنادار و منفی روند تغییرات پوشش گیاهی (روندهای کاهش) در مقادیر شاخص *NDVI* اکثراً در جنوب غرب استان ایلام متمرکز شده که خود جزئی از شمال دشت خوزستان بحساب می آید. در مقابل روند مثبت و معنی دار شیب تغییرات پوشش گیاهی (روندهای افزایش) در مقادیر شاخص *NDVI* در محدوده استان ایلام در مرکز و شرق محدوده مورد مطالعه تمرکز یافته است که در نقشه معنا داری با رنگ سبز نمایش داده شده اند. و در نهایت نقاط بدون روند تغییرات شیب با رنگ سفید نشان داده شده است، یعنی در این قسمت روند شیب تغییرات پوشش گیاهی نه افزایشی بوده و نه کاهش، بلکه روندی خنثی و بدون تغییر مشاهده می شود. برای صحت سنجی و کالیبراسیون نتایج حاصله از مناطق مختلف دارای روند (افزایشی، کاهش و خنثی) نیز بازدید میدانی به عمل آمد و نتایج در قالب تصاویری در متن مطالعه ارائه شد (اشکال شماره ۵). به طور کلی نتایج این مطالعه در مقایسه با دیگر مطالعات صورت گرفته، به طور مثال مطالعه تجزیه و تحلیل روند سری زمانی *MODIS NDVI* برای تشخیص تخریب و بازسازی زمین در مغولستان یکی می باشد. در این مطالعه سری زمانی ۱۱ ساله داده های ۱۶ روزه سنجندهی مودیس *NDVI* اثبات کرد، مناطقی که روند های مثبت و منفی *NDVI* را نشان می دهد اغلب با مناطق تغییر طبقات پوشش سطح زمین همزمان است که به ترتیب نشان دهنده افزایش یا کاهش پوشش گیاهی است. روش تجزیه و تحلیل روند سری های زمانی *NDVI* به طور موفقیت آمیزی تغییرات ناشی از جنگل زدایی، آتش سوزی جنگل، فعالیت های معدنی، گسترش شهری و احیاء چمنزارها را نمایان ساخت (Sandra Eckert et al., ۲۰۱۵). یا مطالعه نگاشت الگوهای تخریب سرزمین با استفاده از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی (*NDVI*) به عنوان یک معیار از تخریب سرزمین توسط (Genesis T, et al, ۲۰۱۵). که باز هم از داده های پوشش گیاهی سنجندهی مودیس استفاده کردند و نتایج مطلوبی در استفاده از شاخص *NDVI* بدست آوردند. به طور کلی این یافته ها نشان می دهد که تجزیه و تحلیل روند سری های زمانی *NDVI* برای شناسایی و نمایان ساختن مناطق تغییر پوشش گیاهی و تشخیص تخریب و بازسازی زمین، بسیار مفید و کاربردی می باشند.

منابع

- نیک پور، نورالله؛ محمدرضا ثروتی، محمد مهدی حسین زاده و مریم ده بزرگی. ۱۳۹۳. بررسی ژئومورفولوژی (مورفوتکتونیک) بخش میانی تاقدیس کبیر کوه واقع در استان ایلام (از پشته اریشت تا امام زاده شاه محمد کوه نشین)، پایانامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- فیروزی، فاطمه. ۱۳۹۷. مدل سازی سری زمانی تغییرات مؤلفه های محیطی سطح زمین: مورد کاوی (دشت سیستان)، پایان نامه دکتری، دانشگاه سیستان و بلوچستان.
- احمدی، حسن؛ محمدرضا اختصاصی، علی گلکاریان و الهام ابریشم. ۱۳۸۵. ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی با استفاده از مدل مدالوس تغییر یافته در منطقه فخرآباد - مهریز (یزد). *مجله منابع طبیعی ایران*، ۵۳(۳): ۵۱۹-۵۳۲.
- بهرامی، حسین؛ حسن قارفرد، آرش ملکیان، حمید غلامی و پژمان طهماسبی. ۱۳۹۵. روش تحلیل عاملی در اولویت بندی معیارهای سنجش تخریب سرزمین در حوضه آبخیز کارون. *مجله برنامه ریزی و آمایش فضا*، ۲۰(۲): ۸۷-۱۱۱.
- علیجانی، بهلول؛ پیمان محمودی، عبدالجبار چوگان. ۱۳۹۰. بررسی روند تغییرات بارش های سالانه و فصلی ایران با استفاده از روش ناپارامتریک. پژوهش های اقلیم شناسی، ۳(۹): ۱۳-۱.
- مشکوه، محمد علی. ۱۳۷۷. روشی موقت برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی (سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد و برنامه زیست ملل متحد): ترجمه، موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع.
- Ahl, D.E.; S.T. Gower, S.N. Burrows, N.V. Shabanov, R. B. Myneni, and Y. Knyazikhin. ۲۰۰۶. Monitoring spring canopy phenology of a deciduous broadleaf forest using MODIS. *Jornal Remote Sensing of Environment*, ۱۰۴: ۸۸-۹۵.
- Albalawi, E. K. and L. Kumar. ۲۰۱۳. Using remote sensing technology to detect, model and map desertification: a review. *J Food Agric Environ*, ۱۱: ۷۹۷-۷۹۱.
- Anyamba, A. and C.J. Tucker. ۲۰۱۲. Historical perspective of AVHRR NDVI and vegetation drought monitoring. *Remote Sens Drought: Innovative Monit Approaches*, ۲۳: ۱۲-۱
- Arnab Kundu, N.R.; S.K. Patel, and D.D. Saha. ۲۰۱۷. Desertification in western Rajasthan (India): an assessment using remote sensing derived rain-use efficiency and residual trend methods. *National Hazards*, ۸۶: ۳۱۳-۲۹۷, DOI ۱۰.۱۰۰۷/s۱۱۰۶۹-۰۱۶-۲۶۸۹-y.
- Bai, Z.A.; D.L. Dent, and M.E. Schaepman. ۲۰۰۵. Quantitative global assessment of land degradation and improvement: pilot study in North China. ISRIC, Report ۲۰۰۵/۰۶, Wageningen, ۱۸-۱
- Bai, Z.G.; D.L. Dent, L. Olsson, and M.E. Schaepman. ۲۰۰۸. *Global assessment of land degradation and improvement*. Report ۲۰۰۸/۰۱, ISRIC, Wageningen.
- Sudhakar Reddy, C.; K.R.L. Saranya, S. Vazeed Pasha, K.V. Satish, C. S. Jha, P.G. Diwakar, V.K. Dadhwal, P. V.N. Rao, and Y.V.N. Krishna Murthy. ۲۰۱۸. Assessment and monitoring of deforestation and forest fragmentation in South Asia since the ۱۹۳۰s. *Global and Planetary Change*, ۱۶۱: ۱۳۲-۱۴۸. <http://dx.doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.gloplacha.۲۰۱۷.۱۰.۰۰۷>.
- Cook, B.I. and S. Pau. ۲۰۱۳. A global assessment of long-term greening and browning trends in pasture lands using the GIMMS LAI^{3g} dataset. *Remote Sens*, ۵(۵): ۲۵۱۲-۲۴۹۲.

- Coppin, P.; I. Jonckheere, K. Nackaerts, B. Muys, and E. Lambin. ۲۰۰۴. Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. *International Journal of Remote Sensing*, ۲۵ (۹): ۱۵۶۵-۱۵۹۶.
- De Jong, R.; S. de Bruin, A. de Wit, M.E. Schaepman, and D.L. Dent. (۲۰۱۱a) Analysis of monotonic greening and browning trends from global NDVI time-series. *Remote Sens Environ* ۱۱۵(۲): ۷۰۲-۶۹۲. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2010.10.011>.
- Diouf, A, and E.Lambin. ۲۰۰۱. Monitoring land-cover changes in semiarid regions: remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal. *Journal of Arid Environments*, ۴۸: ۱۴۸-۱۲۹.
- Lambin, E.F. Ehrlich, D. ۱۹۹۸. "Land-cover Changes in Sub- Saharan Africa (۱۹۸۲-۱۹۹۱): Application of a Change Index Based on Remotely Sensed Surface Temperature and Vegetation Indices at a Continental Scale," *Remote Sensing of Environment*, ۶۱: ۲۰۰-۱۸۱.
- Edoardo, F.; M. Fabio, T. Vieri, and V. Patrizio. ۲۰۱۷. Analysis of land degradation processes on a tiger bush plateau in South West Niger using MODIS and LANDSAT TM/ETM+ data, *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*, ۶۲: ۵۶-۶۸. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2017.05.010>,
- Eiumnoh, A.; E.M. Bridges, I.D. Hannam, L.R. Oldeman, V.F.W.T. Penning, S.J. Scherr, and S. Sombatpanit, ۲۰۰۱. Tools for identification, assessment, and monitoring of land degradation. In *Response to Land Degradation* (Eds). Science Publishers, Inc: Enfield, NH, ۲۴۹-۲۶۰ .
- Eklundh, L. and L. Olsson. ۲۰۰۳. Vegetation index trends for the African Sahel ۱۹۸۲- ۱۹۹۹. *Geophysical Research Letters*, ۳۰: ۱۴۳۰-۱۴۳۳.
- Emadodin, I. ۲۰۰۸. Human-induced soil degradation in Iran. Ecosystem services workshop, Salzau Castle, ۱۳- ۱۵ May, Kiel, Northern Germany.
- Emadodin, I.; S. Reiss, and H.R. Bork. ۲۰۰۹. A study of the relationship between land management and soil aggregate stability: Case study near Albersdorf, Northern Germany. *APRN Journal of Agricultural and Biological Science*, ۴: ۴۸-۵۳.
- Esaias, W.E.; M.R. Abbott, I. Barton, O.B. Brown, J.W. Campbell, and K.L. Carder. ۱۹۹۸. An overview of MODIS capabilities for ocean science observations. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, ۳۶: ۱۲۵۰-۱۲۶۵.
- Eswaran, H.; R. Lal, and P.F. Reich. ۲۰۰۱. Land degradation: An overview. In *Response to Land Degradation*, Bridges EM, Hannam ID, Oldeman LR, Penning de Vries FWT, Scherr SJ, Sombatpanit S (eds). Science Publishers, Inc: Enfield, New Hampshire, USA, ۲۰-۳۵.
- Mensah, F.; S.K. Adanu, and D.K. Adanu. ۲۰۱۵. Remote Sensing and GIS Based Assessment of Land Degradation and Implications for Ghana's Ecological Zones, *Environmental Practice*, ۱-۱۳. DOI: 10.1017/S1466046614000460.
- Farahpour, M.; H. van Keulen, M.A. Sharifi, and M. Bassiri. ۲۰۰۴. A planning support system for rangeland allocation in Iran with case study of Chadegan subregion. *The Rangeland Journal*, ۲۶: ۲۳۶-۲۲۵.
- Gabriela M.A.; G. Giorgio, T.M. Maria, and V. Salvatore. ۲۰۰۳. Study of land degradation and desertification dynamics in North Africa and Central Europe areas using, *Remote Sensing*, ۱۱-۱. <https://www.researchgate.net/publication/277141633>.
- Hajabbasi, M.A.; M. Sharifi, and M. Sheklabadi. ۲۰۰۶. Soil Quality Indicators Response to Long-Term Grazing Exclusion as a Recovering Strategy in Some Rangelands in Central Iran. ۱۸ the world congress of soil sciences, USA.

- Herrmann, S. M. and C.F. Hutchinson. ۲۰۰۶. The Scientific basis: links between land degradation, drought and desertification. *Governing Global desertification: Linking Environmental Degradation, Poverty and Participation*. Ashgate Publishing, Hampshire, England, ۱۱-۲۷.
- Higginbottom, T. and E. Symeonakis. ۲۰۱۴. Assessing Land Degradation and Desertification Using Vegetation Index Data: Current Frameworks and Future Directions. *Remote Sensing*, ۶: ۹۵۷۰-۹۵۸۲.
- Huete, A.; K. Didan, T. Miura, E.P. Rodriguez, X. GAO, and L.G. Ferreira. ۲۰۰۲. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, ۸۳(۱): ۱۹۵-۲۱۳.
- Jacquin, A.; D. Sheeren, and J.P. Lacombe. ۲۰۱۰. Vegetation cover degradation assessment in Madagascar savanna based on trend analysis of MODIS NDVI time series, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* ۱۲S (۲۰۱۰) S۳-S۱۰, ۱۸-۱۱. DOI: ۱۰.۱۰۱۶/j.jag.۲۰۰۹.
- Jensen, J. ۲۰۰۷. *Remote sensing of the environment*. Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Justice, C.O.; J.R.G. Townshend, E.F. Vermote, E. Masuoka, R.E. Wolfe, and N. Saleous. ۲۰۰۲. An overview of MODIS Land data processing and product status. *Remote Sensing of Environment*, ۸۳: ۳-۱۵.
- King, M.D.; W.P. Menzel, Y.J. Kaufman, D. Tanre, B.C. GAO, S. Platnick. ۲۰۰۳. Cloud and aerosol properties, precipitable water, and profiles of temperature and water vapor from MODIS. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, ۴۱: ۴۴۲-۴۵۸.
- Donagh, J.M. LADA-L Part ۱ & ۲. ۲۰۰۹. Methodological Approach, Planning and Analysis & Local Assessment: Tools and Methods for Fieldwork, University of East Anglia (UEA).
- Landmann, T. and O. Dubovyk. ۲۰۱۴. Spatial analysis of human-induced vegetation productivity decline over eastern Africa using a decade (۲۰۰۱-۲۰۱۱) of medium resolution MODIS time-series data. *Int J Appl Earth Obs Geoinf*, ۳۳: ۸۲-۷۶.
- Mascaro, J.; M. Detto, G.P. Asner, and H.C. Muller-Landau. ۲۰۱۱. Evaluating uncertainty in mapping forest carbon with airborne LiDAR. *Remote Sens. Environ*, ۱۱۵: ۳۷۷۰-۳۷۷۴
- Walter V. R.; A.M. Harold, C. Angela, C. Doris, R.C. Stephen, C. Kanchan, D. Partha, D. Thomas, K.D. Anantha, H. Rashid, K. Roger, L. Rik, M. Robert, M. Tony (A.J.), P. Prabhu, S. Cristián, S. Robert, T.W. Robert, A.H. Zakri, S. Zhao, J.A. Neville, B. Elena, K. Pushpam, J. L. Marcus, R..H. Ciara, S. Henk, T. Jillian, and B.Z. Monika. ۲۰۰۵. Millennium, E.A. Book, *Ecosystem and Human well being: Desertification synthesis*. In: Assessment, M.E. (Ed). <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.۲۵۶.aspx.pdf>.
- NASA. ۲۰۱۲. MODIS-specifications.Weitere Details. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php> (accessed ۱,۰۶,۲۰۱۲).
- Olander, L.P.; C.S. Galik, and G.A. Kissinger. ۲۰۱۲. Operationalizing REDD+: Scope of reduced emissions from deforestation and forest degradation. *Curr. Opin. Environ. Sustain*, ۴: ۶۶۱-۶۶۹
- Mushtak, T.J. and S.D. Ammar. ۲۰۱۵. Evaluation of Sandy Land Degradation Based on Geo-Information Techniques: a case Study South Part of Iraq. *International Journal of Engineering Inventions*, ۵(۵): ۳۹-۴۵.

- Le, Q. B. ۲۰۱۲. "Multi-pronged assessment of land degradation in West Africa to assess the importance of atmospheric fertilization in masking the processes involved," *Global and Planetary Change* ۹۳-۹۴: ۸۱-۷۱.
- Qadir, M.; A.S. Qureshi, and S.A.M. Cheraghi. ۲۰۰۸. Extent and characterization of salt-affected soils in Iran and strategies for their amelioration and management. *Land Degradation & Development*, ۱۹: ۲۱۴-۲۲۷.
- Arun K.; P. Vinod, K. Deepak, S. Poonam. ۲۰۰۸. R Development Core Team, a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. *Journal of Data Analysis and Information Processing*, ۳(۴). <http://www.Rproject.org>.
- Fensholt, R. and S.R. Proud. ۲۰۱۲. "Evaluation of Earth Observation based global long term vegetation trends-Comparing GIMMS and MODIS global NDVI time series," *Remote Sensing of Environment*, ۱۱۹: ۱۴۷-۱۳۱.
- Raynolds, J. F. S. S. ۲۰۰۲. *Global Desertification: Do humans cause Desert?* Dahlem University Press.
- Reed, B.C.; M.A. White, and J.F. Brown. ۲۰۰۳. *Remote Sensing Phenology*. In: Schwartz, M.D. (Ed), *Phenology: An Integrative Science*. Kluwer Academic Publishing, Dordrecht, the Netherlands.
- Reynolds, J. F.; D.M. Smith, E.F. Lambin, B.L. Turner, M. Mortimore, S.P. Batterbury, T. E. Downing, H. Dowlatabadi, R.J. Fernandez, J.E. Herrick, E. Huber-Sannwald, H. Jiang, R. Leemans, T. Lynam, F.T. Maestre, M. Ayarza, and B. Walker. ۲۰۰۷. Global desertification: building a science for dryland development. *Science*, ۳۱۶: ۸۴۷-۸۵۱.
- Salehi, A.; E. Wilhelmsson, and U. Söderberg. ۲۰۰۸. Land cover changes in a forested watershed, southern Zagros, Iran. *Land degradation and development*, ۱۹: ۵۴۲-۵۵۳.
- Eckert, S.; H. Fabia, L. Hanspeter, and H. Elias. ۲۰۱۴. Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia, *Journal of Arid Environments*, ۱۱۳: ۱۶-۲۸. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2014.09.001>.
- Sepehr, A.; A.M. Hassanli, M.R. Ekhtesasi, J.B. Jamali. ۲۰۰۶. Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method, DOI ۱۰.۱۰۰۷/s1۰۶۶۱-۰۰۷-۹۶۱۳-۶, ۱-۱۳.
- Shalaby, A. and R. Tateishi. ۲۰۰۷. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. *Appl Geogr*, ۲۷(۱): ۴۱-۲۸.
- Symeonakis, E. and N. Drake. ۲۰۰۴. Monitoring desertification and land degradation over sub-Saharan Africa. *Int J Remote Sens*, ۲۵(۳): ۵۷۳-۵۹۲.
- Temesgen, G.; B. Amare, and M. Abraham. ۲۰۱۴. Evaluations of Land Use/Land Cover Changes and Land Degradation in Dera District, Ethiopia: GIS and Remote Sensing Based Analysis, *International Journal of Scientific Research in Environmental Sciences*, ۲(۶): ۱۹۹-۲۰۸. <http://dx.doi.org/10.12983/ijres-2014-p0199-0208>.
- Townshend, J.R.; J.G. Masek, C. Huang, E.F. Vermote, F. GAO, S. Channan, J.O. Sexton, M. Feng, R. Narasimhan, and D. Kim. ۲۰۱۲. Global characterization and monitoring of forest cover using Landsat data: opportunities and challenges. *Int J Digital Earth*, ۵(۵): ۳۹۷-۳۳۷.
- UNCCD, ۲۰۱۵. *Land Matters for Climate Reducing the Gap and Approaching the Target*. Available from:

- http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/۲۰۱۰Nov_Land_matters_For_Climat_e_ENG.pdf.
- UNEP, United Nations Environment Programme. ۱۹۹۴. United Nations Convention to Combat Desertification. Nairobi (Kenya): UNEP.
- UNU, ۲۰۰۶. International year of deserts and desertification. United Nations University–Institute for Water, Environment and Health, <http://inweh.unu.edu/desertification/> (accessed March ۱۰th ۲۰۱۴).
- Vandandorj, S.; B. Gantsetseg, and B. Boldgiv. ۲۰۱۰. Spatial and temporal variability in vegetation cover of Mongolia and its implications. *Journal of Arid Land*, ۲(۴): ۳۶-۲۰.
- Verbesselt, J.; R. Hyndman, G. Newnham, and D. Culvenor. ۲۰۰۹. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. *Remote Sensing of Environment*, ۱۱۴: ۱۰۶-۱۱۰.
- Verón, S.R.; J.M. Paruelo, M. Oesterheld. ۲۰۰۶. Assessing desertification. *Journal of Arid Environments*, ۶۶: ۷۰۳-۷۶۳.
- Warren, A. ۲۰۰۲. Land degradation is contextual. *Land degradation and development*, ۱۳: ۴۵۹-۴۴۹.
- Waswa, B.S. ۲۰۱۲. Inaugural-Dissertation, Assessment of Land Degradation Patterns in Western Kenya: Implications for Restoration and Rehabilitation, Rheinischen Friedrich-Wilhelm's-Universität zu Bonn, ۱-۲۲۰.
- Wessels, K.J.; S.D. Prince, P.E. Frost, and D. Van Zyl. ۲۰۰۴. Assessing the effects of human-induced land degradation in the former homelands of northern South Africa with a ۱ km AVHRR NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment*, ۹۱: ۴۱-۶۷.
- Weston, A. and T. Johnson. ۲۰۱۶. Evaluating Global Land Degradation Using Ground-Based Measurements and Remote Sensing, Department of Earth and Environmental Sciences, Columbia University, ۱۱۶-۸۰. DOI ۱۰.۱۰۰۷/۹۷۸-۳-۳۱۹-۱۹۱۶۸-۳_۰.
- WMO, W. M. O. ۲۰۰۰. Climate and Land Degradation.
- Li, Y.; H.Q. Yu, Y.Z. Zhang, B. Nyamdavaa, and G.Q. Liu. ۲۰۱۴. Use of Fallout Caesium-۱۳۷ to Evaluate the Effectiveness of the FAO-LADA Approach for Assessing Soil Erosion-Induced Land Degradation in the Chinese Loess Plateau, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, ۱۲۳-۱۱۹.
- Yahaya, Z.I. ۲۰۱۷. Thesis(MSc) Vegetation and Land Cover Change in the Context of Land Degradation in sub-Saharan West Africa, Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy at the University of Leicester, ۱-۱۷۹.
- Yahaya, Z.; H.B. Ibrahim, K. Jörg, and J.T. Compton. ۲۰۱۰. Land Degradation Assessment Using Residual Trend Analysis of GIMMS NDVI^{3g}, Soil Moisture and Rainfall in Sub-Saharan West Africa from ۱۹۸۲ to ۲۰۱۲, *Jornal Remote Sens.* ۲۰۱۰, ۷, ۰۴۷۱-۰۴۹۴, doi: ۱۰.۳۳۹۰/rs۷.۰۰.۰۴۷۱.
- Zhang, X.; C.B. Schaaf, A.H. Strahler, M.A. Friedl, J.C.F. Hodges, F. GAO, B.C. Reed, A. Huete. ۲۰۰۳. Monitoring vegetation phenology using MODIS. *Remote Sensing of Environment*, ۸۴: ۴۷۰-۴۷۱.
- Jamali, S. ۲۰۱۴. Analyzing Vegetation Trends with Sensor Data from Earth Observation Satellites, Supervisor Professor Ronald Eastman, Doctoral Dissertation by due permission of the Faculty of Science, Lund University, Sweden, ۱۶۰-۱.

UNCCD, U. N. C. t. C. D. ۲۰۱۵. Land Matters for Climate Reducing the Gap and Approaching the Target. Available from: <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications>

Eckert, S.; F. Hüsler, H. Liniger, and E. Hodel., ۲۰۱۵. Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia, Journal of Arid Environments, ۱۱۳: ۱۶-۲۸. <http://dx.doi.org/۱۰.۱۰۱۶/j.jaridenv.۲۰۱۴.۰۹.۰۰۱>.

Genesis T.; D.D.LO. Yengoh, E. Anna, C.J. Tengberg, and III. Tucker (Eds.). ۲۰۱۵. Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales, Springer Cham Heidelberg New York Dordrecht London, ۱-۱۲۳. DOI ۱۰.۱۰۰۷/۹۷۸-۳-۳۱۹-۲۴۱۱۲-۸.

