

پایش روند تغییرات شاخص پوشش گیاهی (NDVI)، یکی از مهمترین شاخص‌های تخریب سرزمین (در استان ایلام)

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

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

صادف فتوحی، دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران.^۱

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: ۱۳۹۷/۰۷/۱۵

دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۷/۱۵

چکیده

جنگل زدایی و تخریب پوشش گیاهی یکی از محركان 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 داده‌های مورد نیاز (۴۰ تصویر دانلود شده) در محیط نرم افزارهای 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 ارزش‌های 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 (۲۰۰۰-۲۰۱۶) بدست آمد. نتایج این تحقیق نشان داد که کانون بیشترین روند شیب تغییرات کاهشی (روند شیب تغییرات منفی) در شاخص NDVI در سراسر نیمهٔ 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. معنا داری 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 می‌باشند.

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

مقدمه

تخرب سرزمین با توجه به تاثیر آن بر محیط زیست، امنیت غذایی، عرضه خدمات کشاورزی و خدمات معيشت مردم مانع بر سر راه توسعه پایدار است (UNCCD, ۲۰۱۵). این یک مشکل ترکیبی محلی، منطقه‌ای و جهانی است که نه تنها مناطق آسیب‌پذیر زمین‌های خشک را تحت تاثیر قرار می‌دهد، بلکه همه مناطق در سراسر جهان را در مقیاس‌های مختلف تحت تأثیر قرار می‌دهد. تخریب سرزمین حدود ۴۱ درصد از سطح زمین را در بر می‌گیرد و ۴۴ درصد از زمین‌های کشاورزی بالقوه در جهان را پوشش می‌دهد و حدود یک سوم جمعیت جهان، یعنی حدود ۲ میلیارد نفر تحت تأثیر قرار داده است (Raynolds, ۲۰۰۲; Walter V. Reid, ۲۰۰۰; 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 می‌کرد 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 گسترده‌ای توافق شده است که برجسته ترین تظاهرات فیزیکی تخریب زمین در مناطق خشک، کاهش کردن کل، زیست توده و تغییر پوشش گیاهی در زمینه بهره‌وری 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 می‌تواند 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 شاخص‌های پیشرو در ارزیابی تخریب زمین است (Reynolds et al., ۲۰۰۷; Verón 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 عمدۀ این ارزیابی و پایش است (Higginbottom, ۲۰۱۴).

با توجه به تعریف ۱۹۹۴ UNCCD تخریب زمین به عنوان "تنزل، خسارت یا از دست دادن بهره وری بیولوژیکی یا اقتصادی زمین‌های زراعی دیم، زمین‌های زراعی آبی، مرانچ، 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 فعالیت‌های انسانی می‌باشد. دو اصطلاح تخریب سرزمین^۳ و بیابانزایی^۴ واژه‌هایی 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 برد می‌شوند، 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 می‌شود (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 می شود (Eswaran et al., ۲۰۰۱). تخریب سرزمین و بیابان زایی در هر منطقه‌ای بسته به شرایط اقلیمی، خاک شناسی، رژیم رفولوژی و فاکتورهای مختلف دیگر فعالیت می کند (احمدی، ۱۳۸۵).

برای ارزیابی تخریب سرزمین، سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی بنویان یکی از ابزارهای مهم تهیه لایه های اطلاعاتی مانند نقشه پوشش گیاهی، تهیه نقشه خاک و یا سایر اطلاعات مورد استفاده مانند نقشه شوری، کاربری اراضی و... بکار گرفته می شوند. توجه به عوامل و فرایندهایی که منجر به پدیده تخریب سرزمین و بیابان زایی می گردند (مانند تخریب پوشش گیاهی و خاک، فرسایش آبی و بادی، شوری خاک، فشردگی سطح خاک، پایین رفتن سطح سفره های آب زیرزمینی و...) و نیز بررسی علل و عوامل ایجاد کننده آن به منظور کنترل و ارزیابی بیابان زایی کاملاً ضروری است. استفاده از فناوری های اطلاعات زمینی با قابلیت های بسیار مناسب به منظور ارزیابی و کنترل، تأثیر بسزایی در انجام صحیح این عمل دارد. نتایج حاصل از این ارزیابی ها می بایستی توسط تصمیم گیران دولتی و یا محلی از طریق تعیین اولویت های بودجه ای در سطوح محلی، ملی، منطقه ای و یا جهانی مورد استفاده قرار گیرند تا از وارد شدن زیان های 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 می رود (Symeonakis, ۲۰۰۱; Eiumnoph, ۲۰۰۱؛ Temesgen, ۲۰۱۰؛ Mushtak, ۲۰۱۰؛ Wessels et al, ۲۰۰۴؛ Yahaya et al, ۲۰۱۵؛ Gabriela et al, ۲۰۰۳؛ Weston, ۲۰۱۶؛ Vandendorj et al, ۲۰۱۵؛ Zhang et al, ۲۰۱۴؛ Diouf, ۲۰۱۵؛ Jamali et al ۲۰۱۴؛ Landmann ۲۰۱۴؛ Waswa et al ۲۰۱۲؛ Yahaya et al ۲۰۱۷؛ Sudhakar et al., ۲۰۱۸؛ Olander, ۲۰۰۱). در مطالعه تخریب زمین از شاخص های خاصی، از جمله شاخص تفاضل پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) به دست آمده از داده های ماهواره ای به طور گسترده ای در جهت برآورد و تخمین تغییرات پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می گیرد و توانایی آن در مطالعات مختلف تخریب زمین نشان داده شده است (Mascaro, et al, ۲۰۱۱؛ Diouf, ۲۰۱۱؛ Olander, ۲۰۱۲). یکی از مزیت های اصلی استفاده از داده ها و روش های سنجش از راه دور این است که آنها می توانند به طور قطعی در ارزیابی فرآیند تخریب جنگل و جنگل زدایی با هزینه بسیار پایین تر از سایر روش ها باشند (Vandendorj et al, ۲۰۱۵؛ Zhang et al, ۲۰۱۴؛ Diouf, ۲۰۱۵؛ Jamali et al ۲۰۱۴؛ Landmann ۲۰۱۴؛ Waswa et al ۲۰۱۲؛ Yahaya et al ۲۰۱۷؛ Sudhakar et al., ۲۰۱۸؛ Olander, ۲۰۰۱). فعالیت های فتوسنتری گیاه به وسیله گنجایش و فعالیت کلروفیل تعیین می شود. NDVI از اندازه

گیگری انعکاس در بخش طیف های قرمز (RED) و مادون قرمز نزدیک (NIR) محاسبه می شود رابطه (۱-۱).

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

که در آن R_{NIR} پیازتابی از تابش مادون قرمز نزدیک است و R_{RED} پیازتابی از تابش قرمز مرئی است.

سری های زمانی طولانی مدت، استفاده از سنجش از راه دور برای ارزیابی تخریب سرزمین و نظارت بر تغییرات آن را برای کاربران آسان کرده اند (Albalawi et al., ۲۰۱۲; Anyamba et al., ۲۰۱۲; Bai et al., ۲۰۰۸; Cook et al., ۲۰۱۳; Jong et al., ۲۰۱۱b; Shalaby et al., ۲۰۰۷; Symeonakis et al., ۲۰۰۴; Townshend et al., ۲۰۱۲).

NDVI می‌توان به شاخص^۱ EVI اشاره کرد. EVI توسط گروه نظارتی زمین (MODIS) توسعه داده شد. اما همیشه بر EVI ترجیح داده می‌شود (Huete et al. ۲۰۰۲; Jensen ۲۰۰۷). باروری پوشش گیاهی و تخریب زمین از نگرانی‌های جهان است و پیامدهای قابل توجهی را برای تولید محصولات کشاورزی، تنوع زیستی و به طور کلی قابلیت چشم انداز در حفظ شرایط خدمات اکوسيستم ارائه می‌دهد. مشاهدات باروری پوشش گیاهی مشتقه از ماهواره، میراث طولانی در مطالعات تغییرات جهانی دارد (Fensholt, ۲۰۱۲; Le, et al., ۲۰۱۲; Lambin, ۱۹۹۷). تغییرات در اکوسيستم‌ها را می‌توان در سه گروه طبقه‌بندی کرد: تغییر فصلی، تدریجی و ناگهانی (Verbesselt et al., ۲۰۰۹). نتیجه اثر طبیعی تخریب پوشش گیاهی، یک تعديل در سطح فعالیت پوشش گیاهی در طول زمان است که می‌تواند از طریق مطالعه روند‌های شاخص پوشش گیاهی و شاخص‌های فنولوژیکی اندازه گیری شود (Reed et al., ۲۰۰۳). سنجش از دور ماهواره مدت‌هاست که منبع داده‌ای برای شناسایی و پایش پویایی پوشش گیاهی در طول زمان است (Coppin et al., ۲۰۰۴). تغییرات پوشش گیاهی را می‌توان 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 داده‌های MODIS NDVI به طور موفقیت آمیزی برای اندازه Ahl et al., ۲۰۰۶; Zhang et al., ۲۰۰۳: Jacquin et al., ۲۰۱۰.

هدف از این مقاله، پایش، توصیف و تعیین کمیت تخریب پوشش گیاهی در اکوسيستم خشک و نیمه خشک استان ایلام با استفاده از سنجش از دور، سری زمانی داده‌های Terra-MODIS NDVI-۲۵۰m برای دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۰۲ 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 می‌کند (Bai et al., ۲۰۰۳; Eklundh et al., ۲۰۰۵). شاخص‌های پوشش گیاهی اندازه گیری‌های تجربی قوی از فعالیت‌های 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 Farahpour et al., ۲۰۰۴; Hajabbasi et al., ۲۰۰۶; Salehi, et al., ۲۰۰۸; Qadir, et al., ۲۰۰۸; Emadodin, ۲۰۰۸ & ۲۰۰۹) و ۲۰ درصد برای استفاده از چوب برای ساخت خانوارها، مربوط شود. (Tخریب اکوسيستم‌های مناطق خشک و نیمه خشک جهان، به عنوان بیابان زایی یا تخریب زمین نامیده شده است، و یکی از تهدیدات عمدی برای محیط زیست جهانی و پایداری زمین بشمار می‌رود، که مستقیماً بر سلامت انسان تاثیر می‌گذارد 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 جنگل‌ها 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 می‌دهد (پروژه منارید، ۲۰۰۸). برآوردها در مقیاس جهانی نشان می‌دهد 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 افرون بر ۴۲ میلیارد دلار خسارت به بار می‌ورد 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).

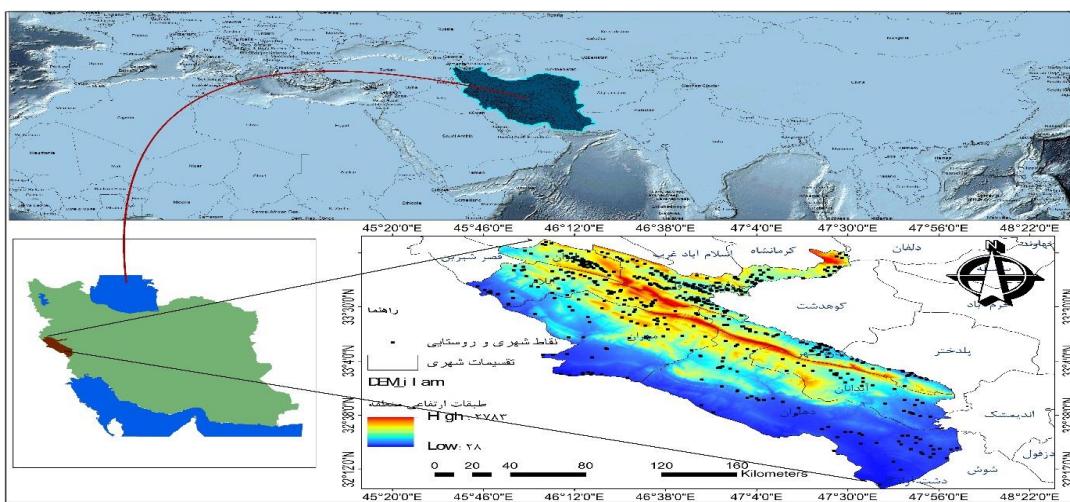
مسئله تخریب سرزمین و بیابانزایی از مهمترین مسائل زیست محیطی قرن حاضر در سراسر کره زمین می‌باشد. که در سال‌های اخیر این بحران زیست محیطی در نتیجه تغییر اقلیم و دخالت‌های ناجایی بشر به سرعت در حال پیش روی می‌باشد. از این رو چون کشور ایران نیز به لحاظ آب و هوایی دارای اقلیم خشک و نیمه خشک می‌باشد و همچنین 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 ناجایی بشر، چرای بیش از حد احشام و آتش سوزی جنگل و مرانع 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 ۵۸۰۰۰ 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 رشته‌کوه‌های 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 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 مرتبط تر و دارای توبوگرافی خشن تری (تاقدیس و ناودیس‌های 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 ناجایی 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 خشکسالهای بی 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 گرینویج 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، قلارنگ و ...) و دشت (شامل دشت عباس، دشت دهلران و ناوديس 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، دویرج، 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 (نيک 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 سنجش 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 (MOD13Q1 collection^۵) استفاده کردیم که به طور عمده‌ای در جهت تشخیص محرکان انسانی تغییرات پوشش سطح زمین از آنها استفاده می‌شود. تصاویر MOD13Q1 بین ۲۴ فوریه ۲۰۰۰ تا پایان سال ۲۰۱۶ (حدوداً ۴۱۰ تصویر) به دست آمد و برای تهیه نیمرخ‌های زمانی ۱۷ ساله NDVI مورد استفاده قرار گرفت. و با سیستم تصویر UTM مورد پردازش قرار گرفت. ارزش‌های گمشده^۱ (۹۹%) از طریق برنامه نویسی در محیط نرم افزاری R را از سری زمانی NDVI حذف شد. داده‌های سنجنده اسپکترو رادیومتر MODIS با پوضوح و رزولوشن تصویربرداری متوسط سوار بر ماهواره‌های ناسا Terra از سال ۲۰۰۰ و ماهواره Aqua از سال ۲۰۰۲ فرصت منحصر به فردی برای ارزیابی سازگاری اندازه گیری‌های مبتنی بر ماهواره‌ای ارائه می‌دهند. داده‌های تولید شده از هر دو سنجنده با استفاده از الگوریتم‌های سازگار و منسجم تولید می‌شوند و محصولات استاندارد MODIS از طیف وسیعی از برنامه‌های کاربردی علمی حمایت می‌کنند (Esaias et al., ۱۹۹۸; Justice et al., ۲۰۰۲; King et al., ۲۰۰۳). این مطالعه بر اساس تجزیه و تحلیل داده‌های 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). داده‌های مورد نظر برای دوره آماری سال‌های 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 MOD13Q1 ممحولات MODIS در قالب HDF-EOS^۲ ارائه شده است. سیستم تصویر استاندارد، سیستم شبکه بندي سینوزوئیدال (sinusoidal) است. اندازه کاشی های MODIS حدود ۴۸۰۰ در ۴۸۰۰ پیکسل هستند که برابر با ۱۲۰۰ در ۱۲۰۰ کیلومتر می‌باشد. 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 شخص 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 (MOD13Q1) 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، Surfer و Envi عملیات تصیحات، ضرب و clip 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 دانلود 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 هرسال 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 (۲۰۰۰-۲۰۱۶) 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 (۱-۱) می‌باشد 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 می‌آیند (علیجانی، ۱۳۹۰؛ فیروزی، ۱۳۹۷).

(۱-۲)

$$y = a_0 + a_1 x_1 + \dots + a_n x_n + \varepsilon$$

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

(۱-۳)

$$y = a_0 + a_1 x + \varepsilon$$

فرض کنید مجموعه ای 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 خطاهای مشاهداتی و محاسباتی که رابطه آن به صورت $\sum_{i=1}^n [y_i - (a_0 + a_1 x_i)]^2$ می‌باشد، ضرایب معادله یعنی a_0 و a_1 به صورت زیر محاسبه می‌گردد (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 یک واحد از x را نشان می‌دهد. برای انتخاب مدل مناسب از بین مدل‌های موردمطالعه نیاز به معیارهای وجود دارد. همواره کیفیت یک مدل با بررسی میزان خطای پیش‌بینی $(x_t - \hat{x}_t)$ قابل ارزیابی است که آن را با ϵ 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 (علیجانی، ۱۳۹۰؛ فیروزی، ۱۳۹۷):

(۱-۵)

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

(۱-۶)

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

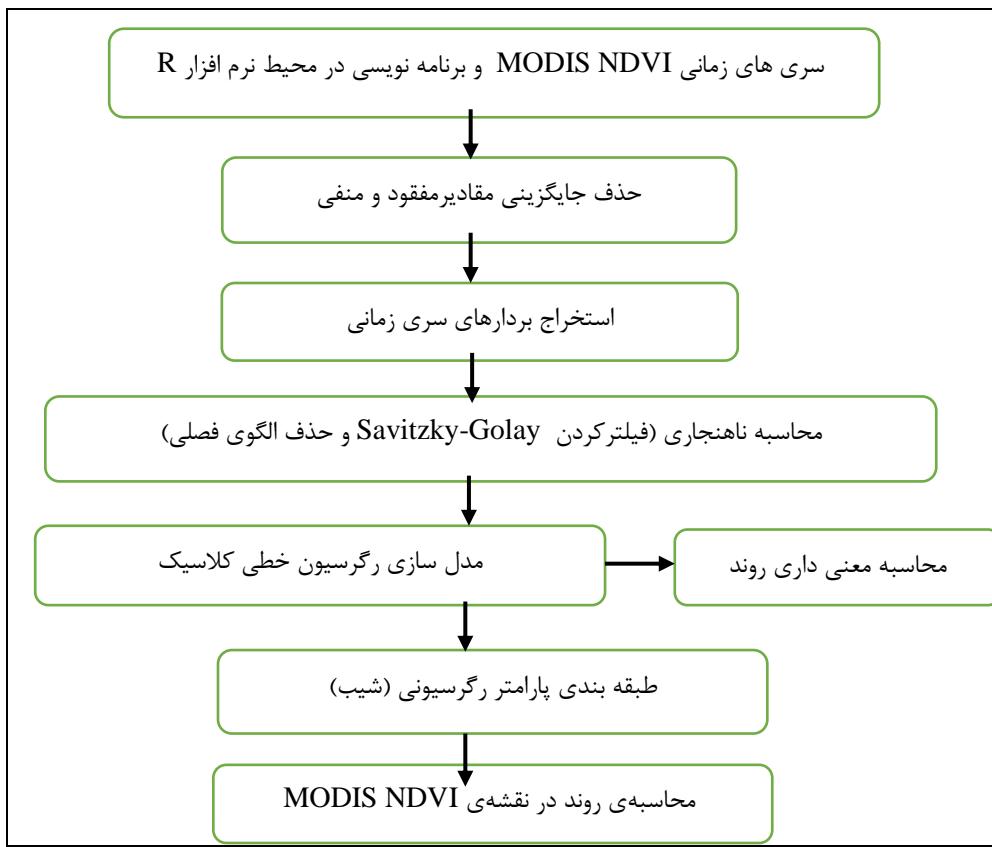
(۱-۷)

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

مزیت میانگین قدر مطلق درصد انحراف (MAPD) این است که خطرا 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 جرمیمه سنگین‌تری برای خطاهای نسبت به میانگین قدر مطلق انحراف (MAD) در نظر می‌گیرد. ضمناً باستی توجه شود که میانگین قدر مطلق انحراف (MAD) و میانگین مربعات انحراف (MSD) به تنها یک معنایی ندارند و در مقایسه با یکدیگر است که معنا پیدا می‌کنند ولی معیارهای علاوه بر اینکه به تنها یک معنی 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 متداول‌بیک برای تجزیه و تحلیل سری MODIS NDVI و در شکل ۲ نشان داده شده است.

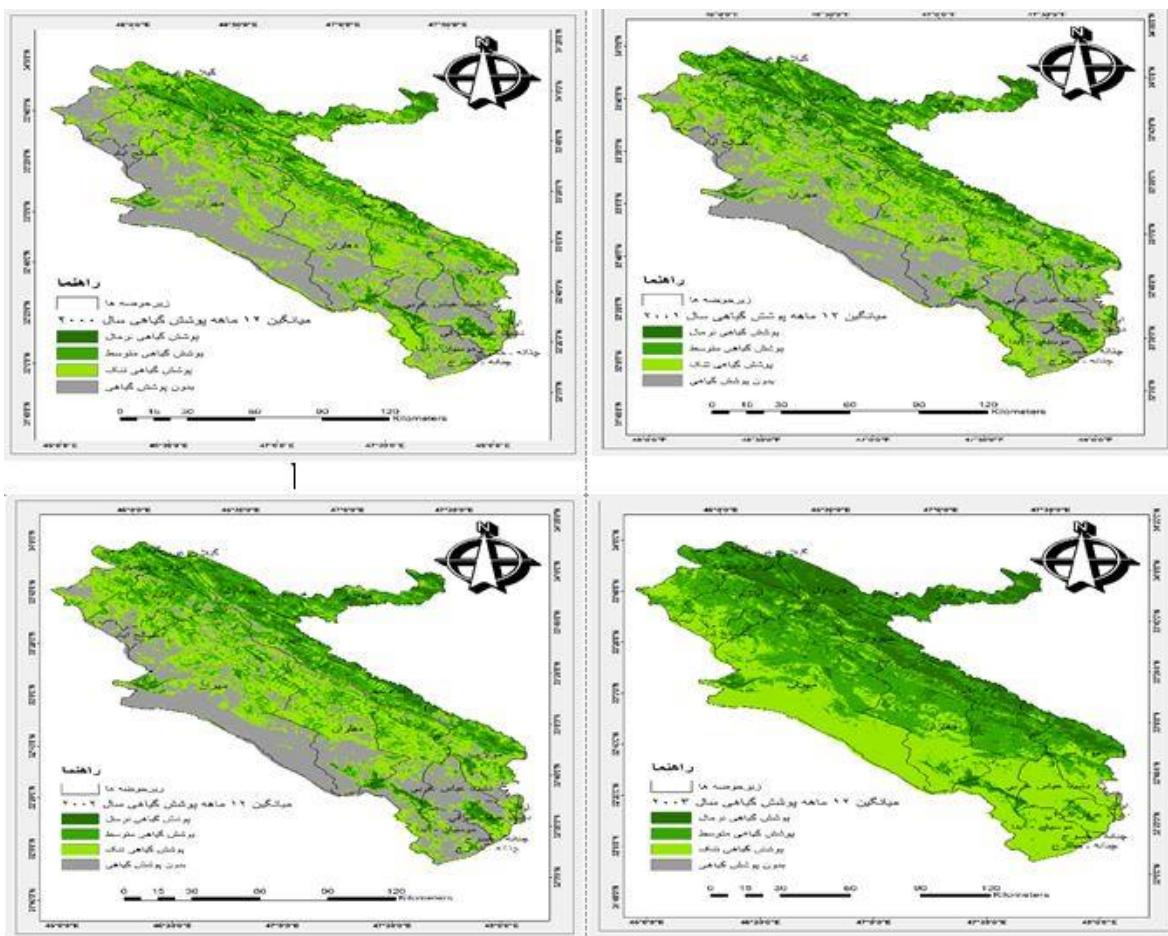


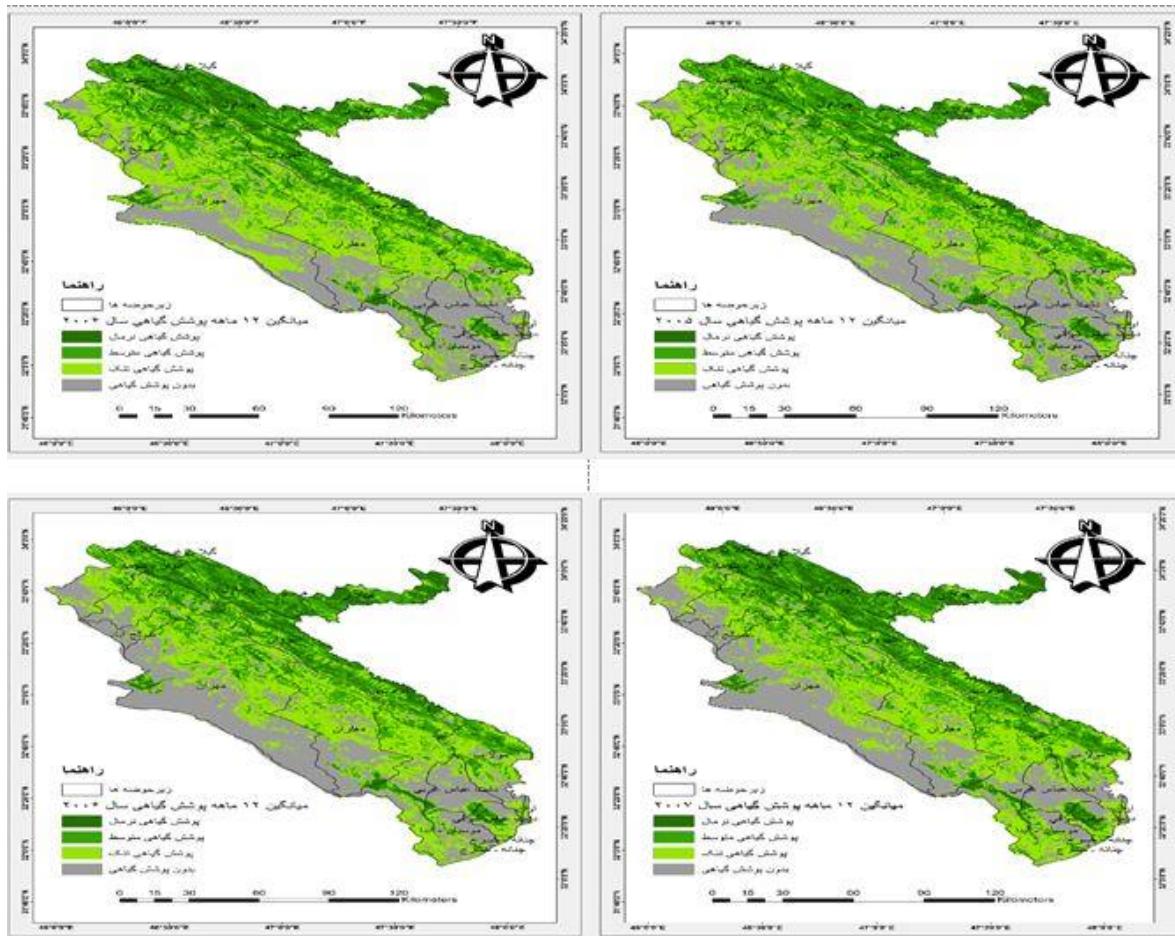
شکل ۲: چارچوب متداول‌بودی و مراحل کار

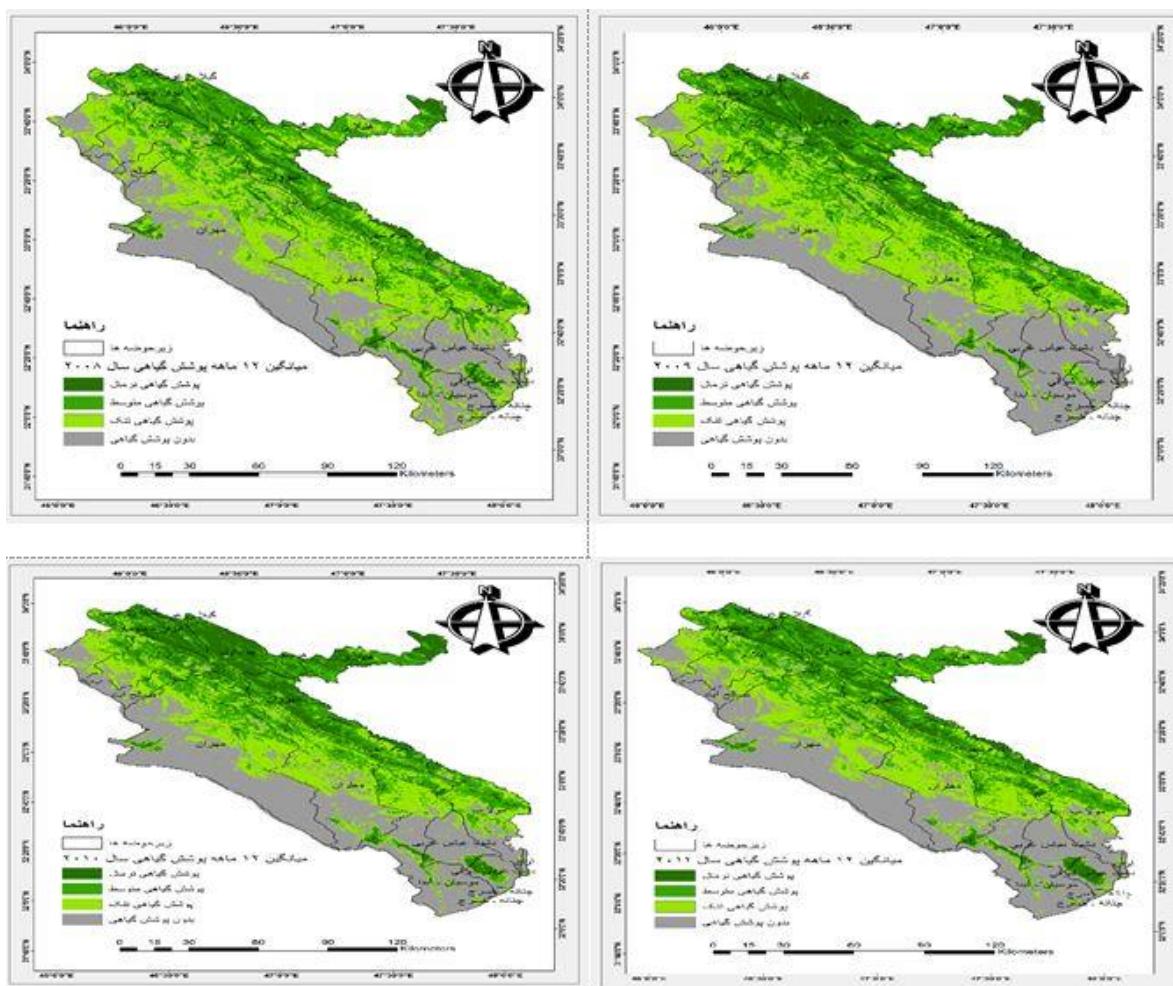
سرانجام، مناطق تغییری به سه دسته: روند صفر یا بدون تغییر، روند مثبت و روند منفی گروه بندی و بر روی منطقه مورد مطالعه اعمال شد (Jacquin et al., ۲۰۱۰).

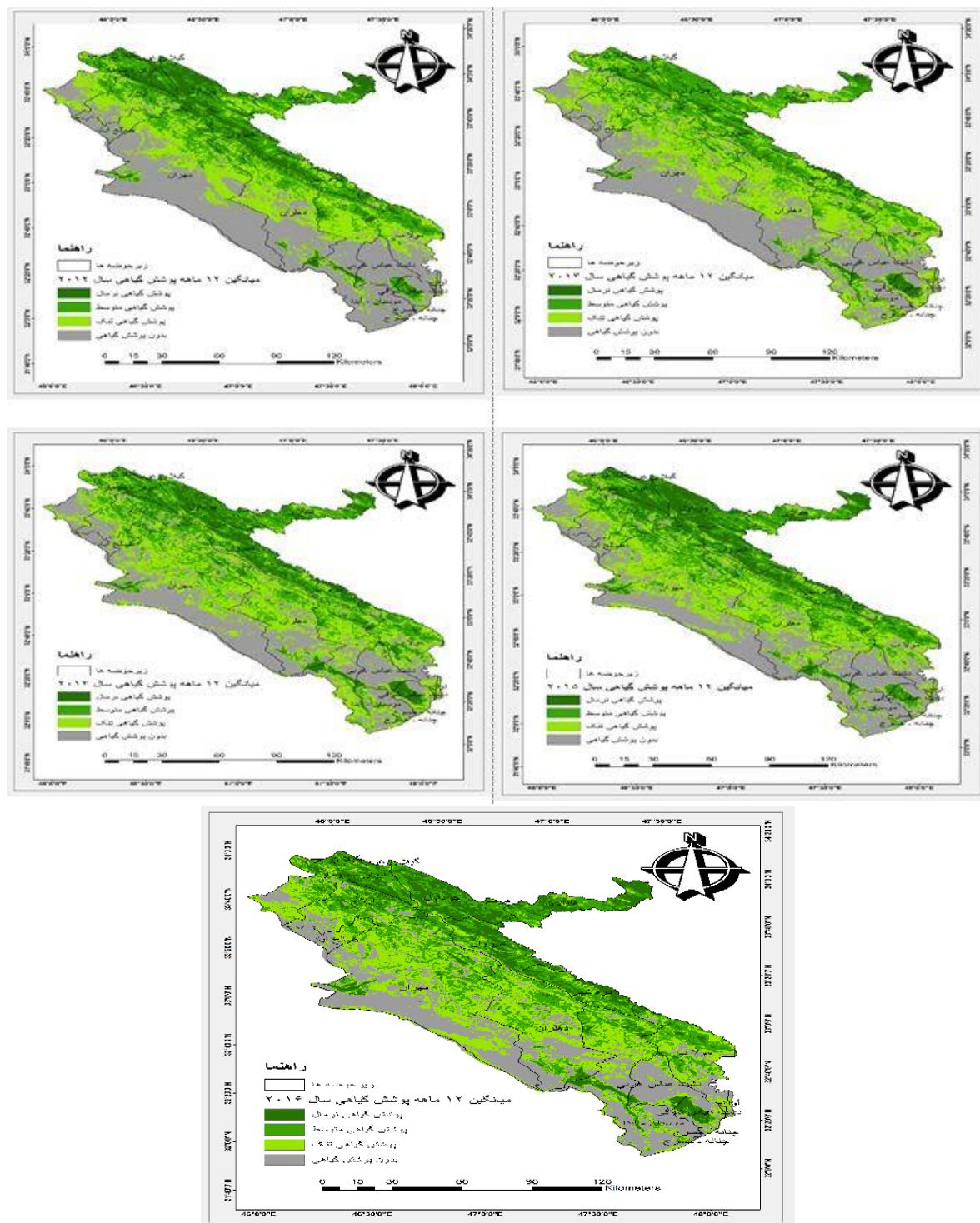
شرح و تفسیر نتایج

نقشه‌های 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 نقشه‌های پوشش گیاهی کل دوره ۱۷ ساله مورد مطالعه آورده شده است. در این تصاویر به روشی پویایی پوشش گیاهی در سال‌های مختلف قابل مشاهده است. با توجه به این تصاویر به طور کلی تخریب سرزمین و تخریب پوشش گیاهی در طول بازه‌ی زمانی، در سراسر محدوده مورد مطالعه از سمت غرب به سمت شرق در حال پیشروی است. همان‌گونه که از تصاویر برداشت می‌شود در سال‌های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲ تخریب پوشش گیاهی در غرب و بخصوص در جنوب غرب محدوده مورد مطالعه در زیر حوضه‌های (دشت عباس غربی و شرقی، موسیان، چنانه و همچنین غرب، زیر حوضه‌های (آبدانان، دهلهزان، مهران و صالح آباد) شدیدتر بوده است و میزان پوشش گیاهی به کمترین میزان خود رسیده است.



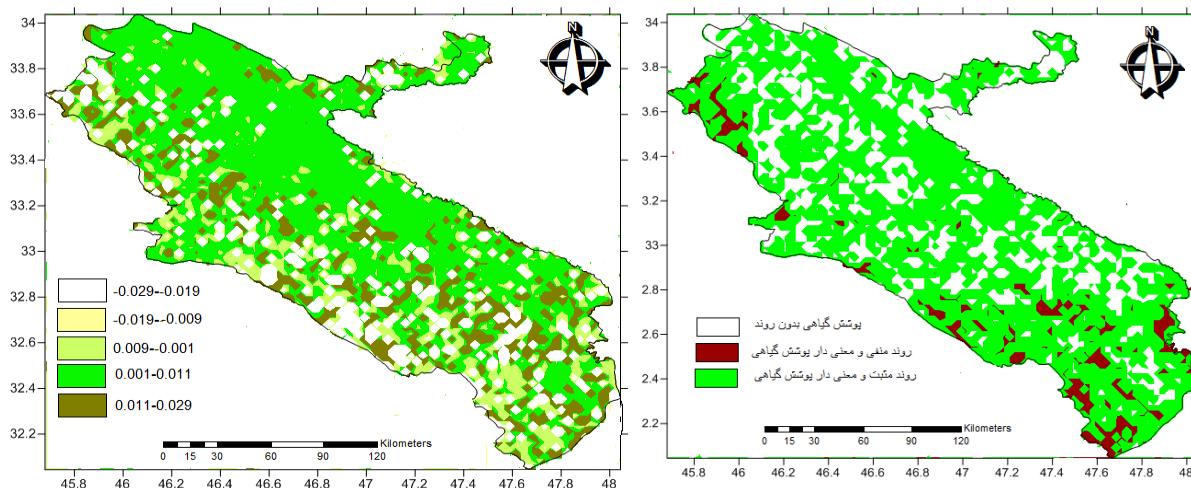






شکل شماره ۳: نقشه های میانگین پوشش گیاهی ۱۲ ماهه یا سالیانه (MODIS NDVI) استان ایلام برای دوره آماری ۲۰۰۰-۲۰۱۶.

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 می‌شود. 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 ۰،۰۲۹-۰،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 می‌شود که بیشترین روند شیب تغییرات در غرب و جنوب غرب، جایی که منطقه کم بارش و بیابانی استان می‌باشد، مشاهده شده است. اما بررسی معناداری شیب تغییرات روند پوشش گیاهی در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که روند منفی و معنا دار پوشش گیاهی (روند کاهشی در مقادیر شاخص *NDVI*) در گوشة جنوب غرب و شمال غرب استان ایلام متتمرکز شده است. هم چنین چند نقطه شیب تغییرات روند در غرب استان ایلام نیز منفی می‌باشد 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*) اکثرآ در جنوب غرب استان ایلام متتمرکز شده که خود جزئی از شمال دشت خوزستان بحساب می‌آید. 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 تمکز 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 افزایش پوشش کاهشی، بلکه روندی خنثی و بدون تغییر مشاهده می‌شود. 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 مسئله بیانگر افزایش صدرصدی 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 می‌کند. یعنی این مسئله دقیقاً با وضعیت عمومی منطقه و وضعیت اقلیمی و توپوگرافی منطقه سازگار می‌باشد.



(A) نقشه روند شیب تغییرات

(B) روند معناداری شیب تغییرات (شکل B)

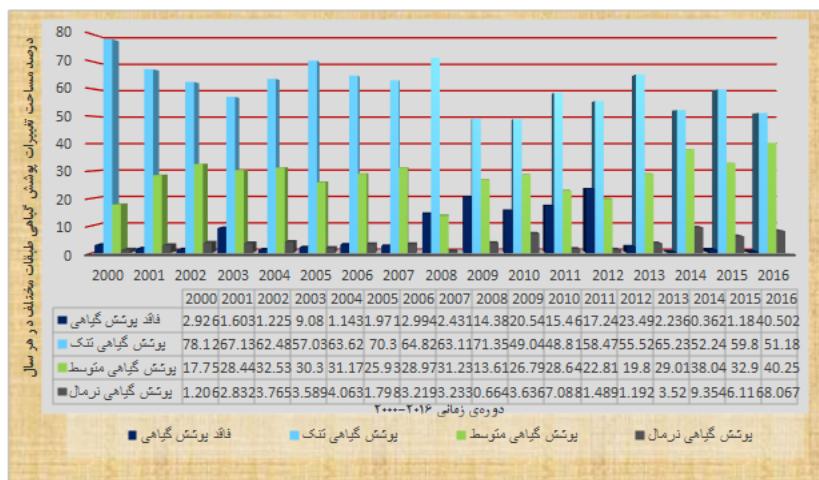
اشکال (۴) : A و B به ترتیب مربوط به میانگین ۱۷ ساله تغییرات روند شیب و معناداری روند شیب در محدوده مورد مطالعه

با توجه جدول شماره ۱ و همچنین نمودار شماره ۱، مساحت طبقات مختلف تغییرات پوشش گیاهی (طبقهٔ فاقد پوشش گیاهی، تنک، متوسط، نرمال) به صورت m^2/km^2 و درصد و همچنین تعداد پیکسل‌های هر طبقه در سالهای مختلف آورده شده است. با توجه به نتایج این داده‌ها حداکثر درصد مساحت مربوط به پهنهٔ فاقد پوشش گیاهی در سالهای ۲۰۰۸ تا ۲۰۱۲ و کمترین مقدار آن در سال‌های ۲۰۱۴ و ۲۰۱۶ کمتر از ۵٪ اتفاق افتاده است که در نمودار ۱ به با آبی پرنگ نشان داده شده‌اند. همچنین بیشترین مساحت مربوط به پهنهٔ پوشش گیاهی تنک در سراسر دوره زمانی کمتر از ۵٪ 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 سال‌های ۲۰۰۸، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۲ در کمترین مقدار خود یعنی کمتر از ۲۰٪ بوده و در مابقی سال‌ها میزان آن بیشتر از ۲۵٪ نشان می‌دهد که از سال‌های 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 سال‌ها کمتر از ۵٪ می‌باشد. بجز سال‌های 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 می‌باشد. و حداکثر مساحت آن در سال ۲۰۱۴ حدود ۱۰ درصد و حداقل مساحت آن در حدود 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 هر طبقه	مساحت به M^2	مساحت به K^2	درصد مساحت هر طبقه
۲۰۰۰	۹۵۹۸	فاقد پوشش گیاهی	۵۹۹۸۷۵۰۰	۵۹۹,۸۷۵	۲,۹
	۲۵۶۲۷۴	تنک	۱۶۰۱۷۱۲۵۰۰	۱۶۰۱۷,۱۲۵	۷۸,۱
	۵۸۲۱۶	متوسط	۳۶۳۸۵۰۰۰۰	۳۶۳۸,۵	۱۷,۷
	۳۹۵۵	نرمال	۲۴۷۱۸۷۵۰۰	۲۴۷,۱۸۷۵	۱,۲
۲۰۰۱	۵۲۵۸	فاقد پوشش گیاهی	۳۲۸۶۲۵۰۰	۳۲۸,۶۲۵	۱,۶
	۲۲۰۲۰	تنک	۱۳۷۶۲۵۰۰۰۰	۱۳۷۶۲,۵	۶۷,۱
	۹۳۲۹۳	متوسط	۵۸۳۰۸۱۲۵۰۰	۵۸۳۰,۸۱۲۵	۲۸,۴
	۹۲۹۱	نرمال	۵۸۰۶۸۷۵۰۰	۵۸۰,۶۸۷۵	۲,۸
۲۰۰۲	۴۰۱۸	فاقد پوشش گیاهی	۲۵۱۱۲۵۰۰	۲۵۱,۱۲۵	۱,۲
	۲۰۴۹۶۳	تنک	۱۲۸۱۰۱۸۷۵۰	۱۲۸۱۰,۱۸۷۵	۶۲,۵
	۱۰۶۷۱۱	متوسط	۶۶۶۹۴۳۷۵۰۰	۶۶۶۹۴۳۷۵	۳۲,۵
	۱۲۳۵۱	نرمال	۷۷۱۹۳۷۵۰۰	۷۷۱۹۳۷۵	۳,۸
۲۰۰۳	۲۹۷۸۷	فاقد پوشش گیاهی	۱۸۶۱۶۸۷۵۰۰	۱۸۶۱۶,۶۸۷۵	۹,۱
	۱۸۷۰۷۳	تنک	۱۱۶۹۲۰۶۲۵۰	۱۱۶۹۲,۰۶۲۵	۵۷,۰
	۹۹۴۱۲	متوسط	۶۲۱۳۲۵۰۰۰	۶۲۱۳,۲۵	۳۰,۳
	۱۱۷۷۳	نرمال	۷۳۵۸۱۲۵۰۰	۷۳۵۸,۱۲۵	۳,۶
۲۰۰۴	۳۷۴۹	فاقد پوشش گیاهی	۲۳۴۳۱۲۵۰۰	۲۳۴,۳۱۲۵	۱,۱
	۲۰۸۷۰۳	تنک	۱۳۰۴۳۹۳۷۵۰۰	۱۳۰۴۳۹۳۷۵	۶۳,۶
	۱۰۲۲۶۷	متوسط	۶۳۹۱۶۸۷۵۰۰	۶۳۹۱۶,۸۷۵	۳۱,۲
	۱۳۲۲۸	نرمال	۸۳۳۰۰۰۰۰	۸۳۳	۴,۱
۲۰۰۵	۶۴۶۶	فاقد پوشش گیاهی	۴۰۴۱۲۵۰۰	۴۰۴,۱۲۵	۲,۰
	۲۳۰۶۲۴	تنک	۱۴۴۱۴۰۰۰۰۰	۱۴۴۱۴	۷۰,۳
	۸۵۰۵۹	متوسط	۵۳۱۶۱۸۷۵۰۰	۵۳۱۶,۱۸۷۵	۲۵,۹
	۵۸۹۷	نرمال	۳۶۸۵۶۲۵۰۰	۳۶۸,۵۶۲۵	۱,۸
۲۰۰۶	۹۸۲۲	فاقد پوشش گیاهی	۶۱۳۸۷۵۰۰	۶۱۳۸,۷۵	۳,۰
	۲۱۲۶۳۲	تنک	۱۳۲۸۹۵۰۰۰۰	۱۳۲۸۹,۵	۶۴,۸
	۹۵۰۳۵	متوسط	۵۹۳۹۶۸۷۵۰۰	۵۹۳۹۶,۸۷۵	۲۹,۰
	۱۰۵۶۱	نرمال	۶۶۰۰۶۲۵۰۰	۶۶۰۰,۶۲۵	۳,۲
۲۰۰۷	۷۹۷۴	فاقد پوشش گیاهی	۴۹۸۳۷۵۰۰	۴۹۸,۳۷۵	۲,۴
	۲۰۷۰۱۳	تنک	۱۲۹۳۸۳۱۲۵۰۰	۱۲۹۳۸,۳۱۲۵	۶۳,۱
	۱۰۴۴۵۱	متوسط	۶۴۰۳۱۸۷۵۰۰	۶۴۰۳,۱۸۷۵	۳۱,۲
	۱۰۶۰۶	نرمال	۶۶۲۸۷۵۰۰	۶۶۲,۸۷۵	۳,۲
۲۰۰۸	۴۷۱۶۹	فاقد پوشش گیاهی	۲۹۴۸۰۶۲۵۰۰	۲۹۴۸,۰۶۲۵	۱۴,۴
	۲۳۴۰۵۲	تنک	۱۴۶۲۸۲۵۰۰۰	۱۴۶۲۸,۲۵	۷۱,۳
	۴۴۶۵۱	متوسط	۲۷۹۰۶۸۷۵۰۰	۲۷۹۰,۶۸۷۵	۱۲,۶
	۲۱۷۷	نرمال	۱۳۶۰۶۲۵۰۰	۱۳۶,۰۶۲۵	۰,۷
۲۰۰۹	۶۷۳۷۰	فاقد پوشش گیاهی	۴۲۱۰۶۲۵۰۰	۴۲۱۰,۶۲۵	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	
۴۸,۸	۱۰۰۰۸,۱۲۵	۱۰۰۰۸۱۲۵۰۰	۱۶۰۱۳۰	تنک	
۲۸,۶	۵۸۷۲,۶۸۷۵	۵۸۷۲۶۸۷۵۰۰	۹۳۹۶۳	متوسط	
۷,۱	۱۴۵۳,۱۲۵	۱۴۵۳۱۲۵۰۰	۲۳۲۵۰	نرمال	
۱۷,۲	۳۵۳۴,۴۳۷۵	۳۵۳۴۴۳۷۵۰۰	۵۶۵۵۱	فاقد پوشش گیاهی	
۵۸,۵	۱۱۹۸۷,۱۸۷۵	۱۱۹۸۷۱۸۷۵۰۰	۱۹۱۷۹۵	تنک	
۲۲,۸	۴۶۷۵,۶۸۷۵	۴۶۷۵۶۸۷۵۰۰	۷۴۸۱۱	متوسط	
۱,۵	۳۰۰,۳۷۵	۳۰۰۳۷۵۰۰۰	۴۸۸۶	نرمال	
۲۳,۵	۴۸۱۶,۳۷۵	۴۸۱۶۳۷۵۰۰	۷۷۰۶۲	فاقد پوشش گیاهی	
۵۵,۵	۱۱۳۸۲,۳۱۲۵	۱۱۳۸۲۳۱۲۵۰۰	۱۸۲۱۱۷	تنک	
۱۹,۸	۴۰۵۹,۵۶۲۵	۴۰۵۹۵۶۲۵۰۰	۶۴۹۵۳	متوسط	
۱,۲	۲۴۴,۳۷۵	۲۴۴۳۷۵۰۰۰	۳۹۱۰	نرمال	
۲,۲	۴۵۸,۴۳۷۵	۴۵۸۴۳۷۵۰۰	۷۳۳۵	فاقد پوشش گیاهی	
۶۵,۲	۱۳۳۷۴,۵	۱۳۳۷۴۵۰۰۰۰	۲۱۳۹۹۲	تنک	
۲۹,۰	۵۹۴۸,۱۸۷۵	۵۹۴۸۱۸۷۵۰۰	۹۵۱۷۱	متوسط	
۳,۵	۷۲۱,۷۵	۷۲۱۷۵۰۰۰	۱۱۵۴۸	نرمال	
۰,۴	۷۴,۲۵	۷۴۲۵۰۰۰۰	۱۱۸۸	فاقد پوشش گیاهی	
۵۲,۲	۱۰۷۱۱,۴۳۷۵	۱۰۷۱۱۴۳۷۵۰۰	۱۷۱۳۸۳	تنک	
۳۸,۰	۷۷۹۹,۵	۷۷۹۹۵۰۰۰۰	۱۲۴۷۹۲	متوسط	
۹,۴	۱۹۱۷,۸۱۲۵	۱۹۱۷۸۱۲۵۰۰	۳۰۶۸۵	نرمال	
۱,۲	۲۴۲,۶۸۷۵	۲۴۲۶۸۷۵۰۰	۳۸۸۳	فاقد پوشش گیاهی	
۵۹,۸	۱۲۲۶۰,۶۸۷۵	۱۲۲۶۰۶۸۷۵۰۰	۱۹۶۱۷۱	تنک	
۳۲,۹	۶۷۴۵,۶۸۷۵	۶۷۴۵۶۸۷۵۰۰	۱۰۷۹۳۱	متوسط	
۶,۱	۱۲۵۳,۹۳۷۵	۱۲۵۳۹۳۷۵۰۰	۲۰۰۶۳	نرمال	
۰,۵	۱۰۲,۸۷۵	۱۰۲۸۷۵۰۰۰	۱۶۴۶	فاقد پوشش گیاهی	
۵۱,۲	۱۰۴۹۳,۱۲۵	۱۰۴۹۳۱۲۵۰۰	۱۶۷۸۹۰	تنک	
۴۰,۳	۸۲۵۲,۹۳۷۵	۸۲۵۲۹۳۷۵۰۰	۱۳۲۰۴۷	متوسط	
۸,۱	۱۶۰۴	۱۶۰۴۰۰۰۰۰	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 دهله ران 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 بلוט در ارتفاعات کبیر کوه، دینار کوه، قلاچه، 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 NDVI^۵ (MOD13Q1 collection) و از مدل آماری پارامتریک رگرسیون خطی کلاسیک برای بررسی روند شیب تغییرات MODIS در بازه زمانی ۱۷ ساله در جهت پایش روند تغییرات پوشش گیاهی به عنوانی یکی از شاخص های تخریب سرزمین در استان ایلام (MODIS-NDVI ۲۰۰۰-۲۰۱۶) 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 قبل مشاهده است. ولی به طور کلی تخریب سرزمین و تخریب پوشش گیاهی در طول بازه زمانی، در سراسر محدوده مطالعه از سمت غرب به سمت مرکز و شرق در حال پیشروی است. همان گونه که از تصاویر برداشت شود در سال های ۲۰۰۹، ۲۰۱۰، ۲۰۱۱، ۲۰۱۲ و ۲۰۱۳ تخریب پوشش گیاهی در غرب و بخصوص در جنوب غرب محدوده 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 سیمه و رودخانه های پر آب منطقه و همچنین متراکم 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 مشاهد 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 ۰-۰۲۹-۰۲۹ 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 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 سرزمهین در استان ایلام از سمت مرازهای 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 تمکز 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. برای صحت سنجی و کالیبراسیون نتایج حاصله از مناطق مختلف دارای روند (افزایشی، کاهشی 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 سنجنده 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 سرزمهین با استفاده از شاخص نرمال شده تفاوت پوشش گیاهی ($NDVI$) به عنوان یک معیار از تخریب سرزمهین توسط (Genesis T, et al, ۲۰۱۵)، که باز هم از داده های پوشش گیاهی سنجنده مودیس استفاده کردن و نتایج مطلوبی در استفاده از شاخص $NDVI$ بدست آورده است. 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 باشد.

منابع

- نیک پور، نورالله؛ محمدرضا ثروتی، محمد مهدی حسین زاده و مریم د بزرگی. ۱۳۹۳. بررسی ژئومورفوژوئری (مورفوکتونیک) بخش میانی تاقدیس کبیر کوه واقع در استان ایلام (از پسته اریشت تا امام زاده شاه محمد کوه نشین)، پایاننامه 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 مداروس تغییر یافته در منطقه فخر آباد - 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 فضای، 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، ۹(۴): ۱۳-۱.
- مشکوه، محمد علی. ۱۳۷۷. روشنی 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 مراعع.
- 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. *Jurnal Remote Sensing of Environment*, 104: 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*, 11: 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*, 86: ۳۱۲-۲۹۷, DOI 10.1007/s11069-016-2689-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*, 161: ۱۳۲-۱۴۸. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.10.007>.
- Cook, B.I. and S. Pau. ۲۰۱۳. A global assessment of long-term greening and browning trends in pasture lands using the GIMMS LAI^{rg} dataset. *Remote Sens*, 5(5): 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): ۱۰۶۰-۱۰۹۶.
- 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): ۷۰۲-۷۹۲. 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*, 48: 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*, 61: 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*, 62: 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*, 30: 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*, 4: 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*, 36: ۱۲۵۰-۱۲۶۰.
- 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, ۲۰-۳۰.
- Mensah, F.; S.K. Adanu, and D.K. Adanu. ۲۰۱۰. Remote Sensing and GIS Based Assessment of Land Degradation and Implications for Ghana's Ecological Zones, *Environmental Practice*, 1-13. DOI: [10.1111/j.1466-4661.2009.00460.x](https://doi.org/10.1111/j.1466-4661.2009.00460.x).
- 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*, 26: ۲۳۶-۲۲۰.
- 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*, 11-1. <https://www.researchgate.net/publication/2277141623>.
- 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: ۹۵۷۰-۹۵۰۲.
- 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): ۱۹۰-۲۱۳.
- 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*, ۸۴: 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*, 41: 442-458.
- 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*, 33: 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*, 110: 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. ۲۰۰۰. Millennium, E.A. Book, Ecosystem and Human well being: Desertification synthesis. In: Assessment, M.E. (Ed). <https://www.millennium-assessment.org/documents/document.۳۰۶.aspx.pdf>.
- NASA. ۲۰۱۲. MODIS-specifications.Weitere Details. <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php> (accessed ۱۰.۶.۲۰۱۲).
- 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*, 4: ۶۶۱-۶۶۹.
- Mushtak, T.J. and S.D. Ammar. ۲۰۱۰. Evaluation of Sandy Land Degradation Based on Geo-Information Techniques: a case Study South Part of Iraq. *International Journal of Engineering Inventions*, 9(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*, ۴(۴). <http://www.R-project.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 Desesrtification: 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: ۰۴۲-۰۵۳.
- 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, ۱-۱۲.
- 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(1): ۴۱-۴۸.
- 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*, ۴(۱): ۱۹۹-۲۰۸. <http://dx.doi.org/10.12983/ijres-2014-p.199-208>.
- Townshend, J.R.; J.G.Masek, C. Huang, E.F. Vermote, F. GAO, S. Channan, J.O. Sexton, M. FengK, R. Narasimhan, and D. Kim. ۲۰۱۲. Global characterization and monitoring of forest cover using Landsat data: opportunities and challenges. *Int J Digital Earth*, ۹(۹): ۳۹۷-۴۳۷.
- UNCCD, ۲۰۱۰. Land Matters for Climate Reducing the Gap and Approaching the Target. Availablefrom:

- http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/2010Nov_Land_matters_For_Climate_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).
- Vandendorj, S.; B. Gantsetseg, and B. Boldgiv. ۲۰۱۰. Spatial and temporal variability in vegetation cover of Mongolia and its implications. *Journal of Arid Land*, ۷(۴): ۳۶-۴۰.
- 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: ۷۵۳-۷۶۳.
- Warren, A. ۲۰۰۲. Land degradation is contextual. *Land degradation and development*, ۱۳: -۴۰۹ ۴۴۹.
- 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 1 km AVHRR NDVI time-series. *Remote Sensing of Environment*, 91: 41-67.
- 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 10.1007/978-۳-۳۱۹-۱۹۱۶۸-۳_۵.
- 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^{rg}, Soil Moisture and Rainfall in Sub-Saharan West Africa from ۱۹۸۲ to ۲۰۱۲, Jurnal Remote Sens. ۲۰۱۰, ۷, ۰۴۷۱-۰۴۹۴, doi: 10.3390/rs7000471.
- 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*, 84: -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., ۲۰۱۰. 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>.
- Genesis T.; D.D.L.O. Yengoh, E. Anna, C.J. Tengberg, and III. Tucker (Eds.). ۲۰۱۰. 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 10.1007/978-۳-۳۱۹-۲۴۱۱۲-۸.

