

ارزیابی و تحلیل روند تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و تحلیل بردار تغییر (CVA) مطالعه موردی: کانون طوفان‌های گرد و غبار غرب ایران

منوچهر فرج‌زاده: دانشیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران*
موسوی کاوسی: کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
وصول: ۱۳۹۱/۲/۲۰ پذیرش: ۱۳۹۱/۹/۲۲، صص ۸۲-۶۹

چکیده

پایش تغییرات گیاهی نقش اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست دارد. داده‌های ماهواره‌ای کارایی بالایی در آشکارسازی و تجزیه و تحلیل تغییرات زیست محیطی دارند. روشهای متعددی برای آشکارسازی تغییرات یک منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و محدودیتهای خود هستند. تحلیل بردار تغییر (CVA) یکی از این روشهاست. مشخص شدن محدوده تغییرات در کنار ماهیت تغییرات از مزایای بسیار مهم این روش نسبت به سایر روشها محسوب می‌شود. معمولاً روش رگرسیون خطی برای استخراج روند تغییرات و روش تحلیل بردار تغییر برای نشان دادن اندازه و جهت تغییر استفاده می‌شود. در این تحقیق از داده‌های شاخص تفاضلی پوشش گیاهی ۱۶ روزه در طی ۱۱ سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ سنجنده مادپس ماهواره ترا استفاده شده است. برای تحلیل داده‌ها از روش رگرسیون خطی به همراه تحلیل بردار تغییر بهره‌گیری شده است. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در سرشاخه‌های دو رودخانه دجله و فرات و حاشیه این رودخانه‌ها طی این ۱۱ سال تغییرات پوشش گیاهی، قابل توجه بوده و این می‌تواند نشان دهنده کاهش نزولات جوی در حوضه‌های این دو رودخانه و آبدهی این رودخانه‌ها باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات پوشش گیاهی، رگرسیون خطی، روش تحلیل بردار تغییر، ایران، NDVI، MODIS

مقدمه

توزیع اجتماعی، تغییرات در فنولوژی (رشد) چرخه پوشش گیاهی و مورفولوژی و فیزیولوژی گیاهی نشان دهنده خصوصیات آب و هوا، خاک، زمین‌شناسی و ویژگی‌های فیزیولوژی منطقه می‌باشد (Krishna, 2009). اثرات مثبت فضای سبز در تلطیف هوا، رسوب گرد و غبار، تولید اکسیژن، ارزش ذخیره آب و جلوگیری از سیل، ارزش تفرجگاهی و

پوشش گیاهی یکی از شاخص‌های اصلی و اساسی در حیات اکولوژیک محیط زیست می‌باشد. تقریباً پوشش گیاهی ۷۰ درصد از خشکی‌های سطح زمین را می‌پوشاند (Jensen, 2004). علاوه بر این، پوشش گیاهی یکی از مهمترین مولفه‌های اکوسیستم است. مطالعات تنوع گونه‌های پوشش گیاهی و الگوی

تغییرات معرفی شده است. رودریگو و همکاران (۲۰۰۲) نیز در مناطق استوایی کشور برزیل از روش تحلیل بردار تغییر برای تجزیه و تحلیل تغییرات دینامیک پوشش زمین استفاده کرده‌اند.

Verbesselt و همکاران (۲۰۱۰) از سریهای زمانی تصاویر ماهواره‌ای برای تشخیص روند تغییرات فصلی در جنوب شرقی استرالیا استفاده کرده‌اند. آنها در این مطالعه از یک روش جدید به نام BFAST^۱ استفاده کرده‌اند. نتایج مطالعه آنها نشان می‌دهد که این روش برای استخراج روند تغییرات فصلی NDVI مناسب است و در نهایت آنها روش مورد نظر را برای تغییرات ناگهانی مانند آتش‌سوزی به کار برده‌اند و نتایج قابل قبولی گرفته‌اند. Xiaolu و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه‌ای به منظور آشکارسازی تغییرات در محدوده شهری روش تحلیل بردار تغییر را به کار برده‌اند. آنها از تصاویر چندزمانه سنجنده TM استفاده کرده و با استفاده از روش طبقه‌بندی نظارت شده نقشه شدت تغییرات تهیه کرده و حدآستانه برای تغییرات را تعیین کرده‌اند.

در کشور چنار (۱۳۸۰) با مطالعه رابطه بین بارش‌های ماهانه، فصلی و سالیانه با شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) تصاویر AVHRR، پدیده خشکسالی را در آذربایجان غربی، شرقی و اردبیل مطالعه کرد. چنار رابطه معنی‌داری بین میزان بارش و شاخص NDVI بدست آورد. مطالعه شاخص‌های گیاهی، خاک و آب استخراج شده از تصاویر NOAA برای بررسی وضعیت خشکسالی منطقه زابل توسط صفری (۱۳۸۲) صورت گرفت. در این تحقیق

اکوتوریسم و کاهش آلودگی‌های شیمیایی و صوتی بر هیچ کس پوشیده نیست.

پوشش گیاهی به عنوان یک عامل دینامیک و موثر بر شرایط زیستی، باید دائماً از لحاظ کمی و کیفی مورد بررسی قرار گیرد، داده‌های ماهواره‌ای با یک برنامه ریزی منظم و حساب شده می‌تواند کمک شایانی در این مورد به برنامه‌ریزی زیست‌محیطی به ویژه تحت شرایط خاصی نظیر وقوع بحران خشکسالی نماید. پوشش گیاهی شاخص اولیه سیستم اکولوژیکی سطح زمین است که با خاک، اتمسفر و آب پیوند دارد و نقشی مهم در تبادل انرژی سطح زمین، چرخه ژئوشیمیایی - بیولوژیکی و چرخه هیدرولوژیکی ایفا می‌کند. گیاه نه تنها یک بخش غیرقابل تعویض در چرخه ماده و انرژی بازی می‌کند، بلکه تعادل کربن جهانی را نیز تنظیم می‌کند، پوشش گیاهی افزایش تمرکز گازهای گلخانه‌ای مانند CO₂ را کند کرده و آب و هوای کره زمین را پایدار می‌کند. تغییر در پوشش گیاهی باعث تغییر آب و هوا می‌گردد؛ این تغییر بوسیله اصلاح تبادل ماده و انرژی هوای سطحی از طریق ویژگیهای فیزیکی و فیزیولوژیکی اعمال می‌شود. تغییر در سیستم اکولوژیکی زمینی باعث تأثیر بر منابع ضروری حیات مانند آب و هوا، خاک، گیاه، منابع آب و تنوع زیستی می‌شود، و سبب یک سری مشکلات در ارتباط با توسعه پایدار اقتصادی - اجتماعی می‌گردد.

چن یان هو و همکاران (۲۰۰۱) تغییرات NDVI در چین را بین سالهای ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۹ با استفاده از روش تحلیل بردار تغییر بر اساس سری زمانی داده‌ها مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه CVA را به عنوان یک ابزار قدرتمند برای نشان دادن ماهیت و جهت

^۱ - Breaks For Additive Seasonal And Trend (BFAST)

جای شاخص‌های اصلی مدل FCD^۵ توانست طبقات تراکمی تاج پوشش‌های جنگلی را با دقت مناسبی تعیین کند. مطالعه NDVI دوره رشد و شاخص خشکسالی SPI در محدوده استان اصفهان توسط باعقیده (۱۳۸۶) نشان داد که شاخص NDVI با استاندارد شده بارش سه ماهه ارتباط بهتری داشته است. تراکم مراتع بر همبستگی بین شاخص‌ها تأثیر مثبت دارد، همچنین همبستگی بهتری در اوایل فصل رشد بین NDVI و شاخص استاندارد شده بارش وجود دارد. نتایج حاصل از شاخص اختلاف گیاهی نرمال شده و شاخص شرایط گیاهی (VCI^۶) توسط شمسی‌پور (۱۳۸۶) نشان‌دهنده شرایط خشکسالی ماه‌های آوریل ۲۰۰۰ و می ۲۰۰۱ و شرایط ترسالی ماه‌های می ۲۰۰۲ و ۲۰۰۴ است. همچنین شاخص NDVI و شاخص شرایط گیاهی با شاخص استاندارد شده بارش رابطه معنی‌داری داشتند. فرج‌زاده و فلاح (۱۳۸۷) تغییرات پوشش گیاهی حوضه تجن را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM+ در دو دوره زمانی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق نشان داد که در این دوره زمانی بارش، شاخص NDVI و میانگین شاخص پوشش گیاهی کل حوضه ۱۲/۸۹ درصد کاهش داشته است. رحیم‌زاده باجگیران و همکاران (۲۰۰۷) مقادیر همبستگی شاخص‌های NDVI و شاخص شرایط گیاهی با داده بارش را برای پایش خشکسالی در شمال غربی ایران که دارای آب و هوای نیمه خشک سرد است، به کار بردند. با مطالعه ۵ ساله و توالی سه ماهه در فصل رشد، و انجام همبستگی پیرسون بین مقادیر NDVI و شاخص

همبستگی بین شاخص‌های گیاهی و شاخص‌هایی مانند بارش پاییزه و زمستانی، بارش سالیانه، سطح آب دریاچه هامون و میزان آب ورودی رودخانه هیرمند را بررسی و در تمامی موارد همبستگی قابل قبولی ارائه کرده است. مرادزاده (۱۳۸۳) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست در دو دوره زمانی ۱۹۸۹ و ۲۰۰۰ ترسالی و خشکسالی را بررسی کرد. با مطالعه مساحت پوشش گیاهی بدست آمده از چندین شاخص گیاهی به این نتیجه رسید که شاخص مقاومت گیاه (ARVI^۱) ترسالی مربوط به سال ۱۹۸۹ و خشکسالی مربوط به سال ۲۰۰۰ را بهتر نشان می‌دهد. طاهرزاده (۱۳۸۵) با استفاده از شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI^۲)، NDVI و شاخص حرارت سطحی (LST) در دوره ۱۸ ساله در حوزه آبریز میناب خشکسالی را بررسی کرد. نتایج زیر حاصل شد؛ شاخص استاندارد شده بارش با شاخص NDVI همبستگی مثبت دارد و با افزایش مقادیر شاخص استاندارد شده بارش مقادیر شاخص NDVI نیز افزایش نشان می‌دهد. میزان همبستگی بین دو شاخص مذکور در فصول کم باران کمتر و پس از شروع بارش و دوره شروع رشد گیاه مقادیر همبستگی فضایی افزایش می‌یابد. همچنین بین شاخص LST و شاخص استاندارد شده بارش همبستگی منفی بود. طایفی (۱۳۸۵) به منظور تعیین تراکم پوشش جنگلی با روش نگارگر، انبوهی تاج پوشش جنگلی^۳ با استفاده از جایگزینی و ادغام ماتریس حاصل از شاخص‌های گیاهی^۴ NDVI, NDMI, SAVI, VI به

1- Atmospheric Resistant Vegetation Index

2- Standardized Precipitation Index

1-Forest Canopy Density Mapper

2- Soil Adjusted Vegetation Index

3-Forest Canopy Density

6- Vegetation Condition Index

پدیده‌ی طبیعی از هر منظر و با هر رویکرد علمی مستلزم شناسایی کانون یا کانونهای آن پدیده و خصوصیات مربوط به آن است. از طرفی دیگر وقوع پدیده گرد و غبار خود منتج از عوامل مختلفی محیطی است، بدیهی است که در تعیین کانونهای آن نیز باید از روشها و نگرشهای مختلف علوم محیطی بهره گرفت. تعیین کانونهای گرد و غبار مهمترین مرحله در جهت تبیین پدیده مذکور محسوب می‌شود، اما از دیگر ملزومات تبیین جامع پدیده گرد و غبار، شناسایی شرایط جوی منتج به این مخاطره طبیعی است. در واقع این شرایط خاص جوی است که باعث ایجاد جریان پر سرعت باد و تشکیل و انتقال توده‌های عظیم گرد و غبار به مناطق مختلف می‌شود. در نتیجه مطالعه حاضر را می‌توان تلاشی در جهت شناسایی کانونهای گرد و غبار و تبیین چگونگی وقوع این پدیده از طریق بررسی الگوهای جوی دانست. در نهایت پس از تعیین کانونها و الگوهای جوی شناسایی شده گرد و غبار ایران باید گام سوم مطالعه مربوط به این پدیده که همانا بررسی چرایی افزایش پدیده گرد و غبار در سالیان اخیر است، برداشته شود. که یکی از پدیده‌های که می‌تواند در چرایی گرد و غبار تأثیر دارد پوشش گیاهی است، که بصورت غیرمستقیم می‌تواند متأثر از شرایط جوی باشد. در این تحقیق کانونهای (او ۲) در شکل زیر مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۱- شمال غرب عراق و شرق سوریه (منطقه ای ما

بین کرانه غربی فرات و سواحل شرقی دجله):

منطقه فوق‌الذکر به عنوان اصلی‌ترین کانون گرد و غبار ایران شناسایی شده است. از ۴۰ مورد گرد و غبار شناسایی شده ۲۳ مورد در این منبع سامان یافته‌اند.

شرایط گیاهی با بارش، همبستگی بالاتری بین NDVI و بارش در مقایسه با شاخص شرایط گیاهی و بارش به هنگام تقسیم ایستگاه‌ها مشاهده کردند. همچنین همبستگی بالایی بین NDVI متوسط، شاخص شرایط گیاهی و بارش متوسط سه ماهه بدست آمد. نتایج دیگر اینکه NDVI، منعکس کننده نوسانات بارش بود که امکان هشدار زودهنگام خشکسالی لازم برای مدیریت ریسک خشکسالی را فراهم می‌کند.

با توجه به موارد فوق هدف مقاله حاضر تجزیه و تحلیل سری زمانی داده‌های NDVI از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ به منظور تعیین روند و ویژگی تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه در یک دوره زمانی مشخص است. روش تحلیل بردار تغییر به عنوان یکی از تکنیکهای سنجش از دوری با توجه به شرایط سطح زمین به منظور بهبود توانایی تشخیص تغییرات سطح زمین به خصوص پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، کانون طوفانهای گرد و غبار است که در غرب و شمالغرب عراق و مرز عراق با در کشور سوریه و اردن واقع شده است. امروزه پدیده گرد و غبار بعنوان یک مخاطره طبیعی بخش قابل توجهی از عناوین و کلید واژه‌های مطالعات گوناگون با رویکردهای مختلف را به خود اختصاص داده است. شرایطی که می‌توان آن را در افزایش روز افزون وقوع پدیده گرد و غبار در اکثر مناطق دنیا از جمله ایران جستجو نمود. در اکثر مطالعات تعیین منابع گرد و غبار در اولویت اهداف و سرآمد دستاوردهای کسب شده از آنها قرار دارد. در واقع نه تنها پدیده گرد و غبار بلکه بررسی جامع هر گونه

۱۱ سال متوالی که به ازای هر سال ۲۳ تصویر است، مورد استفاده قرار گرفته است.

روش تحقیق

شکل (۲) مراحل مختلف تحقیق را نشان می‌دهد. در ابتدا تصاویر NDVI را تهیه شده و تصاویر با توجه به منطقه مورد مطالعه برش داده و با فرمت TIFF ذخیره گردید. علت تبدیل فرمت داده‌ها حجم زیاد و زمان‌بر بودن بازخوانی آنها در نرم‌افزار Matlab بوده است. در مرحله بعدی با دو روش رگرسیون خطی روند تغییرات و با روش تحلیل بردار تغییر شدت و جهت تغییرات را بررسی کرده که در ادامه به تبیین این روش‌ها پرداخته می‌شود.

برای مطالعه تغییرات روند پوشش گیاهی با استفاده از داده‌های NDVI می‌توان از برخی روش‌های رگرسیونی استفاده کرد که روش رگرسیون خطی ساده ترین روش برآورد مدل است. چندین روش برای تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی تصاویر از جمله تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA)، تجزیه موجک، تحلیل فوریه پیشنهاد شده است. چالش این روش‌ها این است که اجازه می‌دهند تا فرایندهای تغییر فقط بین دو دوره از زمان (به عنوان مثال بین سالها یا فصول رشد) تفسیر شوند که این باعث می‌شود که تجزیه و تحلیل‌ها وابسته به انتخاب این دوره‌ها باشد. علاوه بر این، تغییر در سری‌های زمانی که اغلب توسط فصل با تغییرات درجه حرارت و بارش باران سالانه بوجود می‌آید، تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات موجود در به حداقل رساندن تغییرات فصلی بر روی دوره خاصی در یک سال تمرکز می‌کنند.

عمده فعالیت این کانون در دوره گرم سال (فروردین تا شهریور) است (شکل ۱).

۲- غرب و جنوب غرب عراق

از لحاظ اهمیت دومین محدوده وقوع گرد و غبار باز هم در کشور عراق و در غرب و جنوب غرب آن قرار دارد. از میان ۴۰ مورد گرد و غبار بررسی شده ۱۷ مورد از این منطقه منشأ گرفته‌اند. از لحاظ توزیع زمانی، دوره سرد سال (مهر تا اسفند) زمان فعال شدن این کانون محسوب می‌گردد.

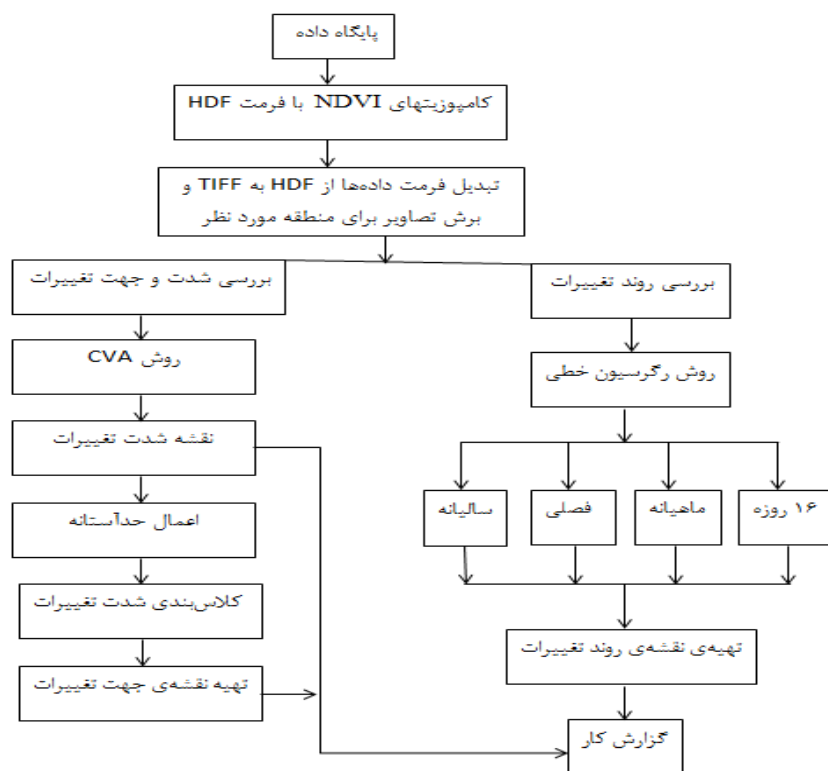
عمده منطقه در جنوب و جنوب غربی از مناطق کوهستانی تشکیل یافته است و در منطقه شمالی و شمالشرقی عمدتاً از نواحی هموار شکل یافته است.



شکل (۱) منطقه‌ی مورد مطالعه

داده‌های مورد استفاده

در این تحقیق از ترکیب‌های NDVI سنجنده MODIS با قدرت تفکیک زمانی ۱۶ روزه و قدرت تفکیک مکانی ۲۵۰ متر استفاده شده است که این داده‌ها از سایت سازمان زمین‌شناسی آمریکا (USGS) تهیه شده است. تصاویر از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ برای



شکل (۲) فرایند انجام تحقیق

این روش مقایسه را تحلیل بردار تغییر می‌گویند. نتیجه بکارگیری این روش تولید دو مؤلفه (Component) بزرگی تغییرات (Magnitude) و جهت تغییرات (Direction) است. این تصاویر اطلاعاتی در خصوص تغییرات ایجاد شده در یک منطقه را ارائه و نمایش می‌دهند. بزرگی تغییرات براساس محاسبه فاصله اقلیدسی (Euclidean distance) هر یک از پیکسلها تصویر بین زمان اول و دوم طبق رابطه زیر محاسبه می‌شود. فاصله اقلیدسی بین دو زمان با توجه به دو بعد طبق این رابطه محاسبه می‌شود (Malila, 1980):

رابطه (۱)

$$D = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2}$$

D = فاصله اقلیدسی

روش‌های زیادی برای مقایسه دو تصویر در دو تاریخ وجود دارد اما اگر بیش از یک داده برای هر تاریخ و یا تعداد تصاویر زیاد باشد و تمامی مجموعه داده‌ها دارای ویژگی کمی باشند از یک روش گسترش اختلاف ساده به نام تحلیل بردار^۱ (CVA) تغییر استفاده می‌شود (Malila, 1980). با استفاده از روش تحلیل بردار تغییر تصاویر سنجنش از دور برای هر تاریخ شامل یک فضا در فضای چند بعدی می‌باشند. اغلب روش‌های آشکارسازی تغییرات به مقایسه یک داده (تصویر) با داده (تصویر) دیگر در دو تاریخ متفاوت می‌پردازند. در وضعیتی که داده‌های بیشتری در دو تاریخ وجود داشته باشد، امکان مقایسه چند بعدی این داده‌ها در فضا با یکدیگر وجود دارد.

تغییرات از نوع معین که توسط محدوده از زاویه نشان داده شده توجه کند، آن زاویه می‌تواند با استفاده از عملیات ساده طبقه‌بندی، از هم جدا کرد. این تصویر همراه با تصویری که حدآستانه فاصله روی آن اعمال شده با عملگر همپوشانی ضرب ترکیب شده و تصویر بدست آمده نواحی با تغییر قابل توجه را نشان می‌دهد. یکی دیگر از روشهای تعیین حدآستانه واقعیت زمینی است که برای شناسایی فاصله حدآستانه و زاویه تغییر مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد.

در این تحقیق دوره زمستانه شامل ماههای ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر و دوره تابستانه شامل ماههای ژوئن، ژوئیه، اوت و سپتامبر است. ابعاد تحلیل بردار تغییر در اینجا ۸ بعد است. روش تحلیل بردار تغییر را برای سری زمانی ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ به کار گرفته شده و نقشه اندازه تغییر از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱ بوسیله روش تحلیل بردار تغییر بدست آمده است. با توجه به توزیع فرکانس هر نقشه اندازه تغییر نقشه را به سه کلاس عدم تغییر ($m < 0.001$)، تغییر کم ($0.001 < m < 0.01$)، تغییر زیاد ($m < 0.01$) طبقه بندی شده است. از آنجایی که مقدار بردار تغییر یک فاصله است همیشه مقدار آن مثبت است؛ ولی اطلاعاتی در مورد جهت تغییر به ما نمی‌دهد. این به این معنی است که تنها مقدار بزرگی تغییرات نمی‌تواند اطلاعات قابل توجهی برای عملکرد پوشش گیاهی در سریهای زمانی طولانی به ما بدهد. برای رفع این مشکل، جهت بردار تغییر را محاسبه شده است. از آنجا که برای محاسبه جهت تغییر در فضای ۱۲ بعدی پیچیده است. برای سادگی کار در فضایی دو بعدی محاسبات را انجام شده است که برای هر دوره ۴ ماه انتخاب کرده و از آنها میانگین گرفته که یکی از ابعاد میانگین مقادیر دوره زمستانه و

$X_1 =$ ارزش باند ۱ از تاریخ اول

$X_2 =$ ارزش باند ۱ از تاریخ دوم

$Y_1 =$ ارزش باند ۲ از تاریخ اول

$Y_2 =$ ارزش باند ۲ از تاریخ دوم

از آنجا که هر پیکسل دارای یک مکان در این فضایی چند بعدی است، اختلاف بین پیکسلها در دو زمان مختلف توسط رابطه اقلیدسی بیان می‌شود. علاوه بر این، جهت این بردار بطور معمول به عنوان یک زاویه بر یا آزیموت (قوس افقی در جهت گردش عقربه ساعت واقع شده بین نقطه ثابتی) نوع تغییر را توصیف می‌کند. در واقع اختلاف ساده حالت خاصی از تحلیل بردار تغییر است. فاصله و اندازه تغییر بوسیله رابطه فاصله اقلیدسی محاسبه می‌شود. اگر با بیش از دو تصویر کار شود این رابطه به آسانی توسعه داده می‌شود. جهت حرکت از زمان اول به زمان دوم، زاویه‌ای را بوجود می‌آورد که می‌تواند توصیف کننده نوع تغییرات باشد و به آن تصویر جهت تغییرات گویند. زاویه ایجاد شده بین دو زمان با توجه به رابطه زیر محاسبه می‌شود (Taleishi, 1990).

رابطه (۲)

$$\text{Angle} = \arctan \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right)$$

یکی از مهمترین کاربردهای روش تحلیل بردار تغییر برای شناسایی نواحی است که دستخوش تغییرات کلیدی شده‌اند. Taleishi (1990) نشان داده است که ارتباط قوی بین تغییرپذیری در اندازه‌گیری پدیده‌ها و مولفه فاصله بردار تغییر وجود دارد در روش تحلیل بردار تغییر برای جدا کردن تغییرات قابل توجه از تغییرات طبیعی از حدآستانه استفاده می‌شود. مقدار حدآستانه براساس جهت تغییر به نوع تغییری که مورد نظر است بستگی دارد. مثلاً اگر تحلیل گر فقط

۱۶ روز یک تصویر وجود داشت. در روش رگرسیون خطی برای بررسی تغییرات تصاویر را در دوره‌های زمانی مختلف ۱۶ روزه، ماهیانه، فصلی و سالانه مقایسه گردید. ولی در روش تحلیل بردار تغییر داده‌ها را به دو دوره زمستانه و تابستانه تقسیم شده است که برای هر کدام ۴ ماه را انتخاب کرده و از آنها میانگین گرفته شده است. در ابتدا به تجزیه و تحلیل نتایج روش رگرسیون خطی پرداخته و در نهایت نتایج روش تحلیل بردار تغییر را مورد بررسی قرار می‌گیرد.

بررسی روند تغییرات پوشش گیاهی

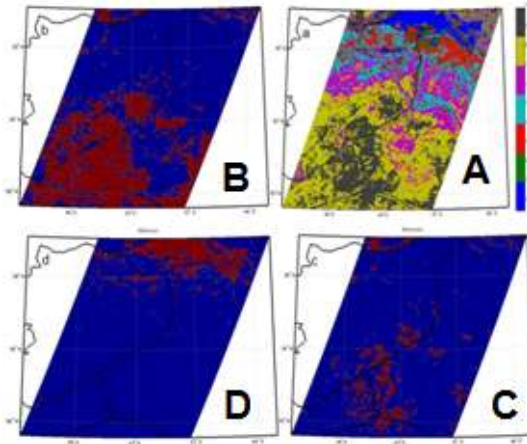
برای دوره‌های ۱۶ روزه ۴ تصویر را به عنوان نماینده ۴ فصل انتخاب شده است (شکل ۳). این تصویر مربوط به ماه مارس (اوایل فصل بهار) است. نقشه شیب تغییرات نشان می‌دهد که به جز مناطق جنوبی که مناطق بیابانی هستند و مناطق جزئی از شمال که احتمالاً به خاطر کوهستانی بودن هنوز دارای برف می‌باشند، در بقیه مناطق پوشش گیاهی کم شده است. بیشترین تغییرات را در منطقه بین‌النهرین شاهد هستیم که در نقشه (شکل a) با رنگ آبی مشخص شده است. هر چه از این منطقه دورتر شویم شدت تغییرات کمتر می‌شود. نقشه (شکل b) دیگری برای جدا کردن تغییرات مثبت و منفی تهیه شده که مناطق قرمز نشان دهنده تغییرات مثبت و مناطق آبی تغییرات منفی را نشان می‌دهد. در دو نقشه دیگر ده درصد پیکسل‌های که حداکثر تغییرات مثبت (شکل c) و حداکثر تغییرات منفی (شکل d) را دارند نمایش می‌دهد.

دیگر میانگین مقادیر دوره تابستانه است. تصویر منحنی فصلی NDVI، نشان می‌دهد که NDVI‌های زمستانه به انواع مختلف پوشش زمین نزدیک است. این بدان معنی است که NDVI تابستانه نقش اصلی در مقدار بردار تغییر ایفا می‌کند. بنابراین بیشتر جهت تغییر مقادیر میانگین NDVI تابستانه برای هر سال را به عنوان جهت بردار تغییر و جهت مثبت و منفی نقشه بطور جداگانه برای هر سال (۲۰۰۱ تا ۲۰۱۱) بدست آمده است. هدف اصلی تحقیق بررسی روند عملکرد پوشش گیاهی در سریهای زمانی طولانی مدت است. نتایج کنونی به ما نشان می‌دهد که تغییرات هر سال نسبت به سال قبل از خود چگونه است. با استفاده از این روش دو نقشه شدت و جهت تغییرات را استخراج شده که تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از این روش راحت‌تر است و در نهایت سال آخر (۲۰۱۱) را نسبت به سال اول (۲۰۰۱) مورد بررسی قرار گرفته است.

نتایج و بحث

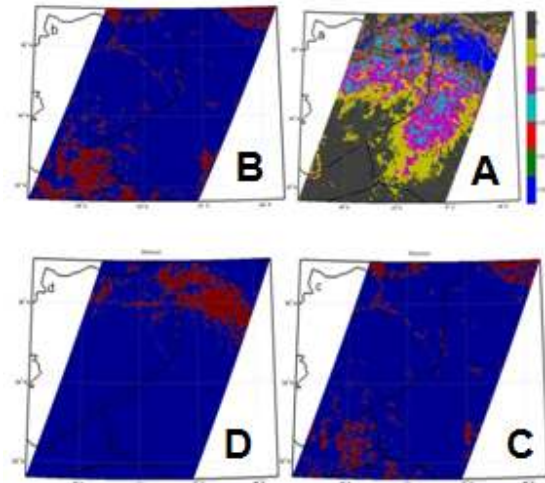
یکی از ابزارهای نوین در ارزیابی پوشش گیاهی استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است. در صورت فراهم شدن تصاویر ماهواره‌ای برای مدت زمانی نسبتاً طولانی، می‌توان برخی تغییرات محیطی از جمله پوشش گیاهی را در طول زمان و ابعاد وسیع مورد بررسی قرار داد. آشکارسازی و مشخصه تغییر در طول زمان، اولین گام طبیعی در جهت شناسایی محرک این تغییر و درک مکانسیم تغییر است. در این بخش به بررسی نتایج حاصل از دو روش رگرسیون خطی و تحلیل بردار تغییر پرداخته شده است. از آنجا که تعداد نقشه‌های خروجی زیاد است فقط تعدادی از آنها را بررسی شده است. برای ۱۱ سال به ازای هر

سوریه که کانون اول گرد و غبار است مشاهده می‌شود.



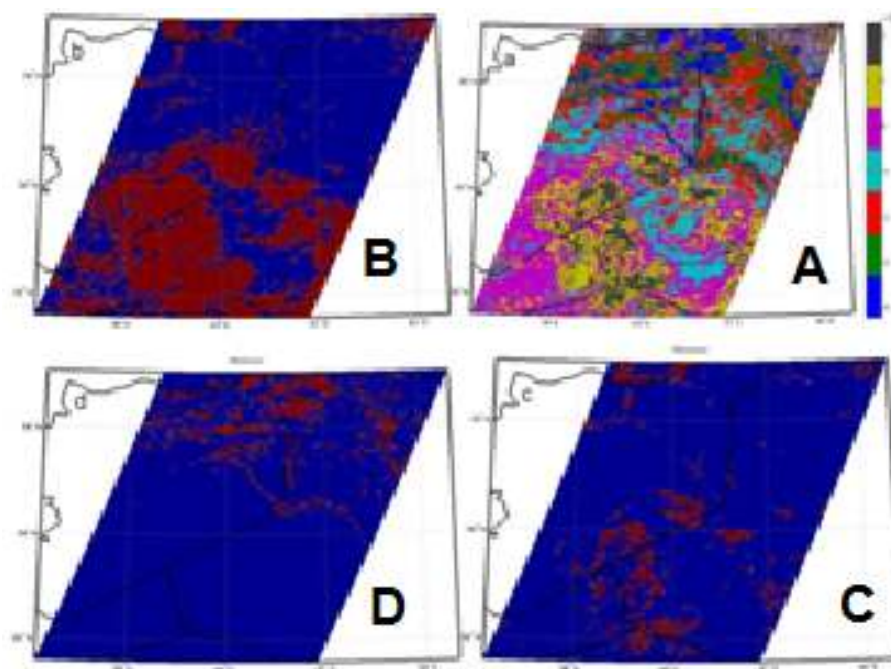
شکل (۴) نقشه روند تغییرات پوشش گیاهی ۱۶ روزه در تاریخ ۲۵ مه

برای بررسی‌های ۱۶ روزه در فصل تابستان ۲۸ ژوئیه (۶ مرداد) را انتخاب شده است. تغییرات پوشش گیاهی در این دوره در مناطق بین‌النهرین و حاشیه دو رودخانه دجله و فرات بصورت پراکنده مشاهده می‌شود. دلایل این تغییرات می‌تواند کاهش میزان آبدهی دو رودخانه دجله و فرات در فصل گرم سال باشد. تغییرات در حاشیه دو رودخانه بصورت نواری در شکل ۵ d کاملاً مشهود است. علت کاهش آبدهی رودخانه‌ها احداث سدهای متعدد بر روی آنها در خاک ترکیه و سوریه و همچنین کاهش نزولات جوی است. یکی دیگر از مناطقی که تغییرات منفی زیادی داشته است منطقه مرزی سوریه و عراق است که دلایل آن شاید عوامل انسانی باشد؛ در واقع حداکثر تغییرات منفی در این دوره نیز باز هم در کانون اول واقع شده است و کانون دوم همچنان تغییرات مثبت را نشان می‌دهد.



شکل (۳) نقشه روند تغییرات پوشش گیاهی ۱۶ روزه در تاریخ ۲۲ مارس

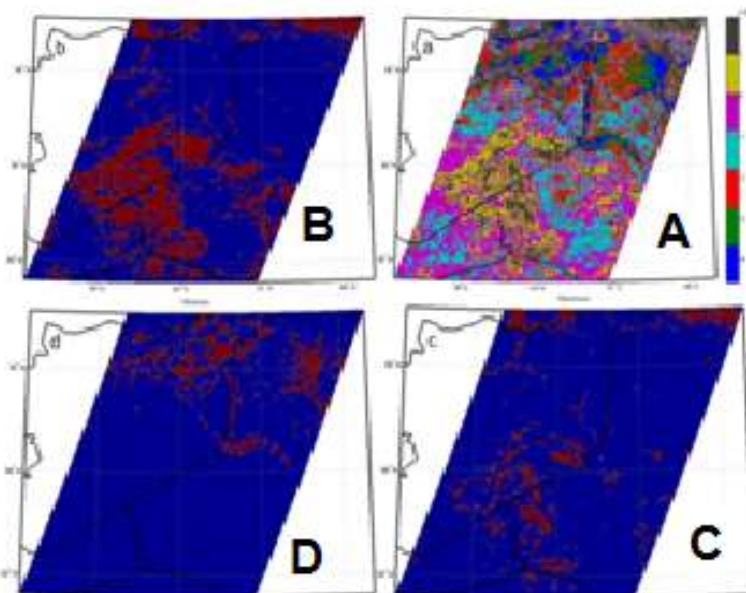
نقشه تغییرات ۱۶ روزه مربوط به ماه خرداد (۲۵ مه) است. در واقع در این ماه با افزایش سبزیگی به تدریج مناطقی که در اوایل فصل بهار تغییرات مثبت داشتند تغییرات آنها کمتر شده و به سمت صفر میل می‌کند. محدوده‌ای که تغییرات منفی زیاد داشت به قسمت شمالی‌تر منتقل می‌شود. دلیل آن شاید ذوب برفها و سیراب کردن قسمتهای پایین دست رودخانه باشد. اما همچنان بیشترین تغییرات در منطقه بین‌النهرین است و به تدریج به سمت جنوب از تغییرات کاسته می‌شود. با توجه به قرار گرفتن کانون اول طوفانهای گرد و غبار در بین‌النهرین کاهش پوشش گیاهی در شروع فصل گرم می‌تواند دلیل قانع کننده‌ای برای این رویداد باشد. اما کانون دوم به مراتب دارای تغییرات کمتری است. همچنان که در شکل ۴ c مشاهده می‌کنیم، بیشترین تغییرات مثبت در منطقه مرزی عراق و اردن و سوریه است که کانون دوم گرد و غبار در آن منطقه واقع شده است. حداکثر تغییرات منفی در بین‌النهرین یا مرز عراق و ترکیه و



شکل (۵) نقشه روند تغییرات پوشش گیاهی ۱۶ روزه در تاریخ ۲۸ ژوئیه

سمت پایین دست کشیده می‌شود و مزارع کشاورزی که با آب این رودخانه آبیاری می‌شوند نیز دارای تغییرات منفی می‌باشند. علت آن شاید فصل برداشت محصول و لخت شدن زمینهای کشاورزی باشد.

برای فصل پاییز از دوره های ۱۶ روزه ۳۰ سپتامبر (۴ مهر ماه) را مورد بررسی قرار می‌دهیم. تغییرات این دوره نیز مانند دوره قبل (۶ مرداد) می‌باشد (شکل ۶). با این تفاوت که تغییرات در حاشیه رودخانه‌ها به



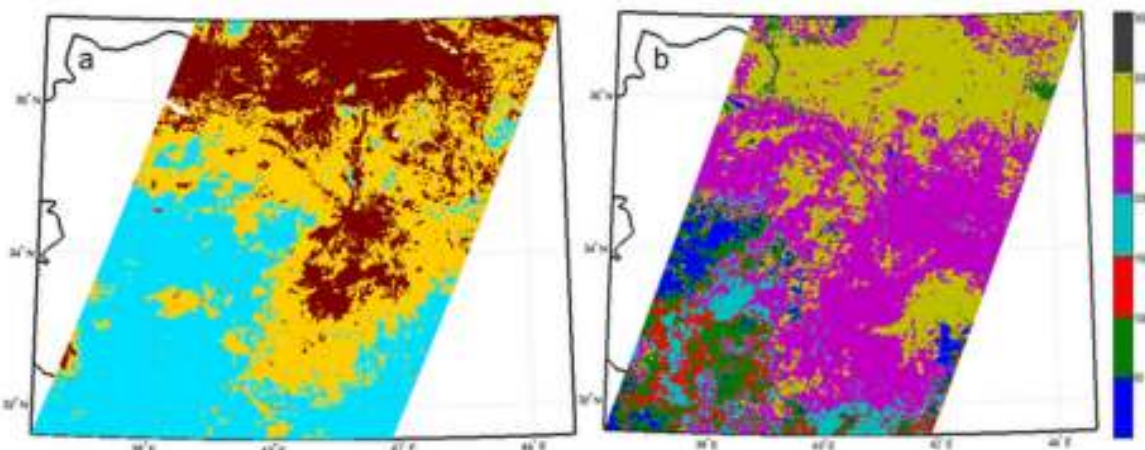
شکل (۶) نقشه روند تغییرات پوشش گیاهی ۱۶ روزه در تاریخ ۳۰ سپتامبر

بررسی مقدار و جهت تغییرات سالانه پوشش گیاهی

با استفاده از روش تحلیل بردار تغییر سالهای ۲۰۰۱ و ۲۰۱۱ را با هم مقایسه شده است. برای ارزیابی این تغییرات از دو نقشه مقدار تغییر (شکل ۵a) و جهت تغییر (شکل ۵b) استفاده گردید. در نقشه اندازه تغییرات که در سه کلاس طبقه بندی شده است، کلاس آبی کم رنگ نشان دهنده عدم تغییر، رنگ زرد کلاس با تغییر کم و قهوه‌ای نشان دهنده تغییرات زیاد است. بر طبق این نقشه مناطق مرزی ترکیه و عراق و سوریه با مناطق شرقی عراق دارای بیشترین تغییر بوده است. بیشترین تغییرات در کانون اول روی داده است؛ ولی در مناطق جنوبی و کانون دوم تغییرات بسیار ناچیز بوده است.

نقشه دوم جهت تغییرات را نشان می‌دهد که در ربع اول که تغییرات برای هر دو دوره زمانی زمستانه و تابستانه مثبت است که در نقشه با رنگ آبی و سبز تیره مشخص شده است. در ربع دوم که با رنگ قرمز و سبز کم رنگ نشان داده شده است تغییرات تابستانه مثبت و تغییرات زمستانه منفی است. در ربع سوم که با رنگ صورتی و زرد مشخص شده برای هر دو دوره زمانی تغییرات بصورت منفی است. مناطق صورتی بیشتر تغییرات در فصل زمستان و رنگ زرد تغییرات در فصل تابستان را نشان می‌دهد و در نهایت ربع چهارم که در آن تغییرات تابستانه بصورت منفی و تغییرات زمستانه بصورت مثبت نشان داده می‌شود. با

توجه به نقشه اندازه تغییر بیشترین مقدار تغییر در ربع سوم و چهارم واقع شده است که در ربع سوم تغییرات برای هر دو دوره زمانی بصورت منفی است. در این روش سالهای ۲۰۰۱ و ۲۰۱۱ را با هم مقایسه کرده و تغییرات آن را در دو نقشه زیر مشاهده می‌شود (شکل ۷). در این نقشه تغییرات شدت بیشتری دارند علت آن می‌تواند فاصله زمانی بین دو سال باشد که با هم مقایسه شده است. در این نقشه تغییرات در نواحی شمالی و مرکزی شدید بوده و بتدریج از شدت آن کاسته شده و در مناطق جنوبی تغییرات محو می‌شود. اکثر مناطقی که دارای تغییرات زیادی است در نقشه جهت تغییر با رنگ زرد مشاهده می‌شود که در ربع سوم قرار می‌گیرد و نشان دهنده تغییرات منفی در دوره گرم سال است. ربع اول با رنگ آبی و سبز تیره در نواحی شرقی سوریه و اردن دیده می‌شود. در این محدوده تغییرات برای هر دو دوره مثبت است. ربع دوم نیز در نوار مرزی سوریه با اردن قرار گرفته است که تغییرات مثبت را برای تابستان و تغییرات منفی را برای زمستان نشان می‌دهد. ربع سوم که بیشتر مناطق را به خود اختصاص داده است. نواحی مرکزی و جنوبی را شامل می‌شود. نواحی که با رنگ زرد نشان داده شده است دارای بیشترین تغییرات است. در نوار شمالی نقشه و مرز سه کشور عراق و ترکیه و سوریه واقع شده است. ربع چهارم که با رنگ مشکی نشان داده می‌شود قابل چشم پوشی است.



شکل (۷) اندازه و جهت میزان تغییرات برای سال ۲۰۱۱ و ۲۰۱۲: a: جهت و میزان تغییرات؛ b: اندازه تغییرات

نتیجه گیری

سبزی‌نگی و در نواحی جنوبی افزایش کم یا عدم تغییر را داشته است. بیشترین تغییرات منفی در منطقه بین-النهرین و نوار مرزی سوریه با عراق دیده می‌شود. دلایل آن می‌تواند کمبود نزولات جوی، احداث سدها بر روی رودخانه فرات در کشور ترکیه و عوامل انسانی مانند مهاجرت و جنگ در مرز سوریه و عراق باشد.

یکی از مزایای روش تحلیل بردار تغییر این است که هم اندازه تغییر و هم جهت تغییرات را نشان می‌دهد. نقشه‌های طبقه بندی شده شدت و جهت تغییرات کمک می‌کند تا با در نظر گرفتن ویژگی‌های مانند موقعیت، اندازه و الگوی مناطق تغییر یافته، تغییرات اتفاق افتاده را بهتر تفسیر کرد.

در نهایت به منظور کارایی بهتر روش مورد استفاده در این تحقیق پیشنهاد می‌شود جهت ارتقای نتایج حاصل از تحقیق از داده‌های ایستگاههای اقلیمی در منطقه مورد مطالعه نیز استفاده شود. همچنین نتایج حاصله با داده‌های زمینی اعتبارسنجی شود. استفاده از داده‌های ارتفاعی مانند مدل رقومی زمین و نقشه

لحاظ کردن معیارهای مانند نوع سنجنده، زمان برداشت، قدرت تفکیک مکانی، طیفی و رادیومتریک داده‌های ماهواره‌ای و کیفیت تصاویر و از طرف دیگر روش مورد استفاده نقش تعیین کننده‌ای در آشکارسازی تغییرات دارد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که تغییرات پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه با نتایج قبلی همخوانی دارد. روند تغییرات در فصل زمستان در نواحی پایین دست دجله و فرات قرار دارد و در فصل بهار محدوده تغییرات به سمت نواحی شمال و مرز ترکیه با دو کشور عراق و سوریه کشیده می‌شود. در این فصل بیشترین تغییرات منفی در کانون اول گرد و غبار قرار دارد ولی در کانون دوم تغییرات مثبت است. و در فصل تابستان نیز تغییرات در کانون اول قرار دارد و این می‌تواند علت وقوع طوفانهای گرد و غبار را در دوره گرم سال تبیین کند. در فصل پاییز محدوده تغییرات منفی به سمت پایین دست دجله و فرات کشیده می‌شود. بصورت کلی می‌توان گفت که در مناطق شمالی کاهش

شیب در ارزیابی تغییرات می‌تواند مورد توجه قرار گیرد تا بتواند دقت و کارایی روش را افزایش دهد.

منابع

- باغقیده، محمد، ۱۳۸۶، بررسی و پایش خشکسالی‌های استان اصفهان با استفاده از تصاویر چند زمانه‌ای NOAA/AVHRR، شاخص NDVI و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، به راهنمایی بهلول علیجانی و پرویز ضیائیان، رساله دکتری، دانشگاه تربیت معلم تهران.
- چنار، علیرضا، ۱۳۸۰، ارزیابی و نظارت بر خشکسالی در استانهای آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل با استفاده از تصاویر AVHRR، به راهنمایی عباس علی محمدی، پایان نامه ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- شمسی‌پور، علی‌اکبر، ۱۳۸۶، تحلیل رخدادهای خشکسالی منطقه کاشان با استفاده از داده NOAA-AVHRR، استاد راهنما سید کاظم علوی پناه و حسین محمدی، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران.
- صفری، هرمز، ۱۳۸۲، بررسی وضعیت خشکسالی با استفاده از اطلاعات هواشناسی و داده ماهواره اطلاعات هواشناسی و داده ماهواره NOAA در منطقه زابل، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی عباس علی محمدی، دانشگاه شهید بهشتی.
- طاهرزاده، علی، ۱۳۸۵، تحلیل خشکسالی با استفاده از تکنولوژی GIS و سنجش از دور در حوضه آبریز میناب، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی پرویز ضیائیان، دانشگاه تربیت مدرس.
- طایفی، مسعود، ۱۳۸۵، ارزیابی و بهینه‌سازی مدل FCD به منظور تخمین طبقات تراکمی تاج پوشش جنگل با استفاده از روش‌های ادغام داده‌ها و جایگزینی شاخص‌های تصویری، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، به راهنمایی عباس علی محمدی و محمد جواد ولدان زوج، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- فرج‌زاده، منوچهر و مهنام فلاح، ۱۳۸۷، ارزیابی تأثیر تغییرات کاربری و پوشش اراضی بر رژیم سیلابی رودخانه تجن با استفاده از تکنیک سنجش از دور، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱۰۴-۸۹.
- مرادزاده، نسترن، ۱۳۸۳، بررسی وضعیت پوشش گیاهی دشت تبریز (آذربایجان شرقی) جهت تعیین روند دوره‌های خشکسالی یا ترسالی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، به راهنمایی علی ابطحی، پایان‌نامه ارشد، دانشگاه شیراز.
- Jordan. C.F., 1969, "Derivation of Leaf Area Index from Quality Measurement of Lhght on the Forest Floor". Ecology., 50. 663-666.
- Krishna. T.M., Ravikumar. G., Krishnaveni. M., 2009, "Remote Sensing Based Agricultural Drought Assessment in Palar Basin of Tamil Nadu State, India". J. Indian Soc. Remote Sens. 37:9-20
- Malila, W.A., (1980) "Change Vector Analysis: An Approach for Detecting Forest Changes with Landsat", Proceedings, 6th Annual Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, 326-335.
- Rahimzadeh, B. P., Darvishsefat, A. A., Khalili, A., & Makhdoum, M. F., 2007, Using AVHRR-based vegetation indices for drought monitoring in the Northwest of Iran, Journal of Arid Environments, doi:10.1016/j.jaridenv.2007.12.004.
- Xiaolu.S, Bo.C., 2011., "Change Detection Using Change Vector Analysis from Landsat

seasonal changes in satellite image time series". *Remote Sensing of Environment* 114, 106–115.

TM Images in Wuhan". *Procedia Environmental Sciences* 11, 238 – 244
Tateishi, R., and K. Kajiwara, (1992) "Global Land Cover Monitoring by AVHRR NDVI Data", *Earth Environment*, 7, 4-14.
Verbesselt, J., Hyndman, R., Newnham, R., Culvenor, D., (2010). "Detecting trend and