

بررسی و مقایسه شاخص‌های مختلف گیاهی با استفاده از تصاویر ماهواره ای ETM⁺ برای مطالعات پوشش گیاهی دشت نیشابور، خراسان رضوی

مرجان قائمی^{*۱} - سید حسین ثنائی نژاد^۲ - علیرضا آستارایی^۳ - پریسا میرحسینی^۴

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۴

تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۳

چکیده

یکی از مهمترین عوامل در مدیریت بهتر خاک، شناخت وضعیت پوشش گیاهی است. از طرفی مطالعه پوشش گیاهی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک با استفاده از روش‌های سنتی و عملیات میدانی دشوار و محدود می‌باشد. استفاده از داده‌های سنجنش از دور در بررسی خصوصیات طیفی پوشش گیاهی این مناطق می‌تواند به صرف هزینه و زمان کمتر و دستیابی به اطلاعات دقیق‌تر منجر گردد. در این راستا تحلیل‌های مختلفی با هدف معرفی بهترین شاخص ترکیبی و شناسایی مناسبترین مولفه اصلی و باندهای حاصل از تبدیل تسلاکپ و نیز بررسی نقش و تأثیر فیلترهای مختلف بر روی تصاویر ماهواره ای ETM⁺ منطقه نیشابور اعمال شد. سپس روابط رگرسیونی و ضرایب تبیین متغیرهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و در انتها توانایی کاراترین شاخص‌ها و آنالیزها با کلاس‌های حاصل از روش‌های طبقه‌بندی مورد بحث و مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که فیلتر میانگین ۳×۳ به دلیل ایجاد همگنی بیشتر، ضرایب تبیین بالاتری بین ارزش‌های رقومی تصویر و داده‌های زمینی نشان می‌دهد که همگی این ضرایب در سطح ۵٪ معنی‌دار بودند. همچنین شاخص‌های MSR، VI5، VI6، VI7، RI، BI1، SI، NDVI، TVI، NDSI، SAVI، MND، COSRI، Complex Multirate، MSAVI، و نیز مولفه‌های اول و سوم حاصل از تجزیه‌ی مولفه‌های اصلی و باندهای روشنایی و سبزیگی حاصل از تبدیل تسلاکپ امکان تشخیص و تفکیک پوشش گیاهی منطقه را بیش از سایر شاخص‌ها فراهم می‌نمایند.

واژه‌های کلیدی: شاخص‌های پوشش گیاهی، تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی، تبدیل تسلاکپ، طبقه‌بندی تصاویر ماهواره ای، لندست

مقدمه

راستای توسعه پایدار افزوده می‌شود (۲۵).

در طول سه دهه گذشته کاربرد نسبت‌های مختلف طیفی باندهای انعکاسی در مطالعه‌ی منابع طبیعی به ویژه پایش پوشش گیاهی در مقیاس منطقه‌ای و جهانی به طور گسترده‌ای افزایش یافته است. این شاخص‌ها با تراکم پوشش گیاهی همبستگی خوبی را نشان می‌دهند. اما بازتاب طیفی تحت تأثیر عوامل ارتفاع و زاویه‌ی تابش خورشید، خاک زمینه و تأثیرات جوی تغییر می‌کند (۲).

شدت بازتابش بسته به نوع گیاه، تراکم و سالم بودن گیاهان متفاوت است. مشکل اساسی در بررسی پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک ناچیز بودن پوشش گیاهی است. در صورتی که پوشش کمتر از ۲۶ درصد باشد تأثیر کمتری بر بازتاب‌های حاصله و در نهایت داده‌های تصاویر ماهواره‌ای می‌گذارد (۳). هنگامیکه پوشش سبز در حدود ۱۰ درصد باشد در ناحیه مادون قرمز جذب ضعیف در اثر خاک زمینه و مواد معدنی موجود در آن می‌تواند سبب تیرگی تصویر گردد. به علاوه هنگامی که پوشش گیاهی بیش از ۶۰ درصد باشد تشخیص

پوشش گیاهی در اکثر مناطق خشک و نیمه خشک همچون ایران به شدت تحت تأثیر خصوصیات خاک از جمله شوری است. از طرفی گیاهان به دلیل خصوصیات منحصر به فرد خود در تامین غذای موجودات زنده از اهمیت خاصی برخوردارند. بنابراین، مطالعه‌ی پراکنش گیاهان در اقلیم‌های خشک و نیمه خشک و خاک‌های شور و غیر شور در این مناطق در همین راستا ضروری تلقی می‌گردد (۹). استفاده از فن‌آوری سنجنش از دور اغلب موجب کاهش هزینه و افزایش دقت و سرعت شده و روز به روز بر اهمیت این فناوری در

۱ و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*- نویسنده مسئول: Email: Mghaemi270@gmail.com)

۲- استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

ترین همبستگی را بین داده های حاصل از تصاویر ماهواره ای در خاک های تحت تأثیر شوری نشان دارند. براین اساس دو شاخص NDVI و ^۹RATIO برای تراکم پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفت. این شاخص ها نشان دادند در مناطقی که درصد نمک بالا است پوشش گیاهی ضعیفی در منطقه وجود دارد (۱۶). با استفاده همزمان از چند شاخص در مناطق خشک به دلیل شرایط خاص این مناطق و نوع پوشش گیاهی آن ها می توان به نتیجه گیری بهتری در تشخیص میزان پوشش گیاهی این مناطق دست یافت. از این رو تشخیص بهترین شاخص ها به منظور بیان خصوصیات پوشش گیاهی و وضوح پدیده های موجود در منطقه با استفاده از روش های آماری، از قبیل تعیین ضریب تبیین امکان پذیر است. بر این اساس در این تحقیق سعی شده است تغییرپذیری طیفی پوشش گیاهی و همچنین تفکیک پدیده های منطقه بر روی تصویر با استفاده از شاخص های مختلف و تصاویر حاصل از تجزیه و تحلیل مولفه های اصلی و تبدیل تسلدکپ ارزیابی و با تصاویر حاصله از باندهای اصلی سنجنده ⁺ETM مقایسه گردد. براساس این تحلیل ها علاوه بر انتخاب مناسبترین شاخص ها برای بررسی و طبقه بندی پوشش گیاهی در این منطقه کارائی چنین روش هایی نیز مورد آزمون قرار می گیرد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در بخشی از دشت نیشابور و در بین طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۸ دقیقه شرقی (۶۴۰۸۱۱ تا ۶۹۳۴۵۱ UTM) و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی (۳۹۷۱۱۵۸ تا ۴۰۱۳۰۴۶ UTM) واقع شده است (شکل ۱).

این منطقه براساس طبقه بندی اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم خشک و نیمه خشک بوده و متوسط درجه حرارت سالانه آن به حدود ۱۴/۵ درجه سانتی گراد می رسد. میانگین بارش سالانه در این منطقه حدود ۲۵۰ میلی متر می باشد.

روش نمونه برداری

پس از بررسی تصاویر ماهواره ای و نقشه ی جغرافیائی منطقه، با توجه به وضعیت تغییرات خصوصیات خاک و پوشش گیاهی آن، شبکه ای به ابعاد ۱۴۹۷×۱۸۸۱ پیکسل بر روی تصاویر ماهواره ای جدا گردید.

طیف های خاک امکان پذیر نخواهد بود (۱۵). همچنین این گیاهان فاقد بافت اسفنجی و حفره های مابین آنها بوده و اغلب پهن برگ نیستند بنابراین دارای بازتاب کمتری از مادون قرمز می باشند و نیز بازتاب طیف مرئی آن ها هم متفاوت با گیاهان سبز است (۳).

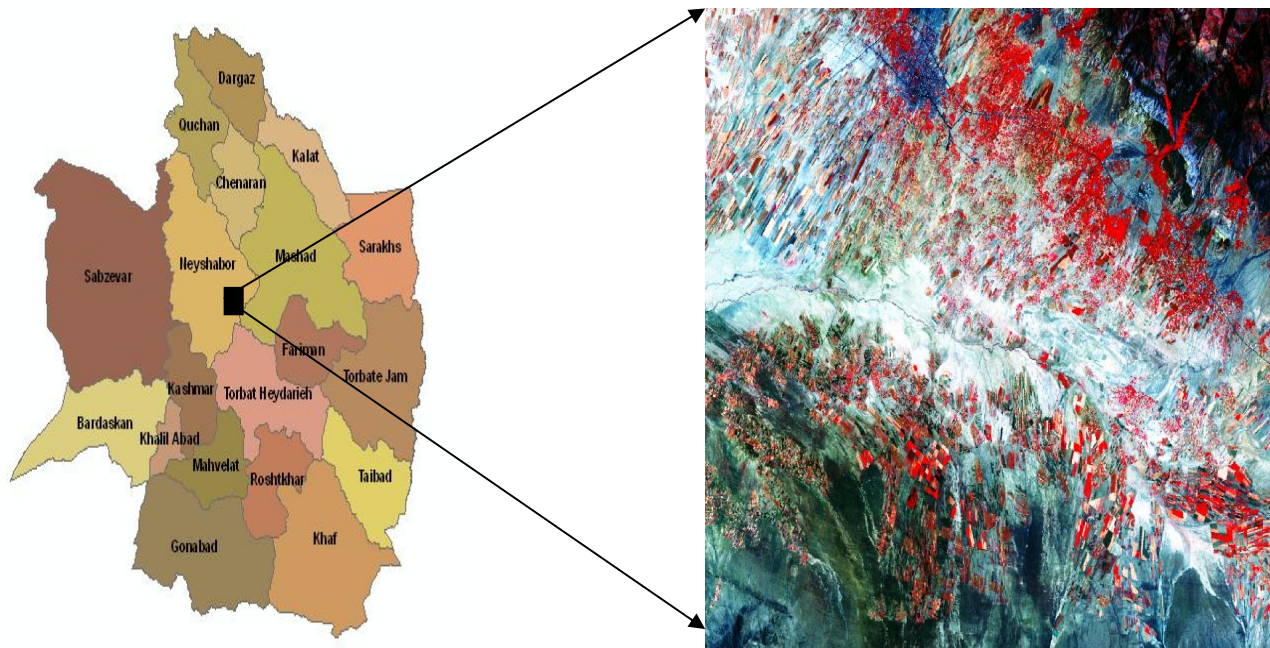
در منطقه ای واقع در بخش نیمه خشک دیورو بیسین^۱ در اسپانیا بر روی خاک های متفاوت با کاربری های متعدد مطالعه ای به منظور بررسی همبستگی میان اندازه گیری های مستقیم پارامترهای پوشش محصولات خشک با تخمین های غیر مستقیم حاصله از تصاویر ماهواره ای ASTER انجام گرفت. در این بررسی به تخمین پارامترهای بیوفیزیکی از قبیل زیست توده گیاهی، محتوای آب و ارتفاع گیاه پرداختند. در این مطالعه شاخص های ^۲RVI و ^۳NDVI بالاترین ضریب همبستگی معادل ۰/۷ را با پارامترهای مورد مطالعه نشان دادند. این میزان همبستگی بیانگر این بود که پیش بینی مقادیر زمینی از طریق شاخص های به دست آمده از تصاویر امکان پذیر است (۲۳).

شاخص های گیاهی می توانند توسط تعدادی از باندهای طیفی مناسب براساس مجموعه ای از روابط ریاضی بین باندها شامل انواع محاسبات جبری محاسبه گردند (۷). در میان شاخص های متنوع و متعدد پوشش گیاهی شاخص های NDVI و ^۴EVI برای پایش و مطالعه تغییرات مکانی و زمانی پوشش گیاهی در سطح گسترده ای به کار گرفته شده اند (۱۸ و ۲۱). شاخص NDVI به عنوان یکی از پرکاربردترین شاخص ها در مطالعات بیشماری برای ارزیابی پوشش گیاهی استفاده شده است. مبنای ساختاری این شاخص وجود کلروفیل در گیاهان مختلف است که نور قرمز را جذب و لایه مزوفیل برگ نور مادون قرمز نزدیک را منعکس می سازد. مقدار عددی این شاخص بر اساس تعریف آن بین اعداد +۱ تا -۱ تغییر می کند. مقادیر منفی در این شاخص حاکی از عدم حضور پوشش گیاهی است (۴).

در مطالعه ای در پاکستان به منظور بررسی رابطه بین پارامترهای خاک و داده های ماهواره ای، شاخص های سنجش از دور از قبیل شاخص های تفاوت شوری، نسبت گیری، شاخص های پوشش، آنالیزهای ^۵PCA و شاخص آب مورد استفاده قرار گرفت. اساس کاربرد این شاخص ها تغییر پذیری خصوصیات طیفی براساس تغییرپذیری خصوصیات خاک بود. با استفاده از سیستم های اطلاعات جغرافیایی نشان دادند که شاخص های ^۶SI، ^۷NDSI و ^۸BI بیش

- 1- Duero Basine
- 2- Ratio Vegetation Index
- 3- Normalized Difference Vegetation Index
- 4- Enhanced Vegetation Index
- 5- Principal Component Analysis
- 6- Salinity Index

- 7- Normalized Differential Salinity Index
- 8- Brightness Index
- 9- Vegetation Index



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

انجام این تصحیحات خطاهای جدید در تصاویر ایجاد گردد (۱). از این رو تصاویر مورد مطالعه قبل از اعمال هر نوع پردازش، مجدداً به لحاظ هندسی و رادیومتری در هر یک از باندهای انعکاسی (۵- ۱ و ۷) مورد بازبینی قرار گرفتند.

به منظور بررسی تغییرپذیری طیفی پوشش گیاهی به کمک داده‌های سنجنده ETM^+ از چهار سری داده شامل سه مولفه اول حاصل از تجزیه و تحلیل مولفه‌های اصلی، نسبت‌های مختلف طیفی حاصل از باندهای انعکاسی، باندهای روشنایی، سبزی‌نگی و نمناکی حاصل از تبدیل تسلاکپ و باندهای اصلی سنجنده ETM^+ استفاده شد. سپس تغییرات طیفی پوشش گیاهی در باندهای اصلی و مصنوعی مورد مقایسه قرار گرفتند. کلیه پردازش‌های لازم در محیط نرم افزار IDRISI Kilimanjaro ERDAS Imagine 8.6 انجام گرفت. در مرحله بعد به منظور تعیین بهترین ترکیب باندی برای استفاده در ایجاد تصاویر کاذب رنگی از طریق مشاهده تصویر و شاخص حد مطلوب پردازش‌های موردنظر اعمال گردید. برای مقایسه و افزایش وضوح تصاویر سه روش بهبود کنتراست، بررسی هیستوگرام و تفسیر بصری نیز بر روی تصاویر اعمال شد.

در این تحقیق قبل از اعمال شاخص‌های گیاهی مختلف بر روی تصویر، اقدام به طبقه‌بندی تصویر ماهواره ای گردید. در مرحله اول ابتدا با استفاده از تصاویر رنگی کاذب به ویژه ترکیب (۲، ۳ و ۴) در محیط نرم افزار ERDAS Imagine و بررسی هیستوگرام باند‌های

در چارچوب روش نمونه برداری سیستماتیک یک شبکه منظم از نقاط در مکان‌های تعیین شده به صورت خوشه‌های ۳ تایی توزیع شدند. در مجموع ۶۰ نمونه خاک در پلاتی به ابعاد ۲۰ در ۲۰ سانتی متر از عمق ۱۵-۲۰ سانتی متری از روی نقاط با مختصات معلوم برداشت گردید. درصد تراکم پوشش گیاهی نیز در مکان هر نقطه با استفاده از یک کوادرات با ابعاد ۵۰×۵۰ سانتی متر به صورت تصادفی و در سه تکرار تعیین گردید و نوع کاربری آن مشخص شد. سپس داده‌های حاصل از نمونه برداری با هم تلفیق و میانگین حاصل به عنوان تراکم گیاهی برای هر نقطه منظور گردید.

در این تحقیق تصاویر چند طیفی ماهواره لندست، سنجنده ETM^+ شامل ۶ باند طیفی (با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر) و یک باند حرارتی (با قدرت تفکیک مکانی ۶۰ متر) و باند پانکروماتیک (با قدرت تفکیک مکانی ۱۵ متر) از مسیر ۱۶۰ و ردیف ۳۵ مربوط به ۱۰ جولای سال ۲۰۰۲ برابر با ۲۰ تیر ۱۳۸۱ مورد استفاده قرار گرفت. علاوه بر آن از نقشه‌های ارزیابی منابع و قابلیت اراضی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ به منظور شناسایی اولیه منطقه و تعیین محدوده مورد مطالعه نیز استفاده شد. این تصاویر در سطح سیستمی مورد تصحیحات اولیه هندسی و رادیومتری قرار گرفته‌اند، با این وجود در موارد متعددی مشاهده شده است که خطاها و ناهنجاری‌های هندسی و رادیومتری موجود در تصاویر ماهواره ای به طور کامل در تصحیحات سیستمی برطرف نمی‌شوند و حتی ممکن است ضمن

نهایت تصاویر حاصله از بهترین شاخص ها و دیگر روش های تجزیه و تحلیل مورد مطالعه با تصویر طبقه بندی شده مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند.

نتایج و بحث

برای تعیین چگونگی رابطه بین متغیرهای مورد مطالعه در این تحقیق از آنالیز رگرسیون خطی و غیر خطی استفاده شد. نتایج آنالیز رگرسیونی بین ارزش های رقومی باندهای اصلی تصاویر ماهواره ای به عنوان متغیر مستقل و درصد تراکم پوشش گیاهی به عنوان متغیر وابسته برای کل داده های محدوده مورد مطالعه نشان داد که باندهای ۱، ۲ و ۳ بیشترین ضرایب تبیین را با داده های زمینی دارند. درحالی که باند ۵ و ۷ با حداقل ضریب تبیین کمترین میزان همبستگی را دارا می باشد. با وجود آن که انعکاس زیاد پوشش گیاهی در نواحی قرمز و مادون قرمز نزدیک است، ولی پوشش گیاهی این منطقه همبستگی بالایی با باند ۴ نشان نداد. علت این امر می تواند به نوع پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک مربوط باشد که عدم بافت اسفنجی و حفره های مابین آن ها و پهن برگ نبودنشان چنین ایجاب می کند، زیرا که دارای بازتاب کمتری از مادون قرمز می باشند و نیز بازتاب طیف مرئی آن ها هم متفاوت با گیاهان سبز است (۳ و ۲۴). اعمال فیلتر میانگین بر روی باندهای اصلی، تأثیرچندانی بر میزان R^2 به دست آمده نداشت (جدول ۲). براساس نتایج حاصله باند ۳ با $R^2 = 0.47$ در تصاویر بدون اعمال فیلتر میانگین دارای ضریب تبیین معادل ۰/۴۷ بود که با اعمال فیلترهای میانگین 3×3 ، 5×5 و 7×7 مقدار ضریب تبیین آن به ارزش های ۰/۴۵، ۰/۴۴ و ۰/۴۸ تغییر یافت. این نتیجه در مورد سایر باندها نیز حاصل گردید. اما نتایج حاصل از تحلیل رابطه میان شاخص های مختلف در فیلترهای میانگین با نتایج باندهای اصلی کاملاً مغایر بودند، به طوری که با اعمال فیلتر میانگین بر روی تصاویر میزان ضریب تبیین به صورت معنی داری افزایش پیدا کرد (جدول ۳) در این رابطه می توان به شاخص SI که ترکیبی از باندهای یک و سه است، اشاره نمود. این شاخص در حالت بدون اعمال فیلتر میانگین دارای ضریب تبیین معادل ۰/۰۴ است درحالی که با اعمال فیلترهای میانگین ضریب تبیین آن به مقدار عددی ۰/۴۴ افزایش می یابد. رابطه بین ارزش رقومی هر یک از شاخص ها با داده های زمینی در حالت عدم اعمال فیلتر نشان داد با افزایش درجه معادله میزان R^2 افزایش می یابد و شاخص ها به طور کلی دارای ضریب تبیین پایینی می باشند با این حال شاخص $2^{\text{Complex Division}}$ و 4^{RA} با $R^2 = 0.1$ و 5^{PD311} و 7^{PD312} با $R^2 = 0.07$ از بالاترین ضریب برخوردار بودند.

طیفی و همچنین بر اساس تفاوت خصوصیات نظیر رنگ، تن، بافت، شکل و اندازه کلاس های مورد نظر در تصویر مشخص و تعریف شدند. سپس با شناخت کلی تصویر و با استفاده از الگوریتم های مختلف پردازش تصویر هر یک از کلاس ها در مراحل جداگانه و با استفاده از روش طبقه بندی نظارت شده و نظارت نشده از یکدیگر تفکیک گردیدند (۲۲).

در طبقه بندی به روش نظارت نشده (طبقه بندی هم ارز)^۱ استفاده شد. اما در روش نظارت شده با استفاده از الگوریتم حداکثر درستی^۲ و با استفاده از یک روش سلسله مراتبی، طبقه بندی تصویر صورت گرفت.

در نهایت ۴ کلاس اصلی (شامل کشاورزی، اراضی تخریب شده، کوهستان و مناطق شهری) و ۴ زیر کلاس (مخلوط باغ و کشاورزی، کشاورزی دیم، آبی و یا کشاورزی رها شده، اراضی تخریب شده فاقد پوشش گیاهی و یا دارای پوشش گیاهی پراکنده) در تصویر تفکیک شدند.

پس از تولید کلاس های مورد نظر در تصویر، جهت تشخیص هر چه بهتر پوشش گیاهی و مقایسه ی آن با کلاس کشاورزی حاصل از طبقه بندی به روش سلسله مراتبی، شاخص های گیاهی مورد مطالعه بر روی تصاویر اعمال شده و نقش شاخص های مختلف در بازسازی تصویر مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا باندهای انعکاسی به همراه شاخص های آن مورد بررسی قرار گرفتند. و سپس مولفه های اصلی و تبدیل تسلدکپ بر روی تصاویر اعمال و تفسیر شد. به منظور همگنی بیشتر فیلترهای 3×3 ، 5×5 و 7×7 بر روی تصاویر اعمال گردید و شاخص ها و آنالیزهای مختلف مورد مقایسه و بحث قرار گرفتند. برای این منظور کلیه باندهای انعکاسی تصویر ماهواره ای ETM^+ به فرمت قابل استفاده در نرم افزار Idrisi تبدیل شده و شاخص های گیاهی به صورت مدل در این نرم افزار به کار گرفته شدند. عناوین برخی از باندهای اصلی و ترکیبی مورد استفاده در این تحقیق در جدول ۱ نشان داده شده است.

بر این اساس تمامی آنالیزهای آماری در نرم افزار JMP4 انجام گردید. ۵۰ شاخص حاصل از نسبت گیری طیفی ساخته و آنالیزهای مولفه های اصلی و تبدیل تسلدکپ^۳ اعمال گردید. این کار برای تمامی باندهای اصلی و سه نوع فیلتر یاد شده انجام شد و ضرایب تبیین بین درصد تراکم پوشش گیاهی (متغیر وابسته) و متغیرهای مختلف تصویر (متغیر مستقل) به منظور معرفی کاراترین روش و شاخص در وضوح پدیده ها به ویژه پوشش گیاهی محاسبه گردید. در

4- Reflectance Absorption Index
5- Vegetation Index

1- Iso data
2- Maximum Likelihood
3- Tasseled cap

جدول ۱- برخی از باندهای اصلی و مصنوعی مورد استفاده

منبع	فرمول	نام اندیس
(۲۰)	TM4/TM3	Near Infrared Ratio (NIR)
(۲۰)	TM5/TM7	Leaf Water Content(Mid- IR-Index)
(۱۳)	(TM4-TM3)/(TM4+TM3)	Normalized Difference Vegetation Index
(۲۰)	(TM5-TM3)/(TM5+TM3)	Transformed Vegetation Index
(۵)	TM4/(TM3+TM5)	Reflectance Absorption Index
(۲۰)	(TM4-(1.2×TM3))/(TM4+TM3)	Modified Normalised Difference
(۵)	TM3-TM2	PD321
(۵)	TM3-TM1	PD311
(۵)	(TM3-TM2)/(TM3+TM2)	PD322
(۵)	(TM3-TM1)/(TM3+TM1)	PD312
(۱۷)	(TM7-TM3)/(TM7+TM3)	MIRV1
(۱۳)	TM4-TM3	DVI
(۵)	(TM5-TM3)/(TM5-TM3)	MIRV2
(۱۷)	-0.29 (G) -0.56(R)+0.6(IR)+0.49(IR)	Green Vegetation Index
(۱۸)	$G \times (NIR-RED) / (NIR + c1 \times RED - c2 \times BLUE + L)$	EVI
(۲۰)	$[NIR-RED] / (NIR+RED+L) \times (1+L)$	SAVI
(۱۹)	(TM3-TM4)/(TM3+TM4)	NDSI
(۱۹)	$\eta \times (1-0.25 \times \eta) - (Red-0.125) / (1-Red)$	GEMI
(۱۳)	TM4/(TM1 + TM2)	Ratio-based
(۱۹)	(NIR -Red) / (NIR + Red + 0.16)	OSAVI
(۱۳)	(TM1×TM2)/TM3	Stress-related
(۱۳)	$(TM4 - (TM1 + TM2)) / (TM4 + (TM1 + TM2))$	Normalized-based
(۱۴ و ۶)	حاصل از تجزیه مولفه های اصلی بر روی باندهای ۱،۲،۳	PCA1
(۱۴ و ۶)	حاصل از تجزیه مولفه های اصلی بر روی باندهای ۴،۵،۷	PCA2
(۱۴ و ۶)	حاصل از تجزیه مولفه های اصلی بر روی باندهای ۱،۲،۳ ۵،۷،۴	PCA3
(۱۴ و ۶)	باند روشنایی حاصل از تبدیل تسلدکپ	Brightness
(۱۴ و ۶)	باند سبزیگی حاصل از تبدیل تسلدکپ	Greenness
(۱۴ و ۶)	باند نمناکی حاصل از تبدیل تسلدکپ	Wetness

با ارزش پیکسل های مجاور آن ها تغییر می کند و این ارزش رقومی نماینده بهتری از شرایط و خصوصیات محل نمونه برداری است و به بهبود و بارزسازی تصویر اصلی کمک نموده و به طور کلی موجب همگنی بیشتر تصاویر می شود. در این حالت شاخص های SI با $R^2=0/42$ و BI1 و $R^2=0/4$ و RA و $R^2=0/36$ و VI1 با $R^2=0/36$ بالاترین ضریب تبیین را دارند.

با اعمال فیلتر میانگین 3×3 ضرایب تبیین به طور چشمگیری افزایش یافتند. در شرایط بدون اعمال فیلتر برای هر نقطه نمونه برداری ارزش رقومی همان پیکسل که نقطه مورد نظر در آن قرار دارد استخراج می گردد، در حالی که در شرایط اعمال فیلتر های میانگین علاوه بر پیکسل مذکور ارزش رقومی پیکسل های اطراف آن نیز استخراج و میانگین آن ها به عنوان شماره رقومی آن نقطه در تصاویر مورد نظر ثبت می شود و در واقع ارزش هریک از پیکسل ها در رابطه

جدول ۲- ضرایب تبیین بین باندهای اصلی و درصد تراکم پوشش گیاهی

ضریب تبیین						فیلتر میانگین
باند ۷	باند ۵	باند ۴	باند ۳	باند ۲	باند ۱	
۰/۱۶	۰/۰۵	۰/۲۴	۰/۴۷	۰/۴۴	۰/۴۱	بدون فیلتر
۰/۱۵	۰/۱	۰/۲۱	۰/۴۵	۰/۴	۰/۳۵	فیلتر ۳×۳
۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۷	۰/۴۴	۰/۴۳	۰/۳۸	فیلتر ۵×۵
۰/۱۷	۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۴۸	۰/۴۳	۰/۳۸	فیلتر ۷×۷

جدول ۳- ضرایب تبیین بین شاخص های پوشش گیاهی و خاک و درصد تراکم پوشش گیاهی

نام شاخص	نوع معادله	ضریب تبیین				نام شاخص	نوع معادله	ضریب تبیین			
		بدون فیلتر	فیلتر ۳×۳	فیلتر ۵×۵	فیلتر ۷×۷			بدون فیلتر	فیلتر ۳×۳	فیلتر ۵×۵	فیلتر ۷×۷
Stress-Related	خطی	۰/۰۵	۰/۲۶	۰/۲۲	۰/۰۵	VI2	خطی	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۲۶	۰/۰۵
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۲۷	۰/۲۴			درجه ۲	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۲۶
Normalized-Based	خطی	۰/۰۴۴	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۷	VI3	خطی	۰/۰۴۴	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۱۷
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۲۳			درجه ۲	۰/۰۶	۰/۱۷	۰/۲۳
IPVI	خطی	۰/۰۴۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۶	VI4	خطی	۰/۰۴۳	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۶
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۳۶			درجه ۲	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۳۶
OSAVI	خطی	۰/۰۴۵	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۷	VI5	خطی	۰/۰۴۵	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۷
		درجه ۲	۰/۰۶۲	۰/۳۲	۰/۳۴			درجه ۲	۰/۰۶۲	۰/۳۲	۰/۳۴
G2	خطی	۰/۰۴۵	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۳۴	VI6	خطی	۰/۰۴۵	۰/۲۷	۰/۳۲	۰/۳۴
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۳۵			درجه ۲	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۳۵
BI1	خطی	۰/۰۴۶	۰/۴	۰/۴۴	۰/۲۹	VI7	خطی	۰/۰۴۶	۰/۴	۰/۴۴	۰/۲۹
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۴۱	۰/۴۵			درجه ۲	۰/۰۶	۰/۴۱	۰/۴۵
BI2	خطی	۰/۰۴۵	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۴	VI8	خطی	۰/۰۴۵	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲۴
		درجه ۲	۰/۰۵۹	۰/۲۱	۰/۲۴			درجه ۲	۰/۰۵۹	۰/۲۱	۰/۲۴
SI	خطی	۰/۰۴۵	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۴	VI9	خطی	۰/۰۴۵	۰/۴۲	۰/۴۳	۰/۴۴
		درجه ۲	۰/۰۵۹	۰/۴۴	۰/۴۵			درجه ۲	۰/۰۵۹	۰/۴۴	۰/۴۵
RI	خطی	۰/۰۴۵	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۱	MSR	خطی	۰/۰۴۵	۰/۳۶	۰/۳۸	۰/۱
		درجه ۲	۰/۰۵۹	۰/۴۱	۰/۴۴			درجه ۲	۰/۰۵۹	۰/۴۱	۰/۴۴
MSAVI	خطی	۰/۰۴۶	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳۱	RVI	خطی	۰/۰۴۶	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳۱
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۳۵			درجه ۲	۰/۰۶	۰/۳۳	۰/۳۵
GEMI	خطی	۰/۰۴۶	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۳۴	MSI	خطی	۰/۰۴۶	۰/۱۶	۰/۱۹	۰/۳۴
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۲	۰/۲۶			درجه ۲	۰/۰۶	۰/۲	۰/۲۶
VI1	خطی	۰/۰۴۵	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۱	MIR	خطی	۰/۰۴۵	۰/۳۳	۰/۳۴	۰/۱
		درجه ۲	۰/۰۵۹	۰/۳۶	۰/۳۸			درجه ۲	۰/۰۵۹	۰/۳۶	۰/۳۸

ادامه جدول ۳- ضرایب تبیین بین شاخص های پوشش گیاهی و خاک و درصد تراکم گیاهی

نام شاخص	نوع معادله	ضریب تبیین				نام شاخص	نوع معادله	ضریب تبیین			
		بدون فیلتر	فیلتر ۳×۳	فیلتر ۵×۵	فیلتر ۷×۷			بدون فیلتر	فیلتر ۳×۳	فیلتر ۵×۵	فیلتر ۷×۷
VNIR1	خطی	۰/۰۳	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۶	MIRV1	خطی	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۲	۰/۰۰۸
		درجه ۲	۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۵			۰/۲۶	درجه ۲	۰/۰۶	۰/۰۲
VNIR2	خطی	۰/۰۴	۰/۲	۰/۲۳	۰/۱۳	MIRV2	خطی	۰/۰۵	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۱
		درجه ۲	۰/۰۷	۰/۲۲	۰/۲۶			۰/۳	درجه ۲	۰/۰۶	۰/۰۹
NDVI	خطی	۰/۰۳۶	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۱	DVI	خطی	۰/۰۴	۰/۳	۰/۳۲	۰/۴
		درجه ۲	۰/۰۶۵	۰/۳۲	۰/۳۴			۰/۳۸	درجه ۲	۰/۰۷	۰/۳۴
TVI	خطی	۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳۲	Complex Division2	خطی	۰/۱	۰/۱۸	۰/۲۲	۰/۲۱
		درجه ۲	۰/۰۶۳	۰/۳۴	۰/۳۶			۰/۴۱	درجه ۲	۰/۱۱	۰/۲
IR	خطی	۰/۰۵۳	۰/۱۵	۰/۱۸	۰/۱۷	Complex Division1	خطی	۰/۰۳۵	۰/۳۲	۰/۳۴	۰/۳۴
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۱۵	۰/۲			۰/۲۴	درجه ۲	۰/۰۷۵	۰/۳۴
IR2	خطی	۰/۰۵۲	۰/۰۸۴	۰/۱	۰/۱۱	Complex Multirato	خطی	۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۳۱	۰/۳۲
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۱۱			۰/۱۵	درجه ۲	۰/۰۶۴	۰/۳۵
RA	خطی	۰/۰۹۵	۰/۲۵	۰/۲۷	۰/۲۸	GVI	خطی	۰/۰۴	۰/۱۸	۰/۲۱	۰/۲۲
		درجه ۲	۰/۱	۰/۲۷	۰/۳۱			۰/۳۳	درجه ۲	۰/۰۶۶	۰/۲
MND	خطی	۰/۰۳۶	۰/۲۸	۰/۳۱	۰/۳۳	NDSI	خطی	۰/۰۳۶	۰/۲۸	۰/۳	۰/۳۱
		درجه ۲	۰/۰۷	۰/۳۲	۰/۳۶			۰/۴	درجه ۲	۰/۰۶۵	۰/۳۳
PD321	خطی	۰/۰۴۱	۰/۲	۰/۲	۰/۰۱	EVI	خطی	۰/۰۳۵	۰/۲۳	۰/۲۷	۰/۳۱
		درجه ۲	۰/۰۶۴	۰/۲۴	۰/۲۴			۰/۲	درجه ۲	۰/۰۸	۰/۳
PD311	خطی	۰/۰۶۶	۰/۱۷	۰/۲۲	۰/۱۸	SAVI	خطی	۰/۰۴	۰/۲۷	۰/۳	۰/۳۱
		درجه ۲	۰/۰۷	۰/۲۱	۰/۲۴			۰/۲۲	درجه ۲	۰/۰۷	۰/۳۲
PD322	خطی	۰/۰۴۲	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۰۲	Ratio-Based	خطی	۰/۰۳۳	۰/۱۶	۰/۲	۰/۱۷
		درجه ۲	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۱			۰/۰۷	درجه ۲	۰/۰۷۲	۰/۱۷
PD312	خطی	۰/۰۶۷	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۷	COSRI	خطی	۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۳۳	۰/۳۴
		درجه ۲	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۱۷			۰/۱۳	درجه ۲	۰/۰۶۲	۰/۳۲
MINI	خطی	۰/۰۵۲	۰/۰۸۴	۰/۱	۰/۱۱	RATIO	خطی	۰/۰۴	۰/۲۶	۰/۳	۰/۳۱
		درجه ۲	۰/۰۶	۰/۰۹	۰/۱۲			۰/۱۳	درجه ۲	۰/۰۷	۰/۳۳

برخی از شاخص ها افزایش ناچیزی داشتند اما اغلب شاخص ها R^2 آن ها کاهش یافت و یا تغییری نکرد اما میزان R^2 در این فیلتر در تمام این شاخص ها با افزایش درجه معادله ضریب تبیین به میزان قابل توجهی فزونی یافت. به طور کلی در چهار حالت فوق معادلات درجه دو همه ی نسبت های باندی مورد مطالعه نسبت به معادلات خطی از روندی افزایشی برخوردار بودند. علاوه بر شاخص های ذکر شده تصاویر ماهواره ای مورد تجزیه و تحلیل آنالیزهای مولفه ی اصلی و تبدیل تسلدکپ قرار گرفتند. پس از اعمال این آنالیزها ارزش رقومی تصاویر حاصل استخراج گردید و رابطه رگرسیونی این ارزش ها با داده های زمینی تراکم پوشش گیاهی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۴).

بر این اساس PCA1 با $R^2 = ۰/۳۴$ بیشترین ضریب تبیین را با پوشش منطقه مورد مطالعه نشان داد و پس از آن PCA3 و باندهای

پس از اعمال فیلتر میانگین ۵×۵ روند افزایش ضرایب تکرار شد هرچند این تغییر به صورت معنی داری نبود. شاخص های MSR^2 ، $NDVI^1$ ، TVI^2 ، $NDSI^3$ ، SI^4 ، BI^5 ، RI^6 ، $VI1^7$ ، $VI6^8$ ، $VI5^9$ ، $Complex Division1^1$ ، $MSAVI^4$ ، MND^3 ، $SAVI$ ، $Complex Multirato^7$ و DVI^5 نسبت به سایر شاخص ها افزایش چشمگیری داشتند. با اعمال فیلتر میانگین ۷×۷

- 1- Transformed Vegetation Index
- 2- Vegetation Index
- 3- Modified Normalised Difference
- 4- Modified Soil Adjusted Vegetation Index
- 5- Difference Vegetation Index
- 6- Combined Spectral Response Index

مقادیر نزدیک به +۱ نشان دهنده پوشش انبوه گیاهی است. سایر شاخص های حاصله با بالاترین ضریب تبیین نیز از شاخص های مناسب برای تعیین پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه می باشند (۲۱). نتایج فرناندز و همکاران نشان داد که COSRI یک شاخص ترکیبی است که در ساختار فرمولی آن شاخص NDVI بکار رفته و برای مطالعه تغییرات خاک های بایر و پاسخ های طیفی پوشش گیاهی می تواند استفاده شود (۱۲). شاخص BI برای بررسی پوشش گیاهی مناطق خشک که به ندرت گیاهان سبز را در برمی گیرند نسبت به سایر شاخص های کلاسیک از کارایی بالاتری برخوردار بود و از این رو برای پایش پوشش منطقه مناسب ارزیابی گردید که مشابه نتایج اسکادافال و همکاران است (۱۱). همچنین آنالیزهای PCA و شاخص های گیاهی در بررسی و پایش تغییرات پوشش گیاهی اراضی کشاورزی تحت تأثیر نمک نتایج مطلوبی نشان دادند که با نتایج دیودی و همکاران مطابقت دارد (۱۰).

شاخص های IPVI, MSR, RVI, NDSI, RI, MSVI, Complex Multirato, MND, TVI, SI, OSAVI و انواع ترکیبی شاخص VI شناسایی نواحی با پوشش گیاهی را با کاهش اثر خاک زمینه سبب می گردند (۱۹). شاخص های DVI, RATIO, Complex Division 1 همچون NDVI در پوشش گیاهی مترام تر عملکرد بهتری دارند. همچنین شاخص ^۱GEMI به منظور کاهش اثرات اتمسفری شاخص NDVI به عنوان شاخصی مناسب در بهبود تفکیک نواحی تحت تأثیر پوشش گیاهی با فرمولی بسیار پیچیده ایجاد گردید. از طرفی برای بررسی پوشش جنگلی شاخص های ^۲G₂ و VI از قابلیت بالاتری برخوردارند که مشابه نتایج نیکولاکاپوس می باشد (۱۹). شاخص های ^۳MIRV, ^۴GVI و ^۱MINI با کاهش اثرات اتمسفری در مناطق با میزان بیومس بالا شاخص هایی مطلوب محسوب می گردند (۱۷).

به منظور ارزیابی تراکم پوشش گیاهی و میزان رشد گیاهان سبز شاخص SAVI معرفی گردید که در پایش پوشش مناطق خشک به دلیل کاهش اثرات کانی های مختلف مناسب می باشد که مشابه نتایج هوت و بیانتیو است (۸ و ۱۵). همچنین شاخص های ^۱Stress-Related, ^۱Normalized-Based, ^۱Complex Division, ^۱Ratio-Based و ^۵MIR در مطالعه نواحی با پوشش درختی نتایج بهتری ارائه می دهند (۱۳). شاخص های NDVI, EVI, ^۱PVI و SAVI

روشنایی و سبزیگی دارای بالاترین ضریب تبیین بودند. ارزش رقومی تصاویر ماهواره ای به عنوان داده های مستقل با اعمال آنالیزهای مختلف و باندهای ترکیبی به میزان قابل توجهی افزایش یافت. این موضوع نشان می دهد که استفاده از این آنالیزها علاوه بر افزایش ضریب تبیین نسبت به باندهای اصلی در وضوح بهتر پدیده ها و طبقه بندی کاربری های مختلف منطقه کمک شایانی می کند.

جدول ۴- ضرایب تبیین بین ارزش رقومی تصاویر حاصل از اعمال آنالیزهای PCA و تسلدکپ و درصد تراکم پوشش گیاهی

نام آنالیز	نوع معادله	ضریب تبیین
مولفه اصلی ۱	خطی	۰/۳۴
	درجه ۲	۰/۳۶
مولفه اصلی ۲	خطی	۰/۱۵
	درجه ۲	۰/۱۷
مولفه اصلی ۳	خطی	۰/۳
	درجه ۲	۰/۳۱
مولفه روشنایی	خطی	۰/۳
	درجه ۲	۰/۳۱
مولفه سبزیگی	خطی	۰/۳۱
	درجه ۲	۰/۳۲
مولفه نمناکی	خطی	۰/۱۱
	درجه ۲	۰/۱۳

نتایج حاصل از روش های به کارگرفته شده، نشان داد که برخی از شاخص ها و آنالیزهای اعمال شده بر روی تصاویر در منطقه مورد مطالعه در وضوح پدیده های مختلف به ویژه پوشش گیاهی نقش قابل توجهی ایفا می کنند. در این میان شاخص های MSR, VI5, MND, SAVI, NDSI, TVI, NDVI, SI, BI1, RI, VI1, VI6, MSAVI, Complex Multirato, COSRI و نیز مولفه های اول و سوم حاصل از تجزیه مولفه های اصلی و باندهای روشنایی و سبزیگی حاصل از تبدیل تسلدکپ امکان تشخیص و تفکیک پوشش گیاهی منطقه را بیش از سایر شاخص ها فراهم می نماید هیستوگرام کلیه شاخص های مورد استفاده از نظر آماره های مختلف از قبیل توزیع آماری متغیرها، انحراف معیار و میانگین مورد بررسی قرار گرفتند. سپس شاخص های حاصله به منظور بررسی پتانسیل و امکان طبقه بندی پوشش گیاهی با کلاس های تولید شده از روش های مختلف طبقه بندی مقایسه شدند.

نتایج حاصله نشان داد که شاخص NDVI به عنوان یکی از پرکاربردترین شاخص های پوشش گیاهی می تواند مناطقی را که دارای پوشش انبوه تری هستند، بهتر تفکیک کند. این شاخص در

- 1- Global Environment Monitoring Index
- 2- Vegetation Index
- 3- Vegetation Index
- 4- Green Vegetation Index
- 5- Leaf Water Content

منظور چگونگی اجرای روش های مدیریتی بهینه و دستیابی به نتایج مطلوب در اختیار قرار می دهند. نتایج حاصله نشان داد که در موقعیت های مختلف هرکدام از شاخص های مورد مطالعه برای هر تصویر دارای معایب و مزایایی خاص هستند. بنابراین در انتخاب مناسب ترین روش نوع سنجنده، خصوصیات و شرایط منطقه مورد مطالعه و آگاهی از نوع و میزان پوشش گیاهی و نوع کاربری های منطقه باید مورد توجه قرار گیرد. براساس نتایج حاصل کاربرد نسبت های بانندی، اطلاعات بهتری را نسبت به مطالعه ی تک باندها در اختیار قرار می دهد. همچنین برای این مناطق کاربرد همزمان چندین شاخص نتایج بهتری در تشخیص و تفکیک میزان پوشش گیاهی ارائه می دهند. با این حال انتخاب مناسبترین روش باید با دقت بالا و باتوجه به خصوصیات منطقه بر اساس بالاترین میزان همبستگی صورت پذیرد تا بتوان با استفاده از کاراترین شاخص ها و آنالیزهای به دست آمده و ارائه مدل های مناسب به پایش و مطالعه پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه و مناطق با خصوصیات مشابه پرداخت.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، واحد سنجش از دور دانشگاه فردوسی مشهد و همکاری صمیمانه آقای دکتر مهدی نصیری محلاتی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، آقای مهندس احمد طالب زاده در سازمان فضایی ایران تشکر و قدردانی می گردد.

برای تغییر پذیری پوشش گیاهی جنگلی و اثرات توپوگرافی در چین مورد بررسی قرار گرفتند. در این میان شاخص EVI تفاوت های توپوگرافی را در این مناطق بهتر آشکار می ساخت (۱۸ و ۲۰). با مقایسه تصاویر حاصل از اعمال این شاخص ها و آنالیز مولفه های اصلی و باندهای روشنایی و سبزیگی با ترکیب رنگی کاذب (۲، ۳ و ۴) مشخص شد که کارایی این شاخص ها در تعیین پوشش گیاهی مناطق دارای پوشش گیاهی بیش از سایرین است. علت این امر به دلیل وجود باند مادون قرمز در فرمول این شاخص ها می باشد. زیرا گیاهان سبز دارای بیشترین انعکاس در این محدوده طیفی می باشند (۱۵). به طور کلی شاخص های مختلف دارای مزایا و محدودیت هایی در مناطق مختلف هستند با این حال شاخص گیاهی مطلوب باید بیشترین حساسیت را به پوشش گیاهی داشته باشد نه نسبت به خاک. بنابراین آنالیزها و شاخص هایی که به عنوان شاخص های مطلوب در آشکارسازی پوشش گیاهی معرفی شده اند ممکن است در شرایط محیطی دیگر دارای این قابلیت نباشند. تمام شاخص های مورد مطالعه دارای قابلیت آشکارسازی و وضوح پدیده ها هستند. با این وجود لازم است این موضوع در شرایط محیطی متفاوت مورد آزمون قرار گیرد.

نتیجه گیری

پایش و مطالعه پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه خشک به خاطر شرایط خاص آب و هوایی جهت اعمال روش های صحیح مدیریت خاک ها و اراضی از اهمیت خاصی برخوردار است. از این رو استفاده از تصاویر ماهواره ای در این خصوص اطلاعات دقیقی را با صرف هزینه و زمان کمتر در مقیاس های منطقه ای و ناحیه ای به

منابع

- ۱- درویش صفت، ع.ا، م. ح. دماوندی، م. جعفری، و غ.ر.ز. هتاییان. ۱۳۷۹. بررسی امکان طبقه بندی اراضی شور با استفاده از داده های رقومی ماهواره لندست - TM. مجله بیابان، جلد ۵، شماره ۲.
- ۲- سپهری، ع. و، و. ر. متقی. ۱۳۸۱. کاربرد شاخص های گیاهی سنجنده TM. در برآورد درصد پوشش گیاهی مراتع حفاظت شده جهان نما- گرگان، مجله منابع طبیعی ایران، ج ۵۵، ش ۲.
- ۳- طاهرکیا، ح. ۱۳۷۵. اصول و کاربرد سنجش از دور. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه تهران.
- 4- Adamchuk, V.I., R.L. Perk, and J.S. Schepers. 2003. Application of remote sensing in sitespecific management. Precision Agriculture Extension Circular EC 03-702. Lincoln, Nebraska: University of Nebraska Cooperative Extension.
- 5- Arzani, H., and G.W. King. 2008. Application of remote sensing (landsat TM data) for vegetation parameters measurement in western division of NSW. *International Grassland Congress*. Hohhot, China. ID NO. 1083.
- 6- Bahtti, A.U., D.J., Mulla, and B.E. Frazier. 1991. Estimation of soil properties and wheat yields on complex eroded hills using geostatistics and thematic mapper images. *Remote Sens. Environment*, 31: 181- 191.
- 7- Boyd, D.S., G.M., Foody, P.J., Curran, R.M., Lucas, and M. Honzak. 1996. An assessment of radiance in Landsat TM middle and thermal infrared wavebands for the detection of tropical forest regeneration. *International Journal*

- of Remote Sensing ,17: 249–261.
- 8- Buyantuyev, A. 2007. SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) of the 2005 Landsat Thematic Mapper Image. http://seinet.asu.edu/DataCatalog/wholeRecord.jspid=370&source=ces_dataset.
 - 9- Dabney, S., J., Delgado and D. Reeves. 2001. Using winter crops to improve soil and water quality. *Communication in Soil Science Plant Annals*. 32(7–8): 1221-1250.
 - 10- Dwivedi, R.S., and K. Sreenivas. 1998. Delineation of salt-acted soils and waterlogged areas in the Indo-Gangetic plains using IRS-1C LISS-III data. *International Journal of Remote Sensing*. 19(14): 2739 – 2751.
 - 11- Escadafal, R., F., Albinet, and V. Simonneaux. 2005. Arid land cover change trend analysis with series of satellite images for desertification monitoring in Northern Africa. *Proceedings of the remote sensing and geoinformation processing in the assessment and monitoring of land degradation and desertification congress*. September 7-9, Trier, Germany.
 - 12- Fernandez Buces, N., Siebe, C. Cram, S. and Palacio, J. L. 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A case study in the former lake Texcoco, Mexico, *Journal of Arid Environments*. 65: 644–667.
 - 13- Foody, G.M., M., Cutler, J., Mcmorrow, D., Pelz, H., Tangki, D.S., Boyd, and I. Douglas. 2001. Mapping the biomass of Bornean tropical rain forest from remotely sensed data. *Journal of Global Ecology and Biogeography*. 10: 379–387.
 - 14- Frazier, B.E., and Y. Cheng. 1989. Remote sensing of soils in eastern Palouse region with landsat thematic mapper, *Remote Sense. Environment* 28:317- 325.
 - 15- Huete, A.R. 1996. Extension of soil spectra to the satellite: atmosphere, geometric and sensor considerations. *Photointerpretation*, 34: 101–114.
 - 16- Khan, N.M., V.V., Rastoskuev, E.V., Shalina, and Y. Sato. 2001. mapping salt-affected soils using remote sensing indicators a sample approach with the use of GIS IDRISI, paper presented at *the 22nd asian conference on remote sensing*, Singapore.
 - 17- Leblon, B. 1993. Soil and vegetation optical properties. *Applications in Remote Sensing, Vol(4)*.
 - 18- Matsushita, B., Y., Wei, C., Jin, O., Yuyichi, and Q. Guoyn. 2007. Sensitivity of the Enhanced Vegetation Index (EVI) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to topographic effects: A case study in high-density Cypress forest. *Sensors*, 7: 2636-2651.
 - 19- Nikolakopoulos, K.G. 2003. Use of Vegetation Indexes with aster viner Data for Burnt Areas Detection in Western Peloponnese, Greece, *Remote Sensing Laboratory, Panepistimiopolis, Athens* 157 84, Greece.
 - 20- Pettorelli, N., J.O., Vik, A., Mysterud, J. M., C.J. Gaillard Tucker and N.C. Stenseth 2005. Using the satellite – derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Journal of Trends in Ecology and Evolution*. 9(20): 503-510.
 - 21- Ray, S.S., J.P., Singh, G., Dasa, and S. Panigrahy. 2004. Use of high resolution remote sensing data for generating sitespecific soil mangement plan. *Proceeding of The 4th International Society for Photogrammetry and Remote sensing congress*. July 12-23, Istanbul, Turkey
 - 22- Sanchez, N., R., Gonzalez, J., Prado, J., Martinez-Fernandez, and C. Perez-Gutierrez. 2006. Estimating vegetation parameters of cereals using an Aster 1A image, *Commission VII, WGVI/1, Spain*.
 - 23- Saxsena, R.K., K.S., Verma, Rajeev Srivastava, Janardan Yadav, N.K. Patel., R.A., Nasre A.K., Barthwal A.A., Shiwalkar and S. L. Londhe. 2003. Spectral reflectance properties of some dominant soils occurring on different altitudinal zones in Uttarancha Himalayas. *Agropedology*. 13(2): 35-43.
 - 24- Williams, D.L. 1991. A comparison of spectral reflectance properties at the needle bruch and canopy level for selected conifer species. *Remote sensing of Environment Journal*. 35: 79-93.
 - 25- Yuan, J., and L. Long. 1995. Study on Forest Vegetation Classification with Remote Sensing. Hebei Normal University, Shijiazhuang, China.