

## بررسی تغییرات پوشش گیاهی بر اساس شاخص‌های گیاهی با استفاده از سنجش از دور

سعیده ناطقی<sup>۱\*</sup>، احمد نوحه‌گر<sup>۲</sup>، امیر هوشنگ احسانی<sup>۳</sup> و ام‌البنین بذرافشان<sup>۴</sup>

\*- نویسنده مسئول، دانش‌آموخته دکترای بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران

پست الکترونیک: saeedehnateghi@yahoo.com

۲- استاد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران

۳- دانشیار، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، ایران

۴- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه هرمزگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۳ تاریخ پذیرش: ۹۵/۳/۳۱

### چکیده

پایش تغییرات پوشش گیاهی نقش اساسی در برنامه‌ریزی و مدیریت محیط‌زیست دارد. روش‌های متعددی برای آشکارسازی تغییرات یک منطقه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای وجود دارد که هر یک دارای مزایا و محدودیت‌هایی هستند. یکی از روش‌های مطالعه تغییرات استفاده از شاخص‌های پوشش گیاهیست. در این حالت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد. هدف از این تحقیق، ارزیابی ۴ شاخص گیاهی RVI، SAVI، NDVI و WVI می‌باشد. این مطالعه در جزیره قشم در سال‌های ۱۳۸۰ (۲۰۰۱) و ۱۳۹۳ (۲۰۱۴) انجام شد. در این تحقیق از داده‌های سنجه ETM+ و OLI که دارای تطابق هندسی مناسبی بودند استفاده شده است. پس از محاسبه هر یک از شاخص‌ها به‌منظور ارزیابی دقت شاخص‌ها، بر اساس اطلاعات حاصل از بازدید صحرایی از منطقه و تصاویر و به‌کمک تفسیر چشمی تصویر کاذب، نقاط تعلیمی تهیه شده و به محیط نرم‌افزار ENVI.5 وارد شدند. بدین ترتیب با در اختیار داشتن ۱۰۰ نمونه تعلیمی و در نظر گرفتن چهار کلاس اراضی بایر، جنگل حرا، کشاورزی و آب از روش پیشنهادی دلایلی و اسمیت صحت تولید کننده و صحت کاربر هر نقشه برای بررسی صحت طبقه‌بندی ارزیابی گردید. نتایج نشان داد که شاخص SAVI با بیشترین ضریب کاپا ۰/۹۳ درصد در سال ۱۳۹۳ و ۰/۸۳ درصد در سال ۱۳۸۰ بهترین عملکرد و شاخص WVI با کمترین ضریب کاپا ۰/۸۱ درصد در سال ۱۳۸۰ و ۰/۴۳ درصد در سال ۱۳۹۳ ضعیف‌ترین نتایج را از بین شاخص‌ها داشت. برای ارزیابی تغییرات از روش جدول متعامد (crosstab) استفاده شد و نتایج نشان داد در طی ۱۳ سال ۲۱ درصد به مساحت جنگل‌های حرا و ۶۰ درصد به اراضی کشاورزی و پوشش گیاهی طبیعی داخل جزیره افزوده شده است.

واژه‌های کلیدی: شاخص گیاهی، ضریب کاپا، تغییرات پوشش گیاهی، جزیره قشم.

### مقدمه

وسیع‌ی در بررسی‌های منابع طبیعی و پایش پوشش گیاهی در مقیاس کوچک تا مقیاس‌های منطقه‌ای و جهانی پیدا

در طول دو دهه گذشته شاخص‌های گیاهی کاربرد

کرده‌اند و دانشمندان و متخصصان سنجش از دور، نقش شاخص‌های گیاهی حاصل از داده‌های ماهواره‌ای را در بررسی منابع طبیعی و محیط‌زیست ارزیابی کرده‌اند، زیرا کسب اطلاعات درباره وضعیت پوشش گیاهی از قبیل میزان و پراکنش آنها از اهمیت زیادی برخوردار است. گردآوری اطلاعات در مورد تغییرات پیوسته پوشش گیاهی توسط روش‌های معمولی بسیار مشکل و پرهزینه است. در این حالت استفاده از داده‌های ماهواره‌ای امکان مطالعه گسترده پوشش گیاهی را فراهم می‌سازد (علوی پناه، ۱۳۸۲). پوشش‌های گیاهی، به علل مختلف و به مرور زمان در اثر عوامل طبیعی و یا انسانی دچار تغییر شده که شرایط و عملکرد اکوسیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین نیاز به آشکارسازی، پیش‌بینی و مراقبت چنین تغییراتی در یک اکوسیستم از اهمیت بسزایی برخوردار است (Pettorelli *et al.*, 2005). طبقه‌بندی تصویر، یکی از مؤلفه‌های اصلی فرایند استخراج اطلاعات موضوعی است که از طریق بررسی رابطه بین اثر طیفی و کلاس‌ها یا طبقات مختلف حاصل می‌شود (Oommen, 2008). یکی از روش‌ها برای بررسی تغییرات و طبقه‌بندی تصاویر استفاده از شاخص‌های گیاه است. از اواخر دهه ۷۰ میلادی بحث شاخص‌های گیاهی و نسبت‌گیری طیفی در محافل علمی مرتبط با سامانه اطلاعات جغرافیایی و دورکاوی مطرح گردید. از آن زمان تاکنون شاخص‌های مختلفی مانند NDVI، SAVI و WDVI ابداع گردید تا از طریق آنها بتوان روند تغییرات پوشش گیاهی را در طول زمان اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل کرد (شفیعی، ۱۳۸۶) و Boyd *et al.*, 1996). اساس کار این شاخص‌ها بر روی اختلاف باندهای قرمز و مادون قرمز نزدیک می‌باشد، دلیل این امر خاصیت جذب نور قرمز توسط رنگدانه‌های موجود در کلروفیل، که باعث می‌شود گیاهان انعکاس کمتری در این باند داشته و انعکاس شدید در باند مادون قرمز نزدیک داشته باشند (فاطمی، ۱۳۹۱). تحقیقات نشان داده است که تکنیک‌های سنجش از دور در مطالعه تغییرات و تهیه

نقشه‌های پوشش گیاهی بسیار کارآمد است. از جمله Ramachandra و همکاران (۲۰۰۴) در آنالیز تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک‌های مختلف تعیین تغییرات بین سال‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ از داده‌های ماهواره IRS در منطقه کولار هند استفاده کرده و نتایج نشان داد که ۱۶/۴۶ درصد اختلاف بین پوشش گیاهی دو زمان وجود دارد. Van Beek (۲۰۰۶) در مطالعه پوشش گیاهی دریاچه هامون با استفاده از شاخص NDVI توانست تغییرات منفی پوشش گیاهی را به وضوح آشکار کند. Giriraj و همکاران (۲۰۰۸) تحقیقی را با عنوان مدل‌سازی مکانی و زمانی الگوهای تغییرات پوشش گیاهی بین سال‌های ۱۹۷۳ و ۲۰۲۰ در جنوب غربی قاتس هندوستان انجام دادند. در این مطالعه از تصاویر ماهواره‌ای لندست مربوط به سال‌های ۱۹۷۳ و ۱۹۹۰ و همچنین تصاویر ماهواره‌ای IRS مربوط به سال ۲۰۰۴ برای ارزیابی تغییرات پوشش گیاهی استفاده شد. نتایج نشان داد که در طول دوره مورد مطالعه ۳۱ سال ۱۶ درصد از جنگل‌های همیشه سبز کاهش یافته است. Darvish و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیق خود علل تخریب مراتع در لبنان را با شاخص NDVI مورد بررسی قرار دارند. نتایج آنان نشان داد که مناطق کشاورزی از ۹۳۲ هکتار به ۴۸۷۸ هکتار افزایش یافته و میزان مراتع از ۲۹۵۸۱ هکتار به ۲۵۰۰۰ هکتار کاهش یافته است. Alibed (۲۰۱۴) به منظور بررسی تغییرات پوشش گیاهی نخلستانی با خاک شور در عربستان سعودی ۱۳ شاخص را مورد مطالعه قرار داد، نتایج تحقیق نشان داد که از بین شاخص‌های مطالعه شده سه شاخص SAVI، NDSI و SI-T نتایج بهتری نشان داده و برای این منطقه مناسب‌تر بوده است. Ming Lee و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی کاربرد تکنیک‌های مختلف سنجش از دور را در بازبینی تغییرات پوشش بررسی کردند که در مرحله اول با استفاده از شاخص NDVI که از تصاویر ماهواره‌ای SPOT-LANDSAT بدست آمده بود توزیع طیفی پوشش گیاهی را مشخص کرد و در مرحله بعد با روش حداکثر احتمال

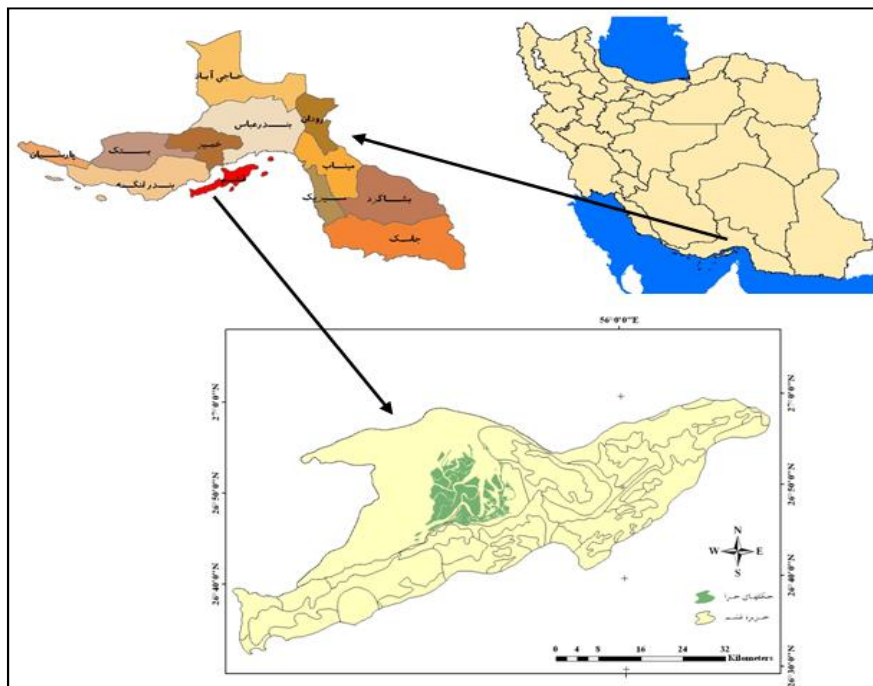
بهبهان با استفاده از داده‌های سنجنده ETM+ و OLI در دو سال ۱۳۷۸ و ۱۳۹۲ تغییرات پوشش گیاهی با استفاده از شاخص NDVI را محاسبه کرده است، نتایج نشان داد که در طی ۱۴ سال طبقه با پوشش عالی، بسیار خوب و ضعیف افزایش مساحت پیدا کرده است و اراضی با پوشش خوب کاهش یافته است.

بنابراین با استفاده همزمان از چند شاخص در مناطق خشک به دلیل شرایط خاص این مناطق و نوع پوشش گیاهی آنها می‌توان به نتیجه‌گیری بهتری در تشخیص میزان پوشش گیاهی این مناطق دست یافت. از این رو تشخیص بهترین شاخص‌ها به منظور بیان خصوصیات پوشش گیاهی و وضوح پدیده‌های موجود در منطقه با استفاده از روش‌های آماری، از قبیل تعیین ضریب تبیین امکان‌پذیر است. بر اساس این تحلیل‌ها علاوه بر انتخاب مناسبترین شاخص‌ها برای بررسی و طبقه‌بندی پوشش گیاهی در این منطقه کارایی چنین روش‌هایی نیز مورد آزمون قرار می‌گیرد. هدف از اجرای این تحقیق ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی جزیره قشم در یک بازه زمانی سیزده ساله (۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳) به کمک تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: جزیره قشم به‌عنوان بزرگترین جزیره غیر مستقل دنیا در نزدیکی دهانه تنگه هرمز در خلیج فارس در ۵۶ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۵۷ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. این جزیره بزرگترین جزیره خلیج فارس و در ۲۲ کیلومتری بندرعباس با مساحتی در حدود ۱۶۲۸ کیلومترمربع واقع شده است (امری کاظمی، ۱۳۸۳). در بخش غربی ساحل شمالی جنگل‌های حرا وجود دارد. یک فصل گرم و مرطوب و طولانی و یک فصل کوتاه و معتدل از ویژگی‌های آب و هوایی جزیره است (پورابراهیم‌زاده، ۱۳۸۲).

(MLC) مناطق مانگرو از غیر مانگرو را طبقه‌بندی کرده است. نتایج نشان داد که در مدت ۱۰ سال پراکنش سطحی مانگروها در حدود ۱۵/۸ تا ۴۰ هکتار افزایش پیدا کرده است. Fatiha و همکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای در منطقه الاغواط الجزایر به منظور انتخاب شاخص مناسب برای مطالعه پوشش گیاهی در مناطق نیمه خشک با پوشش کم، ۳ شاخص NDVI و SAVI و TSAVI را مورد مطالعه قرار داده و به این نتیجه رسیدند که شاخص SAVI شاخص مناسبی برای مطالعه پوشش گیاهی در مناطق نیمه خشک می‌باشد. رحمانی (۱۳۸۸) در مطالعه ۶ شاخص پوشش گیاهی در حوزه هرسیک به این نتیجه رسید که شاخص LAI با بیشترین ضریب کاپا بهترین عملکرد و شاخص SAVI با کمترین ضریب کاپا ضعیف‌ترین عملکرد را داشته است. مهدوی و همکاران (۱۳۸۰) در مطالعه‌ای با استفاده از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۲ به بررسی تغییرات کمی و کیفی جنگل‌های مانگرو منطقه قشم پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که مساحت جنگل‌های حرا در سال ۱۳۴۶، ۸۰۲۶ هکتار و در سال ۱۳۷۳، ۸۰۱۶ هکتار برآورد شده است. میانگین درصد تاج پوشش برای سال ۱۳۴۶، ۵۴/۸ درصد و برای سال ۱۳۷۳، ۶۳/۵ درصد محاسبه شد. حجاریان (۱۳۸۴)، تغییرات کمی و کیفی جنگل‌های مانگرو منطقه قشم را با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در یک دوره ۲۷ ساله مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که مساحت جنگل‌های حرا در سال ۱۳۴۶، ۶۲۶۵/۸۱ هکتار و در سال ۱۳۷۳، ۶۵۰۲/۲۱ هکتار بود. Jafarnia (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای تغییرات و قابلیت توسعه طبیعی جنگل‌های مانگرو با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۸۸ و ۱۹۹۸ و ۲۰۰۸ را مورد مطالعه قرار داد، نتایج این تحقیق نشان داد که وسعت جنگل‌های مانگرو از ۵۱۶۰/۵۲ هکتار در سال ۱۹۸۸ و به ۵۵۱۲/۷ هکتار در سال ۲۰۰۸ افزایش یافته است. محمدیاری (۱۳۹۳) در مطالعه‌ای در شهرستان



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در سطح کشور و استان

بهمن‌ماه است) در منطقه مورد نظر و موجود بودن تصاویر در این فصل می‌باشد. مشخصات تصاویر مورد استفاده در جدول ۱ آمده است.

با استفاده از روی هم‌اندازی نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه و تصاویر ماهواره‌ای، از زمین مرجع بودن دقیق داده‌ها اطمینان حاصل شد که تصاویر سنجنده OIL و ETM دارای تطابق هندسی مناسبی بودند.

داده‌های مورد استفاده تصاویر ETM+ مربوط به بهمن‌ماه سال ۲۰۰۱ که توسط سازمان فضایی کشور با استفاده از مدل ارتفاع رقومی خطای ناشی از پستی و بلندی تصحیح شده، استفاده شد. تصاویر لندست ۸ مربوط به بهمن‌ماه سال ۲۰۱۴ که از سایت [USGS.gov](http://USGS.gov) آمریکا تهیه شده است. کاربرد GPS در مطالعات میدانی برای دقت طبقه‌بندی تصویر می‌باشد. دلیل انتخاب این زمان از تصاویر، با توجه به فنولوژی رویشی گیاهان (اواسط

جدول ۱- مشخصات داده‌های ماهواره‌ای مورد استفاده

ماهواره	تاریخ تصویر	Path/row	قدرت تفکیک مکانی
Landsat 7 ETM+	۲۰۰۱/۱/۱۴	۱۶۰/۴۱	۳۰m
		۱۶۰/۴۲	
Landsat 8 OLI	۲۰۱۴/۲/۱۱	۱۶۰/۴۱	۳۰m
		۱۶۰/۴۲	

۱۳۹۴). پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز روی تصاویر و موزاییک کردن تصاویر، محدوده مورد مطالعه جدا شد.

#### محاسبه شاخص‌های گیاهی

شاخص‌های گیاهی (VI) ترکیبات مختلفی از داده‌های ماهواره‌ای چند طیفی برای تولید یک تصویر از وضعیت پوشش گیاهیست. بعد از پردازش‌های لازم روی اطلاعات ماهواره‌ای از لحاظ تصحیح‌های هندسی و اتمسفری لازم است داده‌ها به شکل قابل استفاده‌ای برای ارزیابی پوشش گیاهی تبدیل شود که در این زمینه شاخص‌های گیاهی بر اساس ترکیب کردن باندها برای ارزیابی ارتباط بین شاخص‌های گیاهی و بازتابش‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (ارزانی، ۱۹۹۴).

#### شاخص نرمال شده اختلاف پوشش گیاهی ( Normalized Difference Vegetation Index )

شاخص پوشش گیاهی NDVI (جدول ۲) که بر ارزش‌های طیفی استوار است، به‌طور گسترده برای شناسایی شرایط رشد پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهیست (Binh et al, 2005). ارزش NDVI از -۱ تا ۱ که ارزش NDVI بالاتر مبین پوشش گیاهی متراکم‌تر است (Koh et al, 2006).

#### شاخص پوشش گیاهی با تنظیم انعکاس خاک ( Soil Adjusted Vegetation Index )

شاخص SAVI اولین بار توسط Huete در سال ۱۹۸۸ ارائه گردید. از اهداف این شاخص به حداقل رساندن اثرات خاک بی‌زمینه بر روی سیگنال‌های پوشش گیاهی بوسیله ترکیب کردن فاکتور تنظیم‌کننده خاک (L) با مخرج رابطه NDVI می‌باشد. شاخص پوشش گیاهی با تنظیم انعکاس خاک SAVI، یک شاخص گیاهی عالی برای محیط‌هایی با پوشش کم می‌باشد (جدول ۲). L: فاکتور تعدیل کننده اثر خاک که معمولاً با سعی و خطا محاسبه می‌شود. اگر L صفر

#### مراحل انجام پژوهش

##### -پیش پردازش تصاویر ماهواره‌ای

مرحله پیش پردازش داده‌ها یکی از مهمترین مراحل در پردازش تصاویر است. نوع و نحوه انجام این عملیات با توجه به عوامل مختلفی مانند نوع داده‌های مورد استفاده و هدف تحقیق متغیر خواهد بود. به طور کلی پیش پردازش داده‌ها شامل دو مرحله کلی تصحیحات رادیومتریک و تصحیحات هندسی است. خطاهای هندسی مربوط به موقعیت پدیده یا پیکسل‌ها در تصویر نسبت به دیگر پدیده‌ها و موقعیت مطلق آن و خطای رادیومتریک مربوط به میزان بازتاب ثبت شده در تصویر می‌باشد.

تصحیح هندسی: مجموعه عملیات و محاسباتی است که در اثر آن شکل عوارض و همچنین موقعیت پیکسل‌ها در روی تصاویر تصحیح می‌شوند. تصاویر سنجنده ETM, OLI دارای تطابق هندسی مناسبی بودند که تطابق دقیق نقشه آبراهه استخراج شده از نقشه‌های توپوگرافی با این تصاویر گواه بر این موضوع بوده است.

تصحیحات رادیومتریک: در این تحقیق از روش Chavez (۱۹۹۶) برای تصحیح اتمسفری استفاده گردید. با استفاده از رابطه (۱) مقادیر ارزش‌های طیفی هر باند (DN) به تابش تبدیل گردید، سپس مقادیر تابش با استفاده از رابطه (۲) به قابلیت انتشار (بازتابندگی) برای هر باند تبدیل شد:

$$L_{\lambda} = \left( \frac{L_{MAX} - L_{MIN}}{255} \right) DN \quad (1) \quad (1) \text{له}$$

که در آن  $L_{\lambda}$  = تشعشع طیفی باند مورد نظر ( $Wm^{-2}sr^{-1}$ )  
 $L_{MAX}$  و  $L_{MIN}$  = تشعشع طیفی حداکثر و حداقل در هر باند،  $DN$  = ارزش عددی هر باند،  $255 = 3.14$   
 $dr$  = زاویه تابش خورشید، = معکوس مربع نسبت فاصله زمین-خورشید،  $ESUN$  = میانگین تابش فرودی خورشید در بالای جو برای هر باند ( $Wm^{-2}sr^{-1}\mu m^{-1}$ ) (ارزانی،

ابتدا و انتهای پوشش گیاهی را در فضای قرمز تا مادون قرمز بهم متصل می‌کند (جدول ۲).

شاخص پوشش گیاهی تعدیل‌کننده آب (Water Adjusted Vegetation Index)

اولین بار توسط Villa و همکارانش در سال ۲۰۱۳ مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲).

باشد SAVI همانند NDVI می‌باشد. برای مقادیر متوسط پوشش گیاهی L در حدود ۰/۵ می‌باشد. فاکتور (L+۱) تضمین می‌کند که حدود SAVI همانند NDVI بین -۱ تا ۱ باشد.

کسر شاخص گیاهی ساده (Ratio Vegetation Index) برای اولین بار توسط Jordan در سال ۱۹۶۹ ارائه گردید. شاخص RVI شیب خطی است که

جدول ۲- شاخص‌های محاسبه شده در این مطالعه به همراه فرمول و باند مورد استفاده

رابطه	فرمول	نام شاخص	باند مورد استفاده سنجنده ETM	باند مورد سنجنده OLI
(۳)		باند ۴ و ۵		باند ۴ و ۵
(۴)		باند ۳ و ۴		باند ۴
(۵)	$RVI = \frac{P_{NIR}}{P_{RED}}$	RVI	باند ۳ و ۴	باند ۴ و ۵
(۶)	$WAVI = \frac{P_{NIR} - P_{BLUE}}{P_{NIR} + P_{BLUE} + L(1 + L)}$	WAVI	باند ۱ و ۴	باند ۲ و ۵

$P_{NIR}$  = بازتابندگی مادون قرمز نزدیک،  $P_{RED}$  = بازتابندگی قرمز،  $P_{BLUE}$  = بازتاب آبی،  $L$  = فاکتور تنظیم‌کننده خاک

ارزیابی دقت نقشه‌ها لازمه هر نوع طبقه‌بندی تصاویر آگاهی از میزان صحت آن می‌باشد. به منظور ارزیابی صحت نقشه‌های تهیه شده، سال ۱۳۹۳ (۲۰۱۴) بر اساس اطلاعات حاصل از بازدید صحرائی از منطقه و به کمک تفسیر بصری بر روی تصویر رنگی کاذب (OLI (RGB:754 بهره گرفته شد و ماتریس خطای آن شکل گرفت. صحت تصاویر طبقه‌بندی شده سال ۱۳۸۰ (۲۰۰۱) با استفاده از نقشه واقعیت زمینی که نقشه کاربری اراضی جزیره قشم در سال ۱۳۸۱ که توسط سازمان محیط‌زیست تهیه شده بود، استفاده گردید.

بدین ترتیب بعد از محاسبه شاخص‌ها طبقه‌بندی تصویر با توجه به نقاط تعلیمی برای کاربری کشاورزی و جنگل حرا و اراضی بایر نمونه تعلیمی تهیه شد و در محیط ENVI.5 نقشه نهایی در چهار طبقه به روش طبقه‌بندی نظارت شده (حداکثر احتمال) انجام شد. حسن این الگوریتم در طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای مخصوصاً در تهیه نقشه کاربری/پوشش اراضی توسط علوی‌پناه، مسعودی، سنجری و پرومند تأیید شده که بر مزیت این الگوریتم به سایر الگوریتم‌ها تأکید کرده‌اند. مساحت هر کاربری در نرم‌افزار Arc Gis9.3 تهیه شد.

## نتایج

با استفاده از روش چاوز تصحیحات رادیومتریک برای هر باند به طور جداگانه انجام شد، سپس باندهای تصحیح شده در رابطه‌های شاخص‌های گیاهی وارد گردید و برای طبقه‌بندی پوشش با توجه به این موضوع که الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی نظارت شده با استفاده از ۱۰۰ نقطه تعلیمی تهیه شده انجام شد. مشخص گردید که طبقه‌بندی حداکثر احتمال با دقت کلی ۹۵/۶۵ درصد الگوریتم مناسبی برای طبقه‌بندی رقومی تصاویر ماهواره‌ای در این منطقه شناخته شد. در نتیجه در نقشه‌ای نهایی شاخص‌های پوشش گیاهی در سطح منطقه به ۴ واحد کاربری تقسیم گردید. این واحدها شامل: اراضی بایر، جنگل حرا، کشاورزی و آب می‌باشد. جدول ۵ میزان سطح پوشش‌های مختلف اراضی بر حسب هکتار در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

## برآورد دقت

بر اساس اعداد جدول ۲ که صحت طبقه‌بندی نشان می‌دهد در این مطالعه نتایجی با صحت بالا نسبت به تحقیقات مشابه بدست آمده است (فتحی‌زاد، ۱۳۹۲). علت آن سطح زیاد نقاط تعلیمی و دقت در انتخاب نقاط (پلی‌گون) تعلیمی بوده است (سنجری، ۱۳۹۲). این نتیجه با نظریه سنجری و برومند (۱۳۹۲) که صحت قابل قبول طبقه‌بندی کاربری اراضی را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای ۸۵ درصد می‌داند، مطابقت دارد.

در جدول ۲ مقادیر ضریب کاپا و دقت کلی شاخص‌های گیاهی محاسبه شده برای دو سال مورد مطالعه آورده شده است. نتایج نشان داد که شاخص SAVI با بالاترین ضریب کاپا در هر دو سال بهترین عملکرد را داشته و به ترتیب شاخص RVI، NDVI و WAVI در مرحله بعدی بوده است.

بدین ترتیب با در اختیار داشتن ۱۰۰ نمونه تعلیمی برای هر تصویر و در نظر گرفتن چهار کلاس اراضی بایر، جنگل حرا، کشاورزی و آب از روش پیشنهادی دلایلیان و اسمیت (Dellepian, 1999) صحت تولید کننده و صحت کاربر هر نقشه برای بررسی صحت طبقه‌بندی ارزیابی گردید.

دقت کلی از جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا تقسیم بر تعداد کل پیکسل‌ها طبق رابطه ۷ محاسبه شد.

در این رابطه، OA دقت کلی، N تعداد پیکسل‌های آزمایشی،  $\sum P_{ii}$  جمع عناصر قطر اصلی ماتریس خطا می‌باشد.

به دلیل ایراد وارده بر دقت کلی، اغلب در کارهای اجرایی که مقایسه دقت طبقه‌بندی مورد توجه است، از شاخص کاپا استفاده می‌شود. زیرا شاخص کاپا پیکسل‌های نادرست طبقه‌بندی شده را مد نظر قرار می‌دهد. در این مطالعه شاخص کاپا از رابطه ۸ محاسبه گردید.

$$Kappa = \frac{P_{00} - P_c}{1 - P_c} \times 100 \quad [8]$$

که در این رابطه،  $P_0$  درستی مشاهده شده و  $P_c$  توافق مورد انتظار می‌باشد (Lud & Weng, 2007).

## طبقه‌بندی تصاویر و مقایسه با یکدیگر

پس از تهیه نقشه‌های نهایی، جدول‌ها و نقشه‌های تغییرات پوشش استخراج شده و بعد تصاویر طبقه‌بندی شده بصورت دو به دو مورد مقایسه قرار گرفته و پس از بررسی و تجزیه و تحلیل‌های لازم نتایج مورد نظر تا حد امکان حاصل شد. همچنین برای پی بردن به تغییرات هر یک از کاربری‌ها به سایر کاربری‌ها در محدوده مورد مطالعه با استفاده از روش جدول‌های متعامد (Crosstab) با همدیگر مورد مقایسه قرار گرفتند (فتحی‌زاده، ۱۳۹۲).

جدول ۳- مقادیر ضریب کاپا و دقت کلی شاخص‌های گیاهی

شاخص پوشش گیاهی	land-8		land-7	
	ضریب کاپا	دقت کلی (درصد)	ضریب کاپا	دقت کلی (درصد)
SAVI	۰/۹۳	۹۵/۶۵	۰/۸۳	۸۸/۷۵
RVI	۰/۸۴	۸۹/۱۴	۰/۸۳	۸۸/۳۸
NDVI	۰/۸۲	۸۸/۰۴	۰/۸۳	۸۸/۳۶
WAVI	۰/۸۱	۸۶/۹۹	۰/۴۳	۵۵/۷۷

بر اساس اعداد جدول ۳ که صحت طبقه‌بندی را نشان می‌دهد در این مطالعه نتایج شاخص SAVI با صحت بالاتری در مقایسه با دیگر شاخص‌های برآورد شده در این تحقیق بدست آمده است.

ضریب کاپا و دقت کلی تنها با کل طبقه‌بندی سروکار دارند و اطلاعاتی در مورد تک تک کلاس‌ها و یا توزیع مکانی خطا ارائه نمی‌دهند. برای برآورد دقت در کلاس‌ها به صورت مجزا از پارامترهای دیگری مانند دقت کاربر و دقت تولیدکننده استفاده می‌شود که در جدول ۳ آمده است.

جدول ۴- دقت طبقه‌بندی تصاویر در سال‌های ۱۳۸۰-۱۳۹۳

شاخص	نوع طبقه	۱۳۸۰		۱۳۹۳	
		دقت کاربر	دقت تولیدکننده	دقت کاربر	دقت تولیدکننده
SAVI	جنگل‌های حرا	۸۹/۶۸	۷۴/۴۵	۸۵/۵۴	۹۵/۶۱
	اراضی کشاورزی	۵۲/۲۵	۷۴/۱۶	۹۲/۴۰	۷۶/۲۴
	اراضی بایر	۹۸/۱۸	۱۰۰	۹۹/۷۹	۱۰۰
	آب	۱۰۰	۹۹/۳۲	۱۰۰	۱۰۰
RVI	جنگل‌های حرا	۹۳/۰۴	۷۵/۶۹	۷۴/۱۷	۸۲/۹۱
	اراضی کشاورزی	۶۵/۳۳	۵۳/۲۶	۶۷/۲۶	۴۹/۵
	اراضی بایر	۹۵/۹۱	۱۰۰	۹۷/۰۹	۱۰۰
	آب	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
NDVI	جنگل‌های حرا	۹۱/۴۳	۸۵/۵	۷۲/۰۸	۷۲/۷۵
	اراضی کشاورزی	۶۶/۴۴	۷۲/۵۳	۵۹/۱۷	۵۶/۴۴
	اراضی بایر	۹۷/۸۱	۱۰۰	۹۸/۹۸	۱۰۰
	آب	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰
WAVI	جنگل‌های حرا	۷۵/۶	۵۱/۸	۶۳/۸۶	۸۵/۶۸
	اراضی کشاورزی	۱۴/۴	۵۳/۱۱	۹۴/۷۶	۸۹/۴۴
	اراضی بایر	۸۵/۱۵	۴۱/۳۶	۹۴/۳۸	۸۱/۵۹
	آب	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰



هم مقایسه شدند و نوع تغییرات در کلاس‌ها از سال ۱۳۸۰ نسبت به سال ۱۳۹۳ مشخص گردیدند (شکل ۴، جدول ۲). جدول شماره ۴ ماتریس تغییرات طبقات سال ۱۳۹۳ را نسبت به سال ۱۳۸۰ نشان می‌دهد. با توجه به جدول مشخص می‌شود که در طی سال‌های ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳ حدود ۱۶ درصد تغییرات در این منطقه رخ داده است. بیشترین تغییرات حدود ۵۰ درصد مربوط به اراضی کشاورزی در سال ۱۳۹۳ و کمترین تغییرات ۰/۰۷ درصد مربوط به آب بوده است. تغییرات جنگل‌های حرا ۸/۵ درصد و اراضی بایر ۵/۱۶ درصد نسبت به سال ۱۳۸۰ بوده است

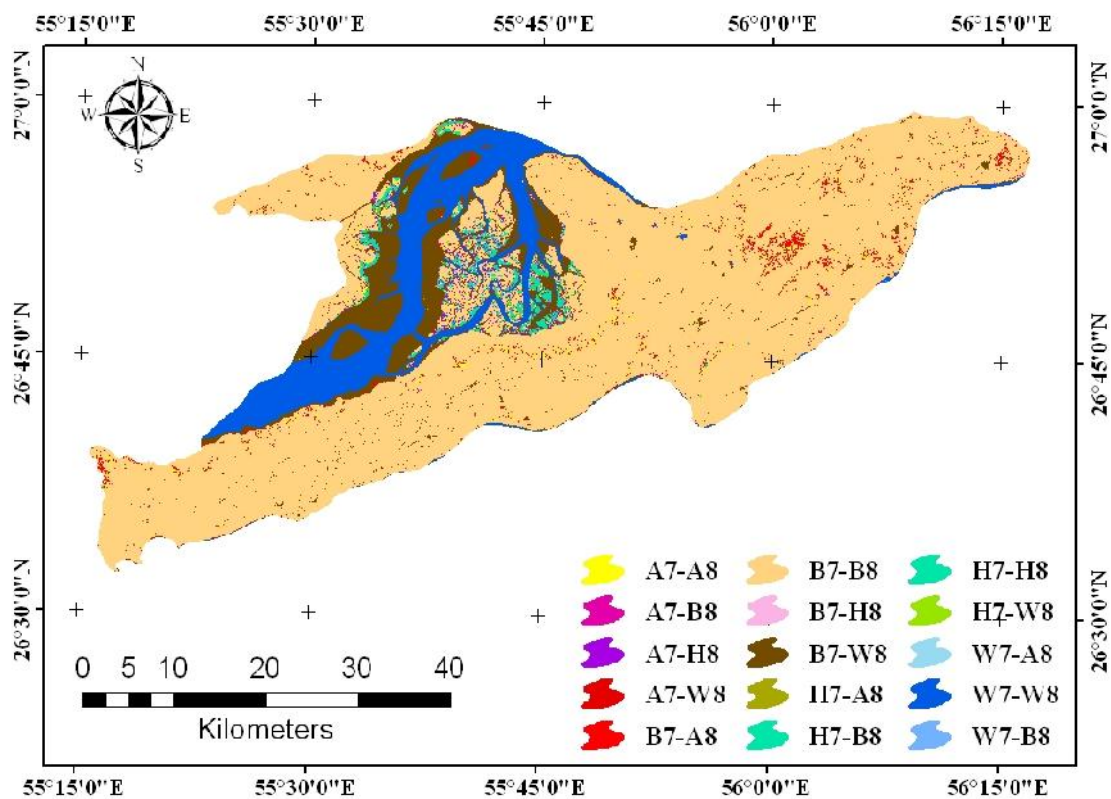
با آنالیز جدول ۳ می‌توان به این نتیجه رسید که بالاترین دقت تولیدکننده مربوط به اراضی بایر برای تمام شاخص‌های مورد مطالعه می‌باشد و کمترین دقت تولیدکننده مربوط به اراضی کشاورزی برای تمام شاخص‌ها در هر دو دوره می‌باشد. در بین شاخص‌های مورد مطالعه ضرایب شاخص SAVI بالاتر بوده است. با توجه به نتایج به دست آمده شاخص SAVI با بیشترین ضریب کاپای ۰/۹۳ درصد در سال ۱۳۹۳ و ۰/۸۳ درصد در سال ۱۳۸۰ نسبت به دیگر شاخص‌ها عملکرد بهتری داشته است. در نهایت با استفاده از روش جدول متعامد (Crosstab) دو نقشه طبقه‌بندی شده با

جدول ۵- نتایج آمار پایش تغییرات در طبقه‌های پوشش اراضی طی سال‌های ۲۰۰۱-۲۰۱۴ در جزیره قشم (کیلومترمربع)

	ارضی کشاورزی	ارضی بایر	جنگل حرا	آب	جمع کل	درصد تغییرات
	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰	۱۳۸۰		
ارضی کشاورزی ۱۳۹۳	۲۷/۷	۳۹/۸	۰	۰	۶۷/۵	۵۰/۳۴
ارضی بایر ۱۳۹۳	۱۲/۰۵	۴۴۷۵/۸۱	۰/۹۵	۰/۱	۴۴۸۸/۹۱	۵/۱۶
جنگل حرا ۱۳۹۳	۰	۱/۲۳	۴۰/۹۳	۰	۵۶/۸۱	۸/۵۲
آب ۱۳۹۳	۱/۳۸	۲۰۲/۶۶	۰/۳۳	۲۴۴/۴۶	۴۴۸/۸۳	۰/۰۷
جمع کل	۴۱/۳۳	۴۷۱۹/۵۱	۴۴/۷۵	۲۴۴/۶۳	۰	
اختلاف بین دو سال	۲۶/۳۷	-۲۳۰/۵۹	۱۲/۰۶	۲۰۴/۲	۰	

سال ۱۳۸۰، ۴۱ کیلومترمربع و در سال ۱۳۹۳، ۵۷ کیلومترمربع بوده است که نشان‌دهنده افزایش ۱۲ کیلومترمربع طی ۱۳ سال می‌باشد. مساحت اراضی کشاورزی در سال ۱۳۸۰، ۴۱ کیلومترمربع و در سال ۱۳۹۳، ۶۷/۵ کیلومترمربع که نشان‌دهنده افزایش ۲۶ کیلومترمربع طی ۱۳ سال می‌باشد.

تغییر و تبدیل طبقات با توجه به طبقه‌بندی تصاویر توسط شاخص SAVI در چهار طبقه اراضی بایر، اراضی کشاورزی، جنگل‌های حرا و آب در دو تاریخ ۱۳۸۰ و ۱۳۹۳، تغییرات رخ داده در این دو دوره در شکل ۴ ترسیم شده است. نتایج نشان داد که در طی این دوره ۲۳۰ کیلومترمربع از مساحت اراضی بایر کاسته شده است. مساحت جنگل‌های حرا در



A=اراضی کشاورزی B=اراضی باغی H=جنگلهای حرا W=آب ۷=سال ۱۳۸۰=۸ سال ۱۳۹۳

شکل ۲- نقشه تغییرات پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه در فاصله زمانی ۱۳۸۰-۱۳۹۳

استفاده از روش حداقل فاصله، تصاویر طبقه‌بندی شدند. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق مشخص شد که استفاده از تصاویر سنجه OLI نتایج دقیقتری ارائه خواهد داد که با نتایج محمدیاری ۱۳۹۳ همخوانی دارد. اگرچه در مطالعات (Darwish & Faour, 2008) و Van Beek, Ming Lee (۲۰۰۹) شاخص NDVI را عمومی‌ترین شاخص در ارزیابی پوشش گیاهی دانستند و محققان زیادی در مطالعات خود از این شاخص استفاده کرده‌اند، اما نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص SAVI در منطقه مورد مطالعه دارای بالاترین ضریب کاپا بوده است. چون در این شاخص شیب خط خاک به‌کارگرفته شده است و اثرات منفی خاک زمینه‌ای به خوبی حذف شده و تفکیک پوشش گیاهی با دقت بالاتری انجام شده و نتایج این بخش با نتایج (Clevers, 1989; Allbed, 2014; Fatiha, 2014)

## بحث

با توجه به اینکه شاخص‌های گیاهی از پرکاربردترین نمونه‌های محاسبات باندی می‌باشند که به‌منظور محاسبه درصد پوشش گیاهی و وضعیت سبزیگی یک منطقه طی دوران مختلف بکار می‌روند. شاخص‌های گیاهی اساساً بصورت کسری یا خطی، باندهای رادیومتری را ترکیب می‌کنند. برای بررسی دقیق پوشش گیاهی و حتی تعیین نوع پوشش در آنها نمی‌توان از یک شاخص گیاهی به تنهایی استفاده کرد و استفاده از چند شاخص در کنار یکدیگر و همچنین استفاده از اطلاعات جانبی از منطقه مورد مطالعه بسیار مفید و نتیجه‌بخش خواهد بود (رحمانی، ۱۳۹۰). در این مطالعه توان چهار شاخص گیاهی در تشخیص تغییرات رخ داده در پوشش گیاهی در جزیره قشم مورد مقایسه قرار گرفت. هریک از شاخص‌ها را بر روی تصویر اعمال و با

- جزیره قسم در چارچوب آمایش سرزمین. محیط‌شناسی، ۲۹(۳۱): ۷۱-۸۸.
- رحمانی، ن.، شاهدی، ک. و میریعقوب‌زاده، م. ح.، ۱۳۹۰. ارزیابی شاخص‌های پوشش گیاهی مورد استفاده در سنجش از دور (مطالعه موردی: حوضه هرسیک). همایش ژئوماتیک ۹۰، سازمان نقشه‌برداری کشور، تهران، ایران.
- سنجرى، ص. و برومند، ن.، ۱۳۹۲. پایش تغییرات کاربری/ پوشش اراضی در سه دهه گذشته با استفاده از تکنیک سنجش از دور (مطالعه موردی: منطقه زرنده استان کرمان). سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی ( کاربرد سنجش از دور و GIS در علوم منابع طبیعی، ۴(۱): ۹۱-۱۰۵.
- حجاریان، م.، ۱۳۸۴. بررسی تغییرات کمی جنگل‌های مانگرو منطقه قسم با استفاده از عکس‌های هوایی و داده‌های ماهواره‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- علوی‌پناه، س. ک. ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم زمین (علوم خاک)، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، ایران، ۷۸۰ص.
- فاطمی، س.ب. رضایی، ی. ۱۳۹۱. مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، ایران، ۱۸۹ص.
- فتحی‌زاد، ح.، نوحه‌گر، ا.، فرامرزی، م.، تازه، م.، ۱۳۹۲. بررسی تغییرات کاربری اراضی بر اساس تجزیه و تحلیل متریک‌های سیمای سرزمین با استفاده از سنجش از دور و GIS در منطقه خشک و نیمه‌خشک دهلران. آمایش سرزمین، ۵(۱): ۷۹-۹۹.
- مهدوی، ع.، ۱۳۸۰. بررسی روند تغییرات کمی و کیفی جنگل‌های مانگرو منطقه قسم با استفاده از عکس‌های هوایی سال‌های ۱۳۴۶ و ۱۳۷۳. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ۷۸ص.
- محمدیاری، ف. پورخباز، ح.ر.، توکلی، م. و اقدر، ح.، ۱۳۹۳. تهیه نقشه پوشش گیاهی و پایش تغییرات آن با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: شهرستان بهبهان). اطلاعات جغرافیایی، ۲۳(۹۲): ۴۵-۵۳.
- Allbed, A., Kumar, L. and Aldakheel, Y., 2014. Assessing soil salinity using soil salinity and vegetation indices derived from IKONOS high-spatial resolution imageries: Applications in a date palm dominated region. *Journal of Geoderma*, 230 (231): 1-8.
- Arzani, H., 1994. some aspects of estimating short term and long term rangeland carrying capacity in the Western Division of New South Wals. Ph.D. Thesis, University of New South Wals, Australia, 308Pp.
- Boyd, D. S., Foody, G. M., Curran, P. J., Lucas, R. M.

همسو می‌باشد. ضریب کاپای مربوط به شاخص SAVI؛ ۰/۹۸ درصد در سال ۱۳۹۳ و ۰/۸۳ درصد در سال ۱۳۸۰ بوده است که نشان‌دهنده قدرت تفکیک پوشش گیاهی از سایر عوارض زمینی و عملکرد بهتر این شاخص در آشکارسازی تغییرات بوده است که با نتایج تحقیقات Fatiha (۲۰۱۴) و Allbed (۲۰۱۴) همخوانی داشته است. شاخص WAVI با ضریب کاپای ۰/۴۳ در سال ۱۳۸۰ و ۰/۸۱ در سال ۱۳۹۳ ضعیف‌ترین نتایج را بین شاخص‌ها نشان داد. سپس نقشه‌های حاصل از طبقه‌بندی تصاویر در دو سال مورد بررسی قرار گرفت. برای پی بردن به تغییرات هر یک از طبقات در محدوده مورد مطالعه از روش جدول متعامد (crosstab) استفاده شد. نتایج نشان داد که مساحت جنگل‌های حرا در طی ۱۳ سال ۲۱ درصد افزایش پیدا کرده و مساحت اراضی کشاورزی ۶۰ درصد افزایش پیدا کرده است. پایش و مطالعه پوشش گیاهی مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل شرایط خاص آب و هوایی برای اعمال روش‌های صحیح مدیریت خاک‌ها و اراضی از اهمیت خاصی برخوردار است. از این رو استفاده از تصاویر ماهواره‌ای LANDSAT می‌تواند به روند توسعه و یا تخریب در این مناطق بخصوص جنگل‌های مانگرو پی برد، در این مورد اطلاعات دقیقی را با صرف هزینه و زمان کمتر در مقیاس‌های منطقه‌ای و ناحیه‌ای به‌منظور اجرای روش‌های مدیریتی بهینه و دستیابی به نتایج مطلوب در اختیار ما قرار می‌دهد. نتایج این بخش با نتایج قائمی سال ۱۳۸۹ (Ghaemi, 2009; Allbed, 2014; Fatiha, 2014) مطابقت دارد. در نهایت انجام مطالعات تکمیلی بر روی این مناطق می‌تواند به تشخیص دلایل افزایش و کاهش سطح در محدوده‌های بررسی شده کمک کرده و در تدوین راهبردهای مدیریت منطقه مفید واقع شود.

#### منابع مورد استفاده

- امری کاظمی، ع.، ۱۳۸۳. اطلس ژئوتوریسم قسم، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- پورابراهیم‌زاده، ش. و یاوری، ا. ر.، ۱۳۸۲. برنامه‌ریزی توسعه آتی

- Temporal Forest Cover Change Patterns (1973-2020): A Case Study from South Western Ghats (India). *Sensors*, 8: 6132-6153.
- Jafarnia, Sh. and Akbarinia, M., 2014. Investigation of spatial distribution of soil and water properties by use of geostatistical in Mangrove forest of Qeshm Island. *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*. 22 (4):673-686.
  - Ming Lee, T. and Chung Yeh, H., 2009. Applying remote sensing techniques to monitor shifting wetland vegetation: A case study of Danshui River estuary mangrove communities, Taiwan. *Ecological Engineering*, 35:487-496 .
  - Oommen, T., 2008. An objective analysis of Support Vector Machine based classification for remote sensing. *Mathematical Geosciences*, 40; 409-424.
  - Pettorelli, N., Vik, O., Mysterud, A., Gaillard, J. M., Tucker, C. J. and Stenseth, N. C., 2005. Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Journal Trends in Ecology and Evolution*, 9 (20):200-216.
  - Ramachandra, T. V. and Kumar, U., 2004. Geografic resources decision support system for land use and land cover dynamics analysis. *Proceedings of the FOSS/GRASS Users Conference Bangkok, Thailand*, 12: 1-15.
  - Van Beek, E. and Meijer, K., 2006. Integrated water resources management for the sistan closed inland delta. *Water research institute, Iran*.
  - and Honzak, M., 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.
  - Darwish, T. and Faour, G., 2008. Rangeland degradation in two watersheds of Lebanon. *Lebanese Journal of Sci.* 9: 71-80.
  - Dellepian, S. G. and Smith., P. C., 1999. Quality assessment of image classification algorithms for land cover mapping: A review and a proposal for a cost based approach, *International Journal of Remote Sensing*. 20: 1461-1486.
  - Fatiha., B., Abdelkader, A., Latifa, H., Mohamed, E. and Spatio., A., 2014. Temporal Analysis of Vegetation by Vegetation Indices from Multi-dates Satellite Images: Application to a Semi-Arid Area in ALGERIA. *International Conference-Advancements in Renewable Energy and Clean Environment*. 667 – 675.
  - Ghaemi, M., Sanaei Nejad, S. H., Starayy, A. R. and Mir Hosseini, P., 2009. Comparison and investigation of different vegetation indices using ETM+ satellite images studies for vegetation. In: *Nishapur Plain, Khorasan Razavi, Iran. J. Agric. Res. Iranian Journal of Field Crops Researches*, 8(1):128-137.
  - Giriraj, A., Ullah, M. I., Murthy, M. R. and Beierkuhnlein, C., 2008. Modelling Spatial and

Archive

## Evaluation of vegetation changes based upon vegetation indices using remote sensing

S. Nateghi<sup>1\*</sup>, A. Nohegar<sup>2</sup>, A. H. Ehsani<sup>3</sup> and O. Bazrafshan<sup>4</sup>

1\*-Corresponding author, Ph.D. Student of Combat Desertification, Faculty of Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran, Email: saeedehnateghi@yahoo.com

2- Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran

3- Associate Professor, Faculty of Environment, University of Tehran, Iran

4-Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

Received:2/21/2016

Accepted: 6/20/2016

### Abstract

The monitoring of vegetation changes has a fundamental role in planning and management of environment. There are various methods to determine the changes in a region using satellite images that each has advantages and limitations. The use of vegetation indices is one of the methods to detect the changes. The aim of this study was to evaluate four vegetation indices including NDVI, SAVI, RVI and WAVI. This research was performed in Qeshm Island using Landsat images during 2001 and 2014. In this research, ETM+ and OLI data were used. After calculating each indicator, 100 sample training points were used to assess the accuracy of indicators by ENVI.5.3. Four classes including bare land, mangrove forests, agriculture and water were classified. Based on Dlapyan & Smith method, the product accuracy and user accuracy for each class were evaluated. The results showed that the SAVI index with the highest kappa coefficient, 0.93 in 2014 and 0.83 in 2001, had the best results and WAVI index with the lowest kappa coefficient, 0.43 in 2001 and 0.81 in 2014, had the weakest results. To evaluate the changes, crosstab method was used. The results showed that during 13 years the area of mangrove forests and agricultural lands and natural vegetation of Qeshm Island increased up to 21% and 60%, respectively.

**Keywords:** Vegetation index, Kappa coefficient, vegetation change, Gheshm Island.