

## بررسی پوشش گیاهی به کمک داده‌های ماهواره‌ای در منطقه سیستان

حامد شفیعی<sup>۱</sup>، سید محمود حسینی<sup>۲</sup>

### چکیده

بیابان‌زایی عبارت است از تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و نیمه مرطوب که به علت تغییرات آب و هوایی و فعالیت‌های انسان رخ می‌دهد. دشت سیستان منطقه‌ای خشک در شرق ایران است که بیابان‌زایی از معضلات اصلی این منطقه است. هدف اصلی از اجرای این تحقیق دوساله ارزیابی روند تغییرات پوشش گیاهی منطقه در دوره ۱۹۹۰-۲۰۰۶ می‌باشد. در انجام این پژوهش، از نمونه‌گیری‌های صحرائی، تصاویر ماهواره‌ای و نرم افزارهای مرتبط بهره گرفته شد. در ابتدا نمونه‌گیری‌های صحرائی به روش سیستماتیک تصادفی در ۲۶ سایت معرف صورت گرفت که در هر سایت ۹ پلات ۱۰×۱۰ متر برداشت شد. سپس پردازش‌های لازم بر روی تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفت و شاخص‌های گیاهی تولید شدند. بین داده‌های پوشش زمینی و ارزش طیفی پیکسل‌های متناظر آنالیز همبستگی صورت گرفت. بهترین نتیجه همبستگی از میان ۸۳ شاخص برآورد شده به ترتیب برای شاخصهای  $MSAVI_1$ ،  $TSAVI_2$ ،  $NDVI_{ab}$ ،  $WDVI$  به دست آمد. تصاویر به دو کلاس پوشش و غیر پوشش طبقه بندی شد. سپس دقت نقشه‌ها ارزیابی گردید که بالاترین دقت به میزان ۸۳/۲۷ درصد مربوط به نقشه حاصل از  $WDVI$  بود که بالاترین ضریب همبستگی را نیز دارا بود ( $R^2=0/89$  و  $p<0/01$ ). در این نقشه‌ها، سطح پوشش گیاهی برای سال ۱۹۹۰ معادل ۱۰۱۲۴۷ هکتار به دست آمد که برای سال ۲۰۰۶ به ۲۶۴۷۵ هکتار کاهش یافت.

کلمات کلیدی: بیابان‌زایی، شاخص گیاهی،  $WDVI$ ، پوشش گیاهی، سنجش از دور، سیستان.

۱- کارشناس ارشد بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

۲- کارشناس ارشد بیابان زدایی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

## مقدمه

بیابانزایی عبارت است از تخریب سرزمین در نواحی خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب (که معمولاً در مجموع به آنها سرزمین‌های خشک اطلاق می‌شود و حدوداً ۴۱ درصد سطح زمین را در بر می‌گیرند) در اثر فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی پدید می‌آید (UNEP, 2006). امروزه ۹۰۰ میلیون انسان در ۱۰۰ کشور در تمام قاره‌ها به استثناء قطب جنوب از این پدیده مخرب رنج می‌برند. طبق مطالعه-ای که اخیراً توسط انجمن بین‌المللی علوم در مورد مشکلات و مسائل زیست محیطی که باید در قرن ۲۱ مورد توجه قرار گیرد، انجام شد، بیابانزایی به همراه جنگل زدایی رتبه سوم را در میان ۳۷ مورد ذکر شده را داراست که لزوم بررسی و مطالعه و یافتن راهکارهای مقابله با این مسئله را به ما گوشزد می‌کند. امروزه با توجه به قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای نظیر بهنگام بودن، چند طیفی بودن، تکراری بودن، پوشش وسیع و افزایش روزافزون توان تفکیک طیفی و مکانی، می‌توان از آنها جهت مطالعه و بررسی مراحل مختلف فرآیند بیابانزایی استفاده کرد (هراشه و تاتیشی، ۲۰۰۰). تکنیک سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیائی در زمینه بررسی و مدیریت منابع طبیعی ارزان‌تر و سریع‌تر از روش‌های سنتی می‌باشد و دارای توجیه اقتصادی است (زبیری و مجد، ۱۳۷۵). به همین خاطر پژوهشگران زیادی از این تکنیک در کارهای تحقیقاتی خود در زمینه‌های مختلف منابع طبیعی بهره برده‌اند (خوجه الدین و پور منافی، ۱۳۸۶؛ لطیفی و همکاران، ۱۳۸۶؛ علوی پناه و همکاران، ۱۳۸۵؛ فرزاد مهر و همکاران، ۱۳۸۳؛ عبدالهی و همکاران ۱۳۸۶؛ شتایی و عبدی ۱۳۸۶؛ هانگ و اسنر،

۲۰۰۹؛ ماینارد و همکاران، ۲۰۰۷؛ کاریراس و همکاران، ۲۰۰۶). امینی و همکاران (۱۳۸۷)، تغییرات گستره جنگل‌های زاگرس را با این تکنیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد طی دوره ۴۷ ساله از سال ۱۳۳۴ تا ۱۳۸۱، در محدوده مورد مطالعه (۱۹۹۶۴ هکتار) ۴۸۵۳ هکتار از سطح اراضی جنگلی کاسته شده و تنها ۹۵۳ هکتار به سطح این جنگل‌ها افزوده شده است. متین فر و همکاران (۱۳۸۶) نیز از داده‌ای لندست ۷ (ETM<sup>+</sup>) با استفاده از روش شیء گرا برای تعیین نوع کاربری و پوشش اراضی در مناطق خشک کاشان استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که این روش با دقت کلی ۹۹ درصد، کاربری‌ها و پوشش‌های اراضی را تفکیک و طبقه‌بندی می‌کند. در رابطه با تخریب مراتع در لبنان نیز تحقیقی توسط دارویش و فائور (۲۰۰۸)، انجام شد. نتایج آنها نشان داد که مناطق کشاورزی (اغلب درختان میوه) از ۹۳۲ هکتار به ۴۸۷۸ هکتار افزایش یافته و میزان مراتع از ۲۹۵۸۱ هکتار به ۲۵۰۰۰ هکتار کاهش یافت. کوی (۲۰۰۸) نیز در همین زمینه تغییرات بیابانی شدن را از سال ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۱ در چین مورد بررسی قرار داده او در مطالعه خود به این نتیجه رسید که مناطق احیاء شده ۴۷۸/۱۰ کیلومتر مربع و مناطق تخریب شده ۴۲۶/۹۰ کیلومتر مربع بود.

منطقه سیستان در شرق ایران با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر آن با مشکل بیابانزایی مواجه است. این پدیده بسیاری از فرصت‌های معیشتی و حیاتی را از ساکنان کنونی آن منطقه و آیندگان سلب کرده است که به طرق گوناگون موجب مرگ و میر، مهاجرت، کاهش تنوع زیستی، نزول سطح رفاه جوامع محلی و افزایش فعالیت‌های غیر قانونی می‌شود و نهایتاً فقدان پایداری اکوسیستم‌ها را به دنبال دارد. در این مطالعه

درجه سانتیگراد است و طبق شاخص دومارتن اصلاح شده منطقه ای فراخشک محسوب می شود. ارتفاع منطقه بین ۴۳۰ تا ۵۹۰ متر است و شیب عمومی یکنواخت و جزئی است. از نظر زمین شناسی نوع سازند منطقه عموماً نهشته های دوران چهارم است که البته کوه خواجه مستثنی بوده و یک رخنمون بازالتی پلئوسنی است. خاک های منطقه نیز همگی در رده انتیسول و اریدیسول قرار دارند.

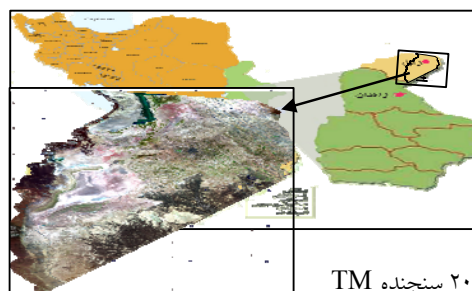
در این مطالعه سطحی معادل ۸۳۷۰۹۷/۱ هکتار از اراضی منطقه سیستان مورد بررسی قرار گرفت که شامل بخش های مرکزی، میانکنگی، شهرکی و نارویی، شیب آب و قسمتی از پشت آب را در بر می گیرد.

سعی شد تا با استفاده از داده های حاصل از برداشت های صحرایی و داده های ماهواره ای چند زمانه بهترین شاخص گیاهی استخراج و روند تغییرات پوشش گیاهی و بیابانی شدن در منطقه ترسیم شود.

### مواد و روش ها

#### - منطقه مورد مطالعه

منطقه سیستان دلتایی است پر جمعیت که در منطقه جنوب شرقی واقع گردیده است. این منطقه از شمال و شرق با کشور افغانستان، از غرب با استان خراسان جنوبی و از جنوب با شهرستان زاهدان هم مرز است (شکل ۱). در یک دوره ۳۰ ساله، بارش متوسط سالانه ۵۳ میلیمتر و متوسط دمای سالانه ۲۲



شکل ۱. منطقه سیستان و محدوده مورد مطالعه در تصویر ۲۰۰۲ سنجنده TM

سازمان زمین شناسی کشور و سایر لایه های اطلاعاتی مورد نیاز و نرم افزارهای ENVI 4.2، 3.3، Arcview و SPSS13.

#### - پردازش تصاویر

در ابتدا جهت زمین مرجع کردن تصاویر فایل های استاندارد MrSID<sup>1</sup> تهیه گردید. بر اساس آنها تصاویر سال ۲۰۰۶ و ۱۹۹۰ با RMSe کمتر از ۰/۶ ژئورفرنس گردید. سپس تصحیحات رادیومتریک و

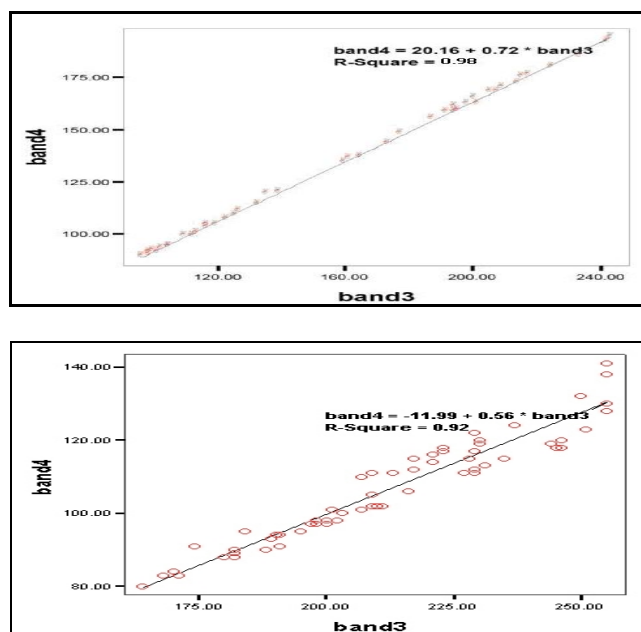
در انجام این تحقیق از اطلاعات و وسایل زیر استفاده شد:

دو فریم از سنجنده TM، مسیر ۱۵۷ ردیف های ۳۸ و ۳۹ مربوط به ۲۵ آوریل ۱۹۹۰ و دو فریم از سنجنده ETM<sup>+</sup> ۱۵۷ ردیف های ۳۸ و ۳۹ مربوط به ۲۹ آوریل ۲۰۰۶، نقشه زمین شناسی سازمان زمین شناسی کشور در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰، GPS مدل Etrex، برای تعیین مختصات نقاط نمونه برداری، اطلاعات پوشش گیاهی حاصل از برداشت های صحرایی، داده های هواشناسی، نقشه کاربری اراضی

<sup>1</sup> - Multiresolution Seamless Image Database

ذکر است در فرمول بعضی از شاخص‌ها عامل شیب خط خاک و یا عرض از مبدأ به کار رفته است که اقدام به محاسبه خط خاک رایج در هر دو تصویر شد؛ به این صورت که ابتدا مقدار بازتاب باندهای ۳ و ۴ لندست (قرمز و مادون قرمز نزدیک) در ۳۰ نقطه از مناطقی که پوشیده از خاک لخت بود برای کل منطقه به دست آمد. سپس مقادیر باند ۳ به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شد و با ایجاد رابطه همبستگی با مقادیر بازتاب باند ۴، خط برازش شده که همان خط خاک رایج است، به دست آمد و از ضرایب رگرسیونی خط خاک در تولید شاخص‌هایی که به این پارامتر نیاز داشتند استفاده گردید (شکل ۲) (نوری، ۱۳۸۳).

تابش سنجی در نرم افزار ENVI روی تصاویر صورت گرفت و ارزش‌های رقومی به بازتابهای طیفی تبدیل شد (لیلساند و لیفر، ۱۹۸۷). پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز روی تصاویر، از آنجا که محدوده مورد مطالعه یا AOI در دو فریم قرار داشت، ردیفهای ۳۸ و ۳۹ برای هر دو سال موزاییک شدند. پس از تولید موزاییک، محدوده مورد مطالعه جدا شد. پس از آن آنالیز شاخص‌های گیاهی صورت گرفت و تصاویر آنها تولید شد. در این تحقیق جهت انتخاب بهترین شاخص برای ارزیابی تاج پوشش منطقه از ۸۳ شاخص گیاهی استفاده شد. از آنجا که هنوز به طور مشخص و جامع شاخص‌ها برای مناطق مختلف اکولوژیکی تفکیک نشده اند، اقدام به مرور و جمع آوری اکثر شاخص‌های گیاهی گردید. لازم به

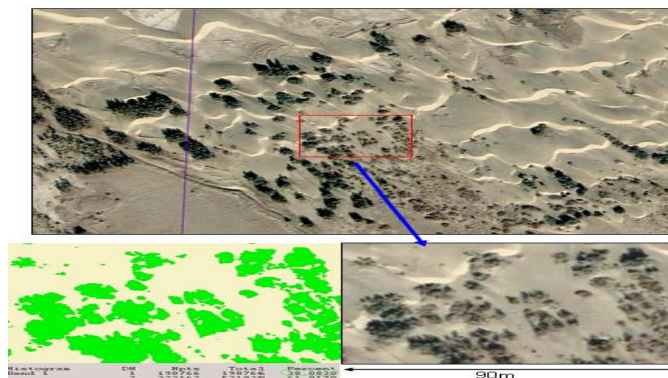


شکل ۲. نمودارهای پخشیدگی و خطوط رایج خاک برای تصاویر TM و ETM+

### جمع‌آوری داده‌های پوشش گیاهی و خاک

در اواخر آوریل ۲۰۰۶ (اواخر فرورین ۱۳۸۵)، عملیات صحرایی برای نمونه‌گیری از درصد تاج پوشش گیاهی منطقه انجام شد. ابتدا با استفاده نقشه-های پوشش گیاهی تهیه شده توسط اداره منابع طبیعی شهرستان زابل، توپوگرافی، کاربری اراضی سازمان زمین‌شناسی کشور و نقشه شبکه راه‌ها حدود مناطق نمونه برداری با پراکنش مناسب مشخص شد ضمن اینکه سعی شد منطقه نمونه‌برداری حداقل در سطحی معادل ۸۱۰۰ متر مربع (۹۰×۹۰ متر) همگن و یکنواخت باشد و با این شرط که پراکنش مناسب و حداقل ۵۰ متر از جاده فاصله داشته باشند تا پیکسل-های مربوطه در تصاویر از اثر حاشیه‌ای (اثرات تیرگی پیکسل‌های کناره جاده) مصون باشند. روش سیستماتیک تصادفی جهت نمونه‌برداری انتخاب گردید. یعنی در محدوده‌های معین، نقاطی به طور تصادفی در منطقه انتخاب شدند. موقعیت هر نقطه با GPS مشخص شده و به عنوان مرکز مربعی فرضی با اضلاع ۹۰×۹۰ انتخاب شد سپس یک پلات ۱۰×۱۰ در مرکز محل انتخاب شده تعیین گردید در ادامه برای ۴ جهت اصلی قراردادی به شعاع ۳۰ متر از مرکز فاصله گرفته، اقدام به مشخص کردن پلات‌هایی به ابعاد ۱۰×۱۰ متر گردید. اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی و درصد تاج پوشش در هر پلات یادداشت

گردید. در مجموع در ۲۶ نقطه معرف پلات گذاری شد (مجموعاً ۲۳۴ پلات) که از پوشش صفر درصد (خاک لخت) تا نود درصد را در بر می‌گیرند. در مناطقی که دارای پوشش گیاهی بود و تخمین تاج پوشش به روش سنتی دشوار بود، علاوه بر اندازه‌گیری‌های صحرایی برای افزایش دقت داده‌های صحرایی از تصاویر ماهواره QuickBird نیز استفاده شد. در مناطقی که تاریخ این تصاویر (۴ می ۲۰۰۶) با زمان نمونه‌گیری (از ۲۸ آوریل تا ۱۲ می ۲۰۰۶) نزدیک بود (۱۶ نقطه از مجموع ۲۶ نقطه نمونه‌برداری شده) و در آن محل‌ها پلات‌گذاری شده بود، اقدام به اندازه‌گیری درصد تاج پوشش شد. روش کار بدین صورت بود که تصاویر به اندازه ۹۰×۹۰ متر بریده شده (دقیقاً در نقاط نمونه‌برداری شده)، در نرم افزار ENVI باز شده و طبقه‌بندی نظارت نشده روی آنها انجام شد. سپس تعداد پیکسل‌های کلاس پوشش بر کل پیکسل‌های تصویر تقسیم شد و درصد پوشش محاسبه شد. هرچند این روش برای تمام مناطق نمونه‌برداری شده قابل انجام نبود (به علت عدم دسترسی کافی به تصاویر)، ولی در افزایش دقت تخمین‌ها خصوصاً در مناطق جنگلی نقش به‌سزایی داشت. شکل ۳ یکی از این تصاویر را نشان می‌دهد که با این روش طبقه‌بندی شد و درصد تاج پوشش را به میزان ۳۸/۰۸ تخمین زد.



شکل ۳. طبقه‌بندی نظارت نشده بر روی تصویر Quickbird و به دست آوردن درصد پوشش

### تعیین بهترین شاخص

جهت بررسی همبستگی داده‌های پوشش زمینی با داده‌های ماهواره‌ای، ابتدا میانگین ۹ پلات برای هر نقطه اندازه‌گیری شد و عدد حاصله به عنوان درصد پوشش در آن نقطه در سطح ۸۱۰۰ متر مربع تلقی شد. سپس تمام ۲۶ نقطه برداشتی به صورت پلیگونی در یک فایل وکتوری وارد شده و به رستر تبدیل شد. آنگاه با ابزار Link Displays در نرم افزار ENVI، ارزش پیکسل‌های هر یک از باندهای تصاویر شاخص‌های گیاهی که متناظر با نقاط برداشت بودند، ثبت شدند. سپس ارزش‌های هر ۹ پیکسل متناظر با هر نقطه برداشت در تصویر ماهواره‌ای نیز میانگین‌گیری شد تا آن هم مبین یک سطح ۸۱۰۰ متر مربعی باشد. آنگاه مقادیر پوشش زمینی اندازه‌گیری شده به عنوان متغیر وابسته و ارزش پیکسل‌های باندهای محاسباتی به عنوان متغیرهای مستقل وارد نرم افزار SPSS شدند و آنالیزهای رگرسیون خطی و چند جمله‌ای بر روی آنها صورت گرفت تا شاخص بهینه تعیین شود.

### طبقه‌بندی و بررسی صحت

پس از اینکه از طریق همبستگی بهترین شاخص انتخاب شد، باند مربوط به آن با ابزار x profile و y

profile بررسی شد تا تغییرات ارزش پیکسل‌ها در نواحی مختلف سنجدیده شود و یک حد آستانه دقیق برای جداسازی مناطق دارای پوشش از غیر پوشش و تعریف نواحی تعلیمی جدا شود. پس از تعریف نواحی تعلیمی، تصویر آماده طبقه بندی شد. طبقه بندی به روش نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال روی هر دو سری زمانی تصاویر انجام شد. نقشه‌های پوشش گیاهی مربوط به سال‌های ۱۹۹۰ و ۲۰۰۶ تولید شد با استفاده از نقشه واقعیت زمینی، ماتریس خطا تشکیل شده و ضریب کاپا به دست آمد. برای تهیه نقشه واقعیت زمینی از ۴۰ نقطه با پراکنش خوب در نقاط دارای پوشش و بدون پوشش استفاده گردید و سپس با همان مختصات‌ها و همان نقاط بر روی نقشه مقایسه شد. منابع صحت شامل مواقعی است که نقشه‌ها به طور صحیح وجود یا عدم وجود پوشش را در این نقاط پیش بینی کنند. منابع خطا اشاره دارد به مواقعی که در یک نقطه خاص بر روی زمین پوشش هست ولی در نقشه بدون پوشش محاسبه و ترسیم شده یا زمانی که در یک محل معین پوششی وجود ندارد ولی در نقشه به عنوان پوشش گیاهی محاسبه و پیش بینی شده است. نتایج بررسی صحت در بخش نتایج ارائه گردیده که مربوط به نقشه

واقعیت زمینی بوده و به نقشه به دست آمده برای سال ۱۹۹۰ تعمیم داده شد.

### آشکارسازی تغییرات

از آنجا که هدف این تحقیق ارزیابی روند بیابانزایی بر اساس تغییرات پوشش است، پس از تهیه نقشه پوشش گیاهی برای سالهای ۱۹۹۰ و ۲۰۰۶ نیاز بود که نقشه تغییر محاسبه شود. به این منظور و به کمک دستور `compute difference map` نقشه تغییر در دوره ۱۶ ساله به دست آمد بطوریکه ۳ طبقه بیابانزایی، بدون تغییر و احیاء جای داده شد (علوی پناه، ۱۳۸۳). نکته ای که در مورد نقشه تغییرات قابل ذکر است وجود تک پیکسل های در تصویر است که به غبار یا HAZE معروف می باشد که با فیلترهای `convolution` و خصوصاً فیلتر `Median 3x3` مرتفع شد.

### نتایج و بحث

با ایجاد روابط همبستگی مشاهده شد که از میان کل شاخص های گیاهی، فقط ۴ شاخص با فاصله زیاد نسبت به سایر شاخص ها همبستگی خوبی با تاج-پوشش گیاهی نشان دادند.  $NDVI_{ab}$ ،  $WDVI$ ،  $MSAVI_1$  و  $TSAVI_2$  با ضرایب همبستگی بالا و  $p < 0.01$  ارتباط معنی داری با پوشش داشتند در حالیکه سایر شاخص ها ارتباط معنی داری با پوشش گیاهی نشان ندادند ( $p > 0.01$ ). شاخص  $WDVI$  با فرمولی نسبتاً ساده ( $NIR-a \times RED$ ) بالاترین همبستگی را با پوشش حقیقی دارا بود. نتایج مربوط به شاخص هایی که ارتباط معنی داری با پوشش داشتند در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- همبستگی شاخص های گیاهی برتر با تاج پوشش

شاخص	فرمول شاخص	همبستگی	معادله	ضریب اطمینان
$WDVI^1$	$NIR-a \times RED$	۰/۸۹	$Y=41.39+0.58X$	۰/۹۹
$NDVI_{ab}^2$	$(NIR-RED)/(NIR+RED) \times 127+128$	۰/۸۶	$Y=-10.86+0.61X$	۰/۹۹
$TSAVI_2^3$	$a \times (NIR-a \times RED-b) / (RED+a \times NIR-a \times b+0.8 \times (1+a^2))$	۰/۸	$Y=44.70+15.44X$	۰/۹۹
$MSAVI_1^4$	$(NIR-RED) \times (1+L) / (NIR+RED+L)$	۰/۷	$Y=59.02-1.35X$	۰/۹۹

1-Weighted difference vegetation index, 2- Normalised difference vegetation index, 3- Transformed soil adjusted vegetation index, 4- Modified soil adjusted vegetation index, \* Soil line slope, NIR=Near Infra Red

است که بالاترین ضریب همبستگی را نیز دارا بود. جدول ۲ ضرائب کاپا و دقت کلی نقشه های حاصل از بهترین شاخص های پوشش گیاهی را نشان می دهد.

با استفاده از شاخص های فوق تصاویر طبقه بندی گردید. سپس با تهیه ماتریس خطا مشخص شد که دقیق ترین طبقه بندی مربوط به شاخص  $WDVI$

جدول ۲- ضرائب کاپا و دقت کلی برای نقشه های پوشش

WDVI	TSAVI2	NDVIab	MSAVI1	-
۸۳/۲۷	۶۸/۷۸	۷۱/۹۳	۶۰	دقت کلی (%)
۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۵۶	۰/۳۹	ضریب kappa

نداده باشد. با تفریق تصاویر، نقشه تغییر حاصل شد که در سه کلاس تخریب شده، بدون تغییر و احیاء شده طبقه‌بندی شد. این نقشه نشان داد که در بعضی از مناطق حوزه تغییرات مثبت بوده و پوشش گیاهی پدیدار گشته است. سطح کل تغییرات معادل  $11/3$  درصد از کل حوزه مطالعاتی بوده است.

از این تغییرات  $85031$  هکتار منفی بوده و پوشش گیاهی از بین رفته و  $10259$  هکتار از تغییرات مثبت بوده و در کلاس احیاء می باشد (شکل ۶). اختلاف این دو عدد برابر است با  $74772$  که همان تخریب خالص می باشد.

برای تولید نقشه‌های نهایی پوشش گیاهی منطقه از شاخص  $WDVI$  که بالاترین ضریب همبستگی و بالاترین دقت کلی را داشت استفاده شد. با تولید نقشه‌های پوشش گیاهی سال‌های  $1990$  و  $2006$  سطح پوشش برای سال  $1990$  معادل  $101247$  و برای سال  $2006$  معادل  $26475$  هکتار به دست آمد ( $74772$  هکتار تخریب خالص). تمرکز پوشش گیاهی در اطراف شهر زابل و روستاهای اطراف است و به خصوص به سمت قسمت‌های جنوبی و غربی، پوشش بسیار ناچیز است. البته این بدان معنی نیست که در طول این دوره هیچ احیای پوشش گیاهی رخ



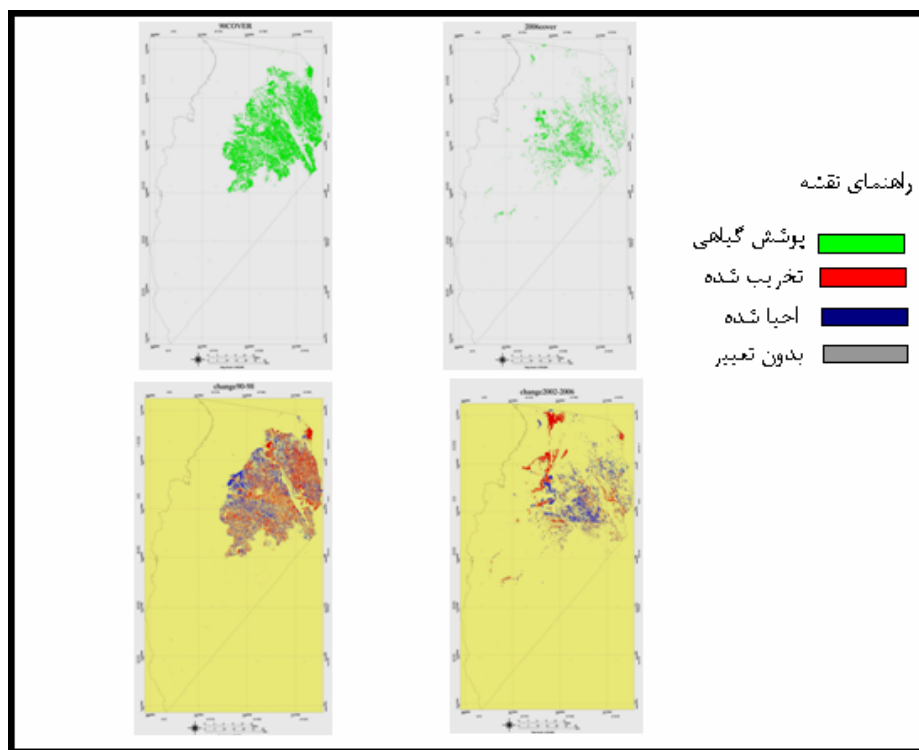
(a)



(b)

شکل ۵- نمایی از دریاچه هامون قبل و بعد از خشکسالی در منطقه سیستان.





شکل ۶- از چپ به راست پوشش گیاهی سیستان در سال ۱۹۹۰ و ۲۰۰۶ و در ردیف پایین تغییرات پوشش گیاهی در طول دوره زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶.

نشان دهنده قدرت تفکیک پوشش گیاهی از سایر عوارض زمینی در تولید نقشه پوشش گیاهی است. کلورز (۱۹۸۹)، نشان داد که شاخص  $WDVI$  را می توان برای ارزیابی شاخص سطح برگ به کار برد. این شاخص به خوبی اثر زمینه ای خاک را تصحیح می کند و حتی قسمت های مرده گیاهی را لحاظ نمی کند. بعد از شاخص  $WDVI$ ، شاخص  $NDVI$  با ضریب همبستگی ۸۶ درصد قرار می گیرد. شاخص  $NDVI$  اولین بار در سال ۱۹۷۳ مطرح شد (روز و همکاران، ۱۹۷۴) و فراگیرترین شاخصی می باشد که تاکنون در مطالعات زیادی از آن استفاده شده است. همانطور که از فرمول آن مشخص است (جدول ۱) دامنه آن از -۱ تا +۱ است. در مناطقی که پوشش بیش از ۳۵ درصد باشد به خوبی می تواند میزان پوشش را به دست آورد ولی هرچه پوشش کمتر شود

اگرچه وارویش و فائور (۲۰۰۸) و روز و همکاران (۱۹۷۴)، شاخص  $NDVI$  را عمومی ترین شاخص در ارزیابی پوشش گیاهی دانستند و محققان زیادی در مطالعات خود از این شاخص استفاده کرده اند (رید و همکاران، ۱۹۹۴؛ اندرسون و همکاران، ۲۰۰۶؛ موربستی و همکاران، ۲۰۰۶؛ واشینگتون آلن و همکاران، ۲۰۰۸؛ هانگ و همکاران، ۲۰۰۸) ولی نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص  $WDVI$  با ضریب همبستگی ۸۹ درصد بالاترین همبستگی را با تاج پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه دارد. چون در این شاخص شیب خط خاک به کار گرفته شده است و اثرات منفی خاک زمینه ای به خوبی حذف می شود و در آن تفکیک پوشش گیاهی با دقت بالاتری صورت می گیرد (کلورز). دقت کلی و ضریب کاپا مربوط به این شاخص به ترتیب ۸۳/۲۷ درصد و ۰/۶۴ است که

سنجنده نشان داد که می‌توان از آن برای تخمین تاج پوشش در مناطقی که پوشش گیاهی به خوبی نمایان بوده و زمینه خاک لخت به طور کامل مشخص و متمایز است حتی با یک طبقه‌بندی نظارت نشده هم درصد تاج پوشش را به دست آورد و دقت تخمین با روش‌های سطحی (مثلاً پلات گذاری) را افزایش داد. از آنجا که این تصاویر دارای قدرت تفکیک بسیار خوبی می‌باشند و یک دید عمودی ارائه می‌دهند، میزان تاج پوشش را بهتر نمایان می‌کنند و حتی می‌توان از آنها نقشه واقعیت زمینی تهیه کرد.

با استفاده از شاخص پوشش گیاهی  $WDVI$ ، مشخص شد که سطح پوشش گیاهی از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۶ معادل  $74742$  هکتار کاهش یافته است. با مرور منابع (کالوندی، ۱۳۸۷؛ بیگ محمدی، ۱۳۸۴) و گفتگو با کارشناسان محلی مشخص گردید که خشکسالی هیدرولوژیکی سهم عمده‌ای در تخریب پوشش دارد که در اثر قطع شدن آب هیرمند و خشک شدن دریاچه‌ها و به تبع آن رها شدن اراضی کشاورزی می‌باشد. بطور کلی خشکسالی و خشک شدن کامل دریاچه هامون، از بین رفتن نیزارها و عدم دسترسی به منابع آب جایگزین همچون نداشتن منابع آب زیر زمینی و یا عدم وجود منابع آب سطحی جایگزین از مهمترین عوامل تخریب پوشش گیاهی بوده‌اند.

مقایسه تصاویر طبقه‌بندی شده نشان داد که عمده تخریب پوشش گیاهی مربوط به زمین های کشاورزی است که در زمان کم آبی زیر کشت نرفته و رها شده‌اند. مابقی تخریب پوشش گیاهی مربوط به زمین‌های مرتعی و حواشی مسیر رودخانه و نیزارها می‌باشد که به صورت طبیعی در منطقه حضور داشتند. با مطالعه دقیق‌تر بر روی تصاویر به دست آمده مشخص شد که بر خلاف تخریب شدید، قسمت‌هایی از منطقه نسبت

به علت اثرات زمینه‌ای خاک، خطای آن بیشتر می‌شود. از این رو در برخی شاخص‌های جدیدتر نظیر  $WDVI$  (کلوز، ۱۹۸۹) سعی شد اثر زمینه‌ای خاک حذف گردد تا پوشش کم و تنک نواحی خشک و نیمه خشک بهتر تخمین زده شده و به تصویر درآید. شاخص‌های  $MSAVI_1$  و  $TSAVI_2$  (از گروه  $SAVI$ ) نیز بعد از  $WDVI$  و  $NDVI$  همبستگی خوبی را با تاج پوشش نشان دادند. فرزاد مهر و همکاران (۱۳۸۴) بیان کردند که شاخص‌های  $MSAVI_1$  و  $TSAVI_1$  همبستگی بالایی با تاج پوشش در مناطق خشک دارند. در مناطق خشک و نیمه خشک به علت اثر سایه ایجاد شده توسط اندام‌های هوایی و جذب نور قرمز توسط برگ‌ها و ساقه‌ها (با وجود اینکه روشنایی سطح خاک زیاد می‌باشد) شاخص‌های این گروه توانایی خوبی در برآورد مقادیر کم پوشش گیاهی دارند (ماتر، ۱۹۹۹؛ لیلساند و کیفر، ۱۹۸۷). طبق تحقیقات بارت و همکاران (۱۹۹۳)، علت این امر کم شدن اثر بازتاب خاک زمینه از طریق اعمال نمودن ضریب  $L$  اصلاحی می‌باشد. از آنجا که منطقه مورد مطالعه خشک و دارای پوشش کم و تنک شامل بوته‌زارهای پراکنده شور و سیاه شور و علفزارهای تنک بونی، نیزارها و جگن‌ها و نیز جنگل‌های تنک تاغ و گز بوده، به نظر می‌رسد که اثر زمینه‌ای خاک تا حد زیادی تاثیر داشته و از اینرو ۳ شاخص از ۴ شاخص برتر آنهایی بودند که اثرات زمینه‌ای خاک را در آنها لحاظ کرده بودند.

در اندازه‌گیری صحرائی برآورد تاج پوشش جوامع درختی دشوار و چون سطح پلات زیاد است خطا افزایش می‌یابد، از این رو برای کاهش خطای تخمین تاج پوشش علاوه بر اندازه‌گیری صحرائی با پلات از تصاویر سنجنده  $Quickbird$  نیز کمک گرفته شد. نتایج طبقه‌بندی مربوط به تصاویر این

از این رو در برخی شاخص‌های جدیدتر نظیر WdVI سعی شد اثر زمینه‌ای خاک حذف گردد تا پوشش کم و تنک نواحی خشک و نیمه خشک بهتر تخمین زده شود و به تصویر درآید. شاخص‌های  $MSAVI_1$  و  $TSAVI_2$  (از گروه SAVI) نیز بعد از WdVI و NDVI همبستگی خوبی را با تاج پوشش گیاهی در مناطق بیابانی نشان دادند.

با استفاده از شاخص پوشش گیاهی WdVI، مشخص شد که سطح پوشش گیاهی از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۰۰۶ معادل ۷۴۷۴۲ هکتار کاهش یافته است که سهم خشکسالی هیدرولوژیکی سهم عمده‌ای در تخریب پوشش بوده و در اثر قطع شدن آب هیرمند و خشک شدن دریاچه‌ها و به تبع آن رها شدن اراضی کشاورزی و عدم دسترسی به منابع آب جایگزین همچون نداشتن منابع آب زیر زمینی و یا عدم وجود منابع آب سطحی جایگزین روند تشدید بیابان‌ساز گردیده و به نظر می‌رسد در صورت عدم بکارگیری روشهای مناسب و مذاکرات منطقه ای و بین المللی بر سر آب رود هیرمند و عدم رعایت حقایق ایران (۵۰ متر مکعب بر ثانیه) در آینده منطقه سیستان (انبار غله ایران) با مشکلات عدیده تری روبرو خواهد شد. از طرفی دیگر میزان تبخیر و تعرق منطقه سیستان تا ۵۰۰۰ میلی متر در سال می‌رسد و این در حالی است که میزان بارندگی سالانه آن تنها حدود ۵۰ میلی متر در سال است. به دنبال خشک شدن دریاچه، پوشش گیاهی منطقه از قبیل نیزارها، درختان مختلف و گیاهان مرتعی از بین رفته و زمین های کشاورزی نیز رها شده اند. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان نیز، به شدت باعث افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، ایجاد تنش های خشکی و دمایی و سایش گیاهان به وسیله ذرات حمل شده توسط باد گردیده و به شدت تعداد، حجم و رشد و نمو گیاهان را محدود ساخته است.

به قبل افزایش پوشش داشته‌اند. این مناطق شامل: الف) جنگل‌های اطراف چاه نیمه‌ها که به صورت دستی کاشته شده و از آب موجود در چاه نیمه‌ها تغذیه می‌کنند، ب) جنگل های نیاتک که دست کاشت بوده و توسط اداره منابع طبیعی سیستان با استفاده از آب زیر قشری (حفر بستر رودخانه به عمق ۶ متر) آبیاری می‌شدند، ج) مراتع قرق لورگ باغ که در بستر دریاچه واقع است و پوشش غالب آن را نی تشکیل می‌دهد. پوشش این منطقه با کاشت قلمه‌های نی احیاء و توسط اداره منابع طبیعی زابل قرق اعلام گردید، عدم چرا و بهره‌برداری از این منطقه باعث احیای مجدد پوشش و زاد آوری طبیعی آن گردید، د) منطقه قرقری که در مدت خشکسالی به علت نزدیک بودن به مرز افغانستان و ورودی آب به دریاچه، در پاره‌ای موارد زیر آب رفته و درختان گز به صورت طبیعی رشد کرده‌اند. این منطقه کم‌ترین خسارت را از خشکسالی دیده است.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج حاصله می‌توان نتیجه گرفت که بهترین شاخص گیاهی مناسب برای مطالعه پوشش گیاهی مناطق بیابانی، شاخص WdVI می‌باشد چرا که به سهولت تغییرات پوشش گیاهی مناطق تنک و بیابانی را تشخیص داده و تغییرات آن را در طول زمان بررسی می‌نماید. از آنجا که در این شاخص شیب خط خاک به کار گرفته می‌شود، اثرات منفی خاک زمینه‌ای به خوبی حذف شده و در آن تفکیک پوشش گیاهی با دقت بالاتری صورت می‌گیرد. شاخص WdVI را نیز می‌توان برای ارزیابی شاخص سطح برگ به کار برد. این شاخص به خوبی اثر زمینه‌ای خاک را تصحیح کرده و حتی قسمت‌های مرده گیاهی را لحاظ نمی‌کند. بعد از شاخص WdVI، شاخص NDVI با ضریب همبستگی بسیار بالا قرار می‌گیرد.

بذور گیاهان موجود نیز به دلایل مختلف از جمله خشک یا مدفون شدن بذور در اعماق خاک و یا قرار گرفتن در مکان نامناسب برای جوانه زنی، از بین رفته اند. بنابراین انتظار بهبود پوشش گیاهی منطقه در کوتاه مدت به سختی وجود دارد. همچنین با توجه به اینکه منابع آب منطقه در دهه های آتی رو به کاهش خواهد نهاد، لزوم بهره گیری از روش های جامع مدیریت آب در تمام بخش ها اعم از ذخیره، انتقال و توزیع بسیار ضروری و گریز ناپذیر به نظر می رسد. در نهایت انتظار می رود که با اعمال روش های مدیریتی صحیح، توزیع پایدار آب، مذاکرات منطقه ای، کشاورزی اصولی و همچنین ایجاد شرایط بهینه هیدرولوژیکی، روند تخریب پوشش گیاهی در آینده رو به کاهش گذارد.

در پایان به منظور مطالعه پوشش گیاهی با استفاده از تکنیک سامانه اطلاعات جغرافیایی و دورکاوی پیشنهادات زیر ارائه می گردد:

۱- برای کاهش هزینه ها و حذف دوباره کاری و موازی کاری بهتر است یک بانک اطلاعات زمینی برای این منطقه تهیه گردد.

۲- پیشنهاد می شود به جای استفاده از شاخص های طیف وسیع<sup>۱</sup> از شاخص های طیف نازک<sup>۲</sup> استفاده گردد، زیرا این شاخص ها می توانند میزان لیگنین گیاهی، کربن و سلولز را به دقت بررسی کرده و خصوصاً برای مناطق بیابانی که دارای گیاهان خشبی با برگهای کمتر است، مفیدتر می باشد.





## منابع

- امینی، م.ر.، شتایی، ش.، غضنفری، ه. و م. معیری. ۱۳۸۷. بررسی تغییرات گستره جنگل های زاگرس با استفاده از عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: جنگل های آرمرده بانه). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵: ۲۰-۱۰.
- بیک محمدی، ح.، نوری، ه.، و ج. بذرافشان. ۱۳۸۴. اثرات خشکسالی های ۱۳۷۷-۱۳۸۳ بر اقتصاد روستایی سیستان و راهکارهای مقابله با آن. فصلنامه جغرافیا و توسعه. سال سوم. شماره ۵. صفحه ۵۳.
- خواجه الدین، س.ج. و س. پورمنافی. ۱۳۸۶. تعیین سطح شالیزارهای حاشیه زاینده رود در منطقه اصفهان با داده های رقمی ماهواره IRS. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی: ۱۱: ۵۲۷-۵۱۳.
- زبیری. م. و مجد، ع.، ۱۳۷۵. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۶ صفحه.
- شتایی، ش. و الف. عبدی. ۱۳۸۶. تهیه نقشه کاربری اراضی در مناطق کوهستانی زاگرس با استفاده از داده ای سنجنده ETM<sup>+</sup> (منطقه مورد مطالعه: حوزه سرخاب خرم آباد لرستان). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۴: ۶۰-۵۰.
- عبداللهی، ج.، رحیمیان م.ح. و م.ح. ثوابی. ۱۳۸۶. محدودیت ایجاد نقشه پوشش گیاهی توسط تصاویر ماهواره های لندست ETM<sup>+</sup> در خشکسالی ها. فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۴: ۳۰۱-۲۸۹.
- علوی پناه، س.ک. ۱۳۸۳. بررسی بیابانزایی و تغییرات اراضی پلایای دامغان با استفاده از داده های ماهواره ای چندزمانه و چندطیفی. مجله بیابان، جلد ۹: ۱۱-۲۰.
- علوی پناه، س.ک.، احسانی، الف.ه.، متین فر، ح.ر.، رفیعی امام ع. و ر. امیری. ۱۳۸۵. مقایسه محتوای اطلاعاتی سنجنده های TM و ETM<sup>+</sup> در محیط های بیابانی و شهری ایران. پژوهش های جغرافیا، ۵۶: ۶۴-۴۷.
- فرزادمهر، ج.، ارزانی، ح. و ع.الف. نظری سامانی. ۱۳۸۴. بررسی قابلیت های داده های چند زمانه ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی (مطالعه موردی: منطقه استپی بخشعلی نعمتی-ساوه). مجله منابع طبیعی، ۵۸: ۷۱۹-۷۲۹.
- فرزادمهر، ج.، ارزانی ح.، درویش صفت، ع.الف. و م. جعفری. ۱۳۸۳. بررسی قابلیت داده های ماهواره لندست ۷ در برآورد تاج پوشش و تولید گیاهی (مطالعه موردی: منطقه نیمه استپی حنا-سمیرم). مجله منابع طبیعی ایران، ۵۷: ۱-۱۵.
- کالوندی، م. ۱۳۸۷. احداث تصفیه خانه های بیولوژیک برای مقابله با خشکسالی سیستان، هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران. ۵۲۷ صفحه
- لطیفی ه.، اولادی ج.، ساروئی س. و ح. جلیلود. ۱۳۸۶. ارزیابی قابلیت ماهواره ETM<sup>+</sup> جهت تهیه نقشه طبقات پوششی "اراضی جنگلی، درختچه ای و مرتعی" (مطالعه موردی: حوزه نکا-ظالم رود-مازندران). مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی: ۱۱: ۴۴۷-۴۳۹.

متین فر، ح.ر.، سرمیدیان ف.، علوی پناه س.ک. و ر. هک.، ۱۳۸۶. تعیین نوع کاربری و پوشش اراضی بوسیله داده‌های لندست ۷ (ETM<sup>+</sup>) با استفاده از روش شیء گرا (منطقه کاشان). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۴: ۶۰۲-۵۸۹.

نوری. س. ۱۳۸۳. تعیین شاخص‌های مناسب ارزیابی پوشش گیاهی مراتع بیلاقی استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد مرتعداری. دانشگاه تربیت مدرس، ۱۵۶ صفحه.

- Anderson, R.P., A.T. Peterson and S.L. Egbert. 2006. Vegetation-index models predict areas vulnerable to purple loosestrife (*lythrum salicaria*) invasion in Kansas. Southwest. Nat. 51: 471-480.
- Baret, F., S. Jaquemound and J.F. Hancoq. 1993. The Soil Linear Concept in Remote Sensing, Remote Sensing Reverte. 7: 65-82.
- Carreiras J.M.B., J.M.C. Pereira and J.S. Pereira. 2006. Estimation of tree canopy cover in evergreen oak woodlands using remote sensing. Forest Ecol. Manag. 223: 45-53.
- Clevers, J.G.P.W. 1989. The Application of a Weighted difference Vegetation Index for Estimating LAI by Correcting for Soil Moisture. Remote Sens. Environ. 19: 25-37
- Cui, L. 2008. Research on monitoring the changes of desertification based ob remote sensing. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing. P 1009-1011.
- Darwish, T. and G. Faour. 2008. Rangeland degradation in two watersheds of Lebnon. Lebanese Sci. J. 9: 71-80.
- Harasheh, H. and R. Tateishi. 2000. Desertification mapping of west Asia – A GIS and remote sensing application. Web: [www.gisdevelopment.net/aars](http://www.gisdevelopment.net/aars).
- Huang, C. and G.P. Asner. 2009. Applications of remote sensing to alien invasive plant studies. Sensors, 9: 4869-4889.
- Huang, C., E. Geiger, W. van Leeuwen and S. Marsh. 2009. Discrimination of invaded and native species sites in a semi-desert grassland using MODIS multi-temporal data. Int. J. Remote Sens. 30: 897-917.
- Lillesand, T. M. and R.W. Kiefer. 1994. Remote Sensing and Image Interpretation, 2<sup>nd</sup> ed. Johan Wiley and sons, New York, 750 p.



## A study of vegetation in Sistan region through satellite data

H. Shafei<sup>1</sup>, S. M. Hosseini<sup>2</sup>

### Abstract

Desertification means land degradation in arid, semi-arid, and semi-humid areas, which happens due to changes in climatic conditions and human activities. Sistan plain is a dry area in the eastern part of Iran that is suffering from desertification as the main problem. The main purpose of this two-year study is to assess changes in the vegetation of the region within the time period from 1990 to 2006. Field sampling, satellite images, and related software were used to conduct the present study. First of all, field sampling method was randomly and systematically performed in 26 well-known sites. For each site, nine 10×10 m plots were recorded. In the next stage, the required processes were conducted on the satellite images and vegetation indices were generated. Correlation analysis was performed between data related to land coverings and spectral values of corresponding pixels. The highest correlations obtained among 83 estimated indicators were related to indices of WDVI, NDVI<sub>ab</sub>, TSAVI<sub>2</sub> and MSAVI<sub>1</sub>, respectively. The obtained images were classified into two coverage and non-coverage groups. Then the precision of plots were evaluated and the highest precision of 83.27% was related to the plot taken for WDVI which had the highest correlation coefficient ( $p < 0.01$  and  $R^2 = 0.89$ ) as well. Based on these plots, vegetation rate was determined as 101247 acre for 1990 which decreased to 26475 acres for 2006.

**Words Note:** desertification, vegetation index, WDVI, vegetation, remote sensing, Sistan.

---

1- Graduated student of Desertification, University of Zabol

2- Graduated student of Desertation, Islamic Azad University, Arsenjan Branch