

تأثیر خشکسالیها بر تخریب پوشش گیاهی منطقه سیستان

سید محمود حسینی^{۱*}، حامد شفیعی^۲، محمدرضا اختصاصی^۳ و سعید محتشم نیا^۴

*- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد بیابان‌زدایی و عضو باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

پست الکترونیک: Mahmud.hoseini@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه زابل

۳- دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد

۴- استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۲/۲۹

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲۱

چکیده

امروزه استفاده از سامانه‌های اطلاعات جغرافیایی و تصاویر ماهواره‌ای از جایگاه ویژه‌ای در مطالعات مربوط به منابع طبیعی و محیط زیست برخوردار است. مقایسه تصاویر بدست‌آمده از یک دوره زمانی مشخص می‌تواند روند تغییرات هر منطقه را نشان دهد. منطقه سیستان در جنوب شرقی ایران شاهد چندین دوره خشکسالی در طی قرن اخیر بوده و خشکسالی سالهای ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۶ را می‌توان وخیم‌ترین شرایط خشکی در طی ۶۰۰ سال گذشته عنوان نمود، که آثار زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی زیادی را به دنبال داشته است. در این تحقیق با استفاده از تصاویر سنجنده TM سال ۱۹۹۸ که مربوط به زمان قبل از خشکسالی بوده و نیز تصاویر سنجنده ETM⁺ سال ۲۰۰۲ که در زمان خشکسالی برداشت شده است، تغییرات پوشش گیاهی سیستان به کمک شاخص گیاهی WVDI (Weighted Difference Vegetation Index) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سطح پوشش گیاهی سیستان از ۱۰۱ هزار هکتار در سال ۱۹۹۸ به ۲۴ هزار هکتار در سال ۲۰۰۲ کاهش یافته که عمدتاً کاهش در سطح اراضی زراعی و حذف کشت و کار بوده و احیا پوشش گیاهی منحصر به مناطقی نظیر چاه نیمه، نیاتک، قرقری و مراتع قرق شده لورگ باغ به‌صورت جنگلهای دست‌کاشت و مناطق حفاظتی بوده است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی، سیستان، WVDI، پوشش گیاهی، TM، ETM⁺

مقدمه

رشد فزاینده جمعیت، محدود بودن منابع و برهم خوردن تعادل اکولوژیکی حاکم بر محیط زیست در اثر بهره‌برداریهای بی‌رویه انسان و تغییرات اقلیمی در چند دهه اخیر باعث بروز مشکلاتی در سراسر جهان و از جمله کشور ما نظیر بروز سیل‌های مخرب، وقوع طوفانهای شدید و ظهور رخساره‌های فرسایش بادی گردیده است (اختصاصی و مهاجری، ۱۳۷۵). امروزه به‌دلیل قابلیت بالای تصاویر ماهواره‌ای در به‌هنگام بودن، قابلیت چندطیفی، امکان تکرار و پوشش وسیع و افزایش

روزافزون توان تفکیک طیفی و مکانی، می‌توان از آنها جهت مطالعه و بررسی اثرات خشکسالی و پدیده بیابان‌زایی استفاده کرد (زبیری و مجد، ۱۳۷۵)، (Harasheh & Tateishi, 2000). در دهه اخیر بیابان‌زایی و خشکسالی در ایران به‌شدت در حال گسترش بوده و به‌علت کمبود بودجه و نیروی انسانی، استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی^۱ و دورکاوی^۲ می‌تواند هزینه چنین مطالعاتی را به مقدار قابل‌توجهی تقلیل دهد (فلاح

¹ Geographical Information System
² Remote Sensing

۷۳ شاخص گیاهی و تصاویر ماهواره‌ای ETM⁺ بهره جست.

امینی و همکاران (۱۳۸۷)، تغییرات گستره جنگلهای زاگرس را با این تکنیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که 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 داده‌های لندست ۷ (ETM⁺) با استفاده از روش شیء‌گرا 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 (Darwish & Faour, 2008) 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. (Cui, 2008) 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.

از آنجا که در چند سال اخیر منطقه سیستان با خشکسالیهای پی در پی مواجه شده، این مسئله موجب تشدید پدیده بیابانزایی در منطقه گردیده است. از این رو برآورد آثار ناشی از خشکسالی بر تولیدات بیولوژیک منطقه امری ضروری می‌باشد. هدف از این مطالعه بررسی آثار ناشی از خشکسالی سالهای اخیر روی تخریب پوشش گیاهی منطقه سیستان با بهره‌گیری از سامانه اطلاعات جغرافیایی و دورکاوی است.

شمسی، (۱۳۷۵). 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 نظیر NDVI^۱، SAVI^۲، MSAVI^۳ و WdVI^۴ ابداع گردید تا از طریق آنها بتوان روند تغییرات پوشش گیاهی را در طول زمان اندازه‌گیری و تجزیه تحلیل نمود (شفیعی، ۱۳۸۶).

مشخصه اصلی و عمومی تمام بیابانها کمبود یا فقدان پوشش گیاهی، به‌عنوان عامل اصلی زیست‌توده^۵ در اغلب اکوسیستمهای جهان است. کاهش نزولات آسمانی سالیانه، اختلاف شدید دمای فصول سرد و گرم و حتی شبانه‌روز، تبخیر شدید، شور و قلیایی بودن اراضی، فرسایش‌پذیر بودن خاک و وقوع بادهایی با سرعت بیش از سرعت آستانه فرسایش خاک از خصوصیات این مناطق بوده و سبب تشدید فرایند بیابانزایی می‌گردد. بیابانزایی پدیده‌ایست که از تخریب سرزمین در نواحی خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب خشک در اثر فعالیتهای انسانی و تغییرات اقلیمی حادث شده و حدود ۴۱ درصد از سطح زمین را فرا گرفته است (حسینی، ۱۳۸۷). هیل و همکاران، تخمین پوشش گیاهی منطقه مدیترانه را با داده‌های TM^۶ بین سالهای ۱۹۸۴ تا ۱۹۹۶ مورد مطالعه قرار دادند (Hill et al., 1995). مؤسسه DELF هلند، پروژه‌ای تحت عنوان "مدیریت جامع منابع آب سیستان" را به تقاضای مؤسسه تحقیقات آب وزارت نیرو انجام داد. در بخشی از این پروژه برای مطالعه پوشش گیاهی دریاچه هامون از شاخص NDVI استفاده گردید و توانست تغییرات منفی پوشش گیاهی را به وضوح آشکار سازد (Delf, 2007).

نوری (۱۳۸۴)، جهت تعیین شاخصهای مناسب ارزیابی پوشش گیاهی در مراتع بیلاقی استان مازندران از

^۱ Normalized Difference Vegetation Index

^۲ Soil Adjusted Vegetation Index

^۳ Modified Soil Adjusted Vegetation Index

^۴ Weighted Difference Vegetation Index

^۵ Biomass

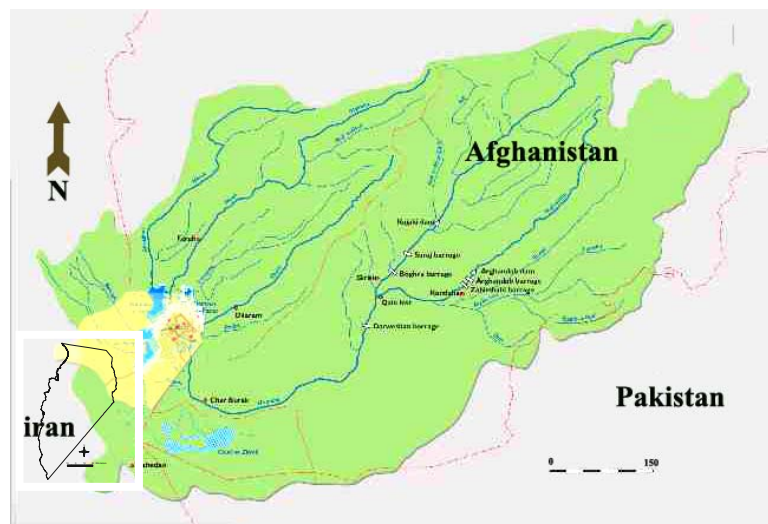
^۶ Thematic Mapper

مواد و روشها

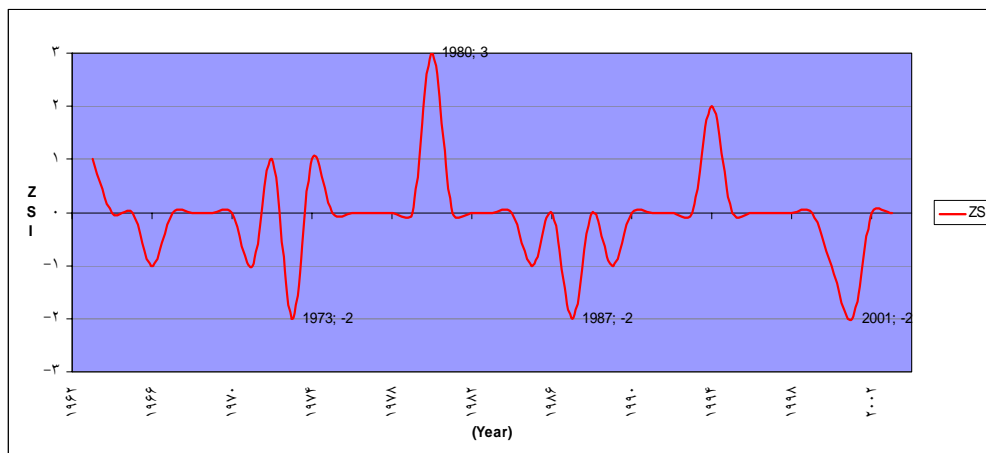
سیستان دلتایی پرجمعیت بوده که در جنوب شرقی ایران و در محدوده جغرافیایی $18^{\circ} 36' 60''$ تا $24^{\circ} 48' 61''$ طول شرقی و $30^{\circ} 03' 32''$ تا $30^{\circ} 50' 22''$ عرض شمالی قرار دارد. این منطقه در تقسیمات سیاسی جز استان سیستان و بلوچستان (دومین استان پهناور کشور) بوده و از شمال و شرق با کشور افغانستان، از غرب با استان خراسان جنوبی و از جنوب با شهرستان زاهدان هم‌مرز است. حوزه سیستان بخشی از حوزه بسیار بزرگ رودخانه هیرمند بوده که حدود ۱۵۰۰۰۰ کیلومترمربع وسعت دارد و سیستان تنها ۵٪ آن را تشکیل

می‌دهد (شکل ۱).

اقلیم منطقه سیستان خشک و فراخشک و متوسط بارندگی آن ۵۸/۸ میلی‌متر بوده و بیشترین ریزش آن در زمستان است (حسینی، ۱۳۸۷). در این تحقیق ابتدا به تحلیل خشکسالی منطقه مورد مطالعه با استفاده از شاخص ZSI^1 که از مقبولیت خاصی در بین شاخصهای خشکسالی برخوردار است پرداخته شد. پس از تکمیل و تصحیح داده‌های ایستگاه سینوپتیک زابل (۱۹۶۳ تا ۲۰۰۳)، از شاخص مورد نظر جهت پایش خشکسالی با بهره‌گیری شاخص مرتبه Z برای یک دوره ۴۱ ساله بهره گرفته شد (نمودار ۱).



شکل ۱- حوزه رودخانه هیرمند (Delft Hydraulics, 2007)



نمودار ۱- گراف مربوط به شاخص ZSI در منطقه مورد مطالعه سیستان (۱۹۶۳ تا ۲۰۰۳).

گواهی تاریخ در ۶۰۰ سال اخیر بی‌نظیر بوده است (UNEP³, 2006). محدوده مورد مطالعه، با وسعت معادل ۸۳۸۰۹۷.۱ هکتار، بخشهای مرکزی، میانکنگی، شهرکی، نارویی، شیب آب و قسمتی از پشت آب را شامل می‌گردد؛ به طوری که اوضاع سیستان و تغییرات پوشش گیاهی آن را به خوبی تحت پوشش قرار می‌دهد. جدول ۱ گونه‌های گیاهی موجود در منطقه و جدول ۲ تغییرات تعداد دام را در زمان خشکسالی در سال ۲۰۰۲ و پیش از آن در سال ۱۹۹۸ را نشان می‌دهد.

به منظور انجام این تحقیق دو فریم سنجنده TM متعلق به ۱۵ آوریل ۱۹۹۸ و دو فریم سنجنده ETM⁺ متعلق به ۱۳ آوریل ۲۰۰۲، نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰۰ مربوط به دشت سیستان (منطقه زابل، سال ۱۳۸۱، تولیدی سازمان جغرافیایی ارتش) و همچنین اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، هواشناسی، نقشه کاربری اراضی و محیط نرم‌افزارهای ENVI 4.32 و ARCVIEW3.3 استفاده گردید. سعی شد هر دو سری تصاویر از لحاظ فصل و ماه با هم مطابقت داشته باشند و متعلق به فصلی باشند که پوشش گیاهی در وضعیت مطلوبی قرار دارد. پیش از پردازش داده ماهواره‌ای ابتدا لازم است اصلاحاتی از جمله تصحیح هندسی^۴ بر روی تصویر خام انجام گیرد تا مختصات تمام تصاویر تصحیح و یکسان شود. به این منظور فایل استاندارد (MrSID) که توسط سازمان نقشه‌برداری ایران برای زمین مرجع نمودن تولید شده بود تهیه و توسط آن تصحیح هندسی در تصاویر ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ انجام گردید. به این صورت که ابتدا از بین تصاویر رنگی کاذب، بهترین ترکیب باندی، ترکیب ۵۴۲ که عوارض منطقه را به خوبی نشان می‌داد، در نرم‌افزار PCI GEOMATICA تهیه شد. سپس در نرم‌افزار ENVI باندهای ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷ بهم چسبانده و متصل شدند (از آنجا که باندهای ۸ و ۶ موجب افزایش همبستگی با دیگر پوششها می‌شود در این مطالعه حذف گردیدند). در

گراف موجود بیانگر آنست که یکی از شدیدترین دوره‌های خشکسالی در دوره زمانی ۱۹۹۸-۲۰۰۲ رخ داده است.

ارتفاع منطقه بین ۴۳۰ تا ۵۹۰ متر و دارای شیب عمومی یکنواخت و جزئی (کمتر از ۳ درصد) است. از نظر زمین‌شناسی نوع سازند منطقه عموماً کواترنر است، ولی کوه خواجه مستثنی بوده و متشکل از رخنمون بازالتی متعلق به دور پلیستوسنی می‌باشد. خاکهای منطقه نیز عموماً در رده انتیسول^۱ و اریدیسول^۲ قرار داشته و از تکامل پروفیلی بسیار کمی برخوردار می‌باشند. منطقه سیستان دربرگیرنده قسمتهای مختلف دریاچه هامون بوده که در قسمتهای شمالی و غربی دشت سیستان واقع شده‌اند. تالاب هامون پوزک با وسعتی معادل ۱۰۰۰۰ هکتار و هامون سابوری و هلمند با وسعتی حدود ۵۰۰۰۰ هزار هکتار تالابهایی مهم برای پرندگان مهاجر زمستانی می‌باشند. از نظر جمعیتی، جمعیت سیستان بیش از ۴۰۰۰۰۰ هزار نفر بوده و اقتصاد منطقه بر محور کشاورزی آبی و دیم و منابع دریاچه استوار است (سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۶). در سال ۱۹۵۰ در اثر خشکسالی و مهاجرت مردم از منطقه، دولت اقدام به احداث یک کانال از محل انشعاب هیرمند به پستی‌های طبیعی منطقه نمود. این امر موجب شد تا در زمان خشکسالی آب شرب مردم تأمین و از مهاجرت ناخواسته آنها جلوگیری گردد. تعداد این مخازن که به علت عمق کم به چاه نیمه معروف می‌باشند، سه عدد بوده و با تکمیل و آماده‌سازی چاه نیمه چهارم، حجم کل آنها به ۱۵۳۰۰۰۰۰ مترمکعب رسید (Delf, 2007). علاوه بر خشکسالی که در سال ۱۹۵۰ رخ داد، این منطقه بارها شاهد دوره‌های کم‌آبی بوده که از آن جمله می‌توان به دوره ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ اشاره نمود. در این دوره منطقه را خشکسالی شدیدی فرا گرفت، به طوری که افراد مسن محلی آن را در ۱۰۰ سال اخیر بی‌سابقه دانسته و به

³ United Nations Environment Program

⁴ Geometric Correction

¹ Entisols

² Aridisols

مرحله بعد بیش از ۲۵ نقطه شاخص و کنترلی نظیر تقاطع جاده‌ها، آبراهه‌ها، فرودگاه و خط‌الرأسها مشخص و در تصاویر متناظر علامت‌گذاری گردیدند. سپس با نمونه‌برداری مجدد و به روش نزدیکترین همسایه، تصاویر کشیده شد.

جدول ۱- گونه‌های مشاهده شده در منطقه مورد مطالعه سیستان

ردیف	نام علمی	خانواده	نام فارسی و محلی	فرم رویشی	طول عمر
۱	<i>Aeluropus littoralis</i>	Poaceae	بونی	علفی	چندساله
۲	<i>Aeluropus repens</i>	Poaceae	بونی	علفی	چندساله
۳	<i>Alhagi comelerum</i>	Papilionaceae	خارشتر	بوته‌ای	چندساله
۴	<i>Atriplex canescens</i>	Chenopodiaceae	آتریپلکس	بوته‌ای	چندساله
۵	<i>Cornulaca monacana</i>	Chenopodiaceae	تارون	بوته‌ای	چندساله
۶	<i>Haloxylon amodendron</i>	Chenopodiaceae	سفیدتاغ	درختچه‌ای	چندساله
۷	<i>Haloxylon persicum</i>	Chenopodiaceae	سیاه‌تاغ	درختچه‌ای	چندساله
۸	<i>Hammada salicornica</i>	Chenopodiaceae	رمس	درختچه‌ای	چندساله
۹	<i>Phragmites communis</i>	Poaceae	نی	علفی	چندساله
۱۰	<i>Salsola crassa</i>	Chenopodiaceae	شور	بوته‌ای	چندساله
۱۱	<i>Salsola indica</i>	Chenopodiaceae	شور	بوته‌ای	چندساله
۱۲	<i>Salsola tomentosa</i>	Chenopodiaceae	شور	بوته‌ای	چندساله
۱۳	<i>Seidletzia rosemarinus</i>	Chenopodiaceae	اشنان	درختچه‌ای	چندساله
۱۴	<i>Sueda fruticosa</i>	Chenopodiaceae	سیاه‌شور	بوته‌ای	چندساله
۱۵	<i>Tamarix aphylla</i>	Tamaricaceae	گز شاهی	درختی	چندساله
۱۶	<i>Tamarix stricta</i>	Tamaricaceae	گز رودخانه‌ای	درختی	چندساله

(منبع: شفیع، ۱۳۸۶)

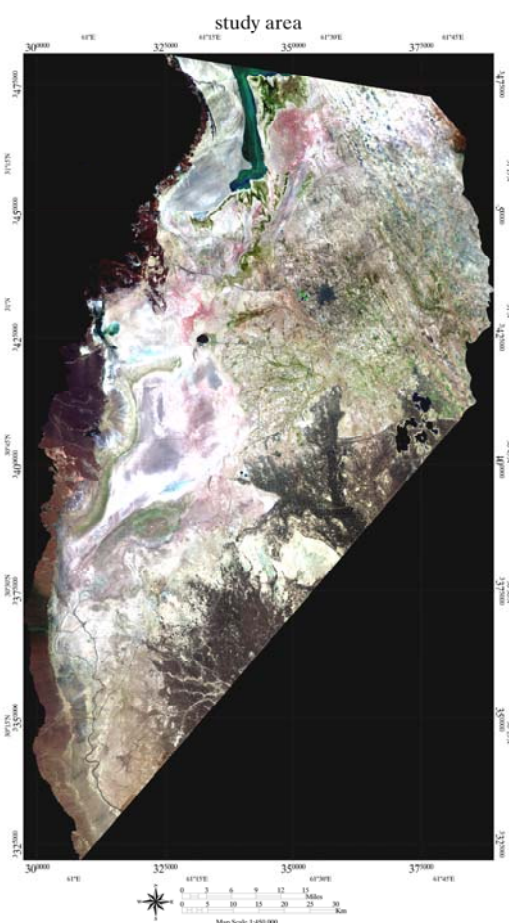
جدول ۲- آمار تعداد دام در زمان دو سال تصویر مطالعه شده

تعداد دام	در زمان خشکسالی (سال ۲۰۰۲)	تا قبل از خشکسالی (سال ۱۹۹۸)
گاو	۶۱۷۵۰	۱۳۵۰۰۰
گوسفند	۴۹۶۰۰۰	۱۰۲۱۰۰۰
بز	۱۲۴۰۰۰	۲۴۲۰۰۰
شتر	۵۷۰۰	۸۳۵۰
ماکیان خانگی	۳۴۲۰۰۰	۴۱۶۶۶۰
ماکیان صنعتی	۱۷۴۳۰۰۰	۲۹۷۵۰۰۰

(منبع: سالنامه آماری استان سیستان و بلوچستان، ۱۳۸۶)

درنهایت تصاویر ثبت داده شده توسط نقشه‌های توپوگرافی، بررسی و صحت آنها تأیید گردید. در ضمن تصحیح رادیومتریکی جهت کاهش آثار منفی اتمسفر، توپوگرافی و سنجنده نیز انجام شد. به‌طورکلی داده‌های

زاویه زنیت خورشیدی $\theta_s =$
 پس از اعمال تصحیحات مورد نیاز روی تصاویر، لازم است محدوده مورد مطالعه (AOI)^۲ که در دو فریم و در ردیفهای ۳۸ و ۳۹ قرار داشتند با هم موزاییک شوند. نکته‌ای که در هنگام موزاییک کردن باید به آن توجه نمود انطباق هیستوگرامها می‌باشد که از طریق محدوده همپوشانی توسط نرم‌افزار ENVI صورت گرفت. همچنین با انتخاب مقدار زمینه‌ای صحیح (معمولاً صفر) حواشی زاید حذف گردید. پس از تولید موزاییک تصاویر، براساس فایل وکتوری مرز، محدوده مورد مطالعه جدا شد (شکل ۲).



شکل ۲- محدوده مورد مطالعه سیستان در تصویر ۱۳ آوریل ۲۰۰۲ سنجنده TM

ماهواره‌ای سنجنده TM در باندهای ۱ و ۳ دارای شکلهای خطای تابش‌سنجی است. به طوری که چندین سطر به صورت نوار سیاه‌رنگ، بدون داده‌های رقومی مشاهده می‌گردد که در واقع برای آن پیکسلها توسط سنجنده اطلاعاتی برداشت نشده است. با استفاده از نرم‌افزار ENVI و کاربرد دستور Replace Bad Lines این نوع خطا به صورت اتوماتیک تصحیح گردید. همچنین از آنجا که در تصاویر، کمترین تأثیر پخشندگی نور مربوط به باند ۷ بود، از آن به عنوان باند مبنا برای تصحیح اتمسفریک سایر باندها استفاده گردید (Lillesand & Kiefer, 1994). در تصاویر TM میزان انحراف ۵ و در ETM⁺، ۳ بود که به علت چسبیده بودن باندها با انتخاب Spatial Subset، انحراف از سایر باندها کاهش یافت. به این منظور پس از اینکه داده‌ها توسط ماهواره کسب شده و به زمین مخابره شدند، ایستگاه زمینی ضرابی بر روی آنها به کار بسته تا سیگنالهای خروجی را به صورت DN^۱ گزارش نماید. DNهای ارسالی براساس ضرایب و نمایه شماره ۱ به بازتاب طیفی تبدیل می‌شود:

نمایه شماره ۱

$$L\lambda = L_{min\lambda} + (L_{max\lambda} - L_{min\lambda} / DN_{max}) * DN$$

DN = ارزش رقومی

$L_{min\lambda}$ = حداقل تابش طیفی

$L_{max\lambda}$ = حداکثر تابش طیفی

DN_{max} = حداکثر تابش رقومی

$L\lambda$ = تابش طیفی

در مرحله بعد در فرایند تصحیح، اثر زاویه خورشید و

اثرات تابشی طبق نمایه شماره ۲ حذف گردید:

نمایه شماره ۲

$$\rho_p\lambda = \pi \cdot L\lambda \cdot d^2 / E_{sun\lambda} \cdot \cos\theta_s$$

λ_{pp} = تابش مؤثر در محل ماهواره، بدون واحد

$L\lambda$ = تابش طیفی

d = فاصله زمین - خورشید در واحد نجومی

$E_{sun\lambda}$ = تابش خورشیدی متوسط خارج از جو

2-Area of Interest

1-Digital Number

در ۲۶ نقطه معرف پلات گذاری شد (مجموعاً ۲۳۴ پلات) که از کمتر از ۵ درصد (خاک لخت) تا نود درصد را دربر می‌گیرند. روش کار بدین صورت بود که تصاویر به اندازه ۹۰×۹۰ متر بریده شده (دقیقاً در نقاط نمونه‌برداری)، در نرم‌افزار ENVI باز شده و با استفاده از طبقه‌بندی نظارت نشده بر روی آنها عملیات انجام شد. سپس تعداد پیکسل‌های کلاس پوشش بر کل پیکسل‌های تصویر تقسیم شد و درصد پوشش محاسبه گردید. 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 بسزایی داشت. در مناطقی که دارای پوشش گیاهی بود و تخمین تاج پوشش به روش سنتی دشوار بود، علاوه بر اندازه‌گیری‌های صحرائی برای افزایش دقت داده‌های صحرائی از تصاویر ماهواره QuickBird نیز استفاده شد. در مطالعه شیب خط خاک از نمایه (NIR-a*Red)^۱ استفاده شد که براساس رابطه زیر بدست‌آمد (Clevers, 1988):

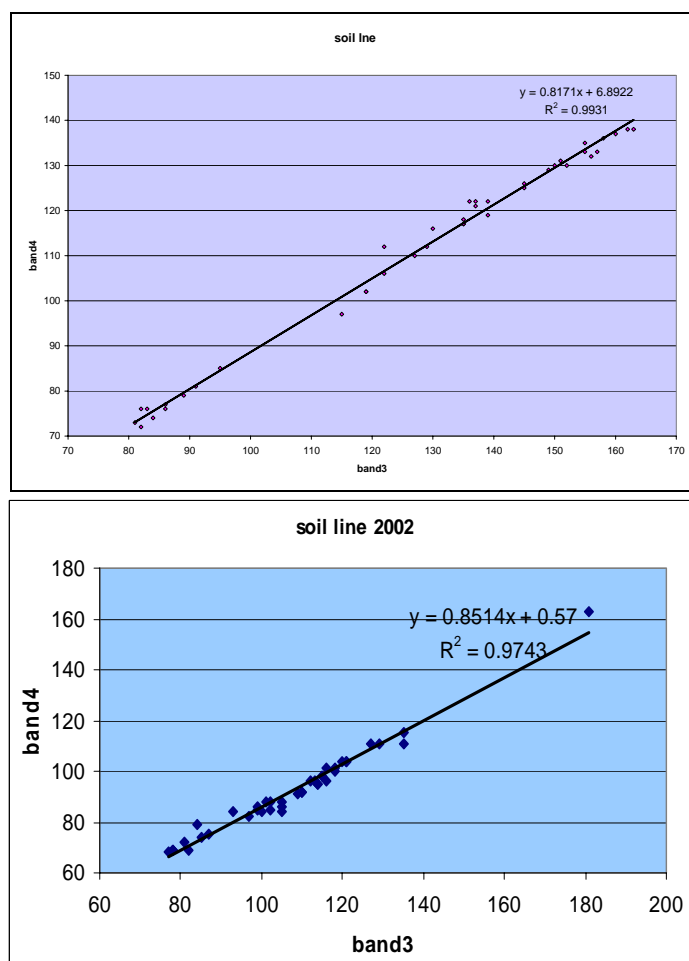
$$NIR_{bare} = a * RED_{bare} + b$$

ارزش طیفی باند مادون قرمز در محل خاک لخت = NIR_{bare}
 ارزش طیفی باند قرمز در محل خاک لخت = RED_{bare}
 روش کار بدین صورت است که در مناطقی که از عدم وجود پوشش اطمینان وجود داشته و خاک در آن مناطق برهنه است، ارزش‌های طیفی باند قرمز در مقابل مادون قرمز برای هر پیکسل ثبت شده و توسط رگرسیون خطی، خط راستی برازش داده می‌شود، که به خط خاک موسوم است. نمودارهای شماره ۲ و ۳ معادلات بدست‌آمده برای تصاویر سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ را نشان می‌دهد.

بررسی شاخص‌های گیاهی روی داده‌های ماهواره‌ای به منظور بررسی پوشش گیاهی و بارزسازی آن در تصاویر ماهواره‌ای لازم است که شاخص‌های گیاهی روی تصاویر اعمال شوند. شاخص‌های زیادی برای بارزسازی پوشش گیاهی مناطق خشک وجود دارد که بر اساس مطالعه ۸۳ شاخص گیاهی توسط شفیع‌ی در منطقه سیستان (۱۳۸۶)، شاخص Wdvi با ضریب همبستگی ۰/۸۹ شاخص بهینه جهت بررسی درصد تاج پوشش منطقه معرفی شده است.

در اواخر آوریل ۲۰۰۷ (فرورین ۱۳۸۶)، عملیات صحرائی برای نمونه‌گیری از درصد تاج پوشش گیاهی منطقه انجام شد. ابتدا با استفاده از نقشه‌های پوشش گیاهی تهیه شده توسط اداره منابع طبیعی شهرستان زابل، توپوگرافی، کاربری اراضی سازمان زمین‌شناسی کشور و نقشه شبکه راهها، حدود مناطق نمونه‌برداری 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 پیکسل‌های مربوطه در تصاویر از اثر حاشیه‌ای (اثرات تیرگی پیکسل‌های کناره جاده) مصون باشند. در مطالعه پوشش گیاهی و اندازه‌گیری درصد تاج پوشش از روش سیستماتیک تصادفی جهت نمونه‌برداری استفاده گردید. یعنی در محدوده‌های معین، نقاطی به طور تصادفی در منطقه انتخاب شدند. موقعیت هر نقطه با GPS مشخص شده و به‌عنوان 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، و اقدام به مشخص کردن پلات‌هایی به ابعاد ۱۰×۱۰ متر گردید. اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی و درصد تاج پوشش در هر پلات یادداشت شد. در مجموع

^۱ Near Infra Red



نمودار ۳- نمودار خط خاک برای تصویر ETM⁺

آشکارسازی تغییرات

با توجه به اینکه هدف این تحقیق بررسی تغییرات پوشش گیاهی منطقه سیستان بر اثر خشکسالی می‌باشد، بنابراین اقدام به تهیه نقشه پوشش گیاهی برای سالهای ۱۹۹۸ و ۲۰۰۲ گردید. سپس نقشه تفاضلی پوشش گیاهی منطقه به کمک دستور Compute Difference Map در ۳ طبقه بدست آمد. نکته‌ای که در مورد نقشه تغییرات قابل ذکر است وجود تک پیکسلها در تصویر است که به غبار یا HAZE معروف بوده و با فیلترهای convolution و خصوصاً فیلتر ۳×۳ Median مرتفع شد.

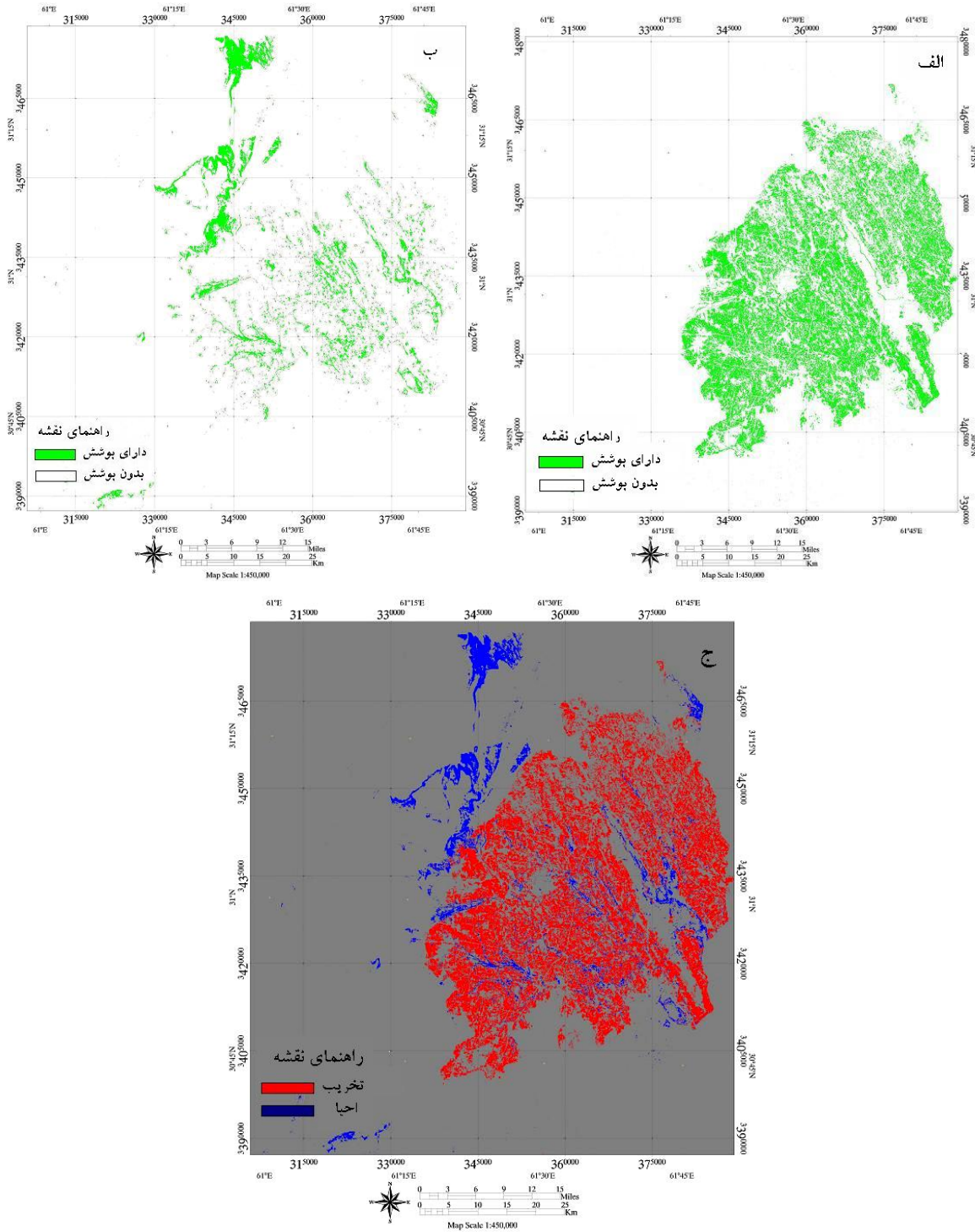
نتایج

به‌منظور بررسی صحت نقشه‌های تولیدی از ماتریس

خطا، بهره گرفته شد و از مقایسه مختصات ۲۵ نقطه کنترلی با نقشه واقعیت زمینی و ایجاد ماتریس متناظر، ضریب کاپای ۰/۶۴ و دقت کلی ۸۸/۲۳ درصد برآورد گردید. همچنین، خطای جذر مربعات میانگین برای تمام تصاویر، کمتر از ۰/۷ بدست آمد. با تهیه نقشه‌های پوشش گیاهی مربوط به هر سال و استفاده از شاخص Wdvi، سطح پوشش گیاهی برای سال ۱۹۹۸ معادل ۱۰۱/۲۴۷ و برای سال ۲۰۰۲ معادل ۲۴/۴۷۵ هکتار بدست آمد. سپس با تفریق تصاویر حاصل، نقشه تغییرات پوشش گیاهی منطقه در سه کلاس تخریب شده، بدون تغییر و اراضی احیا شده طبقه‌بندی حاصل شد. نتایج موجود حکایت از آن دارد که در دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۲ سطح کل تغییرات معادل ۱۱/۳ درصد بوده که از این تغییرات ۸۹/۲۳ درصد

تشدید روند بیابان‌زایی در آن انجام شده و ۱۰/۷۷ درصد (۱۰۲۵۸/۳) از تغییرات مثبت بوده و در کلاس احیا

پوشش گیاهی و بیابان‌زدایی قرار می‌گیرد که در شکل ۳ آورده شده است.



شکل ۳- الف) پوشش گیاهی سال ۱۹۹۸، ب) پوشش گیاهی سال ۲۰۰۲، ج) نقشه تغییرات پوشش گیاهی دشت سیستان در دوره ۲۰۰۲-۱۹۹۸ (رنگ قرمز نشانگر تخریب و رنگ آبی نشانگر احیا پوشش گیاهی می‌باشد).

بحث

تخریب پوشش دارد که در اثر قطع شدن آب هیرمند و خشک شدن دریاچه‌ها و به تبع آن رها شدن اراضی کشاورزی می‌باشد. به‌طور کلی خشکسالی و خشک شدن کامل دریاچه هامون، از بین رفتن نی‌زارها و عدم دسترسی به منابع آب جایگزین همچون نداشتن منابع آب زیرزمینی و یا عدم وجود منابع آب سطحی جایگزین از مهمترین عوامل تخریب پوشش گیاهی بوده‌اند. با توجه به این که دریاچه هامون از رودخانه هیرمند که قسمت اعظم حوزه آبخیز آن در کشور افغانستان واقع شده است، تغذیه می‌شود، احداث سد کجکی و ارغنداب به همراه بندهای متعدد در کشور افغانستان مانع ورود آب از رودخانه هیرمند به دریاچه و خشکی هیدرولوژیکی منطقه سیستان گردیده است (UNEP, 2006). از طرفی دیگر میزان تبخیر و تعرق منطقه سیستان تا ۵۰۰۰ میلی‌متر در سال می‌رسد و این در حالیکه میزان بارندگی سالانه آن تنها حدود ۵۰ میلی‌متر در سال است (بیگ محمدی و همکاران، ۱۳۸۴). با توجه به عمق کم بستر دریاچه، وجود بادهای مداوم و تابش شدید خورشید، تبخیر در منطقه سیر صعودی و از طرف دیگر دبی ورودی از سال ۱۹۹۹ کاهش چشمگیر و در سال ۲۰۰۱ منجر به خشکی کامل دریاچه هامون گردیده است (UNEP, 2006). به دنبال خشک شدن دریاچه، پوشش گیاهی منطقه از قبیل نیزارها، درختان مختلف و گیاهان مرتعی از بین رفته و زمینهای کشاورزی نیز رها شده‌اند (حسینی، ۱۳۸۷). بادهای ۱۲۰ روزه سیستان نیز به‌شدت باعث افزایش تخریب خاک، فرسایش بادی، ایجاد تنشهای خشکی و دمایی و سایش گیاهان به وسیله ذرات حمل شده توسط باد گردیده و به‌شدت تعداد، حجم و رشد و نمو گیاهان را محدود نموده است. بذره‌های گیاهان موجود نیز به‌دلایل مختلف از جمله خشک یا مدفون شدن بذرها در اعماق خاک و یا قرار گرفتن در مکان نامناسب برای جوانه‌زنی از بین رفته‌اند. بنابراین انتظار بهبود پوشش گیاهی منطقه در کوتاه مدت به سختی وجود دارد (شفیعی، ۱۳۸۶). مقایسه تصاویر طبقه‌بندی شده بدست‌آمده نشان می‌دهد که حدود

اگرچه (Rouse et al., Darwish & Faour (2008)، شاخص NDVI را عمومی‌ترین شاخص در ارزیابی پوشش گیاهی دانستند و محققان زیادی در مطالعات خود از این شاخص استفاده کرده‌اند (Running et al., 1995؛ Woodcock et al., 2001؛ Anderson et al., 2006؛ Huang et al., 2009) اما نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص WDI با ضریب همبستگی ۸۸/۲۳ درصد بالاترین همبستگی را با تاج پوشش گیاهی منطقه مورد مطالعه دارد. چون در این شاخص شیب خط خاک به‌کار گرفته شده است و اثرات منفی خاک زمینه‌ای به خوبی حذف شده و در آن تفکیک پوشش گیاهی با دقت بالاتری انجام می‌شود (Clevers, 1989). ضریب کاپای مربوط به این شاخص ۰/۶۴ درصد است که نشان‌دهنده قدرت تفکیک پوشش گیاهی از سایر عوارض زمینی در تولید نقشه پوشش گیاهیست. Clevers (1989) نشان داد که شاخص WDI را می‌توان برای ارزیابی شاخص سطح برگ بکار برد. این شاخص به خوبی اثر زمینه‌ای خاک را تصحیح می‌کند و حتی قسمتهای مرده گیاهی را لحاظ نمی‌کند. بعد از شاخص WDI، شاخص NDVI با ضریب همبستگی ۸۶ درصد قرار می‌گیرد. شاخص NDVI اولین بار در سال ۱۹۷۳ مطرح شد (Rouse et al., 1974) و فراگیرترین شاخصی می‌باشد که تاکنون در مطالعات زیادی از آن استفاده شده است. شاخص NDVI در مناطقی که پوشش بیش از ۳۵ درصد باشد به خوبی می‌تواند میزان پوشش را بدست‌آورد، ولی هرچه پوشش کمتر شود به‌علت اثرات زمینه‌ای خاک، خطای آن بیشتر می‌شود. از این‌رو در برخی شاخصهای جدیدتر نظیر WDI (Clevers, 1989) سعی شد اثر زمینه‌ای خاک حذف گردد تا پوشش کم و تنک نواحی خشک و نیمه‌خشک بهتر تخمین زده شده و به تصویر درآید.

با مرور منابع (کالوندی، ۱۳۸۷ و بیگ محمدی و همکاران، ۱۳۸۴) و گفتگو با کارشناسان محلی مشخص گردید که خشکسالی هیدرولوژیکی سهم عمده‌ای در

۹۰ درصد تخریب پوشش گیاهی مربوط به زمینهای کشاورزی می باشد که در زمان خشکسالی زیر کشت نرفته و رها شده اند. ۱۰ درصد بقیه تخریب پوشش گیاهی منطقه مربوط به زمینهای مرتعی و حواشی مسیر رودخانه و نیزارها می باشد که به صورت طبیعی در منطقه حضور داشته اند. با مطالعه دقیق تر بر روی تصاویر بدست آمده مشخص می گردد که بر خلاف تخریب شدید، قسمتهایی از منطقه نسبت به قبل افزایش پوشش داشته اند. براساس نتایج حاصل می توان نتیجه گرفت که با تصاویر ماهواره لندست و انتخاب شاخص گیاهی مناسب (برای این منطقه WDI)، پوشش گیاهی متوسط تا ضعیف را می توان تشخیص داد و تغییرات آن را در طول زمان بررسی نمود. اکنون با توجه به وضعیت محیطی سیستان که بسیار به شرایط کشور مجاور یعنی افغانستان وابسته است و همچنین با توجه به موقعیت اقتصادی و اجتماعی منطقه، و شرایطی که در پی بروز خشکسالی بوجود آمده است به نظر می رسد که بهترین گزینه برای خروج از بحرانهای زیست محیطی، مذاکرات بین دولتها و اقدامات سازمانهای بین المللی با مشارکت سازمانهای ملی و محلی می باشد، تا با یک اجماع کلی بر سر مسائل برون مرزی، راهکارهای بلندمدت و پایدار جهت خروج از بحران ارائه و عملی گردد. همچنین با توجه به اینکه منابع آب منطقه در دهه های آینده رو به کاهش خواهد بود، لزوم بهره گیری از روشهای جامع مدیریت آب در تمام بخشها اعم از ذخیره، انتقال و توزیع بسیار ضروری و گریزناپذیر به نظر می رسد. در نهایت انتظار می رود که با اعمال روشهای 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 پیشنهادهای زیر ارائه می گردد:

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

۲- پیشنهاد می شود به جای استفاده از شاخصهای طیف وسیع^۱ از شاخصهای طیف نازک^۲ استفاده گردد، زیرا این شاخصها می توانند میزان لیگنین گیاهی، کربن و سلولز را به دقت بررسی کرده و به ویژه برای مناطق بیابانی که دارای گیاهان خشبی با برگهای کمتر است، مفیدتر می باشد.

منابع مورد استفاده

اختصاصی، م.ر. و مهاجر، س.، ۱۳۷۵. روش طبقه بندی و شدت بیابان اراضی در ایران. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابانزایی و روشهای مختلف بیابانزدایی، کرمان، ایران.

امینی، م.ر.، شتایی، ش.، غضنفری، ه. و م. معیری، ۱۳۸۷. بررسی تغییرات گستره جنگلهای زاگرس با استفاده از عکسهای هوایی و تصاویر ماهواره ای (مطالعه موردی: جنگلهای آرمرده بانه). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۵: ۲۰-۱۰.

بیگ محمدی، ح.، نوری، ه.، و بذرافشان، ج.، ۱۳۸۴. اثرات خشکسالیهای ۱۳۷۷-۱۳۸۳ بر اقتصاد روستایی سیستان و راهکارهای مقابله با آن. فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال سوم، شماره ۵، صفحه ۵۳.

حسینی، م. ۱۳۸۷. برآورد شدت بیابانزایی در منطقه نیاتک سیستان با استفاده از مدل ایرانی ICD. پایان نامه کارشناسی ارشد بیابانزدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل.

زبیری، م. و مجد، ع.ر.، ۱۳۷۵. آشنایی با فن سنجش از دور و کاربرد آن در منابع طبیعی. انتشارات دانشگاه تهران، ۳۱۶ صفحه.

شفیعی، ح. ۱۳۸۶. ارزیابی روند بیابانزایی با استفاده از RS و GIS در منطقه سیستان با تأکید بر پوشش گیاهی. پایان

1- Broad band

2 - Narrow band

- Cui, L., 2008. Research on monitoring the changes of desertification based on 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 Faour, G., 2008. Rangeland degradation in two watersheds of Lebanon. *Lebanese Science Journal*, 9: 71-80.
- Delf Hydraulics, 2007. Integrated water resources management for the Sistan closed inland delta. Water research institute, Netherlands.
- Harasheh, H. and Tateishi, R., 2000. Desertification mapping of west Asia – A GIS and remote sensing application, Web: www.gisdevelopment.net/aars.
- Huang, C. and Asner, G.P., 2009. Applications of Remote Sensing to Alien Invasive Plant Studies. *Sensors*, 9: 4869-4889.
- Hill F.L., et al., 1998. Relationships between percent vegetation cover and vegetation indices. *Int. j. remote sensing*, vol. 19, no. 18, 3519 ± 3535.
- Lillesand, T.M. and Kiefer, R.W., 1994. *Remote Sensing and Image Interpretation*. 2nd ed. John Wiley and sons, New York, 750 p.
- Running, S.W., Loveland, T.R., Pierce, L.L., Nemani, R. and Hunt, E.R., 1995. A remote-sensing based vegetation classification logic for global land-cover analysis. *Remote Sens. Environ.* 51, 39-48.
- Rouse, J.W., Haas, R.H., Schell, J.A., Deering, D.W. and Harlan, J.C., 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation, NASA/GSFC Type III Final Report, Greenbelt, Md. 371 p.
- UNEP, 2006. History of environmental change in the Sistan basin. UNEP post-conflict branch, Geneva, 41 pp.
- Woodcock, C.E., Macomber, S.A., Pax-Lenney, M. and Cohen, W.B., 2001. Monitoring large areas for forest change using Landsat: generalization across space, time and Landsat sensors. *Remote Sens. Environ.* 78, 194-203.
- نامه کارشناسی ارشد بیابان زدایی، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه زابل.
- فلاح شمسی، ر.، ۱۳۷۵. خصوصیات انعکاس طیفی پوششهای گیاهی و نظارت بر آنها به کمک داده‌های ماهواره‌ای. سمینار کارشناسی ارشد جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، ۴۵ صفحه.
- کالوندی، م.، ۱۳۸۷. احداث تصفیه‌خانه‌های بیولوژیک برای مقابله با خشکسالی سیستان. هشتمین کنفرانس هیدرولیک ایران، ۵۲۷ صفحه.
- متین‌فر، ح.ر.، سرمیدان ف.، علوی پناه، س.ک. و هک، ر.، ۱۳۸۶. تعیین نوع کاربری و پوشش اراضی بوسيله داده‌های لندست ۷ (ETM+) با استفاده از روش شیء‌گرا (منطقه کاشان). فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۱۴: ۶۰۲-۵۸۹.
- نوری، س.، ۱۳۸۴. تعیین شاخصهای مناسب ارزیابی پوشش گیاهی مراتع بیلاقی استان مازندران. پایان نامه کارشناسی ارشد مرتع‌داری، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۲۸ صفحه.
- Anderson, G.L., Hanson, J.D. and Haas, R.H., 1993. Evaluating Landsat thematic mapper derived vegetation indices for estimating above-ground biomass on semiarid rangelands. *Remote Sens. Environ.* 45:165-175.
- Clevers, J.G.P.W., 1988. The derivation of a simplified reflectance model for the estimation of leaf area index. *Remote Sensing of Environment*, vol 35., pp. 53- 70.

Drought effects on vegetation degradation of Sistan

Hosseini, S.M.^{1*}, Shafei, H.², Ekhtesassi, M.R.³ and Mohtasham Nia, S.⁴

1*- Corresponding Author, M.Sc. in Combat Desertification and Member of Young Researchers Club, Islamic Azad University, Arsenjan Branch, Arsenjan, Iran, Email: Mahmud.Hosseini@yahoo.com

2- M.Sc. in Combat Desertification, University of Zabol, Zabol, Iran.

3- Associate Professor, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran.

4-Assistant Professor, Faculty of Natural Resources,, Islamic Azad University, Arsenjan Branch, Arsenjan, Iran.

Received: 11.03.2009

Accepted: 19.05.2010

Abstract

Nowadays, using GIS and satellite images has a special place in the studies of natural resources and environment. Comparison of the images of a specified time period can show the trends in each region. Sistan region in southeastern Iran has witnessed several periods of drought over the past century, and droughts between 1999 and 2006 are considered as the most severe drought over the past 600 years, having many environmental, economic and social impacts. In this study, vegetation changes in Sistan were examined by Weighted Difference Vegetation Index (WDVI) using Landsat TM images of 1998, corresponding to the time before drought and also ETM⁺ Images of 2002 during the drought. Results showed that the area of vegetation in Sistan reduced from 101 thousand hectares in 1998 to 24 thousand hectares in 2002, mainly due to the loss of arable land and removal of the cultivation. Vegetation restoration was limited to the areas such as Chah Nimeh, Niatak, Qurqory, and ungrazed rangelands of Lorge-bagh as man-made forests and protected areas.

Key words: drought, Sistan, WDVI, vegetation cover, TM, ETM⁺