

بررسی تغییرات زیست محیطی تالابها و مناطق حفاظت شده با استفاده از تصاویر چند زمانه سنجنده TM (مطالعه موردی: تالاب نیریز)

یوسف رفیعی^{۱*}، بهرام ملک محمدی^۲، علی اکبر آبکار^۳، احمدرضا یآوری^۴

مجید رضائی مهریان^۵، حمید ظهرابی^۶

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
malekb@ut.ac.ir
۲- استادیار گروه برنامه‌ریزی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
abkar@itc.nl
۳- استادیار دانشکده ژئوماتیک و نقشه‌برداری دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی
ayavari@ut.ac.ir
۴- دانشیار گروه برنامه‌ریزی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
majidmehrian@ut.ac.ir
۵- دانشجوی کارشناسی ارشد برنامه‌ریزی محیط زیست دانشکده محیط زیست دانشگاه تهران
zohrabi.hamid@gmail.com
۶- مدیر کل حفاظت محیط زیست استان سمنان
تاریخ دریافت: ۸۹/۸/۱۵ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۰/۱۸

چکیده

تالابها، پارک‌های ملی و پناهگاه‌های حیات وحش از مهم‌ترین سرمایه‌های اکولوژیکی به شمار می‌روند، از این رو اطلاع از تغییرات آنها نقش اساسی در کیفیت مدیریت این گونه مناطق دارد. در اختیار داشتن اطلاعات جدید از تغییرات آنها به یافتن علل تغییر و اتخاذ برنامه‌ها و سیاست‌های لازم کمک می‌کنند. در این مقاله پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان در استان فارس که تالاب نیریز را شامل می‌شوند، در شرق شهر شیراز، مورد تحقیق قرار گرفته است. این تالاب امروزه کاملاً خشک شده است و متخصصان محیط زیست بر این باورند که فعالیت‌های انسانی از جمله ساخت سدهای سیوند و ملاصدرا و همچنین خشکسالی‌های اخیر دلایل اصلی این مسئله‌اند. به منظور یافتن مقدار و علت تغییرات به وقوع پیوسته در این تالاب در فاصله سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ از بهترین روشهای سنجش از دور در پردازش تصویر و تصاویر TM ماهواره Landsat استفاده شد. در طبقه‌بندی تصاویر، از روش طبقه‌بندی نظارت شده و الگوریتم حداکثر احتمال استفاده شد. نتایج حاصل نشان‌دهنده دقت کلی طبقه‌بندی تصاویر در سالهای ۱۹۹۸ و ۲۰۰۹ به ترتیب به میزان ۹۱/۶۷ درصد و ۹۲/۳۶ درصد است. همچنین پردازش اطلاعات، بیان‌کننده افزایش ۱۲۹ درصدی مساحت نمک و کاهش ۵۲ درصدی مساحت آب به عنوان مهم‌ترین تغییرات این تالاب در بازه زمانی مورد مطالعه‌اند. نتیجه این تحقیق مبین بروز و گسترش بحران زیست محیطی در منطقه است، از این رو ضرورت در نظر گرفتن تمامی ملاحظات اجتماعی، زیست محیطی و اقتصادی و لحاظ کردن دید کلان در نگرش به مسائل زیست محیطی ضروری است.

کلید واژه

تغییرات، تالاب نیریز استان فارس، تصاویر چند زمانه، سنجنده TM، طبقه بندی حداکثر احتمال

سر آغاز

تصفیه آب و بازچرخش مواد مغذی می‌شوند. آنها همچنین نواحی انتقالی^۲ بین محیط‌های خشکی و آبی محسوب می‌شوند و به عنوان منابع، جاذب^۳ و مبدل مواد شیمیایی، زیستی و ژنتیک ارزش فراوانی دارند (Mitsch and Gosselink, 1993). این گونه مناطق دارای کارکردهای متنوع دیگری نیز هستند که جذب آلاینده‌های هوا و تصفیه هوا، تثبیت میکروکلیما و تعدیل دما، کنترل فرسایش و لغزش خاک و رواناب‌ها، کاهش آلودگی صوتی و زیستگاه حیات وحش از مهم‌ترین کارکردهای محیط زیستی این

تالابها، پارک‌ها و مناطق حفاظت شده بخشی از مهم‌ترین اکوسیستم‌های کره زمین به شمار می‌روند. این مناطق نواحی امن برای حیات وحش محسوب می‌شوند، با وجود این در معرض تهدیدهای متعددی قرار دارند. تالابها به واسطه وجود آب متنوع‌ترین اکوسیستم‌های کره زمین از نظر زیستی هستند. آنها در سرتاسر زمین گسترده شده‌اند و نقش مهمی در چرخه آب دارند؛ سیلاب‌های منطقه‌ای را کنترل می‌کنند، مانع فرسایش، موجب

کارگیری داده‌های سنجش از دور می‌توان به شیوه‌ای علمی و کارآمد به مدیریت تالاب‌ها پرداخت (Gross, et al., 2006).

برای پایش تغییرات پوشش اراضی به صورت مفید و هدفمند، تکنیک‌های نقشه‌برداری سریع و دقیق مورد نیاز است. تصاویر سنجش از دور مزایای بسیاری از این جنبه فراهم می‌کنند و اغلب برای پایش تغییرات محیط زیستی در زمان طولانی با کاربرد ابزار GIS^۵ برای تأسیس پایگاه داده‌های منابع، مورد استفاده قرار می‌گیرند (Coulibaly and Gota, 2006). توزیع فضایی پوشش اراضی در زمانهای متفاوت می‌تواند با استفاده از تصاویر سنجش از دور مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد. اطلاعات سنجش از دور در مقایسه با روشهای بررسی معمول که کار و زمان زیادی می‌طلبند، نه فقط در زمان صرفه جویی می‌کنند بلکه، دقت طبقه بندی را به‌واسطهٔ تجزیه و تحلیل‌های دقیق افزایش می‌دهند (Roberts, et al., 2003). استفاده از یکی از روشهای پایش تغییرات در اکثر برنامه‌های پایش ضروری است. در حالی که مدیران تالاب‌ها، پارک‌ها و مناطق حفاظت شده عموماً به اعمال مدیریتی در سطح سایت علاقه مندند، سنجش از دور اطلاعاتی از فرایندها را در مناطق وسیع‌تر فراهم می‌کند. از روشهای سنجش از دور به منظور پیگیری آثار وقایع و فرایندهای تغییر اقلیم، خشکسالی و آثار آنها، تغییرات خط ساحلی رودها و آثار آن، تغییر پوشش‌های گیاهی دلتای رودخانه‌ها، تغییرات مناطق حفاظت شده و موارد بسیار دیگری استفاده شده است (Reed, et al, 2009; Dennison, et al., 2009; Crabtree, et al., 2009; Ressler, et al., 2009 and Svancara, et al., 2009).

Li و همکاران (2010) تغییرات خط ساحلی مصب رودخانه پیرل چین را با استفاده از تصاویر چند زمانه ماهواره Landsat و Spot و ترکیبی از داده‌های توپوگرافی و دریایی، پردازش و بررسی کردند و نتایج حاصل از این تحقیق حاکی از این بود که رسوبگذاری عامل اصلی تغییرات خط ساحلی در منطقهٔ مورد مطالعه بوده است. Gross و همکاران (2009) توانایی‌های سنجش از دور و نتایج مطلوب آن را در پایش پارک‌ها و مناطق حفاظت شده مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از این دانش می‌تواند به‌واسطهٔ سرعت و دقت در پردازش داده‌ها، به محیط زیست و اصلاح شیوه‌های مدیریتی در این ارتباط کمک کند.

Lee و همکاران (2009) با استفاده از فن سنجش از دور و با استفاده از تصاویر ماهواره‌های Landsat و Spot نسبت به پایش

گونه مناطق به شمار می‌روند. متأسفانه در طول قرن گذشته بسیاری از تالاب‌ها خشک شده‌اند یا رو به زوال و نابودی نهاده‌اند. درک اهمیت حیاتی تالاب‌ها منجر به انعقاد کنوانسیون رامسر در سال ۱۹۷۱ در مورد تالاب‌ها شد. تا فوریه سال ۲۰۰۷ بالغ بر ۱۳۶۴ تالاب به عنوان تالاب‌های دارای اهمیت بین‌المللی با وسعتی در حدود ۱۳۹ میلیون هکتار در فهرست این کنوانسیون ثبت شده‌اند. ۱۵۶ کشور امضا کننده این کنوانسیون تعهد داده‌اند که خصوصیات اکولوژیکی آنها را حفظ و همچنین وضعیت تالاب‌های ثبت شده خود را به صورت دوره‌ای گزارش کنند.

لزوم حفظ محیط‌زیست و بهره‌برداری بهینه از منابع طبیعی، از جمله ضرورت‌های توسعهٔ پایدار محسوب می‌شود. به این منظور حفاظت و پایش دائمی تغییرات تالاب‌ها که از سرمایه‌های طبیعی ملی هر کشوری محسوب می‌شوند، با هدف اتخاذ شیوه‌های مدیریتی مناسب و پیشگیری از ادامه روند مخرب ضروری است. مدیران پارک‌ها، مناطق حفاظت شده و همچنین تالاب‌ها با دامنه بسیاری از تصمیم‌ها مواجهند که لازم است با اطلاع دقیق از وضع موجود و علل آن تصمیم صحیح را اتخاذ کنند. پایش پوشش و کاربری اراضی و پویایی سیمای سرزمین در مناطق حفاظت شده و تالاب‌ها با هدف درک چگونگی آنها، تأثیرشان بر طبیعت، فرایندهای بازسازی و احیا و برای حفاظت از آنها در طولانی مدت بسیار مهم است. ارزیابی روند تغییرات در منابع و شرایط اکولوژیکی چنین مناطقی، مدیران را در اتخاذ تصمیمات مورد نیاز کمک می‌کند (Jones, et al., 2009; Wang, et al., 2009).

یکی از فنون نو و کارآمد در زمینهٔ پایش تغییرات تالاب‌ها سنجش از دور است. از طریق این فن می‌توان با استفاده از مجموعهٔ تصاویر چند زمانه و پردازش آنها با یکی از روشهای مناسب موجود و با سرعت و دقت بالا نسبت به آشکارسازی تغییرات مورد نظر در منطقه اقدام کرد. داده‌های مشاهدات زمینی می‌توانند به آشکارسازی تغییرات^۴ در منطقه گسترده‌ای کمک کنند. سنجش از دور همچنین یکی از بهترین ابزارها در بهبود کیفیت شناخت و اطلاع از وضع موجود تالاب‌ها به‌منظور اتخاذ سیاست‌های مدیریتی صحیح در آنهاست. اگرچه مدیران محصولات داده‌های سنجش از دور را در طیف محدودی از کاربرد استفاده می‌کنند ولی زمینه‌های زیادی برای توسعهٔ استفاده‌های عملیاتی از دیگر داده‌های مشاهدات ماهواره‌ای به منظور پایش منابع طبیعی وجود دارند. با استفاده و به

این تالاب امروزه کاملاً خشک شده است و متخصصان محیط زیست بر این باورند که فعالیت‌های انسانی از جمله ساخت سدهای سیوند و ملاصدرا و همچنین خشکسالی‌های اخیر دلایل اصلی این مسئله‌اند. در این شرایط اکوسیستم تالاب کاملاً تغییر یافته است. پرندگان آبی دیگر در این منطقه زندگی نمی‌کنند و بسیاری از پرندگان مهاجر به مناطق دیگری از جمله دریاچه پریشان و دریاچه سد سیوند روی آورده‌اند. بر این اساس در این مقاله از روشهای کارآمد طبقه‌بندی در سنجش از دور به عنوان ابزاری با دقت بالا برای کمک به تصمیم‌گیر برای ارائه راهکار در مدیریت و احیای این تالاب استفاده شده است.

در این مقاله با تعیین مرز پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان به عنوان محدوده مطالعاتی، به بررسی تغییرات سطح آب تالاب نیریز و سایر پوشش‌ها از جمله پوشش گیاهی، نمک و اراضی بایر پرداخته شده است. تغییرات سطح آب تالاب و سایر پوشش اراضی در محدوده پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان در بازه زمانی بین اواخر بهار ۱۹۹۸ (۱۳۷۷ شمسی) تا اواخر بهار ۲۰۰۹ (۱۳۸۸ شمسی) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی شده است.

منابع سنجش از دوری که در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفت شامل تصاویر ماهواره‌ای است. تکنیک‌های پردازش تصویر با سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) به منظور نمایش اختلاف مکانی تغییرات پوشش گیاهی ترکیب شد.

از ENVI 4.7 به عنوان نرم افزار اصلی طبقه‌بندی تصاویر با استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال (MLC)^۱ و شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI)^{۱۱} و از نرم افزار ArcGIS 9.3 برای ایجاد پایگاه داده جدید از اطلاعات بدست آمده و همچنین تهیه نقشه‌های خروجی استفاده شده است.

مشخصات منطقه مورد مطالعه

دو دریاچه بختگان و طشک در کنار هم دومین دریاچه بزرگ کشور پس از دریاچه ارومیه به شمار می‌روند. این دو دریاچه با یکدیگر تالاب نیریز را شکل می‌دهند. دریاچه‌های بختگان و طشک به ترتیب ۸۵۰۰۰ و ۴۱۰۰۰ هکتار وسعت دارند و در ارتفاع ۱۵۲۵ متری از سطح آبهای آزاد قرار دارند.

حداکثر عمق دریاچه بختگان در زمان پرآبی ۲ متر و عمق متوسط آن بین ۰/۳ تا ۰/۵ متر است. حداکثر عمق دریاچه طشک نیز در زمان پرآبی ۱/۳ متر و عمق متوسط آن بین ۰/۳ تا ۰/۵ متر

تغییرات پوشش گیاهی تالابی در چین اقدام کردند. آنها تغییرات جوامع مانگرو در مصب رود دانشویی را در بازه زمانی مشخص و با استفاده از سه نوع تصویر ماهواره ای بررسی کردند. LeMarie و همکاران (2006) نسبت به پایش شاخص‌های زیست محیطی در مصب رود اینکامتی در موزامبیک اقدام کردند. آنها در این تحقیق تغییرات محدوده جنگل‌های مانگرو را به عنوان شاخصی از وضعیت مصب رودخانه با استفاده از سنجش از دور مورد پایش قرار دادند. نتایج، نشان دهنده توانایی سنجش از دور در پایش تغییرات زیست محیطی است.

علوی پناه و احسانی (۱۳۸۴) به تشخیص تغییرات و بیابان‌زایی با استفاده از تصاویر سنجنده TM^۶، ETM+^۷ و MSS^۸ از طریق تفریق تصاویر و مقایسه پس از طبقه‌بندی پرداخته‌اند. نتایج حاصل نشان‌دهنده توانایی داده‌های TM، ETM+ و MSS برای تهیه نقشه‌های تغییرات است. Seto (2002) با استفاده از تصاویر سنجنده TM نقشه کاربری‌های اراضی دلتای رودخانه بی آرل واقع در قسمت جنوبی کشور چین را استخراج کرد و با استفاده از همین تصاویر چند زمانه^۹ تغییرات کاربری اراضی را در این منطقه مشخص کرد. از آنجا که تکنیک‌های سنجش از دور می‌توانند به طور گسترده به منظور پایش تغییرات فضایی در تالاب‌ها، پارک‌ها و مناطق حفاظت شده در زمانهای متفاوت مورد استفاده قرار گیرند، تصاویر چند زمانه و با منابع مختلف به‌دلیل نتایج مطلوب در کوتاهترین زمان ممکن اغلب برای مقایسه تغییرات در تالاب‌ها، پارک‌ها و مناطق حفاظت شده استفاده می‌شوند (Fensholt, et al., 2006; Hountondji, et al., 2006).

بررسی تحقیقات گذشته نشان می‌دهد تا کنون پژوهش‌های زیادی در زمینه پایش و آشکارسازی تغییرات زیست محیطی با استفاده از سنجش از دور انجام شده است، اما کار علمی و جامعی با هدف بررسی تغییرات تالاب در منطقه مطالعاتی این مقاله انجام نشده است.

در این مقاله پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان که دریاچه‌های بختگان و طشک را در بر گرفته‌اند مورد تحقیق قرار گرفته است. پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان که تالاب نیریز را در خود دارند، در شرق شهر شیراز در استان فارس واقع شده‌اند. تالاب نیریز در سال ۱۹۷۵ میلادی در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر ثبت شد.

شکل شماره (۲) تصاویری از تالاب را قبل و بعد از بروز فاجعه زیست‌محیطی رخ داده به نمایش می‌گذارد. کارشناسان محیط زیست از این واقعه به عنوان اولین پیامد آبیگری سد سیوند یاد کردند که در سالهای پس از آن نیز تکرار شد تا این که محیط بانان پارک ملی بختگان، امسال را اولین سالی اعلام کردند که این تالاب ورود هیچ پرنده مهاجری را به خود ندیده است.



شکل شماره (۲) : تصاویری از تالاب، قبل و بعد از بروز

فاجعه زیست محیطی

از سال ۱۳۷۸ تا کنون ۳ دلیل عمده برای خشک شدن این دریاچه بیان شده است (گزارش وضعیت فعلی بختگان، اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس، ۱۳۸۷):

- ۱- کمبود بارش،
- ۲- بهره‌گیری بی‌رویه کشاورزان کناره رودها و چشمه‌هایی که به دریاچه می‌ریزند و
- ۳- آبیگری سدهای سیوند و ملاصدرا، عدم تأمین حقابه زیست‌محیطی از سوی سازمان آب منطقه‌ای و احداث دو سد جدید در بالا دست و بر رودخانه‌های تأمین‌کننده آب دریاچه را می‌توان از دلایل عمده این بحران زیست‌محیطی عنوان کرد. عدم توجه به محیط‌زیست سبب شده این منطقه که یکی از قطب‌های بزرگ گردشگری و یکی از مهم‌ترین پارک‌های ملی و پناهگاه‌های حیات وحش کشور با تنوع زیستی بالاست در معرض نابودی قرار گیرد. خشک شدن کامل تالاب نیریز در چند سال گذشته در پی آبیگری دو سد ملاصدرا (با حجم مخزن ۴۱۱ میلیون متر مکعب) و سیوند (با حجم مخزن ۱۴۲ میلیون متر مکعب) در حوضه آبخیز و بر روی

است. حوضه آبخیز این دو دریاچه در حدود ۲۵۰۰۰ کیلومتر مربع وسعت دارد.

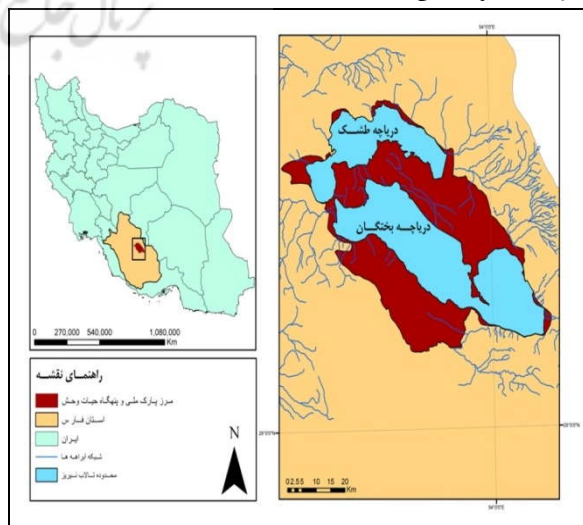
پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان که تالاب نیریز را در خود دارند، در شرق شهر شیراز در استان فارس واقع شده‌اند (شکل شماره ۱).

این منطقه برای اولین بار در سال ۱۳۴۶ با عنوان منطقه شکار ممنوع تحت حفاظت قرار گرفت. در سال ۱۳۴۷ به عنوان منطقه حفاظت شده اعلام شد، سپس در سال ۱۳۵۴ به عنوان پناهگاه حیات وحش و در سال ۱۳۷۴ بخشی از آن شامل مجموعه دریاچه‌های بختگان، طشک و تالاب‌های موجود در ورودی زه‌کش‌ها به انضمام ارتفاعات شمال دریاچه بختگان پارک ملی نامگذاری شد.

این تالاب به علت دارا بودن جزایر کوچک و بزرگ از مکان‌های مهم زادآوری پرندگان متعددی است، به همین جهت توسط سازمان بین‌المللی حیات پرندگان به عنوان زیستگاه با اهمیت برای پرندگان تشخیص داده شده است (گزارش وضعیت فعلی بختگان، اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس، ۱۳۸۷).

این دومین دریاچه بزرگ ایران، در گذشته مأمن و پناهگاه پرندگان بسیاری از جمله دسته‌های چند هزار تایی فلامینگوهای مهاجر بوده است، اما در سالهای اخیر هزاران پرنده در بستر خشک و نمکین آن گرفتار شده و جان سپرده‌اند.

در مرداد ماه ۱۳۸۶ بخش عظیمی از تالاب خشک شد و متعاقب آن ۲۰۰۰ جوجه فلامینگو که هنوز قادر به پرواز نبودند در بستر خشک و نمکین تالاب تلف شدند.



شکل شماره (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



شکل شماره (۳): فرایند بررسی تغییرات در این تحقیق

منابع داده مورد استفاده

در این پژوهش تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست به عنوان مهم‌ترین منابع با هدف استخراج و بررسی تغییرات سطح آب تالاب و سایر پوشش‌ها و کاربری اراضی در منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار گرفتند. منابع مورد استفاده به شرح زیر در جدول شماره (۱) ارائه شده است: ۱- تصاویر سنجنده TM ماهواره لندست از محدوده پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان در خرداد ماه سالهای ۱۳۷۷ (۱۹۹۸) و ۱۳۸۸ (۲۰۰۹) با قدرت تفکیک ۳۰ متر. ۲- مدل رقومی ارتفاع (DEM) از حوضه آبخیز و محدوده پارک ملی و پناهگاه حیات وحش که در برگیرنده تالاب است. ۳- نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی از حوضه آبخیز و محدوده پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان در سال ۱۳۸۵. ۴- تصویر Spot از منطقه مطالعاتی در سال ۱۹۹۸ به منظور ارزیابی صحت طبقه بندی تصاویر سنجنده TM در همان سال.

رودخانه‌های تغذیه کننده این تالاب رخ داده است. تالاب نیریز در سال ۱۹۷۵ میلادی در فهرست تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر ثبت شد. کشور ما ۲۲ تالاب در فهرست کنوانسیون رامسر دارد که از این تعداد ۷ تالاب از جمله تالاب مورد مطالعه این تحقیق در فهرست مونترو این کنوانسیون قرار گرفته‌اند. کشورهایی که تالاب‌های آنها در فهرست مونترو قرار می‌گیرد باید به‌منظور حل مسائل و مشکلات تالاب‌ها و ارتقای شاخص‌های آنها به وضعیت ایده‌آل تلاش کنند، در غیر این صورت، کنوانسیون می‌تواند این کشورها را جریمه کند. رسوبات نمکی تالاب که پس از خشک شدن آن پدیدار شده‌اند یکی دیگر از مخاطرات محیط زیستی به شمار می‌روند. این نمک‌ها در اثر وزش باد به صورت گرد و غبار بتدریج بر روی اراضی کشاورزی پخش و باعث شور شدن خاک می‌شود و آثار منفی بر روی سلامت افراد بومی دارد. فقدان آب در تالاب و در نتیجه رطوبت کم موجود در هوای محلی دلایلی برای نابودی تدریجی اکوسیستم‌های مرتعی و جنگلی موجود در این منطقه به شمار می‌روند.

مواد و روشها

در شکل شماره (۳) فرایند تحلیلی این پژوهش به اختصار ارائه شده است. همان‌گونه که در این شکل دیده می‌شود تصاویر مورد نظر پس اعمال تصحیحات لازم بر روی آنها با یکدیگر موزاییک شده تا منطقه مورد مطالعه که ترکیبی از سه تصویر سنجنده TM است بدست آید. در مرحله بعد با قرار دادن مرز بر روی تصویر، منطقه مطالعاتی از کل تصویر جدا و آماده پردازش و طبقه‌بندی شد. در نهایت با اعمال طبقه‌بندی و دخالت دادن مدل رقومی ارتفاع (DEM) ^{۱۲} منطقه و استفاده از NDVI، عوارض طبقه‌بندی و ماتریس‌های تغییرات و خطای طبقه‌بندی به‌دست آمدند. در ادامه، شرح منابع اطلاعاتی و روش مورد استفاده ارائه شده است.

جدول شماره (۱): مشخصات داده‌های مورد استفاده

نوع تصاویر	تاریخ تصویربرداری	شماره باند	شماره گذر	شماره ردیف	قدرت تفکیک رادیومتری	قدرت تفکیک مکانی
TM	۱۹۹۸/۰۵/۲۵	۷ و ۵-۱	۱۶۲	۴۰	۸ بیت	۳۰ متر
	۱۹۹۸/۰۵/۲۵		۱۶۲	۳۹		
	۱۹۹۸/۰۶/۱۱		۱۶۱	۴۰		
TM	۲۰۰۹/۰۶/۳	۷ و ۵-۱	۱۶۲	۴۰	۸ بیت	۳۰ متر
	۲۰۰۹/۰۶/۳		۱۶۲	۳۹		
DEM	۲۰۰۹/۰۶/۱۹	-	۱۶۱	۴۰	-	۱۰ متر
	-		-	-		

رادئومتریکی و اتمسفری تصاویر دارد، استفاده شد. در این روش هیستوگرام یکی از تصاویر، مرجع قرار گرفته و هیستوگرام تصویر (یا تصاویر) دیگر شبیه به آن خواهد شد.

این روش در پردازش‌های نسبی تصاویر، برای مثال در آشکارسازی تغییرات منطقه، کاربرد فراوان دارد. با شبیه شدن نسبی تصاویر اولیه، آثار خطاهای اتمسفری و رادئومتریکی، به طور نسبی در تصاویر تا حد زیادی تعدیل شده و اختلافات درجات خاکستری پیکسل‌های متناظر در تصاویر تاریخ‌های مختلف تا حد زیادی بازگوکننده تغییرات واقعی منطقه در بازه زمانی مورد نظر می‌شوند (بالله، ۱۳۸۲).

عمل تناظریابی هیستوگرام برای طبقه‌بندی دقیق و اهداف مقایسه‌ای مهم است. در میان بسیاری از روش‌های نرمالیزاسیون، تناظریابی هیستوگرام به منزله یکی از متداول‌ترین روشها که بخوبی از عهده حل مسائل تصحیحات رادئو متریک بر می‌آید، در نظر گرفته می‌شود (Salah-eldin, et al., 2008).

در مرحله بعد با موزاییک کردن تصاویر با یکدیگر و قرار دادن مرز منطقه مورد مطالعه بر روی آن، منطقه مورد نظر از کل تصویر جدا و آماده پردازش شد.

روشها

طبقه‌بندی آب و غیر آب و سایر پوشش‌های اراضی در محدوده پارک ملی و پناهگاه حیات وحش

در این تحقیق از شاخص گیاهی تفاضلی نرمال شده (NDVI) برای استخراج پوشش گیاهی در تصاویر ماهواره‌ای استفاده شد، تا بدین وسیله پوشش‌های گیاهی به راحتی از سایر پوشش‌ها جدا شده و کار نمونه‌گیری با دقت بیشتری انجام شود و همچنین با اعمال تغییرات در طبقات آن بتوان اراضی کشاورزی و مرتعی را از هم جدا کرد. شاخص‌های پوشش گیاهی به طور گسترده به عنوان معیارهایی برای تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی از جمله پوشش گیاهی و عوامل دیگر مورد استفاده قرار می‌گیرند (Morawitz, et al., 2006, Koh, et al., 2006).

از آنجا که شاخص‌های پوشش گیاهی از تصاویر سنجش از دور استخراج می‌شوند، قدرت تفکیک تصاویر بشدت بر نتایج تحلیلی اثر می‌گذارد. بنابراین، تجزیه و تحلیل طیفی می‌تواند رویکردی عملی برای ارتقای کیفیت در زمانی باشد که از تصاویر با منابع مختلف استفاده می‌کنیم.

برای زمین مرجع کردن^{۱۳} تصاویر لندست نقاط کنترل زمینی از سرتاسر تصاویر انتخاب شده‌اند. بسیاری از نقاط کنترل زمینی از نواحی مشخص مانند تقاطع‌ها انتخاب شدند. برای انجام این کار ۱۸ نقطه کنترل زمینی با پراکنش مناسب در سطح منطقه با استفاده از GPS^{۱۴} تهیه شد. برای تبدیل مختصات تصویر از چند جمله‌ای درجه اول استفاده شد روابط شماره ۱ و ۲ نمونه تبدیلات چند جمله را نشان می‌دهند (Mather, 1999).

$$x = \sum_{i=c}^n \sum_{j=c}^n a_{ij} X^i \quad y = \sum_{i=c}^n \sum_{j=c}^n b_{ij} X^i Y^i$$

رابطه (۲)

رابطه (۱)

روابط شماره (۱) و (۲) نمونه تبدیلات چند جمله‌ای است که در این روابط a و b مجهولات ضرایب، X و Y مختصات تصاویر و n درجه چند جمله‌ای خواهند بود که بنا به این که تا چه جمله‌ای استفاده شود، تعداد آنها نیز متفاوت بوده و بسته به آنها تعداد نقاط کنترل مورد نیاز نیز فرق خواهد کرد. درجه چند جمله‌ای بستگی کامل به نوع و میزان خطاهای موجود در تصویر دارد. اگر درجه پایینی انتخاب شود آنگاه بخشی از خطا مدل نشده و در تصویر نهایی باقی می‌ماند. درجات بالاتر نیز در عمل مدل اشتباهی هستند که خطای غیر واقعی را در نظر گرفته و معمولاً باعث ایجاد اعوجاج‌های جدید در تصویر می‌شوند. بنابراین در نظر گرفتن مدلی صحیح برای تبدیل هندسی از مهم‌ترین بخش‌های انجام تصحیح هندسی است. برای تعیین ارزش رقومی پیکسل‌های تصاویر تصحیح شده از روش نمونه‌گیری مجدد نزدیک‌ترین همسایه استفاده و تصاویر با خطای متوسط ریشه مربعات (RMSE)^{۱۵} (رابطه شماره ۳) معادل 0.39 پیکسل، زمین مرجع شدند.

$$RMSE = \frac{\sqrt{r_i^2}}{n}$$

رابطه شماره (۳): محاسبه RMSE

در این رابطه r_i مقدار خطای هر نقطه و n تعداد نقاط کنترلی است که در محاسبه RMSE استفاده شده‌اند. با توجه به این که محدوده تالاب در سه صحنه^{۱۶} سنجنده TM از منطقه قرار دارد اعمال تصحیحات رادئومتریک در مورد تصاویر ضروری است به این منظور از روش تناظریابی هیستوگرام^{۱۷} که یکی از روشهای نرمالیزاسیون نسبی است و کارایی مناسبی در تعدیل نسبی خطاهای

دقت تجزیه و تحلیل تصاویر

ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده با استفاده از ماتریس خطای طبقه بندی

ارزیابی نتایج طبقه‌بندی یکی از مراحل مهم پس از طبقه‌بندی است. ارائه نتایج طبقه‌بندی بدون هیچ گونه مشخصه‌ای که کیفیت و صحت این نتایج را بیان کند از ارزش آنها می‌کاهد (فاطمی و رضایی، ۱۳۸۴). برای تعیین صحت تصویر طبقه‌بندی شده سال ۱۹۹۸ از نقاط کنترلی برداشت شده از تصاویر ماهواره‌ای Spot همان سال استفاده شد. همچنین برای ارزیابی صحت تصویر طبقه‌بندی شده ۲۰۰۹ از نقاط واقعیت زمینی در منطقه که با استفاده از GPS برداشت شده‌اند، استفاده شد.

ماتریس‌های خطا به صورت جدول بندی متقاطع از کلاس‌های طبقه‌بندی شده در برابر داده‌های مرجع برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی استفاده شدند (Congalton & Green, 1999). مشخصه‌های صحت کلی، صحت‌های تولید کننده، کاربر و آماره کاپا (هر یک به درصد) از ماتریس‌های خطا استخراج شدند. ضریب کاپا یکی از مشخصه‌های دقت است که از ماتریس خطا استخراج می‌شود. مقدار آماره کاپا صحت طبقه‌بندی را نسبت به یک طبقه‌بندی کاملاً تصادفی محاسبه می‌کنند. به این معنی که مقدار کاپا دقت طبقه بندی را نسبت به حالتی که تصویری کاملاً به صورت تصادفی (مثلاً طبقه بندی نظارت نشده) طبقه‌بندی شود را نشان می‌دهد. این کار را می‌توان به این صورت معنی کرد که پس از حذف شانس در طبقه بندی، مقدار تطابق با واقعیت زمینی محاسبه خواهد شد (Richrds, et al., 2006). مقدار آن از رابطه ۵ به دست می‌آید:

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r X_{ii} - \sum r X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum r X_{i+} X_{+i}}$$

رابطه (۵): محاسبه ضریب کاپا

که در آن تعداد کل پیکسل‌های واقعیت زمینی، X_{i+} مجموع عناصر سطر i ام و X_{+i} مجموع عناصر ستون i ام هستند. به این ترتیب یک کاپا معادل $0/8$ به این معنی است که نتایج طبقه بندی ۸۰ درصد بهتر از موقعی است که پیکسل‌ها به طور تصادفی برچسب‌دهی شوند. مقدار صفر برای کاپا به این معنی است که طبقه‌بندی بدون ضابطه و کاملاً تصادفی انجام شده است.

شاخص پوشش گیاهی NDVI که بر ارزش‌های طیفی استوار است، به طور گسترده برای شناسایی شرایط رشد پوشش گیاهی مورد استفاده قرار می‌گیرد. شایان ذکر است که NDVI یکی از پرکاربردترین شاخص‌ها برای پایش تغییرات پوشش گیاهی است (Binh, et al., 2005).

اغلب نسبت معینی از باندهای مادون قرمز نزدیک و قرمز برای نقشه‌های پوشش گیاهی و بررسی شرایط آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد زیرا این دو باند به ترتیب شدت با گیاهان جذب و منعکس می‌شوند. وجود یک نسبت بالا نشان‌دهنده پوشش گیاهی سالم است در حالی که یک نسبت پایین مبین پوشش گیاهی ناسالم و دچار استرس، یا بدون پوشش گیاهی است. شاخص NDVI از طریق رابطه شماره ۴ محاسبه می‌شود (Schowengerdt, 1997):

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

رابطه شماره (۴): محاسبه NDVI

که در آن NIR انعکاس اشعه تابیده شده در طول موج مادون قرمز نزدیک و RED انعکاس اشعه تابیده شده در طول موج قرمز مرئی است. ارزش دامنه NDVI از -۱ تا ۱، واکنش به اعمال فتوسنتزی را بخوبی نمایش می‌دهند که ارزش NDVI بالاتر مبین پوشش گیاهی بزرگتر است (Koh, et al., 2006).

در این تحقیق از الگوریتم حداکثر احتمال به منظور جدا کردن پوشش آب از غیر آب و مشخص کردن سایر پوشش‌ها از جمله اراضی کشاورزی، مراتع، نمک و اراضی بایر در تصاویر استفاده شد تا بدین وسیله تغییرات رخ داده در منطقه در این بازه زمانی ۱۱ ساله مشخص شود.

الگوریتم حداکثر احتمال به دلیل توانایی در اختصاص اطلاعات طیفی هر طبقه به معیار توزیع طیفی نرمال، از قویترین ابزارها در طبقه بندی تصاویر محسوب می‌شود (Wang, et al., 2004; Wentz, et al., 2006).

نواحی آزمایشی برای ارزیابی صحت طبقه‌بندی از طریق مشاهده و برداشت‌های میدانی با GPS و تصاویر ماهواره Spot مشخص شده‌اند. مرز حداکثر آب موجود در تالاب به عنوان مرجع با استفاده از مدل رقومی ارتفاع (DEM) و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ استخراج شده است. همچنین از مدل رقومی ارتفاع منطقه به منظور تشخیص عوارضی مانند گچ، و یا آهک که از نظر طیفی با نمک مشابهند استفاده شد.

آشکارسازی تغییرات با استفاده از ماتریس تغییرات طبقات

در این تحقیق با استفاده از تصاویر حاصل از طبقه‌بندی و به کمک آشکارسازی تغییرات به روش مقایسه پس از طبقه‌بندی تغییرات پوشش اراضی برای دوره ۱۱ ساله بین سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹ مشخص شد. به احتمال زیاد تکنیک مذکور رایج‌ترین و دقیق‌ترین روش برای آشکارسازی تغییرات است (Jensen, 2004). در این روش، مساحت و درصد طبقات از کل در هر سال مشخص و میزان تغییرات آنها در زمان مورد مقایسه به‌دست خواهد آمد.

نتایج

صحت طبقه‌بندی

شده است، میزان اختلاط این نمونه‌ها در یکدیگر و در نهایت صحت‌های تولیدکننده و کاربر حاصل از این طبقه‌بندی ارائه شده است. صحت تولیدکننده مبین دقت طبقه‌بندی پیکسل‌های مربوط به یک کلاس خاص در نقشه واقعیت زمینی است. به عبارت دیگر این عدد نشان‌دهنده احتمال این است که طبقه‌بندی‌کننده پیکسلی را به کلاسی خاص نسبت داده باشد در صورتی که کلاس واقعی آن مشخص باشد. صحت کاربر نیز مبین احتمال طبقه‌بندی کلاسی خاص مطابق با همان کلاس در نقشه واقعیت زمینی است. بنابراین صحت کاربر معادل نسبت پیکسل‌های صحیح طبقه‌بندی شده به مجموع پیکسل‌های یک سطر (کلاس) است. دقت کلی برای سالهای ۱۹۹۸ و ۲۰۰۹ به ترتیب ۹۱/۶۷ درصد و ۹۲/۳۶ درصد و مقدار آماره کاپا، ۰/۸۹ و ۰/۹ است. همان‌گونه که در جداول مذکور مشاهده می‌شود دقت‌های کاربر و تولیدکننده طبقه‌بندی در هر دو سال بالا است.

در این تحقیق از ماتریس خطا به منظور ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر سالهای ۱۹۹۸ و ۲۰۰۹ استفاده شده است. نتایج این ماتریس در جداول شماره (۲) و (۳) نمایش داده شده است. در این جداول تعداد نقاطی که به عنوان نمونه برای هر نوع پوشش برداشته

جدول شماره (۲): صحت طبقه‌بندی تصاویر TM لندست در سال ۱۹۹۸

طبقات پوشش	اراضی بایر	نمک	اراضی کشاورزی	آب	مرتع	کل	صحت کاربر
اراضی بایر	۶۹	۷	۰	۰	۵	۸۱	۸۵/۱۹
نمک	۱	۵۸	۰	۴	۰	۶۳	۹۲/۰۶
اراضی کشاورزی	۰	۰	۶۱	۰	۰	۶۱	۱۰۰
آب	۰	۰	۰	۵۱	۰	۵۱	۱۰۰
مرتع	۲	۰	۷	۰	۴۷	۵۶	۸۳/۹۳
کل	۷۲	۶۵	۶۸	۵۵	۵۲	۳۱۲	-
صحت تولیدکننده	۹۵/۸۳	۸۹/۲۳	۸۹/۷۱	۹۲/۷۳	۹۰/۳۸	-	-

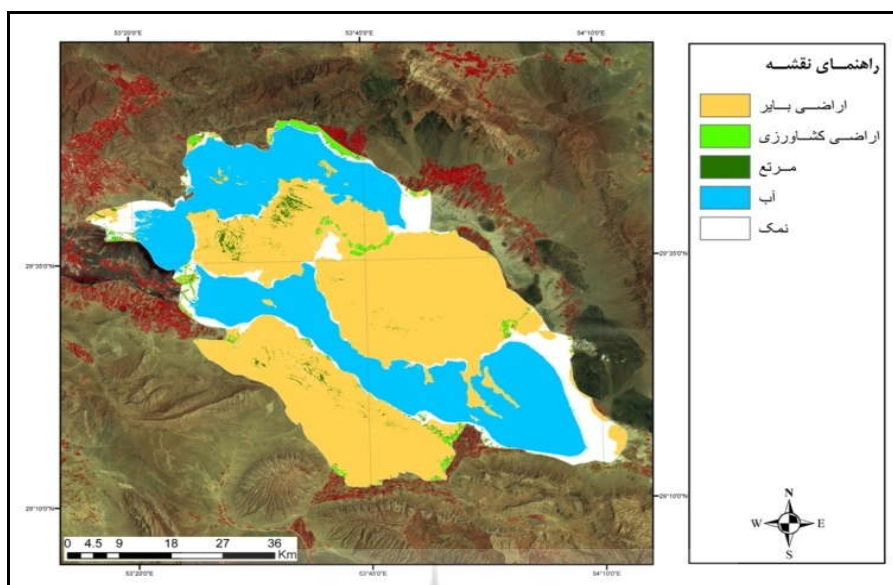
جدول شماره (۳): صحت طبقه‌بندی تصاویر TM لندست در سال ۲۰۰۹

طبقات پوشش	اراضی بایر	نمک	اراضی کشاورزی	آب	مرتع	کل	صحت کاربر
اراضی بایر	۴۹	۲	۰	۰	۲	۵۳	۹۲/۴۵
نمک	۰	۳۷	۲	۰	۰	۳۹	۹۲/۵
اراضی کشاورزی	۳	۰	۲۸	۰	۰	۳۱	۹۰/۳۲
آب	۰	۱	۰	۱۸	۱	۲۰	۹۴/۷۴
مرتع	۰	۰	۱	۰	۱۳	۱۴	۹۲/۸۶
کل	۵۲	۴۰	۳۱	۱۹	۱۵	۱۵۷	-
صحت تولیدکننده	۹۴/۲۳	۹۲/۵	۹۲/۳۲	۹۴/۷۴	۸۶/۶۷	-	-

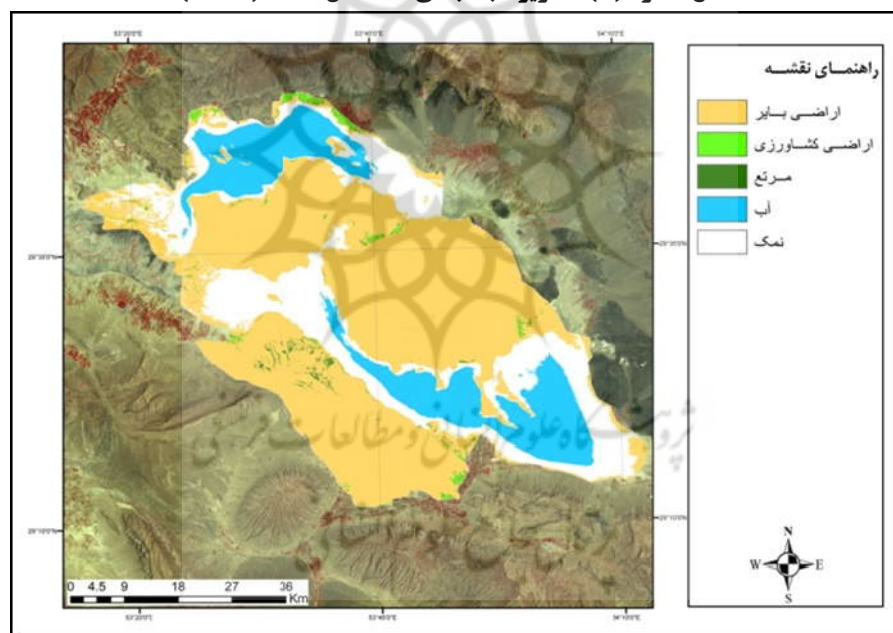
نقشه‌ها و آمار مربوط به طبقه‌بندی و آشکارسازی تغییرات

کیلومتر مربع (۱۲۸/۷۶ درصد) افزایش یافته، در حالی که اراضی کشاورزی، مرتعی و آب هر یک به ترتیب ۲۴/۵۲ کیلومتر مربع (۴۹/۵۴ درصد)، ۱۹/۸۸ کیلومتر مربع (۴۱/۵۱ درصد) و ۵۹۹/۹۵ کیلومتر مربع (۵۲/۰۳ درصد) کاهش یافته‌اند. اراضی بایر نیز رشدی معادل ۲۱۴/۵ کیلومتر مربع (۱۲/۴۵ درصد) داشته‌اند.

نقشه‌های طبقه‌بندی برای سالهای ۱۹۹۸ (شکل شماره ۴) و ۲۰۰۹ (شکل شماره ۵) تولید شدند و مساحت‌های هر کدام از طبقات و مقدار تغییرات آنها طی این دوره یازده ساله به کیلومتر مربع و درصد افزایش، یا کاهش آنها در جدول شماره (۴) خلاصه شده است. مساحت اراضی زیر پوشش نمک در حدود ۴۳۱/۲۶



شکل شماره (۴): تصویر طبقه بندی شده سال ۱۹۹۸ (۱۳۷۷)



شکل شماره (۵): تصویر طبقه بندی شده سال ۲۰۰۹ (۱۳۸۸)

جدول شماره (۴): مساحت‌های طبقات و مقدار تغییرات آنها در بازه زمانی مطالعه شده

تغییرات از ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۹		سال ۲۰۰۹ (۱۳۸۸)		سال ۱۹۹۸ (۱۳۷۷)		طبقات پوشش اراضی
درصد نسبی تغییرات	میزان تغییرات (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)	مساحت (کیلومتر مربع)	
۱۲/۴۵	۲۱۴/۵	۵۸/۵۴۲	۱۹۳۷/۵	۵۲/۰۸	۱۷۲۳	اراضی بایر
۱۲۸/۷۶	۴۳۱/۲۶	۲۳/۱۵	۷۶۶/۱	۱۰/۱۲	۳۳۵	نمک
-۴۹/۵۴	-۲۴/۵۲	۰/۷۵۳	۲۴/۹	۱/۵	۴۹/۵	کشاورزی
-۵۲/۰۳	-۵۹۹/۹۵	۱۶/۷۱	۵۵۳/۰۷	۳۴/۸۵	۱۱۵۳	آب
-۴۱/۵۱	-۱۹/۸۸	۰/۸۴۵	۲۷/۹	۱/۴۵	۴۷/۸	مرتع

بحث و نتیجه‌گیری

داده‌های سنجنده TM ماهواره لندست به عنوان ابزاری دقیق و اقتصادی در به تصویر کشیدن و تجزیه و تحلیل تغییرات پوشش اراضی طی زمان است. همچنین استفاده از الگوریتم حداکثر احتمال در طبقه بندی تصاویر موجب افزایش دقت طبقه بندی شد. از این اطلاعات می‌توان به عنوان ورودی‌هایی با توانایی اطمینان و صحت بالا در مدیریت سرزمین و سیاست‌گذاری‌ها استفاده کرد.

بررسی وضعیت قبلی این دریاچه نشان می‌دهد، که با وجود دوره‌های ترسالی و خشکسالی در دهه‌های اخیر هیچگاه شرایط کنونی را نداشته است.

احداث سدها بدون توجه به مسائل محیط زیستی، خشکسالی‌های پی‌پی، در نظر نگرفتن حقایق پایبند دست، عدم برنامه‌ریزی در تخصیص آب به کاربری‌های مختلف، از جمله مواردی است که باعث شده این منطقه با چنین تهدیدهایی مواجه شود. شایسته است تصمیم‌گیران با داشتن دیدگاه واقعی از تغییرات به وجود آمده در این تالاب، به عواقب چنین فاجعه زیست‌محیطی در بلند مدت توجه کافی داشته باشند.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مراتب سپاس خود را از اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس به خاطر همکاری در بازدید میدانی و تأمین بخشی از داده‌های مورد نیاز این تحقیق اعلام می‌دارند.

یادداشت‌ها

- 1- Wetland
- 2- Transition zones
- 3- Sink
- 4- Change detection
- 5- Geographic Information System (GIS)
- 6- Thematic Mapper (TM)
- 7- Enhanced Thematic Mapper plus (ETM⁺)
- 8- Multi Spectral Scanner (MSS)
- 9- Multi temporal
- 10- Maximum Likelihood Classification (MLC)
- 11- Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)
- 12- Digital elevation model (DEM)
- 13- Georeferencing
- 14- Global Positioning System (GPS)
- 15- Root Mean Square Error (RMSE)
- 16- Scene
- 17- Histogram matching

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که تالاب نیریز در طول ۱۱ سال گذشته دچار تغییرات گسترده‌ای شده است و با ادامه وضع موجود اثری از این تالاب بجز نمک‌های خشک شده بر بسترش بر جای نمی‌ماند. با توجه به عدم وجود نقشه پوشش اراضی جدید از منطقه، تهیه نقشه‌ای جدید از پوشش اراضی با هدف اطلاع از چگونگی و میزان تغییرات سطح پوشش آب تالاب و سایر پوشش‌ها به منظور بهبود کیفیت تصمیم‌گیری و اتخاذ سیاست‌های لازم در مدیریت منطقه ضروری است. با این اهداف در این تحقیق زمان تصاویر به گونه‌ای انتخاب شدند که به فصل تابستان یعنی فصلی که تالاب در چند سال اخیر در طی آن کاملاً خشک می‌شود، نزدیک باشد. همان‌طور که شکل‌های شماره (۳) و (۴) و نتایج جدول شماره (۴) نشان می‌دهند سطح آب در سال ۲۰۰۹ نسبت به سال ۱۹۹۸ به کمتر از نصف کاهش یافته است (۵۲٪) و ورودی دریاچه نیز قطع شده است. همچنین آبی که در نقشه سال ۲۰۰۹ دیده می‌شود، در واقع یک لایه نازک است که به دلیل قطع شدن جریان ورودی تا اندکی پس از زمان این تصویر بیشتر دوام نیاورده است. اما دریاچه در زمان مشابه در سال ۱۹۹۸ تقریباً مملو از آب بوده و جریان ورودی نیز برقرار بوده است. همچنین میزان نمک حدوداً دو برابر شده است (۱۲۹٪ افزایش) که این به معنی آغاز یک فاجعه جدی زیست محیطی است.

استفاده از داده‌های ماهواره‌ای موضوعی اجتناب‌ناپذیر در بررسی تغییرات منطقه، بویژه تغییرات زیست محیطی و پوشش اراضی است. از طبقه بندی تصاویر TM ماهواره لندست می‌توان برای استخراج آمار و نقشه‌های دقیق تغییرات پوشش اراضی استفاده کرد. تحقیق حاضر با هدف آشکارسازی تغییرات پوشش و کاربری اراضی پارک ملی و پناهگاه حیات وحش بختگان طی یک دوره زمانی ۱۱ ساله انجام شد.

در انجام این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه سنجنده TM ماهواره لندست استفاده شده و نقشه پوشش و کاربری اراضی هر دوره استخراج شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که داده‌های سنجنده از دور از توانایی بالایی در استخراج انواع نقشه‌های کاربری و پوشش اراضی و همچنین ارزیابی تغییرات برخوردارند. نتایج این پژوهش نشان دهنده توان بالای

منابع مورد استفاده

- اداره کل حفاظت محیط زیست استان فارس. ۱۳۸۷. گزارش وضعیت فعلی بختگان.
- فاطمی، س.ب. و رضایی، ی. ۱۳۸۴. مبانی سنجش از دور، انتشارات آزاده، تهران.
- علوی پناه، س. ک، احسانی، ا. ه. ۱۳۸۴. تشخیص تغییرات و بیابان‌زایی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی داده‌های ماهواره‌ای چندطیفی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۱، صص ۵۰ - ۶۲.
- یالنده، م. ۱۳۸۲. استخراج تغییرات کاربری اراضی منطقه شهری تهران با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده فنی دانشگاه تهران.
- Binh, T.N.K.D., et al. 2005. Land cover changes between 1968 and 2003 in Cai Nuoc, Ca Mau Peninsula, Vietnam. *Environment, Development and Sustainability* 7, 519–536.
- Congalton, R.G. and K., Green. 1999. Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices, Boca Rotan, Florida' Lewis Publishers.
- Coulibaly, L., K., Goïta. 2006. Evaluation of the potential of various spectral indices and textural features derived from satellite imagery for surficial deposits mapping. *International Journal of Remote Sensing* 27 (20), 4567–4584.
- Crabtree, R., et al. 2009. Synthesis of ground and remote sensing data for monitoring ecosystem functions in the Colorado River Delta, Mexico. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1486–1496.
- Dennison, P.E., et al. 2009. Remote monitoring of tamarisk defoliation and evapotranspiration following saltcedar leaf beetle attack. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1462–1472.
- Fensholt, R., T.T., Nielsen, S., Stisen. 2006. Evaluation of AVHRR PAL and GIMMS 10-day composite NDVI time series products using SPOT-4 vegetation data for the African continent. *International Journal of Remote Sensing* 27 (13), 2719–2733.
- Gross, J. E., et al. 2006. Remote sensing for the national parks. *Park Science*, 24, 30–36.
- Hountondji, Y.C., N., Sokpon, P., Ozer. 2006. Analysis of the vegetation trends using low resolution remote sensing data in Burkina Faso (1982–1999) for the monitoring of desertification. *International Journal of Remote Sensing* 27 (5), 871–884.
- Jensen, J. R. 2004. Digital change detection: Introductory digital image processing: A remote sensing perspective, Prentice-Hall, New Jersey.
- Gross, J.E., S.J., Goetz, J., Cihlar. 2009, Application of remote sensing to parks and protected area monitoring: Introduction to the special issue, *Remote Sensing of Environment* 113, 1343–1345.
- Jones, D.A., et al. 2009. Monitoring land use and cover around parks: A conceptual approach. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1346–1356.
- Koh, C.N., P.F., Lee, R.S., Lin. 2006. Bird species richness patterns of northern Taiwan: primary productivity, human population density, and habitat heterogeneity. *Diversity & Distributions* 12 (5), 546–554.
- Lee, Tsai-Ming, Hui-Chung Yeh. 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.

- LeMarie, M., et al. 2006. The use of remote sensing for monitoring environmental indicators: The case of the Incomati estuary, Mozambique *Physics and Chemistry of the Earth* 31, 857–863.
- Li, X., M.C.J., Damen .2010. Coastline change detection with satellite remote sensing for environmental management of the Pearl River Estuary, China. *Journal of Marine Systems* xxx.
- Mather, P. M. 1999. *Computer Processing Of Remotely Sensed Images* 2nd Edition, John Willey & Sons.
- Mitsch, W.J., J.G., Gosselink. 1993. *Wetlands*, 2nd ed. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Morawitz, D., et al .2006. Using NDVI to assess vegetative land cover.
- Reed, B., et al. 2009. Integration of MODIS-derived metrics to assess interannual variability in snowpack, lake ice, and NDVI in southwest Alaska. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1443–1452.
- Ressl, R., et al. 2009. Operational active fire mapping and burnt area identification applicable to Mexican nature protection areas using MODIS-DB data. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1113–1126.
- Richards, J.A., X., Jia. 2006. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*, Springer Verlag, Berlin.
- Robert, D.A., M., Keller, J.V., Soares. 2003. Studies of land-cover, land-use, and biophysical properties of vegetation in the Large Scale Biosphere Atmosphere experiment in Amazonia. *Remote Sensing of Environment* 87 (4), 377–388.
- Salah-eldin, A., K., Nagaty, T., Elarif .2008. An enhanced histogram matching approach using the Retinal filters compression function for illumination normalization in face recognition, Springer Berlin/Heidelberg.
- Schowengerdt, R.A. 1997. *Remote Sensing: Models and Methods for Imagery Processing*, 2nd ed.
- Seto, K.C., et al .2002. Monitoring land-use change in the Pearl River Delta using Landsat TM, *International Journal of Remote Sensing*, 8(6), 460–471.
- Svancara, L., et al. 2009. Assessing the landscape context and conversion risk of protected areas using remote-sensing derived data. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1357–1369.
- Wang, Y.Q., et al. 2009. Remote sensing of land-cover change and landscape context of the national parks: A case study of the Northeast Temperate Network. *Remote Sensing of Environment*, 113, 1453–1461.
- Wang, L., et al .2004. Comparison of IKONOS and QuickBird imagery for mapping mangrove species on the Caribbean coast of Panama. *Remote Sensing of Environment* 91, 432–440.
- Wentz, E.A., et al .2006. Landuse and land cover mapping from diverse data sources for an arid urban environments. *Computers, Environment and Urban Systems* 30, 320–346.