

بررسی اثرات سطح آب دریاچه ارومیه بر بیواکولوژی منطقه شمال غرب ایران با استفاده از داده‌های دور سنجی

حسین نظیم‌فر: دانشیار جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران*

محمدحسین فتحی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

محمدعلی خلیجی: دانشجوی کارشناسی ارشد شهرسازی، دانشگاه علوم تحقیقات، تهران، ایران

وصول: ۱۳۹۲/۱۲/۱۴ پذیرش: ۱۳۹۳/۳/۴، صص ۲۰۸-۱۹۳

چکیده

ارزیابی تأثیرات حاصله از پتانسیل‌ها و تغییرات زیست محیطی مانند، تغییرات شدید آب و هوایی، کاهش میزان بارندگی از جمله مباحث مهم و پایه در برنامه‌ریزی‌های اکولوژیکی، شهری و اقتصادی است. از مهمترین این تغییرات در دهه‌های اخیر که سبب نواسانات و تغییرات خطوط ساحلی و از همه مهمتر باعث افزایش پهنه‌های نمکی در منطقه شمال غرب ایران شده کاهش سطح آب دریاچه ارومیه است. هدف اصلی این پژوهش، بررسی تأثیرات تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی بر بیوکلیما اکولوژی مناطق اطراف این دریاچه تکنیکی است. برای نیل به این هدف مشاهدات و برداشت‌های میدانی همگام با تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی ماهواره لندست (۱۹۸۹-۲۰۱۱)، سنجنده‌های (TM، ETM+)، مورد پردازش قرار گرفت. نتایج بدست آمده در بازه زمانی ۲۳ ساله، نشانگر کاهش ارتفاع سطح آب دریاچه بین ۶ الی ۷/۴۰ متر است و تقریباً حدود ۳۵۰۰۰۰ هکتار از مساحت آبی دریاچه ارومیه و نیز ۱۹۰۰۰ هکتار از پوشش گیاهی منطقه کاسته و به همان میزان بر میزان ماسه‌های نمکی و نمک‌زارها افزوده شده است. نتایج حاصل مبین این واقعیت است که سطح آب دریاچه ارومیه شدیداً رو به کاهش است. غلظت بالای نمک موجود در آب دریاچه باعث از بین رفتن چرخه های غذایی متنوعی از جمله جلبک‌های سبز و باعث کاهش شدید تراکم آرتمیا شده و محیط دریاچه برای پذیرش پرندگان آبی به شدت کاهش یافته است. پدیده یوتروفیکاسیون و کمبود جریان‌های ورودی تقریباً تمامی تالاب‌های اقماری را تحت تأثیر قرار داده است. جزایر موجود در دریاچه ارومیه که زمانی زیستگاه تولید مثل فلامینگوها، پلیکانهای سفید و پستانداران بومی منحصر به فرد بوده است با تهدیدی جدی روبرو شده است. از جمله این پستانداران ساکن این جزایر که در معرض خطر انقراض هستند، می‌توان به گوزن زرد و قوچ ارمنی اشاره کرد.

کلید واژه‌ها: دریاچه ارومیه، نوسانات سطح آب، پهنه نمکی، تغییرات بیواکولوژی، تصاویر ماهواره‌ای.

مقدمه

تحت تأثیر فعالیت های انسانی به خصوص احداث سدها و توسعه آبیاری در قسمت‌های بالادست حوضه قرار می‌گیرند. افزایش بهره برداری از آب و استفاده از مواد شیمیایی در کشاورزی همراه با اجرای طرح‌های

شاید بتوان کمیت و کیفیت منابع آب دریاچه و تالاب های اقماری آن را مهمترین فاکتورهای تأثیرگذار بر پایداری کارکرد اکولوژیک آن برشمرد. این فاکتورها

آبی که اساس توسعه پایدار می باشد، می‌گردد (باغوند و همکاران، ۲۰۱۰:۲۶۴). امروزه تنزیل کیفیت و کمیت منابع آبی یکی از مهمترین چالش‌های فراروی توسعه پایدار است (یانگ و همکاران، ۲۰۱۱:۳۶۱). در این شرایط، پایش و ارزیابی مناطق ساحلی می‌تواند به عنوان یک امر مهم در توسعه ملی و مدیریت منابع طبیعی تلقی شود (تیشوایلا، ۲۰۱۲:۶۹؛ گوندر و همکاران، ۲۰۱۲:۵۴۸).

در دهه‌های گذشته، پایش مناطق ساحلی و استخراج تغییرات سطح آب در فاصله‌های زمانی مختلف به عنوان یک پژوهش زیربنایی مورد توجه واقع شده است (فتحی و همکاران، ۲۰۱۴:۵ و همکاران، ۲۰۱۱:۷۸۷). زیرا خطوط ساحلی ماهیتی دینامیکی داشته و مدیریت چنین محیط‌های اکولوژیکی حساس نیاز به کسب اطلاعات دقیق در فواصل زمانی مختلف دارد (کاویان و همکاران، ۲۰۱۱:۹۳۹؛ پامر، ۲۰۱۱:۸۹۱). در این راستا، فنآوری سنجش از دور نقش بی‌نظیری را در کسب اطلاعات از این پدیده‌ها بر عهده گرفته است، چرا که تصاویر ماهواره‌ای چند طیفی مزایا و امتیازهایی دارند که در دسترس بودن و تفسیر رقومی آنها از مهمترین امتیازهای مربوط به آن محسوب می‌شود. از مدت‌ها پیش ثابت شده است که جذب اشعه مادون قرمز به وسیله آب و انعکاس شدید آن به وسیله پوشش گیاهی و خاک، ترکیب مناسبی را برای نقشه‌برداری از سطوح آبی فراهم می‌کند (تاکر، ۱۹۷۹:۱۲۷). به کمک این تکنیک‌ها و فنآوری‌ها

توسعه کشاورزی باعث کاهش کمیت و کیفیت آب ورودی به دریاچه و تالاب‌های اقماری آن شده و توسعه صنعتی منجر به افزایش رهاسازی پسماندهای مضر به دریاچه می‌شود. تغییر کاربری اراضی به منظور توسعه شهرسازی باعث افزایش فاضلاب شهری می‌گردد. استفاده بی‌رویه از زمین‌های شیب‌دار دامنه‌ها برای کشت دیم باعث افزایش فرسایش خاک شده و تاثیر مشهودی بر کیفیت و کمیت جریانات ورودی به دریاچه و تالاب‌های اقماری آن می‌گذارد. در این بین بررسی نوسان‌های سطح آب دریاچه‌ها به منظور حفاظت آنها به لحاظ اهمیت، ماهیت و موقعیت این مجموعه‌های آبی و به‌عنوان عاملی برای ادامه حیات و یک میراث طبیعی در سال‌های اخیر در بین کشورها در سطح ملی و منطقه‌ای جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است (رسولی و همکاران، ۱۳۸۷:۵۳). لذا مناطق ساحلی به ویژه محیط دریاچه‌های داخلی به عنوان محیط‌های اکولوژیک مورد توجه قرار گرفته است (جنسن، ۱۹۹۶:۳۱۶). اشکال و پدیده‌های طبیعی سطح زمین خیلی سریع تغییر پیدا می‌کنند و دریاچه‌ها نیز به عنوان یکی از همین اشکال و پدیده‌های طبیعی از این قاعده مستثنی نبوده (سعادت‌پورو و همکاران، ۲۰۱۲:۶۴۵) و همواره دست‌خوش تغییر و تحول می‌باشند (میرباقری و همکاران، ۲۰۱۲:۱۶۳). تغییرات آب و هوایی در نتیجه کاهش بارندگی، افزایش دما، استفاده بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرسطحی در مناطق و حوضه‌های آبریز به روشنی قابل مشاهده است (آریاس و همکاران، ۲۰۱۲:۲۲). این تغییرات خود موجب دگرگونی در کیفیت منابع

3 - Ying
4 - Tisseuil & Guinder
5 - Lei
6 - Kavian
7 - Pamer
8 - Tucker

1 - Jensen
2 - Arias

نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش تصاویر ماهواره‌های چند سنجنده ای و چند زمانی انجام دادند. در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌های لندست و مودیس و آی ار اس بین سالهای ۱۹۷۶ الی ۲۰۰۵ میلادی سطح دریاچه مورد بررسی قرار گرفته و نوسانات سطح آب را در دوره‌های زمانی مختلف ارزیابی کردند و پی بردند که بیشترین تغییرات سطح آب دریاچه در جنوب شرق و ساحل شرقی دریاچه رخ داده است که این کاهش سطح، ۲۳ درصد از سطح دریاچه را در طول دوره مورد مطالعه کاسته است. استفاده از تکنیک‌های متفاوت سنجنش از دور جهت شناسایی وضعیت کاربری اراضی در شرق مدیترانه توسط بربراغولو و اکین (۲۰۰۹)، انجام گرفت. رسولی و همکاران (۲۰۱۰)، با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و تکنیک پردازش تصویر دانش پایه بین سالهای ۱۹۷۷ تا ۲۰۰۲ به بررسی خطوط ساحلی دریاچه خزر نمودند و چندین دوره پیشروی و پسروی را در طول ساحل استخراج نمودند. نظم فر و همکاران (۲۰۱۳)، در پژوهشی به پایش تغییرات دلتای سفیدرود با پردازش داده‌های ماهواره‌ای چندطیفی و چند زمانی در فاصله زمانی ۱۶ ساله بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۵ پرداخته‌اند و نتایج حاصل از این پژوهش بیان‌گر روند تکاملی پیش‌رونده دلتای سفیدرود به سمت شرقی با توجه به پس‌روی خط ساحلی دریای خزر در این ناحیه از منطقه مورد مطالعه بوده است که این تغییر نشان‌دهنده تغییرات محیطی در منطقه است. تغییرات بلند و کوتاه‌مدت سطح آب دریای خزر بر پویایی دلتای سفیدرود تأثیر زیادی داشته است. تکامل دلتای سفیدرود به‌صورت پیش‌روی دلتا بر اثر عملکرد غالب سفیدرود و سپس پس‌روی دریا و کاهش سطح و

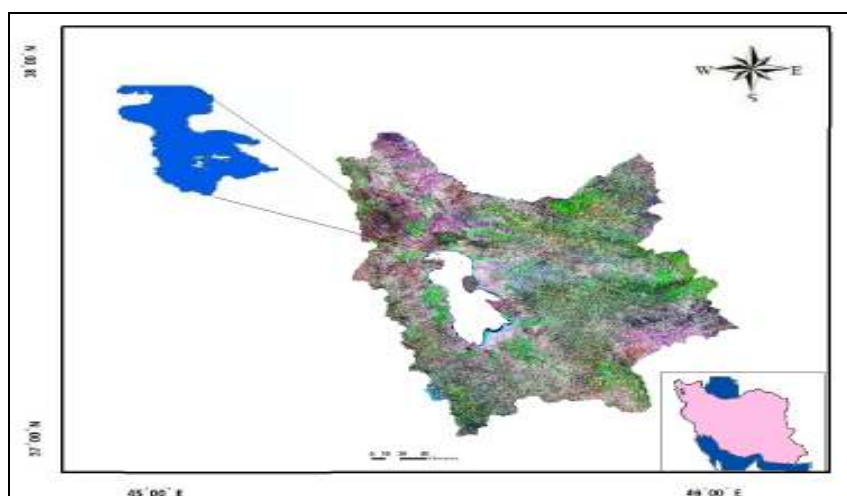
و به منظور مدیریت جامع منابع آب از یک طرف و اهمیت و ماهیت دریاچه‌ها به عنوان یک میراث طبیعی از طرف دیگر، پژوهشگران در نقاط مختلف دنیا تحقیقاتی را انجام داده‌اند که به بعضی از آنها اشاره می‌شود: نجفی در سال (۲۰۰۳)، به بررسی رواناب حاصل از ذوب برف در حوضه دریاچه ارومیه با استفاده از مدل‌بندی تکنولوژی RS و GIS پرداخت. او سنجنش از دور را بهترین فناوری در ارزیابی و تخمین مقادیر انباشت برف در حوضه‌های آبریز بویژه نقاط کوهستانی و صعب‌العبور معرفی کرد. بی، بایرام و همکاران (۲۰۰۴)، در استانبول با استفاده از تصاویر ماهواره ای، نوار ساحلی بخش اروپایی شهر را مطالعه و تغییرات زمانی نوار ساحلی را برای سال‌های ۱۹۶۳ و ۱۹۹۸ و ۲۰۰۰ استخراج کردند و نقشه آن را در طی دوره مطالعه شده ترسیم کردند. کای چینگ دی و همکاران (۲۰۰۴)، در دانشگاه اهایو ژاپن اقدام به نقشه‌برداری ساحلی و شناسایی تغییرات نوار ساحلی با یک روش نقشه‌برداری نیمه اتوماتیک در ساحل دریاچه ای با استفاده از تصاویر پانکروماتیک ایکانوس کردند که نتیجه این مطالعه استخراج دقیق خطوط ساحلی و تهیه نقشه تغییرات آن در طول دوره مطالعه شده است. آل شیخ و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از تصاویر سنجنده لندست بین سالهای ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ به بررسی خطوط ساحلی دریاچه ارومیه پرداخته و دریافتند ۱۰۴۰ کیلومتر مربع در طول دوره مورد مطالعه از سطح دریاچه کاهش یافته است. شایان و جنتی (۱۳۸۶)، در پژوهشی به شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌اند. رسولی و همکاران (۱۳۷۸)، تحقیقی تحت عنوان پایش

گذشته بین (۶۰۰۰-۴۰۰۰) کیلومتر مربع در نوسان بوده‌است که میانگین مساحت آن حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع برآورد می‌شود. تقریباً حدود ۲۰ رودخانه دائمی و فصلی و همچنین تعدادی از جریان‌های زیرسطحی و فصلی دریاچه ارومیه را تغذیه می‌کنند. میانگین شوری آب دریاچه ارومیه بین ۲۲۰-۳۰۰ گرم در لیتر است که نسبت به شرایط زمانی و مکانی مختلف متغیر است. دریاچه ارومیه به دلیل داشتن محیط اکولوژی خاص از طرف سازمان ملل به عنوان یک محیط زیست حفاظت شده به ثبت رسیده است (یونسکو، ۲۰۱۲). این دریاچه، بیستمین دریاچه جهان و دومین دریاچه فوق اشباع نمک در دنیا و اولین دریاچه نمک در خاور میانه محسوب می‌شود که حوضه آبریز مربوط به آن حدود ۳/۲ درصد از مساحت کل کشور را به خود اختصاص می‌دهد (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰: ۲۰۱۱). شکل (۱) موقعیت جغرافیایی منطقه و همچنین دریاچه ارومیه را نشان می‌دهد.

تغییر خط ساحلی بوده است. با توجه به موارد ذکر شده و اهمیت دریاچه ارومیه به عنوان یک میراث طبیعی ملی و همچنین تحقیقات انجام شده تا سال ۲۰۱۲، در این تحقیق تغییرات خطوط ساحل و مساحت سطح دریاچه و نمکزارهای اطراف دریاچه بین سال‌های ۱۹۸۹ و ۲۰۱۱ و تاثیرات سطح آب دریاچه ارومیه بر بیواکولوژی منطقه شمال غرب ایران با استفاده از داده‌های دور سنجی مورد مطالعه قرار می‌گیرد.

منطقه مورد مطالعه

از نقطه نظر جغرافیایی، دریاچه ارومیه در حد گسترش نهایی خود حدود ۱۴۰ کیلومتر طول، ۵۵ کیلومتر عرض و با حداکثر ۱۸ متر عمق، در شمال‌غرب ایران و در حدفاصل طول‌های جغرافیایی ۴۵ تا ۴۶ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ تا ۳۸/۵ درجه شمالی واقع شده است (رسولی و همکاران، ۱۳۷۸: ۵۷). مساحت دریاچه ارومیه در طول سال‌های

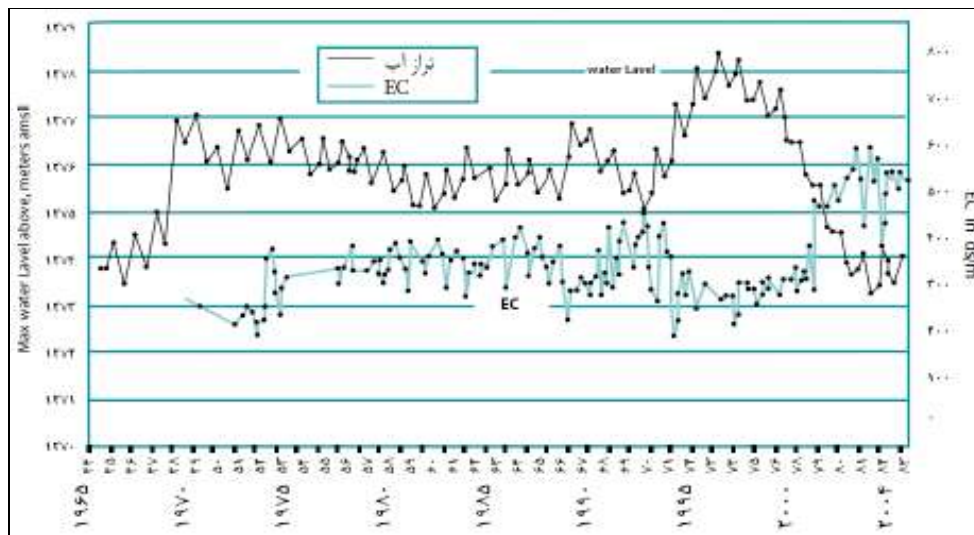


شکل ۱: منطقه مورد پژوهش

هیدرولوژی دریاچه ارومیه

مساحت کل حوضه آبریز دریاچه ارومیه بالغ بر ۵۱۸۷۶ کیلومتر مربع می باشد که از کل مساحت حوضه، حدود ۵۰۰۰ کیلومتر مربع مربوط به خود دریاچه و حدود ۳۶۰۰۰ کیلومتر مربع آن مساحت ۲۱ رودخانه است که به دریاچه ارومیه تخلیه می شوند. ۴۶۰۰ کیلومتر مربع آن باتلاق ها و مراتع و سواحل پست اطراف دریاچه و ۵۸۰۰ کیلومتر مربع آن مساحت ۳۹ مسیل است. از تعداد ۱۹ رودخانه منتهی به دریاچه، رودخانه های زرینه رود، سیمینه رود، گدارچای، آجی چای، باراندوزچای، نازلو چای، شهرچای، زولاچای، صوفی چای، آذرشهر، لیلان چای، مردوق چای، قلعه چای و مهاباد چای دارای رژیم آبدهی دائم و بقیه رودخانه‌ها فصلی می‌باشند. زرینه رود با دبی سالیانه ۲۰۰۰ میلیون متر مکعب و سطح حوضه‌ای برابر با ۱۲۰۰۰ کیلومتر مربع بزرگ‌ترین و آذرشهرچای با دبی سالانه ۳۲ میلیون

متر مکعب و سطح حوضه‌ای برابر با ۳۰۰ کیلومتر مربع کوچک‌ترین رودخانه دائمی این حوضه آبریز هستند. بر اساس بررسی‌ها، میانگین دراز مدت سالانه جریان ورودی به دریاچه ۵۳۱۷ میلیون متر مکعب برآورد شده است (علیپور، ۱۳۸۸: ۶). حجم دریاچه با احتساب ۵۰۰۰ کیلومتر مربع مساحت دریاچه و عمق متوسط ۶ متر، به ۳۰ کیلومتر مکعب بالغ می‌گردد. حجم آب دریاچه بر این اساس به ۳۰۰ میلیارد متر مکعب می‌رسد که با توجه به محتوی ۳۰۰ گرم در لیتر یا ۳۰۰ کیلوگرم در تن نمک طعام حدود ۶ میلیارد تن نمک محلول در آب دریاچه موجود است. این ذخیره نمک دریاچه ارومیه را به بزرگترین معدن نمک آبی دنیا تبدیل می‌کند (علیپور، ۱۳۸۸: ۸). حداکثر میزان شوری ثبت شده آب دریاچه رقم ۳۳۸ گرم بر لیتر را نشان می دهد که این میزان شوری بیش از آستانه تحمل گونه آرتمیا برای تولید مثل و تکثیر می باشد.



شکل ۲: رابطه بین تغییرات تراز آب و هدایت الکتریکی (موسسه تحقیقات آب کشور سال ۸۵)

فلور و فون دریاچه ارومیه

پوشش گیاهی برخی از جزایر منطقه، بیشه زار و نیمه جنگلی که وسعت این مناطق نیمه جنگلی را ۴۸۱۰ هکتار برآورد کرده‌اند (بقایی، ۱۳۸۸: ۵). گونه‌های گیاهی شناخته شده پیرامون دریاچه ۱۷۷ گونه و گونه‌های جزایر ۱۷۴ مورد است. بزرگترین خانواده‌های گیاهی اطراف دریاچه در این پارک ملی متعلق به خانواده کاسنی با ۳۳ گونه، خانواده گندمیان با ۲۱ گونه و بزرگ‌ترین جنس به فرفیون و شنبلیله وحشی اختصاص دارد. از بین خانواده های پارک ملی دریاچه ارومیه تعداد ۱۲ خانواده بومی اختصاصی ایران هستند اما نیمی از گیاهان ناحیه فیتوژئوگرافیک ایران و تورانی می‌باشند (علیپور، ۱۳۸۸: ۲۶). به طور کلی در پارک ملی دریاچه ارومیه ۲۷ گونه پستاندار، ۲۱۲ گونه پرنده، ۴۱ گونه خزنده و ۷ گونه دوزیست و ۲۶ گونه ماهی وجود دارد، به عنوان نمونه ۸۰ درصد جمعیت گوزن زرد ایرانی در جزیره اشک و ۸۰۰ رأس قوچ و میش ارمنی در کبودان و از دیگر حیوانات می‌توان از فلامینگو، قو و پلیکان نام برد (بقایی، ۱۳۸۵: ۵). از میان بیست و پنج گونه خزنده و دوزیستی که تاکنون در استان آذربایجان غربی شناسایی شده‌اند، سه گونه دوزیست و ده گونه مار و مارمولک در حوضه آبریز و سواحل محدوده پارک ملی دریاچه ارومیه زندگی می‌کنند (علیپور، ۱۳۸۸: ۷۳). آرتمیا یکی از انواع مهم و گسترده سخت پوستان است که از آب های لب شور تا آب های خیلی شور، که میزان املاح آن ممکن است تا چند برابر آب دریا باشد زندگی می‌کند (خلیلی و همکاران، ۱۳۸۶: ۶۵) که به عنوان یک غذای زنده با ارزش در تغذیه مراحل اولیه زندگی بسیاری از آبزیان تجاری از جمله میگو، بچه ماهیان خاویاری، آزاد ماهیان، صدف‌ها و غیره بکار می‌رود (یارمحمدی و همکاران، ۱۳۸۱: ۸۵). کارشناسان اعتقاد دارند اگر

دریاچه در وضعیت طبیعی خود باشد تنها از طریق برداشت آرتمیا سالانه چیزی در حدود ۲ تریلیون تومان درآمد نصیب کشور خواهد شد. در حالی که می‌دانیم تمامی درآمد بخش کشاورزی استان آذربایجان غربی در بهترین شرایط ۷۰۰ تا ۸۰۰ میلیارد تومان برآورد می‌شود. بسیار تأسف انگیز است که بدانیم هر کیلو از آرتمیای تولید شده در کشور چین به قیمت ۲۰۰ تا ۳۰۰ دلار جهت مصرف در صنعت پرورش آبزیان وارد بازار ارومیه می‌شود (بقایی، ۱۳۸۸: ۵). دریاچه ارومیه به ویژه در سال های اخیر در معرض تغییرات قابل ملاحظه‌ای به ویژه در شرق و جنوب شرقی آن قرار گرفته است. به طور متوسط حدود ۲۳ درصد (تقریباً ۱۲۰۰ کیلومتر مربع) مساحت دریاچه کاهش یافته است، به طوری که در طول ده سال گذشته، به طور متوسط حدود ۶۰ کیلومتر از مجموع خطوط ساحلی دریاچه جابجا شده است و جزیره اسلامی بزرگترین جزیره این دریاچه به طور کامل از آب خارج شده است و مساحت خارج شده از زیر آب به صورت زمین های بدون کشت، خشک و نمکی در معرض باد در تصاویر و طبیعت قابل مشاهده است که تهدیدی جدی برای مزارع واقع در اطراف دریاچه محسوب می‌شود (رسولی و همکاران، ۱۳۸۷: ۶۸). با توجه به نقشه های پراکنش مواد معلق، در قسمت‌های شمالی و میانه دریاچه، تمرکز مواد معلق در آب دریاچه از یک وضعیت عادی برخوردار بوده و تمرکز این مواد بیشتر در قسمت‌های جنوب و جنوب شرقی تا غرب است (شایان و جنتی، ۱۳۸۶: ۳۶). اینک دانشمندان معتقدند چنانچه دریاچه ارومیه خشک شود منطقه تبدیل به بیابانی به وسعت ۵۷۰ هزار هکتار با ۸ میلیارد متر مکعب نمک می‌شود که با وزش اولین بادهای به جای شن یا رس این نمک در هوا منتشر شده و موجب تخریب محیط زیست

داده‌ها و روش‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق شامل تصاویر سنجنده ETM و TM سال‌های ۱۹۸۹ الی ۲۰۱۱، نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده ۱/۵۰۰۰۰ سازمان نقشه برداری کل کشور و برداشت‌های میدانی به وسیله GPS است. علل استفاده از تصاویر این سنجنده را می‌توان دارا بودن شش باند در محدوده مرئی و مادون قرمز انعکاسی و نیز اندازه پیکسل اشاره نمود که آن را جزو سنجنده‌های با قدرت تفکیک متوسط قرار داده است. چنین سنجنده‌هایی همانگونه که در جدول شماره (۱) اشاره شده است، همچون پلی میان سنجنده‌های با قدرت تفکیک بالا، مثل اسپات ۵ و سنجنده‌هایی با قدرت تفکیک پایین، مثل WIFS، عمل می‌نمایند.

خواهد شد؛ تخریبی که بدون شک از مرزهای کشور خواهد گذشت و در خوش‌بینانه‌ترین شرایط کشورهای همسایه را نیز در شرایط بحران زیست محیطی گرفتار خواهد نمود (نوری، ۱۳۹۱: ۸۳). خشک شدن و یا کم شدن آب دریاچه تعادل اکولوژیک شمال غرب کشور را بر هم خواهد زد، آب و هوا را تغییر داده و با اثرگذاری مستقیم بر روی حیات مردمی که سالیان سال با دریاچه زندگی کرده‌اند باعث مهاجرت میلیونی آن‌ها خواهد شد. حضور دریاچه تاکنون باعث ایجاد ویژگی ساحلی به این منطقه کوهستانی و تعدیل آب و هوا شده است. خشک شدن دریاچه یعنی پایان کشاورزی، پایان گردشگری، پایان آرمیا، پایان آب و هوای معتدل، پایان کار اسکله‌ها و شناورها، و برای جانوران و پرندگان آغاز یک فاجعه زیست محیطی (بقایی، ۱۳۸۸: ۵).

جدول ۱: ساختار طیفی و مکانی داده‌های مورد استفاده

شماره باند	قدرت تفکیک مکانی به متر TM/ETM+	قدرت تفکیک رادیومتریک به میکرومتر TM/ETM+	شماره باند	قدرت تفکیک مکانی به متر TM/ETM+	قدرت تفکیک رادیومتریک به میکرومتر TM/ETM+
۱	۳۰	۴۵-۵۲/۴۵-۵۱.۲	۵	۳۰	۱.۵۵-۱.۷۵/۱.۵۵-۱.۷۵
۲	۳۰	۵۲-۶۰/۵۲.۵-۶۰	۶ (L/H)	۱۲۰/۶۰	۱۰.۴-۱۲.۵/۱۰.۵-۱۲.۴
۳	۳۰	۶۳-۶۹/۶۳-۶۹	۷	۳۰	۲.۰۹-۲.۳۵/۲.۰۸-۲.۳۵
۴	۳۰	۷۶-۹۰/۷۵-۹۰	---	---	---

تعیین تغییرات، سطح آب دریاچه ارومیه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

بر این اساس، ابتدا سری‌های تصاویر ماهواره‌ای مختلف از نقطه نظر ترکیب طیفی و تفکیک مکانی برای بررسی ویژگی‌های آب دریاچه ارومیه پردازش شد. سپس، سعی شد تا اول، آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی و سطح آب دریاچه ارومیه در طی دو دهه گذشته و تاثیر آن بر بیوکلیماکولوژی منطقه مورد بررسی قرار گیرد. دوم، نقشه تغییرات بلندمدت خطوط

با توجه به هدف مطالعه که ارزیابی تغییرات محدوده از روی تصاویر ماهواره‌ای در بازه زمانی ۲۳ ساله بود، در ابتدا اقدام به اعمال تصحیحات مورد نیاز در مرحله پیش‌پردازش، تصحیحات هندسی و اتمسفری گردید. بدین منظور تصاویر ماهواره‌ای از لحاظ هندسی و رادیومتریک مورد بررسی قرار گرفته و عملیات تصحیح بر روی آنها صورت گرفت. جهت انجام این کار از نرم‌افزار ERDAS 9.2 استفاده شد. سپس برای

ماهواره‌ای چند زمانه‌ای سنجنده‌های TM و ETM+ منطقه دریاچه ارومیه که قابل دسترسی بودند، بر اساس جدول شماره (۲) انتخاب شدند.

ارتفاع و مساحت دریاچه ارومیه در دوره‌های زمانی درازمدت و در مقیاس سالیانه آرایه گردد. برای رسیدن به اهداف اصلی مطالعه، انواع متفاوت تصاویر

جدول ۲: منابع اطلاعات موجود از انواع تصاویر ماهواره ای

سال اخذ تصویر	ماهواره	نوع سنجنده	قدرت تفکیک مکانی به متر
۱۹۸۹	لندست	TM	۳۰
۲۰۰۵		ETM	
۲۰۱۰			
۲۰۱۱			

پردازش تصاویر مورد استفاده در این تحقیق عبارتند از:

مرحله نخست بررسی همبستگی بین باندهای طیفی تصاویر ماهواره‌ای (محتوای اطلاعاتی باندها) از روی ماتریس همبستگی و هیستوگرام تصاویر هر یک از باندهای سنجنده ETM و TM: همبستگی بین باندها بیانگر وجود اطلاعات مشترک یا به عبارتی تکرار اطلاعات است؛ یعنی هر قدر همبستگی بین باندها بیشتر باشد، میزان اطلاعات بیشتری به صورت مشترک وجود دارد. پس از محاسبه ضرایب همبستگی باندها و بررسی روند همبستگی بین باندهای تصاویر سنجنده‌ها ملاحظه شد که باند های (۳، ۱) و (۳، ۲) مشابه و روند همبستگی باندهای (۳، ۴) و (۵، ۳)، نیز تقریباً مشابه و دارای همبستگی بالایی با یکدیگر می‌باشند؛ باند حرارتی با باندهای مرئی و مادون قرمز میانی دارای همبستگی منفی است و با باندهای آبی و مادون قرمز نزدیک میزان همبستگی معکوس قابل ملاحظه است، لذا باند مادون قرمز حرارتی دارای اطلاعاتی متمایز از سایر باندهاست. بنابراین همبستگی پایین باند حرارتی با سایر باندها دلالت بر وجود اطلاعات نسبتاً مفید در این باندها و لزوم بکارگیری آنها برای پایش خط ساحلی است.

این تصاویر، بترتیب توان تفکیکی فضایی حدود ۳۰ متر و ۱۵ دارند. اصلاحات ژئومتریک و رادیومتریک لازم برای کلیه تصاویر در محیط نرم افزار ERDAS انجام شد. بر اساس کنترل داده‌های اصلاح شده تصاویر ETM+ سال ۲۰۱۱، اصلاحات ژئومتریک روی تصاویر ماهواره TM و ETM به روش تصویر به تصویر اعمال شد. شایان ذکر است که از نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به عنوان مبنای ارزیابی تغییرات سطح آب و تهیه مدل رقومی زمین استفاده شد. همچنین سیستم تصویر UTM برای ناحیه ۳۸ تطبیق و کلیه تصاویر زمین مرجع و اصلاحات هندسی تصویر به تصویر اعمال شد. به طور کلی در روند پردازش رقومی تصاویر به منظور تشخیص تغییرات ساحل دریاچه ارومیه سه مرحله اصلی مورد نظر بودند: در مرحله پیش پردازش روی کلیه تصاویر ماهواره‌ای اصلاحات رادیومتریک، ژئومتریک و تکنیک‌های نرمال‌سازی اعمال شد. هدف اصلی این مرحله رفع خطاهای سیستماتیک و غیرسیستماتیک موجود در تصاویر خام و افزایش صحت و قابلیت دسته‌بندی اطلاعات رقومی مختلف بود. در مرحله پردازش، ابتدا تکنیک‌های نسبت‌گیری باندها و طبقه بندی در محیط نرم افزار ERDAS به کار گرفته شد. مراحل اصلی

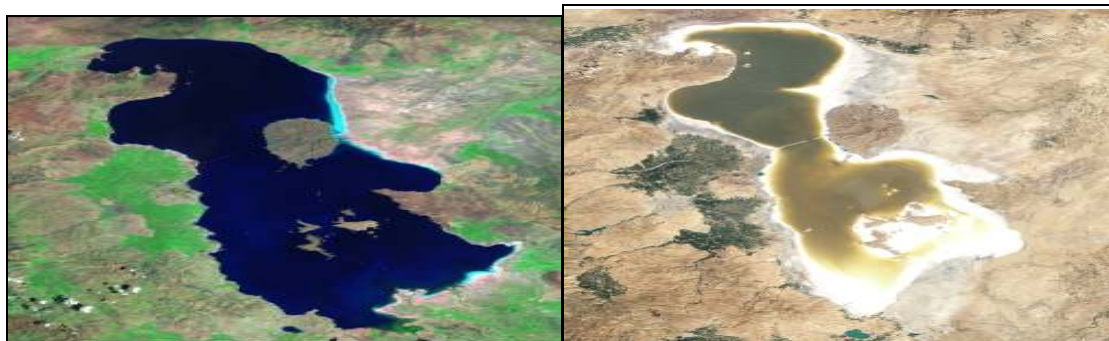
رنگی کاذب حاصل می‌شود که بهترین ترکیب رنگی برای تفکیک خط ساحلی ترکیب رنگی باندهای (۳،۴،۵) است که ضمن آن که مرز میان آب و خشکی را بهتر ظاهر می‌نماید، به ترکیب رنگی واقعی سطح زمین نیز بسیار نزدیک است. به علاوه باندهای طیفی فوق براساس هیستوگرام آنها از همبستگی کمی برخوردار هستند و از این رو حاوی اطلاعات بیشتری است.

مرحله پنجم تفکیک نمونه‌های آموزشی با تفسیر بصری تصویر رنگی کاذب حاصل می‌گردد، بررسی پراکنش نمونه‌ها در نمودار دو بعدی و تعریف کلاس‌ها برای طبقه‌بندی نظارت شده است. در این مرحله ابتدا با استفاده از تصویر رنگی کاذب در محیط نرم‌افزار ERDAS و بررسی هیستوگرام باندهای طیفی و براساس تفاوت خصوصیات نظیر رنگ، تن، بافت، شکل و اندازه در تصویر کلاس‌های مورد نظر مشخص و تعریف شدند. سپس با شناخت کلی تصویر نمونه‌های آموزشی از طریق تفسیر بصری ترکیب رنگی کاذب از هر کلاس انتخاب و تفکیک‌پذیری طیفی کلاس‌ها از روی نمودار دوبعدی پراکنش پیکسل‌ها با استفاده از باندهای مختلف بررسی شد. شکل (۳)، بهترین ترکیب رنگی حاصل برای بازه‌های زمانی مختلف را نشان می‌دهد.

مرحله دوم بارزسازی طیفی تصاویر: در این تحقیق به منظور بررسی بازتاب‌های طیفی پدیده‌ها از هیستوگرام تصاویر استفاده شد. بسط دادن دامنه تصویر به دامنه وسیع‌تری از مقادیر درجه روشنایی را بارزسازی طیفی یا بهبود کنتراست تصاویر گویند که در اثر این بسط به دلیل وضوح بیشتر تصویر امکان متمایز شدن پدیده‌های بیشتری فراهم می‌گردد. به منظور بارزسازی و بهبود کنتراست تصاویر از روش تعدیل خطی هیستوگرام استفاده گردید که موجب متمایز شدن پدیده‌ها می‌شود و شناخت آنها راحت‌تر صورت می‌گیرد.

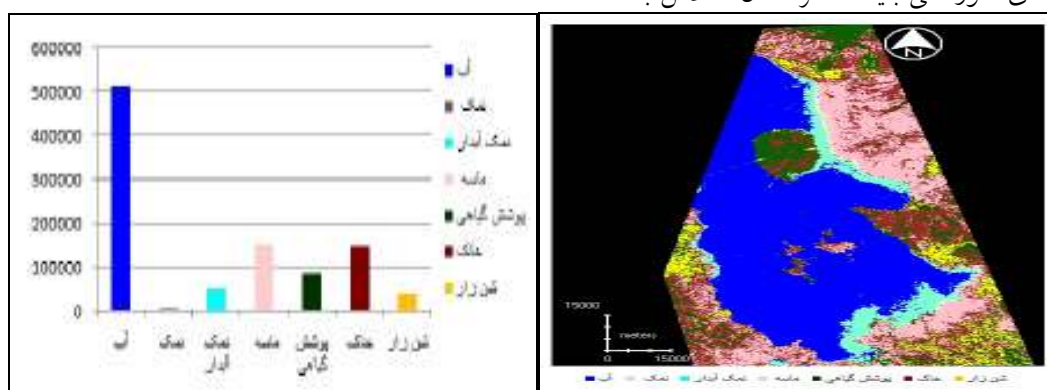
مرحله سوم مولفه‌های اصلی: استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی (PCA) به‌عنوان روشی برای فشرده‌سازی داده‌ها نقش مهمی را در تجزیه و تحلیل نهایی و عملیات طبقه‌بندی دارد. با انجام این تبدیل در نهایت ۷ باند به عنوان باندهای نهایی حاصل می‌گردد که باندهای اول از نظر اطلاعات درصد بیشتری را به خود اختصاص می‌دهند. نتیجه حاصل از این تبدیل نشان داد که باند اول مولفه، ۸۸ درصد اطلاعات را در خود جای داده است.

مرحله چهارم تولید ترکیب رنگی کاذب (FCC): هدف از انتخاب باندهای مناسب برای ساخت تصاویر رنگی، به حداقل رسانیدن داده‌های کم‌ارزش و استفاده حداکثر از اطلاعات مفید است. با ترکیب باندهای مختلف سنجنده ETM و TM، تعداد زیادی تصویر



شکل ۳: تصاویر ترکیب رنگی بدست آمده از ترکیب باندها: سمت راست (سال ۱۹۸۹)، سمت چپ (سال ۲۰۱۱)

بنابراین تا حد امکان باید از تعداد نمونه‌های بیشتری استفاده شود تا تغییرات بسیاری از ویژگی‌های طیفی در این گستره طیفی قرار گیرد. در ارزیابی صحت تصاویر طبقه‌بندی شده همانگونه که در شکل (۴) اشاره شده، چون نقشه واقعیت زمینی مناسبی برای اندازه‌گیری دقت نقشه‌های حاصله وجود نداشت، لذا با تولید یک تصویر واقعیت زمینی، دقت نقشه‌های طبقه‌بندی شده برآورد گردید.



شکل ۴: نقشه طبقه‌بندی شده تصاویر سال ۱۹۸۹ سمت راست، همراه با هیستوگرام آن، سمت چپ.

است (رسولی، ۱۳۸۱). با تفسیر بصری تصاویر مربوط به آن مشخص شد که مغایرت و اختلاف شدیدی بین محدوده آب دریاچه و اطراف آن وجود دارد. این عمل به دلیل میزان زیاد جذب انرژی مادون قرمز میانی به وسیله آب و انعکاس شدید مادون قرمز میانی به وسیله سایر پوشش‌های زمین، گیاه، نمک و مناطق غیر قابل کشت، در این محدوده است.

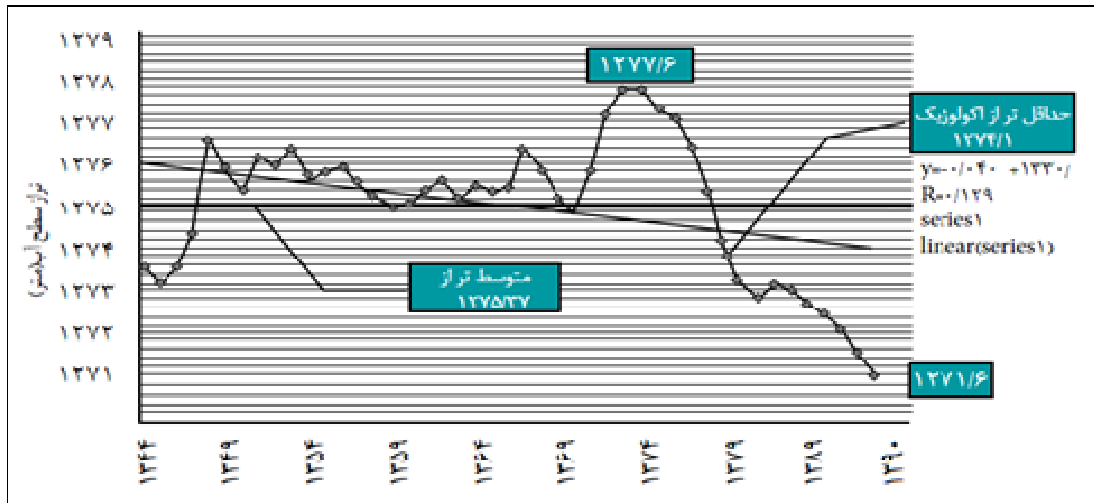
در مرحله پس‌پردازش ابتدا نقشه‌های طبقه‌بندی شده در محیط نرم افزار ArcGIS به مدل‌های برداری تبدیل و از این طریق مساحت سطح آب دریاچه استخراج شد. سپس با روش‌های کارتوگرافی، میزان تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه و تغییرات نوار ساحلی در سالهای مختلف و فصول آبی متفاوت طراحی و نمایش داده شد.

مرحله نهایی انجام طبقه‌بندی تصاویر به روش نظارت شده با الگوریتم حداکثر احتمال و ارزیابی صحت طبقه‌بندی: از میان روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده، روش حداکثر احتمال تاکنون به‌عنوان دقیق‌ترین و پرستفاده‌ترین روش‌ها ذکر شده است. این روش، واریانس و کوواریانس کلاس‌ها را ارزیابی می‌کند. برای این کار فرض می‌شود همه مناطق آموزشی از پراکنش نرمال برخوردارند. در حقیقت نمونه‌های کلاس‌های آموزشی باید معرف آن کلاس باشند،

به منظور تولید تصویر واقعیت زمینی، باند پانکروماتیک تصویر TM با باندهای چندطیفی این سنجنده با استفاده از روش آنالیز مولفه‌های اصلی (PCA) تلفیق گردید. در مرحله بعدی برای استخراج خطوط ساحلی، از تصاویر محدوده طیف مرئی استفاده شد. استخراج محل برخورد محدوده‌های آب و خشکی حتی با یک باند منفرد نیز امکان‌پذیر است، چرا که ویژگی انعکاسی آب در باند مادون قرمز انعکاسی تقریباً صفر است و انعکاس پوشش زمین در این محدوده خیلی بیشتر از آب است (خیاوژن هن، ۱۹۹۹). بررسی هیستوگرام آستانه انعکاس آب در باندهای مادون قرمز تصاویر ETM+ و TM نشان می‌دهند که از باند ۶ انعکاسی TM و باند ۵ مادون قرمز میانی برای استخراج خط برخورد خشکی و آب مناسبتر

یافته‌های تحقیق تجزیه و تحلیل انواع تصاویر چند سنجنده ای و چند زمانه ای نشان می‌دهد که تغییرات سطح آب دریاچه در مقیاس سالیانه (از سال ۱۹۸۹ الی ۲۰۱۱)، قابل توجه است. شکل (۵) و (۶) تغییرات قابل ملاحظه‌ای

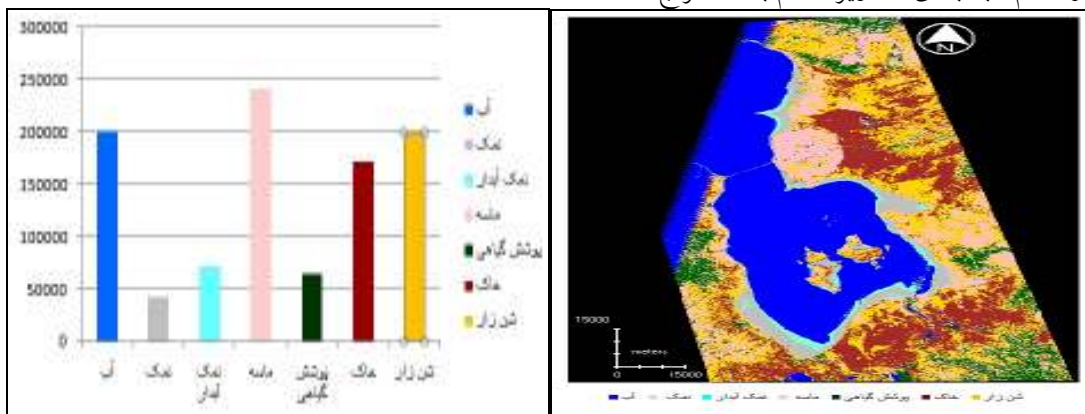
در سطح آب دریاچه ارومیه در یک دوره زمانی بلندمدت را نشان می‌دهد. از روی این تصاویر می‌توان تشخیص داد که در طی ۲۳ سال گذشته نوسان‌های قابل ملاحظه‌ای در سطح آب دریاچه رخ داده است.



شکل ۵: نمودار تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه (۱۳۹۰-۱۳۶۶) ثبت شده به وسیله ماهواره TOPEX/ Jason

بنابراین یافته‌های این پژوهش در دو بخش زیر مطرح می‌گردد. آشکار سازی تغییرات کاربری اراضی در این مرحله و بعد از انجام طبقه‌بندی تصاویر، اقدام به استخراج نقشه تغییرات کاربری اراضی و نقشه تغییرات محدوده مورد مطالعه در طی دوره ۲۳ ساله گردید، که در شکل شماره (۶) نشان داده شده است.

شکل ۶: نقشه طبقه‌بندی شده تصاویر سال ۲۰۱۱، سمت راست، همراه با هیستوگرام.



شکل ۶: نقشه طبقه‌بندی شده تصاویر سال ۲۰۱۱، سمت راست، همراه با هیستوگرام.

کم عمق به شدت گسترش یافته و عملا قسمت عمیقی وجود ندارد که نشان دهنده کم عمق شدن کل دریاچه در سال ۲۰۱۱ است. در جدول (۳)، مساحت کلاس‌های به دست آمده برای هر سال و همچنین مقایسه آنها آورده شده است.

جدول ۳: سطح برآورد کلاس‌ها و درصد تغییرات آنها از تصاویر ماهواره لندست

نام کلاس	مساحت هر کلاس در سال ۱۹۸۹ به هکتار	مساحت هر کلاس در سال ۲۰۱۱ به هکتار	میزان تغییرات به هکتار	نام کلاس	مساحت هر کلاس در سال ۲۰۱۱ به هکتار	میزان تغییرات به هکتار
آب	۵۱۳۸۰۴	۶۴۶۰۶	-۱۹۰۶۱	پوشش گیاهی	۲۰۰۳۰۲	-۳۱۳۵۰۲
نمک	۷۳۳۶	۱۷۲۱۲۱	+۲۶۵۲۲	خاک	۴۲۸۲۸	+۳۵۴۹۲
نمک آبدار	۵۱۶۱۹	۱۹۹۲۹۰	+۱۶۰۳۳۳	شن زار	۸۹۵۷۰	+۱۸۹۷۹
ماسه	۱۴۹۳۹۷	۹۹۰۶۷۶	-----	مجموع	۲۴۰۶۳۴	+۹۱۲۳۷

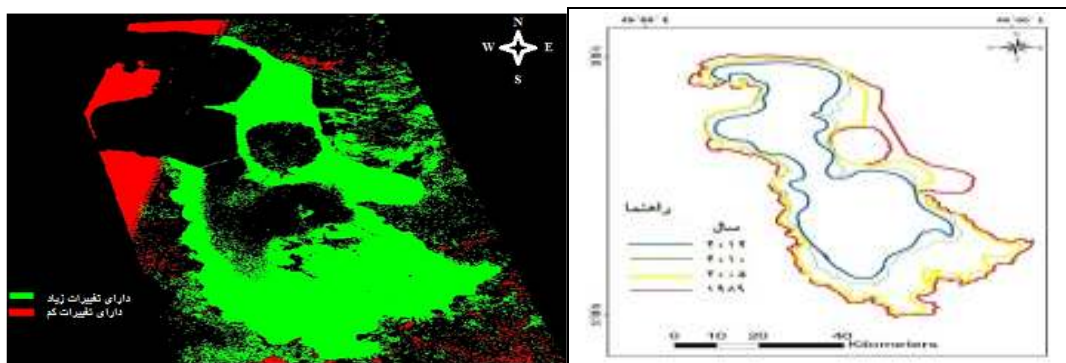
از مقایسه شکل‌های (۶) و (۷) و نیز استفاده از شکل (۹) به وضوح پسروی دریاچه ارومیه علی‌الخصوص در ساحل شرقی و اطراف جزیره اسلامی، گسترش سطح نمک‌زارهای اطراف ملاحظه می‌گردد. همچنین در فاصله این بیست و سه سال قسمت آب

لایه دریاچه و لایه آب کم عمق، محدوده دارای آب را تشکیل می‌دهد. در واقع مرز لایه نمک آبدار، خط ساحلی دریاچه در هر سال را نشان می‌دهد که ضمن وجود نوعی نوسان در مقادیر مساحت و محیط دریاچه در دراز مدت، روند کلی کاهش در هر دو پارامتر هندسی وجود دارد. در این صورت اندازه گیری فاصله بین لایه‌های نمک آبدار در طول دو بازه زمانی، میزان پسروی دریاچه را نشان خواهد داد.

همان‌طور که در جدول (۳) مشهود است، در بین کلاس‌ها، کلاس‌های آب و پوشش گیاهی بیشترین کاهش و نمک و ماسه نمکی و نمک آبدار بیشترین افزایش را در طی دو دهه اخیر داشته‌اند.

تغییرات خطوط ساحلی:

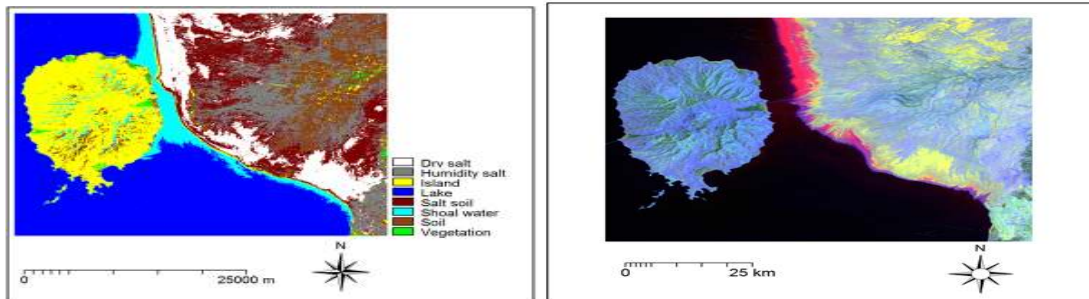
تغییرات مربوط به مساحت و محیط دریاچه ارومیه در شکل (۷)، نمایش داده شده است. با دقت به این مدل گرافیکی و شکل (۸) مشخص می‌شود که مجموع



شکل ۷: نقشه تغییرات دوره‌ای خطوط ساحلی شکل ۸: مراحل کاهش تدریجی آب سواحل دریاچه ارومیه (۱۹۸۹ -

احداث سد در حوضه آبریز دریاچه و ۱۰ درصد نیز مربوط به کاهش بارندگی در ناحیه مربوطه است. در سالهای اخیر، پسروری سریع دریاچه باعث افزایش غلظت آب شده و در اغلب خطوط ساحلی مازاد املاح نمکی را سبب شده است. این فرایند به نوبه خود مسائل اکولوژیکی عدیده‌ای را به وجود آورده است. با توجه به شکل (۹) مشخص می‌شود که در شرق و جنوب شرقی منطقه مطالعه شده به مقدار زیادی بر وسعت شورزارها و زمین‌های بدون کشت اضافه شده است که به همان نسبت از وسعت دریاچه کم شده است.

با ارزیابی نتایج به دست آمده مشخص می‌شود که خطوط ساحلی نیز در مقیاس‌های سالبانه و فصلی دستخوش تغییرات معناداری است (شکل ۸). همچنین بررسی نقشه‌های تغییرات در مقیاس سالبانه نشان می‌دهد که خطوط ساحلی بویژه در شرق و جنوب شرقی منطقه مطالعه شده پسروری بسیار مشخصی داشته است، این پسروری در بعضی مناطق تا ۸ کیلومتر نیز اندازه گیری شده است. با توجه به مطالعات صورت گرفته دلایل مختلفی در کاهش میزان آب دریاچه ارومیه سهمیه بوده‌اند که از این میزان ۶۵ درصد به علت تغییرات آب و هوایی، ۲۵ درصد مربوط به



شکل ۹: سواحل شرقی و جنوب شرقی دریاچه ارومیه (سال ۱۹۸۹)

شده‌اند (تبریز، آذرشهر، صوفیان، میاندوآب و ..). در منطقه حداکثر خطرپذیری قرار دارند و شهرهایی همچون بناب که جهت باد در آنها غربی است در اوج خطر قرار دارند. در کل می‌توان بیان نمود که اکثریت شهرهای منطقه اطراف دریاچه، در بخش شرقی آن قرار دارند که جهت باد در آنها غربی یا جنوب غربی است در خطر تاثیرپذیری جابجایی ذرات نمک را دارند. البته این امر فراگیر بوده و سطح وسیعی از زمین‌های اطراف و حتی کسورهای همجوار را مورد تهدید طوفان‌های نمکی قرار خواهد داد.

با توجه به این که اطراف دریاچه ارومیه یکی از مناطق بسیار مهم و پر جمعیت شمال غرب کشور قرار دارد فلذا ضرورت توجه به احیای آن را دو چندان می‌کند. یکی از اثرات انکار ناپذیر در امر خطرپذیری مناطق اطراف دریاچه ارومیه باد است که با جابجای ذرات نمک علاوه بر شهرهای داخل کشور بر مناطق خارج از مرز نیز تأثیر زیادی داشته و دارد. برای بررسی این موضوع با توجه به اشکال (۸ و ۹) که نشان دهنده میزان نمک در مناطق مختلف دریاچه هستند، چنانچه جهت باد از روی این مناطق نمکی باشد بر خطر مناطق متأثر از آن افزوده خواهد گردید.

بدین ترتیب شهرهایی که جهت وزش باد در آنها جنوب غربی است و در شرق دریاچه ارومیه واقع

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر به علت اهمیت و نقش فراوان دریاچه‌ها در اکوسیستم با هدف بررسی تاثیرات تغییرات سطح آب دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و سیستم اطلاعات جغرافیایی بر بیواکولوژی مناطق اطراف دریاچه ارومیه، صورت پذیرفت. در این تحقیق از داده‌های ماهواره‌ای لندست استفاده گردید و مشخص شد که دریاچه ارومیه، بویژه در سال‌های اخیر، در معرض تغییرات قابل ملاحظه‌ای بویژه در شرق و جنوب شرقی آن قرار گرفته است که در مقیاس‌های دراز مدت و فصلی قابل مشاهده است. ارتفاع سطح آب این دریاچه در این بازه زمانی بین ۶ الی ۷/۴۰ متر پایین آمده است و تقریباً حدود ۳۵۸۸۰۰ هکتار از مساحت آبی دریاچه ارومیه و نیز ۱۹۰۰۰ هکتار از پوشش گیاهی منطقه کاسته و به همان میزان بر میزان ماسه‌های نمکی و نمک‌زارها افزوده شده است که در سواحل جنوب شرقی کاملاً مشهود می‌باشد. گونه زیستی این دریاچه میگوی آرتیمیا به طور کامل از بین رفته و تنها به صورت محدود در حوضچه‌های اطراف دریاچه پرورش می‌یابد. جزیره اسلامی به عنوان بزرگترین جزیره این دریاچه به طور کامل به منطقه خشکی ملحق شده است و آثار جزیره بودن آن دیگر دیده نمی‌شود. مساحت خارج شده از زیر آب به صورت زمین‌های بدون کشت، خشک و نمکی در معرض باد در تصاویر و طبیعت قابل مشاهده است که تهدیدی جدی برای مزارع واقع در اطراف دریاچه محسوب می‌شود. اکثریت شهرهای منطقه اطراف دریاچه همواره در خطر جابجایی ذرات نمک قرار دارند و در صورت جابجایی نمک توسط باد و آبیاری از طرف کشاورزان این املاح در زمین نفوذ خواهد کرد و بر مشکلات در طول زمان نیز افزوده خواهد کرد. همان گونه که در شکل (۹) نشان داده

شد بیشترین زمین‌های شور در بخش جنوب شرقی دریاچه قرار دارد و این امر یک معضل منطقه‌ای را رقم می‌زند. چرا که خشک شدن دریاچه نه تنها بر منطقه آذربایجان بلکه بر مناطق همجوار آن هم تأثیر بسیار زیادی خواهد گذاشت. این امر اگر با معضلات و آسیب‌های اقتصادی-اجتماعی ناشی از مهاجرت بی‌رویه در نظر گرفته شود، تأیید می‌گردد که فجایع ناشی از خشک شدن دریاچه ارومیه به شدت بر اقتصاد و مسائل اکولوژیکی و زیست محیطی بخصوص بر میزان سلامتی ساکنان حاشیه دریاچه تأثیر مستقیمی خواهد گذاشت و ده‌ها هزار کیلومتر مربع را تحت تاثیر خود قرار داده و با عنایت به ارزش‌های باغی-زراعی منطقه و جمعیتی از سویی و از سوی دیگر همجواری با کشورهای دیگر خالی شدن منطقه از سکنه بدلیل معضلات زیست محیطی، خطری جبران ناپذیر ارزیابی می‌شود.

منابع

بقایی، غلامرضا، ۱۳۸۸، گزارش تحلیلی گونش از نابودی تدریجی دریاچه ارومیه با عنوان طوفان نمک در راه آذربایجان. هفته نامه گونش. سال سوم. شماره ۶۰.

رسولی علی‌اکبر، عباسیان، شیرزاد، و جهانبخش سعید، ۱۳۸۷. "پایش نوسان‌های سطح آب دریاچه ارومیه با پردازش تصاویر ماهواره‌ای چندسنجنده‌ای و چندزمانی"، فصلنامه مدرس علوم انسانی، شماره ۲، ص ۵.

رسولی علی‌اکبر و محمودزاده، حسن، ۱۳۸۹، "مبانی سنجش از دور دانش پایه"، چاپ اول، انتشارات علمیران، ص ۱۹۱.

- desert, Desalination, Vol.1, No.3, PP. 264-275.
- Bayram B., Bayraktar H., Helvacı C., Acar U., 2004, Coast line change detection using corona, SPOT and IRS ID Images, Turkey-Istanbul.
- Berberoglu. S, Akin. A., 2009, "Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean", International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, Vol.11, PP. 46-53.
- Fathi. M.H., Sarmasty. N., Ayase. F., Ashrafi, fini. Z., 2014, Evaluation of coastline changes Processing with multi-spectral satellite imagery & NDWI index Case Study: Lake Urmia tectonic, Thirty-Second Meeting & the first International Congress of Earth Sciences, Iran. Uromia,
- Guinder, V. A., Popovich, C. A. and Perillo, G. M. E., 2012, Phytoplankton and Physicochemical Analysis on the Water System of the Temperate Estuary in South America: Baha Blanca Estuary, Argentina, Int. J. Environ. Res., Vol.6, No.2, PP. 547-556.
- Hassanzadeh, E., Zarghami, M., Hassanzadeh, Y., 2011, Determining the Main Factors in Declining the Urmia Lake Level by Using System Dynamics Modeling. Water Resources Management, Vol.26, No. 1, PP. 129-145.
- http://www.sealevel.jpl.nasa.gov/mission/jason_1.html, [w.jason.oceanobs.com](http://www.w.jason.oceanobs.com)
- Jensen J.R., 1996, Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective, Second Edition, Prentice-Hall, Upper Saddle River New Jersey, pp. 316.
- Kaichang, D., Ruijin, M., Jue, W. and Ron, L., 2004, Coastal Mapping and Change Detection Using High-Resolution IKONOS Satellite Imagery, Japan- Ohio.
- Kavian, A., Fathollah Nejad, Y., Habibnejad, M. and Soleimani, K., 2011, Modeling Seasonal Rainfall Erosive on a Regional scale: A case Study from Northeastern Iran, Int. J. Environ. Res Vol.5, No.4, PP. 939-950.
- Lei, L., Jian, L., Yutao, W., Nvjie, W. and Renqing, W., 2011, Cost-benefit Analysis and Payments for Watershed-scale Wetland Rehabilitation: A Case Study in Shandong Province, China. Int. J. Environ. Res., Vol.5, No.3, PP. 787-796.
- خلیلی، ناهید، عمادی، حسین، نگارستان، حسین، ۱۳۸۶، بررسی اثرات شور یهای بالا بر رشد و بقای آرتمیای بکرزای برکه های اطراف دریاچه ارومیه و دریاچه قم. مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نهم. شماره ۷۰
- شایان، سیاوش و جنتی، مهدی، ۱۳۸۶، شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره ای (سنجنده‌های LISS III, TM و ETM+), مجله پژوهش‌های جغرافیایی، زمستان ۸۶، شماره ۶۲، صص ۳۹-۲۵.
- علیپور، صمد، ۱۳۸۸، اطلس پارک ملی دریاچه ارومیه. سازمان حفاظت محیط زیست، اداره کل حفاظت محیط زیست استان آذربایجان غربی.
- نوری، غلام رضا، آقایی، واحد، ۱۳۹۱، ارزیابی خطرات زیست محیطی مناطق حاشیه دریاچه ارومیه ناشی از نوسانات مرز پیرامونی طی سال های ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۰، مجله مخاطرات محیطی، سال اول، چاپ دوم، صص ۹۴-۷۹.
- یارمحمدی، مهتاب، پور کاظمی، محمد، کمالی، ابوالقاسم، ۱۳۸۱، بررسی سیتوژنتیک آرتمیای دریاچه ارومیه. مجله علمی شیلات ایران. سال یازدهم. شماره ۱.
- Alesheikh, A.A., Ghorbanali, A. and Nouri, N., 2007, Coastline change detection using remote sensing, International journal of Environmental Science and Technology, Vol.4, No.1, pp. 61-66.
- Arias, A. H., Piccolo, M. C., Spetter, C. V., Freije, R. H. and Marcovecchio, J. E., 2012, Lessons From Multi-decadal Oceanographic Monitoring at an Estuarine Ecosystem in Argentina. Int. J. Environ. Res, Vol. 6, No. 1, PP. 219-234.
- Baghvand, A., Nasrabadi T., Nabi Bidhendi G. R., Vosough, A., Karbassi A. R. and Mehrdadi N., 2010, Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central

- Rasuly, A.A., Naghdifar, R. and Rasoli, M., 2010, Monitoring of Caspian Sea Coastline Changes Using Object-Oriented Techniques, *Procedia Environmental Sciences*, No. 2, pp. 416-426.
- Sadatipour, S.M. T., Kiamehr, R., Abrehdary, M. and Sharifi, A. R., 2012, The Evaluation of Sea Surface Topography Models based on the Combination of the Satellite altimetry and the Global Geoid Models in the Persian Gulf. *Int. J. Environ. Res.*, Vol.6, No.3, PP. 645-652.
- Tisseuil, C., Roshan, Gh.R., Nasrabadi, T. and Asadpour, G.A., 2012, Statistical Modeling of Future Lake Level under Climatic Conditions, Case study of Urmia Lake, Iran., *Int. J. Environ. Res.*, Vol.7, No.1, PP.:69-80.
- Tucker, C., 1979 "Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation", *Remote Sensing of Environment*, Vol. 8, p.127-150.
- UNESCO, no date, UNESCO-MAB Biosphere Reserves Directory. 24 January 24, 2012 at: <http://www.unesco.org/mabdb/brdir/directory/biores.asp?mode=gen&code=IRA+07>.
- Xia Zhen hen. 1999, "Using multi-temporal remotely sensed data to study the coastline Evolution in Dayanan area", <http://www.gisdevelopment.net>, 1999.
- Ying, J. F., Xin, Ch. and Cheng, L.A., 2011, a Comparative Study on the Growth and Nutrient Uptake Characteristics of Fifteen Wetland Species in Taihu Lake Region of China. *Int. J. Environ. Res.*, Vol.5, No.2, PP. 361-370.
- Mirbagheri, S. A., Sadrnejad, S. A. and Hashemi Monfared, S. A., 2012, Phytoplankton and Zooplankton Modeling of Pishin Reservoir by Means of an Advection-Diffusion Drought Model, *Int. J. Environ. Res*, Vol.6, No.1, PP. 163-172.
- Najafi, A., 2003, Investigation of the Snowmelt Runoff Orumiyeh – Region Using Modeling GIS and RS- Techniques, International– Institute for Geo-Information Science and Observation Enchede The Netherland.
- Nasrabadi T., Nabi Bidhendi G. R., Karbassi A. R. and Mehrdadi N., 2010, Evaluating the efficiency of sediment l pollution indices in interpreting the pollution of Haraz River sediments, southern Caspian Sea basin. *Environmental monitoring and assessment*, Vol.1, No.4, PP. 395-410.
- Nazmfar, H., Fathi, M., H., Sarmasty, N., KHaliji, M, A., 2013, Monitoring changes in multi-spectral and multi-temporal satellite data processing Sefidrud Delta, SMPR, second ISPRS International Conference, Tehran, Iran.
- Pamer, E., Vujovic, G., Knezevic, P., Kojic, D., Prvulovic, D., Miljanovic, B., and Grubor-Lajsic, G., 2011, Water Quality Assessment in Lakes of Vojvodina. *Int. J. Environ. Res.*, Vol.5, No.4, PP. 891-900.
- Rasouli, AA, ۲۰۰۸, *Fundamentals of Applied Remote Sensing With emphasis on satellite image processing*, vol.1.
- Rasouli, AA, Abbasi, SH, and Jahanbakhsh, S., ۲۰۰۸, Monitoring of lake water level fluctuations Snjdhay processing multi-satellite and multi-time, *humanities instructor Quarterly*, No. 2, pp. 53.