پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده از سنجش از دور

علی اصغر آل شیخ ، استادیار گروه GIS دانشکده مهندسی نقشه برداری
عباس علی محمدی، استادیار گروه GIS، دانشکده مهندسی نقشه برداری
علی قربانعلی ، دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی سنجش از دور

چکیده

سواحل، مناطق ویژه‌ای هستند که با سه محیط اتمسفر، هیدروسفر و لیتوسفر زمین در تماس بوده و از مهم‌ترین پدیده‌های خطی سطح زمین هستند که از طبیعتی پویا برخوردار می‌باشند. مدیریت بهینه سواحل، و حفاظت از محیط زیست در جهت توسعه پایدار نیازمند استخراج خطوط ساحلی و تغییرات آن‌ها می‌باشد.این مقاله به ارزیابی علمی روشهای متداول تعیین تغییرات خطوط ساحلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای می‌پردازد. در این مقاله روش جدیدی برای استخراج خطوط ساحلی ارائه و آزمایش شده است که معایب روش‌های متداول را ندارد. آلگوریتم پیشنهادی از ترکیب دو روش آستانه‌گذاری بر روی هیستو گرام تصویر و نسبت بین باندها تشکیل شده است. مکان موردمطالعه این تحقیق دریاچه ارومیه می‌باشد. این دریاچه بیستمین دریاچه بزرگ دنیا و دومین دریاچه به لحاظ شوری است. پایش خطوط ساحلی دریاچه در فاصله زمانی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۱ و با استفاده از تصاویر سنجنده‌های TM و +ETM صورت پذیرفت. با توجه به نتایج به دست آمده از این تحقیق، مساحت در یاچه ۱۰۴۰ کیلو متر مربع در بازه زمانی مورد نظرکاهش یافته است. در این تحقیق، ارتباط تغییرات سطحی دریاچه با اطلاعات ارتفاعی ماهواره TOPEX/POSIDON موردبررسی قرار گرفت و تغییر ارتفاع سطح آب دریاچه در فاصله زمانی موردنظر سه متر برآورد شد. به منظور ارزیابی دقت حاصل از روش پیشنهادی، نتایج با مشاهدات میدانی مطابقت داده شد. دقت خطوط ساحلی استخراج شده برابر ۱/۳ پیکسل (هر پیکسل معادل ۳۰ متر) بر آورد شد.

واژگان کلیدی : سنجش از دور، پایش خطو ط ساحلی، سنجنده‌های TM، +ETM و TOPEX/POSEIDON، آستانه‌گذاری، نسبت بین باندها.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

مقدمه

پایش مناطق ساحلی پارامتری مهم در توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست می‌باشد. پایش نواحی ساحلی، نیاز به استخراج خطوط ساحلی در زمان‌های مختلف دارد. خطوط ساحلی از مهم‌ترین پدیده‌های سطح زمین می‌باشند که از طبیعتی پویا برخوردار هستند (Winarso, *et al*, ۲۰۰۱). فناوری سنجش از دور روشی موثر جهت اخذ داده‌های موردنیاز است. این روش فاقدمحدودیت‌های زمانی و مکانی معمول می‌باشد (Alesheikh, *et al*, ۲۰۰۳). تصاویر اپتیکی در میان داده‌های دور سنجی مزایای زیادی دارند که تفسیر آسان و سهولت دسترسی از آن جمله‌اند. به همین علت اکثر تحقیقات در خصوص استخراج خطوط ساحلی با استفاده از تصاویر اپتیک صورت می‌گیرد. از طرف دیگر مشخصه‌های طیفی آب به گونه‌ای است که در باندهای مادون قرمز انعکاسی نسبت به باندهای مرئی تفاوت بارزی وجود دارد (DeWitt, *et al*, ۲۰۰۲). همین ویژگی‌های آب سبب شده که تصاویر سنجنده‌هایی که هم باندهای مرئی و هم باندهای مادون قرمز انعکاسی زیادی دارند برای استخراج پایش خطوط ساحلی به طورگسترده مورداستفاده قرار گیرند. سنجنده‌هـای TM و+ETM ماهواره‌های لندست از این جمله‌اند(Moore, ۲۰۰۰)

هدف این مقاله ارزیابی روش‌های متداول استخراج خطوط ساحلی، ارائه روش نیمه‌اتوماتیک نوین برای استخراج خطوط ساحلی از تصاویر اپتیکی، اعمال روش پیشنهادی برای پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه در فاصله سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۱، محاسبه تغییرات ارتفاعی دریاچه و در نهایت آزمون نتایج می‌باشد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

سابقه تحقیق

از سال ۱۸۰۷ لغایت ۱۹۲۷، تهیه نقشه سواحل تنها از طریق نقشه‌برداری زمینی صورت می‌پذیرفت. تهیه این چنین نقشه‌هایی از سال ۱۹۲۷ توسط نقشه‌برداری هوایی انجام و این روش تا سال ۱۹۸۰ تنها روش اقتصادی مورداستفاده معرفی می‌شد. با این وجود تهیه نقشه‌های خطوط ساحلی حتی در مقیاس‌های کوچک نیاز به تعداد کثیری از عکس‌های هوایی دارد. علاوه بر آن در روش عکس‌برداری هوایی گردآوری، تصحیح، تحلیل و انتقال اطلاعات از عکس به نقشه کاری زمان‌بر و پرهزینه است. از دیگر معایب استفاده از عکس‌های سیاه و سفید تمایز اندک انعکاس آب و خشکی است. این مسئله به خصوص در نواحی گل‌آلود حادتر می‌گردد. به علاوه عکس‌ها و نقشه‌های مشتق شده از آن‌ها همگی غیر رقومی بوده و از این رو از کارایی لازم برخوردار نمی‌باشند. تبدیل این طلاعات به فرمت رقومی کاری وقت‌گیر، هزینه بر و پرخطا است. هندسه پیچیده خطوط سواحل و الگو های غیر موزون سبب اعمال خطاهای بیشتر در فرایند رقومی‌سازی می‌گردند. موارد ذیل را می‌توان از دیگر مشکلات استفاده از عکس‌های هوایی نام برد :

۱- دقت کم هندسی، ۲- پوشش زمینی محدود عکس‌ها، ۳- تجهیزات گران ۴- نیاز به تخصص بالا، ۵- هزینه بالای به هنگام‌سازی .

از سال ۱۹۷۲، ماهواره‌های سنجش از دور از قبیل لندست تصاویر رقومی از محدوده طیفی مادون قرمز را در اختیار کاربران قرار می‌دهند. در این محدوده تمایز آب و خشکی به راحتی صورت می‌پذیرد. از این‌رو تصاویر سنجش از دور و

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

فناوری‌های پردازش تصاویر می‌توانند سبب کاهش مشکلات فوق گردند (Winarso, *et al*, ۲۰۰۱).

ناحیه موردمطالعه

ناحیه موردمطالعه دریاچه ارومیه است که در حد فاصل طول‌های جغرافیایی ۴۵ تا ۴۶ درجه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۷ تا ۳۸/۵ درجه شمالی واقع شده است. این دریاچه بیستمین دریاچه بزرگ دنیا و دومین دریاچه به لحاظ شوری است. از طرف دیگر وسیع‌ترین دریاچه داخلی کشور با مساحت تقریبی نیم میلیون هکتار می‌باشد (جبارلو شبستری، ۱۳۷۸). ارتفاع این دریاچه از سطح دریاهای آزاد به طورمتوسط ۱۲۷۶ متر است که در نیم قرن گذشته نوسانی در حدود ۴ متر داشته است. این دریاچه دارای ۱۰۲ جزیره کوچک و بزرگ بوده که بزرگترین این جزایر هم‌اکنون به خشکی پیوسته است. عمق آب دریاچه بین ۵ تا۱۶ متر متغیر و متوسط آن شش مترگزارش شده است. این دریاچه درسطح ملی یک پارک‌ملی محسوب شده و درسطح بین‌المللی درفهرست یونسکو به ثبت رسیده است (Birkett, *et al*, ۱۹۹۵). از طرف دیگر این دریاچه جزو تالاب‌های بین‌المللی کنوانسیون رامسر و از نظر تنوع زیستی در فهرست مناطق مهم بین‌المللی پرندگان به ثبت رسیده است .

داده‌ها و نرم‌افزارهای مورداستفاده

داده‌های مورداستفاده در این تحقیق عبارتند از ۹ شیت تصویر TM و ETM+ از دریاچه ارومیه که سه شیت مربوط به سال ۱۹۸۹، سه شیت مربوط به

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

سال ۱۹۹۸و سه شیت مربوط به سال ۲۰۰۱ میلادی است. علل استفاده از این تصاویر مختلف است که از آن جمله می‌توان به دارابودن شش باند در محدوده مرئی و مادون قرمز انعکاسی و نیز اندازه پیکسل سایز متری اشاره نمود که آن را جزو سنجنده‌های با قدرت تفکیک متوسط قرار داده است. چنین سنجنده‌هایی همچون پلی میان سنجنده‌های با قدرت تفکیک بالا(مثل اسپات ۵) و سنجنده‌های با قدرت تفکیک پایین (مثل WIFS) عمل می‌نمایند. به منظور زمین مرجع نمودن تصاویر از۳۲ شیت نقشه ۱:۵۰۰۰۰ منطقه استفاده به عمل آمد.

جدول زیر نمایانگر قدرت تفکیک طیفی و مکانی این سنجنده‌ها می‌باشد.

جدول شماره ۱: قدرت تفکیک فضایی و طیفی سنجند ه‌های لندست ۷ +ETM و لندست ۵ TM

شماره باند	محدوده طیفی (Microns) ETM+/TM	قدرت تفکیک فضایی (meter) ETM+/TM
۱	.۴۵ to .۵۱۵ / .۴۵ to .۵۲	۳۰
۲	.۵۲۵ to .۶۰ / .۵۲ to .۶۰	۳۰
۳	.۶۳ to .۶۹ / .۶۳ to .۶۹	۳۰
۴	.۷۵ to .۹۰ / .۷۶ to .۹۰	۳۰
۵	۱,۵۵ to ۱,۷۵/۱,۵۵ to ۱,۷۵	۳۰
۶ (L/H)	۱۰,۴ to ۱۲,۵/۱۰,۵ to ۱۲,۴	۶۰ / ۱۲۰
۷	۲,۰۹ to ۲,۳۵/۲,۰۸ to ۲,۳۵	۳۰
Pan	.۵۲ to ۹۰ / Nil	۱۵ / Nil

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

به منظور تعیین ارتباط بین تغییرات سطحی و ارتفاعی دریاچه اطلاعات ارتفاعی ماهواره TOPEX/POSIDON مورداستفاده قرار گرفت. کلیه پردازش‌ها در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار ENVI ۳,۵ و ERMapper صورت پذیرفت.

بررسی روش‌های متداول استخراج خطوط ساحلی از تصاویر ماهواره‌ای

روش‌های متعدد و مختلفی جهت استخراج خطوط ساحلی از تصاویر اپتیک به کار گرفته شده است (Chen, *et al*, ۱۹۹۸). با توجه به این که انعکاس آب در باندهای مادون قرمز انعکاسی بسیار کم و نزدیک به صفر است، خط ساحلی را می‌توان تنها با استفاده از یک باند (به طور مثالً با استفاده از آستانه‌گذاری روی باند۴ یا باند ۵ سنجنده +ETM یا TM) استخراج کرد. از میان شش باند طیفی سنجنده TM، باند مادون قرمز میانی (باند ۵) بهترین تمایز خشکی و دریا را دارا است. در این باند هیستوگرام تصویر دارای دو بیشینه متمایز می‌باشد که مقدار حد آستانه بین این دو انتخاب می‌گردد. این گزینه برای جداسازی زمین‌های بسیار مرطوب از آب از دقت مناسبی برخوردار نمی‌باشد. به علاوه در نواحی ساحلی‌ای که عمقی کمتر از یک متر دارند انعکاسات کف آب به سنجنده رسیده و یافتن حد آستانه را در باند ۵ یا باند ۷ با مشکل رو برو می‌سازد (Ghorbanali, ۲۰۰۴) . وجود ذرات معلق در آب و گل‌آلودگی آن در مناطق ساحلی نیز از دیگر معضلاتی است که یافتن خط ساحلی را با استفاده از تنها یک باند مشکل می‌سازد. از این‌رو بسیاری از پژوهشگران استفاده از نسبت بین باندها را پیشنهاد نموده‌اند (Kelley, *et al*, ۱۹۹۸) . معمول‌ترین فرمول مورداستفاده نسبت باند ۵ به باند ۲ است. به این مفهوم که هر جا این نسبت

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

کوچک‌تر از یک بود آب و در غیر این‌صورت خشکی قلمداد شود. از این نسبت به عنوان الگوریتم جداسازی آب از خشکی در نرم‌افزار ERmapper استفاده شده است. ولی در صورتی‌که این فرمول روی ساحلی که دارای انواع مختلفی از پوشش زمینی است مورداستفاده قرار گیرد اشتباهاً بعضی از خشکی‌های پوشیده شده با گیاه را جزو آب طبقه‌بندی می‌نماید. به این فرمول شرط دیگری که نسبت باند ۴ به ۲ (این نسبت در آب کمتر ازیک است زیرا درنواحی ساحلی تمایزپوشش گیاهی وآب دقیق‌تر از خاک وآب است) را نیزمی‌توان افزود تادقت رابهبودبخشید. (Winarso, *et al*, ۲۰۰۱) . چنانچه هدف استخراج سریع خطوط ساحلی از تصاویر باشد روش مذکور روش مناسبی است. خودکارسازی این روش نیز عملی است و از این‌رو برای کشورهایی که خط ساحلی طولانی‌ای دارند و یا به نقشه خطوط ساحلی به روز شده احتیاج دارند؛ روش مناسبی است. چنانچه دقت، مهمتر از سرعت باشد این روش غیر مناسب است.

آلگوریتم‌های پیشنهادی

تعامل پیچیده آب و خشکی در سواحل دریاچه ارومیه و نیاز به دقت بالا در خروجی نهایی سبب می‌گردد تا روش‌های فوق کارآمد نباشند. از این‌رو در این تحقیق دو آلگوریتم پیشنهاد شده است. روش اول بر اساس تولید ترکیب رنگی کاذب و ویرایش است. بهترین ترکیب رنگی برای ویرایش خط ساحلی ترکیب رنگی RGB۵۴۳ است که ضمن آن‌که مرز میان آب و خشکی را بهتر ظاهر می‌نماید، به ترکیب رنگی واقعی سطح زمین نیز بسیارنزدیک است. به علاوه، باندهای طیفی فـوق

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

از همبستگی کمی برخوردار هستند و از این‌رو حاوی اطلاعات بیشتری می‌باشند (Moore, ۲۰۰۰). با این وجود این روش وقت‌گیر و نیازمند ویرایش فراوانی است.
روش دوم از آستانه‌گذاری بر روی باند ۵ و نسبت بین باندها جهت تمایز آب از خشکی بهره می‌برد. مقدار آستانه در این روش به گونه‌ای انتخاب می‌گردد تا کلیه پیکسل‌های آب و اغلب پیکسل‌های خشکی متمایز گردند. در این حالت تنها برخی از پیکسل‌های خشکی به اشتباه طبقه‌بندی می‌گردند. این واقعیت برای پیکسل‌های آب اتفاق نمی‌افتد. به پیکسل‌های آب عدد صفر و به پیکسل‌های خشکی عدد یک نسبت داده می‌شود تا یک تصویر باینری (تصویر شماره یک) تولید شود. تصویر حاصل از نسبت بین باندها نیز به روش مشابه باینری شده تا تصویر شماره ۲ ایجاد گردد. حاصل‌ضرب دو تصویر فوق تصویر باینری خواهدبود که خطوط ساحلی را به دقت نمایش می‌دهد.

متدلوژی

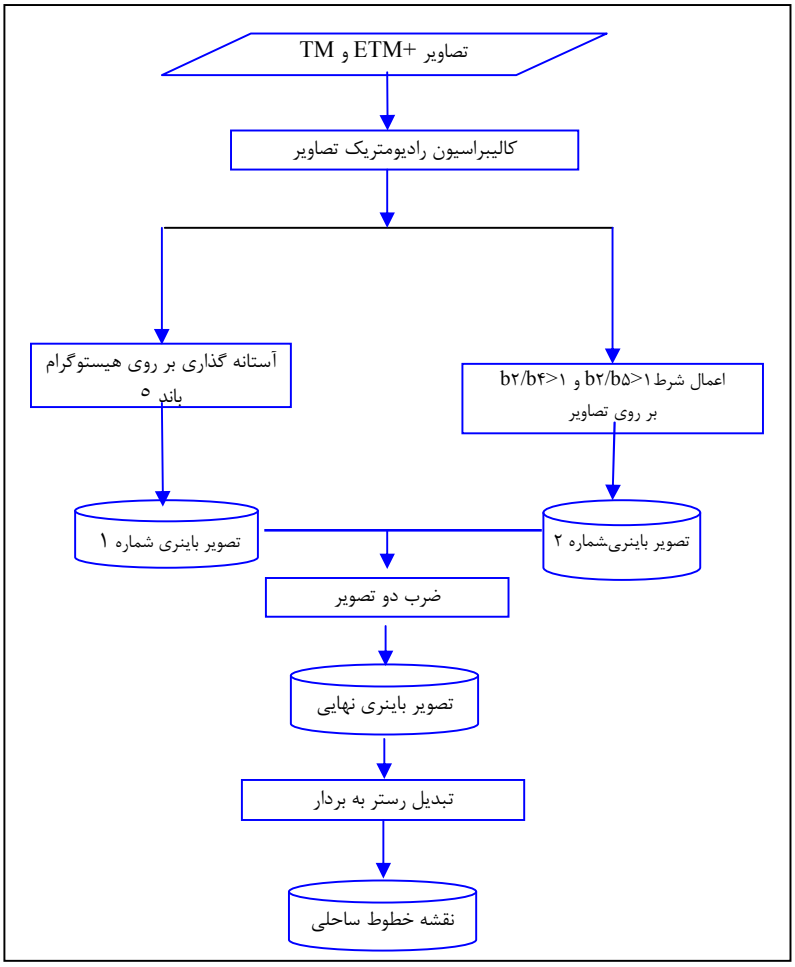
شکل شماره ۱ نمایانگر فلوچارت پیشنهادی جهت استخراج خطوط ساحلی است. در آغاز ۹ شیت تصویر موجود با درنظرگرفتن آزیموت و زاویه ارتفاعی خورشید از نظر رادیومتریک تصحیح گردید. سپس آستانه‌گذاری به نحوی صورت پذیرفت تا پیکسل‌های خشکی به جای آب انتخاب نگردد. لیکن پیکسل‌های مختلط یا پیکسل‌هایی که به آب‌بودن آنها اعتماد بود به عنوان پیکسل‌های آب به الگوریتم معرفی گردیدند. تصاویر ۱ و ۲ مطابق الگوریتم پیشنهادی تهیه و در هم ضرب شدند. در نهایت بر روی تصویر باینری عمل تبدیل رستر به بردارصورت پذیرفت تا خطوط

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

ساحلی سال‌های مختلف به صورت یکسری لایه‌های برداری درآیند. بعد از تبدیل رستر به بردار، تصاویر هر یک از سال‌ها با استفاده از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰. زمین مرجع و موزاییک شدند. شکل‌های شماره ۲، ۳و ۴ به ترتیب تصویر موزاییک شده دریاچه ارومیه را در سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۸و ۲۰۰۱ با ترکیب رنگی ۵۴۳ RGB نشان می‌دهند. شکل شماره ۵ خطوط ساحلی استخراج شده از هر یک از این سال‌ها را نشان می‌دهد.

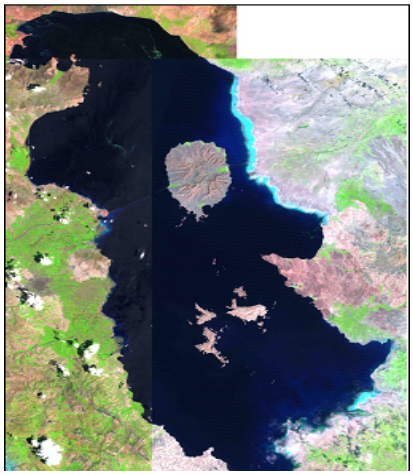
با مشاهده شکل ۵ مشخص می‌شود که در بازه نه ساله ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۸ خط ساحلی تغییر عمده‌ای نداشته است. از آنجاییکه سطح آب کمی بالا آمده لذا خط ساحلی با توجه به شیب منطقه کمی جلو آمده و در نتیجه برخی مناطق، خصوصا سواحل شرقی و جنوبی زیر آب رفته است. بر عکس در فاصله زمان‌های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۱ خط ساحلی تغییر زیادی کرده که در اثر کاهش ارتفاع بوده است. این امر سبب شده بخش‌های زیادی از دریاچه به خصوص در نواحی جنوبی و شرقی خشک شود و حتی بزرگ‌ترین جزیره این دریاچه به خشکی متصل شده است. مساحت دریاچه در سال‌های ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ معادل ۵۶۵۰ و ۴۶۱۰ کیلومترمربع برآورد گردید.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

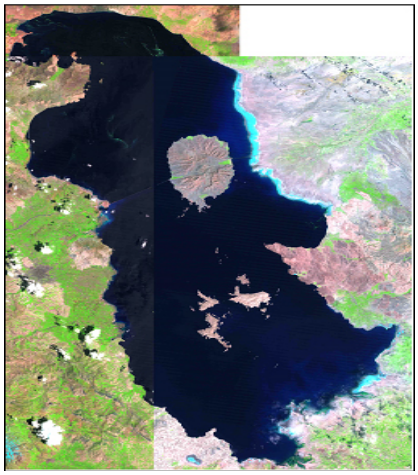


شکل ۱: فلوچارت استخراج خط ساحلی از تصاویر TM +ETM

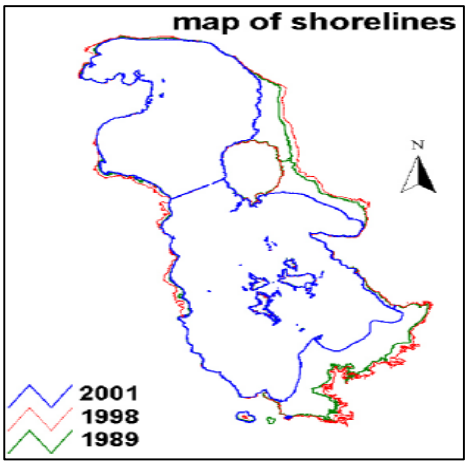
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



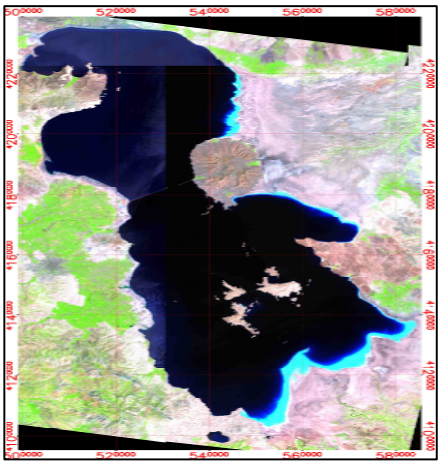
شکل ۲: تصویر موزاییک شده دریاچه ارومیه در ژوئن ۱۹۸۹
ترکیب رنگی RGB(۵۴۳)



شکل ۳: تصویر موزاییک شده دریاچه ارومیه در آگوست ۱۹۹۸
ترکیب رنگی RGB(۵۴۳)



شکل ۵: نقشه خطوط ساحلی دریاچه ارومیه در ، ۱۹۸۹و ۱۹۹۸، و ۲۰۰۱،



شکل ۴: تصویر موزاییک شده دریاچه ارومیه در آگوست ۲۰۰۱ ترکیب رنگی RGB(۵۴۳)

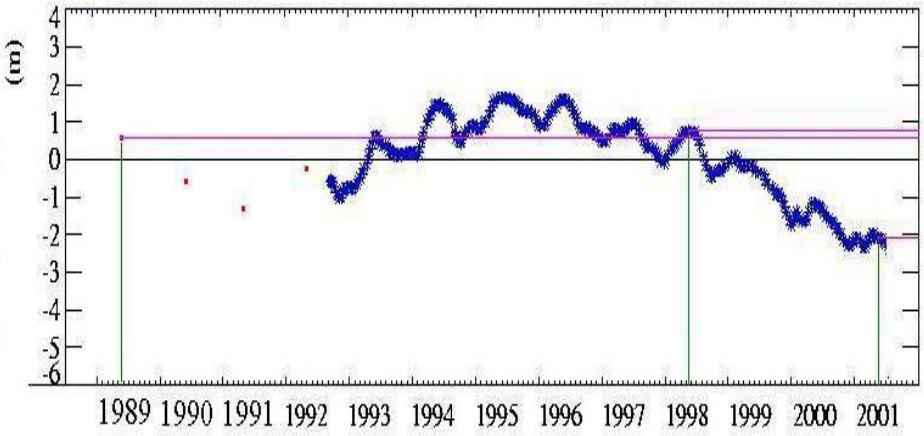
[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

چون نقشه واقعیت زمینی‌مناسبی برای اندازه‌گیری دقت خطوط ساحلی تولیدشده به روش نیمه‌اتوماتیک فوق وجودنداشت، لذا باتولیدیک تصویر واقعیت زمینی، دقت خط ساحلی تولیدشده برآوردگردید. به منظورتولید تصویرواقعیت زمینی، باند پانکروماتیک تصویر+ETM با باندهای چند طیفی این سنجنده با استفاده از روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی(PCA) تلفیق گردید. سپس خطوط ساحلی با استفاده از تفسیر بصری تصویر رسم شد. ازمقایسه این خط ساحلی باخط ساحلی به دست‌آمده ازروش نیمه‌اتوماتیکی که پیشاپیش توضیح داده شد دقت خط ساحلی ۱/۳ پیکسل برآورد گردید .

مقایسه تغییرات سطح دریاچه ارومیه با ارتفاع آن

به منظور مقایسه و یافتن ارتباط بین تغییرات سطح و ارتفاع دریاچه ارومیه داده‌های ارتفاعی ماهواره TOPEX/ POSEIDON مورداستفاده قرار گرفت. شکل شماره ۶ تغییرات ارتفاعی سطح دریاچه ارومیه را که از داده‌های ماهواره‌ای محاسبه شده ارائه می‌نماید. به دلیل عدم‌دسترسی به داده‌های ماهواره‌ای در بازه زمانی ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۳ از اطلاعات ارتفاعی حاصل از شاخص عمق یاب استفاده شد (شکل ۶). شکل شماره ۶ نشان می‌دهد که تغییر ارتفاعی دریاچه ارومیه در ژوئن ۱۹۸۹ و آگوست ۱۹۹۸ معادل ۰/۲ متر می‌باشد. این مقدار در مقایسه با تغییرات فصلی دریاچه ناچیز است. درمقابل، این تغییر معادل ۳ متر از آگوست ۱۹۹۸ تا آگوست۲۰۰۱ بر آورد شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]



شکل ۶: تغییرات ارتفاعی در یاچه ارومیه در بازه زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۱

با توجه به این‌که تغییرات جزر و مد دریاچه بسیارکم و قابل‌صرفنظرکردن است، تغییرات ارتفاعی و خطوط ساحلی دریاچه مستقل از جزر و مد فرض گردیده و این تغییرات به کاهش آب ورودی نسبت داده شده است.

نتایج

آستانه‌گذاری بر روی هیستوگرام تصاویر از جمله روش‌های معمول می‌باشد که می‌توان با استفاده از آن خط ساحلی را تنها با استفاده از یک باند مرئی و یا مادون قرمز انعکاسی استخراج نمود. از آنجایی که بازتاب نور مرئی در این باندها از ناحیه کف دریاها تا حدی به سنجنده می‌رسد؛ این روش برای جداکردن مرز بین آب و خشکی در نواحی کم‌عمق مناسب نیست.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

با توجه به این موضوع که انعکاس آب (در مقایسه با سایر پدیده‌ها) در باندهای مادون قرمز انعکاسی بسیار کم و نزدیک به صفر می‌باشد؛ لذا برای استخراج خط ساحلی، عمل آستانه‌گذاری روی یکی از باندهای مادون قرمز انعکاسی صورت می‌گیرد. لازم به ذکر است که انتخاب مقدار آستانه عملی مشکل است زیرا جداکردن زمین‌های بسیارمرطوب از آب امکان‌پذیر نیست و یا کم‌دقت می‌باشد. اگر چه این روش از دقت بالایی برخوردار نیست اما به راحتی می‌توان آن را خودکار نموده و سرعت استخراج را بالا برد. استفاده از نسبت بین باندها برای استخراج خطوط ساحلی نیز با مشکلاتی همراه است. زیرا استفاده از این نسبت‌ها (به طور مثال باند ۵ به ۲) در سواحلی که از پوشش‌های مختلف گیاهی برخوردار باشند نتایج قابل‌قبولی ندارد. با توجه به این مشکلات و طبیعت پیچیده سواحل دریاچه ارومیه الگوریتم نوینی در این تحقیق ارائه و موردآزمون قرارگرفت. این روش بر اساس ترکیب دو روش آستانه‌گذاری و نسبت بین باندها است. در این تحقیق خطوط ساحلی سال‌های ۱۹۸۹ و ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ دریاچه ارومیه استخراج و مشخص گردید که دربازه ۹ ساله ۱۹۸۹تا ۱۹۹۸ خط ساحلی تغییر عمده‌ای نداشته است. این تغییرات در فاصله سال‌های ۱۹۹۸تا۲۰۰۱ بسیار شدید بوده به نحوی که حدود ۹۴۰ کیلومترمربع از سطح دریاچه به خشکی تبدیل شده است. نتایج حاصل از آلگوریتم ابداعی با نقشه‌های مرجع مقایسه گردید. دقت خطوط ساحلی استخراج شده در این آلگو ریتم ۱/۳ پیکسل برآورد شد. تغییرات ارتفاعی دریاچه درسال‌های ۱۹۸۹تا۲۰۰۱از داده‌های ماهواره، TOPEX/POS و IDON محاسبه گردید. اگر چه این تغییرات در بازه

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

زمانی ۱۹۸۹تا ۱۹۹۸کم هستند این تفاوت در سال ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ معادل ۳ متر برآورد شد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

منابع و مآخذ

۱- جبارلو شبستری، ب. ۱۳۷۸ دریاچه ارومیه، اشک طبیعت ایران. انتشارات نقش مهر

2. Alesheikh, A.A, F. Sadeghi Naeeni, and A. Talebzadeh, "Improving Classification Accuracy using External Knowledge" GIM International, Aug. ۲۰۰۳, Vol. ۱۷, No. ۸. Pp. ۱۲-۱۵, ۲۰۰۳.

3. Birkett, C., and I. Mason. "A new global lakes database for remote sensing programme studying climatically sensitive large lakes". Journal of Great Lakes Research, ۲۱ (۳) ۳۰۷-۳۱۸, ۱۹۹۵.

4. Chen, L. C., and Shyu, C. C., "Automated Extraction of Shorelines from Optical and SAR Images", Proceeding of the ۱۹th Asian Conference on Remote Sensing, Manila, pp. R-۱۳-۱~R-۱۳-۶, ۱۹۹۸.

5. DeWitt H., JR. Weiwen Feng, "Semi-Automated Construction of the Louisiana Coastline Digital Land-Water Boundary Using Landsat TM Imagery", Louisiana's Oil Spill Research and Development Program, Louisiana State University, Baton Rouge, LA ۷۰۸۰۳, ۲۰۰۲.

6. Ghorbanali, A., "Coastline Monitoring by Remote Sensing Technology" MSc thesis. Department of GIS Engineering, KNT University of Technology, Tehran, Iran, ۲۰۰۴.

7. Jupp, D.L.B,. "Background and extensions to depth of penetration (DOP) mapping in shallow coastal waters". Proceeding of the symposium on remote sensing of coastal zone, Gold Coast, Queensland, September ۱۹۸۸, IV.۲,۱-IV.۲,۱۹, ۱۹۸۸.

8. Kelley, John G.W., J.S. Hobgood, K.W. Bedford, D.J. Schwab, "Generation of Three-Dimensional Lake Model Forecasts for Lake Erie", Journal of Weather and Forecasting, Volume ۱۳, ۱۹۹۸.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]

9. Moore, L.J., "Shoreline mapping techniques", Journal of Coastal Research, ۱۶(۱), ۱۱۱-۱۲۴. Royal Palm Beach (Florida), ISSN ۰۷۴۹-۰۲۰۸, ۲۰۰۰.

10. Winarso, G. and S. Budhiman, "The potential application of remote sensing data for coastal study", Proc. ۲۲nd Asian Conference on Remote Sensing, ۲۰۰۱.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-29]