

شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره ای (سنجنده های ETM, TM & LISSIII)

سیاوش شایان* - استادیار جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس
مهدی جنتی - کارشناس سنجش از دور، سازمان فضایی ایران

دریافت مقاله ۱۳۸۴/۱۱/۳ تأیید نهایی ۱۳۸۵/۹/۱

چکیده

شناسایی و نظارت بر تغییرات در اکوسیستم‌های طبیعی جایگاه ویژه‌ای در استفاده بهینه از منابع طبیعی دارد. دریاچه ارومیه بزرگترین دریاچه طبیعی داخلی ایران است که پتانسیل‌ها و ویژگی‌های اکوسیستمی و زیست محیطی آن باعث شده این دریاچه بعنوان یک پارک ملی بیش از پیش مورد توجه پژوهش‌گران و برنامه ریزان قرار گیرد. نوسانات سطح و حجم دریاچه طی سال‌های اخیر نظرات بسیاری را به خود معطوف نموده و دلایلی برای آن ارائه شده اما در این باره پژوهش مستندی انجام نگرفته است. در شناسایی نوسانات به منظور مساحی و تهیه نقشه پراکنش مواد معلق در دریاچه ارومیه تصاویر ماهواره ای لندست ETM، TM و LISS III در دوره‌های زمانی ۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ میلادی استفاده گردید. به منظور استخراج مرز پیرامون دریاچه در دوره‌های زمانی مورد نظر پس از پردازش و بارزسازی تصاویر از روش رقومی سازی از روی صفحه کامپیوتر استفاده شد، سپس از طبقه‌بندی به روش خوشه‌بندی برای تولید نقشه‌های پراکندگی مواد معلق آب دریاچه استفاده شد. یافته‌های این پژوهش نشانگر آن است که حداکثر میزان مساحت تحت پوشش آب دریاچه در این بازه زمانی ۱۵ ساله مربوط به سال ۱۹۹۸ و حداقل آن مربوط به سال ۲۰۰۲ میلادی می‌باشد. داده‌های آماری مربوط به بارش و تبخیر متوسط سالیانه نیز تغییرات سطح آبی دریاچه را تأیید می‌کند. همچنین مطالعه نشان داد که الگوهای پراکندگی مواد معلق موجود در آب که بیانگر میزان ته نشست و تمرکز این مواد می‌باشند، به وضوح در حاشیه بزرگراه شهید کلاتری قابل شناسایی بوده و شکل توزیع آن‌ها تغییرات قابل توجهی را در طی دوره‌های زمانی نشان می‌دهد. این امر نشانگر وقوع تغییراتی در تعادل زیست محیطی منطقه است. در این پژوهش ضمن بررسی عوامل احتمالی موثر در این تغییرات پیشنهادهایی برای انجام مطالعات تکمیلی ارائه شده است.

کلیدواژه‌ها: دریاچه ارومیه، مواد معلق، نوسانات مرزی، داده‌های ماهواره ای، سنجش از دور.

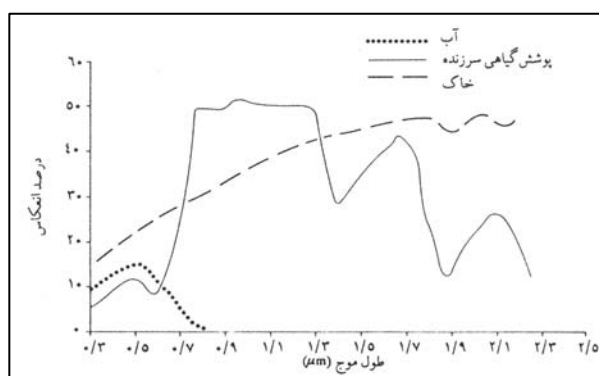
مقدمه

محدودیت منابع زیست محیطی و لزوم استفاده بهینه و متناسب از ظرفیت‌های این منابع، ضرورت بهره‌گیری مدیریت صحیح و هوشمندانه در راستای استفاده پایدار از منابع را بخوبی نشان می‌دهد. دریاچه ارومیه به لحاظ

ویژگی‌های جغرافیایی خود امکانات بالقوه مناسبی را برای توسعه مسائل اقتصادی، اجتماعی، صنعتی، توسعه صنعت توریسم و غیره، در شمال غربی ایران فراهم کرده است. لذا این دریاچه که امروزه بعنوان یک پارک ملی شناخته شده است، می‌بایستی بیش از پیش مورد توجه قرار گیرد.

داده‌های ماهواره‌ای به لحاظ ویژگی‌های منحصربفرد خود همچون چند زمانه بودن، چند طیفی بودن، وسعت منطقه تحت پوشش و ...، امکانات مفیدی را برای مطالعه پدیده‌های دینامیک ارایه می‌دهند.

از جمله کاربردهای داده‌ها و تصاویر ماهواره‌ای، استخراج اطلاعات مربوط به تغییرات خطوط ساحلی، وضعیت الگوهای پراکنش مواد معلق موجود در آب دریاها و دریاچه‌ها، تهیه نقشه‌های موضوعی مختلف و غیره است. با توجه به ویژگی‌های طیفی پدیده‌های زمینی (خاک، آب و گیاه) می‌توان باندهای مناسب را برای مطالعه و شناسایی پدیده‌های سطح زمین انتخاب کرد. مطالعات متعدد نشان داده است که باندهای محدوده مرئی طیف الکترو مغناطیس ویژگی‌های طیفی مواد معلق موجود در آب را می‌تواند بخوبی نشان دهد، لذا از این باندها می‌توان برای طبقه بندی مواد معلق موجود در آب استفاده نمود. همچنین به علت افزایش میزان جذب انعکاس طیفی آب در محدوده باندهای مادون قرمز، از این باندها می‌توان برای تفکیک حد خشکی از آب استفاده کرد (شکل ۱).



شکل ۱ نمودار انعکاس ایده آل آب، پوشش گیاهی و خاک

برای پردازش و بارزسازی تغییرات محدوده دریاچه و نقشه الگوهای مواد معلق در آب دریاچه در این مطالعه از تصاویر ماهواره ای لندست TM، ETM، و تصاویر IRS (رنگی و سیاه سفید) استفاده شد. نتایج کار نشان داد که با استفاده از تصاویر فوق امکان تهیه نقشه‌های پراکنش مواد معلق و مشخص کردن نوسانات مساحت و محدوده پیرامون دریاچه بخوبی عملی می‌باشد.

در زمینه استفاده از داده‌های ماهواره‌ای در تهیه نقشه خطوط ساحلی و مدیریت و نظارت بر محیط‌های ساحلی دریاها و دریاچه‌ها در جهان کارهای زیادی انجام گرفته است. (پوراصغر، ۱۳۸۳) ضمن بررسی توزیع زمانی و مکانی دما در سطح دریاچه ارومیه با استفاده از داده‌های ماهواره ای NOAA نشان داد که می‌توان گرادیان حرارتی سطح دریاچه را در فصول سال مطالعه و نقشه آن‌ها را تهیه کرد. علوی پناه و خدائی (۲۰۰۲) با

استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سنجنده TM میزان غلظت رسوب و شوری آب دریاچه ارومیه را مطالعه کرده و نشان دادند که میان گذر بین دو شهر تبریز و ارومیه در روی دریاچه ارومیه اثراتی بر جریان آب و میزان رسوبگذاری در کناره میان گذر داشته است. برزگر و صدیقیان (۱۹۹۱) با استفاده از داده‌های ماهواره‌های لندست MSS و SPOT نشان دادند که اثر احداث بزرگراه بر میانه دریاچه باعث تغییراتی در میزان رسوبگذاری در نیمه شمالی و جنوبی شده است. که این امر منجر به تغییراتی در وضعیت تعادل زیست محیطی دریاچه خواهد شد. تاریخی (۲۰۰۰) با استفاده از تصاویر لندست TM و SOPT نشان داد که احداث بزرگراه بر میانه دریاچه ارومیه تغییراتی را در وضعیت و تمرکز مواد رسوبی در آب دریاچه ایجاد کرده است. لیلیسند (۲۰۰۱) با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای با توان تفکیک‌های مختلف کیفیت آب تعداد زیادی از دریاچه‌های ویسکانسین (Wisconsin) را مطالعه و مدلی را در این خصوص ارائه کرد.

پسترکمپ (۲۰۰۰) از داده‌های چند زمانه سی ویفز (seawifs) به منظور برآورد میزان کل مواد معلق در دریای شمال و مقایسه تغییرات رسوب این مواد در آب دریا استفاده کرد. نتایج کار نشان داد که با استفاده از داده‌های چند زمانه مذکور می‌توان نوسانات فصلی الگو و دینامیک رسوبات معلق در دریای شمال را شناسایی و نظارت نمود. آجدا و همکاران از داده‌های ماهواره‌ای لندست TM و Spot در تهیه نقشه‌های مواد معلق موجود در خورتینتودیل (Tinto-Odiel) واقع در سواحل اقیانوس اطلس در جنوب اسپانیا استفاده نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که به کمک داده‌های ماهواره‌ای می‌توان به مقدار قابل توجهی از زمان اجرا و هزینه‌های مطالعه کاست. سر و همکاران (۲۰۰۰) با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای سنجنده AVHRR به شناسایی فرآیندهای دینامیک سطح دریای خزر پرداخته و الگوی جریانات چرخندی را در این منطقه مطالعه کردند.

منطقه مورد مطالعه

دریاچه ارومیه در ۴۵ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۴۵ درجه و ۴۵ دقیقه طول شرقی و ۳۷ تا ۳۸ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی بر پهنه بلندی در غرب فلات ایران واقع شده است (پوراصغر، ۱۳۸۳، ۱۰۷) که فراز آن حدود ۱۳۰۰ متر است. کوه‌های بلند و ناصافی این پهنه را در میان گرفته‌اند. میانگین تراز سطح آب ۱۳۷۸ متر است که با تغییر سالانه تا یک متر و گاه بیش از آن نیز اتفاق می‌افتد. متوسط عمق دریاچه حدود ۶ متر است.

دریاچه ارومیه یک دریاچه تکتونیک نسبتاً بزرگ و فوق اشباع از نمک است که در یک حوضه بسته قرار گرفته است. طول آن ۱۲۰ کیلومتر و پهنای آن میان ۱۵ (کم پهناترین قسمت) تا ۵۰ کیلومتر (پهن‌ترین قسمت) متغیر بوده و مساحت آن بین ۵۰۰۰ تا ۶۰۰۰ کیلومتر مربع در نوسان است این تغییر مساحت بعلاوه بالا و پایین رفتن سطح آب دریاچه می‌باشد (شهرابی، ۱۳۷۳، ۱۸).

حداکثر مساحت دریاچه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد بدلیل ذوب کامل برف کوه‌های پیرامون آن و افزایش ورودی آبهای ناشی از آن است و حداقل گسترش آن در ماه‌های مهر و آبان می‌باشد که جریان آب رودها به حداقل و تبخیر دریاچه به حداکثر خود می‌رسد. در این دریاچه یک جریان داخلی آب در سمت غرب از شمال به جنوب و در سمت شرق از جنوب به شمال وجود دارد که در سواحل شمالی دارای جهت شرق -

غربی و در سواحل جنوبی دارای جهت حرکت غربی - شرقی است. دمای هوای دریاچه بین صفر تا ۲۰ درجه در زمستان و تا ۴۰ درجه بالای صفر در تابستان تغییر می‌کند. میانگین بارش سالیانه آن بین ۲۰۰ تا ۳۰۰ میلیمتر است. در ساله ای اخیر به دلیل خشکسالی و احداث سد های زربینه رود، مهاباد، سد های علویان و سهند، ورودی آب به دریاچه به ۷ میلیارد مترمکعب کاهش یافته است، و در حال حاضر تعداد ۱۱ سد و یک مورد افزایش ارتفاع در استان آذربایجان غربی و ۷ سد در استان آذربایجان شرقی در دست اجرا و مطالعه است (Ojeda, 1950, 101-109).

رود های دائمی که تامین کننده اصلی آب دریاچه هستند شامل زربینه رود، تلخه رود (آجی چای)، شهرچای، زولاچای، سیمینه رود، لیلان چای، نازلوچای، باراندوزچای، صوفی چای، قلعه چای، آلمالوچای، اسکوچای هستند که از کوه های پیرامون دریاچه (سبلان، سهند، کوه های مرزی ایران و ترکیه) سرچشمه می‌گیرند. چشمه های زیر دریاچه ای نیز تامین کننده بخشی از آب دریاچه هستند. دریاچه ارومیه به لحاظ ویژگی های طبیعی و زیست محیطی خود محل مناسبی برای مهاجرت پرندگان مثل فلامینگو، مرغان و اردک ها می باشد، همچنین جانوران آبی فراوانی مثل *Artemia urmiana* در آن زندگی می کنند لذا این دریاچه بعنوان پارک ملی دریاچه ارومیه در نظر گرفته شده است. با توجه به موقعیت دریاچه که در میان استان های آذربایجان غربی و شرق واقع شده است، به منظور تسهیل در امر حمل و نقل و مبادلات تجاری در منطقه طرح احداث بزرگراه شهید کلانتری در دهه ۱۹۸۰ مطرح و این بزرگراه در سال ۱۹۸۹ در میانه دریاچه از سمت غرب ۱۱ کیلومتر و از سمت شرق ۳ کیلومتر با یک فضای ۱,۵ کیلومتری به اتمام رسید. با توجه به بررسی های زمین شناسی و ژئومورفولوژیکی از دریاچه می توان گفت دریاچه ارومیه دریاچه ای است جوان که در درازای زمانی میان تشکیل دیاتومیت های دریای پاراتتیس تا تشکیل دریاچه امروزی قرار دارد، در این مدت سیستم گسله ای که دریاچه را در بر گرفته (گسله های شمال تبریز، زربینه رود، سلماس، شبستر و شاخه های فرعی آن ها) می توانسته است در تشکیل آن نقش آفرین باشد (شهرابی، ۱۳۷۳، ۴۷).



شکل ۲ نمایی از بزرگراه شهید کلانتری

روش و مراحل کار

برای اجرای پروژه از مواد و ابزارهای زیر استفاده شد:

نرم افزارها

- سیستم پردازشگر تصویر ER-Mapper نسخه ۶,۴

- نرم افزار Arc view نسخه ۳,۲

مواد و وسایل

از نقشه ها و داده های ماهواره ای زیربرای انجام این پروژه استفاده شد:

- نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰: ۱ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

- داده های ماهواره ای مربوط به سنجنده های مختلف که مشخصات آن ها در جدول ۱ آمده است.

- داده های مربوط به بارش از سال ۱۹۸۰ تا ۲۰۰۵ برای ایستگاه های واقع در حوزه آبریز دریاچه ارومیه.

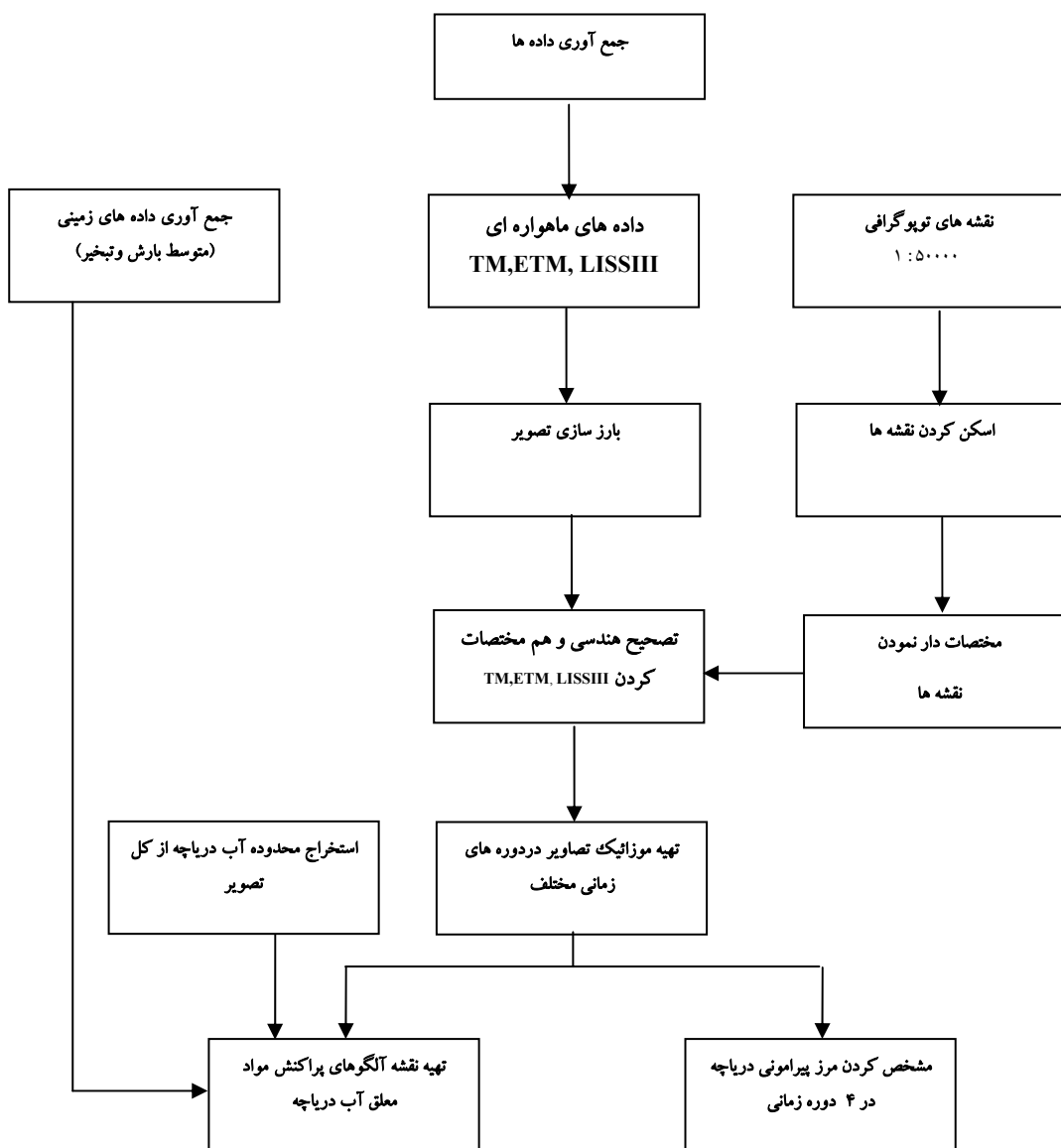
جدول ۱ مشخصات داده ای ماهواره ای مورد استفاده

شماره تصویر	توان تفکیک فضایی (متر)	تعداد باندها	تاریخ اخذ تصویر	سنجنده	ماهواره
۱۶۹-۳۳	۳۰	۷	۸۷/۵/۵	TM	لندست ۴
۱۶۸-۳۴	۳۰	۷	۸۹/۶/۳۰	TM	لندست ۴
۱۶۹-۳۴	۳۰	۸	۹۰/۸/۱۹	TM	لندست ۴
۱۶۹-۳۴	۳۰	۷	۹۸/۵/۲۱	TM	لندست ۵
۱۶۸-۳۴	۳۰	۷	۹۸/۸/۱۸	TM	لندست ۵
۱۶۹-۳۴	۳۰	۸	۲۰۰۰/۶/۳	TME+	لندست ۷
۱۶۹-۳۳	۳۰	۸	۲۰۰۱/۶/۶	TME+	لندست ۷
۱۶۸-۳۴	۳۰	۸	۲۰۰۱/۸/۲	TM	لندست ۷
-	۶	۱	۲۰۰۲/۱۰/۲۵	PAN	IRS
۶۲-۴۴	۲۳	۳	۲۰۰۲/۱۰/۲۵	LISSIII	IRS
۶۲-۴۳	۲۳	۳	۲۰۰۲/۱۰/۲۵	LISSIII	IRS
-	۲۳	۳	۲۰۰۲/۱۱/۲۲	PAN	IRS
۶۱-۴۴	۲۳	۳	۲۰۰۲/۱۱/۲۲	LISSIII	IRS
۶۱-۴۳	۲۳	۳	۲۰۰۲/۱۱/۲۲	LISSIII	IRS

با توجه به محدودیت های موجود در خصوص دستیابی به داده های ماهواره ای از داده های جدول فوق به

منظور بررسی و مطالعه این پروژه استفاده شد.

جریان عملیات انجام شده در این پروژه در فلوچارت (شکل ۳) نشان داده شده است.

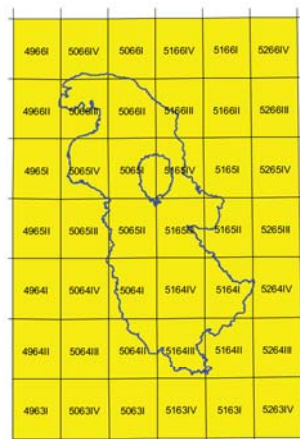
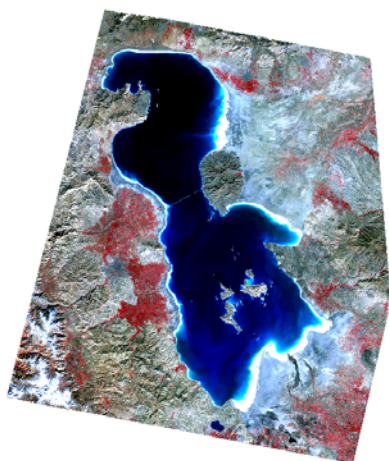


شکل ۳ مراحل اجرای طرح پژوهش در نوسانات آب دریاچه ارومیه

رقومی کردن نقشه‌های توپوگرافی و تصحیح هندسی تصاویر ماهواره‌ای

در این مرحله ابتدا کلیه نقشه‌های توپوگرافی مورد استفاده در پروژه اسکن شدند. سپس نقشه‌های اسکن شده در محیط نرم افزار پردازشگر تصویر ER- Mapper بر حسب مختصات تقاطع محل گریدها مختصات دار شدند. سیستم تصویر ۱ و سطح مبنای ۲ مورد استفاده در این منطقه بترتیب NUTM38 و ED50 انتخاب شد. پس از مختصات دار کردن نقشه‌ها، کلیه نقشه‌ها با یکدیگر موزائیک شدند. شکل ۴ موزائیک نقشه‌های توپوگرافی منطقه را نشان می‌دهد. به منظور تطبیق درست تصاویر با یکدیگر، ابتدا تصاویر پانکروماتیک IRS بعنوان مبنا در نظر گرفته شده و با نقشه‌های توپوگرافی تصحیح هندسی شدند، سپس کلیه تصاویر TM, ETM و LISSIII با

موزائیک تصویر پانکروماتیک IRS هم مختصات شدند. شکل ۵ موزائیک تصویر LISSIII (۲۰۰۲) از دریاچه ارومیه را نشان می دهد.



شکل ۴ موزائیک نقشه های توپوگرافی دریاچه ارومیه

شکل ۵ موزائیک تصویر LISSIII (۲۰۰۲) از دریاچه ارومیه

با توجه به اینکه عملیات تصحیحات هندسی در محیط نرم افزاری ER- Mapper انجام گرفت لذا از روش تصحیحاتی تصویر به تصویر ۱ استفاده شد. بدین صورت که نقاط متناظر مثل محل تقاطع جاده ها، رودخانه ها، و غیره از روی دو تصویر انتخاب شدند. در انتخاب نقاط سعی گردید تا حد امکان این نقاط در سرتاسر تصویر از پراکندگی مناسبی برخوردار باشند. به منظور تصحیح هندسی تصاویر از تابع درجه ۱ زیر استفاده شد:

$$X=A0+A1x+A2y$$

$$Y=B0+B1x+B2y$$

Y,X: مختصات تصویر ماهواره ای

y,x: مختصات زمین

A0,A1,A2: ضرائب تصحیح در جهت شرقی

B0,B1,B2: ضرائب تصحیح در جهت شمالی

تهیه داد های بارش سالیانه

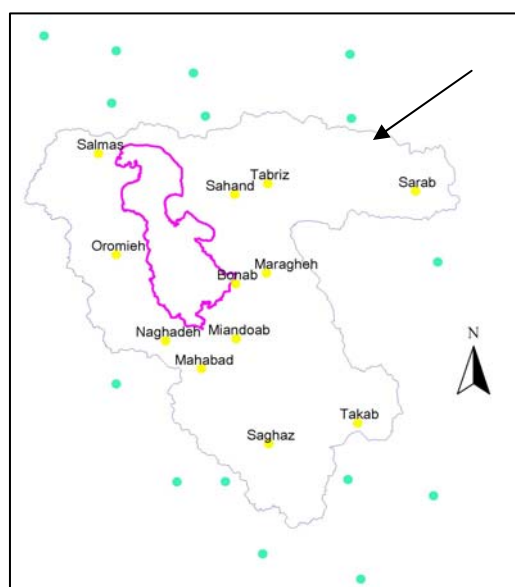
در این مرحله داده های آماری مربوط به بارش و تبخیر متوسط ماهیانه و سالیانه حوزه آبریز دریاچه ارومیه برای ۹ ایستگاه سینوپتیک از سایت سازمان هواشناسی کشور (www.iwimo.ir) تهیه شد. پس از تحلیل این داده ها اطلاعات مربوط به متوسط بارش و تبخیر برای ۹ ایستگاه در سال های ۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲ آماده گردید. جدول ۲ متوسط بارش و جدول ۳ متوسط تبخیر را برای سال های مورد نظر نشان می دهد. همچنین شکل ۶ موقعیت ایستگاه های مورد نظر را در حوزه آبریز دریاچه ارومیه نشان می دهد.

جدول ۲ متوسط بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه

سال آماری	تبریز	سراب	سقز	ارومیه	میاندوآب	مراغه	تکاب	مهاباد	متوسط
1987	324.6/8	224.2	504.1	357.7	276.5	415.8	412.1	423.4	373.4
1998	233.1	208.1	458.1	223.4	216.8	268.3	315.8	406.6	291.275
2001	203.8	176.6	310.8	194	199	223.7	197	292.7	224.7
2002	303	250.3	537.2	338.2	326.2	325.8	307.2	465.9	356.725

جدول ۳ متوسط تبخیر ایستگاه‌های مورد مطالعه

سال آماری	تبریز	سراب	سقز	ارومیه	میاندوآب	مراغه	تکاب	مهاباد	متوسط
1987	1825.2	0	0	1578.6	0	0	0	0	425.48
1998	2034.2	1493.8	1728.3	1170.5	0	2073.4	1504.2	1433.8	1633.5
2001	2244.3	1683.1	2215.3	1475.4	0	2163.8	2095.7	1805.4	1954.4
2002	1940.99	1441.4	2016.9	1309.4	0	1474.7	1729.9	1697.6	1658.3

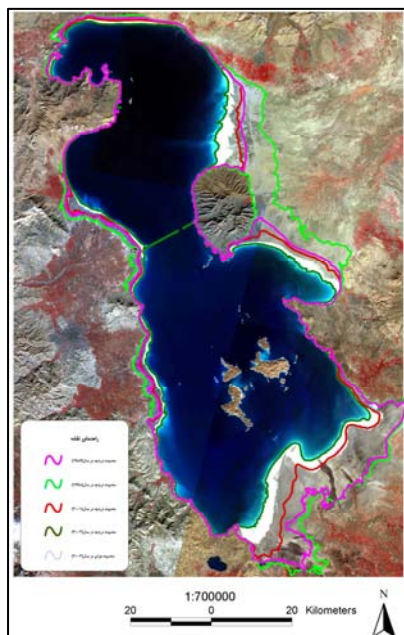


شکل ۶ موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک در حوزه آبریز دریاچه ارومیه

تهیه محدوده پیرامونی دریاچه و جزایر

برای تعیین مرز دقیق خشکی از آب دریاچه در دوره‌های زمانی مورد مطالعه از روش‌های بارزسازی تصویر به طریق تعیین حد آستانه درجه روشنایی محدوده آب و تفسیر بصری بطریق رقومی سازی از روی صفحه کامپیوتر استفاده شد. بدین ترتیب مرز پیرامونی دریاچه در ۴ دوره زمانی از روی تصاویر مربوطه استخراج گردید. شکل ۷ مرز دریاچه ارومیه را در ۴ دوره زمانی (۱۹۸۷، ۱۹۹۸، ۲۰۰۱ و ۲۰۰۲) مختلف نشان می‌دهد. تصویر زمینه مورد استفاده در شکل فوق تصویر LISSIII (سال ۲۰۰۲ میلادی) می‌باشد. همچنین محدوده جزایر با استفاده از تصاویر پانکروماتیک IRS تعیین و بر روی تصویر فوق قرار گرفت. لازم بذکر است به منظور تعیین مرز دقیق محدوده دریاچه از باندهای مادون قرمز سنجنده‌های فوق استفاده گردید. چنانکه در شکل ۷ دیده می‌شود،

بیشترین گسترش سطحی آب دریاچه مربوط به سال ۱۹۹۸ و کمترین گسترش سطحی آب مربوط به سال ۲۰۰۲ می باشد.



شکل ۷ مرزهای دریاچه ارومیه طی چهار دوره زمانی مورد بررسی

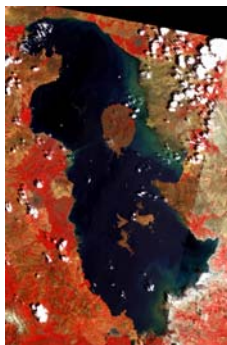
تهیه نقشه پراکنش مواد معلق در آب دریاچه

به منظور تهیه نقشه الگوهای توزیع مواد معلق در آب دریاچه از باندهای مرئی سنجنده های فوق الذکر استفاده گردید. با روش تعیین حد آستانه (threshold) محدوده درجات روشنایی آب دریاچه از این باندها تعیین شد، سپس با تعریف توابع شرطی تمامی آب دریاچه از کل تصویر ماسک گردید و تصاویری تولید شد که فقط آب دریاچه را در بر می گرفت (شکل ۸). در این مرحله برای طبقه بندی آب دریاچه از روش طبقه بندی بدون نظارت (الگوریتم خوشه بندی) استفاده شد. در روش کلاسترینگ (خوشه بندی) بر مبنای تشابه طیفی، دسته بندی تک تک پیکسل ها به گروه های مشابه طیفی انجام می گیرد، و بدین ترتیب کل تصویر با توجه به کمیت میانگین و انحراف معیار تعیین شده برای هر دسته طیفی طبقه بندی می شود. بدین ترتیب محدوده آب دریاچه در تصاویر مربوط به سنجنده های ETM, TM, و LISSIII (باندهای مرئی) به ۱۵ کلاس طیفی طبقه بندی شدند. با توجه به اینکه بعد از عملیات طبقه بندی یکسری از پیکسل ها ب I صورت منفرد و مجزا جز سایر کلاس ها طبقه بندی می شوند، لذا به منظور حذف این گروه از تک پیکسل ها (که دارای اطلاعات مفیدی نیستند) و یکنواخت نمودن تصویر از فیلترهای مناسب استفاده گردید. صرف نظر از توضیح در مورد انواع فیلترهای مناسب برای حل مسئله فوق در این مرحله از فیلتر Sieve استفاده شد. در واقع در این فیلتر با تعیین حداقل مساحتی که باید در تصویر نگه داری شود، کل تصویر طبقه بندی شده توسط این فیلتر همگن و یکنواخت شد. پس از طبقه بندی سطح آب دریاچه در سال های مورد مطالعه، نقشه تولیدی بر روی تصاویر اصلی قرار گرفت. شکل ۹ (الف، ب، ج، د) نشان دهنده نقشه هایی از کلاس های طبقه بندی شده از آب دریاچه طی دوره های زمانی مختلف

می باشند. با مقایسه این تصاویر با یک دیگر مشخص شد که الگوهای پراکندگی مواد معلق موجود در آب و تمرکز آن‌ها به وضوح تغییراتی را در فواصل زمانی مورد مطالعه نشان می دهند.



تصاویر TM سال ۱۹۸۷



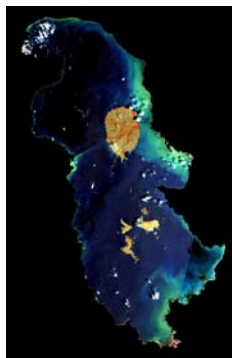
تصاویر TM سال ۱۹۹۸



تصاویر ETM سال ۲۰۰۱



محدوده آب دریاچه ۱۹۸۷



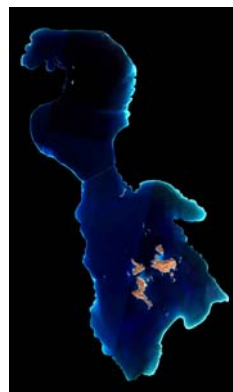
محدوده آب دریاچه ۱۹۹۸



محدوده آب دریاچه ۲۰۰۱

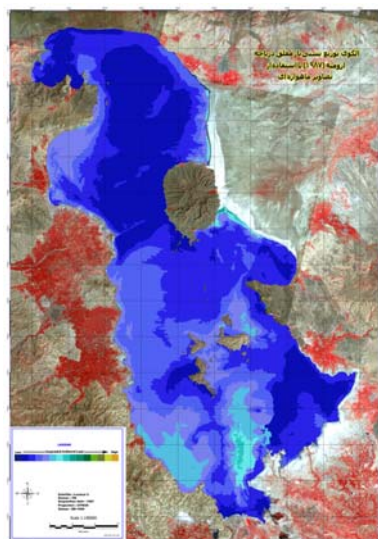


تصاویر LISSIII سال ۲۰۰۲

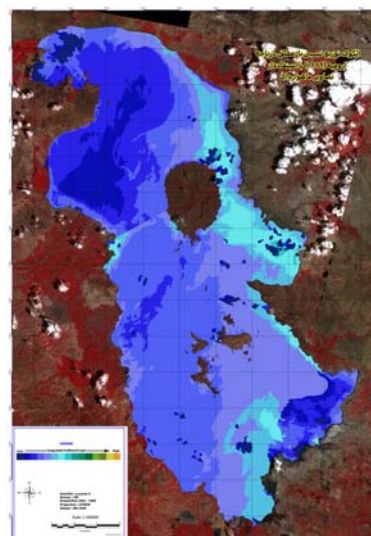


محدوده آب دریاچه ۲۰۰۲

شکل ۸ موزائیک تصاویر و محدوده آب دریاچه ارومیه در تمامی دوره های مورد مطالعه

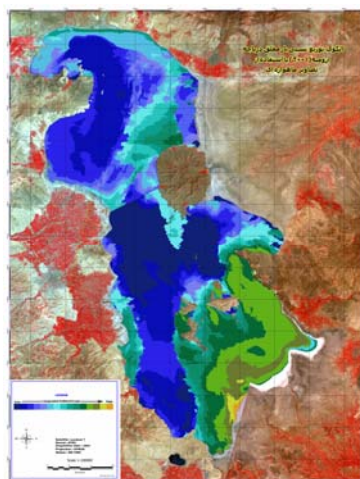


۹ الف: پراکندگی مواد معلق آب دریاچه ارومیه در

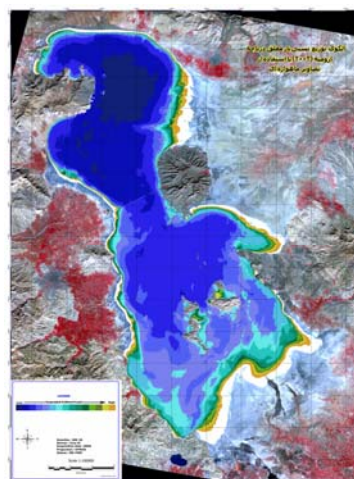


۹ ب: پراکندگی مواد معلق آب دریاچه ارومیه در سال ۱۹۸۸

سال ۱۹۷۸



۹ ج: پراکندگی مواد معلق آب دریاچه ارومیه در سال ۲۰۰۱



۹ د: پراکندگی مواد معلق آب دریاچه ارومیه در سال ۲۰۰۲

شکل ۹ (الف، ب، ج، د) پراکندگی مواد معلق آب دریاچه ارومیه

توضیح: در مقیاس ترسیمی رنگی هرچه از رنگ آبی تیره بسمت آبی روشن حرکت کنیم از عمق دریاچه کاسته و بر میزان مواد معلق موجود در آب اضافه می گردد.

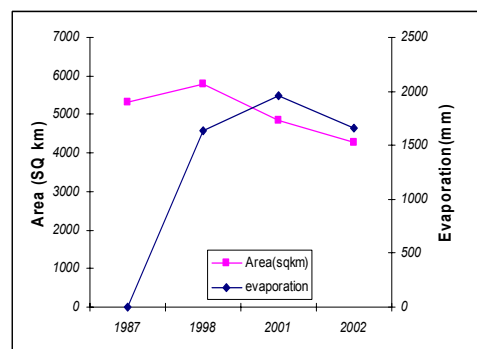
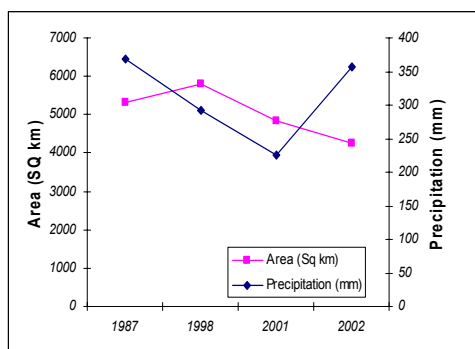
یافته های تحقیق

با توجه به بررسیهای انجام شده در ترسیم مرزهای دریاچه ارومیه طی چهار دوره زمانی مورد بررسی (شکل ۷) مشخص می شود که حداکثر گسترش محدوده دریاچه مربوط به سال ۱۹۸۸ و حداقل گسترش آن مربوط به سال ۲۰۰۲ می باشد. جدول ۳ تغییرات مساحت و محیط دریاچه به همراه معدل بارش و تبخیر متوسط تمامی ایستگاه های حوزه آبریز دریاچه ارومیه را در سال های مورد مطالعه نشان می دهد. بررسی ها نشان می دهد بین تغییرات مرز پیرامونی دریاچه در سال های فوق با نوسانات مقدار بارش و تبخیر سالیانه همبستگی معنی داری

مشاهده می‌شود. شکل ۱۰ رابطه بین تغییرات مرز پیرامونی دریاچه را طی سال‌های مورد مطالعه با داده‌های مربوط به متوسط بارش و تبخیر در ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۳ مساحت و محیط دریاچه ارومیه و معدل بارش

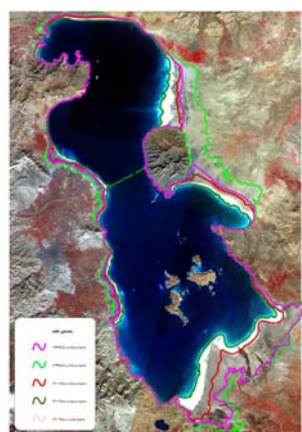
سال‌های آماری	مساحت (کیلومتر مربع)	محیط (کیلومتر)	متوسط بارش	متوسط تبخیر
1987	5318.7	604.8	369.5	0
1998	5803.4	691.4	291.3	1633
2001	4844.3	541.2	224.7	1954
2002	4270.4	497.7	356.7	1658



شکل ۱۰ نمودار همبستگی بین متوسط بارش و تبخیر با نوسانات سطح دریاچه ارومیه

بررسی تغییرات مرز پیرامونی دریاچه طی سال‌های مورد نظر نشان داد که این تغییرات در قسمت‌های جنوبی و شرق دریاچه بیشتر می‌باشد بطوریکه این تغییرات بین ۸ تا ۱۲ کیلومتر در بخش جنوبی و حدود ۵ تا ۸ کیلومتر در بخش شرق دریاچه در نوسان می‌باشد (شکل ۱۱).

با توجه به نقشه‌های پراکنش مواد معلق موجود در آب دریاچه ارومیه که در شکل ۹ دیده می‌شوند، معلوم شد که الگوهای مواد معلق موجود در آب دریاچه تغییر شکل‌های قابل توجهی را طی دوره‌های زمانی از خود نشان داده است. شکل ۹ الف، تصویری از طبقه بندی کلاس‌های مواد معلق موجود در آب دریاچه را در سال ۱۹۸۷ را نشان می‌دهد. چنانکه در تصویر فوق مشخص است 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 غربی تا غرب می‌باشد.



ب: بخش جنوبی (۸ تا ۱۲ کیلومتر)



الف: بخش شرقی (۵ تا ۸ کیلومتر)



شکل ۱۱ تغییرات مرز پیرامون دریاچه در بخش جنوبی و شرقی دریاچه

شکل ۹ ب، وضعیت الگوهای مواد معلق آب دریاچه در سال ۱۹۸۸ را نشان می دهد. چنان که در این تصویر دیده می شود، تمرکز مواد معلق بیشتر در قسمت های شمال شرقی و شرق بوده و در قسمت های میانه دریاچه تمرکز مواد معلق در بخش حاشیه جنوبی بزرگراه در حال توسعه و شکل گیری می باشد.

شکل ۸ ج، وضعیت پراکنندگی و الگوهای مواد معلق آب دریاچه در سال ۲۰۰۱ را نشان می دهد. نحوه توزیع الگوهای مواد معلق نشانگر آن است که تمرکز این مواد بصورت عمده در بخش جنوبی دریاچه بوده و از طرفی توزیع روند تمرکز این مواد در قسمت شمالی و بخش حاشیه شمالی بزرگراه شهید کلانتری به وضوح قابل توجه می باشد.

شکل ۹ د، توزیع و پراکنندگی مواد معلق آب دریاچه در سال ۲۰۰۲ را نشان می دهد. مواد معلق بیشتر در قسمت های جنوبی دریاچه متمرکز می باشند. البته در قسمت میانه دریاچه نزدیک بزرگراه زبانه ای از مواد معلق در حال حرکت می باشد و تمرکز این مواد در قسمت غربی بزرگراه نیز دیده می شود.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این پروژه می‌توان موارد و پیشنهادهای زیر را ارایه نمود:

- ۱- احتمال می‌رود تغییرات الگوهای مواد معلق موجود در آب دریاچه تا حد زیادی در ارتباط با ساخت و ساز سازه‌های بزرگراه باشد. به نظر می‌رسد که احداث این بزرگراه در میانه دریاچه که مانع از جریان طبیعی گردش آب از شمال به سمت جنوب و بالعکس شده و بر نحوه حمل مواد معلق و تمرکز و رسوب گذاری آن‌ها در آب دریاچه تاثیر قابل توجهی داشته است.
- ۲- مطالعه انجام شده نشان می‌دهد که در یک بازه زمانی ۱۵ ساله تغییرات چشمگیری در گستره سطح دریاچه رخ داده است، و این تغییرات در بخش‌های جنوبی و شرق دریاچه بیشتر می‌باشد، لذا بنظر می‌رسد که انجام پروژه‌های عمرانی و فعالیت‌های انسانی با ریسک‌پذیری بالای در این مناطق مواجه خواهد شد که این موضوع می‌بایستی مورد توجه مسئولین قرار گیرد.
- ۳- از آنجا که نوسانات اقلیمی، احداث سدهای متعدد در حوزه آبریز دریاچه، رژیم آب‌های ورودی به دریاچه و فعالیت‌های تکنیکی بویژه در گسل‌های تبریز، تکاب و ارومیه می‌توانند از علل احتمالی نوسانات سطحی و حجمی دریاچه ارومیه نیز شمرده شوند. پیشنهاد می‌شود مطالعات بعدی در این دریاچه بر مسایل فوق‌الذکر متمرکز و سهم هر یک از این عوامل (و یا ساخت و ساز بزرگراه و موانع مصنوعی ایجاد شده در امتداد جاده عرضی) بر روی دریاچه ارومیه مشخص و ارایه گردد.
- ۴- به لحاظ تغییرات پدیده‌های زمینی و پویایی آن‌ها در دوره‌های زمانی، ثبت این تغییرات در مقاطع زمانی می‌تواند در مطالعه و بررسی این پدیده‌ها حائز اهمیت باشد. استفاده از داده‌های ماهواره‌ای (چند زمانه و چند طیفی) نشان داد که این داده‌ها و پردازش آن‌ها ابزاری موثر و مفید در این گونه مطالعات بوده و از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

منابع

- ۱- شهرابی، مصطفی، (۱۳۷۳)، زمین‌شناسی ایران (دریاها و دریاچه‌های ایران)، وزارت معادن و فلزات سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
- ۲- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، (۱۳۷۹)، فرهنگ جغرافیایی شهرستان‌های کشور (شهرستان ارومیه)، تهران.
- ۳- پوراصغر، فرناز، (۱۳۸۳)، بررسی توزیع دما در سطح دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، به راهنمایی دکتر سید علی آزر م‌سا.
- ۴- علوی پناه، سید کاظم و کمال خدائی، (۱۳۸۱)، مطالعه اثر میان‌گذر دریاچه ارومیه بر پارامترهای کیفی آب، با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، همایش میان‌گذر دریاچه ارومیه و محیط زیست، ۲۱-۲۰ آذرماه ۱۳۸۱، ارومیه.
- ۵- بهروزی، بهروز، ۲ اسفند (۱۳۸۵)، روزنامه تهران امروز، سال اول، شماره ۷۷.

6- Ojeda, J. et al, (1995): Study of the dynamics of estuarine and coastal waters using remote sensing: Tinto-diel estuary, SW Spain, in Journal of Coastal Conservation 1:109-118. Uppsala. Sweden.

- 7- Lillesand, T. M, (2001) Combinig satellite remote sensing and volunteer secchi disk measurement for lake transparency monitoring, Environment Remote Sensing Center, University of Wisconsin.
- 8- Pasterkamp, R. J. Vos, and Vander Woerd, (2000) Suspended Matter in the North Sea: A Multi-Temporal Analysis Based on Sea WIFS Imagery in (2000) Institute for Environmental Studies, Amsterdam, The Netherlands.
- 9- Sur, H. and Ozsoy, E. and Ibrayer, R. (2000) Satellite derived flow characteristic of the Caspian Sea in: Satellite Oceanography and society, Vol 16, pp: 294-312.
- 10- Mather, paul M.1993, Computer processing of Remotely-Sensed images, An Introduction.
- 11- Barzegar. F, and Sadighian.I, (1991), Study of highway construction effects on sedimentation process in lake urmia (N.W. Iran) on the basis of satellite data, International, A Multi-disciplinary Journal of Remote Sensing, Vol .b.
- 12- Tarikhi, Parviz, (2000) ER- Mapper magazine, Issue 4.