

## بررسی کلیماتولوژی آهنگ تغییرات خط ساحلی خلیج میانکاله

میثم عابدین پور<sup>۱</sup>، رضا نوروز ولاشدی<sup>۲</sup>، مجتبی خوش روش<sup>۳</sup>، مهدی مکاری<sup>۴</sup>، دانیال قربانی<sup>۵</sup>

مقاله برگرفته از نتایج طرح پژوهشی مصوب شورای پژوهشی مرکز آموزش عالی کاشمر به شماره ۲۸/۱۳۴۸/۹۷/۲۱۲۱۶ می باشد.

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۰۶

### چکیده

خطوط ساحلی از مهم‌ترین پدیده‌های سطح زمین هستند که از طبیعتی پویا برخوردارند. پایش مناطق ساحلی پارامتری مهم در توسعه پایدار و حفاظت از محیط‌زیست است. پایش نواحی ساحلی، نیاز به استخراج خطوط ساحلی در زمان‌های مختلف دارد. امروزه داده‌های سنجش از دور به عنوان کارآمدترین منبع اطلاعاتی برای بررسی و تفسیر لندفرم‌های ساحلی، سطوح جزرومدی، تغییرات خطوط ساحلی، عمق و ژرفای آب نظیر آن به شمار می‌رود. هدف از این تحقیق برآوردی از آهنگ تغییرات خط ساحلی منطقه خلیج میانکاله واقع در سواحل جنوب شرقی دریای مازندران با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور است. این تحقیق به بررسی و تفسیر کیفی و کمی از تغییرات خطوط ساحلی در بازه زمانی ۴۴ ساله می‌پردازد. ابزار اصلی پژوهش، تصاویر سنجنده TM, MSS, RVB, OLI و ETM+ ماهواره لندست است که این تصاویر مربوط ده سال در بازه ۱۹۷۲ لغایت ۲۰۱۶ است. نتایج تغییرات خالص نشان می‌دهد که در این بازه ۴۴ ساله در ابتدا پسروری چشمگیر آب دریا و در پی آن خلیج میانکاله رخ داده است. اما پس از سال ۱۹۷۷ این روند معکوس شد. برآورد آهنگ تغییرات خط ساحلی با میانگین‌گیری وزنی گویای آن است که در فاصله ۴۴ ساله این مطالعه خط ساحلی به شکل متوسط از خود پیشروی نشان می‌دهد.

**واژه‌های کلیدی:** پایش تغییرات، تالاب، سنجش از دور، مازندران، میانکاله

<sup>۱</sup> استادیار گروه مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران (\* نویسنده مسئول: abedinpour\_meysam@yahoo.com)

<sup>۲</sup> استادیار هواشناسی کشاورزی گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران (rezanorooz@yahoo.com)

<sup>۳</sup> دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران (khoshravesh\_m24@yahoo.com)

<sup>۴</sup> استادیار گروه مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران (mehdimokari@gmail.com)

<sup>۵</sup> دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، (d.ghorbani83@yahoo.com)

## مقدمه

دریاچه مازندران بزرگ‌ترین پهنه آبی محصور جهان است. این دریاچه حائز اهمیت اقلیمی، زیستی، ژئوپلیتیک فراوانی است. از سویی میزبان یکی از غنی‌ترین ذخایر سوخت‌های فسیلی در دنیا، قرار گرفتن در یکی از پر منازعه‌ترین نقاط جهان و از دیگر سو زیستگاه برخی گونه‌های بسیار کم‌نظیر و بعضاً بی‌نظیر آبی است. بر اساس شواهد و یافته‌های تاریخی تراز سطح آب در این دریاچه شاهد نوسانات متعددی بوده است. در دهه‌های اخیر نیز کاهش و افزایش حجم آب ورودی به علت احداث سدها و اقداماتی از این دست سبب بروز چند نوسان چشمگیر شده است. با توجه به وجود تأسیسات ساحلی و تأثیر بر کاربری اراضی مجاور خط ساحلی، پایش و بررسی سوابق این نوسانات اهمیت زیادی دارد. بهره‌گیری از تصاویر سری ماهواره‌های لندست با توجه به آرسو تاریخی آن می‌تواند ابزاری مناسب برای این بررسی باشد. تاکنون مطالعاتی در این راستا در داخل کشور و سطوح بین‌المللی انجام شده است که برای مثال می‌توان به شایان و همکاران (۱۳۹۱) و سلیمانی و همکاران (۱۳۹۳) در نوار ساحلی داخل کشور اشاره نمود. شریفی‌کیا و همکاران (۱۳۹۶) تغییرات دینامیک خط ساحل بخش شرقی دریای مازندران به کمک داده‌های چند زمانه، چند سنجده‌ای را موضوع مطالعه قرار دادند. بدین منظور ایشان سری داده‌های چند سنجده‌ای و چندزمانه‌ای سنجش از دوری را برای تعیین و استخراج تغییرات خط ساحل ناشی از تغییر در تراز آبی تهیه و پس از انجام مراحل تصحیح و هم‌مرجع‌سازی، خطوط ساحلی را در مقاطع مختلف زمانی استخراج و تحلیل نمودند. بررسی و مقایسه نقشه‌های برداری خروجی مؤید تغییرپذیری پرفرکانس تراز آبی و به طبع آن تغییر مکانی خط ساحل در بازه‌های زمانی کوتاه است. به طوری که هر چند تراز آبی یک دوره ۳۰ ساله به نسبت ثابت و یا با تغییرپذیری حداقلی از سال ۱۹۵۵ تا ۱۹۸۵ را در برداشته، اما از این سال تا

اوایل دهه ۹۰ رشد قابل ملاحظه‌ای در افزایش تراز آبی و پیرو آن تغییر خط ساحلی مشاهده شده است. همچنین سینگ و همکاران (۲۰۱۲) به پایش تغییرات دریاچه‌های بزرگ دنیا به روش‌های سنجش از دوری پرداختند. کوانگ توآنگ و همکاران (۲۰۱۷) به مشاهده تغییرات تاریخی خط ساحل کوا دای در مرکز ویتنام با استفاده از تصاویر ماهواره‌های ALOS-AVNIR2 و لندست در بازه زمانی سال‌های ۱۹۶۴ تا ۲۰۱۴ پرداختند و دریافتند بیشترین جابجایی ساحل در بازه زمانی ۱۹۶۴ تا ۱۹۸۰ به دلیل فرسایش و حرکت دهانه رودخانه به سوی جنوب روی داده است. رزمی و همکاران (۲۰۱۷) نوسانات خط ساحلی بندر دیر طی رویداد آل‌نینو و لانینو را با استفاده از شاخص OFI بررسی کردند. بدین منظور تصاویر منطقه در سال‌های ۱۹۹۱، ۲۰۰۱ و ۲۰۱۴ با کمک سنجده‌های TM، ETM+ و OLI خط ساحلی مورد پژوهش قرار گرفت که حاکی از رسوب گذاری (جابجایی به سوی دریا) و فرسایش (جابجایی به درون خشکی) در فاصله زمانی تصاویر مورد مطالعه بود. مطالعات نشان می‌دهد روش‌های سنجش از دور و پایش تغییرات با کمک تصاویر ماهواره‌ای می‌تواند در مدیریت سواحل بسیار راهگشا باشد. برای مثال، ایمانی و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از داده‌های ماهواره ارتفاع سنجی از ژوئن ۱۹۹۳ تا دسامبر ۲۰۱۳ و هوش مصنوعی تکاملی به پایش بینی تغییرات تراز آب دریای مازندران پرداختند. در این مطالعه که از دو روش هوش مصنوعی و برنامه نویسی انجام شد، در نهایت پایش بینی ناهنجاری سطح دریای مازندران نشان می‌دهد که بهترین عملکرد را در پایش بینی روش هوش مصنوعی با مقدار میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE) معادل ۰/۰۳۵ و  $R^2$  برابر ۰/۹۶ دارا است. چنچی و همکاران (۲۰۱۸) با جمع‌آوری داده‌های سنجش از دور (ماهواره لندست) و GIS وضعیت منطقه مورد مطالعه (شمال شرقی شبه جزیره ایتالیا) را در فاصله دهه ۱۹۸۰ تا ۲۰۱۱ بررسی



و متعاقباً با سناریویی سه ساله وضعیت آبی را پیش بینی و راستی آزمایی نمودند. قاسمی نژاد و همکاران (۱۳۹۴) اثر دخالت‌های انسانی بر سواحل بندر آستارا را با استفاده از تکنیک سنجش از دور مورد ارزیابی قرار دادند. ایشان متغیرهایی همچون نرخ جابجایی خط ساحل، میزان تغییر پوشش زمینی و توسعه کاربری اراضی مورد مطالعه را از سال ۱۳۴۲ تا زمان حال مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها حاکی از آن است تغییرات خط ساحلی طی دهه ۲۰۱۵-۲۰۰۵ بسیار بیشتر از دوره زمانی ۵۲ ساله و بین سال‌های ۱۹۶۳ لغایت ۲۰۱۵ بود. آن‌ها دلیل این تغییرات زیاد را ناشی از فعالیت‌های انسانی و دخل و تصرفات در حریم ساحل دانستند. میانکاله یکی از زیستگاه‌های مهم حیات وحش دارای شناسنامه در سازمان جهانی یونسکو، با پرندگان مهاجر آبی و تعدادی پرندگان بومی در استان مازندران است. این خلیج در بخش جنوبی با استان‌های مازندران و گلستان احاطه و دارای تنوع زیستی منحصر به فرد ولی شکننده است. خشکسالی و تغییر رژیم آبی، تغییرات کاربری اراضی تالاب و بهره‌برداری بی رویه، ورود آلاینده‌های صنعتی، کشاورزی و شهری، تخریب‌های ناشی از فشار فزاینده جمعیت بر تالاب، اجرای طرح‌های توسعه در اراضی غرب و شمال غرب تالاب، رسوب گذاری و سایر عوامل طبیعی تأثیرات مخربی بر این بوم سامانه داشته است. کاهش تراز سطح آب دریای مازندران در سال‌های اخیر مهم‌ترین عامل تهدید خلیج میانکاله بوده که بسیاری از چالش‌های دیگر را تحت الشعاع خود قرار داده است. در عهد حاضر هم بین سال‌های ۱۹۲۹ تا ۱۹۷۷ سطح آب دریا نزدیک به ۳ متر کاهش داشته است. در سال ۱۹۷۷ سطح آب دریا به ۲۹ - متر رسید که به پایین‌ترین سطح خود در ۴۰۰ سال اخیر رسیده بود و خسارت هنگفتی به نوار ساحلی ایران علی‌الخصوص در بخش شرقی به علت کم شیب بودن منطقه در برداشته است (رزمجو و همکاران، ۱۳۹۱). لذا در این پژوهش به بررسی و پایش تغییرات نوار ساحلی تالاب

میانکاله در ۴۴ سال گذشته در ارتباط با عامل مهم هواشناختی پرداخته شده است.

## مواد و روش

منطقه مورد مطالعه خلیج میانکاله، خلیج کم عمق و بزرگی است که در منتهی‌الیه جنوب شرقی کرانه دریای مازندران واقع شده است. به طور کلی این خلیج از دریای مازندران جدا شده و شبه جزیره میانکاله را با طول نزدیک به ۶۰ کیلومتر و مساحت ۱۰۰۰۰۰ هکتار تشکیل می‌دهد. گستره آن حدوداً از ۵۳ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۳ دقیقه شرقی و از ۳۶ درجه و ۴۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی است (شکل ۱). اقلیم منطقه در تابستان گرم و در زمستان معتدل بوده و تغییرات دمای سالیانه آن محدود است، بارندگی سالیانه متغیر و از ۲۰۰ تا ۱۰۰۰ میلی‌متر در نوسان است. درجه حرارت منطقه از ۶- تا ۳۲+ درجه سلسیوس و به‌طور متوسط از ۹ تا ۲۴ درجه سلسیوس در نوسان است. به دلیل اثرات گرمایی دریاچه مازندران، یخبندان و ریزش برف در منطقه کم و نادر است. نخست با بررسی اسناد موجود تاریخ‌های بحرانی نوسانات سطح آب دریاچه شناسایی شد. سال‌های ۱۹۷۷ و ۱۹۹۵ به ترتیب پایین‌ترین و بالاترین تراز سطح آب در سده منتهی به سال جاری بود. نوسانات سطح آب دریا با وضع موجود آب دریا مقایسه شد (شکل ۲). لذا با توجه به وجود تصاویر در آرشیو سری زمانی لندست در تاریخ‌های مذکور این تصاویر از سایت سازمان نقشه برداری ایالات متحده آمریکا به نشانی <https://earthexplorer.usgs.gov/> بارگیری شد. توجه به این نکته لازم است که در جمع‌آوری تصاویر مورد استفاده در این پژوهش در وهله نخست سعی بر داشتن یک سری از تصاویر با فواصل زمانی مشخص بود. سپس قرار داشتن تصاویر در بازه زمانی مشابه از سال (به جهت مشابهت در زوایای خورشیدی، پوشش گیاهی و تأثیر احتمالی عوامل هواشناختی چون بارش و تبخیر/تعرق) اخذ شوند، لیکن برای داشتن تصاویری

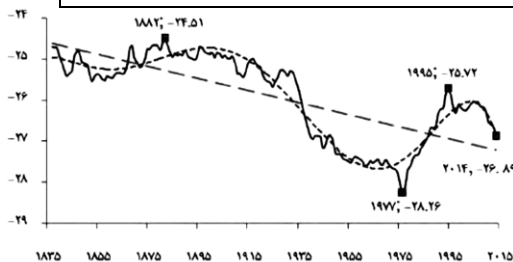


مفهوم و قابل تفسیر عامل حداقل ابرناکی در برخی موارد موجب جابجایی زمانی در تاریخ اخذ تصاویر شد.

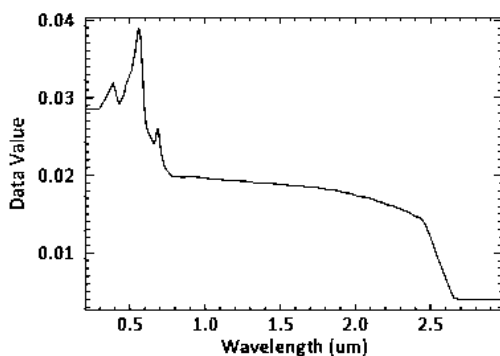


شکل (۱): موقعیت محدوده مورد مطالعه نوار ساحلی تالاب میانکاله در نوار ساحلی دریاچه مازندران

| سری | سنجنده    | تاریخ پرتاب | تاریخ خاتمه |
|-----|-----------|-------------|-------------|
| ۲   | RVB, MMS  | ۱۹۷۵/۰۱/۲۲  | ۱۹۸۲/۰۲/۲۵  |
| ۵   | TM        | ۱۹۸۴/۰۳/۰۱  | ۲۰۱۳/۰۵/۰۶  |
| ۸   | OLI, ETM+ | ۲۰۱۳/۰۲/۱۱  | -           |



شکل (۲): منحنی تغییرات سطح تراز آب دریاچه مازندران از سال ۱۸۳۵ لغایت ۲۰۱۵ میلادی



شکل (۳): منحنی رفتار طیفی آبهای ساحلی

هر جسم طبیعی و مصنوعی همانند شکل ۳ برای آبهای ساحلی در سطح زمین تابش الکترومغناطیسی در بازه طیف وسیعی از طول موجها را به روش خاص خود با توجه به ترکیب شیمیایی و حالت فیزیکی آن گسیل می‌دارد. سنجنش از دور به عملیات در حیطه امواجی مربوط است که در آن تفاوت‌های قابل تشخیص در تابش بازتاب شده و گسیل شده رخ می‌دهد. ویژگی‌ها و شرایط مختلف آن‌ها تنوع کافی برای شناسایی عوامل منفرد را نشان می‌دهد. خصوصیات طیفی با تغییر مکان و زمان ثابت باقی نمی‌ماند. ابزار اصلی پژوهش، تصاویر سنجنده MSS، TM، RVB، OLI و ETM+ ماهواره لندست هستند (جدول ۱) که این تصاویر مربوط به سال‌های بحرانی در بازه زمانی ۴۴ ساله (۲۰۱۶-۱۹۷۲) را تشکیل می‌دهند.

جدول (۱): مشخصات سنجنده‌های ماهواره سری لندست مورد استفاده

تصاویر منتخب با احراز شرایط لازم جهت تحلیل و آنالیز تکنیک‌های سنجنش از دور مربوط به سال‌های ۱۹۷۲ لغایت ۲۰۱۶ به ترتیب از ماهواره‌های ۱، ۲، ۵، ۷ و ۸ سری لندست هستند که اطلاعات مربوط به آن در جدول (۲) مشخص شده است. تصاویر مربوط به برخی سال‌ها در دو تصویر جداگانه قرار داشتند به همین دلیل این تصاویر قبل از پیش پردازش و پردازش موزاییک شد. پس از اخذ تصاویر (به ترتیبی که در فوق مورد اشاره قرار گرفت) برای انجام اصلاحات در وهله نخست با کمک نرم‌افزار ENVI 5.3 رادیانس هر تصویر به دست آمد. آنگاه با دستور اصلاح سریع اتمسفری (QUAC) این اصلاح نیز صورت پذیرفت و در آخر با استفاده از ابزار Relative Water Depth پردازش مورد نیاز برای تشخیص و تفکیک پهنه‌های آبی صورت گرفت.



جدول (۱): اطلاعات مربوط به تصاویر سنجش از دور مورد استفاده در پژوهش

| سنجنده   | تاریخ ثبت تصویر | تاریخ ثبت تصویر | ردیف مسیر | ردیف مسیر | شماره تصویر |
|----------|-----------------|-----------------|-----------|-----------|-------------|
| MSS      | 22.09.1972      | 1               | 034       | 176       | 1           |
| MSS      | 12.07.1977      | 2               | 034       | 175       | 2           |
| MSS      | 30.12.1984      | 5               | 034       | 163       | 3           |
| TM       | 31.12.1990      | 5               | 034       | 163       | 4           |
| TM       | 26.12.1994      | 5               | 034       | 163       | 5           |
| ETM      | 30.11.1999      | 7               | 034       | 163       | 6           |
| ETM      | 01.05.2003      | 7               | 034       | 163       | 7           |
| ETM      | 08.12.2008      | 7               | 034       | 163       | 8           |
| ETM      | 03.10.2012      | 7               | 034       | 163       | 9           |
| OLI-TIRS | 04.11.2016      | 8               | 034       | 163       | 10          |

ابزار عمق سنجی نسبی آب شما را قادر می‌سازد تا به سرعت محصولی را که نماینده عمق نسبی آب منطقه مورد نظر است را تولید کنید. ماهیت وابسته به آلبیدوی کف که در این الگوریتم استفاده شده است اجازه می‌دهد تا بستر دریاچه‌هایی که با گیاهان دریایی تیره و یا شن‌های روشن با عمقی مشابه پوشیده شده‌اند، نمایش داده شوند. نتایج عمق آب نسبی هستند و عمق مطلق را نشان نمی‌دهند (نتایج از صفر تا یک مدرج می‌شوند). نتایج به دست آمده تصویری کلی از عمق سنجی به دست می‌دهد و به منظور اهداف ناوبری استفاده نمی‌شوند. فایل ورودی باید دارای باند آبی و سبز در هر فرمت قابل قرائت برای ENVI باشد. روش برآورد عمق از بازتاب‌های هر باند ماهواره‌ای محاسبه شده با فایل‌های واسنجی سنجنده و اثرات اصلاح شده نیواری استفاده می‌کند. بازتاب آب  $R_w$  که شامل محلی است که آب از لحاظ نوری کم عمق است، که به صورت معادله رابطه ۱ تعریف می‌شود.

$$R_w = \frac{\pi L_w(\lambda)}{E_d(\lambda)} \quad (1)$$

که در آن،  $L_w$  تابش ساطعه از آب،  $E_d$  تابش فرورفته ورودی به آب و  $\lambda$  باند طیفی است.  $R_w$  و  $L_w$  به مقادیر بالای سطح آب اشاره دارند.  $R_w$  با اصلاح

بازتاب کل RT برای بازتاب هواویزها و سطح می‌باشد که به وسیله باند فروسرخ نزدیک و برای بازتاب ریلی (Rleigh) برآورد می‌شود (معادله ۲).

$$R_w = R_T(\lambda_i) - Y(\lambda_i)R_T(\lambda_{IR}) - R_r(\lambda_i) \quad (2)$$

که در آن،  $Y$  ثابتی برای اصلاح متغیر طیفی است. (معادل نمای آنگستروم در مقاله گوردون و همکاران [۱۹۸۳]) زیرنما  $i$  نشانگر کانال مرئی و زیرنما IR نشانگر کانال فروسرخ نزدیک هستند. RT از معادله ۳ به دست می‌آید.

$$R_T(\lambda_i) = \frac{\pi L_T(\lambda_i) / E_0 \lambda_i}{\left(\frac{1}{r^2}\right) T_0(\lambda_i) T_1(\lambda_i) \cos \theta} \quad (3)$$

که در آن،  $L_T$  تابش (کل) اندازه گیری شده توسط ماهواره،  $E_0$  ثابت خورشیدی،  $r$  فاصله زمین تا خورشید بر حسب واحدهای نجومی،  $\theta_0$  زاویه سمت الرأسی خورشیدی و  $T_0$  و  $T_1$  ضرایب انتقال به ترتیب برای خورشید به زمین و زمین به ماهواره هستند. تصحیح اتمسفری بر اساس الگوریتم توسعه یافته گوردون و همکاران (۱۹۸۳) برای اسکن کننده رنگ ناحیه ساحلی (CZCS) و استامپف و پنوک (۱۹۸۹) برای رادیومتر پیشرفته با تفکیک پذیری بسیار بالا (AVHRR) و مشابه آنچه برای ماهواره لندست (چاوز ۱۹۹۶؛ ژانگ و همکاران ۱۹۹۹) پیشنهاد شده است (استامپف و هولدرید، ۲۰۰۳). در نهایت پس از مطالعات اسنادی و انتخاب بازه مکانی و زمانی مناسب برای بررسی نوسانات آب دریای خزر در منطقه میانکاله استان مازندران، تصاویر از وب سایت USGS به نشانی earthexplorer.usgs.gov بارگیری شد.

در لندست ۷ سنجنده ETM+ جایگزین TM شد. با این حال، در تاریخ ۳۱ ماه مه ۲۰۰۳، اصلاح کننده اسکن خط (SLC) در سنجنده ETM+ دچار خرابی دائمی شد، که باعث اسکن نشده باقی ماندن تقریباً ۲۲٪ پیکسل‌ها در هر تصویر ETM+ گردید (به عنوان تصاویر



SLC-off شناخته می‌شوند) (ارویدسون و همکاران، ۲۰۰۶). به طرز جدی‌تری، عرض این شکاف داده‌های گوه شکل در راستای شرق و غرب مسیر نادیر (NADIR) بیشتر می‌شود که در پهنه‌های بزرگ باعث از دست رفتن مقادیر زیادی در لبه‌های فریم می‌گردد. این خطا سبب بروز مشکلی اساسی در کاربرد تصاویر ETM+ شد. تعدادی از روش‌ها برای پر کردن شکاف‌های اسکن نشده در تصاویر ETM+ توسعه داده شده‌اند. متاسفانه، کیفیت تصاویر پر شده با اکثر این روش‌های موجود، به خصوص در مناطق ناهمگن هنوز رضایت بخش نیست (ژو و همکاران ۲۰۱۲).

نخستین تقسیم‌بندی عمده، نظارت شده یا نظارت نشده بودن الگوریتم‌ها است، که بستگی به اینکه آیا نمونه‌های آموزشی مورد نیاز هستند یا خیر دارد. مورد اول بیشتر به خاطر دقت آن مورد استفاده قرار می‌گیرد، اما اطلاعات میدانی مورد نیاز است. کلاس‌های پوشش زمین تعریف شده و داده‌های مرجع کافی باید در دسترس باشند و به عنوان نمونه‌های آموزشی استفاده شوند. سپس امضاهای تولید شده از نمونه‌های آموزشی برای آموزش طبقه بندی، برای طبقه بندی داده‌های طیفی یک نقشه موضوعی استفاده می‌شود (لو و ونگ، ۲۰۰۷). برخی نمونه‌های این نوع رویکرد عبارتند از: حداکثر احتمال، حداقل فاصله، شبکه عصبی مصنوعی، طبقه بندی تصادفی تصمیم‌گیری. طبقه بندی نظارت نشده نیز در بسیاری از موارد مورد استفاده قرار می‌گیرد مانند اولین گام برای درک پاسخ طیفی پوشش‌های مختلف در یک تصویر ماهواره‌ای.

الگوریتم‌های مبتنی بر خوشه بندی برای پراکندگی تصویر طیفی به تعدادی از کلاس‌های طیفی بر اساس اطلاعات آماری ذاتی در تصویر استفاده می‌شوند. در بازتاب طیفی گیاهان، کلروفیل، ذرات رنگی، آب موجود در گیاه، شکل، ساختار فیزیکی و بسیاری از پارامترها تأثیر دارند. اما طرح کلی انعکاس گیاهان یکسان می‌باشد. اما بخشهای متفاوت برگ، تأثیرات متفاوتی بر روی انرژی الکترومغناطیسی تابیده

شده از خورشید دارند. در بخش مرئی میزان جذب بالا است. نمایه NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) برای نمایش توده حیاتی (بیوماس) پوشش گیاهی، شاخص سطح برگ، تولیدات گیاهی و تفکیک پوشش گیاهی بسیار مناسب بوده و همچنین در ارتباط با مسائل مرتبط با پوشش گیاهی از این شاخص استفاده می‌گردد. در طول زمان تغییرات مشاهده شده در NDVI بیان کننده تیپ پوشش گیاهی، فنولوژی و حالات محیطی منطقه است. این شاخص بیشترین رابطه را با حجم زنده گیاهی در میان مشخصه‌های پوشش گیاهی دارد. این شاخص از رابطه (4) بدست می‌آید.

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (4)$$

که در آن، NIR باند فرورسرخ نزدیک، RED باند نور قرمز است. با افزایش پوشش گیاهی، میزان ارزش حاصل از این نسبت‌گیری نیز افزایش می‌یابد. کاهش اثرات اتمسفری، توپوگرافی و همچنین تصحیح تغییرات تابش ورودی خورشید، از قابلیت‌های این شاخص بوده ولی تداخل بین خاک و گیاه در محدوده مادون قرمز را برطرف نمی‌کند. از طرفی چون اختلاف بازتاب پوشش گیاهی در این دو باند بیشتر از اختلاف بازتاب خاک در آنها است، خاک بسیار کمتر از پوشش گیاهی تحت تأثیر این فرایند قرار می‌گیرد. مطالعه رفتار زمانی پوشش گیاهی، مدلسازی آب و هوایی، طبقه بندی پوشش گیاهی در سطح جهانی، پایش محصولات کشاورزی، مطالعات بیابان زدایی و خشکسالی، حفاظت محیط زیست، بررسی تعادل میزان انرژی و آب در سطح جهانی از جمله کاربردهای شاخص NDVI است. دامنه تغییرات این شاخص بین +۱ و -۱ است. شیب خط خاک یک بوده و از مبدأ می‌گذرد. در نهایت پیشروی و پسروی گستره آبی با کمک این شاخص تعیین و با استخراج خروجی‌های مربوطه با کمک نسخه ۱۰/۳ نرم افزار ArcGIS حدود و صغور خط ساحلی که نماینده نوسانات تراز سطح آب دریا در تاریخ‌های یادشده است

به دست آمد. جهت برآورد آهنگ تغییرات از روش میانگین آهنگها (Rate Averaging) استفاده شد. در این روش، زوج نقاطی که از نظر زمانی فاصله قابل توجهی دارند، انتخاب می‌شوند. سپس، اختلاف مکانی آنها محاسبه و بر اختلاف زمانی تقسیم می‌شود. آهنگهای تغییر موقعیت خط ساحلی مربوط به زوجهای زمانی متوالی مورد مطالعه محاسبه می‌شوند. میانگین این آهنگها آهنگ پس‌روی یا پیشروی خط ساحل را مشخص می‌کند. به نقل از جنز و همکاران (۲۰۰۷) نقطه‌های پیش‌بینی حاصل از این روش، در بسیاری از موارد قابل قبول هستند.






### نتایج و بحث

پس از دریافت، پردازش و تحلیل تصاویر ماهواره‌ای تغییرات کمی و کیفی محیط و مساحت خلیج میانکاله برآورد و در جدول ۳ ارائه شد. موقعیت مکانی خط ساحلی در منطقه مورد مطالعه در تصویر جدول شماره ۳ برای ۱۰ سال مورد بررسی آمده‌است. شکل شماره ۴ تغییرات کمی مساحت، محیط و آهنگ تغییرات خط ساحلی خلیج میانکاله در دوره آماری مورد نظر ارائه شده است. استخراج تغییرات و جابه‌جایی خط ساحلی در سه بازه حدی در شکل شماره ۵ و خط مبنا جهت بررسی آهنگ تغییرات در شکل ۶ ارائه شده است. ثروتی و همکاران در سال ۱۳۹۶ به بررسی تغییرات خط ساحلی در کرانه‌های جنوب خاوری دریای خزر در طی دوره زمانی ۱۹۸۷ لغایت ۲۰۱۵ پرداختند. نتایج این پژوهش همخوانی مشابه‌ای با نحوه میزان پیشروی و پسروی خط ساحلی در پژوهش فوق داشته است. یمانی و همکاران (۱۳۹۵) در پژوهش خود لزوم توجه به عواملی نظیر شیب و ارتفاع نوار ساحلی را در میزان پسروی و پیشروی خط ساحلی اساسی دانسته‌اند و همچنین یافته‌های آنها به طور قطع نشان داد دوره

یکساله مبنای مناسبی جهت تعیین حدود تغییرات نیست. لذا در این پژوهش ضمن انتخاب یک دوره درازمدت نحوه آهنگ تغییرات بر مبنای عوامل اقلیمی مورد نظر بوده است. همانطور که در شکل شماره ۴ ارائه شده است. تغییرات نسبی مساحت و محیط و آهنگ تغییرات سالانه خط ساحلی در مقایسه با دما و بارش در منطقه خلیج میانکاله نشان از هم خوانی عوامل کلیماتولوژی با تغییرات کمی موقعیت مکانی پهنه خلیج است. به طوری که روند تغییرات دما در طول ۴ دهه آماری روند افزایشی داشته است و مقادیر بارندگی در منطقه کاهش پیدا کرده است. دقیقاً در محل تقاطع این تغییرات همانطور که مشخص شده است تغییرات مساحت و محیط خلیج و آهنگ پسروی آب خلیج کاملاً همخوانی دارد. از نظر کمی نیز در نیمه ابتدایی پایش تغییرات به ازای یک واحد نسبی کاهش بارش‌ها و افزایش دما به مقدار یک و نیم واحد آهنگ تغییرات منفی شده و پسروی خط ساحلی در مقطع مورد نظر اتفاق افتاده است.





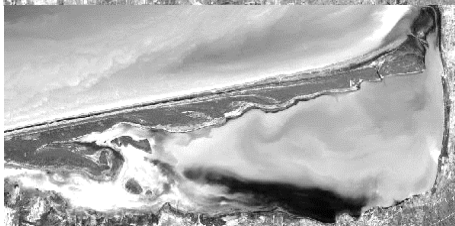
برآوردها حاکی از پیشروی ۳۸۳ متر در سال در بازه زمانی ۱۹۷۲ تا ۲۰۱۶ می‌باشد، لیکن توجه به این نکته ضروری است که با آغاز هزاره جدید روند با آهنگ ملایمی کاهش شده‌است که جا دارد از حیث ارتباط با پدیده گرمایش جهانی به شکل ویژه‌ای مورد بررسی قرار گیرد. از جمله دلایل مهم نوسانات تراز آب دریای مازندران را می‌توان به عوامل زیر دسته بندی کرد. لذا به طور کلی با اشاره به بسته‌بودن حوضه‌ی آبی خزر عواملی نظیر تغییر حجم آب، عوامل تأثیر گذار بر حجم حوضه رسوبی، عوامل مؤثر بر بیلان آب حوضه و عواملی که باعث حرکت آب در درون حوضه می‌شوند را نام برد. نتایج این پژوهش همسنجی معنی‌داری بین عوامل کلیماتولوژی نظیر بارش و دما با تغییر مساحت، محیط و آهنگ تغییرات در مقطع مورد نظر مشاهده شده است.

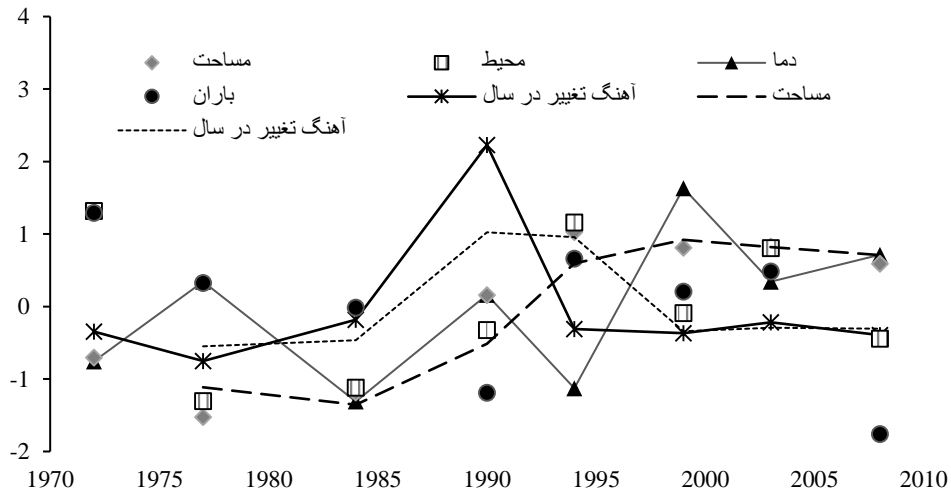
جدول (۳): آهنگ تغییرات و مقدار کمی محیط و مساحت خلیج میانکاله در تصاویر دریافتی ماهواره

| تصویر                                                                               | آهنگ تغییرات (متر در سال) | تاریخ      | مساحت (هکتار) | محیط (متر) |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------|---------------|------------|
|    | -                         | 22.09.1972 | 37908         | 226,005    |
|    | -570                      | 12.07.1977 | 31,571        | 147,837    |
|   | +233                      | 30.12.1984 | 34,217        | 153,367    |
|  | +3625                     | 31.12.1990 | 44,520        | 177,128    |
|  | +50                       | 26.12.1994 | 51,229        | 221,233    |

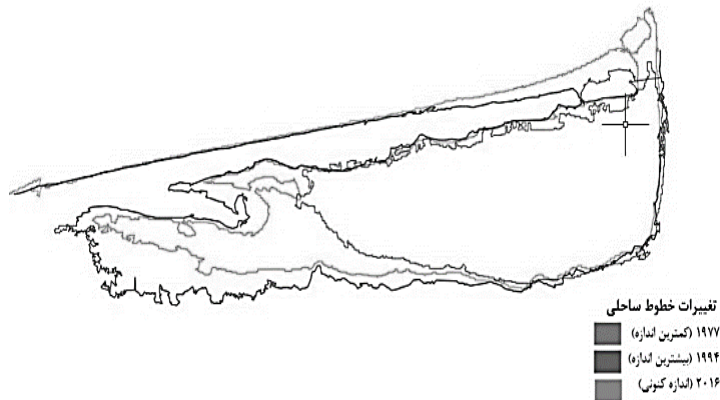


ادامه جدول (۳): آهنگ تغییرات و مقدار کمی محیط و مساحت خلیج میانکاله در تصاویر دریافتی ماهواره

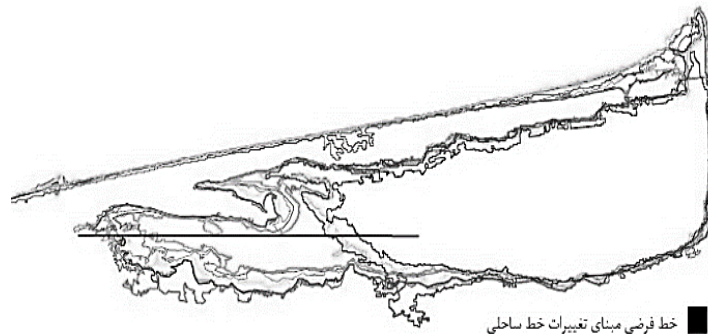
|                                                                                     |      |            |        |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|------------|--------|---------|
|    | -30  | 30.11.1999 | 49,562 | 184,136 |
|    | +181 | 01.05.2003 | 49,687 | 210,790 |
|   | -69  | 08.12.2008 | 47,851 | 173,527 |
|  | -708 | 03.10.2012 | 43,902 | 161,276 |
|  | -310 | 04.11.2016 | 41,782 | 212,886 |



شکل (۴): استخراج نوسانات مساحت، محیط و آهنگ تغییرات پیشروی و پسروی ساحل خلیج میانکاله در مقایسه با تغییرات دما و بارش (مقادیر نسبی استاندارد شده نسبت به میانگین و انحراف معیار)



شکل (۵): تغییرات کیفی مقادیر حدی خطوط ساحلی خلیج میانکاله



شکل (۶): تغییرات خطوط ساحلی خلیج میانکاله و خط مبنای مقایسه تغییرات

## نتیجه گیری

مدیریت و توسعه پایدار در سواحل خلیج مستلزم آگاهی از روند تغییرات خط ساحلی و آشکارسازی آن است. شناسایی و تحلیل آن در رابطه با دیگر عوامل مؤثر بر تغییرات می تواند به پیش بینی میزان تغییرات کمک کند. دریای مازندران به عنوان یک پهنه بسته آبی تا حد زیادی به نحوه مدیریت حوضه های آبریز منتهی به خود وابسته است. از سوی دیگر تأثیر عوامل هواشناختی که به طور مستقیم به شکل مثبت (ریزش های جوی) و منفی (تبخیر) بر تراز آب دریا نقش

دارند را نباید نادیده گرفت. میانگین وزنی آهنگ تغییرات (با توجه به نابرابر بودن فاصله زمانی تصاویر مورد مطالعه، گویای روند متوسط مثبت در تراز آب خلیج میانکاله به تبعیت از دریای مازندران می باشد. بنابراین می توان بیان داشت تغییر خط ساحلی در ارتباط با فرآیندهای متأثر از خشکی و در تعامل با فرآیندهای دریایی حوضه بسته خزر شکل می گیرد. لذا با افزایش دما و کاهش بارندگی ها در شرایط اقلیمی سال های اخیر و ادامه این روند مسئله پهنه آبی خلیج میانکاله با مشکل جدی روبرو خواهد شد.

## تشکر و قدردانی

در پایان از مساعدت مدیر محترم مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر بابت در اختیار قرار دادن آمارهای مورد نیاز تقدیر و تشکر به عمل می آید.

## منابع

سلیمانی، ک.، م. بنی هاشمی و ملک، ج. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات خط ساحلی مبتنی بر داده های سنجش از دور در بخش مرکزی خزر جنوبی. همایش ملی توسعه پایدار فضایی در سواحل دریای خزر. اسفند، بابلسر.  
شریفی کیا، م.، س. شایان و م. ولی. ۱۳۹۶. تعیین تغییرات دینامیک خط ساحل بخش شرقی دریای خزر به کمک داده های چند زمانه/ چند سنجه ای. مجله برنامه ریزی و آمایش فضا. شماره ۲۱، ص ۱۳۹-۱۲۲.  
قاسمی نژاد، س.، ه. خوشروان و ا. صراف. ۱۳۹۴. تغییرات سطح تراز آب دریای خزر و تأثیر دخالت های انسانی بر آن (محدوده مطالعاتی: ساحل آستارا). دومین همایش بین المللی توسعه پایدار، راهبردها و چالش ها، با تمرکز بر کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست و گردشگری. اسفند ماه. تبریز.  
یمانی، م.، مق صدی، م. و عمونیا، ج. ۱۳۹۵. تعیین حریم توسعه نوار ساحلی خزر با استفاده از داده های ژئومورفولوژی و تغییرات تراز سطح آب دریا مطالعه موردی: خط ساحلی بابل رود تا تالار. آمایش جغرافیایی فضا، دانشگاه گلستان. شماره ۶، ص ۴۴-۳۳.

Arvidson, T., S., Goward, J. Gasch and D. Williams. 2006. Landsat-7 long-term acquisition plan: Development and validation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 72: 1137 – 1146.

Chavez, P.S. 1996. Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. Photogrammetric engineering and remote sensing. 62(9): 1025-1035.

Genz, A. S., C. H., Fletcher, R. A., Dunn, L. N. Frazer and , J. J. Rooney. 2007. The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii. Journal of Coastal Research. 3: 87-105.

Imani, M., R.J., You and C.Y. Kou. 2014. Forecasting Caspian Sea level changes using satellite altimetry data (June 1992–December 2013) based on evolutionary support vector



regression algorithms and gene expression programming. *Global and Planetary Change*. 121:53–63.

Lu, D. and Weng, Q. 2007. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International journal of Remote sensing*. 28(5): 823-870.

Quang Tuan, N., H., Cong Tin, L., Quang Doc, and T. Anh Tuan. 2017. Historical monitoring of shoreline changes in the Cua Dai Estuary, Central Vietnam using multi-temporal remote sensing data. *Geosciences*, 7(3):72.

Razmi, M., H. M., Asgari, A. D., Sohrab, S. M. J. Nazemosadat and S. H. Khazaei. 2017. Monitoring oscillations coastline of Dayyer city during the El Niño and La Niño using OIF utility index.

Singh, A., F. Seitz and C. Schwatke. 2012. Inter-annual water storage changes in the Aral Sea from multi-mission satellite altimetry, optical remote sensing, and GRACE satellite gravimetry. *Remote Sensing of Environment*. 123: 187–195.

Stumpf, R. P. and , J. R , Pennock. 1989. Calibration of a general optical equation for remote sensing of suspended sediments in a moderately turbid estuary. *Journal of Geophysical Research: Oceans*. 94(10): 14363-14371.

Stumpf, R. P., K. Holderied and M. Sinclair. 2003. Determination of water depth with high-resolution satellite imagery over variable bottom types. *Limnology and Oceanography*, 48(2): 547-556.

Zhang, M., K., Carder, F. E., Muller-Karger, Z. Lee and D. B. Goldgof. 1999. Noise reduction and atmospheric correction for coastal applications of Landsat Thematic Mapper imagery. *Remote Sensing of Environment*. 70(2): 167-180.



## Investigating the Climatology of Coastal Changes in Gulf of Miankaleh

Meysam Abedinpour<sup>1\*</sup>, Reza Nooroz Valashedi<sup>2</sup>, Mojtaba Khoshravesh<sup>3</sup>, Mehdi Mokari<sup>4</sup>, Danial Ghorbani<sup>5</sup>

### Abstract

Coastlines are one of the most important phenomenon in the surface of the earth, with a dynamic nature. Monitoring of coastal area is an important parameter for sustainable development and environmental protection. Coastal area monitoring requires the extraction of coastlines at different times. Today, data collection is considered as the most efficient source of information for the study of coastal landforms, tidal levels, coastline variation, and depth of the water. The purpose of this study was to estimate the changes in the coastline of the Miankaleh gulf area that is located on the southeast coast of the Caspian Sea, using remote sensing techniques. This study examines the qualitative and quantitative interpretation of coastline changes in the 44 years period. The main research tool is the MSS, TM, RVB, OLI and ETM+ Land Rover satellite images. The results of net changes show that, a deramatic rise was occurred in the gulf of Miankaleh. But after year of 1977, this trend was reversed. The coastal variation line with estimation of mean weighted suggests that, the study area was appears to be moderately antecedent, in the period of 44-year.

**Keywords:** Mazandaran, Miankaleh, Remote Sensing, Monitoring of Changes, Wetlands.

<sup>1\*</sup> Assistant Professor, Department of Water Engineering, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran (Corresponding author: [abedinpour\\_meysam@yahoo.com](mailto:abedinpour_meysam@yahoo.com)).

<sup>2</sup> Assistant Professor in Agrometeorology, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran ([rezanorooz@yahoo.com](mailto:rezanorooz@yahoo.com)).

<sup>3</sup> Associate professor, Water Engineering Department, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran ([khoshravesh\\_m24@yahoo.com](mailto:khoshravesh_m24@yahoo.com)).

<sup>4</sup> Assistant Professor, Department of Water Engineering, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran ([mehdimokari@gmail.com](mailto:mehdimokari@gmail.com)).

<sup>5</sup> Ph.D Student in Agrometeorology, Water Engineering Department, Ferdowsi University, Mashhad, (d.ghorbani83@yahoo.com).