



ارزیابی نرخ تغییرات در خطوط ساحلی مکران (کنارک تا کلات)

علیرضا صالحی پور میلانی^{۱*}
راضیه مزروعی سبدانی^۲

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۶

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۰

چکیده:

قلمرو ساحلی به عنوان محل تلاقی دهنده فرآیندهای ژئومورفیک دریا با خشکی تلقی می‌شود. دینامیک و تحول پذیری سواحل هر چند پدیده شناخته شده‌ای است، اما فرکانس و شدت این تغییر و تحول آن در طول زمان، فرآیندهای مختلفی را در پی دارد و منجر به ایجاد تغییراتی در خطوط ساحلی می‌شود که می‌تواند علاوه بر تغییر در جنبه‌های طبیعی سواحل، ابعاد انسانی-اقتصادی و زیست محیطی را تحت تأثیر قرار دهد. سواحل دریای عمان از کنارک تا کلات در استان سیستان و بلوچستان به دلیل شرایط محیطی و استراتژیک خود همیشه محل استقرار تأسیسات ساحلی نظامی و صیادی بوده است، از این رو ارزیابی تغییرات و پایداری ساحل این منطقه از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است. در این تحقیق با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای لندست و بهره‌گیری از افزونه DSAS در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ تغییرات خطوط ساحلی در واحد‌های ژئومورفولوژی ساحلی این منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که تغییرات در کل منطقه مورد مطالعه کم و با توجه به شاخص LRR به صورت پیشروی و به میزان ۰/۰۷ متر در سال است. علاوه بر آن ارزیابی نرخ تغییرات خطوط ساحلی در منطقه مورد مطالعه نشان داد که پادگانه‌های دریایی پایدارترین واحد ژئومورفولوژی هستند و نرخ تغییرات آنها تنها ۰/۰۵ متر در سال است و این در حالی است که و ساحل ماسه‌ای با ۰/۳۹ متر پیشروی در سال در رتبه بعدی و همچنین اسپیت‌های ساحلی با پس‌روی حدود ۰/۶۷ متر در سال ناپایدارترین واحد مورفولوژی منطقه ارزیابی شدند. علاوه بر آن نتایج حاصل از روند آتی تغییرات خطوط ساحلی نشان می‌دهد که بندر کلات به دلیل افزایش فرآیند رسوب‌گذاری و پیشروی خط ساحلی احتمالاً مشکلاتی در راستای بهره‌برداری از آن در آینده به وجود خواهد آمد.

واژگان کلیدی: تغییرات خطوط ساحلی، DSAS، فرسایش و رسوب‌گذاری، کنارک، کلات

۱. استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی،

* Ar.salehipour@gmail.com

تهران، ایران.

۲. کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی و آمایش محیط، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

مقدمه

محیط‌های ساحلی از حساس‌ترین سیستم‌های محیطی به شمار می‌روند که تحت‌تأثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم بر این منطقه، تغییر و تحول در آنها نسبتاً سریع بوده و شاید از این نظر قابل مقایسه با سایر سیستم‌های ژئومورفولوژیکی نباشد (نوحه‌گر و یمانی، ۱۳۸۵:۱۳). تغییر موقعیت خطوط ساحلی در سال‌های اخیر یکی از مهم‌ترین مشکلات محیطی است که خطوط ساحلی جهان را تحت‌تأثیر خود قرار داده است و می‌تواند این تغییرات در نتیجه مخاطرات ساحلی متعددی باشد که خطوط ساحلی و سازه‌های موجود در آنها را تحت‌تأثیر خود قرار می‌دهد (موهان و همکاران، ۲۰۰۵: ۲۵۳ و متقین، ۲۰۱۷: ۱۲۰۵). در واقع ۸۰ درصد از خطوط جهان در حال فرسایش هستند (کرمانی و همکاران، ۲۰۱۶: ۴۷). تغییرات در خطوط ساحلی تأثیر مستقیمی بر منابع محیط زیستی موجود در خورها و پهنه‌های جزر و مدی دارد و می‌تواند منجر به تغییرات در منابع و فرآیندهای زیستی در این مناطق شود (ژو و همکاران، ۲۰۱۳: ۶۵۱، وو و ژو، ۲۰۱۶: ۱۱۷۱، دونادیو و همکاران، ۲۰۱۸: ۹۳۹، گورمن و همکاران، ۲۰۲۰: ۱۴۴۶ و دینگ و همکاران، ۲۰۱۹: ۲۰۳۵). شناخت خطوط ساحلی و ارزیابی تغییرات آنها به واسطه حضور جوامع انسانی و سازه‌های ساحلی متعدد از اهمیت زیادی برخوردار است (بورنینگ‌ها و فرناندز نونز، ۲۰۲۰: ۴۴۴). از این رو شناخت سواحل و پایش تغییرات ناحیه ساحلی در توسعه پایدار و حفاظت از محیط زیست آن بسیار ضروری است (احمدی و همکاران، ۱۳۹۳: ۶۵). مسائلی مانند تغییرات سطح آب دریا، انتقال رسوب در امتداد خط ساحلی، تغییر مسیر رودها در سطح جلگه‌های ساحلی (نگهبان و همکاران، ۱۳۸۶: ۱۱۹) و نظایر آن از جمله مواردی هستند که لزوم توجه به طرح مدیریت ناحیه ساحلی را توجیه می‌نمایند (پاد و درفشی، ۱۳۹۳: ۲۰۱۳).

سواحل مکران در ایران یکی از مناطق ساحلی بسیار مهم در زمینه توسعه اقتصادی، امنیتی و اجتماعی کشور است و طرح‌های توسعه سواحل مکران از جمله پروژه‌های کلان اقتصادی در این منطقه به شمار می‌آید که نشان دهنده جایگاه استراتژیکی این منطقه می‌باشد. باوجود این مخاطرات ساحلی متعددی نیز در این منطقه وجود دارد که می‌توان از آن جمله به وقوع طوفان‌های حاره‌ای (صالحی پور میلانی و همکاران، ۱۳۹۱: ۲۳)، سونامی (مقیمی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۳)، ریزش پرتگاه‌های ساحلی، تغییرات خطوط ساحلی در دلتاها (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۱۹) در نتیجه سیلاب‌های رودخانه‌ای و همچنین بهره برداری‌های انسان اشاره نمود. این مخاطرات در سال‌های مختلف زمینه ساز تغییرات رژیم فرسایش و

رسوب‌گذاری، در این مناطق ساحلی را فراهم آورده است و در صورت عدم پایش این تغییرات در پروژه‌های توسعه‌ای، خسارات جبران‌ناپذیری را به این سازه‌های ساحلی وارد می‌آورد. منطقه حد فاصل بندر کنارک در خلیج چابهار تا رودخانه زرآباد در استان سیستان و بلوچستان به واسطه اهمیت استراتژیک بسیار زیاد در دهه‌های اخیر توسعه زیادی یافته است. طرح توسعه بنادر صیادی کنارک، پزم، تنگ، کلات و زرآباد و همچنین توسعه بنادر نظامی نیروی دریایی ارتش در کنارک نشان از پتانسیل بالای این منطقه در طرح توسعه سواحل مکران دارد. از این رو ارزیابی و پایش تغییرات خطوط ساحلی در این منطقه علاوه بر اینکه امکان ارزیابی میزان آسیب‌پذیری این سواحل را فراهم می‌آورد، پهنه‌های مناسب جهت توسعه آبی در این منطقه را در اختیار برنامه‌ریزان سرزمین قرار می‌دهد. امروزه داده‌های سنجش از دور و همچنین سیستم اطلاعات جغرافیایی به عنوان کارآمدترین منبع اطلاعاتی، برای بررسی و تفسیر لندفرم‌های ساحلی، سطوح جزر و مدی، تغییرات خطوط ساحلی، عمق و ژرفای آب و نظایر آن به شمار می‌رود (سیمون، ۲۰۱۰: ۱۸۵). ناصر و همکاران در سال (۲۰۱۹) به بررسی تغییرات خطوط ساحلی در منطقه ساحلی شمالی سینا در مصر پرداخت. در این پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۶ نرخ تغییرات و میزان فرسایش را برای سه منطقه از خط ساحلی را اندازه‌گیری نمود.

نرخ تغییر در این منطقه بسیار شدید و با میانگین متوسط ۱۸/۱۸ متر در سال است و علت این مقدار فرسایش، تأثیر جریان‌های دریایی از سمت شرق یا همان ضلع شرقی خلیج بوده است. اهمیت بررسی وضعیت خطوط ساحلی باعث شده که امروزه متخصصان امر در پی اجرای مدل‌های عددی بر روی حوزه‌های کوچک و وسیع آبی باشند (یاداو و همکاران، ۲۰۱۸: ۱۸). یکی از مدل‌سازی‌های عددی که امروزه استفاده گسترده‌ای در مطالعات مهندسی سواحل داشته، استفاده از سامانه تحلیل رقومی خطوط ساحلی (DSAS) است (آدو، ۲۰۱۵: ۲، و کانکارا و همکاران، ۲۰۱۵: ۸۵۵). ولسامی و همکاران (۲۰۲۰) به ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی در منطقه تامیل هند با استفاده از DSAS و شاخص LRR پرداختند و نتایج نشان داد که ۷۹ درصد از منطقه مورد مطالعه تغییرات بسیار کمی داشته‌اند. بیگی و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی خطوط ساحلی و پایش تغییرات آن از داده‌های ماهواره‌ای لندست و افزونه DSAS استفاده کردند. ارزیابی‌های صورت گرفته در این تحقیق نشان داد، افزونه DSAS توانسته به خوبی تغییرات خطوط ساحلی را ارزیابی کند و در حدود ۳۴/۷ کیلومتر از سواحل این منطقه در معرض فرسایش شدید قرار دارند. گوانگ و همکاران (۲۰۲۱) در

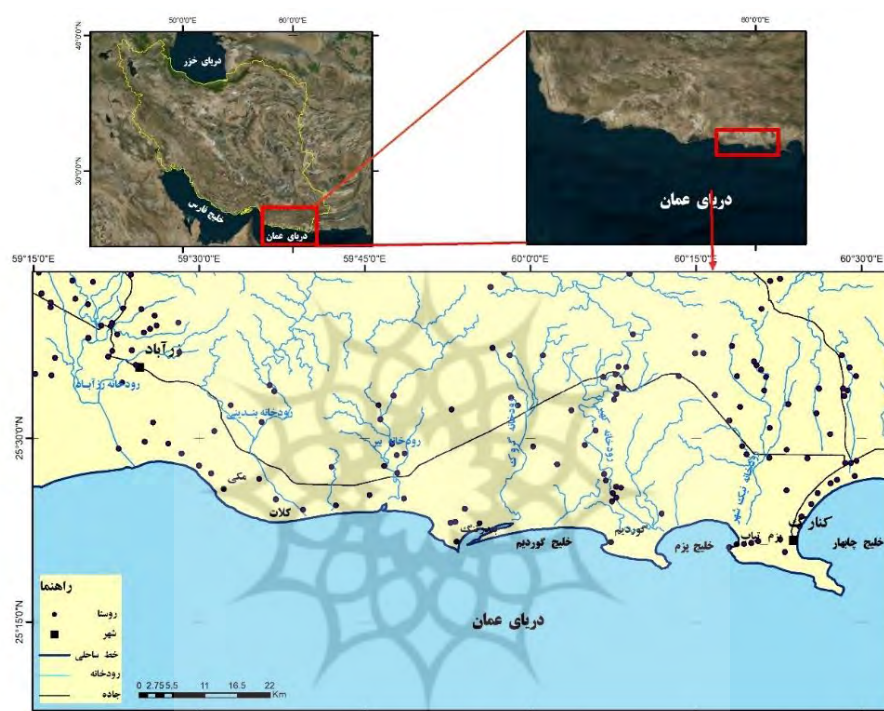
مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های سنتینل ۲ و لندست در حد فاصل سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰، به بررسی تغییرات خطوط ساحلی در منطق گوانگ نام ویتنام پرداختند. در این مطالعه ضمن بهره‌گیری از نرم‌افزارهای سیستم اطلاعات جغرافیایی و سنسجس از دور، از سامانه تحلیل رقومی خطوط ساحلی (DSAS) جهت تعیین نرخ تغییرات خطوط ساحلی استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات خطوط ساحلی با توجه به شاخصه EPR به میزان ۰,۷۷ تا ۱,۷ متر در سال است و روند پیشروی در خطوط ساحلی مشاهده می‌شود.

ایشان و همکاران (۲۰۲۰) در پورت دیکسون مطالعاتی انجام داد تا تغییرات خط ساحلی در این منطقه را مورد ارزیابی قرار دهد. نتیجه مطالعات آن‌ها مشخص کرد که الگوی خط ساحلی از ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۹ در منطقه مورد مطالعه تغییر کرده و فرسایش زیادی بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ رخ داده است. صالحی پور میلانی و اسکندری (۱۴۰۰) به تحقیق در مورد تغییرات خطوط ساحلی مکران از چابهار تا گواتر در بازه زمانی ۳۴ ساله (۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰) پرداخت و نتایج آن تغییرات زیاد را در دهانه خورهای زبردان و باهو کلات نشان می‌دهد. یمانی و همکاران (۱۳۹۸) به بررسی تأثیر متقابل نوسانات سریع دریای خزر و بیلان رسوبی در تغییرات خط ساحلی (سواحل رودخانه تجن) با استفاده از افزونه DSAS پرداختند و نتایج بیانگر آن است که در این بخش از سواحل دریای خزر، وضعیت پیش روی و پس روی ساحل دقیقاً منطبق با تغییرات تراز آب دریاست. امانی و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی تغییرات خطوط ساحلی جنوب غربی دریای خزر با استفاده از تکنیک سنسجس از دور و افزونه DSAS به این نتیجه رسیدند که در سواحل غربی دریای خزر در بازه زمانی ۳۰ ساله، در برخی نواحی به طور متوسط با نرخ ۳۵/۱۶ متر در سال پیش روی و در برخی نواحی به طور متوسط با نرخ ۹/۵ متر در سال پس روی اتفاق افتاده است. خان محمدی و همکاران (۱۳۹۹) با تحقیق و مطالعه بر روی خط ساحلی دریای عمان با استفاده از داده‌های سری زمانی، سنسجس از دور، سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم تجزیه و تحلیل دیجیتال ساحلی DSAS به این نتیجه رسیدند که خط ساحلی در این دوره ۲۰ ساله پیشروی قابل توجهی داشته است. هدف این تحقیق ارزیابی و پایش تغییرات خطوط ساحلی در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ در ساحل کنارک تا زرآباد در استان سیستان و بلوچستان است. با استفاده از تصاویر ماهواره ای لندست و شاخص طیفی NWDI خطوط ساحلی هر دوره زمانی استخراج گردید و نرخ تغییرات این خطوط با استفاده از نرم افزار DSAS مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه به منظور تعیین واحد‌های ژئومورفولوژی پایدار در برابر تغییرات خطوط ساحلی، منطقه به سه واحد

ژئومورفولوژی سواحل ماسه‌ای، اسپیت و پادگانه‌های دریایی تفکیک و به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفتند و همچنین روند تغییرات آتی خطوط ساحلی در بازه‌های زمانی ۱۰ و ۲۰ ساله برای مناطق ساحلی با اهمیت از جمله اسکله‌های صیادی محاسبه شد.

منطقه مورد مطالعه

محدود مورد مطالعه در استان سیستان و بلوچستان در ناحیه جنوب شرقی ایران و در محدوده شهرستان کنارک قرار گرفته و به صورت یک نوار باریک، بخشی از ساحل را از بندر کنارک تا کلات را در برمی‌گیرد (شکل ۱).



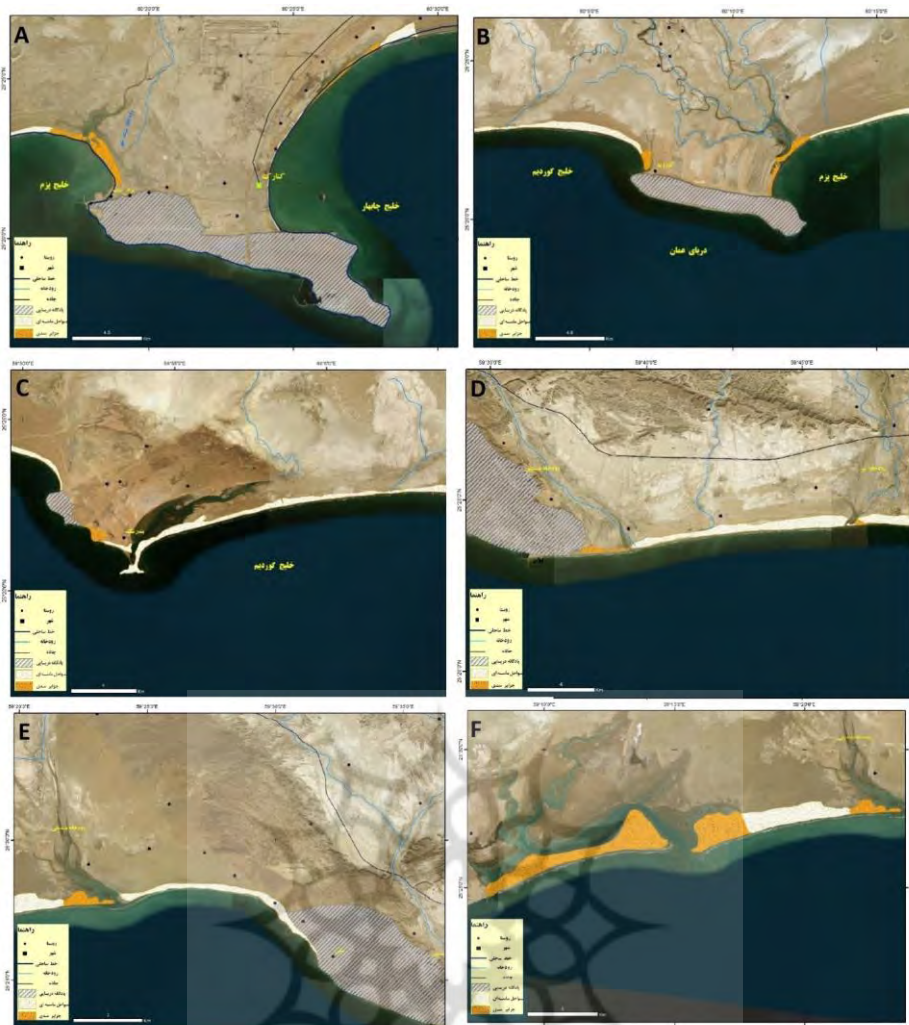
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

نوسانات سطح آب دریاهاى آزاد (استاتیک)، تغییرات تکتونیکی و حرکات تعادلی گسل‌ها در این منطقه باعث شده است که تحولات مورفولوژیکی در این منطقه به خصوص در سواحل دریای عمان بسیار پیچیده باشد و نتیجه نهایی این‌گونه حرکت‌ها، بالا آمدن زمین‌ها و ایجاد

پادگانه‌های دریایی^۱، سواحل ماسه‌ای^۲ و اسپیت‌های ساحلی^۳ است که در سواحل مکران گسترش زیادی یافته‌اند. پادگانه‌های دریایی تقریباً افقی بوده و گاهی شیب کمی (در حدود ۱۵ درجه) دارند. پادگانه‌های مورد مطالعه در این تحقیق شامل پادگانه‌های دریایی کنارک، گوردیم، تنگ می‌باشد (شکل ۲). پادگانه‌های دریایی در این منطقه از ماسه سنگ‌های سست، دانه ریز تا دانه درشت تشکیل شده است، افق‌های مارنی و سیلتستون نیز در آن مشاهده می‌شود که ضخامت آن به طور جانبی تغییر می‌نماید (سهیلی و همکاران، ۱۳۷۴، صمدیان و همکاران، ۱۳۷۷ و محمد خانی و خزائی، ۱۳۹۳). واحد ژئومورفولوژی دیگر در محدوده مورد مطالعه اسپیت‌های ساحلی^۴ است. اصطلاح سد برای بیان خصوصیات یک ساحل، جزیره سدی یا اسپیت بکار گرفته می‌شود و بیان کننده اشکالی است که در نتیجه رسوب گذاری شکل گرفته‌اند و رسوبات آنها از ماسه تا قلوه سنگ است و همیشه بالاتر از سطح مد دریا قرار گرفته‌اند. در غرب خلیج چابهار و در شرق شهر کنارک یک اسپیت وجود دارد که روند آنها شمال شرق و جنوب غربی است و پهنه‌های جزر و مدی پشت این اسپیت، آن را از درخشکی جدا می‌کند.

در شرق و غرب خلیج پزم نیز جزیره سدی و خور مرتبط با آن وجود دارد که در ورودی رودخانه نیکشهر به خط ساحلی شکل گرفته است و در غرب این خلیج نیز اسپیت دیگری شکل گرفته و موقعیت آن در دهانه رودخانه کهیر قرار گرفته است (شکل ۲A). در خلیج تنگ نیز یک اسپیت مشاهده می‌شود و پهنه آبی را از خشکی جدا نموده است و یک خور در ورای آن شکل گرفته است. در منطقه کلات نیز دو اسپیت کوچک وجود دارد که هر دوی آنها در دهانه رودخانه‌های بیر و بندینی واقع شده‌اند و در انتهای منطقه مورد مطالعه در مصب رودخانه زر آباد نیز یک سد ساحلی کوچک وجود دارد (شکل ۲F). علاوه بر آن سواحل ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه، شامل ساحل ماسه‌ای کنارک در شرق خلیج چابهار، سواحل ماسه‌ای پزم که در شمال این خلیج حداکثر گسترش دارند، ساحل ماسه‌ای خلیج تنگ و همچنین ساحل ماسه‌ای در غرب کلات مجموعه واحد‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه را شکل می‌دهند.

1. Marine Terrace
2. Coastal Beach
3. Barrier
4. Coastal Bar



شکل ۲- واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه A: کنارک و شرق بزم، B: غرب بزم، گوردیم و غرب گوردیم، C: بندر تنگ، D: شرق کلات، E: کلات و زر آباد، F: شرق زر آباد

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
 پرتال جامع علوم انسانی

روش پژوهش

در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده‌های OLI، ETM، TM، سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ برای پایش تغییرات خطوط ساحلی استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای لندست با قدرت تفکیک مکانی ۳۰ متر از مهم‌ترین تصاویر ماهواره‌ای در دسترس جهت ارزیابی تغییرات خط ساحلی در بازه‌های زمانی بلند مدت است. پس از دریافت داده‌های ماهواره‌ای مراحل پیش پردازش این داده‌ها شامل تصحیحات رادیومتریک و اتمسفریک با استفاده از نرم افزار ENVI 5.3 انجام گرفت. برای تفکیک پهنه‌های آبی از خشکی و استخراج خطوط ساحلی از شاخص NDWI استفاده شده است (رابطه ۱).

$$NDWI = \frac{\text{Green} - \text{Near infrared}}{\text{Green} + \text{Near infrared}} \quad (1)$$

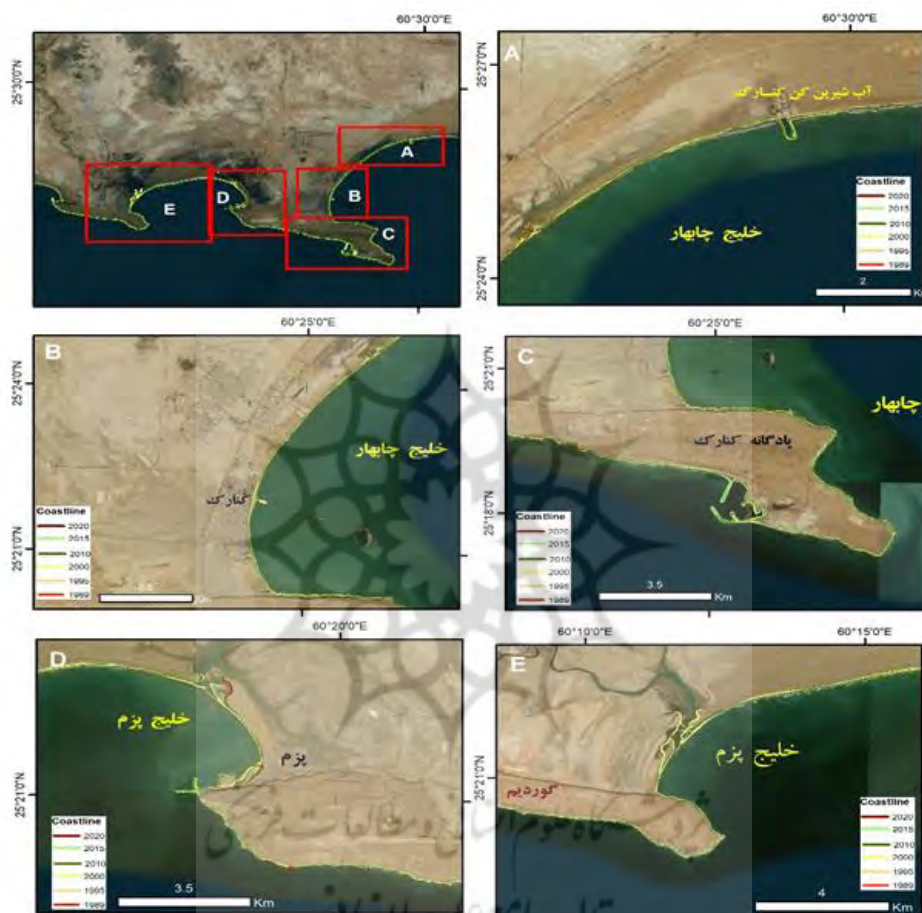
با هدف مطالعه بهتر تغییرات خطوط ساحلی، منطقه مورد مطالعه به سه واحد ژئومورفولوژی سواحل ماسه‌ای، اسپیت و پادگانه‌های دریایی تقسیم‌بندی شد و مطالعات به صورت مجزا بر روی آن انجام گرفت تا میزان پایداری هر یک از این واحدهای ژئومورفولوژی مشخص گردد. از سیستم تحلیل دیجیتال خطوط ساحلی (DSAS) که به‌عنوان یک افزونه در نرم افزار ARCGIS است، به منظور بررسی نرخ تغییرات خطوط ساحلی استفاده شد. این افزونه آمار نرخ تغییرات را برای یک سری از داده‌های بردار خط ساحلی محاسبه می‌کند. این افزونه با استفاده از فاصله هر نقطه اندازه‌گیری شده تا خط مبنا و تاریخ خطوط ساحلی استخراج شده، نرخ تغییرات خطوط ساحلی را مشخص می‌نماید. خط مبنا به فاصله ۵۰۰ متری از خط ساحلی تهیه شد. به منظور دقت بیشتر مطالعه، فاصله ترانسکت‌ها ۵۰ متر در نظر گرفته شد. در این مطالعه شاخص‌های نرخ نقطه پایانی (ERP)^۲، نرخ رگرسیون خطی^۳ (LRR)، نرخ جابجایی خط ساحلی^۴ (NSM) و متوسط تغییر خطوط ساحلی^۵ (SCE) جهت ارزیابی خطوط ساحلی مورد استفاده قرار گرفت. در ادامه میزان تغییرات به تفکیک واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه ارزیابی شد تا پایداری هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی مورد بررسی قرار گیرد. همچنین تغییرات آبی ۱۰ و ۲۰ ساله در چهار بندر کلات، پزم، بندر کلات و شرق کلات با توجه به روند تغییرات در دوره زمانی مورد مطالعه پیش بینی ارزیابی شد.

1. Baseline
2. End Point Rate
3. Linear Regression Rate
4. Net Shoreline Movement
5. Shoreline Change Envelope

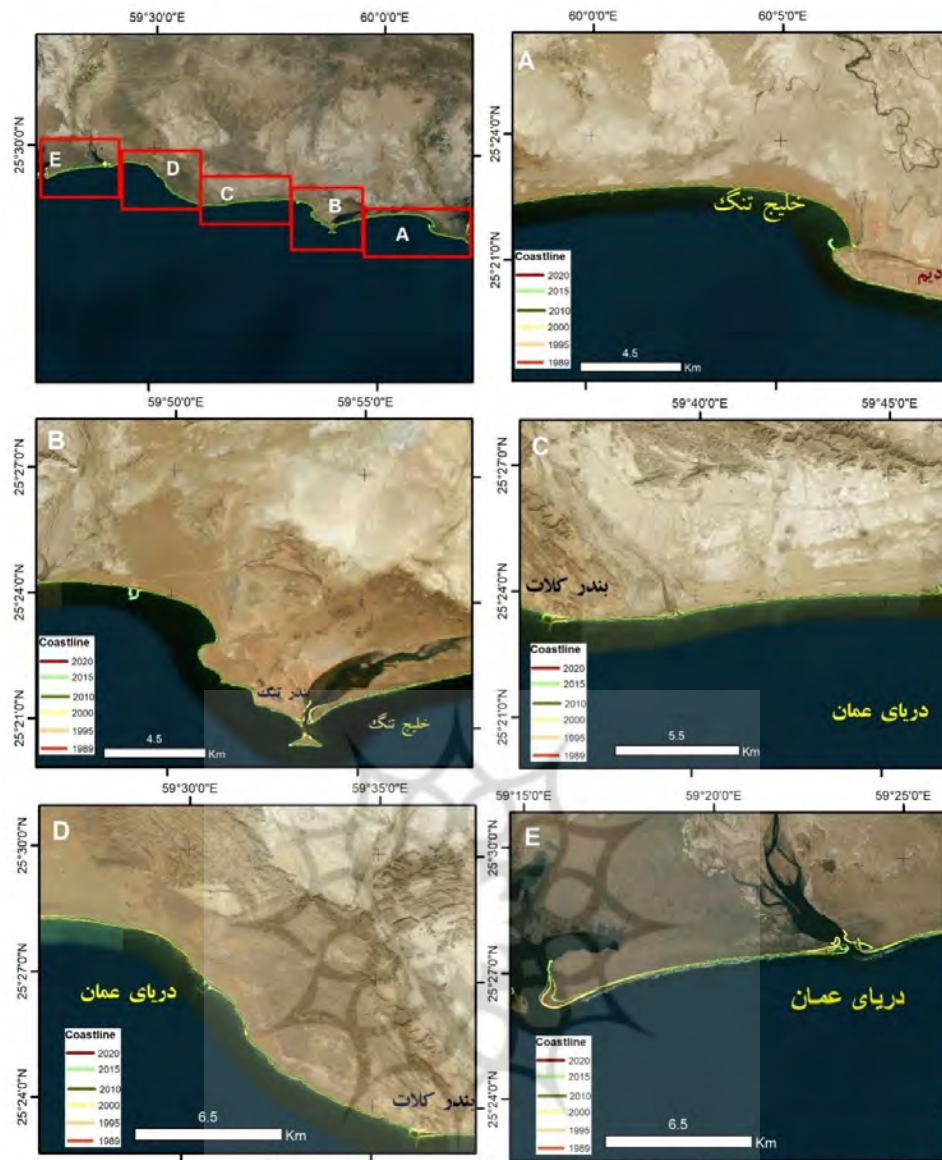
یافته‌های پژوهش

تغییرات خطوط ساحلی

در ابتدا واحدهای ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه از روی تصاویر ماهواره‌ای لندست استخراج گردید. طول خطوط ساحلی در حد فاصل کنارک تا کلات در واحد ژئومورفولوژی زبانه‌های ماسه‌ای در حدود ۶۹/۵ کیلومتر، در سواحل ماسه‌ای در حدود ۶۸/۹ کیلومتر و در پادگانه‌های دریای در حدود ۷۷ کیلومتر است. در ادامه خطوط ساحلی در دوره‌های زمانی مورد مطالعه در سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۵، ۲۰۰۰، ۲۰۱۰، ۲۰۱۵ و ۲۰۲۰ با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست و با بهره‌گیری از شاخص طیفی NDWI استخراج گردید (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳- تغییرات خطوط ساحلی در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ در A: آب شیرین کن B: کنارک، C: جنوب کنارک و پادگانه کنارک، D: بندر صیادی پزم و خلیج پزم، E: شرق خلیج پزم



شکل ۴- تغییر خطوط ساحلی در حد فاصل سال های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ در A: شرق گوردیم، B: منطقه تنگ، C: بندر کلات، D: شرق بندر کلات، E: زراباد

پرتال جامع علوم انسانی

جابه‌جایی خط ساحلی در سواحل ماسه‌ای (۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰)

در ساحل شمالی و غربی خلیج چابهار واحد ژئومورفولوژی ساحل ماسه‌ای در حد فاصل آب شیرین کن چابهار تا دهانه اسپیت کنارک به طول حدود ۵۰۰۰ متر وجود دارد. مقادیر LRR در این منطقه به میزان ۱/۹۹ متر در سال و روند غالب به صورت پیشروی و رسوب‌گذاری در خط ساحلی را نشان می‌دهد. یکی از عوامل تأثیرگذار بر این پیشروی خط ساحلی را می‌توان احداث آب شیرین کن و موج شکن آن در این منطقه دانست که زمینه تشدید رسوب‌گذاری را در این منطقه فراهم آورده است. مقادیر NSM نشان می‌دهد که بیشترین مقدار پیشروی خط ساحلی به میزان ۵۸۸ متر است و دلیل آن احداث موج شکن در این بخش از خط ساحلی است. علاوه بر آن در جنوب خور و اسپیت کنارک و شمال پادگانه دریایی این منطقه ساحل ماسه‌ای دیگری به طول ۸۰۸۲ متر مشاهده می‌شود. مقادیر LRR نشان می‌دهد که میانگین نرخ جابه‌جایی و پیشروی در این منطقه در حدود ۰/۱۳ متر در سال است و NSM آن حداکثر ۱۲۰/۴۵ متر است که این جابه‌جایی اندک، حکایت از پایداری خط ساحلی در این منطقه دارد. از دلایل روند پیشروی خط ساحلی در این منطقه را می‌توان احداث اسکله صیادی بندر کنارک اشاره نمود که در بخش‌هایی از خط ساحلی منجر به افزایش میزان رسوب‌گذاری در کنار خط ساحلی مجاور و داخل این اسکله شده است. در منطقه شمال خلیج پزم ساحل ماسه‌ای به طول ۷۶۱۳ متر مشاهده می‌شود و بررسی‌ها نشان دهنده روند غالب، پیشروی خط ساحلی در حدفاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ است. حداکثر پیشروی با توجه به NSM آن در حدود ۴۴/۲ متر است. میانگین نرخ پیشروی در طول دوره مورد مطالعه با توجه به LRR، ۰/۵۱۳ متر در سال و تغییرات خطوط ساحلی در این منطقه کم و تقریباً نشانه پایداری این منطقه است.

ساحل ماسه‌ای واقع در حد فاصل گوردیم تا تنگ طولی در حدود ۲۱،۶۳۵ کیلومتر دارد. برآوردهای صورت گرفته با توجه به شاخص NSM نشان دهنده روند غالب پیشروی خط ساحلی به میزان ۲۶/۴۷ متر و روند غالب به صورت رسوب‌گذاری در این بخش از منطقه مورد مطالعه است. هر چند با توجه به شاخص LRR پیشروی در حدود ۰/۶۱ متر در سال است، با این وجود در برخی نقاط فرسایش در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ نیز مشاهده می‌شود.

در منطقه شرق کلات ساحل ماسه‌ای به طول تقریبی ۱۶۴۶۲ متر قرار دارد. برآوردهای صورت گرفته با توجه به شاخص NSM بیانگر پس‌روی خط ساحلی به میزان حدود ۲۵/۱۲ متر است. با این وجود شاخص LRR روند غالب در این منطقه را به صورت پس‌روی و به مقدار ۰/۲۲ متر در سال نشان می‌دهد.

منطقه کلات نیز دارای پهنه ماسه‌ای به طول ۱۱۵۴۸ متر است و بررسی‌ها نشان‌دهنده روند غالب پس‌روی خط ساحلی در دوره مورد مطالعه است. هر چند نسبت به سایر سواحل ماسه‌ای نرخ پیشروی

در این منطقه کم است، ولی حداکثر پیشروی با توجه به SCE آن در حدود ۳۹۷ متری نیز مشاهده شده است. این مقدار پیشروی مربوط به ساخت اسکله صیادی در این منطقه است، ولی در کل روند تغییرات همانند بسیاری از سواحل ماسه‌ای دیگر، بسیار اندک می‌باشد به گونه‌ای که میانگین نرخ پیشروی در طول دوره مورد مطالعه با توجه به شاخص LRR، ۰/۱۷ متر در سال است. در خط ساحلی ماسه ای منطقه غرب رودخانه زر آباد و در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ روند غالب به صورت پیشروی و مقدار LRR آن ۱/۰۶ متر در سال بوده است. ولی در برخی از مناطق به خصوص پیشروی خط ساحلی مشاهده می‌شود، در بخش ساحل ماسه ای میزان پیشروی با توجه به شاخص NSM به میزان حدود ۳۰۵ متر در حد فاصل سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ است، که مربوط به ساخت اسکله در این بخش از خط ساحلی است (جدول ۱).

جدول ۱- تغییرات سواحل ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه (اعداد منفی در میانگین‌ها نشان دهنده پیشروی است)

شاخص	دامنه تغییرات	آب شیرین کن	کنارک	شمال خلیج پزم	تنگ	شرق کلات	کلات	غرب زرآباد	زرآباد
LRR متر بر سال	پیشروی	۲۲/۰۸	۳/۷۵	۲/۰۹	۱/۲۲	۰/۰۹	۷/۷۱	۲/۱۷	۸/۷۱
	پسروی	۰/۸	۰/۷۳	۱۴/۴۳	۵/۳۹	۱/۳۴	۱/۵۸	۰/۱۳	۴/۲۷
	میانگین	-۱/۹۹	-۰/۱۳	-۰/۵۱۳	-۰/۰۶	-۰/۲۲	۰/۱۷	-۱/۰۶	۰/۲۱۶
EPR متر بر سال	پیشروی	۱۸/۹۷	۳/۸۹	۰/۰۴	۰/۸۵	۰/۸۱	۶	۱/۴۴	۹/۸۶
	پسروی	۱/۴۱	۰/۹۱	۲۰/۷۵	۴/۹۸	۱/۵۹	۱/۸۵	۰	۵/۱۵
	میانگین	۱/۲۸	۰/۱۴	-۰/۰۹	-۰/۲۷	-۰/۵۹	-۰/۴۴	۰/۵۴	-۰/۱۴
NSM (متر در طول ۳۱ سال)	پیشروی	۵۸۸/۱۴	۱۲۰/۴۵	۴۴/۲	۲۶/۴۷	۲۵/۱۲	۱۸۵/۹۶	۴۴/۵	۳۰۵/۵
	پسروی	۴۳/۶۲	۲۸/۱۲	۶۴۳/۱	۱۵۴/۴۲	۴۹/۳۷	۵۷/۲۸	۰/۱۲	۱۵۹/۷۴
	میانگین	۳۹/۹	۴/۴۳	-۵/۰۱	-۸/۳۴	-۱۸/۳۶	-۱۳/۸۷	۱۷/۰۱	-۴/۳۹
SCE (متر در طول ۳۱ سال)	پیشروی	۳۰/۴۳	۲/۴۹	۱۲/۲۶	۱/۳۲	۰/۴۱	۰/۴۱	۱/۴۲	۴/۵۷
	پسروی	۶۱۶/۳۶	۲۰۴/۰۴	۶۴۳/۱	۱۹۵/۸۶	۶۲/۶۹	۳۹۷/۴۵	۹۰/۹۴	۳۳۰/۹
	میانگین	۹۷/۴۵	۲۵/۰۲	۴۶/۹۷	۲۶/۵۷	۲۷/۳۷۵	۳۹/۲۰۸	۴۱/۲۴	۶۷/۵۹۲

جابه‌جایی خط ساحلی در پادگانه‌های دریایی (۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰)

روند غالب تغییرات خطوط ساحلی در پادگانه دریایی کنارک، به صورت رسوب‌گذاری است، البته به میزان بسیار کم در حدود ۰/۱۷ متر در سال که عدد بسیار ناچیزی به شمار می‌آید. هر چند در بخشی از ساحل پادگانه‌های دریایی کنارک پیشروی در حدود ۴۵۰ متر در فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ به چشم می‌خورد ولی این پیشروی ناشی از ساخت و توسعه بندر نظامی در این بخش از خط ساحلی نه تغییر خطوط ساحلی در اثر فرآیندهای طبیعی است، از این رو این منطقه تغییرات

بسیار اندکی را به همراه دارد. با این وجود به منظور ارزیابی دقیق تر تغییرات در این بخش از خط ساحلی اسکله حذف شد تا نرخ طبیعی و واقعی تغییرات به دست بیاید که نتایج نشان دهنده تغییرات به صورت پس روی و به میزان ۰/۱۲ متر در سال است. در ارزیابی پادگانه های دریایی گوردیم نیز بررسی ها نشان می دهد که روند غالب در منطقه مورد مطالعه با توجه مقادیر LRR، پس روی خط ساحلی به میزان ۰/۱۴ متر در سال است. حداکثر میزان تغییرات و پیشروی در خط ساحلی به میزان ۴۵۰ متر مشاهده می شود که در اثر احداث اسکله صیادی گوردیم در غرب این پادگانه دریایی است. پادگانه دریایی تنگ به طول ۵/۵۶ کیلومتر در غرب بندر صیادی تنگ قرار گرفته است مقادیر تغییرات خطوط با توجه به شاخص LRR در حدود ۰/۱۴۵ و با پس روی همراه است و بیشترین میزان پس روی ثبت شده به میزان ۴۳۳ متر در بخش جنوبی این بندر و مجدداً به دلیل پس روی و ساخت اسکله صیادی در این منطقه مشاهده می شود (جدول ۲). در پادگانه دریایی کلات نیز میزان جابجایی خطوط ساحلی با توجه به شاخص LRR به میزان ۰/۸ متر در سال است.

جدول ۲- تغییرات خطوط ساحلی در پادگانه های دریایی (اعداد منفی در میانگین ها نشان دهنده پس روی است)

شاخص	دامنه تغییرات	گوردیم	کنارک	بدون بندر	تنگ	کلات
LRR متر در سال	پیشروی	۱۲/۹۳	۱۳/۲۴	۲/۵۳	۸/۴۸	۱۳/۶۹
	پس روی	۶/۴۵	۸/۴۹	۲/۷۴	۱/۹۴	۱/۷۴
	میانگین	۰/۰۱	۰/۱۶	-۰/۱۲	-۰/۱۴	-۰/۸
EPR متر در سال	پیشروی	۱۴/۵۳	۹/۸۱	۲/۶۳	۱۳/۲۲	۱۲/۲۱
	پس روی	۵/۸۲	۹/۳۱	۳/۰۳	۱/۹۸	۱/۹۶
	میانگین	۰-/۲۶	-۰/۲۹	-۰/۳۹	-۰/۲۸	۰/۵۷
NSM (متر در طول ۲۱ سال)	پیشروی	۴۵۰/۳۴	۳۰۳/۹۹	۸۱/۴۷	۴۰۹/۷۷	۳۷۸/۴۲
	پس روی	۱۸۰/۴۴	۲۸۸/۷	۹۳/۸۷	۶۱/۳۸	۶۰/۶۶
	میانگین	-۸/۱۵	-۹	-۱۲/۱۷	-۸/۷۲	۱۷/۹۱
SCE (متر در طول ۳۱ سال)	پیشروی	۴/۳۹	۱/۰۵	۱/۰۵	۵/۱۱	۳۹۰/۵۴
	پس روی	۴۵۰/۳۴	۹۴۱/۱۹	۹۳/۸۷	۴۳۳/۲۲	۲/۹۷
	میانگین	۳۱/۰۴۶	۴۹/۱۳	۳۰/۱	۳۰/۵۱	۴۹/۵

جابه جایی اسپیت ماسه ای (۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰)

میانگین جابه جایی خط ساحلی در اسپیت منطقه کنارک در حدود ۰/۰۱ متر در سال و روند آن به صورت پس روی است. هر چند در برخی سال ها نرخ پس روی به حدود ۱۰۰۶ متر نیز می رسد، که علت

آن را می‌توان وقوع سیلاب‌های متعدد در این منطقه دانست. محل خروج این سیلاب‌های رودخانه‌ای به دریا از طریق دهانه اسپیت‌های ساحلی است و در صورت بالا بودن حجم سیلاب امکان تخریب و فرسایش دهانه خروجی خورها، در اسپیت‌های ساحلی وجود دارد.

بخش دیگری از زبانه‌های ماسه‌ای در منطقه مورد مطالعه، در منطقه پزم به طول ۳۷۰۰ متر شکل گرفته‌اند. رودخانه نیک شهر پس از عبور از دشت ساحلی، خود را در این منطقه به دریا می‌رساند. در این اسپیت مقادیر شاخص LRR ۱/۰۵ متر در سال و روند آن به صورت پس‌روی است و در مقایسه با سایر واحدهای ژئومورفولوژی همانند پادگانه‌های دریایی و همچنین خطوط ساحلی ماسه‌ای، عدد بسیار زیادی را نشان می‌دهد. نرخ جابجایی خط ساحلی در شاخص NSM حتی در مقطعی ۱۴۲۷ متر و با روند پس‌روی است که نشان می‌دهد، تغییرات زیادی در این بخش از خطوط ساحلی روی داده است.

اسپیت ساحلی دیگر در منطقه مورد مطالعه در شرق گوردیم و در مصب رود بیر شکل گرفته است و طول آن به طول ۴۵۰۰ متر می‌رسد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که روند غالب در این منطقه به صورت پس‌روی خطوط ساحلی است که مقادیر LRR عددی در حدود ۵/۳۳ متر در سال و شاخص NSM پیشروی‌های حداکثری به میزان ۴۵۰ متر و پس‌روی در حدود ۱۵۴ متر را نشان می‌دهد که بیان‌کننده تغییرات شدید خطوط ساحلی در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ را دارد.

در غرب روستای تنگ نیز یک اسپیت ساحلی به طول ۱۲۹۴۴ متر قرار دارد. بررسی‌های انجام شده در بین سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد که روند غالب در این منطقه روند پیشروی خط ساحلی به میزان ۱/۷۶ متر در سال است. با وجود این، نرخ تغییرات با توجه به شاخص NSM حتی به ۱۱۰۹ متر و با روند پس‌روی نیز می‌رسد. یکی از دلایل زیاد تغییرات در این بخش از خط ساحلی را می‌توان تغییرات مورفولوژی تومبولو تنگ در این منطقه در حد فاصل سال‌های ۱۸۹۸ تا ۲۰۲۰ دانست. یکی از معدود استوک‌های دریایی در سواحل دریای عمان در ساحل بندر تنگ وجود دارد که در نتیجه پس‌روی پادگانه دریایی تنگ در این منطقه برجای گذاشته شده است. همان‌طور که در تصویر ماهواره ای سال ۱۹۸۹ مشاهده می‌شود، این استوک به صورت جزیره ای در جنوب بندر تنگ قرار دارد و ارتباطی با خشکی ندارد (شکل، ۶A). ولی در سال ۱۹۹۵ به دلیل تشدید فرآیند‌های رسوب‌گذاری یک باند ماسه‌ای در پشت آن شکل گرفته است و باعث شده که این استوک به اسپیت تنگ متصل و یک تومبولو را در این منطقه به وجود آورد (شکل، ۶B). در واقع تومبولو جزو اشکال تراکمی به شمار می‌آیند که از طریق یک زبانه ماسه‌ای یک جزیره را به خشکی متصل می‌کند (اسمیت، ۱۹۹۳). مکانیسم تشکل تومبولو به دلیل حمل رسوبات در امتداد سواحل در اثر جریان‌های موازی ساحل است و سرعت این جریان‌ها با رسیدن به خط ساحلی و پشت جزیره، کم شده و روند رسوب‌گذاری در این منطقه افزایش می‌یابد و این روند منجر به تشکل باند ماسه ای در پشت جزیره شده و با گسترش آن به

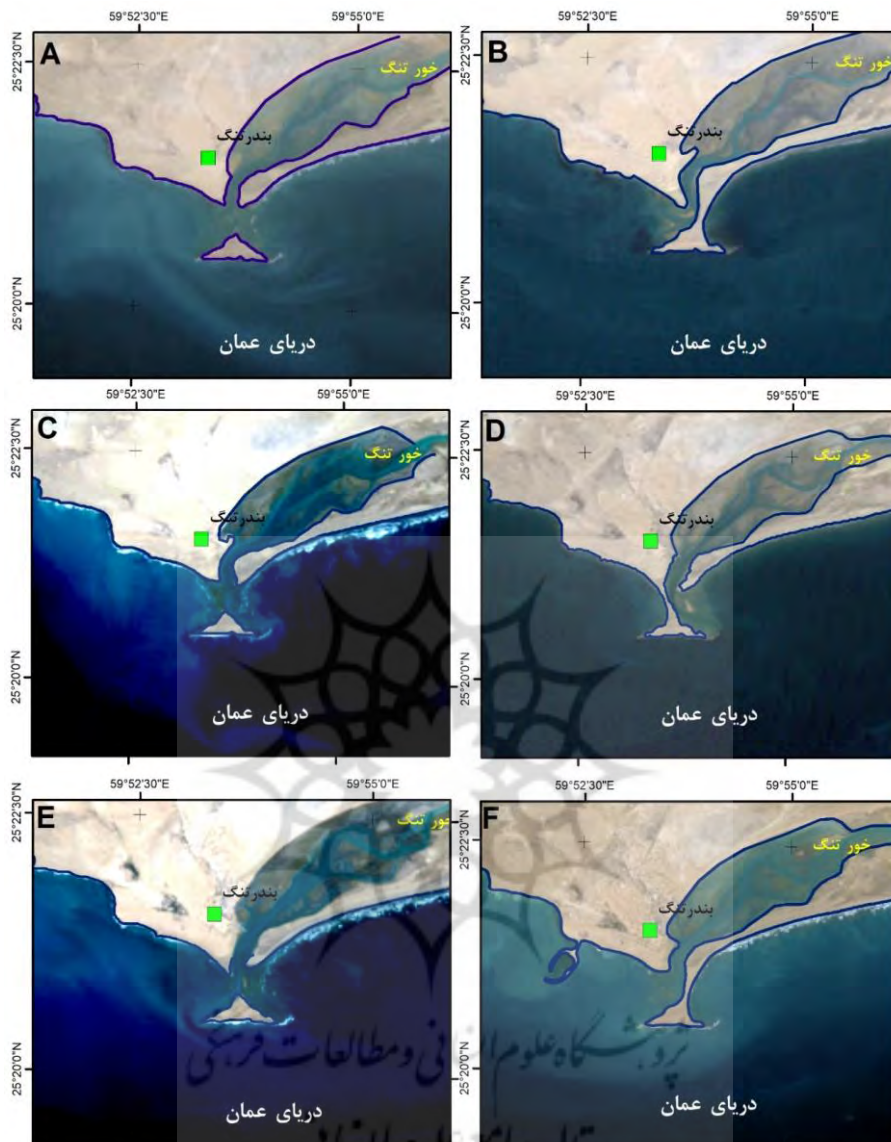
تدریج به خشکی سرزمینی متصل می‌گردد. با وجود شکل‌گیری این تومبولو در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۵ با مطالعه تصاویر سال ۲۰۰۰ مشاهده می‌شود که این تومبولو مجدداً از بین رفته است (شکل، ۶C). یکی از دلایل از بین رفتن این تومبولو در این بازه زمانی را می‌توان طغیان‌های فصلی و دوره ای رودخانه گروک دانست. رودخانه گروک پس از انشعاب از کوه‌های مکران و عبور از دشت ساحلی خود را به خور تنگ می‌رساند و سیلاب حاصل از بارندگی‌های شدید در این منطقه را از طرق دهانه خور و اسپیت تنگ وارد دریا می‌نماید (شکل، ۵).



شکل ۵- تخریب اسکله صیادی تنگ در اثر طغیان رودخانه گروک و در محل اسپیت تنگ همزمان با طوفان حاره ای گونو در سال ۱۳۸۶ (منبع نگارنده)

در سال ۲۰۱۰ مجدداً این تومبولو شکل گرفته است ولی این بار اتصال آن به جای اسپیت تنگ، به خشکی تنگ بوده است (شکل، ۶D). این تغییرات در سال‌های بعد نیز ادامه داشته است و در سال ۲۰۱۵ شاهد قطع شدگی مجدد این تومبولو و در سال ۲۰۲۰ مجدداً این تومبولو شکل

گرفته و این بار اتصال آن با اسپیت تنگ بوده است (شکل، E و F). این مقدار تغییرات شدید در این بخش از خط ساحلی و به خصوص تومبولو و اسپیت های ساحلی نشان دهنده پویایی این بخش از خط ساحلی نسبت به سایر بخش های خط ساحلی است.



شکل ۶- تغییرات تومبولو تنگ در حد فاصل سال های A: ۱۹۸۹، B: ۱۹۹۵، C: ۲۰۰۰، D: ۲۰۱۰، E: ۲۰۱۵ و F:

اسپیت موجود در غرب کلات در مصب رودخانه بیر قرار دارد. روند غالب تغییرات خطوط ساحلی در منطقه غرب تنگ به صورت فرسایشی در دوره مورد مطالعه است و میزان این پس‌روی با توجه به شاخص LRR، ۱/۵ متر در سال است و با توجه به مقادیر NSM بیشینه پس‌روی در حدود ۳۴۵ متر بیشتر تجاوز نمی‌نماید.

اسپیت دیگر در شرق کلات قرار گرفته است و رودخانه بندینی از طریق خور کلات وارد دریا می‌شود. میزان LRR تغییراتی در حدود ۰/۸۱ در سال و با روند غالب پس‌روی را نشان می‌دهد، ولی میزان این پس‌روی با توجه به شاخص NSM از ۲۳۷ متر تجاوز نمی‌نماید. در منطقه غرب زرآباد نیز یک اسپیت به طول ۱۵۲۵۲ متر قرار دارد، تغییرات خطوط ساحلی در این اسپیت به صورت پس‌روی و با توجه به شاخص LRR به میزان ۰/۴ متر در سال دارد و شاخص NSM نیز تغییراتی بین ۲۱۰۱ متر پیش‌روی و ۱۰۲۲ متر پس‌روی را ارائه می‌نماید. در منطقه زرآباد طول اسپیت ۱۹۶۵۳ متر است، روند تغییرات به صورت پس‌روی خطوط ساحلی و به میزان ۱/۹۷ متر در سال با توجه به شاخص LRR مشاهده می‌شود. این در حالی است که نرخ SCE در برخی مناطق به میزان ۱۲۲۸ متر نیز می‌رسد که نشان از تغییرات بسیار زیاد خطوط ساحلی در این منطقه دارد. سرانجام در اسپیت ساحلی که غرب زرآباد قرار دارد، تغییرات خطوط ساحلی مقادیری در حد ۰/۴ متر در سال و به صورت پس‌روی است که بیان‌کننده تغییرات بسیار کم این منطقه ساحلی دارد (جدول، ۳).

جدول ۳ - تغییرات اسپیت‌های ساحلی منطقه مورد مطالعه (اعداد منفی در میانگین‌ها نشان دهنده پس‌روی است)

شاخص	دامنه تغییرات	کنارک	بزم	غرب بزم	گوردیم	تنگ	عرب کلات	کلات	غرب زرآباد	زرآباد
LRR متر بر سال	پیش‌روی	۸/۸۸	-	۸/۸۱	۱۲/۹۳	۱۶/۵۹	۰/۵۳	۱/۹۷	۴۸/۳۷	۱۱/۶
	پس‌روی	۱۱/۰۲	۳۰/۶	۳۷/۱۴	۵/۳۹	۶/۳۰	۱۱/۱۹	۱۲/۰۶	۲۳/۳۵	۴۱/۶۳
	میانگین	-۰/۰۱	-۱/۰۵	-۵/۳۳	۰/۸۳	۱/۷۴	-۱/۵	۰/۸۷	۰/۴	-۱/۹۷
EPR متر بر سال	پیش‌روی	۱۱/۹۴	۱۴/۷۲	۲۱/۱	۱۴/۵۳	۱۵/۴۲	۰/۰۲	۰/۸۷	۶۸/۸	۳۶/۷۲
	پس‌روی	۱۶/۴۷	۴۶/۰۵	۳۷/۰۱	۴/۹۸	۶/۴۴	۱۱/۱۳	۱۵/۷۵	۳۲/۹۶	۴۱/۱۳
	میانگین	-۱/۲۳	-۱/۶۷	-۶/۱۲	۱/۱۶	۱/۳۳	-۱/۹۴	-۰/۸۸	-۰/۱۲	-۴/۵۲
NSM (متر در طول سال)	پیش‌روی	۳۹۸/۶۱	-۳۶۸/۱۱	۶۸۰/۸۲	۴۵۰/۳۴	-۰/۰۶	۰/۰۶۶	۲۶/۹۶	۲۱۰/۱۶۷	۳۳/۱۱
	پس‌روی	۵۱۰/۵۶	۱۴۲۷/۴۳	۱۱۴۷/۳۴	۱۵۴/۴۲	۱۱۰۹/۰۴	۳۴۵/۱۴	۲۳۷/۰۹	۱۰۲۱/۶۵	۱۲۲۸/۶۱
	میانگین	-۳۸/۳۴	-۴۹/۱۵	۱۶۵/۳۴	۳۵/۸۶	-۱۶۸/۷۱	-۶۰/۱۲	-۱۴/۹۷	-۶/۸	-۹۹/۸۲
SCE (متر در طول سال)	پیش‌روی	۱/۰۸	۳/۴۷	۱۲/۴۵	۲۳/۸۹	۴۷۷/۸۸	۱۲/۶۶	۲۶/۵۴	-	۳/۶۸
	پس‌روی	۱۰۰۶/۵۷	۱۴۲۹/۳۱	۱۲۰۴/۰۸	۴۵۰/۳۴	۱۸۱/۸۲	۸۰/۴۳	۲۳۷/۰۹	۲۲۲۷/۴۲	۱۴۰۷/۹۶
	میانگین	۸۹/۹۱	۲۰۲/۵۳	۲۳۷/۳۴	۹۰/۴۸	۴۴/۰۶	۸۰/۴۳	۵۵/۸۶	۱۷۳/۵۳	۲۱۶/۳۲

بحث

ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی در واحدهای ژئومورفولوژی

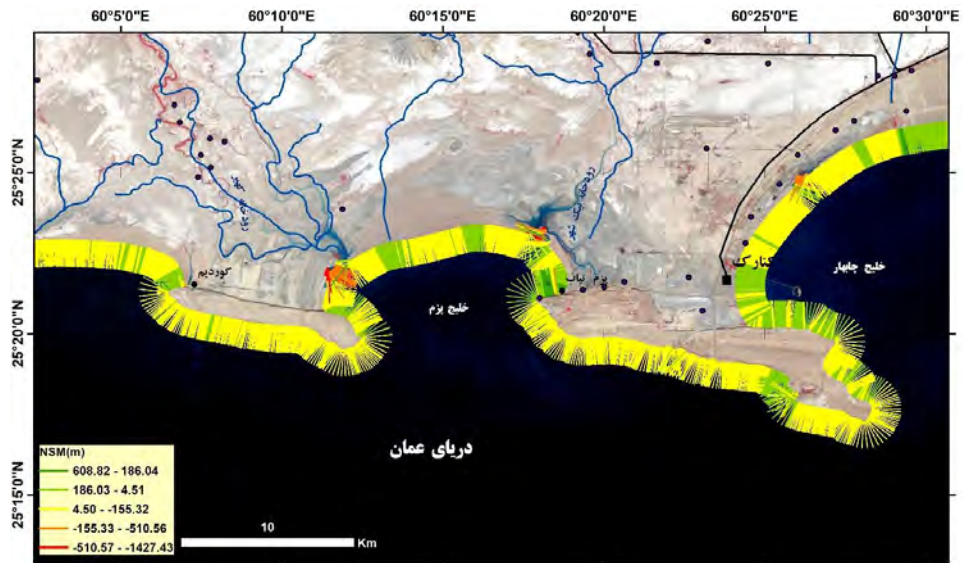
ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی از اهمیت بسیار زیادی در مطالعات مدیریت و مهندسی سواحل برخوردار است و عدم توجه به تغییرات گذشته در خطوط ساحلی یک منطقه و همچنین تغییرات آتی آن، می‌تواند خسارات جبران ناپذیری را به تأسیسات و سازه‌های ساحلی به خصوص بنادر وارد آورد. هزینه بسیار زیاد پروژه‌های عمرانی به خصوص در نواحی ساحلی نیاز به مطالعه دقیق‌تر روند تغییرات خطوط ساحلی را اجتناب ناپذیر می‌کند. همان‌طور که در بررسی تغییرات خطوط ساحلی در واحدهای ژئومورفولوژی مشاهده می‌شود، نرخ تغییرات خطوط ساحلی از یک منطقه به منطقه دیگر و از یک واحد ژئومورفولوژی به واحد ژئومورفولوژی دیگر متفاوت است.

از این رو انتخاب واحد ژئومورفولوژی مناسب، برای توسعه آتی مناطق ساحلی می‌تواند ریسک مخاطرات خطوط ساحلی را برای احداث سازه‌های ساحلی کاهش دهد. نتایج این تحقیق بیانگر این است که بیشترین میزان تغییرات خطوط ساحلی در اسپیت‌های ساحلی منطقه مورد مطالعه وجود دارد و روند غالب آن به صورت پس‌روی است. میانگین نرخ تغییرات در زیانه‌های ماسه‌ای در شاخص LRR، ۰/۶۷ متر در سال و به صورت پس‌روی است و در مقابل سواحل ماسه‌ای روند تغییرات به صورت پیشروی و به میزان ۰/۳۹ متر در سال است. این در حالی است که نرخ تغییرات خطوط ساحلی در پادگانه‌های دریایی تنها در حدود ۰/۰۵ متر در سال و روند آن به صورت پیشروی است. علاوه بر آن با توجه به شاخص NSM میانگین بیشترین پیشروی (۳۷۲/۲۲ متر) و همچنین بیشترین پس‌روی (۷۹۷/۹۲ متر) در واحد ژئومورفولوژیکی اسپیت به چشم می‌خورد و این در حالی است که مقادیر میانگین NSM در ساحل ماسه‌ای برای پیشروی خط ساحلی ۱۶۷/۵۴ متر و بیشترین میزان پس‌روی در حدود ۱۴۱/۹ متر در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ است. علاوه بر آن میانگین شاخص NSM برای پادگانه‌های دریایی به ترتیب معادل ۱۳۷ متر پس‌روی و ۳۴۷ متر پیشروی است که این امر تنها در چند نقطه محدود روی داده است و علت آن ساخت اسکله‌های صیادی و همچنین اسکله‌های نظامی در این منطقه است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که سواحل پادگانه‌های دریایی کمترین میزان تغییرات را در بین سایر واحدهای ژئومورفولوژی در منطقه مورد مطالعه کنارک تا کلات داشته است. از این رو منطقه‌ای مناسب برای توسعه سازه‌های ساحلی به شمار می‌آیند. دلیل کم بودن نرخ تغییرات در این منطقه نسبت به سایر واحدهای ژئومورفولوژی را می‌توان در مقاومت بیشتر واحدهای سنگی تشکیل‌دهنده پادگانه‌های دریایی نسبت به سواحل ماسه‌ای و زیانه‌های ماسه‌ای دانست. مارن‌های میوسن و همچنین ماسه سنگ‌هایی که سنگ بنای پادگانه‌های دریایی را شکل داده‌اند، در برابر فرسایش مقاومت بیشتری

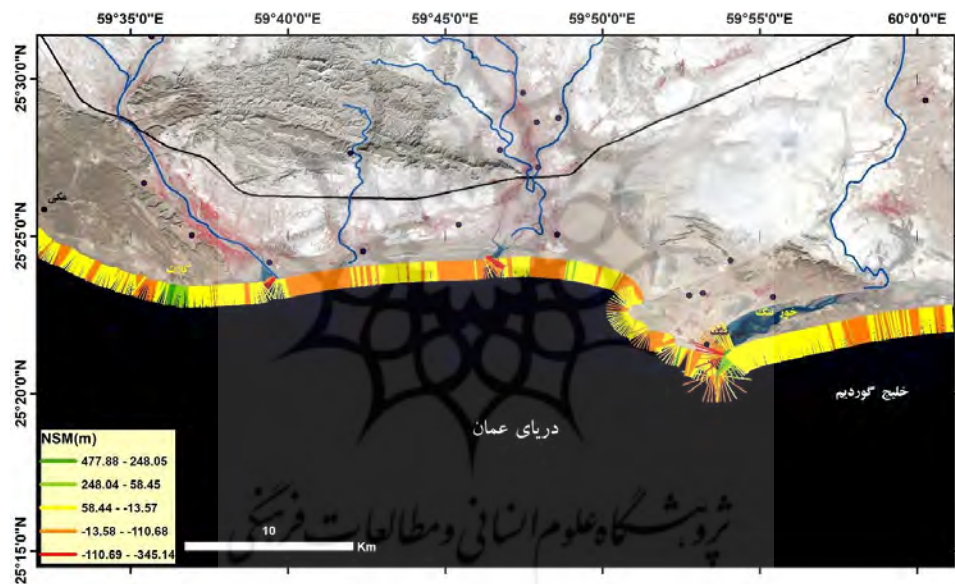
نسبت به سواحل ماسه‌ای و اسپیت‌های ساحلی دارند که رسوبات تشکیل دهنده آنها رسوبات ماسه‌ای است. علاوه بر آن اکثر اسپیت‌های ساحلی در دهانه رودخانه‌های مهم منطقه همانند بیر، بندینی، زرآباد و کهیر قرار گرفته است. هر ساله هم‌زمان با وقوع بارش‌های رگباری در این منطقه سیلاب‌ها شدیدی در این منطقه روی می‌دهد و این سیلاب‌ها وارد خورهای منطقه شده و سپس در دریا تخلیه می‌شوند. اسپیت‌های در دهانه این خورها قرار گرفته‌اند و در زمان تخلیه این سیلاب‌ها در صورتی که حجم سیلاب‌ها شدید باشد، اسپیت‌های این خورها را تخریب و سبب پسروی در آنها می‌شود. در ادامه، جریان‌های ساحلی مجدداً با انتقال رسوب توسط جریان‌های موازی ساحل، زمینه رشد و توسعه و شکل‌دهی مجدد این اسپیت‌ها را فراهم می‌آورد. این روند هر ساله روی می‌دهد و منجر می‌شود که این محیط تبدیل به محیطی ناپایدار برای توسعه سازه‌های ساحلی شود (جدول ۴ و شکل‌های ۹، ۸، ۷).

جدول ۴- مقایسه تغییرات خطوط ساحلی در واحدهای ژئومورفولوژیکی (اعداد منفی در میانگین‌ها نشان‌دهنده پسروی است)

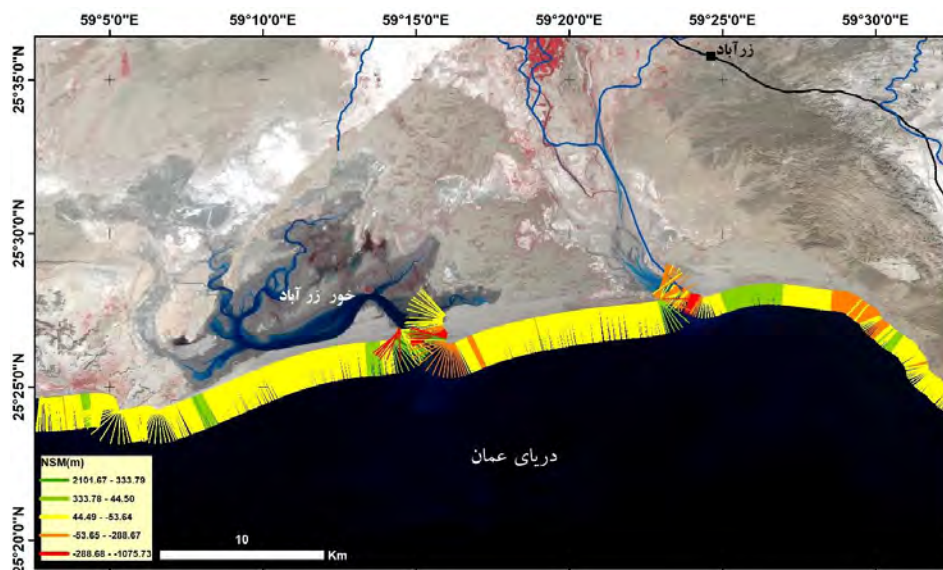
شاخص	دامنه تغییرات	سواحل ماسه‌ای	پادگانه‌های دریایی	اسپیت‌های ساحلی	میانگین
متر بر سال LRR	پیشروی	۶/۰۷	۱۰/۱۷	۱۰/۹۹	۹/۰۷
	پسروی	۳/۵۸	۴/۲۷	۱۹/۸۵	۹/۲۳
	میانگین	۰/۳۹	۰/۰۵	-۰/۶۷	۰/۰۷
متر بر سال EPR	پیشروی	۵/۷۳	۱۰/۴۸	۲۰/۳۵	۱۲/۱۸
	پسروی	۴/۵۸	۴/۴۲	۲۳/۵۵	۱۰/۸۵
	میانگین	۰/۰۵	-۰/۱۳	-۱/۵۵	۰/۵۴
متر در طول (سال) NSM	پیشروی	۱۶۷/۵۴	۳۲۴/۸	۳۷۲/۲۲	۲۸۸/۱۸
	پسروی	۱۴۱/۹۷	۱۳۷/۰۱	۷۹۷/۹۲	۳۵۸/۸۶
	میانگین	۲/۲۴	-۳	۳۶/۰۴	۲۱/۲۶



شکل ۷- تغییرات خطوط ساحلی از غرب چاهار تا گوردیم بر مبنای شاخص NSM



شکل ۸- تغییرات خطوط ساحلی از تنگ تا کلات بر مبنای شاخص NSM



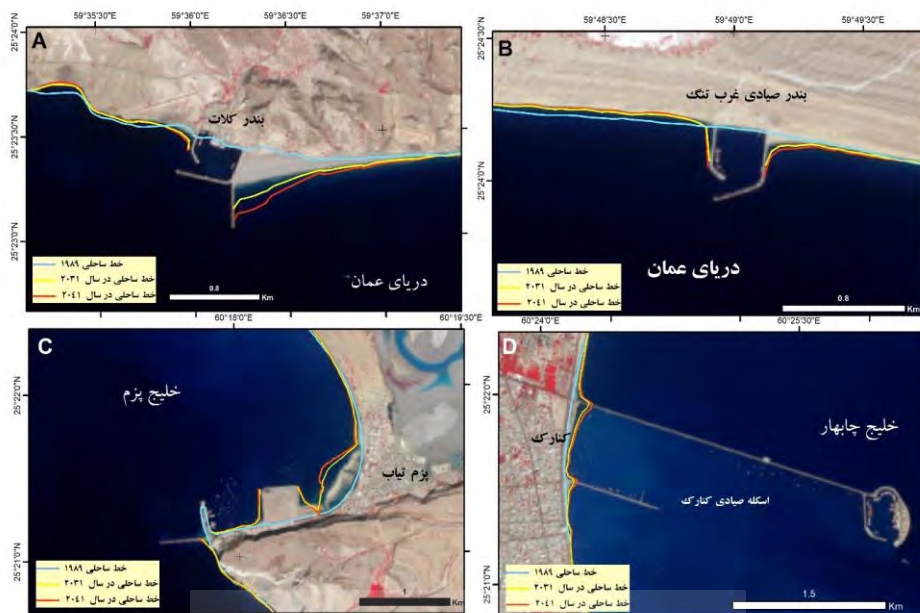
شکل ۹- تغییرات خطوط ساحلی از کلات تا زرآباد بر مبنای شاخص NSM

پیش‌بینی تغییرات آبی خطوط ساحلی در بنادر منطقه مورد مطالعه

یکی از ضروری‌ترین مطالعات در رابطه با پایش تغییرات خطوط ساحلی، ارزیابی و پیش‌بینی تغییرات آبی این مناطق و بازسازی آن با توجه به تغییرات گذشته است. برنامه‌ریزان سواحل با در اختیار داشتن این اطلاعات می‌توانند طرح ریزی دقیق‌تری برای استقرار سازه‌های ساحلی داشته و همچنین با اطلاع از روند آبی تغییرات، اقدامات لازم جهت کاهش اثرات منفی آن بر سازه‌های ساحلی را انجام دهند. در بررسی تغییرات خطوط ساحلی در ساحل کلات مشاهده می‌شود که در سال ۱۹۸۹ بندر کلات هنوز ساخته نشده است ولی با مقایسه این خط ساحلی با تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۲۰ آشکار می‌شود که علاوه بر ساخت اسکله در این منطقه در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ در سمت شرق اسکله تجمع رسوب و همچنین پیش‌روی خط ساحلی نسبت به سال ۱۹۸۹ به چشم می‌خورد. در بخش‌های شرقی این اسکله در طول دوره مورد مطالعه و از زمان تاسیس آن، روند رسوب‌گذاری در این منطقه تشدید شده است و حداکثر ۳۲۵ متر پیش‌روی داشته است. ارزیابی‌های صورت گرفته با هدف پیش‌بینی روند آبی تغییرات در افزونه DSAS نشان می‌دهد، در صورتی که این روند رسوب‌گذاری ادامه داشته باشد، شاهد پیش‌روی بیشتر خط ساحلی در ضلع شرقی این بندر خواهیم بود. برآوردهای ۱۰ و ۲۰ سال آینده بیانگر این مساله است که در سال ۲۰۳۰ نسبت به سال ۲۰۲۰، پیش‌روی خط ساحلی در این منطقه حداکثر ۵۲۵ متر و در سال ۲۰۴۰ به عدد ۶۲۶ متر نیز خواهد رسید. این امر در نتیجه توقف فرآیند انتقال رسوب توسط جریان‌های موازی ساحل در این منطقه و به دام افتاد رسوب و تشدید

رسوب‌گذاری در بخش شرقی این بندر است. ولی در بخش غربی بندر، پیش‌بینی تغییرات خطوط ساحلی نشان می‌دهد که برخلاف پیشروی خط ساحلی در بخش شرقی اسکله، خط ساحلی در سال ۲۰۲۰ نسبت به سال ۱۹۸۹ در این بخش پسروی داشته است که علت آن را می‌توان نتیجه به دام افتادن رسوب در ساحل شرقی بندر کلات و عدم انتقال رسوب به ساحل غربی، توقف رسوب‌گذاری در این منطقه و تشدید فرآیند های فرسایشی در این منطقه دانست. میزان این پس‌روی در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ بین ۲۴ تا ۸۵ متر متفاوت است و برآوردها نشان می‌دهد در ۲۰ سال آینده، روند پسروی در این بخش از ساحل به حدود ۱۰۲ متر افزایش خواهد یافت (شکل، ۱۰A). در بندر صیادی غرب تنگ نیز تغییراتی در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ مشاهده می‌شود (شکل، ۱۰B). روند تغییرات خطوط ساحلی در این بخش از ساحل و بندر صیادی، همانند بندر کلات است و در بخش شرقی این بندر روند تغییرات به صورت رسوب‌گذاری و در بخش غربی آن فرسایشی است. عوامل تشدید فرسایش و رسوب‌گذاری در این بندر نیز همانند بندر کلات است. میزان پیشروی خط ساحلی در این ساحل در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۱، نسبت به بندر کلات کمتر و در حدود ۸۵ متر و میزان پس‌روی نیز در ساحل غربی در حدود ۵۱ متر است. پیش‌بینی می‌شود که این میزان پیشروی خط ساحلی در سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۴۰ متر و در سال ۲۰۴۰ به حدود ۱۶۰ متر برسد. البته این روند پیشروی تأثیر منفی در عملکرد بندر صیادی غرب تنگ نخواهد داشت و همچنین پیش‌بینی می‌شود روند تغییرات به صورت پس‌روی نیز در بخش شرقی قابل توجه نداشته باشد و مقدار آن در ۱۰ و ۲۰ سال آینده، حداکثر ۱۰ تا ۲۰ متر خواهد بود. در بندر صیادی پزم تیاب روند تغییرات خطوط ساحلی به صورت پیشروی خط ساحلی در شمال اسکله صیادی در حد فاصل سال‌های ۱۸۹۸ تا ۲۰۲۰ مشاهده می‌شود. در این دوره خط ساحلی در حدود ۱۵۰ متر پیشروی داشته است که علت آن را می‌توان توسعه بندر صیادی کنارک در این دوره زمانی دانست. گسترش این بندر روند جابجایی رسوب توسط جریان‌های موازی ساحل را کاهش داده است و رسوباتی که توسط رودخانه نیکشهر و از طریق خور و اسپیت ماسه‌ای پزم وارد دریا شده، پس از هدایت توسط جریان‌های موازی ساحل در این منطقه و در پشت اسکله پزم رسوب‌گذاری می‌شود. با این روند می‌توان در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۴۰ انتظار پیشروی خط ساحلی را به ترتیب به میزان ۱۴۰ و ۱۹۰ متری خط ساحلی را نسبت به سال ۲۰۲۰ به همراه داشته باشد (شکل، ۱۰C). پیشروی صورت گرفته در این منطقه در حد فاصل سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ و همچنین ادامه روند پیشروی خط ساحلی در آینده می‌تواند فضای مناسبی را جهت توسعه آتی بندر صیادی پزم فراهم آورد. در بندر کنارک نیز پیشروی خط ساحلی مشاهده می‌شود و حداکثر آن از سال ۱۹۸۹ تا ۲۰۲۰ در حدود ۱۳۰ متر است و روند آتی نیز نشان دهنده پیشروی خط ساحلی در نتیجه تشدید روند رسوب‌گذاری در این منطقه به میزان ۱۲۴ تا ۱۵۰ متر در ۱۰ و ۲۰ سال آینده

است. ولی این میزان پیشروی به دلیل طولانی بودن طول موج شکن کنارک و وسعت زیاد این اسکله تهدید جدی را برای این اسکله به همراه نخواهد داشت (شکل، ۱۰D).



شکل ۱۰- پیش بینی تغییرات آبی خطوط ساحلی در A: بندر کلات، B: بندر صیادی غرب تنگ، C: بندر بزم و D: بندر کنارک

نتیجه گیری

شناسایی مناطق پایدار و ناپایدار در خطوط ساحلی این امکان را در اختیار برنامه ریزان قرار می دهد تا مناطقی که پتانسیل توسعه از جهت استقرار سازه های ساحلی دارند را شناسایی و ریسک مخاطرات طبیعی بر سازه های ساحلی را به حداقل برسانند. از این رو بررسی تغییرات خطوط ساحلی یکی از پارامترهای مهم در این برنامه ها است. یکی از ابزارهای مهمی که می توان در راستای پیش و ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی مورد استفاده قرار گیرد، سری زمانی داده های ماهواره ای است و نتایج این مطالعه نشان داد که داده های ماهواره ای لندست به دلیل قدرت تفکیک مکانی و زمانی مناسب، امکان استخراج خطوط ساحلی و همچنین واحدهای ژئومورفولوژی را در پهنه های ساحلی امکان پذیر می سازد. علاوه بر آن نتایج این تحقیق بیان گر این مساله است که نرم افزار DSAS توانسته ارزیابی آماری مناسبی را از روند تغییرات در خطوط ساحلی منطقه مورد مطالعه ارائه نماید. در این تحقیق به منظور تحلیل بهتر نرخ تغییرات خطوط ساحلی در منطقه مورد مطالعه، تعیین مناطق آسیب پذیر و تعیین عوامل موثر بر تغییرات خطوط ساحلی در منطقه مورد مطالعه، منطقه به سه واحد ژئومورفولوژی

سواحل ماسه ای، اسپیت ماسه ای و پادگانه های دریایی تقسیم بندی شد و میزان تغییرات در هر یک از واحدها مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی ها نشان می دهد کمترین میزان تغییرات در پادگانه های دریای منطقه مورد مطالعه مشاهده می شود و میزان تغییرات با توجه به شاخص LRR در حدود ۰/۰۵ متر در سال و به صورت پیشروی است.

در کنار آن بیشترین میزان تغییرات در واحد ژئومورفولوژی اسپیت های ماسه ای مشاهده می شود و میانگین نرخ تغییرات در این منطقه در حدود ۰/۶۷ و روند آن پس روی در خط ساحلی می باشد. ساحل ماسه ای نیز میانگین ۰/۴ را از دیدگاه شاخص LRR به خود اختصاص داده است که تغییرات آن از واحد اسپیت ماسه ای کمتر است. نتایج حاصل از این بررسی ها نشان می دهد که پادگانه های دریایی به دلیل تغییرات بسیار کم در طول دوره زمانی مورد مطالعه، پایداری بیشتری نسبت به سایر واحدهای ژئومورفولوژی به خصوص در راستای احداث سازه های ساحلی از جمله بنادر صیادی و همچنین نظامی دارد. علاوه بر آن میزان تغییرات در خطوط ساحلی در سواحل ماسه ای نیز کم می باشد، از این رو می تواند در راستای توسعه تأسیسات ساحلی مورد استفاده قرار گیرد به خصوص در زمانی که نیاز به فضای زیاد برای توسعه در منطقه ساحلی باشد، این منطقه محدودیت فضایی پادگانه های دریایی را ندارد. در انتها مناطق مجاور اسپیت های ماسه ای به دلیل تغییرات بسیار زیادی که خطوط ساحلی آن در طول دوره زمانی مورد مطالعه داشته اند، برای اجرای پروژه های عمرانی به هیچ عنوان توصیه نمی شوند. دلیل تغییرات زیاد اسپیت های ساحلی را می توان فعالیت های رودخانه ای در این منطقه دانست و در زمان طغیان فصلی رودخانه ها به خصوص در دوره های مانسون و همچنین طوفان های حاره ای، تغییرات شدید را خطوط ساحلی شکل می دهد و باعث ناپایداری شدید در خط ساحلی می شود. پادگانه های دریایی متشکل از توده های سنگی و حاصل توالی مارن و ماسه سنگ می باشد. مقاومت بیشتر این توده های سنگی در پادگانه های دریایی در برابر فرسایش امواج، موجب پایداری بیشتر این توده های سنگی و محیطی امن را برای استقرار سازه های ساحلی را به وجود آورده است. نتایج این تحقیق همچنین نشان داد که با وجود اینکه روند رسوب گذاری و فرسایش در کنار سازه های ساحلی همانند اسکله های صیادی و نظامی روند کند و تدریجی دارد، ولی در دراز مدت تشدید شرایط رسوب گذاری و فرسایش می تواند بر عملکرد این سازه های ساحلی تأثیر منفی بگذارد.

منابع

احمدی، محمود؛ رامشت، محمدحسین و درفشی، خه بات (۱۳۹۳). بررسی روند تغییرات خط ساحلی با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مطالعه موردی: ساحل شهرستان بندر دیر، خلیج فارس. *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۲۵(۳): ۷۴-۶۳.

امانی، محمد و خسروی، محسن (۱۳۹۵). بررسی تغییرات خط ساحلی جنوب غربی دریای خزر با استفاده از تکنیک سنجش از دور و نرم افزار DSAS. سومین کنفرانس بین‌المللی یافته‌های نوین در علوم کشاورزی منابع طبیعی و محیط زیست، تهران.

پاد، پرهام و درفشی، خه بات (۱۳۹۳). بررسی تأثیر تغییرات تراز آب دریای خزر بر روی لندفرم‌های منطقه ساحلی میانکاله، یازدهمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی (تهران): ص ۲۱۳-۲۱۰.

خان‌محمدی زهرا؛ قره‌چلو، سعید و محجوبی، عماد (۱۳۹۹). بررسی تغییرات دوره ای خط ساحلی دریای عمان با استفاده از داده‌های سنجش از دور و تحلیل‌های مکانی، پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۳ (۳۹): ص ۲۱-۱.

سهیلی، م.؛ قاسمی، ع و حسینی، م (۱۳۷۴). «نقشه زمین‌شناسی بندینی، سازمان زمین‌شناسی کشور.

صالحی‌پور میلانی، علیرضا و اسکندری، مائده (۱۴۰۰). پایش تغییرات خطوط ساحلی در واحد ژئومورفولوژیکی مکران (چابهار تا گواتر)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۱ (۳): ص ۲۶-۱.

صالحی‌پور میلانی، علیرضا؛ نژاد افزلی، کرامت و بیاتانی، فاطمه (۱۳۹۱). بررسی توفان گونو و تأثیرات آن بر ژئومورفولوژی خطوط ساحلی دریای مکران با استفاده از سنجش از دور. فصلنامه علمی علوم زمین، ۲۱ (۸۳):

ص ۳۲-۳۳.

صمدیان، محمدرضا؛ جعفریان، محمدباقر و عبدالهی. محمد (۱۳۷۷). نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ چابهار، سازمان زمین‌شناسی کشور.

محمد خانی، ه و خزایی، م (۱۳۹۳). «نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کنارک». سازمان زمین‌شناسی کشور.

مقیم، ابراهیم؛ صالحی‌پور میلانی، علیرضا؛ چاکری، مهدی و مقیمی، مصطفی (۱۳۹۳). استفاده از نرم‌افزار ComMIT در پهنه‌بندی خطر سونامی در سواحل جاسک. تحلیل فضایی مخاطرات محیطی. ۱ (۲): ص ۱۳-

۱.

نگهبان، سعید؛ باقری، کیوان؛ حیدری، سوسن و گروسی، لیلیا (۱۳۹۷). بررسی و پایش تغییرات خط ساحلی دریای عمان در منطقه جاسک. پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۶ (۱): ص ۱۳۶-۱۱۹.

نوحه‌گر، احمد و یمانی، مجتبی (۱۳۸۵). ژئومورفولوژی ساحلی شرق تنگه هرمز، بندرعباس: انتشارات دانشگاه هرمزگان.

یمانی، مجتبی؛ تورانی، مریم و کاکرودی، عطا (۱۳۹۸). بررسی تأثیر متقابل نوسانات سریع دریای خزر و بیلان رسوبی در تغییرات خط ساحلی محدوده مورد مطالعه (سواحل رودخانه تجن)، نشریه جغرافیا و مخاطرات

محیطی، ۳۱ (۳): ص ۱۲۶-۱۱۱.

Addo, K. A. (2015). Assessment of the Volta delta shoreline change. *J Coast Zone Manag*, 18(3), 1-6. <https://doi.org/10.4172/jczm.1000408>

Baig, M. R. I., Ahmad, I. A., Shahfahad, Tayyab, M., & Rahman, A. (2020). Analysis of shoreline changes in Vishakhapatnam coastal tract of Andhra Pradesh, India: an application of digital shoreline analysis system (DSAS). *Annals of GIS*, 26(4): 361-376.

Burningham, H., & Fernandez-Nunez, M. (2020). Shoreline change analysis. In *Sandy Beach Morphodynamics* (pp. 439-460). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102927-5.00019-9>

Gorman, D., Horta, P., Flores, A. A., Turra, A., Berchez, F. A. D. S., Batista, M. B., ... & Széchy, M. T. M. (2020). Decadal losses of canopy-forming algae along the warm

- temperate coastline of Brazil. *Global change biology*, 26(3): 1446-1457.
- Ding X.S., Shan X.J., Chen Y.L., Jin X.S., and Rahman M.F. 2019. Dynamics of shoreline and land reclamation from 1985 to 2015 in the Bohai Sea, China. *J. Geogr. Sci.* 29(12): 2031–2046.
- Donadio C., Vigliotti M., Valente R., Stanislao C., Ivaldi R., and Ruberti D. 2018. Anthropogenic vs. natural shoreline changes along the northern Campania coast, Italy. *J. Coast. Conserv.* 22(5): 939–955.
- Isha, IB., Adib, MRM. (2020). Application of Geospatial Information System (GIS) Using Digital Shoreline Analysis System (DSAS) in Determining Shoreline Changes, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 616(2020) 012029.
- Kankara, R. S., Selvan, S. C., Markose, V. J., Rajan, B., & Arockiaraj, S. (2015). Estimation of long and short term shoreline changes along Andhra Pradesh coast using remote sensing and GIS techniques. *Procedia Engineering*, 116(1): 855–862. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.374>
- Kermani, S., Boutiba, M., Guendouz, M., Guettouche, M. S., & Khelfani, D. (2016). Detection and analysis of shoreline changes using geospatial tools and automatic computation: Case of the Sahelian sandy coast (East Algeria). *Ocean and Coastal Management*, 132: 46–58. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.08.010>
- Mohan, R. K., Short, A.D., Cambers, G., MacLeod, M., Cooper, J.A.G., Hopley, D., Scott, David, B., Craig-Smith, S. J. (2005). Coastal Changes, Rapid. *Encyclopedia of Coastal Science*, 253-255. doi: 10.1007/1-4020-3880-1_76
- Mutaqin, B. W. (2017). Shoreline changes analysis in Kuwaru coastal area, Yogyakarta, Indonesia: An application of the Digital Shoreline Analysis System (DSAS). *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 12(07), 1203–1214. <https://doi.org/10.2495/SDP-V12-N7-1203-1214>
- Nassar, K., Mahmood, W. E., Fath, H., Masria, A., Nadaoka, K., & Negm, A. (2019). Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1): 81-95.
- Quang, D. N., Ngan, V. H., Tam, H. S., Viet, N. T., Tinh, N. X., & Tanaka, H. (2021). Long-Term Shoreline Evolution Using DSAS Technique: A Case Study of Quang Nam Province, Vietnam. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(10): 1124.
- Simon, Patrick. (2010). *Remote Sensing in Geomorphology*, New Delhi, Oxford Book Company.
- Velsamy, S., Balasubramanian, G., Swaminathan, B., & Kesavan, D. (2020). Multi-decadal shoreline change analysis in coast of Thiruchendur Taluk, Thoothukudi district, Tamil Nadu, India, using remote sensing and DSAS techniques. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(17): 1-12.
- Wu T. and Hou X.Y. (2016). Review of research on coastline changes. *Acta Ecologica Sinica*, 36(4): 1170–1182.
- Xu J.Y., Zhang Z.X., and Zhao X.L. (2013). Spatial-temporal analysis of coastline changes in northern China from 2000 to 2012. *Sci. Geogr. Sinica*, 68(5): 651–660.
- Yadav, A., Dodamani, B. . M., & Dwarakish, G. S. (2018). SHORELINE CHANGE THREAT TO COASTAL ZONE: A CASE STUDY OF KARWAR COAST (pp. 18–30). <https://doi.org/10.17501/2513258X.2018.2202>