

تحلیل تغییرات زمانی خط ساحلی شمال تنگه هرمز از طریق ابزار تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS)

فاطمه پرهیزکار*: دانشجوی دکتری گروه ژئومرفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز

معصومه رجبی: استاد گروه ژئومرفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز

مجتبی یمانی: استاد گروه جغرافیا طبیعی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران

داوود مختاری: استاد گروه ژئومرفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، تبریز

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۹۸/۰۵/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۸/۱۸)

چکیده

سیستم‌های ساحلی بسیار پویا و فعال هستند و تحول در آنها به دلیل برخورد دو محیط دینامیک خشکی و دریا، نسبتاً سریع روی می‌دهد و در کل پایدار نیستند. در این پژوهش، تغییرات خط ساحلی شمال تا غرب تنگه-ی هرمز در چهار دوره یعنی ۱۹۷۲، ۱۹۸۷، ۲۰۰۲ و ۲۰۱۹ با کمک ابزار تحلیل سامانه خط ساحلی (DSAS) اندازه‌گیری شد. ابزارهای اصلی این پژوهش، تصاویر ماهواره‌ای لندست، نقشه‌ها و نرم‌افزارها است. هدف اصلی، مقایسه‌ی تغییرات خط ساحلی مورد بررسی در یک دوره‌ی ۴۷ ساله از طریق تصاویر ماهواره‌ای است. پهنه‌ی ساحلی مورد مطالعه به چهار بازه‌ی کلی، دسته‌بندی و در این چهار بازه ترانسکت‌هایی در فواصل مساوی ۱۰۰ متر ترسیم شد. طی این محدوده‌ی زمانی ۴۷ ساله، متوسط نرخ جابه‌جایی (LRR) خط ساحلی در بازه‌های A، B، C، D و A به ترتیب برابر با ۶/۱۲، ۱/۶۵، ۲/۶۳ و ۰/۸ متر در سال بوده‌است. با توجه به نتایج به‌دست آمده، خطوط ساحلی بیشتر به سمت دریا پیشروی داشته‌اند که این امر نشان می‌دهد رسوب‌گذاری بیش از فرسایش بوده‌است. میزان تغییرات رخ داده، از روش ترسیم پروفیل‌های متساوی‌البعده (ترانسکت) و عمود بر خط ساحلی طی چهار دوره‌ی زمانی حاصل شد. سپس تحلیل آماری داده‌ها و سرانجام محاسبه‌ی MAPE و RMSE صورت گرفت و پارامتر EPR به عنوان مبنایی برای پیش‌بینی خطوط ساحلی انتخاب شد. خطوط ساحلی پیش‌بینی شده برای ۱۰ تا ۲۰ سال آینده نیز بیانگر پیشروی خط ساحل به سمت دریا و ادامه پیدا کردن همین روند رسوب‌گذاری است. البته نمی‌توان بخش‌هایی را که فرآیند فرسایش و پسروی در آنها حاکم است، نادیده گرفت؛ به خصوص در محدوده‌ی جنگل‌های حرا در خورخوران و بخش‌هایی از دلتای رود کُل و بخش غربی بندرعباس که آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف ساحلی را در محدوده‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد و نیاز به برنامه‌ریزی برای محافظت از خطوط ساحلی در بخش‌های مختلف آن احساس می‌شود.

کلید واژگان: ابزار DSAS، تغییرات خط ساحلی، تنگه‌ی هرمز.

۱- مقدمه

سیستم‌های ساحلی بسیار پویا و فعال هستند و تغییر و تحول در آنها به دلیل برخورد دو محیط دینامیک خشکی و دریا، نسبتاً سریع روی می‌دهد (Yamani et al, 2011:1). این سیستم‌ها یکی از حساس‌ترین سیستم‌های محیطی به شمار می‌رود و شاید از این نظر قابل مقایسه با سایر سیستم‌های ژئومورفولوژی نباشد (Nohegar and Yamani, 2006). خط ساحلی یکی از مهم‌ترین اجزای سیستم ساحل است. کمیته‌ی بین‌المللی داده‌های جغرافیایی، خط ساحلی را به‌عنوان یکی از ۲۷ پدیده‌ی مهم کره‌ی زمین معرفی کرده‌است. این پدیده تحت تأثیر فرآیندهای طبیعی و فعالیت‌های انسانی در مقیاس‌های زمانی - مکانی دائماً در حال تغییر است. تعیین، پایش، کمی‌سازی و پیش‌بینی تغییرات خط ساحلی در زندگی و فعالیت‌های روزانه‌ی مردم اهمیت ویژه‌ای دارد. این فعالیت‌ها شامل کشتیرانی، مدیریت منابع ساحلی، حفاظت محیط ساحلی، برنامه‌ریزی و توسعه‌ی پایدار مناطق ساحلی، کاربری اراضی و ایجاد خطوط حریم توسعه‌ی ساحلی است. این موارد سبب شده‌است مطالعه‌ی تغییرات خط ساحلی به مشغله‌ی ذهنی عمده‌ی دانشمندان، مهندسان و مدیران ساحلی تبدیل شود. برای مطالعه‌ی این خط و کمی‌سازی آن از ابزارهای مختلفی استفاده می‌شود؛ یکی از پرکاربردترین ابزارهایی که به این منظور استفاده می‌شود، سیستم تحلیل رقومی خط ساحلی^۱ (DSAS) است (Moore & Thieler et al, 2009).

سواحل تنگه‌ی هرمز نیز به مثابه سایر محیط‌های ساحلی، تحت تأثیر فرآیندها و متغیرهای مورفولوژیکی ناشی از هیدرودینامیک دریا و دینامیک محیط‌های ساحلی و خشکی قرار دارد. تخریب، حمل و جابه‌جایی رسوب و ته- نشین‌سازی مواد حاصل از تخریب و مواد وارد شده از محیط خشکی، از ویژگی‌های بارز محدوده‌ی مطالعاتی است. مناطق ساحلی بندرعباس، تراکم ساخت و سازها و سکونت جمعیت را در نوار ساحلی به خود اختصاص داده‌است. از سوی دیگر بسیاری از زیربناهای حیاتی این شهر مانند فرودگاه‌ها، اسکله‌ها و صنایع دریایی در سواحل واقع شده‌اند (Comprehensive commercial code of the Country, 2008). همچنین در طول خط ساحلی دریای عمان، تنگه‌ی هرمز و خلیج فارس، ساحل شمالی تنگه‌ی هرمز از بالاترین دامنهی جزر و مد برخوردار است؛ بنابراین، تأثیرات آب دریا در این بخش بیش از هر جای دیگر مشهود است (Nohegar and hozeinzade, 2011) و تمامی این عوامل به تغییرات خط ساحلی منجر می‌شود.

درصد زیادی از جمعیت جهان در امتداد مناطق ساحلی متمرکز شده‌اند (Ghosh et al, 2014). تقریباً ۷۰ درصد از سواحل جهان، فرسایش ساحلی را تجربه کرده‌است. در بسیاری از مناطق ساحلی میزان فرسایش، هشدار دهنده و خطری جدی است (Addo et al, 2008). مطالعه‌ی تغییرات خط ساحلی و تغییرات ارتفاعی سطح آب - که ناشی از عوامل انسانی و طبیعی و تأثیر متقابل آنهاست - در زمینه‌ی مدیریت نواحی ساحلی بسیار حائز اهمیت است (Ghosh et al, 2015).

فرآیند فرسایش سواحل، اصطلاحی است که به تغییر شکل سواحل و از دست رفتن ماسه‌های قسمت کناره‌ای اطلاق می‌شود. این وضعیت ممکن است پاسخ طبیعی ساحل به طوفان‌ها و شرایط مختلف آب و هوا باشد، یا در اثر فعالیت‌های

¹ Digital Shoreline Analysis System

انسانی رخ دهد. اما مسئله‌ی مهم در ارزیابی فرسایش، تشخیص فرآیندی سالم از یک نوع خطرناک آن است که نقش اساسی را در اتخاذ روش مناسب برای مقابله با آن ایفا می‌کند. نتایج مطالعات نشان داده‌است که تغییر آب و هوا و بالا آمدن سطح آب دریا این مشکل را تشدید می‌کند (IPCC, 2007). راهبردهای مدیریتی قابل قبول، نیازمند مقابله‌ی بیشتر با خطرات ناشی از فرسایش ساحلی است. اینک علاوه بر نظارت‌های روزانه‌ی جلگه‌های ساحلی (Miller et al, 2007)، مدیریت ساحلی متکی به اطلاعاتی است که در مورد موقعیت، حرکت خطوط ساحلی تاریخی و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده بیان می‌شود. برآوردهای زمینی پویای چشم‌اندازهای زمین (به ویژه فرسایش) در مقیاس وسیع، اغلب مشکل و بسیار هزینه‌بر است (Mills et al, 2003)؛ به همین دلیل، بسیاری از مورفولوژی خط ساحلی جهان به‌خصوص در کشورهای در حال توسعه درست نیست. سنجش از دور این امکان را فراهم می‌آورد تا موقعیت کنونی سواحل با هزینه‌ی نسبتاً پایین برآورد شود، همچنین به ارزیابی خطوط ساحلی در آینده نیز کمک می‌کند (Crowell, 2006).

مطالعات زیادی در زمینه‌ی بررسی تغییرات خط ساحلی و دلایل آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته‌است (Chang et al, 2004 & Huang and fan, 2004 & Yin et al, 2004). در حقیقت، خط ساحلی تحت تأثیر پارامترهای زیادی چون زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیم، پوشش گیاهی و مشکلات محیطی همواره در تحول است (Guariglia et al, 2007 & Zhao et al, 2006). در این میان آنچه در تحلیل تغییرات دوره‌ای خطوط ساحلی از اهمیت بیشتری برخوردار است، شناخت مورفولوژی این خطوط است. White و همکاران (۱۹۹۹)، به بررسی تغییرات موقعیت خط ساحلی در دلتای نیل با استفاده از Thematic Mapper Imagery و مقایسه‌ی آن با نتایج میدانی پرداختند. نتیجه‌ی مطالعات نشان داد که تغییرات دینامیکی خط ساحلی را می‌توان با استفاده از نرم‌افزار GIS برای تخمین میزان تغییرات در طی مدت زمانی کوتاه مورد بررسی قرار داد. همچنین این تکنیک، نمایی کلی از توزیع مجدد رسوب‌گذاری در طول خطوط ساحلی ارائه داده است. Kroon و همکاران (۲۰۰۷)، با استفاده از سیستم‌های تصویری سنجش از دور^۱ به مطالعه‌ی مسائل ناشی از تغییرات خط ساحلی پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که شاخص CSIs به تصمیم‌گیری بهتر در تعیین خطوط ساحلی، نشان دادن نرخ تغییر خط، نشان دادن زمان بهبود برای اتفاقات طبیعی و عوامل انسانی و تخمین تأثیر عوامل و مداخلات انسانی کمک می‌کند. Cui (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات خط ساحلی مناطق دلتای رودخانه زرد در چین به روش change Detection بر روی تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM و در نهایت، تهیه‌ی نقشه‌ی ساحلی به منظور مدیریت محیطی سواحل پرداخت. او همچنین مقدار بحران فرسایش و رسوب‌گذاری را در منطقه مشخص کرد و به این نتیجه رسید که در آینده‌ای نزدیک، منطقه‌ی Q8 estuary می‌تواند یکپارچگی و شکل فعلی خود را داشته باشد، اما در منطقه‌ی Qingshuigou شاهد فرسایش خواهیم بود. در ایران نیز کارهای مشابهی صورت گرفته‌است. Al sheikh و همکاران (۱۳۸۳)، به پایش خطوط ساحلی دریاچه‌ی ارومیه با استفاده از تصاویر TM و ETM و روش آستانه‌گذاری بر روی هیستوگرام تصاویر پرداختند. Razmi و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی خود تحت عنوان: «ارزیابی استفاده بهینه و MNDWI در بررسی تغییرات خط ساحلی شمال خلیج فارس (منطقه‌ی مورد مطالعه: دیر)»، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به بررسی تغییرات خط ساحلی این منطقه پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد که

¹ remote sensing video systems

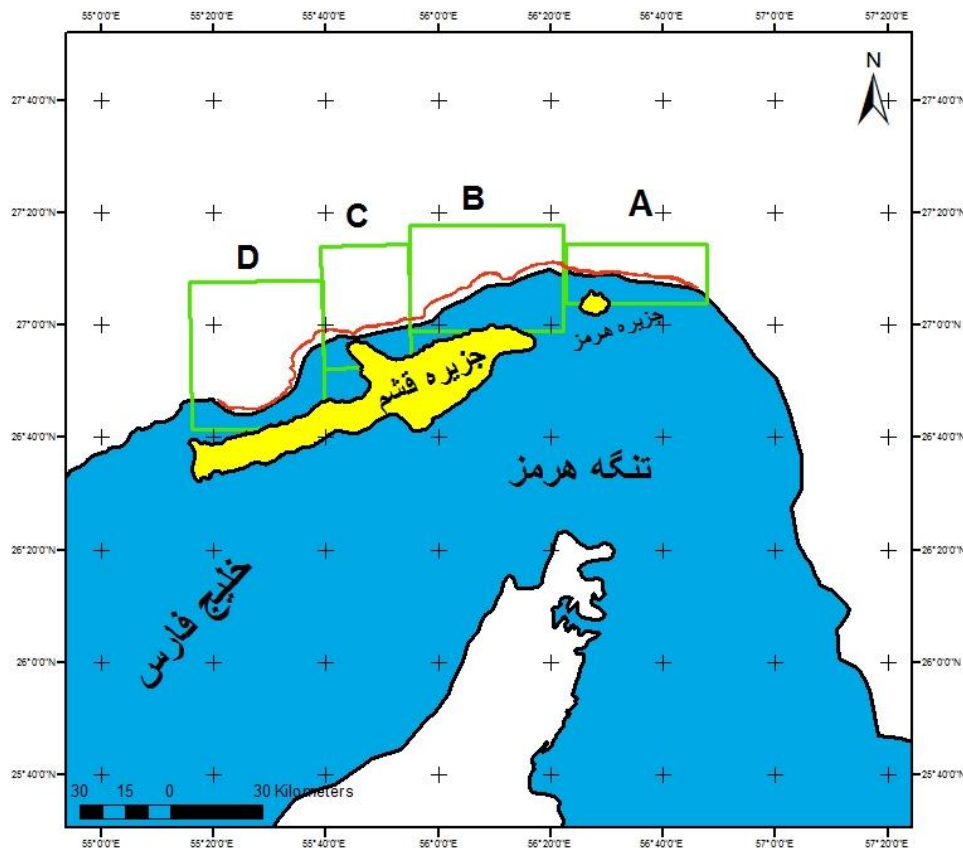
برای بررسی تغییرات خط ساحلی شهرستان دیر، دقت شاخص MNDWI از شاخص بهینه بیشتر است. Chenthamil و Selvan (۲۰۱۶)، به بررسی تغییرات خط ساحلی در جنوب غرب هند پرداختند. برای این تحقیق از تصاویر ماهواره‌ای دوره‌های مختلف استفاده شده است و نتیجه‌ی کلی ۵۵/۹ درصد فرسایش، ۹/۳۴ درصد منطقه‌ی پایدار و ۹/۲ درصد رشد پیوسته را نشان می‌دهد. Jonah و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از نرخ نقطه نهایی (EPR) و آمار تغییرات خالص ساحلی، به تجزیه و تحلیل بخشی از سواحل غنا در یک دوره‌ی ۳۸ ساله پرداختند و از اکستنسشن DSAS استفاده کردند. در نهایت، مشخص شد طی این سال‌ها کل خط ساحل دارای روند فرسایشی بوده است.

اکستنسشن DSAS برای آنالیز و محاسبه‌ی فرسایش و رسوب گذاری مفید است (Raj et al, 2019). Bera و همکاران (۲۰۱۹) نیز با استفاده از این ابزار به محاسبه‌ی فرسایش و رسوب گذاری در هند پرداختند و فرسایش را در تمامی کانال‌های ساحلی با درجات مختلف مشاهده کردند. Vivek و همکاران (۲۰۱۹)، به بررسی و پایش هیدرودینامیک و تغییرات دریاچه‌ی Chilika با استفاده از داده‌های لندست ۳۰ متری پرداختند. آنها برای این منظور، تصاویر ۳ دوره لندست در سال‌های ۱۹۸۸، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۷ را بررسی کردند و با استفاده از اکستنسشن DSAS به بررسی وضعیت فرسایش و رسوب گذاری در این منطقه پرداختند. نتایج آنان بیانگر فرسایش شدید با نرخ ۱۳/۶- متر در سال و رسوب گذاری ۱۳/۵ متر در سال بوده است.

به طور کلی هدف از این پژوهش، بررسی فرآیندهای حاکم بر محیط خشکی و هیدرودینامیک حاکم بر دریا در تعیین تغییرات خط ساحلی در یک بازه‌ی زمانی ۴۷ ساله است. همچنین تعیین مهم‌ترین عامل در تغییر خطوط ساحلی در دوره‌های زمانی مشخص و دستیابی به عوامل تأثیرگذار و در نهایت، پیش‌بینی تغییرات خط ساحلی طی سال‌های آتی با استفاده از ابزار DSAS از اهداف دیگر این پژوهش به شمار می‌رود.

۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد مطالعه، قلمرو ساحلی نیمه‌ی شمال غرب و غرب تنگه‌ی هرمز و مابین مصب رودخانه‌های حسن-لنگی در شمال تا مصب رودخانه‌ی مهران در غرب تنگه‌ی هرمز را در بر می‌گیرد (شکل ۱). نوار ساحلی مورد مطالعه در مختصات جغرافیایی ۲۷° ۰۶' ۵۷" تا ۲۶° ۴۶' ۴۱" عرض شمالی و ۵۶° ۴۶' ۰۵" تا ۵۵° ۲۰' ۴۳" طول شرقی گسترده شده است. از نظر تقسیمات سیاسی، پهنه‌ی ساحلی یاد شده در محدوده‌ی استان هرمزگان واقع شده است. نوار ساحلی مورد مطالعه به صورت خط صاف نیست و در زمینه‌ی شبکه‌ی هیدروگرافی منتهی به آن و شکل کلی تنگه‌ی هرمز، در بخش‌هایی تضاریس زیادی دارد که این امر ناشی از وجود دلتاها، خورها، کانال‌های جزر و مدی و مصب رودخانه‌های متعدد از جمله رودخانه‌های مهران، کل و شور است. حوضه آبریز این رودخانه‌ها عمدتاً در استان هرمزگان واقع شده است و تنها سرشاخه‌ی برخی از آنها نظیر رودخانه‌ی کل - که در استان فارس گسترش یافته - خارج از محدوده‌ی استان هرمزگان می‌باشد. این حوضه‌ها با توجه به ویژگی‌های خود، به طور مستقیم و غیر مستقیم بر پهنه‌ی ساحلی مورد مطالعه تأثیرگذار می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

۳- مواد و روش‌ها

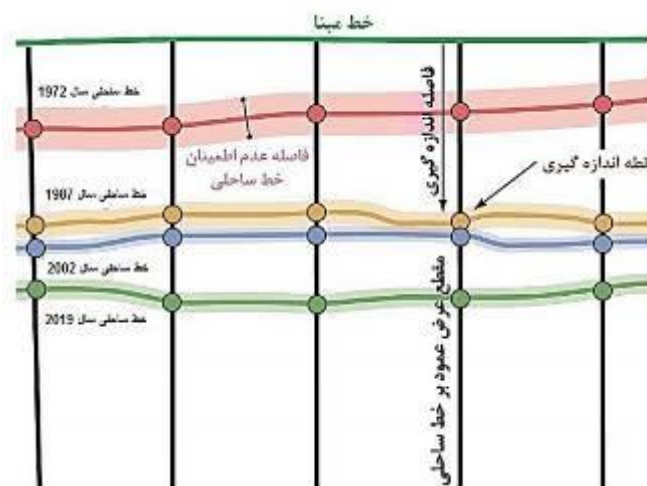
هدف این پژوهش، تحلیل تغییرات زمانی خط ساحلی در ۴ دوره‌ی زمانی است. این پژوهش نیز از نوع توصیفی - تحلیلی می‌باشد. در پژوهش حاضر از تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده‌های OLI، ETM^+ ، TM و MMS سال‌های ۱۹۷۲ (۱۹۷۲/۹/۱۸)، ۱۹۸۷ (۱۹۸۷/۱۱/۱۶)، ۲۰۰۲ (۲۰۰۲/۴/۷) و ۲۰۱۹ (۲۰۱۹/۴/۳۰) برای پایش تغییرات خط ساحلی شمال-غرب و غرب تنگه‌ی هرمز استفاده شد. تصاویر ماهواره‌ای لندست با قدرت تفکیک مکانی ۶۰ متر (برای سری اول ماهواره‌های لندست) و ۳۰ متر، از مهم‌ترین و بهترین داده‌های در دسترس در بررسی تغییرات خط ساحلی است. در مرحله‌ی بعد، پیش پردازش‌های لازم (تصحیحات رادیومتریکی و اتمسفری) بر روی تصاویر در نرم‌افزار ENVI5/3 اعمال شد. سپس اقدامات لازم برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های جداسازی آب و زمین صورت گرفت که نقش مهمی در تحلیل‌ها داشت و دقت زیادی را نیز برای ارائه‌ی بهترین شاخص‌ها به منظور تفکیک و تشخیص خط ساحلی در تصاویر ماهواره‌ای می‌طلبد. برای یافتن امواج الکترومغناطیسی برای جداسازی آب از زمین، به رفتار طیفی آب توجه شد. آب در محدوده‌ی مرئی، بازتاب بسیار زیاد و در محدوده‌ی مادون قرمز، بازتاب بسیار کمی دارد. برای جدا کردن آب از سایر پدیده‌ها، باندهای سبز و مادون قرمز انتخاب شد تا بتواند به خوبی و وضوح آب را از سایر پدیده‌ها تفکیک کند؛ بدین منظور، از شاخص NDWI استفاده شده که از رابطه‌ی شماره‌ی ۱ محاسبه می‌شود.

$$NDWI = \frac{(Green - Nir\ infrared)}{(Green + Nir\ infrared)}$$

رابطه‌ی ۱

بعد از اعمال این شاخص روی تصاویر، برای بهبود تباین و بارزسازی تغییرات خط ساحلی از فیلتر High Pass روی هر یک از تصاویر استفاده شد. این فیلتر برای تغییرات ناگهانی پدیده‌های خطی مانند مرز، جاده و رودها کاربرد دارد. پس از اعمال فیلتر، خطوط ساحلی در هر یک از سال‌های مورد نظر استخراج شد. سپس محدوده‌ی این خطوط در نرم‌افزار ENVI به Vector تبدیل و بعد از آن به صورت پلی‌گون به نرم‌افزار Arc GIS 10.5 منتقل شد. بعد از انتقال به نرم‌افزار Arc GIS 10.5 با مشاهده‌ی تصاویر ماهواره‌ای، بازدید میدانی از منطقه و با توجه به عوامل طبیعی مانند رودخانه‌ها، دلتاها و جنگل‌های مانگرو و عوامل انسانی مانند مناطق شهری و ساخت و سازهای اخیر، کنار ساحل به ۴ بازه تقسیم شد (شکل ۱). در ادامه برای بررسی و تحلیل تغییرات خط ساحلی، از سیستم تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS)^۱ استفاده شد.

سیستم تحلیل رقومی خط ساحلی، یکی از روش‌های مناسب برای پایش تغییرات این خط است (Tiler et al, 2009). با استفاده از فاصله‌ی هر نقطه‌ی اندازه‌گیری تا خط مبنا، تاریخ خط ساحلی برداشت شد و نرخ تغییرات اندازه‌گیری گردید. در این پژوهش طول خط ساحلی رقومی شده در ساحل، برابر با ۲۰۰ کیلومتر بود. همچنین ترانسکت‌هایی عمود بر خط مبنا در فواصل ۱۰۰ متری در نظر گرفته شد. طول ترانسکت‌ها حدود ۲ کیلومتر بود. بدیهی است که طول ترانسکت‌های محصور شده بین خطوط ساحلی، بیانگر میزان تغییر خط ساحلی در بازه‌ی زمانی بین سال‌هایی است که خطوط ساحلی ثبت شده‌است. اکستنسشن DSAS نرخ تغییرات خط ساحلی را با استفاده از چندین روش آماری محاسبه می‌کند. در این پژوهش تنها از روش‌های آماری LRR (رگرسیون خطی)، EPR (مقدار نقطه پایانی)، SCE (تغییر خط ساحلی) و NSM (جابه‌جایی خالص تغییر خط ساحل) استفاده شد. با توجه به مقادیر محاسبه شده می‌توان به پیش‌بینی تغییر خط ساحلی طی ده تا بیست سال آینده پرداخت که ابزار، این پیش‌بینی را از طریق فیلتر کالمن^۲ انجام می‌دهد. در همین راستا از معیارهای MAPE و RMSE برای ارزیابی خطا در نسبت تغییرات خطوط ساحلی، میزان صحت این خطوط و تعیین موقعیت آن برای سال‌های ۲۰۲۹ و ۲۰۳۹ استفاده شد.



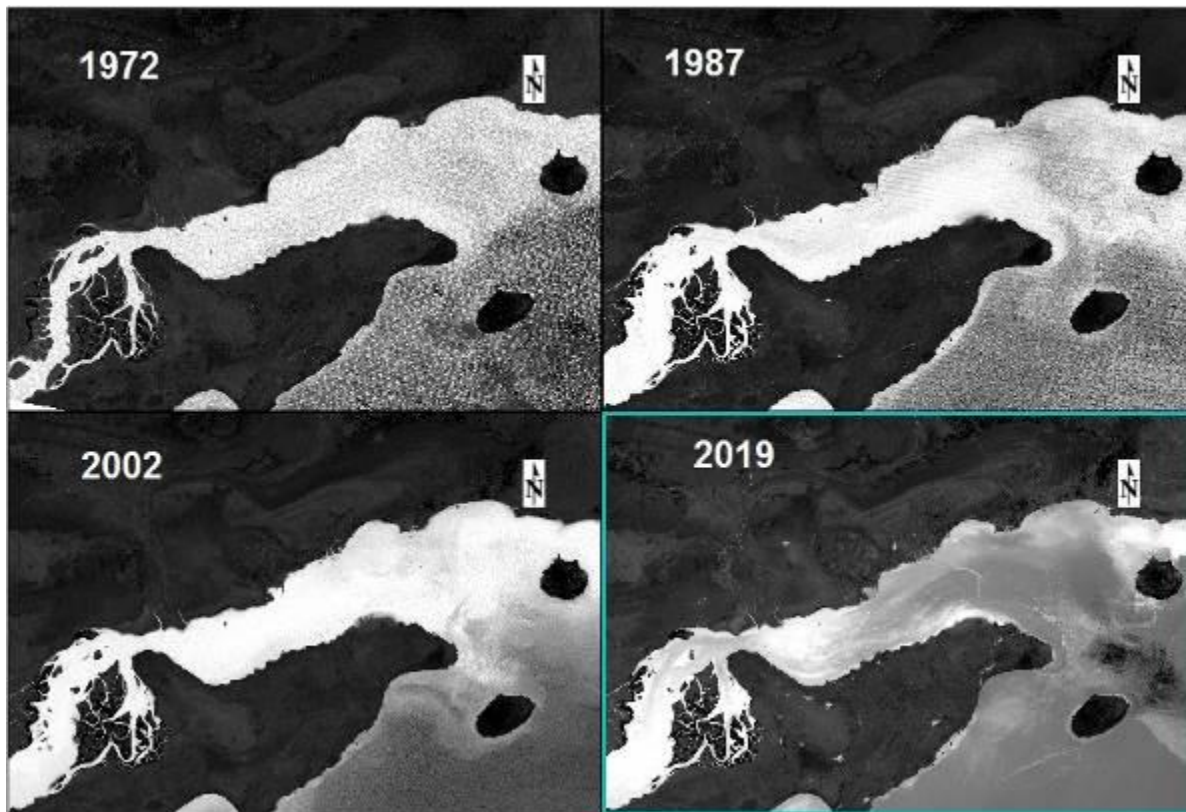
شکل ۲: نحوه‌ی عملکرد DSAS برای محاسبه‌ی میزان تغییرات خط ساحلی

¹ Digital Shoreline Analysis System

² Kalman filter

۴- یافته‌ها (نتایج)

در این پژوهش از تصاویر ماهواره‌ای و شاخص NDWI در بررسی تغییرات خطوط ساحلی شمال تا غرب تنگه‌ی هرمز استفاده شد. از شاخص NDWI - که ترکیبی از باندهای سبز و مادون قرمز است - برای استخراج مرز بین زمین و آب استفاده شد که نتیجه‌ی اعمال آن در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: تفکیک آب و خشکی با اعمال شاخص NDWI

پس از اجرای محاسبات آماری، شاخص‌های موردنیاز برای تحلیل تغییرات خط ساحل در تمام بازه‌های مطالعاتی حاصل شد (جدول ۱).

جدول ۱: شاخص‌های آماری به‌دست آمده از اکستنشن DSAS

محدوده‌ی شمال و شمال غرب تنگه‌ی هرمز					بازه‌های انتخابی
D	C	B	A		
۶/۸۴	۸/۵۵	۷/۶۷	۱۱/۰۴	حداکثر	LRR
-۳/۶۶	-۰/۹	-۱/۷۸	۰/۰۵	حداقل	(متر بر سال)
۶/۶	۷/۰۵	۷/۴۷	۱۰	حداکثر	EPR
-۴/۱۳	-۱/۵۹	-۱/۹۳	-۰/۱	حداقل	(متر بر سال)
۳۰۷/۴۳	۳۲۸/۶۷	۳۴۸/۸۶	۴۶۵/۹۶	حداکثر	NSM
-۱۹۲/۶۲	-۷۳/۹۳	-۸۹/۹۴	-۴/۶۹	حداقل	(متر طی ۴۷ سال)
۳۰۷/۴۳	۳۸۹/۱	۳۵۸/۱۵	۵۵۰/۲	حداکثر	SCE
۵/۵۹	۱۳/۰۳	۰/۰۲	۸۱/۴۸	حداقل	(متر طی ۴۷ سال)

(¹LRR) روش‌های آماری رگرسیون خطی از طریق برازش حداقل مربعات خط رگرسیون به کل نقاط در سطح اطمینان ۹۵ درصد در یک ترانسکت خاص اندازه‌گیری شد. مقدار مثبت LRR بیانگر پیشروی خط ساحل به سوی دریا (رسوب‌گذاری) و مقدار منفی بیانگر پسروی خط ساحلی به سوی خشکی است (فرسایش). میزان شیب معادله‌ی رگرسیون، میزان جابه‌جایی خط ساحلی را در سال نشان می‌دهد. میزان این شاخص در سواحل بازه‌های A، B، C، D و A در جدول شماره‌ی ۱ آمده که در ادامه توضیح داده شده‌است.

(²EPR) این شاخص از تقسیم شدن فاصله‌ی مکانی قدیمی‌ترین و جدیدترین خطوط ساحلی بر فاصله‌ی زمانی بین قدیمی‌ترین و جدیدترین خطوط ساحل به دست می‌آید و بیانگر نرخ پیشروی یا پسروی خط ساحل از قدیمی‌ترین زمان تا جدیدترین زمان است. میزان این شاخص در سواحل بازه‌های A، B، C، D و A در جدول شماره‌ی ۱ آمده که بیانگر وجود فرسایش و رسوب‌گذاری در مناطق ساحلی از سال ۱۹۷۲ تاکنون است.

(³SCE) این شاخص بیانگر تغییر خط ساحلی است و بیشترین فاصله بین دو خط ساحل را بدون در نظر گرفتن زمان آنها در هر ترانسکت نشان می‌دهد. میزان این شاخص در سواحل بازه‌های A، B، C، D و A در جدول شماره‌ی ۱ آمده که بیانگر میزان جابه‌جایی خط ساحل طی ۴۷ سال اخیر است.

(⁴NSM) جابه‌جایی خالص تغییر خط ساحل است که در حقیقت میزان فاصله را بیان می‌کند نه میزان تغییرات را و در زمینه‌ی دو خط ساحل - که به لحاظ زمانی قدیمی‌ترین و جدیدترین خطوط ساحلی هستند - بیان می‌شود. میزان این شاخص در سواحل بازه‌های A، B، C، D و A در جدول شماره‌ی ۱ آمده که بیانگر وجود فرسایش و رسوب‌گذاری در مناطق ساحلی از سال ۱۹۷۲ تاکنون است. هر چند که میزان رسوب‌گذاری غلبه‌ی بیشتری دارد.

جابه‌جایی خط ساحلی طی دوره‌ی زمانی ۴۷ ساله

رگرسیون خطی (LRR)، از برازش موقعیت خط ساحل در مقابل زمان خط ساحلی حاصل می‌شود. شیب معادله‌ی رگرسیون خطی، نرخ جابه‌جایی را بر حسب متر در سال در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان می‌دهد. برای محدوده‌ی A که شامل محدوده‌ی دلتای رودخانه‌ی حسن‌لنگی و رود شور می‌شود، میزان جابه‌جایی خط ساحلی بین ۰/۰۵ تا ۱۱/۰۴ متر در سال است (شکل ۴). مقدار مثبت شیب معادله‌ی رگرسیون، حاکی از پیشروی خط ساحلی به سوی دریا است (فرآیند رسوب‌گذاری). این پیشروی را می‌توان به وجود دو رودخانه‌ی مهم حسن‌لنگی و شور و میزان رسوبات حمل شده در مسیر توسط این رودخانه‌ها نسبت داد. برای محدوده‌ی B که با توجه به شهر بندرعباس و ساخت و سازهای ساحلی مانند اسکله‌های مختلف در بخش ساحلی انتخاب شده‌است، میزان جابه‌جایی خط ساحلی بین ۱/۷۸- تا ۷/۶۷ متر در سال است که البته یکی از عوامل به‌دست آمدن این مقدار، پیشروی به علت همین ساخت و سازهای ساحلی است که طی ۳۰-۴۰ سال اخیر گسترش یافته‌است. علت پیشروی تغییرات خط ساحل در این منطقه بیشتر بر اثر عوامل طبیعی نبوده‌است، بلکه بر اثر عوامل انسان‌ساخت می‌باشد. بررسی ترانسکت‌های این محدوده بیشتر حاکی از پایدار بودن این محدوده است؛ چرا که بیشتر تغییرات خط ساحلی، میزان کمتر از یک متر را نشان می‌دهد (شکل ۴). برای محدوده‌ی

¹ Linear Regression Rate

² End Point Rate

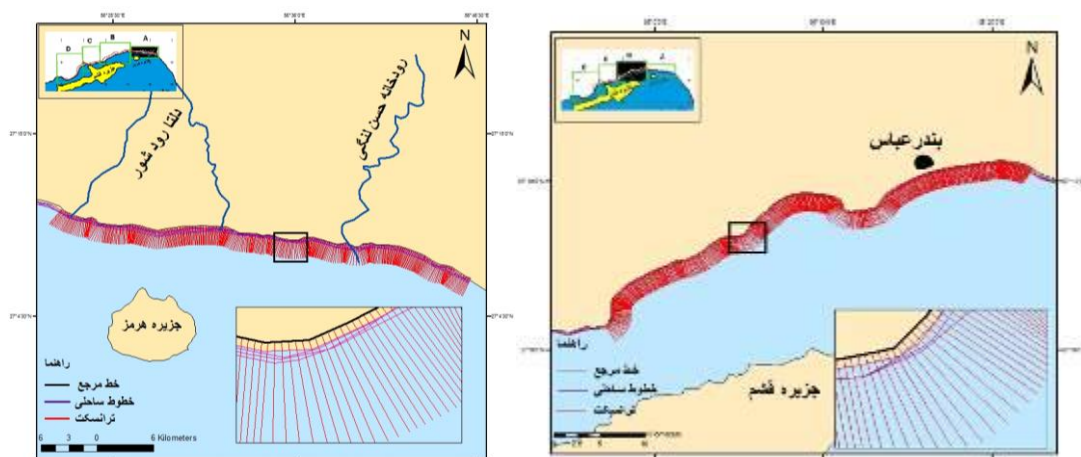
³ Shoreline Change Envelope

⁴ Net Shoreline Movement

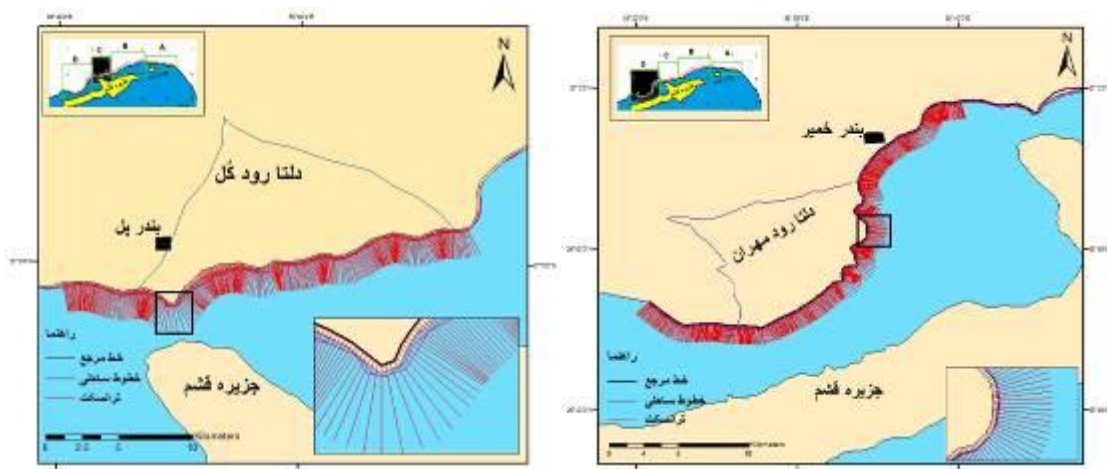
C که شامل دلتای رود کُل است، میزان جابه‌جایی خط ساحلی بین ۰/۹- تا ۸/۵۵ متر در سال است که با توجه به محاسبات انجام شده و بررسی ترانسکت‌ها، در این محدوده بیشتر با رسوب‌گذاری در بخش‌های مختلف مواجه هستیم (شکل ۵). بخش D شامل محدوده‌ی جنگل‌های مانگرو و بخش دلتای رود مهران است که میزان جابه‌جایی خط ساحل در این بخش بین ۳/۶۶- تا ۶/۸۴ متر در سال می‌باشد.

جدول ۲: آمارهای مقادیر جابه‌جایی خط ساحلی شمال‌غرب و غرب تنگه‌ی هرمز طی سال‌های ۲۰۱۹-۱۹۷۲

محدوده‌ی شمال‌غرب تا غرب تنگه‌ی هرمز					
بازه‌های انتخابی	A	B	C	D	A-D
(LRR) متوسط نرخ جابه‌جایی (متر در سال)	۶/۱۲	۱/۶۵	۲/۶۳	۰/۸	۲/۶۲
(EPR) متوسط نرخ نقطه پایانی (متر در سال)	۵/۱۳	۱/۵۱	۲/۱۹	۰/۷۶	۲/۶۲
NSM متوسط جابه‌جایی خالص (متر)	۲۳۹/۴۳	۷۰/۸	۱۰۲/۱۷	۳۵/۸۳	۱۰۵/۳۵
SCE متوسط تغییر خط ساحلی (متر)	۳۳۹/۲۰	۱۰۱/۴۰	۱۵۶/۹۶	۸۱/۶۹	۱۶۱/۰۳



شکل ۴: محدوده‌ی ترانسکت‌های بازه A و B



شکل ۵: محدوده‌ی بازه‌ی C و D

اعتبارسنجی بین پارامترهای LRR و EPR برای پیش‌بینی خطوط ساحلی

در صورت درست بودن محاسبات انجام شده در ابزار DSAS، این ابزار امکان پیش‌بینی جابه‌جایی خط ساحل را برای ۱۰ تا ۲۰ سال آینده فراهم می‌سازد. برای پیش‌بینی خطوط ساحلی به منظور مقایسه‌ی قدرت پیش‌بینی و انتخاب بهترین پارامتر (بین LRR و EPR) در پیش‌بینی، از دو معیار مختلف شامل معیار میانگین درصد قدر مطلق خطا (MAPE) و ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE) استفاده شد. توابع و معیار و روابط ریاضی آنها به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{(\bar{y}_t - y_t)}{y_t} \right| * 100$$

$$RMSE = \frac{\sqrt{\sum (\bar{y}_t - y_t)^2}}{n}$$

در روابط یک و دو، پارامتر n تعداد کل مشاهدات برای دوره پیش‌بینی، $\bar{Y}$ و y_t به ترتیب ارزش پیش‌بینی شده و ارزش واقعی را در زمان t نشان می‌دهد. کوچکی معیارهای خطا برای هر الگو بیانگر این نکته است که مقادیر پیش‌بینی شده توسط این الگوها به مقادیر واقعی (سری متغیر مورد نظر) نزدیک‌تر می‌باشد. همچنین قدرت بالاتر آن الگو را در امر پیش‌بینی نشان می‌دهد. نتایج حاصل از محاسبه‌ی هر روش برای هر دو پارامتر مورد نظر برای پیش‌بینی، در جدول شماره‌ی ۳ آمده‌است. به دلیل زیاد بودن تعداد ترانسکت‌ها (۱۷۵۴ ترانسکت) و امکان‌ناپذیر بودن ارائه‌ی همه آنها در این بخش، تعدادی از ترانسکت‌ها به صورت تصادفی انتخاب و در جدول شماره‌ی ۳ ارائه شده‌است.

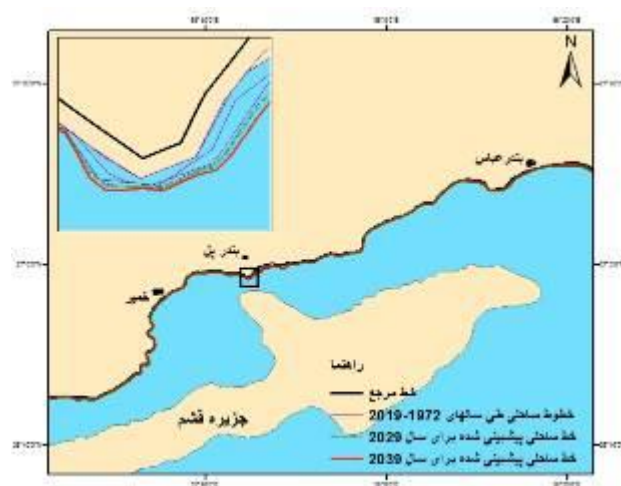
جدول ۳: آمارهای مقادیر محاسبه شده‌ی MAPE و RMSE برای تمامی ترانسکت‌ها

ردیف	RMSE-EPR	RMSE-LRR	ردیف	MAPE-EPR	MAPE-LRR
۱	۱/۸۸	۱/۹۵	۱	۳۸/۰۰	۳۹/۵۶
۲	۱/۸۰	۱/۹۰	۲	۳۶/۷۲	۳۸/۸۸
۳	۱/۷۹	۱/۹۲	۳	۳۷/۰۰	۳۹/۶۰
۴	۱/۷۷	۱/۹۱	۴	۳۶/۵۵	۳۹/۳۲
۵	۱/۷۳	۱/۸۷	۵	۳۵/۵۵	۳۸/۴۷
۶	۱/۶۹	۱/۸۴	۶	۳۴/۵۶	۳۷/۵۴
۷	۱/۶۵	۱/۸۱	۷	۳۳/۵۷	۳۶/۷۰
۸	۱/۶۱	۱/۷۷	۸	۳۲/۵۸	۳۵/۸۷
۹	۱/۵۷	۱/۷۴	۹	۳۱/۶۹	۳۵/۰۴
۱۰	۱/۵۳	۱/۶۸	۱۰	۳۰/۷۲	۳۳/۵۷
۹۵	۰/۱۲	۰/۵۸	۹۵	۱/۲۲	۵/۸۸
۹۶	۰/۵۳	۰/۵۲	۹۶	۴/۸۴	۴/۷۳
۹۷	۰/۷۹	۰/۹۲	۹۷	۷/۴۴	۸/۶۶

۱۳/۱۶	۹/۹۸	۹۸	۱/۳۳	۱/۰۱	۹۸
۱۳/۷۷	۱۰/۱۳	۹۹	۱/۲۴	۰/۹۲	۹۹
۱۳/۲۸	۸/۸۸	۱۰۰	۱/۰۷	۰/۷۱	۱۰۰
۱۱/۱۳	۴/۵۲	۱۰۱	۰/۷۹	۰/۳۲	۱۰۱
۵/۵۵	۵/۹۰	۱۰۲	۰/۳۲	۰/۳۴	۱۰۲
۴/۷۲	۲/۸۹	۱۰۳	۰/۲۷	۰/۱۷	۱۰۳
۲/۴۴	۵/۰۹	۱۰۴	۰/۱۵	۰/۳۲	۱۰۴
۱۶/۰۱	۱۴/۲۵	۱۰۵	۱/۱۴	۱/۰۲	۱۰۵
۲/۸۸	۱/۰۷	۴۶۱	۰/۱۰	۰/۰۴	۴۶۱
۲/۵۰	۰/۸۰	۴۶۲	۰/۰۹	۰/۰۳	۴۶۲
۲/۱۲	۰/۶۵	۴۶۳	۰/۰۸	۰/۰۲	۴۶۳
۵/۸۲	۳/۹۱	۴۶۴	۰/۲۱	۰/۱۴	۴۶۴
۰/۷۴	۴/۰۹	۴۶۵	۰/۰۳	۰/۱۶	۴۶۵
۰/۸۶	۰/۶۴	۴۶۶	۰/۰۴	۰/۰۳	۴۶۶
۲/۳۷	۱/۱۰	۴۶۷	۰/۱۱	۰/۰۵	۴۶۷
۱۰/۶۲	۵/۹۲	۷۷۶	۰/۶۰	۰/۳۴	۷۷۶
۱/۹۰	۱/۵۱	۷۷۷	۰/۱۰	۰/۰۸	۷۷۷
۴/۲۳	۳/۳۹	۷۷۸	۰/۲۲	۰/۱۸	۷۷۸
۱۴/۵۶	۱۲/۱۰	۷۷۹	۰/۷۹	۰/۶۶	۷۷۹
۲۴/۹۴	۲۰/۳۵	۷۸۰	۱/۳۹	۱/۱۳	۷۸۰
۳۲/۰۰	۲۶/۳۵	۷۸۱	۱/۸۶	۱/۵۳	۷۸۱
۳۳/۳۲	۲۸/۴۴	۷۸۲	۲/۰۵	۱/۷۵	۷۸۲
۱۶/۸۱	۱۴/۸۴	۷۸۳	۱/۰۷	۰/۹۵	۷۸۳
۶/۳۸	۴/۹۹	۷۸۴	۰/۴۱	۰/۳۲	۷۸۴
۶۸/۸۷	۶۲/۵۶	۱۲۰۱	۳/۲۴	۲/۹۴	۱۲۰۱
۶۱/۵۱	۵۵/۷۱	۱۲۰۲	۳/۱۰	۲/۸۱	۱۲۰۲
۵۰/۸۹	۴۶/۸۹	۱۲۰۳	۲/۷۴	۲/۵۲	۱۲۰۳
۴۳/۹۲	۴۰/۴۱	۱۲۰۴	۲/۴۴	۲/۲۵	۱۲۰۴
۳۹/۱۶	۳۵/۷۳	۱۲۰۵	۲/۲۲	۲/۰۳	۱۲۰۵
۳۵/۱۹	۳۱/۷۵	۱۲۰۶	۲/۰۴	۱/۸۴	۱۲۰۶
۹/۷۴	۱۱/۸۷	۱۷۴۵	۱/۲۴	۱/۵۱	۱۷۴۵
۱۰/۹۲	۱۲/۷۶	۱۷۴۶	۱/۳۵	۱/۵۷	۱۷۴۶
۱۲/۱۵	۱۳/۷۲	۱۷۴۷	۱/۴۵	۱/۶۴	۱۷۴۷
۱۳/۵۰	۱۴/۷۳	۱۷۴۸	۱/۵۶	۱/۷۱	۱۷۴۸
۱۳/۷۲	۱۵/۷۸	۱۷۴۹	۱/۵۴	۱/۷۷	۱۷۴۹

پرهیزکار و همکاران					
تغییر تغییرات زمانی خط ساحلی شمال تنگه هرمز					
۱۷۵۰	۱/۴۲	۰/۹۵	۱۷۵۰	۱۳/۱۰	۸/۷۲
۱۷۵۱	۱/۰۶	۰/۵۵	۱۷۵۱	۹/۷۹	۵/۰۵
۱۷۵۲	۰/۹۲	۰/۳۵	۱۷۵۲	۸/۲۴	۳/۱۷
۱۷۵۳	۰/۷۲	۰/۰۸	۱۷۵۳	۶/۳۷	۰/۷۳
۱۷۵۴	۰/۶۲	۰/۰۷	۱۷۵۴	۵/۳۱	۰/۵۹
میانگین کل	۶۹/۱۷	۷۶/۱۴		۱۸/۳۷	۱۹/۹۴

با توجه به مقادیر به دست آمده از اعتبارسنجی پارامترهای LRR و EPR که در جدول شماره ۳ مشاهده می-شود، پارامتر EPR در هر دو معیار MAPE و RMSE خطای کمتری دارد و برای پیش‌بینی خطوط ساحلی طی سال-های آتی مناسب‌تر است. این پیش‌بینی بر اساس میزان تغییرات خط ساحلی طی دوره‌ی ۴۷ ساله و بر اساس داده‌های EPR با استفاده از فیلتر کالمن محاسبه شده‌است (شکل ۶).



شکل ۶: خط ساحلی پیش‌بینی شده بر اساس فیلتر کالمن

۵- بحث و نتیجه‌گیری

خطوط ساحلی از حساس‌ترین سیستم‌های محیطی و ژئومورفولوژیکی است که تحت تأثیر فرآیندهای هیدرودینامیک خشکی و آبی، تغییرات در آنها در مدت زمان کوتاه‌تری روی می‌دهد. برای اجرای برنامه‌ریزی‌های کوتاه مدت و بلند مدت در مناطق ساحلی، لازم است از میزان تغییر و تحولات در این مناطق آگاهی یابیم تا بتوانیم دقیق‌ترین برنامه‌ریزی را انجام دهیم. مدیریت ساحلی متکی به اطلاعاتی است که در مورد موقعیت و حرکت خطوط ساحلی تاریخی و پیش-بینی تغییرات آن در آینده بیان می‌شود (Mills et al, 2003). مطالعه‌ی تغییرات خط ساحلی که ناشی از عوامل انسانی و طبیعی و تأثیر متقابل آنهاست، در زمینه‌ی مدیریت نواحی ساحلی بسیار حائز اهمیت است. مسئله‌ی مهم در ارزیابی تغییرات خط ساحل، تشخیص فرآیندی سالم از یک نوع خطرناک آن است که در اتخاذ روش مناسب برای مقابله با آن نقشی اساسی ایفا می‌کند. از نظر کاربردی، با بررسی تغییرات خط ساحلی می‌توان به میزان رسوب‌گذاری و فرسایش در بخش‌های مختلف ساحلی و رسیدن آنها به مرز بحرانی آگاهی یافت که از آن می‌توان در زمینه‌های مختلفی مثل مکان-یابی ساخت اسکله‌ها، موج شکن‌ها و دیگر ساخت و سازهای ساحلی، همچنین بررسی توسعه یا کاهش جنگل‌های حرا،

بررسی تعادل اکوسیستم ساحلی و به طور کلی مدیریت ساحل استفاده کرد. نگاهی به تغییرات خط ساحلی طی دوره‌های آماری (۱۹۷۲-۲۰۱۹) نشان می‌دهد که خطوط ساحلی بیشتر به سمت دریا پیشروی داشته‌اند. این امر خود بیانگر این است که در بیشتر قسمت‌ها رسوب‌گذاری بیش از فرسایش بوده است. در محدوده‌ی A غلبه با پیشروی خط ساحلی است؛ یعنی رسوب‌گذاری در تمامی قسمت‌ها فعال‌تر از فرسایش عمل کرده است و میانگین تغییرات محاسبه شده ۶/۱۲ متر در سال را در این بازه نشان می‌دهد. در محدوده‌ی B غلبه با پیشروی تغییرات خط ساحل به سمت دریاست و میانگین تغییرات محاسبه شده ۱/۶۵ متر در سال را در این بازه نشان می‌دهد که بیشتر این پیشروی نتیجه‌ی ساخت و ساز اسکله‌های مختلف است. در محدوده‌ی C نیز بیشتر با پیشروی خط ساحلی به سمت دریا (رسوب‌گذاری) مواجه هستیم و میانگین تغییرات محاسبه شده ۲/۶۳ متر در سال را در این بازه نشان می‌دهد. در بخش D پیشروی و پسروی خط ساحلی در حالت تعادل قرار دارد؛ یعنی رسوب‌گذاری و فرسایش در تمامی قسمت‌ها دیده می‌شود. میانگین تغییرات محاسبه شده ۰/۸ متر در سال را در این بازه نشان می‌دهد. Saxena و همکاران (۲۰۱۳)، Gorokhovich و همکاران (۲۰۱۴)، Bagdanaviciut و همکاران (۲۰۱۵) در زمینه‌ی ارزیابی آسیب‌پذیری و حساسیت سواحل نسبت به فرسایش با استفاده از مدل CVI به مطالعاتی پرداختند. محققان در تمامی این مطالعات می‌کوشیدند میزان حساسیت و آسیب‌پذیری خطوط ساحلی در مناطق مختلف را مشخص کنند. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیقات، مناطق مختلفی با آسیب‌پذیری‌های متفاوت و میزان فرسایش و رسوب‌گذاری‌های مختلف وجود دارد و در همه‌ی آنها، بخش‌هایی از مناطق ساحلی نیازمند برنامه‌ریزی‌های فوری و اقدامات حفاظتی است. از نکات قابل ذکر در این مطالعات، استفاده از متغیرهایی چون شیب و نرخ تغییرات خط ساحلی، ارتفاع موج، اشکال ژئومورفولوژیک، محدوده‌ی جزر و مد، تغییرات سطح اساس و ارتفاع ساحل است که در بیشتر این منابع در زمینه‌ی ارزیابی فرسایش و آسیب‌پذیری و در نهایت مدیریت سواحل از آن استفاده شده است. پژوهش حاضر نیز به بررسی میزان تغییرات خط ساحلی طی یک دوره‌ی ۴۷ ساله پرداخته و برای تجزیه و تحلیل، از اکستنشن DSAS با آخرین آپدیت ارائه شده از طرف سازمان زمین‌شناسی آمریکا^۱ (USGS) استفاده کرده است که به طبع دقت بالاتری در تجزیه و تحلیل دارد. میزان تغییرات رخ داده، از روش ترسیم پروفیل‌های متساوی‌البعد (ترانسکت) و عمود بر خط ساحلی طی چهار دوره‌ی زمانی و تحلیل آماری داده‌ها و سرانجام محاسبه‌ی MAPE و RMSE انجام و پارامتر EPR به عنوان مبنایی برای پیش‌بینی خطوط ساحلی انتخاب شد. Yamani و همکاران (۱۳۹۲) معتقدند ترکیب استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و روش‌های آماری، می‌تواند روشی قابل اعتماد برای مطالعات مربوط به خط ساحلی باشد. Esmail و همکاران (۲۰۱۹) نیز در مطالعه‌ی خود تأیید کردند که برای پیش‌بینی خطوط ساحلی بهتر است از پارامتر EPR استفاده شود. خطوط ساحلی پیش‌بینی شده برای ۱۰ تا ۲۰ سال آینده نیز بیانگر پیشروی خط ساحل به سمت دریا و ادامه یافتن همین روند رسوب‌گذاری است. البته نمی‌توان بخش‌هایی را که فرآیند فرسایش و پسروی در آنها حاکم است، نادیده گرفت؛ به خصوص محدوده‌ی جنگل‌های حرا در خورخوران و بخش‌هایی از دلتای رود کُل و بخش غربی بندرعباس که آسیب‌پذیری بخش‌های مختلف ساحلی را در محدوده‌ی مطالعاتی نشان می‌دهد و نیاز به برنامه‌ریزی برای محافظت از خطوط ساحلی در بخش‌های مختلف آن احساس می‌شود.

¹ The United States Geological Survey

منابع

1. Addo, A. K.; Walkden, M.; & J. P. Mills, 2008. Detection measurement and prediction of shoreline recession in Accra, Ghana, *ISPRS J, Photogram Remote Sense*, 5(63), 543-558.
2. Al Sheikh, A. A.; Ali Mohammadi, A.; & A. Ghorban Ali, 2005. Monitoring the coastline of Lake Urmia using remote sensing, *Journal of Applied Geosciences Research*, 4(4), 9 -25. (in persian).
3. Bera, R., & R. Maiti., (2019). Quantitative analysis of erosion and accretion (1975-2017) using DSAS- A study on Indian sundarbans. *Marine Science*.
4. Chenthamil Selvan, S.; Kankara, R. S.; Markos Vipin, J.; Rajan, B.; & K. Prabhu, 2016. Shoreline change and impacts of coastal protection structures on Puducherry, SE coast of India, *Natural Hazard*.
5. Chang, J.; Liu, G. H.; & Q. S. Liu, 2004. Analysis on spatio-temporal feature of coastline change in the Yellow River Estuary and its relation with runoff and sandtransportation, *Geographical Research*, 23(5), 339-346 (in Chinese).
6. Crowell, M., 2006. Historical Shoreline Mapping and Analysis: An Historical Overview. In: Abstract submitted to shoreline Change Conference II: A Workshop on Managing shoreline Change. Charleston, USA. http://www.csc.noaa.gov/shoreconf/shoreline_change_conf_proceedings.pdf (accessed 20.01.2007.).
7. Comprehensive Commercial Code of the country., 2008. Tehran, Ports & Maritime Organization, The coastal & coastal Engineering Directorate Ports and Maritime Organization. (in persian)
8. Esmail, M.; Mahmod, W. E.; & H. Fath, 2019. Assessment and prediction of shoreline change using multi-temporal satellite images and statistics: Case study of Damietta coast, Egypt, *Applied Ocean Research*, 82, 274-282.
9. Ghosh, A., & S. Mukhopadhyay., (2016). Quantitative study on shoreline changes and Erosion Hazard assessment: case study in Muriganga–Saptamukhi interfluv, Sundarban, India. *Modeling Earth Systems and Environment*. 2(75), 1-14.
10. Ghosh, M. K.; Kumar, L.; & Ch. Roy, 2015. Monitoring the Coastline Change of Hatiya Island in Bangladesh Using Remote Sensing Techniques, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101, 144-137.
11. Gorokhovitch, Y.; Leiserowitz, A.; & D. Dugan, 2014. Integrating Coastal Vulnerability and Community-Based Subsistence Resource Mapping in Northwest Alaska, *Journal of Coastal Research*, 30(1), 158- 169.
12. Guariglia, A.; Buonamassa, A.; Losurdo, A.; Saladino, R.; Trivigno, M. L.; Zaccagnino, A.; Zhao, B.; Guo, H.; Yan, Y.; Wang, Q.; & B. Li, 2007. A simple waterline approach for tidelands using multitemporal satellite images: a case study in the Yangtze Delta, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 77, 134-14.
13. Himmelstoss, E. A.; Zichichi, J. L.; & Ergul, Ayhan, 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0- An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S, *Geological Survey Open-File Report*, 1278-2008.
14. Huang, H., & H. Fan., (2004). Monitoring changes of nearshore zones in the Huang Yellow River delta sine 1976. *Oceanologia et Limnologia Sinica*. 35(4), 306-314 (in Chinese).
15. IPCC Climate Change, 2007. the Fourth Assessment Report. (AR4) of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
16. Bagdanaviciut, I.; Kelpsait, L.; & T. Soomere, 2015. Multi-criteria evaluation approach to coastal vulnerability index development in micro-tidal low-lying areas, *Ocean & coastal Management*, 104, 124-135.

17. Jonah, F. E.; Jonah, I.; Osman, A.; Shimba, M. J.; Mensah, E. A.; Adu-Boahen, K.; Chuku, E. O.; & E. Effah, 2016. Shoreline change analysis using end point rate and net shoreline movement statistics: An application to Elmina, Cape Coast and Moree section of Ghana's coast, *Regional Studies in Marine Science*, 7, 19-31.
18. Kroon, A.; Davidson, M. A.; Aarninkhof, S. G. J.; Archetti, R.; Armaroli, C.; Gonzalez, M.; Medri, S.; Osorio, A.; Aagaard, T.; Holman, R. A.; & R. Spanhoff, 2007. Application of Remote sensing Video Systems to Coastline management problems, *Coastal Engineering*, 54, 493-505.
19. Cui, B. L., & X. Y. Li., (2011). Coastline Change of the Yellow River Estuary and its Response to the Sediment and Runoff (1976–2005). *Geomorphology*. 127, 32-40.
20. Medri, S.; Osorio, A.; Aagaard, T.; Holman, R. A.; & R. Spanhoff, 2007. Application of Remote sensing Video Systems to Coastline management problems, *Coastal Engineering*, :493-505.
21. Miller, P.; Mills, J.; Edwards, S.; Bryan, P.; Marsh, S.; Hobbs, P.; & H. Mitchell., 2007. Integrated Remote Monitoring of Coastal Geohazards, *Marine Geodesy*, 30(1), 109-123.
22. Mills, J. P.; Buckley, S. J.; & H. L. Mitchell, 2003. Synergistic Fusion of GPS and Photogrammetrically Generated Elevation Models, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(4), 341-349.
23. Moore, L. J., 2000. Shoreline mapping techniques, *Journal of Coastal Research*, 16, 111-124.
24. Nuthu, R.; Gurugnanam, B.; Sudhakar, V.; & P. Glitson Francis, 2019. Estuarine shoreline change analysis along The Ennore river mouth. south east coast of India. using digital shoreline analysis system, *Geodesy and Geodynamics*, 10, 205-212.
25. Nohegar, A., & M. M. Hosseinzadeh., (2011). Sea Dynamics and the Factors Affecting Sea Level Fluctuations the Evolution of the Deltas Base in Northern Strait of Hormuz. *Jornal of Geography and Environmental planning*. 22(3), 125-142. (in persion)
26. Nohegar, A., & M. Yamani., (2006). The coatal Geomorphology og East Hormoz Strait. 1st edition University of Hormozgan., 250 p. (in persion)
27. Razmi, M.; Mohammad Asgari, H.; Dadollahi Sohrab, A.; Nazemosadat, S. M. J.; & S. H. Khazaei, 2017. Evaluation of the optimum index and MNDWI in examining coastline changes in the northern Persian Gulf (Case study: Dayyer), *Jornal of RS & GIS for Natural Resources*, 8(1), 52-65. (in persion)
28. Saxena, S.; Geethalakshmi, V.; & A. Lakshmanan, 2013. Development of habitation vulnerability assessment framework for coastal hazards:Cuddalore coast in TamilNadu, India—A case study, *Weather and Climate Extremes*, 2, 48-57.
29. Thieler, E. R.; Himmelstoss, E. A.; Zichichi, J. L.; & Ergul. Ayhan, 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0 - An ArcGIS extension for calculating shoreline change. U.S. Geological Survey Open-File Report. 1278-2008.
30. Vivek, G.; Goswami, Santonu.; Samal, R. N.; & S. B. Choudhury, 2019. Monitoring of Chilika Lake mouth dynamics and quantifying rate of shoreline change using 30 m multi-temporal Landsat data, *Data in Brief*, 22, 595-600.
31. White, K., & H. M. Asmar., 1999, Monitoring changing position of coastlines using Thematic Mapper imagery, an example from the Nile Delta, *Geomorphology*, 29, 93-105.
32. Yamani, M.; Ghadimi, M.; & A. Noahahar, 2013. Investigation of Time Changes in the East Coast of Hormoz Strait by Analyzing the Equilibrium Profiles of Al-Badad (Transect), *Jornal of Quantitative methods in geography*, 2(2), 157-174. (in persion)
33. Yamani, M.; Rahimi, S.; & S. GoodarziMehr, 2012. Periodic Changes of the East Strait of Hormuz Shore Line by Remote Sensing, *Jornal of Environmental Erosion Research Journal*, 4, 45-76. (in persion)

34. Yin, Y.; Zhou, Y.; & D. Ding, 2004. Evolution of the modern Yellow River delta coast, *Marine Science Bulletin*, 23(2), 32-40.

Time variations analysis of the Hormoz strait northern shoreline by using Digital Shoreline Analysis System (DSAS)

¹: *Ph.D candidate in Geomorphology Department, Faculty of Planning and Fatemeh Parhizkar*

Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz

MasumeRajabi: professor of Geomorphology Department, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz

Mojtaba Yamani: professor of Physical Geography Department, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran

DavudMokhtari: professor of Geomorphology Department, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz

Accepted: 11/09/2019)

Article History (Received: 07/23/2019

Extended abstract

1- Introduction

Coastal systems are very dynamic, and their movement is relatively fast due to the collision of onshore and marine environment. The majority of the world's population is concentrated along with the coastal areas. Hormuz Strait coasts are affected by morphological variables due to the hydrodynamics of the sea and the dynamics of coastal and onshore environments. Destruction, transport, and displacement of sediments, Settlement of destruction's materials, are the most prominent features of this case study. Coastal areas of Bandar Abbas are occupied by the dense of human constructions and residential people. The northern coast of the Hormoz strait has the highest tidal range in comparison with the shoreline of the Oman Sea and the Persian Gulf. Therefore, the effects of seawater in this area are more obvious than other places, and all of these factors cause coastal changes. In general, the research goal is to study the shoreline changes in a 47 years period and also find the most important factor in shoreline changes in that period, finally to predict the shoreline changes in the future.

2- Methodology

In this study, Landsat satellite images, MSS, TM, ETM +, OLI sensors from 1972 to 2019 were used to monitoring the shoreline changes in the northwest and west of the Hormuz Strait. In the next step, the necessary preprocesses (radiometric and atmospheric corrections) were applied to the images in ENVI 5.3 software. Next, the NDWI index was used to process satellite images and to separate water and land index. After that, to improve the clarity of shoreline changes, the High Pass filter was applied on each image. After applying the filter, the shoreline was extracted in each year. After extracting the shoreline, the shoreline zones turned into Vector in ENVI software and then moved to Arc GIS10.5 software. After transferring to Arc GIS10.5 software, the coast was divided into 4 zones, by using satellite images and field visits and also according to natural and human factors. Furthermore, Digital Shoreline Analysis System (DSAS) was used to analyze the shoreline variations. After calculating shoreline variations through the Digital Shoreline Analysis System, the MAPE and RMSE criteria were used to evaluate the error in the change ratio, accuracy, and positioning of shorelines in 2029 and 2039.

3- Results

¹ Corresponding Author: fatyma7parhizkar@yahoo.com

Linear Regression Rate (LRR) is derived from fitting the position of the shoreline to the shoreline time. The slope of the linear regression equation shows the displacement rate in meters per year at a confidence level of 95%. For zone A, which includes the Delta of Hasan Langi and the Shur river, the coastal displacement rate is between 0.05 to 11.04 meters per year. The positive value of the slope in the regression equation indicates the progression of the shoreline to the sea (the sedimentation process). This progress is related to the extension of two important rivers, Hasan Langhi and Shur, and the amount of sediment carried by these rivers. For zone B, the shoreline displacement is between 1.78 to 7.7 meters per year, which the coastal constructions that have expanded over the past 30 to 40 years are one of the most important factors in this case. The study of transects in this zone shows the stability of this zone because most of the shoreline changes are less than 1 meter per year. For zone C, which includes the Kol river delta, the shoreline displacement is between -0.9 to 8.58 meter per year, which the sedimentation was seen in different parts of this zone by calculations and the review of transects. In zone D that covers the area of Mangrove forests and the Mehran river delta, the shoreline displacement from -3.6 to 6.84 meter per year. Due to the values obtained from the validation of LRR and EPR parameters, the EPR parameter has less error in both MAPE and RMSE criteria and is more proper for shoreline prediction.

4- Discussion & Conclusions

During the 47 years, Linear Regression Rate (LRR) in the zones of A, B, C, and D was respectively 12.6, 1.65, 2.63 and 0.8 meters per year. According to the results, shorelines have more progress toward the sea, showing that the sedimentation is more than erosion. The changes were calculated by the transect method during four periods, and then using the statistical analysis, and finally the calculation of MAPE and RMSE. As a result, the EPR parameter was selected as the basis for predicting shorelines. The predicted shorelines for the next 10 to 20 years also show the progress of the shoreline toward the sea and the continuation of this sedimentation process. In addition, it is not possible to ignore the zones that the erosion process occurred, especially in the Hara forests in the Khor Khoran and parts of the Kol River delta and in the west zone of Bandar Abbas. The results of this study give an indication of the vulnerability of various coastal areas and essential needs for planning to protect the shoreline in different zones.

Key Words: DSAS tool, shoreline changes, Strait of Hormuz.