

مقاله پژوهشی

DOR: 20.1001.1.24767131.1401.8.2.2.2

درصد همانندی: ۶٪

بررسی تغییرات بلندمدت خط ساحلی جزیره کیش با استفاده از روش دورسنجی

مریم راهبانی^۱، رحیمه شمسایی^۲، زرافشان سالاری^۳، دانیال قادری^{۴*}

- ^۱ دانشیار، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
m_rahbani@hormozgan.ac.ir
- ^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
a.shamsaei.stu@hormozgan.ac.ir
- ^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
z.salari.stu@hormozgan.ac.ir
- ^{۴*} نویسنده مسئول، دانشجوی دکتری، گروه علوم غیرزیستی جوی و اقیانوسی، دانشکده علوم و فنون دریایی، دانشگاه هرمزگان، بندرعباس، ایران
danielghaderi.phd@hormozgan.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۳/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳

چکیده

مناطق ساحلی نواحی حساس و از نظر اقتصادی-اجتماعی بااهمیت هستند که با توجه به شرایط محیطی دریا و یا توسعه‌های مستعد تغییرات هستند. آگاهی از روند تغییرات می‌تواند نقش کلیدی در مدیریت فعالیت‌های توسعه‌ای داشته باشد. جزیره کیش واقع در شمال خلیج فارس، یکی از مقاصد مهم گردشگری و اقتصادی است و به‌عنوان سکونتگاهی جذاب مورد توجه است. آگاهی از وضعیت تغییرات خط ساحلی این جزیره از ملزومات مباحث مدیریت یکپارچه نواحی ساحلی خواهد بود. در این مطالعه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ مقدار و نرخ تغییرات خط ساحلی جزیره کیش در بازه سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۰ بررسی شده است. با استفاده از شاخص NDWI بهترین وجه تمایز دو محیط آب و خشکی برآورد شده و با استفاده از طبقه‌بندی نظارت نشده K-means دو محیط از یکدیگر تفکیک شده است. خطوط استخراج شده با استفاده از ابزار DSAS در محیط GIS مورد تحلیل قرار گرفته است. با استفاده از شاخص‌های SCE و NSM مقدار تغییرات و با استفاده از شاخص‌های EPR و LRR نرخ تغییرات برآورد شده است. نتایج نشان می‌دهد که تغییرات بلندمدت خط ساحلی (در طی ۳۲ سال) عمدتاً به شکل خطی و منظم بوده است. بخش عمده‌ای از ساحل جزیره کیش تغییرات کم (حدود ۰/۲ تا ۰/۲- متر در سال) داشته است و به ترتیب به میزان ۱۷ و ۱۹ درصد از ساحل جزیره فرم تغییرات فرسایش و انباشت رسوب بوده است و همچنین تنها ۱۸۰ متر از ساحل که مربوط به منطقه ساحل ماشه است با نرخ بالای فرسایش به میزان بیش از ۲/۰ متر در سال همراه بوده است.

واژه‌های کلیدی: جزیره کیش، تغییرات خط ساحلی، DSAS، NDWI، K-means

۱. مقدمه

مناطق ساحلی محدوده‌ای بین سامانه خشکی و آب است که متأثر از جو است و دائماً با یکدیگر در تعامل هستند [۱]. این ناحیه ماهیتی پویا و فعال دارد و نقش شگرفی در مباحث مدیریت اقتصادی و اجتماعی ایفا می‌کند [۲]. خط ساحلی^۱ بخشی از منطقه ساحلی است که دائماً متأثر از پدیده‌هایی همچون کشند، امواج، جریان و فعالیت‌های انسانی است [۳-۵]. از این رو انتظار می‌رود این بخش از منطقه ساحلی با تغییراتی همراه باشد که در شرایط حدی جوی دریایی یا دخالت‌های غیراصولی انسانی، تغییرات قابل توجه خواهد بود و یا در شرایط معمول انرژی‌های محیط مجموع تغییرات در سطح پایینی و به شکل پایدار رخ خواهد داد. در هر دو صورت آگاهی نسبت به وضعیت تغییرات خط ساحلی برای مسائل مدیریتی و توسعه نوار ساحلی کلیدی است [۵ و ۶].

جزیره کیش جزیره کوچک و از اهداف مهم گردشگری است؛ از این رو همواره مطالعات مربوط به ICZM^۲ را نیاز خواهد داشت، چرا که با کوچک‌ترین تغییرات ناشی از دخالت انسان یا حتی اقلیمی، می‌تواند وضعیت زیست و اقتصادی-اجتماعی جزیره را تحت تأثیر قرار دهد. در مطالعه پاک و همکاران [۷]، اشاره شده است که چهار برنامه راهبردی شامل طرح مدیریت زیست‌محیطی، طرح مدیریت خط ساحلی، طرح پایش و ارزیابی و طرح کاربری اراضی ضروری است. این مطالعه با بررسی تغییرات خط ساحلی به شکل بلندمدت، می‌تواند در ترسیم وضعیت مدیریت نوار ساحلی جزیره نقش داشته باشد.

در این مطالعه، با به کارگیری روش‌های GIS و RS، به شکل تاریخی‌چه‌ای میزان تغییرات و نرخ تغییرات خط ساحلی در امتداد ساحل جزیره کیش محاسبه شده است. تجزیه و تحلیل و پیش‌بینی تغییرات خط ساحلی برای مدیریت یکپارچه منطقه ساحلی ضروری است، از طرفی بررسی‌های میدانی همواره با هزینه‌های گزاف همراه است؛ از این رو در این تحقیق از روش‌های RS و GIS به‌عنوان ابزار قابل اعتماد برای تهیه داده‌ها، اطلاعات و تحلیل‌های زمانی و مکانی به‌منظور تعیین موقعیت خط ساحلی و تغییرات آن استفاده می‌شود [۸].

مطالعات مختلفی با این اهداف در مناطق مختلف دریایی انجام شده است. قادری و راه‌بانی، در بخش شهری نوار ساحلی بندرعباس میزان تغییرات خطوط سواحل را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و ۸ و همچنین تصاویر Sentinel-2A، در بازه زمانی ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ برآورد کرده‌اند. از شاخص NDWI^۳ برای تفکیک محیط آب و خشکی و الگوریتم K-means برای طبقه‌بندی دو محیط استفاده کرده‌اند. شناسایی تغییرات خط ساحلی بررسی آماری با ابزار DSAS^۴ و شاخص‌های NSM^۵، SCE^۶، EPR^۷ و LRR^۸ صورت گرفته است. بر اساس مطالعه ایشان؛ خط ساحلی بندرعباس به‌طور کلی در معرض فرسایش یا انباشت شدید رسوب نیست. اسکله نخل ناخدا (در شرق ساحل بندرعباس) و دهانه رودخانه شور (در غرب ساحل بندرعباس) به‌عنوان ناحیه حساس ارزیابی شده به‌نحوی که بیشینه و کمینه تغییرات ۳۱/۰۷+ و ۴/۸۳+ متر بر سال است، در صورتی که میانگین میزان تغییرات در کل منطقه مورد مطالعه ۱۲/۳۴+ متر بر سال بوده است [۵]. در مطالعه دیگری قادری و راه‌بانی، تغییرات خط ساحلی در اطراف بندر بريس واقع در شرق چابهار را با استفاده از روش RS در بستر GIS بررسی کردند. آن‌ها در مطالعاتشان با استفاده از شاخص‌های NSM، SCE، EPR و LRR از ابزار DSAS، نرخ فرسایش و انباشت رسوب برای کل منطقه را محاسبه کردند و ادعا کردند که باتوجه به شاخص LRR، کمترین نرخ تغییر خط ساحلی ۱/۵۱- متر در سال در بازوی شرقی بندرگاه است در صورتی که بیشترین نرخ تغییر خط ساحلی ۷/۴ متر در سال در کل بندرگاه رخ می‌دهد [۹]. مسکانانفولا و همکاران، باهدف تجزیه و تحلیل تغییرات خط ساحلی در سواحل سایونگ طی دوره ۲۴ ساله از سال ۱۹۹۴ تا ۲۰۱۸ مطالعه‌ای انجام داده‌اند. داده‌های خط ساحلی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای لندست ۵، ۷ و Sentinel-2A بود. با استفاده از شاخص‌های آماری ابزار DSAS نرخ فرسایش و انباشت را چنین برآورد کردند که بیشینه تغییرات خط ساحلی با توجه به شاخص NSM ۵۹۲ متر بوده است [۱۰]. در تحقیقی دیگر با هدف آشکارسازی ساحل، خط ساحلی و تغییرات آن در سال‌های ۲۰۰۱، ۲۰۰۹ و ۲۰۱۶ در منطقه میانکاله، از ماهواره لندست و Sentinel-2A

استفاده گردیده و شاخص NDVI و سه فیلتر آشکارساز لبه Prewitt, Sobel و Zerocross به کار گرفته شده است. نتایج تغییرات محسوس بوده که ناشی از تغییر تراز سطح آب دریای کاسپین یا ناشی از افزایش رسوبات در خط ساحلی اعلام شده است [۱۱]. کومولافه و همکاران، در مطالعه‌ای با استفاده از روش‌های RS و GIS و بهره‌گیری از روش‌های آماری ابزار DSAS تغییرات (مکانی-زمانی) خط ساحلی در امتداد شهر ایلاجه در نیجریه را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. بر اساس مطالعات دوره بلندمدت ۳۱ ساله و با اعمال طبقه‌بندی نظارت شده بیان کردند که حدود ۴۰ کیلومتر از خط ساحلی میانگین مثبت ۱/۰۸ متر در سال تغییر داشته، ۳۵/۴ کیلومتر فرسایش ساحلی با میانگین ۱/۴۰- متر در سال و ۴/۶ کیلومتر از ساحل تقریباً پایدار بوده است. آن‌ها ادعا کردند که فرسایش قابل ملاحظه در منطقه می‌تواند بر هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی تأثیر زیادی بگذارد [۱۲].

به‌منظور بررسی رفتار بلندمدت خط ساحلی جزیره کیش (بین سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۰)، از تصاویر ماهواره لندست ۵ و ۷ استفاده شده است، همچنین برای بررسی آماری نتایج تغییرات از ابزار DSAS کمک گرفته شده است.

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. منطقه مورد مطالعه

جزیره کیش واقع در سواحل شمالی خلیج فارس و در محدوده شهرستان بندرلنگه، استان هرمزگان است (شکل ۱). این جزیره گردشگری در موقعیت جغرافیایی طول 53° و 53° تا 54° و شرقی و عرض 26° و 29° تا 26° و 35° شمالی قرار دارد [۱۳]. مساحت تقریبی جزیره کیش ۹۱/۵ کیلومترمربع است [۱۴] و چهل هزار نفر جمعیت دارد و از طرفی به‌عنوان یکی از مناطق آزاد تجاری و اقتصادی ایران

شناخته می‌شود [۱۵]. این جزیره گردشگری سالانه در حدود ۲ میلیون گردشگر دارد و یکی از مقاصد عمده گردشگری در ایران و منطقه خلیج فارس است. علاوه بر شاخص بودن در زمینه گردشگری، این جزیره تنوع زیستی قابل توجهی دارد [۱۴]. این جزیره در فاصله ۱۹ کیلومتری از سرزمین اصلی قرار دارد و با شهر بندرلنگه و بندرعباس به ترتیب ۱۴۲ و ۳۳۰ کیلومتر فاصله دارد. جزیره کیش به شکل بیضوی است؛ بزرگ‌ترین طول قطر آن ۱۵/۴۵ و کوچک‌ترین قطر آن ۷/۵ کیلومتر است. این جزیره دارای حداکثر ارتفاع ۴۰ متر نسبت به MSL^9 است [۱۶]. دمای هوا در ماه‌های سرد و گرم به ترتیب ۱۵ و 40° درجه سانتی‌گراد [۱۷] و دمای آب دریا در اطراف این جزیره در حدود ۲۲ تا 33° درجه سانتی‌گراد [۱۸] بیان شده است. حداکثر دامنه کشندی منطقه در حدود ۱/۸ متر است. میزان بارندگی به شکل تقریبی ۱۵۰ میلی‌متر در سال است که به این معنی است که منطقه آب‌وهوای بسیار خشک نیمه استوایی دارد [۱۹ و ۱۵]. میانگین عمق در نواحی ساحلی جزیره در حدود ۱۰ متر است و حداکثر به ۲۰ متر می‌رسد [۱۵]. میانگین سرعت باد بین $3/0$ تا $4/4$ متربرثانیه است که عمدتاً در ماه‌های اردیبهشت و دی رخ می‌دهد و همچنین میانگین سالانه باد در حدود $3/7$ متربرثانیه است [۲۰]. با توجه به موقعیت قرارگیری جزیره کیش، نسبتاً دور از سرزمین اصلی و از طرفی دیگر وزش بادهای با سرعت نسبتاً بالا سبب شده است مناطق ساحلی جزیره کیش در معرض انرژی امواج بلند باشند. به‌طوری‌که برآورد شده است که در فصل زمستان، سطح انرژی امواج در سواحل جزیره کیش به 10 kW/m می‌رسد و از این منطقه به‌عنوان یکی از کانون‌های انرژی امواج یاد شده است [۲۱]. از این رو پیش‌بینی می‌شود که خط ساحلی جزیره کیش در معرض تغییرات ناشی از انرژی امواج باشد.



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه، الف و ب) موقعیت جزیره کیش نسبت به ایران و خلیج فارس، ج) تصویر کانال رنگی RGB ماهواره لندست ۸ از جزیره کیش، در شکل نواحی مختلف نوار ساحلی با نام و شماره معرفی شده است.

۲-۲. داده‌های مورد استفاده و پردازش تصویر

در شرایطی است که تراز کشندی نزدیک به ۰/۰۲ متر است. برای برآورد وضعیت تراز کشندی از مدل جهانی کشند Mike 21 استفاده شده است [۲۴]. به کارگیری روش RS در شناسایی خط ساحلی، پس از انتخاب تصاویر، شامل دو مرحله پیش‌پردازش و پردازش است [۵ و ۹]. به شکل کلی تصاویر ماهواره‌ای به سه تصحیح؛ ژئومتریک، رادیومتریک و اتمسفریک نیاز دارند [۲۵ - ۲۷]. محصولات ماهواره‌ای سطح ۱ لندست دارای تصحیح ژئومتریک و سیستم مختصات UTM/WGS84 است [۵ و ۲۵]، اما در این مطالعه قبل از اعمال تصحیحات دیگر، با انتخاب نقاط کنترلی در منطقه، صحت و کارایی سیستم مختصات محصولات لندست مورد ارزیابی قرار گرفت. در ادامه با استفاده از برنامه ENVI v.5.3 دو تصحیح رادیومتریک و اتمسفریک بر تصاویر اعمال شد [۹]. تصحیح اتمسفریک با استفاده از روش FLAASH انجام گرفته است، در مطالعات متعددی با بهره‌گیری از این روش، مراحل پیش‌پردازش تصاویر لندست را انجام داده‌اند [۵ و ۲۸-۳۰].

در این مطالعه به منظور بررسی بلندمدت تغییرات خط ساحلی از تصاویر ماهواره‌ای مربوط به لندست استفاده شده که بیشترین بازه زمانی را پوشش می‌دهد. از این‌رو از داده‌های لندست ۵، ۷ و ۸ از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۰ با گام زمانی دو سال استفاده شده است (به جز سال ۱۹۹۴ که مناسب تجزیه و تحلیل نبوده است). تصاویر مورد اشاره از USGS^{۱۰} تهیه شده است [۲۲]. داده‌های لندست تفکیک مکانی ۳۰ متر دارد و شامل باندهای مرئی، مادون قرمز نزدیک و مادون قرمز کوتاه است [۲۳]. تمامی داده‌ها در شرایط بدون پوشش ابر و در بازه‌ای انتخاب شده‌اند که بارندگی محسوس وجود نداشته است از این‌رو انتظار می‌رود اثر شرایط حاد جوی در ناحیه ساحلی نامحسوس باشد. علاوه بر این به دلیل حساسیت تغییرات خط ساحلی به تراز کشندی [۵]، تصاویری انتخاب شده است که در زمان ثبت، تراز کشند حداقل اختلاف را داشته باشد. در جدول یک اطلاعات تصاویر مورد استفاده و میزان تراز سطح آب نیز مشخص شده است، به شکل میانگین تمامی تصاویر

جدول ۱: اطلاعات تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده

Path / Row	ماهواره	تاریخ	تراز سطح آب (متر)	رزولوشن (متر)
۱۶۱/۰۴۲	لندست ۵	۱۹۸۸/۲۵/۰۶	-۰/۱	۳۰
	لندست ۵	۱۹۹۰/۱۲/۰۴	-۰/۱	۳۰
	لندست ۵	۱۹۹۲/۱۹/۰۵	-۰/۱	۳۰
	لندست ۵	۱۹۹۶/۱۴/۰۵	۰/۰	۳۰
	لندست ۵	۱۹۹۸/۲۱/۰۶	-۰/۱	۳۰
	لندست ۵	۲۰۰۰/۲۸/۰۷	۰/۱	۳۰
	لندست ۵	۲۰۰۲/۰۳/۰۸	۰/۱	۳۰
	لندست ۷	۲۰۰۴/۲۹/۰۵	۰/۰	۳۰
	لندست ۷	۲۰۰۶/۰۵/۰۷	۰/۰	۳۰
	لندست ۷	۲۰۰۸/۱۰/۰۷	۰/۰	۳۰
	لندست ۷	۲۰۱۰/۳۰/۰۶	۰/۰	۳۰
	لندست ۷	۲۰۱۲/۰۳/۰۶	۰/۱	۳۰
	لندست ۸	۲۰۱۴/۱۷/۰۶	۰/۰	۳۰
	لندست ۸	۲۰۱۶/۲۱/۰۵	۰/۰	۳۰
	لندست ۸	۲۰۱۸/۲۱/۱۲	۰/۰	۳۰
	لندست ۸	۲۰۲۰/۰۱/۰۶	۰/۰	۳۰

۲-۳. استخراج خطوط ساحلی و تحلیل آماری

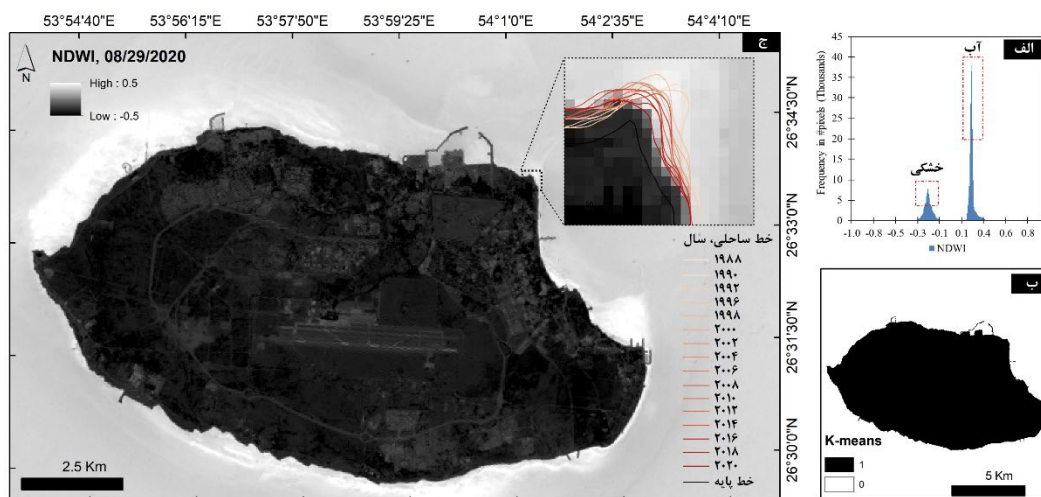
با توجه به خصوصیات رفتار طیفی دو محیط، می‌توان با اعمال نسبت بانندی (ترکیب باندهای مختلف طیفی) بهترین وجه تمایز تفکیک دو محیط آبی و خشکی را تولید کرد [۵] و [۹]. نسبت‌های بانندی متعددی برای ایجاد این تفاوت مطرح است، از قبیل: $NDVI^{11}$ [۳۱]، $NDWI^{12}$ [۳۲]، $MNDWI^{13}$ [۳۳] و $AWEI^{13}$ [۳۴]. در این مطالعه از شاخص $NDWI$ استفاده شد است. این شاخص از ترکیب دو باند سبز و مادون قرمز بهره می‌گیرد؛ که در آن با استفاده از این خاصیت که طول موج سبز بازتاب آب را به حداکثر می‌رساند و طول موج مادون قرمز نزدیک بازتاب آب را به حداقل و از طرفی بازتاب گیاهی و خاک را به حداکثر می‌رساند در نتیجه می‌توان این دو پدیده را از یکدیگر تشخیص و تمیز داد [۵] و [۳۲]. در نتیجه، ویژگی‌های آبی مقادیر مثبت (افزایش یافته) در حالی که ویژگی‌های پوشش گیاهی و خاک مقادیر منفی می‌شوند. معادله ۱ شاخص $NDWI$ را نشان می‌دهد [۳۲].

B_{Green} مربوط به باند سبز است که در سنجنده TM و $ETM+$ باند شماره ۲ و در حس گر OLI باند شماره ۳ است. B_{NIR} مربوط به باند مادون قرمز نزدیک است که در حس گر TM و $ETM+$ باند شماره ۴ و در حس گر OLI باند شماره ۵ است. مرکز طول موج باند ۲ حس گر TM و $ETM+$ و باند ۳ حس گر OLI $0.560 \mu m$ است. مرکز طول موج باند ۴ حس گر TM و $ETM+$ و باند ۵ حس گر OLI به ترتیب، $0.830 \mu m$ و $0.865 \mu m$ است [۵ و ۹]. قدرت تفکیک مکانی تمامی سنجنده‌ها نیز ۳۰ متر است. در شکل ۲ ج، خروجی شاخص $NDWI$ نشان داده شده است، مقادیر پیکسل‌ها بین -0.5 و 0.5 است که به ترتیب بیانگر محیط خشکی و آبی است. با توجه به نمودار بافت‌نگار توزیع داده‌های فایل رستر $NDWI$ (شکل ۲ الف)، مشخص است که یک توزیع دوقله‌ای وجود دارد که هر یک از قله‌ها بیانگر محیط آبی و خشکی است [۵، ۲۴ و ۳۲]. با برآورد حد آستانه تغییرات توزیع داده‌ها می‌توان مرز تغییرات را محاسبه نمود. این مرز

$$NDWI = \frac{B_{Green} - B_{NIR}}{B_{Green} + B_{NIR}} \quad (1)$$

کلاس ۰ (آب) و یک (خشکی) تبدیل شده است (شکل ۲ ج).

تغییرات همان مرز بین دو محیط خشکی و آبی است. در این مطالعه با استفاده از الگوریتم طبقه‌بندی نظارت نشده K-means، با توجه به توزیع دو قله‌ای فایل رستر NDWI، به دو



شکل ۲. الف) بافت‌نگار داده‌های NDWI (توزیع دو قله‌ای)، ب) فایل رستر طبقه‌بندی نظارت‌نشده به روش K-mean، ج) فایل رستر شاخص NDWI

خطوط ساحلی (به کمک خط پایه^{۱۶}) ایجاد می‌شود و فاصله هر خط ساحلی در امتداد ترانسکت با توجه به زمان، محاسبه می‌شود [۵، ۹ و ۳۷]. در این مطالعه با توجه به رزولوشن مکانی تصاویر ماهواره‌ای ترانسکت‌ها در فواصل ۳۰ متر ایجاد شده است که در مجموع ۱۲۹۰ ترانسکت در امتداد ۳۸۷۰۰ متر طول خط ساحلی جزیره کیش وجود خواهد داشت.

ابزار DSAS از شاخص‌های آماری مختلفی برای برآورد مقدار و نرخ تغییرات استفاده می‌کند. شاخص SCE میزان حداکثر فاصله بین تمامی خطوط ساحلی (بدون در نظر گرفتن زمان) را محاسبه می‌کند (معادله ۳)، از این رو این شاخص به نحوی شدیدترین تغییرات رخ داده در طول بازه زمانی مورد مطالعه را تعیین می‌کند که ممکن است در طول سال‌ها این تغییرات به شکل پیش‌روی (انباشت) و یا پس‌روی (فرسایش) باشد. باید توجه داشت که این شاخص نوع تغییرات را نشان نمی‌دهد و صرفاً شدیدترین تغییر رخ داده در هر ترانسکت را محاسبه می‌کند. شاخص NSM تنها فاصله مکانی بین جدیدترین و قدیمی‌ترین خط ساحلی را برآورد می‌کند (معادله ۴). از این رو نمی‌توان انتظار داشت که اگر تغییراتی ناگهانی در میانه بازه زمانی مورد مطالعه رخ داده

در معادله ۲ نحوه عملکرد الگوریتم K-means نشان داده شده است [۳۵ و ۳۶].

$$e^2(K) = \sum_{k=1}^K \sum_{i \in C_k} (x_i - C_k)^2 \quad (2)$$

که در آن C_k مرکز خوشه C_k است و K تعداد خوشه‌ها است [۳۶].

در ادامه با استفاده از برنامه ArcMap v.10.8، فایل رستر کلاس‌بندی شده به پلی‌گون^{۱۴} و سپس به لاین^{۱۵} تبدیل شده است. لاین استخراج شده بین دو محیط آبی و خشکی (دو کلاس) همان خط ساحلی مدنظر است. فرایند معرفی شده بر تمامی تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شده اعمال شده است، در نهایت ۱۶ خط ساحلی استخراج شد. به این ترتیب با مقایسه قرارگیری خطوط ساحلی می‌توان به تغییرات خط ساحلی پی برد. برای این منظور با استفاده از ابزار DSAS v.5 [۳۷] توسعه یافته توسط USGS، در محیط ArcMap v.10.8 تحلیل آماری تغییرات خط ساحلی بلندمدت جزیره کیش صورت گرفته است. در مطالعات مختلفی با استفاده از این ابزار میزان تغییرات خط ساحلی را محاسبه کرده‌اند [۵، ۹، ۲۸، ۳۰، ۳۸-۴۰]. نحوه کار ابزار DSAS، بر اساس فاصله خطوط ساحلی از یکدیگر است، برای این منظور ترانسکت‌هایی عمود بر

۳. یافته‌ها

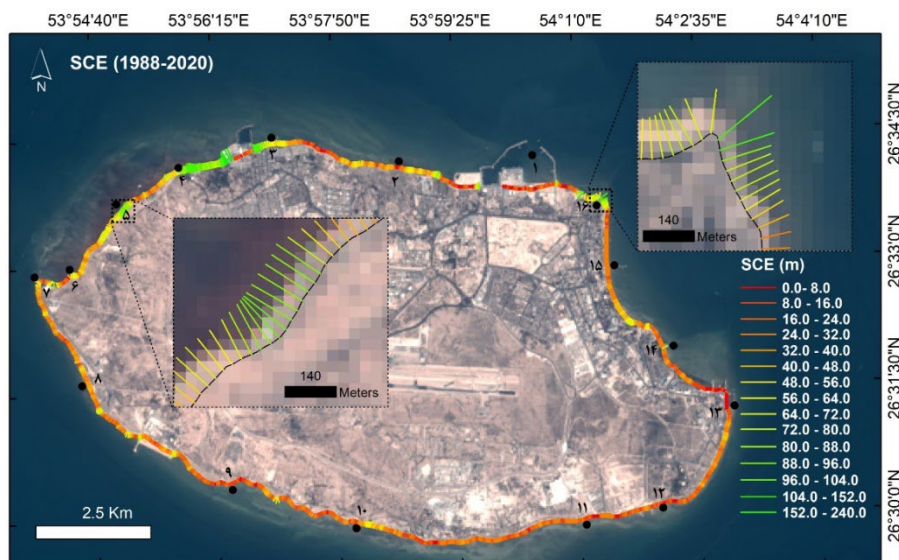
پس از محاسبه تغییرات خط ساحلی با استفاده از ابزار DSAS، برای بررسی وضعیت جزیره کیش، گراف نتایج به تفکیک شاخص‌های؛ SCE، NSM، EPR و LRR رسم شده است. نتایج شاخص SCE در شکل ۳ نشان داده شده است، همان‌طور که گفته شد این شاخص توانایی مشخص نمودن بیشینه تغییرات خطوط ساحلی در هر ترانسکت را دارد. میانگین بیشترین تغییر خطوط ساحلی از سال ۱۹۸۸ تا ۲۰۲۰ برابر با ۳۳/۵ متر (انحراف معیار ۲۶/۰) است. کمینه و بیشینه این تغییرات به ترتیب؛ صفر و ۲۴۰ متر بوده است. در شکل ۳ مقادیر ترنسکت‌ها بین دو طیف رنگی قرمز (کمینه تغییرات) و سبز (بیشینه تغییرات) مشخص شده است. بیشتر خط ساحلی جزیره تغییرات کمی دارد؛ نواحی جنوبی جزیره عمدتاً تغییر کمتر از ۴۰ متر دارد، هرچند که در مسافت‌های کوتاهی تغییرات بالاتر نیز مشاهده می‌شود؛ برای نمونه در ساحل دریا غاری (شماره ۱۰) وضعیت به این شکل است. در بخش شرقی جزیره در ناحیه اسکله بزرگ تفریحی (شماره ۱۵) سطح تغییرات بین ۴۰ تا ۷۰ متر بوده است و در بخش ساحل ماشه (شماره ۱۶) بیشینه تغییرات خط ساحلی رخ داده است. علاوه بر این در ناحیه شمال شرقی در حد فاصله اسکله تفریحی میرمهنا و ساحل ایمان (شماره ۳ و ۴) سطح تغییرات بالا است. ساحل ترنج (شماره ۵) در بخش شرقی نیز این شرایط را دارد.

باشد توسط این شاخص در نظر گرفته شود، البته این شاخص اگر منفی باشد به معنی فرسایش و اگر مثبت باشد به معنی انباشت رسوب خواهد بود. هر دو شاخص بیان شده تنها مقدار تغییرات خط ساحلی را برآورد می‌کند، برای پی‌بردن به نرخ تغییرات دو شاخص پر استفاده EPR و LRR وجود دارد که با در نظر گرفتن بازه زمانی تغییرات، نتایج را محاسبه می‌کند. شاخص EPR از حاصل نسبت مقدار NSM بر بازه زمانی حاصل می‌شود (معادله ۵). نکته‌ای که مطرح است، در این شاخص نیز تغییرات ناگهانی و نامنظم بین سال‌های مورد مطالعه دیده نخواهد شد. شاخص LRR نیز به منظور در نظر گرفتن تمامی تغییرات بازه زمانی ایجاد شده است و اساس کار آن با توجه به مقدار شیب معادله خطی تغییرات خطوط ساحلی است. به عبارتی می‌توان گفت این شاخص با در نظر گرفتن رفتار تمامی خطوط ساحلی برآوردی از نرخ تغییرات را ارائه می‌کند [۵ و ۳۷].

$$SCE = \text{greatest distance between all shoreline} \quad (3)$$

$$NSM = \text{oldest shoreline } (s_0) - \text{youngest shoreline } s_y \quad (4)$$

$$EPR = \frac{NSM}{\text{time between oldest and youngest shoreline}} \quad (5)$$

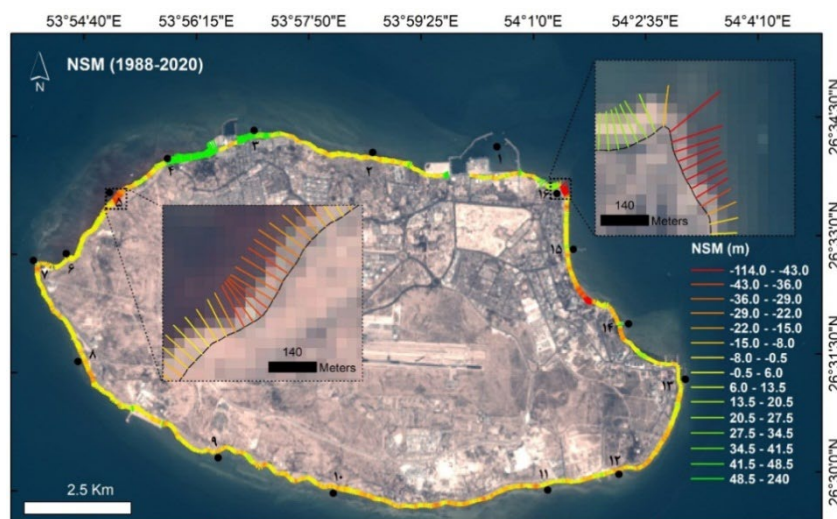


شکل ۳. نتایج تغییرات خط ساحلی جزیره کیش (۱۹۸۸-۲۰۲۰) بر اساس شاخص آماری SCE

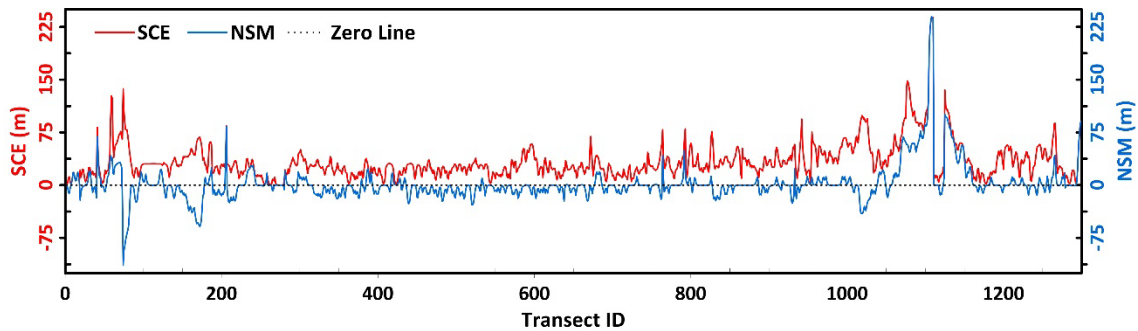
با توجه به شاخص SCE در این بخش بیشینه تغییرات مطرح بود که به کمک شاخص NSM می‌توان متوجه شد که هر دو فرم فرسایشی و انباشت رسوب رخ داده است. بخش شمال غربی جزیره (حدفاصل اسکله تفریحی میرمهنا تا ساحل ایمان (شماره ۳ و ۴)) نیز تغییرات تنها به فرم انباشت به اندازه تقریبی ۴۵/۰ تا ۲۴۰ متر دیده می‌شود (شاخص SCE نیز تغییرات بالا را بیان می‌کرد). شاخص SCE ساحل ترنج (شماره ۵) را با سطح بالای تغییرات بیان می‌کرد که نتایج NSM بیانگر فرم فرسایشی خط ساحلی است که به میزان ۲۹/۰ تا ۴۳/۰ متر است. در بخش ساحل کلبه هور (شماره ۷) و ساحل کشتی یونانی (شماره ۸) نیز تا حدودی تغییرات فرسایشی دیده می‌شود.

در نمودار شکل ۵ نتایج مقادیر تغییر خط ساحلی بر اساس دو شاخص SCE و NSM مقایسه شده است. میزان همبستگی این دو شاخص ۰/۶ است، به این معنی که بخش عمده‌ای از خط ساحلی جزیره رفتار مشابهی در هر دو شاخص دارند، اما در ترانسکت‌هایی که تفاوت وجود دارد، بیانگر تفاوت رفتاری (فرسایشی یا انباشتی) آن ترانسکت‌ها است. برای مثال در ترانسکت‌های ۵۰ تا ۱۰۰، ۱۵۰ تا ۲۰۰، ۴۵۰ تا ۵۵۰ و ۱۰۰۰ تا ۱۰۵۰ تفاوت رفتار دیده می‌شود و در دیگر ترانسکت‌ها رفتار تا حدودی مشابه است.

نتایج شاخص NSM در شکل ۴ نشان داده شده است، این شاخص تنها قادر به محاسبه فاصله بین قدیمی‌ترین و جدیدترین خط ساحلی است و نتایج نیز به شکل منفی (فرسایش) یا مثبت (انباشت) بیان می‌شود. میانگین این تغییرات ۲/۰ متر (انحراف معیار برابر با ۲۵/۶) و با کمینه و بیشینه ۱۱۴/۰- و ۲۴۰ متر است. همان‌طور که مشخص است علاوه بر شدت تغییرات نوع تغییر نیز مشخص است. بر اساس راهنمای گراف تغییرات شاخص NSM (شکل ۴)، ترانسکت‌های قرمز تغییرات بیشینه از نوع فرسایش و سبز تغییرات بیشینه از نوع انباشت را بیان می‌کند و رنگ زرد بیانگر تغییرات کم است. از این رو مشخص است بیشتر خط ساحلی جزیره کیش تغییرات کمی دارد. در نواحی جنوبی جزیره شدت تغییرات اندک است با وجود این در بخش‌های کوچکی تغییرات از نوع فرسایش دیده می‌شود و در مجاورت با بازوهای موج‌شکن در مسافت‌های اندک انباشت نیز رخ داده است. ناحیه شرقی عمدتاً تغییرات اندک (بین ۸/۰- تا ۱۳/۵ متر) است اما در ساحل مرجان (شماره ۱۴) و در بخش پایینی اسکله بزرگ تفریحی (شماره ۱۵) تغییرات از نوع فرسایش به شکل قابل توجه دیده می‌شود، این تغییرات در حدود ۲۹/۰- تا ۱۰۰- متر است. در بخش شمال شرقی و ساحل ماشه (شماره ۱۶)، دو فرم تغییر فرسایش و انباشت بیشینه به شکل متوالی دیده می‌شود؛ سطح فرسایش بیشینه به مقدار ۱۱۴/۰ متر و انباشت در حدود ۴۰/۰ متر رخ داده است.



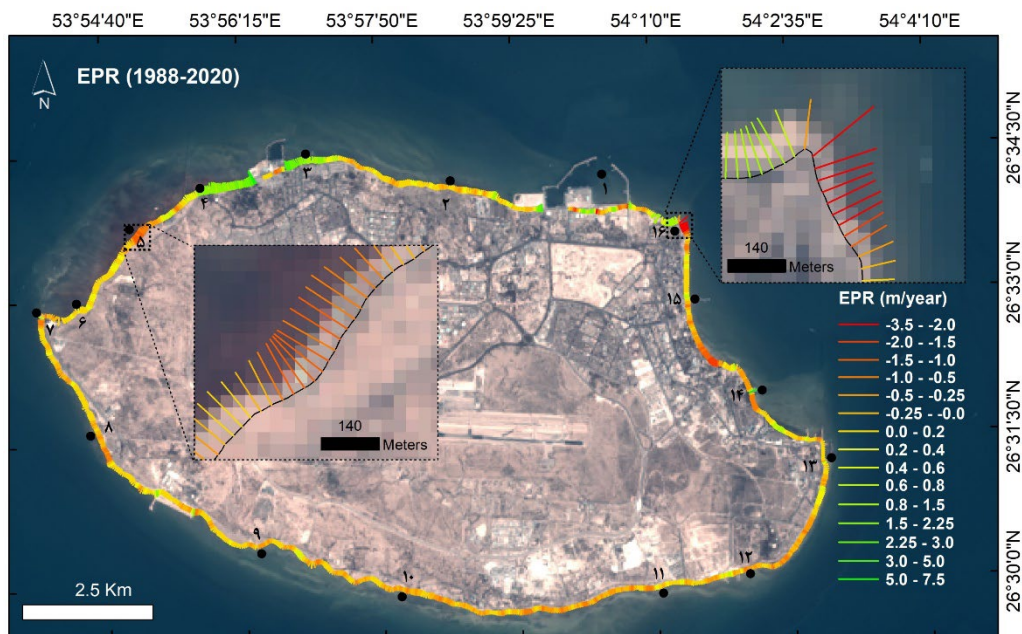
شکل ۴. نتایج تغییرات خط ساحلی جزیره کیش (۱۹۸۸-۲۰۲۰) بر اساس شاخص آماری



شکل ۵. مقایسه نتایج تغییرات خط ساحلی جزیره کیش (۱۹۸۸-۲۰۲۰) بر اساس شاخص آماری SCE و NSM

اسکله بزرگ تفریحی (شماره ۱۵) نرخ فرسایشی قابل توجه دیده می‌شود که حداکثر تا ۲/۰- متر در سال نیز می‌رسد. در ساحل ماشه (شماره ۱۶) که بیشینه تغییرات به فرم فرسایشی است، شاهد نرخ حداکثری ۳/۵- متر در سال هستیم. در بخش شمال غربی حدفاصل ساحل تفریحی میرمهنا تا ساحل ایمان (شماره ۳ و ۵) فرم انباشت رسوب با نرخ ۱/۵ تا ۷/۵ متر در سال دیده می‌شود. نرخ فرسایشی ساحل ترنج (شماره ۵) نیز در حدود ۱/۵ تا ۲/۰ متر در سال است.

شکل‌های ۶ و ۷ به ترتیب نرخ تغییرات خط ساحلی با توجه به شاخص EPR و LRR را نشان داده است. شاخص EPR در واقع همان نتایج شاخص NSM با در نظر گرفتن بازه زمانی (۱۹۸۸ تا ۲۰۲۰) است. میانگین نرخ تغییرات بر اساس شاخص EPR برابر با ۰/۱ متر در سال است (انحراف معیار ۰/۹). بیشینه و کمینه تغییرات که بیانگر نرخ انباشت رسوب و فرسایش است به ترتیب، ۷/۵ و ۳/۶- متر در سال بوده است. بخش جنوبی جزیره نرخ تغییرات بین ۱/۰- تا ۰/۴ متر در سال است. در بخش شرقی در سواحل مرجان (شماره ۱۴) تا



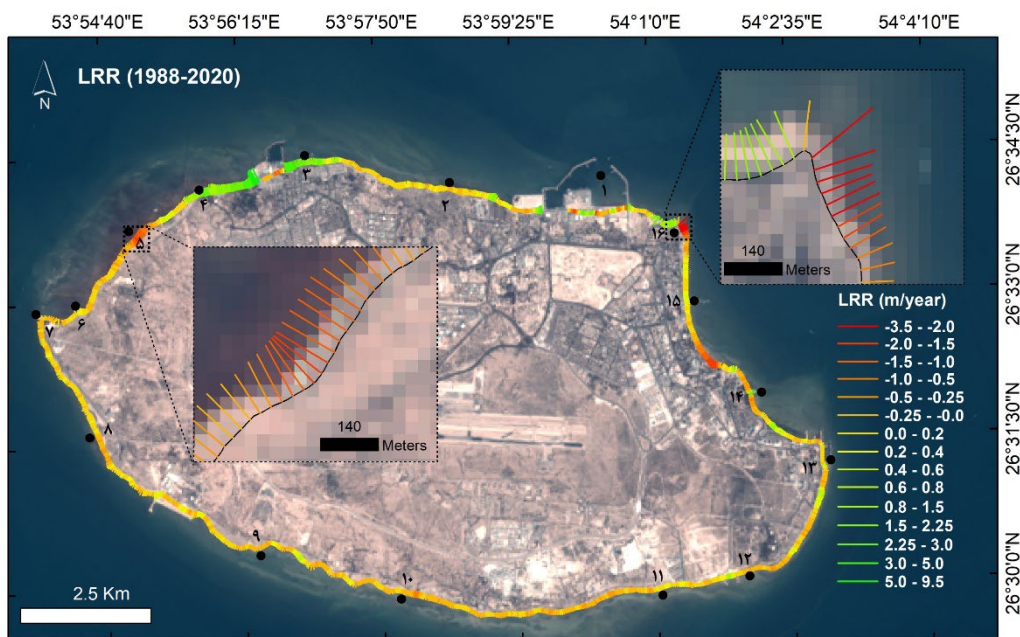
شکل ۶. نتایج نرخ تغییرات خط ساحلی جزیره کیش (۱۹۸۸-۲۰۲۰) بر اساس شاخص آماری EPR

مقایسه با شاخص EPR نشان از بزرگ‌تر بودن جزئی نرخ تغییرات است. باین حال از آنجایی که شاخص LRR تمامی تغییرات خطوط ساحلی را در نظر می‌گیرد می‌توان گفت شاخص مناسب‌تری برای توصیف شرایط جزیره کیش است. در نمودار شکل ۸، مقایسه دو شاخص EPR و LRR نشان

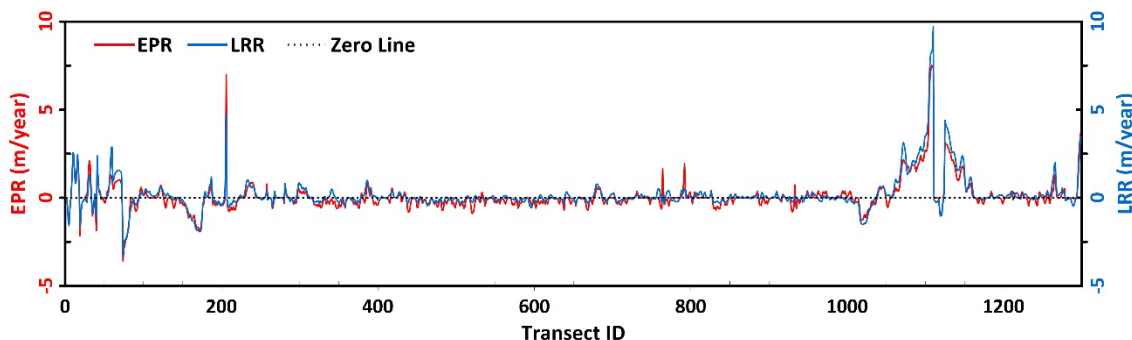
نتایج کلی نرخ تغییرات بر اساس شاخص LRR (شکل ۷)، مشابه شاخص EPR است. البته در ترنسکت‌ها تفاوت‌هایی دیده می‌شود. میانگین نرخ تغییرات شاخص LRR با انحراف معیار ۱/۰ برابر با ۰/۲ متر در سال است و بیشینه و کمینه نرخ تغییرات به ترتیب برابر با ۱/۰ و ۳/۴- متر در سال است که در

۲۰۲۰ عمدتاً خطی بوده است و تغییرات ناگهانی و نامنظم رخ نداده است.

داده شده است. میزان همبستگی این دو شاخص بسیار بالا و ۰/۹۶ است و از آنجایی که شاخص LRR خطی عمل می‌کند می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات خط ساحلی از سال ۱۹۸۸ تا



شکل ۷. نتایج نرخ تغییرات خط ساحلی جزیره کیش (۱۹۸۸-۲۰۲۰) بر اساس شاخص آماری LRR



شکل ۸. مقایسه نتایج نرخ تغییرات خط ساحلی جزیره کیش (۱۹۸۸-۲۰۲۰) بر اساس شاخص آماری LRR و EPR

بازه عددی ۰/۲ تا ۲/۰ متر در سال به عنوان بخش انباشت، بازه عددی کمتر از ۲/۰- متر در سال به عنوان فرسایش بالا و بازه عددی بزرگ‌تر از ۲/۰ متر در سال به عنوان انباشت بالا در نظر گرفته شده است (جدول ۲). به شکل کلی استاندارد جامعی برای طبقه‌بندی نرخ خطوط ساحلی ارائه نشده است [۴۱]، با این حال در برخی از مطالعات مثل [۵] و [۴۲]، طبقه‌بندی بر اساس مقادیر محاسبه شده شاخص LRR یا EPR در نظر گرفته شده است. شکل ۹ نتایج طبقه‌بندی پنج کلاس نرخ تغییرات خط ساحلی جزیره کیش را نشان می‌دهد؛ تنها در بخش شمال شرقی جزیره در ناحیه ساحل

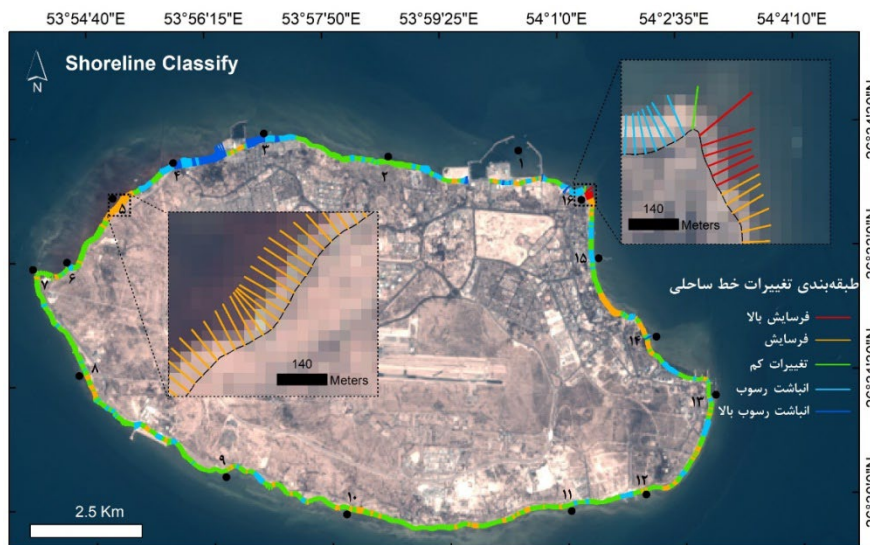
۴. بحث

به منظور ارائه یک دسته‌بندی کلی با توجه تغییرات بلندمدت خط ساحلی جزیره، متناسب با مقادیر تغییرات پنج کلاس؛ تغییرات پایین، انباشت، فرسایش، انباشت بالا و فرسایش بالا در نظر گرفته شده است. با توجه به کارایی شاخص LRR، از نتایج این شاخص برای طبقه‌بندی پنج کلاس خط ساحلی جزیره استفاده شده است.

با توجه به محدوده عددی تغییرات شاخص LRR، بازه عددی ۰/۲ تا ۰/۲- متر در سال به عنوان تغییرات کم، بازه عددی ۰/۲- تا ۲/۰- متر در سال به عنوان بخش فرسایشی،

اسکله تفریحی میرمهنا تا ساحل ایمان (شماره ۳ و ۴)، طولانی‌ترین ساحل با فرم تغییرات در دسته انباشت و انباشت بالا است که کاملاً بیانگر تأثیر ساخت سازه‌های تفریحی در این ناحیه است. دیگر نواحی ساحلی جزیره عمدتاً با نرخ تغییرات پایین است که در جنوب جزیره کیش است. با این حال در هر جا از خط ساحلی که موج‌شکن یا جتی (با مقاصد تفریحی یا صیادی) احداث شده است تا حدودی همراه با انباشت بوده است، اما از آنجایی که در مسافت بالایی نیست، به نظر می‌رسد در درازمدت مشکل انباشت رسوب در این بخش جنوبی حاد نباشد (هرچند که نیاز به مطالعات هیدرودینامیکی و شبیه‌سازی‌های درازمدت وجود دارد).

ماشه (شماره ۱۶) فرسایش بالا رخ داده است. به دلیل جنس رسوبات این ناحیه و همچنین جریانات شرق به غرب که در اطراف جزیره وجود دارد، تغییرات به این میزان است. در بخش شرقی جزیره و در پایین ساحل اسکله بزرگ تفریحی (شماره ۱۵)، شاهد مسافت قابل توجهی از تغییرات به شکل فرسایش هستیم که عمده دلیل آن علاوه بر نوع جنس رسوبات، وجود سازه‌های تفریحی شاخص در این منطقه و وجود دماغه کوچک مقیاس است. در بخش غربی جزیره در ناحیه ساحل ترنج (شماره ۵) تغییرات به فرم فرسایش است. کمترین عمق بخش نزدیک ساحل^{۱۷} در این ناحیه قرار دارد [۱۵]. علاوه بر این، این ناحیه با توسعه و ساخت‌وساز ساحلی همراه بوده است. در بخش شمال غربی جزیره در حدفاصل



شکل ۹. طبقه‌بندی پنج کلاسه تغییرات خط ساحلی جزیره کیش (۲۰۲۰-۱۹۸۸) بر اساس شاخص آماری LRR

ماشه (شماره ۱۶) در بخش شمال شرقی جزیره است. در حدود ۴/۷ درصد و به میزان ۱۸۳۰ متر از نوار ساحلی نیز به شکل انباشت بالای رسوب است که تماماً مربوط به سواحل اطراف اسکله تفریحی میرمهنا تا ساحل ایمان (شماره ۳ و ۴) است که بیانگر توسعه خشکی به سمت دریا و ساخت‌وساز سازه‌های دریایی است. لازم است به این نکته اشاره شود که بندرگاه کیش (شماره ۱) که بزرگ‌ترین اسکله ساخته شده جزیره است، چندان با انباشت یا فرسایش قابل توجه همراه نبوده و بخش طبیعی شرقی و غربی (شماره ۲) اسکله عمدتاً با تغییرات پایین همراه است.

در جدول ۲، آمار طبقه‌بندی خط ساحلی جزیره هرمز بیان شده است. در ۳۲ سال گذشته؛ ۵۸/۸۴ درصد از نوار ساحلی جزیره کیش با تغییرات کم همراه بوده است که عمدتاً شامل نواحی جنوبی جزیره است. به میزان حدودی ۱۷ و ۱۹ درصد از نوار ساحلی به ترتیب، با فرسایش و انباشت متوسط مواجه بوده است. فرم فرسایشی معطوف به نواحی کم‌عمق ساحلی و سواحل تفریحی و توسعه‌یافته است و فرم انباشت رسوب معطوف به نواحی‌ای است که سازه‌های دریایی احداث شده است. تنها به میزان ۰/۵ درصد از نوار ساحلی جزیره (۱۸۰ متر) با فرسایش بالا همراه بوده که مربوط به بخش ساحل

جدول ۲. اطلاعات آماری طبقه‌بندی تغییرات خط ساحلی جزیره کیش (۱۹۸۸-۲۰۲۰) بر اساس شاخص آماری LRR

کلاس	فرسایش بالا	فرسایش	تغییرات کم	انباشت	انباشت بالا	کل
بازه عددی LRR (متر/سال)	-۲/۰ - -۳/۳۵	-۰/۲ - -۰/۲	-۰/۲ - ۰/۲	۰/۲ - ۲/۰	۲/۰ - ۹/۷۳	-۳/۳۵ - ۹/۷۳
مسافت (متر)	۱۸۰	۶۵۷۰	۲۲۷۷۰	۷۳۵۰	۱۸۳۰	۳۸۷۰۰
درصد	۰/۴۷	۱۶/۹۸	۵۸/۸۴	۱۸/۹۹	۴/۷۳	٪۱۰۰

سیاسگزاری

بدین وسیله از داوران و ویراستاران محترم نشریه هیدروفیزیک که در بهبود کیفیت مقاله کمک شایانی داشته‌اند، کمال تقدیر و تشکر داریم.

مراجع

- [1] Davidson-Arnott R, Bauer B, Houser C. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology [Internet]. Cambridge University Press; 2019. Available from: <https://www.cambridge.org/highereducation/books/introduction-to-coastal-processes-and-geomorphology/E1F336231A754F0DD06BD4174B2530E7#contents>
- [2] Natesan U, Parthasarathy A, Vishnunath R, Kumar GEJ, Ferrer VA. Monitoring Longterm Shoreline Changes along Tamil Nadu, India Using Geospatial Techniques. Aquatic Procedia [Internet]. 2015;4:325-32. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214241X15000450>
- [3] Natarajan L, Sivagnanam N, Usha T, Chokkalingam L, Sundar S, Gowrappan M, et al. Shoreline changes over last five decades and predictions for 2030 and 2040: a case study from Cuddalore, southeast coast of India. Earth Science Informatics [Internet]. 2021 Sep 10;14(3):1315-25. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s12145-021-00668-5>
- [4] Boumboulis V, Apostolopoulos D, Depountis N, Nikolakopoulos K. The Importance of Geotechnical Evaluation and Shoreline Evolution in Coastal Vulnerability Index Calculations. J Mar Sci Eng [Internet]. 2021 Apr 14;9(4):423. Available from: <https://www.mdpi.com/2077-1312/9/4/423>
- [5] Ghaderi D, Rahbani M. Shoreline change analysis along the coast of Bandar Abbas city, Iran using remote sensing images. Int J Coastal Offshore Eng [Internet]. 2020;4(2):51-64. Available from: <http://ijcoe.org/article-1-214-en.html>
- [6] Yasir M, Sheng H, Fan H, Nazir S, Niang AJ, Salauddin M, et al. Automatic Coastline

۵. نتیجه گیری

در این مطالعه تلاش شده است با در نظر گرفتن بازه زمانی گسترده، تغییرات احتمالی نوار ساحلی جزیره کیش برآورد گردد. در این میان از تصاویر ماهواره‌ای (لندست ۴، ۵، ۷ و ۸) استفاده شده است و با به کارگیری شاخص NDWI و الگوریتم K-means خطوط ساحلی در شرایط مشابه تراز کشندی استخراج شده است. در ادامه با استفاده از ابزار DSAS مقدار و نرخ تغییرات بلندمدت نوار ساحلی ارزیابی شده است. نتایج و طبقه‌بندی ارائه‌شده کمک شایانی به مدیران و سیاست‌گذاران منطقه آزاد تجاری کیش در توسعه و مدیریت نوار ساحلی خواهد کرد.

نتایج شاخص‌های آماری ابزار DSAS به‌خوبی بیانگر مقدار و نوع تغییرات بلندمدت (۱۹۸۸-۲۰۲۰) خط ساحلی جزیره کیش است؛ بخش جنوبی کیش تغییرات کمی دارد و در قسمت ساحل شمال شرقی در ناحیه ساحل ماشه، در بخش شرقی در ناحیه ساحل پایینی اسکله بزرگ تفریحی و در بخش شمال غربی در ناحیه اسکله تفریحی میرمهنا تا ساحل ایمان و ناحیه ساحل ترنج، سطح تغییرات قابل توجه است. از طرفی به دلیل تشابه نتایج شاخص EPR و LRR، مشخص است که تغییرات بلندمدت خط ساحلی خطی و بدون تغییرات نامنظم است. با توجه به جایگاه و نقش جزیره کیش در بعد گردشگری و لازمه توسعه دائم این جزیره، توجه به تغییرات بلندمدت نوار ساحلی اهمیت دارد. علاوه بر تعیین مقدار و نرخ تغییرات خط ساحلی، بررسی وضعیت هیدرودینامیکی و انتقال رسوبات در نوار ساحلی متناسب با جنس و کاربری اراضی لازم و ضروری است. پیشنهاد می‌شود با توجه به نتایج مطرح‌شده در این مطالعه، مطالعات آتی با دخیل کردن شرایط هیدرودینامیکی صورت گیرد.

- Gulf. Science of The Total Environment [Internet]. 2023 Jan;854:158678. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969722057771>
- [15] Kabiri K. Remote sensing of water clarity in the near-shore zone using a cross-sensor-based method: feasibility study: Kish Island, Persian Gulf. *Journal of Coastal Conservation* [Internet]. 2022 Aug 20;26(4):26. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s11852-022-00875-2>
- [16] Ataie-Ashtiani B, Rajabi MM, Ketabchi H. Inverse modelling for freshwater lens in small islands: Kish Island, Persian Gulf. *Hydrological Processes* [Internet]. 2013 Sep 15;27(19):2759–73. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hyp.9411>
- [17] Kabiri K, Pradhan B, Samimi-Namin K, Moradi M. Detecting coral bleaching, using QuickBird multi-temporal data: A feasibility study at Kish Island, the Persian Gulf. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* [Internet]. 2013 Jan;117:273–81. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0272771412004568>
- [18] Kabiri K, Pradhan B, Rezai H, Ghobadi Y, Moradi M. Fluctuation of Sea Surface Temperature in the Persian Gulf and its impact on coral reef communities around Kish Island. In: 2012 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering (CHUSER) [Internet]. IEEE; 2012. p. 164–7. Available from: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6504303/>
- [19] Naderi Beni A, Marriner N, Sharifi A, Azizpour J, Kabiri K, Djamali M, et al. Climate change: A driver of future conflicts in the Persian Gulf Region? *Heliyon* [Internet]. 2021 Feb;7(2):e06288. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2405844021003935>
- [20] Fazelpour F, Soltani N, Rosen MA. Feasibility of satisfying electrical energy needs with hybrid systems for a medium-size hotel on Kish Island, Iran. *Energy* [Internet]. 2014 Aug;73:856–65. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360544214007968>
- [21] Zanos SP, Shafaghat R, Alamian R, Shadloo MS, Khosravi M. Feasibility study of wave energy harvesting along the southern coast and islands of Iran. *Renewable Energy* [Internet]. 2019 May;135:502–14. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960148118314587>
- Extraction and Changes Analysis Using Remote Sensing and GIS Technology. *IEEE Access* [Internet]. 2020;8:180156–70. Available from: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9210098/>
- [7] Pak A, Mohammadi M, Majd F, Mohammadi M. Resiliency via integrated coastal management in Kish Island. *Scientia Iranica* [Internet]. 2016 Oct 1;23(4):1708–18. Available from: http://scientiairanica.sharif.edu/article_2241.html
- [8] Goncalves RM, Awange JL, Krueger CP, Heck B, Coelho L dos S. A comparison between three short-term shoreline prediction models. *Ocean & Coastal Management* [Internet]. 2012 Dec;69:102–10. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0964569112001937>
- [9] Ghaderi D, Rahbani M. Detecting shoreline change employing remote sensing images (Case study: Beris Port-east of Chabahar, Iran). *Int J Coastal Offshore Eng*. 2020;3:1–8.
- [10] Muskananfola MR, Supriharyono, Febrianto S. Spatio-temporal analysis of shoreline change along the coast of Sayung Demak, Indonesia using Digital Shoreline Analysis System. *Regional Studies in Marine Science* [Internet]. 2020 Feb;34:101060. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352485519303159>
- [11] Akbarinasab M, Safarrad T, Akbarzadeh M. Detection of Coastline Using Satellite Image-Processing Technique. *Journal of Environmental Erosion Research*. 2018;7(4):58–81. Available from: <http://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-406-en.html> (in Persian)
- [12] Komolafe AA, Apalara PA, Ibitoye MO, Adebola AO, Olorunfemi IE, Diallo I. Spatio-temporal Analysis of Shoreline Positional Change of Ondo State Coastline Using Remote Sensing and GIS: A Case Study of Ilaje Coastline at Ondo State in Nigeria. *Earth Systems and Environment* [Internet]. 2022 Jan 1;6(1):281–93. Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s41748-021-00270-1>
- [13] Amiri H, Azadi S, Javadpour S, Naghavi AA, Boczkaj G. Selecting wells for an optimal design of groundwater monitoring network based on monitoring priority map: A Kish Island case study. *Water Resources and Industry* [Internet]. 2022 Jun;27:100172. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2212371722000026>
- [14] Mohamadi S, Madadi R, Rakib MRJ, De-la-Torre GE, Idris AM. Abundance and characterization of personal protective equipment (PPE) polluting Kish Island, Persian

- <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S007832342200046X>
- [31] Rousel JW, Haas RH, Schell JA, Deering DW. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: Proceedings of the Third Earth Resources Technology Satellite—1 Symposium; NASA SP-351. 1973. p. 309–17.
- [32] McFEETERS SK. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int J Remote Sens* [Internet]. 1996 May 27;17(7):1425–32. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431169608948714>
- [33] Xu H. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing* [Internet]. 2006 Jul 20;27(14):3025–33. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/01431160600589179>
- [34] Feyisa GL, Meilby H, Fensholt R, Proud SR. Automated Water Extraction Index: A new technique for surface water mapping using Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment* [Internet]. 2014 Jan;140:23–35. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425713002873>
- [35] Ossama O, Mokhtar HMO, El-Sharkawi ME. An extended k-means technique for clustering moving objects. Vol. 12, *Egyptian Informatics Journal*. 2011. p. 45–51.
- [36] Li Y, Wu H. A Clustering Method Based on K-Means Algorithm. Vol. 25, *Physics Procedia*. 2012. p. 1104–9.
- [37] Thieler ER, Himmelstoss EA, Zichichi JL, Ergul A. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0—an ArcGIS extension for calculating shoreline change. 2009.
- [38] Nassar K, Mahmud WE, Fath H, Masria A, Nadaoka K, Negm A. Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. *Mar Georesour Geotechnol* [Internet]. 2019 Jan 2;37(1):81–95. Available from: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1064119X.2018.1448912>
- [39] Jiménez JA, Sánchez-Arcilla A, Bou J, Ortiz MA. Analysing Short-Term Shoreline Changes along the Ebro Delta (Spain) Using Aerial Photographs. *Journal of Coastal Research* [Internet]. 1997 Jul 5;13(4):1256–66. Available from: <http://www.jstor.org/stable/4298735>
- [22] United States Geological Survey. EarthExplorer [Internet]. 2020 [cited 2020 Aug 2]. Available from: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- [23] Do ATK, Vries S de, Stive MJF. The Estimation and Evaluation of Shoreline Locations, Shoreline-Change Rates, and Coastal Volume Changes Derived from Landsat Images. *J Coastal Res* [Internet]. 2019 Jan 1;35(1):56. Available from: <https://bioone.org/journals/journal-of-coastal-research/volume-35/issue-1/JCOASTRES-D-18-00021.1/The-Estimation-and-Evaluation-of-Shoreline-Locations-Shoreline-Change-Rates/10.2112/JCOASTRES-D-18-00021.1.full>
- [24] DHI. MIKE 21 Toolbox: Global Tide Model-Tidal Prediction. Aerospace Research Central Reston, VA, USA; 2014.
- [25] Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J. Remote sensing and image interpretation. John Wiley & Sons; 2015.
- [26] Louati M, Saïdi H, Zargouni F. Shoreline change assessment using remote sensing and GIS techniques: a case study of the Medjerda delta coast, Tunisia. *Arabian Journal of Geosciences* [Internet]. 2015 Jun;8(6):4239–55. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12517-014-1472-1>
- [27] Sterckx S, Knaeps S, Kratzer S, Ruddick K. SIMilarity Environment Correction (SIMEC) applied to MERIS data over inland and coastal waters. *Remote Sensing of Environment* [Internet]. 2015 Feb;157:96–110. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0034425714002375>
- [28] Thakur S, Mondal I, Bar S, Nandi S, Ghosh PB, Das P, et al. Shoreline changes and its impact on the mangrove ecosystems of some islands of Indian Sundarbans, North-East coast of India. *Journal of Cleaner Production* [Internet]. 2021 Feb;284:124764. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620348083>
- [29] Ciritci D, Türk T. Automatic Detection of Shoreline Change by Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing in the Göksu Delta, Turkey. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* [Internet]. 2019 Feb 17;47(2):233–43. Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s12524-019-00947-1>
- [30] Ghaderi D, Rahbani M. Mud volcano as a feature of emergence in Caspian Sea. *Oceanologia* [Internet]. 2022 Apr; Available from:

- [40] Rahbani M, Ghaderi D, Shamsaie R, Salari Z, Permas A. Investigation on the seasonal transformation of Tiab estuary's shoreline using RS and GIS techniques. *International Journal Of Coastal, Offshore And Environmental Engineering*. 2023;8(2):56–64.
- [41] Moore LJ. Shoreline mapping techniques. *Journal of coastal research*. 2000;111–24.
- [42] Luijendijk A, de Vries S. Global beach database. In: *Sandy Beach Morphodynamics* [Internet]. Elsevier; 2020. p. 641–58. Available from: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081029275000266>

پی‌نوشت‌ها

1. Shoreline
2. Integrated coastal zone management
3. Normalized Difference Water Index
4. Digital Shoreline Analysis System
5. Net Shoreline Movement
6. Shoreline Change Envelope
7. End Point Rate
8. Linear Regression Rate
9. Mean sea level
10. Earth Explorer database of the U.S. Geological Survey
11. Normalized Difference Vegetation Index
12. Modified Normalized Difference Water Index
13. Automated Water Extraction Index
14. Polygon feature
15. Line feature
16. Baseline
17. Nearshor