

طبقه‌بندی لندفرم‌های ساحلی و تحلیل تغییرات زمانی - مکانی خط ساحلی جزیره قشم با رویکرد مدیریت یکپارچه نوار ساحلی

مجید کیا: دانشجوی دکتری، گروه مهندسی عمران - مدیریت ساخت، واحد قشم، دانشگاه آزاد اسلامی، قشم، ایران

محسن دادرسی*: استادیار گروه مهندسی عمران، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

زینب علی‌یاس: استادیار گروه مهندسی معماری، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

نوع مقاله: پژوهشی

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۸)



20.1001.1.22517812.1401.12.3.3.2

چکیده

پژوهش حاضر می‌کوشد به تحلیل تغییرات مکانی - زمانی واحدهای مورفولوژیکی خط ساحلی جزیره قشم بپردازد. ابتدا لندفرم‌های ساحلی با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، مطالعات میدانی و تصاویر ماهواره‌ای به روش شپارد طبقه‌بندی شد. سپس برای تحلیل تغییرات خط ساحلی جزیره، از تصاویر ماهواره‌ای TM⁺، ETM⁺ و OLI برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ و ابزار تحلیل سامانه خط ساحلی (DSAS) استفاده شد. در ادامه نیز تغییرات خط ساحلی با روش‌های آماری LRR، EPR، NSM و SCE تحلیل شد. نتایج طبقه‌بندی شپارد نشان داد که واحدهای تراس، دشت‌های دامنه‌ای و تپه‌های مرتفع به‌عنوان سواحل اولیه، به ترتیب ۳۸/۱۷، ۲۹/۹۴ و ۱۸/۴۳ درصد از واحدهای ساحلی را به خود اختصاص داده‌است. رسوبات دریایی و واحدهای انسان‌ساخت به‌عنوان سواحل ثانویه، به ترتیب ۱۲/۰۴ و ۱/۴۰ درصد از سواحل را در بر گرفته‌است. سواحل اولیه در جنوب و سواحل ثانویه نیز در شمال جزیره قشم قرار دارد. نتایج مدل DSAS نشان داد که طی ۳۱ سال، متوسط میزان جابه‌جایی (LRR) خط ساحلی در تپه‌های مرتفع، دشت‌های دامنه‌ای، تراس‌ها، انسان‌ساخت، مانگرو، بندر دولا، دستکو و دیرستان به ترتیب ۱۱/۳، ۶/۸، ۵/۴، ۲۱/۷، ۲۶/۴، ۲۲/۸ و ۵ و ۱۵/۶ متر در سال بود. در سواحل اولیه و ثانویه نیز میزان LRR به ترتیب ۷/۶۳ و ۱۹/۴۴ متر در سال و نرخ NSM به ترتیب ۲۴۱/۳ و ۵۶۹ متر در ۳۱ سال بود. به دلیل ته‌نشینی رسوبات ساحلی به‌ویژه در جنگل‌های مانگرو، پیشروی خط ساحلی در سواحل ثانویه در شمال جزیره قشم بیش از دیگر نواحی ساحلی بود؛ حال آن که به دلیل وجود امواج و بادهای غالب دریایی در سواحل جنوبی، فرسایش قهقراپی و پیشروی خط ساحلی بیش از رسوب‌گذاری بود. بیشترین پیشروی خط ساحلی، ۲۳۴۶ متر در جنگل مانگرو و بیشترین پسروی، ۴۷۱- متر در سواحل غار نمکدان بود. آزمون تی‌استیودنت نشان داد که اختلاف آماری تغییرات خط ساحلی در سواحل اولیه و ثانویه در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است که نوار شمالی جزیره قشم روند پیشروی خط ساحلی دارد و نوار جنوبی آن دارای روند پسروی است.

واژگان کلیدی: جزیره قشم، روش شپارد، لندفرم، میزان جابه‌جایی، DSAS.

* نویسنده مسئول: m.dadras@iauba.ac.ir

۱- مقدمه

چشم‌انداز ساحلی که از تحرکات دریا و خشکی حاصل می‌شود، محیطی بسیار پویا و دینامیک است که به واسطه عوامل دریایی همچون امواج و کشندهای ساحلی، و عوامل خشکی شامل تحرکات رودخانه‌ای و رسوب‌گذاری آن در مصب و دلتای ساحلی، فعالیت‌های انسانی، تشکیلات زمین‌ساختی و شرایط آب و هوایی تغییرات قابل توجهی دارد (Tian et al, 2019). نتیجه تحرکات عوامل طبیعی و انسانی در این چشم‌انداز، عمدتاً در خط ساحلی اتفاق می‌افتد و طی مدت زمانی، پیشروی و پسروی خواهد داشت (Veteikis et al, 2011). محیط ساحلی یکی از پیچیده‌ترین اجزای ژئومورفیک ناپایدار است که تحت تأثیر نیروهای دریایی و خشکی است که به تغییر در لندفرم‌های ساحلی منجر می‌شود (Yamani and Nohegar, 2007). با توجه به اینکه حدود چهار میلیارد نفر در نزدیکی ساحل و به‌ویژه در محدوده صفر تا دویست کیلومتری از خط ساحلی زندگی می‌کنند و اغلب ساخت و سازهای سکونتگاهی، تجاری و صنعت دریایی در محدوده ساحلی صورت می‌گیرد، طبقه‌بندی و پایش تغییرات خط ساحلی همراه با نحوه پویایی ساحل و علت وقوع آن از ملزومات تحلیل یکپارچگی نوار ساحلی است و در برنامه‌ریزی‌های توسعه ساحلی بسیار اهمیت دارد (Cetin, 2016). بنابراین، طبقه‌بندی لندفرم‌های ساحلی و پایش تغییرات خط ساحلی در حفاظت از محیط ساحلی، توسعه پایدار، تدوین راهبردهای پایداری ساحل و ترسیم خطوط حریم توسعه ساحلی نقش مهمی دارد (Kay and Alder, 2017). این موارد باعث شده‌است که برنامه‌ریزان، مدیران ساحلی و پژوهشگران، به مطالعه تغییرات ساحلی ترغیب شوند و برای پایش و کمی‌سازی آن، از ابزارهای رقومی‌سازی سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کنند (Thieler et al, 2009) که یکی از پُرکاربردترین این ابزارها، سیستم تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS*) است (Shayan et al, 2020).

ساحل به‌عنوان یک سیستم و چشم‌انداز پویای ژئومورفولوژیکی، در دو جبهه مختلف آبی و خشکی گسترش یافته‌است و در ابعاد مختلف مکانی — خشکی، دریا و اتمسفر — تحت تأثیر عوامل مختلفی قرار دارد (Yamani and Nohegar, 2007). در بُعد آبی، جریان‌های ساحلی و کشندها و در بُعد پس کرانه و خشکی، فعالیت‌های انسانی، جریان‌های رودخانه‌ای و پویایی باد عامل تغییر خط ساحلی هستند. تغییرات آب و هوایی به ویژه گرمایش جهانی، به افزایش سطح آب دریاها منجر می‌شود و پسروی خط ساحلی و زیر آب رفتن سازه‌های ساحلی را به همراه دارد (Le Cozannet et al, 2014). وقوع طوفان‌ها و جریان‌های دریایی و حرکات گسترده آن به سمت نواحی ساحلی، به تخریب سازه‌ها و چشم‌اندازهای انسان‌ساخت در محیط ساحلی منجر می‌شود (Fenster et al, 2001). اگرچه جریان‌های کشنده بر شرایط رسوب‌گذاری در خط ساحلی تأثیر می‌گذارد، ساخت موج‌شکن‌ها و سازه‌های انسانی به‌منظور جلوگیری از تخریب طوفان و امواج دریایی نیز بر روند رسوب‌گذاری حاصل از کشندها تأثیر دارد و حتی به خنثی‌سازی اثر کشندها بر رسوب‌گذاری در خط ساحلی منجر می‌شود (Chen et al, 2021). انسان نیز با فعالیت‌های خود همچون ساخت و سازهای ساحلی، حذف مراتع و جنگل‌های مناطق ساحلی و تغییر لندفرم‌های آن، موجب تغییر در خط ساحلی می‌شود؛ به گونه‌ای که با حذف پوشش‌های گیاهی، به افزایش رواناب و وقوع سیلاب منجر می‌شود. همچنین با کاهش سرعت جریان رواناب در محیط ساحلی، ذرات معلق در خط ساحلی ته‌نشین و به افزایش و تجمع رسوب‌گذاری

* Digital Shoreline Analysis System

در این محیط منجر می‌شود (Mutaqin, 2017). انسان نیز با تغییر در لندفرم‌های ساحلی از جمله تبدیل شن‌زارهای ساحلی به ساختمان‌های چند طبقه، تغییراتی در مورفودینامیک محیط ساحلی به وجود می‌آورد (Chu et al, 2020).

اندازه‌گیری، پایش و پیش‌بینی رسوب‌گذاری، تغییر در لندفرم‌های ساحلی و تغییرات خط ساحلی بر مبنای پیشروی و پسروی دریا، یکی از ضرورت‌های توسعه پایدار ساحلی و مدیریت یکپارچه نوار ساحلی است. پژوهشگران به‌منظور پایش تغییرات خط ساحلی و علت وقوع تغییرات آن طی بازه‌های زمانی مختلف، از تصاویر ماهواره‌ای و پردازش و تفسیر آنها، ابزارهای رقومی‌سازی در سیستم اطلاعات جغرافیایی به‌ویژه مدل DSAS و مدل‌های آماری استفاده می‌کنند. سواحل شمالی تنگه هرمز طی ۴۷ سال (۱۹۷۲-۲۰۱۹) به‌دلیل رسوب‌گذاری رودخانه‌هایی که از حوضه‌های آبریز زاگرس و مکران سرچشمه می‌گیرند و به دریا می‌ریزند، روند رسوب‌گذاری و خشکی‌زایی داشت و خطوط ساحلی بیشتر به سمت دریا پیشروی کرد که این امر نشان می‌دهد رسوب‌گذاری بیش از فرسایش بوده‌است؛ به‌گونه‌ای که متوسط میزان جابه‌جایی در چهار بازه مکانی در شمال جزیره قشم بین ۰/۸ تا ۶/۱۲ متر در سال بوده‌است (Parhizkar et al, 2019).

در سواحل دریای عمان، تراکم سکونتگاه‌های انسانی بسیار محدود است و تنها سکونتگاه شهری — صنعتی جاسک در این محدوده قرار دارد. تالاب‌های متعددی در سواحل مکرانی هرمزگان وجود دارد و مصب رودخانه‌های فصلی نیز به این تالاب‌های ساحلی ختم می‌شود. تصاویر ماهواره‌ای لندست طی سال‌های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴، تغییرات ناپایداری را در سواحل مکرانی هرمزگان نشان می‌دهد که عمدتاً مربوط به تالاب‌ها است. روند تغییرات پیشروی و پسروی این ساحل از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند، فقط این ساحل در منطقه سکونتگاهی جاسک روند پیشروی داشته‌است (Neghaban et al, 2017). در سواحل مکرانی سیستان نیز تصاویر ماهواره‌ای لندست بیانگر این است که طی سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۵، خط ساحلی از بندر چابهار تا بندر تنگ به سمت دریا پیشروی داشت و این امر به دلیل فعالیت‌های انسانی و رسوب‌گذاری رودخانه‌های فصلی بود (Neghaban et al, 2015)؛ اما در سواحل بندر دیر در خلیج فارس، خط ساحلی به سمت خشکی پسروی داشت و این امر به دلیل امواج و جریان‌های ساحلی — دریایی بود. تصاویر ماهواره‌ای لندست نشان داد که میانگین این پسروی از سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶، حدود ۶۴۱ متر است (Ahmadi et al, 2014). در نواحی ساحلی بندر عسلویه در خلیج فارس طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶، روند رسوب‌گذاری دو برابر فرسایش بود که بیشتر به‌صورت دماغه‌های رسوبی در پشت سازه‌هایی همچون اسکله و موج‌شکن — که بخشی از آنها در آب پیش رفته‌اند — دیده می‌شد (Naimi Nezamabad et al, 2010). تراز سطح آب دریاچه خزر نیز نوساناتی داشت که در بازه زمانی ۴۸ ساله (۱۹۷۷-۱۹۲۹)، حدود سه متر کاهش و در بازه زمانی هیجده ساله (۱۹۹۵-۱۹۷۷)، حدود سه متر افزایش یافت که این امر ناشی از تغییرات آب و هوایی و تحولات رودخانه‌های تأمین‌کننده آب آن بود. به موازات تراز آب دریاچه خزر، خط ساحلی در دلتای رودخانه‌های آن نیز نوساناتی داشت و نتایج مدل DSAS نشان داد که میزان پیشروی و پسروی خط ساحلی برای بازه دلتای هراز، بابلرود و تالار به ترتیب ۰/۱۷-، ۰/۰۵+ و ۰/۱۶+ متر است و به طور کلی، آب دریا در طی شصت سال در مصب‌های هراز و تالار پیشروی کرده و در مصب بابلرود پسروی داشته‌است (Shayan et al, 2020). در سواحل غربی اقیانوس اطلس در کشور گویان در آمریکای جنوبی نیز خط ساحلی طی سال‌های ۲۰۰۶-۱۹۴۱ تحت تأثیر امواج دریایی و کشندها، تحولات رودخانه‌ای و فعالیت‌های انسانی قرار داشت و در بازه‌های زمانی پنج ساله، نوساناتی در این خط به وجود آمد و از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۶ نیز عامل اصلی این تغییرات، ساخت‌وسازهای انسانی و تبدیل ساحل به

تالابی برای پرورش گُل بود (Ahmad and Lakhan, 2012). در سواحل صحرای شمالی سینا در مصر، سه منطقه خلیج دشت‌ال‌تینا، دریاچه البرداویل و دره آریش در نظر گرفته شد و تغییرات خط ساحلی آنها طی سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۶ با مدل DSAS در محیط پردازشی ArcGIS به‌صورت کمی بررسی شد. نتایج این پژوهش بیانگر فرسایش قهقراپی در سواحل صحرای شمالی سینا بود که در خلیج دشت‌ال‌تینا، میزان فرسایش آن به ۸/۱۷ متر در سال رسید. البته در بخش‌های کوچکی از این مناطق، خط ساحلی پیشروی داشت و به ۷/۲ متر در سال نیز رسیده بود (Nassar et al, 2019). در دلتای سند پاکستان، تغییرات خط ساحلی طی سال‌های ۱۹۷۳ تا ۲۰۱۱ با مدل DSAS بررسی شد. نتایج نشان داد که امواج دریایی، عقب‌نشینی ساحل به سمت خشکی را در پی داشت و در مصب خاروچان و کتی‌بندر، میزان فرسایش در امتداد خط ساحلی ۱۶/۵۴ و ۶۳/۷۹ متر در سال بود (Hashmi and Ahmad, 2018). با توجه به اینکه جمعیت زیادی از کشور هند به‌ویژه ناحیه آندرا پرادش در نواحی ساحلی سکونت دارند، فرسایش ساحلی با تخریب اکولوژی و تغییر مورفودینامیک ساحلی، جوامع محلی را تحت تأثیر قرار می‌دهد؛ به گونه‌ای که طی سال‌های ۱۹۹۱ تا ۲۰۱۸، نتایج مدل DSAS نشان داد که این منطقه درگیر فرسایش ساحلی شده‌است و ۱۳۵ کیلومتر آن در رده فرسایش زیاد قرار دارد که عمدتاً ناشی از فعالیت‌های انسانی و جریان‌های ساحلی است (Baig et al, 2020). خط ساحلی در دلتای رود نیل نیز که شهرهای پُرجمعیتی همچون اسکندریه، دامتا و بندر سعید در آن وجود دارد، تغییراتی داشت. تجزیه و تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS) این منطقه طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۸ نشان داد که ۴۴/۲ درصد ساحل دارای فرسایش، ۴۵ درصد دارای رسوب‌گذاری و ۱۰/۸ درصد نیز پایدار بوده‌است (Abou Samra and Ali, 2020). تالاب سیگو در جنوب غربی تایوان نیز تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی همچون ایجاد موج‌شکن، ساخت‌وسازها و فعالیت بنادر بود و در آن، خط ساحلی طی سال‌های ۱۹۷۴ تا ۲۰۱۵ پسروی داشت و فرسایش شدید به زیر آب رفتن تالاب منجر شد. مدیران ساحلی برای مقابله با این امر پیشنهاد دادند که مخازن و دایک‌هایی ایجاد و ساخت‌وسازهای شهری در نواحی ساحلی متوقف شود (Chang et al, 2018).

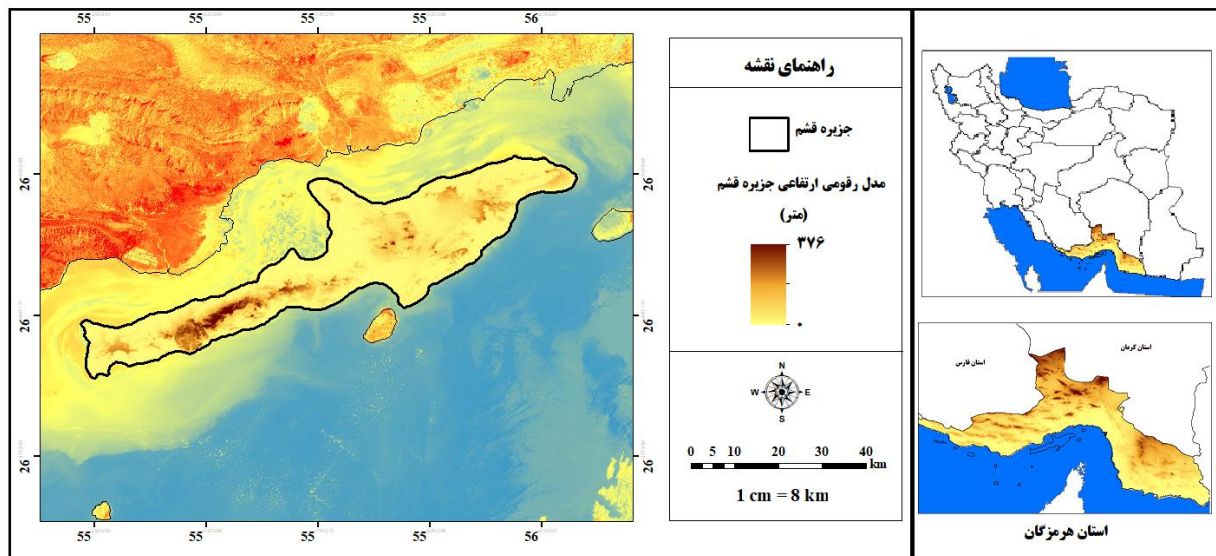
جزیره قشم، در سواحل جنوبی ایران در خلیج فارس و تنگه هرمز قرار دارد و سواحل آن به عنوان سایر محیط‌های ساحلی، تحت تأثیر فرایندها و تحولات مورفولوژیکی ناشی از هیدرودینامیک دریا و ژئوهیدرولوژیکی محیط خشکی جزیره قرار دارد. تغییر لندفرم‌های طبیعی و تبدیل آن به ساختگاه‌های انسانی، تخریب، حمل و رسوب‌گذاری مواد حاصل از تخریب مواد محیط خشکی جزیره قشم، از ویژگی‌های بارز سواحل این منطقه است. جنگل‌های مانگرو در ساحل شمالی این جزیره نیز محیط آرامی برای رسوب‌گذاری رواناب‌های این جزیره و رسوب‌گذاری رودخانه‌هایی است که از سرزمین اصلی به این محیط وارد می‌شوند. همچنین در طول خط ساحلی تنگه هرمز و خلیج فارس، بالاترین دامنه جزر و مدی وجود دارد. نواحی شرقی سواحل جزیره قشم نیز عمدتاً تحت سلطه ساخت‌وسازهای انسانی است و موج‌شکن‌های متعددی در آن احداث شده‌است، لذا سواحل غربی آن تقریباً بکر و تحت تأثیر امواج دریایی و رسوب‌گذاری رواناب‌های موقتی است. با این شرایط، پایش و رقومی‌سازی تغییرات زمانی — مکانی خط ساحلی این جزیره می‌تواند در توسعه پایدار ساحلی و مدیریت یکپارچگی نوار ساحلی اهمیت داشته باشد و با آشکارسازی و پیش‌بینی آن، می‌توان برنامه جامعی را در خصوص تغییرات مورفودینامیکی، پسروی و پیشروی دریا تدوین کرد. به‌همین منظور، پژوهش حاضر در رهیافت توسعه محیط ساحلی می‌کوشد به طبقه‌بندی لندفرم‌های ساحلی و پایش

تغییرات مکانی خط ساحلی در این جزیره بپردازد. تحلیل‌های مکانی این پژوهش نیز از طریق روش طبقه‌بندی شپارد و ابزار تحلیل سامانه خط ساحلی (DSAS) صورت گرفته‌است.

۲- منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه، قلمرو ساحلی جزیره قشم در غرب تنگه هرمز در دریای خلیج فارس است که از لحاظ تقسیمات سیاسی، جزء استان هرمزگان به شمار می‌رود. این جزیره با وسعتی معادل یک هزار و ۴۸۰ کیلومتر مربع، در موقعیت جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۵ دقیقه و ۲ ثانیه تا ۵۶ درجه و ۳۱ دقیقه و ۳۱ ثانیه طول شرقی و ۲۶ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۲ ثانیه تا ۲۷ درجه و ۱ دقیقه و ۴۵ ثانیه عرض شمالی قرار دارد و بزرگ‌ترین جزیره خلیج فارس است (شکل ۱). طول نوار ساحلی (محیط) جزیره قشم، حدود ۲۷۷ کیلومتر است که متوسط طول شرقی — غربی آن ۱۲۰ کیلومتر و عرض شمالی — جنوبی آن ۱۲ کیلومتر است. نوار ساحلی این جزیره تقریباً صاف است و فقط در سواحل جنگل‌های مانگرو در شمال و در بخش‌هایی از غرب و جنوب آن، تضاريس‌هایی دیده می‌شود که این امر ناشی از وجود دلتاها و مصب آبراه‌های موقتی است. جزیره نیز بخشی از زون زمین‌ساختی زاگرس چین‌خورده محسوب می‌شود که از آخرین تاقدیس‌های برآمده و کم‌ارتفاع در جنوب واحد زمین‌ساختی مزبور است. باتوجه به ویژگی‌های ژئومورفولوژی ناحیه، قله‌ها و کوه‌های مرتفعی در سطح این ناحیه وجود ندارد و عمدتاً شامل اراضی تپه‌ای شکل و فلاتی و دشت‌های هموار است. بلندترین نقطه در این ناحیه، کوه بوخو به ارتفاع حدود ۳۹۷ متر است. با وجود ارتفاع کم در این ناحیه به دلیل حساسیت سازندها به فرسایش، سیمای توپوگرافی آن بسیار خشن و شامل اشکال بریده‌بریده، دامنه‌های پرتگاهی و رشته ارتفاعات متداخل و بسیار ناهموار با سطوح شیب متفاوت است؛ به عبارت دیگر، اراضی بدلدن (هزار دره) و اشکال فرسایش مواد نرم مانند مارن، نمک و گچ، چشم‌انداز مورفولوژی جزیره قشم را تشکیل می‌دهد. یک زمین پست خالی با محدوده تپه‌ای، بیانگر ویژگی توپوگرافیک جزیره است. این زمین کم ارتفاع که کمتر از بیست متر بالاتر از سطح دریاست، ۴۱ درصد جزیره را اشغال کرده‌است؛ در حالی که زمین بالا که ارتفاعی بیش از صد متر دارد، محدود به ۱۱/۹ درصد جزیره است (Maghsoudi et al, 2020). تفاوت ظاهری عمده‌ای بین بخش‌های شرقی و غربی جزیره وجود دارد؛ در شرق، زمین‌های کم ارتفاع که کمتر از بیست متر ارتفاع دارند از نواحی ساحلی تا نواحی درون‌مرزی کشیده شده‌اند. در غرب، محدوده‌ای از تپه‌ها در مسیر شرقی — غربی وجود دارد. اراضی با شیب بسیار کم یا بدون شیب نیز قسمت‌های وسیعی از جزیره قشم را در بر گرفته‌است؛ به طوری که ۱۰۷ هزار و ۳۴۵ هکتار از سطح این جزیره — که حدود ۶۹ درصد از کل مساحت آن را شامل می‌شود — دارای اراضی بسیار کم شیب یا با شیب کمتر از یک درصد است. جزیره قشم ادامه زاگرس است و بر اثر بالا آمدن سطح آب دریا، ارتباط آن با پهنه اصلی زاگرس قطع شده و به‌صورت جزیره درآمده‌است. تمامی رخنمون‌های سنگ بستر (مثل سازندهای میشان و آغاچاری) توسط جنبش‌های زمین‌ساختی اواخر ترشیاری چین‌خوردگی یافته و در پی آن، رسوبات جوان‌تر دگرشکلی ملایم داشته‌است. بخش عمده‌ای از اراضی این جزیره در تیپ دشت‌های دامنه‌ای و اراضی فلاتی شکل قرار می‌گیرد. میانگین سالانه دما در جزیره قشم حدود ۲۷/۳ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارش سالانه حدود ۱۸۶/۴ میلی‌متر است که اقلیم خشک و بیابانی را نشان می‌دهد. در سطح این جزیره هیچ‌گونه رودخانه دائمی وجود ندارد. مسیل‌های موجود فقط در مواقع بارندگی یا چند روز پس از آن، جریان آب سطحی دارد و در سایر مواقع سال خشک است. سیستم حرکت آب‌های سطحی، به پیروی

از وضعیت توپوگرافی و موقعیت ارتفاعات و تپه‌ماهورهای منطقه شکل گرفته‌است. مسیل‌ها عمدتاً کوتاه و مستقیم است یا از طریق خورها به دریا تخلیه می‌شود.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (جزیره قشم)

۳- مواد و روش

در این پژوهش به منظور طبقه‌بندی لندفرم‌ها و تحلیل تغییرات خط ساحلی جزیره قشم مبتنی بر مدیریت یکپارچه نوار ساحلی، ابتدا نواحی ساحلی این جزیره به پهنه‌های مختلفی طبقه‌بندی شد. این امر از طریق ابزارهای کتابخانه‌ای، تحلیلی و بازدیدهای میدانی و روش شپارد* صورت گرفت. داده‌ها و ابزارهای مورد استفاده شامل نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی و کاربری اراضی جزیره، داده‌های رقومی و مدل ارتفاعی، تصاویر ماهواره‌ای Landsat سری سنجنده‌های ETM⁺ و OLI بود. برای تجزیه و تحلیل‌های فضایی و ترسیم نقشه‌ها نیز از نرم‌افزار ArcGIS استفاده شد. در روش شپارد، منشأ تشکیل سواحل توسط فرایندهای خشکی یا دریایی معیار اصلی طبقه‌بندی قرار گرفت. در این طبقه‌بندی، فرایندهای دریایی به عنوان مهم‌ترین عامل در تشکیل ساحل در نظر گرفته شد. طبقه‌بندی شپارد، طبقه‌بندی یکپارچه‌ای است که در آن، نخست سواحل به دو گروه کلی اولیه و ثانویه تقسیم می‌شود. سواحل اولیه ابتدا تحت تأثیر فرایندهای خشکی تشکیل، سپس در آب غوطه‌ور شده‌است؛ اما سواحل ثانویه به وسیله فرایندهای دریایی ساخته شده‌است (Rahbani and Pakhirehzan, 2018). سپس هر کدام از این سواحل به صورت زیر به دسته‌های کوچک‌تر طبقه‌بندی می‌شود:

الف) سواحل اولیه: سواحل است که بدون دخالت فرایندهای دریایی شکل گرفته و شامل انواع زیر است:

۱. سواحل که بر اثر فرسایش سایشی شکل گرفته، سپس به زیر آب فرو رفته‌است و خود می‌تواند به زیر دسته‌های کوچک‌تری مانند سواحل فیوردی و سواحل ریا تقسیم شود.

* Shepard Method

۲. سواحلی که در نتیجه فرسایش تراکمی شکل گرفته‌است و حداقل به دو گروه تقسیم می‌شود؛ نخست سواحلی که در نتیجه رسوب‌گذاری رودها به وجود آمده و دیگری سواحلی است که در نتیجه رسوب‌گذاری یخچال‌ها شکل گرفته‌است.

۳. سواحلی که در اثر فعالیت‌های آتش‌فشانی شکل گرفته‌اند و خود آنها نیز می‌توانند به دسته‌های کوچک‌تری تقسیم شوند.

۴. سواحلی که در اثر حرکات زمین به وجود آمده‌اند؛ مانند سواحل چین‌خورده و سواحل گسله‌ای که دو زیرطبقه مختص آن را تشکیل می‌دهند.

ب) سواحل ثانویه: در این سواحل، اشکال ناشی از فرایندهای دریایی حاکمیت دارد. این دسته از سواحل نیز شامل انواع زیر است:

۱. سواحلی که در نتیجه عمل سایشی آب تشکیل شده‌اند.

۲. سواحلی که در نتیجه عمل رسوب‌گذاری آب دریا شکل گرفته‌اند.

۳. سواحلی که در نتیجه فعالیت‌های حیات زیست دریایی یعنی گیاهان و جانوران دریایی ساخته شده‌اند؛ مانند سواحل مانگرو و سواحل مرجانی.

در گام دوم این پژوهش برای تحلیل تغییرات زمانی خط ساحلی جزیره قشم، از ابزار تحلیل رقومی DSAS استفاده شد؛ به گونه‌ای که ابتدا تصاویر ماهواره‌ای لندست، سنجنده‌های OLI، ETM⁺ و TM با قدرت تفکیک مکانی سی متر برای سال‌های ۱۹۹۰، ۲۰۰۰، ۲۰۱۳ و ۲۰۲۰ در بازه ۳۱ ساله، از سایت زمین‌شناسی آمریکا* دریافت شد (جدول ۱). با توجه به اینکه این جزیره از لحاظ مکانی، در دو فریم (تصویر) از سنجنده‌های لندست قرار می‌گیرد، از الگوریتم موزائیک[†] برای چسباندن دو تصویر به هم و تهیه یک فریم از جزیره قشم استفاده شد. سپس، پیش‌پردازش‌های لازم (تصحیحات رادیومتری و اتمسفری) بر روی تصاویر لندست در نرم‌افزار ENVI انجام شد. در ادامه نیز اقدامات لازم برای پردازش تصاویر ماهواره‌ای و شاخص‌های جداسازی آب و زمین صورت گرفت که نقش مهمی در تحلیل‌ها داشت و برای ارائه بهترین شاخص‌ها به منظور تفکیک و تشخیص خط ساحلی در تصاویر ماهواره‌ای، دقت زیادی می‌طلبید. برای جدا کردن آب از خشکی ساحل، باندهای سبز و مادون قرمز مهم است تا بتوانند وضوح آب را از سایر پدیده‌ها به خوبی تفکیک کنند؛ بدین منظور، از شاخص NDWI استفاده شد که از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$NDWI = \frac{\text{Green-Nir infrared}}{\text{Green+Nir infrared}} \quad \text{رابطه}$$

۱

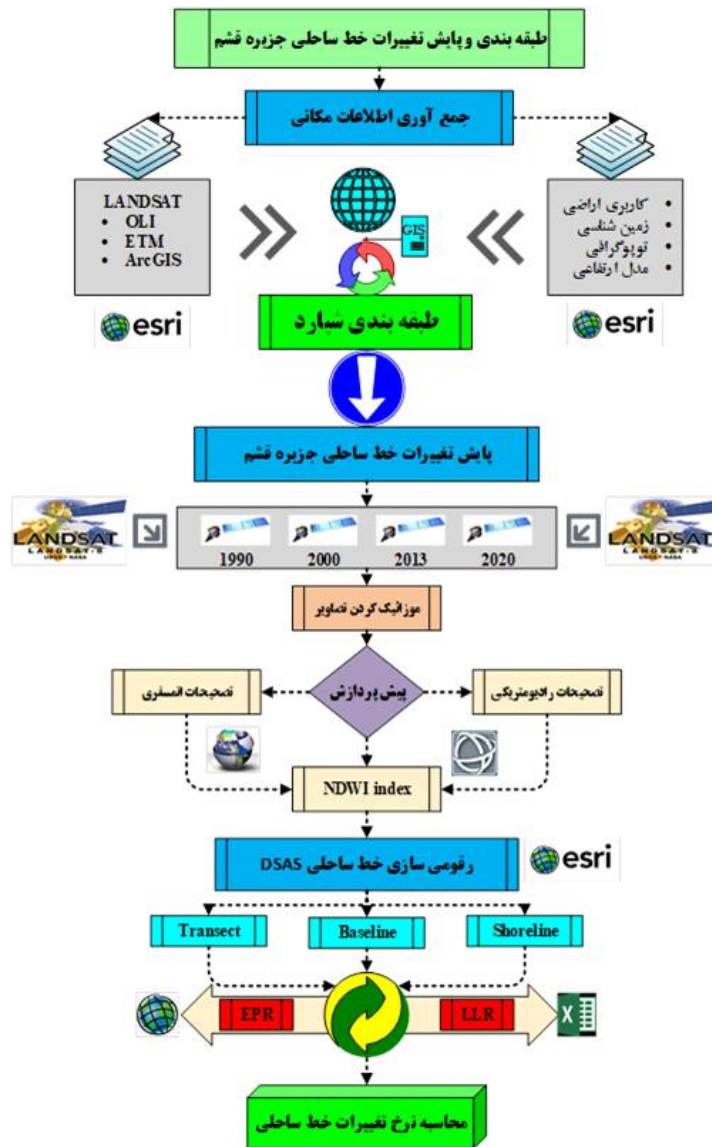
* <https://earthexplorer.usgs.gov/>

† Mosaic Simless

جدول ۱: تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده به منظور استخراج خط ساحلی جزیره قشم

تاریخ تصویر	ماهواره	سنجنده	تفکیک مکانی	تعداد باندها
۱۹ جولای ۱۹۹۰	لندست ۴-۵	TM	۲۸/۵	۷
۰۶ جولای ۲۰۰۰	لندست ۷	ETM+	۲۸/۵	۸
۰۶ اکتبر ۲۰۱۳	لندست ۸	OLI	۲۸/۵	۱۲
۲۱ آگوست ۲۰۲۰	لندست ۸	OLI	۲۸/۵	۱۲

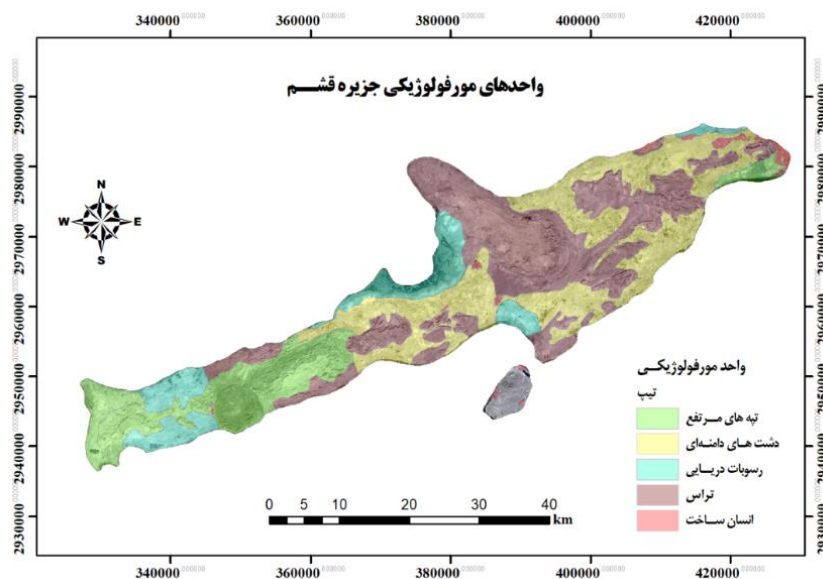
پس از افزایش بهبود و قدرت تباین آب و خشکی در نرم‌افزار ENVI، تصاویر ماهواره‌ای ذکر شده به نرم‌افزار Arc map انتقال داده شد و از روی تصاویر، پلی‌لاین‌های خط ساحلی جزیره قشم مربوط به هر تصویر ترسیم و خط ساحلی به عنوان لایه موردنیاز تهیه شد. با این روش، خطوط ساحلی برای پایش تغییرات مکانی - زمانی با ابزار DSAS آماده شد. سیستم تحلیل رقومی خط ساحلی (DSAS)، یکی از روش‌های مناسب برای پایش تغییرات این خط است (Thieler et al, 2009). این ابزار روی نرم‌افزار ArcGIS نصب می‌شود و با ایجاد ترانسکت‌هایی عمود بر خطوط ساحلی، میزان تغییرات خط ساحلی را حول مقاطع ایجادشده نسبت به یک مبنای مشخص محاسبه می‌کند (Nassar et al, 2019). با استفاده از فاصله هر نقطه اندازه‌گیری تا خط مبنا، تاریخ خط ساحلی برداشت و میزان تغییرات اندازه‌گیری شد. در این پژوهش در هر فاصله صد متری، ترانسکتی ۲۵۰۰ متری اعمال شد؛ به گونه‌ای که ۳۲۱۰ ترانسکت در خط ساحلی (محیط) جزیره قشم به وجود آمد. طول ترانسکت‌های محصور شده بین خطوط ساحلی، بیانگر میزان تغییر خط ساحلی در بازه زمانی بین سال‌هایی است که خطوط ساحلی ثبت شده‌اند. به منظور تحلیل آماری و کمی‌سازی روند پیروی و پیشروی (حرکتی) خطوط ساحلی، روش‌های آماری شامل نقطه نهایی (EPR)، رگرسیون خطی (LRR)، رگرسیون خطی وزن‌دار (WLR) و فاصله اطمینان نهایی (NSM) در ابزار DSAS تعبیه شده‌است که در این مطالعه از آنها استفاده شد. رگرسیون خطی از طریق برازش حداقل مربعات خط رگرسیون به کل نقاط در سطح اطمینان ۹۵ درصد، در یک ترانسکت خاص اندازه‌گیری می‌شود. مقدار مثبت رگرسیون خطی بیانگر حرکت خط ساحل به سوی دریا (رسوب‌گذاری) و مقدار منفی بیانگر پیشروی خط ساحلی به سوی خشکی است (فرسایش). میزان شیب معادله رگرسیون نیز میزان جابه‌جایی خط ساحلی را در سال نشان می‌دهد. مقدار نقطه پایانی نیز قدیمی‌ترین و جدیدترین خط ساحلی در نظر گرفته می‌شود. اختلاف مکانی (فاصله) آنها بر اختلاف زمانی‌شان تقسیم می‌شود و میزان رشد خط ساحلی به دست می‌آید. پس از محاسبه تغییرات مکانی - زمانی خط ساحلی جزیره قشم، به منظور بررسی آماری و اختلاف میزان جابه‌جایی و تغییرات بین واحدهای مورفولوژیکی، از تحلیل واریانس یک‌طرفه و آزمون مقایسه میانگین توکی استفاده شد. همچنین برای مقایسه میزان جابه‌جایی و تغییرات بین سواحل اولیه و ثانویه این جزیره، از آزمون تی‌استیودنت یک‌نمونه‌ای استفاده شد. چارچوب فرایند طبقه‌بندی لندفرم‌های ساحلی و پایش تغییرات خط ساحلی این جزیره نیز در فلوچارت (شکل ۲) نشان داده شد.



شکل ۲: فلوچارت مسیر دستیابی به اهداف پژوهش

۴- یافته‌ها (نتایج)

با بررسی‌های صورت گرفته بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی، تصویر ماهواره‌ای لندست ۸ (OLI) و تهیه نقشه طبقه‌بندی با دیدگاه مورفولوژیکی و روش هالاهانویس در نرم‌افزار ENVI بازدیدهای میدانی به همراه مطالعات کتابخانه‌ای از منطقه مورد مطالعه برای طبقه‌بندی کردن نوار ساحلی جزیره قشم، در پیلان پنج واحد مورفولوژیکی گوناگون شامل دشت‌های دامن‌ای، رسوبات دریایی، مناطق سکونتگاهی (انسان‌ساخت)، تراس‌ها و تپه‌های مرتفع در منطقه شناسایی و طبقه‌بندی شد که واحدهای به دست آمده از این طبقه‌بندی در شکل ۳ ارائه شده است. در بین واحدهای شناسایی شده، واحد انسان‌ساخت که شامل سکونتگاه‌های شهری، روستایی و صنعتی است با مساحت ۱/۴۰ درصد، کوچک‌ترین و واحد تراس با مساحت ۳۸/۱۷ درصد، بزرگ‌ترین و گسترده‌ترین واحد مورفولوژیکی جزیره قشم است که بخش بزرگی از منطقه را در بر گرفته است. پس از آن نیز دشت‌های دامن‌ای، تپه‌های مرتفع و رسوبات دریایی به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارد (جدول ۲).



شکل ۳: طبقه‌بندی مورفولوژیکی لندفرم‌های ساحلی جزیره قشم به روش شپارد

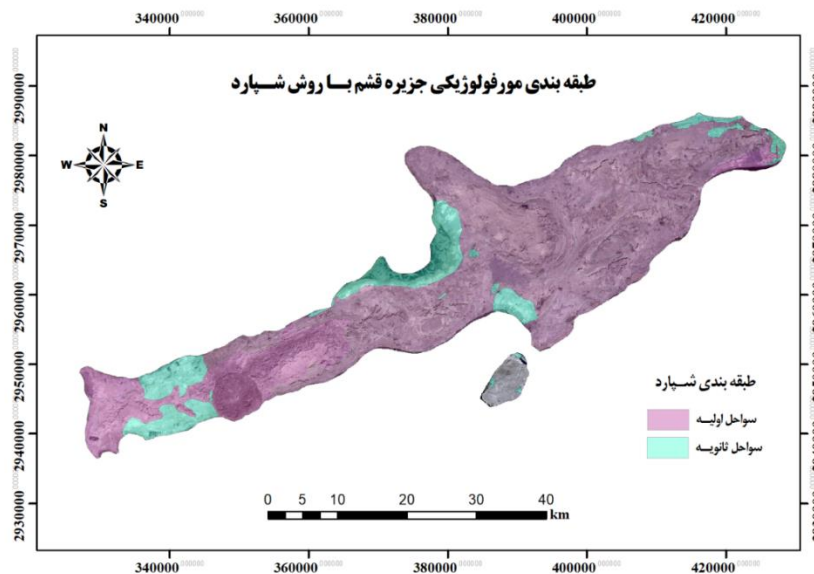
جدول ۲: مساحت واحدهای مورفولوژیکی جزیره قشم با رویکرد طبقه‌بندی شپارد

ردیف	واحد مورفولوژیکی	مساحت (کیلومتر مربع)	مساحت (درصد)
۱	تراس (فلات مرتفع)	۵۷۴/۷۹۲	۳۸/۱۷
۲	دشت‌های دامنه‌ای	۴۵۰/۸۹	۲۹/۹۴
۳	تپه‌های مرتفع	۲۷۷/۵۷	۱۸/۴۳
۴	رسوبات دریایی	۱۸۱/۴۵	۱۲/۰۴
۵	انسان ساخت	۲۱/۲۱	۱/۴۰
۶	مجموع	۱۵۰۵/۸۶	۱۰۰

سواحل اولیه توسط فرایندهای خشکی (غیردریایی) به وجود می‌آیند؛ بنابراین، با تغییرات تراز دریاها تغییر زیادی نمی‌کنند. در طبقه‌بندی شپارد، سواحل اولیه به پنج زیر رده شامل سواحل ناشی از فرسایش خشکی، سواحل ناشی از رسوبات انتقالی از خشکی، سواحل آتشفشانی، سواحل یخی و سواحل ناشی از حرکات انتقالی زمین تقسیم می‌شوند. از میان پنج زیر رده در طبقه‌بندی شپارد، سواحل ناشی از فرسایش خشکی (دشت‌های دامنه‌ای) و حرکات زمین (تپه‌ها و گنبد نمکی کوه نمکدان) در جزیره قشم شناسایی و طبقه‌بندی شد.

سواحل ثانویه توسط فرایندهای دریایی یا موجوداتی که در دریا زندگی می‌کنند، به وجود می‌آیند. ساحل اولیه نیز ممکن است توسط فرایندهای دریایی به ساحل ثانویه تبدیل شود. در جزیره قشم نیز سواحل ثانویه وجود دارد که می‌توان به زیر رده‌های رسوبات دریایی و انسان‌ساخت اشاره کرد. رسوبات موجود در جنگل‌های مانگرو در شمال جزیره قشم، حاصل از رسوبات سیلابی آبراهه‌های موقتی جزیره و رسوبات دریایی است که طی فرایندهای جزر و مد و امواج دریایی در این محل انباشته شده‌است. همچنین در سواحل بخش‌هایی از شمال غربی (بندر دولاب)، جنوب غربی (دوستکو) و جنوب (دیرستان) این جزیره نیز رسوبات دریایی وجود دارد. ضرورت استفاده از نعمت‌های دریایی در بخش ساحلی، بشر را به ایجاد تأسیسات و زیرساخت‌های گوناگونی در این مناطق واداشته‌است. در جزیره قشم، شهر

قشم در منتهی‌الیه شرقی جزیره و سکونتگاه‌های شهری و روستایی به همراه مناطق صنعتی و گردشگری در نوار ساحلی این جزیره وجود دارد که جزء سواحل ثانویه است و در زیر رده سواحل انسان‌ساخت قرار می‌گیرد (شکل ۴).



شکل ۴: طبقه‌بندی جزیره قشم به سواحل اولیه و ثانویه براساس روش شپارد

تغییرات خط ساحلی

در پژوهش حاضر پس از اجرای محاسبات آماری، شاخص‌های موردنیاز برای تجزیه و تحلیل تغییرات خط ساحلی جزیره قشم طی بازه زمانی ۳۱ ساله در انواع مختلفی از سواحل اولیه و ثانویه حاصل شد (جدول ۳). شاخص رگرسیون خطی (LRR)، از برازش حداقل مربعات خط رگرسیون به کل نقاط در سطح اطمینان ۹۵ درصد در ترانسکتی خاص به دست آمد و در آن، مقدار مثبت بیانگر رسوب‌گذاری ساحل و مقدار منفی بیانگر فرسایش ساحل بود. در واحدهای مورفولوژیکی سواحل اولیه جزیره قشم نیز بیشترین پیشروی خط ساحلی در تپه‌های مرتفع — که اغلب به تپه‌های بندر باسعیدو ختم می‌شود — دیده شد که در زمان بارش‌های رگباری، رواناب‌ها از دامنه تپه‌ها به سمت ساحل جریان می‌یابد و به رسوب‌گذاری در خط ساحلی منجر می‌شود، میانگین پیشروی آن طی ۳۱ سال نیز حدود ۱۱/۳ متر در سال است. البته در خط ساحلی کوه غار نمکدان به دلیل فقدان رواناب‌ها و مسیر بادهای غالب جنوبی، امواج به پسروری و فرسایش ساحل منجر می‌شود که در واحد مورفولوژیکی تپه‌های مرتفع قرار دارد و حداقل آن نیز ۶/۳- متر در سال است. بنابراین در بین واحد مورفولوژیکی تپه‌های مرتفع ساحلی، شاخص LRR در باسعیدو مثبت و بیانگر پیشروی ساحل و رسوب‌گذاری است، ولی در غار نمکدان شاخص LRR منفی و بیانگر پسروری و فرسایش ساحل است. کمترین میزان شاخص LRR در بین سواحل اولیه، در واحد مورفولوژیکی تراس‌های ساحلی (۵/۴- متر در سال) است و حد بیشینه رسوب‌گذاری آن با ۳۴ متر در سال، در گوران در غرب جنگل‌های مانگرو و حد کمینه آن با ۲۷- متر در سال، در بخش‌هایی از جنوب جزیره و بندر لافت است که روند تغییرات خط ساحلی در این بخش‌ها پسروری بوده و فرسایش ساحل اتفاق افتاده است. میانگین شاخص LRR سه واحد مورفولوژیکی زیر که سواحل اولیه را تشکیل می‌دهند، به گونه‌ای است که در این سواحل، میزان پیشروی ساحل (رسوب‌گذاری) حدود ۷/۶ متر در سال است. اما این

تغییر مثبت همه سواحل اولیه را دربرنمی‌گیرد و در بعضی از سواحل به‌ویژه در نواحی جنوبی جزیره — که در معرض امواج بادهای غربی و جنوب‌غربی قرار دارد — روند فرسایشی داشته و ساحل عقب‌نشینی کرده‌است. شاخص EPR که از تقسیم فاصله مکانی قدیمی‌ترین و جدیدترین خطوط ساحلی بر فاصله زمانی قدیمی‌ترین و جدیدترین خطوط ساحل به‌دست می‌آید، بیانگر این است که بیشترین میزان پیشروی ساحل (رسوب‌گذاری) با ۱۲/۴ متر در سال در تپه‌های مرتفع ساحلی به‌ویژه در بندر باسعیدو رخ داده‌است. همسان با شاخص LRR، کمترین میزان پیشروی نیز در تراس‌ها اتفاق افتاده‌است. شاخص‌های NSM و SCE که میزان جابه‌جایی خطوط ساحلی را در طی ۳۱ سال نشان می‌دهند، بیانگر این است که طی بازه زمانی ذکر شده (۱۹۹۰-۲۰۲۰)، بیشترین پیشروی ساحل در تپه‌های مرتفع ساحلی بندر باسعیدو با حد بیشینه ۲۳۴۶ تا ۲۳۹۴ متر اتفاق افتاد؛ پس از آن نیز دشت‌های دامنه‌ای به‌ویژه در غرب جنگل‌های مانگرو، بیشترین میزان تغییرات خطوط ساحلی را داشت (جدول ۳).

جدول ۳: شاخص‌های آماری خط ساحلی در لندفرم‌های سواحل اولیه جزیره قشم حاصل از ابزار رقومی DSAS

بازه‌های انتخابی	آماره	تپه‌های مرتفع	دشت‌های دامنه‌ای	تراس‌ها	میانگین سواحل اولیه
LRR (متر بر سال)	میانگین	۱۱/۳	۶/۸	۵/۴	۷/۶
	حداکثر	۹۴/۳	۷۶/۶	۳۴	۹۴/۳
	حداقل	-۶/۳	-۲۱/۳	-۲۷	-۲۷
EPR (متر بر سال)	میانگین	۱۲/۴	۶/۸	۵/۷	۸
	حداکثر	۷۸/۵	۶۴/۶	۳۷/۷	۷۸/۵
	حداقل	-۷/۱	-۲۰/۵	-۶	-۲۰/۵
NSM (متر، طی ۳۱ سال)	میانگین	۳۷۲	۲۰۵	۱۷۲	۲۴۱/۳
	حداکثر	۲۳۴۶	۱۹۳۳	۱۱۲۶	۲۳۴۶
	حداقل	-۲۱۴	-۴۷۱	-۱۷۹	-۴۷۱
SCE (متر، طی ۳۱ سال)	میانگین	۳۷۸	۲۰۹	۱۸۱/۸	۲۴۲
	حداکثر	۲۳۹۴	۱۹۳۳	۱۹۸۲	۲۳۹۴
	حداقل	۰/۱۲	۰	۰/۷	۰

در جزیره قشم، سواحل جنگل‌های مانگرو، بندر دولاب، دستکو، دیرستان و سواحل شرقی انسان‌ساخت، جزئی از سواحل اولیه محسوب می‌شود که در میان این واحدهای مورفولوژیکی، بیشترین میزان جابه‌جایی خطوط ساحلی در سال با شاخص‌های LRR و EPR، در خط ساحلی جنگل‌های مانگرو اتفاق افتاده که شاخص‌ها در آن مثبت بوده‌است. این امر نشان می‌دهد که با توجه به رسوب‌گذاری انبوه در این جنگل، ساحل پیشروی داشت و به‌طور میانگین سالانه بین ۲۱/۷ تا ۲۳/۱ متر بر آن افزوده شد. حداکثر این جابه‌جایی مثبت نیز حدود ۷۶/۶ متر در سال و حداقل آن ۳/۳ متر در سال بود. اما کمترین میزان شاخص‌های LRR و EPR در سواحل دستکو با میانگین ۵ تا ۵/۵ متر در ثانیه بود، حتی در این ساحل پسروی ساحل نیز مشاهده شد که شاخص‌ها در آن منفی بود و این امر، بیانگر فرسایش ساحل دستکو به دلیل امواج قوی جنوبی بود. به طور کلی، میانگین شاخص LRR و EPR برای سواحل ثانویه ۱۹/۴ و ۱۹/۱ متر در سال

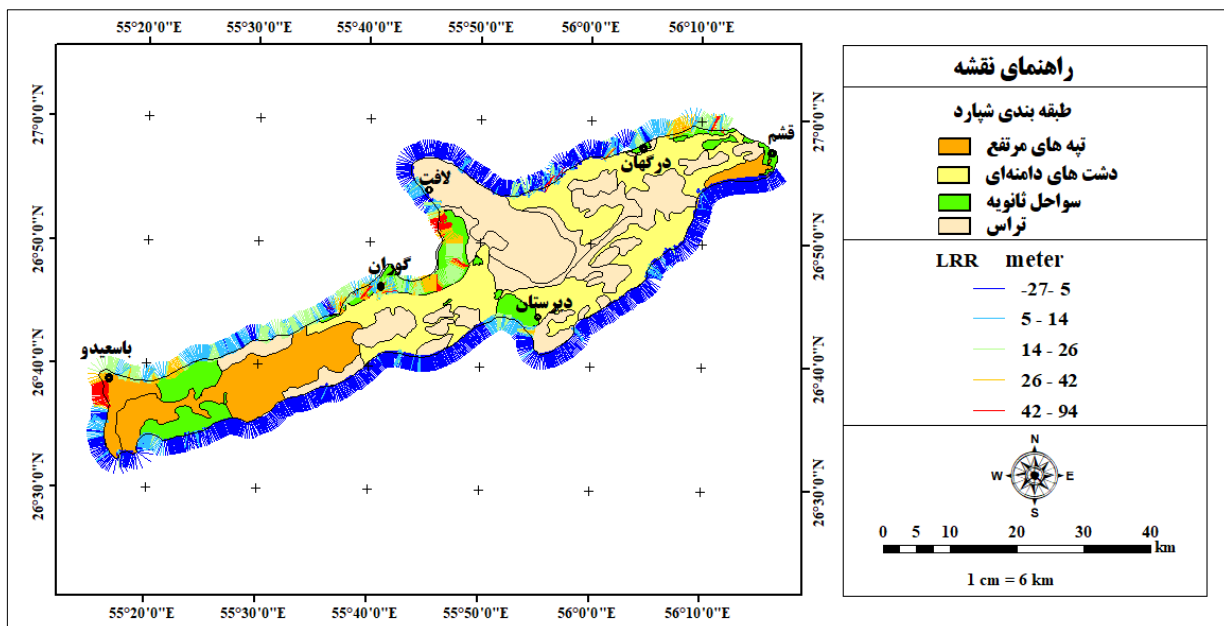
است که نشان می‌دهد در سواحل ثانویه جزیره قشم به دلیل رسوب‌گذاری، میزان رشد خط ساحلی مثبت بوده‌است و این امر، پیشروی و رسوب‌گذاری ساحل را نشان می‌دهد.

تجزیه و تحلیل روند تغییرات خط ساحلی طی ۳۱ سال با شاخص‌های NSM و SCE نشان می‌دهد که بیشترین رشد و پیشروی ساحل در میان واحدهای مورفولوژیکی سواحل ثانویه، در جنگل‌های مانگرو و سواحل بندر دولا ب اتفاق افتاده‌است. در جنگل‌های مانگروی شمال جزیره قشم، میزان جابه‌جایی خالص طی ۳۱ سال گذشته حدود ۷۲۳ متر بود که نشان می‌دهد خط ساحلی پیشروی زیادی داشته‌است. کمترین میزان در صد جابه‌جایی خالص نیز به سواحل دستکو اختصاص داشت که روند کُند آن از امواج قوی جنوب‌غربی سرچشمه می‌گرفت؛ به گونه‌ای که در این ساحل، میزان حداقل شاخص NSM منفی بود. این امر نشان می‌دهد که ساحل دستکو، امواج جنوبی و جنوب‌غربی به فرسایش ساحل نیز منجر می‌شود و به ۲۱/۵- متر طی ۳۱ سال رسیده‌است (جدول ۴). به طور کلی، طی ۳۱ سال گذشته میزان جابه‌جایی خالص خطوط ساحلی در سواحل ثانویه مثبت است و میزان عددی شاخص‌های NSM و SCE به ترتیب برابر با ۵۶۹ و ۶۵۵ متر در ۳۱ سال است.

جدول ۴: شاخص‌های آماری خط ساحلی در لندفرم‌های سواحل ثانویه جزیره قشم حاصل از ابزار رقومی DSAS

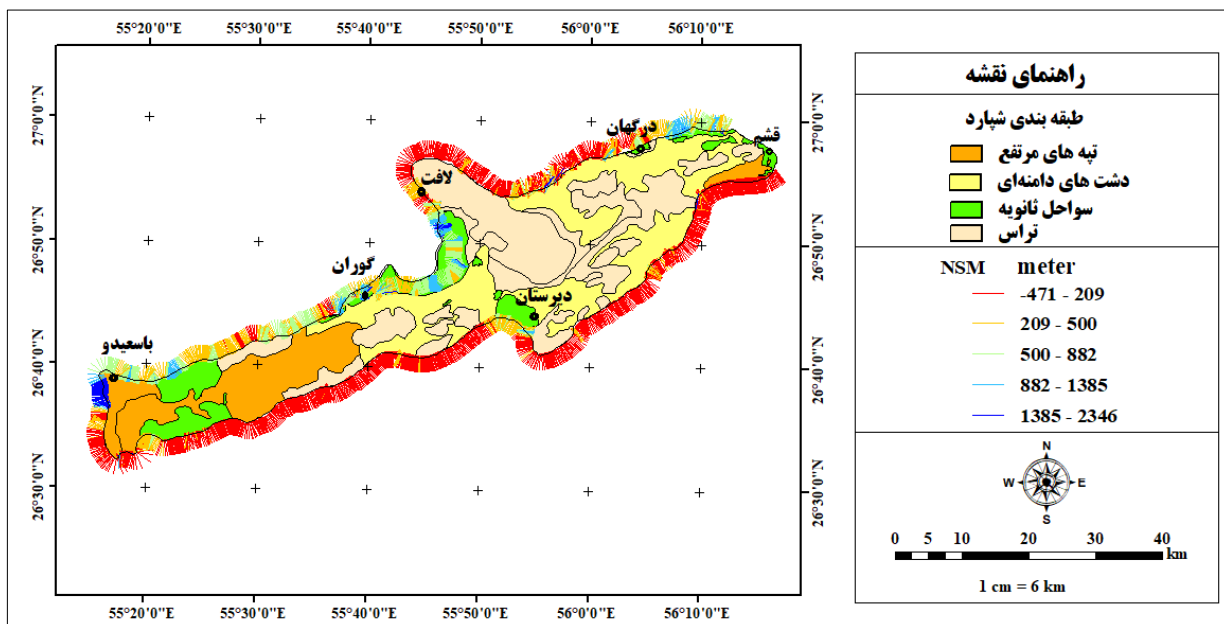
بازه‌های انتخابی	آماره	انسان ساخت	جنگل مانگرو	بندر دولا ب	دستکو	دیرستان	میانگین سواحل ثانویه
LRR (متر بر سال)	میانگین	۲۱/۷	۲۶/۴	۲۲/۸	۵	۱۵/۶	۱۹/۴
	حداکثر	۷۶/۶	۶۸	۴۱/۳	۱۵/۵	۳۶/۳	۷۶/۶
	حداقل	۳/۳	۷/۱	۶/۸	-۰/۶	۴/۸	-۰/۶
EPR (متر بر سال)	میانگین	۲۳/۱	۲۴/۲	۲۳/۸	۵/۵	۱۵/۸	۱۹/۱
	حداکثر	۷۰/۶	۶۶/۶	۴۰/۲	۱۸/۸	۳۸/۵	۷۰/۶
	حداقل	۳	۲/۷	۸	-۰/۷	۵/۴	-۰/۷
NSM (متر، طی ۳۱ سال)	میانگین	۶۸۲	۷۲۳	۷۱۳	۱۶۶	۴۷۳	۵۶۹
	حداکثر	۲۰۸۰	۱۹۹۳	۱۲۰۱	۵۶۴	۱۱۵۱	۲۰۸۰
	حداقل	۹۱	۶۳/۷	۲۴۱	-۲۱/۵	۱۶۳	-۲۱/۵
SCE (متر، طی ۳۱ سال)	میانگین	۶۸۴	۷۴۹	۷۱۳	۱۷۱	۴۷۳	۶۵۵
	حداکثر	۲۰۸۰	۱۹۹۳	۱۲۰۱	۵۶۴	۱۱۵۱	۲۰۸۰
	حداقل	۱۰۶	۲۳۷	۲۴۱	۴/۳	۱۶۳	۴/۳

به منظور تفسیر بصری شاخص‌های آماری در تغییرات خطوط ساحلی جزیره قشم در طی ۳۱ سال (۱۹۹۰-۲۰۲۰) برای شاخص‌های LRR و NSM، پراکنش ترانسکت‌ها در محیط Arc map نشان داده شد. سپس ترانسکت‌های ۲۵۰۰ متری در اطراف جزیره ترسیم شد و رنگ آنها بیانگر تغییرات میزان عددی شاخص LRR است (شکل ۵). در این شکل مشخص است که در خط جنوبی ساحل این جزیره به جز دیرستان، شاخص LRR بین ۲۷- و ۵ متر در سال است که نشان می‌دهد خط ساحلی جنوب قشم اغلب روند فرسایشی داشته‌است؛ اما خط ساحلی شمال آن به جز بندر لافت در نقطه انتهایی دماغه شمالی شاخص LRR، در اغلب نقاط ساحلی مثبت و رنگ ترانسکت‌ها نیز قرمز بوده که نشان می‌دهد در این سواحل، رسوب‌گذاری و پیشروی دریا بر فرسایش و پسروی آن غالب است.



شکل ۵: میزان جابه‌جایی خط ساحلی جزیره قشم با رگرسیون خطی (LRR) طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

نقشه شاخص NSM در جزیره قشم ترسیم شد و نشان داد که در جنوب این جزیره، شاخص منفی بوده و خط ساحلی روند پسروی داشته‌است که علت اصلی آن، امواج و بادهای مسیر جنوبی و جنوب‌غربی است (komijane et al, 2014). اما در بخش شمالی جزیره به ویژه در خط ساحلی جنگل‌های مانگرو، بندر دولاب، باسیدو و سواحل سکونتگاه شهری درگهان، شاخص NSM مثبت بوده و بین ۵۰۰ تا ۲۳۴۶ متر در طی ۳۱ سال بوده‌است (شکل ۶).



شکل ۶: میزان جابه‌جایی خط ساحلی جزیره قشم با جابه‌جایی خالص (NSM) طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰

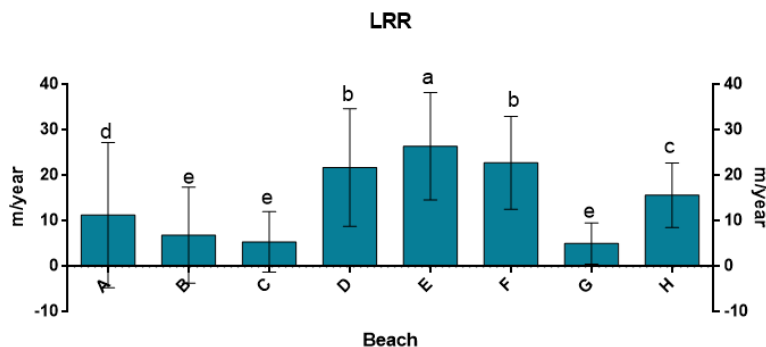
تحلیل واریانس

به منظور شناسایی اختلاف آماری شاخص LRR بین واحدهای مورفولوژیکی ساحل جزیره قشم به روش طبقه‌بندی شپارد، از تحلیل واریانس یک طرفه استفاده شد و نتایج نشان داد که میزان عددی این شاخص، بین واحدها متفاوت و اختلاف آنها در سطح ۹۹ درصد معنادار بود (جدول ۵).

جدول ۵: تحلیل واریانس یک طرفه و مقایسه میانگین میزان جابه‌جایی LRR بین لندفرم‌های ساحلی جزیره قشم

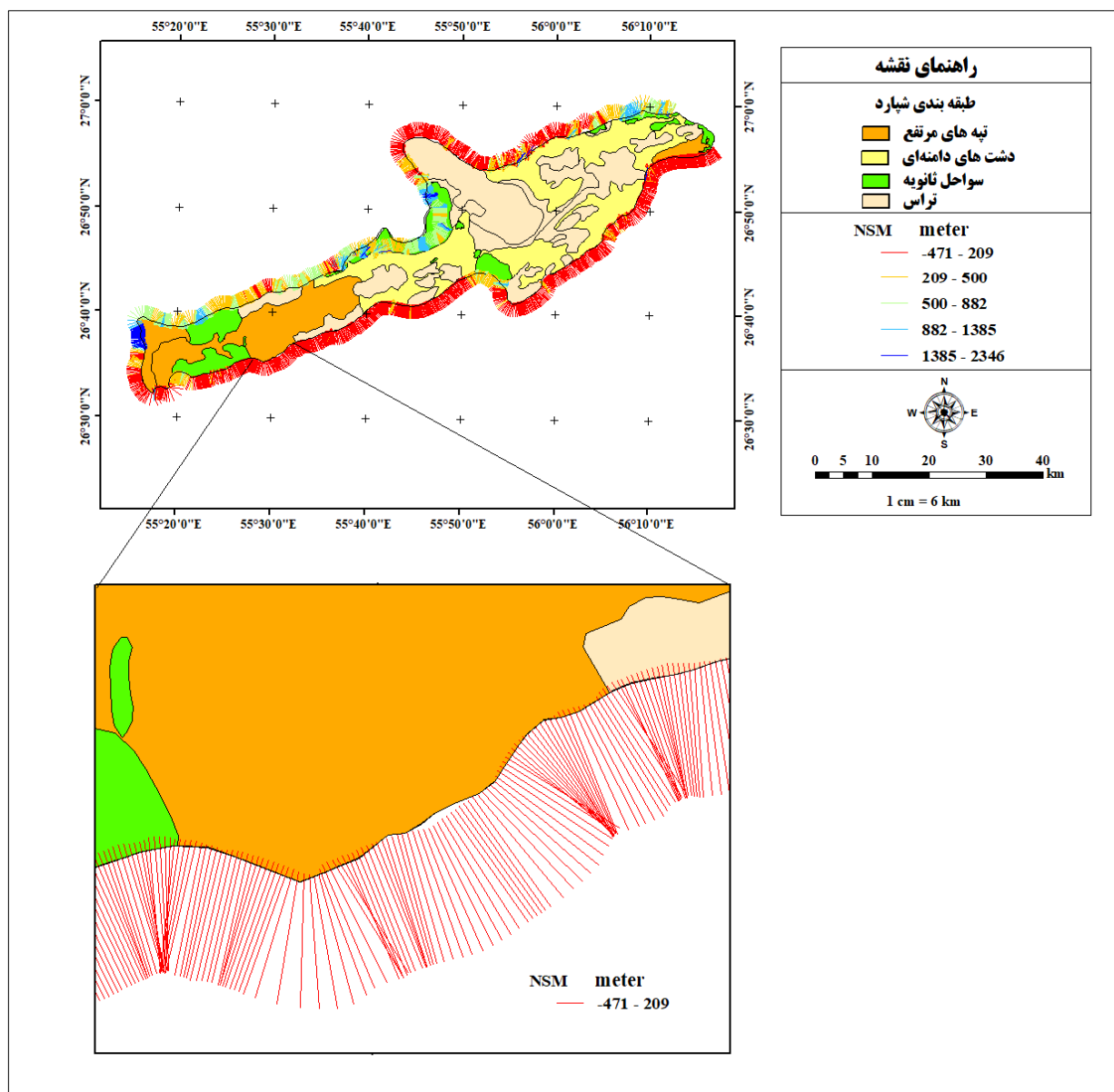
سطح معنی‌داری	آماره فشر	میانگین مربعات	درجه آزادی	جمع مربعات	بین گروهی
۰/۰۰۰**	۱۸۵/۲	۲۲۲۶۲	۷	۱۵۵۸۳۸	بین گروهی
		۱۲۰	۲۷۰۸	۳۲۵۴۷۴	درون گروهی
			۲۷۱۵	۴۸۱۳۱۳	جمع

به منظور مقایسه میانگین بین واحدها، از آزمون توکی استفاده و نتایج آن به صورت اندیس در هر ستون نشان داده شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان شاخص LRR در جنگل‌های مانگرو است که با پیشروی ۲۶/۴ متر در سال، با دیگر سواحل در سطح پنج درصد اختلاف معناداری داشت. پس از آن، سواحل انسان‌ساخت و بندر دولاب با پیشروی ۲۱ و ۲۲ متر در سال، در یک طبقه قرار گرفتند و با دیگر سواحل اختلاف داشتند. در طبقه سوم، ساحل دیرستان بود که با پیشروی پانزده متر در سال، با دیگر طبقات اختلاف معناداری داشت. در طبقه چهارم، تپه‌های مرتفع با یازده متر در سال با طبقات دیگر اختلاف معناداری داشت. در طبقه آخر نیز سواحل دشت‌های دامنه‌ای، تراس‌ها و سواحل دستکو در یک طبقه قرار گرفتند و با دیگر واحدهای مورفولوژیکی سواحل جزیره قشم، در سطح ۹۹ درصد اختلاف معناداری داشتند (شکل ۷).

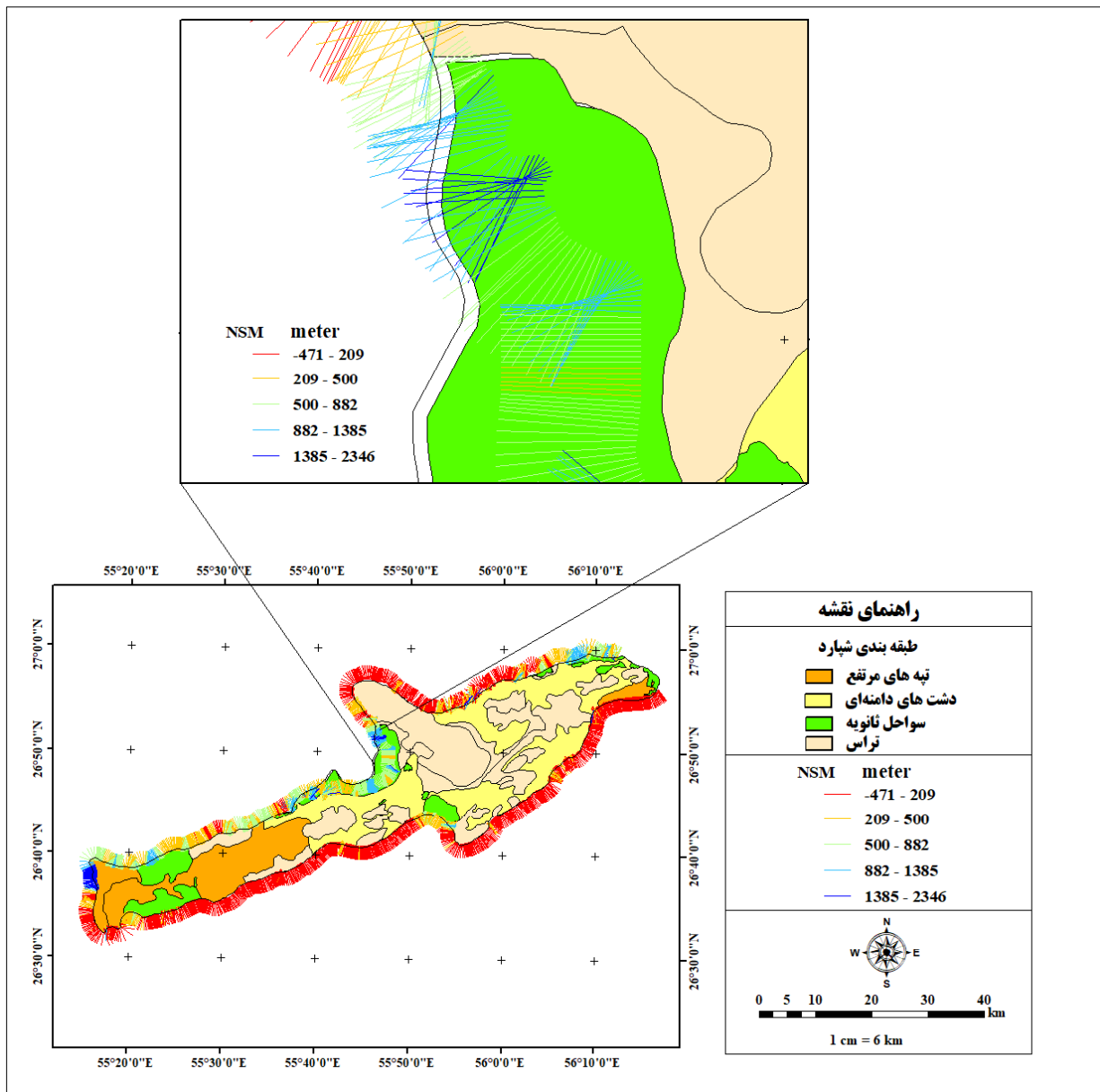


شکل ۷: نمودار ستونی میانگین شاخص LRR بین واحدهای مورفولوژیکی سواحل جزیره قشم: A: تپه‌های مرتفع، B: دشت‌های دامنه‌ای، C: تراس، D: انسان‌ساخت، E: جنگل‌های مانگرو، F: بندر دولاب، G: دستکو و H: دیرستان

در شکل‌های ۸ و ۹، میزان درصد جابه‌جایی شاخص NSM برای ۳۱ سال در سواحل اولیه (غار نمکدان) و سواحل ثانویه (جنگل‌های مانگرو) به صورت موردی ارائه شد که میزان مثبت آن در سواحل جنگل‌های مانگروی قشم، بیانگر پیشروی خط ساحلی به سمت دریا و میزان منفی آن در ساحل غار نمکدان، بیانگر فرسایش و پسروی خط ساحلی به سمت خشکی بود.



شکل ۸: میزان جابه‌جایی NSM برای سواحل اولیه جزیره قشم در ساحل غار نمکدان



شکل ۹: میزان جابه‌جایی NSM برای سواحل ثانویه جزیره قشم در ساحل جنگل‌های مانگرو

در نهایت، نتایج حاصل از آزمون تی‌استیودنت نشان داد که بین سواحل اولیه و ثانویه در جزیره قشم، در زمینه میزان جابه‌جایی شاخص LRR اختلاف آماری وجود دارد و پیشروی خط ساحلی و رسوب‌گذاری آن، در سواحل ثانویه بیش از سواحل اولیه است و در سال به حدود ۲/۷ برابر سواحل اولیه نیز می‌رسد (جدول ۶).

جدول ۶: آزمون تی‌استیودنت میزان جابه‌جایی LRR بین سواحل اولیه و ثانویه جزیره قشم

سواحل	میانگین	انحراف معیار	درجه آزادی	آماره t	سطح معنی‌داری
اولیه	۷/۶۳	۱۱/۷۲	۱۸۰۱	۲۷/۶۲	۰/۰۰۰**
ثانویه	۱۹/۴۴	۱۳/۲۵	۹۱۹	۴۴/۴۹	

۵- بحث و نتیجه‌گیری

طبقه‌بندی محیط‌های ساحلی بر مبنای واحدهای مورفولوژیکی، از دیرباز از سوی پژوهشگران قابل توجه بود و اغلب با روش طبقه‌بندی شپارد صورت می‌گرفت. این طبقه‌بندی اولیه می‌تواند مبنایی برای طرح‌های توسعه در نواحی ساحلی به‌ویژه جزایر استراتژیک باشد. مطالعات طبقه‌بندی مورفولوژیکی ساحلی با بهره‌گیری از تحولات زمین‌شناختی، تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی، می‌تواند پایه‌ای اصلی ارزیابی آسیب‌پذیری و برنامه‌ریزی‌های فضایی چشم‌انداز ساحلی باشد (Papageorgiou, 2016)؛ بنابراین، ضروری است برای دستیابی به توسعه پایدار در جزیره قشم به عنوان محدوده مطالعاتی، واحدهای مورفولوژیکی سواحل آن شناسایی و طبقه‌بندی شود. پژوهش حاضر، در راستای شناسایی محیط‌های ساحلی جزیره قشم به‌منظور پایه‌ریزی توسعه پایدار در نوار ساحلی انجام شد و نتایج آن این قابلیت را دارد که بتواند برای برنامه‌ریزی فضایی — جغرافیایی برای دستیابی به توسعه پایدار در اختیار مدیران قرار گیرد؛ به‌گونه‌ای که پژوهشگران این روش را در سواحل دریای خزر در مازندران، سواحل جنوبی خوزستان و در سواحل سیریک اجرا کردند. یکی از نقاط قوت مطالعه حاضر این است که طبقه‌بندی شپارد برای کل سواحل جزیره قشم به کار می‌رود و می‌تواند به‌خوبی ویژگی‌های محیطی سواحل جزیره را آشکار سازد. اما پژوهشگران در سواحل خزر، خوزستان و سیریک، تنها بخشی از ساحل را به‌عنوان محدوده مورد مطالعه انتخاب و بررسی کردند. بنابراین نتایج پژوهش حاضر، سواحل جزیره قشم را به طور جامع و کامل طبقه‌بندی کرد.

محیط ساحلی که یکی از واحدهای ژئومورفولوژیکی پیچیده و دینامیکی است، تحت تأثیر فرایندهای طبیعی و انسانی تغییرات مشهودی دارد. کشندهای دریایی، امواج و بادهای غالب ساحلی، فعالیت جریان‌های هیدروژئولوژیکی و رسوب‌گذاری رودخانه‌ها به همراه فعالیت‌های انسانی، از مهم‌ترین عوامل تغییر در خط ساحلی است. به‌منظور تدوین برنامه‌های راهبردی بلندمدت و میان‌مدت بر مبنای مدیریت یکپارچه نوار ساحلی در رهیافت توسعه پایدار، آگاهی و کمّی‌سازی تغییرات خط ساحلی بسیار اهمیت دارد و با شناخت آن، می‌توان برنامه‌های مدیریتی ساحل را تدوین کرد. جزیره قشم در گستره خلیج فارس، تحت سلطه بادهای و امواج غربی و جنوب‌غربی قرار دارد که می‌تواند در مورفولوژی و جابه‌جایی خط ساحلی تغییر ایجاد کند. با بررسی تغییرات خط ساحلی در این جزیره می‌توان به میزان رسوب‌گذاری و فرسایش در بخش‌های مختلف ساحلی دست یافت که می‌توان از آن در مکان‌یابی ساخت‌لنگرگاه، بندر هاب، اسکله، خوشه صنایع دریایی، احداث کمر بند جزیره، موج‌شکن‌ها و ساخت‌وسازهای دیگر به همراه مدیریت اکوسیستم‌های ساحلی و به طور کلی مدیریت یکپارچه ساحلی استفاده کرد. تحلیل تغییرات خط ساحلی جزیره قشم طی سال‌های ۱۹۹۰ تا ۲۰۲۰ نشان داد که سواحل ثانویه جزیره در جنگل‌های مانگرو، بندر دولاب، دستکو، دیرستان و سکونتگاه‌های شهرهای ساحلی پیشروی زیادی داشته و فرایند رسوب‌گذاری در آنها بیش از فرسایش بوده است؛ اما در سواحل اولیه — که عمدتاً در نواحی ساحل جنوبی و دماغه شمالی بندر لافت واقع است — پسروی دریا غالب بوده که در آن فرسایش به عقب رفتن خط ساحلی و حرکت آن به سمت خشکی منجر شده است. بیشترین میزان پیشروی ساحل در جنگل‌های مانگرو بود که در سواحل پاکستان نیز به دلیل رسوب‌گذاری تدریجی رودخانه‌ها در خط ساحلی جنگل‌های مانگرو، روند مثبتی در پیشروی خط ساحلی وجود داشت (Hashmi and Ahmad, 2018). در پژوهش حاضر، جنگل‌های مانگروی قشم علاوه بر دریافت رسوب از رواناب‌های سطحی جزیره، از رودخانه‌های سرزمین اصلی ایران در هرمزگان

از جمله رود مهران نیز رسوبات دریایی دریافت می‌کرد و با حرکت جنوبی این رسوبات به سمت جزیره، در بین درختان حرا به دام می‌افتاد و تجمع آنها به پیشروی خط ساحلی منجر می‌شد (Parhizkar et al, 2019). در جنگل‌های مانگرویی پاکستان، خط ساحلی طی ۳۸ سال به‌طور میانگین سالانه ۴۱ متر و در جزیره قشم حدود ۲۶/۴ متر در سال پیشروی داشت. در سواحل انسان‌ساخت نیز روند تغییرات خط ساحلی مثبت بود و پیشروی دریا از عوامل انسانی همچون ساحل‌سازی، احداث اسکله‌ها و موج‌شکن‌ها سرچشمه گرفته بود. در دلتای بابلرود در مازندران نیز این عوامل به پیشروی دریای خزر منجر شد و در آن میزان LRR حدود پنج متر بود (Shayan et al, 2020). در سواحل انسان‌ساخت جزیره قشم — که عمدتاً در شرقی‌ترین نقطه جزیره قرار دارد — میانگین نرخ LRR ۲۷ متر در سال بود. امواج قوی دریایی و بادهای غالب ساحلی به فرسایش قهقرایی خط ساحلی منجر می‌شود که در سواحل صحرای سینا در مصر، رانش ساحلی حاصل از امواج و بادهای وی به فرسایش ساحلی حدود ۱۷۸ متر در سال منجر شد (Nassar et al, 2019). در ناحیه ساحلی آندرا پرادش در هند نیز امواج دریایی موجب فرسایش ساحلی و عقب‌نشینی خط ساحلی شده‌است (Baig et al, 2020). در جزیره قشم نیز امواج دریایی و بادهای غربی و جنوب‌غربی، فرسایش سواحل جنوبی این جزیره تا حداکثر به ۲۷ متر طی ۳۱ سال شده‌است. خط ساحلی دلتای رود نیل نیز طی سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۱۸ پیشروی و پسروی داشت که ۴۴/۲ درصد ساحل دارای فرسایش، ۴۵ درصد رسوب‌گذاری و ۱۰/۸ درصد نیز پایدار بود (Abou Chang et al, 2018). رواناب‌های سطحی جزیره قشم — که از تپه‌ها و تراس‌ها سرچشمه گرفته‌است و به ساحل می‌رسد — با کاهش شیب و در برخورد با آب دریا، انرژی اولیه خود را از دست می‌دهد و بار رسوبی آن ته‌نشین می‌شود که تجمع این رسوبات به پیشروی ساحل (خشکی) به سمت دریا منجر شده‌است. در جنگل‌های مانگرویی شمال جزیره قشم، رواناب‌های شمال‌شرقی جزیره و رسوبات دریایی حاصل از رودخانه‌های سرزمین اصلی ایران به‌ویژه رسوبات رودخانه مهران، به پیشروی خط ساحلی منجر شده‌است. همچنین در بندر دولا، باسعیدو و دیرستان، رسوبات حاصل از رواناب‌ها موجب پیشروی خط ساحلی جزیره قشم به سمت دریا شده‌است. اما در سواحل جنوبی این جزیره به دلیل امواج و بادهای غربی و جنوب‌غربی، شاهد فرسایش قهقرایی خط ساحلی هستیم و سالانه به‌طور حداقل، ۲۷ متر به سمت خشکی پسروی می‌کند. مدیریت نواحی ساحلی در برنامه‌ریزی‌های توسعه بسیار مهم است و بخش مدیریت به تغییرات محیط ساحلی توجه بسیاری دارد؛ به گونه‌ای که تغییرات ساحلی اگر از نوع پسروی باشد، احتمال به‌خطرافتادن ساخت‌وسازهای ساحلی و به زیر آب رفتن آنها وجود دارد. با این شرایط، مدیران و مسئولان برای پایه‌ریزی توسعه و ساخت‌وسازهای ساحلی، بایستی به تغییرات خط ساحلی و مخاطرات دریایی توجه خاصی داشته باشند و برای افزایش تاب‌آوری در برابر این خطر، نیازمند شناخت و ارزیابی تغییرات خط ساحلی هستند. جزیره قشم طی بیست سال اخیر، روند رو به رشدی را شاهد بوده و عمده ساخت‌وسازهای آن در نوار ساحلی انجام شده‌است، اما هنوز بسیاری از اراضی نواحی ساحلی بایر است و پتانسیل ساخت‌وساز دارد، اما به شناسایی تغییرات نواحی ساحلی طی سالیان گذشته و آینده نیازمند است که پژوهش حاضر نیز در این راستا انجام می‌شود. بنابراین، می‌توان از نتایج پژوهش حاضر در برنامه‌ریزی‌های مدیریت یکپارچگی نوار ساحلی جزیره قشم استفاده کرد. متخصصان نیز بایستی به این نکته توجه کنند

که امواج قوی به فرسایش ساحل جنوبی این جزیره منجر می‌شود، اما ته‌نشینی رسوبات حاصل از رواناب‌ها، پیشروی خط ساحلی را در شمال جزیره قشم به همراه دارد.

منابع

1. Abou Samra, R. M., & R. R. Ali., (2020). Applying DSAS tool to detect coastal changes along Nile Delta, Egypt. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*.
2. Ahmad, S. R., & V. C. Lakhan., (2012). GIS-based analysis and modeling of coastline advance and retreat along the coast of Guyana. *Marine Geodesy*. 35(1), 1-15.
3. Ahmadi, M.; Ramesht, M. H.; & KH. Darfashi, 2014. Investigation the trend shoreline changes using remote sensing techniques and GIS, a case study: the cost of Bandae Deire city, Persian Gulf, *Geography and Environmental Planning*, 25, 3(55): 63-74. [In Persian]
4. Baig, M. R. I.; Ahmad, I. A.; Shahfahad, Tayyab, M.; & A. Rahman, 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.
5. Cetin, M., 2016. Sustainability of urban coastal area management: A case study on Cide, *Journal of Sustainable Forestry*, 35(7), 527-541.
6. Chang, Y.; Chu, K. W.; & L. Z. H. Chuang, 2018. Sustainable coastal zone planning based on historical coastline changes: A model from case study in Tainan, Taiwan, *Landscape and urban planning*, 174, 24-32.
7. Chen, P.; Sun, Z.; Zhou, X.; Xia, Y.; Li, L.; He, Z.; ... & H. Xie, 2021. Impacts of coastal reclamation on tidal and sediment dynamics in the Rui'an coast of China, *Ocean Dynamics*, 71(3), 323-341.
8. Chu, L.; Oloo, F.; Sudmanns, M.; Tiede, D.; Hölbling, D.; Blaschke, T.; & I. Teleoaca, 2020. Monitoring long-term shoreline dynamics and human activities in the Hangzhou Bay, China, combining daytime and nighttime EO data, *Big Earth Data*, 4(3), 242-264.
9. Fenster, M. S.; Dolan, R.; & R. A. Morton, 2001. Coastal storms and shoreline change: signal or noise?, *Journal of Coastal Research*, 714-720.
10. Hashmi, S. G. M. D., & S. R. Ahmad., (2018). GIS-Based analysis and modeling of coastline erosion and accretion along the coast of Sindh Pakistan. *Journal of Coastal Zone Management*. 21(1), 1-7.
11. Kay, R., & J. Alder., (2017). Coastal planning and management. CRC Press.
12. komijane, F.; nasallahe, A.; nazari, N.; & S. Naheid, 2014. The Persian Gulf wind analysis using meteorological synoptic stations data, *Nivar*, 38(85-84), 27-44. [In Persian]
13. Le Cozannet, G.; Garcin, M.; Yates, M.; Idier, D.; & B. Meyssignac, 2014. Approaches to evaluate the recent impacts of sea-level rise on shoreline changes, *Earth-science reviews*, 138, 47-60.
14. Maghsoudi, M.; Goorabi, A.; & A. Rasouli, 2020. Active tectonics land development and its effect on the morphology of the Anticlines of Qeshm Island (Salakh, kavazrin, Souza and Giahdan.), *Quantitative Geomorphological Research*, 9(2), 98-115.
15. 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(7), 1203-1214.
16. Naimi Nezamabad, A.; Qahroudi Tali, M.; & M. Thorati, 2010. Monitoring of shoreline changes and geomorphological landforms of the Persian Gulf using remote sensing techniques and GIS (Case study: Assaluyeh coastal area), *Geographical Space*, 10 (30), 45-61. [In Persian]

17. Nassar, K.; Mahmod, W. E.; Fath, H.; Masria, A.; Nadaoka, K.; & A. Negm, 2019. Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt, *Marine Georesources & Geotechnology*, 37(1), 81-95.
18. Neghaban, S.; Bagheri, K.; Heidari, S.; & L. Grossi, 2017. Investigation and monitoring of Oman Sea coastline changes in Jask region, *Quantitative Geomorphological Research*, 6 (1), 119-136. [In Persian]
19. Neghaban, S.; Rostami, D.; & H. Ganjaeian, 2015. Monitoring shoreline changes using remote sensing in the coastal area of the Oman Sea from Chabahar to Tang port, *Quantitative Geomorphological Research*, 5(1), 27-42. [In Persian]
20. Papageorgiou, M., 2016. Coastal and marine tourism: A challenging factor in Marine Spatial Planning, *Ocean & coastal management*, 129, 44-48.
21. Parhizkar, F.; Rajabi, M.; Yamani, M.; & D. Mokhtari, 2019. Analysis of temporal changes of the northern shoreline of the Strait of Hormuz through the Digital Shoreline Analysis Tool (DSAS), *Environmental Erosion Research*, 9 (2 (34)), 1-18. [In Persian]
22. Rahbani, M., & M. Pakhirehzan., (2018). Classifying east coasts of Hormozgan province using Shepard method and satellite imagery. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. 21(3), 335-344.
23. Shayan, S.; Yamani, M.; Abdollahi Kakroudi, A.; & H. Amunia, 2020. Estimation of coastline changes in the Caspian delta basin using digital coastline analysis system (deltas: Haraz, Babolrood and Talar), *Quantitative Geomorphological Research*, 8(4), 34-46. [In Persian]
24. Thieler, E. R.; Himmelstoss, E. A.; Zichichi, J. L.; & A. Ergul, 2009. The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0-an ArcGIS extension for calculating shoreline change (No. 2008-1278). US Geological Survey.
25. Tian, P.; Cao, L.; Li, J.; Pu, R.; Shi, X.; Wang, L.; ... & S. Shao, 2019. Landscape grain effect in Yancheng coastal wetland and its response to landscape changes, *International journal of environmental research and public health*, 16(12), 2225.
26. Veteikis, D.; Šabanovas, S.; & M. Jankauskaitė, 2011. Landscape structure changes on the coastal plain of Lithuania during 1998–2009, *Baltica*, 24(2), 107-116.
27. Yamani, M., & A. Nohegar., (2007). Geomorphology of the coastal plain east of the strait of hormuz: with emphasis on wind erosion, publisher: Hormozgan Universit, NP: 254, ISBN: 964-7235-59-3. [In Persian]

Classification of coastal landforms and analysis of temporal-spatial changes of the coastline of Qeshm Island with the approach of integration coastal zone construction management

Majid Kia: PhD. Student, Department of Civil Engineering-Construction Management, Qeshm Branch, Islamic Azad University, Qeshm, Iran

Mohsen Dadras*: Assistant Professor, Department Civil Engineering, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

Zeinab Aliyas: Assistant Professor, Department of Architectural Engineering, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

Article History (Received: 2021/09/10

Accepted: 2022/01/28)



20.1001.1.22517812.1401.12.3.3.2

Extended abstract

1- Introduction

Qeshm Island is located on the southern coast of Iran in the Persian Gulf and the Strait of Hormuz, whose shores, like other coastal environments, are affected by processes and morphological changes due to sea hydrodynamics and geohydrology of the island's land environment. Mangrove forests on the north coast of Qeshm Island are a gentle environment for sedimentation of Qeshm Island runoff and sedimentation of rivers that enter this environment from the mainland. Also, along the coastline of the Strait of Hormuz and the Persian Gulf, there is the highest tidal range. Under these conditions, monitoring and digitization of temporal-spatial changes of Qeshm Island coastline can be important in sustainable coastal development and coastal strip integrity management, and by detecting and predicting it, a comprehensive plan for changes can be designed depicting developed morphodynamics, and sea retreat and forward patterns. Therefore, the present study, focusing on the coastal environment development approach, tries to classify coastal landforms and monitor the spatial changes of the coastline of Qeshm Island, which is analyzed through the Shepard classification method and the coastline system analysis tool (DSAS).

2- Methodology

In this study, in order to classify landforms and analyze the shoreline changes of Qeshm Island based on integrated shoreline management, first by using library resources, analytical tools and field visits and by applying Shepard method, the coastal areas of Qeshm Island were classified into different zones. The data and tools used included topographic maps, geology and land use of the island, digital data and elevation model, and LANDSAT satellite imagery of the ETM + and OLI sensor series. For spatial analysis and drawing maps, ArcGIS software was used. After increasing the recovery and contrast power of water and land in ENVI software, the satellite images were transferred to Arc map software and from the images, Qeshm Island coastline polyline related to each image were drawn and the shoreline was prepared as the required layer. In this way, shorelines were prepared to monitor spatio-temporal changes with the DSAS tool. In order to statistically analyze and quantify the trend of backward and forward (moving) shorelines, statistical methods including endpoint (EPR), linear regression (LRR), weighted linear regression (WLR) and final confidence interval (NSM) embedded in DSAS tools were used in this study.

3- Results

By studying the geological and topographic maps (Landsat 8 (OLI)) of the study area which was used to classify the coastline of Qeshm Island, five different morphological units including slopes, marine sediments, residential areas (man-made), terraces and the high hills in the area were identified and classified. The linear regression index (LRR) was obtained by fitting the least squares of the regression line to all points at a 95% confidence level in a particular transect, in which a positive value indicates coastal sedimentation and a negative value indicates

* Corresponding Author: dadras.mohsen@yahoo.com

coastal erosion. In the morphological units of the primary coasts of Qeshm Island, the highest advancement of the coastline has been in the high hills, which often ends in the hills of Basaeido port. It has flowed towards the shore and has caused sedimentation in the coastline, and its average has increased by about 11.3 meters per year during 31 years. Of course, in the coastline of Namakdan Cave Mountain, due to the lack of runoff and also the direction of the prevailing south winds, the waves have caused the coast to regress and erode; this area is located in the morphological unit of high hills, which is at least -6.3 meters. Therefore, among the morphological units of the high coastal hills, in Laseido, the LRR index is positive and indicates the advancement of the coast and sedimentation, but in the salt cave, the LRR index is negative and indicates the regression and erosion of the coast. The lowest LRR index among the primary beaches is in the morphological unit of coastal terraces (5.4 m per year) with a maximum sedimentation rate of 34 m/year in Goran in the west of the mangrove forests and a minimum of 27 meters per year in southern parts of the island as well as the port of Laft. On Qeshm Island, the shores of mangrove forests, Dolab port, Dastko, Direstan and eastern man-made shores are considered as parts of the primary beaches. Among these morphological units, the highest rate of shoreline movement per year is LRR and EPR occurring on the shoreline of the mangrove forests, which are positive indicators and show that due to the massive sedimentation in this forest, the coast is progressing and on average annually between 21.7 up to 23.1 meters on the beach is added. The maximum of this positive displacement is about 76.6 meters per year and the minimum is 3.3 meters per year.

4- Discussion & Conclusions

The surface runoff of Qeshm Island, which originates from the hills and terraces and reaches the shore, loses its initial energy by decreasing the slope and, in contact with the seawater, causes the deposition of its sedimentary load. Accumulation of these sediments has caused the shore (land) to advance towards the sea. In the mangrove forests of the north of Qeshm Island, the northeastern runoff of the island as well as marine sediments from the rivers of the mainland of Iran, especially the sediments of the Mehran River, have caused the shoreline to advance. Also, in Dolab, Basaeido and Direstan ports, sediments from runoffs have caused the coastline of Qeshm Island to advance towards the sea. But on the southern coast of Qeshm Island, due to waves and winds from the west and southwest, we see regressive erosion of the coastline and the coastline recedes to the mainland by at least 27 meters annually. The results of the present study can be used in Qeshm Island coastal strip integrity management plans and experts must be notified that strong waves cause erosion of the south coast of Qeshm Island, but sedimentation of the resulting runoffs can advance the coastline in the north of Qeshm Island.

Key Words: Qeshm Island, Shepard Method, Landform, Relocation Rate, DSAS.