

Assessment of geomorphic-type models for barrier Islands complex located on the Gabric and Jask protected area shorelines

Reza Mansouri*

Assistant Professor of Geomorphology, Department of Physical Geography, Faculty of Geography and Environmental Planning, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

Amphibious Science and Technology, 2025, 5(4), 102-118

ARTICLE INFO

Article type:

Research article

Article history:

Received 30 January 2025

Accepted 7 March 2025

Available online 15 March 2025

Keywords:

Barrier Island, Coastline, Coastal Zone, Geomorphic-Type Models, Jask, Makran Gabric

Citation:

Mansouri, R. (2025). Assessment of geomorphic-type models for barrier Islands complex located on the Gabric and Jask protected area shorelines. *Amphibious Science and Technology*, 5(4), 102-118.

DOI:

10.22034/JAMST.2025.544590.1205

ABSTRACT

Long-term (decades to centuries) monitoring of shoreline position over a spatial scale of 10 to 100 km provides a scientific basis for documenting process-response relationships that shape regional coastal morphodynamics. The main goal of this research is to investigate the geomorphic response models of the barrier islands complex on the Gabrik and Jask protected area shores. The main research method was to use the model proposed by McBride et al., 1995; In this regard, the physical and conceptual data used were respectively: Landsat images, topographic maps and ERDAS IMAGINE & ArcGIS software. The obtained findings show that out of the eight geomorphic models presented by McBride et al., 1995, five models of advance, retreat, lateral movement, rotational instability and in-place narrowing were created in the studied area. Advance, in-place narrowing and rotational instability have been the most common geomorphic response models of the region. The research findings indicate that, on average, the highest amount of shoreline change in area 1 was about 578 meters of advance (barrier island 1), while in area 2 (barrier island 12) and area 3 (barrier island 13), there were retreats of approximately 1,150 and 333 meters, respectively. The minimum and maximum shoreline displacement has been approximately 212 and 1316 meters, respectively, within the area of barrier islands 14 and 4. At megascale, the rate of relative sea level rise along these barrier coastlines appears to be one of the major factors controlling the occurrence of geomorphic response-types; however, sediment supply exerts significant influence on shoreline response as well. It is suggested that in the field of management and development of executive programs in the region, in order to maintain environmental sustainability and optimal use of existing potentials, special attention should be paid to the rapid variability of barrier islands, especially coastline movement and erosion and sedimentation.

Publisher:

Imam Khomeini Maritime University



بررسی انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک مجموعه جزایر سدی واقع در کرانه‌های منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک

رضا منصوری*

استادیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

علوم و فنون آبخاکی، ۱۴۰۳، ۵(۴)، ۱۱۸-۱۰۲

مشخصات مقاله	چکیده
نوع مقاله: پژوهشی تاریخچه مقاله: دریافت ۱۱ بهمن ۱۴۰۳ پذیرش ۱۷ اسفند ۱۴۰۳ دسترسی آنلاین ۲۵ اسفند ۱۴۰۳ کلیدواژه‌ها: خط ساحلی، جاسک، جزیره سدی، کرانه‌های مکران، گابریک، مدل‌های واکنش ژئومورفیک استناد: منصوری، رضا (۱۴۰۳). بررسی انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک مجموعه جزایر سدی واقع در کرانه‌های منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک. علوم و فنون آبخاکی، ۵(۴)، ۱۱۸-۱۰۲. DOI: 10.22034/JAMST.2025.544590.1205	پایش موقعیت خطوط ساحلی در یک مقیاس فضایی ۱۰ تا ۱۰۰ کیلومتری در درازمدت (دهه‌ای و سده‌ای)، پایه‌ی علمی بسیار ارزنده‌ای برای مستندسازی روابط فرایندها و واکنش‌های ژئومورفولوژیکی ایجاد می‌کند که مورفودینامیک‌های ساحلی منطقه‌ای را شکل داده‌اند. هدف اصلی این پژوهش، بررسی مدل‌های واکنش ژئومورفیک مجموعه جزایر سدی کرانه‌های منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک می‌باشد. روش اصلی پژوهش، بهره‌گیری از مدل پیشنهادی مکراید و همکاران، ۱۹۹۵ بوده؛ در این راستا، داده‌های فیزیکی و مفهومی مورد استفاده به‌ترتیب عبارتند بوده‌اند از: تصاویر Landsat، نقشه‌های توپوگرافی و نرم‌افزارهای ERDAS IMAGINE & ArcGIS. یافته‌های به‌دست آمده نشان می‌دهند از هشت مدل ژئومورفیک ارایه‌شده توسط مکراید و همکاران ۱۹۹۵، پنج مدل پیشروی، پسروی، حرکت جانبی، ناپایداری چرخشی و باریک‌شدن درجا در منطقه مورد مطالعه ایجاد شده‌اند. پیشروی، باریک‌شدن درجا و ناپایداری چرخشی رایج‌ترین مدل‌های واکنش ژئومورفیک منطقه بوده‌اند. یافته‌های پژوهش نشانگر آن هستند که به‌طور میانگین بیشترین میزان تغییرات خط ساحلی در ناحیه ۱ حدود ۵۷۸ متر به‌صورت پیشروی (جزیره سدی ۱)، در ناحیه ۲ (جزیره سدی ۱۲) و ناحیه ۳ (جزیره سدی ۱۳) به‌ترتیب حدود ۱۱۵۰/۳ متر و ۳۳۳ متر به‌صورت پسروی رخ داده است. همچنین، کم‌ترین و بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی به‌ترتیب حدود ۲۱۲ و ۱۳۱۶ متر در محدوده جزایر سدی ۱۴ و ۴ صورت گرفته است. همچنین یافته‌ها نشان دادند که، هرچند به‌نظر می‌رسد در یک مقیاس فضایی- زمانی درازمدت، شرایط هیدرودینامیک دریا و به‌ویژه وضعیت نسبی تراز دریا، یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده در پیدایش انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک است؛ اما، آورد رسوب از خشکی توسط رودها نیز تأثیر بسزایی بر توسعه و تکامل مدل‌های واکنش ژئومورفیک جزایر سدی دارد. پیشنهاد می‌شود در زمینه مدیریت و توسعه برنامه‌های اجرایی در منطقه، به‌منظور حفظ پایداری محیطی و استفاده بهینه از پتانسیل‌های موجود، به تغییرپذیری شتابان جزایر سدی به‌ویژه جابجایی‌های مکانی خط ساحلی و دوره‌های فرسایش- رسوب‌گذاری توجه ویژه شود.

ناشر:

دانشگاه علوم دریایی امام خمینی (ره)



۱- مقدمه

محیط‌های ساحلی از حساس‌ترین سیستم‌های محیطی به‌شمار می‌روند که تحت تاثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم، دگرگونی و تحول در آن‌ها نسبتاً سریع بوده و شاید از این نظر قابل مقایسه با سایر سیستم‌های ژئومورفولوژی نباشند (نوحه‌گر و یمانی، ۱۳۸۵). یکی از پدیده‌هایی که به‌واسطه شکست امواج در بیشتر سواحل دریاها رخ می‌دهد پدیده انتقال رسوب ساحلی است. در اثر این پدیده، مقدار زیادی رسوب در راستای ساحل جابجا می‌شود و با توجه به شکل خاص برخی مناطق و شرایط هیدرودینامیکی حاکم بر آن‌ها و در صورت وجود منابع رسوبی مناسب، اشکال خاص ژئومورفیک از جنس ماسه شکل می‌گیرند که زبانه ماسه‌ای نام دارند. این اشکال، در جهت امواج غالب و جریان‌های دریایی و در امتداد ساحل دریا رشد می‌کنند. از انباشته شدن این زبانه‌ها بر روی یکدیگر، جزایر درازی به‌نام جزایر سدی شکل می‌گیرند که قسمتی از آب دریا را در پشت خود محصور می‌نمایند (منصوری، ۱۳۹۷). جزایر سدی، لندفرمی خطی ناشی از نهشته‌گذاری مواد رسوبی در منطقه برون کرانه می‌باشند که توسط تالاب یا مرداب از خشکی اصلی جدا شده و جهت‌گیری آن‌ها موازی با خط ساحلی است. این لندفرم ساحلی معمولاً از جنس ماسه تشکیل شده، محل شکل‌گیری آن بالاتر از تراز فراکشند بوده و ممکن است توسط پوشش گیاهی نیز مستحکم و پایدار شده باشند. اندازه و ابعاد هندسی جزایر سدی بسیار متفاوت است و از ۱۰ تا ۱۰۰ متر پهنا، ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ متر درازا و تجمع رسوبی بالا متغیر است. جزایر سدی معمولاً بر روی سواحل کم‌شیب و با دامنه‌کشی پایین شکل می‌گیرند. جزایر سدی مجاور به‌وسیله ورودی‌های کشنده^۱ از یکدیگر جدا می‌گردند. این ورودی‌ها، امکان مبادله آب بین تالاب و دریا را فراهم نموده و باعث تسهیل فرسایش، حمل و انباشت رسوب در اطراف جزایر سدی می‌شوند (هسلت، ۲۰۰۹). جهت و مقدار تغییرات رخ داده در راستای خطوط ساحلی جزایر سدی، نشان‌دهنده برهم‌کنش‌های متفاوت زمانی و فضایی بین فرایندها است. ازسوی دیگر، سیستم زبانه‌های ماسه‌ای و جزایر سدی، بازتابنده تغییرات تراز دریا، فرونشینی، عرضه رسوب و رخ‌دادهای توفانی بوده و حتی به‌عنوان شاخصی هشدار

دهنده برای بررسی تغییرات منطقه‌ای و جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرند (اوتوس، ۲۰۱۲). جزایر سدی ساحلی در مقیاس جهانی در همه سواحل وجود دارند و نقش حفاظتی حیاتی و مهمی را برای لندفرم‌ها و زیستگاه‌های ساحلی و نیز برای جوامع با ارزش واقع در خشکی ایفا می‌کنند (بروکر و همکاران، ۲۰۱۶). درواقع، جزایر سدی خط دفاعی مقدم در برابر کنش امواج دریا در مناطق ساحلی هستند (کانوال و همکاران، ۲۰۲۱)، که از طریق جذب انرژی و حفاظت از خط ساحلی در برابر شرایط توفانی شدید، نقش مهمی را به‌عنوان مانع برای سواحل حساس و آسیب‌پذیر ایفا می‌کنند. ازاین‌رو، مطالعه نحوه شکل‌گیری و مورفودینامیک سیستم‌های جزایر سدی بسیار مهم و حائز اهمیت است (هسلت، ۲۰۰۹؛ منصوری، ۱۳۹۷). تغییر و تحول خط ساحلی و سیمای آن یکی از ویژگی‌های مشخص این مناطق می‌باشد. درواقع، موقعیت خط ساحلی بر اثر عوامل طبیعی و انسانی به‌طور پیوسته در حال تغییر است؛ بنابراین، اندازه‌گیری میزان تغییرات آن در زمینه مدیریت، حفاظت و توسعه پایدار ساحلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (منصوری، ۱۳۹۹).

عوامل گوناگونی همچون شیب‌مایلیم کرانه، فراوانی ماسه، جریان‌های کرانه‌راستا با غلبه امواج، توفان‌های شدید دریایی (ثروتی و همکاران، ۱۳۹۵)، تامین و عرضه رسوب بالا توسط رودهای مهم منطقه در شکل‌گیری و رشد جزایر سدی و زبانه‌های ماسه‌ای منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای داشته‌اند. همان‌طور که عرفان و حامدی (۱۳۹۴) اشاره کردند، منطقه مورد مطالعه از نگاه زمین‌شناختی و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی، با واحدهای کلاسیک جغرافیای طبیعی مجموعه جزایر سدی ارائه‌شده توسط زمین‌شناسان گوناگونی از جمله شوارتز (۱۹۷۱)، سلی (۱۹۸۸)، بوید و همکاران (۱۹۹۲) و نیکولز (۱۹۹۹) هم‌خوانی کامل دارد. ژئومورفولوژیست‌های معاصر نیز لندفرم‌های ناشی از انباشت رسوب‌های ماسه‌ای ساحلی را با عناوینی همچون زبانه‌های ماسه‌ای^۲، جزایر سدی، سدهای برون کرانه‌ای^۳ و سدهای دریایی^۴ تعریف و تشریح کرده‌اند. اگرچه، در واپسین تحلیل متغیرهای فراوانی مورفولوژی خطوط ساحلی جزایر سدی را در مقیاس بزرگ

2. Spits
3. Off-shore Bars
4. Tumbles

1. Tidal Inlets

نموده‌اند. انواع مدل‌های هشت‌گانه واکنش ژئومورفولوژیکی مذکور به شرح زیر تعیین و تعریف شده‌اند (منصوری، ۱۳۹۷؛ ثروتی و همکاران، ۱۳۹۷).

(۱) حرکت جانبی؛ شامل حرکت رسوب در راستای کرانه‌های روبه‌سوی دریا در جزیره سدی است که اغلب با فرسایش در یک طرف و نهشته‌گذاری در طرف دیگر جزیره سدی مشخص می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت که جزیره سدی به‌طور جانبی در راستای ساحل در حال حرکت و گسترش می‌باشد. (۲) پیشروی؛ به خط ساحلی اشاره دارد که در واکنش به افزایش عرضه رسوب یا پایین‌رفتن تراز دریا به‌سوی دریا پیشروی می‌کند. (۳) تعادل پویا؛ به خط ساحلی اشاره دارد که طی یک دوره زمانی درازمدت، خواه به‌دلیل فرسایش یا نهشته‌گذاری قابل توجه، به‌نظر ثابت باقی‌مانده است. (۴) پسروی؛ برای خطوط ساحلی مصداق دارد و به‌کار برده می‌شود که رخسار روبه‌سوی دریای آن بر اثر فرسایش و انتقال رسوب یا افزایش تراز دریا به‌سوی خشکی پسروی پیدا می‌کنند. (۵) باریک‌شدن درجا؛ درجایی رخ می‌دهد که کرانه‌های روبه‌سوی دریا و خشکی یک جزیره سدی - و خلیج ایجادشده در پشت آن، مورد فرسایش قرار می‌گیرند و باعث باریک‌شدن جزیره سدی می‌شوند؛ اما، هسته جزیره سدی ثابت باقی می‌ماند. (۶) غلطیدن به‌سوی خشکی؛ اغلب به‌دنبال باریک‌شدگی درجا رخ می‌دهد؛ یعنی درجایی که جزیره سدی برای عبور امواج توفانی از بالای جزیره به‌اندازه کافی باریک‌شده باشد. در نتیجه، این امواج توفانی باعث فرسایش از سمت روبه‌سوی دریا و نهشته‌گذاری در سمت روبه‌سوی خشکی می‌شود. بنابراین، پیامد آن، غلطیدن رسوب‌ها در جزایر سدی به‌شکل حرکت به‌سوی خشکی ظاهر خواهد شد. (۷) فروپاشی؛ اغلب به‌دنبال باریک‌شدگی درجا رخ می‌دهد، یعنی درجایی که باریک‌شدگی باعث می‌شود جزیره سدی در معرض نفوذ امواج دریا قرار گرفته و ورودی‌های جدیدی در آن شکل بگیرد. ممکن است ورودی‌های ایجادشده در جزایر سدی به‌سرعت پهن‌تر شده و گسترش یابند. بنابراین، سن یا پایداری متوسط جزیره سدی بسیار کوتاه و آسیب‌پذیر خواهد بود، به‌طوری‌که حتی ممکن است باعث نابودی کامل آن شود. (۸) ناپایداری چرخشی؛ به شرایطی گفته می‌شود که در آن جزیره سدی در جهت حرکت عقربه‌های ساعت یا در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت و در واکنش به پیشروی در یک طرف و پسروی در

کنترل می‌کنند، اما داده‌های مربوط به تغییرات رخ داده طی یک دوره زمانی درازمدت (برای مثال بیش از ۱۰۰ سال)، واکنش‌های منطقه‌ای ساحلی (بزرگ مقیاس) را بهتر اندازه‌گیری و تعیین می‌نمایند. بنابراین، تغییرات رخ داده در موقعیت مکانی خطوط ساحلی عملکرد خالص متغیرهای ساحلی مؤثر را نمایان می‌سازند. در نتیجه، درک و آگاهی ارزشمندی در مورد واکنش‌های ژئومورفولوژیکی سیستم‌های ساحلی را فراهم می‌نمایند.

۲- مبانی نظری و پیشینه پژوهش

۲-۱- مبانی نظری پژوهش (انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک جزایر سدی)

جزایر سدی محیط‌های مورفودینامیکی بسیار پویایی هستند که مستعد تغییراتی در میزان تامین و عرضه رسوب، تغییر و نوسان تراز دریا، انرژی موج و به‌ویژه در ارتباط با شرایط توفان‌ها و مداخلات ناشی از فعالیت‌های بشر می‌باشند (استون، ۲۰۰۴). برپایه نقشه‌برداری‌هایی که از جزایر سدی در راستای سواحل خلیج مکزیک (لوئیزیانا و می‌سی‌سی‌پی) در بیش از یک قرن انجام شده، انواع تغییرات ژئومورفولوژیکی و مورفودینامیک رخ داده برای این دسته از لندفرم‌های ساحلی مشخص گردیده است. به‌عبارت دیگر، برپایه مستندات کمی موجود و در دسترس از تغییرات تاریخی در موقعیت خطوط ساحلی در ارتباط با متغیرهای طبیعی و انسانی، هشت مدل واکنش مورفولوژیکی (۱) حرکت جانبی (۲) پیشروی (۳) تعادل پویا (۴) پسروی (۵) باریک‌شدن درجا (۶) غلطیدن به‌سوی خشکی (۷) فروپاشی (۸) ناپایداری چرخشی (۹) مک‌براید و همکاران، ۱۹۹۵) برای طبقه‌بندی کرانه‌های جزایر سدی تعیین و مشخص گردیده است (شکل ۱). مک‌براید و همکاران، ۱۹۹۵ از این اطلاعات برای مدل‌سازی و فهم چگونگی واکنش ژئومورفولوژیکی جزایر سدی نسبت به تغییرات شرایط محیطی و نوسانات ایجادشده در تراز آب دریاها استفاده

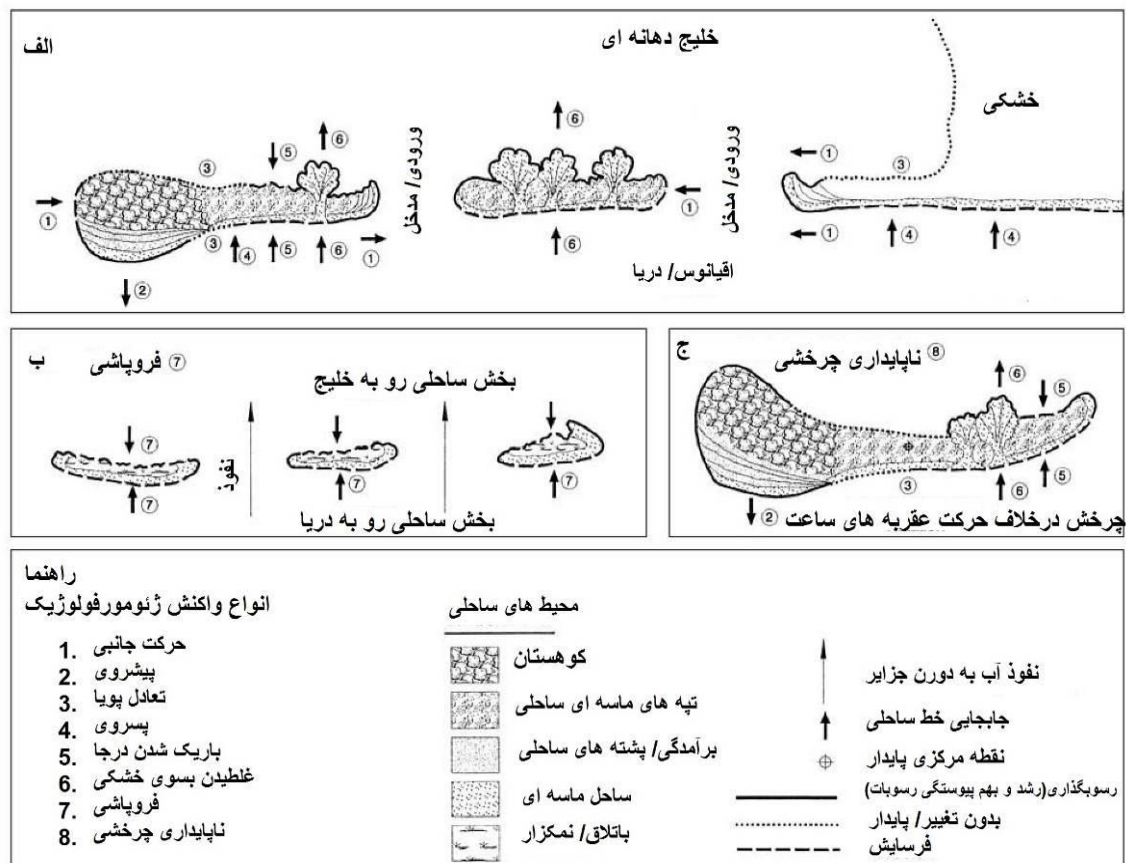
1. Lateral Movement
2. Advance
3. Dynamic Equilibrium
4. Retreat
5. In-Place Narrowing
6. Landward Rollover
7. Breakup
8. Rotational Instability

تالاب یا مرداب واقع در پشت جزایر سدی به کاربرده می‌شوند. بنابراین، چنانچه اگر جزایر سدی تغییرات اندک یا هیچ‌گونه تغییری را در راستای خطوط ساحلی رو به مرداب واقع در پشت خود و تغییرات قابل توجه و چشمگیری را در راستای خطوط ساحلی روبه‌دریا نشان دهند، از مدل واکنش ژئومورفولوژیکی ساده برای تعبیر و توصیف سیستم جزیره سدی استفاده می‌شود. اما، اگر خطوط ساحلی دو طرف جزیره سدی (رو به دریا و مرداب) تغییر و جابجایی داشته باشند از مدل واکنش ژئومورفولوژیکی پیچیده برای طبقه‌بندی و توصیف سیستم جزیره سدی استفاده خواهد شد (مک‌براید و همکاران، ۱۹۹۵؛ منصوری، ۱۳۹۷).

طرف دیگر جزیره، دچار چرخش می‌شود (مک‌براید و همکاران، ۱۹۹۵؛ منصوری، ۱۳۹۷؛ ثروتی و همکاران، ۱۳۹۷).

چهار مدل واکنشی اول و آخر به ترتیب به عنوان مدل‌های واکنشی ساده و پیچیده تقسیم و طبقه‌بندی می‌شوند. معمولاً مدل‌های ژئومورفولوژیکی ساده (چهار مدل اول) برای تغییرات و جابجایی خطوط ساحلی ساده و مجزا مورد استفاده قرار می‌گیرند. در مقابل، مدل‌های پیچیده (چهار مدل آخر) برای تغییر و جابجایی تمامی سیماها و عوارض ساحلی استفاده می‌شوند.

به عبارت دیگر، مدل‌های پیچیده برای بررسی واکنش هم‌زمان خطوط ساحلی در کرانه‌های روبه‌دریا و رو به خلیج،



شکل ۱: نمایش شماتیک واکنش‌های مورفولوژیکی جزایر سدی نسبت به تغییرات رخ داده در شرایط محیطی حاکم. (الف) مدل عمومی واکنش ژئومورفیک. (ب) نشان دهنده تکامل از نوع باریک شدن درجا و فروپاشی. (ج) نشان دهنده ناپایداری چرخشی (مک‌براید و همکاران، ۱۹۹۵؛ منصوری، ۱۳۹۷؛ ثروتی و همکاران، ۱۳۹۷).

۲-۲- پیشینه پژوهش

مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵) برای نخستین بار در جهان، برپایه اطلاعات و داده‌های گردآوری‌شده از پایش منظم جزایر سدی طی سالیان متمادی انواع مختلف تغییرات مورفولوژیکی و مورفودینامیک جزایر سدی را مشخص کردند. آنان همچنین، باتوجه به یافته‌های کمی حاصله و نیز برپایه تغییرات مکانی خطوط ساحلی در ارتباط با متغیرهای طبیعی و انسانی، انواع مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی گوناگون برای ارزیابی کرانه‌های جزایر سدی را مشخص، معرفی و ارایه کردند. درواقع، مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵)، از مجموع اطلاعات حاصله به‌منظور مدل‌سازی و ارزیابی واکنش‌های ژئومورفولوژیکی جزایر سدی درارتباط با تغییرات محیطی و نوسانات ایجادشده در تراز آب دریاها استفاده کردند (ثروتی و همکاران، ۱۳۹۷).

تاکنون پیرامون بررسی انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک کرانه‌های جزایر سدی (مک‌براید و همکاران، ۱۹۹۵)، به‌جز مطالعات منصوری (۱۳۹۷) و ثروتی و همکاران (۱۳۹۷)-که در ادامه به تشریح یافته‌های آن‌ها پرداخته شده، هیچ‌گونه پژوهشی در کشور انجام نشده است. برای نخستین بار در کشور، منصوری (۱۳۹۷) در بخشی از رساله دکتری خویش با هدف بررسی و مطالعه تغییر و تحولات مورفولوژیکی کرانه‌های گوشه جنوب‌خاوری دریای کاسپین، با استفاده از روش پیشنهادی مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵) به شناسایی انواع واکنش‌های ژئومورفیک مجموعه جزیره سدی میانکاله در شمال بهشهر پرداخت. سپس، ثروتی و همکاران (۱۳۹۷) در پژوهشی با بررسی تاثیر نوسانات تراز آب دریا بر تغییرات و جابجایی‌های خطوط ساحلی کرانه‌های گوشه جنوب‌خاوری دریای کاسپین؛ به بررسی، شناسایی و معرفی انواع مدل‌های واکنش مورفولوژیک در محدوده مجموعه جزایر سدی میانکاله طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۳۱۴ خورشیدی پرداختند. یافته‌های این پژوهش‌ها نشان داد از هشت مدل ژئومورفیک معرفی شده توسط مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵)، شش مدل در کرانه‌های منطقه مورد مطالعه تشکیل شده است. اما از دیگر پژوهش‌های مرتبط و نزدیک به موضوع این مطالعه، می‌توان به چند مورد اشاره کرد. بوئی و فام (۲۰۲۲) با استفاده ترکیبی از تکنیک‌های دورکاوی و مدل‌های هیدرودینامیک دریا به

بررسی و تحلیل روند فرسایش ساحلی در Ca Mau Cape واقع در دلتای Mekong پرداختند. بکمن و همکاران (۲۰۲۱) به بررسی عوامل موثر و کنترلی در فرسایش جزایر سدی و تحول آن‌ها طی رخ‌داد توفان‌های حدی پرداختند. بامونولا و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی با استفاده از یک رویکرد مدل‌سازی یکپارچه و احتمالی به بررسی تحول سیستم‌های جزیره سدی طی سده بیست‌ویکم پرداختند. کائوآ و همکاران (۲۰۲۰) در پژوهشی به نقشه‌برداری تغییرات رخ‌داده در موقعیت خطوط ساحلی و پهنه‌های کشندی موثر در توسعه جزایر با استفاده از سری کامل تصاویر چندزمانه ماهواره لندست پرداختند. نژادافضلی (۱۴۰۲) در پژوهشی به مطالعه تغییرات ژئومورفولوژیکی سواحل دریای مکران (خلیج چابهار) با استفاده از سنجش از دور پرداختند.

همان‌طور که ثروتی و همکاران (۱۳۹۷) یادآور شدند، در مناطق ساحلی که جزایر سدی و زبانه‌های ماسه‌ای رشد و گسترش داشته باشند، با توجه به تغییرات شرایط هیدرودینامیکی دریاها به‌ویژه نوسانات تراز از یک‌سو و واکنش‌های سریع مورفولوژیکی جزایر سدی ازسوی دیگر، معمولاً این‌گونه مناطق به یک آزمایشگاه طبیعی مناسب جهت مطالعه و بررسی تغییر و تحولات ژئومورفولوژی ساحلی در بازه زمانی عمر انسان تبدیل می‌شوند. دراین‌راستا، کرانه‌های کشور به‌عنوان یکی از مهم‌ترین لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی هستند که هنوز بسیاری از ابعاد و ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی آن‌ها به‌درستی مورد بررسی و شناخت واقع نشده است. ازاین‌رو، با توجه به رشد و گسترش شماره قابل توجهی از جزایر سدی در منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک؛ و نیز با توجه به اثرات تغییرات جهانی آب‌وهوا که از طریق افزایش تراز دریا، خط ساحلی منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر قرار داده که اثرات آن با کاهش آورد رسوب در منطقه ساحلی نمایان می‌شود (قنواتی و همکاران، ۲۰۲۱)، هدف اصلی این پژوهش، بررسی انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک در این منطقه از سواحل جنوبی کشور می‌باشد. انتظار می‌رود یافته‌های این پژوهش، درک و شناخت ما از انواع واکنش‌های ژئومورفولوژیکی رخ‌داده در کرانه‌های مجموعه جزایر سدی منطقه مورد مطالعه، نسبت به تغییرات شرایط محیطی را ارتقاء دهد.

۳- مواد و روش‌ها

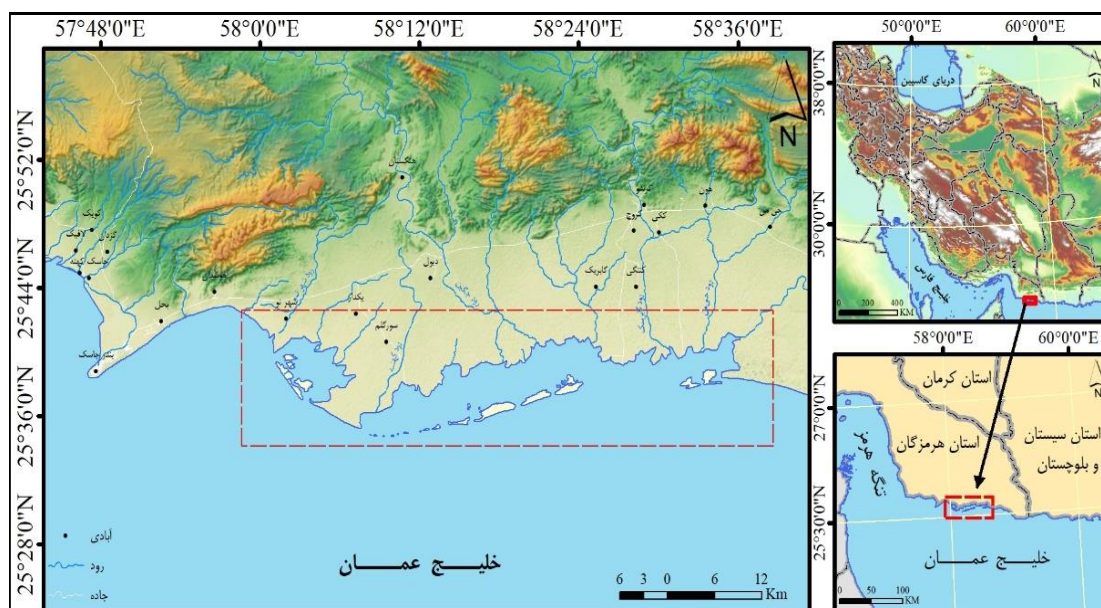
۳-۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش مابین پهنای جغرافیایی $25^{\circ} 32' 00''$ تا $25^{\circ} 42' 00''$ شمالی از نیمگان زمین و درازای جغرافیایی $57^{\circ} 58' 00''$ تا $58^{\circ} 36' 00''$ خاوری از نیمروز گرینویچ قرار گرفته و به‌طور کلی کرانه‌های منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک در جنوب‌خاوری استان هرمزگان (کرانه‌های خاوری بندر جاسک) را بخش میانی جلگه ساحلی خلیج (دریای) عمان در برمی‌گیرد (شکل ۲). درازای خط ساحلی کشور با خلیج عمان یا به عبارت دیگر درازای جلگه ساحلی مکران حدود ۶۳۷ کیلومتر است (عالایی طالقانی، ۱۳۸۶) که حدود ۸۵ کیلومتر آن خط ساحلی جزایر سدی واقع در منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک را که در قاعده دلتای رودهای گابریک و جگین در جلگه ساحلی تشکیل شده‌اند، دربر می‌گیرد.

منطقه مورد مطالعه، از لحاظ ساختاری و ژئومورفولوژیکی جزء واحد جلگه‌های جنوبی (خلیج فارس و دریای عمان) قرار می‌گیرد. توسعه جلگه ساحلی خلیج (دریای) عمان، عمدتاً متکی بر ساختمان سنگ‌شناسی بوده است (عالایی طالقانی، ۱۳۸۶). همچنین، کرانه‌های این منطقه از لحاظ واحدهای ژئومورفولوژیکی جزء خطوط ساحلی جزایر سدی به‌شمار می‌آیند. این مجموعه با درازای حدود ۸۵ کیلومتر و پهنای متغیر بین ۱۵۰ تا بیش از ۱,۰۰۰ متر، یکی از تنبیه‌ترین و الگوی‌ترین نمونه‌های این‌گونه لندفرم‌های ساحلی در کشور و به‌ویژه کرانه‌های جنوب (مکران) است.

به‌طور کلی، زمین‌های پست و هموار جلگه مکران (خلیج عمان)، در پی فرسایش واحد ساختمانی مکران طی کوتاه‌تری ایجاد شده است. وجود ناهمواری‌های محلی به‌صورت تپه‌های شاهد فرسایشی در برخی نقاط بر سطح جلگه، گویای این موضوع است. با توجه به اهمیت میزان مقاومت ساختمان سنگ‌شناسی واحدهای چینه‌شناختی واحد مکران در برابر فرسایش، گونه‌های گوناگون ساحل را در سطح این جلگه شاهد هستیم. از این‌رو، همان‌طور که عالایی طالقانی (۱۳۸۶) یادآور شده است می‌توان گفت بخش باختری جلگه عمان (از حدود بندرعباس تا حوالی جاسک) از گونه دلتایی است؛ به‌طوری‌که گسترده‌ترین و پهن‌ترین بخش این پهنه با سطح دلتاهای بزرگ انطباق دارد (یمانی، ۱۳۷۷). درواقع، در پی حجم بالای رسوب‌گذاری پیوسته در این منطقه از جلگه عمان، خط ساحلی قاعده دلتاها به‌طور پیوسته با یک قوس کوژ بسیار مشخص به‌سوی دریا در حال پیشروی است.

به‌طور کلی، مجموعه جزایر سدی مورد مطالعه، در قاعده دلتای رودهای گابریک و جگین تشکیل شده‌اند. مهمترین محیط‌های این بخش شامل سیستم جزیره سدی، زبانه ماسه‌ای و مرداب (تالاب) است. مجموعه جزایر سدی منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک-که به‌عنوان سیستم حائل مابین آب‌های خلیج عمان (مکران) و مرداب یا تالاب واقع در پشت آن‌ها به‌شمار می‌آید؛ در راستای باختر به خاور، تقریباً هم‌سو با ساحل رشد کرده و تنها از نهشته‌های کشندی-رسوب‌های ماسه‌ای و گلی تشکیل شده‌اند. کرانه‌های این منطقه از لحاظ مورفولوژیکی دارای واحدهای متفاوت ساحل، مرداب (تالاب) و جزایر است.



شکل ۲: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه.

۲-۳- روش‌شناسی پژوهش

در این پژوهش، به منظور شناسایی و بررسی انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک کرانه‌های منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک، از مجموعه‌ای از داده‌ها و اطلاعات گوناگون از جمله: نقشه‌های توپوگرافی (سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور، ۱۳۴۹)، مدل رقومی ارتفاعی با دقت مکانی ۱۲/۵ متر، سری زمانی تصاویر LANDSAT سری سنجنده‌های TM, ETM+ & OLI، تصاویر Google Earth و بازبیده‌های میدانی بهره‌برده شد (جدول ۱). روش پژوهش حاضر به صورت تحلیلی-توصیفی و رویکرد حاکم بر آن، بهره‌گیری از تکنیک‌های دورکاوی بوده است. در این راستا، از مجموعه نرم‌افزارهای ERDAS IMAGINE (v. 10.8) & ArcGIS (2014) برای پردازش، تجزیه و تحلیل و کارتوگرافی داده‌ها و اطلاعات استفاده شد. در زمینه سنجش از دور، از امکانات گوناگون ERDAS IMAGINE به منظور انجام اصلاحات هندسی، اتمسفری و رادیومتری در ارتباط با پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای، ترکیب باندی، تجزیه هیستوگرام طیفی و غیره بهره‌برده شد.

آرشیو رایگان و در دسترس تصاویر ماهواره LANDSAT، پایگاه داده مناسبی را برای پایش تغییرات مکانی-فضایی خطوط ساحلی و بررسی مدل‌های واکنش ژئومورفیک کرانه‌های جزایر سدی واقع در منطقه مورد مطالعه در اختیار

گذاشته است. از این رو در این پژوهش، به منظور بررسی انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک خطوط ساحلی منطقه، نخست با بررسی دوره‌ای تصاویر ماهواره‌ای موجود و در دسترس، وضعیت تغییرات مورفولوژیکی منطقه به صورت چشمی مورد بررسی قرار گرفت. پس از این مرحله، با شناخت نسبی به دست آمده و نیز با توجه به تصاویر در دسترس؛ دوره زمانی ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴ میلادی برای بررسی، پایش و استخراج تغییرات و شناسایی مدل‌های واکنش ژئومورفیک خط ساحلی تعیین شد. در گام بعدی، متناسب با طول دوره مورد نظر، نسبت به گردآوری، انجام پیش‌پردازش و انواع تصحیحات احتمالی لازم بر روی انواع تصاویر ماهواره‌ای (در زمینه تصحیحات هندسی، رادیومتری و اتمسفری تصاویر اپتیکال ماهواره‌ای و نیز بهبود کنتراست تصاویر و غیره) اقدام شد. سپس، با استفاده از داده‌ها و اطلاعات در دسترس و شناخت وضعیت محیطی منطقه، محدوده مورد مطالعه مرزبندی شد. در مرحله بعد، نسبت به استخراج و رقومی‌سازی تغییرات موقعیت مکانی خطوط ساحلی اقدام گردید. در پایان برپایه داده‌ها و اطلاعات در دسترس به دست آمده، به تشریح انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک مجموعه جزایر سدی منطقه مورد مطالعه بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴ پرداخته شد.

جدول ۱. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش

نوع داده	مشخصات	
	مقیاس	شماره برگ
نقشه توپوگرافی	۱:۲۵۰,۰۰۰	NG 40-11, NG 40-12
تصویر LANDSAT		LC09 L2SP 158042 20240507 20240508 02 T1 LT05 L2SP 158042 19840618 20200918 02 T1
تصویر Google Earth	-	-
مدل رقومی ارتفاع ۱۲/۵ متر	-	-

۴- نتایج و بحث

۴-۱- طبقه‌بندی بزرگ‌مقیاس خطوط ساحلی جزایر سدی

انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک کرانه‌های منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک در یک مقیاس فضایی-زمانی (بزرگ-درازمدت) مورد پایش و طبقه‌بندی قرار گرفت. در این پژوهش حداقل مقیاس زمانی و فضایی مورد توجه، به ترتیب ۴۰ سال و بیش از ۲/۵ کیلومتر داراز برای جزایر بوده است. سرانجام، بر پایه این معیار، تعداد ۱۴ جزیره سدی مورد شناسایی، پایش و مدل‌سازی قرار گرفتند؛ همچنین، این جزایر در سه ناحیه متفاوت دسته‌بندی شده‌اند (شکل ۳). شکل ۳، موقعیت جزایر سدی و جابجایی خط ساحلی منطقه مورد مطالعه بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴ میلادی را نشان می‌دهد. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند از هشت مدل واکنش ژئومورفیک ارایه‌شده توسط مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵) برای جزایر سدی، پنج مدل: حرکت جانبی، پیشروی، پسروی، باریک‌شدن درجا و ناپایداری چرخشی، در راستای خطوط ساحلی کرانه‌های منطقه مورد مطالعه تشکیل شده و قابل شناسایی هستند. در ادامه، یافته‌های به دست آمده برای جزایر سدی به تفکیک هر ناحیه تشریح می‌شوند.

۴-۱-۱- مجموعه جزایر سدی ناحیه ۱

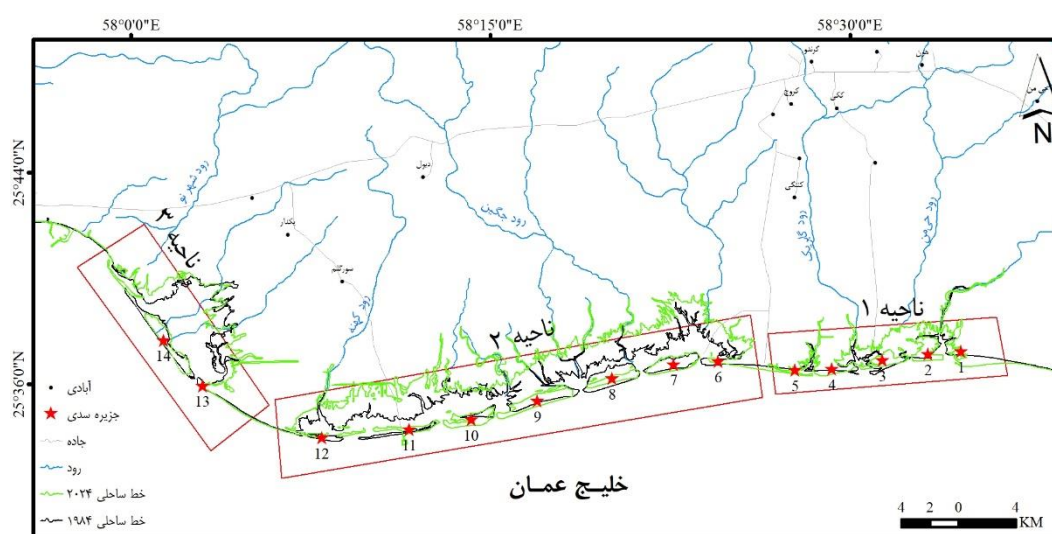
به‌طور کلی، در خط ساحلی ناحیه ۱ که قاعده دلتای رودهای گابریک-حی‌من را دربر می‌گیرد، تعداد پنج جزیره سدی (جزایر شماره ۱ تا ۵) تشکیل شده است (شکل ۳). با توجه به واقع شدن مجموعه جزایر سدی این ناحیه در بخش پایاب حوضه رود گابریک، این جزایر با عنوان مجموعه جزایر سدی گابریک در نظر گرفته شده‌اند.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند طی بازه زمانی مورد مطالعه، از هشت مدل واکنش ژئومورفیک مطرح‌شده برای جزایر سدی، پنج مدل (حرکت جانبی، پیشروی، پسروی، باریک‌شدن درجا و ناپایداری چرخشی) در مجموعه جزایر سدی ناحیه ۱ رخ داده‌اند. مهم‌ترین نکته در رابطه با رخداد این مدل‌ها این است که در مجموع صرف نظر از پسروی‌های محلی و محدود، این گونه تغییرات غالباً به شکل پیشروی در موقعیت خط ساحلی نمایان شده‌اند. برای نمونه، مدل واکنش ژئومورفیک جزیره سدی ۱ غالباً به شکل پیشروی بوده و صرفاً در یک بخش محدود دچار پسروی شده است. به عبارت دیگر، میانگین میزان تغییرات خط ساحلی برای مدل پیشروی و پسروی به ترتیب ۵۷۸ و ۱۹۶ متر؛ بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی در حدود ۷۸۰/۸ و ۳۸۳/۶ و سرانجام میانگین نرخ تغییرات سالانه حدود ۱۴/۴۵ و ۴/۹- متر ارزیابی شد (جدول ۱، شکل ۴).

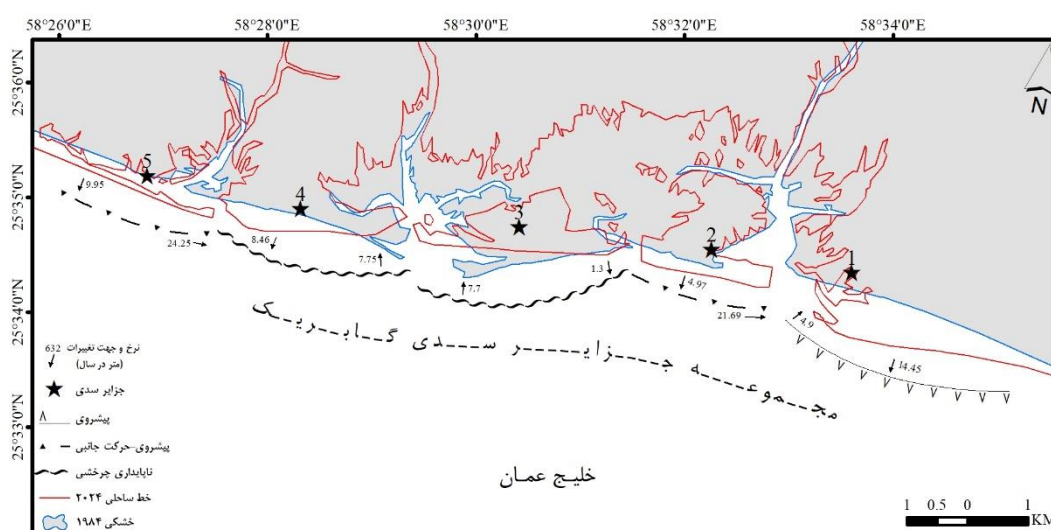
مدل ناپایداری چرخشی ساعت‌گرد، واکنش ژئومورفیک جزیره سدی ۳ بوده است. این ناپایداری ساعت‌گرد، بیشتر به صورت جابجایی موقعیت خط ساحلی به سوی خشکی و با نرخ جابجایی سالانه در حدود ۷/۷ متر بوده است؛ همچنین، بیشترین میزان این تغییر حدود ۵۲۳/۶۸ متر اندازه‌گیری شد. ناپایداری چرخشی دیگری نیز در جزیره سدی ۴ ایجاد شده با این تفاوت که مدل مذکور از نوع پادساعت‌گرد بوده و با نرخ متوسط سالانه در حدود ۸/۴۶ و ۷/۷۵ متر به ترتیب به سوی دریا و خشکی پیشروی و پسروی داشته است. حرکت جانبی همراه با پیشروی واکنشی است که در محدوده جزایر ۲ و ۵ انجام شده است. بیشترین میزان حرکت و پیشروی جانبی برای جزایر ۵ و ۲ حدود ۹۷۰ و ۸۱۷/۵ متر و نرخ تغییرات سالانه آن‌ها نیز در حدود ۲۴/۲۵ و ۲۱/۶۹ متر بوده است. باریک‌شدن درجا واکنشی است که در دو موقعیت متفاوت و با دیگر مدل‌های رخ داده در جزایر

سدهای ۱، ۲، ۴، ۵ و بخش کوچکی از ۳ با نرخ متوسط ۷/۸۳ متر در سال به‌سوی دریا پیشروی کرده و تنها در دو نقطه مابین جزایر سدهای ۳ و ۴ (دهانه رود گابریک) با نرخ متوسط ۶/۷۸ متر در سال دچار پسروی شده است. به‌طور متوسط، بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی به‌ترتیب در محدوده جزایر سدهای ۱ و ۵ حدود ۵۷۸ و ۳۹۸/۳ متر و به‌صورت پیشروی بوده است (جدول).

سدهای ۲ و ۴ انجام شده است. این مدل در جزیره سدهای ۲ همزمان با گسترش جانبی همراه با پیشروی و در جزیره سدهای ۴ همزمان با ناپایداری چرخشی با میانگین نرخ تغییرات سالانه متغیر به‌ترتیب بین ۱/۶- تا ۲۱/۶۳- و ۱۴/۸- تا ۱۸/۷- رخ داده است (جدول). به‌طور کلی، یافته‌های به‌دست آمده نشان می‌دهند بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴ موقعیت خط ساحلی در بخش‌های قابل توجهی از قاعده سیستم دلتایی رود گابریک (جزایر



شکل ۳: موقعیت جزایر سدهای چهارده‌گانه و جابجایی خط ساحلی منطقه مورد مطالعه بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴ میلادی



شکل ۴: تغییرات خط ساحلی و مدل‌های واکنش ژئومورفیک مجموعه جزایر سدهای ناحیه ۱ بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴. توزیع فضایی مدل‌های واکنش ژئومورفیک توسط نمادهای متفاوت در راستای جزایر سدهای نشان داده شده است. فلش‌های مشکی، نرخ و جهت تغییرات (متر در سال) در راستای خطوط ساحلی روبه‌سوی دریا و خلیج در جزایر سدهای را نشان می‌دهد. برای اطلاعات بیشتر به متن مراجعه شود.

جدول ۲: تغییرات خط ساحلی و مدل‌های واکنش ژئومورفیک مجموعه جزایر سدی منطقه مورد مطالعه بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴

شماره ناحیه	شماره جزایر سدی	بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی* (متر)	میانگین تغییرات خط ساحلی* (متر)	مدل واکنش ژئومورفیک	نرخ تغییرات (متر در سال)
۱	۱	۷۸۰/۸	۵۷۸	پیشروی	۱۴/۴۵
		-۳۸۳/۶		پسروی	-۴/۹
	۲	۲۹۱/۸	۱۹۸/۶۷	پیشروی	۴/۹۷
		۸۱۷/۵		حرکت جانبی	۲۱/۶۹
		-۱۱۲۰/۷۸		باریک‌شدن درجا	-۱/۶ تا -۲۱/۶۳
	۳	-۵۲۳/۶۸	۵۲	ناپایداری چرخشی	۱/۳ تا -۷/۷
	۴	۳۸۹/۸	۳۳۸/۳	ناپایداری چرخشی	-۷/۷۵ تا ۸/۴۶
		-۱۳۱۶		باریک‌شدن درجا	-۱۴/۸ تا -۱۸/۷
	۵	۳۰۴	۳۹۸/۳	پیشروی	۹/۹۵
		۹۷۰		حرکت جانبی	۲۴/۲۵
	۶	-۵۸۵	۱۷۸	ناپایداری چرخشی	۱۰/۴۲ - ۴/۴۵
	۷	۲۲۵	۱۷۶	پیشروی	۴/۴
۲	۸	-۷۸۱	-	باریک‌شدن درجا	۱۶/۱۲ - ۶/۰۵
	۹	۲۴۸	۷۵۹/۳۵	پیشروی	۱۱/۹۲
		۹۹۸		حرکت جانبی	۲۶/۰۵
	۱۰	۱۲۹۵	۸۰۹/۳	پیشروی	۲۰/۲۲
	۱۱	-۴۳۶	۱۱۵	ناپایداری چرخشی	۱۲/۵۰ - ۲/۸۷
	۱۲	-۱۱۵۶	-	پسروی	۲۸/۷۵
	۱۳	-۴۹۷	-	پسروی	۸/۳۲
	۱۴	۲۱۲	۱۴۸/۷	ناپایداری چرخشی	۳/۳۲ - ۳/۷۲
۳					

* اعداد مثبت = پیشروی خط ساحلی (رسوب‌گذاری)، اعداد منفی = پسروی خط ساحلی (فرسایش).

۴-۱-۲- مجموعه جزایر سدی ناحیه ۲

خط ساحلی ناحیه ۲ که بخش عمده و اصلی منطقه مورد مطالعه را در قاعده دلتای رودهای جگین-کهنه‌نو پوشش می‌دهد، از هفت جزیره سدی (جزایر شماره ۶ تا ۱۲) تشکیل شده است (شکل ۳). از آنجایی که جگین مهم‌ترین رود این بخش از منطقه مورد مطالعه است و مجموعه جزایر این ناحیه نیز در بخش پایاب حوضه آن واقع شده‌اند، با عنوان مجموعه جزایر سدی جگین در نظر گرفته شده‌اند.

یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند طی بازه زمانی مورد مطالعه، از هشت مدل واکنش ژئومورفیک جزایر سدی، پنج مدل (حرکت جانبی، پیشروی، پسروی، باریک‌شدن درجا و ناپایداری چرخشی) در ناحیه ۲ رخ داده‌اند. از این بین، مدل ناپایداری چرخشی ساعت‌گرد، واکنش ژئومورفیک غالب جزیره سدی ۶ و ۱۱ بوده است. میانگین میزان جابجایی خط ساحلی در دو سوی نقطه مرکزی پایدار (ثقل مرکزی) جزیره سدی شماره ۶ و ۱۱ به ترتیب حدود ۱۷۸ و -۴۱۷ متر و حدود ۱۱۵ و -۴۹۹/۷- و نرخ تغییرات سالانه نیز برای جزیره

تشکیل شده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که این دو مدل به‌ترتیب الگوهای واکنشی غالب در جزایر سدهای ۱۳ و ۱۴ بوده‌اند (شکل ۶). تغییرات موقعیت مکانی خط ساحلی در محدوده جزیره سدهای ۱۳ در بیشترین حد خود برابر با ۴۹۷ متر بوده که به صورت پسروری در منطقه نمود یافته؛ همچنین میانگین نرخ تغییرات آن، حدود ۸/۳۲ متر در سال محاسبه گردید (جدول ۱). جزیره سدهای ۱۴ طی دوره مورد مطالعه، مدل ناپایداری چرخشی ساعت‌گرد را تجربه کرده است. در اینجا به‌طور میانگین، میزان تغییرات موقعیت مکانی خط ساحلی پیرامون نقطه مرکزی پایدار، به‌ترتیب حدود ۱۴۸/۷ و ۱۳۳- متر به‌صورت پیشروی و پسروری بوده؛ همچنین، بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی برابر با ۲۱۲ متر بوده و نرخ تغییرات سالانه آن نیز در حدود ۳/۳۲ تا ۳/۷۲ متر به‌دست آمد (جدول ۱).

در پایان خاطر نشان می‌شود که یافته‌های پژوهش با یافته‌های دیگر مطالعات هم‌خوانی دارد. ازجمله یمانی (۱۳۷۷) در مطالعه خود به وجود شیب ناچیز در پسکرانه (سطح دلتاهای) منطقه (بین ۰/۸ تا ۱٪)، غلبه سازند سست و فرسایش‌پذیر فلیش مکران در محدوده حوضه‌های آبریز رودهای مورد مطالعه و نیز سیلابی بودن رودها طی بارش‌های سهمگین و دوره‌ای اشاره نموده است. درواقع، همه این عوامل در واپسین تحلیل منجر به آورد رسوبات بسیار ریزدانه به خط ساحلی منطقه مورد مطالعه شده و سبب می‌شود تا هرگونه تغییری در فرایندهای موثر بر این خطه سرانجام به تغییرات و تحول مورفولوژیکی جزایر سدهای بیانجامد. ازسوی دیگر، بکمن و همکاران (۲۰۲۱) خاطر نشان می‌کنند مطالعه ویژگی رسوبات ساحلی به‌ویژه بررسی اندازه دانه‌های رسوبی می‌تواند به‌عنوان ابزاری سودمند در بازسازی و ارزیابی دقیق تغییرات مورفولوژیکی ناشی از هیدرودینامیک دریا و به‌ویژه اثر توفان‌های حادی مورد استفاده قرار گیرد. این یافته‌ها نیز نشان‌گر اهمیت توجه به میزان حساسیت و آسیب‌پذیری جزایر سدهای نسبت به تغییرات محیطی است که سرانجام بر رفتار و واکنش ژئومورفیک آن‌ها مطابق یافته‌های پژوهش حاضر اثر خواهد گذاشت. پایش درازمدت خطوط ساحلی در پژوهش حاضر نشان داد که به‌دلیل مشابه بودن وضعیت و ویژگی‌های محیطی اثرگذار بر منطقه مورد مطالعه، شاهد یک الگوی رفتاری چرخه‌ای در تغییرات خط ساحلی و واکنش‌های

سدهای شماره ۶ در حدود ۴/۴۵ تا ۱۰/۴۲ متر و برای جزیره سدهای شماره ۱۱ حدود ۲/۸۷ تا ۱۲/۵۰ به‌دست آمد (جدول ۱، شکل ۵). واکنش ژئومورفیک جزیره سدهای شماره ۸ به‌صورت مدل باریک‌شدن درجا بوده است. باریک‌شدن جزیره سدهای بیشینه تا حدود ۷۸۱ متر انجام شده؛ همچنین نرخ تغییرات سالانه در ساحل رو به‌سوی دریا و خلیج حدود ۶/۰۵ و ۱۶/۱۲ متر در سال متغیر بوده است. مدل واکنش ژئومورفیک جزیره سدهای ۱۲ به‌صورت پسروری بوده به‌طوری‌که بیشترین میزان آن در حدود ۱,۱۵۶ متر بوده است. نرخ تغییرات خط ساحلی نیز حدود ۲۸/۷۵ متر در سال برآورد شد. مدل واکنشی جزیره سدهای ۹ بیشتر به‌صورت حرکت جانبی همراه با پیشروی همسو با روند کلی جریان‌های کرانه‌راستای منطقه از خاور به باختر نمایان شده است. بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی حدود ۹۹۸ متر و میانگین نرخ تغییرات سالانه نیز در حدود ۲۶/۰۵ متر به‌دست آمد. پیشروی مدل واکنشی است که جزایر سدهای ۷ و ۱۰ از خود نشان داده‌اند. میانگین و بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی جزیره سدهای ۷ به‌ترتیب در حدود ۱۷۶ و ۲۲۵ متر و میزان نرخ تغییرات سالانه نیز حدود ۴/۴ متر برآورد گردید. این درحالی است که میانگین و بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی جزیره سدهای ۱۰ به‌ترتیب در حدود ۸۰۹/۳ و ۱,۲۹۵ متر و میزان نرخ تغییرات سالانه نیز در حدود ۲۰/۲۲ متر ارزیابی و محاسبه شد. همچنین، یافته‌ها گویای آن هستند که موقعیت مکانی خط ساحلی در مجموعه جزایر سدهای ناحیه ۲، با نرخ متوسط ۸/۷۸ متر در سال به‌سوی دریا پیشروی و ۱۷/۲۲ متر در سال پسروری کرده است (شکل ۵).

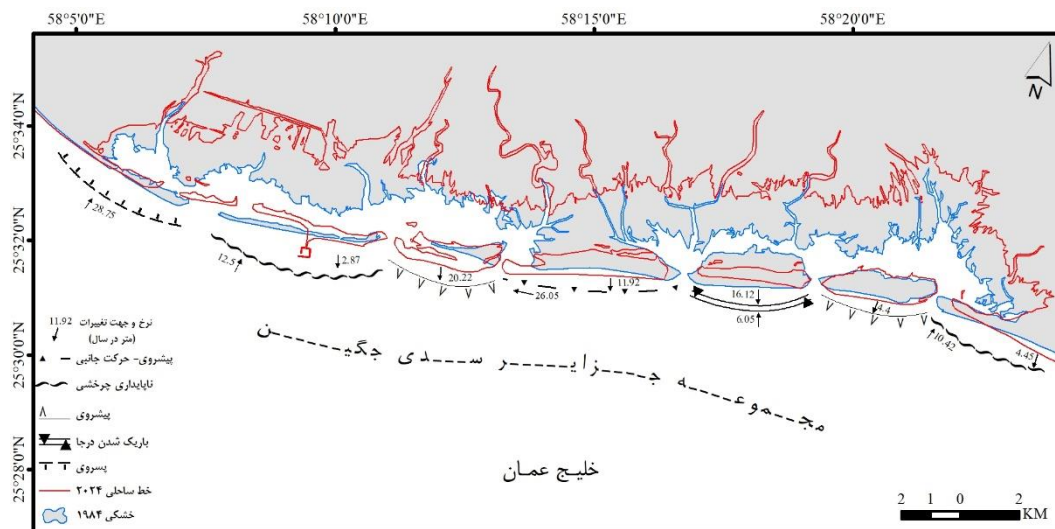
۴-۱-۳- جزایر سدهای ناحیه ۳

برپایه نقشه‌های توپوگرافی پایه در دسترس از منطقه مورد مطالعه، در ناحیه ۳، جز دو رود بی‌نام در پایین‌دست روستای یکدار، رود(های) مهمی با نام مشخص یافت نشد. از این‌رو، جزایر این ناحیه با عنوان جزایر سدهای یکدار در نظر گرفته شده‌اند. در این بخش از منطقه، تنها دو جزیره سدهای (جزایر شماره ۱۳ و ۱۴) تشکیل شده‌اند (شکل ۳).

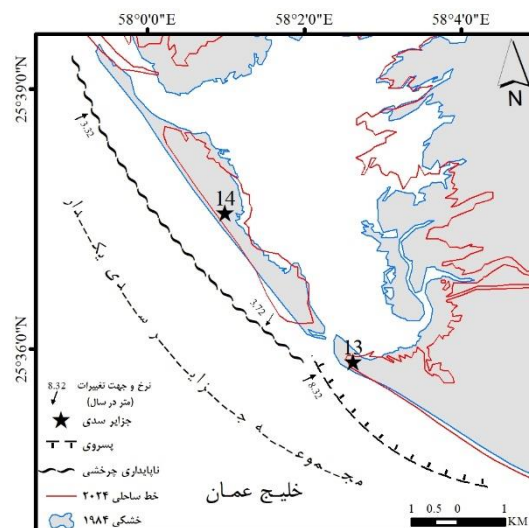
برپایه یافته‌های به‌دست آمده مشخص شد که تنها دو مدل واکنش ژئومورفیک پسروری و ناپایداری چرخشی در ناحیه ۳

نسبی دریا یا کاهش - افزایش میزان آورد رسوب رخ می‌دهند؛ که با یافته‌های مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵)، منصوری (۱۳۹۷) و ثروتی و همکاران (۱۳۹۷) همخوانی دارد و مورد تایید قرار می‌گیرند. علاوه بر آن، یافته‌های این پژوهش نیز با یافته‌های پژوهشگران نامبرده مبنی بر اهمیت و اثرگذاری تغییرات میزان آورد رسوب از خشکی در تحول مدل‌های ژئومورفیک جزایر همخوانی داشته است.

مورفولوژیک جزایر سدی به‌صورت دوره‌های فرسایش و رسوب‌گذاری در منطقه هستیم. این مهم با یافته‌های ارایه‌شده توسط سانتوس و همکاران (۲۰۲۱) همخوانی داشته و مورد تایید قرار می‌گیرند. همچنین، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد مدل‌های باریک‌شدن درجا، فروپاشی، غلطیدن به‌سوی خشکی و پسروری در مواقع افزایش تراز نسبی دریا، مدل پیشروی در زمان‌های کاهش سطح تراز نسبی دریا و مدل‌های ناپایداری چرخشی و حرکت جانبی در تعادل بین فرسایش - رسوب‌گذاری به‌واسطه افت و خیز تراز



شکل ۵: تغییرات خط ساحلی و مدل‌های واکنش ژئومورفیک مجموعه جزایر سدی ناحیه ۲ بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴



شکل ۶: تغییرات خط ساحلی و مدل‌های واکنش ژئومورفیک مجموعه جزایر سدی ناحیه ۳ بین سال‌های ۱۹۸۴ و ۲۰۲۴

۵- نتیجه‌گیری

مدل‌های واکنش ژئومورفیک، به‌منظور طبقه‌بندی تغییرات ساحلی در مقیاس بزرگ برای خطوط ساحلی جزایر سدی لوئیزیانا، می‌سی‌سی‌پی، جورجیای جنوبی و فلوریدای شمالی توسط مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵) معرفی و توسعه داده شده است. هدف اصلی این طبقه‌بندی، ارزیابی روند تغییرات خط ساحلی در مقیاس بزرگ به‌منظور فهم روابط مابین فرایندها و واکنش‌های منطقه‌ای بود که تکامل ساحلی را در راستای حاشیه‌های قاره‌ای غیرفعال کنترل می‌کنند. اگرچه به‌طور کلی هرگونه نوسان، ناپایداری و تغییرپذیری در تغییرات هر محیط ساحلی می‌تواند در مقیاس‌های کوچک‌تر بازطبقه‌بندی شود، اما به باور مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵)، اهمیت متغیرها و فرایندهای منطقه‌ای و درازمدت که احتمالاً واکنش سیستم را کنترل می‌کنند، توسط فرایندهای با مقیاس کوچک‌تر (اختلال در مقیاس بزرگ) تحت تاثیر قرار می‌گیرند و در نتیجه تاثیر فرایندهای بزرگ مقیاس بر روی تکامل سیستم‌های رسوبی ساحلی ناچیز و کم اهمیت شمرده می‌شود.

در این پژوهش، مجموعه جزایر سدی تشکیل‌شده موجود در خط ساحلی کرانه‌های منطقه حفاظت‌شده گابریک و جاسک مورد ارزیابی و مطالعه قرار گرفتند. این جزایر سدی، تحت تاثیر شرایط هیدرودینامیکی خاص حاکم بر منطقه-کشندها، امواج، جریان‌های کرانه‌راستا و افزایش نسبی تراز دریا، به‌عنوان یکی از الگویی‌ترین و مناسب‌ترین نمونه‌های موجود در کرانه‌های کشور به‌شمار می‌آیند که می‌توان ایجاد، توسعه و تکامل انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک خطوط ساحلی را در آن پایش و مدل‌سازی کرد. به‌طور کلی، از مجموع هشت مدل واکنش ژئومورفیک ارائه‌شده توسط مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵) برای جزایر سدی، پنج مدل: حرکت جانبی، پیشروی، پسروی، باریک‌شدن درجا و ناپایداری چرخشی، در راستای خطوط ساحلی کرانه‌های منطقه مورد مطالعه تشکیل‌شده‌اند. مدل‌های واکنش رایج در کل منطقه عبارتند از: پیشروی، باریک‌شدن درجا و ناپایداری چرخشی. به‌طور کلی، ناحیه ۳ منطقه مورد مطالعه، تحت سلطه مدل واکنش ژئومورفیک پسروی بوده؛ درحالی‌که در نواحی ۱ و ۲، پیشروی و ناپایداری چرخشی، الگوهای واکنش ژئومورفیک اولیه به‌شمار می‌آیند. پیشروی ساحلی و ایجاد توالی‌های رسوبی زمانی که خط ساحلی تحت شرایطی

که آورد رسوبی اضافی نسبت به فضای رسوب‌گذاری در فلات قاره به‌سوی دریا پیشروی می‌کند، رخ می‌دهد (لیزا و همکاران، ۲۰۰۰). این مکانیزم زمانی که افزایش تراز دریا پدیده غالب در منطقه ساحلی است می‌تواند تغییر کند. هرچند مهاجرت خط ساحلی به‌سوی دریا نمود اولیه و آشکار در ناحیه ۱ به‌شمار می‌آید، اما دیگر مدل‌های واکنشی به‌ترتیب اهمیت: ناپایداری چرخشی، باریک‌شدن درجا، پسروی و حرکت جانبی نیز در این بخش ایجاد و توسعه یافته‌اند. در ناحیه ۲ علاوه بر مهاجرت خط ساحلی به‌سوی دریا، ناپایداری چرخشی به دو صورت ساعت‌گرد و پادساعت‌گرد به‌عنوان مدل‌های رایج به‌شمار می‌آیند. این درحالی است که مدل‌های دیگری همچون حرکت جانبی، باریک‌شدن درجا و پسروی نیز در این بخش توسعه یافته‌اند. ناپایداری چرخشی ساعت‌گرد با نرخ مهاجرت خط ساحلی کمتر نسبت به نواحی دیگر منطقه مورد مطالعه، مدل واکنشی جزایر سدی ۱۳ و ۱۴ در ناحیه ۳ بوده است. در پایان لازم به یادآوری است که یافته‌های این پژوهش با نتایج پژوهش‌های دیگر در این زمینه ازجمله مطالعات مک‌براید و همکاران (۱۹۹۵)، منصوری (۱۳۹۷) و ثروتی و همکاران (۱۳۹۷) مطابقت و هم‌خوانی دارد.

یافته‌ها و بررسی‌های انجام‌شده نشان می‌دهند، هرچند به‌نظر می‌رسد در یک مقیاس فضایی-زمانی درازمدت، شرایط هیدرودینامیک دریا-به‌ویژه وضعیت نسبی تراز دریا، یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده در پیدایش انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک جزایر سدی است؛ اما با این‌حال، تامین و آورد رسوب از خشکی به‌وسیله رودها نیز تأثیر قابل‌توجهی بر ایجاد، توسعه و تکامل انواع مدل‌های واکنش ژئومورفیک خط ساحلی جزایر سدی دارد. در واقع، ایجاد، توسعه و تکامل این‌گونه مدل‌ها در گام نخست به افزایش نسبی تراز دریا و سپس با میزان آورد رسوب از خشکی در هر منطقه در ارتباط است. به‌عبارت دیگر، از یک سو با افزایش نرخ بالادادن نسبی تراز دریا، تاثیر فرایندهای عرضی و عمود بر ساحل ازجمله کشندها و امواج افزایش‌یافته و متناسب با میزان آورد رسوب از خشکی و در تعادل با آن، توسعه و تکامل مدل‌ها رخ می‌دهد؛ از سوی دیگر، با کاهش نرخ افزایش نسبی تراز دریا، فرایندهای عمود بر ساحل مهارشده و درعوض فرایند انتقال کرانه‌راستا بر ساحل چیره می‌شود. یکی از مهم‌ترین برآیندهای این

دگرگونی‌های بالقوه جهانی در ارتباط می‌باشند، بنابراین به‌منظور استفاده بهینه و رسیدن به توسعه پایدار، توجه ویژه به مدیریت یکپارچه منطقه ساحلی موردنیاز و ضروری است. به عبارت دیگر، می‌توان گفت مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی به‌عنوان کلیدی اساسی در توسعه یکپارچه طبیعی، اقتصادی و فرهنگی، در درون مناطق ساحلی به‌شمار می‌آید.

۶- مراجع

ثروتی، م. ر.، قهرودی-تالی، م.، نعیمی، ع.، منصوری، ر. (۱۳۹۵). پایش تاثیر نوسانات یک دهه اخیر تراز دریای کاسپین بر مورفولوژی زبانه ماسه‌ای و تالاب میانکاله، تهران، چهارمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی (ژئومورفولوژی و آمایش سرزمین)، ۱۲ آبان ماه ۱۳۹۵، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، مجموعه مقالات، ۱۶۲-۱۵۹.

ثروتی، م. ر.، منصوری، ر.، قهرودی-تالی، م. (۱۳۹۷). تاثیر نوسانات سریع سطح تراز آب دریای خزر بر سواحل جزیره سدی میانکاله. جغرافیای طبیعی، ۱۱(۴۰)، ۱-۱۶.
سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور (۱۳۴۹). نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰,۰۰۰ جاسک، برگ شماره NG 40-11.
سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح کشور (۱۳۴۹). نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰,۰۰۰ پی‌بشک، برگ شماره NG 40-12.
عرفان، ش.، حامدی، م.، ع. (۱۳۹۴). مجموعه جزیره سدی در جنوب‌خاور دریای خزر (شمال بهشهر). علوم زمین، ۹۵، ۲۳۰-۲۱۷.

علایی‌طالقانی، م. (۱۳۸۶). ژئومورفولوژی ایران، تهران، انتشارات قومس، چاپ چهارم.

منصوری، ر. (۱۳۹۷). تغییرات مورفولوژی ساحلی جنوب‌خاوری دریای خزر در راستای مدیریت یکپارچه منطقه ساحلی (ICZM). رساله دکتری تخصصی (Ph.D)، رشته ژئومورفولوژی/ مدیریت محیطی، استاد راهنما: محمدرضا ثروتی، تهران، دانشگاه شهید بهشتی، دانشکده علوم زمین.

منصوری، ر. (۱۳۹۹). تأثیر نوسانات تراز دریا بر جابجایی خط ساحلی کرانه‌های جنوبی دریای خزر در دوره ۱۳۵۴ تا ۱۳۹۶. علوم و فنون آب‌خاکی، ۱(۱)، ۴۹-۴۶.

منصوری، ر.، ثروتی، م. ر. (۱۳۹۵). ژئومورفولوژی، مدیریت یکپارچه منطقه ساحلی (ICZM) و آمایش سرزمین، تهران.

کاهش، تاثیر و نقش غالب میزان آورد رسوبی است که سرانجام به پیشروی خط ساحلی می‌انجامد.

با توجه به برهم‌کنش بین نیروهای هیدرودینامیک دریا و خشکی، هرگونه تغییر در محیط می‌تواند در تحول و تغییرپذیری مدل‌های واکنش ژئومورفیک جزایر سدی منطقه اثرگذار باشد. ازاین‌رو، انتظار می‌رود در پی دخالت‌های انسانی از طریق احداث و بهره‌برداری از سدهایی که در بالادست منطقه- از جمله سد جگین که بر روی رود جگین در حال احداث است، شاهد کاهش آورد رسوب توسط این رود بوده و خط ساحلی قاعده دلتا و جزایر سدی دچار فرسایش و فروسایي گردند. بنابراین، لازم است در زمینه مدیریت بهینه و برنامه‌ریزی طرح‌های توسعه‌ای آبی به این مهم توجه ویژه شود. همچنین، با توجه به حساسیت و آسیب‌پذیری بالای این جزایر می‌توان از روش‌های حفاظتی نرم یا زیستی در راستای ایجاد پایداری محیطی در منطقه اقدام سازنده کرد. از سوی دیگر، با توجه به اینکه منطقه مورد مطالعه جزء نواحی چهارگانه حفاظتی سازمان حفاظت محیط زیست کشور می‌باشد، شایسته است ضمن انجام پژوهش‌های گوناگون دیگر با هدف شناسایی توانایی‌ها و محدودیت‌ها و نیز ارزیابی میزان حساسیت‌ها و آسیب‌پذیری این گونه مناطق؛ لازم است در فرایند طرح‌های توسعه طبیعی، اقتصادی، اجتماعی، فرهنگی، نظامی و غیره به خدمات گوناگون مبتنی بر ارزش‌ها و عملکردهای حقیقی چنین مناطقی توجه ویژه‌ای شود. در واقع امروزه، تجربه کشورهای ساحلی توسعه‌یافته نشان می‌دهد که مدیریت یکپارچه منطقه ساحلی^۱، نه تنها خردمندانه‌ترین روش برای تحقق یافتن اصول آمایش سرزمین و توسعه پایدار است (منصوری و ثروتی، ۱۳۹۵)؛ بلکه تلاش‌های گوناگون انجام‌شده در این زمینه در سراسر جهان طی پنج دهه گذشته، نشان می‌دهد که این روش درک مناسبی از رویکردها، اصول و دستورالعمل‌های اصلی و همچنین چارچوب‌ها و تکنیک‌های تنظیم و اجرای برنامه‌ها را ایجاد کرده است (منصوری و سربازی، ۱۴۰۱). ازاین‌رو، همان‌طور که منصوری (۱۳۹۷) اشاره نموده‌اند، با توجه به اینکه سواحل ذاتاً و در مقیاس‌های زمانی- فضایی گوناگون، پویا و متغیر بوده و نیز اینکه چنین پویایی‌ها و تغییراتی با

- Published in the United States of America by Cambridge University Press, New York.
- Erfan, S., Hamed, M. (2015). Barrier island complex in southeast of Caspian Sea (North of Behshahr). *Geosciences*, 24(95), 217-230. (In Persian)
- Ghanavati, E., Shah-Hosseini, M., Marriner, N. (2021). Analysis of the Makran Coastline of Iran's vulnerability to global sea-level rise. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(8), 891.
- Haslett, S. K. (2009). *Coastal systems*, Routledge (Routledge Introductions to Environment Series), Second Edition.
- Kanwal, S., Ding, X., Sajjad, M., Nazeer, M., Zia, I. (2021). Remote sensing of narrowing barrier islands along the coast of Pakistan over past 30 years. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 295.
- Lessa, G.C., Angula, R.J., Giaannini, P.C., Araujo, A.D., (2000). Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil, *Marine Geology*, 165, 87-108.
- Mansouri, R. (2018). The coastal morphology changes in the southeast of caspian sea to integrated coastal zone management (ICZM), Ph.D Thesis in Geomorphology/Environmental Management, Supervisor: Prof. Dr. Mohammad Reza Sarvati, Tehran, Shahid Beheshti University. (In Persian)
- Mansouri, R. (2020). The effect sea-level fluctuations on the shoreline changes in the southern coasts of the Caspian Sea (1975-2017). *Amphibious Science and Technology*, 1(1), 46-69. 10.22034/JAMST.2022.247205 (In Persian)
- Mansouri, R., Sarbazi, Z. (2022). Integrated coastal zone management (iczm), a suitable approach to sustainable coastal tourism development, Qeshm, Iran, 3rd National Conference on Ecotourism, Geotourism and Natural Heritage Protection, 14-15 December 2022, Iranian Association of Ecotourism, 1-10. (In Persian)
- Mansouri, R., Sarvati, M.R. (2016). Geomorphology, integrated coastal zone management (iczm) and spatial planning, Tehran, Iran, 4th National Conference of Iranian Association of Geomorphology (Geomorphology and Spatial Planning), 2 November 2016, University of Tehran, Faculty of Geography, 155-158. (In Persian)
- McBride, R. A., Byrnes, M. R., and Hiland, M. W., (1995). Geomorphic response-type model for barrier coastlines: a regional perspective. *Marine Geology*, 126, 143-159.
- National Geographical Organization (1970). Topographic map of Jask, with 1: 250,000 Scale, NG 40-11. (In Persian)
- چهارمین همایش ملی انجمن ایرانی ژئومورفولوژی (ژئومورفولوژی و آمایش سرزمین)، ۱۲ آبان ماه ۱۳۹۵، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، مجموعه مقالات، ۱۵۸-۱۵۵.
- منصوری، ر.، سربازی، ز. (۱۴۰۱). مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی، رویکردی مناسب برای دستیابی به توسعه پایدار گردشگری ساحلی، قشم، سومین کنفرانس ملی اکوتوریسم، ژئوتوریسم و حفاظت از میراث طبیعی، ۲۳-۲۴ آذرماه ۱۴۰۱، انجمن علمی طبیعت‌گردی ایران، ۱۰-۱.
- نژادافضلی، ک. (۱۴۰۲). بررسی تغییرات ژئومورفولوژیکی سواحل دریای مکران با استفاده از سنجش از دور مطالعه موردی (خلیج چابهار). *علوم و فنون آب‌خاکی*، ۴(۴)، ۹-۱.
- نوحه‌گر، ا.، یمانی، م. (۱۳۸۵). ژئومورفولوژی ساحلی شرق تنگه هرمز با تاکید بر فرسایش بادی، هرمزگان. انتشارات دانشگاه هرمزگان، چاپ اول.
- یمانی، م. (۱۳۷۷). علل تغییر مسیر دوره‌ای رودخانه‌ها در روی دلتاهای غرب جلگه ساحلی مکران. پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۵، ۵۶-۳۴.

References

- Alaei-Taleghani, M. (2007). *Geomorphology of Iran*, Tehran, Ghomes Publishing. (In Persian)
- Bamunawala, J., van der Spek, A., Dastgheib, A., Murray, A. B., Ranasinghe, R. (2021). An integrated, probabilistic modeling approach to assess the evolution of barrier-island systems over the twenty-first century. *Frontiers in Marine Science*, 8, 755699. doi: 10.3389/fmars.2021.755699
- Beckman, J. N., Long, J. W., Hawkes, A. D., Leonard, L. A., Ghoneim, E. (2021). Investigating controls on barrier island overwash and evolution during extreme storms. *Water*, 13(20), 2829.
- Bui, L. T., Pham, H. T. (2022). Coastal erosion trend analysis using a combination of remote sensing and hydrodynamic models: Case study of Ca Mau Cape, Mekong Delta. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 26, 100734.
- Cao, W., Zhou, Y., Li, R., Li, X. (2020). Mapping changes in coastlines and tidal flats in developing islands using the full time series of Landsat images. *Remote Sensing of Environment*, 239, 111665.
- Davidson-Arnott, R. (2010). *An introduction to coastal processes and geomorphology*,

- National Geographical Organization (1970). Topographic map of Pebeshk, with 1: 250,000 Scale, NG 40-12. (In Persian)
- Nezhad-Afzali, K. (2024). Investigating the geomorphological changes of Makran Sea shores using remote sensing Case study (Chabahar Bay). *Amphibious Science and Technology*, 4(4), 1-9. (In Persian)
- Nichols, G. (1999). *Sedimentology and Stratigraphy*. Blackwell Science Ltd. 354 p.
- Nohegar, A., Yamani, M. (2006). The coastal geomorphology of east Hormoz strait-whith focus on wind erosion, *Geographical Researches*, 35, 34-56. (In Persian)
- Otvos, E.G., (2012). Coastal barriers- Nomenclature, processes, and classification issues. *Geomorphology*, 139-140, 39-52.
- Santos, C. A. G., do Nascimento, T. V. M., Mishra, M., da Silva, R. M. (2021). Analysis of long-and short-term shoreline change dynamics: A study case of João Pessoa city in Brazil. *Science of the Total Environment*, 769, 144889.
- Sarvati, M. R., Ghohroudi-Tali, M., Naeimi, A. Mansouri, R. (2016). Monitoring the impact of Caspian sea-level fluctuations during the last decade on the morphology of the miankale lagoon and sand spit, Tehran, Iran, 4th National Conference of Iranian Association of Geomorphology (Geomorphology and Spatial Planning), 2 November 2016, University of Tehran, Faculty of Geography, 159-162. (In Persian)
- Sarvati, M.R., Mansouri, R., Ghohroudi-Tali, M. (2018). The effects of rapid Caspian sea-level fluctuations on the miankaleh barrier coasts. *Physical Geography*, 11(40), 1-16. (In Persian)
- Schwartz, M. L. (1971). The multiple casualty of barrier islands. *Jour.Geol.*, 79, 91-94.
- Selley, R. C., (1988). *Applied Sedimentology*. Academic Press 446 p.
- Stone, G. W., Liu, B., Pepper, D. A., Wang, P., (2004). The importance of extratropical and tropical cyclones on the short-term evolution of barrier islands along the northern Gulf of Mexico, USA. *Marine Geology*, 210, 63-78.
- Yamani, M. (1998). The comparison of change direction of river on deltas of east Makran coastal plain surface. *Geographical Researches*, 35, 34-56. (In Persian)