

## تأثیر نوسانات سریع سطح تراز آب دریای خزر بر سواحل جزیره سدی میانکاله

محمد رضا ثروتی

استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. ایران

رضا منصوری\*

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، مدیریت محیطی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. ایران

منیره قهرودی تالی

استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۵/۱۶

### چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی خطوط ساحلی جزیره سدی میانکاله نسبت به نوسانات سریع تراز دریای خزر می‌باشد. در این راستا، از تصاویر ماهواره Landsat سری سنجنده‌های ۴، ۵، ۷ و ۸، نقشه‌های تاریخی، توپوگرافی و بازدیدهای میدانی متعدد استفاده شده است. برپایه مستندات کمی موجود از تغییرات خطوط ساحلی در ارتباط با متغیرهای طبیعی و انسانی، هشت گونه واکنش ژئومورفولوژیکی شامل: (۱) حرکت جانبی (۲) پیشروی (۳) تعادل بویا (۴) پس‌روی (۵) باریک‌شدن در جا (۶) غلطیدن به‌سوی خشکی (۷) فروپاشی و (۸) ناپایداری چرخشی برای طبقه‌بندی کرانه‌های جزایر سدی مشخص شده‌اند. پایش موقعیت خطوط ساحلی در یک مقیاس فضایی ۱۰ تا ۱۰۰ کیلومتری در درازمدت (دهه‌ای و سده‌ای)، مبنا و پایه‌ای علمی بسیار ارزنده‌ای برای مستندسازی روابط فرایندها و واکنش‌های ژئومورفولوژیکی آن‌ها را ایجاد می‌کند که مورفودینامیک‌های ساحلی منطقه‌ای را شکل داده‌اند. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که از هشت مدل ژئومورفولوژیکی مک‌برید و همکاران، شش مدل حرکت جانبی، پیشروی، پس‌روی، باریک‌شدن در جا، فروپاشی و ناپایداری چرخشی در منطقه میانکاله یافت می‌شوند. نتایج حاکی از آن هستند که مدل‌های پیشروی و پس‌روی به ترتیب طی دوره‌های پیشروی و پس‌روی تراز دریا در منطقه شکل می‌گیرند؛ مدل‌های باریک‌شدن در جا و فروپاشی همزمان با افزایش تراز دریا و مدل ناپایداری چرخشی نیز در مواقع کاهش سطح تراز در منطقه ظاهر می‌شوند. مدل حرکت جانبی نیز طی دوره‌های پیشروی و پس‌روی نمود یافته‌است. همچنین، یافته‌ها نشان می‌دهند تراز دریا طی دوره ۱۳۹۶-۱۲۱۴ شش مرحله پیشروی-پس‌روی را تجربه کرده‌است. بررسی تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های آماری نوسانات تراز دریا نشان می‌دهند تراز دریا از سال ۱۳۷۴ تاکنون وارد مرحله پس‌روی شده و حدود ۱/۵ متر کاهش یافته‌است. نرخ پس‌روی و کاهش سطح تراز بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۷۴ حدود ۶/۸ سانتیمتر در سال محاسبه گردید. علیرغم اینکه به‌نظر می‌رسد در مقیاس بزرگ، میزان افزایش تراز نسبی آب دریا در راستای کرانه‌های جزیره سدی میانکاله، یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده وقوع انواع واکنش‌های ژئومورفیک است؛ با این حال، عرضه رسوب نیز تأثیر قابل توجهی بر واکنش‌های خط ساحلی دارد.

## واژگان کلیدی: تغییرات ژئومورفولوژیکی، نوسانات تراز دریا، پیشروی، پس‌روی، دریای خزر، جزیره سدی میانکاله.

### مقدمه

در مناطق ساحلی باتوجه‌به مورفولوژی خاص منطقه، شرایط هیدرودینامیکی حاکم و نیز در صورت وجود منابع رسوبی مناسب، اشکال خاص ژئومورفولوژیکی از جنس ماسه شکل می‌گیرند که زبانه ماسه‌ای خوانده می‌شوند (Haslett, 2009; 44). از انباشته‌شدن این زبانه‌ها بر روی یکدیگر، جزایر درازی به نام جزایر سدی شکل می‌گیرند که قسمتی از آب دریا را در پشت خود محصور می‌نمایند. جهت و مقدار تغییرات رخ داده در راستای خطوط ساحلی جزایر سدی، منعکس‌کننده برهم‌کنش‌های متفاوت زمانی و فضایی بین فرایندها است. از سوی دیگر، سیستم‌های زبانه‌های ماسه‌ای و جزایر سدی، منعکس‌کننده تغییرات تراز دریا، فرونشینی، عرضه رسوب و رخ داده‌های طوفانی بوده و حتی به‌عنوان شاخصی هشداردهنده برای بررسی تغییرات منطقه‌ای و جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Otvos, 2012; 45). پیشروی ساحلی و پس‌روی جزایر سدی زمانی رخ می‌دهد که خط ساحلی تحت شرایط فضای رسوب‌گذاری اندک و عرضه رسوب زیاد به‌سوی دریا پیشروی می‌کند (Lessa et al, 2000; 87). این مکانیزم زمانی که افزایش تراز دریا پدیده غالب در منطقه ساحلی است می‌تواند تغییر کند.

تغییرات سریع تراز دریای خزر فرصتی عالی برای مطالعه تحولات ساحلی در مقیاس عمر انسان ارائه می‌کند (Kakroodi et al, 2012; Leroy et al, 2007; Kaplin & Selivanov, 1995; Hoogendoorn et al, 2005; ) (Kroonenberg et al, 1997). سیستم‌های سواحل ماسه‌ای و جزایر سدی - مرداب در راستای سواحل دریای خزر از زمانی که سطح تراز دریا در حدود ۱۰۵۰۰ سال پیش افزایش یافت ایجاد شده‌اند (Kakroodi et al, 2012; 1236). جزیره سدی میانکاله و خلیج گرگان از مهمترین لندفرم‌های مورفولوژیکی منطقه می‌باشند. جزیره سدی میانکاله، بزرگ‌ترین و تیبیک‌ترین نمونه جزیره سدی در جنوب دریای خزر در ایران می‌باشد. عوامل گوناگونی همچون شیب‌ملایم کرانه، فراوانی ماسه، جریان‌های کرانه‌راستا با غلبه امواج و توفان‌های شدید دریایی در شکل‌گیری و رشد زبانه‌های ماسه‌ای میانکاله نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای داشته‌اند (ثروتی و همکاران، ۱۳۹۵؛ ۱۵۹). از نگاه زمین‌شناختی، خلیج گرگان و جزیره سدی میانکاله کاملاً با واحدهای کلاسیک جغرافیای طبیعی مجموعه‌های جزیره سدی توصیف‌شده توسط بسیاری از زمین‌شناسان همخوانی دارد (عرفان و حامدی، ۱۳۹۴؛ ۲۱۷). علیرغم اینکه گسترش و پیشروی این مجموعه جزیره سدی در شکل‌گیری و تکامل خلیج گرگان نقش مهم و به‌سزایی داشته است؛ اما، با استناد به داده‌های آماری ثبت‌شده از نوسانات تراز دریای خزر، تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های تاریخی موجود، مشخص می‌شود ویژگی‌های مورفولوژیکی مجموعه جزیره سدی میانکاله و خلیج گرگان به‌شدت توسط نوسانات سریع تراز دریای خزر کنترل‌شده و با نوسانات آن دچار تغییرات عمده‌ای می‌شوند. برای مثال، طی دوره پس‌روی شدید سه‌متری تراز دریای خزر بین سال‌های ۱۳۵۶-۱۳۰۸ (شکل ۳)، جزیره سدی میانکاله در ابعاد طولی و عرضی خود به حداکثر رشد و گسترش رسید. اما

سطح گسترش خلیج گرگان به شدت کاهش یافته، به گونه‌ای که بخش‌های زیادی از کرانه‌های باختری آن به‌طور کامل دچار خشکیدگی شدند. مهم‌ترین پیامد آن، انسداد کامل کانال‌های ارتباطی بین دریای خزر و خلیج گرگان و اتصال زبانه‌ماسه‌ای میانکاله به سواحل شمالی بندر ترکمن بود. اما، بلافاصله با شروع دوره پیشروی حدود ۲/۵ متری تراز دریا بین سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۵۶، بخش‌های زیادی از زمین‌های منطقه میانکاله دچار فرسایش و آسیب‌دیدگی شدید شدند و از ابعاد طولی و عرضی جزیره سدی میانکاله به‌طور قابل توجهی کاسته شد. پیشروی مذکور باعث شد تا منتهی‌الیه جزیره سدی میانکاله دچار فرسایش گسترده‌ای شده و با تقسیم‌شدن به بخش‌های متعدد، به‌صورت جزایر منفردی درآید. این در حالی است که خلیج گرگان و تالاب میانکاله به‌طور قابل توجهی دچار افزایش سطح گسترش خود شدند. همچنین، طی این دوره ارتباط هیدرولوژیکی بین خلیج و دریا از طریق کانال‌های سه‌گانه چاپقلی، آشوراده و خوزینی به‌طور کامل برقرار گردید (شکل‌های ۶ و ۸). درواقع، تغییرات سریع ترازدریای خزر از یک‌سو و واکنش‌های سریع مورفولوژیکی مجموعه جزیره سدی میانکاله متناسب با آن از سوی دیگر، کرانه‌های بخش جنوب‌خاوری این دریا را به یک آزمایشگاه طبیعی جهت مطالعه و بررسی تغییرات ژئومورفولوژی ساحلی در بازه زمانی عمر انسان تبدیل نموده است. بنابراین، هدف اصلی این پژوهش بررسی و مطالعه واکنش‌های ژئومورفولوژیکی سواحل جزیره سدی میانکاله نسبت به نوسانات سریع تراز دریای خزر می‌باشد.

تاکنون در ارتباط با موضوع پژوهش حاضر که به بررسی و ارزیابی مدل‌های واکنش مورفولوژیکی کرانه‌های جزایر سدی و زبانه‌های ماسه‌ای در ارتباط با نوسانات سطح تراز آب دریا برپایه مدل‌های مورفولوژیکی مک‌بریید و همکاران ۱۹۹۵ می‌پردازد هیچ‌گونه پژوهشی در کشور انجام نشده و برای نخستین بار در کشور کرانه‌های مجموعه جزیره سدی میانکاله واقع در گوشه جنوب‌خاوری دریای خزر را به‌منظور درک واکنش‌های ژئومورفولوژیکی مجموعه زبانه ماسه‌ای میانکاله نسبت به تغییرات شرایط محیطی و نوسانات سطح تراز آب دریا، برپایه مدل‌های مورفولوژیکی مک‌بریید و همکاران مورد بررسی قرار داده‌ایم.

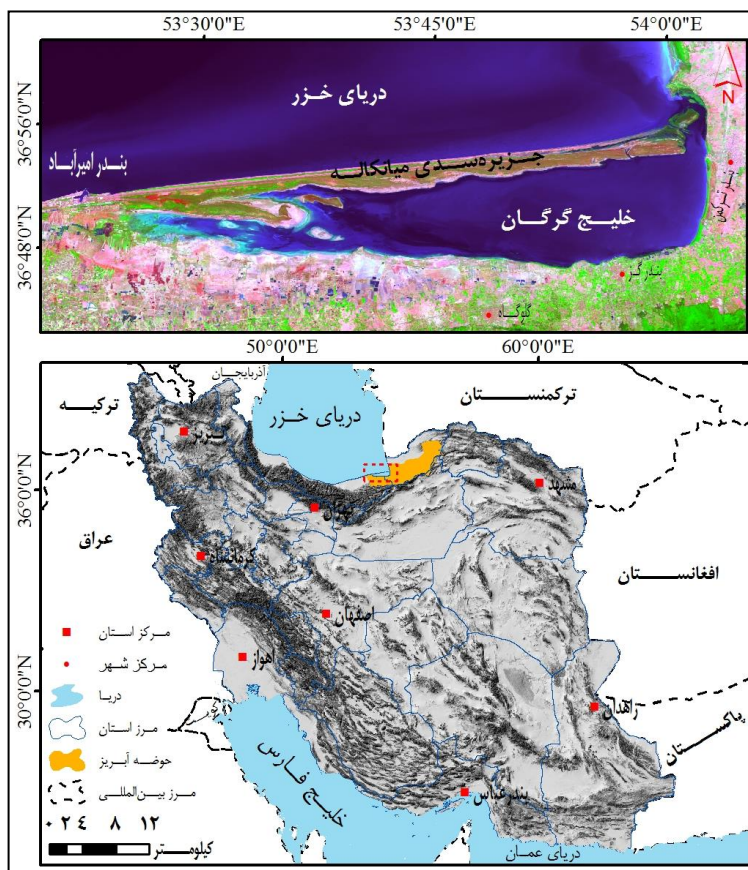
برای نخستین بار در جهان برپایه اطلاعات و داده‌های گردآوری شده از پایش منظم جزایر سدی طی سالیان متمادی انواع مختلف تغییرات مورفولوژیکی و مورفودینامیک جزایر سدی مشخص گردید. سپس، باتوجه به یافته‌های کمی حاصله و نیز برپایه تغییرات مکانی خطوط ساحلی در ارتباط با متغیرهای طبیعی و انسانی، مدل‌های واکنشی ژئومورفولوژیکی گوناگون برای ارزیابی کرانه‌های جزایر سدی مشخص شده است. درواقع، مک‌بریید و همکاران (۱۹۹۵)، از مجموع اطلاعات حاصله به‌منظور مدل‌سازی و ارزیابی واکنش‌های ژئومورفولوژیکی جزایر سدی در ارتباط با تغییرات محیطی و نوسانات ایجادشده در تراز آب دریاها استفاده کرده‌اند.

### منطقه مورد پژوهش

منطقه مورد پژوهش در راستای پهنای جغرافیایی  $36^{\circ} 49'$  تا  $36^{\circ} 57'$  شمالی از خط استوا و در راستای درازای جغرافیایی  $53^{\circ} 23'$  تا  $54^{\circ} 02'$  خاوری از نیمروز گرینویچ قرار گرفته و به‌طور کلی کرانه‌های جزیره سدی یا

زبانه‌ماسه‌ای میانکاله (با درازای بیش از ۶۰ کیلومتر و پهنای متغیر بین ۱/۳ تا ۴/۱ کیلومتر) و خلیج گرگان واقع در پشت آن را دربرمی‌گیرد (شکل ۱).

جزیره سدی میانکاله با درازای تقریبی حدود ۶۰ کیلومتر، درازترین و بزرگ‌ترین جزیره سدی در کرانه‌های جنوبی دریای خزر می‌باشد که از مجموعه‌ای از زبانه‌های ماسه‌ای تشکیل شده است. این جزیره سدی یکی از بارزترین و مهم‌ترین چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیکی کرانه‌های شمالی کشور محسوب می‌شود. مهم‌ترین محیط‌های این بخش شامل سیستم جزیره سدی، زبانه‌ماسه‌ای و تالاب (مرداب) است. آثار پیشروی دریا به فاصله ۱۰۰ متری ساحل کنونی بر روی این جزیره سدی بزرگ قابل ردیابی است. جزیره سدی میانکاله که در میان آب‌های خلیج گرگان و دریای خزر با روند مستقیم باختر به خاور و تقریباً به موازات ساحل رشد کرده، تنها از ماسه‌های دانه‌ریز تشکیل شده (لاهیجانی و همکاران، ۱۳۸۹: ۴۷) و از نگاه ریخت‌شناسی دارای دو چهره متفاوت پوشش گیاهی و ساحل است (عرفان و حامدی، ۱۳۹۴: ۲۱۸).



شکل ۱: موقعیت جزیره سدی میانکاله و خلیج گرگان در جنوب‌خاوری دریای خزر.

## داده‌ها و روش‌ها

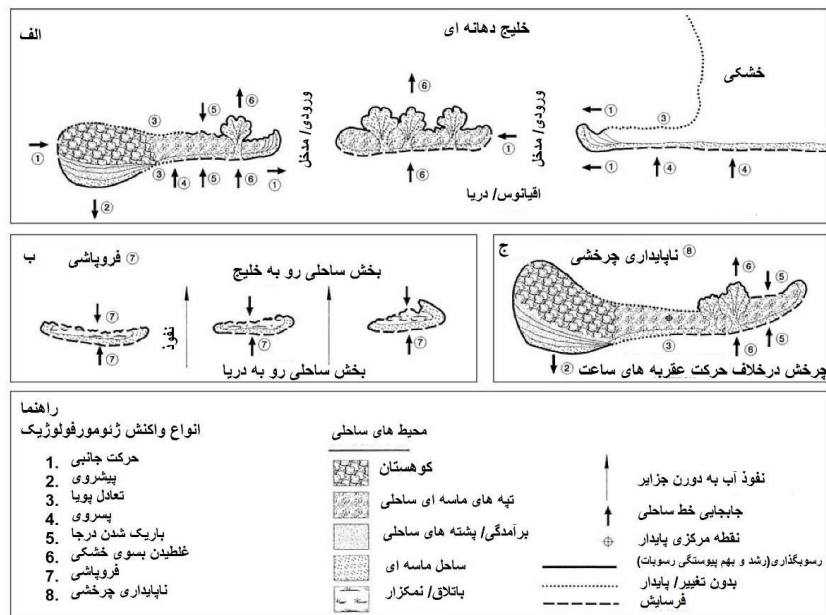
هدف این پژوهش، بررسی و مطالعه مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی خطوط ساحلی جزیره سدی میانکاله واقع در بخش جنوب‌خاوری دریای خزر و در ارتباط با دوره‌های نوسانی تراز این دریا (طی دوره ۱۳۹۶-۱۲۱۴ خورشیدی) می‌باشد. از

این رو، به منظور دستیابی به هدف خود، از مجموعه داده‌ها و اطلاعاتی از جمله: نقشه‌های تاریخی، نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس‌های ۱/۲۵۰۰۰، ۱/۵۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای Landsat سری سنجنده‌ها TM, ETM+ & OLI با رزولوشن بالا مربوط به منطقه مورد پژوهش و بازدیدهای میدانی و به روش تحلیلی-توصیفی استفاده شده است. پردازش، تجزیه و تحلیل و کارتوگرافی‌های پژوهش حاضر با استفاده از فناوری‌های سنجنش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در قالب نرم‌افزارهای Erdas Imagine & ArcGIS انجام شده است. روش کار در این پژوهش برای بررسی مدل‌های واکنشی تغییرات ژئومورفولوژیکی خطوط ساحلی نسبت به نوسانات تراز دریای خزر بدین صورت بود که ابتدا برای کسب آگاهی از چگونگی نوسانات تراز دریا با مراجعه به منابع و اسناد مربوطه، تاریخچه افت و خیزهای تراز دریای خزر مطالعه و دریافت شد. در گام بعد، داده‌های آماری و نمودارهای مربوط به دوره‌های پیشروی و پس‌روی از مراکز مربوطه اتخاذ گردید. سپس با تحلیل این داده‌ها، دوره‌های نوسانی شاخص و تاثیرگذار تراز دریا در قالب فازهای پیشروی-پس‌روی بر سیطره جزیره سدی میانکاله استخراج شد. در مرحله بعد، با در دست داشتن تاریخ‌های مربوط به دوره‌های نوسانی تراز دریا، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای با کیفیت مناسب جهت پایش و استخراج تغییرات و جابجایی‌های ژئومورفولوژیکی خط ساحلی منطقه تهیه و اصلاحات لازم بر روی آن‌ها صورت گرفت. سپس، موقعیت خطوط ساحلی بر روی هر یک از تصاویر استخراج و رقمی گردید. در پایان با توجه به داده‌های مربوط به نوسانات تراز دریا و موقعیت خطوط ساحلی به دست آمده، مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله طی دوره زمانی مورد پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

### مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی

جزایر سدی محیط‌های مورفودینامیکی بسیار پویایی هستند که مستعد تغییراتی در میزان عرضه رسوب، تغییر تراز دریا، انرژی موج و به‌ویژه در ارتباط با شرایط توفان‌ها و مداخلات ناشی از فعالیت‌های بشر می‌باشند (Stone, 2004; 64). بر پایه نقشه برداری‌هایی که از جزایر سدی در راستای سواحل خلیج مکزیک (لویزیانا 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. به عبارت دیگر، بر پایه مستندات کمی موجود از تغییرات تاریخی در موقعیت خطوط ساحلی در ارتباط با متغیرهای طبیعی و انسانی، هشت‌گونه واکنش ژئومورفولوژیکی شامل: (۱) حرکت جانبی (۲) پیشروی (۳) تعادل پویا (۴) پس‌روی (۵) باریک شدن درجا (۶) غلطیدن به سوی خشکی (۷) فروپاشی و (۸) ناپایداری چرخشی برای طبقه‌بندی کرانه‌های جزایر سدی تعیین و مشخص شده است (شکل ۲). McBride et al, 1995. از این اطلاعات برای مدل‌سازی و فهم چگونگی واکنش ژئومورفولوژیکی جزایر سدی نسبت به تغییرات شرایط محیطی و نوسانات ایجاد شده در تراز آب دریاها استفاده کرده‌اند. انواع مدل‌های هشت‌گانه واکنش ژئومورفولوژیکی مذکور به شرح زیر تعیین و تعریف شده‌اند.

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 می‌باشد. پیشروی؛ به خط‌ساحلی اشاره دارد که در واکنش به افزایش عرضه رسوب یا پایین‌رفتن تراز دریا به‌سوی دریا پیشروی می‌کند. تعادل پویا؛ به خط‌ساحلی اشاره دارد که طی یک دوره زمانی دراز مدت، خواه به‌دلیل فرسایش یا نهشته‌گذاری قابل توجه، به‌نظر ثابت باقی‌مانده است. پس‌روی؛ برای خطوط‌ساحلی مصداق دارد و به‌کار برده می‌شود که رخسار رو به‌سوی دریای آن بر اثر فرسایش و انتقال رسوب یا افزایش تراز دریا به‌سوی خشکی پس‌روی پیدا می‌کنند. باریک‌شدن درجا؛ درجایی رخ می‌دهد که کرانه‌های روبه‌سوی دریا و خشکی یک جزیره سدی و خلیج ایجاد شده در پشت آن، مورد فرسایش قرار می‌گیرند و باعث باریک‌شدن جزیره سدی می‌شوند؛ اما، هسته جزیره سدی ثابت باقی‌ماند. غلطیدن به‌سوی خشکی؛ اغلب به‌دنبال باریک‌شدگی درجا رخ می‌دهد؛ یعنی درجایی که جزیره سدی برای عبور امواج طوفانی از بالای جزیره به‌اندازه کافی باریک‌شده باشد. در نتیجه، این امواج طوفانی 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. 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. 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 طرف دیگر جزیره، دچار چرخش می‌شود.



**شکل ۲:** نمایش شماتیک واکنش های 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 (McBride et al, 1995; 148).

## بحث و یافته ها

در این پژوهش با استفاده از داده ها و اطلاعات در دسترس، ابتدا نوسانات تراز دریای خزر طی یک سده اخیر مورد پایش قرار گرفت. همانطور که در شکل ۳ نشان داده شده، مشخص می شود که در مجموع تراز دریای خزر بین سال های ۱۳۰۴-۱۲۱۴ در حدود یک متر نوسان سطح را با شیبی ملایم تجربه کرده است. همچنین، برپایه قدیمی ترین نقشه موجود از منطقه که نشانگر دوره پیشروی تراز دریا در سال ۱۲۶۹ می باشد و انطباق زمانی آن با نمودار شکل ۳ نشان می دهد که سطح دریا در این سال در تراز ارتفاعی ۲۵- متر قرار داشته است. از سوی دیگر، در مجموع تراز دریای خزر بین سال های ۱۳۵۶-۱۳۰۸ بیش از سه متر کاهش داشته ولی بلافاصله بین سال های ۱۳۷۴-۱۳۵۶ تراز دریا، نزدیک به سه متر بالا آمده و خسارات متعدد و آسیب دیدگی های جدی را برای ساحل نشینان به دنبال داشته است. به عبارت دیگر، تراز دریای خزر، بین سال های ۱۳۷۴-۱۳۰۸ در مجموع حدود شش متر افت و خیز را تجربه نموده که در نوع خود در دنیا و در مقایسه با نوسانات تراز اقیانوس ها، بی نظیر می باشد. اما پس از این دوره، طی سال های ۱۳۷۴ تا ۱۳۹۴ روند نوسانات تراز دریای خزر در مجموع وارد فاز جدیدی از روند کاهشی خود شده است. در این دوره زمانی نسبتاً کوتاه، تراز دریای با سرعتی معادل ۷/۵ سانتیمتر در سال تقریباً حدود ۱۴۰ سانتی متر کاهش یافته است (شکل ۳). از این رو، باتوجه به داده های حاصل از ثبت ابزاری نوسانات سریع تراز دریای خزر مشخص می شود نرخ شتاب نوسانات آن طی دوره های زمانی گوناگون متفاوت بوده و از لحاظ رخ داده های دوره ای، نظم خاص و یکسانی ندارد (جدول ۱). در واقع، باتوجه به ویژگی ناموزون روند نوسانات و عدم پیش بینی دقیق آن، رخ داد دوره های پیشروی و پسروی تراز دریا توانایی ایجاد شرایط آسیب پذیری

محیطی و بحران‌های منطقه‌ای را به واسطه خشکی‌زایی خلیج گرگان یا پیشروی آب دریا و به‌زیرآب رفتن بسیاری از زیرساخت‌ها و امکانات منطقه را دارا می‌باشد. برای مثال می‌توان به ترتیب به شرایطی که طی یک دهه اخیر برای جزیره سدی و تالاب میانکاله و نیز وقایعی که طی دهه ۱۳۷۰ منجر به افزایش حدود ۲/۵ متری تراز دریا و آسیب‌دیدگی بخش‌های گسترده‌ای در کرانه‌های شمالی کشور شده، اشاره کرد.



شکل ۳: منحنی نرخ شتاب نوسانات تراز دریای خزر بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۲۱۴ (خوشروان، ۱۳۹۵).

#### جدول ۱: مشخصات تغییرات ثبت‌شده تراز دریای خزر بین سال‌های ۱۳۹۳-۱۲۱۶ خورشیدی

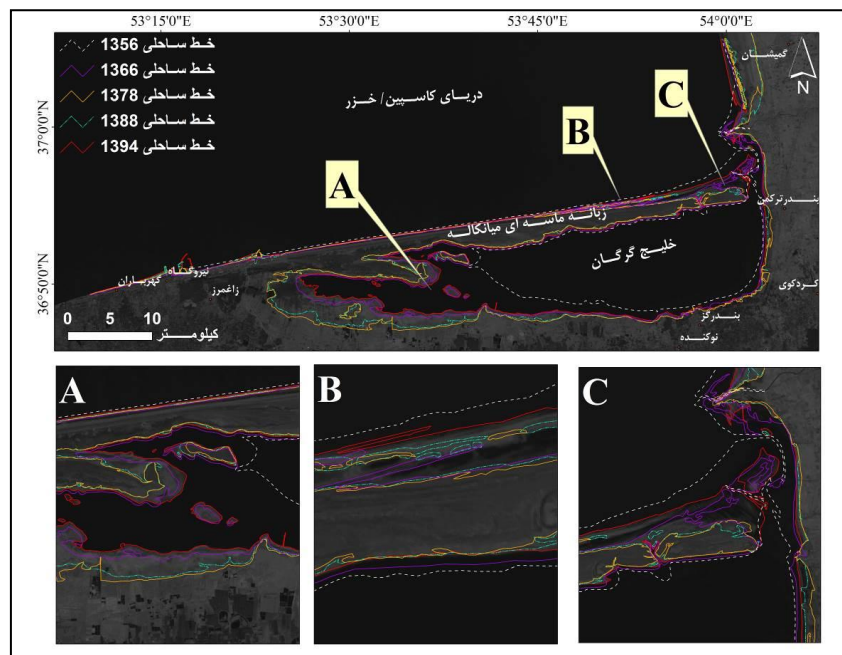
سال (خورشیدی)	میانگین تراز دریا (m)	دوره زمانی (سال)	سرعت نوسان (cm/y)
۱۳۰۸-۱۲۱۶	-۲۵/۰۷	۹۲	۱/۹
۱۳۲۰-۱۳۰۹	-۲۵/۹۵	۱۱	۱۴/۷
۱۳۵۶-۱۳۲۱	-۲۷/۴۱	۳۶	۳/۸
۱۳۷۴-۱۳۵۷	-۲۶/۸۸	۱۷	۱۴/۷
۱۳۸۵-۱۳۷۵	-۲۶/۱۳	۱۱	۶/۵
۱۳۹۳-۱۳۸۶	-۲۶/۴۱	۸	۷/۵

منبع: مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر؛ خوشروان ۱۳۹۶.

علاوه‌براین، با بررسی، تفسیر و تحلیل عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای روند نوسانات تراز دریای خزر طی این دوره زمانی پایش و مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های حاصل از آن‌ها گواه نوسانات سریع و رخداد فازهای پیشروی-پسروی‌های تراز دریا طی دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۲۶۹ می‌باشد (شکل ۴). برپایه قدیمی‌ترین نقشه موجود از منطقه که متعلق به سال ۱۲۶۹ خورشیدی (۱۸۹۰ میلادی) است و توسط مهندسین هندی تهیه شده، مشخص می‌گردد که در آن زمان تراز دریا بالا بوده و در مرحله پیشروی خود قرار داشته و تراز دریا در کد ارتفاعی ۲۵- متر بوده است. در این زمان وضعیت جزیره سدی میانکاله، خلیج گرگان کاملاً دستخوش تغییر قرار گرفته، به‌گونه‌ای که جزیره سدی میانکاله با فرسایش گسترده‌ای روبرو شده و مساحت آن به شدت کاهش یافته است. همچنین، بر اثر پیشروی و افزایش تراز دریا، منتهی‌الیه خاوری آن به صورت سه جزیره مجزا نمایان گشته و از سرزمین اصلی میانکاله جدا افتاده‌اند (شکل ۷). پس از مشخص شدن وضعیت نوسانی تراز دریای خزر، به بررسی تأثیرات آن بر روی واکنش‌های ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله پرداخته شد. در این مرحله، با بررسی‌های صورت گرفته مشخص گردید که با توجه به نوسانات سریع تراز دریای خزر



طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۲۱۴، از مدل های ژئومورفولوژیکی هشت گانه مک برید و همکاران برای جزایر سدی، شش مورد آن در جزیره سدی میانکاله قابل تشخیص هستند. به طور کلی، در منطقه مورد مطالعه مدل های: حرکت جانبی، پیشروی، پسروی، باریک شدن درجا، فروپاشی و ناپایداری چرخشی شناسایی شد.

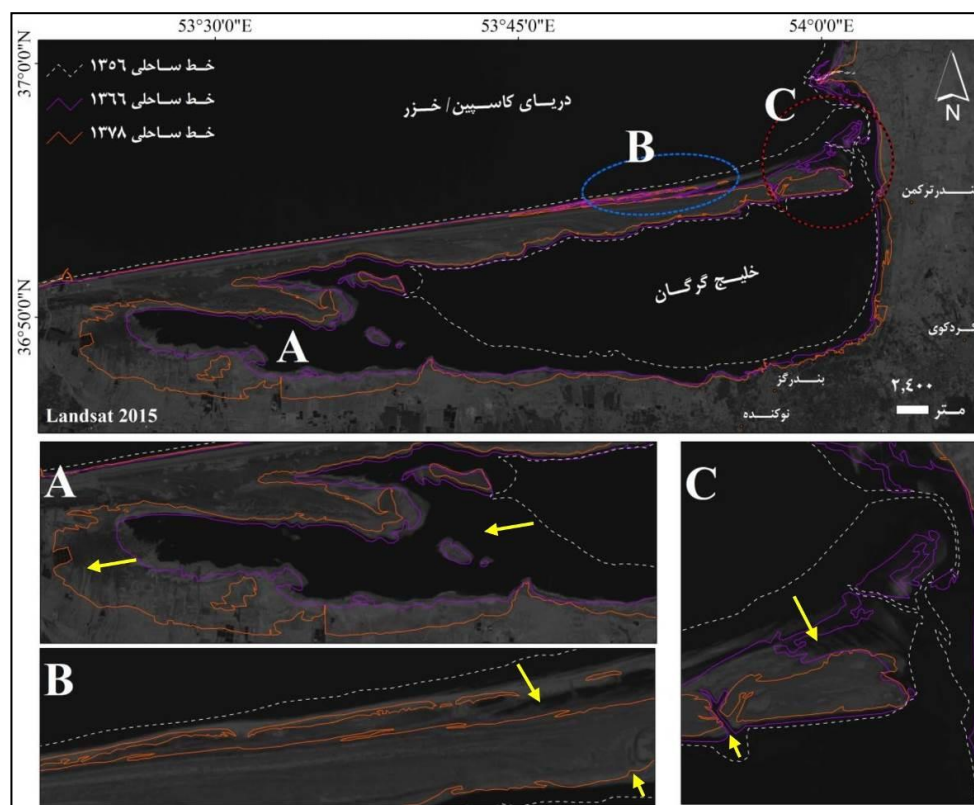


ماخذ: نگارندگان

شکل ۴: تغییرات خطوط ساحلی جزیره سدی میانکاله نسبت به نوسانات تراز دریا از ۱۳۵۶ تا ۱۳۹۴

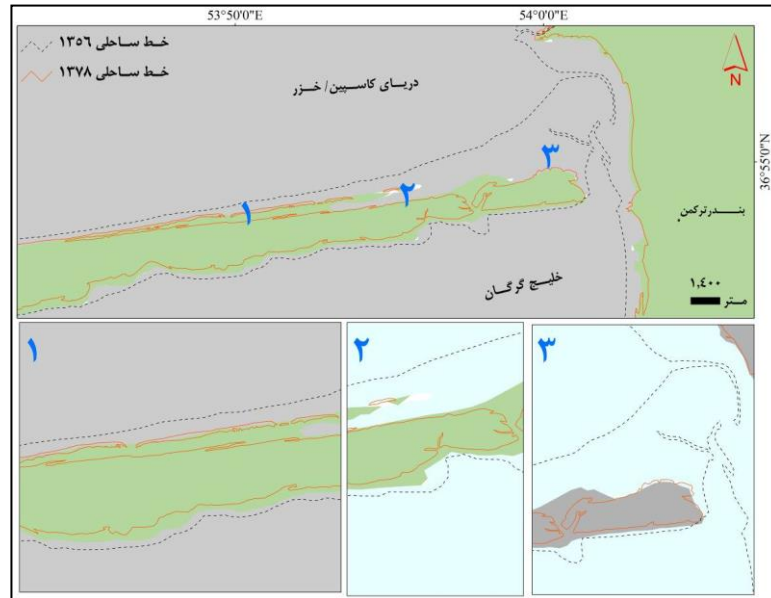
یافته ها نشان می دهند دو مدل واکنشی ژئومورفولوژیکی باریک شدن درجا و فروپاشی جزیره سدی میانکاله، صرفاً در منتهی الیه بخش خاوری جزیره سدی میانکاله و جزیره آشوراده نمایان می شوند. انطباق داده های آماری نوسانات تراز دریای خزر با نقشه ها، تصاویر ماهواره ای و بازدیدهای میدانی از منطقه نشان می دهند که مدل های مذکور در مواقعی رخ می دهند که تراز دریا وارد مرحله افزایش و پیشروی تراز آب شده است. برای مثال می توان به نوسانات سریع تراز دریای خزر طی فاز پیشروی بین سال های ۱۳۷۸-۱۳۵۶، اشاره نمود (شکل ۵). در نتیجه، در مدل باریک شدن درجا، افزایش سطح تراز باعث پیشروی آب دریا به سوی سرزمین آشوراده شده و با فرسایش بخش هایی از کرانه منجر به باز شدن تدریجی کانال های ارتباطی چاقلی، آشوراده و خوزینی واقع در بین خلیج گرگان و دریای خزر گردیده است. به طوری که پس از پسروی گسترده تراز دریا که بین سال های ۱۳۵۶-۱۳۰۸ رخ داد، بخش منتهی الیه زبانه ماسه ای میانکاله از سال ۱۳۵۷ شروع به باز شدن و انقطاع نموده و تا سال ۱۳۷۸ به طور کامل باز گردید. اما مدل فروپاشی که در واقع شکل تکمیلی و پیشرفته ای از مدل باریک شدن درجا بوده و در ادامه آن شکل می گیرد، در زمان هایی که افزایش تراز دریا به اوج خود می رسد، رخ می دهد (شکل ۶). به عبارت دیگر، با به اوج رسیدن افزایش تراز دریا، به واسطه فرسایش ناشی از هجوم امواج

و نفوذ آب دریا در منطقه، مدل باریک شدن درجا گسترش می‌یابد و از وسعت جزیره سدی میانکاله در محدوده سرزمین آشوراده می‌کاهد. با فرسایش منطقه آشوراده ارتباط هیدرولوژیکی دریای خزر با خلیج گرگان از طریق سه کانال ارتباطی مذکور به طور کامل برقرار گشته و مدل فروپاشی جزیره سدی میانکاله نمایان می‌شود. برای مثال خط ساحلی در منطقه آشوراده طی دوره افزایش تراز دریا بین سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۵۶ در حدود ۴/۸ کیلومتر به سوی خشکی آشوراده پیشروی داشته و باعث ایجاد مدل‌های پیشروی، باریک شدن درجا و فروپاشی شده است. همچنین، طی این دوره حدود ۲۴/۹۰ کیلومتر مربع از خشکی آشوراده دچار فرسایش گردیده است. علاوه بر این موارد، طی فاز پیشروی سال ۱۳۶۹، بالا آمدن تراز دریا منجر به هجوم آب‌های دریا به سوی خشکی شده و با فرسایش بخش‌هایی از کرانه، مدل‌های پیشروی، باریک شدن درجا و فروپاشی در منطقه شکل گرفته، به گونه‌ای که منتهی‌الیه جزیره سدی در منطقه آشوراده به صورت سه جزیره جدا از هم نمایان گشته است (شکل ۷).



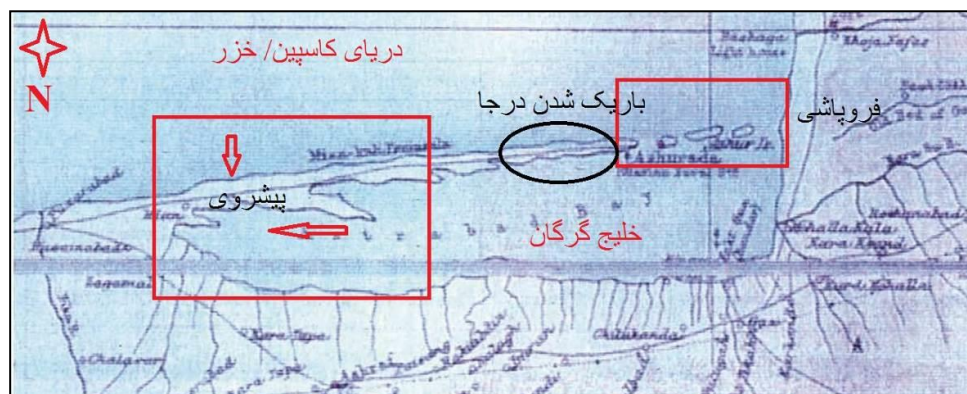
ماخذ: نگارندگان

**شکل ۵:** نوسانات سطح تراز دریای خزر و اثرات آن بر کرانه‌های جزیره سدی میانکاله طی سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۵۶. فلش‌ها جهت تغییر موقعیت خط ساحلی تحت‌تأثیر افزایش تراز دریا را نشان می‌دهند



ماخذ: نگارندگان

**شکل ۶:** مدل های واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله بین سال های ۱۳۷۸-۱۳۵۶. (۱) مدل پیشروی، (۲) مدل باریک شدن درجا و (۳) مدل فروپاشی

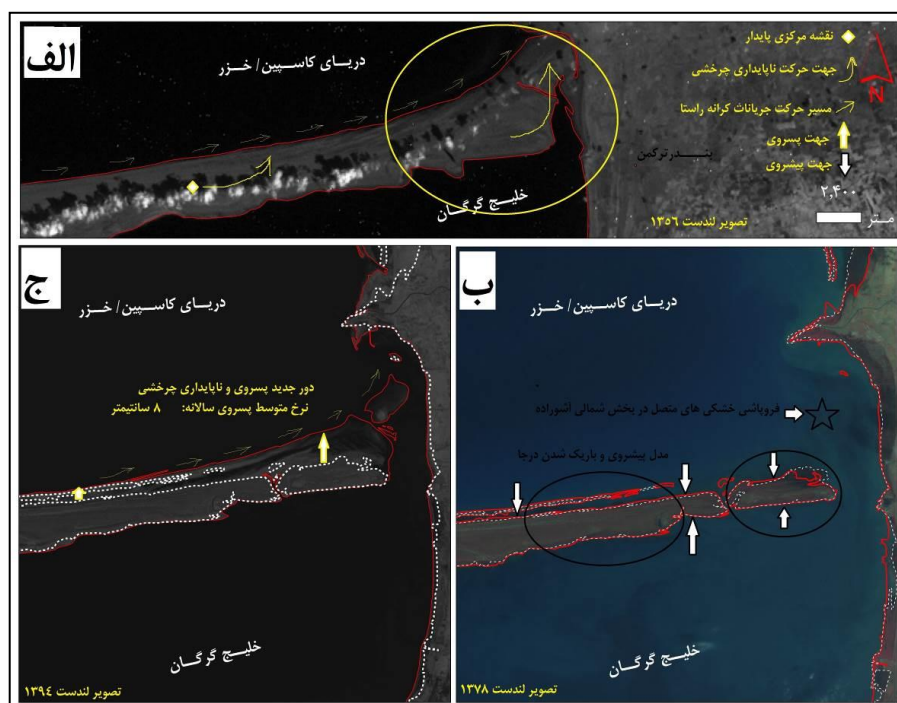


ماخذ: نگارندگان

**شکل ۷:** واکنش مورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله طی فاز پیشروی تراز دریا در سال ۱۲۶۹ خورشیدی

مدل های واکنشی پیشروی و پس روی به ترتیب بر اثر کاهش و افزایش تراز دریا و نیز کاهش یا افزایش میزان آورد رسوب در منطقه رخ می دهند. برای مثال طی دوره ۱۳۵۶-۱۳۰۸ که پایین ترین کاهش تراز دریا به وقوع پیوسته، واکنش جزیره سدی میانکاله به صورت مدل پس روی به همراه مدل ناپایداری چرخشی با حرکت درخلاف جهت عقربه های ساعت بوده است (شکل ۸ الف). اما، بین سال های ۱۳۷۸-۱۳۵۶ بر اثر افزایش تراز دریا واکنش جزیره سدی در قالب مدل پیشروی ظهور پیدا کرده است. از سال ۱۳۷۸-۱۳۸۸ بر اثر افزایش تراز دریا علاوه بر مدل پیشروی مدل های باریک شدن درجا و فروپاشی نیز به وقوع پیوسته است. طی این دوره بخش های شمالی سرزمین آشوراده که طی دوره پیشین در سطح ظهور پیدا کرده بودند دوباره به زیر آب دریا فرورفته که معرف مدل فروپاشی در منطقه است (شکل ۸ ب). اما، از سال ۱۳۸۸ به بعد تاکنون بر اثر کاهش حدود یک متری تراز دریای خزر، که نرخ متوسط سالانه آن حدود ۸ سانتیمتر در سال

برآورد شد، واکنش جزیره سدی میانکاله دوباره به صورت مدل پس‌روی و ناپایداری چرخشی در حال وقوع است. طی این دوره، پس‌روی تراز دریا منجر به نمایان شدن بخش‌های شمالی آشوراده که در دوره قبل به زیر آب فرورفته بودند شده است (شکل ۸ ج). چنانچه اگر سطح تراز به همین ترتیب به روند کاهشی خود ادامه دهد به احتمال بسیار زیاد در پی گسترش و اتصال زبانه‌ماسه‌ای میانکاله با کرانه‌های استان گلستان رشد تکاملی آن قطع شده و همان شرایطی که در سال ۱۳۵۶ برای این منطقه به ثبت رسیده بود دوباره تکرار خواهد شد. از سوی دیگر، اگر تراز دریا حدود ۵۰ سانتیمتر از تراز کنونی پایین‌تر افتد وقوع چنین وضعیتی حتمی بوده و حتی حیات و وضعیت هیدرولوژیکی خلیج گرگان را با خطر حتمی خشکی کامل روبرو خواهد نمود. این درحالی است که در حال حاضر بخش گسترده‌ای از خلیج گرگان و تالاب میانکاله که در پشت جزیره سدی میانکاله تشکیل شده با خشکی روبرو گردیده است. شایان گفتن است طی تمامی مراحل که واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله به صورت مدل پیشروی نمود یافته، مدل‌های باریک‌شدن درجا و گاهی نیز مدل فروپاشی که در اثر هجوم آب‌های دریا رخ می‌دهند نیز تشکیل و توسعه یافته‌اند. بنابراین، بایستی گفت که در دوره‌های بالآمدن تراز دریا با توجه به میزان پیشروی و بالآمدن تراز دریا، به ترتیب مدل‌های پیشروی، باریک‌شدن درجا و در نهایت فروپاشی قابل تشکیل و تکمیل می‌باشند (شکل ۸ ب). اما در دوره‌های پس‌روی تراز دریا مدل‌های حرکت جانبی، پس‌روی و ناپایداری چرخشی در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت تشکیل شده‌اند (شکل ۸ الف و ج).

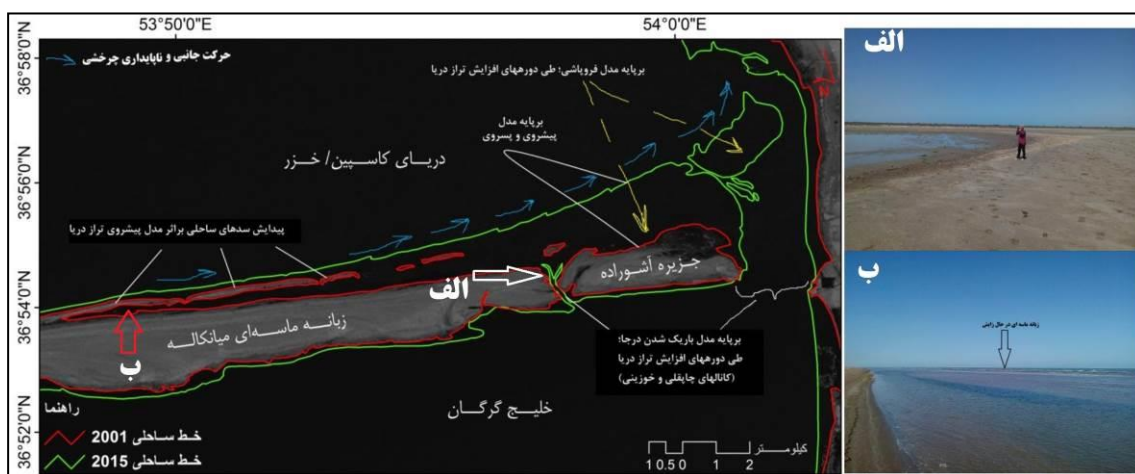


ماخذ: نگارندگان

**شکل ۸:** مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۵۶. الف) مدل پس‌روی و ناپایداری چرخشی در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت، ب) مدل پیشروی و فروپاشی، ج) پس‌روی و ناپایداری چرخشی (در حال تکمیل مدل)



مدل ناپایداری چرخشی عموماً درخلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت، صرفاً در کرانه‌های منتهی‌الیه گوشه خاوری زبانه‌ماسه‌ای میانکاله در منطقه آشوراده و به پیروی از روند کلی جریان‌های کرانه‌راستای مؤثر در این منطقه در دوره‌های کاهش تراز دریا امکان ظهور پیدا می‌نماید. این مدل، واکنش ژئومورفولوژیکی ویژه و چشمگیر جزیره سدی میانکاله در سال ۱۳۵۶ نسبت به افت تراز دریا بوده است. ازسوی دیگر، با پشت سر گذاشتن فاز پیشروی تراز دریا که از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۴ به طول انجامید، متأسفانه فاز جدیدی از روند پس‌روی تراز دریا از سال ۱۳۷۴ تاکنون آغاز شده و منجر به کاهش حدود ۱/۵ متر تراز دریا گشته است. در این راستا، همانطور که شکل ۹ نشان می‌دهد، واکنش ژئومورفولوژیکی خط‌ساحلی در سال ۱۳۹۴ مجدداً به صورت مدل ناپایداری چرخشی در حال شکل‌گیری و تکمیل شدن می‌باشد.



ماخذ: نگارندگان

شکل ۹: مدل‌های واکنش جزیره سدی میانکاله نسبت به نوسانات تراز دریا از سال ۱۳۸۰-۱۳۹۴

مدل حرکت‌جانبی در جزیره سدی میانکاله همسو با روند کلی جریان‌های کرانه‌راستا از باختر به‌سوی خاور منطقه در جریان است (شکل ۹). به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد، گسترش مجموعه زبانه‌های ماسه‌ای که جزیره سدی میانکاله را در گوشه جنوب‌خاوری دریای خزر ایجاد نموده از یک‌سو درارتباط با آورد و تغذیه رسوبی رودخانه‌های اصلی (هراز، نکا، تجن و غیره) و ازسوی دیگر درارتباط با توزیع و انتقال آن‌ها توسط جریان‌های کرانه‌راستا و امواج مؤثر بر منطقه بوده باشد. همچنین محتمل است، رشد زبانه‌های ماسه‌ای میانکاله از دهانه رودخانه نکارود شروع شده و گسترش پیدا کرده باشند. درواقع، فراوانی شار و آورد رسوب‌های ماسه‌ای توسط رودخانه‌های اصلی منطقه همچون رودخانه‌های تجن، نکا، هراز، سیاه‌رود، و احتمالاً رودخانه‌های بدون نامی که از جنوب خلیج گرگان به دریا منتهی می‌شوند، همچنین وجود احتمالی سدهای ماسه‌ای موازی دهانه دلتای منسوخ‌شده رودخانه نکا، با سلطه امواج و شیب ملایم کرانه منطقه در تلفیق با طوفان‌های شدید و جریان‌های کرانه‌راستا، عوامل نقش‌آفرین در ایجاد آن‌ها بوده است. در حال حاضر بخش باختری منطقه در سمت خاوری بندر امیرآباد با فرسایش روبرو است. اما، بخش خاوری منطقه در حال رسوب‌گذاری بوده و بر اثر رسوب‌گذاری در این بخش سدهای ساحلی متعددی در حال زایش می‌باشند (شکل ۱۰).



ماخذ: نگارندگان

**شکل ۱۰:** واکنش مورفولوژیکی کرانه‌های منطقه. تصویر سمت چپ: خوردگی و پسروی خط ساحلی بر اثر فرسایش ناشی از امواج در برخورد با موج‌شکن‌های بندر امیرآباد، تصویر سمت راست: پیدایش زبان‌های ماسه‌ای بر اثر پسروی تراز دریا

## نتیجه‌گیری

کاهش تراز دریای خزر طی دوره‌های گذشته منجر به پسروی آب‌های ساحلی، رسوب‌گذاری در کرانه‌ها و ایجاد مورفولوژی تازه در کرانه‌های گوشه جنوب‌خاوری آن شده است. برعکس، افزایش تراز دریا موجب پیشروی آب‌های ساحلی و تخریب لندفرم‌های رسوبی پیشین، جابجایی رسوبات ساحلی و ایجاد فرم‌های تازه‌ای به واسطه به‌زیر آبرفتن زمین‌های ساحلی گردیده است. از جمله شواهد ژئومورفولوژیکی آن می‌توان به واکنش جزیره سدی میانکاله، جزیره آشوراده و خلیج گرگان اشاره نمود. در واقع، تأثیرپذیری ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله نسبت به نوسانات سریع تراز دریای خزر، این مجموعه جزیره سدی را به یکی از بهترین و مناسب‌ترین مناطق برای بررسی تحولات و واکنش‌های ژئومورفولوژیکی خطوط ساحلی نسبت به نوسانات تراز دریا و نیز جهت بررسی و تطبیق مدل‌های ژئومورفولوژیکی مک‌برید و همکاران تبدیل کرده است.

تراز دریای خزر بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۲۱۴ حدود شش مرحله پیشروی و پسروی متفاوتی را تجربه کرده است. به عبارت دیگر، از سال ۱۲۱۴ تا ۱۳۰۸ میانگین تراز دریا در حدود ۲۵/۰۷- متر قرار داشته است. اما از سال ۱۳۰۹ تا ۱۳۲۰ با نرخ متوسط ۱۴/۷ سانتی‌متر در سال دچار پسروی شده و تراز آن در سال ۱۳۲۰ به کد ارتفاعی ۲۶/۹- متر کاهش یافته است. این روند پسروی تا سال ۱۳۵۶ که تراز دریا به پایین‌ترین حد خود یعنی تراز ارتفاعی ۲۹- متر در سده گذشته رسیده با نرخ متوسط سالانه ۳/۸ سانتیمتر ادامه داشته است. این در حالی است که از سال ۱۳۵۷ تا ۱۳۷۴ تراز دریا وارد مرحله پیشروی خود شده و با افزایش سطح آب دریا، تراز دریا به کد ارتفاعی ۲۵- متر رسید. متوسط سرعت پیشروی سالانه آن در حدود ۱۴/۷ سانتیمتر برآورد گردید. اما متأسفانه از اواخر سال ۱۳۷۴ تاکنون تراز دریا مرحله جدیدی از روند کاهشی خود را آغاز کرده و با کاهش حدود ۱/۴ متری سطح تراز دریا به تراز ارتفاعی ۲۷- متر نزدیک شده است. میزان شتاب کاهشی تراز دریا طی این دوره حدود ۶/۸ سانتیمتر در سال محاسبه گردید. این روند

جدید پس روی و کاهش سطح تراز دریا متأسفانه دوباره باعث شده تا خلیج گرگان به سوی خشکیدگی کامل سوق پیدا کرده، به گونه ای که امروزه کانال های ارتباطی چاپقلی و آشوراده کارایی خود را تقریباً از دست داده و کانال خوزینی نیز به طور کامل خشک شده و از آب خارج شده است. همچنین در پی این فاز پس روی، کرانه های جزیره سدی میانکاله با پدیده رسوب گذاری روبرو گشته و باعث شده تا بر ابعاد و درازای این جزیره سدی افزوده گردد. از جمله مهم ترین واکنش های محیطی که در پی روند کاهش سطح تراز دریا طی سال های اخیر در منطقه در حال رخ دادن است می توان به خشک شدن کامل تالاب گمیشان و کانال ارتباطی خوزینی، خشکیدگی بخش های گسترده ای از تالاب میانکاله، کم آب شدن خلیج گرگان و رسوب گذاری در کانال های ارتباطی چاپقلی و آشوراده و کاهش ژرفای مفید آن ها اشاره نمود. چنانچه اگر سازمان ها و نهادهای مسئول در این زمینه تمهیدات و چاره جویی های لازم را برای حل این مسئله مهم اتخاذ نمایند، بایستی شاهد رخ داد بحران های زیست محیطی گسترده ای در کرانه های منطقه مورد مطالعه باشیم.

یافته های پژوهش نشان دادند که دو مدل واکنش ژئومورفولوژیکی باریک شدن درجا و فروپاشی جزیره سدی میانکاله، صرفاً در منتهی الیه بخش خاوری جزیره سدی میانکاله و جزیره آشوراده آن هم در مواقعی که تراز دریا وارد مرحله افزایش و پیشروی تراز آب شود نمایان می شوند.

بر پایه یافته های پژوهش حاضر مشخص شد که مدل های واکنش پیشروی و پس روی به ترتیب بر اثر کاهش و افزایش سطح تراز دریا و نیز کاهش یا افزایش میزان آورد رسوب در منطقه رخ می دهند.

یافته ها نشان دادند که مدل ناپایداری چرخشی صرفاً در کرانه های منتهی الیه گوشه خاوری زبانه ماسه ای میانکاله در منطقه آشوراده و به پیروی از روند کلی جریان های کرانه راستای مؤثر در این منطقه در دوره های کاهش تراز دریا رخ داده است. برای مثال واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله در سال ۱۳۵۶ نسبت به افت گسترده سطح تراز آب دریا در قالب ناپایداری چرخشی بوده است.

مدل حرکت جانبی نیز همسو با روند کلی جریان های کرانه راستا از باختر به سوی خاور منطقه در جریان بوده است. مدل مذکور از یک سو متأثر از آورد رسوبی رودخانه های اصلی منطقه و از سوی دیگر در ارتباط با توزیع و انتقال آن ها توسط جریان های کرانه راستا و امواج مؤثر بر منطقه بوده است.

## منابع

- ۱- ثروتی، محمدرضا، انصاری لاری، احمد، منصوری، رضا (۱۳۹۴)؛ چارچوب نظری و راهبردهای برنامه ریزی به منظور مدیریت یکپارچه ناحیه ساحلی و حوضه رودخانه، چاپ دوم، تهران، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- ۲- خوشروان، همایون (۱۳۹۵)؛ تکامل هیدرومورفولوژی خلیج گرگان، کارگاه آموزشی تغییر اقلیم و چالش های هیدرومورفولوژیکی خلیج گرگان، ساری، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر.

- ۳- خوشروان، همایون (۱۳۹۶): سازگاری با گرمایش کره زمین برای نجات خلیج گرگان، راه کار تبادل آب بین خلیج گرگان و دریای خزر، مجله پیام دریا، شماره ۲۴۵، صص: ۱۳۴-۱۳۰.
- ۴- عرفان، شهره، حامدی، میر علیرضا (۱۳۹۴): مجموعه جزیره سدی در جنوب خاور دریای خزر (شمال بهشهر)، فصل نامه علوم زمین، شماره ۹۵، صص: ۲۳۰-۲۱۷.
- ۵- لاهیجانی، حمید، حایری اردکانی، امید، شریفی، آرش، نادری بنی، عبدالمجید (۱۳۸۹): شاخص های رسوب شناسختی و ژئوشیمیایی رسوبات خلیج گرگان، مجله اقیانوس شناسی، شماره ۱، صص: ۴۵-۵۵.
- ۶- مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر (۱۳۹۶): گزارش نوسانات تراز دریای خزر، گزارش فنی.
- یمانی، مجتبی، نوحه گر، احمد (۱۳۸۵): ژئومورفولوژی ساحلی شرق تنگه هرمز با تأکید بر فرسایش بادی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه هرمزگان.

- 7- Alai, C., (2005): General Maps of Persia 1477-1925, Brill Academic Publication, Netherlands.
- 8- Davidson-Arnott, Robin, (2010): An Introduction to Coastal Processes and Geomorphology, Published in The United States of America by Cambridge University Press, New York.
- 9- Gozzard, B., (2009): WA- A Knowledge Base for Coastal Managers, 5<sup>th</sup> Western Australian State Coastal Conference, Whose Coast Is It? Adapting For The Future.
- 10- Haslett, S., K., (2009): Coastal Systems, Routledge (Routledge Introductions to Environment Series), Second Edition.
- 11- Hoogendoorn, R.M.; Boels, J.F.; Kroon Enberg, S.B.; Simmons, M.D.; Aliyeva, E.; Babazadeh, A.D., and Huseynov, D., (2005): Development of the Kura delta, Azerbaijan; A Record of Holocene Caspian Sea-Level Changes. *Marine Geology*, 222-223, 359-380.
- 12- Kakroodi, A., A., (2012): Rapid Caspian Sea-Level Change and Its Impact on Iranian Coasts, PhD thesis, Delft University of Technology.
- 13- Kakroodi, A., A., Kroon Enberg, S., B., Naderi Beni, A., Noehgar, N., (2014): Short- and Long-term Development of The Miankaleh Spit, Southeast Caspian Sea, Iran. *Journal of Coastal Research* 30 (6), 1236-1242.
- 14- Kakroodi, A.A.; Kroon Enberg, S.B.; Hoogendoorn, R.M.; Mohammad- khani, H.; Yamani, M.; Ghassemi, M.R., and Lahijani, H.A.K., (2012): Rapid Holocene Sea-Level Changes Along The Iranian Caspian coast. *Quaternary International*, 263, 93-103.
- 15- Kaplin, P.A., & Selivanov, A.O., (1995): Recent Coastal Evolution of The Caspian Sea As a Na Tural model of Coastal Responses to The Possible Acceleration of Global Sea-Level rise. *Marine Geology*, 124: 161-175.
- 16- Kroonenberg, S.B.; Rusakov, G.V., and Svitoch, A. A., (1997): The Wandering of The Volga Delta: A Response to Rapid Caspian Sea-Level Changes. *Sedimentary Geology*, 107, 189-209.
- 17- Leroy, S.A.G.; Marret, F.; Gibert, E.; Chali'e, F.; Reyss, J.-L., and Arpe, K., (2007): River Inflow and Salinity Changes in The Caspian Sea During The Last 5500 years. *Quaternary Science Reviews*, 26, 3359-3383.
- 18- Lessa, G.C., Angula, R.J., Giaannini, P.C., and Arauijo, A. D., (2000): Stratigraphy and Holocene Evolution of a Regressive Barrier in South Brazil, *Marine Geology*, 165, 87-108.
- 19- McBride, R. A., Byrnes, M. R., and Hill, M. W., (1995): Geomorphic Response-Type Model for Barrier Coastlines: A Regional Perspective. *Marine Geology*, 126, 143-159.
- 20- Otvos, E.G., (2012): Coastal Barriers-Nomenclature, Processes, and Classification Issues. *Geomorphology*, 139-140, 39-52.
- 21- Stone, G. W., Liu, B., Pepper, D. A. and 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.