Archive of SID



# 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، مدیریت‌محیطی، دانشکده علوم‌زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران. ایران
**منیژه قهرودی‌تالی**
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 خطوط‌ساحلی جزیره سدی میانکاله نسبت‌به نوسانات سریع تراز دریای خزر می‌باشد. دراین‌راستا، 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 خطوط‌ساحلی در ارتباط با متغیرهای طبیعی و انسانی، هشت‌گونه واکنش ژئومورفولوژیکی شامل: ۱) حرکت‌جانبی ۲) پیشروی ۳) تعادل‌پویا ۴) پس‌روی ۵) باریک‌شدن درجا ۶) غلطیدن به‌سوی خشکی ۷) فروپاشی و ۸) ناپایداری‌چرخشی برای طبقه‌بندی کرانه‌های جزایر سدی مشخص شده‌اند. پایش موقعیت خطوط‌ساحلی دریک 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 حرکت‌جانبی، پیشروی، پس‌روی، باریک‌شدن درجا، فروپاشی و ناپایداری‌چرخشی در منطقه میانکاله یافت می‌شوند. نتایج حاکی از آن هستند که مدل‌های پیشروی و پس‌روی به‌ترتیب طی دوره‌های پیشروی و پس‌روی تراز دریا در منطقه شکل می‌گیرند؛ مدل‌های باریک‌شدن درجا و فروپاشی همزمان با افزایش تراز دریا و مدل ناپایداری‌چرخشی نیز در مواقع کاهش سطح‌تراز در منطقه ظاهر می‌شوند. مدل حرکت‌جانبی 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 سطح‌تراز بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۷۴ حدود ۶/۸ سانتیمتر در سال محاسبه گردید. علیرغم اینکه به‌نظر می‌رسد درمقیاس بزرگ، میزان افزایش تراز نسبی آب دریا درراستای کرانه‌های جزیره سدی میانکاله، یکی از مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده وقوع انواع واکنش‌های ژئومورفیک است؛ بااین‌حال، عرضه رسوب نیز تأثیر قابل‌توجهی بر واکنش‌های خط‌ساحلی دارد.**

* نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۳۴۴۴۰۳۷ E-mail: Re _mansouri@sbu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID



**واژگان کلیدی: تغییرات ژئومورفولوژیکی، نوسانات تراز دریـا، پیشـروی، پـس‌روی، دریـای خزر، جزیره سدی میانکاله.**

## مقدمه

در مناطق‌ساحلی باتوجه‌به مورفولوژی خاص منطقه، شرایط هیدرودینامیکی حاکم و نیـز درصـورت وجـود منـابع رسـوبی مناسب، اشکال خاص ژئومورفولوژیکی از جنس ماسه شکل می‌گیرند که زبانـه ماسـه‌ای خوانـده مـی‌شـوند (Haslett, 2009; 44). از انباشته‌شدن این زبانه‌ها برروی یکدیگر، جزایر درازی به‌نام جزایرسدی شکل می‌گیرند که قسـمتی از آب دریا را در پشت خود محصور می‌نمایند. جهت و مقدار تغییرات رخ‌داده درراستای خطوط‌ساحلی جزایر سدی، منعکس‌کننده برهم‌کنش‌های متفاوت زمانی و فضایی بین فرایندها است. ازسوی‌دیگر، سیستم‌های زبانـه‌هـای ماسـه‌ای و جزایرسـدی، منعکس‌کننده تغییرات تراز دریـا، فرونشـینی، عرضـه رسـوب و رخ‌دادهـای طوفـانی بـوده و حتـی بـه‌عنـوان شاخصـی هشداردهنده برای بررسی تغییرات منطقه‌ای و جهانی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Otvos, 2012; 45). پیشروی ساحلی و پس‌روی جزایر سدی زمانی رخ می‌دهد که خط‌ساحلی تحت شرایط فضای رسوب‌گذاری انـدک و عرضـه رسـوب زیـاد به‌سوی دریا پیشروی می‌کند (Lessa et al, 2000; 87). این مکانیزم زمانی که افزایش تراز دریا پدیده غالب در منطقـه ساحلی است می‌تواند تغییر کند.

تغییرات سریع تراز دریای خزر فرصتی عالی برای مطالعه تحـولات سـاحلی در مقیـاس عمـر انسـان ارائـه مـی‌کنـد (Kakroodi et al, 2012; Leroy et al, 2007; Kaplin & Selivanov, 1995; Hoogendoorn et al, 2005; Kroonenberg et al, 1997). سیستم‌های سواحل ماسه‌ای و جزایرسدی- مـرداب درراسـتای سـواحل دریـای خـزر از زمانی که سطح تراز دریا در حدود ۱۰۵۰۰ سال پیش افزایش یافت ایجـاد شـده‌انـد (Kakroodi et al, 2012; 1236). جزیره سدی میانکاله و خلیج گرگان از مهمترین لندفرم‌های مورفولوژیکی منطقه می‌باشند. جزیره سدی میانکاله، بـزرگ ترین و تیپیک‌ترین نمونه جزیره سدی در جنوب دریای خزر در ایران می‌باشد. عوامـل گونـاگونی همچـون شـیب‌ملایـم کرانه، فراوانی ماسه، جریان‌های کرانه‌راستا با غلبه امواج و توفان‌های شدید دریـایی در شـکل‌گیـری و رشـد زبانـه‌هـای ماسه‌ای میانکاله نقش مهم و تعیین‌کننده‌ای داشته‌اند (ثروتـی و همکـاران، ۱۳۹۵؛ ۱۵۹). از نگـاه زمـین‌شـناختی، خلـیج گرگان و جزیره سدی میانکاله کاملاً با واحدهای کلاسیک جغرافیای طبیعیِ مجموعه‌هـای جزیـره سـدی توصـیف‌شـده توسط بسیاری از زمین‌شناسان همخوانی دارد (عرفان و حامدی، ۱۳۹۴؛ ۲۱۷). علیرغم اینکـه گسـترش و پیشـروی ایـن مجموعه جزیره سدی در شکل‌گیری و تکامل خلیج گرگان نقش مهم و به‌سزایی داشته است؛ اما، با استناد بـه داده‌هـای آماری ثبت‌شده از نوسانات ترازدریای‌خزر، تصاویرماهواره‌ای و نقشه‌های تاریخی موجود، مشخص می‌شـود ویژگـی‌هـای مورفولوژیکی مجموعه جزیره سدی میانکاله و خلیج گرگان به‌شدت توسط نوسانات سریع تراز دریای خزر کنتـرل‌شـده و با نوسانات آن دچار تغییرات عمده‌ای می‌شوند. برای مثال، طی دوره پس‌روی شـدید سـه‌متـری تـراز دریـای خـزر بـین سال‌های ۱۳۵۶-۱۳۰۸ (شکل ۳)، جزیره سدی میانکاله در ابعاد طولی و عرضی خود به حداکثر رشد و گسترش رسید. اما

www.SID.ir

Archive of SID



سطح گسترش خلیج گرگان به‌شدت کاهش‌یافته، به‌گونه‌ای‌که 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 به‌سواحل 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 قابل‌توجهی کاسته شد. پیشروی مذکور باعث‌شد 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 قابل‌توجهی دچار افزایش سطح گسترش خود شدند. همچنین، طی این دوره ارتباط هیدرولوژیکی بین خلیج و دریا از طریق کانال‌های سه‌گانه چاپقلی، آشوراده و خوزینی به‌طورکامل برقرار گردید (شکل‌های ۶ و ۸). درواقع، تغییرات سریع ترازدریای‌خزر از یک‌سو و واکنش‌های سریع مورفولوژیکی مجموعه جزیره سدی میانکاله متناسب با آن ازسوی‌دیگر، کرانه‌های بخش جنوب‌خاوری این دریا را به یک آزمایشگاه طبیعی جهت مطالعه‌وبررسی تغییروتحولات ژئومورفولوژی ساحلی دربازه زمانی عمر انسان تبدیل نموده است. بنابراین، هدف اصلی این پژوهش بررسی‌ومطالعه 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 مک‌برید 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 مک‌برید 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، مک‌برید 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 کرده‌اند.

## منطقه مورد پژوهش

منطقه مورد پژوهش در راستای پهنای جغرافیایی ´۴۹ °۳۶ تا ´۵۷ °۳۶ شمالی از خط استوا و در راستای درازای جغرافیایی ´۲۳ °۵۳ تا ´۰۲ °۵۴ خاوری از نیمروز گرینویچ قرار گرفته و به‌طور کلی کرانه‌های جزیره سدی یا

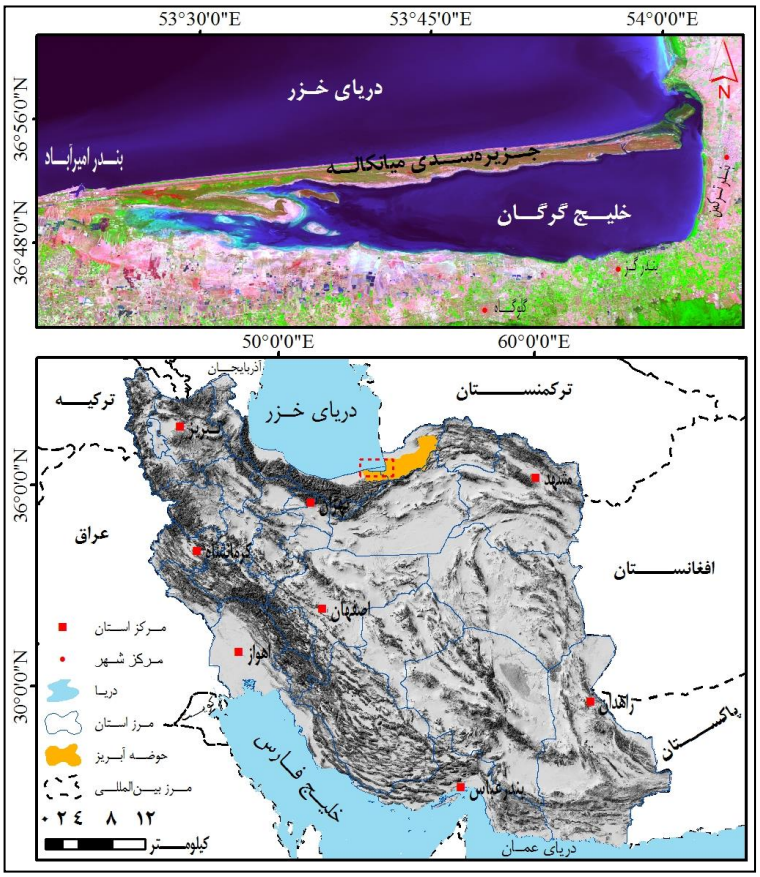
www.SID.ir

Archive of SID



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 برروی این جزیره سدی بزرگ قابل ردیابی است. جزیره سدی میانکاله که درمیان آب‌های خلیج گرگان و دریای خزر با روند مستقیمِ باختر به خاور و تقریباً به‌موازات ساحل رشد کرده، تنها از ماسه‌های دانه‌ریز تشکیل‌شده (لاهیجانی و همکاران، ۱۳۸۹؛ ۴۷) و از نگاه ریخت‌شناسی دارای دو چهره متفاوت پوشش‌گیاهی 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، بررسی‌ومطالعه مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی خطوط‌ساحلی جزیره سدی میانکاله واقع در بخش جنوب‌خاوری دریای خزر و درارتباط با دوره‌های نوسانی تراز این دریا (طی دوره ۱۳۹۶-۱۲۱۴ خورشیدی) می‌باشد. از

www.SID.ir

Archive of SID



این‌رو، به‌منظور 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، تصاویرماهواره‌ای Landsat سری سنجنده‌ها TM, ETM$^+$ & OLI با رزولویشن بالا مربوط به منطقه مورد پژوهش و بازدیدهای میدانی و به روش تحلیلی- توصیفی استفاده شده است. پردازش، تجزیه‌وتحلیل و کارتوگرافی‌های پژوهش حاضر با استفاده از فناوری‌های سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی درقالب نرم‌افزارهای Erdas Imagine & ArcGIS انجام شده است. روش کار در این پژوهش برای بررسی مدل‌های واکنشی تغییرات ژئومورفولوژیکی خطوط ساحلی نسبت به نوسانات ترازدریای‌خزر بدین صورت بود که ابتدا برای کسب آگاهی از چگونگی نوسانات تراز دریا با مراجعه به منابع و اسناد مربوطه، تاریخچه افت‌وخیزهای تراز دریای خزر مطالعه و دریافت شد. درگام‌بعد، 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. درمرحله‌بعد، با دردست داشتن تاریخ‌های مربوط به دوره‌های نوسانی تراز دریا، عکس‌های هوایی و تصاویرماهواره‌ای 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 خطوط‌ساحلی برروی هریک از تصاویر استخراج و رقومی گردید. درپایان باتوجه به داده‌های مربوط به نوسانات تراز دریا و موقعیت خطوط‌ساحلی به‌دست آمده، مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله طی دوره زمانی مورد پژوهش مورد بررسی قرار گرفت.

## مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی

جزایرسدی محیط‌های مورفودینامیکی بسیار پویایی هستند که مستعد تغییراتی در میزان عرضه رسوب، تغییر تراز دریا، انرژی موج و به‌ویژه درارتباط با شرایط توفان‌ها و مداخلات ناشی از فعالیت‌های بشر می‌باشند (Stone, 2004; 64). برپایه نقشه‌برداری‌هایی که از جزایرسدی در راستای سواحل خلیج مکزیک (لویزیانا و می‌سی‌سی‌پی) در بیش از یک قرن انجام شده، انواع تغییرات ژئومورفولوژیکی و مورفودینامیک رخداده برای این‌دسته از لندفرم‌های ساحلی مشخص گردیده‌است. به‌عبارت‌دیگر، برپایه مستندات کمی موجود از تغییرات تاریخی در موقعیت خطوط‌ساحلی درارتباط با متغیرهای طبیعی و انسانی، هشت‌گونه واکنش ژئومورفولوژیکی شامل: ۱) حرکت‌جانبی ۲) پیشروی ۳) تعادل پویا ۴) پس‌روی ۵) باریک‌شدن درجا ۶) غلطیدن به‌سوی خشکی ۷) فروپاشی و ۸) ناپایداری‌چرخشی برای طبقه‌بندی کرانه‌های جزایرسدی تعیین و مشخص شده‌است (شکل ۲). McBride et al, 1995 از این اطلاعات برای مدل‌سازی و فهم چگونگی واکنش ژئومورفولوژیکی جزایرسدی نسبت به تغییرات شرایط محیطی و نوسانات ایجادشده در تراز آب دریاها استفاده کرده‌اند. انواع مدل‌های هشت‌گانه واکنش ژئومورفولوژیکی مذکور به شرح زیر تعیین و تعریف شده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

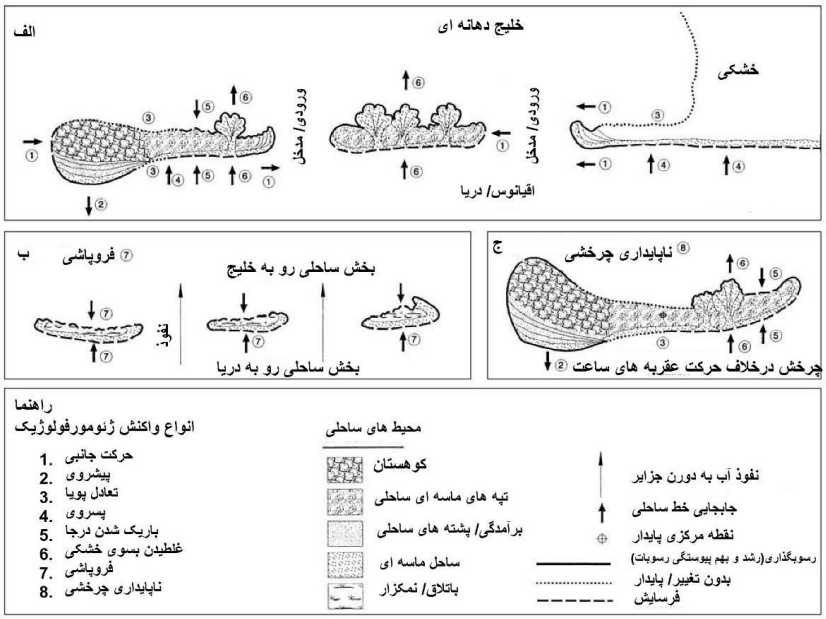


حرکت‌جانبی؛ شامل حرکت رسوب در راستای کرانه‌های روبه‌سوی دریا در جزیره سدی است که اغلب با فرسایش دریک طرف و نهشته‌گذاری درطرف دیگر جزیره سدی مشخص می‌شود. بنابراین، می‌توان گفت که جزیره سدی به‌طورجانبی در راستای ساحل درحال حرکت می‌باشد. پیشروی؛ به خط‌ساحلی اشاره دارد که در واکنش به افزایش عرضه رسوب یا 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 قابل‌توجه، به‌نظر ثابت باقی‌مانده است. پس‌روی؛ برای خط‌وط‌ساحلی مصداق دارد و به‌کار برده می‌شود که رخسار رو به‌سوی دریای آن براثر 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 درپشت آن، مورد فرسایش قرا می‌گیرند و باعث باریک‌شدن جزیره سدی می‌شوند؛ اما، هسته جزیره سدی ثابت باقی‌می‌ماند. 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. درنتیجه، این امواج طوفانی باعث فرسایش از سمت روبه‌سوی دریا و نهشته‌گذاری درسمت روبه‌سوی خشکی می‌شود. بنابراین، پیامد آن، غلطیدن رسوب‌ها در جزایرسدی 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 قرارگرفته و ورودی‌های جدیدی در آن شکل بگیرد. ممکن است ورودی‌های ایجادشده در جزایرسدی به‌سرعت پهن‌ترشده 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. ناپایداری‌چرخشی؛ به شرایطی گفته می‌شود که درآن جزیره سدی درجهت حرکت عقربه‌های ساعت یا درخلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت و در واکنش به پیشروی دریک طرف و پس‌روی درطرف دیگر جزیره، دچار چرخش می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID






**شکل ۲:** نمایش شماتیک واکنش‌های مورفولوژیکی جزایرسدی نسبت به تغییرات رخداده در شرایط محیطی حاکم. (الف) مدل عمومی واکنش ژئومورفیک. (ب) نشان‌دهنده تکامل از نوع باریک‌شدن‌درجا و فروپاشی. (ج) نشان‌دهنده ناپایداری‌چرخشی (McBride et al, 1995; 148).

## بحث و یافته‌ها

در این پژوهش با استفاده از داده‌ها و اطلاعات دردسترس، ابتدا نوسانات تراز دریای خزر طی یک سده اخیر مورد پایش قرار گرفت. همانطور که در شکل ۳ نشان داده‌شده، مشخص می‌شود که درمجموع تراز دریای خزر بین سال‌های ۱۳۰۴- ۱۲۱۴ درحدود یک‌متر نوسان سطح را با شیبی ملایم تجربه کرده است. همچنین، برپایه قدیمی‌ترین نقشه موجود از منطقه که نشانگر دوره پیشروی تراز دریا در سال ۱۲۶۹ می‌باشد و انطباق زمانی آن با نمودار شکل ۳ نشان می‌دهد که سطح دریا در این سال در تراز ارتفاعی ۲۵- متر قرار داشته است. ازسوی‌دیگر، در مجموع تراز دریای خزر بین سال‌های ۱۳۵۶-۱۳۰۸ بیش از سه‌متر کاهش داشته ولی بلافاصله بین سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۵۶ تراز دریا، نزدیک به سه‌متر بالاآمده و خسارات متعدد و آسیب‌دیدگی‌های جدی را برای ساحل‌نشینان به‌دنبال داشته است. به‌عبارت دیگر، تراز دریای خزر، بین سال‌های ۱۳۷۴-۱۳۰۸ درمجموع حدود شش‌متر افت‌وخیز را تجربه نموده که در نوع خود در دنیا و در مقایسه با نوسانات تراز اقیانوس‌ها، بی‌نظیر می‌باشد. اما پس از این دوره، طی سال‌های 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، ترازدریای با سرعتی معادل ۷/۵ سانتیمتر در سال تقریباً حدود ۱۴۰ سانتی‌متر کاهش یافته است (شکل ۳). از این‌رو، باتوجه‌به داده‌های حاصل از ثبت ابزاری نوسانات سریع ترازدریای‌خزر مشخص می‌شود نرخ شتاب نوسانات آن طی دوره‌های زمانی گوناگون متفاوت بوده و از لحاظ رخدادهای دوره‌ای، نظم خاص و یکسانی ندارد (جدول ۱). درواقع، باتوجه‌به ویژگی ناموزون روند نوسانات و عدم پیش‌بینی دقیق آن، رخداد دوره‌های پیشروی و پس‌روی تراز دریا توانایی ایجاد شرایط آسیب‌پذیری

www.SID.ir

Archive of SID



محیطی و بحران‌های منطقه‌ای را به‌واسطه خشکی‌زایی خلیج گرگان یا پیشروی آب دریا و به‌زیرآب رفتن بسیاری از زیرساخت‌ها و امکانات منطقه را دارا می‌باشد. برای‌مثال می‌توان به‌ترتیب 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 ترازدریای‌خزر بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۲۱۴ (خوشروان، ۱۳۹۵).

**جدول ۱:** مشخصات تغییرات ثبت‌شده ترازدریای‌خزر بین سال‌های ۱۳۹۳-۱۲۱۶ خورشیدی

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

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

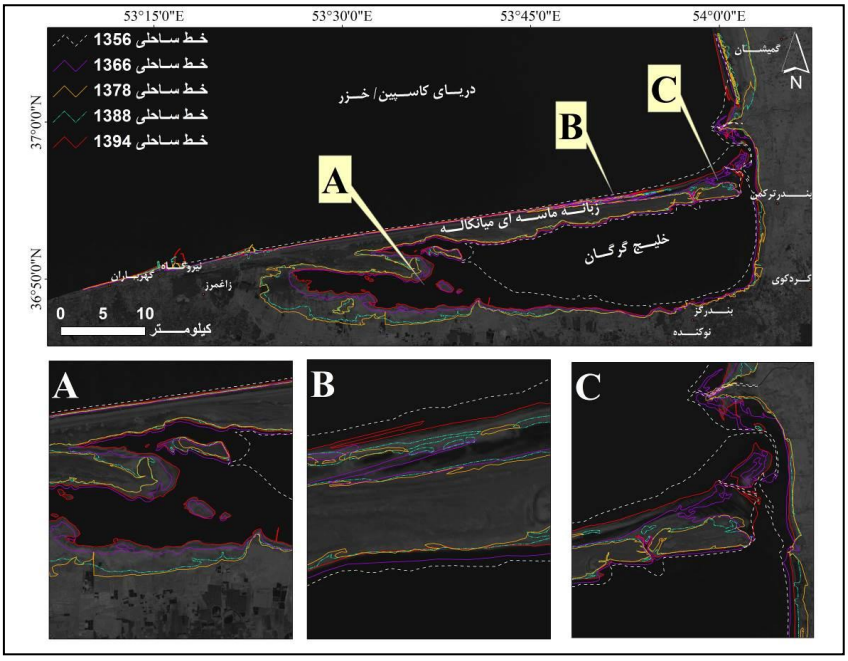
علاوه‌براین، با بررسی، تفسیر و تحلیل عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای روند نوسانات تراز دریای خزر طی این دوره زمانی پایش و مورد ارزیابی قرار گرفت. یافته‌های حاصل از آن‌ها گواه نوسانات سریع و رخداد فازهای پیشروی-پسروی‌های تراز دریا طی دوره زمانی ۱۳۹۴-۱۲۶۹ می‌باشد (شکل ۴). برپایه قدیمی‌ترین نقشه موجود از منطقه که متعلق به‌سال ۱۲۶۹ خورشیدی (۱۸۹۰ میلادی) است و توسط مهندسین هندی تهیه شده، مشخص می‌گردد که در آن زمان تراز دریا بالا بوده و درمرحله 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 قرارگرفته، به‌گونه‌ای‌که جزیره سدی میانکاله با فرسایش گسترده‌ای روبرو شده و مساحت آن به‌شدت کاهش‌یافته است. همچنین، براثر پیشروی و افزایش تراز دریا، منتهی‌الیه خاوری آن به‌صورت سه جزیره مجزا نمایان‌گشته و از سرزمین اصلی میانکاله جدا افتاده‌اند (شکل ۷). پس از مشخص شدن وضعیت نوسانی تراز دریای خزر، به بررسی تاثیرات آن برروی واکنش‌های ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله پرداخته شد. دراین‌مرحله، با بررسی‌های صورت‌گرفته مشخص گردید که باتوجه‌به نوسانات سریع تراز دریای خزر

www.SID.ir

Archive of SID



طی دوره زمانی ۱۳۹۶-۱۲۱۴، از مدل‌های ژئومورفولوژیکی هشت‌گانه مک‌برید و همکاران برای جزایرسدی، شش‌مورد آن در جزیره سدی میانکاله قابل تشخیص هستند. به‌طورکلی، در منطقه مورد مطالعه مدل‌های: حرکت جانبی، پیشروی، پس‌روی، باریک‌شدن درجا، فروپاشی و ناپایداری چرخشی شناسایی شد.




ماخذ: نگارندگان

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

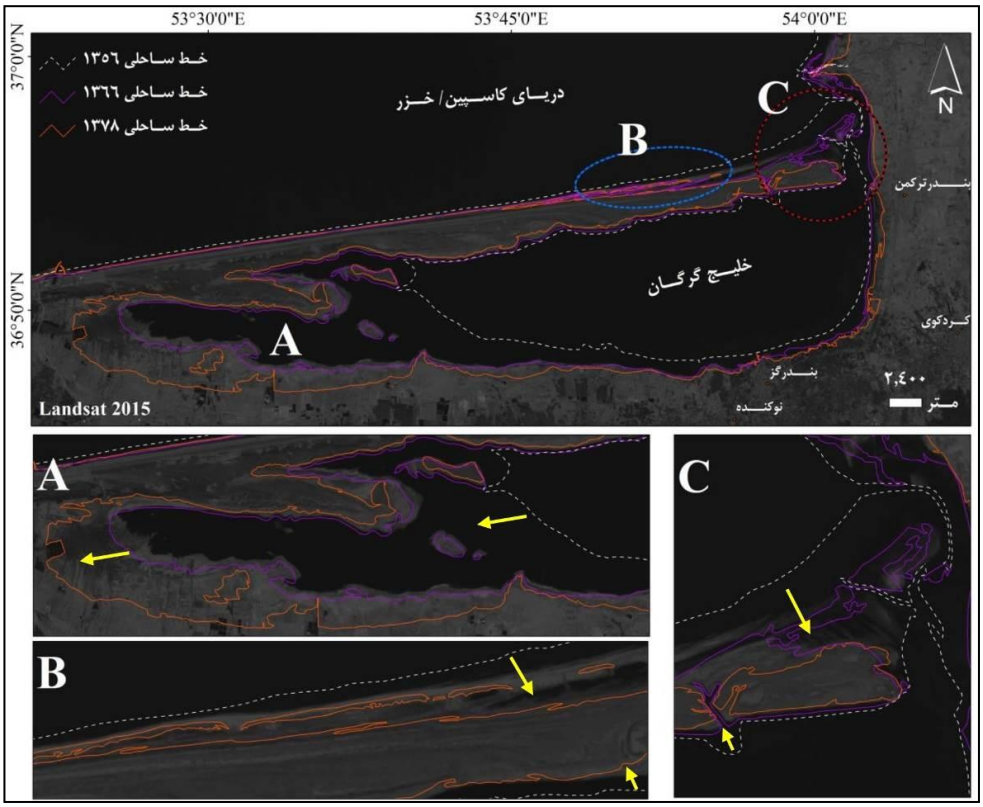
یافته‌ها نشان می‌دهند دو مدل واکنشی ژئومورفولوژیکی *باریک‌شدن درجا* و *فروپاشی* جزیره سدی میانکاله، صرفاً در منتهی‌الیه بخش خاوری جزیره سدی میانکاله و جزیره آشوراده نمایان می‌شوند. انطباق داده‌های آماری نوسانات تراز دریای خزر با نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی از منطقه نشان می‌دهند که مدل‌های مذکور در مواقعی رخ می‌دهند که تراز دریا وارد مرحله افزایش و پیشروی تراز آب شده است. برای مثال می‌توان به نوسانات سریع تراز دریای خزر طی فاز پیشروی بین سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۵۶، اشاره نمود (شکل ۵). درنتیجه، در مدل باریک‌شدن درجا، افزایش سطح تراز باعث پیشروی آب‌دریا به‌سوی سرزمین آشوراده شده و با فرسایش بخش‌هایی از کرانه منجر به بازشدن تدریجی کانال‌های ارتباطی چاپقلی، آشوراده و خوزینی واقع در بین خلیج گرگان و دریای خزر گردیده‌است. به‌طوری‌که پس از پس‌روی گسترده تراز دریا که بین سال‌های ۱۳۵۶-۱۳۰۸ رخداد، بخش منتهی‌الیه زبانه‌ماسه‌ای میانکاله از سال ۱۳۵۷ شروع به بازشدن و انقطاع نموده و تا سال ۱۳۷۸ به‌طورکامل باز گردید. اما مدل فروپاشی که درواقع شکل تکمیلی و پیشرفته‌ای از مدل باریک‌شدن درجا بوده و در ادامه آن شکل می‌گیرد، در زمان‌هایی که افزایش تراز دریا به اوج خود می‌رسد، رخ می‌دهد (شکل ۶). به‌عبارت‌دیگر، با به اوج رسیدن افزایش تراز دریا، به‌واسطه فرسایش ناشی از هجوم امواج

www.SID.ir

Archive of SID



و نفوذ آب دریا درمنطقه، مدل باریک‌شدن درجا گسترش می‌یابد و از وسعت جزیره سدی میانکالـه درمحـدوده سـرزمین آشوراده می‌کاهد. با فرسایش منطقه آشوراده ارتباط هیدرولوژیکی دریای خزر با خلیج گرگان از طریق سه کانال ارتبـاطی مذکور به‌طورکامل برقرارگشته و مدل فروپاشی جزیره سدی میانکاله نمایان می‌شود. بـرای‌مثـال خـط‌سـاحلی درمنطقـه آشوراده طی دوره افزایش تراز دریا بین سال‌های ۱۳۷۸–۱۳۵۶ در حدود ۴/۸ کیلومتر به‌سوی خشکی آشـوراده پیشـروی داشته و باعث ایجاد مدل‌های پیشروی، باریک‌شدن درجا و فروپاشی شده است. همچنین، طـی ایـن دوره حـدود ۲۴/۹۰ کیلومترمربع از خشکی آشوراده دچار فرسایش گردیده‌است. علاوه‌براین موارد، طی فاز پیشروی سال ۱۲۶۹، بالاآمدن تراز دریا منجر به هجوم آب‌های دریا به‌سوی خشکی‌شده و با فرسایش بخش‌هایی از کرانه، مدل‌های پیشروی، باریک‌شـدن درجا و فروپاشی درمنطقه شکل‌گرفته، به‌گونه‌ای‌که منتهی‌الیه جزیره سدی درمنطقه آشوراده به‌صورت سه جزیـره جـدا از هم نمایان گشته است (شکل ۷).



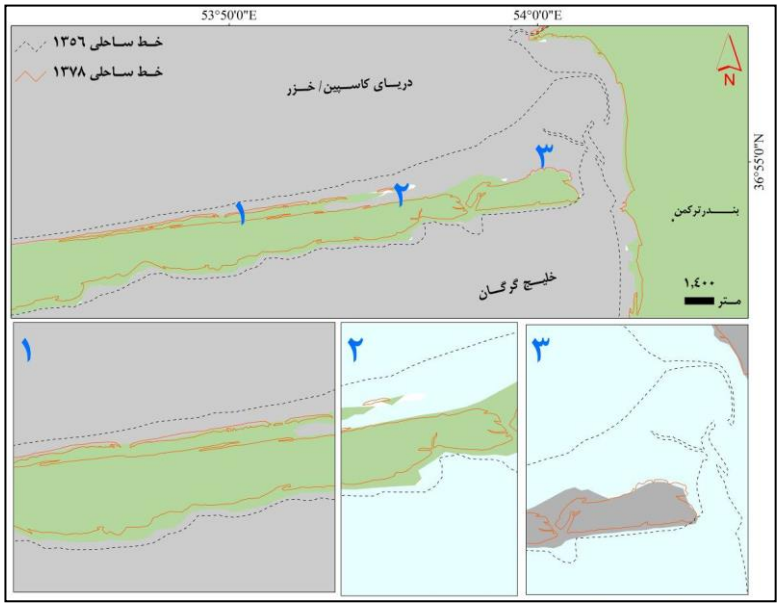

ماخذ: نگارندگان

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

www.SID.ir

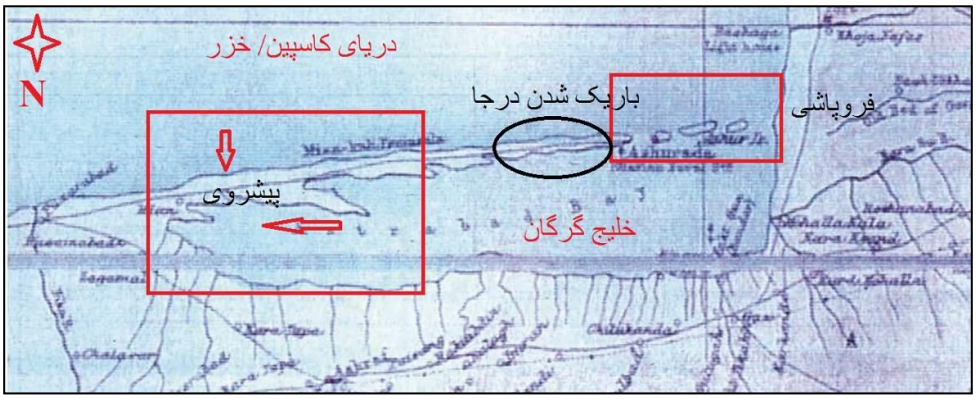
Archive of SID






ماخذ: نگارندگان

**شکل ۶:** مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله بین سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۵۶. ۱) مدل پیشروی، ۲) مدل باریک‌شدن درجا و ۳) مدل فروپاشی




ماخذ: نگارندگان

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

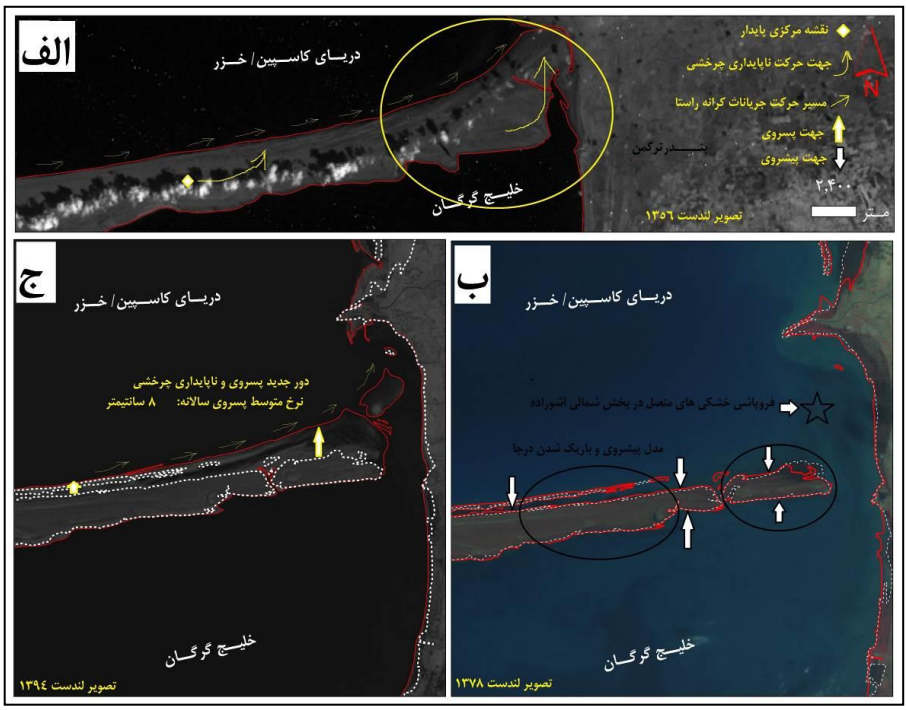
مدل‌های واکنشی پیشروی و پس‌روی به‌ترتیب براثر کاهش و افزایش تراز دریا و نیز کاهش یا افـزایش میـزان آورد رسوب درمنطقه رخ می‌دهند. برای مثال طی دوره ۱۳۵۶-۱۳۰۸ که پایین‌ترین کاهش تراز دریا به‌وقوع پیوسـته، واکـنش جزیره سدی میانکاله به‌صورت مدل پس‌روی به‌همراه مدل ناپایداری چرخشی با حرکت درخلاف جهت عقربه‌های ساعت بوده‌است (شکل ۸ الف). اما، بین سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۵۶ براثر افزایش تـراز دریـا واکـنش جزیـره سـدی در قالـب مـدل پیشروی ظهور پیدا کرده است. از سال ۱۳۸۸-۱۳۷۸ براثر افزایش تراز دریا علاوه بر مدل پیشروی مدل‌های باریک‌شدن درجا و فروپاشی نیز به‌وقوع پیوسته است. طی این دوره بخش‌های شمالی سرزمین آشوراده که طی دوره پیشین درسـطح ظهور پیدا کرده بودند دوباره به‌زیر آب‌دریا فرورفته که معرف مدل فروپاشی درمنطقـه اسـت (شـکل ۸ ب). امـا، از سـال ۱۳۸۸ به‌بعد تاکنون براثر کاهش حدود یک‌متری تراز دریای خزر، که نرخ متوسط سالانه آن حـدود ۸ سـانتیمتر در سـال

www.SID.ir

Archive of SID



برآورد شد، واکنش جزیره سدی میانکاله دوباره به‌صورت مدل پس‌روی و ناپایداری چرخشی درحال وقوع است. طی این دوره، پس‌روی تراز دریا منجر به نمایان‌شدن بخش‌های شمالی آشوراده که در دوره قبل به‌زیر آب فرورفته بودند شده است (شکل ۸ ج). چنانچه اگر سطح تراز به‌همین ترتیب به روند کاهشی خود ادامه دهد به‌احتمال بسیار زیاد در پی گسترش و اتصال زبانه‌ماسه‌ای میانکاله با کرانه‌های استان گلستان رشد تکاملی آن قطع‌شده و همان شرایطی که در سال ۱۳۵۶ برای این منطقه به‌ثبت رسیده بود دوباره تکرار خواهد شد. ازسوی‌دیگر، 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 درحالی‌است که درحال حاضر بخش گسترده‌ای از خلیج گرگان و تالاب میانکاله که در پشت جزیره سدی میانکاله تشکیل‌شده با خشکی روبرو گردیده‌است. شایان گفتن است طی تمامی مراحلی که واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله به‌صورت مدل پیشروی نمود یافته، مدل‌های باریک‌شدن درجا و گاها نیز مدل فروپاشی که در اثر هجوم آب‌های دریا رخ می‌دهند نیز تشکیل و توسعه یافته‌اند. بنابراین، بایستی گفت که در دوره‌های بالاآمدن تراز دریا با توجه به میزان پیشروی و بالاآمدن تراز دریا، به‌ترتیب مدل‌های پیشروی، باریک‌شدن درجا و درنهایت فروپاشی قابل تشکیل و تکمیل می‌باشند (شکل ۸ ب). اما در دوره‌های پس‌روی تراز دریا مدل‌های حرکت‌جانبی، پس‌روی و ناپایداری چرخشی درجهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت تشکیل شده‌اند (شکل ۸ الف و ج).




ماخذ: نگارندگان

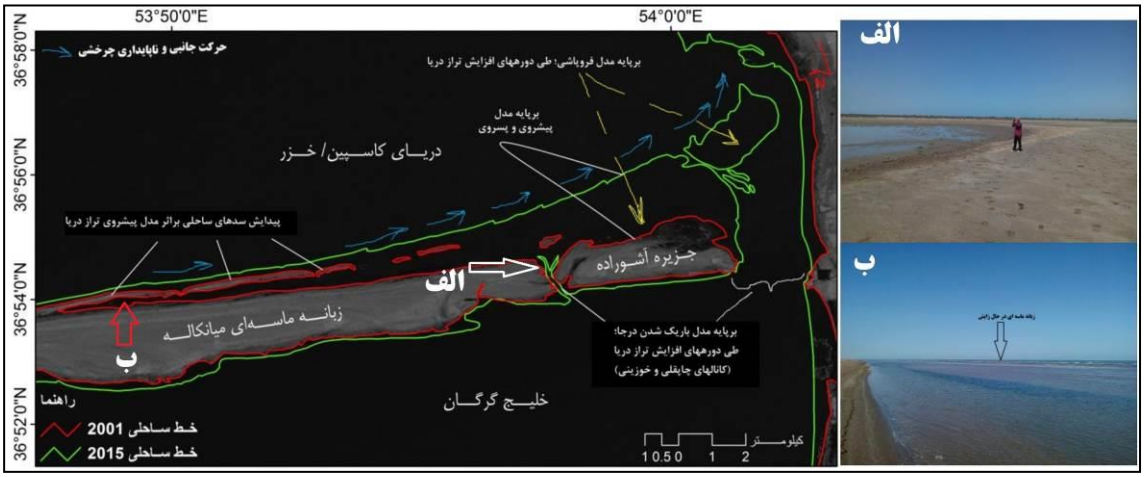
**شکل ۸:** مدل‌های واکنش ژئومورفولوژیکی جزیره سدی میانکاله بین سال‌های ۱۳۹۴-۱۳۵۶. الف) مدل پس‌روی و ناپایداری‌چرخشی در خلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت، ب) مدل پیشروی و فروپاشی، ج) پس‌روی و ناپایداری‌چرخشی (درحال تکمیل مدل)

www.SID.ir

Archive of SID



مدل ناپایداری چرخشی عموماً درخلاف جهت حرکت عقربه‌های ساعت، صرفاً در کرانه‌های منتهی‌الیه گوشه خـاوری زبانه‌ماسه‌ای میانکاله در منطقه آشوراده و به پیروی از روند کلی جریان‌های کرانه‌راستای مؤثر در این منطقه در دوره‌های کاهشی تراز دریا امکان ظهور پیدا می‌نماید. این مدل، واکنش ژئومورفولوژیکی ویژه و چشمگیر جزیره سدی میانکالـه در سال ۱۳۵۶ نسبت به افت تراز دریا بوده است. ازسوی‌دیگر، با پشت سرگذاشتن فاز پیشروی تراز دریا که از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۴ به‌طول انجامید، متأسفانه فاز جدیدی از روند پس‌روی تراز دریا از سال ۱۳۷۴ تاکنون آغازشده و منجر بـه کـاهش حدود ۱/۵ متر تراز دریا گشته است. دراین‌راستا، همانطورکه شکل ۹ نشان می‌دهد، واکنش ژئومورفولوژیکی خـط‌سـاحلی در سال ۱۳۹۴ مجدداً به‌صورت مدل ناپایداری چرخشی درحال شکل‌گیری و تکمیل‌شدن می‌باشد.




ماخذ: نگارندگان

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

مدل حرکت‌جانبی در جزیره سدی میانکاله همسو با روند کلی جریان‌های کرانه‌راستا از باختر بـه‌سـوی خـاور منطقـه درجریان است (شکل ۹). به‌طورکلی به‌نظر می‌رسد، گسترش مجموعه زبانه‌های ماسـه‌ای کـه جزیـره سـدی میانکالـه را درگوشه جنوب‌خاوری دریای خزر ایجاد نموده از یک‌سو درارتباط با آورد و تغذیه رسوبی رودخانه‌های اصـلی (هـراز، نکـا، تجن و غیره) و ازسوی‌دیگر درارتباط با توزیع و انتقال آن‌ها توسط جریان‌های کرانه‌راستا و امواج مـؤثر بـر منطقـه بـوده باشد. همچنین محتمل است، رشد زبانه‌های ماسه‌ای میانکاله از دهانه رودخانه نکارود شروع شده و گسـترش پیـدا کـرده باشند. درواقع، فراوانی شار و آورد رسوب‌های ماسه‌ای توسط رودخانه‌های اصلی منطقه همچون رودخانه‌های تجـن، نکـا، هراز، سیاه‌رود، و احتمالاً رودخانه‌های بدون نامی که از جنوب خلیج گرگان به دریـا منتهـی مـی‌شـوند، همچنـین وجـود 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. درحال‌حاضـر بخـش بـاختری منطقه در سمت خاوری بندر امیرآباد با فرسایش روبرو است. اما، بخش خاوری منطقه درحال رسوب‌گذاری بـوده و براثـر رسوب‌گذاری در این بخش سدهای ساحلی متعددی درحال زایش می‌باشند (شکل ۱۰).

www.SID.ir

Archive of SID

ماخذ: نگارندگان

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

## نتیجه‌گیری

کاهش ترازدریای‌خزر 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 گردیده‌است. 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 خطوط‌ساحلی نسبت به نوسانات تراز دریا و نیز جهت بررسی و تطبیق مدل‌های ژئومورفولوژیکی مک‌برید و همکاران تبدیل کرده‌است.

تراز دریای خزر بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۲۱۴ حدود شش مرحله پیشروی و پس‌روی متفاوتی را تجربه کرده است. به‌عبارت 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

www.SID.ir

Archive of SID



جدید پس‌روی و کاهشی سطح تراز دریا متأسفانه دوباره باعث شده تا خلیج گرگان به‌سوی خشکیدگی کامل سوق پیدا کرده، به‌گونه‌ای‌که امروزه کانال‌های ارتباطی چاپقلی و آشوراده کارایی خود را تقریباً از دست داده و کانال خوزینی نیز به‌طور کامل خشک‌شده و از آب خارج شده است. همچنین در پی این فاز پس‌روی، کرانه‌های جزیره سدی میانکاله با پدیده رسوب‌گذاری روبرو گشته و باعث شده تا بر ابعاد و درازای این جزیره سدی افزوده گردد. از جمله مهم‌ترین واکنش‌های محیطی که در پی روند کاهش سطح تراز دریا طی سال‌های اخیر در منطقه در حال رخ دادن است می‌توان به خشک شدن کامل تالاب گمیشان و کانال ارتباطی خوزینی، خشکیدگی بخش‌های گسترده‌ای از تالاب میانکاله، کم آب شدن خلیج گرگان و رسوب‌گذاری در کانال‌های ارتباطی چاپقلی و آشوراده و کاهش ژرفای مفید آن‌ها اشاره نمود. چنانچه اگر سازمان‌ها و نهادهای مسئول در این زمینه تمهیدات و چاره‌جویی‌های لازم را برای حل این مسئله مهم اتخاذ ننمایند، بایستی شاهد رخداد بحران‌های زیست‌محیطی گسترده‌ای در کرانه‌های منطقه مورد مطالعه باشیم.

یافته‌های پژوهش نشان دادند که دو مدل واکنش ژئومورفولوژیکی *باریک‌شدن درجا* و *فروپاشی* جزیره سدی میانکاله، صرفاً در منتهی‌الیه بخش خاوری جزیره سدی میانکاله و جزیره آشوراده آن‌هم در مواقعی که تراز دریا وارد مرحله افزایش و پیشروی تراز آب شود نمایان می‌شوند.

بر پایه یافته‌های پژوهش حاضر مشخص شد که مدل‌های واکنش پیشروی و پس‌روی به ترتیب براثر کاهش و افزایش سطح تراز دریا و نیز کاهش یا افزایش میزان آورد رسوب در منطقه رخ می‌دهند.

یافته‌ها نشان دادند که مدل ناپایداری چرخشی صرفاً در کرانه‌های منتهی‌الیه گوشه خاوری زبانه ماسه‌ای میانکاله در منطقه آشوراده و به پیروی از روند کلی جریان‌های کرانه‌راستای مؤثر در این منطقه در دوره‌های کاهشی تراز دریا رخداده 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 جریان‌های کرانه‌راستا از باختر به‌سوی خاور منطقه در جریان بوده است. مدل مذکور از یک‌سو متأثر از آورد رسوبی رودخانه‌های اصلی منطقه و از سوی دیگر در ارتباط با توزیع و انتقال آن‌ها توسط جریان‌های کرانه‌راستا و امواج مؤثر بر منطقه بوده است.

**منابع**


۱- ثروتی، محمدرضا، انصاری لاری، احمد، منصوری، رضا (۱۳۹۴)؛ چارچوب نظری و راهبردهای برنامه‌ریزی به‌منظور 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 چالش‌های هیدرولوژیکی خلیج گرگان، ساری، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر.


www.SID.ir

Archive of SID



۳- خوشروان، همایون (۱۳۹۶)؛ سازگاری با گرمایش کره زمین برای نجات خلیج گرگان، راه‌کار 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)، فصل‌نامه علوم زمین، شماره ۹۵، صص: ۲۳۰-۲۱۷.

۵- لاهیجانی، حمید، حایری‌اردکانی، امید، شریفی، آرش، نادری بنی، عبدالمجید (۱۳۸۹)؛ شاخص‌های رسوب‌شناختی و ژئوشیمیایی رسوبات خلیج گرگان، مجله اقیانوس‌شناسی، شماره ۱، صص: ۵۵-۴۵.

۶- مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر (۱۳۹۶)؛ گزارش نوسانات ترازدریای‌خزر، گزارش فنی.

یمانی، مجتبی، نوحه‌گر، 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, 5th 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 Possi ble 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 Arauıjo, 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 HI land, 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.

www.SID.ir