

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره -----، شماره -----، -----

تاریخ دریافت مقاله: -----

تاریخ پذیرش مقاله: -----

صفحات: -----

پایش تغییرات خط ساحلی کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر از ۱۳۵۶ تا ۱۳۹۶

رضا منصوری^{۱*}، محمدرضا ثروتی^۲، منیژه قهرودی‌تالی^۳

چکیده

خط ساحلی یکی از لندفرم‌های مناطق ساحلی است که از تغییرات بسیار شتابانی برخوردار است. موقعیت خط ساحلی همواره تحت تاثیر عوامل طبیعی و انسانی در حال تغییر است. بنابراین، اندازه‌گیری سریع و دقیق تغییرات آن برای مدیریت ساحلی، پژوهش در زمینه تغییرات تراز دریا، حفاظت از محیط ساحلی و توسعه پایدار ساحلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. هدف اصلی پژوهش حاضر، پایش تغییرات خط ساحلی کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر تحت تاثیر نوسانات تراز دریای طی دوره ۱۳۵۶-۱۳۹۶ خورشیدی است. در این راستا، از مجموعه تصاویر ماهواره لندست سری سنجنده‌های MSS, TM, ETM+ & OLI, Google Earth، نقشه‌های توپوگرافی و بازدیدهای میدانی به شیوه تحلیلی- توصیفی استفاده شده است. پس از انجام تصحیحات احتمالی لازم بر روی تصاویر، ترکیب و ادغام باندها با همدیگر، مناسب‌ترین ترکیب باندی برای آشکارسازی خط ساحلی انتخاب گردید. سپس با توجه به میزان تغییرات کرانه‌های منطقه، ۷ سلول ساحلی در منطقه تعریف شد. سپس، موقعیت خط ساحلی از طریق ردگیری موقعیت خط داغاب از طریق روش تفکیک چشمی و طیفی استخراج شده و به صورت لایه‌های رقومی در پایگاه داده وارد گردیدند. تمامی این مراحل در نرم‌افزارهای ArcGIS و ERDAS انجام شده است. تغییرات رخ داده در دو بازه زمانی، از ۱۳۷۵-۱۳۵۶ و ۱۳۹۶-۱۳۷۵ پایش شده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهند طی دوره نخست، فرسایش فرایند غالب منطقه بوده است. کمترین میزان فرسایش حدود ۲/۴۶ کیلومتر مربع در محدوده LC2 و بیشترین میزان آن حدود ۱۶۸/۸۰ کیلومتر مربع در محدوده LC5 بوده و تنها حدود ۰/۹۱۵ کیلومتر مربع رسوب‌گذاری در محدوده LC1 رخ داده است. اما طی دوره دوم، فرایند غالب منطقه رسوب‌گذاری بوده است. کمترین و بیشترین میزان رسوب‌گذاری به ترتیب حدود ۱/۴۰ کیلومتر مربع در محدوده LC2 و حدود ۷۲/۵۵ کیلومتر مربع در محدوده LC5 بوده است. طی این دوره تنها حدود ۰/۶۸ کیلومتر مربع فرسایش در محدوده LC1 رخ داده است.

واژگان کلیدی: دریای خزر، تراز دریا، خط ساحلی، پیشروی، پس‌روی

* این مقاله مستخرج از رساله دکتری آقای رضا منصوری به راهنمایی آقای دکتر محمدرضا ثروتی و مشاوره خانم دکتر منیژه قهرودی‌تالی می‌باشد که در دانشگاه شهید بهشتی انجام شده است.

۱ - استادیار گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه سیستان و بلوچستان (نویسنده مسئول)

Rezasarvati@yahoo.com

M-gharoudi@sbu.ac.ir

۲ - استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی

۳ - استاد گروه ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

مقدمه

خط ساحلی یکی از لندفرم‌های مناطق ساحلی است که از تغییرات بسیار شتابانی برخوردار است (مجاور و چندراسکار^۱، ۲۰۱۱؛ گاش^۲ و همکاران، ۲۰۱۵؛ چن^۳ و همکاران، ۲۰۱۸). موقعیت خط ساحلی همواره در حال تغییر و جابجایی است زیرا سطح تراز آب دریا تحت تاثیر شرایط طبیعی از جمله رسوب‌گذاری در دهانه رودخانه‌ها و گرمایش جهانی و نیز متاثر از فعالیتهای انسانی از جمله اصلاح و آبادسازی اراضی و اقدامات مهندسی ساحلی در حال تغییر و نوسان است (اوما و تاتیشی^۴، ۲۰۰۶). خط ساحلی نه تنها به‌عنوان یک منبع مهم برای ذی‌نفعان ساحلی محسوب می‌شود، بلکه به‌عنوان یک منبع اطلاعاتی جغرافیایی مهم و اساسی نیز اهمیت ویژه‌ای دارد. موقعیت خط ساحلی معمولاً پس از جریان‌های کشندی تغییر می‌کند (بربروغلو و آکین^۵، ۲۰۰۹). بنابراین، اندازه‌گیری سریع و دقیق تغییرات و جابجایی موقعیت خط ساحلی برای مدیریت ساحلی، پژوهش در زمینه تغییرات سطح تراز آب دریا، حفاظت و پاسداری از محیط ساحلی و در نهایت توسعه پایدار ساحلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (لیو^۶ و همکاران، ۲۰۱۳).

کرانه‌های دریای خزر از لحاظ زمانی و فضایی محیط‌های بسیار پویا، حساس و شکننده‌ای محسوب می‌شوند. یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های هیدرولوژیکی این دریا نوسانات سریع سطح تراز آب آن است. برپایه شواهد مورفولوژیکی موجود در کرانه‌های جنوبی دریای خزر مشخص می‌شود که سطح تراز آب دریا، دائماً در حال نوسان و تغییر بوده و عمدتاً بر اثر تغییرات آب‌وهوایی ایجاد شده‌اند. در واقع، دریای خزر پس از جدا شدن از آب‌های آزاد [دریای سیاه] در پلیوسن، چرخه‌های متعدد نوسان تراز آب را تجربه نموده است (واروشنکو^۷ و همکاران، ۱۹۸۷). دامنه و نرخ مربوط به نوسانات سطح تراز آب دریای خزر طی کواترنری و به‌ویژه هولوسن در مطالعات و ارزیابی‌های پژوهشگران متعدد، متفاوت ارزیابی و گزارش شده است. در واقع، گستردگی و شدت نوسانات سطح تراز آب دریای خزر دامنه قابل توجهی را پوشش می‌دهد و به باور کرونین‌برگ^۸ و همکاران، ۲۰۰۰. این تغییرات به‌مراتب سریع‌تر از تغییرات تراز آب دریاها آزاد بوده است. برای مثال، فقط طی کواترنری تراز آب این دریا بین ۵۰+ متر در زمان آخرین دوره یخبندان تا ۱۱۳- متر در هولوسن آغازین نوسان داشته است (واروشنکو و همکاران، ۱۹۸۷؛ کرونین‌برگ و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین، به باور کارپیچف^۹،

۱ . Mujabar and Chandrasekar

۲ . Ghosh

۳ . Chen

۴ . Ouma and Tateishi

۵ . Berberoglu and Akin

۶ . Liu

۷ . Varushchenko

۸ . Kroonenberg

۹ . Karpychev

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این

نسخه بدون تاریخ و شماره است.

۱۹۸۹ و رایچاگف^۱، ۱۹۹۷، تغییرات تراز آب دریای خزر طی هولوسن به مراتب ناپایدارتر بوده و مکرراً بین ۱۸- تا ۳۲- متر جابه جاشده است. بنابراین، مشخص است که نوسان های تراز آب دریای خزر در مقایسه با نوسان های سطح تراز آب اقیانوس های جهان به مراتب سریع تر و غیرقابل پیش بینی است. با این که، سطح اساس دریا های آزاد در هر قرن تنها حدود ۲/۵ سانتیمتر افزایش می یابد (پتیک^۲، ۱۹۹۱)؛ اما نوسان های دوره ای تراز دریای خزر، در سده اخیر با سه متر افت و خیز روبرو بوده (خوش رفتار، ۱۳۸۴؛ ۱۷۴) و در مجموع حدود شش متر نوسان سطح تراز آب را در قالب دو فاز پس روی و پیش روی گسترده متوالی تجربه نموده است.

به طور کلی، فرایندهای زمین شناسی و آب و هوایی از جمله عوامل مؤثر در تغییرات تراز آب دریای خزر محسوب می شوند. از این میان جنبش های زمین ساختی و فرایندهای رسوب گذاری که به تغییرات حجم حوضه منجر می گردند، از اهمیت ویژه ای برخوردارند. تأثیر تغییرات آب و هوایی بر نوسانات تراز آب دریای خزر به ویژه در زمان هولوسن، در مطالعه رسوبات ژرف این دریا به اثبات رسیده است. مقایسه ویژگی های سری های پیش روی- پس روی دریای خزر، به وضوح نشان گر ته نشینی این رسوبات در شرایط متفاوت محیطی و دوره های متوالی سرد شدگی- گرم شدگی و نیز دوره های مرطوب- خشک بوده است (رایچاگف، ۱۹۹۷). همچنین، عوامل مؤثر در تغییرات حجم آب حوضه شامل ورودی آب های رودخانه های و زیرزمینی به دریا، بارندگی، تبخیر و ورود آب به خلیج قره باغ از دیگر عوامل مؤثر در تغییرات تراز آب دریای خزر می باشند (لاهیجانی، ۱۳۸۳). از میان عوامل یاد شده، تغییر در میزان ورودی آب رودخانه ها یکی از مهم ترین عوامل مؤثر بر نوسانات تراز آب این دریا به شمار می آید (لروی^۳ و همکاران، ۲۰۰۷). در حال حاضر رودخانه ولگا با سهمی در حدود ۸۰ درصد، مهم ترین عامل کنترل کننده تغییرات تراز آب دریای خزر محسوب می شود (کرون برگ و همکاران، ۲۰۰۰). به طوری که بر اثر احداث سدها و سازه های مهندسی متعدد بر روی این رود جهت مصارف کشاورزی مناطق استپی جنوب روسیه طی دهه های گذشته منجر به پسروی عمده اواخر دهه ۱۹۷۰ گردید. اما با اینحال، دست کم پسروی دهه اخیر دریای خزر بیشتر ناشی از بحث گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی رخ داده به ویژه در محدوده حوضه های آبریز منتهی به آن است. به عبارت دیگر، طی یک دهه گذشته، افزایش میزان تبخیر و تعرق بر روی دریای خزر به همراه افزایش دمای هوای سطح زمین و نیز افزایش سایر فاکتورهای اقلیمی از جمله رطوبت سطحی و باد باعث شده تا بیلان آبی دریای خزر با مشکل جدی روبرو شده و دچار پسروی گردد. این در حالی است که میزان بارش ها در حوضه های آبریز منتهی به دریا و نیز جریان دبی رودخانه ها نتوانسته اند از پسروی سطح تراز آب دریای خزر جلوگیری کرده و کمبود بیلان آبی آن را جبران نمایند (چن^۴ و همکاران، ۲۰۱۷؛ ۸ به نقل از منصور، ۱۳۹۷؛ ۱۹۵). این نوسانات باعث شده تا ویژگی های مورفولوژیکی کرانه های جنوبی دریای خزر و موقعیت مکانی خط ساحلی تحت تأثیر آن قرار گرفته و تحول و تکامل منطقه ساحلی توسط نوسانات مذکور کنترل شود. از سوی دیگر، فعالیت مداوم امواج، باد، جریان های دریایی و حتی فعالیت های انسانی سبب شده تا ماهیت فیزیکی، دینامیکی و مورفولوژیکی کرانه های جنوبی دریای خزر در دوره های زمانی نسبتاً کوتاه تغییر یابند. برای مثال طی یک سده اخیر موضوع گرمایش

۱ . Rychagov

۲ . Pethick

۳ . Leroy

۴ . Chen

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این

نسخه بدون تاریخ و شماره است.

جهانی کره زمین و تغییرات آب و هوایی ناشی از آن سبب شده تا پویایی و شکنندگی این مناطق با شتاب بیشتر و در گستره بزرگتری نسبت به گذشته در برابر تغییرات رخ داده در منطقه به چشم آید. زیرا تغییرات ایجاد شده در محیط فیزیکی و طبیعی مناطق ساحلی، اغلب پیامدهای قابل توجهی را برای جمعیت انسانی و زیستگاه‌های گیاهی و جانوری موجود در نزدیکی خط ساحلی در پی داشته است. در واقع، برهمکنش‌های بین دگرگونی‌های آب و هوایی و نوسانات سطح آب دریا اثرات قابل توجهی در تکامل ژئومورفولوژیکی محیط‌های ساحلی دارند. فهم بهتر رویدادهای تقویمی این دگرگونی‌ها نه تنها برای اطمینان از دقت و صحت‌سنجی گسترش پیش‌بینی سامانه‌های آب و هوایی و نوسانات سطح آب دریا با استفاده از اندازه‌گیری‌های ابزاری ضروری هستند، بلکه همچنین برای برنامه‌ریزی طرح‌های توسعه در محیط‌های ساحلی و مناطق نزدیک ساحل و نیز به منظور استفاده بهینه و اصولی‌تر هر چه بیشتر از این محیط‌ها مهم می‌باشند (پادمالال^۱ و همکاران، ۲۰۱۴).

این درحالی است که به دلیل وابستگی‌های ساحل‌نشینان ذی‌نفع از منابع دریای خزر، اغلب تراکم و فشردگی جوامع انسانی و نیز توسعه و گسترش دارایی‌ها و زیرساخت‌های زیربنایی در سواحل آن به‌طور مداوم در حال افزایش است. علاوه بر این، منابع موجود در مناطق ساحلی محدود بوده و در بسیاری از نقاط نیز در معرض خطر فرسایشی و استفاده بیش از حد می‌باشند. بنابراین، بسیار مهم و ضروری است تا ثبات و پایداری کلی این‌گونه مناطق آسیب‌پذیر و حساس، واکنش‌های مورفولوژیکی و تغییر و تحولات آن‌ها در ارتباط با متغیرها و عوامل طبیعی و انسانی مورد پایش و ارزیابی دقیق و منظم قرار گیرند. از این‌رو، هدف اصلی پژوهش حاضر، بررسی تغییرات و جابجایی‌های خط ساحلی کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر تحت‌تاثیر نوسانات سریع سطح تراز آب دریا طی دوره ۴۰ سال اخیر (۱۳۹۶-۱۳۵۶ خورشیدی / ۲۰۱۷-۱۹۷۷ میلادی) است.

تاکنون افراد متعددی در رابطه با دریای خزر از جنبه‌های گوناگون به پژوهش پرداخته‌اند. در ادامه به برخی از آنها که به موضوع بررسی نوسانات تراز دریا و تغییرات خط ساحلی مرتبط است اشاره مختصر می‌شود. مامدوف^۲ ۱۹۹۷؛ با استفاده از روش سن‌سنجی به بررسی دوره‌های پیش‌روی و پس‌روی دریای خزر پرداخته است. رنسن^۳ و همکاران ۲۰۰۷؛ در پژوهشی به شبیه‌سازی تغییرات درازمدت سطح آب دریای خزر طی دوره هولوسن و شرایط آب و هوایی آینده پرداختند. لاهیجانی و همکاران ۲۰۰۹؛ به بررسی شواهدی از سطوح تراز بالای آب دریای خزر در اواخر هولوسن در بخش مرکزی گیلان و خاوری مازندران پرداختند. اونق^{۲۰۱۰}؛ در پژوهشی به بررسی توسعه شبکه زهکشی حوضه آبریز قره‌سو در استان گلستان در واکنش به تغییرات تراز دریای خزر در اواخر کواترنری پرداخته است. خوشروان و همکاران ۱۳۹۰؛ در پژوهشی با بررسی ۴۸ نمونه رسوبی برداشت‌شده از محدوده ساحلی در شش ایستگاه اندازه‌گیری، کارهای آزمایشگاهی و پردازش‌های لازم بر روی داده‌های به‌دست‌آمده در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی سواحل جنوبی دریای خزر را برپایه شواهد مورفودینامیک رسوبی به سه گروه سواحل فرسایشی، حد واسط و رسوب‌گذاری فعال ناحیه‌بندی نمودند. امینی و همکاران ۲۰۱۲؛ میزان رسوبات خلیج گرگان و کرانه‌های مجاور آن واقع در جنوب‌خاوری دریای خزر مورد بررسی قرار داده‌اند. کاکرودی و همکاران ۲۰۱۲؛ در پژوهشی باهدف بازسازی منحنی

۱. Padmalal

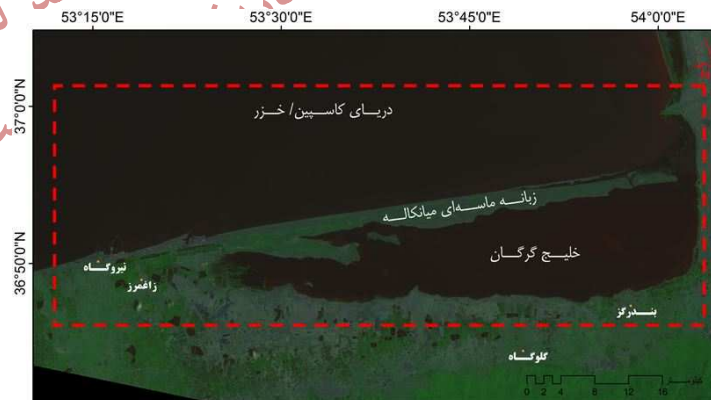
۲. Mamedov

۳. Renssen

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

سطح آب دریا در هولوسن و با استفاده از تجزیه و تحلیل های رسوب شناختی، زیست چینه نگاری و سن یابی رادیوکربن/کربن پرتوزا (C 14) به بررسی تغییرات سریع سطح آب دریا در هولوسن در راستای سواحل ایرانی دریای خزر پرداخته است. خوشروان و بنی هاشمی ۱۳۹۱؛ در پژوهشی نوسانات سریع دریای خزر و تغییر شکل مورفودینامیکی دهانه هشت رودخانه در سواحل ایرانی دریای خزر را مورد مطالعه قرار داده و با استفاده از روش نمونه برداری و تجزیه و تحلیل نهشته های ساحلی، عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای نحوه تغییر شکل دهانه های رودخانه های را در زمان پیشروی و پس روی دریای خزر را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده اند. نادری بنی و همکاران ۲۰۱۳؛ در پژوهشی به بررسی تغییرات تراز دریای خزر طی هزاره اخیر پرداخته و برای این منظور از داده های تاریخی و شواهد زمین شناختی موجود در کرانه های جنوبی دریا استفاده کرده اند. کاکرودی و همکاران ۲۰۱۴؛ در پژوهشی به بررسی تحولات کوتاه مدت و درازمدت زبانه ماسه ای میانکاله در بخش جنوب خاوری دریای خزر پرداخته اند. نادری بنی و همکاران ۲۰۱۴؛ اثرات محیطی تغییرات تراز دریای خزر طی هولوسن پایانی را در تحول کرانه های جنوب خاوری آن نورد بررسی و مطالعه قرار داده اند. کاکرودی و همکاران ۲۰۱۵؛ در پژوهشی با استفاده از یک مغزه رسوبی به اندازه ۲۷/۷ متری در گوشه جنوب خاوری دریای خزر در محل تالاب گمیشان، تغییرات سطح آب دریای خزر در پلیستوسن پایانی و هولوسن و نیز تحول محیط دیرینه ساحلی در راستای سواحل ایرانی این دریا را مورد بازسازی قرار داده اند. چن و همکاران ۲۰۱۷؛ در پژوهشی تغییرات درازمدت تراز دریای خزر را مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که افزایش نرخ تبخیر بر روی این دریا نقش بسیار مهمی در کاهش تراز دریا طی ۳۷ سال گذشته داشته است.

منطقه مورد مطالعه در پژوهش حاضر کرانه های بخش جنوب خاوری دریای خزر (مجموعه جزیره سدی میانکاله و خلیج گرگان) در راستای $36^{\circ}49'00''$ تا $36^{\circ}57'26''$ شمالی از خط استوا و $53^{\circ}30'30''$ تا $53^{\circ}15'00''$ شرقی از نیمروز گرینویچ را شامل می شود (شکل ۱). مهم ترین سیماهای ژئومورفولوژیکی منطقه مورد مطالعه را مجموعه جزیره سدی یا زبانه ماسه ای میانکاله، تالاب میانکاله، خلیج گرگان، تپه های ماسه ای فعال و غیر فعال و کانال های ارتباطی هیدرولوژیکی چاپقلی، آشوراده و خوزینی واقع در حدفاصل دریای خزر و خلیج گرگان را تشکیل می دهند.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه.

داده و روش

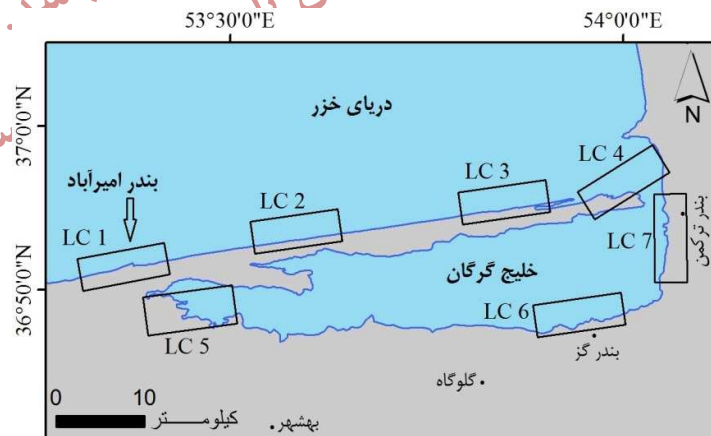
این پژوهش با هدف بررسی وضعیت تغییرات و جابجایی های خط ساحلی کرانه های جنوب خاوری دریای خزر در پی نوسانات سریع سطح تراز آب دریا طی دوره ۴۰ سال اخیر (۱۳۵۶-۱۳۹۶ خورشیدی/ ۲۰۱۷-۱۹۷۷ میلادی)، با

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

استفاده از مجموعه تصاویر آرشیوی ماهواره LANDSAT سری سنجنده‌های MSS, TM, ETM⁺ & OLI، تصاویر نرم‌افزار Google Earth، نقشه‌های توپوگرافی و بازدیدهای میدانی به شیوه تحلیلی- توصیفی انجام شده است.

امروزه با گسترش وضوح مکانی داده‌های ماهواره‌ای این امکان فراهم آمده است که به باندهای طیفی بیشتر، پوشش تکراری و داده‌های هندسی با دقت بالاتری نسبت به عکس‌های هوایی دسترسی داشته باشیم (گرین و همکاران، ۲۰۰۰). روش‌های سنجش‌ازدور در عین ارزان بودن و بهره‌مندی از دقت بالا، امکان مشاهده و مدیریت پیوسته سواحل را فراهم می‌نمایند (چن و راثو، ۱۹۹۸). این مزایا موجب افزایش روزافزون بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای برای تعیین موقعیت خط ساحلی و شناسایی لندفرم‌های مناطق ساحلی در دنیا شده است (آزرم‌سا و رزم‌خواه، ۱۳۸۵). از این رو، تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه با سری سنجنده‌های گوناگون و عکس‌های هوایی یکی از مهم‌ترین منابع مورد استفاده جهت بررسی و تجزیه و تحلیل تغییر و تحولات ژئومورفولوژیکی منطقه ساحلی است. امروزه تصاویر ماهواره لندست در سری سنجنده‌های گوناگون خود و نیز با توجه به در دسترس بودن در بازه زمانی مناسب (از ۱۹۷۲ تاکنون) و نیز به دلیل پوشش سراسری سطح زمین به‌عنوان یکی از مهم‌ترین تصاویر و ابزارهای فیزیکی مورد استفاده جهت پایش و بررسی میزان تغییرات رخ داده در نقاط گوناگون سطح کره زمین مورد استفاده قرار می‌گیرند. با توجه به در دسترس بودن آرشیو کاملی از تمامی سنجنده‌های فعال ماهواره LANDSAT، در این پژوهش از تصاویر ماهواره LANDSAT سری سنجنده‌های MSS, TM, ETM⁺ & OLI استفاده شده است.

ابتدا پس از تعیین حدود منطقه مطالعاتی، تصاویر ماهواره‌ای تهیه شده از منطقه مورد بررسی چشمی اولیه قرار گرفتند. این بررسی اولیه منجر به شناخت و آشنایی بیشتر با ویژگی‌ها و وضعیت محیط طبیعی حاکم بر منطقه شد. سپس به دنبال شناخت و دیدی که از منطقه مطالعاتی به دست آمد، مناطقی را که نسبت به تغییرات شرایط محیطی به‌ویژه نوسانات سریع سطح تراز آب دریای خزر حداقل طی دوره مورد بررسی از حساسیت و آسیب‌پذیری بیشتری برخوردار بودند، شناسایی شده سپس آنها را در قالب ۷ سلول ساحلی^۱ (LC 1-7) تقسیم نمودیم تا در مراحل بعدی کار مورد تجزیه و تحلیل دقیق‌تر قرار گرفته و تغییرات خط ساحلی در محدوده آنها محاسبه شوند (شکل ۲).



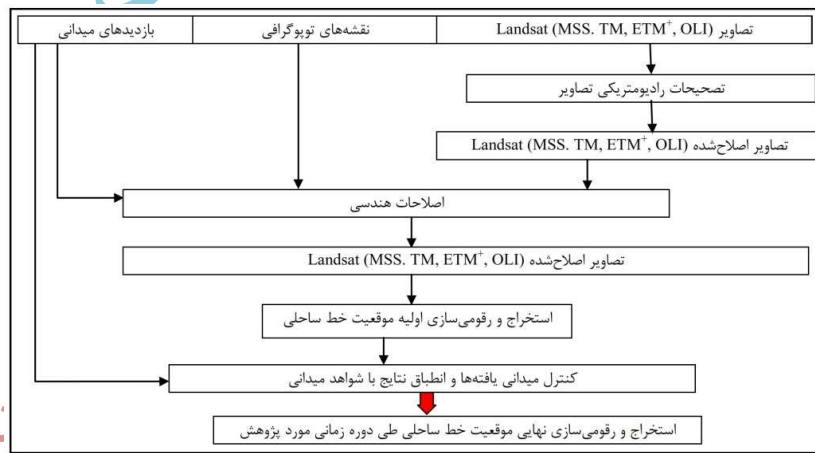
شکل ۲: موقعیت مکانی سلول‌های ساحلی هفت‌گانه در منطقه مورد مطالعه.

در مرحله بعد، پیش‌پردازش و تصحیحات رادیومتریکی بر روی تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده انجام شد. پس از آن، تصاویر اصلاح‌شده به کمک نقشه‌های پایه توپوگرافی و بازدیدهای میدانی دوباره اصلاح هندسی گردیده تا خطاهای

1. Littoral Cell (LC)

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

احتمالی تصاویر برطرف شوند. سپس، در گام بعدی به منظور افزایش دقت و بهبود کیفیت تصاویر ماهواره‌ای موجود، باند Pan تصاویر با سایر باندها ترکیب و ادغام گردید تا تصویری به مراتب بهتر و با رزولوشن مکانی ۱۵ متر به دست آید. پس از انجام ترکیب و ادغام باندها با همدیگر، مناسب‌ترین ترکیب باندی در نمایش و آشکارسازی خط ساحلی انتخاب گردید. پس از این مرحله، موقعیت مکانی خط ساحلی منطقه مورد پژوهش از طریق ردگیری موقعیت خط داغاب با استفاده از دو روش تفکیک چشمی و طیفی بر روی تصاویر بهبودیافته و اصلاح شده استخراج شده و به صورت لایه‌های رقومی در پایگاه داده وارد گردیدند. در گام بعد، به منظور صحت‌سنجی خطوط ساحلی استخراج شده از تصاویر ماهواره‌ای با استفاده از نقاط کنترلی انتخابی متعددی بر روی نقشه‌های توپوگرافی زمین مرجع شده، تصاویر Google Earth و بازدیدهای میدانی از منطقه و بررسی شواهد مورفولوژیکی، موقعیت و جابجایی‌های رخ داده در خط ساحلی منطقه کنترل شد. در پایان، تغییر و تحولات رخ داده در موقعیت مکانی خط ساحلی و لندفرم‌های ساحلی و به ویژه وضعیت تغییرات (پیشروی و پسروی) خط ساحلی منطقه مورد پژوهش طی دوره زمانی مورد بررسی در محیط نرم‌افزارهای ERDAS و ArcGIS در محدوده سلول‌های ساحلی هفت‌گانه تحلیل شد. مراحل کاری انجام این بخش از پژوهش در شکل ۳ نشان داده شده است.



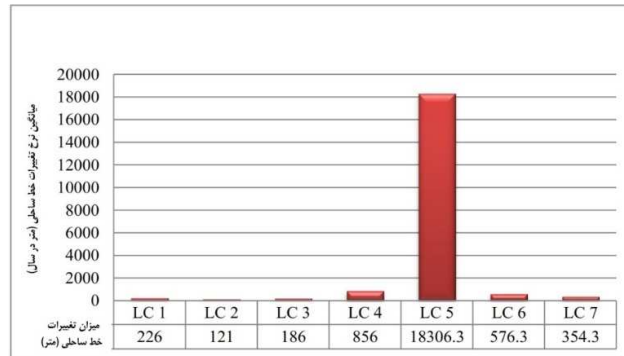
شکل ۳: فلوجارت انجام پژوهش.

نتایج و بحث

تغییرات کلی خط ساحلی از ۱۳۵۶ تا ۱۳۹۶ خورشیدی (۱۹۷۷-۲۰۱۷ میلادی)

موقعیت مکانی LC 1-7 در شکل ۲ و نتایج حاصل از استخراج و رقومی‌سازی میزان تغییرات و جابجایی‌های خط ساحلی در محدوده آنها در جدول ۱ ارائه شده است. همچنین، میزان تغییرات و جابجایی‌های کلی رخ داده در موقعیت مکانی خط ساحلی کرانه‌های منطقه طی بازه زمانی ۱۳۵۶-۱۳۹۶ خورشیدی (۱۹۷۷-۲۰۱۷ میلادی) در محدوده LC 1-7 در شکل ۴ نشان داده شده است. لازم به گفتن است که در دوره زمانی مورد بررسی، تغییرات و جابجایی مکانی در موقعیت خط ساحلی کرانه‌های منطقه مورد مطالعه به دو شکل پیشروی به سوی دریا و پیشروی به سوی خشکی انجام شده است. همچنین، شایان گفتن است که LC 4 با توجه به ویژگی‌های محیطی و تغییرات رخ داده در این بخش تنها دو ترانسکت داشته، ولی سایر LCها شامل سه ترانسکت بوده‌اند.

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.



شکل ۴: میانگین نرخ تغییرات و جابجایی های رخ داده در موقعیت مکانی خط ساحلی در کرانه های جنوب خاوری دریای خزر طی دوره های نوسانی سطح تراز آب دریای بین سال های ۱۳۹۶-۱۳۵۶ خورشیدی (۱۹۷۷-۲۰۱۷ میلادی) در محدوده LC 1-7. برای آگاهی از موقعیت هر یک از LC ها به شکل ۲ مراجعه شود.

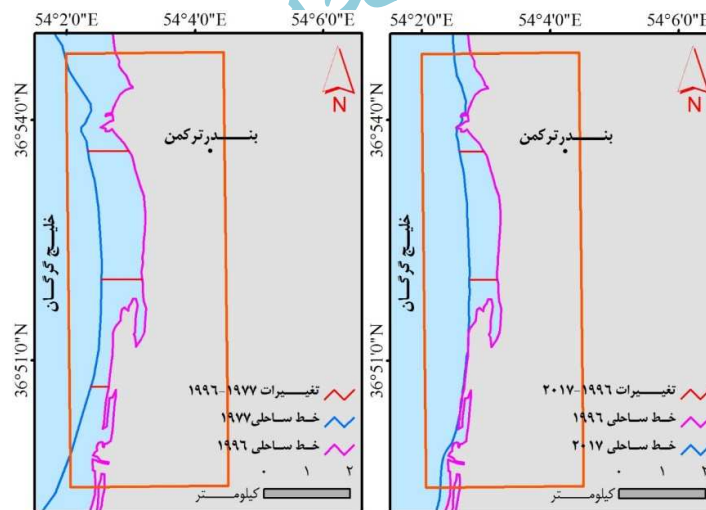
جدول ۱: تغییرات خط ساحلی کرانه های جنوب خاوری دریای خزر بین سال های ۱۳۹۶-۱۳۵۶ خورشیدی (۱۹۷۷-۲۰۱۷ میلادی).

منطقه	شماره ترانسکت	۱۳۷۵-۱۳۵۶	۱۳۹۶-۱۳۷۵	مجموع تغییرات (۱۳۵۶-۱۳۹۶)
میانگین	۱	۳۰۹	-۹۵	۲۱۴
LC 1	۲	۱۵۶	-۳۹۴	-۲۳۸
میانگین	۳	۳۵۸	-۱۲۰	۲۳۸
میانگین	۱	۲۶۶	-۱۳۱	۱۳۵
LC 2	۲	۲۴۰	-۱۴۳	۹۷
میانگین	۳	۲۵۱	۱۲۰	۱۳۱
میانگین	۱	۶۷۴	-۶۰۹	۶۵
LC 3	۲	۸۷۴	-۶۲۹	۲۴۵
میانگین	۳	۱۰۷۶	-۸۲۸	۲۴۸
میانگین	۱	۲۲۷۹	-۱۶۷۳	۶۰۶
LC 4	۲	۳۱۵۵	-۲۰۴۹	۱۱۰۶
میانگین	۳	-	-	-
میانگین	۱	۲۵۰۱۰	-۴۳۲۱	۲۰۶۸۹
LC 5	۲	۲۳۱۲۶	-۴۷۴۲	۱۸۳۸۴
میانگین	۳	۱۸۹۴۴	-۳۰۹۸	۱۵۸۴۶
میانگین				۱۸۳۰۶/۳
میانگین	۱	۹۸۱	-۴۹۹	۴۸۲
LC 6	۲	۱۲۱۹	-۷۳۳	۴۸۶
میانگین	۳	۹۵۰	-۱۸۹	۷۶۱
میانگین				۵۷۶/۳
میانگین	۱	۴۱۹	-۲۲	۳۹۷
LC 7	۲	۹۴۵	-۶۵۳	۲۹۲

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

۳۷۴	-۵۷۷	۹۵۱	۳	
۳۵۴/۳				میانگین

اطلاعات این جدول، علاوه بر این که تغییرات سریع خط ساحلی بر اثر نوسانات شتابان سطح تراز آب دریای خزر بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۵۶ را نشان می‌دهد، مجموع سلول‌های ساحلی را نیز ارائه می‌نماید. مقادیر منفی در این جدول نشانگر جابجایی و پیشروی خط ساحلی به سوی دریا بر اثر کاهش و پس‌روی سطح تراز آب دریای خزر (یعنی: رسوب‌گذاری در ساحل) است. اما، مقادیر مثبت گویای جابجایی و پس‌روی خط ساحلی به سوی خشکی بر اثر افزایش و بالآمدن سطح تراز آب دریا (یعنی: فرسایش ساحل) است. در شکل ۵، نمونه‌ای از تغییرات و جابجایی‌های خط ساحلی رخ داده در منطقه مطالعاتی آورده شده است. این شکل تغییرات خط ساحلی رخ داده در سلول ساحلی شماره ۷ را نشان می‌دهد.



شکل ۵: نمونه‌ای از تغییرات و جابجایی خط ساحلی در محدوده LC 7 در کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر (LANDSAT, OLI (Sensor, 2017).

تغییرات خط ساحلی طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی (۱۹۹۶-۱۹۷۷ میلادی) به‌طور کلی بایستی بیان داشت که، طی دوره افزایش و بالآمدن سریع سطح تراز آب دریای خزر که بین سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی (۱۹۹۶-۱۹۷۷ میلادی) رخ داده، تغییرات خط ساحلی به‌صورت جابجایی پس‌رونده به سوی خشکی بوده است. در ادامه نتایج تغییرات و جابجایی‌های رخ داده در موقعیت خط ساحلی منطقه مورد مطالعه طی بازه نخست مورد بررسی در قالب LC‌های هفت‌گانه تشریح شده است.

موقعیت مکانی LC 1 تقریباً از محل شروع مجموعه جزیره‌سدهی میانکاله و منطبق بر کرانه‌های بندر چندمنظوره امیرآباد در نظر گرفته شده است. به‌طور کلی بایستی گفت میزان تغییرات در راستای کرانه‌های این جزیره‌سدهی در مجموع از باختر به سوی خاور افزایش چشمگیری را نشان می‌دهد. محاسبات مربوط به بررسی میزان تغییرات و جابجایی خط ساحلی این بخش در این دوره، نشان‌دهنده پس‌روی خط ساحلی با نرخ متوسط در حدود ۱۴/۴ متر در سال بوده است. همچنین، کمترین میزان پس‌روی خط ساحلی در این بخش حدود ۱۵۰ متر بوده است (جدول ۱). از سوی دیگر، یافته‌های به‌دست آمده نشان می‌دهند که کرانه‌های این بخش بین سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۵۶ در مجموع حدود ۰/۰۹۱۵ و ۲/۸۴ کیلومتر مربع به ترتیب دچار نهشته‌گذاری و فرسایش شده‌اند (جدول ۲).

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

جدول ۲: میزان رسوب گذاری و فرسایش رخ داده در کرانه های منطقه مورد مطالعه بر اثر نوسانات سریع سطح تراز آب دریای خزر بین سال های ۱۳۹۶-۱۳۵۶ خورشیدی (۱۹۷۷-۲۰۱۷ میلادی).

محدوده	۱۳۷۵-۱۳۵۶ خ (۱۹۷۷-۱۹۹۶ م)		۱۳۷۵-۱۳۹۶ خ (۲۰۱۷-۱۹۹۶ م)	
	رسوب گذاری (km ²)	فرسایش (km ²)	رسوب گذاری (km ²)	فرسایش (km ²)
LC 1	۰/۰۹۱۵	۲/۸۴	۱/۴۸	۰/۶۸۰
LC 2	-	۲/۴۶	۱/۴۰	-
LC 3	-	۸/۰۴	۵/۵۰	-
LC 4	-	۲۸/۳۴	۱۵/۸۱	-
LC 5	-	۱۶۸/۸۰	۷۲/۵۵	-
LC 6	-	۹/۸۸	۳/۳۵	-
LC 7	-	۷/۸۸	۳/۸۹	-

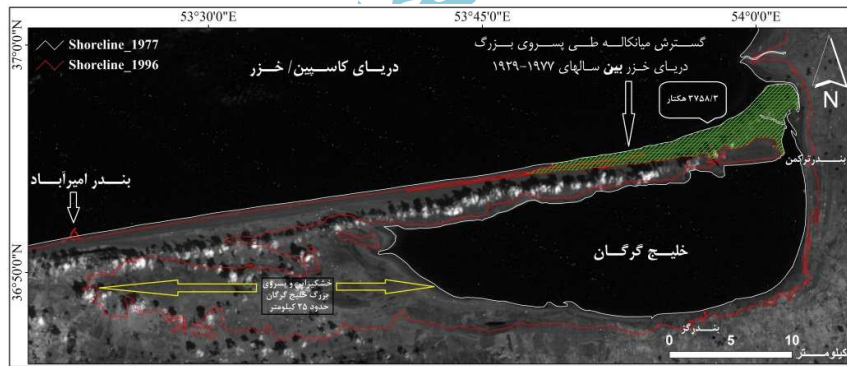
میزان تغییرات و جابجایی خط ساحلی طی بازه زمانی مورد بررسی در محدوده LC 2 به طور متوسط در حدود ۱۳/۲ متر در سال برآورد گردید. این میزان کمترین نرخ تغییرات خط ساحلی رخ داده در بین سلول های ساحلی منطقه است. شاید بتوان از جمله دلایل پایین بودن نرخ تغییرات و جابجایی خط ساحلی در این منطقه به موقعیت بکر LC 2 و نیز دخالت ناچیز یا عدم دخالت انسان در این منطقه اشاره کرد. زیرا این منطقه در کرانه های بخش میانی مجموعه جزیره سدی میانکاله که به عنوان منطقه حفاظت شده زیست محیطی تحت حفاظت سازمان محیط زیست قرار دارد، واقع شده است. برپایه اندازه گیری های انجام شده مشخص شد که حداقل سال های ۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی در مجموع حدود ۲/۴۶ کیلومتر مربع نهشته گذاری در این منطقه انجام شده است (جدول ۲).

موقعیت LC 3 در بخش خاوری مجموعه جزیره سدی میانکاله قرار دارد. این محدوده سرآغاز منطقه ای در کرانه های بخش خاوری این جزیره سدی است که با توجه به ویژگی شیب کم خود هم در بخش خشکی و هم در دریا، پیشروی های گسترده تری نسبت به کرانه های بخش باختری آن دیده می شود. به طوری که به واسطه پیشروی و فرسایش ناشی از آن در این بخش، پهنای جزیره سدی میانکاله تقریباً به نصف بخش باختری آن کاهش می یابد. نرخ متوسط پیشروی آب دریا در محدوده LC 3 در حدود ۴۶ متر در سال محاسبه گردید. همچنین، حداکثر میزان پیشروی آب دریا در این بخش، بیش از ۱۰۷۰ متر اندازه گیری شده است. از سوی دیگر، به واسطه پیشروی و بالآمدن سطح تراز آب دریای خزر، کرانه های این بخش طی دوره زمانی ۱۹ ساله (۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی) در مجموع حدود ۸/۰۴ کیلومتر مربع دچار فرسایش شده اند (جدول ۲).

در بازه زمانی ۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی که هم زمان با افزایش و بالآمدن حدود ۲/۵ متری سطح تراز آب دریای خزر است، روند افزایش در میزان تغییرات و جابجایی پس رونده خط ساحلی به سوی خشکی در قالب فرسایش و به زیر آب رفتن کرانه های منطقه به دو شکل متفاوت در سواحل بخش شمالی و جنوبی مجموعه جزیره سدی میانکاله مشاهده می شود. نخست در سواحل بخش شمالی مجموعه جزیره سدی میانکاله منطبق بر LC 4، میزان تغییرات و جابجایی پس رونده خط ساحلی در جهت باختری- خاوری افزایش می یابد؛ در حالی که در سواحل بخش جنوبی مجموعه جزیره سدی در محدوده کرانه های باختری خلیج گرگان منطبق بر LC 5، میزان تغییرات خط ساحلی در جهت باختری- خاوری کاهش می یابد. حداکثر مقدار پیشروی و نفوذ آب دریا در بخش شمالی، در منطقه سرزمین آشوراده به مقدار ۳۱۵۵ متر ولی در بخش جنوبی آن که در منتهی الیه باختری خلیج گرگان و منطبق بر تالاب میانکاله است حدود ۲۵۰۱ متر است (جدول ۱). این مقادیر بیشترین نرخ جابجایی و پیشروی آب دریا در خشکی در کل منطقه و در

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

تمامی سلول‌های ساحلی است. متوسط نرخ پیشروی آب دریا در این مناطق به ترتیب در حدود ۱۴۳ و ۱۱۷۷ متر در سال برآورد گردید. همچنین، با محاسبات انجام شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی مشخص شده که طی این دوره در LC 4 و LC 5 به ترتیب حدود ۲۸/۲۴ کیلومترمربع و ۱۶۸/۸۰ کیلومترمربع از زمین‌های ساحلی دچار فرسایش شده و به زیرآب فرورفته‌اند (جدول ۲). علاوه بر آن، از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۵ خورشیدی که سطح تراز آب دریای خزر به بالاترین حد خود در این دوره رسید، بخش خاوری مجموعه جزیره سدی میانکاله تقریباً حدود ۳۷/۵۸ کیلومترمربع (۳۷۵۸/۳ هکتار) از مساحت خود را بر اثر فرسایش ناشی از پیشروی سطح تراز آب دریا از دست داد (شکل ۶). از پیامدهای پیشروی این دوره سطح تراز آب دریا در منطقه مورد مطالعه، می‌توان به زیرآب رفتن و نابودی و تخیله تعدادی از روستاها از جمله روستای چاپقلی اشاره کرد (شکل ۷). همچنین، تعدادی از درختان و ساختمان‌های مسکونی نیز طی این دوره دچار آب‌گرفتگی، خسارت و آسیب دیدگی شدند (شکل ۸).



شکل ۶: تأثیر افزایش و پیشروی ناگهانی سطح تراز آب دریای خزر در فرسایش و نفوذ آب دریا در کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر (LANDSAT, MSS Sensor, 1977).



شکل ۷: بقایای روستای تخریب شده چاپقلی بر اثر پیشروی و بالا آمدن ناگهانی سطح تراز آب دریای خزر بین سال‌های ۱۳۵۷-۱۳۷۵ خورشیدی (۱۹۷۸-۱۹۹۶ میلادی) که به تخریب و متروک شدن کامل آن انجامید (تصویر از عمادالدین، ۱۳۹۱: ۱۳۲).

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.



شکل ۸: تخریب درختان جنگلی در مناطق ساحلی دریای خزر تحت تأثیر پیشروی سطح تراز آب دریای خزر بین سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی (۱۹۷۷-۱۹۹۶ میلادی) (تصویر از خوشروان، ۱۳۹۶؛ مکاتبات شخصی).

محدوده مکانی LC 6 منطبق بر کرانه‌های بندر گز در جنوب خلیج گرگان است. تغییرات و جابجایی خط ساحلی در محدوده کرانه‌های خلیج گرگان و از جمله بندر گز LC 6 و بندر ترکمن LC 7 به شدت به نوسانات سطح تراز آب خلیج گرگان به پیروی از نوسانات سطح تراز آب دریای خزر وابسته است. محاسبات انجام شده در محدوده بندر گز LC 6 نرخ متوسط تغییرات خط ساحلی را در حدود ۵۵/۳ متر در سال نشان می‌دهد. همچنین، این محاسبات نشان می‌دهند که حداکثر میزان پیشروی و نفوذ آب دریا در خشکی طی دوره افزایش سطح تراز آب دریای خزر بین سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی در این محدوده در حدود ۱/۴ کیلومتر بوده که در بخش باختری بندر رخ داده است. همچنین، طی این مرحله حدود ۹/۸۸ کیلومتر مربع از زمین‌های ساحلی اطراف بندر گز با فرسایش روبرو شده‌اند (جدول ۲).

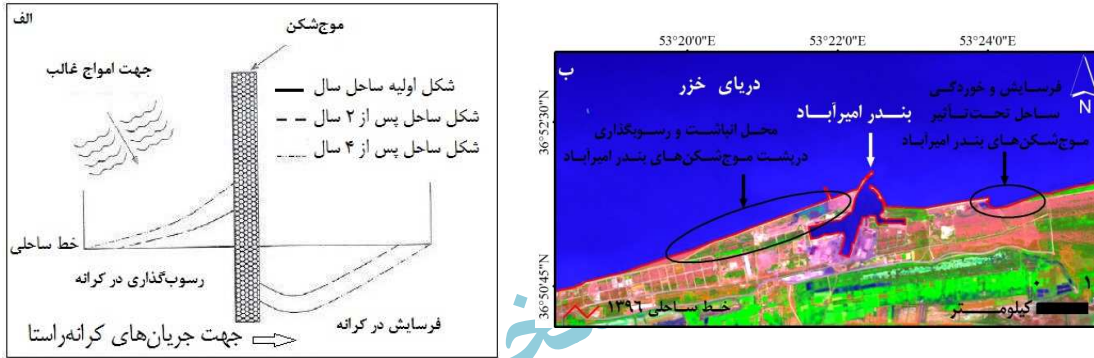
کرانه‌های حفاصل بین دهانه رودخانه قره‌سو و بندر ترکمن محدوده LC 7 می‌باشد. نرخ متوسط پیشروی آب دریا در این بخش از منطقه تقریباً بیش از ۴۰ متر در سال برآورد شد. همچنین، حداکثر میزان پیشروی آب دریا در ساحل این بخش از منطقه در حدود ۱/۲ کیلومتر در بخش خاوری این بندر محاسبه گردید. به علاوه، سواحل این منطقه از سال ۱۳۵۶ تا ۱۳۷۵ خورشیدی به میزان ۷/۸۸ کیلومتر مربع دچار فرسایش شده است (جدول ۲).

تغییرات خط ساحلی طی دوره ۱۳۷۵-۱۳۹۶ خورشیدی (۱۹۹۶-۲۰۱۷ میلادی) به‌طور کلی بایستی بیان داشت طی دوره کاهش و پس‌روی سریع سطح تراز آب دریای خزر که بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۷۵ خورشیدی (۱۹۹۶-۲۰۱۷ میلادی) رخ داده، تغییرات خط ساحلی به‌صورت جابجایی پیش‌رونده خط ساحلی به‌سوی دریا بوده است. در ادامه نتایج تغییرات و جابجایی‌های رخ داده در موقعیت خط ساحلی منطقه مورد مطالعه طی بازه زمانی دوم مورد بررسی در قالب LC‌های هفت‌گانه تشریح شده است.

کرانه‌های محدوده بندر چندمنظوره امیرآباد جزء بخش آغازین مجموعه جزیره‌سدی میانکاله در بخش باختری آن محسوب می‌شود (LC 1). سواحل این محدوده دست‌کم طی دو دهه گذشته، به‌شدت تحت تأثیر فعالیت‌های توسعه انسانی و اجرای طرح‌های صنعتی قرار گرفته است. با احداث و بهره‌برداری از بندر چندمنظوره امیرآباد در بخش باختری و آغازین منطقه حفاظت‌شده میانکاله، جهت حفاظت از کانال دسترسی و حوضچه آرامش این بندر اقدام به ساخت و توسعه موج‌شکن‌ها و دستک‌هایی در محدوده بندر مذکور شده است. احداث و مطول نمودن چنین سازه‌های مهندسی معمولاً در کرانه‌های دو سوی آن‌ها اثرات متضاد و متفاوتی را به‌دنبال دارد. به‌طور کلی، احداث سازه‌های مهندسی از

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

قبیل موج شکن، آب شکن، دستک یا بازو، جتی و غیره در سواحل سبب می شوند تا کرانه های یک سمت این سازه ها با پدیده رسوب گذاری و کرانه های مقابل آن با فرسایش روبرو گردد (شکل ۹).



شکل ۹: الف) نمایشی شماتیک از چگونگی تأثیر احداث و توسعه سازه های مهندسی (موج شکن) در تغییر وضعیت سواحل؛ ب) تأثیر احداث موج شکن و توسعه دستک های بندر امیرآباد در تغییر وضعیت کرانه های خاوری و باختری آن (LANDSAT, OLI Sensor, 2017).

کرانه های محدوده بندر چندمنظوره امیرآباد که بر LC 1 منطبق است، علاوه بر تأثیرپذیری از روند کاهش و پس روی دو دهه اخیر سطح تراز آب دریای خزر، در نتیجه افزایش فعالیت های انسانی نیز دچار رسوب گذاری شدید و فرسایش شده است. به عبارت دیگر، کرانه های باختری و خاوری این منطقه رفتارهای واکنشی متفاوتی را از خود نشان می دهند. به طوری که هم زمان با کاهش و پس روی سطح تراز آب دریای خزر، فرایند غالب در کرانه های بخش باختری منطقه طی ۲۱ سال اخیر در مجموع رسوب گذاری شدید بوده است. اما این در حالی است که کرانه های بخش خاوری منطقه در اثر احداث و مطول ساختن بازوها و دستک های موج شکن این بندر به طور غالب تحت تأثیر فرسایش قرار داشته اند (شکل ۱۰). هر چند طی دهه اخیر به منظور حفاظت از تأسیسات پس کرانه بندر امیرآباد، در پشت ضلع خاوری موج شکن آن به طور مصنوعی اقدام به رسوب گذاری نیز شده است. به طور کلی، بایستی گفت فرایند رسوب گذاری همسو با جریان های کرانه راستای انتقال رسوب، به ویژه در جهت عمود بر موانع ساحلی احداث شده در بندر رخ داده؛ در حالی که در کرانه های ضلع مقابل آن ها عمدتاً فرسایش شدید، پدیده غالب بوده است (شکل ۹).



شکل ۱۰: نمایشی از اثرات توسعه و مطول ساختن موج شکن بندر چندمنظوره امیرآباد در تغییرات فرسایشی و خوردگی سواحل بخش خاوری آن که پیش از احداث این گونه سازه های مهندسی از نوع سواحل رسوب گذاری بوده است. منبع: پژوهشگر، شهر یورماه ۱۳۹۶.

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

برپایه محاسبات انجام شده مشخص شد که نرخ متوسط پیشروی خط ساحلی به سوی دریا طی سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۷۵ خورشیدی در محدوده LC 1 حدود ۹/۷ متر در سال بوده است. همچنین، طی این دوره زمانی در مجموع تقریباً حدود ۱/۵ و ۰/۶۸۰ کیلومتر مربع به ترتیب رسوب‌گذاری و فرسایش در این محدوده رخ داده است (جدول ۲). این مقدار رسوب‌گذاری در کرانه باختری بندر چندمنظوره امیرآباد منشاء طبیعی ندارد و بیشتر در اثر فعالیت‌های انسانی از جمله احداث و مطول ساختن موج‌شکن و بازوهای است که به منظور جلوگیری از رسوب‌گذاری مواد در دهانه حوضچه آرامش بندر در راستای برنامه‌های توسعه در این بندر اجرا شده است (شکل ۹ ب).

همان‌طور که پیش‌تر نیز گفته شد محدوده LC 2 در کرانه‌های بخش میانی مجموعه جزیره‌سدی میانکاله قرار دارد. عدم دخالت قابل توجه انسان در کرانه‌های بکر و دست‌نخورده این منطقه سبب شده است تا نرخ تغییرات و جابجایی خط ساحلی در زمان‌های پیشروی و پس‌روی سطح تراز آب دریای خزر در این بخش، گویای شرایط نرمال و طبیعی آن باشد. نرخ متوسط به‌دست‌آمده برای پیشروی و جابجایی خط ساحلی در این محدوده تقریباً حدود ۶/۳ متر در سال محاسبه شد. همچنین، طی این دوره زمانی در این منطقه اثری از فرسایش یا پیشروی آب دریا در خشکی مشهود نبوده و در مجموع حدود ۱/۴ کیلومتر مربع رسوب‌گذاری در منطقه انجام شده است (جدول ۲).

محدوده LC 3 در بخشی از کرانه‌های جزیره‌سدی انتخاب شد که محل زایش، گسترش و نابودی سدها و زبانه‌های ماسه‌ای طی دوره‌های پیشروی و پس‌روی سطح تراز آب دریای خزر، تعدادی سد و زبانه ماسه‌ای (که گاهی به شکل جزایر سدی نیز در منطقه پدیدار می‌شوند) در راستای کرانه‌های این بخش از منطقه شکل می‌گیرند و از بین می‌روند (شکل ۱۱). در مرحله پیشروی و بالآمدن سطح تراز آب دریای خزر بین سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی تعدادی از این اشکال در این منطقه تشکیل شده بودند. اما این اشکال مورفولوژیکی، طی دوره پس‌روی و کاهش سطح تراز آب دریای خزر بین سال‌های ۱۳۹۶-۱۳۷۵ خورشیدی به‌مرور از بین رفته و بر گستره خشکی منطقه افزوده شده است. به عبارت دیگر، طی این مدت تقریباً حدود ۵/۵ کیلومتر مربع بر وسعت زمین‌های ساحلی این منطقه افزوده شده است. علاوه بر آن، متوسط نرخ پیشروی و جابجایی خط ساحلی به سوی دریا در این بخش از منطقه حدود ۳۷/۵ متر در سال به‌دست آمد. از جمله دلایل افزایش میزان رسوب‌گذاری و نرخ پیشروی خط ساحلی به سوی دریا در این بخش می‌توان به ملایم بودن شیب منطقه و کاهش اندازه ذرات رسوبی نهشته‌گذاری شده در منطقه اشاره کرد.



این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.



شکل ۱۱: نمونه‌ای از زیانه‌های ماسه‌ای ایجاد شده در کرانه‌های منطقه مورد مطالعه. منبع: پژوهشگر، شهریورماه ۱۳۹۶.

وضعیت تغییرات و جابجایی خط ساحلی در محدوده LC 4 به‌طور چشمگیری از کرانه‌های نیمه باختری مجموعه جزیره سدی میانکاله متفاوت تر است. با توجه به شیب بسیار ملایم کرانه‌های این محدوده هم در بخش دریایی و هم در بخش خشکی و نیز به دلیل کاهش قطر ذرات رسیده و نهشته‌گذاری شده در این بخش، نرخ متوسط پیشروی خط ساحلی به‌سوی دریا حدود ۸۸/۶ متر در سال اندازه‌گیری شد. همچنین، محاسبات انجام شده بر روی تصاویر ماهواره‌ای مورد بررسی طی این دوره نشان می‌دهند که در مجموع حدود ۱۵/۸۱ کیلومترمربع در این بخش از منطقه رسوب‌گذاری انجام شده است. به‌طوری‌که باعث شده تا جزیره آشوراده که طی دوره پیشروی قبلی در این بخش نمایان شده بود به‌مرور زمان و بر اثر جریان‌های کرانه‌رسانی انتقال رسوب در همراهی با پس‌روی سطح تراز آب دریا، بار دیگر به سرزمین اصلی میانکاله متصل گردد. این اتصال، به‌سبب مسدود شدن دوباره کانال ارتباطی غیردائمی خوزینی از سوی دریا شد. به‌طوری‌که در حال حاضر در این کانال تنها از طرف خلیج گرگان جریانی از آب وجود دارد که در رأس آن به‌صورت انشعابی دوشاخه‌ای نمایان است (شکل ۱۲). همین مقدار آب نیز در اثر تداوم پس‌روی سطح تراز آب دریای خزر طی سال‌های گذشته در حال کاهش و پس‌روی است (شکل ۱۳).



شکل ۱۲: نمایی از انشعاب دوشاخه‌ای در رأس کانال خوزینی (Google Earth, 2018).

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.



شکل ۱۳: نمایی از پس روی اخیر سطح آب از کانال خوزینی. میزان پس روی با خط چین مشخص شده است (نگاه به سمت باختر). منبع: پژوهشگر، شهریورماه ۱۳۹۶.

از سوی دیگر تدوام یافتن روند پس روی و کاهش سطح تراز آب دریای خزر طی سال های گذشته باعث کاهش شدید ژرفای مفید کانال های ارتباطی چاپقلی و آشوراده و نمایان شدن تعدادی جزیره بزرگ و کوچک در دهانه کانال ارتباطی اصلی و دائمی چاپقلی شده، به طوری که بزرگ ترین آن ها به عنوان مانعی اصلی در مسیر این کانال محسوب می شوند. مساحت این جزیره بر روی تصویر سنجنده OLI ماهواره LANDSAT متعلق به سال ۲۰۱۷، حدود ۴ کیلومترمربع (۴۰۰ هکتار) محاسبه گردید (شکل ۱۴). پایش تصاویر ماهواره ای سال های اخیر نشان می دهد پیدایش و گسترش هسته اولیه این جزیره که از سال ۱۳۹۰ خورشیدی (۲۰۱۱ میلادی) در منطقه نمایان شده و تاکنون به رشد خود ادامه داده، گویایی به صدا درآمدن زنگ خطر خشکی زایی دوباره در منطقه است. با شواهد میدانی انجام شده از منطقه و مصاحبه شخصی و میدانی با افراد بومی (حافظان محیط زیست منطقه حفاظت شده میانکاله، صیادان، دامداران و کشاورزان محلی) مشخص شد که ژرفای مفید کانال های ارتباطی بین خلیج گرگان و دریای خزر به ویژه کانال های اصلی و دائمی چاپقلی و آشوراده به شدت کاهش یافته است (شکل ۱۵).



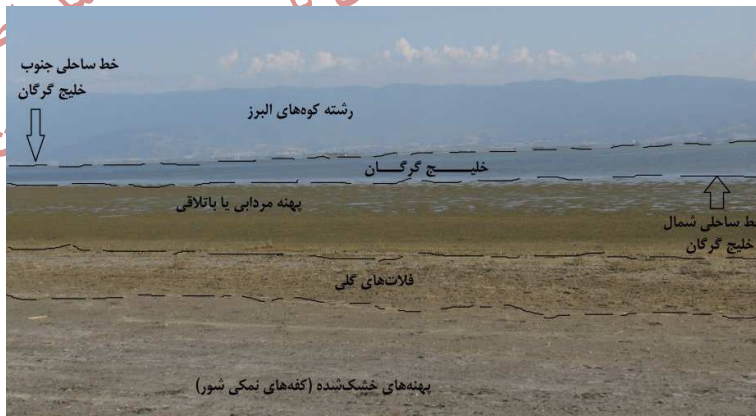
شکل ۱۴: روند زایشی و تکاملی جزیره ایجاد شده در دهانه ورودی کانال چاپقلی. همان طور که در شکل نیز مشخص است در سال ۱۳۸۸ اثری از جزیره مذکور در منطقه نیست اما هسته اولیه آن از سال ۱۳۹۰ خورشیدی در منطقه شکل گرفته و تا به امروز به مساحت آن افزوده شده است (LANDSAT, OLI Sensor, 2017).

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.



شکل ۱۵: نمایی از کاهش شدید ژرفای کانال آشوراده که ژرفای آن نهایتاً تا زانوی یک فرد بالغ (تقریباً حدود ۵۰ سانتی متر) می رسد. منبع: پژوهشگر، شهریورماه ۱۳۹۶.

بیشترین میزان تغییرات و جابجایی خط ساحلی طی دوره کاهش و پس روی اخیر سطح تراز آب دریای خزر در منطقه مورد مطالعه در محدوده LC 5 رخ داده است. این منطقه که در محدوده کم ژرفای منتهی الیه بخش باختری خلیج گرگان قرار دارد، همواره در پی نوسانات سریع سطح تراز آب دریای خزر مستعد تغییرات و جابجایی های گسترده ای است. به طوری که، طی مرحله پس روی سطح تراز آب دریای خزر بین سال های ۱۳۷۵-۱۳۹۶ خورشیدی، حداکثر مقدار پس روی آب از منطقه در حدود بیش از ۴۷۰۰ متر بوده است. همچنین، نرخ متوسط تغییرات و جابجایی خط ساحلی در این بخش حدود ۱۹۳ متر در سال محاسبه شد. علاوه بر آن، در مجموع حدود ۷۲/۵۵ کیلومتر مربع از زمین های این بخش از زیر آب دریای خزر بیرون آمده و دچار خشکی زایی گسترده ای شده است. در واقع، زمین های خارج شده از زیر آب در این ناحیه، بخشی از بستر تالاب بین المللی میانکاله بوده اند که امروزه در سطح نمایان گشته اند (شکل ۱۶).

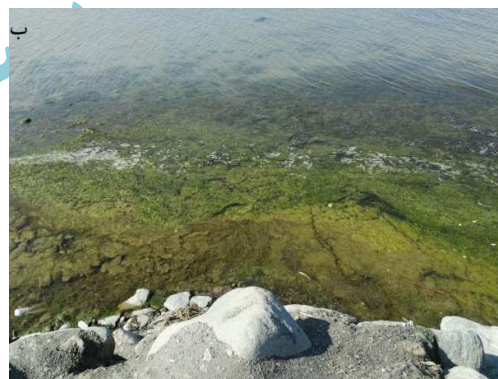
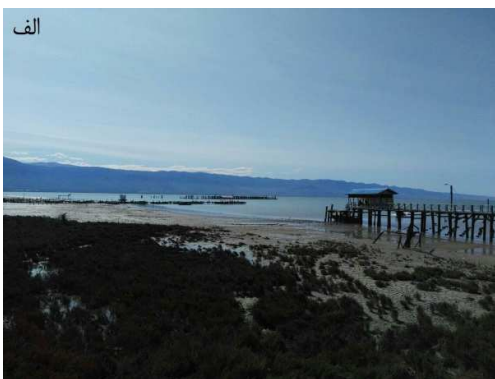


شکل ۱۶: نماهایی از خشکی زایی گسترده و تغییرات محیطی ایجاد شده در بخش باختری خلیج گرگان در محدوده تالاب بین المللی میانکاله بر اثر پس روی سطح تراز آب دریای خزر. منبع: پژوهشگر، شهریورماه ۱۳۹۶.

کرانه های بندر گز نیز همانند سایر کرانه های منطقه از تغییرات و جابجایی های خط ساحلی در امان نبوده است. محدوده LC 6 منطبق بر کرانه های این بخش است. به دنبال تداوم روند کاهش سطح تراز آب دریای خزر بین سال های ۱۳۹۶-۱۳۵۷ خورشیدی، خط ساحلی کرانه های محدوده بندر گز در بیشترین حد خود به میزان بیش از ۷۰۰ متر به سوی

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

دریا پیشروی کرده و جابجا شده است. نرخ متوسط جابجای خط ساحلی در این بخش در حدود ۲۲/۵ متر در سال برآورد گردید. همچنین، در مجموع حدود ۳/۲۵ کیلومترمربع رسوب گذاری در کرانه های این بخش انجام شده است. کاهش سطح تراز آب دریای خزر منجر به پسروی قابل توجه خط ساحلی و رسوب گذاری چشمگیر در کرانه های بندر گز شده و باعث شده تا فعالیت های بندری در این بخش دچار اختلال گردد. به عبارت دیگر، برپایه مشاهدات میدانی از کرانه های منطقه مورد مطالعه و نیز با استناد به مصاحبه شخصی با بومیان محلی و ذی نفعان ساحل نشین منطقه و نیز گزارش های ملموس آن ها از روند پسروی اخیر، در حال حاضر ژرفای آب خلیج گرگان در اطراف پایه های چوبی اسکله بندر گز به کمتر از ۲۰ سانتی متر کاهش یافته است. به گونه ای که رفت و آمد مردمان بومی با قایق های موتوری کوچک نیز در این بندر با مشکلات جدی روبرو گردیده و امورات بندری و دریانوردی آن ها با سختی انجام می شود (شکل ۱۷).



شکل ۱۷: تأثیر کاهش سطح تراز آب دریای خزر بر وقوع پدیده خشکی زایی، پسروی خط ساحلی و کاهش شدید ژرفای آب در کرانه های بندر گز. الف) پسروی و خشکی زایی گسترده که منجر به ازکارافتادن بسیاری از اسکله ها در بندر گز گردیده است؛ ب) پسروی خط ساحلی و کاهش شدید ژرفای آب در کرانه های بندر گز. (تصاویر از خوشروان، ۱۳۹۶؛ مکاتبات شخصی).

کرانه های اطراف بندر ترکمن به عنوان محدوده LC 7 در نظر گرفته شده است. سواحل بندر ترکمن نیز متأسفانه در پی پسروی سطح تراز آب دریای خزر دچار خشکی زایی و پیشروی خط ساحلی به سوی دریا شده است. همان طور که در شکل ۱۸ نیز مشخص است کرانه های سنگی انسان ساز بندر ترکمن که با اهداف توسعه گردشگری در منطقه ایجاد شده اند، همچنان پس از گذشت چندین سال در انتظار بازگشت آب دریای خزر و رونق بخشی دوباره به این منطقه است. محاسبات و اندازه گیری های انجام شده نشان می دهند که وسعت خشکی زایی در کرانه های این بخش در مجموع حدود ۳/۸۹ کیلومترمربع است. به طوری که حداکثر مقدار پسروی آب دریای خزر از کرانه های بندر ترکمن بیش از ۷۵۰ متر است. همچنین، نرخ متوسط پسروی آب دریا از کرانه های این بندر در حدود ۱۹/۹ متر در سال محاسبه و اندازه گیری شد. مسائل و مشکلاتی که به واسطه پایین رفتن سطح تراز آب دریای خزر در بندر گز به وجود آمده و مورد بحث قرار گرفتند در کرانه های بندر ترکمن نیز مشهودند.

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.



شکل ۱۸: نمایی از ساحل بندر ترکمن در سال ۱۳۸۹ خورشیدی زمانی که سطح تراز آب دریای خزر حدود ۵۰ سانتی متر بالاتر از تراز امروزی بود. نشانه‌های خشکی زائی در حاشیه بندر کاملاً مشهود است. (تصویر از خوشروان، ۱۳۹۶؛ مکاتبات شخصی).

نتیجه گیری نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفاً دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

کرانه‌های دریای خزر به دلیل وقوع فرایندهای دوره‌ای کوتاه مدت و درازمدت هیدرودینامیکی و آب‌وهوایی شدیداً تحت تأثیر عوامل ویران گر برروی منابع طبیعی آب‌و خاک قرار دارند. سازگاری با این شرایط و جلوگیری از نابودی منابع محیط طبیعی مستلزم به کارگیری روش‌های مناسب حفاظت از سواحل است، به طوری که به واسطه استفاده از آنها علاوه بر تثبیت خط ساحلی برگستره زمین‌های ساحلی نیز افزوده شود. پیش‌نیاز این مهم، شناخت وضعیت کنونی حفاظت از سواحل در کرانه‌های دریای خزر در برابر نیروهای فرسایشی است. نوسانات سطح تراز آب دریای خزر طی دهه‌های اخیر بر اهمیت موضوع افزوده است. زیرا، پیشروی‌ها و پس‌روی‌های متعدد سطح تراز آب دریای مسائل و مشکلات گوناگونی را برای فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی منطقه ساحلی به بار آورده است. رخداد نوسانات سطح تراز آب دریای خزر چه در قالب فاز پیشروی و بالا آمدن و چه در قالب فاز پس‌روی و کاهش سطح تراز به یکی از مهم‌ترین مسائل و چالش‌های جدی در کرانه‌های شمالی کشور تبدیل شده است. از جمله مهم‌ترین مسائل و مشکلاتی که در سواحل منطقه مورد مطالعه وجود دارد می‌توان به موضوعاتی همچون: نوسانات سریع سطح تراز آب دریای خزر و اثرات آن بر کرانه‌های ساحلی، تجاوز به حریم دریا و کاربری‌های نادرست از زمین‌های ساحلی توسط بومیان و ذی‌نفعان محلی، رسوب‌گذاری قابل توجه در بنادر، فرسایش سواحل و از بین رفتن زمین‌های ساحلی، مسائل زیست‌محیطی متعدد و غیره در منطقه اشاره کرد. نتایج به دست آمده از پایش تغییرات و جابجایی‌های خط ساحلی کرانه‌های جنوب‌خاوری دریای خزر طی بازه زمانی ۱۳۹۶-۱۳۵۶ خورشیدی طی دو دوره زمانی (بازه نخست: ۱۳۷۵-۱۳۵۶ خورشیدی و بازه دوم: ۱۳۹۶-۱۳۷۵ خورشیدی) انجام گردید. برپایه پایش مستمر تصاویر ماهواره‌ای مشخص شد که طی این دوره فرایند غالب در منطقه، فرسایش و به‌زیرآب رفتن کرانه‌های منطقه بوده و رسوب‌گذاری در این مدت بسیار ناچیز بوده است. به عبارت دیگر، طی این دوره کمترین میزان فرسایش حدود ۲/۴۶ کیلومترمربع در محدوده LC 2 بوده است. همچنین، بیشترین میزان فرسایش در حدود ۱۶۸/۸۰ کیلومترمربع در محدوده LC 5 بوده است. طی این دوره صرفاً حدود ۰/۰۹۱۵ کیلومترمربع رسوب‌گذاری در محدوده LC 1 انجام شده است (جدول ۲). به طور کلی، طی این دوره در محدوده LC 1 نرخ متوسط پس‌روی خط ساحلی ۱۴/۴ متر در سال برآورد گردید. همچنین، کمترین و بیشترین میزان پس‌روی خط ساحلی در این بخش حدود ۱۵۰ و ۳۵۸ متر بوده است. میزان جابجایی خط ساحلی در محدوده LC 2

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این

نسخه بدون تاریخ و شماره است.

کمترین نرخ تغییرات خط ساحلی بوده و به طور متوسط $13/2$ متر در سال برآورد گردید. در محدوده LC 3 سرعت پیشروی آب دریا 46 متر در سال محاسبه و حداکثر و حداقل میزان پیشروی آب دریا در این بخش به ترتیب، 1076 متر و 674 متر اندازه گیری شد (جدول ۱). حداکثر مقدار پیشروی آب دریا در محدوده LC 4 حدود 3155 متر و در محدوده LC 5 حدود 25010 متر به دست آمد. این مقادیر بیشترین نرخ جابجایی و پیشروی آب دریا در خشکی طی دوره $1375-1356$ در کل منطقه و در تمامی سلول های ساحلی است. علاوه بر آن، متوسط نرخ پیشروی آب دریا در این مناطق به ترتیب در حدود 143 و 1177 متر در سال برآورد گردید. نرخ متوسط تغییرات خط ساحلی در محدوده LC 6 حدود $55/3$ متر در سال بوده و حداکثر میزان پیشروی آب دریا طی این دوره حدود $1/4$ کیلومتر محاسبه شد. نرخ متوسط پیشروی آب دریا در محدوده LC 7 حدود 40 متر در سال برآورد شد. همچنین، حداکثر میزان پیشروی آب دریا حدود $1/2$ کیلومتر محاسبه گردید. همچنین، یافته های به دست آمده نشان می دهند که طی بازه زمانی دوم مورد مطالعه، بر اثر کاهش و پسروی سطح تراز آب دریای خزر، رسوب گذاری و خشکی زایی در منطقه فرایند غالب بوده است. برپایه نتایج، مشخص شد که کمترین و بیشترین میزان رسوب گذاری به ترتیب حدود $1/40$ کیلومترمربع در محدوده LC 2 و حدود $72/55$ کیلومترمربع در محدوده LC 5 انجام شده است. همچنین طی این دوره، صرفا حدود $0/68$ کیلومترمربع از کرانه های منطقه در محدوده LC 1 دچار فرسایش شده است (جدول ۲). محاسبات حاصل از تغییرات و جابجایی خط ساحلی کرانه های منطقه مورد مطالعه طی دوره زمانی دوم مورد مطالعه بین سال های $1396-1375$ خورشیدی نشان می دهند که نرخ پیشروی خط ساحلی به سوی دریا در محدوده LC 1 به طور متوسط حدود $9/7$ متر در سال بوده است. همچنین، کمترین و بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی در این بخش حدود 95 و 394 متر بوده است. اما، نرخ متوسط جابجایی خط ساحلی در محدوده LC 2 حدود $6/3$ متر در سال محاسبه شد و بیشترین میزان جابجایی خط ساحلی حدود 143 متر اندازه گیری شد. حداکثر جابجایی خط ساحلی در محدوده LC 3 حدود 828 متر و نرخ متوسط پیشروی خط ساحلی به سوی دریا حدود $37/5$ متر در سال به دست آمد. در محدوده LC 4 نرخ متوسط پیشروی خط ساحلی به سوی دریا حدود $88/6$ متر در سال و حداکثر پیشروی خط ساحلی حدود 2049 متر اندازه گیری شد. اما، نرخ متوسط تغییرات و جابجایی خط ساحلی در محدوده LC 5 حدود 193 متر در سال، در محدوده LC 6 در حدود $22/5$ متر در سال و در محدوده LC 7 حدود $19/9$ متر در سال محاسبه و اندازه گیری شد.

منابع

- آزرسا، سید علی، رزم خواه، فرهاد (۱۳۸۵)؛ بررسی موقعیت خط ساحلی در خلیج چابهار با استفاده از داده های ماهواره ای، مجله علوم زمین، سال پانزدهم، شماره ۶۰، صص: ۸۷-۸۰. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=107947>.
- خوش رفتار، رضا (۱۳۸۴)؛ تکامل ژئومورفولوژی دلتای رود سپیدرود در کوتاه ترین، رساله دکتری تخصصی (Ph.D)، رشته جغرافیای طبیعی/ ژئومورفولوژی، استاد راهنما: جمشید جداری عیوضی، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، گروه آموزشی ژئومورفولوژی.
- خوشروان، همایون، بنی هاشمی، سیده معصومه (۱۳۹۱)؛ نوسانات سریع دریای خزر و تغییر شکل مورفودینامیکی مصب رودخانه ها، دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی، تهران، صص: ۱۷۶-۱۷۰. <https://civilica.com/doc/184223/>.
- خوشروان، همایون، روحانی زاده، سمیه، ملک، جواد، نژادقلی، قاسم (۱۳۹۰)؛ ناحیه بندی سواحل جنوبی دریای خزر براساس شواهد مورفودینامیک رسوبی، تهران، مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۷، شماره ۳، صص: ۱۵-۰۱. https://jesphys.ut.ac.ir/article_23598.html.

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این

نسخه بدون تاریخ و شماره است.

عمادالدین، سمیه (۱۳۹۱)؛ شواهد ژئومورفولوژیک تغییر سطح اساس رودخانه‌های منتهی به جنوب شرقی دریای خزر در کواترنری پسین (رودخانه‌های نکاء و گرگان‌رود)، رساله دکتری تخصصی (Ph.D)، رشته جغرافیای طبیعی / ژئومورفولوژی، استاد راهنما: منصور جعفر بیگلر، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، گروه آموزشی ژئومورفولوژی.

لاهیجانی، حمید (۱۳۸۳)؛ مقدمه‌ای بر ویژگی‌های دریای خزر، انتشارات نوربخش، چاپ نخست.

منصوری، رضا (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، گروه آموزشی ژئومورفولوژی.

A. Naderi Beni, H. Lahijani, R. Mousavi Harami, K. Arpe, S. A. G. Leroy, N. Marriner V. Andrieu-Ponel, M. Djamali, A. Mahboubi, and P. J. Reimer, M. Berberian. (2013); Caspian sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the south Caspian Sea, *Clim. Past*, 9, 1645–1665. <https://doi.org/10.5194/cp-9-1645-2013>

Amini, A., Moussavi, R., Lahijani, H., Mohboubi, A., (2012); Holocene Sedimentation Rate in Gorgan Bay and Adjacent Coasts in Southeast of Caspian sea, *Basic and Applied Scientific Research*2, (1), pp: 289-297. [10.22124/cjes.2019.3664](https://doi.org/10.22124/cjes.2019.3664)

Berberoglu, S., Akin, A., (2009); Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 11(1), 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2008.06.002>

Chen, C., Fu, J., Zhang, S., Zhao, X., Coastline information extraction based on the tasseled cap transformation of Landsat-8 OLI images, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.10.021>

Chen, J. L., Pekker, T., Wilson, C. R., Tapley, B. D., Kostianoy, A. G., Cretaux, J. F., & Safarov, E., S., (2017); Long-term Caspian Sea level change. *Geophysical Research Letters*, 44 (13), 6993-7001. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2017GL073958>

Chen, L. C., and Rau, J. Y., (1998); Detection of shoreline change for tideland area using multi-temporal satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 17, 3383-3397. <https://doi.org/10.1080/014311698214055>

Ghosh, M. K., Kumar, L., Roy, C., (2015). Monitoring the coastline change of Hatiya Island in Bangladesh using remote sensing techniques. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 101, 137-144. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.12.009>

Green, E. P., Mumby, P.J., Edwards, A. J., Clark, C. D., (Ed. A. J. Edwards), (2000); *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. Coastal Management Sourcebooks 3, UNESCO, Paris. x + 316 pp.

Kakroodi, A., A., Kroonenberg, S., B., Hoogendoorn, R., M., Mohammadkhani, H., Yamani, M., Ghassemi, M., R., Lahijani, H., A., K., (2012); Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast, *Quaternary International*, 263, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.12.007>

Kakroodi, A., A., Kroonenberg, S., B., Naderi Beni, A., Noehgar, N., (2014); Short- and longterm development of the Miankaleh Spit, Southeast Caspian Sea, Iran. *Journal of Coastal Research* 30 (6), 1236–1242. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00174.1>

Kakroodi, A., A., Leroy, S. A. G., Kroonenberg, S., B., Lahijani, H., A., K., Alimohammadian, H., Boomer, I., Goorabi, A., (2015); Late Pleistocene and Holocene sea-level change and coastal paleoenvironment evolution along the Iranian Caspian shore, *Marine Geology*, 361, PP: 111-125. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.12.007>

Karpychev, Yu.A., (1989); Changes in the Caspian sea-level in the Holocene according to radiocarbon date. *Water Resources*, 1: 5-20.

Kroonenberg, S.B., Badyukova, E.N., Storms, J.E.A., Ignatov, E.I., & Kasimov N.S., (2000); A full sea-level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores, *Sedimentary Geology*, 134, 257-274. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(00\)00048-8](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00048-8)

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. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(96\)00028-0](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(96)00028-0)

Lahijani, H., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., Hosseindoost, M., 2009; Evidence for late Holocene Highstand in Central Guilan-East Mazandaran, South Caspian Coast, *Quaternary International*, (197), pp: 55-71. [10.1016/j.quaint.2007.10.005](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.10.005)

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. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.09.012>

Liu, Y., Huang, H., Qiu, Z., Fan, J., (2013). Detecting coastline change from satellite images based on beach slope estimation in a tidal flat. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*. 23, 165-176. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.12.005>

Mamedov, A., V., (1997); The late Pleistocene-Holocene history of the Caspian sea, *quaternary international*, (41/42), pp: 161-166. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(96\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(96)00048-1)

Mujabar, S., Chandrasekar., (2011). A shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin, India, using digital shoreline analysis system. *Geo-Spatial Information Science*. 14(4), 282-293. [10.1007/s11806-011-0551-7](https://doi.org/10.1007/s11806-011-0551-7)

Naderi beni, Abdolmajid; Alizadeh-Lahijani, Hamid; Pourkerman, Majid; Jokar, Rahman; Djamali, Mortza; Marriner, Nick; Andrieu-Ponel, Valerie; Mousavi Harami, Reza; (2014); Late Holocene Caspian Sea Level Changes and its Impacts on Low Lying Coastal Evolution: a Multidisciplinary Case Study from South Southeastern Flank of the Caspian Sea, *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)/Vol 1. 5/No. 16, PP: 27-48. <http://jpg.inio.ac.ir/article-1-274-en.html>*

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

- Ouma, Y.O., Tateishi, R., (2006). A water index for rapid mapping of shoreline changes of five East African Rift Valley lakes: an empirical analysis using Landsat TM and ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*. 27(15), 3153-3181. <https://doi.org/10.1080/01431160500309934>
- Ownegh, M., (2010); Cyclic development of the Qare-Su river drainage network in response to Caspian sea level fluctuations in late Quaternary, Environmental Consequences of the climate change, international conference, Moscow, Abstract Volume pp: 1-961.
- Padmalal, D., Kumaran, K., P., N., Limaye, Ruta B., Baburaj, B., Maya, K., Mohan, S. Vishnu, (2014); Effect of Holocene climate and sea level changes on landform evolution and human habitation: Central Kerala, India, *Quaternary International*, 325, PP: 162-178. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.12.032>
- Pethick, J., 1991; An introduction to coastal geomorphology. Routledge. Chapman and Hall. Inc. Fifth impression.
- Renssen, H., Lougheed, B., C., Aerts, J., C., J., H., Moel, H., de, Ward, P., J., Kwadijk, J.C.J., (2007); Simulating long-term Caspian Sea level changes: The impact of Holocene and future climate conditions, *Earth and Planetary Science Letters*, 261, pp: 685-693. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.07.037>
- Rychagov, G.I., (1997); Holocene Oscillations of the Caspian Sea and forecasts based on paleogeographical reconstructions, *Quaternary International*, 41/42: 167-172. [10.1016/S1040-6182\(96\)00049-3](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(96)00049-3)
- Varushchenko, S.I., Varushchenko, A.N., & Klige, R.K.,(1987); Changes in the regime of the Caspian Sea and closed basins in time. Moscow, Nauka, 240 p.

نسخه موقت

این نسخه موقت و قبل از ویراستاری نهایی می باشد. لطفا
برای ارجاع دقت کنید این نسخه بدون تاریخ و شماره است.

This version is temporary and before the final edit. Please notice for citing this version is without date or page number.

Monitoring Coastline Changes of the SE Caspian Sea Coasts, 1977 to 2017

Reza Mansouri^{*1}, Mohammad Reza Sarvati[‡], Manijeh Ghohroudi Tali[‡]

Received: -----

Accepted: -----

Abstract

The coastline is one of the most rapidly changing landforms of coastal areas. It changes constantly because of the rising sea level due to natural conditions and the influence of human activities. The position of coastline usually changes following the tides. Therefore, quick and accurate measurements of dynamic coastline changes are of great significance to coastal management, sea level change research, environmental protection, and sustainable coastal development. The main purpose of this study is monitoring Caspian Sea coastline changes under the influence of sea level fluctuations during the period 1977-2017. In this regard, the Landsat satellite imageries collection, Google Earth, topographic maps and fieldworks has been used in an analytical-descriptive manner. Then, making the necessary corrections on images, combining and merging the bands with each other, the best and most appropriate band composition was selected to extraction the coastline. Then, according to the rate of changes in the region's shores, 7 littoral cells were defined in the region. In the next step, the coastline position was extracted by tracking the location of the high watermark through visual and spectral separation methods and entered the database as digital layers. The coastline changes are monitored in two time periods, from 1977-1996 and 1996-2017. The results show that during the first period, erosion was the dominant process in the region. The lowest erosion rate was about 2.46 km² in the LC2 and the highest was about 168.80 km² in the LC5 and only about 0.0159 km² sedimentation occurred in the LC1. But during the second period, the predominant process in the region was sedimentation. The minimum and maximum sedimentation rates were about 1.40 km² in the LC2 and about 72.55 km² in the LC5, respectively. During this period, only about 0.68 square kilometers of erosion occurred in the LC1.

Keywords: Caspian Sea, Sea Level, Coastline, Progradation, Retrogradation.

^{1*}- Assistant Professor of Geomorphology, University of Sistan and Baluchestan, Iran.

Email: Rezamansouri@gep.usb.ac.ir

[‡]- Professor of Geomorphology, Shahid Beheshti University, Iran.

[‡]- Professor of Geomorphology, Shahid Beheshti University, Iran.

References

References (in Persian)

- Azarmsa, S., A., Razmkhah, F., (2006); Study of Coastline Position in Chabahar Bay Using Satellite Data, *Earth Science*, 15 (1), 80-87. <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?id=107947> [In Persian]
- Emadodin, Somayeh (2012); Geomorphological Evidence of base level Change in the Rivers of Southeast Caspian in the late Quaternary (Neka and Gorgan Rivers), Ph.D thesis, University of Tehran. [In Persian]
- Khoshrافتار, Reza (2005); The geomorphological evolution of the Sepidrood Delta in Quaternary, Ph.D thesis, University of Tehran. [In Persian]
- Khoshravan, Homaun, Rohanizadeh, Somayeh, Malek, Javad, Nejadgholi, Ghasem (2011); Caspian Sea southern coasts zoning on the basis of sedimentary morphodynamic indicators, *journal of earth and space physics*, 37 (3), pp: 1-15. https://jesphys.ut.ac.ir/article_23598_0.html [In Persian]
- Khoshravan, Homayon, Banyhashemi, Seyyede Masoumeh (2012); Rapid fluctuations in the Caspian Sea and morphodynamic deformation of river estuaries, 10th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, pp: 170-176. <https://civilica.com/doc/184223/> [In Persian]
- Lahijani, Hamid (2004); An Introduction to Caspian Sea Characteristics, Norbakhsh Publishing. [In Persian]
- Mansouri, Reza (2018); The Coastal Morphology changes in the Southeast of Caspian Sea to Integrated Coastal Zone Management (ICZM), Ph.D thesis, Shahid Beheshti University. [In Persian]

References (in English)

- A. Naderi Beni, H. Lahijani, R. Mousavi Harami, K. Arpe, S. A. G. Leroy, N. Marriner, V. Andrieu-Ponel, M. Djamali, A. Mahboubi, and P. J. Reimer, M. Berberian. (2013); Caspian sea-level changes during the last millennium: historical and geological evidence from the south Caspian Sea. *Chm. Past*, 9, 1645–1665. <https://doi.org/10.5194/cp-9-1645-2013>
- Amini, A., Moussavi, R., Lahijani, H., Mohboubi, A., (2012); Holocene Sedimentation Rate in Gorgan Bay and Adjacent Coasts in Southeast of Caspian sea, *Basic and Applied Scientific Research*2, (1), pp: 289-297. [10.22124/bas.2019.3664](https://doi.org/10.22124/bas.2019.3664)
- Berberoglu, S., Akin, A., (2009); Assessing different remote sensing techniques to detect land use/cover changes in the eastern Mediterranean. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 11(1), 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2008.06.002>
- Chen, C., Fu, J., Zhang, S., Zhao, X., Coastline information extraction based on the tasseled cap transformation of Landsat-8 OLI images, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* (2018), <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.10.021>
- Chen, J. L., Pekker, T., Wilson, C. R., Tapley, B. D., Kostianoy, A. G., Cretaux, J. F., & Safarov, E., S., (2017); Long-term Caspian Sea level change. *Geophysical Research Letters*, 44 (13), 6993-7001. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/2017GL073958>
- Chen, L. C., and Rau, J. Y., (1998); Detection of shoreline change for tideland area using multi-temporal satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 17, 3383-3397. <https://doi.org/10.1080/014311698214055>
- Ghosh, M. K., Kumar, L., Roy, C., (2015). Monitoring the coastline change of Hatiya Island in Bangladesh using remote sensing techniques. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 101, 137-144. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.12.009>
- Green, E. P., Mumby, P.J., Edwards, A. J., Clark, C. D., (Ed. A. J. Edwards), (2000); *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*. Coastal Management Sourcebooks 3, UNESCO, Paris. x + 316 pp.
- Kakroodi, A., A., Kroonenberg, S., B., Hoogendoorn, R., M., Mohammadkhani, H., Yamani, M., Ghassemi, M., R., Lahijani, H., A., K., (2012); Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast, *Quaternary International*, 263, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.12.007>
- Kakroodi, A., A., Kroonenberg, S., B., Naderi Beni, A., Noehgar, N., (2014); Short- and longterm development of the Miankaleh Spit, Southeast Caspian Sea, Iran. *Journal of Coastal Research* 30 (6), 1236–1242. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-12-00174.1>
- Kakroodi, A., A., Leroy, S., A., G., Kroonenberg, S., B., Lahijani, H., A., K., Alimohammadian, H., Boomer, I., Goorabi, A., (2015); Late Pleistocene and Holocene sea-level change and coastal paleoenvironment evolution along the Iranian Caspian shore, *Marine Geology*, 361, PP: 111-125. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2014.12.007>
- Karpychev, Yu.A., (1989); Changes in the Caspian sea-level in the Holocene according to radiocarbon date. *Water Resources*, 1: 5-20.
- Kroonenberg, S.B., Badyukova, E.N., Storms, J.E.A., Ignatov, E.I., & Kasimov N.S., (2000); A full sea-level cycle in 65 years: barrier dynamics along Caspian shores, *Sedimentary Geology*, 134, 257-274. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(00\)00048-8](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(00)00048-8)
- 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. [https://doi.org/10.1016/S0037-0738\(96\)00028-0](https://doi.org/10.1016/S0037-0738(96)00028-0)
- Lahijani, H., Rahimpour-Bonab, H., Tavakoli, V., Hosseindoost, M., 2009; Evidence for late Holocene Highstand in Central Guilan-East Mazandaran, South Caspian Coast, *Quaternary International*, (197), pp: 55-71. [10.1016/j.quaint.2007.10.005](https://doi.org/10.1016/j.quaint.2007.10.005)
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.09.012>

**This version is temporary and before the final edit. Please notice for citing
this version is without date or page number.**

- Liu, Y., Huang, H., Qiu, Z., Fan, J., (2013). Detecting coastline change from satellite images based on beach slope estimation in a tidal flat. *International Journal of Applied Earth Observation & Geoinformation*, 23, 165-176. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2012.12.005>
- Mamedov, A., V., (1997); The late Pleistocene-Holocene history of the Caspian sea, *quaternary international*, (41/42), pp: 161-166. [https://doi.org/10.1016/S1040-6182\(96\)00048-1](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(96)00048-1)
- Mujabar, S., Chandrasekar., (2011). A shoreline change analysis along the coast between Kanyakumari and Tuticorin, India, using digital shoreline analysis system. *Geo-Spatial Information Science*, 14(4), 282-293. [10.1007/s11806-011-0551-7](https://doi.org/10.1007/s11806-011-0551-7)
- Naderi beni, Abdolmajid; Alizadeh-Lahijani, Hamid; Pourkerman, Majid; Jokar, Rahman; Djamali, Mortza; Marriner, Nick; Andrieu-Ponel, Valerie; Mousavi Harami, Reza; (2014); Late Holocene Caspian Sea Level Changes and its Impacts on Low Lying Coastal Evolution: a Multidisciplinary Case Study from South Southeastern Flank of the Caspian Sea, *Journal of the Persian Gulf (Marine Science)/Vol 1. 5/No. 16*, PP: 27-48. <http://jgp.inio.ac.ir/article-1-274-en.html>
- Ouma, Y.O., Tateishi, R., (2006). A water index for rapid mapping of shoreline changes of five East African Rift Valley lakes: an empirical analysis using Landsat TM and ETM+ data. *International Journal of Remote Sensing*, 27(15), 3153-3181. <https://doi.org/10.1080/01431160500309934>
- Ownegh, M., (2010); Cyclic development of the Qare-Su river drainage network in response to Caspian sea level fluctuations in late Quaternary, *Environmental Consequences of the climate change, international conference, Moscow, Abstract Volume* pp: 1-961.
- Padmalal, D., Kumaran, K., P., N., Limaye, Ruta B., Baburaj, B., Maya, K., Mohan, S. Vishnu, (2014); Effect of Holocene climate and sea level changes on landform evolution and human habitation: Central Kerala, India. *Quaternary International*, 325, PP: 162-178. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2013.12.032>
- Pethick, J., 1991; *An introduction to coastal geomorphology*. Routledge. Chapman and Hall. Inc. Fifth impression.
- Renssen, H., Lougheed, B., C., Aerts, J., C., J., H., Moel, H., de Ward, P., J., Kwadijk, J.C.J., (2007); Simulating long-term Caspian Sea level changes: The impact of Holocene and future climate conditions, *Earth and Planetary Science Letters*, 261, pp: 685-693. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.07.037>
- Rychagov, G.I., (1997); Holocene Oscillations of the Caspian Sea and forecasts based on paleogeographical reconstructions, *Quaternary International*, 41/42: 167-172. [10.1016/S1040-6182\(96\)00049-3](https://doi.org/10.1016/S1040-6182(96)00049-3)
- Varushchenko, S.I., Varushchenko, A.N., & Klige, R.K., (1987); *Changes in the regime of the Caspian Sea and closed basins in time*. Moscow, Nauka, 240 p.