



پایش تغییرات دوره‌ای خط ساحلی بخش جنوب‌خاوری دریای کاسپین با استفاده از RS & GIS

رضا منصوری^{۱*}، زهرا سربازی^۲

۱- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی/ مدیریت محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، Re_mansouri@sbu.ac.ir

۲- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی، zsarbazi@gmail.com

چکیده

مناطق و خطوط ساحلی دنیا یکی از پویاترین، حساس‌ترین و شکننده‌ترین محیط‌های جغرافیای طبیعی می‌باشند که همواره خود را با اثر فرایندها و پارامترهای مورفونژ گوناگون اقیانوسی- دریایی، خشکی و جوی سازگار می‌سازند. از این‌رو تغییر و تحول در این‌گونه مناطق بسیار سریع‌تر از سایر نواحی سطح کره زمین است. یکی از این تغییر و تحولات، نوسانات مربوط به تراز آب دریاها می‌باشد که این مهم در دریاهای ایران، به‌ویژه دریای کاسپین و خلیج فارس، دائماً در حال افت و خیز و تغییر بوده است. اما در این بین، تراز دریای کاسپین نوسانات بلند مدتی را نشان می‌دهد. بنابراین، هدف ما در این پژوهش پایش تغییرات تراز این دریا در بازه زمانی ۳۰ ساله از ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ می‌باشد. در این راستا از نقشه‌های توپوگرافی در مقیاس‌های ۱/۲۵۰۰۰، ۱/۵۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای Landsat سری سنجنده‌های ETM⁺ & TM با قدرت تفکیک بالا و نیز بازدیدهای میدانی استفاده شده است. از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی به ترتیب برای تحلیل یافته‌ها و ترسیم نقشه‌ها استفاده گردید. یافته‌های پژوهش نشان می‌دهند که میزان تغییرات در بازه‌های مکانی سه‌گانه بیشتر از سایر مناطق بوده و از بین این سه بازه بیشترین مقدار جابجایی مربوط به بازه شماره ۲ با ۴/۸ کیلومتر جابجایی بوده است. دلتای گرگان از ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ حدود ۰/۷ کیلومتر مربع رسوب‌گذاری و حدود ۳/۶ کیلومتر مربع دچار فرسایش شده که به ترتیب بیشترین میزان آن ۶۳۰ و ۹۴۴ متر در ساحل جنوبی دلتا بوده است. در بازه شماره ۲ در مجموع ۵/۶ کیلومتر مربع رسوب‌گذاری و ۳۷/۴ کیلومتر مربع از خشکی‌های ساحلی دچار فرسایش شده‌اند. اما در بازه شماره ۳ حدود ۱۲/۱ کیلومتر مربع رسوب‌گذاری و تنها حدود ۰/۱ کیلومتر مربع فرسایش انجام شده است. بیشترین میزان رسوب‌گذاری یا به‌عبارت دیگر خشکی‌زایی در منطقه در بخش باختری بندر نکا حدود ۱۱۰۰ متر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: خط ساحلی، فرسایش، رسوب‌گذاری، جنوب‌خاوری دریای کاسپین، ماهواره لندست، سنجش از دور.

۱- مقدمه

علوم مربوط به زمین و از جمله ژئومورفولوژی در ارتباط با گذر زمان در حال دگرگونی و تحول هستند [۱]. از نظر ژئومورفولوژی، نوار ساحلی ناحیه بسیار پرتحرکی است، به‌طوری‌که در هنگام توفان‌های بزرگ، در طی چندین ده سال، دگرگونی‌های زیادی در آن به‌وجود می‌آید [۲]. به دیگر سخن، مناطق ساحلی از حساس‌ترین سیستم‌های محیطی به شمار می‌روند که تحت تاثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم، تغییر و تحول در آنها نسبتاً سریع بوده و شاید از این نظر قابل



مقایسه با سایر سیستم های ژئومورفولوژی نباشد [۳]. این مناطق که از اهمیت ویژه ای در روند توسعه کشورها برخوردارند [۴]. همواره به عنوان محیط های پویایی تلقی می شوند که پیوسته خود را با اثرات آب و هوایی، کسندها، فصول و دگرگونی های آب و هوایی تطبیق می دهند [۵]. از آنجایی که مناطق ساحلی به طور ذاتی ناپایدار و محکوم به دگرگونی اند، توان مقابله با این همه سوء استفاده را ندارد. حال اگر بخواهیم این دگرگونی ها و تحولات را شناسایی و لندفرم های محیطی ناشی از آنها را بررسی نماییم لازم است تا از ابزارها و روش هایی استفاده نماییم که بتوانند از عهده این مهم برآیند و پژوهشگر را در رسیدن به نتایج مطلوب یاری دهند [۶]. در این راستا، پایش کوتاه مدت و درازمدت مناطق ساحلی با استفاده از تصاویر تکراری ماهواره ای [۷]، در قالب سامانه های سنجش از دور و سامانه های اطلاعات جغرافیایی به خوبی می توانند به شناخت بهتر فرایندهای پیچیده حد فاصل دریا و خشکی کمک نمایند.

امروزه اهمیت موضوع تغییر و تحول در مناطق ساحلی بسیار مورد توجه است. از این رو، طی سه دهه گذشته، پژوهشگران در مطالعات گوناگون مورفودینامیکی ساحل، روش سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی را به دلیل مقرون به صرفه بودن و کاهش خطا و همچنین در مواقعی که بازدید میدانی امکان پذیر نیست، به کار گرفته اند. برنامه های کاربردی سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی، در توصیف اشکال ساحلی و سطح زمین، کشف موقعیت های ساحلی، تخمین خط ساحلی و تغییرات اشکال سطح زمین و استخراج آب سطحی از اعماق، مفید برآورد شده است [۸، ۹، ۱۰]. لزوم توجه به این اهمیت باعث شده تا در سال های اخیر، به منظور اندازه گیری دگرگونی های کوتاه مدت در سواحل ماسه ای، تپه های ماسه ای ساحلی، زمین های مردابی و کرانه های کشنده، استفاده از فناوری سنجش از دور همچون نقشه برداری هوایی لیزری (Alt) و لیدار گسترش یابد [۱۱]. نقشه ها، عکس ها و تصاویر هوایی - ماهواره ای می توانند اطلاعات سودمندی را در زمینه تغییرات خط ساحلی (پیشروی/ پسروی) در بازه های زمانی درازمدت یا کوتاه مدت بر اثر فرایندهای گوناگون همچون: فرسایش و نهشته گذاری، دگرگونی تراز دریا، اثرات انسانی ناشی از ساخت و ساز و غیره و همچنین دگرگونی های صورت گرفته در لندفرم های ساحلی را ارائه نمایند. امروزه با گسترش وضوح مکانی داده های ماهواره ای این امکان فراهم آمده است که به باندهای طیفی بیشتر، پوشش تکراری و داده های هندسی با دقت بالاتری نسبت به عکس های هوایی دسترسی داشته باشیم. از سوی دیگر، روش های سنجش از دور در عین ارزان بودن و بهره مندی از دقت بالا، امکان مشاهده و مدیریت پیوسته سواحل را فراهم می نمایند [۱۲]. این مزایا موجب افزایش روزافزون بهره گیری از تصاویر ماهواره ای برای تعیین موقعیت خط ساحلی در دنیا شده است [۱۳].

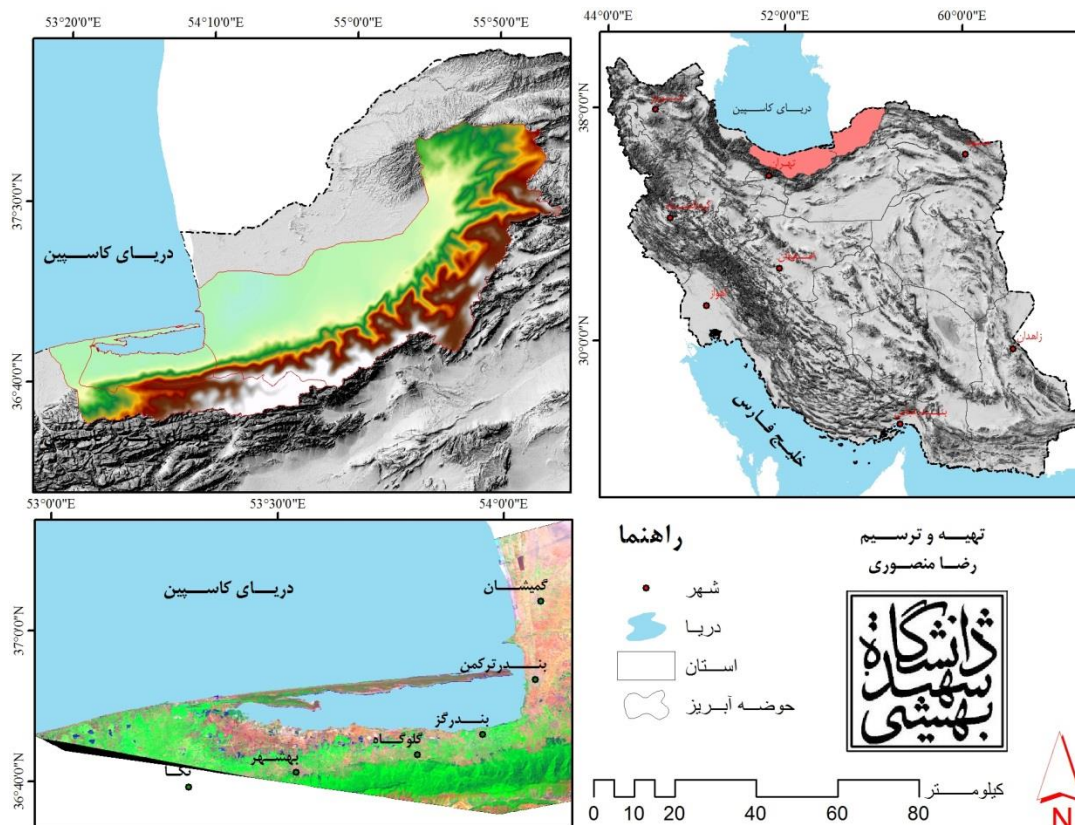
آگاهی از ویژگی های ژئومورفولوژیکی سیستم های ساحلی و چگونگی تحول آنها، آشکارسازی دگرگونی ها و تهیه نقشه دگرگونی های مناطق ساحلی به عنوان یکی از حیاتی ترین عناصر تشکیل دهنده سطح زمین در بسیاری از مطالعات و از جمله طرح های عمرانی، آبخیزداری، هیدرومورفولوژیکی و غیره، از نیازهای اساسی برای برنامه ریزان محیطی و منطقه ای می باشد. بنابراین دانش ژئومورفولوژی می تواند سهم عمده ای در دستیابی به اهداف برنامه ریزی توسعه منطقه ای و مدیریت این گونه مناطق داشته باشد [۶]. با توجه به اهمیت ذاتی این گونه مناطق در اقتصاد کشورها و نیز این واقعیت که کشور ایران حدود بیش از ۳۰۰۰ کیلومتر خط ساحلی در شمال و جنوب کشور دارد [۱۴]. لزوم بررسی و پژوهش در زمینه های مطالعاتی گوناگون، پیرامون مسایل ساحلی کشور امری پرهیز ناپذیر می باشد [۱۵]. از این رو، هدف این پژوهش پایش تغییرات دوره ای خط ساحلی بخش جنوب خاوری دریای کاسپین با استفاده از RS & GIS می باشد. در زیر به برخی از پژوهش هایی که به مطالعه و بررسی خط/ مناطق ساحلی با استفاده از روش های سنجش از دور پرداخته اند اشاره می شود. ضیائیان فیروزآبادی (۱۹۹۷) در تز دکتری خود، دگرگونی های نوار/ خط ساحلی شهر مدرس در هندوستان را طی یک دوره زمانی بیست ساله و با استفاده از سنجش از دور را بررسی و آشکار نموده است. خوش رفتار (۱۳۸۴) با استفاده از منابع تاریخی، نقشه های توپوگرافی و زمین شناسی، عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای لندست و بازدیدهای میدانی تکامل ژئومورفولوژی دلتای سپیدرود در کواترنر را مورد بررسی قرار داده و دریافت که علیرغم تاریخ تکامل پیچیده دلتای سپیدرود در کواترنری، به دلیل بسته بودن دریای خزر، روند دلتاسازی آن با دریاهای آزاد متفاوت است. همچنین، نامبرده یادآور می شود که افزایش سطح آب دریا به میزان کم به تنهایی نمی تواند مانع گسترش دلتا گردد. وی، در پایان خاطر نشان می سازد که شکل گیری زبانه های ماسه ای،



جزایر سدی و تپه های زیرآبی در روند تکاملی دلتا اهمیت فراوانی دارد. قنواتی و همکاران (۲۰۰۸) به منظور پایش دگرگونی های ژئومورفولوژیکی دلتای رودخانه هندبجان در جنوب باختری ایران از داده های ماهواره Landsat سری سنجنده های TM & ETM⁺ استفاده نمودند. یافته های این پژوهش نشان می دهد که رودخانه هندبجان در بیش از ۴۸ سال چندین بار مسیرش جابجا شده است. قنواتی (۲۰۱۰) در مقاله ای به آشکارسازی دگرگونی های پوشش / کاربری زمین در دلتای سپیدرود با استفاده از سنجش از دور و سامانه اطلاعات جغرافیایی پرداخته است. یافته های پژوهش نامبرده نشان می دهند که ۶۵/۹۲ درصد از تغییرات شدتی بین ۰ تا ۵۰ داشته است. همچنین ۳۴ درصد منطقه تغییراتی بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد را نشان می دهد. ضیایان فیروزآبادی و همکاران (۱۳۸۹) به منظور تهیه نقشه لندفرم و جزر و مد ساحل شهرستان بوشهر در محدوده قانونمند ساحلی از ابزارهای سودمندی همچون سامانه اطلاعات جغرافیایی، سنجش از دور و سامانه موقعیت یاب جهانی (GPS) به صورت تلفیقی از تکنیک های طبقه بندی تصاویر ماهواره ای استفاده نموده اند. نعیمی نظام آبادی و همکاران (۱۳۸۹) با مقایسه چشمی و نرم افزاری تصویر ماهواره ای TM مربوط به سال ۱۹۹۰ میلادی و تصاویر ماهواره ای IRS سال های ۲۰۰۰، ۲۰۰۲، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۶ به علاوه مشاهدات صحرایی، تغییرات خط ساحلی و تغییرات لندفرم های ژئومورفولوژیکی منطقه ساحلی عسلویه در بوشهر را به دست آوردند. همچنین نامبردگان دریافتند که در بازه زمانی مورد مطالعه میزان رسوبگذاری دو برابر نسبت به فرسایش افزایش داشته است و باعث برهم خوردن تعادل چرخه رسوبگذاری و فرسایش شده است. آزرما و رزمخواه (۱۳۸۵) با استفاده از سه تصویر سنجنده TM ماهواره لندست روند تغییرات خط ساحلی در خلیج چابهار را در یک دوره ۱۳ ساله مورد بررسی قرار داده و موقعیت آن را در سال های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ نیز پیش بینی نموده اند. تقوی و همکاران (۱۳۹۰) با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره ای در محیط نرم افزار Geomatica PCI و با بهره گیری از منطق فازی تغییرات خطوط ساحلی بوشهر تا کنگان را مورد پایش و تحلیل قرار داده و سپس با استفاده از تکنیک نظارت شده، لندفرم های ژئومورفولوژیکی منطقه را شناسایی کردند. یمانی، قدیمی و نوحه گر (۱۳۹۲) با استفاده از تصاویر ماهواره لندست سری سنجنده ETM در یک بازه بیست و هشت ساله به بررسی تغییرات زمانی خط ساحلی خاور تنگه هرمز با استفاده از تحلیل آماری ترانسکت ها پرداخته اند. پژوهش نامبردگان نشان می دهد که بیشترین تغییرات در مورفولوژی پیکان های ماسه ای و در محدوده خورها و دهانه رودخانه ها بوده است.

۲- منطقه مورد پژوهش

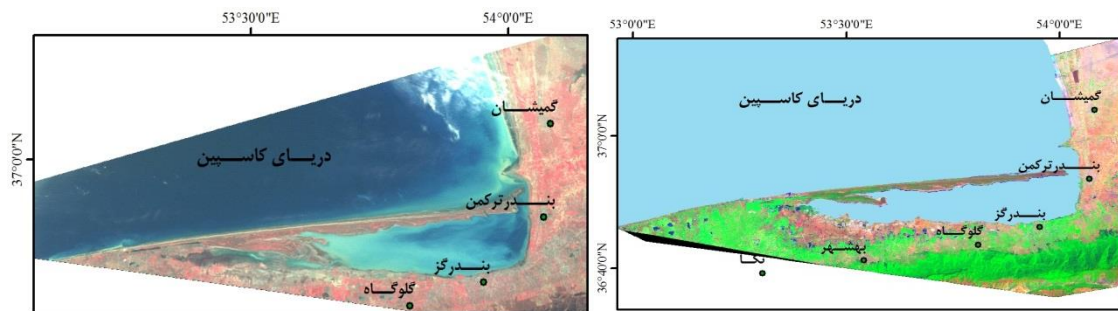
منطقه مورد پژوهش از لحاظ موقعیت ریاضی در راستای پهنای جغرافیایی $36^{\circ} 44' 00''$ تا $37^{\circ} 05' 00''$ شمالی از خط استوا و در راستای درازای جغرافیایی $53^{\circ} 09' 00''$ تا $54^{\circ} 05' 00''$ خاوری از نیمروز گرینویچ قرار گرفته و به طور کلی کرانه های بخش جنوب خاوری دریای کاسپین واقع در محدوده شبه جزیره یا زبانه ماسه ای میانکاله (با درازای بیش از ۵۵ کیلومتر و پهنای متغیر بین ۱/۳ تا ۴/۱ کیلومتر)، خلیج گرگان و دهانه آن را شامل می شود (شکل ۱). دریای کاسپین بدنبال دگرگونی های آب و هوایی و عوامل زمین ساختی در طی کواترنری از خط ساحلی پایداری برخوردار نبوده است [۱۶]. این دریا بازمانده دریا های قدیمی است که در طی دوران های گوناگون زمین شناسی تحولات شگرفی یافته تا اینکه سرانجام در اثر حرکات زمین ساختی پایان دوران سوم استقلال و موقعیت کنونی خویش را به دست آورده است [۱۷]. زمین شناسی منطقه مورد پژوهش را تماما واحدهای چینه شناسی کواترنری تشکیل می دهد. با توجه به پراکنش گسترده نهشته های مربوط به این دوران، تصور بر این است که جلگه جنوبی دریای کاسپین در اوایل دوران چهارم یا وجود نداشته و یا اینکه بسیار محدودتر از امروز بوده است.



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد پژوهش در گوشه جنوب خاوری دریای کاسپین در شمال ایران.

۳- مواد و روش پژوهش

هدف اصلی این پژوهش بررسی تغییرات رخ داده در خط ساحلی بخش جنوب خاوری دریای کاسپین می باشد. از این رو، برای این منظور از تصاویر ماهواره ای Landsat سری سنجنده های ۵ و ۸ برای سال های ۱۹۸۵ و ۲۰۱۵ مربوط به منطقه مورد پژوهش استفاده شده است (شکل ۲). به منظور استفاده از تصاویر ماهواره ای جهت شناسایی وضعیت تغییرات لندفرم های ژئومورفولوژیکی و تغییرات خط ساحلی بایستی تصاویر ماهواره ای مورد استفاده، از نظر هندسی و رادیومتریک شرایط کاملا برابری داشته باشند [۱۸]. در این راستا برای تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای و کنترل زمینی عوارض، از منابع زمین مرجع شده از جمله نقشه های توپوگرافی (۱/۲۵۰۰۰ و ۱/۵۰۰۰۰) منطقه مورد مطالعه استفاده شد. چراکه، زمین مرجع نمودن یا تصحیح هندسی تصاویر ماهواره ای یکی از مهمترین و اصلی ترین مراحل در شناخت وضعیت تغییرات خطوط ساحلی و لندفرم های ژئومورفولوژیکی منطقه ساحلی است. زیرا در شناسایی وضعیت پدیده ها با تصاویر ماهواره ای قرارگیری نظیر به نظیر پیکسل ها یکی از مهمترین مشخصه ها در ارزیابی کیفیت نتایج است. پس از تصحیح و برطرف نمودن خطاهای تصاویر دریافتی، جهت تشخیص و بررسی دقیق تر مورفولوژی خط ساحلی، باندهای گوناگون تصاویر اصلاح شده با باند Pan تصاویر ترکیب شده تا رزولوشن ۱۵ متر بدست آید. سپس در پایان بهترین ترکیب باندی انتخاب و فرایند تجزیه و تحلیل بر روی آن انجام شد. در این پژوهش از نرم افزار Erdas Imagine 2014 و سامانه اطلاعات جغرافیایی (ArcGIS 10) استفاده شده است.



شکل ۲: تصویر رنگی لندست ۸ مربوط به سال ۲۰۱۵ (سمت راست)؛ و تصویر رنگی لندست ۴ مربوط به سال ۱۹۸۵.

۴- بحث و یافته‌های پژوهش

آشکارسازی تغییرات ناشی از گذشت زمان با استفاده از داده‌های سنجش از دور، نسبت به دیگر راه‌های آشکارسازی، از کارایی بیشتری برخوردار است. آشکارسازی تغییرات بویژه تغییرات خطوط ساحلی با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای که در فواصل زمانی متفاوت (روز، ماه، سال) برداشت شده باشند یکی از راه‌های متداول در این زمینه می‌باشد. به عبارت دیگر تغییرات صورت گرفته در دو یا چند تصویر ماهواره‌ای گرفته شده از یک منطقه یکسان در تاریخ‌های مختلف، می‌تواند بیانگر تغییرات واقعی‌ای باشند که بر اثر عوامل مختلف خواه طبیعی و خواه انسانی ایجاد شده باشند.

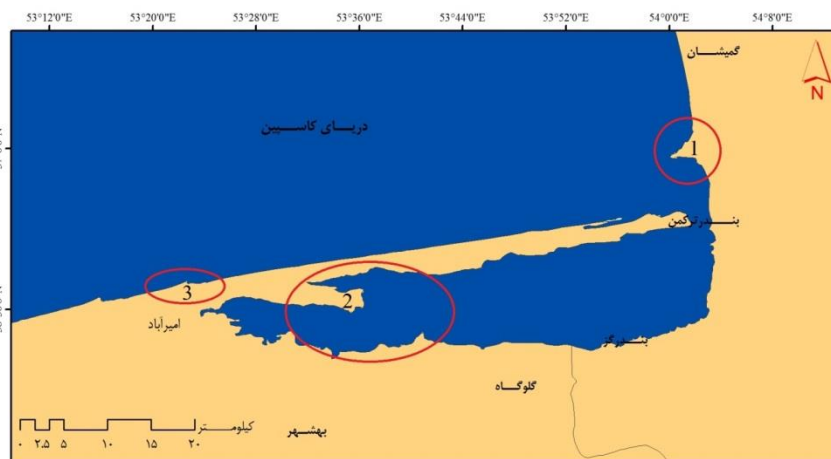
تراز آب دریا‌های ایران، به‌ویژه دریای کاسپین و خلیج فارس، دائماً در حال افت و خیز و تغییر بوده و این نوسانات عمدتاً ناشی از تغییرات آب‌وهوایی بوده است [۱۹]. در این بین، تراز دریای کاسپین نوسانات بلند مدتی را نشان می‌دهد. در هر قرن، سطح اساس دریا‌های آزاد ۲/۵ سانتیمتر افزایش می‌یابد [۲۰]؛ اما این در حالی است که نوسان‌های دوره‌ای سطح آب دریای کاسپین، در سده اخیر با ۳ متر افت و خیز روبرو بوده است [۲۱]. از سوی دیگر، این دریا بین سال‌های ۱۹۳۰ و ۱۹۷۷ حدود ۳ متر افت داشته است و از زمانی که تراز آن حدود ۲/۵ متر افزایش یافته یک مرحله مهم از پیشروی جدید دریا شروع شده است (شکل ۳) [۲۲].



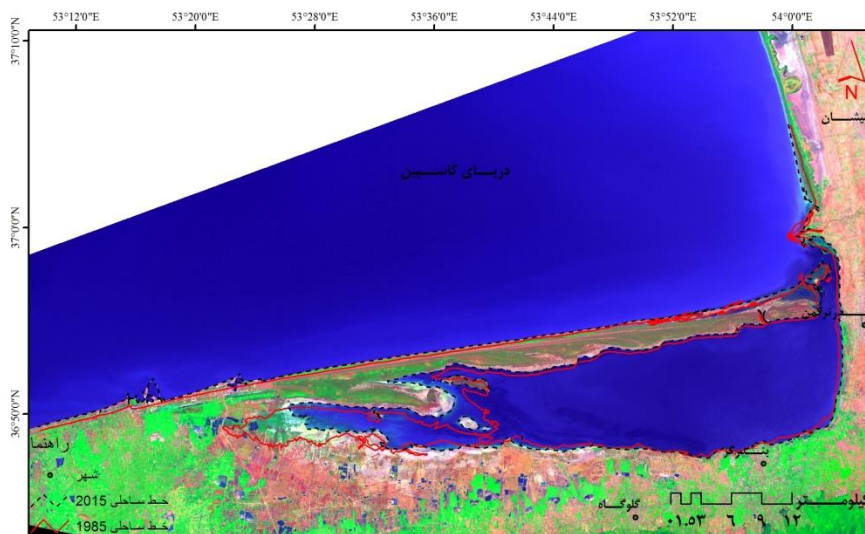
شکل ۳: تغییرات سطح تراز آب دریای کاسپین بین سال‌های ۲۰۰۰-۱۹۳۰؛ ثبت شده توسط کشندسنج باکو (آذربایجان)؛
ماخذ بیرد، ۲۰۱۰، ۸۶۱.

در این پژوهش تاثیر نوسانات تراز آب دریای کاسپین بر تغییرات دوره‌ای خط ساحلی بخش جنوب‌خاوری دریای کاسپین با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، GIS و RS در یک بازه ۳۰ ساله از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ میلادی مورد بررسی قرار گرفته است. پس از استخراج و اندازه‌گیری میزان تغییرات رخ داده در پیکره خط ساحلی منطقه مورد پژوهش، سه بازه مکانی متفاوت از منطقه را که هر یک با توجه به موقعیت خود دارای دینامیک متفاوت‌تری از سایر بخش‌های منطقه بوده را برگزیده و چگونگی

و میزان تغییرات ایجاد شده را مورد سنجش و بررسی قرار دادیم (شکل ۴). با توجه به اینکه عملکرد فرایندهای مسلط بر خطوط ساحلی در تمام دنیا مشخص و یکسان است، اما چگونگی عملکرد این فرایندها به طور ناحیه‌ای تغییر می‌کند که وابسته به شرایط محیطی بر هر ناحیه شکل می‌گیرد [۳]. بخش جنوب‌خاوری دریای کاسپین به عنوان یک منطقه ساحلی پست و بسیار کم شیب است که به نسبت سایر نواحی ساحلی شمالی کشور- به ویژه در راستای تقریباً بیش از ۵۵ کیلومتر خط ساحلی منطبق بر زبانه ماسه‌ای میانکاله- کمتر دچار دست‌اندازی بشر بر آن شده است. از این رو، فرایندهای ویژه‌ای بر تغییرات این بخش موثر هستند. جابجایی و تغییرات کلی خط ساحلی منطقه مورد پژوهش در شکل ۵ نشان داده شده است. همان‌طور که در این شکل دیده می‌شود خط ساحلی ۲۰۱۵ به صورت خط چین و خط ساحلی ۱۹۸۵ به صورت خط ممتد نمایش داده شده است. نکته قابل توجه در این شکل، بررسی و شناسایی چگونگی تغییرات و جابجایی‌های رخ داده در بازه زمانی ۳۰ ساله می‌باشد. با توجه به این شکل مشخص می‌گردد که خط ساحلی دریای کاسپین در حد فاصل بین بخش خاوری بندرگز تا دلتای رودخانه گرگان، نوار جنوبی زبانه ماسه‌ای میانکاله تقریباً از کانال آشوراده تا حوالی تالاب میانکاله در شمال خلیج گرگان و ساحل جنوبی خلیج گرگان از حوالی شمال بهشهر تا بخش باختری بندرگز که دچار پیشروی یا فرسایش بوده، اما سایر نواحی به بدنبال پایین رفتن سطح تراز آب دریا دچار پسروی یا به عبارت بهتر رسوب‌گذاری و خشکی‌زایی به سود زمین‌های ساحلی بوده است.



شکل ۴: نواحی سه‌گانه مورد بررسی در راستای خط ساحلی در منطقه مورد پژوهش.



شکل ۵: جابجایی و تغییرات کلی خط ساحلی بخش جنوب خاوری دریای کاسپین، خط چین به رنگ سیاه (مربوط به سال ۲۰۱۵) و خط ممتد به رنگ قرمز (مربوط به سال ۱۹۸۵).

به منظور بررسی و نمایش بهتر و دقیق تر میزان تغییرات رخ داده در منطقه، سه بازه مکانی گوناگون که تغییرات آشکارتر و ملموس تری داشته را مشخص کرده که در ادامه به شرح آنها می پردازیم.

۴-۱ دلتای رودخانه گرگان

باتوجه به اینکه شیب این بخش از ساحل دریای کاسپین بسیار کم می باشد، بنابراین هرگونه نوسان در تراز آب دریا می تواند باعث پیشروی و پسروی خط ساحلی قاعده دلتای گرگان گردد. در واقع قاعده دلتای گرگان یکی از مناطقی است که تغییرات رخ داده به خوبی نمایان می سازد. با بررسی تصاویر ماهواره ای مشخص گردید که خط ساحلی در سال ۱۹۸۵ نسبت به سال ۲۰۱۵ در سطح پایین تری بوده (حدود ۲۸- متر) بنابراین قاعده دلتای گرگان به سوی دریای کاسپین پیشروی داشته است. اما در سال ۲۰۱۵ با توجه به افزایش تراز آب دریا و رسیدن به حدود ۲۶- متر بسیاری از زمین های ساحلی سال ۱۹۸۵ به زیر آب رفته و دچار فرسایش شده اند. به عبارت دقیق تر از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ چیزی حدود ۰/۷ کیلومتر مربع رسوب گذاری و حدود ۳/۶ کیلومتر مربع فرسایش در خط ساحلی این منطقه ایجاد شده است. در این بین بیشترین حد پیشروی و پسروی آب دریا در خشکی به ترتیب ۹۴۴ و ۶۳۰ متر در ساحل جنوبی دلتا بوده است (شکل ۶).

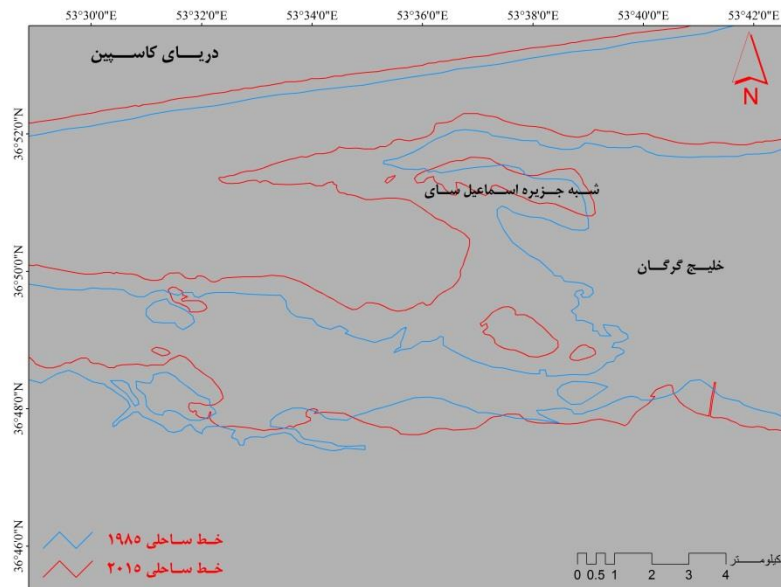


شکل ۶: میزان پیشروی و پسروی خط ساحلی قاعده دلتای گرگانرود و نحوه رسوب گذاری و فرسایش رخ داده در این منطقه.

۴-۲ سواحل باختری خلیج گرگان (اطراف شبه جزیره اسماعیل سای)

بازه مکانی دومی که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته سواحل باختری، شمالی و جنوبی بخش باختری خلیج گرگان در اطراف جزیره یا شبه جزیره اسماعیل سای را- که در زمان های کاهش سطح تراز دریای کاسپین به سرزمین اصلی منطقه می پیوندد- شامل می شود. با توجه به بررسی های انجام شده بر روی تصاویر ماهواره ای مشخص شد که این منطقه ناحیه ای است که میزان جابجایی و تغییرات رخ داده در آن بسیار بیشتر است (شکل ۷). به طوری که در سال ۱۹۸۵ که تراز دریا پایین بوده بخش های جنوبی شبه جزیره اسماعیل سای از زیر آب بیرون آمده و به زمین های ساحلی پیوسته و با نزدیک شدن به خط ساحلی کرانه جنوبی خلیج گرگان پهنای گذرگاهی که از طریق آن آب های خلیج به سوی تالاب میانکاله جریان می یافت بسیار

کم و باریک شده است. پهنای این گذرگاه در بر روی تصویر سال ۱۹۸۵ در حدود ۱۵۰ متر بوده ولی بر روی تصویر سال ۲۰۱۵ تقریباً ۲/۸ کیلومتر پهنای داشته است.



شکل ۷: میزان جابجایی خطوط ساحلی بازه مکانی شماره ۲؛ خط قرمز (خط ساحلی ۲۰۱۵) و خط آبی (خط ساحلی ۱۹۸۵).

همان طور که پیش تر نیز گفته شد سطح آب دریا در سال ۱۹۸۵ نسبت به سال ۲۰۱۵ چیزی در حدود ۲ متر پایین تر بوده است. بنابراین همان گونه که در شکل ۶ نشان داده شده است در پی بالآمدن سطح آب دریای کاسپین بخشی از خشکی های ساحلی منطقه در اثر پیشروی آب دریا به زیر آب و دچار فرسایش گردیده اند. این امر باعث شده تا شبه جزیره اسماعیل ساسی که در ۱۹۸۵ جز خشکی بوده در ۲۰۱۵ به صورت جزیره ای منفرد درآید. با توجه به اینکه شیب عمومی منطقه کم می باشد و محیط نزدیک به تالاب میانکاله می باشد بیشتر تحت تاثیر فرسایش بوده تا رسوب گذاری. به طور دقیق تر باید گفت که از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ در مجموع ۵/۶ کیلومتر مربع رسوب گذاری و ۳۷/۴ کیلومتر مربع از خشکی های ساحلی دچار فرسایش شده اند (شکل ۸).



شکل ۸: میزان فرسایش و رسوب گذاری صورت گرفته در بازه مکانی ۲ در منطقه مورد پژوهش.

۳-۴ ساحل خاوری بندر امیرآباد تا سواحل باختری بندر نکا

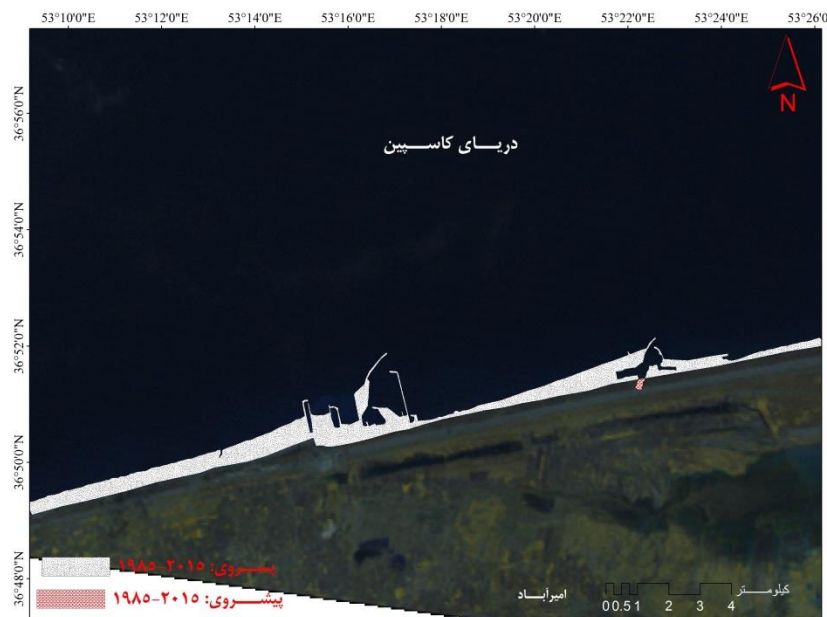
سواحل اطراف بندر امیرآباد و نکا تا دو دهه پیش یکی از بکرترین سواحل و خطوط ساحلی در کرانه های جنوبی دریای کاسپین به شمار می آمد. اما با طراحی، انجام و اجرای بندر امیرآباد و نکا و نیز توسعه آنها در سال های گذشته این محیط های بکر نیز دچار تغییرات گوناگونی در فرم و عملکرد فرایندهای کنش گر در این بخش شده است. با مطالعه و بررسی تصاویر ماهواره ای معلوم می شود که تا ۱۹۸۵ این منطقه ساحلی بسیار بکر و دست نخورده بوده و فاقد هرگونه سازه انسان ساز بوده است. اما در طی بازه زمانی ۳۰ ساله اخیر یعنی تا سال ۲۰۱۵ تغییر کاربری در خط ساحلی و اقدامات سازه ای اجرا شده منجر شده تا این منطقه چهره ای کاملا متفاوت به خود گیرد و به عنوان کانون مهمی برای فعالیت های بازرگانی و بندری به شمار آید (شکل ۹).



شکل ۹: میزان تغییرات و جابجایی خط ساحلی در محدوده بندر امیرآباد و نکا پیش و پس از طرح های توسعه ای در منطقه؛ خط آبی رنگ خط ساحلی ۱۹۸۵ و خط قرمز رنگ خط ساحلی ۲۰۱۵ را نشان می دهند.



با اجرای طرح توسعه بنادر مذکور در منطقه، این بخش از خط ساحلی با رسوب گذاری قابل توجهی در پشت بازوها و موج شکن های احداث شده روبرو بوده است. به طوری که یکی از مسایل و مشلات اصلی این بنادر به ویژه در دهانه حوضچه های آرامش آنها بحث رسوب گذاری مواد می باشد. به گونه ای که این رسوب گذاری باعث کاهش عمر مفید حوضچه ها و صرف هزینه های گزاف به منظور لایروبی آنها شده است. با بررسی و دقت در تصاویر ماهواره ای علاوه بر نوسانات سطح تراز آب دریا دلیل اصلی حجم زیاد رسوب گذاری شده در این بخش از منطقه ساخت و توسعه بنادر نکا و امیرآباد می باشد، چرا که با تغییر در چرخه فرایند فرسایش و رسوب گذاری مواد، چهره و فرایند مذکور ساحل بکر منطقه را دگرگون ساخته و از لحاظ طبیعی خود خارج نموده است. می توان گفت این بازه مکانی، تنها محلی است که در طی دوره ۳۰ ساله مورد بررسی صرف نظر از میزان اندک فرسایشی که به دلیل گسترش ابعاد حوضچه آرامش بوده، کلا با فرایند رسوب گذاری روبرو بوده است. میزان رسوب گذاری صورت گرفته در این بخش حدود ۱۲/۱ کیلومتر مربع بوده و تنها چیزی حدود ۰/۱ کیلومتر مربع فرسایش انجام شده که آن هم ناشی از فعالیت های انسانی در حوضچه بندر امیرآباد رخ داده است (شکل ۱۰). بیشترین میزان رسوب گذاری یا به عبارت دیگر خشکی زایی در منطقه در بخش باختری بنادر نکا (حدود ۱۱۰۰ متر) و بندر امیرآباد (حدود ۷۲۰ متر) می باشد که دلیل آن احداث موج شکن و دسته های حفاظتی است. این سازه های مهندسی به عنوان سدی در برابر انتقال کرانه راستای مواد عمل نموده و باعث به دام انداختن رسوبات در پشت خودشان شده است.



شکل ۱۰: میزان فرسایش و رسوب گذاری بین سال های ۱۹۸۵-۲۰۱۵ در منطقه بندر امیرآباد و نکا.

۸- نتیجه گیری

تغییرات و جابجایی خطوط ساحلی، یکی از مهم ترین و متداول ترین تحولات در مناطق ساحلی به شمار می آید. این گونه تغییر و تحولات شامل دگرشکلی و جایگزینی واحدهای رسوبی و ژئومورفولوژی با یکدیگر، فرسایش، رسوب گذاری، پیدایش سیمایا یا لندفرم های جدید و آن دسته از دگرگونی هایی است که بر اثر نیروهای خشکی و دریایی ایجاد می شوند.



با استخراج خطوط ساحلی طی دوره زمانی مورد پژوهش مشخص شد که تغییرات و جابجایی زیادی در خط ساحلی منطقه به ویژه در بازه های مکانی سه گانه مورد بررسی رخ داده است (شکل های ۴ و ۵). داده های دستگاهی ثبت شده توسط ترازسنج باکو در آذربایجان در طی دوره زمانی مشابه نوسانات چشمگیر سطح تراز آب دریا را نشان می دهد (شکل ۳). با استناد به این داده ها مشخص می شود که عامل اصلی این همه دگرگونی و جابجایی در خط ساحلی نوسانات شدید تراز دریای کاسپین می باشد. نتایج محاسبات انجام شده گویای این است که میزان تغییرات در بازه های مکانی سه گانه بیشتر از سایر مناطق بوده و از بین این سه بازه بیشترین مقدار جابجایی مربوط به بازه شماره ۲ با $\frac{4}{8}$ کیلومتر جابجایی بوده است. دلیل این میزان جابجایی شیب کم و ماسه ای بودن و لخت بودن ساحل منطقه است که آب توانسته بدون دخالت هرگونه عاملی این میزان پیشروی را داشته باشد. در ادامه جهت جلوگیری از طولانی شدن مطلب به اختصار به شرح یافته ها پرداخته می شود.

۱- بازه شماره ۱: دلتای گرگان از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ چیزی حدود $\frac{0}{7}$ کیلومتر مربع رسوب گذاری و حدود $\frac{3}{6}$ کیلومتر مربع فرسایش در خط ساحلی داشته، که به ترتیب بیشترین میزان آن ۶۳۰ و ۹۴۴ متر در ساحل جنوبی دلتا بوده است.

۲- بازه شماره ۲: در این منطقه از سال ۱۹۸۵ تا ۲۰۱۵ در مجموع $\frac{5}{6}$ کیلومتر مربع رسوب گذاری و $\frac{37}{4}$ کیلومتر مربع از خشکی های ساحلی دچار فرسایش شده اند.

۳- بازه شماره ۳: تصاویر ماهواره ای نشان می دهند که تا ۱۹۸۵ این منطقه ساحلی بسیار بکر بوده، اما طی بازه زمانی ۳۰ ساله یعنی تا سال ۲۰۱۵ به دنبال اقدامات سازه ای چهره و کاربری منطقه کاملاً عوض شده است. با احداث بندر نکا و امیرآباد در این منطقه حجم قابل توجهی از مواد رسوبی در پشت بازوها و موج شکن های احداث شده رسوب گذاری شده است. در این بخش حدود $\frac{12}{1}$ کیلومتر مربع رسوب گذاری و تنها حدود $\frac{0}{1}$ کیلومتر مربع فرسایش انجام شده است. بیشترین میزان رسوب گذاری یا به عبارت دیگر خشکی زایی در منطقه در بخش باختری بندر نکا حدود ۱۱۰۰ متر می باشد.

مراجع

- [۱] مقیمی، الف، محمودی، ف. روش تحقیق در جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، تهران، انتشارات قومس، چاپ نخست، ۱۳۸۳.
- [۲] محمودی، ف. ژئومورفولوژی دینامیک، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ دوم، ۱۳۸۷.
- [۳] یمانی، م، نوحه گر، الف. ژئومورفولوژی ساحلی شرق تنگه هرمز با تاکید بر فرسایش بادی، بندرعباس، انتشارات دانشگاه هرمزگان، چاپ نخست، ۱۳۸۵.
- [۴] وزارت راه و ترابری. خلاصه گزارش مطالعات برابند مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور (ICZM)، تهران، سازمان بندر و کشتیرانی، معاونت فنی و مهندسی، اداره کل مهندسی سواحل و بندر، ۱۳۸۸.
- [5] Gozzard, B. WA- A Knowledge Base for Coastal Managers, 5th Western Australian State Coastal Conference, Whose Coast Is It? Adapting for the Future, 2009.
- [۶] منصوری، ر. طبقه بندی مورفولوژیکی خطهوشمند ساحلی در راستای مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی (پژوهش موردی: از نوشهر تا بابلسر)، پایان نامه کارشناسی ارشد، رشته جغرافیای طبیعی / ژئومورفولوژی، استاد راهنما: عزت الله قنوتی، تهران، دانشگاه خوارزمی، دانشکده علوم جغرافیایی، گروه آموزشی ژئومورفولوژی، ۱۳۹۲.
- [7] Chapman, B. SAR Interferometry and Surface Change Detection, at <http://southport.jpl.nasa.gov/scienceapps/dixon/report1.html>, 1995.
- [8] Jantunen, H. and Raitala, J. Locating Shoreline Changes in the Porttipahta (Finland) Water Reservoir by Using Multitemporal Landsat Data, Photogrammetria, Vol. 39, No. 2, PP: 1-12, 1984.
- [9] Singh, A. Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data, International Journal of Remote Sensing, Vol. 10, No.1, PP: 989-1003, 1989.



- [۱۰] یمانی، م، قدیمی، م، نوحه گر، الف. بررسی تغییرات زمانی خط ساحلی شرق تنگه هرمز از طریق تحلیل آماری نیمرخ های متساوی البعد (ترانسکت)، تهران، مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۲، صص ۱۷۴-۱۵۷، ۱۳۹۲.
- [11] Bird, E. Coastal geomorphology: an introduction, University of Melbourne, Australia Second Edition, Wiley Publisher, 2008.
- [12] Chen, L. C., and Rau, J. Y. Detection of shoreline change for tideland area using multi-temporal satellite images, International Journal of Remote Sensing, Vol. 19, No. 17, 3383-3397, 1998.
- [۱۳] آزر م سا، س. ع، رزمخواه، ف. بررسی موقعیت خط ساحلی در خلیج چابهار با استفاده از داده های ماهواره ای، مجله علوم زمین، سال پانزدهم، شماره ۶۰، صص: ۸۷-۸۰، ۱۳۸۵.
- [۱۴] کرمی خانیکی، ع، غریب رضا، م، ر، عسگری، ر، آق تومان، پ. سواحل ایران، تهران، مرکز پژوهش های حفاظت خاک و آبخیزداری، چاپ نخست، ۱۳۸۳.
- [۱۵] قنواتی، ع، الف، منصوری، ر. طبقه بندی مورفولوژیکی خطهوشمند ساحلی در راستای مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی (پژوهش موردی: از نوشهر تا بابلسر)، تهران، مجله پژوهش های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۲، صص: ۱۱۸-۹۹، ۱۳۹۲.
- [۱۶] یمانی، م، کامرانی دلیر، ح. تاثیر تغییرات سطح اساس در ریخت شناسی بستر رودخانه های محدوده دلتای سفیدرود، فصلنامه زمین شناسی ایران، سال چهارم، شماره ۱۶، صص. ۶۱ تا ۷۴، ۱۳۸۹.
- [۱۷] علایی طالقانی، م. ژئومورفولوژی ایران، تهران، انتشارات قومس، چاپ ششم، ۱۳۹۰.
- [۱۸] نعیمی نظام آباد، ع، قهرودی تالی، م، ثروتی، م، ر. پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرم های ژئومورفولوژیکی خلیج فارس با استفاده از تکنیک سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (منطقه موردی: منطقه ساحلی عسلویه)، اهر، مجله فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۰، صص: ۶۱-۴۵، ۱۳۸۹.
- [۱۹] زمردیان، م، ج. ژئومورفولوژی ایران: فرایندهای اقلیمی و دینامیک های بیرونی، جلد دوم، چاپ چهارم، مشهد، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۸۷.
- [۲۰] خوش رفتار، ر. تکامل ژئومورفولوژی دلتای رود سپیدرود در کواترنر، تز دکتری، رشته جغرافیای طبیعی / ژئومورفولوژی، استاد راهنما: جمشید جداری عیوضی، تهران، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا، گروه آموزشی ژئومورفولوژی، ۱۳۸۴.
- [21] Pethick, J., An introduction to coastal geomorphology, Routledge., Chapman and Hall, Inc., Fifth impression, 1991.
- [22] Bird, E. Encyclopedia of the World's Coastal Landforms, University of Melbourne, Australia, First Edition Springer Publisher, 2010.