

پایش تغییرات خط ساحلی با استفاده از سنجش از دور در محدوده ساحلی دریای عمان از چابهار تا بندر تنگ

سعید نگهبان* - استادیار ژئومورفولوژی بخش جغرافیا، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شیراز
دانا رستمی - دانشجوی ارشد جغرافیای طبیعی، اقلیم‌شناسی ماهواره‌ای، دانشگاه تهران
حمیدگنجائیان - دانشجوی ارشد هیدروژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۶/۰۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۰۳/۱۸

چکیده

نواحی ساحلی به‌عنوان مناطقی که بین دو نوع محیط شکل‌زایی متفاوت قرار دارند همواره دارای تنوع فرآیندهای مختلف طبیعی بوده و دارای اهمیت هستند که این مناطق در طول زمان تغییر می‌کنند. پایش ویژگی‌های مختلف نواحی ساحلی از جمله تغییرات خط ساحلی، یکی از عوامل اساسی در جهت استفاده‌ی بهینه از این منابع طبیعی و مدیریت پایدار آن‌ها می‌باشد این پژوهش سعی دارد که به بررسی تغییرات خط ساحلی چابهار تا تنگ به کمک تصاویر ماهواره‌ای پیردازد و نقشه‌ها و نمودارهای مربوط به این تغییرات را استخراج کند. پژوهش از نوع توصیفی - تحلیلی مبتنی بر روش‌های کتابخانه‌ای، نرم‌افزاری، آماری و میدانی است، بدین صورت که ابتدا به کمک فعالیت‌های میدانی، نقشه‌ها و مدارک موجود، منطقه مورد شناسایی قرار گرفت، سپس از طریق تصاویر ماهواره‌ای ETM, TM و OLI مربوط به سال‌های ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۵ تغییرات خط-ساحلی با استفاده از روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی برای فاصله زمانی مورد نظر بررسی شدند. نتایج حاصله بیانگر این است که محدوده مورد مطالعه در طی ۳۰ سال گذشته دارای تغییرات چشمگیری بوده است. به طوری که در طول دوره اول (۱۹۸۸-۱۹۹۸) $1/67$ کیلومتر مربع کلاس خشکی به کلاس آب تبدیل شده است. در همین دوره $8/75$ کیلومتر مربع کلاس آب به کلاس خشکی تبدیل شده است. در طول دوره دوم (۱۹۹۸-۲۰۰۸) $6/58$ کیلومتر مربع کلاس آب به کلاس خشکی تبدیل شده است. در طول دوره سوم (۲۰۰۸-۲۰۱۵) 7 کیلومتر مربع کلاس خشکی به کلاس آب و $260/2$ کیلومتر مربع کلاس آب به کلاس خشکی تبدیل شده است. تغییرات به صورت پس روی نیز بیشتر ناشی از فعالیت‌های انسانی در این منطقه بوده است. به طوری که بیشترین تغییرات در محدوده شهر چابهار، کنارک و اسکله‌ها و بنداری است که در محدوده ساحلی این منطقه ایجاد شده است. عامل مهم و تأثیرگذار دیگر در پس روی خط ساحلی این منطقه حجم زیاد رسوب گذاری در مصب رودخانه‌های این محدوده می‌باشد. عامل دیگر که باعث بالآمدگی ساحل این منطقه شده تکنیک می‌باشد.

واژگان کلیدی: ساحل، تغییرات خط ساحلی، تصاویر ماهواره‌ای، چابهار، بندر تنگ

مقدمه

سیستم‌های ساحلی بسیار پویا و فعال هستند و تغییر و تحول در آن‌ها به دلیل برخورد دو محیط دینامیک دریا و خشکی، نسبتاً سریع روی می‌دهد (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰). در چند دهه اخیر، بخش قابل توجهی از سواحل جهان تحت تأثیر فرسایش مداوم و پس‌روی خط ساحلی بوده‌اند (بیرد، ۱۹۸۵). به طوری که در این ارتباط کمیته بین‌المللی جغرافیا مناطق ساحلی را از منحصربه‌فردترین مناطق طبیعی در نظر گرفته است (رسولی، ۲۰۱۰). این قلمرو به‌عنوان محل تلاقی دهنده فرایندهای ژئومورفیک دریا با خشکی تلقی می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۱۱) و از نظر زیست‌محیطی مناطق ساحلی به دلیل دارا بودن اکوسیستم‌های حساس از اهمیت و ارزش بالایی برخوردارند (کورشی نیا، ۱۳۸۹). به دلیل کاربری‌های متعدد انسانی، سواحل همواره به‌عنوان یک منطقه کشتش و تضاد خودنمایی می‌کنند (هوک، ۱۳۸۵) به طوری که حدود ۷۰ درصد از سواحل جهان تحت تأثیر فرسایش ساحلی قرار دارند و میل به پس‌روی دارند (بیرد^۱، ۱۹۹۶). تغییر در خط ساحلی به دلیل عواملی چون امواج، جزر و مد، طوفان‌های دوره‌ای، تغییر سطح دریا، فرآیندهای فرسایش ساحلی، جابه‌جایی و تغییر مسیر رودخانه‌ها، رسوب‌گذاری و فعالیت‌های انسانی می‌باشد (کرون^۲، ۲۰۰۷). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات آب و هوایی و بالا آمدن سطح آب دریا در تشدید این مشکل تأثیر بسزایی دارند (IPPC, 2007). روش‌های فراوانی جهت پایش تغییرات خط ساحلی وجود دارد که با توجه به محدودیت‌های زمانی، اقتصادی و غیره و همچنین نیاز به نقشه‌ها و اطلاعاتی با میزان دقت مطلوب، علم و تکنولوژی سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی پیشنهاد می‌شود. امروزه داده‌های سنجش‌ازدور به‌عنوان کارآمدترین منبع اطلاعاتی برای بررسی و تفسیر لندفرم‌ها ی ساحلی، سطوح جزر و مدی، تغییرات خطوط ساحلی، عمق و ژرفای آب و نظایر آن به شمار می‌رود (سیمون^۳، ۲۰۱۰). در مورد موضوع مورد مطالعه تحقیقات زیادی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها عبارت‌اند از: ماکوتا و همکاران^۴ در سال ۲۰۰۴ با استفاده از عکس‌های هوایی مربوط به سال‌های ۱۹۸۱، ۱۹۹۲ و ۲۰۰۲ و با کمک قابلیت‌های تحلیلی GIS تغییرات خطوط ساحلی کوندچی را بررسی کرده‌اند. چالابی و همکاران^۵ در سال ۲۰۰۶ با استفاده از عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و به کمک روش سگمنت‌سازی، به استخراج تغییرات خط ساحلی و نقشه تغییرات آن برای یک دوره ۸ ساله (۱۹۹۶-۲۰۰۶) در منطقه کالاترنگانو در کشور مالزی اقدام کردند و در نهایت به تفسیر این تغییرات پرداختند. لی^۶ (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات خط ساحلی مناطق دلتایی رودخانه زرد در چین به روش change detection بر روی تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM و در نهایت تهیه نقشه ساحلی به‌منظور مدیریت سواحل پرداخت. چنتا منسیلوان و همکاران^۷ (۲۰۱۳) در تحقیقی به بررسی تغییرات خط ساحلی کارتناکای هند با استفاده از تکنیک‌های GIS و سنجش‌ازدوری پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که ۷۰ درصد ناحیه ساحلی دارای حالتی ناپایدار و پس‌روی و پیشروی زیادی داشته و ۳۰ درصد باقیمانده هم تحت تأثیر متغیرهای فرسایشی زیادی قرار گرفته است. در ایران شایان و همکاران (۱۳۸۶)، در تحقیق خود جهت شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق آب دریاچه ارومیه، از تصاویر سنجنده‌های LISS - TM - ETM+ استفاده و به روش رقومی ساری دستی به ترسیم مرز دریاچه در دوره‌های زمانی موردنظر پرداخته و تغییرات آن را بررسی کرده‌اند. یمانی و همکاران (۱۳۹۰) تغییرات خط ساحلی در شرق تنگه هرمز را با استفاده از سنجش‌ازدور بررسی کردند. در این پژوهش بعد از بررسی میزان

1. bird

2. kroon

3. simon

4. makota

5. chelbi

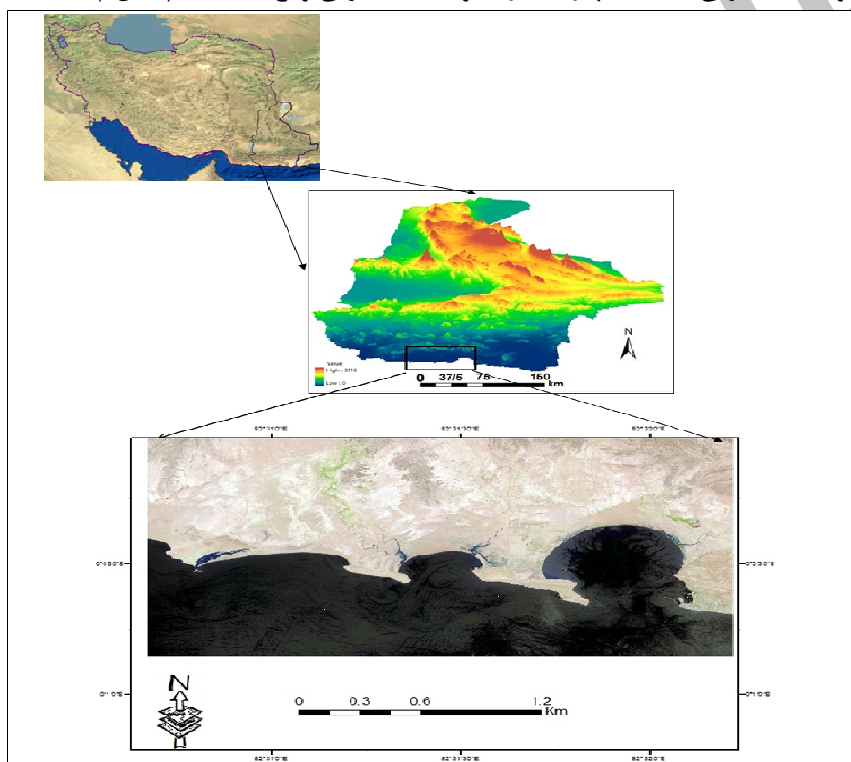
6. li

7. Schenthamilselvan

تغییرات، با استفاده از اندازه‌گیری‌های کمی، مقادیر جابه‌جایی خطوط ساحلی از نظر تعداد پیکسل، درصد تغییرات، مساحت تغییرات، جهت تغییرات و جابه‌جایی خط ساحلی محدوده مورد مطالعه در محدوده زمانی ۲۴ ساله مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفته است. همچنین نعیمی نظام‌آبادی و همکاران (۱۳۸۹) به پایش تغییرات خط ساحلی منطقه عسلویه خلیج فارس با استفاده از Thematic Mapper Imagery پرداختند. با توجه به موارد یادشده هدف از این پژوهش نیز پایش تغییرات خط ساحلی محدوده چابهار تا تنگ می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه بخشی از استان سیستان و بلوچستان است و در محدوده شهرستان چابهار قرار گرفته که از نظر عرض جغرافیایی بین مدار ۲۵ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی تا مدار ۲۵ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی، و از نظر طول جغرافیایی، بین نصف‌النهار ۶۰ درجه و ۷ دقیقه شرقی تا نصف‌النهار ۶۰ درجه و ۴۳ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

مواد و روش‌ها

در تحقیق حاضر، ابتدا روش‌های مختلف تشخیص تغییرات به کمک داده‌های ماهواره‌ای، مورد شناسایی و بررسی قرار گرفته است. در تدوین این پژوهش از ترکیب بررسی‌های اسنادی- کتابخانه‌ای، میدانی، مدل‌سازی، آماری در ارتباط با تغییرات خط ساحلی استفاده می‌شود. جهت انتخاب یک روش بهینه برای پیاده‌سازی و استخراج نتایج مطلوب و واقعی، لازم است که محاسن و معایب هر یک از روش‌های آشکارسازی در نظر گرفته شوند. نتایج مطالعات متعدد محققان مختلف عموماً بر این اساس است که در آنالیز آشکارسازی تغییرات، انتخاب روش آشکارسازی، بیش از آن که وابسته به مطالب و موضوعات علمی بیان شده در روش‌های مختلف باشد، متکی بر نوع داده‌های مورد مطالعه، منطقه مورد مطالعه و

نوع کاربری موردنظر از استخراج تغییرات می‌باشد. آنچه بیش از سایر موارد انتخاب یک روش مناسب را تحت تأثیر قرار می‌دهد، نوع داده‌های موجود می‌باشد. این که تصاویر ماهواره‌ای از چه دقت زمانی و مکانی برخوردار هستند، یعنی دارای چه توان تفکیک مکانی از نظر ابعاد پیکسل‌ها و چه بازه‌ی زمانی تکرار جهت اخذ تصویر مجدد از منطقه هستند. تأثیر زیادی در نتایج حاصل برای روش‌های مختلف دارند. اگر صرفاً هدف استخراج مناطق تغییر یافته از مناطق تغییر نیافته باشد و نوع تغییر رخ داده اهمیت نداشته باشد می‌توان از روش‌های حسابی و حتی روش‌های تبدیلات استفاده نمود. این روش‌ها مبتنی بر استخراج مناطق تغییر بدون توجه به نوع آن‌ها می‌باشد. و حاصل پیاده‌سازی چنین روش‌هایی یک نقشه باینری می‌باشد که صرفاً مناطق تغییر یافته را از مناطق بدون تغییر تفکیک می‌کند. در این روش‌ها بروز خطا در مراحل انطباق مکانی تصاویر بسیار حائز اهمیت است (لوتنا و الویج، ۱۹۹۹). اما اگر در آشکارسازی تغییرات نوع تغییرات هم مورد توجه باشد باید از روش‌هایی استفاده نمود اطلاعات تغییر و نوع تغییر قابل استخراج باشد. از جمله روش‌هایی که اطلاعات فوق را در اختیار می‌گذارند روش‌هایی مبتنی بر طبقه‌بندی هستند. روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی تأثیرات خارجی اتمسفری و محیطی بین دو تصویر مورد مطالعه را کاهش می‌دهد و نیاز به تصحیح رادیومتریکی را کاهش می‌دهد. به دلیل عدم نیاز روش‌های طبقه‌بندی به تعریف حد آستانه برای آشکارسازی تغییرات بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته‌اند و بیشتر مطالعات یا مستقیماً بر مبنای چنین الگوریتم‌هایی استوارند و یا حداقل به صورت الگوریتم‌های ترکیبی، طبقه‌بندی به عنوان بخشی از فرایند آشکارسازی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در تحقیق حاضر روش طبقه‌بندی با توجه به امتیازهایی که نسبت به سایر روش‌های آشکارسازی دارد انتخاب شد و برای پایش تغییرات خط ساحلی منطقه‌ی مورد مطالعه به کار برده می‌شود. جهت انجام این روش ابتدا پیش‌پردازش تصاویر انجام گرفت سپس الگوریتم‌های مختلف طبقه‌بندی بر روی تصاویر پیاده‌سازی شد. شکل ۲ فلوجارت انجام مراحل تحقیق حاضر را نشان می‌دهد. مراحل مختلف انجام تحقیق را می‌تواند در پنج قسمت اصلی مورد بررسی قرار داد:

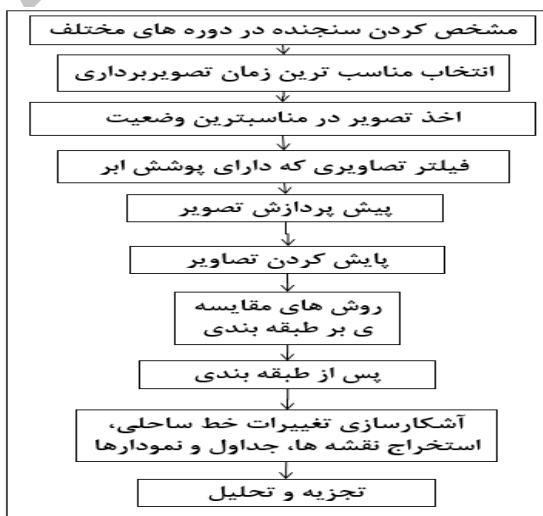
۱. اخذ داده‌های مناسب جهت انجام تحقیق

۲. پیش‌پردازش تصاویر و داده‌های مورد استفاده

۳. پردازش داده و اعمال الگوریتم‌های مختلف تشخیص تغییرات

۴. پس پردازش نتایج

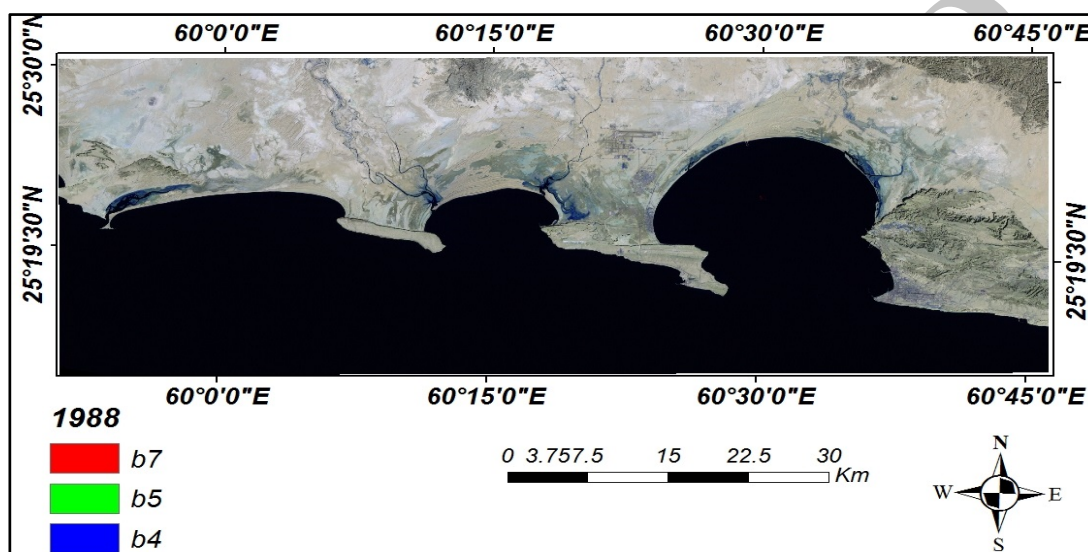
۵. ارزیابی نتایج حاصل از روش‌های مختلف آشکارسازی تغییرات و استخراج نقشه‌های مختلف تغییرات فصلی و دوره‌ای خط ساحلی محدوده مورد مطالعه، برای بازه زمانی مورد مطالعه.



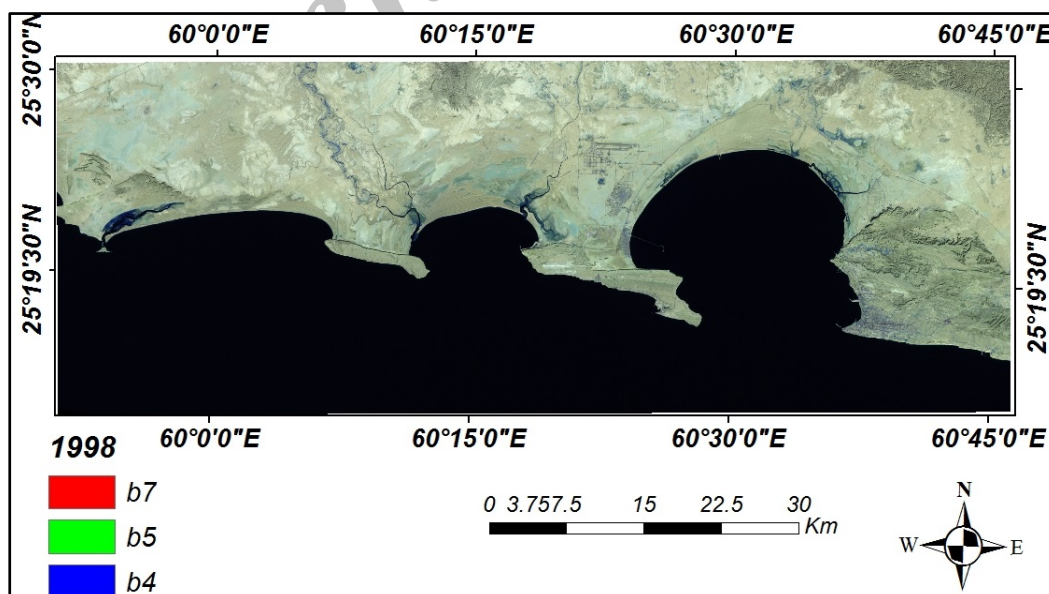
شکل ۲: فلوجارت مراحل تحقیق

بحث و نتایج

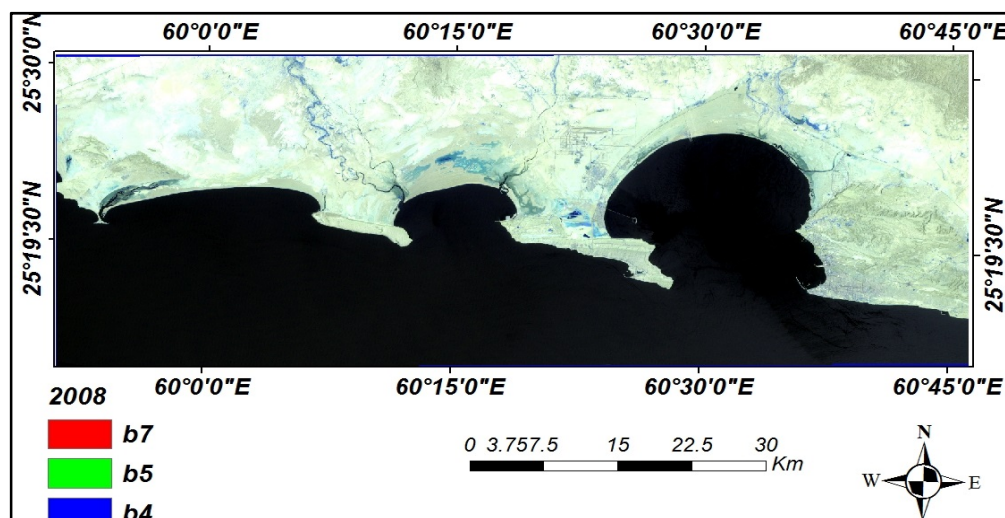
۱. مرحله اول که مربوط به اخذ و چگونگی انتخاب تصاویر ماهواره‌ای بود در ابتدا مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت ترکیب‌های رنگی مناسب جهت انجام عملیات طبقه‌بندی انتخاب شدند به عبارت دیگر برای ترکیب رنگی هر تصویر، RGB آن مربوط به ترکیب بانندی است که در رتبه اول قرار دارد زیرا دارای بیشترین اطلاعات می‌باشد. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در همه‌ی این ترکیب‌های بانندی، بیشتر باندهای مادون قرمز هستند. شکل‌های ۳ تا ۶ تصاویر ترکیب رنگی مناسب را برای دوره‌های مختلف نشان می‌دهد. البته لازم به ذکر است که تصاویر ابتدا از لحاظ پوشش ابر بررسی و مورد تأیید می‌باشند.



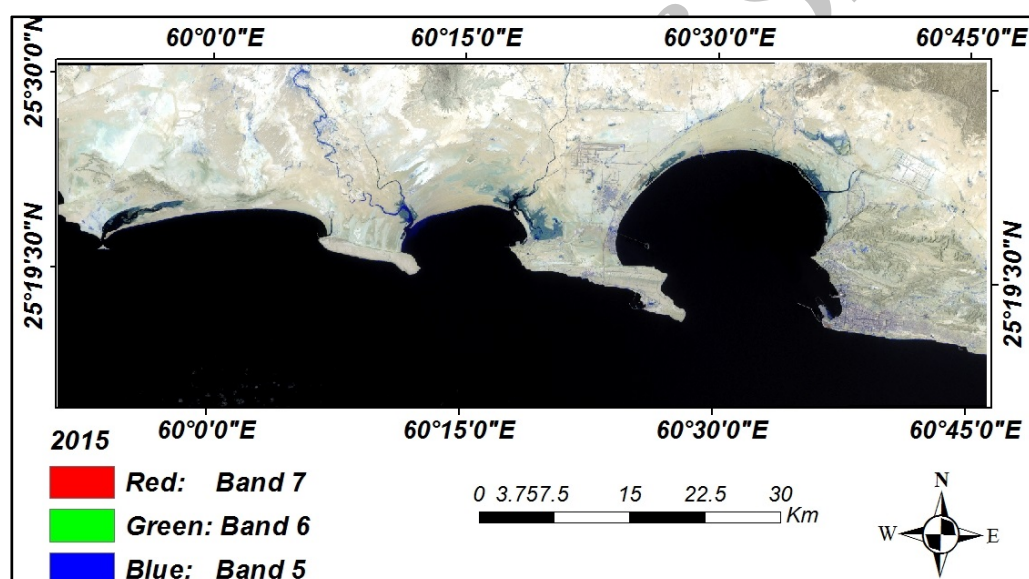
شکل ۳: تصویر سال ۱۹۸۸ با ترکیب رنگی (۷،۵،۴) حاصل از TM



شکل ۴: تصویر سال ۱۹۹۸ با ترکیب رنگی (۷،۵،۴) حاصل از سنجنده ETM+



شکل ۵: تصویر سال ۲۰۰۸ با ترکیب رنگی (۷،۵،۴) حاصل از سنجنده TM



شکل ۶: تصویر سال ۲۰۱۵ با ترکیب رنگی (۷،۶،۵) حاصل از سنجنده OIF

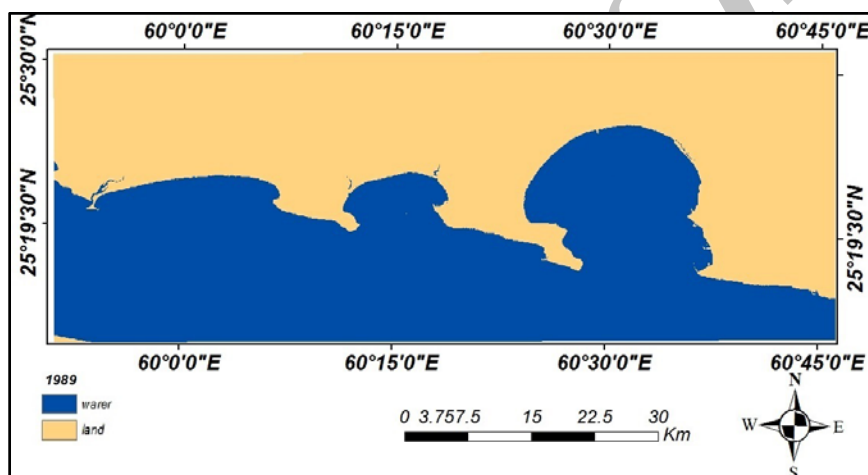
۲. مرحله پیش‌پردازش تصاویر ماهواره‌ای: در این مرحله، ابتدا اقدام به شناسایی و حذف انواع خطاهای موجود در تصاویر ماهواره‌ای شده است. از طرفی نوع پیش‌پردازش‌ها کاملاً بستگی به هدف پژوهش و نوع داده‌های مورد مطالعه دارد. در این تحقیق از جمله تصحیحاتی که در مرحله پیش‌پردازش تصاویر انجام شدند، عبارت‌اند از تصحیح رادیومتریکی و تصحیح اتمسفری که در ادامه به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

۳. مرحله طبقه‌بندی: تاکنون روش‌ها و الگوریتم‌های فراوانی جهت طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای معرفی و ارائه شده‌اند که می‌تواند به روش‌هایی همچون حداکثر احتمال، حداقل فاصله از میانگین، روش جعبه‌ای، روش فازی و شبکه‌های عصبی اشاره نمود. تحقیقات متعدد صورت گرفته تاکنون نشان می‌دهد که روش حداکثر احتمال از قابلیت بسیار بالایی برای طبقه‌بندی برخوردار می‌باشد که از جمله این تحقیقات می‌توان به مطالعات فیضی‌زاده (۱۳۸۶)، علوی‌پناه (۱۳۸۰)، ویلسون (۱۹۹۴) اشاره نمود. بنابراین در تحقیق حاضر الگوریتم حداکثر احتمال، جهت انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده مورد استفاده قرار گرفت. در تحقیق حاضر با توجه به هدف مطالعه و داده‌های موجود، مطابق جدول (۱)، دو کلاس شامل:

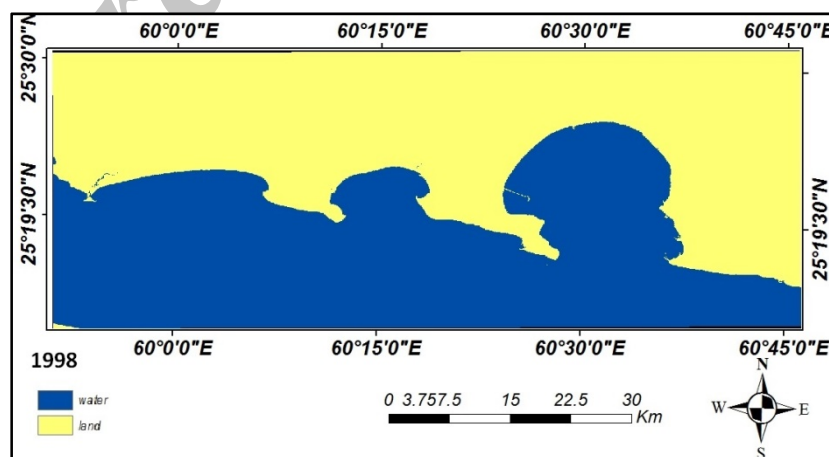
کلاس آب (water) و کلاس خشکی (land) می‌باشد. زیرا با آگاهی از این دو کلاس برای یک دوره طولانی مدت، می‌توان ضمن پایش تغییرات خط ساحلی به بررسی ارتباط و همبستگی بین تغییرات خط ساحلی با تغییرات پوشش‌های آبی و خشکی ذکر شده نیز پرداخت. شکل‌های ۷ تا ۱۰، تصاویر حاصل از نتایج طبقه‌بندی را نشان می‌دهد.

جدول ۱: مشخصات کلاس‌های تعریف شده در طبقه‌بندی

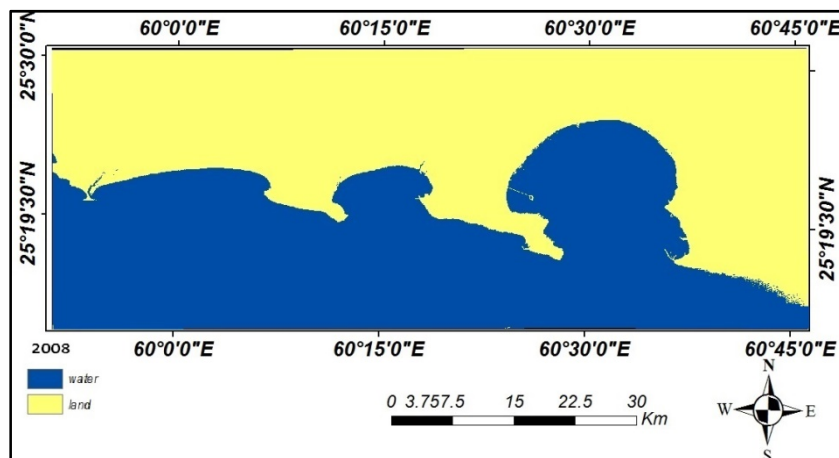
نام کلاس	شرح
آب (water)	این کلاس مربوط به محدوده آب دریا با کیفیت‌های مختلف و آب جمع شده در تالاب‌ها و دهانه رودخانه‌هایی که به دریا می‌ریزند می‌باشد
خشکی (land)	این کلاس‌ها شامل خاک‌های مختلف منطقه، پوشش گیاهی، پوشش سنگی و دست‌ساخت‌های انسان می‌باشد



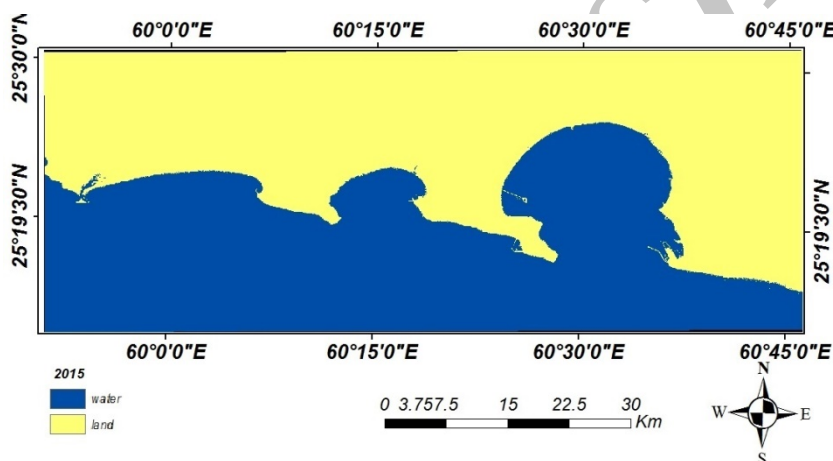
شکل ۷: نقشه حاصل از طبقه‌بندی سال ۱۹۸۹



شکل ۸: نقشه حاصل از طبقه‌بندی نهایی سال ۱۹۹۸



شکل ۹: نقشه حاصل از طبقه‌بندی نهایی سال ۲۰۰۸



شکل ۱۰: نقشه حاصل از طبقه‌بندی نهایی سال ۲۰۱۵

۴. ارزیابی صحت طبقه‌بندی: بعد از انجام طبقه‌بندی تصاویر و ادغام کلاس‌ها اقدام به ارزیابی میزان صحت و دقت نتایج حاصل شده از طبقه‌بندی‌های انجام گرفته شد. برای این کار، ابتدا ماتریس خطای مربوط به هر کدام از تصاویر طبقه‌بندی شده مطابق جدول‌های ۲ و ۳، استخراج شده و سپس شاخص‌های مختلف ارزیابی صحت، همچون دقت کاربر، دقت تولیدکننده، ضریب کاپا، خطای افزایش و خطای کاهش محاسبه گردیدند.

جدول ۲: مقادیر شاخص‌های ارزیابی صحت حاصل از ماتریس خطا

تصویر	سال ۱۹۸۸	سال ۱۹۹۸	سال ۲۰۰۸	سال ۲۰۱۵
ضریب کاپا	۰/۹۹	۰/۹۸	۰/۹۹	۰/۹۹

جدول ۳: ماتریس خطای Commission و Omission

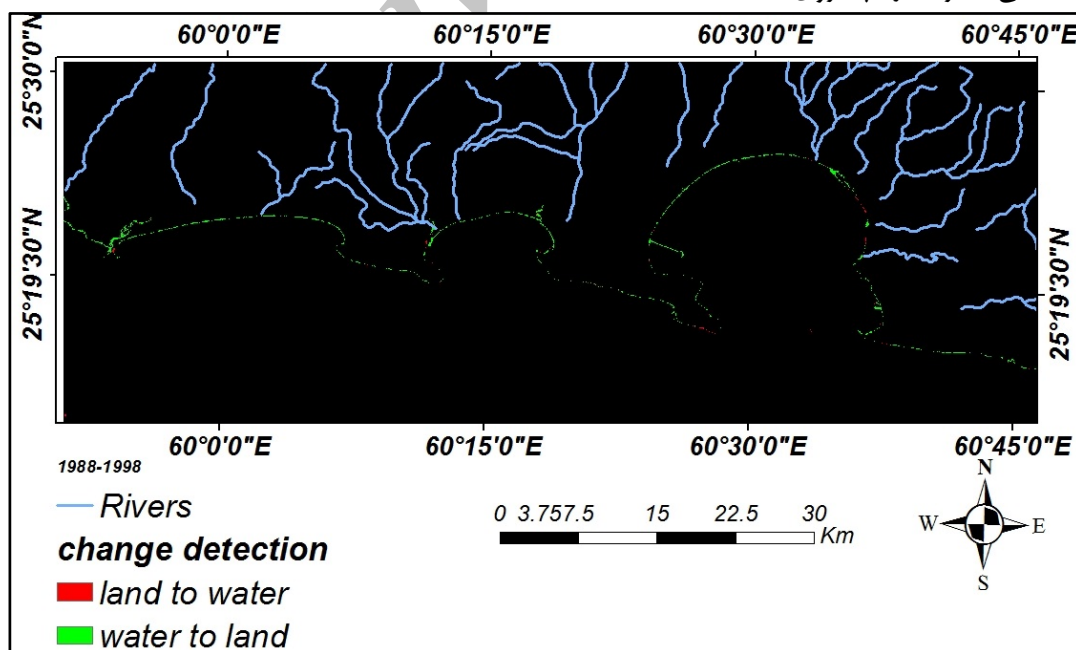
Class	۱۹۸۸		۱۹۹۸		۲۰۰۸		۲۰۱۵	
	Commission	Omission	Commission	Omission	Commission	Omission	Commission	Omission
water	3.57	0.15	5.87	0.05	5.89	0.03	5.77	0.03
LAND	0.09	0.11	0.09	0.11	0.04	0.16	0.05	0.06

۵. بررسی میزان و نحوه تغییرات خط ساحلی دریا برای دوره‌های زمانی مورد مطالعه: پس از اینکه تصاویر مربوط و چندزمانه‌ای طبقه‌بندی گردیدند، در مرحله بعد با تلاقی دادن دوبه‌دوی این تصاویر، نتایج طبقه‌بندی مورد بررسی قرار

گرفتند. جدول‌های ۴ تا ۶ اطلاعات from-to مربوط به تغییرات پوشش اراضی در منطقه از سال ۱۹۸۸ تا سال ۲۰۱۵ را نشان می‌دهد. با توجه به این جدول‌ها و شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ و همچنین نمودارهای ۱ تا ۴ مربوط به تغییرات دوره‌ای ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۵ پوشش اراضی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. به کمک این اطلاعات می‌توان به بررسی ارتباط بین روند تغییرات کلاس‌های مختلف با یکدیگر نیز پرداخت. شکل‌های ۱۱ تا ۱۳ میزان تغییرات مساحت کلاس WATER و مساحت کلاس LAND را در فاصله زمانی ۳۰ ساله را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص هست روند تغییرات از الگوی خاصی پیروی نمی‌کند. ولی مشخص است که در هر دوره میزان مساحت بیشتری از کلاس WATER به کلاس LAND تبدیل شده است. در واقع می‌توان گفت بیشتر تغییرات به صورت پس‌روی خط ساحلی بوده است.

در ادامه جهت پایش تغییرات خط ساحلی، تصاویر حاصل‌شده از مرحله قبل که دارای دو کلاس WATER و LAND هستند که با یکدیگر تلاقی داده‌شده‌اند را به صورت دوره‌ای بررسی می‌کنیم.

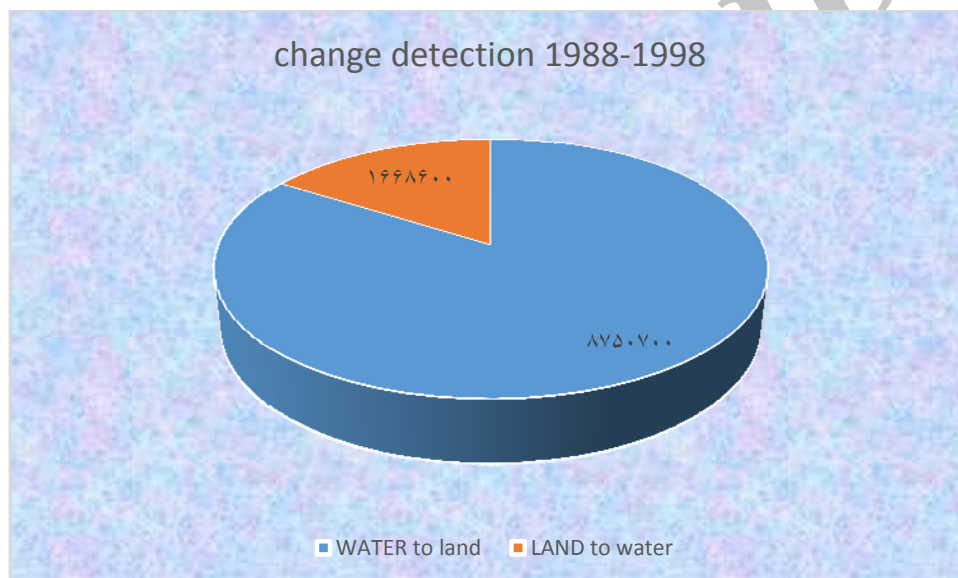
برای دوره اول (۱۹۸۸-۱۹۹۸) نقشه تغییرات حاصل از change detection مربوط به دو کلاس به هم مطابق شکل ۱۱ حاصل شده‌اند. در این شکل پیکسل‌های سبز مکان‌هایی هستند که کلاس WATER به کلاس LAND تبدیل شده است و پیکسل‌های قرمز یعنی مکان‌هایی که کلاس LAND به کلاس WATER تبدیل شده است و پیکسل‌های سیاه‌رنگ هم مناطق بدون تغییر است. جدول ۴ و نمودار ۱ مربوط به درصد تغییرات میزان مساحت (مترمربع) ایجادشده در منطقه برای دو کلاس WATER و LAND را نشان می‌دهد که بر اساس نتایج طبقه‌بندی نظارت‌شده حاصل شده‌اند. با توجه به این نمودار و شکل‌ها که مساحت مناطق تغییر یافته را نشان می‌دهد می‌تواند به بررسی دقیق‌تر وضعیت خط ساحل پرداخت. به طوری که ملاحظه می‌شود در فاصله زمانی بین سال‌های ۱۹۸۸-۱۹۹۸ که میزان 7082100 مترمربع مساحت بیشتری از کلاس WATER به کلاس LAND تبدیل شده است که می‌توان گفت خط ساحلی به طرف دریا پیشروی داشته است.



شکل ۱۱: تصویر حاصل از اجرای change detection دوره ۱۹۸۸-۱۹۹۸

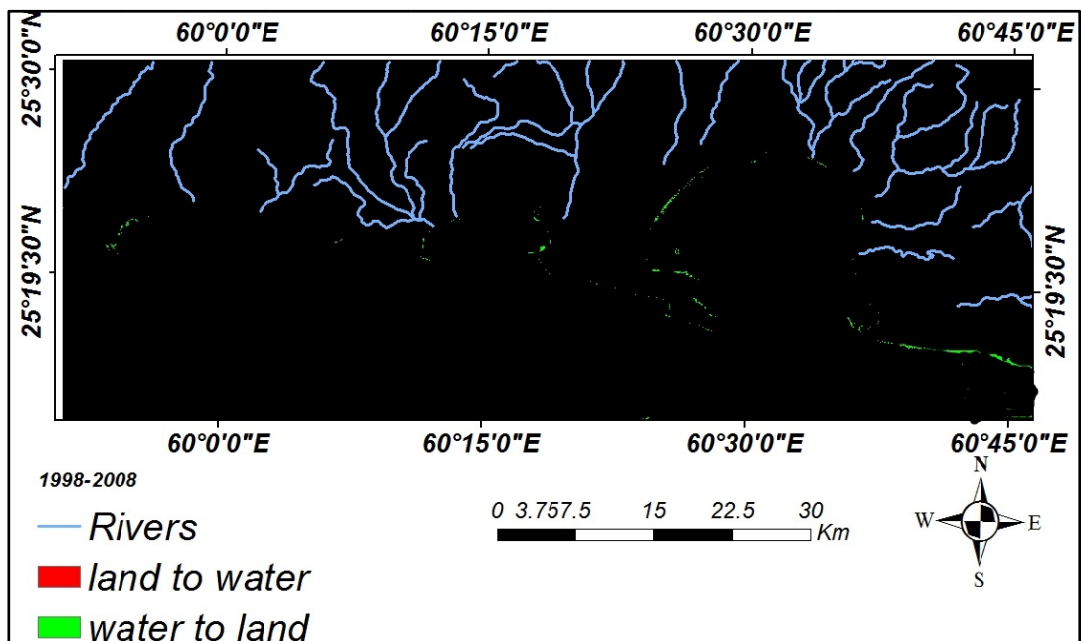
جدول ۴: اطلاعات from-to حاصل از change detection مربوط به تغییرات مساحت (مترمربع) منطقه مورد مطالعه از ۱۹۸۸-۱۹۹۸

		Image 1998		
Image 1988	area	WATER	LAND	Total Class
	WATER	1521553500	1668600	1523222100
	LAND	8750700	1633180500	1641931200
	Total Class	1530304200	1634849100	0
	Changes Class	8750700	1668600	0
	Difference Image	-7082100	7082100	0



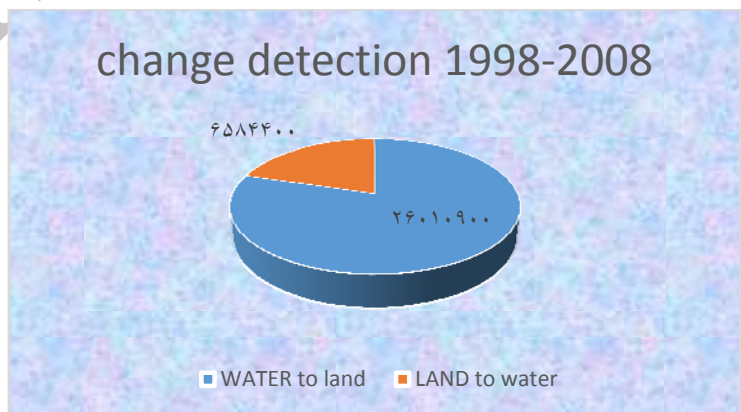
نمودار (۱)، نمودار مساحت (مترمربع) میزان تبدیلات دو کلاس water و land در دوره ۱۹۸۸-۱۹۹۸

شکل ۱۲ نمایش تصویری دوره دوم (۲۰۰۸-۱۹۹۸) نقشه تغییرات حاصل از change detection مربوط به دو کلاس را نشان می‌دهد. در این شکل پیکسل‌های سبزرنگ مکان‌هایی هستند که کلاس WATER به کلاس LAND تبدیل شده است و پیکسل‌های قرمز رنگ یعنی مکان‌هایی که کلاس LAND به کلاس WATER تبدیل شده است و پیکسل‌های سیاه‌رنگ هم مناطق بدون تغییر است. جدول ۵ و نمودار ۲ مربوط به درصد تغییرات میزان مساحت (مترمربع) ایجاد شده در منطقه برای دو کلاس WATER و LAND را نشان می‌دهند. با توجه به این نمودار و شکل‌ها که مساحت مناطق تغییر یافته را نشان می‌دهند می‌تواند به بررسی دقیق‌تر وضعیت خط ساحل پرداخت. به طوری که ملاحظه می‌شود در فاصله زمانی بین سال‌های ۱۹۸۸-۱۹۹۸، ۱۹۴۲۶۵۰۰ مترمربع میزان مساحت بیشتری از کلاس WATER به کلاس LAND تبدیل شده است که باز هم می‌توان گفت ساحل به طرف دریا پیشروی داشته است.



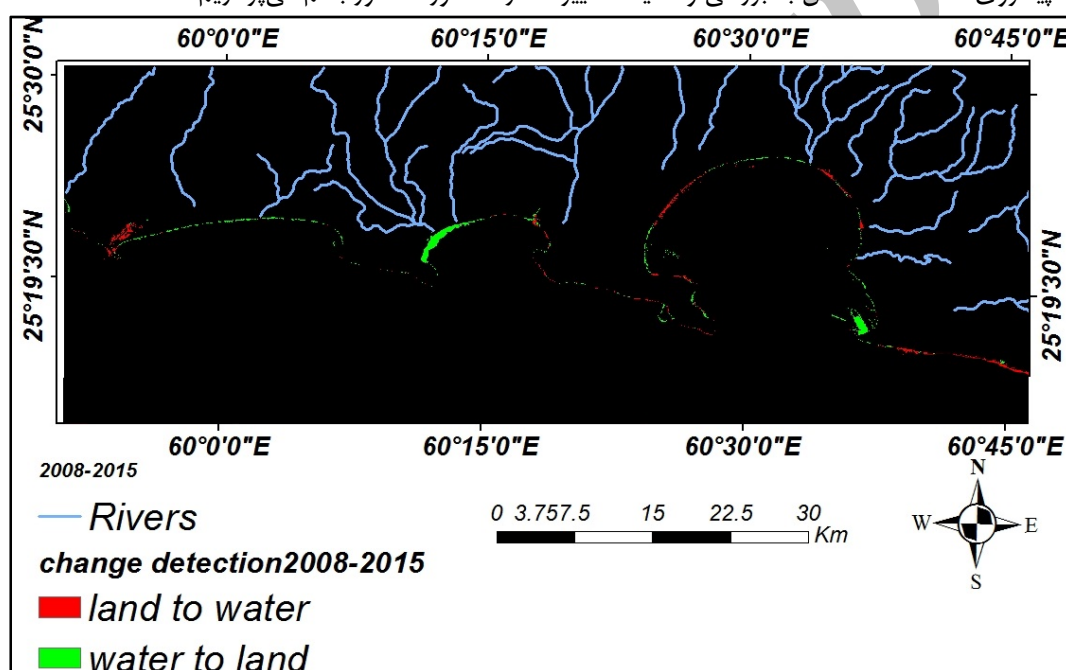
شکل ۱۲: تصویر حاصل از اجرای change detection دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۸
 جدول ۵: اطلاعات from-to حاصل از change detection مربوط به تغییرات مساحت (مترمربع) منطقه مورد مطالعه از ۱۹۹۸-۲۰۰۸

		Image 2008			
		area	WATER	LAND	Total Class
Image 1998	WATER		1497211200	6584400	1503795600
	LAND		26010900	1635346800	1661357700
	Total Class		1523222100	1641931200	0
	Changes Class		26010900	6584400	0
	Difference Image		-19426500	19426500	0



نمودار ۲: نمودار مساحت (مترمربع) میزان تبدیلات دو کلاس land و water در دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۸

شکل ۱۳ نمایش تصویری دوره سوم (۲۰۱۵-۲۰۰۸) نقشه تغییرات حاصل از change detection مربوط به دو کلاس را نشان می‌دهد. در این شکل پیکسل‌های سبزرنگ مکان‌هایی هستند که کلاس WATER به کلاس LAND تبدیل شده است و پیکسل‌های قرمز رنگ یعنی مکان‌هایی که کلاس LAND به کلاس WATER تبدیل شده است و پیکسل‌های سیاه‌رنگ هم مناطق بدون تغییر است. جدول ۶ و نمودار ۳ مربوط به درصد تغییرات میزان مساحت (مترمربع) ایجاد شده در منطقه برای دو کلاس WATER و LAND را نشان می‌دهند. با توجه به این نمودار و شکل‌ها که مساحت مناطق تغییر یافته را نشان می‌دهند می‌تواند به بررسی دقیق‌تر وضعیت خط ساحل پرداخت. به طوری که ملاحظه می‌شود در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۰۸، ۵۰۶۶۳۰۰ مترمربع میزان مساحت بیشتری از کلاس WATER به کلاس LAND تبدیل شده است که باز هم می‌توان گفت ساحل به طرف دریا پیشروی داشته است. حال به بررسی و مقایسه تغییرات در سه دوره مذکور با هم می‌پردازیم.

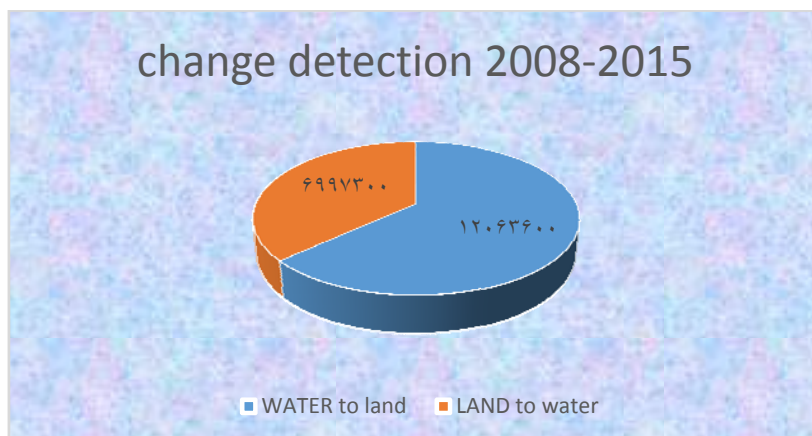


شکل ۱۳: تصویر حاصل از اجرای change detection دوره ۲۰۱۵-۲۰۰۸

جدول ۶: اطلاعات from-to حاصل از change detection مربوط به تغییرات مساحت (مترمربع) منطقه

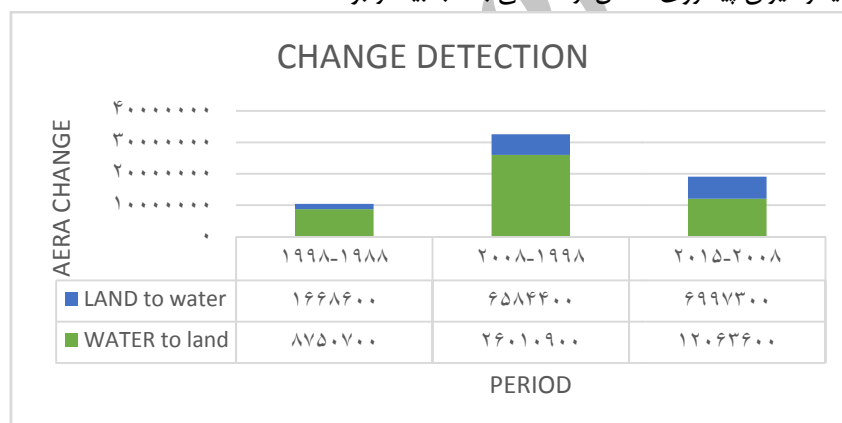
مورد مطالعه از ۲۰۱۵-۲۰۰۸

		Image 2015			
		area	WATER	LAND	Total Class
Image 2008	WATER		1491732000	6997300	1578729300
	LAND		12063600	1654360400	1666424000
	Total Class		1503795600	1661357700	0
	Changes Class		12063600	6997300	0
	Difference Image		-5066300	5066300	0



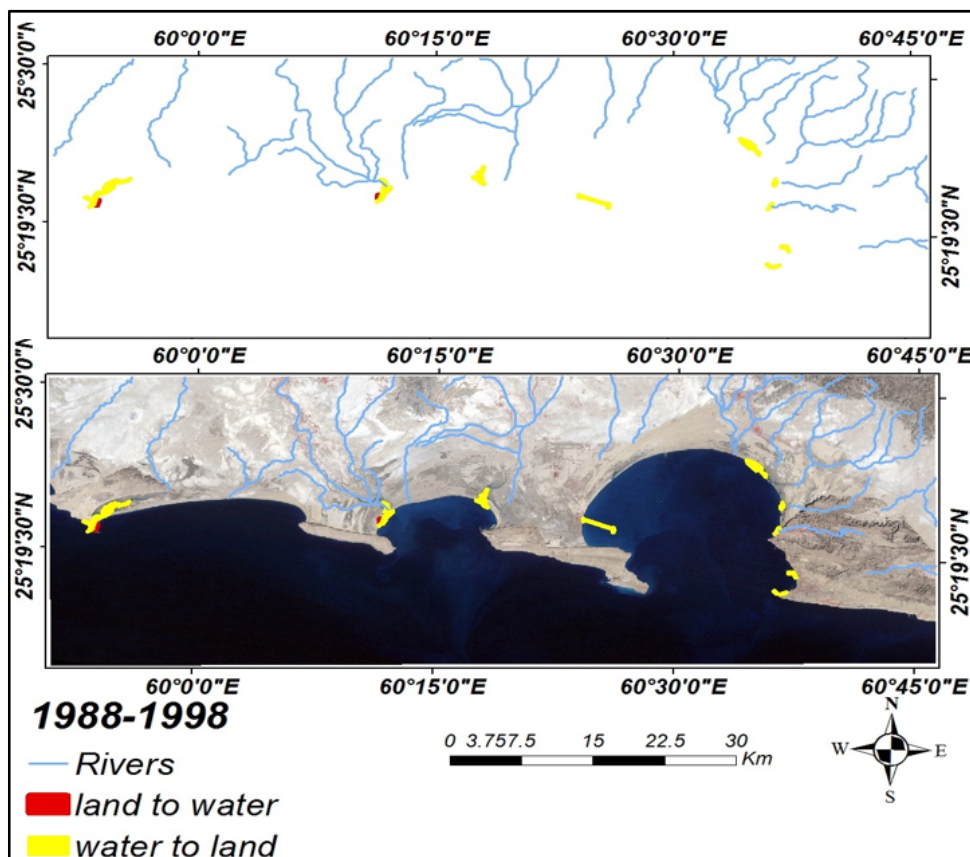
نمودار ۳: نمودار مساحت (مترمربع) میزان تبدیلات دو کلاس **land** و **water** در دوره ۲۰۰۸-۲۰۱۵

با توجه به نمودار ۴ و جدول‌های ۴ تا ۶ که میزان تبدیلات کلاس‌ها به هم و نحوه تغییرات مشخص است. اولاً می‌توان گفت که میزان تبدیلات کلاس‌ها به هم در دوره دوم از دو دوره دیگر بیشتر بوده است. ثانیاً میزان تبدیلات کلاس‌ها به هم در دوره سوم به نسبت متعادل‌تر بوده یعنی می‌توان در این دوره در مجموع ساحل نه پیشروی داشته و نه پس‌روی. ولی در دو دوره دیگر میزان پیشروی ساحل از خشکی به آب بیشتر بوده است.

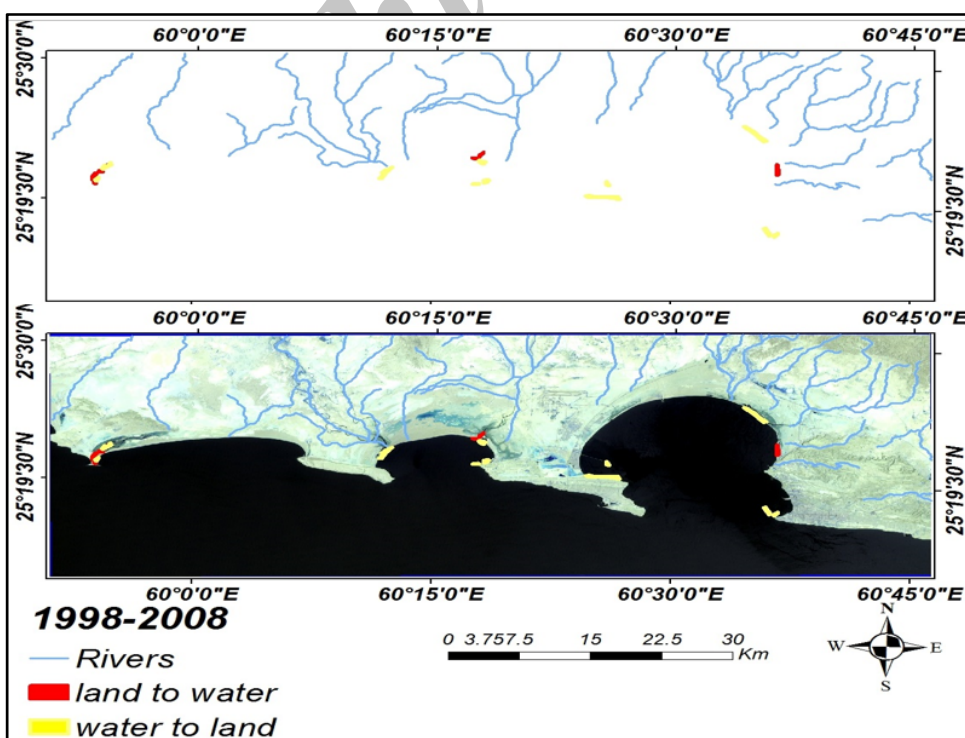


نمودار ۴: نمودار میزان تبدیلات کلاس‌ها در هر سه دوره

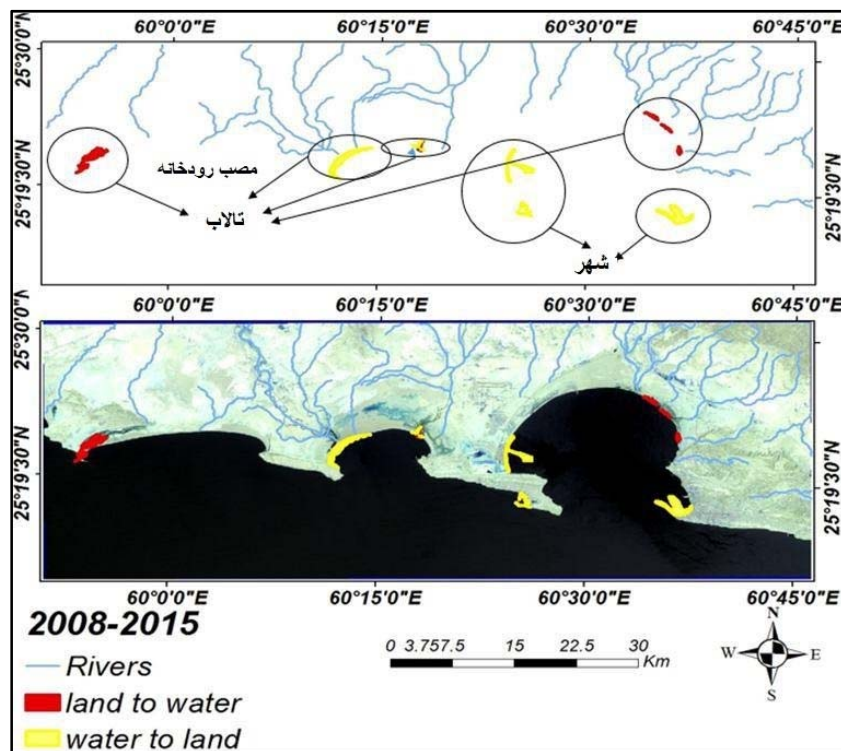
تاکنون به نتایجی در مورد میزان تبدیلات مساحت خاک به آب و برعکس دست‌یافته‌ایم حال می‌خواهیم ببینیم که این تغییرات بیشتر در کجای منطقه رخ داده است. یعنی حساس‌ترین و پایدارترین مناطق از لحاظ تغییرات خط ساحلی در کجا قرار دارند. و دلایل این تغییرات خط ساحل چیست. به عبارت دیگر در پی رسیدن به این نکته هستیم که کدام عامل طبیعی یا انسانی بیشترین تأثیر روی تغییرات خط ساحل داشته است. عامل‌های مورد بررسی شامل بررسی نقشه ارتفاعی منطقه، زمین‌شناسی، کاربری، رودخانه‌ها، تکتونیک، پوشش گیاهی و شیب منطقه می‌باشد. در شکل‌های ۱۴ تا ۱۶ مناطقی که در هر دوره دارای بیشترین تغییرات بوده‌اند مشخص شده است. که در هر سه تصویر این مناطق شامل مناطق شهری و تالاب و مصب رودخانه‌ها می‌باشند.



شکل (۱۴): نقشه حساس‌ترین مناطق منطقه مورد مطالعه نسبت به تغییرات خط ساحل



شکل ۱۵: نقشه حساس‌ترین مناطق منطقه مورد مطالعه نسبت به تغییرات خط ساحل



شکل ۱۶: نقشه حساس ترین مناطق منطقه مورد مطالعه نسبت به تغییرات خط ساحل

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل شده از به کارگیری روش طبقه بندی، می توان نتیجه گرفت که جهت پایش تغییرات خط ساحلی، روش طبقه بندی تصاویر ماهواره ای دارای قابلیت های مناسبی جهت پایش و آشکارسازی تغییرات خط ساحلی می باشد. با توجه به نتایج و یافته ها خط ساحلی محدوده مورد مطالعه ناپایدار می باشد. که بیشترین تغییرات در طول هر سه دوره ی مورد بررسی به صورت پس روی خط ساحلی، یا تبدیل کلاس آب به خشکی و اکثر در سواحل ماسه ای بوده است. به طوری که در طول دوره ی اول (۱۹۸۸-۱۹۹۸)، کلاس زمینی به کلاس آب تبدیل شده است در همین دوره میزان ۸۷۵۰۷۰۰ مترمربع کلاس آب تبدیل به خشکی شده است. در طول دوره ی دوم (۲۰۰۸-۱۹۸۸)، ۶۵۸۴۴۰۰ مترمربع کلاس خشکی به آب تبدیل شده است. در همین دوره میزان ۲۶۰۲۱۰۹۰۰ مترمربع کلاس آب تبدیل به خشکی تبدیل شده است. در طول دوره سوم (۲۰۱۵-۲۰۰۸)، میزان ۶۹۹۷۳۰۰ مترمربع کلاس خاک تبدیل به آب شده است در همین دوره میزان ۱۲۰۶۳۶۰۰ متر از کلاس آب به خشکی تبدیل شده است. از کل این تغییرات نصبت خیلی کمی به صورت تبدیل کلاس خشکی به آب یا پیشروی خط ساحلی به طرف خشکی بوده. که این تغییرات بیشتر در محدوده ی تالابها بوده. دلیل این تغییرات نیز بیشتر مربوط بالا آمدن آب دریا در هنگام مد در زمان های تصویربرداری و نیز لایروبی ماسه های این باتلاقها توسط سازمان های مدیریت پایدار نواحی ساحلی در این منطقه بوده است. تغییرات به صورت پس روی نیز بیشتر ناشی از فعالیت های انسانی در این منطقه بوده است. به طوری که بیشترین تغییرات در محدوده شهر چابهار، کنارک و اسکله ها و بنداری است که در محدوده ی ساحلی این منطقه ایجاد شده است. عامل مهم و تأثیرگذار دیگر در پس روی خط ساحلی این منطقه حجم زیاد رسوب گذاری در مصب رودخانه های ... این محدوده می باشد. عامل دیگر که باعث بالا آمدگی ساحل این منطقه شده تکنونیک می باشد. . بالا آمدگی ساحل این منطقه ناشی از حرکت پوسته اقیانوسی دریای عمان و فرورانش آن در زیر پوسته قاره ای واحد مکران است. این فرایند موجب وقوع شکستگی و نتیجتاً گسل، در لایه های رسوبی جوان ساحلی شده و عملکرد گسل ها نیز موجب جابه جایی لایه های رسوبی به طرف بالا می شود. بالا آمدگی لایه های رسوبی اغلب در امتداد گسل های متعدد و موازی هم صورت می گیرد. از طریق

روش سن‌یابی کربن ۱۴ روی فسیل‌ها و صدف‌های موجود در لایه‌های بالآمده‌ی ناحیه ساحل کنارک، زمان شروع این فرایند ۳۰۵۰۰ سال قبل و مقدار بالآمدگی حدود ۱۰۴/۸ متر برآورد شده است (کوثری، ۱۳۶۴). بر این اساس مقدار بالآمدگی ۳/۵ میلی‌متر در سال در ۳۰۵۰۰ سال اخیر بوده است. چون این حرکت ادامه دارد بنابراین فرایند بالآمدگی ساحل نیز ادامه دارد.

منابع

- شایان، سیاوش؛ جنتی، مهدی. ۱۳۸۶. شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲.
- کورشی نیا، علی. ۱۳۸۹. پایش تغییرات خط ساحلی با استفاده از *RS* و *GIS*، مجله بندر و دریا، شماره ۱۷.
- نعیمی نظام‌آبادی، علی؛ ثروتی، محمدرضا؛ قهرودی، منیژه (۱۳۸۹)، پایش تغییرات خط ساحلی و لند فرم‌های ژئومورفولوژیکی منطقه عسلویه با استفاده از تکنیک سنجش‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۰.
- یمانی، مجتبی؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ گودرزی مهر، سعید. ۱۳۹۰. بررسی تغییرات خط ساحلی شرق تنگه هرمز با استفاده از تکنیک‌های سنجش‌ازدور، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۴.
- هوک، ج. ام. ۱۳۸۵. ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، ترجمه محمدجعفر زمردیان، چاپ دوم، تهران، انتشارات سمت.
- Bird, E.C.F. (1985). *Coastline Changes: a Global Review*, Wiley, Chichester. UK
- Bird, E.C.F, 1996, *Beach Management (Coastal Morphology and Research)*, John Wiley and Sons Ltd, Chichester.
- Chalabi. A., et al, 2006, *Monitoring shoreline change using Ikonos image and aerial photographs: a case study of Kuala Terengganu area, Malaysia ISPRS Commission VII Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes"*, Enschede, the Netherlands, 8-11 May 2006.
- IPCC Climate Change, 2007, *the Fourth Assessment Report, (AR4) of the United Nations Intergovernmental*
- Kroon, A. Davidson, M.A. Aarninkhof, S.G.J, Archetti, R, Armaroli, C. Gonzalez, M.
- Medri, S. Osorio, A. Aagaard, T., Holman, R.A., Spanhoff, R., 2007, *Application of Remote sensing Video Systems to Coastline management problems. Coastal Engineering NO, 54, pp, 493-505.*
- Li Cui, B Xiao-Yan L., 2011, *Coastline Change of the Yellow River Estuary and its Response to the Sediment and Runoff (1976-2005)*, *Geomorphology No127*, PP, 32-40.
- Makota, V. et al., 2004, *Monitoring shoreline change using remote sensing and GIS: a case study of Kunduchi area, Tansania, western Indian ocean J.Mar. sci. vol. 3, No. 1, pp. 1-10.*
- Rasuly A, Naghdifar, R, Rasoli, M, 2010, *Monitoring of Caspian Sea Coastline Changes Using Objec Oriented Techniques*, *Procedia Environmental Sciences No, 2 pp, 416426.*
- Schenthamilselvan, r.skakara, b. rajan (2013); *assessment of shoreline change along karantaka coast, india using GIS, RS, indian journal of marine sciences. vol 43(7), july 2014, pp.*
- Simon, patric., 2010, *Remote Sensing in Geomorphology*, Newdelhi, Oxford Book Company.