

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال ششم، شماره ۱، تابستان ۱۳۹۶  
صص. ۱۳۶-۱۱۹

## بررسی و پایش تغییرات خط ساحلی دریای عمان در منطقه جاسک

سعید نگهبان\* - استادیار ژئومورفولوژی بخش جغرافیا، دانشگاه شیراز.  
کیوان باقری - دانشجوی دکتری سنجش از دور و GIS، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.  
سوسن حیدری - کارشناس ارشد آب‌وهوا شناسی ماهواره ای، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.  
لیلا گروسی - کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۸/۲۵      تأیید نهایی: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰

### چکیده

پایش ویژگی‌های مختلف نواحی ساحلی یکی از عوامل اساسی در جهت استفاده‌ی بهینه از این منابع طبیعی و مدیریت پایدار آنها می‌باشد. هدف تحقیق پایش تغییرات، شناخت و تعیین مناطق حساس به تغییرات خط ساحلی و تحلیل این تغییرات بر پایه ژئومورفولوژی می‌باشد. برای این منظور ابتدا به کمک نقشه‌ها و مدارک موجود منطقه مورد مطالعه شناسایی شده و سپس از طریق تصاویر ماهواره‌ای با سنجنده‌های ETM، TM و OLI در بازه زمانی سال-های ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۴، تغییرات خط ساحلی با استفاده از روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی حداکثر احتمال، بررسی شده‌اند. لازم به ذکر است میزان دقت کاپا و دقت کلی طبقه‌بندی حداقل ۹۴٪ و ۹۷٪ به ترتیب می‌باشد. در ادامه با استفاده از تکنیک مقایسه پس از طبقه‌بندی به پایش تغییرات پرداخته شد. نتایج حاکی از این است که محدوده مورد مطالعه در طی ۲۸ سال گذشته، دارای تغییرات چشمگیری به صورت پسروی و پیشروی خط ساحل بوده است. طوری-که در طول دوره اول (۱۹۸۶-۱۹۹۴) ۹ کیلومترمربع کلاس خشکی به کلاس آب و ۶۸ کیلومترمربع کلاس آب به خشکی تبدیل، در طول دوره دوم (۱۹۹۴-۲۰۰۱) ۱۹ کیلومترمربع خشکی به آب و ۱۷ کیلومترمربع آب به خشکی تبدیل و در دوره سوم (۲۰۰۱-۲۰۰۸) ۴۳ کیلومترمربع کلاس خشکی به کلاس آب و ۳ کیلومترمربع کلاس آب به خشکی تبدیل و در دوره آخر (۲۰۰۸-۲۰۱۴) ۶۵ کیلومترمربع کلاس خشکی به کلاس آب و ۳۰ کیلومترمربع کلاس آب به کلاس خشکی تبدیل شده است. در نهایت مناطق حساس به تغییرات در خط ساحلی تعیین، و با تهیه نقشه ژئومورفولوژی آن منطقه تحلیل شد.

واژگان کلیدی: سنجش از دور، پایش تغییرات، خط ساحل، ماهواره لندست.

## مقدمه

برنامه ریزی و مدیریت مؤثر پیش شرط‌های توسعه پایدار ساحل می‌باشد (کومر و قوش<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲). خط ساحلی به عنوان خط تماس بین زمین و پیکره آبی در یک لحظه از زمان تعریف می‌شود (جنس<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰، ناجی و توفیک<sup>۳</sup>، ۲۰۱۱). سیستم‌های خط 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، حدود ۷۰ درصد از سواحل جهان تحت تاثیر فرسایش مداوم و پسروری خط ساحلی بوده‌اند. به طوری که در این ارتباط کمیته بین‌المللی جغرافیا مناطق ساحلی را از منحصر بفردترین مناطق طبیعی در نظر گرفته است (راسل<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰). این قلمرو به عنوان محل تلاقی دهنده فرایندهای ژئومورفیک دریا با خشکی تلقی می‌شود (لی و همکاران<sup>۵</sup>، ۲۰۱۱) و از نظر زیست محیطی مناطق ساحلی به دلیل دارا بودن اکوسیستم‌های حساس از اهمیت و ارزش بالایی برخوردارند (کوروش نیا، ۱۳۸۹). به دلیل کاربری‌های متعدد انسانی، سواحل همواره به عنوان یک منطقه کشش و تضاد خودنمایی می‌کنند (هوک، ۱۳۸۵). میانگین جهانی سطح دریا تا قرن ۲۰ افزایش یافته است و انتظار می‌رود در این قرن با توجه به آب شدن یخ‌ها و انبساط حرارتی سطح آب افزایش یابد (یانگ و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۱۳، وب و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۱۳، نیچولس و کزناو<sup>۸</sup>، ۲۰۱۰) که به منزله تهدیدی جدی برای پایداری و ثبات اکوسیستم ساحلی و اموال میلیون‌ها نفر از مردم می‌باشد (ارکما<sup>۹</sup>، ۲۰۱۳، کیروان و میگونیل<sup>۱۰</sup>، ۲۰۱۳). برای مقابله با این مشکلات، نظارت بر پویایی خط ساحلی از اهمیت حیاتی برخوردار است، زیرا این نظارت اطلاعات ضروری را برای درک واکنش تغییرات خط ساحلی به تغییرات آب و هوایی حاضر و اثرات انسان فراهم می‌کند (جینس، ۲۰۰۹). عدم مدیریت پایدار منطقه ساحلی باعث مشکلات شدید زیست محیطی، از جمله فرونشست زمین، نفوذ آب دریا، فرسایش ساحلی شده است (لی، ۲۰۱۰)، که منطقه مورد مطالعه این تحقیق از این قاعده‌ها مستثنا نمی‌باشد. از طرفی دیگر در برنامه پنجم توسعه جز مناطقی می‌باشد که باید توسعه یابد. پس برای یک مدیریت پایدار شناخت پتانسیل، نقاط ضعف و قوت این منطقه لازم می‌باشد.

داده‌های خط ساحلی به دست آمده از تصاویر هوایی (جونز و همکاران<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۹) و رادار که قدرت تفکیک مکانی مناسبی دارند برای پایش خط ساحل مناسب می‌باشند، اما برای مشاهده مکرر در نواحی وسیع از موارد مذکور، هزینه‌هایی بسیار زیادی نیاز است. از طرفی استفاده از داده‌های سنجش از دور ماهواره‌ای برای مشاهده خط ساحلی در مقیاس بزرگ که غالباً یک رابطه بین قدرت تفکیک زمانی و مکانی دارد، مناسب می‌باشد (لی و گنگ<sup>۱۲</sup>، ۲۰۱۶). بنابراین، سنجش از دور ماهواره‌ای می‌تواند یک ابزار مؤثر، سریع و مقرون به صرفه برای تهیه نقشه تغییرات باشد (ال اسمر<sup>۱۳</sup>، ۲۰۰۲، چن و رو<sup>۱۴</sup>، ۱۹۹۸، شاقود و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۳، چونگ<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴، هانیک<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴). امروزه داده‌های سنجش از دور به عنوان

1 . Kumar &amp; Ghosh

2 . Gens

3 . Naji &amp; Tawfeeq

۴ . Rasel

۵ . lee et al

۶ . Yang et al

7 . Webb et al

8 . Nicholls &amp; Cazenave

9 . Arkema

10 . Kirwan

11 . Jones

12 . Li &amp; Gong

13 . El-Asmar

14 . Chen &amp; Rau

کارآمدترین منبع اطلاعاتی برای بررسی و تفسیر لندفرم‌های ساحلی، سطوح جزر و مدی، تغییرات خطوط ساحلی، عمق و ژرفای آب و نظایر آن به شمار می‌رود (سیمون<sup>۴</sup>، ۲۰۱۰).

نمونه‌هایی از مطالعات برای تشخیص تغییرات خط ساحلی در چین با استفاده از داده‌های سنجنش از دور در دلتای رودخانه زرد (یانگ و همکاران<sup>۵</sup>، ۱۹۹۹، لی و همکاران<sup>۶</sup>، ۲۰۰۴، چنگ و همکاران<sup>۷</sup>، ۲۰۰۴) و دریای بوهای<sup>۷</sup> (جیانگ و همکاران<sup>۸</sup>، ۲۰۰۳، هانگ و فان<sup>۹</sup>، ۲۰۰۴ و در ساحل فوجیان<sup>۱۰</sup> (سان و ژانگ<sup>۱۱</sup>، ۲۰۰۴) انجام شده است. مکتوتا و همکاران در سال ۲۰۰۴ با استفاده از عکس‌های هوایی مربوط به سال‌های ۱۹۸۱، ۱۹۹۲ و ۲۰۰۲ و با کمک قابلیت‌های تحلیلی GIS تغییرات خطوط ساحلی کونداچی را بررسی کرده‌اند. چلبی و همکاران 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. چنتامیلسون و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی به بررسی تغییرات خط ساحلی کارنتاکای هند با استفاده از تکنیک‌های GIS و سنجنش از دوری پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که ۷۰ درصد ناحیه ساحلی دارای حالتی ناپایدار و پسروری و پیشروی زیادی داشته و ۳۰ درصد باقیمانده هم تحت تاثیر 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 ETM+، TM و LISS استفاده و به روش رقومی‌سازی دستی به ترسیم مرز دریاچه در دوره‌های زمانی مورد نظر پرداخته و تغییرات آن را بررسی کرده‌اند. یمانی و همکاران (۱۳۹۰) تغییرات خط ساحلی در شرق تنگه هرمز را با استفاده از سنجنش از دور بررسی کردند. همچنین نظام آبادی و همکاران (۱۳۸۹) به پایش تغییرات خط ساحلی منطقه عسلویه خلیج فارس با استفاده از Thematic Mapper Imagery پرداختند. تمیز و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش خود به منظور تشخیص تغییرات خط ساحلی دریاچه اکیقول<sup>۱۲</sup> از تصاویر لندست مربوط به سال ۱۹۸۵، ۲۰۰۰ و ۲۰۱۵ استفاده کردند. پس از تجزیه و تحلیل تغییرات، مشخص گردید که کاهش قابل توجهی در مساحت آب دریاچه مورد مطالعه وجود داشته است. در نهایت به این نتیجه رسیدند که خط ساحلی تغییرات مکانی قابل توجهی (در برخی از نقاط بیش از ۲۰۰ متر) برای یک دوره ۳۰ ساله داشته است. آل‌شیخ و همکاران (۲۰۰۷) در پژوهش خود در دریاچه ارومیه به بررسی روش‌های کنونی تشخیص تغییر خط ساحلی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداخته‌اند. بر اساس مزایا و معایب روش‌ها، یک روش جدید توسعه داده شد. روش ارائه شده بر ترکیبی از هیستوگرام و آستانه تکنیک نسبت به باندهای تکنیک‌ها بود. بر اساس این تحقیقات، منطقه مورد مطالعه حدود ۱۰۴۰ کیلومتر مربع از آگوست سال ۱۹۹۸ تا آگوست ۲۰۰۱ کاهش یافته است. کومر و قوش (۲۰۱۵) در پژوهشی با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره TM و ETM سنجنش از دور و سیستم اطلاعات (GIS) برای نظارت بر تغییرات خط ساحلی ۱۹۸۹-۲۰۱۰ در جزیره هاییتی<sup>۱۳</sup> در بنگلادش پرداخته که نتایج نهایی نشان داد جزیره مورد مطالعه شاهد ۶۴۷۶ هکتار فرسایش بود.

۱. Shaghude

2. Chong,

3. Hennecke

4. Simon

5. Yang

6. Li et al

7. Bohai sea

8. Jiang

9. Huang & fan

10. Fujian coast

11. Sun & Zhang

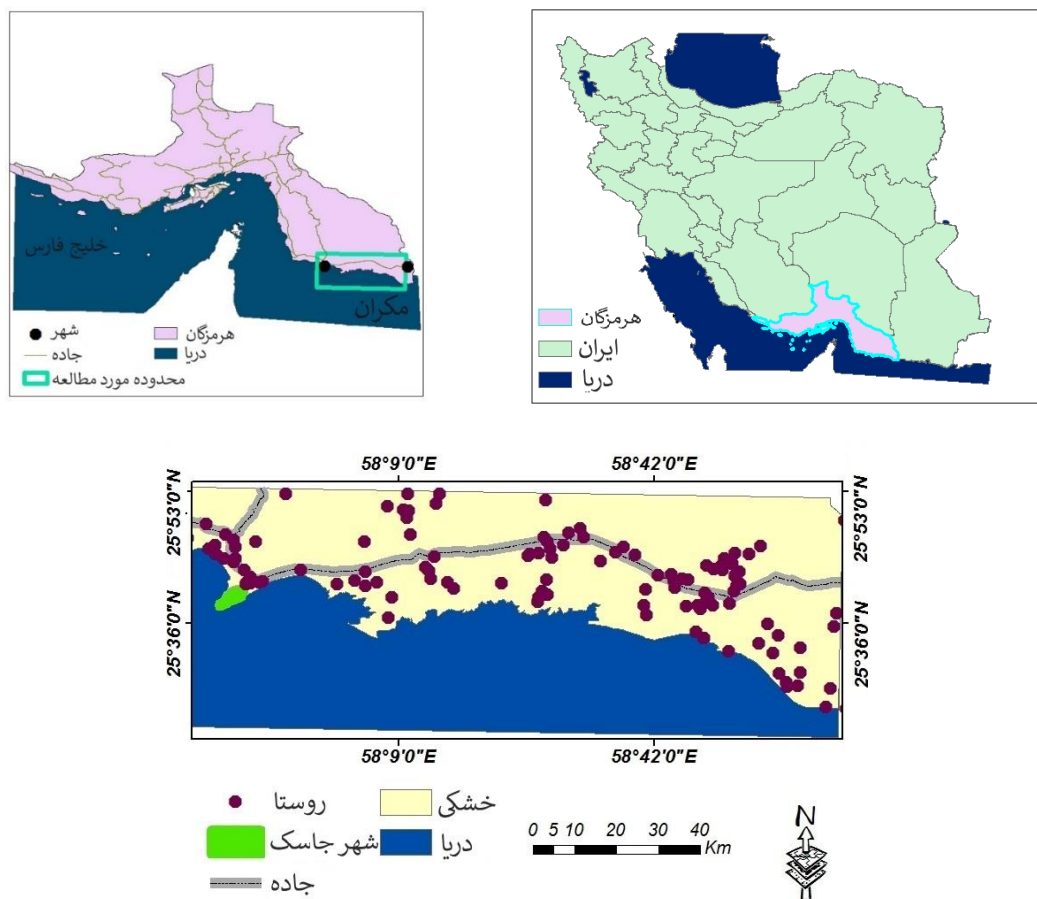
12. Acıgöl

13. Hatiya

در این پژوهش هدف پایش و تحلیل تغییرات خط ساحلی محدوده جاسک می‌باشد. برای این منظور ابتدا تصاویر ماهواره‌ای مناسب از لحاظ فاصله زمانی، اخذ می‌شود و بعد از انجام پیش پردازش‌های اولیه، تصاویر طبقه بندی می‌شوند. در ادامه با استفاده از اندازه‌گیری‌های کمی، میزان جابه‌جایی خطوط ساحلی از نظر تعداد پیکسل، درصد تغییرات، مساحت تغییرات، جهت تغییرات محدوده مورد مطالعه در محدوده زمانی ۲۸ ساله مورد مقایسه و ارزیابی قرار می‌گیرد و در نهایت با تهیه نقشه ژئومورفولوژی منطقه به تحلیل این تغییرات پرداخته می‌شود.

### مواد و روش‌ها

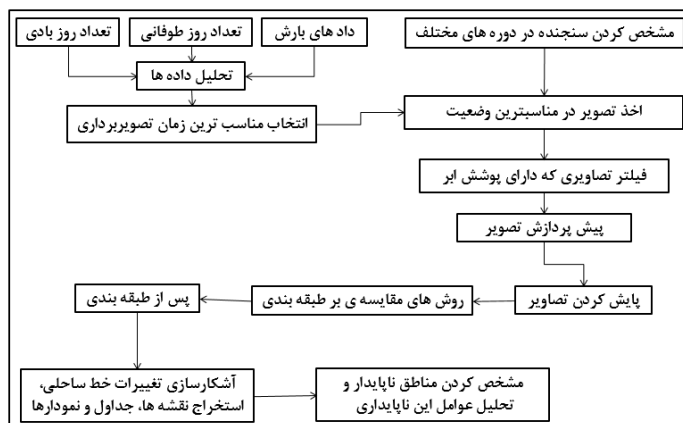
منطقه مورد مطالعه بخشی از استان هرمزگان است و در محدوده شهرستان چابهار قرار گرفته که از نظر عرض جغرافیایی بین مدار ۲۵ درجه و ۲۶ دقیقه شمالی تا مدار ۲۵ درجه و ۵۳ دقیقه شمالی، و از نظر طول جغرافیایی، بین نصف‌النهار ۵۷ درجه و ۲۲ دقیقه شرقی تا نصف‌النهار ۹۹ درجه و ۳ دقیقه شرقی واقع شده است (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

تحقیق حاضر در چند مرحله انجام می‌شود که در شکل (۲) این مراحل نمایش داده شده است:

۱. اخذ داده‌های مناسب جهت انجام تحقیق، ۲. پیش‌پردازش رادیومتریک 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 و تحلیل این تغییرات با استفاده از نقش ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه.



شکل ۲: طرحواره ی مراحل تحقیق

### دریافت و اخذ تصاویر ماهواره ای

در انتخاب تصویر مناسب جهت آشکارسازی تغییرات، توجه به تغییرات فصلی و زمانی پدیده های مورد مطالعه از اهمیت فوق العاده ای برخوردار است. در تحقیق حاضر با توجه به داده های ایستگاه های هواشناسی (ایستگاه سینوپتیک جاسک) که به صورت ماهیانه می باشد، سه عنصر اقلیمی بسیار مهم یعنی بارش، سرعت باد و تعداد روزهای طوفانی برای یک دوره آماری قابل قبول ۴۲ ساله (۱۹۶۸-۲۰۱۰)، مورد بررسی قرار گرفتند. هدف از بررسی این موضوع انتخاب مناسب ترین زمان برای اخذ تصویر است زیرا تصاویر انتخاب شده باید تا حد امکان برای زمانی اخذ شوند که دریا در پایدارترین حالت ممکن باشد به عبارت دیگر نوسانات خط ساحل (نوسانات آب) در لحظه عبور سنجنده حداقل باشد. زیرا عناصر اقلیمی از جمله باد، بارش و طوفان ممکن است موقعیت خط ساحل را به مدت کوتاهی تغییر دهند.

### مرحله پیش پردازش تصاویر ماهواره ای

در این مرحله، ابتدا اقدام به شناسایی و حذف انواع خطاهای اتمسفری موجود در تصاویر ماهواره ای شد. از طرفی نوع پیش پردازش ها کاملاً بستگی به هدف پژوهش و نوع داده های مورد مطالعه دارد. در این تحقیق از جمله تصحیحاتی که در مرحله پیش پردازش تصاویر انجام شدند، عبارتند از تصحیح رادیومتریکی (تبدیل DN های تصویر به مقادیر بازتاب) و تصحیح اتمسفری که به بررسی آن ها پرداخته شد. این تصحیحات جهت از بین رفتن اثرات و عواملی همچون اختلافات موجود در شرایط اتمسفری، نحوه ی تصویربرداری و سایر عواملی که معمولاً برای تصاویر اختلال ایجاد می کنند، می باشد. به دلیل عدم وجود اطلاعات کافی از جو منطقه مورد مطالعه، نظیر پروفیل های ارتفاعی دما، فشار، بخار آب و سایر هواویزها، امکان استفاده از روش های مطلق جوی در پژوهش حاضر وجود نداشته و به ناچار به کمک یکی از روش های نسبی تصحیح جوی، تحت عنوان تکنیک کاهش ارزش عددی پیکسل های تیره، تصاویر از نظرات ناخواسته ی جوی تصحیح شدند. در این تکنیک، فرض بر این است که در تصاویری که در آن ها پهنه های آبی عمیق وجود دارند، کمترین مقدار پیکسل در هر بانده ی باید صفر باشد، زیرا این مقدار افزوده شده بر صفر، بیانگر تأثیر بر رادیانس ثبت شده توسط سنجنده است (چاوز<sup>۱</sup>، ۱۹۸۸). از آنجایی که عمیق ترین قسمت دریا مربوط به بخشی از محدوده ی مورد مطالعه در این تحقیق می باشد، لذا این قسمت به عنوان شیء تیره در نظر گرفته شده و مقادیر حداقل باندها در این قسمت، در محاسبات مورد استفاده قرار گرفتند.

<sup>۱</sup>. Chavez

### مرحله پردازش (پیاپیاده‌سازی الگوریتم‌ها)، پس پردازش و ارائه‌ی یافته‌ها

پس از آماده‌سازی داده‌های ماهواره‌ای جهت استخراج اطلاعات موردنیاز، اقدام به پیاده‌سازی الگوریتم‌های انتخابی بر روی تصاویر گردید، که شامل پیاده‌سازی روش‌های مختلف تشخیص تغییرات، با هدف پایش تغییرات خط ساحلی محدوده مورد مطالعه می‌باشد که در ادامه فقط به بررسی روش مبتنی بر طبقه‌بندی پرداخته شد.

#### روش‌های مبتنی بر طبقه‌بندی

در این روش‌ها اساس کار بررسی تغییرات خط ساحل استوار است که می‌توان به دو صورت انجام گردد، در روش اول می‌توان برای هر تصویر به صورت مجزا انجام شده و نتایج مورد ارزیابی قرار گیرد (روش مقایسه پس از طبقه‌بندی<sup>۱</sup>)، در حالیکه در روش دوم می‌توان بعد از ادغام تصاویر چند زمانه، طبقه‌بندی بر روی آن‌ها انجام شود (روش آنالیز ترکیب طیفی-زمانی) بنابراین در پژوهش حاضر برای شناسایی تغییرات از روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده شد. تکنیک‌های و الگوریتم‌های زیادی جهت طبقه‌بندی داده‌های ماهواره‌ای وجود دارد، برخی از این تکنیک‌ها عبارتند از: حداکثر احتمال<sup>۲</sup>، حداقل فاصله از میانگین، روش جعبه‌ای، روش فازی و شبکه‌های عصبی اشاره نمود. با توجه به بررسی تحقیقات انجام شده طی دهه‌های اخیر که انجام گردید، 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 پژوهش حاضر الگوریتم حداکثر احتمال، جهت انجام طبقه‌بندی نظارت‌شده مورد استفاده قرار گرفت. در پژوهش حاضر با توجه به هدف مطالعه و داده‌های موجود، مطابق جدول (۱)، تصاویر به دو طبقه تحت عنوان: طبقه آب (water) و طبقه خشکی (soil) ارائه گردید. زیرا با آگاهی از این دو طبقه برای یک دوره طولانی‌مدت، می‌توان ضمن پایش تغییرات خط ساحلی به بررسی ارتباط و همبستگی بین تغییرات خط ساحلی با تغییرات پوشش‌های آبی و خشکی نام برده‌شده نیز پرداخت.

جدول ۱: مشخصات کلاس‌های تعریف‌شده در طبقه‌بندی

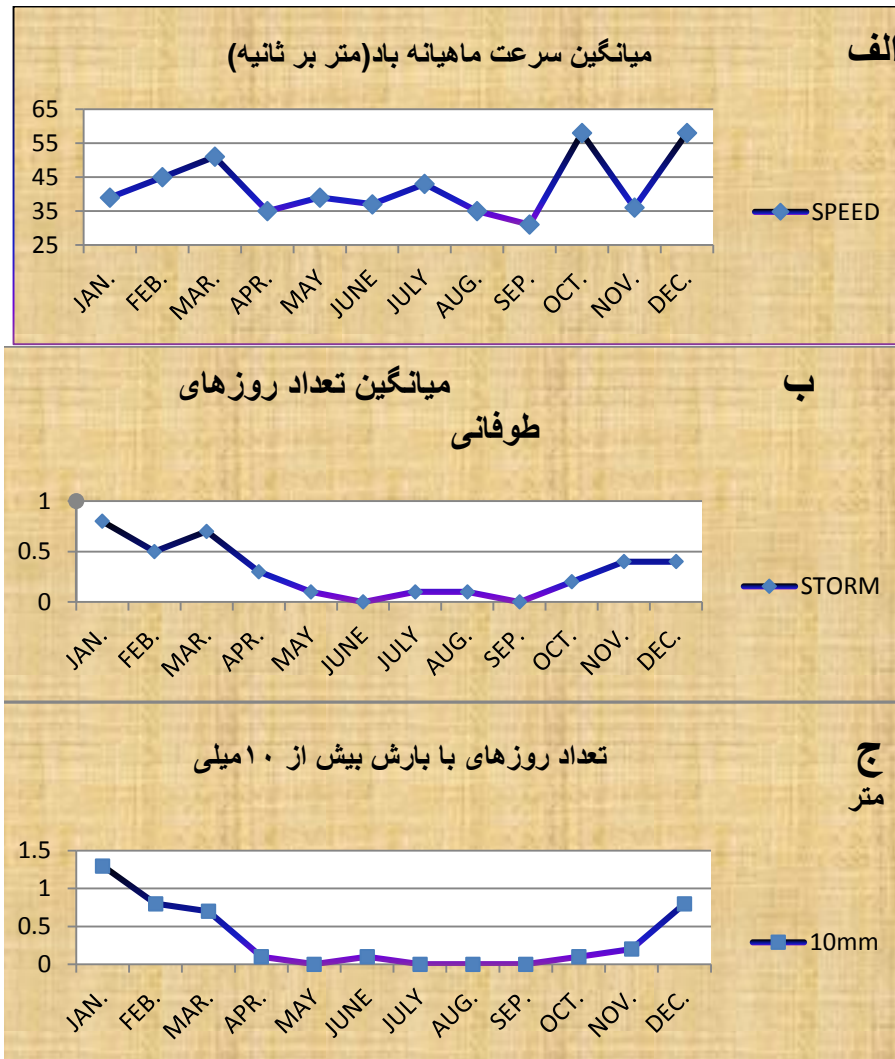
| نام طبقه    | شرح   |
|-------------|---|
| آب (water)  | این کلاس مربوط به محدوده آب دریا با کیفیت‌های مختلف و آب جمع شده در تالاب‌ها و دهانه رودخانه‌هایی که به دریا می‌ریزند می‌باشد |
| خشکی (soil) | این کلاس‌ها شامل خاک‌های مختلف منطقه، پوشش گیاهی، پوشش سنگی و دست‌ساخت‌های انسان می‌باشد        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

#### یافته‌های تحقیق

با توجه به نمودارهای شکل ۳ از ماه‌های آوریل تا سپتامبر، مناسب‌ترین زمان اخذ تصویر است زیرا در این ماه‌ها مقدار سه عنصر باد، بارش و طوفان به حداقل مقدار خود در سال رسیده‌اند. تصاویر ماهواره‌ای انتخاب شده مربوط به ماه سپتامبر سال‌های ۱۹۸۶، ۱۹۹۴، ۲۰۰۱، ۲۰۰۸ و ۲۰۱۴ می‌باشد.

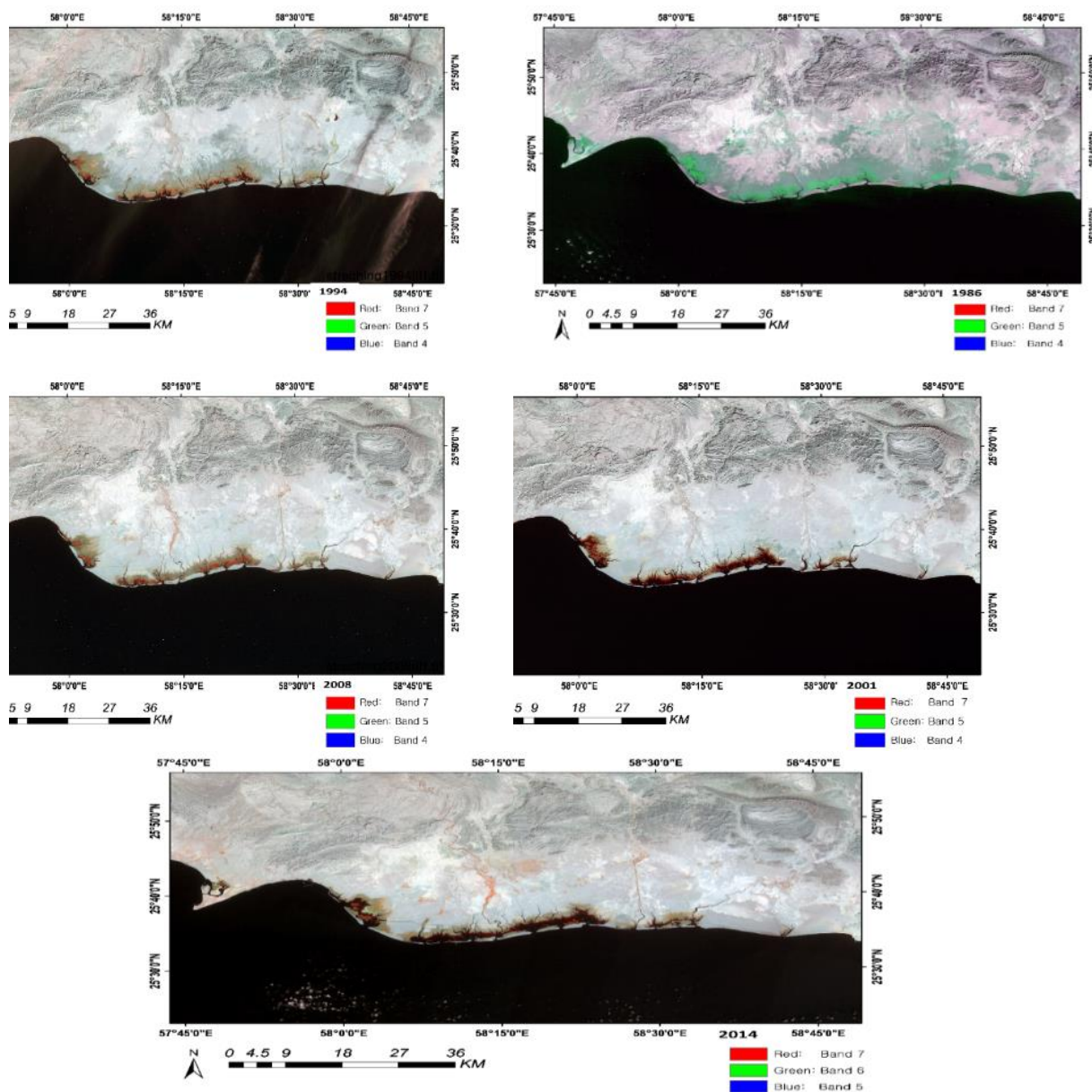
<sup>۱</sup> Post-Classification Comparison

<sup>۲</sup> Maximum Likelihood (ML)



شکل ۳: الف) نمودار میزان میانگین سرعت ماهانه باد ب) نمودار میانگین تعداد روزهای طوفانی ج) نمودار تعداد روزهای با بارش بیش از ۱۰ میلی متر

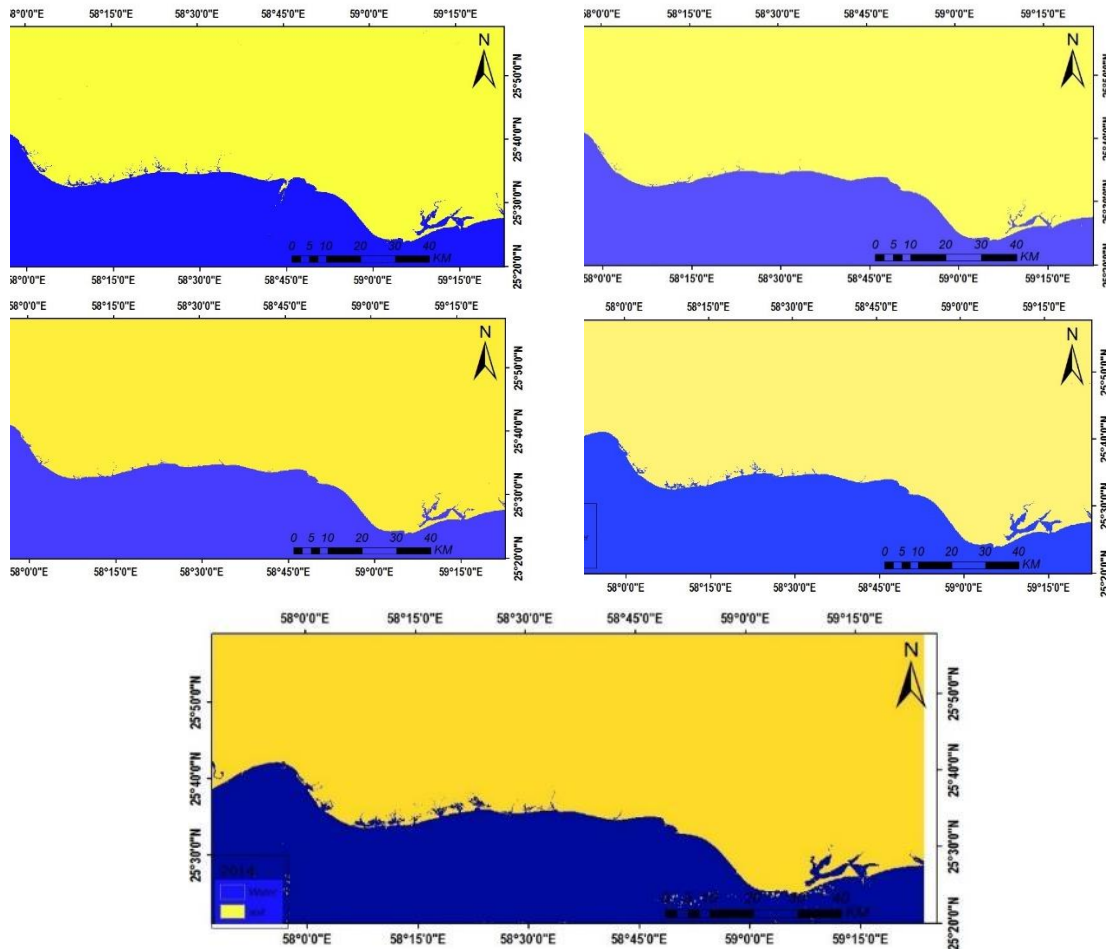
در ادامه ترکیب‌های رنگی مناسب جهت انجام عملیات طبقه‌بندی انتخاب شدند. به عبارت دیگر برای ترکیب رنگی هر تصویر، RGB آن مربوط به ترکیب باندی است که در رتبه اول OIF قرار دارد، زیرا دارای بیشترین اطلاعات می‌باشند. شکل (۴) تصاویر ترکیب رنگی مناسب را برای دوره های مختلف نشان می‌دهد همان‌طور که ملاحظه می‌شود، در همه‌ی این ترکیب‌های باندی، بیشتر باندهای مادون قرمز هستند. البته لازم به ذکر است که تصاویر ابتدا از لحاظ پوشش ابر بررسی و مورد تایید می‌باشند.



شکل ۴. تصویر سال: الف) ۱۹۸۶ با ترکیب رنگی (۷،۵،۴) سنجنده TM، ب) ۱۹۹۴ با ترکیب رنگی (۷،۵،۴) سنجنده ETM+، ج) ۲۰۰۱ با ترکیب رنگی (۷،۵،۴) سنجنده TM، د) ۲۰۰۸ با ترکیب رنگی (۷،۵،۴) سنجنده TM، ه) ۲۰۱۴ با ترکیب رنگی (۷،۶،۵) سنجنده OIF

در ادامه به پیش‌پردازش تصاویر پرداخته می‌شود. در این مرحله، ابتدا اقدام به شناسایی و حذف انواع خطاهای موجود در تصاویر ماهواره‌ای شده است و سپس طبقه بندی تصاویر به کلاس‌های مورد نظر، انجام شد (شکل ۵).





شکل ۵. نقشه حاصل از طبقه‌بندی نهایی سال: الف) ۱۹۸۶، ب) ۱۹۹۴، ج) ۲۰۰۱، د) ۲۰۰۸، ه) ۲۰۱۴

مرحله بعدی ارزیابی صحت طبقه‌بندی تصاویر می‌باشد. برای این منظور، 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 حاصل از طبقه‌بندی

| تصویر     | دوره اول | دوره دوم | دوره سوم | دوره چهارم |
|-----------|----------|----------|----------|------------|
| دقت کلی   | ۹۷/۵۰    | ۹۷/۵۱    | ۹۷/۴۹    | ۹۷/۵۴      |
| ضریب کاپا | ۰/۹۴     | ۰/۹۵     | ۰/۹۴     | ۰/۹۵       |

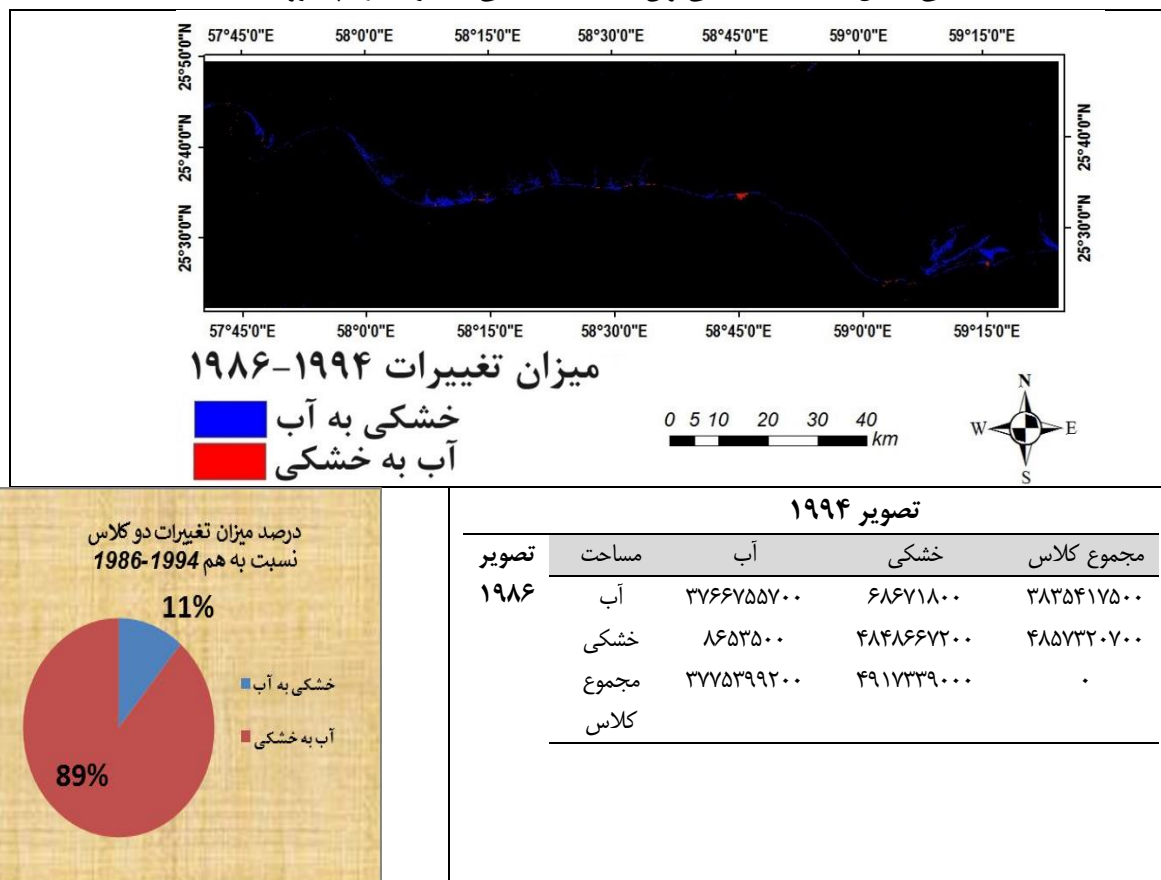
جدول ۳: ماتریس خطای Commission و Omission

|      | دوره اول   |          | دوره دوم   |          | دوره سوم   |          | دوره چهارم |          |
|------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|------------|----------|
| کلاس | Commission | Omission | Commission | Omission | Commission | Omission | Commission | Omission |
| آب   | ۵/۷۷       | ۰/۰۵     | ۵/۷۷       | ۰/۰۵     | ۵/۸۹       | ۰/۰۳     | ۵/۷۷       | ۳/۰۳     |
| خشکی | ۰/۰۹       | ۰/۱۱     | ۰/۰۹       | ۰/۱۱     | ۰/۰۴       | ۰/۱۶     | ۰/۰۴       | ۰/۰۶     |

**بررسی میزان و نحوه تغییرات خط ساحلی دریا برای دوره‌های زمانی مورد مطالعه**

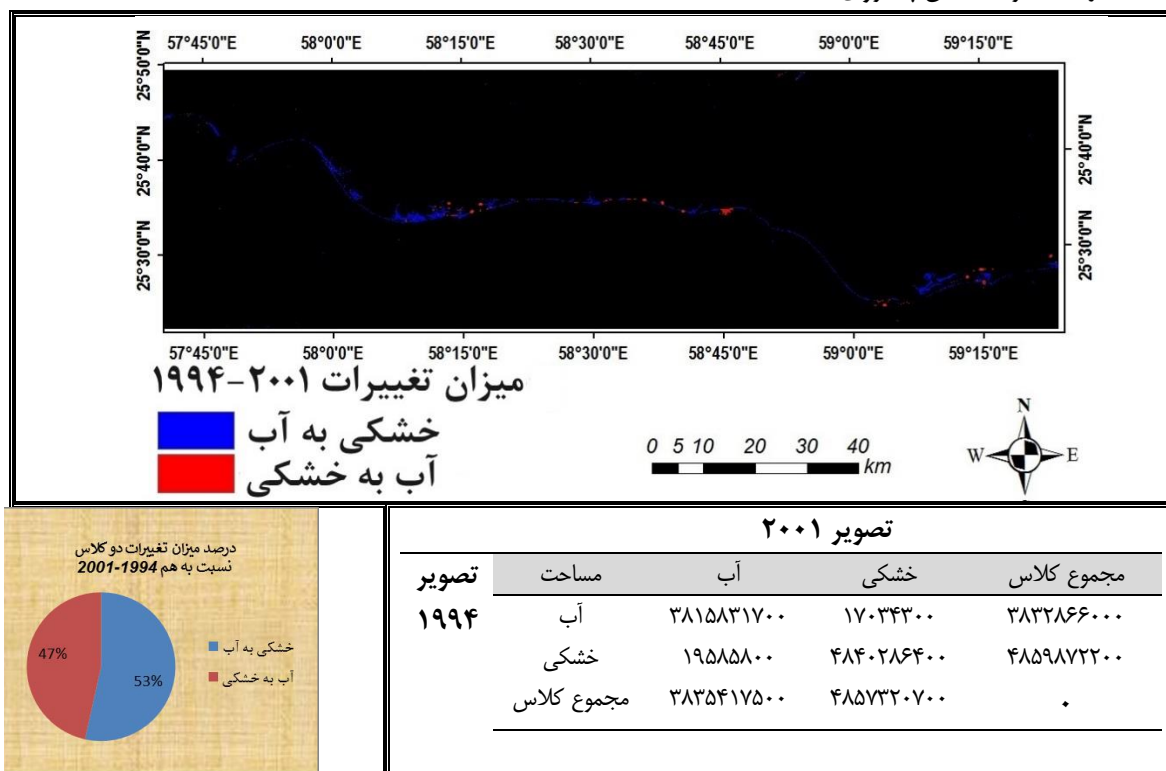
در این مرحله به منظور بررسی تغییرات خط ساحل، از تلاقی دادن دوه‌دوی تصاویر متوالی طبقه‌بندی شده استفاده می‌شود. جدول، تصاویر و نمودارهای دایره‌ای موجود در شکل‌های ۶ تا ۹ اطلاعات from-to مربوط به تغییرات طبقه‌های کاربری اراضی در منطقه از سال ۱۹۸۶ تا سال ۲۰۱۴ را نشان می‌دهد. به کمک این اطلاعات می‌توان به بررسی ارتباط بین روند تغییرات طبقه‌های مختلف با یکدیگر پرداخت. در ادامه جهت پایش تغییرات خط ساحلی، تصاویر حاصل شده از مرحله قبل که دارای دو طبقه آب و خشکی هستند که با یکدیگر تلاقی داده شده‌اند را به صورت دوره‌ای بررسی می‌شوند.

برای دوره اول (۱۹۸۶-۱۹۹۴) نقشه تغییرات حاصل از change detection مربوط به دو کلاس به هم مطابق شکل ۶ حاصل شده‌اند. در این شکل پیکسل‌های آبی مکان‌هایی هستند که طبقه آب به طبقه خشکی تبدیل شده است و پیکسل‌های قرمز یعنی مکان‌هایی که طبقه خشکی به طبقه آب تبدیل شده است و پیکسل‌های سیاه رنگ هم مناطق بدون تغییر است. جدول و نمودار موجود در شکل ۶ مربوط به درصد تغییرات میزان مساحت (مترمربع) ایجاد شده در منطقه برای دو طبقه آب و خشکی می‌باشد که بر اساس نتایج طبقه‌بندی نظارت شده 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 ۱۹۸۶-۱۹۹۴ که میزان ۶۸ کیلومتر مربع مساحت بیشتری از طبقه آب به طبقه خشکی تبدیل شده است که می‌توان گفت خط ساحلی به طرف دریا پیشروی داشته است.



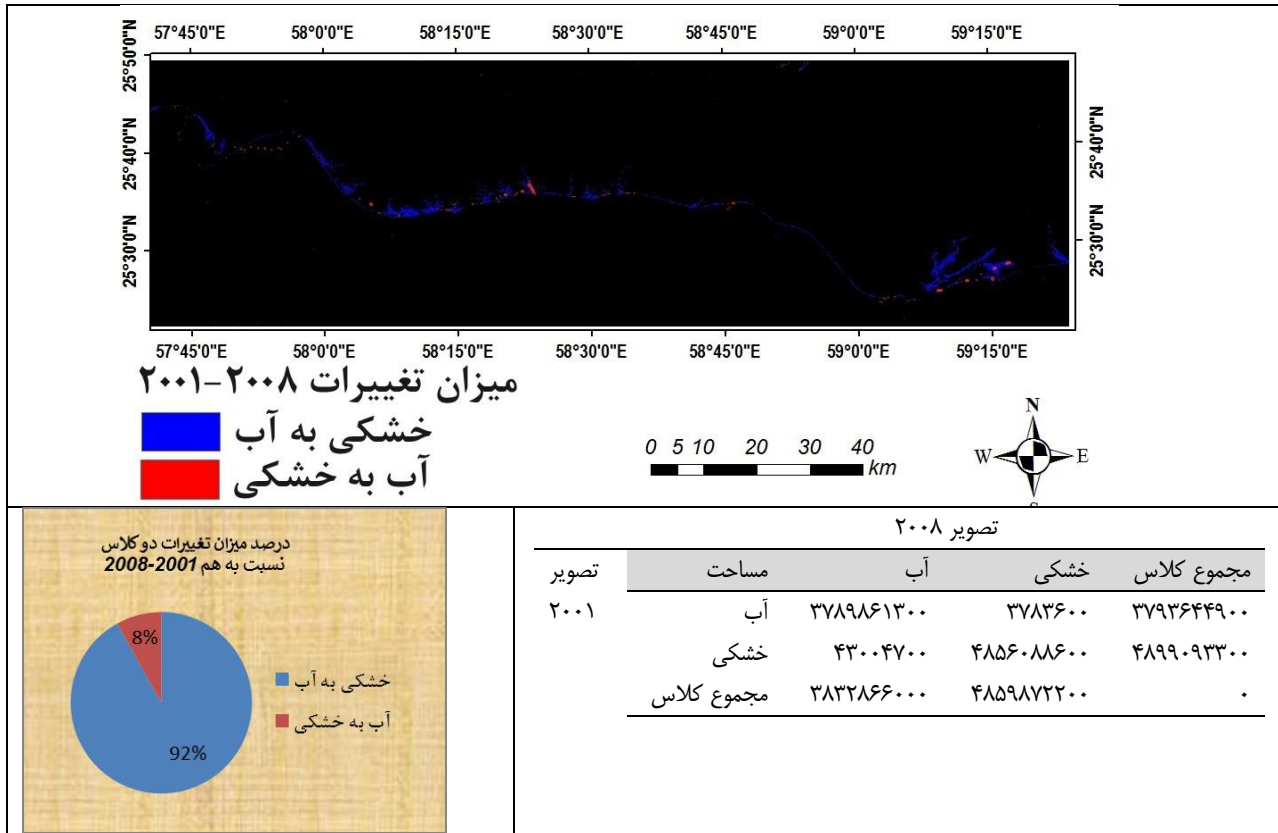
شکل ۶. الف) (تصویر، ب) اطلاعات from-to، و ج) نمودار مساحت (درصد) میزان تبدیلات دو کلاس آب و خشکی حاصل از change detection منطقه مورد مطالعه از دوره ۱۹۸۶-۱۹۹۴

تصویر موجود در شکل ۷ نمایش تصویری دوره دوم (۲۰۰۱-۱۹۹۴) نقشه تغییرات حاصل از change detection مربوط به دو کلاس را نشان می‌دهد. در این شکل پیکسل‌های آبی رنگ مکان‌هایی هستند که طبقه آب به طبقه خشکی تبدیل شده است و پیکسل‌های قرمز رنگ یعنی مکان‌هایی که طبقه خشکی به طبقه آب تبدیل شده است و پیکسل‌های سیاه رنگ هم مناطق بدون تغییر است. جدول و نمودار موجود در شکل ۷ مربوط به درصد تغییرات میزان مساحت (مترمربع) ایجادشده در منطقه برای طبقه نام برده شده را نشان می‌دهند. ملاحظه می‌شود در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۹۴، ۲ کیلومترمربع میزان مساحت کمتری از طبقه آب به طبقه خشکی تبدیل شده است که می‌توان گفت دریا به طرف ساحل پیشروی داشته است.



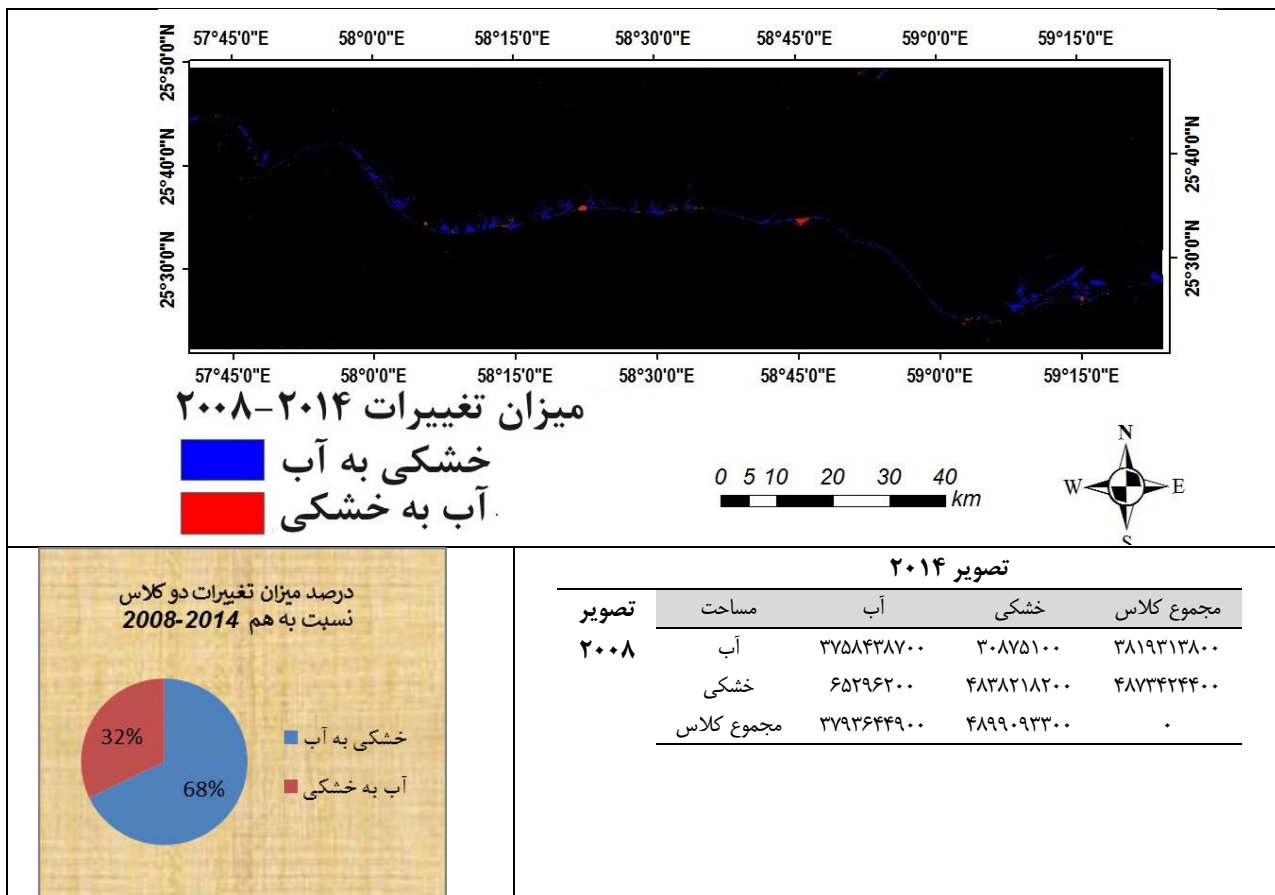
شکل ۷. الف) تصویر، ب) اطلاعات from-to، و ج) نمودار مساحت (درصد) میزان تبدیلات دو کلاس آب و خشکی حاصل از change detection منطقه مورد مطالعه از ۲۰۰۱-۱۹۹۴

در شکل ۸ نمایش تصویری دوره سوم (۲۰۰۸-۲۰۰۱) نقشه تغییرات حاصل از change detection مربوط به دو کلاس را نشان می‌دهد. در این شکل پیکسل‌های آبی رنگ مکان‌هایی هستند که طبقه آب به طبقه خشکی تبدیل شده است و پیکسل‌های قرمز رنگ یعنی مکان‌هایی که طبقه خشکی به طبقه آب تبدیل شده است و پیکسل‌های سیاه رنگ هم مناطق بدون تغییر است. جدول و نمودار موجود در شکل ۸ مربوط به درصد تغییرات میزان مساحت (مترمربع) ایجادشده در منطقه برای طبقه آب و خشکی می‌باشد. همانطور که ملاحظه می‌شود در فاصله زمانی بین سال‌های ۲۰۰۸-۲۰۰۱، ۴۰ کیلومترمربع میزان مساحت بیشتری از طبقه آب به طبقه خشکی تبدیل شده است که باز هم می‌توان گفت دریا به طرف ساحل پیشروی داشته است.



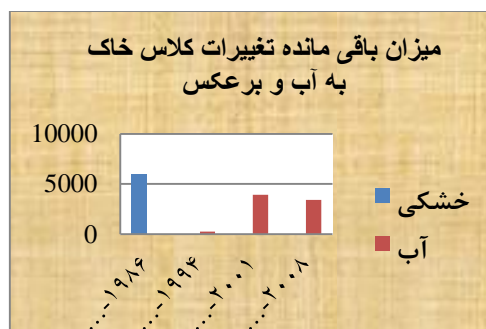
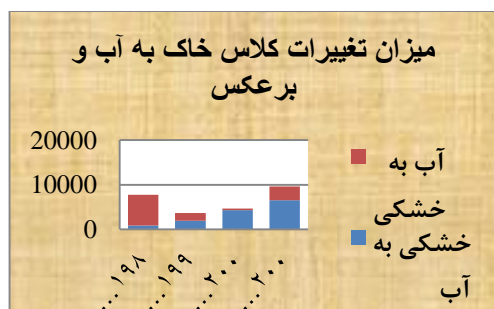
شکل ۸. الف) تصویر، ب) اطلاعات from-to، و ج) نمودار مساحت (درصد) میزان تبدیلات دو کلاس آب و خشکی حاصل از change detection منطقه مورد مطالعه از ۲۰۰۸-۲۰۰۱

در شکل ۹ نمایش تصویری از دوره چهارم (۲۰۰۸-۲۰۱۴) نقشه تغییرات حاصل از change detection مربوط به دو کلاس را نشان می‌دهد. در این شکل پیکسل‌های آبی رنگ مکان‌هایی هستند که طبقه آب به طبقه خشکی تبدیل شده است و پیکسل‌های قرمز رنگ یعنی مکان‌هایی که طبقه خشکی به طبقه آب تبدیل شده است و پیکسل‌های سیاه رنگ هم مناطق بدون تغییر است. جدول ۷ و نمودار ۴ مربوط به درصد تغییرات میزان مساحت (مترمربع) ایجاد شده در منطقه برای دو طبقه آب و خشکی را نشان می‌دهند در این فاصله زمانی، ۳۵ کیلومترمربع میزان مساحت بیشتری از طبقه خشکی به طبقه آب تبدیل شده است یعنی ساحل به طرف دریا پیشروی داشته است. حال به بررسی و مقایسه تغییرات در چهار دوره مذکور با هم می‌پردازیم.



شکل ۹. الف) (تصویر، ب) اطلاعات from-to، و ج) نمودار مساحت (درصد) میزان تبدیلات دو کلاس خشکی و آب حاصل از detection change منطقه مورد مطالعه از دوره ۲۰۱۴-۲۰۰۸

با توجه به نمودارهای موجود در شکل ۱۰ که میزان تبدیلات مساحت طبقه آب و طبقه خشکی به هم و نحوه تغییرات را در فاصله زمانی ۲۸ ساله مشخص کرده است. همانطور که مشخص هست روند تغییرات از الگوی خاصی پیروی نمی کند. ولی مشخص است که در هر دوره میزان مساحت بیشتری از طبقه آب به طبقه خشکی تبدیل شده است. در واقع می توان گفت بیشتر تغییرات به صورت پسروری خط ساحلی بوده است. به عبارت دیگر اولاً میزان تبدیلات کلاسها به هم در دو دوره سوم و چهارم از دو دوره دیگر بیشتر بوده است. ثانیاً میزان تبدیلات کلاسها در این دو دوره به نسبت میزان بیشتری از طبقه خشکی به طبقه آب تبدیل شده است.

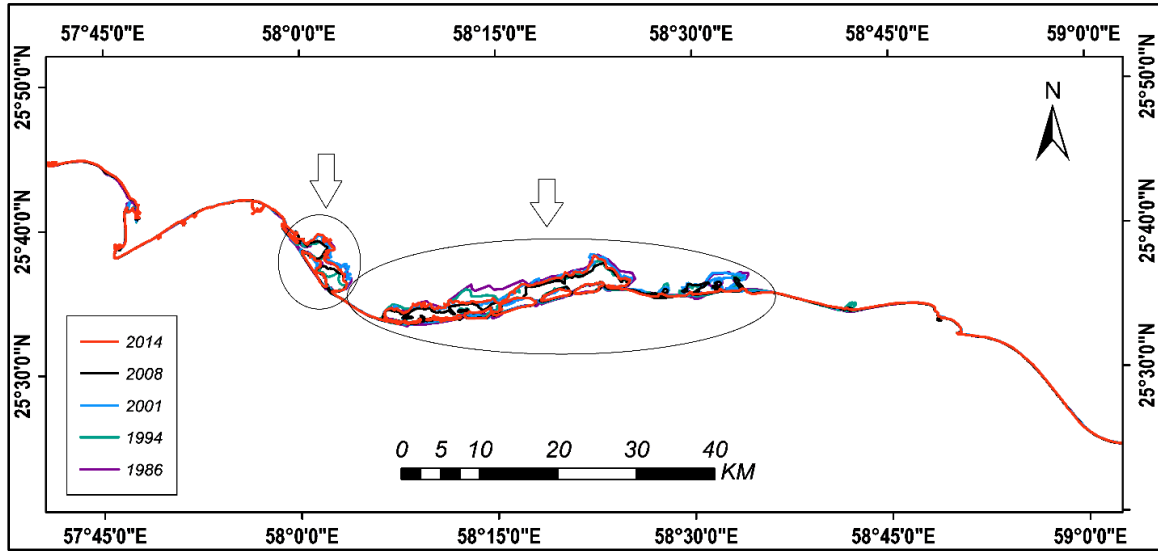


شکل ۱۰. نمودار میزان تبدیلات کلاسها در هر چهار دوره

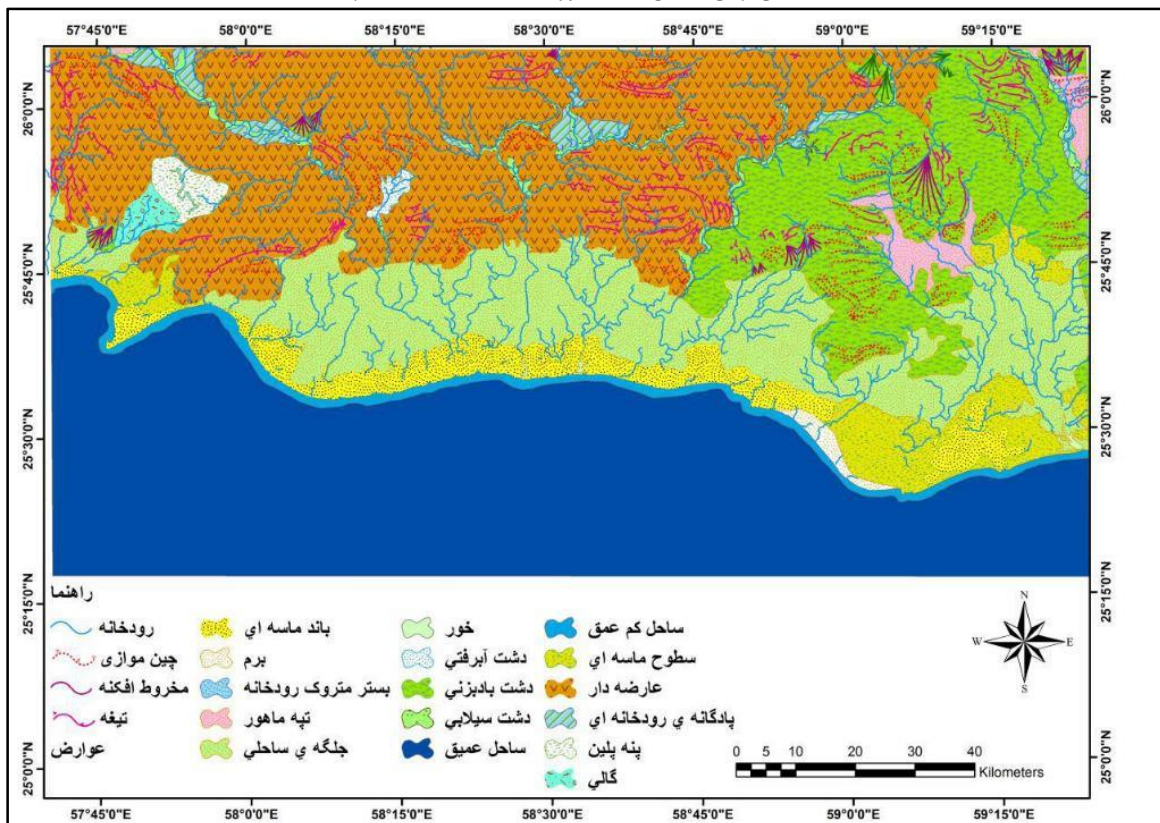
تاکنون به نتایجی در مورد میزان تبدیلات مساحت خاک به آب و برعکس به دست آمده است در ادامه به بررسی تعیین مناطق ناپایدار به تغییرات خط ساحل پرداخته می شود. یعنی حساس ترین و پایدارترین مناطق از لحاظ تغییرات خط

ساحلی در کجا قرار دارند. و دلایل این تغییرات خط ساحل چیست. بعبارت دیگر در جهت رسیدن به این نکته هستیم که کدام عامل طبیعی یا انسانی بیشترین تاثیر روی تغییرات خط ساحل داشته است. عامل‌های مورد بررسی شامل بررسی ژئومورفولوژی منطقه، نقشه ارتفاعی منطقه، زمین‌شناسی، رودخانه‌ها و شیب منطقه می‌باشد. در شکل ۱۱ مناطقی که در هر دوره دارای بیشترین تغییرات بوده‌اند مشخص شده است. که این مناطق شامل تالاب و مصب رودخانه‌ها می‌باشند. در ادامه به منظور بررسی بیشتر مناطق حساس به تغییرات، نقشه ژئومورفولوژی محدوده تهیه شد (شکل ۱۲).

منطقه‌ی مطالعاتی از دیدگاه ژئومورفولوژی مربوط به واحد مکران می‌باشد، و روند تحول پیکر زمین‌ساختی مکران فاصله زمانی کرتاسه تا عهد حاضر را در بر می‌گیرد. مطالعات زمین‌شناسی نشان داده است که در کرتاسه در محل فعلی گسل بشاگرد یک گودال اقیانوسی وجود داشته و فرورفتگی کنونی جازموریان همچون فلاتی برجسته حاشیه‌ی قاره‌ی آن به شمار میرفته است. این گودال در تمام دوره‌ی کرتاسه بصورت یک حوضه‌ی رسوبی عمل کرده است و سپس در آخر این دوره در نتیجه‌ی دخالت حرکات لارامید بسته شده است. بعد از بسته شدن اقیانوس مکران و پیدایش ناهمواری‌های اولیه در ائوسن دریای کم عمقی حاشیه‌ی جنوبی کوه‌های تازه تشکیل شده را فرا می‌گیرد و عمل رسوب‌گذاری در آن تا الیگوسن ادامه می‌یابد. در طی این مدت حدود ۵۰۰۰ مترمکعب رسوب در آن ته‌نشین گردید. ضخامت زیاد رسوب‌ها معرف فرسایش شدید و رسوب‌گذاری در یک محیط در حال فرونشینی فعال می‌باشد این رسوب‌ها شامل تناوبی از ماسه سنگ، شیل و رس می‌باشند که بصورت دگرشیب رخساره‌های مولاسی نئوژن را می‌پوشانند. این ویژگی نشان می‌دهد که رسوب‌های ائوالیگوسن ناحیه‌ی مکران قبل از نئوژن ابتدا با چین خوردن ارتفاع می‌یابد و سپس تحت تاثیر فرسایش شدید قرار می‌گیرد. رسوب‌گذاری این حوضه با فرونشینی مداوم کف آن همراه بوده است از این رو در این دوره نیز بیش از ۵۰۰۰ هزار متر از رسوب‌های تبخیری از قبیل سیلت، ماسه، رس و مارن در آن تشکیل شده است. ضخامت رسوب‌های میوسن مکران بتدریج از شمال به جنوب افزایش می‌یابد به نحوی که به ازای هر یک کیلومتر به سمت جنوب ۱۶۰ متر به ضخامت آن افزوده می‌شود که نشان‌گر افزایش عمق دریای میوسن از شمال به جنوب در ناحیه‌ی مکران است بنابراین چنین تصور می‌شود که در دوره‌ی میوسن به تدریج از شمال به جنوب بر وسعت خشکی‌های مکران افزوده و از وسعت حوضه‌ی رسوب‌گذاری کاسته می‌گردید. به عبارت دیگر در این فاصله‌ی زمانی نسبتاً کوتاه در مقیاس زمین‌شناسی، حدود ۱۱-۱۰ هزار مترمکعب رسوب در پیکر ساختمانی مکران جای گرفته است. از نتایج این تغییرات گسترش عرضی خشکی‌ها در این ناحیه بوده است که در آن از شمال به جنوب، سنگ‌ها از نظر سنی جوان‌تر هستند. با توجه به شکل ۱۱ مناطق مشخص شده محل اتصال رودخانه به دریا است و تجمع باندهای ماسه‌ای (شکل ۱۲) در این ناحیه، گویای عوامل ذکر شده برای تغییر خط ساحل به سمت دریا و برعکس می‌باشد (طالقانی، ۱۳۹۲).



شکل ۱۱. نقشه حساس ترین مناطق منطقه مورد مطالعه نسبت به تغییرات خط ساحل



شکل ۲۱. نقشه ژئومورفولوژی محدوده مورد مطالعه

### بحث و نتیجه گیری

پایش ویژگی‌های مختلف نواحی ساحلی از جمله تغییرات خط ساحل، یکی از عوامل اساسی در جهت استفاده‌ی بهینه از این منابع طبیعی و مدیریت پایدار آنها می‌باشد از طرفی حدود ۷۰ درصد ناحیه ساحلی دارای حالتی ناپایدار و پسروری و پیشروی زیادی داشته و ۳۰ درصد باقیمانده هم تحت تأثیر متغیرهای فرسایشی زیادی قرار گرفته است. در پژوهش حاضر هدف پایش تغییرات خط ساحل به کمک تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل این تغییرات برپایه ژئومورفولوژی بود. پایش تغییرات خط ساحل با استفاده از طبقه‌بندی تصاویر (راسلی، ۲۰۱۰، تاماسوکی، ۲۰۱۶، اربنر و یاکار، ۲۰۱۲، توچمانویت و

ماتیتانن، ۲۰۱۴)، و اجرای change detection، نسبت به روش‌های دیگر بهتر می‌باشد که با نتایج پژوهش‌های راسلی (۲۰۱۰)، توچامناویت و ماتیتانن (۲۰۱۴) و یاگواب (۲۰۰۶) مطابقت دارد. چون اطلاعات from-to مربوط به هر کلاس در هر دوره و میزان تغییرات کلاس به هم را به طور دقیق (به سه صورت مساحت، پیکسل و درصد تغییرات) در اختیار ما قرار می‌دهد. نتایج حاصل شده از بکارگیری روش طبقه‌بندی، می‌توان نتیجه گرفت که جهت پایش تغییرات خط ساحلی، روش طبقه‌بندی تصاویر ماهواره‌ای دارای قابلیت‌های مناسبی جهت پایش و آشکارسازی تغییرات خط ساحلی می‌باشد. نتایج نشان داد که با توجه به شرایط منطقه نمی‌توان به روند دقیقی از تغییرات خط ساحل پی برد یعنی با توجه به نتایج و یافته‌ها، خط ساحلی محدوده مورد مطالعه ناپایدار می‌باشد. طوری که تغییرات در دو دوره اول به صورت پیشروی خط ساحل بوده ولی در دو دوره بعد تغییرات بر عکس بوده است. همچنین این نتیجه نیز حاصل شد که مناطق تالابی مکانهای حساسی به تغییرات خط ساحل می‌باشند و بیشتر بی نظمی موجود در تغییرات، ناشی از این تالاب‌ها می‌باشد. همچنین مناطق بندری مثل جاسک پیشروی‌هایی به سمت دریا داشته‌اند.

## منابع

- شایان، سیاوش؛ جنتی، مهدی، (۱۳۸۶)، شناسایی نوسانات مرز پیرامونی و ترسیم نقشه پراکنش مواد معلق دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره ای، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲
- علایی طالقانی، محمود، (۱۳۹۲). ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس
- کورش نیا، علی، (۱۳۸۹)، پایش تغییرات خط ساحلی با استفاده از GIS و RS، مجله بندر و دریا، شماره ۱۷
- نعیمی نظام آبادی، علی؛ ثروتی، محمدرضا؛ قهرودی، منیژه، (۱۳۸۹)، پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرمهای ژئومورفولوژیکی منطقه عسلویه با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۰
- هوک، ج. ام (۱۳۸۵)، ژئومورفولوژی در برنامه‌ریزی محیطی، ترجمه محمد جعفر زمردیان، چاپ دوم، تهران، انتشارات سمت.
- یمانی، مجتبی؛ رحیمی هرآبادی، سعید؛ گودرزی مهر، سعید، (۱۳۹۰)، بررسی تغییرات خط ساحلی شرق تنگه هرمز با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، پژوهش‌های فرسایش محیطی، شماره ۴.
- Alesheikh, A.A. Ghorbanali, A. Nouri, N. (2007). Coastline change detection using remote sensing. *Environ. Sci. Tech.*, 4 (1): 61-66.
- Arkema, K. K., Guannel, G., Verutes, G., Wood, S. A., Guerry, A., Ruckelshaus, M., et al. (2013). Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms.
- Bird, E.C.F, 1996, *Beach Management (Coastal Morphology and Research)*, John Wiley and Sons Ltd, Chichester.
- Bird, E.C.F. (1985). *Coastline Changes: a Global Review*, Wiley, Chicheste
- Bolstand, P. V. and Lillesand, T. M. 1991. *Rapid maximum likelihood classification. Photogramm. Eng. Remote Sens.* 57.
- Chalabi, A., Mohd-Lokman, H., Mohd-Suffian, I., Karamali, K., Karthigeyan, V., & Masita, M. (2006, May). *Monitoring shoreline change using IKONOS image and aerial photographs: a case study of Kuala Terengganu area, Malaysia. In ISPRS Commission VII Mid-term Symposium "Remote Sensing: From Pixels to Processes", Enschede, the Netherlands (pp. 8-11)..*
- Chen, L.C., Rau, J.Y., 1998. *Detection of shoreline changes for tideland area using multitempral satellite images. Int. J. Remote Sensing* 19 (17), 3383–3397.



- Chong, A.K., 2004. A case study on the establishment of shoreline position. *Survey Review* 37 (293), 542–551.
- El-Asmar, H.M., 2002. Short term coastal changes along Damietta-Port Said coast northeast of the Nile Delta, Egypt. *Journal of Coastal Research* 18 (3), 433–441.
- Erenner, A. Yakar, M. (2012). Monitoring Coastline Change Using Remote Sensing and GIS Technologies. *International Conference on Earth Science and Remote Sensing. Lecture Notes in Information Technology, Vol.30.*
- Gens, R., 2010. Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring. *Int. J. Remote Sens.* 31 (7), 1819–1836.
- Hennecke, W.G., 2004. GIS modelling of sea-level rise induced shoreline changes inside coastal re-entrants — two examples from southeastern Australia. *Natural Hazards* 31 (1), 253–276.
- Huang, Haijun, Fan, Hui, 2004. Monitoring change of nearshore zone in the Huanghe (Yellow River) Delta since 1976. *Oceanologia et Limnologia Sinica* 35 (4), 306–314.
- IPCC Climate Change, 2007, the Fourth Assessment Report, (AR4) of the United Nations Intergovernmental
- Jiang, Yi., Li, Liang-fen, Hui, Kang, Xin-bao, Zhong, 2003. A remote sensing analysis of coastline change along the Bohai bay muddy coast in the past 130 years. *Remote Sensing for Land & Resources* 4, 54–59.
- Jones, B. M., Arp, C. D., Jorgenson, M. T., Hinkel, K. M., Schmutz, J. A., & Flint, P. L. (2009). Increase in the rate and uniformity of coastline erosion in Arctic Alaska. *Geophysical Research Letters*, 36.
- Kirwan, M. L., & Megonigal, J. P. (2013). Tidal wetland stability in the face of human impacts and sea-level rise. *Nature*, 504, 53–60.
- 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.
- Kumar, L., Ghosh, M.K., 2012. Land cover change detection of Hatiya Island, Bangladesh, using remote sensing techniques. *J. Appl. Remote Sens.* 6 (1), 063608.
- 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.
- Li X, Michiel C.J. Damen. (2010). Coastline change detection with satellite remote sensing for environmental management of the Pearl River Estuary, China. *Journal of Marine Systems.* 82: 554-561.
- Li, A., Li, G., Cao, L., Zhang, Q., Deng, S., 2004. The coast erosion and evolution of the abandoned lobe of the Yellow River Delta. *Acta Geographica Sinica* 59 (5), 731–737.
- Li, W. Gong, P. (2016). Continuous monitoring of coastline dynamics in western Florida with a 30-year time series of Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment.* 179: 196-209.
- 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.
- Naji, T.A.H., Tawfeeq, R.J., 2011. Detection of shoreline change in AL-Thirthar Lake using remotely sensed imagery and topography map. *IBN AL-HAITHAM J. Pure Appl. Sci.* 24 (1)
- Nature Climate Change, 3, 913–918.
- Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science*, 328, 1517–1520.

- Rasuly, A.A. Naghdifar, R. Rasoli, M. (2010). *Monitoring of Caspian Sea Coastline Changes Using Object-Oriented Techniques*. *Procedia Environmental Sciences* 2 (2010) 416–426.
- RasulyA ,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 scinces.vol 43(7),july 2014,pp.*
- Shaghude, Y.W., Wannäs, K.O., Lundén, B., 2003. *Assessment of shoreline changes in the western side of Zanzibar channel using satellite remote sensing*. *Int. J. Remote Sensing* 24 (23), 4953–4967
- Simon, patric,. 2010, *Remote Sensing in Geomorphology*, Newdelhi, Oxford Book Company.
- Sun, Meixian, Zhang, Wei, 2004. *Study on coastline remote sensing survey and application in Fujian Province*. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait* 23 (2), 213–219.
- Tamassoki, E. Amiri, H. Soleymani, Z. (2016). *Monitoring of shoreline changes using remote sensing (case study: coastal city of Bandar Abbas)*. *Earth and Environmental Science* 20: 012023.
- TEMÍZ, F. DURDURAN, S.S. (2016). *Monitoring Coastline Change Using Remote Sensing and GIS Technology: A case study of Acıgöl Lake, Turkey*. *Earth and Environmental Science* 44: 042033.
- Tochamnanvit, T. Muttitanon, W. (2014). *INVESTIGATION OF COASTLINE CHANGES IN THREE PROVINCES OF THAILAND USING REMOTE SENSING*. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-8, 2014.
- Tochamnanvit, T. Muttitanon, W. (2014). *Investigation of coastline changes in three provinces of thailand using remote sensing*. *The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences*, volume xl-8.
- Webb, E. L., Friess, D. A., Krauss, K. W., Cahoon, D. R., Guntenspergen, G. R., & Phelps, J. (2013). *A global standard for monitoring coastal wetland vulnerability to accelerated sea-level rise*. *Nature Climate Change*, 3, 458–465.
- Yagoub, M.M. Kolan, G.R. (2006). *Monitoring coastal zone land use and land cover changes of abu dhabi using remote sensing*. *indian society of remote sensing*. 34: 1
- Yang, J., Gong, P., Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., et al. (2013). *The role of satellite remote sensing in climate change studies*. *Nature Climate Change*, 3, 875–883.
- Yang, Xiaojun, Damen, M.C.J., van Zuidam, R.A., 1999. *Satellite remote sensing and GIS for the analysis of channel migration changes in the active Yellow River Delta, China*. *JAG* 1 (2), 146–157.