

# ارزیابی تغییر و تحولات ژئومورفولوژیک سواحل شمال خلیج فارس از بندر کنگان تا خور زیارت با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و GIS

عزت ا... قنوتی<sup>(۱\*)</sup> و ابراهیم تقوی مقدم<sup>۲</sup>

۱. دانشیار دانشگاه خوارزمی تهران، ایران

۲. دانشجوی دکترا ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۲/۳

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱

## چکیده

تغییر و تحولات ژئومورفولوژیک سواحل در کوتاه مدت و بلند مدت در تمامی نواحی ساحلی قابل مشاهده می‌باشد. این تغییرات در جهت رسیدن این نواحی به مرز تعادل می‌باشد. آگاهی از این تغییرات می‌تواند برنامه‌ریزان محیطی به ویژه ژئومورفولوژیست‌ها را در حل مسائل و مشکلات ساحلی یاری دهد. هدف از این پژوهش ارزیابی تغییرات ژئومورفولوژیک رخ داده در گستره سواحل استان بوشهر و در بازه مکانی بندر کنگان تا خور زیارت می‌باشد. بدین منظور ابتدا اطلاعات مورد نیاز از نقشه‌های توپوگرافی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی و هیدرولوژی وارد پایگاه اطلاعاتی شده و سپس طبقه‌بندی شدند. در ادامه با استفاده از روش تحلیل مولفه‌های اصلی و منطق فازی، تغییرات ژئومورفولوژیک منطقه مورد پایش، بررسی و تحلیل قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که در طی ۲۱ سال دوره آماری تحقیق از ۲۰۰۶-۱۹۸۶، تغییرات سطح آب خلیج فارس مهمترین عامل تغییر دهنده سواحل منطقه می‌باشد که خطوط ساحلی و لندفرم‌های منطقه را تحت تاثیر قرار داده است، به نحوی که در محدوده ساحلی منطقه مورد مطالعه ۴۶ کیلومتر مربع از اراضی منطقه به زیر آب رفته است. این اراضی شامل محدوده وسیعی از دلتای رودخانه مند می‌باشد. این تحقیق می‌تواند در زمینه اجرای طرح‌های زیربنایی، تاسیسات بندری، تجاری و نظامی در منطقه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات ژئومورفولوژیک، سنجش از دور، سواحل خلیج فارس، تحلیل مولفه‌های اصلی

## مقدمه

و دگرگونی در شکل ساحل آن شده است (زمردیان، ۱۳۸۱). سواحل استان بوشهر تحت تاثیر فرآیندهای ژئومورفولوژیک فعال، تغییرات چشمگیری در پهنه ساحلی به‌خود دیده‌است. این سواحل در معرض فرآیندهای فرسایشی رودخانه‌ای، دریایی و بادی قرار داشته‌اند و با توجه به شدت و ضعف هر یک از این عوامل، تغییراتی در منطقه به وقوع پیوسته است. آگاهی از این تغییرات در پیشگیری از مخاطرات ساحلی به ویژه فرسایش خاک و به زیر آب رفتن تاسیسات، در راستای مدیریت منابع و توسعه پایدار امری ضروری می‌باشد. امروزه با پیشرفت علوم و

مناطق ساحلی به‌ویژه سواحل آب‌های آزاد، یکی از پویاترین قلمروهای ژئومورفولوژیک محسوب می‌شوند؛ زیرا در یک فضای سیستماتیک، بسیاری از مؤلفه‌ها و فرآیندهای آبی، خشکی و تکتونیک با یکدیگر پیوند خورده و سیمای مورفولوژیک خاصی را ایجاد می‌کنند. خلیج فارس تاکنون شاهد تحولات متعددی بوده است. بر اساس تحقیقات Purser (1972) خلیج فارس حداقل سه بار بترتیب در ۱۲۰-۶۰-۲۰ هزار سال قبل به‌طور کامل خشک شده است که این تغییرات باعث تنوع

شده و از نظر تقسیمات سیاسی شامل شهرستان‌های دیر، دشتی، تنگستان و قسمتی از شهرستان‌های کنگان و بوشهر می‌باشد (شکل ۱). این منطقه با مساحت ۱۱۳۴ کیلومتر مربع از شرق به منطقه ساحلی عسلویه از شمال به تاقدیس کنگان و مند از غرب به شهرستان بوشهر و از جنوب به آب‌های خلیج فارس محدود می‌گردد. به دلیل قرارگیری منطقه در محل پایاب رودخانه مند و سواحل پست خلیج فارس، شیب عمومی منطقه کمتر از ۴٪ می‌باشد ولی این شیب در دامنه‌های تاقدیس دیر به ۸٪ نیز می‌رسد. این منطقه از نظر ساختمانی ساده بوده و منحصر به چین‌خوردگی‌های بسیار ملایم با روند شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد که از روند کلی زاگرس تبعیت می‌کند. سنگ‌ها و رسوبات مربوط به مزوزوئیک و سنوزوئیک در این ناحیه رخنمون داشته ولی قسمت اعظم منطقه را رسوبات نئوژن پوشانده است. از نظر تکتونیکی ادامه گسل امتداد لغز کازرون منطقه را در محل شهر بردخون به دو بخش غربی و شرقی تقسیم می‌کند. همچنین امتداد گسل پیشانی زاگرس در محل جبهه پیشانی تاقدیس کنگان باعث شکل‌گیری مخروطه افکنه‌های دینامیک شده است. همچنین سطوح مثلثی شکل دامنه‌ای، نشان‌دهنده تکتونیک فعال در تاقدیس‌های منطقه می‌باشد. اقلیم منطقه بر اساس تقسیم‌بندی آمبرژه از نوع آب و هوای گرم و خشک می‌باشد. براساس داده‌های ۴۰ ساله سازمان هواشناسی کشور متوسط درجه حرارت منطقه ۲۴ درجه می‌باشد و متوسط بارش سالانه منطقه ۲۱۷ میلی‌متر است که عمدتاً به صورت رگباری و در ماه‌های آذر تا اسفند می‌بارد (سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۸۵).

### مواد و روش‌ها

منابع اطلاعاتی تحقیق شامل نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ از منطقه تهیه شده توسط سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی کشور به همراه تصاویر ماهواره‌ای IRS، سنجنده LISS III سال ۲۰۰۸ تصاویر ماهواره LANDSAT، سنجنده‌های TM<sup>+</sup> سال‌های ۱۹۸۷ و ۲۰۰۶ و MSS سال ۱۹۷۳ شماره گذر و ردیف ۱۶۳-۴۱ تهیه شده از سازمان جغرافیایی کشور می‌باشد. تصاویر ماهواره‌ای مورد استفاده ابتدا در نرم افزار Geomatica 9.1 فراخوانی شد. تصاویر ماهواره‌ای ماهواره لندست و IRS نیاز به ژئورفرنس ندارند ولی جهت بالا بردن دقت تحقیق تصحیح هندسی و رادیومتریک بر روی تصاویر ماهواره‌ای اعمال شد. بدین منظور تعداد ۲۵ نقطه کنترل در سطح منطقه و در محل تقاطع جاده‌ها و خیابان‌ها انتخاب شد و براساس لایه رقومی جاده‌های استان بوشهر تصحیح لازم با میزان خطای RMSE:0.21 تصحیح هندسی شد. همچنین جهت تدقیق بیشتر با استفاده از دستگاه GPS چند نقطه در منطقه مورد مطالعه انتخاب و موقعیت نقاط انتخابی با موقعیت آن‌ها در تصاویر ماهواره‌ای هم‌سنجی شد. به دلیل واقع شدن منطقه

کاربردی شدن آن، ژئومورفولوژیست‌ها و برنامه‌ریزان محیطی در صدد بهره‌گیری از تکنیک‌های سنجش از دور (RS) و سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای شناخت محیط هستند.

(Kaufman and Karen, 2001) با استفاده از یک سری متوالی تصاویر TM<sup>3</sup> لندست تغییرات دلتای رودخانه پیرل را مورد پایش و ارزیابی قرار داده‌اند. (Zoran and Anderson, 2006) تغییرات کاربری و پوشش اراضی ناحیه ساحلی شمال دریای سیاه، در محدوده مرز رومانی را بررسی نموده‌اند. در این تحقیق که از انواع تصاویر ماهواره‌ای چند زمانه استفاده شده است و بهره‌گیری از تصاویر SAR و LIDAR را برای کشف تغییرات مناسب دانسته‌اند. (Kirishnakumar, 2011) به بررسی تغییرات کاربری ارضی و پوشش زمین در منطقه تامیل نادو هندوستان با استفاده از تصاویر چند زمانه و روش مقایسه پس از طبقه‌بندی استفاده نموده و بیشترین تغییرات منطقه را افزایش سکونتگاه‌ها به همراه افزایش سطح زیر کشت عنوان می‌کند.

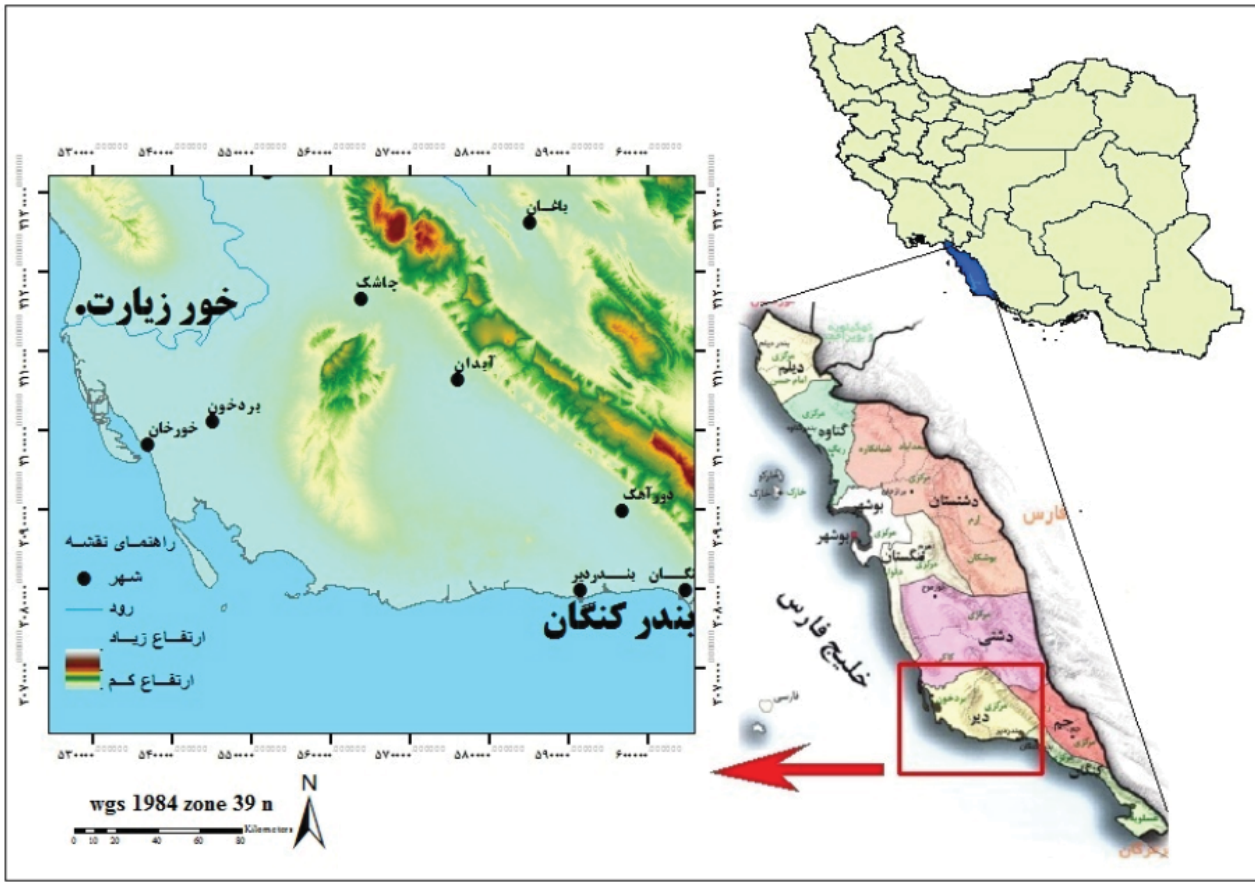
محققین داخلی تکنیک‌های سنجش از دور را در موارد مختلفی به‌کار برده‌اند از جمله علوی نژاد (۱۳۸۳) برای ارزیابی تغییرات کاربری اراضی منطقه خورموسی، غیاثوند (۱۳۷۷) برای تغییرات کاربری در نواحی جنوب شهر تهران، کوهن (۱۳۸۱) برای تغییرات شهر مشهد، مرشدی و علوی پناه (۱۳۸۸) برای تغییرات رودخانه کارون و رنگزن (۱۳۸۶) جهت آشکارسازی تغییرات نواحی پایین دست سد کرخه را می‌توان نام برد. این محققین از روش‌هایی چون تفاضل تصویر، تفاضل NDVI، تحلیل مولفه‌های اصلی و... جهت آشکارسازی تغییرات استفاده نموده‌اند. (Ghanavati et al., 2007) آشکارسازی تغییرات حوضه رودخانه هندیجان را با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM و نقشه‌های توپوگرافی طی یک دوره ۴۸ ساله مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در اثر تغییر در حجم آب ورودی به کانال رودخانه هندیجان چندین بار در طی ۴۸ سال جابجا شده است و چندین متاندر و دریاچه نعل اسبی به‌عنوان نتیجه این انتقال باقی مانده‌اند و همچنین خط ساحلی منطقه بر اثر رسوب‌گذاری به‌طور تقریبی ۴ کیلومتر به داخل خلیج فارس پیشروی داشته‌است.

نعیمی نظام‌آباد و همکاران (۱۳۸۸) به شناسایی تغییرات خط ساحلی و لندفرم‌های منطقه عسلویه پرداخته‌اند و میزان تغییرات منطقه در بازه زمانی ۱۶ ساله بررسی و مشخص شده که در اثر ایجاد سازه‌های انسانی تغییر در مکانیسم رسوبگذاری و کاوش در نوار ساحلی به‌وقوع پیوسته است.

### معرفی محدوده تحقیق

منطقه مورد تحقیق قسمتی از سواحل شمالی خلیج فارس و در محدوده پایاب رودخانه مند واقع شده‌است. از نظر موقعیت جغرافیایی این منطقه در بین طول جغرافیایی ۵۸°، ۵۰° و ۵۹°، ۵۱° شرقی و عرض جغرافیایی ۲۷°، ۲۵° و ۲۸° شمالی واقع

1- Remote sensing  
2- Geographic information system  
3- Thematic mapper



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه

در نتیجه دارای نتایج متفاوتی می‌باشند که بسته به هدف پژوهشگر باید از روش مناسب برای آشکارسازی استفاده نمود.

### تفریق باندها

یکی از روش‌های تعیین تغییرات بررسی اختلافاتی است که یک تصویر نسبت به تصویر زمان قبل خود دارد. در تصاویر چند زمانه اگر یک پدیده تغییر کرده باشد، بازتاب پدیده در دو تصویر دارای ارزش‌های روشنایی متفاوتی خواهد بود. همچنین عوامل متعددی نیز مانند زمان تصویربرداری، زاویه تابش خورشید، سایه، اثرات جوی که در مقادیر بازتاب تاثیر می‌گذارند را نباید نادیده گرفت. زیرا باعث کاهش دقت تحقیق خواهند شد (Jensen, 1996). تصاویر تفریقی که حاوی اطلاعات مفیدی در مورد تغییرات رخ داده هستند، از رابطه ۱ بدست می‌آیند. نتیجه این روش تولید تصویری است که در آن مقادیر مثبت و منفی نشان‌دهنده مناطق تغییر یافته و مقدار صفر نشان‌دهنده عدم تغییر بین دو زمان می‌باشد (Sing, 1989).

$$Dx = x(t_2) - x(t_1) + C \quad \text{رابطه ۱}$$

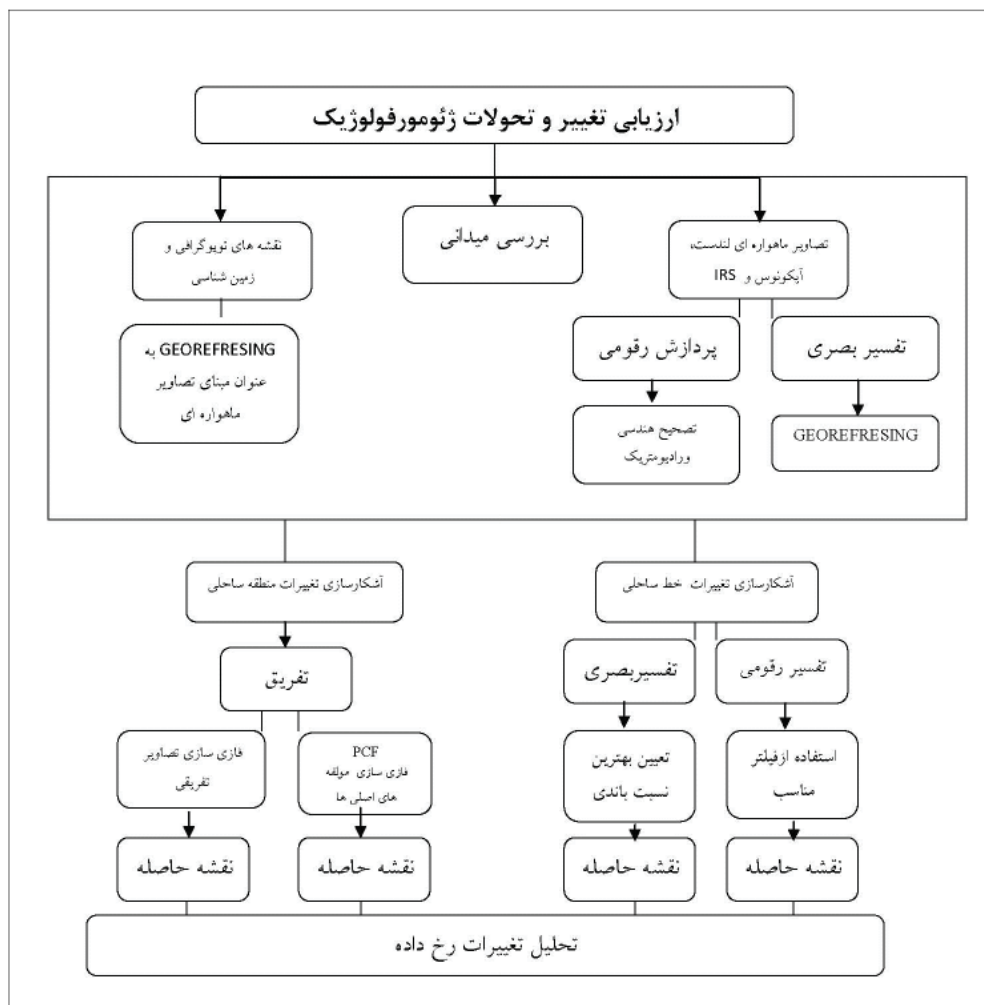
در این رابطه،  $x$  ارزش پیکسل،  $t_1$  تاریخ اول،  $t_2$  تاریخ دوم و  $C$  عدد ثابت است.

در اقلیم خشک، برای تصحیح اتمسفری فقط از تصحیح شرایط متنوع فضایی<sup>۱</sup> از بسته focus نرم‌افزار Geomatica استفاده شد. بدین منظور مناطق مشخصی در تصاویر که معرف بازتاب خاصی می‌باشند، به عبارتی نشان‌دهنده پدیده‌ای مشخص هستند، به عنوان مناطق مرجع، انتخاب و برای تصحیح کل تصویر استفاده شدند در ادامه تغییرات در منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت که مراحل مختلف آن در شکل ۲ نشان داده شده است.

### یافته‌های تحقیق

ماهواره‌های منابع زمینی تصاویری از مناطق زمین در زمان‌های مشخص برداشت می‌کنند و از آن‌جا که تحت تاثیر فرآیندهای حاکم، سطح زمین همواره در حال تغییر و تحول است، لذا با استفاده از سنجنش از دور و تکنیک‌های آشکارسازی تغییرات، می‌توان تغییراتی که در عوارض ژئومورفولوژیک، کاربری اراضی، بستر رود و یا دیگر لندفرم‌ها رخ می‌دهد را شناسایی نمود و با رفتارشناسی این پدیده‌ها، تغییرات و اثرات آنها را در طرح‌های مطالعات زیر بنایی و عمرانی لحاظ نمود (علوی پناه، ۱۳۸۲). در این تحقیق از روش‌های تفریق باندها، تحلیل مولفه‌های اصلی و منطق فازی به منظور آشکارسازی تغییرات استفاده شده است. این روش‌ها هر کدام از الگوریتم‌ها و توابع خاصی پیروی کرده و

1- Control point



شکل ۲. چهارچوب تحقیق

تئوری مجموعه‌های فازی این مفهوم را بسط می‌دهد و عضویت درجه‌بندی شده را مطرح می‌کند. به این ترتیب که یک عنصر می‌تواند تا درجاتی، و نه کاملاً، عضو یک مجموعه باشد (Zadeh, 1965). تصاویر استاندارد شده از طریق توابع فازی مقادیر عضویت فازی، به خود گرفته و هر تصویر با توجه به پراکنش پیکسل‌ها در بازه ۰-۱ مقدار گرفت.

به منظور استفاده از کل اطلاعات باید تصاویر فازی شده با استفاده از الگوریتم‌های مجموعه فازی ترکیب شوند. این ترکیب با استفاده از شبکه استنتاج فازی<sup>۱</sup> با عملگرهایی چون AND، OR، ضرب فازی، جمع فازی، ترکیب ضرب و جمع فازی، عملگر گامای فازی، انجام می‌گیرد (شکل ۴).

در این تحقیق با محاسبه گامای ۰/۵، ۰/۷، ۰/۹ و تطبیق تغییرات تعیین شده با پایش بصری و همچنین بازدیدهای میدانی، عملگر گامای فازی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل مشخص نمود که عملگر گامای ۰/۵ بیشترین اطلاعات در مورد تغییرات منطقه را نشان می‌دهد.

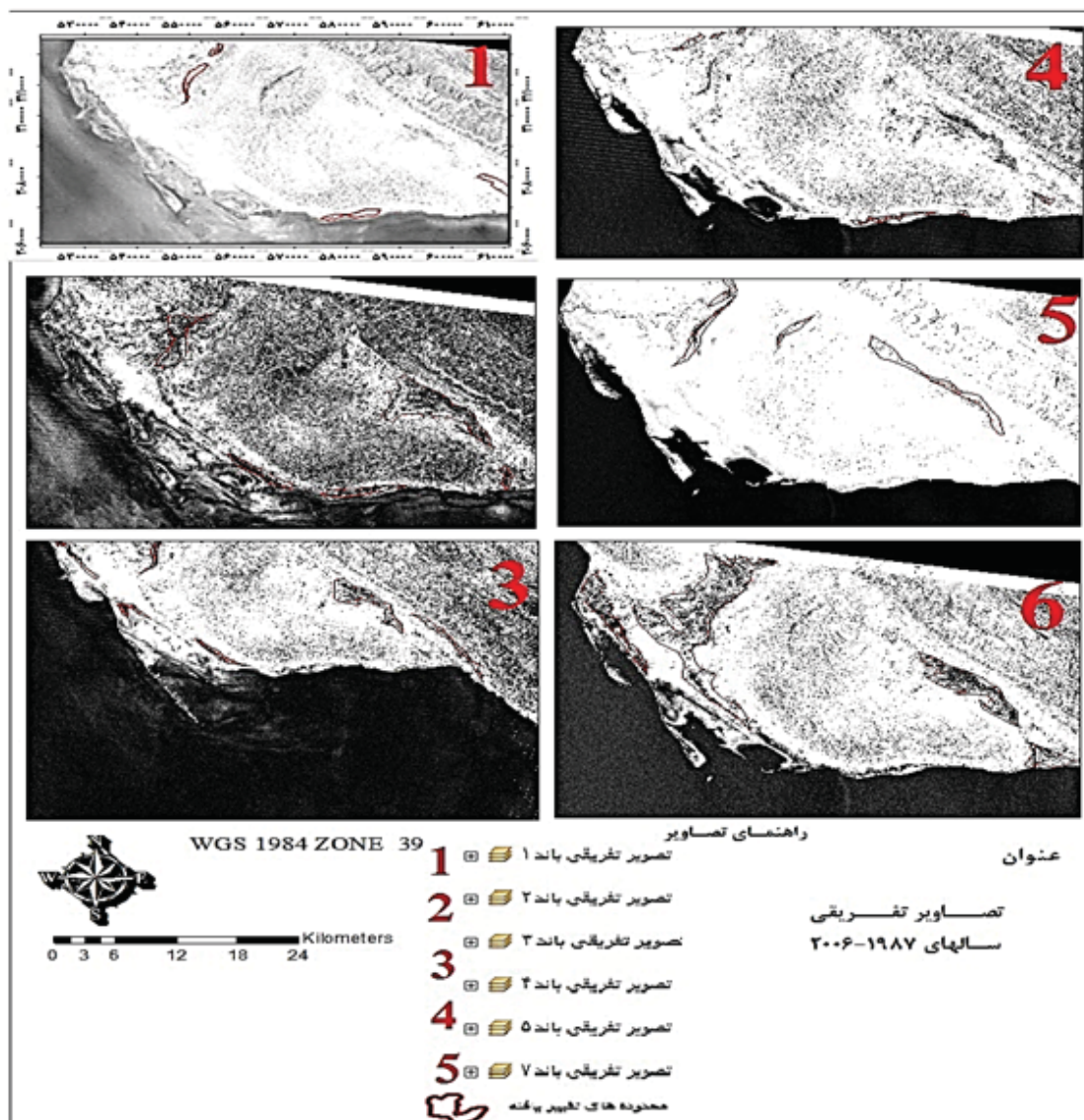
همانطور که در شکل ۶ مشاهده می‌شود احداث تاسیسات آبی

تصاویر انتخاب شده در این تحقیق بر اساس یک دوره ۱۹ ساله از سال‌های ۱۹۷۸-۲۰۰۶ می‌باشد. در این تحقیق باندهای متناظر هر کدام از سال‌های مورد مطالعه از یکدیگر تفریق شدند (شکل ۳)

### آشکارسازی از طریق منطق فازی (fuzzy logic)

در این روش ابتدا تصاویر تفریقی سال‌های ۱۹۷۸-۲۰۰۶ قدر مطلق گرفته شد. هر کدام از تصاویر تفریقی دارای یک سری اطلاعات در مورد تغییرات منطقه می‌باشند. در شکل ۳ تغییرات تعیین شده در هر یک از باندهای متناظر مشخص شده است.

بازه عددی تصاویر تفریقی از باندهای متناظر دارای اعداد منفی و غیر استاندارد می‌باشد. بدین منظور این تصاویر با استفاده از اکستنشن Spatial Analysis و ماژول Raster Calculator در بازه ۰-۱۰۰ قرار گرفته و برای استفاده در مجموعه‌های فازی آماده شدند. در تئوری کلاسیک مجموعه‌های فازی، یک عنصر، یا عضو مجموعه ای هست یا نیست. در حقیقت عضویت عناصر از یک الگوی صفر و یک و باینری تبعیت می‌کند. اما



شکل ۳. تصاویر تفریقی باندهای مناظر

بین باندها در ۳ مولفه اصلی نمایان تر می‌شود و در مولفه‌های بعدی تغییرات بسیار جزئی مشخص می‌شود. با توجه به واریانس اطلاعات در هر یک از مولفه‌ها و منحصر به فرد بودن اطلاعات در هر مولفه می‌توان از این روش برای آشکار سازی تغییرات در محدوده تحقیق استفاده نمود (Gong, 1993). ولی آنچه که در انتخاب مولفه اصلی مورد توجه است، این است که انتخاب ۳ مولفه از بین ۶ مولفه اصلی تحقیق کاری مشکل است.

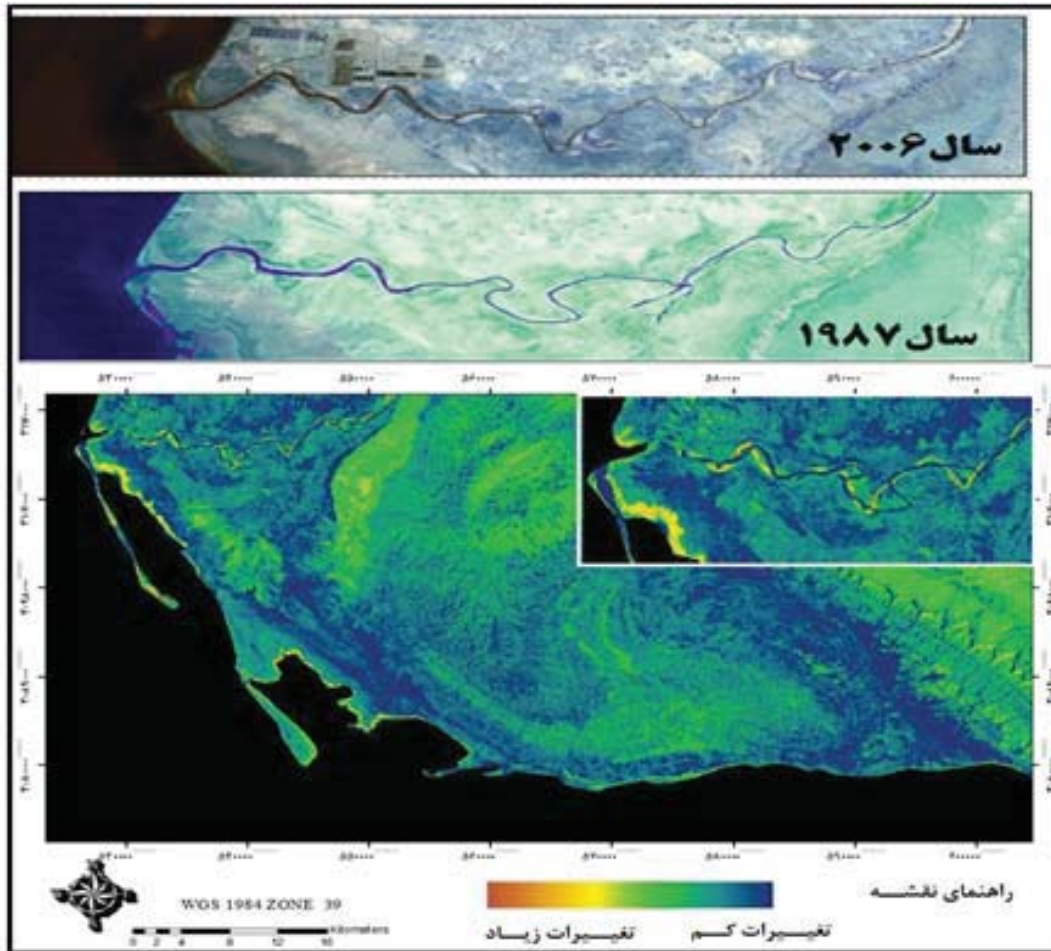
در این روش ابتدا تصاویر تفریقی سال‌های ۱۹۷۸-۲۰۰۶ ساخته شده سپس با کمک روش تحلیل مولفه‌های اصلی تلفیق شدند (شکل ۳). بعد از اعمال روش PCA<sup>۲</sup> هیستوگرام تصاویر منتج شده (PCD<sup>۳</sup>) در ماژول HIS از نرم افزار GEOMATICA استخراج (شکل ۵) و اطلاعات آماری مربوط به هر PCD محاسبه شد (جدول ۱).

پروری مربوط به ساخت مراکز پرورش ماهی و میگو در قسمت شمالی دلتای رودخانه مند و دهانه خورخان، پسروی تپه‌های ماسه‌ای منطقه بردخون در اثر تغییرات دوره‌ای رودخانه مند و همچنین به زیر آب رفتن نوار ساحلی در اثر تغییرات سطح آب خلیج فارس از مهمترین تغییرات محدوده مورد مطالعه می‌باشد.

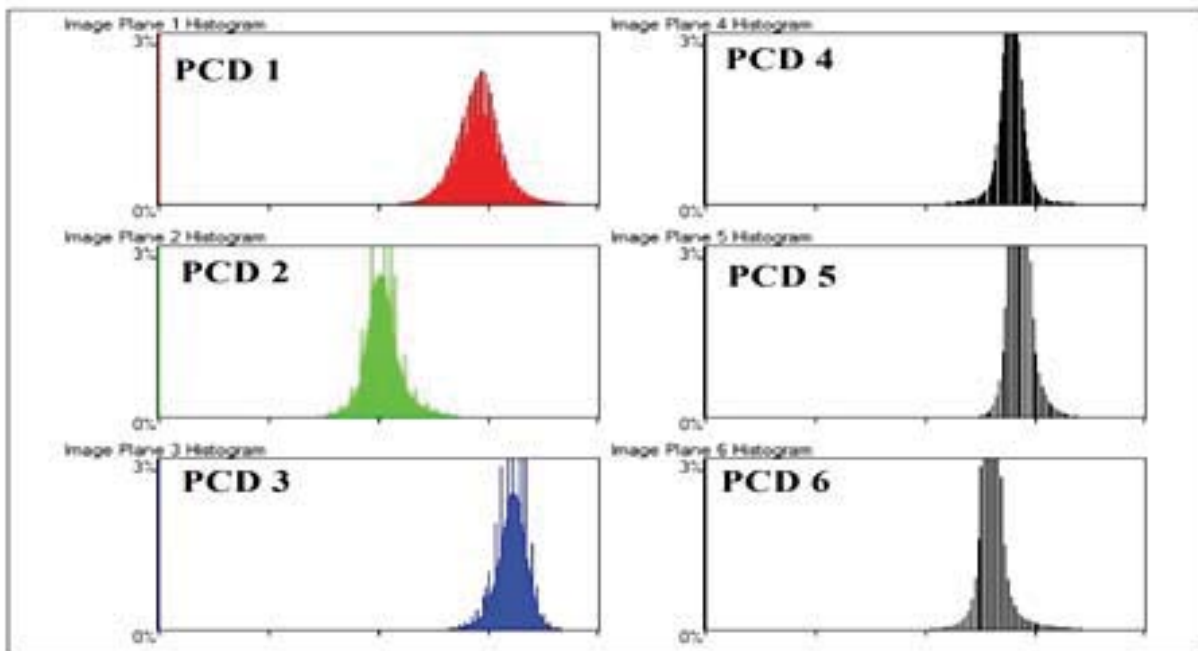
### آشکار سازی از طریق فازی سازی مولفه‌های اصلی

روش تحلیل مولفه‌های اصلی را که بعضی مواقع (کارهونن لو)<sup>۱</sup> می‌نامند برای فشرده سازی مجموعه داده‌ها و ارتباط بین پیکسل‌های گروهی به کار می‌رود. به نحوی که هر گروه از پیکسل‌ها معرف یک عارضه و یا لندفرم خاص می‌باشند. در حالت کلی نتیجه این فشرده سازی و همبستگی‌های پیکسلی در

1- Karhunen Loeve  
2- principal component analysis  
3- principal component differential



شکل ۴. تغییرات رخ داده در منطقه با استفاده از عملگر گامای ۰/۵



شکل ۵. هیستوگرام های مربوط به هر PCD از تصاویر تفریقی سال های ۱۹۷۸-۲۰۰۶

جدول ۱. اطلاعات آماری مولفه های اصلی

PCD	Min	Max	*Std	Mean
PCD1	۴۰۳	۵۷۰	۶/۴	۴۹۲
PCD2	۱۱۸	۱۹۱	۴/۸	۱۴۲
PCD3	۲۲۸	۲۹۳	۹/۴	۲۶۵
PCD4	۱۳۶	۱۷۲	۷/۱	۱۵۳
PCD5	۹۳	۱۱۵	۳/۲	۱۰۲
PCD 6	۷۶	۱۰۰	۵/۳	۸۸

Std: standard deviation

وجود بیشترین اطلاعات در مورد تغییرات رخ داده در منطقه انتخاب شده است. نقشه‌های تولیدشده در حالت کلی در بردارنده اطلاعات تغییراتی هستند که هر مولفه توانسته آن‌ها را استخراج کند. سپس برای تجمیع اطلاعات، مولفه‌ها با استفاده از عملگرهای فازی هم پوشانی شدند و نقشه تهیه شده از این طریق شدت تغییرات را نشان می‌دهد (شکل ۷).

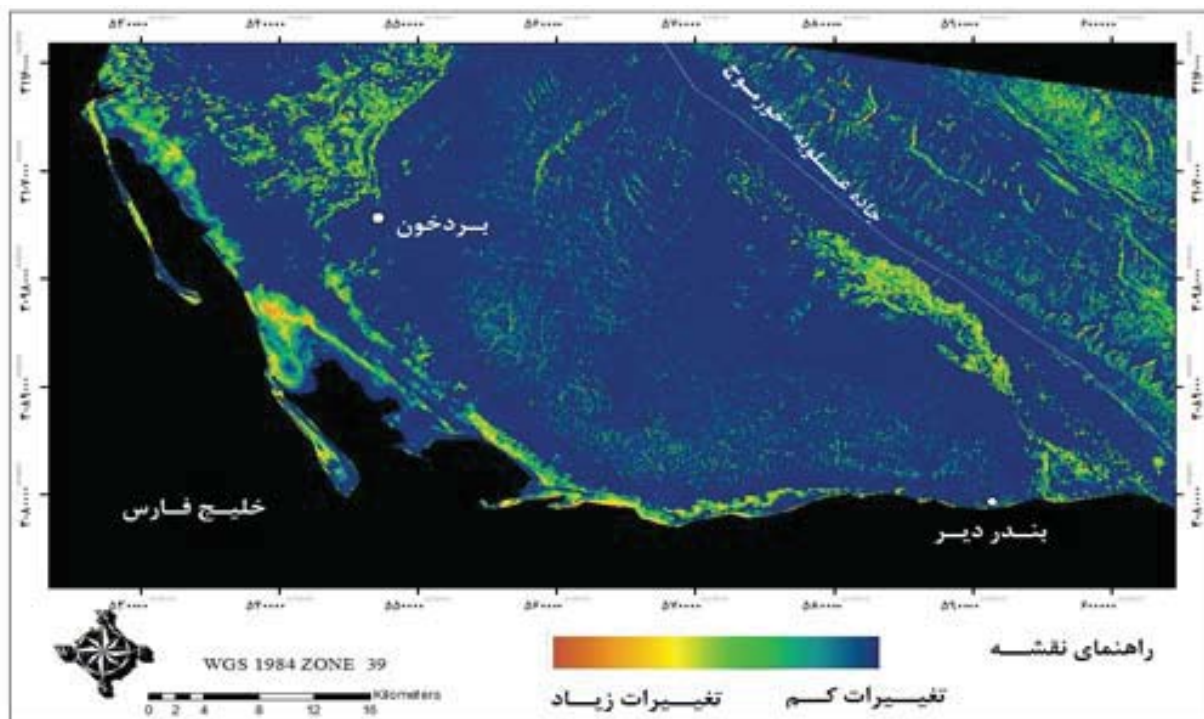
جدول ۲ تغییرات رخ داده در منطقه ساحلی مورد مطالعه را بر حسب کیلومتر مربع همراه با درصد اشغال پهنه‌ها نشان می‌دهد. در حالت کلی در حدود ۷ کیلومتر مربع از منطقه تغییرات شدیدی طی سال‌های ۱۹۷۸-۲۰۰۶ داشته است که عموماً در حاشیه رودخانه مند و خورهای منطقه از قبیل خورخان می‌باشد. ۱۴ کیلومتر مربع از منطقه نیز دارای تغییرات زیاد بوده است

در مرحله بعد مانند روش اول برای هر کدام از PCDهای ساخته شده تابع عضویت فازی تعریف شد و با استفاده از عملگرهای فازی با همدیگر هم پوشانی شده و بهترین عملگر با توجه به تغییراتی صورت گرفته در منطقه تعیین گردید.

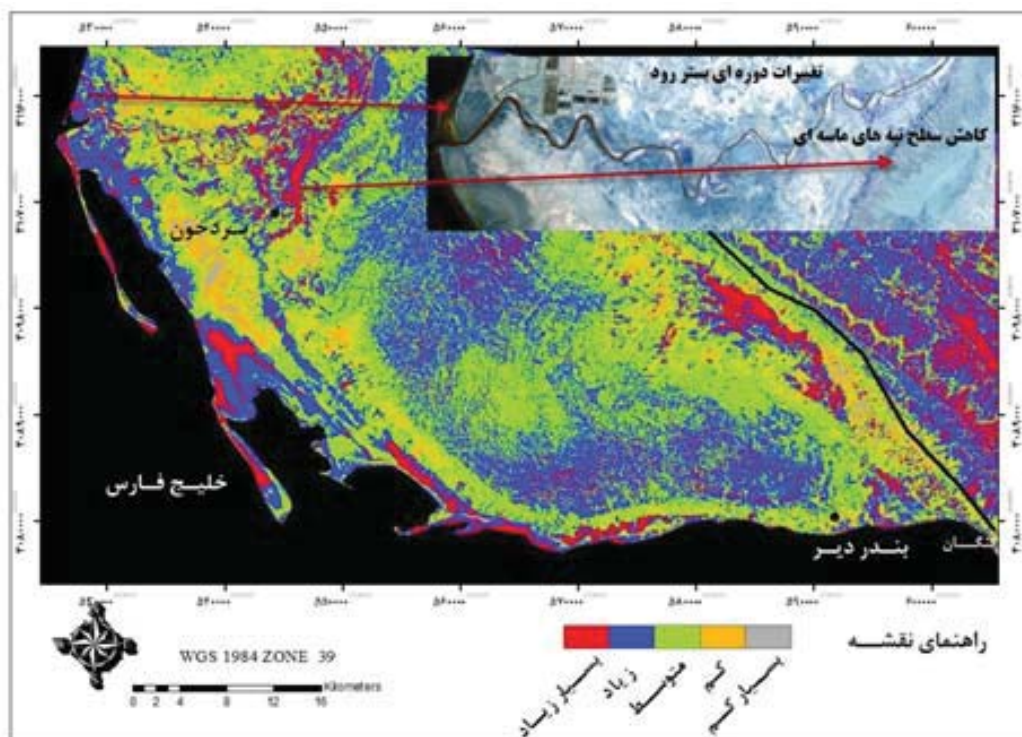
پس از بررسی‌های به عمل آمده مشخص شد عملگر گامای ۰/۷ به دلیل بیشترین هماهنگی با نتایج بررسی میدانی و همچنین ارزیابی تغییرات با روش تفسیر بصری اطلاعات دقیقی درباره تغییرات ساحلی در منطقه مورد مطالعه در اختیار محقق می‌گذارد (شکل ۶).

### شدت تغییرات

در این تحقیق مبنای شدت تغییرات در منطقه براساس نقشه تهیه شده از هم پوشانی لایه‌ها با گامای ۰/۷ می‌باشد که براساس



شکل ۶. تغییرات تعیین شده با عملگر گامای ۰/۷



شکل ۷. نقشه شدت تغییرات

در مجموعه داده‌ها آورده شده و بر اساس ماهیت تفکیکی هر کدام از باندهای تصاویر، یک ترکیب بانندی مناسب برای جداسازی آب از خشکی تعیین شد. این ترکیب بانندی با استفاده از ابزارهای کالیبراسیون و فیلترگذاری آماده برای تعیین خط جدایی آب از خشکی درآمد. سپس به صورت دستی خط ساحل مربوط به هر کدام از تصاویر در محیط نرم افزار Arc GIS ترسیم شد (شکل ۸). یکی از معایب این روش عدم تعیین دقیق خط ساحل به دلیل خطای چشم انسان و همچنین بازتاب یکسان پدیده‌های مشابه مانند آب گل آلود و زمین‌های گلی در تصاویر می‌باشد.

و این محدوده در اطراف جزایر تهمادون، ام کرم و جبرین و قسمت‌های شمالی خورخان می‌باشد. سایر محدوده‌ها نیز دارای تغییراتی با شدت متوسط است. از جمله این مناطق می‌توان به پسروری تپه‌های ماسه‌ای در محدوده شهر بردخون و تغییرات کالبدی شهرهای منطقه مورد مطالعه و همچنین پهنه‌های گلی موجود در منطقه اشاره نمود.

### روش پردازش بصری

در این روش ابتدا تصاویر ماهواره‌ای به صورت تک تک

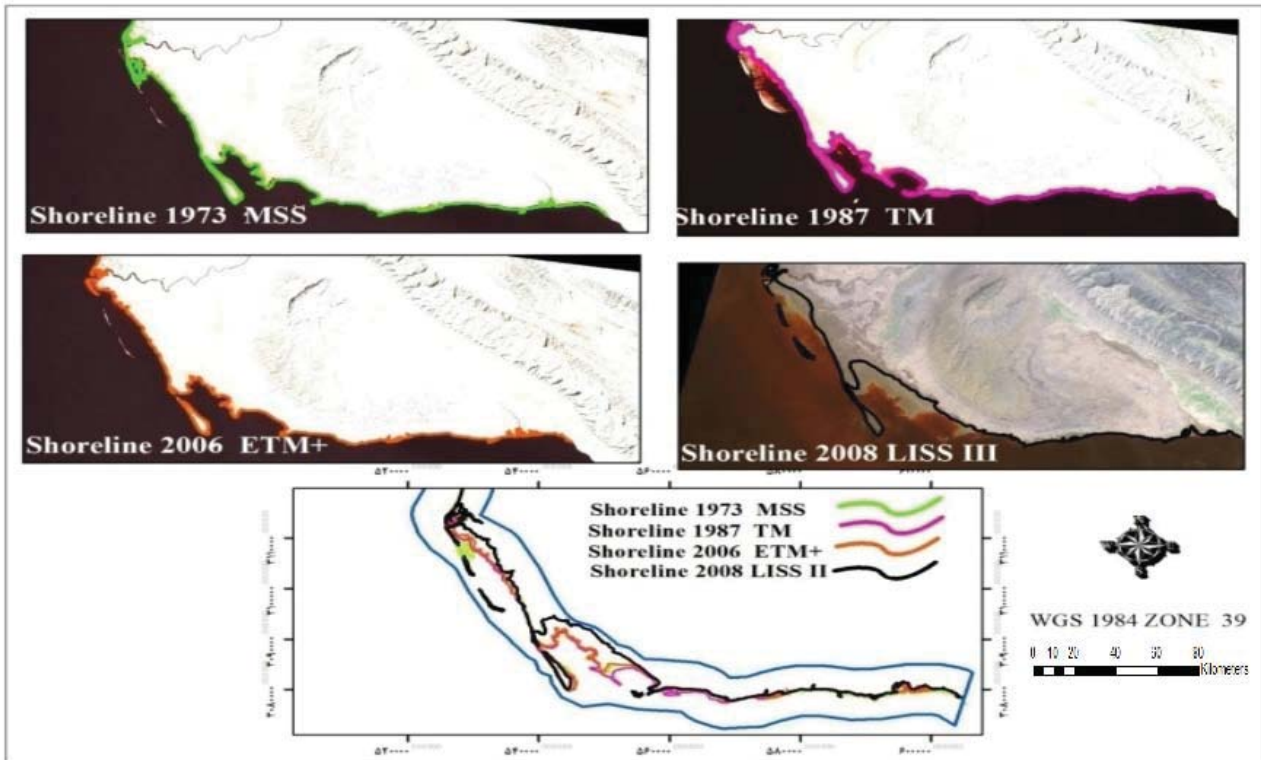
جدول ۲. مشخصات پهنه‌های تغییر یافته

شدت تغییرات (%)	ارزش کیفی تغییرات	مساحت پهنه های تغییر یافته (km <sup>2</sup> )	درصد هر پهنه تغییر یافته (%)
۲۰-۰	بسیار کم	۲/۲۳۴	۰/۶۳۱
۲۰-۴۰	کم	۲۰۸۶/۶	۵۸/۹۸
۴۰-۶۰	متوسط	۱۴۲۶/۷	۴۰/۳۲۸
۶۰-۸۰	زیاد	۱۴/۵۷	۰/۴۱۴
۸۰-۱۰۰	بسیار زیاد	۷/۵۲	۰/۱۳۴

جدول ۳. ترکیب باندهای استفاده شده جهت تفسیر بصری خطوط ساحلی منطقه

سنجنده	MSS	TM	+ETM	LISS III
ترکیب بانندی	۲-۳-۴	۴-۵-۶	۴-۵-۷	۱-۳-۴





شکل ۸. تعیین خط ساحلی با استفاده از روش تفسیر بصری

دارای فرکانس بالا و پایین است و تغییرات ناگهانی در خط اسکن باعث ایجاد فرکانس بالایی می‌گردد. در این تحقیق از فیلتر آشکارساز Laplacian استفاده شد. اسکالر با ایجاد یک سری قاب‌های جهت دار فیلتر آشکارساز لبه‌ها را تبدیل به یک فیلتر آشکارساز هم سانی نمود (پیراسته، ۱۳۸۴). این فیلتر تعیین‌کننده خطوط تند موجود در تصاویر است؛ با توجه به تغییر ناگهانی فرکانس تصاویر در خطوط ساحلی این فیلتر به نحو مطلوبی تعیین‌کننده خطوط ساحلی است. فیلتر لاپلاسیان بر دو نوع است که نمونه‌های ۳×۳ آن در شکل ۹ دیده می‌شود.

شکل ۱۰ تصویر حاصل از اعمال تکنیک فیلترگذاری بر تصاویر چند زمانه در منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. در این روش اگرچه آستانه‌گذاری توسط فیلترهای مناسب انجام می‌شود ولی استخراج خط ساحلی از تصاویر فیلتر شده به صورت دستی می‌باشد.

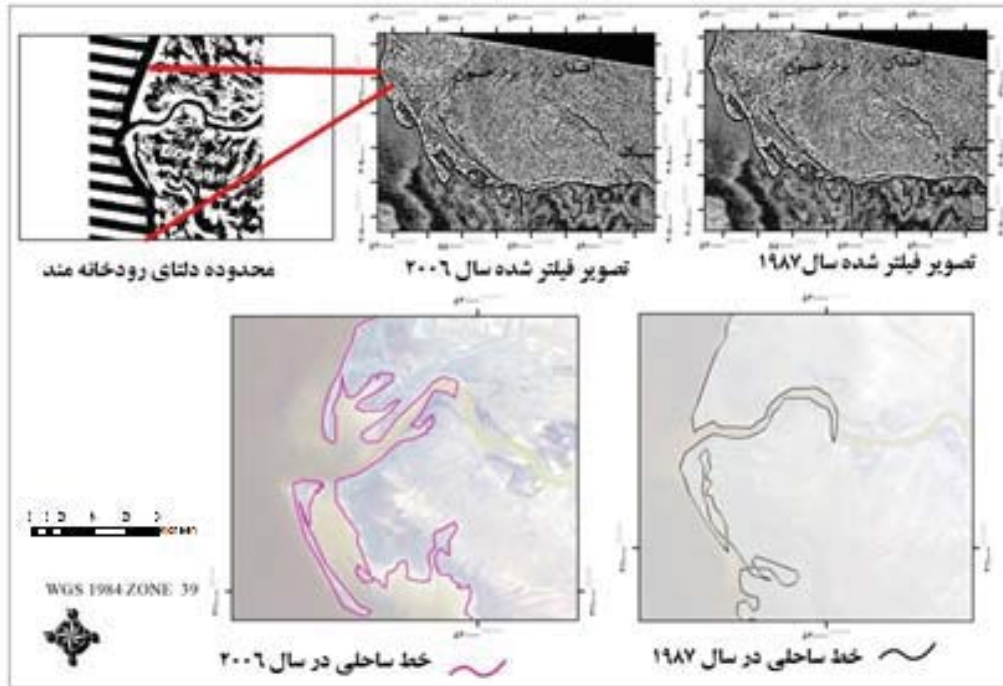
جدول ۴ طول خطوط ساحلی حاصل شده از تصاویر چندزمانه می‌باشد. همانطور که از جدول ۴ بر می‌آید طول خطوط ساحلی در منطقه مورد مطالعه با گذر زمان بیشتر و بیشتر شده است. این تغییر در طول خطوط ساحلی ناشی از بالا آمدن آب‌های خلیج فارس و به زیر آب رفتن بخش‌های وسیعی از دره‌های فرسایش یافته می‌باشد به عنوان مثال مساحت خورخان واقع در دلتای رودخانه مند در سال ۱۹۷۳ به دلیل پایین بودن سطح آب نسبت به امروز مقدار ۴۶ کیلومتر مربع بوده که این مقدار در سال ۲۰۰۸ به ۹۸ کیلومتر مربع رسیده است ولی این تغییر به قیمت به زیر آب رفتن جزایر منطقه تمام شده است.

### آشکارسازی خودکار تغییرات خطوط ساحلی با استفاده از فیلترگذاری

فیلترینگ یک نوع واضح‌سازی تصویر است که می‌تواند قدرت مفسر را در تفسیر تصاویر ماهواره‌ای افزایش دهد. هر تصویر

جدول ۴. طول خط ساحلی در سال‌های مورد محاسبه

طول خط ساحلی (km)	تاریخ تصویربرداری
۱۹۸/۹	۱۹۷۳
۲۰۹/۹	۱۹۸۷
۲۱۳/۱	۲۰۰۶
۲۳۶/۳	۲۰۰۸



شکل ۹. چیدمان پیکسلی در فیلتر آشکارساز Laplacian

رسوبات در این منطقه اثر چندانی داشته باشد. همچنین تصاویر ماهواره‌ای و تکنیک‌های سنجش از دور می‌تواند ابزار قدرتمندی در آشکارسازی تغییرات کاربری و ژئومورفولوژی به‌ویژه در سواحل کشور باشد.

#### منابع

- پیراسته، س.، ۱۳۸۴. سنجش از دور در مطالعات منابع زمین انتشارات شهیدی، ۱۸۶.
- رنگزن، ک.، صالحی، ب. و سلحشوری، پ.، ۱۳۸۶. بررسی تغییرات منطقه پایین‌دست سد کرخه قبل و بعد از ساخت سد با استفاده از تصاویر چند زمانه Landsat. اولین همایش ژئوماتیک ایران. ۱-۱۱.
- زمردیان، م.، ۱۳۸۱. ژئومورفولوژی ایران جلد دوم انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۲۶۰.
- سازمان نقشه‌برداری کشور، درگاه اطلاعات آماری هواشناسی، [www.irimo.ir](http://www.irimo.ir).
- علوی پناه، س.ک.، ۱۳۸۲. کاربرد سنجش از دور در علوم

#### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از پردازش رقومی تصاویر ماهواره‌ای، تفسیر چشمی و بازدید میدانی حاکی از تغییرات شدید ساحلی در اثر بالا آمدن آب خلیج فارس در طی ۲۱ سال ۱۹۷۸-۲۰۰۶ می‌باشد. به عبارتی می‌توان گفت که خط ساحل حدود ۴۶ کیلومتر مربع به سمت خشکی پیشروی داشته است. شدیدترین تغییرات اتفاق افتاده در منطقه مربوط به تغییرات دوره‌ای بستر رودخانه مند و ایجا عوارض شاخ گوی در بستر رودخانه مند می‌باشد که این محدوده‌ها تقریباً ۰/۱۳۴ درصد از منطقه مورد مطالعه را شامل می‌شود. طول خطوط ساحلی در منطقه مورد مطالعه از ۱۹۸/۹ کیلومتر در سال ۱۹۷۳ به ۲۳۶/۳ کیلومتر در سال ۲۰۰۶ رسیده است که علت اصلی آن بالا آمدن آب خلیج فارس به تبعیت از سطح دریاهای آزاد و ایجاد خورها در دهانه رودها می‌باشد. این عامل اثر فرآیند رسوبگذاری آبراهه‌ها و پیشروی ساحل به سمت دریا را خنثی نموده است. در این خصوص حتی جریان دریایی که در ساحل شمالی خلیج فارس از سمت شرق و جنوب شرق به سمت غرب حرکت می‌کند نتوانسته است در انتقال و انباشت

شکل ۱۰. تصویر حاصل از فیلترگذاری و تعیین خط ساحلی

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

-1	-1	-1
-1	8	-1
-1	-1	-1

29, 945-959

- Gong, P., 1993. Change detection using principal components analysis. And fuzzy sets theory Canadian Journal Of Remote Sensing, 19, 22-29.

- Jensen, J.R., 1996. Introductory Digital Image Processing –A Remote Sensing Perspective,. Prentice-Hall, New York, 316.

- Kaufmann, R. and Seto, K., 2001. Change detectiton accuracy and bias in a sequential analysis of Land Imagery In the Pearl River Delta, China: economet techniques. Agriculture, Ecosystems and Environment, 95-105.

- Kirishnakumar, P., 2011. Change detection studies in coastal Zone features of nagapattinam, tamilnadu by remote sensing and geographical informational system, international Journal Of Environmental Sciences, 1, 202-223.

- Sing, A., 1989. Digital Change Detection Techniques Using Remotely Sensed Data. International Journal of Remote Sensing, 10, 989-1003.

- Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. Information and control, 253-338.

- Zoran, M. and Anderson, E., 2006. The use of multi-temporal and multispectral satellite data for change detection analysis of the Romanian Black Sea coastal zone Journal of Optoelectronics and Advanced Materials, 252-256.

زمین، انتشارات دانشگاه تهران، ۵۰۰.

- علوی نژاد، ن، ۱۳۸۳. آشکارسازی تغییرات ژئومورفولوژیکی و کاربری اراضی خورموسی (بند امام خمینی و ماهشهر) با استفاده از RS و GIS. پایان‌نامه کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی. دانشگاه خوارزمی، ۱۷۷.

- غیاثوند، غ، ۱۳۷۷. تهیه نقشه تغییرات کاربری اراضی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای چندزمانه (مطالعه موردی جنوب شهر تهران). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۴.

- کوهکن، ر، ۱۳۸۱. آشکارسازی تغییرات اراضی شهری با استفاده از داده‌های سنجنش از دور و GIS (نمونه موردی شهر مشهد) و داده‌های ماهواره‌ای ۱۹۸۷-۱۹۹۸ میلادی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۱۵۵.

- مرشدی، ج. و علوی پناه ک، ۱۳۸۸. آشکارسازی و تعیین تغییرات مسیر رودخانه کارون با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای، منطق فازی و GIS. رساله دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی (واحد علوم و تحقیقات تهران)، ۲۰۲.

- نعیمی نظام‌آباد، ع، قهرودی تالی، م. و ثروتی، م، ۱۳۸۸. پایش تغییرات خط ساحلی و لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی خلیج فارس با استفاده از تکنیک سنجنش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه ساحلی عسلویه) مجله فضای جغرافیایی، ۳۰، ۶۱-۴۵.

- Ghanavati, E, Firouzabadi, P.Z., Jangi, A. and Khosravi, S., 2007. Monitoring geomorphologic changes using Landsat TM and ETM+ data in the Hendijan River delta, southwest Iran international Journal of Remote Sensing,