# آشکارسازی تغییرات ژئومورفولوژیک و کاربری اراضی خورموسی با استفاده از RS و GIS

دکتر عزت‌اله قنواتی: دانشگاه تربیت معلم تهران
دکتر پرویز ضیائیان فیروز آبادی: دانشگاه شهید بهشتی
سیدنظام علوی‌نژاد کارشناس ارشد جغرافیای طبیعی

**تاریخ:** دریافت ۸۵/۹/۱۰ **پذیرش** ۸٦/۸/۲۸

## چکیده

ساحل به منزلهٔ فضایی جغرافیایی دارای شرایط ویژهٔ اقتصادی، تجاری تفریحی و در برخی موارد استراتژیکی است. بهره‌برداری بهینه از امکانات محیطی مستلزم شناخت ویژگی‌های مختلف یک منطقه است. ساحل به منزلهٔ یک اکوسیستم توان‌مندی‌های بالقوه و بالفعل بسیار زیادی برای جذب جمعیت داراست. خورموسی و سواحل آن به دلایل مختلف تجاری، بازرگانی و منابع عظیم نفت و گاز در جنوب ایران حائز اهمیت استراتژیکی زیادی است. در این تحقیق با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و بر اساس تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۳ میلادی، نقشه‌های توپوگرافی(سال ۱۳۳۵ شمسی)، خاک، زمین‌شناسی، کاربری اراضی و همچنین داده‌های هواشناسی و جزر و مدّ منطقه، تغییرات کاربری اراضی و ژئومورفولوژیک منطقه شناسایی شده‌اند. برای آشکارسازی تغییرات، ابتدا نقشه‌های توپوگرافی و تصاویر ماهواره‌ای منطقه زمین مرجع و موزاییک شده‌اند. سپس از روش‌های مختلف شامل تفریق باندهای مشابه سال‌های مختلف، تحلیل مؤلفه‌های اصلی(PCA)[1] بر روی باندهای تفریقی برای تولید تصاویر(PCD)[2] و منطق فازی استفاده

1. Principal Component Analaysis
2. Principal Component Difference Image

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

شده است و نقشهٔ درجهٔ شدت تغییرات ایجادشده در نقاط و پدیده‌های مختلف منطقه تهیه شده است. بیش‌ترین تغییرات در پدیده‌های طبیعی در اطراف خط ساحل و جزایر موجود در داخل خورموسی ایجاد شده‌اند. همچنین طی دورهٔ بررسی تغییرات زیادی در کاربری‌های اراضی شهرهای ساحلی ماهشهر و بندر امام ایجاد شده است. این تغییرات شامل توسعهٔ بندر امام خمینی و تأسیسات عظیم پتروشیمی و شرکت‌های وابسته، منطقهٔ ویژهٔ اقتصادی، احداث فرودگاه و غیره هستند که خود باعث جذب جمعیت از سایر نقاط و گسترش مراکز شهری منطقه شده‌اند.

**واژه‌های کلیدی:** ساحل، ژئومورفولوژی، کاربری اراضی، خور موسی

## مقدمه

سواحل محیطی طبیعی، جغرافیایی را می‌سازند که از آن به عنوان فضای سه‌بعدی عمل‌کرد متقابل اتمسفر، هیدروسفر و لیتوسفر بحث می‌شود. البته بیوسفر را نیز باید بدین رابطه افزود، زیرا بخش زیستی نیز می‌تواند در شکل‌گیری و تغییرشکل و فرایندهای مربوطه شرکت داشته باشد.

تقریباً در تمام نقشه‌ها با مقیاس‌های مختلف، سواحل به‌طور معمول به‌صورت خطی نشان داده می‌شوند که خشکی را از آب جدا می‌کند. ولی در طبیعت، سواحل روی خطوط ثابتی نیستند؛ بلکه نوار کم و بیش عریضی را تشکیل می‌دهند و بدین‌وسیله مرز مشخص بین دریا و خشکی به‌وجود می‌آورند. تحول عرضی این حاشیهٔ مرزی مشخص، تابع عوامل متفاوتی است که به‌ویژه نوسان وضعیت آب، شیب دامنه زیر آب نزدیک به ساحل جزء آن هستند[۲].

علی‌رغم دخالت عوامل مختلف در تشکیل اشکال گوناگون موجود در ناحیه ساحلی، انواع فرم‌های حاشیهٔ سواحل می‌توانند شامل دو دسته اشکال رسوب‌شناختی و آب‌شناختی باشند. اشکال رسوب‌شناختی با غلبه فرآیندهای رسوب‌شناختی بر اساس انواع جنس ساحلی (سنگی یا دانه‌ای) و با انواع عرصه ساحلی(پهنه، باریکه، نوار) و اختلاط این دو دسته با هم

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

حاصل می‌شوند. اشکال آب‌شناختی حاصل غلبه جریان‌های دریایی و نحوه عمل‌کرد آب‌های سرازیر شده از خشکی به سوی دریا هستند و می‌توانند به صورت‌های مختلفی مانند دلتا، خور و مصبّ دیده شوند [۱].

طول ۲۴۰۰ کیلومتر سواحل ایرانی خلیج‌فارس و دریای عمان از مصب اروندرود در شمال غربی خلیج‌فارس تا تنگهٔ هرمز و از آن‌جا تا خلیج گواتر در شرق دریای عمان واجد اشکال و عوارض مختلفی از سواحل گلی، ماسه‌ای، سنگی و صخره‌ای با اشکال گوناگون ژئومورفو-لوژیک و هیدرولوژیک شامل خورها، مصب‌ها، خلیج‌های کوچک و غیره است. برخی از این سواحل با وجود شرایط هیدروگرافی، جزر و مدی و رسوبی خود پناهگاه مناسبی برای زیست موجودات فراهم کرده است. شناسایی تغییرات و تعیین ساختارهای زمین‌شناسی و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی سواحل خلیج‌فارس که بخش مهمی از منابع فیزیکی، معدنی و فسیلی ایران است، توجه ما را به این مهم معطوف ساخته است .

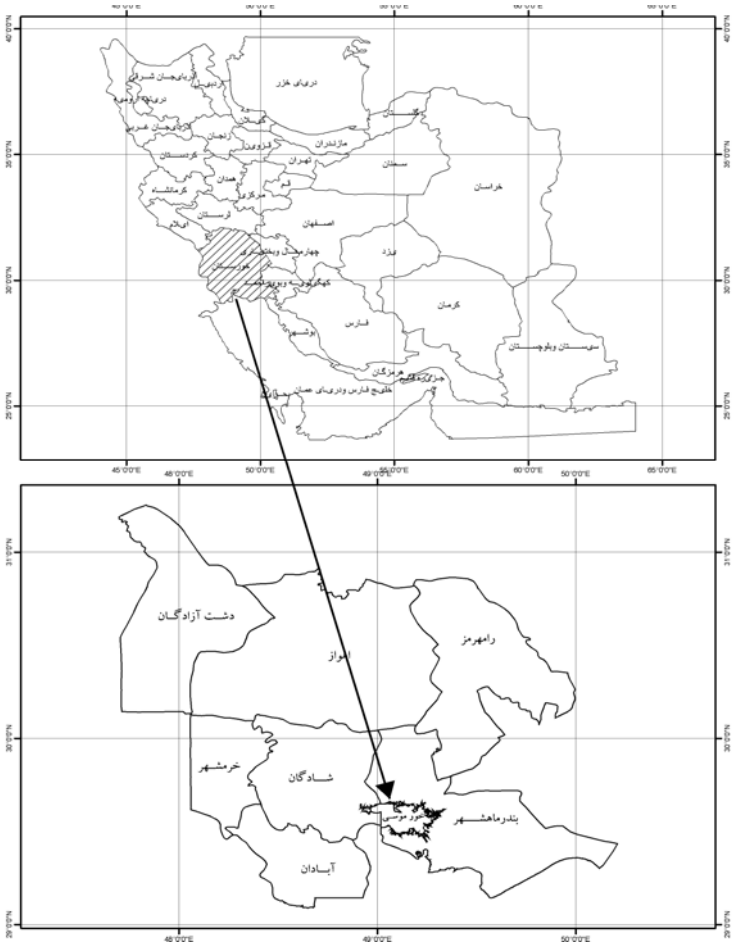
در این تحقیق سعی شده است با استفاده از فنون نوین سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی و همچنین پردازش تصاویر ماهواره‌ای منطقه مربوط به سال‌های۱۹۹۱ و ۲۰۰۳ میلادی و نقشه‌های توپوگرافی ۱۳۳۵ شمسی، چگونگی تغییرات پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و کاربری اراضی در منطقهٔ ساحلی که یکی از مهم‌ترین مناطق ساحلی ایران از جنبه‌های مختلف اقتصادی، طبیعی، استراتژیکی است، شناسایی و تجزیه و تحلیل شود .

## موقعیت جغرافیایی منطقه

این منطقه در جنوب خوزستان و در شمال غرب خلیج‌فارس؛ بین عرض جغرافیایی۳۰ درجه تا ´۴۵ °۳۰ عرض شمالی و ´۲۰ °۴۸ تا ´۵۱ °۴۹ طول شرقی واقع شده است. دهانهٔ خور موسی با عرضی در حدود ۳۲ کیلومتر و دارای امتداد شمال شرق - جنوب غرب است. محیط داخلی خور موسی در مجموع ۲۵۱/۳۵ کیلومتر و مجموع مساحت داخلی آن ۱۰۸۹/۵۳ کیلومتر مربع برآورد شده است[۱]. این منطقه از رسوبات کواترنری و گل و لای پوشیده شده و با شیب کمی به خلیج فارس می‌رسد. در این منطقه دو شهر بندری مهم به نام‌های ماهشهر و

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]




**شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه بررسی شده در ایران**

بندر امام خمینی واقع شده‌اند. این منطقه از طریق بندر امام خمینی به آب‌های آزاد بین‌المللی و از طریق راه‌آهن سراسری به ترکیه و اروپا و آسیای مرکزی دسترسی دارد. مجتمع‌های عظیم پتروشیمی بندر امام، رازی و فارابی در این منطقه واقع شده‌اند(شکل۱).

زمین‌شناسی منطقهٔ پژوهش مرتبط با زمین‌شناسی سرزمین خوزستان و خلیج‌فارس است. بر اساس اطلاعات موجود تشکیلات زمین‌شناسی منطقه شامل آبرفت دانه‌ریز از رس و رس

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

سیلتی همراه با کمی رسوبات نمکی و تبخیری بوده و دارای ضخامت ۸۰ متر بر روی سنگ کف غیر قابل نفوذ تشکیلات تبخیری – مارنی و ماسه‌سنگی آغاجاری گسترده است .

## طبقه‌بندی سواحل ایران

مورفولوژی خط ساحلی ایران اساساً تابع ساختمان ناهمواری‌های مجاور است؛ لیکن فرآیندها و دینامیک بیرونی و درونی نقش مهمی در پرداخت شکل کنونی داشته‌اند. نوع سواحل ایران بر اساس جنس، مورفولوژی شیب، مرحلهٔ سنی و تکاملی خطوط ساحلی ایران به دو صورت صخره‌ای و ماسه‌ای پلاژیک قابل‌تفکیک و طبقه‌بندی است. سواحل صخره‌ای دارای مورفولوژی خشن، شیب تند یا نسبتاً تند و چهره جوان هستند. این نوع سواحل گسترش زیادی ندارند و بیشتر در کرانه‌های جنوب ایران در حوالی چابهار، کنارک، گواتر، حد فاصل بندرعباس تا بوشهر به صورت پراکنده دیده می‌شوند[۵].

سواحل هموار و پلاژیک نیز در سرتاسر سواحل جنوبی خزر از آستارا تا ترکمن و کرانه‌های خلیج‌فارس به‌خصوص حد فاصل بوشهر تا آبادان، یعنی در مناطقی که وسعت جلگه زیاد است و دریا از کوه فاصله می‌گیرد، بیش‌تر است. مهم‌ترین اشکال فرسایش را در خصوص ساحل یعنی جایی که فرایندهای خشکی و دریایی زمینه‌ساز اشکال ناهموار هستند، قابل‌مشاهده است. طول خط ساحلی ایران در کنار خلیج فارس۱۳۵۰ کیلومتر است. در این امتداد گاهی دامنهٔ طاقدیس‌ها در خط ساحلی قرار گرفته و زمانی تراکم آبرفت فاصلهٔ زیادی بین خط ساحلی با رشته چین‌خوردگی‌های زاگرس ایجاد کرده است .

در این مناطق ساحل ماسه‌ای از نوع ساحل جزرومدی استران چشم‌انداز غالب است. به دلیل شیب کم ساحل و دامنه قابل‌توجه جزرومد، نوار ساحلی در این‌گونه موارد بسیار عریض شده و در واقع به‌صورت واحد توپوگرافی کاملاً مشخصی به نام استران قابل مشاهده است. در این منطقه رشته‌ها و باندهای ماسه‌ای- گلی مشاهده می‌شود که بعضی از آن‌ها هنگام مد به زیر آب فرو می‌روند و بعضی دیگر همیشه در زیر آب قرار دارند [٦].

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

## خورموسی

واژهٔ خور ریشه در زبان عربی دارد و نوعی از شاخابه است که به واسطهٔ پیش‌رفتگی آب دریا بر خشکی در اثر جزرومد حاصل می‌شود. خورها ممکن است دارای اشکال مارپیچی، منشعب و تاج مانند باشند. در سواحل جنوبی ایران به واسطهٔ نظام بارندگی سیلابی، برخی رودخانه‌ها، فصلی و سیلابی هستند و بستر این رودخانه‌ها به‌دلیل جریان یافتن آب‌های فصلی شسته شده، می‌توانند در سایر اوقات سال تحت تأثیر جزرومد به‌صورت شاخابه‌ای درون‌خشکی رخنمون داشته باشند. این دسته از فرم‌های هیدرولوژیک چنان‌چه در بستر یک رودخانه فصلی دیده شوند، خور- مصب[۳] و اگر در بستر یک رودخانه سیلابی ظاهر شوند، خور- مسیل[٤] نامیده می‌شوند[۳].

در مصب شاخه‌های تقسیم شده روی دلتاها یا هر جا رودی به خلیج‌فارس وارد شده است، خلیج‌های مصبی را می‌توان دید که خور نام دارند. خورها عموماً از گل و لای انباشته شده‌اند، و بویژه در فصل بارندگی پر از گل و لای هستند.

خورموسی به عنوان زبانه‌ای دریایی، نتیجهٔ عمل‌کرد مشترک فرآیند هیدرولوژیک و زمین‌ساختی است که به لحاظ کم‌شیب بودن دشت وسیع خوزستان شکل گرفته است. خور موسی دارای نهرها و آبراهه‌های متعدد است که هر یک به‌صورت خور مجزا رخنمون دارند [۱]. خور موسی همانند زبانه‌ای در خشکی پیش رفته و بندر امام خمینی در مسافتی دور از دهانه آن واقع شده است. زمین‌های طرفین این خور فوق‌العاده پست و کم‌شیب است و به همین دلیل به هنگام خیزش امواج و مد آب در خلیج قسمت زیادی از آن در آب فرو می‌رود. با این حال خور موسی از عوارض عمیق خلیج فارس است و عمق آن بین ۳۰ تا ۴۰ متر متغیر است[۵].

میزان پیش‌رفتگی این خور در خشکی بالغ ۸۰ کیلومتر و حداکثر عرض آن در ابتدای خور بالغ بر ۳۷ کیلومتر و حداقل آن ۳۰ کیلومتر است[٤].

[3] Creek-Estuary
[4] Creek-Flodway

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش از نقشه‌های مبنایی شامل ۹ شیت نقشهٔ توپوگرافی ۱:۵۰/۰۰۰ منطقه مربوط به سال ۱۳۳۵ خورشیدی، نقشهٔ زمین‌شناسی، خاک و قابلیت اراضی، کاربری اراضی، تصویر ماهواره‌ای مربوط به سال ۱۹۹۱ میلادی(TM) وسال ۲۰۰۳ میلادی(+ETM)، داده‌های مربوط به جزرومد ایستگاه بندر امام خمینی استفاده شده است. ابتدا هریک از ۹ شیت نقشهٔ توپوگرافی زمین مرجع گردیده و سپس برش زده و به‌صورت موزاییک تهیه شدند. بقیهٔ لایه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای منطقه نیز با استفاده از نرم‌افزار ژئومیتکا[5] و براساس نقشه‌های توپوگرافی زمین مرجع گردیدند. قبل از تفسیر رقومی داده‌های ماهواره‌ای منطقه تصحیحات هندسی (خطاهای مربوط به حرکت ماهواره و زمین) و تصحیحات رادیومتریک(خطاهای مربوط به نقص در کار سنجنده و یا آشکارسازها) انجام شده است .

برای آشکارسازی تغییرات ژئومورفولوژیکی و کاربری اراضی تصاویر ماهواره‌ای مربوط به سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۳ میلادی با فنون مختلفی چون تفریق باندهای متناظر، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، اعمال منطق فازی و هم‌بستگی شدت تغییرات پردازش شده‌اند. در ادامه چگونگی اعمال هریک از فنون مذکور و نتایج حاصل شده برای منطقه پژوهش تشریح شده است .

## تفریق تصاویر

هدف از تفریق دو تصویر قابل‌انطباق از یک ناحیهٔ ولی در دو زمان متفاوت ارزیابی درجه تغییرات حادث شده در فاصله زمانی دو تصویر است [۸]. بعد از این‌که تصحیح هندسی و رادیومتریک داده‌ها انجام شد، عمل تفریق کردن باندهای سال‌های متوالی را انجام می‌دهیم و هر یک از باندها به‌صورت متناظر از هم تفریق می‌شوند و می‌توانیم آن‌ها را به‌عنوان تفریق‌های اولیه و دیدن شمای کلی تغییرات در هریک از باندها مشاهده کنیم. از این روش بیش‌تر برای تشخیص مناطق آتش‌سوزی، تشخیص سیل، ابری بودن، تعیین مقدار آلودگی شهرها، افزایش یا کاهش محصولات گیاهی و غیره استفاده می‌شود. تصاویر تفریقی برای کشف تغییرات و آنالیز اطلاعات، تصاویر بسیار مفیدی هستند و از رابطه۱ به‌دست می‌آیند .

5. PCA Geomatica

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

رابطه(۱) : ۲÷ ( ۲۵۵+ باند i تاریخ اول- باند i تاریخ دوم) = تصویر تفریقی حاصل از تفریق باند i تاریخ اول و دوم که در آن i عبارت از هر یک از باندهای هفت‌گانه تصویر است.

به دلیل تفریق تصاویر ارزش مناطق تغییرات به‌صورت مقادیر مثبت و منفی و ارزش مناطق تغییر نیافته به صفر نزدیک می‌شود. در این پژوهش باندهای متناظر۱ تا ۷ تصویر ماهواره‌ای ۱۹۹۱ از باندهای ۱ تا ۷ تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۳ تفریق شده‌اند .

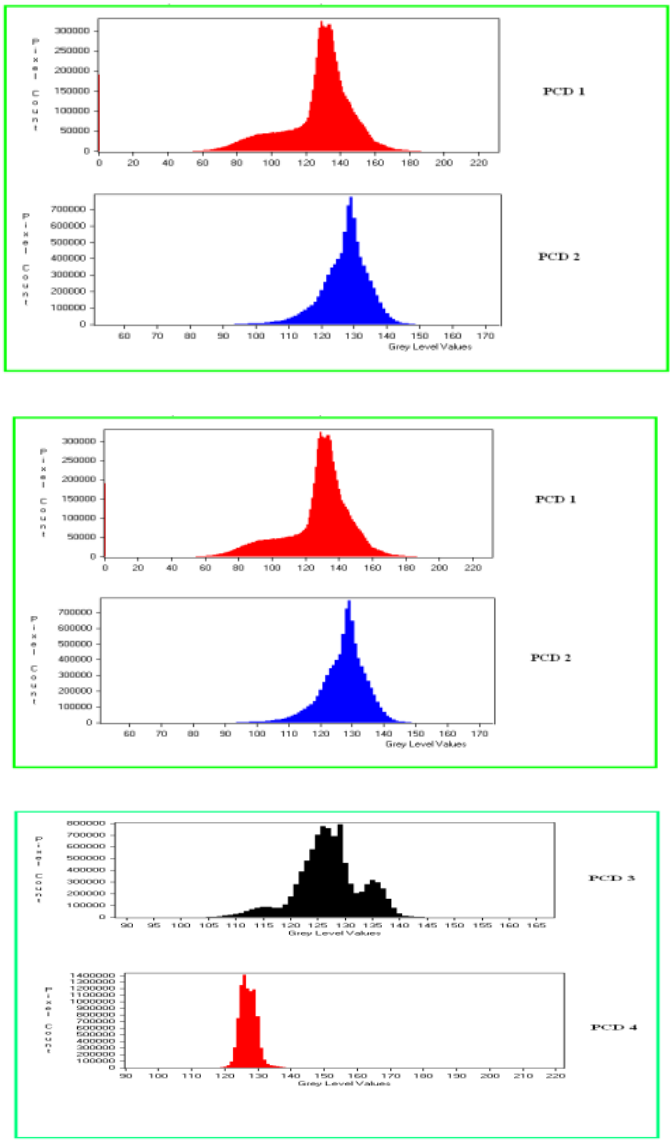
## تجزیه مؤلفه‌های اصلی(PCA )[٦]

اطلاعات باندهای مجاور و نزدیک تصاویر چندطیفی سنجش از دور غالباً هم‌بستگی دارند. وجود هم‌بستگی بین باندهای تصاویر چندطیفی حکایت از وجود اطلاعات مشترک و یا به عبارت دیگر تکرار اطلاعات است. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، در تفسیر داده‌های رقومی سنجش از دور اهمیت زیادی دارد. هدف از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تعیین تعداد ابعاد موجود در یک مجموعه اطلاعاتی و همچنین تعیین ضرایب شاخص موقعیت محورهایی است که دلالت بر وجود حداکثر تغییرپذیری دارند[۸]. با اجرای PCA که روشی آماری است، چرخشی در محورهای مختصات به‌وجود می‌آید و محورهای جدید در جهتی که بیش‌ترین واریانس ارزش‌های طیفی را به خود اختصاص داده قرار می‌گیرند. به‌طور کلی مهم‌ترین فواید PCA، جمع‌آوری و متراکم‌ساختن اطلاعات پدیده‌های موجود در باندهای مختلف در تعدادی باند یا مؤلفه کم‌تر است. به عبارت دیگر PCA برای حذف اطلاعات زائد در داده‌های ماهواره‌ای کاربرد فراوانی دارد[۷]. در این پژوهش بعد از اعمال روش PCA، هیستوگرام مربوط به داده‌های مؤلفه‌های اصلی تصاویر تفریقی سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۱ به‌دست آمده است(شکل۲) .

6. Principal component analysis

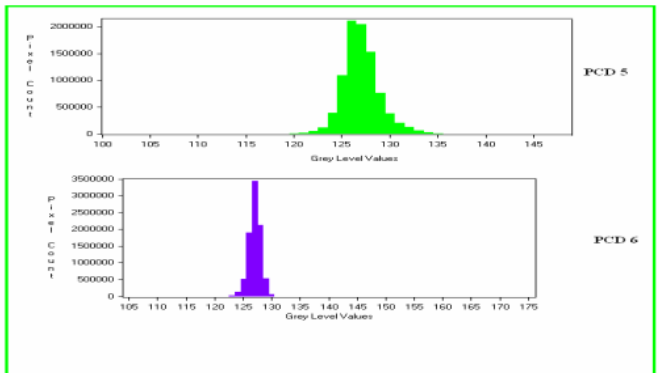
[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]




**شکل۲. هیستوگرام مربوط به داده‌های مؤلفه‌های اصلی تصاویر تفریقی سال‌های ۲۰۰۳-۱۹۹۱**

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]




**ادامه شکل۲**

اطلاعات آماری مربوط به داده‌های مؤلفه‌های اصلی تصاویر تفریقی از قبیل حداقل، متوسط و حداکثر بازتاب هر یک از شش PCD [۷] در جدول۱ آورده شده است:

**جدول۱. اطلاعات آماری تصاویر تفریقی ( ۲۰۰۳ و ۱۹۹۱ )**

| PCD | حداقل | میانگین | حداکثر |
|---|---|---|---|
| $PCD_1$ | ۵۵ | ۱۲۷ | ۱۸۵ |
| $PCD_2$ | ۹۰ | ۱۲۷ | ۱۵۰ |
| $PCD_3$ | ۱۰۵ | ۱۲۷ | ۱۴۵ |
| $PCD_4$ | ۱۱۷ | ۱۲۷ | ۱۳۹ |
| $PCD_5$ | ۱۱۹ | ۱۲۷ | ۱۳۵ |
| $PCD_6$ | ۱۲۲ | ۱۲۷ | ۱۳۱ |

## منطق فازی

فرایند استانداردسازی معیار ارزیابی می‌تواند به صورت قالب‌بندی مجدد مقادیر به شکل یک مجموعه عضویت نیز در نظر گرفته شود. عدد فازی مجموعهٔ فازی تعریف شده‌ای در قلمرو اعداد واقعی است. اعداد فازی می‌توانند دارای هر دو خصوصیت نرمالی و تغییرپذیری

7. Principal component difference image

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

باشند. در حالتی که حداکثر میزان عضویت در مجموعه فازی مقدار یک است، اعداد فازی غالباً طبیعی‌اند. لازمهٔ تغییرپذیری آن است که تابع عضویت یک رشته عدد طبیعی پیوسته باشد و منتها درجهٔ نزدیکی بزرگ‌ترین عدد یا فاصله را نشان دهد(یعنی در نقطه یا فاصله برابر با یک، تابع غیرکاهنده در سمت چپ و تابع غیرافزاینده در سمت راست باشد).

تغییرپذیری همچنین می‌تواند به‌صورت مجموعه‌ای فازی نشان داده شود که در آن یک مجموعه خانواده خشک مرتبه‌بندی شده‌اند. در نتیجه با عملیات ریاضی و الگوریتمی بر روی مجموعه‌های فازی می‌توان تغییرپذیری را تعریف کرد به طوری که اعداد بتوانند با روش قیاسی یا اعداد خشک دستکاری شده و به کار گرفته شوند[۱۰].

برای تعیین عضویت فازی برای هر پیکسل از تصویرPCD با استفاده از اطلاعات آماری (حداقل، میانگین و حداکثر) از طریق رابطه(۲) که «گنگ »[۹] ارائه کرده است، استفاده شده است .

$$0 \Leftarrow L\delta$$

$$\mu(xi)_z \begin{cases} ۱ \\ (xi-ave)/(L\delta-ave) & L\delta \Leftarrow xi\langle ave \\ (xi-ave)/(H\delta-ave) \\ ۱ \end{cases}$$

$$ave \Leftarrow xi\langle H\delta$$ رابطه ۲ :

$$H\delta \Leftarrow xi\langle ۲۵۵$$

در رابطهٔ ۲ $L\delta$ مقدار حداقل، ave متوسط و $H\delta$ حداکثر بازتاب است.

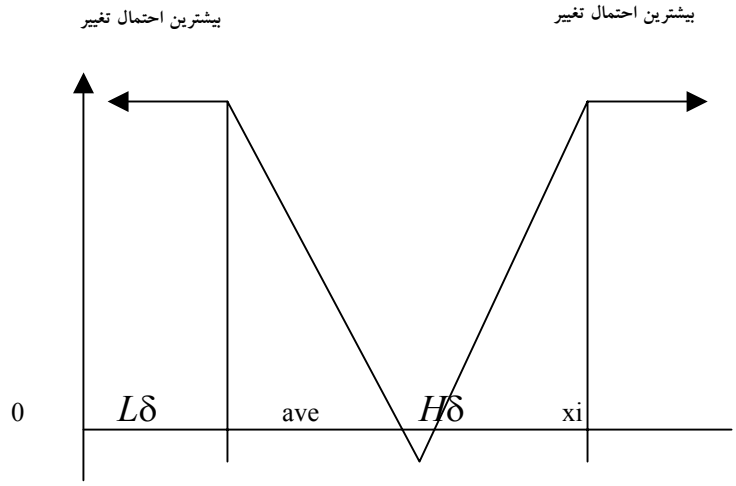
برای هر یک از ششPCD طبق رابطهٔ۲ میزان تابع عضویت فازی برای هر پیکسل محاسبه شده است؛ برای مثال میزان تابع عضویت فازی برای هر پیکسل در تصویر PCD مطابق رابطهٔ ۳ محاسبه شده است .

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

$$\mu(xi)=\begin{cases}۱ & ۰ \Leftarrow xi \langle ۵۵ \\ (xi-۱۲۷)/(۵۵-۱۲۷) & ۵۵ \Leftarrow xi \langle ۱۲۷ \\ (xi-۱۲۷)/(۱۸۵-۱۲۷) & ۱۲۷ \Leftarrow xi \langle ۱۸۵ \\ ۱ & ۱۸۵ \Leftarrow xi \langle ۲۵۵ \end{cases}$$ رابطهٔ ۳ :

برای ساده‌کردن مدل‌سازی فازی، اعداد فازی ویژه‌ای در نظر گرفته می‌شوند. به دلیل تأثیر محاسباتی و سهولت اکتساب داده‌ها، اعداد فازی بیش‌تر به‌صورت انواع ذوزنقه‌ای و مثلثی استفاده می‌شوند. از آنجایی که اطلاعات تغییرات در مؤلفه‌های حاصل در دنباله هیستوگرام مؤلفه‌ها قرار دارند، در این پژوهش تابع عضویت در تغییرات به‌صورت مثلث وارونه نمایش داده شده است(شکل۳ )




**شکل۳. مثلث وارونه تابع عضویت در تغییرات**

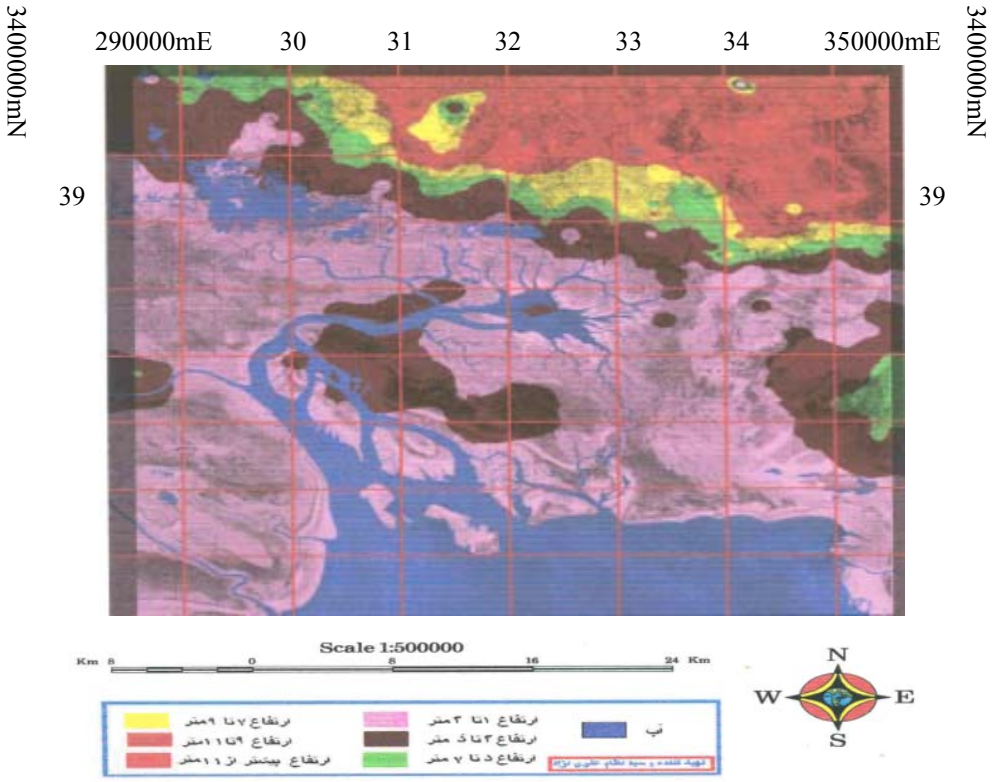
با تعریف توابع عضویت در تغییرات تصاویری تهیه شد که نشان‌دهندهٔ مقدار عضویت در تغییرات بین صفر و یک برای هر پیکسل است. برای نمایش این مقادیر به‌صورت تصویری ۸ بیتی مقادیر به‌دست آمده در عدد۱۰۰ ضرب شده و به‌صورت درصد درآمده‌اند. در مرحلهٔ بعدی تصویر شدت تغییرات را بر اساس چهار نوع دامنهٔ تغییرات، یعنی ۲۵-۰(دامنهٔ تغییرات

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

بسیارناچیز)، ۵۰-۲۵ (دامنهٔ تغییرات ناچیز)، ۷۵-۵۰ (دامنهٔ تغییرات متوسط)، ۱۰۰-۷۵ (دامنه تغییرات شدید) کلاس‌بندی کرده‌ایم .

## بحث و نتیجه‌گیری

پس از زمین مرجع و موزائیک‌نمودن نقشه‌های توپوگرافی منطقه پژوهش، مدل رقومی ارتفاعی(DEM)[8]، بر اساس نقاط ارتفاعی و خطوط میزان رقومی‌شده به روش میان‌یابی تهیه شده است(شکل۴) .



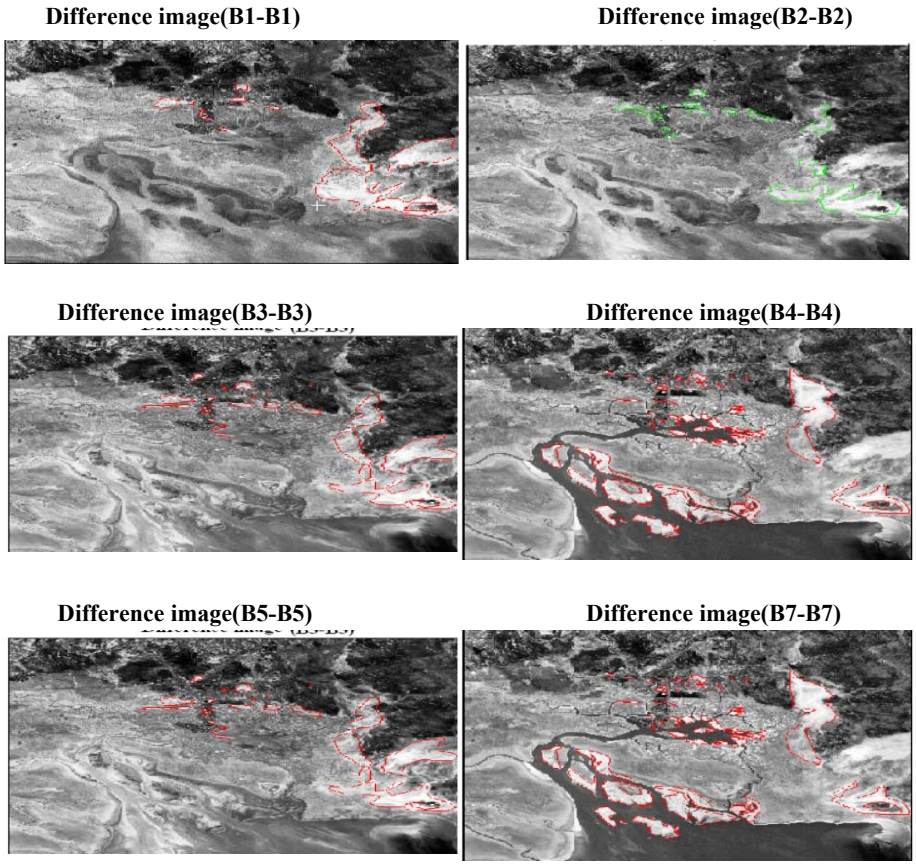

**شکل ٤. نقشهٔ محل ارتفاعی DEM منطقهٔ پژوهش**

8. Digital Elevation Model

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

همان‌طوری که در نقشهٔ مدل رقومی ارتفاعی منطقه(شکل۴) مشاهده می‌شود، منطقه پژوهش بسیار کم‌ارتفاع است و جزء مناطق پست به حساب می‌آید. بخش عمده‌ای از منطقه ارتفاعی کم‌تر از ۳ متر دارد. پست بودن این منطقه به‌ویژه در کنار ساحل باعث شده که آب چندین کیلومتر به داخل خشکی نفوذ کند و باعث ایجاد باتلاق‌ها، مرداب و بهینه‌های وسیع گل و لای شود .

با استفاده از رابطهٔ۱ تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۳ میلادی منطقه را از هم تفریق کرده‌ایم(شکل ۵) .




[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

در تصاویر حاصل از تفریق باندهای متناظر ۲ تا ۷ تصاویر ماهواره‌ای ۱۹۹۱ تا ۲۰۰۳ نقاط دارای بیش‌ترین تغییرات به رنگ سفید مشخص شده‌اند. این نقاط بیش‌تر در کنار سواحل و در داخل باتلاق‌ها و مرداب‌ها و جزایری که در دهانه خور موسی و در داخل خود خور قرار دارند، واقع شده‌اند. همچنین مناطق دارای تغییرات کم به رنگ سیاه و مناطقی که فاقد تغییرات بوده‌اند به رنگ خاکستری نشان داده شده‌اند(شکل۵) .

سپس برای تلفیق اطلاعات حاصل از تفریق باندها از روش تجزیهٔ مؤلفه‌های اصلی و برای تهیهٔ نقشهٔ شدت تغییرات ایجاد شده در مناطق مختلف از روش فازی استفاده شده است. اطلاعات حاصل از مجموعه تصاویر فازی برای تهیهٔ نقشهٔ شدت تغییرات مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از روش طبقه‌بندی مجدد نقشهٔ شدت تغییرات ایجادشده در چهار گروه طبقه‌بندی و تغییرات بین ۲۵-۰ درصد به رنگ سبز، ۵۰-۲۵ درصد به رنگ زرد، ۷۵-۵۰ درصد به رنگ آبی و ۱۰۰-۷۵ درصد به رنگ قرمز مشخص شده است. مساحت هریک از محدوده‌های چهارگانه با استفاده از نرم‌افزار ژئومیتکا محاسبه شده است(جدول۲) .

**جدول ۲. مساحت هریک از طبقات چهارگانه تصویر شدت تغییرات (۲۰۰۳-۱۹۹۱)**

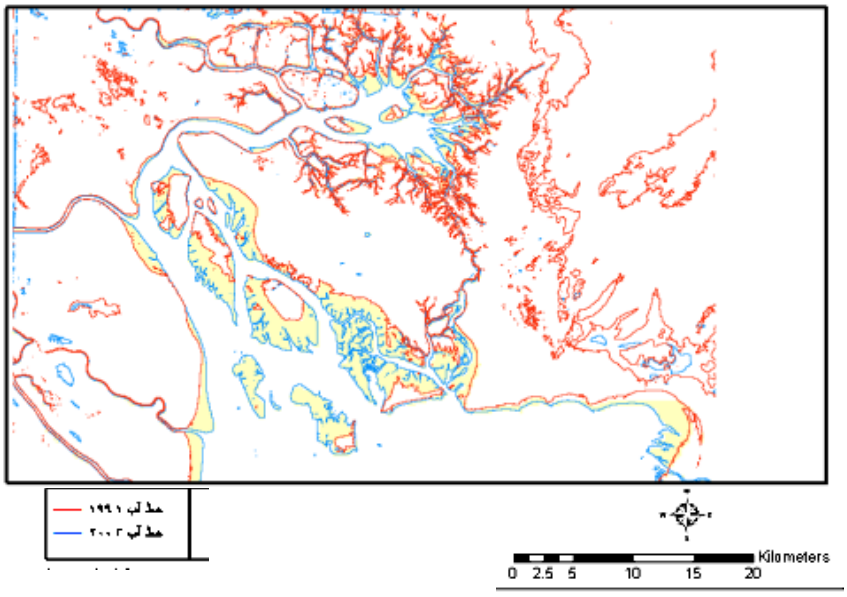
| مساحت واقعی به کیلومترمربع | شدت تغییرات به درصد |
|---|---|
| ۱۲۷۲/۴۵ | ۰-۲۵ |
| ۳۲۶۰/۷۵ | ۲۵-۵۰ |
| ۱۷۷۴/۵۴۰ | ۵۰-۷۵ |
| ۳۴۸/۰۶ | ۷۵-۱۰۰ |

برطبق جدول مذکور بیش‌ترین مساحت تغییرات ایجادشده در طبقات ۵۰-۲۵ درصد و ۷۵-۵۰ درصد است. با توجه به شکل ۵ بیش‌ترین تغییرات در اطراف جزایر و خط ساحل ایجاد شده‌اند. همچنین تغییرات ایجادشده در کاربری‌های اراضی شهرهای ساحلی ماهشهر و بندر امام خمینی طی سال‌های۱۹۹۱ تا ۲۰۰۳ میلادی ناشی از توسعهٔ فیزیکی شهرهای مذکور و ساخت‌وسازها و تأسیسات بندری است. این تغییرات نیز به رنگ سفید نشان داده شده‌اند .

برای آشکارسازی تغییرات خط ساحلی، با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای سال‌های ۱۹۹۱ و ۲۰۰۳میلادی تغییرات خط ساحلی خور موسی و سرشاخه‌های آن مشخص شده است(شکل۶).

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

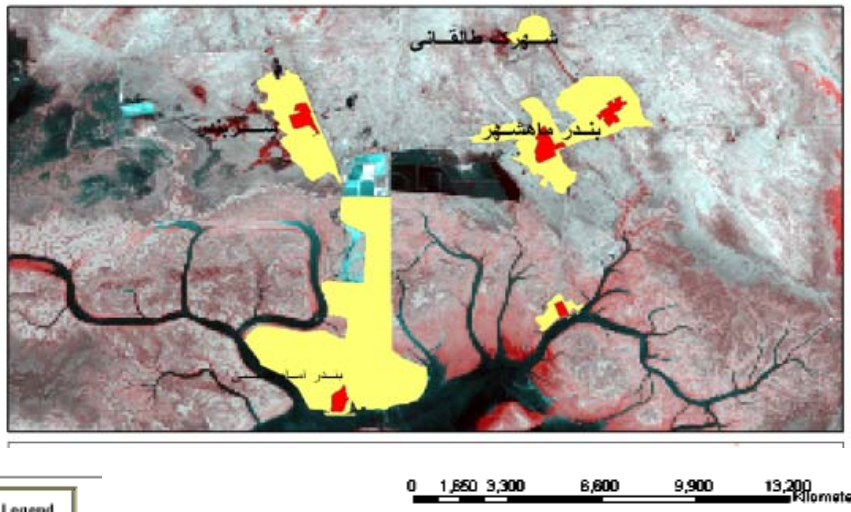



**شکل ٦. تغییرات خط آب بین ۱۹۹۱تا ۲۰۰۳**

در شکل مذکور سرشاخه‌ها و خط ساحل سال ۱۹۹۱ به رنگ قرمز (تیره‌تر) و خط ساحل ۲۰۰۳ به رنگ آبی(روشن‌تر) مشخص شده است. همان‌گونه که ملاحظه می‌شود، طی دورهٔ مذکور خط ساحل به سمت دریا جابه‌جا شده و بسیاری از سرشاخه‌های سال ۱۹۹۱ در تصویر سال ۲۰۰۳ مشاهده نمی‌شوند. دلیل این امر احداث سکوهای بتونی در جلو اسکله و مجتمع پتروشیمی برای گسترش اسکله‌های بندر امام خمینی است. این تغییرات مساحتی در حدود ۶۷ ۴۵۲/ کیلومترمربع را شامل شده است .

همچنین با رقومی کردن نقشهٔ توپوگرافی ۵۰/۰۰۰ ÷۱ منطقه مربوط به سال۱۳۳۵ خورشیدی و مقایسهٔ آن با تصویر ماهواره‌ای سال ۲۰۰۳ میلادی تغییرات مربوط به توسعهٔ فیزیکی مراکز شهری منطقه و کاربری‌های اراضی طی دورهٔ ۴۷ ساله مشخص شده است(شکل ۷) .

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]




**شکل ۷. تغییرات شهری و تأسیسات**

باتوجه به شکل مذکور، ملاحظه می‌شودکه طی دورهٔ ۴۷ساله، گسترش وسیعی در محدوده‌های شهری منطقه، اسکله ومجتمع پتروشیمی به‌وجودآمده است. چنان‌که در تصویر مشخص است، شهرستان بندر ماهشهر و بندر امام از سال ۱۳۳۵ خورشیدی تا ۲۰۰۳ میلادی گسترش قابل‌ملاحظه‌ای داشته‌اند(جدول ۳).

**جدول ۳ . تغییرات مساحت مراکز شهری از سال ۱۳۳۵ خورشید تا ۲۰۰۳ میلادی**

| مناطق | مساحت به کیلومترمربع در نقشه ۱۳۳۵ خورشیدی | مساحت به کیلومترمربع در تصویر ۲۰۰۳ میلادی |
|---|---|---|
| بندر امام خمینی | ۶۷۳/۶۲۱ | ۳۵۴۹۵/۰۷۴ |
| بندر ماهشهر | ۱۲۱۳/۵۶ | ۱۷۳۸۱/۲۷۹ |
| سربندر | ۹۹۶/۱۰۴ | ۹۱۱۵/۲۴۶ |
| شهرک طالقانی | – | ۱۸۷۹/۶۶۵ |
| اسکله صادرات نفت | ۲۶۶/۲۳۵ | ۱۵۰۷/۷۷۵ |

همان‌گونه که ملاحظه می‌شود مراکز شهری سربندر و شهرک طالقانی که در نقشهٔ سال ۱۳۳۵ بسیار کوچک بوده و یا وجود نداشته‌اند، در این دوره تغییرات زیادی داشته‌اند. توسعه بندر امام خمینی و ایجاد و احداث تأسیسات عظیم پتروشیمی و شرکت‌های وابسته، منطقهٔ

[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]

ویژهٔ اقتصادی، احداث فرودگاه و غیره باعث جذب جمعیت از اطراف و سایر استان‌ها به این منطقه شده و چنین گسترش عظیمی را در مراکز شهری باعث شده است .

## منابع


۱. پوروخشوری، سیده زهرا(۱۳۷۸)، حساسیت‌های زیست محیطی در اشکال زمین‌شناسی سواحل جنوبی ایران، فصلنامه محیط زیست، شماره ۲۹ .

۲. ثروتی،محمدرضا، جغرافیای طبیعی دریاها وسواحل ،سمت(۱۳۷۹).

۳. دانه‌کار افشین، مناطق حساس دریایی، فصلنامه محیط زیست، شماره ۲٤(۱۳۷۷).

٤. رامشت، محمدحسین، مکانیسم سرعت و جهت آب اروندرود در ارتباط با پدیده جزرومد، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۳(۱۳۷۳).

۵. زمردیان، محمدجعفر، ژئومورفولوژی ایران فرایندهای ساختمانی و دینامیکهای درونی، جلد اول انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد،۲۸۱ صفحه(۱۳۸۱).

٦. علایی طالقانی، محمود، ژئومورفولوژی ایران، نشر قومس،٤۰٤ صفحه(۱۳۸۰).

۷. علوی پناه،سیدکاظم، کاربرد سنجش از دور در علوم زمین، دانشگاه تهران،٤۷۸ صفحه(۱۳۸۲).

۸. نجفی دیسفانی، محمد، پردازش کامپیوتری تصاویر سنجش از دور، ، انتشارات سمت،٤۳۷ صفحه(۱۳۷۷).

9. Gong, P. Change detection using principal components analysis and fuzzy sets theory. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 19(1993) 22-29.

10. Malczewski, J. “GIS and multicriteria decision analysis”. John Wiely and sons. New York. USA(1999)198-204.


[ Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-01 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.3.5 ]