



بررسی تغییرات دوره‌ای خط ساحلی شرق تنگه‌ی هرمز با استفاده

از تکنیک‌های سنجش از دور

مجتبی یمانی^۱، سعید رحیمی هرآبادی^۲، سعید گودرزی مهر^۳

چکیده

سیستم‌های ساحلی بسیار پویا و فعال هستند و تغییر و تحول در آنها به دلیل برخورد دو محیط دینامیک خشکی و دریا، نسبتاً سریع روی می‌دهد. از آنجا که خطوط ساحلی شواهد ژئومورفولوژیکی تغییرات دوره‌ای را ثبت می‌کنند، بنابراین، اثرات سودمندی را در مدیریت محیطی سواحل به دست می‌دهند. داده‌های سنجش از دور و تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های مختلف به عنوان یکی از منابع معتبر و نسبتاً دقیق برای بررسی و تفسیر تغییرات خطوط ساحلی و اندازه‌گیری‌های کمی محسوب می‌شود. در این تحقیق با بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای TM-5 مربوط به سال‌های ۲۰۱۰ و ۱۹۸۶ میلادی، در بازه زمانی ۲۴ ساله و با استفاده از روش طبقه‌بندی MLC (حداکثر احتمال)، BEC و MDC (حداقل فاصله) تغییرات دوره‌ای در سواحل شرق تنگه هرمز مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفت و در ادامه با اندازه‌گیری‌های کمی، مقادیر جابه‌جایی خطوط ساحلی از نظر تعداد پیکسل، درصد تغییرات، مساحت سطح تغییر یافته، جهت تغییرات و جابجایی خط ساحلی محدوده مورد مطالعه، در فاصله زمانی ۲۴ ساله مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و به منظور ارزیابی دقیق‌تر، برای بررسی در مقیاسی بزرگتر سه بازه نمونه مورد بررسی تفصیلی قرار گرفته است. نتایج نشان می‌دهد که اولاً روش BEC در میان روش‌های مورد مطالعه برای طبقه‌بندی تصاویر و نهایتاً change detection خط ساحلی بسیار کارآمدتر است. ثانیاً در فاصله زمانی ۲۴ ساله، تغییرات خط ساحلی در پاره‌ای نقاط به ویژه در مصب رودها که حجم رسوب‌گذاری بیشتر است، نسبتاً بالا است. به طوری که حداکثر پیشروی خط ساحلی حدود ۷۷۰ متر در نزدیکی مصب رود گز اندازه‌گیری شده است.

کلمات کلیدی:

خطوط ساحلی، فرسایش، ساحل شرقی تنگه هرمز، سنجش از راه دور، لندست

۱. دانشیار دانشگاه تهران (نویسنده مسئول). myamani@ut.ac.ir

۲. کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران. saeed1364@yahoo.com. Rahimi.

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد سنجش از دور و GIS، دانشگاه تهران: Goodarzi_1900@yahoo.com.

Periodic Changes of the East Strait of Hormuz Shore Line by Remote Sensing

Yamani M¹, Rahimi S², GoodarziMehrs S³

Abstract

One of the sensitive systems in geomorphology is the coastal system in which rapid change is noted due to the collision of the two dynamic environments of sea and land. Coastal lines can record evidence of geomorphological alterations. Due to various reasons such as environment changes, global warming, and issues regarding human activities, studies and quantitative measurements from periodic changes are beneficial for the environmental management of shores. Remote sensing data and satellite images are considered to be reliable, concise sources for investigation and interpretation of the coastal line and for performing quantitative measurements. In this study we have used the TM-5 satellite images from 1986 and 2010, in a 24-year schedule to monitor the costal changes of Eastern Hormoz, based on the maximum likelihood method. Then, by using quantitative measurements, we analyzed coastal line changes according to pixel points, percentage of changes and amount of changed area. In addition, we investigated the trend in changes in the width and coastal line for a two-year period. In order to evaluate in a wider spectrum, we studied four sectional samplings. The results of this study revealed that in the 24-year this area has undergone considerable coast line changes, such that the changes reached to 2.8 kilometers in some areas, which may represent the fact that the hot line of water in 1986 progressed more toward the beach when compared to the 2010 data. In consideration of the coastal line changes and the 2010/1986 ratio, the level of changed area is 29,320,200 m², and the percent change is 5,6% of the investigated coastal line which was prone to periodical changes.

Keywords:

Coastal zone, East Coastal plain of Hormoz. Strait, Erosion

1. Associate Prof. University of Tehran: myamani@ut.ac.ir

2. MSc, in geomorphology, University of Tehran Rahimi:saeed1364@yahoo.com

3. MSc student in RS & GIS, University of Tehran:Goodarzi_1900@yahoo.com



مقدمه

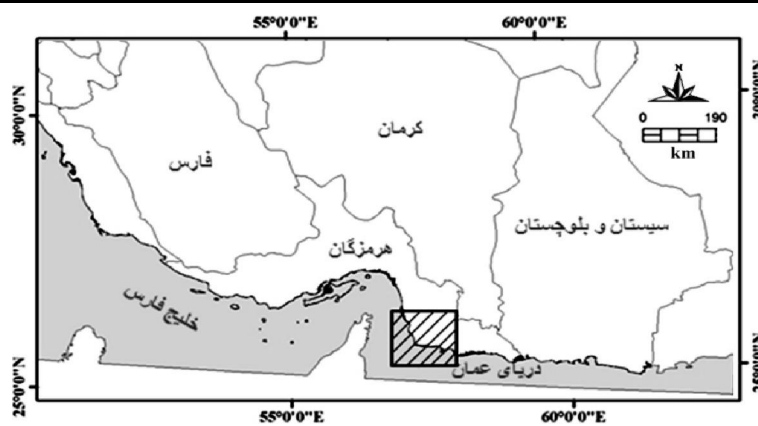
محیط‌های ساحلی از حساس‌ترین سیستم‌های محیطی به شمار می‌روند که تحت تأثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم، تغییر و تحول در آنها نسبتاً سریع بوده و شاید از این نظر قابل مقایسه با سایر سیستم‌های ژئومورفولوژی نباشد (یمانی و نوحه گر، ۱۳۸۵: ۶). به طوری که در این ارتباط، کمیته بین‌المللی جغرافیا^۱، مناطق ساحلی را منحصر به فردترین محیط‌های طبیعی در نظر گرفته است (Rasuly et al, 2010: 416) از این رو در مطالعه‌ی مسائل ژئومورفولوژی ساحلی با شکل متفاوتی از فرآیندهای دینامیکی روبرو خواهیم بود (حافظی مقدس، ۱۳۸۸: ۱۸۵). از نظر زیست محیطی نیز مناطق ساحلی به دلیل دارا بودن اکوسیستم‌های حساس و مولد از اهمیت و ارزش بالایی برخوردارند (کروشی نیا، ۱۳۸۹: ۱۰۸). این نواحی به دلیل این که در دو سطح کاملاً متفاوت اقلیمی قرار دارند، واکنش‌های متفاوتی در آنها شکل می‌گیرد. زیرا محیط‌های ساحلی دارای میکروکلیمای دوگانه‌ای هستند که تحت تأثیر دو محیط طبیعی مختلف خشکی و آبی قرار می‌گیرد (کاویانی، ۱۳۸۰، ۱۱۸). به دلیل کاربری‌های متعدد انسانی، سواحل همواره به عنوان یک منطقه کشش و تعارض خود نمایی می‌کند (هوک، ۱۳۸۵: ۲۰۹). زیرا خطوط ساحلی به عنوان محل تلاقی و ارتباط دهنده میان فرآیندهای حاکم بر خشکی و دریا تعریف شده‌اند (li et al, 2011: 34). فرآیندهای دریا، توسط حرکات آب دریا و فرآیندهای خشکی توسط انتقال آب و رسوب رودها به دریا، نقش ایفا می‌کنند (کوک و دورکمپ، ۱۳۷۸: ۱۲۳). تحول عرضی در این قلمرو، تابع پارامترهای متفاوتی است. در این میان شیب پس کرانه و پیش کرانه از اهمیت زیادی برخوردار است (کلتات، ۱۳۷۸: ۹۶). همچنین مسائل جدیدی مانند تغییرات دوره‌ای آب و هوای کره زمین و در نتیجه تغییرات سطح آب دریا، حرکات آب دریا و نقش آن در بهره‌برداری ساحلی، نقل و انتقالات رسوب در امتداد خط و پهنه ساحلی و اثرات آن به عنوان یک عامل محدود کننده در اهداف سازه‌های ساحلی، پیشروی و پسروی دوره‌ای خط ساحلی تحت تأثیر فرآیندهای فرسایش، جابه‌جایی و تغییر مسیر رودخانه‌ها در سطح جلگه و نظایر آن، همه مسائلی هستند که مطالعات گسترده‌ای را در زمینه تغییرات دوره‌ای خطوط ساحلی توجیه می‌نمایند (li et al, 2010: 554) و (Kroon et al, 2007: 493).

امروزه داده‌های سنجش از دور به عنوان 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 (Simon, 2010: 154).

مطالعات زیادی در زمینه‌ی بررسی تغییرات خط ساحلی و دلایل آن با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای صورت گرفته است (Yin et al., 2004 Huang and Fan, 2004; Chang et al., 2004 Xu et al. 2007). در حقیقت خط ساحلی تحت تأثیر پارامترهای زیادی چون زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیم، پوشش گیاهی، مشکلات محیطی همواره در تحول است (Guariglia et al., 2006; Zhao et al., 2007). در این میان آنچه که در تحلیل تغییرات دوره‌ای خطوط ساحلی از اهمیت بیشتری برخوردار است، شناخت مرفولوژی خطوط ساحلی است. وایت و همکاران (۱۹۹۹) به بررسی تغییرات موقعیت خط ساحلی در دلتای نیل با استفاده از Thematic Mapper Imagery و مقایسه‌ی آن با نتایج میدانی پرداختند. کرون و همکاران (۲۰۰۷) با استفاده از سیستم‌های تصویری سنجش از دور^۱ به مطالعه‌ی مسائل ناشی از تغییرات خط ساحلی پرداختند. لی (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات خط ساحلی مناطق دلتایی رودخانه‌ی ی زرد در چین به روش Change Detection بر روی تصاویر ماهواره‌ای TM و ETM و در نهایت تهیه‌ی نقشه‌ی ساحلی به منظور مدیریت محیطی سواحل پرداخت. در ایران نیز کارهای مشابهی صورت گرفته است. آل شیخ و همکاران (۱۳۸۳) به پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر TM و ETM و روش آستانه گذاری بر روی هیستوگرام تصاویر پرداختند. نعیمی نظام آبادی و همکاران (۱۳۸۹) به پایش تغییرات خط ساحلی منطقه‌ی ساحلی عسلویه‌ی خلیج فارس با استفاده از روش Change Detection و High Low & Position پرداختند. با توجه به سوابق یاد شده هدف از این پژوهش نیز بررسی متغیرهای مؤثر در تغییرات بخشی از خط ساحلی شرق تنگه هرمز به عنوان مطالعه موردی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور است.

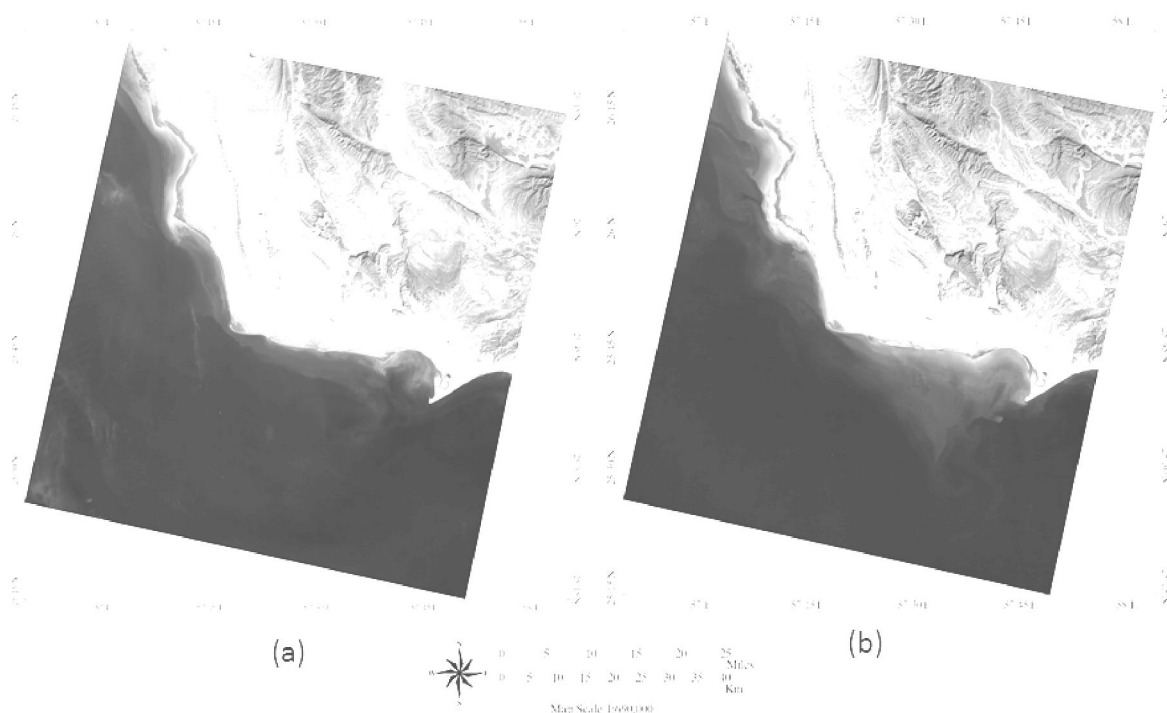
محدوده مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در قلمرو جغرافیایی 57° تا $57^{\circ} 15'$ طول شرقی و $25^{\circ} 45'$ تا 27° عرض شمالی قرار گرفته است، که قسمتی از نوار ساحلی واقع در شرق تنگه هرمز را در بر می گیرد. این محدوده در استان هرمزگان و شهرستان‌های میناب و جاسک قرار دارد. نوار ساحلی تحت بررسی از حوالی مصب رودخانه‌ی میناب در شمال، تا بندر جاسک و خلیج شرقی جاسک را در بر می گیرد (شکل ۱). در میان واحدهای مرفوتکتونیکی ایران نیز، این محدوده بخشی از واحد جلگه‌ی ساحلی عمان محسوب می شود که از بندر عباس تا مرزهای پاکستان امتداد دارد (علایی طالقانی، ۱۳۸۴:۳۶۰) از نظر اقلیمی تابع خصوصیات آب و هوایی گرم و خشک با پوشش گیاهی پراکنده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور

خصوصیات ژئومورفولوژیکی ساحلی محدوده مورد مطالعه از اهمیت بسیاری برخوردار است. به این منظور ابتدا اشکال مورد نظر با استفاده از منابع موجود، تصاویر ماهواره‌ای و بررسی‌های میدانی به طور مکمل، شناسایی شدند.



شکل ۲- (a) تصویر رنگی سنجنده TM-5 سال ۲۰۱۰ و (b) تصویر رنگی سنجنده TM-5 سال ۱۹۸۶

به طور کلی خطوط ساحلی ایران براساس سنگ شناسی، مرفولوژی، شیب و کروئولوژی به دویخس عمده صخره‌ای و ماسه‌ای قابل تفکیک هستند (زمردیان، ۱۳۸۱: ۱۹۳). براساس نقشه‌های موجود و مشاهدات میدانی، محدوده‌ی ساحلی مورد مطالعه از سه نوع مرفولوژی تالابی، هموار ماسه‌ای و ساحل ناهموار سنگی تشکیل شده‌اند. ویژگی مرفولوژی مانند جنس سنگ و...، بدون شک انعکاس متفاوتی را نسبت به تغییرات دوره‌ای و میزان آن نشان می‌دهد. در نتیجه در مطالعه تغییرات دوره‌ای خطوط ساحلی و اندازه‌گیری آن از اهمیت چشمگیری برخوردارند.

مواد و روشها

این پژوهش به بررسی و تفسیر کمی از مرفولوژی خطوط ساحلی نسبت به تغییرات ۲۴ ساله می پردازد. روش‌های مورد استفاده در این تحقیق مبتنی بر روش‌های بهره گیری از داده‌های سنجش از دور و به طور مکمل استفاده از داده‌های کتابخانه‌ای و بررسی‌های میدانی از پهنه و خطوط سواحل مورد بررسی تشکیل می‌دهد. بر این اساس، اقدام به شناسایی عوامل تأثیرگذار در چگونگی این تغییرات شده است. ابزارهای اصلی پژوهش را تصاویر ماهواره‌ای TM-5 با قدرت تفکیک ۳۰ متر مربوط به سال‌های ۲۰۱۰ و ۱۹۸۶ با یک بازه زمانی ۲۴ ساله تشکیل داده است. تصاویر مذکور در نرم افزارهای ENVI و Geomatica -Pca تجزیه و تحلیل شده‌اند. به همین منظور ابتدا تصاویر به لحاظ هندسی (زمین مرجع کردن تصاویر و حذف اعوجاجات هندسی) و نیز به صورت رادیومتریکی (مرحله تبدیل DN به رادیانس) تصحیح شد. از آنجا که این مقاله به دنبال استفاده از روش‌های Post Classification می باشد، بنابراین از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شده است. سه روش، Maximum Likelihood، Minimum Distance و نهایتاً Binary Encoding برای طبقه‌بندی پیکسل‌های تصویر به دو طبقه دریا و ساحل استفاده شده تا در نهایت با مقایسه این روش‌ها، بهترین روش برای طبقه‌بندی و استخراج تغییرات خط ساحلی برای منطقه مورد نظر به دست آید. زیرا هدف اصلی آن است که بتوان با استفاده از اندازه‌گیری به روش فاصله زمانی - مکانی، تغییرات خطوط ساحلی محدوده تحت بررسی را که از تنوع بالایی از نظر خصوصیات مرفولوژی برخوردار است بررسی نمود. در نهایت این تغییرات در قالب نرم افزارهای گرافیکی از جمله Photoshop ترسیم شده اند.

الف. طبقه بندی به روش Binary Encoding

این روش داده‌ها و طیف‌های مربوط به Endmemberها را به شکل صفر و یک به ترتیب بر مبنای این که یک باند به پایین یا بالای میانگین طیفی نزول یا صعود کرده، کدگذاری می کند. یک تابع کدگذاری OR، هر طیف مبنا کدگذاری شده را با داده‌های کدگذاری شده مقایسه کرده و یک تصویر طبقه‌بندی تولید می کند تمامی پیکسل‌ها به وسیله بیشترین تعداد باند سازگار به Endmember ها طبقه‌بندی می شوند (Mazer A.S, 1988). با سه حد آستانه، یک جفت عدد دو دویی (binary) برای مقادیر پیکسل‌ها ایجاد می شود. مقادیر بالاتر از میانگین روشنایی طیف می تواند حد آستانه یک، و دو تای دیگر می تواند بالا و یا پایین این مقدار باشد (Richards J.A., 1999).

ب. طبقه بندی به روش Maximum Likelihood

این روش بر مبنای احتمالات استوار است. بدان معنی که احتمال این که یک پیکسل به هریک از مجموعه‌های

m طبقه تعلق داشته باشد بررسی می‌شود و سپس پیکسل به طبقه‌ای که بیشترین احتمال را داشته باشد اختصاص می‌یابد. روش طبقه‌بندی حداکثر احتمال هنوز هم یکی از رایج‌ترین الگوریتم‌های طبقه‌بندی نظارت شده است (Jensen, 2005). برای محاسبه احتمال از تابع چگالی نرمال چند متغیره n بعدی زیر استفاده می‌شود:

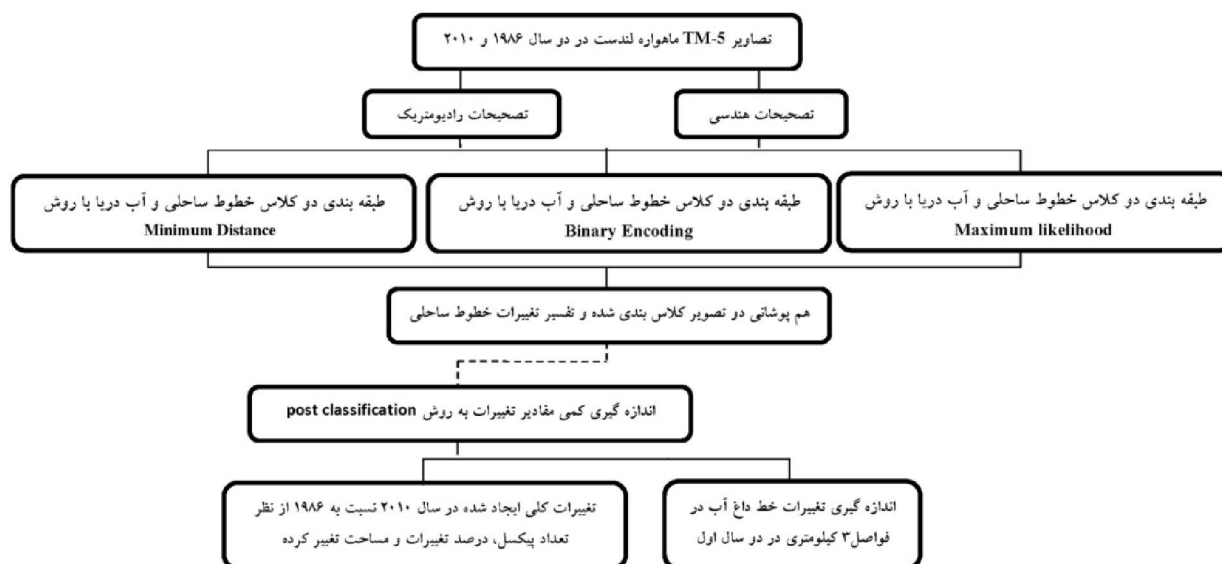
$$P(X|W_i) = \frac{1}{2\pi^{\frac{n}{2}}|V_i|^{\frac{1}{2}}} \exp\left[-\frac{1}{2}(x - M_i)^T V_i^{-1}(x - M_i)\right] \quad \text{رابطه شماره (۱)}$$

در این رابطه $|V_i|$ دترمینان ماتریس واریانس کوواریانس و V_i^{-1} هم، وارون ماتریس کوواریانس، M_i بردار میانگین است که مقادیر آنها بر اساس داده‌های تعلیمی ای که از روی تصاویر TM استخراج شده بود تهیه گردید.

ج. طبقه بندی به روش Minimum Distance

در این روش، در فضای طیفی n بُعدی، فاصله هر پیکسل (به لحاظ طیفی) تا بردار میانگین، مبنای طبقه بندی قرار می‌گیرد که این امر با استفاد از فاصله اقلیدسی امکان پذیر می‌گردد.

در ادامه با اندازه‌گیری کمی مقادیر جابه جایی خطوط ساحلی محدوده مورد مطالعه، بر اساس داده‌های به دست آمده از این تغییرات مورد ارزیابی قرار گرفت. در این بخش تغییرات کلی ایجاد شده خطوط ساحلی در سال ۲۰۱۰ نسبت به ۱۹۸۶ از نظر تعداد پیکسل، درصد تغییرات و مساحت تغییر کرده مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای بررسی میزان و چگونگی تغییرات در نقاط مختلف ساحل در فواصل ۳ کیلومتر از هم، میزان تغییرات در سال ۲۰۱۰ نسبت به ۱۹۸۸ اندازه گیری شد تا مشخص شد در چه مناطقی از ساحل میزان تغییرات بیشتر و در چه مناطقی این تغییرات کمتر رخ داده است. در ادامه این فرآیند در سه بازه نمونه نیز مورد بررسی قرار گرفت.



شکل ۳- فلوچارت مراحل انجام پژوهش

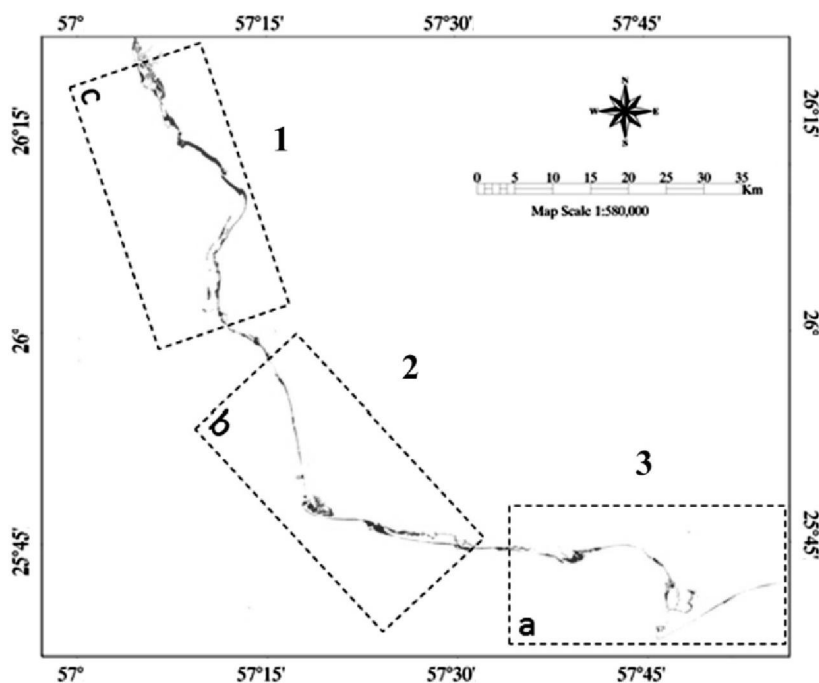
یافته‌ها

بررسی تغییرات دوره‌ای خطوط ساحلی در سواحل شرقی تنگه هرمز

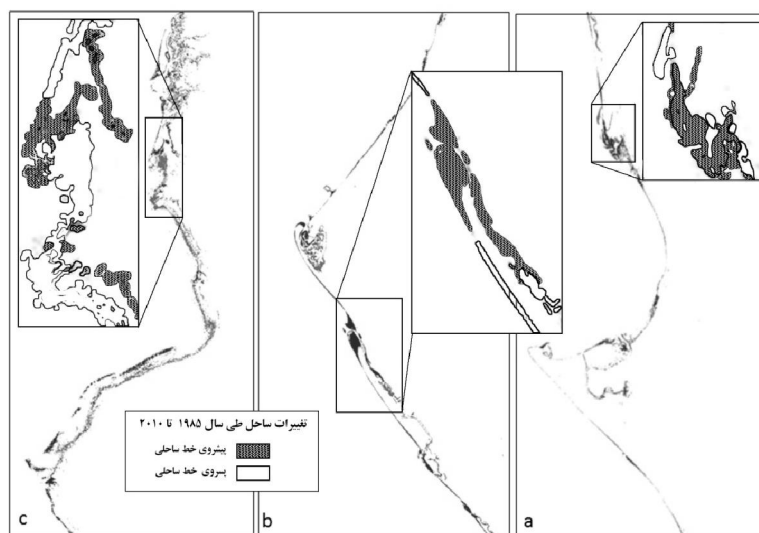
براساس منابع موجود سازندهای اصلی منطقه غالباً از تشکیلات دوران سوم و از جنس ماسه سنگ سست و مارن تشکیل شده است. این سازندها دارای چینه بندی متناوب بوده و در برابر فرآیندهای هوازدگی و تخریب بسیار حساس هستند و از سوی دیگر شرایط اقلیمی منطقه که عموماً همراه با بارش‌های فصلی و به صورت سیلابی بوده، رسوبات تخریب شده را بعد از تمرکز در رودخانه اصلی وارد پهنه ساحلی می‌کند و بعد از رسوبگذاری پیوسته، خط ساحلی به تدریج پیشروی می‌کند. در مقابل بر اثر عملکرد فرآیندهای دریایی و به ویژه امواج با توجه به شیب ملایم خط ساحلی و رسوبات دانه ریز ماسه‌ای و سیلتی باعث پسروی در خطوط ساحلی می‌شود (یمانی و نوحه گر، ۱۳۸۵: ۱۳۴). در نتیجه خط ساحلی می‌تواند در معرض فرسایش یا رسوب گذاری قرار گیرد یا در حال تعادل باقی بماند (نعیمی نظام آباد و دیگران، ۱۳۸۹: ۵۸). زیرا این پدیده از فرآیندهای دینامیک فرسایش و رسوبگذاری ویژه‌ای از جمله چگونگی فعالیت امواج یا تداوم جزر و مد تبعیت می‌کند (خالدی، ۱۳۸۰: ۲۰۸). از سوی دیگر، فعالیت انسانی نقش مؤثری را در زمینه تغییرات رسوبات محیط‌های ساحلی وارد می‌کند (huggett, 2007: 346). بنابراین پدیده فرسایش و رسوبگذاری در روند خطوط ساحلی به عنوان یکی از مسائل اساسی در میان دانشمندان، مهندسان و مدیران محیط وجود دارد (Ritter et al, 2002: 473).

در شکل ۲ تصاویر ماهواره‌ای TM-5 سنجنده لندست از محیط ساحلی شرق تنگه هرمز در دو دوره زمانی مربوط به سالهای ۱۹۸۶ و ۲۰۱۰ نشان داده شده است. از آنجا که منطقه مزبور در پهنه اقلیمی حاره و جنب حاره واقع شده است بنابراین محدودیت فصلی و تغییرات ماهانه آن نسبتاً قابل چشم پوشی است. پهنه‌های مجاور و خطوط ساحلی منطقه مورد مطالعه در این دو تصویر، در شکل ۵ مورد ارزیابی مقایسه‌ای قرار گرفته است (شکل ۵). با توجه به این که عملکرد فرآیندهای مسلط بر خطوط ساحلی در تمام دنیا مشخص و یکسان است لیکن نحوه عملکرد این فرآیندها به طور ناحیه‌ای تغییر می‌کند که وابسته به شرایط محیطی بر هر ناحیه شکل می‌گیرد (یمانی و نوحه گر، ۱۳۸۵: ۱۳۳). در این میان پهنه و خط ساحلی شرق تنگه هرمز به عنوان یک ناحیه ساحلی قلمداد می‌شود که متأثر از عملکرد فرآیندهای ویژه در زمینه تغییرات دوره‌ای می‌باشد. با توجه به شکل ۵، علائم آبی رنگ مربوط به خطوط ساحلی سال ۱۹۸۸ است و علائم قرمز رنگ مربوط به سال ۲۰۱۰. نکته‌ای که در این شکل قابل شناسایی است چگونگی تغییرات خطوط ساحلی در طی دوره ۲۴ ساله است. با توجه به مقایسه صورت گرفته، در نقاطی که خطوط آبی دیده می‌شود نشان دهنده این موضوع است که خط داغ آب پیشروی

بیشتری به طرف ساحل در مقایسه با سال ۲۰۱۰ داشته و بالعکس هرجا که با رنگ قرمز نمایش داده شده است، نشان‌دهنده پیشروی دریا در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۱۹۸۶ است (شکل ۴) در نتیجه با استفاده از مقایسه صورت گرفته می‌توان به ارزیابی و چگونگی پیشروی تغییرات در سیستم ساحلی مورد مطالعه پرداخت. این فرآیند زمینه‌ساز مطلوبی برای شناسایی روند فرسایش و پسروی پهنه و خطوط ساحلی است که در نتیجه می‌توان در مدیریت محیطی ساحل از آن بهره برد. تا آنجا که مدیریت بهینه سواحل، و حفاظت از محیط زیست در جهت تحقق توسعه پایدار نیازمند استخراج خطوط ساحلی و تغییرات آن‌ها می‌باشد (آل شیخ و دیگران، ۱۳۸۳، ۹).



شکل ۴- بازه‌های مورد بررسی در امتداد خط ساحلی تنگه هرمز



شکل ۵- تصویر change detection بدست آمده از تصاویر TM-5 بر مبنای طبقه بندی به روش Binary Encoding

Classification از محیط ساحلی شرق تنگه هرمز در دو دوره زمانی

بررسی تغییرات دوره‌ای خط ساحلی شرق تنگه‌ی هرمز با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور

جدول ۱- نتایج تغییرات به دست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هریک از مناطق a, b و c در فاصله زمانی ۲۴ سال به لحاظ

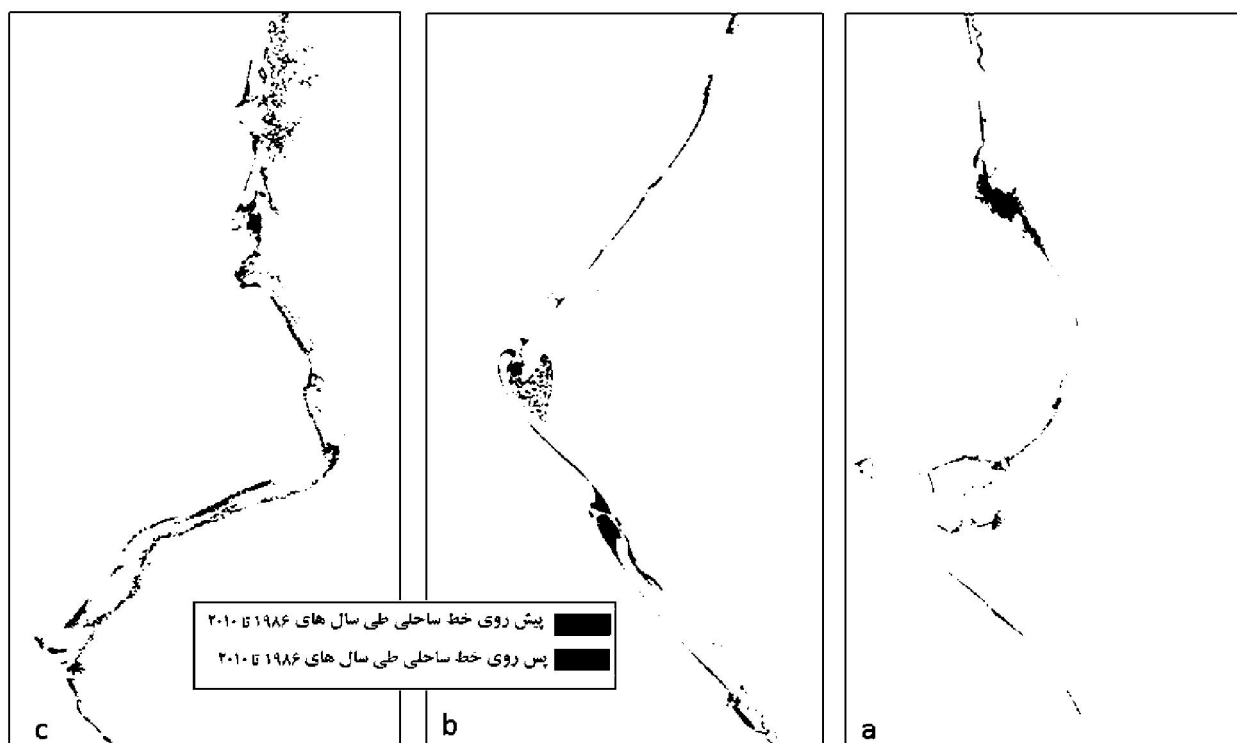
تعداد پیکسل (روش BEC)

ناحیه (c)	ناحیه (b)	ناحیه (a)	کل منطقه	تغییرات بدست آمده بر مبنای طبقه بندی تصاویر به روش BEC
۴۷۷۰۴۱	۳۰۹۹۰۲	۴۲۷۱۸۷	۳۴۳۹۷۸۰	تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی
۳۰۲۷۶۴	۸۰۹۴۱۹	۲۱۲۵۸۶	۴۷۴۲۵۸۹	تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی برای ساحل
۲۶۳۳۴	۹۰۳۰	۵۷۰۰	۱۵۹۳۹۵	تعداد پیکسل‌های اضافه شده از ساحل به دریا، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰
۱۳۲۳۹	۴۰۰۱	۲۴۳۲	۳۶۷۶۵	تعداد پیکسل‌های اضافه شده از دریا به ساحل، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰
-۱۳۰۹۵	-۵۰۲۹	-۳۲۶۸	-۱۲۲۶۳۰	تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰
+۱۳۰۹۵	+۵۰۲۹	+۳۲۶۸	+۱۲۲۶۳۰	تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰

جدول ۲- نتایج تغییرات بدست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هریک از مناطق a, b و c در فاصله زمانی ۲۴ سال به لحاظ

مساحت و درصد (روش BEC)

ناحیه (c)	ناحیه (b)	ناحیه (a)	کل منطقه	تغییرات بدست آمده بر مبنای طبقه بندی تصاویر به روش BEC
m^2 ۲۳۷۰۰۶۰۰	$۸۱۲۷۰۰۰ m^2$	$۵۱۳۰۰۰۰ m^2$	$۱۴۳۴۵۵۵۰۰ m^2$	مساحت و درصد اضافه شده از ساحل به دریا، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰
% ۵/۵۲	% ۲/۹۱	% ۱/۳۳	% ۴/۶۳	
m^2 ۱۱۹۱۵۱۰۰	$۳۶۰۰۹۰۰ m^2$	$۲۱۸۸۸۰۰ m^2$	$۳۳۰۸۸۵۰۰ m^2$	مساحت و درصد اضافه شده از دریا به ساحل، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰
% ۴/۳۷	% ۰/۴۹	% ۱/۱۴	% ۰/۷۷	
m^2 -۱۱۷۸۵۵۰۰	-	-	-	مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰
% -۲/۷۴	% -۱/۶۲	% -۰/۷۶	% -۳/۵۶	
m^2 ۱۱۷۸۵۵۰۰	$۴۵۲۶۱۰۰ m^2$	$۲۹۴۱۲۰۰ m^2$	$۱۱۰۳۶۷۰۰۰ m^2$	مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰
% ۴/۳۲	% ۰/۶۲	% ۱/۵۳	% ۲/۵۸	



شکل ۶- تصویر change detection بدست آمده از تصاویر TM-5 بر مبنای طبقه بندی به روش Minimum Distance

Classification از محیط ساحلی شرق تنگه هرمز در دو دوره زمانی

جدول ۳- نتایج تغییرات به دست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هریک از مناطق a, b, و c در فاصله زمانی ۲۴ سال به لحاظ

تعداد پیکسل (روش MDC)

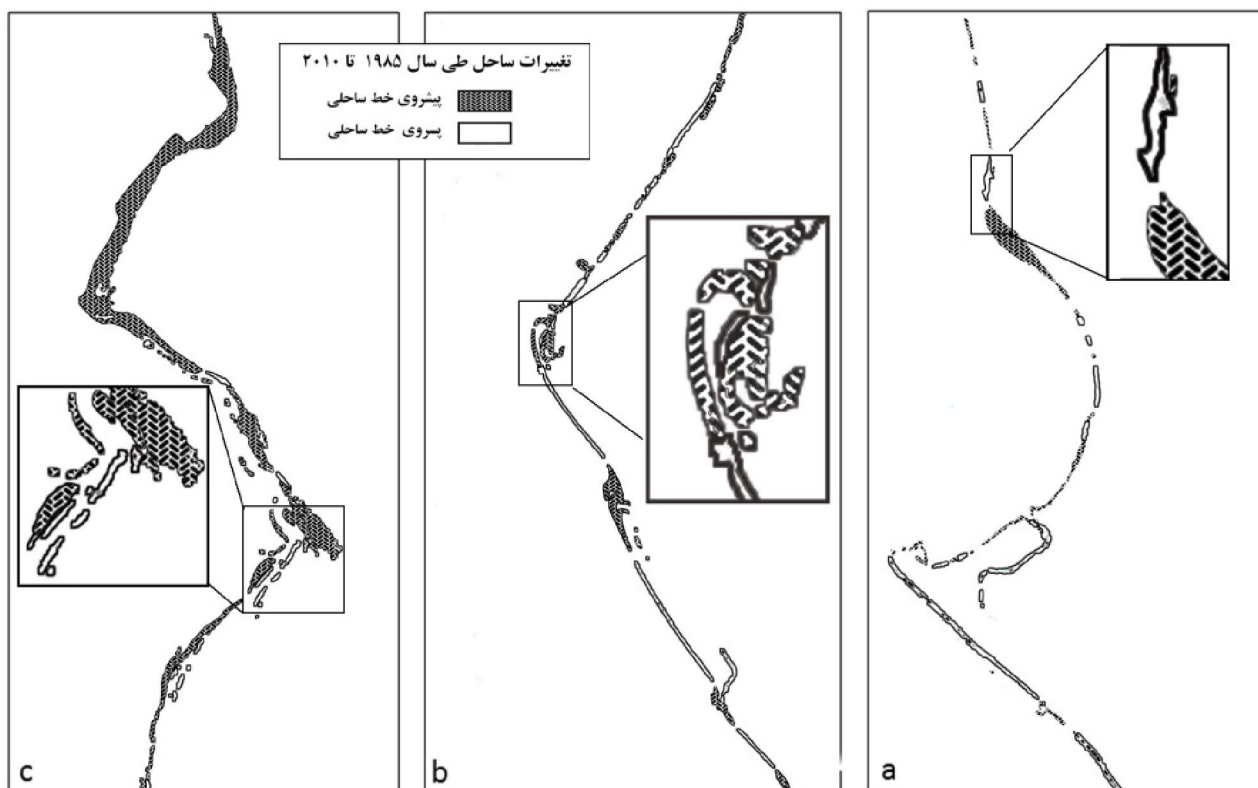
تغییرات بدست آمده بر مبنای طبقه بندی تصاویر به روش MDC	کل منطقه	ناحیه (a)	ناحیه (b)	ناحیه (c)
تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی برای دریا	۲۷۳۶۲۷۵	۴۱۰۲۹۲	۳۱۳۶۲۹	۴۴۳۲۵۶
تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی برای ساحل	۵۴۴۶۰۹۴	۲۲۹۴۸۱	۸۰۵۶۹۲	۳۳۶۵۴۹
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از ساحل به دریا، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	۹۲۰۴۳	۷۸۰۴	۱۱۸۱۷	۸۸۸۴
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از دریا به ساحل، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	۶۰۸۹۹	۱۳۹۱	۳۲۷۲	۶۹۸۸
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده ویا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	-۳۱۱۴۴	-۶۴۱۳	-۸۵۴۵	-۱۸۹۶
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده ویا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	+۳۱۱۴۴	+۶۴۱۳	۸۵۴۵	۱۸۹۶

بررسی تغییرات دوره‌ای خط ساحلی شرق تنگه‌ی هرمز با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور

جدول ۴- نتایج تغییرات بدست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هریک از مناطق a, b, و c در فاصله زمانی ۲۴ سال به لحاظ

مساحت و درصد (روش MDC)

تغییرات بدست آمده بر مبنای طبقه بندی تصاویر به روش MDC	کل منطقه	ناحیه (a)	ناحیه (b)	ناحیه (c)
مساحت و درصد اضافه شده از ساحل به دریا، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	$m^2 82838700$ ٪ ۳/۳۶۴	$m^2 7023600$ ٪ ۱/۹۰	$m^2 10635300$ ٪ ۳/۷۶	$m^2 7995600$ ٪ ۲
مساحت و درصد اضافه شده از دریا به ساحل، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	$m^2 54809100$ ٪ ۱/۱۱۸	$m^2 1251900$ ٪ ۰/۱۶	$m^2 2944800$ ٪ ۰/۴۰	$m^2 6289200$ ٪ ۲/۰۷
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	$m^2 -28029600$ ٪ -۱/۱۳۸	$m^2 -5771700$ ٪ -۱/۵۶	$m^2 -7690500$ ٪ ۲/۷۲۵	$m^2 -1706400$ ٪ ۰/۴۲۸
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	$m^2 28029600$ ٪ ۰/۵۷۲	$m^2 5771700$ ٪ ۲/۷۹	$m^2 7690500$ ٪ ۱/۰۶	$m^2 1706400$ ٪ ۰/۵۶۳



شکل ۷- تصویر change detection بدست آمده از تصاویر TM-5 بر مبنای طبقه بندی به روش Maximum Likelihood

Classification از محیط ساحلی شرق تنگه هرمز در دو دوره زمانی

جدول ۵- نتایج تغییرات بدست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هریک از مناطق a, b, و c در فاصله زمانی ۲۴ سال به لحاظ تعداد

پیکسل (روش MLC)

تغییرات بدست آمده بر مبنای طبقه بندی تصاویر به روش MLC	کل منطقه	ناحیه (a)	ناحیه (b)	ناحیه (c)
تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی برای دریا (در منطقه ساحلی)	۲۵۲۱۹۳۶	۳۹۵۶۵۵	۲۹۴۵۳۵	۳۹۸۳۱۲
تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی برای ساحل (در منطقه ساحلی)	۵۶۶۰۴۳۳	۲۴۴۱۱۸	۸۲۴۷۸۶	۳۸۱۴۹۳
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از ساحل به دریا، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	۳۹۸۲۸	۵۹۸۱	۶۱۲۶	۲۶۲۲۱
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از دریا به ساحل، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	۲۱۹۶۴	۲۲۴۹	۳۳۷۸	۱۲۷۲
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	-۱۷۸۶۴	-۳۷۳۲	-۲۷۴۸	-۲۴۹۴۹
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	+۱۷۸۶۴	+۳۷۳۲	+۲۷۴۸	+۲۴۹۴۹

جدول ۶- نتایج تغییرات بدست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هریک از مناطق a, b, و c در فاصله زمانی ۲۴ سال به لحاظ

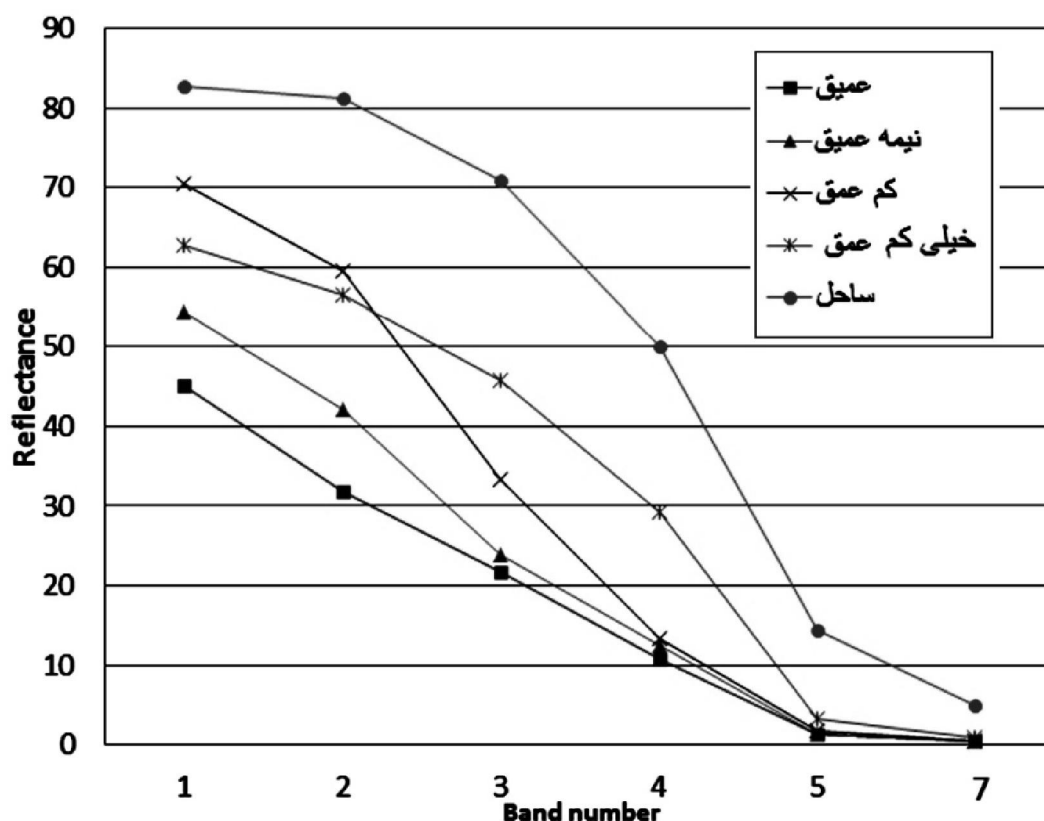
مساحت و درصد (روش MLC)

تغییرات بدست آمده بر مبنای طبقه بندی تصاویر به روش MLC	کل منطقه	ناحیه (a)	ناحیه (b)	ناحیه (c)
مساحت و درصد اضافه شده از ساحل به دریا، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	m^2 ۳۵۸۴۵۲۰۰ ۱.۵۷٪	$۵۳۸۲۹۰۰ m^2$ ۱.۵۱٪	$۵۵۱۳۴۰۰ m^2$ ۲.۰۸٪	m^2 ۲۳۵۹۸۹۰۰ ۶.۵۸٪
مساحت و درصد اضافه شده از دریا به ساحل، از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	m^2 ۱۹۷۶۷۶۰۰ ۰.۳۸٪	$۲۰۲۴۱۰۰ m^2$ ۰.۹۲٪	$۳۰۴۰۲۰۰ m^2$ ۰.۴۱٪	$۱۱۴۴۸۰۰ m^2$ ۰.۳۳٪
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	m^2 -۱۶۰۷۷۶۰۰ -۰.۷۰٪	$۳۳۵۸۸۰۰ m^2$ -۰.۹۴٪	$۲۴۷۳۲۰۰ m^2$ -۰.۹۳٪	m^2 -۲۲۴۵۴۱۰۰ -۶.۲۶٪
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۰	m^2 ۱۶۰۷۷۶۰۰ ۰.۳۱٪	$۳۳۵۸۸۰۰ m^2$ ۱.۵۲٪	$۲۴۷۳۲۰۰ m^2$ ۰.۳۳٪	m^2 ۲۲۴۵۴۱۰۰ ۶.۵۴٪

به منظور انتخاب بهترین روش، از میان سه روش Maximum Likelihood، Minimum Distance و

Binary Encoding برای طبقه‌بندی و محاسبه‌ی تغییرات خط ساحل، از نمودار طیفی حاصل از تصویر TM

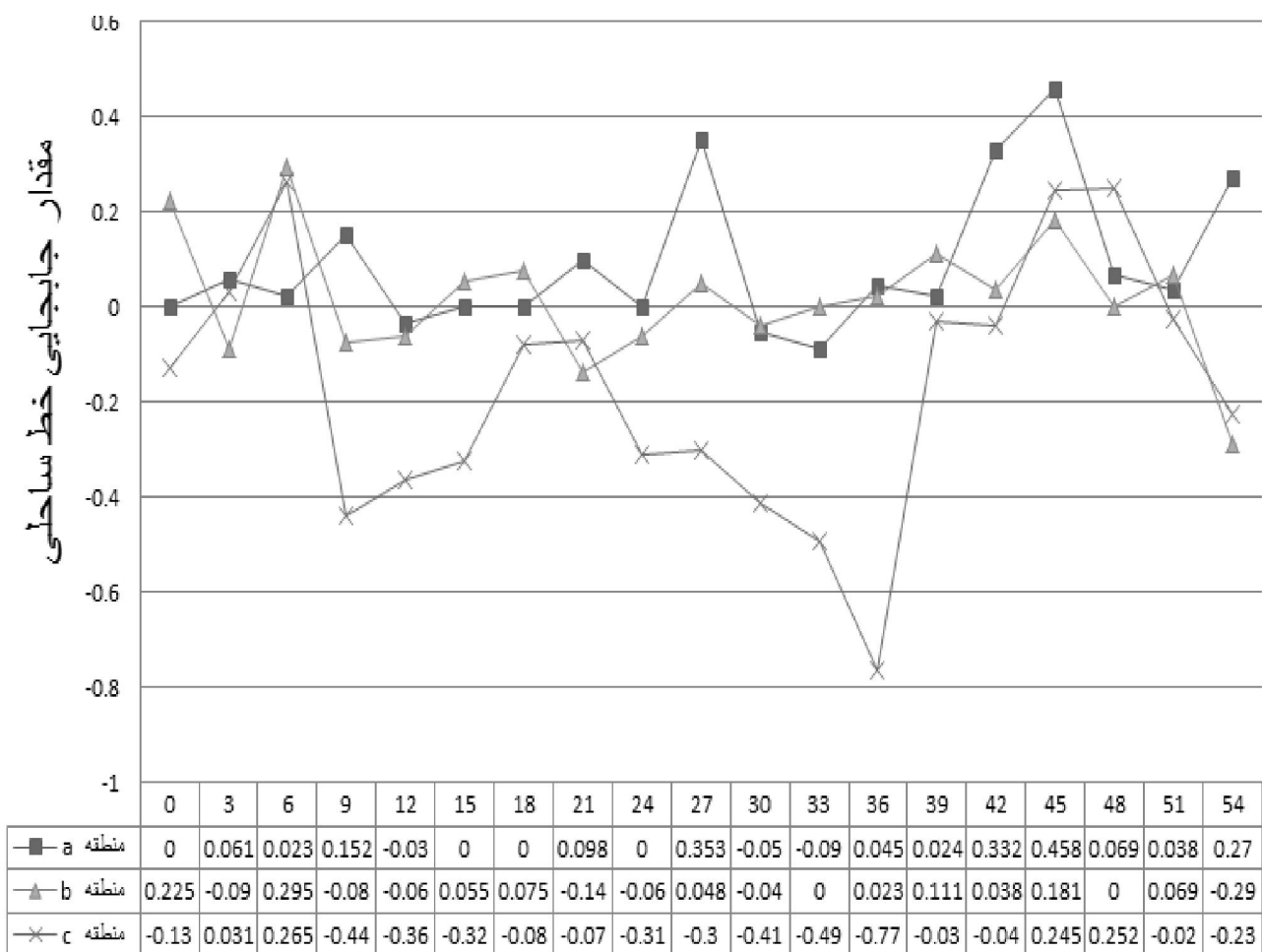
استفاده گردید و با رسم پروفیل طیفی در نقاط مختلف دریا و ساحل، مشخص گردید که روش Binary Encoding بهترین تطبیق را به خصوص در نواحی کم عمق ساحلی داشته است (شکل ۷). همان طور که شکل مذکور نشان می دهد نواحی خشک ساحلی انعکاس بالاتری را نسبت به نواحی دریایی از خود نشان داده که از همین تفاوت در شدت انعکاس طیفی، برای تفسیر مناطق مختلف ساحلی و ارزیابی عملکرد هریک از روش‌های طبقه بندی مورد استفاده، بهره گرفته شد. به عبارت دیگر با توجه به متفاوت بودن جنس ساحل در قسمت‌های مختلف تصویر، دو روش Minimum Distance و Maximum Likelihood در منطقه c بعلت ماسه‌ای بودن ساحل نتوانستند طبقه بندی مناسبی ارائه کنند و تنها روش BEC توانست با تطبیق مناسب این طبقه بندی را برای پیکسل‌های دریا و ساحل انجام دهد اما هر سه روش در نواحی a، b و c نتوانستند نتایج مناسب و مشابهی ارائه دهند.



شکل ۸- اختلاف طیفی به دست آمده برای هفت باند غیر حرارتی تصویر لندست

از این رو برای بررسی دقیق تر تغییرات، در هریک از سه منطقه a، b و c مقادیر change detection به دست آمده از روش BEC (بهترین روش طبقه بندی) مورد مقایسه قرار گرفت برای این کار در هریک از این سه منطقه در فواصل ۳ کیلومتر، تغییرات خط ساحل محاسبه گردید (شکل ۸) همانطور که نمودار شکل ۸ نشان می‌دهد بیشترین مقدار پیشروی دریا به سمت ساحل در فاصله زمانی ۲۴ سال برای منطقه c رخ داده است رتبه دوم میزان

پیشروی دریا به سمت ساحل برای منطقه a اتفاق افتاده است همانطور که شکل ۸ نشان می‌دهد در برخی نقاط تغییرات خط ساحل به سمت دریا پیشروی داشته و در مقابل در برخی نقاط آن شاهد پسروی ساحل هستیم. رتبه سوم جابجایی خط ساحل بسمت دریا برای منطقه b مشاهده گردید در حقیقت در این منطقه در مدت زمان مورد بررسی، بیشتر شاهد پسروی ساحل، و متقابلاً پیشروی دریا هستیم. اگر به لحاظ بزرگی تغییرات بخواهیم سه منطقه را بررسی کنیم، ناحیه c دارای بیشترین جابجایی خط ساحل بوده است که در این ناحیه بزرگترین عدد ثبت شده برای جابجایی خط ساحل ۷۷۰ متر بوده است بعد از آن ناحیه a با ماکزیمم جابجایی ۴۵۰ متر در رده دوم است و کمترین جابجایی نیز در ناحیه b با ماکزیمم عدد ۱۸۱ متر بوده است



شکل ۹- مقایسه روند تغییرات خط ساحلی در فاصله زمانی ۲۴ سال، برای سه منطقه a، b و c بر مبنای استفاده از روش طبقه بندی Binary Encoding برای تولید تصاویر طبقه بندی و در نهایت بررسی تغییرات است. مقادیر جابجایی مثبت نمایان کننده ی مقدار پیشروی ساحل بسمت دریا، و مقادیر جابجایی منفی نشان دهنده ی پیشروی دریا بسمت ساحل در سال ۲۰۱۰ نسبت به سال ۱۹۸۶ است. (مقادیر جابجایی‌های ارائه شده در زیر نمودار برای هر نقطه برحسب Km می باشد).

نتیجه گیری

خطوط ساحلی از حساس ترین سیستم‌های محیطی و ژئومورفولوژیکی هستند که تحت تأثیر فرآیندهای

هیدرودینامیک خشکی و آبی، تغییرات در آن در مدت زمانی کوتاه‌تری روی می دهند. بررسی هر یک از روش‌های طبقه بندی MLC، BEC و MDC بر مبنای تحلیل نتایج طبقه بندی در منطقه‌ی مورد مطالعه نشان داد با توجه به متفاوت بودن بستر ساحل در مناطق مختلف خط ساحلی و تأثیر آن بر نمودار طیفی، تصویر طبقه بندی شده حاصل از روش BEC بیشترین تطابق را با واقعیت داشته که علت آن الگوریتم طبقه بندی کننده دو دویی می باشد و این روش مؤثرتر از استفاده از روش حداکثر احتمال و حداقل فاصله، در خطوط ساحلی شرق تنگه هرمز خواهد بود. نتایج محاسبات همچنین نشان دادند که بیشترین جابجایی ساحلی در ناحیه C معادل ۷۷۰ متر بوده است که علت آن ماسه‌ای بودن بستر ساحل و در حقیقت محل ریخته شده رودخانه‌ها به دریاست که یکی از عوامل اصلی پیشروی دریا به سمت ساحل در این ناحیه است. نتایج همچنین نشان دادند که تصاویر TM-5 هم به لحاظ توان تفکیک طیفی و هم زمینی، برای ارزیابی تغییرات خط ساحلی دارای کارایی مناسبی است. در مقایسه با روشی که از بونور (۲۰۰۷) برای بررسی تغییرات خط ساحلی بر مبنای روی هم گذاری و تفسیر تصاویر TM انجام داده بودند و در آن از نقشه توپوگرافی نیز کمک گرفته شده بود این پژوهش نشان داد که بدون استفاده از لایه‌های اطلاعاتی دیگر و با تکیه بر الگوریتم‌های نیمه اتوماتیک طبقه بندی کننده دودویی مانند BEC می توان به نحو مطلوبی این تغییرات را مورد پایش قرار داد. همچنین سیرپونگ (۲۰۱۰) از روش‌های غیر نظارت شده‌ی Isodata برای طبقه‌بندی دریا و سایر عوارض استفاده کرد و به بررسی تغییرات خط ساحلی پرداخت، اما در بسیاری از منابع به این نکته اشاره شده است که روش‌های غیر نظارت شده در مقایسه با روش‌های نظارت شده که در این پژوهش استفاده شد، دارای خطای طبقه‌بندی زیادی هستند که به علت عدم استفاده از نمونه‌های تعلیمی رخ می دهد درحالی که در مناطق ساحلی می‌توان از روی تصویر، تعداد مناسبی نمونه‌ی تعلیمی خشکی و دریا را تهیه کرد لذا روش مورد استفاده در این پژوهش می‌تواند با دقت بالاتری این تفکیک و نهایتاً بررسی تغییرات را انجام دهد. بنابراین با استفاده از روش BEC و مقایسه‌ی صورت گرفته می‌توان به ارزیابی و چگونگی تغییرات در سیستم ساحلی مورد مطالعه پرداخت. این فرآیند زمینه ساز مطلوبی برای شناسایی روند فرسایش و پیشروی یا پیشروی پهنه و خطوط ساحلی است که می‌توان در مدیریت محیطی محیط ساحلی مورد مطالعه از آن بهره برد.

منابع

۱- آل شیخ، علی اصغر، علیمحمدی، عباس، قربانعلی، علی، (۱۳۸۳). پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده



- ازسنگش از دور، نشریه علوم جغرافیایی، سال چهارم، جلد ۴، شماره ۵، پائیز و زمستان ۱۳۸۳-صص ۹-۲۵.
- ۲- حافظی مقدس، ناصر، (۱۳۸۸)، **زمین ریخت شناسی کاربردی**، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- ۳- خالدی، شهریار، (۱۳۸۰)، **بلایای طبیعی**، تهران: انتشارات دانشگاه شهیدبهشتی.
- ۴- زمردیان، محمدجعفر، (۱۳۸۱)، **ژئومورفولوژی ایران**، جلد دوم (فرایندهای اقلیمی و دینامیک‌های بیرونی)، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۵- علایی طالقانی، محمود، (۱۳۸۴)، **ژئومورفولوژی ایران**، چاپ سوم، تهران: انتشارات قومس.
- ۶- کاویانی، محمدرضا، (۱۳۸۰)، **میکروکلیما تولوژی**، تهران: انتشارات سمت.
- ۷- کلیات، دیتر، (۱۳۷۶)، **جغرافیای طبیعی دریاها و سواحل**، ترجمه محمدرضا ثروتی، تهران: انتشارات سمت.
- ۸- کوروشی نیا، علی، (۱۳۸۹)، **پایش تغییرات خطوط ساحلی با استفاده از GIS و RS**، مجله بندر و دریا، شماره ۱۷۵، صص ۱۰۸-۱۱۱.
- ۹- کوک، آریو. دورکمپ، جی سی (۱۳۷۸)، **ژئومورفولوژی و مدیریت محیط**، ترجمه شاپورگودرزی نژاد، جلد دوم، تهران: انتشارات سمت.
- ۱۰- معتمد، احمد، (۱۳۸۲)، **زمین شناسی عمومی**، چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- نعیمی نظام‌آبادی، علی، ثروتی، محمدرضا، قهرودی تالی، منیژه، (۱۳۸۹)، **پایش تغییرات خط ساحلی و**
لندفرم‌های ژئومورفولوژیکی خلیج فارس با استفاده از تکنیک سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی
(مطالعه موردی: منطقه ساحلی عسلویه)، مجله فضای جغرافیایی، سال دهم، شماره ۳۰، تابستان ۱۳۸۹، صص ۴۵-۶۱.
- ۱۱- هوک ج. ام، (۱۳۸۵)، **ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی**، ترجمه محمدجعفرزمردیان، چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت.
- ۱۲- یمانی، مجتبی، نوحه گر، احمد (۱۳۸۵)، **ژئومورفولوژی ساحلی شرق تنگه هرمز**، بندرعباس: انتشارات دانشگاه هرمزگان.

- 13- Chang, J., Liu, G.H., Liu, Q.S., 2004. Analysis on spatio-temporal feature of coastline change in the Yellow River Estuary and its relation with runoff and sand transportation. Geographical Research, No, 23 (5), pp.339-346 (in Chinese).
- 14- Guariglia, A., Buonamassa, A., Losurdo, A., Saladino, R., Trivigno, M.L., Zaccagnino, A., Colangelo, A., 2006. **A multisource approach for coastline mapping and identification of shoreline changes**. Annals of Geophysics No, 49 (1), pp.295-304.
- 15- Haslet, simon, K., 2003, **Coastal Systems**, London & New yorc, Routledge Interdctions to

Environ-ment Series.

- 16- Huang, H., Fan, H., 2004. Monitoring changes of nearshore zones in the Huang Yellow River delta sine 1976. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, No,35 (4),pp,306–314 (in Chinese).
- 17- Huggett,r,j,2007,**Fundamentals of Geomorphology**, Routledgepub,second edition.
- 18- 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.
- 19- 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.
- 20- Li,X., Mochielc,j, D. ,2010, Coastline Change Detection With Satellite Remote Sensing For Envir- onm ental Management of The pearl River Estuary,China, *Jornal of Marine Systems*, No 2, pp,554-561.
- 21- Mazer, A. S., Martin, M., Lee, M., and Solomon, J. E., 1988, **Image Processing Software for Imaging Spectrometry Analysis**, *Remote Sensing of the Environment*, v. 24, no. 1, pp. 201-210.
- 22- Meyer,M., Mayya,J,H. Barthel,G.,2008, **Coastline changes of the Darss–Zingst Peninsula- A Model- ing approach**, *Journal of Marine Systems* No,74 pp,147–154.
- 23- RasulyA ,Naghdifar .R, Rasoli. M,2010, **Monitoring of Caspian Sea Coastline Changes Using Objec Oriented Techniques**, *Procedia Environmental Sciences* No,2 pp,416-426.
- 24- Richards, J.A., 1999. *Remote Sensing Digital Image Analysis: An Introduction*Springer-Verlag, Berlin, Germany, p. 240.
- 25- Ritter,f,d,&Kochel,c and Mill,Rj ,2002, **Process Geomorphology**,4thed, Mc Grow-Hill., New York.
- 26-Simon, patric,. 2010, **Remote Sensing in Geomorphology**, Newdelhi, Oxford Book Company.
- 27-White, K. Asmar H,M.1999, Monitoring changing position of coastlines using Thematic Mapper imagery, an example from the Nile Delta, *Geomorphology* No,29 pp. 93–105.
- 28-Xu, M., Huang, S.F., Li, X.T., Li, J.R., Yang, H.B., 2007. Monitoring the change of the Yellow River Estuary with remote sensing and analysis of flow and sediment condition in the last ten years. *Journal of Sediment Research* No 6, pp.39–46 (in Chinese).
- 29-Yin, Y., Zhou, Y., Ding, D., 2004. Evolution of the modern Yellow River delta coast. *Marine Science Bulletin* No 23 (2), pp.32–40 (in Chinese).
- 30-Zhao, B., Guo, H., Yan, Y., Wang, Q., Li, B., 2007. A simple waterline approach for tidelands using multitemporal satellite images: a case study in the Yangtze Delta. *Estuarine Coastal and Shelf Science* No 77, pp.134–14.