

بررسی تغییرات دوره‌ای خط ساحلی شرق تنگه‌ی هرمز با استفاده

از تکنیک‌های سنجش از دور

مجتبی یمانی¹، سعید رحیمی هرآبادی²، سعید گودرزی مهر³

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 2010 و 1986 میلادی، در بازه زمانی 24 ساله و با استفاده از روش طبقه بندی 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 24 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 طبقه بندی تصاویر و نهایتاً **change detection** خط ساحلی بسیار کارآمدتر است. ثانیاً در فاصله زمانی 24 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 770 متر در نزدیکی مصب رود گز اندازه‌گیری شده است.

کلمات کلیدی:

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

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

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

3. 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, GoodarziMehr 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

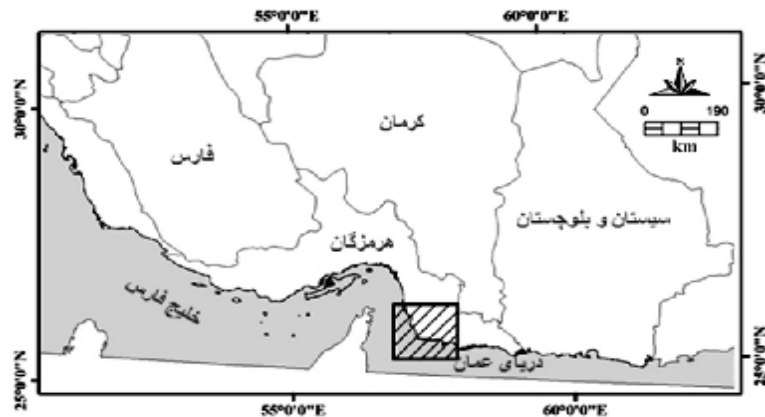
محیط‌های ساحلی از حساس‌ترین سیستم‌های محیطی به شمار می‌روند که تحت تأثیر فرآیندهای هیدرودینامیکی حاکم، تغییر و تحول در آنها نسبتاً سریع بوده و شاید از این نظر قابل مقایسه با سایر سیستم‌های ژئومورفولوژی نباشد (یمانی و نوحه گر، 1385: 6). به طوری که در این ارتباط، کمیته بین‌المللی جغرافیا¹، مناطق ساحلی 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، 1388: 185). از نظر زیست محیطی نیز مناطق ساحلی به دلیل دارا بودن اکوسیستم‌های حساس و مولد از اهمیت و ارزش بالایی برخوردارند (کرووشی نیا، 1389: 108). 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، 1380، 118). به دلیل کاربری‌های متعدد انسانی، سواحل همواره به عنوان یک منطقه کشش و تعارض خود نمایی می‌کند (هوک، 1385: 209). 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، 1378: 123). تحول عرضی در این قلمرو، تابع پارامترهای متفاوتی است. در این میان شیب پس کرانه و پیش کرانه از اهمیت زیادی برخوردار است (کلنات، 1378: 96). 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 (1999) 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 (2007) با استفاده از سیستم‌های تصویری سنجنش از دور¹ به مطالعه‌ی مسائل ناشی از تغییرات خط ساحلی پرداختند. لی (2011) به بررسی تغییرات خط ساحلی مناطق دلتایی رودخانه‌ی 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 (1383) 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 (1389) 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 سنجنش از دور است.

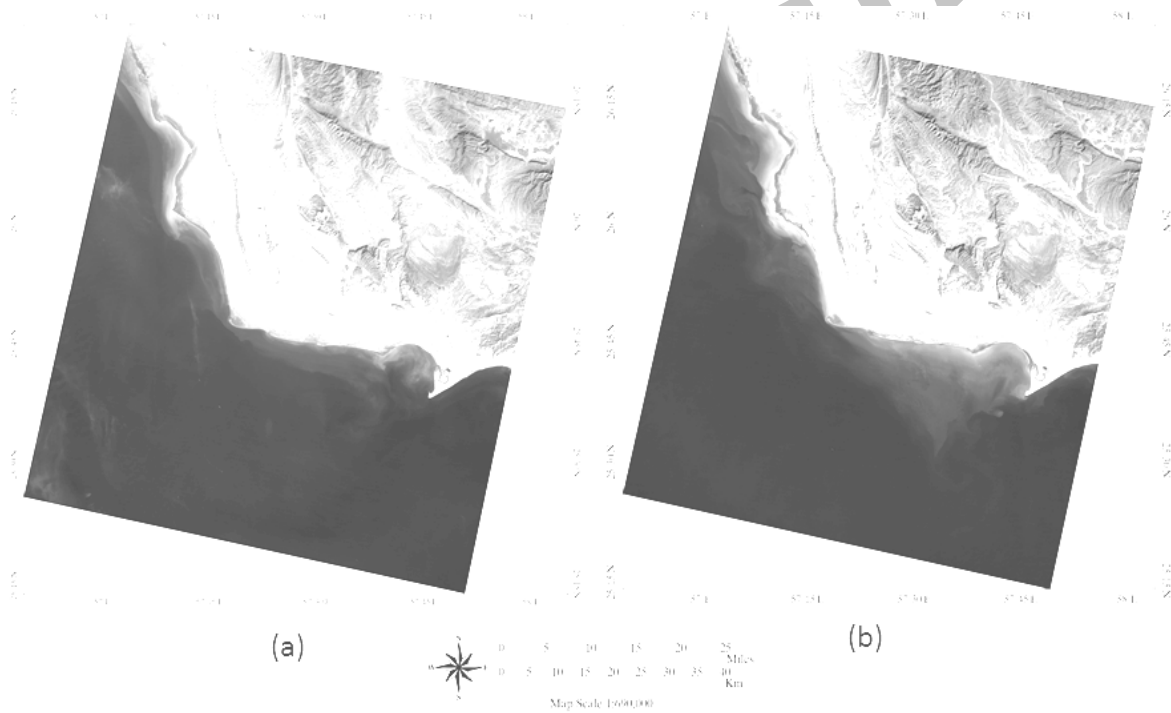
محدوده مورد مطالعه

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 می‌گیرد. 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 می‌گیرد (شکل 1). در میان واحدهای مرفوتکتونیک‌ی ایران نیز، این محدوده بخشی از واحد جلگه‌ی ساحلی عمان محسوب می‌شود که از بندر عباس تا مرزهای پاکستان امتداد دارد (علایی طالقانی، 1384: 360) از نظر اقلیمی تابع خصوصیات آب و هوایی گرم و خشک با پوشش گیاهی پراکنده است.



شکل 1- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در کشور

خصوصیات ژئومرفولوژیکی 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 2- (a) تصویر رنگی سنجنده TM-5 سال 2010 و (b) تصویر رنگی سنجنده TM-5 سال 1986

به طور کلی خطوط ساحلی ایران براساس سنگ شناسی، مرفولوژی، شیب و کروئولوژی به دو بخش عمده صخره‌ای و ماسه‌ای قابل تفکیک هستند (زمردیان، 1381: 193) 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 24 ساله می‌پردازد. روش‌های مورد استفاده در این تحقیق مبتنی بر روش‌های بهره‌گیری 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 30 متر مربوط به سال‌های 2010 و 1986 با یک بازه زمانی 24 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 می‌باشد، بنابراین از روش‌های طبقه‌بندی نظارت شده استفاده شده است. سه روش، Minimum Distance، Maximum Likelihood 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 می‌کند. یک تابع کدگذاری OR، هر طیف مبنا کدگذاری شده را با داده‌های کدگذاری شده مقایسه کرده و یک تصویر طبقه‌بندی تولید می‌کند تمامی پیکسل‌ها به وسیله بیشترین تعداد باند سازگار به Endmemberها طبقه‌بندی می‌شوند (Mazer A.S, 1988). با سه حد آستانه، یک جفت عدد دو دویی (binary) برای مقادیر پیکسل‌ها ایجاد می‌شود. مقادیر بالاتر از میانگین روشنایی طیف می‌تواند حد آستانه یک، و دو تای دیگر می‌تواند 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 هر یک 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:

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

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 بعدی، 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 2010 نسبت به 1986 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 3 کیلومتر از هم، میزان تغییرات در سال 2010 نسبت به 1988 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 3- فلوچارت مراحل انجام پژوهش

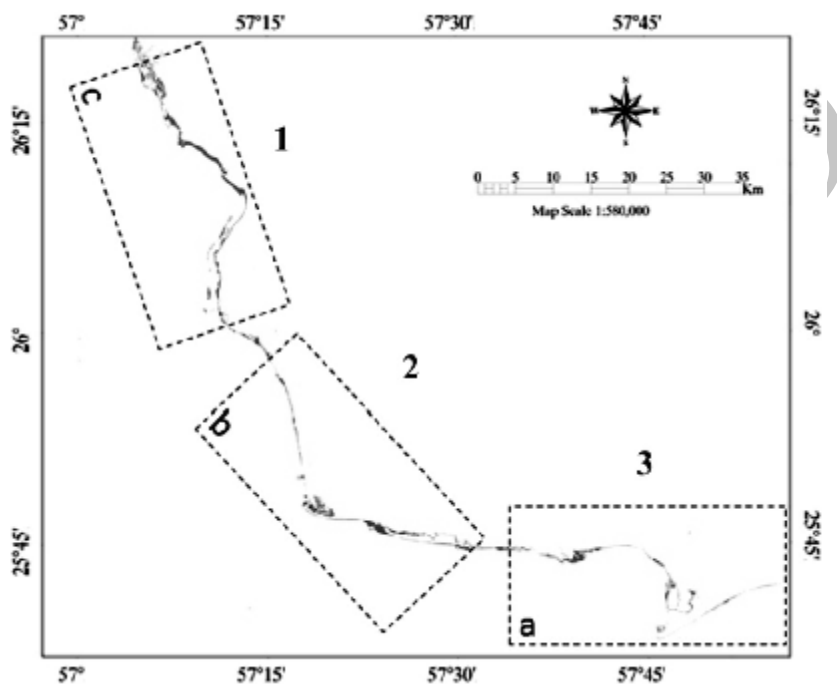
یافته‌ها

بررسی تغییرات دوره‌ای خطوط ساحلی در سواحل شرقی تنگه هرمز

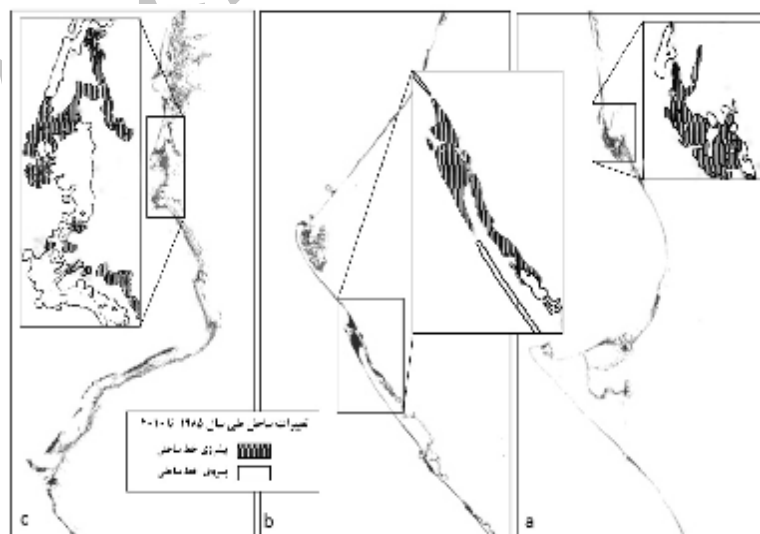
براساس منابع موجود سازندهای اصلی منطقه غالباً از تشکیلات دوران سوم و از جنس ماسه سنگ سست و مارن تشکیل شده است. این سازندها دارای چینه بندی متناوب بوده و در برابر فرآیندهای هوازدگی و تخریب بسیار حساس هستند و از سوی دیگر شرایط اقلیمی منطقه که عموماً همراه با بارش‌های فصلی و به صورت سیلابی بوده، رسوبات 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، 1385:134). در نتیجه خط ساحلی می‌تواند در معرض فرسایش یا رسوب گذاری قرار گیرد یا در حال تعادل باقی بماند (نعیمی نظام آباد و دیگران، 1389:58). زیرا این پدیده از فرآیندهای دینامیک فرسایش و رسوبگذاری ویژه‌ای از جمله چگونگی فعالیت امواج یا تداوم جزر و مد تبعیت می‌کند (خالدی، 1380:208). 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 2 تصاویر ماهواره‌ای TM-5 سنجنده لندست از محیط ساحلی شرق تنگه هرمز در دو دوره زمانی مربوط به سالهای 1986 و 2010 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 5 مورد ارزیابی مقایسه‌ای قرار گرفته است (شکل 5). 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، 1385:133). 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 5، علائم آبی رنگ مربوط به خطوط ساحلی سال 1988 است و علائم قرمز رنگ مربوط به سال 2010. نکته‌ای که در این شکل قابل شناسایی است چگونگی تغییرات خطوط ساحلی در طی دوره 24 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 2010 داشته و بالعکس هر جا که با رنگ قرمز نمایش داده شده است، نشان‌دهنده پیشروی دریا در سال 2010 نسبت به سال 1986 است (شکل 4) 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 پسروری 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، 1383، 9).



شکل 4- بازه‌های مورد بررسی در امتداد خط ساحلی تنگه هرمز



شکل 5- 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

جدول 1- نتایج تغییرات به دست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هر یک از مناطق a, b, c و در فاصله زمانی 24 سال به لحاظ

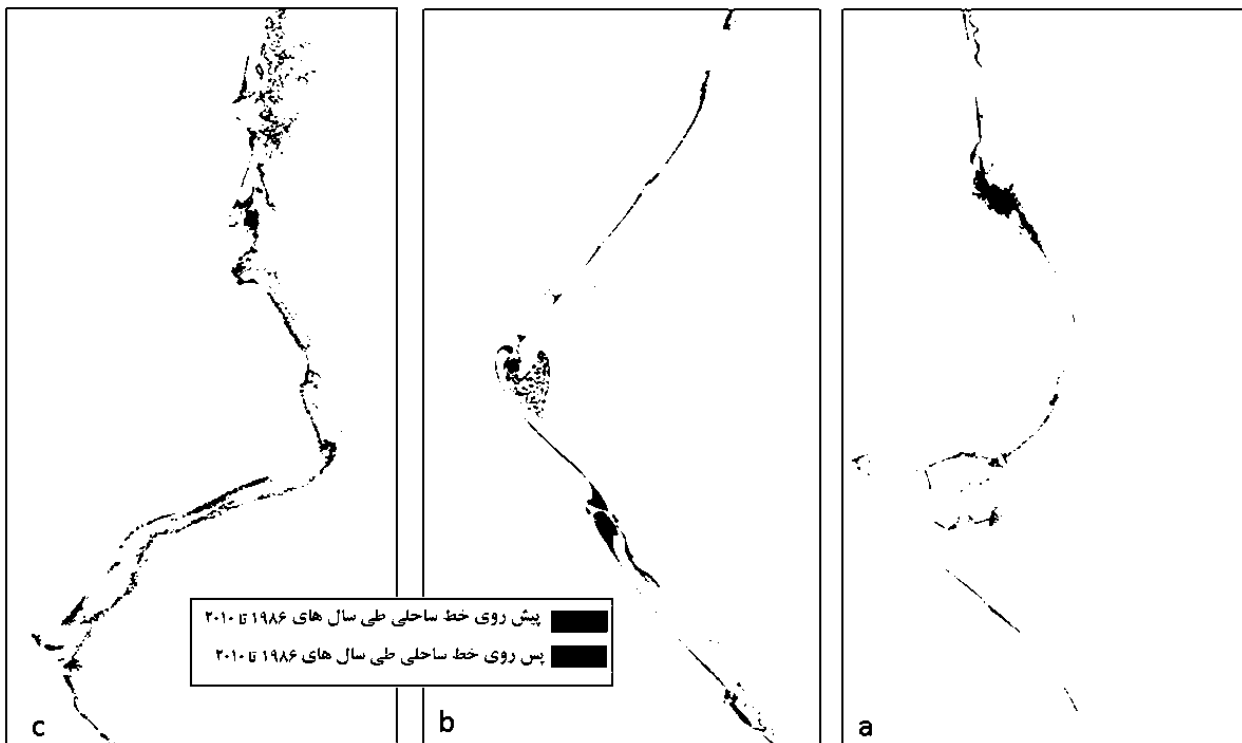
تعداد پیکسل (روش BEC)

تغییرات بدست آمده بر مبنای طبقه بندی تصاویر به روش BEC	کل منطقه	ناحیه (a)	ناحیه (b)	ناحیه (c)
تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی	3439780	427187	309902	477041
تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی برای ساحل	4742589	212586	809419	302764
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از ساحل به دریا، از سال 1986 تا 2010	159395	5700	9030	26334
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از دریا به ساحل، از سال 1986 تا 2010	36765	2432	4001	13239
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال 1986 تا 2010	-122630	-3268	-5029	-13095
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال 1986 تا 2010	+122630	+3268	+5029	+13095

جدول 2- نتایج تغییرات بدست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هر یک از مناطق a, b, c و در فاصله زمانی 24 سال به لحاظ

مساحت و درصد (روش BEC)

تغییرات بدست آمده بر مبنای طبقه بندی تصاویر به روش BEC	کل منطقه	ناحیه (a)	ناحیه (b)	ناحیه (c)
مساحت و درصد اضافه شده از ساحل به دریا، از سال 1986 تا 2010	143455500 m ² % 4/63	5130000 m ² % 1/33	8127000 m ² % 2/91	23700600 m ² % 5/52
مساحت و درصد اضافه شده از دریا به ساحل، از سال 1986 تا 2010	m ² 33088500 % 0/77	2188800 m ² % 1/14	3600900 m ² % 0/49	11915100 m ² % 4/37
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال 1986 تا 2010	-110367000 m ² % -3/56	-2941200 m ² % -0/76	-4526100 m ² % -1/62	-11785500 m ² % -2/74
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال 1986 تا 2010	110367000 m ² % 2/58	2941200 m ² % 1/53	4526100 m ² % 0/62	11785500 m ² % 4/32



شکل 6- 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 3- نتایج تغییرات به دست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هر یک از مناطق a, b, c در فاصله زمانی 24 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	2736275	410292	313629	443256
تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی برای ساحل	5446094	229481	805692	336549
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از ساحل به دریا، از سال 1986 تا 2010	92043	7804	11817	8884
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از دریا به ساحل، از سال 1986 تا 2010	60899	1391	3272	6988
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال 1986 تا 2010	-31144	-6413	-8545	-1896
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال 1986 تا 2010	+31144	+6413	8545	1896

جدول 4- نتایج تغییرات بدست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هر یک از مناطق a, b, c در فاصله زمانی 24 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 1986 تا 2010	m ² 82838700 % 3/364	m ² 7023600 % 1/90	m ² 10635300 % 3/76	m ² 7995600 % 2
مساحت و درصد اضافه شده از دریا به ساحل، از سال 1986 تا 2010	m ² 54809100 % 1/118	m ² 1251900 % 0/6	m ² 2944800 % 0/40	m ² 6289200 % 2/07
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال 1986 تا 2010	m ² -28029600 % -1/138	m ² -5771700 % -1/56	m ² -7690500 % 2/725	m ² -1706400 % 0/428
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال 1986 تا 2010	m ² 28029600 %0/572	m ² 5771700 % 2/79	m ² 7690500 % 1/06	m ² 1706400 % 0/563



شکل 7- 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 5- نتایج تغییرات بدست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هر یک از مناطق a, b, c و در فاصله زمانی 24 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)	2521936	395655	294535	398312
تعداد کل پیکسل‌های مورد بررسی برای ساحل (در منطقه ساحلی)	5660433	244118	824786	381493
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از ساحل به دریا، از سال 1986 تا 2010	39828	5981	6126	26221
تعداد پیکسل‌های اضافه شده از دریا به ساحل، از سال 1986 تا 2010	21964	2249	3378	1272
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال 1986 تا 2010	-17864	-3732	-2748	-24949
تعداد پیکسل‌های اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال 1986 تا 2010	+17864	+3732	+2748	+24949

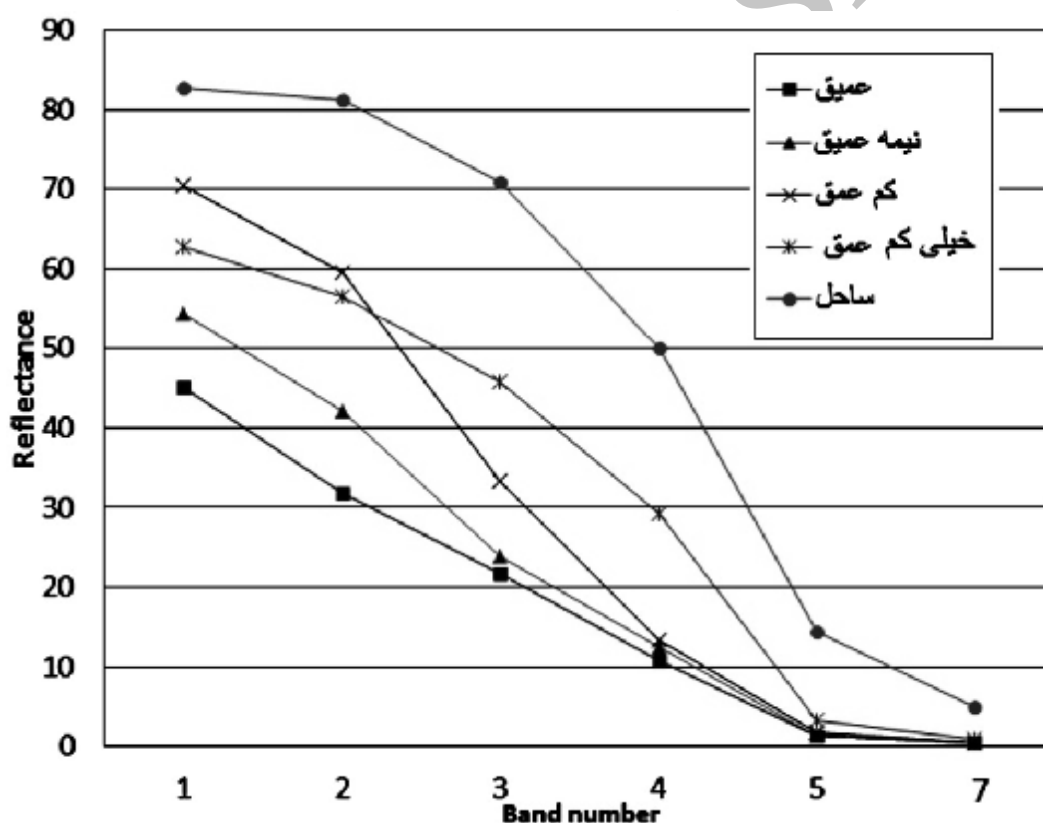
جدول 6- نتایج تغییرات بدست آمده برای خط ساحلی، هم در کل منطقه و هم در هر یک از مناطق a, b, c و در فاصله زمانی 24 سال به لحاظ

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 1986 تا 2010	35845200 m ² 1,57%	5382900 m ² 1,51%	5513400 m ² 2,08%	23598900 m ² 6,58%
مساحت و درصد اضافه شده از دریا به ساحل، از سال 1986 تا 2010	m ² 19767600 0,38%	2024100 m ² 0,92%	3040200 m ² 0,41%	1144800 m ² 0,33%
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به دریا در سال از سال 1986 تا 2010	-16077600 m ² -0,70%	-3358800 m ² -0,94%	-2473200 m ² -0,93%	-22454100 m ² -6,26%
مساحت و درصد اضافه (مثبت) شده و یا کم شده (منفی) به ساحل در سال از سال 1986 تا 2010	16077600 m ² 0,31%	3358800 m ² 1,52%	2473200 m ² 0,33%	22454100 m ² 6,54%

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

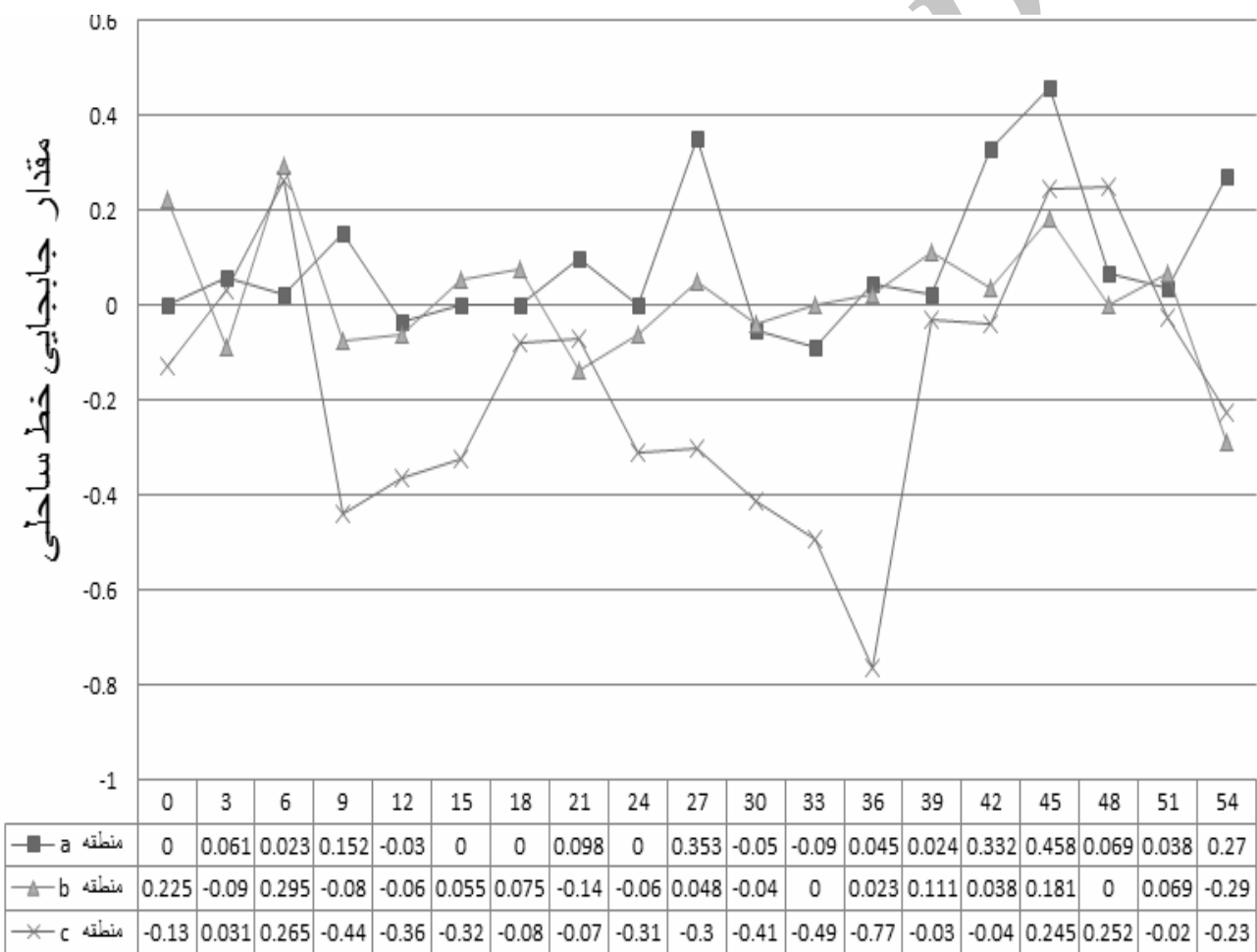
Binary Encoding برای طبقه‌بندی و محاسبه‌ی تغییرات خط ساحل، از نمودار طیفی حاصل از تصویر TM استفاده گردید و با رسم پروفیل طیفی در نقاط مختلف دریا و ساحل، مشخص گردید که روش Binary Encoding بهترین تطبیق را به خصوص در نواحی کم عمق ساحلی داشته است (شکل 7). همان طور که شکل مذکور نشان می‌دهد نواحی خشک ساحلی 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 هر یک از روش‌های طبقه‌بندی 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 طبقه‌بندی مناسبی ارائه کنند و تنها روش BEC توانست با تطبیق مناسب این طبقه‌بندی 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 8- اختلاف طیفی به دست آمده برای هفت باند غیر حرارتی تصویر لندست

از این رو برای بررسی دقیق‌تر تغییرات، در هر یک از سه منطقه a، b و c مقادیر change detection به دست آمده از روش BEC (بهترین روش طبقه‌بندی) مورد مقایسه قرار گرفت برای این کار در هر یک از این سه منطقه در فواصل 3 کیلومتر، تغییرات خط ساحل محاسبه گردید (شکل 8) همانطور که نمودار شکل 8 نشان می‌دهد

بیشترین مقدار پیشروی دریا به سمت ساحل در فاصله زمانی 24 سال برای منطقه c رخ داده است رتبه دوم میزان پیشروی دریا به سمت ساحل برای منطقه a اتفاق افتاده است همانطور که شکل 8 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 770 متر بوده است بعد از آن ناحیه a با ماکزیمم جابجایی 450 متر در رده دوم است و کمترین جابجایی نیز در ناحیه b با ماکزیمم عدد 181 متر بوده است



شکل 9- مقایسه روند تغییرات خط ساحلی در فاصله زمانی 24 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 2010 نسبت به سال 1986 است. (مقادیر جابجایی های ارائه شده در زیر نمودار برای هر نقطه برحسب Km می باشد).

نتیجه‌گیری

خطوط ساحلی از حساس‌ترین سیستم‌های محیطی و ژئومورفولوژیکی هستند که تحت تأثیر فرآیندهای هیدرودینامیک خشکی و آبی، تغییرات در آن در مدت زمانی کوتاه‌تری روی می‌دهند. بررسی هر یک از روش‌های طبقه‌بندی BEC، MLC و MDC بر مبنای تحلیل نتایج طبقه‌بندی 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 طبقه‌بندی شده حاصل از روش BEC بیشترین تطابق را با واقعیت داشته که علت آن الگوریتم طبقه‌بندی کننده دو دویی می‌باشد 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 770 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 (2007) 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 طبقه‌بندی کننده دودویی مانند BEC می‌توان به نحو مطلوبی این تغییرات را مورد پایش قرار داد. همچنین سیرپونگ (2010) از روش‌های غیر نظارت شده در 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 می‌دهد در حالی 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 پسروی یا پیشروی پهنه و خطوط ساحلی است که می‌توان در مدیریت محیطی محیط ساحلی مورد مطالعه از آن بهره برد.

منابع

- 1- آل شیخ، علی اصغر، علیمحمدی، عباس، قربانعلی، علی، (1383). پایش خطوط ساحلی دریاچه ارومیه با استفاده از سنجش از دور، نشریه علوم جغرافیایی، سال چهارم، جلد 4، شماره 5، پائیز و زمستان 1383-صص 9-25.
- 2- حافظی مقدس، ناصر، (1388)، زمین ریخت شناسی کاربردی، شاهرود: انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود.
- 3- خالدی، شهریار، (1380)، بلایای طبیعی، تهران: انتشارات دانشگاه شهیدبهشتی.
- 4- زمردیان، محمدجعفر، (1381)، ژئومورفولوژی ایران، جلد دوم (فرایندهای اقلیمی و دینامیک‌های بیرونی)، مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 5- علایی طالقانی، محمود، (1384)، ژئومورفولوژی ایران، چاپ سوم، تهران: انتشارات قومس.
- 6- کاویانی، محمدرضا (1380)، میکروکلیما تولوژی، تهران: انتشارات سمت.
- 7- کلیات، دیترا، (1376)، جغرافیای طبیعی دریاها و سواحل، ترجمه محمدرضا ثروتی، تهران: انتشارات سمت.
- 8- کوروشی نیا، علی، (1389)، پایش تغییرات خطوط ساحلی با استفاده از GIS و RS، مجله بندر و دریا، شماره 175، صص 108-111.
- 9- کوک، آریو. دورکمپ، جی سی (1378)، ژئومورفولوژی و مدیریت محیط، ترجمه شاپورگودرزی نژاد، جلد دوم، تهران: انتشارات سمت.
- 10- معتمد، احمد، (1382)، زمین شناسی عمومی، چاپ ششم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- نعمی نظام‌آبادی، علی، ثروتی، محمدرضا، قهرودی تالی، منیژه، (1389)، 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 30، تابستان 1389، صص 45-61.
- 11- هوک ج. ام، (1385)، ژئومورفولوژی در برنامه ریزی محیطی، ترجمه محمدجعفر زمردیان، چاپ دوم، تهران: انتشارات سمت.
- 12- یمانی، مجتبی، نوحه گر، احمد (1385)، 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 York, Routledge Interactions to Environment Series.
- 16- Huang, H., Fan, H., 2004. Monitoring changes of nearshore zones in the Huang Yellow River delta since 1976. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, No, 35 (4), pp.306–314 (in Chinese).
- 17- Huggett, R. J., 2007, **Fundamentals of Geomorphology**, Routledge, 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* No 127, PP, 32–40.
- 20- Li, X., Mochiel, J. D., 2010, **Coastline Change Detection With Satellite Remote Sensing For Environmental Management of The Pearl River Estuary, China**, *Journal 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 Modeling approach**, *Journal of Marine Systems* No, 74 pp.147–154.
- 23- Rasuly, A., Naghdifar, R., Rasoli, M., 2010, **Monitoring of Caspian Sea Coastline Changes Using Object 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, R. J., 2002, **Process Geomorphology**, 4th ed, Mc Grow-Hill, New York.
- 26- Simon, P., 2010, **Remote Sensing in Geomorphology**, New Delhi, 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.