

پیش‌بینی موقعیت و نحوه تغییرات خط ساحلی در خلیج پُزم تا سال ۲۰۱۰

سیدعلی آزرمناس^{۱*}، فرهاد رزمخواه^۲

۱ دانشیار، گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
۲ دانش‌آموخته کارشناسی/ارشد، گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(دریافت: ۸۵۹۲۲، پذیرش نهایی: ۸۸۷۲۱)

چکیده

بندر صیادی پُزم در بخش جنوب شرقی خلیج پُزم و در دریای عمان قرار دارد. منطقه مجاور این بندر، به‌خصوص در ناحیه پشت موج‌شکن آن، در سال‌های اخیر به شدت متأثر از فرایند رسوب‌گذاری بوده است. شدت ته‌نشینی رسوبات در این منطقه به اندازه‌ای بوده است که موجب مختل شدن عملکرد بندر و بروز مشکلات عدیده، به‌خصوص طی سال‌های ۱۳۷۳-۱۳۷۴ شده است. بدون شک، رسوب‌گذاری در این منطقه نه تنها به دلیل احداث موج‌شکن و دیگر فعالیت‌های مهندسی بوده، بلکه مرتبط و متأثر از تعادل فرایندهای ساحلی در کل خلیج است. لذا، به‌منظور درک بهتر این فرایندها و تعیین نحوه و میزان تغییرات خط ساحلی در خلیج پُزم، تصاویر ماهواره لندست در یک بازه زمانی ۱۳ ساله منتهی به سال ۲۰۰۱ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. ایجاد مشکلات فنی برای حس‌گر تی-ام ماهواره لندست که منجر به فقدان دسترسی به تصاویر جدیدتر و روز آید این حس‌گر شد از یک طرف و افزایش نیاز مدیران و متخصصان به اطلاعات نحوه و میزان تغییرات خط ساحلی در سال‌های آتی، ضرورت تحقیق و پیش‌بینی علمی موقعیت خط ساحلی این منطقه را برای سال‌های بعد آشکار می‌سازد.

در این تحقیق با استفاده از تصاویر سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ حس‌گر تی-ام (TM) ماهواره لندست که طی یک دوره ۱۳ ساله منتهی به سال ۲۰۰۱ از خلیج پُزم تهیه شده است، موقعیت خط ساحلی در این منطقه برای سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ با ۴ روش متفاوت مورد پیش‌بینی قرار می‌گیرد. سپس، با تجزیه و تحلیل و مقایسه نتایج حاصل، در مورد بهترین روش پیش‌بینی نتیجه‌گیری می‌شود. تصاویر انتخابی در شرایط آسمان صاف و بدون ابر و بدون باد شدید ثبت شده‌اند و قدرت تفکیک مکانی آنها ۳۰ متر در ۳۰ متر است. اولین گام در مسیر این تحقیق، ترسیم داده‌ها به‌گونه‌ای است که بتوان الگوی تغییرات مکانی و زمانی خط ساحلی را مورد بررسی قرار داد. سپس، نتایج حاصل از روش‌های متفاوت پیش‌بینی، با یکدیگر مقایسه می‌شوند تا میزان حساسیت نتایج به روش محاسبه و پیش‌بینی تعیین شود. نتایج به دست آمده بیانگر آن است که نامنظمی داده‌ها موجب بروز تفاوت فاحش بین نتایج روش حداقل مربعات با نتایج سایر روش‌ها می‌شود. در ضمن، نتایج روش ترکیبی برای پیش‌بینی موقعیت‌های آبی خط ساحلی منطقی‌تر و قابل اعتمادتر هستند.

واژه‌های کلیدی: خط ساحلی، لندست، خلیج پُزم، دریای عمان، تغییرات خط ساحل

Determination of Shoreline Position in Pozm Bay Using Landsat Satellite Data

Azarmsa, S. A.¹ and Razmkhah, F.²

1 Associate Professor, Department of Marine Physics, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2 Graduate student, Department of Marine Physics, Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(Received: 13 Dec 2006, Accepted: 13 Oct 2009)

Abstract

The Pozm fishery port is located in the south-east part of Pozm Bay in the Oman Sea. The area adjacent to this port especially in the lee of its breakwater is known to be highly affected by deposition of sediments since 1988. Intensity of deposition in this area has been so high that it caused the port to lose its functionality and be out of operation in only few years. No doubt, deposition in this area is not only affected by construction of breakwater and other engineering activities performed in this area, but is also related to

and is in equilibrium with coastal processes in the whole Bay. To understand better these processes and determine shoreline changes in the Pozm bay, an analysis of available Landsat satellite images was performed over a period of 13 years ending in 2001. Technical problems have made newer images of TM sensor of Landsat unavailable since 2002. Besides, information about the shoreline situation in the future is necessary to assist in coastal management and regulatory programs.

In this paper, the shoreline position in Pozm Bay is predicted for years 2005 and 2010, using the images provided by the TM sensor of Landsat satellite from the study area in 1988, 1998 and 2001, and through application of 4 different predicting methods. Moreover, the results are analyzed and compared to determine the best predicting method for the study area.

The selected images have been recorded in cloud free and calm conditions and with 30 m by 30 m resolution. The first step in this research is to plot the data so as to be able to view the patterns of shoreline change both spatially and temporally. Then, different methods have been used to analyze this information, resolve the pattern of shoreline change and predict the shoreline position in the future. There are several possible methods for calculating an average rate of change within a selected time segment having more than two measurement points. One strategy is to compare the results of three or more different rate calculations, to observe the reasons for any significant differences in the results, and to recommend what is determined to be the best estimate of the rate. The calculation methods used in this study are the following:

- 1) The least-squares method which uses the slope of the least-squares fit (Y on X) to the distance/time data points within the time segment.
- 2) The "end-point" rate method which defines the first to last net difference in distance divided by the net time for the segment.
- 3) The Rate Averaging method which calculates the arithmetic average of all "long-term" rates within a time segment.
- 4) The compound method which is the average of the results obtained from other methods.

Finally, the results obtained from different calculation methods are compared to determine the sensitivity of the results to the method of calculation.

The results reveal that the spacing and accuracy of the data can have important effects on the rate calculation. The uneven clustering of data points resulted in significant differences between the outputs of the least square method and others. In the case where the time segment is short and the number of points are small (e.g. three), it is not recommended to use the least squares rate. An interesting end-point calculation is the first to last net effective change over the total time record, regardless of the path in between. This may or may not be meaningful, and can be very misleading, depending on that path. Therefore, the simple end-point rate can be used for comparison with other rate calculations as a checking device, and in those situations where any other rate is meaningless. The results of the compound method are the most accurate and reliable.

Key words: Shoreline position, Landsat, Satellite, Pozm Bay, Oman Sea, Shoreline changes, coastal processes

۱ مقدمه

باشند. حدود ۶۰ درصد از جوامع در مناطق ساحلی زندگی می کنند (کرکنل، ۱۹۹۹). داشتن اطلاع از رفتار خط ساحلی به مدیریت بهتر سواحل، طراحی صحیح تر و

خطوط ساحلی از مهم ترین عوارض زمینی اند و همواره در حال تغییرات کوتاه مدت و بلندمدت هستند. این تغییرات ممکن است بر اثر عوامل طبیعی یا به واسطه بشر ایجاد شده

ناشی از آن بوده‌اند، دچار فرسایش شدید شده‌اند. در قسمت‌هایی از این سواحل نیز پدیده رسوب‌گذاری مشاهده و گزارش شد. غریب رضا و همکاران (۱۳۸۲) نیز نتایج فوق را در گزارش طرح تحقیقاتی خود تأیید کردند. الاسمار و وایت (۲۰۰۲) با استفاده از سه تصویر ماهواره لندست که در سال‌های ۱۹۸۴ و ۱۹۸۷ و ۱۹۹۱ ثبت شده بودند، جابه‌جایی خط ساحلی در یکی از دلتاهای رود نیل در مصر را بررسی کردند. ریو و همکاران (۲۰۰۲) نیز با استفاده از تصاویر ماهواره لندست، خطوط ساحلی خلیج گوسمو در کره جنوبی را مورد بررسی قرار دادند. یامانو و همکاران یامانو و همکاران (۲۰۰۶) با روش مشابه خطوط ساحلی استخراج شده از سه ماهواره را مقایسه کردند. در تحقیقی که در سواحل جنوبی استرالیا صورت گرفت، از همه روش‌های پیش‌گفته استفاده شد (فاسرینگهام و گوود وینز، ۱۹۹۰). علاوه بر تصاویر لندست، از تصاویر ماهواره آی‌کونوس (IKONOS) نیز می‌توان برای بررسی موقعیت خطوط ساحلی و میزان تغییرات آنها استفاده کرد (لی و همکاران، ۲۰۰۲).

استفاده از داده‌های ماهواره‌ای باعث صرفه‌جویی در وقت و هزینه می‌شود. در حال حاضر روش استفاده از تصاویر ماهواره‌ای به‌مثابه جدیدترین و اقتصادی‌ترین روش مطرح در دنیا به حساب می‌آید. روش‌های سنجش از دور علاوه بر ارزان بودن و دقت زیاد، امکان مشاهده و مدیریت پیوسته سواحل را فراهم می‌کنند (چن و راتو، ۱۹۹۸). این مزایا موجب افزایش روزافزون بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای در تعیین موقعیت خط ساحلی در دنیا شده است. متأسفانه علی‌رغم مزایای این روش، تاکنون فناوری بهره‌گیری از داده‌های ماهواره‌ای برای تهیه اطلاعات هیدروگرافی در ایران کمتر از حد موردانتظار توسعه یافته است.

بی‌توجهی به رفتار خط ساحلی و تغییرات آن در بعضی موارد موجب بروز مشکلاتی برای تأسیسات ساحلی

احداث تأسیسات ساحلی مناسب‌تر و نیز تعیین حاشیه امن ساحل کمک فراوانی می‌کند. پس از تعیین خط ساحلی در زمان‌ها و دوره‌های متفاوت و مقایسه‌های مربوط و بررسی علل و عوامل تغییرات، پیش‌بینی در مورد روند و میزان تغییرات آبی و اتخاذ تدابیر و راهکارهای مناسب در مورد خط ساحلی صورت می‌گیرد. با داشتن اطلاع از رفتار خط ساحلی، روش مقابله با تأثیرات منفی و روش بهره‌گیری از تأثیرات مثبت قابل برآورد کردن است.

اطلاع از موقعیت گذشته، حال و آینده خط ساحلی و نحوه تغییرات آن از ملزومات مدیریت بهینه سواحل است. اطلاعات و داده‌های مورد نیاز از طریق اندازه‌گیری‌های محلی، عکس‌برداری‌های هوایی و یا تصاویر ماهواره‌ای قابل حصول هستند. قدیمی‌ترین روش مورد استفاده به‌منظور تعیین نحوه و میزان تغییرات خطوط ساحلی، اندازه‌گیری فاصله نقاط گوناگون ساحل نسبت به نقاط کنترلی ثابت (Bench Marks) در خشکی است. در گذشته، موقعیت و نحوه تغییرات خطوط ساحلی در بسیاری از مناطق دنیا عمدتاً با استفاده از این روش به دست آمده و مورد بررسی قرار می‌گرفته است. داده‌های خط ساحلی در لوئیزیانای (Louisiana) ایالات متحد از ۱۸۵۳ به بعد نیز با روش نقاط کنترلی ثابت به دست آمده است (مک برد و همکاران، ۱۹۸۹). روش‌های دیگر شامل مدل‌سازی فرایندهای ساحلی نظیر؛ هیدرودینامیک امواج و جریان‌های ساحلی، انتقال رسوب و فرایندهای رسوب‌گذاری و فرسایش در مناطق ساحلی و مانند آن، مقایسه عکس‌های هوایی تهیه شده از مناطق ساحلی در دوره‌های متفاوت و استفاده از تصاویر ماهواره‌ای است. جلالی و امام‌جمعه (۱۳۷۵) با تفسیر و مقایسه دو عکس هوایی با قدرت تفکیک ۳۰ متر در ۳۰ متر مربوط به سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۶۳ به این نتیجه رسیدند که بخش‌هایی از سواحل جنوبی ایران در حدفاصل خلیج‌های پُرم و چابهار که در معرض امواج مستقیم دریا و جریان‌ات

با خطوط ساحلی ثبت می‌شود (نقشه ۱). نقطه پیش‌بینی نیز روی همین خط قرار خواهد داشت. پیش‌بینی خط ساحلی در سال‌های آتی به چهار روش صورت می‌گیرد (فاستر و ساواژ، ۱۹۸۹):

الف) روش حداقل مربعات (Least Squares): در این روش نقاط در نمودار موقعیت برحسب زمان رسم می‌شود و خط یا منحنی مناسبی - که کمترین خطای محاسبه شده به روش حداقل مربعات را نسبت به داده‌ها داشته باشد، بر آنها برازش می‌شود. نقطه پیش‌بینی از روی نمودار به دست می‌آید. این روش در حالتی که داده‌ها از نظر زمانی پراکندگی منظمی نداشته باشند، جواب قابل قبولی به دست نمی‌دهد. از طرفی اگر یکی از داده‌ها همخوانی نداشته باشد، در جواب نهایی خطای زیادی ایجاد می‌شود.

ب) روش نقطه آخر (End-point): در این روش بسیار ساده، اولین نقطه و آخرین نقطه از نظر زمانی در نظر گرفته می‌شوند. اختلاف مکانی آنها بر اختلاف زمانی‌شان تقسیم می‌شود و یک نرخ رشد خط ساحلی به دست می‌آید. از این نرخ و از موقعیت نقطه آخر استفاده می‌شود و نقطه پیش‌بینی به دست می‌آید. به دلیل محاسبه و کاربرد متوسط درازمدت نرخ تغییرات خط ساحلی، این روش در بسیاری از موارد جوابی قابل قبول به دست می‌دهد ولی به دلیل کم بودن دقت، معمولاً فقط برای برآوردهای سریع مورد کاربرد دارد. در روش نقطه آخر از داده‌های زمان‌های میانی استفاده‌ای نمی‌شود.

ج) روش میانگین نرخ‌ها (Rate Averaging): در این روش زوج نقاطی که از نظر زمانی فاصله قابل توجه دارند انتخاب می‌شوند. با استفاده از روش نقطه آخر، نرخ‌ها محاسبه می‌شوند. میانگین این نرخ‌ها، نرخ پس‌روی یا پیش‌روی خط ساحلی را در کل دوره مورد بررسی مشخص می‌کند. نقطه‌های پیش‌بینی حاصل از این روش، در بسیاری از موارد قابل قبول و معقول هستند. موارد استثناء، حالاتی است که عوامل محیطی روی شکل و

می‌شود. با توجه به وجود سواحل طویل در ایران و افزایش فعالیت‌های عمرانی و مهندسی در نواحی ساحلی و موجود نبودن داده‌های کافی، عملی ساختن تحقیقات و بررسی‌ها در مورد خطوط ساحلی کشورمان امری ضروری به نظر می‌رسد (آزرم‌سا و رزمخواه، ۱۳۸۵).

در این تحقیق با استفاده از تصاویر حس‌گر تی-ام (TM) ماهواره لندست که طی یک دوره ۱۳ ساله منتهی به سال ۲۰۰۱ از خلیج پزم تهیه شده است، موقعیت خط ساحلی در این منطقه برای سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ با ۴ روش متفاوت مورد پیش‌بینی قرار می‌گیرد. سپس، با تجزیه و تحلیل و مقایسه نتایج حاصل، در مورد بهترین روش پیش‌بینی نتیجه‌گیری می‌شود.

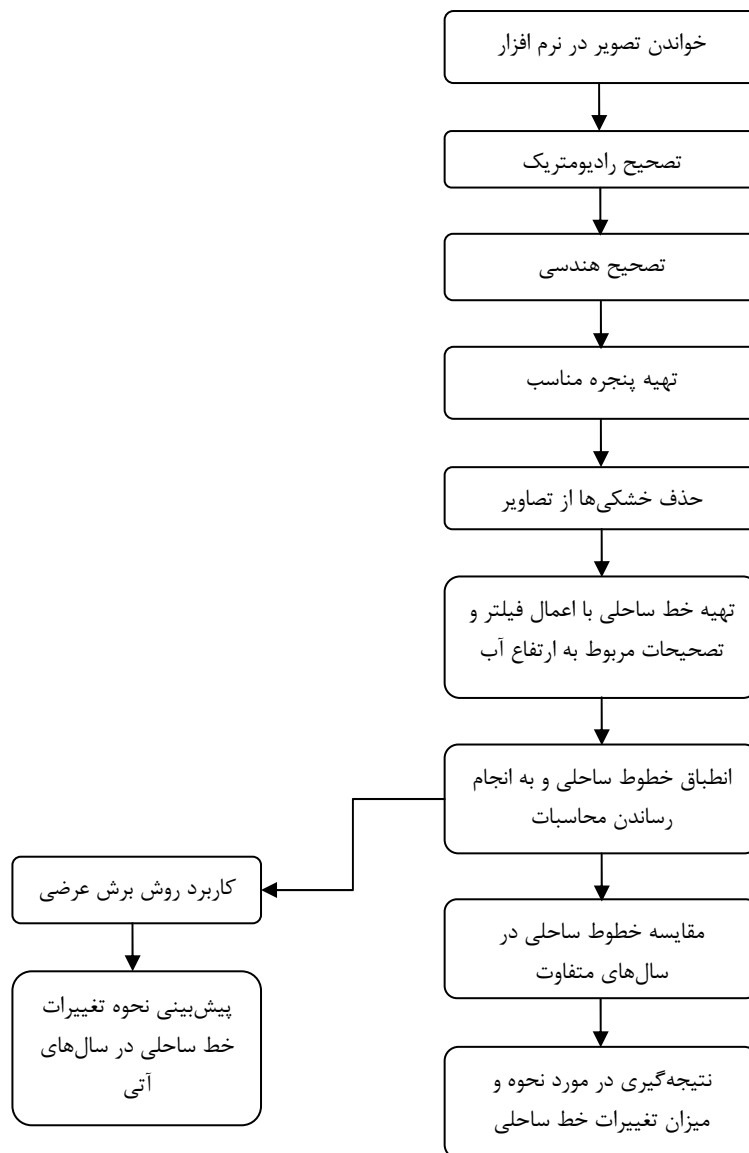
۲ مواد و روش‌ها

تصاویر تهیه شده از خلیج پزم مربوط به سال‌های ۱۹۸۸، ۱۹۹۸ و ۲۰۰۱ است و منطقه تحقیقاتی با مختصات جغرافیایی $۱۰^{\circ} ۵۳'$ تا $۶۰^{\circ} ۱۹' ۴۵''$ شرقی و $۱۴' ۱۹''$ تا $۲۵^{\circ} ۲۳' ۴۹''$ شمالی را پوشش می‌دهد. این تصاویر از منطقه پزم را ماهواره لندست در شرایط آسمان صاف و بدون ابر و بدون باد شدید ثبت کرده است. قدرت تفکیک تصاویر مورد استفاده ۳۰ متر در ۳۰ متر است. موقعیت خط ساحلی برای هر ۳ تصویر در شرایط یکسان استخراج شده است. برای استخراج خط ساحلی، پس از اعمال تصحیحات هندسی با استفاده از نقاط ثابت و نیز تصحیح تراز آب، خشکی‌ها حذف و از تابع تشخیص لبه (edge detection) استفاده شده است.

برای بررسی تغییرات موقعیت خط ساحلی، از روش برش‌های عرضی (Transects) استفاده شده است. این روش در موقعی که خط ساحلی زمان‌های متفاوت در یک تصویر رسم شده‌اند به کار می‌رود. در روش برش‌های عرضی در محل مورد نظر خطی عمود بر ساحل رسم می‌شود و مختصات محل‌های برخورد این خط عمود

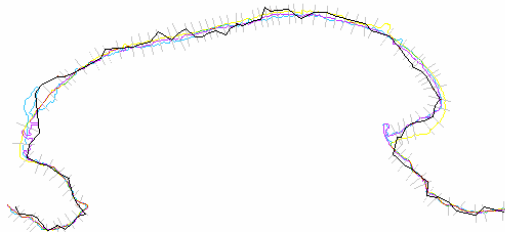
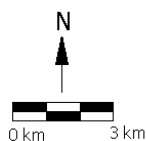
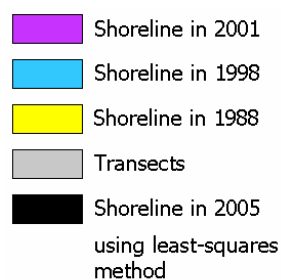
چهار روش برآورد کردند و آن را با اندازه‌گیری‌های در محل مطابقت دادند و به این نتیجه رسیدند که روش ترکیبی، پیش‌بینی بهتری برای آینده به دست می‌دهد. در این تحقیق، برای پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال‌های ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ از هر ۴ روش پیش‌گفته استفاده شده است تا میزان دقت و کارایی هر یک تعیین و در مورد مناسب‌ترین روش نتیجه‌گیری شود. روند تحقیق در شکل ۱ عرضه شده است.

حرکت خط ساحلی تأثیر شدید می‌گذارند. اگر خط واصل بین دو نقطه که فاصله زمانی کمتری دارند، شیب (نرخ پیشروی) زیادی داشته باشد، کل نرخ محاسبه شده تحت تأثیر قرار می‌گیرد و استفاده از این نرخ برای دوره‌های طولانی مدت موجب بروز خطا می‌شود. روش ترکیبی: این روش در واقع ترکیبی از سه روش ذکر شده در بالا است. فاستر و همکاران (۲۰۰۰) صحت کارکرد این روش را بررسی کردند. ایشان از داده‌های قبل از ۱۹۹۲، موقعیت خط ساحلی در ۱۹۹۹ را با استفاده از



شکل ۱. مراحل و نحوه انجام تحقیق.

تفاوت قابل توجه دارد. به طوری که جابه‌جایی بیش از اندازه خط ساحلی در این نواحی که براساس این روش پیش‌بینی شده است، غیر واقعی و دور از انتظار به نظر می‌رسد. همچنین، در سواحل شمالی، موقعیت خط ساحلی به صورت دندان‌دار و با تغییرات شدید پیش‌بینی شده که با توجه به روند ملایم تغییرات طولی در طبیعت، متفاوت است. پیش‌بینی‌های حاصل از این روش برای موقعیت خط ساحلی در ۲۰۱۰ (نقشه ۵) نیز غیرطبیعی و متفاوت با سایر روش‌ها است. نامنظم بودن فاصله زمانی داده‌ها عامل اصلی بروز خطا و دلیل حصول نتایج کم‌دقت به هنگام استفاده از روش حداقل مربعات برای پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی است. لذا کاربرد این روش بدون اتخاذ تمهیدات و کنترل‌های گوناگون توصیه نمی‌شود. نقشه‌های ۲، ۳ و ۴ به ترتیب نتایج مربوط به کاربرد روش‌های نقطه آخر، میانگین نرخ‌ها و میانگین سه روش را برای پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در ۲۰۰۵ نشان می‌دهند. هر سه روش، پیش‌بینی خوب و منطقی را برای سواحل منطقه مورد بررسی به صورت تغییر ملایم موقعیت خط ساحلی در سواحل شمال شرقی و قسمتی از سواحل شمالی و تشدید روند پیشروی خط ساحلی در پشت دماغه‌های غربی و شرقی به دست می‌دهند.



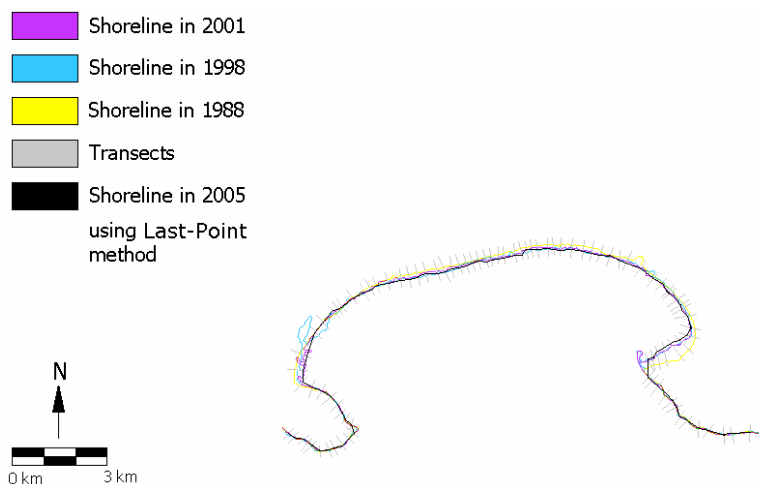
نقشه ۱. خط ساحلی هر سه سال و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ با روش حداقل مربعات.

با توجه به نامنظم بودن خط ساحلی، و به منظور انتخاب محل‌های بهینه و کاهش حجم محاسبات، فاصله متوسط برش‌های عرضی ۳۰۰ متر و در حالت حداکثر ۹۰۰ متر در نظر گرفته شده است. در نقاطی مانند سواحل شرقی که جابه‌جایی خط ساحلی بی‌نظمی دارد خطوط برش عرضی رسم نشده است.

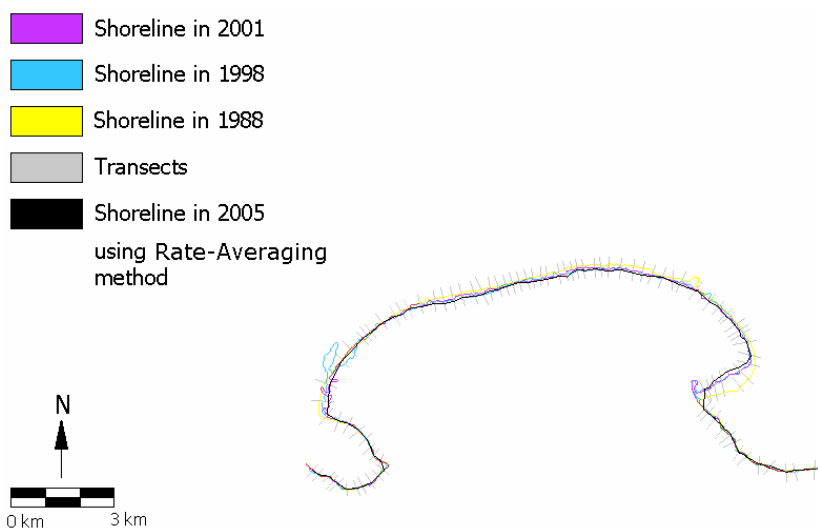
۳ نتایج و بحث

نتایج محاسبات مربوط به برآورد کردن نرخ تغییرات و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی برای سال‌های ۲۰۰۵ و سال ۲۰۱۰ که با استفاده از روش‌های متفاوت صورت گرفته، در نقشه‌های ۱ تا ۸ آورده شده است. همان‌گونه که در نقشه‌های ۱ تا ۸ قابل مشاهده است، میزان تغییر؛ چه به صورت پیشروی در دریا و چه به شکل پسروی از دریا، در طول خطوط ساحلی یکسان نبوده و از حدود چند متر تا چند صد متر متغیر است.

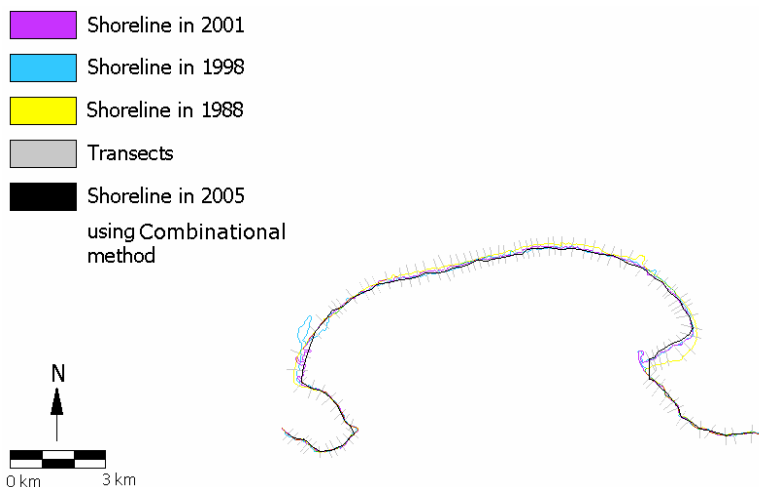
نقشه‌های ۱ و ۵ نتایج پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی با استفاده از روش حداقل مربعات را نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که نتایج این روش برای موقعیت خط ساحلی در ۲۰۰۵ (نقشه ۱) در برخی نواحی مانند دماغه غربی و پشت دماغه شرقی با نتایج حاصل شده از روش‌های دیگر،



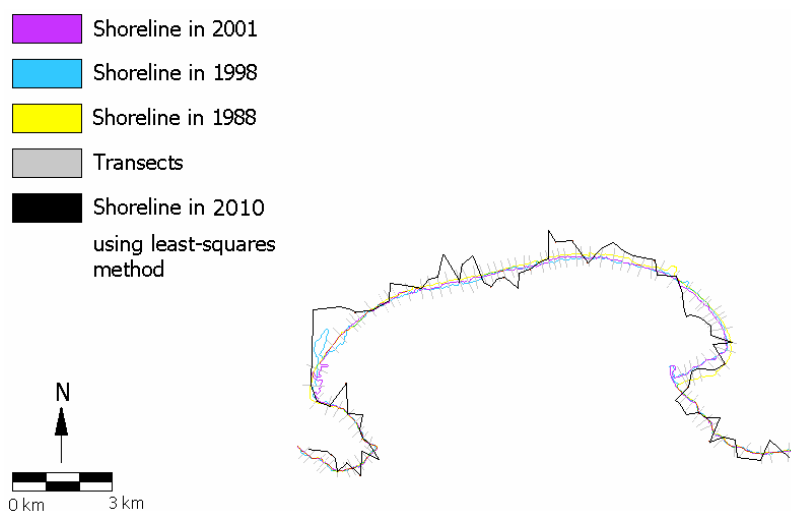
نقشه ۲. خط ساحلی هر سه سال و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ با روش نقطه آخر.



نقشه ۳. خط ساحلی هر سه سال و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ با روش میانگین نرخ‌ها.



نقشه ۴. خط ساحلی هر سه سال و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ با روش ترکیبی.

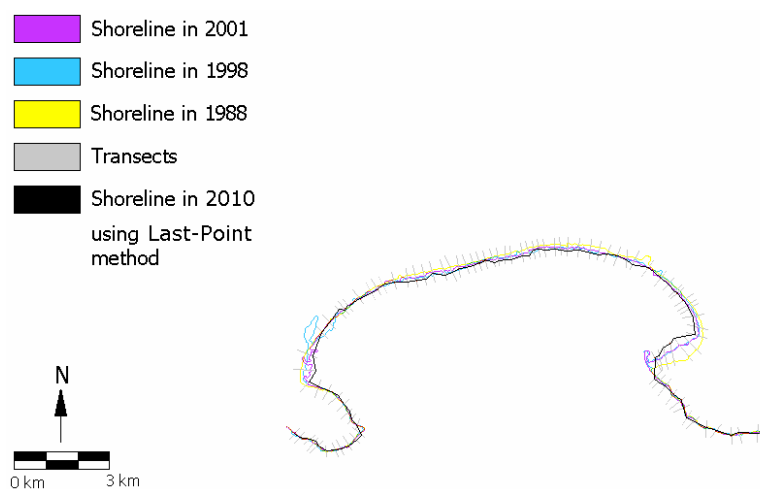


نقشه ۵. خط ساحلی هر سه سال و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۱۰ با روش حداقل مربعات.

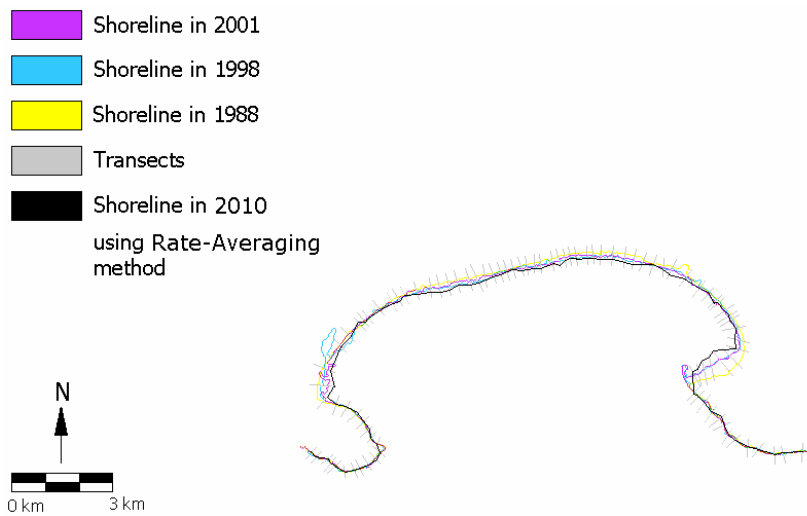
خلیج) دماغه‌های غربی و شرقی و در برخی از نواحی سواحل شمال غربی و شمال شرقی، تغییر می‌کند. این نتایج، به‌خصوص در نواحی دماغه‌های غربی و شرقی خلیج با نتایج حاصل از تفسیر و مقایسه دو عکس هوایی تهیه شده از منطقه مربوط به سال‌های ۱۳۳۵ و ۱۳۶۳ (جلالی و امام‌جمعه، ۱۳۷۵ و غریب رضا و همکاران، ۱۳۸۲) همخوانی دارد.

بررسی‌ها بیانگر مقبولیت و قابلیت اعتماد بیشتر روش ترکیبی (میانگین هر سه روش) است.

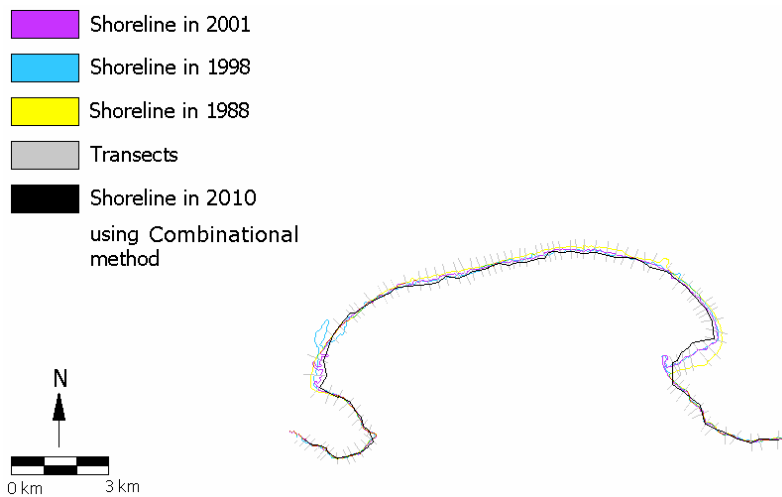
نقشه‌های ۶، ۷ و ۸ که نشان‌دهنده نتایج حاصل از کاربرد این روش‌ها (روش‌های نقطه آخر، میانگین نرخ‌ها و میانگین سه روش) برای پیش‌بینی نحوه تغییر موقعیت خط ساحلی تا ۲۰۱۰ هستند نیز مبین ادامه روند تغییرات برآورد شده برای ۲۰۰۵ و دقت مناسب پیش‌بینی‌های صورت گرفته هستند. بر اساس این پیش‌بینی‌ها موقعیت خط ساحلی در ۲۰۱۰ به صورت؛ پیشروی قابل توجه در پشت دماغه‌های غربی و شرقی (پشت موج‌شکن پزیم)، پیشروی ملایم در بخشی از سواحل شمالی و شمال شرقی، و نبود جابه‌جایی قابل توجه در نواحی بیرونی (خارج از



نقشه ۶. خط ساحلی هر سه سال و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۱۰ با روش نقطه آخر.



نقشه ۷. خط ساحلی هر سه سال و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۱۰ با روش میانگین نرخ‌ها.



نقشه ۸. خط ساحلی هر سه سال و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۱۰ با روش ترکیبی.

چابهار. دومین کنفرانس بین‌المللی سواحل، بنادر و

سازه‌های دریایی ایران، ص ۱۰۰-۱۰۹.

غریب رضا، م. ر.، معتمد، ا. و جلالی، ن.، ۱۳۸۲، گزارش

طرح تحقیقاتی بررسی تغییرات خطوط ساحلی استان

سیستان و بلوچستان. مرکز تحقیقات آب و

آبخیزداری کشور، ۴۰۲ ص.

منابع

آزرم‌سا، س.ع. و رزمخواه، ف.، ۱۳۸۵، بررسی موقعیت

خط ساحلی در خلیج چابهار با استفاده از داده‌های

ماهواره‌ای. مجله علمی و پژوهشی علوم زمین، تابستان

۸۵، سال پانزدهم، شماره ۶۰، ص ۸۷-۸۰.

جلالی، ن. و امام‌جمعه، س. ر.، ۱۳۷۵، بررسی روند

تغییرات نوار ساحلی حد فاصل خلیج‌های پُرم و

Chen, L. C. and J. Y. Rau, 1998, Detection of shoreline change for tideland area using multi-

- temporal satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, **19**, 3383-3397.
- Cracknell, A. P., 1999, Remote Sensing techniques in estuaries and coastal zones – an update. *International Journal of Remote Sensing*, **19**, 485-496.
- El-Asmar, H. M. and White, K., 2002, Changes in coastal sediment transport processes due to construction of New Damietta Harbour, Nile Delta. *Egypt Coastal Engineering* **46** (2002) 127–138.
- Foster, E. R. and Savage, R. J., 1989, Historic shoreline changes in Southwest Florida. *Coastal Zone '89*, American Society of Civil Engineers, New York, N. Y.
- Foster, E. R., Spurgeon, D. L. and Cheng, J., 2000, Shoreline change rate estimates, St. Johns County. Report No. BCS-00-03, Florida Department of Environmental protection, Office of Beaches and Coastal Systems.
- Fotheringham, D. G. and Goodwins, D. R., 1990, Monitoring the Adelaide Beach System. *Proceedings of the 1990, Workshop on Coastal Zone Management*, Yeppoon, Queensland.
- Li, R., Ma, R. and Di, K., 2002, Digital Tide-Coordinated Shoreline. *Journal of Marine Geodesy*, **25**, No. 1-2, 27-36.
- McBride, R. A., Penland, S., Hiland, M. W., Williams, S. J., Weasphal, K. A., Jaffe, B. E. and Sallenger, A. H., 1989, Analysis of Barrier Shoreline Change in Louisiana from 1853 to 1989. *Louisiana Barrier Island Erosion Study, Atlas of Shoreline Changes I-2150-A*.
- Ryu, J. H., Won, J. S. and Min, K. D., 2002, Waterline extraction from Landsat TM data in a tidal flat A case study in Gomso Bay, Korea. *Remote Sensing of Environment*, **83**, 442–456.
- Yamano, H., Shimazaki, H., Matsunaga, T., Ishoda, A., McClennen, C., Yokoki, H., Fujita, K., Osawa, Y. and Kayanne, H., 2006, Evaluation of various satellite sensors for waterline extraction in a coral reef environment: Majuro Atoll, Marshall Islands. *Geomorphology*, **82**, 398–411.