

بررسی موقعیت خط ساحلی در خلیج چابهار با استفاده از داده‌های ماهواره‌ای

نویسنده: دکتر سید علی آزر م‌سا* و فرهاد رزمخواه**

Study of Coastline Position in Chabahar Bay Using Satellite Data

By: Dr. S. A. Azarmsa* & F. Razmkhah*

چکیده

برای مدیریت بهینه سواحل، اطلاع از موقعیت گذشته، حال و آینده خط ساحلی و چگونگی تغییرات آن امری ضروری است. در حال حاضر، جدیدترین و اقتصادی‌ترین روش برای این منظور، استفاده از داده‌های ماهواره‌ای است. در این تحقیق با به کارگیری تصاویر ماهواره‌ای و پردازش آنها از یک سو و استفاده از دانش علوم دریایی از سوی دیگر، امکان بهره‌گیری از تصاویر ماهواره‌ای برای تهیه اطلاعات دریایی در زمینه تعیین موقعیت خط ساحلی و روند تغییرات آن فراهم شده است. با استفاده از سه تصویر ثبت شده توسط سنجنده تی-ام (Thematic Mapper) ماهواره لندست (Landsat) روند تغییرات خط ساحلی در خلیج چابهار در یک دوره ۱۳ ساله مورد بررسی قرار گرفته و موقعیت آن در سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ نیز پیش بینی شده است. برای استخراج موقعیت خط ساحلی ابتدا تصحیحات رادیومتریک و هندسی روی تصاویر انجام گردید. پیش بینیها با استفاده از چند روش مرسوم در دنیا انجام شد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که به دلیل فاصله زمانی نامنظم داده‌ها و تصاویر، روش کمترین مربعا به تنهایی روش مناسبی برای پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی نیست. با استفاده از نتایج حاصل، میزان تغییرات محدوده موج‌شکن کنارک و سواحل خاوری خلیج چابهار طی سه دوره، مورد بررسی و تحلیل شد. افزون بر این، موقعیت خط ساحلی در منطقه مطالعاتی در سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ نیز پیش بینی و بررسی شد.

کلید واژه‌ها: خط ساحلی، لندست، چابهار، داده‌های ماهواره‌ای، سنجنده تی-ام

Abstract

Managing coastal zones needs accurate and updated information about coastline position. Coastlines continuously change due to wave, tide, and etc. actions. Therefore, it is necessary to have enough information on coastline position not only in the present time, but also in the past and future in order to organize scientific and engineering activities in a coastal zone. Satellite data are the best and most economic method for collecting such data. In this paper, three images provided by TM sensor of Landsat satellite were used for extracting coastline positions and investigating their changes in a period of 13 years. The images were prepared for further processing like radiometric corrections and geocoding. Then shoreline position corresponding to each image was extracted and compared with others. Moreover, different prediction methods were employed to estimate shoreline position in 2005 and 2010. Data are not timely equidistant, therefore, the results of the least square method are not accurate enough. However, the results of other methods are acceptable.

Keywords: Shoreline, Landsat, Chabahar, Satellite data, T.M. Sensor

مقدمه

خط ساحلی، روش مقابله با تأثیرات منفی و روش بهره‌گیری از تأثیرات مثبت قابل تخمین می‌گردد.

قدیمی‌ترین روش که در حال حاضر نیز استفاده می‌شود، اندازه‌گیری فاصله نقاط مختلف ساحل نسبت به نقاط کنترل ثابت (Common set of Control Points) در خشکی است. بسیاری از داده‌های قدیمی با این روش به دست آمده‌اند. داده‌های خط ساحلی در لوئیزیانا ایالات متحده از سال ۱۸۵۳ به بعد با روش نقاط کنترلی ثابت به دست آمده‌اند (McBride et al., 1989). روشهای دیگر شامل مدل سازی رفتار و تغییر شکل سواحل، عکسبرداری هوایی و استفاده از تصاویر

خطوط ساحلی از مهم‌ترین عوارض زمینی بوده و همواره در حال تغییرات کوتاه مدت و بلند مدت هستند. این تغییرات ممکن است توسط عوامل طبیعی یا توسط بشر ایجاد شده باشند. حدود ۶۰ درصد از جوامع در مناطق ساحلی زندگی می‌کنند (Cracknell, 1999). داشتن آگاهی از رفتار خط ساحلی، به مدیریت سواحل، هنگام طراحی و احداث تأسیسات ساحلی و تعیین حاشیه امن ساحل کمک فراوانی می‌کند. پس از تعیین خط ساحلی در زمانها و دوره‌های مختلف و مقایسه‌های مربوط و بررسی علل و عوامل تغییرات، پیش بینی و تصمیم‌گیری در مورد موقعیتها و وضعیتهای بعدی خط ساحلی امکان پذیر می‌گردد. همچنین، با داشتن اطلاع از رفتار

روش استخراج خط ساحلی

ابتدا با استفاده از نرم افزار ER Mapper بر روی تصاویر تصحیحات رادیومتریک (Radiometric Correction) و تصحیح هندسی (Geocoding) صورت پذیرفت. سپس، از سه تصویر پنجره های کاملاً یکسان و منطبق تهیه گردید. در طیف مرئی در محدوده رنگ سرخ (از ۶۲۲ نانومتر تا ۷۸۰ نانومتر) بازتاب نور از ماسه و آب اختلاف قابل توجهی دارد (Lin et al., 2001). میزان بازتاب نور در هر حالت در شکل ۱ نشان داده شده است. با استفاده از این خاصیت خشکیها از تصاویر حذف و به جای عدد رقمی (Digital Number, DN) هر پیکسل معرف خشکی، عدد صفر قرار داده شد. بعد از این مرحله با استفاده از روش تشخیص لبه ها (Edge Detection in Image Processing) در پردازش تصاویر، نوار مرزی خط ساحلی مشخص شد. در این تحقیق، خط ساحلی مربوط به هر سه تصویر با استفاده از نرم افزار Matlab استخراج شد. مراحل انجام کار در شکل ۲ نشان داده شده است.

روش برآورد آهنگ تغییرات و پیش بینی خط ساحلی

روش مرسوم برای بررسی آهنگ تغییرات خط ساحلی، روش برشهای عرضی (Transects) است. این روش در تصاویری که موقعیت خط ساحلی در زمانهای مختلف در یک تصویر رسم شده اند به کار می رود. در روش برشهای عرضی در محل مورد نظر خطی عمود بر ساحل رسم می شود و مختصات محل های برخورد این خط عمود با خطوط ساحلی ثبت می شود. نقطه پیش بینی نیز روی همین خط قرار خواهد داشت. به طور کلی، پیش بینی موقعیت خط ساحلی به چهار روش انجام می شود (Foster et al., 1989):

الف) روش کمترین مربعات (Least Squares): در این روش نقاط در نمودار موقعیت بر حسب زمان رسم شده و خط یا منحنی بر آنها برازش می شود. نقطه پیش بینی از روی نمودار به دست می آید. این روش در حالتی که داده ها از نظر زمانی پراکندگی منظمی نداشته باشند، جواب قابل قبولی به دست نمی دهد. از طرفی اگر یکی از داده ها با بقیه آنها همخوانی مناسبی نداشته باشد، در جواب نهایی خطای زیادی ایجاد می کند.

ب) روش نقطه آخر (End-point): در این روش بسیار ساده، اولین نقطه و آخرین نقطه از نظر زمانی در نظر گرفته می شوند. سپس، اختلاف مکانی آنها بر اختلاف زمانی آنها تقسیم می شود و یک آهنگ رشد خط ساحلی برای منطقه مورد مطالعه به دست می آید. از این آهنگ و از موقعیت نقطه آخر استفاده می شود و نقطه پیش بینی به دست می آید. این روش در بسیاری از موارد جوابی قابل قبول به دست می دهد ولی فقط برای برآوردهای سریع

ماهواره ای است. در تحقیقی در سواحل جنوبی استرالیا، از همه روشها استفاده شد (Fotheringham and Goodwins, 1990). علاوه بر لندست از تصاویر ماهواره ای کونوس (IKONOS) نیز برای تحلیل موقعیت خط ساحلی استفاده می شود (Li et al., 2002).

روشهای سنجش از دور در عین ارزان بودن و بهره مندی از دقت بالا، امکان مشاهده و مدیریت پیوسته سواحل را فراهم می کنند (Chen and Rau, 1998). این مزایا موجب افزایش روز افزون بهره گیری از تصاویر ماهواره ای برای تعیین موقعیت خط ساحلی در دنیا شده است. متأسفانه این فناوری در ایران برای استفاده های دریایی هنوز توسعه نیافته است. عدم توجه به رفتار خط ساحلی و تغییرات آن در بعضی موارد موجب بروز مشکلاتی برای تأسیسات ساحلی می شود. برای مثال موج شکن پزم در استان سیستان و بلوچستان قبل از تکمیل به دلیل تجمع رسوبات دریایی در بخش درونی آن، عملاً بخش عمده ای از کارایی خود را از دست داده و با مشکل روبه رو شده است. با توجه به وجود سواحل طولانی در ایران و افزایش فعالیتهای عمرانی و مهندسی در نواحی ساحلی و موجود نبودن داده های کافی انجام تحقیقات و مطالعات در مورد خطوط ساحلی کشورمان، امری ضروری به نظر می رسد. متأسفانه تحقیقات و بررسیهای انجام شده در سواحل خلیج چابهار محدود بوده و ضرورت توجه بیشتر به این سواحل احساس می شود. به همین دلیل در این تحقیق به این امر پرداخته می شود. در این مقاله با استفاده از سه تصویر سنجنده تی-ام (TM) از خلیج چابهار، نحوه تغییرات خط ساحلی مورد بررسی قرار گرفته است. افزون بر این، با استفاده از روشهای مختلف، موقعیت خط ساحلی برای سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ پیش بینی شده است.

تصاویر ماهواره ای

تصاویر مورد استفاده سه تصویر ثبت شده توسط سنجنده تی-ام (TM) از ماهواره لندست در شرایط آسمان صاف، بدون ابر و بدون باد شدید هستند. بنابراین، پیش بینیها نیز برای شرایط مشابه زمان ثبت سه تصویر، معتبر هستند.

مختصات جغرافیایی تصاویر ماهواره ای مورد مطالعه به شرح زیر است:

- طول جغرافیایی ۲۸° ۲۳' ۶۰" تا ۳۸° ۰۳' ۶۰" خاوری
- عرض جغرافیایی ۱۴° ۱۶' ۲۵" تا ۲۷° ۰۱' ۲۵" شمالی

این سه تصویر از منطقه چابهار در تاریخهای زیر و در ساعت ۱۰ صبح توسط ماهواره لندست ثبت شده اند:

- تصویر سال ۱۹۸۸ در ۲۲ ژانویه ۱۹۸۸ معادل با ۲ بهمن ۱۳۶۶
- تصویر سال ۱۹۹۸ در ۱۸ ژوئن ۱۹۹۸ معادل با ۲۸ خرداد ۱۳۷۷
- تصویر سال ۲۰۰۱ در ۱ مه ۲۰۰۱ معادل با ۱۱ اردیبهشت ۱۳۸۱

کاربرد دارد. در روش نقطه آخر از داده‌های زمانهای میانی استفاده‌ای نمی‌شود.

ج) روش میانگین‌آهنگها (Rate Averaging): در این روش، زوج نقاطی که از نظر زمانی فاصله قابل توجهی دارند انتخاب می‌شوند. سپس، به روشی مشابه آنچه که برای روش نقطه آخر ذکر شد، آهنگهای تغییر موقعیت خط ساحلی مربوط به زوجهای مورد مطالعه محاسبه می‌شوند. میانگین این آهنگها، آهنگ پسروی یا پیشروی خط ساحلی را مشخص می‌کند. نقطه‌های پیش بینی حاصل از این روش، در بسیاری از موارد قابل قبول هستند. موارد استثنا، حالاتی هستند که عوامل محیطی روی شکل و حرکت خط ساحلی تأثیر می‌گذارند. اگر خط واصل بین دو نقطه که فاصله زمانی کمتری دارند شیب (آهنگ پیشروی) زیادی داشته باشد، کل آهنگ محاسبه شده تحت تأثیر قرار می‌گیرد و خط ایجاد می‌کند.

د) روش ترکیبی: این روش در واقع ترکیبی از سه روش ذکر شده در بالا است. Foster et al. (2000) صحت کارکرد این روش را بررسی کردند. ایشان از داده‌های قبل از سال ۱۹۹۲ خط ساحلی در ۱۹۹۹ را با استفاده از چهار روش برآورد کردند و آن را با اندازه‌گیریهایی در محل مطابقت دادند و به این نتیجه رسیدند که روش ترکیبی پیش بینی بهتری برای آینده به دست می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

پس از استخراج خط ساحلی نظیر هر تصویر، سه پنجره یکسان تهیه شده از هر تصویر روی هم قرار داده شدند تا مقایسه و محاسبات بعدی راحت‌تر انجام گیرد. آنگاه خطوط برش عرضی رسم شد. 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 بیشینه ۹۰۰ متر در نظر گرفته شده است.

در این تحقیق برای پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ از هر ۴ روش اشاره شده استفاده شد تا میزان دقت و کارایی هر یک تعیین و در مورد مناسب‌ترین روش نتیجه‌گیری شود.

نتایج محاسبات مربوط به برآورد آهنگ تغییرات خط ساحلی و پیش‌بینی موقعیت خط ساحلی برای سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ که با استفاده از روشهای مختلف صورت گرفته، در نقشه‌های ۱ تا ۸ ارائه شده است. همچنین، محاسبه طول خط ساحلی با استفاده از روش شمارش عکس‌اندازه‌ها (Pixels) انجام شده و نتایج مربوطه در جدول ۱ ارائه شده است.

محاسبات مربوط به پیشروی و پسروی خط ساحلی با استفاده از نرم افزار MATLAB انجام شده است. نتایج به دست آمده در جدول ۲ ارائه شده است.

با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست، از روش پیشنهادی برای استخراج خط ساحلی و با افزایش دقت، می‌توان مرز و مصب رودخانه‌ها و تغییرات ایجاد شده در محل اتصال آنها به دریا را نیز مشخص کرد. برای نمونه در نقشه ۸ مرز رودخانه فصلی واقع در ناحیه شمال خاوری خلیج چابهار قابل مشاهده است. تغییر قابل توجه در خلیج چابهار در بخش خاوری در محدوده تیس و پلاژهای ساحلی رخ داده است. در این منطقه به دلیل شیب کم بستر دریا، رسوبگذاری و فرسایش خط ساحلی را خیلی بیشتر از سایر مناطق جابه‌جا می‌کند. در ناحیه شمال خاوری خلیج چابهار رودخانه فصلی باعث تغییراتی شده است. پیش‌بینیهای انجام شده برای موقعیت خط ساحلی در سالهای ۲۰۰۵ و ۲۰۱۰ نیز ادامه روند تغییرات در منطقه یاد شده را نشان می‌دهند. برای مثال براساس محاسبات انجام شده، در بخشی از سواحل این منطقه، در سال ۲۰۰۵ خشکی در دریا پیشروی خواهد کرد و این پیشروی تا سال ۲۰۱۰ نیز ادامه خواهد داشت.

نقشه‌های ۱ و ۵ نتایج پیش بینی موقعیت خط ساحلی با استفاده از روش کمترین مربعا را نشان می‌دهند. مشاهده می‌شود که نتایج این روش در برخی نواحی مانند شمال خاوری و شمال باختری خلیج و دماغه باختری با نتایج حاصل شده از روشهای دیگر تفاوت قابل توجه دارد. به طوری که جایی بیش از اندازه خط ساحلی در این نواحی که بر اساس این روش پیش بینی شده است، غیر واقعی و دور از انتظار به نظر می‌رسد. لذا کاربرد این روش بدون اتخاذ تمهیدات و کنترل‌های مختلف توصیه نمی‌شود. همان‌گونه که پیشتر ذکر شد، دلیل حصول نتایج دست بالا به هنگام استفاده از روش کمترین مربعا برای پیش بینی موقعیت خط ساحلی، نامنظم بودن فاصله زمانی داده‌ها است. نقشه‌های ۲، ۳ و ۴ به ترتیب نتایج مربوط به کاربرد روشهای نقطه آخر، میانگین آهنگها و میانگین سه روش را برای پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهند. هر سه روش پیش بینی خوب و منطقی را برای محدوده موج‌شکن کنارک و سواحل خاوری خلیج چابهار ارائه می‌دهند. نقشه‌های ۶، ۷ و ۸ که نشان دهنده نتایج حاصل از این روشها برای پیش بینی نحوه تغییر موقعیت خط ساحلی تا سال ۲۰۱۰ هستند نیز مبین ادامه منطقی روند تغییرات و دقت مناسب پیش‌بینیهای انجام شده برای سال ۲۰۰۵ هستند. پیش بینی پیشروی خشکی در دریا در بخش جنوبی موج‌شکن کنارک با هر سه روش، با توجه به رسوبگذاری شدید و کاهش عمق در این مناطق، ادامه روند رسوبگذاری در آینده را تأیید می‌کند.

جمع‌بندی

- تعیین موقعیت خط ساحلی و بررسی میزان و نحوه تغییرات آن با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای امکان‌پذیر است.

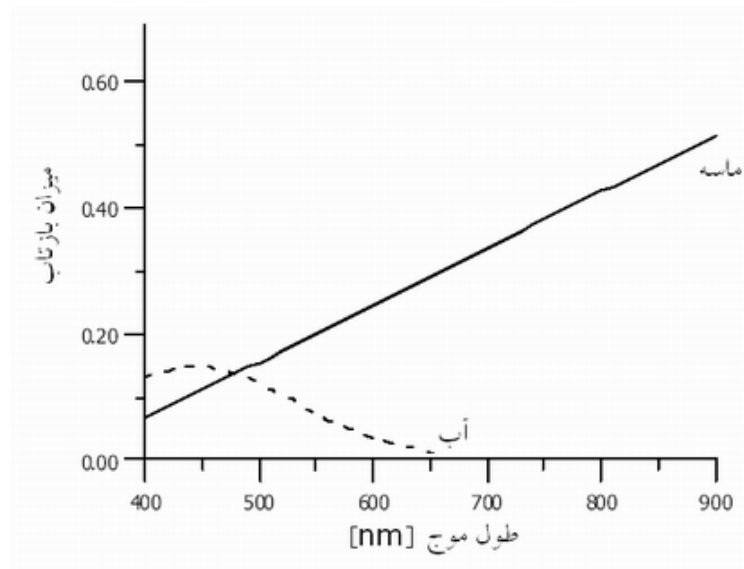
- طی سالهای ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۱ در طول خط ساحلی خلیج چابهار در ۳۹٪ مناطق خط ساحلی در دریا پیشروی کرده است، در ۲۰٪ مناطق دریا در خشکی پیشروی کرده است و در ۴۱٪ مناطق خط ساحلی تغییر نکرده است.
- نتایج روش ترکیبی برای پیش بینی موقعیتهای آتی خط ساحلی منطقی، قابل قبول و قابل اعتماد هستند.

جدول ۱- طول خط ساحلی محاسبه شده برای سالهای مورد مطالعه

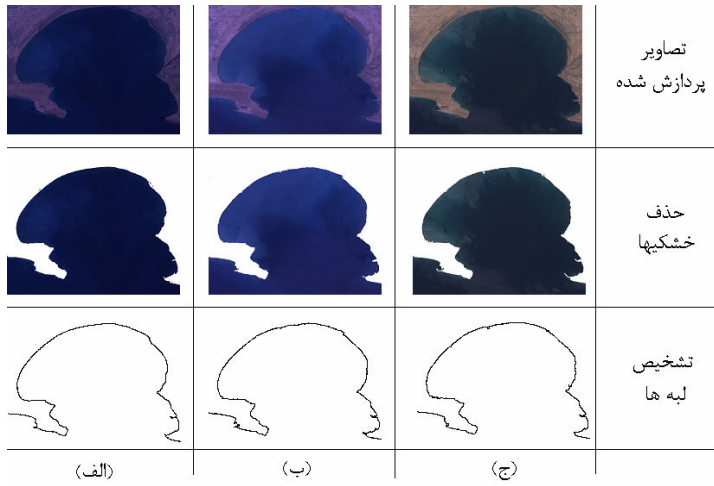
سال	طول خط ساحلی [m]
۱۹۸۸	۷۴۳۲۰
۱۹۹۸	۷۸۲۵۰
۲۰۰۱	۷۵۳۳۹

جدول ۲- درصد پیشروی و پسروی خط ساحلی در دوره های مورد مطالعه

فاصله زمانی	پسروی	پیشروی	ثابت مانده
از ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۸	٪۲۱/۸	٪۳۱/۶	٪۴۶/۶
از ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۱	٪۱۶/۳	٪۷۰/۳	٪۱۳/۴
از ۱۹۸۸ تا ۲۰۰۱	٪۲۰	٪۳۹/۷	٪۴۰/۳



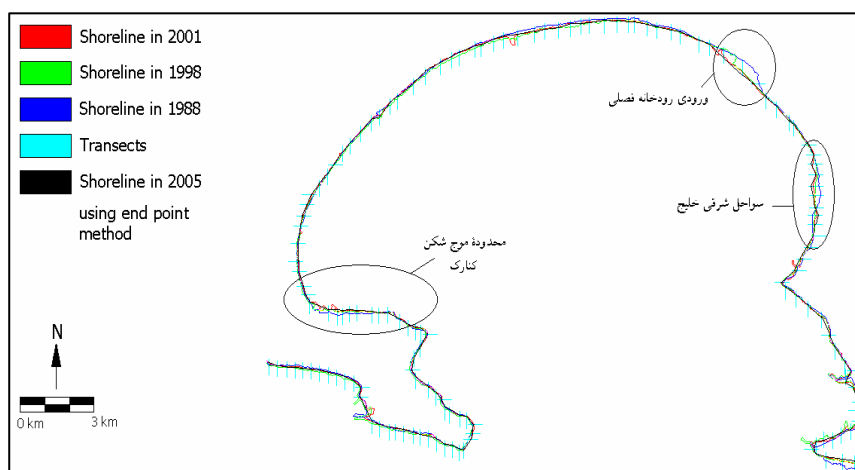
شکل ۱- میزان بازتاب نور از آب و ماسه در طیف مرئی



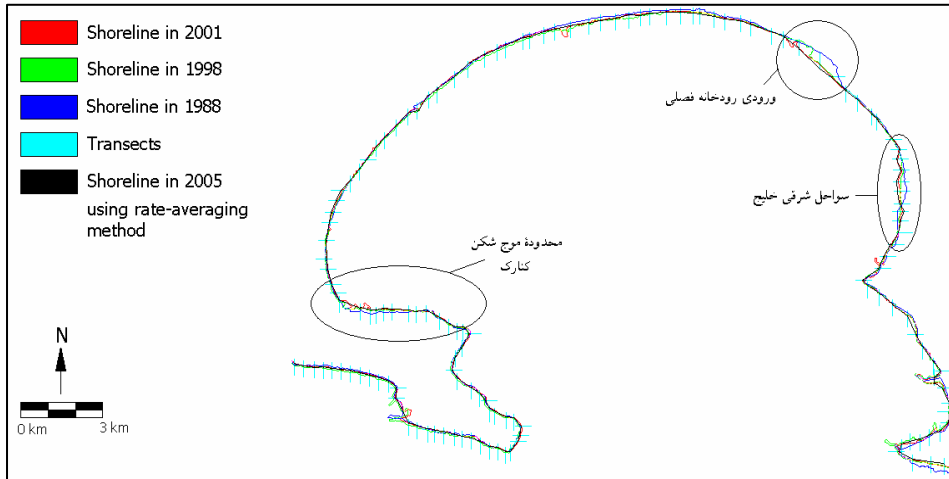
شکل ۲- مراحل استخراج خط ساحلی، الف) تصویر سال ۱۹۸۸، ب) تصویر سال ۱۹۹۸، ج) تصویر سال ۲۰۰۱



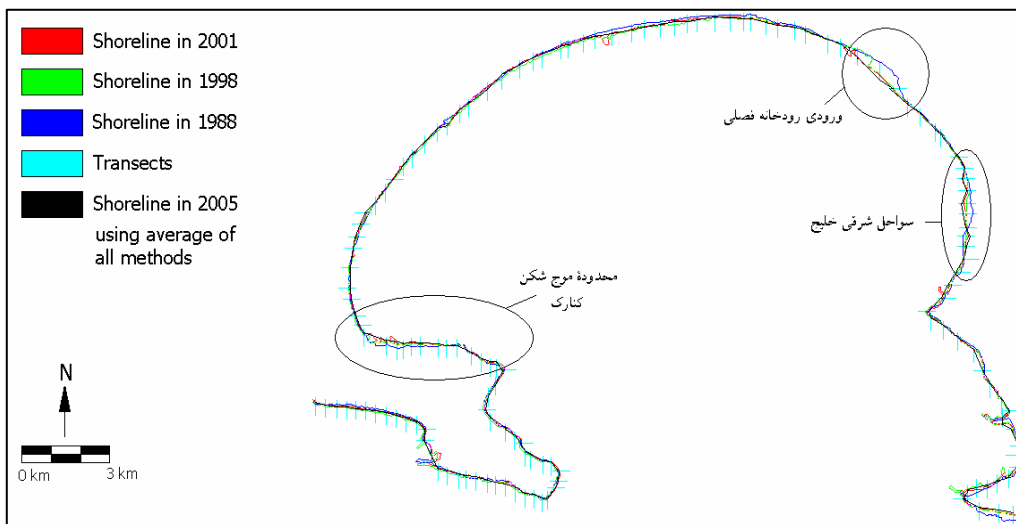
نقشه ۱- خط ساحلی هر سه سال و پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ با روش کمترین مربعات



نقشه ۲- خط ساحلی هر سه سال و پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ با روش نقطه آخر



نقشه ۳- خط ساحلی هر سه سال و پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ با روش میانگین آهنگها



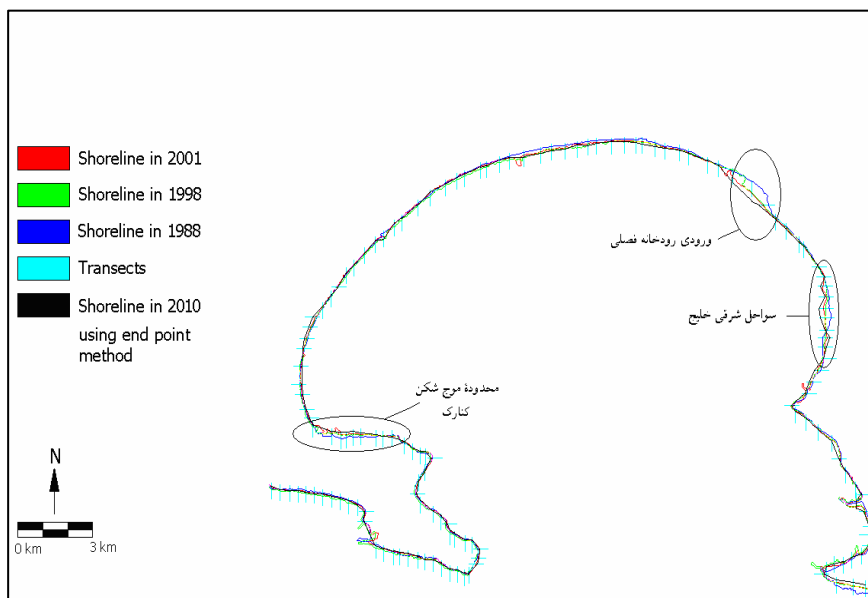
نقشه ۴- خط ساحلی هر سه سال و پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۰۵ با روش میانگین سه روش



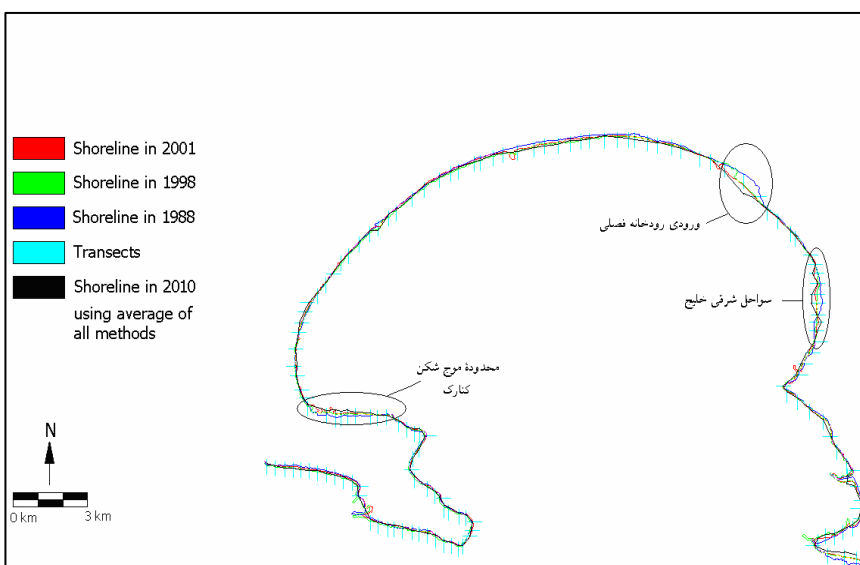
نقشه ۵- خط ساحلی هر سه سال و پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۱۰ با روش کمترین مربعات



نقشه ۶- خط ساحلی هر سه سال و پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۱۰ با روش میانگین آهنگها



نقشه ۷- خط ساحلی هر سه سال و پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۱۰ با روش نقطه آخ



نقشه ۸- خط ساحلی هر سه سال و پیش بینی موقعیت خط ساحلی در سال ۲۰۱۰ با روش میانگین سه روش



References

- Chen, L. C., and Rau, J. Y., 1998- Detection of shoreline change for tideland area using multi-temporal satellite images. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 17, 3383-3397.
- Cracknell, A. P., 1999- Remote Sensing techniques in estuaries and coastal zones – an update. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 19, No. 3, 485-496.
- Foster, E. R., 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., 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., Goodwins, D.R., 1990-Monitoring the Adelaide Beach System, Proceedings of the 1990, Workshop on Coastal Zone Management, Yeppoon, Queensland.
- Li, R., Ma, R. , Di, K., 2002- Digital Tide-Coordinated Shoreline, *Journal of Marine Geodesy*, Vol. 25, No. 1-2, pp. 27-36, 2002.
- Lin, T. H., Liu, G. R., Chen, A. J., Kuo, T. H., 2001-Applying Satellite Data for shoreline determination in tideland areas. Paper presented at the 22nd Asian Conference on Remote Sensing, Singapore, 5 – 9 November 2001.
- McBride, R. A., Penland, S., Hiland, M. W., Williams, S. J., Weasphal, K. A., Jaffe, B. E. ,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.

* دانشکده علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس

* Faculty of Marine Sciences, Tarbiat Modarres University