بررسی رسوبگذاری و جهت جریان آن با مدل‌سازی نرم‌افزاری جریان در سواحل کوه مبارک

محمد اکبری
کارشناس هیدروگرافی

خدایار سپهوند
کارشناس هیدروگرافی

مهدی کریمی
کارشناس ارشد هیدرولیک

چکیده

در این پژوهش سواحل کوه مبارک از نقطه‌نظر وضعیت جریان و رژیم رسوب‌گذاری و فرسایش مورد ارزیابی قرار گرفته است. جهت مدل‌سازی جریان، از نرم افزار MIKE-21 با استفاده از اطلاعات آبنگاری سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح در این منطقه، بهره‌جویی شده است. همچنین تصاویر هوایی و ماهواره‌ای سواحل کوه مبارک در طی سال‌های گذشته جهت ارزیابی تغییرات خطوط ساحلی مورد استفاده قرار گرفته است. در مطالعات انتقال رسوب، تغییرات عمق در پروفیل‌هایی در شمال و جنوب بندر کوه مبارک نیز با استفاده از اطلاعات دوره‌های هیدروگرافی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

جهت شناخت وضعیت هیدرودینامیک و جریان در یک منطقه از ابزار مدل‌سازی استفاده شده است که با اندازه‌گیری‌های میدانی صحت سنجی و کالیبره شده است.

در مدل‌های ارائه شده، جهت جریان غالب در ابتدای این سواحل از سمت جنوب شرقی به شمال غربی و در انتهای آن از جنوب به شمال می‌باشد. با مقایسه تصاویر هوایی و ماهواره‌ای در مقاطع زمانی مختلف می‌توان تغییرات خط ساحل و نقاط فرسایش و رسوبگذاری ساحل را به خوبی تشخیص داد. بنابراین ازتصاویر هوایی سال ۱۹۶۸ و ۱۹۹۵ میلادی و تصویر ماهواره‌ای Geoeye ۲۰۱۰ میلادی استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی: توسعه سواحل، مدل‌سازی جریان، رژیم رسوبگذاری، تغییرات خطوط ساحلی، سواحل کوه مبارک.

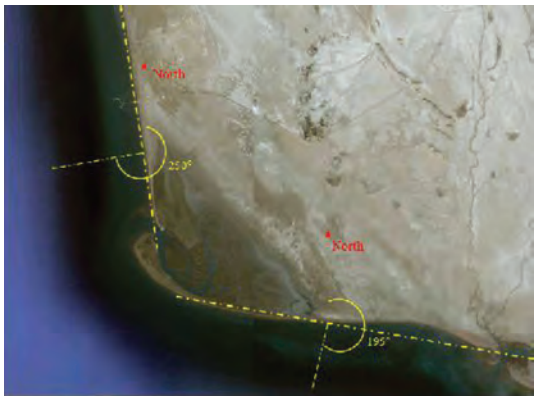
۱- مقدمه

از شاخص‌های مهم توسعه در یک منطقه، فقرزدائی و ایجاد اشتغال در آن منطقه است، که عدم توجه به این امر، باعث رشد فقر در همه زمینه‌ها و به تبع آن، تشدید پدیده مهاجرت که از معضلات پیشروی ملل در حال توسعه می‌باشد، خواهد شد. از اصلی‌ترین زمینه‌های توسعه در شهرهای ساحلی، رویکرد توسعه بنادر در آن منطقه می‌باشد. در محیط‌های ساحلی، تأثیر امواج و جریانات ساحلی و همچنین تقابل رودها و دریا و علاوه بر آن اثر وزش باد در حضور ماسه‌زارهای وسیع و ... همگی از عوامل تغییردهندهٔ شرایط مورفولوژیک محسوب می‌شوند. در غالب سواحل، تغییرات ناشی از موارد فوق‌الذکر با سرعت بسیار پایینی صورت می‌پذیرد و در واقع تقابل ساحل و عوامل تغییردهندهٔ آن در پایداری نسبی می‌باشند. چنانچه تغییراتی بر طبیعت دریایی منطقهٔ ساحلی اعمال گردد، روند طبیعی عملکرد متقابل دریا و ساحل از حالت پایدار و ماندگار خارج شده و واکنش‌هایی جهت رسیدن به پایداری جدید در منطقه به وجود خواهد آمد. این واکنش‌ها در قالب رسوب- گذاری، فرسایش و تغییرات خط ساحل بروز می‌نمایند و تا زمان پایداری یا تعادل مجدد طبیعت ادامه می‌یابد. از این میان مشخصاً پروژه‌های اجرا شده و طرح‌های ساخت دست بشر، نوعی تداخل در روند طبیعت محسوب شده و تعادل و پایداری سواحل را برهم زده و باعث شروع تغییراتی در منطقه ساحلی پروژه می‌گردد که تاسالیان دراز ادامه می‌یابد و تا رسیدن به پایداری مجدد ادامه دارد. از آنجا که حالت پایدار جدید می‌تواند مغایر با عملکرد مطلوب سازه‌ها و تأسیسات ساخته شده باشد، بررسی و پیش‌بینی فرآیندها و اتخاذ روش‌هایی برای مواجهه با اثرات ناخواسته آنها به منظور مدیریت و برنامه‌ریزی سواحل و بنادر حائز اهمیت می‌باشد. علاوه بر آن شناخت فرآیندهای ساحلی در سواحل بکر و دست نخورده برای ارائه برنامه‌های مدیریتی و انجام پروژه‌های مهندسی آینده الزامی است.

کوه مبارک یکی از شهرهای استان هرمزگان در جنوب ایران و شرق استان هرمزگان است. این شهر در بخش بیابانی شهرستان جاسک و درکرانهٔ دریای عمان واقع شده است. ازطریق راه اصلی در ۱۵۵ کیلومتری میناب و ٦٥ کیلومتری جاسک قرار دارد. آب و هوای منطقه کوه مبارک از نوع گرم و مرطوب می‌باشد و پوشش گیاهی بسیار ناچیزی در منطقه دیده می‌شود و میزان بارندگی‌های منطقه بسیار کم است. با توجه به وضعیت نامناسب شرایط کشاورزی، عمده فعالیت ساکنان این منطقه ماهیگیری است که این مسئله اهمیت بنادر صیادی این خطه از کشور را دو چندان می‌سازد. بندر چند منظوره کوه مبارک در سواحل شهر کوه مبارک واقع شده است. منطقه کوه مبارک همواره یکی از مناطق مورد نظر جهت احداث بندر صیادی بوده است که مطالعات فاز ۱ این بندر در سال ۱۳٦۹ توسط مهندسین مشاور سازه‌پردازی انجام پذیرفته است. کار احداث این بندر از سال ۱۳۸۳ (۲۰۰٤ میلادی) آغاز گردیده و ساخت آن در سال۱۳۸۹ (۲۰۱۰ میلادی) پایان یافته و در حال حاضر دارای تأسیسات خاصی نمی‌باشد.

۲- مشخصات ساحل منطقه

از مشخصه‌های مهم و تأثیرگذار ساحل، در مطالعات سواحل و از جمله مطالعات انتقال رسوب و تغییرات خط ساحل، راستای خط ساحل در منطقه می‌باشد. لذا معمولاً در مطالعات، این راستا را به وسیله زاویه بین خط عمود بر ساحل و شمال جغرافیایی معرفی می‌نمایند. این زاویه از این حیث که نحوه تأثیر امواج در فرآیند رسوبی، همچنین بردارهای موازی و عمود بر ساحل جریانات را می‌شناساند دارای اهمیت است. همانطورکه در نگاره ۱ نشان داده شده است، زاویه عمومی خط عمود بر ساحل با شمال جغرافیایی با در منطقه حوالی بندر کوه مبارک حدود ۲۵۰ درجه (ساعتگرد از راستای شمال) می‌باشد.



نگاره ۱- راستای عمومی خط ساحل نسبت به شمال جغرافیایی در منطقه کوه مبارک

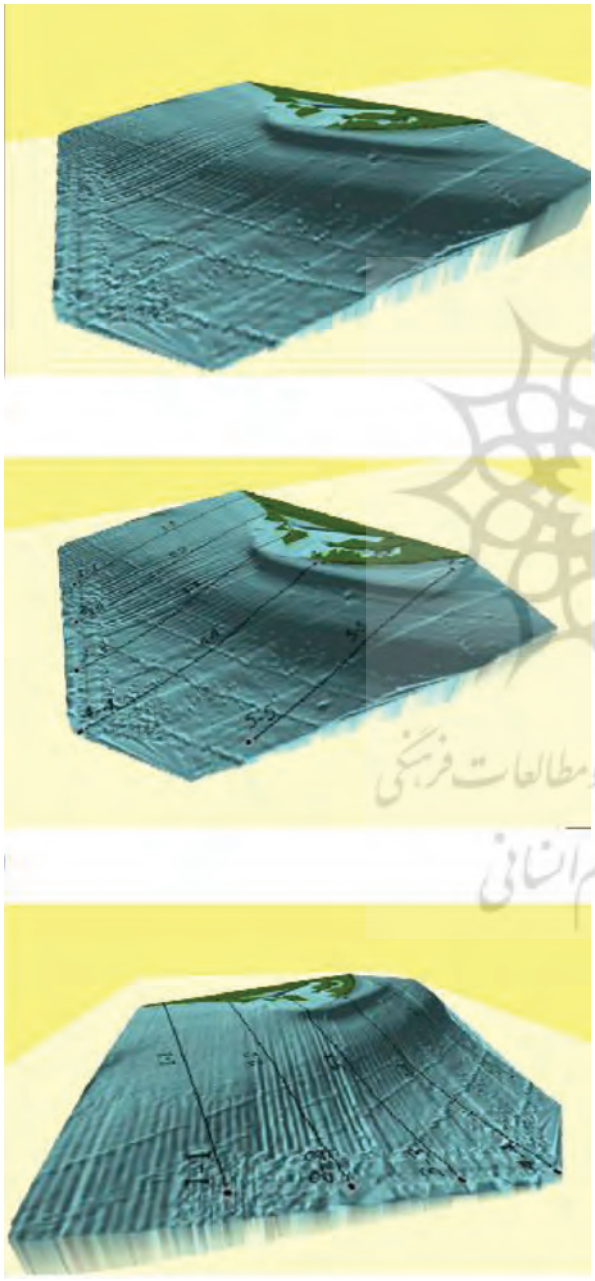
از دیگر مشخصه‌های ساحل که در مطالعات انتقال رسوب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است مقاطع عرضی ساحل در محدوده طرح می‌باشد. بدین منظور با استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری عمق (هیدروگرافی سازمان جغرافیایی) منطقه، مقاطع عرضی استخراج شده و جهت مقایسه در دوره‌های زمانی گذشته مورد استفاده قرار گرفته است. در نگاره ۲ وضعیت کلی بستر مربوط به سواحل منطقه کوه مبارک و هم چنین موقعیت مقاطع عرضی انتخاب شده جهت مقایسه در نگاره ۳ نشان داده شده است.

۳- وضعیت جریان منطقه

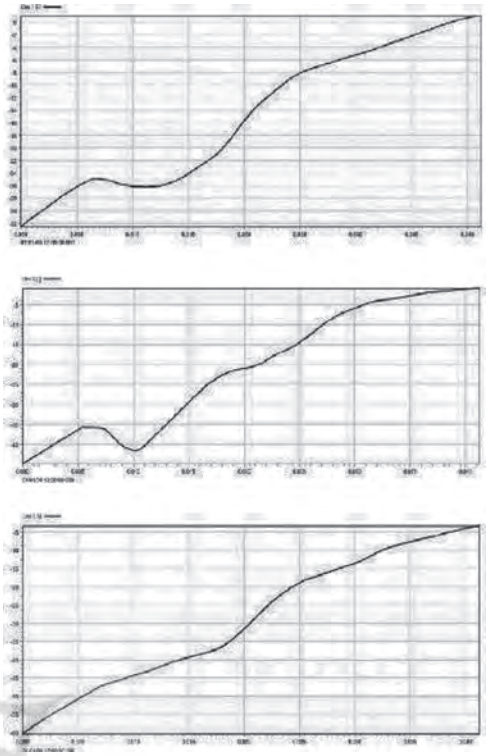
اولین و مهمترین مطالعاتی که در توسعه ساحلی انجام می‌گیرد، مطالعات هیدرودینامیکی مربوط به آن منطقه است. از جمله پارامترهای مهمی که معرف شرایط هیدرودینامیک منطقه می‌باشد، شرایط میدان جریان‌های ساحلی در منطقه است. جهت شناخت وضعیت هیدرودینامیک و جریان در یک منطقه از ابزار مدل‌سازی استفاده شده است که با اندازه‌گیری‌های میدانی صحت‌سنجی و کالیبره شده است.

ابعاد شبکه محاسباتی طراحی شده در مدل حاضر در امتداد ساحل و عمود بر آن به ترتیب در حدود ۲۲ و ۲۵ کیلومتر بوده که شامل ۲۶۴۱۵ المان محاسباتی می‌باشد. بیشینه طول میانگین ابعاد المان‌ها در مرزهای آب‌های عمیق در حدود ۳۰۰ متر بوده و با نزدیک شدن به مرزهای خشکی مقدار آن کاهش یافته، بطوریکه طول ابعاد ریزترین المان‌ها در محدوده دستگاه اندازه‌گیری در حدود ۲۸ متر است.

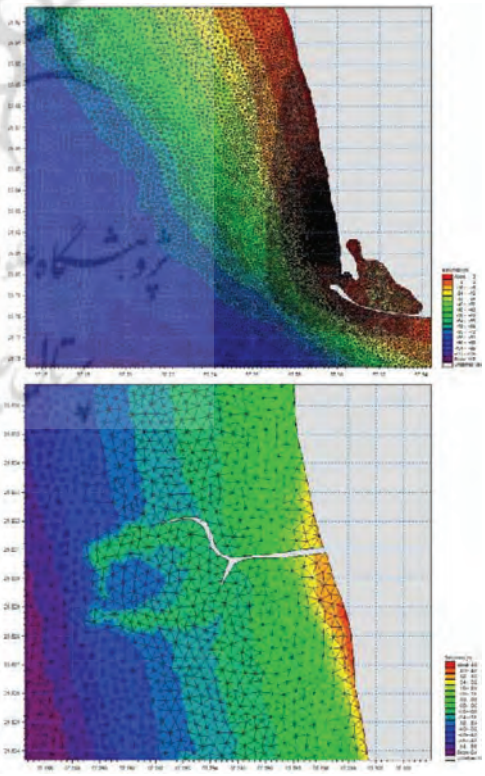
در اینجا به معرفی شرایط جریان‌های جزرومدی پرداخته شده است که بعضاً نقش قابل ملاحظه‌ای در انتقال رسوب ساحلی دارد. نحوه انتخاب موقعیت و نوع داده‌های مرزی به گونه‌ای است که کمترین رخداد خطای محاسباتی پیرامون مرزهای باز وجود داشته باشد، در ضمن بتوان الگوی درستی از جریان جزرومدی ایجاد شده در دهانه ورودی خور کوه مبارک و بندر آن شبیه‌سازی نمود. عمق‌یابی و مش‌بندی استفاده شده وگلجریان‌های عمق ۱۰ متری بدست آمده در سواحل کوه مبارک با استفاده از مدل عمومی جریان، توسعه داده شده که در مرکز مدلسازی پدیده‌های اقیانوسی می‌باشد، در نگاره ٤ نمایش داده شده است. در مرحله واسنجی مقدار عدد مانینگ در دامنه مدل طی اجراهای مکرر و بر مبنای مقایسه سرعت‌های مدل‌سازی شده و اندازه‌گیری در موقعیت نصب ایستگاه هایدرا واقع در جنوب بندر کوه مبارک در عمق ۰/۹۷ متر بهینه می‌گردد (نگاره ۵). به این صورت که با فرض ثابت بودن دیگر شرایط ورودی، مدل برای اعداد مانینگ مختلف (برابر با ٤۰، ۵۰، ٦۰ و ۷۰ m1/3/s) بطور ثابت برای دوره واسنجی (نیمه ابتدایی کل دوره اندازه گیری) اجرا و نتایج آنها مورد بررسی قرار گرفت.



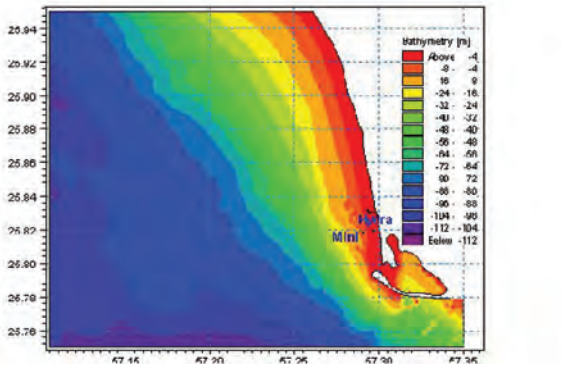
نگاره ۲- وضعیت کلی بستر و محل پروفیل‌های انتخابی در منطقه کوه مبارک با استفاده از اطلاعات هیدروگرافی سازمان جغرافیایی



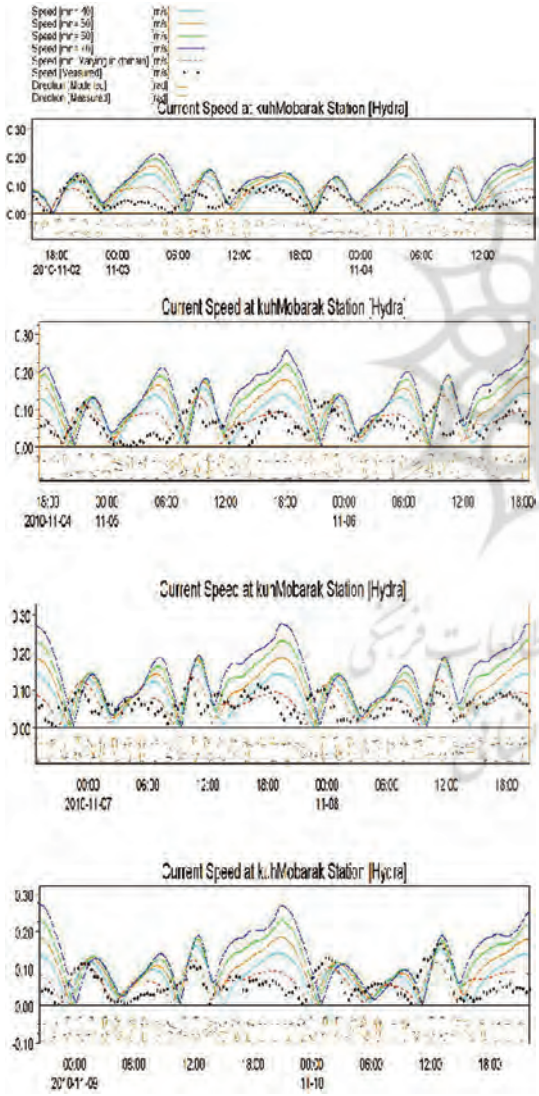
نگاره ۳- مقاطع عرضی انتخاب شده در منطقه



نگاره ۴- وضعیت عمق‌یابی و مش‌بندی استفاده شده در مدل جریان و مش‌بندی مربوط به کوه مبارک



نگاره ۵- محل ایستگاه هایدرا در جنوب بندر کوه مبارک



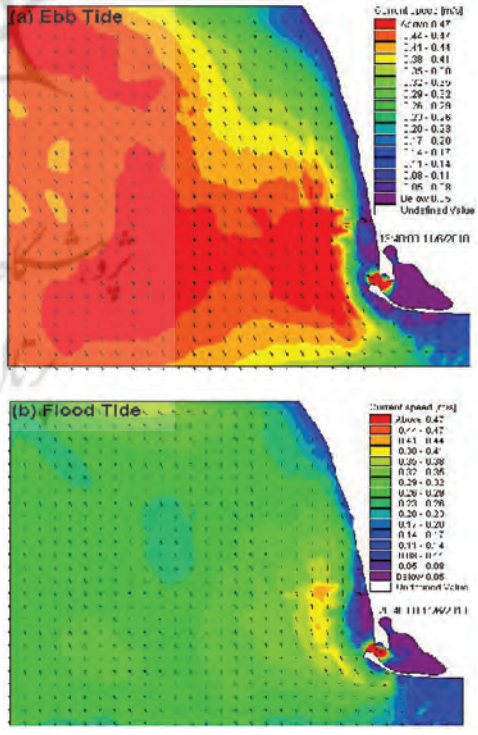
نگاره ۶- مقایسه تاریخچه زمانی سرعت‌های جزر و مدی مدل‌سازی شده به ازای اعداد مانینگ مختلف و داده‌های اندازه‌گیری در موقعیت ایستگاه کوه مبارک [هایدرا]

به عنوان نمونه در نگاره ٦ مقایسه تاریخچه زمانی سرعت‌های مدلسازی و برداشت شده در موقعیت ایستگاه‌های مذکور به ازای اعداد مانینگ مختلف (به ۳۰، ٤٠، ٥٠ و ٦٠) برای یک دوره کوتاه ارائه شده و نشان می‌دهد که بیشترین تطابق داده‌های اندازه‌گیری با نتایج مدل‌سازی به ازای اعداد مانینگ در حدود ٤٠ می‌باشد. در نگاره‌های ۷ و ۸ الگوی جریان در موقعیت زمانی مهکشند و کهکشند آمده است. همچنین در نگاره‌های ارائه شده به عنوان گل جریان، جهت ارائه شده برای جریان، نشاندهنده جریان به سمت آن جهت است، بنابراین جهت جریان غالب در ابتدای این سواحل از سمت جنوب شرقی به شمال غربی و در انتهای آن از جنوب به شمال می‌باشد.

با توجه به اطلاعات جریان، در ابتدای سواحل مقدار سرعت میانگین جریان ۰/۰۹۵ و مقدار حداکثر آن ۰/۲۹۵ متر بر ثانیه و در انتهای سواحل، مقدار سرعت میانگین جریان۰/۰۸۲ و مقدار حداکثر آن ۰/۲۱۵ متر بر ثانیه می‌باشد.

٤- وضعیت رژیم رسوبگذاری

رسوبگذاری از جمله مسائل مهم بنادر می‌باشد که هرساله هزینه‌های بسیار گزافی را برای تداوم بهره‌وری، بر دوش مسئولان می‌گذارد. مطالعه و بررسی دقیق فرآیندهای رسوبی و تعیین میزان رسوبگذاری و فرسایش و تغییرات خط ساحل از مطالعات پایه و مهم برای ساخت و توسعه بنادر می‌باشد. تصاویر هوایی و ماهواره‌ای می‌توانند در بررسی و شناخت رژیم انتقال رسوب و مورفولوژی ساحلی یک منطقه نقش بسزایی داشته باشند.



نگاره ۷- توزیع الگوی جریان در موقعیت زمانی مهکشند

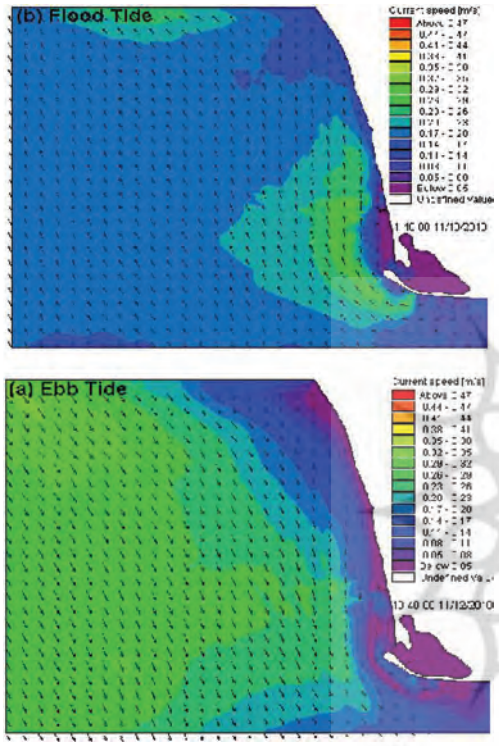
با مقایسه این تصاویر می‌توان تغییرات خط ساحل و نقاط فرسایش و رسوبگذاری ساحل را به خوبی تشخیص داد.

تصاویر ماهواره‌ای و هوایی زیر برای سواحل جاسک موجود بوده که تصاویر هوایی تنها دماغه جاسک را پوشش می‌دهند. این تصاویر در کنار اندازه‌گیری‌های داغ آب ساحلی جهت بررسی تغییرات خطوط ساحلی مورد استفاده قرار گرفته است.

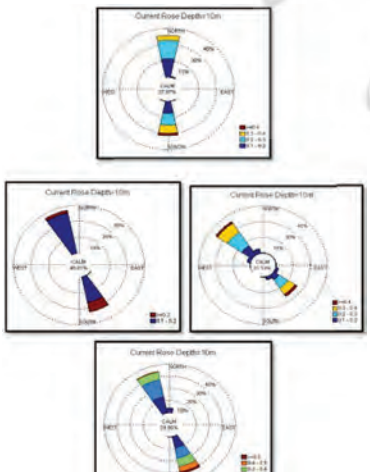
تصویر هوایی سازمان نقشه‌برداری کشور سال ۱۹٦۸ میلادی

تصویر هوایی سازمان نقشه‌برداری کشور سال ۱۹۹۵ میلادی

سال ۲۰۱۰ میلادی **Geoeye** تصویر ماهواره‌ای

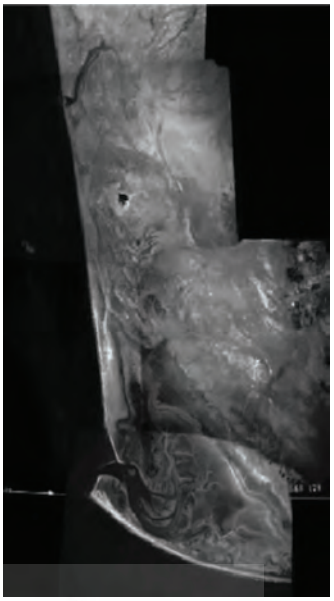


نگاره ۸- توزیع الگوی جریان در موقعیت زمانی کهکشند



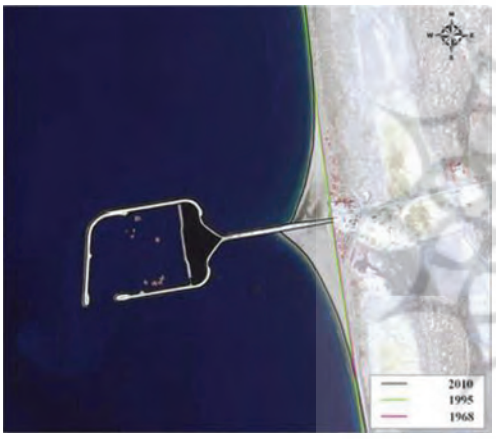
نگاره ۹- گلجریان‌های غالب سواحل کوه مبارک در عمق ۱۰ متری به ترتیب از شمال به جنوب

با بررسی خطوط ساحلی در زمان‌های مختلف و مقایسهٔ آنها با یکدیگر، الگو و همچنین میزان فرسایش یا رسوبگذاری در مناطق مختلف بدست می‌آید. بدین منظور ابتدا خط ساحلی منطبق برخط داغ آب (بالاترین خط اثر آب بر ساحل) برای ناحیهٔ اطراف کوه مبارک برای کلیه تصاویر در دسترس ۱۹۹۵ و ۲۰۱۰ در ناحیهٔ بندر کوه مبارک نشان داده شده، رسم شده است. در نگاره ۱۳ خطوط ترسیم شده داغ آب در تصاویر هوایی سال‌های ۱۹٦۸ است. با توجه به شروع به ساخت سازه در سال ۲۰۰۳ توقع تغییر خط ساحل در سال‌های پیش از آن نمی‌رفته است که این مورد در تصویر مشهود است. در سال‌های پس از ساخت سازه تا سال ۲۰۱۰، پیشروی خط ساحل به سمت دریا در سواحل شمالی حدود ۱۵۰ متر و در ساحل جنوبی ۱۹۰ متر در نزدیکی موج‌شکن بوده است. مساحت پیشروی در ساحل شمالی ۳۰ هزار مترمربع و در ساحل جنوبی ٤۰ هزار مترمربع بوده است. حجم رسوبگذاری قابل تشخیص از این تصاویر در ساحل شمالی حدوداً ۱۷ هزار مترمکعب و در ساحل جنوبی حدوداً ۲۸ هزار مترمکعب بوده است.



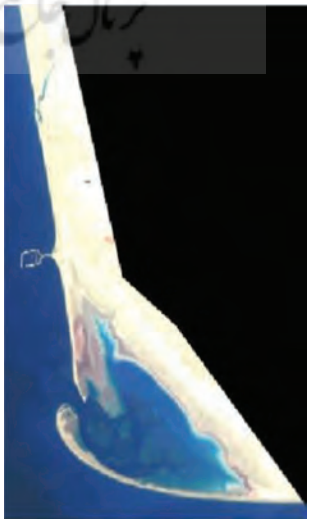
نگاره ۱۰- تصویر هوایی سازمان نقشه‌برداری کشور سال ۱۹۶۸

نگاره ۱۱- تصویر هوایی سازمان نقشه‌برداری کشور سال ۱۹۹۵



نگاره ۱۳- مقایسه تغییرات خط ساحلی بندر کوه مبارک سال ۲۰۱۰

منطقهٔ کوه مبارک سواحلی ماسه‌ای دارد که در بین چندین خور با پهنه‌های جزر و مدی محصور شده است. هرچند امواج با ارتفاع نسبتاً بالا (بالای یک متر) هم در این منطقه در مواقعی اتفاق می‌افتد ولی بیش از ۸۰ درصد مواقع شرایط آرامش (امواج با ارتفاع کمتر از ۵۰ متر) در این منطقه حاکم است؛ سرعت جریان جزرومدی موازی ساحل نیز اغلب کمتر از۰/۳ متر بر ثانیه می‌باشد. به طور کلی منطقه کوه مبارک منطقه کم انرژی محسوب می‌شود. با این وجود به نظر می‌رسد حضور خور-مصب‌ها و آورد رسوبی رودهای منطقه، تأثیر شاخصی بر شرایط داشته باشد. همانطورکه در نگاره ۱٤ دیده می‌شود خور-مصب وسیع مبارک در جنوب و دو خور-مصب دیگر در شمال بندر کوه مبارک قرار دارد. وسعت خور- مصب مبارک باعث تغییر کلی رفتار ساحل و حاکم شدن شرایط عمومی خورها در آن حوالی گشته است. آنچه حائز اهمیت است منبع رسوبی منطقهٔ جنوبی در خور-مصب مبارک و آورد رسوب آن به سمت شمال در منطقهٔ بندر کوه مبارک می‌باشد. مسلم است که حضور چنین خور- مصب وسیع، منبع



نگاره ۱۲- تصویر ماهواره‌ای GeoEye سال ۲۰۱۰

رسوبی مناسبی جهت شرکت در فرآیندهای رسوبی داشته باشد؛ با این وجود حضور جزیره‌ها سدی در مقابل خور- مصب نشان می‌دهد که شرایط هیدرودینامیک منطقه توانایی انتقال همه این رسوبات را در سواحل نداشته و بخش عمده‌ای از این رسوبات در منطقهٔ ورود به ساحل زمین‌گیر شده‌اند.

نگاره ۱۴- خور- مصب‌های سواحل اطراف کوه مبارک

همانطورکه در نگاره ١٤ مشاهده می‌شود، در سواحل شمالی بندر کوه مبارک نیز دو خور- مصب در نزدیکی وجود دارد که نزدیک‌ترین آنها در فاصله ۱/۵ کیلومتری و پس از آن دیلر در ۳ کیلومتری شمال کوه مبارک واقع شده است که به جهت نزدیک بودن به موقعیت بندر امکان تأثیرگذاری بر منطقه را دارند. ولی وسعت و شواهد دیگر از عدم توانایی این منابع در فعال نمودن کامل پتانسیل رانهٔ رسوبی دارد.

جهت رانهٔ رسوبی به سمت جنوب تخمین زده می‌شود؛ با این وجود، منابع رسوبی سواحل شمالی بندر، رسوب‌گذاری در ساحل شمالی را دیکته می‌کنند که بازدیدهای محلی تأییدکننده مورد اخیر بوده است. آنچه جلب توجه می‌کند رسوبگذاری بیشتر در ساحل جنوبی بندر علیرغم جهت شمال به جنوب رانهٔ خالص می‌باشد. کلید پاسخ به این مسئله حضور و توانایی زیاد خور-مصب مبارک در تأمین رسوب و تأثیر آن در فرآیند رسوب ساحلی است، که باعث رسوبگذاری در ساحل جنوبی شده است. مقایسهٔ شرایط سواحل جنوبی و شمالی نشانه بالفعل شدن پتانسیل رانهٔ رسوبی به سمت شمال و عدم فعال شدن کامل آن به سمت جنوب به جهت کمبود منابع رسوبی در سواحل شمال است. در نهایت هرچند در دو سمت بندر رسوبگذاری رخ داده است ولی رسوبگذاری سمت جنوبی بیشتر می‌باشد.

بررسی‌های اولیه شامل مقایسه خط داغ آب نشان دهندهٔ پیشروی حدود ۱۹۰ متری در ساحل جنوبی موج‌شکن و ۱۵۰ متری در ساحل شمالی آن می‌باشد. بازدید صورت گرفته شرایط عمومی فوق‌الذکر را تأیید نمود با این تفاوت که به نظر رسید تمایز دو ساحل شمالی و جنوبی از حیث رسوبگذاری بیشتر است؛ بدین صورت که پیشروی ساحل در جنوب بندر حدود دوبرابر شمال بندر و سطح رسوبگذاری جنوبی حدود چهار برابر شمال می‌باشد (نگاره ۱۵).

نگاره ۱۵- سواحل شمالی و جنوبی بندر کوه مبارک در نزدیکی موج‌شکن دسترسی

۵- بحث و نتیجه‌گیری

باتوجه به شواهد کلی، تصاویر هوایی و ماهواره‌ای و همچنین بازدیدهای محلی تغییرات خط ساحل درپشت هر دو موج‌شکن شمالی و جنوبی قابل تشخیص می‌باشد. با دقت در منابع رسوبی، آشکار شد که با توجه به تأمین رسوبات توسط خور - مصب مبارک در جنوب بندر کوه مبارک و عدم تأمین کامل منبع رسوبی در سواحل شمالی بندر، رسوبگذاری در قسمت شمالی و جنوبی بندر صورت گرفته است.

در کل رسوب گذاری در ساحل جنوبی بیشتر از ساحل شمال رخ داده است. براساس تصاویرهوایی و ماهواره‌ای رسوبگذاری در ساحل شمالی ۱۷ هزار متر مکعب و در ساحل جنوبی ۲۸ هزار متر مکعب برآورد شده است. در بازدیدهای محلی نیز رسوبگذاری در ساحل جنوبی حدود چهار برابر ساحل شمالی تخمین زده شد.

٦- منابع و مآخذ

۱- گزارش مطالعات بنادر صیادی کشور، ١٣٨٦، شرکت سازه‌پردازی ایران، سازمان شیلات.

۲- گزارش مطالعات ژئومورفولوژی سواحل هرمزگان، ۱۳۸۹، سازمان بنادر و دریانوردی.

۳- گزارش مطالعات طرح مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور، ١٣٨٦، شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، سازمان بنادر و کشتیرانی.

4- Coastal Eng. Manual (CEM), 2005. Part III Chap II, "Long shore Sediment Transport."

5- MIKE by DHI User Guide 'Long shore Current and Littoral Drift', 2009, DHI.