Archive of SID

بررسی فرسایش و رسوب در تغییرات خط ساحل دریای خزر با استفاده از مدل ریاضی MIKE 21 (مطالعه موردی: بندر امیرآباد)

نعیم ابراهیمی[۱]، سید محمدعلی حسینی[۲]
۱. کارشناس ارشد عمران – سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه سمنان
naeim_alamot@yahoo.com
۲. کارشناس ارشد عمران – سازه‌های هیدرولیکی دانشگاه سمنان

چکیده
سواحل دریاها بدون دخالت‌های انسانی، پایداری طبیعی خود را حفظ نموده و با در نظر نگرفتن تغییرات کوتاه مدت، یک محیط زیست ساحلی سالم را خواهیم داشت. منطقه امیرآباد مازندران طی سال‌های اخیر با تحولات توسعه‌ای از جمله احداث بندر امیرآباد همراه بوده و لذا تغییرات خط ساحل این منطقه در سال‌های اخیر، ناشی از نوسانات دریا و احداث سازه در آن منطقه می‌باشد. سواحل منطقه امیرآباد به دلیل احداث تأسیسات بندری از وضعیت تعادل و پایداری خارج شده و در سواحل بالادست (ضلع غربی) و پایین‌دست (ضلع شرقی) به ترتیب رسوبگذاری و فرسایش دیده می‌شود. در این تحقیق، با توجه به اطلاعات باد و موج دوره زمانی ۱۱ ساله مربوط به سال‌های ۱۹۹۲ تا ۲۰۰۳ و اطلاعات امواج و جریان‌های ناشی از آنها در محدوده بندر با استفاده از مدل ST نرم‌افزار MIKE 21 به بررسی فرآیند فرسایش و رسوب محدوده بندر پرداخته شده است و راه‌کارهایی برای به حداقل رساندن این فرآیند ارائه شده است.

کلمات کلیدی: بندر امیرآباد ، فرسایش و رسوب، MIKE 21

مقدمه
اعمال تغییرات بر طبیعت یک منطقه ساحلی بر روند طبیعی تأثیرگذاری متقابل دریا و ساحل، مؤثر خواهد بود که از آن جمله می‌توان به حرکت رسوبات دریایی اشاره کرد. این رفتار طبیعت در حقیقت بر این اصل استوار است که تغییرات اعمال شده بر روی عوامل طبیعی، عمدتاً نوعی تداخل در روند عادی امور طبیعی به حساب آمده و بر هم‌زننده تعادلی هستند که در طی سالیان دراز مابین تمامی عوامل و پدیده‌های جاری و حاکم بر طبیعت منطقه طرح حاکم شده است. بر این اساس پروژه‌های ساحلی نیز از این قاعده جدا نبوده و نواحی ساحلی، دستخوش بی‌نظمی و تحولات پیاپی خواهد بود که این روند تا رسیدن به حالتی پایدار و متعادل ادامه خواهد داشت.
منطقه ساحلی جاییست که موج، بستر را حس می‌کند و انتهای این ناحیه ساحلی بالاروی موج روی ساحل است. موج در بیرون از ناحیه ساحلی به دلیل عدم تماس با بستر متقارن است و با ورود به ناحیه ساحلی دچار آشفتگی شده و بعد از شکست، آشفتگی موج زیاد می‌شود و بسته به ارتفاع موج، دوره تناوب موج و نوع ساحل به شکل‌های مختلف می‌شکنند. بطورکلی چهار نوع اصلی برای شکست امواج در نظر گرفته می‌شود که عبارتند از آشفته، چرخان، ریزشی و لغزان. در اثر شکست امواج در ناحیه کم عمق ساحلی، جریان کرانه‌ای ایجاد می‌شود که علت اصلی جابجایی‌ها و نقل و

www.SID.ir

Archive of SID

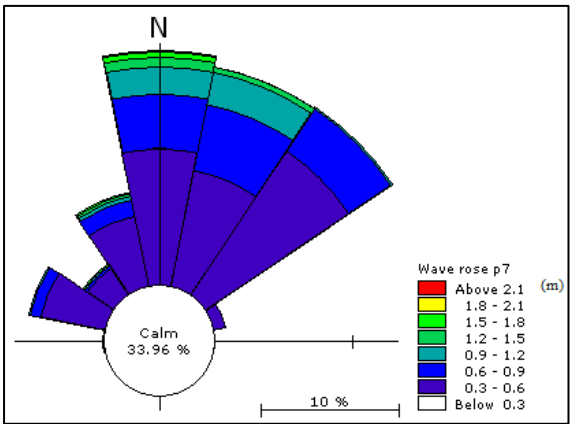
انتقال رسوب در سواحل می‌باشد. مطالعه هیدرودینامیکی مناطق ساحلی اولین قدم در طراحی سازه‌های ساحلی است و ریخت شناسی سواحل، انتقال رسوب، فرسایش، انتشار و پخش آلودگی، از دیگر پدیده‌های مرتبط با ساحل می‌باشد. بخش مهمی از مطالعه هیدرودینامیک معطوف به مطالعه جریان‌های ساحلی و بررسی علل ایجاد و الگوی آنها می‌گردد. جریان‌های موازی با ساحل مسئول انتقال رسوب و آلاینده‌ها به موازات ساحل هستند و زمانی که انرژی خود را از دست بدهند یا به مانعی همچون موج‌شکن بندرها برخوردکنند، رسوب را برجای می‌گذارند و مشکلات جدی برای سازه‌های ساحلی ایجاد می‌کنند(قانقرمه، ۱۳۸۷)، (سورنسن، ۱۳۸۷).

با توجه به اینکه احداث سازه‌های ساحلی همچون بندر باعث تغییرات در مورفولوژی ساحل در بالادست و پایین‌دست بندر می‌شود، بنابراین بررسی نتایج حاصل از احداث بندر بر روی وضعیت موجود، در مرحله نخست حائز اهمیت است. در این تحقیق به بررسی تغییرات خط ساحل در اثر ساخت بندر می‌پردازیم، بدین منظور مطالعه‌ی موردی در محل بندر امیرآباد واقع در بهشهر استان مازندران مدنظر قرار گرفته است. این تحقیق به روش مدل‌سازی با استفاده از نرم-افزار MIKE 21 انجام گرفته است.

بندر امیرآباد در شمال شهرستان‌های نکا و بهشهر در سواحل جنوبی دریای خزر در استان مازندران قرار دارد. طول بازوی غربی و شرقی بندر به ترتیب ۹۱۰ و ۵۰۰ متر می‌باشد. بندر امیرآباد در برگیرنده ۱۱ کیلومتر عرصه ساحلی می‌باشد. این بندر از شرق به منطقه حفاظت شده میانکاله و از غرب به تأسیسات کشتی سازی صدرا و نیروگاه نکا منتهی می‌شود (آرشیو اطلاعات سازمان بنادر و دریانوردی).

روش کار

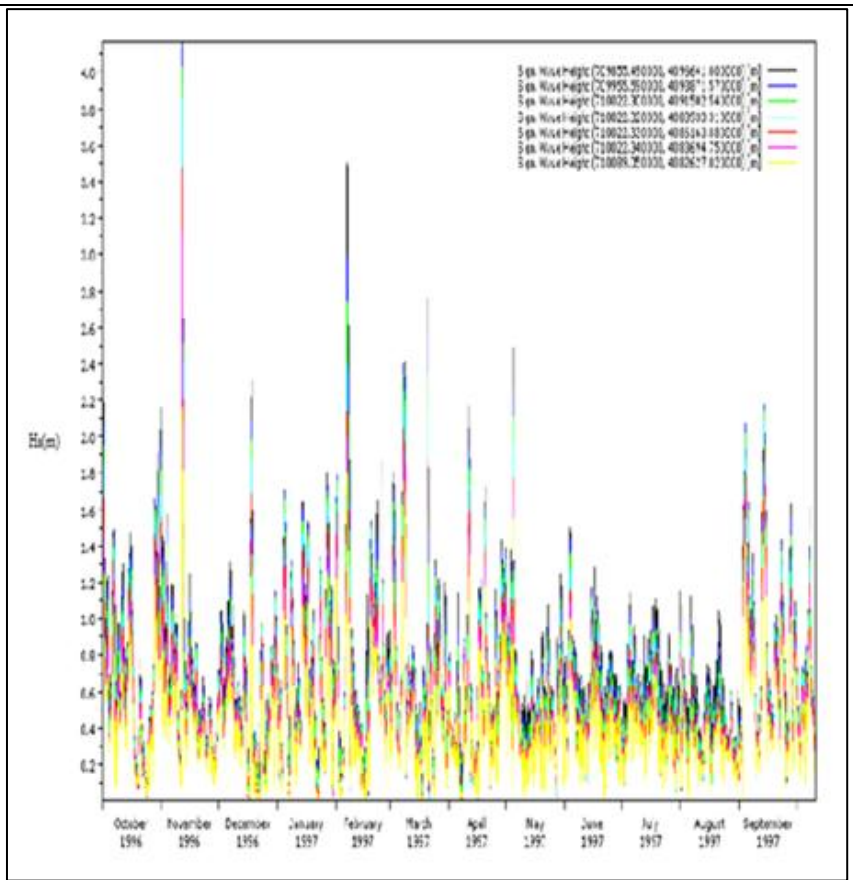
مدل ST در مدل ریاضی MIKE 21، ابزاری است جهت دستیابی به نرخ انتقال رسوبات ماسه‌ای و تغییرات تراز بستر وابسته به آن در محدوده‌ای که تحت تأثیر جریان‌ها قرار دارد. با استفاده از اطلاعات گل موج (شکل ۱) و سری زمانی (شکل ۲) در نقطه ۶۲۷ متری محدوده بندر و هم‌چنین عمق نگاری حوالی بندر (شکل ۳) مدل موج و با انتقال موج از ناحیه آب عمیق به ناحیه ساحلی و استخراج پارامترهای تنش تشعشعی در مرزهای مدل جریان ناشی از موج، مدل هیدرودینامیک بر مبنای این پارامترها اجرا گردید. در اشکال (۴) و (۵) نمونه‌هایی از نتایج انتشار جریان ناشی از موج به موازات ساحل ارائه گردیده است. الگوی غالب از سمت شرق به غرب و بالعکس می‌باشد. لذا با وجود سازه بندری بندر امیرآباد الگوی رسوبی منطقه در طرفین بندر متفاوت خواهدبود.



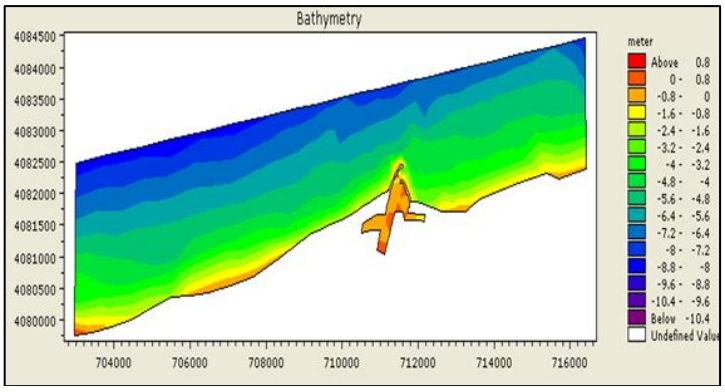
شکل ۱- گل موج استخراج شده در محدوده بندر سال ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۷

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- خط زرد سری‌زمانی مشخصات موج استخراج شده در محدوده بندر در سال ۱۹۹۶- ۱۹۹۷

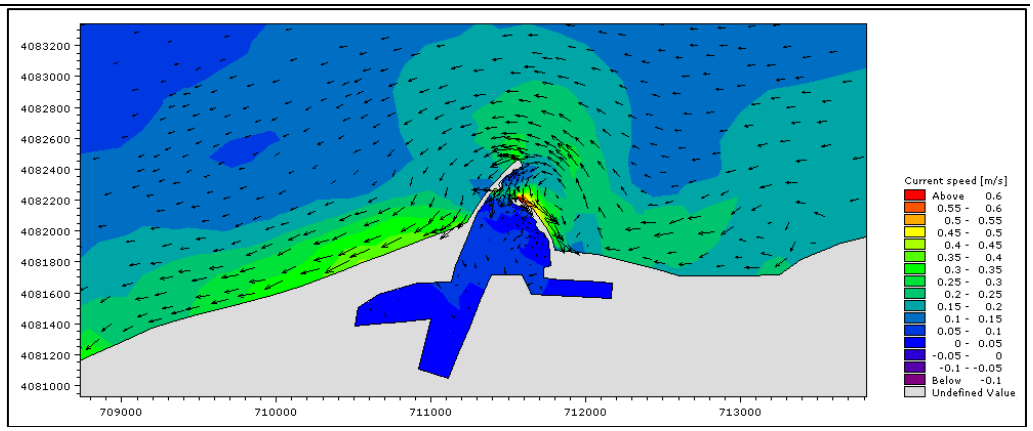


شکل ۳- عمق نگاری در محدوده بندر

شکل (۴) الگوی انتشار جریان از سمت شرق بندر به سمت غرب در تاریخ ۱۹۹۶/۱۰/۲۸ ساعت ۱۵ را نشان می‌دهد. همانطور که در این شکل دیده می‌شود، بیشترین سرعت جریان در بالادست بازوی شرقی بندر و در نزدیکی دهانه ورودی بازوی شرقی بندر می‌باشد، که این افزایش سرعت به دلیل طویل‌تر بودن بازوی غربی بندر نسبت به بازوی شرقی است که باعث بوجود آمدن جریان چرخشی در دهانه ورودی بندر می‌شود. در سمت شرق دهانه ورودی بعلت سرعت زیاد احتمال وجود پدیده فرسایش و در قسمت غربی دهانه ورودی (شرق ، بازوی غربی) بعلت کم بودن سرعت، احتمال پدیده رسوب‌گذاری وجود دارد. هم‌چنین با توجه به اندازه سرعت در پایین‌دست بازوی غربی بندر و در نزدیکی ورودی بندر احتمال وقوع پدیده رسوب‌گذاری و در انتهای بازوی غربی احتمال وقوع فرسایش وجود دارد.

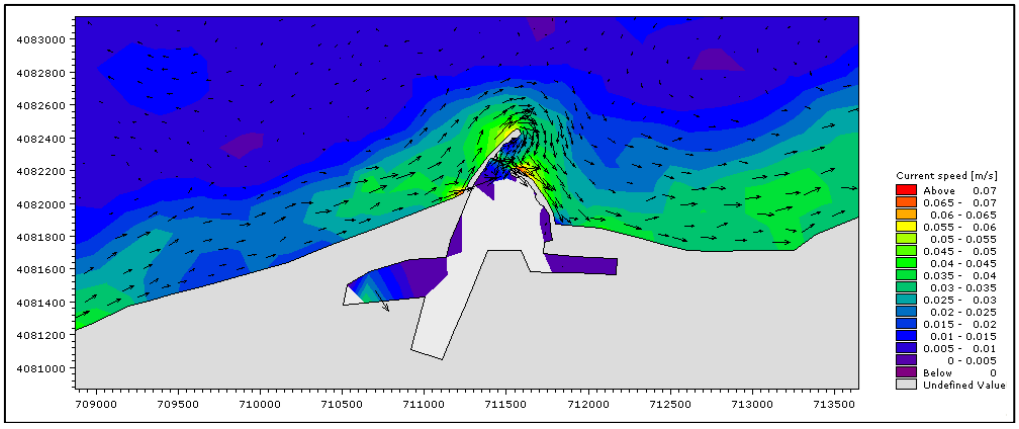
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- نمونه‌ای از الگوی انتشار جریان از شرق به غرب در محدوده بندر در سال۱۹۹۶

شکل (۵) الگوی انتشار جریان از سمت غرب بندر به سمت شرق در تاریخ ۱۹۹۶/۳/۱۸ ساعت ۱۵ را نشان می‌دهد. با توجه به این شکل بیشترین سرعت جریان در پایین دست بازوی شرقی در نزدیکی دهانه ورودی بندر و بالادست بازوی غربی می‌باشد، که سرعت بالا احتمال پدیده فرسایش در این نقاط را بیشتر می‌کند. هم‌چنین مشاهده می‌شود که در قسمت شرق بازوی غربی در حوالی ورودی بندر سرعت انتشار امواج کم است که با توجه به کم بودن سرعت، احتمال پدیده رسوب‌گذاری در این نقطه بیشتر می‌باشد.



شکل ۵- نمونه‌ای از الگوی انتشار جریان از غرب به شرق در محدوده بندر در سال ۱۹۹۶

با توجه به شکل‌های (۴) و (۵) می‌توان به این نتیجه رسید که در سمت شرق بازوی شرقی بندر در نزدیکی دهانه ورودی بندر بیشترین سرعت موج وجود دارد و هم‌چنین در سمت شرق بازوی غربی در نزدیکی دهانه ورودی کمترین سرعت موج وجود دارد، که به نظر می‌رسد در جاهایی که سرعت بالاست، احتمال فرسایش و در جاهایی که سرعت مقدار پایینی دارد احتمال وقوع پدیده رسوبگذاری بیشتر است.

- نتایج خروجی مدل رسوب (ST)

بر اساس الگوی انتشار جریانات موازی ساحل، مدل انتقال رسوبات ساحلی به صورت دو بعدی اجرا شد. با توجه به اینکه در سال ۱۹۹۷ – ۱۹۹۶ بیشترین ارتفاع متوسط امواج وجود دارد، الگوی انتقال دو بعدی در این سال اجرا شده است، لذا سه مقطع در شرق، غرب و دهانه بندر در نظر گرفته شده است که پتانسیل نرخ عبوری رسوبات از این مقاطع بررسی شده است.

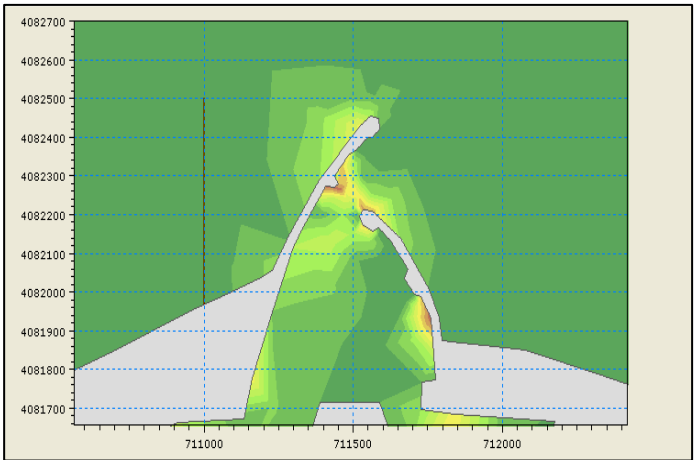
- پتانسیل انتقال رسوب از غرب به شرق

در محدوده غربی بندر و به فاصله ۵۰۰ متر از مرکز بندر مطابق شکل (۶) مقطعی به طول ۵۰۰ متر لحاظ شده است. با انتخاب ۱۰ نقطه بر روی آن، مقطع را به ۱۰ مقطع کوچکتر با طول ۵۰ متر تقسیم کردیم و نرخ انتقال رسوب در هر

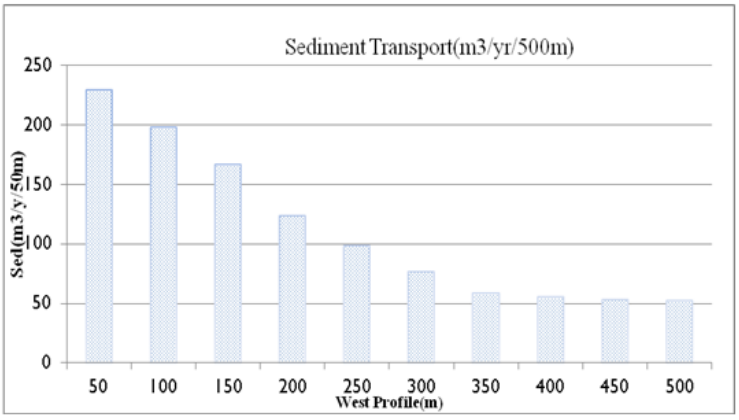
www.SID.ir

Archive of SID

۵۰ متر در طی مدت یک سال همانطور که در شکل (۷) نمایش داده شده است بدست آمد. در این شکل قسمت افقی نشان دهنده مقاطع ۵۰ متری و قسمت عمودی نشان دهنده مقدار نرخ انتقال رسوب در فواصل ۵۰ متری در یک سال می‌باشد. به‌عنوان مثال نرخ انتقال رسوب در ۵۰ متر اول مقطع که در نزدیکی ساحل می‌باشد، برابر ۲۲۵ مترمکعب در سال است.



شکل ۶- مقطع عمود بر ساحل غربی محدوده بندر



شکل ۷- نرخ انتقال رسوبات عبوری از مقطع عمود بر ساحل غربی محدوده بندر

همانطور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، نرخ انتقال رسوب در مقطع ۵۰۰ متری عمود بر ساحل در طی یک سال از مجموع نرخ انتقال رسوب در این ۱۰ مقطع بدست می‌آید. بر اساس مدل انتقال رسوب و محاسبه مقدار عبوری از مقطع غرب بندر در مدت یک سال، پتانسیل نرخ انتقال رسوب از غرب به شرق در راستای ساحل حدود ۱۱۰۰ مترمکعب در سال برآورد شده است.

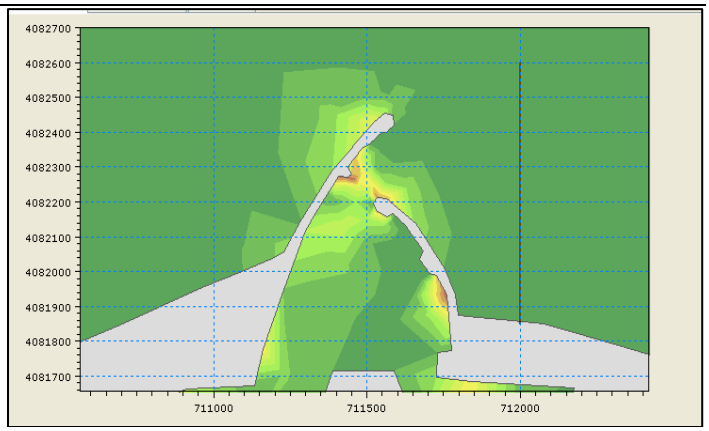
- پتانسیل انتقال رسوب از شرق به غرب

همانطور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، در محدوده شرقی بندر نیز به فاصله ۵۰۰ متر از مرکز بندر مقطعی به طول ۶۰۰ متر لحاظ شده است با انتخاب ۹ نقطه بر روی آن، مقطع ۶۰۰ متری را به مقاطع ۷۰ متری تقسیم می‌کنیم که با استخراج نرخ انتقال بار از این مقطع در مدت یک سال نمودار نرخ انتقال رسوب (شکل ۹) ترسیم شده است.

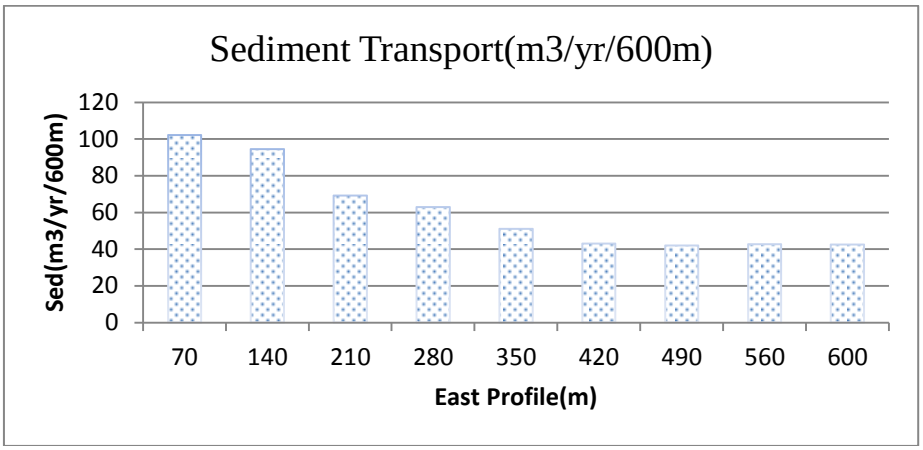
در شکل (۹)، قسمت افقی نمودار، نشان دهنده مقاطع ۷۰ متری و قسمت عمودی نشان دهنده نرخ انتقال رسوب در این فواصل در یک سال می باشد. به‌عنوان مثال نرخ انتقال رسوب در ۷۰ متر اول نزدیک به ساحل در مدت یک سال برابر ۱۰۰ متر مکعب می‌باشد، که بر اساس مدل انتقال رسوب و محاسبه مقدار عبوری از مقطع شرق بندر در مدت یک سال، پتانسیل نرخ انتقال رسوب از شرق به غرب در راستای ساحل حدود ۵۰۰ متر مکعب در سال برآورد شده است که این مقدار نیز از مجموع ستون های شکل (۹) بدست می‌آید.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- مقطع عمود بر ساحل شرقی محدوده بندر



شکل ۹- نرخ انتقال رسوبات عبوری از مقطع عمود بر ساحل شرقی محدوده بندر

با توجه به خروجی‌های مدل و تحلیل نرخ انتقال رسوب از مقاطع عمود بر ساحل غربی می‌توان نتیجه گرفت که نرخ انتقال رسوب ناشی از جریانات کرانه‌ای ناشی از موج در این منطقه حدود ۱۱۰۰ متر مکعب در سال می‌باشد که با توجه به نشست رسوب در سمت غرب بندر به نظر می‌رسد این پتانسیل انتقال رسوب تأمین شده و سالانه این میزان نشست رسوب در اثر جریانات ناشی از امواج از سمت غرب به شرق منتقل می‌گردد که در سمت غرب بندر به تله می-افتد.

هم‌چنین بر اساس نتایج خروجی‌های مدل و تحلیل نرخ انتقال رسوب از مقاطع عمود بر ساحل شرقی می توان نتیجه گرفت که نرخ انتقال رسوب ناشی از جریانات کرانه ای ناشی از موج در این منطقه حدود ۵۰۰ متر مکعب در سال می-باشد که با توجه به نشست رسوب کمتر در سمت شرق نسبت به سمت غرب بندر به نظر می‌رسد این پتانسیل انتقال رسوب نیز تأمین نشده و به مراتب کمتر از این مقدار انتقال رسوب صورت می‌گیرد.

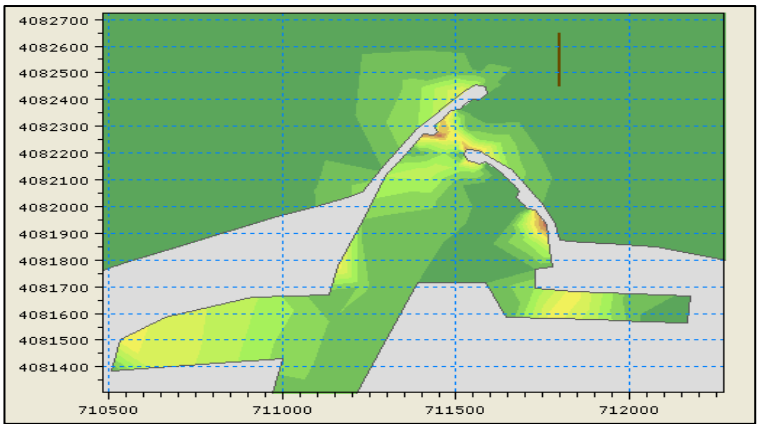
- پتانسیل انتقال رسوب در دهانه بندر

به توجه به شکل (۱۰) برای بررسی نرخ انتقال رسوب در نزدیکی دهانه بندر، یک مقطع به طول ۲۰۰ متر عمود بر بندر در نظر می‌گیریم. با انتخاب ۱۰ نقطه بر روی آن، مقطع را به ۱۰ مقطع به طول ۲۰ متر تقسیم می‌کنیم. نتایج حاصل از نرخ انتقال رسوب از این مقطع در شکل (۱۱) نمایش داده شده است. قسمت افقی بیانگر مقاطع ۲۰ متری و قسمت عمودی بیانگر مقدار نرخ انتقال رسوب در این مقاطع در یک سال می‌باشد، به‌عنوان مثال نرخ انتقال رسوب در ۲۰ متر اول نزدیک دهانه بندر حدود ۴۶/۵ متر مکعب در سال می‌باشد. بر اساس مدل انتقال رسوب و محاسبه مقدار

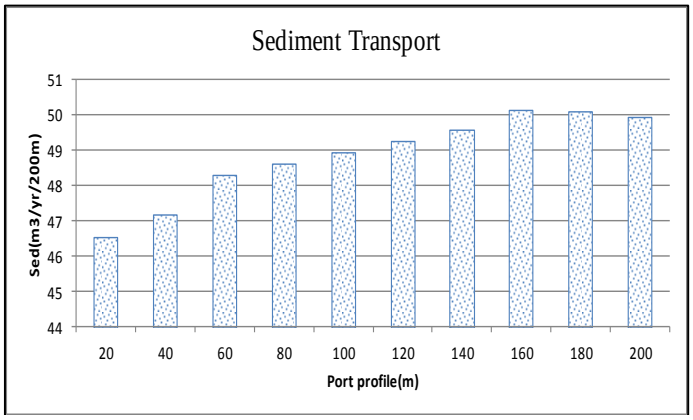
www.SID.ir

Archive of SID

عبوری از مقطع مقابل بندر در مدت یک سال، پتانسیل نرخ انتقال رسوب از غرب به شرق در راستای عمود بر ساحل حدود ۵۰۰ متر مکعب در سال برآورد شده است.



شکل ۱۰- مقطع مقابل دهانه ورودی بندر



شکل ۱۱- نرخ انتقال رسوبات عبوری از مقطع مقابل دهانه بندر

با توجه به خروجی‌های مدل و تحلیل نرخ انتقال رسوب می‌توان نتیجه گرفت که نرخ خالص انتقال رسوب ناشی از جریانات کرانه‌ای ناشی از موج در این منطقه حدود ۵۰۰ مترمکعب در سال می‌باشد که با توجه به وجود موج‌شکن‌های شرق و غرب بندر مقدار ۱۰۰۰ متر مکعب در غرب بندر و مقدار ۵۰۰ متر مکعب در شرق بندر ترسیب می‌کند و لذا نرخ ناخالص انتقال در ساحل امیرآباد حدود ۱۵۰۰ مترمکعب و نرخ خالص حدود ۵۰۰ مترمکعب و از غرب به شرق می‌باشد.

- بررسی شواهد میدانی و تحقیقات گذشته

در تحقیقی ملک و همکاران، ۹۱ ، تغییرات خط ساحل منطقه امیرآباد در مقاطع سال‌های ۱۳۴۵ ، ۱۳۸۳ و ۱۳۹۱ را مورد بررسی قرار دادند. منطقه مورد مطالعه در سواحل جنوبی دریای خزر و در محدوده بندر امیرآباد در شمال شهرستان نکا در استان مازندران و در برگیرنده ۱۱کیلومتر عرصه ساحلی می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق با خروجی‌های حاصل از مدل در MIKE 21 مقایسه شده و مورد ارزیابی قرار گرفته است که نتیجه آن شرایط مشابهی را در هر دو تحقیق ارائه کرد.

بحث و نتیجه‌گیری

همانطور که نشان داده شد، سواحل منطقه امیرآباد به دلیل احداث تأسیسات بندری از وضعیت تعادل و پایداری خارج شده و در سواحل بالادست (ضلع غربی) و پایین‌دست (ضلع شرقی) به ترتیب رسوب‌گذاری و فرسایش دیده می‌شود. در سال‌های اخیر به دلیل کاهش تراز آب دریای خزر به میزان نیم متر و هم‌چنین ایجاد تأسیسات بندری و ساحلی توسط

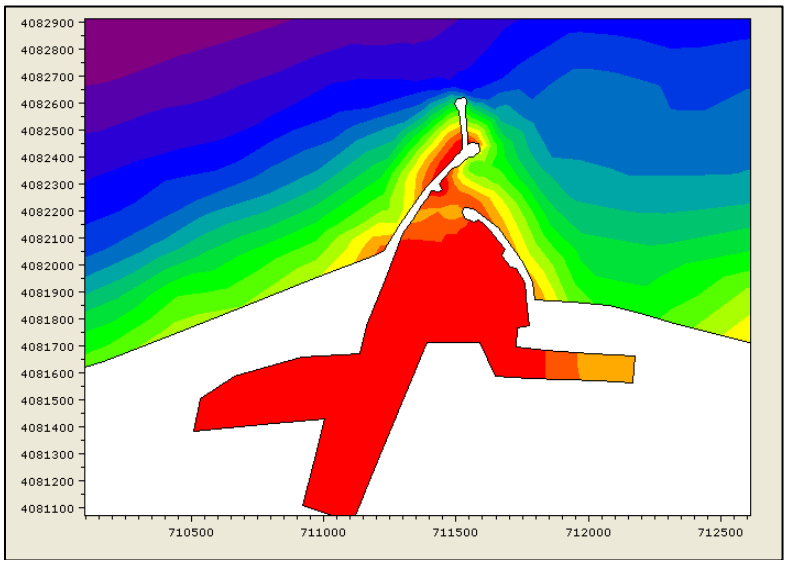
www.SID.ir

Archive of SID

سایر ارگان‌ها در ضلع غربی، اثرات فرسایش و رسوب‌گذاری ناشی از سازه‌های بندر امیرآباد تعدیل یافته است، اما همچنان لازم است برای بهره‌برداری بهینه از بندر، موضوع مدیریت خط ساحل در برنامه کاری مدیران بندر امیرآباد قرار گیرد.

به نظر می‌رسد در سمت غربی بندر رودخانه‌های محلی فعال است و پتانسیل انتقال رسوب از غرب به شرق را تأمین می‌کند و لذا توقع می‌رود سالانه حدود ۱۵۰۰ متر مکعب از سمت غرب در کنار بندر امیرآباد ترسیب کند. اما پتانسیل رسوب در سمت شرق برآورد نمی‌گردد و به جز چند سال اول که تعادل ساحلی به هم خورده و ترسیب اندکی داشته است. در سمت شرق نه تنها ترسیب غالب نیست بلکه فرسایش نیز رخ داده است.

با توجه به نتایج مدل‌ها و مقایسه با شرایط واقعی منطقه نرخ انتقال رسوب بالایی در منطقه غرب امیرآباد رخ نمی‌دهد، ولی با دوره زمانی بلند مدت می‌تواند ظرفیت حجم رسوب پشت بازوی غربی پر شده و با عبور از حد موج‌شکن اصلی به سمت دهانه بندر و سمت شرق بندر حرکت کند. با توجه به میزان نشست رسوب توقع می‌رود تا ده سال آینده ظرفیت حجم رسوب در پشت بازوی غربی پر نگردد و از این حیث نگرانی کوتاه مدت وجود ندارد. جهت مرتفع نمودن این مشکل می‌توان با احداث یک رانه رسوب‌گیر در امتداد بازوی غربی و یا لایروبی دوره‌ای در سمت غرب بندر به رفع مشکل پرداخت. یکی از راه‌حل‌های مشکل انتقال رسوب بدون در نظر گرفتن مبحث لایروبی ساخت رانه رسوب‌گیر و بالا بردن ظرفیت حجم رسوب می‌باشد. یک نمونه از رانه رسوب‌گیر در امتداد بازوی اصلی بندر در شکل (۱۲) ارائه شده است. با احداث یک رانه رسوب‌گیر به طول ۱۰۰ متر در امتداد بازوی غربی بندر و با توجه به قرارگیری این رسوب‌گیر در اعماق ۴ تا ۷ متری آب، که نشست رسوب به طور متوسط ۳ متر فرض شود و هم‌چنین با فرض اینکه تا فاصله ۲۰۰۰ متری از بالادست رانه رسوب‌گیر تحت تأثیر رسوب‌گیر باشد (نشست رسوب داشته باشیم)، می‌توان گفت حجم ظرفیت انباشت رسوب تا حدود ۳۰۰۰۰۰ متر مکعب افزایش دارد که با توجه به نرخ نشست سالیانه ۱۵۰۰ متر مکعب در سال حدود ۲۰۰ سال مشکل انتقال در سمت غرب بندر امیرآباد مرتفع می‌گردد.



شکل ۱۲- نمونه‌ای از اطاله بازوی اصلی بندر امیرآباد جهت ترفیع مشکل انتقال رسوب از سمت غرب به سمت دهانه بندر

منابع

www.SID.ir

Archive of SID

- آرشیو اطلاعات سازمان بنادر و دریانوردی.
- آرشیو اطلاعات سازمان مطالعات دریای خزر.
- قانقرمه، ع. ۱۳۸۷. مطالعه نوسانات سطح تراز آب دریای خزر. مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر.گزارش سالانه (سال آبی۱۳۸۷- ۱۳۸۶).
- سورنسن، رابرت. ۱۳۸۷. اصول مهندسی دریا، ترجمهٔ خسرو برگی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- ملک،ج.، بنی‌هاشمی، م.، غلام نژاد،ک. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات خط ساحلی دریای خزر در محدوده بندر امیرآباد. دهمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی. تهران.
Mike Manual User guide. (2007), DHI.

www.SID.ir