Archive of SID

بررسی جهت موج و جریان در محدوده ساحل دریای خزر با استفاده از مدل ریاضی (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

امروزه تحت تأثیر ساخت و سازهای بندری و نیروگاه‌های مولد انرژی، توأم با پیشروی آب دریا در سواحل جنوبی دریای خزر، تغییرات ساحل به شدت مورد توجه قرار گرفته است. ضرورت مطالعه این تغییرات که ناشی از عوامل طبیعی و انسانی و تأثیر متقابل آنها می‌باشد، در زمینه مدیریت نواحی ساحلی بسیار حائز اهمیت است. تحقیق پیش روی به بررسی مدل موج و جریان در حوالی بندر امیرآباد به کمک اطلاعات باد موج در فراساحل آن با استفاده از نرم‌افزار MIKE 21 پرداخته شده است. با مدل‌سازی انتقال موج از آب عمیق تا محدوده مطالعاتی بندر و مدل‌سازی هیدرودینامیک جریان ناشی از موج، سرعت و جهت موج و جریان در محدوده بندر بررسی گردید.

کلمات کلیدی: بندر امیرآباد ، باد و موج، MIKE 21

مقدمه

سواحل تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند موج، جریان و باد قرار دارند. آشکارترین و معمولاً مهم‌ترین امواج در میان طیف موج در دریا عبارت از امواج ناشی از باد می‌باشند. سرعت و جهت جریان‌های دریایی یکی از اصلی‌ترین پارامترهای هیدرودینامیکی موثر در بوجود آمدن تغییرات خط ساحل می‌باشند. جریان‌های کرانه‌ای به سبب تأثیرات متقابل موج و بستر دریا، در ناحیهٔ شکست امواج ایجاد می‌گردند. در این ناحیه گرادیان ایجاد شده در تنش‌های برشی سبب تشکیل جریان‌های کرانه‌ای می‌گردد (سورنسن، ۱۳۸۷). در ناحیه شکست می‌بایست تغییرات موج، تراز سطح آب و مشخصات جریان‌های ساحلی محاسبه شود تا بر اساس آنها امکان برآورد تخریب ناشی از طوفان (ناشی از سیلاب یا امواج)، محاسبه تغییر شکل تدریجی خط ساحلی و تغییر شکل پروفیل عمود بر ساحل و طراحی ایمن سازه‌های ساحلی (همچون آبشکن‌ها و دیواره‌های حفاظت ساحلی) فراهم گردد.

www.SID.ir

Archive of SID

یکی از نرم‌افزارهای موجود برای مدل‌سازی الگوی انتشار موج و تحلیل جریان، نرم‌افزار MIKE 21 می‌باشد. این نرم-افزار توسط موسسه تحقیقات دلفت دانمارک تهیه و گسترش یافته است که می‌تواند الگوی جریان در بخش‌های مختلف ناشی از تغییر عمق جریان در ناحیه ساحلی را به خوبی مدل نماید (Mike Manual User guide، ۲۰۰۷).

بندر امیرآباد همانطور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود در شمال شهرستان 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 محدوده "۲۶' ۱۸ ° ۵۳ الی "۴' ۲۶ ° ۵۳ طول شرقی و "۴۰' ۵۰ ° ۳۶ الی "۵۲' ۵۱ ° ۳۶ عرض شمالی قرار گرفته و 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).

شکل ۱- بندر امیرآباد

روش کار

متغیرهای سرعت باد، جهت باد، ارتفاع موج، پریود موج را از آرشیو اطلاعات سازمان بنادر و دریانوردی و توپوگرافی بستر را از آرشیو اطلاعات سازمان مطالعات دریای خزر تهیه کرده و با استفاده از مدل‌های مختلف موج و جریان از بسته‌ی نرم‌افزاری مدل عددی MIKE 21، داده‌ها تحلیل حدی شده و برای دوره بازگشت‌های مختلف و راستاهای مختلف انتشار امواج و الگوی جریان ناشی از موج مورد بررسی قرار می‌گیرند.

- مشخصات باد و موج منطقه

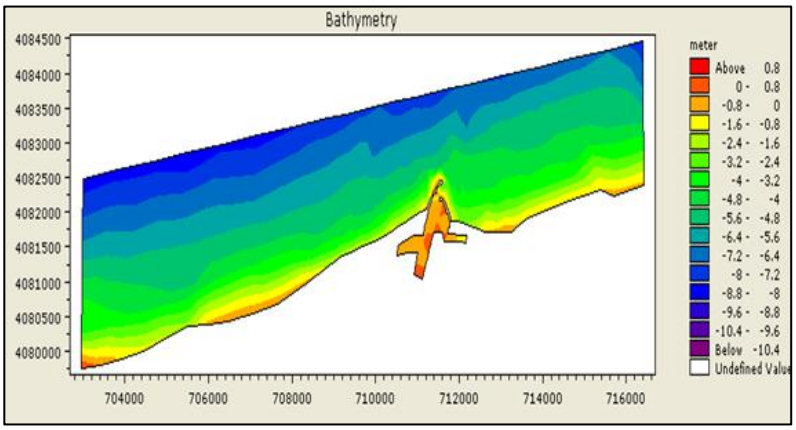
با استفاده از ارتفاع مشخصه موج، پریود بیشینه موج، میانگین جهتی موج، سرعت و جهت باد دوره ۱۱ ساله (۲۰۰۳ - ۱۹۹۲) منطقه مربوط به موقعیت طول جغرافیایی "۲۰' ۲۰ ° ۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی "۱۰' ۱۶ ° ۳۶ شمالی (ناحیه مرزی در آب عمیق)، سری زمانی و گل‌موج و گل‌باد منطقه ترسیم شده است (آرشیو اطلاعات سازمان بنادر و دریانوردی).

www.SID.ir

Archive of SID

- مشخصات توپوگرافی و عمق‌نگاری منطقه

به منظور استخراج شرایط امواج در محدوده بندر، دقت مدل با استفاده از هیدروگراف‌های محلی و ریز نمودن المان‌بندی، بهینه گردیده است. بر اساس داده‌های هیدروگرافی با مقیاس‌های مختلف ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۰۰۰۰ از نقشه‌های اسکن شده داده‌های هیدروگرافی با مقیاس ۱:۵۰۰۰ برداشت شده از موقعیت بندر، مش‌بندی و فایل عمق-نگاری جهت مدل انتقال موج از آب عمیق به آب کم عمق ساخته شده است. شکل (۲) عمق‌نگاری در محدوده بندر را نشان می‌دهد که در این محدوده عمق آب از ۲ متر درحوالی بندر تا حدود ۸ متر در فراساحل تغییر می‌کند.



شکل ۲- عمق نگاری در محدوده بندر

- مدل‌سازی انتقال موج از آب عمیق تا محدوده مطالعاتی بندر(SW)

برای مدل‌سازی منطقه فراساحل (از عمق ۲۵ متری تا عمق ۸ متری) از اطلاعات باد و موج مربوط به مرز فراساحلی که در موقعیت طول جغرافیایی"۲۰' ۲۰° ۵۳ شرقی و عرض جغرافیایی "۱۰' ۶۱° ۳۶ شمالی قرار دارد، استفاده شده است. قابل ذکر است که اطلاعات مرز فراساحل از خروجی پروژه شبیه‌سازی امواج ایران (ISWM)[1] به‌دست آمده است. در مدل کوچکتر (از عمق ۸ متری تا بندر) با شبکه‌بندی ریزتر، از خروجی‌های مدل قبل به‌عنوان شرایط مرزی استفاده شده است.

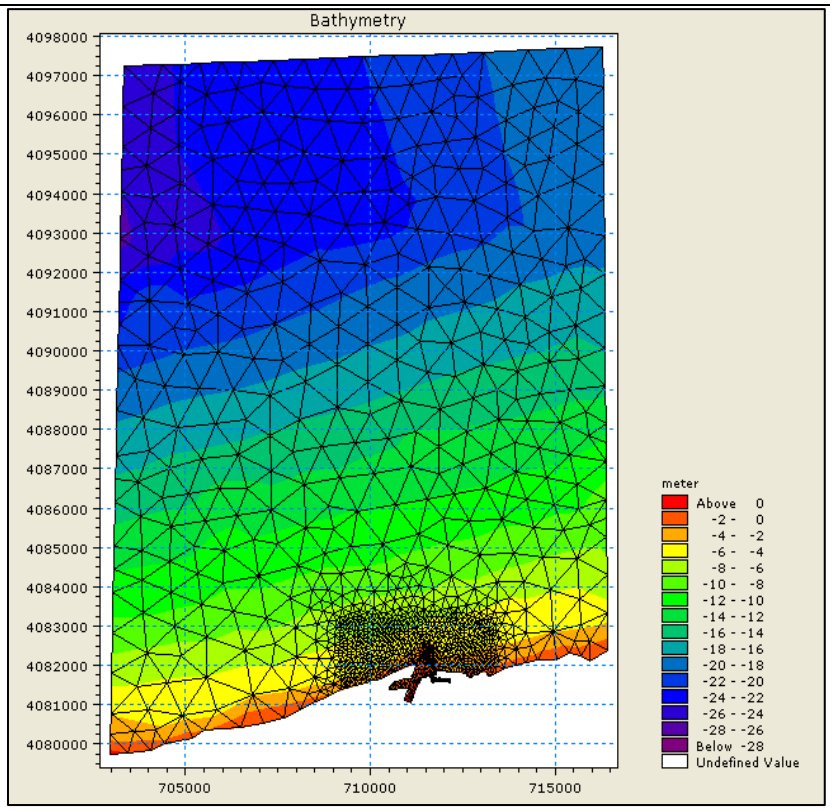
برای مدل‌سازی هندسی محدوده مطالعاتی، از نقشه عمق‌نگاری مدل رقومی تهیه می‌گردد. از آنجایی که نرم‌افزار مایک۲۱ تنها قابلیت مدل‌سازی شبکه‌بندی مثلثی را دارد، محدوده مطالعاتی به المان‌های کوچک مثلثی غیر یکنواخت از مساحت ۵۰۰۰۰۰ مترمربع در آب عمیق تا ۲۵۰۰ مترمربع در قسمت کم‌عمق تقسیم‌بندی می‌شود.

نحوه المان‌بندی محدوده مدل‌سازی انتقال امواج آب عمیق به آب کم‌عمق در شکل‌های(۳) و (۴) نشان داده شده است. همانطور که مشاهده می‌شود، مثلث‌های مش‌بندی را می‌توان مثلث متساوی‌الاضلاع در نظر گرفت، با این فرض طول اضلاع در آب عمیق حدود۳۵۰ می‌باشد و با نزدیک‌تر شدن به بندر طول اضلاع کمتر می‌شود، بطوریکه در آب کم‌عمق نزدیک بندر این طول در حدود ۷۵ متر می‌شود.

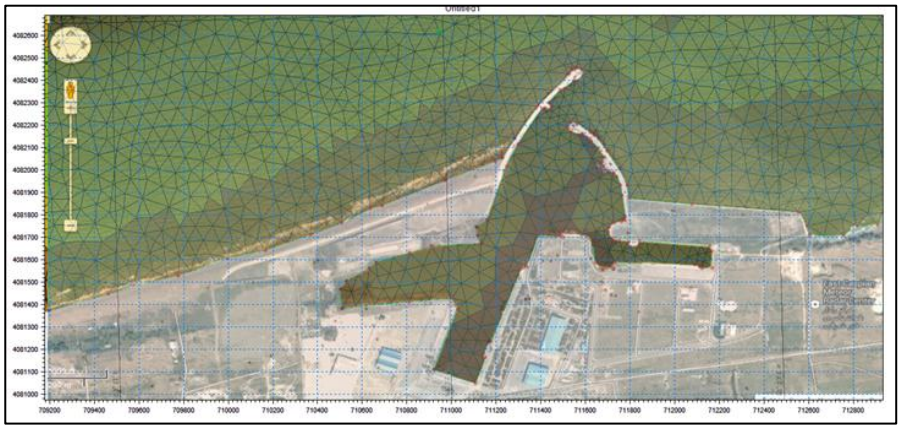
[1] **Iranian Seas Wave Modeling**

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- نحوه ساختار شبکه‌بندی عمق‌نگاری جهت انتقال موج



شکل ۴- نحوه ریز شدن شبکه‌بندی عمق‌نگاری در محدوده بندر

- مدل‌سازی هیدرودینامیک جریان ناشی از موج (HD)

با مشاهده گل‌موج‌ها به این نتیجه رسیدیم که همواره چه در آب عمیق و چه در نواحی ساحلی جهات غالب امواج از سمت شمال و شمال غرب و شمال شرق می‌باشد و لذا انتظار می‌رود که جریان ناشی از این امواج نیز فقط از سمت غرب به شرق و بالعکس غالب باشند. 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. به دلایل تغییر مورفولوژی ساحل و موقعیت بندر امواج تغییر زاویه داده و بیشتر در راستای شمال و تقریباً عمود بر ساحل منتشر می‌گردند و متمایل به سمت شرق و زوایای انتشار ۲۰ تا ۴۵ درجه و سمت شمال غرب با زوایای ۳۲۰ تا ۳۵۰ درجه می‌باشند و لذا به تبع آن انتظار می‌رود که جریان نیز از غرب به شرق و یا برعکس غالب باشد. خروجی سرعت و جهت

www.SID.ir

Archive of SID

جریان بیانگر این مطلب می‌باشد. با توجه به اینکه ارتفاع موج کاهش یافته و بیشینه ارتفاع موج حدود ۲ متر می‌باشد، لذا سرعت جریان بالایی نیز ایجاد نمی‌گردد و سرعت جریان تنها حدود ۷۰ سانتی‌متر بر ثانیه رشد داشته است. در نزدیکی موقعیت بندر به دلیل پدیده تشدید در بعضی نقاط سرعت جریان تا حدود یک متر نیز ثبت شده است که به صورت نقطه‌ای و در لحظات کمی اتفاق افتاده است که در الگوی غالب جریان در نوار ساحلی قرار نمی‌گیرد و طبق الگوی موج منطقه، سرعت جریان تا حدود نیم متر بر ثانیه یک روند منطقی می‌باشد. در ادامه 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.

- تعیین گام زمانی[۲] حل معادلات

با توجه به سری‌زمانی داده‌های باد و موج منطقه، مقدار گام زمانی برای اجرای مدل موج و جریان ۱۰۸۰۰ ثانیه (۳ ساعت) انتخاب گردیده است.

نتیجه‌گیری

برای بررسی الگوی تغییرات موج از آب عمیق به ناحیه کم‌عمق و محدوده بندر در تمام مسیر و در عمق‌های مختلف گل‌موج‌های متناظر نقاط استخراج گردیده است. بدیهی است در انتقال به سمت ناحیه کم‌عمق و نواحی ساحلی هم از لحاظ جهت بسیاری از جهات محدود می‌گردند و هم از نظر ارتفاعی نیز با کاهش ارتفاع موج همراه است. همان طوری که در شکل (۵) مشاهده می‌کنیم، هفت نقطه برای بررسی تغییرات گل‌موج‌ها در نظر گرفته شده که به ترتیب نقطه t_7 و t_1 کمترین و بیشترین فاصله را از مکان بندر دارند. جدول (۱) مختصات این نقاط و فاصله آنها از بندر را نشان می‌دهد.

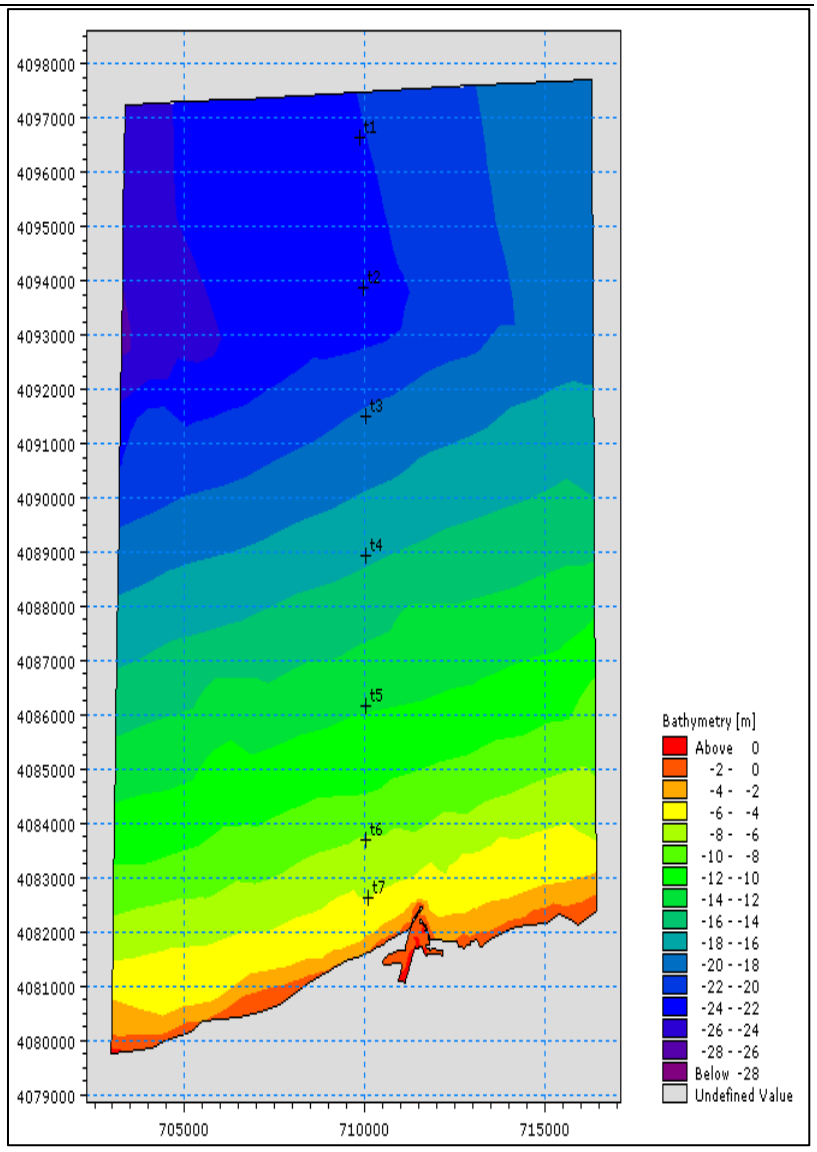
جدول ۱- ارزیابی مختصات نقاط و فاصله آنها از بندر

شماره	مختصالت طول گره	مختصات عرض گره	فاصله تا بندر (متر)
۱	۷۰۹۸۵۵/۵	۴۰۹۶۶۴۱	۱۴۶۴۱
۲	۷۰۹۹۵۵/۵	۴۰۹۳۸۷۱/۵	۱۱۸۷۱
۳	۷۱۰۰۲۲/۳	۴۰۹۱۵۰۲/۵	۹۵۰۲/۵
۴	۷۱۰۰۲۲/۳	۴۰۸۸۹۳۳/۳	۶۹۳۳/۳
۵	۷۱۰۰۲۲/۳	۴۰۸۶۱۶۳/۸	۴۱۶۳/۸
۶	۷۱۰۰۲۲/۳	۴۰۸۳۶۹۴/۷	۱۶۹۴/۷
۷	۷۱۰۰۸۹	۴۰۸۲۶۲۷	۶۲۷

[2] Time step interval

www.SID.ir

Archive of SID

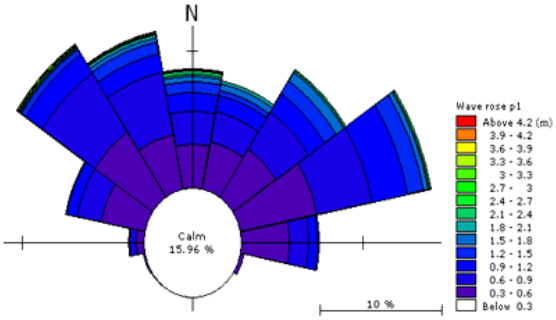


شکل ۵- موقعیت استخراج مشخصات موج از ناحیه آب‌عمیق تا محدوده بندر

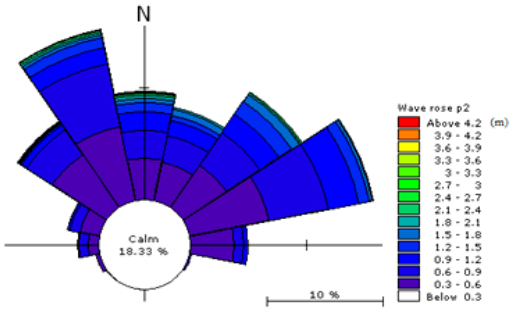
شکل (۶) گل‌موج‌های نقاط ۱ تا ۷ را نشان می‌دهد. با توجه به گل‌موج‌های مربوط به این نقاط چنین برآورد می‌گردد که جهات غربی و راستاهای ۲۷۰ درجه تغییر جهت داده و هم‌چنین راستای شرق و جهات ۹۰ درجه نیز تغییر جهت داده و به سمت راستاهای شمال غرب و شمال شرق متمایل شده‌اند. بنابراین جهات غالب موج در بندر راستاهای شمال، شمال شرق و شمال غرب می‌باشد.

www.SID.ir

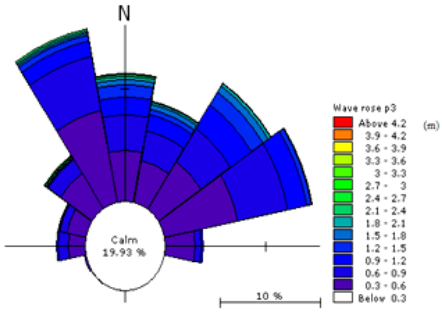
Archive of SID



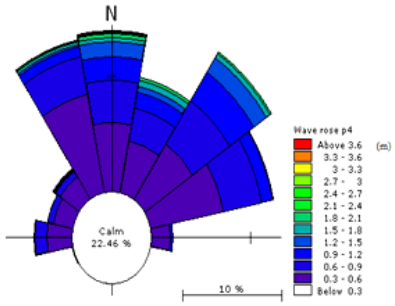
گل موج در نقطه ۱



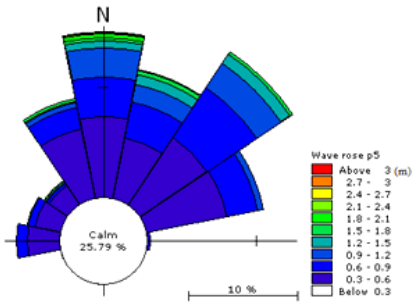
گل موج در نقطه ۲



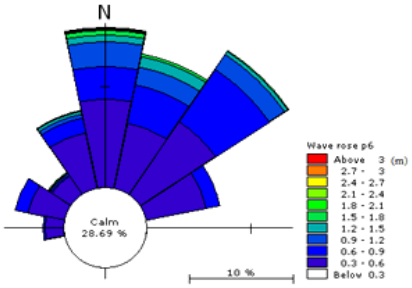
گل موج در نقطه ۳



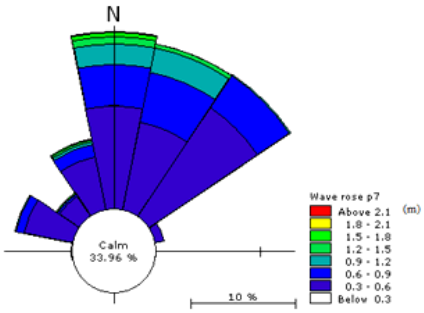
گل موج در نقطه ۴



گل موج در نقطه ۵



گل موج در نقطه ۶



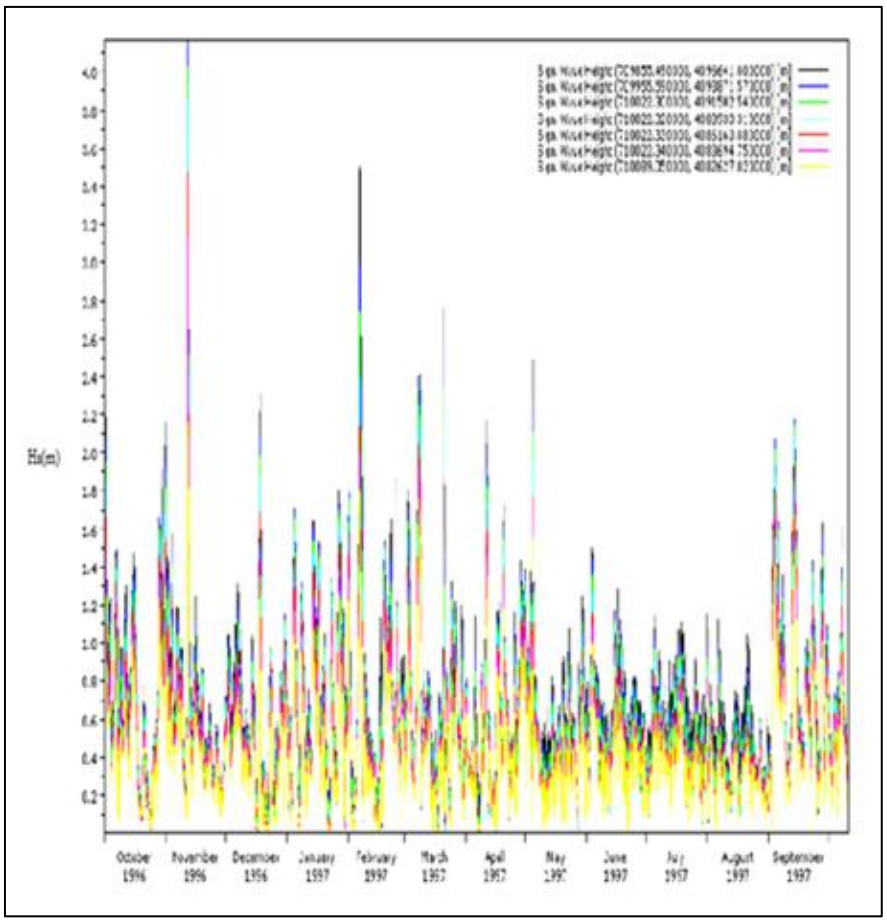
گل موج در نقطه ۷

شکل ۶- گل‌موج‌های استخراج شده از ناحیه آب‌عمیق تا محدوده بندر سال ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۷

www.SID.ir

Archive of SID

شکل (۷) سری‌زمانی مشخصات موج از آب‌عمیق تا حوالی بندر را نشان می‌دهد، بطوریکه ترتیب خطوط رنگی از مشکی تا زرد بیانگر بیشترین و کمترین فاصله از مکان بندر است (خط مشکی بیانگر نقطه ۱ و خط زرد بیانگر نقطه ۷ می‌باشد). با توجه به سری‌زمانی مربوط به این نقاط چنین برآورد می‌گردد که ارتفاع موج از نقطه ۱ تا نقطه ۷ در مقابل بندر از ۵ متر به ۲ متر کاهش ارتفاع داشته است و بیشترین ارتفاع موج مربوط به ماه نوامبر در سال ۱۹۹۶ می-باشد.

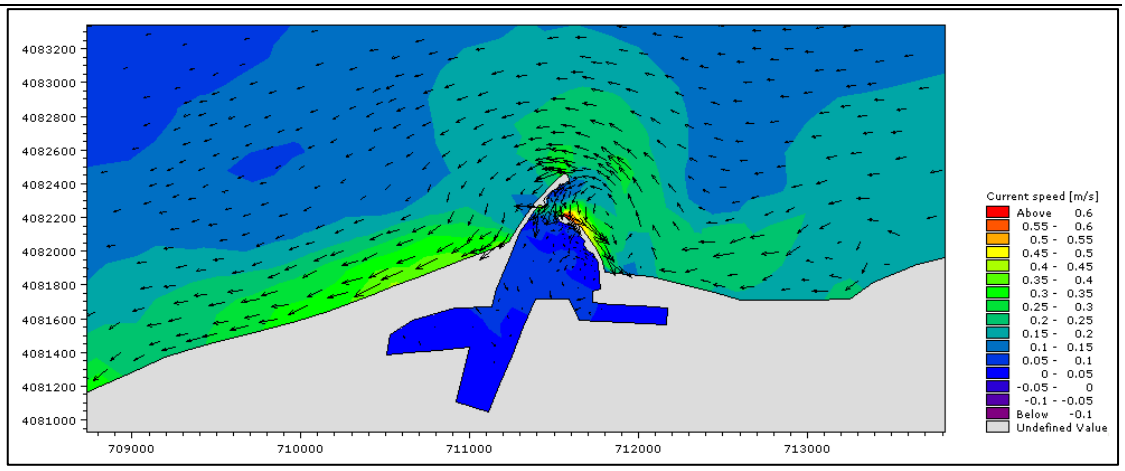


شکل (۷) سری‌زمانی مشخصات موج استخراج شده از ناحیه آب‌عمیق تا محدوده بندر ارتفاع امواج در ۷ نقطه در سال ۱۹۹۷-۱۹۹۶

شکل (۸) 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.

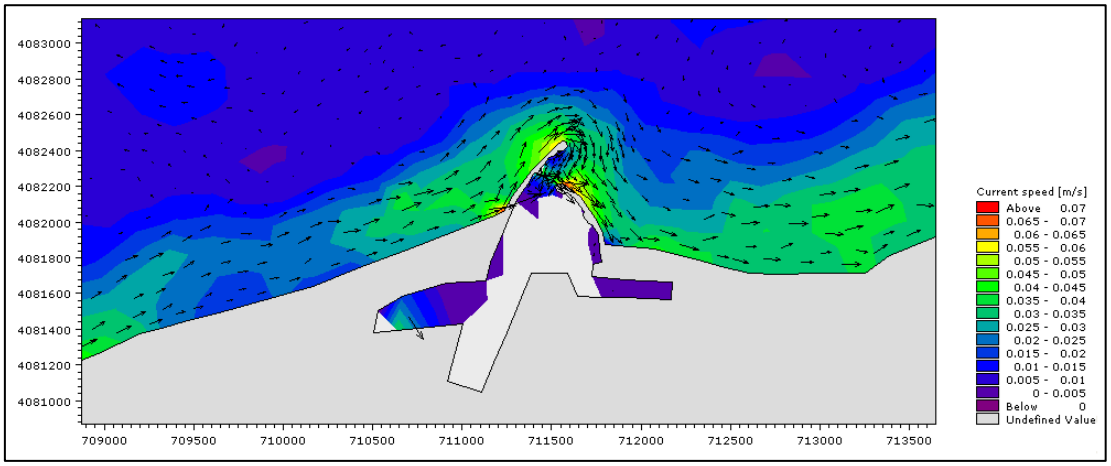
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۸- نمونه‌ای از الگوی انتشار جریان از شرق به غرب در محدوده بندر در سال۱۹۹۶

شکل (۹) 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 ۹- نمونه‌ای از الگوی انتشار جریان از غرب به شرق در محدوده بندر در سال ۱۹۹۶

با توجه به شکل‌های (۸) و (۹) 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.

منابع

- آرشیو اطلاعات سازمان بنادر و دریانوردی.

www.SID.ir

Archive of SID

- آرشیو اطلاعات سازمان مطالعات دریای خزر.
- سورنسن، رابرت. ۱۳۸۷. اصول مهندسی دریا، ترجمهٔ خسرو برگی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران.

Mike Manual User guide. (2007), DHI.

www.SID.ir