Archive OF SID

سازمان بنادر و دریانوردی به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی‌رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارایه این اثر در سایت SID می‌نماید.

سازمان بنادر و دریانوردی

مرکز بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعه اقلیم موج در بندر امیر آباد با اجرای مدل محلی Mike21-SW و روش های نیمه تجربی

مهدی قربانی طالقانی
دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی نور
m_ghorbani_1361@yahoo.com

دکتر علی اصغر گلشنی
مرکز ملی اقیانوس شناسی
agolshani@hotmail.com

چکیده

پیش بینی امواج در پنج دهه اخیر با به کارگیری مدل های ریاضی مبتنی بر معادله بقای انرژی شاهد پیشرفت های چشمگیری بوده است. این مدل ها نیز به نوبه خود دستخوش تغییرات بسیاری شده اند که پیشرفته ترین آنها مدل های طیفی نسل سوم نظیر Mike21-SW (توسعه یافته توسط Danish Hydraulic Institue) هستند. این مدل ها با فرمول بندی مبانی فیزیکی تولید،انتشار امواج ناشی از باد و فرایندهای خاص آب کم عمق نظیر شکست ناشی از عمق و اثر بستر، نتایج قابل اطمینانی را ارائه می کنند.در این مقاله مدل ریاضی Mike21-SW و روش های نیمه تجربی در محدوده بندر امیر آباد اجرا گردیده و مدلی که بیشترین همخوانی را با داده های بویه دارد معرفی می گردد.

مقدمه

در کاربردهای مهندسی سواحل، اثر امواج دریا در درجه ی اول اهمیت قرار دارد. امواج عامل مهمی در تعیین هندسه و شکل سواحل محسوب می شوند وبه خصوص در طرح های دهانه ی بنادر، آبراهه ها، حفاظت سواحل، سازه های ساحلی و کارهای ساحلی تاثیر به سزایی دارند. مشخصه های امواج دریا به شدت با زمان و مکان در تغییر بوده و شناخت مناسب ازمشخصات امواج در یک منطقه مستلزم اندازه گیری های دراز مدت (در حد ده سال به بالا) در فواصل زمانی کوتاه (در حد یک ساعت وکمتر) در تعداد نقاط متعددی از منطقه مورد مطالعه می باشد. در کشورهای آمریکا، ژاپن، هلند و... علوم مهندسی دریا و اقیانوس شناسی از چند دهه ی قبل مطرح و پیشرفت های قابل توجه نموده است. جمهوری اسلامی ایران دارای بیش از ۳۰۰۰ کیلومتر خط ساحلی در شمال و جنوب کشور است و بیش از ۱۰ میلیون نفر از جمعیت آن در استان‌های ساحلی سکونت دارند. اجرای طرح‌های زیربنایی و عمرانی در مناطق ساحلی از جمله اهداف مسئولین کشور برای دست‌یابی به توسعه پایدار و ایجاد اشتغال و رفع محرومیت در این مناطق می‌باشد. بدون شک اجرای هر یک از این طرح‌ها مستلزم کسب اطلاعات دقیق از شرایط محیطی و وضعیت هیدرودینامیکی منطقه موردنظر است.

روابط حاکم بر روش های نیمه تجربی

یکی از روش‌های پیش‌بینی امواج، روش‌های نیمه تجربی می‌باشند. از این روش‌ها عمدتاً هنگام کمبود آمار درازمدت و یا در بررسی‌های اولیه مانند مطالعات امکان‌سنجی پروژه‌ها استفاده می‌شود. روش‌های نیمه‌تجربی، ساده‌تر و سریع‌تر بوده و به همین دلیل در کشور ما نیز تاکنون بیشتر استفاده شده‌اند. مبنای اصلی روش‌های نیمه‌تجربی یکسری روابط بین پارامترهای بدون بعد موج است. . در این روش‌ها براساس قوانین مکانیک سیالات، اعداد بدون بعدی استفاده شده و ضرایب نیمه‌تجربی روابط با استفاده از اندازه‌گیری‌های میدانی تعیین می‌شوند. این روش‌ها براساس فرض دائمی و یکنواخت بودن میدان باد استوار هستند. این فرض بدان معناست که سرعت و جهت باد در مدت زمان وزش باد و همچنین در طول موجگاه تقریباً ثابت می‌باشد. در این مقاله، ابتدا با استفاده از روش های نیمه تجربی SMB, SPM, CEM, JONSWAP ارتفاع و پریود موج عمده و جهت موج پیش بینی شده و سپس با داده های بویه مقایسه گردید.

روابط حاکم بر مدل SW

اساس محاسبه و تعیین مشخصات امواج در مدل های ریاضی پیش بینی موج از جمله SW حل معادلات پایستگی انرژی طیفی به صورت منقطع در بعد مکانی، زاویه ای و فرکانسی است.

$$\frac{\partial E}{\partial t}+\frac{\cos\theta}{C}\frac{\partial(ECC_g)}{\partial x}+\frac{\sin\theta}{C}\frac{\partial(ECC_g)}{\partial y}+\frac{C}{C_g}(\sin\theta\frac{\partial C}{\partial x}-\cos\theta\frac{\partial C}{\partial y})\frac{\partial E}{\partial\theta}=S \qquad (1)$$

www.SID.ir

Archive of SID

در عبارت فوق، جملات سمت چپ انتقال امواج را نشان می دهند و در این قسمت از معادله اثرات انکسار، کم عمقی و پشته کردن امواج لحاظ می شود. اما سمت راست معادله، ترم های چشمه و چاه انرژی می باشند که عبارتند از : انرژی ورودی حاصل از باد ، اندرکنش غیر خطی مولفه‌های موج و افت انرژی حاصل از شکست موج است. رابطه فوق در واقع به نوعی مکانیزم ایجاد و رشد موج را نشان می‌دهد.

مقایسه روش های نیمه تجربی با بویه

به منظور بررسی و ارزیابی روش های نیمه تجربی ، پارامترهای ارتفاع و دوره تناوب موج با استفاده از این روش ها پیش بینی شده و سپس با داده های بویه ای بندر امیر آباد مقایسه گردیده اند . باد ورودی به معادلات روش های نیمه تجربی از ایستگاه سینوپتیک بابلسر استخراج شده است. به طور کلی امواج به سه دسته محدودیت طول موجگاه ، محدودیت زمان تداوم باد و حالت کاملاً توسعه یافته تقسیم می شوند . در روش های تجربی SPM , CEM برای پیش بینی پارامترهای موج در هر سه حالت روابطی ارائه شده است . ولی روابط روش SMB تنها برای دو حالت اول ارائه شده اند . درصد رخداد هر یک از شرایط فوق در منطقه امیرآباد در جدول (۱) ذکر گردیده است .

جدول ۱– درصد رخداد شرایط رشد امواج در منطقه امیرآباد

Condition	SMB	SPM	CEM
درصد رخداد حالت آرام (ارتفاع موج صفر)	۳۱/۰۵	۳۹/۶۲	۳۹/۶۲
درصد رخداد حالت محدودیت مدت زمان وزش باد	۶۰/۹۱	۵۵/۹۰	۵۷/۲۲
درصد رخداد حالت محدودیت در طول موجگاه	۸/۰۴	۴/۰۵	۳/۰۹
درصد رخداد حالت کاملاً توسعه یافته	۰	۰/۴۳	۰/۰۷

با توجه به جدول فوق ملاحظه می شود که شرایط رشد موج در منطقه امیرآباد ، شرایط محدودیت زمان تداوم باد بوده و تقریباً در هیچ موردی حالت امواج کاملاً توسعه یافته ایجاد نشده است .

با توجه به اطلاعات موجود در دسترس ، کنترل نتایج مدل با داده های بویه ای با استفاده از دو سری بویه امکان پذیر بوده است :

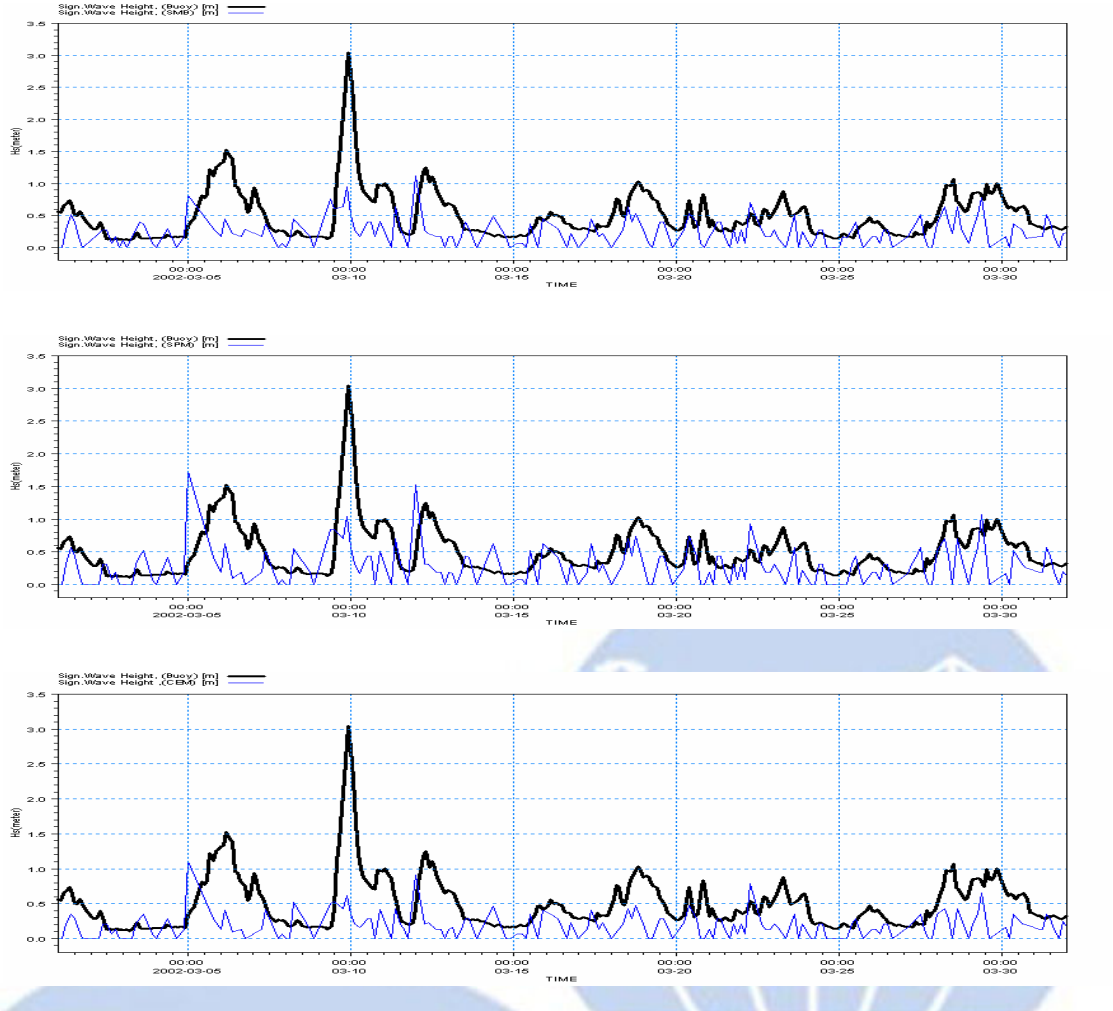
۱–اطلاعات بویه های متعلق به سازمان بنادر و کشتیرانی در بندر امیرآباد

۲–اطلاعات بویه نکا متعلق به شرکت نفت خزر در سال ۱۹۹۲

ارتفاع و دوره تناوب امواج به دست آمده از روش های نیمه تجربی و طیفی با داده های بویه امیرآباد در دوره های زمانی مختلف ، به صورت سری زمانی مقایسه شده اند .در شکل (۱) ارتفاع موج بین روش های SMB,CEM,SPM و بویه بندر امیر آباد در مارس ۲۰۰۲ با هم مقایسه شده اند. روش های نیمه تجربی در اکثر موارد، ارتفاع و پریود موج را صفر پیش بینی می کنند. این یکی از اشکالات روش های نیمه تجربی است. زیرا امواج تحت تاثیر باد و امواج قبلی قرار دارندو ارتفاع موج سطح دریا صفر نخواهد بود.

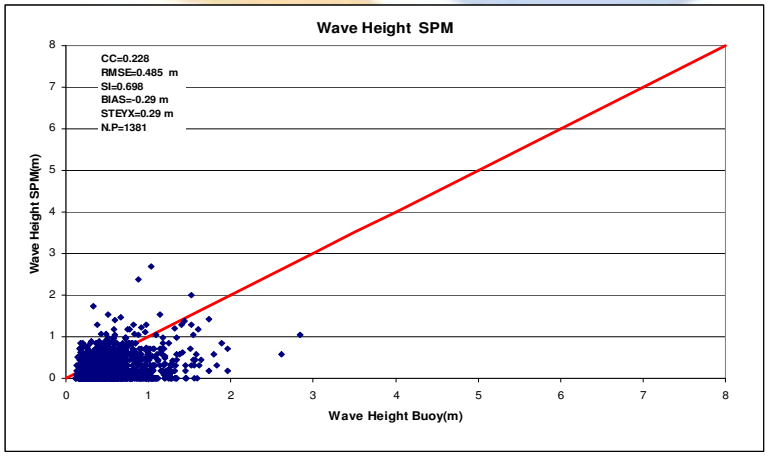
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱- مقایسه سری زمانی ارتفاع موج حاصل از روش SMB, CEM, SPM در مقایسه با داده های بویه (امیر آباد، مارس ۲۰۰۲)

در بین روش های نیمه تجربی، روش SPM بیشترین همخوانی را با داده های بویه داشت. اما به طور کلی خطای استفاده از روش های نیمه تجربی زیاد است. روشهای نیمه تجربی در اغلب موارد، ارتفاع موج عمده را کمتر از حالت واقعی پیشبینی می کنند. در شکل ۲ نمودار پراکندگی بین داده های ارتفاع موج بویه با روش SPM داده شده است. ضریب همبستگی بین بویه و روش SPM، ۲۲ درصد حاصل می شود.



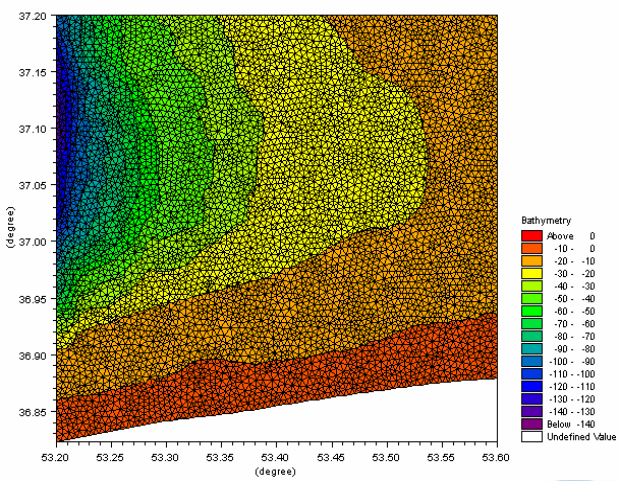
شکل۲- مقایسه مقادیر اندازه گیری شده و محاسبه شده ارتفاع موج توسط روش SPM

www.SID.ir

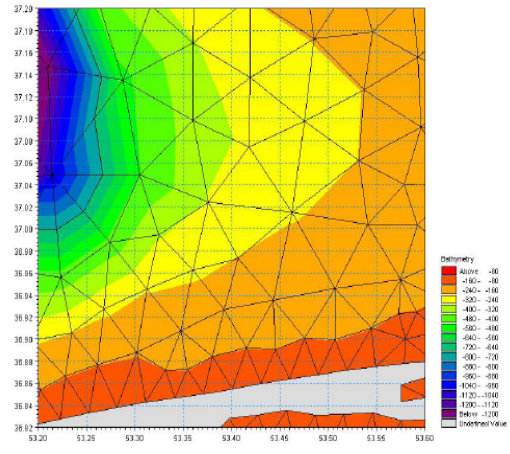
Archive of SID

راه اندازی مدل محلی SW

در تحقیق حاضر ناحیه اطراف بندر امیر آباد با ابعاد شبکه بندی حدوداً ۵۰۰ متر مدل شده است که تقریباً چهار برابر کوچکتر از کوچکترین ابعاد شبکه بندی در مدل کلی در محدوده بندر امیر آباد می باشد که بدین ترتیب ابعاد المان های موجود در شبکه محلی (که تقریباً در تمام محدوده مدل حالت یکنواختی دارد) در حد ۰/۰۰۵ درجه (۵۰۰ متر) می باشد. محدوده شبکه محاسباتی در این مدل حدود ۰/۴درجه (از طول جغرافیایی ۵۳/۲ تا ۵۳/۶) و در جهت عرض جغرافیایی حدود ۰/۳۶ درجه (از عرض جغرافیایی ۳۶/۸۲۳ تا ۳۷/۲) می باشد. در مدل حاضر نوع مرز در شمال، شرق و غرب باز و در جهت جنوب بسته می باشد. در اشکال (۳) و (۴) ابعاد شبکه بندی مدل کلی و مدل محلی در مقایسه با یکدیگر ارائه شده اند.



شکل ۴- ابعاد شبکه بندی مدل محلی در اطراف بندر امیر آباد



شکل۳- ابعاد شبکه بندی مدل کلی در اطراف بندر امیر آباد

در حالت کلی، ایجاد امواج به وسیله باد دارای اهمیت زیاد می باشد و نخستین و مهمترین گام را در محاسبه مشخصات امواج تشکیل می دهد. در این حالت ابتدا انرژی از باد به سطح آب منتقل شده و پس از طی فرایندی که شامل انتقال انرژی میان فرکانس های مختلف می باشد، امواج به حالت رشد نهایی خود رسیده و انتقال انرژی از باد متوقف می شود. در چنین حالتی، مدل به صورت طیفی کامل (fully spectral) به حل معادلات می پردازد. بدین معنی که تمام پدیده های ناشی از انتقال انرژی با در نظر گرفتن همه فرکانس ها و جهت های موجود به طور کامل لحاظ می شوند و پیش فرضی در انجام محاسبات لحاظ نمی شود و چنین حالتی بالطبع در مدت زمان طولانی انجام خواهد شد.

مواردی وجود دارد که در آن انتقال انرژی از باد مهم نیست و بحث انتقال امواج از نقطه ای به نقطه دیگر مهمترین عامل در تغییر پارامترهای امواج است. انتقال امواج از محدوده آب عمیق به نواحی کم عمق تر ساحلی شامل چنین مواردی است. در این موارد به علت وسعت ناچیز محدوده مورد مطالعه و کم بودن محدوده بادگیر در مقایسه با نواحی بادگیر مدل کلی، ایجاد امواج به وسیله باد اهمیت چندانی در مشخصات امواج ندارد و امواج انتقالی از نواحی دیگر درصد عمده امواج را تشکیل می دهند. به دلیل حذف جملات منبع شامل انتقال انرژی از باد و اندرکنش غیر خطی چنین روش حلی بسیار سریع تر بوده و با سهولت بیشتری انجام خواهد شد. این حالت، به حالت غیر جفت شده جهتی (directionally decoupled)معروف است.

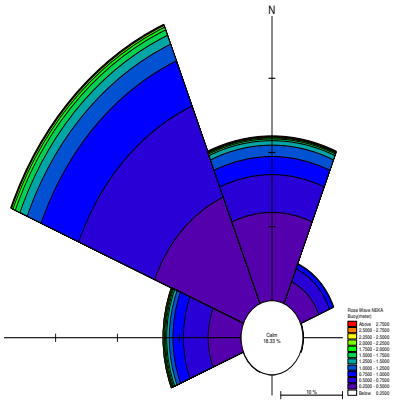
در اجرای مدل محلی با توجه به اینکه این مدل بخشی از مدل کلی بوده و در محل مرزها از مدل کلی جدا شده است ، جهت لحاظ کردن اثر امواج ورودی از مدل کلی نیاز به معرفی شرایط مرزی مناسب در محل مرزها وجود دارد. شرایط مرزی به صورت پارامتری از مدل کلی برای مدت ۱۲ سال از ژانویه ۱۹۹۲ تا اگوست ۲۰۰۳ استخراج شد. این پارامترها شامل ارتفاع موج عمده، پریود پیک موج، جهت میانگین موج و شاخص پراکندگی جهتی است. مدل به صورت پارامتری غیر جهت شده جهتی اجرا گردید. سپس با حساسیت سنجی و کالیبراسیون مدل بهترین نتایج با ضریب همبستگی ۸۰ درصد بین مدل محلی و بویه بندر امیر آباد حاصل شد.

اجرای مدل محلی SW

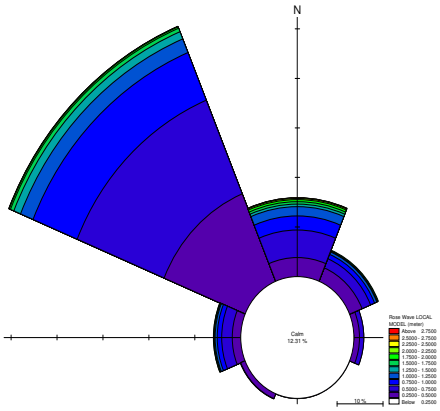
بعد از انجام صحت سنجی و کلیبراسیون مدل برای دوره ۱۲ ساله از ژانویه ۱۹۹۲ تا اگوست ۲۰۰۳ اجرا گردید و در این مدت الگوی امواج منطقه به دست آمد. در شکل ۵ و ۶ گلموج حاصل از مدل SW و بویه نکا با هم مقایسه شده اند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- گلموج یکساله بدست آمده از بویه نکا

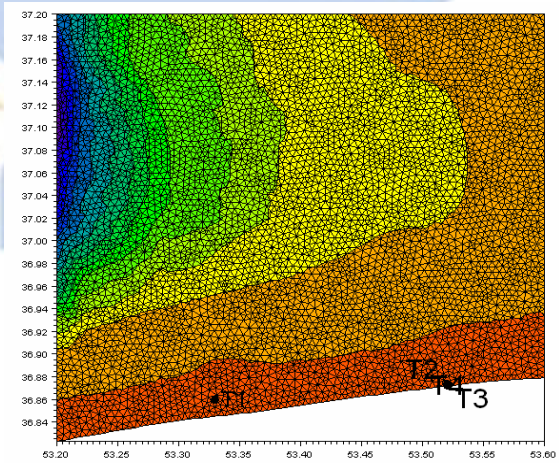


شکل ۶- گلموج یکساله به دست آمده از مدل محلی در محل بویه نکا

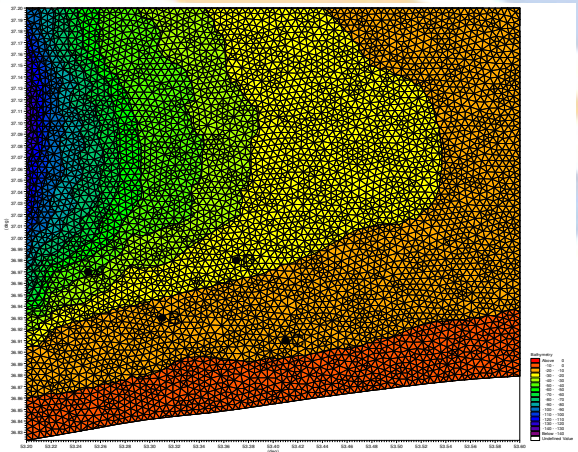
همانطور که مشاهده می شود همبستگی مناسبی بین نتایج مدل محلی وداده های بویه نکا وجود دارد.

مقایسه نتایج مدل محلی SW با مدل کلی درنقاط مختلف محدوده بندر امیر آباد

با حصول اطمینان از کالیبراسیون و صحت سنجی مدل محلی، نتایج حاصل از مدل کلی در محدوده های مختلف با هم مقایسه شده اند. در نواحی مختلف از طریق سری زمانی نتایج مدل کلی و محلی با هم مقایسه شده و بدین ترتیب محدوده های اختلاف دو مدل و در نهایت حدود مکانی صحت نتایج مدل کلی تعیین شده اند. دوره مدلسازی یک دوره چهار ماهه از سال ۲۰۰۲ (از فوریه ۲۰۰۲ تا ژولای ۲۰۰۲) می باشد. با توجه به اینکه هدف اصلی مدلسازی انجام شده در محدوده مدل محلی، تعیین محدوده های مکانی قابل اعتبار مدل کلی در نواحی نزدیک ساحل می باشد، مقایسه نتایج حاصل از مدل کلی و محلی در نواحی مختلف به صورت سری زمانی چنین منظوری را حاصل خواهد کرد. با توجه به المان بندی مورد استفاده در مدل کلی، نتایج این مدل، حداکثر تا فاصله یکی دو المان تا ساحل (حدود ۵ کیلومتری) معتبر است و با اطمینان کافی قابل استفاده خواهد بود. جهت بررسی دقیق تر این مساله نتایج مدل کلی در نواحی مختلف با مدل محلی مقایسه شده است. برای مقایسه ارتفاع موج عمده، پریود پیک موج و جهت میانگین موج در المان های محدوده ۵ کیلومتری، نقاط A,B,C,D مطابق شکل۷ و برای برای مقایسه ارتفاع موج عمده، پریود پیک موج و جهت میانگین موج در المان های کم عمق ساحلی، نقاط T1,T2,T3,T4 مطابق شکل۸ انتخاب شدند.



شکل ۷- نمایش نقاط T1,T2,T3,T4 در محدوده مدل محلی

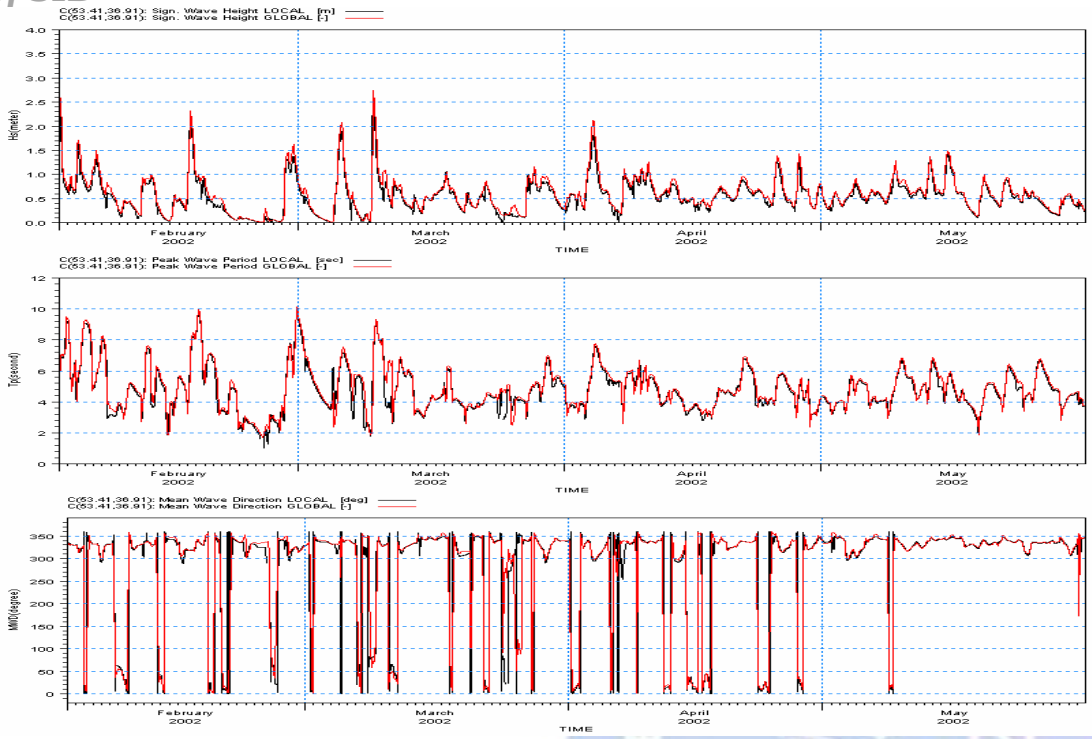


شکل۸- نمایش نقاط A,B,C,D در محدوده مدل محلی

در شکل ۹ مقایسه ارتفاع موج عمده، جهت پیک موج و جهت میانگین موج بین مدل محلی و مدل کلی در نقطه C داده شده است.

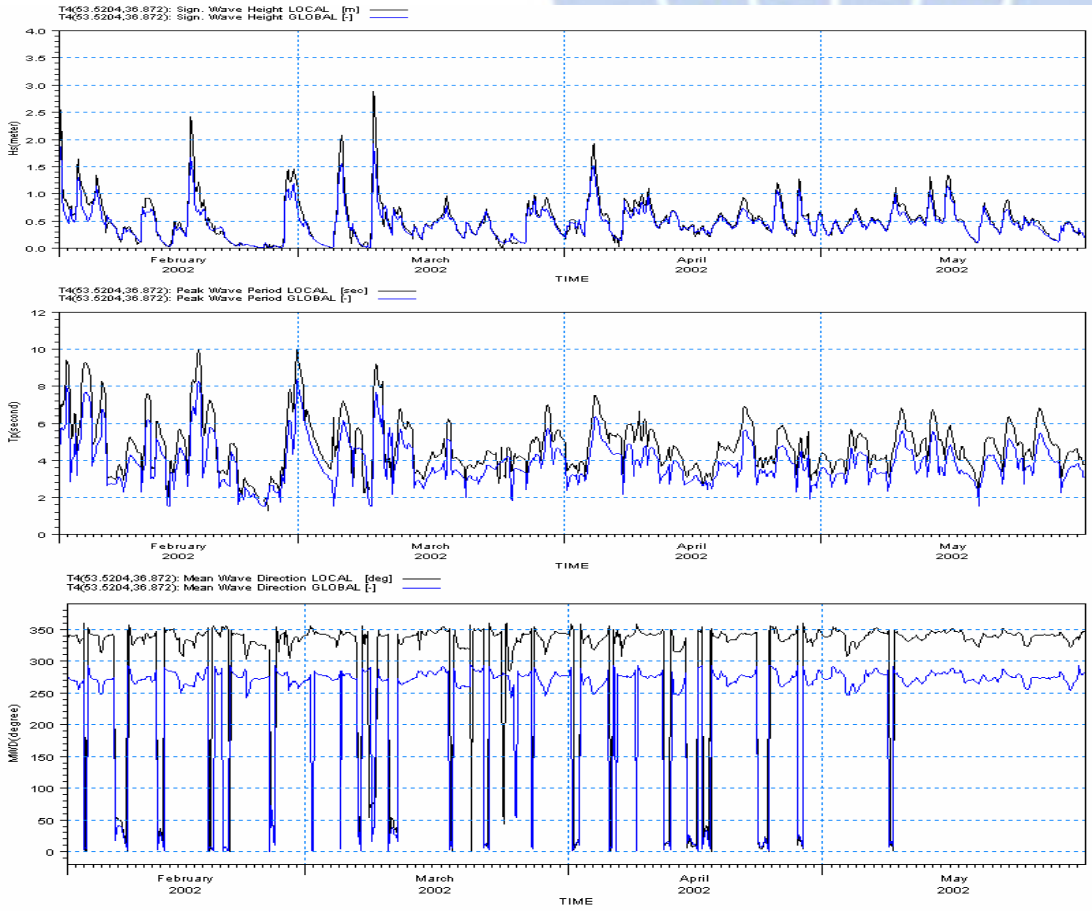
www.SID.ir

Archive of SID



شکل۹- مقایسه ارتفاع موج عمده، جهت پیک موج و جهت میانگین موج بین مدل محلی و مدل کلی در نقطه C

در شکل ۱۰- مقایسه ارتفاع موج عمده، جهت پیک موج و جهت میانگین موج بین مدل محلی و مدل کلی در نقطه T4 داده شده است.



شکل ۱۰- مقایسه ارتفاع موج عمده، پیک پریود موج و میانگین جهت موج بین مدل کلی و محلی در نقطه T4

www.SID.ir

Archive of SID

در المان های محدوده ۵ کیلومتری مدل کلی، اختلاف زیادی بین پارامترهای ارتفاع موج عمده، پریود پیک موج و جهت میانگین موج دیده نمی شود و در این محدوده، مدل کلی نتایج قابل قبولی را ارائه می کند. اما همانطور که مشاهده می شود تنها اختلاف عمده بین مدل کلی و مدل محلی در المان های اول و دوم مدل کلی و نقاط مجاور خشکی وجود دارد. به دلیل کوچک بودن ابعاد شبکه مدل محلی نسبت به مدل کلی، این مدل بهتر از مدل کلی فرایندهای ناشی از کم عمقی را شبیه سازی می کند. در نقطه T4 که نزدیک ترین نقطه به خشکی می باشد اختلاف زیادی بین پریود پیک موج و جهت میانگین موج مشاهده می شود.

مقایسه نتایج تحلیل حدی حاصل از روش های نیمه تجربی و مدل محلی SW

با استفاده از مدل EVA از بسته نرم افزاری MIKEZero اقدام به تحلیل حدی روی نتایج ارتفاع موج حاصل از بویه، روش عددی SW و روش SPM گردید. برای انجام این کار داده های بیشینه در بازه زمانی مشترک بین این سه سری داده استخراج شده و به توابع آماری مختلف برازش گردید. بر این اساس بهترین تابع آماری تابع Trunched Gumble تعیین شده و با کمک این تابع ارتفاع موج در دوره بازگشت های مختلف به دست آمد. در جدول ۲ ارتفاع موج در دوره بازگشت های مختلف با هم مقایسه شده اند همانطور که مشاهده می شود تحلیل حدی حاصل از روش SPM در دوره بازگشت های ۲و ۵ ساله مطابقت بهتری را با بویه دارد.

جدول ۲- مقایسه نتایج تحلیل حدی ارتفاع مشخصه موج روش های نیمه تجربی و عددی (دوره ۱ ساله)

روش محاسبه	دوره بازگشت (سال)	
	۲	۵
SPM	۲/۴۰۹	۲/۸۵۶
بویه امیر آباد	۲/۵۲۳	۲/۸۷۳
مدل محلی SW	۲/۲۸۹	۲/۵۲۵

خلاصه و نتیجه گیری

- در میان روش های نیمه تجربی ، روش های SPM , CEM به ترتیب دارای کمترین و بیشترین انحراف در پیش بینی مشخصه های موج می باشد .
- از بین روش های مختلف نیمه تجربی و طیفی ذکر شده ، مناسب ترین روش جهت پیش بینی مشخصات امواج، روش SPM باشد .
- جذر متوسط مربع خطاهای (RMSE) روش SPM در پیش بینی ارتفاع موج ۰/۴۸ متر ، دوره تناوب موج ۲/۳۷ ثانیه و جهت موج ۶۴/۵ درجه می باشد .
- با توجه به گل موج حاصل از اندازه گیری بویه نکا ، جهت غالب موج در بندر امیرآباد در راستای شمال غرب و جهت غالب بعدی در راستای شمال می باشد .
- روش عددی جهت غالب موج را دقیق تر از روش نیمه تجربی پیش بینی می کند . به طوری که گل موج حاصل از روش عددی نسبت به گل موج روش نیمه تجربی تطابق بیشتری با گل موج اندازه گیری شده در محل بویه نکا دارد .
- حد اکثر اختلاف نتایج مدل محلی و مدل کلی در فاصله بیش از ۵ کیلومتر دورتر از مرز خشکی حدود ۵ درصد می باشد.
- حداکثر اختلاف نتایج میان مدل محلی و مدل کلی در المان های سری دوم که در فاصله ۲ تا ۵ کیلومتر از مرز خشکی قرار دارند، ۱۴/۵ درصد می باشد.
- اختلاف نتایج میان مدل کلی و مدل محلی در المان های سری اول از مدل کلی زیاد است. در این منطقه مدل محلی ارتفاع موج عمده را ۱۳ درصد بیشتر از مدل کلی پیش بینی می کند و علت آن زیاد شدن ارتفاع موج عمده قبل از شکست موج می باشد.
- عمق شکست موج کمتر از ۲/۸ متر و فاصله نقطه شکست موج از ساحل کمتر از ۳۰ متر پیش بینی می گردد.
- به علت اختلاف جهت موج میانگین بین مدل محلی و مدل کلی غالب بودن پدیده انکسار پیش بینی می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

- برای ضریب کالیبراسیون ضریب شاخص پراکندگی n=2 پیشنهاد می گردد.
- میزان صحت نتایج مدل کلی تا المان های اول و دوم مدل کلی پیشنهاد می گردد.

مراجع

Bishop,C.T.,1983,Comparison of manual wave prediction models,J.Waterways,Port,Coastal and Ocean Eng,pp 1-17

Bishop,C.T.,Donelan,M.A.and Kahama K.K.,1992,Shore Protection manual wave prediction reviewed,Coastal Eng.,Vol.17,pp 25-48

Coastal Engineering Manual.,(2003),Chapter II-2,Meteorology and Wave Climate,U.S Army Corps of Enginners,Washington D.C

Eduardo Siegle,David A.Huntley and Mark A,Davidson 2002,Modelling Water Surface Topography at a Coplex Inlet System-Teignmoth,UK,Journal of Coastal Research,SI.36,675-685.ICS 2002 Proceedings,Northern Ireland,ISSN 0749-0208.

Guide To Wave Analysis And Forecasting,1998,World Meterological Organization ,ISBN,92-63-12702-6.

Mike21 Wave Modelling User Guide,DHI Water and Enviromant.

Shore Protection Manual 1984,Coastal Engineerin Research Center,US Army Corps of Engineering Washington,DC 20314.

www.SID.ir

Archive of SID

Study of Wave Climate in Amirabad Port by Implementation of Mike 21SW Local Model and Semi-Experimental Methods

M. Ghorbani,
Dr. A. Golshani

Abstract

Effect of sea waves on coastal areas is a primary topic in coastal engineering discussions because waves are decisive factors in shaping coasts particularly in port openings, channels as well as in protection of coasts and local structures. Waves are highly dependent on factors such as time and place and it is necessary to have mechanisms that help identifying their pattern, effects and influences over the time. Prediction of waves by means of mathematical models based on energy survival equation has experienced remarkable advancement in the recent five decades. These models have, by lapse of time, undergone amendments and updates. Now the most advanced version of them is Mike21-SW (which was expanded by Danish Hydraulic Institute). This article aims to make use of Mike21-SW and semi-experimental methods in Amirabad port.

Keywords: *sea wave, Amirabad port, Caspian Sea, mathematical Models, Mike21-SW*

www.SID.ir