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

مدلسازی جریانهای ناشی از باد در بندرانزلی

ندا فتوحی
شرکت مهندسین مشاور سازه‌پردازی ایران
fotouhi@sazehpardazi.com

ناصر سعادت‌خواه
شرکت مهندسین مشاور سازه‌پردازی ایران
saadatkhah@sazehpardazi.com

مقدمه

آب‌گرفتگی سواحل به هنگام بروز طوفانها از جمله پدیده‌های دریایی است که می‌تواند سبب بروز خسارت در نواحی ساحلی شود. طوفانها بـه دو شکل در وقوع این پدیده نقش ایفا می‌نمایند: یکی از طریق ایجاد و شکل‌گیری تنش‌های برشی در سطح آزاد آب و دیگـری بـه دلیـل تـشکیل امواج. در هر دو شکل تراز سطح متوسط آب در مناطق ساحلی افزایش یافته و پدیده‌هایی با عناوین مد طوفان و خیزآب ناشی از موج بـه وقـوع می‌پیوندد که سبب آب‌گرفتگی، سیلابی شدن و ایجاد نواحی ماندآبی تا مدتها پس از وزش طوفان خواهد گردید. با توجه به مقدمه فـوق در ایـن مطالعه افزایش تراز سطح آب و شکل‌گیری جریانات ناشی از باد در دریای خزر و مشخصاً در محدودهٔ بندر انزلی، مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در شبیه‌سازی این پدیده از بسته نرم‌افزاری Mike21-Flow Model-FM استفاده شده که نتایج آن بر اساس داده‌های اشل ثبت تراز سطح آب در بندرانزلی کالیبره و اجرای نهایی مدل برای یک دوره ۱۱ ساله انجام شده و در نهایت الگوی کلی نوسانات ناشی از باد (خیزاب ناشی از بـاد) و نیز جریانات ناشی از باد در محدوده بندر انزلی به عنوان خروجی مدل ارائه شـده اسـت. لازم بـه ذکـر اسـت کـه مدلـسازی براسـاس آمـار بـاد ECMWF در محدودهٔ دریای خزر انجام شده و انتظار می‌رود که با توجه به ماهیت دو بعدی این داده‌ها دقت نتایج در موقعیتهای دیگـر دریـای خزر (حداقل در مرز جنوبی) دارای دقت مناسبی باشد.

آمار اندازه‌گیری

آمار ثبت شده تراز آب در ایستگاههای حاشیه دریای خزر، به عنوان مقادیر واقعی مد طوفان ایجاد شده در آن نقاط، مناسبترین آمار جهت تعیـین مقدار نوسانات سطح آب با دوره بازگشتهای مختلف می‌باشد. در بندرانزلی، اشل ثبت تراز سطح آب در داخـل حوضـچه بنـدر و در نزدیکـی پـل غازیان مستقر می‌باشد. داده‌های اشل انزلی شامل ۶۶ سال آمار پیوسته تغییرات تراز آب با ۳ برداشت در هر شبانه‌روز می‌باشد کـه بـا توجـه بـه موقعیت پروژه، این داده‌ها صحیح‌ترین مبنا برای بررسی میزان کل خیزآب محسوب می‌گردد. شکل ۱ نوساتات سطح آب را نسبت به صفر اشـل سرسره بندر انزلی نشان می‌دهد (در این شکل می‌توان تغییرات دراز مدت تراز آب دریای خزر را نیز مـشاهده نمـود). بـه منظـور تعیـین میـزان خیزاب ناشی از باد لازم است تا حد امکان تغییرات دراز مدت سطح آب از داده‌ها استخراج شده و فقط بخشی از نوسانات که مـی‌توانـد ناشـی از وقوع باد یا طوفان باشند، مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند. برای استخراج نوسانات ناشی از طوفانهای به وقوع پیوسـته در طـی ۶۶ سـال، ابتـدا میزان تراز سطح آب در هر پنج روز در کل دوره محاسبه می‌گردد. هرگاه یک عدد ثبت شده نسبت به تـراز قبلـی خـود افزایـشی بـیش از ۱۰٪ داشته باشد از محاسبات تعیین مقدار متوسط نوسانات آب حذف گردیده و سپس با غربال‌سـازی ترازهـا، تـراز متوسـط سـطح آب در هـر زمـانی مشخص و میزان خیزاب ناشی از باد با کسر میزان تراز ثبت شده از تراز متوسط بدست آمده است. پس از پردازش داده‌ها، فراوانـی وقـوع بـرای هر دسته تغییرات سطح آب در شکل ۲ ارائه شده که نشان می‌دهد بیشترین فراوانی مربوط به دسته صفر تا ۰/۱ متر می‌باشد. همچنین بیشترین خیزاب ناشی از باد محاسبه شده حدود ۵۹ سانتی‌متر در بهمن ۱۳۵۲ روی داده که در این زمان طوفانی با سرعت متوسط حدود ۱۸ متر بر ثانیـه در ایستگاه سینوپتیک انزلی ثبت شده است.

مدلسازی ریاضی خیزآب و جریانات ناشی از باد

معرفی نرم افزار

با وجود دسترسی به آمار تراز سطح آب با دورهٔ آماری مناسب، مدل‌سازی ریاضی برای بررسی میزان خیزاب ناشی از باد، بـا اسـتفاده از مـدلهای ریاضی انجام شده تا علاوه بر بررسی میزان تطابق خیزابهای ثبت شده با طوفانهای به وقوع پیوسته، مدل کالیبره شده‌ای برای بررسی جریانـات دریایی ناشی از باد تهیه شود. نتایج خروجی این شبیه‌سازی شامل تغییرات تراز سطح آب و مشخصات جریانات دریایی ناشی از باد می‌باشد.
نرم‌افزار مورد استفاده در این مطالعه MIKE21-Flow Model -FM است که در آن از معادلات دو بعدی افقی جریان آب کم‌عمق که در واقع معادلات جریان متوسط‌گیری‌شده در عمق هستند، استفاده می‌شود. این معادلات شامل یک معادله بقاء جرم و دو معادله بقاء اندازه حرکت (در

www.SID.ir

Archive of SID

دو بعد افقی) است و به کمک این دستگاه معادلات، سه مجهول عمق آب (h) و دو مؤلفه سرعت که در دستگاه مختصات کارتزین $(\bar{u},\bar{v})$ هستند قابل محاسبه است. دستگاه معادلات مذکور عبارتند از:

معادله بقاء جرم:

$$\frac{\partial h}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}}{\partial y}=hS$$

معادله بقاء اندازه حرکت در جهت x:

$$\frac{\partial h\bar{u}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}^2}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{u}\,\bar{v}}{\partial y}=$$
$$f\bar{v}h-gh\frac{\partial h}{\partial x}-\frac{gh^2}{2r_0}\frac{\partial r}{\partial x}+\frac{t_{sx}}{r_0}-\frac{t_{bx}}{r_0}+\frac{\partial}{\partial x}(hT_{xx})+\frac{\partial}{\partial y}(hT_{xy})+hu_sS$$

معادله بقاء اندازه حرکت در جهت y:

$$\frac{\partial h\bar{v}}{\partial t}+\frac{\partial h\bar{u}\,\bar{v}}{\partial x}+\frac{\partial h\bar{v}^2}{\partial y}=$$
$$-f\bar{u}h-gh\frac{\partial h}{\partial y}-\frac{gh^2}{2r_0}\frac{\partial r}{\partial y}+\frac{t_{sy}}{r_0}-\frac{t_{by}}{r_0}+\frac{\partial}{\partial x}(hT_{xy})+\frac{\partial}{\partial y}(hT_{yy})+hv_sS$$

که پارامترهای مختلف در این معادلات به صورت زیر تعریف می‌شوند:

$(h=d+\eta)$: که در آن d عمق متوسط آب و η تراز سطح آب است.

$\bar{u},\bar{v}$: مولفه‌های سرعت متوسط‌گیری شده در عمق در راستای x , y می باشد.

$f=2\Omega\sin\varphi$: اثر کریولیس است که در آن φ عرض جغرافیایی و Ω نرخ چرخش زاویه‌ای است.

g : شتاب جاذبه

ρ : چگالی

ρ_0 : چگالی مبنا

S: مقدار دبی در نقاط منبع

(u_s,v_s): سرعت ورود آب در نقاط منبع

t: زمان

(τ_{bx},τ_{by}): تنش برشی ناشی از اصطکاک در کف

(τ_{sx},τ_{sy}): مولفه‌های تنش برشی ناشی از باد در سطح است که از رابطه تجربی زیر تعیین می‌شود:

$$\vec{t}_s=r_aC_d|\vec{u}_{10}|\vec{u}_{10}$$

که در آن ρ_a چگالی هوا و $\vec{u}_{10}$ بردار سرعت باد در ارتفاع ۱۰ متری سطح دریا بوده و C_d ضریب رانش است که بر اساس تحقیقات Wu (1980, 1994) از رابطه زیر تعیین می‌شود:

$$c_d=\begin{cases}c_a & u_{10}<u_a\\ c_a+\dfrac{c_b-c_a}{u_b-u_a}(u_b-u_a) & u_{10}<u_a\le u_b\\ c_b & u_{10}>u_b\end{cases}$$

در این مدل، معادلات به روش حجم محدود صریح بر روی اجزاء سه‌ضلعی نامنظم (unstructured mesh) حل می‌شود.

تهیه فایل عمق نگاشت

داده‌های مورد نیاز جهت تهیه فایل عمق‌نگاشت بر اساس هیدروگرافی انجام شده با مقیاس ۱:۲۰۰۰ توسط اداره‌کل بنادر و کشتیرانی استان گیلان، نقشه‌های هیدروگرافی با مقیاس ۱:۷۵۰۰۰۰ در خزر جنوبی، میانی و شمالی و نقشه‌های با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ در محدوده ساحلی ایران

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه شده است. فایل عمق نگاشت به صورت شبکه مثلثی نامنظم تهیه شده که در محدوده پروژه ابعاد شبکه‌بندی، به منظور استخراج نتایج با دقت و قدرت تفکیک بیشتر ریزتر شده است. فایل عمق نگاشت به صورت شبکه مثلثی نامنظم با ۱۱۵۶ گره و ۲۰۸۱ المان می‌باشد. نحوه شبکه‌بندی منطقه شبیه‌سازی شده در شکل ۳ ارائه شده است. همانطور که مشاهده می‌شود در محدوده پروژه ابعاد شبکه‌بندی، به منظور استخراج نتایج با دقت و قدرت تفکیک بیشتر ریزتر شده است.

اطلاعات باد

با توجه به محدودهٔ مدلسازی، باد مبنای شبیه‌سازی، میدان باد دو بعدی ECMWF بوده که در برخی نقاط دریای خزر از ادارهٔ مهندسی سواحل و بنادر سازمان بنادر و کشتیرانی برای یک دوره ۱۱ ساله مطابق شکل ۴ در دسترس قرار گرفته است. همانطور که مشاهده می‌گردد پراکنش داده‌ها با نزدیک شدن به محدوده پروژه کاهش می‌یابد. داده‌های اولیه به‌صورت فایلهای سری زمانی نقطه‌ای (Dfs0) اخذ گردیده که برای شبیه‌سازی به‌صورت یک فایل دو بعدی (Dfs2) تبدیل گردیده‌اند.

ضرایب کالیبراسیون

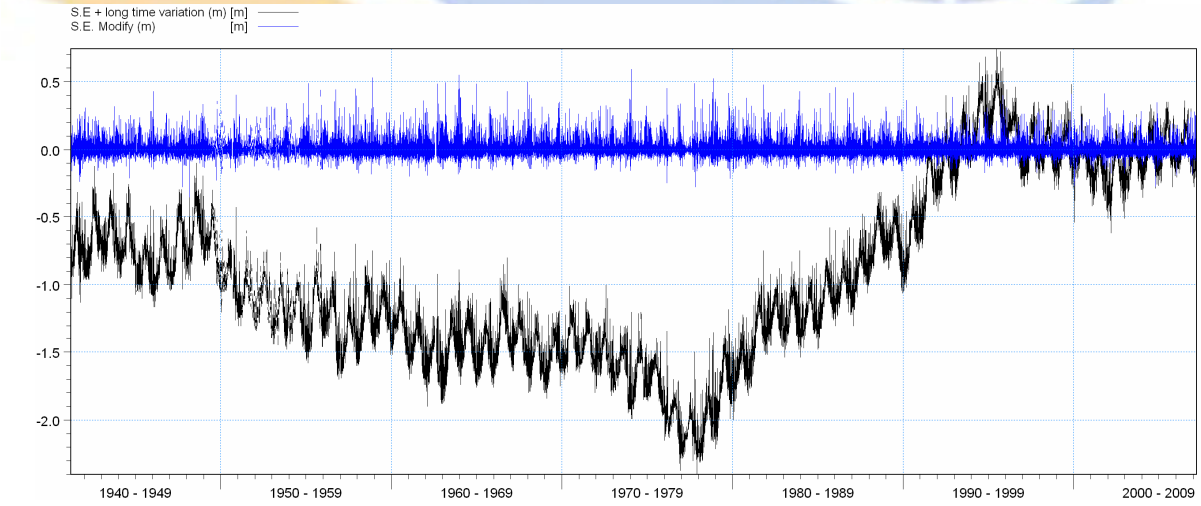
ضرایب کالیبراسیون که شامل ضرایب زبری بستر و تنش برشی ناشی از باد که مقادیر آنها در حین کالیبراسیون مدل بدست آمده است. زبری بستر بر اساس نتایج اندازه گیری و رابطه مانینگ ۷۰ $m^1/3/s$ تعیین شده است. c_d ضریب رانش در رابطه تجربی تنش برشی ناشی از باد بوده که مقادیر زیر در حین کالیبراسیون برای آن بدست آمده است:

$u_a = 6$ m/s , $u_b = 15$ m/s , $C_a = 0.0015$, $C_b = = 0.0024$

ارائه نتایج

در شکل ۵ نمونه‌ای از میزان تغییرات سطح آب در کل دریای خزر در یک زمان مشخص نشان داده شده است. در شکل ۶ نیز سری زمانی تغییرات کوتاه مدت سطح آب در ایستگاه سرسره انزلی با نتایج مدلسازی در دوره شبیه سازی شده (پس از کالیبراسیون مدل) در سه دوره چند ماهه مقایسه شده است که حاکی از تطابق مناسب بین دو سری داده می باشد.

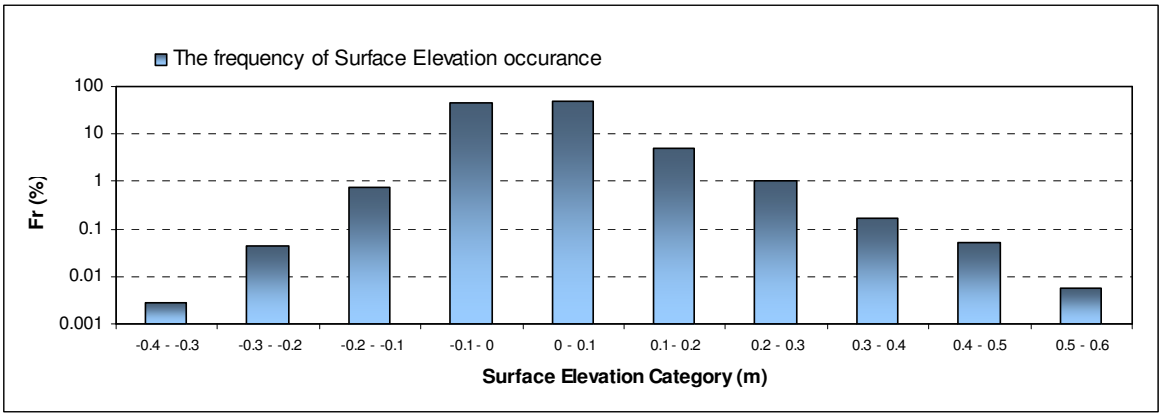
از دیگر خروجی‌های این مدلسازی، تعیین مقادیر جریانات ناشی از باد می‌باشد. در شکل ۷ گل‌جریان ناشی از باد در محدوده مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهد که جهت غالب جریان شمال‌غرب و شرق می‌باشد و ۲۱٪ مواقع، سرعت جریان کمتر از ۵ cm/s می‌باشد. به‌علاوه حداکثر سرعت محاسبه شده حدود ۷۰ سانتی‌متر بر ثانیه و از جهت ۲۷۸ درجه تعیین شده است.



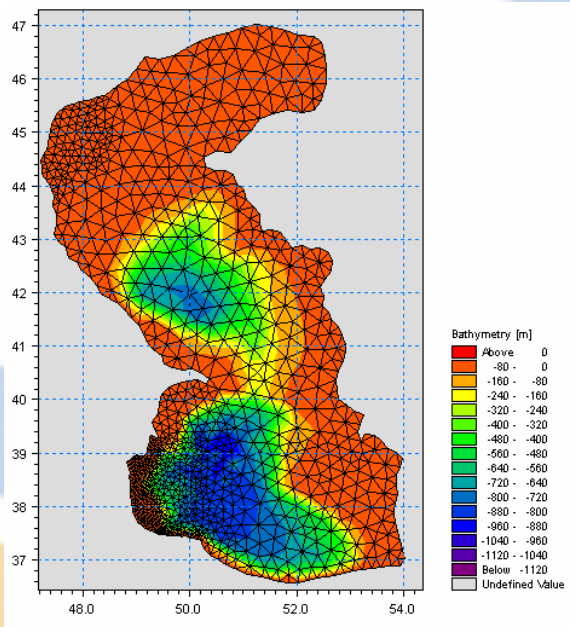
شکل ۱: تغییرات کوتاه مدت و دراز مدت تراز سطح آب در ایستگاه سرسره انزلی

www.SID.ir

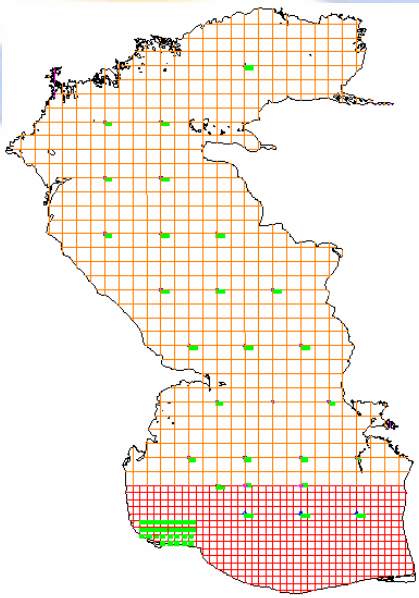
Archive of SID



شکل ۲: فراوانی وقوع مقادیر خیزاب ناشی از باد مطابق با داده‌های اشل انزلی



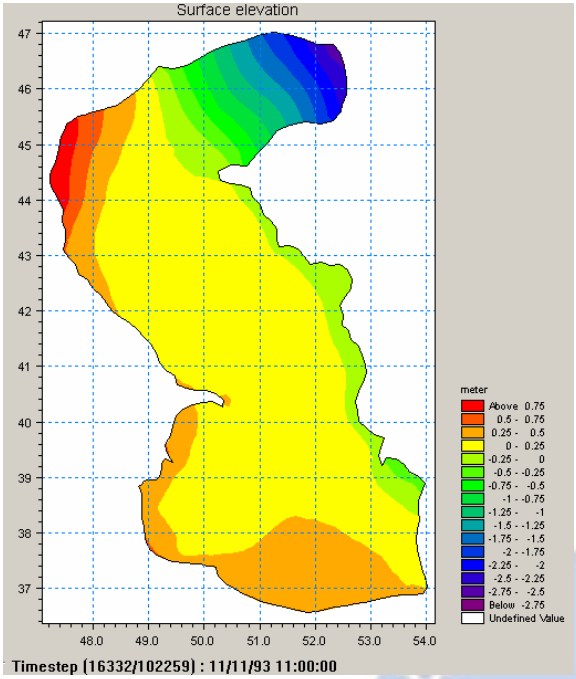
شکل ۳: شبکه‌بندی نامنظم مورد استفاده در مدلسازی خیزآب و جریانات ناشی از باد در بندر انزلی



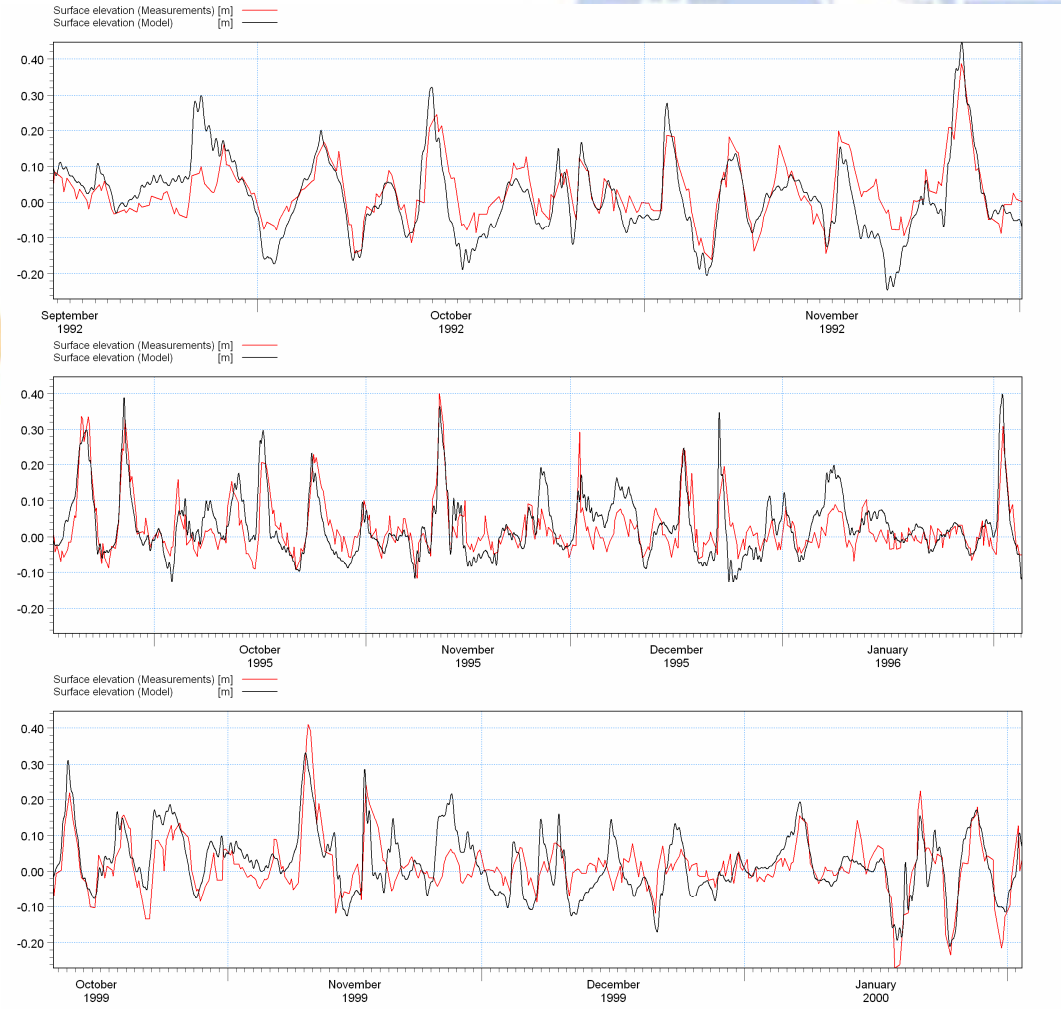
شکل ۴: موقعیت داده‌هایECMWF در دسترس در دریای خزر

www.SID.ir

Archive of SID



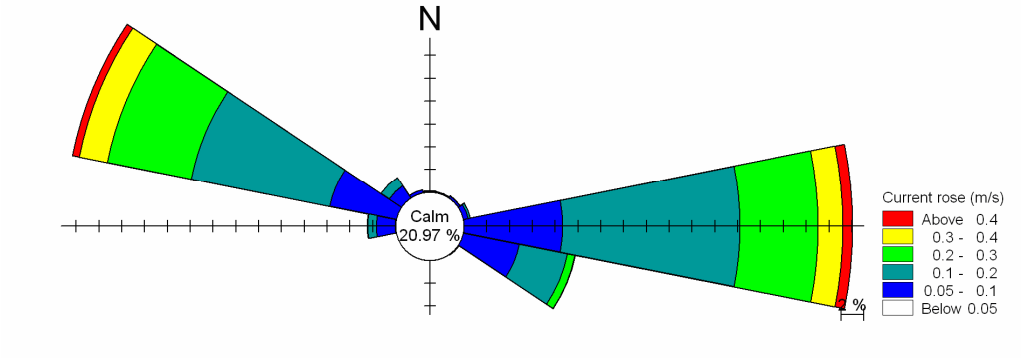
شکل ۵: تغییرات سطح آب در کل دریای خزر در یک زمان مشخص



شکل ۶: مقایسه مقادیر اندازه‌گیری و مدلسازی تغییرات سطح آب ناشی از باد در محدودهٔ انزلی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷: گل–جریان ناشی از باد بر اساس نتایج مدلسازی در محدوده انزلی

مراجع:

1 - Manual on MIKE21 FLOW Module FM, 2007.

۲– نقشه‌های هیدروگرافی ۱:۲۰۰۰ در محدودهٔ بندر انزلی، اداره کل بنادر و کشتیرانی استان گیلان، اردیبهشت ۱۳۸۶

۳– نقشه‌های بزرگ مقیاس محدودهٔ دریای خزر و بندر انزلی، سازمان نقشه‌برداری کشور

۴– داده‌های ثبت شدهٔ تراز سطح آب در بندر انزلی، اداره کل بنادر و کشتیرانی استان گیلان

۵– آمار ۱۱ سالهٔ باد ECMWF در محدودهٔ دریای خزر، اداره کل سواحل و بنادر سازمان بنادر و کشتیرانی

www.SID.ir

Archive of SID

Wind-Based Currents Modeling in Anzali Port

N. Fotouhi, Sazeh Pardazi Iran Consultant Engineering Co.
N. Sa'adatkhah, Sazeh Pardazi Iran Consultant Engineering Co.

Abstract

Costal inundation which takes place as a result of natural events such as storms is a marine event that leads to damages to coastal areas. This event happens in two ways: one way is through formation of shear stress on water surface and the other way is through formation of waves. In both ways, water level in coastal area starts to rise accompanying with certain natural events such as flood tide and water level rise eventually leading to inundate and floods. So, this article seeks to focus on how water level starts to rise and how wind-based currents are created in Caspian Sea (Specialy in Anzali Port). Mike 21-Flow Model –FM software was used for simulating the situation. Results were recorded and then calibrated. Model was executed for an 11-year span of time ending in formation of an ultimate pattern of wind-based currents. It is noteworthy that statistical modeling of such event was made using ECMWF for Caspian Sea. It is anticipated that results of this article are accurate because data that have been used as inputs are two-dimensional.

Keywords*: inundation, natural events, flood, Caspian Sea, Anzali Port*

www.SID.ir