



مرکز پژوهش‌های مطالعات دریایی

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



ICOPMAS

## مدلسازی عددی جریانهای جزر و مدی در خلیج بوشهر

مرتضی کلاهدوزان  
مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو  
mkolahdo@ut.ac.ir

محمد نبی اله نادری  
مرکز تحقیقات آب وزارت نیرو  
nabi\_a@yahoo.com

### چکیده

خلیج بوشهر یکی از بنادر مهم از نظر سیاسی و اقتصادی به شمار می رود. با توجه به طبیعت پیچیده و سوابق رسوبگذاریهای شدید در این بندر، مطالعات مدلسازی این بندر مورد نظر قرار گرفت. در این مقاله، از یک مدل دو بعدی افقی برای مدلسازی عددی محدوده مورد مطالعه استفاده شده است. منقطع سازی مداخلات به روش تقاضلهای محدود بر روی شبکه منظم می باشد. شرایط مرزی برای مدل محلی از مدل واسطه که بنوبه خود شرایط مرزی را از مدل منطقه ای تحصیل نموده است، بکار گرفته است. با توجه به طبیعت پیچیده و وسعت خلیج فارس، مسئله کالیبراسیون مدل از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. برای کالیبراسیون مدل از اندازه گیری های میدانی انجام شده برای پارامترهای هیدرودینامیک استفاده شده است. مقایسه نتایج اندازه گیری شده و نتایج حاصل از مدل عددی نشان دهنده توافقی مناسبی بین این دو دسته نتایج می باشد.

### ۱. مقدمه

تعیین الگوی جریان در داخل یک خلیج یا خور نخستین قدمی است که جهت هر گونه مطالعه و فعالیتی در جهت شناخت عوامل تاثیرگذار بر رفتار و شرایط موجود صورت می گیرد. در مناطق مرتبط با دریاهای آزاد، معمولاً جزر و مد مهمترین عامل در ایجاد جریانهایی است که روند نسبتاً منظم آن در شکل گیری مورفولوژی و سایر خصوصیات منطقه عامل اساسی خواهد بود. به منظور انجام چنین مطالعه ای در خلیج بوشهر دستاویزی به الگوی جریان در خلیج فارس نخستین قدم می باشد که توسط محققین زیادی مورد بررسی قرار گرفته است [۴]، [۷] و [۸].

### ۲. مشخصات خلیج بوشهر

خلیج بوشهر بصورت یک پیش رفتگی طبیعی آب در خشکی در سواحل شمالی خلیج فارس (شکل ۱) قرار دارد. در این منطقه شکل و توپوگرافی خلیج فارس بر جزر و مد طبیعی وارد شده از دریاهای آزاد از طریق تنگه هرمز به شکل رژیم جزر و مدی متفاوت اثر غالب یافته است. بررسی اثر جزر و مد بر الگوی جریانهای موجود در خلیج با توجه به شکل رسوبگذاری در کانالهای دسترسی (شکل ۱) داخل خلیج از اهمیت ویژه ای برخوردار است.



شکل (۱). توپوگرافی خلیج بوشهر، موقعیت کانالهای دسترسی و ایستگاههای اندازه گیری

### ۳. روش مطالعه

مدلسازی عددی جریانهای جزر و مدی در خلیج بوشهر یک قسمت از مطالعات کامل در زمینه پیش بینی شرایط هیدرودینامیکی و انتقال رسوب در بنادر مختلف سواحل خلیج فارس و دریای خزر می باشد. این مطالعات که با اندازه گیری های میدانی شروع شده است، نهایتاً بوسیله تحلیل نتایج حاصل از مدلسازی عددی و اندازه گیری های میدانی به الگوی رژیم هیدرودینامیک و انتقال رسوب در منطقه دست پیدا خواهد نمود. در این مطالعات از نتایج اندازه گیری های میدانی برای کالیبراسیون مدل عددی استفاده شده است. یکی از ابزار بسیار مفید در پیش بینی درازمدت پدیده های هیدرودینامیک و انتقال رسوب مدل های عددی می باشند. سرعت و انعطاف پذیری مدل های عددی، این ابزار را بصورت یک ابزار قابل استفاده در رشته های مختلف، علی الخصوص در پدیده های هیدرولیکی نموده است. در این تحقیق از یک مدل با شبکه بندی منظم جهت پیش بینی رژیم هیدرودینامیک منطقه استفاده شده است.

با توجه به محدوده اعماق در خلیج بوشهر و عدم وجود تغییرات شدید در پروفیل سرعتها در عمق استفاده از مدل آب کم عمق (shallow water) که از معادلات متوسط گیری شده در عمق جهت حل جریان استفاده می کند مناسب تشخیص داده شد. شرایط مرزی مناسب جهت مدل منطقه ای جریان خلیج بوشهر از مدل خلیج فارس بدست آمده اند که با شرایط مرزی ساده تر و در دسترس تر (جزر و مد در تنگه هرمز) اجرا و کالیبره شده است. جهت انتقال بهتر و دقیق تر شرایط مرزی از مدل خلیج فارس به مدل محلی بوشهر از یک مدل واسطه (intermediate) استفاده شده است که خود این مدل نیز با استفاده از جزر و مد در بوشهر و جزیره خارک کالیبره شده است.

### ۴. روش عددی

در این مطالعات از مدل عددی MIKE 21 برای پیش بینی رژیم هیدرودینامیک منطقه طرح استفاده شده است. این مدل که براساس شبکه بندی منطقه مطالعاتی با شبکه های منظم مستطیلی استوار است، به حل معادلات ناویر استوکس متوسط گیری شده در عمق می پردازد. معادلات حاصل در این حالت عبارتند از:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial UH}{\partial x} + \frac{\partial VH}{\partial y} = qm \quad \text{معادله پیوستگی} \quad (1)$$

$$\frac{\partial UH}{\partial t} + \beta \left[ \frac{\partial U^2 H}{\partial x} + \frac{\partial UVH}{\partial y} \right] = fVH + gH \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{\tau_{xw}}{\rho} - \frac{\tau_{xb}}{\rho} + \quad \text{معادله ممتوم در جهت X} \quad (2)$$

$$2 \frac{\partial}{\partial x} \left[ \bar{\varepsilon} H \frac{\partial U}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \bar{\varepsilon} H \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right]$$

$$\frac{\partial VH}{\partial t} + \beta \left[ \frac{\partial UVH}{\partial x} + \frac{\partial V^2 H}{\partial y} \right] = -fUH + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{\tau_{yw}}{\rho} - \frac{\tau_{yb}}{\rho} + \frac{\partial}{\partial x} \left[ \bar{\varepsilon} H \left( \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x} \right) \right] + 2 \frac{\partial}{\partial y} \left[ \bar{\varepsilon} H \frac{\partial V}{\partial y} \right] \quad \text{معادله ممتوم در جهت Y} \quad (3)$$

که در آن:

$U$  و  $V$  = سرعت های متوسط گیری شده در عمق به ترتیب در جهات  $X$  و  $Y$

$H$  = عمق ( $h + \zeta$ )

$\beta$  = ضریب تصحیح ممتوم برای پروفیل سرعت غیریکنواخت در عمق

$qm$  = دبی چشمه در سطح افقی

$\tau_{yx}$   $\tau_{xy}$  = تنش برشی ناشی از باد در جهات  $X$  و  $Y$

$\tau_{xy}, \tau_{yx}$  = تنش برشی بستر در جهات X و Y

$f$  = ضریب کوریولیس

$g$  = شتاب ثقل زمین

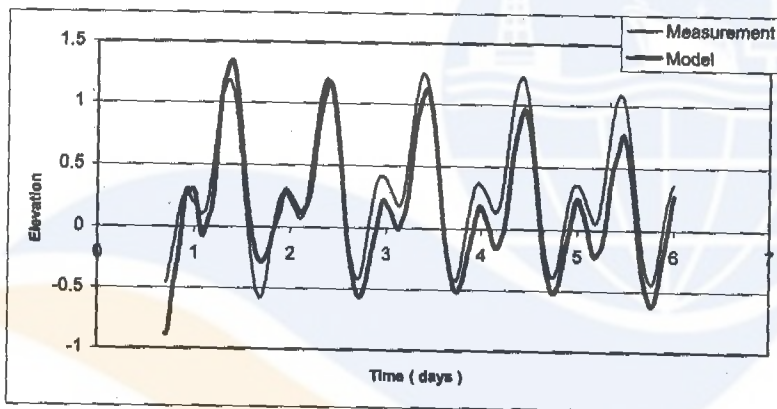
$\zeta$  = تراز سطح آب نسبت به تراز مبنا

$\rho$  = چگالی سیال

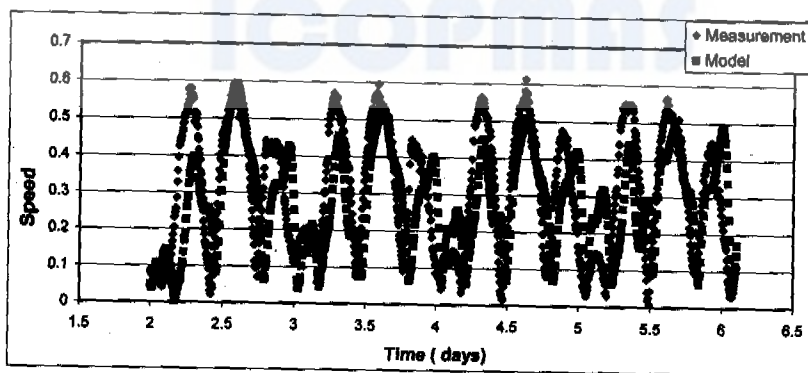
$\varepsilon$  = لزجت گردابه ای متوسط در عمق

۵. نتایج مدلسازی

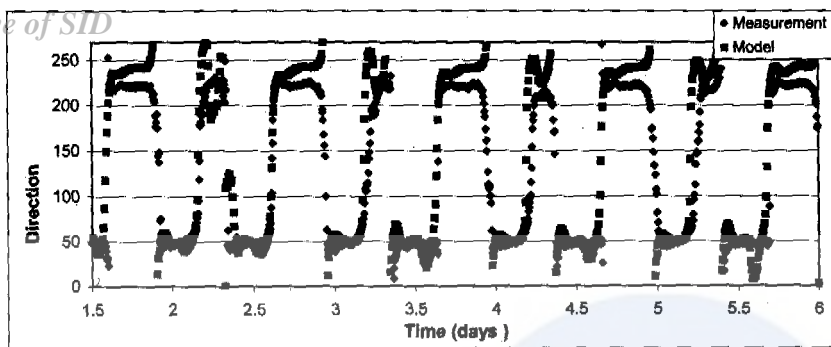
مدل با استفاده از اندازه گیریهای جزرومدو سرعت جریان در ایستگاههای نشان داده شده در شکل (۱) کالیبره شده است. نمونه ای از نتایج کالیبراسیون برای ایستگاه شماره ۲ در محل پیچ کانال در شکلهای (۲)، (۳) و (۴) نشان داده شده است. الگوی جریانبات بدست آمده در حالتی جزر و مد کامل در محدوده بندر در شکلهای (۵) و (۶) ارائه شده است.



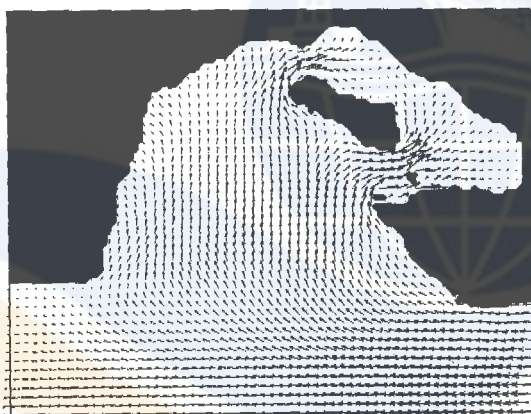
شکل(۲). مقایسه تراز جزرومد حاصل از مدل ریاضی با جزر و مد اندازه گیری شده در بندر پوشهر



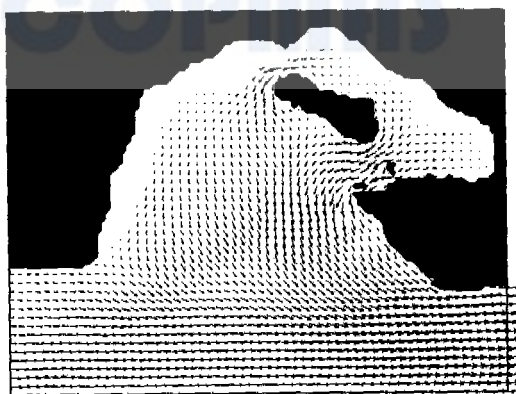
شکل(۳). مقایسه سرعتهای حاصل از مدل ریاضی با نتایج حاصل از اندازه گیری سرعت در ایستگاه شماره ۲ در پیچ کانال



شکل (۴). مقایسه جهت سرعتهای حاصل از مدل ریاضی با نتایج حاصل از اندازه گیری جهت سرعت در ایستگاه شماره ۲ در بیج کانال



شکل (۵). الگوی جریان حاصل از مدلسازی ریاضی در خلیج بوشهر در حالت مد کامل



شکل (۶). الگوی جریان حاصل از مدلسازی ریاضی در خلیج بوشهر در حالت جزر کامل

#### ۶. نتیجه گیری

ترکیب نتایج حاصل از مدل با اندازه گیری ها نشان می دهد که در محل کانال خارجی چه در حالت مد کامل و چه جزر کامل جریان تقریباً در امتداد کانال می باشد در حالیکه در کانال داخلی تقریباً جیتی عمود بر کانال دارد که این نتیجه در تحلیل های انجام شده در مورد رسوبگذاری در کانالها حائز اهمیت است. در حالت جزر کامل سرعتها قدری بیشتر از حالت مد هستند که مؤید نتایج اندازه گیری می باشد. ضریب مانینگ متناظر با حالت کالیبراسیون حدود ۰/۰۲ می باشد...

#### ۷. تقدیر و تشکر

تحقیق فوق در قالب مطالعات رژیم رسوبگذاری در سواحل کشور و با همکاری اداره کل مهندسی سازمان بندر و کشتیرانی انجام شده است که بدینوسیله مراتب تقدیر و تشکر از مسئولین محترم این اداره اعلام می شود.

#### ۸. مراجع

[1]-Persian Gulf Pilot, 1984

[2]-M.F Niyatli & A.Maraghei "Perliminary Study of Morphological Aspects for Bandar Nowshahr and Bandar Bushehr" Delft Hydraulics", 1995

[3]-U.S Nvy "Tides in Marginal, Semi-Enclosed and Coastal Seas - Part I : Sea Surface Height, 2001

[۴]- ریاحی، محمد و منتظری نمین، مسعود " حل دو بعدی معادلات آب کم عمق بر روی شبکه نامنظم مثلثی با استفاده از روش اجسام محدود" سومین کنفرانس بین المللی سواحل ، بنادر و سازه های دریایی

[۵]- سازمان نقشه برداری کشور "جداول پیش بینی جزر و مدی بنادر و جزایر ایران" ۱۳۸۰-۱۳۷۹

[۶]- شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری "پیش نویس گزارش اندازه گیری های دریایی و رسوب در بندر بوشهر" ۱۳۷۹

[۷]- شیانی، جعفر "ارایه الگوی جریان در خلیج فارس تحت اثر جزرمد" پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته سازه های هیدرولیکی- دانشگاه تهران

[۸]- صباغ یزدی، سعیدرضا " مدل دو بعدی جریان جزر و مدی در خلیج فارس با حل معادلات میانگین عمقی بر روی شبکه اجزای بی ساختار مثلثی " چهارمین کنفرانس بین المللی سواحل ، بنادر و سازه های دریایی

ICOPMAS

## Numerical Modeling of Tidal Currents in Bushehr Bay

**M N Dadi**

Ministry of Energy, Water Research Center

**M Kolahdoozan**

Ministry of Energy, Water Research Center

### **Abstract:**

Bushehr is one of the politically and economically important ports of Iran. Considering the complicated nature and severe sedimentation history in this port, sedimentation studies are considered to be done in the present research. In the present article, a horizontal two-dimensional model is applied for numerical modeling of the study area. The equations detaching is done by finite difference method on a regular network. The border condition for local model was used from interface model which itself takes the condition border from regional model. Considering the complicated nature and the Persian Gulf extensiveness, the issue of model calibration is of special importance. For calibration of the model, field studies done for hydrodynamic parameters were applied. Comparison of the measured results and the results of numerical modeling reveals that there is an appropriate concordance between these two results.

**Key Words:** Persian Gulf, Numerical modeling, tidal currents, Bushehr bay