

## مدلسازی جریان‌های دریایی در خلیج عمان با استفاده از مدل Mike3D

محمد رضا خلیل‌آبادی<sup>۱</sup>، قاسم دهقانی اشکذری<sup>۲</sup>، پژمان درخشان علمدارلو<sup>۳\*</sup>

۱- دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی هوا دریا

۲- دانشگاه صنعتی مالک اشتر، مجتمع دانشگاهی آمایش و پدافند غیرعامل

۳- دکتری مهندسی عمران آب و سازه‌های هیدرولیکی

\*ایمیل نویسنده مسئول: Pezhmanderakhshan@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۸/۱۲/۲۵

### چکیده

از دیرباز بررسی پارامترهای همچون سرعت، فشار، موج و ارتفاع آب دریا از دیدگاه مهندسی برای حل مسائل متأثر از پارامترهای ذکر شده بسیار مورد اهمیت بوده است. عامل ایجاد این پارامترها، پارامترهای دیگری همچون شدت باد، جزر و مد، شوری و ... می‌باشد. از آنجایی که مطالعه بر روی دریای عمان نه تنها از لحاظ علم مهندسی بلکه با توجه به اینکه شرایط خاصی که مسیر آبی چند کشور می‌باشد دارای اهمیت فراوانی است. در این تحقیق مدلسازی جریان‌های دریایی در دریای عمان توسط نرم افزار عددی Mike 3D به مطالعه پرداخته شده است. نتایج نشان می‌دهد که بیشترین پارامترهایی که در جریان های دریایی تاثیرگذار می‌باشد شدت باد و نوع چرخش جریان آب هستند.

### کلمات کلیدی

دریای عمان، Mike 3D، روش عددی، جریان‌های دریایی، جزر و مد.

## Modeling Marine Currents in the Gulf of Oman Using the Mike3D Model

Mohammad Reza Khalil Abadi<sup>1</sup>, Ghasem Dehghani Ashkezari<sup>2</sup>, Pezhman Derakhshan Alamdarloo<sup>3\*</sup>

1. Faculty of Naval Aviation, Malek Ashtar University of Technology, Iran

2. Faculty of Passive Defense, Malek Ashtar University of Technology, Iran

3\*. Ph.D, Civil Engineering and Hydraulic Structures

\*Email Address : Pezhmanderakhshan@gmail.com

### Abstract

It has long been important to investigate parameters such as velocity, pressure, wave and sea water elevation from an engineering point of view to solve the problems affecting these parameters. These parameters cause other parameters such as wind intensity, tide, salinity and so on. Since the study of the Oman Sea is of great importance not only in terms of engineering science but also because of the particular conditions that the waterways of several countries have. In this study, the modeling of marine currents in the Oman Sea is studied by Mike 3D numerical software. The results show that the most influential parameters in sea currents are the wind intensity and the type of water flow rotation.

### Keywords

Oman Sea, Mike 3D, Numerical Method, Sea Flows, Tide.

## ۱. مقدمه

پدیده‌های هیدرودینامیکی حاکم بر دریای عمان، دهه اخیر به دلیل اهمیت استراتژیک منطقه بویژه در کشورهای حاشیه رشد قابل توجهی داشته و مورد فعالیت‌هایی توسط سازمان‌ها و ارگان‌های دریایی انجام شده است که این امر لزوم انجام مطالعاتی جامع را در این خصوص دو چندان می‌کند. مطالعاتی توسط محققین بر روی دریای عمان انجام داده اند که در ادامه به برخی از آنها اشاره شده است. قازنگیان و همکاران (۱۳۹۲) به آنالیز داده‌های امواج در ایستگاه‌های مختلف خلیج چابهار به مطالعه پرداختند. در این مقاله با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده تغییرات تراز سطح آب در ۶ ایستگاه مختلف در سواحل خلیج چابهار، طیف امواج در شرایط مختلف استخراج شده و ویژگی‌های مدل طیفی در این ایستگاه‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. طبق مطالعات صورت گرفته در ایستگاه‌های خلیج چابهار، امواج غالباً دارای ارتفاع  $H_{m0}$  مستخرج از طیف امواج بین ۰/۵ تا ۱ متر پرپود پیک در ۵ ایستگاه که جهت موج آن‌ها از سمت جنوب و جنوب شرق است بالای ۱۰ ثانیه و در یک ایستگاه که موج آن از سمت جنوب غربی است زیر ۵ ثانیه می‌باشد. با توجه به تحلیل‌های صورت گرفته، شکل طیف امواج در نواحی مختلف سواحل شمالی دریای عمان متفاوت است و جهت معرفی مدل طیفی مناسب بایستی این ناحیه با توجه به جهت‌خداد موج به سه قسمت رخداد موج از جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی تقسیم گردد. نتایج بررسی نشانگر آن است که نوع طیف در دو ناحیه‌هاول به صورت دو قله‌ای و در ناحیه سوم به صورت تک قله‌ای است. همچنین تمام طیف‌ها در ایستگاه‌های مختلف از نوع باند پهن غیر نوک تیز می‌باشند. پاخیره زن و همکاران (۱۳۹۳) به شبیه‌سازی جریان‌های شمال غرب دریای عمان با استفاده از مدل مایک پرداختند. به منظور تعیین شرایط هیدرودینامیکی منطقه مورد مطالعه جهت ورود به مدل داده‌های باد با استفاده از آمارباز موسسه ECMWF داده‌های موج با استفاده از داده‌های ارایه شده توسط سازمان بنادر و دریانوردی در پروژه مدلسازی امواج دریاهای ایران ISWM و داده‌های کشند بصورت چهارموفله اصلی  $M2$ ،  $O1$ ،  $S2$  تهیه گردید برای تهیه فایل عمق سنجی منطقه مورد مطالعه از نقشه دریایی بایست عمق متوسط استفاده گردید همچنین جهت تعیین تشعشعات امواج جهت ورود به مدل از مدول Sw از بسته مایک استفاده شده است مدل مذکور برای مدت یک سال اجرا شده است تانحوه جهت گیری جریان‌های سطحی به یک حالت پایدار برسد نتایج مدل نشان می‌دهد که در ابتدای تنگه هرمز آب‌های سطحی دریای عمان به سمت خلیج فارس حرکت می‌کنند این حرکت در تمام طول سال وجود دارد ولی سرعت و شدت آن در فصل تابستان بیشتر بوده است بطور میانگین سرعت جریان در تنگه هرمز بین ۱/۰ تا ۲/۰ متر بر ثانیه می‌باشد. قادریان و همکاران (۱۳۹۷) به مطالعه اثر جریانات جزر و مدی بر انتخاب محل مناسب استقرار صنایع در سواحل جنوبی پرداختند. برای شبیه‌سازی جریانات از نرم افزار mike21 استفاده شده و در طول نوار ساحلی الگوی جریان جزرومدی مورد بررسی قرار گرفت. روند انجام

مطالعات شبیه‌سازی بدین ترتیب بوده است که ابتدا مدل سازی جریانه‌های جزرومدی در محدوده‌ی مورد بررسی انجام شد و سپس با روند اجرای متوالی و سعی و خطا این مدل با استفاده از ترازهای جزرومدی اندازه‌گیری شده در ایستگاه‌های جزرومدی خلیج فارس کالیبره گردید. برای ارزیابی الگوی جریانات جزرومدی در محدوده‌ی طرح، در نقاط مختلف مقادیر سرعت و جهت جریانات استخراج گردید. الگوی کلی جریانات هنگام پدیده جزرومد در محدوده دریای عمان با توجه به عمق زیاد سرعت جریانات جزرومدی در این ناحیه نسبت به خلیج فارس کمتر است. بنابراین مناطق مجاور دریای عمان که سرعت و دامنه جریانات کم است محل مناسب‌تری برای استقرار صنایع می‌باشد. شجاع و همکاران (۱۳۹۷) به واکاوی اثر دمای سطح دریای عرب و عمان بر فعالیت چرخنده‌های حاره‌ای و رطوبت نواحی ساحلی جنوب شرق ایران پرداختند. داده‌های مورد نیاز از سه پایگاه داده‌های اقلیمی ECMWF، JTWCO، و سازمان هواشناسی کشور، استخراج گردید. ابتدا میانگین مقادیر SST 3 به صورت ماهانه محاسبه و نقشه‌های مورد نظر ترسیم گردید. سپس جهت تحلیل ارتباط بین دمای دریا و سرعت باد سطحی، همبستگی این دو پارامتر در زمان وقوع چرخند و یک هفته قبل از آن مورد آزمون قرار گرفت. در نهایت با استفاده از آزمون من کندال و تخمین گر شیب سن تاثیرات SST روی میزان رطوبت نواحی ساحلی، مشخص گردید. نتایج نشان داد بالاترین مقادیر دمای دریای عمان مربوط به ماه ژوئن بوده و همبستگی مثبتی بین SST و باد سطحی قبل از وقوع چرخند وجود دارد. همچنین تغییرات رطوبت نسبی و دمای نقطه شبنم چابهار و جاسک در ماه‌های جولای، آگوست و سپتامبر از SST تبعیت کرده و دارای روند افزایشی هستند. پوراسماعیل و حشمتیان (۱۳۹۸) به مدلسازی امواج ناشی از باد و جزر و مد با استفاده از مدل عددی Mike21 مطالعه موردی ساحل مکران پرداختند. به منظور تعیین شرایط هیدرودینامیکی منطقه مورد مطالعه جهت ورود به مدل داده‌های باد با استفاده از آمار میدانی منطقه، داده‌های موج با استفاده از آمار ارائه شده توسط سازمان بنادر و دریانوردی در پروژه امواج دریاهای ایران ISWM و داده‌های کشند به صورت موفله‌های کامل تهیه گردید. نتایج مدل‌نهایی با استفاده از بویه مستقر در ایستگاه رمین کالیبره شد. نتایج مدل نشان می‌دهد که جهت جریان به سمت غرب ایستگاه زمین می‌باشد، این حرکت به صورت پیوسته در تمام سال وجود دارد ولی سرعت و شدت آن تابع فصول مختلف است. به طور میانگین سرعت جریان در این ایستگاه بین ۰/۳ و ۰/۵ متر بر ثانیه می‌باشد. مدل‌های عددی متعددی ممکن است در شبیه‌سازی و پیش‌بینی تغییر مکان توده آب در سیال وجود دارد. اما کمتر مدلی وجود دارد که عدم قطعیت‌های موجود، سه بعدی بودن شبیه‌سازی و در نظر گرفتن لایه‌های متعدد را دارا باشد. در این تحقیق مدل استفاده شده دارای قابلیت فراوانی در شبیه‌سازی مسئله مورد نظر را دارد که این باعث تازگی و نوآوری بودن تحقیق حاضر شده است.

## ۲. مواد و روش‌ها

و برای جهت  $y$  رابطه (۳) برقرار است:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wu}{\partial z} = -fu - g \frac{\partial \eta}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} - \frac{\partial p_a}{\partial y} - \frac{g}{\rho_0} \int_z \eta \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \quad (3)$$

در کلیه روابط فوق،  $t$  زمان،  $\eta$  سطح آب،  $d$  عمق آب،  $h$  کل عمق آب برابر  $f(\eta + d)$  پارامتر کوریولیس و برابر  $(2\phi \sin F)$  که در آن  $\phi$  پارامتر چرخش و  $F$  زاویه چرخش زمین هستند،  $g$  شتاب ثقل،  $\rho$  دانسیته آب،  $Vt$  سرعت گرداب،  $Pa$  فشار اتمسفر،  $\rho_0$  دانسیته منبع آب و  $Sxx$ ،  $Sxy$ ،  $Syx$ ،  $Syy$  تنش‌های تشعشی در جهات مختلف هستند (Veluswamy et al, 2012).

$$F_u = \frac{\partial}{\partial x} \left[ 2A \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ A \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] \quad (4)$$

$$F_v = \frac{\partial}{\partial x} \left[ A \left( \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ 2A \frac{\partial v}{\partial y} \right] \quad (5)$$

که در آن  $A$  ویسکوزیته گردابی است. در نرم افزار موجود در مدل‌هایی که از شبکه‌بندی مثلثی استفاده می‌کنند به جای استفاده از عدد کورانت، از مفهوم اصلاح شده آن به عنوان عدد کورانت - فردریش-لوی ۳ که به اختصار CFL نشان داده شده برای بیان شرایط پایداری در معادلات آب‌های کم عمق استفاده می‌شود. رابطه مربوط به عدد CFL به صورت رابطه (۶) بیان می‌شود (Zhang et al, 2016):

$$CFL_{HD} = (\sqrt{gh} + |u|) \frac{\Delta t}{\Delta x} + (\sqrt{gh} + |v|) \frac{\Delta t}{\Delta y} \quad (6)$$

در این رابطه  $h$  عمق آب،  $u$  و  $v$  پارامترهای سرعت در جهت‌های  $x$  و  $y$ ،  $g$  شتاب جاذبه،  $\Delta x$  مقیاس طول مشخصه برای یک المان و  $\Delta t$  گام زمانی است. مقیاس طول مشخصه طول کوچک‌ترین لبه در هر المان تقریب زده می‌شود. همچنین عمق آب و سرعت‌ها در مرکز المان محاسبه می‌شوند. در رابطه اخیر تا زمانی پایداری مدل به خطر نمی‌افتد که عدد CFL کمتر از یک باشد.

### ۳. منطقه مورد مطالعه

دریای عمان با شکل مثلثی بین کشورهای ایران، عمان و پاکستان قرار دارد. حداکثر طول آن از شمال غرب تا جنوب شرق ۹۵۰ کیلومتر و حداکثر پهنا آن از شمال شرق به جنوب غرب حدود ۳۴۰ کیلومتر است. این حوضه کوچک اقیانوسی، باقیمانده یک اقیانوس وسیع قدیمی به نام نئوتتیس است که به علت برخورد ورقه عربی به اورازیا کوچک شده است. این برخورد، یک گوه برافزایشی در مکران (شمال دریای عمان) را آفریده است و مهاجرت، چرخش و برخورد ریزقاره‌های بین ورقه‌های عربی و اورازیا را باعث شده است.

سری نرم‌افزاری MIKE توسط موسسه هیدرولیک دانمارک (DHI) تهیه شده‌اند. در این مجموعه زیر برنامه‌های MIKE11، MIKE21، MIKE3، MIKE21/3 Integrated، MIKE Flood و LITPACK، MIKE SHE، Models می‌باشد. دامنه کاربرد این نرم افزار شامل مدل‌سازی کانال‌ها و رودخانه‌ها در حالت‌های یک و دو بعدی و سه بعدی، مدل‌سازی پروسه‌های ساحلی (امواج، جریان ناشی از امواج، مورفولوژی ساحل و رودخانه اثر احداث سازه‌های ساحلی بر خط ساحل و...)، طراحی بندر و نفوذ امواج، مدل‌سازی مخازن و دریاچه‌ها، مدل‌سازی انتشار آلودگی‌های مختلف در محیط‌های آبی، مدل‌سازی آب‌های سطحی و زیرزمینی و بررسی اثرات زیست محیطی در مناطق مختلف و محیط‌های آبی می‌باشد (Azadi Et.al, 2011). از میان مدل‌های ریاضی مطرح در جهان در تحلیل پدیده‌های حاکم بر محیط دریا، مدل ریاضی Mike 3D یکی از شناخته‌ترین آن‌هاست. این برنامه کامپیوتری که توسط انستیتو هیدرولیک و با همکاری انستیتو کیفیت آب ۲ پایه‌ریزی و به مرور زمان تکمیل و توسعه یافته است، دارای قابلیت‌های محاسباتی و گرافیکی بالایی در زمینه مدل کردن پدیده‌های مربوط به دریاچه‌ها، نواحی کم عمق ساحلی، خلیج‌ها و دریاها می‌باشد (Guha, 2008). این نرم افزار سیستم جامعی برای مدل کردن جریان‌های آزاد سه بعدی است. در حالت سه بعدی با در نظر گرفتن لایه‌های مختلف و حل هر لایه بصورت دو بعدی در کامپیوترهای موجود قابل اجرا است. علیرغم اینکه برنامه کامپیوتری Mike 3D از مدرن‌ترین امکانات نرم‌افزاری بهره گرفته است، به‌طور پیوسته تحت بازنگری قرار داشته و کاربردهای جدیدتری به آن اضافه می‌شود (Jie and Zhu, 2006). MIKE 3D یک ماژول هیدرو دینامیک می‌باشد که زمینه جریان را از طریق حل معادله پیوستگی و معادلات اندازه حرکت محاسبه می‌کند. علاوه بر باد و جزر و مد، عوامل تاثیرگذار ممکن است شامل گرادین‌هایی در زمینه تنش شعاعی، همانطور که به‌وسیله ماژول موج در سامانه مدل‌سازی ریخت‌شناختی محاسبه شده است، باشد. جریان‌ها و سطح متوسط آب روی بستری که با یک نرخ ثابت نمو می‌یابد محاسبه می‌شوند. ماژول ردیابی ذرات براساس معادلات نایور استوکس به‌صورت رابطه (۱) پایه‌ریزی شده است (Ren et al, 2012):

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad (1)$$

که در این رابطه  $S$  نرخ تغییرات منبع ذرات است و  $u$  و  $v$  و  $w$  به ترتیب سرعت جریان در جهات  $x$  و  $y$  و  $z$  می‌باشند. برای جهت  $x$  می‌توان رابطه (۲) را نوشت:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = fv - g \frac{\partial \eta}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} - \frac{\partial p_a}{\partial x} - \frac{g}{\rho_0} \int_z \eta \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \quad (2)$$

<sup>1</sup>Danish Hydraulic Institute

<sup>2</sup>Water Quality Institute

<sup>3</sup>Courant-Friedrich-Levy

این داده به دوبرخش داده ورودی و داده های صحت سنجی مدل تقسیم می شوند. این داده ها سری زمانی با فرمت dfs1 بوده که به فواصل زمانی ۳۶۰۰ ثانیه و به مدت شش ماه تهیه شده اند که از ۲۰۱۷/۰۱/۰۱ تا ۲۰۱۷/۰۶/۰۱ می باشند. این داده ها از سایت Earth Explorer که متعلق به NASA می باشد تهیه شده است.

#### ۴-۴. میدان باد

داده های باد استفاده شده در این مدل سازی، داده های دریافتی از مرکز هواشناسی میانبرد اروپا (ECMWF) می باشد که دارای فرمت dfs2 بوده که هر ۱۰۸۰۰ ثانیه (۳ ساعت) برداشت شده است. نمونه ای از نتایج سرعت باد در منطق که برای بازه زمانی ۲۰۱۷/۰۳/۰۸ می باشد و برای مدل سازی مورد استفاده قرار گرفته شده است در شکل (۶) آمده است.

#### ۴. داده های مدل سازی

##### ۴-۱. داده های هیدروگرافی

داده های هیدروگرافی دریای عمان مطابق شکل (۲) قابل مشاهده هست، همچنین فایل مش ساختار نیافته (مش مثلثی) مدل منطقه مطابق شکل (۳) و هیدروگرافی نهایی که به عنوان ورودی به نرم افزار داده می شود مطابق شکل (۴) می باشد. لازم به ذکر است که داده های استفاده شده در این بخش از سایت British (Oceanographic Data Center) تهیه شده است.

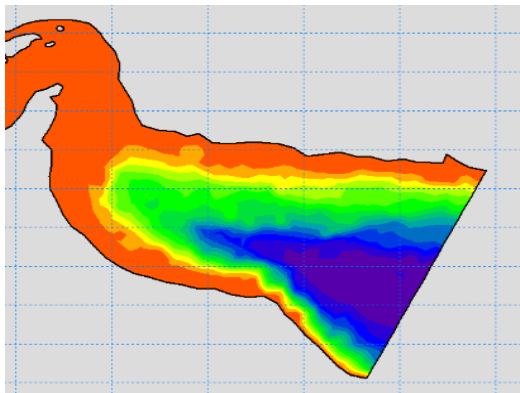
##### ۴-۲. هندسه مرز مدل و داده ها مرز ورودی

مدل سازی مطابق شکل (۵) دارای چند مرز به شماره کد های ۱، ۲ می باشد که مطابق جدول ۲ هر کد بیانگر ویژگی آن می باشد.

##### ۴-۳. داده های تغییرات تراز آب دریا

جدول ۱. بنادر مهم در منطقه مدل سازی

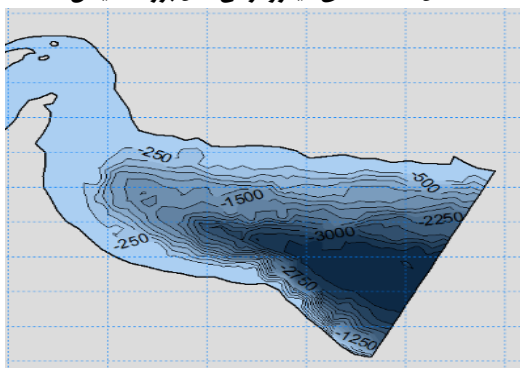
ردیف	کشور	نام بندر
۱	ترکیه	آنتالیا، اسکندرون، مرسین،
۲	سوریه	لاذقیه
۳	لبنان	بیروت، طرابلس
۴	فلسطین	غزه
۵	رژیم غاصب فلسطین	اشدود، حیفا، تل آویو
۶	مصر	اسکندریه، دمياط، پورت سعید
۷	قبرس	لیماسول



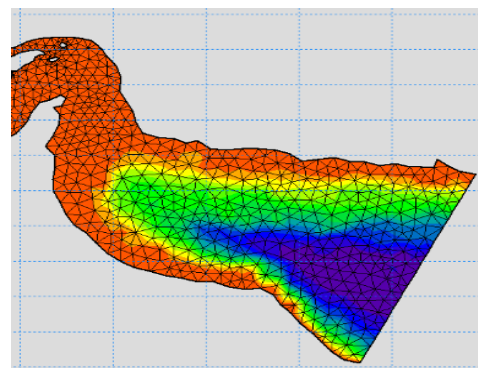
شکل ۲. داده های هیدروگرافی مدل بزرگ مقیاس



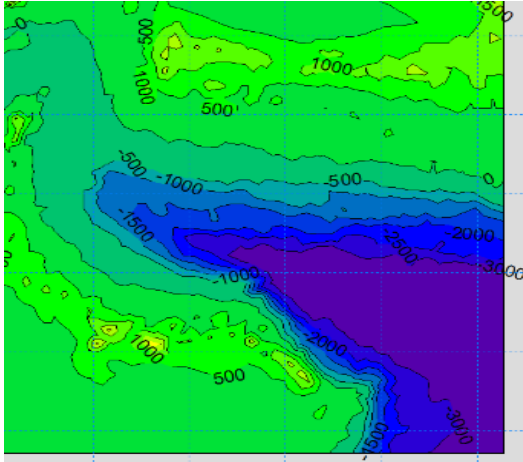
شکل ۱. محدوده مدل سازی از دریای عمان (Google Earth)



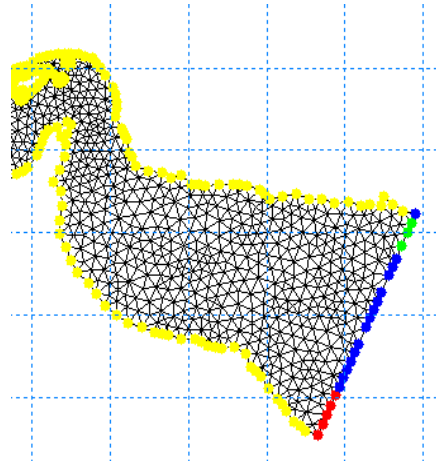
شکل ۴. هیدروگرافی نهایی برای مدل سازی



شکل ۳. مش بندی مثلثی مدل بزرگ مقیاس



شکل ۶. نمونه باد مورد استفاده برای مدل سازی



شکل ۵. مرزهای مدل بزرگ مقیاس

جدول ۳. معرفی ویژگی مرزها

مشخصات مرز	کد مرز
Land (Zero Normal Velocity)	Code 1
Specified Level (Varying in time, constant along Boundary)	Code 2

#### ۵. کالیبراسیون و اجرای نهایی مدل بزرگ مقیاس

برای کالیبراسیون مدل معمولاً از ضریب مقاومت بستر  $(1/n)$  (معکوس ضریب مانینگ) استفاده می شود، اما برای مدل سازی سه بعدی (Mike3) ضریب مقاومت بستر به ارتفاع زبری (Roughness Height) تغییر یافته و دارای واحد متر (m) می باشد. روال کالیبراسیون بدین شکل است که با اجرای مدل هیدرودینامیک در ایستگاه های گفته شده در بخش قبل، با تغییر این ضریب در نرم افزار از مدل خروجی سری زمانی تغییرات تراز آب دریا گرفته شد با مقایسه سری زمانی تغییرات تراز آب خروجی مدل سازی و داده های اندازه گیری شده میزان هم پوشانی داده ها در نمودار با تغییر ضریب ارتفاع زبری مشخص شده است همچنین از روش های نیمه تجربی یا همان پارامترهای آماری نیز میزان دقت مدل مشخص شده است. از روابط زیر برای مقایسه دقت داده های مدل سازی نسبت به داده های واقعی استفاده شده است:

ضریب همبستگی:

$$CC = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \times \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (7)$$

جذر متوسط مربع خطاها:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (y_i - x_i)^2} \quad (8)$$

درصد خطا:

$$\text{Error} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|y_i - x_i|}{x_i} \times 100 \quad (9)$$

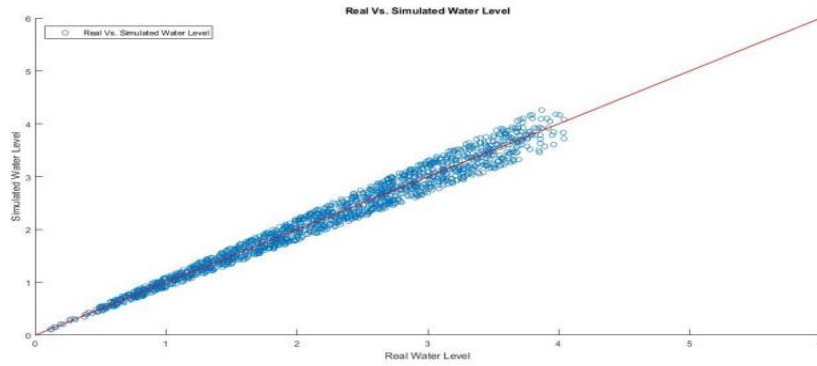
شاخص اربیبی:

$$\text{Bias} = \frac{1}{n} \sum (y_i - x_i) = \bar{y} - \bar{x} \quad (10)$$

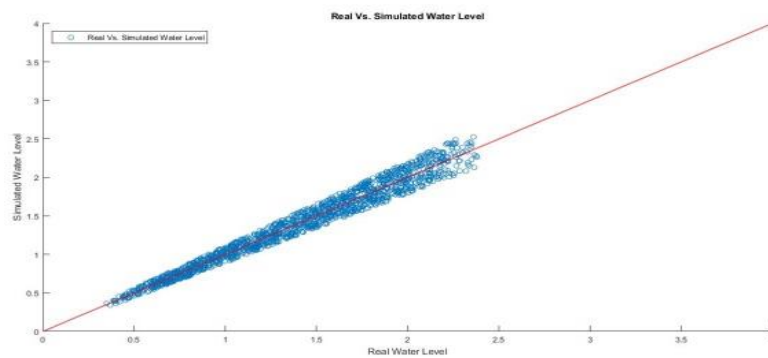
در این روابط آماری، X سری آماری نتایج اندازه گیری، Y سری آماری نتایج پیش بینی شده و  $\bar{X}$  و  $\bar{Y}$  متوسط هریک از این دو سری را نشان می دهد. n نیز تعداد کل داده ها در سری آماری می باشد. داده های برداشت شده و خروجی های بدست آمده در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. مشخصات عدد نهایی کالیبراسیون مدل

Bias	ERROR%	RMSE(m)	CC%	ضریب ارتفاع زبری (m)	ایستگاه تغییرات تراز آب
-۰/۰۰۲۴	۵/۱۳	۰/۱۳۲	۹۸/۶۳	۰/۰۴۵	بندر رجایی
۰/۰۰۱۵	۵/۳۷	۰/۰۹۵۲	۹۸/۷۱	۰/۰۴۵	بندر دیر



شکل ۷. دیاگرام پراکنندگی تراز آب بدست آمده از مدل سازی و مقدار های برداشت شده برای بندر رجایی

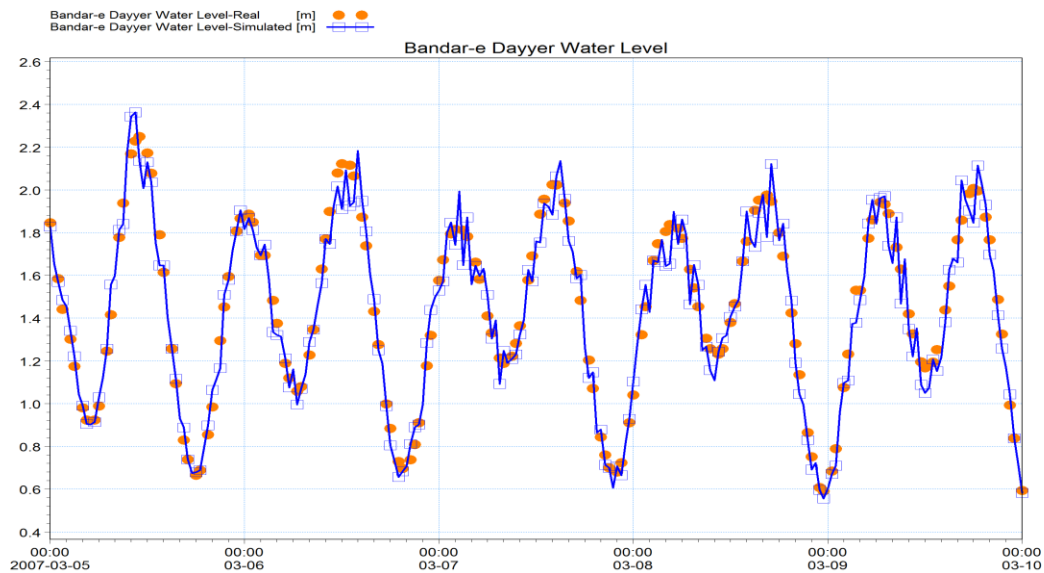


شکل ۸. دیاگرام پراکنندگی تراز آب بدست آمده از مدل سازی و مقدار های برداشت شده برای بندر دیر

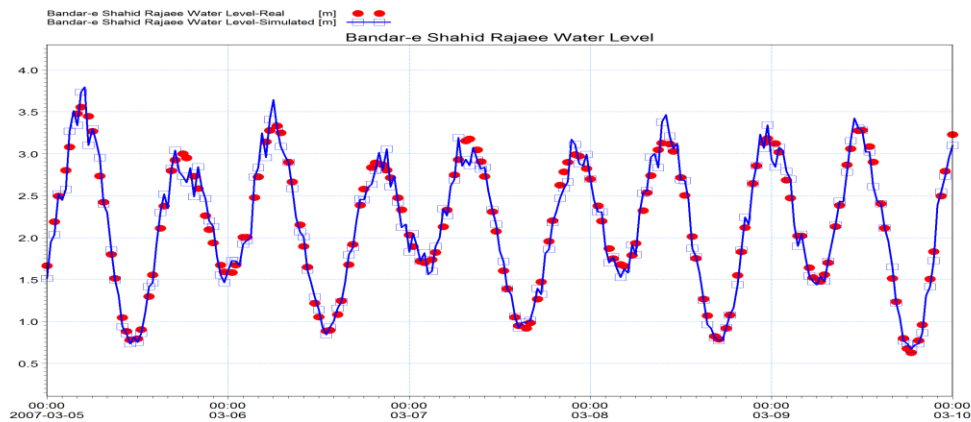
به ارتفاع آب در دو بندر کمک رفته شد و نتایج مدل با برداشت های میدانی بررسی گردید که در شکل (۹) و (۱۰) نتایج آورده شده است.

### ۶. صحت سنجی

در تحقیق حاضر برای صحت انجام کار از داده های مشاهداتی که مربوط



شکل ۹. مقایسه تغییرات تراز جزر و مدی داده های مشاهداتی و مدل سازی برای بندر دیر



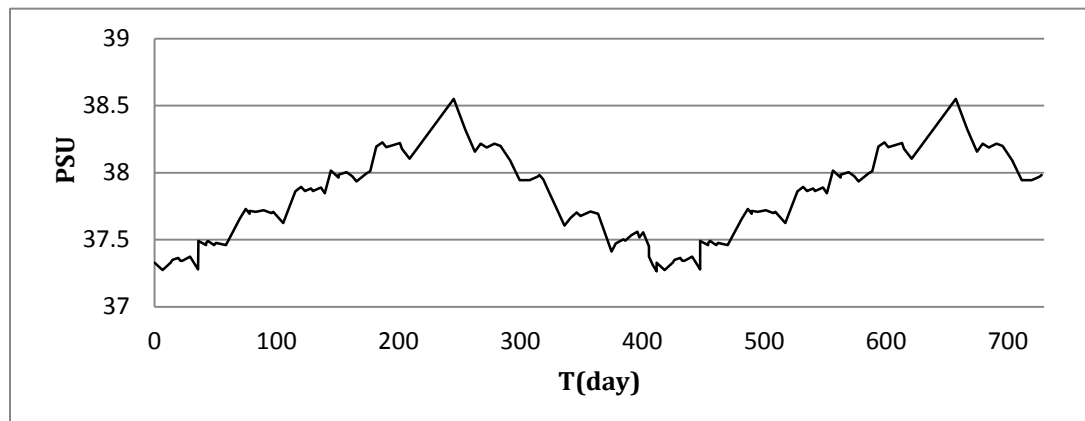
شکل ۱۰. مقایسه تغییرات تراز جزر و مدی داده های مشاهداتی و مدلسازی برای بندر رجایی

حرکت یک توده آب را در ناحیه دریای عمان رهگیری کرد. بازه زمانی که برای مدت رهگیری انتخاب شده است از ۲۰۱۷/۰۳/۰۱ تا ۲۰۱۷/۰۶/۰۱ می باشد. پخش امواج بدست آمده از مدلسازی، ترکیبی از امواج حاصل از باد و پدیده Swell می باشد که به عنوان نمونه امواج ناحیه به ترتیب برای زمان های ۲۰۱۷/۰۳/۰۸، ۲۰۱۷/۰۴/۱۲ و ۲۰۱۷/۰۵/۳۱ برای مدل در شکل های ۱۴-۱۲ نشان داده شده اند. لازم به ذکر است که جهت فلش های نشان داده شده در تصاویر بیانگر جهت امواج های دریایی و طول آن ها بیانگر ارتفاع این امواج می باشند، به عبارت دیگر فلش ها با طول بیشتر بیانگر ارتفاع بیشتر می باشند. سرعت جریان بدست آمده از مدلسازی، ترکیبی از سرعت جریان های جزرومدی و سرعت جریان ناشی از وزش باد و موج می باشد که به عنوان نمونه سرعت جریان به ترتیب برای زمان های ۲۰۱۷/۰۳/۰۸، ۲۰۱۷/۰۴/۱۲ و ۲۰۱۷/۰۵/۳۱ برای مدل در در شکل های ۱۷-۱۵ نشان داده شده اند. لازم به ذکر است که جهت فلش های نشان داده شده در تصاویر بیانگر جهت جریان های دریایی و طول آن ها بیانگر سرعت این جریان ها می باشند، به عبارت دیگر فلش ها با طول بیشتر بیانگر سرعت بیشتر می باشند.

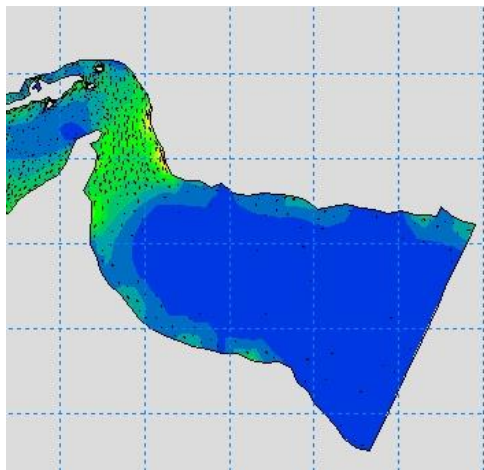
لازم به ذکر است که بازه زمان انتخاب شده برای کل کالیبراسیون و صحت سنجی مدل با توجه به محدود بودن داده ها و نیاز به قرار داشتن داده های تهیه شده در یک بازه زمانی ۱۵ روز بوده است که ۶۰٪ از داده های آن برای کالیبراسیون و ۴۰٪ دیگر برای صحت سنجی استفاده شده است، و در نهایت پس از رسیدن به ضریب ارتفاع زبری نهایی مناسب برای مدل، مدل برای کل بازه ۱۵ روزه اجرا شده است. همانگونه که از نتایج بدست آمده از مرحله کالیبراسیون و صحت سنجی قابل مشاهده است، مدل تنها دارای ۳۷٪ خطا می باشد.

#### ۷. نتایج

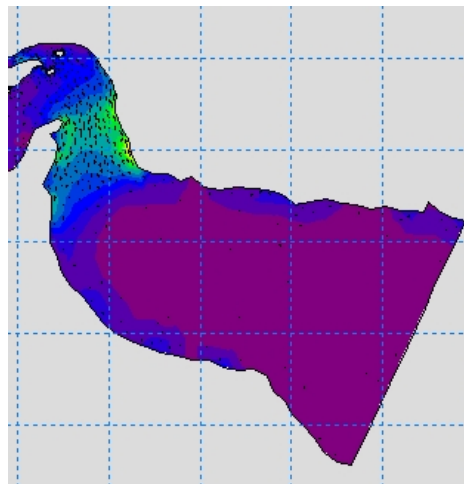
از آنجا که نرم افزار برای حرکت آب نیاز به مشخصات توده آب دارد لذا وزن توده آب در شبیه سازی برابر با ۳/۵ کیلوگرم و کمتر از چگالی سطح آب در نظر گرفته شده است تا توده آب بر روی سطح آب شناور باقی بماند. حرکت توده آب در چند مختصات مختلف در چند دوره زمانی مورد بررسی قرار گرفت که نتایج آن به صورت گرافیکی در ادامه آورده شده است. در شکل ۱۱ به منظور پایداری مدل از نمودار شوری-زمان استفاده شده است که مدل برای ده سال اجرا گردیده و نمودار برای دو سال انتهایی آورده شده است. پس از آن که مشخص شد مدل ساخته شده همراه با تنظیمات اعمال شده صحیح می باشد می توان مسیر



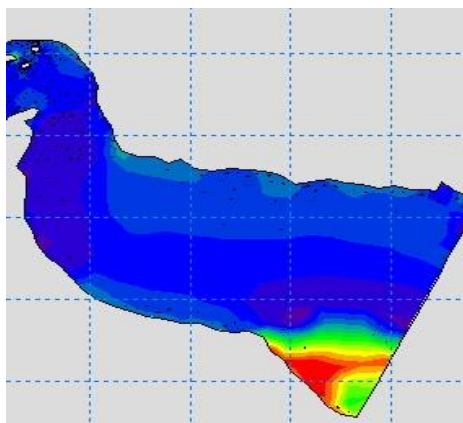
شکل ۱۱. نمودار شوری - زمان



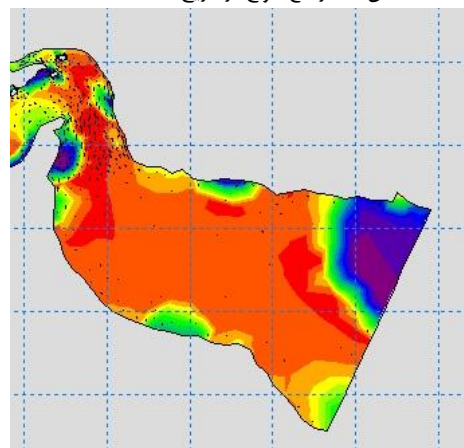
شکل ۱۳. ارتفاع امواج در تاریخ ۲۰۱۷/۰۴/۱۲



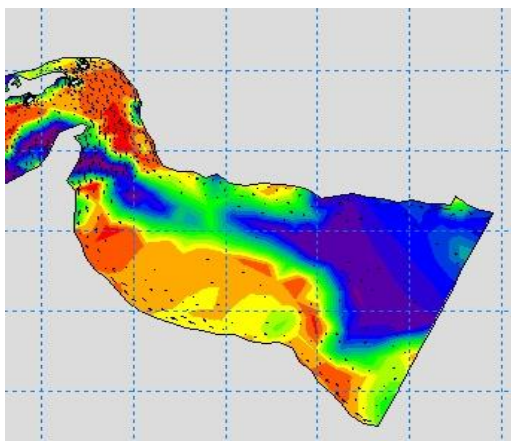
شکل ۱۴. ارتفاع امواج در تاریخ ۲۰۱۷/۰۳/۰۸



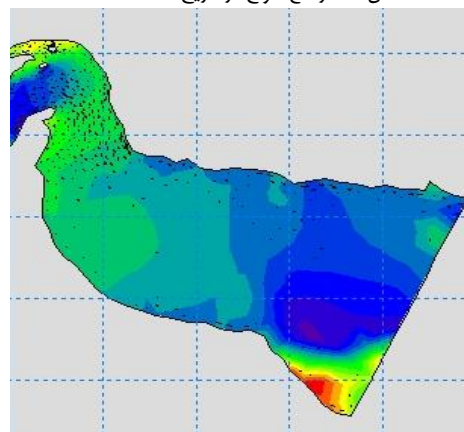
شکل ۱۵. سرعت جریان در تاریخ ۲۰۱۷/۰۳/۰۸



شکل ۱۶. ارتفاع امواج در تاریخ ۲۰۱۷/۰۵/۳۱



شکل ۱۷. سرعت جریان در تاریخ ۲۰۱۷/۰۵/۳۱



شکل ۱۸. سرعت جریان در تاریخ ۲۰۱۷/۰۴/۱۲

#### ۸. نتیجه گیری

به خلیج فارس کمتر است. بنابراین مناطق مجاور دریای عمان که سرعت و دامنه جریانات کم است محل مناسبتری برای استقرار صنایع می باشد.

برای ارزیابی الگوی جریانات جزرومدی در محدوده ی طرح، در نقاط مختلف مقادیر سرعت و جهت جریانات استخراج گردید. الگوی کلی جریانات هنگام پدیده جزرومد در محدوده دریای عمان با توجه به عمق زیاد سرعت جریانات جزرومدی در این ناحیه نسبت



## منابع

- قارنگیان، ر. شفیعی فر، م. پناهی، ر. ۱۳۹۲. آنالیز داده های امواج در ایستگاه های مختلف خلیج چابهار. پانزدهمین همایش صنایع دریایی.
- پاخیره زن، م. راه بانی، م. بلوچی، س. اسلامی، ف. ۱۳۹۳. شبیه سازی جریانهای شمال غرب دریای عمان با استفاده از مدل مایک. شانزدهمین همایش صنایع دریایی.
- شجاع، ف. خسروی، م. شمسی پور، ع.ا. ۱۳۹۷. واکاوی اثر دمای سطح دریای عرب و عمان بر فعالیت چرخندهای حاره ای و رطوبت نواحی ساحلی جنوب شرق ایران. دومین کنفرانس ملی آب و هواشناسی ایران
- قادری، ف. کلاهی رستمکلاهی، م. تمدنی، ا. ۱۳۹۷. مطالعه اثر جریانات جزر و مدی بر انتخاب محل مناسب استقرار صنایع در سواح جنوبی. کنفرانس عمران، معماری و شهرسازی کشورهای جهان اسلام
- پوراسماعیل، س. حشمتیان، ر. ۱۳۹۸. مدلسازی امواج ناشی از باد و جزر و مد با استفاده از مدل عددی Mike21 مطالعه موردی ساحل مکران. یازدهمین کنگره ملی مهندسی عمران
- Givatib, A., , Rosenfelda, D., (2013). The Arctic Oscillation, climate change and the effects on precipitation in Palestine, Atmospheric Research, Volumes 132–133.
- Al-Hatrushi, S., Yassine, C., (2009). Synoptic aspects of winter rainfall variability in Oman, Atmospheric Research 95, 470–486.
- Ghasemi, A., Khalili, D., (2008). The association between regional and global atmospheric patterns and winter precipitation in Iran, Atmospheric Research 88 (2008) 116–133.
- Guha, A. 2008. Transport and deposition of particles in turbulent and laminar flow.
- Jie, P. Zhu, K.-Q. 2006. Drag force of interacting coaxial spheres in viscoplastic fluids, Journal of NonNewtonian Fluid Mechanics, vol.135, pp. 83–91.
- Ren, B., et al. 2011. Modeling of gas particle turbulent flow in spout-fluid bed by computational fluid dynamics with discrete element method. Chemical Engineering & Technology. 34(12): p. 2059-2068.
- Veluswamy, G.K., et al. 2012. Particle deposition in natural gas pipelines using computational fluid dynamics modelling. Asia- Pacific Journal of Chemical Engineering. 7(6): p. 841-847.
- Zhang, J., et al. 2016. Fundamentals and applications of inertial microfluidics: a review. Lab on a Chip. 16(1): p. 10-34.