

---

## پیش بینی ارتفاع امواج ناشی از مد توفان در سواحل ایرانی دریای عمان

---

مهدی محمد مهدیزاده\*، مهرنگار سادات کسبی

دانشکده علوم پایه، دانشگاه هرمزگان

### چکیده

در این مقاله، به پیش بینی ارتفاع امواج ناشی از مد توفان در سواحل ایرانی دریای عمان با بررسی موردی توفان گونو پرداخته شده است. مدل به کار رفته در این تحقیق، ارتقایافته مدل دوبعدی است که توسط جرومه ما در سال ۱۹۹۰ تهیه شده است (Maa Jerome P.-Y., 1990). مدل بکار رفته قابلیت این را دارد که باد را به صورت متغیر در زمان و مکان در نظر بگیرد، همچنین برای کارهای پژوهشی جهت تعیین حداکثر مخاطرات، می توان در آن، باد را ثابت در نظر گرفت. از آن جا که سرعت باد در زمان توفان گونو در دسترس بود تحقیق روی آن زمان متمرکز شد و در نهایت خروجی مدل با داده های ماهواره ای چک شد و نشان داد که مدل از دقت خوبی برخوردار است. بنابراین می توان از این مدل برای پیش بینی ارتفاع آب ناشی از مد توفان در دریای عمان برای هر توفان دیگری نیز استفاده نمود.

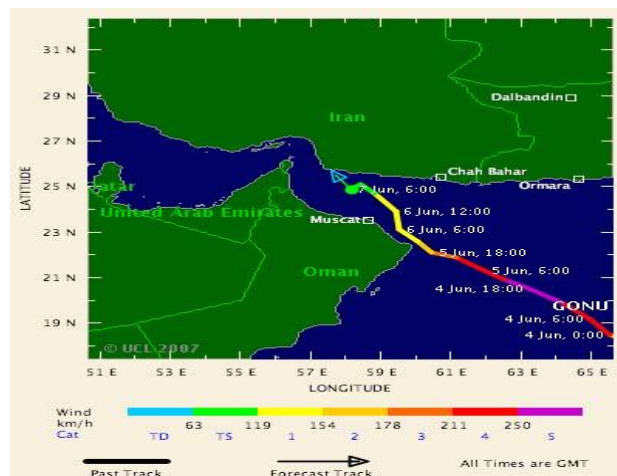
**واژگان کلیدی:** مدتوفان؛ دریای عمان؛ مدل دوبعدی؛ توفان گونو

## ۱. مقدمه

توفان از آنجا اهمیت دارد که به وسیله آن می توان مناطق پرخطر را شناسایی کرده و سیستم های هشدار دهنده، برای به حداقل رساندن آسیب های احتمالی ایجاد کرد. با توجه به اینکه در آسیب های احتمالی ناشی از مدتوفان وزارت نیرو (به جهت آسیب به شبکه ها و تاسیسات برق رسانی) سازمان بنادر و کشتیرانی (به سبب آسیب به ناوگان دریایی) و شهرداری (به سبب آسیب به تاسیسات شهری و فضای سبز) متحمل خسارت می شوند؛ این ارگانها از نتایج تحقیق استفاده خواهند کرد، که البته ستاد بحران و وزارت کشور نیز با این موضوع درگیر خواهند بود.

مد توفان ها در اثر بروز توفان های حاره ای رخ می دهد. توفان یک اغتشاش جوی است که توسط باد های تند مشخص می گردد. توفان های حاره ای اغلب در سواحل خلیج بنگال، سواحل اقیانوس آتلانتیک در ایالات متحده امریکا و خلیج مکزیک و دیگر نقاط استوایی موجب مد های توفانی با ارتفاع زیاد می شود. به عنوان نمونه در سال ۲۰۰۷ توفان حاره ای گونو منطقه اقیانوس هند را در نوردید که این توفان مناطق شرقی دریای عمان و جنوب شرقی ایران را نیز تحت تأثیر قرار داد. در شکل ۱ مسیر توفان نشان داده شده است.

تغییرات تراز دریا به خصوص در نواحی ساحلی، اثرات مهمی در کشتیرانی، ساخت و ساز ساحلی، زندگی مردم در نواحی ساحلی و... داشته است، لذا مطالعه ی تغییرات تراز دریا در اکثر نقاط دریا از دیرباز مورد توجه اقیانوس شناسان و متخصصین علوم دریایی قرار گرفته است. به همین خاطر اندازه گیری های جزر و مدی و میانگین تراز دریا از قدیمی ترین مشاهدات دریاست. تغییرات تراز دریا عمدتاً شامل تغییرات جزر و مدی و تغییرات ناشی از عوامل جوی می شود. از عوامل موثر بر تغییرات تراز دریا، مد توفان است. افت فشار بارومتريک همراه توفان باعث آشفته گي تراز دریا می شود. به این آشفته گي تراز دریا "مد توفان" گویند که این آشفته گي همان بالا آمدگی یا فرو افتادگی تراز نرمال آب در آب های ساحلی به واسطه اندر کنش بین توفان و سطح آب می باشد. امواج ناشی از مدتوفان با پیشروی در ساحل، باعث سیل، تخریب مناطق ساحلی اعم از زیرساخت ها، مناطق مسکونی و کشاورزی و همچنین باعث مرگ و میر می شود که میزان خسارت به ارتفاع ساحل و ارتفاع موج بستگی دارد. برای اقدام به طراحی و ساخت سازه های دریایی، ابتدا باید به بررسی و پیش بینی ارتفاع آب پرداخت (مهدیزاده ۱۳۸۱). تحقیق روی مد



شکل ۱. مسیر حرکت توفان گونو

می‌گیرند. در ارائه این معادلات از قوانین بقاء که خود بر اساس قوانین نیوتن و ترمودینامیک بنا شده‌اند، یعنی، قانون بقای جرم و بقاء اندازه حرکت استفاده شده است.

پس از ساده‌سازی، معادلات دو بعدی انتگرال‌گیری شده در عمق (معادلات حرکت و پیوستگی) بصورت زیر بدست می‌آید:

(۱)

$$\frac{\partial q_x}{\partial t} = \underbrace{\frac{\partial q_x^2/d}{\partial x}}_{\text{ترمیای انتقالی}} - \underbrace{\frac{\partial q_x q_y/d}{\partial y}}_{\text{ترمیای خروجی}} - \frac{d}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} - \underbrace{gd \frac{\partial \eta}{\partial x}}_{\text{ترمیای تنش عمودی}} + \underbrace{\frac{d}{\rho} \frac{\partial \tau_x}{\partial y}}_{\text{ترمیای تنش عمودی}} + \frac{1}{\rho} (\tau_{xx} - \tau_{yy}) + f q_y$$

$$\frac{\partial q_y}{\partial t} = \frac{\partial q_x q_y/d}{\partial x} - \frac{\partial q_y^2/d}{\partial y} - \frac{d}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - gd \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{d}{\rho} \frac{\partial \tau_y}{\partial x} + \frac{1}{\rho} (\tau_{yy} - \tau_{xx}) - f q_x$$

$$\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial \eta}{\partial t} = 0 \quad (۳)$$

در اینجا  $q_x$  و  $q_y$  مولفه‌های دبی جریان آب در جهت‌های  $x$  و  $y$ ،  $d = h + \eta$  کل عمق آب،  $h$  عمق ثابت آب،  $\eta$  نوسان سطح آب،  $p$  فشار اتمسفر،  $\rho$  چگالی آب،  $t$  زمان،  $g$  گرانش،  $f = 2\Omega \sin \varphi$ ،  $\Omega$  سرعت زاویه‌ای چرخش زمین،  $\varphi$  عرض جغرافیایی منطقه مورد مطالعه،  $\tau$  تنش افقی (زیر نویس  $x, y$  بر جهت تنش، زیر نویس  $s, b$  بر محل تنش (سطح یا کف) و زیر نویس  $1$  بر اصطکاک پهلوها ناشی از اغتشاش دلالت دارند) می‌باشند. ترم اصطکاک جانبی بیشتر در مرزهای خشکی پیچیده کاربرد دارد. در بسیاری از مدل‌های مشابه از برخی از ترمها از جمله اصطکاک جانبی، ترمهای انتقالی، فشار جو و ... صرف‌نظر می‌کنند. تنشها از روابط زیر به دست می‌آیند:

$$(\tau_{xx}, \tau_{yy}) = \rho_a C_d |W| (W_x, W_y) \quad (۴)$$

$$(\tau_{xb}, \tau_{yb}) = \frac{\rho f_d}{8d^2} Q(q_x, q_y) \quad (۵)$$

$$\tau_1 = \rho (\varepsilon_y \frac{\partial q_x/d}{\partial y} + \varepsilon_x \frac{\partial q_y/d}{\partial x}) \quad (۶)$$

در اینجا  $\rho_a$  چگالی هوا،  $C_d$  ضریب درگ باد،  $|W|$  اندازه کل سرعت باد،  $W_x$  و  $W_y$  مؤلفه‌های سرعت باد،  $Q$  کل حجم جریان آب،  $f_d$  ضریب اصطکاک

## مدل به کار رفته در این پژوهش

با توجه به سادگی و اقتصادی بودن استفاده از مدل‌های دو بعدی نسبت به مدل‌های سه بعدی، دقت خوب آن‌ها و قابل اجرا بودن روی کامپیوترهای شخصی به دلیل پایین تر بودن حجم محاسبات، در این تحقیق از یک مدل دو بعدی استفاده شده است (Sinha P.C et al, 1983 ; Nihoul Jacques C.J., 1997). ضمناً با توجه به سادگی و اعمال راحت تر روش‌های اختلاف محدود از شبکه‌ی نقاط با ابعاد متغیر استفاده شده است. متغیر بودن ابعاد شبکه این امکان را می‌دهد که برای پوشش دادن مناسب منطقه از شبکه درشت‌تر و برای دقت بیشتر در مناطق دلخواه، از شبکه با ابعاد ریز استفاده شود. همچنین با توجه به پایداری روش‌های ضمنی نسبت به روش‌های صریح در این تحقیق از یک روش کاملاً ضمنی استفاده شده است. مدل به کار رفته در این تحقیق همچنین قابلیت در نظر گرفتن تر و خشک شدن سلول‌ها و همچنین دریافت تنش‌های تشعشعی از مدل موج و تأثیر دادن آن‌ها را در معادلات دارد، در نتیجه این مدل قابلیت در نظر گرفتن مرزهای متغیر را دارد. این مدل ارتقایافته مدلی است که جرومه ما در سال ۱۹۹۰ طراحی کرده بود (Maa Jerome P.-Y., 1990). مدل جرومه ما، قابلیت پیش بینی ارتفاع مد توفان را برای بادهای ثابت دارد، اما این مدل به گونه‌ای تهیه شده که توانایی دریافت باد متغیر در مکان و زمان را نیز داشته باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

معادلات حاکم بر پدیده مد توفان همان معادلات آبهای کم عمق می‌باشند که در حل مسائلی از قبیل: جریانات اتمسفری، جریانات جزر و مدی، مد توفان، جریانات رودخانه‌ای، جریان در اطراف سازه‌ها، امواج ناشی از شکست سد، جریانات ساحلی و امواج ناشی از زلزله و ... مورد استفاده قرار

سمت غرب توسط تنگه هرمز به خلیج فارس و از سمت شرق و جنوب شرقی به دریای عرب و اقیانوس هند وصل می شود.

### صحت سنجی مدل

در مدل های عددی نخست مدل را برای شرایط استاندارد و ساده بررسی می نمایند و بعد از اطمینان از صحت نتایج، مدل برای شرایط واقعی و پیچیده اجرا می گردد. در این مطالعه برای اطمینان از کارکرد درست مدل، در مقیاس زمانی و مکانی مناسب با منطقه مورد مطالعه، سناریوی ساده ای در نظر گرفته شد و برای آن شبیه سازی انجام گرفت. در این سناریو، یک مستطیل استاندارد با طول ۱۰۰ متر و عرض ۴۰ متر و عمق ثابت ۳۰ متر انتخاب و باد اعمال شده به مدل نیز از سمت جنوب شرقی و به شدت ۶۰ متر بر ثانیه و زمان تأثیر گذاری ۷۲ ساعت در نظر گرفته شده است، نتایج چنانچه در شکل ۳ نیز مشخص است، نشان دهنده کارکرد مناسب مدل در شرایط ذکر شده می باشد. چنان که الگوی امواج به دست آمده، کاملاً تحت تأثیر الگوی باد اعمال شده است و در قسمت غربی مستطیل ارتفاع موج مثبت و سطح آب بالا آمده است و در قسمت شرقی مستطیل ارتفاع موج منفی است و سطح آب پایین رفته است که با توجه به جهت جنوب شرقی باد، این امر کاملاً منطقی به نظر می رسد. اعداد مندرج بر روی خطوط هم ارتفاع بر حسب سانتی متر و محورهای عمودی و افقی بر حسب کیلومتر است. کنتور ارتفاع موج در شکل ۳ دیده می شود.

کف داری و اویسباخ<sup>۱</sup>،  $\varepsilon_x$  و  $\varepsilon_y$  ضرایب ادی ویسکوزیته پهلوها<sup>۲</sup> می باشند که ضریب درگ با توجه به محاسبات و تحقیقات آقای وو<sup>۳</sup> به صورت زیر به دست می آید: (Wu Jin., 1982)

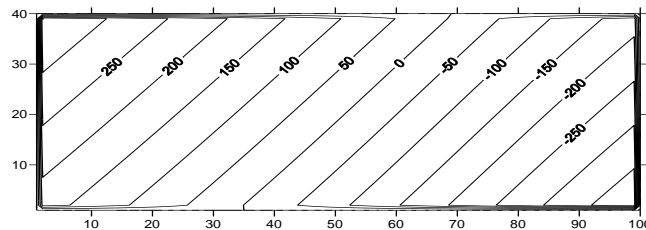
$$C_d = (0.8 + 0.065 \times W) \times 10^{-3} \quad (Y)$$

ضریب درگ نشان داده شده در معادله (Y) برای یک محدوده پهنای سرعت های باد از نسیم تا هاریکن<sup>۴</sup> قابل اجراست. در اکثر قریب به اتفاق مدلهای موجود ضریب اصطکاک کف ( $f_d$ ) در بازه ۰,۰۱ تا ۰,۰۴ می باشد. در بسیاری از کارها در نتیجه مطالعات تجربی می توان  $\varepsilon_x = \varepsilon_y = \varepsilon$  را قرار داد که دامنه تغییرات  $\varepsilon$  از ۰,۰۰۰۱ تا ۱,۰ می باشد (Yan Y., 1987). در این مدل نیز همانند اغلب مدل های دیگر شرایط اولیه را در لحظه  $t=0$  حالت سکون در نظر گرفته ایم. در این حالت سرعت ها در تمام جهات صفر است و هم چنین ارتفاع آب را نیز صفر در نظر می گیرند که البته می توان یک مقدار اولیه برای آن در نظر گرفت و در ادامه با توجه به پایداری روش های ضمنی می توان در این مدل گام زمانی را بدون نقض پایداری مدل بر خلاف روش های صریح افزایش داد. اما باید توجه داشت که گام زمانی را نباید آن قدر بزرگ انتخاب کرد که در تأثیر نیروهای وابسته به زمان مثل نیروهای جزر و مد، باد و گرادیان فشار تأثیر منفی بگذارد و موجب نادیده گرفته شدن تغییرات آن ها در طول زمان شود. منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، سواحل جنوبی ایران واقع در شمال دریای عمان است که طول این منطقه ۵۲۰ و عرض آن ۳۵۰ کیلومتر است که در شکل ۲ نشان داده شده است. دریای عمان در محدوده ای بین  $56^\circ$  تا  $60^\circ$  طول جغرافیایی و  $30'$  و  $22^\circ$  تا  $27^\circ$  عرض جغرافیایی واقع شده است، این دریا در قاره آسیا و در جنوب ایران قرار دارد، از

1. Darcy-Weisbach
2. lateral eddy viscosity
3. Wu
4. Hurricane



شکل ۲. منطقه مورد مطالعه



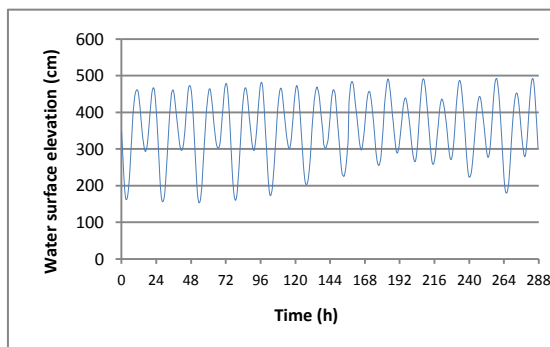
شکل ۳. کنتور ارتفاع موج

### ۳. نتایج

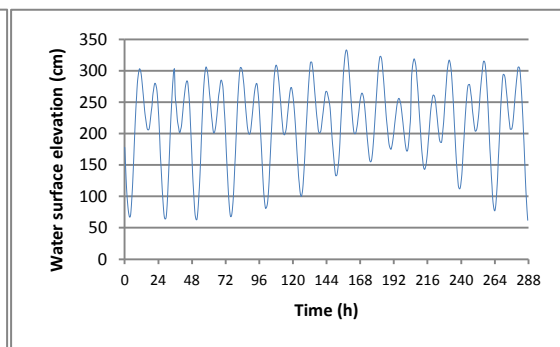
به کار گیری مدل برای سواحل ایرانی دریای عمان - به منظور برآورد ارتفاع مد توفان در سواحل جنوبی ایران در حاشیه دریای عمان چهار بندر مهم انتخاب شد که موقعیت آنها در شکل ۲ نشان داده شده است. فاصله نقاط شبکه در راستاهای  $x$  و  $y$  برابر چهار کیلومتر و گام زمانی ۲۰ ثانیه در نظر گرفته شد.

### بررسی جزر و مد در منطقه مورد مطالعه - با

توجه به این که مدل قابلیت در نظر گرفتن جزر و مد را دارد، ابتدا به بررسی جزر و مد در منطقه دریای عمان پرداخته شد: نمودارهای ۴ و ۵ به ترتیب نمودارهای جزر و مد ثبت شده در ایستگاه های جزر و مد سنج در شهر های بندر عباس، بندر جاسک می باشد. همان طور که از نمودارها مشهود است جزر و مد غالب در منطقه از نوع نیم روزانه است.



شکل ۵. نمودار منحنی جزر و مد در بندر جاسک

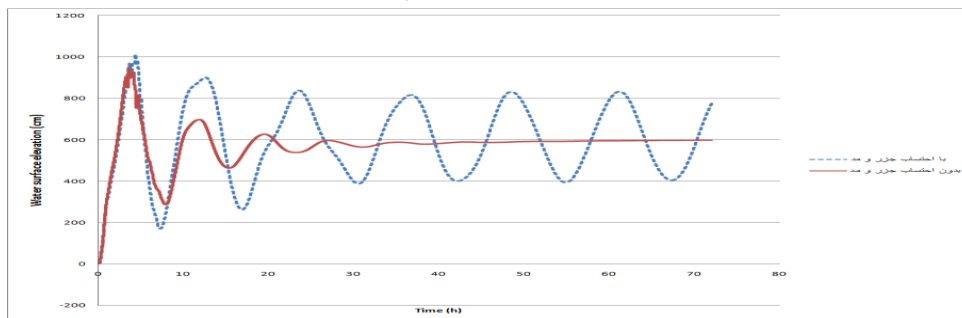


شکل ۴. نمودار منحنی جزر و مد در بندر عباس

قابلیت را دارد که جزر و مد را به صورت غیر خطی با مد توفان ترکیب کند. اما بر اساس مطالعات و

از آن جا که جزر و مد می تواند هم به صورت خطی و هم غیر خطی با مد توفان جمع شود، مدل نیز این

بیشتر روی مد توفان، از وارد کردن جزر و مد در مدل خودداری شده است. اما برای تایید خطی جمع شدن این دو ارتفاع در منطقه مورد نظر، مطالعه موردی روی شهر بندرعباس انجام شد. در این مطالعه، مدل برای دو شرط یکی با احتساب جزر و مد و دیگری بدون در نظر گرفتن جزر و مد اجرا گردید و نمودار ارتفاع موج برای هر دو شرط رسم شد. در شکل ۶ نمودار هر دو منحنی در یک دستگاه رسم شده اند.



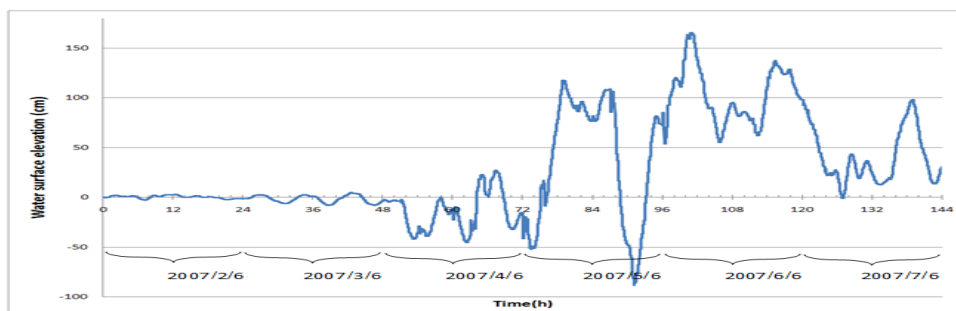
شکل ۶. نمودار خروجی مدل با احتساب جزر و مد و بدون در نظر گرفتن جزر و مد در یک دستگاه

هواشناسی هند برای سواحل ایرانی دریای عمان از منطقه نشان داده شده در شکل ۳، دومتر بر ثانیه است، که این بدان معناست که سرعت استخراج شده به اندازه دو متر بر ثانیه از واقعیت بیشتر نشان داده شده است. زمان اجرای مدل WRF برای توفان گونو، دوم تا هفتم ژوئن سال ۲۰۰۷ بوده و فاصله زمانی باد های ثبت شده در آن مدل، سه ساعت و از ساعت صفر روز دوم ژوئن تا ساعت صفر روز هشتم ژوئن سال ۲۰۰۷ بوده است. گرچه مدل WRF توانایی اجرا با فاصله زمانی کمتر را نیز داشته اما خروجیها در این بازه زمانی به واقعیت بسیار نزدیکتر بوده است. نمودار های ۷ الی ۱۰ خروجی مدل برای توفان گونو می باشد.

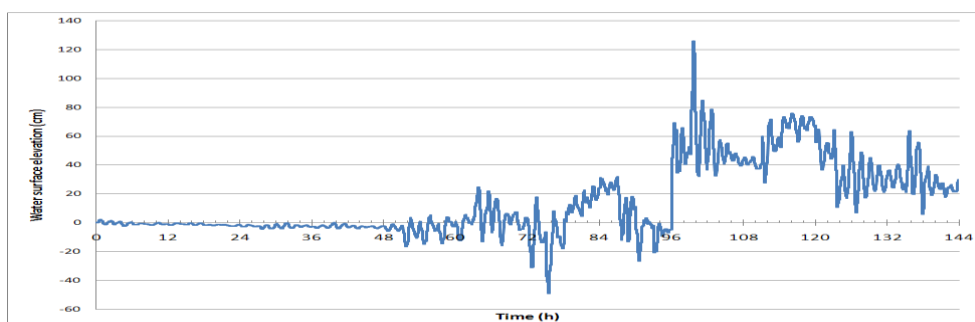
تحقیقات انجام شده (Kim, S. Yasuda, T. ) (Mase, H., 2008) نشان داده شده که در دامنه های کوچک کشندی (زیر یک و نیم متر) ارتفاع امواج ناشی از مد توفان با ارتفاع ناشی از جزر و مد به صورت خطی جمع می شوند و طبق داده های استخراج شده از ایستگاهها و با توجه به نمودار های رسم شده (برای مثال شکل های ۴ و ۵)، دامنه جزر و مد ثبت شده در سه ایستگاه فوق، زیر یک متر اندازه گیری شده است. بنابراین برای دقت و تمرکز

همانطور که در نمودار ها دیده می شود، میانگین نوسان ارتفاع آب با احتساب جزر و مد بر منحنی ارتفاع آب بدون در نظر گرفتن جزر و مد (هنگام پایدار شدن مدل) منطبق است و این بیانگر خطی جمع شدن ارتفاع موج ناشی از مد توفان با دامنه جزر و مد می باشد. قابل ذکر است از آن جا که این مدل قابلیت پذیرش جزر و مد و محاسبه آن را به صورت غیر خطی را دارد بنابراین علاوه بر مناطق مشابه منطقه مورد مطالعه در این تحقیق (که دامنه جزر و مد کمتر از یک و نیم متر است) برای مناطق دیگر نیز کاربرد فراوان دارد. در ادامه مدل برای دریای عمان با عمق واقعی و با باد واقعی متغیر در مکان و زمان اجرا شد. داده های مربوط به سرعت باد متغیر از مدل WRF<sup>۱</sup> که توسط علی محمدی (۱۳۹۱) به اجرا گذاشته شد، استخراج شد. اختلاف خروجی مدل WRF با داده های

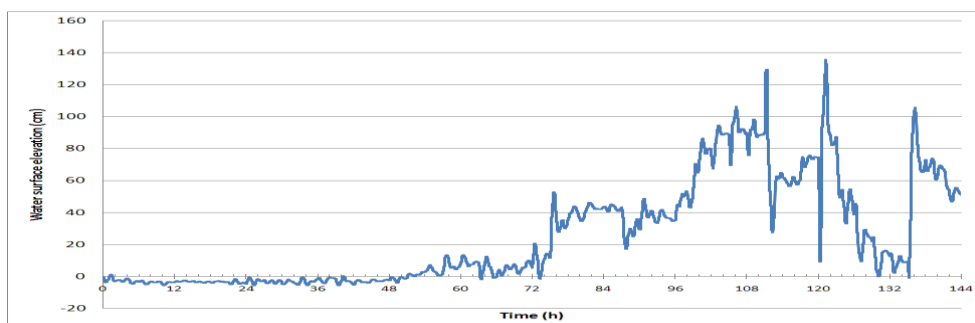
<sup>۱</sup> Weather Research and Forecasting



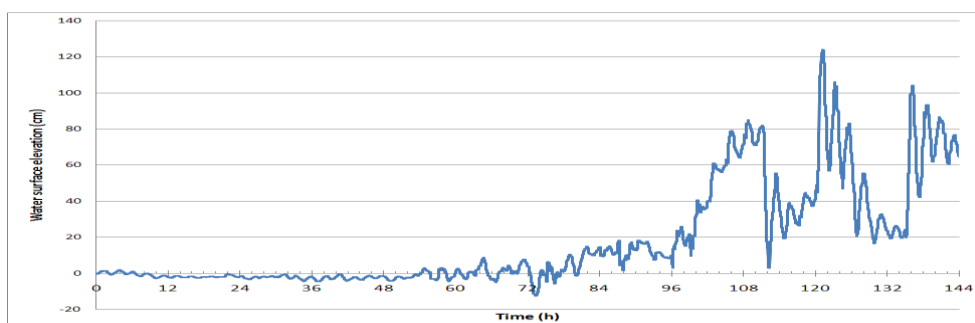
شکل ۷. منحنی ارتفاع آب در شهر بندرعباس در مدت زمان ۷۲ تا ۷ ژوئن در اثر باد واقعی توفان گونو



شکل ۸. منحنی ارتفاع آب در شهر بندرجاسک در مدت زمان ۷ تا ۷ ژوئن در اثر باد واقعی توفان گونو



شکل ۹. منحنی ارتفاع آب در شهر بندرکنارک در مدت زمان ۷ تا ۷ ژوئن در اثر باد واقعی توفان گونو



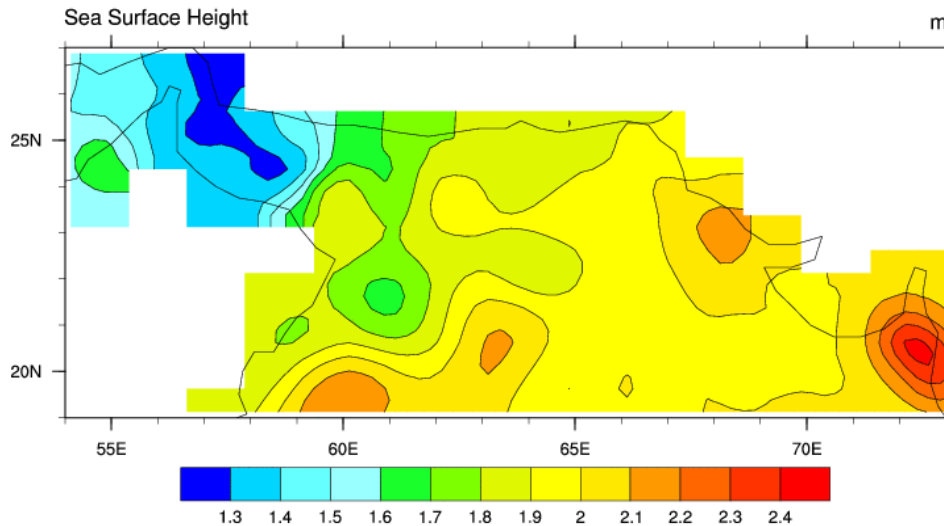
شکل ۱۰. منحنی ارتفاع آب در شهر بندرجابهار در مدت زمان ۷ تا ۷ ژوئن در اثر باد واقعی توفان گونو

مقایسه می‌شد. در سایت NOAA داده‌های ارتفاع برای روز ششم ژوئن سال ۲۰۰۷ موجود است. شکل ۱۱ پلات ارتفاع آب را در این روز نشان می‌دهد.

برای صحت‌سنجی مدل نیاز بود که خروجی مدل با داده‌های ماهواره‌ای، که تنها داده معتبر موجود در مورد ارتفاع آب در مدت زمان توفان گونو بود،

همان طور که در پلات دیده می شود، کمترین ارتفاع آب در ایران، در استان هرمزگان بوده است. هم چنین بیشترین ارتفاع موجی که در ایران مشاهده شده است در استان سیستان و بلوچستان بوده است. از مدل نیز ارتفاع بیشینه موج برای

همان روز استخراج شد و در جدول ۱ به همراه با داده های ماهواره ای آورده شده است. مشاهده می شود که خروجی مدل به داده های ثبت شده بسیار نزدیک است که این تاییدی بر صحت اجرای مدل می باشد.



شکل ۱۱. پلات ارتفاع آب برای روز ششم ژوئن با استفاده از داده های ماهواره ای سایت NOAA

جدول ۱. مقایسه خروجی مدل با داده های ماهواره ای

نام شهر	ارتفاع آب برگرفته شده از خروجی مدل ( بر حسب سانتیمتر)	ارتفاع آب ثبت شده از داده های ماهواره ای ( بر حسب سانتیمتر)	درصد خطا
بندرعباس	۱۶۵	۱۵۰	۱۰٪
بندر جاسک	۱۲۶	۱۳۰	۳,۱٪
بندر کنارک	۱۳۵	۱۶۰	۱۵,۶٪
بندر چابهار	۱۲۴	۱۶۰	۲۲,۵٪

#### ۴. بحث و نتیجه گیری

منطقه تنگه هرمز بسیار کم عمق و عمق متوسط آن در حدود ۷۰ متر است. در سواحل ایران، روند کاهش عمق با نزدیک شدن به خط ساحلی تدریجی است. در فاصله حدود ۶۰ کیلومتری از خط ساحلی، عمق آب حدود ۱۰۰۰ متر و در فاصله حدود ۳۰ کیلومتری به ۵۰۰ متر می رسد. بنابراین به علت حساسیت بالای مدل به تغییرات عمق، خطوط هم ارتفاع آب در منطقه تنگه هرمز بسیار به هم نزدیک و فشرده است. با توجه به نمودارها دیده می شود

با توجه به جدول ۱ کمترین خطا در بین این بنادر مهم در جاسک است، که در واقع مدل میزان ارتفاع آب را از داده های ماهواره ای به اندازه ۳,۱ درصد کمتر نشان داده است. همچنین بیشترین خطا در چابهار بوده است. در این شهر نیز ارتفاع آب بدست آمده از مدل به اندازه ۲۲,۵ درصد نسبت به داده های ماهواره ای کمتر است. در واقع دیده می شود که خطای مدل در چند بندر مهم مشخص شده بین چهار تا ۳۶ سانتی متر می باشد.



مهدیزاده. م، ۱۳۸۱، کاربرد مدل عددی مد توفان

در دریای خزر، دانشگاه تربیت مدرس

Johns B., Sinha P.C., Dube S.K., Mohanty U.C., Rao A.D., 1983. Simulation of storm surges using a three-dimensional numerical model: an application to the 1977 Andhra cyclone. *Quart J. R. Met. Soc.*, 109: 211-224

Maa Jerome P.-Y., 1990. An efficient horizontal two-dimensional hydrodynamic model. *Coastal Eng.*, 14: 1-18.

Nihoul Jacques C.J., 1977. Three-dimensional model of tides and storm surges in a shallow well-mixed continental sea. *Dyn. Atmos. Oceans*, 2: 29-47.

Wu Jin, 1982. Wind-stress coefficients over sea surface from breeze to hurricane. *J. Geophys. Res.*, 87(C12): 9704-9706.

Yan Y., 1987. Numerical modeling of current and wave interactions of an inlet-beach system. Ph.D. Diss., Univ. Florida, Florida.

Youl Kim, S., Yasuda, T., Mase. H., 2008, Numerical analysis of effects of tidal variation on storm surges and waves, *Applied Ocean Research* 30:311-322

که بیشینه ارتفاع موج بین بازه زمانی ۷۲۰۰-۵۷۶۰ دقیقه است که این مربوط به روز ششم ژوئن (پنجمین روز اجرای مدل) می باشد و بر اساس گزارش های هواشناسی، توفان گونو نیز در ششم ژوئن به ایران رسید، که این نشاندهنده کارکرد مناسب مدل می باشد. با توجه به عملکرد مناسب مدل، می توان از آن برای پیش بینی هر توفان دیگری در دریای عمان یا دریاهای دیگر استفاده کرد.

می توان این مدل را با مدل های امواج کوتاه مانند SWAN ترکیب کرد و ارتفاع موج ناشی از امواج کوتاه و بلند را همزمان پیش بینی کرد. پس از پیش بینی ارتفاع مدتوفان، می شود با استفاده از GIS<sup>۱</sup> میزان پیش روی آب در ساحل را برآورد کرد و پس از آن یک سیستم هشداردهنده راه اندازی کرد تا از بروز خسارات احتمالی جلوگیری کند. در این تحقیق فاصله نقاط شبکه در جهت های x و y برابر چهار کیلو متر بود که با توجه به نوع مطالعه، فاصله مناسبی بود اما اگر خواسته شود برای مناطق کوچک تر و محدود تر و یا برای احداث بندرگاه ها مورد استفاده قرار گیرد باید در مدل تغییراتی ایجاد شود و تعداد سلولها را بیشتر و فاصله نقاط را کمتر کرد. در این صورت دقت کار افزایش می یابد. از این مدل می توان به عنوان هسته مرکزی یک بسته نرم افزاری استفاده نمود و در نتیجه در زمینه عدم وابستگی کشور به مدل های هیدرودینامیکی قدمی بزرگ برداشت.

## ۸- منابع

علی محمدی.م، ۱۳۹۱، واکاوی فرایندهای هواشناسی در دوره زندگی یک طوفان حاره ای شدید: شبیه سازی موردی و راست آزمایی با استفاده از داده های ماهواره ای و محلی، دانشگاه هرمزگان

<sup>1</sup> Geographic Information System

## Estimation of Storm Surge Dominated Wave Height in Iranian Coastlines of Oman Sea

Mahdi Mohammad Mahdizadeh<sup>\*</sup>, Mehr negar Kasbi

Hormozgan University

### Abstract:

In this article estimation of storm surge dominated wave height in Iranian coastlines of Oman sea have performed for Geuno storm period, Improved version of a 2D model which produced by Maa in 1990 used in this study (Maa Jerome P.-Y., 1990). Variant temporal and spatial wind pattern can be used in this model as well as steady wind pattern in risk studies. This paper focused on the Geuno Storm because of wind data accessibility for this period and results compared with satellite data. Efficient results show that this model can be uses for estimate of high of water dominated by storm surge in Oman for other storm events.

**Keywords:** *Storm surge, Oman Sea, 2D model, Geuno storm*

---

<sup>\*</sup> Corresponding Author's E-mail: mehdizadeh79@yahoo.com