Archive of SID

پیش‌یابی ٦٠ ساله مشخصات امواج در جنوب خلیج فارس با استفاده از مدل SWAN به روش شبه زمانی

علی اصغر گلشنی[1*]

۱- استادیار پژوهشی، مرکز ملی اقیانوس شناسی

چکیده

هدف از این مطالعه، شبیه‌سازی بلند مدت میدان موج در جنوب خلیج‌فارس به روش شبه‌زمانی می‌باشد. به این منظور ابتدا کلیه منابع اطلاعات باد و موج از قبیل اطلاعات اندازه‌گیری شده، ماهواره‌ای و مدلهای عددی موجود در منطقه گردآوری و با هم مقایسه شده اند. نهایتا اطلاعات باد اصلاح شده مدل NCEP/NCAR به دلیل داشتن بیشترین بازه زمانی به عنوان باد ورودی به مدل انتخاب شده است. سپس مدل SWAN در حالت پایدار برای حالات مختلفی از سرعت و جهت باد اجرا گردیده است. گام بعدی تشکیل جداول دو بعدی درونیابی برای هر یک از پارامترهای موج با توجه به سرعت و جهت باد در نقاط مورد اهمیت بوده است. پس از تشکیل این جداول، سری زمانی باد اصلاح شده NCEP/NCAR با استفاده از این جداول درونیابی شده و سری زمانی مشخصات موج بدست می‌آید. تطابق نسبتا خوبی بین نتایج مدل و داده‌های نقاط واسنجی وجود دارد، لذا می‌توان با اطمینان خوبی از نتایج مدل استفاده نمود. با توجه به طولانی بودن مدت مدلسازی می توان با اعمال آنالیز حدی، مشخصات موج با دوره بازگشتهای بزرگتر را بدست آورد. مزیت این روش آن است که بجای اجرای مدل در حوزه زمانی به مدت ۶۰ سال با اجرای مدل برای حالاتی محدود در حوزه فرکانسی و استفاده از جداول درونیابی مدت زمان اجرا به شدت کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: مدلسازی امواج، پیش‌یابی امواج، خلیج فارس، مدل SWAN

A 60 YEARS WAVE HINDCAST STUDY IN THE SOUTH OF PERSIAN GULF USING SWAN MODEL & SEMI-TIME DOMAIN METHOD

A A. Golshani[1]

1- Research Assistant Professor, Iranian National Centre for Oceanography

Abstract

The goal of this study was to simulate the wave characteristics in the south of Persian Gulf over a 60 year period. Wind data from the study area including offshore measurement, satellite observation and numerical atmospheric models were collated and analyzed. The modified NCEP/NCAR wind field was chosen as input to the SWAN model which has the longest duration among wind data sources. SWAN model was run in stationary mode for different cases of wind speed and direction and lookup tables were made for each wave parameters in each point of interest. A 60 year time series of wave characteristics were made using these lookup tables. Having such long time series enables us to calculate the wave characteristics with larger return periods. Execution time was drastically decreased using this method.

Keywords: Wave Modeling, Wave Hindcast, SWAN Model, the Persian Gulf

* نویسنده مسوول مقاله agolshani@inco.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

تاثیر امواج بر فعالیت‌های مرتبط با محیط دریا از قبیل ساخت و نگهداری سازه‌های ساحلی و فراساحل، کشتیرانی و حمل و نقل دریایی، حفاظت از سواحل و حفظ محیط زیست موجب شده است تا راه‌حل‌های گوناگونی برای تعیین مشخصه‌های موج توسط محققین ارائه شود. اندازه‌گیری های میدانی، بررسی‌های تحلیلی، روشهای تجربی و نیمه‌تجربی، مدل‌سازی‌های فیزیکی و شبیه‌سازی‌های عددی از جمله روشهایی هستند که بنا بر مقتضیات طرح (اهمیت، دقت موردنظر، امکانات و زمان) مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این وجود، به دلیل ماهیت پیچیده و تصادفی امواج، رویکرد به بررسی‌های جامع و درازمدت اقلیم موج همراه با لحاظ مساله عدم قطعیت این پدیده ضروری است. در این راستا، پیش‌یابی موج (wave hindcast) با استفاده از مدل‌های عددی، یکی از جدیدترین تلاش‌ها در زمینه شناخت صحیح اقلیم موج به شمار می‌رود.

در این مقاله با استفاده از مدل موج SWAN و اطلاعات گردآوری و تحلیل شده باد، موج و عمق سنجی، اقلیم موج در خلیج‌فارس به روش شبه زمانی به مدت ۶۰ سال شبیه‌سازی می گردد. بلند بودن طول مدت دوره شبیه‌سازی امکان آنالیز مقادیر حدی با دوره بازگشتهای بالاتر را فراهم می‌سازد. به دلیل وجود اطلاعات مناسبی از باد و موج دور از ساحل در جنوب خلیج فارس، مدل موج در این بخش از خلیج فارس واسنجی (کالیبره) می‌گردد.

۲- اقلیم خلیج فارس

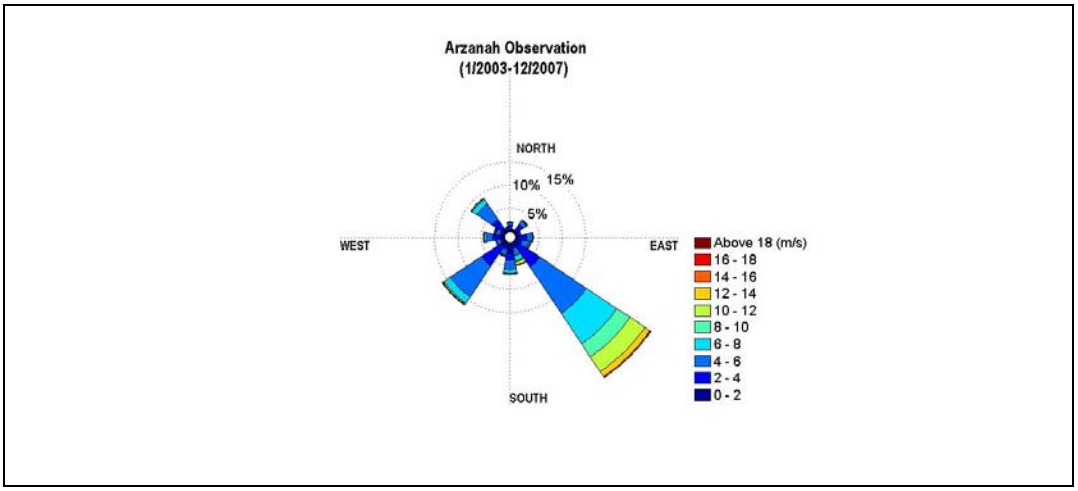
منطقه خلیج فارس، منطقه‌ای است با آب و هوای نسبتا گرم که از مشخصات آن وزش بادهای شَمال با قدرت بیش از ۲۰ متر بر ثانیه می‌باشد. شَمال کلمه ای عربی است به معنای جهت شمال و نامی است که به بادهای فصلی شمال غربی که در زمستان و تابستان در خلیج فارس می‌وزند، اطلاق می‌شود.

ماههای نوامبر تا مارس، شَمال زمستانی نامیده می‌شود که مربوط به اغتشاشات میان عرض جغرافیایی است که از غرب به شرق پیش می رود. این مسأله باعث عبور جبهه هوای سرد شده که مشخصه آن وزش بادهای قوی شمال غربی است که قویترین آنها در ماههای دسامبر، ژانویه و فوریه رخ می‌دهد و همراه با شرایط هوایی وارونه مانند طوفان، تلاطم، کم بودن قابلیت دید و دریاهای طوفانی می باشد [۱]. شَمال زمستانی پدیده‌ای نسبتا نادر بوده که در طی آن در اکثر نقاط خلیج فارس بادهای بیشتر از ۱۰ متر بر ثانیه در کمتر از ۵ درصد زمان وقوع آن رخ می‌دهد. البته مناطق نزدیک به جزایر لاوان، حلول و راس راکان در شمال جزیره قطر إستثنا هستند که در آنها بادهای بیشتر از ۱۰ متر بر ثانیه در ۵ الی ۱۰ درصد زمان وقوع آن رخ می‌دهد. شَمال تابستانی معمولا از اوایل ژوئن تا اواسط ژوئیه رخ می‌دهد و دلیل آن وجود کم فشارهای حرارتی در دریای عربی و اقیانوس هند می‌باشد و از شَمال زمستانی ضعیف تر می‌باشد.

شکل ۱ گلباد سالیانه و شکل ۲ گلبادهای به تفکیک فصل مربوط به اطلاعات باد ساعتی (hourly wind) برداشت شده در ایستگاه مستقر در سواحل جزیره آرزانه در جنوب خلیج فارس را به مدت ۵ سال از ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ نشان می‌دهد. مشخصات این ایستگاه در جدول ۲ در بخش بعدی آمده است. جدول ۱ نیز پارامترهای آماری مربوط به این اطلاعات را برای سرعت باد ساعتی و سرعت تندباد (gust wind) بصورت سالیانه و فصلی نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



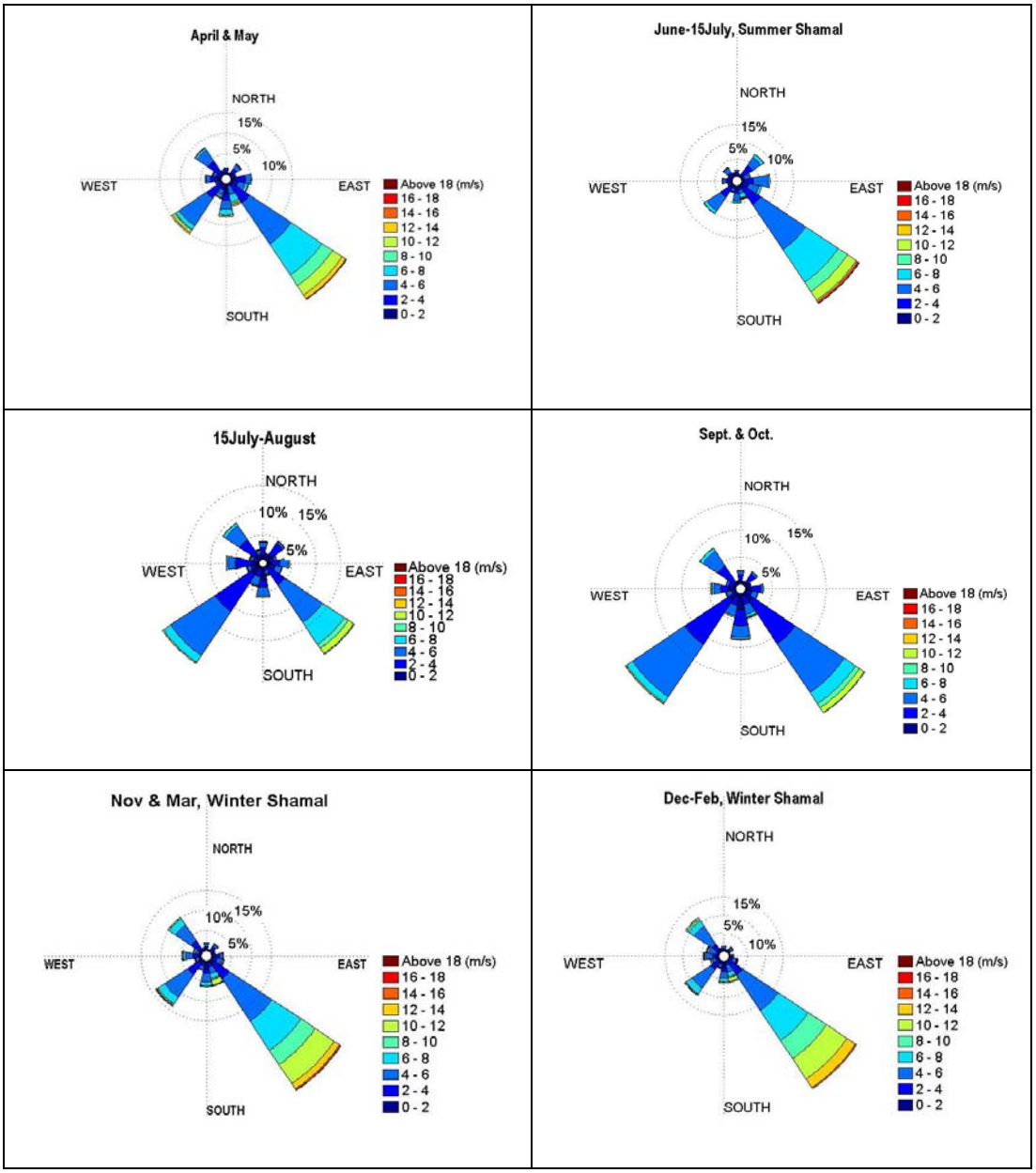
شکل ۱- گلباد سالیانه بر اساس اطلاعات سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ در ایستگاه آرزانه

جدول ۱- پارامترهای آماری اطلاعات ایستگاه آرزانه (۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷)

نام فصل	سرعت باد ساعتی (متر بر ثانیه)			سرعت تندباد (متر بر ثانیه)		
	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار
آوریل و می	۱۶	۴/۶۸	۲/۶۶	۱۹	۶/۶۴	۳/۱۲
ژوئن تا ۱۵ ژوئیه (شَمال تابستانی)	۱۷/۵	۴/۷۱	۲/۴۵	۲۱	۶/۶۶	۲/۸۷
۱۵ ژوئیه تا اوت	۱۲/۵	۳/۷۷	۲/۰۱	۱۵	۵/۶۱	۲/۴۷
سپتامبر و اکتبر	۱۲/۵	۳/۵۵	۱/۸۲	۱۵	۵/۳۰	۲/۲۷
نوامبر و مارس (شَمال زمستانی)	۱۷/۵	۵/۱۶	۲/۸۳	۲۰	۷/۱۷	۳/۲۱
دسامبر تا فوریه (شَمال زمستانی)	۱۵	۵/۶۳	۲/۸۹	۱۷/۵	۷/۷۵	۳/۳۰
سالیانه	۱۷/۵	۴/۶۸	۲/۶۴	۲۱	۶/۶۴	۳/۰۸

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- گلباد فصلی بر اساس اطلاعات سالهای ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ در ایستگاه آرزانه

۳- منابع مختلف اطلاعات باد و موج در منطقه

به دلیل حجم زیاد پروژه های عمرانی و تفریحی در سواحل امارات متحده عربی، اطلاعات مناسبی از باد و موج دور از ساحل در این منطقه موجود می‌باشد. شکل ۳ منطقه مورد نظر همراه با نقاطی که در آنها اطلاعات باد یا موج و یا هر دو وجود دارند را نشان می‌دهد. جدول ۲ مشخصات این اطلاعات را نشان می‌دهد.

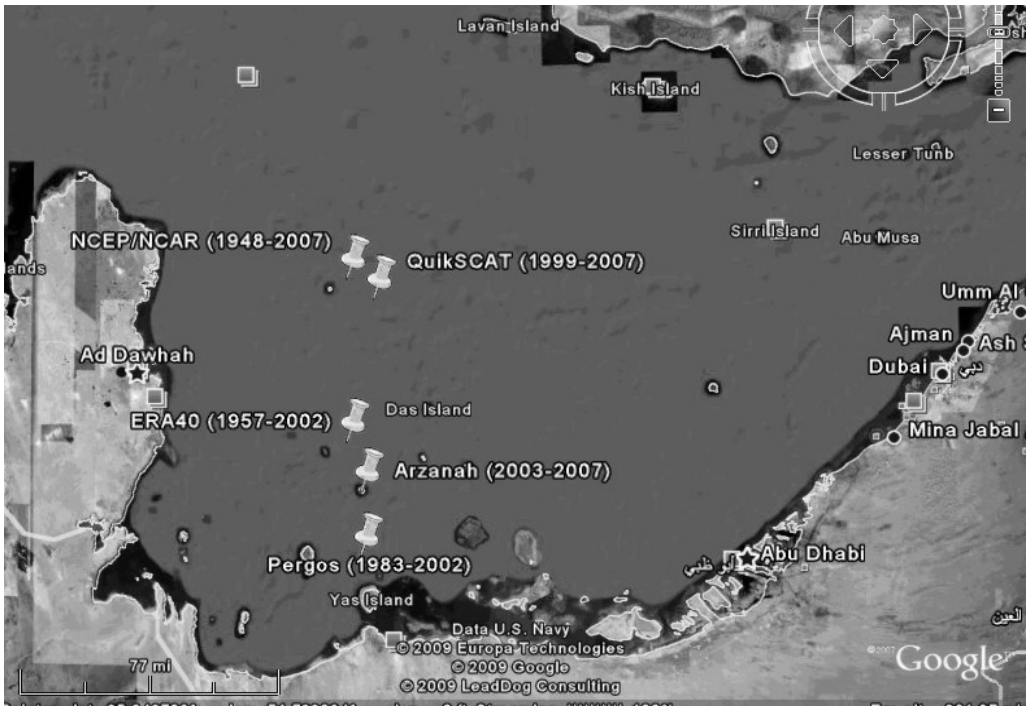
داده‌های مدلهای عددی NCEP/NCAR و ERA40 و ماهواره QuikSCAT از طریق وب سایتهای ذکر شده در بخش مراجع بصورت رایگان قابل دسترسی می‌باشند.

لازم به ذکر است که منبع دیگری از داده های موج بنام پروژه مدلسازی امواج دریاهای ایران (Iranian Sea Wave Modelling, ISWM) در مرکز ملی اقیانوس شناسی موجود می باشد [۶]. در فاز سوم از این

www.SID.ir

Archive of SID

پروژه امواج ناشی از باد در خلیج فارس و دریای عمان در بازه زمانی ژانویهٔ ۱۹۹۲ تا دسامبر ۲۰۰۲ شبیه‌سازی شده‌اند. به دلیل کمتر بودن بازه زمانی اجرای این مدل نسبت به داده‌جهای مدل PERGOS و بزرگتر بودن درشت نمایی آن در جنوب خلیج‌فارس (۰/۲۵ درجه) در اینجا مورد استفاده قرار نمی گیرد.



شکل ۳ – منطقه مورد مطالعه به همراه نقاطی که در آنها اطلاعات باد یا موج و یا هر دو وجود دارند (منبع :Google Earth)

جدول ۲ – منابع اطلاعات باد و موج موجود در منطقه مورد مطالعه (نقاط نشان داده شده در شکل ۳)

منبع داده	نوع داده	بزرگنمایی (درجه)	بازه زمانی	گام زمانی (ساعت)	مختصات جغرافیایی
ایستگاه آرزانه اداره هواشناسی امارات متحده عربی	باد موج	---	۲۰۰۳/۱/۱- ۲۰۰۷/۱۲/۳۱ (۵ سال)	۳، ۶ و ۱۲ (غالبا ۳)	۵۲/۵۶۶۷ شرقی ۲۴/۷۸۳۳ شمالی
مدل عددی NCEP/NCAR (NOAA) [۲]	باد	۱/۱۸۵	۱۹۴۸/۱/۱- ۲۰۰۷/۱۲/۳۱ (۶۰ سال)	۶	۵۲/۵ شرقی ۲۵/۷۱۳۹ شمالی
مدل عددی ERA40 (ECMWF) [۳]	باد موج	۱/۱۲۵ ۱/۵	۱۹۵۷/۹/۱- ۲۰۰۲/۸/۳۱ (۴۶ سال)	۶	۵۲/۵ شرقی ۲۵ شمالی
مدل عددی PERGOS (DHI/OceanWeather) [۴]	باد موج	۰/۰۶۲۵	۱۹۸۳/۱/۱- ۲۰۰۲/۱۲/۳۱ (۲۰ سال)	۱	۵۲/۵۶۲۵ شرقی ۲۴/۵شمالی
ماهواره QuikSCAT (NASA) [۵]	باد	۰/۲۵	۱۹۹۹/۷/۱- ۲۰۰۷/۱۲/۳۱ (۷/۵ سال)	حداقل ۱۲	۵۲/۶۲۵ شرقی ۲۵/۶۲۵شمالی

www.SID.ir

Archive of SID

۳-۱- تحلیل اطلاعات باد موجود در منطقه

جدول ۳ پارامترهای آماری منابع مختلف اطلاعات باد موجود در منطقه را در کل بازه زمانی آنها نشان می‌دهد. شکل ۴ نیز گلبادهای مربوطه را نشان می‌دهد. این جدول و شکل نشان می‌دهند که اطلاعات ماهواره QuikSCAT اختلاف زیادی با سایر منابع داشته و بطور محسوسی بزرگتر می‌باشند. مطالعه‌ای در خلیج فارس و دریای عمان که در مرکز ملی اقیانوس شناسی انجام شده است، نشان می‌دهد که داده های این ماهواره در محدوده ۵-۱۵ متر بر ثانیه از دقت قابل قبولی برخوردارند، لذا این منبع از اطلاعات باد در این مطالعه مورد استفاده قرار نمی‌گیرد [۷]. ضمنا این داده‌ها گام زمانی بزرگی دارند (حداقل ۱۲ ساعت)، لذا نمی‌توانند به عنوان ورودی مدل موج بکار روند چرا که طوفانهای با دوره تداوم کمتر از ۱۲ ساعت را (که در خلیج فارس کم هم نیستند) در مدلسازی از دست می‌دهند.

باد مدل ERA40 نیز به دلیل داشتن مقدار ماکزیمم کمتر از باد مدل NCEP/NCAR و به دلیل اهمیت مقدار ماکزیمم باد در تحلیل‌های حدی از این مجموعه حذف گردیده، هر چند که مقدار متوسط بیشتری از باد مدل NCEP/NCAR دارد. بر اساس مقایسه دقت و مقایسه مقادیر متوسط و ماکزیمم منابع مانده از اطلاعات باد با داده‌های ایستگاه آرزانه که معتبرترین داده است، در دوره همپوشانی آنها، نهایتا یک سری زمانی از اطلاعات باد ترکیبی به منظور انجام تحلیل حدی به شرح زیر تشکیل گردید:

- باد مدل NCEP/NCAR از سال ۱۹۴۸ تا سال۱۹۸۲ که در ضریب ۱/۱ ضرب شده است
- باد مدل PERGOS از سال ۱۹۸۳ تا سال۲۰۰۲ که در ضریب ۱/۰۸ ضرب شده است
- باد ایستگاه آرزانه از سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷سال بدون اعمال ضریب

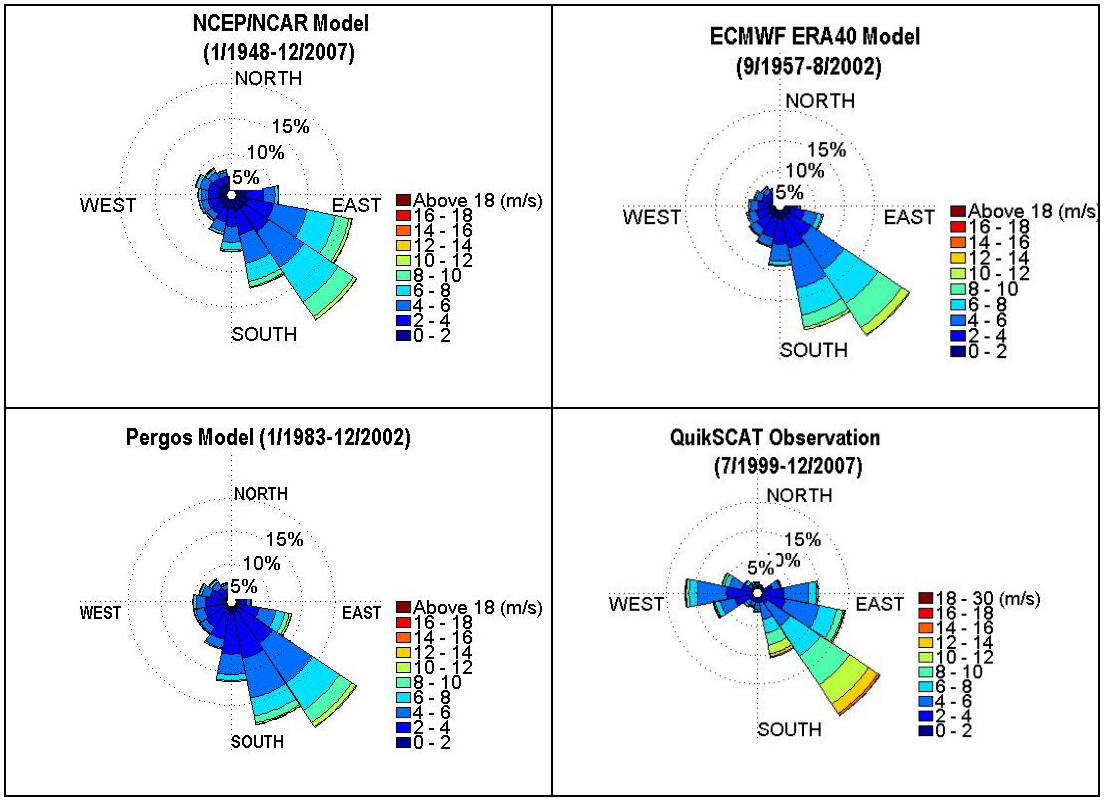
شکل ۵ نتایج تحلیل حدی را با اعمال توزیع گامبل بر این سری زمانی باد ترکیبی نشان می دهد. بر اساس این شکل باد ساعتی ۱۸ متر بر ثانیه برای دوره بازگشت ۵۰ ساله و ۱۸/۷ متر بر ثانیه برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله بدست می‌آید. مطالعه دیگری که در دبی توسط W.H.Melbourne با استفاده از ۱۶ سال اطلاعات اندازه گیری شده باد (۱۹۸۹-۱۹۷۴) انجام شده است، باد ساعتی ۲۶/۲ متر بر ثانیه برای دوره بازگشت ۵۰ ساله را ارائه می‌دهد که با نتیجه ما تطابق ندارد [۸]. دلیل این اختلاف می‌تواند کوتاه بودن بازه زمانی اندازه‌گیری ایستگاه آرزانه (۵ سال) که به عنوان مرجع مقایسه در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته است، در مقایسه با بازه زمانی اندازه‌گیری باد مورد استفاده توسط این شخص (۱۶ سال) باشد. این مسئله لزوم اعمال ضرائب بزرگتری را بر بادهای مدلی مشخص می‌سازد.

جدول ۳ - پارامترهای آماری سرعت باد ساعتی منابع مختلف موجود در منطقه در کل دوره زمانی آنها (متر بر ثانیه)

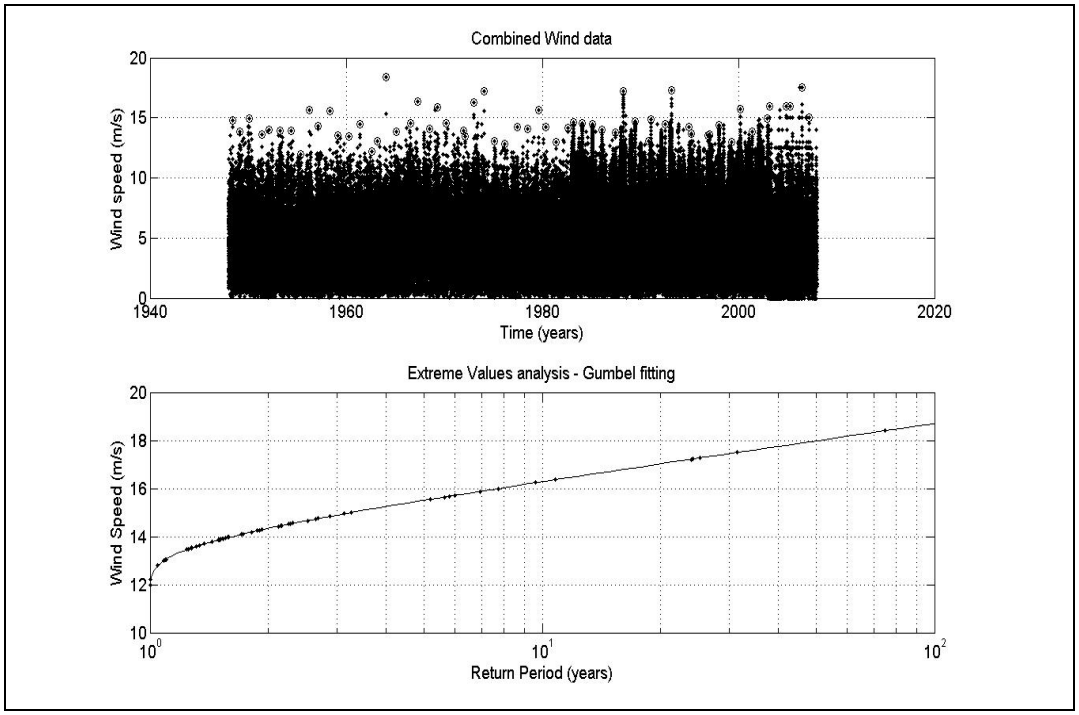
منبع داده	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار
ایستگاه آرزانه	۱۷/۵	۴/۶۸	۲/۶۴
مدل عددی NCEP/NCAR	۱۶/۷۲	۴/۲۹	۲/۳۸
مدل عددی ERA40	۱۵/۰۳	۴/۵۲	۲/۳۸
مدل عددی PERGOS	۱۵/۹۹	۴/۳۵	۲/۰۱
ماهواره QuikSCAT	۲۸/۹۴	۵/۹۸	۲/۷۳

Www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤ – گلبادهای مربوط به سرعت باد ساعتی منابع مختلف



شکل ٥ – نتایج تحلیل حدی با اعمال توزیع گامبل بر سری زمانی ترکیبی سرعت باد

www.SID.ir

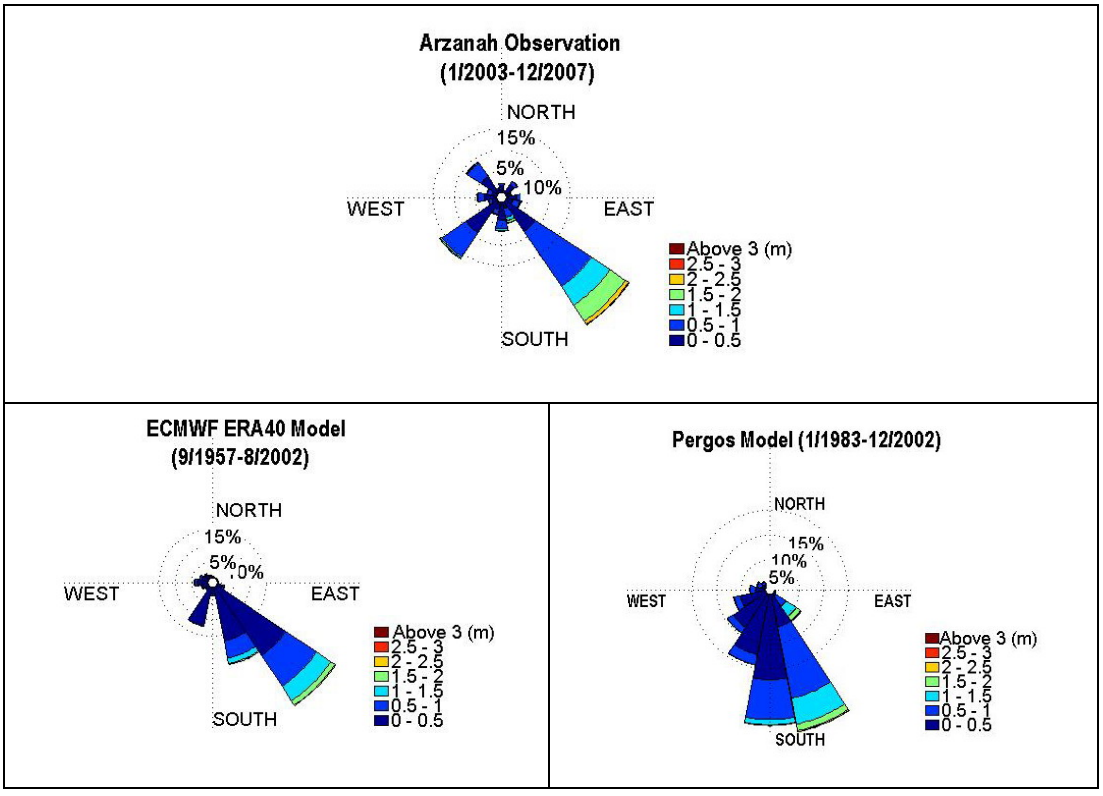
Archive of SID

۳-۲- تحلیل اطلاعات موج موجود در منطقه

جدول ۴ پارامترهای آماری مربوط به منابع مختلف اطلاعات موج موجود در منطقه را در کل دوره زمانی آنها نشان می‌دهد. شکل ۶ نیز گلموج‌های مربوطه را نشان می‌دهد. این جدول نشان می‌دهد که داده‌های موج مدل ERA40 از مقادیر ماکزیمم و متوسط کمتری نسبت به مدل PERGOS برخوردار بوده که این مسئله به دلیل بزرگنمایی بیشتر مدل ERA40 در مقایسه با مدل PERGOS می‌باشد. لذا این منبع اطلاعاتی از مجموعه داده‌ها حذف گردیده و از دو منبع دیگر به عنوان نقاط واسنجی در مدل SWAN استفاده می‌گردد.

جدول ٤ – پارامترهای آماری مربوط به ارتفاع مشخصه موج از منابع مختلف موجود در منطقه در کل دوره زمانی آنها (متر)

منبع داده	ماکزیمم	میانگین	انحراف معیار
ایستگاه آرزانه	۳/۳۰	۰/۶۳	۰/۴۲
مدل عددی ERA40	۲/۸۹	۰/۴۱	۰/۴۰
مدل عددی PERGOS	۳/۱۰	۰/۵۷	۰/۳۷



شکل ٦ – گلموج های مربوط به ارتفاع مشخصه موج از منابع مختلف

www.SID.ir

Archive of SID

۴- مدل SWAN

پیچیدگی انتقال امواج به حدی است که مدلسازی عددی، دقیق‌ترین راه برای شبیه‌سازی پارامترهای موج می‌باشد. مدل SWAN (Simulating Wave Nearshore) یک مدل نسل سوم است که توسط دانشگاه تکنولوژی دلفت هلند تهیه شده و از این مدل در این مطالعه استفاده شده است. SWAN مدل طیفی است که تولید امواج ناشی از باد، انتشار، انکسار، شکست، پدیده سفیدک راس موج، اندرکنش امواج با جریانات، اندرکنش امواج با امواج (کاهش، انتشار)، انتقال بخشی و انعکاس از سازه را در نظر می گیرد. این مدل، قابلیت شبکه‌بندی منحنی و ریز کردن شبکه را داراست و شرایط غیر پایدار (مثلا امواج ناشی از سیکلون‌ها) را نیز در نظر می‌گیرد [۹].

۵- برپایی مدل

در این مطالعه از سه شبکه به شرح زیر استفاده شده است:

- شبکه اول: طول ۵۲۵ کیلومتر، عرض ۴۷۰ کیلومتر و مش مربعی با بعد ۵ کیلومتر
- شبکه دوم: طول ۳۰۰ کیلومتر، عرض ۲۴۰ کیلومتر و مش مربعی با بعد ۳ کیلومتر
- شبکه سوم: طول ۱۰۰ کیلومتر، عرض ۱۰۰ کیلومتر و مش مربعی با بعد ۱ کیلومتر

شکل ۷ شبکه‌های در نظر گرفته شده برای اجرای این مدل را نشان می‌دهد.

منابع اصلی اطلاعات عمق‌یابی برای ساخت این شبکه ها، نقشه های آدمیرالیتی (دریانوردی) بوده که در جدول (۵) با ذکر مقیاس آنها آمده اند. نقشه های (A) تا (E) مقیاس بزرگتری داشته و محدوده وسیع تری را پوشش می‌دهند. در حالت هم پوشانی آنها با نقشه (F) که دقیق‌ترین مقیاس را داراست، از اطلاعات نقشه (F) استفاده می‌شود. اطلاعات این نقشه‌ها نسبت به LAT (Lowest Astronomical Tide) بوده که معمولا بصورت جغرافیایی تغییر می‌کند. تغییرات LAT نسبت به تراز متوسط دریا MSL (Mean Sea Level) در محدوده مدل ما اندک می‌باشد، لذا در اینجا از یک تبدیل خطی برای مدل کردن یک تراز خاص استفاده می‌شود.

این نقشه‌ها در ابتدا رقومی و به فرمت xyz در آمده‌اند. سپس با استفاده از زیر برنامه‌های RGFGRID (برای ساخت مش) و QuikIn (برای درونیابی داده‌های عمق روی شبکه) از نرم‌افزار Delft3D فایل مش عمق حاصل شده است.

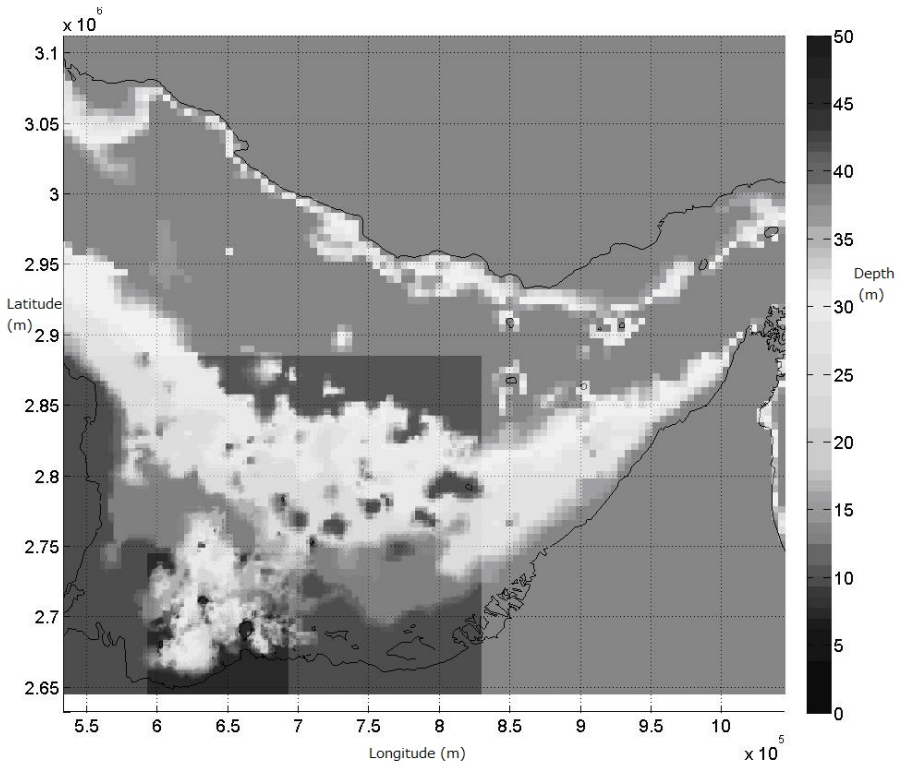
باد مدل NCEP/NCAR به دلیل داشتن بیشترین دوره زمانی (۶۰ سال) به عنوان باد ورودی به مدل انتخاب میشود. با افزایش سرعت این باد توسط ضریب ۱/۵۴ ماکزیمم سرعت باد ساعتی ۲۶ متر بر ثانیه در طی ۶۰ سال حاصل می شود که با مطالعه انجام شده توسط W.H.Melbourne تطابق دارد، لذا از این باد افزایش یافته در مدل استفاده می‌شود.

لازم به ذکر است که رزولوشن مکانی داده های باد NCEP بصورت ثابت و به مقدار ۱/۱۸۵ درجه در راستای افقی و بصورت متغیر در راستای عمودی می باشد. با این رزولوشن حداکثر در فاصله ۱۰۰ کیلومتری از هر نقطه دلخواه مورد مطالعه در خلیج فارس یک نقطه از شبکه NCEP وجود دارد که به شرط واقع نشدن در خشکی و به اندازه کافی دور از ساحل بودن بایستی به عنوان باد ورودی به مدل SWAN در نظر گرفته شود. شکل ۸ این مجموعه نقاط و نقطه در نظر گرفته شده بعنوان ورودی مدل را در این مطالعه نشان می‌دهد.

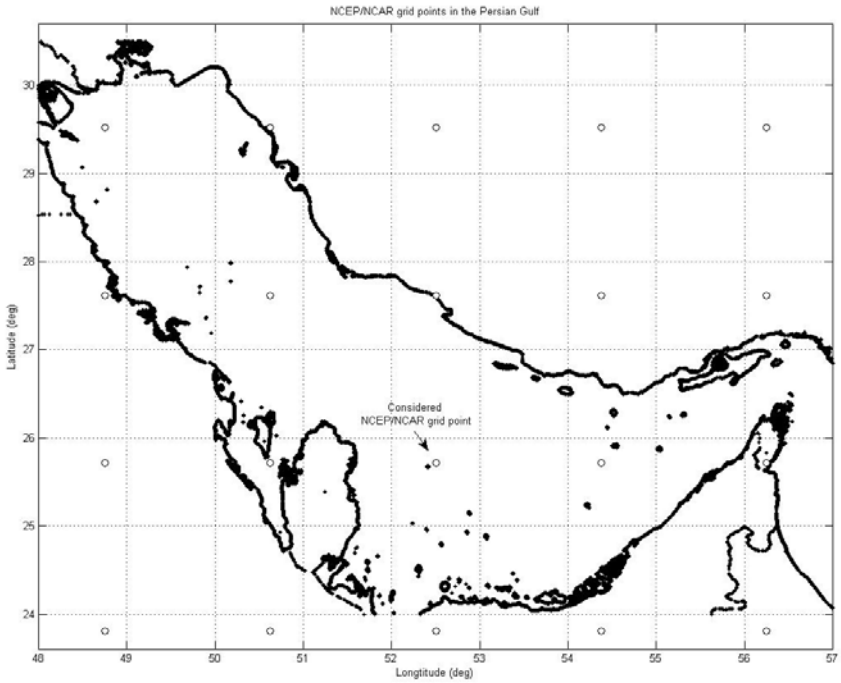
به دلیل بسته بودن خلیج فارس و عدم ورود امواج دوراً از تنگه هرمز شرایط مرزی به صورت مرز بسته در مدل در نظر گرفته شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷ – محدوده اجرای مدل SWAN



شکل ۸ – نقاط شبکه ای مدل NCEP/NCAR در خلیج فارس

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵ - مشخصات نقشه های آدمیرالیتی موجود در منطقه

مقیاس	شماره نقشه (UKHO)	نام نقشه
۱:۷۵۰۰۰۰	۲۸۳۷	(A) Strait of Hormuz to Qatar
۱:۱۲۵۰۰۰	۳۱۷۷	(B) Outer approaches to Abu Dhabi
۱:۱۲۵۰۰۰	۳۱۷۸	(C) Approaches to Mubarraz Terminal
۱:۱۵۰۰۰۰	۳۹۵۱	(D) Sir Bani Yas to Khawr Al Udayd
۱:۱۲۵۰۰۰	۳۱۷۹	(E) Jazirat Das to Ar Ru'ays
۱:۳۵۰۰۰	۳۷۸۰	(F) Approaches to Jabel Az Zannah and Ar Ru'Ays

۶- اجرای مدل

مدل در حالت پایدار (stationary) برای ۱۵۴ حالت مختلف از سرعت و جهت باد (۱۰ حالت برای سرعت باد از ۲ تا ۲۶ متر بر ثانیه با افزایش ۲ متر بر ثانیه و ۱۲ حالت برای جهت باد از ۰ تا ۳۳۰ درجه با افزایش ۳۰ درجه) اجرا گردیده است. فرض شده که سرعت و جهت باد در محدوده مدل ثابت بوده و بر این اساس میدان موج پایدار برای هر یک از این حالات محاسبه گردیده است. در تمامی حالات فرض شده که تراز آب یک متر بالای LAT است که نزدیک به MSL می‌باشد.

گام بعدی تشکیل جداول دو بعدی درونیابی برای هر یک از پارامترهای موج با توجه به سرعت و جهت باد در نقاط مورد اهمیت می‌باشد. به عنوان نمونه جدول ۶ جدول درونیابی برای پارامترهای ارتفاع مشخصه موج، پریود و جهت موج در ایستگاه آرزانه می‌باشد.

پس از تشکیل این جداول، سری زمانی باد افزایش یافته NCEP/NCAR با استفاده از این جداول درونیابی شده و سری زمانی مشخصات موج بدست می‌آید. به این روش، روش شبه زمانی گفته می‌شود. مزیت این روش این است که بجای اجرای مدل در حوزه زمانی (غیر پایدار) به مدت ۶۰ سال با اجرای مدل برای حالاتی محدود و در حوزه فرکانسی (پایدار) و استفاده از جداول درونیابی مدت زمان اجرا به شدت کاهش می‌یابد.

۷- واسنجی و صحت سنجی مدل

نتایج مدل SWAN با برداشتهای ایستگاه آرزانه جهت واسنجی مدل و نتایج مدل PERGOS جهت صحت‌سنجی مدل مقایسه شده‌اند که در جدول ۷ آمده است. شکل ۹ نتیجه این مقایسه را در ایستگاه آرزانه در زمان طوفان جولای سال ۲۰۰۶ به عنوان نمونه نشان می‌دهد. شکل ۱۰ نیز نمودار پراکندگی ارتفاع موج مشخصه مربوط به نقاط واسنجی و صحت سنجی را در کل دوره مدلسازی نشان می‌دهد. تطابق نسبتا خوبی بین نتایج مدل و داده‌های این نقاط وجود دارد، هر چند که این مدل میانگین بالاتر و ماکزیمم کمتری نسبت به داده های نقاط واسنجی و صحت سنجی می‌دهد. این مساله می‌تواند ناشی از فرضیات در نظر گرفته شده در مدلسازی مثل اعمال باد ثابت در مدل باشد ولی با توجه به کاهش شدید زمان اجرا در این روش، می توان با اطمینان نسبتا خوبی از این روش استفاده نمود و با توجه به بلند بودن مدت مدلسازی می‌توان با اعمال آنالیز حدی، مشخصات موج با دوره بازگشتهای بزرگتر (تا سه برابر دوره مدلسازی یعنی ۱۸۰ سال) را بدست آورد.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦ - جدول درونیابی پارامترهای ارتفاع مشخصه موج (بالا)، پریود (وسط) و جهت (پایین) موج در ایستگاه آرزانه

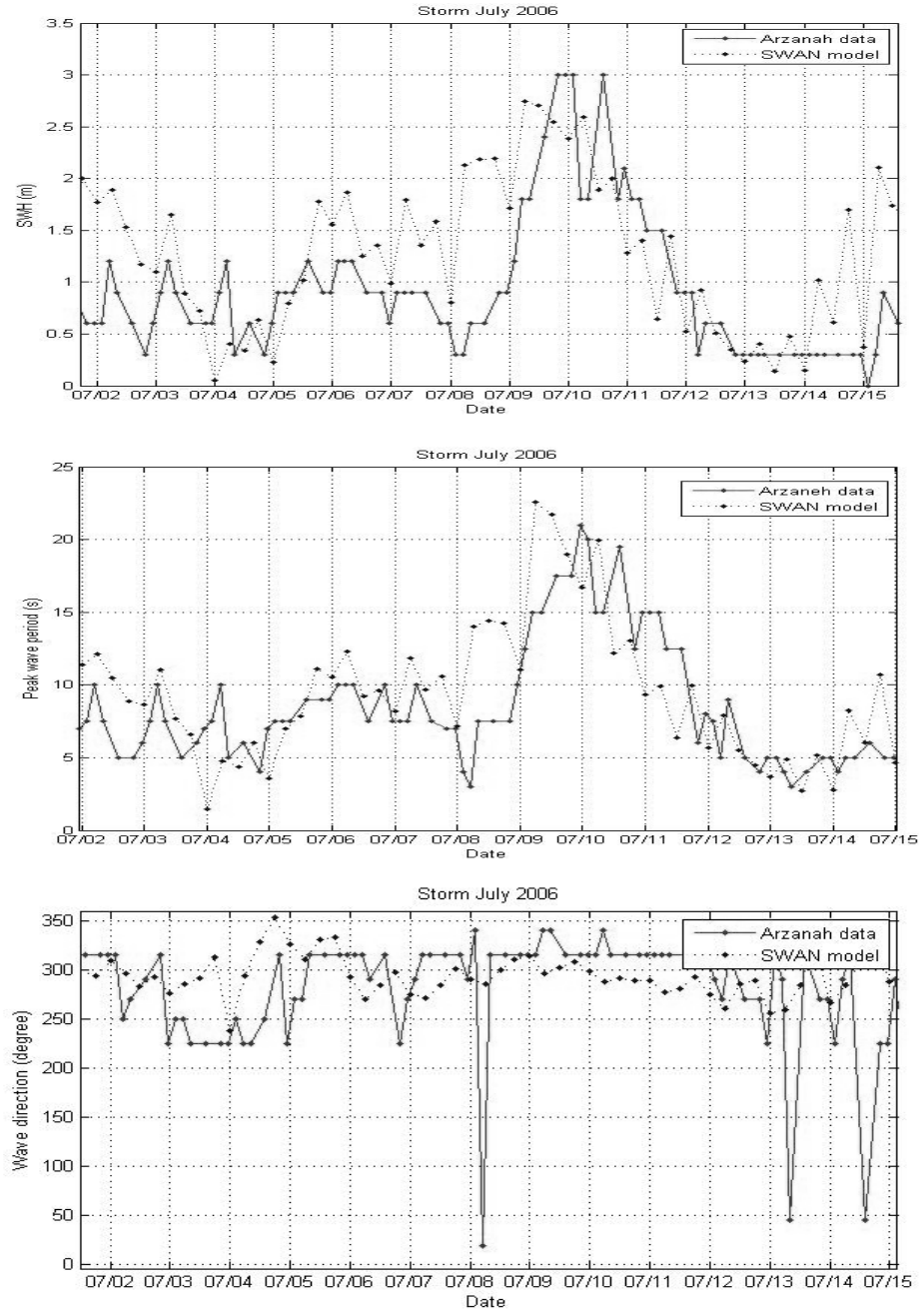
Hs	0 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s	12 m/s	14 m/s	16 m/s	18 m/s	20 m/s	22 m/s	24 m/s	26 m/s
0 deg	0	0.07	0.27	0.55	0.86	1.24	1.61	1.92	2.12	2.29	2.42	2.53	2.65	2.78
30 deg	0	0.07	0.27	0.55	0.88	1.27	1.66	1.93	2.13	2.27	2.40	2.52	2.64	2.75
60 deg	0	0.07	0.27	0.56	0.91	1.32	1.70	1.99	2.21	2.36	2.46	2.58	2.70	2.80
90 deg	0	0.07	0.27	0.58	0.94	1.37	1.76	2.07	2.26	2.45	2.53	2.65	2.77	2.86
120 deg	0	0.07	0.28	0.62	1.05	1.54	1.88	2.14	2.32	2.46	2.61	2.73	2.88	2.95
150 deg	0	0.07	0.28	0.63	1.09	1.62	1.96	2.22	2.42	2.58	2.64	2.74	2.88	2.94
180 deg	0	0.07	0.30	0.63	1.10	1.67	2.03	2.25	2.41	2.55	2.66	2.77	2.90	2.91
210 deg	0	0.07	0.28	0.62	1.05	1.57	1.95	2.20	2.35	2.50	2.67	2.76	2.90	2.91
240 deg	0	0.07	0.28	0.60	0.97	1.47	1.89	2.15	2.35	2.47	2.61	2.72	2.82	2.91
270 deg	0	0.07	0.27	0.57	0.95	1.42	1.82	2.10	2.29	2.45	2.59	2.67	2.80	2.86
300 deg	0	0.07	0.27	0.58	0.94	1.38	1.77	2.06	2.24	2.39	2.52	2.62	2.70	2.80
330 deg	0	0.07	0.27	0.55	0.89	1.31	1.69	2.01	2.23	2.40	2.48	2.60	2.70	2.79
360 deg	0	0.07	0.27	0.55	0.86	1.24	1.61	1.92	2.12	2.29	2.42	2.53	2.65	2.78
T	0 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s	12 m/s	14 m/s	16 m/s	18 m/s	20 m/s	22 m/s	24 m/s	26 m/s
0 deg	0	0.78	1.65	2.38	2.93	3.47	3.90	4.25	4.43	4.56	4.63	4.71	4.76	4.78
30 deg	0	0.79	1.61	2.35	3.01	3.48	4.01	4.28	4.48	4.56	4.64	4.69	4.74	4.79
60 deg	0	0.79	1.60	2.39	3.06	3.60	4.06	4.36	4.57	4.66	4.73	4.79	4.82	4.85
90 deg	0	0.81	1.63	2.49	3.12	3.72	4.15	4.47	4.64	4.79	4.85	4.89	4.92	4.94
120 deg	0	0.79	1.71	2.59	3.34	4.05	4.45	4.65	4.76	4.82	4.87	4.94	4.98	5.00
150 deg	0	0.80	1.66	2.63	3.37	4.24	4.65	4.79	4.88	4.94	4.93	4.95	4.99	4.98
180 deg	0	0.86	1.82	2.63	3.51	4.30	4.72	4.84	4.89	4.94	4.95	4.97	5.00	4.99
210 deg	0	0.79	1.65	2.59	3.30	4.12	4.57	4.75	4.83	4.89	4.95	4.96	4.99	4.98
240 deg	0	0.81	1.71	2.51	3.19	3.88	4.42	4.68	4.80	4.85	4.90	4.93	4.95	4.96
270 deg	0	0.78	1.61	2.42	3.20	3.77	4.29	4.54	4.69	4.79	4.84	4.87	4.89	4.91
300 deg	0	0.76	1.65	2.46	3.10	3.70	4.17	4.47	4.61	4.70	4.75	4.79	4.81	4.82
330 deg	0	0.79	1.65	2.37	2.96	3.56	3.98	4.33	4.53	4.68	4.74	4.79	4.82	4.82
360 deg	0	0.78	1.65	2.38	2.93	3.47	3.90	4.25	4.43	4.56	4.63	4.71	4.76	4.78
Wave Dir	0 m/s	2 m/s	4 m/s	6 m/s	8 m/s	10 m/s	12 m/s	14 m/s	16 m/s	18 m/s	20 m/s	22 m/s	24 m/s	26 m/s
0 deg	1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	6
30 deg	29	29	31	33	36	36	38	38	39	38	38	38	38	38
60 deg	60	60	61	62	62	62	62	63	64	64	65	65	65	65
90 deg	89	89	91	93	94	94	92	90	90	90	90	90	90	89
120 deg	121	121	122	126	128	127	124	123	122	120	119	118	118	117
150 deg	149	149	150	152	151	150	150	150	150	150	151	150	151	150
180 deg	182	182	179	178	175	174	175	177	178	179	179	180	179	179
210 deg	210	210	210	205	204	206	207	207	207	208	207	209	209	210
240 deg	239	239	239	237	237	238	240	240	240	240	240	241	241	241
270 deg	269	269	270	269	267	268	268	268	269	269	269	269	268	268
300 deg	304	304	299	297	295	294	293	295	295	296	296	296	296	296
330 deg	329	329	328	327	326	325	325	326	326	326	326	326	326	327
360 deg	1	1	1	2	2	3	3	3	3	4	4	5	5	6

جدول ۷ - مقایسه نتایج مدل با داده های نقاط واسنجی و صحت سنجی

مدل SWAN		داده‌های نقاط واسنجی		منبع، نوع و بازه زمانی مقایسه داده ها
ماکزیمم	میانگین	ماکزیمم	میانگین	
۳/۱۰ متر	۰/۷۳متر	۳/۳۰ متر	۰/۶۳ متر	ایستگاه آرزانه ، ارتفاع موج مشخصه ۲۰۰۷/۱۲/۳۱-۲۰۰۳/۱/۱
۲/۹۳ متر	۰/۶۴متر	۳/۱۰ متر	۰/۵۷ متر	مدل PERGOS ، ارتفاع موج مشخصه ۲۰۰۲/۱۲/۳۱-۱۹۸۳/۱/۱

www.SID.ir

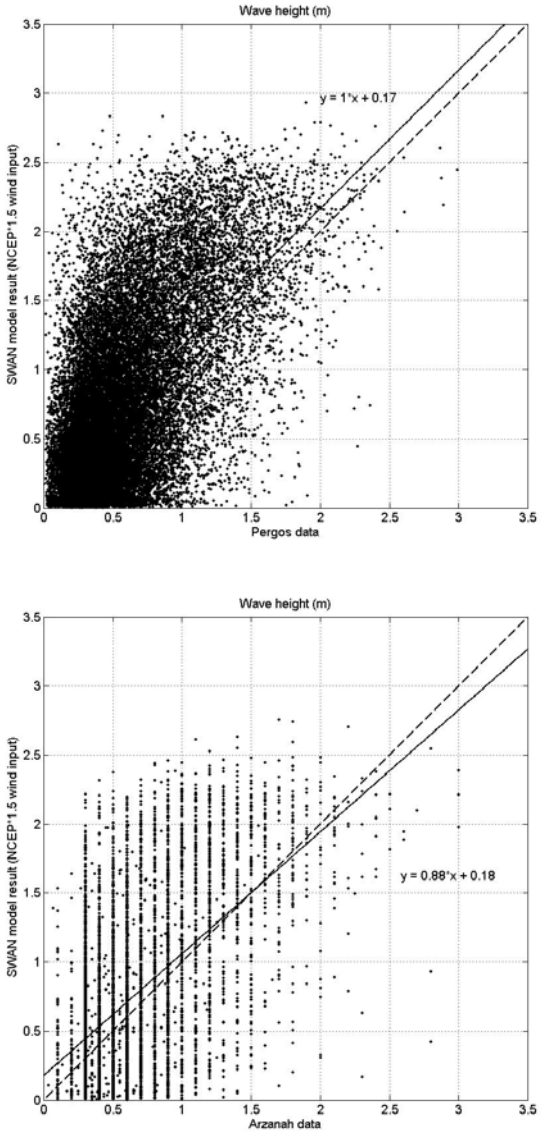
Archive of SID



شکل ۹ – سری زمانی مربوط به مقایسه نتایج مدل با داده‌های ایستگاه آرزانه در زمان طوفان جولای ۲۰۰۶ (بالا: ارتفاع مشخصه موج، وسط: پریود پیک موج، پایین: جهت موج)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱۰ - نمودار پراکندگی مربوط به مقایسه نتایج مدل با داده‌های نقاط واسنجی و صحت سنجی (بالا: مدل PERGOS ، پایین: ایستگاه آرزانه)

۸- نتیجه گیری

نتایج حاصل از این پژوهش به اجمال شامل موارد زیر می‌باشد:

- ارزیابی‌های انجام شده نشان می‌دهد که میانگین و ماکزیمم سرعت باد ماهواره QuikSCAT در خلیج فارس بطور محسوسی بالاتر از میانگین و ماکزیمم سرعت باد داده‌های ایستگاه آرزانه می باشد، لذا از داده‌های باد این ماهواره در پیش‌یابی موج مورد استفاده قرار نمی‌گیرند.
- مدلهای عددی باد مقادیر پایین‌تری را نسبت به داده‌های ایستگاه دور از ساحل آرزانه نشان می‌دهند. داده‌های این مدلها بایستی بر اساس مقایسه با داده‌های این ایستگاه افزایش داده شوند و سپس بعنوان ورودی مدل موج مورد استفاده قرار گیرند.

www.SID.ir

Archive of SID

- باد مدل NCEP/NCAR به دلیل داشتن بیشترین دوره زمانی به مدت ۶۰ سال به عنوان باد ورودی به مدل انتخاب می‌شود. با افزایش سرعت این باد توسط ضریب ۱/۵۴ ماکزیمم سرعت باد ساعتی ۲۶ متر بر ثانیه در طی ۶۰ سال حاصل می‌شود که با مطالعه انجام شده توسط W.H.Melbourne تطابق دارد، لذا از این باد افزایش یافته در مدل استفاده می‌شود.
- تطابق نسبتا خوبی بین نتایج مدل SWAN و داده‌های نقاط واسنجی و صحت‌سنجی وجود دارد، هر چند که این مدل میانگین بالاتر و ماکزیمم کمتری نسبت به داده‌های این نقاط می‌دهد.
- با توجه به بلند بودن مدت مدلسازی می‌توان با اعمال آنالیز حدی، مشخصات موج با دوره بازگشتهای بزرگتر تا سه برابر دوره مدلسازی (۱۸۰ سال) را بدست آورد.
- با استفاده از روش شبه زمانی یا بعبارتی تشکیل جداول درونیابی می‌توان بجای اجرای مدل در حوزه زمانی (غیر پایدار) به مدت ۶۰ سال، مدل را برای حالاتی محدود و در حوزه فرکانسی (پایدار) اجرا و مدت زمان اجرا را به شدت کاهش داد.
- این روش قابل اعمال به مناطق دیگر خلیج‌فارس بوده و برای مناطق دیگر بایستی اولا مدل SWAN در آن محدوده ریز شده و دوما باد در نزدیک ترین نقطه از شبکه NCEP/NCAR به آن منطقه به عنوان ورودی مدل موج SWAN در نظر گرفته شود.

۹- مراجع

1-Perrone, Thomas I, (1979), Winter Shamal in the Persian Gulf, Naval Environmental Prediction Research Facility.
2-NOAA website, http://www.cdc.noaa.gov/data/.
3-ECMWF website, http://www.ECMWF.int/products/data.
4-OceanWeather website, http://www.oceanweather.com/metocean/.
5-PODAAC QuikSCAT website, http://podaac.jpl.nasa.gov/quikscat/.
6- Taebi, S., Golshani, A. , and Chegini, V. (2007), An Approach towards Wave Climate Study in the Persian Gulf and the Gulf of Oman: Simulation and Validation, Journal of Marine Engineering, Vol.4, No. 7, p.11-32.
7-Golshani, A. and Taebi, S., (2008), Evaluation of Wind Vectors Observed by QuikSCAT/SeaWinds using Synoptic and Atmospheric Models Data in Iranian Adjacent Seas, Journal of Marine Engineering, Vol.4, No. 8, p.49-65. (In Persian)
8-Holmes, John D, (2001), Wind Loading of Structures.
9-SWAN website, http://www.swan.tudelft.nl/.

www.SID.ir