



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



دهمین همایش بین المللی سواحل، بنادر و سازه های دریایی
۲۹ آبان لغایت ۱ آذر ۹۱ (تهران-ایران)



مدل سازی مشخصات امواج در کل محدوده دریای خزر با استفاده از مدل عددی SWAN

ساناز حدادپور^۱، امیر اعتماد شهیدی^۲، مهسا مدیری^۳

کلید واژه: مدل سازی مشخصات امواج، دریای خزر، مدل عددی SWAN، میدان باد QuikSCAT

چکیده

مشخصات امواج ناشی از باد برای انجام هرگونه پروژه مهندسی ساحل و دریا مورد نیاز می باشد. روش های متعددی از قبیل روش های تجربی، مدل های عددی و محاسبات نرم برای پیش بینی امواج دریا توسعه یافته است. در این تحقیق از مدل عددی SWAN برای مدل سازی مشخصات امواج در دریای خزر استفاده شد. مقایسه نتایج به دست آمده با اطلاعات اندازه گیری شده توسط بویه انزلی نشان می دهد که مدل سازی انجام شده از دقت خوبی برخوردار است.

مقدمه

برای طراحی سازه های ساحلی و انجام عملیات دریایی، پیش بینی پارامترهای امواج ضروری است. برای پیش بینی مشخصات امواج، روش های مختلفی از قبیل روش های تجربی، مدل های عددی و محاسبات نرم توسعه یافته اند. روش های تجربی مانند SMB [2], SPM [1] و CEM [3] و Donelan [4] و مدل های عددی مانند Mike 21 [5], Wavewatch III [6], WAM [7], SWAN [8] می باشند. نمونه هایی از ابزار محاسبات نرم عبارتند از: شبکه عصبی مصنوعی، سیستم استنباط فازی، درخت تصمیم گیری و الگوریتم ژنتیک. تحقیقات مختلفی در زمینه استفاده از مدل های عددی برای پیش بینی مشخصات امواج انجام شده است. (مانند [9], [10], [11], [12], [13] و [14]). بنابراین در این مطالعه، از مدل عددی SWAN برای پیش بینی مشخصات امواج در دریای خزر استفاده شده است.

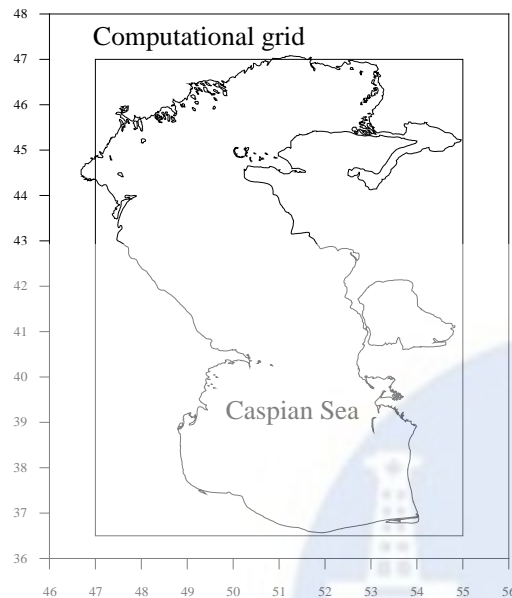
منطقه مورد مطالعه و آمار در دسترس

در این مطالعه از میدان باد QuikSCAT با بزرگنمایی مکانی ۰/۲۵ درجه و بزرگنمایی زمانی ۱۲ ساعت استفاده شده است. از داده های موج ثبت شده توسط بویه انزلی واقع در ۴۹/۵۲ درجه شرقی و ۳۷/۵۴۹ درجه شمالی برای واسنجی و صحت سنجی مدل استفاده شده است. دریای خزر در حدود ۸۰۰ کیلومتر در جهت غربی- شرقی (بین ۵۵- ۴۷ درجه شرقی) و ۱۰۰۰ کیلومتر در راستای شمالی- جنوبی (بین ۴۷- ۳۶/۵ درجه شمالی) می باشد. اطلاعات ژرفا سنجی با بزرگنمایی ۰/۱۶۶ درجه در جهت X و Y استفاده شده است. شکل ۱ موقعیت مدل کلی را برای مدل سازی مشخصات امواج در دریای خزر نشان می دهد.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشگاه علم و صنعت ایران، s_hadadpour@civileng.iust.ac.ir

^۲ دانشیار، دانشگاه گریفیت استرالیا، دانشگاه علم و صنعت ایران، etemad@iust.ac.ir

^۳ دانشجوی کارشناسی ارشد، modiri@civileng.iust.ac.ir



شکل (۱) موقعیت شبکه‌ی محاسباتی مدل کلی در دریای خزر

مدل عددی SWAN

مدل SWAN یکی از مدل‌های عددی نسل سوم است که در آن تغییر شکل طیف موج با معادله تعادل کنش طیف توصیف می‌شود. این معادله برای دستگاه مختصات کارترین عبارتست از:

$$\frac{\partial}{\partial t} N + \frac{\partial}{\partial x} c_x N + \frac{\partial}{\partial y} c_y N + \frac{\partial}{\partial \sigma} c_\sigma N + \frac{\partial}{\partial \theta} c_\theta N = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

N چگالی کنش، c_x و c_y به ترتیب سرعت انتشار در جهت x و y هستند. c_σ سرعت انتشار در فضای σ و c_θ سرعت انتشار در فضای θ را نشان می‌دهد. جمله S در سمت راست معادله، جمله چشمه از جملات چگالی انرژی است که نشان دهنده اثرات تولید، استهلاک و اندر کنش غیر خطی موج-موج می‌باشد.

۴- انتخاب دوره‌های واسنجی و درستی سنجی

دوره‌های واسنجی و درستی سنجی به ترتیب از ۲۳ مه تا ۲۷ مه و از ۱۵ ژوئن تا ۲۱ ژوئن سال ۲۰۰۳ در نظر گرفته شده است. سری زمانی اطلاعات باد و موج مربوط به این دوره‌ها روند تغییرات مشابهی را برای سرعت باد، ارتفاع موج شاخص و دوره تناوب اوجی در دوره‌های واسنجی و درستی سنجی نشان می‌دهند. جدول‌های ۱ و ۲ مشخصات آماری باد و موج را به ترتیب در دوره‌های مذکور نشان می‌دهند.

جدول (۱) مشخصات آماری باد و موج در دوره واسنجی

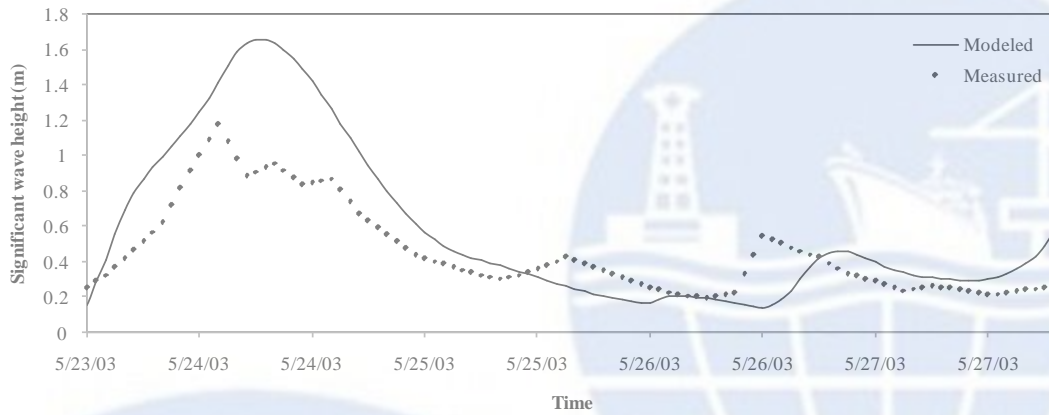
پارامتر	حد اقل	متوسط	حداکثر
ارتفاع موج شاخص (متر)	۰/۲۰	۰/۴۵	۱/۱۸
دوره تناوب اوجی (ثانیه)	۱/۸۹	۴/۰۱	۵/۸۸
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۰	۳/۸۹	۱۲
جهت باد (درجه)	۱۳/۳۳	۲۱۴/۸۱	۳۵۰/۳۶

جدول (۲) مشخصات آماری باد و موج در دوره درستی سنجی

پارامتر	حد اقل	متوسط	حداکثر
ارتفاع موج شاخص (متر)	۰/۱۸	۰/۴۱	۱/۵۶
دوره تناوب اوجی (ثانیه)	۲	۳/۸۵	۸/۳۳
سرعت باد (متر بر ثانیه)	۰/۰۴	۳/۵۵	۱۷/۲۴
جهت باد (درجه)	۰/۲۰	۲۰۶/۷۳	۳۵۸/۶۸

واسنجی مدل

سری های زمانی مشخصات موج اندازه گیری شده و مدل سازی شده در شکل های ۲ و ۳ نشان داده شده اند.



شکل ۲) سری زمانی ارتفاع موج اندازه گیری شده و مدل سازی شده در دوره واسنجی



شکل ۳) سری زمانی دوره تناوب اوجی اندازه گیری شده و مدل سازی شده در دوره واسنجی

برای بررسی کمی دقت نتایج، شاخص های خطای اریبی (Bias)، ضریب همبستگی (R)، جذر خطای مربع میانگین (RMSE) و شاخص پراکندگی (SI) محاسبه شده و در جدول ۳ نشان داده شده اند.

$$\text{Bias} = \bar{p} - \bar{o}$$

(۲)

$$R = \frac{\sum_{i=1}^N [(o_i - \bar{o}) \times (p_i - \bar{p})]}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (o_i - \bar{o})^2 \sum_{i=1}^N (p_i - \bar{p})^2}} \quad (3)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (o_i - p_i)^2}{N}} \quad (4)$$

$$SI = \frac{RMSE}{\bar{o}} \quad (5)$$

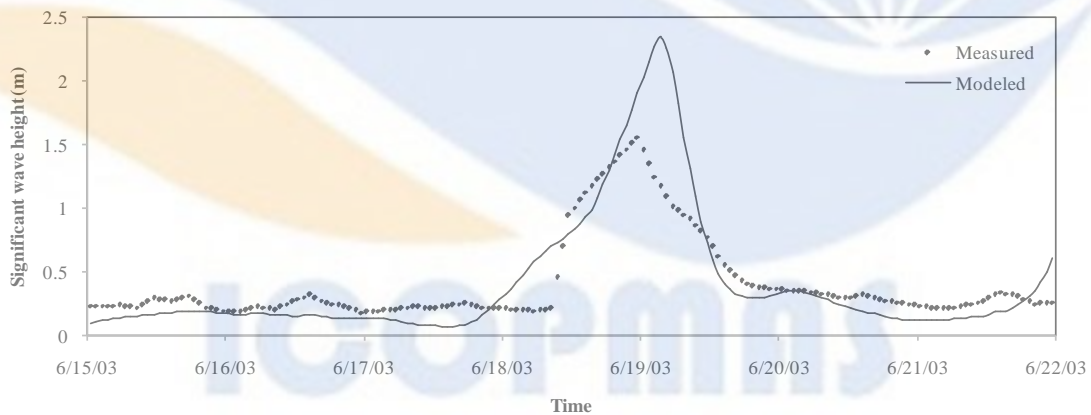
O_i و p_i به ترتیب مقادیر اندازه گیری شده و مدل سازی شده و \bar{o} و \bar{p} میانگین این مقادیر می باشند. N تعداد کل داده ها را نشان می دهد.

جدول ۳) شاخص های خطا در دوره واسنجی

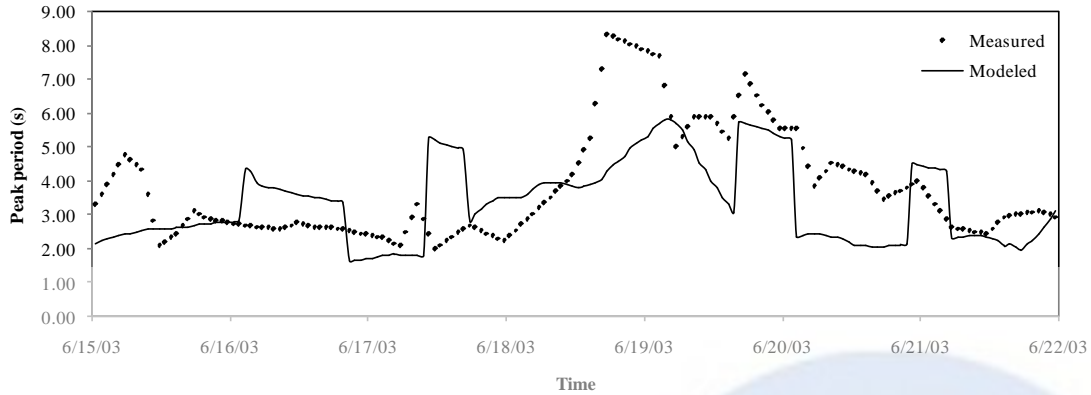
شاخص خطا	دوره تناوب اوجی	ارتفاع موج شاخص
Bias	-۰/۰۲۰	-۰/۱۲۳
R	۰/۳۷۴	-۰/۹۱۷
RMSE	۱/۲۰۹	-۰/۲۷۲
SI (%)	۳۰/۱۸	۶۰

درستی سنجی مدل

نتایج درستی سنجی مدل در شکل های ۴ و ۵ و نیز شاخص های خطای محاسبه شده برای این دوره در جدول ۴ نشان داده شده اند.



شکل ۴) سری زمانی ارتفاع موج اندازه گیری شده و مدل سازی شده در دوره درستی سنجی



شکل ۵) سری زمانی دوره تناوب اوجی اندازه گیری شده و مدل سازی شده در دوره درستی سنجی

جدول ۴) شاخص های خطا در دوره درستی سنجی

شاخص خطا	دوره تناوب اوجی	ارتفاع موج شاخص
Bias	-۰/۴۲۲	-۰/۰۰۲
R	۰/۵۳۴	-۰/۹۰۳
RMSE	۱/۴۸۷	-۰/۲۴۷
SI (%)	۳۸/۶۶	۶۰/۵۳

نتیجه گیری و جمع بندی

در این تحقیق پیش بینی مشخصات امواج در دریای خزر با استفاده از مدل عددی SWAN انجام شد. در دوره درستی سنجی مشخصات امواج مدل سازی شده با مقادیر اندازه گیری شده تطابق خوبی دارند. شاخص های خطای محاسبه شده در این دوره نیز دقت قابل قبول مدل سازی انجام شده را نشان می دهد.

مراجع

- [1] Shore Protection Manual, (1984), 4th ed., 2Vol, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- [2] Sverdrup, H.U., Munk, W.H., (1974), Wind, seas and swell: theory of relations for forecasting, Publication 601, U.S. Navy Hydrographic office, Washington, DC.
- [3] Coastal Engineering Manual, (2006), Chapter II-2, Meteorology and Wave Climate, Engineer Manual 1110-2-1100, U.S. Army Corps of Engineers, Washington, DC.
- [4] Donelan, M.A., (1980), Similarity theory applied to the forecasting of wave heights, periods and directions, In: Proceedings of Canadian Coastal Conference, National Research Council of Canada, 47-61.
- [5] MIKE 21, (2009), Wave Modeling Manual, DHI Water and Environment.
- [6] Tolman, H.L., (1991), A third-generation model for wind waves on slowly varying, unsteady and inhomogeneous depths and currents, *Physical Oceanography*, vol. 21, 782-797.
- [7] Komen, G.J., Cavaleri, L., Donelan., M., Hasselmann, K., Hasselmann, S., Janssen, P.A.E.M., (1994), *Dynamics and Modeling of Ocean Waves*, Cambridge University Press, UK.
- [8] Booij, N., Ris, R.C., Holthuijsen, L.H., (1999), A third generation wave model for coastal regions. 1. Model description and validation, *Geophysical Research*, vol. 104, 7649-7666.
- [9] Moeini, M.H., Etemad-Shahidi, A., Chegini, V., (2010), Wave modeling and extreme value analysis off the northern coast of the Persian Gulf, *Applied Ocean Research*, vol. 32, 209-218.
- [10] Moeini, M.H., Etemad-Shahidi, A., (2007), Application of two numerical models for wave hindcasting in Lake Erie, *Applied Ocean Research*, vol. 29, 137-145.

- [11] Cavaleri, L., Bertotti, L., (2006), The improvement of modelled wind and wave fields with increasing resolution, *Ocean Engineering*, vol. 33, 553-565.
- [12] Bolaños-Sanchez, R., Sanchez-Arcilla, A., Cateura, J., (2007), Evaluation of two atmospheric models for wind-wave modelling in the NW Mediterranean, *Marine Systems*, vol. 65, 336-353.
- [13] Signell, R.P., Carniel, S., Cavaleri, L., Chiggiato, J., Doyle, J., Pullen, J., et al., (2005), Assessment of wind quality for oceanographic modelling in semi-enclosed basins, *Marine Systems*, vol. 53, 217-233.
- [14] Kazeminezhad, M.H., Etemad-Shahidi, A., Mousavi, J., (2005), Application of fuzzy inference system in prediction of wave parameters, *Ocean Engineering*, vol. 32, 1709-1725.



Modeling Wave's Characteristics in Caspian Sea Using SWAN

S. Hadadpour

Graduate Student, Iran University of Science and Technology

S_hadadpour@civileng.iust.ac.ir

A. E. Shahidi

Associate Professor, Griffith University of Australia, Iran University of Science and Technology

Etemad@iust.ac.ir

M. Modiri

Graduate Student

Modiri@civileng.iust.ac.ir

Abstract:

Wave parameters are necessary for many marine and coastal operations. Different methods such as empirical, numerical and soft computing are developed for wave hindcasting. In this study, SWAN model is used for prediction of wave's parameters in Caspian Sea. The comparison of results with the Anzali buoy measurements indicates that this global modeling yields an accurate estimation of wave's characteristics.

Key words: modeling wave characteristics, Caspian Sea, SWAN numerical modeling, QuikSCAT, wind field

ICOPMAS