

تعیین پارامترهای امواج دریایی در منطقه چابهار

مهدی اسماعیلی^۱، آرام کهنه‌پوشی^۲

^۱ دانشگاه دریانوردی و علوم دریایی چابهار

^۲ سازمان بنادر و دریانوردی تهران

چکیده

اولین قدم جهت شناخت عوامل فیزیکی تأثیرگذار بر محیط‌های دریایی و نواحی ساحلی، تعیین مشخصات امواج می‌باشد. امواج نقش مهمی در تعیین وضعیت هندسی و ترکیب سواحل بازی می‌کنند. در کاربردهای مهندسی سواحل و احداث سازه‌های ساحلی و فراساحلی، ارتفاع امواج ایجاد شده در منطقه، مهمترین پارامتر در طراحی اجزای مختلف سازه‌ها و تعیین پایداری آنها محسوب می‌شود. در این تحقیق امواج ناشی از باد در منطقه‌ی دریایی چابهار با استفاده از مدل عددی OSW محاسبه شده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. برای پیش‌بینی امواج از آمار باد سی ساله ایستگاه هواشناسی منطقه (۱۹۷۵-۲۰۰۴) استفاده شده است. نتایج حاصل از مدل عددی با داده‌های اندازه‌گیری شده بویه چابهار کالیبره شده تا همخوانی بیشتری با واقعیت داشته باشد. بر اساس نتایج مدل، ارتفاع و پریود موج عمده به ترتیب ۲/۶ متر و ۵/۴ ثانیه محاسبه شده و جهت غالب امواج، جهت جنوب‌شرقی با فراوانی ۳۲/۱۲ درصد بدست آمده است.

واژه‌های کلیدی: امواج، باد، مدل عددی OSW، چابهار

۱- مقدمه

بررسی امواج نخستین قدمی است که برای هر گونه مطالعه و فعالیتی در جهت شناخت عوامل تأثیرگذار بر رفتار و شرایط موجود در دریا صورت می‌گیرد. در مناطق ساحلی، امواج نقش مهمی در تعیین هندسه و شکل سواحل بازی می‌کنند. ارتفاع امواج ایجاد شده در دریا ضمن این که نخستین احساس را نسبت به پدیده‌ی موج سبب می‌شود، مهمترین پارامتر در کلیه‌ی مسائل مطرح در مطالعات مهندسی سواحل محسوب می‌شود. در طراحی سازه‌های دریایی نظیر سکوها، موج شکن‌ها و اسکله‌ها اصلی‌ترین پارامتر در تعیین پایداری و طرح اجزای مختلف آنها، ارتفاع امواج ایجاد شده در منطقه می‌باشد.

امواج ناشی از باد عمده‌ترین امواج مشاهده شده در دریا هستند و بیشترین اثر را بر فعالیت‌های بشری در محیط‌های دریایی دارند و بدین دلیل هنگامی که بحث پیش‌بینی امواج جهت مقاصد مهندسی پیش می‌آید عمدتاً امواج ناشی از باد مدنظر هستند [۱]. اگرچه اندازه‌گیری‌های میدانی دقیق‌ترین روش برای دستیابی به پارامترهای امواج یک منطقه است، ولی هنگامی که تعیین امواج در منطقه‌ای وسیع موردنظر باشد روش اندازه‌گیری میدانی به تنهایی قادر به پاسخگویی نخواهد بود.

هر چند بررسی وضعیت دریا همواره مورد توجه قرار داشته با این وجود برخورد ریاضی با مسائل دریا تا قرن ۱۹ پیشرفت چندانی نداشت ولی جدیداً با گسترش مدل‌های عددی در سراسر دنیا به ارزیابی‌های خیلی دقیقی از وضعیت دریاها، دریاچه‌ها و بنادر می‌پردازند. امروزه استفاده از مدل‌های ریاضی به عنوان ابزاری کارآمد جهت شبیه‌سازی و سپس بررسی فرایندهای پیچیده طبیعی، ره‌گشای بسیاری از مسائل فنی و مهندسی شده است. با توجه به قابلیت‌های استفاده از مدل ریاضی، لزوم انجام مطالعات کافی و اصولی به کمک شبیه‌سازی عددی در مناطق ساحلی ضروری به‌نظر می‌رسد. اهمیت موضوع فوق باعث شده که امروز متخصصان امر در پی اجرای مدل‌های عددی بر روی حوزه‌های کوچک و وسیع آبی باشند. در اینجا فرضیات و نتایج تعدادی از مطالعات صورت گرفته در زمینه تعیین مشخصات امواج ساحلی به طور مختصر بیان می‌شود.

کرمی خانیکی و همکاران (۱۳۸۳) تغییرات ایجاد شده در الگوی موج دریاچه ارومیه را در اثر احداث بزرگراه شهید کلانتری مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور، الگوی کلی موج با استفاده از مدل NSW نرم‌افزار MIKE 21 و اطلاعات تهیه شده از آمار باد ثبت شده ایستگاه هواشناسی ارومیه، برای فصول مختلف در دو حالت قبل و بعد از احداث بزرگراه شبیه‌سازی شده است. نتایج این مطالعه نشان داد که بعد از احداث بزرگراه از ارتفاع امواج در منطقه مجاور آن کاسته شده، به طوری که در فصول زمستان و بهار ارتفاع امواج در مجاورت بزرگراه نسبت به قبل از آن، حداقل ۲۵ درصد کاهش یافته است [۶].

مراغه‌ای و همکاران (۲۰۰۲)، یک اندازه‌گیری میدانی جامع در خورموسی در شمال غربی خلیج فارس در سپتامبر و اکتبر ۲۰۰۰، انجام داده‌اند. به علاوه، به منظور ارزیابی و مقایسه داده‌های میدانی با نتایج حاصل از یک مدل عددی، مدل OSW از بسته نرم‌افزاری MIKE 21 به‌کار گرفته شده است. از

مقادیر ارتفاع امواج اندازه‌گیری شده و مقادیر مدلی دریافتند که در اوقات نسبتاً آرام، نتایج حاصل از مدل، حدوداً دو برابر مقادیر اندازه‌گیری شده است. آنها همچنین به این نتیجه رسیدند که مدل OSW برای طول بادگیرهای کمتر از ۱۰۰ کیلومتر، ارتفاع موج را بیشتر از سایر روش‌های پیش‌بینی موج به‌دست می‌دهد [۹].

سیفان آهاری (۱۳۸۴) امواج ناشی از باد در منطقه دریایی بوشهر را با استفاده از دو روش SMB و OSW مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. بادهایی که از آنها برای پیش‌بینی امواج در منطقه مورد استفاده قرار گرفتند شامل داده‌های جمع‌آوری شده‌ی ۳۰ ساله باد توسط سازمان هواشناسی می‌باشد. در این تحقیق از روش عددی OSW ارتفاع موج عمده را ۷/۰۴ متر با دوره تناوب ۶/۸ ثانیه و از روش SMB ارتفاع موج عمده را ۲/۴ متر با دوره تناوب ۶/۵ ثانیه به دست آمده است [۵].

از آنجایی که در اغلب تحقیقات به عمل آمده در منطقه‌ی دریایی چابهار، مدت زمان کوتاهی مورد توجه قرار گرفته، در این تحقیق سعی شده است تمامی بادهای ایجاد شده در یک دوره سی ساله مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گیرد. با توجه به اهمیت استراتژیک منطقه‌ی دریایی چابهار و نیاز روز افزون به اطلاعات دریایی در این منطقه به کمک مدل عددی OSW از بسته نرم‌افزاری MIKE 21 به بررسی وضعیت امواج در منطقه‌ی دریایی چابهار می‌پردازیم. در ادامه نتایج مدل عددی با استفاده از داده‌های بویه‌ی موج نگار چابهار کالیبره شده تا نتایج به‌دست آمده با واقعیت همخوانی بیشتری داشته باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱ منطقه مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در این تحقیق منطقه‌ی دریایی چابهار است که در موقعیت جغرافیایی ۶۰ درجه و ۶ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵ دقیقه طول شرقی و ۲۴ درجه و ۳۸ دقیقه تا ۲۵ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). ولی با توجه به موقعیت بویه‌ی موج نگار چابهار که در مختصات ۶۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی و ۲۵ درجه و ۱۷ دقیقه عرض شمالی واقع شده، به بررسی امواج به کمک مدل عددی OSW در این نقطه خواهیم پرداخت.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه دریایی چابهار

در تعیین مشخصات امواج با استفاده از آمار باد به سه مقدار سرعت، جهت و تداوم باد نیاز می‌باشد. مقادیر سرعت و جهت وزش باد توسط ایستگاه‌های هواشناسی برداشت می‌شوند و تداوم باد نیز با تحلیل داده‌های برداشت شده به دست می‌آید. به منظور دستیابی به جهت باد غالب و به منظور آنالیز باد و به‌دست آوردن ارتفاع و پریود امواج با استفاده از مدل OSW از آمار سی‌ساله هواشناسی (از سال ۱۹۷۵ تا ۲۰۰۴) ایستگاه هواشناسی چابهار استفاده شده

است. ایستگاه هواشناسی چابهار واقع در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۳۷ دقیقه و عرض جغرافیایی ۲۵ درجه و ۱۸ دقیقه قرار دارد و در تراز ۱۰ متری از سطح زمین اطلاعات باد را اندازه‌گیری می‌کند. با تحلیل آماری و محاسبه‌ی نرخ فراوانی هر یک از بادهای منطقه به پیش‌بینی موج حاصله از هر یک از بادهای در بازه زمانی سی ساله می‌پردازیم.

با استفاده از برنامه نوشته شده در محیط ویژوال بیسیک^۱ تحلیل سالانه باد منطقه برای ۸ جهت با زمان تداوم ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ساعته انجام شده و درصد احتمال وقوع آنها به دست آمده است. مشخصات بادهای منطقه و درصد فرکانس وقوع هر حالت در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. بادهای طبقه بندی شده منطقه چابهار بر اساس درصد وقوع

3 hour m/s	N %	NE %	E %	SE %
0-4	1.022	1.953	1.748	2.163
4-8	0.979	2.837	3.188	4.775
8-12	0.460	1.665	2.111	4.032
12-16	0.030	0.170	0.335	0.746
16-20	0.005	0.005	0.017	0.037
3 hour m/s	S %	SW %	W %	NW %
0-4	2.692	2.759	2.647	1.883
4-8	4.673	4.713	4.387	2.742
8-12	2.897	3.611	3.601	1.432
12-16	0.265	0.668	0.771	0.150
16-20	0.037	0.080	0.187	0.012
6 hour m/s	N %	NE %	E %	SE %
0-4	0.152	0.343	0.242	0.315
4-8	0.140	0.721	0.651	1.169
8-12	0.075	0.601	0.706	1.853
12-16	0.000	0.020	0.060	0.320
6 hour m/s	S %	SW %	W %	NW %
0-4	0.480	0.430	0.463	0.403
4-8	1.555	1.470	1.091	0.721
8-12	1.329	1.432	1.172	0.405
12-16	0.055	0.212	0.277	0.020
9 hour m/s	N %	NE %	E %	SE %
0-4	0.040	0.067	0.035	0.055
4-8	0.025	0.235	0.237	0.598
8-12	0.027	0.262	0.298	0.991
12-16	0.000	0.002	0.020	0.125
9 hour m/s	S %	SW %	W %	NW %
0-4	0.117	0.130	0.090	0.100
4-8	0.611	0.611	0.415	0.227
8-12	0.658	0.728	0.540	0.117
12-16	0.0100	0.042	0.122	0.005
12 hour m/s	N %	NE %	E %	SE %
0-4	0.002	0.007	0.005	0.015

4-8	0.010	0.047	0.085	0.385
8-12	0.007	0.065	0.137	0.518
12 hour m/s	S %	SW %	W %	NW %
0-4	0.022	0.025	0.015	0.030
4-8	0.232	0.140	0.152	0.052
8-12	0.275	0.245	0.227	0.050

۲-۲ مدل OSW بسته نرم‌افزاری MIKE 21

برنامه کامپیوتری مشهور به MIKE 21 که توسط انستیتو هیدرولیک دانمارک^۱ پایه‌ریزی و به مرور زمان تکمیل و توسعه یافته است، دارای قابلیت‌های محاسباتی و گرافیکی بالایی در زمینه مدل‌کردن پدیده‌های مربوط به خورها، دریاچه‌ها، نواحی کم‌عمق ساحلی، خلیج‌ها و دریاها است. بسته نرم‌افزاری MIKE 21 از مدل‌های متعددی نظیر HD^۲، NSW^۳، OSW^۴ و ST^۵ جهت شبیه‌سازی پدیده‌ها استفاده می‌نماید، که هر یک از این مدل‌ها برای کاربرد خاصی طراحی شده‌اند. در این تحقیق از مدل OSW استفاده شده است [۸].

مدل OSW یک مدل کاملاً طیفی برای امواج ناشی از باد است که پدیده‌هایی چون رشد، تضعیف و تغییر شکل امواج ناشی از باد را در مناطق دور از ساحل و همچنین مناطق ساحلی توصیف می‌کند. مدل پدیده‌های زیر را شامل می‌گردد:

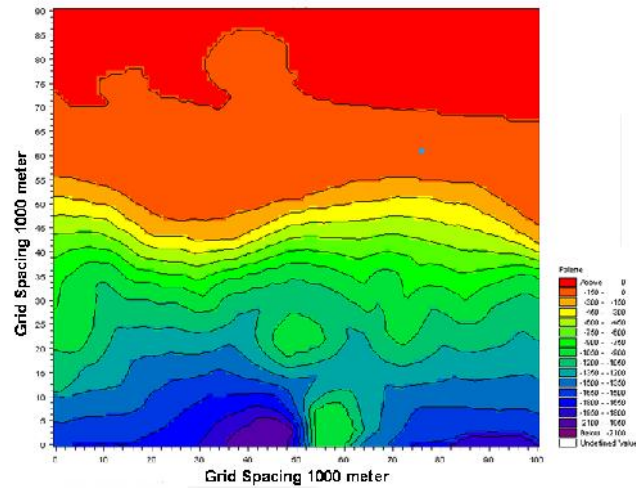
- رشد و نمو امواج ناشی از باد
 - برهم‌کنش غیر خطی امواج با یکدیگر
 - شکست امواج
 - اصطکاک بستری
 - اثرات کم‌عمقی و انکسار
 - تفرق
 - انعکاس
- خروجی مدل ارتفاع و دوره تناوب موج را در مدل نشان می‌دهد.

۳-۲ اجرای مدل

انتخاب محدوده اجرای مدل OSW و یا به عبارت دیگر طراحی مدل منطقه‌ای، گام نخست در انجام مطالعات این بخش می‌باشد. ابعاد و محدوده مدل منطقه‌ای به محل قرارگیری مرز و وجود اطلاعات مرزی مدل بستگی دارد. علاوه بر این دقت نقشه‌های هیدروگرافی موجود در تعیین محدوده مدل منطقه‌ای مؤثر می‌باشد.

برای ساختن فایل عمق‌سنجی^۶ در محیط MIKE Zero برای ورودی مدل OSW نیاز به داده‌های رقومی شده بستر منطقه‌ی دریایی چابهار داریم که بدین منظور با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نسبت به آماده‌سازی داده‌های اولیه‌ی عمق‌سنجی اقدام شد. بدین منظور بر روی نقشه هیدروگرافی دریای عمان شبکه‌ای با ابعاد ۱۰۰×۹۰ و گام مکانی ۱۰۰۰ متر در جهت‌های x و y در نظر گرفته شده است. در شکل ۲ نقشه عمق‌سنجی طراحی شده نشان داده شده است.

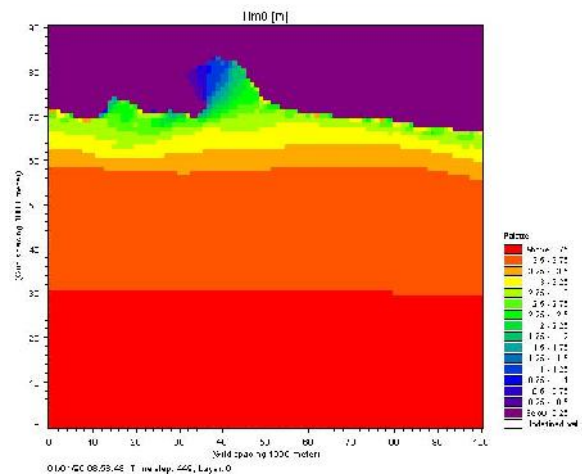
1 Danish Hydraulic Institute
2 Hydrodynamic Module
3 Nearshore Spectral Wind-Wave Module
4 Offshore Spectral Wind-Wave Module
5 Sand Transport Module
6 Bathymetry



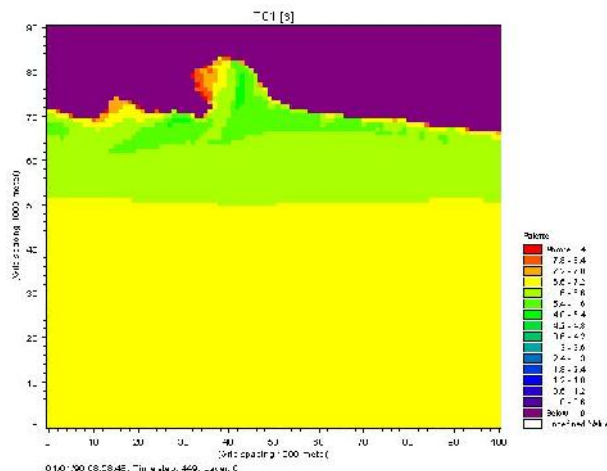
شکل ۲. نقشه عمق سنجی منطقه دریایی چابهار

۳- نتایج مدل

نتایج مدل OSW ارتفاع و دوره تناوب امواج ناشی از باد را در منطقه نشان می‌دهد. بر طبق جدول ۱ برای تمامی بادهای موجود در منطقه مدل‌سازی انجام شده است. نتایج مدل به صورت موردی برای باد غربی با سرعت ۱۴ متر بر ثانیه و مدت زمان وزش ۹ ساعته در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است.



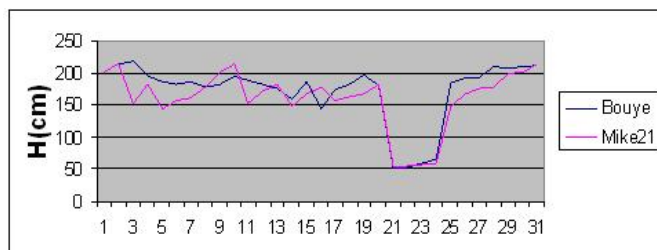
شکل ۳. ارتفاع موج برای باد غربی با سرعت ۱۴ متر بر ثانیه و مدت زمان وزش ۹ ساعته



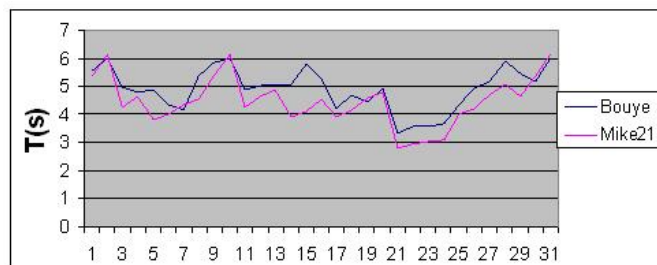
شکل ۴. دوره تناوب موج برای باد غربی با سرعت ۱۴ متر بر ثانیه و مدت زمان وزش ۹ ساعته

۴- بحث و نتیجه‌گیری

یکی از مراحل اساسی در کلیه‌ی پروژه‌های مدل‌سازی امواج، استفاده از اطلاعات اندازه‌گیری شده‌ی موج برای واسنجی و نیز ارزیابی نتایج مدل عددی می‌باشد. رایج‌ترین روش اندازه‌گیری مشخصات موج، به ویژه در مناطق نزدیک به ساحل، اندازه‌گیری توسط بویه می‌باشد [۴]. برای کالیبره کردن پارامترهای مدل نیاز به داده‌های واقعی موج و همچنین داده‌های باد بر روی دریا به صورت همزمان است. بدین منظور از داده‌های یک ماهه باد در جولای ۱۹۹۸ و همچنین داده‌های اندازه‌گیری شده موج توسط بویه در همان ماه برای کالیبره کردن مدل استفاده شده است. نمودارهای ۱ و ۲ میزان هم‌خوانی ارتفاع امواج و دوره تناوب بویه‌ی موج نگار چابهار را با مدل OSW بعد از کالیبراسیون نشان می‌دهد.



نمودار ۱. میزان هم‌خوانی ارتفاع امواج اندازه‌گیری شده توسط بویه‌ی موج نگار چابهار با مدل OSW



نمودار ۲. میزان هم‌خوانی دوره تناوب امواج اندازه‌گیری شده توسط بویه‌ی موج نگار چابهار با مدل OSW

با توجه به نمودارهای فوق پس از اعمال ضرایب کالیبراسیون می‌توان اعتماد بیشتری نسبت به خروجی‌های مدل داشت و از آن به عنوان یک شبیه‌سازی قابل قبول استفاده کرد.

پس از تجزیه و تحلیل کردن کل داده‌های باد ۳۰ ساله‌ی منطقه‌ی چابهار بیشترین فراوانی وقوع (۴/۷۷٪ کل بادها) مربوط به دسته‌ای از بادهایی بود که سرعتی حدود ۶ متر بر ثانیه در جهت جنوب شرقی و مدت تداوم وزش ۳ ساعته داشتند. جهت غالب باد های وزیده شده (۱۸/۹۶٪ کل بادها) جنوب شرقی، مدت تداوم وزش غالب بادها (۶۸/۵۹٪ کل بادها) ۳ ساعته و سرعت غالب بادها (۴۰/۵۷٪ کل بادها) سرعتی بین ۸-۴ متر بر ثانیه بوده است.

پس از محاسبه‌ی پارامترهای امواج به کمک مدل OSW، نتایج زیر بدست آمده است:

- ۱- ارتفاع موج بیشینه برای یک دوره‌ی ۳۰ ساله برابر ۷/۱ متر با دوره تناوب ۹/۷ ثانیه و در جهت جنوب به دست آمده که در طی بازه زمانی فوق در منطقه‌ی دریایی چابهار فقط یک بار رخ داده است و مربوط به بادی است که با سرعت ۱۸ متر بر ثانیه در جهت جنوب با تداوم وزش ۱۲ ساعته وزیده است.
- ۲- میانگین ارتفاع امواج با در نظر گرفتن درصد وقوع هر یک از امواج مقدار ۰/۸۹ متر و دوره تناوب میانگین امواج ۳/۲ ثانیه محاسبه شده است.
- ۳- ارتفاع موج عمده، یعنی میانگین ارتفاع یک سوم مرتفع‌ترین امواج در منطقه با در نظر گرفتن درصد وقوع امواج برای ۳۰ سال، برابر ۲/۶ متر و دوره تناوب عمده‌ی آن ۵/۴ ثانیه می‌باشد.
- ۴- بیشترین درصد وقوع (۴/۸٪) موجی است با ارتفاع ۰/۶۷ متر و دوره تناوب ۳/۱۲ ثانیه در جهت جنوب شرقی که مربوط به بادی با سرعت ۶ متر بر ثانیه با زمان تداوم ۳ ساعت در جهت جنوب شرقی آن را ایجاد کرده است.
- ۵- بیشترین درصد وقوع (۹۴/۴٪) از نظر تقسیم بندی ارتفاع مربوط به امواجی با ارتفاع بین ۰ تا ۲ متر می‌باشد.
- ۶- جهت موج غالب با استناد به نتایج مدل OSW در طی این ۳۰ سال جهت جنوب شرقی با فراوانی ۳۲/۱۲ درصد بدست آمده است.
- ۷- بیشترین دوره تناوب امواج برابر ۹/۶۸ ثانیه می‌باشد که ارتفاع موج آن نیز برابر ۷/۰۶ متر می‌باشد و نرخ تکرار آن نیز در طی این ۳۰ سال فقط یک بار می‌باشد. بادی که آن را تولید کرده است با سرعت ۱۸ متر بر ثانیه در جهت جنوب با تداوم وزش ۱۲ ساعته وزیده است. در حقیقت می‌توان نتیجه گرفت موجی که در روش OSW بیشترین دوره تناوب را داشته است دارای بیشترین ارتفاع نیز بوده است.

با توجه به بررسی انجام شده می‌توان چنین بیان نمود که اگر مدل OSW با داده‌های میدانی کالیبره شود قابلیت تعیین پارامترهای امواج را در منطقه دریایی چابهار دارا می‌باشد.

منابع:

- [۱] الله دادی، م. بدیعی، پ. (۱۳۷۹). بررسی میزان اعتبار روابط تجربی پیش بینی امواج دریا در شرایط مختلف در مقایسه با یک مدل ریاضی، مجموعه مقالات کنفرانس بین المللی سازه های هیدرولیکی ۱۳۸۰ سال، ص ۶۸۰-۶۷۱.
- [۲] الهیار، م، ر. (۱۳۸۱)، پیش‌بینی موج با استفاده از اطلاعات ماهواره‌ای، هواشناسی، مدل‌های ریاضی و اندازه‌گیری محلی و مقایسه آنها (مورد خاص در بندر چابهار)، پایان نامه کارشناسی ارشد عمران سازه‌های دریایی، ۱۲۸ ص.
- [۳] ساجدی، ا. (۱۳۸۲). پیش بینی مشخصه های امواج ناشی از باد با استفاده از روش های آماری برای منطقه دریایی بندر انزلی، پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشکده علوم و فنون دریایی دانشگاه آزاد اسلامی، ۹۸ ص.
- [۴] سازمان بنادر و دریانوردی، آبان ۱۳۸۴، پروژه مدل سازی امواج در دریاهای ایران (ISWM) فاز سوم (خلیج فارس و دریای عمان).
- [۵] سیفان آهاری، ح.ر. (۱۳۸۴). تحلیل وضعیت امواج ناشی باد در منطقه دریایی بوشهر با استفاده از مدل MIKE 21. پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۱۶ ص.
- [۶] کرمی‌خانیکی، علی، عسگر فلاح و سیدعلی آزرما، ۱۳۸۳، ارزیابی تغییرات ایجاد شده در الگوی موج و جریان فصلی دریاچه ارومیه در اثر احداث بزرگراه شهید کلاتری، نشریه علمی- پژوهشی آب و آبخیز، شماره ۱، صفحات ۲۴-۳۵.

[7] Azarmsa, S. A., 2003. Sensibility of predicted wave height to wind duration, Int. J. Science and Engineering, 14(5). 221-233.

[8] Danish Hydraulic Institute, 2003. Offshore spectral wind-wave module, Danish Hydraulic Institute, Manual of MIKE 21, 70 pp.

[9] Maraghei, A.R., Zaker, H. and Allahdadi, M.N., 2002. **Wave Measurement and Analysis In Khowr-e-Musa**. North of Persian Gulf. *The Changing Coast*. **16**: 311-317.