

تحلیل، تفسیر و یکپارچه‌سازی داده‌های میدانی موج جهت تعیین الگوی امواج سواحل شمالی دریای عمان

احمد شانه‌ساززاده^۱، حمید رضا عسگری^۲

a.shanehsazzadeh@eng.ui.ac.ir

۱- استادیار مهندسی سواحل، دانشکده مهندسی عمران و حمل و نقل، دانشگاه اصفهان

۲- کارشناس ارشد مهندسی عمران، مهندسی آب

چکیده

اندازه‌گیری مشخصات موج از مهم‌ترین و پرهزینه‌ترین بخش‌های جمع‌آوری اطلاعات پایه پروژه‌های ساحلی و فراساحل است. با این وجود در کشور ما داده‌های برداشت شده مورد استفاده کامل قرار نمی‌گیرند و از آنها صرفاً برای واسنجی و صحت‌سنجی شبیه‌سازی‌های عددی استفاده می‌شود. این در حالی است که تحلیل و تفسیر داده‌های ارزشمند میدانی به طور مستقل و یا همراه با شبیه‌سازی‌های عددی می‌توانند وضعیت عمومی کمیت‌های اقیانوس‌شناسی منطقه مورد مطالعه را تبیین نمایند. در این راستا تعیین الگوی عمومی امواج، منشاء آنها و ترکیب فصلی و توزیع آماری ارتفاع، دوره تناوب و راستای آنها به طور ویژه اطلاعات مفیدی را برای مقاصد مدیریتی و مهندسی سواحل و احداث سازه‌های ساحلی و فراساحلی در اختیار می‌گذارند. در این تحقیق داده‌های میدانی موج پنج ایستگاه در امتداد سواحل شمالی دریای عمان در بازه‌ی زمانی یک ساله مورد پردازش، تحلیل و تفسیر قرار گرفته‌اند. سپس تغییرات الگوی امواج از ورودی دریای عمان تا تنگه هرمز در امتداد سواحل شمالی دریای عمان مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین نتایج حاصل با نتایج خروجی حاصل از مدل‌سازی ISWM و شبیه‌سازی سواحل هرمزگان مورد مقایسه قرار گرفته است، که در مواردی اختلاف قابل ملاحظه میان تحلیل‌های مبتنی بر داده‌های میدانی و نتایج شبیه‌سازی‌های عددی در ارائه الگوی امواج، قابل تامل است. تفسیر الگوی عمومی امواج شامل بررسی توزیع جهتی امواج و تعیین درصد ترکیب امواج دوراً و محلی و تعیین تغییرات انرژی امواج از مزایای این تحقیق می‌باشد که قابل کاربرد در تمام سواحل کشور می‌باشد.

واژگان کلیدی: داده‌های میدانی موج، الگوی موج، پردازش و تحلیل داده‌ها، شبیه‌سازی امواج، دریای عمان

تاریخ دریافت مقاله : ۹۷/۰۸/۱۵

تاریخ پذیرش مقاله : ۹۸/۰۱/۰۸

۱- مقدمه

امواج ناشی از باد عمده‌ترین عامل تاثیرگذار در محیط دریا هستند و بیشترین اثر را بر فعالیت‌های بشری در محیط‌های دریایی دارند و بدین دلیل تحلیل و پیش‌بینی وقوع و تاثیر امواج بر فرایندهای دریایی و ساحلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در مناطق ساحلی، امواج نقش مهمی در تعیین هندسه و شکل سواحل بازی می‌کنند. در طراحی سازه‌های دریایی نظیر سکوها، موج‌شکن‌ها و اسکله‌ها اصلی‌ترین پارامتر در تعیین پایداری و طرح اجزای مختلف آنها، مشخصات امواج ایجاد شده در منطقه می‌باشد [۱]. محیط زیست دریا نیز مستقیم و یا غیر مستقیم متأثر از الگوی امواج می‌باشد. از این رو اطلاع در مورد مشخصه‌هایی از قبیل ارتفاع، پربود و جهت امواج دریا یکی از نیازهای اساسی بسیاری از سیاست‌گذاران، مدیران محلی، محققین، مهندسين عمران، علوم و فنون دریایی، ناوبری، شیلات و حتی ساکنین نواحی ساحلی می‌باشد. این اطلاعات در زمینه‌ی طراحی، ساخت، اجرا، نصب و انتقال سازه‌های دریایی مانند سکوها، شناورها، موج‌شکن‌ها و ...، همچنین جهت تخمین میزان حمل و انتقال رسوبات دریایی، برآورد میزان فرسایش و رسوب‌گذاری ناشی از سازه‌های دریایی و بنادر اهمیت دارند [۲].

امروزه استفاده از مدل‌های ریاضی جهت شبیه‌سازی و بررسی فرآیندهای پیچیده طبیعی ره‌گشای بسیاری از مسائل فنی و مهندسی شده است، اما با توجه به محدودیت‌ها، فرضیات و ساده‌سازی‌های انجام شده بر روی این مدل‌های ریاضی، این مدل‌ها همواره در معرض خطاهای قابل ملاحظه‌ای می‌باشند به طوری‌که همیشه نباید انتظار جواب صحیح و بدون خطا برای تمامی مناطق با شرایط جغرافیایی و جوی متفاوت را از مدل‌های ریاضی داشت [۳]. از سوی دیگر، اندازه‌گیری امواج با اهداف متنوعی شامل واسنجی^۱ و صحت‌سنجی^۲ مدل‌های عددی، ارائه گزارش مستمر وضعیت دریا برای مدیریت به‌هنگام^۳ بنادر و ناوبری کشتی‌ها و نهایتاً تعیین الگوی امواج یک منطقه از نظر مقدار، جهت و منشاء انجام می‌پذیرد [۴]. از این میان استفاده از اطلاعات میدانی جهت اعتبارسنجی

مدل‌های عددی ناحیه‌ای و یا محلی عمومیت دارد [۵-۱۰]. تحلیل و تفسیر داده‌های اندازه‌گیری‌های میدانی به طور مستقل می‌توانند وضعیت عمومی کمیت‌های اقیانوس شناسی منطقه مورد مطالعه را تبیین نمایند. جهت تعیین مشخصات کمیت‌های فیزیکی دریا شامل موج و جریان مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی، انجام چهار مرحله اعتبارسنجی داده‌ها^۴، پردازش اطلاعات^۵، تحلیل^۶ و در نهایت تفسیر^۷ آنها برای استفاده در یک تصمیم مدیریتی و یا طرح مهندسی ضروری می‌باشد [۱۱]. در این راستا تعیین الگوی عمومی امواج، منشاء آنها و ترکیب فصلی و توزیع آماری ارتفاع، دوره تناوب و راستای آنها به طور ویژه اطلاعات پایه مفیدی را در اختیار می‌گذارند [۱۲]. از این رو استفاده از داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده توسط موج‌نگارو یا سنجش از راه دور در صورت موجود بودن برای پیش‌بینی رفتار و شرایط موج در آب‌های عمیق می‌تواند دقیق‌تر و دارای جواب قابل اطمینان‌تری باشد. ضمن اینکه استفاده از این داده‌ها برای واسنجی و صحت سنجی شبیه‌سازی‌های عددی ضروری است. لذا تحلیل دقیق اطلاعات میدانی دریایی که معمولاً با هزینه زیادی تامین می‌شوند به صورت مستقل و یا همراه با مدل‌های عددی، بخش مهمی از مطالعات پایه جهت شناخت رفتار امواج در مناطق مختلف را تشکیل می‌دهد. در اغلب مناطق ساحلی ایران طرح‌های جامع و یا پراکنده پایش کمیت‌های دریایی مانند موج و جریان انجام شده و اطلاعات آن موجود می‌باشد. داده‌های میدانی معمولاً پس از پردازش اولیه صرفاً جهت صحت‌سنجی مدل‌های عددی به کار می‌روند. حال آنکه اعتبارسنجی، پردازش و تحلیل علمی داده‌های میدانی و همچنین بررسی تغییرات الگوی امواج - که با تلفیق و یکپارچه‌سازی اطلاعات حاصل می‌شود - در یک بازه مکانی منطقه‌ای، به تنهایی می‌تواند اطلاعات ارزشمند و مطمئنی در خصوص تغییرات الگوی رفتار پارامترهای مختلف دریایی را ارائه نمایند. الگوی امواج با حرکت در امتداد ساحل ثابت نبوده و با توجه به شرایط منطقه از خطوط بتی‌متری، منشأ و جهت وزش باد، طول بادگیر مناطق دریایی و همچنین نحوه‌ی ترکیب امواج دریایی و دوراً متغیر می‌باشد. بررسی تغییرات الگوی

۴ Validation

۵ Processing

۶ Analysis

۷ Interpretation

۱ Calibration

۲ Validation

۳ Real time

دمیربلیک و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای که به منظور آشنایی با روش کار پایگاه داده سیستم اطلاعات موج مرکز توسعه و تحقیقات مهندسی ارتش آمریکا انجام شد به بررسی سیستم تحلیل و مدیریت داده‌های اقیانوس‌شناسی و همچنین روش گام به گام فرآیند دسترسی، پردازش و تجزیه و تحلیل داده‌های میدانی موج و باد با استفاده از سیستم اطلاعات موج پرداخته و مشخص گردید با استفاده از این سیستم پیشنهادی امکان دسترسی به سری زمانی، هیستوگرام، گل موج و نمودار و داده‌های خام و پردازش شده و معتبر در هر بازه‌ی زمانی از منابع اندازه‌گیری داده‌های میدانی مختلف توسط بویه فراهم است همچنین داده‌های خروجی کنترل کیفیت و تجزیه و تحلیل می‌شوند و امکان آماده‌سازی فایل‌های ورودی برای مدل‌های عددی موج مهیا می‌باشد [۱۷].

در مقاله حاضر برای ارائه یک نمونه ابتدا داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده در دسترس از ورودی دریای عمان و در امتداد نوار شمالی آن تا تنگه هرمز پردازش و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و سپس با تلفیق، تجمیع و یکپارچه‌سازی داده‌های میدانی مبتنی بر روش‌های آماری ریاضی، الگوی امواج در این منطقه و مستقل از مدل‌های عددی تنها مبتنی بر اندازه‌گیری‌های میدانی ارائه و در نهایت نیز تغییرات الگوی امواج در این امتداد بررسی می‌شود. منطقه مورد مطالعه گستره ساحلی شمال دریای عمان از مهم‌ترین و استراتژیک‌ترین سواحل جنوب ایران می‌باشد. با توجه به اهمیت استراتژیک منطقه‌ی مورد مطالعه و در بر گرفتن خلیج چابهار و بندر جاسک و مکران و همچنین نزدیکی این منطقه با تنگه هرمز و نیاز روزافزون به اطلاعات دریایی در این منطقه به منظور توسعه ساحلی، دریایی و امور نظامی و اقتصادی شناخت دقیق وضعیت امواج منطقه مزبور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در پروژه پایش و مدل‌سازی سواحل شمالی دریای عمان جهت تدقیق مدل‌های کلی امواج منطقه، داده‌های میدانی موج در پنج ایستگاه آب عمیق، بهشتی، پارگین، جاسک و لارک در بازه‌ی زمانی ۱ تا ۲ سال واقع در آب‌های میانی اندازه‌گیری شده‌اند [۱۸]، که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. ارائه الگوی عمومی امواج هر یک از پنج ایستگاه واقع در گستره شمالی دریای عمان، بررسی روند تغییرات الگوی امواج در امتداد نوار شمالی دریای عمان و مقایسه‌ی الگوی امواج

امواج در امتداد ساحل نقش مهمی در شناخت تغییرات هندسه و شکل ساحل و تعیین میزان ناآرامی دریا دارد. همچنین با تعیین تغییرات الگوی امواج اطلاعات مهم و فراوانی در اختیار مدیران، طراحان و مشاوران جهت جانمایی و طراحی سازه‌های دریایی و مدیریت سواحل و بنادر قرار می‌دهد [۱۳] و [۱۴].

به عنوان نمونه در تحقیقی که با عنوان "تعیین و ارزیابی مشخصات موج در قسمت ساحلی دریای شرق کانادا" انجام گردیده است، با جمع‌آوری داده‌های میدانی حاصل از بویه‌ها^۱، ماهواره و مشاهدات کشتی‌ها به مقایسه‌ی بین داده‌های اندازه‌گیری شده با داده‌های ناشی از مشاهدات کشتی‌ها و نتایج حاصل از مدل‌های عددی ارائه شده پرداخته شده است. در این تحقیق مشخص شد که داده‌های مشاهداتی و نتایج روش‌های عددی نسبت به داده‌های میدانی دارای پراکندگی زیادی می‌باشند و همچنین دارای خطا در جهت و دوره تناوب موج می‌باشند. در نهایت با یکپارچه‌سازی، تجمیع و تلفیق داده‌های میدانی و داده‌های اصلاح شده با یکدیگر به تعیین و ارزیابی مشخصات بلند مدت موج و ارتفاع موج بیشینه پرداخته و الگویی قابل استناد از مشخصات موج منطقه مبتنی بر داده‌های میدانی جهت طراحی و اجرای سازه‌های فراساحل به دست آمده است. از دیگر دستاوردهای این تحقیق می‌توان به بررسی تغییرات مشخصات موج در گستره منطقه مورد مطالعه اشاره نمود [۱۵].

در تحقیقی که به منظور تکمیل اطلس پارامترهای اقیانوس‌شناسی و همچنین به منظور کمک به تصمیم‌های مدیریتی، طراحی‌های مهندسی و امنیت در صنعت انرژی کشور انگلستان انجام شد شرکت‌های دریایی انگلیس با اندازه‌گیری و جمع‌آوری داده‌های اقیانوس‌شناسی از جمله موج، باد و جریان در آب‌های انگلیس به کنترل کیفیت و اعتبارسنجی این داده‌های میدانی پرداخته و پس از حذف و یا اصلاح داده‌های معیوب، اقدام به ایجاد نمودن یک مجموعه کامل داده‌ی معتبر و خام در آب‌های اطراف انگلیس به منظور انجام تصمیم‌های مدیریتی و طراحی‌های مهندسی برای شرکت‌های بنادر و انرژی نمودند [۱۶].

^۱ Buoy

که هر داده نتیجه ۱۷ دقیقه اندازه‌گیری مستمر دستگاه در طول ۱ ساعت می‌باشد. پارامترهای موج اندازه‌گیری شده توسط دستگاه شامل ارتفاع موج شاخص، دوره تناوب پیک و جهت میانگین موج می‌باشند. در این تحقیق ابتدا با استفاده از روابط ریاضی امواج خطی داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده توسط دستگاه از عمق آب‌های میانی که دستگاه در این عمق به ضبط اطلاعات پرداخته است به آب‌های عمیق انتقال داده شد. هدف از این انتقال که به روش عقبگرد^۲ موسوم می‌باشد این است که نتایج به صورت کلی ارائه شود و بتوان از آن به نام یک الگوی موج مستقل برای تعیین مشخصات موج منطقه یاد کرد [۱۲] و [۱۹]. لذا امواج از آب‌های میانی به آب‌های عمیق انتقال داده شده‌اند که دیگر تحت اثر خطوط بتی‌متری و اثر تغییرات عمق نباشند و بتوان مشخصات موج منطقه را به صورت مستقل از اثر تغییرات عمق تفسیر نمود.

۳- روش تحقیق

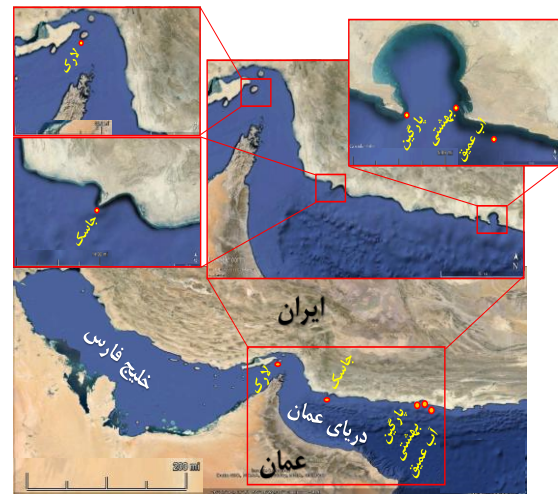
در این تحقیق پس از تعیین الگوی عمومی امواج در هر یک از ایستگاه‌ها، به منظور شناخت تغییرات الگوی امواج در گستره سواحل شمالی دریای عمان تا تنگه هرمز مقایسه‌ای بین مشخصات موج برداشت شده در ایستگاه‌های آب عمیق، بهشتی، پارگین، جاسک و لارک در یک بازه‌ی زمانی مشترک ۸ ماهه (از ۳۰ آگوست لغایت ۳ می در سال‌های ۲۰۰۶ الی ۲۰۱۱) در شرایط یکسان و با حذف فاصله‌های موجود در اندازه‌گیری‌های میدانی ناشی از خطای دستگاهی و انسانی در هر ایستگاه انجام گرفته است. در ابتدا با مقایسه‌ی گل‌موج‌های هر یک از ایستگاه‌ها با یکدیگر به توصیف کیفی تغییرات الگوی امواج در امتداد گستره ساحل شمالی دریای عمان تا تنگه هرمز پرداخته شده است. سپس با ارائه مدلهای عددی متناظر با ایستگاه پارگین، جاسک و لارک به مقایسه نتایج حاصل از مدلهای عددی با نتایج ناشی از الگوی امواج مبتنی بر داده‌های میدانی پرداخته شده است.

۳-۱- بررسی تغییرات الگوی امواج در گستره سواحل شمالی دریای عمان تا تنگه هرمز

مبتنی بر داده‌های میدانی با الگوی عمومی امواج مبتنی بر نتایج ناشی از مدلهای عددی از مزایای تحقیق حاضر می‌باشد که در راستای تدوین اطلس امواج ایران می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

۲- موقعیت جغرافیای و اطلاعات میدانی

منطقه مورد مطالعه از ورودی دریای عمان با نمایندگی ایستگاه آب عمیق واقع در شرق خلیج چابهار در موقعیت جغرافیایی $60^{\circ}39'03''$ طول شرقی و $25^{\circ}15'40''$ عرض شمالی شروع می‌شود و تا ایستگاه لارک واقع در تنگه هرمز در موقعیت جغرافیایی $56^{\circ}18'02''$ طول شرقی و $26^{\circ}49'09''$ عرض شمالی ادامه دارد و تقریباً تمامی سواحل شمالی دریای عمان را در بر می‌گیرد. موقعیت منطقه‌ی مورد مطالعه در شکل ۱ نمایش داده شده است.



شکل (۱) محدوده مورد مطالعه

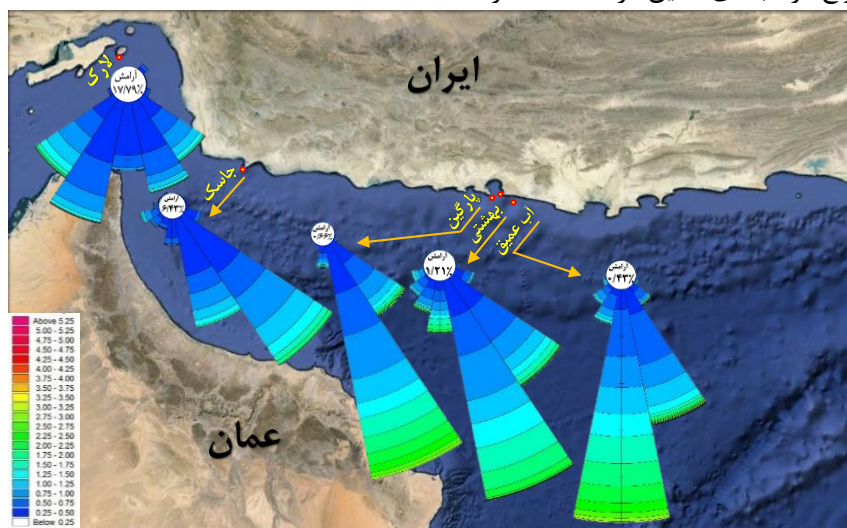
دستگاه موج‌نگار به کار رفته در ایستگاه‌ها از نوع ADCP SonTek ۱۰۰۰ Khz - می‌باشد که در آب‌های میانی و بیرون از ناحیه‌ی شکست موج بر روی بستر دریا تعبیه شده است. با توجه به توانایی دستگاه، اطلاعات مزبور به‌صورت جهتی^۱ برداشت می‌شوند. کمیت‌های برداشت شده توسط دستگاه عبارت‌اند از ارتفاع، پی‌یود و جهت موج که با تواتر ۲ هرتز و به ازای ۲۰۴۸ نمونه در هر ساعت به صورت خودکار ضبط می‌گردد. دقت اندازه‌گیری ارتفاع موج توسط این دستگاه ۰/۰۱ متر می‌باشد. داده‌های میدانی ثبت شده مربوط به یک بازه‌ی ۱ تا ۲ ساله می‌باشند که از تاریخ ۲۰۰۶ تا ۲۰۱۱ اندازه‌گیری شده‌اند،

^۲ Backtracking

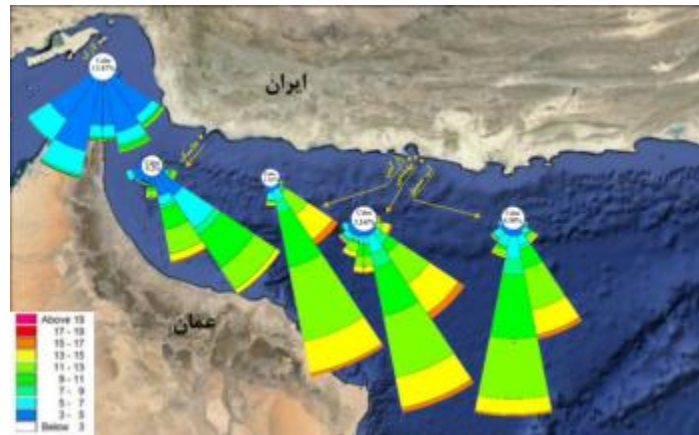
^۱ Directional

سواحل شمالی دریای عمان تا تنگه هرمز در شکل ۳ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود اکثر امواج ورودی در دهانه‌ی ورودی دریای عمان شامل ایستگاه‌های آب عمیق، بهشتی و پارگین، امواج با دوره تناوب پیک بالای ۹ ثانیه (امواج دوراً براساس تقسیم‌بندی [۳]) هستند که به ترتیب در راستای جنوب و جنوب شرقی متمرکز شده‌اند با این حال امواج دریایی (با دوره تناوب پیک کمتر از ۹ ثانیه) نیز به میزان اندک در بازه‌ی جنوب شرقی تا جنوب غربی تقریباً به طور یکنواخت توزیع شده‌اند. بنابراین امواج در ایستگاه‌های مذکور ترکیبی از امواج دوراً و دریایی هستند که عمدتاً منشاء اقیانوسی دارند. با حرکت از ورودی دریای عمان به سمت دماغه شرقی خلیج چابهار بخشی از امواج نیز از سمت جنوب تا جنوب غربی وارد منطقه می‌شوند، که عمدتاً از نوع امواج محلی (دریایی) می‌باشند. با حرکت به سمت غرب‌تر در امتداد سواحل شمالی دریای عمان فرکانس پیک امواج افزایش یافته (دوره تناوب کاهش می‌یابد) به طوری که در قسمت آب‌های عمیق منطقه دریایی جاسک تقریباً نیمی از امواج ورودی از نوع امواج دریایی محسوب می‌شوند که در بازه‌ی شرق تا غرب توزیع شده‌اند، با این حال عمده امواج دریایی و دوراً در جهت جنوب شرقی متمرکز شده‌اند.

گل‌موج‌های ارتفاع موج شاخص در امتداد نوار شمالی دریای عمان در شکل ۲ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود راستای امواج ورودی از اقیانوس هند به دریای عمان (ایستگاه آب عمیق) جنوب و جنوب شرقی هستند. با حرکت از ورودی دریای عمان به سمت غرب جهت غالب امواج مرتفع و پرنرژی عمدتاً از جهت غالب جنوب تدریجاً به جنوب شرقی تغییر جهت می‌دهند و نهایتاً در تنگه هرمز امواج ورودی تقریباً بازه‌ی گسترده‌ای از جنوب شرقی تا جنوب غربی را پوشش می‌دهند. امواج ورودی به منطقه دریایی خلیج چابهار را عمدتاً امواج مرتفع و پرنرژی تشکیل می‌دهند این در حالی است که با حرکت در امتداد سواحل شمالی دریای عمان امواج در آب‌های عمیق دچار استهلاک شده و از انرژی آنها کاسته می‌شود. همچنین دریا در منطقه دریایی خلیج چابهار در طول سال تقریباً ناآرام می‌باشد این در صورتی است که با حرکت به سمت غرب در طول سواحل شمالی دریای عمان، دریا رفته رفته آرام‌تر شده به طوری که در تنگه هرمز تقریباً ۱۸ درصد اوقات سال دریا آرام می‌باشد. همچنین امواج ورودی به تنگه هرمز (منطقه دریایی جزیره لارک) از دو سمت دریای عمان و خلیج فارس به منطقه وارد می‌شوند که عمدتاً از سمت خلیج فارس نشأت می‌گیرند این در حالی است که امواج ورودی از سمت جنوب غربی تقریباً نسبت به امواج نشأت گرفته از دریای عمان مرتفع‌تر و همراه با انرژی بیشتر می‌باشند. گل موج دوره تناوب پیک امواج در آب‌های عمیق در امتداد گستره



شکل (۲) گل‌موج‌های ارتفاع موج شاخص در امتداد نوار شمالی دریای عمان

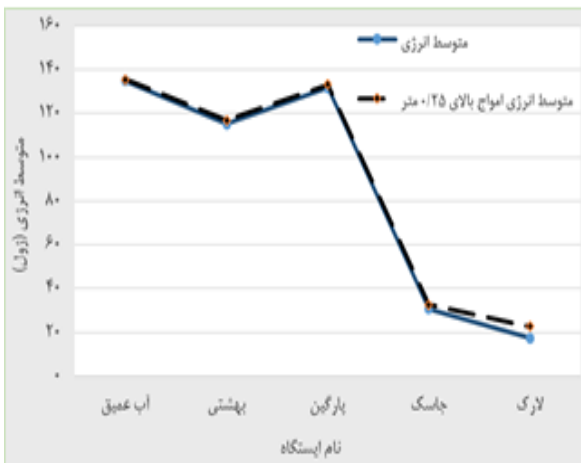


شکل (۳) الگوی گل موج‌های دوره تناوب پیک در امتداد نوار شمالی دریای

عمان

در نهایت با حرکت به سمت سده هرمز راسای امواج ورودی از توزیع تقریباً یکنواختی برخوردارند و اکثر امواج نیز از نوع امواج دریایی می‌باشند. به طور کلی با حرکت از دهانه ورودی دریای عمان در امتداد سواحل شمالی به سمت تنگه هرمز به طور تدریجی از مقدار رخداد امواج دوراً کاسته شده و میزان وقوع امواج دریایی افزایش می‌یابد. روند تغییرات انرژی موج در دو حالت متوسط انرژی کل امواج و متوسط انرژی امواج بالای ۰/۲۵ متر در شکل ۴ نشان داده شده است. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود روند تغییرات میزان متوسط انرژی (خط ممتد) از ایستگاه آب عمیق به بهشتی و ایستگاه پارگین به صورت نزولی - صعودی می‌باشد که می‌توان علت کاهش انرژی در ایستگاه بهشتی را شرایط جغرافیایی منطقه دانست. همچنین میزان متوسط انرژی امواج از ایستگاه پارگین تا بندر جاسک با یک شیب تند کاهش می‌یابد که علت آن را می‌توان فاصله گرفتن از ورودی دریای عمان و مستهلک شدن امواج ورودی به منطقه دریایی جاسک و همچنین ورود درصد بالایی از امواج دریایی و امواج با ارتفاع کمتر از ۰/۵ متر به منطقه دانست. همانطور که در شکل مشاهده می‌شود متوسط انرژی امواج از جاسک تا لارک با شیب نسبتاً آرامی کاهش می‌یابد با این حال متوسط انرژی به میزان ۵۷ درصد کاهش می‌یابد. همچنین متوسط انرژی امواج از ورودی دریای عمان تا تنگه هرمز به میزان ۸۷٪ کاهش یافته است. میزان متوسط انرژی امواج بالای ۰/۲۵ متر نیز با متوسط انرژی کل امواج تفاوت خاصی نداشته است به جز در ایستگاه لارک که حدود ۳۰ درصد بیشتر شده است که علت آن را

می‌توان به دلیل وجود درصد بالایی از امواج آرام (امواج با ارتفاع کمتر از ۰/۲۵ متر) ورودی به تنگه هرمز دانست.



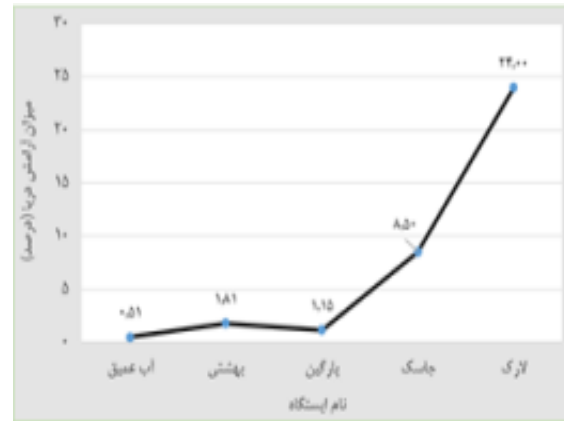
شکل (۴) نمودار تغییرات متوسط انرژی امواج در بازه زمانی مشترک

روند تغییرات درصد آرامش دریا (امواج با ارتفاع کمتر از ۰/۲۵ متر) در گستره شمالی دریای عمان تا تنگه هرمز در شکل ۵ نشان داده شده است. همانطور که در شکل نشان داده شده است با حرکت از منطقه دریایی آب عمیق در امتداد نوار شمالی دریای عمان تا تنگه هرمز میزان آرامش دریا دارای روند صعودی می‌باشد به طوری که در منطقه دریایی لارک (تنگه هرمز) تقریباً ۲۵٪ اوقات در ۸ ماه اندازه گیری مشترک، دریا در حالت آرامش می‌باشد.

در پروژه‌ی مدل‌سازی امواج دریاهای ایران که در منطقه خلیج فارس، تنگه هرمز و دریای عمان انجام شده است از اطلاعات باد مربوط به یک دوره ۱۱ ساله برای فرآیند تبدیل باد به موج در محدوده‌ی آب‌های عمیق و نیز انتقال این امواج به ناحیه‌ی کم عمق ساحلی برای یک دوره بازگشت بلند مدت استفاده شد [۶].

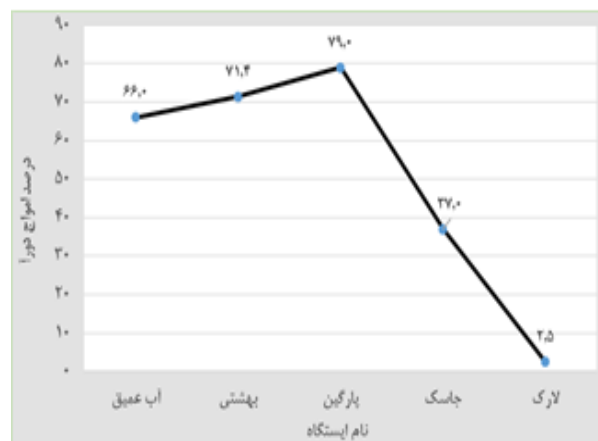
در عرض شمالی (منطقه دریایی پارگین) و در عمق ۵۰ متری ارائه شده است. نتایج حاصل از تحقیق حاضر (الگوی عمومی امواج در ایستگاه پارگین) با نتایج حاصل از مدل‌سازی ISWM در همین منطقه مقایسه شده‌اند. با توجه به اینکه شبیه‌سازی عددی مربوط به یک دوره طولانی مدت و الگوی امواج مبتنی بر داده‌های میدانی ناشی از ۱ سال اندازه‌گیری می‌باشد لذا در خصوص کمیت و مقادیر نمی‌توان اظهار نظر نمود این در حالی است که نتایج ناشی از مدل عددی و داده‌های میدانی بایستی تقریباً از یک الگوی عمومی موج واحدی در این منطقه تبعیت کند. گل‌موج‌های ارتفاع موج شاخص برای سه حالت مدل‌سازی ISWM برای خلیج چابهار (منطقه دریایی پارگین) و داده‌های میدانی موج در ایستگاه پارگین و ایستگاه آب عمیق در شکل ۷ نشان می‌دهد. مقایسه‌ی دو گل‌موج نشان می‌دهد که جهت غالب، میزان آرام بودن دریا و همچنین شدت بازه‌های ارتفاعی امواج رخ داده در الگوی امواج ارائه شده توسط مدل ISWM تفاوت آشکاری با الگوی امواج ارائه شده توسط داده‌های میدانی موج در ایستگاه پارگین دارد. جهت غالب امواج در مدل ISWM، جنوب می‌باشد، در حالیکه جهت غالب امواج ورودی در گل‌موج داده‌های میدانی سمت جنوب شرقی می‌باشد. پوشش امواج ورودی بر اساس داده‌های میدانی از سمت شرق شروع شده و اندکی تا جنوب غربی را شامل می‌شود که اکثر آن‌ها در بازه‌ی جنوب شرقی تا جنوب متمرکز شده‌اند، این در صورتی است که الگوی امواج مدل شده در مدل ISWM امواج را از سمت شرق تا غرب پوشش می‌دهد. شرایط آرام با تعریف امواج زیر ۰/۵ متر برای گل‌موج‌های ارائه شده در مدل ISWM و داده‌های میدانی موج به ترتیب مقادیر ۷/۶۴ و ۲۴/۶۸ درصد را شامل می‌شوند.

همانطور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود الگوی موج مدل شده در ISWM شباهت نسبی بیشتری با گل‌موج حاصل از داده‌های میدانی موج ایستگاه آب عمیق (شرق خلیج



شکل (۵) نمودار تغییرات میزان آرامش دریا در بازه زمانی مشترک

نحوه تغییرات میزان امواج دوراً ورودی در امتداد نوار شمالی دریای عمان تا تنگه هرمز با معیار امواج با دوره تناوب بالای ۹ ثانیه در شکل ۶ نشان داده شده است. چنانکه ملاحظه می‌گردد امواج دوراً بخش عمده امواج ورودی دریای عمان را تشکیل می‌دهند. با حرکت از ایستگاه پارگین به سمت تنگه هرمز میزان امواج دوراً ورودی به شدت کاهش می‌یابد به طوری که در منطقه دریایی لارک (تنگه هرمز) ۹۷/۵ درصد امواج ورودی از نوع امواج دریایی (محلی) می‌باشند که اکثراً از سمت جنوب غربی (خلیج فارس) وارد منطقه می‌شوند.

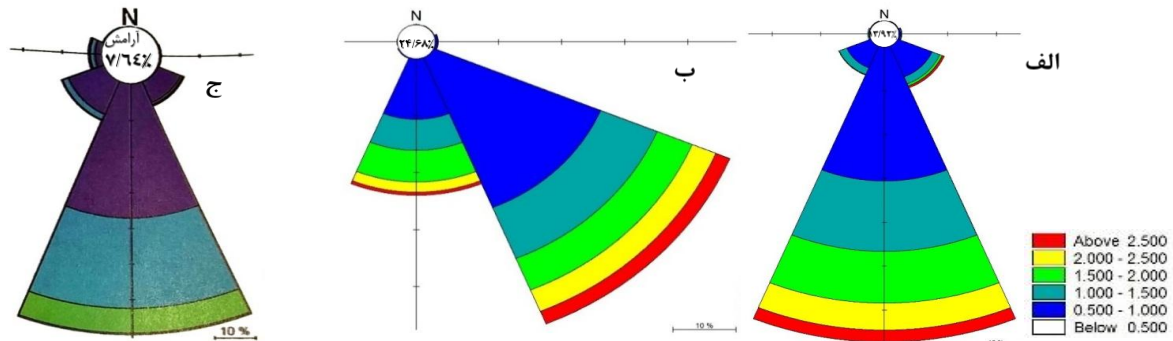


شکل (۶) نمودار تغییرات امواج دوراً ورودی در گستره شمالی دریای عمان تا تنگه هرمز در بازه زمانی مشترک

۲-۳- مقایسه‌ی نتایج تحلیل اندازه‌گیری‌های میدانی با نتایج حاصل از ISWM و شبیه‌سازی سواحل هرمزگان

آن که واقعیت این‌طور نیست و الگوی امواج ناشی از داده‌های میدانی در شرق، ورودی و غرب خلیج چابهار با یکدیگر متفاوت‌اند.

چابهار) دارد. به طور کلی به نظر می‌رسد که در شبیه‌سازی ISWM شرایط الگوی امواج در کل منطقه دریایی خلیج چابهار یکسان در نظر گرفته شده است حال

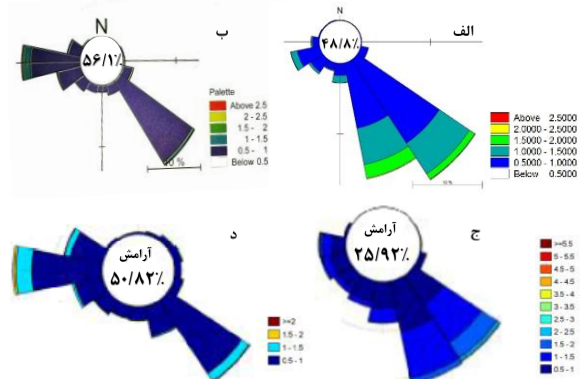


شکل (۷) گل‌موج سالانه ارتفاع موج شاخص (الف) داده‌های میدانی موج ایستگاه آب عمیق (ب) داده‌های میدانی موج ایستگاه پارگین (ج) مدل‌سازی ISWM (منطقه دریایی پارگین)

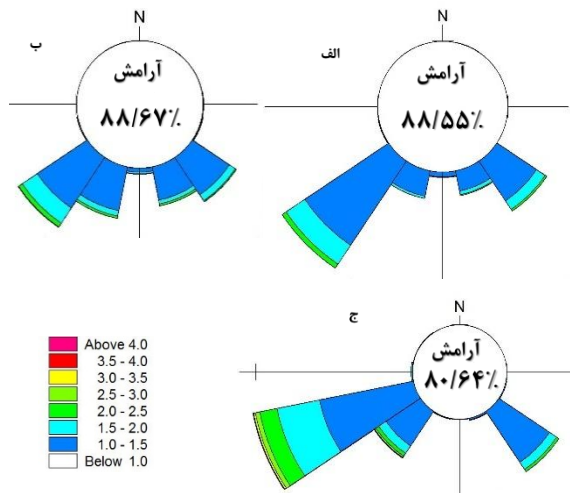
بر اساس شکل ۸ در مدل ISWM جهت غالب امواج علاوه بر جهت جنوب شرقی بازویی نیز در جهت غرب وجود دارد این در حالی است که در داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده جهت غالب امواج از جنوب شرقی شروع می‌شود و تقریباً تا جنوب ادامه دارد و بازوی غربی ضعیف می‌باشد با این حال بازوی متمایل به جنوب در مدل ISWM به چشم نمی‌خورد. همچنین در مدل سواحل هرمزگان اغلب امواج به ترتیب در بازه‌های جنوب شرقی و غرب تا شمال غربی متمرکز شده‌اند با این حال امواج ورودی تمامی بازه‌ها را پوشش می‌دهند. در گل‌موج ISWM شاهد میزان قابل توجهی از امواج در جهت شمال غربی هستیم، همچنین در گل‌موج مدل سواحل هرمزگان درصد بالایی از امواج به ترتیب در بازه‌های غرب تا شمال و شمال تا شرق به وقوع پیوسته‌اند که با توجه به هندسه منطقه این امر منطقی به نظر نمی‌رسد. این در صورتی است که در گل‌موج داده‌های میدانی درصد ناچیزی از امواج در این جهت به چشم می‌خورند. به عبارت دیگر امواج با ارتفاع بالای ۱/۵ متر در گل‌موج مدل ISWM بیشتر در جهت غرب و در گل‌موج مدل سواحل هرمزگان اغلب در جهت جنوب شرقی و غرب تا شمال غربی متمرکز شده‌اند، این در حالی است که در گل‌موج داده‌های میدانی اغلب امواج با ارتفاع بالای ۱/۵ متر بیشتر در راستای جنوب شرقی متمرکز شده‌اند.

در مدل ISWM امواج کم ارتفاع و کم انرژی هستند در حالی که در الگوی داده‌های میدانی و شبیه‌سازی سواحل

در پروژه‌ی شبیه‌سازی امواج سواحل استان هرمزگان از اطلاعات باد مربوط به یک دوره ۲۸ ساله برای فرآیند تبدیل باد به موج در محدوده‌ی آب عمیق و نیز انتقال این امواج به ناحیه‌ی کم عمق ساحلی برای یک دوره‌ی بازگشت بلند مدت استفاده شده است [۱۸]. از نتایج خروجی مدل‌سازی سواحل استان هرمزگان برای موقعیت انتخابی بندر جاسک با مشخصات جغرافیایی $57^{\circ}0'57''$ طول شرقی و $25^{\circ}10'42''$ عرض شمالی در محدوده‌ی دریای عمان واقع در جنوب شرقی سواحل استان هرمزگان و در عمق ۵۰ متری برای مقایسه با نتایج تحقیق حاضر استفاده شده است. شکل ۸ گل‌موج‌های ارتفاع موج شاخص را در هر چهار حالت مدل‌سازی ISWM، داده‌های میدانی موج و مدل‌سازی سواحل هرمزگان و چابهار برای منطقه دریایی بندر جاسک نشان می‌دهد.



شکل (۸) گل‌موج سالانه ارتفاع موج (الف) داده‌های موج (ب) مدل‌سازی ISWM (ج) مدل‌سازی هرمزگان (د) مدل‌سازی چابهار



شکل ۹ - گل موج سالانه ارتفاع موج ایستگاه لارک:

(الف): داده‌های میدانی موج سال اول (ب): داده‌های میدانی موج سال دوم (ج): نتایج ۱ ساله حاصل از ۲۸ سال شبیه‌سازی سواحل هرمزگان متناظر با داده‌های میدانی

در نتایج ۱ ساله حاصل از شبیه‌سازی جهت غالب امواج با ارتفاع بالای ۱ متر جهت جنوب غربی متمایل به غرب می‌باشد این در صورتی است که در داده‌های میدانی سال اول و دوم جهت غالب جهت جنوب غربی می‌باشد هرچند در داده‌های میدانی سال دوم جهت امواج در بازه‌ی ورودی یکنواخت‌تر می‌باشند. در نتایج ۱ ساله شبیه‌سازی بازویی نیز در جهت جنوب شرقی و جنوب غربی وجود دارد این در حالی است که در جهت جنوب تقریباً هیچ موجی با ارتفاع بیش از ۱ متر را پیش‌بینی نمی‌کند، در صورتی که در داده‌های میدانی سال اول و دوم امواج ورودی از سمت جنوب محسوس هستند. درصد امواج رخدادی با ارتفاع بیش از ۱/۵ متر در مدل ۱ ساله بیشتر از داده‌های میدانی می‌باشد و اکثراً از سمت جنوب غربی وارد منطقه می‌شوند. با اینکه گل‌موج یک ساله ناشی از شبیه‌سازی در بازه‌ی زمانی مشترک با اندازه‌گیری داده‌های میدانی مدل شده است ولی قادر به پیش‌بینی دقیق شدت و جهت امواج ورودی به منطقه مطابق با داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده در همان سال نمی‌باشد و تنها در مواردی قادر به پیش‌بینی درست می‌باشد. این نتایج نشان می‌دهد که استفاده صرف از الگوی امواج شبیه‌سازی شده لزوماً نمی‌تواند ارائه دهنده الگوی مناسبی در تعیین مشخصات امواج منطقه بدون توجه به داده‌های میدانی باشد.

هرمزگان امواج مرتفع و پر انرژی هستند همچنین با توجه به درصد امواج آرام (امواج با ارتفاع زیر ۰/۵ متر) به نظر می‌رسد امواج در شبیه‌سازی سواحل هرمزگان نسبت به الگوی داده‌های میدانی، مدل ISWM و شبیه‌سازی چاپهار پر انرژی‌تر و به عبارتی محافظه‌کارانه‌تر مدل شده‌اند. به طور کلی مدل شبیه‌سازی شده سواحل هرمزگان مناسب‌ترین دقت در پیش‌بینی مشخصات موج منطقه را دارا و به واقعیت نزدیک‌تر می‌باشد و با الگوی امواج ناشی از داده‌های میدانی بیشترین تطابق را نسبت به دیگر مدل‌ها دارد.

شکل ۹ گل‌موج‌های ارتفاع موج شاخص در منطقه دریایی لارک را در هر سه حالت داده‌های میدانی موج اندازه‌گیری شده در سال اول و دوم و نتایج ۱ ساله ناشی از ۲۸ سال شبیه‌سازی سواحل هرمزگان متناظر با بازه زمانی اندازه‌گیری داده‌های میدانی نشان می‌دهد. برای مقایسه‌ی بهتر، نتایج اندازه‌گیری در سال اول و دوم با نتایج حاصل از شبیه‌سازی از اطلاعات مربوط به یک دوره‌ی مشابه یک ساله با بازه‌ی زمانی اندازه‌گیری داده‌های میدانی، از تاریخ ۲۰۰۹/۱۰/۰۶ الی ۲۰۱۰/۰۹/۱۹ از داده‌های مدل ۲۸ سال شبیه‌سازی استفاده شد. با توجه به اهمیت امواج با ارتفاع بالا، در این مقایسه امواج با ارتفاع کمتر از ۱ متر در محدوده شرایط آرام دسته‌بندی شده‌اند تا امکان مقایسه امواج قوی‌تر، بهتر فراهم شود. مقایسه‌ی سه گل‌موج داده‌های میدانی موج سال اول و دوم و گل‌موج نتایج ۱ ساله متناظر با داده‌های میدانی حاصل از شبیه‌سازی سواحل هرمزگان نشان می‌دهد که مقدار امواج با ارتفاع کمتر از ۱ متر در مدل عددی سواحل هرمزگان ۸۰/۸۴ درصد از کل امواج را شامل می‌شوند، این در حالی است که در داده‌های میدانی دو سال متوالی این مقدار تقریباً با یکدیگر برابر و حدود ۸۸/۵ درصد از کل امواج می‌باشد، که این خود نشان‌دهنده وجود درصد بیشتری از امواج با ارتفاع بیش از ۱ متر در مقایسه با نتایج ۱ ساله حاصل از شبیه‌سازی می‌باشد که این مهم به معنی طراحی محافظه‌کارانه‌تر در شبیه‌سازی می‌باشد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

برداشت داده‌های میدانی اقیانوس‌شناسی شامل پارامترهای فیزیکی دریا از جمله موج و جریان بخش پرهزینه مطالعات پروژه‌های ساحلی و فراساحل هستند. عدم استفاده بهینه از این اطلاعات باعث گردیده است که این اطلاعات در سازمان‌های مختلف بایگانی شود و برای پروژه‌های جدید اندازه‌گیری‌ها مجدداً تکرار شوند. این در حالی است که تلفیق و یکپارچه‌سازی اطلاعات مبتنی بر روش‌های علمی می‌تواند اطلاعات کلی و الگوی امواج یک منطقه را نشان دهند و از صرف هزینه‌های مکرر جلوگیری نمایند. به بیان دیگر تحلیل داده‌های میدانی و مقایسه و تلفیق اطلاعات در ایستگاه‌های مختلف و یکپارچه‌سازی آنها می‌تواند به طور مستقل الگوی امواج یک منطقه را مشخص نماید. اطلاعات میدانی کمیت‌های دریایی مانند موج و جریان در پروژه‌های مختلف مهندسی در کشور ایران معمولاً صرفاً جهت واسنجی و اعتبارسنجی مدل‌های عددی به کار می‌روند. حال آنکه تحلیل، تلفیق و تفسیرهای علمی و کاربردی این اطلاعات ارزشمند به طور مستقل نیز می‌توانند معرف وضعیت کلی الگوهای جریان، موج و سایر کمیت‌های دریایی در مناطقی باشند که داده‌ها در آن مناطق برداشت شده است. جهت ارائه یک نمونه، در این تحقیق اندازه‌گیری داده‌های میدانی موج شامل ارتفاع، دوره تناوب و جهت امواج در ایستگاه‌های محدوده نوار شمالی دریای عمان از ورودی دریای عمان تا تنگه هرمز مورد پردازش، تحلیل، تفسیر و یکپارچه‌سازی قرار گرفته‌اند. محدوده مذکور که شامل دهانه خلیج چابهار، سواحل مکران و دهانه شرقی تنگه هرمز می‌باشد از نظر اقتصادی، اجتماعی و سیاسی دارای اهمیت ویژه می‌باشد. بدین منظور ابتدا داده‌های اندازه‌گیری شده در آب‌های میانی مربوط به هر ایستگاه به آب عمیق منتقل شده‌اند و پس از پردازش و تحلیل تفصیلی، با نتایج حاصل از شبیه‌سازی‌های عددی در هر منطقه مورد مقایسه قرار گرفتند. همچنین با بررسی جامع اطلاعات مذکور در ایستگاه‌های مختلف روند تغییرات الگوی امواج در بازه سواحل شمالی دریای عمان از ابتدا تا تنگه هرمز بر اساس داده‌های میدانی ارائه گردیده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل انجام شده را به شرح زیر می‌توان خلاصه نمود:

۱- با حرکت از ورودی دریای عمان تا تنگه هرمز در امتداد سواحل شمالی دریای عمان میزان انرژی امواج در

بازه‌ی زمانی مشترک میان تمامی ایستگاه‌ها به تدریج به میزان ۸۷٪ کاهش یافته که نشان‌دهنده وقوع امواج با ارتفاع کم و شرایط آرام طولانی‌تر در مناطق غربی سواحل مذکور می‌باشد. که بیشتر می‌توان این پدیده را به دلیل وجود جغرافیای طبیعی منطقه در تنگه هرمز دانست که باعث تضعیف شرایط لازم برای تولید امواج بلند و جلوگیری از نفوذ امواج اقیانوسی دانست.

۲- منشأ ورود اغلب امواج مرتفع به سمت سواحل شمالی دریای عمان، جهت‌های جنوب و جنوب شرقی است با این حال اکثر امواج مرتفع ورودی به تنگه هرمز از سمت جنوب غربی (خلیج فارس) نشأت می‌گیرند.

۳- در محدوده غربی سواحل شمالی دریای عمان میانگین دوره تناوب از مقدار آن در مناطق شرقی به طور محسوس کمتر است. لذا با توجه به پایین بودن میانگین دوره تناوب پیک امواج در جاسک و سپس ایستگاه لارک در تنگه هرمز نسبت به ورودی دریای عمان می‌توان به ماهیت امواج و همچنین اختلاف در منشأ امواج ورودی به این دو منطقه پی برد. به طوری که در منطقه دریایی جاسک و خصوصاً لارک اغلب امواج از نوع دریایی هستند.

۴- نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی ISWM ارائه شده برای منطقه‌ی دریایی پارگین تفاوت آشکاری با الگوی امواج این منطقه مبتنی بر داده‌های میدانی موج در خصوص میزان آرامش دریا، جهت غالب و شدت ارتفاع امواج دارند. بر عکس نتایج شبیه‌سازی عددی ISWM ارائه شده برای ایستگاه پارگین شباهت نسبی بیشتری با الگوی امواج مبتنی بر داده‌های میدانی در شرق خلیج چابهار (ایستگاه آب عمیق) دارد. به عبارت دیگر شبیه‌سازی عددی ISWM برای دو منطقه آب عمیق و پارگین الگوی واحدی را پیشنهاد نموده است که نشان‌دهنده‌ی عدم حساسیت کافی شبیه‌سازی مذکور در تعیین مشخصات موج برای محدوده‌ی واقع در ورودی خلیج چابهار است.

۵- به طور کلی الگوی امواج در منطقه دریای جاسک، با مشخصات موج مبتنی بر داده‌های میدانی مغایرت دارد که این مهم لازمست در استفاده از مدل عددی ISWM در تعیین مشخصات موج ناحیه مذکور مد نظر قرار گیرد.

۶- الگوی عمومی امواج اندازه‌گیری شده در ایستگاه لارک در سال اول و دوم با الگوی ارائه شده حاصل از مدت زمان یک ساله ناشی از شبیه‌سازی ۲۸ ساله سواحل هرمزگان

Marine Structure, Ports and Maritime Organization, Tehran, http://www.civilica.com/Paper-ICOPMAS_07-ICOPMAS_07_015.html, ۲۰۰۶. (In Persian)

[۶] Ports and Maritime Organization, "Iranian Seas Waves Modeling: Persian Gulf and Oman Sea", Ports and Maritime Organization: Administration of Coastal and Marine Engineering, First Edition, Vol. ۲, p. ۱۲۹-۱۴۶, ۲۰۰۸. (In Persian)

[۷] Eik, K., "Iceberg Drift Modelling and Validation of Applied Metocean Hindcast Data", Cold Regions Science and Technology, Vol. ۵۷, Issues ۲-۳, p. ۶۷-۹۰, July ۲۰۰۹.

[۸] Nieuwkoop, J.; Smith, H.; Smith, G.; Johanning, L., "Wave Resource Assessment along the Cornish Coast (UK) from a ۲۳-year Hindcast Dataset Validated against Buoy Measurements", Renewable Energy, Vol. ۵۸, p. ۱-۱۴, October ۲۰۱۳.

[۹] Martinez-Asensio, A.; Marcos, M.; Jorda, G.; Gomis, D., "Calibration of a New Wind-Wave Hindcast in the Western Mediterranean", Journal of Marine Systems, Vol. ۱۲۱-۱۲۲, P. ۱-۱۰, July ۲۰۱۳.

[۱۰] Water Research Institute, "Monitoring and Simulation Studies the Northern Coast of Iran: Report of Field Data's Processing of Oceanography and Meteorology parameters", Ports and Maritime Organization: Administration of Coastal and Marine Engineering, Tehran, No. ۶, p. ۲۱-۸۶, ۲۰۱۳. (In Persian)

[۱۱] U.S. Integrated Ocean Observing System (IOOS), "Manual for Real-Time Quality Control of In-Situ Surface Wave Data: A Guide to Quality Control and Quality Assurance of In-Situ Surface Wave Observations", www.ioos.noaa.gov/qartod/, ۶۱p, June ۲۰۱۳.

[۱۲] World Meteorological Organization (WMO), "Guide to Wave Analysis and Forecasting, Geneva, Switzerland, World Meteorological Organization", No. ۷۰۲: ۸۳p, ۱۹۹۸.

[۱۳] Asgari, H.R., "Study on Wave Characteristics of Northern Coasts of Oman Sea and Strait of Hormuz Based on Field Data Analysis", Master's Thesis, Faculty of Engineering, The University of Sistan & Baluchistan, ۱۷۰p, ۲۰۱۵. (In Persian)

[۱۴] Asgari, H.R.; Shanehsazzadeh, A.; Akbari, Gh.; Ardalan, H., "Study on Wave Characteristics Based on Field Data Analysis: A case study of Jask", Journal of Oceanography, sixth year, No. ۲۴, ۲۰۱۶. (In Persian)

[۱۵] Wilson, J.; Baird, W., "An Assessment of the State of Knowledge of Coast Offshore Wave Technology. Can. Tech. Rep Hydrogr. Ocean Sci. ۶۳", Marine Environmental Data Services Branch Department of Fisheries and Oceans, Canadian

متناظر با بازه‌ی زمانی اندازه‌گیری داده‌های میدانی، اختلاف معناداری دارد که دلایل این اختلاف باید مورد بررسی قرار گیرد.

به طور کلی باید توجه داشت که تحلیل و تفسیر داده‌های ارزشمند میدانی - اگرچه محدود - به طور مستقل و یا همراه با شبیه‌سازی‌های عددی می‌توانند وضعیت عمومی کمیت‌های اقیانوس‌شناسی منطقه مورد مطالعه را تبیین نمایند. تعیین راستای عمومی امواج، منشاء آن و ترکیب فصلی و توزیع آماری ارتفاع، دوره تناوب و راستای آنها اطلاعات مفیدی را برای مقاصد مدیریتی و مهندسی در اختیار می‌گذارند که در مطالعه موردی حاضر مورد توجه قرار گرفته‌اند. استفاده از سایر اطلاعات اندازه‌گیری شده در منطقه و تلفیق علمی آنها با اطلاعات استفاده شده در این مطالعه نتیجه‌گیری‌های ارائه شده را قابل اطمینان‌تر می‌نماید.

۵ - تشکر و قدردانی

نویسندگان وظیفه خود می‌دانند از سازمان بنادر و دریانوردی، اداره کل سواحل و بنادر به خاطر همکاری در تامین داده‌ها و از مدیرعامل محترم شرکت دریانگار پارس آقای مهندس حسینی بندرآبادی و جناب آقای مهندس ایلیا به واسطه راهنمایی در مدیریت و کاربرد اطلاعات کمال تشکر را به عمل بیاورند.

۶ - منابع

[۱] Rajabi, S.; Chegini, V.; Lari, K.; Kamran Zadeh, B.; Hosseini, S.T., "Modeling of Wind Waves Using SWAN Numerical Model in Anzali Port", Journal of Oceanography, fourth year, No. ۱۵, p. ۸۲-۹۲, ۲۰۱۳. (In Persian)

[۲] Allah Dadi, M. and Badiei, P., "Evaluate the Validity of the Experimental Relations Prediction of Sea Waves in Different Conditions Compared with a Mathematical Model", Proceedings of the International Conference on hydraulic structures, p. ۶۷۱-۶۸۱, ۲۰۰۱. (In Persian)

[۳] Kamphuis, J.W., "Introduction to Coastal Engineering and Management", Canada, World Scientific Publishing, ۴۳۷p, ۲۰۰۰.

[۴] Young, I.R., "Wind Generated Ocean Waves", England, Elsevier Publication, ۱۹۹۹.

[۵] Golshani, A.; Taebi, S.; Chegini, V., "Prediction Waves in Persian Gulf and Oman Sea", Seventh International Conference of Coast, Ports and

CHETN is Available from <http://chl.erdc.usace.army.mil/chetn>, ۲۰۱۳.

[۱۸] Engineering Company of Fara Darya Arsheh, "Studies of Monitoring and Modeling of Hormozgan", Ports and Maritime Organization: Administration of Coastal and Marine Engineering, Iran, <http://irancoasts.pmo.ir/fa/pg۳/pg۳۴/pg۳۴۱> , ۲۰۰۸. (In Persian)

[۱۹] Southgate, H.N., "Wave Prediction in Deep Water and at the Coastline", Hydraulics Research Limited, Wallingford, Oxfordshire, Report No. SR ۱۱۴, ۱۲۴p, ۱۹۸۷.

Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences ۶۳. Ottawa, Ontario, ۱۵۸p, March ۱۹۸۸.

[۱۶] Metocean plc; Hamilton House; Kings Road; Haslemere, "Energy Industry Metocean Data Around the UK", Health and safety Executive - Offshore Technology Report, UK, ۱۹۹۵.

[۱۷] Demirbilek, Z.; Lin, L.; Wilson, D.; Rosati, J., "WaveNet: A Web-Based Metocean Data Access", Processing and Analysis Tool, Part ۲ -- WIS Database. ERDC/CHL CHETN-IV-۹۲. Vicksburg, MS: US Army Engineer Research and Development Center, An Electronic Copy of This