

تعیین مشخصات موج مبتنی بر تحلیل داده‌های میدانی: مطالعه موردی بندر جاسک

حمیدرضا عسگری^۱، احمد شانه‌ساززاده^{۲*}، غلامحسین اکبری^۳، حسین اردلان^۴

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، مهندسی عمران - آب، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی شهید نیکبخت، دانشگاه سیستان و بلوچستان، استان سیستان و بلوچستان، زاهدان، پست الکترونیکی: hr.asgari68@yahoo.com
- ۲- استادیار، مهندسی هیدرولیک، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اصفهان، استان اصفهان، پست الکترونیکی: a.shanehsazzadeh@eng.ui.ac.ir
- ۳- دانشیار، گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه بجنورد، استان خراسان شمالی، بجنورد، پست الکترونیکی: gakbari@hamoon.usb.ac.ir
- ۴- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات آب، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: hardalans@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۹۴/۶/۲۹

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۹۴/۲/۲۷

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۴، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

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 مقاله داده‌های میدانی موج ایستگاه بندر جاسک در سواحل شرقی استان هرمزگان در عمق ۲۵ متری و در بازه زمانی یک‌ساله مورد پردازش، تحلیل آماری و تفسیر کاربردی قرار گرفت. همچنین نتایج حاصل با نتایج خروجی ۱۲ ساله حاصل از مدل‌سازی ISWM مورد مقایسه قرار گرفت. تفسیر الگوی عمومی امواج سواحل شرقی استان هرمزگان شامل بررسی توزیع جهتی امواج و تعیین درصد ترکیب امواج دوراً و محلی از مزایای این تحقیق است. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، بیشترین ارتفاع شاخص و دوره تناوب متناسب با انرژی بیشینه (پرئود پیک) به ترتیب ۲/۵۱ متر و ۱۷ ثانیه به‌دست آمد. همین‌طور جهت غالب امواج، جهت جنوب شرقی با فراوانی ۴۵ درصد محاسبه گردید. کلمات کلیدی: داده‌های میدانی موج، جاسک، پردازش و تحلیل داده‌ها، شبیه‌سازی امواج.

۱. مقدمه

دارند. بدین دلیل تحلیل و پیش‌بینی وقوع و تاثیر امواج بر فرآیندهای دریایی و ساحلی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. در مناطق ساحلی، امواج نقش مهمی در تعیین هندسه و شکل سواحل بازی می‌کنند. در طراحی سازه‌های دریایی نظیر سکوها،

امواج ناشی از باد عمده‌ترین عامل تاثیرگذار در محیط دریا هستند و بیشترین اثر را بر فعالیت‌های بشری در محیط‌های دریایی

داده‌های میدانی حاصل از بویه‌ها^۱، ماهواره و مشاهدات کشتی‌ها به مقایسه بین داده‌های اندازه‌گیری شده با داده‌های ناشی از مشاهدات کشتی‌ها و نتایج حاصل از مدل‌های عددی ارایه شده پرداخته است. در این تحقیق مشخص شد که داده‌های مشاهداتی و نتایج روش‌های عددی نسبت به داده‌های میدانی دارای پراکندگی زیادی هستند و همچنین دارای خطا در جهت و دوره تناوب موج می‌باشند. در نهایت با یکپارچه‌سازی، تجمع 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 آمد (Wilson and Baird, 1988).

در پژوهشی که توسط Nieuwkoop و همکاران (۲۰۱۳) در ساحل کورنیش^۲ انگلستان انجام شد، به منظور ارزیابی و بهبود مشخصات انرژی موج و تعیین ارتفاع موج شاخص مدل ریاضی ارایه گردید. با مقایسه و واسنجی بین نتایج حاصل از مدل ریاضی با اندازه‌گیری‌های بویه در این منطقه مشخص شد که ارتفاع موج شاخص حاصل از مدل ریاضی دارای دقت قابل قبولی است. ولی در تعیین مشخصات موج بیشینه و انرژی موج، مدل دارای خطا است (Nieuwkoop et al., 2013).

در تحقیقی که به منظور تعیین و مقایسه ارتفاع موج شاخص توسط داده‌های اندازه‌گیری شده بویه و داده‌های ماهواره با مدل عددی ارایه شده روی غرب دریای مدیترانه انجام شد، مشخص گردید که نتایج حاصل از مدل‌های عددی دارای خطای نسبی هستند و لذا در ادامه روند مطالعات به واسنجی و بهبود مدل عددی توسط داده‌های موج انجامید (Martinez et al., 2013). به منظور تعیین مشخصات موج در دریاهای کارا^۳ و بارنت^۴ در برابر رانش توده‌های یخ شناور، از مدل ریاضی رانش کوه یخ استفاده شد و در ادامه با مقایسه، ارزیابی و صحت‌سنجی نتایج حاصل از مدل ریاضی با داده‌های موج اندازه‌گیری شده بویه مشخص شد که نتایج حاصل از مدل ارایه شده به جز در تعیین راستای موج دارای دقت خوبی هستند (Eik, 2009).

در فاز سوم پروژه مدل‌سازی امواج دریاهای ایران (ISWM) که شامل خلیج فارس و دریای عمان است، مشخصات بلند مدت

موج‌شکن‌ها و اسکله‌ها اصلی‌ترین پارامتر در تعیین پایداری و طرح اجزای مختلف آن‌ها، مشخصات امواج ایجاد شده در منطقه است (رجبی و همکاران، ۱۳۹۲). از این‌رو اطلاع در مورد مشخصه‌هایی از قبیل ارتفاع، پیرو و جهت امواج دریا یکی از نیازهای اساسی بسیاری از سیاست‌گذاران، محققین، مهندسين عمران، علوم و فنون دریایی، ناوبری، شیلات و حتی ساکنین نواحی ساحلی است. این اطلاعات در زمینه طراحی، ساخت، اجراء، نصب و انتقال سازه‌های دریایی مانند سکوها، شناورها، موج‌شکن‌ها و ... دارای اهمیت هستند. همچنین جهت تخمین میزان حمل و انتقال رسوبات دریایی، برآورد میزان فرسایش و رسوب‌گذاری ایجاد شده در مجاورت سازه‌های دریایی و بندر دارای اهمیت بسزایی نیز می‌باشند (الله دادی و بدیعی، ۱۳۸۰).

امروزه استفاده از مدل‌های ریاضی جهت شبیه‌سازی و بررسی فرآیندهای پیچیده طبیعی ره‌گشای بسیاری از مسایل فنی و مهندسی شده است. اما با توجه به محدودیت‌ها، فرضیات و ساده‌سازی‌های انجام شده روی این مدل‌های ریاضی، این مدل‌ها همواره دارای خطاهای قابل ملاحظه‌ای هستند که تنها برای مناطقی با شرایط خاص دارای جواب قابل قبول هستند. همچنین همیشه نباید انتظار جواب صحیح و بدون خطا برای تمامی مناطق با شرایط جغرافیایی و جوی متفاوت را از مدل‌های ریاضی داشت (Kamphuis, 2000). از این‌رو استفاده از داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده توسط موج‌نگار در صورت موجود بودن برای پیش‌بینی رفتار و شرایط موج در آب‌های عمیق می‌تواند دقیق‌تر و دارای جواب قابل اطمینان باشد. ضمن اینکه استفاده از این داده‌ها برای واسنجی و صحت‌سنجی 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 می‌دهند. در کشور ایران معمولاً داده‌های میدانی پس از پردازش اولیه صرفاً جهت صحت‌سنجی مدل‌های عددی به کار می‌روند. حال آنکه اعتبارسنجی، پردازش و تحلیل علمی داده‌های میدانی به تنهایی می‌تواند اطلاعات ارزشمند و مطمئنی در خصوص الگوی رفتار پارامترهای مختلف دریایی را ارایه نمایند.

به‌عنوان نمونه در تحقیقی که توسط Wilson و Baird (۱۹۸۸) در قسمت ساحلی دریای شرق کانادا انجام گردید، با جمع‌آوری

¹ Buoy
² Cornish
³ Kara
⁴ Barent

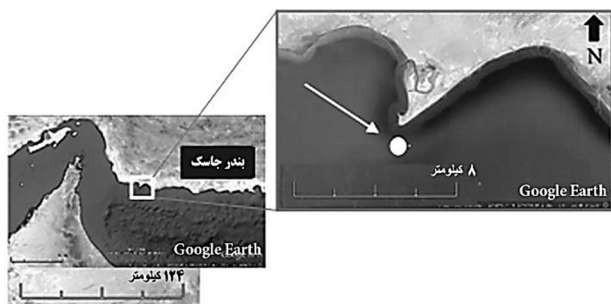
درباره تحلیل و تفسیر این داده‌ها انجام نشده است. لذا در این تحقیق سعی شده است با انتقال داده‌های میدانی موج به آب‌های عمیق وضعیت پارامترهای موج در این منطقه بدون در نظر گرفتن اثر خطوط ژرفاسنجی^۳ و تاثیر ساحل بر امواج بررسی شود.

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 تصمیمات مدیریتی و یا طرح مهندسی ضروری هستند (IOOS, 2013). در این راستا تعیین الگوی عمومی امواج، منشاء آن‌ها، ترکیب فصلی و توزیع آماری ارتفاع، دوره تناوب و راستای آن‌ها و به طور ویژه تفسیر این داده‌ها، اطلاعات مفیدی را برای مقاصد مدیریتی و مهندسی سواحل و احداث سازه‌های ساحلی و فراساحلی در اختیار می‌گذارند. این رویکرد در تحقیق حاضر مورد توجه قرار گرفته است. لذا تحلیل و تفسیر علمی اطلاعات و ارایه الگوی عمومی امواج منطقه جاسک از مزایای تحقیق حاضر است که در راستای تدوین اطلس امواج ایران می‌تواند مورد استفاده قرار بگیرد.

۲. مواد و روش‌ها

۱-۲ موقعیت جغرافیایی و اطلاعات میدانی

منطقه دریایی بندر جاسک در موقعیت جغرافیایی $12^{\circ} 45'$ عرض شمالی در محدوده $29^{\circ} 36' 29''$ طول شرقی و 25° عرض شمالی در محدوده دریای عمان واقع در جنوب شرقی سواحل استان هرمزگان قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱: محل جانمایی دستگاه موج‌نگار (بندر جاسک)

موج برای کل سواحل جنوبی ایران ارایه گردید. در این مطالعه در ابتدا با کمک مدل عددی، شبیه‌سازی برای مشخصات موج این منطقه انجام شد و در ادامه از داده‌های اندازه‌گیری شده موج و باد برای مقایسه، صحت‌سنجی و واسنجی (کالیبراسیون) نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی استفاده شد (گلشنی و همکاران، ۱۳۸۵).

در مطالعه‌ای که توسط Shanehsazzadeh و همکاران (۲۰۰۶) روی اندازه‌گیری، پردازش و تحلیل داده‌های هواشناسی و اقیانوس‌شناسی در خط ساحلی خلیج فارس انجام گرفت، داده‌های میدانی موج منطقه‌ای در نزدیکی تمبک و ۱۵ کیلومتری جنوب شرقی بندر کنگان اندازه‌گیری و پردازش شد و داده‌های میدانی کوتاه مدت شامل ارتفاع موج شاخص، جهت و طیف انرژی موج مورد تحلیل قرار گرفت. در این تحقیق با استفاده از توابع توزیعی گامبل^۱ و ویبول^۲ پارامترهای موج برای دوره‌های بازگشت ۲۰، ۱۰، ۵، ۲، ۱، ۰٫۵، ۰٫۲، ۰٫۱ ساله تعیین گردید. سپس با نتایج حاصل از مدل‌های عددی مقایسه شد و در نهایت با تحلیل طیف‌های انرژی موج، میزان انرژی، ارتفاع و دوره‌های تناوب امواج پرنرژی در بلند مدت به دست آمد. این اطلاعات در جهت طراحی سازه‌های ساحلی و فراساحلی مورد استفاده قرار می‌گیرند. در پروژه‌ای که به منظور تعیین مشخصات موج در سواحل شمال کشور در حال انجام است، داده‌های میدانی موج و باد مورد پردازش قرار گرفته‌اند. بدین منظور با استفاده از داده‌های باد و مدل‌های عددی مشخصات موج تعیین و با داده‌های میدانی موج مقایسه شده است (موسسه تحقیقات آب، ۱۳۹۲).

بندر جاسک از مناطق مهم در سواحل جنوب ایران است و در محدوده داخلی دریای عمان قرار دارد. با توجه به اهمیت راهبردی منطقه جاسک و نزدیکی این منطقه با تنگه هرمز و نیاز روزافزون به اطلاعات دریایی در این منطقه و همین‌طور به منظور توسعه ساحلی، دریایی و امور نظامی و اقتصادی، شناخت دقیق وضعیت امواج منطقه مزبور از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بخش دریایی بندر جاسک به نوعی نماینده وضعیت عمومی سواحل شرقی استان هرمزگان در محدوده مکران نیز می‌باشد. در پروژه پایش و مدل‌سازی سواحل استان هرمزگان جهت تدقیق مدل‌های کلی امواج منطقه، داده‌های میدانی موج در ایستگاه جاسک به مدت تقریباً یک‌سال واقع در آب‌های میانی اندازه‌گیری شده است (شرکت فرا دریا عرشه، ۱۳۸۷) ولی تاکنون مطالعاتی

³ Bathymetry
⁴ Validation
⁵ Processing
⁶ Analysis
⁷ Interpretation

¹ Gumbel
² Weibell

جدول ۱: مشخصات آماری دو ایستگاه زرآباد و جاسک

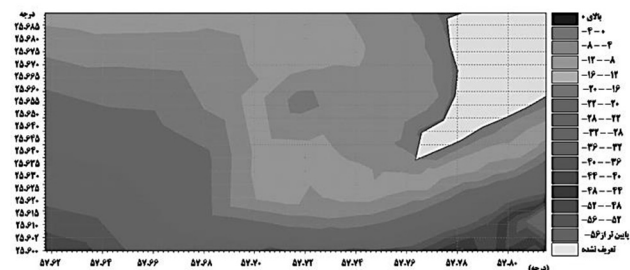
	ایستگاه	SE ± میانگین
H ₀	زرآباد	۰/۸۱ ± ۰/۳۳
	جاسک	۰/۷۸ ± ۰/۳۲
T _p	زرآباد	۹/۰۷ ± ۲/۰۷
	جاسک	۸/۶۸ ± ۳/۰۴

لذا با توجه به خلا اطلاعات در بازه تقریبی ۱ ماه ابتدای تابستان و ۱ ماه انتهای بهار و همچنین وجود تشابه نسبی الگوی امواج در ساحل زرآباد، اطلاعات منطقه مذکور برای محدوده زمانی ۱ ماه ابتدای تابستان اضافه گردید. در نتیجه، نتایج به‌دست آمده ناشی از پردازش و تحلیل ۱۱ ماه داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده است.

۲-۲ پردازش اطلاعات

در این تحقیق ابتدا داده‌های میدانی که توسط دستگاه اندازه‌گیری در عمق ۲۵ متری ثبت شده بودند، با استفاده از روابط ریاضی امواج خطی به آب‌های عمیق انتقال داده شدند (Sorensen, 1993). این انتقال به روش عقبگرد^۳ موسوم است. هدف از این انتقال ارایه نتایج به صورت کلی است و این که بتوان از آن به عنوان یک الگوی موج مستقل برای تعیین مشخصات موج منطقه یاد کرد (Southgate, 1987; WMO, 1998). لذا امواج از آب‌های میانی به آب‌های عمیق انتقال داده شده‌اند که دیگر تحت اثر خطوط ژرفاسنجی و اثر تغییرات عمق نباشند و بتوان مشخصات موج منطقه را به صورت مستقل از اثر تغییرات عمق تعیین نمود. پارامترهای ارتفاع و جهت موج در طول حرکت از آب‌های عمیق به سمت ساحل تحت اثر خطوط ژرفاسنجی دچار تغییر می‌شوند و پارامتر پریود موج در طول حرکت موج از محل تشکیل موج تا به ساحل ثابت باقی می‌ماند. نمودار تداوم حداکثر و میانگین ارتفاع موج شاخص در طول زمان اندازه‌گیری برای بازه‌های ارتفاعی مختلف بر حسب ساعت در شکل ۳ نشان داده شده است. تداوم حداکثر ارتفاع موج شاخص به مقداری گفته می‌شود که در طول زمان اندازه‌گیری با توجه به بازه ارتفاعی، بیشترین پیوستگی را در مدت زمان رخداد داشته باشد. همچنین میانگین مقادیر تداوم رخ داده شده در هر بازه ارتفاعی را تداوم میانگین موج می‌نامند. بازه‌های ارتفاعی و میزان تداوم به ترتیب بر حسب متر و ساعت در شکل ۳ نشان

خطوط ژرفاسنجی در محل ایستگاه در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲: خطوط ژرفاسنجی در منطقه بندر جاسک (سازمان بندر و دریانوردی، ۱۳۸۷)

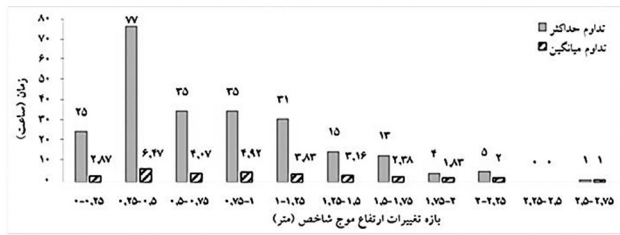
دستگاه موج‌نگار به‌کار رفته در ایستگاه جاسک از نوع ADCP - SonTek 1000 Khz ساخت کشور آمریکا است که در عمق ۲۵ متری و بیرون از ناحیه شکست موج روی بستر دریا تعبیه شده است. با توجه به توانایی دستگاه، اطلاعات مزبور به‌صورت جهت^۱ برداشت می‌شوند. کمیت‌های برداشت شده توسط دستگاه عبارتند از ارتفاع، پریود و جهت 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 است. داده‌های میدانی ثبت شده مربوط به یک دوره تقریباً ۱۰ ماهه از تاریخ ۲۰۱۰/۰۷/۱۶ الی ۲۰۱۱/۰۵/۰۴ است، که هر داده نتیجه ۱۷ دقیقه اندازه‌گیری مستمر دستگاه در طول ۱ ساعت می‌باشد. در این دوره اندازه‌گیری، دستگاه قادر به اندازه‌گیری ۶۷۰۹ داده میدانی شامل ارتفاع موج شاخص، دوره تناوب متناظر با انرژی بیشینه در منحنی طیف انرژی (پریود پیک^۲) و جهت میانگین موج شده است. از طرف دیگر، یک مقایسه دقیق آماری بین تقریباً دو ماه و نیم اندازه‌گیری همزمان ایستگاه‌های جاسک و زرآباد که ایستگاه زرآباد در موقعیت جغرافیایی ۸° ۳۶' ۵۹" طول شرقی و ۲۰° ۲۰' ۴۶" عرض شمالی و در راستای تقریبی ۳۰۰ درجه‌ای ساحل با شمال در فاصله تقریبی ۱۸۸ کیلومتری شرق جاسک در آب‌های عمیق قرار دارد، انجام شده است که نتایج آن در جدول ۱ آمده است. مشخصات آماری موجود در جدول ۱ نشان از وجود یک رابطه معنی‌دار بین مشخصات موج به صورت متناظر در دو ایستگاه جاسک و زرآباد در بازه زمانی مشترک می‌دهد. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، مقادیر میانگین و تغییرات پراکندگی پارامترهای موج متناظراً در ۲ ایستگاه تقریباً با یکدیگر برابر هستند.

¹ Directional

² Peak Period

³ Backtracking

تفکیک معنی‌داری بین امواج دوراً (دوره تناوب بزرگ) و امواج نزدیک (تناوب کوچک) در جدول ۳ مشاهده می‌گردد.



شکل ۳: تداوم حداکثر و میانگین ارتفاع موج شاخص

داده شده است. همان‌طور که در نمودار قابل مشاهده است بیشترین تداوم و پیوستگی موج مربوط به میزان پیوستگی موج با ارتفاع موج بین ۰/۲۵ الی ۰/۵ متر است که به مدت ۷۷ ساعت در طول سال به طول انجامیده است و پس از آن نیز مقادیر پیوستگی با ارتفاع موج ۰/۵ تا ۰/۷۵ و ۰/۷۵ الی ۱ متر بیشترین تداوم موج را در طی مدت اندازه‌گیری داشته‌اند. توزیع درصدی ارتفاع و دوره تناوب موج به صورت سالانه به ترتیب در جداول ۲ و ۳ ارائه شده‌اند. همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد راستای غالب موج حدود ۱۳۵ درجه (از جنوب شرق) است. همچنین

جدول ۲: گل موج سالانه ارتفاع موج شاخص

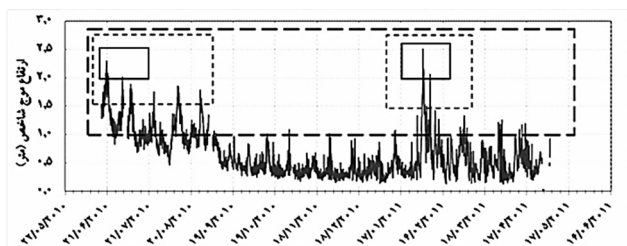
ارتفاع موج شاخص (متر)	۰-۰,۲۵	۰,۲۵-۰,۵	۰,۵-۰,۷۵	۰,۷۵-۱	۱-۱,۲۵	۱,۲۵-۱,۵	۱,۵-۱,۷۵	۱,۷۵-۲	۲-۲,۲۵	۲,۲۵-۲,۵	۲,۵-۲,۷۵	جمع
۰-۲۲,۵	۰,۰۴۱	۰,۰۴۱	۰,۰۴۱	۰	۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰	۰	۰	۰	۰,۱۷۷
۲۲,۵-۴۵	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴۹	۰,۰۲۷	۰,۰۱۴	۰	۰,۰۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۲۳۱
۴۵-۶۷,۵	۰,۰۹۵	۰,۰۳۵۳	۰,۰۵۴	۰	۰	۰,۰۲۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۵۲۹
۶۷,۵-۹۰	۰,۰۱۳۶	۰,۰۵۷۱	۰,۰۹۵	۰,۰۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۸۱۶
۹۰-۱۱۲,۵	۰,۰۵۴۴	۱,۴۶۸	۰,۰۳۶۷	۰,۰۴۱	۰,۰۱۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲,۴۳۴
۱۱۲,۵-۱۳۵	۱,۱۰۱	۷,۸۹۵	۳,۱۳۹	۱,۹۴۳	۰,۶۳۹	۰,۰۱۴	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰	۰	۰	۱۴,۹۲۰
۱۳۵-۱۵۷,۵	۲,۲۱۵	۱۸,۶۹۸	۷,۴۱۹	۸,۴۲۵	۴,۲۱۳	۲,۰۱۱	۱,۲۰۹	۰,۴۰۸	۰,۱۲۲	۰	۰,۰۱۴	۴۴,۷۳۴
۱۵۷,۵-۱۸۰	۱,۳۵۹	۸,۰۷۲	۲,۱۴۷	۲,۲۶۹	۲,۵۰۰	۱,۸۰۷	۰,۵۵۷	۰,۶۶۶	۰,۰۹۵	۰,۰۱۴	۰	۱۹,۴۸۶
۱۸۰-۲۰۲,۵	۰,۶۲۵	۲,۷۹۹	۱,۰۰۶	۰,۲۱۷	۰,۱۳۶	۰,۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۰	۴,۸۹۲
۲۰۲,۵-۲۲۵	۰,۱۶۳	۱,۰۱۹	۱,۲۰۹	۰,۱۳۶	۰,۰۲۷	۰,۰۱۴	۰,۰۴۱	۰,۰۱۴	۰	۰	۰	۲,۶۵۰
۲۲۵-۲۴۷,۵	۰,۰۹۵	۰,۰۵۵۷	۲,۱۴۷	۱,۳۷۲	۰,۶۹۳	۰,۲۱۷	۰,۰۱۴	۰,۰۰۰	۰	۰	۰	۵,۰۹۵
۲۴۷,۵-۲۷۰	۰,۰۲۷	۰,۰۲۰۴	۰,۰۹۷۸	۰,۰۷۵	۰,۰۲۱۷	۰,۱۶۳	۰,۰۸۲	۰	۰,۰۱۴	۰	۰	۲,۴۶۰
۲۷۰-۲۹۲,۵	۰,۰۲۷	۰,۱۶۳	۰,۰۲۰۴	۰,۰۲۹۹	۰,۰۸۲	۰,۰۱۴	۰	۰	۰,۰۱۴	۰	۰	۰,۸۰۳
۲۹۲,۵-۳۱۵	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴۹	۰,۰۱۰۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۲۷۲
۳۱۵-۳۳۷,۵	۰,۰۱۴	۰,۰۱۰۹	۰,۰۰۹۵	۰,۰۱۴	۰	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴	۰	۰	۰	۰	۰,۲۶۰
۳۳۷,۵-۳۶۰	۰,۰۲۷	۰,۰۱۰۹	۰,۰۰۶۸	۰	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴	۰	۰	۰	۰	۰,۲۴۶
جمع	۶,۴۹۷	۴۲,۳۵۶	۱۹,۱۰۵	۱۵,۵۱۹	۸,۵۳۵	۴,۵۹۳	۲,۰۱۲	۱,۱۱۵	۰,۲۴۵	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴	۱۰۰

جدول ۳: گل موج سالانه دوره تناوب بزرگ موج

دوره تناوب بزرگ (ثانیه)	۰-۳	۳-۵	۵-۷	۷-۹	۹-۱۱	۱۱-۱۳	۱۳-۱۵	۱۵-۱۷	۱۷-۱۹	جمع
۰-۲۲,۵	۰,۰۴۱	۰,۰۵۴	۰,۰۱۴	۰,۰۵۴	۰	۰	۰,۰۱۴	۰	۰	۰,۱۷۷
۲۲,۵-۴۵	۰,۰۵۴	۰,۰۱۲۲	۰	۰,۰۱۴	۰	۰,۰۴۱	۰	۰	۰	۰,۲۳۱
۴۵-۶۷,۵	۰,۰۱۰۹	۰,۰۱۷۷	۰,۰۲۷	۰,۰۲۷	۰,۰۶۸	۰,۰۱۲۲	۰	۰	۰	۰,۵۲۹
۶۷,۵-۹۰	۰,۰۱۷۷	۰,۰۱۶۳	۰,۰۴۱	۰	۰,۰۱۰۹	۰,۰۲۹۹	۰,۰۲۷	۰	۰	۰,۸۱۶
۹۰-۱۱۲,۵	۰,۰۳۴۰	۰,۰۶۳۹	۰,۰۳۴۵	۰,۰۰۰	۰,۰۳۶۷	۰,۰۶۷۹	۰,۰۱۶۳	۰	۰	۲,۴۳۴
۱۱۲,۵-۱۳۵	۱,۶۰۳	۳,۴۵۲	۴,۱۴۵	۰,۳۶۷	۲,۳۹۲	۲,۴۳۲	۰,۵۰۳	۰,۰۲۷	۰	۱۴,۹۲۱
۱۳۵-۱۵۷,۵	۳,۸۵۹	۸,۰۷۲	۹,۰۲۷	۱,۲۶۴	۹,۲۱۳	۱۰,۳۶۸	۲,۶۶۳	۰,۲۵۸	۰	۴۴,۷۳۴
۱۵۷,۵-۱۸۰	۲,۱۲۰	۳,۶۸۳	۰,۰۹۷۸	۱,۹۱۶	۶,۴۶۸	۳,۱۲۵	۰,۹۱۰	۰,۲۷۲	۰,۰۱۴	۱۹,۴۸۶
۱۸۰-۲۰۲,۵	۰,۴۳۵	۲,۰۷۹	۰,۰۱۰۹	۰,۰۴۱	۰,۰۶۶۶	۱,۳۳۷	۰,۲۱۷	۰,۰۲۷	۰	۴,۸۹۲
۲۰۲,۵-۲۲۵	۰,۱۶۳	۱,۹۵۷	۰,۰۱۰۹	۰,۰۸۲	۰,۰۴۱	۰,۰۲۱۷	۰,۰۸۲	۰	۰	۲,۶۵۱
۲۲۵-۲۴۷,۵	۰,۱۶۳	۲,۸۵۴	۱,۹۴۳	۰,۰۱۴	۰,۰۴۱	۰,۰۸۲	۰	۰	۰	۵,۰۹۷
۲۴۷,۵-۲۷۰	۰,۰۱۴	۱,۸۰۷	۰,۰۵۴۴	۰,۰۲۷	۰,۰۱۴	۰,۰۵۴	۰	۰	۰	۲,۴۶۰
۲۷۰-۲۹۲,۵	۰,۰۰۶۸	۰,۰۶۵۲	۰,۰۰۱۴	۰	۰,۰۱۴	۰,۰۲۷	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴	۰	۰,۸۰۳
۲۹۲,۵-۳۱۵	۰,۰۴۱	۰,۰۲۱۷	۰	۰	۰	۰,۰۱۴	۰	۰	۰	۰,۲۷۲
۳۱۵-۳۳۷,۵	۰,۰۵۴	۰,۰۱۴۹	۰	۰,۰۲۷	۰	۰,۰۲۷	۰	۰	۰	۰,۲۵۷
۳۳۷,۵-۳۶۰	۰,۰۲۷	۰,۰۱۳۶	۰,۰۰۱۴	۰,۰۴۱	۰	۰,۰۲۷	۰	۰	۰	۰,۲۴۶
جمع	۹,۲۶۸	۲۶,۲۱۳	۱۷,۳۰۱	۳,۳۸۷	۱۹,۳۹۳	۱۸,۷۵۱	۴,۵۹۳	۰,۵۹۸	۰,۰۱۴	۱۰۰

۳. نتایج و بحث

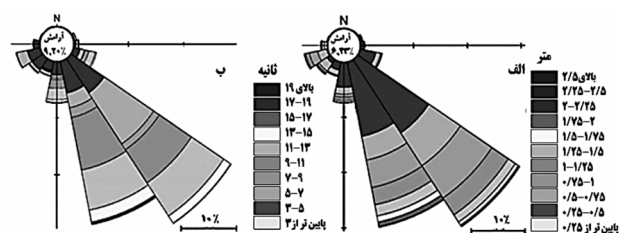
توزیع ارتفاع موج شاخص در طول مدت اندازه‌گیری در شکل ۶ نشان داده شده است. با توجه به این نمودار مرتفع‌ترین موج شاخص ۲/۵۱ متر در فصل زمستان و کوتاه‌ترین ارتفاع موج شاخص اندازه‌گیری شده ۰/۱۳۴ متر در فصل زمستان رخ می‌دهد. همچنین ۲۰ عدد موج دارای ارتفاعی بیشتر از ۲ متر هستند که همگی در دو فصل زمستان و تابستان ثبت شده‌اند. مرتفع‌ترین امواج به ترتیب در فصول تابستان، زمستان، بهار و پاییز رخ داده‌اند. خطوط منقطع بزرگ محدوده امواج بالای ۱ متر را نشان می‌دهد که ۱۶/۵۲۴ درصد امواج را شامل می‌شود. این در حالی است که امواج بالای ۱/۵ متر، ۳/۴ درصد (خطوط منقطع ریز) و تنها ۰/۲۷۲ درصد امواج بالای ۲ متر هستند (مستطیل با خطوط ممتد). بازه ارتفاع امواج در فصل تابستان بین ۰/۱۶۱ متر تا ۲/۳ متر، در فصل پاییز بین ۰/۱۵۷ متر تا ۱/۰۹۲ متر، در فصل زمستان بین ۰/۱۳۴ متر تا ۲/۵۰۹ متر و در فصل بهار بین ۰/۱۳۷ متر تا ۱/۲۵۷ متر هستند.



شکل ۶: سری زمانی سالانه ارتفاع موج شاخص

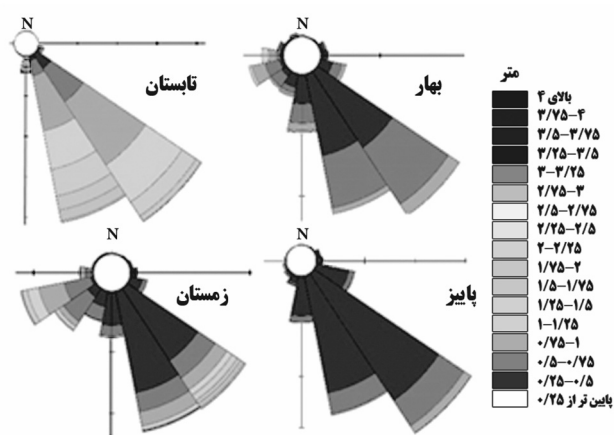
نحوه توزیع جهت امواج ورودی به منطقه دریایی جاسک در آب‌های عمیق در شکل ۷ نشان داده شده است. جهت توزیع امواج ورودی به منطقه، بازه ۲ تا ۳۵۹ درجه را شامل می‌شود ولی اغلب امواج در بازه بین ۱۲۰ الی ۱۸۰ درجه متمرکز شده‌اند. در شکل ۷ امواج ورودی در فصول تابستان و پاییز بیشترین تمرکز را در بازه بین ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه دارند (کادر خط چین در سمت چپ). این در صورتی است که در فصول زمستان و بهار امواج دیگر متمرکز نیستند و پراکندگی شدید در جهت موج به چشم می‌خورد (کادر با خط پر). این خود با توجه به هندسه منطقه نشان‌دهنده چگونگی و زمان‌بندی رخداد امواج دوراً و دریایی در این فصول است. به نحوی که امواج دوراً یعنی امواجی که منبع تشکیل آن‌ها در اقیانوس هستند و راستای ۱۲۰ تا ۱۸۰ درجه دارند اکثراً در فصول

در شکل ۴ گل‌موج‌های سالانه ارتفاع موج شاخص (راست) و دوره تناوب پیک (چپ) ایستگاه جاسک ترسیم شده است. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود اغلب امواج از سمت جنوب شرقی به محل نزدیک می‌شوند. مقدار درصد پایین شرایط آرام (۶۳/۴٪) نشان از ناآرامی نسبی منطقه در طول سال دارد. همچنین یک سازگاری منطقی بین امواج بلند و دوره تناوب‌های طولانی (۹ ثانیه و بزرگ‌تر) وجود دارد.



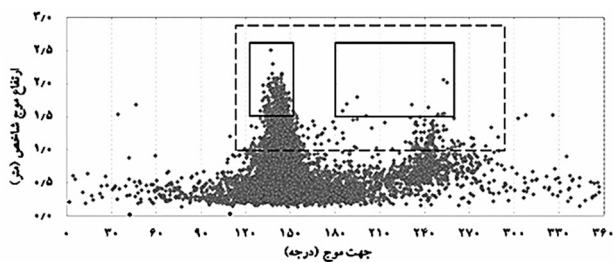
شکل ۴: گل‌موج سالانه (الف) ارتفاع موج شاخص، (ب) دوره تناوب پیک موج

گل‌موج‌های فصلی ارتفاع موج شاخص برای فصول بهار، تابستان، پاییز و زمستان به تفکیک در شکل ۵ نشان داده شده‌اند. اگرچه فصول پاییز، بهار و زمستان درصد قابل توجهی از امواج را تشکیل می‌دهند و از سمت جنوب، جنوب غربی و اندکی هم از غرب به محدوده وارد می‌شوند ولی در واقع دریا در فصل تابستان تقریباً ناآرام است (۰/۰۵٪ آرام است) و با ورود امواجی که از بازه جنوب تا غرب را در فصول پاییز تا بهار پوشش می‌دهند دریا رفته رفته آرام‌تر می‌شود و به سمت امواج با ارتفاع کمتر نزدیک می‌شوند.



شکل ۵: گل‌موج فصلی ارتفاع موج شاخص

ارتفاع بیشتر از ۱ متر تقریباً در جهت‌های ۱۲۰-۲۹۰ درجه رخ می‌دهند (کادر منقطع) که تمرکز آن‌ها بیشتر بر بازه ۱۸۰-۱۲۰ درجه است، همچنین تقریباً تمامی امواج بالای ۱/۵ متر به ترتیب در بازه‌های ۱۵۰-۱۳۰ و ۲۶۰-۱۸۰ درجه قرار دارند که تمرکز آن‌ها بیشتر بر بازه ۱۵۰-۱۳۰ درجه است (خطوط ممتد).



شکل ۹: همبستگی سالانه ارتفاع موج شاخص - جهت موج

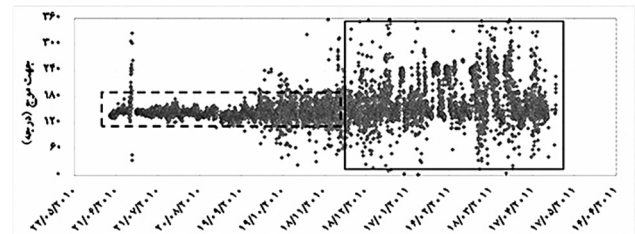
نمودار همبستگی ارتفاع موج شاخص و دوره تناوب پیک موج در منطقه جاسک در شکل ۱۰ نشان داده شده است. این نمودار به وضوح نشان‌دهنده تفکیک وقوع امواج به دو نوع دریایی و دوراً در این منطقه است که با مستطیل‌های ممتد تفکیک شده‌اند. امواج با ارتفاع بالای ۱ متر شامل هر دو نوع امواج دوراً و دریایی هستند. همچنین در هر دو نوع امواج دوراً و دریایی امواج با ارتفاع بالای ۲ متر در بازه‌های ۵/۵-۷/۵ و ۹-۱۱/۵ ثانیه مشاهده می‌گردند. تمرکز امواج دوراً روی ارتفاع‌های بیش از ۱/۵ متر بیشتر از امواج دریایی است. در نتیجه امواج دوراً نسبت به امواج دریایی دارای ارتفاع موج بیشتری هستند.



شکل ۱۰: همبستگی سالانه ارتفاع موج شاخص - دوره تناوب پیک موج

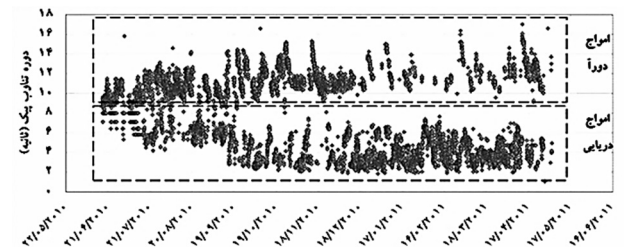
نمودار همبستگی جهت موج و دوره تناوب پیک موج در شکل ۱۱ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار امواج دوراً اکثراً بازه ۲۰۰-۶۰ درجه را پوشش می‌دهند و بر بازه ۲۰۰-۱۰۰ درجه عموماً متمرکز هستند (مستطیل ممتد)، این در حالی است که امواج دریایی بازه گسترده‌تری از امواج ورودی را پوشش می‌دهند ولی

تابستان و پاییز رخ می‌دهند. این امواج دارای دوره تناوب طولانی (فرکانس کم) هستند. در تمامی فصول شاهد وقوع توام امواج دریایی و دوراً هستیم، حال آن‌که در فصول زمستان و بهار (سمت راست شکل ۷) وقوع حداکثری امواج دریایی نسبت به امواج دوراً در جهات مختلف رخ داده است.



شکل ۷: توزیع سالانه میانگین جهت موج

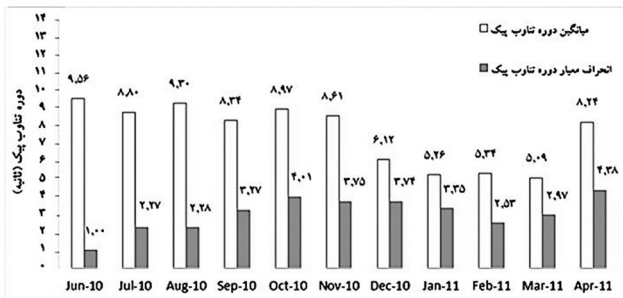
توزیع زمانی دوره تناوب پیک در طول دوره اندازه‌گیری در شکل ۸ نشان داده شده است. بر طبق نمودار امواج ورودی به منطقه مورد مطالعه را می‌توان به دو دسته امواج دوراً و دریایی تقسیم نمود (مستطیل‌های نشان داده شده در شکل). پریود امواج دریایی تقریباً در بازه ۲ الی ۹ ثانیه و پریود امواج دوراً تقریباً در بازه ۱۰ الی ۱۷ ثانیه قرار می‌گیرند (Kamphuis, 2000). جداسازی امواج محلی و دوراً اصولاً بر اساس طیف انرژی موج انجام می‌شود و در این مطالعه به علت در دسترس نبودن داده‌های طیفی از یک روش تقریبی مبتنی بر پریود پیک که البته بر اساس طیف موج به دست آمده است استفاده شده است. با دقت در پراکندگی نقاط نتیجه‌گیری می‌شود که در فصول تابستان و بهار (سمت چپ نمودار) بیشتر امواج از نوع دوراً و در زمستان و بهار (سمت راست نمودار) علاوه بر امواج دریایی، امواج دوراً نیز به چشم می‌خورند.



شکل ۸: توزیع سالانه دوره تناوب پیک موج

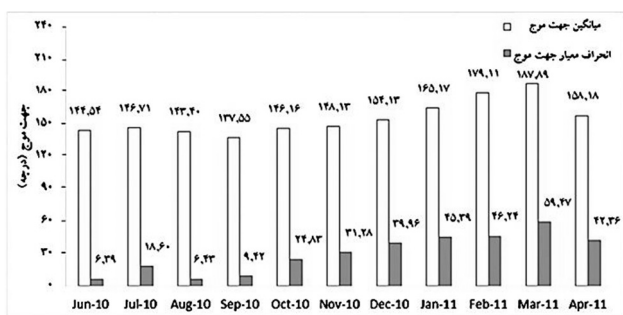
نمودار همبستگی ارتفاع موج شاخص در برابر میانگین جهت موج در شکل ۹ نشان داده شده است. بیشترین و مرتفع‌ترین امواج در بازه ۱۲۰ الی ۲۸۰ درجه رخ داده‌اند. اغلب امواج با

۲۰۱۰ دوره تناوب‌های پیک از دوره تناوب میانگین پراکنده‌تر هستند و بازه گسترده‌تر و پراکنده‌تری را پوشش می‌دهند.



شکل ۱۳: توزیع ماهانه میانگین و انحراف معیار دوره تناوب پیک موج

میانگین و انحراف معیار جهت موج در ماه‌های مختلف سال در شکل ۱۴ نشان داده شده است. در ماه مارس ۲۰۱۱ جهت امواج اندازه‌گیری شده با دارا بودن بیشترین انحراف معیار، نسبت به مابقی ماه‌ها بازه جهتی پراکنده‌تری از امواج ورودی به منطقه را پوشش می‌دهد. در نتیجه تغییرات و پراکندگی در جهت موج‌های ورودی به منطقه بیشتر است به نحوی که بازه بین جنوب شرقی تا حدود جنوب غربی را پوشش می‌دهد. از سوی دیگر به ترتیب در ماه‌های ژوئن، آگوست و سپتامبر ۲۰۱۰ امواج در جهت جنوب شرقی تمرکز بیشتری داشته و انحراف معیار کمتری دارند. ارزش این نمودار در میزان اعتبار جهت متوسط ارایه شده برای هر ماه است به طوری که در صورت بالا بودن مقدار انحراف معیار اعتبار مقدار متوسط کمتر است.

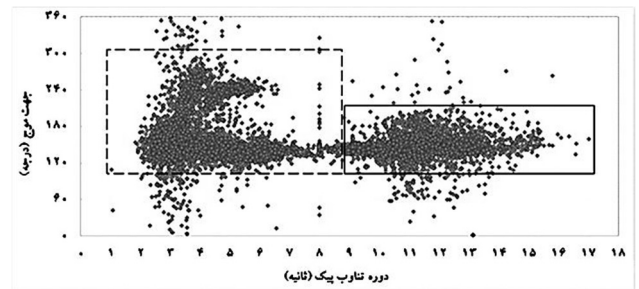


شکل ۱۴: توزیع ماهانه میانگین و انحراف معیار میانگین جهت موج

۳-۱ مقایسه نتایج تحلیل اندازه‌گیری‌های میدانی با نتایج حاصل از مدل‌سازی ISWM

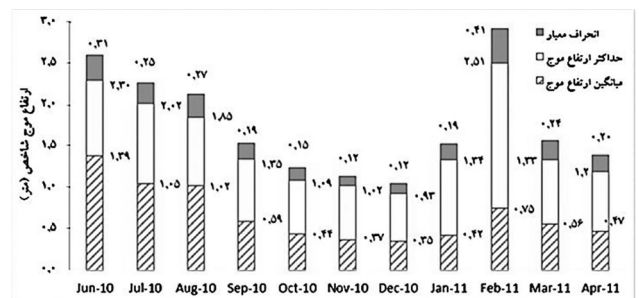
در پروژه مدل‌سازی امواج دریاهای ایران که در منطقه خلیج فارس، تنگه هرمز و دریای عمان انجام شده است از اطلاعات باد

اغلب امواج بر بازه ۳۰۰-۱۰۰ درجه متمرکز شده‌اند (مستطیل منقطع). در فصول تابستان و پاییز اکثر امواج ورودی به منطقه بین بازه ۱۸۰-۱۲۰ درجه متمرکز هستند، این در حالی است که در پایان فصل پاییز و در طول فصل زمستان و نزدیک شدن به فصل بهار، امواج ورودی عمدتاً از نوع امواج دریایی می‌باشند و پراکندگی بیشتری در جهت امواج ورودی به چشم می‌خورد.



شکل ۱۱: همبستگی جهت موج - دوره تناوب پیک موج

نمودار ماهانه حداکثر، میانگین و انحراف معیار ارتفاع موج شاخص در شکل ۱۲ نشان داده شده است. بر اساس این نمودار مرتفع‌ترین موج به ترتیب در ماه‌های فوریه ۲۰۱۱ و ژانویه ۲۰۱۰ به وقوع پیوسته است و شاهد تغییرات ارتفاع موج شاخص بیشتری در این ماه‌ها بوده که انحراف معیار حداکثر نشان‌دهنده این واقعیت است. در حالی که ماه نوامبر ۲۰۱۰ با انحراف معیار کمتر شاهد توزیع متمرکزتری از امواج است. این پدیده در شکل ۱۲ نشان داده شده است.



شکل ۱۲: توزیع ماهانه میانگین، حداکثر و انحراف معیار ارتفاع موج شاخص

توزیع میانگین و انحراف معیار دوره تناوب پیک به صورت ماهانه در شکل ۱۳ نشان داده شده است. از این نمودار می‌توان استنباط کرد که با توجه به مقدار حداقل انحراف معیار، در ماه جولای ۲۰۱۰ دوره تناوب‌های پیک به مقدار دوره تناوب میانگین نزدیک‌تر بوده و بازه متراکم‌تری از دوره تناوب‌های پیک را پوشش می‌دهند. در صورتی که به ترتیب در ماه‌های آوریل ۲۰۱۱ و اکتبر

در داده‌های میدانی ۴۸/۸ درصد است. 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 است. به عبارت دیگر در گل‌موج مدل ISWM امواج با ارتفاع بالای ۱/۵ متر بیشتر در جهت غرب 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. علاوه بر آن در نتایج حاصل از داده‌های میدانی امواج با ارتفاع بالای ۱/۵ متر سهم بیشتری از امواج را نسبت به نتایج خروجی حاصل از مدل‌سازی ISWM تشکیل می‌دهند. این بدین معنی است که در نتایج حاصل از داده‌های میدانی موج، تنوع در بازه‌های ارتفاعی موج و همچنین درصد امواج رخدادی در هر بازه نسبت به نتایج مدل‌سازی بیشتر است. در گل‌موج مدل‌سازی ISWM اغلب امواج با ارتفاع بیش از ۱/۵ متر در راستای غربی متمرکز شده‌اند. همچنین در گل‌موج ISWM شاهد میزان قابل توجهی از امواج در جهت شمال غربی هستیم در حالی که در گل‌موج داده‌های میدانی درصد ناچیزی از امواج در این جهت به چشم می‌خورند.

۴. نتیجه‌گیری

در کشور ایران اطلاعات میدانی کمیت‌های دریایی معمولاً به صورت سنتی صرفاً جهت واسنجی و اعتبارسنجی مدل‌های عددی به‌کار می‌روند. حال آن‌که تحلیل و تفسیرهای علمی و کاربردی این اطلاعات ارزشمند می‌توانند معرف وضعیت واقعی الگوهای جریان، موج و سایر کمیت‌های دریایی باشند. در این مطالعه اندازه‌گیری داده‌های میدانی موج محدوده جاسک که یکی از بنادر مهم و راهبردی سواحل شمالی دریای عمان است در یک دوره ۱۱ ماهه مورد پردازش و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور ابتدا داده‌های اندازه‌گیری شده در عمق ۲۵ متر با استفاده از روش‌های ریاضی به آب عمیق منتقل شدند. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل انجام شده را به شرح زیر می‌توان تفسیر و خلاصه نمود:

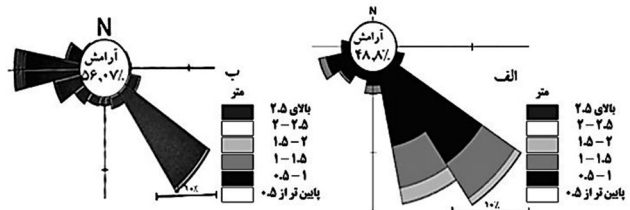
۱. امواج مشاهده شده در محدوده بندر جاسک ترکیبی از امواج دوراً (یعنی امواجی که منبع تشکیل آن‌ها در اقیانوس است) و امواج محلی هستند. اغلب امواج دوراً راستای ۱۲۰ تا ۱۸۰

مربوط به یک دوره ۱۱ ساله برای فرآیند تبدیل باد به موج در محدوده آب عمیق و نیز انتقال این امواج به ناحیه کم عمق ساحلی برای یک دوره بازگشت بلند مدت استفاده گردید (سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۸۷). در این پروژه نتایج خروجی حاصل از مدل‌سازی برای موقعیت انتخابی در بندر جاسک با موقعیت ۵۷/۰۵۷ درجه در طول جغرافیایی و ۲۵/۶۲۵ درجه در عرض جغرافیایی و در عمق ۵۰ متری ارایه شده است. در جدول ۴ نتایج حاصل از تحقیق حاضر با نتایج حاصل از مدل‌سازی ISWM مقایسه شده‌اند.

جدول ۴: میزان مشخصه‌های آماری در آب عمیق حاصل از الف) مدل‌سازی ISWM،

ب) داده‌های میدانی موج			
SE ± میانگین	بیشینه	کمینه	پارامتر
۰/۵ ± ۰/۲۱	۲/۵	-	ارتفاع موج شاخص (متر)
۷/۷۶ ± ۲/۸۴	۱۸/۱۸	-	دوره تناوب پیک (ثانیه)
۱۷۲/۵۴	-	-	جهت موج (درجه)
۰/۶۴ ± ۰/۳۷	۲/۵۱	-۰/۰۲	ارتفاع موج شاخص (متر)
۷/۴۸ ± ۳/۶۶	۱۷/۰۲	۱/۰۳	دوره تناوب پیک (ثانیه)
۱۵۷/۹۴	-	-	جهت موج (درجه)

چنان‌که ملاحظه می‌گردد ارتفاع موج شاخص حداکثر و دوره تناوب پیک موج حداکثر با یکدیگر تقریباً برابر هستند. این در حالی است که در میانگین جهت موج اختلاف ۱۵ درجه‌ای و در میانگین ارتفاع موج شاخص اختلاف ۰/۱۴ متری به چشم می‌خورد. همچنین بازه تغییرات ارتفاع موج شاخص و دوره تناوب پیک موج در داده‌های میدانی اندازه‌گیری شده بیش از مدل ISWM است. مقادیر بیشتر انحراف معیار ارایه شده در جدول ۴ نشان‌دهنده این موضوع است. گل‌موج‌های ارتفاع موج شاخص در هر دو حالت مدل‌سازی ISWM و داده‌های میدانی موج در شکل ۱۵ نشان داده شده است.



شکل ۱۵: گل‌موج سالانه ارتفاع موج شاخص الف) داده‌های میدانی موج، ب) مدل‌سازی ISWM

مقایسه دو گل‌موج بالا نشان می‌دهد که شرایط آرام یعنی امواج با ارتفاع کمتر از ۰/۵ متر در مدل ISWM، ۵۶/۰۷ درصد و

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 آرایه شده را قابل اطمینان‌تر خواهد نمود.

۵. سپاسگزاری

بدین‌وسیله مراتب تشکر و قدردانی از سازمان بنادر و دریانوردی، اداره کل سواحل و بنادر برای همکاری در تامین داده‌ها به عمل می‌آید. همچنین از مدیر عامل محترم شرکت دریانگار پارس، آقای مهندس حسینی بندرآبادی و جناب آقای مهندس امین ایلیا تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع

الله دادی، م.؛ بدیعی، پ.، ۱۳۸۰. بررسی میزان اعتبار روابط تجربی پیش‌بینی امواج دریا در شرایط مختلف در مقایسه با یک مدل ریاضی. مجموعه مقالات کنفرانس بین‌المللی سازه‌های هیدرولیکی. جلد دوم. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری. کرمان، صفحات ۶۸۱-۶۷۱.

رجبی، س.؛ چگینی، و.؛ لاری، ک.؛ کامران‌زاده، ب.؛ حسینی، س.ط.، ۱۳۹۲. مدل‌سازی امواج ناشی از باد در منطقه انزلی با استفاده از مدل عددی SWAN. نشریه اقیانوس‌شناسی، سال چهارم، شماره ۱۵، صفحات ۹۲-۸۳.

سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۸۷. مدل‌سازی امواج دریاهای ایران. جلد دوم. خلیج فارس و دریای عمان. چاپ اول. سازمان بنادر و دریانوردی، معاونت فنی و مهندسی، اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، صفحات ۱۴۶-۱۲۹.

شرکت مهندسان مشاور فرا دریا عرشه، ۱۳۸۷. مطالعات مانتورینگ و مدلینگ استان هرمزگان: گزارش پیشنهاد فنی جانمایی تجهیزات اندازه‌گیری و نوع و مدل مورد استفاده در اندازه‌گیری‌ها. سازمان بنادر و دریانوردی، اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، تهران، ۱۵ صفحه.

گلشنی، ع.؛ تائبی، س.؛ چگینی، و.، ۱۳۸۵. مدل‌سازی و پیش‌بینی امواج در خلیج فارس و دریای عمان. هفتمین همایش بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی. سازمان بنادر و کشتی‌رانی. تهران. ۶

درجه دارند. این امواج دارای دوره تناوب طولانی (فرکانس کم) هستند. امواج محلی (دریایی) دارای راستاهای متنوعی هستند. امواج در ماه‌های تابستان و اوایل پاییز دارای تمرکز جهتی بیشتری (در راستای جنوب شرق) هستند. این در حالی است که در ماه‌های زمستان و بهار راستای امواج متنوع بوده و دارای انحراف معیار بیشتری می‌باشند (شکل ۱۴).

جهت موج غالب اندازه‌گیری شده در منطقه در بازه ۱۵۷/۵-۱۳۵ درجه (جنوب شرقی) با فراوانی ۴۴/۷۳۴ درصد است که با شبیه‌سازی عددی بلند مدت موج (ISWM) انطباق دارد. لازم به توضیح است که نتایج به‌دست آمده در این تحقیق در خصوص مقایسه با نتایج شبیه‌سازی عددی لزوماً قابل تعمیم برای سایر نقاط و زمان‌ها نیستند.

۲. ۵۶/۶۵ درصد امواج از نوع دریایی با دوره تناوب پیک ۹-۱ ثانیه و با ارتفاع موج شاخص حداکثر ۲/۵۱ متر هستند. مابقی یعنی حدود ۴۳/۳۵ درصد امواج از نوع دوراً با دوره تناوب پیک ۱۷-۹ ثانیه و با ارتفاع موج شاخص حداکثر ۲/۳ متر هستند که عمدتاً در تابستان و اوایل پاییز اتفاق می‌افتند.

۳. مرتفع‌ترین موج شاخص اندازه‌گیری شده در بازه زمانی یک-ساله دارای ارتفاعی به اندازه ۲/۵۱ متر با پریود پیک ۶/۲۴ ثانیه و در جهت ۱۳۷ درجه (جنوب شرقی) است و در فصل زمستان تنها یک‌بار به وقوع پیوسته است. مقدار حداکثر مشاهده شده با مقدار حداکثر شبیه‌سازی امواج ISWM انطباق بسیار خوبی دارد.

۴. فقط ۰/۲۷۲ درصد اوقات سال امواج دارای ارتفاع موج شاخص بیش از ۲ متر هستند که همگی در دو فصل تابستان و زمستان رخ داده‌اند. بیشترین درصد وقوع (۴۲/۳۶٪) مربوط به امواجی با ارتفاع بین ۰/۲۵ تا ۰/۵ متر هستند. ۶/۴۳٪ از مواقع، دریا در شرایط کاملاً آرام بوده یعنی ارتفاع موج کمتر از ۰/۲۵ متر است. لذا با این تعریف برخلاف انتظار اولیه دریا در تابستان تقریباً ناآرام بوده و با نزدیک شدن به فصل بهار دریا آرام‌تر می‌شود.

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

- coastline. National Iranian Gas Export Company, Iran, 205P.
- Sorensen, R.M., 1993. Basic wave mechanics: for coastal and ocean engineers. A Wiley-Interscience Publication, Canada, 284P.
- Southgate, H.N., 1987. Wave prediction in deep water and at the coastline. Hydraulics Research Limited, Wallingford, Oxfordshire, Report No. SR 114, 124P.
- U.S. Integrated Ocean Observing System (IOOS)., 2013. 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/, 61P.
- Wilson, J.; Baird, W., 1988. An assessment of the state of knowledge of coast offshore wave technology (Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences). Marine environmental data services branch department of fisheries and oceans, Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences 63. Ottawa, Ontario, 63: 158P.
- World Meteorological Organization (WMO)., 1998. Guide to wave analysis and forecasting. World Meteorological Organization Publication. 702: 83P.
- صفحه.
- موسسه تحقیقات آب، ۱۳۹۲. پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل شمالی کشور: گزارش پردازش اطلاعات اندازه‌گیری میدانی پارامترهای اقیانوس‌شناسی و هواشناسی شماره ۶. سازمان بنادر و دریانوردی. اداره کل مهندسی سواحل و بنادر، تهران، صفحات ۸۶-۲۱.
- Eik, K., 2009. Iceberg drift modelling and validation of applied metocean hindcast data. Cold Regions Science and Technology, 57(3): 67-90.
- Kamphuis, J.W., 2000. Introduction to coastal engineering and management. World Scientific Publishing, Canada, 437P.
- Martinez-Asensio, A.; Marcos, M.; Jorda, G.; Gomis, D., 2013. Calibration of a new wind-wave hindcast in the western mediterranean. Journal of Marine Systems, 121-122: 1-10.
- Nieuwkoop, J.; Smith, H.; Smith, G.; Johanning, L., 2013. Wave resource assessment along the Cornish coast (UK) from a 23-year hindcast dataset validated against buoy measurements. Renewable Energy, 58: 1-14.
- Shanehsazzadeh, A.; Fazel, M.; Nik-khahl, A.; Ahangarl, R., 2006. Meteorological & oceanographic data collection and processing services for DME project in south of Islamic Republic of Iran on the Persian Gulf