Archive of SID

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

مرکز تحقیقات و اطلاعات علمی ایران

www.SID.ir

مقایسه تحلیلی عملکرد دستگاه‌های موج نگار

علی شوشتری زاده ناصری[1*]، محمدرضا الهیار[1]، علیرضا کبریایی[1] و طیبه السادات تجلی بخش[1]

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۳/۲۱ *نویسنده مسئول تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۷/۰۵

© نشریه صنعت حمل و نقل دریایی ۱۳۹۴، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه صنعت حمل و نقل دریایی است.

چکیده

تاثیر امواج بر تمامی فعالیت‌های ساحلی و دریایی سبب می شود شناخت مشخصه‌های امواج از طریق اندازه‌گیری میدانی، بررسی تحلیلی، اصول نظری، مدل‌سازی‌های فیزیکی و شبیه‌سازی‌های عددی مورد توجه واقع گردد. اندازه‌گیری‌های میدانی به دلیل دقت بیشتر بر سایر روش‌ها ارجحیت دارد. بنابراین داده‌های اندازه‌گیری‌شده برای صحت سنجی و نیز کالیبراسیون مدل‌های عددی استفاده می‌شوند. امروزه، انواع مختلفی از دستگاه‌ها مانند رادارها، سنسورهای آکوستیکی و بویه‌های موج‌نگار وجود دارند که پارامترهای موج را از طریق مکانیسم‌های متفاوتی اندازه‌گیری می‌کنند. با در نظر گرفتن گستره وسیع مکانیسم‌ها و ابزارهای متفاوت اندازه‌گیری، ضروری است مناسب‌ترین مکانیسم و ابزار با دقت تعیین شود. یکی از بهترین روش‌ها crosscheck دستگاه‌ها است.

در پروژه پایش و مطالعات شبیه‌سازی سواحل ایرانی داده‌های میدانی در خلیج چابهار واقع در ساحل شمالی دریای عمان، برای مدت کوتاهی در فاصله به‌طور نسبی کم در عمق تقریبی ۲۵ متری با استفاده از سه دستگاه با مکانیسم‌های متفاوت اندازه‌گیری شامل (بویه دیسکی، بویه کروی، سنسور آکوستیکی) ثبت شد. با توجه به اینکه بندر چابهار تحت تاثیر پدیده هایی مانند بادهای مانسون، امواج دورا و ... می‌باشد مقایسه بین داده‌های جمع‌آوری شده اطلاعات مفیدی در خصوص سیستم‌های اندازه‌گیری به‌دست می‌دهد. بر خلاف انتظار، مشاهده شد ارتفاع اندازه‌گیری شده توسط سنسور آکوستیکی (AWAC) دارای مقادیری بیش از سایر اندازه‌گیری‌های همزمان بوده و بویه‌های شناور موج‌نگار بهترین کارایی را در ثبت پارامترهای موج دارا هستند.

واژه‌های کلیدی: دستگاه‌های موج‌نگار، اندازه‌گیری میدانی، مدل‌های عددی، سنسورهای اکوستیکی، بویه‌های موج‌نگار، مدل‌سازی فیزیکی

۱. سازمان بنادر و دریانوردی

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

امواج اغتشاش‌های آب، رخدادی مستمر و نامنظم در اقیانوس‌ها و دریاها هستند و از آنجا که امواج می‌توانند عرض اقیانوس‌ها را طی کرده و انرژی زیادی را منتقل نمایند، درک حرکت و مشخصه‌های آنها ضروری است. نیروهای ایجاد شده توسط امواج عامل اصلی تغییر شکل سواحل، انتقال ماسه و سایر رسوبات در منطقه نزدیک ساحل می‌باشند. علاوه بر آن، امواج می‌توانند تهدید قابل‌توجهی در حمل و نقل دریایی، کشتی‌های تفریحی و ... باشند. بنابراین اطمینان از برنامه‌ریزی، طراحی بی‌خطر سواحل، امنیت عمومی، اندازه‌گیری موج و تحلیل اطلاعات اهمیت قابل‌توجهی دارد.

با توجه به اهمیت شناخت محیط دریا و پارامترهای دریایی به ویژه امواج، از دیرباز ثبت پارامترهای دریایی به روش‌های مختلفی صورت پذیرفته است که در یک نگاه به گذشته می‌توان از ثبت چشمی مشخصه‌های امواج توسط ملوانان در کشتی‌ها تا استفاده از سنسورهای زیر آب و بویه‌های موج نگار سطحی نام برد. علاوه بر موارد فوق، امروزه با توجه به توسعه مدل‌های عددی اطلاعات موج اندازه‌گیری شده جهت استفاده در شرایط مرزی عددی و نیز کالیبراسیون و صحت‌سنجی خروجی مدل‌ها نیز استفاده می‌شوند. دو رهیافت اصلی برای اندازه‌گیری مستقیم مشخصه‌های موج وجود دارد، که آنها را تحت موضوع‌های استفاده از سنسورهای زیر آب و استفاده از بویه‌های سطحی می‌شناسیم.

۲- روش تحقیق

۲-۱- دستگاه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری

امروزه اندازه گیری مستقیم پارامترهای امواج در محیط‌های دریایی با استفاده از سنسورهای ثابت زیر آب و یا بویه‌های شناور انجام می شود. بویه‌های شناور را می‌توان به چهار دسته بویه‌های دیسکی، کروی، spar و آزاد دسته‌بندی کرد. بویه‌های دیسکی مانند یک جسم متقارن در آب عمل کرده و با اندازه‌گیری بالاآمدگی، پیچش و غلطش اطلاعات طیف جهتی موج را ارایه می‌دهند. این بویه‌ها باید حرکت‌های سطحی آب را دنبال کرده و نباید فرکانس طبیعی آنها به فرکانس امواج نزدیک باشد. سیستم مهار این بویه‌ها باید به قدری انعطاف‌پذیر باشد تا روی اندازه‌گیری آن تاثیر نگذارد. قطر این بویه‌ها متنوع بوده و تا ۱۲ متر نیز می‌رسد. بویه‌های کروی از یک بخش کروی شکل در سطح آب و یک دنباله متعادل‌کننده تشکیل می‌شوند . شکل کروی باعث می‌شود شیب آب اثر کمتری روی کج‌شدگی بویه داشته باشد. در عوض، به علت گرادیان سرعت ذره‌ای قایم در میدان موج، بویه خم می‌شود. در این حالت میزان غلطش و پیچش آن ثبت می‌شود. به‌طور معمول در این بویه شتاب عمودی، توسط شتاب‌سنجی که در قسمت پاندولی پایه نصب شده است محاسبه می‌شود.

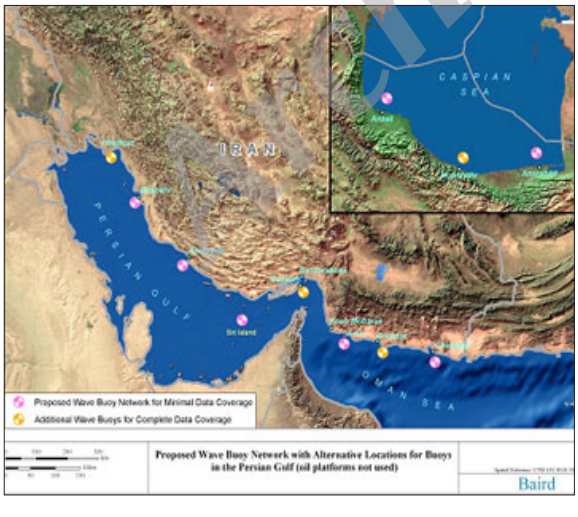
در بویه‌های spar بر خلاف بویه‌های معرفی شده فوق از شتاب‌سنج استفاده نمی‌شود. در این نوع بویه ارتفاع موج با استفاده از میله مدرج مقاومتی-خازنی و یا سنسورهای فشاری اندازه‌گیری می‌شود. نوع دیگر بویه‌ها، بویه آزاد است که جهت فعالیت‌های تحقیقاتی اقیانوس‌شناسی استفاده می‌شوند. این بویه، عمر کمی داشته و سیستم مهار نیز ندارند. داده‌هایی که توسط بویه‌های موج‌نگار اندازه‌گیری و گزارش می‌شوند یا در خود بویه ذخیره شده و یا همزمان توسط فرستنده باندهای فرکانسی VHFیا UHF به ساحل و ایستگاه دریایی (ثابت یا سیار) مخابره می‌شوند. دامنه کاربرد بویه‌ها حداکثر تا ۵۰ کیلومتر از ایستگاه گیرنده می‌باشد.

۲-۲- سنسورهای زیر آب (Acoustic Doppler)

سنسورهای ثابت زیر آب سه کمیت موج شامل فشار، سرعت مداری موج و موقعیت سطح آب را اندازه‌گیری کرده و به این ترتیب امکان برآورد ارتفاع و پریود موج را فراهم می کنند. که سلسله مراتب اندازه‌گیری هر یک به این شرح است: فشار با یک قطعه پیزو مقاومت با دقت بالایی اندازه‌گیری می‌شود. سرعت‌های مداری با پدیده جا به جایی داپلر در طول هر بیم اندازه‌گیری، تعیین می‌شود. موقعیت سطح آب نیز با پایش آکوستیکی سطح آب اندازه‌گیری می‌شود. قابل توجه آنکه، در این حالت دستگاه مانند اکوساندر عمل می‌کند. این واقعیت قابل تاکید است که یک پدیده اتفاقی نیاز به اندازه‌گیری دارد و نیاز است تا اندازه‌گیری در محدوده زمانی تعریف شده انجام شود. به‌طور معمول این بازه‌ها ۵۱۲، ۱۰۲۴ یا ۲۰۴۸ ثانیه بوده و نمونه‌برداری در ۱ تا ۴ هرتز صورت می‌پذیرد.

۲-۳- شبکه بهینه بویه‌گذاری

به دلیل کمبود اطلاعات دریایی و نیاز جامعه مهندسی دریایی در ایران شبکه‌ای متشکل از ۱۱ بویه موج‌نگار، چنانچه در شکل (۱) آمده است، طراحی شده است. ترجیح دارد بویه‌های موج‌نگار پارامترهای هواشناسی را نیز اندازه گیری کنند. شبکه پیشنهادی به نحوی طراحی شده است تا بتواند پوششی کامل از اطلاعات را فراهم آورد. در صورت محدودیت بودجه، تعداد بویه‌ها می‌تواند به عدد ۷ تقلیل یابد تا حداقل اطلاعات مورد نیاز فراهم آید. در حال حاضر مطابق با شبکه طراحی شده در خلیج فارس و دریای عمان ۳ بویه نصب و راه‌اندازی شده است.



شکل(۱): شبکه بویه‌های موج‌نگار طراحی‌شده در محدوده آب‌های ایران

۲-۴-محدوده مورد مطالعه

در این تحقیق و با توجه به وجود اندازه‌گیری‌های همزمان چند دستگاه موج‌نگار از انواع مختلف با فواصل نزدیک به هم در محدوده خلیج چابهار

Archive of SID
www.SID.ir

واقع در ساحل شمالی دریای عمان که اقلیم امواج آن ترکیبی از امواج محلی، امواج دورا است، مقایسه داده‌های ثبت شده و عملکرد فنی دستگاه‌های موج‌نگار امکان‌پذیر شد. این اندازه‌گیری‌ها بخشی از پروژه مونیتورینگ و مطالعات مدل‌سازی سواحل ایران می‌باشد.

شکل(۲): دستگاه‌های اندازه‌گیری پارامترهای موج در خلیج چابهار

الف Discus BUOY

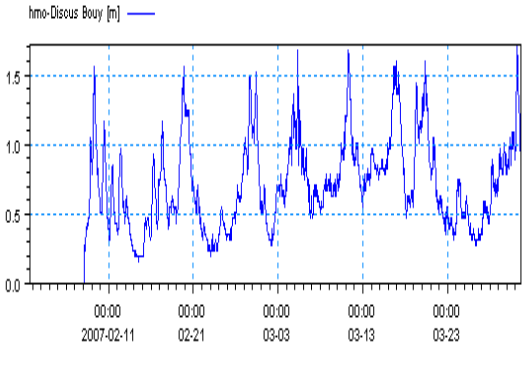
ب Spherical Buoy

ج Fixed underwater sensor

۲-۵- مقایسه داده‌های ثبت‌شده

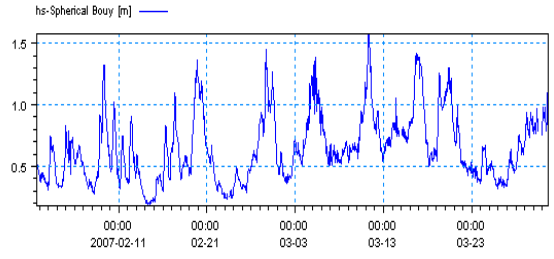
با توجه به اینکه تاکنون مطالعه جامعی در زمینه عملکرد بویه‌های موج‌نگار و سنسورهای ثابت زیرآب در محیط دریا و خارج از آزمایشگاه‌ها صورت نگرفته است، مقایسه اطلاعات ثبت شده توسط این دستگاه‌ها الزامی می‌باشد. به این منظور با وجود دستگاه‌های اندازه‌گیری با مکانیسم‌های اندازه‌گیری متفاوت شامل بویه دیسکی، بویه کروی و سنسور ثابت زیر آب متعلق به سازمان بنادر و دریانوردی و سازمان هواشناسی ایران در منطقه خلیج چابهار و در عمق ۲۵ متری ابتدا یک بازه زمانی انتخاب شد که اطلاعات دستگاه‌ها وجود داشت. تصاویر دستگاه‌های ذکر شده در شکل نمایش داده شده است.

در گام دوم گراف‌های مربوط به داده‌های ثبت‌شده ارتفاع موج توسط بویه‌های موج‌نگار و سنسور ثابت زیر آب رسم شد. در گراف‌های رسم شده محور افقی زمان و محور عمودی ارتفاع موج به متر می‌باشد.

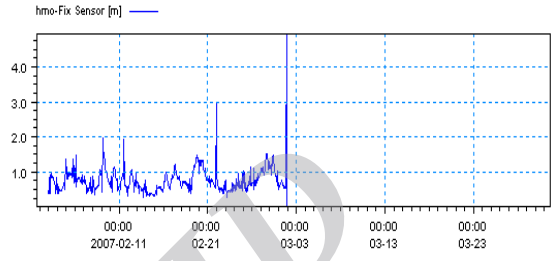


شکل (۳): داده‌های ارتفاع موج ثبت‌شده توسط بویه دیسکی

Archive of SID
www.SID.ir

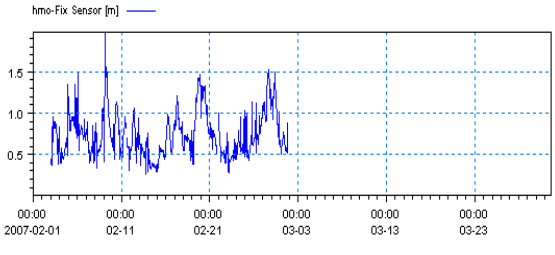


شکل(۴): داده‌های ارتفاع موج ثبت‌شده توسط بویه کروی



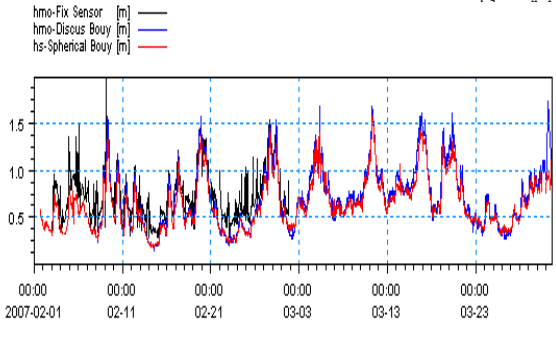
شکل ۵) داده‌های ارتفاع موج ثبت‌شده توسط سنسور ثابت زیر آب

همان‌طور که در گراف‌های بالا مشاهده می‌شود تنها در اطلاعات ثبت‌شده توسط سنسورهای زیر آب، نویزهایی وجود دارد و لازم است برای مقایسه اطلاعات فوق با یکدیگر نویزهای ثبت‌شده حذف شوند. پس از حذف نویزها، گراف داده‌های ارتفاع موج ثبت‌شده به شکل زیر مشاهده می‌شود.



شکل (۶): داده‌های اصلاح‌شده ارتفاع موج ثبت‌شده توسط سنسور زیر آب

با نمایش تمامی اطلاعات ارتفاع موج با یکدیگر نمودار زیر حاصل می‌شود. اطلاعات ثبت‌شده توسط دستگاه‌های مختلف از روندی مشابه تبعیت می‌کنند.



شکل (۷): مقایسه اطلاعات ثبت‌شده ارتفاع موج توسط دستگاه‌های مختلف

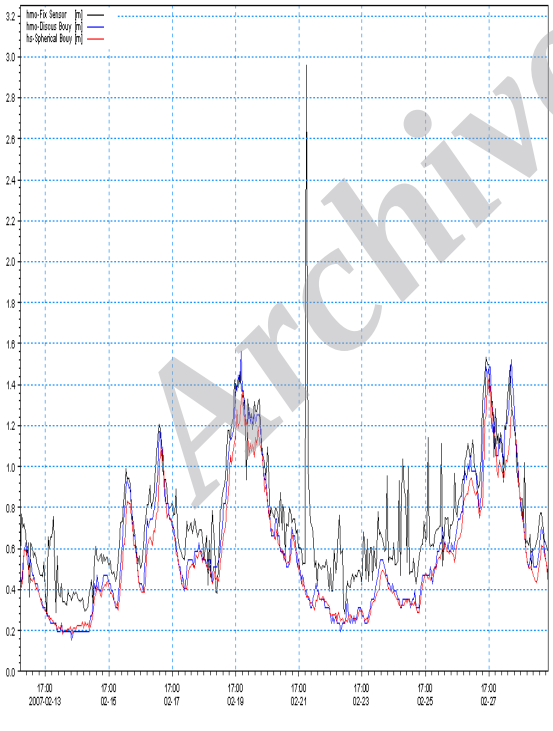
۲-۶- مشخصات آماری

مشخصات آماری داده‌های ارتفاع موج ثبت‌شده توسط دستگاه‌ها شامل مینیمم، ماکزیمم، میانگین و انحراف از معیار در جدول ذیل ارایه شده است. اختلاف ۴۵ سانتی‌متر در بلندترین موج ثبت‌شده مشاهده می‌شود و سنسور ثابت بیشترین ارتفاع موج را ثبت کرده است.

جدول (۱): مشخصات آماری داده‌های ثبت‌شده

	Min	Max	mean	sd
سنسور ثابت	0.0058868	1.97856	0.7339424	0.7339424
بویه دیسکی	0.15625	1.71875	0.7184095	0.7184095
بویه کروی	0.1813	1.5757	0.6475399	0.6475399

با توجه بیشتر به داده‌های ثبت‌شده مشاهده می‌شود سنسور ثابت مقادیر ارتفاع موج را بیشتر از دو دستگاه دیگر ثبت کرده است. به طور خاص قسمتی از گراف شکل (۶) قبل از حذف نویزها در شکل (۷) نمایش داده شده است که موید این امر است و بویه‌ها هرچند مکانیسم‌های مختلفی برای ثبت داده‌ها دارند مقادیری بسیار نزدیک به هم را اندازه‌گیری کرده‌اند.



شکل (۸): مقایسه بخشی از اطلاعات ثبت‌شده توسط بویه‌ها و AWAC

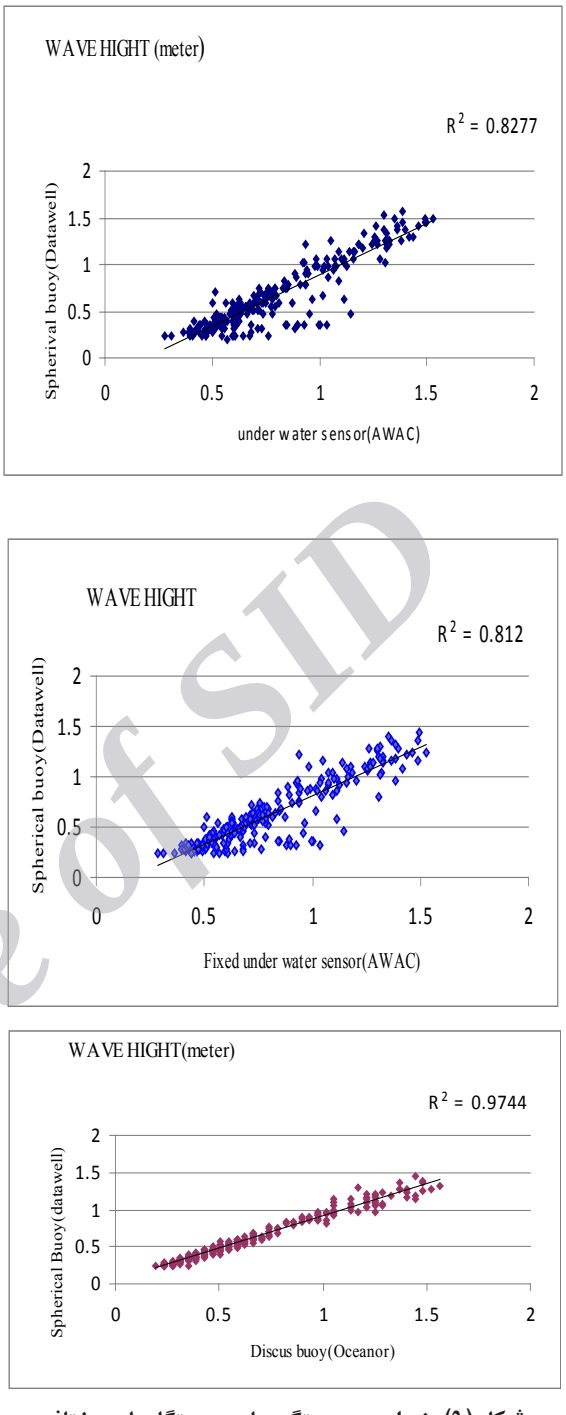
با محاسبه ضریب همبستگی یک بار براساس داده‌های سنسور ثابت و یک بار براساس داده‌های بویه دیسکی مشاهده می‌شود داده‌های ثبت شده توسط سنسور ثابت همبستگی کمتری با دستگاه‌های دیگر دارد.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- نتیجه‌گیری

با بررسی داده‌های ارایه شده فوق در خصوص بویه‌های دیسکی و بویه‌های کروی تفاوت عمده‌ای بین داده‌های ارتفاع موج ثبت‌شده توسط این دو بویه وجود ندارد و ضریب همبستگی میان داده‌های ثبت‌شده این دو بویه ۰/۹۷ می‌باشد در صورتی که تفاوت قابل‌توجهی بین اطلاعات ثبت‌شده توسط سنسور ثابت و بویه‌های شناور وجود دارد. تعداد زیادی نویز در داده‌های ثبت‌شده توسط سنسور فشار مشاهده می‌شود. علاوه بر آن و در غالب اوقات در عمق ۲۵ متری این سیستم اندازه‌گیری، ارتفاع موج را بیش از مقدار واقعی نشان می‌دهد. در این خصوص پیشنهاد می‌شود این سیستم در عمق‌های کمتر مورد استفاده قرار گیرد. علاوه بر موارد فوق بویه‌ها مزیت اندازه‌گیری پارامترهای هواشناسی را نسبت به سنسورهای ثابت دارا می‌باشند. ضمن اینکه بویه‌ها محدودیت‌های کمتری در زمینه تخلیه و ارسال اطلاعات دارند. لذا پیشنهاد می‌شود برای انجام اندازه‌گیری‌های بلند مدت از بویه‌های شناور استفاده شود.



شکل (۹): ضرایب همبستگی مابین دستگاه‌های مختلف

مراجع

۱. محمد رضا الهیار، مجید جندقی علائی، حسین مثقالی، ارزیابی اطلاعات موج جمع آوری شده توسط بویه‌های سازمان بنادر و دریانوردی" پنجمین کنفرانس بین‌المللی سواحل، بنادر و سازه‌های دریایی، رامسر ، ۱۳۸۱.

۲. محمد رضا الهیار، پیش بینی موج با استفاده از اطلاعات ماهوارهای، هواشناسی، مدل های ریاضی و اندازه گیری های محلی و مقایسه آنها (در محدوده بندر چابهار)، پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته سازه های دریایی، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۸۱.

۳. محسن حامی، محمدرضا الهیار، مقایسه اندازه گیری‌های میدانی بویه موج نگار ایرانی و بویه ساخت شرکت Oceanor، یازدهمین کنفرانس ملی صنایع دریایی، جزیره کیش، ۱۳۸۸.

4. Steele, K.E., Teng, C-C., and D. W-C. Wang, 1992: Wave direction measurements using pitch and roll buoys. Ocean Engineering, 19, 4, 349-375.

5. Steele, K.E. and T.R. Mettlach, 1993: NDBC wave data - current and planned. Ocean Wave Measurement and Analysis - Proceedings of the Second International Symposium. ASCE, 198-207.

6. Civil Eng., Vishwakarma Inst. of Inf. Technol., Pune,2008:Development Of Wave Buoy Network Using Soft Computing Techniques-OCEANS 2008 - MTS/IEEE Kobe Techno-Ocean, 978-1-4244-2125-1

Archive of SID
www.SID.ir