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 بررسی اطلاعات علمی

ICOPMAS

www.SID.ir

Archive of SID

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

برآورد خطا و اصلاح امواج شبیه‌سازی شده در خلیج فارس برای شرایط اقلیمی متفاوت

محمد هادی معینی[۱] ، امیر اعتماد شهیدی[۲] ، وحید چگینی[۳] ، ایرج رحمانی[۴] ، مونا مقدم[۵]

کلید واژه: خلیج فارس، همگون سازی داده‌ها، پیش‌بینی امواج، مدل طیفی، SWAN

چکیده

امواج ناشی از باد از مهمترین عوامل محیطی در پروژه‌های مرتبط با مهندسی دریا محسوب می‌شوند. در بسیاری مناطق به دلیل کمبود داده‌های اندازه‌گیری شده موج، از داده‌های پیش‌بینی شده برای تعیین اقلیم امواج استفاده می‌شود. امروزه مدل‌های طیفی عددی موج به کاربردی‌ترین ابزار برای پیش‌بینی امواج ناشی از باد تبدیل شده‌اند. با این وجود، نتایج این مدل‌ها عمدتا دارای خطا هستند. بنابراین می‌بایست نتایج خروجی مدل‌های طیفی عددی بر اساس داده‌های میدانی اصلاح گردند. رویکرد جدیدی که در مطالعه کنونی برای اصلاح نتایج متغیرهای خروجی مدل عددی در محدوده محاسباتی به کار رفته، پیش‌بینی خطای پارامترها در نقاط گسسته مشاهداتی و توزیع این خطا در محدوده محاسباتی است. برای این منظور ابتدا شبیه‌سازی اولیه امواج (با استفاده از مدل طیفی عددی نسل سوم SWAN) در محدوده خلیج فارس انجام شده و نتایج شبیه‌سازی با داده‌های میدانی مقایسه شده‌اند. مقایسه نتایج با مقادیر اندازه گیری شده در نقطه بوشهر نشان می‌دهد که ارتفاع و دوره تناوب امواج دست‌پایین پیش‌بینی شده و مقدار خطای پیش‌بینی ارتفاع و دوره تناوب با یکدیگر متفاوت است. افزون بر این جهت امواج با دقت مناسبی شبیه‌سازی می‌شوند. پس از شبیه‌سازی اولیه امواج برای کاهش خطای نتایج خروجی از روش تغییر پارامترهای مدل استفاده شده است. نتایج به دست آمده در این مرحله نشان می‌دهد که تغییر پارامترهای مدل برای تدقیق نتایج دارای محدودیت‌هایی است. به عنوان مثال، به دلیل تفاوت خطای مدل در پیش‌بینی پارامترهای مختلف، از طریق واسنجی تنها می‌توان دقت پیش‌بینی یک پارامتر را تا حد مشخصی بالا برد و ممکن است حتی خطای پیش‌بینی پارامترهای دیگر افزایش یابد. بنابراین روشی جدید برای اصلاح همزمان ارتفاع و دوره تناوب امواج ارائه شده است. رویکرد جدیدی که برای اصلاح نتایج متغیرهای خروجی مدل عددی در محدوده محاسباتی به کار رفته، پیش‌بینی خطای پارامترها در نقاط گسسته مشاهداتی و ترکیب آن با مقادیر شبیه سازی شده است. در این روش ابتدا در نقاط اندازه‌گیری امواج مقدار خطای پیش‌بینی ارتفاع و دوره تناوب امواج به طور جداگانه تخمین زده شده است. برای تخمین مقدار خطا با توجه به ویژگی‌های آن از شبکه عصبی مصنوعی استفاده شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با استفاده از این روش هم ارتفاع امواج و هم دوره تناوب آنها با دقت مناسبی پیش‌بینی می‌شوند. این رویکرد توانایی تمایز بین شرایط مختلف اقلیمی امواج را داشته و این تفاوت را در پیش‌بینی خطا لحاظ می‌نماید.لازم به ذکر است این مقاله حاصل یک پژوهش تعریف شده در پژوهشکده حمل و نقل تحت عنوان توسعه یک روش ترکیبی برای پیش‌بینی امواج در خلیج فارس می‌باشد.

[۱] دانشجوی سال آخر دکتری، دانشگاه علم و صنعت ایران، mhmoeini@iust.ac.ir
[۲] استاد، دانشگاه علم و صنعت ایران، etemad@iust.ac.ir
[۳] استادیار، موسسه ملی اقیانوس شناسی، v_chegini@inio.ac.ir
[۴] استادیار، پژوهشکده حمل و نقل، Rahmani@rahiran.ir
[۵] کارشناس ارشد پژوهشی، پژوهشکده حمل و نقل، moghadam@rahiran.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

امواج ناشی از باد از مهمترین عوامل محیطی در پروژه‌های مرتبط با مهندسی دریا از قبیل طراحی سازه های ساحلی و فراساحلی، انتقال رسوب، فرسایش سواحل و پخش آلودگی محسوب می‌شوند. تخمین اقلیم موج در یک منطقه می‌تواند با استفاده از داده های اندازه گیری شده و یا پیش‌بینی شده انجام شود. در بسیاری مناطق به دلیل کمبود داده‌های اندازه‌گیری شده موج، از داده‌های پیش‌بینی شده برای تعیین اقلیم امواج استفاده می‌شود. امروزه مدل‌های طیفی عددی موج به کاربردی‌ترین ابزار برای پیش‌بینی امواج ناشی از باد تبدیل شده‌اند. با این وجود، نتایج این مدل‌ها عمدتا دارای خطا بوده و مهمترین عامل ایجاد خطا در نتایج خروجی آنها خطای موجود در داده‌های باد ورودی این مدل‌ها است [۱].

داده‌های باد ورودی مورد استفاده در مدل‌های طیفی عددی موج عمدتا خروجی مدل‌های هواشناسی (همانند ECMWF) هستند. این داده‌های باد معمولا دارای مقادیری خطا هستند که منجر به ایجاد خطا در نتایج مدل‌های پیش‌بینی موج می‌گردد [۳-۲]. از این رو می‌بایست با استفاده از ابزارهای همگون سازی داده‌ها (data assimilation) نتایج مدل‌های پیش‌بینی موج را تدقیق نمود [۵-۴].

به طور کلی می‌توان روش‌های مختلف همگون‌سازی داده‌ها را به چهار دسته کلی اصلاح پارامترهای ورودی، اصلاح متغیرهای حالت (طیف موج)، اصلاح پارامترهای مدل (زبری بستر، سفیدک راس موج و...) و اصلاح متغیرهای خروجی (پیش‌بینی خطا) تقسیم‌بندی کرد [۶]. در مواردی که هدف از مدل‌سازی عددی پیش‌بینی چندین متغیر در محل‌های مختلف باشد، روش آخر (اصلاح متغیرهای خروجی) مناسب‌ترین راه برای تدقیق نتایج مدل‌های عددی است [۷]. این روش مشکلات دیگر روش‌های همگون‌سازی از قبیل معتبر بودن روش برای محدوده خاص و یا اصلاح نتایج مدل فقط برای یک پارامتر را ندارد. از میان مطالعاتی که در این زمینه انجام شده است می‌توان به مطالعات [۱۰-۸] اشاره نمود.

هدف اصلی مطالعه کنونی نیز تدقیق امواج پیش‌بینی شده در خلیج فارس از راه پیش‌بینی خطا می‌باشد. برای این کار از مدل عددی SWAN [۱۱] برای شبیه سازی امواج و تولید سری زمانی داده های موج استفاده شده است. برای ارزیابی نتایج شبیه سازی و همگون سازی داده‌ها از مقادیر اندازه گیری شده میدانی در منطقه بوشهر استفاده شده است. پس از شبیه سازی امواج، با به‌کارگیری ابزار شبکه عصبی مصنوعی و انتخاب ورودی‌های مناسب، خطای شبیه سازی ارتفاع و دوره تناوب موج به طور مجزا پیش‌بینی شده و نتایج خروجی مدل عددی تدقیق شده‌اند. با استفاده از این روش می‌توان بازه گسترده ای از متغیرهای خروجی را تدقیق نمود. همچنین این روش تقریبا تمامی عوامل ایجاد خطا در نتایج خروجی از قبیل خطای موجود در داده های باد ورودی و یا خطای مدل را پوشش می‌دهد.

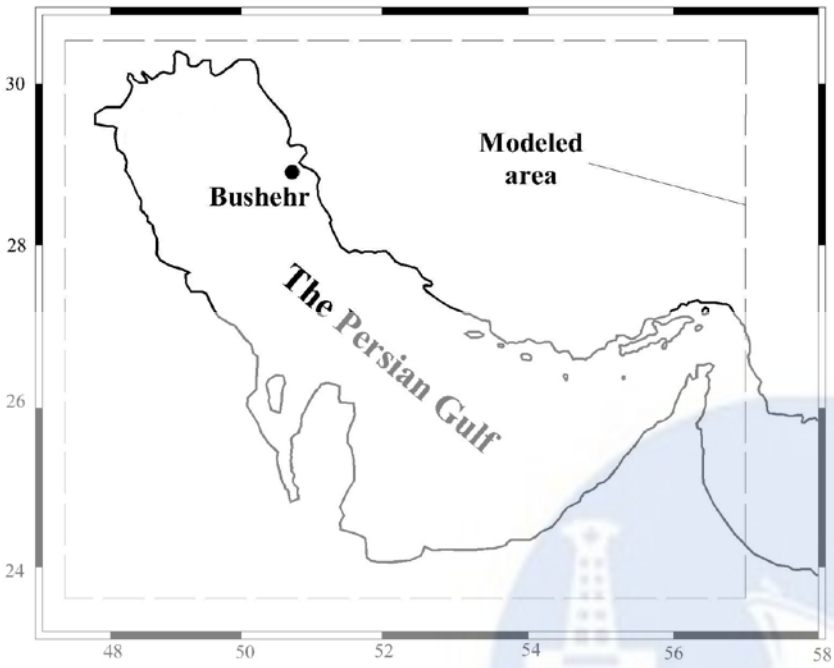
در ادامه در بخش ۲ محدوده مورد مطالعه و داده های مورد استفاده ارائه شده‌اند. پس از آن در بخش ۳ مدل عددی SWAN و روش پیش‌بینی خطا توضیح داده شده است. در ادامه و در بخش ۴ نتایج پژوهش ارائه شده و در پایان در بخش ۵ خلاصه و نتیجه گیری آورده شده است.

محدوده مورد مطالعه و داده های مورد استفاده

خلیج فارس که در جنوب غربی قاره آسیا واقع شده است، حوضچه ای نیمه بسته و شاخه ای از اقیانوس هند در محدوده طول جغرافیایی ۴۸ تا ۵۷ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۴ تا ۳۰ درجه شمالی است (شکل ۱). این دریا از طریق تنگه هرمز به دریای عمان متصل می‌شود. مساحت خلیج فارس در حدود ۲۲۶۰۰۰ کیلومتر مربع و طول آن تقریبا ۹۹۰ کیلومتر است. عرض خلیج فارس نیز مابین حدود ۶۰ تا ۳۴۰ کیلومتر متغیر است که ایران را از شبه جزیره عربی جدا می‌سازد. عمق میانگین خلیج فارس حدود ۳۵ متر است که در عمیق‌ترین نقاط به حدود ۱۰۰ متر هم می‌رسد [۱۲].

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱) خلیج فارس، محدوده شبیه سازی و موقعیت ایستگاه اندازه گیری بوشهر

در مطالعه کنونی برای ارزیابی نتایج مدل از داده های اندازه گیری شده در منطقه بوشهر در نقطه ای با مختصات طول جغرافیایی ۵۰/۷ درجه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۸/۹ درجه شمالی استفاده شده است (شکل ۱). عمق آب در محل ثبت داده‌ها حدود ۲۷ متر بوده است. داده های اندازه گیری شده فاصله زمانی ابتدای فوریه ۱۹۹۵ تا ۳۱ دسامبر ۱۹۹۶ را پوشش می‌دهند. به منظور ارزیابی روش پیش‌بینی خطا، این داده‌ها به صورت تصادفی به ۳ دسته آموزش (۶۰ درصد)، آزمایش (۲۰ درصد) و صحت سنجی (۲۰ درصد) تقسیم بندی شده‌اند.

داده های باد مورد استفاده برای ورودی مدل عددی موج، اطلاعات خروجی مدل هواشناسی ECMWF با گام زمانی ۶ ساعت و درشت نمـایی مکانی ۰/۵ درجه بوده‌اند.

مدل عددی SWAN و ابزار پیش‌بینی خطا

در این مطالعه برای شبیه‌سازی امواج در خلیج فارس مدل طیفی عددی نسل سوم SWAN [۱۱] به کار گرفته شده است. SWAN یک مدل طیفی عددی پیش‌بینی موج است که از طیف چگالی کنش موج (به جای طیف چگالی انرژی) برای شبیه سازی امواج استفاده می‌کند. در حضور جریان‌های دریایی بقای چگالی کنش موج برقرار است. چگالی کنش از تقسیم چگالی انرژی بر بسامد نسبی به دست می‌آید:

$$N(\sigma,\theta) = E(\sigma,\theta) / \sigma \qquad (۱)$$

بسامد نسبی (σ) و جهت موج (θ) در معادله فوق متغیرهای مستقل هستند. در مدل عددی SWAN تغییرات طیف موج در مکان (x,y) و زمان (t) توسط معادله تعادل کنش طیفی بیان می‌شود [۱۱]. در مطالعه کنونی از نسخه ۴۰٫۷۲ این مدل برای شبیه سازی امواج استفاده شده است. مدل SWAN در حالت غیر ایستای زمانی و تحت مختصات کروی اجرا شده است. برای در نظر گرفتن انرژی ورودی باد از روابط Komen [۱۳] استفاده شده است. در شبیه سازی‌های انجام شده اندرکنش چهارگانه امواج، اصطکاک بستر، سفیدک راس موج و شکست موج ناشی از کاهش عمق هم در نظر گرفته شده‌اند. فضای جغرافیایی به ۱۶۰×۲۰۰ مش محاسباتی با ابعاد ۰٫۰۵ درجه در جهات x و y در کل خلیج فارس تقسیم بندی شده است. فضای طیفی نیز به ۲۰ قسمت لگاریتمی در محدوده ۰٫۰۶ تا ۱ هرتز و ۲۴ درجه هم اندازه در کل ۳۶۰ درجه ($\Delta\theta=360/24=15$) تقسیم بندی شده است. این بدین معنی است که کمترین دوره تناوب در نظر گرفته شده ۱ ثانیه و بیشترین آن حدود ۱۷ ثانیه است که به خوبی محدوده امواج در خلیج فارس را پوشش می‌دهد. گام زمانی محاسبات ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شده است.

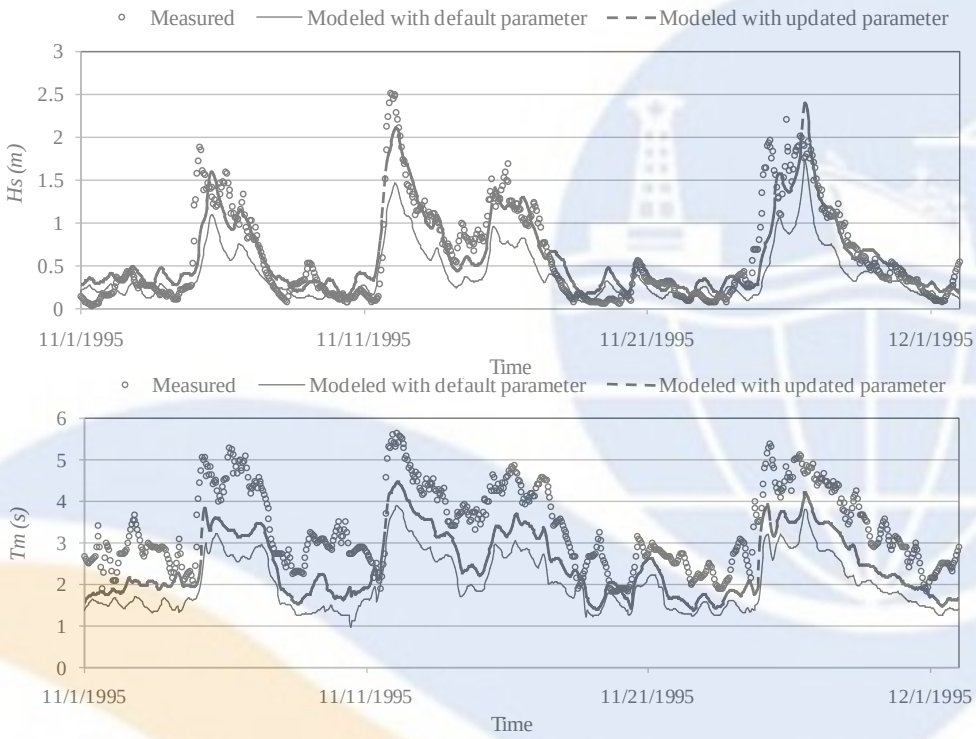
در دهه های اخیر شبکه های عصبی مصنوعی به طور گسترده ای در زمینه های مرتبط با مهندسی دریا به ویژه شبیه سازی امواج ناشی از باد به کار گرفته شده‌اند [۱۵-۱۴]. در مطالعه کنونی از یک شبکه عصبی دو لایه پیش خور برای پیش‌بینی خطای امواج شبیه سازی شده استفاده شده است. برای انتخاب ورودی شبکه‌ها، پارامترهای مختلفی مد نظر قرار گرفته است. شبکه های مختلف با ورودی مختلف ساخته شده و بهترین نتایج مد نظر قرار گرفته‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

برای ارزیابی نتایج مدل و رویکرد تدقیق آنها، ابتدا همه ضرایب مدل در حالت پیش فرض در نظر گرفته شده و نتایج خروجی مدل بررسی شده‌اند. شکل ۲ نتایج شبیه سازی ارتفاع و دوره تناوب امواج را در مقایسه با مقادیر اندازه گیری شده برای یک ماه انتخابی نشان می‌دهد. همان‌گونه که در این شکل مشاهده می‌شود امواج مرتفع عمدتا به دلیل دست پایین بودن داده های باد ورودی برای مقادیر طوفانی [۱۶] دست پایین پیش‌بینی می‌شوند. دوره تناوب امواج هم در بیشتر موارد کمتر از مقادیر اندازه گیری شده پیش‌بینی شده‌اند. برای ارزیابی کمی نتایج مدل، در جدول ۱ شاخص‌های آماری شبیه سازی امواج شامل پارامتر انحراف (Bias)، جذر میانگین مربع خطاها (RMSE)، شاخص پراکندگی (Scatter Index) و ضریب همبستگی (R^2) ارائه شده‌اند. چنانچه در این جدول مشاهده می‌شود رفتار مدل در شبیه سازی ارتفاع و دوره تناوب یکسان نبوده و میزان دست پایین بودن دوره تناوب بسیار بیشتر از ارتفاع امواج است. این مساله ناشی از روابط حاکم بر مدل‌های طیفی عددی [۱۸-۱۷] است.



شکل ۲) سری زمانی ارتفاع و دوره تناوب امواج شبیه‌سازی شده (در حالت ضرایب پیش فرض و واسنجی شده) و اندازه‌گیری شده در یک ماه انتخابی

جدول ۱) خلاصه شاخص های آماری پیش بینی ارتفاع و دوره تناوب امواج در حالات بررسی شده برای ایستگاه بوشهر

پارامتر موج	شاخص آماری	ضرایب پیش فرض	ضرایب واسنجی شده	همگون سازی با شبکه عصبی مصنوعی
ارتفاع موج	*Bias* (m)	-۰,۰۶	۰.۱۶	۰,۰۰
	RMSE (m)	۰,۲۹	۰.۳۵	۰,۰۹
	Scatter Index (%)	٦٥,١٩	٧٨,٧	٢٠,٢٠
	R^2	۰,٤٢	۰,٤٥	۰,٩٤
دوره تناوب موج	*Bias* (s)	-۰,۹۸	-۰.۵۹	۰,۰۰
	RMSE (s)	١,١٣	۰.٨٠	۰,٢٢
	Scatter Index (%)	٣٧,٨٤	٢٦,٩١	١٧,٤٠
	R^2	۰,٤٢	۰,٤٧	۰,٩١

پس از ارزیابی مدل، پارامترهای مدل برای دست یابی به بهترین نتایج واسنجی شده‌اند. در این مرحله از ضریب سفیدک راس موج برای واسنجی مدل استفاده شده است. حساسیت سنجی‌های انجام شده نشان می‌دهد که تغییر سایر ضرایب تاثیری بر نتایج مدل در نقطه بوشهر

www.SID.ir

Archive of SID

ندارد. در شکل ۲ سری زمانی ارتفاع و دوره تناوب امواج با ضرایب واسنجی شده نیز نشان داده شده‌اند. چنانچه در این شکل مشاهده می‌شود واسنجی ضرایب مدل منجر به همخوانی بهتر مقادیر شبیه سازی شده و اندازه گیری شده ارتفاع موج به ویژه برای امواج مرتفع شده است. با این وجود همچنان یکسری ناهمخوانی بین مقادیر شبیه سازی شده و اندازه گیری شده وجود دارد به طوری که امواج کم ارتفاع کمی دست بالا پیش‌بینی شده‌اند. این مساله به دلیل ماهیت متوسط گیری شده داده های باد ورودی مدل و شیوه تاثیر ضریب سفیدک راس موج بر روی نتایج خروجی مدل است. نکته قابل توجه این است که دوره تناوب امواج پس از واسنجی ضرایب نیز همچنان دست پایین پیش‌بینی می‌شوند. این مورد در شاخص‌های آماری ارائه شده در جدول ۱ نیز خود را نشان می‌دهد. این نتایج نشان می‌دهند که به دلیل تفاوت دقت نتایج مدل عددی در پیش‌بینی ارتفاع و دوره تناوب امواج، واسنجی ضرایب مدل منجر به تدقیق نتایج شبیه سازی در مورد یک پارامتر می‌شود. به عبارت دیگر از طریق واسنجی ضرایب مدل عددی نمی‌توان همه پارامترهای خروجی را به طور همزمان تدقیق نمود. از طرف دیگر در مورد یک پارامتر هم واسنجی ضرایب می‌تواند تا حد مشخصی منجر به تدقیق نتایج شود که این موضوع متاثر از کیفیت داده های باد ورودی مدل است. این نتایج لزوم استفاده از روش‌های دیگری همچون پیش‌بینی خطا برای همگون سازی نتایج خروجی و تدقیق آنها را نشان می‌دهد.

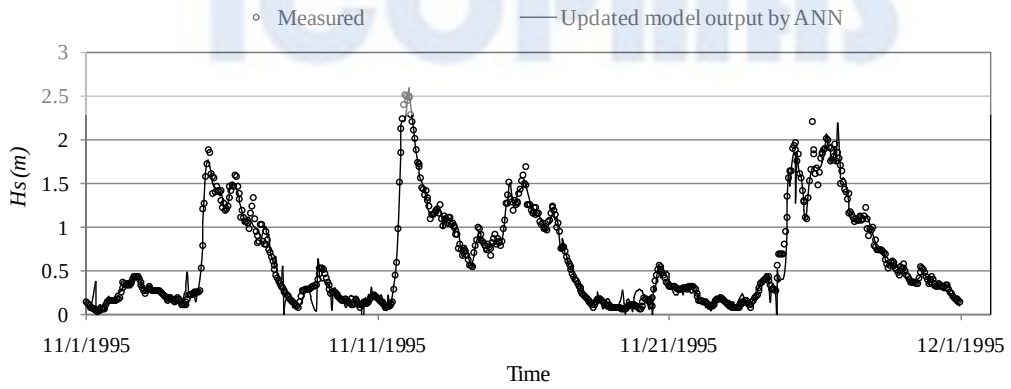
در ادامه از رویکرد پیش‌بینی خطا و اصلاح متغیرهای خروجی (ارتفاع و دوره تناوب) برای تدقیق نتایج استفاده می‌شود. در این رویکرد خطای شبیه سازی ارتفاع و دوره تناوب امواج به طور جداگانه با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی تخمین زده شده و با نتایج خروجی مدل عددی ترکیب می‌شوند. اگر X پارامتر موج (ارتفاع یا دوره تناوب) باشد، خطای پیش‌بینی این پارامترها ($E_{modeled}$) توسط مدل عددی به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$E_{modeled} = X_{measured} - X_{modeled} \quad (۲)$$

در رابطه فوق $X_{modeled}$ خروجی مدل عددی و $X_{measured}$ مقدار متناظر اندازه‌گیری شده می‌باشد. اکنون چنانچه بتوان مقدار $E_{modeled}$ را با استفاده از ابزار مناسبی تخمین زد، مقدار تدقیق شده پارامتر امواج ($X_{modified}$) از رابطه زیر به دست می‌آید:

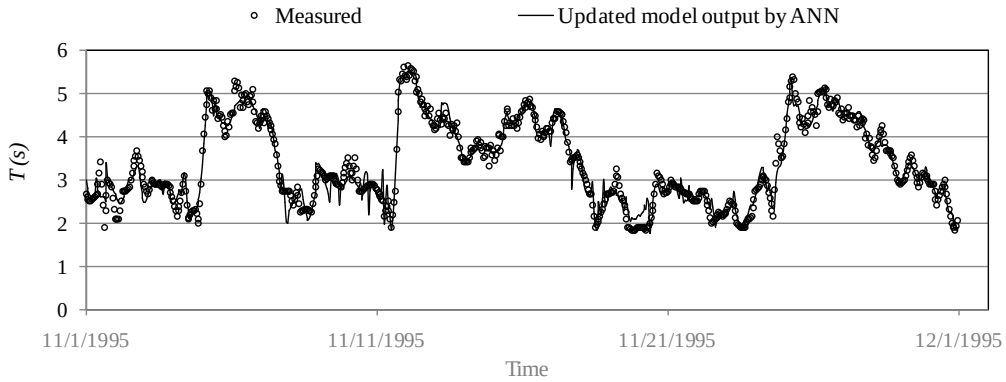
$$X_{modified} = X_{modeled} + E_{predited} \quad (۳)$$

در رابطه فوق $E_{predited}$ خطای پیش‌بینی پارامترهای موج است که توسط شبکه عصبی مصنوعی محاسبه می‌شود. برای تعیین بهترین پارامترهای ورودی و نیز مناسبترین توپولوژی شبکه، انواع مختلف شبکه و ورودی‌های مختلف انتخاب شده و بهترین آنها انتخاب گردید. برای تعیین ورودی‌های شبکه، سرعت، جهت و تداوم وزش باد، سرعت برشی باد، ارتفاع، دوره تناوب و جهت امواج مدل شده بررسی گردیدند. نتایج به دست آمده نشان داد که بهترین ورودی‌ها برای شبکه عصبی تخمین خطای ارتفاع موج، شامل سرعت باد، جهت باد، تداوم باد و ارتفاع موج مدل شده می‌باشند. برای شبکه عصبی تخمین خطای دوره تناوب امواج، ارتفاع موج مدل شده با دوره تناوب مدل شده جایگزین گردید. قابل ذکر است که مشخصات امواج شبیه‌سازی شده توسط مدل عددی (ارتفاع و دوره تناوب) نقش مهمی در فرآیند پیش‌بینی خطا ایفا کرده و باعث بهبود عملکرد شبکه‌ها می‌شوند. به عبارت دیگر مقدار خطای شبیه‌سازی پارامترهای موج توسط مدل عددی، تابعی از مقدار خود پارامتر شبیه‌سازی شده نیز هست که علت این موضوع می‌تواند دینامیک سیستم باد – موج و مدل سازی دراگ در لایه سطحی (اندرکنش امواج و باد و تاثیر زبری سطح دریا در اثر ارتفاع امواج بر روی انتقال انرژی از باد به موج) باشد. از طرف دیگر امواج حاصل تاثیر تجمعی باد در زمان و مکان هستند که این موضوع هم می‌تواند از دلایل تاثیر چشمگیر مقادیر شبیه سازی شده موج در فرآیند تخمین خطا باشد [۱۹].



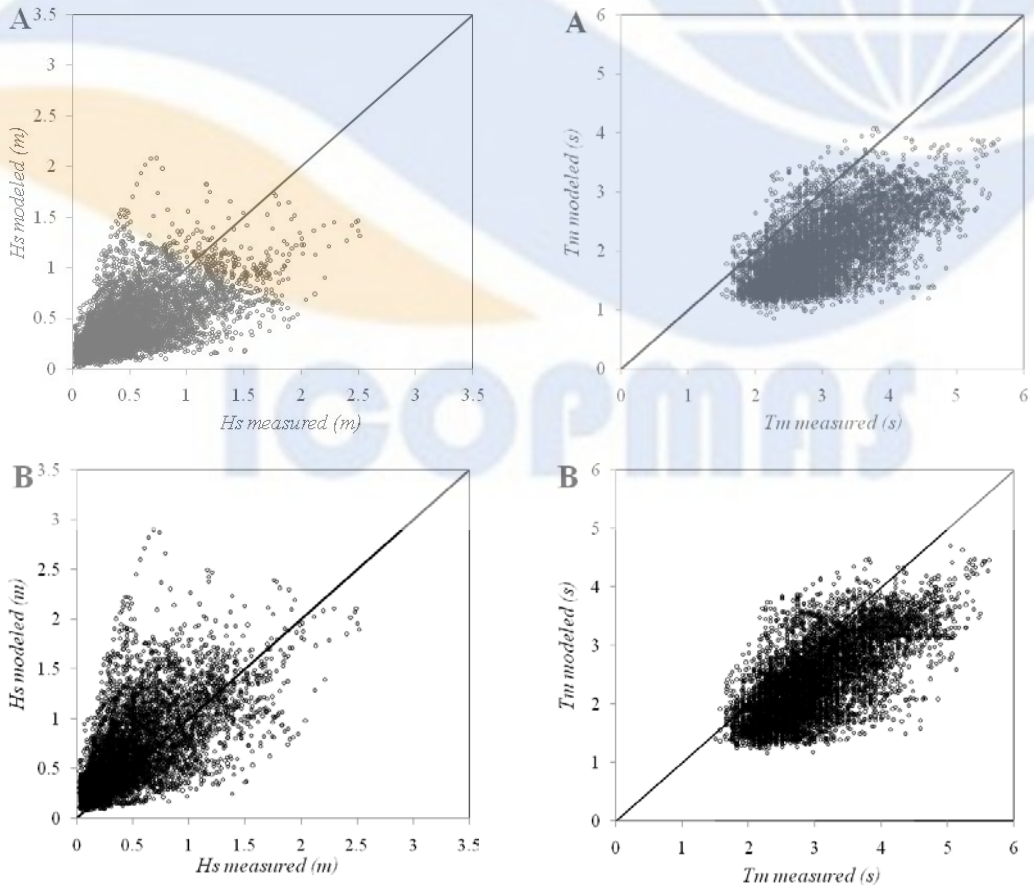
www.SID.ir

Archive of SID



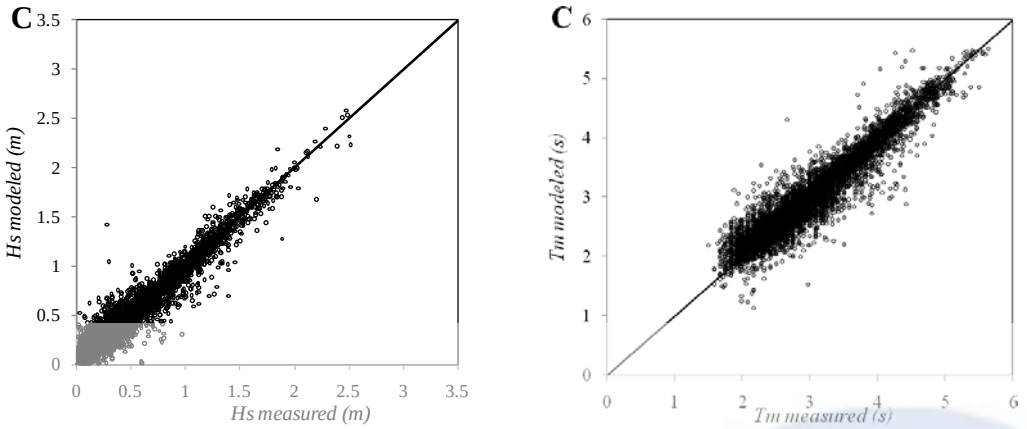
شکل ۳) سری زمانی ارتفاع و دوره تناوب اصلاح شده امواج و مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه بوشهر

شکل ۳ سری زمانی ارتفاع و دوره تناوب امواج ثبت شده و اصلاح شده را نشان می‌دهد. چنانچه در شکل ۳ مشاهده می‌شود نتایج به دست آمده از راه پیش‌بینی خطا و تلفیق آن با خروجی مدل عددی همخوانی بسیار مناسبی با مقادیر اندازه‌گیری شده دارند. بر خلاف روش‌های معمول همگون سازی (واسنجی ضرایب) همه محدوده امواج ثبت شده تدقیق می‌گردند و روش اصلاح محدود به بازه خاصی از پارامترها نمی‌باشد. افزون بر این با این روش هم ارتفاع و هم پریود امواج با دقت بسیار مناسبی پیش‌بینی می‌شوند. شاخص‌های آماری ارائه شده در جدول ۱ هم نشان دهنده نتایج مناسب رویکرد اتخاذ شده برای تدقیق نتایج است. علاوه بر این در شکل ۴ نمودارهای پراکندگی ارتفاع و دوره تناوب امواج در حالات مختلف شبیه سازی ارائه شده است. چنانچه در این شکل دیده می‌شود پراکندگی داده‌ها در رویکرد دوم بسیار کمتر از حالات قبل است. در انتها متذکر می‌شود که گام بعدی فرآیند همگون سازی پس از پیش‌بینی خطا در نقاط گسسته مشاهداتی، توزیع نمودن این خطا در محدوده محاسباتی و تدقیق نتایج پیش‌بینی موج در سایر نقاط شبکه است. نتایج این مرحله نیز نشان دهنده بهبود نتایج شبیه سازی در سایر نقاط شبکه است. برای اطلاعات بیشتر می‌توان به گزارش‌های تهیه شده در پژوهشکده حمل و نقل [۲۰] مراجعه نمود.



www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤) نمودار پراکندگی ارتفاع (سمت چپ) و دوره تناوب (سمت راست) در ایستگاه بوشهر در حالات ضرایب پیش فرض مدل (A)، ضرایب واسنجی شده (B) و تدقیق شده از راه پیش‌بینی خطا (C)

خلاصه و نتیجه گیری

نتایج به دست آمده در این مطالعه نشان داد که راهکار مبتنی بر پیش‌بینی خطا و تلفیق آن با مقادیر شبیه‌سازی اولیه منجر به بهبود چشمگیر نتایج پیش‌بینی امواج می‌گردد. با استفاده از این روش هم می‌توان ارتفاع امواج و هم دوره تناوب آنها را با دقت مناسبی پیش‌بینی نمود. همچنین تمامی محدوده‌های ارتفاع و دوره تناوب امواج با دقت مناسبی پیش‌بینی می‌گردند. این رویکرد توانایی تمایز بین شرایط مختلف اقلیمی امواج را داشته و این تفاوت را در پیش‌بینی خطا لحاظ می‌نماید.

تشکر و قدردانی

در انتها از موسسه ملی اقیانوس شناسی، سازمان هواشناسی کشور و سازمان نقشه برداری برای در اختیار قرار دادن داده های مورد استفاده قدردانی می‌شود. گفتنی است این پژوهش توسط پژوهشکده حمل و نقل و طی پروژه شماره ۸۹B۸T۸P۰۹ (توسعه یک روش ترکیبی برای پیش‌بینی امواج در خلیج فارس) حمایت و پشتیبانی شده است که از تمامی عوامل دخیل در پروژه تشکر و قدردانی می‌گردد.

مراجع

[۱] Komen GJ, Cavaleri L, Donelan M, Hasselmann K, Hasselmann S, Janssen PAEM (۱۹۹٤) Dynamics and modelling of ocen waves. Cambridge University Press, Cambridge

[۲] Cavaleri L, Bertotti L (۲۰۰٤) Accuracy of the modelled wind and wave fields in enclosed seas. Tellus, Series A: Dynamic Meteorology and Oceanography ٥٦ (۲):١٦٧-١٧٥. doi:١٠,١١١١/j.١٦٠٠-٠٨٧٠,٢٠٠٤,٠٠٠٤٢.x

[۳] Signell RP, Carniel S, Cavaleri L, Chiggiato J, Doyle JD, Pullen J, Sclavo M (۲۰۰٥) Assessment of wind quality for oceanographic modelling in semi-enclosed basins. Journal of Marine Systems ٥٣:٢١٧– ٢٣٣. doi:١٠,١٠١٦/j.jmarsys.٢٠٠٤,٠٣,٠٠٦

[٤] Kantha LH, Clayson CA (۲۰۰۰) Numerical models of oceans and oceanic processes. Academic Press, California

[٥] Babovic V, Sannasiraj SA, Chan ES (۲۰۰٥) Error correction of a predictive ocean wave model using local model approximation. Journal of Marine Systems ٥٣ (١-٤):١-١٧. doi:١٠,١٠١٦/j.jmarsys.٢٠٠٤,٠٥,٠٢٨

[٦] Refsgaard JC (۱۹۹۷) Validation and intercomparison of different updating procedures for real-time forecasting. Nordic Hydrology ٢٨ (٢):٦٥-٨٤. doi:١٠,٢١٦٦/nh.١٩٩٧,٠٠٥

[۷] Babovic V, Canizares R, Jensen HR, Klinting A (۲۰۰۱) Neural networks as routine for error updating of numerical models. Journal of Hydraulic Engineering ١٢٧ (٣):١٨١-١٩٣. doi:١٠,١٠٦١/(ASCE)٠٧٣٣-٩٤٢٩(٢٠٠١)١٢٧:٣(١٨١)

[۸] Emmanouil G, Galanis G, Kallos G (۲۰۱۰) A new methodology for using buoy measurements in sea wave data assimilation. Ocean Dynamics ٦٠ (٥):١٢٠٥-١٢١٨. doi: ١٠,١٠٠٧/s١٠٢٣٦-٠١٠-٠٣٢٨-٩

[۹] Sannasiraj SA, Babovic V, Chan ES (۲۰۰٥) Local model approximation in the real time wave forecasting. Coastal Engineering ٥٢ (٣):٢٢١-٢٣٦. doi:١٠,١٠١٦/j.coastaleng.٢٠٠٤,١٢,٠٠٤

[۱۰] Zhang Z, Li CW, Qi Y, Li YS (۲۰۰٦) Incorporation of artificial neural networks and data asssimilation techniques into a third-generation wind-wave model for wave forecasting. Journal of Hydroinformatics ٨ (١):٦٥-٧٦. doi:١٠,٢١٦٦/jh.٢٠٠٦,٠٠٥

[۱۱] Booij, N., R. C. Ris and L. H. Holthuijsen (۱۹۹۹). "A third-generation wave model for coastal regions ١. Model

www.SID.ir

Archive of SID

description and validation." Journal of Geophysical Research C: Oceans ١٠٤(C٤): ٧٦٤٩-٧٦٦٦.

[١٢] Emery KO (١٩٥٦) Sediments and water of the Persian Gulf. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists ٤٠ (١٠):٢٣٥٤–٢٣٨٣

[١٣] Komen GJ, Hasselmann S, Hasselmann K (١٩٨٤) On the existence of a fully developed windsea spectrum. Journal of Physical Oceanography ١٤ (٨):١٢٧١-١٢٨٥. doi:١٠,١١٧٥/١٥٢٠-٠٤٨٥(١٩٨٤)٠١٤<١٢٧١:oteoaf>٢,٠.co;٢

[١٤] Agrawal JD, Deo MC (٢٠٠٢) On-line wave prediction. Marine Structures ١٥ (١):٥٧-٧٤. doi:١٠,١٠١٦/S٠٩٥١-٨٣٣٩(٠١)٠٠٠١٤-٤

[١٥] Makarynskyy O, Pires-Silva AA, Makarynska D, Ventura-Soares C (٢٠٠٥) Artificial neural networks in wave predictions at the west coast of Portugal. Computers & Geosciences ٣١ (٤):٤١٥-٤٢٤. doi:١٠,١٠١٦/j.cageo.٢٠٠٤,١٠,٠٠٥

[١٦] Moeini MH, Etemad-Shahidi A, Chegini V (٢٠١٠) Wave modeling and extreme value analysis off the northern coast of the Persian Gulf. Applied Ocean Research ٣٢ (٢):٢٠٩-٢١٨. doi:١٠,١٠١٦/j.apor.٢٠٠٩,١٠,٠٠٥

[١٧] Lin W, Sanford LP, Suttles SE (٢٠٠٢) Wave measurement and modeling in Chesapeake Bay. Continental Shelf Research ٢٢ (١٨–١٩):٢٦٧٣-٢٦٨٦. doi:١٠,١٠١٦/S٠٢٧٨-٤٣٤٣(٠٢)٠٠١٢٠-٦

[١٨] Moeini MH, Etemad-Shahidi A (٢٠٠٧) Application of two numerical models for wave hindcasting in Lake Erie. Applied Ocean Research ٢٩ (٣):١٣٧-١٤٥. doi:١٠,١٠١٦/j.apor.٢٠٠٧,١٠,٠٠١

[١٩] Cavaleri L, Bertotti L (١٩٩٧) In search of the correct wind and wave fields in a minor basin. Monthly Weather Review ١٢٥ (٨):١٩٦٤-١٩٧٥. doi:١٠,١١٧٥/١٥٢٠-٠٤٩٣(١٩٩٧)١٢٥<١٩٦٤:isotcw>٢,٠.co;٢

[٢٠]- پژوهشکده حمل نقل، (١٣٩٠) توسعه یک روش ترکیبی برای پیش‌بینی امواج در خلیج فارس، کد پروژه: ٨٩B٨T٨P٠٩، گزارش مرحله سوم

www.SID.ir

Archive of SID

Error Prediction and Correction of Simulated Wave Data in Persian Gulf in Different Climatic Conditions

M. H. Moeni
Iran University of Science and Technology
Mhmoeini@iust.ac.ir

A. E. Shahidi
Professor, Iran University of Science and Technology
Etemad@iust.ac.ir

V. Chegini
Assistant professor, Oceanography National Institute
V_chegini@inio.ac.ir

I. Rahmani
Assistant professor, Transportation Research Institute
Rahmani@rahiran.ir

M. Moghadam
Transportation Research Institute
Moghadam@rahiran.ir

Abstract:

The waves resulted by wind are the most important environmental factors in the marine engineering projects. In most regions, because of shortage of waves measured data, the predicted data is used for defining wave's climate. Today, waves spectral numerical models has turned to most practical tool for forecasting wind generated waves. Nevertheless, the results of these models involve some errors. Thus, the output of spectral numerical models should be corrected based on field data. The new approach applied on the present study for correction of output variable result of numerical model in computational range is prediction of parameters errors in discrete points and distribution of this error in computational range. For this purpose, the primary wave simulation was done (using the third generation of spectral numerical model, SWAN) in the Persian Gulf and the simulation result was compared to the field data. Comparison of the results with measured values in Bushehr spot shows that the predicted waves height and period and the error value of height and period prediction are different. Moreover, the wave's direction has been simulated precisely. After primary waves simulation, the parameter change method was applied to lower the error of output result. The results at this stage show that the parameter change for refining the results has its own limitations. The new approach applied for correction of output variable results in numerical model in computational range is prediction of parameter errors in observatory discrete points and mixing them with simulated values. In this method, the error value of height and period prediction in wave's measurement points was estimated

www.SID.ir

Archive of SID

separately. The results show that using this method, both wave's height and period will be predicted with high precision. This approach has the capability of discriminating between various climatic conditions and considers these differences in error prediction. This article is the result of a research done in the Transportation Research Institute with the title of "development of a combinational method for wave's prediction in Persian Gulf".

Key words: Persian Gulf, data homogenizing, wave prediction, spectral model, SWAN

www.SID.ir