



# اعتبار روشهای پیرسون مسکوویچ و جان سواپ و SPM در برآورد ارتفاع

## امواج منطقه بوشهر

حامد عباسی<sup>۱</sup> محمد جواد کتابداری<sup>۲</sup>

بندرعباس، دانشگاه هرمزگان، مدیریت تحصیلات تکمیلی

Hmd\_Abbasi@yahoo.com

### چکیده

امواج ثقیلی در دریا تحت اثر تنش برشی باد ایجاد و به فواصل دور انتشار می یابند. این امواج مهمترین عامل وارد کننده نیرو به سازه های ساحلی و فراساحلی بوده لذا مطالعه و پیش بینی آنها از اهمیت ویژه ای نزد مهندسين دریایی برخوردار است.

در این تحقیق ابتدا آمار باد و امواج منطقه بوشهر از سازمان هواشناسی و سازمان بنادر و کشتیرانی تهیه گردیده است. سپس ارتفاع امواج با استفاده از روشهای طیفی پیرسون مسکوویچ و جان سواپ و همچنین روش SPM (SMB اصلاح شده) برآورد شده است. در این بررسی ضرایب مورد نیاز برای تبدیل سرعت باد به مقادیر مورد استفاده در روابط با توجه به آیین نامه حفاظت سواحل آمریکا تعیین گردید. ارتفاع امواج اندازه گیری شده توسط پلات فرم نصب شده در منطقه بوشهر با ارتفاع محاسبه شده از هر کدام یک از روشهای فوق به روشهای آماری مناسب مورد تجزیه و تحلیل و مقایسه قرار گرفت. طیفهای محاسباتی جانسواپ و پیرسون مسکوویچ با طیف حاصل از اندازه گیریهای پروفیل سطح آب مقایسه شدند. اهمیت اثر طول حوزه بادگیر در تغییر طیف موج بدست آمده در روش جان سواپ مورد بررسی قرار گرفت.

<sup>۱</sup> فارغ التحصیل رشته سازه های دریایی دانشگاه هرمزگان

<sup>۲</sup> عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی کشتی سازی و صنایع دریایی دانشگاه صنعتی امیر کبیر



ضریب  $\gamma$  که با توجه به تعریف، پیک انرژی طیف جان سواپ به پیک انرژی طیف پیرسون مسکوویچ است برای این منطقه تعیین شد. نتایج تحقیق نشان داد که اولاً روش SPM روشی مناسب برای تعیین ارتفاع امواج در منطقه بوده و ثانیاً روش طیفی جان سواپ روشی قابل اعتماد برای تعیین طیف منطقه می باشد.

## کلمات کلیدی: طیف پیرسون مسکوویچ- طیف جان سواپ- روش SPM - منطقه بوشهر

### ۱- مقدمه

امواج ثقیلی ناشی از باد با توجه به درصد وقوع و مقدار انرژی آنها از اهمیت ویژه ای در مهندسی سواحل، بنادر و سازه های دریایی برخوردار هستند. از جمله موارد استفاده اطلاعات این امواج در طراحی و اجرای سازه های دریایی، تعیین تراز آب دریا و فشار و نیروی وارده از سوی آنها بر سازه های دریایی، تخمین میزان حمل و نقل رسوبات در یایی و بر آورد فرسایش و رسوب گذاری ایجاد شده پای این سازه ها می باشد. توجه به این نکته که اندک تغییر در ارتفاع امواج می تواند موجب کاهش یا افزایش چشمگیر هزینه ها گردد می تواند اهمیت پیش بینی مشخصه های امواج به گونه ای که حتی الامکان با واقعیت منطقه طرح سازگار باشد را روشن سازد. از موارد صدق این مطلب ارتباط مستقیم ارتفاع موج با انتخاب وزن قطعه سنگ در فرمول هودسن است بطوریکه وزن سنگ با توان سوم ارتفاع موج رابطه مستقیم دارد. این بدین معنی است که با افزایش ۳۰ درصدی ارتفاع موج، وزن سنگ انتخابی موج شکن تا دو برابر افزایش می یابد.

در حال حاضر طراحی سازه های دریایی بر اساس تحلیل دراز مدت موج در منطقه مورد نظر صورت می گیرد. در صورتیکه این داده ها برای یک دوره قابل توجه ثبت نشده باشند، می توان با بهره گیری از اطلاعات باد، که معمولاً به طور منظم در سازمان هوا شناسی ثبت می شود، مشخصه های موج را در منطقه مورد نظر پیش بینی کرد. دقیق ترین روش برای تعیین مشخصات امواج استفاده از روشهای عددی می باشد. جهت انجام این مهم نیاز به اطلاعات گسترده و دقیق هواشناسی و اطلاعات ماهواره ای همراه با برنامه های کامپیوتری پیچیده می باشد که بهره گیری از این روشها پر هزینه و در بسیاری از موارد غیر ممکن است. به این دلیل امروزه استفاده از مدل‌های ساده شده پیش بینی موج توسعه و بسط یافته است. این روابط و منحنیها برای اولین بار جهت پیش بینی مشخصه های امواج ناشی از باد در زمان جنگ جهانی دوم مطرح شدند و تا کنون در حال توسعه و تکامل بوده اند. کشور ما ایران با



داشتن کیلومترها مرز دریایی متاسفانه سابقه قابل توجهی در ثبت و مطالعه مشخصه های امواج دریا ندارد. در این تحقیق با بهره گیری از اطلاعات باد و موج اخذ شده از سازمان بنادر و کشتیرانی جمهوری اسلامی ایران و مقایسه این اطلاعات با مدل های پیش بینی امواج دریا سعی شده که به ابزاری با دقت قابل قبول جهت تعیین مشخصات امواج دست یافت.

## ۲ روش های ساده برای پیش بینی امواج

روش های پیش بینی امواج عمدتاً به سه دسته تجربی، نیمه تجربی و طیفی تقسیم می گردند:

### ۱-۲ مدل طیفی Pierson - Moskowitz

در این روش فرض میشود که مدت زمان تداوم وزش باد و طول بادگیر به حدی زیاد است که اجازه موازنه ثابت بین سرعت باد و ارتفاع امواج ایجاد می شود. اگر این فرض برقرار باشد، تمامی تغییرات بوسیله سرعت باد تعیین می شود (فرض موازنه بین سرعت و امواج ندرتاً در دریا ها و اقیانوسها مخصوصاً برای سرعت بالای باد رخ می دهد). این طیف لزوماً برای باد با سرعت ۲۰ تا ۴۰ گره دریایی بوده که شرایط موج کاملاً توسعه یافته را ایجاد می کند. (Pierson-Moskowitz, 1964) با آنالیز بر روی اطلاعات هوا شناسی، معادله تجربی زیر را برای طیف موج ارائه دادند:

$$S(f) = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} f^{-5} e^{-\beta \left(\frac{g}{2\pi w f}\right)^4} \quad (1)$$

$f$  فرکانس و  $\beta = 0.74$  عدد ثابت و  $\alpha = 0.0081$  عدد فیلیپس می باشد. در رابطه (۱-۲)  $w$  سرعت باد در تراز ۱۹/۵ متر اندازه گیری شده که سرعتی حدود ۵ تا ۱۰ درصد بالاتر از مقادیر استاندارد ۱۰ متر را نتیجه می دهد. (Ochi, 1982) با استفاده از تعمیم رابطه طیف پیرسون مسکوویچ به رابطه زیر دست یافت.

$$f_p = \frac{0.87}{2\pi w} \quad (2)$$

که در آن  $f_p$  فرکانس پیک موج است.

با استفاده از تعریف ارتفاع موثر امواج ( $H_s$ ) و پریود موج موثر ( $T_s$ ) می توان روابط زیر را برای محاسبه ارتفاع موج موثر و پریود موج موثر برای روش پیرسون موسکوویچ بدست آورد (Tucker, 1991):



$$H_s = 2\left(\frac{A}{B}\right)^{0.5} \quad A = \alpha g^2 (2\pi)^{-4} \quad , \quad B = -\beta \left(\frac{g}{2\pi w}\right) \quad (3)$$

$$T_s = 0.0751B^{-0.25} \quad (4)$$

## ۲-۲ مدل طیفی JONSWAP

این طیف از پروژه های تحقیقاتی دریای شمال که توسط آزمایشگاه های چهار کشور انجام شده ، حاصل گردیده است. با استفاده از نتایج اندازه گیری شده در این دریا Hasselman و همکاران (1973) نشان دادند که طیف رشد امواج را با توجه به سرعت باد ، طول بادگیر و مدت زمان تداوم وزش باد می توان بصورت روابط زیر بیان نمود :

$$S(f) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4 f^5} e^a \gamma^b \quad (5)$$

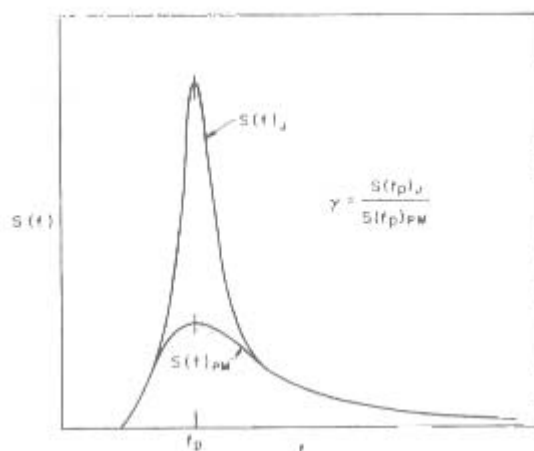
$$a = -\left[\left(\frac{5}{4}\right)\left(\frac{f_p}{f}\right)^4\right] \quad (6)$$

$$b = e^{-\left[\frac{(f-f_p)^2}{2\sigma^2 f_p^2}\right]} \quad (7)$$

$$\sigma = 0.07 \quad \text{If} \quad f < f_p$$

$$\sigma = 0.09 \quad \text{If} \quad f > f_p$$

$f_p$  فرکانس پیک طیف و  $\gamma$  و  $\sigma$  ضرایب ثابت هستند. این ضرایب ساده برای پروژه مشترک امواج دریای شمال به صورت زیر می باشد ( $\gamma = 3.3$ ).  $\gamma$  در واقع نسبت پیک انرژی طیف جان سواپ به پیک طیف پیرسون مسکوچ می باشد. این مقدار در شکل زیر نشان داده شده است .



شکل ۱ مقایسه طیفهای Jonswap و P-M



ضریب  $\alpha$  و فرکانس حداکثر  $f_p$  برای طیف جان سواپ عبارتند از :

$$\alpha = 0.076 \left( \frac{gF}{w^2} \right)^{-0.22} \quad (8)$$

$$f_p = \frac{3.5g}{w} \left( \frac{gF}{w^2} \right)^{-0.33} \quad (9)$$

که در آن  $F$  طول بادگیر بر حسب متر و  $w$  سرعت متوسط باد در ارتفاع ۱۹/۵ متری می باشد.

اطلاعات مورد استفاده در تشکیل این طیف برای شرایط باد با سرعت نسبتاً کم جمع آوری شده ولی داده های جمع آوری شده در سرعت های بالاتر باد (Rye, 1977) با این فرمول بندی طیف سازگاری خوبی نشان دادند. Mitsuyasu, (1980) با استفاده از آمار ثبت شده که در نزدیکی ژاپن جمع آوری شده بود، مقدار  $\gamma$  را بصورت زیر پیشنهاد کرد:

$$\gamma = 7 \left( \frac{gF}{w^2} \right)^{-0.143} \quad (10)$$

همچنین فرمولهای زیر را برای محاسبه ارتفاع مشخصه برای شرایط محدود کنندگی طول بادگیر و مدت زمان تداوم باد ارائه شد:

$$H_s = 0.0163 X^{1/2} U \quad (11)$$

$$H_s = 0.0146 D^{5/7} U^{9/7} \quad (12)$$

مقادیر بدست آمده در فرمولها نباید از مقادیر بدست آمده برای شرایط توسعه یافته تجاوز نماید. لذا مقادیر حداکثر طول بادگیر و زمان وزش باد را می توان بصورت زیر در نظر گرفت (Tucker, 1991):

$$X = 1.71 U_{10}^2 \quad (13)$$

$$D = 1.71 U_{10} \quad (14)$$

که در آن  $X$  طول بادگیر بر حسب کیلومتر،  $U_{10}$  سرعت باد در تراز ۱۰ متری بر حسب متر بر ثانیه و  $D$  مدت زمان تداوم وزش باد بر حسب ساعت می باشد. طی سالهای اخیر این طیف برای طراحی مهندسی و کارهای تجربی با موج نامنظم آزمایشگاهی، بیشترین استفاده را داشته است.



## ۳-۲ روش SPM

Bertchneider & Reid (1954) اثر اصطکاک و نفوذ پذیری کف دریا را در روش پیش بینی امواج در آب عمیق در نظر گرفتند. این اثرات توسط محققین دیگر در سال ۱۹۶۶ اصلاح شد و روش SMB اصلاح شده در آب کم عمق شکل گرفت. در این روش یک ضریب اصطکاک مناسب ( $F=0.01$ ) که بستگی به قضاوت طراح دارد، جهت کف دریا در نظر گرفته شده است. برای پیش بینی امواج در اعماق بین ۱۵ تا ۹۰ متری توان از معادلات زیر استفاده نمود:

$$\frac{gH}{U^2} = 0.283 \tanh \left[ 0.530 \left[ \frac{gd}{U^2} \right]^{0.75} \right] \tanh \left\{ \frac{0.0125 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{0.42}}{\tanh \left[ 0.530 \left[ \frac{gd}{U^2} \right]^{0.75} \right]} \right\} \quad (15)$$

$$\frac{gT}{2\pi U} = 1.2 \tanh \left[ 0.833 \left[ \frac{gd}{U^2} \right]^{0.375} \right] \tanh \left\{ \frac{0.077 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{0.25}}{\tanh \left[ 0.833 \left[ \frac{gd}{U^2} \right]^{0.375} \right]} \right\} \quad (16)$$

## ۳ تصحیح سرعت باد برای استفاده در فرمولهای پیش بینی امواج

جهت تبدیل سرعت باد از نات (knot) به متر بر ثانیه ضریب ۰/۵۱۱ اعمال می گردد. سپس اطلاعات باد برای استفاده در فرمولهای پیش بینی امواج ناشی از باد با اعمال ضرایب پنج گانه موجود در راهنمای کاربردی حفاظت از سواحل (SPM) اصلاح میشود. این اصلاحات به شرح زیر است:

## ۳-۱ ضریب اصلاح تراز اندازه گیری

ارتفاع باد اندازه گیری شده معمولا در تراز ۱۰ متری می باشد. برای استفاده از فرمول پیرسون موسکوویچ سرعت باد در تراز ۱۰ متری با استفاده از فرمول ذیل به تراز ۱۹/۵ متری تبدیل می شود:

$$U_z = U_{10} \left( \frac{z}{10} \right)^{1/7} \quad (17)$$

$$U_{19.5} = 1.1U_{10}$$



### ۲-۳ ضریب اصلاح تبدیل سرعت باد به میانگین سرعت باد در زمان معین

اطلاعات موجود در سازمان هواشناسی ایران مربوط به میانگین ۳ ساعت باد می باشد. از آنجایی که در فرمولهای پیش بینی امواج از سرعت میانگین استفاده میشود لذا این سرعتها نیاز به اصلاح برای استفاده در فرمولهای پیش بینی امواج ندارند.

### ۳-۳ اثر اختلاف دمای خشکی و ساحل

در این قسمت به علت نبود اطلاعات مربوط به اختلاف دمای بین آب و هوا، مقدار  $R_f$  برابر ۱/۱ در نظر گرفته شده است.

### ۳-۴ اثر اندازه گیری بر روی خشکی

اطلاعات در یافتی از بویه در یک مختصات جغرافیایی گرفته شده است و اطلاعات باد نیز در مختصات جغرافیایی دیگری و در تراز ۱۰ متری از سطح زمین اندازه گیری شده است. با توجه به اینکه این دو از هم دور بوده، در محاسبات از اثر فاصله مکانی صرف نظر شده است.

### ۳-۵ ضریب درگ

سرعت باد بوسیله فرمول  $U_A = 0.7U^{1.23}$  به تنش باد تبدیل شده است.

## ۴ محاسبه طول بادگیر و مدت وزش باد

برای بدست آوردن این مقادیر از تغییرات  $\pm 5Knot$  در سرعت باد و  $\pm 30$  درجه درجه در جهت باد صرف نظر شده است.

### ۴-۱ ترسیم طول بادگیر

طول بادگیر در زوایای ۳ درجه محاسبه شده و در دامنه ۳۰ درجه ای (۱۵ درجه در هر طرف شعاع) فاصله از آن میانگیری شده است و به صورت ۳۰ درجه گزارش شده است.

### ۴-۲ مدت زمان وزش

تخمین زمان تداوم وزش باد از مهمترین داده های مورد نیاز برای پیش بینی مشخصه های امواج می باشد. نتایج محاسبه شده، مخصوصا برای بادهای با مدت زمان وزش کم و سرعت بالا به تغییرات جزئی در مدت زمان وزش باد حساس می باشند. بنابر این روش مناسب برای تعیین مدت زمان وزش باد، استفاده از اطلاعات باد، زمانی که به صورت ثابت می وزد می باشد. سرعت باد نیز از میانگین گیری های سرعت باد در این مدت ثابت بدست می آید.



البته باید توجه داشت در هنگام طوفانها و تندرهای شدید نمی توان از میانگین گیری برای بدست آوردن مدت زمان وزش استفاده کرد که خوشبختانه این شرایط کمتر در خلیج فارس روی می دهد.

#### ۳-۴ محاسبه عمق آب برای استفاده در فرمولهای پیش بینی امواج

برای این منظور احتیاج به نقشه هیدرو گرافی خلیج فارس می باشد . با داشتن این نقشه عمق متوسط آب در طول بادگیر محاسبه می شود . این میانگین گیری به صورت وزنی انجام می گیرد. در انتها این عمق مورد استفاده در پیش بینی امواج در نظر گرفته می شود.

#### ۵ ارزیابی مدل های پیش بینی امواج

اکثر این روشها نیمه تجربی بوده و با یکدیگر تفاوت دارند. لذا به منظور تعیین مناسب ترین روش پیش بینی امواج در این منطقه، ضروری است این روشها با یکدیگر مقایسه و نتایج حاصله در مورد آبهای خلیج فارس مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرند. برای ارزیابی این مدلها از فرمول خطای جذرم توسط مربعات که توسط Sabkaya (1976) برای مقایسه در صد خطا بکار برده می شود استفاده شده است:

$$\varepsilon = \left( \frac{\sum (F_{measured} - F_{cal})^2}{\sum (F_{measured})^2} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (18)$$

در روشهای طیفی پیرسون مسکوویچ و جان سواپ با داشتن شکل طیف میتوان از مساحت زیر طیف  $m_0$  را محاسبه کرد و سپس با استفاده از فرمول  $Hm_0 = 4\sqrt{m_0}$  ارتفاع مشخصه را محاسبه نمود. روش دیگر برای پیش بینی امواج استفاده از فرمولهای بخش ۲ می باشد. روش SPM نیز به کمک فرمولها و گرافها قادر است مشخصات امواج را پیش بینی نماید. در این تحقیق از فرمولهای بخش ۲ بدین منظور استفاده گردیده است. جهت وزش باد، مدت زمان وزش باد، طول بادگیر و عمق آب از بندهای ۱-۳، ۲-۳ و ۳-۴ بدست آمده اند. در نهایت ارتفاع مشاهداتی امواج و ارتفاع امواج محاسبه شده با هم مقایسه گردیده است.

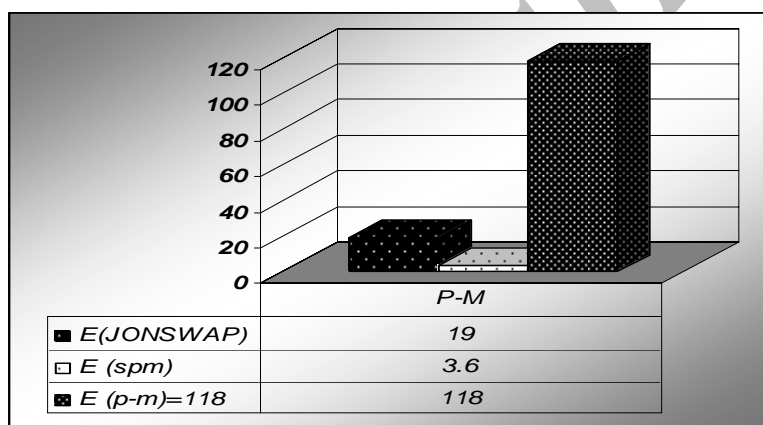


## ۶ ارزیابی آمار بوشهر

۱-۶ در این قسمت مقادیر میانگین محاسبه شده به روش پیرسون مسکوویچ و مقدار اندازه گیری شده توسط دستگاه موج نگار در شکل ۲ مقایسه شده است. این مقایسه درصد خطای زیادی را نشان می دهد (بیش از ۱۰۰ درصد) که نشان از نامناسب بودن روش پیرسون مسکوویچ برای پیش بینی مشخصات امواج در منطقه بوشهر می باشد:

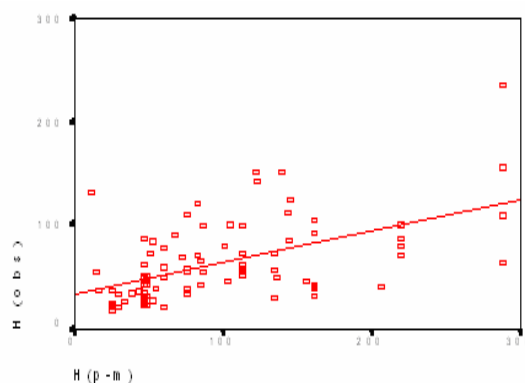
$$\varepsilon = \left( \frac{\sum (H_{obs} - H_{P-M})^2}{\sum H_{obs}^2} \right)^{\frac{1}{2}} = 1.18$$

در این رابطه  $H_{P-M}$  مقدار محاسبه شده امواج توسط روش پیرسون مسکوویچ و  $H_{obs}$  مقدار اندازه گیری شده توسط دستگاه موج نگار می باشد.



شکل ۲ خطاهای حاصل از اختلاف ارتفاع های محاسبه شده

حال چنانچه این دو مقدار برای اطلاعات اندازه گیری شده از روش پیرسون مسکوویچ و اطلاعات مشاهداتی در یک نمودار رسم شوند و بهترین خط از آنها عبور کند. مقدار ضریب برازش این خط  $0.0586$  بدست می آید (شکل ۳). مقدار این ضریب نیز نشان دهنده عدم سازگاری روش پیرسون مسکوویچ برای شرایط منطقه بوشهر می باشد.



شکل ۳ مقایسه بین ارتفاع امواج مشاهداتی و ارتفاع امواج محاسبه شده از روش پیرسون مسکوویچ  $R^2 = 0.058$

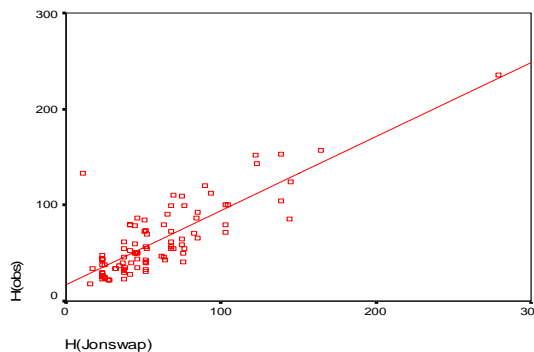


## ۲-۶ ارزیابی مدل طیفی جان سواپ

در این قسمت نیز با مقایسه بین مقادیر ارتفاع امواج محاسبه شده و مقادیر ارتفاع امواج اندازه گیری شده توسط دستگاه موج نگار خطای حاصل از این روش محاسبه شده است. مقایسه بین مقادیر اندازه گیری شده ارتفاع امواج و مقادیر حاصل از روش جان سواپ در شکل ۲ در صد خطای ۱۹٪ را بر اساس محاسبات زیر نشان می دهد.

$$\varepsilon = \left( \frac{\sum (H_{obs} - H_{JONSWAP})^2}{\sum H_{obs}^2} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.19$$

که در آن  $H_{JONSWAP}$  مقدار محاسبه شده امواج توسط روش جان سواپ می باشد. بنابراین استفاده از روش جان سواپ نیز نامناسب برای شرایط منطقه بوشهر است. حال چنانچه اطلاعات محاسبه شده از روش جان سواپ و اطلاعات مشاهداتی در یک نمودار رسم شده و بهترین خط دهنده از میان آنها رسم گردد مقدار ضریب برازش این خط ۰/۷۲۸ بدست می آید (شکل ۴). مقدار ضریب برازش و درصد خطای حاصل از این روش نشان دهنده سازگاری بهتر نتایج حاصل از روش جان سواپ نسبت به نتایج بدست آمده از روش پیرسون مسکوچ می باشد.



شکل ۴ مقایسه بین ارتفاع امواج مشاهداتی و ارتفاع محاسبه شده از روش جان سواپ ( $R^2 = 0.728$ )

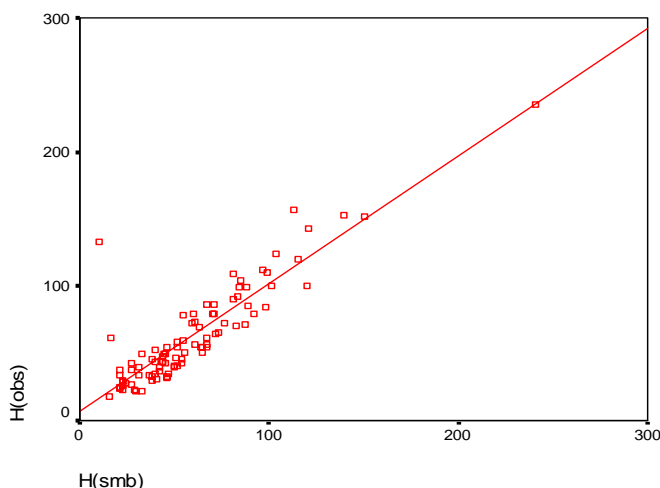
## ۳-۶ روش SPM

بامقایسه بین مقادیر میانگین اندازه گیری ارتفاع امواج و مقادیر حاصله از روش SPM در شکل ۲ مشاهده می شود که در صد خطای استفاده از این روش در شرایط منطقه بوشهر کم می باشد یعنی:

$$\varepsilon = \left( \frac{\sum (H_{obs} - H_{SPM})^2}{\sum H_{obs}^2} \right)^{\frac{1}{2}} = 0.036$$

که در آن  $H_{SPM}$  مقدار محاسبه شده امواج توسط روش SPM می باشد. حال چنانچه اطلاعات محاسبه شده از روش SPM و اطلاعات مشاهداتی در یک نمودار رسم شده و خط پوشش دهنده از آنها رسم گردد، مقدار ضریب برازش این خط  $0.78$  بدست می آید (شکل ۵).

مقدار این ضریب و در صد خطای حاصل از این روش نشان دهنده سازگاری بهتر روش SPM برای شرایط منطقه بوشهر می باشد.



شکل ۵ مقایسه بین امواج مشاهداتی و ارتفاع امواج محاسبه شده از روش SPM ( $R^2 = 0.78$ )

## ۷ مقایسه بین روشها

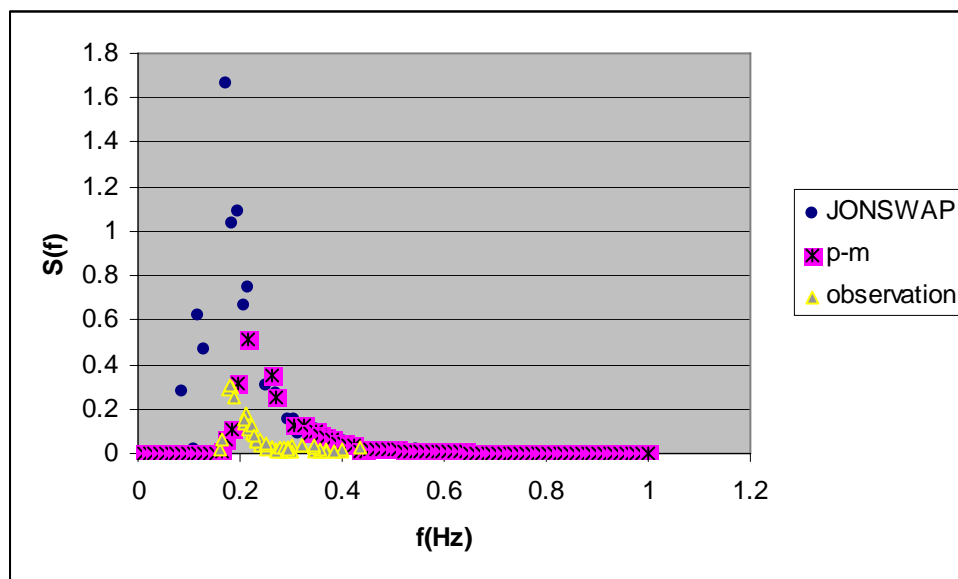
بر اساس اشکال و توضیحات فوق با توجه به عدم وجود شرایط توسعه یافته دریا در منطقه توصیه می شود از روش پیرسون مسکوویچ استفاده نگردد. همچنین برای برآورد صحیح ارتفاع امواج در منطقه روش SPM مناسب تر از روش طیفی جان سواپ می باشد.

## ۸ ارزیابی طیفهای موجود در خلیج فارس

در این قسمت از تحقیق به بررسی دو طیف معتبر پیرسون مسکوویچ و جان سواپ که از اندازه گیریهای انجام شده در دریای شمال بدست آمده است می پردازیم. شکل ۶ مقایسه صورت گرفته بین طیف موج پیرسون مسکوویچ و جان سواپ و طیف بدست آمده از اندازه گیریهای دستگاه موج نگار را در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.



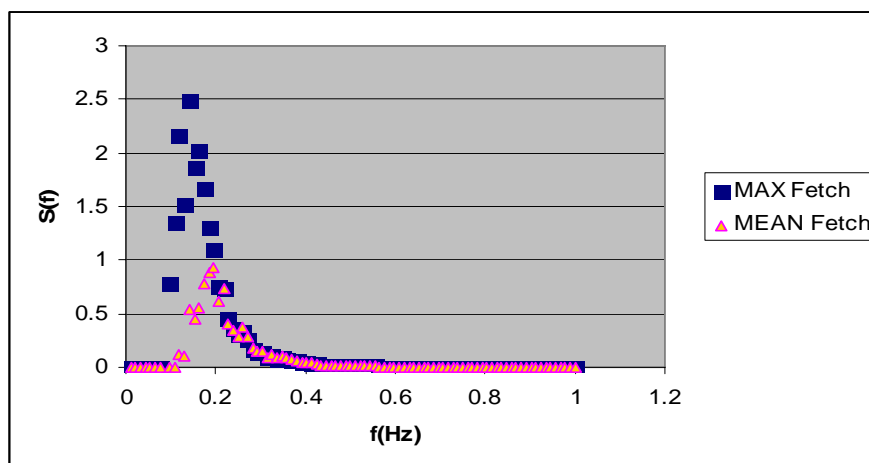
همانطور که مشاهده می شود حد اکثر چگالی طیفی حاصل از طیف پیرسون مسکوویچ  $S(f_p)$  بیشتر از طیف مشاهداتی می باشد. در طیف جان سواپ حداکثر چگالی طیفی حاصل از طیف جان سواپ نزدیکتر به حداکثر چگالی طیف مشاهداتی می باشد. البته در این مقایسه فرض شده که در طیف جان سواپ، مقدار ضریب  $\gamma$  برابر  $3,3$  باشد و این در حالی است که در اندازه گیری های صورت گرفته در دریای شمال این مقدار بین  $1,6$  تا  $6$  متغیر بوده و با توجه به رابطه استفاده شده این مقدار برای هر طول بادگیر متغیر در نظر گرفته شده است.



شکل ۶ نمونه ای از مقایسه انجام گرفته بین طیفهای جان سواپ، پیرسون مسکوویچ و طیف مشاهداتی بوشهر

## ۹ تغییرات طول Fetch در طیف جان سواپ

پارامتر طول حوزه بادگیر در تعیین طیف انرژی امواج ناشی از باد در رابطه جان سواپ نقش مهمی را ایفا می نماید. همانطور که در اشکال قبل در مقایسه طیفهای نشان داده شد طیف حاصل از این روش خطای بیشتری نسبت به طیف پیرسون مسکوویچ از خود نشان می دهد. در تعیین این طیف مقدار طول Fetch در هر طول متناظر با جهتی که باد در آن جهت وزیده بود، اندازه گیری شد. با در نظر گرفتن یک مقدار از این طول Fetch ها مقدار طیف تغییرات قابل ملاحظه ای خواهد کرد. همانطور که در شکل ۷ مشاهده می شود، این مقدار با در نظر گرفتن مقدار ماکزیمم و یا میانگین طول حوزه های بادگیر بدست آمده، طیفهای کاملاً متفاوتی را نتیجه خواهد داد.



شکل ۷ نتایج حاصل برای مقادیر مختلف طول حوزه بادگیر برای منطقه خلیج فارس

## ۱۰ نتیجه گیری و بحث

- ۱- با پردازش اطلاعات مربوط به منطقه بوشهر، مشاهده شد که پیش بینی امواج از روش SPM نزدیکترین بر آورد به مقدار اندازه گیری شده را نشان می دهد.
- ۲- استفاده از روش جان سواپ برای بدست آوردن مشخصات امواج در منطقه همراه با خطا های قابل ملاحظه ای می باشد.
- ۳- در بیش از ۹۵ درصد اوقات شرایط دریا در خلیج فارس کاملاً توسعه یافته نمی باشد. لذا استفاده از طیف پیرسون مسکوویچ همراه با خطا های بسیاری در پیش بینی مشخصه های امواج بوده که استفاده در شکل استاندارد آن برای خلیج فارس توصیه نمی گردد.
- ۴- در طیف جانسواپ مقدار متغیر  $\gamma$  باید با توجه به دیتاهای منطقه مورد نظر تعیین گردد که بر اساس مطالعه حاضر این پارامتر برابر ۳,۴ برای منطقه بوشهر پیشنهاد می گردد.
- ۵- مقایسه صورت گرفته بین طیف پیرسون مسکوویچ، طیف جان سواپ و طیف بدست آمده از اندازه گیریهای دستگاه های موج نگار در منطقه نشان میدهد که حد اکثر چگالی طیفی حاصل از طیف جان سواپ خیلی بیشتر از طیف مشاهداتی می باشد. البته این مقدار بستگی مستقیم به طول حوزه بادگیری دارد. مسئله اصلی این است که چه مقدار این پارامتر برای جاگذاری در فرمول طیف در نظر گرفته شود. این مقدار برای طول بادگیر ۹۰ کیلومتر برای این منطقه طیف ماکزیممی برابر طیف ماکزیمم مشاهداتی ارائه می نماید.



## ۱۱ فرضیات و خطاهای موجود در این تحقیق:

به منظور تعیین میزان کارآیی و دقت برآورد فرمولهای محاسبه ارتفاع امواج از روی داده های باد، ارتفاع امواج حاصل از روشهای متفاوت پیش بینی امواج در این مقاله با مقادیر اندازه گیری شده در سواحل بوشهر مقایسه شده اند. به علت فقدان اطلاعات کافی در حین انجام عملیات، فرضیات زیر در نظر گرفته شده اند:

- ۱- باد بطور یکنواخت و ثابت بر روی طول بادگیر می وزد.
- ۲- در فرمولهای پیش بینی امواج در این تحقیق فرض شده است که ارتفاع موج فقط وابسته به سرعت باد، زمان تداوم وزش باد، طول بادگیر و عمق آب میباشد.
- ۳- وجود فاصله بین محل های اندازه گیری موج و باد میتواند ایجاد خطا کند. با اعمال تصحیحات پنج گانه بر روی مشخصه های باد طبق آیین نامه توصیه های راهنمای مهندسی سواحل ارتش آمریکا سعی شده است تا میزان خطا به حداقل کاهش یابد.
- ۴- خصوصیات موج در مدت زمان سه ساعته فاصله بین اندازه گیریها، ثابت فرض میشود.
- ۵- وجود خطا در محاسبه زمان تداوم وزش واقعی باد
- ۶- استفاده از روش درون یابی در اطلاعات باد و همچنین اطلاعات دریایی که ناچاراً به منظور ترمیم داده های ثبت نشده صورت گرفته موجب بروز خطای احتمالی در نتایج می شود.
- ۷- برای تحلیل آماری هر سری اندازه گیری موج حداقل نیاز به اندازه گیری ۲۰۰ موج zero-up-crossing می باشد در حالیکه دستگاه موج نگار در هر سری اندازه گیری فقط ۱۲۸ موج را به این روش اندازه گیری میکند.
- ۸- وجود خطا در بدست آوردن مقدار طیف مشاهداتی با استفاده از ارتفاع مشخصه امواج به جای ارتفاع لحظه ای آن به دلیل آن بوده که دستگاههای اندازه گیری تاریخچه زمانی موج را ثبت ولی بعنوان خروجی بیرون نمی دهد.

## ۱۲ پیشنهادات جهت ادامه تحقیق

با توجه به اهمیت طیف طرح و انرژی حاصل از آن و امکان بدست آوردن ارتفاع مشخصه از آن. پیشنهاد میشود که از طیف جان سواپ به دلیل امکان همپوشانی آن با طیف موجود، پس از اصلاحاتی استفاده شود. کفایت در رابطه طیفی جان سواپ مقداری از طول بادخیز را قرار دهیم که ماکزیمم انرژی طیف حاصل از این روش با طیف



مشاهداتی برابر شود. بدیهی است با اعمال ضرایب طراحی میتوان به بهترین مقدار مربوط به ارتفاع مشخصه با توجه

به رابطه  $H_s = 4\sqrt{m_0}$  دست یافت..

## فهرست مراجع

**Hasselmann K., Barnett T.P., Bouws E., Carlson H., Cartwright D.E., Enke K., Ewing J.A., Gienapp H., Hasselman D.E., Kruseman P., Meerburg A., Muller P., Olbers D.J., Richter K., Sell W., and Walden H., 1973,** "Measurement of Wind – Wave Growth and Swell Decay During the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)", Report, German Hydrographic Institute, Hamburg

**Mitsuyasu H., Tsai F., Subara T., Mizuno S., Ohkusu M., Honda T., and Rikiishi K., 1980,** "Observation of the Power Spectrum of Ocean Waves Using a Cloverleaf Buoy", Journal of physical Oceanography, Vol. 10, pp 286-296

**Ochi M.K., 1982,** "Stochastic Analysis and Probabilistic Prediction of Random Seas", Advances in Hydroscience, vol. 13, pp. 218-375

**Pierson W.J. and Moskowitz L., 1964,** "A Proposed Spectral Form for Developed Wind Sea Based on the Similarity Theory of S.A. Kitaigorodskii", Journal of Geophysical Research, Vol. 69, pp 5181-5190

**Rye H., 1977,** "The stability of Some Currently Used Wave Parameters", Coastal Engineering, Vol. 35, pp. 747-757

**Sabkaya T., 1976,** "Vortex Shedding And Resistance in Harmonic Flow about Smooth And Rough Circular Cylinder at High Reynolds Number", U.S., Naval Graduated School.

**Sverdrup H.U., Munk W.H., 1947,** "Wind Sea and Swell", The theory of relation for forecasting.

**Tucker M.J., 1991,** "Waves in Ocean Engineering – Measurement Analysis", Interpretation Ellis, Harwood University, New York.

**U.S. Army Coastal Engineering Research Center., 1984,** Shore Protection Manual, Washington DC.