

مطالعه و بررسی برآورد انرژی قابل استحصال از موج و جریان جزرومدی در خلیج چابهار

سعیده شیرین منش^{۱*}، وحید چگینی^۲

۱. گروه فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲. موسسه ملی اقیانوس شناسی

تاریخ پذیرش: ۸۹/۹/۲۱

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۶

چکیده

توسعه انرژی های نو از مهمترین مسایلی است که در تمام کشور ها به آن پرداخته شده و دائماً در پی ایجاد طرحی نو در این خصوص هستند. در این تحقیق پس از بررسی روش های مختلف برآورد انرژی قابل استحصال از موج، این نتیجه حاصل شده است که بهترین روش، تحلیل طیفی با استفاده از آنالیز فوریه است. در این راستا به کمک داده- های اندازه گیری شده طی یک سال ۱۹۹۸ توسط بویه اندازه گیری موج که در چابهار واقع است، با استفاده از برنامه ای که در محیط مطلب با روش آنالیز فوریه نوشته شد، میزان انرژی قابل استحصال در چابهار در سال ۱۹۹۸، برابر با ۶/۹ کیلووات ساعت بر متر مربع، و توان قابل استحصال از موج به میزان ۳/۹ کیلووات بر متر مربع برآورد شد، که در فصل زمستان کمترین مقدار انرژی، و در فصل تابستان بیشترین مقدار انرژی موج مشاهده می شود. علت این پدیده می تواند وجود باد های موسمی باشد که در فصل تابستان می- وزد. با توجه به آنکه جریان سنجی انجام شده توسط سازمان بنادر و دریانوردی در خلیج چابهار در ایستگاه AWI فاصله ۹ متری خود را تا سطح آب به ۷ سلول تقسیم کرده است، لذا با در نظر گرفتن کانال هایی با ابعاد ۱ × ۱ متر و فرض آنکه جریان در هر کانال به طور یک نواخت تغییر می کند، انرژی جریان جزر و مدی برآورد شد و میانگین انرژی حاصل در ایستگاه چابهار به مدت دو هفته برابر با ۰/۱۲ وات بر متر مربع به دست آمد. در روش دوم با استفاده از برنامه نوشته شده در محیط مطلب و محاسبه سطح زیر نمودار، انرژی جریان جزرومدی محاسبه شد که برابر با ۰/۱۹ وات بر متر مربع است. طبق نتیجه به دست آمده، انرژی قابل استحصال از جریان جزرومدی در خلیج چابهار بسیار ضعیف است و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

واژگان کلیدی: انرژی، موج، جزرومد، چابهار

* نویسنده مسوول، پست الکترونیک: s.sh860@gmail.com

۱. مقدمه

پتانسیل موجود در اقیانوس ها بسیاری از دانشمندان و مخترعان را برای ساخت دستگاه هایی که بتوانند انرژی موج، جریان و جزرومد را به انرژی های دیگر تبدیل نماید، ترغیب نموده است. گرایش جهانی در توجه به بهره برداری از انرژی های تجدید پذیر و پیامدهای زیست محیطی ایجاب کرده که سازمان ها و مراکز متعددی در ایران، علاقمند به اجرای پروژه هایی در این زمینه باشند، هنوز بسیاری از چالش ها و سؤال ها در توجیه و دفاع از توسعه بهره برداری از انرژی های تجدیدپذیر در ایران، بدون جواب مانده اند (جمالو، آ، ۱۳۸۸). بدیهی است تدوین راهبردی جامع جهت بهره وری بهتر از انرژی در کشور، مستلزم شناخت کامل وضعیت کنونی و تعیین دقیق وضعیت مطلوب آن در جمیع جهات است. انتظار می رود با توسعه بهره برداری از انرژی های پاک در ایران، طبق نتایج ارائه شده در این مقاله و بر مبنای راهبردی و برنامه ای مدون بتوان بسیاری از چالش ها را شناسایی و راه کارهای مناسب را انتخاب و تبیین نمود.

معرفی نوع کشند در منطقه جنوب کشور و آنالیز هارمونیک داده های کشندی از طریق برنامه های رایانه ای به طور روزانه و ماهانه پیش بینی شده است (نوحی، ۱۳۷۳). همچنین ارائه سیستمی برای دیده بانی جریانات دریایی و پیش بینی جریانات کشندی و جدا سازی این دو در تنگه هرمز مطالعاتی انجام شده است (قائمی، ۱۳۷۴). اما در مناطق بندر عباس و چابهار ریزآمار سه ساعته باد جهت ارائه روشی برای محاسبه پتانسیل انرژی امواج دریا در مناطق خلیج فارس و دریای عمان استفاده شد و با کمک نرم افزاری که تهیه شده بود، طبق اطلاعات ده ساله مشخصات مربوط به امواج تعیین شد

(تجددی طلب، ۱۳۷۵). در بندر امام نیرو و انرژی حاصل از جزر و مد در سطوح مختلف بررسی شده و راهکارهای اجرایی برای این طرح پیشنهاد گردیده است. جهت بهره برداری از انرژی جزر و مد در بندر امام روش سد سازی را پیشنهاد شد و انرژی حاصل از آن در دو حالت مختلف تک حوضچه ای و دو حوضچه ای و با سه نوع توربین، بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است. مطالعات و اندازه گیری ها در بندر امام خمینی نشان داد که خور دورق که از انشعابات اصلی خور موسی است در شمالی ترین قسمت با جزر و مد نیمروزی و حداکثر اختلاف سطح ۴/۶ متر دارای کلیه خصوصیات اجرا پروژه های بهره گیری از انرژی جزر و مد است و می توان با توجه به مصرف کنندگان بزرگی همچون مجتمع بندری امام خمینی و شرکتهای پتروشیمی بخشی از نیاز شبکه برق منطقه را تامین کرد (پسندیده، ۱۳۷۶). معاونت انرژی وزارت نیرو طی پروژه ای به معرفی انواع الگوهای تقسیم بندی مبدل های انرژی امواج پرداخت و یکی از این الگوها انتخاب و به تفصیل شرح داده شد. در تقسیم بندی مبدلها بر اساس نحوه بهره برداری انرژی از موج، به سه نوع سیستم های هیدرولیکی کم فشار، سیستم های هیدرولیکی پر فشار و سیستم های بادی (نیوماتیک) اشاره شده و نمونه هائی از این مبدلها، معرفی شده است. با توجه به شرایط اقلیمی سواحل جنوبی ایران، ارتفاع موج، عمق آب و جنس کف دریا در خلیج فارس و دریای عمان، از میان مبدل های معرفی شده، مبدل های مناسب برای بهره برداری از انرژی امواج در ایران پیشنهاد شد. این پروژه ۱۲ سال پیش اجرا شد و این در حالی بود که شناخت ما از دریا و نیز فن آوری های تولید انرژی از دریا به اندازه کنونی رشد نکرده بود (ذاکری، ۱۳۷۷). در تنگه هرمز مؤلفه های

سرعت و شارش جریان جزر و مدی و چگونگی کشند در مکانهای مختلف مانند دهانه رودخانه ها و خورهای جنوب کشور بررسی شده است (تربتی، ۱۳۷۸). در منطقه چابهار توربین حلزونی در آزمایشگاه با مشخصات یک به هشت نسبت به دستگاه تولید شده توسط آقای گرلو در سال ۲۰۰۴، جهت استفاده از انرژی جزرومد ساخته شد و انرژی بدست آمده از آن برآورد شد. نتایج نشان داد که توربین ساخته شده حلزونی شکل دارای بازده ۳۰ درصد بوده و توسط آنها در منطقه چابهار با سرعت جریان جزرومدی ۰.۷ متر بر ثانیه می توان کارگاهی به توان ۱۵۰ کیلووات را راه اندازی نمود. توربین ساخته شده حلزونی شکل برای تولید انرژی دارای کارایی بسیار زیادی است (رحمانی، ۱۳۸۶). امکان سنجی جذب انرژی از امواج طی مقاله ای در همایش ملی فناوری و صنعت دریایی کشور ارائه شد که در این مقاله ضمن معرفی انواع روشهای جذب انرژی از امواج دریا کاربرد روشهای بهینه با توجه به شرایط دریاهای ایران مورد بررسی و بحث قرار گرفته است (کتابداری، ۱۳۸۶). داده های سازمان نقشه برداری در سه ایستگاه خور موسی، بندر امام خمینی و بندر ماهشهر مربوط به سال ۲۰۰۷ میلادی جهت بررسی انرژی امواج جزر و مد در منطقه خور موسی و امکان سنجی روشهای بهره گیری از آن بررسی شده است. سیستم های یک حوضچه ای و دو حوضچه ای با جریان منفرد و دوطرفه و حالت تلمبه ذخیره ای با استفاده از توربینهای استرافلو، حبایی، نوع S، جریان متقاطع و هوایی در منطقه بررسی گردید. میانگین دامنه جزر و مد در ماهشهر ۳/۷ متر و همچنین بیشترین دریافت انرژی در اکتبر سال ۲۰۰۷ در بندر ماهشهر به مقدار ۲۹۵۷۳۰ ژول بر مترمربع محاسبه شد (آل داود، ۱۳۸۷). وزارت نیرو پروژه

استحصال انرژی های نو را با همکاری موسسه ملی اقیانوس شناسی به اتمام رساندند که نتایج این دو تحقیق با یکدیگر در زیر مقایسه شده اند (طباطبایی، ۱۳۸۸).

در ایران ابزارها و تکنیک های گوناگونی برای به کارگیری این منبع عظیم انرژی ابداع شده است. اما در سطح پروژه های آزمایشگاهی باقی مانده است. روش های مختلف برآورد انرژی قابل استحصال از دریا تا کنون در کشور ما بررسی و مقایسه نشده است. بعلاوه روشهای مختلف برآورد انرژی از موج، جریان، جزرومد و موج ناشی از باد تا کنون به طور موردی با توجه به شرایط خاص خلیج چابهار تحقیقی انجام نشده است. در این راستا شناخت روشهای برآورد انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است. این تحقیق به بررسی یکی از روش های مختلف برآورد انرژی قابل استحصال از دریا می پردازد، و سپس انرژی قابل استحصال از موج و جریان جزرومدی بر اساس داده های موجود در خلیج چابهار، محاسبه می شود.

مهمترین تفاوت این تحقیق با کارهای گذشته، برخورداری از داده های جدید و کافی است، به طوری که داده های اقیانوس شناسی و جوی برداشت شده توسط موسسه ملی اقیانوس شناسی در این بندر تا نیمه سال ۱۳۸۷ در اختیار است و هنوز هم روند داده برداری در جریان است. کارهای انجام گرفته قبلی معمولاً به دلیل عدم در اختیار بودن داده های مناسب دارای مقادیر بالایی از عدم قطعیت هستند و یا به دلیل نقص یا پراکندگی داده ها نتایج متفاوتی بدست آمده که با نتایج این تحقیق مقایسه شده است. لذا در اختیار داشتن داده های دقیق و در طول دوره یک ساله موج این امکان را در اختیار محقق قرار می دهد که میزان انرژی قابل استحصال را برای دوره طولانی تر و با دقت بیشتری انجام دهد و روند

سالانه تغییرات فصلی را هم در تحقیق خود بررسی نماید.

۲. مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

خلیج چابهار

خلیج دارای تعاریف و اشکال مختلفی می باشد. خلیج به مفهوم عام، قسمتی از خط ساحلی است که به داخل خشکی پیشرفته است، مکانی که از سه جهت به خشکی و از یک جهت به دریای آزاد متصل است.

خلیج چابهار بزرگ ترین خلیج ایران در حاشیه سواحل دریای عمان و نزدیک ترین آبراه به اقیانوس هند است. این خلیج به خاطر شکل حلقه‌ای (Ω) خود در زمین‌شناسی از نوع خلیج‌های آمگایی یا نعلی شکل نامیده می‌شود. عرض دهانه آن حدود ۲۰ کیلومتر، فاصله شرق تا غرب آن حدود ۱۷ کیلومتر است و بیشینه عمق آن حدود ۲۰ متر است. افزایش عمق در سواحل اقیانوسی چابهار بویژه در دهانه ورودی خلیج چابهار بگونه ای است که تنها با نفوذ ۱ کیلومتر در دریا، عمق آب به بیش از ۲۵ متر خواهد رسید. عرض جغرافیایی آن ۲۵ درجه و ۳۹ دقیقه و ۲۰ ثانیه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۷ درجه و ۴۷ دقیقه و ۲۷ ثانیه شرقی است. چابهار با یازده کیلومتر مربع مساحت و پنج‌هزار و ۹۲۰ کیلومتر سطح آب‌های ساحلی، هم عرض جغرافیایی بندر میامی در شبه جزیره فلوریدای آمریکا است که از نظر ویژگی‌های آب و هوایی دقیقاً مشابه این بندر است. میانگین دمای هوای این بندر ۲۰/۵ درجه سانتی‌گراد است و یکی از خوش آب و هواترین بنادر جنوب ایران به حساب می‌آید؛ به طوری که در فصل تابستان هوای این منطقه از تهران خنک‌تر است. قرار گرفتن در

مسیر بادهای موسمی شبه قاره هند به نام " مونسون " در تابستان چابهار را به خنک ترین و در زمستان آن را به گرم‌ترین بندر جنوبی کشور تبدیل کرده است. به دلیل یکسان بودن و تغییرات اندک آب و هوایی در چهارفصل سال، در قدیم به این منطقه نام چهار بهار اطلاق می‌شد که رفته رفته به چابهار تبدیل شده است. در منتهی‌الیه شرقی این خلیج، شهر چابهار و در انتهای غربی آن دماغه پُزم قرار دارد. شهر کنارک در غرب کرانه‌های این خلیج واقع شده است. در غرب خلیج چابهار دو خلیج کوچک طبیعی به نام‌های خلیج پزم و خلیج تنگ نیز قرار دارند. جاده‌ای آسفالتی که حاشیه این خلیج را دور می‌زند، شهر چابهار را به کنارک متصل می‌کند. بنادر تجاری و ترانزیتی چابهار و کنارک در شرق و غرب خلیج چابهار بزرگ‌ترین بنادر ایرانی دریایی عمان هستند.

روش تحلیل داده ها جهت محاسبه

انرژی امواج و تحلیل داده ها

روش طیف موج

طیف انرژی موج

در طبیعت، یک موج نامنظم از تعداد نامتناهی امواج خطی با بسامدهای مختلف تشکیل شده است. شکل (۱) نمونه‌ای از طیف واریانس پله‌ای را نشان می‌دهد. هنگامی که Δf به صفر نزدیک می‌شود، طیف واریانس به یک منحنی پیوسته تبدیل می‌گردد.

طیف واریانس، طیف انرژی نیز نامیده می‌شود. چگالی طیفی انرژی را باید به صورت زیر تعریف کرد: (۱)

طیف موج اطلاعات بسیار مفیدی در مورد وضعیت دریا به دست می دهد. اولین و مهمترین این اطلاعات انرژی کل موجود در امواج ثبت شده توسط ثبات است که به صورت ضریبی از سطح زیر منحنی طیف موج نشان داده می شود.

$$E = \rho g \int_0^{\infty} S(f) df \quad (6)$$

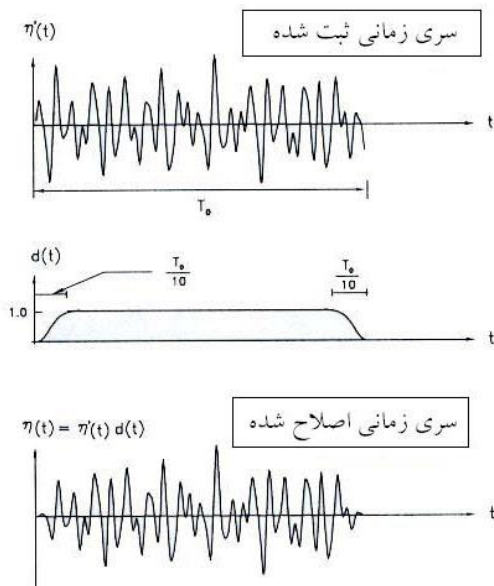
که در آن $S(f)$ نمودار کمیت $\frac{1}{2}a^2$ برای موج با فراوانی f است.

سطح زیر منحنی طیف $S(f)$ به نام لنگر صفرم توزیع انرژی موج خوانده و با m_0 نشان داده می شود. (7)

$$m_0 = \int_0^{\infty} S_{\eta}(f) df$$

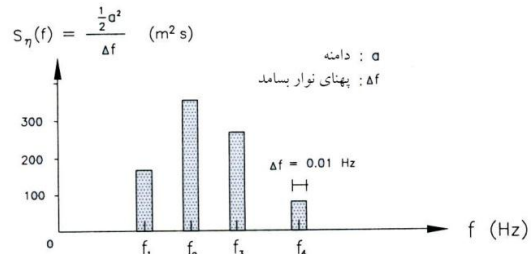
در حالت کلی لنگر n -ام این توزیع، m_n به صورت زیر تعریف می شود:

$$m_n = \int_0^{\infty} f^n S_{\eta}(f) df \quad (8)$$



شکل ۲. پنجره داده‌های Taper

$$S(f) = \frac{1}{2} \frac{\rho g a^2}{\Delta f} \quad (\text{m}^2 \text{ sec})$$



شکل ۱. طیف واریانس پله‌ای

ساخت سری زمانی از طیف واریانس

ما همچنین می‌توانیم سری زمانی تراز سطحی را از طیف واریانس بسازیم. در شکل (۱)، چگالی طیفی واریانس معلوم $S_{\eta}(f)$ به وسیله پهنای نوار فرکانس Δf به N قسمت تقسیم شده است. این به آن معنی است که موج نامنظم از N موج خطی تشکیل شده است.

(۲)

$$\eta(t) = \sum_{i=1}^N \eta_i(t) = \sum_{i=1}^N a_i \cos(\omega_i t + \delta_i)$$

واریانس هر موج خطی عبارت است از:

(۳)

$$S_{\eta}(f_i) \Delta f = \frac{1}{2} a_i^2, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

بنابراین، رابطه‌ی دامنه به صورت زیر است:

(۴)

$$a_i = \sqrt{2S_{\eta}(f_i) \Delta f}, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

بسامد (فرکانس) زاویه‌ای عبارت است از:

(۵)

$$\omega_i = \frac{2\pi}{T_i} = 2\pi f_i, \quad i = 1, 2, \dots, N$$

با فرض اینکه توزیع امواج از طیف برش‌نیدر-میتسویاسو پیروی کند،

(۱۱)

$$S(f) = 0.257 H_s^2 T_s^{-4} f^5 \exp[-1.03(T_s f)^{-4}]$$

که در اینجا قدرت امواج را می‌توان از رابطه زیر به دست آورد:

(۱۲)

$$P = 0.44 H_s^2 T_s$$

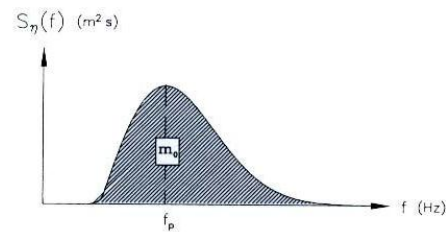
روش کار

در این تحقیق از نرم افزارهای متفاوتی جهت محاسبات استفاده شده است. برای مثال از نرم افزار EXCELL جهت مرتب کردن داده ها، و از نرم افزار MATLAB جهت برنامه نویسی با استفاده از آنالیز فوریه و بدست آوردن دانسیته انرژی و در نتیجه توان قابل استحصال و انجام محاسبات و رسم نمودار استفاده شده است.

تحلیل داده های امواج و نتایج حاصل از

برآورد انرژی موج در خلیج چابهار

در بین روش های موجود در این زمینه، بهترین روش با توجه به شرایط خلیج تحلیل طیفی امواج انتخاب شد. بدین منظور از برنامه ای که در محیط MATLAB نوشته شده بود استفاده شد که با استفاده از داده های زمان و ارتفاع موج، نمودار طیفی مربوط به بازه یک ساله موج در سال ۱۹۹۸ در ایستگاه چابهار با استفاده از آنالیز فوریه رسم می‌کند. سپس برنامه ای جهت محاسبه سطح زیر نمودار نوشته شد. و به این ترتیب انرژی موج در ایستگاه مورد نظر در طول یک سال محاسبه شد. پس از آن، انرژی موج برای تمام فصول محاسبه و با هم مقایسه شدند. در زیر نتایج حاصل از اجرای مدل در شکل (۴) ارائه شده است. با اجرای برنامه برای فصل های مختلف سال به تفکیک اجرا کنیم به نتایج قابل ملاحظه ای حاصل شده است (شکل های ۵ تا ۸).



شکل ۳. طیف واریانس

قدرت امواج نامنظم دریا (Irregular Sea)
(Waves):

امواج واقعی دریا را می‌توان به صورت ترکیبی از N موج سینوسی با ارتفاع H_i و پریود T_i در نظر گرفت و قدرت آن را به صورت زیر محاسبه کرد:

(۷)

$$P = \sum_{i=1}^N H_i^2 T_i$$

با در نظر گرفتن دوره تناوب نقطه صفر میانگین حاصل از رکورد موج به جای دوره تناوب T_i می‌توان رابطه فوق را به صورت زیر نشان داد:

(۸)

$$P = T_z \sum_{i=1}^N H_i^2$$

واریانس طیف موجی که از N موج سینوسی تشکیل شده باشد به صورت زیر تعریف می‌شود:

(۹)

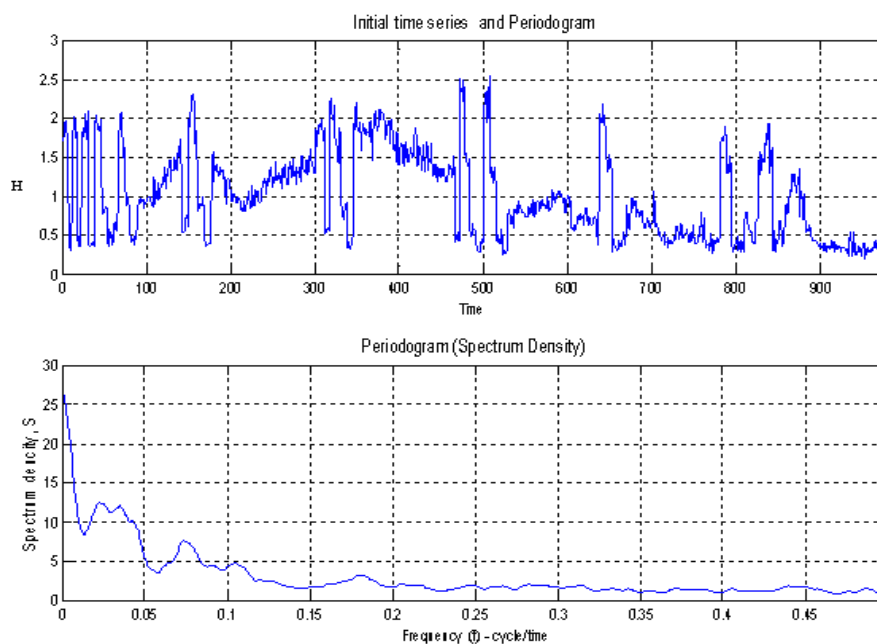
$$\sigma^2 = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^N H_i^2$$

و چون ارتفاع موج شاخص امواج در آب های عمیق به صورت $H_s = 4\sigma$ تعریف می‌شود، داریم:

(۱۰)

$$P = 0.5 H_s^2 T$$

بنابراین در صورتیکه اندازه گیری و آمار کافی از امواج دریا وجود داشته باشد می‌توان با استفاده از روابط فوق قدرت امواج را محاسبه کرد. در صورتی که آمار و اطلاعات امواج در دسترس نباشد در این صورت



شکل ۴. سری زمانی مربوط به سال ۱۹۹۸، نمودار طیف موج در این سال

که در آن P توان انرژی نظری در یک کانال فرضی به سطح مقطع A ، U سرعت متوسط جریان و ρ چگالی آب است. طی سه سال گذشته پروژه ای توسط سازمان بنادر و دریا نوردی برای اندازه گیری جریان و امواج در خلیج چابهار اجرا گردیده است. شکل ۹ آخرین وضعیت ایستگاه‌های اندازه گیر در خلیج چابهار مارس ۲۰۰۷ (اقتباس از وبگاه سازمان بنادر و دریانوردی).

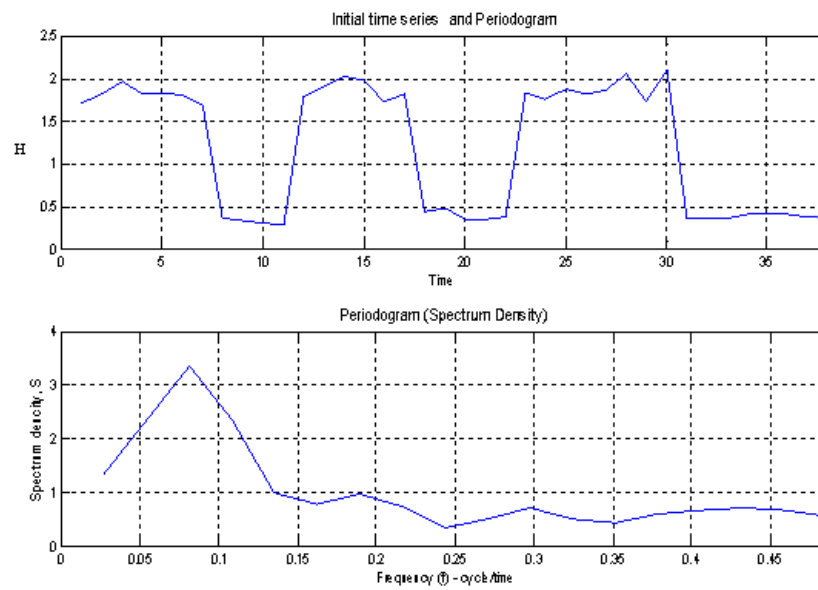
روش تحلیل داده های جریان جزر ومدی

جهت برآورد انرژی جریان در خلیج چابهار

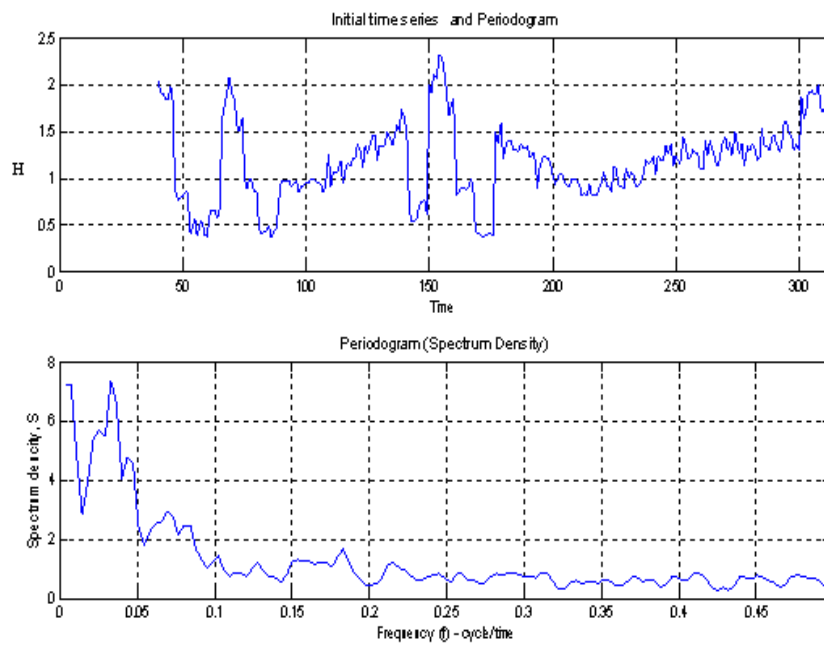
در هر جریان جزرومدی میزان جریان با زمان و مکان تغییر می کند و باید این تغییرات در رابطه مد نظر قرار گیرد. رابطه ای که مورد استفاده در محاسبه انرژی جریان جزرومدی قرار گرفت به شکل زیر بود:

(۱۳)

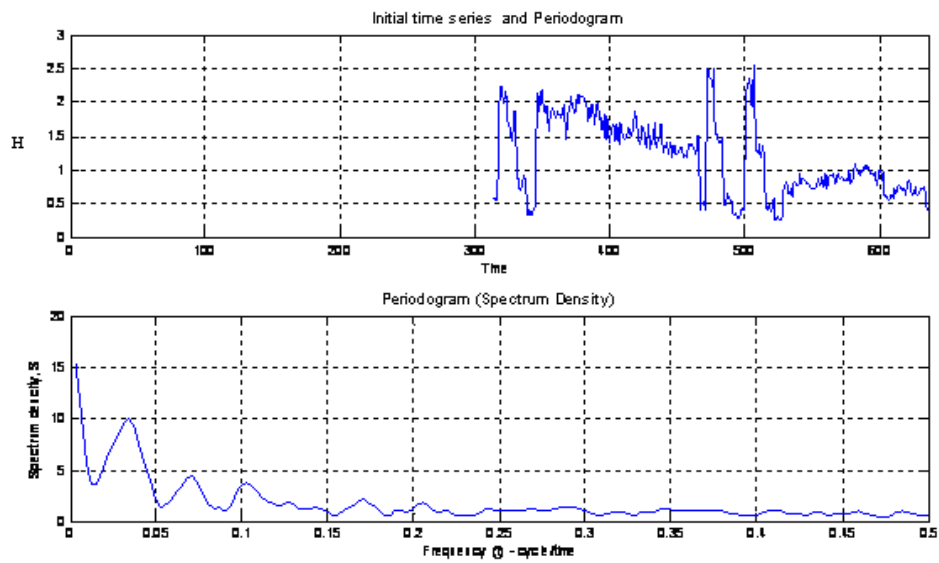
$$P = \frac{1}{2} \rho \int_A (U^3 dA)$$



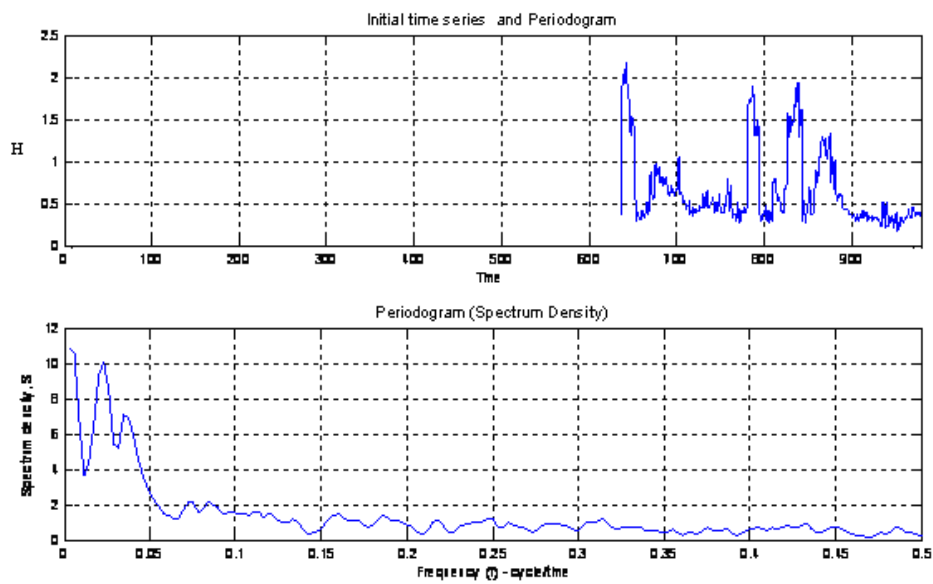
شکل ۵. سری زمانی مربوط به فصل زمستان سال ۱۹۹۸، نمودار طیف موج در این فصل



شکل ۶. سری زمانی مربوط به فصل بهار سال ۱۹۹۸، نمودار طیف موج در این فصل



شکل ۷. سری زمانی مربوط به فصل تابستان سال ۱۹۹۸، نمودار طیف موج در این فصل



شکل ۸. سری زمانی مربوط به فصل پاییز سال ۱۹۹۸، نمودار طیف موج در این فصل

جدول ۱. نتایج حاصل از اجرای برنامه برآورد انرژی امواج در سال ۱۹۹۸ در چابهار

| فاصله زمانی | حداکثر $H_s (m)$ | میانگین $H_s (m)$ | میانگین پریود (s) | انرژی قابل استحصال در واحد سطح (kwh/m^2) | توان قابل استحصال در واحد سطح (kw/m) |
|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|--|--|
| بهار ۱۹۹۸ | ۲/۳۱ | ۱/۱۲ | ۵/۵ | ۵/۸ | ۴/۶ |
| تابستان ۱۹۹۸ | ۲/۵۵ | ۱/۱۹ | ۵/۴ | ۶/۸ | ۵/۳ |
| پاییز ۱۹۹۸ | ۲/۱۸ | ۰/۶۶ | ۴/۷ | ۵/۲ | ۲/۳ |
| زمستان ۱۹۹۸ | ۲/۱۰ | ۱/۱۸ | ۶/۰ | ۳/۱ | ۱/۶ |
| میانگین کل سال ۱۹۹۸ | ۲/۵۵ | ۰/۹۹ | ۵/۲ | ۶/۹ | ۳/۹ |

با محاسبه سطح زیر نمودار طیف انرژی، نتایج این بررسی در جدول ۱ ارائه شده است. همانطور که در شکل ۹ مشاهده می شود، دستگاههای اندازه گیری در نقاط مختلف خلیج چابهار قرار گرفته اند و اکثر اندازه گیریها نیز در دهانه خلیج انجام می شود. داده های ثبت شده توسط AW ها در عمق ها و زمان های مختلف بوده و به علت محدودیت در ارائه داده های موجود، آنچه که در اختیار این تحقیق قرار گرفته است، اطلاعات مربوط به ایستگاه AWI است که به شرح زیر است. دستگاه جریان سنج، در عمق ۹ متری از سطح آب نصب گردیده است. عمق آن قسمت از بندر چابهار برابر با ۱۰ متر است. لازم به ذکر است که عمق عنوان شده، در حالت حد اکثر جزر محاسبه شده است. دستگاه AWI فاصله ۹ متری بالای خود را به ۷ سلول تقسیم کرده و در هر ۲۰ دقیقه یکبار مقدار جریان و جهت جریان را اندازه گیری می کند، تعداد داده های مربوط به یک سلول در فاصله زمانی هر ۲۰ دقیقه یکبار، در طول دوره اندازه گیری ۱۴ روزه، ۸۶۱ عدد است. به عنوان نمونه در جدول ۲ سرعت جریان، در ۷ سلول

در تاریخ ۲۰۰۶/۹/۱ مشخص گردیده است. جهت محاسبه انرژی جریان، دو روش ارائه شده است. با توجه به رابطه انرژی جریان جزرومدی میانگین سرعت در هر سلول مد نظر قرار داده شد و به این ترتیب کانالی با سطح مقطع ۱ متر در ۱ متر فرض شد که جریان در این کانال به طور یکنواخت با زمان تغییر کند. در روش اول انرژی حاصل از عبور جریان در کانال فرضی محاسبه شد. در روش دوم با استفاده از برنامه نوشته شده در این خصوص در محیط مطلب، سری زمانی و مساحت زیر منحنی و انرژی حاصل از آن با استفاده از فرمول (۶) در برنامه و محاسبه توان با استفاده از فرمول (۱۲) برای تمام داده ها در ۷ سلول محاسبه شد. نتایج این دو بررسی در جدول ۳ ارائه و مقایسه شده است.

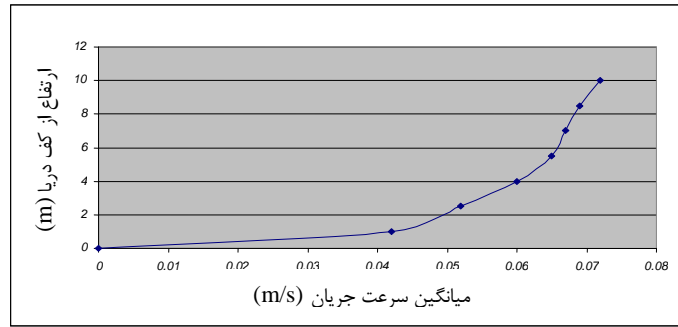
به این ترتیب میانگین سرعت و توان قابل استحصال از جریان جزرومدی با استفاده از هر دو روش، در ایستگاههای مورد نظر و در عمق های مختلف به صورت زیر با هم مقایسه شده اند و نمودارهای مربوطه رسم شده اند.

جدول ۲. سرعت جریان، در ۷ سلول مورد بررسی

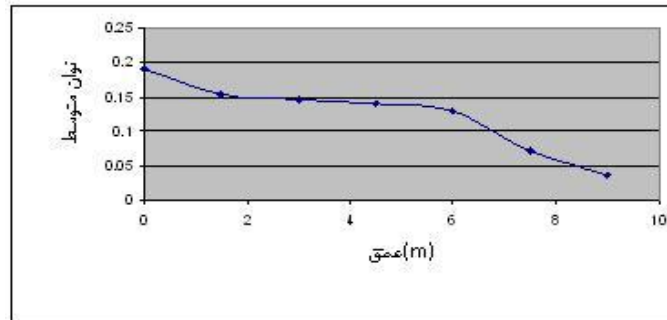
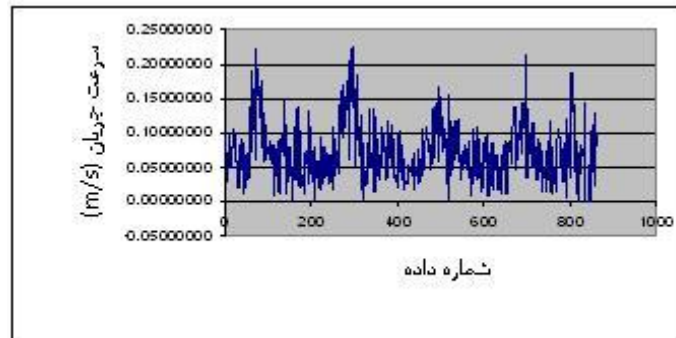
| SPEED_1 | SPEED_2 | SPEED_3 | SPEED_4 | SPEED_5 | SPEED_6 | SPEED_7 |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------------|
| 0.02863560 | 0.02865310 | 0.01923540 | 0.04809370 | 0.05147820 | 0.05346030 | 0.04295350 |
| 0.02863560 | 0.02865310 | 0.01923540 | 0.04809370 | 0.05147820 | 0.05346030 | 0.04295350 |
| 0.05403700 | 0.02100000 | 0.05281100 | 0.02886170 | 0.05813780 | 0.06847630 | 0.03701350 |
| 0.05403700 | 0.02100000 | 0.05281100 | 0.02886170 | 0.05813780 | 0.06847630 | 0.03701350 |
| 0.05091170 | 0.10469000 | 0.08695400 | 0.07409450 | 0.03544010 | 0.04167730 | 0.02863560 |
| 0.09730880 | 0.12485200 | 0.09708240 | 0.11846100 | 0.05756740 | 0.04609770 | 0.09940820 |
| 0.09730880 | 0.12485200 | 0.09708240 | 0.11846100 | 0.05756740 | 0.04609770 | 0.09940820 |
| 0.06576470 | 0.10470900 | 0.04742360 | 0.08570300 | 0.08209750 | 0.05093130 | 0.05907620 |
| 0.04841490 | 0.07727870 | 0.08584290 | 0.05161400 | 0.05961540 | 0.02529820 | 0.07472620 |
| 0.04841490 | 0.07727870 | 0.08584290 | 0.05161400 | 0.05961540 | 0.02529820 | 0.07472620 |
| 0.07227720 | 0.11629700 | 0.07338940 | 0.01726270 | 0.03500000 | 0.02247220 | 0.00989950 |
| 0.07242240 | 0.00900000 | 0.00921954 | 0.02692580 | 0.07741450 | 0.03465540 | 0.03705400 |
| 0.07242240 | 0.00900000 | 0.00921954 | 0.02692580 | 0.07741450 | 0.03465540 | 0.03705400 |
| 0.05366560 | 0.09577060 | 0.03905120 | 0.01627880 | 0.02844290 | 0.01421270 | 0.00000000 |
| 0.08062260 | 0.06711930 | 0.02865310 | 0.06802940 | 0.01552420 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.08062260 | 0.06711930 | 0.02865310 | 0.06802940 | 0.01552420 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.10456100 | 0.11869700 | 0.06412490 | 0.04904080 | 0.05800000 | 0.00000000 | 0.00000000 |
| 0.09718540 | 0.06780120 | 0.11600400 | 0.09245540 | 0.04143670 | 0.05672740 | 0.08008120 |
| 0.10230300 | 0.04738140 | 0.11031800 | 0.08141250 | 0.02500000 | 0.03546830 | 0.05307540 |

جدول ۳. نتایج حاصل از برآورد توان قابل استحصال از جریان جزرومدی در چابهار

| توان قابل استحصال از روش طیف (w/m^2) | توان قابل استحصال از روش کانال (w/m^2) | میانگین سرعت جریان (m/s) | ارتفاع سلول از کف دریا (m) | شماره سلول |
|--|--|---------------------------------|-----------------------------------|------------|
| ۰/۲۳ | ۰/۱۹۱ | ۰/۰۷۲ | ۱۰ | سلول ۱ |
| ۰/۲۱ | ۰/۱۵۴ | ۰/۰۶۷ | ۸/۵ | سلول ۲ |
| ۰/۱۹ | ۰/۱۴۷ | ۰/۰۶۶ | ۷ | سلول ۳ |
| ۰/۱۹ | ۰/۱۴۰ | ۰/۰۶۵ | ۵/۵ | سلول ۴ |
| ۰/۱۹ | ۰/۱۳۴ | ۰/۰۶۴ | ۴ | سلول ۵ |
| ۰/۱۷ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۵۲ | ۲/۵ | سلول ۶ |
| ۰/۱۵ | ۰/۰۳۷ | ۰/۰۴۲ | ۱ | سلول ۷ |
| ۰/۱۹ | ۰/۱۲ | ۰/۰۶ | - | میانگین |

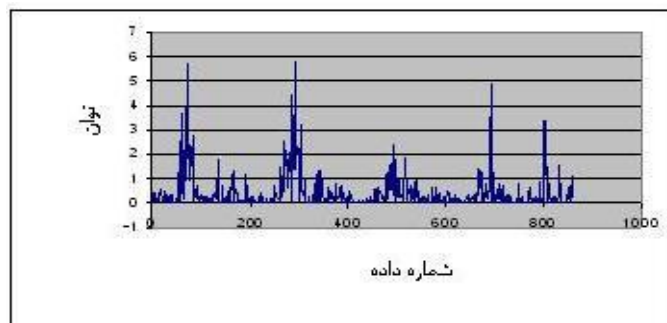


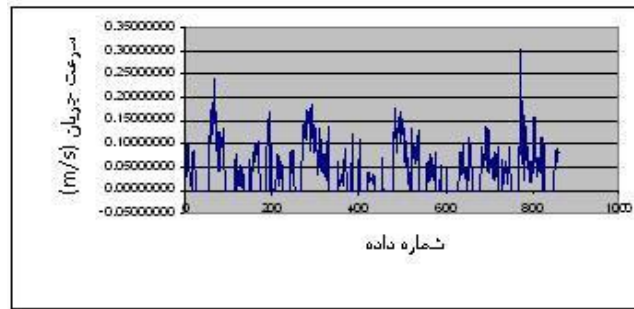
نمودار ۱. رابطه ارتفاع از کف دریا (m) و میانگین سرعت جریان (m/s)

نمودار ۲. نسبت توان متوسط (w/m^2) با عمق

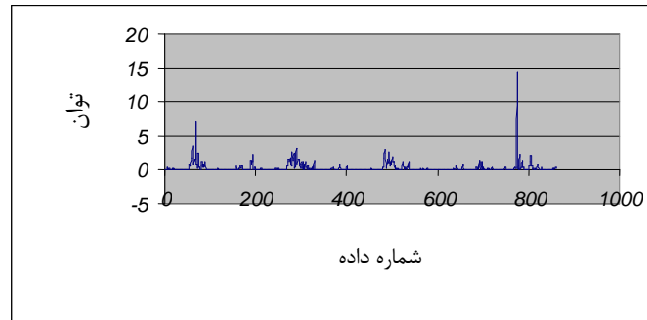
(m)

شکل ۱۰. میزان سرعت جریان (m/s) در سلول اول در مدت ۱۴ روز

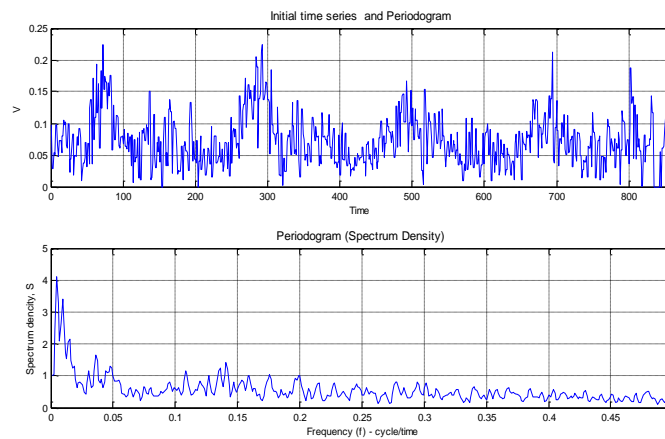
شکل ۱۱. میزان توان بر حسب (w/m^2) و داده های مربوط به سلول اول در سطح آب



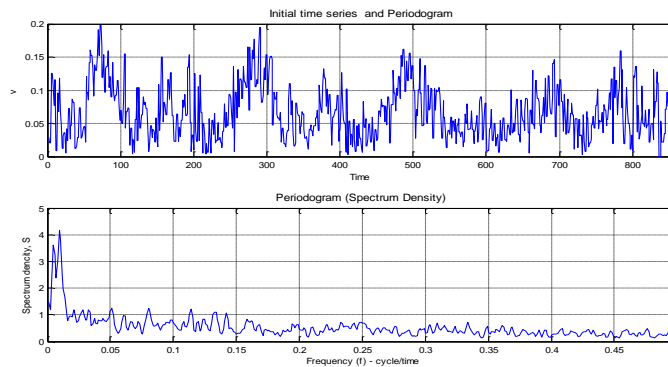
شکل ۱۲. میزان سرعت جریان (m/s) در سلول آخر در مدت ۱۴ روز



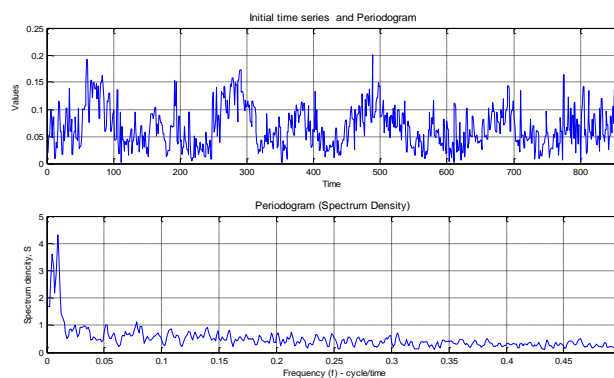
شکل ۱۳. میزان توان بر حسب (w/m^2) و داده های مربوط به سلول آخر در عمق ۹ متر



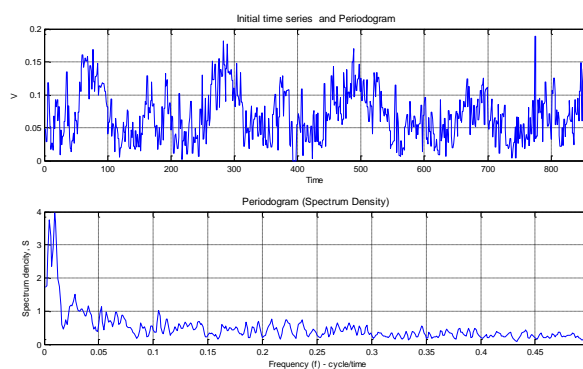
شکل ۱۴. سری زمانی و طیف انرژی جریان جزرومدی در اولین سلول



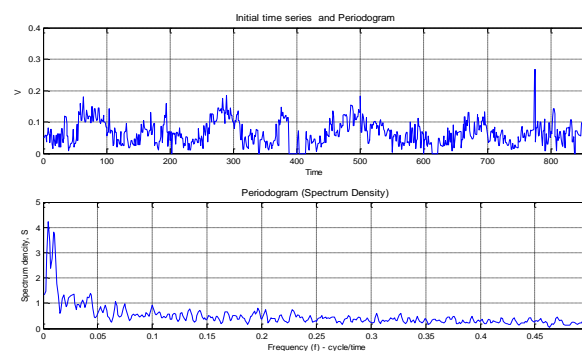
شکل ۱۵. سری زمانی و طیف انرژی جریان جزرومدی در سلول دوم



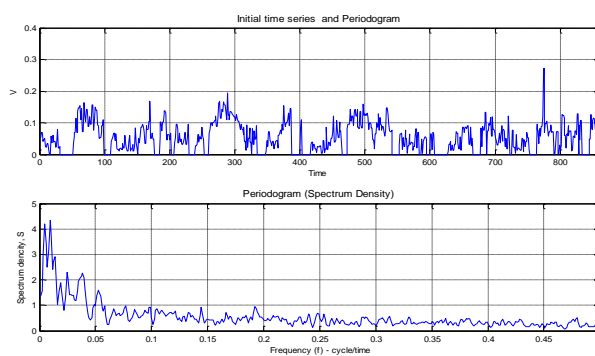
شکل ۱۶. سری زمانی و طیف انرژی جریان جزرومدی در سلول سوم



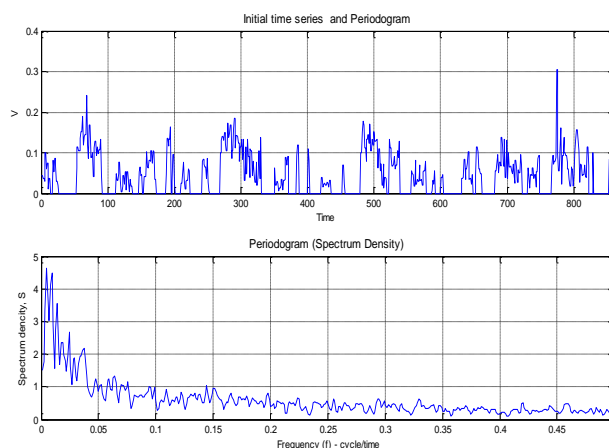
شکل ۱۷. سری زمانی و طیف انرژی جریان جزرومدی در سلول چهارم



شکل ۱۸. سری زمانی و طیف انرژی جریان جزرومدی در سلول پنجم



شکل ۱۹. سری زمانی و طیف انرژی جریان جزرومدی در سلول ششم



شکل ۲۰. سری زمانی و طیف انرژی جریان جزرومدی در سلول هفتم

۳. نتایج

نتایج حاصل از اجرای مدل در شکل (۵) ارائه شده است. با اجرای برنامه برای فصل‌های مختلف سال به تفکیک اجرا شد و نتایج قابل ملاحظه‌ای حاصل شده است (شکل‌های ۶ تا ۹).

با محاسبه سطح زیر نمودار طیف انرژی، نتایج این بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. میانگین سرعت و توان قابل استحصال از جریان جزرومدی با استفاده از هر دو روش، در ایستگاه‌های مورد نظر و در عمق‌های مختلف به صورت زیر با هم مقایسه شده‌اند و نمودارهای زیر رسم شده‌اند. میانگین سرعت و توان قابل استحصال از جریان جزرومدی با استفاده از هر دو روش، در ایستگاه‌های مورد نظر و در عمق‌های مختلف به صورت زیر با هم مقایسه شده‌اند و نمودارهای زیر رسم شده‌اند. بدین ترتیب به عنوان نمونه نمودار سرعت جریان و همچنین توان حاصل از جریان در روش اول در سلول اول و هفتم در زیر آورده می‌شود. در شکل‌های زیر نتایج مقایسه توان حاصل از جریان جزرومدی در ۷ سلول فرضی با استفاده از روش طیف به صورت سری زمانی و سپس نمودار طیف انرژی ارائه شده است.

۴. بحث و نتیجه‌گیری

انرژی امواج عمدتاً ناشی از تاثیر باد روی سطح دریا است. باد، خود حالت خاصی از انرژی خورشیدی است که به عنوان منبع انرژی پاک و تجدیدپذیر می‌تواند نقش مهمی در تامین نیازهای روزافزون انرژی جهان ایفا نماید. انرژی موج نامنظم، نوسانی و دارای فرکانس پایین است که قبل از اضافه شدن به شبکه باید به فرکانس ۶۰ هرتز تبدیل شود. بر اساس برآوردهای انجام شده، کل انرژی امواج در جهان ۲ تراوات (۲ میلیون مگاوات) انرژی الکتریکی باشد. به طور تقریبی حداکثر ۲۰ درصد از این انرژی قابل استحصال است. تا اواسط دهه ۹۰ بیش از ۱۲ سامانه متمایز برای استحصال این انرژی پیشنهاد شده و اکنون تعداد بیشتری از سامانه‌های جدید معرفی شده‌اند که تنها تعداد کمی از آنها از نظر اقتصادی و فنی امکان‌پذیر هستند. انرژی موج را نمی‌توان در هر نقطه‌ای استحصال کرد. بهترین مناطق جهت احداث نیروگاه، نقاطی است که ارتفاع موج زیاد باشد بنابراین مناطق بادخیز که عموماً بین عرض‌های جغرافیایی ۴۰ و ۶۰ درجه هستند، یا تنگه‌های باریک، حاشیه جزایر و قطعات خشکی مرتفع کنار دریا مناطق مناسبی

پسندیده، ن. ۱۳۷۶. انرژی حاصل از جزر و مد در ابتدای خور موسی بندر امام خمینی (ره). پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز. تجدیدی طلب، ح. ۱۳۷۵. بررسی روش های آماری ونحوه محاسبه پتانسیل انرژی امواج دریا. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شریف.

تربتی، و. ۱۳۷۸. مطالعه و بررسی پروفیل سرعت جریان جزر و مدی در تنگه هرمز. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

جمالو، آ. ۱۳۸۸. بررسی و ساخت دستگاه مولد انرژی از امواج در منطقه خور موسی. کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

چگینی، و. ۱۳۷۷. نظریه های موج. مجموعه کتابهای مهندسی دریا، شماره ۱. انتشارات شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، تهران، ۱۲۵ صفحه.

چگینی، و. ۱۳۸۵. تولید و تحلیل امواج تصادفی. مرکز ملی اقیانوس شناسی، تهران، ۱۰۴ صفحه.

ذاکری، م. ۱۳۷۷. بررسی پتانسیل قابل استحصال از جزرومد در سواحل جنوب ایران. گزارش طرح تحقیقاتی شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس.

رحمانی، ح. ۱۳۸۶. مطالعه ساخت دستگاه استحصال انرژی از جزر و مد در منطقه چابهار. پایان نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

طباطبایی، ا. ۱۳۸۸. استحصال انرژی های نو. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی موسسه ملی اقیانوس شناسی، تهران.

محسوب می شوند. جهت استحصال انرژی از دریا با استفاده از روش تحلیل طیفی و آنالیز فوریه و محاسبه میزان توان قابل استحصال از موج، میزان انرژی با استفاده از داده های واقعی بویه موج نگار چابهار در طول سال ۱۹۹۸ به میزان $3/9$ کیلووات بر متر مربع برآورد شد که در فصل زمستان کمترین مقدار انرژی، و در فصل تابستان بیشترین مقدار انرژی موج مشاهده می شود. علت این پدیده می تواند وجود باد های موسمی باشد که در فصل تابستان می وزد. جهت مقایسه با برآوردی که توسط وزارت نیرو در این زمینه انجام شده بود میزان انرژی $5/8 (kw/m)$ و در موسسه ملی اقیانوس شناسی $3/14 (kw/m)$ محاسبه شد. انرژی محاسبه شده در موسسه ملی اقیانوس شناسی و این تحقیق هم زمان به نتیجه رسید و مشاهده می شود که اعداد به دست آمده با تقریب خوبی قابل استناد می باشند. با توجه به آنکه جریان سنجی انجام شده توسط سازمان بنادر و دریانوردی در خلیج چابهار در ایستگاه Aw1 فاصله ۹ متری را به ۷ سلول تقسیم کرده است. میانگین انرژی حاصل در ایستگاه چابهار به مدت دو هفته برابر با $0/12$ وات بر متر مربع به دست آمد. در روش دوم با استفاده از برنامه نوشته شده در محیط مطلب و محاسبه سطح زیر نمودار، انرژی جریان جزرومدی محاسبه شد که برابر با $0/19$ وات بر متر مربع است. طبق نتیجه به دست آمده، انرژی قابل استحصال از جریان جزرومدی در خلیج چابهار بسیار ضعیف است و از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

منابع

آل داود، م. ۱۳۸۷. بررسی انرژی امواج جزر و مد در منطقه خور موسی و امکان سنجی روش های بهره گیری از آن. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران.

علی محمدی، ح. ۱۳۸۵. مطالعه، بررسی، آنالیز و نحوه جداسازی میزان ارتفاع جزر و مد و خیز آب طوفان دریایی در خلیج چابهار. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

کتابداری، م. ۱۳۸۶. امکان سنجی جذب انرژی از امواج در آبهای دریاهای ایران. همایش ملی فناوری و صنعت دریایی کشور، تهران.

نوحی، گ. ۱۳۷۳. آنالیز هارمونیک جزر و مد و پیش بینی آن در آبهای جنوب کشور. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

واعظ قائمی، م. ۱۳۷۴. آنالیز هارمونیکی جریانات کشندی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال.

Atabi, F., 2004. Renewable energy in Iran: Challenges and opportunities for sustainable development. Int. J. Environ. Sci. Tech. 1: 69-80

Fadai, D. 2007. Utilization of renewable energy sources for power generation in Iran. Renew. Sust. Energ. Rev. 11:173-181.

Lewis, T. 1985. Wave Energy: Evaluation for C.E.C. Graham & Trotman, p137.