برآورد انرژی قابل استحصال از جزرومد در خلیج چابهار

سعیده شیرین‌منش [1*] و وحید چگینی [2]

[1] دانشجوی دکترا، گروه فیزیک دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران
[2] استادیار، پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۱/۰۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۴/۰۳

چکیده

گسترش انرژی‌های نو از مهم‌ترین مسایلی است که در تمام کشورها به آن پرداخته شده و دائماً در پی ایجاد طرحی نو در این زمینه هستند. یکی از عظیم‌ترین منابع انرژی در جهان، اقیانوس‌ها هستند و جزرومد نیز از مؤلفه‌های اصلی جریان‌های اقیانوسی است. حرکت توده آب اقیانوس‌ها بر اثر جزرومد، بالقوه دارای انرژی بسیار زیادی است. در این پژوهش انرژی پتانسیل در ایستگاه چابهار با استفاده از داده‌های ۱۸ ساله (۲۰۰۷-۱۹۹۰) میانگین اختلاف دامنه جزرومدی روزانه، ماهانه و سالانه به‌دست آمد. سپس میانگین انرژی و همچنین توان قابل استحصال از ارتفاع جزرومدی محاسبه شد. میانگین اختلاف دامنه جزرومدی مربوط به ۱۸ سال برابر با ۲/۰۹ متر و میانگین انرژی به میزان ۵/۵ وات ساعت بر متر مربع و میانگین توان قابل استحصال ۰/۴۴ وات بر متر مربع برآورد شد. براساس نتایج این پژوهش انرژی قابل استحصال از جزرومد در خلیج چابهار بسیار ضعیف است و از دید اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

کلیدواژه‌ها: انرژی، موج، جزرومد، مطالعه آماری، چابهار

***نویسنده مسئول:** سعیده شیرین‌منش
E-mail : s.shirinmanesh@kmsu.ac.ir

۱- پیش‌گفتار

پتانسیل موجود در اقیانوس‌ها بسیاری از دانشمندان و مخترعان را برای ساخت دستگاه‌هایی که بتوانند انرژی جزرومد را به انرژی‌های دیگر تبدیل کند، ترغیب کرده است. گرایش جهانی در توجه به بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر و پیامدهای زیست‌محیطی سبب شده است که سازمان‌ها و مراکز بی‌شماری در ایران، علاقمند به اجرای پروژه‌هایی در این زمینه باشند. هنوز بسیاری از چالش‌ها و پرسش‌ها در توجیه و دفاع از گسترش بهره‌برداری از انرژی‌های تجدیدپذیر در ایران، بدون پاسخ مانده‌اند. بدیهی است تدوین راهبردی جامع برای بهره‌وری بهتر از انرژی در کشور، نیازمند شناخت کامل وضعیت کنونی و تعیین دقیق وضعیت مطلوب آن در همه جهات است.

معرفی نوع کشند در منطقه جنوب کشور و تحلیل هارمونیک داده‌های کشندی با برنامه‌های رایانه‌ای به طور روزانه و ماهانه پیش‌بینی شده است (نوحی، ۱۳۷۳). همچنین برای ارائه سامانه دیده‌بانی جریان‌های دریایی و پیش‌بینی جریانات کشندی در تنگه هرمز، مطالعاتی انجام شده است (واعظ‌قائمی، ۱۳۷۴). در بندر امام، نیرو و انرژی حاصل از جزرومد در سطوح مختلف بررسی و راهکارهای اجرایی برای این طرح پیشنهاد شده است. برای بهره‌برداری از انرژی جزرومد در بندر امام، روش سدسازی پیشنهاد و انرژی حاصل از آن در ۲ حالت مختلف تک‌حوضچه‌ای و دو حوضچه‌ای و با ۳ نوع توربین، بررسی و تجزیه و تحلیل شده است. مطالعات و اندازه‌گیری‌ها در بندر امام خمینی نشان داد که خور دورق که از انشعابات اصلی خورموسی است در شمالی‌ترین بخش با جزرومد نیمروزی و بیشینه اختلاف سطح ۴/۶ متر همه ویژگی‌های اجرای پروژه‌های بهره‌گیری از انرژی جزرومد را دارد و می‌توان با توجه به مصرف‌کنندگان بزرگی همچون مجتمع بندری امام خمینی و شرکت‌های پتروشیمی بخشی از نیاز شبکه برق منطقه را تأمین کرد (پسنده،۱۳۷۶). در تنگه هرمز مؤلفه‌های سرعت و شارش جریان جزرومدی و چگونگی کشند در مکان‌های مختلف مانند دهانه رودخانه‌ها و خورهای جنوب کشور بررسی شده است (وحدت‌تربتی، ۱۳۷۸). همچنین میزان ارتفاع کشند با خیزآب توفان در منطقه چابهار بررسی شده است (علی‌محمدی، ۱۳۸۵). با توجه به شرایط منطقه چابهار، توربین حلزونی در آزمایشگاه با ویژگی‌های ۱ به ۸ نسبت به دستگاه تولیدشده توسط Gorlov (2001)، برای استفاده از انرژی جریانات جزرومدی ساخته و انرژی به‌دست آمده از آن برآورد شد. نتایج نشان داد که توربین ساخته شده دارای بازده ۳۰ درصد است و توسط آن می‌توان در منطقه چابهار، با سرعت جریان جزرومدی ۰/۷ متر بر ثانیه کارگاهی به توان ۱۵۰ کیلووات راه‌اندازی کرد (رحمانی، ۱۳۸۶).

داده‌های سازمان نقشه‌برداری در سه ایستگاه خورموسی، بندر امام خمینی و بندر ماهشهر مربوط به سال ۲۰۰۷ میلادی برای بررسی انرژی امواج جزرومد در منطقه خورموسی و امکان‌سنجی روش‌های بهره‌گیری از آن بررسی شده است. سامانه‌های یک‌حوضچه‌ای و دوحوضچه‌ای با جریان منفرد و دوسویه و حالت تلمبه ذخیره‌ای با استفاده از توربین‌های استرافلو، حبابی، نوع S، جریان متقاطع و هوایی در منطقه بررسی شد. میانگین دامنه جزرومد در ماهشهر ۳/۷ متر و همچنین بیشترین دریافت انرژی در اکتبر سال ۲۰۰۷ در بندر ماهشهر ۲۹۵۷۳۰ ژول بر مترمربع محاسبه شد (آل‌داود، ۱۳۸۷).

همزمان با این پژوهش، وزارت نیرو در سال ۱۳۹۰ طرح استحصال انرژی‌های نو را با همکاری پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی به پایان رساندند که نتایج این دو پژوهش با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

جزرومد، بالا و پایین آمدن سطح آب ناشی از جاذبه گرانشی ماه، خورشید و دیگر اجرام آسمانی روی زمین است. معمولاً در طول یک بار گردش ماه به دور زمین دو بار جزر و دو بار مد صورت می‌گیرد. انرژی جزرومد هم به صورت جنبشی در جریان‌های جزرومدی و هم به صورت پتانسیل در اختلاف سطح آب میان جزر و مد، نمود می‌یابد. اقیانوس‌ها، ذخایر بالقوه بزرگ انرژی رایگان و سازگار با محیط زیست هستند که می‌توان برای تأمین تقاضای انرژی، آنها را مهار کرد. یک نیروگاه جزرومد می‌تواند بر روی یک دلتا، دهانه ورودی رودخانه به دریا و یا ساحل گسترانده شود، ولی بر روی دهانه ورودی رودخانه به دریا این انرژی راحت‌تر مهار می‌شود. بهترین محل‌ها برای نیروگاه‌های جزرومد، جایی با بیشترین دسترسی به جزرومدها و همچنین دهانه باریک رودخانه به دریاست. سدهایی که برای این منظور ساخته می‌شوند می‌توانند مانند حفاظی در برابر طغیان‌های ساحلی و یورش موج‌های بلند عمل کنند. بیشترین مزایای قابل توجه در نیروگاه جزرومد این است که آلودگی زیست محیطی به دنبال ندارند. همانند دیگر ذخایر قابل تجدید انرژی، انرژی جزرومد جایگزین سوخت فسیلی شده و CO_2 را در اتمسفر کاهش می‌دهد. در حالی که نیروگاه‌های هیدروالکتریک در ساعت‌های مقرر به‌کار گرفته می‌شوند، نیروگاه‌های جزرومد تنها

در ساعت‌های خاصی از روز می‌توانند الکتریسیته تولید کنند. سرمایه اختصاص داده شده برای نیروگاه‌های جزرومدی بسته به ویژگی‌های زیست‌محیطی، جغرافیایی و زمین‌شناسی محل، متغیر است. هرچند هزینه‌های ابتدایی یک نیروگاه جزرومد در مقایسه با دیگر انواع نیروگاه‌ها نسبتاً بالاست، اما باتوجه به اینکه هیچ سوختی مورد نیاز نیست، مزایایی همچون هزینه‌های عملیاتی و نگهداری پایینی دارند. عامل اصلی تأثیرگذار در هزینه‌های یک نیروگاه جزرومدی، اندازه سدهای مورد نیاز است. یک توربین دوطرفه مولد الکتریسیته، هم در زمان پر شدن و هم در زمان خالی شدن حوضه آبگیر جزرومدی، قادر به تولید انرژی است. یکی از روش‌های ساده و کهن برای استفاده از انرژی جزرومد ایجاد یک حوض تنها است. در این روش، یک حوضچه، توسط مسدود کردن خلیج حاصل از مصب رود یا خلیج اصلی توسط یک سد، مورد استفاده قرار می‌گیرد. در طول دوره تناوب جزرومدی، با بالا آمدن آب از دریچه‌های راه‌های کانالی، حوض پر می‌شود. وقتی که سطح آب در حوض بالاتر از سطح آب دریا است، انرژی پتاسیل آب، ذخیره شده و با گذشتن از توربین مولد الکتریسته، انرژی تولید می‌کند. طرح دیگر عبارت از یک حوض با دو راه است که تولید انرژی، بر اثر حرکت آب از طرف دریا به حوض وهمچنین از طرف حوض به دریا صورت می‌گیرد (شکل ۱). با به‌کار بردن چنین دستگاهی هرچند انرژی بیشتری نسبت به طرح پیشین تولید می‌شود، اما توربین‌های طرح دو راهه بسیار بزرگ و گران‌قیمت هستند (رحمانی، ۱۳۸۶).

امواج کشندی تا حد زیادی تحت تأثیر ژرفا و شکل حوضچه‌ها قرار می‌گیرند. البته چرخش زمین (نیروهای کوریولیس) نیز یک اثر اضافی دارد. همچنین هنگام نزدیکی پریود نوسان طبیعی حوضچه به پریود یکی از مؤلفه‌های نجومی چیره، پدیده تشدید رخ می‌دهد. مؤلفه‌های روزانه در برخی مکان‌ها تشدید شده و چیره می‌شوند. در حالی که در بیشتر مکان‌ها مؤلفه‌های نیمروزه چیره می‌شوند.

اندازه‌گیری کشند، باید طولانی باشد تا مؤلفه‌های مختلف کشند، M_2, S_2, O_1, K_1 بتوانند اثر خود را نشان دهند و این مؤلفه‌ها با استفاده از عدد شکل کشند، F طبقه‌بندی می‌شوند که به صورت زیر است:

$$F = \frac{H_{K1} + H_{O1}}{H_{M2} + H_{S2}} \quad (۱$$

مقدار H (دامنه جزرومد) در جداول جزرومد نیروی دریایی انگلستان ارائه می‌شوند. بر پایه عدد بالا، چهار نوع کشند تمیز داده می‌شوند:

– در کشند نیمروزه، $F \leq 0.25$ است، دو مد و دو جزر که ارتفاع هر دو در روز تقریباً یکسان هستند.

– در کشند روزانه، $F \geq 3$ است، یک مد و یک جزر در روز، به جز هنگام کهکشند که در آن صورت ممکن است دو مد و دو جزر وجود داشته باشد.

– در کشند ترکیبی عمدتاً نیمروزه، $0.25 < F < 1.5$ است. دو مد و دو جزر در روز که از نظر ارتفاع و زمان نابرابری‌هایی را نشان می‌دهند.

– در کشند ترکیبی عمدتاً روزانه نیز، $1.5 < F < 3$ است. در این حالت در برخی از اوقات یک جزر و یک مد در روز و گاهی دو مد در روز که نابرابری شدیدی را در ارتفاع و زمان نشان می‌دهند. در صورتی که طول دوره اندازه‌گیری زیاد باشد، در آن صورت HAT, LAT, MHHW, MLLW, LLW, HHW, M.S.L و ... قابل محاسبه و اندازه‌گیری است (چگینی، ۱۳۷۷).

در ایران ابزارها و روش‌های گوناگونی برای به‌کارگیری این منبع بزرگ انرژی ابداع شده است. اما در سطح پروژه‌های آزمایشگاهی باقی‌مانده است. روش‌های مختلف برآورد انرژی قابل استحصال از دریا تا کنون در کشور ما بررسی و مقایسه نشده است. در این راستا شناخت روش‌های برآورد انرژی اهمیت بالایی دارد. این پژوهش به بررسی یکی از روش‌های مختلف برآورد انرژی قابل استحصال از دریا می‌پردازد و سپس انرژی قابل استحصال از اختلاف ارتفاع پتانسیل جزرومد بر پایه داده‌های موجود در خلیج چابهار که سازمان نقشه‌برداری در اختیار این پژوهش گذاشتند، محاسبه می‌شود. مهم‌ترین تفاوت این پژوهش با کارهای گذشته، برخورداری از داده‌های جدید و کافی است. کارهای انجام گرفته پیشین معمولاً به دلیل عدم در اختیار بودن داده‌های مناسب دارای مقادیر بالایی از عدم قطعیت هستند و یا به دلیل کاستی یا پراکندگی داده‌ها نتایج متفاوتی به دست آمده که با نتایج این پژوهش مقایسه شده است. بنابراین در اختیار داشتن داده‌های دقیق در طول دوره ۱۸ ساله این امکان را در اختیار پژوهشگر قرار می‌دهد که میزان انرژی قابل استحصال را برای دوره طولانی‌تر و با دقت بیشتری انجام دهد و روند سالیانه تغییرات انرژی را هم در پژوهش خود بررسی کند.

اگر انرژی پتانسیل به صورت $E = mgh$ در نظر گرفته شود با فرض ثابت بودن سطح حوضه داریم:

$$dE/dV = \rho g h \quad (۲$$

$$dV = AdV$$

$$dE = \rho g A h dh$$

که V حجم حوضچه است. در نتیجه انرژی قابل دسترسی در هر بار پر یا خالی شدن به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$E = \int_0^R Ed = A\rho g \int_0^R h.dh = \frac{1}{2}\rho g A R^2 \quad (۳$$

که R ارتفاع متوسط جزرومدی است. انرژی در هر دوره جزرومدی برابر خواهد بود با:

$$E_{Period} = \rho g A R^2 \quad (۴$$

همان‌گونه که فرمول نشان می‌دهد انرژی جزرومدی در هر دوره به چگالی آب، مساحت حوضه جزرومدی و مربع ارتفاع متوسط جزرومدی بستگی دارد. بنابراین از نکات مهم در سایت‌یابی برای یک نیروگاه جزرومدی مساحت حوضه و ارتفاع جزرومد در آن ناحیه است. در صورتی که جزرومد روزانه باشد دوره ۲۴ ساعت و ۵۰ دقیقه و در صورتی که جزرومد نیم‌روزانه باشد، دوره ۱۲ ساعت و ۲۵دقیقه خواهد بود (رحمانی، ۱۳۸۶).

نرخ میانگین توان تولید انرژی برابر است با

$$Power = \frac{E_{Period}}{T} \quad (۵$$

که T زمان اندازه‌گیری است. همچنین انرژی قابل دسترسی از یک توربین در سدهای جزرومدی با رابطه زیر به دست می‌آید:

$$p = \rho g C_d A \sqrt{2g}(z_1 - z_2) \quad (۶$$

که در آن C_d ضریب تخلیه سد است (Morovvati, 1998).

برای نیروگاه جزرومدی رابطه زیر حاکم است:

$$E_e = \int_{z=0}^{H} \rho A(z) z dz \quad (۷$$

که E_e کار لازم برای خالی کردن آب، A(z) مساحت مخزن به صورت تابعی از ژرفای آب، و H ارتفاع آب ناشی از جزرومد است. به همین ترتیب کار لازم برای پر کردن مخزن از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$E_f = \int_{z=0}^{H} \rho A(z)(H - z) dz \quad (۸$$

و در یک دوره کشندی کامل داریم (نوحی، ۱۳۷۳).

$$E_c = E_e + E_f \quad (۹$$

بنابراین:

$$E_c = \rho H \int_{z=0}^{H} A(z) dz \quad (۱۰$$

و در پایان با توجه به تعریف حجم حوضه انرژی حاصل از یک چرخه کشندی در تأسیسات سدی به صورت زیر خواهد بود:

$$E_c = \rho H V_b \quad (۱۱$$

که در آن E_c انرژی حاصل از یک چرخه کشندی و V_b حجم حوضه، H ارتفاع جزرومدی، و ρ چگالی آب است (Pontes et al., 2001).

۲- منطقه مورد مطالعه

خلیج چابهار بزرگ‌ترین خلیج ایران در حاشیه سواحل دریای عمان و نزدیک‌ترین آبراه به اقیانوس هند است. این خلیج به دلیل شکل حلقه‌ای (Ω) خود در زمین‌شناسی از نوع خلیج‌های اُمگایی یا نعلی‌شکل نامیده می‌شود. عرض دهانه آن حدود ۲۰ کیلومتر، فاصله خاور تا باختر آن حدود ۱۷ کیلومتر است و بیشینه ژرفای آن حدود ۲۰ متر است. افزایش ژرفا در سواحل اقیانوسی چابهار به‌ویژه در دهانه ورودی خلیج چابهار به‌گونه‌ای است که تنها با نفوذ یک کیلومتر در دریا، ژرفای آب به بیش از ۲۵متر خواهد رسید. عرض جغرافیایی آن ″۲۰ ′۳۹ °۲۵ شمالی و طول جغرافیایی آن ″۲۷ ′۴۷ °۵۷ خاوری است. چابهار با ۱۱ کیلومتر مربع مساحت و ۵۹۲۰ کیلومتر سطح آب‌های ساحلی، هم‌عرض جغرافیایی بندر میامی در شبه‌جزیره فلوریدای آمریکا است که از نظر ویژگی‌های آب‌وهوایی مشابه این بندر است. میانگین دمای هوای این بندر ۲۰/۵ درجه سانتی‌گراد است و یکی از خوش آب‌وهواترین بنادر جنوب ایران به حساب می‌آید. (مولوی، ۱۳۸۶).

چابهار معمولاً دارای سواحل کم‌ژرفاست و با ایجاد جریانات کشندی، مقدار پیشروی و پسروی آب در ساحل قابل توجه است. میانگین هد کشند در چابهار، حدود ۲ متر است. اکستریمم مد در چابهار حدود ۳ متر و اکستریمم جزر حدود ۲۰ سانتی‌متر است. کشند در چابهار به صورت ترکیبی و عمدتاً نیمروزه است، یعنی در هر شبانه‌روز ۲ بار جزر و دو بار مد اتفاق می‌افتد (شکل۳). بیشترین اختلاف ارتفاع کشندی، میان ساعت ۲۳ تا ۱۲ ظهر است.

خلیج چابهار دارای سه بخش است که از خاور به باختر شامل چابهار، آب شیرین کن و کنارک است. اختلاف ارتفاع کشند در دو بخش کنارک و آب شیرین کن نسبت به چابهار حدود ۵۰ سانتی‌متر بیشتر است.

۳- داده‌های مورد استفاده

در خلیج چابهار همان‌گونه که در شکل ۴ دیده می‌شود، دستگاه‌های اندازه‌گیری در نقاط مختلف خلیج چابهار قرار گرفته‌اند و بیشتر اندازه‌گیری‌ها نیز در دهانه خلیج چابهار انجام می‌شود. دستگاه‌های Aquadopp جریان‌های دریایی و ویژگی‌های موج را اندازه‌گیری می‌کنند. داده‌های ثبت شده توسط AQها، در ژرفاها و زمان‌های مختلف بوده و به علت محدودیت در ارائه داده‌های موجود و در جریان بودن طرح، آنچه که در اختیار این پژوهش قرار گرفته است، اطلاعات مربوط به ایستگاه AQ3 است. ایستگاه AQ3 در بندر تیس قرار گرفته است. مختصات جغرافیایی بندر تیس (″۲۸ ′۲۱ °۲۵ North, ″۱۴ ′۳۷ °۶۰ East) است. دستگاه Aquadopp3، در ژرفای ۹ متری از سطح آب نصب شده است. ژرفای آن بخش از بندر تیس ۱۰ متر است. گفتنی است که ژرفای عنوان شده، در حالت بیشینه جزر است.

اطلاعات، شامل ۴۸ داده ارتفاع جزرومدی در طول هر روز، طی ۱۸ سال (۲۰۰۷- ۱۹۹۰) و در مجموع ۳۱۵۵۰۴ داده ارتفاع جزرومدی در ایستگاه AQ3 است.

جریان‌های ثبت شده توسط AQها تنها مشخص‌کننده جریان‌های کشندی نیست و ترکیبی از جریان‌های ناشی از باد، موج، چگالی و .... را ثبت کرده‌اند. در مطالعه ارتفاع آب دریا و جریان‌های دریایی، تنها به موضوع جزرومد نمی‌توان بسنده کرد. چرا که تأثیرات باد و خیزآب طوفان ناشی از آن نیز وجود دارد اما دارای درصد کمی است. در خلیج چابهار سوی وزش باد چیره حاصل از مونسون‌های اقیانوس هند از اواسط خرداد تا اواسط شهریور طی دوره آماری بلندمدت، جنوب باختری، جنوب و جنوب خاوری است. بیشینه ارتفاع سطح تراز آب مربوط به خیزآب توفان دریایی ۱۶/۵ متر است و میزان تغییرات جزرومد نجومی کمینه بین ۱/۵ تا ۲ متر و بیشینه آن ۳ تا ۳/۵ متر است که قابل آنالیز هستند. درصد قابل توجهی از ارتفاع کل تراز آب، مربوط به جزرومد نجومی (۹۲٪) و درصد کمی مربوط به خیزآب توفان دریایی (حدود ۸٪) است (علی‌محمدی، ۱۳۸۵). همچنین بر پایه نتایج گزارش شرکت Bird کانادا (وبگاه سازمان بنادر و دریانوردی) که مطالعه و مونیتورینگ سواحل چابهار را انجام داده است، عمده جریان دریایی در خلیج چابهار، جریان جزرومدی است.

برای دید بهتر نسبت به مؤلفه‌های جزرومدی در چابهار و اطراف آن، ویژگی‌های مؤلفه‌های جزرومدی در ایستگاه‌های دارای داده در دریای عمان در جدول ۱ آمده است.

۴- چگونگی پردازش داده‌ها

در این پژوهش برنامه‌ای در محیط MATLAB نوشته شد. ساختار برنامه به‌گونه‌ای است که محاسبات دوبعدی آن را می‌توان به صورت جداگانه تحلیل کرد. کاربر این برنامه برای استفاده از آن برای مسائل خود باید تغییرات لازم را در کد ایجاد کند تا بتواند میزان انرژی و توان حاصل از جزرومد را نتیجه بگیرد.

برای برآورد صحیح از انرژی قابل استحصال از پتانسیل جزرومد باید دست‌کم داده‌های ۱۸ سال از این منطقه را بررسی کرد تا با اطمینان بیشتری در این باره نظر داد (چگینی، ۱۳۷۷). بدین منظور از داده‌های مربوط به ۱۸ سال اندازه‌گیری ارتفاع جزرومد از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۰۷ در چابهار که توسط سازمان نقشه‌برداری انجام شده بود و در اختیار این پژوهش قرار گرفت، استفاده شد.

پس از مرتب کردن داده‌ها در نرم‌افزار EXCEL، برنامه‌ای در محیط MATLAB نوشته شد که در آن بر اساس ۴۸ داده ارتفاع جزرومد که در هر روز موجود بود (فاصله زمانی ۳۰ دقیقه)، میانگین روزانه بر پایه اختلاف کمترین جزر و بیشترین مد محاسبه شد. سپس میانگین دامنه جزرومدی هر ماه و سرانجام میانگین سالانه دامنه (در کل ۳۱۵۳۶۰ داده) جزرومدی محاسبه شد. به این ترتیب انرژی و توان تقریبی قابل استحصال جزرومد در هر سال (۲۰۰۷-۱۹۹۰) به‌طور جداگانه در ایستگاه چابهار برآورد شد.

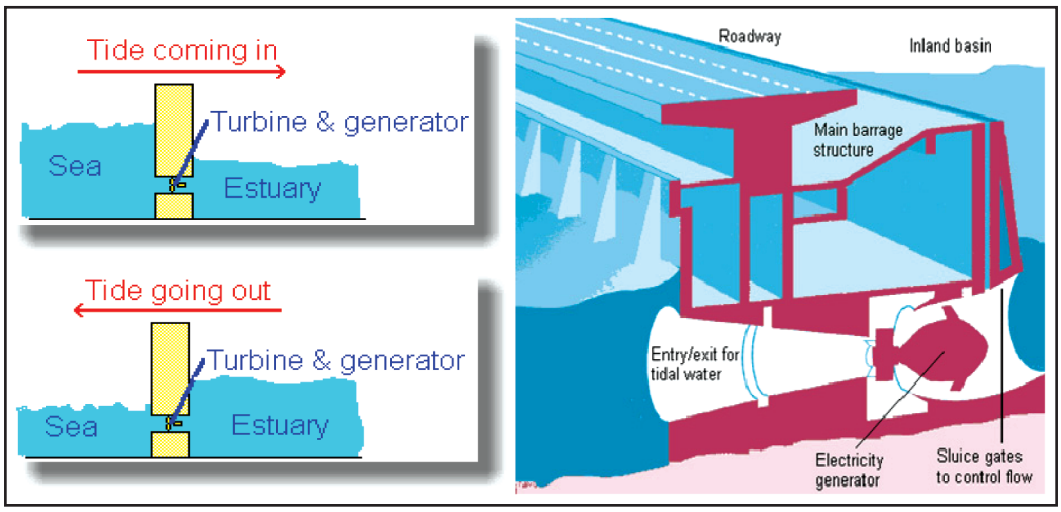
۵- بحث و نتیجه‌گیری

پس از تحلیل داده‌ها، با میانگین‌گیری سالانه از انرژی پتانسیل جزرومد در طول ۱۸ سال داده جزرومدی مقادیر میانگین سالانه دامنه، انرژی و توان جزرومدی به صورتی که در جدول ۲ و ۳ آمده است، به دست می‌آید.

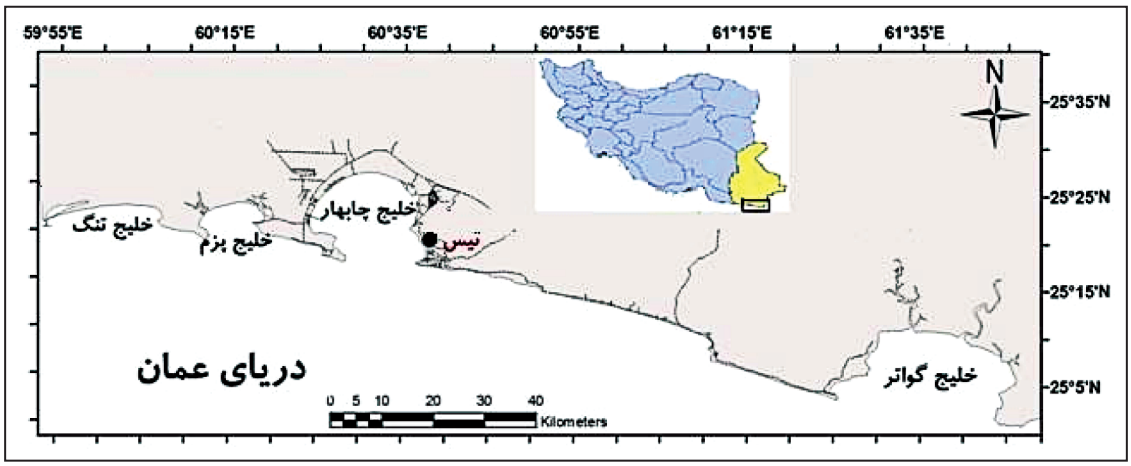
همزمان با این پژوهش، پروژه‌ای توسط وزارت نیرو با همکاری پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی برای برآورد انرژی از جزرومد در دست انجام بود. این پژوهش به بررسی انرژی جزرومد تنها طی ۶ سال (از سال ۱۹۹۱ تا ۱۹۹۶) پرداخت و پتانسیل انرژی در چابهار محاسبه شد، برای مقایسه، این نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

به لحاظ اینکه در پژوهش حاضر از ۱۸ سال داده روزانه و ساعتی با فاصله زمانی ۳۰ دقیقه استفاده شده است، نتیجه دقیق‌تری از وضعیت میزان برآورد انرژی جزرومد را در چابهار نشان می‌دهد.

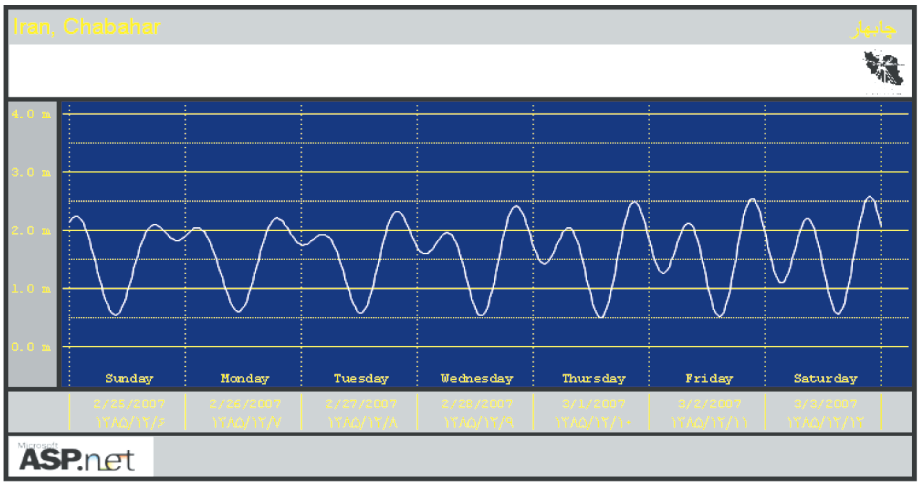
کشور ایران، نیاز فراوان به استحصال انرژی از کشند دارد. با توجه به خط ساحلی بسیار مناسب در جنوب کشور و همچنین وجود تنگه‌ها و خلیج‌های مناسب در این خط ساحلی، زمینه استحصال انرژی از کشند وجود داشته و این سواحل، مستعد به‌دست آوردن انرژی پاک، تجدیدپذیر، در دسترس و رایگان هستند. ضمن اینکه با استحصال انرژی، افزون بر بهبود در سرمایه ملی، ساکنان این مناطق نیز بهره کافی را خواهند برد. واقعیت این است که توربین‌های هیدرولیک از نوع پروانه‌ای برای سدهای بالای رودخانه مناسب هستند، ولی برای استفاده از نیروی کشند با ارتفاع کمتر از ۵ متر، بسیار گران و پر هزینه هستند. همچنین باید توجه داشت که در این مکان، رسوب‌گذاری نیز افزایش می‌یابد که خود باعث افزایش هزینه می‌شود. با توجه به اعداد به‌دست آمده از برآورد توان قابل استحصال از انرژی جزرومد، با توجه به شرایط جغرافیایی بندر چابهار و میزان ارتفاع جزرومدی در این ایستگاه که به طور میانگین ۲/۵ متر است، ساخت سد جزرومدی برای این منطقه مقرون به صرفه نیست.



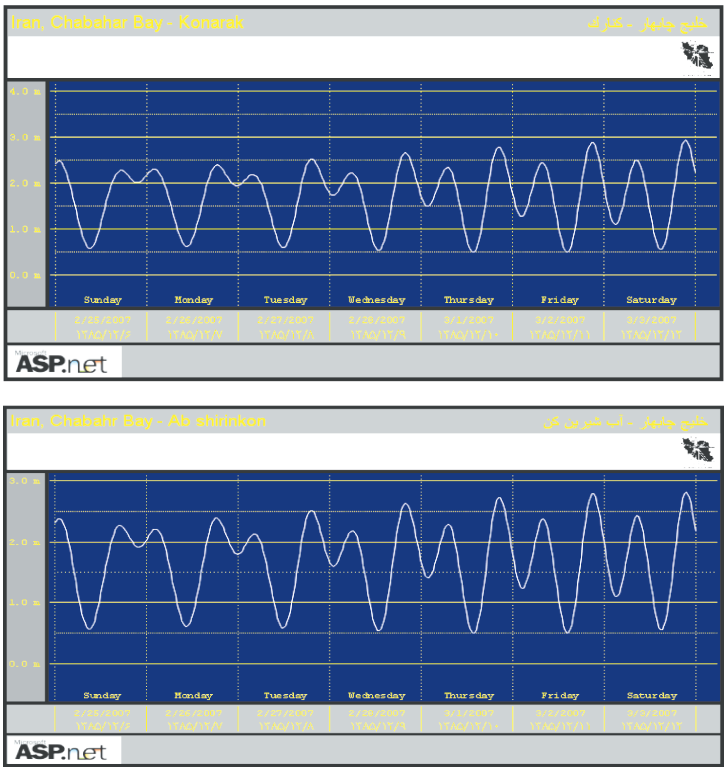
شکل ۱- توربین‌های محصور زیر سطحی که در زیر یک سد قرار گرفته و با جریان‌های رفت و برگشت کشند از زیر سد توربین‌ها به چرخش در آمده و با ارتباط دادن آن با ژنراتور ، الکتریسیته تولید می‌شود (رحمانی، ۱۳۸۶).



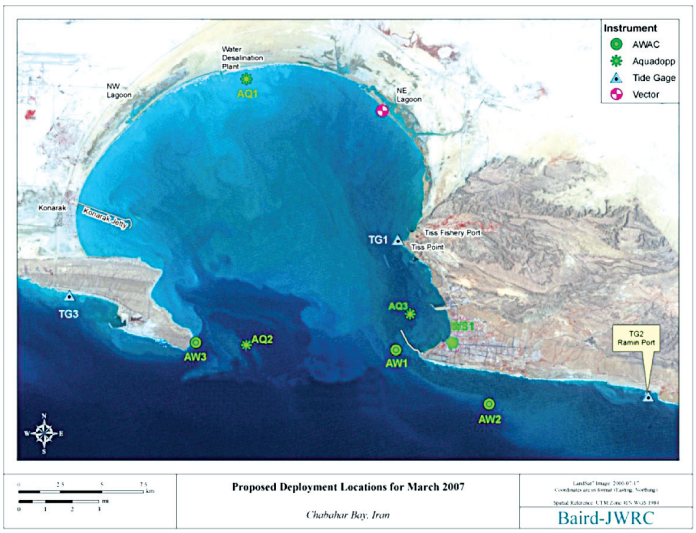
شکل ۲- شمایی از موقعیت خلیج چابهار در دریای عمان.



شکل۳- مقایسه ارتفاع کشند نیمروزه در مناطق چابهار، کنارک و آب شیرین کن در طول یک هفته (رحمانی،۱۳۷۶).



ادامه شکل ۳



شکل ۴- آخرین وضعیت ایستگاه‌های اندازه‌گیری در خلیج چابهار مارس ۲۰۰۷ (برگرفته از وبگاه سازمان بنادر و دریانوردی)

جدول ۱- ویژگی‌های جزرومدی در ایستگاه‌های دارای داده در دریای عمان (ذاکری، ۱۳۸۷).

مکان	مؤلفه جزرومدی M۲		مؤلفه جزرومدی S_2		مؤلفه جزرومدی K_1		مؤلفه جزرومدی O_1	
	H به متر	g به درجه	H به متر	g به درجه	H به متر	g به درجه	H به متر	g به درجه
چابهار	۰/۶۶	۲۵۶	۰/۲۴	۲۸۷	۰/۴۲	۳۱	۰/۲	۳۳
خلیج جاسک	۰/۷	۲۵۹	۰/۲۲	۲۵۹	۰/۴	۳۶	۰/۲۲	۳۱
خلیج گواتر	۰/۶۵	۲۷۰	۰/۲۴	۲۹۹	۰/۴۳	۳۴	۰/۱۹	۳۲
کنگ	۰/۶۵	۳۴۵	۰/۲۷	۱۲	۰/۲۶	۹۶	۰/۲	۷۲
گالک	۰/۶۸	۲۵۸	۰/۲۱	۲۸۰	۰/۴۹	۱۷	۰/۲۱	۲۹
راس تنگ	۰/۶۵	۲۵۸	۰/۲۵	۲۹۲	۰/۴	۲۸	۰/۲	۳۲

جدول ۲ - میانگین سالانه اختلاف جزرومدی و انرژی حاصل از داده‌های جزرومدی در هر سال (۲۰۰۷-۱۹۹۰) به طور جداگانه در ایستگاه چابهار.

سال	اختلاف دامنه جزرومدی (m)	میانگین انرژی جزرومد (J/m^2)
۱۹۹۰	۱/۹۹	۴۹۷۷/۳۴
۱۹۹۱	۱/۷۱	۳۹۲۱/۵۴
۱۹۹۲	۲/۲۲	۶۱۸۳/۹۷
۱۹۹۳	۱/۸۱	۴۰۷۲/۳۷
۱۹۹۴	۱/۳۸	۲۳۶۲/۹۸
۱۹۹۵	۱/۶۰	۲۳۱۷/۶۷
۱۹۹۶	۲/۲۹	۶۵۸۶/۱۸
۱۹۹۷	۲/۷۳	۹۳۵۱/۳۷
۱۹۹۸	۱/۱۸	۱۷۰۹/۳۹
۱۹۹۹	۲/۱۴	۵۷۳۱/۴۸
۲۰۰۰	۲/۴۱	۷۲۹۰/۰۴
۲۰۰۱	۲/۸۰	۹۸۵۴/۱۳
۲۰۰۲	۲/۷۴	۹۴۰۱/۶۴
۲۰۰۳	۱/۴۳	۲۵۶۴/۰۸
۲۰۰۴	۱/۹۰	۴۵۲۴/۸۵
۲۰۰۵	۲/۸۰	۹۸۵۴/۱۳
۲۰۰۶	۲/۳۰	۶۶۳۶/۴۵
۲۰۰۷	۲/۲۵	۶۳۳۴/۸۰

جدول ۳- میانگین پتانسیل انرژی سالانه جزرومدی بر حسب (wh/m^2) و میانگین سالانه پتانسیل توان جزرومد (w/m^2) در چابهار در طول ۱۸ سال (۲۰۰۷-۱۹۹۰).

مکان	میانگین سالانه دامنه جزرومد (m)	میانگین سالانه پتانسیل انرژی جزرومد (wh/m^2)	میانگین سالانه پتانسیل توان جزرومد (w/m^2)
چابهار	۲/۰۹	۵/۵۰	۰/۴۴

جدول ۴- میانگین پتانسیل انرژی سالانه جزرومدی برحسب (wh/m^2) در چابهار در طول ۶ سال (۱۹۹۶- ۱۹۹۱) توسط وزارت نیرو.

مکان	میانگین سالانه دامنه جزرومد (m)	میانگین سالانه پتانسیل انرژی جزرومد (wh/m^2)	میانگین سالانه پتانسیل توان جزرومد (w/m^2)
چابهار	۱/۹۸	۵/۴۹	۰/۲۲

کتابنگاری

چگینی، و.، ۱۳۷۷ - نظریه‌های موج، انتشارات شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری، تهران، ایران.

علی‌محمدی، ح.، ۱۳۸۵- مطالعه، بررسی، آنالیز و نحوه جداسازی میزان ارتفاع جزرومد و خیزآب طوفان دریایی در خلیج چابهار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال، تهران، ایران.

رحمانی، ح.، ۱۳۸۶- مطالعه ساخت دستگاه استحصال انرژی از جزرومد در منطقه چابهار، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد تهران شمال، تهران، ایران.

جمالو، ا.، ۱۳۸۸- بررسی و ساخت دستگاه مولد انرژی از امواج در منطقه خورموسی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد فیزیک دریا، تهران شمال، تهران، ایران.

نوحی، گ.، ۱۳۷۳- آنالیز هارمونیک جزرومد و پیش‌بینی آن در آب‌های جنوب کشور، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

واعظ‌قائمی، م.، ۱۳۷۴- آنالیز هارمونیکی جریانات کشندی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

پسنده، ن.، ۱۳۷۶ - انرژی حاصل از جزرومد در ابتدای خورموسی بندر امام خمینی(ره)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز، ایران.

ذاکری، م.، ۱۳۸۷- بررسی پتانسیل قابل استحصال از جزرومد در سواحل جنوب ایران، طرح پژوهشی شرکت مهندسین مشاور مهاب قدس، تهران، ایران.

وحدت‌تربتی، ت.، ۱۳۷۸- مطالعه و بررسی پروفیل سرعت جریان جزرومدی در تنگه هرمز، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال، تهران، ایران.

مولوی، م.، ۱۳۸۶- گزارش هفته‌نامه داخلی شرکت آب و فاضلاب استان تهران، شماره ۶۴۵، تهران، ایران.

آل‌داود، م.، ۱۳۸۷- بررسی انرژی امواج جزرومد در منطقه خورموسی و امکان‌سنجی روش‌های بهره‌گیری از آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

وبگاه سازمان بنادر و دریا نوردی، طرح مونیتورینگ و مطالعات سواحل ایران.

References

Gorlov, A. M., Gorban, A. N. & Silantyev, V. M., 2001- Limits of the Turbine Efficiency for Free Fluid Flow, Journal of Energy Resources Technology.

Morovvati, H., 1998- Siltation in to the approach channels Due To Ebb & flood Tidal currents, 7th inter. Congress on Coastal Hydraulics, Beijing.

Pontes, M. T. & Falcao, A., 2001- Ocean energy conversion, Instituto nacional de engenharia e tecnologia industrial, Lisboa, Portugal.

Tidal Energy Extraction in Chabahar Bay

S. Shirinmanesh [1*] & V. Chegini [2]

[1] Ph.D. Student, Department of Physical Oceanography, Khoramshahr Marine and Science Technology University, Khoramshahr, Iran
[2] Assistant Professor, National Oceanography Society, Tehran, Iran.

Received: 2012 January 28 Accepted: 2012 June 23

Abstract

Development of modern energies is one of the most important issues that all countries have focused on and have tried to find a new model in that respect. One of the greatest energy-resources in the world is oceans and tidal currents are one of the specific indicators of oceanic current. The movement of oceans waters caused by tidal current has a great deal of energy. On the other hand, development of new energies causes to search new plan in all countries. In this study, the potential energy obtained from daily, monthly and eventually annually average of 18-years (1990-2007) tidal range difference data in the Chabahar station. The average of tidal range was 2.09 m. The average energy estimated to be 5.5 $\frac{w}{m^2}$ and the average power estimated to be 0.44 $\frac{w}{m^2}$. According to the obtained results, producible energy of tidal currents in Chabahar is very low and it has no economic importance.

Keywords: Energy, Wave, Tide, Statistical Study, Chabahar

For Persian Version see pages 47 to 52

*Corresponding author: S. Shirinmanesh; E-mail: s.shirinmanesh@kmsu.ac.ir