



مرکز بررسی‌ها و مطالعات دریایی

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



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



بررسی و امکان سنجی استحصال توان موج در آبهای شمال و جنوب ایران

گیلدا عباسیان^۱

کلید واژه ها: توان موج، انرژی امواج دریاهای ایران، چگالی توان باد، چگالی توان موج، مبدل انرژی موج

چکیده

دریاهای، یکی از منابع مهم انرژی می باشند. هر کشور در صورت دارا بودن آبهای وسیع و بهره برداری موثر از آنها، می تواند بخشی قابل توجه از انرژی مورد نیاز خود را از دریاها تامین کند.

در این مقاله با بررسی ویژگی های امواج و عمق آبهای ایران، مقدار میانگین توان قابل استحصال از امواج دریاهای ایران معادل $20 \frac{KW}{m}$ تخمین زده شد که از این مقدار، $6 \frac{KW}{m}$ برای آبهای شمال و حدود $14 \frac{KW}{m}$ برای آبهای جنوب ایران برآورد شد و با توجه به مقادیر بدست آمده مقایسه ای با مقادیر مشابه در کشور ترکیه صورت گرفت.

مقادیر یاد شده تقریباً با داده های توزیع تقریبی سطوح انرژی در جهان بر حسب $\frac{KW}{m}$ همخوانی دارد که این خود به عنوان عاملی بر صحنه گذاری بر محاسبات، قابل استناد است.

در این مقاله به محاسبه چگالی انرژی موج در ده منطقه ساحلی ایران پرداخته ایم تا از میان آنها بهترین نقاط برای نصب مبدل پیشنهاد شوند. نیز با محاسبه و مقایسه چگالی توان موج و چگالی توان باد برای این مناطق به تحلیل مزیت استفاده از انرژی امواج نسبت سایر انرژی های تجدید پذیر پرداخته ایم و در نهایت برای بهره برداری از این منبع عظیم انرژی در ایران، با توجه به ویژگیهای امواج و عمق دریاها و پارامترهای دیگر مبدلهای موجی برای مناطق مورد مطالعه پیشنهاد کرده ایم.

مقدمه

نیاز روزافزون به استفاده از انرژی در جهان و خطرات ناشی از سوخت های فسیلی بویژه زغال سنگ و نفت توجه بسیاری را به منابع انرژی تجدید پذیر جلب کرده است. یکی از این منابع عظیم انرژی پاک و تجدید پذیر، امواج اقیانوسی هستند که از قدیم الایام برای بشر شناخته شده بوده اند. [۱]

امواج از اثرات باد روی سطح آب ناشی می شوند، هر چند انرژی آنها بخش کوچکی از انرژی خورشید و باد به حساب می آید، اما نسبت به سایر انرژیها، پایدارتر بوده و دارای چگالی انرژی بالاتری است. [۲]

به عبارتی یکی از مزایای عمده ی انرژی امواج نسبت به انرژی خورشیدی و باد، مقدار چگالی بالای انرژی آن بر واحد سطح است. بطور مثال در عرض جغرافیایی ۱۵ درجه شمالی میانگین چگالی انرژی خورشید $0.17 \frac{kW}{m^2}$ ، میانگین چگالی انرژی باد در وسط اقیانوس آرام در

همین عرض حدود $0.58 \frac{kW}{m^2}$ (باد با سرعت $10 \frac{m}{s}$) است که قابلیت تولید امواجی با چگالی توان $8/42 \frac{kW}{m^2}$ دارد. [۳]

^۱ کارشناسی ارشد، دانشکده علوم و فنون دریایی واحد تهران شمال، gilda.ocean@yahoo.com

بطور کلی مبدلها را به پنج گروه اصلی می توان طبقه بندی کرد که در ذیل توضیح هر یک آورده شده است :

مبدلهای جاذب نقطه ای (Point Absorber)

ابعاد این مبدل شناور از امواجی که به آن برخورد می کنند کوچکتر است و این مبدل می تواند انرژی امواج بزرگ را جذب نماید. این دستگاه قادر به جذب انرژی از تمام جهات است. نمونه ای از این مبدلها دستگاههای AWS (Archimedes Wave Swing) و Power Buoy هستند که در مقیاس کامل و برای استفاده در مناطق دور از ساحل ساخته شده اند. [۹]

مبدلهای کاهنده (Attenuator)

در این نوع، دستگاه در جهتی موازی با حرکت اصلی موج قرار می گیرد که علاوه بر انرژی جذب شده از جلوی سیستم، پراش امواج به لبه های کناری مبدل، باعث جذب انرژی از این بعدها نیز خواهد شد، که این خود باعث کاهش دامنه موج خواهد شد و نام این مبدل نیز نشأت گرفته از این کاهش است. چنین مبدلهایی دارای ابعاد طولی مساوی و یا بزرگتر از طول موج هستند. پلامیس نمونه ای از این نوع مبدل است.

مبدلهای پایان دهنده (Terminator)

در این مبدلها تعداد زیادی از مبدلها که بصورت ردیفی پشت سر یکدیگر نصب می شوند باید در جهتی قرار داده شوند که عمود بر جهت اصلی حرکت موج باشد، یک مبدل موثر امواجی تولید می کند که در جهت عکس موج برخورد کننده می باشد بنابراین بخشی از انرژی را منتقل یا منعکس می کند و مابقی را جذب می نماید.

ستون نوسانی آب (Oscillating Water Column) OWC

روش استفاده از ستون نوسانی آب یکی از روش های متداول در سیستم های نیوماتیک می باشد. این مبدل یک ساختار زیر آبی است که در آن هوای بالای سطح آب بدام می افتد و امواج ورودی باعث نوسان ستون آب شده و توربین را به حرکت در می آورد. Oceanlinx, Pico owc, Limpet به روش ستون نوسانی آب کار می کنند. [۱۰]

سیستم های بالا رونده (Overtopping System) OTS

در این روش از انرژی موج برای انتقال آب دریا به درون کانالی شیب دار و ذخیره آن در یک مخزن استفاده می شود. با استفاده از اختلاف ارتفاع ایجاد شده، توربین های آبی با ارتفاع کم به حرکت در آمده و انرژی تولید می شود. از جمله این مبدلها می توان Wave Dragon را نام برد. مبدلها بر اساس موقعیت قرار گرفتن به سه دسته طبقه بندی می شوند.

خط ساحلی (Onshore)

این سیستمها در کنار خط ساحل ساخته می شوند و معمولا با تجهیزات ساحلی یکپارچه می گردند. از ویژگی ای مبدلها می توان نصب ساده، کم بودن هزینه نگهداری و فاصله کم تا ساحل را نام برد. از نقاط ضعف این مبدلها این است که در دید ساحلی قرار گرفته و به مکان خود محدود می شوند و انرژی کمتری تولید می کنند.

نزدیک ساحل (Near Shore)

سیستم های نزدیک ساحل در عمق آب متوسط حدود ۲۰ تا ۲۵ متر و در مسافتی بالغ بر ۵۰۰ متر از ساحل قرار داده می شوند. این سیستمها همان مزایای دستگاههای خط ساحلی را دارند حال آنکه در مجاورت توان بالاتری از امواج قرار می گیرند. برخی از مبدلهای جاذب نقطه ای در این طبقه بندی قرار دارند.

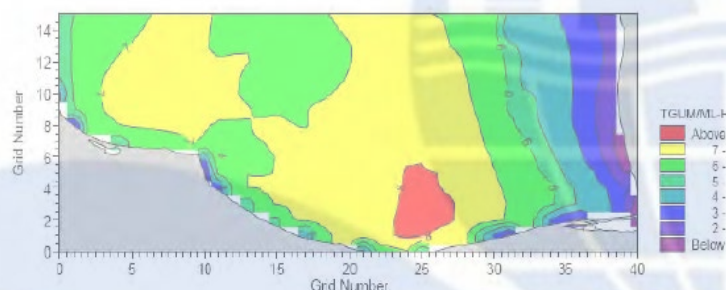
دور از ساحل (Offshore)

سیستم های دور از ساحل در آبهای عمیق، معمولاً در عمق بیش از ۲۵ متر (۱۳۱ فوت) واقع می شوند تا انرژی امواج بزرگتر و قدرتمند تر را جذب نمایند. [۱۱]

منابع انرژی موج در ایران و ویژگیهای آنها

دریای خزر

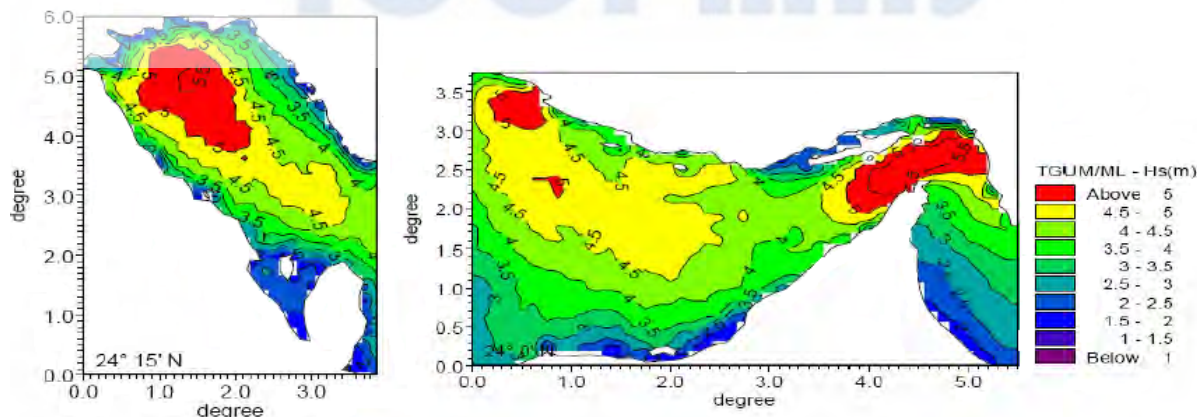
دریای خزر که در شمال ایران قرار دارد با مساحتی برابر ۴۲۴۰۰۰ کیلومتر مربع بزرگترین دریاچه این دریاچه (یا به دلیل وسعت آن بهتر است بگوییم دریا) جهان به شمار می آید. بیشترین عمق این دریاچه در قسمت شمالی ۱۵ متر است حال آنکه در قسمت جنوبی عمق به ۱۰۰۰ متر هم می رسد ولی متوسط عمق این دریاچه ۳۲۵ متر است. به طور کلی دریای خزر، دریایی آرام نیست و در اکثر روزهای سال در مسیر عبور جریانهای هوا و وزش باد، امواجی با سرعتی در حدود ۲۵ متر بر ثانیه، ارتفاع ۱۱ تا ۱۲ متر و طول موج ۲۰۰ متر در آن ایجاد می شوند. در ساحل نزدیک به ایران امواج ارتفاع بسیار بلندتری دارند که این خود می تواند نشانگر قابلیت تبدیل انرژی این امواج به انرژی الکتریسته باشد، همچنین این امواج در مناطق عمیق که عمقی بیش از ۱۵ متر دارند بوجود می آیند و فاصله شان تا ساحل کمتر از ۵ کیلومتر است، لذا هزینه تبدیل انرژی امواج به انرژی الکتریسته نیز کمتر خواهد بود.



شکل ۲) ارتفاعات موج در جنوب دریای خزر بر حسب متر

خلیج فارس

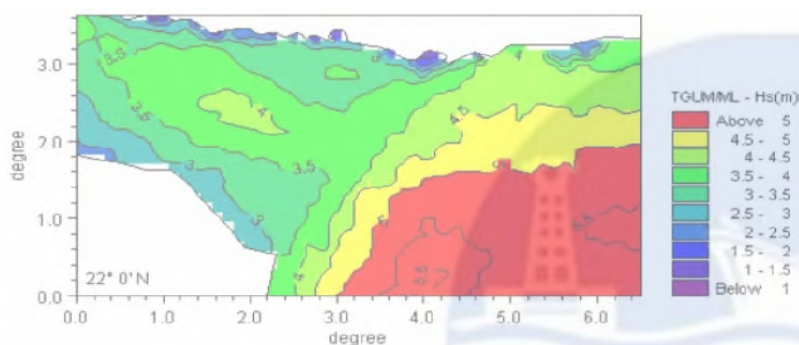
خلیج فارس مساحتی حدود ۸۵۰ کیلومتر مربع دارد. میانگین عمق آن حدود ۴۰ تا ۵۰ متر می باشد که با نزدیک شدن به ساحل مقدار آن کاهش می یابد. ارتفاع امواج در خلیج فارس در مجاورت ساحل ایران بیش از سایر مناطق است. خلیج فارس به علت عمق بسیار کم و اینکه نواحی عمیق آن دور از ساحل هستند، برای نصب و راه اندازی برخی مبدلها در ساحل مناسب نمی باشد، اما ناحیه غربی خلیج فارس تا جزیره قشم و به ویژه تنگه هرمز با دارا بودن امواجی با ارتفاع ۴/۵ تا ۵ متر و با فاصله ای حدود ۵ کیلومتر از ساحل مناطق مناسبی برای نصب مبدل ها به شمار می آیند.



شکل ۳) ارتفاعات موج در خلیج فارس بر حسب متر

دریای عمان

دریای عمان بخشی از اقیانوس هند به حساب می آید و تنها دریای آزاد ایران می باشد. خلیج فارس از طریق تنگه هرمز به دریای عمان متصل می شود. این دریا با مساحتی معادل با ۹۰۳ کیلومتر مربع، در مناطق ساحلی ایران عمیق تر از خلیج فارس می باشد، که عمق آن در نزدیکی بندر چابهار به ۳۳۸۰ متر می رسد. ارتفاع امواج ایجاد شده در دریای عمان کمتر از ارتفاع امواج خلیج فارس است، با وجود این به علت عمق زیاد، تعدادی از سواحل به ویژه ساحل چابهار، این ناحیه مستعد نصب دستگاههای مبدل انرژی امواج می باشد و از آنجا که نواحی عمیق در فاصله کمی از ساحل قرار دارند می توان در هزینه های مربوط به تولید جریان برق از انرژی امواج صرفه جویی کرد. [۱۲]



شکل ۴) ارتفاعات موج در دریای عمان بر حسب متر

مبانی نظری

انرژی موج

انرژی امواج مجموع انرژی پتانسیل (وابسته به ارتفاع امواج) و انرژی جنبشی (وابسته به حرکت ذرات) می باشد که انرژی جنبشی و پتانسیل در یک موج با هم برابرند و مقدار آنها از روابط زیر محاسبه می شود. [۱۳]

$$E_k = \frac{1}{16} \rho g H_s^2 \left[\frac{W_s}{m^2} \right], E_k = E_p \quad (1)$$

$$E = E_k + E_p = \frac{1}{8} \rho g H_s^2 \left[\frac{W_s}{m^2} \right] \quad (2)$$

که در آن E, E_k, E_p به ترتیب انرژی پتانسیل، انرژی جنبشی و انرژی کل موج در واحد سطح بر حسب $\frac{J}{m^2}$ یا $\frac{Ws}{m^2}$ می باشد. ارتفاع موج شاخص (میانگین ارتفاع های یک سوم مرتفع ترین امواج) بر حسب m ، چگالی آب بر حسب $\frac{kg}{m^3}$ و g : ثابت

گرانشی $9.81 \frac{m}{s^2}$ است.

توان موج

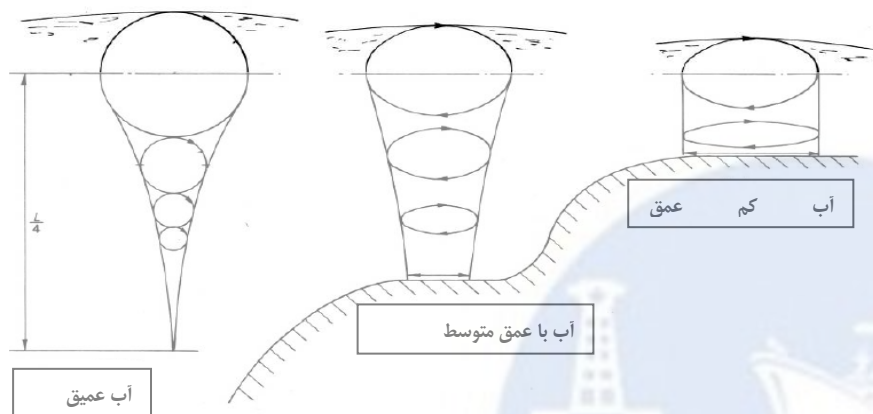
توان موج، P عبارت است از میزان انرژی منتقل شده توسط موج که در واقع بیانگر میزان انرژی در دسترس آن می باشد. این کمیت معمولاً بر حسب kW در هر متر از طول تاج موج بیان و با رابطه زیر محاسبه می شود. [۱۴]

$$P = E C_g = \frac{1}{8} \rho g H_s^3 C_g \quad \left[\frac{W}{m} \right] \quad (3)$$

که در آن C_g نمایانگر سرعت گروهی موج بر حسب $\frac{m}{s}$ می باشد.

معادلات توان موج بر اساس طبقه بندی آنها بر حسب عمق آب

با توجه به شرایط آب بر اساس عمق با توجه به شکل ۵، سرعت گروهی و توان موج را می توان به سه حالت زیر طبقه بندی کرد. [۱۵]



شکل ۵) طبقه بندی امواج بر اساس عمق آب [۱۵]

در آب کم عمق به دلیل برهمکنش امواج با بستر، بخشی از انرژی امواج هدر رفته و امواج انتقالی در این آبها توان کمتری از آبهای عمیق خواهند داشت. [۱۶]
توان آب کم عمق:

$$\frac{d}{l} < 0.05 \quad (۴)$$

$$C_g = c, c = \sqrt{gd} \quad (۵)$$

$$P_{shallowwater} = \frac{1}{8} \rho g^{3/2} d^{1/2} H_s \quad \left[\frac{w}{m} \right] \quad (۶)$$

که در آن d عمق آب بر حسب متر و l طول موج بر حسب متر است.

توان در آب با عمق متوسط: [۱۷]

$$0.05 \leq \frac{d}{l} \leq 0.5 \quad (۷)$$

$$C_g = nc, c = \frac{l}{T}, \quad n = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] \quad (۸)$$

$$P_{intermediatewater} = \frac{1}{8} \rho g n H_s^2 \frac{l}{T} \quad \left[\frac{w}{m} \right] \quad (۹)$$

توان آب عمیق: [۱۸]

$$\frac{d}{l} > 0.5 \quad (10) C_g = \frac{1}{2} c, c = \frac{g}{\omega}, C_g = \frac{gT}{4\pi} \quad (11)$$

$$l_0 = 1.56T^2 \quad (12)$$

$$P_{Deepwater} = \frac{1}{32\pi} \rho g^2 H_s^2 T \left[\frac{W}{m} \right] \quad (13)$$

چگالی توان موج

چگالی توان موج یعنی انرژی موج به ازای پریود موج برابر است با: [۱۹]

$$P_{density} = \frac{E_{density}}{T} = \frac{\rho_{water} g H_s^2}{8T} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (14)$$

چگالی توان باد

چگالی توان باد به صورت توان بر واحد سطح عمود بر جریان باد تعریف می شود و برابر است با: [۱۶]

$$P_{density} = \frac{P}{A} = \frac{1}{2} \frac{\rho A v^3}{A} = \frac{1}{2} \rho v^3 \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (15)$$

ρ چگالی هوا برابر با $1/220 \frac{kg}{m^3}$ در فشار سطح دریا و دمای ۱۵ درجه سانتیگراد و v سرعت باد بر حسب $\frac{m}{s}$ است.

مواد و روشی ها

در این تحقیق نتایج مدلسازی عددی با استفاده از مدول SW نرم افزار Mike ۲۱ شامل میانگین ارتفاع موج شاخص H_s ، دوره تناوب موج T_p و عمق آب و میانگین سرعت باد در طول و عرض جغرافیایی مشخص در یک دوره دوازده ساله است [۲۰] و [۲۱]. برای تخمین توان قابل استحصال از امواج و چگالی توان امواج و چگالی توان باد هفت منطقه در جنوب و سه منطقه در شمال ایران مورد بررسی قرار گرفتند.

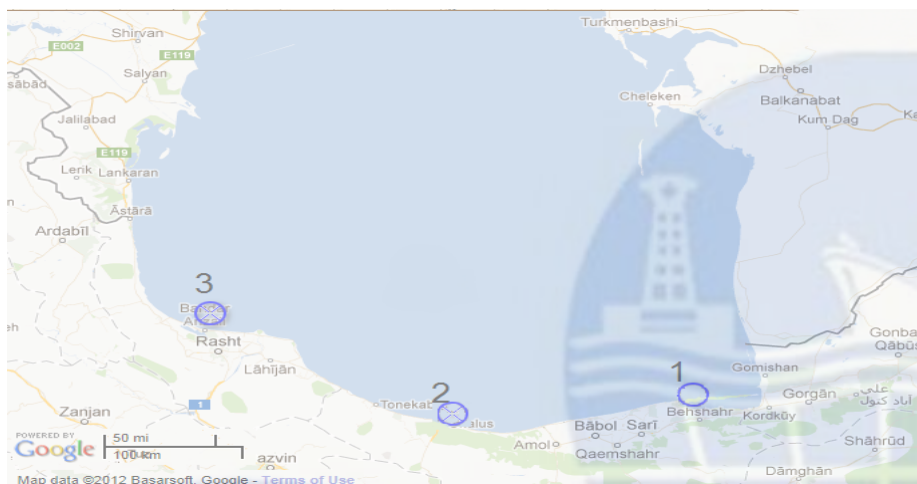
برای محاسبه توان موج ابتدا به تعیین شرایط آب مناطق مورد مطالعه می پردازیم، که برای این کار از نمودار Le Mehaute [۲۲] و جدول مقادیر نسبت $\frac{d}{l}$ به ازای مقادیر نسبت $\frac{d}{l_0}$ (از ۰/۰۰۱ تا ۱) [۲۳] استفاده کردیم. بعنوان نمونه برای تعیین شرایط آب، منطقه بندرانزلی را با مختصات $N 49^\circ, 30'$ و $E 37^\circ, 37', 30''$ و عمق ۲۵ متر انتخاب می کنیم (جدول ۳). با توجه به عمق ۲۵ متری و رابطه $l_0 = 1.56T^2$ مقدار l_0 ، $35/405$ و نسبت d به l_0 $0/675$ بدست آمد، بنابراین نسبت d به l با توجه به جدول مقادیر نسبت $\frac{d}{l}$ به ازای مقادیر نسبت $\frac{d}{l_0}$ $0/6703$ خواهد بود که این مقدار از $0/5$ بزرگتر بوده و طبق رابطه $\frac{d}{l} > 0.5$ شرایط آب عمیق بر منطقه حاکم است. با توجه به حاکم بودن شرایط آب عمیق بر منطقه بندرانزلی، با استفاده از رابطه ۱۳، میانگین توان موج W/m ۲۱۹۹/۹۱ محاسبه گردید، به همین ترتیب توان موج دیگر مناطق را محاسبه می کنیم و سپس برای نشان دادن درستی مقادیر بدست آمده برای میانگین توان آبهای شمال و جنوب ایران، آنها را با داده های توزیع تقریبی سطوح جهان بر حسب $\frac{KW}{m}$ مقایسه می کنیم. [۵]

در این تحقیق مقدار چگالی توان باد برای ده منطقه مورد مطالعه با استفاده از میانگین سرعت باد [۲۱] و [۲۲] و رابطه ۱۵ جهت مقایسه با چگالی توان موج، محاسبه شده توسط رابطه ۱۴، به منظور نشان دادن مزیت اصلی استفاده از انرژی موج نسبت به انرژی باد استفاده شد، همچنین مقایسه ای بین مقدار میانگین توان قابل استحصال در ایران و ترکیه صورت گرفت که این مقدار برای ایران $20 \frac{KW}{m}$ و برای ترکیه $17 \frac{KW}{m}$ است. [۲۴]

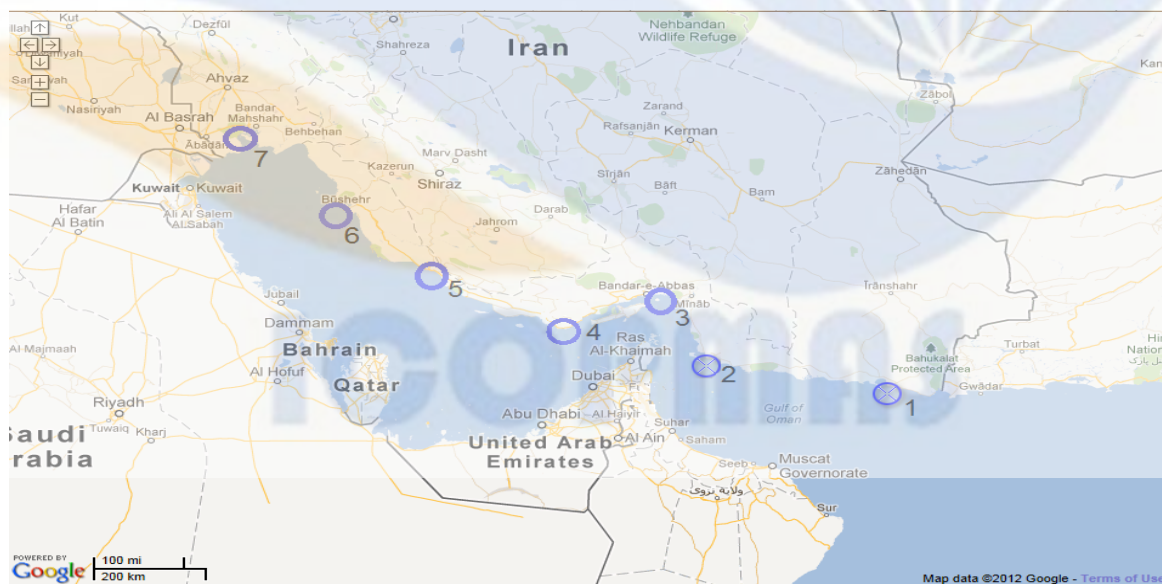
در این تحقیق مقدار چگالی توان باد برای ده منطقه مورد مطالعه با استفاده از میانگین سرعت باد [۲۱] و [۲۲] و رابطه ۱۵ جهت مقایسه با چگالی توان موج، محاسبه شده توسط رابطه ۱۴، به منظور نشان دادن مزیت اصلی استفاده از انرژی موج نسبت به انرژی باد استفاده شد، همچنین مقایسه ای بین مقدار میانگین توان قابل استحصال در ایران و ترکیه صورت گرفت که این مقدار برای ایران $20 \frac{KW}{m}$ و برای ترکیه $17 \frac{KW}{m}$ است. [۲۴]

در آخر مبدلهایی با توجه به شرایط و ویژگیهای دریای خزر که تقریباً دریایی عمیق با امواج متوسط است و خلیج فارس که یک دریای کم عمق با دامنه امواج کوچکتر نسبت به دریای خزر است و نیز دریای عمان به منظور بهره گیری از بازدهی بالای مبدلها در این مناطق پیشنهاد گردید.

در شکل ۶ و ۷ موقعیت بویه ها در مناطق مورد مطالعه در سواحل شمال و جنوب ایران نشان داده شده است.



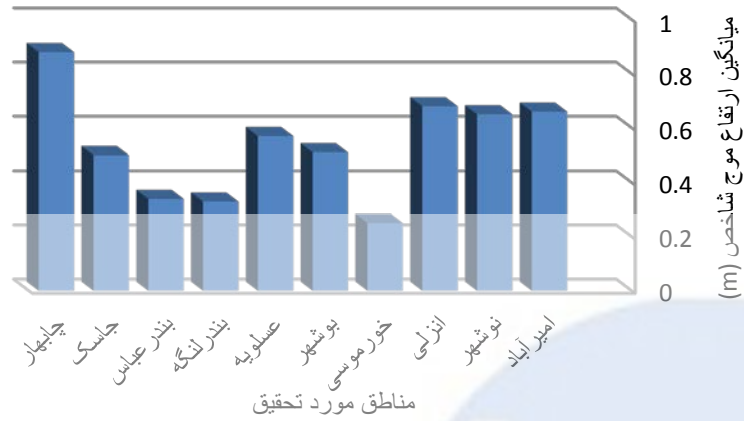
شکل ۶) امیرآباد ۲- نوشهر ۳- انزلی



شکل ۷) ۱- خورموسی ۲- بوشهر ۳- عسلویه ۴- بندر لنگه ۵- بندرعباس
۶- جاسک ۷- چابهار

نتایج و بحث

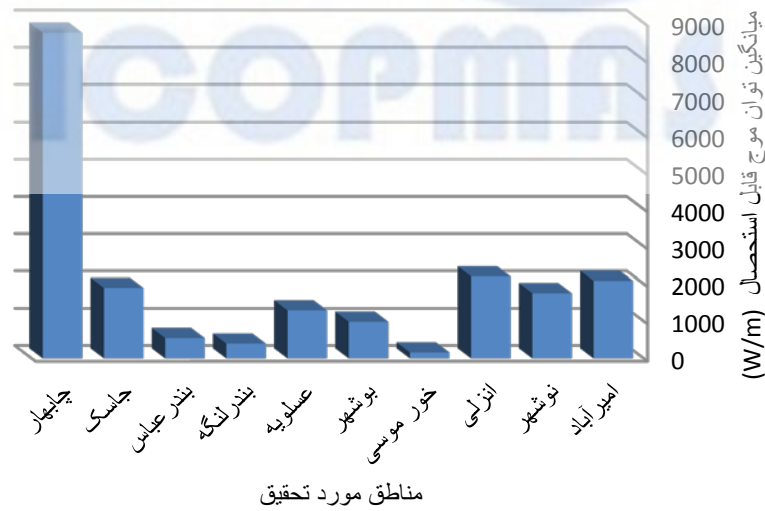
میانگین ارتفاع موج شاخص (H_s) بر حسب متر و میانگین دوره تناوب موج (T_p) بر حسب ثانیه برای ده منطقه مورد تحقیق به ترتیب در نمودار ۱ و ۲ نشان داده شده است. همانطور که مشخص شده، چابهار بیشترین مقدار ارتفاع امواج شاخص و بیشترین مقدار دوره تناوب امواج را داراست و خورموسی کمترین مقدار این دو متغیر را دارا می باشد.



نمودار ۱) میانگین ارتفاع موج شاخص ده در منطقه مورد مطالعه بر حسب متر



نمودار ۲) میانگین پریود موج در ده منطقه مورد مطالعه بر حسب ثانیه



نمودار ۳) میانگین توان موج قابل استحصال در شمال و جنوب ایران بر حسب وات بر متر

با توجه به جدولهای ۲ و ۳ میزان توان متوسط موج شاخص (میانگین توان موج) قابل استحصال برای دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان به ترتیب ۶/۰۳۷، ۲/۸۴۸ و ۱۱/۱۸۵۸ کیلو وات بر متر محاسبه گردید، که جمعا معادل ۲۰/۰۷۱ کیلو وات بر متر برای کل آبهای ایران تخمین زده می شود.

توان موج سالانه برای جنوب ایران حدود ۱۴ کیلو وات بر متر برآورد گردید که این مقدار در مقایسه با داده های تقریبی آن در سطح جهان (شکل ۱) از مطابقت قابل قبولی برخوردار است.

جدول ۲) میانگین توان موج برای دریای خزر

مناطق مورد بررسی	میانگین ارتفاع موج شاخص (m)	میانگین پریود موج (s)	میانگین توان موج قابل استحصال (W/m)
امیرآباد	۰,۶۶	۴,۷۲	۲۰۸۳,۰۸
نوشهر	۰,۶۵	۴,۲۵	۱۷۵۳,۷۸
انزلی	۰,۶۸	۴,۸۷	۲۱۹۹,۹۱
جمع			۶۰۳۷,۲۷

جدول ۳) موقعیت جغرافیایی و عمق نقاط انتخابی در دریای خزر

نقاط مورد بررسی	طول جغرافیایی (درجه)	عرض جغرافیایی (درجه)	عمق آب (m)
امیرآباد	۵۳,۴۱۱	۳۶,۹۲۴	۱۵
نوشهر	۵۱,۵۰۰	۳۶,۷۵۰	۱۶۰
انزلی	۴۹,۵۲۱	۳۷,۵۴۹	۲۵

جدولهای ۳ و ۵ به ترتیب موقعیت جغرافیایی و عمق نقاط انتخابی در دریای خزر و خلیج فارس - دریای عمان را نشان می دهد، که از داده های عمق آن برای تعیین شرایط آب مناطق مورد مطالعه استفاده کردیم. با توجه به نمودار ۳ و جدولهای ۲ و ۴ بیشترین مقدار میانگین توان موج مربوط به چابهار است که بالاترین مقدار ارتفاع موج شاخص و پریود موج را دارد.

جدول ۴) میانگین توان موج برای خلیج فارس و دریای خزر

نقاط مورد بررسی	میانگین ارتفاع موج شاخص (m)	میانگین پریود موج (s)	میانگین توان موج قابل استحصال (W/m)
خور موسی	۰,۲۵	۲,۶	۱۶۲,۴۳
بوشهر	۰,۵۱	۳,۹	۹۹۰,۷۵
عسلویه	۰,۵۷	۴,۰۸	۱۲۹۴,۷
بندر لنگه	۰,۳۳	۳,۷۷	۴۰۰,۹۸
بندر عباس	۰,۳۴	۴,۴۶	۵۵۰,۸۳۶
جاسک	۰,۵	۷,۷۶	۱۸۹۴,۷۹
چابهار	۰,۸۸	۹,۲۵	۸۷۴۰,۲
مجموع			۱۴۰۳۴,۶۸۶

جدول ۵) موقعیت جغرافیایی و عمق نقاط انتخابی در خلیج فارس - دریای عمان

عمق آب (m)	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	نقاط مورد بررسی
۵	۳۰,۲۵	۴۹,۰۰	۱- خور موسی
۳۰	۲۸,۸۷۵	۵۰,۶۲۵	۲- بوشهر
۵۹	۲۷,۵	۵۲,۳۷	۳- عسلویه
۱۲	۲۶,۵	۵۴,۸۷۵	۴- بندرلنگه
۱۰	۲۶,۹۶	۵۶,۲۶	۵- بندر عباس
۵۰	۲۵,۶۲۵	۵۷,۵۷	۶- جاسک
۵۰	۲۵,۱۲۵	۶۰,۶۲۵	۷- چابهار

در جدولهای ۶ و ۸، چگالی توان موج و چگالی توان باد بر حسب وات بر متر مربع برای ده منطقه مورد مطالعه، محاسبه گردید. بالا بودن مقدار چگالی توان موج در مقایسه با چگالی توان باد در این ده منطقه، بیانگر مزیت اصلی استفاده از این انرژی تجدیدپذیر نسبت به سایر انرژی های تجدیدپذیر چون انرژی باد است. نمودار ۴ مقایسه چگالی توان موج و باد را در ده منطقه مورد مطالعه نشان می دهد.

جدول ۶) چگالی توان موج در ده منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه	امیرآباد	نوشهر	انزلی	خور موسی	بوشهر	عسلویه	بندرلنگه	بندرعباس	جاسک	چابهار
چگالی توان موج (W/m ²)	۱۱۵,۸۸	۱۲۴,۸۲	۱۱۹,۲۲	۳۰,۱۸	۸۳,۷۴	۹۹,۹۸	۳۶,۲۷	۳۲,۵۴	۴۰,۴۵	۱۰۲,۱۴

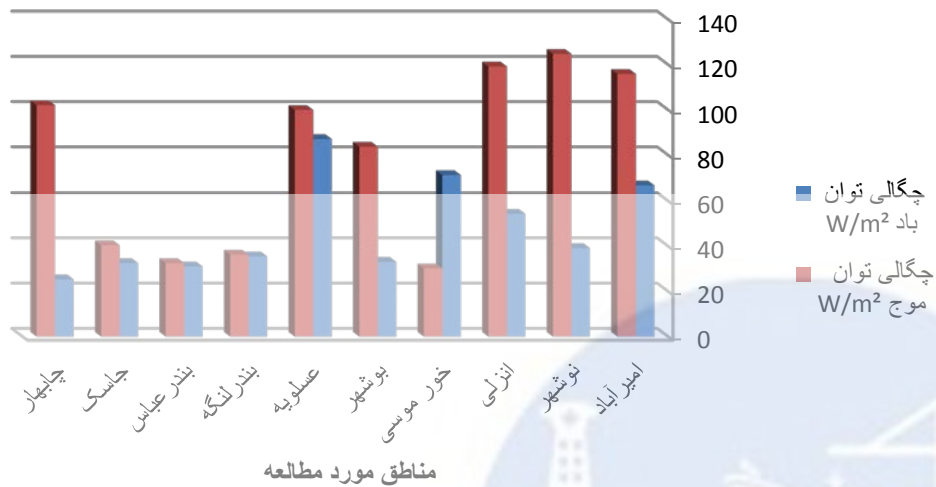
جدول ۷) میانگین سرعت باد در ده منطقه مورد مطالعه [۲۰],[۲۱]

مناطق مورد مطالعه	امیرآباد	نوشهر	انزلی	خور موسی	بوشهر	عسلویه	بندرلنگه	بندرعباس	جاسک	چابهار
میانگین سرعت باد (m/s)	۴,۷۸	۴	۴,۴۶	۴,۸۸	۳,۷۸	۵,۲۲	۳,۸۷	۳,۷	۳,۷۶	۳,۴۶

جدول ۸) چگالی توان باد در ده منطقه مورد مطالعه

مناطق مورد مطالعه	امیرآباد	نوشهر	انزلی	خور موسی	بوشهر	عسلویه	بندرلنگه	بندرعباس	جاسک	چابهار
چگالی توان باد (W/m ²)	۱۱۵,۸۸	۱۲۴,۸۲	۱۱۹,۲۲	۳۰,۱۸	۸۳,۷۴	۹۹,۹۸	۳۶,۲۷	۳۲,۵۴	۴۰,۴۵	۱۰۲,۱۴

۲۵,۳۷	۳۲,۵۵۸	۳۱,۰۲۴	۳۵,۵	۸۷,۱۱۹	۳۳,۰۸۱	۷۱,۱۸۱	۵۴,۳۳۸	۳۹,۲	۶۶,۸۹۴	چگالی توان باد (W/m ²)
-------	--------	--------	------	--------	--------	--------	--------	------	--------	------------------------------------



نمودار ۴) مقایسه چگالی توان موج و باد مربوط به ده منطقه مورد مطالعه

همچنین با توجه به مقادیر میانگین چگالی توان موج بدست آمده در ده منطقه مورد مطالعه و جدول ۷ که میانگین سرعت باد را در آن ده منطقه نشان می دهد، چنین نتیجه می گیریم که دلیل بالا بودن مقادیر چگالی توان موج در برخی مناطق نسبت به دیگر مناطق، وزش باد بر روی سطح آب آن مناطق است که همواره به عنوان مهمترین عامل ایجاد موج شناخته شده است و بنابراین با توجه به این ویژگی می توان مناطق امیرآباد، نوشهر، بندرانزلی، عسلویه و چابهار را بهترین موقعیت از نظر قابلیت استحصال انرژی موج در نظر گرفت.

جدول ۹) میانگین چگالی انرژی موج در ده منطقه مورد مطالعه

چابهار	جاسک	بندرعباس	بندرلنگه	عسلویه	بوشهر	خور موسی	انزلی	نوشهر	امیرآباد	مناطق مورد مطالعه
۹۷۲,۳۵۶	۳۱۳,۹۰۶	۱۴۵,۱۵	۱۳۶,۷۳	۴۰۷,۹۵	۳۲۶,۵۸۸	۷۸,۴۷۶	۵۸۰,۶۰۱	۵۳۰,۵	۵۴۶,۹۵	چگالی انرژی موج (Ws/m ²)

همانطور که در جدول ۹ دیده می شود میانگین چگالی انرژی موج برای دریای خزر حدود ۱۶۵۸ و برای خلیج فارس حدود ۹۵۰ و برای دریای عمان ۱۴۳۱ وات ثانیه بر متر مربع برآورد گردید، که بیشترین مقدار مربوط به دریای خزر است و علت اصلی آن وجود امواج بلند در نزدیکی سواحل دریای خزر نسبت به خلیج فارس است. حال برای بهره برداری از چنین منبع انرژی عظیم در ایران نیاز به مبدلهایی سازگار با شرایط آبهای شمال و جنوب کشور است، که در این مقاله از میان مبدلهای ساخته شده در مقیاس کامل (جدول ۱) برای دریای خزر مبدلهای Oceanlinx، Pelamis، Power Buoy و Oceanlinx، Limpet، Pico owc، Limpet و Oceanlinx و برای دریای عمان AWS و Pelamis پیشنهاد می گردد.

نتیجه گیری

در این پژوهش، میانگین توان موج قابل استحصال برای دریای خزر، خلیج فارس و دریای عمان به ترتیب ۶/۰۳۷، ۲/۸۴۸ و ۱۱/۱۸۵۸ کیلو وات بر متر محاسبه گردید، که از این طریق می توان میانگین توان موج آبهای شمال ایران حدود ۶ کیلو وات بر متر در نظر گرفت حال آنکه این کمیت برای آبهای جنوب ایران بیش از ۱۴ کیلو وات بر متر تخمین زده می شود، که این مقدار تقریباً با داده های توزیع تقریبی سطوح انرژی در آبهای جهان بر حسب $\frac{KW}{m}$ همخوانی دارد. [۵]

توان موج سالانه ایران حدود $۲۰ \frac{KW}{m}$ تخمین زده می شود، این در حالیست که توان موج سالانه کشور همسایه، ترکیه که از سه طرف با

دریا احاطه شده و انتظار می رود بهره برداری بالایی را از پتانسیل حرکت امواج خود انجام دهد، ماکزیمم $۱۷ \frac{KW}{m}$ می باشد. [۲۴]

از میان مقادیر میانگین توان موج محاسبه شده برای ده منطقه مورد مطالعه، بیشترین مقدار میانگین توان موج مربوط به چابهار است که بالاترین مقدار ارتفاع موج شاخص و پیروود موج را دارد.

میانگین انرژی موج برای آبهای شمال حدود ۱۶۵۸ و برای آبهای جنوب ۲۳۸۱/۱۵ وات ثانیه بر متر مربع برآورد گردید، که از میان ده منطقه مورد مطالعه بیشترین مقدار میانگین انرژی موج مربوط به چابهار در جنوب و معادل ۹۷۲/۳۵۶ وات ثانیه بر متر مربع می باشد. چگالی توان موج و چگالی توان باد بر حسب وات بر متر مربع برای ده منطقه مورد مطالعه، محاسبه و مقایسه گردید. بالا بودن مقدار چگالی توان موج در مقایسه با چگالی توان باد در این ده منطقه، بیانگر مزیت اصلی استفاده از این انرژی تجدیدپذیر نسبت به سایر انرژی های تجدیدپذیر چون انرژی باد است.

برای بهره برداری از امواج دریای ایران، مبدلهایی نیاز است که با شرایط آبهای موجود و موقعیت فیزیکی منطقه همخوانی داشته و بالاترین بازدهی را داشته باشد. از این سو در این مقاله با در نظر داشتن میزان عمق مناطق مورد مطالعه و مشخصه های موج، همچون ارتفاع موج، پیروود موج و ... برای دریای خزر با امواج نسبتاً بلند، Pelamis، Oceanlinx و Power Buoy، برای خلیج فارس مبدلهای Limpet، Pico owc و Oceanlinx که هر سه از نوع مبدلهای ستون نوسانگر آب و نزدیک ساحل هستند و برای دریای عمان AWS و Pelamis به ترتیب اولویت استفاده بر اساس ظرفیت توان مبدل پیشنهاد می گردد. قضاوت در مورد کارایی مبدلها و ارائه مبدل مناسب جهت بهره گیری از انرژی امواج در این مناطق احتیاج به تحقیقات کاملتری در این زمینه دارد.

منابع

- [۱] Lindroth, S., ۲۰۱۱, Buoy and generator interaction with ocean waves, (Unpublished doctoral dissertation), Uppsala university, Sweden
- [۲] Yang, L., ۲۰۱۱, Stochastic dynamic system analysis of wave energy converter with hydraulic power take-off, with particular reference to wear damage analysis, (Unpublished doctoral dissertation), Norwegian university of science and technology, Norway
- [۳] Ringwood, J., ۲۰۰۸, Practical challenges in harvesting wave energy, ECOR Symposium, St. John's, Newfoundland, Ireland
- [۴] Hay, M., August ۲۰۰۴, Looking to the sea, Renewable Energy World, Volume ۷, Number ۴.
- [۵] Vermaak, R., ۲۰۱۲, Development of a novel air-cored permanent magnet linear generator for direct drive ocean wave energy converters, (Unpublished doctoral dissertation), Stellenbosch university, South Africa
- [۶] Ross, D., ۱۹۹۶, Power from the waves, Oxford: Oxford university press
- [۷] Archie, W., Culp Jr., (۱۹۹۱). Principles of energy conversion (۲nd Ed.), Singapore: McGraw-Hill
- [۸] Cruz, J., Elkinton, C. ۲۰۰۹. Oregon wave energy trust utility market initiative.
- [۹] Carter, R. W. ۲۰۰۵. Wave energy converters and a submerged horizontal plate, (Unpublished master thesis), University of Hawaii, USA
- [۱۰] Wachter, A., Neilsen, K. ۲۰۱۰. Mathematical and numerical modeling of the AquaBuoy wave energy converter, Journal MICS, volume ۲: ۱۶-۳۳
- [۱۱] Wave and Tidal Report, (۲۰۱۱). Wave and tidal energy market status and business potential report ۲۰۱۱, Retrieved from http://www.altprofits.com/ref/downloads/Preview_of_Ocean_Energy.pdf
- [۱۲] Faiz, J., Ebrahimi-salari, M., ۲۰۱۱, Wave power resource in Iran for electrical power generation, World renewable energy congress ۲۰۱۱, Linköping, Sweden
- [۱۳] Tautra Hoen, M. K., ۲۰۰۹, Modeling and control of wave energy converters, (Unpublished master thesis) Norwegian university of science and technology, Norway
- [۱۴] Falnes, J., ۲۰۱۰, Ocean wave energy fundamentals, Course notes, Norway: Norwegian university of science and technology, Norway
- [۱۵] Previsic, M., Bedard, R., ۲۰۰۷, California wave power demonstration project, Report EPRI – WP – ۰۱۱, EPRA, California, USA
- [۱۶] Andersson, M. ۲۰۰۸. Wave Power Base Load Properties, (Unpublished Doctoral dissertation), Uppsala university, Sweden
- [۱۷] چگینی، و. ۱۳۷۷، نظریه های موج، انتشارات شرکت جهاد تحقیقات آب و آبخیزداری.
- [۱۸] Boyle, G. (Eds.) (۲۰۰۴). Renewable energy, ۲nd ed. Oxford: Oxford University Press
- [۱۹] Vining, J. G. ۲۰۰۷, Ocean wave energy converters, (Unpublished master thesis), Electrical engineering, university of Wisconsin, Madison.
- [۲۰] مدلسازی امواج دریاهای ایران جلد اول (دریای خزر)، ۱۳۸۷، سازمان بنادر و دریانوردی.
- [۲۱] مدلسازی امواج دریاهای ایران جلد دوم (دریای عمان و خلیج فارس)، ۱۳۸۷، سازمان بنادر و دریانوردی.
- [۲۲] Le Mehaute, B., Wang, S., (۱۹۸۴), Effects of measurement error on long term wave statistics, Proc. ۱۹th Coastal Eng. Conf., Houston, USA.

[۲۳] Centre for Renewable Energy Sources, ۲۰۰۲, Wave energy utilization in Europe, (Research Report), Pikerimi, Greece

[۲۴] Saglam M., Sulukan E., Uyar T., (۲۰۱۰), Wave energy and technical potential of Turkey. Journal of naval science and engineering, Vol. ۶, No. ۲, pages ۳۴-۵۰.

[۲۵] www.wavegen.co.uk

[۲۶] www.oceanpd.com

[۲۷] www.awsocan.com

[۲۸] www.waveswing.com

[۲۹] www.clearpower.ie

[۳۰] www.wavedragon.net

[۳۱] www.oceanpowertechnologies.com

[۳۲] www.aquaenergygroup.com

[۳۳] www.ohio.edu



Investigation and Feasibility Study of Extracting Wave Power in Northern and Southern Sea Waters of Iran

G. Abbasian, Ms, Islamic Azad University, North Tehran Branch

Gilda.ocean@yahoo.com

Abstract:

Nowadays replacement of new sources of energy is considered as the best alternative for fossil fuel energy consumption. Among all those energy sources, sea waves are from the most important sources since their energy is convertible to the forms of energy necessary for various uses. This paper presents our study on whether it is feasible to integrate the wave energy into the current Iranian energy program. Using wave's simulated data, average wave power in Northern and Southern seas of Iran is estimated and feasible convertors applicable in these regions are introduced considering water depth and wave length and height. In addition, to verify the results, the conformity of calculated amount of wave power for South of Iran is compared with its amount announced by international sources. Furthermore, a comparison between average annual wave power calculated for all Iran's seas with that of Turkey's seas, while Turkey is surrounded by seas from three sides, is done as a witness to feasibility and justifiability of extracting energy from Iranian sea waters.

Key words: wave power, wave power converter, Iranian Sea Waters

ICOPMAS