اولین همایش ملی نوآوری در صنایع سبز
دانشگاه مازندران
کداختصاصی:۰۲۲۳۰-۶۵۳۳۷
صنایع سبز

انتخاب بهترین گزینه استحصال انرژی‌های تجدیدپذیر در بنادر اصلی کشور با کمک روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره

عباس عینعلی[۱]، محمدحسین نعمتی[۲]، بابک بنی‌جمالی[۳]، سیدحسام حسینی[۴]

[۱] استادیار، گروه فیزیک دریا، دانشکده علوم دریایی و محیطی، دانشگاه مازندران، بابلسر (a.einali84@umz.ac.ir)
[۲] کارشناس ارشد فیزیک دریا، سازمان بنادر و دریانوردی، تهران، ایران
[۳] دکترا هیدرودینامیک، مهندسین مشاور دریابندر، تهران، ایران
[۴] کارشناس ارشد مهندسی و مدیریت ساخت، مهندسین مشاور دریابندر، تهران، ایران

چکیده. در این تحقیق، با لحاظ جنبه‌های مختلف فنی، اقتصادی، زیرساختی و اجتماعی به اولویت‌بندی انرژی‌های تجدیدپذیر در سیزده بندر اصلی کشور پرداخته شده است. به این منظور، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) به‌عنوان اصلی‌ترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره استفاده شد. انرژی‌های خورشیدی، بادی، موج و جریان برای تجزیه و تحلیل در بخش دریایی هر بندر محدود به شعاع ۵ کیلومتری از دهانه ورودی و بخش خشکی محدود به فنس هر بندر انتخاب شد. نتایج نشان می‌دهد که انرژی خورشیدی برای اکثر بنادر جنوبی مناسب‌ترین گزینه برای سرمایه‌گذاری می باشد. در بنادر شمالی انرژی باد در اولویت اول قرار دارد.

واژه‌های کلیدی: انرژیهای تجدیدپذیر، بنادر اصلی، تحلیل سلسله مراتبی.

۱. مقدمه

به‌دلیل گسترش روزافزون جمعیت و روند صنعتی شدن کشورهای جهان ازجمله کشورهای درحال‌توسعه، تمایل استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر بیشتر شده است. کشور ایران نیز در همین راستا و باتوجه به الزامات قانونی، از سال‌های گذشته با سرمایه‌گذاری غیردولتی در انرژی‌های پاک معادل ۱۲۴،۶۰۰ میلیارد ریال در مسیر استفاده از این نوع انرژی‌ها گام برمی‌دارد. در برنامه پنجم توسعه مقرر گردیده که تا پایان این برنامه، سهم انرژی‌های تجدیدپذیر در تأمین برق کشور به رقم ده درصد از نیاز برق کشور برسد. وجود سواحلی به طول تقریبی ۵،۸۰۰ کیلومتر در خلیج‌فارس، دریای عمان و دریای خزر از پتانسیل مناسب جهت بهره‌برداری از انواع انرژی‌های تجدیدپذیر برخوردار است، اما سهم انرژی تجدیدپذیر دریایی در کشور، به دلایل اقتصادی و بعضاً فنی ناچیز است. سیاست کلی کشور، حرکت به سمت بنادر سبز است که از الزامات اصلی آن، افزایش استفاده از انرژی‌های پاک در عملیات بندری است که اهمیت استحصال انرژی‌های پاک در کشور را بیش‌ازپیش نمایان می‌کند. این موضوع امروزه با عنوان سبد انرژی[۱] شناخته می‌شود که به‌دلیل پیچیدگی و گستردگی پارامترها و مؤلفه‌های تأثیرگذار بر سیاست‌های انرژی هر کشور، روش‌های متداول مانند مدل‌سازی‌های ریاضی توانایی برآورده‌سازی نیازها و تقاضاهای این حوزه را دارا نیستند. ازاین‌رو روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای حل مسائلی از این قبیل مورداستفاده گسترده محققین قرارگرفته است (Mohajeri & Khaksar Astaneh, 2013; Panjeh shahi & Afshin Mehr, 2015).

تاکنون مطالعات متعددی با براساس تصمیم‌گیری چندمعیاره و با روش تحلیل سلسله مراتبی انجام شده است. در جنوب غربی لهستان Szurek و همکاران (۱۳۹۳) با استفاده از تحلیل AHP اقدام به تعیین نقاط مناسب جهت استقرار مزارع بادی

[1] Energy portfolio

نموده‌اند (Szurek et al., 2014). در جنوب غربی تایوان Wang و Yue (۱۳۸۵) پتانسیل استفاده از انرژی تجدیدپذیر از نوع باد، خورشید و زیست‌توده را با بکار بردن روش تحلیل سلسه‌مراتبی مطالعه کردند (Yue & Wang, 2006). ارتفاع قابل توجه امواج در سواحل جنوبی استرالیا سبب شده تا شرکت‌های متعددی از آنجا جهت استخراج انرژی موج با مبدل‌های انرژی اقدام کنند. جهت‌دهی و سامان‌دهی به این نیروگاه‌ها از اهداف دولت است و در این راستا Flocard و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از تحلیل چند ضابطه‌ای اقدام به پهنه‌بندی و انتخاب بهترین مناطق استحصال انرژی امواج در این سواحل کردند (Flocard et al., 2016).

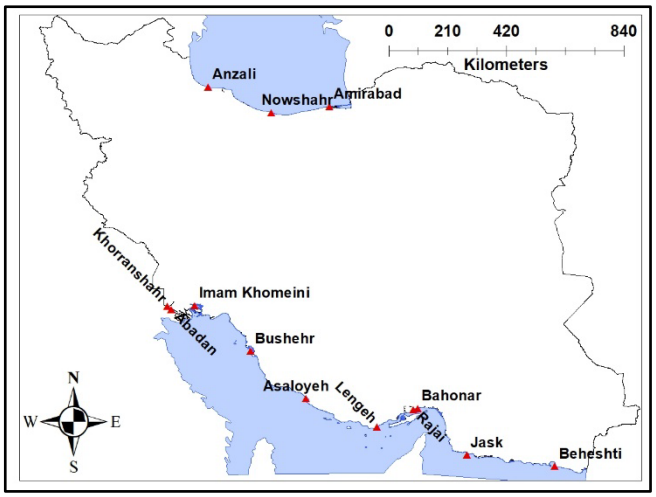
استحصال انرژی از خورشید نیاز به فناوری‌های پیشرفته و پرهزینه نداشته و به‌همین دلیل منبع مفیدی جهت تأمین انرژی در اکثر نقاط جهان به‌حساب می‌آید. در میان انرژی‌های تجدیدپذیر، انرژی باد یکی از مطرح‌ترین گونه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر می‌باشد به‌طوری‌که در طرح‌های ارائه‌شده توسط آژانس بین‌المللی انرژی تا سال ۲۰۵۰ نزدیک به ۵۱۰۰ تراوات ساعت از برق تولیدی در جهان از طریق انرژی بادی خواهد بود. انرژی امواج را می‌توان شکلی متمرکزشده از انرژی خورشید دانست که به‌واسطه باد منتقل می‌شود. مقدار انرژی منتقل‌شده و اندازه موج حاصل به سرعت باد، مدت زمان وزش باد و مسافتی که باد روی آن وزیده بستگی دارد. انرژی حاصل از جزر و مد نیز یکی دیگر از منابع انرژی تجدیدپذیر و پاک است که استحصال انرژی از آن به دو روش ژنراتور جریان کشند[1] (استفاده از جریان کشندی) و سد کشندی[2] انجام می‌شود (Flocard et al., 2016; Szurek et al., 2014; Yue & Wang, 2006).

در این مقاله به‌منظور اولویت‌بندی انرژی‌های تجدیدپذیر در بنادر اصلی کشور و جانمایی بهینه تأسیسات مربوطه، از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده گردیده است. در این روش که از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد، با تجزیه مسئله تصمیم‌گیری به معیارهای آن، مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره به‌صورت سلسله مراتبی تهیه می‌شود. اولویت یا اهمیت نسبی معیارهای تصمیم‌گیری با استفاده از مقایسات زوجی تعیین می‌شود (Kurttila et al., 2000; Vaidya & Kumar, 2006). همچنین با توجه به نقش مهم قضاوت‌ها در فرایند تصمیم‌گیری، براساس تحقیقات قبلی، ساختاری تلفیقی از متغیرهای کمی و کیفی ایجاد و نتایج حاصل با استفاده از نرم‌افزار ArcGis 10.3 به جهت استخراج پهنه‌بندی استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در بنادر اصلی موردبررسی قرار گرفت (Aydin et al., 2013). به‌طور خلاصه، برای هر یک از سیزده بندر اصلی کشور، بر اساس معیارها و محدودیت‌های مطرح برای هر یک از روش‌های استحصال انرژی، ابتدا اولویت‌بندی انرژی‌های تجدیدپذیر در هر بندر مشخص شد. به این منظور از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و نرم‌افزار ArcGis 10.3 استفاده شد. انرژی‌های موردتحقیق عبارت از انرژی خورشید، باد، موج و جریانات دریایی است.

۲. مواد و روش‌ها

در این تحقیق پتانسیل استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در محدوده دریایی و خشکی سیزده بندر اصلی کشور شامل بنادر شهید بهشتی، جاسک، شهید باهنر، شهید رجائی، لنگه، عسلویه، بوشهر، امام خمینی (ره)، آبادان، خرمشهر، امیرآباد، نوشهر و انزلی مستقر در سواحل دریای عمان، خلیج‌فارس و دریای خزر موردبررسی قرارگرفته است. محدوده دریایی بنادر شامل شعاع پنج کیلومتری و محدوده خشکی محدود به فنس هر بندر است. در شکل ۱ موقعیت این بنادر بر روی نقشه ارائه‌شده است.

[1] Tidal Stream Generator
[2] Tidal Barrage



شکل ۱. موقعیت بنادر اصلی کشور به عنوان منطقه مورد مطالعه

ازآنجاکه اولویت‌بندی و امکان‌سنجی استحصال و استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در محدوده بنادر اصلی کشور از اهداف اصلی این تحقیق است، بنابراین تهیه داده‌های پایه‌ای مربوط به هریک از انواع این انرژی‌ها از ضروریات است. این داده‌ها شامل داده‌های تابش خورشیدی، اطلاعات باد، امواج و جزر و مد است. در محدوده بنادر موردمطالعه، اطلاعات تابش خورشیدی و باد به‌ترتیب از اطلاعات بانک جهانی، قابل‌دسترس در وب‌سایت‌های (Global Solar Atlas) و (Global Wind Atlas) تهیه‌شده است. اطلاعات انرژی خورشیدی شامل پتانسیل توان فوتوولتائیک[1] (Kwh)، تابش افقی کلی[2] (Kwh/m2)، تابش افقی پراکنده[3] (Kwh/m2)، تابش کلی برای زاویه بهینه پنل خورشیدی[4] (Kwh/m2)، زاویه بهینه پنل خورشیدی برای استخراج حداکثر انرژی خورشیدی سالانه[5](°) و تابش مستقیم[6] (Kwh/m2) به‌صورت فایل Raster با دقت مکانی ۱ کیلومتر به‌صورت متوسط روزانه و سالانه حاصل از داده‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۹ است. اطلاعات باد دارای دقت مکانی ۱۰۰۰ متر و در ارتفاع ۵۰ متری است. پایگاه Global Wind Atlas علاوه بر ارائه پهنه پتانسیل انرژی باد، نمودار فراوانی وقوع متوسط سرعت باد و نیز توان انرژی باد را در محدوده بنادر در اختیار قرار می‌دهد. اطلاعات موردنیاز بخش امواج، از اطلاعات اندازه‌گیری حاصل از شبکه بویه‌های سازمان بنادر و دریانوردی در محدوده بنادر و همچنین اطلاعات مدل‌سازی امواج دریاهای ایران (ISWM[7]) در بازه زمانی ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۳ با گام مکانی ۰/۱۲۵ درجه و گام زمانی یک ساعت استفاده شد. برای هر بویه بازه زمانی پوشش‌دهنده اطلاعات بیشتر از یک سال است. با توجه به آنکه نسبت D/L از مقدار ۰/۵ بزرگ‌تر بوده بنابراین شرایط آب عمیق در نقاط محل استقرار بویه‌ها حاکم است و بنابراین می‌توان برای محاسبه توان انرژی موج از رابطه $p = 0.49(H_s)^2T_e$ و برای محاسبه دوره تناوب انرژی موج از رابطه $T_e = 0.9T_p$ استفاده کرد. در این روابط P توان انرژی موج(Kw/m)، H_s ارتفاع موج شاخص (متر)، T_e تناوب انرژی موج (ثانیه) و T_p دوره تناوب پیک موج (ثانیه) است. استحصال انرژی جریان در دریاهای ایران توجیه اقتصادی و فنی ندارد (Zabihian & Fung, 2011). به همین دلیل در این تحقیق، انرژی جریان صرفاً در خور موسی و براساس مدل‌سازی یک‌ماهه جریان مورداستفاده قرارگرفته است. علاوه بر این از اطلاعات ایستگاه‌های جزر و مد سنجی سازمان بنادر و دریانوردی در محدوده خور موسی نیز استفاده‌شده است.

[1] Photovoltaic Power Potential
[2] Global Horizontal Irradiation
[3] Diffuse Horizontal Irradiation
[4] Global Irradiation for Optimally Tilted Surface
[5] Optimum Tilt to Maximize YearlyYield
[6] Direct Normal Irradiation
[7] Iranian Sea Waves Modelling

فرایند تحلیل سلسه‌مراتبی AHP از کارآمدترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است که اولین بار توسط ال‌ساعتی در سال ۱۹۸۰ مطرح شد. در این روش، مقایسه‌ها زوجی انجام می‌شود و امکان بررسی سناریوهای مختلف جهت تصمیم‌گیری مدیریتی فراهم می‌شود. این فرایند یک تحلیل تکنیکی منعطف ، قوی و ساده است و در شرایطی که معیارهای تصمیم‌گیری، متعدد، متضاد و پیچیده بوده و انتخاب بین گزینه‌ها مشکل است، کاربرد دارد. علاوه بر سادگی و انعطاف‌پذیری، قابلیت کنترل کردن سازگاری منطقی قضاوت‌های استفاده‌شده در تعیین اولویت‌ها، امکان رتبه‌بندی نهایی گزینه‌ها و امکان به‌کارگیری نظرات گروهی از دلایل بهره‌گیری از این روش است. تحلیل سلسله مراتبی (AHP) روشی است که امکان تصمیم‌گیری صحیح با حضور معیارهای کیفی، کمی و ترکیبی را فراهم می‌کند (Aydin et al., 2013; Kurttila et al., 2000; Vaidya & Kumar, 2006).

فرایند تحلیل سلسله مراتبی با شناسایی و اولویت‌بندی عناصر تصمیم‌گیری شروع می‌شود. این عناصر شامل هدف‌ها و معیارها، مشخصه و گزینه‌های احتمالی می‌باشد که در اولویت‌بندی بکار گرفته می‌شوند. تحلیل سلسله مراتبی شامل پنج گام ۱- ایجاد سلسله مراتبی ۲- تعیین ضریب اهمیت معیارها و زیرمعیارها ۳- تعیین ضریب اهمیت گونه‌ها ۴- تعیین امتیاز نهایی گزینه‌ها و ۵- بررسی سازگاری در قضاوت‌ها است که می‌بایست مرحله‌به‌مرحله انجام گیرد. فرایند ایجاد سلسله مراتبی شامل شناسایی عناصر و ارتباط بین آن‌ها است. سلسله‌مراتبی بودن ساختار به این دلیل است که عناصر تصمیم‌گیری را می‌توان در سطوح مختلف خلاصه کرد. برای تعیین اهمیت (وزن) معیارها و زیرمعیارها، دوبه‌دو با یکدیگر مقایسه می‌شوند. مبنای قضاوت جدولی شامل نه کمیت است که براساس آن و با توجه به هدف رتبه‌بندی، شدت برتری معیار i نسبت به معیار j تعیین می‌شود. در جدول ۱ نحوه امتیازدهی به معیارها ارائه‌شده است (Karimi et al., 2018; Kumar et al., 2017; Vaidya & Kumar, 2006).

جدول ۱. امتیازدهی به معیارها در تحلیل سلسله مراتبی AHP

امتیاز (شدت اهمیت)	تعریف	توضیح
۱	اهمیت مساوی	در تحقیق دو معیار اهمیت مساوی دارند
۳	اهمیت اندکی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف، اهمیت i کمی بیشتر از j است
۵	اهمیت بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف، اهمیت i بیشتر از j است
۷	اهمیت خیلی بیشتر	تجربه نشان می‌دهد که برای تحقق هدف، اهمیت i خیلی بیشتر از j است
۹	اهمیت مطلق	اهمیت خیلی بیشتر i نسبت به j بطور قطعی به‌اثبات رسیده است
۶،۴،۲ و ۸	مقادیر بینابین	هنگامی که حالت‌های میانه وجود دارد

گزینه‌های مدنظر این تحقیق جهت استحصال انرژی در محدوده بنادر (خشکی و دریا) شامل ۱- انرژی باد ساحلی، ۲- انرژی باد نزدیک ساحل، ۳- انرژی خورشیدی در خشکی، ۴- انرژی خورشیدی شناور و ۵- انرژی جریان است. ازآنجاکه هدف اولیه این تحقیق، اولویت‌بندی استفاده از این منابع انرژی در بنادر اصلی ایران است، ابتدا با بررسی اسناد کتابخانه‌ای و مراجع معتبر بین‌المللی در زمینه برنامه‌ریزی و مدیریت انرژی، فهرستی از معیارها و محدودیت‌های مؤثر در فرایند تصمیم‌گیری در این زمینه مشخص شد. برای ارزیابی این معیارها و محدودیت‌ها از فرایند تحلیل سلسله مراتبی استفاده شد. ازاین‌رو، برای انجام مقایسه‌های زوجی، پرسشنامه‌هایی به روش دلفی (Delphi) تهیه و با استفاده از مراجع بین‌المللی و نظر نخبگان تکمیل و مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. پس از گردآوری تمامی مقایسات زوجی لازم، مراحل چهارگانه زیر جهت انجام محاسبات AHP انجام شد. ابتدا ماتریسی مربعی که سطرها و ستون‌هایش همان معیارهای تصمیم‌گیری باشند، تشکیل شد. در مرحله دوم، معیارها دوبه‌دو باهم مقایسه و میزان اهمیت هر یک نسبت به معیار مقابل با استفاده از عددی در بازه ۱ تا ۹ مشخص شد. در این ماتریس قطر اصلی همواره برابر ۱ بوده و مقادیر پایین قطر ماتریس، معکوس مقادیر متناظر در بالای آن خواهند بود. نرمال‌سازی ماتریس مقایسه زوجی (تقسیم هر عدد بر مجموع ستون خود) در مرحله سوم انجام شد. در انتها، میانگین مقادیر هر سطر

ماتریس نرمان شده در مرحله قبل که نشان‌دهنده وزن معیار مربوطه است، محاسبه گردید. در جدول ۲ ماتریس مقایسه‌های زوجی معیارهای اصلی ارائه‌شده است. برای ماتریس مقایسه زوجی، شاخص سازگاری[1] و نرخ سازگاری[2] نیز برآورد شد. درصورتی‌که نرخ سازگاری کمتر از ۰/۱ باشد ، ماتریس سازگار است و می‌توان به نتایج وزن‌ها اعتماد نمود. در غیر این صورت مقایسات زوجی می‌بایست مورد بازبینی قرار گیرد (Aydin et al., 2013; Vaidya & Kumar, 2006).

جدول ۲. ماتریس مقایسه‌ای زوجی برای تخمین اهمیت نسبی پارامترهای اصلی در تعیین اولویت انرژی‌های تجدیدپذیر در هر بندر

پارامترهای اصلی	موج	جریان	باد	خورشید	وزن
موج	۱	۱	۱/۲	۱/۳	۰/۱۴
جریان	۱	۱	۱/۲	۱/۳	۰/۱۴
باد	۲	۲	۱	۱/۳	۰/۲۳
خورشید	۳	۳	۳	۱	۰/۴۹
Consistency Ratio (C.R.)=0.02					

جهت توجیه استحصال هریک از انرژی‌های تجدیدپذیر لازم است که توان متناسب با آن در بازه‌های زمانی و مکانی محاسبه شود. در این راستا برای هرکدام از انرژی‌های تجدیدپذیر، ابتدا حداقل معیار پذیرش تعیین‌شده و سپس متناسب با شرایط محیطی و زیرساختی، محدودیت‌های مربوطه تعریف شد. سرعت باد حداقل ۶ متربرثانیه در ارتفاع ۵۰ متری، ۷ متربرثانیه در ارتفاع ۸۰ متری و توان انرژی باد حداقل ۲۰۰ کیلووات بر مترمربع نمونه‌ای از معیارها و فاصله از خط ساحلی (توربین‌های دریایی)، فاصله از خطوط کشتیرانی (توربین‌های دریایی)، فاصله از مناطق حفاظت‌شده، فاصله از لوله‌های انتقال گاز و نفت در بستر دریا و فاصله از نواحی اکولوژیکی نیز نمونه‌ای از محدودیت‌های مربوطه به انرژی باد است (Aydin et al., 2013; Kumar et al., 2017; Kurttila et al., 2000).

پس از تعیین معیارها و تعریف محدودیت‌های هر یک از انرژی‌های تجدیدپذیر، با استفاده از نرم‌افزار ArcGis 10.3 و براساس جبر بولی (منطق صفر و یک)، لایه‌های هر یک از انرژی‌های خورشید، باد، موج و جریان ترسیم شد. در این روش نقشه‌های ورودی با استفاده از عملگرهای اشتراک و اجتماع منطقی (And و Or) ترکیب می‌شوند (Aydin et al., 2013). در جدول ۳ ارزش‌گزاری هر یک از پارامترها ارائه‌شده است.

جدول ۳. جدول ارزش‌گذاری پارامترها

پارامترها	مقادیر	ارزش
توان موج	<۱۰ kW/m	صفر (کمترین امتیاز)
	۱۰< <۲۰ kW/m	۱
	۲۰< <۳۰ kW/m	۲
	>۳۰ kW/m	۳ (بیشترین امتیاز)
توان انرژی خروجی صفحات خورشیدی	<۴/۵ kWh/ kWp	صفر (کمترین امتیاز)
	۱۶۰۰< <۱۶۵۰ kWh/ kWp	۱
	۱۶۵۰< <۱۶۷۵ kWh/ kWp	۲
	۱۷۰۰< <۱۷۲۵ kWh/ kWp	۳
	۱۷۲۵< <۱۷۵۰ kWh/ kWp	۴
	>۱۷۵۰ kWh/ kWp	۵ (بیشترین امتیاز)

[1] Consistency Ratio
[2] Consistency Index

توان باد	$<۲۰۰\ W/m^2$	صفر (کمترین امتیاز)
	$۲۰۰< <۳۰۰\ W/m^2$	۱
	$۳۰۰< <۴۰۰\ W/m^2$	۲
	$۴۰۰< <۵۰۰\ W/m^2$	۳
	$>۵۰۰\ W/m^2$	۴ (بیشترین امتیاز)
سرعت جریان	$<۲/۵\ m/s$	صفر (کمترین امتیاز)
	$۲/۵< <۲/۶\ m/s$	۱
	$۲/۶< <۲/۷\ m/s$	۲
	$۲/۷< <۲/۸\ m/s$	۳
	$>۲/۸\ m/s$	۴ (بیشترین امتیاز)
**این ارزش‌گذاری به صورت کلی بوده و باید بر اساس اطلاعات محیطی هر بندر مورد بازبینی و تدقیق قرار گیرد.		

۳. نتایج اصلی

با اعمال معیارها و محدودیت‌های از قبل تعیین‌شده برای هر انرژی -در بخش قبل اشاره شد- به مدل تحلیل سلسله مراتبی، اولویت‌بندی انرژی‌های تجدیدپذیر در محدوده بنادر موردمطالعه مشخص گردید. بر این اساس، در بنادر جنوبی کشور بجز بندر امام خمینی (ره)، استحصال انرژی از خورشید و باد به ترتیب اولویت اول و دوم است. در بنادر استان خوزستان، علی‌رغم تابش مستقیم خورشیدی بسیار بالا، پتانسیل توان فتوولتائیک نسبت دیگر بنادر جنوبی کشور کمتر است. دلیل این موضوع کاهش بهره‌وری سلول‌های خورشیدی فتوولتائیک در دمای بالا و همچنین گردوخاک منطقه است. به همین دلیل در بین بنادر جنوبی کشور، بنادر استان خوزستان در اولویت اول از جهت استحصال انرژی از خورشید نیستند. در بنادر شمالی، به دلیل ابرناکی استحصال انرژی از خورشید مقرون‌به‌صرفه نبوده و به همین دلیل در این بنادر استفاده از نیروی باد گزینه اصلی است.

توان انرژی موج در خلیج‌فارس کمتر از دریای عمان و دریای خزر است. بیشترین توان موج در دریای عمان، در محدوده شرقی سواحل سیستان و بلوچستان و بیشترین توان موج در دریای خزر در محدوده سواحل مرکزی جنوب این دریا وجود دارد. از بین دریاهای ایران، تنها بخش شرقی دریای عمان که مستقیماً با دریای آزاد ارتباط دارد، از توان قابل قبول انرژی موج برخوردار بوده و به همین دلیل بندر شهید بهشتی در سواحل دریا عمان، تنها بندری است که قابلیت استحصال انرژی از امواج دریا را در مقیاس صنعتی دارا است. بنادر شهید بهشتی، جاسک، شهید باهنر، شهید رجایی، لنگه، عسلویه، بوشهر و سه بندر شمالی امیرآباد، نوشهر و انزلی تنها قابلیت استحصال انرژی موج در حد تحقیقاتی را دارا هستند.

هرچند در بین بنادر کشور، تنها رنج جزر و مدی بندر امام خمینی (ره) (در حدود ۶ متر) در آستانه حدی است که قابلیت استحصال انرژی به روش سد کشندی را دارا است، اما با توجه به تکنولوژی حال حاضر و هزینه‌های اقتصادی، صرفه اقتصادی ندارد. بااین‌وجود امکان بهره‌گیری از جریانات جزر و مدی در این بندر وجود دارد و استحصال انرژی از جریان‌های جزر و مدی اولویت اول در بندر امام خمینی (ره) است.

با توجه به اینکه در این تحقیق محدودیت‌های تعیین‌کننده در روش تحلیل سلسله‌مراتبی، تنها در محدوده شعاع ۵ کیلومتری دریایی و فنس هر بندر استفاده‌شده است، لذا در صورت تغییر محدوده مدنظر برای استحصال انرژی، ممکن است اولویت و یا جانمایی مربوط به هر انرژی تغییر کند .

۳. نتیجه‌گیری

باتوجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان نتیجه گرفت که در بنادر جنوبی کشور بجز بنادر استان خوزستان، استحصال انرژی خورشیدی و بادی به‌ترتیب در الولویت اول و دوم قرار دارد. افزایش آلودگی هوا و گرد و خاک سبب کاهش پتانسیل انرژی خورشیدی در بنادر استان خوزستان شده و به همین دلیل انرژی خورشیدی در اولویت اول این بنادر قرار ندارد. به دلیل ابرناکی و انرژی تابشی کم رسیده به سطح زمین در بنادر شمالی، انرژی باد با وجود بهره‌وری کم، در اولویت اول قرار دارد. در تمام دریاهای کشور، تنها استان سیستان و بلوچستان پتانسیل استحصال انرژی از امواج را دارد. با توجه به پیشرفت تکنولوژی استحصال انرژی‌های تجدیدپذیر در جهان، امکان تغییر نتایج این تحقیق در آینده بسیار نزدیک وجود دارد.

مراجع

Aydin, N. Y., Kentel, E., & Duzgun, H. S. (2013). GIS-based site selection methodology for hybrid renewable energy systems: A case study from western Turkey. *Energy conversion and management*, *70*, 90-106 .

Flocard, F., Ierodiaconou, D., & Coghlan, I. R. (2 .(٠١٦Multi-criteria evaluation of wave energy projects on the south-east Australian coast. *Renewable Energy*, *99*, 80-94 .

Karimi, H., Zarvash, N., & Vaezihir, A. (2018). Application of GIS and AHP in Determination of the Groundwater Susceptible Areas in the Mehran Plain, Ilam Province. *Hydrogeomorphology*, *5*(16), 1-22. https://hyd.tabrizu.ac.ir/article_8252_5b5315d6d3d3c9668fb1eeca06c174b2.pdf

Kumar, A., Sah, B., Singh, A. R., Deng, Y., He, X., Kumar, P., & Bansal, R. (2017). A review of multi criteria decision making (MCDM) towards sustainable renewable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *69*, 596-609 .

Kurttila, M., Pesonen, M., Kangas, J., & Kajanus, M. (2000). Utilizing the analytic hierarchy process (AHP) in SWOT analysis—a hybrid method and its application to a forest-certification case. *Forest policy and economics*, *1*(1), 41-52 .

Mohajeri, M., & Khaksar Astaneh, S. (2013). *Prioritization of renewable energy sources in Iran from the perspective of sustainable development, using fuzzy hierarchical analysis process (FAHP).* Publish place: The 3rd Environmental Planning and Management, https://civilica.com/doc/240188

Panjeh shahi, S., & Afshin Mehr, V. (2015). *Feasibility of using marine renewable resources in the coastal margin of Qeshm Island* National Conference on Climate,Building and Energy Efficiency, https://civilica.com/doc/412362

Szurek, M., Blachowski, J., & Nowacka, A. (2014). GIS-based method for wind farm location multi-criteria analysis. *Mining science*, *21* .

Vaidya ,O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of operational research*, *169*(1), 1-29 .

Yue, C.-D., & Wang, S.-S. (2006). GIS-based evaluation of multifarious local renewable energy sources: a case study of the Chigu area of southwestern Taiwan. *Energy Policy*, *34*(6), 730-742 .

Zabihian, F., & Fung, A. S. (2011). Review of marine renewable energies: case study of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *15*(5), 2461-2474 .

الزامات اخلاقی نگارش مقاله

نویسنده/ ارسال کننده مقاله آقای/خانم *عباس عینعلی* متعهد می‌شود:

– مقاله ارسالی حاصل کار پژوهشی ایشان (و همکاران) بوده و در مواردی که از دستاوردهای تحقیقاتی دیگران استفاده شده، مطابق ضوابط و رویه معمول، مشخصات منابع مورد استفاده درج شده است.

– مقاله ارسالی (یا ترجمه آن) و مقاله‌ای با همپوشانی قابل توجه با این مقاله قبلاً در هیچ مجله و یا کنفرانسی ارائه نشده و به طور همزمان نیز در حال ارزیابی در مجله یا کنفرانس دیگری نیست.

– همه نویسندگان مقاله از کلیه محتویات علمی و نیز ترتیب قرارگیری نام و مشخصات و وابستگی شغلی خود در مقاله آگاهی و رضایت کامل دارند.

– چنانچه هر زمان خلاف موارد فوق و یا بروز هرگونه تقلب یا تخلف پژوهشی در رابطه با این مقاله اثبات شود، عواقب ناشی از آن متوجه نویسنده مقاله است و دبیرخانه کنفرانس مجاز است با ایشان (و همکاران) مطابق با ضوابط و مقررات رفتار نموده و هیچ‌گونه ادعایی قابل قبول نخواهد بود.

محل امضا