DOR: 20.1001.1.24234931.1400.8.1.6.0
Archive of SID
مقاله
سال هشتم، شماره اول، بهار و تابستان ۱۴۰۰، ص ص ۴۸- ۵۵
فصل‌نامه علمی انرژی‌های تجدیدپذیر و نو
jrenew.ir
تاریخ دریافت: ۹۸/۰۸/۰۱
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۱۸

رتبه‌بندی احداث برترین مزارع نیروگاههای بادی و خورشیدی با استفاده از روش AHP با در نظر گرفتن شاخصهای مالی و اقتصادی در ایران

سوده افشاریان[۱]، لیلا سهرابی عادل [۲]

۱- دکترا، مهندسی انرژی، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران
۲- کارشناسی ارشد، مهندسی صنایع، دانشگاه خوارزمی، تهران
* تهران۴۴۱۶ ۱۵۸۷۵، s.afsharian@kntu.ac.ir

چکیده

آلودگی‌های چند دهه اخیر در کشور ایران باعث تغییرات اقلیمی و مشکلات فراوانی در این سرزمین و دنیا شده است. افزایش فزاینده جمعیت و فرسایش شدید خاک، آثار منفی فرهنگی، اجتماعی ، سیاسی و اقتصادی فراوانی را در دهه اخیر به همراه داشته است. با توجه به قرارگرفتن کشور ایران در منطقه خاورمیانه و فشارهای اقتصادی مبتنی بر نفت، توجه و تمرکز بر صنایع دیگری که نبض اقتصادی کشور را تغییر دهد، ضروریست. قدم گذاشتن در عرصه انرژی‌های نو امری حیاتی تلقی می‌شود. از آنجا که کشور ایران دستخوش آلودگی های زیست‌محیطی فراوان است و همچنین تخریب زیستگاهها و از بین رفتن شرایط کشاورزی در برخی مناطق کشور، مهاجرت و حاشیه‌نشینی را به همراه داشته است، ناگزیر می‌بایست مسیر توسعه را به سمت انرژی‌هایتجدید پذیر از جمله انرژی باد معطوف کرد. این پژوهش به دنبال رتبه بندی مناطقی در ایران می‌باشد که پس از شناسایی در سالهای اخیر تاکنون برای احداث نیروگاه‌های بادی و خورشیدی در آنها اقدامی صورت نپذیرفته است. پس از انتخاب اولیه مناطقی که طبق مرور تحقیقات صورت گرفته توسط خبرگان به کمک استخراج معیارهایی همچون طول و عرض جغرافیایی، سرعت باد و ساعات آفتابی حداکثر، انجام شد، اولویت بندی با یکی از روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره Analytic Hierarchy Process یا AHP با وزن‌دهی بر اساس معیارهای احداث مزارع خورشیدی و بادی (معیارهایی همچون بازگشت سرمایه، تأثیرات سیاسی، اقتصادی، چگالی باد، زاویه تابش) انجام پذیرفته است. پس از آن اولویت‌بندی در میان برترین مناطق اعم از شهرستان نیمروز- هامون (سیستان)، بهبهان و شوشتر(خوزستان)، کرمان و یزد انجام می‌پذیرد.

کلیدواژگان: انرژی‌های تجدید پذیر، سایت بادی، روش های تصمیم گیری چند معیاره، AHP

Ranking the Wind-Solar Farm Installation by Using the AHP Method Based on the Financial-Economic Index

Soudeh Afsharian[1], Leila Sohrabi Adel[2*]

1- Department of Mechanical Engineering, K.N. Toosi University of Technology, Tehran, Iran.
2- Department of Industrial Engineering, Kharazmi University, Tehran, Iran
* P.O.B. 15875-4416 Tehran, Iran, s.afsharian@kntu.ac.ir
Received: 23 October 2019 Accepted: 07 June 2020

Abstract

In recent decades, pollution has caused many problems such as climate change in Iran as well as the world. By considering the Iran's condition and location in Middle East, and the worldwide oil-based economic pressures, it is mandatory to focus on other industries to change the economic pulse of the country. So, stepping into the field of renewable energy is vital. Since Iran is subjected to numerous environmental contaminants, as well as habitats destruction and the loss of agricultural lands in some areas of the country due to the drought, which leads to migration and suburbia phenomenon, it is inevitable to switch to renewable energies, including solar, wind energy, and develop this industry. This study seeks to evaluate and rank the areas in Iran that have not been identified for solar and wind energy electricity generating despite their high potential. After the initial evaluation of the location by considering factors such as latitude, longitude, wind speed and solar radiation, the locations are prioritized with one of the multi-criteria AHP (Analytic Hierarchy Process) weighting methods based on the solar and wind farms criteria such as return on investment, political and economic impacts, wind intensity, radiation angle, etc.). Finally, the best ranking among the top selected areas including Nimroz-Hamoon (Sistan), Behbahan and Shooshtar (Khuzestan), Kerman and Yazd is determined.
Keywords: Renewable Energy, Wind Farm, Multi-Criteria Weighting Methods, AHP.

www.SID.ir
مالکیت معنوی این مقاله تحت گواهی بین المللی تخصیص ۴ کریتیو کامنز محفوظ است

Archive of SID

۱- مقدمه

بهینه‌سازی و بهره بردن از منابع انرژی ارزانتر از یک سو و لزوم جایگزینی انرژی‌های پاک در اقتصاد مبتنی بر پایه فروش نفت ایران از سوی دیگر امریست که الزام تمرکز توسعه انرژی‌های پاک را توسط مدیران اجرایی کشور بیش از پیش ضروری می‌سازد. کشورهای توسعه یافته بسته به شرایط اکوسیستمی و جغرافیایی خود دست به احداث سایتهایی زده‌اند که منافع مورد نیاز خود را تامین نمایند. دو منبع انرژی امیدبخش برای تمامی عصرهای تمدن بشری، انرژی بدون کربن باد و خورشید بوده است. کشور ایران با وجود موقعیت طلایی در منطقه خاورمیانه و گستردگی مرزهای همجوار با همسایگانی که نیازمند به خرید انرژی برق می باشند و جایگاه ویژه ای که از نظر جغرافیایی دارا است، قادرخواهد بود منافع بیشماری از احداث این سایت‌ها اعم از خورشیدی و بادی کسب نماید. اما متاسفانه در این زمینه بهره اندکی داشته و یا بعضا دقت لازم در انتخاب معیارها جهت احداث نیروگاهها صورت نگرفته است. به جهت استفاده از منابع باد موجود در کشور، وجود اطلاعات معتبر و مطمئن در خصوص پتانسیل باد منطقه [۱]، چگالی مورد نظر جهت احداث نیروگاه بادی و جهت تابش نور خورشید، میزان تابش و زاویه آن ضروری خواهد گشت [۲]. به‌علت وجود مناطق بادخیز در ایران، بستر مناسبی جهت گسترش بهره‌برداری از توربین‌های بادی فراهم شده که یکی از مهمترین پروژه های انجام شده در زمینه انرژی بادی، تهیه اطلس بادی کشور می‌باشد، پروژه مذکور در سازمان انرژیهای نو ایران انجام پذیرفته است و به عنوان یکی از پروژه های ملی در صنعت انرژی باد محسوب می‌گردد [۳]. از آنجا که با هزینه‌های کمتر در این صنعت و بدست آوردن مزایای بیشتر در شرایط امروز، می‌توان مانع از رکود و مشکلات بزرگ اقتصادی گردید، انتخاب درست معیارهای اصلی جهت اولویت بندی مکان مناسب، باعث بازگشت سریع سرمایه در این قطب صنعتی خواهد شد. در این تحقیق با استفاده از تحلیل سر به سر(بازگشت سرمایه اقتصادی) چند سایت بادی و خورشیدی در مناطق مختلف کشور، به انتخاب بهینه و بالاترین سود از جوانب مختلف اعم از: توجیه اقتصادی نیروگاه، فروش برق تولیدی، ایجاد شغل و مسائل فرهنگی می‌پردازیم.

۱-۱- مزایای بهره مندی از انرژی پاک

از جمله مزایای استفاده از انرژی باد می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود:

- ✓ رایگان بودن انرژی باد و تابش خورشید
- ✓ تأمین بخشی از انرژی برق
- ✓ ارزانتر بودن قیمت انرژی حاصل از باد نسبت به انرژی‌های فسیلی
- ✓ ایجاد سیستم پایدار انرژی
- ✓ عدم نیاز به آب
- ✓ عدم نیاز به زمین وسیع برای نصب
- ✓ نداشتن آلودگی زیست‌محیطی نسبت به سوختهای فسیلی (طبق آمار موجود، تولید هر کیلو وات ساعت انرژی الکتریکی از باد، از انتشار حدود یک کیلوگرم CO_2 در مقایسه با نیروگاه‌های سوخت فسیلی جلوگیری می‌نماید[۴]).
- ✓ بر طرف شدن گرمایش آبهای زیر زمینی
- ✓ کاهش قاچاق سوخت
- ✓ کاهش آلودگی حمل و نقل
- ✓ عدم مهاجرت معکوس ساکنان مناطق محروم به شهرهای بزرگ
- ✓ افزایش ضریب امنیت و سرمایه‌گذاری خصوصی
- ✓ بازگشت اعتبار قدیمی منطقه از لحاظ گذرگاهی بودن ایران و جاده ابریشم
- ✓ تامین نیاز صنایع منطقه به برق از جمله صنایعی همچون فولاد سازی اردکان یزد
- ✓ تامین انرژی الکتریکی لازم جهت شیرین کردن آب دریا برای مصارف کشاورزی و شهری
- ✓ تأمین برق مصرفی جهت تصفیه فاضلاب شهری و مصرف آن در بخش صنعتی
- ✓ ایجاد اشتغال

ایجاد اشتغال این صنعت در میان دیگر صنایع انرژی از همه بیشتر است. نصب یک مگاوات برق بادی در اروپا برای ۱۵ الی ۱۹ نفرشغل ایجاد به همراه داشته که این رقم در کشورهای درحال توسعه تا دو برابر امکان پذیر خواهد بود. به این ترتیب برای رفع بیشتر آلودگی‌های زیست محیطی و کاهش مصرف سوختهای فسیلی و فواید دیگر که در طول تحقیق به آنها اشاره می‌شود، نیاز به سرمایه‌گذاری در ابعاد وسیع‌تر همچون ایجاد قطب صنعت تجدید پذیر در ایران الزام آور خواهد بود.

کشورهایی همچون چین و هند گوی سبقت در تولید برق پاک را در آسیا ربوده و هر سال درصد بالاتری از برق مصرفی کشور خود را از این راه تأمین نموده اند. برنامه های بلند مدت این کشورها براساس گزارشات سالیانه درسایت بین المللی رن۲۱ منتشر می‌گردد [۵].

در بیست و یکمین اجلاس بزرگ تغییرات اقلیمی با حضور رهبران بیش از ۱۰۰ کشور دنیا که از۹ تا ۲۱ آذرماه سال ۱۳۹۴ در پاریس برگزارشد، کشور ایران جز ۱۰ کشوری است که بالاترین سطح آلودگی اعم از خاک، آب و هوا را در اقلیم جهانی ایجاد کرده و تا سال ۲۰۲۰ همه فعالیت‌های آن جهت کاهش گازهای گلخانه‌ای به صورت داوطلبانه بوده اما پس از آن مشمول جرایمی همچون تخصیص مالیات بر نفت ومحصولات پتروشیمی قرار خواهد گرفت. بنابراین لازم است تمهیداتی جهت ترمیم اکوسیستم و کاهش آلودگی جهانی انجام گیرد. به منظور کاهش گازهای گلخانه‌ای اتحادیه اروپا تمهیداتی از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۵۰ در نظر گرفته است که تمرکز بر تولید انرژی پاک از مهمترین بخشهای آن می‌باشد [۶].

۱-۲- ضرورت توسعه صنعت انرژی تجدیدپذیر در ایران

در سال های اخیر برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در مناطق خشک کشور باعث افت شدید سطح آب زیرزمینی و به تبع آن، وقوع فرونشست تا بیش از ۳۰ سانتیمتر در برخی نقاط کشور بوده است. این در حالیست که سایر کشورهای درگیر این بحران تنها فرونشست ۵ میلیمتر را تجربه کرده‌اند و با این‌حال به دنبال راه حل مناسب تلاش حداکثری داشته‌اند [۷و۲۱].

۱-۳- تمرکز بر توسعه پایدار

با توجه به گزارشات سالیانه کمیسیون اقلیم و اقتصاد که هر ساله در سایت تحقیقاتی این سازمان با تمرکز بر مشکلات اقلیمی که بر اساس

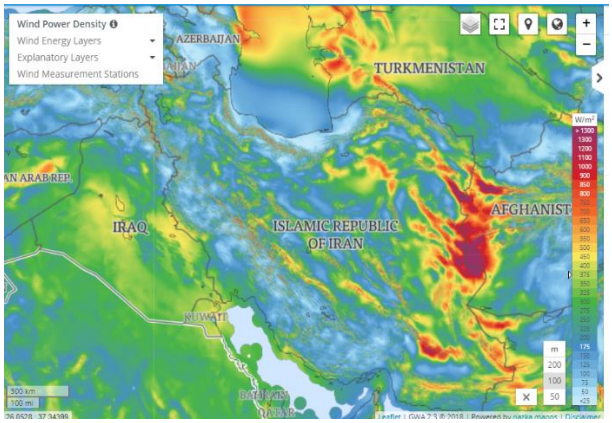
)Break-even point

www.SID.ir

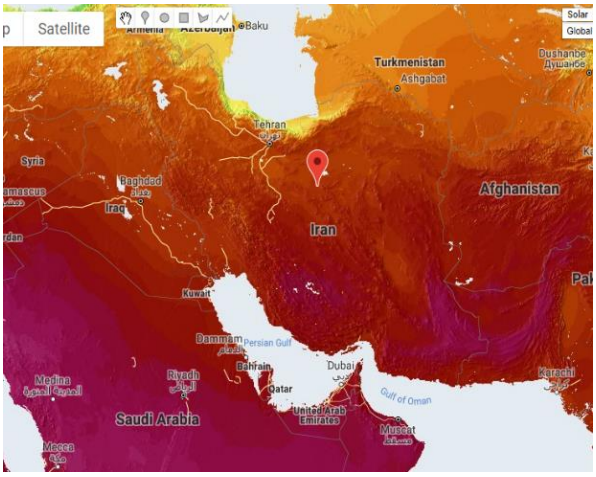
Archive of SID

فعالیت‌های اقتصادی به وجود می‌آیند منتشر می‌گردد[۸]، راهکارها و روش‌هایی که به صورت بومی، منطقه‌ای و جغرافیایی جهت پیشرفت اقتصاد کشورها انجام می شود در دسترس کشورهای مختلف جهت ایجاد توازن مالی با تمرکز بر نجات محیط زیست قرارداده می شود.

مجمع بین‌المللی تغییرات اقلیمی[۱] یک ارگان بین دولتی علمی جهت ارزیابی جامع اطلاعات علمی، فنی و اجتماعی- اقتصادی جاری در مورد مخاطرات تغییرات آب وهوایی بر اثر فعالیت‌های انسانی در سراسر جهان می‌باشد. اگر انرژی به نحوی تولید و مصرف شود که توسعه انسانی را در درازمدت در تمامی ابعاد اجتماعی- اقتصادی و زیست‌محیطی تأمین نماید، مفهوم انرژی پایدار تحقق خواهد یافت. در واقع این تعریف به معنای تداوم عرضه انرژی نیست بلکه هدف آن است که تولید و مصرف منابع انرژی به طریقی صورت پذیرد که در درازمدت حیات انسان و تعادل بوم شناختی میسر گردد.



شکل ۱. ظرفیت انرژی بادی ایران (برگرفته از https://globalwindatlas)



شکل ۲. ظرفیت انرژی خورشیدی ایران (برگرفته از https:// solargis.com)

با توجه به گزارش جهانی اقتصاد اقلیمی، توسعه صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر و انتقال از انرژی‌های فسیلی شامل پنج بخش انرژی، شهرها، زمین و کشاورزی، آب و صنعت می‌باشد. در تمام این حوزه‌ها ردپای صنعت تجدیدپذیر به خوبی قابل شهود است [۸]. در بیست و یکمین اجلاس بزرگ تغییرات اقلیمی درپاریس، تمرکز نشست برتأثیر کاهش گازهای گلخانه‌ای بوده که تنها راهکار با اثرگذاری بالا، جایگزینی انرژی‌های پاک جهت تأمین انرژی مورد نیاز کشورها بوده است. شکل ۱ وجود پتانسیل باد مناسب جهت بهره‌مندی از سایت‌های بادی، برگرفته از رصد ماهواره‌ای باد را نمایش می‌دهد [۹]. شکل ۲ مربوط به ظرفیت بهرمندی از تابش نور خورشید در ایران است.

۲- مرور ادبیات

تأمین سرمایه‌گذاری موفق در انرژی تجدید پذیر، نیاز به درک بهتر از رابطه بین انواع روش های مالی در زمینه احداث و راه اندازی پروژه‌های انرژی تجدیدپذیر را شامل خواهد شد. مازیکا و سمینوک ۲۰۱۸، بررسی و مطالعه‌ای در سرمایه‌گذاری های مختلف در زمینه انرژی تجدیدپذیر داشتند. با تمرکز بر داده‌های مالی، نشریه بلومبرگ (Bloomberg New Energy Finance BNEF) به ارزیابی شاخص های برتر در به خطر انداختن پروژه های در نظر گرفته شده با استفاده از فناوری، زمان و کشور سرمایه گذار، برای اندازه‌گیری ریسک متفاوت پرداختند. فعالان مالی عمومی در پرتفولیو (سبد پروژه‌ها) سرمایه‌گذاری در بخش های مختلف اعم از تابش خورشیدی، باد یا زیست توده در کنار مدلهای مختلف سرمایه‌گذاری همچون: بانکهای خصوصی، بانکهای دولتی و نوع فناوریهای به کار رفته را مقایسه و برترین نتایج را به اشتراک گذاشتند که این نتایج اولیه برای شکل دادن سوالات تحقیق جدید در مورد چگونگی تأثیر مالی بر جهت دهی نوآوری و پیامدهای سیاست‌های بکار گرفته شده استفاده می‌شوند [۱۰].

تناکیان و همکاران ۱۳۹۷، تحقیقاتی در راستای شناسایی بهترین منطقه در طول و عرض جغرافیایی با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS انجام داده‌اند و پس از آن با گردآوری معیارهای موثر در احداث سایت بادی در دشت سیستان و تلفیق آنها به روش سلسله مراتبی فازی FAHP[۲] بهترین منطقه را محدوده شهرستان نیمروز- هامون شناسایی کرده‌اند[۱۱]. هوان لی و آنا شی ۲۰۱۷، به کمک روش تجزیه وتحلیل پوششی DEA[۳] به تحلیل تأثیرسرمایه‌گذاری بخشهای مختلف صنعت انرژی تجدیدپذیر جهانی و روشهای مختلف سرمایه‌گذاری پرداختند. تأثیر سرمایه‌گذاری در هرصنعت به طورکلی اثربخشی کمی را در میان عوامل مختلف پیشرفت یک صنعت دارد ؛ اما اثربخشی جامع سرمایه‌گذاری درصنعت باد بسیار چشمگیر می‌باشد. نتایج این مقاله نقش مهم شناخت وضعیت مالی و تأثیر سرمایه‌گذاری مناسب در صنعت انرژی تجدیدپذیر را ارائه و با طرح پیشنهادهای متنوع سرمایه‌گذاری، دستاوردهای تحقیق را به پایان می‌رساند [۱۲]. در شناسایی معیارهایی که هم در احداث مزارع بادی و هم خورشیدی موؤثر باشند نقاط عطفی وجود دارد که گروه مطالعاتی یوسفی و همکاران ۱۳۹۵، سعی بر شناسایی مهمترین این عوامل داشته‌اند و جمع بندی ارائه شده به کمک لایه بندی داده‌ها در نرم افزار ArcGIS در مناطق مختلف جعرافیایی ایران به شرح زیر مشخص گردیده است: ساعات آفتابی، ابرناکی، گرد و خاک، رطوبت نسبی، نوع پوشش زمین، ارتفاع و فاصله از خطوط انتقال برق که از جمله مهمترین معیارها تعیین شده است [۲]. نویمی گلیکمن ۲۰۱۵، در نشریه بلومبرگ لندن به روند رو به رشد جهانی سرمایه‌گذاری و بازپرداخت در صنعت انرژی‌های تجدیدپذیر پرداخته است[۱۰و۱۳]. برنامه گزارش سازمان ملل متحد براساس داده‌های نشریه بلومبرگ، به عنوان سند اصلی مرجع جهان در زمینه سرمایه‌گذاری در زمینه

۱IPCC (The Intergovernmental Panel on Climate Change)

۲fuzzy analytic hierarchy process (FAHP)
۳Data envelopment analysis

www.SID.ir
www.jrenew.ir..... /..... info@jrenew.ir

Archive of SID

انرژی تجدیدپذیر و بررسی بر اساس منطقه، کشور، بخش و نوع سرمایه گذاری دسته بندی گردیده است. در تحقیقی در شهرستان دامغان، یوسفی و همکاران ۱۳۹۵، به ارزیابی و پتانسیل سنجی مناطقی در شهرستان پرداخته‌اند که اولویت‌بندی بهترین نقطه احداث مزرعه بادی را به روش تصمیم‌گیری MCDM[1] چند معیاره ایستگاه بادی بدست آوردند[۲]. جعفری و همکاران ۱۳۹۲، بر روی مکان‌یابی احداث مزارع بادی در استان اردبیل با در نظر گرفتن عواملی چون پتانسیل باد، نقشه کاربری اراضی، ارتفاع، شیب، فاصله از شهر، فاصله از روستا، فاصله از فرودگاه، فاصله از پهنه‌های آبی و فاصله از شبکه راه‌های ارتباطی اصلی تحقیق کرده‌اند. وزن هریک از ۹ پارامتر تأثیرگذار در منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش AHP محاسبه گردید. در مرحله بعد، نواحی دارای محدودیت برای مکان‌یابی نیروگاه‌های بادی حذف گردید و در نهایت با تلفیق نقشه‌های پهنه بندی شده بر اساس وزن اکتسابی، پنج کلاس کاملاً مناسب تا نامناسب تهیه شده است. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که دشت اردبیل و دامنه‌های کوه سبلان می‌تواند به عنوان مکانی مناسب جهت بهره‌گیری از انرژی باد مورد توجه قرار گیرد [۱۴]. در سال بعد از این تحقیقات، عزیزی و همکاران ۱۳۹۳، تحقیقی دال بر مکان‌یابی استقرار توربین‌های بادی در مناطق جغرافیایی شهرستان اردبیل با استفاده از توابع تحلیلی در نرم افزار GIS انجام دادند. مقایسه نتایج دو مدل در وزن‌های به دست آمده، طبقه‌بندی کلاس‌ها و صحت سنجی مدل در این تحقیق بیانگر این مطلب می‌باشد که روش FAHP نتایج بهتری را ارائه می دهد [۱۵]. سونجا لوتی و توماس پراسلر۲۰۱۱، اقدام به بررسی و بیان سیاست‌هایی کردند که باعث ایجاد جذابیت برای سرمایه‌گذاری در بخش انرژی باد در مناطق مختلف دنیا شده است. یکی از این موارد، نقش تعیین کننده ی محیط نظارتی (امنیت حقوقی، روند اداری و دسترسی به شبکه) و توانایی تامین مالی پروژه‌ها درتعیین جذابیت محیط توسعه است که بر روی سیاست‌گذاری‌های مهم تأثیرگذار است. در بعضی از کشورهای جنوب شرقی اروپا، کاهش مراحل اداری منجر به دستیابی به سود بالاتر می‌شود، درحالی که در ایالات متحده، بهبود مقررات دسترسی به شبکه و افزایش سطح درآمد، وزنه‌ی سنگین‌تری می‌باشد. سیاست‌های تشویقی همچون بخشودگی مالیاتی و ارائه وام‌های بدون بهره و کم بهره از شاخص‌ترین و موفق‌ترین سیاست‌گذاری‌های توسعه انرژی تجدیدپذیر می‌باشد [۱۶]. ماریا بلانکو ۲۰۰۹، در رابطه با تولیدکنندگان و توسعه دهندگان انرژی باد و هزینه‌های تولید پروژه‌های انرژی باد در اروپا تحقیق کرده است. هدف تحقیق، بررسی و شناخت عوامل تأثیرگزار در این صنعت بوده است. بعنوان مثال، قیمت برخی از مواد اولیه استراتژیکی در زمان رشد تقاضای جهانی نوسان داشته است. با این حال، موقعیت رقابتی سرمایه‌گذاری در صنعت انرژی باد نسبت به سایر فناوری ها همچنان رو به رشد بوده و انتظار می‌رود در بلند مدت هزینه‌های تولید کاهش یابد. همچنین این امر که آیا اعمال سیاست‌های درست مانند تحقیق و توسعه در مواد جدید، کنترل از راه دور، توربینهای بادی دریایی و زیرساختها به اندازه کافی برای جبران قیمت مؤثر باشند، بررسی شده است و تکنیکهای پیشرفته‌سازی با تمرکز بر ثبات هزینه در درازمدت معرفی شده است [۱۷]. لی چن و همکاران ۲۰۰۹، چگونگی انتخاب مزرعه بادی جهت تولید برق از منابع انرژی تجدیدپذیر در کشور چین را بررسی کرده‌اند. بدین منظور از مدل‌های رتبه‌بندی تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) بر اساس فرایند سلسله مراتب تحلیلی (AHP) همراه با مزایا، فرصت‌ها، هزینه‌ها و خطرات استفاده شده است که عوامل متعدد تأثیرگذار، با توجه به نظرات خبرگان جمع‌آوری و مورد بررسی قرار گرفته و رتبه بندی عملکرد مزارع باد بر اساس روش AHP انجام پذیرفته است. از آنجا که عوامل موثر در انتخاب مکان‌یابی مزارع خورشیدی و بادی همپوشانی نزدیکی با یکدیگر دارند، مبحثی فراروی محققین قرار می‌گیرد که آیا امکان تلفیقی از این مزارع در یک مکان میسر می‌گردد یا خیر [۱۸]. صادقی و اصفهانی ۱۳۹۲، به گردآوری داده‌های مختلف جغرافیایی در نرم افزار GIS اقدام کردند که در نتیجه اولویت‌بندی مکانهای مناسب جهت احداث نیروگاههای تجدیدپذیر خورشیدی و بادی در استان کرمان را بدست آوردند. برای شناسایی مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی از روش‌های AHP، TOPSIS[2] SAW[3] و در نهایت روش‌های تلفیقی MADM استفاده شده است. در این تحقیق شهرستان سیرجان به عنوان مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی و شهرستان رفسنجان به عنوان مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه بادی شناسایی شد [۱]. امیر گندمکار و همکاران ۱۳۸۶، به ارزیابی پتاسیل انرژی باد در منطقه سیستان و بلوچستان و شهرستان زابل پرداختند. از دستاوردهای این مقاله محاسبات بدست آمده اعم از: پتانسیل‌های بالقوه، وجود بادهای ۱۲۰ روزه و چگالی مناسب باد، جهت احداث مزرعه بادی با کمترین نوسانات در جهت وزش باد می باشد [۱۹]. با توجه به بررسی و تحلیل مطالعات انجام شده در این راستا، شکاف تحقیقاتی در رابطه با بررسی بازگشت سرمایه احداث نیروگاه‌های بادی در مناطق ایران احساس می‌شود که این پژوهش در همین راستا به تحقیق می‌انجامد.

۳- روش انجام تحقیق

روش به‌کار گرفته شده در تحقیق بر حسب هدف کاربردی و بر حسب جمع آوری داده‌ها به علت محاسبات ریاضی و جمع آوری داده‌های مرتبط با هر منطقه و سایت جغرافیایی، کمی-توصیفی- میدانی می‌باشد. در این مطالعه با استفاده از روش توصیفی سناریوهای مختلف قیمت تمام شده احداث بررسی می‌شود. اهمیت و سودمندی این مطالعه از آن روست که بر اساس آن معلوم می‌گردد که با استفاده از روش MCDM و برآورد هزینه های انجام شده و بازگشت سرمایه و مزایای اجتماعی، کدام سناریو منجر به موفق‌ترین اجرا می‌شود.

فرایند تحلیل سلسله مراتبی (AHP) یکی از معروفترین فنون تصمیم‌گیری چند منظوره است که اولین بار توسط توماس. ال. ساعتی عراقی الاصل در دهه ۱۹۷۰ ابداع گردید. کاربرد این روش در زمان تصمیم‌گیری با حضور چندین گزینه رقیب می‌باشد. معیارهای مطرح شده می‌توانند کمّی و کیفی باشند. اساس این روش تصمیم‌گیری بر مقایسه‌های زوجی نهفته است. تصمیم‌گیرنده ابتدا با فراهم آوردن درخت سلسله مراتب تصمیم، عوامل مورد مقایسه و گزینه‌های رقیب مورد ارزیابی در تصمیم را بررسی می‌کند. سپس یک سری مقایسه‌های زوجی انجام می‌گیرد. این مقایسه‌های ، وزن هر یک از فاکتورها را در راستای گزینه های رقیب مشخص می‌سازد. در نهایت با تلفیق وزنهای بدست آمده، ارزش هر مؤلفه مشخص می‌گردد. در فرایند سلسله مراتبی، عناصر هر سطح نسبت به عنصر مربوطه خود در سطح بالاتر به صورت زوجی مقایسه شده و وزن آن ها محاسبه می‌شود. که این وزن‌ها را وزن نسبی می‌نامیم. سپس با تلفیق وزن‌های نسبی، وزن نهایی هر گزینه مشخص می‌گردد. کلیه مقایسه‌ها در فرایند سلسله مراتبی به صورت زوجی انجام می‌گیرد. در گام بعدی میانگین

1. Multiple-criteria decision-making (MCDM)
2. Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)
3. Simple Additive Weighting (SAW)

www.SID.ir

Archive of SID

هندسی هر سطح را محاسبه می‌کنیم. با تقسیم هر یک از میانگین‌های هندسی بر جمع کل میانگین‌ها، وزن مربوط به آن معیار محاسبه می‌شود. در گام بعدی باید بر اساس هر معیار گزینه‌ها مقایسه زوجی شوند و جداول مربوط به هر معیار تهیه می‌گردد [۲۰]. ماتریس مقایسات زوجی چهار شهر بر اساس معیار ایجاد شغل، آسیب زیست محیطی، استهلاک توربین ها و سرعت بازگشت سرمایه تدوین می‌گردد. درست همانند روشی که برای محاسبه اوزان معیارها در پیش گرفتیم، وزن هر شهر را بر اساس هر معیار محاسبه می‌کنیم. در گام نهایی به راحتی با توجه به وزن‌های نسبی محاسبه شده و وزن نهایی هر گزینه، اولویت ها رتبه بندی می‌گردند. جدول ۱ترجیحات مقایسات زوجی ساعتی را نشان می‌دهد.

جدول ۱ ترجیحات مقایسات زوجی ساعتی

ارزش	الویت	توضیح
۱	ترجیح یکسان	گزینه یا شاخص i نسبت به j اهمیت برابر دارد ویا ارجحیتی نسبت به هم ندارند.
۳	کمی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j کمی مهمتر است.
۵	خیلی مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مهمتر است.
۷	خیلی زیاد مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j خیلی مهمتر است.
۹	کاملا مرجح	گزینه یا شاخص i نسبت به j مطلقا مهمتر است و قابل مقایسه نیستند.
۲،۴،۶، ۸	بینابین	ارزشهای بین ارزشهای ترجیحی را نشان می‌دهد مثلا ۸، بیانگر اهمیتی زیادتر از ۷ و پایینتر از ۹ برای i است.

۱-۳- نرخ نقطه سر به سر بازگشت سرمایه

دراحداث نیروگاه بادی پیدا کردن محل سایت عامل بسیار مهمی است تا حداکثر بهره‌برداری را از نیروی باد بدست آورد. موارد مهم جهت شناسایی یک منطقه مناسب برای نصب توربین‌های بادی عبارتند از:

- استقرار ماشینهای بادی در مکان‌هایی که مقدار انرژی تولید شده جوابگوی مصرف باشد.
- پرهیز از مکان‌هایی که سبب مخاطره توربین‌های بادی می‌شود. مثل: اغتشاش، یخبندان، موانع، ذرات شن و نمک در هوا، نامسطح بودن و شیب زمین که سبب افزایش قیمت نگهداری توربین، کوتاهی عمر و افت انرژی تولیدی خواهد شد.
- اقتصادی بودن انرژی تولیدی در مقایسه با دیگر انرژی‌ها.

نقطه سر به سر در اقتصاد و خصوصا در محاسبه‌ی هزینه، به نقطه‌ای گفته می‌شود که هزینه‌های کلی و درآمد کلی با هم برابر می‌شوند و از آن نقطه به بعد، می‌توان به سود دهی رسید. تا قبل از رسیدن به نقطه سر به سر، سود و زیانی حاصل نشده است و فقط هزینه‌هایی که برای تجارت مورد نظر انجام گرفته‌اند، جبران می‌شوند و سرمایه‌ی اولیه برمی‌گردد. به طور خلاصه، تمامی هزینه‌های انجام شده برگشت داده می‌شوند ولی هنوز سود برابر با صفر است.

$$X = F/(P - V) \quad (۱)$$

که در آن X نقطه سر به سر، P قیمت فروش، V هزینه های متغیر و F هزینه ثابت می‌باشد. از سوی دیگر، فرمول فروش برق تولیدی بصورت زیر است:

۸۷۶۰ (ساعات کاری یک سال) * (ضریب ظرفیت از داده های سالانه میانگین قدرت باد هر منطقه بدست میاد) ٪ * (ظرفیت که اینجا ۱۰۰ می‌باشد)= مگاوات ساعت تولیدی. که شاخص توان تولیدی یکی از مهمترین عوامل در احداث مزرعه بادی می‌باشد.

جدول ۲و ۳ به ترتیب میزان توان تولیدی در سایتهای منتخب و محاسبه فاکتورهای نرخ سر به سر را نمایش می‌دهند.

جدول ۲ میزان توان تولیدی در سایتهای منتخب (مگاوات)

	خوزستان	کرمان	سیستان	یزد
۱توربین	۵۳۴۷۷	۱۱۲۲۳۲	۲۲۲۳۲۴	۶۶۶۲۶
تعداد	۲۸	۲۸	۲۸	۲۸
تولید	۱۴۹۷۳۷۸	۳۱۴۲۴۹۶	۶۲۲۵۰۸۰	۱۸۶۵۵۳۰
قیمت فروش (دلار)	۶۰۷۹۳۵	۱۲۷۵۸۵۳	۲۵۲۷۳۸۲	۷۵۷۴۰۵

جدول ۳ محاسبه فاکتورهای نرخ سر به سر

	خوزستان	کرمان	سیستان	یزد
X	۱۸۲,۴۴۰۷	۸۶,۵۵۶۰	۴۳,۶۰۹۵	۱۴۶,۱۹۷۷
V	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰	۵۰۰۰
P	۶۰۷۹۳۵	۱۲۷۵۸۵۳	۲۵۲۷۳۸۲	۷۵۷۴۰۵
F	۱۱ ×۱۰^{۷}	۱۱ ×۱۰^{۷}	۱۱ ×۱۰^{۷}	۱۱ ×۱۰^{۷}

۲-۳- محاسبه به روش AHP

با توجه به جمع آوری نظرات خبرگان مقیاسهای کیفی به کمی تبدیل می‌گردد که در جدول ۴آورده شده است. در ادامه به بررسی شاخص های ارزیابی که شامل: ایجاد شغل (جدول ۶و۷)، میزان عمر مفید توربین‌ها و شرایط جغرافیایی مناسب جهت فروش انرژی به همسایگان می‌باشد (جدول ۸و۹) کمترین آسیب زیست محیطی (جدول ۱۰و۱۱)، کمترین استهلاک (جدول۱۲و۱۳) می‌پردازیم. شاخص توان تولیدی یکی از مهمترین عوامل در احداث مزرعه بادی می‌باشد. در بخش هزینه انجام شده و بازگشت سرمایه تخمینی بر اساس نقطه سر به سر و احداث ۲۸ توربین در یک مزرعه بادی ۱۰۰ مگاواتی که در ۵ نقطه انتخابی در کشور ایران انجام گرفته است به ترتیب رتبه‌های بازگشت سرمایه پس از محاسبات با توجه به جدول ۵ عبارتند از:

۱- شهرستان سیستان استان سیستان و بلوچستان
۲- شهرستان رفسنجان-سیرجان استان کرمان
۳- شهر یزد
۴- بهبهان- شوشتر استان خوزستان

با توجه به رتبه بندی بدست آمده رتبه اول تا چهارم به ترتیب سیستان، خوزستان، کرمان و یزد می‌باشد که در جدول ۱۴ نمایش داده شده است. ازآنجا که احداث و بهره برداری نیروگاه نیازمند اختصاص هزینه‌های کلان وصرف زمان طولانی می‌باشد، با توجه به بهینه کردن زنجیره تامین تولید انرژی برق می‌بایست به عوامل زیست محیطی توجه داشت به عنوان نمونه، ازساخت نیروگاه بر روی گسل، باتلاق، زمین های دارای خاک سست ونظیرآن که احتمال نشست دارند، خودداری شود و همچنین لازم است مکانی انتخاب گردد که سایت تا حد ممکن از گزند حوادث طبیعی نظیر سیل و زلزله مصون بماند.

www.SID.ir

Archive of SID

علاوه بر این ساخت نیروگاه اثرات اجتماعی وفرهنگی نیز به دنبال دارد به عنوان نمونه، احداث نیروگاه، می‌تواند فرصتهای شغلی فراوانی ایجاد نماید باتوجه به این مسئله معیارهایی نظیر میزان بیکاری نیز می‌تواند درانتخاب مکان نیروگاه مد نظر قرارگیرد. نگارندگان این پژوهش دراین مطالعه سعی براین داشتند معیارهای موثر را لحاظ و با درنظر گرفتن آنها مکانهای مساعد را رتبه‌بندی کنند.

جدول ۴. تبدیل مقیاسهای کیفی پرسشنامه ها به کمی

شاخص	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
ایجاد شغل	۲۷	۲۶	۲۳	۲۳
آثار زیست محیطی	-۲	-۳	-۴	-۶
سرعت ارز آوری	۸	۸	۴	۵
استهلاک توربین	-۱	-۵	-۲	-۵
بازگشت سرمایه	۱	۱/۴و۳	۱/۲	۱/۳و۲

جدول ۵. نرمالایز و وزن نهایی

شاخص	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
ایجاد شغل	۱	۰/۹۶۲	۰/۸۵۱	۰/۸۵۱
آثار زیست محیطی	-۱	-۰/۶۶۶	-۰/۵	-۰/۳۳۳
سرعت ارز آوری	۱	۱	۰/۵	۰/۶۲۵
استهلاک توربین	-۱	-۰/۲	-۰/۵	-۰/۲
وزن کلی	۱	۰/۷۰۷	۰/۵۸۷	۰/۵۰۲

جدول ۶. مقایسه زوجی مربوط به معیار ایجاد شغل

ایجاد شغل	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
سیستان	۱	۱	۱/۵	۱/۷
خوزستان	۱	۱	۱/۵	۱/۷
کرمان	۱/۵	۱/۵	۱	۱/۳
یزد	۱,۷	۱/۷	۱/۳	۱

جدول ۷ نرمالایزمقایسات زوجی ایجاد شغل

نرمالایز	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
سیستان	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۲۸۳	۰/۲۹۸
خوزستان	۰/۱۹۲	۰/۱۹۲	۰/۲۸۳	۰/۲۹۸
کرمان	۰/۲۸۸	۰/۲۸۸	۰/۱۸۸	۰/۲۲۸
یزد	۰/۳۲۶	۰/۳۲۶	۰/۲۴۵	۰/۱۷۵

جدول ۸. مقایسه زوجی مربوط به معیار ارز آوری

صادرات برق	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
سیستان	۱	۲	۳	۲/۵
خوزستان	۰/۵	۱	۱/۵	۲
کرمان	۲/۳	۱/۵	۱	۱/۳
یزد	۲,۵	۰/۵	۱/۳	۱

جدول ۹. نرمالایزمقایسات زوجی ارزآوری

نرمالایز	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
سیستان	۰/۱۵۹	۰/۴	۰/۴۴۱	۰/۳۶۸
خوزستان	۰/۰۷۹	۰/۲	۰/۲۲۱	۰/۲۹۴
کرمان	۰/۳۶۵	۰/۳	۰/۱۴۷	۰/۱۹۱
یزد	۰/۳۹۷	۰/۱	۰/۱۹۱	۰/۱۴۷

جدول ۱۰. مقایسه زوجی مربوط به معیار آثار زیست محیطی

آثار زیست محیطی	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
سیستان	۱	۱	۱/۵	۱/۷
خوزستان	۱	۱	۱/۵	۱/۷
کرمان	۱/۵	۱/۵	۱	۱/۳
یزد	۱,۷	۱/۷	۱/۳	۱

جدول ۱۱. نرمالایز مقایسات زوجی آثار زیست محیطی

نرمالایز	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
سیستان	۰/۰۸۳	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۰۴۲
خوزستان	۰/۰۸۳	۰/۱۴۳	۰/۱۴۳	۰/۱۱۳
کرمان	۰/۱۶۷	۰/۲۸۶	۰/۲۸۶	۰/۵۰۷
یزد	۰/۶۶۷	۰/۴۲۹	۰/۴۲۹	۰/۳۳۸

جدول ۱۲. مقایسه زوجی مربوط به معیار استهلاک توربین ها

استهلاک	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
سیستان	۱	۰/۳۳۳	۱	۰/۱۶۶
خوزستان	۳	۱	۴	۱
کرمان	۱	۰/۲۵	۱	۰/۵
یزد	۶	۱	۲	۱

جدول ۱۳. نرمالایزمقایسات زوجی استهلاک

نرمالایز	سیستان	خوزستان	کرمان	یزد
سیستان	۰/۰۹۱	۰/۱۲۹	۰/۱۲۵	۰/۰۶۲
خوزستان	۰/۲۷۳	۰/۳۸۷	۰/۵۰۰	۰/۳۷۵
کرمان	۰/۰۹۱	۰/۰۹۷	۰/۱۲۵	۰/۱۸۸
یزد	۰/۵۴۵	۰/۳۸۷	۰/۲۵۰	۰/۳۷۵

جدول ۱۴. محاسبه وزن نهایی هر سایت

	وزن نهایی
سیستان	۰/۷۸۷۸۶۹۷۱۵
خوزستان	۰/۶۶۷۴۳۲۶۸۵
کرمان	۰/۵۴۸۹۱۵۳۶۵

www.SID.ir

Archive of SID

یزد	۰/۶۶۸۵۱۸۶۳۳

۴- نتیجه گیری

انرژی باد به دلیل فراوانی، اقتصادی بودن و قابلیت بهره‌برداری آسان در میان انرژی‌های نو از اقبال زیادی برخوردار هست. در این میان شناخت مکان‌های مناسب برای بهره‌برداری از این انرژی پاک مسئله‌ای است که نیازمند در نظر گرفتن عوامل بسیاری می‌باشد که تجزیه و تحلیل را مشکل می‌سازد. از آن جا که انتخاب مکان‌های مناسب برای بهره‌برداری از این انرژی پاک مستلزم در نظر گرفتن عوامل متعددی خواهد بود و با توجه به گستردگی و پیچیدگی پارامترهای مؤثر در مکان‌یابی، ضرورت استفاده از سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی و تلفیق آن با سایر امور مدیریتی و برنامه‌ریزی مطرح می‌گردد. همچنین با توجه به محدودیت‌های روش‌های سنتی که بسیار وقت‌گیر و هزینه‌بر بوده و اغلب با خطا همراه گشته است، استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره (MCDM) با یک رویکرد تلفیقی، می‌تواند نقش مهمی را در فرآیند مکان‌یابی این مناطق و تسریع در روند برنامه‌ریزی و بهره‌برداری مناسب از این انرژی پاک در کشور ایفا نماید. هر چند که کاربرد سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی در مکان گزینی محل استقرار نیروگاه بادی در ایران در ابتدای راه خود است، از این رو، در این پژوهش از سیستم‌های تصمیم‌گیری چند معیاره روش AHP در محیط سیستم، استفاده گردید. برای این منظور با توجه به مطالعات در این زمینه و شرایط محلی منطقه از تأثیرگذارترین و با اهمیت‌ترین عوامل جهت تعیین مکان‌های مناسب برای استقرار نیروگاه‌های بادی استفاده شد. AHP ساختار مسایل تصمیم‌گیری پیچیده را به ساختار ساده‌تری برای تجزیه و تحلیل تبدیل می‌کند و برای تعیین وزن معیارها از مقایسه زوجی استفاده می‌نماید. در مقایسه زوجی وزن یک معیار با در نظر گرفتن ارجحیت نسبی نسبت به سایر معیارها به دست می‌آید، اما در تعیین مستقیم وزن، وزن‌ها به شدت وابسته به نظر تصمیم‌گیرنده است. با توجه به نتایج به دست آمده از پژوهش حاضر می‌توان گفت حدود ۴۴ درصد از منطقه سیستان (معادل ۷۱۳۰ کیلومتر مربع) مناسب احداث مزارع بادی و بالاتر از این مساحت مناسب جهت احداث مزارع خورشیدی می‌باشد که بالاترین رتبه در شهرهای دارای مناطق مساعد کشور را دارد. با توجه به معیارهایی که نگارندگان در طول تحقیق سعی بر بررسی اهمیت آنها در اجرای شهرک های بادی و خورشیدی داشتند، عواملی همچون معیارهای فرهنگی و اقتصادی که باعث رشد و شکوفایی این استان محروم در کشور پهناور ایران می‌باشد از همگی مهمتر بوده است و با اجرای هر چه سریعتر شهرک های بادی و خورشیدی می‌توان به رشد اقتصادی و فرهنگی این منطقه کمک شایانی کرد. علاوه بر مهمترین معیارها که شامل استهلاک تجهیزات، آثار زیست‌محیطی، صادرات برق و ایجاد شغل بوده‌اند، با مرور تحقیقات پیشین می‌توان بیان داشت که در چنین مناطقی عوامل دیگر همچون دوری از خطوط انتقال برق شهری و اهمیت سرمایه گذاری و آلودگی هوا نیز باید در نظر گرفته شوند و تأثیر آنها محاسبه گردد. بر اساس مطالعات انجام شده، سال به سال زمان بازگشت سرمایه در بخش انرژی‌های پاک خصوصا در زمینه انرژی بادی در صورت استفاده از توربینهای بادی با راندمان بالاتر کوتاهتر خواهد گشت و با معرفی بهتر این بخش صنعتی، می‌توان سرمایه گذاران خرد و کلان را به این بخش فراخواند. با افزایش قیمت خرید انرژی الکتریکی یقیناً این زمان بسیارکوتاه‌تر و ساخت نیروگاه اقتصادی‌تر خواهد بود. این تحقیق در شرایط نوسانات پرتنش ارز در کشور ایران گرداوری شده است که تأملی بر شرایط اقتصادی می‌تواند در تصمیم‌گیری نهایی تأثیربه سزایی داشته باشد. مهمترین معیار آب و هوایی جهت احداث نیروگاه بادی، سرعت باد و جهت باد می‌باشد و مهمترین عوامل در احداث سایت خورشیدی میزان و زاویه تابش نور خورشید می‌باشد. ورود و احداث سایت بادی و معرفی اجرای فناوری بومی باعث جذب سرمایه‌های سرگردان می‌شود. سرمایه‌هایی که حتی در زمان تحریم تهدیدی برای اقتصاد کشور بوده و تبدیل آن به فرصت، گزینه جدیدی را برای سرمایه گذاری داخلی در بورس و فرابورس و همچنین سرمایه گذاری خارجی رقم خواهد زد. با توجه به اینکه این فناوری و علاقمندی به اجرای آن در کشورهای عضواتحادیه اروپا بسیار پراهمیت می‌باشد، هر ساله وام ها و همکاری‌های تشویقی و دوستانه برای کشورهای اجرا کننده طرحها و پروژه‌های زیست محیطی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند ارتباطات دوستانه با این کشورها را به همراه داشته و خواسته دشمنان برای به انزوا کشیدن کشور ایران را کن لم یکن نماید. در همین راستا متخصصان ایرانی که در سالهای اخیر به علت نبود این صنعت در کشور مهاجرت نموده اند به کشور باز خواهد گشت.

۵- پیشنهادها

پیشنهاد می‌گردد تحقیقات آتی پیرامون امکان سنجی وضعیت مطلوبیت این منطقه در رابطه با زیست توده و انرژی زمین گرمایی و همچنین وضعیت صادرات برق به کشورهای همسایه ایران انجام گیرد و اولویت بندی احداث این سایت‌ها با تمرکز بر مناطق جغرافیایی با ظرفیت بالا انجام پذیرد. با توجه به مطالعه انجام شده شکاف تحقیقاتی بدست آمده حاکی از آن می‌باشد که توجه به بومی‌سازی این فناوری صورت نگرفته است و می‌بایست در کشورهایی همچون ایران که دارای اقلیمهای مختلف و شرایط اقتصادی متفاوتی می‌باشد، فاکتورهای متعددی در احداث مزارع بادی بررسی شوند. پیشنهاد می‌گردد که در مراکز صنعتی، تفریحی و مکان های سیاحتی و زیارتی که دور از شبکه برق سراسری هستند، از توربین‌های بادی استفاده شود. همچنین منازل ویلایی و حومه شهرها و حتی روستاها و مراکز کشاورزی و پرورش دام و طیور نیز می‌توانند با استفاده از سلول های خورشیدی و توربین‌های بادی نمصرف برق خود را حداقل نمایند.

۶- مراجع

[۱] ز. صادقی، و ز. دلال‌باشی اصفهانی و ح. حری، *اولویت‌بندی عوامل موثر بر مکان‌یابی نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر (انرژی خورشیدی و انرژی باد) استان کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند معیاره.* فصلنامه پژوهش های سیاست گذاری وبرنامه ریزی انرژی.; ۱ (۲) : ۱۱۰-۹۳ ، ۱۳۹۲.

[2] H. Yousefi, A. Kasaeian, P. Ranjbaran, M H. Katouli, *A Review of the Criteria for Locating of Solar Power Plants in Iran*. Geospatial Engineering Journal; 8(2):25-38, 2017.

[۳] سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق(ساتبا)، http://www.satba.gov.ir/ br/wind/potensial

[٤] استادی، و بختیار، و معتمدی، و یزدانی، *بررسی فنی- اقتصادی احداث نیروگاه بادی در شهرستان خواف، دومین کنفرانس ملی معماری و انرژی با رویکرد حفاظت محیط زیست و بهره گیری از انرژی های طبیعی*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کاشان، ۱۳۹۶.

www.SID.ir

Archive of SID

[5] Renewables Global Status Report Reterived from www.ren21 .net/ renewables/report

[6] United Nation Climate Change. The 2015 Paris climate change conference. Reterived from https://unfccc.int/process /conferences/pastconferences/paris-climate-change-conference-november-2015/paris-agreement

[۷] ز. طاهری، و ع. ندیری و ق. برزگری، *بررسی فرونشست در دشت شبستر با استفاده از GIS*، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، شهرکرد، دانشگاه شهرکرد- انجمن هیدرولوژی ایران، ۱۳۹۶.

[8] *The 2018 report of the global commission on*. Reterived from https://newclimateeconomy.report 2018

[9] *Global wind energy outlook*. Reterived from http://gwec.net/ publications/globa0l-wind-energy-outlook/global-wind-energy-outlook-2016

[10] *Bloomberg new energy finance 2017*. Reterived from https://about.bnef.com/new-energy-outlook/

[۱۱] س. تناکیان، ح. پیری صحراگرد و م. امیری، ۱۳۹۷، *اهمیت استفاده از انرژی باد دشت سیستان به عنوان انرژی نوین*، دومین همایش ملی دانش و فناوری علوم کشاورزی، منابع طبیعی و محیط زیست ایران، تهران، موسسه برگزار کننده همایش های توسعه محور دانش و فناوری سام ایرانیان، *https://www.civilica.com/Paper-MDCONF02-MDCONF02_022.html*

[12] X. Lyu, and A. Shi, *Research on the Renewable Energy Industry Financing Efficiency Assessment and Mode Selection. Sustainability*, 10(1), p.222, 2018.

[13] FS–UNEP, B.N.E.F., *Global trends in renewable energy investment* (2015). Frankfurt School-UNEP Collaborating Centre for Climate & Sustainable Energy Finance, United Nations Environment Programme, 2015.

[۱٤] ح. جعفری، و ع. عزیزی، و ح. نصیری، و س. عابدی، *تحلیل تناسب اراضی جهت استقرار نیروگاه‌های بادی در استان اردبیل با استفاده از مدل AHP و SAW در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی* .(GIS) فصلنامه علوم و تکنولوژی محیط زیست ,۲۳-۴۱، (۲)۱۵، ۱۳۹۲.

[۱۵] ع. عزیزی، و ح. جعفری، و ب. ملک محمدی، و ف. خوش‌اخلاق، *مکان‌یابی نیروگاه های بادی با استفاده از مدل‌های تحلیل سلسله مراتب فازی و تحلیل شبکه در استان اردبیل*. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. جلد ۱۴ شماره ۳۴ صفحه :۱۷۵-۱۹۴، ۱۳۹۳.

[16] S. Lüthi, and T. Prässler, *Analyzing policy support instruments and regulatory risk factors for wind energy deployment—A developers' perspective*. Energy Policy, 39(9), pp.4876-4892, 2011.

[17] M.I. Blanco, *The economics of wind energy*. Renewable and sustainable energy reviews, 13(6-7), pp.1372-1382, 2009.

[18] A. H, Lee, H. H. Chen, H. Y. Kang, *Multi-criteria decision making on strategic selection of wind farms*. Renewable Energy, 34(1), 120-126, 2009.

[19] A. Gandomkar, 2009. *A Synoptic Study of Wind Energy in Sistan Region (Zabol Station)*, 2009.

[۲۰] چ. رزمی، و ع. حکیمی‌اصل، و م. نصرالهی، و م. حکیمی‌اصل، *ارزیابی احداث نیروگاه بادی در پنج کلان‌شهر ایران با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی فازی* .فصلنامه توسعه تکنولوژی صنعتی، شماره ۲۴ صفحه ۱۴-۵، ۱۳۹۳.

[21] *The 2018 report of the global commission on*. Reterived from https://newclimate economy report

[۲۲] ع. گوهرنیا، *بررسی و امکانسنجی اقلیمی محیطی ایجاد نیروگاه انرژی بادی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیای مطالعه موردی: شمال استان سیستان و بلوچستان*، پایان نامه، ۱۳۹۵.

[۲۳] س. کوهباهی، *امکان سنجی و بهینه سازی پتانسیل انرژی باد جهت نصب توربین های بادی در جنوب ایران*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی – پایان نامه، کارشناسی ارشد، ۱۳۹۵.م. شامیری، و ز. موسوی نسب، *بررسی اصول، محاسن، محدودیت ها و ملاحظات زیست محیطی استفاده از انرژی باد، سومین همایش ملی مقابله با بیابان زایی و توسعه پایدار تالاب های کویری ایران*، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ۱۳۹۱.

[۲٤] علیرضا انتظاری ، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک ، سال سوم شماره ۹و۱۰، ۴۶-۳۳، ۱۳۹۱.

[۲۵] گزارشات سالیانه انجمن انرژی‌های تجدید پذیر ایران

[۲٦] سازمان انرژی های تجدیدپذیر و بهره وری انرژی برق(ساتبا)، http://www.satba.gov.ir/fa/guidance/guidance/guidan

[27] M. Mazzucato, and G. *Semieniuk, Financing renewable energy: who is financing what and why it matters*, 2016?

[28] A. McCrone, & E. Usher, V. Sonntag-O'Brien, U. Moslener, and C. Grüning, *Global trends in renewable energy investment*, Frankfurt School UNEP Collaborating Centre for Climate and Sustainable Energy Finance, 2012.

www.SID.ir