نگاهی نو به انرژی تجدیدپذیر باد در ایران

الهام غضنفری[1]، عزیز باباپور [2]

[1]دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی؛elham.ghazanfari2000@gmail.com
[2] استادیار گروه مهندسی شیمی، دانشگاه محقق اردبیلی ؛ babapoor@uma.ac.ir

چکیده

گستردگی نیاز انسان به منابع مختلف انرژی، همواره از مسائل اساسی مهم در جهان بوده و تلاش برای کشف و توسعه یک منبع تمام نشدنی انرژی، از آرزوهای دیرینه انسان در قرن‌های اخیر بوده است. افزایش روزافزون نیاز به انرژی و محدودیت منابع فسیلی و سوختی از یکسو و افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از سوزاندن این منابع از سوی دیگر استفاده از انرژی‌های تجدیدپذیر در اولویت نخست بحث انرژی در جهان قرار گرفته است. باد یکی از صورتهای مختلف انرژیهای تجدیدپذیر می‌باشد که دارای یک الگوی جهانی نیم‌پیوسته می‌باشد. تغییرات سرعت باد، ساعتی، روزانه و فصلی بوده و متاثر از هوا و توپوگرافی سطح زمین می‌باشد. بیشتر منابع انرژی باد در نواحی ساحلی و کوهستانی واقع شده‌اند و یک منبع سوخت پاک، پایدار و قابل استفاده ارزشمند است که مواد دفعی ندارد و هرگز تمام نخواهد شد، چون دائما توسط انرژی خورشید تجدید می‌شود. بررسی محورهای توسعه انرژی بادی نشان می دهد که استفاده از آن در کاهش میزان آلودگی‌های زیست محیطی موثر بوده و با امکان نصب سریع هر دستگاه توربین باد، سرعت کاربردی انرژی باد را با توجه به شرایط جغرافیایی افزایش می‌یابد. در طراحی پروتکل‌های مدیریت داده‌های واقعی از نیروگاه‌های باد در آلمان می‌توان استفاده کرد که این اطلاعات با رجیستری قابل اعتماد در دسترس است. نیروی باد متناسب با مربع سرعت باد است پس قدرت باد متناسب با مکعب سرعت باد خواهد بود. بنابراین هر چه سرعت باد بیشتر باشد قدرت آن نیز بیشتر خواهد شد.

کلمات کلیدی: انرژی بادی- تجدیدپذیر-محیط زیست- نیروگاه-توربین

A new look at renewable energy in Iran

Elham Ghazanfari, Aziz Babapoor

Chemical Engineering,University of Mohaghegh Ardabili, elham.ghazanfari2000@gmail.com-babapoor@uma.ac.ir

The extent of human need for various energy sources has always been a major issue in the world, and efforts to discover and develop an inexhaustible source of energy have been the long-standing hopes of mankind in recent quarters. Increasing the need for energy and limiting the amount of fossil and fuel resources on the one hand and increasing the environmental pollution caused by the burning of these resources. On the other hand, the use of renewable energies is the world's first energy issue. Wind is one of the many forms of renewable energy that has a global half-life pattern. Changes in wind speed, hourly, daily and seasonal are affected by air and topography of the surface. Most wind energy sources are located in the coastal and mountainous regions, and a clean, sustainable and usable fuel source is worthless, with no extraction and will never end, Because it is constantly renewed by solar energy. An assessment of the wind energy development axes suggests that its use is effective in reducing the amount of environmental pollution, and with the rapid installation of any wind turbine, the application speed of wind energy increases with respect to geographical conditions. In the design of actual data management protocols from wind power plants in Germany, this information can be accessed through a reliable registry. The wind force is proportional to the square of the wind speed, so the wind power will be proportional to the cubic wind speed. Therefore, the higher the wind speed, the more power it will be.

Keywords: *WindEnergy-Renewable- Environment- Powerhouse-Turbine*

۱- الهام غضنفری-اردبیل-دانشگاه محقق اردبیلی-دانشکده فنی و مهندسی-۰۹۸۹۱۹۹۲۷۹۷۵۵+

۱- مقدمه

امروزه معضلاتی مثل آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از مصرف سوختهای فسیلی سبب برهم خوردن شرایط اکولوژیک و ایجاد خطرهای زیست‌محیطی شده است. محدود بودن ذخایر سوختهای فسیلی باعث شده تا از سوی کشورهای جهان به این نوع انرژی‌ها بیش از پیش توجه شود. حدود ۷۵ درصد انرژی مورد نیاز جهان از سه سوخت عمده فسیلی، شامل نفت،گاز طبیعی و ذغال‌سنگ تأمین می‌شود و تا سال ۲۰۱۰، حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد به میزان مصرف موجود سوختهای فسیلی افزوده شده است[۱].

با بکارگیری انرژی‌های پاک نظیر انرژی خورشیدی، بادی، زمین گرمایی، هیدروژنی و.... به جای انرژی‌های حاصل از سوختهای فسیلی می‌توان از آلودگی‌های زیست محیطی و خطرات به مراتب جلوگیری کرد. با توجه به اینکه دسترسی به این انرژی آسان و مقدار آن نیز نامحدود است و استفاده از این انرژی‌ها، هیچگونه آلودگی برای محیط‌زیست ندارد به این دلیل به نام انرژی پاک یا انرژی سبز نام گرفته است که همان انرژی‌های نو و میراث با ارزش برای نسلهای آینده است. برنامه‌های تولید انرژی کشورهای توسعه یافته و در حال پیشرفت دنیا، به میزان قابل توجهی برروی انرژی‌های نو متمرکز شده است[۲]. از سوی دیگر انرژی‌های فسیلی مانند نفت، گاز و زغال‌سنگ سرانجام روزی به پایان خواهند رسید و با پایان یافتن آنها تمدن بشری که ارتباط مستقیم با انرژی دارد، دچار چالش جدید و بزرگ خواهد شد.

این امر سبب شده است که کشورهای توسعه یافته صنعتی با جدیت هر چه تمام‌تری استفاده از سایر انرژی‌های موجود در طبیعت و به خصوص انرژی‌های تجدیدشونده را مورد توجه قرار دهند. مجموعه انرژی‌های تجدیدپذیر روز به روز سهم بیشتری را در سیستم تأمین انرژی جهان به عهده می‌گیرند.

۲- انرژی باد

انرژی باد یکی از انواع اصلی و مهم انرژی‌های تجدیدپذیر است که از دیرباز ذهن بشر را به خود معطوف کرده بود به طوری که بشر همواره به فکرکاربرد این انرژی در صنعت بوده و برای نیل به این منظور با بکارگیری فناوری و تجهیزات مختلف سعی در استفاده بهینه از آن را داشته است [۳].

انرژی باد سهم عمده‌ای در به حرکت درآوردن قایقها و کشتی‌های بادبانی و آسیاب‌های بادی داشته و در شرایط کنونی نیز با توجه به توجیه‌پذیری اقتصادی انرژی باد در مقایسه با سایر منابع انرژی‌های نو، پرداختن به انرژی باد امری مهم و ضروری به نظر می‌رسد [۴].

۲-۱- کاربردهای انرژی بادی

یکی از بحث‌های مهم در قالبی غیر از حوزه انرژی، توجه به مسئله گسترش توریسم و گردشگری است. به کارگیری این فناوری و تجهیزات زمینه‌ساز ایجاد جاذبه‌های گردشگری در جوار مزرعه‌های بادی است که به نوع خود می‌تواند میزان گردشگری را در منطقه تحت تاثیر قرار دهد.

مبحث اقتصاد، از ضروریات مهم در جهان است و در ارتباط بسیار نزدیک با سیاست قرار دارد. انرژی هم ارتباط دو سویه با اقتصاد دارد. وابستگی به انرژی حاصل از سوخت‌های فسیلی نظیر نفت، اقتصاد کشورهایی نظیر ایران را دچار نوسان می‌نماید. چرا که بیشتر نیروگاه‌های ایران با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند و راندمان آنها در مقایسه با خروجی پایین است. قطع وابستگی تولید برق به مسائل سیاسی دنیا از بابت تغییر قیمت نفت، فضای رقابتی را برای توسعه انرژی باد در تولید الکتریسته فراهم می‌نماید [۱۳]. پایین بودن هزینه‌های جاری نیروگاه‌های بادی در مقایسه با بقیه نیروگاه‌های فسیلی نیز بر اهمیت این موضوع می‌افزاید. علاوه بر این در نیروگاه‌های هسته‌ای و نیروگاه‌های سوخت فسیلی از مقدار زیادی آب برای خنک‌کاری استفاده می‌شود، در حالی‌که نیروگاه‌های بادی، نیازی به آب برای تولید انرژی الکتریکی ندارند.

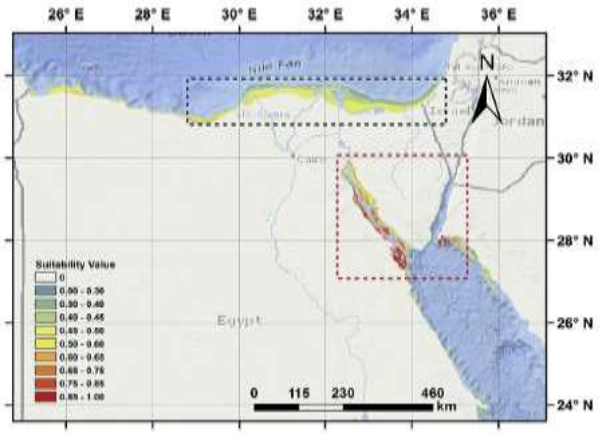
۲-۲- توسعه انرژی بادی با شرایط اقلیمی ایران

شرایط جغرافیای ایران و قرار گرفتن در مدار نیمکره‌ی شمالی و وجود دو حوزه آبی بزرگ در شمال و جنوب آن، اهمیت جریان بادی دریایی را در بحث انرژی بیشتر می‌کند. انرژی باد دریایی به عنوان یکی از مهمترین منابع برای بهره‌برداری به دلیل شدت باد بیشتر و تاثیرات بصری حداقل در مقایسه با باد ساحلی برجسته شده است. در حال حاضر کمبود ارزیابی دقیق پتانسیل انرژی باد در سایت‌های جهانی وجود ندارد. یک روش جدید برای حل این شکاف پیشنهاد شده است که کاربرد جهانی برای بهره‌برداری از انرژی باد در دریای خزر دارد. این بر اساس فرآیند تجزیه و تحلیل سلسله مراتبی و روش‌های مقایسه دو جانبه مرتبط با ارزیابی فضایی سایت در یک سیستم اطلاعات جغرافیایی است.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم و ماشین‌های کشاورزی و مکانیزاسیون ایران

یک روش جدید برای مدل‌سازی و شناسایی مناطق مناسب برای سایت‌های بادگیر دریایی معرفی شده است که شکاف دانش در زمینه انرژی باد در دریای خزر را بررسی می‌کند [۹]. با توجه به نزدیکی شرایط اقلیم در شمال مصر و شمال ایران می‌توان از داده‌های این پژوهش در ایران استفاده کرد. این روش توسعه یافته تعمیم داده شده است و برای تهیه نقشه مناسب باد برای دریاهای مناسب در سطح جهانی قابل استفاده است. این مدل محدود به مقیاس ملی یا منطقه‌ای است که نیاز به دانش و داده‌های گسترده‌ای دارد (سرعت باد و حمام) با توجه به این مقیاس‌ها، این مدل بر اساس این فرض است که معیارهای مربوط به هزینه در وزن بالاتر از آنچه که به جنبه زیست محیطی سایت مورد بهره برداری قرار گرفته است، بالاتر می‌باشد[۱۲].

مهدی و بهج (۲۰۱۸) با بررسی انرژی باد در مصر گزارش کردند؛ در حال حاضر برنامه‌ریزی برای مقیاس انرژی تجدیدپذیرصورت می‌گیرد و ظرفیت از یک گیگاوات تا هفت ونیم گیگاوات در سال ۲۰۲۰، احتمالاً از طریق دریای سرخ مایل است که براساس تخمین‌های دقیقی از باد دریایی از مکان‌های مناسب در مصر را می‌توان توسعه داد. تاکنون سه ناحیه مناسب باد در اطراف دریای سرخ با حداقل محدودیت‌هایی که می‌تواند حدود ۳۳ گیگاوات ساعت انرژی باد تولید کند شناسایی شد که شکل (۱) این نقشه را نشان می‌دهد [۹].



شکل (۱): نقشه نهایی مناسب برای بادهای ساحلی در مصر [۹]

رویکرد ارائه شده در ارائه یک نقشه مناسب برای انرژی باد دریایی در مصر موفق بود. مدل کاربردی قادر است با معیارهای متضاد که برنامه‌ریزی فضایی برای مزارع بادی دریایی را مدیریت می‌کند، مقابله کند. در مقیاس وسیع، پوشش کامل مصر و اطراف آن انجام شده است و به همین ترتیب برای سیاست‌های انرژی تجدیدپذیر در مصر و تا حدی عربستان سعودی نیز دارد. این مطالعات انجام شده فراتر از شرایط متفاوت دو دریا دریای مدیترانه و دریای سرخ است و و از این‌رو کاربرد بیشتری در این مناطق دارد [۱۰].

نتایج نهایی نشان می‌دهد که مصر می‌تواند به طور بالقوه از حدود ۳۳ گیگاوات بهره‌مند شود، تنها با توجه به امکانات موجود در سایت‌های بادبادک‌های دریایی مناسب که در دسترس هستند، به دست می‌آید. این مقدار قابل توجهی از انرژی تجدیدپذیر سبز می‌تواند راه‌حلی برای کمبود برق در مصر ارائه دهد. علاوه بر این، راه حل باد در دریای خزر هیچ تاثیری بر جاده‌های مهم گردشگری در اطراف سایت‌های انتخابی ندارد.

تجزیه و تحلیل آماری از رمپ باد نیز برای تخمین قدرت داده شده است نیاز ظرفیت سیستم ذخیره انرژی که می‌تواند به عنوان یک راه معقول برای کاهش تعویض باد و به حداقل رساندن محدودیت باد نتایج این مطالعه به ارزیابی توان بالقوه انرژی باد کمک می‌کند.

تجزیه و تحلیل آماری از رمپ باد نیز برای تخمین قدرت نیاز ظرفیت سیستم ذخیره انرژی که می‌تواند به عنوان یک راه معقول برای کاهش تعویض باد و به حداقل رساندن محدودیت باد باشد، را براساس نتایج ارزیابی توان بالقوه انرژی باد نشان می‌دهد[۶].

انرژی جنبشی باد همواره متناسب با توان دوم سرعت باد است. هنگامی که باد به یک سطح برخورد می‌کند انرژی جنبشی آن به فشار (نیرو) روی آن سطح تبدیل می‌شود. حاصلضرب نیروی باد در سرعت باد مساوی قدرت باد می‌شود. نیروی باد متناسب با مربع سرعت باد است پس قدرت باد متناسب با مکعب سرعت باد خواهد بود. بنابراین هر چه سرعت باد بیشتر باشد قدرت آن نیز بیشتر خواهد شد. مثلاً اگر سرعت باد دو برابر شود قدرت آن هشت برابر و اگر سرعت باد سه برابر گردد. قدرت باد بیست و هفت برابر خواهد شد.

در سال ۲۰۱۶ یک تکنیک جدید مبتنی بر نظریه اطلاعات برای تشخیص ارائه شد که در پیشبرد دوره‌های مناسب فعالیت باد برای تولید برق است. علاوه بر این، این روش همچنین می‌تواند در تجزیه و تحلیل عملیات کارخانه کمک کند و در طراحی پروتکل‌های مدیریت داده‌های واقعی از نیروگاه‌های باد در آلمان استفاده می‌شود. این اطلاعات ۱۵دقیقه به صورت رایگان در اینترنت با رجیستری قابل اعتماد در دسترس است.

یک پروتکل ساده برای ترکیب چنین تولید انرژی باد با برق از منابع متعارف آمده است که به عنوان راهی برای آزمایش الگوریتم پیشنهادی

پیشنهاد شده است[۷]. دوره هشت ساله ۲۰۱۰ تا ۲۰۱۷ به دنبال رفتارهای متفاوت در مورد آن فعالیت باد است. پنج سال اول (۲۰۱۴-۲۰۱۰) برای روش کالیبراسیون استفاده می‌شود، در حالی که سه سال باقی مانده (۲۰۱۷-۲۰۱۵) برای آزمون کالیبراسیون قبلی استفاده می‌شود. بنابراین، پروتکل پیشنهادی تحت شرایط مختلف فصلی باد مورد آزمایش قرار می‌گیرد. هر دو الگوریتم و پروتکل کلی را می‌توان برای بهینه‌سازی عملکرد با توجه به شرایط منطقه‌ای تنظیم کرد. علاوه بر این، این الگوریتم همچنین می‌تواند در مطالعات پیشین برای تنظیم بهره‌وری به شرایط عملیاتی استفاده می‌شود.

۲-۳- توان پتانسیل توربین

انرژی موجود در باد را می‌توان با عبور آن از داخل پره‌های و سپس انتقال گشتاور پره ها به روتور یک ژنراتور استخراج کرد. در این حالت میزان توان تبدیلی با تراکم باد مساحت ناحیه جاروب شده توسط پره و مکعب سرعت باد بستگی داردحجم هوایی که از منطقه جاروب شده توسط پره‌ها عبور می‌کند به میزان سرعت باد و چگالی هوا وابسته است. انرژی جنبشی حجم مشخصی هوا به مجذور سرعت آن وابسته است و از آنجایی که حجم هوای عبور از توربین به صورت خطی با سرعت رابطه دارد، میزان توان قابل دسترسی در یک توربین با مکعب سرعت نسبت مستقیم دارد.

۲-۴- پره توربین

یخ‌زدگی محدودیتی قوی برای عملکرد توربین های بادی در هوای سرد است و پیش‌بینی از دست دادن عملکرد به علت افزایش یخ برای طراحی اقدامات کاهش راندمان یخ ضروری است. رویکرد عددی با استفاده از پویایی سه کد مختلف عددی ترکیب شده که شامل یک کد حرکتی تیغه، یک حل کننده دینامیکی سیال محاسباتی و یک کد اکتیو یخ است که قادر به شبیه‌سازی پدیده گذار یخ زده بوده و تأثیر آن بر عملکرد توربین‌های باد را نشان می‌دهد [۴].

برای اولین استراتژی تجزیه و تحلیل نشان می‌دهد که پیشروی یخ موجب جداسازی جریان اولیه باد می‌شود، نتیجه قطره عملکرد آیرودینامیکی تیغه است و پدیده مشابهی در مورد موارد دیگر مشاهده شده است، که منجر به نتیجه‌گیری می‌شود که مراحل اولیه یخ زدگی، علی‌رغم اینکه با سرعت رشد یخ ثابت مشخص می‌شوند، تخریب غیرخطی عملکرد آیرودینامیکی تیغه را تعیین می‌کنند.

زانون و همکارانش (۲۰۱۸) گزارش دادند که نتایج استفاده از انرژی بادی نشان می‌دهد که کاهش سرعت چرخشی توربین بادی در مقایسه با استراتژی عملیاتی پایه در طول رویداد یخ‌زدگی می‌تواند عملکرد توربین بادی را تا ۶ درصد بهبود داده و سرعت چرخش رتبه، از سوی دیگر، نگه داشتن سرعت چرخش در ارزش اسمی می‌تواند پس از رویداد یخ زدگی عملکرد ۳درصد در توسعه آینده کار حاضر از پتانسیل رویکرد توسعه یافته برای طراحی یک استراتژی موثر برای کارکرد توربین های باد در هوای سرد، بر اساس هندسه تیغه توربین و شرایط محیطی بهره‌برداری خواهد شد [۶].

چنین راه‌حل‌هایی ممکن است تأثیرات رویدادهای یخ زده و خاموش شدن توربین‌ها را کاهش دهد در حالی‌که حداکثر کردن انرژی باد تولید شده و سودآوری از توربین باد است. نتایج نشان می‌دهد که با کاهش سرعت چرخش توربین و پذیرش کاهش تبدیل انرژی در طول رویداد یخ‌زدگی، عملکرد می‌تواند تا ۶درصد افزایش یابد، در حالی که عملیات کامل در مقایسه با استراتژی عملیاتی پایه ترمیم شده است [۷]. در حالی که حفظ سرعت چرخشی در طول رویداد یخ‌زدگی می‌تواند باشد. پس از آن ۳درصد از افت عملکرد را در مقایسه با همان ابتدایی تولید کنید و همچنین کاهش ضریب توان کلی در طول رویداد یخ زدگی، بسته به استراتژی عملیاتی و شرایط یخ‌زدگی است. [۸]. چنین تخریبی عمدتاً بر بخش‌های خارجی تیغه تاثیر می‌گذارد که در طول فاز اولیه شبیه‌سازی باعث ایجاد یخ می‌شود.

۲-۵- جاگذاری توربین

انتخاب مکان مناسب برای نصب نیروگاه بادی و جهت نصب توربین‌ها در محل از نکات حیاتی برای توسعه اقتصادی این گونه نیروگاه‌ها هست. گذشته از دسترسی باد مناسب در محل مورد بحث، عوامل مهم دیگری مانند دسترسی به خطوط انتقال، قیمت زمین مورد استفاده، ملاحظات استفاده از زمین و مسائل زیست‌محیطی ساخت و بهره‌برداری نیز در انتخاب یک محل برای نصب نیروگاه‌ها موثر است. از این رو استفاده از نیروگاه‌های بادی در مناطق دور از ساحل ممکن است هزینه‌های مربو به ساخت یا ضریب ظرفیت را با استفاده از کاهش هزینه‌های تولید برق جبران کنند. آمار ظرفیت نصب توربین‌های بادی در دنیا نشان می‌دهد که براساس آمار منتشر شده توسط انجمن

انرژی باد جهان GWEC در فوریه ۲۰۱۵ که شامل ارقام مربو ط به توسعهٔ انرژی باد در بیش از ۹۱ کشور در سراسر دنیا می‌باشد، نشان می‌دهد که در این سال میزان نصب در جهان به ۲۵۵۵۰ مگاوات رسیده است. به بیان اقتصادی، بخش انرژی باد هم اکنون با مقدار کل نصب تجهیزات تولید برق جدید که ارزشی حدود ۲۵ میلیارد یورو، معادل ۱۳ میلیارد دلار آمریکا دارد، بطور جدی نقش مهمی را در بازار انرژی ایفا می‌نماید.کشورهایی که بیشترین میزان نصب را بصورت تجمعی داشته‌اند که در جدول (۱) این آمار ارایه شده است [۱۱].

جدول (۱): سهم کشورهای مختلف دنیا از تجهیزات و فناوری نیروی باد[۱۱]

کشور	آلمان	آمریکا	اسپانیا	هند	چین
سهم	۲۲۲۴۷	۱۶۸۱۸	۱۵۱۴۵	۸۰۰۰	۶۰۵۰

آثار زیست محیطی

توربین‌های بادی در مراحل ساخت از منابع مختلفی استفاده می‌کنند. در طول ساخت نیروگاه‌های بادی باید از موادی مانند فولاد، بتن، آلومینیوم و...استفاده کرد که تولید و انتقال آنها نیازمند مصرف انواع سوخت‌ها هست. دی اکسید کربن تولید شده در این مراحل پس از حدود ۱ ماه کار کردن نیروگاه جبران خواهد شد. نیروگاه‌های سوخت فسیلی که برای تنظیم برق تولیدی در نیروگاه های بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند، موجب ایجاد آلودگی خواهند شد. اثرات دیگر زیست محیطی عبارتند از:تاثیر بوم شناختی، آثار مخرب بر روی حیات وحش.

۳- نتیجه‌گیری

باد یکی از صورتهای مختلف انرژی حرارت خورشیدی می‌باشد که دارای یک الگوی جهانی نیم پیوسته می‌باشد. تغییرات سرعت باد، ساعتی ، روزانه و فصلی بوده و متاثر از هوا و توپوگرافی سطح زمین می‌باشد. بیشتر منابع انرژی باد در نواحی ساحلی و کوهستانی واقع شده‌اند. استفاده از انرژی تجدیدپذیر موجود در طبیعت، باعث صرفه‌جوئی در هزینه‌های سوخت فسیلی و کاهش آلودگی‌های زیست-محیطی می‌شود. امکان نصب سریع هر دستگاه توربین باد و بهره‌برداری در زمان بسیار کوتاه، سرعت کاربردی انرژی باد را با توجه به شرایط جغرافیایی افزایش می‌دهد. پره‌های توربین عنصر اصلی در کار هستند که شرایط محیطی بر آنها تاثیرگذار است، گردش کار توسعه یافته می‌تواند برای بهینه‌سازی عملکرد توربین‌های بادی با استفاده از محاسبات برای شرایط محیطی، مدت زمان رویداد یخ زدگی و عملکرد پس از رویداد یخ زده، به این ترتیب ابزار ارزشمند برای به حداکثر رساندن سودآوری توربین های باد در هوای سرد شود. محدوده و روش شناسی این مطالعه شکاف دانش در توسعه سیستم‌های انرژی تجدیدپذیر، به ویژه از باد ساحلی را مورد توجه قرار داد. روش مورد استفاده در اینجا، یک تجزیه و تحلیل دقیق مکان فضایی دریایی را فراهم می‌کند که می‌تواند در نقاط مختلف جهان استفاده شود. نیروی باد متناسب با مربع سرعت باد است پس قدرت باد متناسب با مکعب سرعت باد خواهد بود. بنابراین هر چه سرعت باد بیشتر باشد، قدرت آن نیز بیشتر خواهد شد.

۴- مراجع

[۱] Bansal NK, Mathur R, Bhandari MS, (1994), "A study of solar chimney assisted wind tower system for natural ventilation in buildings", *Bulding and Environment*, No3, 373- 377.

[۲] Tony Barton, (2001)Wind Energy Hand Book.

[۳] Global Wind Energy Concil, Global Wind Report, (2015) [Online].Available, *http://www.gwec.net/wp-content /uploads/vip/GWEC-Global-Wind*2015 Report_April2016_22_04.pdf.

[4] Tagazi,M,(2003) New renewable energy ,Tehran(Persion).

[5] O. Parent, A. Ilinca, (2011) , "Anti-icing and de-icing techniques for wind turbines": critical review, Cold Reg. Sci. Technol. 65 (1) 88-96.

[6] Zanon.A, Gennaro.M.De, Kühnelt.H, (2018), "Wind energy harnessing of the NREL 5 MW reference wind turbine inicing conditions under different operational strategies", *Renewable Energy* 115 (2018) 760-772.

[7] L. Battisti, (2011), "Optimising wind turbine design for operation in cold climates",Wind Energy Syst,388-460.

[8] G. Botta, M. Cavaliere, H. Holttinen,(1998), " Ice accretion at Acqua Spruzza and its effects on wind turbine operation and loss of energy production", in: BOREAS IV, FMI, Hetta, Finland,.

[9]Mahdy.M, Bahaj.A.S,(2018), "Multi criteria decision analysis for offshore wind energy potential in Egypt", *Renewable Energy* 118 , 278-289.

[10] Qing.X, (2017), "Statistical analysis of wind energy characteristics in Santiago island", Cape Verde, doi: 10.1016/j.renene.2017.08.077.

[11] Stoutenburg E D, Jenkins N,(2014),” Jacobson M Z. Variability and uncertainty of wind power in the California electric power system”. *Wind Energy* ,17:1411-1424.

[12] N.Y. Aydin, E. Kentel, S. Duzgun, (2010), “GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: a case study from Western Turkey”,Renew. Sustain. *Energy Rev*. 14 , 364-373.

[13] Vogel EE, Saravia G, Kobe S, Schumann R, Schuster R, (2018),” A novel method to optimize electricity generation from wind energy”, *Renewable Energy*, do10.1016/j.renene.2018.03.064.

یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوسیستم (ماشین‌های کشاورزی) و مکانیزاسیون ایران