

# ارزیابی آماری داده های سرعت و پتانسیل انرژی باد جهت نصب توربین های بادی در سواحل خلیج فارس: یک مطالعه موردی

علی رزمجو<sup>۱</sup>، رضا شیرمحمدی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله:

۹۴/۶/۱۹

تاریخ پذیرش مقاله:

۹۴/۱۲/۱۵

## چکیده:

توسعه انرژی های تجدیدپذیر و بهره گیری از آنها به منظور تامین بخشی از انرژی در نقاط مختلف جهان در حال افزایش است. یکی از عوامل مهم کاهش سوخت های فسیلی استفاده از انرژی های جدید می باشد و از میان انرژی های تجدیدپذیر، انرژی باد به عنوان یکی از بهترین انرژی های شناخته شده و بسیار مهم برای تولید الکتریسیته است. مطالعه حاضر، یک تحلیل آماری و ارزیابی داده های باد جهت تعیین شرایط نصب توربین های بادی کوچک در بندر دیر، که یکی از شهر های استان بوشهر، را بررسی می کند. برای این منظور در ابتدا داده های باد متعلق به سال های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ که در بازه زمانی یک ساعته و مربوط به ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین می باشد از سازمان هواشناسی جمع آوری و بررسی شد. سپس با داده های جمع آوری شده در ابتدا پارامتر میانگین باد و به طور منظم، پارامترهای وارپانس، انحراف معیار، فاکتور شکل، فاکتور مقیاس، و چگالی باد محاسبه شدند.

## کلمات کلیدی:

انرژی تجدیدپذیر، انرژی باد، تحلیل آماری، توربین باد

## مقدمه

از عوامل بسیار مهم برای رشد اقتصادی و توسعه در هر کشوری انرژی است و همیشه انرژی و تامین آن به عنوان یک مساله بسیار مهم در دنیا بوده و می باشد [۲۵]. امروزه جمعیت جهان در حال افزایش است و به تبع آن، مصرف انرژی نیز روند رو به رشدی را در پیش گرفته است، این عوامل باعث شده تا استفاده از انرژی های فسیلی بیشتر گردد که به طور قطع یکی از مشکلات در آینده را رقم خواهد زد. همه این مسائل باعث شده است تا دانشمندان استفاده بیشتر از انرژی های جدید را در برنامه کاری خود قرار دهند [۹ و ۸]. در حال حاضر، بیشتر کشورها یک برنامه به منظور کاهش بیشتر سوخت های فسیلی در پیش گرفته اند. همچنین در دوده های اخیر، پروژه های بسیاری در نقاط مختلف دنیا اجرا گردیده است [۱۷]. کاربرد انرژی های تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی، انرژی زیست توده، انرژی موج، انرژی پیل های سوختی و انرژی باد از جمله روش های کاهش سوخت های فسیلی و همچنین به عنوان یک راهکار خیلی خوب و مقبول به منظور حفظ محیط زیست می باشد. اتحادیه انرژی اروپا و سازمان هواشناسی قراردادهایی به منظور کاهش ۲۰ درصد کاهش گازهای گلخانه ای تا سال ۲۰۲۰ و کاهش مقدار ۸۰ تا ۹۵ درصد آن تا سال ۲۰۵۰ را در به امضا رسانده اند [۱۰-۱۲ و ۳۳]. استفاده از انرژی باد قابل توجه و روز به روز در حال افزایش است و طبق بررسی های انجام گرفته، پتانسیل انرژی باد ۱۵ برابر مصرف انرژی دنیا اعلام شده است [۴ و ۶ و ۷ و ۳۱]. امروزه توجه و سرمایه گذاری بر روی انرژی های تجدید پذیر به عنوان یک تدبیر شناخته شده و در حال افزایش است و تمایل بکارگیری هرچه بیشتر آنها در دستور کار بسیاری از دولت ها قرار گرفته است [۵ و ۲۳]. در سال های اخیر مطالعه بر روی انرژی باد و مزایای این انرژی تجدید پذیر و کاربردی در نقاط مختلف دنیا بیشتر شده است [۱۶-۱۳ و ۲۶]. طبق گزارش اتحادیه انرژی باد دنیا بین سال های ۲۰۰۷ تا ۲۰۰۸ نرخ استفاده از انرژی باد در حدود ۲۹ درصد بیشتر شده است [۶]. در حال حاضر، استفاده از انرژی باد به منظور تولید برق بیشتر شده و تولید بخشی از انرژی برق توسط توربین های بادی اثبات گردیده است. همچنین انرژی باد توان تولید برق در کشورهایی مانند آمریکا، چین، اسپانیا، روسیه، ژاپن، هند، کانادا، آلمان، انگلیس، کره جنوبی، ایتالیا، عراق را بخوبی نشان داده است و استفاده از این انرژی در کشور های اشاره شده رو به افزایش است [۳۰ و ۳۱ و ۳۶-۳۳]. در ایسلند استفاده از توربین های کوچک به منظور تولید انرژی باد مرسوم می باشد [۲۴]. در سال ۲۰۱۳ تعداد پروژه های مربوط به انرژی باد در رومانی به رقم ۹ درصد رسیده است [۳۲]. در نقاط دیگر دنیا مانند تامی نادو تولید برق به وسیله توربین های بادی از مقدار ۳۰,۰۶ مگاوات به ۷۰۵۵,۴۷۵ مگاوات در سال ۲۰۱۲ ارتقا پیدا کرده است [۲۸]. پژوهشگران زیادی در مورد شناخت و بهره برداری بیشتر از انرژی باد و موضوعات مختلف مانند هیبرید باد و خورشید، آف شر، در سطح دنیا و کشور ما کارهای تحقیقاتی بسیاری را انجام داده اند و نتایج آن را به صورت مقالات بین المللی به چاپ رسانده اند که این امر نشان دهنده توجه رو به افزون بودن به این انرژی در کل دنیا و کشور ماست [۲۰-۲۶ و ۱۸ و ۲۷] در این پژوهش،

شناسایی هرچه بهتر و بیشتر این منطقه به دلیل نزدیکی به دریا و امکان نصب توربین های بادی کوچک بر روی دریا در دستور کار قرار گرفت، زیرا تاکنون تحقیق و پژوهشی به صورت اختصاصی بر روی ارزیابی کامل و چگالی باد این منطقه انجام نشده بود و اگر هم انجام شده بود، مربوط به ایستگاه ها و مناطق همجوار آن بوده است. همچنین در این مقاله دو روش نرم افزاری و محاسبه به صورت فرمول های تجربی مورد استفاده قرار گرفت که پارامتر میانگین باد و به طور منظم، پارامترهای واریانس، انحراف معیار، فاکتور شکل، فاکتور مقیاس و چگالی باد محاسبه شدند.

### پتانسیل انرژی باد در شهرهای مختلف ایران

ایران دارای پتانسیل بسیار خوبی در زمینه انرژی باد است و مناطق باد خیز زیادی در کشور وجود دارد که ظرفیت بسیار بالایی در زمینه بهره گیری از انرژی باد را دارند [۳-۱]. در این راستا، پتانسیل سنجی انرژی باد در مناطق مختلف کشور در سال های اخیر روند رو به رشدی پیدا کرده و همچنین محققین مختلفی بر روی شهر های گوناگون کشور پتانسیل سنجی انجام داده اند [۲۹ و ۳۲]. جدول (۱) ایستگاه های بادی کشور را با تعداد و نوع توربین های نصب شده در آنها نشان می دهد. همانطور که مشخص است، ایستگاه بادی منجیل دارای بیشترین تعداد توربین نصب شده و سه ایستگاه باباکوهی، لوتک و ماهشهر هر کدام با یک توربین و بنا به ظرفیتشان دارای کمترین تعداد توربین نصب شده هستند.

جدول (۱) موقعیت ایستگاه های بادی ، ظرفیت ، تعداد و نوع توربین نصب شده

موقعیت ایستگاه بادی	ظرفیت (مگاوات)	تعداد توربین ها	نوع توربین (کیلووات)
منجیل	۶۱/۱۸	۱۱۱	۳۰۰-۶۶۰
بینالود	۲۸/۳۴	۴۳	۶۶۰
عون بن علی تبریز	۱/۹۸	۳	۶۶۰
بابا کوهی شیراز	۰/۶۶	۱	۶۶۰
لوتک زایل	۰/۶۶	۱	۶۶۰
ماهشهر	۰/۶۶	۱	۶۶۰

### موقعیت جغرافیایی و وضعیت استفاده از انرژی در ایران

کشور ایران در جنوب غربی آسیا با مساحت ۱,۶۴۸,۱۹۲ کیلومتر مربع واقع شده است ، آب و هوا در ایران متنوع است به طوری که در گیلان در شمال کشور وزش باد تقریباً دائمی به همراه بارندگی و در جنوب ایران، آب و هوایی گرم و در بعضی مناطق خشک و سوزنده است. استفاده از سوخت های فسیلی در ایران بیشتر از سایر منابع می باشد ولی افزایش جمعیت ، آلودگی هوا، افزایش قیمت سوخت های فسیلی باعث شده رویکرد به سمت استفاده از انرژی های تجدید پذیر بیشتر شود و لذا باید از انرژی های تجدید پذیر به جای سوخت های فسیلی استفاده شود [۴].

## ایستگاه مورد مطالعه

هر منطقه به صورت مجزا و دقیق نیاز به بررسی و بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر به منظور تامین بخشی از انرژی خود دارد. بندر دیر به دلیل همجواری با خلیج فارس و وزش بادهای نسبتا دائم و همچنین روزهای آفتابی مداوم، منطقه مناسبی برای بهره گیری از انرژی های تجدید پذیر به حساب می آید. لذا از دو جهت سرعت باد و تابش خورشید برای ارزیابی مناسب می باشد. در نزدیکی بندر دیر و همجوار دریا پتروشیمی متانول کاوه قرار گرفته است که مراحل نهایی راه اندازی خود را پشت سر می گذارد و در آینده ای نه چندان دور به انرژی الکتریکی نیازمند خواهد بود. بنابراین، می توان با ارزیابی درست و دقیق اقتصادی و آماری و به طور همزمان از سیستم هیبرید باد و خورشید و به صورت توربین های کوچک بادی و پنل های خورشیدی در ابعاد کوچک برای تامین بخشی از انرژی این بخش صنعتی استفاده کرد. بندر دیر، از شهرهای استان بوشهر، دارای آب و هوای گرم در بهار و تابستان و آب و هوای معتدل در پاییز و زمستان است و در نزدیکی شهرهای جم، عسلویه و کنگان قرار دارد. فاصله این شهر تا مرکز استان ۱۸۰ کیلومتر و ایستگاه هواشناسی آن در ارتفاع ۴ متری از سطح دریا و موقعیت ۲۷ درجه و ۵۶ درجه عرضی و ۵۱ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی قرار گرفته است [۳۷]. شکل (۱) موقعیت بندر دیر بر روی نقشه ایران را نشان می دهد. همانطور که از نقشه مشخص است، این بندر در نزدیکی خلیج فارس و منطقه راهبردی پارس جنوبی واقع شده است.



شکل (۱) موقعیت قرارگیری بندر دیر بر روی نقشه ایران [۳۸]

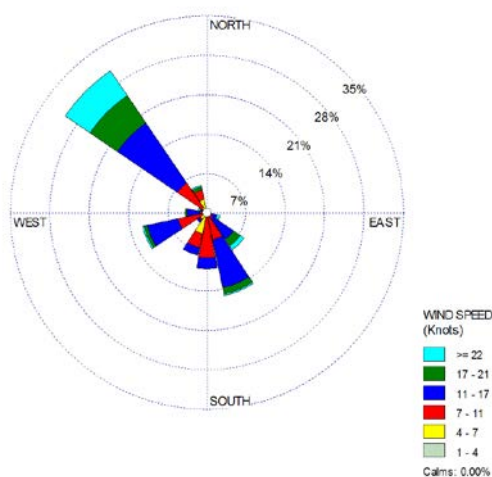
**موقعیت بندر دیر از لحاظ اقتصادی و سیاسی**

بندر دیر به دلیل قرارگیری در کنار خلیج فارس از موقعیت اقتصادی و سیاسی ویژه‌ای برخوردار است. شکل (۲) جزئیات قرارگیری این بندر را بخوبی نشان می‌دهد



شکل (۲) موقعیت قرارگیری منطقه مورد مطالعه در خلیج فارس [۳۹]

شکل (۳) گلباد مربوط به منطقه مورد مطالعه که از سازمان هواشناسی دریافت شده و دارای چهار جهت اصلی و سرعت باد برحسب گره دریایی است را نشان می‌دهد.



شکل (۳) گلباد سالانه مربوط به ایستگاه مورد مطالعه [۴۰]

## تحلیل آماری داده های انرژی باد

تحلیل آماری و ارزیابی سرعت باد مستلزم استفاده از توابع آماری و تجزیه و تحلیل آنها می باشد. در این راستا، پارامترهای مختلفی وجود دارد که به طور منظم و پیوسته هستند و معمولاً برای ارزیابی استفاده می شود. [ ۳۵ و ۳۰ و ۱۶].

برای به دست آوردن میانگین سرعت باد و واریانس باد از روابط زیر استفاده می گردد:

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \quad (1)$$

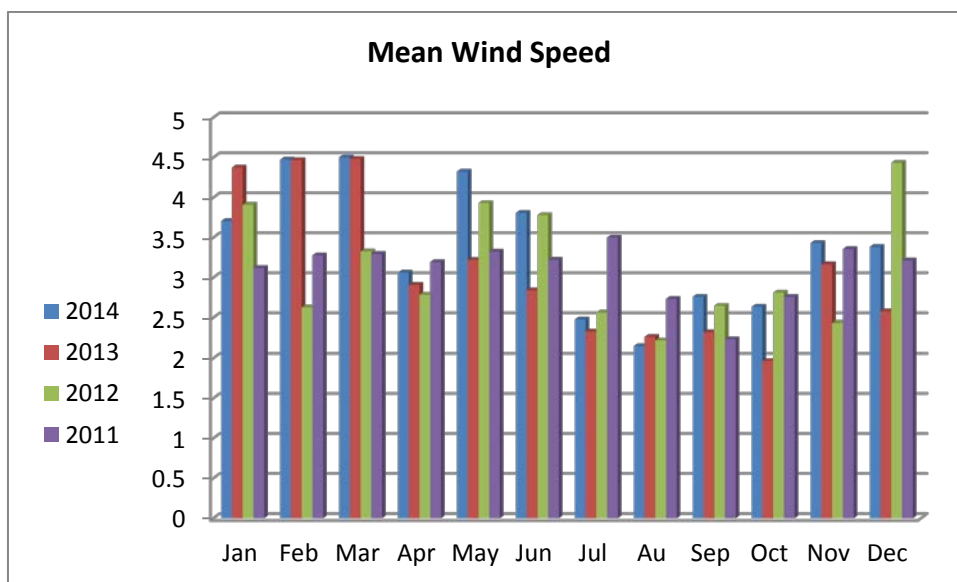
لازم به ذکر است که در این مقاله، کلیه فرمول های ارائه شده به صورت پیوسته می باشند و بدون محاسبه فرمول پیش نیاز قادر نخواهیم بود فرمول بعدی را حل کنیم. در این خصوص ابتدا باید میانگین سرعت باد ارزیابی شود. در این خصوص، رابطه (۱) نشان دهنده این امر است که با در اختیار داشتن سرعت های لحظه ای باد در طول روز و اخذ میانگین سرعت باد، قادر خواهیم بود واریانس و انحراف معیار مورد نیاز فرمول ۲ را به دست آوریم. در واقع، پس از محاسبه میانگین سرعت باد و به دست آوردن واریانس و انحراف معیار، می توان فاکتور شکل، فرمول شماره ۳، را محاسبه کرد:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (v_i - v)^2 \quad (2)$$

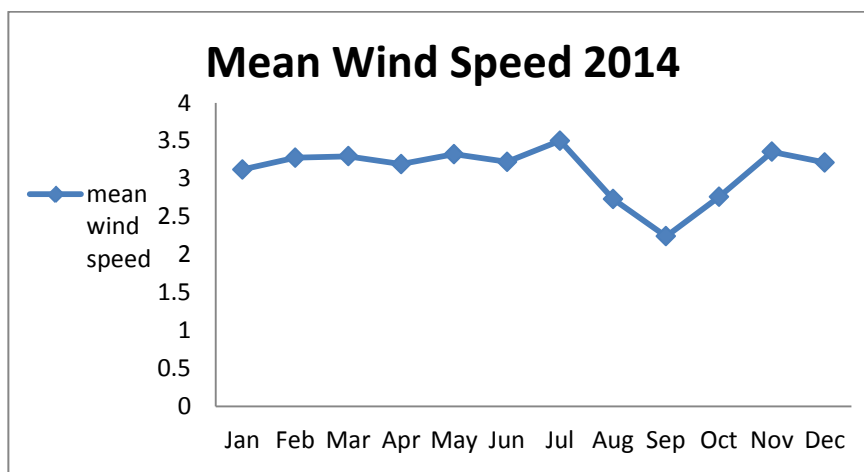
جدول زیر میانگین سرعت باد بر حسب متر مربع در ایستگاه هواشناسی دیر مربوط به سال های ۲۰۱۱-۲۰۱۴ را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود، بیشترین سرعت باد در این دوره چهار ساله مربوط به ماه مارس سال ۲۰۱۱ به میزان ۴,۴۸۴ و کمترین سرعت باد مربوط به ماه اکتبر ۲۰۱۲ به میزان ۱,۹۶۵ متر بر ثانیه است.

جدول ۲) میانگین سرعت باد در ماه های مختلف برای سال های ۲۰۱۱-۲۰۱۴

Month	Mean	2011	2012	2013	2014
ژانویه		۳/۷۰۷	۴/۳۷۵	۳/۹۱۰	۳/۱۲۱
فوریه		۴/۴۷۴	۴/۴۶۸	۲/۶۲۷	۳/۲۷۷
مارس		۴/۵۰۴	۴/۴۸۴	۳/۳۲۷	۳/۲۹۶
آوریل		۳/۰۶۲	۲/۹۰۹	۲/۷۸۶	۳/۱۹۴
آوریل		۴/۳۲۵	۳/۲۲۱	۳/۹۳۰	۳/۳۲۴
ژوئن		۳/۸۰۹	۲/۸۴۲	۳/۷۸۰	۳/۲۲۳
جولای		۲/۴۷۷	۲/۳۳۴	۲/۵۶۲	۳/۵۰۲
اگوست		۲/۱۵۲	۲/۲۶۷	۲/۲۲۲	۲/۷۳۳
سپتامبر		۲/۷۶۰	۲/۳۲۴	۲/۶۴۷	۲/۲۴۲
اکتبر		۲/۶۳۵	۱/۹۶۵	۲/۸۱۱	۲/۷۶۰
نوامبر		۳/۴۳۲	۳/۱۶۷	۲/۴۳۹	۳/۳۵۶
دسامبر		۳/۳۸۴	۲/۵۷۹	۴/۴۳۴	۳/۲۱۵



شکل ۴) میانگین سرعت باد در ماه های مختلف سال بر حسب متر مربع برای سال های ۲۰۱۱-۲۰۱۴



شکل ۵) نمودار سرعت باد در ماه های مختلف مربوط به سال ۲۰۱۴

بعد از محاسبه میانگین سرعت باد، وایانس و انحراف معیار، می توان  $K$  یا فاکتور شکل را از رابطه زیر به دست آورد:

$$K = \left(\frac{\sigma}{v}\right)^{-1.086} \quad (1 < k < 10) \quad (3)$$

حال با محاسبه فاکتور شکل و مقادیر مربوط به آن می توان فاکتور مقیاس را محاسبه کرد که از رابطه زیر به دست می آید:

$$C = \frac{v}{\Gamma(1 + \frac{1}{k})} \quad (4)$$

در این معادله  $V$ ، سرعت باد  $K$  فاکتور شکل و  $\Gamma$  تابع گاما می باشد که توسط رابطه زیر به دست می آید:

$$\Gamma(x) = \int_0^{\infty} e^{-u} u^{x-1} du \quad (5)$$

یکی دیگر از راه های محاسبه فاکتور مقیاس، استفاده از رابطه تجربی زیر می باشد که دو پارامتر سرعت باد و فاکتور شکل در آن به کار برده می شود

$$C = \frac{vmk^{2/6674}}{0.184 + 0.816k^{2/73855}} \quad (6)$$

برای به دست آوردن میانگین دانسیته توان باد از رابطه زیر استفاده می شود. همانطور که مشخص است، محاسبه این پارامتر به در اختیار داشتن مقادیر تابع گاما، فاکتور شکل و فاکتور مقیاس بستگی دارد.

$$\frac{P}{A} = \int_0^{\infty} \frac{1}{2} \rho v^3 f(v) dv = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(\frac{k+3}{k}\right) \quad (7)$$

همچنین برای محاسبه دانسیته انرژی باد در یک دوره زمانی مشخص می توان از رابطه زیر استفاده کرد که در اینجا یک دوره زمانی برابر با یک دوره ماهانه ۷۲۰ ساعته و یک دوره سالانه برابر با ۸۷۶۶ ساعت می باشد. جدول زیر مقادیر بدست آمده پارامترهای میانگین سرعت باد، فاکتور شکل، فاکتور مقیاس، دانسیته توان باد و انرژی توان باد را نشان می دهد. بیشترین و کمترین مقدار هر پارامتر برای هر کدام از ماه های سال از جدول مربوطه بخوبی قابل مشاهده است.

$$\frac{E}{A} = \frac{1}{2} \rho c^3 \Gamma\left(\frac{k+3}{k}\right) T \quad (8)$$



جدول ۳) مقادیر ماهانه پارامترهای E/A, P/A, C, K, Vm

Month \ Mean	v m	k	c	P/A	E/A
ژانویه	۳/۱۲۱	۱/۱۱۳	۳/۲۴۶	۸۵/۴۲۷	۷۴۸/۳۴۰
فوریه	۳/۲۷۷	۱/۳۹۱	۳/۵۹۱	۶۴/۵۳۹	۵۶۵/۳۶۱
مارس	۳/۲۹۶	۱/۳۸۵	۳/۶۱۰	۶۵/۲۳۸	۵۷۱/۴۸۴
آوریل	۳/۱۹۴	۱/۴۹۹	۳/۵۳۷	۵۱/۴۱۷	۴۵۰/۴۱۲
می	۳/۳۲۴	۱/۴۴۱	۳/۶۶۲	۶۰/۶۰۸	۵۳۰/۹۲۶
ژوئن	۳/۲۲۳	۱/۱۴۴	۳/۳۸۱	۸۴/۱۴۸	۷۳۷/۱۳۶
جولای	۳/۵۰۲	۱/۵۳۴	۳/۸۸۹	۶۴/۱۸۶	۵۶۲/۲۶۹
اگوست	۲/۷۳۳	۱/۳۳۳	۲/۹۷۳	۳۷/۴۳۹	۳۲۷/۹۶۵
سپتامبر	۲/۲۳۹	۱/۳۴۸	۲/۴۴۴	۲۰/۷۶۵	۱۸۱/۹۰۱
اکتبر	۲/۷۶۰	۱/۴۱۶	۳/۰۳۳	۳۵/۹۱۷	۳۱۴/۶۳۲
نوامبر	۳/۳۵۶	۱/۴۸۷	۳/۷۱۳	۶۲/۱۶۸	۵۴۴/۵۹۱
دسامبر	۳/۲۱۵	۱/۴۹۶	۳/۵۶۰	۵۴/۷۹۵	۴۸۰/۰۰۴

قدرت باد یک عامل بسیار مهم برای تعیین سرعت باد می باشد به طوری که با تغییر ۱۰ درصد در سرعت باد، قدرت باد تا ۳۳ درصد افزایش خواهد یافت [۲۱]. برای محاسبه قدرت باد از فرمول زیر استفاده می گردد:

$$P(v) = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (9)$$

در این معادله، دانسیته هوا یا  $\rho$  بر حسب متر مکعب،  $v$  سرعت باد و بر حسب کیلوگرم بر متر مربع و  $A$  زاویه پره توربین می باشد.

$\rho$  بر حسب متر مکعب،  $v$  سرعت باد و بر حسب کیلوگرم بر متر مربع و بعد از محاسبات و ارائه نتایج مربوطه هر پارامتر در جدول (۳) برای محاسبه توان باد، بیشترین مقدار احتمال وقوع باد از رابطه زیر استفاده می شود که در آن دو پارامتر فاکتور شکل و فاکتور مقیاس کاربرد دارند

$$VF = c \left( \frac{k-1}{k} \right)^{\frac{1}{k}} \quad (10)$$

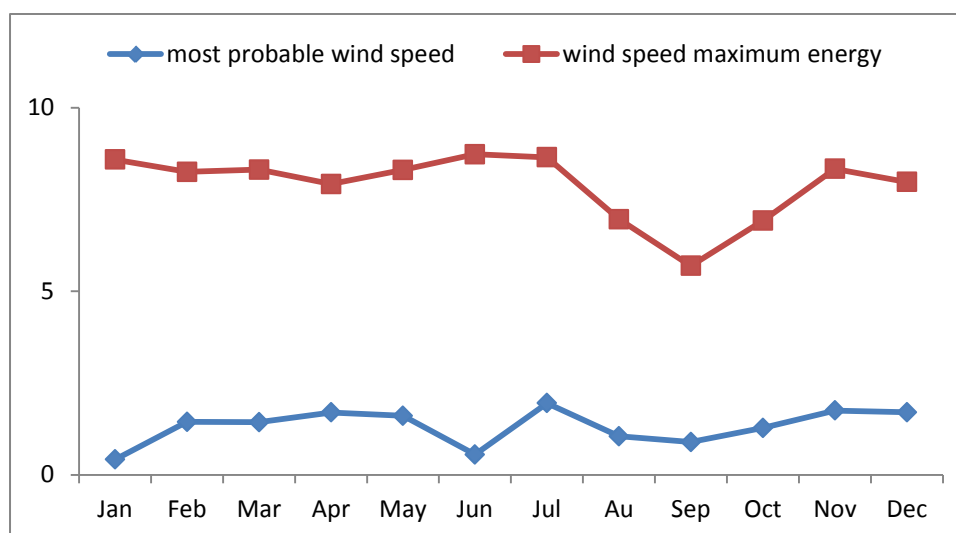
فرمول زیر برای محاسبه سرعت حاوی بیشترین مقدار انرژی باد مورد استفاده قرار می گیرد:

$$VE = c \left( \frac{k+2}{k} \right)^{\frac{1}{k}} \quad (11)$$

جدول زیر مقادیر قدرت باد، بیشترین احتمال وقوع باد و حداکثر مقدار انرژی آن را نشان می دهد. در این جدول، بیشترین مقدار وقوع باد در ماه فوریه به مقدار ۲,۱۸۴ و کمترین آن در ماه ژانویه به مقدار ۰,۴۳۴ به دست آمده است همچنین حداکثر مقدار انرژی در ماه ژانویه به مقدار ۸,۳۷۷ و کمترین آن در ماه سپتامبر به مقدار ۴,۷۹۹ است.

جدول ۴) مقادیر بیشترین احتمال وقوع باد و حداکثر مقدار انرژی

Month	Mean	PD	VF	VE
ژانویه		۱۸/۴۰۷	۰/۴۱۵	۸/۱۷۸
فوریه		۲۱/۱۸۴	۱/۴۴۲	۶/۸۱۴
مارس		۲۱/۲۵۱	۱/۴۳۲	۶/۸۸۲
آوریل		۱۸/۹۳۱	۱/۶۹۸	۶/۲۲۶
می		۲۱/۰۴۴	۱/۶۱۰	۶/۶۹۹
ژوئن		۱۹/۲۱۷	۰/۵۵۲	۸/۱۸۱
جولای		۲۴/۴۵۹	۱/۹۵۴	۶/۷۰۰
اگوست		۱۱/۴۴۱	۱/۰۵۰	۵/۹۱۲
سپتامبر		۶/۴۲۰	۰/۸۹۴	۴/۷۹۹
اکتبر		۱۲/۱۳۱	۱/۲۷۶	۵/۶۴۸
نوامبر		۲۲/۶۴۰	۱/۷۵۲	۶/۵۸۶
دسامبر		۲۰/۱۵۴	۱/۷۰۲	۶/۲۷۸



شکل ۶) نمودار بیشترین مقدار احتمال وقوع باد و مقدار حداکثر انرژی باد

## نتیجه‌گیری

تحلیل آماری داده‌های باد در ماه‌های مختلف سال یکی از راه‌های بسیار مهم برای ارزیابی بهتر یک منطقه به منظور شناخت هر چه بیشتر منابع کاربردی و رایگان مانند انرژی باد می‌باشد. در این مقاله، تحلیل داده‌های هواشناسی بندر دیر مربوط به سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۴ انجام گرفت. داده‌های دریافت شده در فواصل یک ساعته و در ارتفاع ۱۰ متری از سطح زمین می‌باشد. نتایج نشان داد که کمترین سرعت باد مربوط به ماه آگست با سرعت ۲,۳۴۳ متر بر ثانیه و بیشترین آن در ماه مارس با سرعت ۳,۹۰۲ متر بر ثانیه است. بعد از محاسبه میانگین سرعت باد پارامترهایی مختلف مانند فاکتور شکل، فاکتور مقیاس، چگالی توان باد، و بیشترین احتمال وقوع باد، ارزیابی و تحلیل شدند. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که با توجه به نزدیکی این منطقه به خلیج فارس و ورزش باد‌های نسبتاً دائم از سمت دریا، این منطقه پتانسیل خوبی برای نصب توربین‌های کوچک در ارتفاع ۱۰ متر و بالاتر از ۱۰ متر دارا می‌باشد.

## منابع

- [۱] تیزپر عدالت، ساتکین، محمد. (۱۳۹۲)، تحلیل داده‌های باد منطقه میل نادر واقع در استان سیستان و بلوچستان و تعیین چگالی توان بادی جهت احداث نیروگاه بادی، اولین کنفرانس انجمن انرژی ایران.
- [۲] امیدوار، کمال، طرزجانی، مهدی. (۱۳۹۱)، پتانسیل سنجی و برآورد مشخصه‌های نیروهای باد برای تولید انرژی باد در ایستگاه‌های همدیدی استان یزد، فصلنامه تحقیقاتی جغرافیایی سال ۲۷ شماره دوم، ۱۸۲۱۷-۱۸۱۹۷.
- [۳] [۳] مطهر، صادق، صداقت، احمد، عالم رجبی، علی اکبر. (۲۰۱۰)، بررسی و تحلیل انرژی باد جهت نصب توربین باد، اولین کنفرانس انرژی‌های تجدید پذیر و تولید پراکنده در ایران.
- [4] A. Mostafaeipour, A. Sedaghatb, A.A. Dehghan-Niric, V. Kalantarc, Wind energy feasibility study for city of Shahrababak in Iran Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 15, p.p. 2545–2556, 2011.
- [5] B. Ozerdem, H.M. Turkeli, Wind energy potential estimation and micro sitting on Izmir Institute of Technology Campus, Turkey Renewable Energy, Vol. 30, p.p. 1623–1633, 2005.
- [6] Christina Steinkohl, Richard A. Davis, Claudia Kluppelberg, Extreme Value Analysis of Multivariate High Frequency Wind Speed Data, Journal of Statistical Theory and Practice, Vol. 7, p.p. 73-94, 2013.
- [7] Cristina L. Archer 1, and Ken Caldeira, Global Assessment of High-Altitude Wind Power, Energies, Vol. 2, p.p. 307-319, 2009.
- [8] Dallemand, Roberto Parra, Renewable energy research progress in Mexico: A review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 32, p.p. 140–153, 2014.

- [9] Dikko I. and Yahaya D.BE ,valuation of wind power density in Gombe, Yola and Maiduguri, north eastern Nigeria, journal of Research in Peace, Gender and Development , Vol.2 ,p.p. 115-122,2012.
- [10] Farivar Fazelpour, MajidVafaeipour, OmidRahbari, RezaShirmohammadi, Considerable parameters of using PV cells for solar-powered aircraftsRenewable and Sustainable Energy Reviews Vol.22, p.p.81–91,2013.
- [11] Farivar Fazelpour , Nima Soltani , Marc A. Rosen,Wind resource assessment and wind power potential for the city of Ardabil, Iran, International Journal of Energy and Environmental Engineering ,Vol. 3, p.p. 1-8,2012.
- [12] Farivar Fazelpour, Nima Soltani, Marc A. Rosen, Feasibility of satisfying electrical energy needs with hybrid systems for a medium-size hotel on Kish Island, Iran, Energy Vol.73 p.p.856-865,2014.
- [13] Georg Felber and Gernot Stoeglehner, Onshore wind energy use in spatial planning a proposal for resolving conflicts with a dynamic safety distance approach, Felber and Stoeglehner Energy, Sustainability and Society, Vol.4 , p.p. 1-8,2014.
- [14] Georg Felber and Gernot Stoeglehner, Onshore wind energy use in spatial planning a proposal for resolving conflicts with a dynamic safety distance approach, Felber and Stoeglehner Energy, Sustainability and Society, Vol.4 , p.p. 1-8,2014.
- [15] Inga Margrete Ydersbond, Marius Korsnes ,Wind Power in China and in the EU: Comparative Analysis of Key Political Drivers, Energy Procedia, Vol. 58, p.p. 95 – 102 ,2014.
- [16] J. Waewsak,C. Chancham<sup>1</sup>, M. Landry and Y. Gagnon, An Analysis of Wind Speed Distribution at Thasala Nakhon Si Thammarat, Thailand Journal of Sustainable Energy & Environment ,Vol.2 , p.p. 51-55,2011.
- [17] J Mann and J Teilmann, Environmental impact of wind energy, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 131, p.p. 550-560,2013.
- [18] Mohammad-Ali Yazdanpanah, Modeling and sizing optimization of hybrid photovoltaic/wind power generation system, journal of industrial engineering international ,Vol. 1, p.p. 1-14,2014.
- [19] Majid Vafaeipour ,Omid Rahbari , Marc A. RosenFarivar Fazelpour, Pooyandeh AnsariradApplication of sliding window technique for prediction of wind velocity time series, Int J, Energy Environ Eng Vol ,p.p.41-50,2014.
- [20] Mohammad Reza Asadi Asad Abad, Mahdi Moharrampour, Heidar Abdollahian, Masoumeh Shir Ali, Fatemeh Mohagheghzadeh,Developing Renewable energies in Iran, International Journal Of Energy, Information And Communication ,Vol .3,p.p. 17-28,2012.
- [21] Mahyoub H. Al Buhairi, A Statical analysis of wind speed data An Assessment of wind energy potential in taiz –yeman, Ass. Univ. Bull. Environ. Res. Vol. 9,p.p. 1-6,2006.
- [22] Neda Lazemi, Mahmood Baghban, Taraghdari,Heidar Abdollahian, Nafiseh Ghorbani, Mohammad Reza Asadi, a review about Iran wind farms and programs, journal of current research in science,Vol. 1, p.p. 294-297,2013.
- [23] N. Vogiatzis a, K. Kotti a, S. Spanomitsios a,b, M. Stoukides, Analysis of wind potential and characteristics in North Aegean, Greece Renewable Energy, Vol. 29 , p.p. 1193–1208,2004.

- [24] Nikolai Nawri ,Guðrún Nína Petersen, Halldór Bjornsson, Andrea N. Hahmann, Kristján Jónasson, Charlotte Bay Hasager, Niels-Erik Clausen, The wind energy potential of Iceland, *Renewable Energy* ,Vol. 69 ,p.p. 290-299,2014.
- [25] Orhan Ekren and Banu Yetkin Ekren' Size Optimization of a Solar-wind Hybrid Energy System Using Two Simulation Based Optimization Techniques, Vol. 85, p.p. 1086–1101,2008.
- [26] Rene Barrera-Cardenas, Marta Molinasa, A Simple procedure to evaluate the efficiency and power density of power conversion topologies for offshore wind turbines, *Energy Procedia* Vol.24, p.p.202 – 211,2012.
- [27] R. Maouedja, A. Mamma, M.D. Draoua and B. Benyoucef, Performance evaluation of hybrid Photovoltaic-Wind power systems *Energy Procedia* , Vol. 50 , p.p. 797 – 807,2014.
- [28] Sardar Maran, Ponnusamy, Wind power density estimation using meteorological Tower data, *International Journal of Renewable and Sustainable Energy*, Vol. 2 , p.p. 110-114,2014.
- [29] Saeed Jahanbakhsh Asl , Majid Rezaei Banafsheh ,Yagob Dinpashoh , Marziyeh Esmaeilpour, Kasra Mohammadi , Ali Mohammad Khorshiddoust, Assessing wind energy potential in Kurdistan province, Iran, *Int J Energy Environ Eng* ,Vol. 5 , p.p. 1-11,2014.
- [30] Sunday O Oyedepo, Muiyiwa S Adaramola and Samuel S Paul, Analysis of wind speed data and wind energy potential in three selected locations in south-east Nigeria, Oyedepo et al. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, Vol. 3, p.p.1 – 11,2012.
- [31] Vikas Khare, Savita Nema, Prashant Baredar, Status of solar wind renewable energy in India, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 27, p.p. 1–10,2013.
- [32] Virginia Câmpeanu, Sarmiza Pencea, Renewable energy sources in Romania: from a “paradise” of investors to a possible abandon or to another boom? The impact of a new paradigm in Romanian renewable sources policy, *Procedia Economics and Finance*, Vol. 8, p.p. 129 –137,2014.
- [33] Warit Werapuna, Yutthana Tirawanichakul, Watsa Kongnakorn, Jompob Waewsak, An Assessment of Offshore Wind Energy Potential on Phangan Island by in Southern Thailand, *Energy Procedia* ,Vol. 52, p.p. 287 –295,2014.
- [34] S. A. Ahmeda, H. O. Mahammed, A Statistical Analysis of Wind Power Density Based on the Weibull and Rayleigh models of "Penjwen Region" Sulaimani/ Iraq, Vol. 2, p.p. 135 – 140,2012.
- [35] Y. Zhou, W.X. Wu, G.X. Liu, Assessment of Onshore Wind Energy Resource and Wind-Generated Electricity Potential in Jiangsu, China, *Energy Procedia* ,Vol 5, p.p 418–422,2011.
- [36] Xi Lu, Michael B. McElroy, Juha Kiviluoma, Global potential for wind generated electricity, Vol.63, p.p. 452-457.2009.
- [37] <http://www.wikipedia.com>.
- [38] [www.map of world.com/Iran](http://www.mapofworld.com/Iran).
- [39] [http://en.wikipedia.org/wiki/busher\\_province](http://en.wikipedia.org/wiki/busher_province).
- [40] Iranian Renewable Energy Organization (SUNA), Tehran, Iran; 2010.
- [41] Iran Meteorological Organization Available from: <http://www.weather.ir>