

## چکیده

بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی کره زمین، بدون لطمه به آن، توسعه پایدار محسوب می‌شود. سوختهای فسیلی در چند سال آینده به اتمام خواهند رسید. از این رو، انرژیهای نو لازم است با انرژیهای فسیلی جایگزین گردند. در این مقاله، پتانسیل انرژی باد استان سیнопیتیک پارس آباد مغان مورد

مطالعه قرار گرفته است. جهت باد غالب در این ایستگاه در طول سال، شرقی است که ناشی از فرابار حرارتی در باری خنزر در نیمه گرم سال و فرابار حرارتی سبیری در نیمه سرد سال است. احتمال وقوع سرعتهای باد بین ۴ الی ۲۵ متر در ثانیه در این ایستگاه، ۱۲۷۷ ساعت در سال است. چگالی انرژی بادی، قدرت نظری و عملی توربینهای بادی در این ایستگاه به ترتیب ۵۴/۱۵۶/۲۶ و ۴/۸ وات در مترمربع در ثانیه است. با توجه به پتانسیل انرژی پایین و نیز تعداد ساعات کارکرد توربینهای بادی در این ایستگاه، ایستگاه سیнопیتیک پارس آباد مغان، ایستگاه مناسبی جهت بهره‌برداری از انرژی باد به منظور تزریق به شبکه سراسری محسوب نمی‌شود بلکه می‌توان از این انرژی جهت برخی مصارف کشاورزی بهره جست. کلید واژه: ایستگاه سیнопیتیک پارس آباد - سرعت باد - چگالی توان باد - توزیع ویبول - سرعت نامی باد - توربین بادی

## مقدمه

بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی کره زمین با توجه به توان زیست محیطی آن، تحت عنوان "توسعه پایدار" مطرح است. حفظ تعادل محیط زیست و عدم آلودگی آن نیز از دیگر جنبه‌های توسعه پایدار است. رشد روزافزون جمعیت و گسترش بی‌رویه صنایع، فشار مضاعفی بر منابع طبیعی وارد نموده است. انرژیهای فسیلی نظیر نفت، زغال سنگ و گاز و... تجدیدناپذیر بوده و با افزایش مصرف به اتمام خواهند رسید. از اینرو، انسان همواره در پی جایگزینی منابع انرژی نو با انرژیهای فسیلی بوده است. انرژی خورشیدی، باد، هیدروالکتریک، امواج، هیدروترمال و غیره انرژیهای نو محسوب می‌شوند. مطالعات و بررسیهای مختلف نشان داده است که استفاده از انرژیهای باد در مقایسه با سایر انرژیهای تجدید شونده، مقرون به صرفه‌تر و عملی‌تر است. از آنجایی که دولت محترم جمهوری اسلامی ایران، کمر همت بر نگهداری سوختهای فسیلی برای آیندگان بسته است، لذا لازم است منابع انرژی نو در نواحی جغرافیایی ایران معلوم شود. در این راستا، وضعیت سمت و سرعت باد در ایستگاه سیнопیتیک پارس آباد مغان، بررسی و پتانسیل آن تعیین شده است. نقشه (۱) موقعیت ریاضی و شمایی

# امکان‌سنجی استفاده از انرژی باد در شهرستان پارس آباد مغان

گامی بسوی توسعه پایدار

دکتر پرومند صلاحی

استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی اردبیل

توپوگرافی ایستگاههای سینوپیتیک استان اردبیل را نشان می‌دهد.

## مواد و روشها

جهت بررسی سمت و سرعت باد در ایستگاه سینوپیتیک پارس آباد، ابتدا آمار سمت و سرعت بادهای سه ساعته در سالهای ۱۹۸۴ الی ۱۹۹۲ و نیز عدم امکان تخمین سمت و سرعت باد در ساعات فاقد آمار و همچنین لزوم متوالی بودن داده‌های سرعت باد در پتانسیل

سنجی انرژی باد، آمار سمت و سرعت بادهای در فواصل زمانی سه ساعته از سالهای ۱۹۹۲ الی ۲۰۰۱ میلادی به مدت ۱۰ سال پیاپی (۲۹۲۲۴ مورد برداشت) انتخاب و مورد بررسی قرار گرفت.



نقشه (۱): شمایی توپوگرافی استان اردبیل

در بررسی آماری داده‌های سرعت باد، از نرم‌افزار (SPSS10) در ترسیم گلبادهای ایستگاههای مورد بررسی، گلبادهای از نرم‌افزار (WRplot) استفاده شده است. در محاسبه چگالی انرژی باد و نیز برآزش احتمالات واقعی باد، از تابع توزیع چگالی احتمال ویبول استفاده شده است.

جدول (۱): مقادیر روزانه (ساعتی) متوسط سرعت جریان هوا بآباد.

درصد موجودیت بادوسکون هوادرایستگاه پارس آباد

درصد موجودیت باد	سرعت جریان هوا	سرعت باد	درصد باد آرام
M1S	M1S	M1S	M1S
۴۶/۱۳	۱/۷۵	۳/۸	۵۳/۸۷
۴۸/۰۶	۱/۷۵	۳/۶۴	۵۱/۹۴
۵۰/۰۸	۱/۹	۳/۷۸	۴۹/۹۲
۵/۸۹	۲/۰۲	۳/۹۷	۴۹/۱۱
۵۱/۲۱	۲/۰۸	۴/۰۶	۳۸/۷۹
۴۳/۳۲	۱/۷۹	۴/۰۷	۵۶/۱۷
۳۱/۴۲	۱/۳	۴/۰۶	۶۸/۵۸
۲۹/۹۲	۱/۰۶	۳/۵۶	۷۰/۰۸
۲۷/۱۲	۰/۹	۳/۳۷	۷۲/۸۸
۳۵/۷۱	۱/۳۲	۳/۰۷	۶۴/۲۹
۴۱/۵	۱/۶۵	۳/۹۸	۵۸/۵
۴۲/۲۴	۱/۶۱	۳/۸۲	۵۷/۷۶
۴۸/۰۹	۱/۸	۳/۷۴	۵۱/۹۱
۴۸/۶۴	۱/۹۶	۴/۰۳	۵۱/۳۶
۲۹/۹۹	۱/۰۸	۳/۶۸	۷۰/۵۱
۳۹/۸	۱/۵	۳/۸۵	۶۰/۲
۴۸/۳۷	۱/۸۸	۳/۸۹	۵۱/۶۳
۳۴/۶۲	۱/۳	۳/۷۷	۶۵/۳۸
۴۱/۶۲	۱/۶	۳/۸۴	۵۸/۳۸
۳۲/۸۸	۰/۷	۳/۸۸	۶۷/۱۲
۲۵/۴۹	۰/۹۸	۳/۸۷	۷۴/۵۱
۳۱/۲۱	۱/۰۲	۳/۳۷	۶۸/۷۹
۴۴/۸۷	۱/۵۲	۳/۴۸	۵۵/۱۳
۵۲/۰۹	۱/۸۷	۳/۶۸	۴۷/۹۱
۵۵/۵۲	۲/۰۹	۳/۸۶	۴۴/۴۸
۴۸/۴۸	۲/۰۶	۴/۳۶	۵۱/۵۲
۴۲/۴۳	۱/۷	۴/۱۱	۵۷/۵۷

معیارهای پراکنندگی و شاخصهای مرکزی، تصویری در مورد پراکنندگی و چگونگی توزیع جامعه آماری را نشان می‌دهند. میانگین، میانه، مد، انحراف معیار، واریانس، ضریب چگالی، ضریب کشیدگی، دامنه، حدافل و حداکثر داده‌های باد در ایستگاه سینوپتیک پارس آباد در دوره آماری مربوطه به ترتیب ۳/۳۳، ۳/۲۱، ۲/۲، ۱/۳۷۵، ۴/۵۲، ۱۲/۲۱، ۱۰۱، ۱۴۰، ۱۵ است. ضریب تغییرات و ضریب تداوم باد در این ایستگاه به ترتیب ۵۶ و ۵۵ درصد است. جدول (۱)، مقادیر روزانه (ساعتی) متوسط سرعت جریان هوا و باد و نیز درصد موجودیت و سکون باد را در ایستگاه مذکور در ماهها و ساعات استاندارد گریونج نشان می‌دهد.

توان موجود در باد، با توان سوم سرعت باد و توان دوم قطر روتور مناسب است. بنابراین، سرعت باد یکی از مهمترین فاکتورها در بهره برداری از انرژی باد محسوب می‌گردد. احتمال وقوع سرعتهای باد در ایستگاه مورد مطالعه در جدول (۲) ارائه شده است. نمودار توزیع فراوانی و احتمال تجربی هر یک از سرعتهای باد مشاهده شده را که متناسب با احتمال واقعی می‌باشد، می‌توان به کمک تابع توزیع پیوسته و بیول جایگزین نمود. این تابع در چگالی سنجی انرژی بادی کاربرد فراوانی داشته و به صورت رابطه زیر تعریف می‌گردد:

$$P(V)(w) = \left(\frac{K}{C}\right) \left(\frac{V}{C}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{V}{C}\right)^k\right]$$

در این رابطه،  $(K)$  و  $(C)$  پارامترهای شکل و مقیاس بوده که با روش برازش حدافل مربعات و نیز معادلات دوجوهی قابل محاسبه است.  $(V)$  نیز سرعت باد است. احتمال وقوع سرعتهای بالاتر از یک مقدار مشخص با رابطه زیر تعیین می‌شود.

$$P(V)V^0 = \exp\left[-\left(\frac{V}{C}\right)^k\right] \quad (2)$$

محتمل ترین سرعت باد با رابطه زیر مشخص می‌شود.

$$V_{mp} = C \left(1 - \frac{1}{K}\right)^{\frac{1}{k}} \quad (3)$$

سرعت نامی باد که در آن حداکثر خروجی انرژی توربین بادی حاصل می‌شود از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$V_{mec} = C \left(1 + \frac{2}{K}\right)^{\frac{1}{k}} \quad (4)$$

چگالی انرژی باد در واحد سطح از طریق رابطه زیر قابل محاسبه است.

$$\frac{Pa}{S} = 1/2 \rho \cdot C \cdot \Gamma \left(1 + \frac{3}{K}\right) \quad (5)$$

که در آن  $(\rho)$  دانسیته هوا و  $(\Gamma)$  تابع معروف گاما است. مقدار  $(\rho)$  در ایستگاه مورد بررسی برابر با ۱/۲۵۲ کیلوگرم در مترمکعب است. با توجه به جدول (۲) و محاسبات انجام شده، مقادیر  $(V_{mec}, V_{mp}, K, C)$  در ایستگاه سینوپتیک پارس آباد به ترتیب ۶/۱۷ و ۲/۲۹ و ۱/۶۹۱ و ۳/۸۹ متر در ثانیه است. چگالی انرژی بادی، قدرت نظری و قدرت عملی توربینهای بادی در ایستگاه مذکور به ترتیب ۲۵/۱۵ و ۸/۰۴ وات در مترمربع در ثانیه است.

با توجه به جداول مذکور، ساعات موجودیت باد در ایستگاه مورد بررسی، ۳۶۴۸/۹ ساعت در سال است. احتمال وقوع سرعتهای بین ۴ الی ۲۵ متر در ثانیه (که توربینهای بادی در این سرعت قابل استفاده هستند) در این ایستگاه ۱۲۷۷ ساعت است.

## بررسیهای آماری

نمودار (۱) گلباد فصلی و سالانه ایستگاه سینوپتیک پارس آباد را به تصویر کشیده است. همانگونه که از نمودار پیداست، جهت باد غالب در فصل بهار، شرقی است. در فصل تابستان نیز همین روند تکرار شده است. عمده ترین دلیل وزش بادهای غالب در نیمه گرم سال در این ایستگاه، عملکرد در بای خزر به صورت فرابار و ارسال هوا در جهت ساعتگرد به اطراف است که سبب وزش بادهای مذکور می‌گردد. مهمترین دلیل وزش بادهای شمالی، غربی و جنوب غربی این ایستگاه، تداوم عملکرد سیستم‌های غربی و اثرات پرفشار محلی است. در نیمه سرد سال نیز وزش باد غالب از سمت شرق است. در این موقع از سال اثر فرابار حرارتی خزر تضعیف شده و فرابار حرارتی سیبری تقویت شده است. فرابار مذکور در نیمه سرد سال، با ارسال هوای سرد به اطراف اقلیم نواحی مجاور خود را کنترل می‌کند.

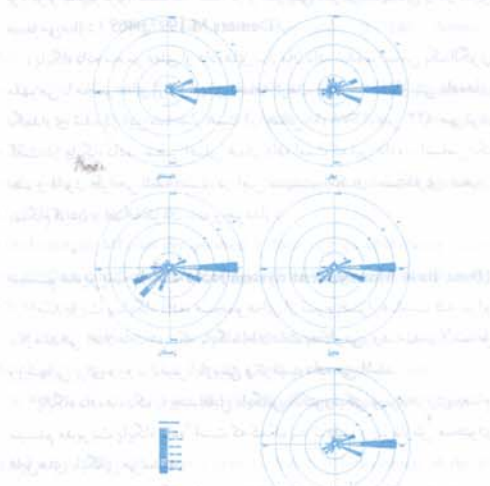
جدول (۲): مقادیر احتمالات تجربی و ویبول در ایستگاه سینوپتیک پارس آباد در دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۹۲

ردیف	مقادیر تابع ویبول	(Y1)	(X1)	ساعات در سال تجمعی	ساعات در سال درصد در سال	درصد فراوانی تجمعی	درصد فراوانی	فراوانی	میانگین طبقات	طبقات سرعت
۱	۱۵/۳۵	-۲/۷۶۵	-	۲۲۲/۶	۲۲۲/۶	۶/۱	۶/۱	۷۴۲	۱	۱-۰/۵-۱/۵
۲	۱۹/۸۱۴	-۰/۸۷۲	-۰/۶۹۳	۱۲۴۵/۶	۱۰۲۳	۳۴/۱۳۶	۲۸۰/۳۵	۳۴۱۰	۲	۲/۱/۵-۲/۵
۳	۱۹/۰۵۵	-۰/۱۴۸	۱/۰۹۸	۲۱۰۷/۸	۸۶۲/۲	۵۷/۷۶۵	۲۳/۶۲۹	۲۸۷۴	۳	۳/۲/۵-۳/۵
۴	۱۵/۵۳۳	-۰/۲۳	۱/۳۸۶	۲۶۱۳/۶	۵۰۵/۸	۷۱/۶۲۷	۱۳/۸۶۱	۱۶۸۶	۴	۴/۳/۵-۴/۵
۵	۱۱/۲۱۷	-۰/۵۳۱	۱/۶۰۹	۳۹۸۳/۸	۳۷۰/۲	۸۱/۷۷۲	۱۰/۱۴۵	۱۲۳۴	۵	۵/۴/۵-۵/۵
۶	۷/۳۲۲	-۰/۷۹۵	۱/۷۹۱	۳۲۵۰/۸	۲۶۷	۸۹/۰۸۹	۷/۳۱۷	۸۹۰	۶	۶/۵/۵-۶/۵
۷	۴/۳۹۴	۱/۰۰۱	۱/۹۴۵	۳۴۱۴/۹	۱۶۴/۱	۹۳/۵۸۷	۴/۴۹۷	۵۴۷	۷	۷/۶/۵-۷/۵
۸	۲/۴۳۴	۱/۲۴۵	۲/۰۷۹	۳۵۳۵/۸	۱۲۰/۹	۹۶/۹	۳/۳۱۳	۴۰۳	۸	۸/۷/۵-۸/۵
۹	۱/۲۵۴	۱/۳۵۳	۲/۱۹۷	۳۵۷۳	۳۷/۲	۹۷/۹۱۹	۱/۰۱۹	۱۲۴	۹	۹/۸/۵-۹/۵
۱۰	-۰/۶۰۳	۱/۵۳۳	۲/۳۰۲	۳۶۱۳/۵	۴۰/۵	۹۹/۰۲۹	۱/۱۰۹	۱۳۵	۱۰	۱۰/۹/۵-۱۰/۵
۱۱	-۰/۲۷۲	۱/۶۰۹	۲/۳۹۷	۳۶۴۴/۳	۱۰/۸	۳۳/۳۲۵	-۰/۲۹۵	۳۶	۱۱	۱۱/۱۰/۵-۱۱/۵
۱۲	-۰/۱۱۵	۱/۷۶۶	۲/۴۸۴	۳۶۳۸/۴	۱۴/۱	۹۹/۷۱۲	-۰/۳۸۶	۴۷	۱۲	۱۲/۱۱/۵-۱۲/۵
۱۳	-۰/۰۴۶	۱/۸۲۲	۲۰۵۶۴	۳۶۴۱/۴	۳	۹۹/۷۹۴	-۰/۰۸۲	۱۰	۱۳	۱۳/۱۲/۵-۱۳/۵
۱۴	-۰/۰۱۷	۱/۹۷۷	۲/۶۲۹	۳۶۴۵/۶	۴/۲	۹۹/۹۰۹	-۰/۱	۱۴	۱۴	۱۴/۱۳/۵-۱۴/۵
۱۵	-۰/۰۰۶	۲/۶۲۵	۲/۷۰۸	۳۶۴۸/۹	۳/۳	۹۹/۹۹۹	-۰/۰۰۹	۱۱	۱۵	۱۵/۱۴/۵-۱۵/۵

ساعات ورزش بادهای با سرعت بین ۴ الی ۲۵ متر در ثانیه، ۱۲۷۷ ساعت است. طبق برآورد و پندهایم، حداقل ساعات ورزش باد جهت استفاده از انرژی آن از نظر ملاحظات اقتصادی، حدود ۴۰۰۰ ساعت است. چگالی انرژی بادی نیز در این ایستگاه، پایین است. سرعت نامی باد و محتمل ترین سرعت باد نیز در حد مطلوبی قرار ندارد. با این توصیف، استفاده از پتانسیل انرژی بادی این ایستگاه جهت تزریق به شبکه سراسری برق ناچیز است و تنها می توان از انرژی محرکه باد در این منطقه با به کارگیری توربینهای بادی کوچک نظیر ساوینوس، جهت مصارف کشاورزی با ظرفیت پایین نیاز الکتریسته استفاده نمود.

#### منابع

- ۱- آذر، عادل، و منصور مؤمنی (۱۳۸۰)، آمار و کاربرد آن در مدیریت، جلد دوم، تحلیل آماری، تهران، انتشارات سمت، چاپ پنجم.
- ۲- تقی، محمود (۱۳۸۲)، انرژیهای تجدید پذیر در ایران، تهران، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
- ۳- جان هاروی (۱۳۷۹)، درآمدی بر روشهای آماری، ترجمه لینا ملکمال و تنی پرومیزاده، تهران، انتشارات پژوهشهای فرهنگی.
- ۴- جمیل، مجید (۱۳۷۴)، انرژی بادی و نیروگاههای بادی، مجله اطلاعات علمی، سال هشتم، شماره ۲.
- ۵- جمیل، مجید (۱۳۷۵)، مطالعه چگونگی توزیع آماری سرعتهای باد ناحیه سایت خورشیدی پژوهشگاه مواد انرژی، مجله نیوار، شماره ۳۰، تابستان.
- ۶- جمیل، مجید (۱۳۸۰)، چگالی انرژی بادی، مجله نیوار، شماره ۳۰ و ۳۱، ۲۳ و ۲۴.
- ۷- سازمان هواشناسی کشور (۱۳۸۰)، آمار سمت و سرعت باد ایستگاه سینوپتیک، پارس آباد.



نمودار شماره (۱): گلاب فصلی و سالانه ایستگاه سینوپتیک پارس آباد

#### نتیجه گیری

محاسبات آماری نشان می دهند که ایستگاه سینوپتیک پارس آباد مغان از فرکانس و سرعت بالایی برخوردار نیست. ضریب تداوم باد و نیز درصد موجودیت باد در این ایستگاه در حد بالایی قرار ندارد. مقدار