فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۶، پاییز ۹۷

پتانسیل‌سنجی زیست‌محیطی انرژی تجدیدپذیر باد، استان اردبیل برای تأسیس توربین بادی ۲/۵ مگاواتی ثامن(AV۹۲۸) با استفاده از نرم‌افزار GIS

وحید صفریان زنگیر[1]*

Safariyan.vahid@gmail.com

بتول زینالی [2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۱۹ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۵/۱۰/۱۵**

چکیده

گستردگی نیاز انسان به منابع انرژی همواره از مسایل اساسی مهم در زندگی بشر بوده و تلاش برای دست‌یابی به یک منبع تمام نشدنی انرژی از آرزوهای دیرینه انسان بوده است. افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و نیاز روز افزون به آن با افزایش جمعیت شدت یافته است، و باید انرژی جایگزینی برای این سوخت‌ها باید پیدا کرد. تعیین مکان مناسب برای احداث توربین‌های بادی نیازمند توجه به معیارها و عوامل مختلفی می‌باشد. در این پژوهش مطالعه‌ای ابتدا داده‌های اقلیمی برای دوره آماری مشخص از سازمان آب و هواشناسی اخذ گردید و داده‌های هواشناسی برای وزن‌دهی به واحد مورد نیاز درآمده سپس از روش IDW و در نرم‌افزار ArcGIS که برای نواحی کوهستانی مناسب می‌باشد، برای پهنه‌بندی استفاده شد و پس از تحلیل عوامل و عناصر اقلیمی و جغرافیایی، نتیجه حاصل از پژوهش برای تأسیس توربین بادی ۲/۵ مگاواتی AV۹۲۸ ثامن برای ۴ ایستگاه استان اردبیل (مشکین‌شهر، پارس‌آباد، خلخال و اردبیل) اولویت پتانسیل عالی برای ایستگاه اردبیل تخصیص یافت.

کلمات کلیدی: پتانسیل‌سنجی، زیست‌محیطی، توربین بادی، ArcGIS.

۱- دکتری گروه جغرافیای طبیعی، اقلیم‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- استادیار گروه جغرافیای طبیعی، اقلیم‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران.

Human & Environment., No. 46, Autumn 2018

Potentiometric environmental, renewable wind energy, Ardabil Province for the establishment of wind turbine 2.5 MW Samen (AV 928) using software ArcGIS

Vahid Safarian Zengir [1*] *(Corresponding Author)*
Safariyan.vahid@gmail.com
Batol Zeynali [2]

Abstract

The extent of the human need for energy resources has always been the basic issues important in human life and strive to achieve an inexhaustible source of energy has been mankind's oldest dreams. Increased use of fossil fuels and the increasing need to be intensified with the increase in population, and have alternative energy in the fuel must be found. Determine the proper location for the construction of wind turbines attention to the criteria and different factors. In this study of the climatic data were collected for the period specified Meteorological Organization And meteorological data required for weighting the unit accordingly then IDW and methods in ArcGIS that is suitable for mountainous areas, Zoning was used for the analysis and geographical elements, The results of the study for the establishment of wind turbines 2.5 MW to 4 stations Ardabil Province Samen AV 928 (Meshkinshar, Pars Abad, Khalkhal and Ardabil) allocated priorities excellent potential for the Ardabil station.

Key Words: Potentiometric, Environmental, Wind turbine, ArcGIS.

1-PhD of group physical geography, climatology, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran. **(Corresponding Author)*
2-Assistant Professor of group physical Geography, Climatology, Faculty of Literature and Human Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

مقدمه

امروزه یکی از مهم‌ترین مسایل در استفاده از انرژی باد تعیین مکان استفاده از آن می‌باشد که تاثیری در کارایی تجهیزات و وسایل تولید برق بادی دارد. انرژی خورشیدی، بادی، آبی، زیست توده، بیوگاز و انرژی زمین گرمایی از عمده‌ترین منابع انرژی‌های پاک می‌باشند. ویوینتاس و همکاران (۱) پیشنهاد داده‌اند که کم‌ترین فاصله از شهرها باید ۱۰۰۰ متر باشد به دلایل ایمنی و این‌که این قبیل ضوابط در کاهش اثرات بصری تاثیرگذار است. هم‌چنین سیستم‌های باد انرژی بادی در ویتنام مورد مطالعه قرار گرفته است و به این نتیجه رسیده‌اند که ایجاد یک منطقه حایل ۲۰۰۰ متری در اطراف مراکز شهرها برای توسعه انرژی باد با توجه به مساله ایمنی و ملاحظات بصری نامناسب است.

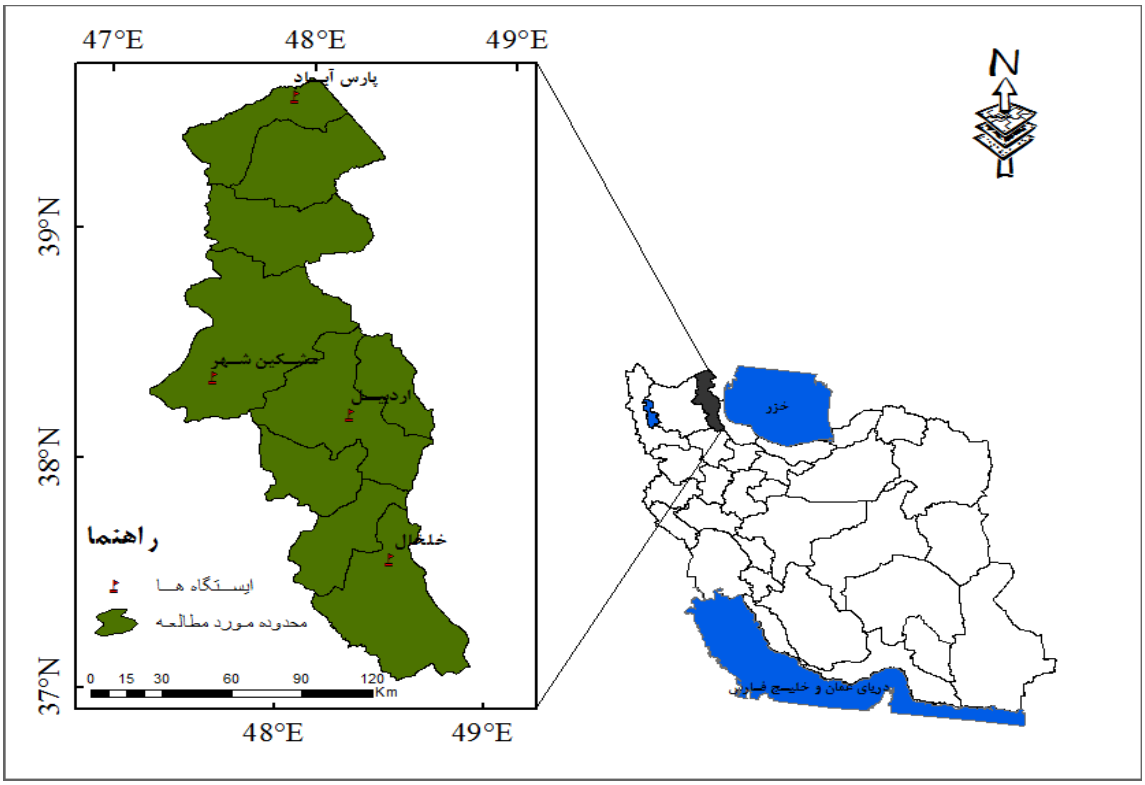
تستر (۲) روند جهانی، تمرکز بر روی سیستم‌های انرژی پایدار برای حفظ توسعه اقتصادی پیوسته و توسعه پایدار زیست محیطی می‌باشد. تعریف انرژی پایدار ترکیبی از تأمین انرژی به طور مساوی برای همه مردم و حفاظت از محیط زیست برای نسل‌های آینده است. با توجه به این تعریف، سیستم انرژی جدید باید پاسخ‌گوی نیازهای جمعیت فعلی و آینده باشد. روسدو و رامیز (۳) تأثیرات بصری یکی دیگر از عوارض جانبی توربین‌های بادی است که بین افراد متفاوت است. از آنجایی که انرژی باد، انرژی پاکی ایجاد می‌کند، بعضی از مردم از دیدن آن‌ها لذت می‌برند؛ از سوی دیگر، برخی افراد می‌توانند این مساله را مطرح کنند که نصب توربین‌های بادی مغایر چشم‌انداز شهری است. سلطانی و همکاران (۴) در پژوهشی به بررسی پتانسیل انرژی باد در بندر امیر آباد به منظور امکان‌سنجی تاسیس نیروگاه بادی پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند میانگین ضرایب چکالی قدرت باد در ارتفاع ۵۰ متری برابر با ۹۷/۹۷ وات بر متر مربع نتیجه شد که در کلاس باد جزء مناطق باد پتانسیل ضعیف می‌باشد. بیش‌ترین چکالی مربوط به ماه ژولای با ۱۴۲/۱۰ وات بر متر مربع و کم‌ترین آن متعلق به ماه اکتبر با حدود ۶۲ وات بر متر مربع می‌باشد. زامبلی و همکاران (۵) در تحقیقی تحت عنوان "سیستم پشتیبانی تصمیم‌گیری GIS برای مدیریت جنگل‌های منطقه‌ای برای بررسی در دسترس بودن منابع زیست توده برای تولید انرژی تجدیدپذیر"، یک روش جدید را به منظور ارزیابی منابع زیست‌توده در دسترس در جنگل برای تولید انرژی در منطقه آلپ توسعه دادند. روش به کاربسته شده دراین تحقیق ترکیبی از PostgreSL; PostGIS; GRASS می‌باشد. اسفندیاری و همکاران (۶) در تحقیقی تحت عنوان "پتانسیل سنجی احداث نیروگاه های خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با استفاده از GIS به نتایج زیر دست یافتند: در این تحقیق در ابتدا به بررسی عوامل مؤثر بر انرژی خورشیدی پرداخته شده و با تلفیق آن‌ها در محیط GIS، مناطق مستعدتر در استان خوزستان شناسایی شدند. این مهم با تحلیل ساعات آفتابی به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر در بهره‌برداری از انرژی خورشیدی و پارامترهای مؤثر بر ساعات آفتابی شامل ابرناکی، روزهای گرد و خاک، رطوبت نسبی، ارتفاع و بارش سالانه، در محیط GIS تحقق یافت. نهایتاً نقشه‌های مربوطه در محیط GIS تهیه و وزن‌دهی شده و با تلفیق نقشه‌های مذبور به روش وزنی، نقشه نهایی که نشان دهنده مناطق با پتانسیل مناسب جهت بهره‌برداری از انرژی خورشید است بدست آمد. عبدی و همکاران (۷) در تحقیقی به امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی ۱۰ مگاواتی مراوه تپه پرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند نرخ بازه داخلی سرمایه گذاری در حالت ششم از بهترین وضعیت یرخورداری است و در صورتی که وزارت نیرو چنین شرایطی را برای سرمایه گذار فراهم سازد بخش خصوصی برای مشارکت در این طرح که دوره بازگشت سرمایه قریب به ۷ سال به دنبال دارد، ترغیب خواهد شد. تای‌جی و یوئن (۸) مصرف سوخت‌های فسیلی بدون در نظر گرفتن اثرات منفی آن‌ها بر روی محیط زیست در حال افزایش است. در صورتی که روند جاری ادامه یابد، تا سال ۲۰۳۰ تقاضای جهانی برای انرژی دو برابر خواهد شد. نیمی از افراد متقاضی انرژی در هند و چین

ساکن خواهند بود. در حال حاضر، حدود دو سوم انرژی بالقوه در مسیر تولید، توزیع، ذخیره و مصرف هدر می‌رود پیش‌بینی می‌گردد که تقاضا برای تمامی سوخت‌ها افزایش یابد. صادقی و همکاران (۹) در پژوهشی به اولویت‌بندی عوامل موثر بر مکان‌یابی نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر(انرژی خورشیدی و انرژی باد) استان کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) و تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره باپرداخته‌اند و به این نتیجه رسیده‌اند شهرستان سیرجان به‌عنوان مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیروگاه خورشیدی و شهرستان رفسنجان به عنوان مناسب‌ترین مکان جهت احداث نیرو گاه بادی شناسایی شد. آقاجانی و همکاران (۱۰) در پژوهشی به مکان‌یابی توربین‌های بادی مبتنی بر ارزیابی فضایی زیست محیطی (نمونه موردی: استان خراسان) پرداخته‌اند و به این یافته رسیدن که توان سیستم اطلاعاتی جغرافیایی در مدل‌سازی و همچنین کمک به برنامه‌ریزی محیطی با قابلیت ترکیب معیارهای کمی و کیفی در مقیاس‌های مختلف به خوبی قابل مشاهده است. مکان یابی و تحلیل با روش AHP و تصمیم‌گیری چند معیاره به برنامه‌ریزان کمک می‌کند تا بر اساس داده‌های مکانی، تصمیم‌گیری بهتری بویژه در موضوع انرژی‌های تجدیدپذیری در راستای توسعه پایدار داشته باشند.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل یکی از استان‌های ایران است که در شمال غربی این کشور در منطقه آذربایجان واقع شده‌است. مساحت این استان ۱۷۹۵۳ کیلومتر مربع (حدوداً ۱/۰۹)درصد از مساحت کل کشور می‌باشد. مرکز این استان، شهر اردبیل است، که ۴ شهرستان استان، شهرستان اردبیل، خلخال، پارس آباد و مشکین شهر که در این پژوهش مطالعه شده قسمتی استان اردبیل می‌باشد، که شامل ۴ ایستگاه می‌باشد. در شکل (۱) موقعیت منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح کشور قابل مشاهده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه و ایستگاه‌های مورد مطالعه در سطح کشور

روش تحقیق

در ابتدا داده‌های سمت و سرعت باده‌های سه ساعته (۸) برداشت در روز) ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد بررسی از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. با توجه به متفاوت بودن پایه آماری ایستگاه‌های منتخب دوره آماری ۲۰۱۰-۲۰۰۰ برای تمامی ایستگاه‌های منتخب انتخاب گردید.

اطلاعات باد سینوپتیک ۴ ایستگاه استان اردبیل بعد از اصلاح دوره آماری وارد محیط اکسل شد. در تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه برداشت‌های با سرعت ۰ الی ۷ گره حذف شدند و برداشت‌های با سرعت ≤۸ گره برای مطالعه باقی ماندند. علت این امر در نظر گرفتن حداقل سرعت لازم برای به راه انداختن توربین بادی (۸ گره) می‌باشد. بنابراین ارقام کم‌تر از ۸ گره مورد نظر قرار نگرفتن. بسیاری از محققین در تحقیقات خود سرعت لازم برای شروع حرکت یک توربین بادی را ۴ متر بر ثانیه دانسته‌اند. که در زیر به برخی از این منابع اشاره می‌شود:

گندمکار (۱۱) در تحقیق خود سرعت ۴ متر در ثانیه را برای راه اندازی توربین بادی مناسب دانسته است. البته در برخی از منایع به صورت محدودی به سرعت باد ۳ متر در ثانیه نیز اشاره شده است. بادهای با سرعت ۴ تا ۲۵ متر بر انیه برای به-کارگیری توربین بادی مناسب می‌باشد امانی و شمعچی (۱۲). پتانسیل انرژی بادی در سرعت متوسط کم‌تر از ۴/۵ متر برثانیه ضعیف، ۴/۵ متر برثانیه مرزی، ۴/۵ -۶/۷ متر بر ثانیه خوب تا خیلی خوب و برای سرعت‌های بالاتر از ۶/۷ متر برثانیه عالی ارزیابی می‌شود نعمت‌الهی و همکاران (۱۳). اما بیش‌تر منابع داخلی و خارجی سرعت باد ۴ متر در ثانیه را برای استفاده از توربین بادی اشاره کرده‌اند.

مشخصات فنی توربین‌های بادی ۲/۵ مگاواتی ثامن (AV۹۲۸) تحت لیسانس شرکت آوانتیس انرژی آلمان

قابلیت‌های کل توربین

توربین‌های AV۹۲۸ قدرت خروجی ۲/۵ مگاوات، برای رژیم بادی کلاس IIA ساخته شده است که دارای ژنراتور بدون گیربکس متوسط و پره‌هایی با طول ۳/۴۵ متر می‌باشد. این توربین در سرعت با m/s ۳ آغاز به تولید انرژی کرده و در سرعت‌های باد بالاتر از m/s ۱۱ به حداکثر تولید انرژی که همان kw ۲۸۶۰ با قدرت rpm ۱۶و بازده ۹۵٪ می باشد. شرایط خروجی انرژی تا سرعت m/s ۲۵ ثابت بوده و در سرعت‌های بالاتر از m/s ۲۵ به‌صورت خودکار برای جلوگیری از وارد آمدن صدمه به توربین، آن را متوقف می‌کند. شکل (۲) با این حال، توربین‌های یادشده می‌توانند در برابر فشار زیاد توفان‌های احتمالی و نیز بار اضافه بر پره‌ها و ناسل، استقامت داشته باشند که این امر باعث می‌شود این توربین انتخاب منحصربه‌فردی برای محل‌های کنار دریا (با سرعت باد بالا)، بیابانی، آب و هوای مرطوب نمکی و غبارآلود و شنی و نیز نزدیک بخارات اگزوز موتورهای دیزلی باشد. مزیت دیگر توربین‌ها، کم بودن ساعات خروج از مدار و هزینه‌های تعمیرات و نگهداری و بالا بودن ضریب دسترسی و منافع حاصله می‌باشد.

شکل ۲- توربین ۲/۵ مگاواتی ثامن AV ۹۲۸

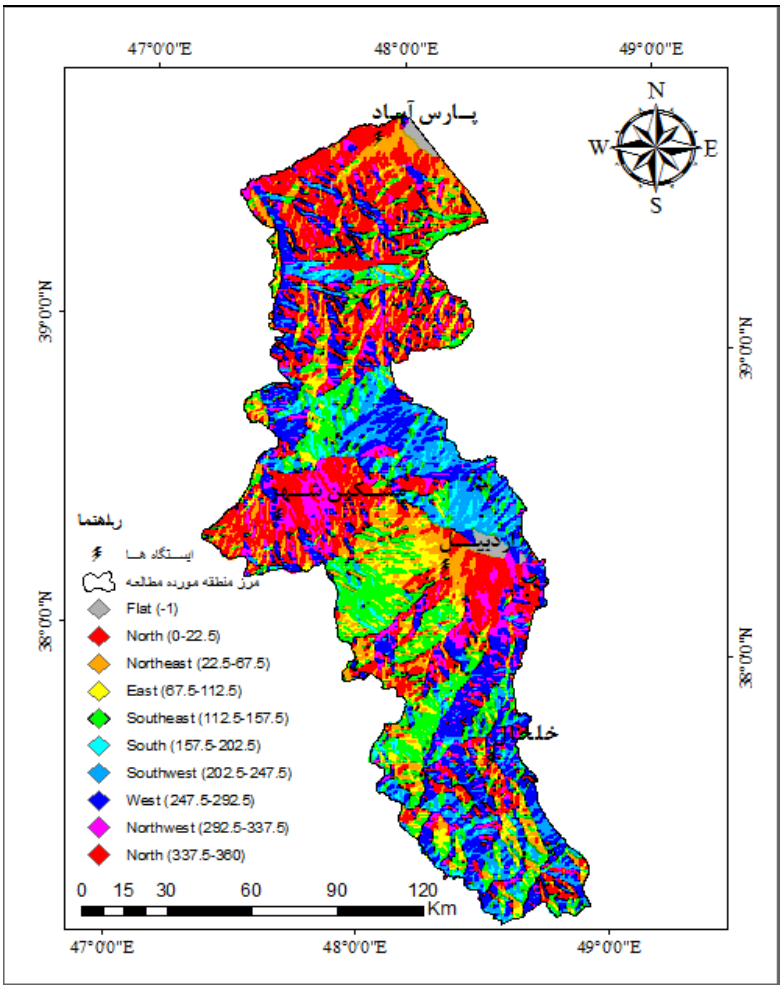
در ارتباط با مکان‌یابی توربین‌های بادی، گام اول شناسایی و کمی‌سازی اهداف زیست محیطی است. سپس داده‌های مربوط با اهداف زیست محیطی، مرزها و مکان‌های بالقوه و هم‌چنین پتانسیل باد جمع آوری و در GIS به منظور به دست آوردن لایه‌های داده‌های فضایی مورد استفاده در روند مکان‌یابی، پردازش گردید و داده‌های آب و هواشناسی در دوره‌های که در جدول (۱) ذکر شد از سایت آب و هواشناسی به‌صورت میانگین سالیانه اخذ شد در مرحله بعد، اهداف زیست‌محیطی شناسایی شده است. برای تولید نقشه پتانسیل مکانی استفاده از انرژی باد در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی، ابتدا پس از اخذ داده‌ها و لایه‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی داده‌های باد را با واحد نات به واحد های کیلومتر بر ساعت و سپس به واحد متر بر ثانیه تبدیل گردید که برای این کار از فرمول شماره یک زیر استفاده شد.

رابطه (۱) $Knot*1.8/3.6$

سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS، داده‌های لایه‌ها را برای امکان‌سنجی و درون‌یابی از روش IDW که مساعد منطقه کوهستانی است، استفاده شد سپس از لایه‌های توپوگرافی لایه TIN را تهیه بعد از این لایه، لایه DEM را بدست آورده سپس لایه جهت شیب منطقه که در احداث یا تاسیس توربین اهمیت اساسی دارد حساب شد و بعد برای وزن‌دهی لایه‌ها مقدار میانگین سرعت باد (که قبلا به واحد متر بر ثانیه تبدیل شده بود)، سریع‌ترین سرعت باد، تعداد روزهای گرد و غبار، و تعداد روزهای طوفان تندری به سیستم اطلاعات جغرافیایی وارد شد تا اهمیت و ارزش لایه‌های و مکان یابی ایستگاه مناسب برای تاسیس توربین تهیه گردید سپس برای تحلیل داده‌ها نمودارهای داده‌های درصد باد غالب، ضریب پایداری باد(نمودار راداری)، میانگین سرعت باد، سریع‌ترین سرعت باد، (نمودار راداری)، تعداد روزهای طوفان تندری و تعداد روزهای گرد و غبار رسم گردید.

یافته‌ها

در این پژوهش برآورد انرژی تولیدی سالیانه با توربین بادی در استان اردبیل که ۴ ایستگاه اردبیل، پارس‌آباد، مشکین شهر و خلخال مورد پژوهش قرار گرفت، داده‌های و لایه‌های مختلف که از سیستم اطلاعاتی جغرافیا یک سیستم قدرتمند بدست آمد مورد تحلیل قرار گرفت که در شکل (۳) جهت شیب منطقه مورد مطالعه که در احداث توربین بادی اهمیت اساسی دارد تهیه گردید.

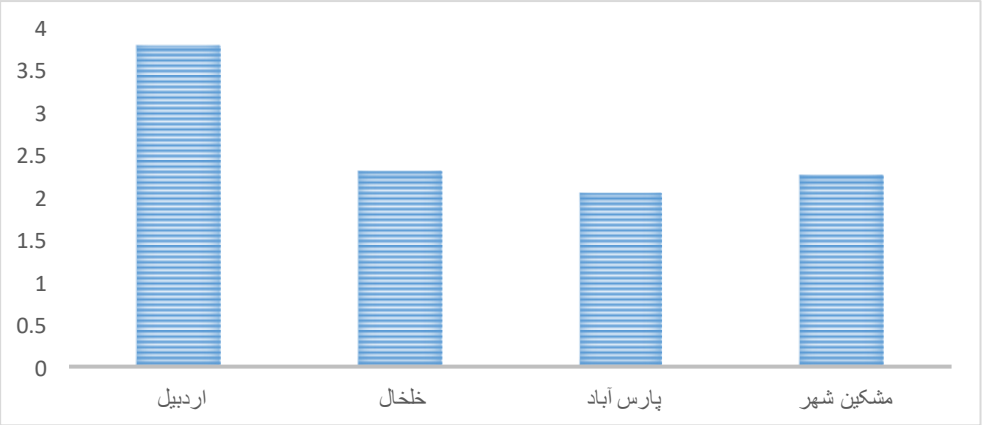


شکل ۳- جهت شیب ۴ ایستگاه مورد مطالعه

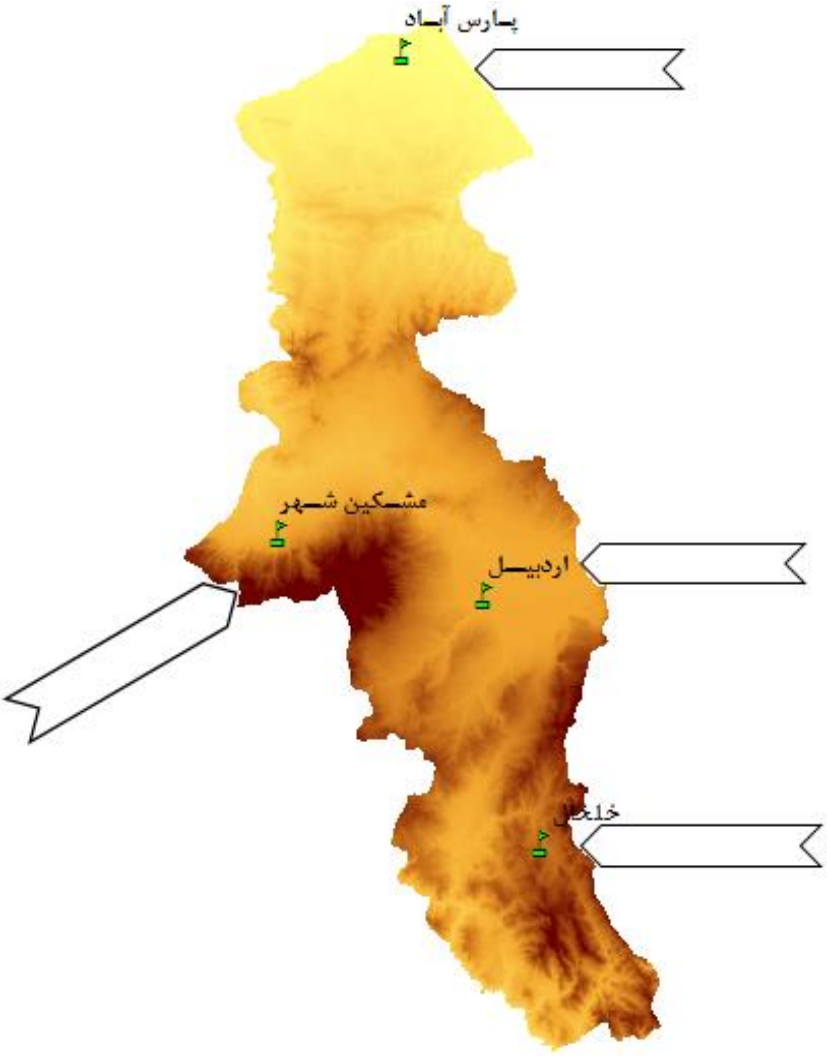
کارکرد توربین بادی مدل AV۹۲۸ که در سرعت ۳ m/s شروع به تولید برق می‌کند برای آگاهی از کارکرد آن باید از وضعیت و جهت غالب، برداری و سمت سریع‌ترین باد و ضریب پایداری و درصد غالب باد باید دوره‌های آماری آن را بدست آمد که در جدول (۱) ابتدا میانگین سرعت باد در سه واحد و جهت باد غالب آن و در شکل (۴) روند میانگین سرعت باد در ۴ ایستگاه مشخص و شکل (۵) مسیر وزش باد و شکل (۶) که در آن مقدار وزن ایستگاه‌ها از لحاظ میانگین سرعت باد حساب شد و می‌توان در اشکال مذکور مشاهده کرد.

جدول ۱- توزیع جهت باد غالب و سرعت آن در ۳ واحد: نات، کیلومتر بر ساعت و متر بر ثانیه

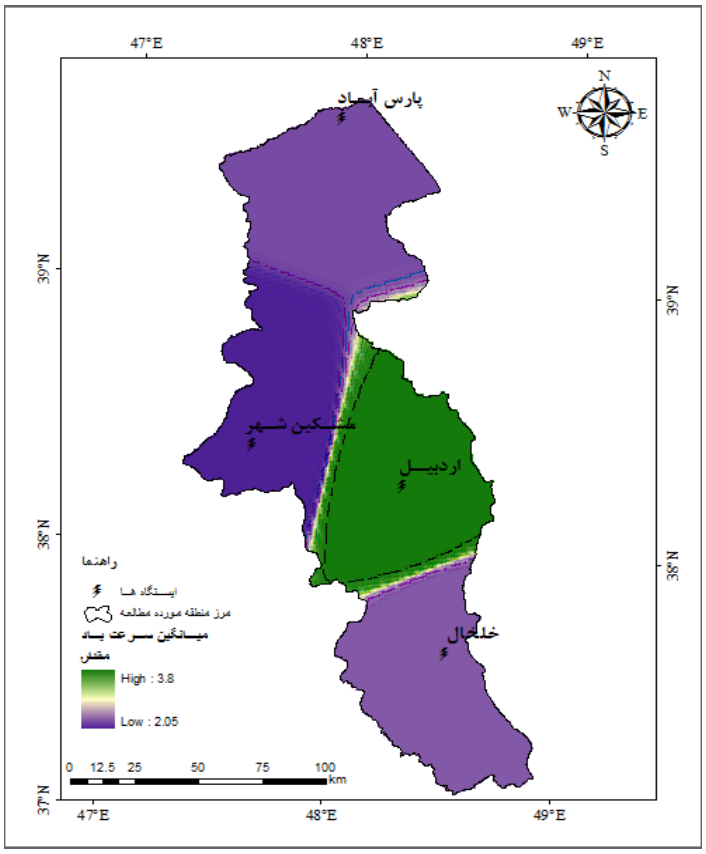
ایستگاه ها	میانگین سرعت باد به نات	کیلومتر بر ساعت	متر بر ثانیه	سمت باد غالب	
اردبیل	۷/۴	۱۳/۷	۳/۸	۹۰	باد شرقی
خلخال	۴/۵	۸/۳۳	۲/۳۱	۹۰	باد شرقی
پارس آباد	۴	۷/۴	۲/۰۵	۹۰	باد شرقی
مشکین شهر	۴/۴	۸/۱۴	۲/۲۶	۲۲۵	باد جنوب غربی



شکل ۴- نمودار میانگین سرعت باد ۴ ایستگاه



شکل ۵- مسیر وزش باد غالب ایستگاه‌ها (مآخذ: نتایج تحقیق)

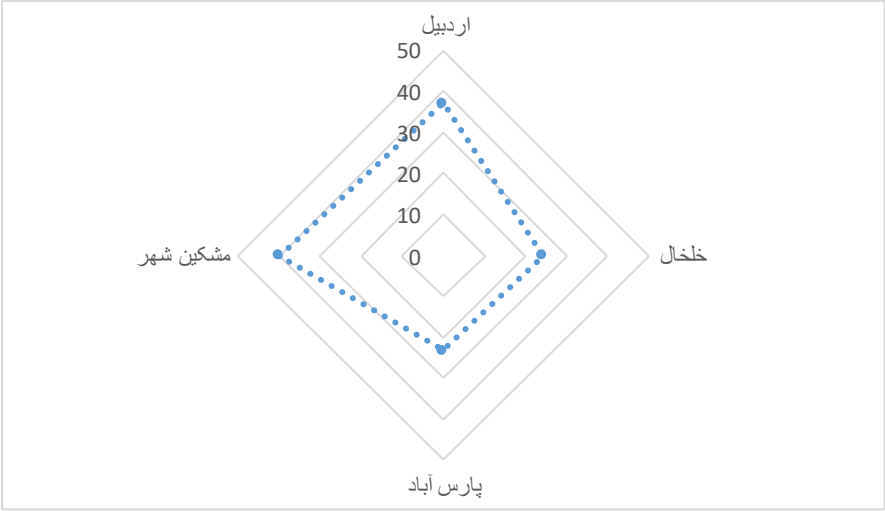


شکل ۶- میانگین سرعت باد (m/s) ۴ ایستگاه مورد مطالعه(مآخذ: نتایج تحقیق)

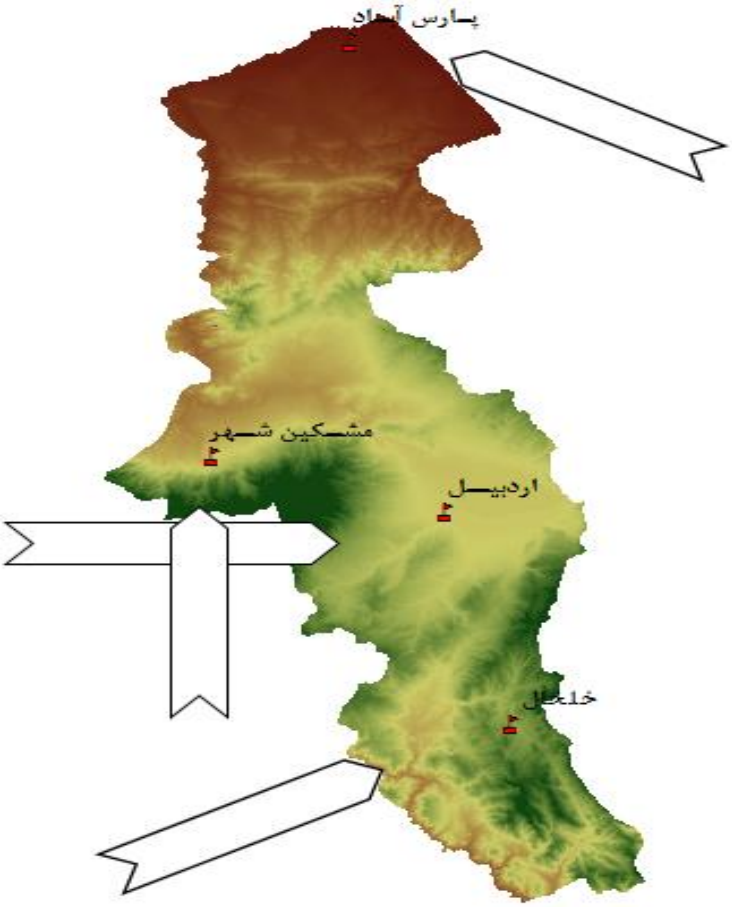
همان‌طور که ذکر گردید باید از کلیه ویژگی‌های باد برای احداث توربین به‌دست آورد که برای این کار در جدول (۲) توزیع جهت سریع‌ترین باد غالب، مقدار تاریخ وقوع آن و سرعت باد در دو واحد کیلومتر بر ساعت و متر بر ثانیه آورده شده، شکل (۷) سرعت سریع‌ترین باد ۴ ایستگاه، و در شکل (۸) مسیر وزش سریع‌ترین باد ایستگاه‌ها و شکل (۹) سرعت سریع-ترین باد (m/s) ذکر شده و قابل مشاهده می‌باشد. و هم‌چنین در جدول (۳) توزیع ضریب پایداری، درصد غالب و جهت برداری باد قابل ذکر و در شکل (۱۰) درصد باد غالب ۴ ایستگاه، شکل (۱۱) ضریب پایداری باد ۴ ایستگاه که در نمودار راداری می‌باشد و شکل (۱۲) مسیر وزش برداری باد ایستگاه‌ها را قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۲- توزیع جهت سریع‌ترین باد غالب، تاریخ وقوع آن و سرعت باد در دو واحد کیلومتر بر ساعت و متر بر ثانیه

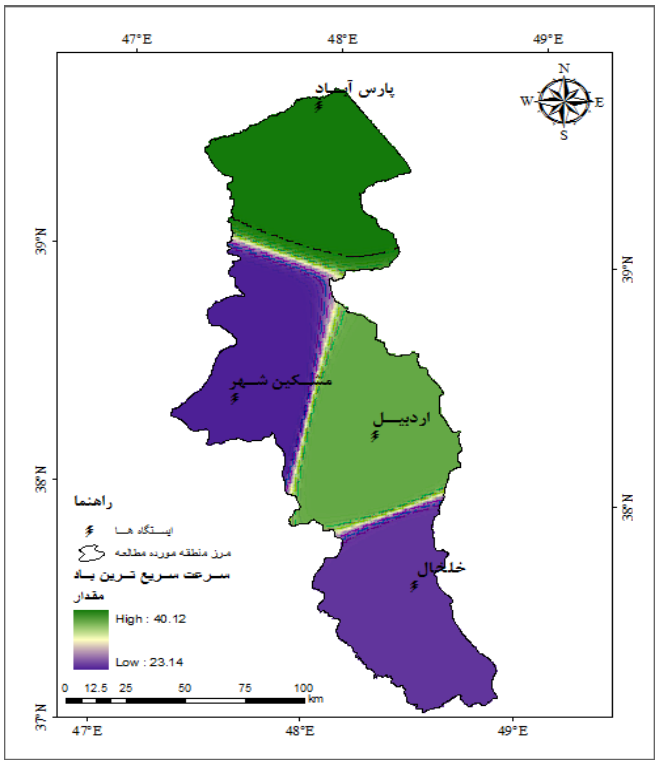
ایستگاه ها	سرعت سریع‌ترین باد	کیلومتر بر ساعت	متر بر ثانیه	تاریخ وقوع آن	سمت سریع‌ترین بادغالب	
اردبیل	۷۲	۱۳۳/۳۴	۳۷/۰۳	۱۰ روز از سال	۲۷۰	باد غربی
خلخال	۴۷	۸۷/۰۴	۲۴/۱۷	۹۰ روز از سال	۲۱۰	باد جنوب غربی
پارس آباد	۴۵	۸۳/۳۴	۲۳/۱۴	۸۹ روز از سال	۱۳۰	باد جنوب شرقی
مشکین شهر	۷۸	۱۴۴/۴۵	۴۰/۱۲	۴ روز از سال	۱۸۰	باد جنوبی



شکل ۷- نمودار سرعت سریع‌ترین باد ۴ ایستگاه



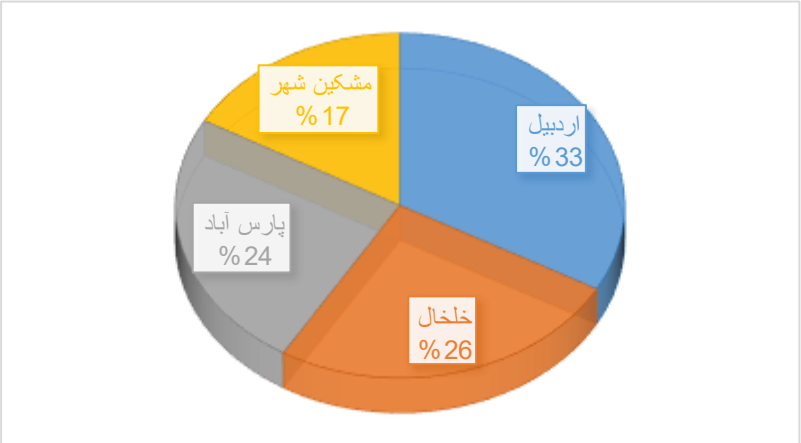
شکل ۸- مسیر وزش سریع‌ترین باد ایستگاه‌ها (مآخذ: نتایج تحقیق)



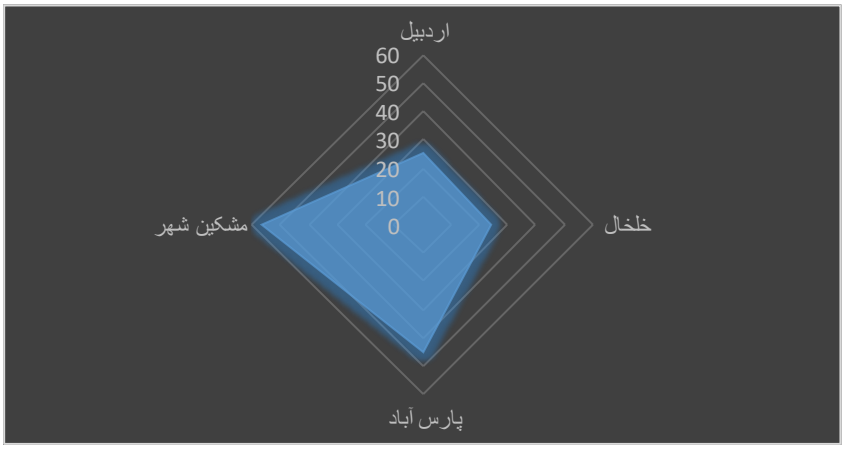
شکل ۹- سرعت سریع‌ترین باد (m/s) ۴ ایستگاه مورد مطالعه

جدول ۳- توزیع ضریب پایداری، درصد غالب و جهت برداری باد

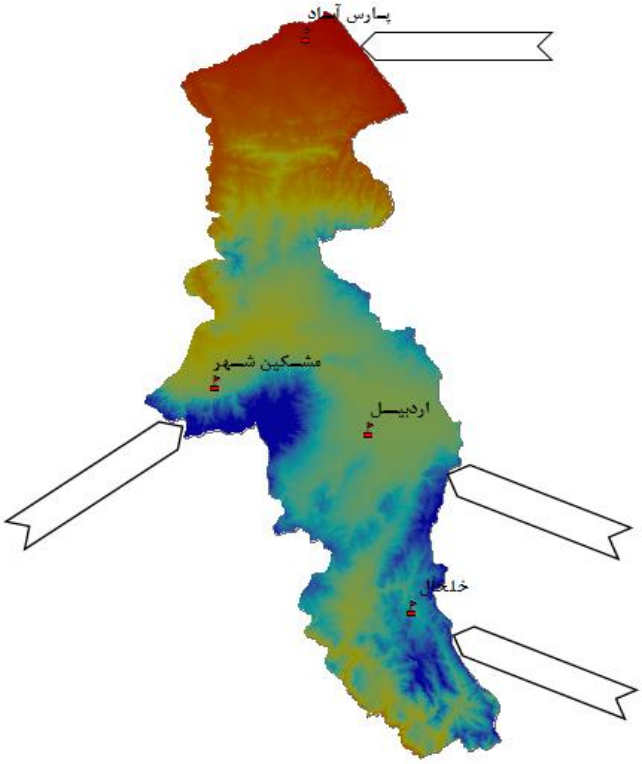
ایستگاه‌ها	سمت برداری		ضریب پایداری باد	درصد باد غالب
اردبیل	۱۱۹	باد جنوب شرقی	۲۵/۴	۲۳/۲
خلخال	۱۳۳	باد جنوب شرقی	۲۴/۴	۱۸
پارس آباد	۱۰۳	باد شرقی	۴۵	۱۷/۲
مشکین شهر	۲۰۶	باد جنوب غربی	۵۶/۸	۱۱/۸



شکل ۱۰- نمودار درصد باد غالب ۴ ایستگاه



شکل ۱۱- نمودار ضریب پایداری باد ۴ ایستگاه

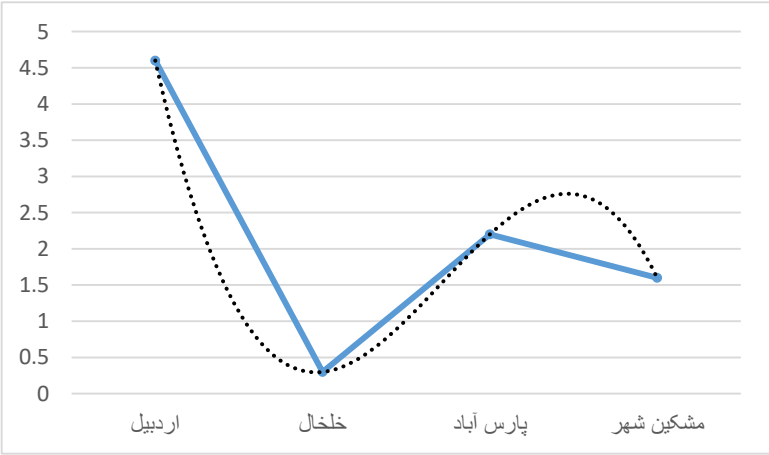


شکل ۱۲- مسیر وزش برداری باد ایستگاه‌ها

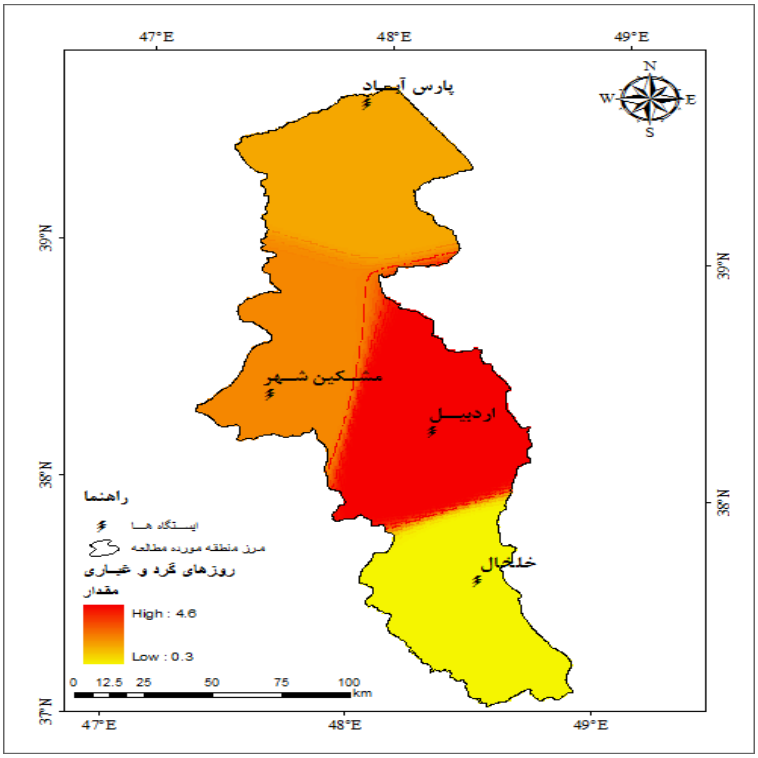
برای استفاده از توربین بادی و جلوگیری از خسارات وارده و حاصل از بادهای اضافی لازم است از عوامل زیست محیطی هم‌چون تعداد روزهای گرد و غباری که در شکل (۱۳) وزن حاصل از این داده؛ شکل (۱۴) مقدار روند آن و در جدول (۴) مقادیر تعداد روزهای گرد و غباری به‌دست آمده است و تعداد روزهای طوفان‌های تندری در شکل (۱۵)، در شکل (۱۶) و جدول (۴) می‌توان مقادیر و تاثیرات این مقدار داده(تعداد روزهای طوفان تندری را مشاهده کرد و لازم به ذکر است که این مدل از توربین‌ها وقتی سرعت باد به سرعت ۲۵ m/s برسد خودکار برای جلوگیری از وارد آمدن صدمه به توربین، آن را متوقف می‌کند.

جدول ۴- توزیع فراوانی روزهای گرد و غباری و طوفان‌های تندری

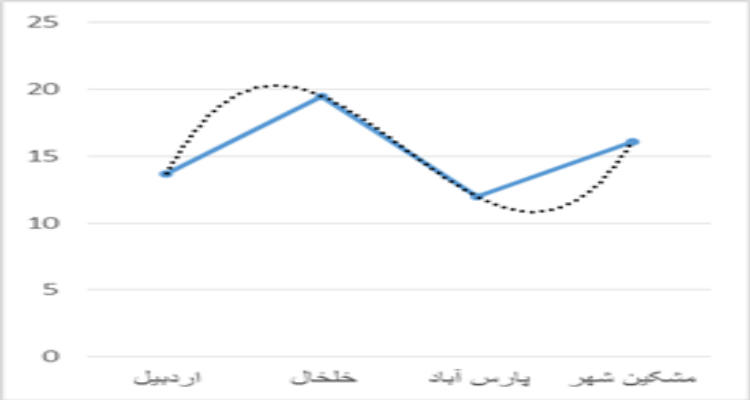
ایستگاه‌ها	تعداد روز های با طوفان تندری	تعداد روزهای توام با طوفان گرد و خاک
اردبیل	۱۳/۷	۴/۶
خلخال	۱۹/۵	۰/۳
پارس آباد	۱۲	۲/۲
مشکین شهر	۱۶/۱	۱/۶



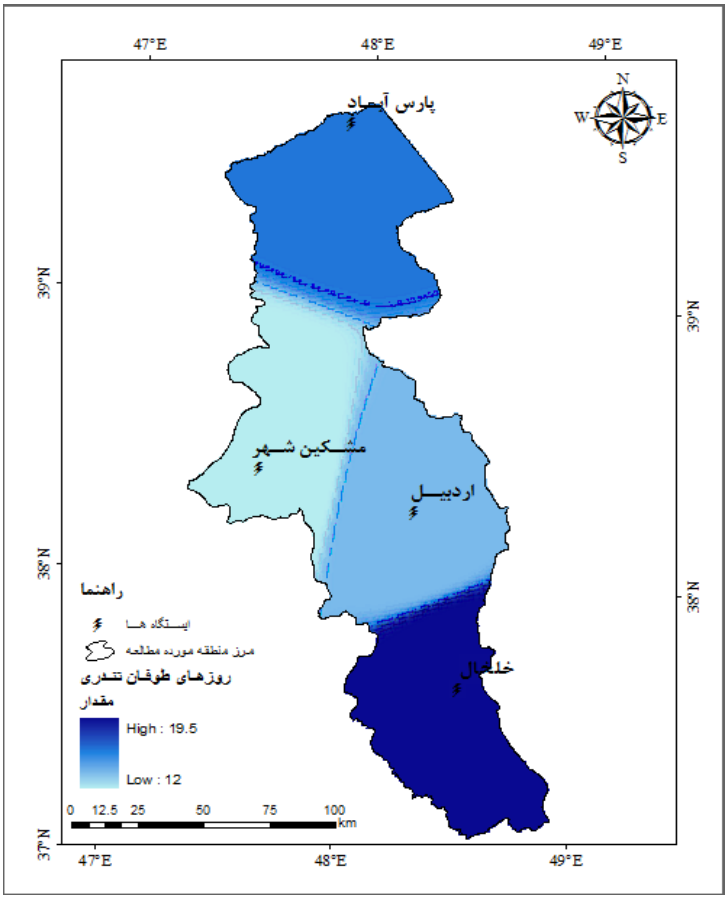
شکل ۱۳- نمودار تعداد روزهای توام با طوفان گرد و خاک ۴ ایستگاه



شکل ۱۴- تعداد روزهای گرد و غباری (m/s) ۴ ایستگاه مورد مطالعه



شکل ۱۵- نمودار تعداد روزهای طوفان تندری ۴ ایستگاه



شکل ۱۶- تعداد روزهای طوفان تندری (m/s) ۴ ایستگاه مورد مطالعه

بحث و نتیجه گیری

این پژوهش روش ارزیابی چند معیاره زیست محیطی(عوامل و عناصر جغرافیایی و اقلیمی)، در محیط GIS برای تعیین و تخمین پتانسیل مکان‌های مطلوب احداث توربین‌های بادی در استان اردبیل در شمال غرب کشور را ارایه می‌کند. به طور خاص، این مطالعه کاربردی از روش‌های idw و slope و extract mask وزن دهی داده‌های زیست محیطی و

جغرافیایی و اقلیمی برای تولید طیف گستردهای از گزینه‌های تصمیم‌گیری برای مسایل مکان‌یابی توربین‌های بادی مناسب ارایه کرده است. در این پژوهش از معیارهایی شامل، شیب، ارتفاع، پتانسیل سرعت باد (ارتفاع ۶۰ متری از سطح زمین)، مناطق اسکان، روزهای گرد وغبار و تعداد روزهای طوفان‌های تندری در مکان‌یابی مکان‌های احداث مزارع توربین‌های بادی استفاده شده است. با توجه به یافته‌های این تحقیق، توان سیستم اطلاعات جغرافیایی در مدل‌سازی و هم‌چنین کمک به برنامه‌ریزی محیطی با قابلیت ترکیب معیارهای کمی و کیفی در مقیاس‌های مختلف به خوبی قابل مشاهده است. تا بر اساس داده‌های مکانی، تصمیم‌گیری بهتری بویژه در موضوع انرژی‌های تجدیدپذیر در راستای توسعه پایدار داشته باشند، و محل احداث توربین بادی ۲/۵ مگاواتی AV۹۲۸ ثامن در ۴ ایستگاه مذکور در ۳ کلاس عالی و خوب و ضعیف قرار گرفت که ایستگاه اردبیل در اولویت اول و دو ایستکاه مشکین‌شهر و خلخال در کلاس دوم و ایستکاه پارس‌آباد در کلاس ضعیف قرار گرفت.

منابع

1) Voivontas D, Assimacopoulos D, Mourelatos A, Comorians J. Renewable Energy. 1998. “Evaluation of renewable energy potential using a GIS decision support system”; 13-3:333- 44.
2) Tester J.W, Drake E.M, Driscoll M.J, Golay M.W, Peters W.A. 2005. Sustainable energy; choosing among options. Cambridge, MA: The MIT Press.
3) Ramirez-Rosado I.J, Garcia-Garrido E, Fernandez-Jiménez A, Zorzano-Santa-maria P.J, Monteria C, Miranda V. Renewable Energy. 2008. “Promotion of new wind farms based on a decision support system”; 33: pp.558-66.
۴) سلطانی، باقر، غلامیان، اصغر، فراهانی، کسری، ۱۳۸۹، بررسی پتانسیل انرژی باد در بندر امیر آباد به منظور امکان‌سنجی تاسیس نیروگاه بادی، نشریه انرژی ایران، دره ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۸۹.
5) Zambelli, P & Lora, C & Spinelli, R & Tattoni, C & Vitti, A & Zatelli, P & Ciolli, M. (2012), "Title of the journal Paper", A GIS Decision Support System for Regional Forest Management to Assess Biomass Availability for Renewable Energy Production, Environmental Modeling & Software, Vol. 38, PP. 203-213.
۶) اسفندیاری، علی، رنگزی، کاظم، صابری، عظیم و مهدی فتاحی مقدم (۱۳۹۰)، پتانسیل سنجی احداث نیروگاههای خورشیدی با بررسی پارامترهای اقلیمی در استان خوزستان با است فاده از GIS، همایش ملی ژئوماتیک ۹۰ .اصغرپور، م (۱۳۹۰)، تصمیم‌گیری‌های چند معیاره، انتشارات دانشگاه تهران چاپ دهم.
۷) عبدی، حمدی، حسین‌زاده، تقی، ذاکری‌فر، رزم‌آرا، عباسیه کهن، حسن، هاشمی، ابراهیم؛ ۱۳۹۰، امکان‌سنجی احداث نیروگاه بادی ۱۰ مگاواتی مراوه تپه، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۴، شماره ۱. بهار ۱۳۹۰.
۸) تای – چی. و، یوئن.ب، (۱۳۹۲)، برنامه‌ریزی شهر اکولوژیک، سیاست‌ها، تجارب و طراحی، رهنما، محمد رحیم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.
۹) صادقی، زین العابدین، دلال باشی، زهرا، حری، حمیدرضا؛ ۱۳۹۲، اولویت‌بندی عوامل موثر بر مکان-یابی نیروگاه‌های انرژی‌های تجدیدپذیر(انرژی خورشیدی و انرژی باد) استان کرمان با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (gis) و تکنیک تصمیم‌گیری چند معیاره،مجله پژوهش‌های برنامه-

ریزی و سیاستگذاری انرژی سال یکم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۲، صص ۱۱۰-۹۳.

۱۰) آقاجانی،حسین، فتاحی‌مقدم، مهدی، اکبری، هدی، فتاحی، رضا، ۱۳۹۴، مکان‌یابی توربین‌های بادی مبتنی بر ارزیابی فضایی زیست محیطی (نمونه موردی: استان خراسان)، نشریه انرژی ایران، دوره ۱۸، شماره ۱، بهار ۱۳۹۴.

۱۱) گندمکار، امیر، ۱۳۸۸، ارزیابی انرژی باد در کشور ایران، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۰، شماره پیاپی ۳۶، صص ۱۰۰-۸۶.

۱۲) امانی، ابوالفضل، حسینی‌شمعچی، عباس، ۱۳۸۹، بررسی انرژی پتانسیل باد در ایستگاه‌های حوضه آبریز رودخانه ارس جنوبی، مجله علمی پژوهشی فضای جغرافیایی، سال ۱۰، شماره ۲۹، صص ۲۶-۱.

۱۳) .نعمت‌الهی، امید، علمداری، پوریا، عالم‌رجبی، علی-اکبر، ۱۳۹۰، تحلیل آماری استفاده از انرژی باد در استان آذربایجان شرقی مطالعه موردی: اهر، پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط-زیست، تهران.