تعیین گستره افقی باد سیستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای

امیر گندمکار *
استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد

چکیده

شناخت انرژی باد و ویژگی‌های آن می‌تواند برنامه‌ریزان را در استفاده از این انرژی پاک، تجدید پذیر و رایگان یاری نماید. کشور ایران در منطقه وزش بادهای غربی واقع شده است و جهت عمومی وزش بادها در ایران هم از شمال غربی تا جنوب غربی است. اما در بعضی نواحی ایران به دلیل شرایط خاص منطقه‌ای و همچنین عوامل سینوپتیکی جو، جهت وزش باد متفاوت از جهت عمومی وزش بادهای ایران است و همچنین سرعت وزش باد هم از سرعت متوسط وزش بادهای غربی بیشتر است.

بر اساس آمار مربوط به سرعت و سمت وزش باد در ۱۲۰ ایستگاه سینوپتیک، کشور ایران به ۱۰ پهنه بادی بزرگ تقسیم می‌شود که هر پهنه از نظر سمت و سرعت وزش باد در زمان‌های مختلف سال دارای ویژگی‌های خاص خود است. وسیع ترین پهنه بادی ایران پهنه بادی وزش باد سیستان است که محدوده وسیعی از استان‌های سیستان و بلوچستان، کرمان، خراسان جنوبی، خراسان رضوی، یزد و اصفهان را شامل می‌شود.

واژگان کلیدی: **تحلیل چند متغیره، تحلیل خوشه‌ای، رژیم‌های بادی، سمت، سرعت باد.**

مقدمه

به منظور بررسی دقیق‌تر و صحیح‌تر هر کدام از عناصر اقلیمی، پهنه‌بندی عناصر یکی از روش‌های مرسوم در مطالعات اقلیم است. با پهنه‌بندی می‌توان نواحی همگن را از نظر آن عنصر اقلیمی مورد بررسی قرار داد و ویژگی‌های آن عنصر اقلیم و تغییرات آن را بهتر و دقیق‌تر شناسایی کرد.

کاویانی (۱۳۷٤) با بررسی انواع توربین‌های بادی و میزان انرژی باد و سرعت لازم برای تولید برق بادی، با استفاده از آمار ۵ ساله باد (۱۹۸۱ تا ۱۹۸۵) در ایستگاه‌های سینوپتیک کشور، به ارزیابی پتانسیل انرژی باد در ایران پرداخت و نتیجه گرفت که در کل کشور ایستگاه زابل بهترین شرایط را برای احداث مزارع بادی دارد.

حسین‌زاده (۱۳۷٦) با استفاده از نقشه‌های روزانه فشار تراز دریا و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به نتایج ذیل دست یافت: جهت بادها در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال هیچ ارتباطی با تراز دریا ندارد و بادهای ۱۲۰ روزه سیستان یکی از پدیده‌های سطح زمین هستند و به ندرت به سطوح بالاتر گسترش می‌یابند.

* نویسنده مسئول : ۰۹۱۳۳۲٥٤۰۹۷
E-mail: aagandomkar@yahoo.com

بادهای ۱۲۰ روزه سیستان معروف‌ترین بادهای محلی ایران می‌باشند که از اواسط ماه می (اوایل خردادماه) تا اواسط ماه سپتامبر (اواخر شهریور ماه) با جهت شمال غربی تا شمال شرقی در منطقه وسیعی از استان‌های سیستان و بلوچستان، خراسان جنوبی و خراسان رضوی می‌وزد (گندمکار و کیارسی، ۱۳۸۵).

بادهای ۱۲۰ روزه سیستان از نظر پراکندگی زمانی و مکانی و سرعت وزش دارای تنوع زیادی است. ایستگاه زابل دارای سریع‌ترین بادها است. در زابل وزش بادهای قوی (بالاتر از ۸ گره) از ماه فوریه شروع شده و تا ماه نوامبر ادامه می‌یابد (کاویانی، ١٣٧٤).

سرعت وزش باد در دو ایستگاه ایران با دیگر ایستگاه‌ها تفاوت فاحشی دارد، این دو ایستگاه منجیل و زابل هستند. در زابل باد در فصل تابستان شدید است و در دیگر فصول از سرعت آن کاسته می‌شود (مسعودیان و کاویانی، ۱۳۸۷).

در این پژوهش سعی بر آن است تا با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، گستره افقی باد سیستان مشخص شود تا بتوان با شناخت ویژگی‌های باد در این منطقه وضعیت آماری و دینامیک آن را بهتر و دقیق‌تر شناسایی کرد.

داده‌ها و روش‌شناسی

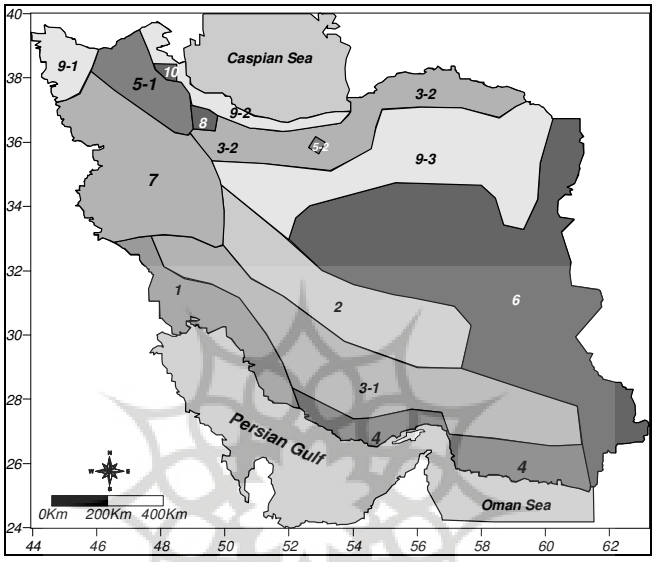
برای شناخت محدوده افقی وزش باد سیستان از آمار ۱۰ ساله سمت و سرعت باد در فاصله زمانی ۳ ساعته (۸ اندازه‌گیری در روز طی ساعت‌های ۰۰، ۰۳، ۰٦، ۰۹، ۱۲، ۱۵، ۱۸ و ۲۱ بر اساس زمان گرینویچ) در ۱۲۰ ایستگاه سینوپتیک کشور که دارای آمار کامل بودند، استفاده شد. این اطلاعات مربوط به سال‌های ١٩٩٤ تا ۲۰۰۳ میلادی برابر با سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ خورشیدی بوده است.

این داده‌ها در دو ماتریس با ابعاد ۱۲۰×۲۹۲۱۷ تشکیل شد به طوری که بر روی ستون‌ها، ایستگاه‌ها و بر روی سطرها داده‌های سرعت و جهت باد قرار گرفت. سپس یک تجزیه و تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی با روش پیوند وارد بر روی ماتریس‌ها انجام گرفت و ایستگاه‌های با ویژگی‌های باد همسان در گروه‌های مشترک قرار گرفتند. تعداد خوشه‌ها ابتدا ۱۵ خوشه در نظر گرفته شد که در مرحله بعد و پس از ترسیم درخت خوشه‌ها (دندوگرام) و بررسی خروجی‌های مدل و تغییرات شباهت درون‌گروهی و فاصله بین مشاهدات درون گروه‌ها، تعداد خوشه‌ها به ۱۰ خوشه کاهش یافت (گندمکار، ۱۳۸۵، ۸۳) (شکل ۱).

خوشه‌های ۱، ۲، ٤، ٦، ۷، ۸ و ۱۰ هر کدام فقط یک منطقه از کشور را در بر گرفتند اما خوشه‌های ۳، ۵ و ۹ بیش از یک بخش از کشور را فرا گرفته‌اند.

خوشه ۱ شامل نواحی پست و جلگه‌ای استان خوزستان است. خوشه ۲ شامل دامنه‌های داخلی کوه‌های زاگرس است. خوشه ۳ شامل دو بخش مجزا است، بخش اول بخش‌های جنوبی کوه‌های زاگرس و امتداد آن تا کوه‌های استان کرمان است و بخش دوم بخش‌های شرقی کوه‌های زاگرس است. خوشه ٤ شامل سواحل جنوبی و جنوب شرقی کشور است. خوشه شماره ۵ شامل دو بخش مجزا است، بخش اول شامل نواحی

شمالی استان آذربایجان شرقی و بخش دوم فیروزکوه و اطراف آن است. خوشه ٦ که وسیع ترین پهنه بـادی کشور است شامل پهنه بادی سیستانی است. خوشه ۷ شامل نواحی غربی کشور است. خوشه ۸ منطقه منجیل و اطراف آن را شامل می‌شود. خوشه ۹ شامل سه بخش مجزا است، بخش اول قسمت‌های شمال‌غربی کشور را در بر دارد، بخش دوم شامل سواحل دریای خزر است و بخش سوم هم کوه پایه‌های جنوبی البرز را شامل می‌شود. خوشه ۱۰ هم شامل شهر اردبیل و اطراف آن است.



شکل ۱. پهنه‌بندی کشور ایران بر اساس رژیم‌های باد

برای طبقه‌بندی یک سری داده روش‌های گوناگونی وجود دارد که ساده‌ترین آن اسـتفاده از تحلیـل‌هـای ساده آماری مانند استفاده از میانگین و انحراف معیار است. به طوری که در این روش‌ها نقاط با میاگین مشابه در یک طبقه قرار می‌گیرند و یا نقاط با انحراف معیار مشابه در یک گروه جای داده می‌شوند. اما امروزه برای طبقه‌بندی مشاهدات از روش‌های آماری چند متغیره استفاده می‌شود. یکی از این روش‌هـا خوشـه‌بنـدی یـا تحلیل خوشه‌ای است.

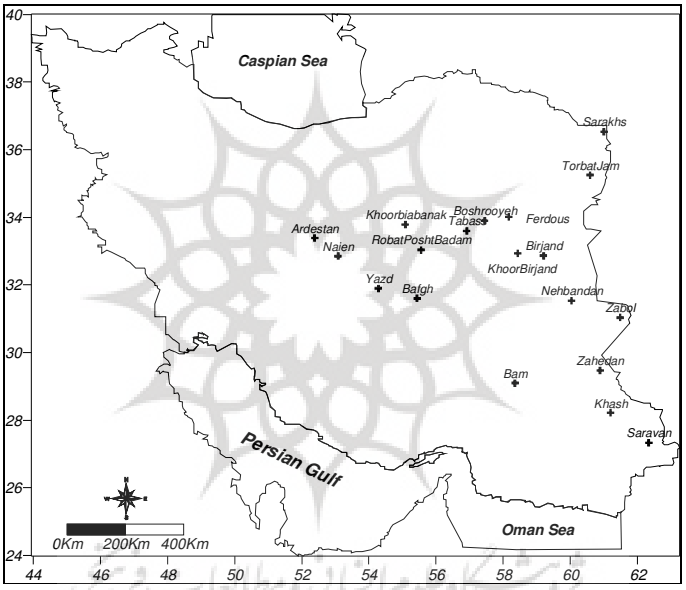
تحلیل خوشه‌ای یک روش آماری چند متغیره است که بـرای گـروه‌بنـدی مجموعـه‌ای از مـشاهدات یـا متغیرها به کار می‌رود (Johnson and Wichern, 1988, P 185).

گروه‌بندی مشاهدات بر اساس فاصله بین آن‌ها را خوشه‌بندی گویند. هـدف اصـلی خوشـه‌بنـدی ایجـاد گروه‌هایی است که تنوع و تفرق درون‌گروهی آنها کمتر از تفرق و پراکنش بین‌گروهی باشد (کالکـستاین بـه نقل از علیجانی، ۱۳۸۱، ۹۷).

تحلیل خوشه‌ای یک روش آماری برای گروه‌بندی داده‌ها یا مشاهدات بـا توجـه بـه شـباهت یـا درجـه نزدیکی آن‌ها است. با این روش، داده‌ها یا مشاهدات به دسته‌های همگن و متمایز از هـم تقـسیم مـی‌شـوند (نوری امامزاده، ۱۳۸۲، ۱۳٤).

بحث

پهنه بادی سیستان وسیع‌ترین و باد خیزترین پهنه بادی در ایران است. این پهنه تمامی نواحی شرقی کشور از جنوب شرق تا شمال شرق و همچنین بیشتر دشت‌های مرکزی از جمله بخش‌هایی از دشت کویر و کویر لوت را در بر گرفته است. مساحت این پهنه حدود ٤٥٥٧٠٠ کیلومترمربع است و بیش از ٢٧/٦٪ از خاک ایران را به خود اختصاص داده است. ایستگاه‌هایی که در این منطقه قرار دارند عبارتند از ایستگاه‌های سراوان، خاش، زاهدان و زابل در استان سیستان بلوچستان، ایستگاه‌های نهبندان، بیرجند، بشرویه، فردوس و خوربیرجند در استان خراسان جنوبی، ایستگاه‌های تربت جام و سرخس در استان خراسان رضوی، ایستگاه بم در استان کرمان، ایستگاه‌های بافق، یزد، رباط پشت بادام و طبس در استان یزد و ایستگاه‌های نایین، خور و بیابانک و اردستان در استان اصفهان (شکل ۲).



شکل ۲. محدوده پهنه بادی سیستان

باد خیزترین ایستگاه در این منطقه ایستگاه زابل با متوسط سالانه ۱۲ گره است، ایستگاه خور بیرجند با متوسط سالانه ٨/٨٦ گره در رتبه دوم، ایستگاه تربت جام با متوسط سالانه ۷/۵ گره در رتبه سوم و ایستگاه اردستان با متوسط سالانه ۷ گره در رتبه چهارم قرار دارند.

زمان شروع باد خیزی در پهنه بادی سیستان از بهمن‌ماه است. در این ماه سه ایستگاه زابل، زاهدان و خاش دارای سرعت‌های بالای ۸ گره می‌شوند. جهت وزش باد در این زمان در ایستگاه‌های زابل و خاش شمال غربی و در ایستگاه زاهدان شمال شرقی است.

در ماه خرداد یک تغییر ناگهانی در وضعیت وزش باد در پهنه بادی سیستانی رخ می‌دهد. در این زمان تعداد ایستگاه‌های باد خیز و سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌ها افزایش قابل توجهی را نشان می‌دهند و در

واقع زمان شروع بادهای معروف ۱۲۰ روزه سیستان در همین ماه است. تعـداد ایـستگاه‌هـای بـاد خیـز از ۷ ایستگاه در اردیبهشت‌ماه به ۱۱ ایستگاه افزایش می‌یابد. در تیرماه و همزمان با ادامـه گرمـای هـوا در منطقـه سرعت باد هم در بیشتر ایستگاه‌ها افزایش می‌یابد و توان باد خیزی منطقه افزایش می‌یابـد. در واقـع تیرمـاه نقطه اوج وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است و به حداکثر گسترش مکانی خود می‌رسد و از نظر سـرعت وزش هم به بالاترین سرعت می‌رسد.

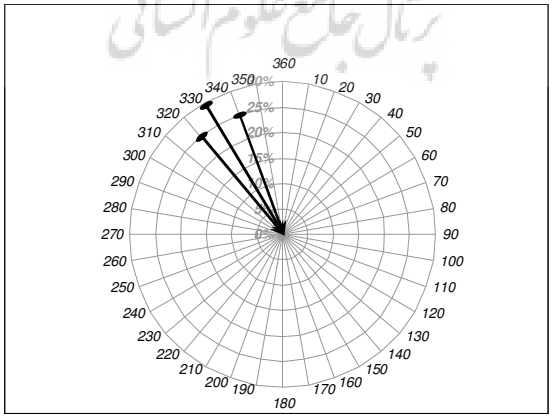
در ماه مرداد هم وضعیت وزش باد در پهنه بادی سیستانی همانند ماه تیر است و ایستگاه‌های این منطقـه بالاترین سرعت‌های وزش باد خود را تجربه می‌کنند.

در اوایل ماه شهریور وضعیت وزش باد مشابه ماه‌های تیر و مرداد است اما از اواسط این ماه و بـا شـروع کاهش دمای هوا، سرعت باد در بیشتر ایستگاه‌های منطقه کاهش می‌یابد و تعداد ایستگاه‌های باد خیز هم بـه طور ناگهانی کاهش می‌یابد و از ۱۰ ایستگاه در ماه قبل به ٤ ایستگاه می‌رسد. در ادامه وضعیت وزش باد در چهار ایستگاه زابل، خوربیرجند، تربت جام و اردستان برای مقایسه مورد بررسی قرار می‌گیرد.

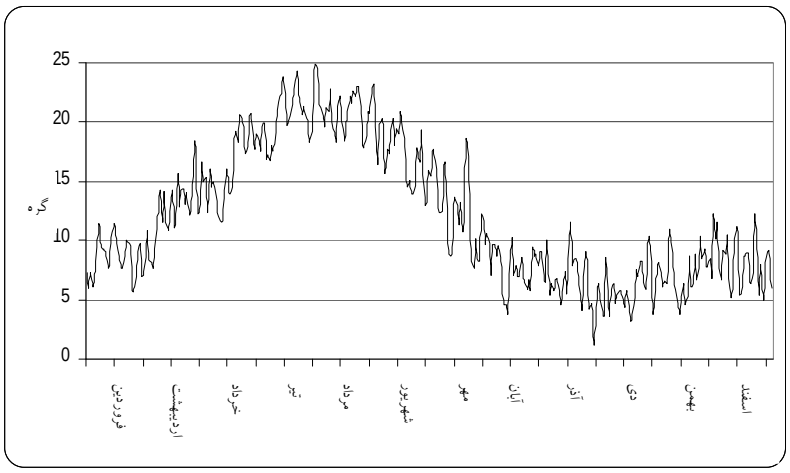
ایستگاه زابل واقع در شرق ایران و شمال شرق استان سیستان و بلوچستان و همچنین در مجاورت کشور افغانستان در ارتفاع ٤٨٩ متری از سطح دریا واقع شده است.

بر اساس میانگین‌های بلند مدت ماهانه سرعت باد در زابل، ماه‌های تیر و مرداد با متوسـط سـرعت ۱۸/٦ گره دارای بالاترین سرعت هستند. در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، شهریور و مهر هم متوسط سرعت باد بالای ۸ گره است و کم‌ترین متوسط سرعت مربوط به آذر ماه با سرعت متوسط ۳/٦ گره استلم ٌا از نظـر جهـت وزش باد غالب ماهانه طی ۹ ماه جهت وزش باد غالب ماهانه شمالی است، ولی طی ماه‌هـای خـرداد، تیـر و مرداد که باد خیزترین ماه‌های سال هستند، جهت وزش باد غالب شمال غربی است. در بررسی متوسط جهت وزش باد ماهانه مشخص می‌شود که در تمام ماه‌های سال متوسط جهت وزش باد بـین ۳۳۰ تـا ۳٤٥ درجـه است (شکل ۳).

بر اساس بررسی آمار ۳ ساعته باد در ایستگاه زابل، متوسط سالانه سرعت باد در این ایستگاه ۱۲ گـره (٦ متر بر ثانیه) است.



شکل ۳. نمودار جهت‌های اصلی وزش باد در ایستگاه زابل

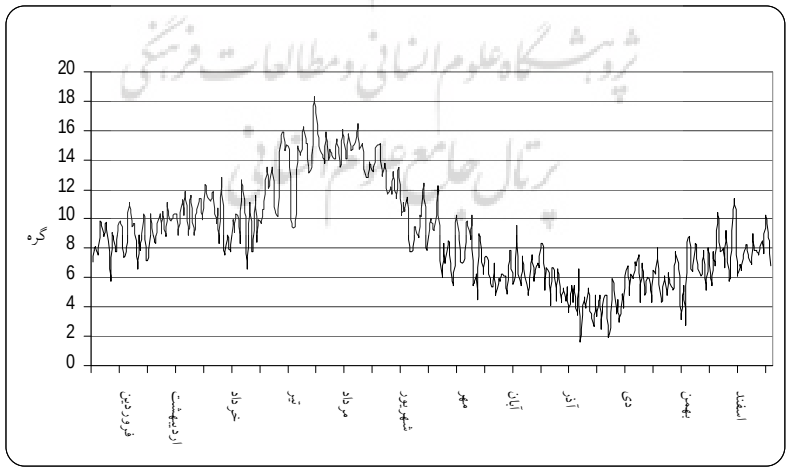


شکل ٤. میانگین روزانه سرعت وزش باد در ایستگاه زابل (۱۳۸۲-۱۳۷۲ خورشیدی)

میانگین روزانه سرعت وزش باد در ایستگاه زابل بیان می‌کند که از اوایل خردادماه سرعت باد به طور قابل توجهی افزایش می‌یابد و از حدود ۸ گره در اردیبهشت به حدود ۱۵ گره در خردادماه و حدود ۲۰ گره در ماه‌های تیر و مرداد می‌رسد و این سرعت بالا تا اواخر شهریور ماه ادامه دارد(شکل ٤).

بررسی سری زمانی وزش باد در زابل هم یک رژیم بسیار قوی سالانه را نشان می‌دهد، به این صورت که سرعت باد در آذر و دی کمترین مقدار خود را دارد و به تدریج افزایش یافته و در اواخر تیرماه به اوج می‌رسد و سپس سیر نزولی طی کرده و تا آذرماه سرعت باد کاهش می‌یابد.

ایستگاه خور بیرجند در شرق کشور و در نواحی غربی شهرستان بیرجند در ارتفاع ۱۱۱۷ متری از سطح دریا واقع شده است. این ایستگاه از نظر باد خیزی در بین ایستگاه‌های این منطقه در رتبه دوم قرار دارد.



شکل ۵. میانگین روزانه سرعت وزش باد در ایستگاه خور بیرجند (۱۳۸۲-۱۳۷۲ خورشیدی)

بر اساس میانگین‌های بلند مدت ماهانه سرعت باد در ایستگاه خور بیرجند، ماه‌های تیر و مرداد با متوسط سرعت بالای ۱۵ گره دارای بالاترین سرعت هستند و پس از این دو ماه، ماه‌های بهمـن، اسـفند، فـروردین، اردیبهشت، خرداد و شهریور هم دارای متوسط سرعت بالای ۸ گره قرار هستند. ماه آذر بـا متوسـط سـرعت حدود ٤ گره دارای کمترین سرعت باد است. بر این اساس در ایستگاه خور بیرجند همانند زابل تابستان بـاد خیزترین فصل است و در اواخر پاییز و اوایل زمستان در این ایستگاه پایین‌ترین سـرعت‌هـای بـاد مـشاهده می‌شود (شکل ۵).

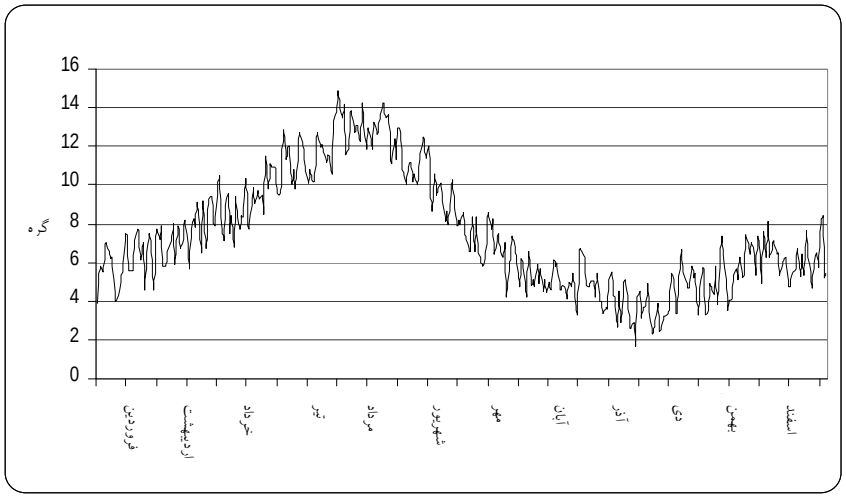
در بررسی جهت وزش باد غالب ماهانه در خور بیرجند مشخص شد که باد غالب در این ایـستگاه دارای جهت شمالی و شمال‌شرقی است. همچنین متوسط جهت وزش باد ماهانه هم نـشان مـی‌دهـد کـه در تمـام ماه‌های سال متوسط جهت وزش باد بین ۲۷٤ تا ۳٦۰ درجه و ۲۰ تا ۳۷ درجه، یعنی جهت‌های شمال‌غربـی، شمالی و شمال‌شرقی است.

بر اساس بررسی آمار ۳ ساعته سرعت وزش باد در ایستگاه خور بیرجند، متوسط سالانه سـرعت بـاد در این ایستگاه ۸/۸٦ گره (٤/٤ متر بر ثانیه) است. رژیم سالانه وزش باد در خور بیرجند نشان مـی‌دهـد کـه در ماه‌های آذر و دی پایین‌ترین سرعت باد وجود دارد (حدود ٤ گره) و به تدریج سرعت باد افزایش می‌یابـد و در مرداد ماه به حداکثر خود می‌رسد (حدود ۱۷ گره) و دوباره سیر نزولی طی می‌کند.

ایستگاه تربت جام در شمال‌شرق کشور و در همسایگی کشور افغانستان در استان خراسان رضـوی و در ارتفاع ۹۵۰ متری از سطح دریا واقع شده است. بر اساس میانگین‌های بلند مدت ماهانه سرعت باد در تربت جام، ماه‌های تیر و مرداد با متوسط سرعت بالاتر از ۱۳ گره دارای بـالاترین سـرعت و پـس از آن مـاه‌هـای اردیبهشت، خرداد و شهریور با متوسط سرعت بالای ۸ گره در رده بعدی قرار دارند. کمترین متوسط سرعت ماهانه هم مربوط به آذرماه با متوسط سرعت حدود ۳ گره است. بر این اساس در تربت جـام اواخـر بهـار و تابستان باد خیزترین مواقع هستند و پاییز و زمستان در این ایستگاه پایین‌ترین سرعت‌های باد را دارند(شکل ٦).

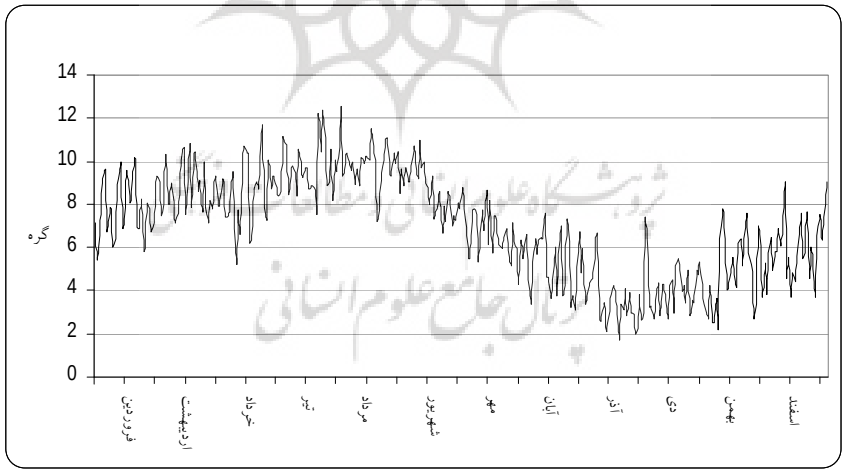
بررسی وزش باد غالب ماهانه در تربت جام نشان داد که جهت باد غالب شـمال‌غربـی و شـمالی اسـت. متوسط جهت وزش باد ماهانه هم نشان می‌دهد که در تمام ماه‌های سال متوسط جهت وزش باد بین ۲۷۰ تا ۳٦۰ درجه است که باز هم جهت شمالی و شمال‌غربی است.

بر اساس بررسی آمار ۳ ساعته باد در ایستگاه تربت جام، متوسط سالانه سرعت باد در ایـن ایـستگاه ۷/۵ گره (حدود ۳/۷ متر بر ثانیه) است. رژیم سالانه وزش باد در تربت جام به این ترتیب است که در ماه‌های تیر و مرداد بالاترین متوسط سرعت باد (بین ۱۲ تا ۱٤ گره) وجود دارد و پس از آن سرعت باد سیر نزولـی طـی می‌کند و در آذرماه به پایین‌ترین حد خود (حدود ۳ گره) می‌رسد و پس از آن سیر صعودی را طی می‌کند.



شکل ٦. میانگین روزانه سرعت وزش باد ایستگاه تربت جام (۱۳۸۲-۱۳۷۲ خورشیدی)

ایستگاه اردستان واقع در مرکز ایران و شمال استان اصفهان در ارتفاع ۱۲۵۲ متری واقع شده است. بر اساس میانگین‌های بلند مدت ماهانه سرعت باد ماه‌های فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر و مرداد با سرعت متوسط بالای ۸ گره دارای بالاترین سرعت هستند که در این میان ماه‌های تیر و مرداد با متوسط سرعت ۱۰ گره بالاترین سرعت را دارد. ماه آذر با متوسط سرعت ۳ گره پایین ترین سرعت را دارد. به طور کلی فصل‌های بهار و تابستان باد خیزترین زمان‌ها در اردستان هستند (شکل ۷).



شکل ۷. میانگین روزانه سرعت باد در ایستگاه اردستان (۱۳۸۲-۱۳۷۲ خورشیدی)

از نظر جهت وزش باد غالب ماهانه طی شش ماه (مهرماه تا اسفندماه) جهت وزش باد غالب ماهانه جنوبی است، ولی در ماه‌های دیگر سال که باد خیزترین ماه‌های سال هستند، جهت وزش باد غالب ماهانه، شمال شرقی است. متوسط جهت وزش باد ماهانه هم طی ماه‌های مهر تا اسفند بین ۱۸۸ درجه تا ۲۵۹ درجه

(جنوب تا جنوب غربی) است و در ماه‌های دیگر سال بین ۳۵٤ درجه تا ٦۳ درجه (شمال تـا شـمال شـرق) است. بر اساس بررسی آمار ۳ ساعته باد در ایستگاه اردستان، متوسط سالانه سرعت باد در این ایستگاه ۷ گره (۳/۵ متر بر ثانیه) است. رژیم سالانه وزش باد در اردستان به این ترتیب است که در ماه‌هـای آذر و دی بـاد کمترین سرعت خود را دارد (حدود ۳ گره) و پس از آن سرعت باد شروع به افزایش می‌کند و در ماه‌های تیر و مرداد به حداکثر خود می‌رسد (حدود ۱۰ گره) و پس از آن دوباره رژیم نزولی طی می‌کند.

نتیجه گیری

بر اساس انجام تحلیل خوشه ای بر روی سرعت و جهت روزانه وزش باد در ۱۲۰ ایـستگاه سـینوپتیک طـی سال‌های ۱۳۷۲ تا ۱۳۸۲ کشور ایران به ۱۰ پهنه بادی مجزا تقسیم شد.

پهنه بادی سیستان وسیع‌ترین و باد خیزترین پهنه بادی در ایران است. این پهنه تمامی نواحی شرقی کشور از جنوب شرق تا شمال شرق و همچنین بیشتر دشت‌های مرکزی کشور از جمله بخش‌هایی از دشت کویر و کویر لوت را در بر گرفته است. مساحت این پهنه حدود ٤٥٥۷۰۰ کیلومتر مربـع اسـت و بـیش از ۲۷/٦٪ از خاک ایران را به خود اختصاص داده است.

بررسی وضعیت رژیم وزش باد در ایستگاه‌های این منطقه نشان می‌دهد که شـباهت بـسیار زیـادی بـین وضعیت وزش باد در ایستگاه‌های مختلف این منطقه وجود دارد، به طوری که سرعت وزش باد در مـاه‌هـای آذر و دی کمترین حد خود را دارد و به تدریج رو به افزایش مـی‌گـذارد و در مـاه‌هـای تیـر و مـرداد دارای بالاترین سرعت‌ها می‌شود. در اوایل ماه خرداد یک افزایش ناگهانی در سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌های این منطقه رخ می‌دهد و در شهریور ماه هم یک کاهش ناگهانی در سرعت وزش باد مشاهده می‌شود که این زمان برابر با زمان وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

۱- باتاچاریا، گوری ک و جانسون، ریچارد ا. (۱۳۷۸): مفاهیم و روش‌های آماری، جلد دوم، ترجمه مرتضی ابن شهر آشوب و فتاح میکائیلی، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

۲- حسنی پاک، علی اصغر (۱۳۷۷): زمین آمار (ژئواستاتیسیک)، انتشارات دانشگاه تهران.

۳- حسین‌زاده، سید رضا (۱۳۷٦): بادهای ۱۲۰ روزه سیستان، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ٤٦.

٤- حیدری، حسن و علیجانی، بهلول (۱۳۷۸): طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره، فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۷، صص ۷٤-۵۷.

۵- عطائی، هوشمند (۱۳۸۳): پهنه‌بندی آماری نواحی بارشی ایران، پایان‌نامه دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان.
٦- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱): اقلیم‌شناسی سینوپتیک، انتشارات سمت، تهران.
۷- کاویانی، محمدرضا (۱۳۷٤): توربین‌های بادی و ارزیابی پتانسیل انرژی باد در ایران، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۳٦.
۸- گندمکار، امیر و کیارسی، فرینوش (۱۳۸۵): تولید برق بادی و پمپاژ آب کشاورزی با استفاده از انرژی باد در نواحی باد خیز استان اصفهان، کنفرانس جغرافیا و قرن ۲۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد.
۹- گندمکار، امیر (۱۳۸۵): بررسی سینوپتیک انرژی باد در منطقه سیستان، پایان‌نامه دکتری رشته اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان.
۱۰- گندمکار امیر و کیارسی، فرینوش (۱۳۸۵): ارزیابی انرژی پتانسیل باد درکشور ایران، بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی انرژی برق، پژوهشگاه نیرو، تهران، آبان‌ماه ۱۳۸۵.
۱۱- مانلی، بی اف جی (۱۳۷۳): آشنائی با روش‌های آماری چند متغیره، ترجمه، محمد مقدم و سید ابوالقاسم محمدی شوطی و مصطفی آقائی، انتشارات پیشتاز علم.
۱۲- مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۲): نواحی اقلیمی ایران، مجله جغرافیا و توسعه، سال اول، شماره ۲.
۱۳- مسعودیان، سید ابوالفضل و کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۷): اقلیم شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان.
۱٤- منتظری، مجید (۱۳۸٤): تحلیل زمانی – مکانی دمای ایران در نیم سده گذشته، پایان‌نامه دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان.

15- Anderson (1984): An Introduction to Multivariate Statistical Analysis, Second Edition, John Wiley & Sons.
16- Burton, S. J & Bossanyi. (2001): Wind Energy Handbook. UK, London: British Library Cataloguing in Publication Data.
17- Dillon and M. Goldstein (1984): Multivariate Analysis, Methods and Applications, John Wiley & Sons.
18- Johnson and D. Wichern (1988): Applied Multivariate Statistical Methods, Second Edition, Prentice Hall.
19- Lance and W. T. Williams (1967): A General Theory of Classificatory Sorting Strategies, I. Hierarchical Systems, Computer Journal, 9, 373380.
20- Morrison (1976): Multivariate Statistical Methods, McGraw-Hill.
21- Rehmet, F and Gsanger, S and Hossain, J (2006): Wind Energy International 2005/2006, Indian Wind Energy Association, New Delhi, India
22- Yarnal, B. (1993): Synoptic Climatology in Environmental Analysis: a Primer. UK, London: Belhaven.