

بررسی الگوهای هوای حاکم بر وزش باد سیستان با استفاده از تحلیل خوشه‌ای

دکتر امیر گندمکار* - استادیار گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد

دریافت مقاله: ۸۹/۶/۲۶

پذیرش نهایی: ۸۹/۹/۲۵

چکیده

چگونگی توزیع فشار در سطح زمین و ارتفاع خطوط هم‌فشار (ارتفاع ژئوپتانسیل) در لایه‌های مختلف جو، بر بسیاری از پدیده‌های اقلیمی و هواشناختی سطح زمین اثر دارد. یکی از پدیده‌های اقلیمی با اهمیت، باد است که اثرات قابل توجهی بر دیگر پدیده‌های اقلیمی دارد. همچنین باد عامل مهمی در زندگی انسان است و فرصت‌هایی را در اختیار انسان قرار می‌دهد ضمن این که محدودیت‌هایی را برای زندگی بشر ایجاد می‌کند.

در این پژوهش ابتدا وضعیت آماری میانگین روزانه وزش باد در ایستگاه زابل مورد بررسی قرار گرفت و رژیم سالانه باد در این ایستگاه مشخص شد، پس از آن الگوهای توزیع متوسط فشار روزانه در سطح زمین و همچنین الگوهای هوا در لایه‌های ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰، ۳۰۰ و ۲۵۰ هکتوپاسکال در آسیا و اروپا ترسیم و شناسایی شد و سپس ارتباط بین رژیم باد در زابل با توزیع فشار در سطح زمین و الگوهای هوا در لایه‌های مختلف جو مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که بین رژیم باد در ایستگاه زابل و توزیع فشار در سطح زمین و الگوهای هوا در لایه‌های ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰، ۳۰۰ و ۲۵۰ هکتوپاسکال ارتباط وجود دارد.

واژگان کلیدی: تحلیل سینوپتیک، فشار سطح دریا، لایه میانی جو، ارتفاع ژئوپتانسیل، الگوی هوا

۱. مقدمه

در مطالعات سینوپتیک دو رویکرد اصلی برای طبقه‌بندی وجود دارد. این دو رویکرد را می‌توان رویکرد گردشی به محیطی و محیطی به گردشی نامید. در رویکرد گردشی به محیطی، محقق طبقات سینوپتیک را تشکیل داده و رابطه آنرا با یک منطقه بررسی می‌کند. این طبقه‌بندی نسبتاً کلی است و نوعاً نماینده همه گردش‌های جوی حاکم بر قلمرو مورد بررسی در تمام طول دوره آماری است. بر خلاف این رویکرد، در رویکرد محیطی به گردشی، محقق الگوهای گردش جو را بر حسب شرایط محیطی خاصی که در سطح رخ می‌دهد تعیین می‌کند. در این رویکرد محقق بر مبنای شرایط محیطی معیارهایی برای وارد کردن داده‌های گردشی در فرآیند طبقه‌بندی بنا می‌کند. به این ترتیب طبقات سینوپتیک مستقل از پاسخ محیطی مورد بررسی نیستند (Yarnal, 1993).

اقلیم‌شناسی سینوپتیک یک هدف بزرگ را دنبال می‌کند و آن پیدا کردن روابط میان گردش‌های جوی با محیط سطحی است. اقلیم‌شناسی سینوپتیک ابتدا ساختارهای جوی (تیپ‌های سینوپتیک یا الگوهای نقشه‌ای) را طبقه‌بندی می‌کند و به این ترتیب وضع اقلیم‌شناختی گردش‌ها را بدست می‌آورد. سپس به کمک روش‌های آماری رابطه میان این ساختارها را با محیط سطحی مشخص می‌کند.

تحلیل خوشه‌ای یک روش آماری چند متغیره است که برای گروه‌بندی مجموعه‌ای از مشاهدات یا متغیرها به کار می‌رود (Johnson and Wichern, 1988).

گروه‌بندی مشاهدات بر اساس فاصله بین آنها را خوشه‌بندی گویند. هدف اصلی خوشه‌بندی ایجاد گروه‌هایی است که تنوع و تفرق درون گروهی آنها کمتر از تفرق و پراکنش بین گروهی باشد (کالکستاین به نقل از علیجانی، ۱۳۸۱).

تحلیل خوشه‌ای یک روش آماری برای گروه‌بندی داده‌ها یا مشاهدات با توجه به شباهت یا درجه نزدیکی آنها است. با این روش، داده‌ها یا مشاهدات به دسته‌های همگن و متمایز از هم تقسیم می‌شوند (نوری امامزاده، ۱۳۸۲).

در روش تحلیل خوشه‌ای ابتدا صحت و اعتبار داده‌های مطالعاتی مورد بررسی قرار می‌گیرد و پس از آن مراحل ذیل به منظور خوشه‌بندی اجرا می‌گردد:

۱) روش انجام تحلیل خوشه‌ای مشخص می‌شود. ۲) فاصله بین مشاهدات و یا متغیرها اندازه‌گیری می‌شود. ۳) روش پیوند دادن خوشه‌ها مشخص می‌شود. ۴) درمورد تعداد خوشه‌ها تصمیم‌گیری می‌شود. ۵) خوشه‌های ایجاد شده مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. برای انجام تحلیل خوشه‌ای سه روش وجود دارد:

ساده‌ترین روش برای تحلیل خوشه‌ای، روش غیر سلسله مراتبی چند میانگینی (K-Means) است این روش برای خوشه‌بندی مشاهداتی به کار می‌رود که در آن تعداد خوشه‌ها نامشخص باشد. در این روش مشاهدات بر اساس کمترین اختلاف در میانگین‌ها در

خوشه‌های یکسان قرار می‌گیرند. ابتدا k گروه مختلف تشکیل شده و هر کدام از مشاهدات به طور متوالی در گروه‌های متفاوت قرار می‌گیرد و فاصله میانگین آن با میانگین گروه محاسبه می‌شود تا در نهایت در گروهی که کمترین فاصله با میانگین آن را دارد، قرار گیرد. (Johnson and Wichern, 1988).

دومین روش برای تحلیل خوشه‌ای، روش تفکیک است. در این روش ابتدا چند مشاهده به عنوان هسته خوشه‌بندی انتخاب می‌شوند، سپس بقیه مشاهدات بر اساس فاصله از این هسته‌ها گروه‌بندی می‌شوند. روش انتخاب هسته‌های اولیه چندان دقیق و کلی نیست و نیز شناسایی زیر خوشه‌های هر گروه امکان‌پذیر نمی‌باشد. با توجه به این دلایل، روش تفکیک چندان متداول نیست (علیچانی، ۱۳۸۱).

روش سوم برای خوشه‌بندی، روش سلسله مراتبی تجمعی است. این روش هم برای خوشه بندی مشاهداتی به کار می‌رود که در ابتدا تعداد خوشه‌ها نامشخص است. در این روش هر مشاهده برای خود در یک گروه مجزا قرار می‌گیرد و به تعداد مشاهدات خوشه ایجاد می‌شود. در گام اول، دو مشاهده‌ای که بیشترین همانندی را دارند با هم پیوند داده شده و یک خوشه را به وجود می‌آورند، در گام بعدی سومین مشاهده‌ای که بیشترین همانندی را با دو مشاهده قبلی دارد با خوشه پیوند داده می‌شود و یا دو مشاهده پیوند داده شده با هم که بیشترین همانندی را با دو مشاهده پیوند داده شده اول دارند به درون خوشه می‌پیوندند. در هر گام تعداد خوشه‌ها کاهش می‌یابد تا تمام مشاهدات در یک خوشه قرار گیرند (Johnson and Wichern, 1988).

برای اندازه‌گیری فاصله بین میانگین مشاهدات از روش اقلیدسی بر اساس رابطه ذیل

$$d_{(i,k)} = \sqrt{\sum_j (X_{ij} - X_{kj})^2}$$

استفاده می‌شود:

i ردیف‌ها و j ستون‌ها و k تعداد گروه‌ها می‌باشد.

برای پیوند دادن مشاهدات روش‌های مختلفی وجود دارد که عبارتند از: روش پیوند تکی (Single)، روش پیوند متوسط (Average)، روش پیوند مرکز ثقل (Centroid)، روش پیوند کامل (Complete)، روش پیوند میانه (Median) و روش پیوند وارد (Ward).

دقیق‌ترین و صحیح‌ترین روش برای تعیین تعداد خوشه‌ها این است که خوشه‌بندی مشاهدات اجرا شود و تفکیک نهایی و تعداد خوشه‌ها بر اساس مشاهده همانندی درون گروهی و فاصله میان مشاهدات هر خوشه هنگام انجام پیوند مشخص شود. به این ترتیب که در مرحله اول به تعداد مشاهدات، خوشه وجود دارد و شباهت درون گروهی هر خوشه ۱۰۰ درصد و فاصله میان مشاهدات هر خوشه صفر است. حال اگر دو مشاهده‌ای که کمترین فاصله را با هم دارند ادغام گردند، تعداد خوشه‌ها یکی کم شود و شباهت درون گروهی از ۱۰۰ درصد کمتر و فاصله میان مشاهدات هر خوشه اندکی افزایش می‌یابد. با ادامه ادغام مشاهدات

و گروه‌ها در هم و کاهش تعداد خوشه‌ها شباهت درون‌گروهی کاهش و فاصله میان مشاهدات هر خوشه افزایش می‌یابد تا در نهایت تعداد خوشه‌ها به یک خوشه می‌رسد و تمام مشاهدات در این خوشه قرار می‌گیرند. در این زمان شباهت درون‌گروهی به کمترین میزان خود یعنی صفر درصد و فاصله میان مشاهدات خوشه به حداکثر خود می‌رسد. در طی این مسیر مقدار تغییرات میزان همانندی درون‌گروهی و فاصله میان مشاهدات بررسی می‌شود، در هر قسمت از مسیر که میزان تغییرات ناگهانی بود و به ناگاه کاهش زیادی در شباهت درون‌گروهی و افزایش زیاد در فاصله میان مشاهدات دیده شد، ادامه مسیر پیوند قطع می‌شود و تعداد خوشه‌های موجود در این مرحله تعداد نهایی خوشه‌ها است (Lance and Williams, 1967).

۲. داده‌ها و روش‌شناسی

برای بررسی سینوپتیک انرژی باد در منطقه سیستان از داده‌های مربوط به سرعت و جهت وزش باد در ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه، داده‌های فشار سطح دریا و داده‌های ارتفاع ژئوپتانسیل سطوح مختلف جو استفاده شد.

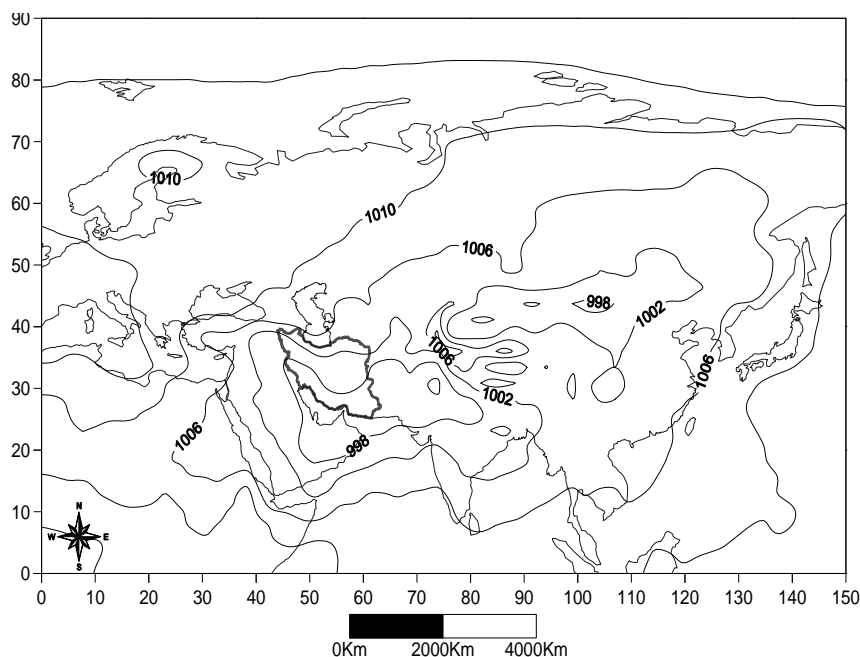
داده‌های مربوط به سرعت وزش باد در این ایستگاه‌ها شامل ۸ اندازه‌گیری در روز (با فاصله ۳ ساعته) از اول ژانویه ۱۹۹۴ تا پایان دسامبر ۲۰۰۳ (۱۱ دیمه ۱۳۷۲ تا ۱۰ دیمه ۱۳۸۲ خورشیدی) بوده است که در مجموع شامل ۲۹۲۱۷ داده مربوط به سرعت وزش باد بر حسب گره است. با استفاده از تارنمای سازمان جو و اقیانوس شناسی ایلات متحده، داده‌های فشار سطح دریا و ارتفاع ژئوپتانسیل لایه‌های ۸۵۰، ۷۰۰، ۵۰۰، ۳۰۰ و ۲۵۰ هکتوپاسکال با ابعاد ۲/۵ در ۲/۵ درجه به صورت روزانه از اول ژانویه ۱۹۵۱ تا پایان دسامبر ۲۰۰۵ در محدوده عرض جغرافیایی صفر تا ۹۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی صفر تا ۱۵۰ درجه شرقی استخراج شده است و متوسط روزانه هر لایه بر روی هر پیکسل محاسبه شده و بعد تعداد ۳۶۶ نقشه برای فشار سطح دریا و هر کدام از لایه‌های جو رسم شده است.

۳. یافته‌ها و بحث

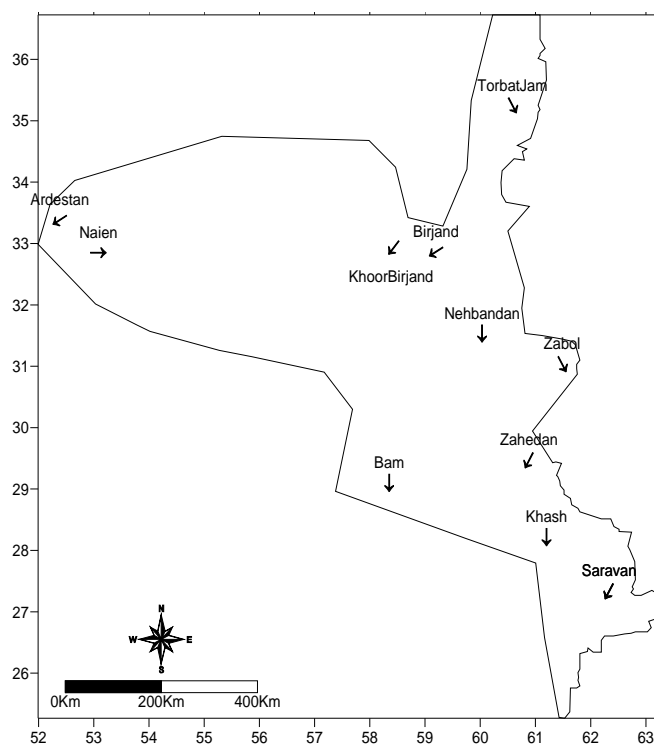
به منظور شناسایی الگوهای هوای مرتبط با باد سیستان نقشه‌های میانگین روزانه الگوهای هوا در سطح زمین و لایه‌های ۸۵۰، ۷۰۰ و ۵۰۰، ۳۰۰ و ۲۵۰ هکتوپاسکال آسیا، اروپا و شمال آفریقا طی دوره آماری ۱۳۷۲ الی ۱۳۸۲ خورشیدی (۱۹۹۴ تا ۲۰۰۳ میلادی) مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های هر کدام از لایه‌های هوا برای هر لایه از هوا تعداد چهار خوشه یا الگو شناسایی شد.

۳-۱. الگوهای هوا در لایه سطح دریا

لایه سطح دریا دارای ۴ خوشه یا الگو می‌باشد. الگوی (۱) از روز ششم خردادماه شروع شده و تا بیست‌وپنجم شهریور ادامه می‌یابد. در این زمان مرکز کم‌فشار پاکستان به تدریج تقویت شده و به مرور زمان تمام نواحی جنوبی و جنوب شرقی ایران و همچنین خلیج فارس و دریای عمان را فرا می‌گیرد، همچنین تعداد ایستگاه‌های بادخیز و سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌های منطقه به حداکثر خود می‌رسد و در واقع این خوشه یا الگو همزمان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است.

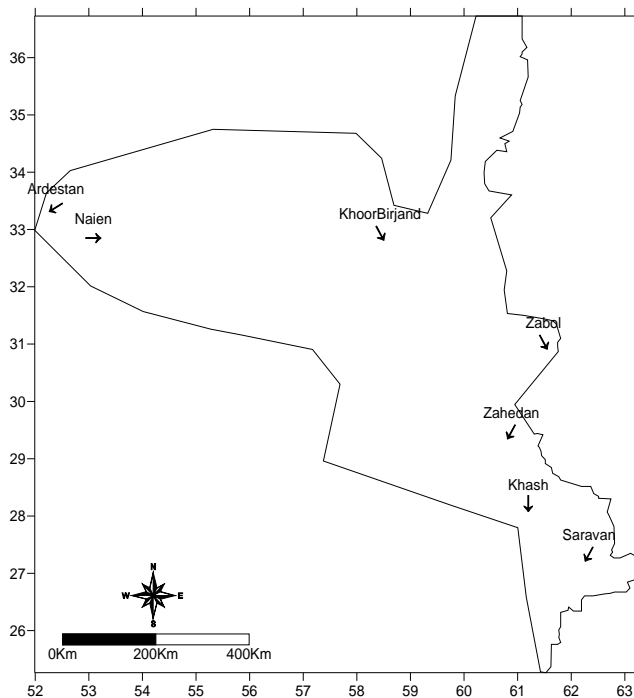


شکل ۱. الگوی نقشه فشار سطح دریا در روز ۲۵ تیر (نماینده الگوی ۱)



شکل ۲. نقشه پراکندگی ایستگاه‌های بادخیز منطقه سیستان در تیرماه (نماینده الگوی ۱)

الگوی (۲) لایه سطحی دریا در دو زمان روی می‌دهد، زمان اول از روز بیست و چهارم اسفند تا پنجم خرداد و قبل از شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است و زمان دوم هم از بیست و ششم شهریور تا دهم مهرماه و پس از اتمام وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان می‌باشد. در این دو زمان، تعداد ایستگاه‌های باد خیز و سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌های منطقه نسبت به الگوی (۱) کاهش چشمگیری را نشان می‌دهد.



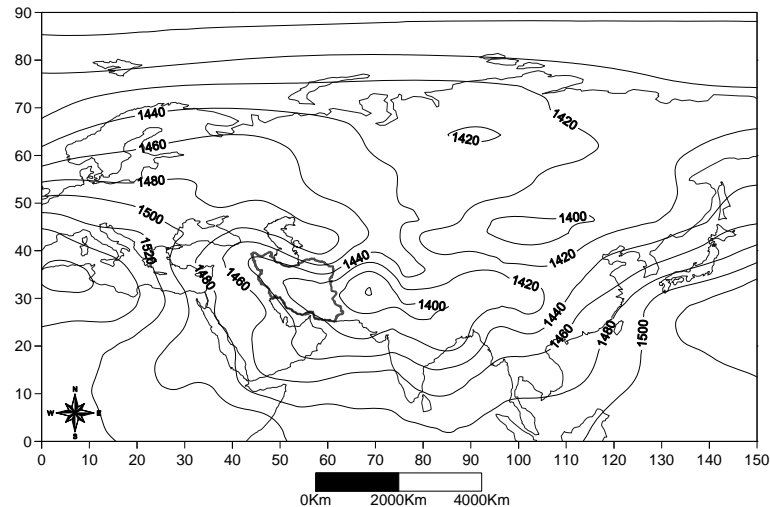
شکل ۳. نقشه پراکندگی ایستگاه‌های بادخیز منطقه در ماه فروردین (نماینده الگوی ۲)

الگوی (۳) از بیست و دوم آبان ماه تا بیست و نهم بهمن را شامل می‌شود که در این زمان سرعت باد در تمام ایستگاه‌های منطقه به حداقل خود می‌رسد و در واقع در این زمان هیچکدام از ایستگاه‌های منطقه بادخیز نیستند.

الگوی (۴) هم در دو زمان روی می‌دهد، زمان اول از روز یازدهم مهرماه تا بیست و یکم آبان و زمان دوم از سی ام بهمن ماه تا بیست و سوم اسفندماه است. در این دو زمان بیشتر نواحی این منطقه دوره آرامش را سپری می‌کنند و فقط ایستگاه زابل در برخی زمان‌های روز دارای توان باد خیزی است.

۲-۳. الگوهای هوا در لایه ۸۵۰ هکتوپاسکال

در لایه ۸۵۰ هکتوپاسکال هم تعداد ۴ الگو قابل مشاهده است. الگوی (۱) از روز اول اردیبهشت شروع شده و در روز بیستم شهریور تمام می‌شود، بیشتر روزهای این الگو هم همزمان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است و یک مرکز کم ارتفاع بر روی پاکستان مستقر شده است و زبانه‌های آن تمامی نواحی جنوب شرقی ایران را فرا گرفته است.



شکل ۴. الگوی هوای لایه ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۱۹ تیرماه (نماینده الگوی ۱)

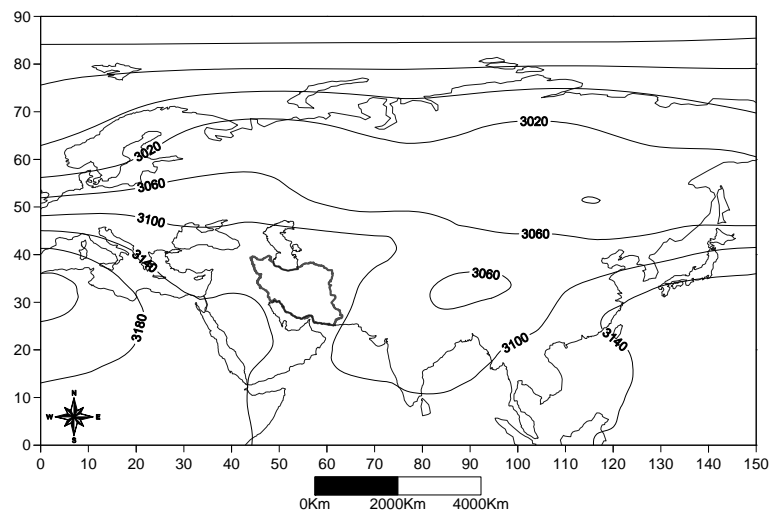
الگوی (۲) از روز بیست‌ونهم دی‌ماه شروع شده و تا روز سی‌ویکم فروردین ادامه می‌یابد، در این زمان تعداد کمی از ایستگاه‌های منطقه توان بادخیزی دارند و بیشتر منطقه در وضعیت آرامش به سر می‌برد.

الگوی (۳) از روز سیزدهم آذر تا بیست‌وهفتم دی‌ماه به طول می‌انجامد و هیچ یک از ایستگاه‌های منطقه بادخیز نیست.

الگوی (۴) از روز بیست‌ویکم شهریور ماه شروع شده و تا روز دوازدهم آذرماه ادامه می‌یابد، در این زمان هم تعداد کمی از ایستگاه‌ها در برخی زمان‌های روز توان بادخیزی دارند و بیشتر ایستگاه‌ها دوران آرامش خود را سپری می‌کنند.

۳-۳. الگوهای هوا در لایه ۷۰۰ هکتوپاسکال

در لایه ۷۰۰ هکتوپاسکال هم ۴ الگو مشاهده می‌شود. الگوی (۱) از روز بیست‌وهفتم اردیبهشت شروع شده و تا روز نوزدهم شهریورماه ادامه می‌یابد، این زمان به طور کامل همزمان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است که هم تعداد ایستگاه‌های بادخیز و هم سرعت باد در تمام ایستگاه‌های منطقه به بالاترین میزان خود می‌رسد. در لایه ۷۰۰ هکتوپاسکال در این زمان نفوذ زبانه‌های مرکز پرازتفاع آزر بر روی ایران و منطقه سیستان مشاهده می‌شود.



شکل ۵. الگوی هوای لایه ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۳ تیر (نماینده الگوی ۱)

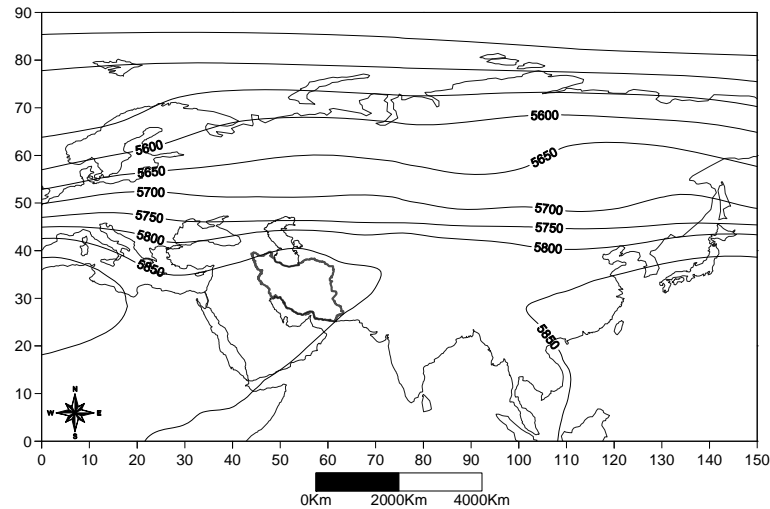
الگوی (۲) شامل دو زمان است، زمان اول از روز نهم اردیبهشت تا بیست‌وششم اردیبهشت و قبل از شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و زمان دوم از روز بیستم شهریور تا دوم آبان و پس از پایان وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است. در این دو زمان، سرعت باد و تعداد ایستگاه‌های باد خیز نسبت به دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه کمتر است.

الگوی (۳) از روز چهاردهم آذرماه آغاز شده و تا روز نهم فروردین ماه ادامه می‌یابد و همزمان با دوره آرامش در بیشتر ایستگاه‌های منطقه است.

الگوی (۴) در دو زمان کوتاه روی می‌دهد، زمان اول از روز دهم فروردین تا هشتم اردیبهشت و زمان دوم از روز سوم آبان تا سیزدهم آذر است، در این زمان‌ها هم تعداد کمی از ایستگاه‌های منطقه بادخیز هستند.

۳-۴. الگوهای هوا در لایه ۵۰۰ هکتوپاسکال

لایه ۵۰۰ هکتوپاسکال هم شامل ۴ الگو است. الگوی (۱) از روز دوازدهم خردادماه شروع شده و تا روز دوم شهریور ماه ادامه می‌یابد، این زمان در بین روزهای وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان قرار دارد و تعداد ایستگاه‌های بادخیز و سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌ها بیشترین میزان را دارد. در لایه ۵۰۰ هکتوپاسکال در این زمان نفوذ زبانه‌های مرکز پر ارتفاع آזור بر روی تمام نواحی ایران و بخش‌هایی از کشور پاکستان مشاهده می‌شود.



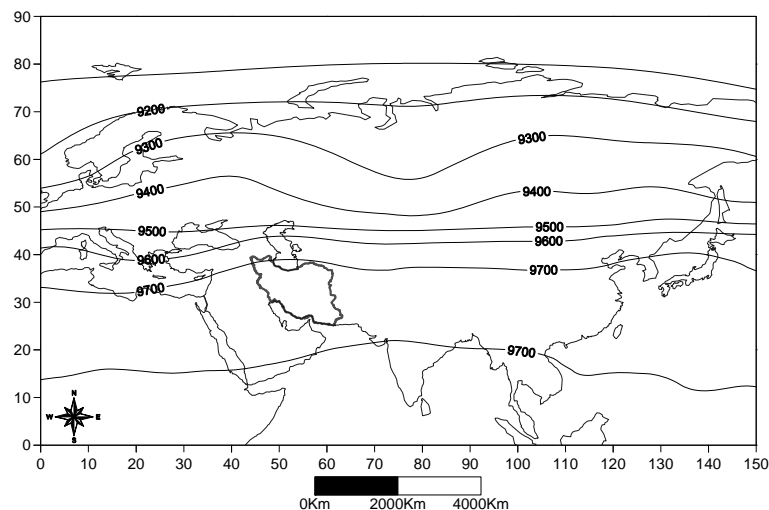
شکل ۶. الگوی هوای لایه ۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۲۳ تیر (نماینده الگوی ۱)

الگوی (۲) شامل دو زمان است، زمان اول از روز شانزدهم اردیبهشت تا یازدهم خردادماه و در زمان شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است و زمان دوم از روز سوم شهریورماه تا اول مهرماه و همزمان با پایان وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است. این دو زمان را هم می‌توان قسمتی از زمان وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان به حساب آورد.

الگوی (۳) از روز بیست‌وسوم آبان‌ماه شروع شده و تا روز سی‌ام اسفندماه ادامه می‌یابد، در این زمان از سال سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌های منطقه پایین‌ترین میزان خود را دارد. الگوی (۴) شامل دو زمان است، زمان اول از روز اول فروردین تا پانزدهم اردیبهشت و قبل از شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان و زمان دوم از روز سوم شهریور تا اول مهرماه و بعد از دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه است.

۳-۵. الگوهای هوا در لایه ۳۰۰ هکتوپاسکال

در لایه ۳۰۰ هکتوپاسکال هم تعداد ۴ الگو مشاهده می‌شود. الگوی اول از روز هفدهم خردادماه تا روز سی‌ام شهریور به طول می‌انجامد، روزهای این الگو بخشی از دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است. ارتفاع این لایه بر روی ایران در این زمان حدود ۹۷۰۰ متر است.



شکل ۷. الگوی هوای لایه ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۰ مرداد (نماینده الگوی ۱)

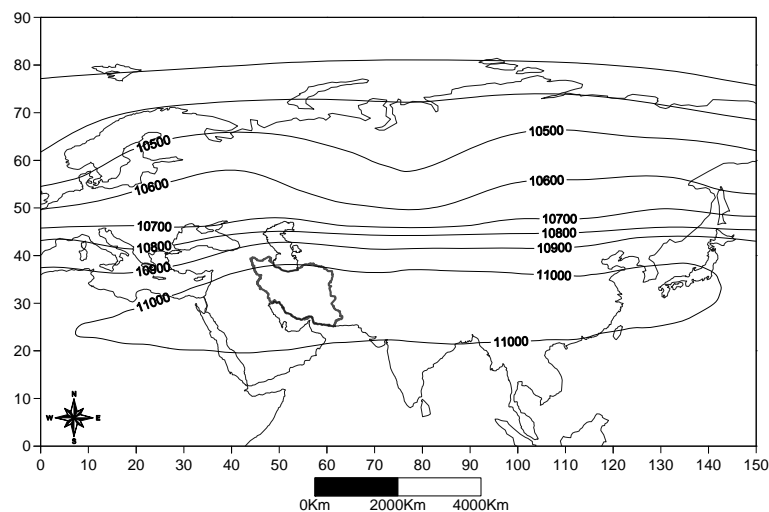
الگوی (۲) شامل دو زمان است، زمان اول از روز بیست و سوم اردیبهشت تا روز شانزدهم خردادماه و همزمان با شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه است و زمان دوم از روز سی و یکم شهریور تا دوم آبان و پس از پایان دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه است.

الگوی (۳) از روز پانزدهم آذرماه شروع شده و تا پنجم فروردین ادامه می‌یابد، در این زمان سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌های منطقه در کمترین میزان خود است.

الگوی (۴) شامل دو زمان است، زمان اول از روز ششم فروردین تا بیست و دوم اردیبهشت و قبل از شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه است، دوره دوم، از روز سوم آبان تا چهاردهم آذرماه است، در این زمان سرعت باد در تمام ایستگاه‌های منطقه کاهش زیادی می‌یابد.

۳-۶. الگوهای هوا در لایه ۲۵۰ هکتوپاسکال

در این لایه هم تعداد ۴ الگو قابل مشاهده است. الگوی اول از روز سی‌ام خردادماه تا نوزدهم شهریورماه است، روزهای این الگو بخشی از دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه است، ارتفاع این لایه بر روی ایران در این زمان حدود ۱۱۰۰۰ متر است.



شکل ۸. الگوی هوای لایه ۲۵۰ هکتوپاسکال در روز ۱۰ مرداد (نماینده الگوی ۱)

الگوی (۲) شامل دو زمان است، زمان اول از روز هشتم اردیبهشت تا بیست‌ونهم خرداد است که بخشی از آن قبل از شروع وزش بادهای ۱۲۰ روزه و حدود ۳۰ روز آن هم در دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه است، زمان دوم از روز بیستم شهریورماه شروع شده و تا روز بیست‌ودوم آبان‌ماه ادامه می‌یابد که هم‌زمان با پایان دوره وزش بادهای ۱۲۰ روزه است.

الگوی (۳) از روز پانزدهم آذرماه آغاز شده و تا روز نهم فروردین ادامه می‌یابد در این زمان سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌های منطقه کمترین میزان خود را دارد.

الگوی (۴) شامل دو زمان کوتاه است، زمان اول از روز دهم فروردین‌ماه شروع شده و تا روز هفتم اردیبهشت‌ماه ادامه می‌یابد زمان دوم هم از روز بیست‌وسوم آبان‌ماه شروع شده و تا روز چهاردهم آذرماه ادامه می‌یابد.

جدول ۱. الگوهای هوای مرتبط با باد سیستان

تعداد روز	محدوده زمانی	شماره خوشه	لایه
۱۱۳	۶ خرداد تا ۲۵ شهریور	۱	سطح دریا
۷۴	۲۴ اسفند تا ۵ خرداد	۲	
۱۵	۲۶ شهریور تا ۱۰ مهر	۳	
۹۸	۲۲ آبان تا ۲۹ بهمن	۴	
۴۱	۱۱ مهر تا ۲۱ آبان	۱	۸۵۰ هکتوپاسکال
۲۵	۳۰ بهمن تا ۲۳ اسفند	۲	
۱۴۴	۱ اردیبهشت تا ۲۰ شهریور	۳	
۹۳	۲۹ دی تا ۳۱ فروردین	۴	
۴۶	۱۳ آذر تا ۲۸ دی	۱	۷۰۰ هکتوپاسکال
۸۳	۲۱ شهریور تا ۱۲ آذر	۲	
۱۱۷	۲۷ اردیبهشت تا ۱۹ شهریور	۳	
۱۸	۹ اردیبهشت تا ۲۶ اردیبهشت	۴	
۴۴	۲۰ شهریور تا ۲ آبان	۱	۵۰۰ هکتوپاسکال
۱۱۶	۱۴ آذر تا ۹ فروردین	۲	
۳۰	۱۰ فروردین تا ۸ اردیبهشت	۳	
۴۱	۳ آبان تا ۱۳ آذر	۴	
۸۴	۱۲ خرداد تا ۲ شهریور	۱	۳۰۰ هکتوپاسکال
۲۷	۱۶ اردیبهشت تا ۱۱ خرداد	۲	
۳۰	۳ شهریور تا ۱ مهر	۳	
۱۲۸	۲۳ آبان تا ۳۰ اسفند	۴	
۴۶	۱ فروردین تا ۱۵ اردیبهشت	۱	۲۵۰ هکتوپاسکال
۵۱	۲ مهر تا ۲۲ آبان	۲	
۱۰۷	۱۷ خرداد تا ۳۰ شهریور	۳	
۲۵	۲۳ اردیبهشت تا ۱۶ خرداد	۴	
۳۳	۳۱ شهریور تا ۲ آبان	۱	۲۵۰ هکتوپاسکال
۱۱۱	۱۵ آذر تا ۵ فروردین	۲	
۴۸	۶ فروردین تا ۲۲ اردیبهشت	۳	
۴۲	۳ آبان تا ۱۴ آذر	۴	
۸۲	۳۰ خرداد تا ۱۹ شهریور	۱	۲۵۰ هکتوپاسکال
۵۳	۸ اردیبهشت تا ۲۹ خرداد	۲	
۶۴	۲۰ شهریور تا ۲۲ آبان	۳	
۱۱۵	۱۵ آذر تا ۹ فروردین	۴	
۲۹	۱۰ فروردین تا ۷ اردیبهشت	۱	
۲۲	۲۳ آبان تا ۱۴ آذر	۲	

در مجموع و با بررسی خوشه‌بندی روزهای سال در لایه‌های مختلف جو بر اساس سرعت وزش باد، مشاهده می‌شود که با کمی تغییرات جزئی، الگوی شماره ۱ در تمام لایه‌ها، روزهای مشترکی را نشان می‌دهد. این الگو که از حدود اواخر اردیبهشت تا اوایل خرداد شروع می‌شود و تا شهریورماه ادامه می‌یابد، همزمان با وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است که طی آن تعداد ایستگاه‌های بادخیز و سرعت وزش باد در تمام ایستگاه‌های منطقه به بیشترین میزان خود می‌رسد.

۴. نتیجه‌گیری

در اقلیم‌شناسی سینوپتیک دو روش کلی برای بیان پدیده‌ها وجود دارد، در روش گردشی به محیطی ابتدا الگوهای هوا شناسایی می‌شود و سپس اثر آن بر پدیده‌های سطح زمین مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد، در حالی که در روش محیطی به گردشی، ابتدا پدیده‌های سطح زمین شناسایی شده و سپس الگوهای هوای حاکم بر آن پدیده‌ها مورد بررسی قرار می‌گیرد. بادهای ۱۲۰ روزه سیستان معروفترین بادهای محلی ایران هستند که از ماه خرداد تا شهریور بخش وسیعی از نواحی شرقی، جنوب شرقی و مرکزی کشور ایران را تحت پوشش قرار می‌دهند. بررسی الگوهای هوای حاکم بر وزش باد سیستان نشان می‌دهد که در تمام لایه‌های هوای مورد بررسی تعداد ۴ خوشه یا الگو وجود دارد که از نظر زمانی قرابت زیادی با هم دارند و الگوی (۱) که نشان از گسترش مرکز کم فشار پاکستان در سطح زمین و مرکز کم‌ارتفاع گنگ و پاکستان در لایه‌های پایین و میانی جو دارد، در واقع الگوی حاکم بر وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است. پس بیش از هر عامل دیگر باید علت وزش بادهای سیستان را در چگونگی توزیع الگوهای هوا در سطح دریا و لایه‌های مختلف جو، دانست.

۵. 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، ع (۱۳۷۷)، *زمین آمار (ژئواستاتیسٹیک)*، انتشارات دانشگاه تهران.
۳. حسین‌زاده، سر (۱۳۷۶)، *بادهای ۱۲۰ روزه سیستان*، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴۶.
۴. حیدری، ح و علیجانی، ب (۱۳۷۸)، *طبقه‌بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره*، فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۷.
۵. علیجانی، ب (۱۳۸۱)، *اقلیم‌شناسی سینوپتیک*، انتشارات سمت، تهران.
۶. فرشادفر، علیرضا (۱۳۸۰)، *اصول و روش‌های آماری چند متغیره*، انتشارات طاق بستان، دانشگاه رازی.
۷. گندمکار، ا و کیارسی، ف (۱۳۸۵)، *تولید برق بادی و پمپاژ آب کشاورزی با استفاده از انرژی باد در نواحی بادخیز استان اصفهان*، کنفرانس جغرافیا و قرن ۲۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف‌آباد.
۸. گندمکار، ا (۱۳۸۵)، *بررسی سینوپتیک انرژی باد در منطقه سیستان*، پایان‌نامه دکتری رشته اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان.
۹. گندمکار، ا و کیارسی، ف (۱۳۸۵)، *ارزیابی انرژی پتانسیل باد در کشور ایران*، بیست و یکمین کنفرانس بین‌المللی انرژی برق، پژوهشگاه نیرو، تهران، آبان‌ماه ۱۳۸۵.
۱۰. مانلی، بی اف جی (۱۳۷۳)، *آشنائی با روش‌های آماری چندمتغیره*، ترجمه، محمد مقدم و سید ابوالقاسم محمدی شوطی و مصطفی آقائی، انتشارات پیشتاز علم.
۱۱. مسعودیان، س ا (۱۳۸۲)، *نواحی اقلیمی ایران*، مجله جغرافیا و توسعه، سال اول، شماره ۲.
۱۲. منتظری، م (۱۳۸۴)، *تحلیل زمانی - مکانی دمای ایران در نیم سده گذشته*، پایان‌نامه دکتری اقلیم‌شناسی دانشگاه اصفهان.
۱۳. نیرومند، ح (۱۳۷۹)، *تحلیل آماری چندمتغیری کاربردی*، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.
- 14- Anani, F. & Wakileh, J. *The royal scientific society activities in the field of wind energy*, Proceedings of the International Seminar on the Commercialization of Solar, Wind Energy Technologies, Amman- Jordan, 1992.
- 15- Anderson (1984). *An Introduction to Multivariate Statistical Analysis*, Second Edition, John Wiley & Sons.
- 16- Dillon and M. Goldstein (1984). *Multivariate Analysis, Methods and Applications*, John Wiley & Sons.
- 17- Hendricks, B (2006), *Gone with the wind*, New energy 02 magazine for renewable energy, No 2, May 2006.
- 18- Johnson and D. Wichern (1988). *Applied Multivariate Statistical Methods*, Second Edition, Prentice Hall.
- 19- Kainkwa, R.M.R. (2000), *Wind speed pattern and the available windpower at Basotu, Tanzania*. *Renewable energy*, 21(2) 2000, pp 289 -295.
- 20- Lance and W.T. Williams (1967), *A General Theory of Classificatory Sorting Strategies, I. Hierarchical systems*, Computer Journal, 9, 373380.
- 21- Morrison (1976). *Multivariate Statistical Methods*, McGraw-Hill.

-
- 22- Palutikof, J.P., Kelly, P.M., Davies, T.D and Halliday, J.A. (1987). *Impacts of spatial and temporal windspeed variability on wind energy output*, Journal of Climate and Applied Meteorology 26, 1124-1133.
- 23- Yarnal, B. (1993), *Synoptic climatology in environmental analysis: a primer*. UK, London: Belhaven.