

## تحلیل فضایی رودباد جنب‌حاره در مناطق بیابانی خاورمیانه و شمال آفریقا با تأکید بر ایران

حسین عساکره<sup>۱</sup>، دانشیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیای دانشگاه زنجان، ایران  
هوشنگ قائمی، استاد هواشناسی، پژوهشکده هواشناسی، تهران، ایران  
آذر بیرانوند، کارشناس ارشد آب‌وهواشناسی سینوپتیک، دانشگاه زنجان، ایران

### چکیده

شناخت نحوه رودباد رودباد به عنوان یکی از اجزای اصلی گردش عمومی جو، تأثیر بسزایی در پیش‌بینی و چگونگی وقوع سایر رویدادهای اقلیمی دارد. در پژوهش حاضر، از داده‌های مربوط به مؤلفه‌مداری و نصف‌النهاری باد در ترازهای ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، در محدوده عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۸۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۱۲۰ درجه شرقی بهره‌گرفته شده است. بازه زمانی مورد استفاده، شامل فروردین ۱۳۳۰ تا اسفند ۱۳۸۹ بوده است. در این مطالعه ماتریسی به ابعاد  $21914 \times 1325$  (سطرها تعداد روز و ستون‌ها تعداد یاخته‌ها است) از متوسط روزانه سرعت باد، برای هر تراز تدوین گردید. این داده‌ها با به کارگیری نرم‌افزار GrADS استخراج شده است. سپس با استفاده از نرم‌افزار Arc Map بیضی استاندارد برای هر تراز ترسیم گردید. نتایج تحلیل توصیفی در مقیاس سالانه، بیانگر رودباد مرکز متوسط سالانه رودباد جنب‌حاره بر فراز شمال آفریقا، دریای سرخ و شمال عربستان در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال است. مرکز مزبور در ترازهای پایین‌تر به سمت شرق جابجا شده است. همچنین بررسی متوسط فراوانی سالانه حاکی از رودباد بیشینه وقوع هسته در مناطق مذکور است. این امر یکی از عوامل مهم در انتقال پدیده گرد و غبار به جنوب غرب و غرب کشور است. ترسیم بیضی استاندارد در تمام سطوح نشان داد که کشور در نیمه دوم بیضی استاندارد قرار گرفته است و در ترازهای پایین‌تر بیضی استاندارد به سمت غرب و تا حدودی شمال جابجا شده است. بررسی فراوانی بیشینه هسته در طول دوره، مراکز بیشینه فراوانی وقوع هسته را در خوزستان، بوشهر، فارس، کرمان، هرمزگان و سیستان و بلوچستان نشان داد. نحوه عملکرد دینامیکی هسته رودباد در ورودی راست و خروجی چپ هسته، که همراه با واگرایی بالایی است، همزمان با همگرایی در منطقه‌ای که فاقد رطوبت کافی است، توفان غباری را در پی دارد. کلمات کلیدی: رودباد، ایران، بیضی استاندارد، مؤلفه‌مداری باد، مؤلفه نصف‌النهاری باد، مناطق بیابانی.

## مقدمه

رودبادهای اتمسفری، وزش‌های تند جریانات جوئی هستند که هزاران کیلومتر طول، چند صد کیلومتر عرض و چند کیلومتر ضخامت دارند (فلاح‌قاله‌ری، ۱۳۹۰). مطابق تعریف سازمان هواشناسی جهانی، سرعت آنها، بیش از ۳۰ متر بر ثانیه است (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۸۵). در حوالی محل رودباد جنب‌حاره، انباشت هوا سبب ایجاد پرفشار جنب‌حاره می‌گردد (کاوایانی و علیجانی، ۱۳۸۵). این در حالی است که استقرار دراز مدت مراکز پرفشار در نواحی جنب‌حاره، سبب ایجاد مناطق بسیار خشک و بیابانی با حساسیت اکولوژی فوق‌العاده می‌گردد؛ به طوری که وردش‌های مکانی و تغییر شدت این مراکز و به تبع آن ناهنجاری در گردش‌های منطقه‌ای و جهانی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر وضعیت اقتصادی و اجتماعی مردم در این نواحی دارد (قائمی و همکاران، ۱۳۸۸). موقعیت رودباد جنب‌حاره، تنظیم‌کننده و مبدل جریان‌های جوئی در همه سطوح بین دو منطقه حاره و برون‌حاره است (کیت بوشر، ۱۳۸۵). این امر سبب شده است تا مطالعه و بررسی این پدیده اهمیت یابد.

در رابطه با بررسی چگونگی رخداد رودباد در جهان پژوهش‌های بسیاری از ابعاد مختلف صورت گرفته است. اولین مطالعه‌ای که در ارتباط با جایگاه متوسط رودباد صورت گرفت، مربوط به پالمن<sup>۱</sup> (۱۹۵۱) بود (سها<sup>۲</sup>، ۲۰۱۰). پس از آن کریشنامورتی (۱۹۶۰) به مطالعه جایگاه زمستانه رودباد جنب‌حاره در عرض‌های استوا تا ۴۵ درجه شمالی پرداخته است. نتایج وی بیانگر وجود سه هسته بیشینه سرعت در آسیا، آفریقا و آمریکا است، که هسته بیشینه آفریقا دارای سرعتی بیش از ۱۰۰ نات (۵۰ متر بر ثانیه) بوده است. بالدی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۰۶)، ناهنجاری‌های دمایی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال را جهت شناسایی ارتباط بین ناهنجاری دمایی و ناهنجاری رودباد منطقه اروپا-آتلانتیک بررسی نمودند.

1- Palmen

2- Saha

3- Baldi

همچنین کورتنی و دیویس<sup>۱</sup> (۲۰۰۷)، در پژوهشی، تغییرپذیری داخلی در موقعیت هسته رودباد زمستانی در نیمکره شمالی، سرعت و فشار آن را بررسی نمودند. بر طبق این مطالعه در الگوهای تغییرپذیری برون‌حاره، بیشترین فراوانی هسته رودباد با شاخص نوسان شمالگان (AOI)<sup>۲</sup> دارای وابستگی بوده و رودبادهای زمستان به‌صورت سینوسی ظاهر می‌شوند. لروکس و هال<sup>۳</sup> (۲۰۰۹)، در بررسی ارتباط بین امواج شرقی آفریقا و رودباد شرقی آن چگونگی کشیده شدن امواج همرفتی بر روی آفریقای شرقی تحت تأثیر تنوع درون‌فصلی رودباد آفریقای شرقی را مورد توجه قرار دادند. پژوهش آنها نشان می‌دهد که در حالتی که موج قوی باشد، رودباد به طرف جنوب و غرب امتداد خواهد یافت و هسته آن دارای حداکثر سرعت خواهد بود. همچنین رودیوناف و آسل (۲۰۰۱)، سیگر و همکاران (۲۰۰۵)، آیچر و هیگینس (۲۰۰۵) و وولینگز و همکاران (۲۰۱۰) نیز ارتباط رودبادهای نوسانات اقلیمی را بررسی کرده‌اند و استرانگ و دیویس (۲۰۰۷)، آرچر و کالدرا (۲۰۰۸) و هودسون (۲۰۱۲) به بررسی تغییرات زمانی رودبادهای در جهان پرداخته‌اند.

بررسی منابع داخلی نشان می‌دهد که سه گروه مطالعه، در این زمینه صورت گرفته است. گروه اول، مطالعاتی است که بر چگونگی و تغییرات پدیده رودباد متمرکز شده‌اند. از جمله ترابی (۱۳۵۵)، مقدار متوسط رودباد غربی روی شمال آفریقا و غرب آسیا برای زمستان و کاظم پور (۱۳۵۷) وضعیت آن را روی ایران بررسی کرده‌اند.

گروه دوم، مطالعاتی است که ارتباط این پدیده را با سایر پدیده‌های اقلیمی مورد توجه قرار داده‌اند. در این زمینه، مفیدی و زرین (۱۳۸۴) در بررسی همدیدی تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران، در نتایج خود بیشترین سهم را در تشکیل و گسترش کم‌فشار سودانی برای کشیده شدن تاوه قطبی در تراز ۵۰ هکتوپاسکال، تقویت سلول هدلی و رودباد جنب‌حاره بر روی مدیترانه و شمال آفریقا

---

1- Courtenay and Davis

2- Arctic Oscillation Index

3- Leroux and Hall

قائل شده‌اند. موقعیت و سرعت هسته رودباد جنب‌حاره بر روی خاورمیانه و امتداد محور آن در ترازهای فوقانی وردسپهر ضمن کنترل الگوی گردش ترازمیانی، مسیرهای ورود کم‌فشار سودانی به ایران را کنترل می‌کند. فرج‌زاده و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای به بررسی موقعیت و چگونگی استقرار رودباد روی منطقه غرب کشور و سرعت آن به هنگام تسلط سامانه‌های همدید بارش‌زا پرداختند. همچنین خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۱)، در واکاوی همیدی رخداد گرد و غبار بهاره در غرب ایران به بررسی نقش پرفشار و رودباد جنب‌حاره در این پدیده پرداختند.

گروه سوم، مطالعاتی است که شکل‌گیری و تداوم پرفشار جنب‌حاره و چگونگی رفتار و تغییرات آن را مورد توجه قرار داده‌اند. در این زمینه حجازی‌زاده (۱۳۷۲)، علیجانی (۱۳۸۱)، زرین (۱۳۸۶)، محمدنژاد و همکاران (۱۳۸۸)، قائمی و همکاران (۱۳۸۸)، سلیقه و صادقی‌نیا (۱۳۸۹) و حلییان (۱۳۹۰) مطالعات ارزشمندی انجام داده‌اند.

وجود رودبادهای قدرتمند به عنوان یک عامل مهم در شکل‌زایی، تکامل اشکال و انتشار ذرات بیابانی دارای نقش بسیار مهمی در مناطق بیابانی است. به گونه‌ای که به عقیده برخی دانشمندان، اکثر چاله‌زایی‌های شمال آفریقا مخصوصاً در فصل بهار، حاصل مکانیزم رودباد جنب‌حاره در خروجی چپ آن (واگرایی بالایی) و گرمایش شدید سطحی است (عبدالباسط، ۲۰۰۱). جهت دستیابی به شناخت نسبتاً دقیق از چگونگی رخداد جایگاه متوسط رودباد جنب‌حاره و فراوانی آن بر روی مناطق مورد مطالعه و همچنین نحوه توزیع رخداد هسته بیشینه آن، این مطالعه صورت پذیرفت. از آنجا که بیشینه سرعت رودباد نشان‌دهنده هسته آن است، شناخت جایگاه رخداد آن در بررسی نحوه تأثیرگذاری دینامیکی ربع‌های چهارگانه هسته (واگرایی در ورودی راست و خروجی چپ و همگرایی در ورودی چپ و خروجی راست) نقش بسیار مهمی دارد.

### داده‌ها و روش‌ها

داده‌های استفاده شده در این پژوهش، شامل مؤلفه‌مداری و نصف‌النهاری باد در مقطع زمانی فروردین ۱۳۳۰ تا اسفند ۱۳۸۹ است. داده‌های یادشده، از داده‌های بازکای شده مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی پژوهش‌های جوی ایالات متحده آمریکا- که به اختصار (NCEP/NCAR) شهرت دارند- دریافت گردید. این داده‌ها دارای تفکیک مکانی ۲/۵ درجه‌ای و تفکیک زمانی ۶ ساعته‌اند.

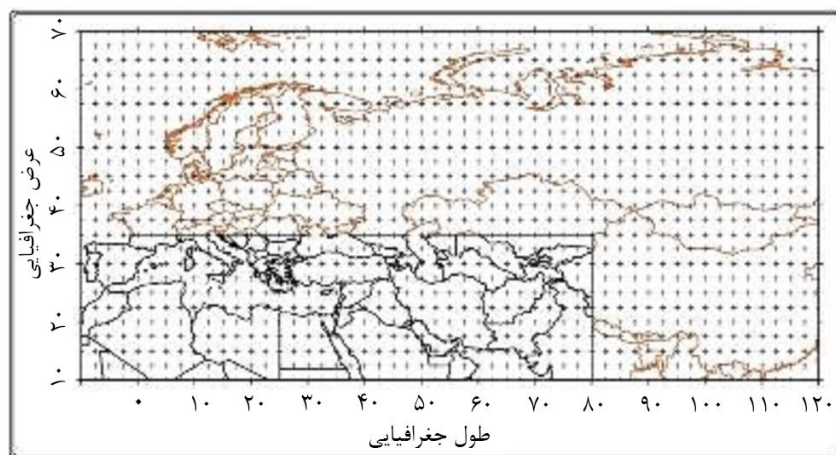
در این مطالعه، چهارچوب جغرافیایی شامل عرض جغرافیایی ۲۰ تا ۸۰ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۱۲۰ درجه شرقی در نظر گرفته شد. با توجه به تعریف واحدی که سازمان هواشناسی جهانی برای رودباد ارائه نموده است، ملاک فعالیت رودباد، وجود بادهای با سرعت بالای ۳۰ متر بر ثانیه است. بدین جهت، منظور از رودباد در این مطالعه، متوسط سرعت روزانه ۳۰ متر بر ثانیه و بیشتر بوده است. تمام محاسبات برای چهار سطح ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال انجام گرفته است. استخراج داده‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزار GrADS<sup>۱</sup> صورت گرفته و پایگاه داده‌ای برای هر سطح ارتفاعی به صورت ماتریسی به ابعاد ۲۱۹۱۴×۱۳۲۵ (سطرها تعداد روز و ستون‌ها تعداد یاخته‌ها است) ایجاد گردیده است.

در شکل ۱ تعداد یاخته‌هایی که منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرند، نمایش داده شده است. انجام محاسبات بر روی این داده، به کمک نرم‌افزار متلب<sup>۲</sup> انجام گرفت. حاصل محاسبات، به شکل نقشه ارائه گردیده است. برای ترسیم نقشه‌ها از نرم‌افزار SURFER استفاده شده و با استفاده از نرم‌افزار Arc Map بیضی استاندارد برای هر تراز ترسیم گردیده است.

پس از بررسی مشخصات توصیفی رودباد و با توجه به قرارگیری هسته تأثیرگذار بر روی بیابان‌های خاورمیانه، شمال آفریقا و کشور محدود مورد بررسی برای ادامه مطالعه محدود گردید و محاسبات بیضی استاندارد بر روی محدوده عرض جغرافیایی

1- Grid Analysis and Display System  
2- MATrix LABoratory (MATLAB)

۲۰ تا ۴۵ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۱۰ درجه غربی تا ۸۰ درجه شرقی صورت گرفت. در واقع، ادامه مطالعه بر روی ماتریسی با ابعاد  $407 \times 21914$  (سطرها تعداد روز و ستون‌ها تعداد یاخته‌ها است) بوده است. در شکل ۱ همچنین تعداد یاخته‌هایی که منطقه مورد مطالعه را در بر می‌گیرند (در محاسبات بیضی استاندارد)، نمایش داده شده است.



شکل ۱. محدوده مورد بررسی با ۱۳۲۵ یاخته به تفکیک  $2/5 \times 2/5$  درجه قوسی.

مرکز میانگین (مرکز ثقل) یا میانگین مکانی که برای تلخیص توزیع پدیده‌ای در نقشه استفاده می‌شود، همتای میانگین برای داده‌های یک بعدی (غیر مکانی) است (وحیدی اصل، ۱۳۷۹). در تحلیل‌های فضایی یکی از رایج‌ترین پارامترهایی که در رابطه با چگونگی پراکندگی نقاط در حول مرکز میانگین به کار گرفته می‌شود، بیضی انحراف استاندارد<sup>۱</sup> است. از آنجا که مجموعه موقعیت‌های نقاط ممکن است از نظر پدیده‌های به وقوع پیوسته، دارای انحراف جهت‌دار باشند و بیضی استاندارد می‌تواند انحراف جهت‌دار توزیع نقاط احتمال را به خوبی نشان دهد (جی لی، ۱۳۸۱)، همچنین به منظور نمایش جهت انحراف پراکندگی نقاط، از بیضی استاندارد استفاده می‌شود.

1- Standard Deviational Ellipse

بیضی استاندارد بر فراوانی بیشینه سرعت روزانه در هر پیکسل (بیش از یک تکرار در طی زمان) اعمال گردید. در بیضی، امتداد محور اصلی، نشان‌دهنده حداکثر پراکندگی مرکز ثقل (بیشترین جابجایی مرکز ثقل) است و محور فرعی مسیر حداقل جابجایی را نشان می‌دهد. دو محور در سیستم مختصات کارتزین همان محورهای  $x, y$  بوده و زاویه چرخش با توجه به جهت یابی جغرافیایی توزیع نقاط، دارای مقدار معینی است. زاویه چرخش، زاویه بین شمال و محور چرخشی  $y$  در جهت گردش عقربه‌های ساعت است. مراحل تعیین بیضی انحراف استاندارد به صورت زیر است (جی لی، ۱۳۸۱):

محاسبه مختصات مرکز میانگین  $\bar{x}_{mc}$  و  $\bar{y}_{mc}$

محاسبه انتقال مختصات برای هر نقطه از  $P_i$  در توزیع از رابطه:

$$x_{i'} = x_i - x_{mc} \quad (1)$$

$$y_{i'} = y_i - y_{mc}$$

محاسبه زاویه چرخش  $\theta$  طبق رابطه زیر:

$$\tan \theta = \frac{(\sum_{i=1}^n x_{i'}^2 - \sum_{i=1}^n y_{i'}^2) + \sqrt{(\sum_{i=1}^n x_{i'}^2 - \sum_{i=1}^n y_{i'}^2)^2 + 4(\sum_{i=1}^n x_{i'} - \sum_{i=1}^n y_{i'})^2}}{2 \sum_{i=1}^n x_{i'} - \sum_{i=1}^n y_{i'}} \quad (2)$$

با توجه به زاویه  $\theta$  در مرحله سوم، می‌توان انحراف در طول محورهای  $X_i$  و  $Y_i$  را

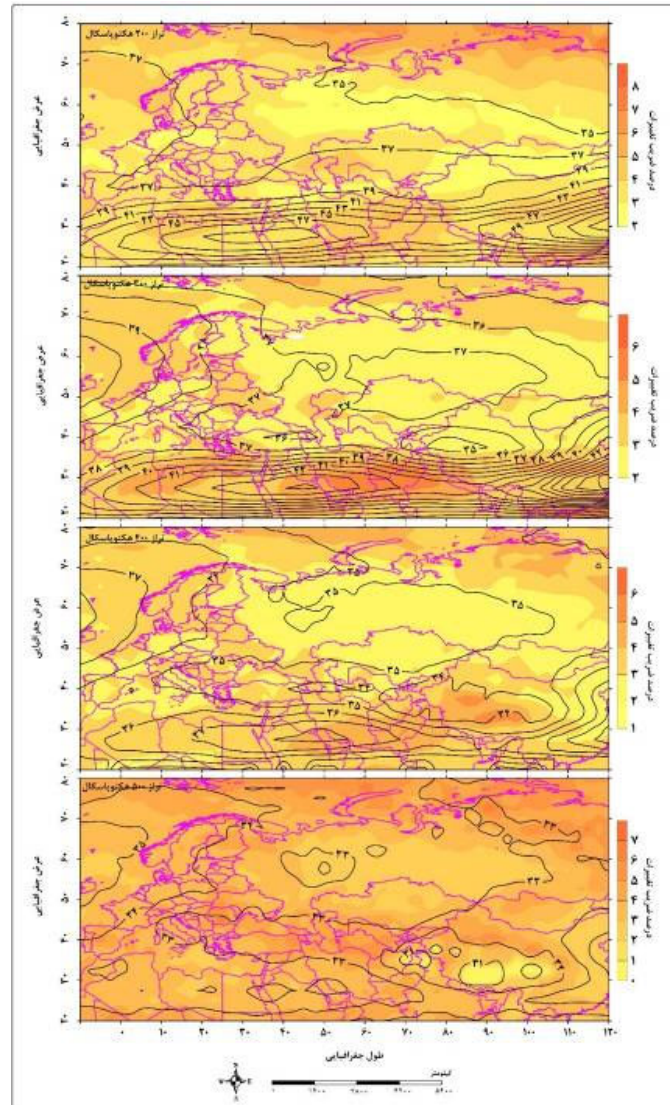
با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه نمود:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{i'} \cos \theta - y_{i'} \sin \theta)^2}{n}} \quad (3)$$

$$\delta_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_{i'} \sin \theta - y_{i'} \cos \theta)^2}{n}}$$

### بحث و نتایج

نتایج مربوط به بررسی میانگین و ضریب تغییرات سالانه رودباد در دوره مورد مطالعه، در شکل ۲، نمایش داده شده است.



شکل ۲. توزیع مکانی میانگین (متر بر ثانیه) و ضریب تغییرات (درصد) سالانه رودباد.



متوسط سرعت مرکز هسته، به ترتیب ۴۹، ۴۴، ۳۸ و ۳۴ متر بر ثانیه برای ترازهای ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال بوده است. در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال چنانچه مشاهده می‌گردد، هسته‌ای که کشور را متأثر ساخته است بر فراز لیبی، مصر، دریای سرخ، شمال عربستان و کویت قرار گرفته است. محور متوسط رودباد جنب‌حاره از جنوب ایران عبور می‌کند. در واقع ایران در خروجی سمت چپ این رودباد قرار گرفته است. در مناطق شرقی ایران (به ویژه پاکستان) میزان ضریب تغییرات، بیش از سایر مناطق هسته بوده است. با توجه به الگوی رودباد در این تراز- که یک هسته را نیز در شرق چین نشان می‌دهد- به نظر می‌رسد جابجایی هسته بین مناطق غرب و شرق ایران باعث این افزایش در ضریب تغییرات بوده است. رودباد در این تراز دارای شدت و یکپارچگی در وقوع است. مطابق شکل ۴، بیشینه متوسط فراوانی سالانه رودباد در این تراز، ۲۱۰ رخداد در مصر و لیبی بوده است.

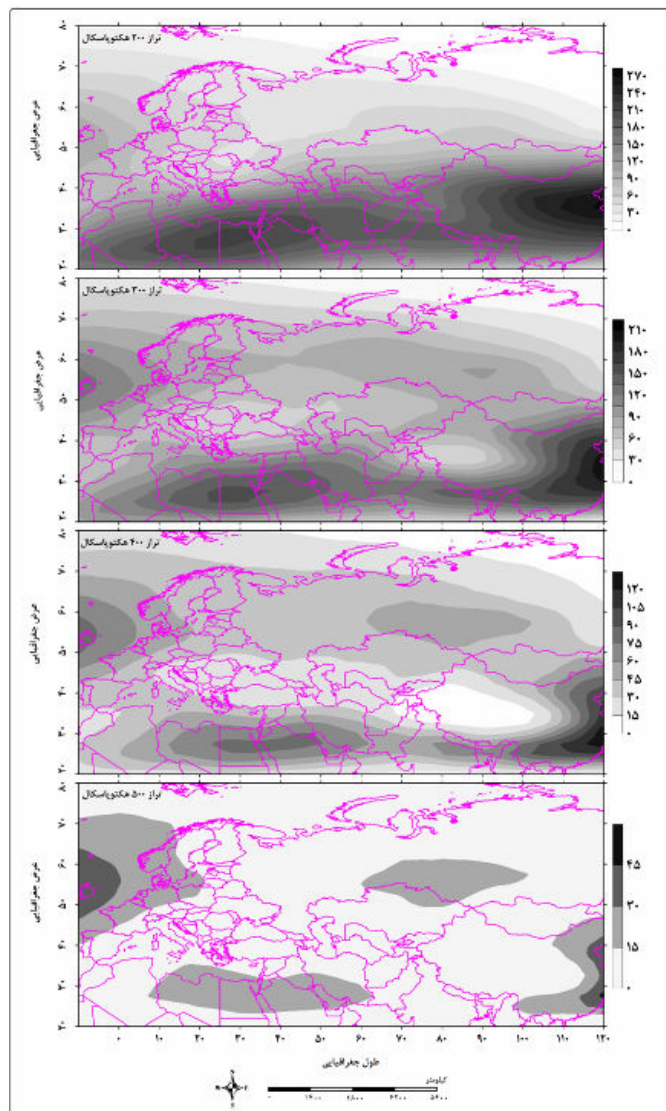
در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال، متوسط هسته رودباد جنب‌حاره با ۴۴ متر بر ثانیه سرعت، در شمال عربستان رخ داده است. محور متوسط رودباد مطابق تراز پیشین از جنوب ایران عبور نموده است. متوسط فراوانی سالانه این تراز، بیشترین مقدار خود را با ۱۵۰ رخداد در لیبی و مصر تجربه نموده است.

در تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال مرکز متوسط رودباد با یک جابجایی شرق‌سو، بر فراز شمال شرق عربستان، کویت و خلیج فارس واقع شده است. از شدت و یکپارچگی رودباد کاسته شده است. متوسط فراوانی سالانه هسته در این تراز، به نصف تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال رسیده است و بیشترین تعداد خود را در مصر، دریای سرخ، عربستان و کویت (۷۵ رخداد در سال) داشته است.

به منظور تعیین گستره پراکنش هسته رودباد، از بیضی استاندارد بهره گرفته شده است. در شاخص پراکندگی بیضی استاندارد، امتداد محور اصلی نشان‌دهنده بیشینه تغییرات مکانی محتمل هسته رودباد است و محور فرعی، جهت حداقل تغییرات مکانی محتمل هسته رودباد را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از محاسبه بیضی استاندارد

هسته‌های رودباد- که در تمام دوره رخ داده‌اند- برای چهار تراز مورد بررسی در ادامه نمایش داده شده‌اند.

### الف) تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال

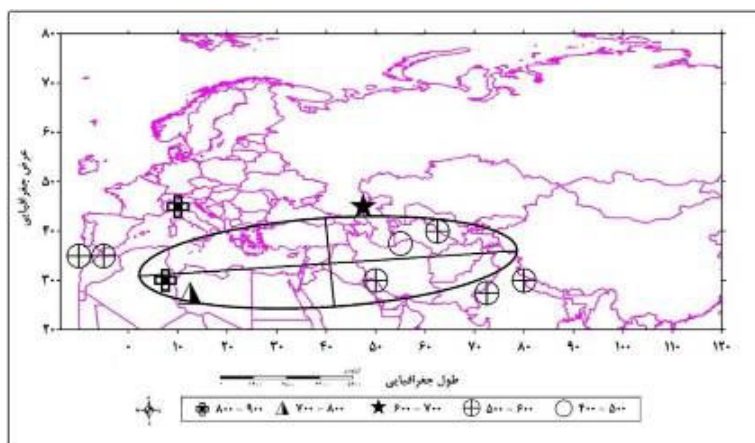


شکل ۳. توزیع مکانی متوسط فراوانی سالانه رودباد.

در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال که در شکل (۴) دیده می‌شود، بیضی استاندارد با شکل نسبتاً کشیده‌ای در راستای غربی - شرقی با تمایل تقریباً ۱۰ درجه‌ای به سمت شمال‌شرق (از شمال آفریقا تا مرز غربی چین) قرار گرفته است. این راستا، در واقع نمایشی از بیشترین جابجایی و تغییرات مکانی هسته رودباد جنب‌حاره در این تراز است. این شکل قرارگیری بیضی استاندارد و حتی میزان انحراف آن از حالت کاملاً غربی به روشنی تصدیقی بر جابجایی هسته رودباد در مقیاس زمانی است و یادآوری این نکته بجاست که در طی فصل سرد، محور رودباد در پایین‌تر از عرض ۳۰ درجه و در فصل گرم، محور رودباد یاد شده، در عرض بالاتر از ۴۰ درجه شمالی قرار می‌گیرد. این جابجایی در فصول انتقالی در عرض‌های ۳۰ و ۴۰ درجه صورت می‌گیرد. این حالت، سبب انحراف بیضی استاندارد گردیده است. همچنین با توجه به محور فرعی بیضی استاندارد، می‌توان گفت که در امتداد شمالی - جنوبی تغییرات مکانی هسته رودباد در عرض‌های ۲۵ تا ۴۵ درجه شمالی اتفاق افتاده است و این عرض‌ها دقیقاً منطبق بر عرض‌هایی است که هسته رودباد در ماه‌های مختلف از نظر مکانی جابجایی نشان داده است. جایگاه مکانی کشور ایران در بیضی استاندارد این تراز، در میانه نیمه دوم است. در توزیع طبقات فراوانی هسته، چنانچه مشاهده می‌گردد، اکثر طبقات مربوط به بیشینه تکرار هسته، در غرب کشور واقع گردیده‌اند.

در داخل کشور، تنها یک طبقه با تکرار ۶۰۰-۵۰۰ بر فراز بوشهر و خوزستان و طبقه‌ای دیگر با تکرار ۵۰۰-۴۰۰ بر فراز گلستان و سمنان مشاهده می‌شود. این در حالی است که دو مرکز مربوط به حداکثر تکرار، یکی بر فراز ایتالیا و دیگری بر فراز الجزایر در شمال آفریقا است. تمرکز مراکز بیشینه تکرار هسته رودباد در شمال آفریقا، یقیناً در انتقال گرد و غبار از این مناطق - به عنوان مهم‌ترین منابع تأمین ذرات غباری - دارای نقش تعیین‌کننده‌ای است. مرکز بیشینه ۷۰۰-۶۰۰ بار وقوع هسته رودباد در شمال خزر، با توجه به جایگاه قرارگیری آن مبین تأثیرگذاری ورودی سمت راست هسته

رودباد (واگرایی بالایی- همگرایی پایین) بر شمال غرب کشور و خروجی راست هسته رودباد (همگرایی بالایی- واگرایی پایین) بر شمال و شمال شرق کشور است.



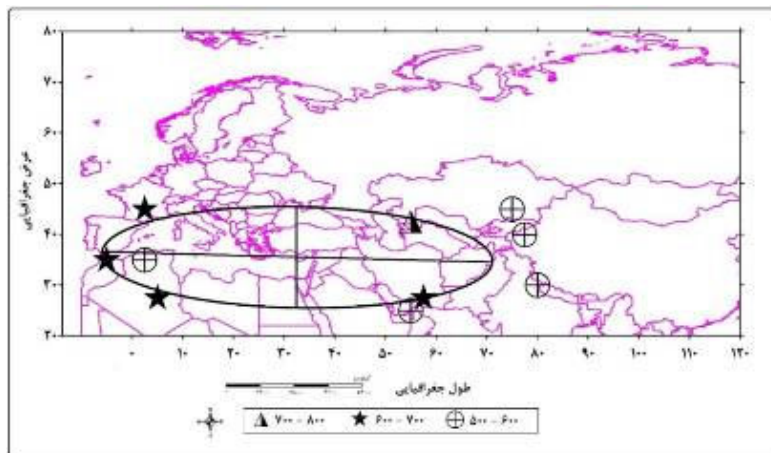
شکل ۴. فراوانی روزانه رخداد هسته رودباد و بیضی استاندارد آن در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال.

#### ب) تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال

بیضی استاندارد در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۵)، با امتداد غربی- شرقی از اسپانیا و مراکش تا شرق پاکستان امتداد یافته است و کشور ایران را (به جز نواحی کوچکی از جنوب شرق) به طور کامل در بر می گیرد. قطر فرعی بیضی استاندارد نسبت به تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال بزرگ تر است و نشان دهنده تغییرات نصف النهاری بیشتری است. چنانچه از این نقشه قابل استنباط است، الگوی رخداد هسته در غرب کشور، دارای تمایل بیشتری به تمرکز در پهنه کوچک تری است.

وجود و شکل گیری بیشینه های تفکیک شده، بیانگر تغییرات مکانی رودباد در فصول مختلف است. بزرگ ترین فراوانی هسته رودباد در شرق خزر رخ داده است. قرارگیری هسته در این ناحیه، سبب می شود که منطقه واگرایی واقع در ورودی راست هسته، نواحی شمال کشور را متأثر سازد. همچنین در نواحی جنوب کشور، بر فراز هرمزگان یک مرکز فراوانی ۶۰۰-۷۰۰ بار دیده می شود که قطعاً با توجه به زمان وقوع

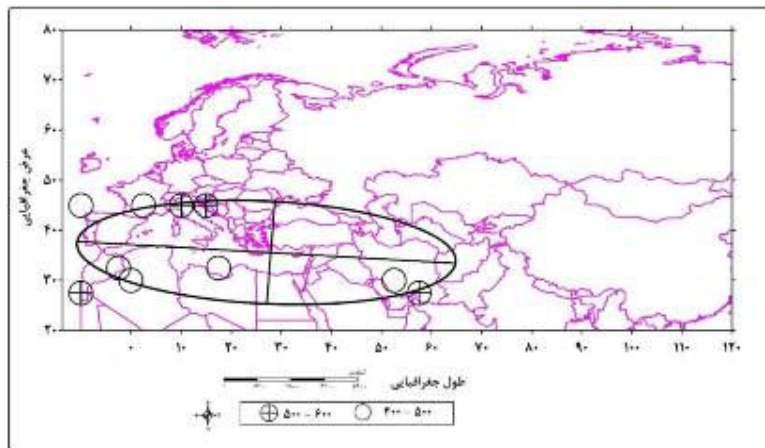
این پدیده در سال و نیز سرعت آن می‌تواند در کیفیت رخداد سایر پدیده‌های اقلیمی در منطقه جنوب کشور مؤثر واقع گردد.



شکل ۵. فراوانی روزانه رخداد هسته رودباد و بیضی استاندارد آن در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال.

#### ج) تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال

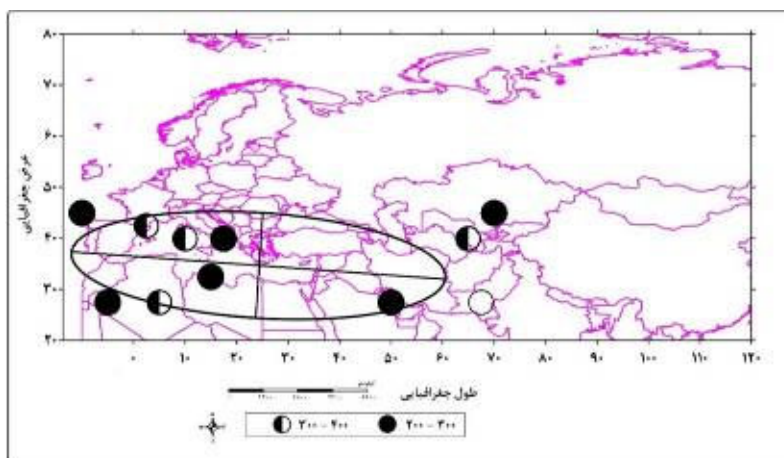
در تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۶) بیضی استاندارد با انحراف بیش از ۱۰ درجه‌ای از حالت غربی، جهتی تقریباً جنوب شرقی به خود گرفته است. در این تراز جابجایی محسوسی در بیضی استاندارد به سمت غرب منطقه مشاهده می‌گردد و قطر اصلی آن، از شرق اطلس تا افغانستان امتداد یافته است. ۸۰ درصد فراوانی هسته رودباد در غرب محور فرعی بیضی رخ داده است.



شکل ۶- فراوانی روزانه رخداد هسته رودباد و بیضی استاندارد آن در تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال.

#### د) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۷) نیز همانند تراز ۴۰۰ هکتوپاسکال محور اصلی بیضی استاندارد با انحرافی بیش از ۱۰ درجه، جهتی جنوب شرقی گرفته است و باز هم جایجایی محسوسی را به غرب نشان می‌دهد.



شکل ۷. فراوانی روزانه رخداد هسته رودباد و بیضی استاندارد آن در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال.

به طوری که در این تراز میزان تغییرات مکانی در نهایت به شرق ایران می‌رسد و همسایه‌های شرق کشور را دربر نمی‌گیرد. طبقه‌بندی فراوانی روزانه هسته رودباد در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نسبت به دیگر ترازهای مورد بررسی از دامنه پایین‌تری از تکرار برخوردار است. اما با توجه به اینکه این تراز نزدیک‌ترین تراز مورد بررسی به سطح زمین است، باید توجه نمود که تأثیرگذاری بیشتری بر پدیده‌های اقلیمی خواهد داشت.

### نتیجه‌گیری

بررسی جایگاه متوسط رودباد جنب‌حاره در منطقه مورد مطالعه، مبین این است که هسته رودباد در حوالی عرض ۲۵ درجه شمالی قرار گرفته است. این هسته ضمن جابجایی در ترازهای مختلف در شمال دریای سرخ، عربستان سعودی و کویت قرار می‌گیرد. با توجه به مدل چهار ربعی رودباد- که در آن ناحیه ورودی راست و خروجی چپ هسته دارای واگرایی بالایی و خروجی راست و ورودی چپ و دارای همگرایی- اند- انتظار می‌رود این هسته در عربستان و جنوب غرب ایران (در حالت متوسط) بیشترین تأثیرگذاری را داشته باشد.

از طرفی دیگر، بررسی فراوانی رخداد رودباد نشان داد که بیشینه رخداد این پدیده با درصد وقوع تقریباً ۵۰ درصد (تقریباً ۲۰۰ بار در سال به طور متوسط)، در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال بر فراز لیبی و الجزایر قرار گرفته است. در دیگر سطوح نیز رخدادی مشابه با فراوانی کمتر وجود داشته است. رخداد رودباد جنب‌حاره در منطقه‌ای که بخشی از کمربند غباری جهان محسوب می‌شود، قادر خواهد بود غبار این منطقه را به مناطق دورتر انتقال دهد. چنانچه لی<sup>۱</sup> و همکارانش (۲۰۱۰) در بررسی جابجایی غبار شرق آسیا به هنگ‌کن نقش رودباد جنب‌حاره را بسیار مهم برشمرده‌اند. از دیگر سو مون و لی<sup>۲</sup> (۲۰۰۸) غبار مشاهده شده در کره و ژاپن و حتی بالای اقیانوس آرام را حاصل انتقال غبار آسیا به این منطقه دانسته‌اند (لی و همکاران، ۲۰۱۰).

1- Lee

2- Moon & Lee

در نواحی جنوبی و مرکزی ایران، رخدادهای رودباد بیش از سایر نواحی بوده است و مخصوصاً در استان‌های فارس، کرمان و سیستان و بلوچستان در سطوح پایین نیز این رخدادها قابل توجه بوده است. این پدیده در مناطق بیابانی ایران به میزان کمتری نسبت به شمال آفریقا و عربستان رخ می‌دهد با این حال، این فعالیت مخصوصاً در بیابان لوت در تمام سطوح قابل توجه است.

نتایج حاصل از بیضی استاندارد نیز گستره فعالیت این رودباد را بر مناطق شمال آفریقا و ایران به خوبی نشان می‌دهد. به گونه‌ای که در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال محور فرعی این بیضی بر روی عربستان واقع شده است و ایران در یک نیمه و شمال آفریقا در نیمه دیگر بیضی قرار گرفته است. به عبارتی دیگر، با توجه به اینکه برآزش بیضی پراکندگی رخدادهای را نشان می‌دهد، این الگوی وقوع بیضی نشان از فعالیت زیاد رودباد در ایران دارد، به نحوی که نیمی از بیضی ایران را تحت پوشش قرار داده است.

نحوه برآزش بیضی در سطوح پایین‌تر متفاوت‌تر بوده و به سمت غرب در حال جابجایی است. بدین معنی که رخدادهای رودباد در سطوح پایین‌تر در غرب ایران متمرکزتر بوده و فعالیت آن در کشور نسبت به تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال به میزان چشمگیری کاسته شده است. از طرفی مراکز بیشینه رخدادهای هسته در طول دوره - که همزمان با بیضی استاندارد ترسیم گشته‌اند - نشان از رخدادهای بیشینه وقوع هسته، در مناطق جنوب‌غربی و جنوبی کشور دارد. این هسته‌های بیشینه مخصوصاً در خوزستان، بوشهر، کرمان، هرمزگان و سیستان نمود یافته است. به هر حال قرارگیری هسته در هر یک از این مراکز، سبب می‌شود نحوه فعالیت رودباد در مناطق واگرایی هسته، بیابان‌های نواحی مرکزی ایران مخصوصاً بیابان لوت را تحت تأثیر قرار دهد. از آنجایی که وقوع واگرایی بالایی همراه با همگرایی پایین است و همگرایی در منطقه‌ای که فاقد رطوبت کافی باشد طوفان غباری را در پی دارد، رودباد وقوع پدیده غباری را در منطقه تشدید می‌کند.



### منابع

- ترابی، علی اصغر، (۱۳۵۵)، رودباد روی ایران. پایان نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران.
- جی، لی و دیوید وانگ، (۱۳۸۱)، تجزیه و تحلیل آماری با Arcview GIS. ترجمه محمدرضا حسین نژاد و فریدون قدیمی-عروس محله. انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران.
- حلبیان، امیرحسین، (۱۳۹۰)، تحلیل هم‌دید ارتباط پرفشار آזור با دماهای بیشینه ایران. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۶، صص ۷۸-۵۱.
- خوش‌اخلاق، فرامرز، محمد سعید نجفی و مهدی صمدی، (۱۳۹۱)، واکاوی هم‌دیدی رخداد گرد و غبار بهاره در غرب ایران. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۲، پیاپی ۸۰، صص ۹۹-۱۲۵.
- زرین، آذر، (۱۳۸۶)، تحلیل پرفشار جنب حاره تابستانه بر روی ایران، رساله دکتری جغرافیای طبیعی-گرایش اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس تهران.
- علیجانی، بهلول، (۱۳۸۱)، بررسی سینوپتیک الگوهای سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال در خاورمیانه در دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱، مجله نیوار، شماره ۴۴ و ۴۵، صص ۲۹-۷۰.
- فرج‌زاده اصل، منوچهر، حسن لشکری اسدالله خورانی، (۱۳۸۶)، تحلیل موقعیت رودباد در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور (استان‌های ایلام و کرمانشاه). مدرس، دوره یازدهم، پیاپی ۵۳، صص ۲۵۶-۲۳۹.
- فلاح‌قاهری، غلام‌عباس، (۱۳۹۰)، اصول و مبانی هواشناسی، انتشارات پژوهشکده اقلیم‌شناسی.
- قائم، هوشنگ، آذر زرین مجید آزادی منوچهر فرج‌زاده اصل، (۱۳۸۸)، تحلیل الگوی فضایی پرفشار جنب‌حاره بر روی آسیا و آفریقا. فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره ۱۳، شماره ۱، ۲۴۵-۲۱۹.

کاظم‌پور، علیرضا، (۱۳۵۷)، بررسی حالات خاص رودبادهای روی ایران، پایان‌نامه کارشناسی ارشد هواشناسی، استادان راهنما: پروفسور پانچی کوستوارام، محمد خیراندیش و احمد زندنیا، دانشگاه تهران.

کاویانی، محمدرضا بهلول علیجانی، (۱۳۸۵)، مبانی آب‌وهواشناسی. انتشارات سمت، تهران.

کیت، بوشر، (۱۳۸۵)، آب و هوای کره زمین (جلد اول)، ترجمه هوشنگ قائمی، انتشارات سمت.

مفیدی، عباس، آذر زرین، (۱۳۸۴)، « بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل‌زا در ایران. تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۸، صص ۱۳۹-۱۱۳.

وحیدی‌اصل، محمد قاسم، (۱۳۷۹)، آمار و احتمال در جغرافیا. دانشگاه پیام نور. سلیقه، محمد، علیرضا صادقی‌نیا، (۱۳۸۹)، بررسی تغییرات مکانی پرفشار جنب‌حاره در بارش‌های تابستانه نیمه جنوبی ایران. جغرافیا و توسعه، شماره ۱۷، صص ۹۸-۸۳.

محمدنژاد، علیرضا، فرهنگ احمدی گیوی پرویز ایران‌نژاد، (۱۳۸۸)، اثر بازه‌های نوسان سالانه کمربند پرفشار جنب‌حاره و پرفشار سیبری بر چرخندزایی مدیترانه و بارش ایران. مجله فیزیک زمین و فضا، دوره ۳۵، شماره ۴، صص ۱۳۰-۱۱۵.

حجازی‌زاده، زهرا، (۱۳۷۴)، بررسی نوسانات فشار زیاد جنب‌حاره در تغییر فصل ایران، رساله دکتری جغرافیای طبیعی-گرایش اقلیم، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

Abdel Basset, H. (2001). Energy Conversions of a Desert Depression. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 76, 203-222.

Archer, C. L., and Caldeira, K. (2008). Historical trends in the jet Streams, *Geophys. Res. Lett.*, 35, L08803.

Baldi, Marina, Giovanni Dalu, Giampiero Maracchi, Massimiliano Pasqui, Francesco Cesarone. (2006). Heat Waves in the Mediterranean: A Local Feature or A Larger-Scale Effect?. *International Journal of Climatology*, Int.J.Climatol.26,1477-1487.

- Eicher, T., and Higgins, W. (2005). Climatology and ENSO-Related Variability of North American Extratropical Cyclone Activity. *Journal of Climate*, 19, pp 2076-2093.
- Hudson, R. D. (2012). Measurements of the movement of the jet streams at mid-latitudes, in the Northern and Southern Hemispheres, 1979 to 2010, *Atmos. Chem. Phys*, 12, pp 7797–7808.
- Krishnamurti, T. N. (1960). The Subtropical Jet Stream of Winter, *Journal of Meteorology*, 18, 172-191.
- Lee, Y. C., Xun Yang, Mark Wenig. (2010). Transport of dusts from East Asian and non-East Asian sources to Hong Kong during dust storm related events 1996e2007. *Atmospheric Environment* 44, 3728-3738.
- Leroux .S, Nicholas, M., Hall, J. (2009). On the Relationship between African Easterly Waves and the African Easterly Jet.
- Moon, Y. S., Lee, S. H. (2008). Meteorological guideline for forecasting Asian dust using WRF (Weather Research Forecasting version 2.2) in the Korean peninsula. Extended abstracts and workshop presentations for the 8th WRF Users' Workshop, June 11e15, 2007.
- Rodionov. Sergei, Raymond Assel, 2001, A New Look at the Pacific/North American Index, *Geophysical Reserch Letters*; Vol.28, NO.8, pp 1519-1522.
- Saha, K. (2010). *Tropical Circulation System and Monsoons*, Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
- Seager. R, N., Harnik, W. A., Robinson, Y., Kushnir, M., Ting, H.-P. Huang and Velez, J. (2005). Mechanisms of ENSO-forcing of Hemispherically Symmetric Precipitation Variability, *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 131, pp. 1501–1527.
- Strong, Robert Davis, E. (2007). Variability in the Position and Strength of Winter Jet Stream Cores Courtenay Related to Northern Hemisphere Teleconnections; *Journal Of Climate*; Volume 21.
- Strong, C., and Davis, R. E. (2007). Variability in the Position and Strength of Winter Jet Stream Cores Related to Northern Hemisphere Teleconnections, *Journal Of Climate*, 21.
- Woollings, T., Hannachi, A., Hoskins, B. (2010). Variability of the North Atlantic eddy-driven jet stream; *Quarterly Journal of The Royal Meteorological Society*, 136 (649), 856–868.
- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.pressure>.