

صص ۶۶-۵۵

## وضعیت پیشانی جبهه قطبی در ارتباط با فصل سرد بر روی ایران

### داریوش سپاده\*

دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی سینوپتیک، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### برومند صلاحی

استاد گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### بهلول علیجانی

استاد گروه جغرافیا، دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی تهران، ایران

### بتول زینالی

دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۷/۲۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۳/۸

### چکیده

در پژوهش حاضر به شناسایی رفتار فصلی رود باد قطبی، بر مبنای فصل سرد (پاییز و زمستان) بر روی کشور ایران پرداخته شده است. تحلیل کلی روند رود باد بر اساس آنچه در قسمت روش‌ها ذکر شده است به منظور یافتن الگوهای رفتاری رود باد در محیط نرم‌افزاری GRADS صورت گرفت. نتایج تحلیل بیان کننده وجود دو هسته متوسط اصلی، یک هسته بر فراز اروپا و هسته گسترده‌تر بر روی شمال آفریقا و عربستان است. فراوانی وقوع هسته روی اروپا بیش از هسته شمال آفریقا بوده به طوری که در پاییز فراوانی وقوع هسته شمال آفریقا حدود ۳۰ درصد کمتر از اروپا و در زمستان فراوانی هر دو هسته مشابه بوده است. هسته رود باد قطبی در دو فصل مذکور، به طور تقریبی در عرض ۳۵ درجه شمالی مستقر بوده است. با توجه به اطلاعات حاصل از نقشه‌های متوسط سرعت در فصل پاییز و زمستان، به نظر می‌رسد تغییر سرعت نسبت به قبل بیشتر بوده است.

واژگان کلیدی؛ جت استریم، سینوپتیک، چرخندگی، هسته رود باد

### مقدمه

رود بادها از جمله پدیده‌های اتمسفری هستند که در مقیاس سینوپتیک عمل می‌کنند و می‌توانند سبب تشدید شرایط صعود و یا نزول هوا در ترازهای زیرین جو شوند. رود بادها بدون استثناء در همه نقشه‌های هوا به صورت کمربند یا نوارهایی با سرعت زیاد دیده می‌شوند و تا مسافت‌های طولانی کشیده شده‌اند. بنا بر تعریف سازمان جهانی هواشناسی، هرگاه سرعت نوارهای سرعت بیش از ۳۰ متر بر ثانیه باشد، جریان رود باد به وجود می‌آید (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۱،

(۲۹۱). در واقع رود بادها هسته‌هایی از سرعت هستند که در بستر امواج کوتاه و بلند حرکت می‌کنند و همانند آن‌ها دارای مناطق همگرایی و واگرایی هستند (علیجانی، ۱۳۸۱، ۸۲). در روی نقشه‌های هوا، رود باد به صورت هسته‌هایی کاملاً منفرد است که از نظر مکانی نیز کاملاً متغیر است. هسته‌های سرعت یکی در حاشیه استوایی بادهای غربی و دیگری بر روی جبهه قطبی منطقه برون حاره بیش از نواحی دیگر حرکت می‌کنند. در نتیجه دو بستر نسبتاً متمایز را به وجود می‌آورند که رود باد جبهه قطبی و رود باد جنب حاره نامیده می‌شوند (کاویانی و علیجانی، ۱۳۷۱، ۲۹۱). هر هسته رود باد نتیجه اختلاف دما و سرعت باد زیاد همراه با جو پرفشاری است. رود باد جبهه قطبی محصول شیو شدید دمایی هوای قطبی و حاره‌ای است در حالی که رود باد جنب حاره‌ای حاصل شیو دمایی موجود در وردی است و محدود به تروپوسفر بالایی است (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۳۵). رود بادها مخصوصاً رود باد جبهه قطبی در اقلیم سطح زمین نقش مؤثری ایفا می‌کنند. رود باد جبهه قطبی در عرض‌های میانه و بالا در محل جبهه قطبی و در ارتفاع ۹ تا ۱۲ کیلومتری و رود باد جنب حاره در فاصله مداری ۲۰ تا ۳۰ درجه در ارتفاع ۱۲ تا ۱۴ کیلومتری حلقه‌های ناپیوسته‌ای را به دور کره زمین تشکیل می‌دهند (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۳۷). در این زمینه رود باد جبهه قطبی که از تضاد حرارتی در محل تشکیل جبهه قطبی به وجود می‌آید به طور عمده به تشکیل سیکلون‌های برون حاره و هدایت آن‌ها و نیز ایجاد ناپایداری در جو زیرین خود کمک می‌کنند و سبب صعود هوا و در صورت وجود هوای گرم و مرطوب، سبب بارش می‌شوند و به دلیل نزدیکی به سطح زمین نقش بیشتری در فراهم آوردن شرایط صعود و بارش دارند. به دلیل اهمیت موضوع در زمینه نرمال‌های اقلیمی و پراکندگی آن‌ها تاکنون مطالعات مختلفی در ایران و در کشورهای مختلف و سراسر جهان صورت گرفته است. فرج زاده و همکاران (۱۳۸۶) در پژوهشی با بررسی موقعیت مکانی رود باد در رابطه با بارش‌های غرب ایران بیان کردند که میزان گردادین مداری جریان‌ات رود باد در روزهای حداکثر بارش بیشتر از سایر روزهای بارندگی است. بین سرعت هسته‌های رود باد و میزان بارش سامانه‌ها رابطه خطی خاصی برقرار نیست و حداکثر اعمال اثر رود باد در منطقه مورد مطالعه در شرایطی است که رود باد تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال در جنوب رود باد تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال قرار بگیرد. کریمی و همکاران (۱۳۹۰)، با مطالعه منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران سامانه‌های بارشی بیش از ۱ میلی‌متر در دوره ۲۰۰۱-۱۹۹۶ را با استفاده از داده‌های شبکه‌بندی مرکز مطالعات میان مدت اروپا بررسی کردند. آنان با بررسی واگرایی شار رطوبت بیان کردند که الگوی انتقال رطوبت در منطقه خاورمیانه و به‌ویژه ایران وابستگی شدیدی به الگوی گردشی جو دارد و به طور قابل توجهی از مراکز فشار زیاد ترازهای زیرین و در سپهر تأثیر می‌پذیرد. دریا‌های عرب و مدیترانه اصلی‌ترین منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران هستند که در ناحیه خزری علاوه بر دریا‌های فوق، دریای خزر نیز در تأمین رطوبت بارش‌ها نقش مؤثری دارد. عساکره (۱۳۸۹) در پژوهشی روند تغییرات بارش‌های فرین زنگان را طی دوره ۲۰۰۶-۱۹۶۱ مطالعه کرد که نتایج مطالعه وی حاکی از روند کاهشی معنی‌دار و جهشی به سمت پایین در بارش‌های صدک اول و صدک نود و پنجم است؛ بنابراین از روزهای کم بارش و روزهای همراه با بارش‌های سنگین کاسته شده است که نشان از ملایم‌تر شدن بارش‌های این شهر دارد. علیجانی و همکاران (۱۳۸۹)، در بررسی بارش‌های سنگین

جنوب شرق کشور ایران، بارش‌های بیش از ۱۰۰ میلی‌متر در منطقه را ملاک قرار دادند و از آن میان بارش ۶ ژانویه ۲۰۰۸ را بررسی کردند و بیان داشتند که استقرار رود باد جنب‌حاره‌ای با سرعت زیاد با جهت جنوب غربی - شمال شرقی در سطح فوقانی جو در جنوب غرب ایران و خلیج فارس یکی از عوامل ایجاد بارش‌های سنگین و فوق سنگین منطقه است. مسعودیان و محمدی (۱۳۹۰)، فراوانی رود بادها در ارتباط با بارش‌های ابر سنگین ایران را مطالعه کردند و بیان داشتند که فراوانی رود بادها در خلیج فارس و جنوب غرب ایران قابل ملاحظه است. عزیزی و صفرراد (۱۳۹۱)، در پژوهشی به مطالعه موقعیت و فراوانی رود بادها در ارتباط با فازهای انسو در ماه‌های سپتامبر، اکتبر، نوامبر و دسامبر پرداختند که نتایج این پژوهش حاکی از انتقال مسیر رود باد جنب حاره به عرض‌های جنوبی‌تر در سال‌های النینو و فراوانی مسیرها در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال طی سال النینو برای رود باد جنب حاره و کاهش برای رود باد جبهه قطبی است. رنجبر سعادت آبادی و امینی (۱۳۸۹)، در بررسی الگوهای سینوپتیکی بارش‌های شدید منجر به سیل تابستانه استان گلستان نفوذ زبانه سامانه پرفشار اروپای شرقی و گسترش آن بر روی دریای خزر، همچنین استقرار سامانه کم‌فشار حرارتی در جنوب البرز و گسترش آن در روزهای قبل از بارش بر روی منطقه را که سبب فراهم شدن گرادیان زیاد فشار بر منطقه می‌شود را از عوامل اصلی چنین بارش‌هایی می‌دانند. پروین (۱۳۹۲)، ارتباط موقعیت مکانی رود باد در ارتباط با وقوع سیل دریاچه ارومیه را به روش خوشه‌بندی مطالعه کردند و در نهایت ۷ الگو را شناسایی کردند. بطوریکه هنگام وقوع سیلاب محور تراف‌ها به سمت عرض‌های پایین جغرافیایی عمیق شده و حدود ۷۰ درصد رود بادها عمدتاً در نیمه شمالی و بین مدارات ۲۵ تا ۳۵ درجه شمالی بر بالای دریای مدیترانه مستقر بوده است. Yang و همکاران (۲۰۰۲)، در پژوهش درباره نوسان‌های جت استریم شرق آسیا در ارتباط با ناهنجاری‌های آب و هوای منطقه آسیا، آرام و آمریکا مشخص کردند که قدرت جت استریم شرق آسیا به‌طور مشخصی وابسته به سیستم اتمسفری چندی از جمله پرفشار قاره آسیا، تراف شرق آسیا، کم‌فشار التوسین و فراز غرب آمریکای شمالی است. هنگامی که مونسون زمستان شرق آسیا شدید، سردتر و خشک‌تر است شرایط همرفتی شدیدتری بر فراز مناطق استوایی آسیا - اقیانوسیه فراهم می‌شود. در همان زمان شرایط گرم‌تر و خشک‌تری در غرب ایالات متحده، اما سردتر و خشک‌تری در شرق این کشور به وجود می‌آید. Rudari و همکاران (۲۰۰۵)، در پژوهش خود به تعیین الگوهای سینوپتیکی بارش‌های سنگین در شمال غرب ایتالیا پرداختند و مشخص شد که شکل جریان‌های بزرگ مقیاس جوی در ارتباط با توپوگرافی منطقه‌ای در ایجاد بارش‌های سنگین محلی نقش مهمی بازی می‌کنند. آن‌ها بارش‌های سنگین شمال غرب ایتالیا را با سه الگوی خاص از فراگیری جریانات جوی روی منطقه مرتبط دانسته‌اند و در الگوی اول مدیترانه، در الگوی دوم اقیانوس اطلس و در الگوی سوم خلیج ژنو به‌منزله منابع تأمین‌کننده رطوبت معرفی شدند. Prezerakos و همکاران (۲۰۰۶)، درباره نقش رود باد جبهه قطبی و رود باد جنب حاره بر چرخندزایی در شرق مدیترانه دریافتند که در زمانی که رود باد جبهه قطبی در موقعیت جنوبی‌تری از نرمال خود و رود باد جنب حاره نیز در موقعیت شمالی‌تر از نرمال خود قرار گیرد این دو در هم آمیخته و فرایند چرخندزایی در این منطقه تشدید می‌شود. Schiemann و همکاران (۲۰۰۹)، در پژوهش خود نوسانات سالانه و فصلی

رود باد بادهای غربی را بر فراز فلات تبت بررسی کردند و بیان کردند که این رود باد طی زمستان و تابستان به ترتیب روی جنوب و شمال این فلات قرار می‌گیرد و طی بهار و پاییز جابجایی رود باد از جنوب به شمال و بالعکس و جابجایی فصلی در بهار از نوسانات سالانه شدیدتری برخوردار است؛ بنابراین درک قانونمندی‌های سامانه اقلیمی زمین نیازمند شناخت مؤلفه‌های مؤثر بر این سامانه است (مفیدی و زرین، ۱۳۸۴، ۳). یکی از مؤلفه‌های مؤثر بر اقلیم زمین حرکات عمودی جو است. بنا بر اصل پیوستگی، تمام تغییرات آب و هوایی سطح زمین از طریق حرکات عمودی اتمسفر کنترل می‌شود (علیجانی و هوشیار، ۱۳۸۷، ۲). این حرکات از راه واریسی و بررسی الگوهای همدید جو قابل ردیابی و شناخت است زیرا الگوهای همدیدی سطوح بالای اتمسفر تأثیر بسزایی بر هوا و در نهایت آب و هوای سطح زمین دارند (مرادی، ۱۳۹۰، ۴). در دوره سرد سال که رود باد جبهه قطبی تا بخش‌های جنوبی کشور نفوذ می‌کند، عوامل آب و هوایی برون حاره‌ای مانند بادهای غربی و چرخندها، به ایران وارد می‌شوند اما در دوره گرم سال که رود باد بر بخش‌های شمالی کشور قرار دارد عوامل آب و هوایی حاره‌ای بر ایران مستولی می‌شود (علیجانی، ۱۳۷۴، ۸). در این پژوهش، تحلیل کلی روند رود باد با توجه به آنچه در قسمت روش‌ها ذکر شده، تنها برای محدوده‌ای که مکان اصلی هسته رود باد جبهه قطبی نسبت به کشور بود بررسی شده است. پژوهش‌های زیادی درباره سامانه‌های گوناگون جوی نظیر پرفشار جنب حاره، پرفشار سبیری، کم‌فشار سودان، فعالیت بادهای غربی و سامانه‌های مشابه آن‌ها بر روی جو ایران در فصول مختلف انجام گرفته است. نتایج این پژوهش‌ها در پیش‌بینی اقلیم کشور جایگاه ویژه‌ای دارد اما در زمینه چگونگی فعالیت رود باد جبهه قطبی در کشور، پژوهش‌های چندانی صورت نگرفته است. در این پژوهش، به شناسایی رفتار فصلی رود باد جبهه قطبی، بر مبنای فصل سرد سال (پاییز و زمستان) و بر اساس فصل بندی شمسی پرداخته شده است. در ادامه، به تحلیل چگونگی روند آن پرداخته می‌شود.

## داده‌ها و روش‌ها

برای این پژوهش از داده‌های شبکه‌ای ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۳۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال جهت شناسایی هسته رود باد و همچنین داده‌های مربوط به مؤلفه مداری و نصف‌النهاری باد از سری داده‌های بازکاوی شده مرکز ملی پژوهش‌های جوی ایالات متحده آمریکا (NCEP/NCAR) با دقت  $2/5^*2/5$  درجه قوسی تفکیک مکانی در فواصل زمانی ۶ ساعته در بازه زمانی ۳۰ ساله از ۱۹۸۸ تا ۲۰۱۸ از سایت [www.esrl.noaa.gov](http://www.esrl.noaa.gov) گرفته و با استفاده از نرم‌افزار GRADS نقشه‌ها ترسیم و استخراج شده است. پس از آن، به منظور بررسی توزیع مکانی روند سرعت رود باد و همچنین تغییرات محور آن، در منطقه اقلیمی ایران در فصل‌های سرد سال، به بررسی سری زمانی آن پرداخته شد. به منظور به الگو درآوردن تغییرات در سری‌های زمانی فصلی، به بررسی و تحلیل روند سرعت رود باد در دو فصل پاییز و زمستان پرداخته شده است؛ بنابراین، ابتدا سرعت‌های متوسط باد در ۳۰ سال برای فصل‌های مذکور و سپس، سرعت‌های بیشتر و مساوی ۳۰ متر بر

ثانیه تفکیک و روند آن‌ها محاسبه شده است. همچنین، به منظور دستیابی به روند محور رود باد، روند مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری به صورت جداگانه محاسبه و حالات مختلف روند آن‌ها نسبت به هم بررسی شده است. برای بررسی روند از رگرسیون خطی ساده بهره گرفته شد. در این روش معادله برازش خط به صورت زیر است:

$$\hat{y}_i = a + bt_i$$

این معادله رابطه خطی را بیان می‌دارد که در آن،  $y$  مختصات خط به ازای  $t$  های مختلف است و جزء  $a + bt_i$  به مؤلفه قطعی موسوم است که  $a$  عرض از مبدأ و  $b$  شیب خط حاصل از معادله است (عساکره، ۱۳۸۶، ۳-۲۵). مثبت یا منفی بودن نتیجه شیب خط، بیان کننده روند افزایشی یا کاهش‌ی است در حالی که صفر بودن آن دال بر فقدان روند است. برای محاسبه ضرایب رگرسیونی از روش کمترین مربعات خطا (LSE) می‌توان بهره گرفت (زارعی و همکاران، ۱۳۸۰، ۱۳۴). در این روش شیب خط با رابطه ۲ و عرض از مبدأ با رابطه ۳ محاسبه می‌شود (عساکره، ۱۳۸۶، ۳-۲۵).

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad \text{رابطه (۳)}$$

پس از آن، با توجه به حالات مختلف تشریح شده در رابطه با مؤلفه مداری و نصف‌النهاری، برای نتایج روند آن‌ها، مطابق جدول ۱ تفکیک شد. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار GRADS نقشه‌های میانگین هسته رود باد ترسیم شدند.

جدول ۱: ویژگی‌های کلی رود باد در تراز ۳۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال طی ۱۹۸۸-۲۰۱۸

فصل	مرکز هسته	سرعت متوسط	محل استقرار	عرض جغرافیایی
پاییز	اولیه	۷۰ متر بر ثانیه	شمال اروپا و روسیه	۵۵ درجه شمالی
	ثانویه	۶۲ متر بر ثانیه	عربستان و شمال آفریقا	۲۵ درجه شمالی
زمستان	اولیه	۷۰ متر بر ثانیه	اروپا	۵۰ درجه شمالی
	ثانویه	۵۴ متر بر ثانیه	عربستان و شمال آفریقا	۲۵ درجه شمالی

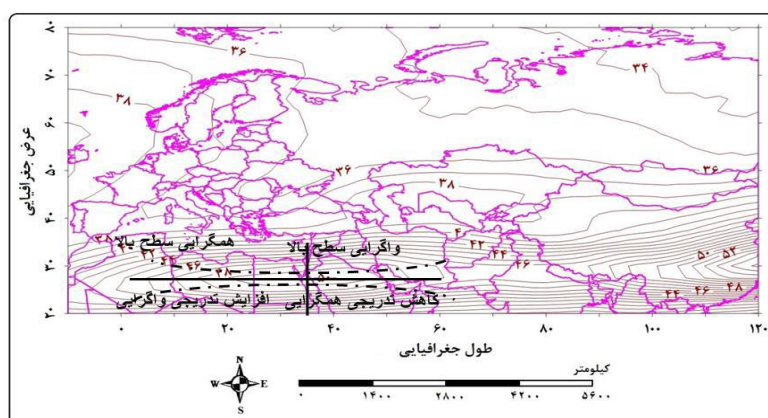
مآخذ: نگارندگان

## یافته‌ها

به منظور ایجاد تصویر اولیه از رود باد، نقشه متوسط سرعت این رود باد برای فصل پاییز و زمستان بر فراز ایران برای تراز رخداد این سامانه (۳۰۰ هکتوپاسکال) و همچنین نقشه توزیع مکانی میانگین و ضریب تغییرات رخداد آن ترسیم شدند که نتایج آن در (شکل ۱ الی ۵) ارائه شده است. متوسط سرعت فصلی رود باد با منحنی‌های هم سرعت و ضریب تغییرات آن با طیف رنگی و همچنین فراوانی رخداد رود باد نیز بررسی شدند و برای هر فصل ۶ نقشه تهیه گردید که در

اینجا برای رعایت اختصار همه نقشه‌ها ارائه نشده‌اند اما مشخصات مورد نیاز جهت بررسی، همانند مرکز هسته، جایگاه قرارگیری و نیز گسترش هسته با عرض جغرافیایی در قالب جدول ۱ ارائه شده است.

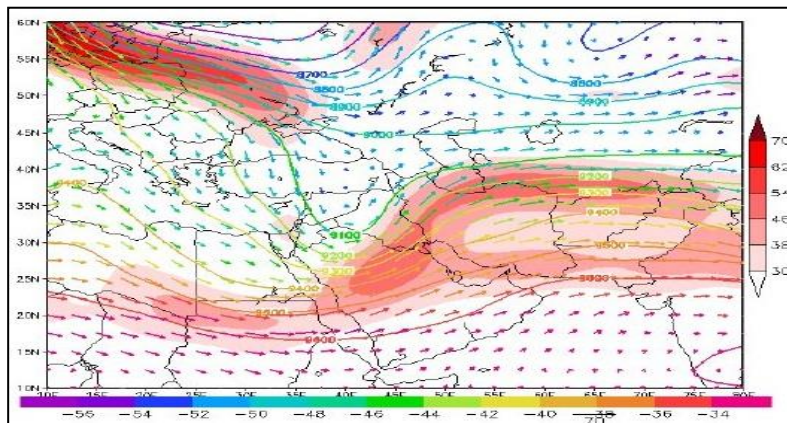
چنانچه بر اساس سری زمانی و جدول و بررسی نقشه‌ها مشخص گردید، کمترین ضریب تغییرات در مناطقی حادث شده است که نواحی تمرکز هسته رود باد نیستند و خطوط هم سرعت از هم فاصله گرفته‌اند درحالی‌که بیشینه ضریب تغییرات در بخش‌هایی دیده می‌شود که هسته‌های سرعت در آن‌ها تمرکز و جابجایی دارند و خطوط هم سرعت به هم نزدیک می‌شوند (عساکره و همکاران، ۱۳۹۶، ۶). بر روی محدوده سیاسی ایران، بیشینه میانگین و ضریب تغییرات بر روی نواحی جنوبی و مرکزی مشاهده می‌شود، درحالی‌که در نیمه شمالی، سرعت و ضریب تغییرات آن به‌طور محسوسی کاسته می‌شود. همچنین، بیشترین سرعت رود باد مربوط به فصل زمستان و سپس پاییز است. در فصل‌های سرد سال، تشدید اختلاف حرارتی در نیمکره شمالی، سبب سرعت‌های بیشینه برای رود باد می‌شود درحالی‌که در بهار و تابستان شدت رود باد کاهش می‌یابد. پیشروی سامانه‌های حاره به مناطق جنب حاره در فصل گرم سبب یکنواختی بیشتر دمای این فصل در نیمکره می‌شود و کاهش تباین دما تا حد زیادی از شدت رود بادها می‌کاهد (علیچانی، ۱۳۷۴، ۲۷). به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهد که رود باد جبهه قطبی در تراز مورد بررسی از نظر زمانی عمدتاً در ساعت ۱۸:۰۰ بر روی منطقه دیده می‌شود. در بیشتر موارد رود باد قطبی تا تراز پایین گسترده شده و این ضخامت زیاد لایه ناپایدار است که توانسته هم‌زمان بر روی بخش‌های وسیعی از منطقه مورد مطالعه تأثیر بگذارد (مسعودیان و همکاران، ۱۳۹۰، ۷). در این بررسی اگرچه رود باد قطبی در خلیج فارس و تا حدودی در جنوب غربی ایران دارای فراوانی قابل ملاحظه‌ای بوده‌اند با این حال بخش‌های شمالی آفریقا تا عربستان محل اصلی استقرار و تمرکز این رود باد است. در تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال شمال عربستان به‌عنوان هسته بیشینه کاملاً آشکار است و میانگین سرعت رود باد بیش از ۵۴ متر بر ثانیه بوده است که هسته مرکزی را تشکیل می‌دهد. همچنین منطقه واگرایی بالایی هسته رود باد در این تراز به‌طور کامل بر روی ایران قرار گرفته است (شکل ۱).



مآخذ: نگارندگان

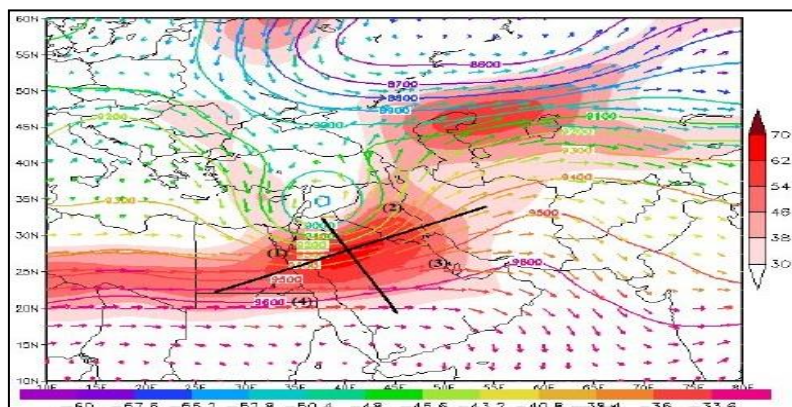
شکل ۱: استقرار الگوی هسته شمال آفریقا و عربستان بر روی منطقه مورد بررسی

در فصل پاییز تفاوت سرعت در هسته شمال اروپا و شمال آفریقا به ۱۰ متر بر ثانیه می‌رسد، به گونه‌ای که این سرعت در شمال اروپا ۷۰ متر بر ثانیه و در شمال عربستان و آفریقا به ۶۰ متر بر ثانیه می‌رسد (شکل ۲). بیشینه ضریب تغییرات، ۲۷ درصد در شمال اروپا و ۲۴ درصد در شمال آفریقا، شمال عربستان، جنوب عراق و مرکز ایران دیده می‌شود. فراوانی رخداد رود باد در شمال اروپا حدود ۹۰ درصد و در شمال آفریقا ۶۰ درصد است. در ایران این مقدار بین ۳۸ - ۴۳ درصد از کل روزهای مربوط به این فصل در دوره مورد بررسی بوده است. در فصل زمستان با توجه به اینکه بیشترین تفاوت دمایی در جو حادث می‌شود، متوسط سرعت در هسته رود باد جبهه قطبی به بیشترین مقدار خود می‌رسد (علیچانی، ۱۳۷۴، ۲۷). به طوریکه در هسته فراز اروپا مقدار آن ۷۰ متر بر ثانیه و در شمال آفریقا به ۵۴ متر بر ثانیه می‌رسد (شکل ۳). در ایران این سرعت بین ۴۰ تا ۵۴ متر بر ثانیه متغیر است. در این فصل، خطوط هم سرعت فشردگی بیشتری از تمام فصل‌ها دارند. فراوانی وقوع هسته در شمال آفریقا و اروپا در گستره زیادی بیش از ۹۲ درصد است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: متوسط هسته‌های رود باد تراز میانی فصل پاییز



مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: متوسط هسته‌های رود باد تراز میانی فصل زمستان

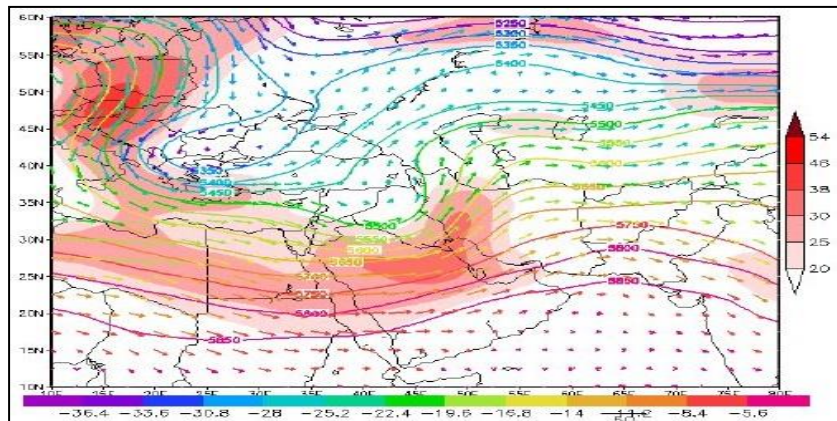
## بررسی روند

اولین مطالعه در ارتباط با جایگاه متوسط رود باد توسط پالمن (۱۹۶۹) صورت گرفت که بررسی وی محدود به فصل زمستان بود. سپس مطالعات کریشنامورتی (۱۹۶۱) تأییدی بر یافته‌های وی شد (ساحا، ۲۰۱۰، ۷). نتایج کار کریشنامورتی که تنها برای فصل زمستان سال ۱۹۵۶ صورت گرفت بیانگر وجود سه هسته بیشینه سرعت در آسیا، آفریقا و آمریکا می‌باشد. هسته بیشینه آفریقا دارای سرعتی بیش از ۱۰۰ نات (۵۰ متر بر ثانیه) بوده است. در مطالعه حاضر نیز با بررسی نقشه‌های مربوط به تراز ۳۰۰ هکتوپاسکال، دو هسته رود باد با سرعت بیشینه ۷۰ متر بر ثانیه بر روی اروپا و هسته شمال آفریقا و عربستان با ۵۴ متر بر ثانیه شناسایی شدند. خطوط هم سرعتی از رود باد که ایران را تحت تأثیر خود قرار داده، بسیار به هم فشرده و از شیب بالایی برخوردارند. این خطوط نشانگر سرعت بین ۴۰ - ۴۸ متر بر ثانیه بر روی کشور هستند. در تراز مورد بررسی (۳۰۰ هکتوپاسکال) میانگین سرعت رود باد در کل کشور حدود ۴۴ متر بر ثانیه است. چنانچه می‌دانیم مناطقی که در این ناحیه واقع می‌گردند دارای واگرایی در سطوح بالا و همگرایی در ترازهای زیرین خواهند بود (قائمی و همکاران، ۱۳۹۱، ۱۲).

**فصل پاییز:** در این فصل، یک مرکز متوسط رود باد بر فراز لیبی مشاهده می‌شود، این هسته با جابجایی چشمگیری با سرعت ۵۷ متر بر ثانیه، بر روی عراق و عربستان هسته یکپارچه‌ای را بر فراز آن تشکیل می‌دهد. بر روی اروپا، گستره تحت پوشش رود باد در عرض ۵۰ درجه شمالی قرار گرفته که تا ۳۸ درجه شمالی پیشروی داشته است (شکل ۴). نتایج بررسی روند سرعت در این فصل بیان کننده این است که در ۱۱ درصد از این منطقه، روند موجود دارای معنی‌داری بوده است. روند این فصل کاهش ۸ متر بر ثانیه‌ای را در ورودی راست و چپ هسته نشان می‌دهد. این مناطق منطبق بر لیبی و الجزایرند. با توجه به بررسی‌های انجام گرفته، به نظر می‌رسد در این فصل روند محور در ۱۲ / ۸ درصد منطقه مورد بررسی در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارای روند معنی‌داری در مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری بوده است.

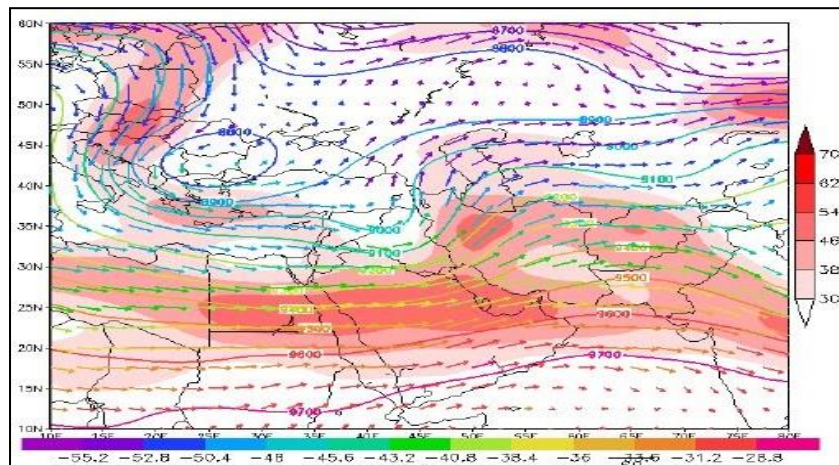
**فصل زمستان:** در این فصل، نتایج بررسی روند در منطقه مورد نظر حاکی از آن است که حدود ۱۰ درصد پهنه دارای روند معنی‌داری بوده است، بطوریکه در مناطق مرکزی و غربی کشور ۳ تا ۶ متر بر ثانیه افزایش سرعت در دوره رخ داده است. بررسی روند محور نیز معنی‌داری آن را در ۸ / ۱ درصد پهنه نشان داده است. در اثر این روند در بخش کوچکی از جنوب خلیج فارس تغییرات شمال سو رخ داده است. در فصل زمستان روند سرعت و جایگاه هسته رود باد نسبت به پاییز از ثبات بیشتری برخوردار بوده است. تنها در موارد سرعت کاهش یافته و مرکز متوسط رود باد بر فراز مصر محدود شده است (شکل ۵).





مآخذ: نگارندگان

شکل ۴: روند هسته‌های رود باد تراز میانی در فصل پاییز



مآخذ: نگارندگان

شکل ۵: روند هسته‌های رود باد تراز میانی در فصل زمستان

## نتیجه‌گیری

نتایج تحلیل توصیفی رود باد جبهه قطبی در این پژوهش همانند نتایج کار کریشنامورتی است که برای فصل زمستان سال ۱۹۵۶ صورت گرفت و بیانگر وجود سه هسته بیشینه سرعت در آسیا، آفریقا و آمریکا بود. علاوه بر این، یافته‌های این پژوهش همانند نتایج عساکره و همکاران (۱۳۹۶) در ارتباط با تغییرات فصلی رود باد جنب حاره‌ای که نشان‌دهنده دو هسته بر فراز آسیا و آفریقا بود، حاکی از وجود دو هسته متوسط اصلی رود باد جبهه قطبی، یک هسته بر فراز اروپا، دیگری بر روی شمال آفریقا و وجود سرد چالی بر روی دریای خزر و قزاقستان (آسیا) طی دوره مورد بررسی است. نتایج نشان می‌دهد که در پاییز و زمستان، متوسط سرعت رود باد هسته اروپا حدود ۱۰ متر بر ثانیه بیشتر از شمال آفریقا و فراوانی وقوع هسته بر روی اروپا بیش از شمال آفریقا بوده است. در پاییز، فراوانی وقوع در شمال آفریقا حدود ۳۰ درصد کمتر از اروپا بوده و این در حالی است که در زمستان فراوانی هر دو هسته مشابه بوده است. در فصل سرد بیشینه سرعت و در فصل گرم کمینه سرعت رود باد رخ داده است. هسته رود باد جبهه قطبی در دو فصل پاییز و زمستان، به‌طور تقریبی

در عرض ۳۵ درجه شمالی مستقر بوده، در صورتی که در فصل تابستان این هسته در عرض‌های شمالی‌تر قرار گرفته است. از آنجایی که در فصل سرد سال تاوه قطبی دارای حرکات جنوب سو است، موجب رانده شدن رود باد به عرض‌های جنوبی می‌شود. در فصل سرد اختلاف شدید دمایی موجود در توده هوای حاره‌ای و توده هوای عرض‌های میانه سبب تشدید سرعت رود باد می‌شود. همچنین، در فصل سرد سال حاکمیت هوای سرد در جو به سبب سنگینی آن و وجود گرادیان شدید ارتفاعی در این توده هوا، موجب افزایش گستره ارتفاعی رخداد آن می‌شود. در فصل گرم سال، عقب‌نشینی تاوه قطبی به عرض‌های شمالی‌تر سبب پیشروی شمال سو در رود باد جبهه قطبی می‌شود. از طرفی یکنواختی دمایی در فصل گرم در مناطق حاره و عرض‌های میانی، بسیار بیشتر از فصل سرد است که این خود سبب کاهش سرعت می‌شود. نتایج بررسی روند در دو فصل سال نشان داد که در منطقه مورد بررسی مقدار معنی‌داری روند برای فصل‌های مذکور وجود دارد. با توجه به اطلاعات حاصل از نقشه‌های متوسط سرعت در فصل زمستان، به نظر می‌رسد تغییر سرعت نسبت به قبل به میزان ۳ تا ۶ متر بر ثانیه بیشتر بوده است. روند سرعت در فصل پاییز نیز نشان داد که در این فصل روند منفی در ورودی راست و چپ هسته حدود ۶ متر بر ثانیه کاهش سرعت داشته است. بر این اساس و مطابق نتایج پژوهش آرچر و کالدراذ (۲۰۰۸) درباره روند رود بادها که اولین بررسی روند رود باد در دنباست و دو فصل تابستان و زمستان را بررسی کرده بود و نشان از ضعیف شدن رود بادهای نیمکره شمالی در تابستان داشته است، کاهش شدت پاییزه رود باد در سده آینده در سطح اطمینان ۹۵ درصد پیش‌بینی می‌شود. از طرفی، بررسی روند در مؤلفه‌های مداری و نصف‌النهاری رود باد در فصل‌های مذکور نشان داد که تغییرات شمال سو به ترتیب در پاییز و زمستان، ۴ / ۸ و ۷ / ۰ درصد منطقه مورد بررسی را تحت پوشش قرار داده است. هم‌زمان با تغییرات نصف‌النهاری رود باد، تضعیف هسته و افزایش گستره فعالیت آن محتمل است. از سوی دیگر، مطابق نتایج بررسی هودسن (۲۰۱۲) محور رود باد جنب حاره دارای تغییرات شمال سو بوده است. پژوهش حاضر به‌صورت جزئی‌تر و با تأکید بر هسته رود باد جبهه قطبی انجام گرفته و به تغییرات دو فصل و در دوره زمانی طولانی‌تری توجه کرده است. به‌طور کلی، در فصل‌های پاییز و زمستان تغییرات روند سرعت و محور رود باد جبهه قطبی، پهنه بیشتری را در بر گرفته است. یافته‌های ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۷) نتایج پژوهش حاضر را مبنی بر اینکه تغییرات در فصل‌های یادشده در امتداد محور رود باد و در نواحی چهارگانه هسته به وقوع پیوسته است تأیید می‌کند. برای نمونه می‌توان به نقش دینامیکی هسته رود باد در تراز مورد بررسی در رشد سامانه‌های باران‌زا اشاره کرد. افزون بر آن، وجود تغییرات نصف‌النهاری در فصل بهار و پاییز، تقویت پدیده‌های مهم، نظیر بارش‌های سنگین و گرد و غبارهای شدید در بخش‌های غرب و شمال غرب کشور را کمک می‌کند (مسعودیان، ۱۳۹۰، ۷). این موضوع اهمیت بسیار زیادی در پژوهش‌های اقلیمی کشور دارد زیرا مسیر هسته این رود باد به‌گونه‌ای است که رطوبت از دریای مدیترانه و دریای سرخ و گرد و غبار از منابع ایجاد غبار در شمال آفریقا، عربستان و عراق را انتقال می‌دهد.

## منابع

- ۱- پروین، نادر (۱۳۹۲): بررسی ارتباط موقعیت مکانی رود بادهای تراز میانی جو و وقوع سیل در حوضه آبریز دریاچه ارومیه، تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۹، صص ۲۳۵-۲۵۰.
- ۲- ذوالفقاری، حسن، جلیلیان، آذر، صحرایی، جلیل (۱۳۹۷): الگوهای برهم کنش جت‌های جنب حاره و جبهه قطبی در بارش‌های سنگین بهار و پاییز ایران، فیزیک زمین و فضا، شماره ۲، صص ۳۸۳-۴۰۰.
- ۳- رنجبر سعادت‌آبادی، عباس، امینی، نفیسه (۱۳۸۹): مطالعه بارش‌های شدید فصل تابستان، استان گلستان، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره اول و دوم، صص ۷۶-۵۷.
- ۴- زارعی، حسن، شاهکار، غلامحسین (۱۳۸۰): بررسی احتمال تواتر روزهای بارانی و خشک مناطق خرم دره، ارداک و زشک، سومین سمینار احتمال و فرایندهای تصادفی، دانشگاه اصفهان.
- ۵- عزیزی، قاسم، صفر راد، طاهر (۱۳۹۱): تحلیل ویژگی‌های رود باد طی فازهای انسو، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۹، صص ۸۲-۶۹.
- ۶- عساکره، حسین (۱۳۸۶): کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای تبریز، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۷، صص ۲۵-۳.
- ۷- عساکره، حسین (۱۳۸۹): تحلیل تغییرات بارش‌های فرین شهر زنجان، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره اول و دوم، صص ۸۹-۱۰۰.
- ۸- عساکره، حسین، بیرانوند، آذر، فتاحیان، مختار، شادمان، حسن (۱۳۹۶): تحلیل روند جابجایی رود باد و پرفشار جنب حاره بر فراز خاورمیانه و رابطه آن با اقلیم ایران، فصل‌نامه علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی، شماره ۵۸، صص ۳۱۵-۳۰۳.
- ۹- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱): اقلیم‌شناسی همدید، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.
- ۱۰- علیجانی، بهلول (۱۳۷۴): آب و هوای ایران، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.
- ۱۱- علیجانی، بهلول، خسروی، محمود، اسماعیل نژاد، مرتضی (۱۳۸۹): تحلیل همدید بارش سنگین ششم ژانویه ۲۰۰۸ در جنوب شرق ایران، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۳ و ۴، صص ۱۲-۱.
- ۱۲- علیجانی، بهلول، هوشیار، محمود (۱۳۸۷): شناسایی الگوهای سینوپتیکی سرماهای شدید شمال غرب ایران، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، صص ۱۶-۱.
- ۱۳- فرج زاده، منوچهر، لشکری، حسن (۱۳۸۶): تحلیل موقعیت رود باد در رابطه با سامانه‌های بارشی غرب کشور (استان‌های ایلام و کرمانشاه)، فصل‌نامه مدرس علوم انسانی، شماره ۵۳، صص ۲۵۶-۲۳۹.
- ۱۴- قائمی، هوشنگ، عساکره، حسین، بیرانوند، آذر (۱۳۹۱): تحلیل احتمالاتی رخداد روزانه رود باد جنب حاره بر روی منطقه اقلیمی ایران، اندیشه جغرافیایی، شماره ۱۲، صص ۸۴.
- ۱۵- کاویانی، محمدرضا، علیجانی، بهلول (۱۳۷۱): مبانی آب و هواشناسی چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.
- ۱۶- کریمی، مصطفی، فرج زاده، منوچهر (۱۳۹۰): شار رطوبت و الگوی فضایی زمانی منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شماره ۲۲، صص ۱۲۷-۱۰۹.
- ۱۷- مرادی، محمد (۱۳۹۰): مقدمه‌ای بر هواشناسی دینامیکی ۱، انتشارات سید باقر حسینی.
- ۱۸- مسعودیان، ابوالفضل (۱۳۹۰): آب و هوای ایران، چاپ اول، اصفهان، انتشارات شریعه توس.
- ۱۹- مسعودیان، ابوالفضل، محمدی، بختیار (۱۳۹۰): تحلیل فراوانی رود بادهای مرتبط با بارش‌های سنگین ایران، مجله تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۲، صص ۹۱-۸۰.
- ۲۰- مفیدی، عباس، زرین، آذر (۱۳۸۴): بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل زا در ایران، مجله تحقیقات جغرافیایی، شماره ۸۸، صص ۱۳۹-۱۱۳.

21- Archer, C, L, Caldeira, K (2008): Historical Trends In The Jet Stream, Geophysics Res, Letts 35, Pp 1-6.

22- [Http://Www.Esrl.Noaa.Gov/Psd/Data/Gridded/Data.Ncep.Reanalysis.Pressure.Html](http://Www.Esrl.Noaa.Gov/Psd/Data/Gridded/Data.Ncep.Reanalysis.Pressure.Html).

- 23- Hudson, 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.
- 24- Krishnamurti, T, N (1961): The Subtropical Jet Stream Of Winter, Journal Of Meteorology, Vol. 18, Pp 172-191.
- 25- Palmen, E, Newton, C, W (1969): Atmospheric Circulation Systems, Academic Press, INC, Vol. 13.
- 26- Prezerakos, N, G(2006):The Role Of The Interaction Between Polar And Subtropical Jet In A Case Of Depression Rejuvenation Over The Eastern Mediterranean, Meteorol, Atmos, Phys, 92, Pp 139-151.
- 27- Rudari, R, Entekhabi, D, Roth, G (2005): Large-Scale Atmospheric Patterns Associated With Mesoscale Features Leading To Extreme Precipitation Events In Northwestern Italy, Advances In Water Resources, 28, Pp 601–614.
- 28- Saha, K (2010): Tropical Circulation System And Monsoons, Springer Heidelberg Dordrecht London New York.
- 29- Schiemann, R, Daniel, L, Christoph, S (2009): Seasonality And Interannual Variability Of The Westerly Jet In The Tibetan Plateau Region, J, Climate, 22, Pp. 2940–2957.
- 30- Yang S, Lau, K-M, And Kim, K-M (2002): Variations Of The East Asian Jet Stream And Asian–Pacific–American Winter Climate Anomalies, J, Climate, 15, Pp. 306–325.