

جغرافیا و توسعه شماره ۲۹ زمستان ۱۳۹۱

وصول مقاله : ۱۳۹۰/۸/۵

تأیید نهایی : ۱۳۹۱/۴/۲۷

صفحات : ۱۴۴-۱۳۱

واکاوی همیدی ارتباط آتش‌سوزی‌های ماه ژوئیه ۲۰۱۰ روسیه و سیل پاکستان

دکتر قاسم عزیزی^۱، دکتر علی‌اکبر شمسی‌پور^۲، مرتضی میری^۳

چکیده

گرمای بی‌سابقه ماه‌های تابستان ۲۰۱۰ در روسیه سبب آتش‌سوزی‌های گسترده در جنگل‌های حومه‌ی غربی مسکو گردید که همزمان بارش‌های سیل‌آسایی در پاکستان رخ داد. علل آن با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی روسیه و پاکستان و نقشه‌های همیدی ترازهای مختلف جو مورد بررسی و واکاوی قرار گرفت. در مطالعه‌ی موجود، عناصر دما، جهت و سرعت باد، میزان فشار، ارتفاع ژئوپتانسیل، در منطقه‌ی روسیه و پاکستان مورد مطالعه قرار گرفتند. بر مبنای محاسبات، در دوره‌ی مورد مطالعه افزایش دما در بیشتر مناطق روسیه و پاکستان مشاهده می‌شود. مطابق با نقشه‌های واکاوی عناصر جوی در سطح زمین و ترازهای بالاتر جو، در پاکستان مرکز کم‌فشاری با فشار مرکزی ۹۹۸hpa و در روسیه یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۱۷hpa در سطح زمین شرایط جوی آن مناطق را تحت تأثیر قرار داده است. نقشه‌های ترازهای بالای جو وجود سامانه بندالی را طی ماه ژوئیه نشان می‌دهند. مطابق محاسبات شدت سامانه‌ی بندالی در هفته‌ی اول ژوئیه ضعیف (۰/۷۶) بوده و در سه هفته بعدی از شدت متوسطی از کمینه ۲/۱ تا بیشینه ۲/۸۵ برخوردار بوده است. موقعیت مکانی سامانه بندالی در ترازهای بالایی جو باعث گسیل شمال‌سوی جریان‌های گرم عرض‌های جغرافیایی پایین به منطقه‌ی روسیه شده و تناوب زمانی ماندگاری سامانه باعث انباشتگی هوای گرم و خشک در قسمت غرب سامانه همراه با آسمان صاف و آفتابی شده که منجر به افزایش شدید دما و رخداد آتش‌سوزی‌های گسترده اواخر ژوئیه روسیه گردید. همچنین جابجایی سامانه‌ی پرفشار جنب‌حاره به عرض‌های جغرافیایی بالا، باعث شکل‌گیری کم‌فشارهای حرارتی روی دریای عرب و خلیج فارس شده که با تغییر مسیر و حرکت این سامانه‌ها به سمت شمال و شرق موقعیت اولیه‌ی خود، زبانه‌های آن روی پاکستان کشیده شده است. بنابراین در برخورد با توده هوای سردی که تحت تأثیر سامانه بندالی از عرض‌های جغرافیایی بالا گسترش یافته، تقویت شده و بارش‌های سیل‌آسای پاکستان را ایجاد نمودند. لذا هر دو پدیده مورد بحث به واسطه‌ی الگوی سامانه‌های جوی موجود و بویژه پدیده‌ی بندالی رخ داده در عرض‌های بالا در ارتباط هم بوده و ناهنجاری منطقه‌ای اقلیم را نمایان می‌سازد.

کلیدواژه‌ها: سیلاب، آتش‌سوزی، ناهنجاری دمایی و بارشی، بندالی، روسیه و پاکستان.

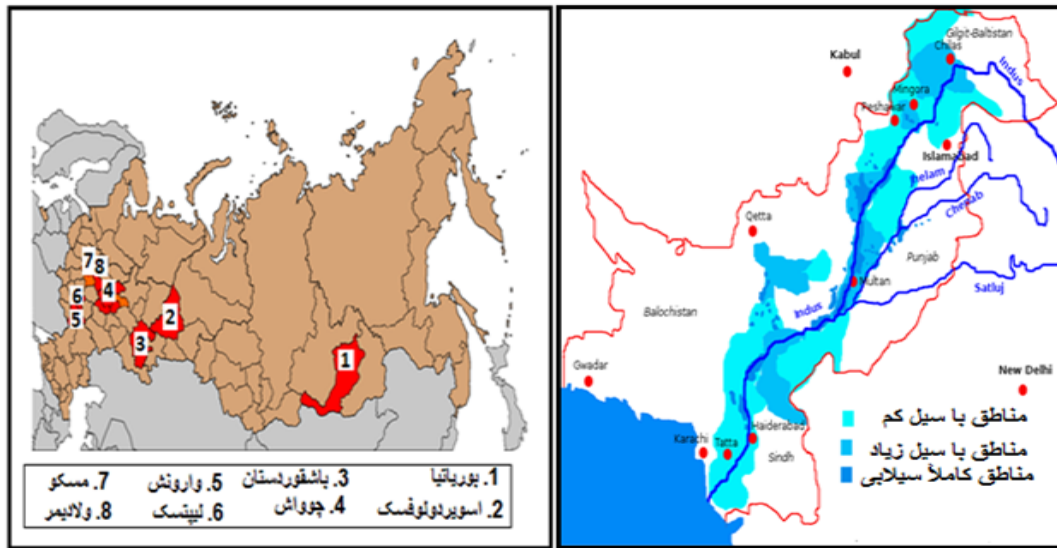
مقدمه

ناهنجاری ناشی از موج گرمای تابستان ۲۰۱۰ قسمت‌های وسیعی از نیمکره‌ی شمالی همچون روسیه، قزاقستان، ایران، چین، شمال آفریقا و بخش‌هایی از اروپا را تحت پوشش قرار داد. رخداد خشکسالی و آتش‌سوزی در جنگل‌های غرب روسیه و رخداد سیلاب بی‌سابقه در بخش‌های گسترده‌ای از پاکستان را می‌توان از مهمترین پیامدهای آن نام برد. موج گرمایی و به تبع آن افزایش دمای هوا در روسیه در اواخر ماه ژوئن آغاز شد و با شروع فصل تابستان روند افزایش دما از شدت بیشتری برخوردار گردیده آثار مخربی داشت که مهمترین آنها آتش‌سوزی در جنگل‌های روسیه از ۳۱ جولای در اطراف شهر مسکو بود. دما در اول آگوست در ایستگاه هواشناسی ولگوگراد به حد کم سابقه ۴۱ درجه سلسیوس رسید. رخداد این نوع پدیده‌ها از اهمیت زیادی در بین محققان علوم جوی و محیطی برخوردار است و گاهی از خطرناک‌ترین پیامدهای گرمایش جهانی محسوب می‌گردند (Mokhov, 2009: 165). آتش‌سوزی‌ها علاوه بر نابودی وسیع جنگل‌های طبیعی جهان و انتشار حجم بالایی از ذرات معلق و گازهای آلاینده به هوا، بر آب و هوای مناطق دیگر نیز تأثیر گذارند. چنانکه پارک و همکاران در تحقیقی آثار آتش‌سوزی سبیری (مه ۲۰۰۳) را مطالعه کردند و اظهار نمودند که آتش‌سوزی در سبیری می‌تواند موازنه‌ی تابشی را بر هم زند و به عنوان یک عامل خنک‌کننده‌ی آب و هوا شرق آسیا را تحت تأثیر قرار دهد (Park, 2008: 8911).

از طرفی در همین ماه از ۲۴ ژوئیه با آغاز بارش‌های سنگین و بالا آمدن سطح آب در حوضه‌ی سند،

استان‌های بلوچستان، سند، پنجاب و خیبر پاکستان را سیل در بر گرفت، بطوری‌که در مجموع یک‌پنجم کل پاکستان را سیلاب و آب‌گرفتگی فرا گرفت (نقشه شماره، ۱).

بر اساس اطلاعات دولت پاکستان، سیل، زندگی حدود ۲۰ میلیون نفر را تحت تأثیر قرار داد. بر اساس گزارش‌ها تعداد افراد حادثه دیده در این سیل از مجموع کل آسیب‌دیدگان سه حادثه سونامی ۲۰۰۴ اقیانوس هند، زلزله ۲۰۰۵ کشمیر و زلزله ۲۰۱۰ هائیتی بیشتر است. همچنین خسارات وارد شده به ساختمان‌ها حدود ۴ میلیارد دلار آمریکا و از بین رفتن غلات حدود ۵۰۰ میلیون دلار آمریکا برآورد شده است (سیل پاکستان، ویکی‌پدیا). براساس گزارش‌های سازمان هواشناسی پاکستان میزان بارش تابستان ۲۰۱۰ در این کشور طی ۸۰ سال گذشته بدترین وضعیت را ایجاد کرده است (بابائیان، ۱۳۸۹: ۱). سازمان هواشناسی جهانی دلیل عمده برای این تغییرات آب و هوایی و پیامدهای آن همچون خشکسالی، سیل، آتش‌سوزی و امواج گرمایی را گرم شدن کره‌ی زمین بیان می‌کنند. اگرچه شرایط آب و هوایی هر منطقه تحت تأثیر عوامل مختلفی است و با مناطق اطراف خود متفاوت است. اما برخی از پدیده‌های اقلیمی می‌توانند در مقیاس بزرگ‌تر عمل کرده و در نواحی مختلف دارای منشأ مشترکی باشند. در این تحقیق با توجه به همزمانی رخداد دو پدیده‌ی آب و هوایی سیلاب‌های شدید پاکستان و آتش‌سوزی در جنگل‌های غرب روسیه سعی بر این است که ارتباط همدیدی این دو رخداد شناسایی و مورد تحلیل قرار گیرد.



شکل ۱. الف) نقشه مناطق سیلابی پاکستان (۳۰-۲۷ ژوئیه) ب) نقشه مناطق دچار حریق روسیه (اواخر ژوئیه) ۲۰۱۰
 مأخذ: wikipedia

باعث آتش‌سوزی در جنگل‌های جنوب‌شرق خاورمیانه می‌شوند را بررسی کرده و یکی از عوامل موثر را شرایط آب و هوایی ذکر کرد و در این ارتباط شوک وارد شده توسط رعد و برق و قطره‌ی شبنم روی برگ درختان که به عنوان یک لنز متمرکز برای عمل اشعه خورشید است، را نام می‌برد. پیرا و همکاران (۲۰۰۵) آتش‌سوزی جنگل‌ها در تابستان طولانی پرتغال را در ارتباط با الگوهای همدید مورد بررسی قرار دادند و نتایج نشان داد که شرایط آب و هوایی نقش اساسی در احتراق و گسترش آتش دارند و علت طولانی شدن تابستان در پرتغال را گسترش پرفشار آזור و فشار بالای روی مدیترانه با فرارفت هوای گرم و خشک از شمال آفریقا از طریق ایبریای مرکزی بیان کردند.

هویز (۲۰۱۰) به بررسی رویدادهای ناهنجار جوی منتهی به سیل تابستان ۲۰۱۰ پاکستان پرداخت و نتیجه گرفت که این نوع بارش‌ها در پاکستان به طور معمول اتفاق نمی‌افتد و نتیجه‌ی ناهنجاری اقلیمی و جابجایی جریانات جوی از مسیر نرمال خود است. بطوریکه رخداد این نوع بارش‌ها را در مناطق

در مورد ناهنجاری‌های اقلیمی مطالعات زیادی در سراسر جهان انجام شده است. زومبرنون و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر آب و هوا و انسان را روی آتش‌سوزی جنگل‌ها در سوئیس طی دوره ۲۰۰۸ - ۱۰۹۴ مطالعه کردند.

کاسمنوس (۲۰۱۰) ارتباط آتش‌سوزی‌های یونان را با عامل آب و هوا بررسی کرد و دمای بالا، رطوبت کم و وزش باد متوسط را از عوامل شروع و تداوم آتش‌سوزی‌های طبیعی بیان نمود. وی همچنین ارتباط این پدیده را با دو الگوی همدیدی مورد بررسی قرار داد. در نوع اول وجود یک کم فشار روی منطقه و افزایش شیو فشار در دریای اژه و در نوع دوم نیز جایگزینی تدریجی سامانه‌های کم‌فشار توسط پرفشارها را ذکر می‌کند. سن‌چن و همکاران (۲۰۰۹)، رخداد بارش سنگین در جنوب‌غرب تایوان را در تاریخ ۹ ژوئن ۲۰۰۳ مورد بررسی قرار دادند و کم فشارهای شکل گرفته در شرق فلات تبت و تقویت آنها در تنگه‌ی تایوان و ناپایداری محلی را عامل شکل‌گیری این بارش معرفی نمودند. تسوی (۲۰۰۸) فاکتورهای طبیعی که

غربی به منطقه نفوذ می‌کنند سیستم سوم را زبانه‌ی کم‌فشار مونسونی نام می‌برند که ۸,۸۲ درصد از بارش‌های منطقه را به وجود آورده است که از نوع رگباری بوده و رطوبت را از اقیانوس هند به منطقه انتقال می‌دهد. نجارسلیقه (۱۳۸۰) الگوهای سینوپتیکی بارش‌های تابستانه‌ی جنوب شرق ایران را مورد بررسی قرار داد و برای این بارش‌ها دو الگو سینوپتیکی بیان می‌کند که هر دو الگو تحت تأثیر سیستم مونسونی هستند که رطوبت این الگوها از اقیانوس هند و خلیج بنگال تغذیه می‌شود.

داده‌ها و روش‌شناسی

داده‌های مورد استفاده در مطالعه شامل دو بخش عمده‌ی داده‌های نقطه‌ای آمار بارش و دمای ایستگاه‌های نمونه‌ی هواشناسی در دو کشور روسیه و پاکستان و نقشه‌های همدید در ترازهای مختلف جو است. ایستگاه‌ها با معیار مجاورت با مناطق بحران و با دوره‌ی آماری بالای ۳۰ سال انتخاب شدند. همچنین در بخش مطالعه‌ی همدید از نقشه‌های دما، ارتفاع ژئوپتانسیل، مؤلفه V باد و فشار هوا استفاده شد.

دو منطقه‌ی پاکستان و روسیه در عرض‌های جغرافیایی و اقلیمی متفاوت قرار دارند، بطوری‌که سامانه‌های جوی مؤثر و کنترل‌کننده‌ی شرایط جوی آنها کاملاً متفاوت است. موقعیت پاکستان در عرض‌های جغرافیایی پایین و جنب‌حاره است، نواحی شرقی آن بر فلات هند و نواحی غربی و شمالی آن روی فلات ایران و سرزمین اوراسیا قرار دارد. از نظر آب و هوایی زمستان‌های نسبتاً معتدل و تابستان‌های گرم دارد. در مناطق شمالی با آب و هوای معتدل و در جنوب تحت تأثیر سامانه‌های حاره‌ای و موسمی جنوب آسیا است. نواحی مرکزی تابستان‌های بسیار گرم دارند و دمای آنها به بیش از ۴۵ درجه سلسیوس می‌رسد و زمستان‌های سردی که دمای هوا کمتر به دمای انجماد می‌رسد.

کوهستانی و تالاب‌ها در شمال شرق هند و بنگلادش دارای بالاترین فراوانی دانست.

زولینا و همکاران (۲۰۰۴)، یک ارزیابی مقایسه‌ای از بارش‌های شدید روی اروپا انجام دادند و بیان کردند که رخداد بارش‌های شدید در زمستان در اروپا دارای الگوهای مشابهی هستند ولی در تابستان علائم بارش‌های شدید روند متفاوتی دارند. قادر میرزا (۲۰۰۳)، تغییر اقلیم و حوادث شدید آب و هوایی را در ارتباط با توانایی کشورهای در حال توسعه برای وفق دادن خود با این حوادث مطرح کرده و بیان می‌کند: فراوانی و شدت حوادث آب و هوایی شدید در آینده به دلیل تغییر اقلیم ممکن است افزایش یابد. همچنین آسیب‌پذیری کشورهای در حال توسعه از بلایای شدید آب و هوایی نیز ممکن است افزایش یابد. فلنیگان (۲۰۰۰) آثار تغییر اقلیم را بر آتش‌سوزی جنگل‌های ایالات متحده مورد مطالعه قرار داده است. گامبل (۱۹۹۷)، رخداد سیل‌های نابهنگام را در جنوب شرق آمریکا طی دوره‌ی ۱۹۵۰-۱۹۹۰ به لحاظ همدیدی بررسی نموده و نوع توفان‌ها را باعث ایجاد سیل‌های نابهنگام در مکان‌های خاص ذکر می‌کند. عزیز و همکاران (۱۳۸۶) ناهنجاری دمایی زمستان ایران از نظر آماری و سینوپتیکی را مورد بررسی قرار دادند و علل رخداد آن را وجود سامانه‌ی بلوکی‌نگ و تحت تأثیر واقع شدن ایران از این سامانه را بیان می‌کنند.

حبیبی (۱۳۸۶)، نقش سامانه‌های بندالی مدیترانه در بارش‌های سیل‌آسای غرب ایران را مورد مطالعه قرار داد و نتیجه گرفت که ناوه جهت شرق سامانه بندالی اقیانوس اطلس عامل اصلی جاری شدن سیل مارس ۲۰۰۰ در مناطق غرب ایران بود.

نجارسلیقه (۱۳۸۵) مکانیزم بارش‌های جنوب شرق ایران را مورد مطالعه قرار داد و سه سیستم سینوپتیکی مجزا را برای بارش‌های این منطقه طبقه‌بندی کرد در این تحقیق علاوه بر سیستم‌های که توسط بادهای

ایستگاه‌های هواشناسی همدید مسکو^۱، روستوف-نادون^۲ ولگاگراد^۳، قازان^۴ به عنوان نماینده روسیه، ایستگاه‌های هواشناسی رسالپور (Risalpur)، پیشاور (Peshawar) و موری (Murree) نماینده‌ی مناطق سیل‌گیر پاکستان انتخاب شدند. برای مقایسه‌ی وضعیت دمایی زمان مورد مطالعه با سال‌های گذشته میانگین بیشینه، کمینه و متوسط دمای ماهانه ایستگاه‌های نماینده‌ی منطقه‌ی روسیه در ماه‌های ژوئن، ژوئیه، آگوست و سپتامبر محاسبه گردید.

برای مشخص کردن الگوهای همدیدی مؤثر در رخداد این دو پدیده داده‌های فشار سطح دریا، دما، ارتفاع ژئوپتانسیل و مؤلفه‌ی بادهای نصف‌النهاری و مداری (v.u) با فرمت netcdf از تارنمای ncep-ncar تهیه و با استفاده از نرم‌افزار GrADS نقشه‌های مورد نیاز در ترازهای سطح زمین، ۸۵۰،۵۰۰ و ۲۵۰ هکتوپاسکال تهیه و مورد تحلیل قرار گرفت.

در تحقیق حاضر با توجه به این که پدیده‌ی بندالی عامل مهمی در رخداد پدیده‌های مورد نظر فرض شده است، شناسایی و روش محاسبه‌ی شدت پدیده‌ی بندالی مورد توجه قرار گرفت و در این مطالعه از روش وایدنمن استفاده گردید.

در شناسایی پدیده‌ی شرایط لازم برای رخداد پدیده بندالی مورد بررسی قرار گرفت که شامل:

- ۱- جریان اصلی بادهای غربی باید تبدیل به دو شاخه شوند.
- ۲- هر شاخه از جریان، توده‌ی هوای مشخصی را منتقل کند.
- ۳- سیستم زوجی جت (دو شاخه شده) باید حداقل ۴۵ درجه طول جغرافیایی را دربرگیرد.
- ۴- باید در جریان دو شاخه شده، یک تغییر حالت از شارش مداری بالادست به شارش نصف‌النهاری پایین-دست مشاهده شود.

روسیه با بیش از ۱۷ میلیون کیلومترمربع وسعت، پهناورترین کشور جهان است. این کشور در عرض‌های بالای جغرافیایی واقع شده‌است و بیشتر مناطق کشور سردسیر و کم بارش است. به همین دلیل بیشتر مناطق این کشور (به ویژه سرزمین بزرگ سیبری) خالی از سکنه هستند و کشاورزی در این مناطق میسر نیست. سامانه‌های جوی مؤثر بر آن شامل کم‌فشارها و پرفشارهای عرض‌های معتدله و جنب قطبی است. شرایط دمایی آن بطور عمده با دماهای پایین و سرد شناخته می‌شود. در بررسی حاضر که رابطه‌ی همدیدی آتش‌سوزی‌های روسیه و سیل پاکستان در تابستان ۲۰۱۰ مورد توجه قرار دارد، از روش‌های ترکیبی آماری و همدیدی استفاده می‌شود. بنابراین در ابتدا اقدام به اخذ داده‌های دما و بارش برای ایستگاه‌های روسیه و پاکستان طی دوره‌ی آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۰-۱۹۸۰) شد. با توجه به مکان‌های رخداد آتش‌سوزی و سیل در مناطق مورد مطالعه یکسری ایستگاه‌های هواشناسی به عنوان نماینده در نظر گرفته شد و با مراجعه به تارنمای NOAA داده‌های روزانه‌ی آنها اخذ گردید.

جدول ۱: مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

ایستگاه‌های روسیه	سال تأسیس	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
ولگوگراد	۱۹۳۷	۴۸ ۴۲ N	۴۴ ۳۱ E
روستوف نادون	۱۹۳۶	۴۷ ۱۴ N	۳۹ ۴۲ E
قازان	۱۹۳۷	۵۵ ۴۷ N	۴۹ ۱۰ E
مسکو	۱۹۳۶	۵۵ ۵۰ N	۳۷ ۳۷ E
ایستگاه‌های پاکستان	سال تأسیس	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
پشاور	۱۹۵۷	۳۴ ۰۱ N	۷۱ ۳۵ E
رسالپور	۱۹۷۳	۳۴ ۰۴ N	۷۱ ۵۸ E
موری	۱۹۷۳	۳۳ ۰۹ N	۷۳ ۳۹ E

مأخذ: نگارندگان

آغاز شده است؛ داده‌های مورد بررسی یک ماه قبل از رخداد این پدیده مورد بررسی قرار گرفتند. با بررسی میانگین سالانه و ناهنجاری دمایی داده‌های دمایی؛ افزایش دما در سال ۲۰۱۰ کاملاً مشهود است (شکل ۲). بطوری که طی دوره‌ی ۳۰ ساله میانگین بیشینه دما در تمامی ایستگاه‌ها در تابستان سال ۲۰۱۰ به بیشترین مقدار خود می‌رسد. همچنین با بررسی داده‌ها این افزایش در میانگین متوسط و کمینه دما نیز مشاهده گردید. در ادامه با بررسی داده‌های روزانه مشخص گردید که در سال ۲۰۱۰ بیشترین مقادیر دما در ایستگاه‌های مورد بررسی ثبت شده‌اند. روند افزایش دمای هوا در روسیه از اوسط ژوئن آغاز شده است، بطوریکه در ۲۵ ژوئن به ۳۰ درجه سلسیوس می‌رسد. این روند طی ماه ژوئیه نیز با افزایش بیشتری ادامه پیدا می‌کند. بطوری که در ۲۸ این ماه به ۳۹ درجه سلسیوس رسیده است. این روند دمایی تحت تأثیر گرمای ناشی از رخداد آتش‌سوزی تا ۲۰ آگوست با شدت کمتری نسبت به ماه قبل ادامه دارد و از این زمان روند کاهشی دما آغاز شده و در اواخر سپتامبر دما به زیر ۱۰ درجه سلسیوس رسیده است. همچنین بررسی داده‌های بارش ایستگاه‌های پاکستان روند افزایش بارش را از اواخر جولای نشان می‌دهد. بطوری که در مدت ۳ روز (۲۷ تا ۳۰ جولای)، در ایستگاه سیالکوت ۴۰۰ میلی‌متر بارش ریزش کرده است، این در حالی است که این مقدار بارش بطور متوسط هر ساله در مدت ۴ ماه رخ می‌دهد. همچنین ایستگاه‌های دیگر نیز مقدار بارش‌های سنگین را در مدت این ۳ روز ثبت کرده‌اند. این بارش‌های سنگین باعث وقوع سیلاب‌های سنگین و خسارت‌های قابل توجه اقتصادی-اجتماعی در مناطق مختلف پاکستان شده است. در شکل (۱)، مناطقی که تحت تأثیر سیلاب ناشی از این بارش‌ها قرار گرفته‌اند نشان داده شده است.

۵- و بالاخره این‌الگو برای ۱۰ روز بایدهمراه با پیوستگی مشخص دوام داشته باشد (عزیزی، ۱۳۸۷: ۳۸). علاوه بر روش بصری و کیفی، در فرایند تحقیق از روش کمی نیز در شناخت شدت پدیده بندالی استفاده گردید. در این تحقیق از رابطه وایدنمن استفاده شد (Wiedenmann, 2002: 3461).

$$BI = 100.0 \{ (MZ/RC) - 1.0 \}$$

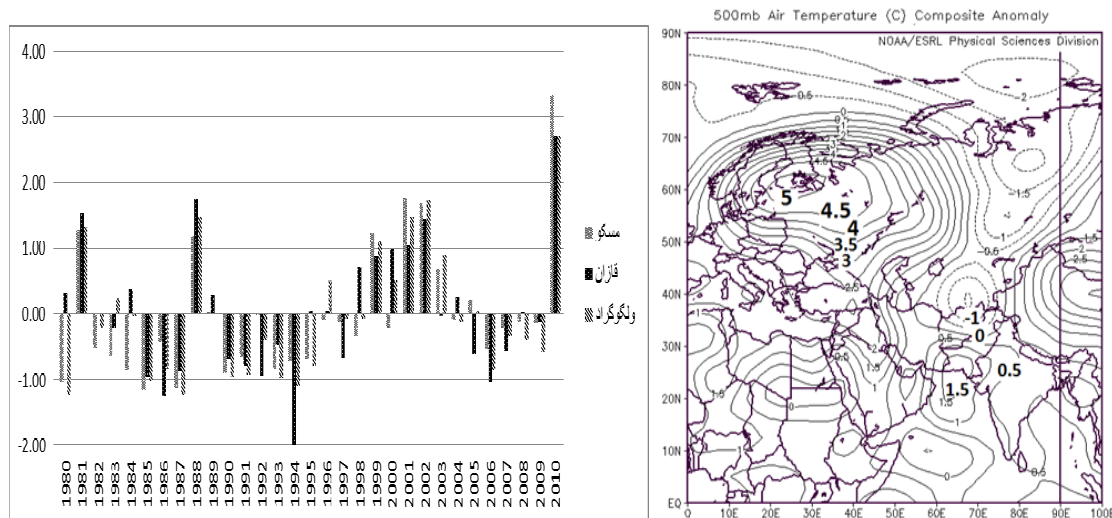
که $BI =$ شدت بندالی، $MZ =$ حداکثر ارتفاع مرکز پشته در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، $RC =$ مجموع کمترین ارتفاع در قمست بالا و پایین جریان تقسیم بر ۲

$$RC = \frac{\frac{(Z_u + MZ)}{2} + \frac{(Z_u + MZ)}{2}}{2}$$

بر اساس این روش شدت بندالی طبقه‌بندی شده است که اگر $BI < 2$ شدت بندالی ضعیف است، اگر $3 < BI < 2$ شدت بندالی متوسط است و اگر $BI > 3$ باشد شدت بندالی زیاد است. در این مطالعه برای تمامی روزهای ماه ژوئیه بندالی مورد محاسبه قرار گرفت که برای دهه‌ی اول از ماه ژوئیه سامانه‌ی بندالی در منطقه وجود داشته ولی شدت آن بر اساس طبقه‌بندی روش مذکور کمتر از ۲ است که در رتبه‌ی ضعیف قرار می‌گیرد. در ادامه با گذشت زمان و نزدیک شدن به اواسط ماه ژوئیه بویژه از روز دهم به بعد شدت بندالی افزایش پیدا می‌کند.

یافته‌های تحقیق

بر اساس تحلیل‌های زمانی، تغییرات دمایی در چهار ایستگاه موردنظر به عنوان ایستگاه‌های نماینده‌ی غرب کشور روسیه مورد بررسی قرار گرفت، که میانگین سالانه‌ی بیشینه دمای ماه‌های ژوئن، ژوئیه، آگوست و سپتامبر از داده‌های روزانه استخراج و محاسبه گردید و نمودارهای مورد نیاز ترسیم شدند. با توجه به اینکه آتش‌سوزی‌ها در روسیه در اواخر ژوئیه



شکل ۲: الف) نقشه ناهنجاری دمای تراز ۵۰۰ (ژوئیه ۲۰۱۰) ب) نمودار میانگین ناهنجاری دمای ماه ژوئیه روسیه (۲۰۱۰-۱۹۸۰)

مأخذ: نگارندگان

طرف دیگر کم‌فشار شکل گرفته روی خلیج فارس و دریای عرب که حاوی رطوبت زیادی هستند به سمت پاکستان کشیده شده همچنین عقب‌نشینی پرفشار تبت باعث نفوذ بیشتر این کم‌فشار بر روی پاکستان گردیده است (شکل ۳). در هفته‌ی سوم از ماه ژوئیه نیز فشار هسته مرکزی بر روی پاکستان کاهش پیدا کرده و به ۹۹۸hpa رسیده است. از طرف دیگر نواحی غربی و شمال‌غرب روسیه که مکان آتش‌سوزی‌های مورد مطالعه بوده بطور کامل تحت تأثیر یک مرکز پرفشار با فشار مرکزی ۱۰۱۸hpa قرار گرفته است. در هفته آخر ماه ژوئیه و زمان شکل‌گیری پدیده‌های مورد نظر در روسیه پرفشار شکل گرفته در هفته‌های پیشین وسعت بیشتری پیدا کرده است. بطوری‌که تمام منطقه روسیه را تحت تأثیر قرار داده است. هم‌زمان در پاکستان بر وسعت هسته مرکزی کم‌فشار افزوده شده است و یک هسته کم‌فشار بین طول‌های $80^{\circ}E - 45^{\circ}E$ و عرض $35^{\circ}N - 18^{\circ}N$ روی خلیج فارس و دریای عمان تشکیل شده است که منطقه‌ی پاکستان را تحت تأثیر قرار داده است (شکل ۳). بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا در ماه ژوئیه نشان از ماندگاری سامانه‌های مذکور

یافته‌های همدیدی

به منظور تحلیل همدیدی رخداد سیل پاکستان و آتش‌سوزی‌های روسیه، نقشه‌های همدید قبل از رخداد این دو پدیده در ترازهای مختلف جو به صورت میانگین هفتگی از اول ماه جولای تا ۴ آگوست تهیه و مورد بررسی قرار گرفت.

نقشه‌های فشار سطح دریا

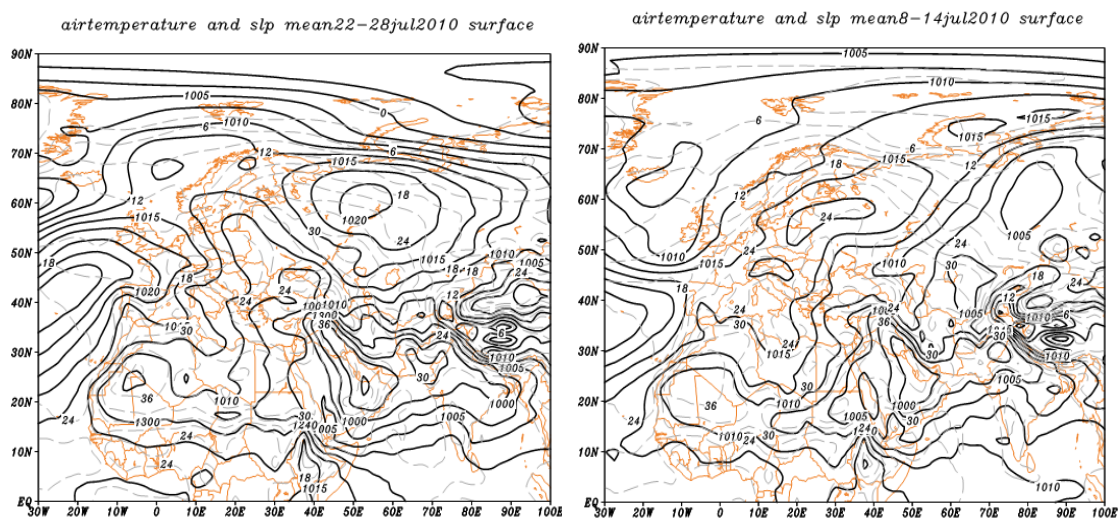
بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا در هفته اول ماه ژوئیه نشان می‌دهد که مناطق مورد مطالعه تحت تأثیر دو مرکز کم‌فشار و پرفشار قرار گرفته‌اند. بطوری‌که منطقه‌ی پاکستان را کم‌فشاری با فشار مرکزی ۱۰۰۱ هکتوپاسکال در بر گرفته است و هسته‌ی مرکزی این سلول در منطقه‌ی مورد مطالعه قرار گرفته است. همچنین روسیه نیز تحت تأثیر کم‌فشاری به میزان ۱۰۰۹hpa قرار گرفته است که البته در قسمت‌های شمال و شمال‌غرب با ورود زبانه‌ای از یک پرفشار مقدار فشار افزایش پیدا کرده است و مقدار آن به ۱۰۱۶hpa می‌رسد. بررسی نقشه‌های فشار تراز دریا در هفته دوم از ماه ژوئیه نشان‌دهنده‌ی تقویت مرکز پرفشار بر روی روسیه و گسترش بر مناطق بیشتر مجاور آن است و از

بر روی نواحی مورد مطالعه دارد. افزایش فشار و تشکیل یک مرکز پرفشار بر روی روسیه و از طرف دیگر کشیده شدن کم‌فشار روی پاکستان نشان از یک ناهنجاری جوی در ترازهای بالا دارد که این دو منطقه را به طور مشترک تحت تأثیر قرار می‌دهد. برای مشخص شدن این مطلب در ادامه نقشه‌های ترازهای بالایی جو ماه ژوئیه مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است.

دما

نقشه‌های میانگین و ناهنجاری دمای سطح زمین، ترازهای ۸۵۰ و ۵۰۰ hpa منطقه مورد بررسی قرار گرفتند. نقشه‌ها در مناطق مورد مطالعه افزایش دما را نشان می‌دهند، بطوریکه در تراز ۸۵۰ hpa نقشه ناهنجاری، افزایش دمایی بیش از ۵°C را طی این ماه در روسیه نشان می‌دهد. بررسی نقشه‌های ناهنجاری طی چهار هفته‌ی ماه ژوئیه نشان از افزایش تدریجی دما در این منطقه دارد. بطوری‌که در هفته‌ی آخر این ماه افزایش دمایی به بیش از ۸ درجه سلسیوس رسیده است. در همین تراز پاکستان افزایش دمایی ۱°C را بطور میانگین طی این ماه تجربه کرده است. بررسی هفتگی نقشه‌های ناهنجاری دما در منطقه‌ی پاکستان نشان از روند نامنظم دما دارد. چون در هفته‌ی دوم از این ماه افزایش دما مشاهده می‌گردد، ولی در اواخر ماه

و زمان بارش‌های مورد نظر منحنی کاهشی دما از منطقه عبور می‌کند. وضعیت دمایی تراز ۸۵۰ hpa طی ماه ژوئیه در سطح زمین نیز مشاهده می‌گردد. بررسی نقشه‌های تراز ۵۰۰ hpa افزایش دمایی بیش از ۴°C در روسیه و عدم تغییرات قابل توجه دما را در پاکستان نشان می‌دهد. واکاوی هفتگی این نقشه‌ها همانند تراز ۸۵۰ hpa نشان از افزایش تدریجی دما در روسیه و روند نامنظم تغییرات دما در پاکستان دارد. همچنین بررسی نقشه‌های میانگین دما در ترازهای مختلف طی این ماه افزایش دما را نشان می‌دهد. بطوری‌که دما در روسیه به بیش از ۲۵°C رسیده است. در حالی‌که در نواحی جنوبی پاکستان دما به بیش از ۳۰°C می‌رسد، ولی در نواحی شمالی آن به ۱۲°C می‌رسد. بررسی هفتگی نقشه‌های میانگین دما وضعیت دمای رخ داده در نقشه‌های ناهنجاری را نشان می‌دهند. بطوریکه میانگین دمای روسیه در هفته آخر به ۳۲°C رسیده است، در حالی‌که در پاکستان در مناطق جنوبی و جنوب‌غرب آن دما تغییر چندانی پیدا نکرده است. ولی در مناطق شمالی آن دما کاهش پیدا کرده است (شکل ۳). با این توصیف می‌توان گفت که افزایش تدریجی دما در روسیه و روند نامنظم آن در پاکستان با ناهنجاری‌های جوی در ترازهای بالایی در ارتباط است.



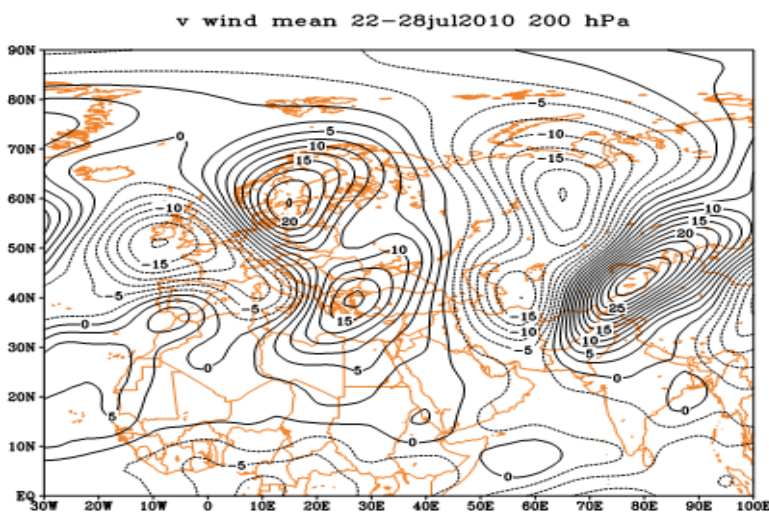
شکل ۳: نقشه‌ی ترکیبی میانگین فشار تراز دریا و دمای سطح زمین در هفته‌های دوم و چهارم (۱۴-۸ و ۲۸-۲۲) ژوئیه ۲۰۱۰
 مأخذ: نگارندگان

هوای گرم را نشان می‌دهد (شکل ۴)، این پدیده از مهمترین عوامل در افزایش دمای روسیه است. در منطقه‌ی قزاقستان فرارفت هوای سرد باعث تشدید شیو فشاری با عرض‌های جنوبی در شبه‌قاره هند و کم‌فشار پاکستان گردیده و در نتیجه بارش‌های سیلابی پاکستان را تقویت نموده است. همچنین رخداد فرارفت هوای سرد در شرق سامانه بندالی باعث گسیل هوای سرد به منطقه قزاقستان و کاهش دمای آن نسبت به نرمال شده است و از طرف دیگر فرارفت هوای سرد در شرق سامانه که همراه با منطقه کم‌ارتفاع است باعث شکل‌گیری جریانات به این سمت شده و نقش مهمی را در تداوم و گسترده‌گی آتش‌سوزی‌های روسیه ایفا کرده است و یکی از عوامل کشیده شدن آتش‌سوزی‌ها به سمت مرکز و شرق روسیه است.

وزش باد

باد در تغییر دما نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند. به همین منظور برای بررسی فرارفت گرم و سرد در منطقه‌ی مورد مطالعه نقشه‌های میانگین مؤلفه نصف‌النهاری در تراز ۲۰۰hpa مورد مطالعه قرار گرفتند. همانطور که در نقشه میانگین روزهای ۲۲ تا ۲۸ ژوئیه مؤلفه نصف‌النهاری تراز ۲۰۰hpa مشاهده می‌شود. جریان‌های نصف‌النهاری با علامت منفی جهت جنوب‌سو نشان از فرارفت سرد و علامت مثبت با جهت شمال‌سو نشان دهنده فرارفت گرم است.

در مناطق مورد مطالعه مقادیر پربندهای مؤلفه‌ی نصف‌النهاری باد مثبت است که نشان‌دهنده‌ی فرارفت هوای گرم و افزایش دما در این مناطق است. همچنین بررسی نقشه‌های قبل و بعد از این زمان نیز فرارفت



شکل ۴: مؤلفه V باد در تراز ۲۰۰hpa هفته آخر ژوئیه ۲۰۱۰ (متر بر ثانیه)، منحنی‌های توپر

فرارفت گرم و منحنی‌های خط چین فرارفت سرد هستند.

مأخذ: نگارندگان

نقشه‌های ترازهای بالا

بررسی نقشه‌های ترازهای ۵۰۰hpa و ۲۵۰ در هفته‌ی اول ماه جولای شکل‌گیری یک سامانه‌ی بندالی زوجی را روی دریای بالتیک نشان می‌دهد. با نزدیک شدن جریان‌های غربی و برخورد به این پشته از مسیر اصلی خود منحرف شده‌اند و دو شاخه شده‌اند. شاخه‌ای از آن در سمت چپ به طرف عرض‌های بالا حرکت کرده و پشته را دور زده و شاخه‌ی دیگر به سمت عرض‌های پایین انحراف پیدا کرده است و یک ناوه را تشکیل داده است. شاخه‌ی شمالی در عرض 60°N به سمت عرض‌های پایین ریزش می‌کند. این سامانه در اوایل ماه وضعیت ضعیف‌تری دارد که در محاسبه‌ی شدت آن، رتبه‌ی ضعیف را نشان داد.

در ادامه بررسی نقشه‌ی میانگین ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa در هفته دوم و بویژه از روز دهم به بعد نشان می‌دهد که سامانه بندالی قوی‌تر شده است و منطقه‌ی پوششی آن به بیش از طول جغرافیایی 45°E می‌رسد (عرض‌های جغرافیایی 30° تا 80°N). در این دوره منطقه روسیه در قسمت زیرین شاخه‌ی شمالی بادهای

غربی قرار گرفته است که استمرار این امر در طی چند روز متوالی سبب افزایش دمای این منطقه گردیده است. در همین زمان نقشه‌های دمایی نیز در اکثر مناطق روسیه افزایش نشان می‌دهند. بطوریکه میانگین دما در بخش غربی روسیه به 28°C می‌رسد چون که این پدیده باعث فرارفت هوای گرم بر روی منطقه شده است. این درحالی است که در همین زمان پاکستان در قسمت شرق سامانه بندالی قرار گرفته و تحت تأثیر فرارفت هوای سرد ناشی از این سامانه است. محاسبه شدت بندالی در این هفته بین ۲ تا ۳ قرار می‌گیرد که به لحاظ شدت در رتبه متوسط قرار می‌گیرد (جدول ۲). با بررسی نقشه میانگین ژئوپتانسیل روزهای ۱۵ تا ۲۱ ماه ژوئیه مشخص گردید که در طی این زمان سامانه بندالی به شکل امگایی درآمده است که ارتفاع مرکزی آن ۵۸۷۵ است. همچنین در قسمت شرقی مرکز کم-ارتفاعی با ارتفاع مرکزی ۵۷۵۰ و در قسمت غربی نیز مرکز کم‌ارتفاع دیگری با ارتفاع مرکزی ۵۵۰۰ شکل گرفته است. در هفته‌ی مزبور امتداد محور کم‌ارتفاع در قسمت جلو سامانه بندالی به سمت شمال شرق امتداد

یافته است و روسیه بطور کامل در قسمت غرب سامانه بندال قرار گرفته است و از طرف دیگر پاکستان در قسمت جلو فرود بادهای غربی قرار می‌گیرد.

جدول ۲: میانگین هفتگی شدت بلوکینگ

زمان	میانگین شدت بلوکینگ
۱-۷	۰,۷۶ (ضعیف)
۸-۱۴	۲,۵۴ (متوسط)
۱۵-۲۱	۲,۸۵ (متوسط)
۲۲-۲۸	۲,۱ (متوسط)

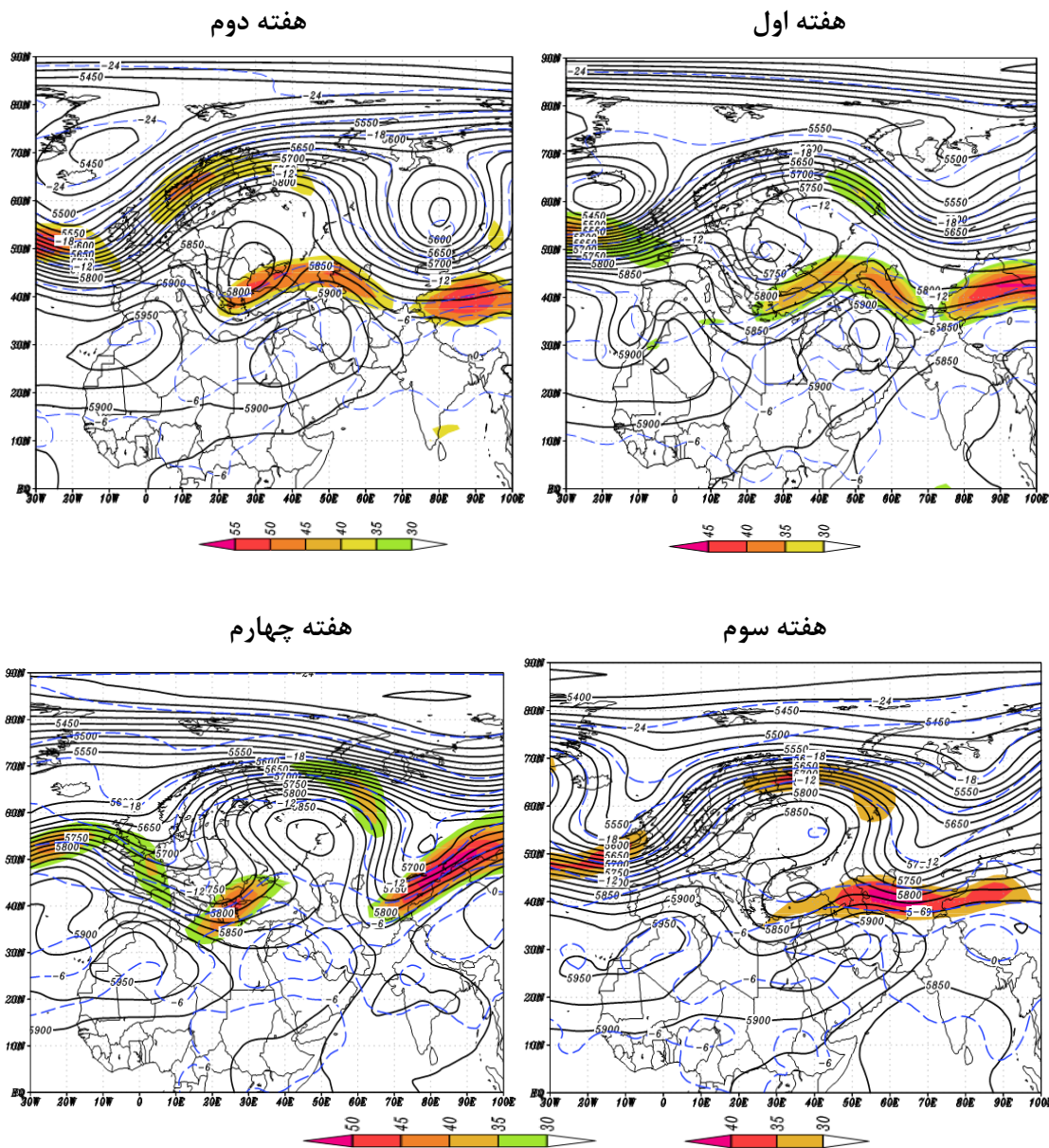
مأخذ: نگارندگان

ایجاد چنین شرایطی با وقوع بارش‌های سنگین در پاکستان و افزایش بی‌سابقه‌ی گرما در روسیه و آتش‌سوزی جنگل‌های غرب آن در ارتباط است. همچنین در این زمان بررسی شرایط دمایی - رطوبتی در دو شاخه بادهای غربی نشان از پدیده‌ی بندالی دارد که با توجه به تفاوت‌های دمایی و رطوبتی در دو منطقه‌ی مورد مطالعه باعث رخداد موج گرمایی روسیه و از طرف دیگر سیل پاکستان شده است. در نقشه‌های ترکیبی میانگین ژئوپتانسیل و دمای تراز ۵۰۰ hpa (شکل ۵)، در پشته شکل گرفته بر روی روسیه منحنی‌های دمایی فرارفت هوای گرم را نشان می‌دهند که این پدیده نشان از تقویت پشته در این منطقه دارد. درحالی‌که در قسمت شرق سامانه که منطقه‌ی پاکستان قرار می‌گیرد فرارفت هوای سرد مشاهده می‌گردد. این مسأله نشان از تقویت ناوه روی منطقه دارد. در هفته آخر از ماه ژوئیه بررسی نقشه‌های روزانه ژئوپتانسیل نشان‌دهنده‌ی استمرار این سامانه به همراه دیگر

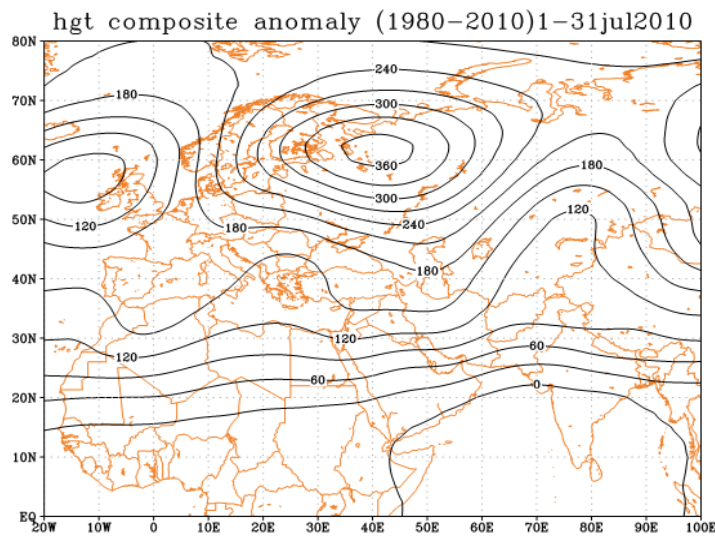
مؤلفه‌های جوی است (جریان‌های موسمی) که باعث وقوع بارش‌های سنگین در اواخر این ماه شده و به عنوان عامل تشدیدکننده‌ی بارش‌های تابستانه منطقه‌ی پاکستان به حساب می‌آید. بطوری‌که در مدت ۳ روز از تاریخ ۲۷ تا ۳۰ ژوئیه در پاکستان در برخی مناطق (رسالپور) بیش از ۴۰۰ میلی‌متر بارش ریزش کرده است. در پی استمرار این سامانه از اواسط ژوئیه روی منطقه روسیه و افزایش گرمای سطحی و هوا باعث آتش‌سوزی‌های جنگل‌های غرب روسیه شده است.

برای بررسی وضعیت جت باد نقشه‌ی آن برای تمامی روزهای ماه جولای تهیه و مورد بررسی قرار گرفت که شکل‌گیری پدیده مانع سبب دوشاخه شدن جت شده بطوری‌که شاخه‌ای از آن به سمت شمال و شاخه‌ی دیگر آن به سمت جنوب حرکت کرده است که نهایتاً این دو شاخه روی نواحی شمالی پاکستان به هم می‌رسند که این اتفاق می‌تواند از عوامل مهم در شکل‌گیری بارش‌های سیل‌آسای پاکستان شود. از طرف دیگر شکل‌گیری پدیده‌ی مانع سبب گردیده تا جریان‌های مداری تضعیف و جریان‌های نصف‌النهاری تقویت شوند. نتیجه‌ی آن ناهنجاری‌های اقلیمی از جمله رخداد امواج گرمایی، سیل و غیره است.

نقشه‌ی آنومالی ژئوپتانسیل برای دوره‌ی ۳۰ ساله برای ماه ژوئیه ۲۰۱۰ نشان از افزایش ارتفاع نسبت دوره میانگین دارد. بطوری‌که روی روسیه ۲۴۰ متر افزایش ارتفاع مشاهده می‌شود و این امر با شکل‌گیری مرکز پرارتفاع و رخداد موج گرمایی روسیه ارتباط دارد (شکل ۶).



شکل ۵: میانگین هفتگی ارتفاع ژئوپتانسیل، دمای تراز ۵۰۰hpa و موقعیت و سرعت جت باد در تراز ۲۰۰hpa ماه ژوئیه ۲۰۱۰
 مأخذ: نگارندگان



شکل ۶: آنومالی ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰hpa ژوئیه ۲۰۱۰ به دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۰-۲۰۱۰)

مأخذ: نگارندگان

نتیجه

پاکستان در قسمت شرق و فرارفت هوای سرد ناشی از این سامانه قرار می‌گیرد. موقعیت مکانی سامانه‌ی بندالی در ترازهای بالایی جو باعث گسیل شمال‌سوی جریان‌های گرم عرض‌های جغرافیایی پایین به منطقه روسیه شده و تناوب زمانی ماندگاری سامانه باعث انباشته شدن هوای گرم و خشک در قسمت غرب سامانه همراه با آسمان صاف و آفتابی منجر به افزایش شدید دما و رخداد آتش‌سوزی‌های گسترده اواخر ماه ژوئیه در روسیه گردید. همچنین جابجایی سامانه پرفشار جنب‌حاره به عرض‌های جغرافیایی بالا، باعث گردیده کم‌فشارهای حرارتی شکل گرفته روی دریای عرب و خلیج‌فارس که حاوی رطوبت زیادی هستند با تغییر مسیر و حرکت به سمت شمال و شرق موقعیت اولیه‌ی خود، زبانه‌های خود را روی پاکستان کشیده‌اند. بطوری‌که در برخورد با توده هوای سردی که تحت تأثیر سامانه بندالی از عرض‌های جغرافیایی بالا گسترش یافته، تقویت شده و بارش‌های سیل‌آسای پاکستان را ایجاد نمودند. لذا هر دو پدیده‌ی مورد بحث به واسطه الگوی سامانه‌های جوی موجود و بویژه پدیده بندالی رخ داده در عرض‌های بالا در ارتباط هم بوده و ناهنجاری منطقه‌ای اقلیم را نمایان می‌سازد.

بررسی نقشه‌های هوا در ترازهای مختلف جو نشان داد که سامانه‌ی بندالی از اوایل ماه جولای در تراز ۵۰۰hpa ایجاد شده و تا اوایل ماه آگوست ادامه داشته که مناطق مورد مطالعه تحت تأثیر آن قرار گرفته‌اند. نقشه‌های همدیدی ترازهای مختلف نشان می‌دهد که در تراز دریا در روسیه یک سامانه‌ی پرفشار طی ماه ژوئیه شکل گرفته که این مرکز پرفشار در روسیه با فشار مرکزی ۱۰۱۸hpa مشاهده گردید، و همزمان در پاکستان سامانه‌ی کم فشار حاکم بوده که مرکز آن روی دریا واقع و در طی ماه تقویت شده که در زمان رخداد پدیده‌ی سیل ۹۹۸hpa بود و زبانه‌های آن روی پاکستان کشیده شده بودند. نقشه‌های وزش باد در تراز ۲۰۰hpa فرارفت شدید هوای گرم را در هر دو منطقه نشان می‌دهند. در روسیه سبب افزایش دما و در پاکستان تحت تأثیر رطوبت و گرمای منشأ دریایی آن باعث بارش‌های سیل‌آسا گردید. نقشه‌های میانگین ژئوپتانسیل در تراز ۵۰۰hpa شکل‌گیری یک سامانه بندالی را نشان داد که شدت آن از اوایل ماه ژوئیه تا دهه‌ی دوم افزایش یافته است. روسیه در قسمت غرب سامانه بندال و در محدوده‌ی فرارفت هوای گرم و

- 11- Jeong, Jaemin I, Park, Rokjin J, Daeok Youn (2008). Effects of Siberian forest fires on air quality in East Asia during May 2003 and its climate implication, *Atmospheric Environment*, Volume 42, Issue 39.
- 12- Kassomenos, Pavlos (2010). Synoptic circulation control on wild fire occurrence, *Physics and Chemistry of the Earth* 35.
- 13- M. D. Flannigan, U. B.J. Stocks, B.M. Wotton (2000). Climate change and forest fires, *Science of The Total Environment*, Volume 262, Issue 3.
- 14- Millions of Pakistan children at risk of flood diseases, news 16. august2010, http://en.wikipedia.org/wiki/2010_pakistan_floods.
- 15- Mokhov; I.I, Chernokulsky; A.V(2009). Regional model assessments of forest fire risks in the Asian part of Russia under climate change, *Geography and Natural Resources*, Volume 31, Issue 2.
- 16- Olga Zolina, and Partners (2004). Analysis of extreme precipitation over Europe from different reanalyses: a comparative assessment, *Global and Planetary Change* 44.
- 17- Pereira, Mário G and ET(2005). Synoptic patterns associated with large summer forest fires in Portugal, *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 129, Issues 1-2.
- 18- Qader Mirza, M. Monirul (2003), Climate change and extreme weather events: can developing countries adapt?, *Climate Policy*, Volume 3, Issue 3.
- 19- Tsoi, O.M(2008). The natural factors that are responsible for forest fires in the southern Far East, *Geography and Natural Resources*, Volume 30, Issue 2.
- 20- Wiedenmann, J. M., A. R. Lupo, I. Mokhov, and E. A. Tikhonova (2002). The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: Block intensity as a diagnostic. *J. Climate*, 15.
- 21- Zumbunnen, Thomas and ET (2010). Weather and human impacts on forest fires: 100 years of fire history in two climatic regions of Switzerland, *Forest Ecology and Management*, In Press, Corrected Proof.

منابع

- ۱- بابائیان، ایمان؛ مریم کریمیان (۱۳۸۹). سیل پاکستان، پیامدهای تغییرات اقلیمی در منطقه، پژوهشکده اقلیمی-شناسی.
- ۲- حبیبی، فریده (۱۳۸۶). نقش سامانه‌های بندالی در چرخندزایی روی شرق دریای مدیترانه و بررسی نقش آن در سیل روی منطقه غرب ایران در مارس ۲۰۰۰، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی. شماره ۶۲.
- ۳- شایان، سیاوش؛ محمد دارند (۱۳۸۷). مدل‌سازی مخاطرات اقلیمی و تأثیرات آن بر سلامتی انسان، فصلنامه رشد آموزش جغرافیا، شماره ۸۵.
- ۴- عزیزی، قاسم (۱۳۷۸). بلوکینگ، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۳۶.
- ۵- عزیزی، قاسم؛ طیبه اکبری؛ محمود داودی، مهری اکبری (۱۳۸۶). تحلیل همدیدی موج سرمای شدید دی‌ماه ۱۳۸۶ ایران، پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی. شماره ۷۰.
- ۶- نجارسلیقه، محمد (۱۳۸۰). الگوهای سینوپتیکی بارش‌های تابستانه جنوب شرق ایران، تحقیقات جغرافیایی. شماره ۶۲.
- ۷- نجارسلیقه، محمد (۱۳۸۵). مکانیزم‌های بارش در جنوب شرق ایران، پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۵۵.
- 8- Ching-Sen Chen and Partners (2009). Investigation of a heavy rainfall event over southwestern Taiwan associated with a subsynoptic cyclone during the 2003 Mei-Yu season, *Atmospheric Research* Volume 95, Issues 2-3.
- 9- Gamble, D.W., Meentemeyer, V.G (1997). A synoptic climatology of extreme unseasonable floods in the southeastern United States, 1950-1990, *Physical Geography*, Volume 18, Issue 6.
- 10- Houze, R. A (2010). Anomalous Atmospheric Events Leading to the Summer 2010 Floods in Pakistan, *Bulletin of the American Meteorological Society*.