

ارزیابی هم‌دیدي بارش سنگين ۹ فروردین ۱۳۸۶ استان خراسان رضوی*

عباسعلی داداشی رودباری^{۱*}، عبدالرضا کاشکی^۲

^۱دانشجوی دکتری آب و هواشناسی شهری دانشگاه شهید بهشتی تهران

^۲استادیار اقلیم شناسی دانشگاه حکیم سبزواری

تاریخ دریافت: ۹۵/۳/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۸/۱۷

چکیده

به منظور تبیین اندرکنش بنیادین هوا سپهر و محیط سطحی و کشف الگوهای گردش موجد بارش سنگین استان خراسان رضوی بارش ۲۰۰۷/۰۳/۲۹ میلادی به عنوان یک روز شاخص انتخاب گردید. مبتنی بر برونداد پایگاه یاخته‌ای داده بارش آفرودیت کانون اصلی ریزش‌های این روز شرق درگز با ۶۶/۴۳ میلی‌متر برآورد گردید. به منظور تعیین الگوهای هم‌دید تابع‌های جبهه‌زایی، شار رطوبت، چرخندگی، نقشه‌های فشار سطح زمین و سطوح ۵۰۰، ۷۰۰ و ۸۵۰ ه.پ به صورت ۶ ساعته از پایگاه [NCEP/NCAR] اخذ و با رویکرد محیط به گردش تحلیل شدند. نتایج نشان داد که الگوی هوا سپهر در هنگام رخداد بارش سنگین ناهه ژرف مدیترانه است که محور فرود آن در شرق دریای مدیترانه قرار گرفته و دریای سرخ به عنوان منبع اصلی این بارش‌ها ایفای نقش می‌نماید. در زمان حدوث چنین شرایطی یک سیستم مانع بر روی شمال ایران مستقر و باعث خواهد شد تا شاخه جنوبی سامانه غربی از روی دریای عرب و خلیج فارس به نواحی غربی کشور کشیده شود. در چنین شرایطی، میزان رطوبت در نواحی سودان و دریای سرخ بالاست و نحوه وزش باد نیز به گونه‌ای است که رطوبت را از دریای سرخ و عرب مکیده و به نواحی غربی ایران هدایت می‌کند. مسیر کلی سامانه یادشده در بدو تشکیل غربی - شرقی بوده، اما پس از ورود به ایران مسیر آن به سمت شمال شرق تغییر جهت خواهد داد. تصاویر ماهواره‌ای نیز به خوبی تأییدی بر سازوکار نامبرده می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: الگوهای هم‌دید، کم‌فشار سودانی، بارش‌های سنگین، مودیس، خراسان رضوی.

مقدمه بیان مسئله

بارش از متغیرترین عناصر اقلیمی است. این تغییرات هم در بُعد مکان و هم در بُعد زمان در قالب اقلیم منطقه رخ می‌دهد. این عنصر یکی از مهم‌ترین داده‌های ورودی به سامانه‌های هیدرولوژیکی (قلی‌زاده و دارند، ۱۳۸۸: ۵۳-۶۱). به لحاظ ایجاد جریان‌ات سطحی، تأثیر بر سفره‌های آب زیرزمینی و به عنوان منبع مهم در تغذیه رودها و چشمه‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در فصول مختلف سال سیستم‌های باران‌زای متفاوتی بر روی ایران فعال بوده و در مناطق مختلف ایران، چند منشأ بارشی متفاوت

وجود دارند؛ به همین دلیل در اکثر نقاط ایران عدم ثبات زمانی و مکانی بارش نمود زیادی پیدا می‌کند (جهانبخش و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱۴). بخش اعظمی از کشور فاقد منابع رطوبتی عمده برای تأمین بارش‌های ابرسنگین می‌باشد. بالاین حال در مناطقی از کشور شاهد بارش‌های بسیار سنگین و رگباری هستیم. شمال شرق ایران و به‌طور اخص استان خراسان رضوی به دلیل موقعیت جغرافیایی و وسعت زیاد و همچنین گسترش ناهمواری‌های آن در ماه‌های مختلف سال به‌خصوص فصل سرد تحت سیطره الگوهای گردشگری مختلف جو بالا واقع می‌شود. از آنجاکه بین رابطه الگوهای گردشگی و بارش رابطه معنی‌داری وجود دارد (علیجانی، ۱۳۸۱: ۱۱۴؛ علیجانی، ۱۳۹۰: ۹۹)، از این مطالعه هم‌دید سامانه های مولد آن می‌تواند نقش مهمی در تشخیص

*این مقاله مستخرج از طرحی با همین عنوان است که توسط مرکز پژوهشی دانشگاه حکیم سبزواری مورد حمایت مالی قرار گرفته است.

*نویسنده مسئول: dadashiabbasali@gmail.com

همکاران (۲۰۰۴: ۶۱) رویداد بارش‌های سنگین شمال غرب ایتالیا و رابطه آن با الگوهای جوی بزرگ‌مقیاس و متوسط مقیاس را مطالعه کردند. نتایج پژوهش آنان نشان داد که شکل جریان‌های بزرگ‌مقیاس جوی در ارتباط با توپوگرافی در ایجاد بارش‌های سنگین نقش مهمی را ایفا می‌کند. سیبرت^۳ و همکاران (۲۰۰۷: ۱۳۹) با استفاده از روش تحلیل خوشه‌ای الگوهای همدید بارش‌های اتریش را به هفت خوشه تقسیم بندی کردند و سپس باهم آن روش نامبرده در درون هریک از الگوهای هفت‌گانه، بارش‌های سنگین را طبقه‌بندی کردند و وضعیت همدید هر کدام را بررسی نمود. در ایران نیز پژوهش‌های متعددی بر روی سامانه‌های بارشی، بارش‌های سیل‌آسا، بارش‌های ابرسنگین و... انجام شده است که به چند مورد اشاره خواهد شد. دورکی و همکاران^۴ (۲۰۱۲: ۶۱۱) به تحلیل همدید بارش سنگین اول و دوم می ۲۰۱۰ در بخش‌های جنوب غربی ایالات متحده آمریکا پرداختند آنان نتیجه گرفتند که تزریق مستمر بخار آب از بخش گرمسیری اقیانوس آرام (ITCZ) مهم‌ترین عامل در رخداد بارش حاضر بوده است. تجزیه و تحلیل بارش‌های سنگین منطقه غربی هیمالیا عنوان پژوهشی است که یاداو و همکاران^۵ (۲۰۱۵) بدان پرداختند نتایج پژوهش آنان نشان داد که شارش غرب سوی توده‌ها در ورسپهر میانی در شمال پاکستان مهم‌ترین عامل بارش‌های ابرسنگین فصل زمستان ۲۰۱۱ در منطقه هیمالیا غربی بوده است. گارگ و همکاران^۶ (۲۰۱۶) به ارزیابی بارش سنگین اقیانوسی پرداختند و نتیجه گرفتند همرفت در مناطق گرم اقیانوسی مهم‌ترین دلیل در بارش‌های سنگین اقیانوسی هستند.

نصیری (۱۳۷۸) در رساله خویش با عنوان تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی بارش در حوضه‌های کرخه و دز، به این نتیجه دست پیدا کرد که تفاوت بارندگی از نظر شدت، تداوم و فراوانی وقوع سیلاب

به موقع و کنترل سیلاب، آب‌گرفتگی‌های شهری و آبخیزداری و کاهش ضایعات و تخریب داشته باشد. در این راستا، شناخت چگونگی تکوین، تقویت، مکانیسم فعالیت، قانونمندی حاکم بر حرکت الگوهای همدید منجر به بارش‌های سنگین و سیل‌زا، زمینه لازم برای پیش‌بینی چنین توفان‌هایی را فراهم می‌کند (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۸: ۲).

نوسان‌های رژیم بارش در ایران، شرایط اقلیمی از جمله بارش‌های کوتاه‌مدت و رگباری، سالیانه سیلاب‌های مخرب برابر جای گذاشته است. سیل هرساله در گوشه و کنار کشور جان تعدادی از انسان‌ها را می‌گیرد و هزاران مترمکعب آب شیرین و هزاران تن خاک ارزشمند را از دسترس خارج ساخته و خرابی‌های فراوانی برجای می‌گذارد (لشکری و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۸۲) که به‌موجب آن فضای جغرافیای ناپایدار و سرمایه‌های ملی اتلاف می‌گردد.

عقیده اصلی آمایش سرزمین، پایداری است، به این معنا که فضای مورد مطالعه باید از نظر محیطی برای مدت‌زمان طولانی پایدار و استمرار داشته باشد. رخدادهای فرین آب هوایی یکی از عوامل اصلی درآمد کم، فقر و انحطاط محیطی به شبکه‌ای از محرومیت چندجانبه و محرومیت اجتماعی منجر می‌شود؛ لذا بایسته است فرین‌های آب و هوایی شناخته شوند و سازوکار آن‌ها به‌طور دقیق مورد واکاوی قرار گیرند تا بتوان سیاست‌های مقابله و پیشگیری متناسب با آن رخداد را ارائه داد.

پلات^۱ و همکاران (۲۰۰۱: ۲۸۵) به بررسی بارش‌های سنگین نواحی حاشیه‌ای آلپ و ارتباط آن با الگوهای گردشی بزرگ‌مقیاس در طی دوره آماری ۱۹۷۱ تا ۱۹۹۵ میلادی پرداختند. بعد از بررسی نقشه‌های سطح ۷۰۰ هکتوپاسکال و مشخص نمودن الگوهای بارش سنگین تعداد گروه‌ها را به روش برونسو بررسی کردند و نتیجه‌ای که از پژوهش آنان به دست آمد با مشخص شدن گردش بزرگ‌مقیاس روزانه احتمال بارش سنگین افزایش می‌یابد. روبرتو^۲

3. Seibert
4. Durkeeand et al.
5. Yadav and et al.
6. Gargand et al.

1. Plaut
2. Roberto

روزافزون منطقه‌ای در کشور نیازمند است تا فرین آب هوایی مورد مطالعه قرار گیرند تا بتوان ضمن پیش‌بینی دقیق‌تر، سیاست‌های انطباق بهنجاری را مطابق با این شرایط ارائه داد.

دستیابی به نتایج قابل قبول در زمینه ارتباط بین الگوهای گردشی با بارش‌های ابرسنگین منطقه خراسان که هدف اساسی پژوهش پیش رو را تشکیل می‌دهد، نیازمند تحلیل نقشه‌های همدید و ماهواره‌ای است تا با در هم آمیختن الگوهای متفاوت مکانی - زمانی روشن شود که در چه زمانی و در کدام نقاط از محدوده مورد مطالعه بارش‌های ابرسنگین با چه نوع سازوکاری نمود پیدا می‌کنند.

روش تحقیق

در پژوهش حاضر جهت ارزیابی همدیدی و ماهواره‌ای بارش‌های ابرسنگین استان خراسان رضوی از بین داده‌های بارشی روز ۲۰۰۷/۳/۲۹ میلادی مصادف با ۱۳۸۶/۱/۹ هجری شمسی به‌عنوان یک روز شاخص گزینش شده است. در این روز ۱۰۰ درصد پهنه استان خراسان رضوی بارش را تجربه کرده است؛ در اثر این بارندگی شبکه‌ها و منابع تأمین آب بیش از ۱۰۰ روستای استان آسیب اساسی دیده است که خسارتی بیش از ۲۰ میلیارد ریال را به ارمغان آورده است. بر اساس گزارش‌های سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی، بارندگی مزبور به بخش کشاورزی ۱۴ شهرستان خسارتی جزئی در بخش‌های جنوبی استان تا خسارت صددرصدی در بخش‌های شمالی استان (شهرستان درگز) زده است؛ همچنین آسیب به بیش از ۳۰۰ واحد مسکونی روستایی از دیگر صدمات بارندگی و جاری شدن سیل مزبور بوده است که واحدهای مسکونی کلات و درگز بیش‌ترین آسیب‌ها را متحمل شده‌اند (سازمان مدیریت بحران استانداری خراسان رضوی، ۱۳۸۶).

با توجه به مساحت بالای استان خراسان رضوی و پراکندگی ایستگاه‌های همدید و نوسان مکانی و زمانی زیاد، عنصر بارش و افزون بر مشکلاتی از این دست؛ در نواحی با ارتفاع بیش از ۲۶۰۰ متر (کانون‌های آبگیر

مربوط به تفاوت سامانه‌های سینوپتیکی است که این دو حوضه را متأثر می‌سازد.

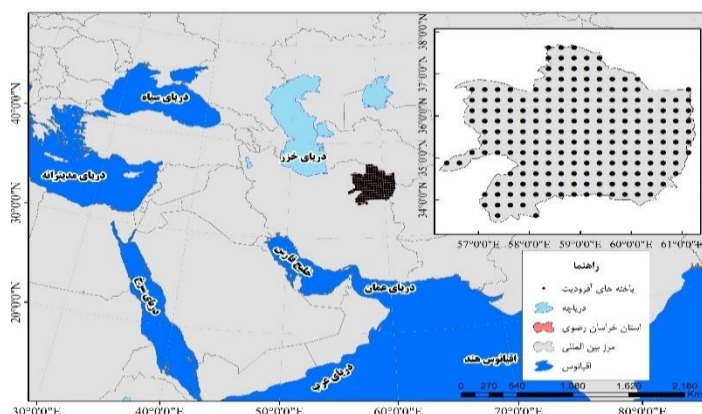
لشکری (۱۳۸۲: ۱۷) طی بررسی بارش‌های سنگین جنوب و جنوب غرب چهار الگوی کلی را معرفی کرده است. مفیدی (۱۳۸۳: ۷۱) بارش‌های سیل‌آسای خاورمیانه و نقش سامانه‌های کم‌فشار دریای سرخ را در شکل‌گیری این بارش بررسی کرده است. وی معتقد است که ناهه‌های وردسپهر میانی در تکوین دینامیکی کم‌فشارها و جابجایی و انتقال آن‌ها در خاورمیانه نقش عمده‌ای دارند. عزیزی و یوسفی (۱۳۸۴) به مطالعه زمان یابی آغاز فعالیت پرفشار سبیری به سواحل جنوبی دریای خزر پرداخت. آن‌ها این نتیجه رسیده‌اند که دهه دوم اکتبر برابر با دهه سوم ۱۹۸۰ به‌عنوان - مهر با بیشترین فراوانی به میزان ۵۰ درصد در طول دوره آماری ۱۹۷۱ آغاز فعالیت پرفشار سبیری در منطقه است. مسعودیان و محمدی (۱۳۹۱) در پژوهشی فراوانی جبهه‌زایی را در زمان رخداد بارش‌های ابرسنگین ایران بررسی کردند. نتایج نشان داد که ترازهای ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکل ایران به‌عنوان محل بیشینه فعالیت‌های جبهه‌زایی دیده‌شده است.

بارش‌های سنگین و ابرسنگین در استان خراسان رضوی هرساله خسارات جانی و مالی بی‌شماری را به وجود می‌آورند. در آخرین گزارش‌های حاصله از سیل‌های رخ داده در استان خراسان رضوی در ۱۴ اردیبهشت ۱۳۹۴ رگبار و طوفان شدید فقط ۱۴۹ مورد حادثه در مشهد اتفاق افتاده است که منجر به قطعی آب، برق و گاز در بخش‌های مختلف شهر گردید. ۲۶ تا ۳۰ فروردین ۱۳۹۵ بارش‌های سیل‌آسا ۱۳ شهرستان از مجموع ۲۸ شهرستان استانرا در بخش‌های مختلف تأسیسات شهری، زیربنایی، اماکن مسکونی، تجاری و کشاورزی دچار خسارت شدیدی کردند (خبرگزاری مهر، ۳۰ فروردین ۱۳۹۵). همان‌طور که پیداست هرساله سیل خسارات بسیاری را به استان خراسان رضوی که یکی از مهم‌ترین قطب‌های گردشگری کشور است وارد می‌نماید؛ لذا در راستای طرح آمایش منطقه‌ای سرزمین و توسعه

(APHRO_ME) از کل داده‌های (۲۰۰۷/۰۳/۲۹) انتخاب شد.

به‌منظور صحت سنجی داده‌های یاخته‌ای آفرودیت از داده‌های ایستگاه‌های همدید و باران‌سنجی استان طی روز نامبرده استفاده شد. آماره‌های صحت سنجی مورد استفاده و مقادیر به دست آمده بدون شرح است؛ ضریب تعیین R^2 (۰/۹۷۱)، میانگین مطلق خطا MAE (۱/۷۷۲)، میانگین اربیب خط MBE (۰/۹۵۰) و ریشه دوم میانگین مربعات خطا $RMSE$ (۰/۸۰۱). همان‌طور که پیداست داده‌های مورد استفاده، از دقت و صحت بالایی دارند. شکل (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است.

کشور) فاقد ایستگاه‌های سنجش و اندازه‌گیری بارش هستیم (در استان خراسان رضوی ایستگاه تربت حیدریه با ۱۴۵۰/۸ متر بیشینه ارتفاعی را بین سایر ایستگاه استان دارا می‌باشد)؛ از این‌رو در این مطالعه داده‌های منطقه خاورمیانه (APHRO_ME) از آخرین محصول پایگاه داده آفرودیت تحت عنوان v1101 (یاتاگانی و همکاران، ۲۰۱۲)، با قدرت تفکیک 0.25×0.25 درجه قوسی با فرمت "NetCDF.nc" از تارنمای (<http://www.chikyu.ac.jp>) اخذ گردید. سپس با استفاده از قابلیت‌های برنامه‌نویسی در نرم‌افزارهای Grads و Matlab روز موردنظر



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه و یاخته‌های ۰/۲۵ در ۰/۲۵ درجه‌ای پایگاه داده بارش آفرودیت

والسترایخز^۳ (۱۹۸۹) انجام شد. در برخی مطالعات، نقش این تابع در تخمین بارش‌ها در مقیاس‌های بزرگ (فرانکه‌زور^۴، ۱۹۶۵)، در برخی دیگر در پیش‌بینی محل همرفت‌های اولیه پیترسن^۵ و همکاران (۲۰۰۰) و در تعدادی دیگر در پیش‌بینی سطح پوشیده آسمان از ابرهای همرفت در مناطق استوایی (کریشنامورتی^۶، ۱۹۶۸) مورد بررسی قرار گرفت اشاره کرد. (جهت آشنایی با جزئیات، روش محاسبه و ارزش‌گذاری روش‌های نامبرده مراجعه شود به منبع شماره ۱۵).

داده‌های مربوط به مؤلفه باد مداری، مؤلفه باد نصف‌النهاری، دمای هوا و رطوبت و نیز داده‌های مورد استفاده برای ترسیم تابع جبهه‌زایی در ترازهای ۵۰۰، ۶۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بودند. این داده‌های نیز از تارنمای www.esrl.noaa.gov به صورت دیده‌بانی‌های شش‌ساعته اخذ گردید.

در خصوص توانایی‌ها و محدودیت‌های استفاده از تابع همگرایی رطوبت تحقیقاتی به نقل از نوری و همکاران (۱۳۹۲: ۲) انجام شده است که می‌توان به پژوهش‌های دوسول^۱ (۱۹۸۲)، بوسول^۲ (۱۹۸۸) و

3. Waldstreicher
4. Frankhauser
5. Petersen
6. Krishnamurti

1. Doswell
2. Bothwell

امکان وقوع بالقوه سیل وجود دارد؛ شدت و بازدهی بارش (به معنی میزان توانایی تبدیل بخار آب به آب قابل ریزش در یک سلول) عواملی هستند که در ایجاد یک بارش سنگین مؤثرند. همان‌طور که نمودار ۱ نشان داده شده است مناطق مرتفع مقدار بارش بیشتری دارند که به نقش قابل توجه عوامل محلی می‌توان اشاره کرد ولی آنچه بیش‌ازپیش پیداست رخداد چنین بارش و بارش‌هایی صرفاً با تکیه بر مشخصه‌های محلی قابل ارزیابی نمی‌باشند و لازم است تا شرایط همیدی نیز مورد واکاوی قرار بگیرند. به‌منظور تحلیل آماری بارش‌های سنگین استان خراسان رضوی دو شاخص تعداد روزهای دارای بارش سنگین ($R10$) و تعداد روزهای دارای بارش خیلی سنگین ($R20$) با استفاده از نرم‌افزار Climdex در محیط برنامه R برای ایستگاه‌های قوچان، گل‌مکان، مشهد، سبزوار، تربت‌حیدریه، کاشمر و طبس طی دوره آماری ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۴ اجرا شدند. شاخص تعداد روزهای دارای بارش سنگین ($R10$) در ایستگاه قوچان با شیب ۰/۱۰۹ روند افزایش داشته است. تعداد روزهای دارای بارش خیلی سنگین ($R20$) ایستگاه تربت‌حیدریه ۵۹ روز و ایستگاه قوچان ۴۸ روز بارش خیلی سنگین بیش‌ترین فراوانی را داشته‌اند. به‌طورکلی تعداد روزهای دارای بارش سنگین در ایستگاه‌های سبزوار، قوچان و گل‌مکان روند افزایشی نشان داده است؛ همان‌طور که اشاره گردید در تاریخ ۱۳۸۶/۰۱/۰۹ میلادی مصادف با ۱۳۸۶/۰۱/۰۹ هجری شمسی ۱۰۰ درصد پهنه استان خراسان رضوی شاهد ریزش بارش قابل توجهی (بخصوص برای مناطق شمالی) بوده است. این مقدار بر اساس ۲۲۷ یاخته پایگاه داده بارش آفرودیت محاسبه شده است. بر این اساس بیشینه بارش با مقدار ۶۶/۴۳ میلی‌متر با مختصات ۵۹/۳۷ و ۳۷/۳۷ در شرق شهرستان درگز اتفاق افتاده است. به همین ترتیب کمینه بارش نیز با مقدار ۲ میلی‌متر با مختصات ۵۷/۳۷ و ۳۳/۶۳ در شهرستان فردوس اتفاق افتاده است. در این روز مقدار بارش پهنه‌ای استان خراسان رضوی ۲۱/۹۳ میلی‌متر محاسبه شده است. ضریب تغییرات یاخته‌ای که

بعد از مشخص نمودن تابع‌های موردنیاز اقدام به بازنویسی تابع‌های نامبرده در محیط اسکریپت نویسی GRADS شده است و نقشه‌ها ترسیم گشتند. همان‌طور که پیش‌تر نیز اشاره شده است در پژوهش حاضر از دو روش همیدی و ماهواره‌ای استفاده شده است. تصاویر ماهواره‌ای روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ میلادی از تارنمای ladsweb.nascom.nasa.gov اخذ گردید.

سپس پیکسل‌های غیر ابری از تصویر مربوطه حذف گردید برای این کار از مدل آکرمن^۱ و همکاران (۲۰۰۶) نسخه ۵ که برای تصاویر مودیس ارائه کردند استفاده شده است.

به‌منظور محاسبه دمای ابرها از نسبت تابندگی طیفی یک چشم در راستای (θ, φ) ، تحت عنوان $B_{\lambda}(\theta, \varphi)$ با تابش طیفی جسم سیاه هم‌دمای آن جسم یعنی $B_{bb,y}$ را قابلیت تابش طیفی سمتی یا گسیلندگی جسم نامیده و با $\mathcal{E}(\lambda, \theta, \varphi)$ نشان داده می‌شود (مباشری، ۱۳۸۵: ۲۴).

$$\mathcal{E}(\lambda, \theta, \varphi) = \frac{B_{\lambda}(\theta, \varphi)}{B_{bb,y}} \quad (۸)$$

به‌طورکلی $\mathcal{E}(\lambda, \theta, \varphi)$ تقریباً مستقل از دما است و تنها به طبیعت ماده بستگی دارد. با این حال تفاوت در میزان تابش اجسام هم‌دما، ما را قادر می‌سازد تا با استفاده از اشعه سنج‌ها به نوع ماده تابش کننده پی ببریم؛ لذا در پژوهش حاضر برای دمای ابراز مدل LSE و بر اساس تحقیقات مختلفی که روی ابرها با استفاده از سنجنده مودیس صورت گرفته است با توجه به مجاورت دو باند ۳۱ و ۳۲ این سنجنده گسیلندگی ابرها در دو باند با یکدیگر برابر فرض شده است (مازل^۲ و همکاران، ۲۰۱۰: ۲۳).

سپس با استفاده از داده‌های سنجده مودیس تصاویر ماهواره‌ای مربوطه اخذ شده و با استفاده از قابلیت‌های نرم‌افزار ENVI تصاویر مربوطه پردازش شدند.

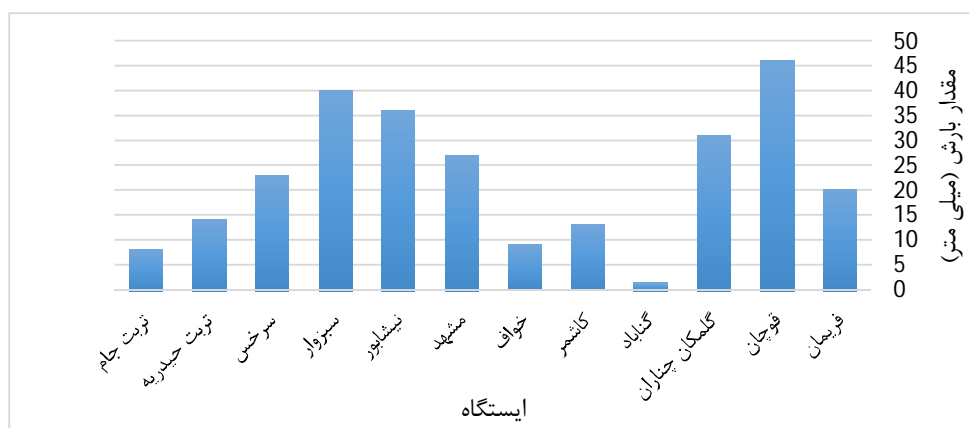
نتایج و بحث

وقتی که بارش‌های سنگین در یک دوره زمانی کوتاه در منطقه خشک و نیمه‌خشک به وقوع بپیوندد

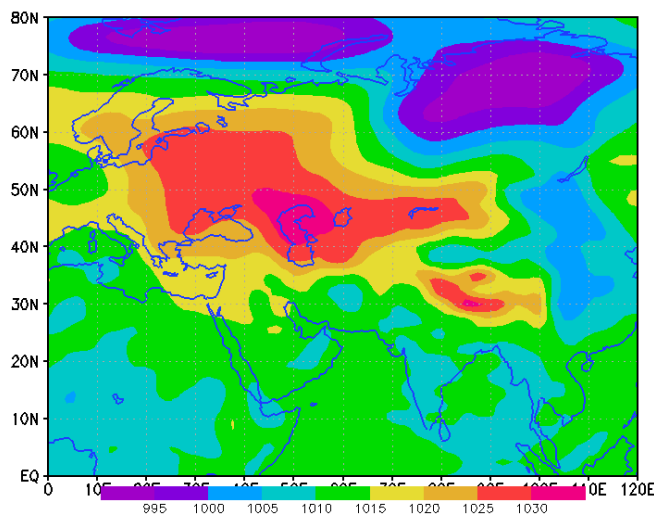
1. Akerman
2. Mazel

دارای آمار روزانه بودند ایستگاه قوچان با مقدار ۴۶ میلی‌متر بیشینه بارش در این روز و ایستگاه گناباد با مقدار ۱/۳ میلی‌متر کمینه بارشی استان را در بین ایستگاه همدید به خود اختصاص داده‌اند. از سایر ایستگاه نیز سبزوار با ۴۰ میلی‌متر، نیشابور با ۳۶ میلی‌متر و گل‌مکان (چناران) با مقدار ۳۱ میلی‌متر مقدار قابل توجهی بارش دریافت نموده‌اند.

بیشینه بارش در ۲۹ مارس ۲۰۰۷ به خود اختصاص داده است؛ نسبت به دوره بلندمدت خود ۲۱۸/۳۵ درصد بوده؛ همچنین ضریب تغییرات کل پهنه استان خراسان رضوی در ماه مارس ۳۶/۶۵ درصد و انحراف از میانگین همین ماه ۵/۸۷ میلی‌متر محاسبه گردید. به‌منظور ارزیابی دقیق‌تر اطلاعات ایستگاه‌های همدیدی استان خراسان رضوی نیز بررسی قرار گردیدند (نمودار ۱). از این ۱۲ ایستگاه منتخبی که



نمودار ۱: مقدار بارش ایستگاه‌های همدید منتخب خراسان رضوی در روز ۲۹/۰۳/۲۰۰۷



شکل ۲: فشار تراز دریا (SLP) (۲۹/۰۳/۲۰۰۷)

مدار ۳۲ درجه شمالی را در بر گرفته و با انتقال هوای سرد عرض‌های بالاتر بر روی کشور جو آرامی را حاکم ساخته است. این در حالی است که مرکز کم‌فشار سودانی با راستای جنوبی-شمالی تا شمال مصر و غرب دریای سرخ را در بر گرفته است و زبانه‌های ضمن

شکل (۲) شرایط همدیدی حاکم بر تراز دریا را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که مرکز واچرخند روی روسیه با منحنی هم‌فشار ۱۰۳۰ هکتوپاسکال بر شمال دریای خزر بسته‌شده و زبانه جنوبی آن بانفوذ به عرض‌های پایین تا جنوب استان خراسان و شمال

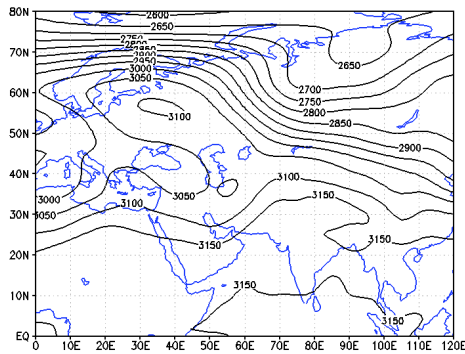
نشان دهنده عبور سامانه کم‌فشار و کاهش دمای ناشی از جبهه سرد آن است؛ همچنین وضعیت دما برای ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال به صورت کاهش دما می‌باشد که نشان‌دهنده هوای سرد در عرض‌های بالاتر است حال روز اوج بارش که ۲۹ مارس یا همان ۹ فروردین ۱۳۸۶ می‌باشد شرایط همیدی بدین شرح قابل ارزیابی است. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مربوط به این روز (شکل ۳) نشان می‌دهد که در شرق دریای مدیترانه پشته عمیقی تشکیل شده است که باعث عمیق‌تر شدن ناوه مستقر بر روی غرب و مرکز ایران شده است. در زمان حدوث چنین شرایطی یک سیستم مانع بر روی شمال ایران مستقر شد که باعث این امر گردید تا شاخه جنوبی سامانه غربی از روی خلیج فارس و دریای عمان به قسمت‌های غربی کشور کشیده شود. همان‌طور که در نقشه سطح زمین (شکل ۲) پیداست در این روز فشار مرکزی ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در نواحی شرقی و مرکزی کشور مستقر شده و سبب ایجاد بارش در ایران مرکزی شده است. وضعیت ناپایداری در ایران با توجه به استقرار زبانه‌های سامانه پرفشار در نیمه شمالی کشور به نواحی مرکزی رسیده است. گزارش‌های سازمان‌های مختلف برای این روز بارش‌های قابل‌توجهی را برای ایستگاه‌های باران‌سنجی درگز و قوچان گزارش شده است؛ که در جدول (۱) شرح برخی از این ایستگاه‌ها آمده است.

عبور از کشور عراق و سوریه تا مدیترانه شرقی نیز امتداد یافته است. به این ترتیب جریانات جنوب و جنوب شرقی در اثر شیو فشار ایجاد شده بین سامانه بندالی در شمال دریای خزر و دریای سیاه و توده‌هوای گرم سودان برقرار شده و زمینه لازم برای انتقال هوای مرطوب دریاهای جنوبی از طریق شبه‌جزیره عربستان به شمال شرق ایران فراهم شده است.

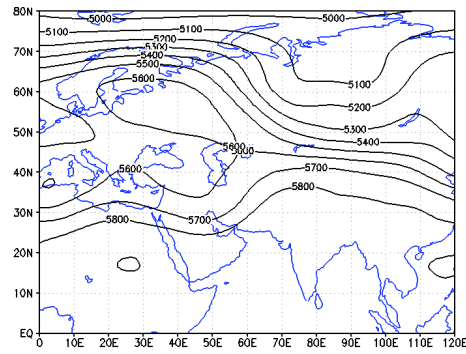
در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال (شکل ۴) مرکز چرخندی با پربند ۳۰۵۰ ژئوپتانسیل متر در موقعیتی پایین‌تر و کمی عقب‌تر از چرخند تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال (شکل ۵) (بر روی شرق دریای مدیترانه) از بخش شمال شرق مصر بسته شده است. به این ترتیب الگوی قرارگیری مراکز چرخندی در تراز قائم به گونه‌ای است که شرایط بسیار مناسبی برای تقویت سامانه نامبرده فراهم است. بررسی الگوهای مختلفی سطح زمین در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان داده است که از سه روز قبل از حدوث این بارش یعنی از ۲۶ تا ۲۸ مارس ۲۰۰۷ دمای سطح زمین افزایش یافته است به طوری که دمای سطح زمین در روز ۲۷ مارس، ۱۰/۸ درجه سلسیوسی بوده و در روز ۲۸ مارس به ۱۳ درجه سلسیوس رسیده است، ولی در روز ۲۹ مارس که کانون مطالعه حاضر را نیز تشکیل می‌دهد دمای سطح زمین نسبت به روز قبل کاهش به یک‌باره حدود ۳ درجه سلسیوسی داشته است و به مقدار ۱۰/۴ درجه سلسیوس کاهش پیدا کرده است که

جدول ۱: بارش گزارش شده برای ۲۹ مارس ۲۰۰۷ میلادی (ایستگاه‌های منتخب باران‌سنجی)

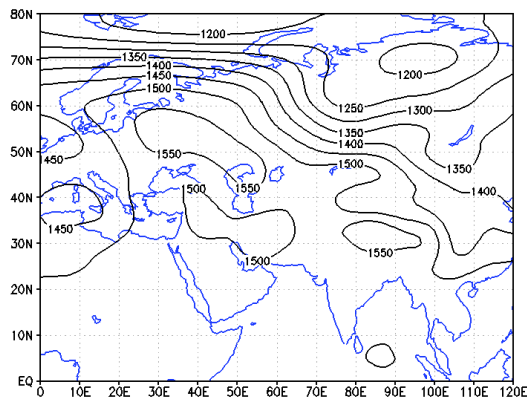
نام ایستگاه	مقدار بارش گزارش شده (میلی‌متر)
تیرگان (درگز)	۵۳/۲
دوقایی (قوچان)	۴۷/۲
حسن‌آباد (درگز)	۴۶
شورچه (قوچان)	۳۶
مینا (درگز)	۳۵/۳
برسلان (قوچان)	۳۲
لطف‌آباد (درگز)	۲۴/۳
نوخندان (درگز)	۲۴
امام قلی (قوچان)	۱۴



شکل ۴: نقشه تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ۲۹ مارس ۲۰۰۷



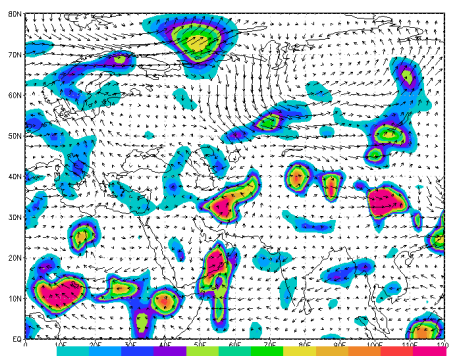
شکل ۳: نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال ۲۹ مارس ۲۰۰۷



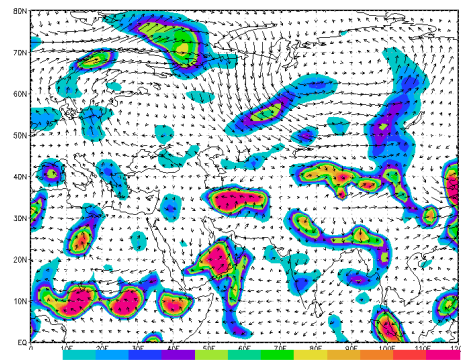
شکل ۵: نقشه تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال ۲۹ مارس ۲۰۰۷

دریای سرخ به نواحی غربی ایران هدایت می‌کنند. وجود پشته در شرق ایران و حرکت سیکلونی جلوی ناوه، سبب تزریق رطوبت دریافتی دریای عرب به داخل ایران و بخصوص ایران مرکزی می‌گردد. لازم به ذکر است این رطوبت دریافتی تا حوالی مرزهای غربی استان‌های خراسان رضوی و جنوبی نیز پیش می‌رود.

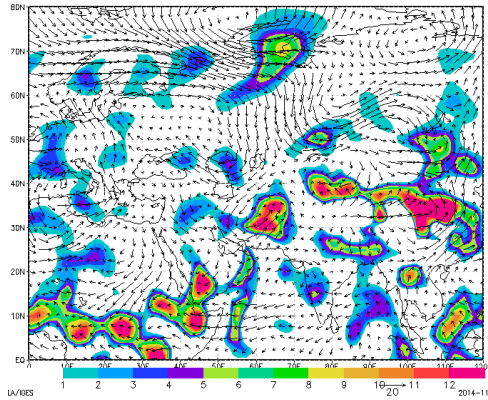
شکل‌های ۶ تا ۹ وزش رطوبتی را در روز ۲۹ مارس در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به‌صورت دیده‌بانی‌های شش‌ساعته نشان می‌دهند. بر اساس شکل‌های ارائه‌شده میزان رطوبت در نواحی مدیترانه و سودان بالاست؛ نحوه وزش باد به‌گونه‌ای است که جریان باد در سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال رطوبت را از



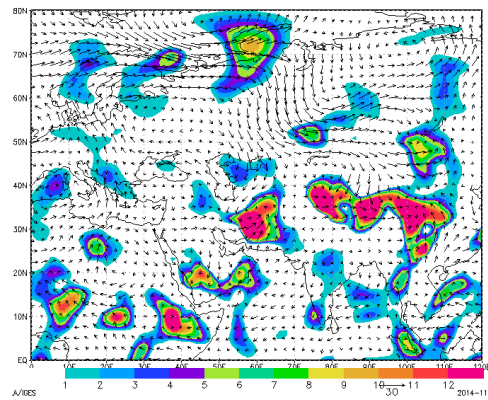
شکل ۷: وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ ساعت ۰۶ گرینویچ



شکل ۶: وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ ساعت ۰۰ گرینویچ



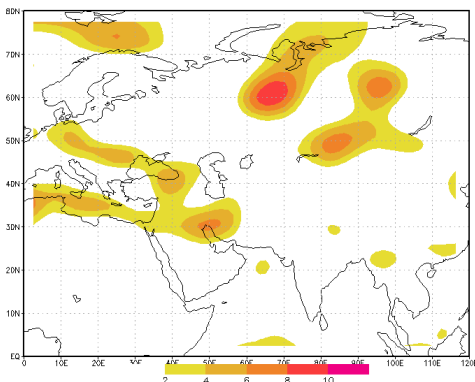
شکل ۹: وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ ساعت ۱۸ گرینویچ



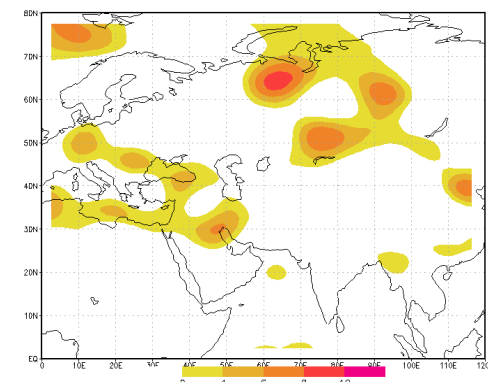
شکل ۸: وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ ساعت ۱۲ گرینویچ

میلی‌متر در گاریز یزد به ۴۰ میلی‌متر در شرق استان خراسان رضوی و ایستگاه همدید سبزوار ۴۰ میلی‌متر گزارش شده است. این شرایط برای مناطق شمالی افزایش داشته به طوری که در ایستگاه همدید قوچان ۴۶ میلی‌متر و در نهایت قطب بیشینه بارشی استان خراسان رضوی در این روز در شرق شهرستان درگز با مقدار ۶۶/۴۳ میلی‌متر برآورد گردیده است.

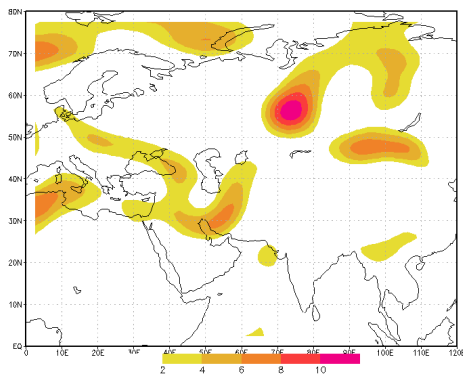
شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ نقشه چرخندگی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در روز ۲۹ مارس برای دیده‌بانی‌های شش ساعته نشان می‌دهد که ناهنجاری شمال دریای سرخ و اروپا منطبق با پشته سیکلون است و چرخندگی مستقر بر روی نواحی غربی ایران مثبت می‌باشد و چرخندگی مثبت سیستم مانع منطبق است و دارای بیش‌ترین ناپایداری و بارش می‌باشد؛ همان‌طور که در جدول و نمودار (۱) نیز آمده است مقدار بارش از ۱۶



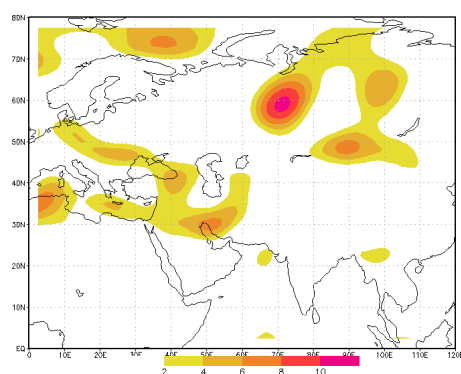
شکل ۱۱: نقشه چرخندگی روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ ساعت ۰۶ گرینویچ



شکل ۱۰: نقشه چرخندگی روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ ساعت ۰۰ گرینویچ



شکل ۱۳: نقشه چرخندگی روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ ساعت ۱۸ گرینویچ

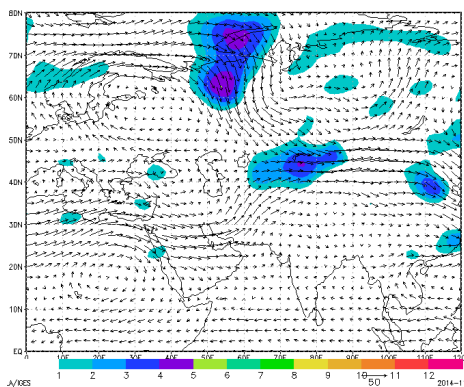


شکل ۱۲: نقشه چرخندگی روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ ساعت ۱۲ گرینویچ

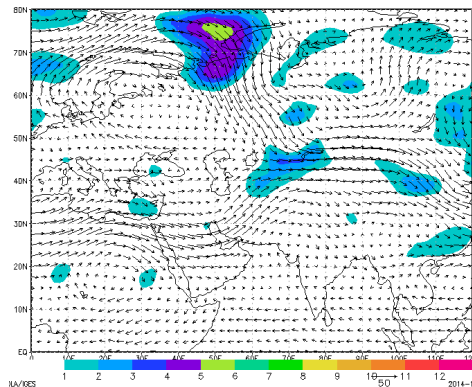
دو مرکز جبهه‌زایی فعال که می‌توانند بر شرایط این روز خاص از منطقه تأثیرگذار باشند عبارت‌اند از: نیمه غربی دریای سرخ و جنوب دریاچه آرال این شرایط تا حدودی برای ساعت‌های ۰۶،۰۰ و ۱۲،۰۰ نیز تا حدودی تکرار شده است. یکی از دلایلی که توانسته است شرایط مناسب برای را برای جبهه‌زایی بر روی منطقه دریای سرخ فراهم آورد را می‌توان برخورد هوای سردی که از نیمه غربی فرود مدیترانه ریزش کرده، دانست. از طرف دیگر جنوب دریاچه آرال به‌عنوان محل فراری است که از ادغام دو سامانه مدیترانه‌ای و دریای سرخ شکل گرفته است. لذا هوای گرمی که در راستای نیمه شرقی دریای خزر به‌ویژه در جنوب دریاچه آرال به توده‌های سرد برخورد کرده است به‌این ترتیب از این منطقه یاد شده می‌توان به‌عنوان دو منطقه بیشینه جبهه‌زایی را برای این روز توجیه کرد. شکل‌های ۱۴ تا ۱۷ دیده‌بانی‌های شش‌ساعته تابع جبهه‌زایی تراز ۵۰۰ ه.پ را نشان می‌دهند.

به‌طورکلی در روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ یک هسته نزول هوا بر روی مناطق جنوب غرب کشور قرار گرفته و تا شمال خلیج فارس ادامه پیدا کرده است، به‌طوری‌که در قسمت‌های جنوب غربی هوا کاملاً نزول پیدا کرده است و هیچ‌گونه بارشی صورت نگرفته است. این در حالی است که یک هسته صعودی بر روی نواحی داخلی و مرکز ایران مشاهده می‌شود. در شکل‌های فوق منطقه بیشینه چرخندگی در قسمت جلوی محور فرود سطح بالا درجایی که خطوط هم‌ارتفاع به هم نزدیک‌ترند قرار دارد و در سطح زمین هم چرخش سیکلانی باد را در انتهای زبانه کم‌فشار نشان می‌دهد. افزون بر آنچه پیش‌تر گفته شد همان‌طور که در شکل‌های ۱۰ تا ۱۳ نیز به‌خوبی نمایان می‌باشد تراکم شدید و افزایش چرخندگی مثبت در شمال خلیج فارس است که این امر نزدیکی به مرکز سیکلون را بیان می‌کند.

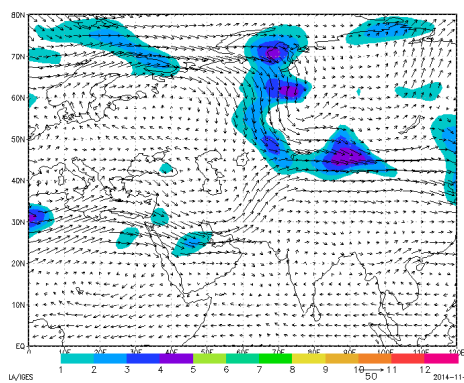
بررسی‌های نقشه فراوانی تابع جبهه‌زایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در ساعت ۰۰،۰۰ نشان داد که به‌طورکلی



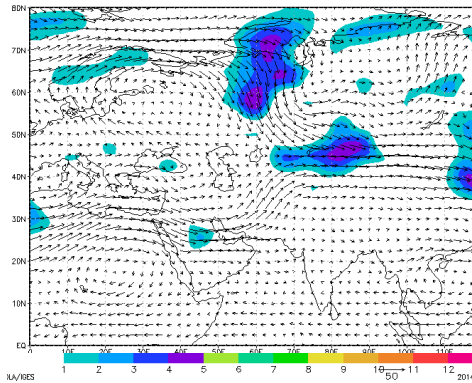
شکل ۱۵: نقشه جبهه‌زایی روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ ساعت ۰۶ گرینویچ



شکل ۱۴: نقشه جبهه‌زایی روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ ساعت ۰۰ گرینویچ



شکل ۱۷: نقشه جبهه‌زایی روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ ساعت ۱۸ گرینویچ



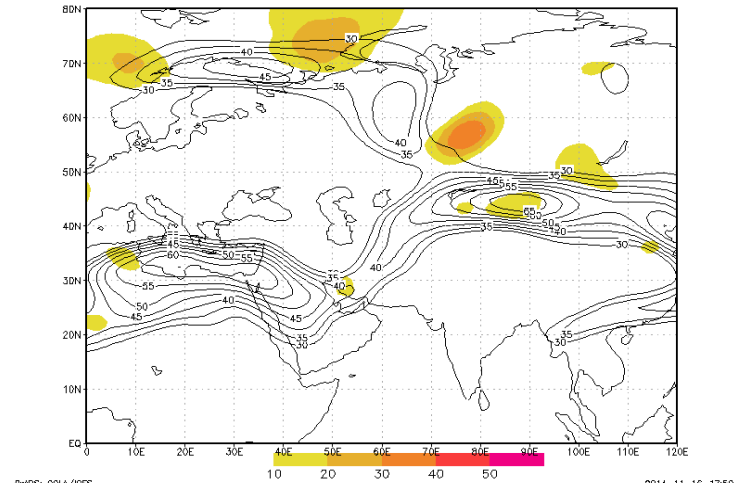
شکل ۱۶: نقشه جبهه‌زایی روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷ ساعت ۱۲ گرینویچ

دریای سرخ قرار دارد و در مسیر جنوب غرب- شمال شرق به حرکت خود ادامه می‌دهد اما نکته‌ای که در اینجا اشاره به آن لازم است این مسیر به سمت شمال شرق نسبت به مسیر اول منظم‌تر طی خواهد شد و بعد از ورود به خلیج فارس همان مسیر را طی می‌نماید و در نهایت در صورت ایجاد سازوکار نامبرده دریای مدیترانه می‌توان شاهد بارش‌های قابل توجهی در بخش ایران مرکزی (استان یزد) و استان‌های خراسان رضوی و تا خراسان شمالی آن هم با مرکز بیشینه مناطق شمالی باشیم.

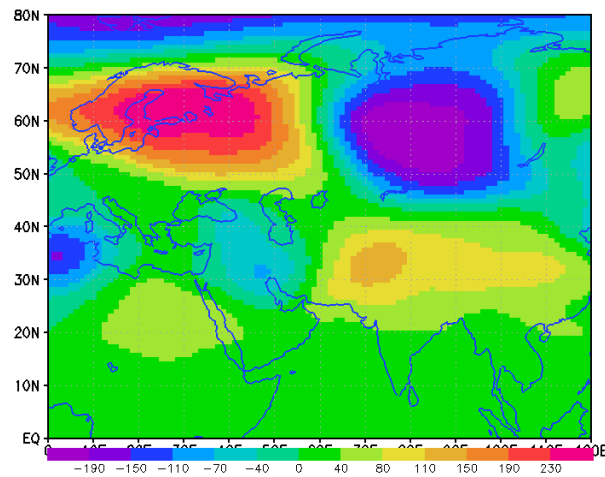
از آنجایی که وجود رودباد جبهه قطبی در سطوح فوقانی یکی از تأثیرگذار در رخداد بارش‌های سنگین است در ادامه نقشه رودباد تراز ۳۰۰ ه.پ مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که در شکل (۱۸) پیداست استان خراسان رضوی و منبع رطوبتی دریای سرخ در زیر جریان پرسرعت و بیشتر از ۳۰ متر بر ثانیه و یا به عبارتی دیگر رودباد قرار گرفته است. چراکه به دلیل اختلاف فشار و دمای زیاد در محل نامبرده در نتیجه نزدیک شدن هوای سرد عرض‌های بالا به هوای گرم عرض‌های پایین است.

شکل (۱۹) ناهنجاری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی روز ۹ فروردین ۱۳۸۶ را نسبت به میانگین آن نشان می‌دهد. همان‌طوری که در نقشه نمایان می‌باشد یک مرکز ناهنجاری منفی بر روی سیبری قرار دارد یعنی نفوذ ناوه حاصل از تاوه قطبی در این مکان قوی‌تر از میانگین می‌باشد. یک هسته ناهنجاری منفی نیز بر روی غرب و جنوب غرب ایران وجود دارد که نشان از ناپایداری در این مکان است و هسته ناهنجاری منفی دیگری در غرب مدیترانه شکل گرفته است. یک مرکز ناهنجاری مثبت قوی در شمال اروپا شکل گرفته است بدین معنی که سامانه پر ارتفاع واقع در این مکان قوی‌تر از میانگین است. مراکز ناهنجاری مثبت دیگری بر روی شرق ایران و بر روی دریای سرخ به وجود آمده است.

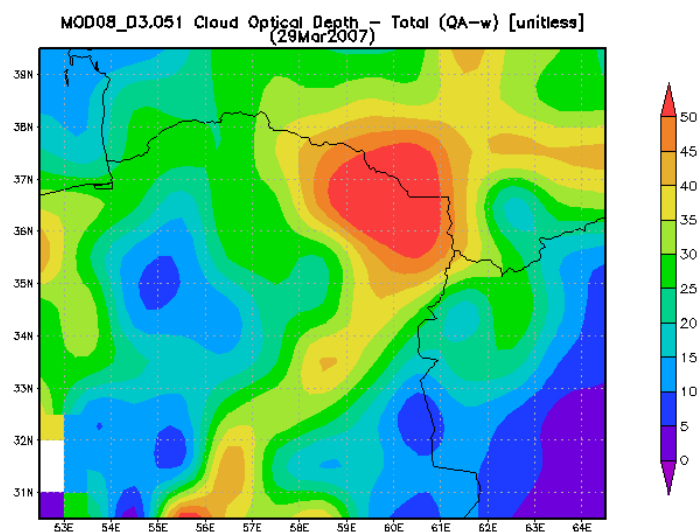
نتایج تحلیل‌های همدیدی نشان داد که زمانی که سامانه سودانی روی شمال سودان و جنوب مصر شکل گیرد و سپس در امتداد جنوبی - شمالی به سمت شمال حرکت کند؛ بعداً اینکه این سامانه در سمت شمالی کشور مصر قرار گیرد و همچنان به حرکت شمالی خود ادامه دهد؛ از طرف دیگر ناوه عمیق مدیترانه و محور شرقی آن که روی دریای سرخ مکان‌گزینی می‌نماید سبب صعود رطوبت این منطقه و فرارفت آن را به عرض‌های بالاتر فراهم می‌نماید. به عبارتی این الگو سازوکار اصلی بارش را که رطوبت و صعود باشد فراهم می‌نماید. در ادامه، رطوبت دریای سرخ طی سازوکار نامبرده بعد از آن در امتداد غربی- شرقی به حرکت خود ادامه می‌دهد، اما بعد از ورود به ایران این شرایط ادامه نخواهد داشت به طوری که در ایران مرکزی (بین استان یزد و اصفهان) سامانه‌ی یادشده مسیرهای متفاوتی را طی می‌کند. برخی از این سامانه‌ها در ایران مرکزی نابوده شده و به‌سادگی نیز قابل تعقیب نمی‌باشند؛ اما بخشی از این سامانه‌ها که تعدادشان نیز قابل توجه است در امتداد شمال شرق ادامه مسیر داده و بعد از رسیدن به خراسان (عموماً در مناطق شمال استان‌های خراسان رضوی و شمالی) در همان مسیر به حرکت خود ادامه می‌دهند؛ و همین سازوکار همدیدی در روز ۲۹/۰۳/۲۰۰۷ یا ۹ فروردین ۱۳۸۶ باعث ایجاد بارش ۴۰ میلی‌متری در سبزوار، ۴۶ میلی‌متری در قوچان و در نهایت ۶۶/۴۳ میلی‌متری در درگز شده است. سامانه‌های سودانی از بدو تشکیل تا ورود به ایران در شرایط متعارف معمولاً از دو مسیر حرکت می‌کنند. مسیر اول عموماً روی سودان تشکیل شده و بعد از تشکیل با جابجایی جنوبی به شمالی خود از سمت شرق دریای سرخ وارد شبه‌جزیره عربستان شده و بعد تغییر مسیر غرب- شمال شرق وارد کشور کویت و سپس ادامه مسیر خود را در ایران ادامه می‌دهند؛ و اما مسیر دوم؛ در این سازوکار سامانه از همان ابتدا در سواحل شرقی



شکل ۱۸: متوسط سرعت باد به متر بر ثانیه در هنگام وقوع بارش شدید (تراز ۳۰۰ ه.پ)



شکل ۱۹: ناهنجاری تراز ۵۰۰ هکتوپاسکالی روز ۹ فروردین ۱۳۸۶ نسبت به دوره بلندمدت

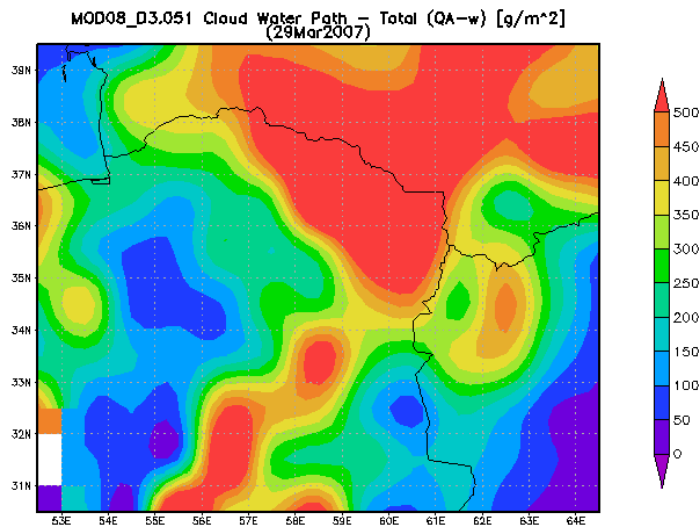


شکل ۲۰: عمق نوری ابرهای مایع و یخی در روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷

ابر بین ۲۰ تا ۲۵ قرار دارد و مقدار بارشی که برای این ایستگاه ثبت شده است ۵ میلی‌متر بوده است. این در حالی است که قوچان با عمق نوری بین ۴۰ تا ۴۵ بارش ثبت شده آن ۴۶ میلی‌متر بوده است؛ و در نهایت درگز با ۶۶/۴۳ میلی‌متر قطعاً بیش‌ترین عمق نوری ابر (مقدار بیشینه ۵۰) را به خود اختصاص داده است.

شکل (۲۱) مسیر طی شده ابرهای مایع و یخی را نشان می‌دهد؛ که تأییدی بر سازوکار یاد شده می‌باشد.

نتایج حاصل داده‌های ماهواره‌ای نیز به‌خوبی تأییدی بر سازوکار حاضر می‌باشند. شکل (۲۰) عمق نوری ابرهای مایع و یخی را نشان می‌دهد در این شکل مناطقی با ارزش عددی صفر الی ۱۰ ابرهای کم‌عمق، ۱۰ الی ۳۵ ابرهایی با عمق نوری میانه و مناطقی که ارزش عددی عمق نوری آن‌ها بالاتر از ۳۵ است را ابرهای عمیق تشکیل می‌دهد. نقشه حاضر (۲۰) بهترین توجیه را از مقدار و مدت بارش ارائه می‌دهد. برای مثال در میبد ارزش عددی عمق نوری



شکل ۲۱: مسیر طی شده ابرهای مایع و یخی در روز ۲۹ مارس ۲۰۰۷

آفرویدت اخذ گردید. در این روز میانگین پهنه‌های بارش ۲۱/۹۳ میلی‌متر محاسبه گردید و همچنین مرکز بیشینه بارشی با ۶۶/۴۳ میلی‌متر در شرق شهرستان درگز و کمینه مقدار بارشی نیز با ۲ میلی‌متر در شهرستان فردوس برآورد گردید که توسط داده‌های سازمان هواشناسی نیز مورد تأیید قرار گرفته است. به‌منظور ارزیابی‌های همیدی تابع‌های جبهه‌زایی، شار رطوبت، چرخندگی، نقشه‌های فشار سطح زمین و سطوح ۵۰۰، ۷۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکالی بررسی شدند، برای تحلیل‌های ماهوره ای نیز از تصاویر سنجده مودیس با بررسی دو تابع عمق نوری ابر و مسیر ابر استفاده گردید. نتایج نشان داد که با عمیق‌تر شدن ناوه مدیترانه در نتیجه ناپایداری جو و صعود سریع هوا وقوع بارش را متحمل می‌نماید که با نتایج خوش‌اخلاق (۱۳۷۷) که یکی از چهار محل

نتیجه‌گیری

پدیده‌های فرین جو، همچون بارش‌های سنگینی که از عوامل اصلی درآمد کم، فقر و انحطاط محیطی به شبکه‌ای از محرومیت چندجانبه و محرومیت اجتماعی دامن می‌زنند؛ چراکه پدیده‌های فرین و عمدتاً ناگهانی هوا سپهر به‌واسطه تأثیرات غالباً منفی، محیط را در بلندمدت به ناپایداری سوق می‌دهند. هدف اصلی پژوهش حاضر را بررسی شرایط هم‌زمان با بارش‌های سنگین استان خراسان رضوی در مقیاس همدید و چگونگی توزیع مکانی بارش‌ها را در ارتباط با این شرایط، تشکیل می‌دهد. به این منظور پس از بررسی‌های صورت گرفته بارش روز ۲۹/۰۳/۲۰۰۷ میلادی را به‌عنوان یک روز شاخص انتخاب گردید. در این روز صد درصد از پهنه استان خراسان رضوی بارش داشته است. این مقدار از پایگاه داده - بارش

- آذربایجان شرقی)، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۱۶، شماره ۴۲، صص ۱۱۳-۱۳۸.
۲. خبرگزاری تابناک. ۱۳۹۴. اخبار و حاشیه‌های تابناک از رگبار و سیل ۱۷ اردیبهشت ۱۳۹۴ مشهد، تاریخ دسترسی ۱۵ مهر ۱۳۹۵، کد خبر ۳۲۵۸۰.
۳. خبرگزاری مهر. ۱۳۹۵. سیل دسترنج کشاورزان خراسان رضوی را با خود برد/ ۱۳ شهرستان آسیب دید، تاریخ دسترسی ۱۵ مهر ۱۳۹۵، شناسه خبر: ۳۶۰۱۷۷۶.
۴. خوش‌اخلاق، فرامرز. ۱۳۷۷. تحلیل خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی، پایان‌نامه دکتری، دانشگاه تبریز.
۵. خوش‌اخلاق، فرامرز، نبوی، سید امید، عباسی، اسماعیل. ۱۳۹۱. تحلیل سامانه‌های همدید بارش‌های شدید دوره سرد سال در استان‌های خراسان رضوی و شمالی، نشریه علمی پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال ۱۶، شماره ۴۰، صص ۹۷-۱۱۸.
۶. سازمان مدیریت بحران استانداری خراسان رضوی. ۱۳۸۶. گزارش وقایع غیرمترقبه طبیعی استان خراسان رضوی، مشهد.
۷. عزیزی، قاسم، نیری، معصومه، رستمی جلیلیان، شیمما. ۱۳۸۸. تحلیل سینوپتیک بارش‌های سنگین در غرب کشور (مطالعه موردی: بارش دوره ۷-۱۴ مارس ۲۰۰۵، ۱۶ تا ۲۴ اسفند ۱۳۸۵)، فصل‌نامه جغرافیای طبیعی، سال اول، شماره ۴، صص ۱-۱۳.
۸. عزیزی، قاسم، یوسفی، حسن. ۱۳۸۴. زمان یابی ورود پرفشار سیبری به سواحل جنوبی دریای خزر، مدرس علوم انسانی، ش ۴۹، پیاپی ۴۳.
۹. علیجانی، بهلول. ۱۳۹۰. اقلیم‌شناسی سینوپتیک، چاپ چهارم، انتشارات سمت، تهران.
۱۰. علیجانی، بهلول. ۱۳۸۱. شناسایی تیپ‌های هوایی باران‌آور تهران بر اساس محاسبه چرخندگی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۳-۶۴، صص ۱۳۲-۱۱۴.
۱۱. قلی‌زاده، محمدحسین، دارند، محمد. ۱۳۸۸. پیش‌بینی بارش ماهانه با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۷۱، صص ۵۳-۶۱.
۱۲. لشکری، حسن. ۱۳۷۵. بررسی الگوهای سینوپتیکی توفان‌های جنوب غرب کشور، رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس تهران.

اصلی قرارگیری محور ناوه مدیترانه را شرق دریای مدیترانه و شمال دریای سرخ است منطبق می‌باشد. فعال بودن کم‌فشار دینامیکی دریای سرخ نیز یکی از شالوده‌های بنیادین سازوکار حاضر است. لشکری (۱۳۷۵) عنوان کرده است که این کم‌فشار در سراسر دوره سرد سال فعال است و از سمت شمال و جنوب جریانات هوا را روی دریای سرخ فرارفت کرده و با برخورد با یکدیگر منطقه همگرایی شکل گرفته و باعث صعود رطوبت و تزریق آن به بادهای غربی می‌شود که با ساز کار حاضر نیز همخوانی بالایی دارد. از سوی دیگر زمانی که سامانه سودانی روی شمال سودان و جنوب مصر شکل گیرد و پس از حرکت در امتداد جنوبی - شمالی، در بین مدار ۲۰ تا ۳۰ درجه شمالی با ناوه عمیق مدیترانه‌ای که به سمت شرق حرکت کرده است، ادغام‌شده و بعد از آن در امتداد غربی - شرقی به حرکت خود خواهد داد و پس ورود به ایران مرکزی مسیری شمال شرقی را طی خواهد کرد و همین سازوکار (هم‌زمانی فرود بلند مدیترانه و دریای سرخ به‌عنوان منبع رطوبتی) دلیل اصلی بارش ۲۹ مارس ۲۰۰۷ میلادی بوده است که خوش‌اخلاق و همکاران (۱۳۹۱) نیز بدان ادعان داشته‌اند. تحلیل‌های ماهواره‌ای عمق نوری ابرها نیز یک تقسیم‌بندی سه گروهی از ابرها را ارائه داد که با مقدار و چگونگی توزیع مکانی بارش این روز بخصوص تطابق کامل را نشان داده است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش با حمایت مادی و معنوی مرکز پژوهشی دانشگاه حکیم سبزواری انجام‌شده است که جا دارد از زحمات مرکز نامبرده نهایت تقدیر را تشکر را به عمل آوریم.

منابع

۱. جهانبخش، سعید، جعفری شندی، فاطمه حسین‌علی پورگری، فرشته. ۱۳۹۱. بررسی رابطه الگوهای گردشی جو بالا با بارش‌های ابرسنگین (مطالعه موردی استان

- mid-South heavy precipitation event. Bulletin of the American Meteorological Society, 93(5): 611-620.
24. Frankhauser, W.A. 1965. Vapor pressure studies on metal chelates (No. gne/phys/65-7). Air Force Inset of Tech Wright-Patterson afb oh School of Engineering.
25. Garg, P., Nesbitt, S.W., Lang, T.J. and Chronis, T. 2016. Understanding Oceanic Heavy Precipitation Using Scatterometer, Satellite Precipitation, and Reanalysis Products.
26. Krishnamurti, T.N. 1968. A calculation of percentage area covered by convective clouds from moisture convergence. Journal of Applied Meteorology, 7(2): 184-195.
27. Mazel, W.P., Frey, A. and Baum, A. 2010. Cloud Top Properties and Cloud phase algorithm theoretical basis document. NOAA tech Memo NESDIS 29.
28. Petersen, R.A., Feltz, W.F., Schaefer, J. and Schneider, R. 2000. An analysis of low-level moisture-flux convergence prior to the 3 May 1999 Oklahoma City tornadoes. In Preprints, 20th Conf. on Severe Local Storms, Orlando, FL, Amer. Meteor. Soc. (pp. 619-621).
29. Plaut, G., Schuephach, E.V.I. and Doctor, M. 2001. Heavy Precipitation Events over a Few Alpine Sub-regions and the Links with Large-scale Circulation, 1971-1995, Climate Research, 17: 285-302.
30. Roberto R., Entekhabi, D. and Giorgio, R. 2004. Large-Scale Atmospheric Patterns Associated with Mesoscale Features Leading to Extreme Precipitation Event in Northwestern Italy, Advance in Water Resources, 28: 601-614.
31. Seibert, P., Frank, A. and Formayer, H. 2007. Synoptic and Regional Patterns of Heavy Precipitation in Austria, Theoretical and Applied Climatology, 87: 139-152.
32. Waldstreicher, J.S. 1989. A guide to utilizing moisture flux convergence as a predictor of convection. Natl. Wea. Dig, 14 (4): 20-35.
۱۳. لشکری، حسن. ۱۳۸۲. مکانیسم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم فشار سودان و نقش آن بر روی بارش های جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۶.
۱۴. لشکری، حسن، اصغر پور، منیژه، متکان، علی اکبر. ۱۳۸۷. تحلیل سینوپتیکی عوامل ایجاد بارش های سیل آسا در استان گلستان، فصلنامه مدرس علوم انسانی، دوره، شماره، صص ۲۱۱-۱۸۱.
۱۵. مباحثی، محمدرضا. ۱۳۸۵. مبانی فیزیک در سنجش از دور و فن آوری ماهواره، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، تهران.
۱۶. مسعودیان، سیدابوالفضل، محمدی، بختیار. ۱۳۹۱. تحلیل فراوانی جبهه زایی در زمان رخداد بارش های ابرسنگین ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۷، شماره اول.
۱۷. مفیدی، عباس. ۱۳۸۳. اقلیم شناسی سینوپتیکی بارش های سیل زا با منشأ دریای سرخ در خاورمیانه، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۵، صص ۷۱-۹۳.
۱۸. نصیری، بهروز. ۱۳۷۸. تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی بارش های در حوزه های کرخه و دز، رساله دکتری، موسسه ژئوفیزیک تهران.
۱۹. نوری، حمید، غیور، حسنعلی، مسعودیان، سید ابوالفضل، آزادی، مجید. ۱۳۹۲. تحلیل تابع همگرایی شار رطوبت و منابع رطوبتی بارش سواحل جنوبی خزر، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، شماره ۳، صص ۱-۱۴.
20. Ackerman, S.A., Strabala, K.I., Menzel, W.P., Fret. R.A., Moeller, R.C. and Gumeley, L.E. 2006. Discriminating clear sky from clouds with MODIS. J. Geophys. Res. 103.
21. BOTHWELL, P., 1988. Forecasting convection with the AFOS (Automation of Field Operations and Services) data analysis programs. (ADAP-version 2. 0) (AFOS data analysis programs-version 2. 0).
22. Doswell III, C.A. 1977. Obtaining meteorologically significant surface divergence fields through the filtering property of objective analysis. Monthly Weather Review, 105(7): 885-892.
23. Durkee, J.D., Campbell, L., Berry, K., Jordan, D., Goodrich, G., Mahmood, R. and Foster, S. 2012. A synoptic perspective of the record 1-2 May 2010

- Kitoh, A. 2012. APHRODITE: Constructing a long-term daily gridded precipitation dataset for Asia based on a dense network of rain gauges. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 93(9): 1401-1415.
33. Yadav, B.P., Kumar, N. and Tomar, C.S. 2015. Analysis of Heavy Precipitation Events over Western Himalayan Region. *International Journal*, 2(3): 90-96.
34. Yatagai, A., Kamiguchi, K., Arakawa, O., Hamada, A., Yasutomi, N. and