دانش مخاطرات/ دورهٔ ۲، شمارهٔ ۳، پاییز ۱۳۹۴/ ص ۳۲۴- ۳۰۷

واکاوی بارش فوق‌سنگین ۲۳ اسفند ۱۳۹۲ مولد سیلاب مخرب در شهرستان بندرعباس

محمود احمدی*

استادیار اقلیم‌شناسی دانشکدهٔ علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

فرزانه جعفری (farzaneh.jafari1992@gmail.com)

دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی سینوپتیک، دانشکدهٔ علوم زمین دانشگاه شهید بهشتی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۲۸– تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۲۵)

چکیده

باران‌های فوق‌سنگین و سیل‌آسای غیرطبیعی در مناطق خشک و کم‌باران و با پوشش گیاهی تنک در اغلب موارد به رخداد سیلاب‌های سنگین و پیش‌بینی‌ناپذیر منجر می‌شوند و همه‌ساله خسارات سنگینی در بخش‌های تأسیسات زیربنایی، عمرانی و کشاورزی برای مناطق نیمهٔ جنوبی کشورمان برجای می‌گذارند. سیلاب از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که خسارات آن به انسان از سایر مخاطرات نظیر خشکسالی و قحطی بیشتر است. اعمال سیاست‌های جدید در خصوص مدیریت کاربری اراضی و توسعهٔ مناطق مسکونی دور از حریم رودخانه به‌منظور کاهش آثار تخریبی سیل امری ضروری است. در این تحقیق به بررسی همدیدی و ترمودینامیکی بارش سنگین ۱۰۴ میلی‌متری منجر به سیل مخرب ۲۳ اسفند ۱۳۹۲ برابر با ۱۴ مارس ۲۰۱۴ شهرستان بندرعباس پرداخته شد. ابتدا از طریق داده‌های ایستگاه‌های زمینی بارش مذکور شناسایی و سپس با استفاده از داده‌های جو بالا و ترسیم نقشه‌های مربوط به بارش سنگین بندرعباس تحلیل شد. وجود کم‌فشار سودانی با محور جنوب غربی-شمال شرقی بر روی جنوب ایران و در ترازهای میانی و بالایی جو گسترش ناوه بسیار عمیق با محور شمالی-جنوبی بر روی ایران، عراق، عربستان و دریای سرخ و قرار گرفتن منطقهٔ تحقیق در جلوِ ناوه، حرکات قائم بالاسو در تمامی سطوح که موجب صعود هوا و ناپایداری شده و مقادیر تاوایی که گویای جریان واگرایی و چرخندی هوا برای تمامی سطوح جو است و واقع شدن منطقه در سمت چپ خروجی هستهٔ رودباد، موجب تشدید ناپایداری‌ها و ایجاد شرایط باروکلینیک برای شهرستان بندرعباس شده است. از لحاظ منابع رطوبتی در سطوح ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال دریای عرب و عمان، و در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دریای سرخ، خلیج عدن و خلیج فارس، منابع اصلی تقویت و تأمین رطوبت بارش فوق‌سنگین بندرعباس بوده‌اند.

واژه‌های کلیدی: باران سنگین، بندرعباس، رودباد، سیل مخرب، کم‌فشار سودان.

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۹۱۲۱۴۸۷۴۹۷

Email: ma_ahmadi@sbu.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

عوامل ایجاد بارندگی شامل صعود هوای مرطوب و هستک‌های چگالش است که توسط گردش عمومی جو فراهم می‌شوند. الگوهای فشار مانند سیکلون‌های برون‌حاره، موج‌های کوتاه، هسته‌های رودباد، همرفت و صعود اجباری مهم‌ترین عوامل صعودند و الگوهای فشار، شار رطوبت را تعیین می‌کنند [۲]. بنابراین برای ایجاد بارندگی، هوای مرطوب و عامل صعود لازم است. در سواحل خلیج فارس و از آن جمله استان هرمزگان و شهرهای ساحلی آن (از جمله بندرعباس) عامل رطوبت کافی است، ولی عامل صعود بسیار ناچیز و نادر است. به‌علت وجود بخار آب فراوان در منطقه، به‌هنگام عوامل صعود قوی باران‌های سنگین اتفاق می‌افتد که عامل اصلی سیلاب‌هاست. با اینکه مسیر گذر بیشتر سیکلون‌ها بر این منطقه منطبق نیست، بارش‌های روزانهٔ بسیار شدیدی در این منطقه مشاهده می‌شود. به‌طور کلی محل رخداد بیشترین بارش روزانه با محل بیشترین بارش ماهانه مطابقت دارد [۸]. در روز چهاردهم مارس ۲۰۱۴ میلادی در شهرستان بندرعباس ۱۰۴ میلی‌متر بارش رخ داد. این بارش بیشترین بارندگی طی ۱۴ سال گذشته و اولین بارش بیش از ۱۰۰ میلی‌متر از ۱۷ ژانویهٔ ۲۰۰۰ به بعد بوده است؛ بنابراین با واکاوی سازوکار این‌گونه بارش‌ها و مسیرهای رطوبتی آن می‌توان خسارت‌های احتمالی آینده را در این شهر ساحلی به حداقل رساند و مخاطرات آن را کاهش داد. کاهش مخاطرات به زندگی بهتر انسان کمک می‌کند [۱۸].

هر ساله سیلاب‌ها بیش از ۲۰۰۰ نفر را از بین می‌برند و بر زندگی ۷۵ میلیون نفر از مردم جهان تأثیر می‌گذارند [۲۱]. سیلاب یکی از مهم‌ترین مخاطرات طبیعی ایران است و آنچه از این مخاطرهٔ طبیعی فاجعه می‌سازد ناآگاهی برای مقابله با عواقب آن و پیشگیری از تأثیر سوء وقایع طبیعی بر ارکان تندرستی اقتصادی و محیطی است [۱۸]. مطالعات متعددی در خصوص مخاطرات محیطی در جهان انجام گرفته است [۲۹، ۳۰].

با استفاده از اطلاعات رادار و باران‌سنج در تحلیل بارش‌های سنگین در نوردراین وستفالن در غرب آلمان، پنج بارش سنگین بررسی شد و در آخر وسعت فضایی محدودهٔ بارش براساس اطلاعات رادار و مقایسهٔ آن با داده‌های باران‌سنج شناسایی شد [۲۸]. بررسی شرایط جو در زمان رخداد بارش‌های سنگین و غیرسنگین در سوئد نشان داد که سهم رویدادهای بارش که در زمان تیپ چرخندی رخ داده بود برای رویداد بارش غیر سنگین ۴۵ درصد و برای رویداد بارش‌های سنگین ۷۰ درصد است [۲۵]. در زمینهٔ شناخت الگوهای سینوپتیک منجر به بارش‌های سنگین در فصل بارندگی در ژاپن، فرض بر این گذاشته شد که الگوهای سینوپتیک توسط نقشه‌های باد در تراز ۸۵۰

Archive of SID

www.SID.ir

هکتوپاسکال و آب قابل بارش می‌توانند به‌سادگی آشکار شوند؛ این نقشه‌ها خودسازمان‌یافته نامیده شد؛ با استفاده از این نقشه‌ها و تکنیک‌های خوشه‌ای الگوهای سینوتیک، بارش‌های سنگین به هشت خوشه تقسیم شد و نتایج نشان داد که این نقشه‌ها ابزار مؤثری برای آشکارسازی وقایع بارش‌های سنگین‌اند [۲۷]. پژوهش‌های متعدد با عنوان الگوهای جوی به‌وجودآورندهٔ بارش‌های سنگین جزایر بالریک واقع در شرق اسپانیا نمونهٔ دیگری در این زمینه است [۲۲]. در این پژوهش معلوم شد که از مجموع ۱۵۷ روز بارش و به مقدار بیش از ۶۰ میلی‌متر ، ۵۰ درصد آن در فصل پاییز رخ داده بود و در حدود ۸۷ درصد بارش‌های سنگین هنگامی رخ داده بود که یک مرکز چرخندی در شعاع ۶۰۰ کیلومتری جزیره واقع شده بود. بارش‌های سنگین سهم کمی از تعداد روزهای بارش ایران را شامل می‌شود؛ با این‌حال این رویدادها منبع اصلی آب کشور به‌حساب می‌آیند [۲۳]. در ایران نیز مطالعات متعددی در این زمینه انجام گرفته است. در پیش‌بینی وقوع سیلاب‌ها در ساحل شمالی ایران براساس موقعیت‌های سینوپتیکی که سه نوع تودهٔ هوا و سیستم فشاری در ریزش بارش‌های سواحل دریای خزر مؤثر است که عبارتند از: سیستم‌های کم‌فشار، چرخندها و واچرخندهای مهاجر. در بین این سه عامل، شدیدترین بارش‌ها مربوط به چرخندها و واچرخندهای مهاجر است [۱۴]. عامل اصلی بارش‌های سنگین و سیل‌زا در جنوب غرب ایران حضور ناوهٔ عمیق در تراز بالا (به‌طوری که محور ناوه به‌سمت جنوب تا جنوب دریای سرخ کشیده شود) است؛ کم‌فشار دینامیکی مدیترانه‌ای حین حرکت به‌سوی شرق و جنوب شرق، با تزریق هوای سرد به کم‌فشار منطقهٔ سودان، سبب دینامیکی شدن این کم‌فشار شده و سامانهٔ ترکیبی موسوم به مدیترانه‌ای-سودانی تشکیل می‌شود که نمونه‌ای از برهمکنش تودهٔ هوای قطبی با تودهٔ هوای حاره‌ای است که بارش‌های شایان توجهی در ایران به‌همراه دارند [۵]. در واکاوی منشأ و مسیر رطوبت بارش‌های فوق‌سنگین بیش از ۱۰۰ میلی‌متر استان بوشهر نتایج تحقیق نشان داد منابع رطوبتی بارش‌های سنگین، مناطق حاره‌ای شرق آفریقا، اقیانوس هند، دریای عرب، خلیج عدن، دریای سرخ، دریای عمان و خلیج فارس است [۴]. بررسی الگوی سینوپتیک سیل بهمن ۱۳۸۴ در شهرستان پلدختر نشان داد که تقویت سامانهٔ سودانی و ورود آن از سمت جنوب غرب به منطقهٔ تحقیق، موجب ریزش‌های جوی فراوان در استان لرستان شد که به سیل در شهرستان پلدختر انجامید [۱۱].

با بررسی کم‌فشار سودانی و تأثیر آن در بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران مشخص شد که سامانهٔ کم‌فشار سودانی یکی از عناصر سازندهٔ گردش عمومی جو در شمال آفریقاست که در بیشتر ایام سال بر روی غرب اتیوپی و کشور سودان تشکیل می‌شود. چهار الگوی کلی ناشی از نحوهٔ آرایش سامانه‌های سیبری، واچرخند شمال آفریقا و شبه‌جزیرهٔ عربستان و ناوه شمال

Archive of SID

www.SID.ir

آفریقا و کم‌فشار سودان در سطح‌های زیرین و میانی جو، منجر به رخداد بارش‌های سنگین در جنوب و جنوب غرب ایران می‌شوند [۱۳]. در مطالعهٔ همدیدی بارش‌های سیل‌زا در خاورمیانه که ناشی از منطقهٔ دریای سرخ بوده، کم‌فشارهای سودانی به‌عنوان کم‌فشارهایی مطرح‌اند که در آغاز به‌صورت یک منطقهٔ همگرایی بر جانب غربی فلات اتیوپی ظاهر شده و سپس تحت تأثیر عوامل توپوگرافی دریای سرخ و شرایط ترمودینامیکی و دینامیکی حاکم بر جو مناطق اطراف، به‌سوی ایران یا مدیترانهٔ شرقی منتقل شده‌اند [۱۵]. استفاده از محاسبهٔ چرخندگی در شناسایی توده‌های باران‌آور تهران نشان داد که اثر تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مهم‌تر از سطوح دیگر است و تیپ‌های چرخندی، بارش‌های سنگین‌تری را ایجاد می‌کنند [۷].

تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی عامل اصلی در وقوع بارش‌های سنگین و سیل‌زا در ایران از نظر همدیدی تأثیر اصلی در کشیده تاوهٔ قطبی، در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال محسوب می شود که به‌عنوان منبع اصلی تاوایی برای پیدایش الگوی گردش ناهنجار و تقویت سلول هدلی یا جت جنب حاره بر روی مدیترانه و شمال آفریقا وارد عمل می‌شود [۱۶]. با تحلیل همدید الگوهای گردشی تراز میانی جو بارش‌های سیل‌آسای کارون، تأثیر فرودهای مدیترانه در ایجاد این‌گونه بارش‌ها نشان داده شده است [۱۷]. در واکاوی و تحلیل شرایط همدیدی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقهٔ شیرکوه نتایج نشان داد که بارش‌های این منطقه، ناشی از سه سامانهٔ همدیدی: ۱. استقرار کم‌فشار سودانی روی شبه‌جزیرهٔ عربستان؛ ۲. سامانه‌های ترکیبی سودانی و مدیترانه‌ای؛ و ۳. سامانه‌های مدیترانه‌ای است [۱]. هدف این پژوهش، شناخت همدیدی و ترمودینامیکی علل وقوع بارش فوق‌سنگین شهرستان بندرعباس در ۲۳ اسفند ۱۳۹۲ است که نتایج آن به شناسایی سامانه‌های سیل‌آسا و مخرب در این مناطق کمک می‌کند.

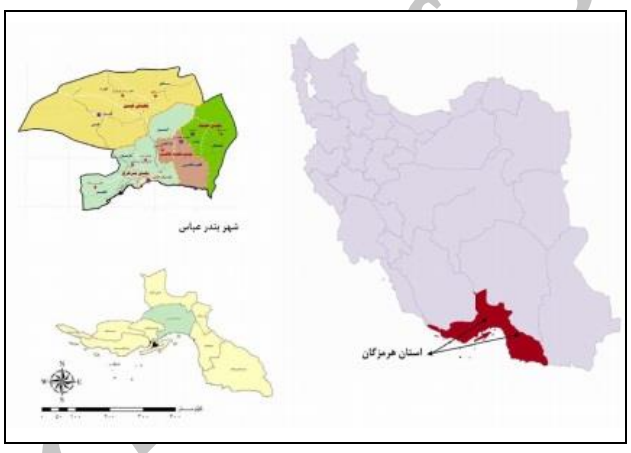
روش تحقیق و تحلیل

در این مطالعه از دو دسته داده برای تحلیل مخاطرهٔ سیل ۱۳۹۲/۱۲/۲۳ شهرستان بندرعباس استفاده شد. دستهٔ اول داده‌های ایستگاه‌های زمینی و دستهٔ دوم داده‌های سطوح فوقانی جو است. داده‌های ایستگاه زمینی استفاده‌شده در پژوهش شامل داده‌های بارش روزانهٔ ۲۳ اسفند ۱۳۹۲ بندرعباس است که از سازمان هواشناسی کشور به‌دست آمد. داده‌های سطوح فوقانی جو شامل داده‌های بازکاوی‌شدهٔ مؤلفه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل، فشار سطح دریا، باد مداری، باد نصف‌النهاری، امگا و رطوبت ویژه با تفکیک مکانی ۲/۵ × ۲/۵ درجه است که از سایت مرکز ملی پیش‌بینی محیطی در کلرادو دریافت شد [۳۳].

Archive of SID

www.SID.ir

روش به‌کاررفته برای نگاشت و تحلیل همدید بارش فوق سنگین ۱۳۹۲/۱۲/۲۳ روش محیطی به گردشی است. در این پژوهش با استفاده از داده‌های ذکرشده به ترسیم و تحلیل نقشه‌های فشار سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، نقشهٔ جت استریم، وزش رطوبتی و حرکت قائم هوا در نرم‌افزار گرادس اقدام شد. بازهٔ فضایی درنظر گرفته‌شده برای ترسیم نقشه‌ها، بین ۱۰ تا ۶۰ درجهٔ عرض شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجهٔ طول شرقی که در محدودهٔ مذکور بیشتر الگوهای جوی قابل ردیابی‌اند، تحلیل شدند. پس از بررسی بارش‌های روزانهٔ سال‌های ۲۰۰۰ تا ۲۰۱۴، بارش فوق‌سنگین ۲۳ اسفندماه ۱۳۹۲ که بیشترین مقدار و اولین بارش بیش از ۱۰۰ میلی‌متر بعد از ۱۴ سال در شهرستان بندرعباس است، برای واکاوی همدید انتخاب شد. منطقهٔ تحقیق شامل شهرستان بندرعباس واقع در مرکز استان هرمزگان به‌وسعت ۱۳۲۵۵٫۱ کیلومتر مربع است (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان هرمزگان

بحث

جنوب ایران از حیث بارش‌های سنگین و ناگهانی بسیار آسیب‌پذیر است و با توجه به اقلیم بیابانی منطقه و فقر پوشش گیاهی زمینهٔ بروز سیلاب‌های خطرناک و گل‌آلود فراهم است که می‌تواند علاوه‌بر تأسیسات انسانی، به نابودی منابع آب و خاک منجر شود. اگر رسوب ویژه را به دبی ویژه تقسیم کنیم، ضریبی به‌دست می‌آید که بزرگی آن فرسایش‌پذیری، توان رسوب‌دهی رودخانه‌ها و کوچک بودن آبخیزپذیری حوضه‌ها را نشان می‌دهد. بر اساس جدول ۱ رودخانهٔ میناب در هرمزگان و هلیل‌رود در زاهدان بیشترین نسبت فرسایش‌پذیری و سیل‌خیز بودن را

www.SID.ir

در میان رودخانه‌های کشور دارند که از شدید بودن فرسایش در مناطق جنوبی ایران حکایت دارد [۲۰]. در محیط‌های خشک بارش‌ها به‌صورت رگباری و اتفاقی حادث می‌شوند و به‌طور معمول درصد زیادی از بارش سالانه را تشکیل می‌دهند؛ به‌عبارت دیگر بارش‌های شدید با بارش سالانه سنخیتی ندارند، درحالی که در محیط‌های مرطوب بارش‌های شدید ممکن است درصد کوچکی از کل بارش سالانه را تشکیل دهند. در نتیجه طبیعت توان جذب آن را دارد و به‌طور معمول سیلاب بزرگی ایجاد نمی‌کند و به فرسایش شدید خاک نیز منجر نمی‌شود.

جدول ۱. مشخصات دبی و دبی رسوب حوضهٔ میناب و هلیل‌رود

نام محل خروج	مساحت/ Km^2	دبی m3/s	دبی رسوب kg/s	دبی ویژه $Lit.Km^2/s$	رسوب ویژه $gr.Km^2/s$	رسوب و دبی ویژه
سد میناب	۹۲۸۵	۶،۶۵۹	۲۰۷،۱۵۲	۰،۷۱۷	۱۶،۳۹۳	۲۲،۸۵۷
سد هلیل‌رود	۸۲۷۵	۸،۲۴۵	۱۲۷،۱۵۶	۰،۹۹۶	۱۵،۳۶۶	۱۵،۴۲۳

تحلیل مخاطرهٔ سیل

سیل از جمله مخاطراتی است که نه‌تنها در ایران، بلکه در بیشتر نقاط دنیا از فراوانی زیادی برخوردار است و سالانه خسارات جانی و مالی زیادی را سبب می‌شود. در ایران نیز این پدیده از فراوانی بسیاری برخوردار است، به‌طوری که بیش از دو برابر کل رخدادهای مخاطرات دیگر در طول دورهٔ ۱۳۸۶-۱۳۷۰ بوده و با ۱۰۹۵ رخداد، سهم زیادی در خسارات جانی در ایران داشته است. ۲۵۴۵ کشته و ۱۳۰۴۸ زخمی، از جمله خسارات ناشی از مخاطرهٔ سیل در طول دورهٔ آماری در ایران بوده است. به‌طور میانگین در هر سال ۶۰ رویداد سیل در ایران اتفاق می‌افتد و میانگین تلفات انسانی ناشی از سیل در هر سال ۱۴۱ نفر است؛ یعنی در برابر هر رخداد سیل در هر سال بیشتر از ۲ نفر می‌میرند. بیشترین شمار کشته‌شده‌ها با ۳۸۸ و ۳۸۷ نفر متعلق به بندرعباس و مشهد است. پس از آن قم با ۳۱۳، کلاله با ۱۴۵، و نکا با ۱۳۱ کشته در طول دوره، بیشترین تلفات را داشته‌اند. سال ۱۳۷۱ با ۶۸۳ کشته و سال ۱۳۸۴ با ۱۲۰۰۰ نفر زخمی بیشترین فراوانی را از نظر سال و ماه در سراسر ایران به خود اختصاص داده‌اند [۶].

شرایط همدیدی و ترمودینامیکی بارش مخاطره‌آمیز ۲۳ اسفند ۱۳۹۴

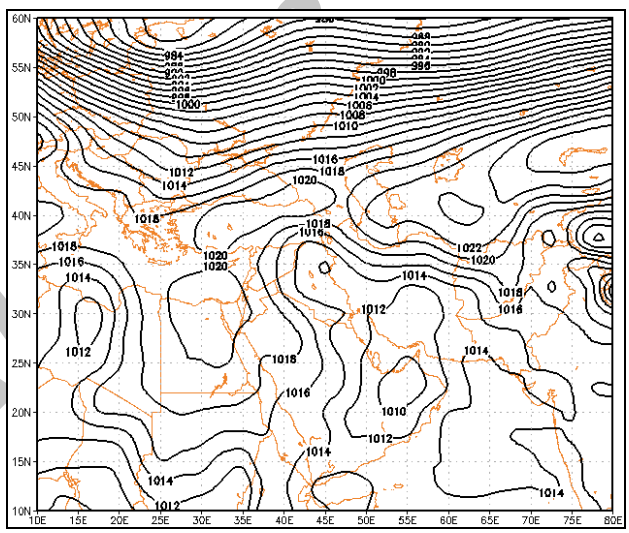
بارندگی سنگین ۲۳ اسفند ۱۳۹۲ در شهرستان بندرعباس شدیدترین و خسارت‌بارترین بارندگی در طی سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ بوده است. در این روز شهر بندرعباس با معضل

Archive of SID

www.SID.ir

سیلاب شهری و آب‌گرفتگی در بسیاری از محلات روبه‌رو شد. بیشترین خسارات به محلهٔ نایبند هرمزگان و منازل مسکونی مجاور خور نایبند وارد آمد. متأسفانه در این سیل ۳ نفر کشته شدند و بیش از ۲۰۰ میلیارد تومان به زیرساخت‌های بندرعباس خسارت وارد آمد و ۲۲ پرواز لغو شد [۳۱،۳۲]. بنابراین ازآنجا که بارش‌های سنگین و سیل‌آسا از پدیده‌های خطرناک و خسارت‌بار محیطی است که در بیشتر مکان‌ها به‌ویژه در مناطق کم‌باران اتفاق می‌افتند و خسارات زیادی را سبب می‌شوند، شناسایی شرایط سینوپتیک پدیدآورندهٔ این بارش‌ها می‌تواند در پیش‌بینی زمان وقوع و آمادگی لازم کمک کند.

شکل ۲ فشار تراز دریا بر حسب هکتوپاسکال در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ را نشان می‌دهد. همان‌طور که دیده می‌شود کم‌فشار سودانی با فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال در شرق عربستان و جنوب خلیج فارس و کاملاً بر روی نیمهٔ جنوبی ایران بسته شده است که سبب رخداد بارش‌های ایستگاه‌های جنوبی همچون بندرعباس تا ۱۰۴ میلی‌متر شد. مشاهده می‌شود که استقرار پرفشار سرد با ۱۰۲۰ هکتوپاسکال در پشت سامانهٔ سودانی و بر روی مصر و پرفشاری نیز بر روی دریای گرم و مرطوب عرب با ۱۰۱۴ هکتوپاسکال، سبب شیو فشاری شدید و تقویت سامانهٔ کم‌فشار شده است.



شکل۲. فشار تراز دریا در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴

Archive of SID

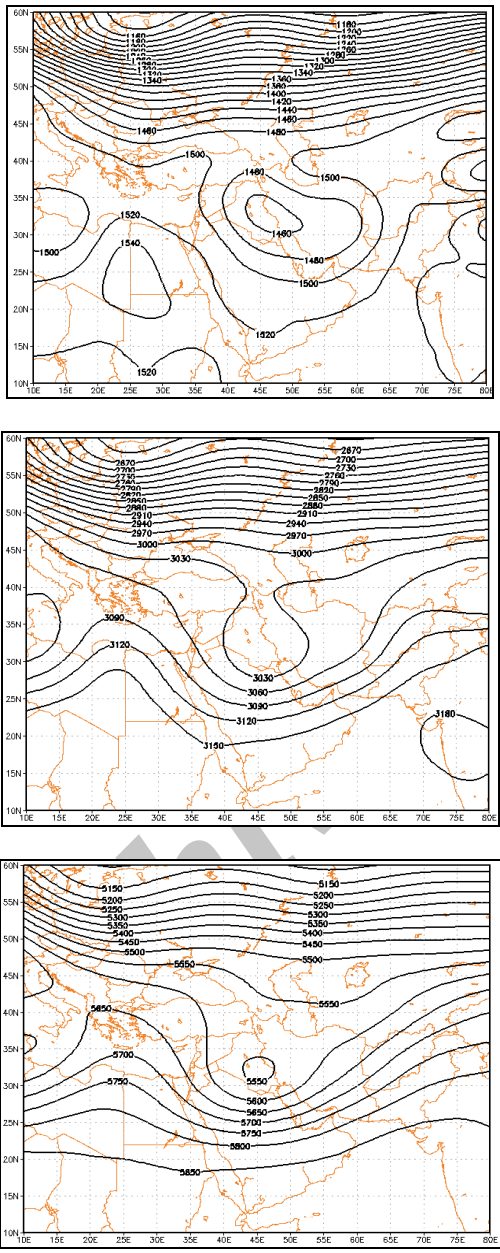
www.SID.ir

شکل ۳ ارتفاع ژئوپتانسیل را بر حسب متر در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز کم‌ارتفاع با ۱۴۵۵ ژئوپتانسیل متر در غرب ایران قرار گرفته و حد جنوبی آن تا جنوب عربستان کشیده شده است. در این زمان منطقهٔ تحقیق در زیر نیمهٔ شرقی محور ناوه در منطقهٔ بیشینهٔ چرخندگی مثبت در قسمت جلو محور فرود سطح بالا در جایی که خطوط هم‌ارتفاع به هم نزدیک‌ترند قرار دارد (شکل۳-الف). در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال نیز یک بلوکینگ بریدهٔ کم‌فشار دیده می‌شود که با افزایش عمق ناوه هستهٔ مرکزی آن با ۳۰۳۰ ژئوپتانسیل‌متر در غرب و جنوب غرب ایران بسته شده است. در این روز، جنوب ایران کاملاً در جلوِ ناوه بود و در شرق دریای عرب، پرارتفاع بسته با ۳۱۸۵ ژئوپتانسیل‌متر هوای گرم و مرطوب را بر روی منطقهٔ تحقیق فرارفت کرد (شکل۳-ب). در روز ۱۴ مارس در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و همچنین در ترازهای زیرین در عقب ناوه، با شمالی شدن پربندها و گسترش هوای سرد شمالی و برخورد آن با هوای گرم و مرطوب جنوب، ایجاد شیو فشاری شدید موجب تقویت و حرکت سیستم شد که این امر، تقویت صعود و ایجاد جو کژفشار در جنوب کشور را در پی داشت. ناوهٔ یادشده با عبور از منابع رطوبتی دریای سرخ و خلیج فارس و جذب رطوبت بسیار زیاد وارد کشور شد و حجم عظیم رطوبت را به ایران منتقل کرد که سبب ریزش بارش سنگین در منطقهٔ تحقیق شد (شکل۳-ج).

شکل ۴ نقشه‌های امگا را بر حسب پاسکال بر ثانیه در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در روز ۱۴ مارس در نقشهٔ امگای تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال یک میدان امگای منفی به‌نسبت قوی با هستهٔ مرکزی ۰/۱- پاسکال بر ثانیه بر روی جنوب ایران بسته شد که با انحنای جنوبی-شمالی مناطق جنوبی ایران را در بر گرفت و هستهٔ دومی در جنوب دریای خزر با ۰/۱۵- پاسکال بر ثانیه تشکیل شد که صعود شدید هوا را نشان می‌دهد (شکل۴-الف). در نقشهٔ امگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال مرکز بستهٔ امگای منفی به‌سمت مناطق جنوب ایران جابه‌جا شد که با هستهٔ مرکزی ۰/۲- پاسکال بر ثانیه منطبق بر هستهٔ بارش در ایستگاه بندرعباس و با انحنای جنوبی-شمالی و منطبق بر نقشه‌های ارتفاع تا نواحی شمالی ایران گسترش یافت که واگرایی و صعود شدید هوا را نشان می‌دهد (شکل۴-ب). در امگای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال میزان امگای منفی یا واگرایی و ناپایداری در جنوب ایران شدت یافت؛ به‌گونه‌ای که با هستهٔ امگای منفی ۰/۲۵- پاسکال بر ثانیه در مناطق جنوبی ایران، بر ناپایداری‌ها افزوده شد. مقادیر منفی سرعت قائم جو در قسمت‌های شرق و جنوب شرق ناوه‌های ترازهای فوقانی جو قرار دارد که منطبق بر کم‌فشار سطح زمین است. مجموع شرایط مذکور بیانگر مهیا بودن شرایط برای صعود هوا و تقویت همرفت بر روی منطقهٔ تحقیق است (شکل۴-ج).

Archive of SID

www.SID.ir



الف

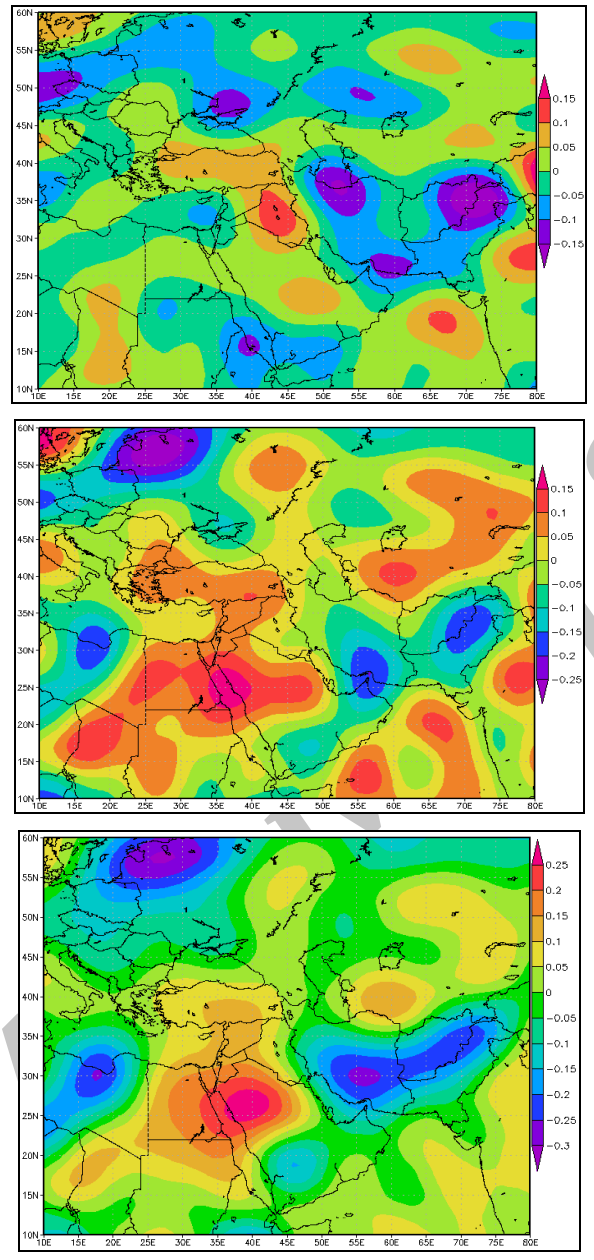
ب

ج

شکل ۳. نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای الف:۸۵۰، ب:۷۰۰، ج:۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴

Archive of SID

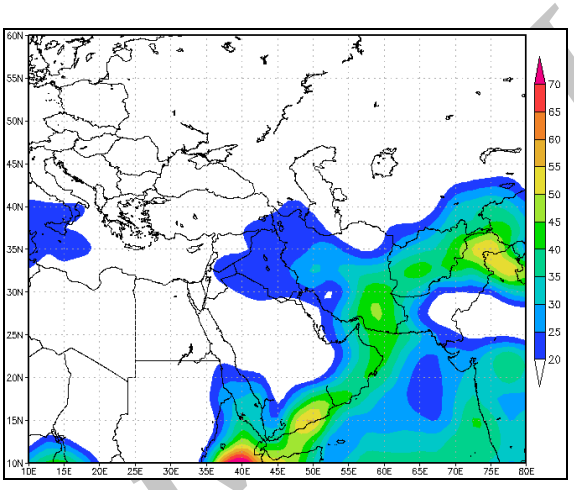
www.SID.ir



شکل۴. نقشه‌های امگا بر حسب پاسکال بر ثانیه در ترازهای الف:۱۰۰۰، ب:۸۵۰، ج:۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴

www.SID.ir

شکل ۵ نقشهٔ مجموع رطوبت جوی ترازهای ۱۰۰۰ تا ۵۰۰ هکتوپاسکال را در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ نشان می‌دهد. در این روز حداکثر مجموع رطوبت جوی بر روی استان هرمزگان با بیش از ۵۰ گرم بر کیلوگرم مستقر بود. با تطبیق نقشهٔ مجموع رطوبت با نقشه‌های ارتفاع و امگا، بیشترین واگرایی و صعود هوا با همان مسیر جنوب غربی-شمال شرقی و از جنوب سودان و از لبهٔ شرقی شبه جزیرهٔ عربستان صورت گرفت. هستهٔ بیشینهٔ مجموع رطوبت جوی دقیقاً بر روی جو هرمزگان و نواحی شرقی آن قرار دارد و مقدار آن نسبت به سایر نقاط کشور شایان توجه است.

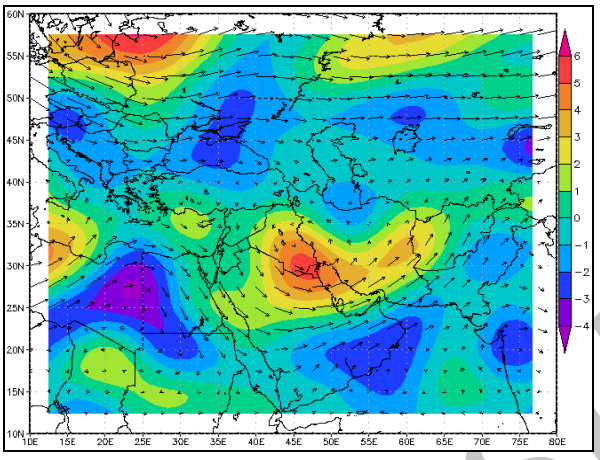


شکل ۵. نقشهٔ (مجموع رطوبت ترازهای۱۰۰۰-۵۰۰ هکتوپاسکال) آب قابل بارش بر حسب گرم بر کیلوگرم در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴

شکل ۶ وزش تاوایی را بر حسب متر بر ثانیه در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که وزش تاوایی مثبت یا سیکلونی بر روی جنوب غرب و جنوب (منطبق بر مرکز کم‌ارتفاع) بیشینه بود و نیمهٔ جنوبی ایران را کاملاً در بر گرفت؛ مسیر چرخش نیز از روی دریای سرخ و خلیج فارس است که واگرایی و صعود هوا را افزایش داد. بیشترین تاوایی منفی منطبق بر گردش واچرخندی در عقب ناوه (مصر و اتیوپی) و بر روی دریای عرب، حاکم بود که شدت همگرایی و نزول هوا را نشان می‌دهد. این شرایط وضعیت را برای سیکلون‌زایی و چرخش سیکلونی باد مهیا کرد و موجب صعود هوا و ایجاد جو ناپایدار و باروکلینیک برای منطقهٔ تحقیق شد.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۶. نقشهٔ وزش تاوایی تراز ۷۰۰ در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴

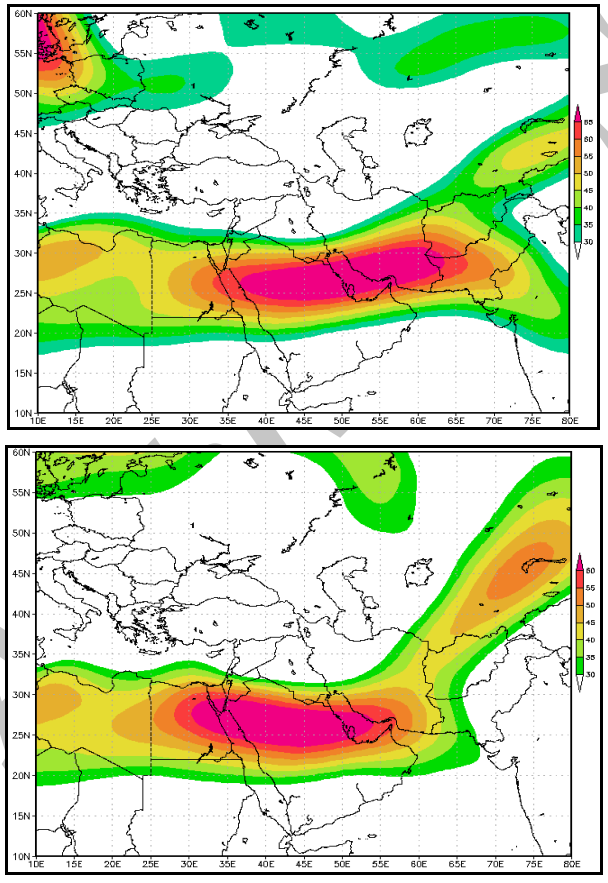
سطوح ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال مناسب‌ترین سطوح برای ترسیم نقشهٔ وضعیت رودباد ترازهای فوقانی جو است [۱۰]. به این علت در این پژوهش به نگاشت و تفسیر نقشه‌های مذکور در ترازهای یادشده پرداخته شد. شکل ۷ نقشه‌های رودباد را بر حسب متر بر ثانیه در ترازهای ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در روز ۱۴ مارس، در نقشهٔ رودباد تراز ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال رودباد جنب حاره با هسته سرعت بیش از ۶۰ متر بر ثانیه بر روی منطقهٔ تحقیق واقع شد و با انحنای غربی- شرقی و با عبور از روی دریاهای سرخ، خلیج فارس و عمان بر روی ایستگاه بندرعباس کشیده شد. منطقهٔ تحقیق در زیر نیمهٔ شمالی هستهٔ رودباد یعنی زیر منطقهٔ چرخندگی مثبت رودباد که با سیکلون‌زایی و ایجاد ناپایداری و بارش همراه است قرار دارد. این وضعیت بر منطقهٔ واگرایی بالایی در سمت شرق محور ناوه منطبق است و نقشه‌های مربوط به امگا و تاوایی نیز این وضعیت را تأیید می‌کند.

شکل ۸ نقشه‌های وزش رطوبتی را بر حسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که در نقشهٔ وزش رطوبتی تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال، بیشترین رطوبت از جنوب شرق عربستان و با جهت جنوبی-شمالی و منطبق بر گسترش چرخند در شرق شبه‌جزیرهٔ عربستان که وزش رطوبتی به بیش از ۱۴ گرم بر کیلوگرم در ثانیه می‌رسد و در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال دریای عرب، خلیج عدن و خلیج فارس در تأمین رطوبت بارش فوق‌سنگین بندرعباس تأثیر داشته‌اند (شکل۸-الف). نقشهٔ وزش رطوبتی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در این روز، حرکتی چرخندی را بر روی نیمهٔ جنوبی ایران نشان می‌دهد. این

Archive of SID

www.SID.ir

چرخند سبب گردش هوا از روی خلیج عدن، دریای سرخ و خلیج فارس شد و رطوبتِ آن مناطق را از طریق نیمهٔ شرقی عربستان و با عبور از دریای عمان به‌سمت منطقهٔ تحقیق آورد (شکل۸-ب). با توجه به نقشهٔ وزش رطوبتی در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال، واچرخند عربستان به‌سمت شرق حرکت کرد و در شرق دریای عرب واقع شد و با گردش چرخندی هوا بر روی خلیج فارس، دریای عمان و خلیج عدن، رطوبت را از طریق تنگهٔ هرمز و دریای عمان به ایران وارد کرد و ناپایداری شدیدی را در سرزمین تحت پژوهش به‌وجود آورد. در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال دریای سرخ، عدن و به‌ویژه دریای عمان و خلیج فارس در تقویت و تأمین رطوبت سامانهٔ بارشی تأثیر اصلی را داشته‌اند (شکل‌های ۸ ج – د).

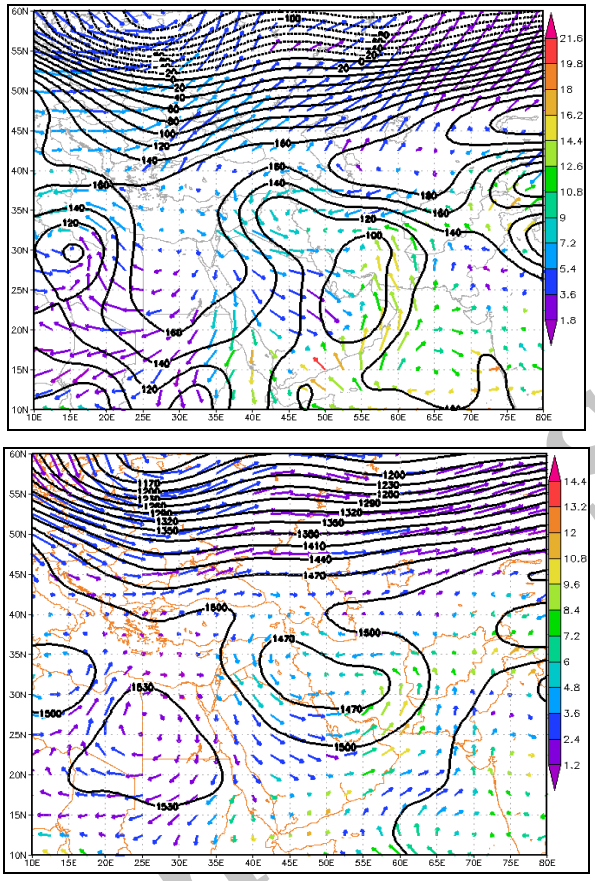


الف

ب

شکل۷. نقشه‌های رودباد بر حسب متر بر ثانیه در ترازهای الف)۲۵، ب)۳۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴

www.SID.ir



الف

ب

شکل ۸. نقشه‌های وزش رطوبتی بر حسب گرم بر کیلوگرم در ثانیه در ترازهای الف)۱۰۰۰، ب)۸۵۰، ج)۷۰۰، د)۵۰۰ هکتوپاسکال در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴

نتیجه‌گیری

در این تحقیق شرایط همدید بارش فوق‌سنگین ۱۰۴ میلی‌متری روز ۲۳ اسفند ۱۳۹۲ برابر با ۱۴ مارس ۲۰۱۴ بررسی همدیدی و ترمودینامیکی شد. بنابر داده‌های تهیه‌شده از سازمان هواشناسی در این روز در اکثر ایستگاه‌های جنوبی کشور و به‌ویژه استان هرمزگان بارش رخ داد که سنگین‌ترین آن متعلق به ایستگاه بندرعباس بود. تحلیل مربوط به داده‌های جو بالا نشان داد که در زمان رویداد بارش فوق‌سنگین ایستگاه بندرعباس، کشیده شدن کم‌فشار سودانی با جهت جنوب غربی-شمال شرقی و از شرق عربستان در رخداد بارش بیش از ۱۰۰ میلی‌متری

Archive of SID

www.SID.ir

تأثیر اصلی را داشت. همزمان گسترش پرفشار سرد شمالی با امتداد شمالی-جنوبی بر روی شمال عربستان، عراق و مدیترانهٔ شرقی و برخورد آن با هوای گرم و مرطوب عرض‌های جنوبی، گرادیان دمایی را با کم‌فشار سودانی تقویت کرد و یک جبههٔ حرارتی را را به‌وجود آورد. در نقشه‌های ارتفاع ژئوپتانسیل نیز وجود مرکز کم‌ارتفاع قوی در غرب ایران که حد جنوبی آن تا جنوب عربستان گسترده شده است، میدان تاوایی مثبت شدیدی را ایجاد کرد؛ ازاین‌رو منطقهٔ تحقیق کاملاً در جلوِ ناوه واقع شد و شرایط را برای صعود هوا و ایجاد جو ناپایدار مهیا ساخت که با توجه به حرکات قائم (امگا) منفی، تاوایی مثبت یا سیکلونی، آب قابل بارش و بردار باد نیز دقیقاً منطبق بر شرق محور ناوه بود که همگی با امتداد جنوب غربی-شمال شرقی و از شرق و جنوب شرق عربستان با عبور از روی دریاهای گرم و مرطوب عرب، سرخ، خلیج فارس و عمان، بر روی منطقهٔ تحقیق فرارفت شد. نقشه‌های رودباد در ترازهای ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال بیانگر قرارگیری رودباد جنب حاره با جهت غربی- شرقی و هستهٔ بیشینهٔ سرعت باد بر روی نیمهٔ جنوبی کشور، عربستان و دریای سرخ بود و منطقهٔ تحقیق نیز در نیمهٔ چپ خروجی رودباد دقیقاً در شرق و جلوِ محور ناوه قرار گرفت که به‌خوبی هوای گرم و مرطوب در جلوِ ناوه را تخلیه و واگرا کرد. از لحاظ منابع تغذیهٔ رطوبتی در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال دریای عرب، دریای عمان و خلیج عدن تأثیر زیادی داشته‌اند؛ اما در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال مناطق جنوبی دریای سرخ، خلیج فارس و دریای عمان در تقویت و تأمین رطوبت بارش فوق‌سنگین شهرستان بندرعباس مؤثر بوده‌اند. نتایج این پژوهش تأییدی بر برخی یافته‌ها [۱۳، ۵، ۱] در مورد الگوی همدید بارش‌های سنگین در نیمهٔ جنوبی کشور است و در مورد تأثیر دریای عرب به‌عنوان اصلی‌ترین منبع تأمین‌کنندهٔ رطوبت، بر نتایج تحقیقی دیگر [۱۲] منطبق است. بارش‌های فوق‌سنگین جنوب کشور برخلاف دیگر نقاط کشور که عموماً متأثر از ارتفاع است، تأثیر منابع رطوبتی را در تقویت و رخداد این‌گونه وقایع حدی نشان می‌دهد. با گسترش کم‌فشار گرم جنوبی و نفوذ پرفشار سرد از سمت دریای سیاه بر روی عربستان، سبب شرق‌سو شدن کم‌فشار و نزدیکی بیشتر آن به دریای گرم و مرطوب عرب و عمان و هم‌راستا شدن آن با پرفشار هستهٔ گرم واقع در غرب دریای عرب و انتقال حجم زیاد رطوبت با روندی جنوبی-شمالی در ترازهای ۱۰۰۰ و ۸۵۰ هکتوپاسکال بر روی بندرعباس شد. مخاطره‌آمیزترین بارش‌ها در سواحل جنوب و جنوب شرقی کشور، مربوط به توفان‌های دریایی گونو و فت در خرداد سال‌های ۱۳۸۶ و ۱۳۸۹ بوده است [۳،۹]؛ به‌طوری که در روز ۱۴ خرداد با نفوذ سیکلون حاره‌ای از روی اقیانوس هند و دریای عرب و نزدیک شدن به سواحل جنوب شرقی موجب رخداد بارش‌های سنگین و مخاطره‌آمیزی شدند و در مقایسه با سامانهٔ

Archive of SID

www.SID.ir

کم‌فشار ورودی به منطقهٔ تحقیق در روز ۱۴ مارس ۲۰۱۴ بسیار قوی‌تر بودند؛ اما در هر دو توفان دریایی و کم‌فشارهای نفوذی از روی خشکی در مناطق جنوبی ایران، دریای عرب با حجم بیشتر انتقال رطوبت به درون سامانه‌های ناپایدار تأثیر بسزایی در تقویت بارش‌های شدید داشت. علاوه‌بر این در بررسی نقشهٔ رودبادها در ترازهای ۲۵۰ و ۳۰۰ هکتوپاسکال مشخص شد که برخلاف نظرهای پیشین که فقط تأثیر رودباد جبههٔ قطبی را در تقویت ناپایداری‌های سطح زمین مؤثر می‌دانستند، رودباد جنب حاره با روندی مداری در نیمهٔ جنوبی ایران واقع شد و توانست هوای گرم و مرطوب ترازهای زیرین جو را واگرا و صعودی کند.

نواحی جنوبی ایران از خطرپذیرترین مناطق ایران است که با احتمال وقوع سونامی و سیلاب‌های عظیم مواجه است [۱۹]. این‌گونه سوانح، ممکن است خسارات جبران‌ناپذیری برجای بگذارد؛ بنابراین با ترسیم و واکاوی نقشه‌های استفاده‌شده در پژوهش حاضر می‌توان سازوکار تکوین، شکل‌گیری و سازوکار رخداد بارش‌های فوق‌سنگین را شناسایی کرد و با توجه به مجموعه عوامل بالا می‌توان در آینده خسارات احتمالی ناشی از این مخاطرهٔ اجتناب‌ناپذیر را به حداقل رساند.

منابع

[۱]. امیدوار، کمال (۱۳۸۶). تحلیل شرایط سینوپتیکی و ترمودینامیکی رخداد بارش در منطقهٔ شیرکوه، پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۵۹: ۹۸-۸۱.

[۲]. اسدی، اشرف؛ مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۳). بررسی همدیدی سیلاب ۱۳۸۰، دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، شیراز، ۲۳ و ۲۴ اردیبهشت.

[۳]. خسروی، محمود؛ پودینه، محمدرضا (۱۳۸۹). تحلیلی بر تأثیرات اقلیمی سیکلون حاره‌ای گونو بر جنوب شرق ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شمارهٔ ۷۲: ۷۲-۵۳.

[۴]. خوشحال، جواد؛ خسروی، محمود؛ نظری‌پور، حمید (۱۳۸۸). شناسایی منشأ و مسیر رطوبت بارش‌های فوق سنگین استان بوشهر، فصلنامهٔ جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۱۶: ۲۸-۷.

[۵]. سبزی‌پرور، علی‌اکبر (۱۳۷۰). بررسی‌سینوپتیکی‌سیستم‌های‌سیل‌زادرجنوب‌غرب ایران، براهنمایی: محمدخیراندیش، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد هواشناسی، دانشگاه تهران، مؤسسهٔ ژئوفیزیک.

[۶]. ذبیح‌زاده، قباد (۱۳۸۸). مستندسازی و تحلیل فضایی مخاطرات اقلیمی در ایران، به راهنمایی منوچهر فرج‌زاده، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکدهٔ علوم انسانی.

Archive of SID

www.SID.ir

[۷]. علیجانی، بهلول (۱۳۸۱). آب و هواشناسی سینوپتیک؛ چاپ اول؛ نشر سمت؛ تهران.
[۸]. علیجانی، بهلول (۱۳۸۶). آب و هوای ایران، چاپ پنجم، انتشارات پیام نور، تهران.
[۹]. قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۹۰). نگاشت و تحلیل همگرایی جریان رطوبت جو طی بارش فوق سنگین ناشی از توفان حاره‌ای فت در سواحل چابهار، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، شمارهٔ ۲: ۱۱۸-۱۰۱.
[۱۰]. قویدل رحیمی، یوسف (۱۳۸۹). نگاشت و تفسیر سینوپتیک اقلیم با استفاده از نرم‌افزار Grads، چاپ اول، انتشارات سها دانش، تهران.
[۱۱]. کرمی، فریبا؛ شیراوند، هنگامه؛ درگاهیان، فاطمه (۱۳۸۹). بررسی الگوی سینوپتیک سیل بهمن ۱۳۸۴ شهرستان پلدختر. فصلنامهٔ جغرافیا و مطالعات محیطی، سال دوم. شمارهٔ ۴: ۱۰۶-۹۹.
[۱۲]. کریمی احمدآباد، مصطفی؛ فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۹۰). شار رطوبت و الگوهای فضایی-زمانی منابع تأمین رطوبت بارش‌های ایران، نشریهٔ تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، شمارهٔ ۲۲: ۱۲۷-۱۰۹.
[۱۳]. لشکری، حسن (۱۳۸۲). مکانیسم تکوین، تقویت و توسعهٔ مرکز کم‌فشار سودان و نقش آن بر بارش‌های جنوب و جنوب غرب ایران، پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۴۶: ۱۸-۱.
[۱۴]. مرادی، حمیدرضا (۱۳۸۵). پیش‌بینی وقوع سیلاب‌ها بر اساس موقعیت سینوپتیکی در سال جنوبی دریای خزر، پژوهش‌های جغرافیایی، شمارهٔ ۵۵: ۱۳۱-۱۰۹.
[۱۵]. مفیدی، عباس (۱۳۸۳). اقلیم‌شناسی همدیدی بارش‌های سیل‌زا با منشأ منطقهٔ دریای سرخ در خاورمیانه؛ فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی؛ شمارهٔ ۷۵: ۵۱-۲۵.
[۱۶]. مفیدی، عباس؛ زرین، آذر (۱۳۸۴). بررسی سینوپتیکی تأثیر سامانه‌های کم‌فشار سودانی در وقوع بارش‌های سیل زا در ایران، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، شمارهٔ ۱۳۶:۱۱۳-۷۷.
[۱۷]. مسعودیان، سید ابوالفضل (۱۳۸۴). شناسایی الگوهای گردشی پدیدآورندهٔ سیلاب‌های بزرگ در کارون، جغرافیا و توسعه، شمارهٔ ۱۸۲:۵-۱۶۱.
[۱۸]. مقیمی ابراهیم (۱۳۹۴). دانش مخاطرات، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم.
[۱۹]. مقیمی، ابراهیم؛ صالحی‌پور میلانی، علیرضا؛ چاکری، مهدی؛ مقیمی، مصطفی (۱۳۹۳). استفاده از نرم‌افزار ComMIT در پهنه‌بندی خطر سونامی در سواحل جاسک، نشریهٔ تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، شمارهٔ ۲: ۱۳-۱.
[۲۰]. منتظری، مجید (۱۳۸۸). تحلیل زمانی-مکانی بارش‌های فرین روزانه در ایران، مجلهٔ جغرافیا و برنامه‌ضریزی محیطی، شمارهٔ ۲: ۱۴۰-۱۲۵.

Archive of SID

www.SID.ir

[۲۱]. مشایخی، تقی (۱۳۸۰). بررسی سیل‌های تاریخی کشور، چاپ دوم، انتشارات وزارت نیرو، تهران.

[22]. A,lana, (2007), Atmospheric patterns for heavy rain events in the Balearic Island. International journal of climatology.12: 27-32

[23]. Alijani, B. J.O'Brien, B. Yarnal, B (2008), Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran. Theoretical and Applied Climatology, 94: 107–124.

[24]. Chen, C, S., Lin, C. Y., Chuang, Y. J., Yeh, H. C (2001), A Study of Afternoon Heavy Rainfall in Taiwan During the Mei-yu Season, Atmospheric Research, No. 65:129-149.

[25]. C,hellstrom, Atmospheric condition during extreme and non-extreme precipitation events in Sweden (2005), international journal of climatology, 25:631-648.

[26]. Dibajnia M., M. Soltanpour, R. Nairn, M. R. Allahyar (2010), Cyclone Gonu: The most intense tropical cyclone on record in the Arabian Sea, Indian Ocean Tropical Cyclones and Climate Change, Springer, 34: 65-52.

[27]. Koji Nishiyama, Schneider, S., Ch, Chen, (2007), Identification of typical synoptic patterns causing heavy rainfall in the rainy season in Japan by a Self-Organizing Map. Atmospheric Research, 83:185–200.

[28]. M,Jessen (2005),Analysis of heavy rainfall events in North Rhine–Westphalia with radar and rain gauge data, Atmospheric Research, 77:337–346.

[29]. M. H. Hassim and D. W. Edwards (2006), Development of a methodology for assessing inherent occupational health hazards. Process Safety and Environmental Protection, volume 84, number B5, pages 378-390.

[30]. Philipp Schmidt, T (2006), Integration of natural hazards, risk and climate change into spatial planning practices.PhD thesis no.193 of the partment of Geology, University of Helsinki.

[31]. www.khorasan.ir

[32]. www.hormozganmet.ir

[33]. www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded

Archive of SID

www.SID.ir