نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی، سال ۲۱، شماره ۶۱، پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۲۲۱-۲۰۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۹ تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۱۲/۲۹

آشکارسازی همدید و هیدرومتئورولوژیک ریشه‌های جوی سیلاب هروچای

بتول زینالی[۱]
مهدی عالی جهان[۲]
فاطمه دشتبانی[۳]
عبدالرحیم فاضلی[۴]

چکیده

سیلاب‌ها یکی از شدیدترین و مخرب‌ترین مخاطرات جوی می‌باشند که همه ساله خسارت جانی و مالی شدیدی را متحمل جوامع در جای جای نقاط مختلف دنیا می‌کنند. پژوهش پیش رو به‌دنبال آشکارسازی ویژگی‌های همدیدی و هیدرومتئورولوژیکی رخداد سیلاب در هروچای به انجام رسیده است. جهت انجام این پژوهش از داده‌های روزانه بارش ایستگاه‌های خلخال، خانقاه، آرپاچایی و لمبر و داده‌های ایستگاه هیدرومتری رودخانه کیوی چای جهت شناسایی بارش رخداده و سیلاب اتفاق افتاده و برای بررسی همدید این پدیده از داده‌های تراز سطح زمین (فشار سطح زمین)، داده های سطوح فوقانی جو از قبیل ارتفاع ژئوپتانسیل، امگا، بادمداری، باد نصف‌النهاری و رطوبت نسبی در ترازهای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال استفاده به‌عمل آمد. نتایج به‌دست آمده بیانگر این می‌باشد که قرارگیری سیستم کم‌فشار در سطح زمین، وقوع بلوکینگ و قرارگیری منطقه مورد مطالعه در شرق ناوه در سطوح فوقانی، منفی بودن پیچانه‌های جوی و امگا در ترازهای مختلف، همراه با تغذیه رطوبتی دریای سیاه و مدیترانه در ترازهای ۵۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال، دریای سرخ و خلیج‌فارس و دریای عمان در ترازهای ۸۵۰ و دریای خزر در ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

۱ـ استادیار گروه آب و هواشناسی دانشگاه محقق اردبیلی. Email:e_zeinali_1364@yahoo.com
۲ـ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه محقق اردبیلی.
۳ـ کارشناس ارشد آب و هواشناسی دانشگاه محقق اردبیلی.
۴ـ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه محقق اردبیلی.

شرایط لازم جهت تولید ناپایداری بر بالای جو منطقه مورد مطالعه را فراهم کرده است. این شرایط باعث ایجاد رگبار شدید و شدت یافتن دبی رودخانه هروچای گشته و منجر به تولید سیلاب در این منطقه شده است.

واژگان کلیدی: مخاطرات جوی، سیلاب، آشکارسازی، همدید، هروچای

مقدمه

کشور ایران به‌لحاظ موقعیت جغرافیایی، شرایط متنوع اقلیمی و ویژگی‌های زمین‌شناسی از این قاعده مستثنی نبوده و در طی سال‌های متمادی مخاطرات طبیعی سهمگینی را پشت سر گذاشته است. در این میان سیل یکی از پیچیده‌ترین و مخرب‌ترین رویدادهای طبیعی است که بیش از هر بلای طبیعی دیگری جان و مال انسان و شرایط اجتماعی و اقتصادی جامعه را به‌خطر می‌اندازد به‌عبارتی بارش‌های سیلابی در مناطق مختلف جغرافیایی از نظر مالی و جانی، آثار زیان‌بار بسیاری داشته و انسان و طبیعت را در سطح وسیعی متأثر می‌کنند. (غیور، ۱۳۷۵: ۱۰۳؛ لطفی، ۱۳۹۰: ۲۹۷؛ مقیمی، ۱۳۸۰:۵۲؛ فرجی سبکبار و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۶۸؛ ملکی و همکاران، ۱۳۹۲:۱۹۸). لی و همکاران (۲۰۰۸) یک رویداد بارش سنگین ۱۸ روزه (از ۳۱ ژوئیه تا ۱۷ آگوست سال ۱۹۹۸) کره جنوبی را بررسی کردند. اسچومن و همکاران (۲۰۰۹) الگوهای همدیدی را در ارتباط با بارش روزانه روی گرینلند بررسی کردند. ماتسرانگلو و همکاران (۲۰۱۰)، به مطالعه مکانیزم توسعه جریان همرفتی در رخداد بارش‌های سنگین طولانی مدت جنوب شرق ایتالیا پرداختند. فرناندو و ایراسما (۲۰۱۰) ارتباط بین بارش‌های جنوب شرق برزیل را با سامانه‌های حلقوی نیمکره جنوبی مورد مطالعه قرار دادند. پاتنایک (۲۰۱۰) تغییرپذیری فضای زمانی بارش‌های بیشینه را بر روی هندوستان در یک دوره بلندمدت ۵۰ ساله تحلیل نمود. هیدالگو- مونز و همکاران (۲۰۱۱) روند بارش‌های فرین مرتبط با الگوهای سینوپتیک در جنوب شبه جزیره ایبری را مورد واکاوی قرار دادند. ابدول‌مانان و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از مدل NWP بارش‌های سیلابی منطقه بنگلادش را در ۹-۸ آگوست ۲۰۱۱ بررسی کردند. لی‌یو و همکاران (۲۰۱۳)

تغییرات بارندگی در منطقه‌ی Shannxi شمال غربی چین را در طی دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۶۰ مورد بررسی قرار دادند. ریسکومارتین و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی رژیم‌های بارش شدید و سیلابی در اسپانیا، منطقه‌ی مدیترانه پرداختند. کاماراسابلمونته و همکاران (۲۰۱۴) به مطالعه تجربی از شدت بارندگی‌های شدید در یک محیط نیمه‌خشک در مقیاس‌های زمانی مختلف پرداخته‌اند. احامد وهمکاران (۲۰۱۴) در مطالعه‌ای بارش سنگین داکا، پایتخت بنگلادش را طی دوره‌ی آماری ۱۹۵۳-۲۰۰۹ مورد بررسی قرار دادند. در ایران نیز تحقیقات زیادی در رابطه با تجزیه‌وتحلیل بارش‌های سیلابی صورت گرفته است. امیدوار (۱۳۸۷)، گندمکار (۱۳۸۹)، خوزانی و لشگری (۱۳۹۰)، امیدوار و ترکی (۱۳۹۱) در زمینه بارش‌های سنگین مطالعاتی داشته و معتقدند که منابع رطوبتی به‌ویژه دریای مدیترانه نقش شایانی در ایجاد این‌گونه بارش‌ها داشته است. مسعودیان و محمدی (۱۳۸۹) نقش رودبادها را در رخداد بارش‌های سیلابی مطالعه کرده و علت ریزش بارش‌ها را کشیده شدن رودبادها تا سطح ۶۰۰ هکتوپاسکال دانسته‌اند. یاراحمدی و مریانجی (۱۳۹۰) به تحلیل الگوهای دینامیکی و همدیدی بارش‌های سنگین در جنوب غرب خزر و غرب ایران که در تاریخ ۱۳۸۳/۸/۱۴ در این مناطق رخداده پرداخته‌اند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که در روز ۱۴ آبان ۱۳۸۳ در جنوب‌غرب خزر سامانه کم‌فشاری در سطح زمین گسترش یافته است.

مواد و روش‌ها

رودخانه هروچای از ارتفاعات آق‌داغ منطقه خلخال سرچشمه گرفته و پس از ملحق شدن رودخانه مجره چای از داخل شهر خلخال عبور می‌کند و پس از الحاق رودخانه‌های لمبر چای - آرپاچای - کلارچای و سایر مسیل‌ها در محل آبگرم کیوی وارد مخزن سد کیوی می‌گردد (شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل). در حوضه، سه ایستگاه باران‌سنج معمولی و یک ایستگاه باران‌سنج ثبات موجود بوده که آمار آن‌ها در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته و سیلاب ناشی از بارش‌های رگباری در ایستگاه آبگرم کیوی تجزیه و تحلیل شده است.

به‌منظور مطالعه بارندگی‌های منجر به سیلاب در رودخانه کیوی چای، از آمار روزانه بارشی ایستگاه باران‌سنج ثبات خلخال و از آمار هیدروگراف ساعتی سیلاب‌های ایستگاه هیدرومتری آبگرم (ورودی سد کیوی) استفاده گردید. داده‌های مربوط به‌شدت رگبار و سیلاب در طی دوره آماری ۱۳۹۳-۱۳۷۴ مورد بررسی قرار گرفته و در ادامه چند مورد از بارش‌های سنگین ایستگاه خلخال که باعث جاری شدن سیلاب سنگین در حوضه رودخانه کیوی چای شدند و نسبت به موارد دیگر از شدت بیش‌تری برخوردار بودند برای بررسی و تحلیل سینوپتیکی انتخاب گردیدند. هم‌چنین جهت تحلیل بهتر رخداد سیلاب، آمار بارش در ایستگاه‌های خانقاه، آرپاچایی و لمبر نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

جدول (۱) مقادیر منتخب بارش سنگین روزانه‌ی منجر به سیلاب حوضه آبگرم گیوی

ردیف	تاریخ شمسی	تاریخ میلادی	میانگین دبی	خلخال	آرپاچایی	لمبر	خانگاه
۱	۱۳۹۱/۳/۳	۲۰۱۲/۵/۲۳	۱۵/۶۲۰۸۳	۷/۹	۱۱/۵	۲۰	۱۹/۱
۲	۱۳۹۱/۴/۹	۲۰۱۲/۶/۲۹	۹/۱۹۷۹۱۶	۴۵/۵	۰	۳	۱۷/۱
۳	۱۳۸۶/۵/۳۰	۲۰۰۷/۸/۲۱	۱۵/۳۱۶۳۳	۱۱	۱۰/۵	۱۰	۸

جهت بررسی کردن و تحلیل سینوپتیک سیلاب‌های رخداده در هروچای از داده‌های فشار تراز دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل، باد مداری، باد نصف‌النهاری، رطوبت ویژه و امگا استفاده گردید. داده‌های ذکرشده با توان تفکیک فضایی ۲/۵ درجه طول جغرافیایی در ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی از بخش داده‌های باز تحلیل، مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP) از وب‌سایت مرکز تشخیص اقلیمی NOAA اخذ شدند.

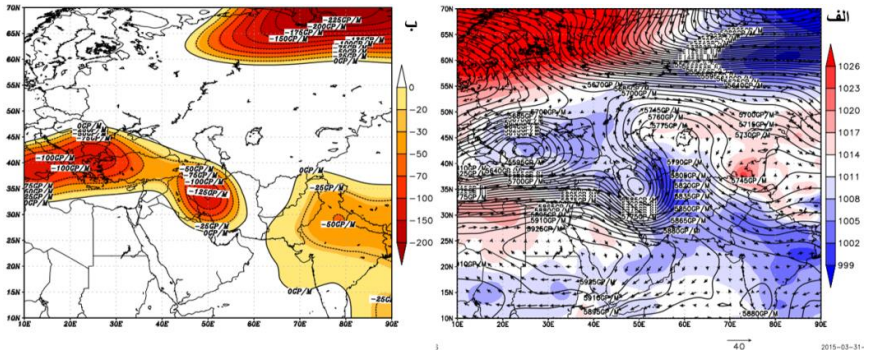
یافته‌ها و بحث

سیلاب روز ۳ خرداد ۱۳۹۱

تحلیل نقشه‌های سطح زمین روز ۳ خرداد سال ۱۳۹۱ بیانگر حاکمیت سیستم کم‌فشار بر روی کشور می‌باشد. در این روز کم‌فشار بسته‌ای با فشار هسته مرکزی برابر با ۱۰۰۲ هکتوپاسکال بر روی شمال شرق کشور استقرار پیدا کرده که زبانه‌هایی از آن تا شمال‌غرب کشور کشیده شده و منطقه مورد مطالعه را هم تحت تأثیر خود قرار داده است. هم‌چنین در

این روز پرفشارهایی بر روی غرب چین، آسیای مرکزی و شمال عربستان و آفریقا مستقر می‌باشد. وجود این‌چنین الگوی فشاری در سطح زمین منجر به حرکت هوا از سمت پرفشارها به کم‌فشارهای شکل گرفته بر شمال شرق کشور شده و بر شدت جریان همگرایی آن افزوده است. شدت یافتن جریان همگرایی سیکلون تشکیل شده بر شمال غرب کشور، جریانی کاملاً متشنج و ناپایدار را بر روی جو منطقه مورد مطالعه مسلط کرده است. با توجه به مسیر جریان هوا که از پرفشارها به سمت کم‌فشارها می‌باشد منجر به انتقال رطوبت منابع رطوبتی مسیر گذر خود (دریای خزر؛ دریای سیاه و مدیترانه) به منطقه شده و با شکل‌گیری جریان صعودی و واگرایانه مقدمات صعود هوای مرطوب را فراهم آورده و موجب شکل‌گیری بارش سیل‌زا در منطقه شده است. شرایط ذکرشده با شکل‌گیری بلوکینگ امگایی شکل و قرارگیری جنوب غرب آن بر روی شمال‌غرب کشور شدت پیدا کرده است. با توجه به خاصیت بلوکینگ امگایی شکل که در مرکز خود جریان هوای صاف و پایدار و در قسمت‌های جنوب شرق و غرب خود جریان صعودی را به‌همراه دارد با قرار گرفتن جنوب غرب آن بر روی منطقه مورد مطالعه بر شدت ناپایداری‌ها افزوده شده است. در جنوب غرب بلوکینگ یاد شده منحنی بسته کم‌ارتفاعی شکل گرفته که جریان هوا کاملاً در آن سیکلونی و پادساعتگرد می‌باشد. جریان سیکلونی منجر به حرکت واگرایانه در سطوح فوقانی گشته و جریان واگرایانه فوقانی منجر به تقویت جریان همگرایی سطح زمین شده و بر شدت ناپایداری‌ها افزوده است. شکل‌گیری این جریان منجر به صعود هوای مرطوب نفوذ کرده به منطقه شده و موجبات شکل‌گیری بارش را فراهم ساخته است. الگوی ذکرشده تا تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال هم جریان داشته و از تراز ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بلوکینگ ذکرشده از بین رفته و فقط منحنی بسته کم ارتفاعی بر روی شمال شرق کشور شکل گرفته که تا حدود زیادی از الگوی سطح زمین تبعیت می‌کند. بررسی پیچانه جوی ترازهای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان از منفی بودن آن بر روی منطقه مورد مطالعه دارد. در این روز بر روی هروچای پیچانه منفی جریان داشته است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و ۷۰۰ هکتوپاسکال به تبعیت از الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل (بلوکینگ) مرکزیت آن بر روی غرب و شمال غرب کشور می‌باشد و با نزدیک شدن به سطح زمین براساس الگوی فشاری موجود در سطح

زمین محوریت مرکزی آن به سمت شمال شرق جابه‌جا شده و از شدت آن کاسته می‌شود. پیچانه‌های منفی بر روی هر منطقه شکل بگیرند جوی کاملاً ناپایدار بر آن مسلط خواهند ساخت. با شکل‌گیری این الگو بر روی منطقه مورد مطالعه جوی کاملاً ناپایدار و کژفشار بر آن حکم‌فرما شده و با انتقال رطوبت منابع رطوبتی مختلف بر روی آن منطقه موجب صعود هوای مرطوب گشته و با شکل‌گیری ابر، بارش منجر به سیلاب را در هروچای به‌دنبال داشته است.

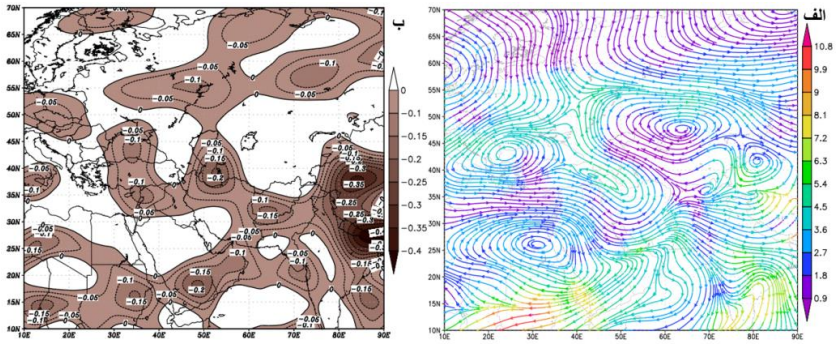


شکل (۱) الف: نقشه فشار سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل و جهت و سرعت وزش باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب: نقشه پیچانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

تغذیه رطوبتی بارش منجر به سیلاب این روز بارشی در تراز ۵۰۰ و ۷۰۰ هکتوپاسکال را ابتدا دریای مدیترانه و سپس دریای سیاه برعهده داشته است. در این دو تراز یاد شده مدیترانه هم به‌صورت مستقل و هم به‌صورت ترکیبی (دریای سیاه – مدیترانه) تغذیه رطوبتی این روز بارشی را فراهم کرده است. در ترازهای یاد شده یک همگرایی رطوبتی بر روی دریای سیاه شکل گرفته و با جمع کردن رطوبت آن از قسمت شمالی وارد دریای مدیترانه شده رطوبتش دوچندان گشته و سپس از این طریق وارد جو کشور و هروچای شده است. در ترازهای ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال مرکز همگرایی رطوبتی با پیروی از چرخند ایجاد شده در سطح زمین در قسمت جنوب شرق خزر شکل گرفته است که رطوبت منابع رطوبتی اطراف از قبیل دریای سیاه، مدیترانه، خلیج‌فارس و دریای عمان را به‌خودش جذب

می‌کند. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال منابع رطوبتی خزر؛ خلیج‌فارس و دریای عمان نقش اصلی را در تأمین رطوبت این روز بارشی ایفا می‌کنند. رطوبت خلیج‌فارس ابتدا با عبور از روی دریای عمان تغذیه شده و سپس با عبور از روی هندوستان, افغانستان و ترکمنستان وارد دریای خزر گشته و با عبور مداری خود از روی خزر از نظر رطوبتی بیش‌تر شارژ شده و در نهایت منطقه مورد مطالعه را تحت تأثیر خود قرار داده است. اما در ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال فقط دریای خزر تأمین کننده رطوبت این روز بارشی بوده است.

مجموعه شرایط ذکر شده با حاکمیت امگای منفی از تراز ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تکمیل کننده فرآیند بارش مولد سیلاب در رودخانه هروچای شده است. در این روز در ترازهای ۵۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال منحنی صفر پاسکال بر ثانیه بر روی منطقه مسلط می‌باشد. اما از ترازهای ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال روند کاملاً عکس شده و امگای منفی بر منطقه استیلا پیدا می‌کند. وجود امگای منفی که حاکی از بالاسو بودن جریان هوا در جو می‌باشد منجر به صعود هوای مرطوب نفوذ کرده بر هروچای شده و با شدت یافتن ناپایداری‌ها و حرکت همگرایی خود تولید ابر و در نهایت بارش را در این منطقه سبب گشته است.

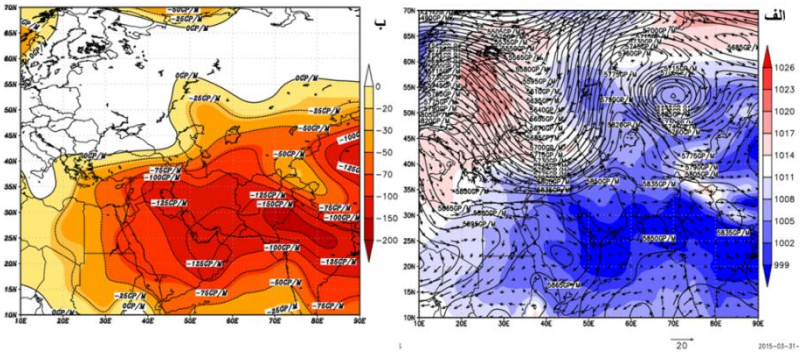


شکل (۲) الف: نقشه وزش رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و ب: نقشه امگای تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال

سیلاب روز ۹ تیرماه سال ۱۳۹۱

نقشه فشار سطح زمین روز ۹ تیرماه سال ۱۳۹۱ نشانگر احاطه شدن کل کشور توسط سیستم کم‌فشار می‌باشد. در این روز در قسمت جنوب کشور کم‌فشار دره گنگ با گسترش خود کل دریای عمان، خلیج‌فارس و نواحی سواحلی جنوبی را تحت تسلط خود دارد. هسته مرکزی این کم‌فشار با فشاری برابر با ۹۹۴ هکتوپاسکال بر روی دره گنگ مستقر می‌باشد که زبانه‌هایی از آن کل کشور و منطقه مورد مطالعه را هم تحت تأثیر خود قرار داده است. هسته کم‌فشار بریده دیگری از کم‌فشار دره گنگ نیز با فشار ۹۹۸ هکتوپاسکال بر روی خلیج‌فارس شکل گرفته است. در این روز پرفشاری با فشار مرکزی ۱۰۱۸ هکتوپاسکال بر روی اروپای مرکزی شکل گرفته که منطقه مورد مطالعه را هم تحت تأثیر خود قرار داده است. با توجه به شکل‌گیری این الگوی فشار در سطح زمین جریانی کاملاً ناپایدار و متشنج بر جو کشور و هروچای حاکم بوده است. شکل‌گیری جریان باد از سمت پرفشار مستقر بر روی اروپای مرکزی به کم‌فشار حاکم بر روی ایران باعث شدت یافتن جریان همگرایی در حدفاصل بین این دو سیستم فشاری شده و بر شدت جریانات صعودی و واگرایانه افزوده است. از طرفی با عبور از مسیر جریانات رطوبتی، رطوبت لازم و کافی جهت بارش سیل‌زا رخداده در هروچای را نیز فراهم کرده است. شرایط ذکرشده و ناپایداری‌های شکل گرفته بر بالای جو ایران در منطقه مورد مطالعه با شکل‌گیری ناوه عمیقی که از اروپای شمالی تا نواحی شمال غرب ایران امتداد داشته به شدت تقویت شده است. بررسی ویژگی‌های نقشه-های ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال نشانگر شکل‌گیری ناوه عمیقی است که از اروپای شمالی تا شمال عراق امتداد دارد. با توجه به قرارگیری هروچای در قسمت شرق ناوه که محل تاوایی مثبت بوده و جریان هوا در این قسمت کاملاً صعودی می‌باشد بنابراین ناپایداری‌های شکل گرفته در سطح زمین را تقویت کرده و بر شدت جریانات صعودی جو افزوده است. با نگاهی به نقشه ترکیبی این روز بارشی (شکل ۶) مشاهده می‌گردد که جریان باد در ترازهای ۵۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال کاملاً در راستای منحنی‌های ارتفاع ژئوپتانسیل بوده و جریانات رطوبتی مسیر گذر خود (دریای سیاه و مدیترانه) را وارد هروچای کرده و با وجود جریان صعودی و واگرایانه منجر به صعود هوای مرطوب و تولید

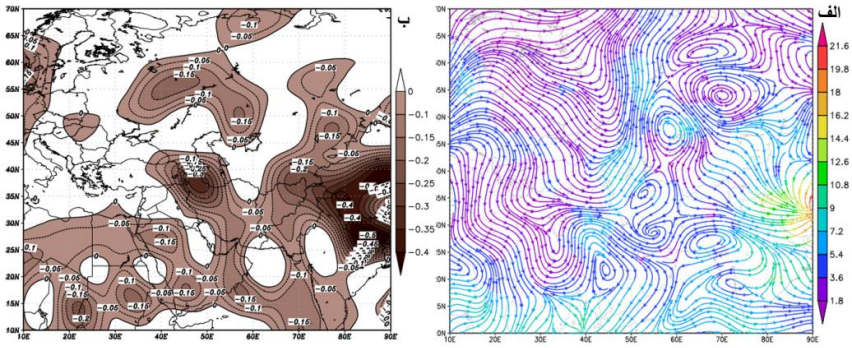
بارش منجر به سیلاب شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل آشوب مند بوده و بر روی منطقه مورد مطالعه کم ارتفاع قرار گرفته و جریانات شمال شرقی، شمال غربی و غربی بر روی هروچای حاکم می‌باشد که به‌نوبه‌خود رطوبت مسیرهای گذری خود را به سمت هروچای هدایت کرده است. با منفی شدن پیچانه های جوی از تراز ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی جو هروچای و کل کشور شرایط جهت رخداد بارش مولد سیلاب مساعد گشته است. در این روز بارشی ناهنجاری‌های ارتفاع ژئوپتانسیل بر کل پهنه کشور و هروچای کاملاً منفی می‌باشد که بر شدت ناپایداری‌ها در این منطقه افزوده است. در تراز ۵۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال به تبعیت از توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل هسته مرکزی پیچانه منفی بر روی جنوب شرق دریای سیاه با ۹۰- ژئوپتانسیل متر قرار گرفته که منحنی ۴۰- ژئوپتانسیل متر بر روی هروچای مستقر می‌باشد. با نزدیک شدن به سطح زمین در ترازهای ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال آرایش پیچانه‌های جوی به توپوگرافی سطح زمین بیش‌تر نزدیک شده و هسته‌های مرکزی پیچانه‌های منفی در تراز ۸۵۰ بر روی جنوب ایران و مرکز پاکستان کشیده شده و در ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال به سمت شرق حرکت کرده و مطابق الگوی فشار سطح زمین بر روی هندوستان، پاکستان و جنوب ایران مستقر گشته است. در ترازهای یاد شده بر روی هروچای به‌ترتیب منحنی‌های ۵۰- ، ۶۰- و ۷۰- ژئوپتانسیل متر قرار دارد. شکل‌گیری پیچانه‌های منفی در کلیه ترازهای مطالعاتی زمینه‌ساز رخداد بارش سیل‌زا شده است. پیچانه‌های منفی به‌دلیل ویژگی‌های خود که هر کجا مستقر باشند جوی کاملاً ناپایدار در آنجا حاکم می‌کنند، با قرارگیری خود بر فراز هروچای جوی کاملاً متشنج بر منطقه مورد مطالعه حکم‌فرما کرده و با حرکت پادساعتگرد و سیکلونیک خود منجر به صعود هوای مرطوب رسیده به منطقه شده و با صعود خود تشکیل ابر و در نهایت به‌دلیل شدت بیش‌تر ناپایداری‌ها بر فراز جو منطقه هروچای بارش سنگین منجر به سیلاب را سبب گشته است.



شکل (۳) الف: نقشه فشار سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل و جهت و سرعت وزش باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب: نقشه پیچانه تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال

در ترازهای ۵۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال تغذیه رطوبتی این بارش سیل‌زا توسط دریای سیاه و مدیترانه صورت گرفته است و با عبور جریان رطوبتی از روی دریای سیاه و جذب رطوبت آن از مسیر گذر خود از روی کشورهای گرجستان و ترکیه عبور کرده وارد دریای مدیترانه شده و با جذب کردن رطوبت این منبع غنی از قسمت غرب و شمال غرب وارد ایران و منطقه مورد مطالعه شده است. در ترازهای ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شرایط به‌گونه‌ای دیگر تغییر پیدا کرده و تأمین رطوبت این روز بارشی صرفاً توسط دریای خزر صورت گرفته است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال جریان رطوبت از روی اروپای شمالی حرکت کرده از روی شمال خزر عبور کرده و وارد ترکمنستان شده و سپس با عبور مداری خود از روی شرق تا جنوب غرب و غرب خزر و جذب و حمل رطوبت آن وارد منطقه هروچای شده است. اما در ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال جریان رطوبتی به‌صورت نصف‌النهاری از شمال تا جنوب خزر کشیده شده و در نهایت از سمت جنوب غرب خود وارد منطقه مورد مطالعه گشته است. در شرایط ذکرشده به‌دلیل طولانی بودن مسیر عبوری خود که از شمال تا جنوب خزر می‌باشد توده هوای مهاجم توانسته رطوبت بسیار بیش‌تری را به خود جذب بکند و در نتیجه توانسته نقش عمده‌ای را در تأمین رطوبتی این روز سیلابی ایفا کند. حاکمیت امگای منفی در تمامی ترازهای مطالعاتی از تراز ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شرایط لازم و کافی جهت رخداد بارش سیلابی را در این روز بارشی فراهم کرده است. در ۹ تیرماه

سال ۱۳۹۱ در تمامی ترازهای یاد شده امگای منفی بر روی هروچای در قسمت عظیمی از ایران حاکم بوده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مرکزیت امگای منفی بر روی آذربایجان می‌باشد اما از تراز ۷۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال مرکزیت آن به سمت جنوب پیشروی کرده و در تمامی ترازهای یاد شده بر روی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته است. شکل‌گیری این الگوی امگایی بر بالای جو هروچای شرایط را از نظر صعود هوای مرطوب نفوذ کرده کاملاً فراهم کرده است. امگای منفی که دلالت بر بالاسو بودن حرکت هوا در جو دارد منجر به صعود هوا شده و به‌دلیل شدت ناپایداری‌ها و قرارگیری منطقه در شرق ناوه مهاجم و ورود منبع عظیم رطوبتی صعود هوای مرطوب، آسمانی کاملاً ابرناک ایجاد کرده و با متراکم شدن بخارآب موجود در جو منجر به بارش سیلابی شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال منحنی ۰/۱۵- پاسکال بر ثانیه و در ترازهای ۷۰۰، ۸۵۰ و ۹۲۵ هکتوپاسکال منحنی بسته امگای منفی ۰/۳- پاسکال بر ثانیه و در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال منحنی امگای منفی ۰/۳۵- پاسکال بر ثانیه که نسبت به ترازهای قبل هم شدت جریان صعودی بیش‌تر بوده و اغتشاش تولید شده به‌دنبال آن هم بیش‌تر خواهد بود استیلا دارد. شرایط ذکرشده با سایر عوامل اشاره شده، جوی به‌شدت منقلب بر بالای هروچای مسلط کرده است که به‌دنبال خود رخداد سیلاب مخرب و خسارت‌زا را به‌دنبال داشته است.

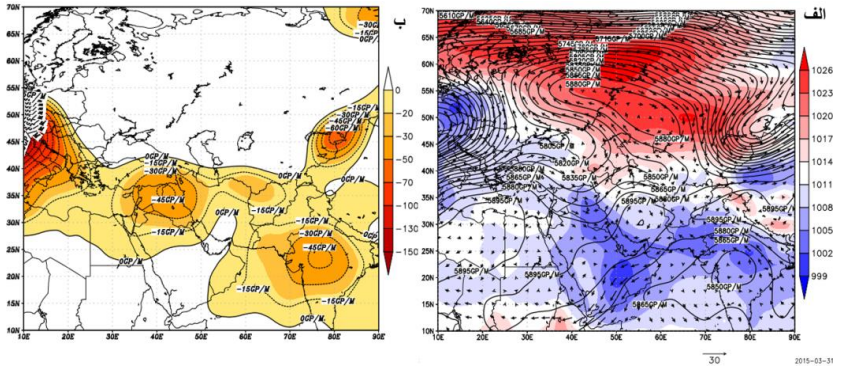


شکل (٤) نقشه وزش رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و ب: نقشه امگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

سیلاب روز ۳۰ مرداد سال ۱۳۸۶

نقشه فشار سطح زمین در روز ۳۰ مرداد سال ۱۳۸۶ بیانگر فعالیت یک سامانه تقریباً پرفشار بر روی منطقه مورد مطالعه است. در این روز بیش از ۷۰ درصد کشور تحت تسلط سیستم کم‌فشار می‌باشد و فقط نواحی شمالی کشور سیستم تقریباً پرفشاری را تجربه می-کنند که فشار آن بر روی هروچای به ۱۰۱۷ هکتوپاسکال می‌رسد. در این روز جنوب کشور تحت استیلای کم‌فشار دره گنگ می‌باشد که هسته‌های مرکزی آن به‌ترتیب با فشاری برابر با ۱۰۰۲ هکتوپاکسال بر روی هندوستان و جنوب خلیج‌فارس شکل گرفته‌اند. از طرفی کم‌فشاری هم بر روی اروپای مرکزی و غربی مستقر می‌باشد که زبانه‌هایی از آن تا ترکیه کشیده شده و با کم‌فشار دره گنگ در ترکیه و عراق ادغام شده است. سیستم بعدی که در این روز مشاهده می‌شود سیستم پرفشاری هست که در مرکز روسیه شکل گرفته است. پرفشار ذکرشده زبانه‌هایی از پرفشار جنب حاره آزور می‌باشد که در اقیانوس اطلس شمالی شکل گرفته و زبانه‌هایی از آن تا شمال خزر هم کشیده و هسته مرکزی جداگانه‌ای از آن هم بر روی مرکز روسیه شکل گرفته است. رخداد این الگوی فشاری بر جو منطقه مورد مطالعه (وجود پرفشار در شمال و کم‌فشار در جنوب و غرب) جوی ناپایدار بر آن بخشیده است. با توجه به جریان هوا در حدفاصل بین پرفشارها و کم‌فشارها وجود این الگوی فشاری بر شدت ناپایداری‌های جو هروچای افزوده است. با شدت یافتن جریان باد بین پرفشارها و کم‌فشارها بر شدت جریانات همگرایی بین مراکز چرخندها و واچرخندها افزوده شده و منجر به شکل‌گیری جوی متشنج و ناپایدار که منجر به صعود هوا در بالای جو هروچای شده است. با توجه به الگوی ذکرشده جریانات شمالی شرقی - جنوب غربی بر روی هروچای برقرا بوده است. با توجه به این الگو جریان باد شکل گرفته منجر به جذب و حمل رطوبت دریای خزر در ترازهای نزدیک به سطح زمین به سمت منطقه مورد مطالعه شده و رطوبت لازم جهت رخداد بارش منجر به سیلاب را فراهم کرده است. نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان از شکل‌گیری ناوه‌ای بر روی ترکیه و عراق می‌باشد. با نگاهی به نقشه ترکیبی (شکل ۱۰) به وضوح مشاهده می‌گردد که جریان باد کاملاً از آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل مطابقت می‌کند. با شکل‌گیری این الگو رطوبت از روی دریای

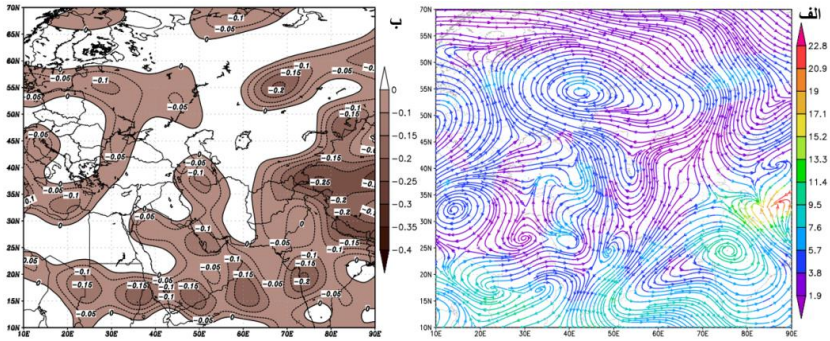
مدیترانه جذب شده و همراه با جریان باد به غرب و شمال غرب کشور حمل و هدایت شده است. با قرارگیری هروچای در شرق ناوه ذکرشده که محل حداکثر تاوایی می‌باشد و بیش-ترین میزان اغتشاشات و ناپایداری‌ها در آن دیده می‌شود رطوبت انتقال داده شده به آنجا صعود کرده، تشکیل ابر و در نهایت بارش منجر به سیلاب را سبب گشته است. در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال ناوه ذکرشده از هم پاشیده و از روی هروچای منحنی که به‌صورت نصف-النهاری از عربستان شکل گرفته و با عبور از روی ایران به پرارتفاع واقع بر روی روسیه ملحق می‌شود، می‌گذرد. جریان باد شکل گرفته کاملاً موافق با منحنی بوده و سطوح بادی از هر طرف خود را به منحنی رسانده و از جنوب به سمت شمال می‌وزد. با توجه به این الگو رطوبت در این تراز جوی بیش‌تر از منابع رطوبتی جنوبی تأمین شده و به‌موازات جریانات باد به هروچای حمل شده است. در تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال به دلیل نزدیک بودن به سطح زمین الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل شباهت زیادی به الگوی فشار سطح زمین دارد. به‌علت شکل‌گیری پرفشاری بر روی مرکز روسیه در این تراز منحنی‌های پرارتفاعی که جریان باد کاملاً در جهت عقربه‌های ساعت و آنتی سیکلونی می‌باشد شکل گرفته است. بر روی منطقه مورد مطالعه جریان باد شکل گرفته شرقی بوده و جریان رطوبتی از شرق یعنی از دریای خزر حمل شده و به سمت منطقه مورد مطالعه هدایت شده است. با توجه به آرایش الگوی ترازهای ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال منبع عمده تغذیه رطوبتی این روز بارشی بر عهده دریای خزر می‌باشد. بررسی نقشه‌های پیچانه جوی طبق آرایش الگوی ارتفاع ژئوپتانسیل در ترازهای مورد بررسی فقط در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال منفی بوده و منحنی ۲۰- ژئوپتانسیل متر از روی منطقه مورد مطالعه عبور کرده و جوی کاملاً ناپایدار در این تراز بر روی هروچای حکم‌فرما کرده است. اما در سایر ترازها تا تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال همواره منحنی صفر ژئوپتانسیل متر که نشان از فاقد ناهنجاری‌های مثبت و منفی ارتفاع ژئوپتانسیل دارد بر روی هروچای مسلط می‌باشد.



شکل (۵)الف: نقشه فشار سطح زمین، ارتفاع ژئوپتانسیل و جهت و سرعت وزش باد تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، ب: نقشه پیچانه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال

در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال دریای مدیترانه تأمین‌کننده رطوبت این روز بارشی می‌باشد. اما در تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال شرایط به‌صورت دیگری تغییر پیدا کرده و با توجه به آرایش توپوگرافی ارتفاع ژئوپتانسیل منابع رطوبتی جنوبی تأمین‌کننده رطوبت این روز بارشی را بر عهده دارند. در این تراز رطوبت ابتدا از دریای سرخ جذب شده و با گذر از روی عربستان و جنوب غرب ایران در نهایت وارد منطقه مورد مطالعه شده است. از طرفی با شکل‌گیری یک واگرایی رطوبتی بر روی جنوب خلیج‌فارس جریان رطوبتی جداگانه شکل گرفته و رطوبت خلیج‌فارس را نیز به سمت شمال‌غرب کشور هدایت کرده که در بین راه با منابع رطوبتی دریای سرخ ترکیب شده و از نظر رطوبتی تغذیه دوچندان شده و در نهایت وارد منطقه مورد مطالعه شده است. در ترازهای ۸۵۰، ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال به دنبال شکل‌گیری پرفشاری بر روی مرکز روسیه جریان باد شکل گرفته بر روی منطقه مورد مطالعه شرقی شده و درنتیجه منجر به هدایت رطوبت دریای خزر به این منطقه شده است. در این ترازها صرفاً دریای خزر نقش اصلی را در تأمین رطوبتی این روز سیلابی ایفا می‌کند. بررسی نقشه‌های امگای ترازهای ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال نشان از منفی بودن آن در تمامی ترازهای یاد شده بر روی هروچای دارد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال هسته مرکزی این امگای منفی بر روی غرب کشور با ۰/۰۹- پاسکال بر ثانیه مستقر می‌باشد و با نزدیک شدن به

سطح زمین به سمت شمال غرب جابه‌جا شده و درنهایت در تراز ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بر روی جنوب غرب خزر با شدت ۰۱۵ پاسکال بر ثانیه قرار می‌گیرد. وجود این الگوی امگا بر بالای جو هروچای حاکی از بالاسو بودن جریان هوا در این منطقه دارد. جریان همگرایی شکل گرفته بر شدت اغتشاشات و ناملایمات جوی افزوده و منجر به این شده تا رطوبت نفوذ کرده به منطقه به‌علت منقلب بودن جو منطقه صعود پیدا کرده و در نهایت جوی ابرناک و بارشی سیل‌آسا را برای منطقه مورد مطالعه به‌دنبال داشته باشد.



شکل (٦) الف: نقشه وزش رطوبتی تراز ۷۰۰ هکتوپاسکال و ب: نقشه امگای تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل شده از پژوهش پیش‌رو بدین صورت می‌باشد که در روز ۳ خرداد سال ۱۳۹۱ در سطح زمین کم‌فشار، در سطوح فوقانی بلوکینگ امگایی شکل و قرارگیری هروچای در جنوب غرب آن، منفی بودن پیچانه در تمامی ترازها و امگا در ترازهای ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال با همراهی رطوبت منابع رطوبتی دریای سیاه و مدیترانه در ترازهای ۵۰۰ تا ۷۰۰ هکتوپاسکال، خلیج‌فارس، عمان و خزر در تراز ۸۵۰ و خزر در ترازهای ۹۲۵ و ۱۰۰۰ هکتوپاسکال زمینه‌های لازم جهت ایجاد بارندگی منجر به سیلاب در هروچای را فراهم کرده است. در روز ۹ تیرماه سال ۱۳۹۱ وجود کم‌فشار در سطح زمین و قرارگیری هروچای در شرق ناوه متشکل در سطوح فوقانی از طرفی منفی بودن پیچانه‌ها و امگای جوی در تمامی ترازهای مورد مطالعه با همراهی جریانات رطوبتی دریای سیاه و مدیترانه تا تراز ۷۰۰

هکتوپاسکال و خزر در ترازهای ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال شرایط لازم جهت رخداد سیلاب را فراهم کرده است. در روز ۳۰ مرداد سال ۱۳۸۶ سامانه‌ای نسبتاً پرفشار بر روی هروچای و سیستم کم‌فشاری بر سایر نواحی ایران مستقر می‌باشد. در سطوح فوقانی جو ناوه کم عمقی بر روی ترکیه شکل گرفته که هروچای در شرق ناوه مذکور که محل صعود هوای مرطوب می‌باشد واقع شده است. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال پیچانه منفی و در سایر ترازها منحنی صفر بر روی هروچای مستقر بوده اما شرایط امگای جو در تمامی ترازها کاملاً منفی بوده و جریان بالاسو بر جو آن برقرا می‌باشد. در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال مدیترانه، تراز ۷۰۰ دریای سرخ و خلیج‌فارس و ترازهای ۸۵۰ تا ۱۰۰۰ هکتوپاسکال صرفاً دریای خزر تأمین‌کننده رطوبت این روز سیلابی بوده است.

منابع

- امیدوار، کمال (۱۳۸۷)، «بررسی سیلاب بر اساس موقعیت‌های سیستم‌های سینوپتیکی در استان یزد»، ***فصلنامه تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۸۸، صص ۱۶۵-۱۳۷.

- امیدوار، کمال و مسلم ترکی (۱۳۹۱)، «شناسایی الگوهای ریزش بارش‌های سنگین در استان چهارمحال‌وبختیاری»، ***برنامه‌ریزی و آمایش فضا***، شماره ۱۶، صص ۱۳۵-۱۶۹.

- خوزانی‌پرنده، اکرم و حسن لشگری (۱۳۹۰)، «بررسی سینوپتیکی بارش‌های سنگین در جنوب ایران (مطالعه‌ی موردی بارش ۳۱ دسامبر ۱۹۸۴ لغایت ۴ ژانویه ۱۹۸۵ حوضه آبریز رودخانه دالکی)»، ***جغرافیا وبرنامه‌ریزی محیط***، شماره ۱، صص ۱۳۶-۱۲۳.

- فرجی سبکبار، حسن‌علی؛ حسن‌پور، سیروس؛ ملکیان، آرش و هایده کیانی آلرد (۱۳۹۳)، «مقایسه کارایی مدل‌های MCDM در مکان‌یابی پخش سیلاب در محیط GIS مطالعه موردی حوضه آبریز گربایگان»، ***جغرافیا و برنامه‌ریزی***، شماره ۴۹، صص ۱۶۷-۱۹۰.

- غیور، حسنعلی (۱۳۷۵)، «سیل و مناطق سیل‌خیز ایران»، ***تحقیقات جغرافیایی***، شماره ۴۰، صص ۱۲۰-۱۰۰.

- گندمکار، امیر (۱۳۸۹)، «بررسی همدید بارش‌های شدید در نواحی جنوبی استان بوشهر»، ***چشم-انداز جغرافیایی***، شماره ۱۰، صص ۱۵۷-۱۴۳.

- لطفی، حیدر و مهتاب جعفری (۱۳۹۰)، «فرآیند ایمن‌سازی شهری جهت مقابله با مخاطرات طبیعی سیل، مطالعه موردی شهر تهران»، ***فصلنامه فضای جغرافیایی***، شماره ۳۶، صص ۲۹۶-۲۸۳.

- مسعودیان، ابوالفضل و بختیار محمدی (۱۳۸۹)، «تحلیل فراوانی رودبادهای مرتبط با رخداد بارش‌های ابرسنگین ایران»، ***تحقیقات منابع آب ایران***، شماره ۲، صص ۹۱-۸۱.

- مقیمی، جواد؛ حقی، محمد و منصور فلاح‌راد (۱۳۸۰)، «تحلیلی بر سیل گلستان»، ***مجله جنگل و مرتع***، شماره ۵۳، دفتر فنی مرتع.

-ملکی، امجد، همایون، حصادی و نوشین پیروزی‌نژاد (۱۳۹۲)، «براورد مقادیر سیلاب و ارائه مدل سیل‌خیزی در حوضه آبخیز رازاور»، ***جغرافیا و برنامه‌ریزی***، شماره ۴۶، صص ۱۹۷-۲۱۳.

- یاراحمدی، داریوش و زهره مریانجی (۱۳۹۰)، «تحلیل الگوی دینامیکی و همدیدی بارش‌های سنگین در جنوب غرب خزر و غرب ایران (مطالعه موردی: بارش مورخه ۱۳۸۳/۸/۱۴)»، ***پژوهش‌های جغرافیای طبیعی***، شماره ۷۶، صص ۱۲۰-۱۰۵.

-Mannan, M.A., Chowdhury, M.A.M., & Karmakar, S. (2013), Application of NWP model in prediction of heavy rainfall in Bangladesh, ***Procedia Engineering***, *56*, PP.667-675.

- Ahammed, F., Hewa, G.A., & Argue, J.R. (2014), Variability of annual daily maximum rainfall of Dhaka, Bangladesh, ***Atmospheric Research***, *137*, PP.176-182.

-Camarasa-Belmonte, A.M., & Soriano, J. (2014), Empirical study of extreme rainfall intensity in a semi-arid environment at different time scales, ***Journal of Arid Environments***, *100*, PP.63-71.

-Vasconcellos, F.C., & Cavalcanti, I.F. (2010), Extreme precipitation over Southeastern Brazil in the austral summer and relations with the Southern Hemisphere annular mode, *Atmospheric Science Letters*, *11*(1), PP.21-26.

-Hidalgo-Muñoz, J.M., Argüeso, D., Gámiz-Fortis, S. R., Esteban-Parra, M.J., & Castro-Díez, Y. (2011), Trends of extreme precipitation and associated synoptic patterns over the southern Iberian Peninsula, ***Journal of Hydrology***, *409*(1), PP.497-511.

-Liu, W., Zhang, M., Wang, S., Wang, B., Li, F., & Che, Y. (2013), Changes in precipitation extremes over Shaanxi Province, northwestern China, during 1960–2011, ***Quaternary International***, *313*, PP.118-129.

-Lee, D.K., Park, J.G., & Kim, J.W. (2008), Heavy rainfall events lasting 18 days from July 31 to August 17, 1998, over Korea, *気象集誌. 第 2 輯*, *86*(2), PP.313-333.

- Mastrangelo, D., Horvath, K., Riccio, A., & Miglietta, M.M. (2011), Mechanisms for convection development in a long-lasting heavy precipitation event over southeastern Italy, ***Atmospheric research***, *100*(4), PP.586-602.

- Pattanaik, D.R., & Rajeevan, M. (2010), Variability of extreme rainfall events over India during southwest monsoon season, ***Meteorological Applications***, *17*(1), PP.88-104.

- Martín, J.R., García, M.M., de Pablo Dávila, F., & Soriano, L.R. (2014). Regimes of intense precipitation in the Spanish Mediterranean area, ***Atmospheric Research***, *137*, PP.66-79.

- Schuenemann, K.C., Cassano, J.J., & Finnis, J. (2009), Synoptic forcing of precipitation over Greenland: Climatology for 1961-99, ***Journal of Hydrometeorology***, *10*(1), PP.60-78.