

الگوهای جوی بارش‌های شدید و فراگیر خراسان جنوبی

رضا دوستان (استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران)

doostan@um.ac.ir

صص ۲۲۳ - ۱۹۹

چکیده

هدف: بی‌نظمی در بارش ویژگی ذاتی اقلیم‌های خشک بوده و این نوع ریزش‌ها همراه با سیل و خسارت است. با رویکرد تکرارپذیری پدیده‌های طبیعی، این نوع ریزش‌ها قابل تکرار و پیش‌بینی می‌باشند. بارش‌های شدید در توده‌های هوا با رطوبت بالا و شرایط خاص همدیدی جو، حادث می‌شوند.

روش: این نوع ریزش‌ها با بارش روزانه یک میلی‌متر و بیشتر در خراسان جنوبی در دوره ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۸ مطالعه شد. شاخص صدک نود و پنجم بارش روزانه هر ایستگاه، بارش شدید، و همزمانی در سه ایستگاه و بیشتر، بارش شدید سینوپتیک تعریف شد. الگوهای جوی این نوع بارش‌ها، با داده رقومی ارتفاع تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال در محدوده ۱۰ تا ۷۰ درجه شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه شرقی، با روش تحلیل مؤلفه اصلی و خوشه‌بندی وارد، مشخص شد.

یافته‌ها/ نتایج: چنانکه با وقوع بلاکینگ مدیترانه مرکزی - جنوب اروپا و سردچال اروپای شرقی - روسیه غربی، تراف باهای غربی در شرق مدیترانه عمیق شده و توده‌های مدیترانه‌ای از مسیر جنوبی‌تر با جهت جنوب غربی و جنوب از آب‌های گرم خلیج فارس و دریای عمان به شرق ایران می‌رسند. بنابراین، سیکلون‌ها (فشار ۱۰۱۱ میلیبار) با حرکت چرخندی بر روی منطقه و ارتفاعات شرق ایران، بارش‌های شدید (میانگین ۱۶ میلی‌متر روزانه) را ریزش می‌کنند. در عرض پایین‌تر، پرفشارهای دینامیک با حرکت و اچرخند در تراز میانی و جو پایین، از شمال شرقی آفریقا تا عربستان و شمال غربی شبه جزیره هند استقرار دارند و تضعیف بادهای

سرد و خشک سیبری، باعث تداوم بارش‌ها می‌شود. شرایط جوی فوق، منجر به بارش شدید در اواخر زمستان (فوریه) و اوایل بهار (مارس) در خراسان جنوبی می‌شود.

کلیدواژه‌ها: الگوی جوی، بارش شدید، صدک ۹۵، خراسان جنوبی.

۱. مقدمه

فلات ایران در منطقه جنب حاره و جنوب منطقه معتدله در کمربند بیابانی جهان قرار دارد، اما تنوع توپوگرافی، کشیدگی عرض جغرافیایی در این منطقه و الگوهای جوی تأثیرگذار، موجب شده تا بر خلاف دیگر کشورهای بر روی این کمربند، از اقلیم یکدست خشک برخوردار نباشد. تنوع آب و هوایی در این منطقه با اقلیم‌های متوسط و محلی وجود دارد، اما غالب مناطق ایران دارای شرایط اقلیمی خشک و نیمه‌خشک می‌باشند. ویژگی ذاتی این نوع اقلیم‌ها، ناهنجاری زمانی و مکانی بارش بوده و تنوع ارتفاعات در ایران این پیچیدگی را بیشتر می‌کند. ناهمواری‌ها نقش مهمی در ریزش‌های جوی ایران داشته؛ بنابراین غالب شهرها و روستاهای ایران در پای کوه‌ها (کوهپایه) یعنی مناطق با سفره‌های آب غنی (آبخانه مخروطه-افکنه‌ها) استقرار دارند. از طرفی با نبود منبع رطوبت در ایران، غالب بارش‌ها از مسیرهایی دورتر از ایران و غالباً از مدیترانه، خلیج فارس - عمان، دریای سیاه و خزر به فلات ایران می‌رسند و عمده بارش‌ها در مسیر ورود، در غرب، جنوب غرب و شمال غربی ایران با برخورد به دیواره مرتفع زاگرس، ریزش کرده و تا رسیدن به مناطق شرقی ایران و خراسان جنوبی رطوبت توده‌های هوا کاهش و یا میرا می‌شوند. در همین راستا از غرب به شرق و از شمال غرب به جنوب شرقی ایران، کاهش بارش‌ها حادث گردیده و اقلیم‌ها خشک‌ترند. از طرفی عامل مهم تر در ارتباط با ریزش‌ها، چگونگی استقرار الگوهای جوی است، این نوع گردش‌ها همراه با رطوبت در نیمه سرد سال از عرض بالاتر با ناپایداری جوی، رطوبت و سرما همراه‌اند. با توجه به این نوع گردش جوی از منطقه برون حاره و خصوصاً موقعیت جوی تراف شرق دریای مدیترانه و موج‌های کوتاه بادهای غربی، مسیر توده‌های مرطوب به فلات ایران مشخص می‌شود. طبق مطالعات گذشته، فراوانی این موج‌ها در شمال غربی ایران زیادتر و در

جنوب شرقی کمتر شده و توده های مرطوب در سه مسیر از شمال غربی، غرب و جنوب غربی به ایران می رسند (علیجانی، ۱۳۹۶، ص. ۳۵). موج های بادهای غربی غالباً با حرکت نصف النهاری به ایران وارد شده و تا جنوب ایران جا به جا می شوند که طبیعتاً با اینگونه حرکت بادهای غربی، پیامدها و مخاطرات جوی از جمله موج های گرما و سرما، باران های شدید و سیلابی در مناطق مختلف حادث می گردد.

از گذشته تاکنون وجود رخدادهای اقلیمی ویژگی ذاتی فلات ایران بوده و این ناهنجاری ها خسارت زا بوده اند. بنابراین، بارش ها در اینگونه اقلیم ها (خشک) ذاتاً نامنظمند و ممکن است در یک منطقه بخش غالبی از بارش سالانه در یک یا دو بارش ریزش کند که طبیعتاً با وقوع سیلاب برای آن محیط همراه است. حال آنکه در مناطق مختلف ایران، شکلی از الگوی بادهای غربی که موجب اینگونه ریزش ها شده، طبیعتاً متفاوت است. بنابراین، کشف اینگونه الگوهای جوی برای پیش بینی مفید و برای برنامه ریزی موفق، ضروری است. از طرفی دسترسی راحت تر به داده های رقومی جوی شناخت رفتار پدیده های جوی را برای محققان علوم جوی، تسهیل کرده است. در این ارتباط مطالعات زیادی انجام شده، از آن جمله، مطالعه شرایط سینوپتیکی بارش های شدید و غیر شدید در سوئد از ۱۹۶۱-۲۰۰۰ حاکی است، عمدتاً در زمان وقوع بارش های شدید، تیپ های سیکلونی حاکم بوده که پشته بادهای غربی در روسیه غربی تا شرق سوئد بر روی فنلاند قرار دارد، در حالی که در بارش های غیر شدید عمدتاً بادهای غربی حرکت مداری دارند. در زمان بارش های شدید غالباً بادهای غربی کندتر شده و شدت و سرعت بادهای جنوبی نسبت به زمان بارش های غیر شدید بیشتر است (هلسترم^۱، ۲۰۰۵، ص. ۶۳۱).

همچنین، الگوهای جوی ۱۵۶ بارش شدید یونان حاکی از آن است که در زمان وقوع بارش ها، عمدتاً کم فشارها در غرب یونان قرار دارند و در سطوح بالای جو تراف بادهای غربی از شرق تا جنوب یونان ادامه دارد. در برخی موارد کم فشارهای قوی کل اروپا و مدیترانه را در بر میگیرند (هوسس و بارتزکاس^۲، ۲۰۰۶، ص. ۹۱). الگوهای سینوپتیکی ۱۷۰

1. Hellstorm

2. Houssos & Bartzokas

بارش سنگین جنوب برزیل با بیش از ۵۰ میلیمتر، نشان داد در زمان وقوع بارش‌های سنگین تراف عمیق در شرق آرام جنوبی، کم‌فشار شمال آرژانتین، جت سطوح پایین در اروگوئه و همگرایی جریان رطوبت قوی در جنوب برزیل، عوامل سینوپتیکی مؤثر در وقوع این رخدادهاست (داسیلوا و ساتیموری^۱، ۲۰۰۷، ص. ۱۵۵).

از طرفی وقوع بارش شدید منطقه مدیترانه و ارتباط آن‌ها با الگوهای جوی حاکی است، در مرکز و غرب مدیترانه عمدتاً با جریانات مرطوب از جنوب اطلس و تشدید ناپایداری‌ها با قرارگیری جت جنب حاره در سواحل آفریقا و تشدید حرکات صعودی، در شرق مدیترانه وزش هوای گرم مرتبط با حرکات صعودی از پایین تا بالای جو و واگرایی جت بالا در شرق مدیترانه، این شرایط را تشدید می‌کند (تورتی، اکسپلتی، مارون، کوگلیش، وانر و لوتباچر^۲، ۲۰۱۰، ص. ۱۰۳۷). همچنین، علل سینوپتیکی بارش‌های سنگین در سواحل شمال شرقی برزیل از ۲۰۰۲-۱۹۷۲ بررسی شد و نشان داد عمدتاً بارش‌های شدید در این منطقه بر اساس چرخندگی سیکلونی سطوح بالای جو و فعالیت مناطق همگرایی در اطلس جنوبی است (الیورا، لیما، سانتوس و سیلوا^۳، ۲۰۱۳، ص. ۷۳). شرایط جوی بارش‌های شدید در مدیترانه شرقی و غربی حاکی است، در زمان وقوع این رخداد فرایندهای جوی متفاوتی دخالت دارند، از جمله همرفت‌های محلی، تراف‌های مقیاس سینوپتیک جو بالا، ناپایداری ناشی از حرکات عمودی جو (همگرایی سطحی) و عواملی از قبیل چگونگی شرایط دمایی و رطوبتی جو می‌باشند (دایان، نیسن و البیرچ^۴، ۲۰۱۵، ص. ۲۵۲۵). از طرفی الگوهای جوی منجر به بارش‌های شدید در مدیترانه از ۲۰۰۷-۱۹۶۱ بررسی و نشان داد، ناهنجاری‌های ارتفاع در سطوح بالای جو از جمله تراف‌های عمیق و سردچال‌های جوی نقش دارند و در برخی موارد جریانات سطح پایین جوی با توجه به نقش مانع ارتفاعات محلی، موجب صعود و تشدید بارش شد (تورتی، جیناکاکی و مارتوس^۵، ۲۰۱۶، ص. ۱۹۲۵).

1. Da Silva & Satyamurty
2. Toreti, Xoplaki, Maraun, Kuglitsch, Wanner & Luterbacher
3. Oliveira, Lima & Silva
4. Dayan, Nissen & Ulbrich
5. Toreti, Giannakaki, & Martius

شرایط سینوپتیکی بارش های شدید نیال از ۲۰۱۰-۱۹۷۱ حاکی است، در الگوهای جوی منجر به بارش ها در مجاور هیمالیا، تراف های در سطوح بالای جوی و کم فشارها در سطح زمین مهم است و با توجه به موقعیت قرارگیری این الگوها، جریان رطوبت مسیر خاصی را طی می کند (بلینگر، سورتبرگ و سودمان^۱، ۲۰۱۷، ص. ۶۵۳).

همچنین ۳۰ بارش سنگین تابستانه از ۲۰۱۳-۱۹۷۹ در دو ناحیه شمال غربی و جنوب شرقی بررسی شد، نتایج حاکی است عمدتاً ناهنجاری های مثبت فشار و ارتفاع در بریتانیا و نزدیکی جت قطبی به منطقه موجب بارش های شدید شمال غرب شده، در حالی که بارش های جنوب شرقی با نبود عامل سینوپتیکی مشخص شکل گرفته، هرچند نزدیکی به منابع رطوبتی و ناپایداری های جوی، موجب این بارش ها می شود (چامپون، بلنکینسپ، لی و فولر^۲، ۲۰۱۸، ص. ۴۴۷۷). الگوهای جوی بارش ها در نیمه غربی ایالات متحده از ۲۰۱۷-۱۹۴۸ با داده های ارتفاع سطح ۵۰۰ میلیار با روش k-means طبقه بندی شد و نشان داد، هفت تیپ جوی بارش های این منطقه را موجب می گردند. مهم ترین تیپ بیش از ۴۰ درصد بارش ها را توجیه کرده و این تیپ حرکت مداری امواج غربی ادامه دار از آرام شمالی تا آمریکای شمالی را حاکی است (زهانگ و ویلارینی^۳، ۲۰۱۹، ص. ۴۲۱۷).

از طرفی بررسی همدیدی بارش سنگین و فراگیر آبان ماه ۱۳۷۳ در ایران نشان داد، در روزهای فوق، پرفشارها در اروپا و کم فشار روی عراق و همزمان جریان سرد از اروپا و دریای سیاه از شمال غرب کشور نفوذ می کند. همچنین فرود عمیق قبرس و ادغام رودباد جنب حاره و قطبی موجب شده تا رطوبت در لایه بالای جو از دریای سیاه، مدیترانه و سرخ و رطوبت در لایه های پایین از خلیج فارس موجب ریزش های شدید در حداقل نیمی از ایران گردند (محمدی و مسعودیان، ۱۳۸۹، ص. ۴۷).

همچنین، الگوی جوی ۱۰ بارش های سنگین چهارمجال بختیاری در دوره ۲۰۱۰-۱۹۸۶ حاکی است، وقوع بلاکینگ در اروپا و عمیق شدن تراف شرق دریای مدیترانه، موجب ادغام کم فشارهای مدیترانه با سودان شده و همزمان تزریق رطوبت از خلیج فارس و دریای عرب،

1. Bohlinger, Sorteberg, & Sodemann
2. Champion, Blenkinsop, Li & Fowler
3. Zahang & Villarini

ریزش های سنگین منطقه را موجب می‌گردد (امیدوار و ترکی، ۱۳۹۱، ص. ۱۶۹). از طرفی تحلیل همدیدی ۵ الگوی بارش سنگین سپتامبر ۱۹۷۶ تا ۲۰۰۵ گیلان حاکی است، شکل-گیری ناوه در سطوح بالای جو، ریزش هوای سرد عرض بالا بر دریای خزر و سیاه و همزمان شرایط همرفتی در سطح زمین موجب بارش‌های شدید در این منطقه می‌گردد (عساکره، خوش رفتار و ستوده، ۱۳۹۱، ص. ۵۱). همچنین، الگوهای جوی ۳۹ بارش فراگیر بالاتر از ۷ میلیمتر در دوره ۱۹۹۷ تا ۲۰۰۲ در حوضه اترک و گرگانرود نشان داد، در همه الگوها در زمان وقوع بارش‌ها، کم فشار در شرق ایران و پرفشارها در غرب و شمال غرب در سطح زمین و فعالیت تراف بادهای غربی در ایران موجب بارش‌های فوق می‌گردد (باعقیده، انتظاری و علیمرادی، ۱۳۹۱، ص. ۱۱۳). در حالی که ۱۰۹ روز بارش حدی و فراگیر در کرانه غربی خزر در دوره ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۳ بررسی شد و نشان داد، در زمان وقوع بارش‌ها قطاع چهارم هسته رودباد بادهای غربی در کرانه غربی خزر استقرار داشته و موجب ناپایداری شدید در سطح زمین گردید (حلیان و حسینعلی پورجزی، ۱۳۹۳، ص. ۲۰۵). همچنین الگوهای همدید بارش‌های سنگین خلیج فارس حاکی است، ۴ الگو که عمدتاً مؤلفه‌های سینوپتیکی از جمله عمیق شدن ناوه سوریه، حرکت غربی پرفشار سبیری، کاهش ارتفاع پایه رودباد جنب حاره، کم فشار سودان و سامانه‌های سردچال تا تراز بالای تروپوسفر موجب این بارش‌ها در منطقه خلیج فارس می‌گردد (احمدی و علیجانی، ۱۳۹۳، ص. ۲۷۵). همچنین، موقعیت رودباد جنبه قطبی در ارتباط با بارش‌های سنگین غرب ایران بررسی شد و نشان داد در این روزها، عمدتاً ربع دوم رودباد جنب حاره منطبق بر منطقه واگرایی بالایی و همگرایی سطحی در غرب ایران قرار دارد و انحنای ناشی از حرکت نصف‌النهاری بادهای در سطوح بالای جو بر شدت ناپایداری افزوده و انتقال رطوبت از دریای عرب، سرخ، خلیج فارس و عمان به منطقه را به همراه دارد (سعیدآبادی، اب خرابات و نجفی، ۱۳۹۴، ص. ۷۸۳). تحلیل سینوپتیکی ۶۳ روز بارش سنگین ایران که در ۲۵ درصد ایستگاه‌ها (۴۰ ایستگاه) بارش بالای صدک ۹۰ وجود داشته، نشان داد، ۵ الگوی جوی بارش‌های شدید را موجب می‌شوند که در همه الگوها جابه‌جایی تراف در شرق دریای مدیترانه و فعالیت کم‌فشارها در ایران، با حرکت نصف‌النهاری بادهای غربی، مسیر انتقال رطوبت مشخص می‌گردد.

عمده ترین الگوی فراگیر بارش های شدید ایران ناوه سوریه و همزمانی پرارتفاع قوی بر روی دریای عرب- عمان در سطوح بالای جو و کم فشار در ایران می باشد (مصطفائی، علیجانی و سلیقه، ۱۳۹۴، ص. ۶۵). الگوهای همدیدی تراز ۵۰۰ میلیار ۴۶ بارش فوق سنگین حوضه آبخیز دریاچه ارومیه از ۱۳۶۶ تا ۱۳۹۰ حاکی است، هشت الگو در قالب دو گروه، سردچال های جوی و فرود موج کوتاه به همراه جبهه قطبی در منطقه موجب شده تا رطوبت از دریای سیاه، مدیترانه و دریای سرخ از غرب و جنوب غرب منطقه، بارش سنگین را به همراه داشته باشند (طاهاپی، سلکیو حجازی زاده، ۱۳۹۵، ص. ۷۹).

همچنین، الگوهای جوی وقوع بارش برف سنگین در زاگرس مرکزی از ۲۰۱۰-۱۹۸۷ حاکی است، در زمان رخداد این پدیده، محور تراف شرق دریای مدیترانه به غرب ایران نزدیک شده و همزمان پرفشار سیبری در سطح زمین با پرفشار روی ترکیه ادغام و موج سرمای تاوه قطبی تا جنوب ایران ادامه دارد و هم دمای صفر درجه در خلیج فارس مشهود است. بنابراین، توده های سرد و مرطوب از شمال غرب، دریای مدیترانه و تزریق رطوبت خلیج فارس با صعود از بلندی های زاگرس مرکزی، بارش های سنگین برف را موجب می- گردد (دوستان، اسکندری و صادقی، ۱۳۹۵، ص. ۲۲۱). از طرفی تحلیل همدیدی ۱۰۹ بارش حدی و فراگیر در کرانه غربی خزر نشان داد، در همه الگوها در زمان وقوع این رخدادها پرفشار قوی بر روی دریای سیاه و همزمان کم ارتفاع ها بر روی دریا استقرار داشته و توده های هوا، غالب رطوبت را از دریای خزر و در مرتبه بعد از دریای سیاه به کرانه غربی دریای خزر منتقل می کنند (حلبیان، ۱۳۹۵، ص. ۱۹۳). همچنین، تأثیر رودبادهای بر بارش های فرین و فراگیر با استفاده از ۱۱۹ بارش در غرب ایران نشان داد، ربع دوم هسته رودباد در این روزها در غرب ایران با واگرایی در سطوح بالای جو، ناپایداری و بارش های شدید را موجب می- گردد (مظفری و شفیعی، ۱۳۹۶، ص. ۸۵). بارش های شدید تابستانه خزری با ۲۹ روز با بارش بیش از ۱۵ میلیمتر در دوره ۲۰۱۰-۱۹۹۱ حاکی است، در روزهای بارش عمدتاً جریانات خنک ناشی از نفوذ سامانه پرفشار در منطقه و جابجایی آن، بارش های سنگین را به همراه دارند (جلالی، ۱۳۹۶، ص. ۲۳). اقلیم خراسان جنوبی مشابه اطراف منطقه، خشک و

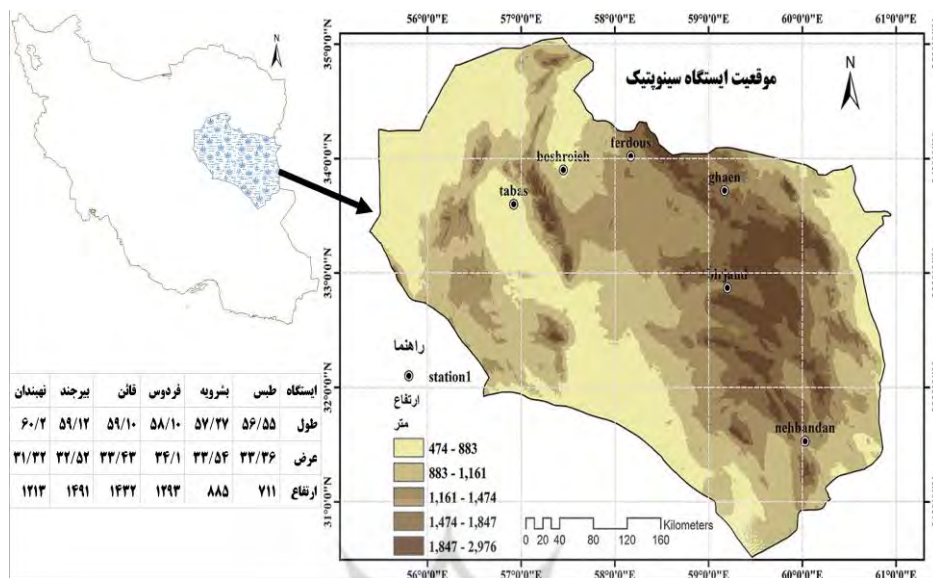
نیمه‌خشک بوده و ارتفاعات شمال و شرق منطقه و مناطق پست جنوب و غرب آن، تنوع اقلیمی را موجب می‌گردد.

از گذشته دور بارش‌های شدید، سیلاب و خشکسالی ویژگی ذاتی این اقلیم است و برخی از نبوغ مدیریت کم آبی، از جمله آب انبار، چاه کم عمق، کشت بندساری، قنات، کشت یک ساله (جو و گندم)، و با آبی‌بری کم (زعفران) و تقویم پیش‌بینی جوی (بارش ششه، چله‌خرد، چله بزرگ، چله تموس و غیره)، شرایط دیرینه اقلیم در این منطقه از شرق فلات ایران را هویدا می‌نماید. حال الگوهای جوی منجر به بارش‌های شدید در این منطقه جغرافیایی از فلات ایران کدامند؟

۲. داده و روش تحقیق

به این منظور (جواب به سؤال تحقیق)، داده‌های اقلیمی روزانه بارش ۶ ایستگاه سینوپتیک استان خراسان جنوبی از سازمان هواشناسی دریافت و بررسی شد. برای تعیین الگوهای جوی، با توجه به سال تأسیس ایستگاه، دوره پایه مطالعه سال ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۸ انتخاب شد. در هر ایستگاه، داده‌ها تنظیم و به لحاظ کیفی کنترل و تصحیح گردید. بارش شدید، بر مبنای شاخص صدک نود و پنجم در سری زمانی داده‌های هر ایستگاه، به طور جداگانه تعریف و مشخص شد. بر اساس آستانه بارش شدید در هر ایستگاه، روزهای همراه با بارش شدید در آن ایستگاه، مشخص گردید. با سری‌های زمانی، رفتار زمانی بارش‌ها در هر ایستگاه و در کل منطقه مشخص شد. بارش سینوپتیک شدید، مقدار بارش شدید ریزشی بالاتر از آستانه که همزمان در ۳ ایستگاه و بالاتر ریزش کرده، تعریف شد.

این روزها با مشخصات روز، ماه و سال تنظیم و در کل منطقه و ایستگاه خاص، مشخص شد. برای تعیین الگوهای جوی منجر به بارش‌های شدید، ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح ۵۰۰ میلیبار انتخاب شد. پنجره رقومی مورد مطالعه ۱۰ تا ۷۰ درجه شمالی و ۱۰ تا ۸۰ درجه شرقی شامل ماتریس اعداد رقومی ۲۹×۲۵ شامل ۷۲۵ گرید پونت می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

در ادامه، با استفاده از روش های آماری چندمتغیره (تحلیل مؤلفه اصلی با آرایه S و خوشه بندی)، به ترتیب به منظور کاهش ابعاد داده های رقومی و گروه بندی روزها یا تعیین الگوهای جوی منجر به این نوع ریزش ها، انجام شد. الگوهای جوی منجر به وقوع بارش های شدید در این منطقه بر اساس پدیده غالب جوی و تأثیرگذار در هر الگو، نام گذاری گردید. در ادامه به منظور تحلیل و رعایت اصل بسته هوا به عنوان یک کل، پارامترهای جوی و مؤثر تأثیرگذار در ارتباط با بارش های شدید، از جمله ارتفاع ژئوپتانسیل متر در تراز جوی ۵۰۰، ۷۰۰، ۸۵۰ و فشار سطح زمین (slp)، تاوایی نسبی (10^{-5})، رطوبت نسبی (%، خطوط جریان، باد وکتوری در لایه های جوی ۷۰۰، ۵۰۰، ۸۵۰، ۷۰۰، ۱۰۰۰ و سطح زمین (slp) مورد مطالعه و تحلیل قرار گرفت. همچنین، در هر الگو با توجه به میانگین تعداد روز بارش شدید و مقدار بارش ریزش شده در هر روز، پراکنش فضایی بارش شدید در هر الگو مشخص شد و این نشان می دهد مثلا در الگوی اول، غالب بارش شدید در کدام منطقه از خراسان جنوبی ریزش کرده است. از طرفی با توجه به زمان این بارش ها طی دوره مورد مطالعه (۱۹۸۷ تا ۲۰۱۸)، تغییرات دهه ای بارش ها مشخص شد، اینکه هر کدام از الگو در چه زمانی بیشتر حادث شده-

اند. تغییرات ماهانه هر الگو نیز مشخص شد و نشان داد هر الگو در چه ماهی بیشترین امکان وقوع را دارد.

جدول ۱- ویژگی های بارش خراسان جنوبی

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

ایستگاه						پارامتر آماری
بشرویه	نهبندان	قائن	فردوس	طیس	بیرجند	
۸۶	۱۱۹	۱۵۸	۱۳۱	۷۹	۱۶۲	متوسط بارش (mm)
۱۵	۲۲	۱۸	۱۶	۱۳	۱۶	آستانه بارش شدید (<95%)(mm)
۴۸	۳۰	۴۳	۴۲	۲۶	۸۳	تعداد بارش شدید (day)
۲۸	۳۰	۴۳	۳۸	۲۶	۴۲	تعداد بارش حدی از ۱۹۸۷

۳. یافته‌های تحقیق

توزیع ماهانه بارش‌های شدید حاکی است (جدول ۲)، غالب بارش‌ها عمدتاً در ماه‌های سرد و بهار حادث می‌گردد. چنانکه به ترتیب ماه ۳ و ۲ معادل ماه‌های مارس و غوریه بیشترین احتمال وقوع این نوع ریزش‌ها به ترتیب با ۱۳ و ۱۲ روز طی دوره مورد مطالعه در خراسان جنوبی وجود دارد. همچنین به ترتیب در کل دوره الگوی جوی دوم و سوم به ترتیب با ۱۷ و ۱۵ روز بارشی شدید، بیشترین ریزش‌ها را موجب می‌گردد.

جدول ۲- توزیع ماهانه روزهای بارش شدید در منطقه مطالعه

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

الگوی	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	کل
اول	۳	۴	-	-	-	-	-	-	-	-	-	۲	۹
دوم	۱	۱	۸	۲	-	-	-	-	۴	-	۱	-	۱۷
سوم	-	۷	۵	۱	-	-	-	-	-	-	-	۲	۱۵

تغییرات مکانی بارش‌ها حاکی است (جدول ۳)، بیشترین روز بارش الگوی اول در فردوس با ۹ روز، اما بیشترین مقدار بارش در بیرجند، قائن و نهبندان به ترتیب با ۲۰، ۱۷ و ۱۷ میلیمتر

می باشد. در الگوی دوم، بیشترین روز بارش در قائن و بشرویه با ۱۷ روز و بیشینه مقدار بارش در فردوس و قائن به ترتیب با مقدار ۲۳ و ۲۰ میلیمتر ریزش می کند. بیشترین روز بارشی الگوی سوم، در فردوس و قائن با ۱۵ روز، اما بیشترین مقدار بارش در بیرجند با ۱۸ میلیمتر می باشد.

جدول ۳ - مقدار بارش و تعداد روز بارشی ایستگاه در هر الگوی بارش شدید در منطقه

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

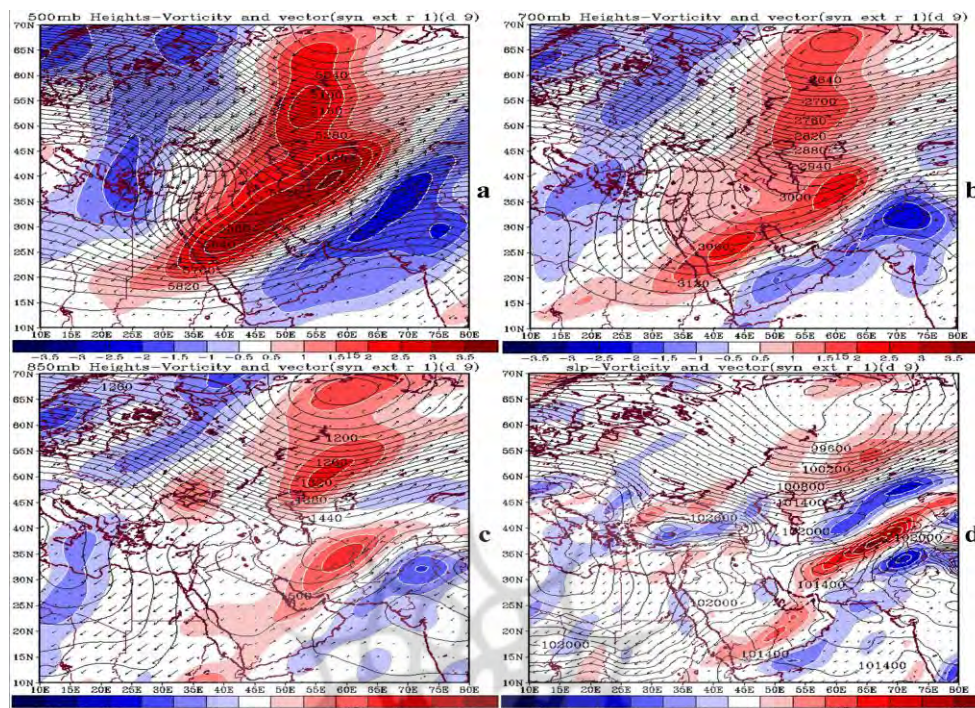
الگوی ایستگاه	اول		دوم		سوم	
	تعداد روز	متوسط بارش (mm)	تعداد روز	متوسط بارش (mm)	تعداد روز	متوسط بارش (mm)
فردوس	۹	۱۵	۱۲	۲۳	۱۵	۱۶
قائن	۸	۱۷	۱۷	۲۰	۱۵	۱۶
بیرجند	۸	۲۰	۱۲	۱۶	۱۴	۱۸
نهبندان	۶	۱۷	۱۴	۱۶	۱۱	۱۴
بشرویه	۸	۱۱	۱۷	۱۸	۱۴	۱۰
طبس	۷	۱۲	۹	۱۴	۱۳	۱۰
میانگین	۸	۱۵	۱۴	۱۸	۱۴	۱۴

۳.۱. الگوهای جوی بارش شدید

۳.۱.۱. الگوی بلاکینگ مدیترانه (Mediterranean Blocking)

الگوی جوی سطح ۵۰۰ میلیار حاکی است، پدیده بلاکینگ امگا در مدیترانه مرکزی و سردچال جوی در عرض بالا بر روی سیبری غربی، موجب حرکت نصف النهاری بادهای غربی بر روی ایران شده و تراف خمیده از دریای خزر تا مصر امتداد دارد. در این سطح جریان سرد بادهای غربی با هم ارتفاع ۵۵۲۰ متر تا ۵۷۵۰ متر بر روی ایران مشهود است. با توجه به قرارگیری تراف بر روی ایران بادهای شمالی در غرب ایران و بادهای با جهت جنوب غربی در مرکزی و نیمه شرقی ایران جریان دارند. در این سطح مناطق با تاوایی مثبت در شمال غربی شبه جزیره عربستان، غرب و شمال ایران تا روسیه شرقی امتداد دارد و مناطق با تاوایی منفی در جنوب شرقی ایران تا افغانستان وجود دارد. در منطقه شیب فشار در

مرکز ایران بادهای با جهت جنوب غربی و شدید از خلیج فارس بر روی منطقه مورد مطالعه به آسیای مرکزی می‌وزند. در سطح ۷۰۰ میلیبار، الگوی بادهای غربی حاکی است، به سبب ایجاد بلاکینگ مدیترانه مرکزی و همزمان بلاکینگ دیگر در جنوب پاکستان و دو سردچال به ترتیب در شمال شرقی روسیه و سردچال کوچکتر در غرب ایران موجب شده تا تراف بادهای غربی در حرکت نصف‌النهار از روسیه غربی تا شمال شرقی آفریقا ادامه داشته باشد، این موجب شده تا محور تراف دو بخش شده و بخش اول تا شمال ایران و بخش دوم با محوری خمیده از شمال غربی ایران تا شمال شرقی آفریقا کشیده شود. در این سطح مناطق با بیشینه تاوایی در مرکز عربستان تا شمال شرقی و روسیه غربی امتداد داشته و مناطق با بیشینه تاوایی منفی در جنوب شرقی ایران و پاکستان مشهود است و جریانات شدید در منطقه شیب فشار این دو مرکز از خلیج فارس و غرب دریای عمان به شرق ایران و افغانستان می‌وزند. در این سطح هم ارتفاع ۳۰۶۰ متر از منطقه می‌گذرد. در سطح ۸۵۰ میلیبار نیز کم‌ارتفاع‌ها بر روی ایران قرار دارند و منطقه با بیشینه منفی تاوایی از خلیج فارس تا شرق و منطقه مطالعه و منطقه با بیشینه مثبت بر روی شمال شرقی پاکستان مشهود است و جریانات با جهت جنوب غربی به منطقه می‌وزند. در این سطح جوی هم ارتفاع ۱۴۷۰ از منطقه می‌گذرد. در سطح زمین مرکز کم فشاری بر روی شرق ایران و خراسان جنوبی با هم فشار ۱۰۱۲,۵ میلیبار قرار داشته و هم‌زمان هسته‌های پرفشار بر روی جنوب اروپا و زیانه‌های آن تا شمال آفریقا و غرب ایران استقرار دارند. در این الگو بیشینه تاوایی مثبت نیز در منطقه مطالعه و افغانستان مسقر بوده و جریانات جوی از خلیج فارس با جهت جنوب غربی به این چرخند در شرق ایران وارد می‌شوند.



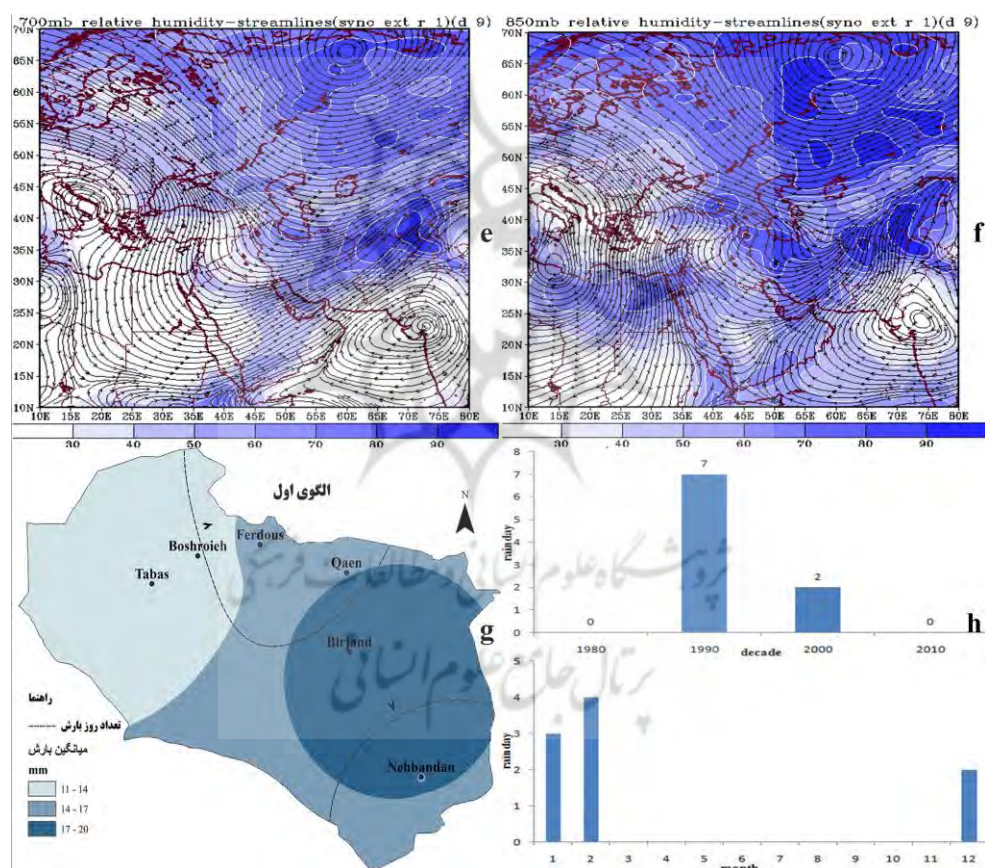
شکل ۲- ارتفاع ژئوپتانسیل (m)، تاوایی نسبی (10^{-5}) و جهت باد در سطوح جوی ۵۰۰ (a)، ۷۰۰ (b)،

۸۵۰ (c) میلی بار و فشار سطح زمین (d) از الگوی اول

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

در سطح ۷۰۰ میلیبار با وقوع واچرخندها بر روی مدیترانه مرکزی، آفریقا و همزمان واچرخند قوی تر دیگر در شرق دریای عرب بر روی هند موجب شده تا جریانات با جهت شمالی در شرق مدیترانه با عبور از عراق و خلیج فارس با جهت شرقی و جنوب شرقی به ایران بوزند. در این سطح نیز بیشینه رطوبت نسبی در غرب خلیج فارس و ایران و عمدتاً در شرق ایران تا هنوکش و جنوب خزر مشهود است. در سطح ۸۵۰، نیز مشابه سطوح دیگر موقعیت چرخندها حفظ شده و جریانات غالب بر روی ایران در شمال غرب جهت شمالی و در دیگر نقاط ایران جریانات با جهت جنوب غربی - شمال شرقی از شرق ایران می گذرند. در این الگو بیشینه های رطوبت نسبی در شمال و شمال غرب ایران و بخش غالب ایران تا افغانستان و هنوکش می باشند. همچنین رطوبت نسبی در عرض های بالاتر در روسیه و شمال اروپا بالاست. در الگوی سطح زمین نیز مشابه سطح بالاتر کمینه رطوبت نسبی بر بیابان های

آفریقا، عربستان، شمال غرب هند و پاکستان و بیابان‌های شرق دریای خزر قرار داشته و بیشینه‌ها عمدتاً در عرض‌های بالاتر و ایران مستقرند. توزیع زمانی و مکانی بارش‌های شدید در این الگو حاکی است (شکل ۳، g، h)، میانگین بارش شدید در این الگو ۱۱-۲۰ میلیمتر بوده که از غرب به شرق منطقه افزایش دارد و بیشترین روزهای بارش شدید با بیش از ۸ روز در شمال منطقه حادث گردید. تغییرات زمانی حاکی است این الگو یک الگوی زمستان است و به ترتیب بیشترین وقوع را در ماه فوریه، ژانویه و دسامبر دارد. این الگو در طی چهار دهه گذشته، بیشترین فراوانی را در دهه ۱۹۹۰ و دهه ۲۰۰۰ داشته است.



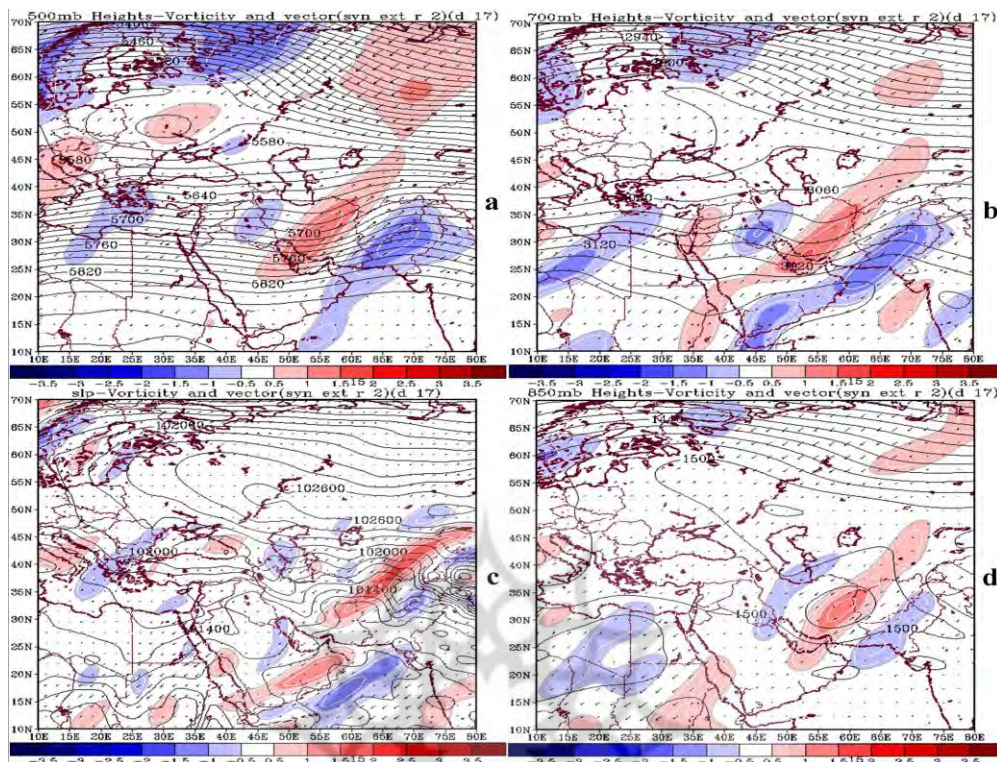
شکل ۳- خطوط جریان باد و رطوبت نسبی (%) سطوح جوی ۷۰۰ (e)، ۸۵۰ (f) میلی بار و توزیع

زمانی (h)-مکانی (g) بارش‌های شدید در الگوی اول

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

۳. ۱. ۲. الگوی تراف ایران (Trough of Iran)

شرایط جوی این الگو از بارش های شدید در خراسان جنوبی حاکی است (شکل ۴)، بادهای غربی با وقوع سرچال قوی با هم ارتفاع ۵۵۵۰ متر در مرکز اروپا ایجاد شده و این پدیده جوی موجب شده تا بادهای غربی در شمال آن بر روی اروپای شمالی و اسکاندیناوی حرکت نصف النهاری و بر روی مدیترانه و ایران حرکت مداری داشته باشند. در سطح ۵۰۰ میلیبار ناوه کم عمقی در مرکز متمایل به شرق ایران با محور شمال جنوبی مشهود است و هم ارتفاع ۵۷۱۵ متر از منطقه مطالعه می گذرد و هم زمان پشته بادهای غربی در شرق ایران بر روی پاکستان و افغانستان استقرار دارد. بیشینه تاوایی مثبت و منفی به ترتیب در مرکز تا شمال شرقی ایران و شمال پاکستان مشهود است. در این الگو منطقه مورد مطالعه در جلوی ناوه و منطقه ناپایداری دینامیکی بادهای غربی قرار دارد. در این سطح بادهای شدید از خلیج فارس و غرب عمان با جهت شمال شرقی از منطقه مطالعه و جنوب شرقی ایران می گذرند. در سطح ۷۰۰ میلیبار نیز شرایط فوق مشهودتر است و سردچال در کل اروپا موجب شده تا بادهای غربی مسیرهای شمالی و جنوبی را به ترتیب از شمال اروپا و شمال دریای مدیترانه به غرب انتخاب کنند در این سطح ناوه کم عمقی در شرق ایران تا خلیج فارس تشکی شده و پشته ها به ترتیب در دو طرف این ناوه بر روی زاگرس در غرب و پاکستان و افغانستان در شرق قرار دارند. در این الگو مناطق بیشینه تاوایی مثبت از خلیج فارس تا شمال شرقی ایران قرار داشته و تاوایی منفی بر روی عراق و غرب ایران، یمن، دریای عمان تا پاکستان مستقرند. بادهای با جهت جنوب غربی و شدید از خلیج فارس تا منطقه مورد مطالعه می وزند. در سطح ۸۵۰ میلیبار، هم ارتفاع بسته شده با ارتفاع ۱۴۸۵ متر بر روی شرق ایران و منطقه مطالعه مسقر است و بیشینه تاوایی مثبت در این منطقه و مناطق با تاوایی منفی در دو طرف آن بر روی غرب تا خزر و پاکستان مستقرند. بادهای با حرکت چرخندی در شرق ایران جریان دارند. در سطح زمین از این الگو زبانه کم فشار با فشار ۱۰۱۱ میلیبار بر روی منطقه فرار دارد و پرفشارها در عرض بالاتر از سیبری تا اروپا مسقرند. در این الگو نیز منطقه مورد مطالعه با تاوایی نسبی مثبت و ناپایداری جوی همراه است.



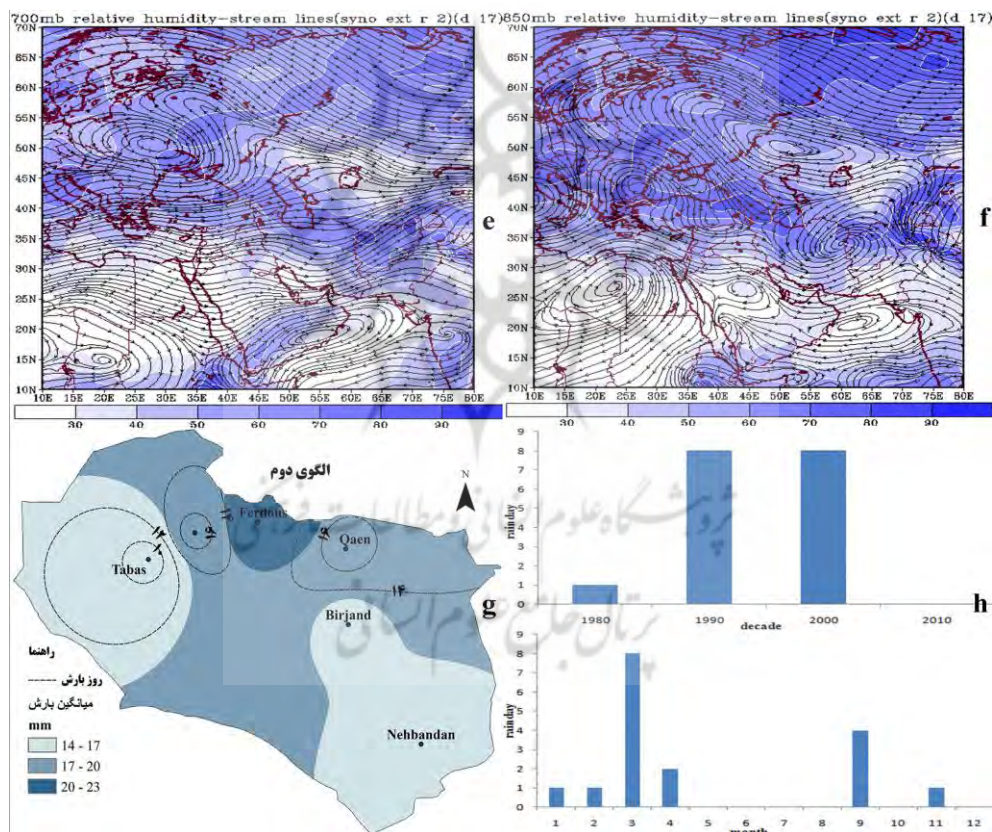
شکل ۴- ارتفاع ژئوپتانسیل (m)، تاوایی نسبی (10^{-5})، جهت باد در سطوح جوی ۵۰۰ (a)، ۷۰۰ (b)،

۸۵۰ (c) میلی بار و فشار سطح زمین (d) از الگوی دوم

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

الگوهای جریان الگوی دوم بارش شدید حاکی است (شکل ۵، f، e)، حرکت چرخندی جریانات جوی در سطح ۷۰۰ میلیبار بر روی اروپا و حرکات و اچرخندی جریانات در عرض های پایین بر روی آفریقا و جنوب عربستان مسقرند، و جریانات غربی از مدیترانه و جنوب اروپا از ایران به غرب می وزند. در این سطح ارتفاعی بیشترین رطوبت نسبی در عرض های بالا و اروپا تا شرق ایران مشهود است. منطقه مطالعه در محدوده بیشینه رطوبت نسبی با بیش از ۷۰ درصد از قفقاز تا خراسان بزرگ را شامل می شود. در سطح ۸۵۰ میلیبار، چرخند غالب در محدوده مورد مطالعه بر روی شرق ایران و مرکز آن بر روی منطقه مطالعه و جریان چرخندی دیگری بر روی بلغارستان و یونان قرار دارد، از طرفی و اچرخندها عمدتاً بر روی آفریقا، عربستان و عمان در عرض های جنوبی و در شمال دریای خزر و بر روی قزاقستان

مسقرند. در این الگو بیشینه‌های رطوبت نسبی بالاتر از عرض ۳۰ درجه قرار دارند و میزان رطوبت نسبی منطقه مورد مطالعه در این الگو بیش از ۷۰ درصد می‌باشد. توزیع زمانی- مکانی این الگو حاکی است (شکل ۵، g, h)، میانگین بارش این الگو در منطقه مطالعه ۱۴-۲۳ میلیمتر می‌باشد. بیشترین بارش‌ها در مناطق شمالی است و در شرق و غرب منطقه، مقدار بارش‌ها در این الگو کمتر است. بیشترین روزهای بارش بیش از ۱۴ روز در شمال خراسان جنوبی می‌باشد. توزیع زمانی الگو حاکی است این الگو زمستانه نیست و عمدتاً در ماه مارس (ماه نوروز) و اوایل بهار بارش‌های شدید را موجب می‌گردد. این الگو در چهار دهه گذشته در دو دهه ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ بیشترین وقوع را داشت و در دهه ۲۰۱۰ حادث نشد.



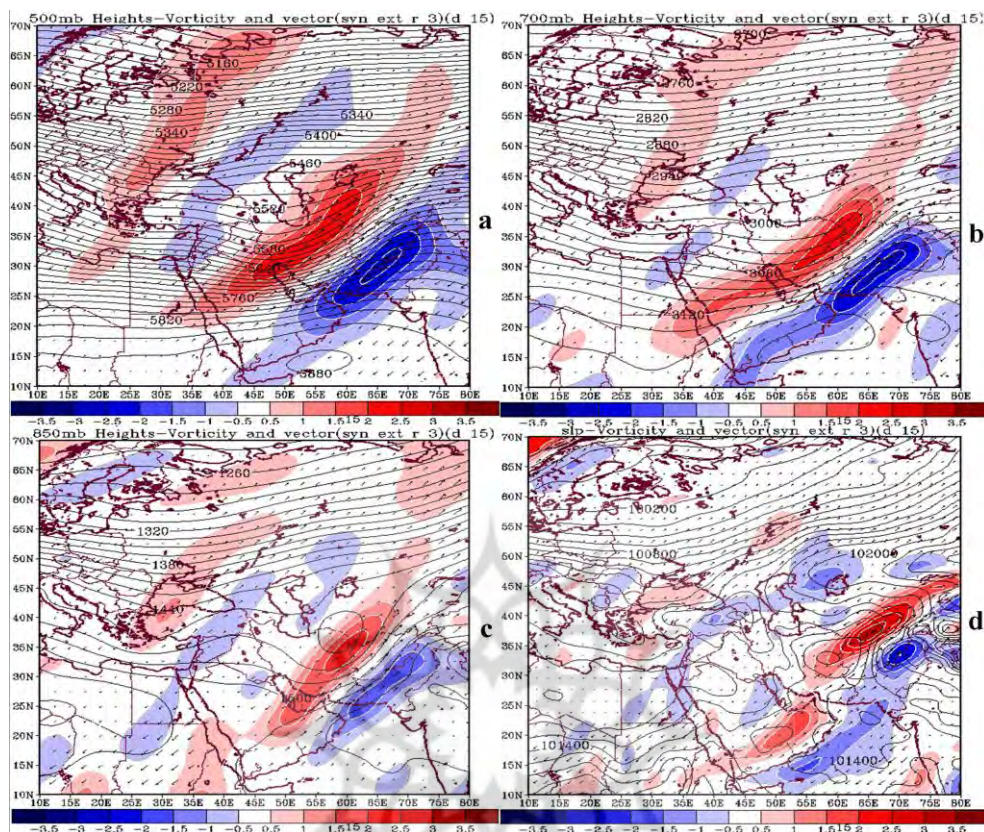
شکل ۵- خطوط جریان باد و رطوبت نسبی (%) سطوح جوی ۷۰۰ (e)، ۸۵۰ (f) میلی بار و توزیع

زمانی (h)- مکانی (g) بارش های شدید الگوی دوم

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

۳.۱.۳. الگوی کم فشار (Low pattern)

در سطح ۵۰۰ میلیبار از الگوی سوم بارش شدید خراسان جنوبی، بادهای غربی بر روی ایران حرکت مداری داشته و ناوه کم عمقی در مرکز ایران با محور شمالی - جنوبی مشهود است و منطقه مطالعه و شرق ایران در جلوی این ناوه قرار دارد، همزمان پشته کم عمق و کشیده‌ای بر روی پاکستان تا شمال غربی هند مشهود است. فشردگی خطوط هم ارتفاع در این الگو حاکی از شیب زیاد ارتفاع و کاهش دما در سطوح بالای جو است. در این الگو هم ارتفاع ۵۶۴۰ متر بادهای غربی از منطقه مطالعه می‌گذرد. بیشینه تاوایی مثبت از غرب خلیج فارس تا شمال شرقی ایران و آسیای مرکزی و بیشترین تاوایی منفی از جنوب شرقی ایران تا شمال پاکستان ادامه دارد. در سطح ۷۰۰ از این الگو، ناوه بادهای غربی در نیمه شرقی ایران و بروی منطقه مورد مطالعه مسقر بوده و هم ارتفاع ۳۰۴۵ متر از منطقه مطالعه می‌گذرد در این الگو منطقه بیشینه مثبت بر روی منطقه مطالعه و بیشینه منفی بر روی پاکستان مشهود است. جریان باد با جهت جنوب غربی به شمال شرقی از خلیج فارس به شمال شرقی ایران و افغانستان با سرعت زیاد میوزد. در سطح ۸۵۰ میلیبار تراف بادهای غربی در شرق ایران عمیق تر شده و هم ارتفاع بسته شده با ارتفاع ۱۴۵۵ متر در شمال شرقی ایران شکل گرفته است. بنابراین، در این الگو منطقه مورد مطالعه در داخل تراف و در جنوب هو ارتفاع بریده شده مسقر است. به ترتیب منطقه بیشینه تاوایی مثبت و منفی بر روی منطقه مطالعه و پاکستان مشهود است و جریان باد شدید از خلیج فارس و غرب دریای عمان به منطقه مطالعه و شرق ایران می‌وزند. در سطح زمین از این الگو بر روی شرق ایران و منطقه مطالعه، کم فشار با فشار مرکزی ۱۰۱۱ میلیبار با دو هم فشار بسته شده، و همزمان هسته های پرفشار بروی آناتولی و سیبری مستقرند. در سطح زمین از این الگو، بیشینه مثبت تاوایی نسبی بر روی هنوکش تا شرق ایران و بیشینه تاوایی منفی در شمال پاکستان مشهود است و جریان باد در شرق ایران جنوب غربی به شمال شرقی می‌باشد.



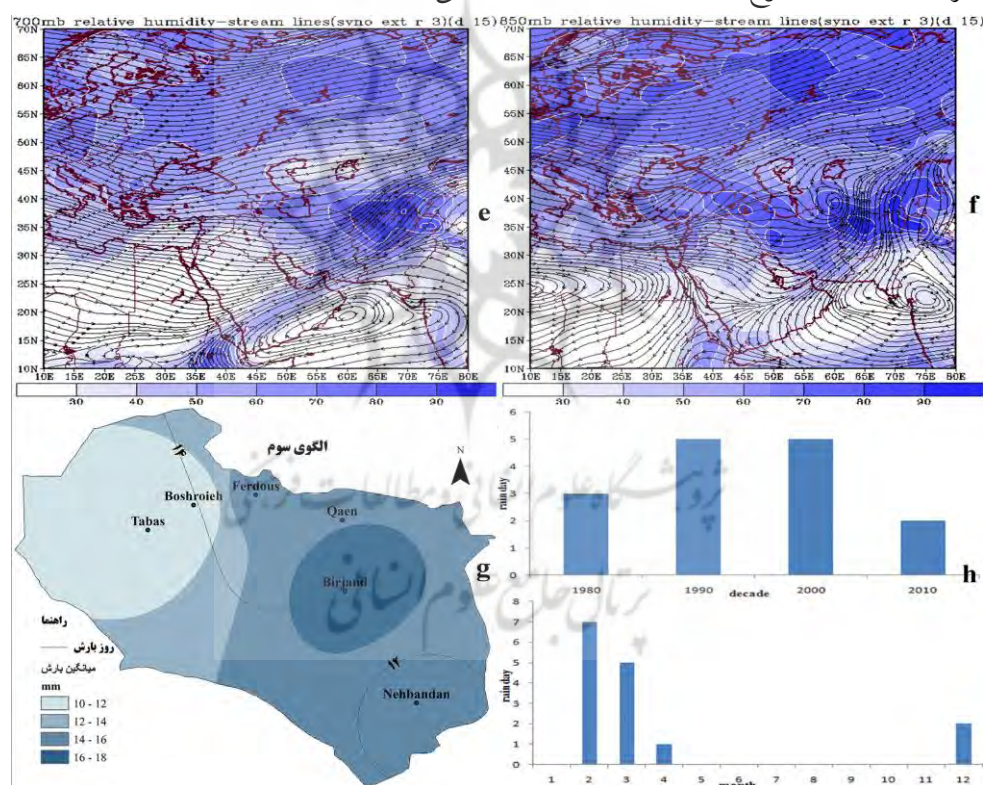
شکل ۶- ارتفاع ژئوپتانسیل (m)، تاوایی نسبی (10^{-5}) و جهت باد در سطوح جوی ۷۰۰ (a)، ۷۰۰ (b)،

۸۵۰ (c) میلی بار و فشار سطح زمین (d) الگوی سوم

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

الگوی جریان و رطوبت نسبی الگوی سوم حاکی است (شکل ۷)، در سطح ۷۰۰ میلیبار جریانات جوی از غرب از دریای مدیترانه و شمال آفریقا به ایران می‌وزند و این جریانات در غرب دریای عرب حرکت و اچرخندی دارند. در این الگو بیشینه رطوبت نسبی در هندوکش تا شرق ایران به میزان بیش از ۸۰ درصد و کمینه رطوبت نسبی منطبق بر مناطق گرم عرض-های جنوبی در شمال آفریقا، عربستان و دریای عرب وجود دارد. در این الگو جریانات مرطوب با جهت جنوب غربی و غربی به منطقه مطالعه می‌وزند. در سطح ۸۵۰، جریانات قوی و اچرخندی در عرض‌های جنوبی در شمال آفریقا و شمال غربی هند وجود دارد و چرخند کوچکی بر روی ترکمنستان در آسیای مرکزی مشهود است. در این سطح بیشینه

رطوبن نسبی در شمال غرب ایران و هندوکش وجود دارد و میزان رطوبت نسبی در منطقه مطالعه بیش از ۸۰ درصد بوده و جریانات غربی در این منطقه همرسی دارند. توزیع زمانی و مکانی بارش‌های شدید در این الگو حاکی است (شکل ۷ g,h)، میانگین بارش‌ها بین ۱۰ تا ۱۸ میلیمتر می‌باشد و بیشترین بارش‌ها در نیمه شرقی و کمترین آن در غرب خراسان جنوبی حادث می‌گردد. بیشترین روزهای بارش در این الگو با بیش از ۱۴ روز در شمال منطقه و در جنوب شرقی منطقه بارش‌های شدید با بیش از ۱۲ میلیمتر مشهود است. توزیع زمانی این الگو نشان می‌دهد، این الگو غالباً در اواخر زمستان در ماه‌های فوریه و مارس بیشترین وقوع را دارد. همچنین طی ۴ دهه مورد مطالعه بر عکس دو الگوی قبلی در هر ۴ دهه حادث گردیده و بیشینه وقوع آن در دهه ۱۹۹۰ و ۲۰۰۰ می‌باشد.



شکل ۷- خطوط جریان باد و رطوبت نسبی (٪) سطوح جوی ۷۰۰ (e)، ۸۵۰ (f) میلی بار و توزیع

زمانی (h) - مکانی (g) بارش شدید الگوی سوم

مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

به طور کلی (جدول ۳) شرایط جو بالای حاکم بر منطقه مطالعه در روزهای همراه با بارش های شدید، به ترتیب هم ارتفاع های ۵۷۶۰، ۵۷۰۰ و ۵۶۴۰ بادهای غربی است که حکایت از شرایط جوی منطقه برون حاره و ناپایداری هوا دارد. همزمان شرایط فشار در سطح زمین، کم فشار است و در سه الگو به ترتیب وضعیت فشار در منطقه، هم فشار ۱۰۱۲، ۱۰۱۱ و ۱۰۱۱ میلیبار بوده و حاکی از استقرار سیکلون در زمان ریزش های شدید دارد. در همه الگوها جهت غالب بادهای در سطوح مختلف جوی جنوب غربی به شمال شرقی است و جریانات جوی مرطوب عمدتاً از مناطق جنوبی ایران از پهنه های آبی خلیج فارس و دریای عمان به منطقه می رسند، که از نقش این دو دریا در بارش های شدید شرق ایران حکایت دارد.

جدول ۳- خلاصه وضعیت شرایط جوی سطوح هم فشار بر روی منطقه مطالعه در روزهای با بارش شدید
مأخذ: نگارنده، ۱۳۹۹

الگوی پارامتر	اول				دوم				سوم			
	slp	۸۵۰	۷۰۰	۵۰۰	slp	۸۵۰	۷۰۰	۵۰۰	slp	۸۵۰	۷۰۰	۵۰۰
هم ارتفاع (m)	۱۰۱۲	۱۴۷۰	۳۰۴۵	۵۷۶۰	۱۰۱۱	۱۴۸۵	۳۰۹۰	۵۷۰۰	۱۰۱۱	۱۴۸۵	۳۰۹۰	۵۷۰۰
چرخندگی (10^{-5})	۲	۲	۱/۵	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
رطوبت (%)	-	۷۵	۷۵	-	-	۷۵	۷۵	-	-	۷۵	۷۵	-
جهت و سرعت باد	↗	↗	↗	↗	↖	↗	↗	↗	↗	↗	↗	↗

منبع: نگارنده

۴. نتیجه گیری

بارش های شدید شرق ایران مشابه دیگر رخداد های جوی دوره سرد اقلیم ایران، با حرکت نصف النهاری و عمیق شدن ناوه بادهای غربی در شرق مدیترانه ارتباط دارند. این الگو با وقوع بلاکینگ مدیترانه مرکزی با سردچال اروپای شرقی - روسیه غربی در سطوح میانی جو، و تراف های کم عمق در مرکز و شرق ایران با هم ارتفاع بسته شده در سطوح پایین جو،

حادث می‌گردند. چنانکه با این نوع حرکت بادهای غربی، ناپایداری و ویژگی‌های آن‌ها، از عرض بالاتر (برون حاره)، به عرض پایین‌تر و خاورمیانه می‌رسند. در روزهای بارش شدید خراسان جنوبی به طور متوسط هم‌ارتفاع ۵۷۰۰، ۳۰۶۰ و ۱۴۷۵ متر به ترتیب در سه سطح ۵۰۰، ۷۰۰ و ۸۵۰ میلیار بر روی منطقه قرار دارند. در سطح زمین، کم‌فشارهای دینامیک (سیکلون‌ها) با متوسط فشار ۱۰۱۱/۵ میلیبار، با حرکت چرخندی در نیمه شرقی ایران موجب شده، تا جریان‌ات مرطوب شرق مدیترانه، از مسیر جنوبی‌تر برای ورود به فلات ایران با تزریق رطوبت از خلیج فارس و دریای عمان به شرق و شمال شرقی ایران بوزند و در این چرخه‌ها وارد شوند. این دو منبع رطوبتی (خلیج فارس و دریای عمان) نقش بیشتری در بارش‌های شدید جنوب خراسان دارند، چنانکه در مطالعات گذشته نیز مشهود است (گلکار و محمدی، ۱۳۹۲، ص. ۳۳). از طرفی ارتفاعات شرق ایران با جهت شمال غربی - جنوب شرقی در تشدید صعود توده‌ها و شرایط بارشی نقش دارند، چراکه تمرکز بارش شدید با بیش از ۱۸ میلیمتر، عمدتاً بر نواحی مرتفع در شرق ایران در قائن، بیرجند و فردوس چشمگیرتر است. همزمان الگوی غالب در منطقه وسیعی از جنوب غرب آسیا در سطح زمین، کم‌فشار است و پرفشار سیبری ضعیف‌تر شده و در شرق آسیای مرکزی و عرض بالاتر محدود است. در این شرایط جریان‌ات و اچرخند، پرفشارهای دینامیک در آفریقا، عربستان و شرق دریای عرب موجب شده تا جریان‌ات مرطوب عمدتاً در مسیر شمال شرقی با استقرار ناوه در شرق ایران با جهت جنوب غربی - شمال شرقی، به خراسان جنوبی بوزند. چنانکه این سه الگوی جوی، به ترتیب ریزش بارش شدید با مقدار، ۱۵، ۱۸ و ۱۴ میلیمتر در منطقه را موجب شده و الگوی دوم بیشترین نقش را در این ریزش‌ها دارد. به لحاظ زمان وقوع، الگوی اول، زمستانه (فوریه)، الگوی دوم، بهاره (مارس) و الگوی سوم، الگوی جوی زمستانه - بهاره (فوریه) می‌باشد. بنابراین، شدیدترین بارش‌ها در بهار و اواخر زمستان به ترتیب در ماه‌های مارس و فوریه با الگوی دوم و سوم حادث می‌گردند. اینگونه بارش‌ها در این منطقه، همراه با سیل بوده که نیاز به مدیریت دارند. هر چند در این منطقه از ایران از گذشته‌های دور به شیوه سنتی (تجربه)، کشاورزان با کشت بندساری و ایجاد آب بندهای محلی در اطراف یا مسیر رودخانه‌ها، بخشی از این روان‌آب‌ها را کنترل و کشت‌های بهاره را در زمین‌های آبرفتی حاصل از این سیلاب‌ها

انجام داده‌اند که عمدتاً این شیوه، در دشت‌های پایکوهی، با کاهش سرعت آب امکان‌پذیر بوده و موجب پخش سیلاب و نفوذ پذیری روان‌آب‌ها نیز می‌گردد.

کتاب‌نامه

۱. احمدی، ا؛ علیجانی، ب. (۱۳۹۳). شناسایی الگوهای هم‌دیدگی بارش‌های سنگین ساحل شمالی خلیج فارس. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۶ (۳)، ۲۷۵-۲۹۶.
۲. امیدوار، ک. و ترکی، م. (۱۳۹۱). شناسایی الگوهای ریزش بارش‌های سنگین در استان چهارمحال و بختیاری، مدرس علوم انسانی - برنامه ریزی و آمایش فضا، ۱۶ (۴)، ۱۶۹-۱۳۵.
۳. باعقیده، م؛ انتظاری، ع؛ علیمرادی، ف. (۱۳۹۱). تحلیل سینوپتیکی بارش‌های حوضه‌های اترک و گرگانرود (۳۹ بارش فراگیر). جغرافیا و توسعه، ۱۶، ۱۲۴-۱۱۳.
۴. جلالی، م؛ شاهبایی، ع؛ کمریان، و. (۱۳۹۶). شناسایی الگوی هم‌دیدگی بارش‌های شدید تابستانه در سواحل جنوبی دریای خزر. جغرافیا و برنامه‌ریزی، ۲۱ (۵۹)، ۳۹-۲۳.
۵. حلییان، الف.ح. (۱۳۹۵). تحلیل هم‌دیدگی بارش‌های حدی و فراگیر در کرانه‌های غربی خزر با تأکید بر الگوهای فشار تراز دریا. جغرافیا، ۱۴ (۵۱)، ۲۱۸-۱۹۳.
۶. حلییان، الف.ح؛ حسینعلی پورجزی، ف. (۱۳۹۳). تحلیل فراوانی رودبادهای مرتبط با بارش‌های حدی و فراگیر در کرانه‌های غربی خزر. تحقیقات جغرافیایی، ۲۹ (۱) (پیاپی ۱۱۲)، ۲۲۰-۲۰۵.
۷. دوستان، ر؛ اسکندری، م؛ صادقی، س. (۱۳۹۵). تحلیل هم‌دیدگی بارش برف سنگین جاده‌های کوهستانی زاگرس مرکزی (مطالعه موردی: جاده چلگرد-شهرکرد-لردگان). فضای جغرافیایی، ۱۶ (۵۶)، ۲۳۹-۲۲۱.
۸. سعیدآبادی، ر؛ آب‌خرابات، ش؛ نجفی، م. س. (۱۳۹۴). موقعیت رودباد جبهه قطبی در ارتباط با بارش‌های سنگین و شار رطوبت ترازهای پایین غرب ایران. محیط شناسی، ۴۱ (۴)، ۷۹۸-۷۸۳.
۹. طاهایی، ف؛ سلکی، ه؛ حجازی زاده، ز. (۱۳۹۵). بررسی الگوهای هم‌دیدگی بارش‌های فوق سنگین غرب و جنوب غرب حوضه آبخیز دریاچه ارومیه. برنامه‌ریزی و آمایش فضا، ۲۰ (۱)، ۹۵-۷۹.
۱۰. عساکره، ح؛ خوش رفتار، ر؛ ستوده، ف. (۱۳۹۱). تحلیلی بر بارش‌های سنگین روزانه سپتامبر در ارتباط با الگوهای هم‌دیدگی در استان گیلان (۱۹۷۶-۲۰۰۵). پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، ۴۴ (۲) (پیاپی ۸۰)، ۶۶-۵۱.

- علیجانی، ب. (۱۳۹۶). آب و هوای ایران. چاپ چهاردهم. تهران: انتشارات سمت.
۱۱. گل کار، م؛ محمدی، ح. (۱۳۹۲). بارش‌های خراسان جنوبی. *جغرافیا سرزمین*، ۱۰ (۳۷)، ۵۴-۳۳.
۱۲. محمدی، ب؛ مسعودیان، الف. ب. (۱۳۸۹). تحلیل همدید بارش‌های سنگین ایران (مطالعه موردی: آبان ماه)، *جغرافیا و توسعه*، ۱۹، ۴۷-۷۰.
۱۳. مصطفائی، ح؛ علیجانی، ب؛ سلیقه، م. (۱۳۹۴). تحلیل سینوپتیکی بارش‌های شدید و فراگیر در ایران. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۲ (۴)، ۷۶-۶۵.
۱۴. مظفری، غ.ع؛ شفیعی، ش. (۱۳۹۶). تحلیل فضایی فراوانی رودبادهای موثر در بارش‌های فرین غرب ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۹ (۱)، ۸۵-۱۰۰.

15. Bohlinger, P., Sorteberg, A., & Sodemann, H. (2017). Synoptic conditions and moisture sources actuating extreme precipitation in Nepal. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 122(23), 653671.
16. Champion, A. J., Blenkinsop, S., Li, X. F., & Fowler, H. J. (2019). Synoptic scale precursors of extreme UK summer 3 hourly rainfall. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(8), 4477-4489.
17. Dayan, U., Nissen, K., & Ulbrich, U. (2015). Atmospheric conditions inducing extreme precipitation over the eastern and western Mediterranean. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(11), 2525-2544.
18. Hellström, C. (2005). Atmospheric conditions during extreme and non extreme precipitation events in Sweden. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 25(5), 631-648.
19. Houssos, E. E., & Bartzokas, A. (2006). Extreme precipitation events in NW Greece. *Advances in Geosciences*, 7, 91-96.
20. Oliveira, P. T. D., Lima, K. C., & e Silva, S. (2013). Synoptic environment associated with heavy rainfall events on the coastland of Northeast Brazil. *Advances in Geosciences*, 35, 73-78.
21. Teixeira, M. S., & Satyamurty, P. (2007). Dynamical and synoptic characteristics of heavy rainfall episodes in southern Brazil. *Monthly Weather Review*, 135(2), 598-617.
22. Toreti, A., Giannakaki, P., & Martius, O. (2016). Precipitation extremes in the Mediterranean region and associated upper-level synoptic-scale flow structures. *Climate dynamics*, 47(5), 1925-1941.
23. Toreti, A., Xoplaki, E., Maraun, D., Kuglitsch, F. G., Wanner, H., & Luterbacher, J. (2010). Characterization of extreme winter precipitation in Mediterranean coastal sites and associated anomalous atmospheric circulation patterns. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10(5), 1037-1050.

24. Zhang, W., & Villarini, G. (2019). On the weather types that shape the precipitation patterns across the US Midwest. *Climate Dynamics*, 53(7), 4217-4232.

