

تحلیل الگوهای جوی منجر به وقوع بارش شدید در خراسان

هادی منصوری^۱، رضا دوستان^{۲*}، مجید حبیبی نوخندان^۳

۱- کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۲- استادیار اقلیم‌شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۳- دانشیار اقلیم‌شناسی، مرکز ملی اقلیم‌شناسی مشهد، ایران

چکیده

بارش‌های شدید ویژگی ذاتی بارش ایران است، که در دهه‌های اخیر با گرمایش جهانی، تشدید گردید. شناخت الگوهای جوی این بارش‌ها، در پیش‌بینی و کاهش خسارت‌ها کمک می‌کند. به این منظور، داده‌های روزانه بارش ۱۴ ایستگاه سینوپتیک در خراسان از ۲۰۱۷-۱۹۹۳، منطبق بر دوره روند سریع دمای کره زمین (بعد از ۱۹۷۰ میلادی)، استفاده شد. ایستگاه‌ها به گونه‌ای انتخاب گردید که همه مناطق ارتفاعی و اقلیمی را پوشش می‌دهند. برای بررسی همدیدی، داده‌های باز تحلیل شده مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و پژوهش‌های جوی آمریکا (NCEP/NCAR) با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه در شبکه مختصات ۷۰-۱۵ درجه شمالی و ۸۰-۱۵ درجه شرقی استفاده گردید. در این تحقیق از متغیرهای ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال به عنوان مبنای فشار سطح دریا، مولفه‌های باد مداری (U) و نصف‌النهاری (V) سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال و رطوبت سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال استفاده شد. روز بارش شدید، روزی تعریف شد که مقدار بارش بیشتر از صدک ۹۵ ام (بارش سنگین)، جهش در نمودار باران نگار ایستگاه ثابت و در دیگر ایستگاه‌ها (حداقل ۵۰ درصد) همزمان بارش ریزش کند (بارش سیستمی). نتایج نشان داد، این بارش‌ها مشابه غالب مناطق ایران، با آرایش نصف‌النهاری موج کوتاه بادهای غربی و پدیده‌های نادر بلاکینگ و سردچال اتفاق می‌افتند، چنانکه در بارش‌های شدید خراسان موقعیت سردچال‌ها از قفقاز و ایران تا آسیای مرکزی با هسته حداقل ارتفاع ۵۲۸۰ متر وجود دارند. در سطح زمین در جلوی تراف در خراسان، مرکز سیکلون با حداقل فشار ۱۰۰۸ هکتوپاسکال و آنتی سیکلون در منطقه قفقاز و غرب خزر با حداقل فشار ۱۰۲۵ هکتوپاسکال است، که نشان از یک سیکلون فعال و فراگیر بارش در خراسان دارد. این حاکی است، غالباً بدلیل دوری خراسان از مرکز سیکلون زایی دریای مدیترانه و با سد زاگرس، کمتر سیکلون‌های فعال و با بارش زیاد به خراسان میرسند، اما بعضاً با آرایش خاص بادهای غربی و سردچال‌ها، سیکلون‌های فعال با رطوبت زیاد به شرق ایران میرسند و بارش‌های شدیدی با بیش از ۲۰ میلیمتر در کوتاه مدت را موجب میشوند که سهم عمده‌ای از بارش‌های جنوب منطقه با اقلیم خشک است.

کلید واژه‌ها: بارش شدید، سردچال جوی، خراسان.

مقدمه

موقعیت کشور ایران در بین عرض های برون حاره و جنب حاره، قرار گیری بخش عمده آن بر روی کمربند بیابانی جهان از شمال آفریقا تا آسیای مرکزی و نقش پدیده های متنوع جغرافیایی موجب انواع مخاطرات جوی در این منطقه می شود. اینگونه مخاطرات، از ذات اقلیمی ایران منشأ می گیرد و از گذشته های دور به شکل منظم اتفاق افتاده، طوریکه محیط طبیعی و فعالیت های انسانی در مناطق مختلف با این پدیده ها سازگار شده اند. از جمله این پدیده ها، خشکسالی ها و ترسالی ها، بارش های شدید و سیلاب، توفان های گرد و غبار، یخبندان ها، موج های گرما و سرما می باشند (علیجانی، ۱۴۰۰). اما در دهه های اخیر با افزایش دمای کره زمین بعد از انقلاب صنعتی (۱۸۵۰ میلادی)، و با تشدید روند سریع دما در دهه های اخیر از ۱۹۷۰ به بعد، مخاطرات جوی در جهان و از جمله ایران زیاد شده اند. این ناهنجاری های اقلیمی در نقاط مختلف کره زمین منجر به خسارت جانی و مالی زیادی می شوند. بطوریکه عمدتاً طی یک دهه آماری (۱۹۸۸-۱۹۹۷) در جهان ۳۹۵۰۰۰ نفر در اثر بلایای طبیعی جان باختند، که دو سوم آن ناشی از سیل است (حسینی و مطلبی فر، ۱۳۸۶). بارش های فرین، بارش های نادری است که در زمان کوتاه و با شدت زیاد ریزش میکند. بارش سنگین برای هر روز، بارشی است که فراتر از آستانه های بارش در یک محل و برای همان روز باشد (Gimeno et al, 2022). اصولاً به دلیل وجود رطوبت کافی در لایه های فوقانی جو و جریان های همرفتی، تشکیل و گسترش ابرهای توفان زامنجر به وقوع بارش های رگباری به همراه رعد و برق میشوند (عساکره و همکاران، ۱۳۹۵) و عوامل محلی در هر منطقه، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا، دوری و نزدیکی به دریاها، تاثیرگذارند (محمدی و لشکری، ۱۳۹۷). در اقلیم شناسی همدیدی، تغییرات هوا بر اساس حرکات جوی تبیین میشود، شکل گیری تمام پدیده ها و فرایندهای جوی محیط جغرافیایی با تکیه بر الگوهای فشار، هدف اصلی اقلیم شناسی همدیدی است (Yarnal, 1993)، و محققین اقلیم شناسی تلاش کردند این ارتباط را برقرار کنند. کوهن (۱۹۸۳) به طبقه بندی ناهنجاریهای ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از چرخش مولفه های مینا در تحلیل عاملی پرداخت. بلترامو و همکاران (۱۹۹۳) در تحقیق خود در مورد بارش های

آفریقا نشان داد، که باران های تابستانی در اتیوپی مربوط به جریان هوای موسمی از حوضه کنگو و اقیانوس اطلس است اما ارتباطات کاملاً محکمی با شرایط سطح حاکم در اقیانوس های هند و آرام وجود دارد. دمروس و همکار (۱۹۹۳) با رویکرد آماری به منطقه بندی باران روزانه در سریلانکا پرداخت، که عوامل اصلی الگوهای نوسان روزانه باران با باران های موسمی معمولی، نفوذ غالب منطقه همگرایی بین گرمسیری و تپوگرافی مرتبطند. کاوازوس (۲۰۰۰) در پژوهشی، برخی از مکانیسم های فیزیکی و ارتباطات از راه دور مرتبط با بارش شدید زمستان در بالکان به نقش آتلانتیک شمالی (NAO) و نوسانات قطب شمال (AO) در ایجاد بارندگی های شدید تاکید دارد. تریگو (۲۰۰۲) در پژوهش خود به این نتیجه رسید که سیکلونها زمستان در سه منطقه فعال در دریای اژه و دریای سیاه، با عمده سیستم های همزمان از اقیانوس اطلس شمالی تحریک (فعال) می شوند. بیکر (۲۰۰۶) در تحقیق خود به تجزیه و تحلیل زمانی- مکانی روند بارش در حوضه آبریز رودخانه یانگ تسه پرداخت و بارش های شدید فصل تابستان در ۳۶ ایستگاه مطالعه شد. فیداس (۲۰۰۷) با بررسی روند سری های زمانی بارش در یونان، کاهش بارش سالانه و فصل زمستان با تغییر رفتار شاخص نوسان اطلس شمالی مرتبط است. بی نظمی بارش ها، نزول بارش های سنگین و سیلاب های مخرب، در اقلیم بیابانی و نیمه بیابانی خراسان همواره رخ داده است (گل کار و همکاران، ۱۳۹۲). کشور ایران از لحاظ موقعیت جغرافیایی به دلیل تاثیر پذیری از مرکز پرفشار جنب حاره ای و شرایط آب و هوایی ناشی از آن در دوره گرم سال، بارش های اندک را تجربه می کند. شرایط آب و هوایی ناشی از سامانه پرفشار موجب کمبود ریزش های جوی و خشکی هوا در ایران می شود (علیجانی، ۱۴۰۰). بخشی از بارش های شدید کشور ایران از رطوبت دریاهای سرخ، مدیترانه و همزمانی رودباد های قطبی در دوره سرد سال است (نامنی و همکاران، ۱۳۹۲). در طی دهه های گذشته و به دنبال تکامل علم اقلیم شناسی در ایران، پژوهشگران متعددی جنبه های مختلف اقلیمی ایران را بررسی کردند. در ایران با توجه به این مهم که بخش اعظمی از کشور ایران فاقد منابع رطوبتی عمده برای تأمین بارش های سنگین می باشد. ولی در مناطقی از کشور بارش های بسیار سنگین و رگباری اتفاق می افتد. شمال شرق ایران در فصل سرد، تحت سیطره الگوهای گردشی مختلف جو بالا، واقع می شود (علیجانی و دوستان، ۱۳۹۵). مسعودیان و عطایی (۱۳۸۴)، مدرس (۱۳۸۶) ایران را به پنج

۱۳۹۸). خراسان جزو مناطق با اقلیم سرد بیابانی و نیمه بیابانی است که با توجه به شرایط جغرافیایی از جمله ارتفاعات بینالود و همچنین وجود پرفشار سیبری و بلاکینگ‌ها در مواقعی از سال، روزهایی بدون بارندگی یا بارش‌های شدید و ناگهانی دارد (مرادی و همکاران، ۱۴۰۰؛ دوستان، ۱۳۹۹؛ عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹؛ گلکار، ۱۳۸۹؛ غیور و همکاران، ۱۳۹۱). عمده بارش‌ها در این منطقه در فصل زمستان و بهار اتفاق می‌افتد و با توجه به طبیعت کوهستانی بخشی از بارش‌ها به شکل شدید و سیلابی رخ می‌دهند. چنانکه از گذشته بخشی از کشت‌های کشاورزی در خراسان به نام کشت بندساری و بر مبنای کنترل همین بارش‌های سیلابی بوده است. همچنین به بخشی از این بارش‌های شدید عمدتاً در فصل بهار بر اساس فرهنگ بومی و تجربی بارش‌های شیشه‌گفته می‌شود که بر مبنای یک سیکل منظم ۶ روزه از اول بهار حادث می‌گردد (باعقیده و همکاران، ۱۳۸۹). این گونه بارش‌های شدید و کوتاه مدت از گذشته تاکنون خسارت‌های زیادی در ارتباط با کشاورزی، فرسایش شدید خاک و تخریب زیرساخت‌های مواصلاتی و آبرگرفتنی شهرها و روستاها داشته است. در سالهای اخیر در ارتباط با گرمایش جهانی و تغییر رفتار و ناهنجاری بارش‌ها در جهان، در این منطقه نیز مقادیر بارش‌ها کاهش داشته است اما بارش‌ها عمدتاً به بارش‌های شدید و کوتاه مدت تغییر رفتار داده است. بنابراین شناخت الگوهای منجر به وقوع این بارش‌ها برای پیش‌بینی و مدیریت بارش‌ها مفید است. هدف این پژوهش، شناسایی و تحلیل الگوهای گردش جوی منجر به وقوع بارش‌های شدید و سیلابی کوتاه مدت در خراسان است.

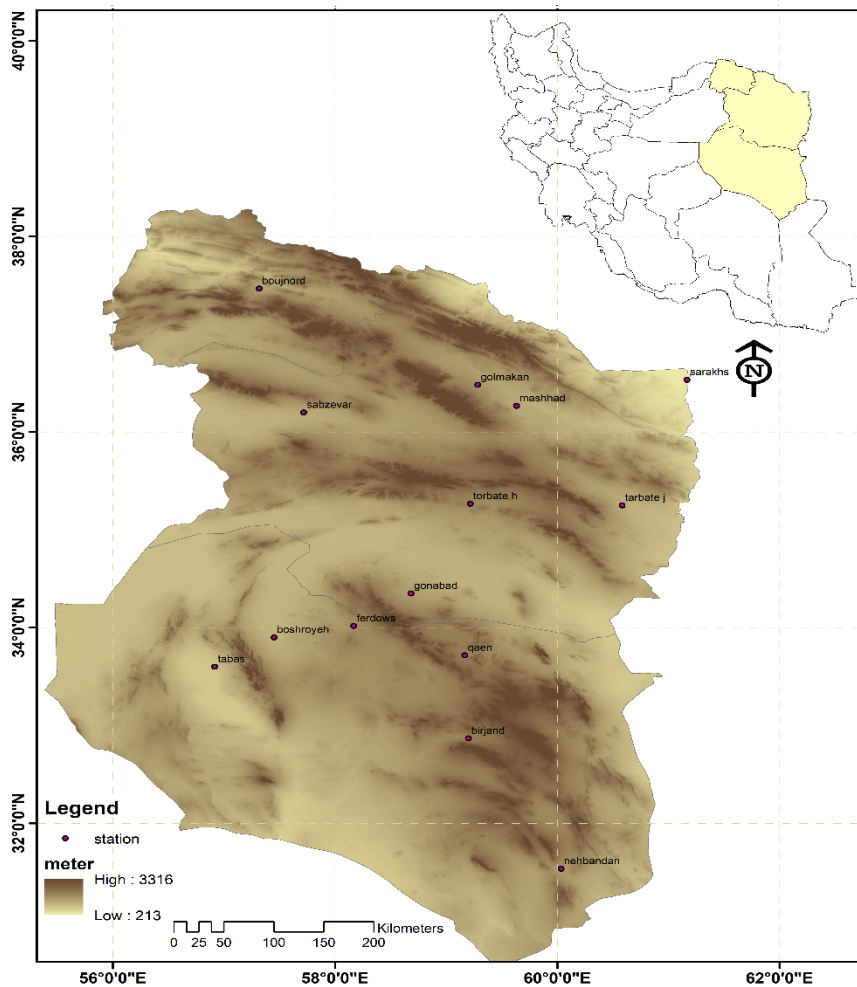
داده و روش تحقیق

خراسان در شرق ایران با اقلیم‌های گرم و خشک، سرد و خشک و سرد و نیمه خشک به ترتیب در مناطق جنوبی، مرکزی و شمالی می‌باشد. این تنوع اقلیمی به دلیل موقعیت جغرافیایی خراسان در بین بیابان‌های گرم داخلی، بیابان‌های سرد آسیای مرکزی و دوری از منابع عمده رطوبتی است. چنانکه این منطقه از ایران به اقلیم‌های گرم و خشک جنب حاره‌ای و سرد و خشک آسیای مرکزی شباهت دارد. عمده ترین عوامل جوی موثر بر اقلیم خراسان، پرفشار سیبری، بادهای غربی و بادهای ۱۲۰ روزه سیستان است. با توجه به

و هشت ناحیه بارشی همگن تقسیم کردند. بررسی در مورد بارش‌های شدید در فصل زمستان نسبت به سایر فصول از اهمیت زیادی برخوردار است زیرا الگوی گردش عمومی جو در ماه‌های زمستان و اوایل بهار به دلیل فراوانی بیشتر گردش جوی قوی‌تر است (شاهرخوندی و همکاران، ۱۳۸۶). نتایج تحقیق لشکری و همکاران (۱۳۸۷) بیانگر آن است که آنتی سیکلون‌های دریای مدیترانه و کم فشار سودانی مسبب بارش‌ها در گلستان شده است. بارش از متغیرترین عناصر اقلیمی است و مهم‌ترین داده ورودی به سامانه‌های هیدرولوژیکی است. نحوه پراکندگی بارش بر روی زمین را عامل صعود و منابع رطوبتی را تعیین میکند و ریزش مقادیر کم بارش و یا بالعکس و یا بارش ناگهانی در یک منطقه، تحقیق در مورد بارش‌ها را آشکار می‌کند. **رمضانیان (۱۳۸۹)** الگوی پرفشار غرب، پرفشار سیبری، کم فشار مدیترانه‌ای را از عوامل بارش‌های سنگین در ناحیه شرق ایران معرفی می‌کند و با مطالعه نقشه‌های همدیدی، الگوی بارش در هر ناحیه را تعیین کرد. حمیدیان‌پور و همکاران (۱۳۸۹) جهت آشنایی الگوهای همدیدی بارش‌های شدید شمال شرق ایران از روش‌های ترکیبی کمی و کیفی بهره بردند. غیور و همکاران (۱۳۹۱)، در پژوهش خود در مورد ارتباط بارش‌های شدید خراسان جنوبی با الگوهای گردش، معتقدند که بیشتر بارش‌های ایران در سطح کلان متأثر از فرود دریای خزر-احمر و فرود مدیترانه در اروپا است. گردش عمومی جو، وضعیت اقلیمی هر منطقه و عامل ایجادکننده آن، توسط نقشه‌های هوا تعیین می‌شود. در برخی فصول، وجود پرفشارهای جنب حاره‌ای در یک منطقه خشکی و بی بارانی را برای آن منطقه به همراه دارد. در صورتی که موقعیت همین پرفشار در همان منطقه ولی در ماه‌های دیگری از سال، و وقوع سردچال‌ها در ایران به هدایت و ریزش بارش‌های زیاد و شدید و به تبع آن سیلاب کمک می‌کند (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹). عامل همه پدیده‌های محیطی، الگوی فشار است که با شناخت شرایط همدیدی و الگوهای فشار بوجود آورنده آن، میتوان بارش‌های سنگین را پیش‌بینی کرد (حلیان، ۱۳۹۴). مصطفایی و همکاران (۱۳۹۴) با تحلیل همدیدی بارش‌های شدید و فراگیر در ایران به اختلاف در مورد آرایش الگوها و تیپ‌های هوا و تأثیر آن بر بارش‌های رگباری اشاره دارد. نوسان و تغییر، ویژگی ذاتی هوا و پدیده‌های مرتبط جو است. این ناهنجاری‌ها در بلند مدت یا همان شرایط غالب جو، به الگوی هنجارمند و مشخص بدل می‌شوند (دوستان،

جنوب کاهش دارد و مناطق شمالی بیشترین مقدار بارش ها با بیش از ۲۰۰ میلیمتر و در مناطق جنوبی مقدار بارش ها به کمتر از ۱۰۰ میلیمتر در سال می رسد. کمترین مقدار بارش ها در جنوب غربی خراسان و در مناطق بشرویه و طبس در حاشیه شمالی کویر لوت است. بر عکس مقدار بارش، توزیع مکانی روزهای بارش سنگین حاکی است، در مناطق جنوبی که مقدار بارش کم است، اما عمدتاً بارش های سنگین بیشتری ریزش می کند و این نشان از ویژگی بارش ها در مناطق بیابانی ایران دارد که بخش عمده ای از بارش سالانه در تعداد کمی از روزهای بارش ریزش می کند و غالباً با شدت زیاد و موجب سیلاب در این مناطق می شود (گل کار، ۱۳۹۲).

دوری از منابع رطوبتی و عمدتاً پرفشارها، متوسط بارش خراسان کمتر از ۲۵۰ میلیمتر و غالب مناطق بارش کمتر از ۲۰۰ میلیمتر در سال دارند. مشابه دیگر نقاط اقلیمی ایران، ریزش بخش عمده ای از این بارش ها در زمستان در ارتباط با سیکلون های مدیترانه که از غرب و جنوب غرب از خلیج فارس به این منطقه می رسند. بخشی از بارش ها با توجه به ویژگی بارش ها در اقلیم خشک و نیمه خشک، شدید می باشند و در برخی مناطق سهم عمده ای از بارش سالانه با رخداد چند بارش شدید با چند بارش تأمین می شود. خشکی خاک و کمبود پوشش گیاهی در خراسان، با رخداد این گونه بارش ها موجب سیلاب در این مناطق شده و خسارت های زیادی به همراه دارد. مقدار بارش سالانه از شمال استان به



شکل ۱: منطقه مورد مطالعه و موقعیت مکانی ایستگاه های همدید

بارش و به عبارتی بارش شدید حکایت دارد. همچنین به منظور تعیین سیستمی بودن این بارش و غیر همرفتی بودن آن، همزمان بارش در دیگر ایستگاه حداقل در ۵۰ درصد از آنها ریزش کرده است. در ارتباط با هدف این مطالعه، تعیین الگوهای جوی بارش شدید در خراسان، بعد از تعیین روزهای بارش شدید در مرحله قبل، الگوهای جوی بارش‌ها تعیین و تحلیل هم‌دید شد. به این منظور داده‌های روزانه شبکه ای بازتحلیل شده با تفکیک ۲/۵ درجه از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و پژوهش‌های جوی آمریکا (NCEP/NCAR) برای روزهای فوق استخراج گردید. پنجره انتخابی برای دریافت داده‌های شبکه ای در این مطالعه ۱۵ تا ۷۰ درجه شمالی و ۱۵ تا ۸۰ درجه شرقی است، تا الگوهای مؤثر بر بارش‌های خراسان در این محدوده قابل شناسایی باشند. مبنای تعیین الگوهای جوی در ارتباط با بارش‌ها، ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال است. اما در ادامه به منظور تحلیل سینوپتیکی الگوها از داده‌های باد مداری و نصف‌النهاری سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، رطوبت سطح ۸۵۰ و فشار سطح دریا نیز استفاده شد. بطوریکه توزیع زمانی و مکانی بارش‌های شدید و چگونگی ایجاد این بارش‌ها مشخص گردید.

هدف این مطالعه، بررسی هم‌دید بارش‌های شدید و کوتاه مدت در خراسان است. به این منظور در این مطالعه از داده‌های روزانه بارش و نمودار باران نگار ایستگاه ثابت استفاده شد. ایستگاه‌های منطقه، بر مبنای پراکندگی فضایی مناسب و طول دوره آماری بلند مدت (۱۹۹۳-۲۰۱۷) انتخاب شد. این ایستگاه‌های هم‌دید تمام مناطق استان با توپوگرافی متفاوت و تنوع اقلیمی را پوشش می‌دهند (شکل ۱). به منظور تعیین بارش‌های سنگین از شاخص صدک ۹۵ بارش روزانه (جدول ۱) در هر ایستگاه، استفاده شد و مقدار آستانه بارش سنگین در هر ایستگاه مشخص گردید (جدول ۲). در ادامه با استفاده از این شاخص‌ها، روزهای بارش سنگین و بیشتر از صدک ۹۵ در هر کدام از ایستگاه‌ها استخراج شد. توزیع مکانی و زمانی این بارش‌ها در منطقه با استفاده از تعداد این بارش‌ها مشخص گردید. در ادامه به منظور تعیین روزهای بارش شدید که هدف اصلی این مطالعه است از نمودارهای باران نگار ثابت استفاده شد. روز بارش شدید روزی تعریف شد، که بارش سنگین در ایستگاه اتفاق افتاده است اما همزمان نمودار باران نگار ایستگاه ثابت از کوتاه بودن مدت زمان این

جدول ۱- شاخص‌های بارش شناسایی شده توسط ETCCDI

تعریف	شاخص
تعداد روزهای سالانه بارش بزرگتر مساوی ۱۰ میلی‌متر	<i>R10mm</i>
تعداد روزهای سالانه بارش بزرگتر مساوی ۲۰ میلی‌متر	<i>R20mm</i>
تعداد روزهای سالانه بارش بزرگتر مساوی آستانه تعریف شده	<i>Rnnmm</i>
حداکثر بارش یک روزه	<i>RX1day</i>
حداکثر بارش ۵ روزه متوالی	<i>RX5day</i>
نسبت بارش سالانه به تعداد روز مرطوب بزرگتر مساوی ۱ میلی‌متر	<i>SDii</i>
<u>مقدار بارش در روز بیشتر از صدک ۹۵ ام</u>	<i>R95p</i>
مقدار بارش در روز بیشتر از صدک ۹۹ ام	<i>R99p</i>
حداکثر روزهای متوالی با بارش مساوی و بیشتر از ۱ میلی‌متر	<i>CWD</i>
کل بارش سالانه در روزهای مرطوب	<i>PRCPTOT</i>

سنگین خراسان است. جدول ۲ توزیع مکانی این بارش‌ها در ایستگاه‌های مختلف از ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ را نشان می‌دهد. بطوریکه میانگین آستانه بارش شدید شمال شرقی ایران ۱۷ میلی‌متر است که بیشترین آن در ایستگاه نهبندان و تربت

نتایج تحقیق

به طور کلی نتایج این پژوهش به دو بخش تقسیم می‌شود: بخش اول نتایج مربوط به بررسی زمانی و مکانی بارش‌های

میلیمتر با ۲۷ روز بارش، که بیشترین مقدار در نیمه شمالی با ۲۳۵ میلیمتر در بجنورد و کمترین مقدار در جنوب با ۶۷ میلیمتر در طبس است که این مقدار بارش به ترتیب با ۴۴ و ۱۶ روز بارشی ریزش می کند.

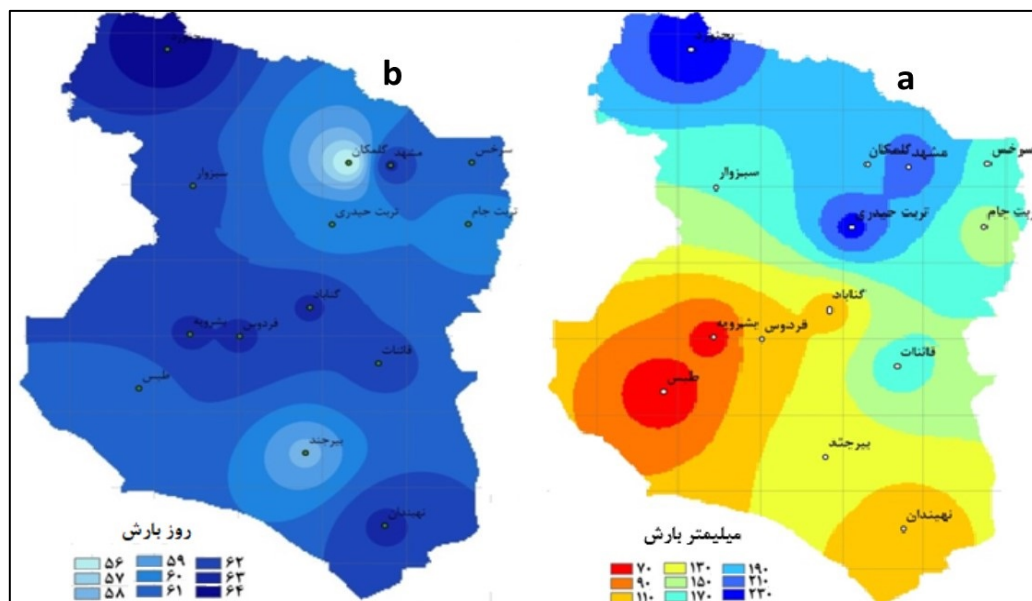
حیدریه به ترتیب با مقدار ۲۴ و ۲۱ میلیمتر و کمترین آستانه در منطقه طبس و بشرویه به ترتیب با مقدار ۱۲ و ۱۳ میلیمتر می باشد. این نشان می دهد در مناطق خشک نهبندان غالباً بارش های شدید و بیش از ۲۰ میلیمتر ریزش می کند که عمدتاً همراه با سیلاب است. میانگین بارش سالانه منطقه ۱۵۲

جدول ۲: ویژگی بارش های واقعی ($RR \leq 1mm$) در منطقه مورد مطالعه از ۱۹۹۳-۲۰۱۷

ایستگاه	بجنورد	گلمکان	مشهد	تربت حیدریه	تربت جام	سرخس	سبزوار	گناباد	فردوس	بشرویه	طبس	قائن	بیرجند	نهبندان	میانگین
آستانه بارش (mm)	۱۶	۱۶	۱۸	۲۱	۱۸	۱۸	۱۷	۱۶	۱۵	۱۳	۱۲	۱۸	۱۷	۲۴	۱۷
روز بارش سالانه	۴۴	۳۷	۳۶	۳۵	۲۷	۳۱	۲۹	۲۲	۲۳	۱۶	۱۶	۲۵	۲۴	۱۷	۲۷
بارش سالانه (mm)	۲۳۵	۱۹۵	۲۱۷	۲۲۹	۱۵۴	۱۷۷	۱۵۹	۱۱۶	۱۱۸	۷۵	۶۷	۱۴۴	۱۳۶	۱۱۰	۱۵۲
روز بارش ۱ میلیمتر	۱۱۰	۹۳	۸۹	۸۷	۶۷	۷۶	۷۱	۵۵	۵۴	۴۰	۳۸	۶۲	۶۰	۴۳	۶۸
روز بارش شدید	۵۸	۴۸	۴۸	۴۳	۳۲	۳۸	۳۵	۲۵	۳۳	۲۵	۲۰	۳۲	۳۰	۲۱	۳۵
روز بارش شدید (%)	۵/۳	۵/۱	۵/۳	۴/۹	۴/۷	۴/۹	۴/۹	۴/۵	۶	۳/۸	۵/۲	۵/۱	۵	۴/۹	۵
مقدار بارش کل	۵۸۶۳	۴۸۷۲	۵۴۳۳	۵۷۲۸	۳۸۴۸	۴۴۳۶	۳۹۸۲	۲۸۸۹	۲۸۴۳	۱۸۸۰	۱۶۸۵	۳۵۹۴	۳۳۹۷	۲۷۴۲	۳۷۹۹
مقدار بارش شدید کل	۱۲۲۲	۱۰۲۷	۱۱۶۵	۱۲۵۹	۸۱۱	۹۰۹	۸۰۸	۵۴۳	۷۲۶	۴۳۴	۳۳۵	۷۸۳	۶۷۶	۶۵۷	۸۱۱
درصد بارش شدید کل	۲۱	۲۱	۲۱/۴	۲۲	۲۱	۲۰/۵	۲۰	۱۹	۲۶	۲۳	۲۰	۲۲	۲۰	۲۴	۲۱/۵

بجنورد، و کمترین آن در طبس به ترتیب با مقدار ۵۸۶۳ میلیمتر و ۱۶۸۵ میلیمتر می باشد که از این مقدار بارش به ترتیب ۱۲۲۲ و ۳۳۵ میلیمتر بارش شدید ثبت شده است. درصد بارش های سنگین در مناطق جنوبی بر عکس مقدار بارش بیشتر است، بطوریکه در طی این دوره، بیشترین مقادیر بارش در ایستگاه های بجنورد، تربت حیدریه و مشهد رخ داده است اما بیشترین مقدار بارش شدید نسبت به کل بارش در این دوره، در ایستگاه های فردوس، نهبندان و بشرویه به ترتیب با ۲۶، ۲۴ و ۲۳ درصد اتفاق افتاده است. همچنین در بین ایستگاه های مورد مطالعه کمترین درصد بارش های شدید در گناباد با ۱۹ درصد می باشد. در منطقه مورد مطالعه از نظر زمانی بیشترین تعداد بارش های شدید در ماه های اسفند، فروردین و اردیبهشت است و علت آن عقب نشینی پرفشار جنب حاره و همچنین وزش بادهای غربی می باشد. ولی در ماه های خرداد، تیر، مرداد، شهریور و مهرماه، وقوع بارش و روزهای بارش سنگین به دلیل وجود پرفشار جنب حاره ای و عدم وزش بادهای غربی به منطقه، کمتر و عمدتاً وجود ندارد.

توزیع مکانی مقدار بارش و تعداد روز بارش سنگین بر اساس شاخص بارش سنگین نشان می دهد (شکل ۲)، در بازه زمانی مذکور در مجموع ۵۲۳ روز بارش سنگین با میانگین مکانی ۳۵ روز از سال ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ در منطقه حادث شد که این بارش ها اغلب در مناطق شمالی با ۵۸ روز در بجنورد و حداقل آن در طبس با ۲۰ روز رخ داده است. تحلیل بارش سنگین ایستگاه ها نشان می دهد که مقدار بارش در نیمه شمالی منطقه مورد مطالعه بیشتر بوده و از شمال منطقه به سمت جنوب، از مقدار بارش ها کاسته شده ولی در بعضی از ایستگاه ها شدت بارش ها بیشتر می شود که البته این از ویژگی های مناطق خشک و بیابانی است. بطوریکه میانگین روز بارش شدید در منطقه ۵ درصد است، یعنی ۵ درصد روزهای بارش در هر سال، شدید و سیلابی است. مثلاً در فردوس که ۲۳ روز بارش در سال دارد، حداقل یک روز بارش شدید است. در حالیکه در بجنورد با ۴۴ روز بارش در سال، حداقل ۲ بارش شدید و سیلابی رخ می دهد. در طی این ۲۵ سال دوره آماری، بیشترین حجم بارش ها در ایستگاه



شکل ۲: بارش سالانه و بارش‌های سنگین شمال شرق در دوره آماری ۱۹۹۳ - ۲۰۱۷

جهان قرار دارد. سیستم‌های غالب جوی در ارتباط با ناپایداری و بارش، موج‌های بادهای غربی اند که با ریزش هوای سرد در جو بالا موجب ناپایداری و جابجایی توده‌های هوا و تشکیل سیکلون‌ها در سطح زمین می‌شوند. عمدتاً این سیستم‌های جوی با شروع فصل پاییز به عرض‌های پایین‌تر کشیده می‌شوند، اما غالباً با حرکت نصف‌النهاری بادهای غربی در زمستان، به عرض‌های پایین‌تر و از جمله ایران می‌رسند. با عمیق‌تر شدن بادهای غربی، پدیده‌های جوی بلاکینگ و سردچال‌ها به ترتیب در عرض‌های بالاتر و پایین‌تر شکل می‌گیرند. این سیستم‌های جوی به ترتیب موجب نفوذ هوای گرم در جو بالا به عرض‌های بالاتر و پایداری شدید هوا، اما سردچال‌ها در عرض‌های پایین‌تر برعکس با نفوذ هوای سرد و ناپایداری شدید و ماندگاری همراه است. در این مطالعه نیز عامل بارش‌های شدید در شرق ایران، سه الگوی جوی سردچال و بلاکینگ می‌باشد که بر روی آسیای مرکزی، غرب ایران و الگوی ترکیبی آسیای مرکزی-غرب ایران شکل می‌گیرد.

الگوی سردچال آسیای مرکزی: در روز ۱۷ فوریه سال ۲۰۱۷، در نقشه هم‌ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح میانی جو، یک ناوه بر روی تمام نیمه‌ی غربی ایران و سواحل غربی دریای خزر کشیده شده که مرکزین ناوه به صورت سلول بسته با ارتفاع ۵۲۸۰ ژئوپتانسیل متر بر روی شمال شرق دریای خزر و

بخش دوم نتایج شامل تحلیل همیدی بارش‌های شدید روزانه ثبت شده از ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ است، یعنی بارش‌های سنگین (بخش اول) که در کمترین زمان بیشترین بارش ریزش کرده است. این داده‌های ایستگاه‌های ثابت، بارش‌های سنگینی که در کمترین زمان رخ داده را نشان می‌دهد. مثلاً در ایستگاه مشهد در تاریخ ۲۰۱۷/۰۲/۱۶ در فاصله زمانی دو ساعت ۱۸/۰۹ میلی‌متر بارندگی ثبت شد. این حجم بارش در دو ساعت می‌تواند تبدیل به سیلاب مهیب و مخرب شود و اینگونه بارش را بارش شدید نامیده شد. ولی همین حجم بارش در ۲۴ ساعت ممکن است زیاد خسارت به محیط وارد نکند زیرا به مرور جذب خاک می‌شود. سایدی و همکارانش (۲۰۱۵) تحقیقی پیرامون روند حوادث بارش‌های شدید در شمال غربی ایتالیا انجام دادند و آنان هم از داده‌های باران‌نگار برای تعیین بارش شدید استفاده کردند.

الگوهای جوی بارش‌های شدید: الگوهای جوی منجر به وقوع بارش‌های شدید در شرق کشور مشابه دیگر نقاط ایران تحت تأثیر سیستم‌های ناهنجار گردش جو یا همان مانع و سردچال‌های جوی شکل می‌گیرد. از آنجا که به طور کلی، بارش‌های فراگیر و غالب در ایران به دلیل موقعیت جغرافیایی ایران در جنوب منطقه معتدله و شمال جنب حاره که بر روی بزرگترین کمربند بیابانی جهان از شمال آفریقا تا آسیای مرکزی به ترتیب با بیابان‌های گرم و خشک و سرد و خشک

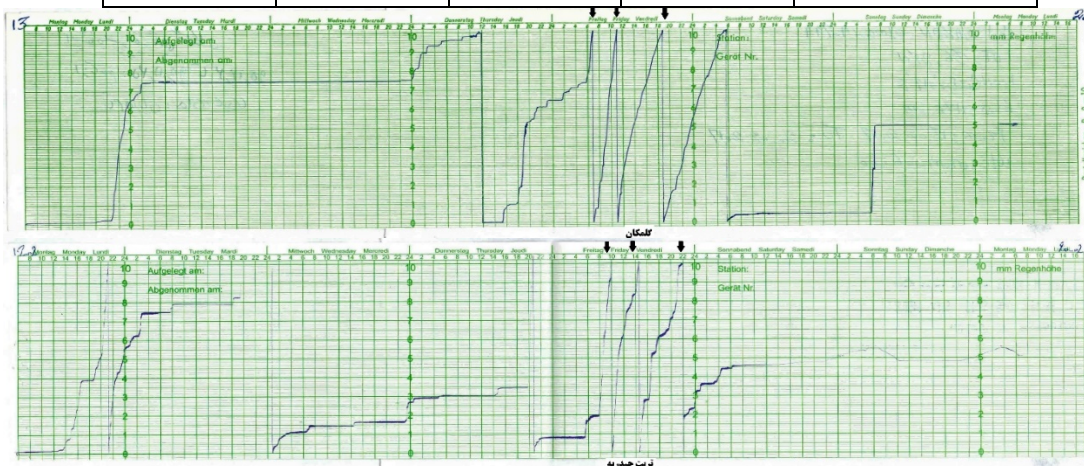
حاکمیت کامل جریانات گرم جنوبی در این سطح در منطقه‌ی شمال شرق ایران می‌باشد. رطوبت نسبی مناسب و جو کم فشاری نسبتاً شدید در سطح میانی جو و همسوئی جهت جریانات جنوب و جنوب غربی در سطح میانی جو با سطح شار رطوبتی ۸۵۰ هکتوپاسکال، سبب رخداد بارش مناسب در شمال شرق در فاصله زمانی ۲ ساعته شده است. طبیعتاً این آرایش الگوهای جوی در منطقه، نادر بوده و جزو مخاطرات همدیدی می‌باشند. با توجه به ارتفاع ایستگاه تربت حیدریه و کوهستانی بودن منطقه، طبیعتاً این عامل کوهستانی نیز باعث تشدید بارش‌ها می‌شود. رودخانه‌های خشک و عمیق در اطراف این مناطق خشک، گواهی بر اینگونه ریزش‌ها و بارش‌های سیلابی که در کوتاه مدت دبی را به اوج رسانده می‌باشند.

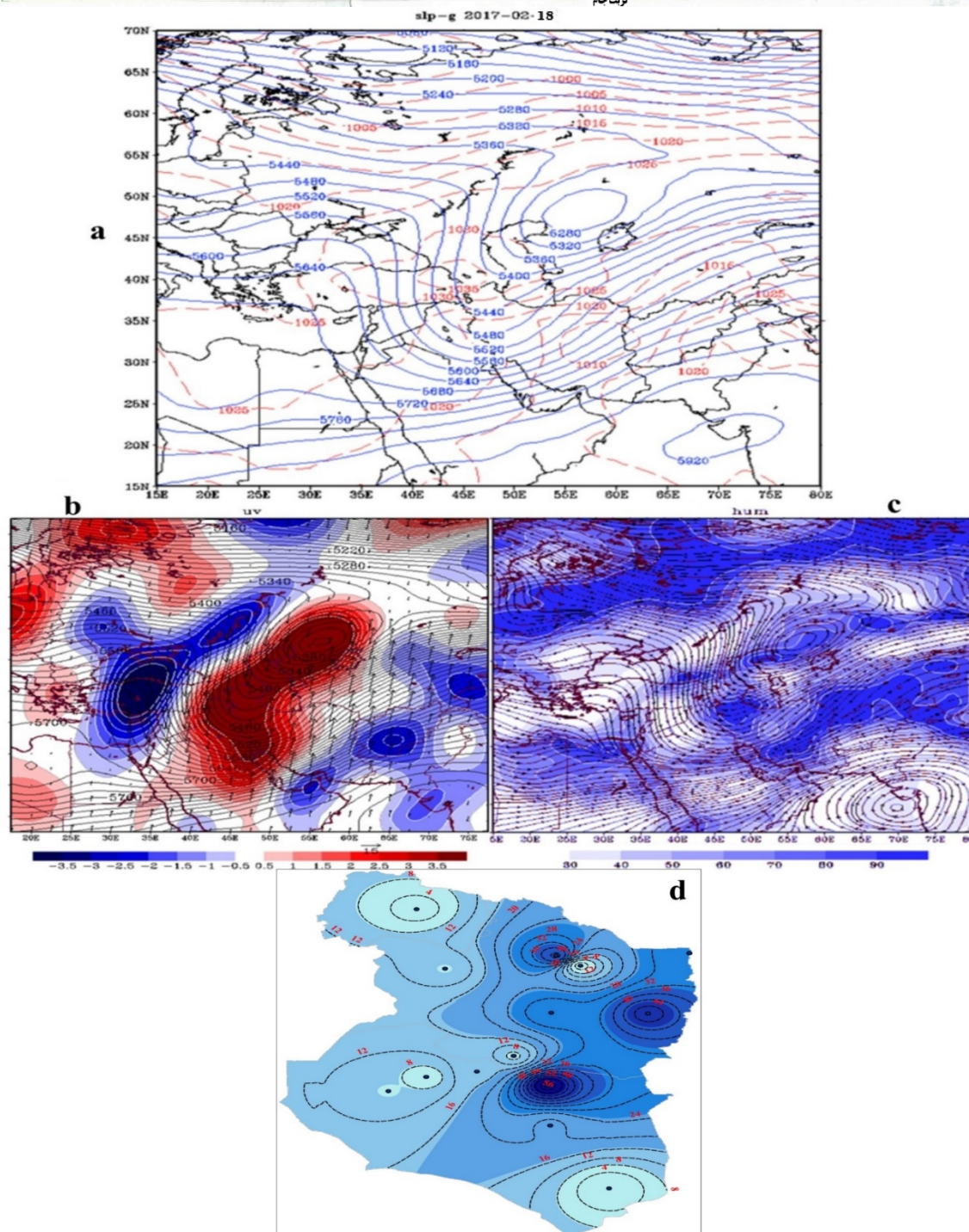
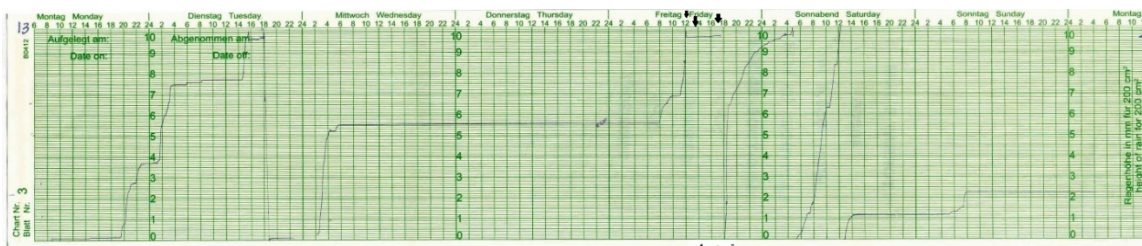
در شکل (۳-الف) خروجی‌های هدف با دایره‌های قرمز و خروجی‌های شبکه عصبی روش گروهی مدل‌سازی داده بهبود یافته با الگوریتم حشره آب‌سوار در پیش‌بینی دما با مربع‌های آبی رنگ به ازای داده‌های آموزشی نمایش داده شده است. محور افقی اندیس داده‌ها و محور عمودی مقادیر دما هدف و پیش‌بینی شده نمایش داده شده است.

قزاقستان قرار دارد. این ناوه عمیق تا عرستان کشیده شده و هم ارتفاع ۵۷۵۰ متر از مرکز عربستان می‌گذرد و نشان دهنده نفوذ هوای سرد در جو بالا تا دریای گرم جنوبی ایران است. همزمان در شرق دریای مدیترانه یک بلاکینگ از نوع رکس قرار دارد. این شرایط جوی موجب ماندگاری و حرکت کند سیستم گردش در مقیاس همدید در جنوب غربی آسیا گردید. همزمان در جلوی ناوه خمیده در شرق ایران، در سطح زمین مرکز کم فشاری با هم فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال وجود دارد که با حرکت چرخندی موجب ناپایداری شدید در این منطقه شد. شرق این ناوه از جنوب غرب و نیمه‌ی غربی با امتداد جنوب غربی شمال شرقی به سمت شمال شرق ایران کشیده شده است. که این سبب رخداد ناپایداری در شمال شرق ایران شد. در نقشه‌ی رطوبت نسبی و شار رطوبتی سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال، جهت ترا برد رطوبت جنوب غرب و غرب، از سمت دریای مدیترانه، دریای سیاه، خلیج فارس و شمال غربی نیز از سمت دریای خزر به سمت شمال شرق ایران می‌باشد همچنین مقدار رطوبت هم بین ۶۰ تا ۷۰ درصد می‌باشد که برای رخداد بارش نسبتاً مناسب می‌باشد و در نقشه باد نصف النهاری باد سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌توان مقادیر مثبت باد u را مشاهده نمود که نشانه‌ی

جدول ۲- شدیدترین بارش ایستگاه‌ها و باران نگار مربوط در روز ۱۸-۲-۲۰۱۷

ایستگاه	قائن	تربت جام	گلمکان	تربت حیدریه
مقدار بارش (mm)	۵۸	۴۶	۴۱	۳۲





شکل ۳- ویژگی‌های هم‌مدیدی بارش شدید ۱۸ فوریه ۲۰۱۷. a= فشار سطح زمین و ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال b= چرخندگی و جریان سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال c= رطوبت نسبی و الگوی جریان سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال.

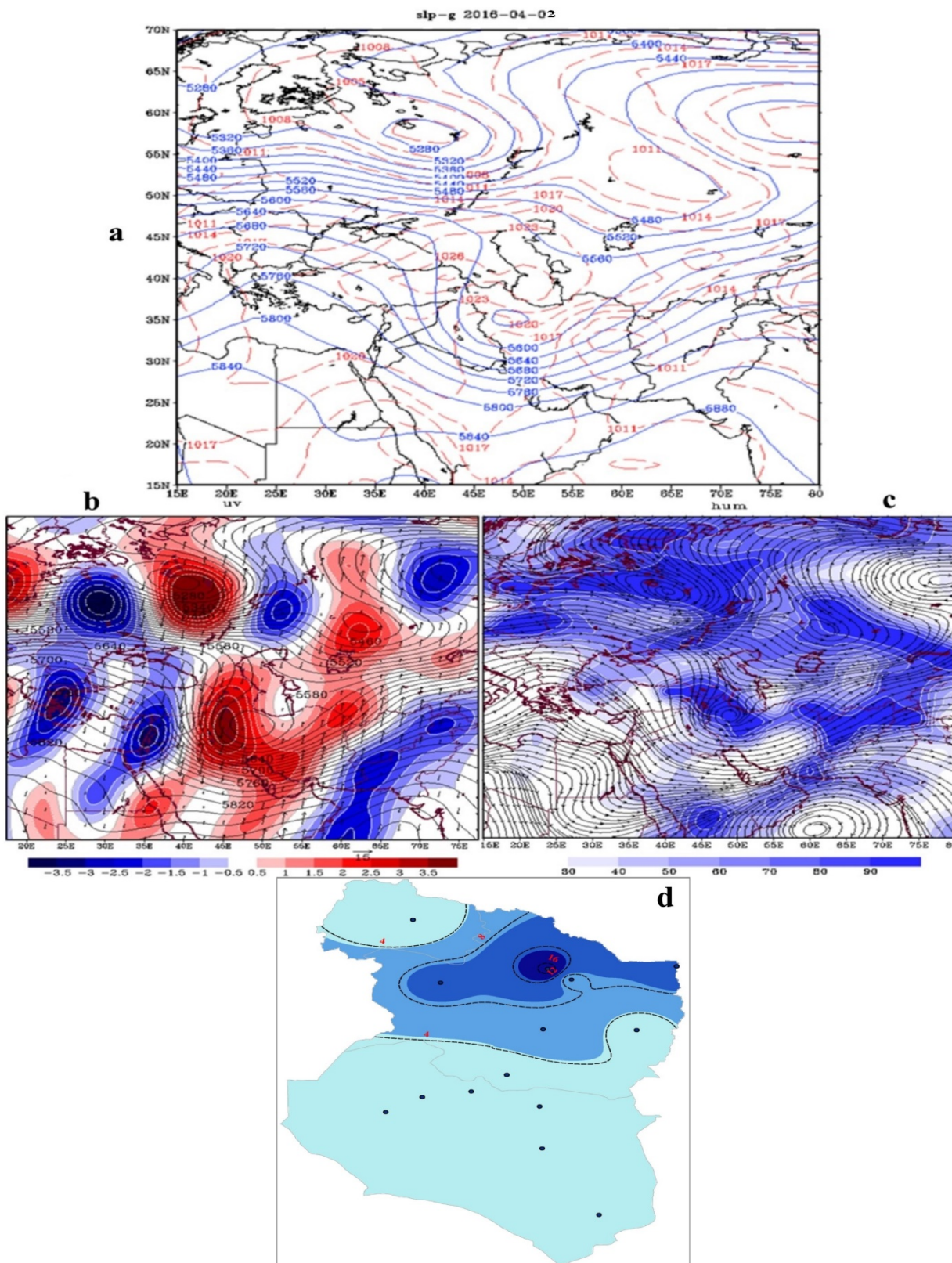
توجه به موقعیت پرفشار در شمال غربی ایران با هم فشار ۱۰۲۶ هکتوپاسکال و کم فشار در روی خراسان، نشان از جبهه هوا در شمال خراسان و ناپایداری شدید دارد. در نقشه چرخندگی از این الگو، بخش های غالبی از ایران با چرخندگی مثبت که یکی از کانون های آن بر روی خراسان قرار دارد و نشان از حرکت قائم هوا و ناپایداری دارد در این الگو همچنین جریان جنوبی از مناطق جنوبی ایران و دریای عمان و خلیج فارس به شمال و شرق ایران می وزند. نقشه رطوبت از بیشینه رطوبت در شمال غربی و شرق ایران حکایت دارد که بخشی از رطوبت بارش های از اروپای شرقی، دریای خزر و بخشی از طریق جریانات جنوبی در شرق ایران از دریا های گرم جنوبی به منطقه و شمال شرقی ایران می رسند، چنانکه رطوبت ۹۵ تا ۱۰۰ درصدی بر روی شمال شرق خراسان بارش ها را در ایستگاه های منطقه مورد مطالعه تشدید می کند. در این الگوی جوی نیز سردچال ها و کم فشارها در شرق ایران عامل عمده در ریزش های شدید و سیلابی می باشند. چنانکه در ایستگاه مرتفع و جنب ارتفاعات بینالود در خراسان رضوی، مقدار بارش به بیشترین میزان با مقدار ۱۷ میلیمتر در طی ۶ ساعت می رسد، طبیعتاً در این الگو نیز نقش ارتفاعات بینالود در تشدید بارش ها وجود دارد.

الگوی سردچال غرب ایران: در روز ۱ آوریل ۲۰۱۶، آرایش بادهای غربی در کل محدوده اوراسیا، ناهنجاری زیادی در موج های بادهای غربی را نشان می دهد، طبیعتاً در اواخر زمستان و اوایل بهار به دلیل کاهش اختلاف دما و فشار در نیمکره شمالی، بادای غربی حرکت نصف النهاری دارند و تعداد موج های بلند نیز افزایش نیمکره ای دارد. در این نقشه دو الگوی نصف النهاری باد های غربی در شمال و جنوب وجود دارد، که الگوی اول در شمال با ناوه عمیق و خمیده با جهت غربی شرقی و با دو هم ارتفاع بسته شده، سردچال به ترتیب بر روی روسیه غربی و قزاقستان به ترتیب با هم ارتفاع ۵۴۴۰ و ۵۲۸۰ متر وجود دارند. که در سطح زمین در همین دو منطقه دو کم فشار به ترتیب با هم فشار ۱۰۰۳ و ۱۰۱۱ هکتوپاسکال نشان از حرکت چرخندی و ناپایداری شدید در این مناطق دارند. آرایش دیگر بادهای غربی در جنوب محدوده مطالعه و ب روی ایران، حرکت منظم تر نصف النهاری بادهای غربی با پشته و ناوه به ترتیب در جنوب اروپا و غرب ایران وجود دارد که بر روی ایران سردچالی با هم ارتفاع ۵۵۶۰ متر در غرب ایران بر روی زاگرس وجود دارد. همزمان در این الگو نیز در شرق ایران و در جلوی ناوه، کم فشاری با هم فشار ۱۰۰۸ هکتوپاسکال تشکیل شد. که با

جدول ۳- شدیدترین بارش ایستگاه ها و باران نگار مربوط در روز ۰۲-۰۴-۲۰۱۶

ایستگاه	گلمکان	سرخس	سبزوار	تربت حیدریه
مقدار بارش (mm)	۱۷	۱۱	۱۰	۸





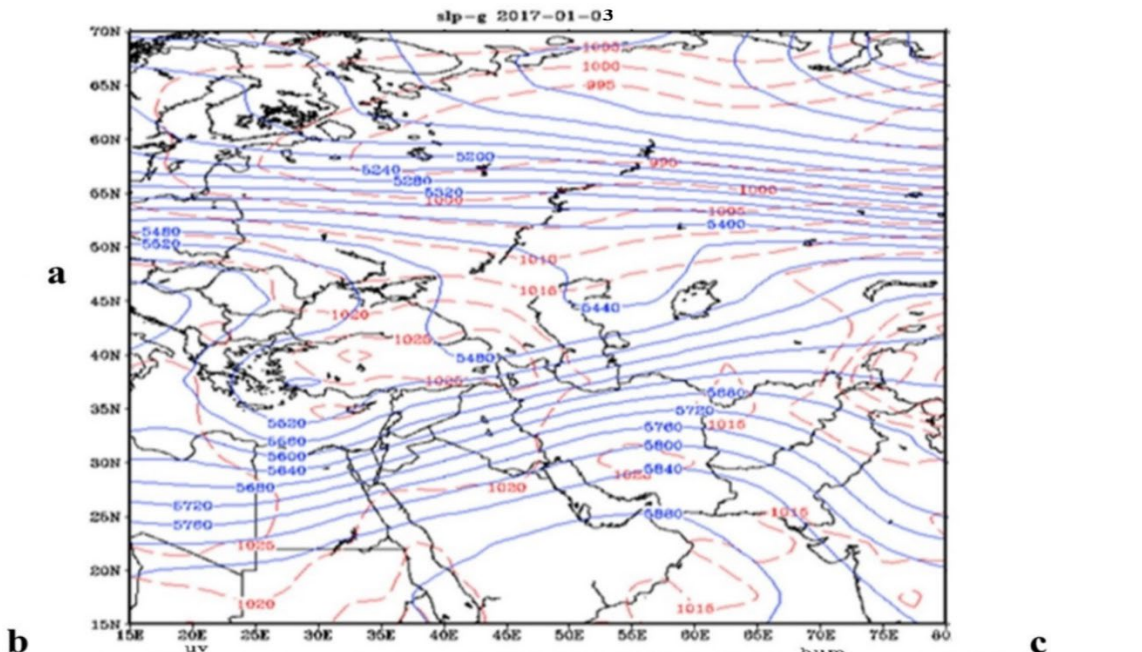
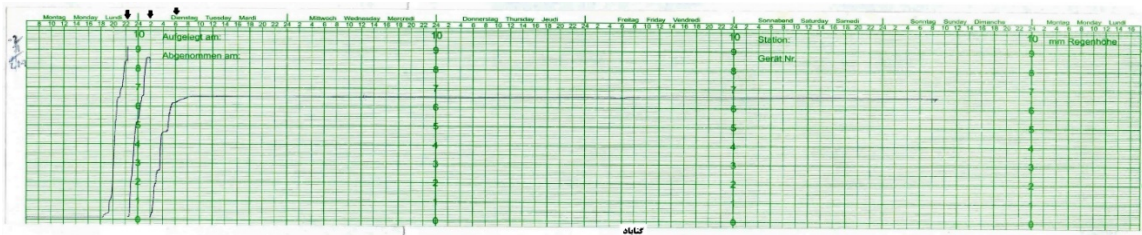
شکل ۴- ویژگی‌های همدیدی بارش شدید ۲ می ۲۰۱۶. a= فشار سطح زمین و ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال b= چرخندگی و جریان سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال c= رطوبت نسبی و الگوی جریان سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال.

می‌دهد در منطقه دریای خزر، شمال غرب ایران و شرق دریای مدیترانه حرکت صعودی هوا و ناپایداری شدید با چرخندگی مثبت وجود دارد و همزمان در بخش غالبی از ایران چرخندگی منفی وجود دارد. در این الگو بیشینه رطوبت نسبی در نیمه شمالی ایران و نشان از جابجایی رطوبت از دریای مدیترانه و خزر به منطقه مطالعه می‌باشد. در نقشه‌ی رطوبت نسبی و شاررطوبتی ۸۵۰، جهت ترابرد رطوبت تقریباً به طور کامل غربی می‌باشد و مقدار رطوبت نسبی بین ۵۰ تا ۶۰ درصد می‌باشد. در این الگو نیز مشابه الگوهای گذشته، عامل عمده در ریزش های شدید در منطقه ناهنجاری در الگوی بادهای غربی و پدیده سردچال جوی در نزدیکی ایران می‌باشد.

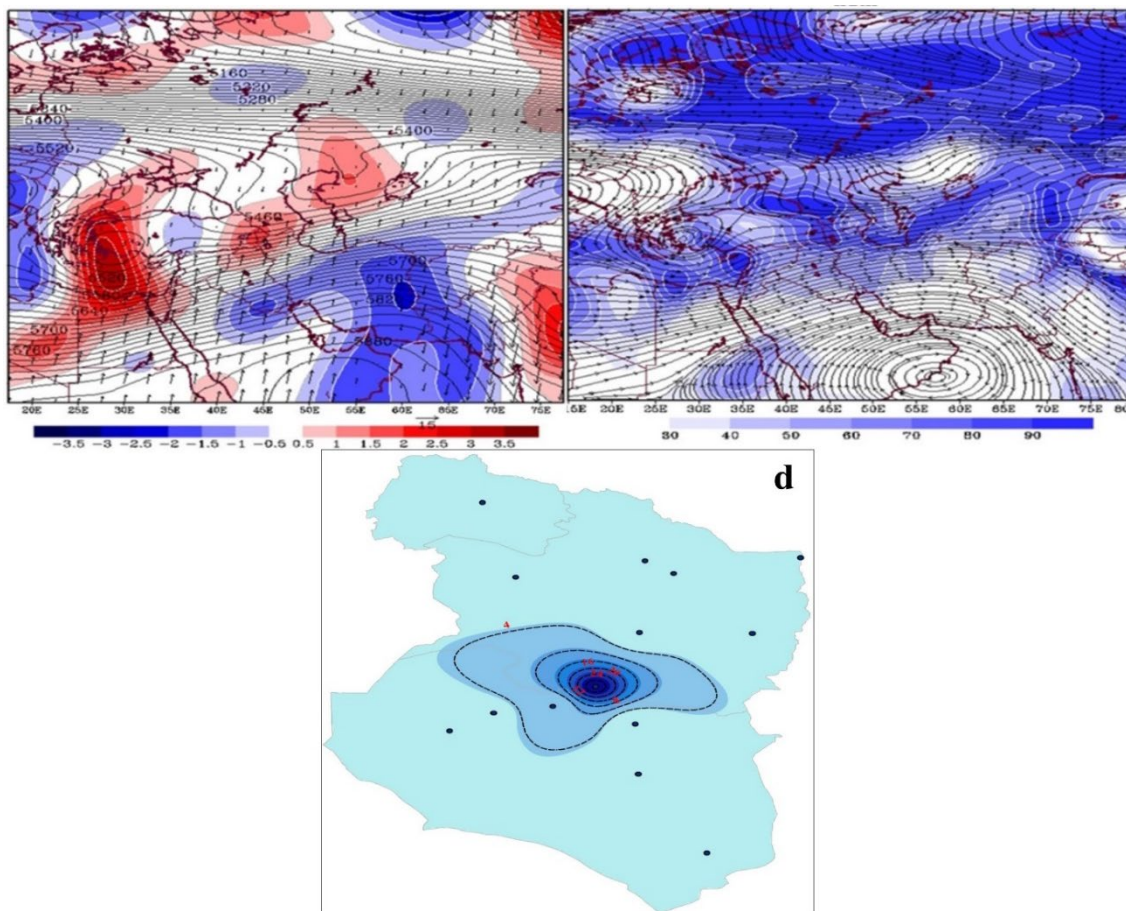
الگوی سردچال ترکیبی: در تاریخ ۲ ژانویه ۲۰۱۷، بارش شدید با مقدار ۲۵ میلیمتر در ۵ ساعت در گناباد ریزش و موجب سیلاب شد. آرایش بادهای غربی در این الگو در سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال نشان می‌دهد که از آسیای مرکزی تا شرق مدیترانه تراف عمیق بادهای غربی با سه سلول جداشده از تراف به ترتیب با هم ارتفاع ۵۴۰۰، ۵۴۴۰ و ۵۴۸۰ از آسیای مرکزی تا ترکیه وجود دارد. همزمان پشته بادهای غربی در شرق ایران وجود دارد و پراارتفاع جنب حاره ای با هم ارتفاع ۵۸۸۰ متر در جنوب عربستان و دریای عرب وجود دارد. همزمان یک مرکز کم فشار بسته شده در شرق ایران با فشار ۱۰۱۵ هکتوپاسکال وجود دارد. نقشه چرخندگی نشان

جدول ۴: شدیدترین بارش ایستگاه ها و باران نگار مربوط در روز ۰۳-۰۱-۲۰۱۷

ایستگاه	گناباد	فردوس	بشرویه
مقدار بارش(mm)	۲۶	۴	۳



شکل ۵: ویژگی های همدیدی بارش شدید ۳ ژانویه ۲۰۱۷. a= فشار سطح زمین و ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، b= چرخندگی و جریان سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال، c= رطوبت نسبی و الگوی جریان سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال.



ادامه شکل ۵: ویژگی‌های همیدی بارش شدید ۳ ژانویه ۲۰۱۷.

نتیجه‌گیری

بارش‌های شدید و سیلابی یکی از مهم‌ترین مخاطرات جوی است که هر ساله خسارت‌های زیادی در طبیعت و برای انسان به همراه دارد. این گونه بارش‌ها که ویژگی ذاتی اقلیم‌های خشک و نیمه خشک است، در سالهای اخیر به دلیل گرمایش جهانی و افزایش فرین‌های اقلیمی افزایش چشم‌گیری دارد. شناخت الگوهای جوی مرتبط با وقوع این بارش‌ها، در پیش‌بینی‌ها و کنترل این بارش‌ها کمک می‌کند. در این پژوهش، ضمن استخراج رویدادهای بارش‌های سنگین در استان خراسان بر مبنای صدک ۹۵ بارش و بارش‌های شدید با استفاده از داده‌های باران‌نگار ثابت، الگوهای بارش و دلایل همیدی رفتار گردش‌های جوی و سامانه‌های همیدی این بارش‌ها بررسی شد. در خراسان، ارتفاع نقاط مختلف باعث تفاوت‌های ناحیه‌ای شده است. با افزایش ارتفاع از سمت جنوب به سمت شمال منطقه بر میزان نزولات جوی افزوده می‌گردد. یافته‌های تحقیق نشان می‌دهد به طور کلی

بارش‌های شدید در خراسان مشابه دیگر نقاط ایران با حرکت نصف‌النهاری موجهای کوتاه بادهای غربی و با آرایش نامنظم بادهای غربی بر روی ایران یا در نزدیکی ایران عمدتاً از قفقاز تا دریای خزر و آسیای مرکزی است. با عمیق شدن بادهای غربی در این مناطق، پدیده‌های نادر جو بالا، بلاکینگ‌ها در جنوب اروپا و متعاقباً سردچال‌های جوی بر روی مناطق فوق از شرق مدیترانه، قفقاز تا آسیای مرکزی و بعضاً داخل ایران ایجاد می‌شوند. چنانکه در مطالعه الگوهای جوی بارش شدید ایران (مصطفائی و همکاران، ۱۳۹۴)، مرکز و جنوب غرب ایران (امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹)، شمال غرب (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰)، خراسان جنوبی (گلکار و همکار، ۱۳۹۲)، لارستان (قادری و همکار، ۱۳۸۹)، بوشهر (گندمکار، ۱۳۸۹)، نیز وجود دارد. این سردچال‌های جوی موجب ماندگاری و ناپایداری شدید در مناطق می‌شوند و در ارتباط با تامین رطوبت می‌توانند بارش‌های شدید و سیلابی را ایجاد می‌کنند. بطوریکه در خراسان بارش‌های بالاتر از ۲۰ میلی‌متر ریزش می‌کند. همزمان در ارتباط با این الگوی جوی در

منابع

1. Alijani. B. Doostan.R. 2016. Atmospheric Pressure Indices and Climate of Iran. J of Geography and development. No. 45. pp. 67-92.
 2. Alijani. B. 2021. Climate of Iran. Payam Noor Press. Tehran. pp. 221.
 3. Asakereh. H. Hesami.N. Shamohamadi. Z. 2016. Synoptic Analysis of Heavy Rainfall Caused by cut-Off Low in Bazoft Basin (Case study: Precipitation during March 8-13, 2010). J of Environment and water engineering. No.3. pp. 219-235.
 4. Azizi. Q. Nabavi. S.A. Abasi.A. 2010. Synoptic analysis of time-spatial distribution of heavy rains in Razavi and Shamali Khorasan provinces. J of Geographical perspective. No. 12. pp.
 5. Azizi. Q. Soltani.M. Hanafi. A. ranjbar.A. Mirzaei. A. 2011. Analyzing the effect of blocking system in creating heavy precipitations. J of Geographical research. No.4. pp. 117-148.
 6. Baghidah. M. Amirahmadi. A. Entezari. A. Erfani. A. 2010. Investigating the rainfall of the days of sixth and its relationship with the synoptic patterns of the atmosphere in the northeast of Iran. National conference of geographic space. Experimental approach. Environmental Management. Kharazmi University. Tehran.
 7. Beltrando. G. Camberlin. P. 2014. Interannual variability of rainfall in the eastern horn of Africa indicators of atmospheric circulation. J climatological. NO. 13, 5. PP. 533- 546.
 8. Becker. S. Gemmer. M. Jiang. T. 2006. Spatiotemporal analysis of precipitation trends in the Yangtze River Catchment. Stoch Environ and Res Risk Assessment.NO. 20. PP. 435- 444.
 9. Cavazos. T. 2000. Using Self-Organizing Maps to Investigate Extreme Climate Event: An Application to Wintertime Precipitation in the Balkans. J of Climate. NO. 13, 10. PP. 1718-1732.
 10. Cohen. J.S. 1983. Classification of 500 mb Height Anomalies Using Obliquely Rotation Principal Components. Journal of applied meteorology and climatology. NO. 22, 12. PP. 1975-1988.
 11. Domroes,M. Ranatung,E. 1993 .A Statistical approach towards a regionalization of daily rainfall in Sri Lanka, Int J climatol 13, 7, 741-754 .
 12. Doostan. R. 2019. An Analysis of Rainfall Changes in Iran. J of climate research. No. 40. pp. 13-25.
- سطوح بالای جو، در سطح زمین در مرکز تا شرق ایران سیکلون ها عمدتاً با فشار کمتر از ۱۰۰۸ هکتوپاسکال و آنتی سیکلون ها در قفقاز با فشار حداقل ۱۰۲۵ هکتوپاسکال وجود دارند که با حرکت چرخندی و مکشی خود رطوبت را صعود داده و منجر به بارش می گردند. چنانکه در مطالعه بارش شمال شرقی ایران (حمیدیان پور و همکاران، ۱۳۸۹)، خراسان رضوی و شمالی (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹) نیز وجود دارد. وجود این کم فشارها برای ریزش های شدید در منطقه ضروری است. طبیعتاً در این ریزش های شدید نقش ارتفاعات و دامنه های کوهستانی به دلیل ایجاد شرایط صعود و تشدید ناپایداری مهم است. همچنین نزدیکی سردچال به منطقه و قرار گیری منطقه در جلوی ناوه ها برای این ریزش ها ضرورت دارد. یکی از نتایج بدیهی در ادامه مطالعات گذشته، مقدار بارش های شدید در اقلیم خشک در جنوب خراسان بود که نشان می دهد، سهم زیادی از مقادیر بارش در یک دوره (۱۹۹۳-۲۰۱۷) در فردوس، نهبندان و بشرویه به ترتیب با ۲۶، ۲۴ و ۲۳ درصد را بارش های شدید و سیلابی در این مناطق دارند. چنانکه در گذشته نیز برای مهار این گونه بارش ها، بر اساس فرهنگ بومی و تجربی، کشت های بندسازی در اطراف مسیل ها و رودخانه های اتفاقی، احداث و به کشت های بهاره اختصاص داشته است. امروزه با کاهش مقدار بارش سالانه که پیش بینی می شود با افزایش دما مقدار بارش ها به نسبت در غالب مناطق ایران (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹. محمدی، ۱۳۹۰. کوچکی، ۱۳۸۶. شهیدی و همکاران، ۱۳۹۶) و نوع بارش ها نیز با این افزایش دما، به سمت بارش های شدید و کوتاه مدت یا سیلابی تغییر می کند (خزائی و همکاران، ۱۳۹۹). بنابراین به دلیل گرمایش جهانی و لزوم مدیریت در ارتباط با کنترل این گونه بارش ها و سازگاری محیطی، ضرورتاً این نوع بارش ها، تعیین کننده برنامه ریزی ها است. پیش بینی مقدار بارش ها و مطلع شدن از زمان بارش، در همه کشورها مخصوصاً کشورهای در حال توسعه، بسیار مهم و حیاتی بوده و دلیل آن هم نقش و کاربردهای فراوانی است که بارش ها در برنامه ریزی های کلان در بخش خدمات، کشاورزی و صنعت دارند.

- analysis. J of Humanities research of Isfahan University. No. 1. pp. 1-12.
27. Nameni. A. Sadeghi. S. Doostan. R. 2013. Synoptic Analysis of Khorasan Razavi Droughts. J of geography and environmental hazards. No. 5. pp. 37-54.
 28. Mohamadi. H. Moqbel. M. Ranjbar. F. 2010. Studying the changes of precipitation and temperature in Iran using MAGICC SCENGEN model. J of geography. No. 25. pp. 125-142.
 29. Omidvar. K. Safarpour. F. Mahmoodabadi. M. Olfati. S. 2010. Synopsis analysis of the effects of cutoff low in the occurrence of extreme rains in the central and southwestern regions of Iran. J of spatial planning. NO.4. PP. 161-189.
 30. Qayour. H. Halabian, A.H. Saberi. H. Hosainalipour gazi. F. 2012. Investigating the Relation between Heavy Precipitation and Circulation Patterns of the Upper Atmosphere (case study: Southern Khorasan Province). J of natural environmental hazards. No. 2. pp. 11-27.
 31. Qaderi. H. Alijani. B. 2010. Synoptic Analysis of Intensive Daily Precipitation in the Larestan Area of Iran. J of physical geography. No. 8. pp. 17-36.
 32. Ramazanian. M.S. 2010. Synoptic analysis of winter rainfall in the low rainfall area of east and southeast of Iran. MSc Thesis. University of Sistan and Baluchistan. Department of Natural Geography. Climatology. Supervisor: Taghi Tavousi.
 33. Shahidi. A. Tajbakhsh. S. M. Khashei sioki. A. Khazimeh Nejad. H. jafarzadeh. A .2017. Uncertainty analysis of temperature and precipitation variation influenced by climate change (Case Study: Southern Khorasan Province). J of Eco hydrology. NO.4. PP. 943-953.
 34. Shahrokhvandi. S.M. Qayour. H. Kaviani. M.R. 2007. Circulation according to the atmospheric norm and the index parameters of the action centers in the winter season over Iran. J of Humanities research of Isfahan University. No.1. pp. 85 -100.
 35. Koochaki. A. Nasiri Mahalati. M. Kamali. Q. 2007. Climate indices of Iran under climate change. Iranian J of field crops research. No. 1. pp. 133-142.
 36. Saidi. H. Ciampittiello. M. Dresti. C. Ghiglieri. G. 2015. Assessment of Trends in Extreme Precipitation Events: A Case Study in Piedmont (North-West Italy). Water resource manage. NO. 29. PP. 63-80.
 37. Trigo. I. F. Bigg. G. R. Davies. T. D. 2002. Climatology of Cyclogenesis Mechanisms in
 13. Doostan. R. 2020. Atmospheric patterns of heavy and widespread rains in South Khorasan. J of Geography and regional development. No.1. pp. 199-223.
 14. Feidas. H. Nouloupoulou. CH. Makrogiannis. T. Bora-Senta. E. 2007. Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1955–2001. J Theor Appl Climatol. NO.87. PP. 155- 177.
 15. Gimeno. L. Sori. R. Vazquez. M. Stojanovic. M. Algarra. I. Eiras-Barca. J. Gimeno-Sotelo. L. Nieto. R. 2022. Extreme precipitation events. WIREs Water, e1611. <https://doi.org/10.1002/wat2.1611>
 16. Golkar.M. Mohamadi.H. 2013. Extreme rains in South Khorasan. J of Quarterly geographical territory. No. 37. pp. 33-54.
 17. Gandomkar. A. 2010. A Synoptic Study of Heavy Rain in Southern Regions of Bushehr Province. J of studies of human settlements planning (JSHSP). No. 10. pp. 143-157.
 18. Hamidianpour, M. Alijani. B. Sadeghi. A. 2010. Identifying the Synoptic Patterns of Heavy Precipitations in North East of Iran. J of Arid regions geographic studies. NO.1. PP. 1-16.
 19. Halabian. A.h. 1394. Recognition the circulation patterns of flood generating heavy precipitations on the Fars region. J of Geographical planning of space quarterly. No. 18. pp. 31-46.
 20. Hossaini. M. Motalebifar. F. 2007. Study of Flood Management and Methods of Flood Damage Mitigation. J of Scientific-research quarterly of geographical data (SEPEHR). No.63. PP. 35-38.
 21. Khazaei. M. Khazaei. H. Saqafian. B. 1399. Climate Change Impact on Extreme Rainfalls in Arid Region of Iran. J of Environmental Science and Technology. No.9. pp. 31-42.
 22. Lashkari. H. Asqarpour. M. Matkan. A.I. 2008. Synoptic analysis of factors causing flooding in Golestan province. J of spatial planning. No. 2. pp. 181-211.
 23. Mohamadi. B. 2011. Trend Analysis of annual rainfall over Iran. J of Geography and environmental planning. No. 3. pp. 95-106.
 24. Mostafaei. H. Alijani. B. Saliqeh. M. 2015. Synopsis analysis of heavy and widespread rains in Iran. J of spatial analysis environmental hazards. No. 4. pp. 65-76.
 25. Modares. R. 2007. Regional rainfall distributions of Iran. J of Pajouhesh va sazandegi. No. 2. pp. 86-91.
 26. Masoodian. S.A. Ataei. H. 2005. Identification of Iran's rainy seasons by cluster

- the Mediterranean. Monthly Weather Review. NO.130 (3). PP. 549-569.
38. Yarnal. B .1993. Synoptic Climatology in Environmental Analysis. London: Belhaven Press.