نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی
سال چهاردهم | شماره پنجاه و پنجم | پاییز ۱۴۰۲
وصول: ۱۴۰۱/۰۵/۰۹ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۲/۳۰
صص ۲۱۶-۲۰۱

تحلیل الگوهای جوی منجر به وقوع بارش شدید در خراسان

هادی منصوری[۱]، رضا دوستان*[۲]، مجید حبیبی نوخندان[۳]
۱- کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۲- استادیار اقلیم شناسی، گروه جغرافیا دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
۳- دانشیار اقلیم شناسی، مرکز ملی اقلیم شناسی مشهد، ایران

چکیده

بارش‌های شدید ویژگی ذاتی بارش ایران است، که در دهه های اخیر با گرمایش جهانی، تشدید گردید. شناخت الگوهای جوی این بارش ها، در پیش بینی و کاهش خسارت ها کمک میکند. به این منظور، داده های روزانه بارش۱۴ ایستگاه سینوپتیک در خراسان از ۲۰۱۷-۱۹۹۳، منطبق بر دوره روند سریع دمای کره زمین(بعد از ۱۹۷۰ میلادی)، استفاده شد. ایستگاه ها به گونه ای انتخاب گردید که همه مناطق ارتفاعی و اقلیمی را پوشش می دهند. برای بررسی همدیدی، داده‌های باز تحلیل شده مرکز ملی پیش بینی محیطی و پژوهش های جوی آمریکا(NCEP/NCAR) با تفکیک مکانی ۲/۵ درجه در شبکه مختصات ۷۰- ۱۵ درجه شمالی و۸۰- ۱۵ درجه شرقی استفاده گردید. دراین تحقیق از متغیرهای ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح ۵۰۰ هیکتوپاسکال به عنوان مبنا، فشار سطح دریا، مولفه‌های باد مداری (U) و نصف النهاری(V) سطح ۵۰۰ هیکتوپاسکال و رطوبت سطح ۸۵۰ هیکتوپاسکال استفاده شد. روز بارش شدید، روزی تعریف شد که مقدار بارش بیشتر از صدک ۹۵ ام(بارش سنگین)، جهش در نمودار باران نگار ایستگاه ثبات و در دیگر ایستگاه ها(حداقل ۵۰ درصد) همزمان بارش ریزش کند(بارش سیستمی). نتایج نشان داد، این بارش ها مشابه غالب مناطق ایران، با آرایش نصف النهاری موج کوتاه بادهای غربی و پدیده های نادر بلاکینگ و سردچال اتفاق می افتند، چنانکه در بارش های شدید خراسان موقعیت سردچال ها 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 فشار۱۰۲۵ 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 سیکلون های فعال و با بارش زیاد به خراسان میرسند، اما بعضاً با آرایش خاص بادهای غربی و سردچال ها، سیکلون ها ی فعال با رطوبت زیاد به شرق ایران میرسند و بارش های شدیدی با بیش از ۲۰ میلیمتر در کوتاه مدت را موجب میشوند که سهم عمده ای از بارش های جنوب منطقه با اقلیم خشک است.

کلید واژه‌ها: بارش شدید، سردچال جوی، خراسان.

* نویسنده مسئول: ۰۵۱۳۸۸۰۵۲۸۸ Email: doostan@um.ac.ir

مقدمه

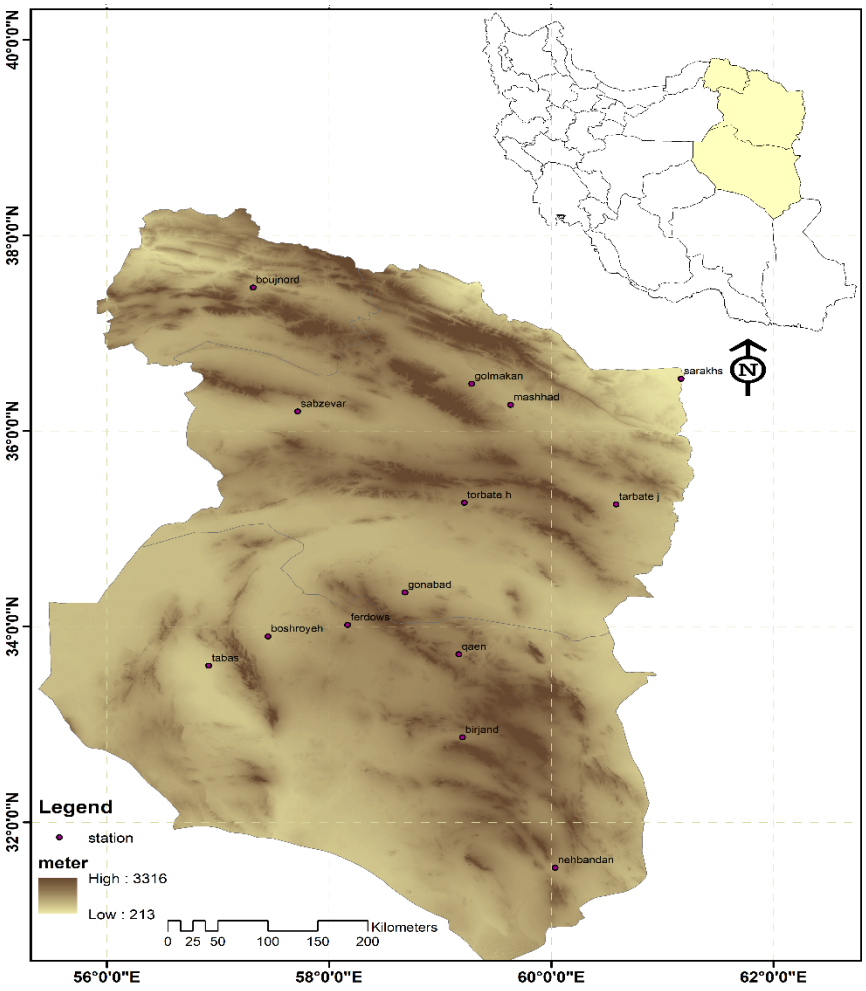
موقعیت کشور ایران در بین عرض های برون حاره و جنب حاره، قرار گیری بخش عمده آن بر روی کمربند بیابانی جهان از شمال آفریقا تا آسیای مرکزی و نقش پدیده های متنوع جغرافیایی موجب انواع مخاطرات جوی در این منطقه می شود. اینگونه مخاطرات، از ذات اقلیمی ایران منشأ می گیرد و از گذشته های دور به شکل منظم اتفاق افتاده، طوریکه محیط طبیعی و فعالیت های انسانی در مناطق مختلف با این پدیده ها سازگارشده اند. از جمله این پدیده ها، خشکسالی ها و ترسالی ها، بارش های شدید و سیلاب، توفان های گرد وغبار، یخبندان ها، موج های گرما و سرما می باشند(علیجانی، ۱٤۰۰). 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 نفردر اثر بلایای طبیعی جان باختند، که دو سوم آن ناشی از سیل است(حسینی و مطلبی فر، ۱۳۸٦). 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 لایه‌های فوقانی جو و جریان‌های همرفتی، تشکیل و گسترش ابرهای توفان‌زا منجر به وقوع بارش‌های 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 پدیده‌ها 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 طبقه‌بندی ناهنجاریهای ارتفاع ۵۰۰ هکتوپاسکال با استفاده از چرخش مولفه های مبنا در تحلیل عاملی پرداخت. بلترامدو و همکاران (۱۹۹۳) در تحقیق خود در مورد بارش‌های آفریقا نشان داد، که باران‌های تابستانی در اتیوپی مربوط به جریان هوای موسمی از حوضه کنگو و اقیانوس اطلس است اما ارتباطات کاملاً محکمی با شرایط سطح حاکم در اقیانوس‌های هند و آرام وجود دارد. دمروس و همکار (۱۹۹۳) بارویکرد آماری به منطقه بندی باران روزانه در سریلانکا پرداخت، که عوامل اصلی الگوهای نوسان روزانه باران با باران‌های موسمی معمولی، نفوذ غالب منطقه همگرایی بین گرمسیری و توپوگرافی مرتبطند. کاوازوس (۲۰۰۰) در پژوهشی، برخی از مکانیسم‌های 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 بارندگی‌های شدید تاکیددارد. تریگو (۲۰۰۲) در پژوهش خود به این نتیجه رسید که سیکلونهای زمستان در سه منطقه فعال در دریای اژه و دریای سیاه، با عمده سیستم‌های همزمان از اقیانوس اطلس شمالی تحریک(فعال) می‌شوند. بیکر (۲۰۰٦) در تحقیق خود به تجزیه و تحلیل زمانی- مکانی روند بارش درحوضه آبریز رودخانه یانگ تسه پرداخت و بارش‌های شدید فصل تابستان در ۳٦ ایستگاه مطالعه شد. فیداس (۲۰۰۷) با بررسی روند سری‌های 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(گل‌کار و همکاران، ۱۳۹۲). کشور ایران از لحاظ موقعیت جغرافیایی به دلیل تاثیر پذیری از مرکز پرفشار جنب حاره‌ای و شرایط آب و هوایی ناشی از آن در دوره گرم سال، بارش های اندک را تجربه می‌کند. شرایط آب و هوایی ناشی از سامانه پرفشار موجب کمبود ریزش‌های جوی و خشکی هوا در ایران می‌شود(علیجانی، ۱٤۰۰). بخشی از بارش های شدیدکشور 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 جنبه‌های 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 بارش‌های سنگین می‌باشد. ولی در مناطقی از کشور بارش‌های بسیارسنگین و رگباری اتفاق می‌افتد. شمال‌شرق ایران در فصل‌سرد، تحت سیطره الگوهای گردشی مختلف جو بالا، واقع‌می‌شود (علیجانی و دوستان، ۱۳۹۵). مسعودیان و عطایی(۱۳۸٤)، مدرس(۱۳۸٦) ایران را به پنج

و هشت ناحیه بارشی همگن تقسیم کردند. بررسی در مورد بارش های 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، ۱۳۸٦). نتایج تحقیق لشکری و همکاران (۱۳۸۷) بیانگر آن است که آنتی سیکلون های دریای مدیترانه و کم فشار سودانی مسبب بارش ها در گلستان شده است. بـــارش از متغیرتـرین عناصر اقلیمی است و مهـم‌تـرین داده ورودی به‌سامانه‌های هیدرولوژیکی است. نحوه پراکندگی بارش بر روی زمین را عامل صعود ومنابع رطوبتی را تعیین میکند و ریزش مقادیرکم بارش ویا بالعکس و یا بارش ناگهانی در یک منطقه، تحقیق در مورد بارش ها را آشکار می‌کند. **رمضانیان (۱۳۸۹)** الگوی پرفشار غرب، پرفشار سیبری، کم فشار مدیترانه‌ای را از عوامل بارش‌های سنگین در ناحیه شرق ایران معرفی می کند و با مطالعه نقشه‌های همدیدی، الگوی بارش در هر ناحیه را تعیین کرد. حمیدیان‌پور و همکاران (۱۳۸۹) جهت آشنایی الگوهای همدیدی بارش‌های شدید شمال شرق‌ایران از روش‌های ترکیبی کمی و کیفی بهره بردند. غیور وهمکاران(۱۳۹۱)، در پژوهش خود در مورد ارتباط بارش‌های شدید خراسان جنوبی با الگوهای گردشی، 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 عامل‌ایجادکننده 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 سردچال ها در ایران به هدایت و ریزش بارش‌های زیاد و شدید و به تبع آن سیلاب کمک میکند(امیدوار و همکاران، ۱۳۸۹). عامل همه پدیده های محیطی، الگوی فشار است که با شناخت شرایط همدیدی و الگوهای فشار بوجود آورنده‌ی آن، میتوان بارش‌های سنگین را پیش بینی کرد(حلبیان، ۱۳۹٤). مصطفایی وهمکاران(۱۳۹٤) با تحلیل همدیدی بارش‌های شدید و فراگیر درایران به اختلاف در مورد آرایش الگوها وتیپ‌های هوا وتأثیر 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، ۱۳۹۸). خراسان جزو مناطق با اقلیم سرد بیابانی و نیمه بیابانی است که با توجه به شرایط جغرافیایی ازجمله 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، ۱٤۰۰؛ دوستان،۱۳۹۹؛ عزیزی و همکاران، ۱۳۸۹؛ گلکار، ۱۳۹۲؛ غیور و همکاران، ۱۳۹۱). عمده بارش ها در این منطقه در فصل زمستان و بهار اتفاق می افتند و با توجه به طبیعت کوهستانی بخشی از بارش ها به شکل شدید و سیلابی رخ می دهند. چنانکه از گذشته بخشی از کشت های کشاورزی در خراسان به نام کشت بندساری و بر مبنای کنترل همین بارش های سیلابی بوده است. همچنین به بخشی از این بارش های شدید عمدتاً در فصل بهار بر اساس فرهنگ بومی و تجربی بارش های شیشه گفته می شود که بر مبنای یک سیکل منظم ٦ روزه از اول بهار حادث میگردد(باعقیده و همکاران، ۱۳۸۹). این گونه بارش های شدید و کوتاه مدت از گذشته تاکنون خسارت های زیادی در ارتباط با کشاورزی، فرسایش شدید خاک و تخریب زیرساخت های مواصلاتی و آبگرفتگی شهرها و روستاها داشته است. در سالهای اخیر در ارتباط با گرمایش جهانی و تغییر رفتار و ناهنجاری بارش ها در جهان، در این منطقه نیز مقادیر بارش ها کاهش داشته است اما بارش ها عمدتاً به بارش های شدید و کوتاه مدت تغییر رفتار داده است. بنابراین شناخت الگوهای منجر به وقوع این بارش ها برای پیش بینی و مدیریت بارش ها مفید است. هدف این پژوهش، شناسایی و تحلیل الگوهای گردش جوی منجر به وقوع بارش شدید و سیلابی کوتاه مدت در خراسان است.

داده و روش تحقیق

خراسان در شرق ایران با اقلیم های گرم وخشک، 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 بیابان های گرم داخلی، بیابان های سرد آسیای مرکزی و دوری از منابع عمده رطوبتی است. چنانکه این منطقه از ایران به اقلیم های گرم و خشک جنب حاره ای 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

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 ویزگی 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 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).



شکل۱: منطقه مورد مطالعه و موقعیت مکانی ایستگاه های همدید

هدف این مطالعه، بررسی همدیدی بارش های شدید و کوتاه مدت در خراسان است. به این منظور در این مطالعه از داده های روزانه بارش و نمودار باران نگار ایستگاه ثبات استفاده شد. ایستگاه‌های منطقه، برمبنای پراکندگی فضایی مناسب و طول دوره آماری بلند مدت (۱۹۹۳-۲۰۱۷) انتخاب شد. این ایستگاه های همدید تمام مناطق استان با توپوگرفی متفاوت و تنوع اقلیمی را پوشش می دهند(شکل۱). به منظور تعیین بارش‌های سنگین از شاخص صدک ۹۵ بارش روزانه (جدول۱) در هر ایستگاه، استفاده شد و مقدار آستانه بارش سنگین در هر ایستگاه مشخص گردید(جدول۲). در ادامه با استفاده از این شاخص ها، روزهای با بارش سنگین و بیشتر از صدک ۹۵ در هر کدام از ایستگاه ها استخراج شد. توزیع مکانی و زمانی این بارش ها در منطقه با استفاده از تعداد این بارش ها مشخص گردید. در ادامه به منظور تعیین روزهای با بارش شدیدکه هدف اصلی این مطالعه است از نمودارهای باران نگار ثبات استفاده شد. روز بارش شدید روزی تعریف شد، که بارش سنگین در ایستگاه اتفاق افتاده است اما همزمان نمودار باران نگار ایستگاه ثبات از کوتاه بودن مدت زمان این 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، بعداز تعیین روزهای با بارش شدید در مرحله قبل، الگوهای جوی بارش ها تعیین و تحلیل همدیدی شد. به این منظور داده های روزانه شبکه ای بازتحلیل شده با تفکیک ۲/۵ درجه از مرکز ملی پیش بینی محیطی و پژوهش های جوی آمریکا(NCEP/NCAR) برای روزهای فوق استخراج گردید. پنجره انتخابی برای دریافت داده های شبکه ای در این مطالعه ۱۵ تا ۷۰ درجه شمالی و ۱۵ تا ۸۰ درجه شرقی است، تا الگوهای مؤثر بر بارش های خرسان در این محدوده قابل شناسایی باشند. مبنا برای تعیین الگوهای جوی در ارتباط با بارش ها، ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال است. اما در ادامه به منظور تحلیل سینوپتیکی الگوها از داده های باد مداری و نصف النهاری سطح ۵۰۰ هیکتوپاسکال، رطوبت سطح ۸۵۰ و فشار سطح دریا نیز استفاده شد. بطوریکه توزیع زمانی و مکانی یارش های شدید و چگونگی ایجاد این بارش ها مشخص گردید.

جدول ۱- شاخص های بارش شناسایی شده توسط ETCCDI

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

نتایج تحقیق

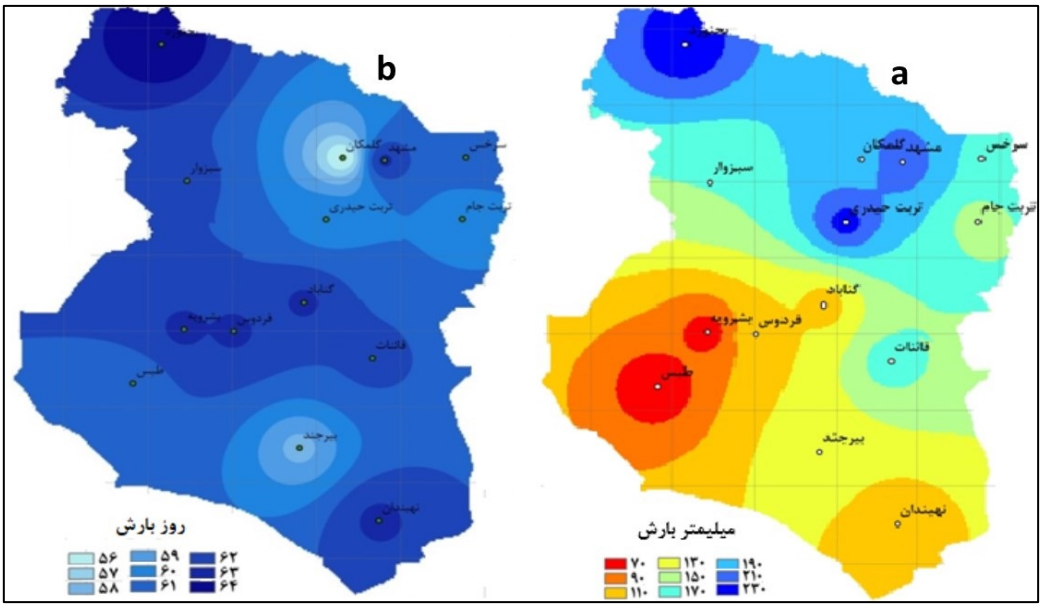
به طور کلی نتایج این پژوهش به دو بخش تقسیم می‌شود: بخش اول نتایج مربوط به بررسی زمانی و مکانی بارش‌های سنگین خراسان است. جدول ۲ توزیع مکانی این بارش‌ها در ایستگاه‌های مختلف از ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ را نشان می دهد. بطوریکه میانگین آستانه بارش شدید شمال شرقی ایران ۱۷ میلیمتر است که بیشترین آن در ایستگاه نهبندان و تربت

حیدریه به ترتیب با مقدار ۲٤ و ۲۱ میلیمتر و کمترین آستانه در منطقه طبس و بشرویه به ترتیب با مقدار ۱۲ و ۱۳ میلیمتر می باشد. این نشان میدهد 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 میلیمتر با ۲۷ روز بارش، که بیشترین مقدار در نیمه شمالی با ۲۳۵ میلیمتردر بجنورد و کمترین مقدار در جنوب با ٦۷ میلیمتر در طبس است که این مقدار بارش به ترتیب با ٤٤ و ۱٦ روز بارشی ریزش می کند.

جدول۲: ویژگی بارش های واقعی($1mm \leq RR$) 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	۱۱۰۱	۹۳۳	۸۹۹	۸۷۴	۶۷۸	۷۶۸	۷۱۵	۵۵۰	۵۴۵	۴۰۷	۳۸۸	۶۲۸	۶۰۲	۴۳۰	۶۸۰
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

توزیع مکانی مقدار بارش و تعداد روز بارش سنگین بر اساس شاخص بارش سنگین نشان می دهد(شکل۲)، 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 بارش‌ها اغلب در مناطق شمالی با ۵۸ روز در بجنورد و حداقل آن در طبس با ۲۰ روز رخ داده است. تحلیل بارش سنگین ایستگاه‌ها نشان می‌دهد که مقدار بارش در نیمه شمالی منطقه مورد مطالعه بیشتر بوده و از شمال منطقه به سمت جنوب، ازمقدار بارش‌ها کاسته شده ولی در بعضی از ایستگاه‌ها شدت بارش‌ها بیشتر می‌شود که البته این از ویژگی‌های 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. مثلا در فردوس که ۲۳ روز بارش در سال دارد، حداقل یک روز بارش شدید است. در حالیکه در بجنورد با ٤٤ روز بارش در سال، حداقل ۲ بارش شدید و سیلابی رخ می دهد. در طی این ۲۵ سال دوره آماری، بیشترین حجم بارش‌ها در ایستگاه بجنورد، و کمترین آن در طبس به ترتیب با مقدار ۵۸٦۳ میلیمتر و ۱٦۸۵ میلیمتر می‌باشد که از این مقدار بارش به ترتیب ۱۲۲۲ و ۳۳۵ میلیممتر 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 ۲٦، ۲٤ 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 بارش‌های شدید در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت است و علت آن عقب نشینی پرفشار جنب حاره و همچنین وزش بادهای غربی می‌باشد. ولی در ماه‌های خرداد، تیر، مرداد، شهریورو مهرماه ، وقوع بارش و روزهای بارش‌سنگین به دلیل وجود پرفشار جنب حاره‌ای وعدم وزش بادهای غربی به منطقه، کمتر و و عمدتاً وجود ندارد.



شکل۲: بارش سالانه و بارش های سنگین شمال شرق دردوره آماری ۱۹۹۳ – ۲۰۱۷

بخش دوم نتایج شامل تحلیل همدیدی بارش‌های شدید روزانه ثبت شده از ۱۹۹۳ تا ۲۰۱۷ است، یعنی بارش های سنگین(بخش اول) که در کمترین زمان بیشترین بارش ریزش کرده است. این داده‌های ایستگاه‌های ثبات، بارش‌های سنگینی که در کمترین زمان رخ داده را نشان می دهد. مثلا در ایستگاه مشهد درتارخ۲۰۱۷/۰۲/۱۶ در فاصله زمانی دو ساعت ۱۸/۰۹ میلی متر 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 ۲٤ ساعت ممکن است زیاد خسارت به محیط وارد نکند زیرا به مرور جذب خاک می شود. سایدی و همکارانش (۲۰۱۵) تحقیقی پیرامون روند حوادث بارش های شدید در شمال غربی ایتالیا انجام دادند و آنان هم از داده های باران نگار برای تعیین بارش شدید استفاده کردند.

الگوهای جوی بارش‌های شدید: الگوهای جوی منجر به وقوع بارش های شدید در شرق کشور مشابه دیگر نقاط ایران تحت تأثیر سیستم های ناهنجار گردش جو یا همان مانع و سردچال های جوی شکل می گیرد. 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 بیابان های گرم و خشک و سرد و خشک جهان قرار دارد. سیستم های غالب جوی در ارتباط با ناپایداری و بارش، موج های بادهای غربی اند که با ریزش هوای سرد در جو بالا موجب ناپایداری و جابجایی توده های هوا و تشکیل سیکلون ها در سطح زمین می شوند. عمدتاً این سیستم های جوی با شروع فصل پاییز به عرض های پایین تر کشیده می شوند، اما غالباً با حرکت نصف النهاری بادهای غربی در زمستان، به عرض های پایین و از جمله ایران میرسند. با عمیق تر شدن بادهای غربی، پدیده های جوی بلاکینگ و سردچال ها به ترتیب در عرض بالاتر و پایین تر شکل می گیرند. این سیستم های جوی به ترتیب موجب نفوذ هوای گرم در جو بالا به عرض بالاتر و پایداری شدید هوا، اما سردچال ها در عرض پایین تر برعکس با نفوذ هوای سرد و ناپایداری شدید و ماندگاری همراه است. در این مطالعه نیز عامل بارش های شدید در شرق ایران، سه الگوی جوی سردچال و بلاکینگ می باشد که بر روی آسیای مرکزی، غرب ایران و الگوی ترکیبی آسیای مرکزی- غرب ایران شکل می‌گیرد.

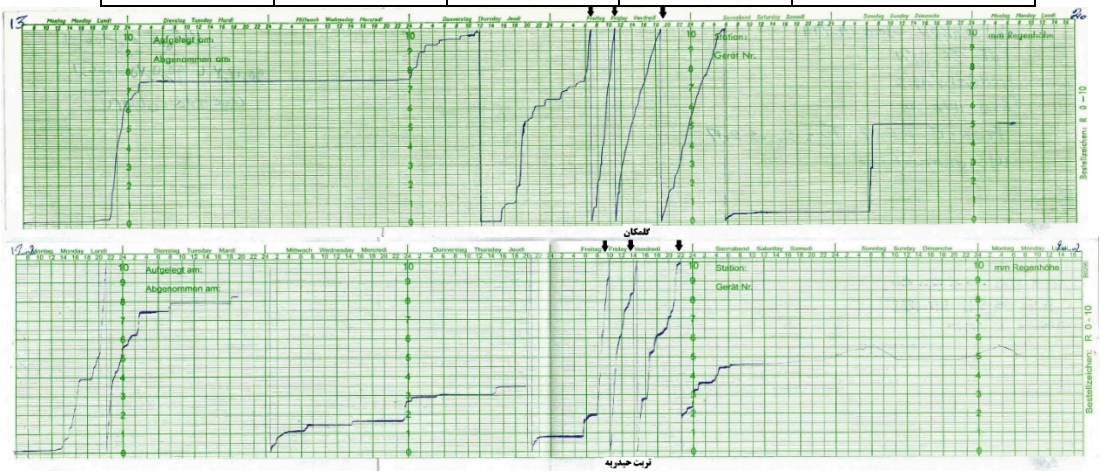
الگوی سردچال آسیای مرکزی: در روز ۱۷ فوریه سال ۲۰۱۷، در نقشه هم ارتفاع ژئوپتانسیل متر سطح میانی جو، یک ناوه برروی تمام نیمه‌ی غربی‌ایران و سواحل غربی دریای خزر کشیده شده که مرکزاین ناوه به صورت سلول بسته با ارتفاع ۵۲۸۰ ژئوپتانسیل متر برروی شمال شرق دریای خزر و

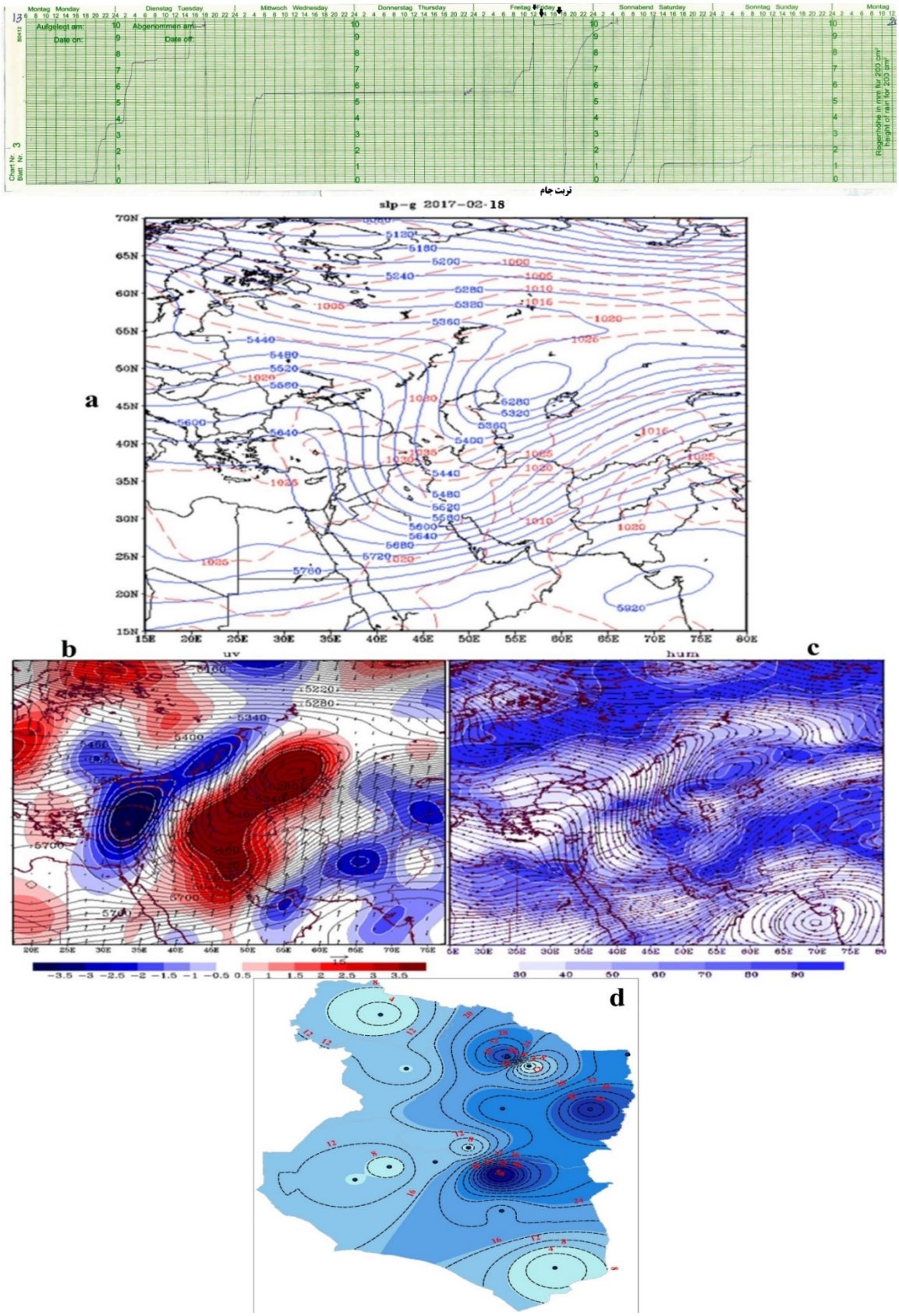
قزاقستان قرار دارد. این ناوه عمیق تا عرستان کشیده شده و هم ارتفاع ۵۷۵۰ متر از مر کز عربستان می گذرد و نشان دهنده نفوذ هوای سرد در جو بالا تا دریای گرم جنوبی ایران است. همزمان در شرق دریای مدیترانه یک بلاکینگ از نوع رکس قرار دارد. این شرایط جوی موجب ماندگاری و حرکت کند سیستم گردش در مقیاس همدید در جنوب غربی آسیا گردید. همزمان در جلوی ناوه خمیده در شرق ایران، در سطح زمین مرکز کم فشاری با هم فشار ۱۰۱۰ هکتوپاسکال وجو دارد که با حرکت چرخندی موجب ناپیداری شدید در این منطقه شد. شرق‌این ناوه از جنوب غرب و نیمه‌ی غربی با امتداد جنوب غربی شمال شرقی به سمت شمال شرق‌ایران کشیده شده است.که‌این سبب رخداد ناپایداری در شمال شرق ایران شد. در نقشه‌ی رطوبت نسبی و شاررطوبتی سطح ۸۵۰ هیکتوپاسکال، 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 شرق‌ایران می‌باشد همچنین مقدار رطوبت هم بین ٦٠تا٧٠ درصد می‌باشد که برای رخداد بارش نسبتا مناسب می‌باشد و در نقشه باد نصف النهاری باد سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال می‌توان مقادیر مثبت باد u را مشاهده نمود که نشانه‌ی حاکمیت کامل جریانات گرم جنوبی دراین سطح در منطقه‌ی شمال شرق‌ایران می‌باشد.رطوبت نسبی مناسب و جو کم فشاری نسبتا شدید در سطح میانی جو و همسوئی جهت جریانات جنوب و جنوب غربی در سطح میانی جو با سطح شار رطوبتی ۸۵۰ هیکتوپاسکال، 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 می باشند. با توجه به ارتفاع ایستگاه تربت حیدریه و کوهستانی بودن منطقه، طبیعتاً این عامل کوهستانی نیز باعث تشدید بارش ها می شود. رودخانه های خشک و عمیق در اطراف این مناطق خشک، گواهی بر اینگونه ریزش ها و بارش های سیلابی که در کوتاه مدت دبی را به اوج رسانده می باشند.

در شکل (۳-الف) خروجی های هدف با دایره‌های قرمز و خروجی های 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.

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

ایستگاه	قائن	تربت جام	گلمکان	تربت حیدریه
مقدار بارش(mm)	۵۸	٤٦	٤١	۳۲



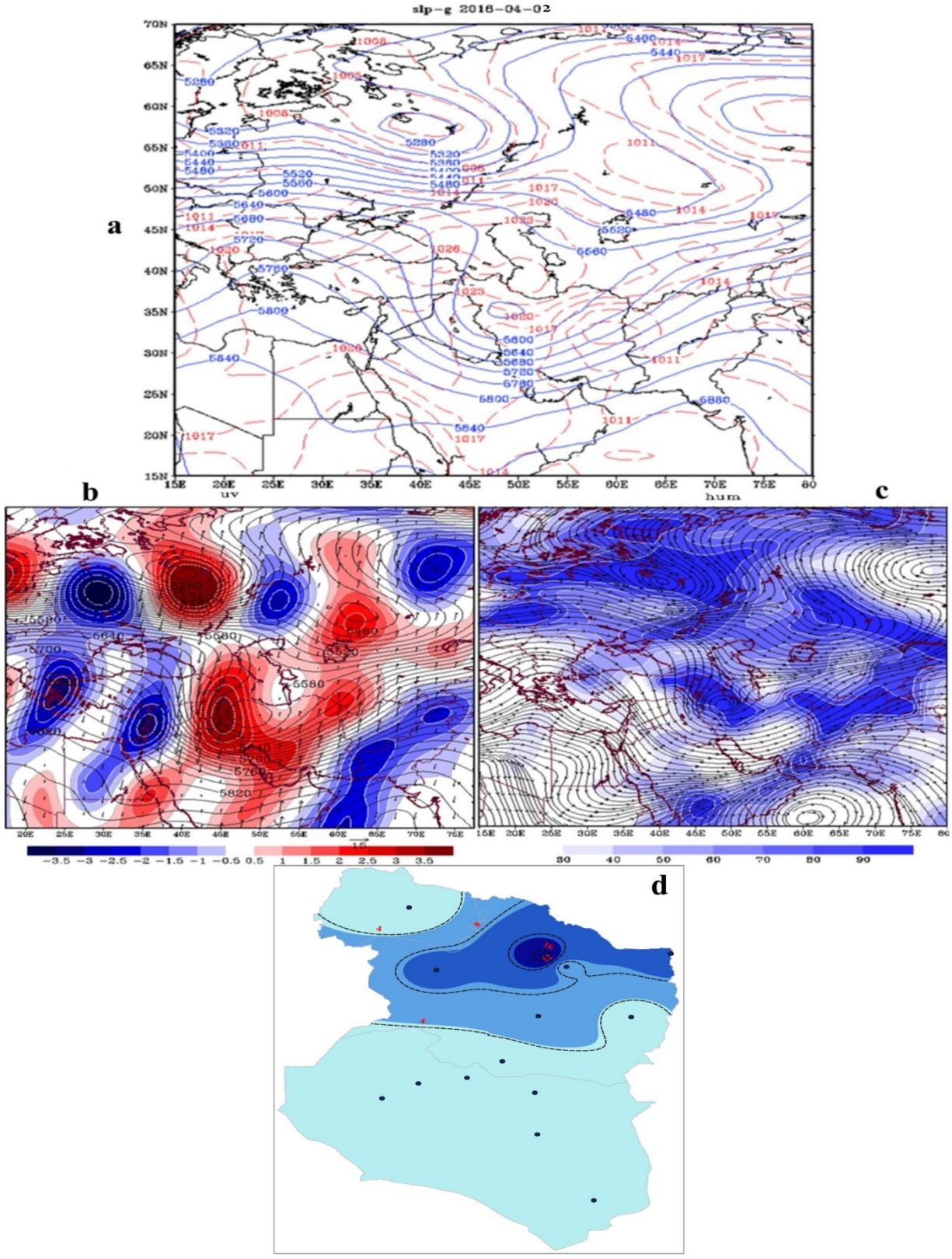


شکل ۳- ویژگی های همدیدی بارش شدید 18 فوریه ۲۰۱۷، a= فشار سطح زمین و ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال b= چرخندگی و جریان سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال c= رطوبت نسبی و الگوی جریان سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال.

الگوی سردچال غرب ایران: در روز ۱ آوریل ۲۰۱٦، 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 برروی روسیه غربی و قزاقستان به ترتیب با هم ارتفاع ۵۲۸۰ و ۵٤٤۰ 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 ۵۵٦۰ متر در غرب ایران برروی 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 توجه به موقعیت پرفشار در شمال غربی ایران با هم فشار ۱۰۲٦ 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 چرخنگی 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 دریاهای گرم جنوبی به منطقه و شمال شرقی ایران می رسند، چنانکه رطوبت ۹۵ تا ۱۰۰درصدی بر روی شمال شرقِ خراسان بارش‌ها را در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه تشدید می‌کند. 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 ٦ ساعت می رسد، طبیعتاً در این الگو نیز نقش ارتفاعات بینالود در تشدید بارش ها جود دارد.

جدول ۳- شدیدترین بارش ایستگاه ها و باران نگار مربوط در روز ۰۲-۰٤-۲۰۱٦

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

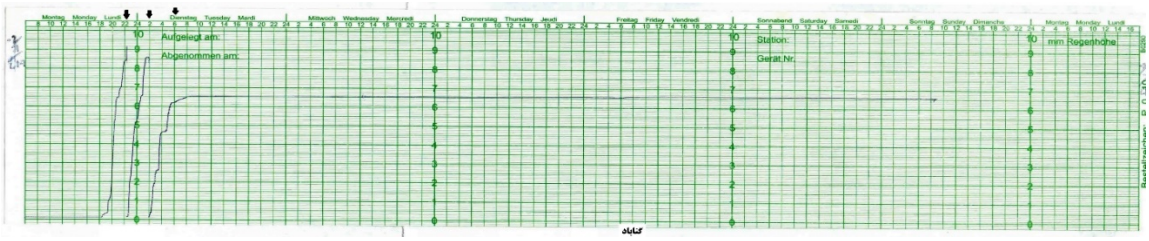


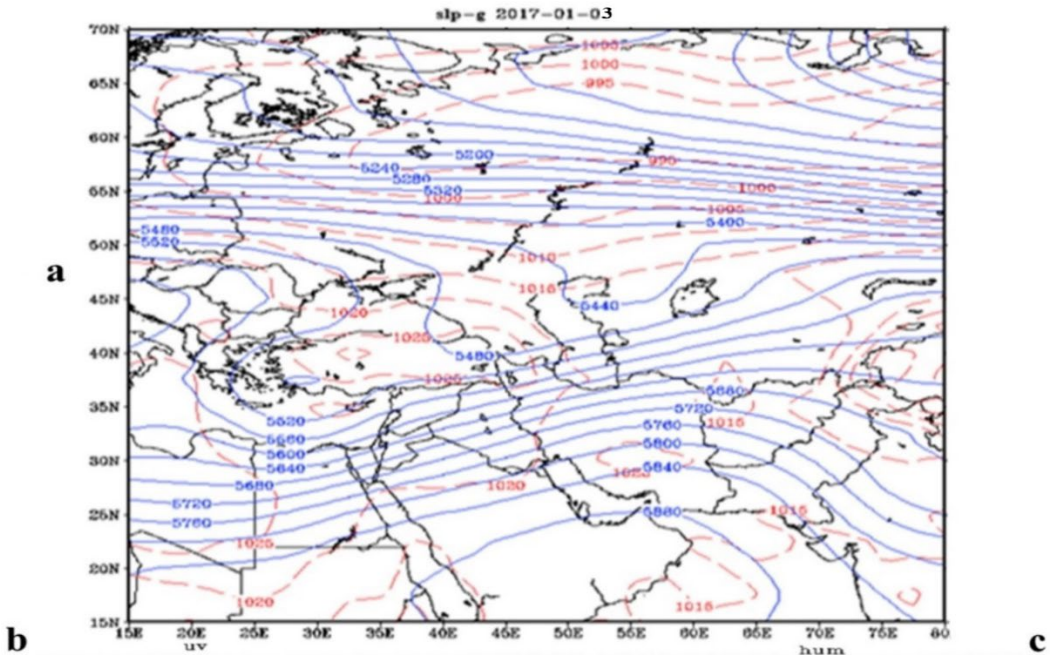
شکل ٤- ویژگی های همدیدی بارش شدید ۲ می ۲۰۱٦. a= فشار سطح زمین و ارتفاع سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال b= چرخندگی و جریان سطح ۵۰۰ هکتوپاسکال c= رطوبت نسبی و الگوی جریان سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال.

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 می دهدکه از اسیای مرکزی تا شرق مدیترانه تراف عمیق بادهای غربی با سه سلول جداشده از تراف به ترتیب با هم ارتفاع ۵٤۰۰، ۵٤٤۰ و ۵٤۸۰ از آسیای مرکزی تا ترکیه وجود دارد. همزمان پشته بادهای غربی در شرق ایران وجود دارد و پرارتفاع 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 می‌دهد در منطقه دریای خزر، شمال غرب ایران و شرق دریای مدیترانه حرکت صعودی هوا و ناپایداری شدید با چرخنگی مثبت وجود دارد و همزمان در بخش غالبی از ایران چرخندگی منفی و جود دارد. در این الگو بیشینه رطوبن نسبی در نیمه شمالی ایران و نشان از جابجایی رطوبت از دریای مدیترانه و خزر به منطقه مطالعه می باشد. در نقشه‌ی رطوبت نسبی و شاررطوبتی ۸۵۰، جهت ترابرد رطوبت تقریبا به طور کامل غربی می‌باشد و مقدار رطوبت نسبی بین ۵۰ تا ٦۰درصد 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 می باشد.

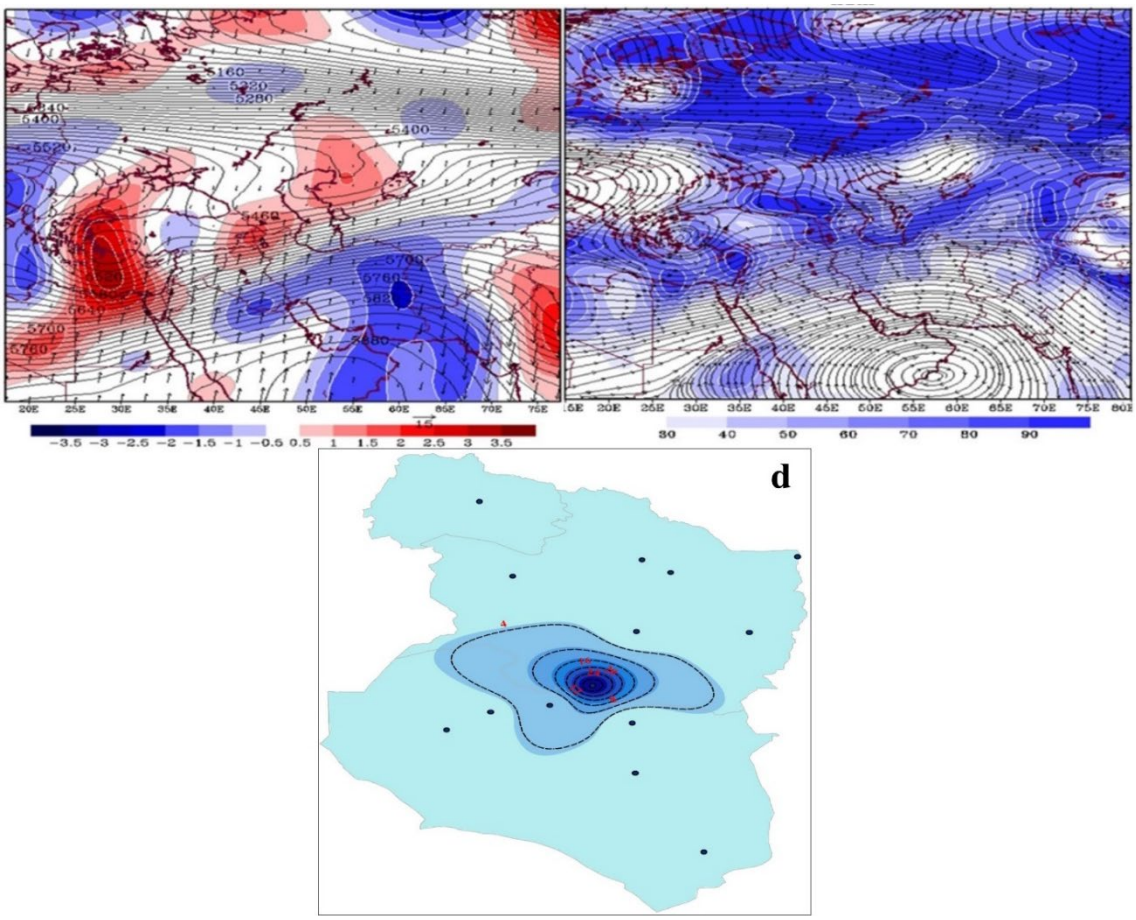
جدول ٤: شدیدترین بارش ایستگاه ها و باران نگار مربوط در روز ۰۳-۰۱-۲۰۱۷

ایستگاه	گناباد	فردوس	بشرویه
مقدار بارش(mm)	۲٦	٤	۳





شکل۵: 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: ویژگی های همدیدی بارش شدید ۳ ژانویه ۲۰۱۷.

نتیجه گیری

بارش های شدید و سیلابی یکی از مهم ترین مخاطرات جوی است که هر ساله خسارت‌های زیادی در طبیعت و برای انسان به همراه دارد. این گونه بارش ها که ویژگی ذاتی اقلیم‌های خشک و نیمه خشک است، در سالهای اخیر به دلیل گرمایش جهانی و افزایش فرین های اقلیمی افزایش چشم گیری دارد. شناخت الگوهای جوی مرتبط با وقوع این بارش ها، در پیش بینی‌ها و کنترل این بارش ها کمک می‌کند. در این پژوهش، ضمن استخراج رویدادهای بارش‌های سنگین در استان خراسان بر مبنای صدک ۹۵ بارش و بارش های شدید با استفاده از داده های باران نگار ثبات، الگوهای بارش و دلایل همدیدی رفتار گردش‌های جوی و سامانه‌های همدید 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 نصف النهاری 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، پدیده های نادر جو بالا، بلاکینگ ها در جنوب اروپا و متعاقباً سردچال های جوی بر روی مناطق فوق از شرق مدیترانه، قفقاز تا آسیای مرکزی و بعضاً داخل ایران ایجاد می شوند. چنانکه در مطالعه الگوهای جوی بارش شدید ایران(مصطفائی و همکاران، ۱۳۹٤)، 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 سردچال های جوی موجب ماندگاری و ناپایداری شدید در مناطق می شوند و در ارتباط با تامین رطوبت می توانند بارش های شدید و سیلابی را ایجاد می کنند. بطوریکه در خراسان بارش های بالاتر از ۲۰ میلیمتر ریزش می کند. همزمان در ارتباط با این الگوی جوی در

سطوح بالای جو، در سطح زمین در 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 ۲٦، ۲٤ 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 بندساری 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،۱۳۸٦. شهیدی و همکاران، ۱۳۹٦) 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 بارش‌ها و مطلع شدن از زمان بارش، در همه کشورها مخصوصا کشورهای در حال توسعه، بسیار مهم و حیاتی بوده و دلیل آن هم نقش و کاربردهای فراوانی است که بارش‌ها در برنامه‌ریزی‌های کلان در بخش خدمات، کشاورزی و صنعت دارند.

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.

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. Noulopoulou. 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.l. 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.