

بررسی آماری و هم‌دیدگی بارش‌های فوق‌سنگین استان گیلان

بتول زینالی^{۱*}، سمیرا مینائی^۲، مهدی فروتن^۳

۱- دانشیار، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشجوی کارشناس ارشد، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- دانشجوی دکترا، دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه محقق اردبیلی

* ایمیل نویسنده مسئول: zeynali.b@uma.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۴/۲۰

چکیده

بارش‌های سنگین همه‌ساله در تمام نقاط جهان بخصوص مناطق خشک و نیمه‌خشک خسارت‌های بسیار زیادی به محیط‌زیست و انسان وارد می‌کند هدف اصلی این پژوهش بررسی آماری و هم‌دیدگی بارش‌های فوق‌سنگین استان گیلان است. برای این کار داده‌های بارشی ۴ ایستگاه آستارا، بندرانزلی، رشت (فرودگاه) و منجیل از سال ۲۰۲۱-۱۹۹۳ از سازمان هواشناسی استان گیلان اخذ شد. روزهای دارای بارش سنگین با استفاده از صدک ۹۵٪ انتخاب شدند و به خاطر رعایت اختصار تحلیل روز ۲۰۱۸/۱۱/۶ مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین با استفاده از روش‌های نا پارامتریک آزمون‌های من-کندال، سنس استیمیتور و روش رگرسیون خطی ساده روند بارش‌های سنگین مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج این آزمون‌ها نشان داد ایستگاه آستارا روند مثبت، صعودی و معنی‌داری داشته ولی در بقیه ایستگاه‌های منتخب با وجود صعودی بودن، روند معنی‌دار نبوده است. برای تحلیل روز نماینده مذکور داده‌های NETCDF از سایت نوا اخذ شدند و نقشه‌های فشار تراز سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، آب قابل بارش، تاوایی، رود باد، وزش رطوبتی و هاف مولر رطوبت ویژه در نرم‌افزار گردس ترسیم شدند نتایج حاصل از این نقشه‌ها نشان داد حرکت ساعتگرد پرفشار دینامیکی واقع در شرق اروپا به هدایت جریان بادهای غربی و شمالی به سمت مناطق مورد مطالعه منجر شده و از سویی دیگر با قرارگیری ایستگاه‌های مطالعاتی در جلوی محور فرود ناوهی حاصل از بلاکینگ دو قطبی که حرکات چرخندی و صعودی هوا را در پی داشته و مقادیر مثبت تاوایی نیز آن را اثبات نموده، در نهایت به اغتشاش جوی انجامیده است. حرکت بادهای غربی نیز به گونه‌ای بوده که آورنده رطوبت دریای سیاه و دریای مدیترانه به اتمسفر مناطق مورد مطالعه بوده‌اند بخصوص با افزایش سرعت باد در روز اوج بارش بر میزان نم ویژه در ترازهای پائین اتمسفر و آب قابل بارش افزوده است.

کلمات کلیدی

"تحلیل آماری و هم‌دیدگی"، "بارش‌های فوق‌سنگین"، "استان گیلان"

۱- مقدمه

عناصر مختلف جغرافیایی بوده که اثرات جانی و مالی خطرناکی به همراه داشته که می‌تواند طبیعت و انسان را تحت تأثیر خود قرار دهد (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۰ و به نقل از ذوالفقاری و همکاران، ۱۳۹۳). ریزش مقدار زیاد بارش در مدت‌زمان کوتاه به بارش سنگین و به تدریج بارش‌های فوق‌سنگین منجر می‌شود. این پدیده در بیشتر مکان‌ها در زمان رخداد به خصوص مناطق کم باران خسارات زیادی را سبب می‌شوند (عربی، ۱۳۷۹ و به نقل از خورشید دوست و همکاران، ۱۳۹۵). تعریف کاملی از بارش‌های سنگین و فوق‌سنگین که بتوان برای تمام مناطق مختلف به صورت یکسان مورد استفاده قرارداد وجود ندارد، زیرا در هر ناحیه‌ای با توجه به شرایط فیزیکی، محلی و سینوپتیکی مقدار معینی از بارش می‌تواند حادثه سیلاب را ایجاد کند. در تعریف عامیانه به بارش‌هایی که در یک ساعت بیش از ۳۰ میلی‌متر در منطقه رخ دهد را بارش سنگین گفته می‌شود از قدیمی‌ترین پژوهشی که در خصوص بارش‌های سنگین انجام شده توسط (AII this 1948) می‌باشد. وی به این نتیجه رسید که در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال فرودهایی که در جلوی محدوده پیشروی

اهمیت بارش در جوامع بشری و به طور کل تمام موجودات زنده، سبب شده است تا این پدیده اقلیمی به عنوان یک موضوع اساسی در بررسی‌های اقلیمی قرار گیرد. از لحاظ موقعیت جغرافیایی کشور ایران به علت قرارگیری در نواحی خشک و نیمه‌خشک شرایط بارندگی سالانه در آن به صورت اندک، کوتاه‌مدت و همراه با نوسانات شدید است که به ترتیب در سطوح بالا و پایین موجب ایجاد سیل و خشکسالی می‌شود (عسگری و همکاران، ۱۳۸۶ و به نقل از سلطانی و همکاران، ۱۳۹۰). از جمله مناطق مهم در این کشور که بارندگی خصوصیت بارز آن می‌باشد می‌توان به استان گیلان اشاره کرد ابرناکی و بارشی بودن از ویژگی‌های اقلیمی این استان به شمار می‌رود. شواهد آماری نشان می‌دهند این استان به دلیل وجود رشته‌کوه‌های بلند البرز در جنوب؛ در زمان عبور سامانه‌های چرخندی مهاجر و مستقر شدن الگوهای هم‌دیدگی و اچرخندی شمالی از هجوم بارش‌های سنگین و فوق‌سنگین بی‌نصیب نیست؛ بنابراین شرایط مناسبی برای وقوع بارش‌های سنگین‌تر در گیلان فراهم می‌شود. بارش فوق‌سنگین یکی از

استفاده از روش من- کندال اسپرمت مطالعه نمودند؛ به این نتیجه دست یافتند که روند کاهشی در منطقه بو گرا قابل مشاهده است و در سایر ایستگاه‌ها روندی وجود ندارند. روشنی (۱۳۸۲) با بررسی چند پارامتر اقلیمی در طول دوره ۱۹۹۴-۱۹۹۵ با استفاده از روش‌های نا پارامتری من- کندال در نواحی سواحل دریای خزر پرداخت، در نهایت نشان داد که زمان آغاز اکثر تغییرات به حالت ناگهانی به صورت نوسانی و روند آن آشکار می‌باشد. عزیزی و صمدی (۱۳۸۶) الگوی همدیدی سیل ۱۳۸۲ مازندران و گیلان را مورد تحقیق و مطالعه قرار دادند، به این نتیجه رسیدند که در عرض‌های شمالی بر روی سطح دریای خزر فرارفت هوای سرد قطبی شکل گرفته است این جریان بر اثر وجود ناوهای عمیق در شمال شرقی اروپا که طول آن بر روی سطح دریای خزر تشکیل شده است قرار دارد. مسعودیان (۱۳۸۷) در تحقیقی که در زمینه شناسایی ویژگی‌های همدیدی که با بارش ابرسنگین در ایران انجام داد، وی به این نتیجه رسید که در ایجاد بارش‌های ابرسنگین در ایران، با مستقر شدن یک فرود گسترده خلیج فارس و پرفشار در سطح دریای سیاه و با ایجاد این فرود موجب بارش‌های سنگین می‌شود. عساکره (۱۳۹۱) در شهر زنجان، طی بررسی که در زمینه تحلیل روند بارش‌های سنگین داشته است به این نتیجه رسید که دو مقیاس ماهانه و سالانه در طول دوره آماری بدون روند معنی‌دار می‌باشند. زینالی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی سیلاب هروچای با عنوان آشکارسازی شرایط همدیدی و هیدرومتئورولوژیک به این نتیجه دست یافتند که در سطح زمین با قرار گرفتن کم‌فشار موجب ایجاد بلوکینگ، در سطوح فوقانی با قرار گرفتن منطقه مورد مطالعه در شرق ناوه، ترازهای مختلف با منفی بودن پیچانه‌های امگا و جوی همراه با جذب رطوبت از دریا‌های مدیترانه، سیاه، خلیج فارس، عمان، سرخ، در نهایت تراز ۱۹۲۵ هکتوپاسکال شرایط ناپایداری بالای جو منطقه مورد مطالعه را ایجاد می‌کند. جلیلیان و رمازی (۱۳۹۶) پژوهشی که با عنوان واکاوی سینوپتیکی آماری بارش‌های سنگین و فوق سنگین سیل زا را در استان ایلام انجام دادند نتیجه کار آن‌ها نشان داد وجود ناوهای عمیق، تغذیه رطوبت، سرعت جریانات و صعود هوا بارش‌های سیل‌آسا در پی داشته است. رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۹) به بررسی سامانه‌های بلاکینگ که بر بارش‌های شهرستان تبریز مؤثر بودند را برای بازه زمانی ۲۰۱۳-۱۹۵۱ مورد مطالعه قرار دادند، به بررسی‌های نشان داد که برای تشکیل بارش عوامل اساسی فشار سطح دریا، با مستقر شدن سردچال در غرب تبریز و همچنین همراهی آن با سطح زمین موجب تشکیل بارش‌های سنگین می‌شود. پژوهشگرانی همچون اشرفی (۱۳۹۲)؛ احمدی (۱۳۹۴)؛ قلی زاده و حمیدی (۱۳۹۷) در زمینه بارش‌های سنگین کار کرده‌اند. پرویز و همکاران (۱۴۰۰) در استان کرمانشاه به تحلیل و بررسی مخاطرات بارش‌های سنگین با استفاده از روش من کندال و در بازه زمانی ۴۷ ساله (۲۰۱۷-۱۹۷۰) پرداختند. نتایج نشان داد که در استان کرمانشاه بارش سنگین

چرخندگی مثبت، قرار دارند موجب بارندگی با شدت بیشتری شده‌اند. (Maddox, 1978) در مقایسه‌ای که بین سیل‌های سنگین شهرهای راپیدسیتی و بیگ تامپسون از لحاظ سینوپتیکی انجام داد و به این نتیجه رسید که عاملی اصلی تشکیل این نوع از سیل‌ها بادهایی است که در سطح پایین می‌وزند و باعث می‌شود رطوبت زیادی به این دو ناحیه برسد همچنین ناهمواری سبب صعود و در آخر بارش‌های سنگین را ایجاد می‌کند. (Aboutaleb et al, 2007) تغییرات سری‌های سالانه رطوبت نسبی در اردن را مورد بررسی قرار دادند نتیجه کار آن‌ها نشان داد که در سری سالانه رطوبت نسبی روند افزایشی معنی‌داری وجود دارد. (Bourdieu et al, 2007) به تحقیق در مورد مقدار فرین دوره‌های تر و خشک برای جزیره سبیل پرداختند آن‌ها متوجه شدند با چرخش بزرگ مقیاس اتمسفر رویداد فرین در این جزیره ایجاد می‌شود. (Carbolut et al, 2008) در منطقه سامسون ترکیه طی مطالعاتی که در خصوص روند بارش و دما انجام دادند به این نتیجه دست یافتند که بین دما و بارش هیچ روند مثبت و منفی معنی‌داری وجود ندارد (Sen Roy, 2009) در هند به مطالعه الگوهای بارش فرین پرداخته و نشان داده است که ارتفاعات بالای شمال غربی کوه هیمالیا موجب زیاد شدن بارش‌های سنگین می‌شود. (Lupi et al, 2010) مطالعه‌ای در طی بازه زمانی ۵۵ ساله (۲۰۰۶ - ۱۹۵۱) بارش‌های فرین فصلی در جنوب کشور لهستان، شرق و مرکز آلمان انجام داده‌اند. بر اساس یافته‌های آن‌ها روند افزایش بارش‌های فرین در تمام فصل‌های سال مشاهده می‌شود اما در لهستان این جریان عمل معکوسی دارد این خصوصیات بیشتر در فصل زمستان مستقر می‌شود. (Jane et al, 2013) بررسی که در زمینه تغییرات بلندمدت دما و بارش شمال غرب هند با استفاده از روش من-کندال انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که در مقیاس‌های فصلی، ماهانه و همچنین سالانه بارش به هیچ نحوی روند معنی‌داری برای بازه زمانی مورد مطالعه مشاهده نکردند، ولی در سه مقیاس دما روندی افزایشی را متحمل می‌شوند. (Takak et et al, 2014) در طی بازه زمانی ۱۹۰۱-۲۰۱۲ روند مکانی و زمانی بارش‌های سالانه را برای حوضه رودخانه ویناگای هند را مورد مطالعه و ارزیابی قرار دادند و نتایج آنان نشان داد که در بیشتر نقاط حوضه مورد مطالعه روند کاهشی غیر معنی‌داری دارند. (Land et al, 2017) به تجزیه و تحلیل تغییر اقلیم با استفاده از داده‌های طولانی‌مدت روزانه ایستگاه‌ها و همچنین متمرکز شدن تأثیرات بارش‌های (سنگین و فوق سنگین) پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که در طول سه تا چهار دهه اخیر حساسیت‌های بیشتری که بر روی بارش‌ها شده است به علت افزایش انتشارات دی‌اکسید، گوگرد و خسارت‌ها که ناشی از کوه‌نوردی در جنوب آلمان و همچنین تغییرات محدود روزانه است. (Rahman et al 2017) بارش‌های ماهانه بنگالادش را در طی بازه زمانی ۶۰ ساله با

معنی دار بودن یا نبودن آن اثبات، مورد بررسی و تحلیل قرار گرفت. در نهایت روز ۲۰۱۸/۱۱/۶ به عنوان روز اوج بارش انتخاب گردید و به الگویابی سیستم‌های سینوپتیکی موضوع مورد مطالعه پرداخته شد. برای این کار از داده‌های سطح فوقانی جو از مرکز ملی پیش‌بینی محیطی (NCEP-NCAR) استفاده شد و به ترسیم و تحلیل روز بارش سنگین و یک روز قبل از آن پرداخته شد. این نقشه‌ها شامل فشار تراز سطح دریا، ارتفاع ژئوپتانسیل تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، آب قابل بارش در تراز سطح زمین تا سطوح فوقانی جو، تلاوی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، رود باد ۲۵۰ هکتوپاسکال و وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال و هاف مولر رطوبت ویژه می‌باشند که در محیط نرم‌افزار گرس ترسیم گشتند.

• آزمون من-کندال

آزمون من-کندال یکی از پرکاربردترین و متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری می‌باشد به عبارتی یک تحلیل روند سری‌های زمانی (داده‌ها) به شمار می‌آید. با استفاده از این روش تغییرات داده‌ها شناسایی و زمان و نوع آن مشخص می‌شود. این آزمون در سال ۱۹۴۵ توسط من مطرح سپس در سال ۱۹۷۵ توسط کندال توسعه و گسترش یافت (سرانو و همکارانش، ۱۹۹۹). برای محاسبه این روش مراحل زیر انجام می‌شود (حجام و همکاران، ۱۳۸۷ و رسولی و همکاران، ۱۳۸۹). الف) برای محاسبه اختلاف مابین تک‌تک مشاهدات نسبت به همدیگر و همچنین اجرای تابع علامت^۲ و استخراج آماره S شرح زیر می‌باشد: در فرمول زیر تعداد مشاهداتی سری زمانی با حرف n، داده‌هایی همچون X_i و X_k که هر کدام به ترتیب i ام و k ام هستند.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(X_i - X_k)$$

رابطه ۱

رابطه ۲ تابع علامت به صورت فرمول زیر محاسبه می‌گردد.

$$\text{Sgn}(x) \begin{cases} +1 & \text{if } (X_j - X_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (X_j - X_k) < 0 \end{cases}$$

ب) در فرمول واریانس، تعداد داده‌های مشاهداتی و

نمایش m و n همچنین تعداد سری‌ها به ترتیب با حروف داده شده است در این فرمول حداقل تکرار داده‌ها یک‌بار می‌باشد. فراوانی داده‌های یکسان و بارش نیز با حرف فرمول قابل ملاحظه است.

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) \sum_{t=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18} : n > 10$$

رابطه ۳

$$\text{Var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} : n \leq 10$$

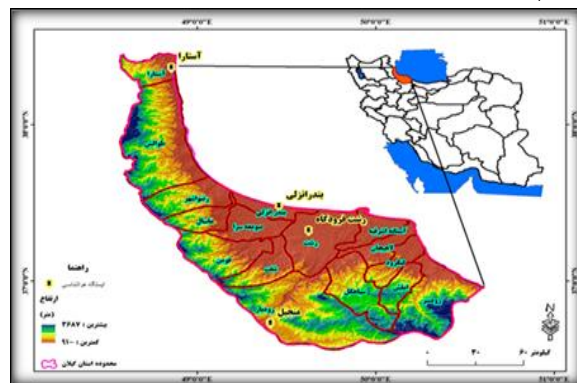
رابطه ۴

قسمت گسترده‌ای از میانگین بارش سالانه را ایجاد می‌کند. پژوهش‌های بسیار زیادی در خصوص شکل و نوع تغییرات اقلیمی صورت گرفته است لازم می‌باشد تا اقلیم شناسان کشورمان با روش‌های مختلف علمی، حجم و میزان تغییرات اقلیمی نواحی مختلف کشورمان را مورد تحقیق و بررسی قرار دهند. از آنجایی که آزمون‌های من-کندال و سنس ایستیمیتور، از آزمون‌های قدرتمند روش‌های ناپارامتری برای تعیین و اثبات روند یابی می‌باشد لذا از این روش‌ها در این کار تحقیقی استفاده شد و هدف بر این بوده تا بررسی آماری و همدیدی بارش‌های فوق سنگین استان گیلان مورد بررسی قرار بگیرد.

۲- روش انجام تحقیق

• محدوده مورد مطالعه

گیلان یکی از استان‌های شمالی ایران در دامنه‌های شرقی تالش و دامنه‌های شمالی البرز غربی همچنین همجوار جنوب غربی دریای خزر با مرکزیت شهر رشت می‌باشد. از نظر موقعیت جغرافیایی در مختصات طول شرقی حداقل ۴۸ درجه و ۲۵ دقیقه، حداکثر ۵۰ درجه و ۳۶ دقیقه و در عرض شمالی حداقل ۳۶ درجه و ۳۶ دقیقه، حداکثر ۳۸ درجه و ۲۷ دقیقه قرار دارد. این استان از شمال به جمهوری آذربایجان، از غرب به استان اردبیل، از شرق به استان مازندران و در نهایت از سمت جنوب به استان‌های زنجان، قزوین و از طرف جنوب غربی به دریای مازندران (خزر) محدود می‌شود. مساحت این استان حدود ۱۴۷۱۱ کیلومتر مربع تقریباً ۰/۹ درصد مساحت کل کشور را در برمی‌گیرد (ستوده و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان گیلان (منبع: نگارنده، ۱۴۰۰)

• روش تحقیق

هدف از این پژوهش بررسی آماری و همدیدی بارش‌های فوق سنگین استان گیلان می‌باشد که طی آن داده‌های مربوط به بارش‌های روزانه (۲۴ ساعته) ایستگاه‌های آستارا، بندرانزلی، رشت (فرودگاه)، منجیل از اداره کل هواشناسی استان گیلان در بازه زمانی ۲۹ ساله (۱۳۷۱-۱۳۹۹) استخراج شد. در پژوهش حاضر بارش‌های فوق سنگین هر ایستگاه نسبت به شرایط توپوگرافی و موقعیت جغرافیایی آن به صورت صدک ۹۵٪ فیلتر شده است. از روش‌های اصلی این تحقیق روش ناپارامتری آزمون آماری من-کندال و سنس ایستیمیتور و روش رگرسیون خطی ساده جهت

1. <https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.ncep.reanalysis.htm/>
2. Sign Function

ج) استخراج آماره Z به کمک رابطه ۵ انجام می‌شود.

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \\ 0 & \text{if } s = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if } s > 0 \end{cases}$$

رابطه ۵

• آزمون سنس ایستبیتور

این روش نیز مانند روش آزمون من-کندال از تحلیل تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی استفاده می‌کند. از نقاط قوتی که برای روش من-کندال گفته شده برای این روش نیز صدق می‌کند. مراحل کلی انجام روش آزمون سنس ایستبیتور طیف موارد ارائه شده در قسمت زیر می‌باشد (جورج و همکاران، ۲۰۰۹). اگر رابطه ۶ برقرار باشد فرض صفر مورد قبول می‌باشد. در حالتی که a در آماره Z مثبت باشد روند به صورت صعودی خواهد بود و همچنین در صورتی که منفی باشد روند به حالت نزولی نشان داده می‌شود. همچنین سطح معنی‌داری می‌باشد که برای آزمون‌هایی مدنظر قرار می‌گیرد که معمولاً در سطح ۹۹٪ و ۹۵٪ به انجام برسد.

$$|Z| \leq Za/2$$

رابطه ۶

رابطه ۶ زمانی که فرض صفر در یک آزمون دو دامنه، جهت روندیابی مورد قبول است که از این فرمول یا رابطه پیروی کند. در این فرمول سطح معنی‌داری که برای انجام آزمون مدنظر قرار می‌گیرد با حرف Z نمایش داده می‌شود. همچنین Za توزیع آماره نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار a است که این امر با در نظر گرفتن a/Z مورد استفاده قرار می‌گیرد. لذا در صورتی که آماره Z منفی یا مثبت باشد به ترتیب سری داده‌ها به صورت نزولی و صعودی خواهد بود.

الف) با استفاده از رابطه زیر می‌توان شیب بین هر جفت داده‌ی مشاهده‌ای را محاسبه نمود:

$$F(t) = Q_t + B \quad \text{رابطه ۷}$$

در فرمول بالا Q شیب خط و نشان‌دهنده b مقدار ثابت است

$$Q = \frac{X_s - X_t}{s - t} \quad \text{رابطه ۸}$$

X_s و X_t در این فرمول هرکدام به ترتیب نشانگر داده‌های زمانی t و s که t بعد از s زمان است یک واحد زمانی می‌باشد. با انجام رابطه فوق (رابطه ۷) برای هرکدام از داده‌های جفت مشاهداتی، یک سری زمانی از شیب‌های محاسباتی به دست می‌آید که با انجام محاسبه میانی این سری زمانی شیب خط روند (

Q_{med} حاصل می‌گردد. مقدار منفی و مثبت (Q_{med}) به ترتیب حاکی از نزول و صعود روند می‌باشد. ب) به کمک رابطه زیر می‌توان پارامتر Ca را در سطح اعتماد مورد آزمون محاسبه کرد:

$$2 * \text{Var}(s), Ca = -Z1 \alpha$$

رابطه ۹

در این معادله $\text{Var}(s)$ واریانس محاسبه شده در روش من-کندال است. Z بیانگر آماره آزمون توزیع نرمال استاندارد یک آزمون دو دامنه، در صورت بسته بودن سطوح اعتماد مورد آزمون می‌تواند مقادیر مختلفی به خود بگیرد. این آماره برای سطوح اطمینان ۹۵٪ برابر با $Z=1.96$ و همچنین ۹۹٪ برابر می‌باشد با $Z=2.58$ مدنظر قرار می‌گیرد.

ج) از طریق رابطه زیر حدود اعتماد بالا و پایین ($M1$ و $M2$) مورد محاسبه قرار می‌گیرد.

$$\begin{cases} M_1 = \frac{N' - Ca}{2} \\ M_2 = \frac{N' + Ca}{2} \end{cases}$$

رابطه ۱۰

دریند (الف) تعداد شیب‌های محاسبه شده با حرف N' نشان داده می‌شود.

د) در نهایت مرحله نهایی روش سنس ایستبیتور، آزمون کردن حدود اطمینان محاسبه شده است. در واقع می‌توان بیان نمود که بین شیب‌های محاسبه شده توسط رابطه $M1, (Y)$ و همچنین $(M2+1)$ شیب‌ها به دست می‌آید؛ بنابراین زمانی عدد صفر در دامنه مابین دو شیب به دست آمده قرار خواهد گرفت که فرض صفر مورد قبول قرار بگیرد. همچنین نمی‌توان هیچ نوع از سری زمانی که در سطح اطمینان بکار گرفته شده را به آن نسبت داد. لذا اگر غیر این باشد فرض صفر رد خواهد شد و می‌توان این مسئله رو پذیرفت که سری زمانی دارای روند معنی‌داری در سطح اطمینان (اعتماد) مورد آزمون می‌باشد (زینالی، ۱۳۹۵ و به نقل از پودینه و همکاران، ۱۳۹۷).

• رگرسیون خطی ساده

رگرسیون خطی ساده برای پیش‌بینی و همچنین شناسایی متغیر وابسته تنها از طریق یک متغیر مستقل مورد استفاده قرار می‌گیرد. فرمول رگرسیون خطی ساده به صورت زیر می‌باشد:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon$$

در این رابطه، معادله یک خطی می‌باشد که ε یا همان جمله خطی به آن افزوده شده است. عرض از مبدأ در این پارامتر β_0 و شیب خط نیز β_1 نمایش داده شده است (غیور و عساکره، ۱۳۸۲: ۱۲).

• نتایج آزمون من- کندال و سنس ایستیمیتور

در جدول ۱ با توجه به مقادیر آماره Z من کندال که برای متغیر فراوانی روزهای همراه با بارش‌های فوق سنگین (بارش‌هایی که بر اساس صدک ۹۵٪) ۴ ایستگاه سینوپتیکی استان گیلان در بازه زمانی ۲۰۲۱-۱۹۹۳ انجام یافته را نشان می‌دهد. بررسی نتایج نشان می‌دهند از مجموع ۴ سری داده‌های فصلی و سالانه روزهای همراه با بارش فوق سنگین، ۱ سری از داده‌ها که شامل ایستگاه آستارا (فصل پاییز) در سطح اطمینان ۰/۵ در صدک ۹۵٪ معنی‌دار هست. بیشترین مقدار آزمون در ایستگاه آستارا ۲/۴+ و کمترین آن نیز با ۰/۴۱- فصل تابستان ایستگاه رشت (فرودگاه) اختصاص دارند. ۲ سری داده‌هایی که همواره شامل ایستگاه‌های رشت (فرودگاه) با ۱/۱۸+ در فصل پاییز و منجیل به ترتیب در فصل پاییز ۱/۱۱+ و مجموعه روند سالانه ۱/۴۴+ هستند که روند صعودی دارند ولی در سطح‌های ۱ و ۵ درصد معنادار نیستند. مابقی فصل‌ها فاقد روند معناداری می‌باشند؛ بنابراین طبق آزمون من کندال برای ایستگاه‌های یادشده منطقه مورد مطالعه روندهای صعودی در سطح اطمینان ۵ درصد است. در واقع نتایج آزمون من کندال نشان‌دهنده روند افزایشی بارش‌های فوق سنگین از آن در منطقه مورد مطالعه است. در این جدول (۲) MED Q شیب خط روند، 95 Q min و Q max 95 حد بالا و پایینی فاصله اطمینان در سطح ۹۵ درصد و 99 Q min و Q max 99 حد بالا و پایین در سطح اطمینان ۹۹ درصد را نشان می‌دهند. با توجه به مثبت و منفی بودن شیب روند (MED Q) که منحصرأ برای نزولی و صعودی بودن است را مشخص می‌کند و معنی‌داری آن‌ها (حد بالا و پایین) در سطح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد را معین می‌نماید، به‌طور کلی نتایج نشان می‌دهند که روندهای این آزمون به‌جز ایستگاه آستارا (فصل پاییز) روند صعودی و معناداری دارد بقیه ایستگاه‌ها معنی‌دار نیستند باینکه روند صعودی و افزایشی دارند.

$$\alpha = Y + \beta X \quad \text{رابطه ۱۱}$$

$$\alpha = Y - \beta X \quad \text{رابطه ۱۲}$$

این رابطه نشان می‌دهد که یک مقدار مثبت β بیانگر افزایش متغیر یا پارامتر مورد مطالعه و همچنین یک مقدار منفی برای β بیانگر کاهش متغیر مورد مطالعه با زمان خواهد بود. برای $\beta = 0$ فرض وجود روند رد می‌شود؛ ولی از لحاظ اینکه مقدار β نامعلوم است یک برآورد از β با اطمینان ۳۹٪ از رابطه زیر حاصل می‌شود:

$$\beta \pm t_{0.025} \frac{S}{Sx} \quad \text{رابطه ۱۳}$$

در این رابطه S و SX هر کدام به ترتیب انحراف از میانگین و برآورد انحراف معیار نارایی است به دست می‌آید:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - a - \beta x_i)^2 (n-2) \quad \text{رابطه ۱۴}$$

در این رابطه n-2 نشان‌دهنده درجه آزادی می‌باشد.

$$Sx = \sum (xi - \bar{x}) = \sum (xi - \overline{nx})$$

رابطه ۱۵

اگر بخواهیم حد بالا و پایین β که به این صورت حاصل می‌گردد هر دو مثبت باشند روند افزایشی متغیر مورد مطالعه پذیرفته و بالعکس اگر حد بالا و پایین β هر دو منفی باشند روند کاهشی پذیرفته می‌شود. اگر حد بالا و پایین β دارای علامت‌های متفاوت باشند فرض وجود روند تأیید نمی‌شود.

جدول ۱: نتایج مقادیر آماره Z من کندال و سن استیمیتور ۲۹ ساله برای متغیر فراوانی بارش های فوق سنگین (۱۹۹۳-۲۰۲۱)

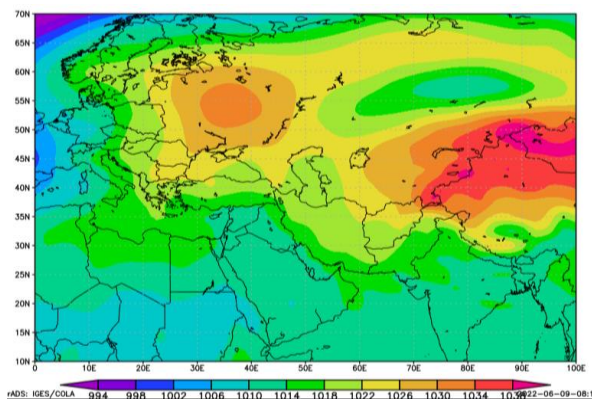
ایستگاه	فصل	Man-kendal			Sens estimator			
		Test Z	signific.	Q med	۹۵٪		۹۹٪	
					Q min	Q max	Q min	Q max
آستارا	بهار	-۰/۴۹		.	-۰/۰۵۳	-۰/۰۹۸	-۰/۱۱۱	-۰/۱۴۳
	تابستان	-۰/۱۷		.	-۰/۱۲۲	-۰/۱۴۳	-۰/۱۶۷	-۰/۱۷۸
	پاییز	۲/۰۴	*	-۰/۱۶۷	.	-۰/۳۳۳	.	-۰/۳۸۹
	زمستان	-۰/۴۱		.	-۰/۰۷۵	-۰/۱۱۱	-۰/۱۱۱	-۰/۱۴۳
	سالانه	۱/۵		-۰/۲	.	-۰/۴۹۱	-۰/۱۵۶	-۰/۶
بندرانزلی	بهار	-۰/۷۹		.	.	.	.	-۰/۰۵
	تابستان	-۰/۴۷		.	-۰/۱	-۰/۱۶۷	-۰/۱۴۳	-۰/۲۲۲
	پاییز	-۰/۶۸		-۰/۰۴۳	-۰/۱	-۰/۲۳۱	-۰/۱۶۷	-۰/۲۷۴
	زمستان	-۰/۰۸		.	-۰/۰۶۷	-۰/۰۸۳	-۰/۱	-۰/۱
	سالانه	-۰/۴۱		-۰/۰۶۳	-۰/۱۵۷	-۰/۳۳۳	-۰/۲۵	-۰/۴۴۱
رشت (فرودگاه)	بهار	-۰/۷۳		.	.	-۰/۰۴۸	.	-۰/۰۶۳
	تابستان	-۰/۴۱		.	-۰/۱۱۱	-۰/۰۷۵	-۰/۱۳۵	-۰/۱۰۶
	پاییز	۱/۱۸		-۰/۰۸۷	-۰/۰۶۸	-۰/۲۵	-۰/۱۲۷	-۰/۳۱۴
	زمستان	-۰/۵۴		.	-۰/۱۳۳	-۰/۰۶۳	-۰/۱۶۷	-۰/۰۹۱
	سالانه	-۰/۴۹		-۰/۰۲۳	-۰/۱۳	-۰/۲۹۳	-۰/۲۱۸	-۰/۳۸۸
منجیل	بهار	-۰/۱۵		.	-۰/۱۰۳	-۰/۱۴	-۰/۱۹۲	-۰/۲۴
	تابستان	-۰/۵۱		.	.	.	.	.
	پاییز	۱/۱۱		-۰/۱۱۶	-۰/۰۸۱	-۰/۲۸۱	-۰/۱۴۴	-۰/۳۳۳
	زمستان	-۰/۱۹		.	-۰/۱۰۵	-۰/۱۲۳	-۰/۱۴۳	-۰/۱۶۷
	سالانه	۱/۴۴		-۰/۱۸۸	-۰/۰۴۳	-۰/۳۸۱	-۰/۱۳	-۰/۴۴۴

• نتایج رگرسیون خطی ساده

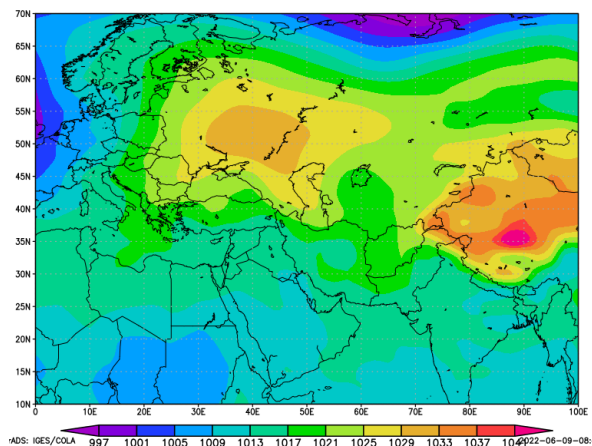
با توجه به نتایج به دست آمده از رگرسیون خطی ساده ضریب همبستگی نشان می دهد که ارتباط کمتری در بین متغیرها وجود دارد. در جدول ۲ به طور کلی در بین ۴ ایستگاه به جز ایستگاه رشت (فرودگاه) در دو فصل تابستان و زمستان که به ترتیب دارای مقادیر شیب خط رگرسیون $۲۷/۸۰۳+$ و $۴۴/۳۳+$ هستند که بیانگر صعودی بودن روند این دو فصل درسته اطمینان ۹۵٪ می باشند. نتایج فصل های بهار، پاییز و همچنین سالانه ایستگاه مذکور روند نزولی را نشان می دهد در بقیه ایستگاه ها آستارا، بندرانزلی، منجیل دارای روند منفی و نزولی بودن شیب بوده است.

جدول ۲: نتایج حاصل از رگرسیون خطی ساده ۹۵٪ برای فراوانی فصلی و ماهانه مجموع بارش های فوق سنگین (۱۹۹۳-۲۰۲۱)

ایستگاه	فصل	α	β	۲R	R	کران(۹۵٪)		سطح معنی داری
						بالا	پایین	
آستارا	بهار	- ۱۶/۰۷۶	- ۰/۰۱۳۳	- ۰/۰۰۳۹	- ۰/۰۶۲۴	- ۰/۰۹۷۴	- ۰/۰۷۰۸	- ۰/۷۴۸۲
	تابستان	- ۰/۶۷۲۴	- ۰/۰۰۳۴	- ۰/۰۰۰۱	- ۰/۰۱	- ۰/۱۳۴۴	- ۰/۱۱۷۵	- ۰/۹۵۳۸
	پاییز	- ۲۱۹/۰۹	- ۰/۱۶۴	- ۰/۱۷۱۴	- ۰/۴۱۴	- ۰/۳۰۶۴	- ۰/۲۱۶	- ۰/۰۲۵۵
	زمستان	- ۱۹/۹۲۱	- ۰/۰۱۶۷	- ۰/۰۰۵۵	- ۰/۰۷۴۱	- ۰/۰۵۷	- ۰/۰۷۲۲	- ۰/۷۰۲۵
	سالانه	- ۲۵۵/۷۶	- ۰/۱۹۷۵	- ۰/۰۷۶۷	- ۰/۲۷۶۹	- ۰/۴۶۸	- ۰/۰۷۳	- ۰/۱۴۱۵
بندرانزلی	بهار	- ۱۱/۵۹۱	- ۰/۰۰۸۹	- ۰/۰۰۷۹	- ۰/۰۸۸۸	- ۰/۴۸۱	- ۰/۰۳۰۳	- ۰/۶۴۶۶
	تابستان	- ۴۴/۰۲۷	- ۰/۰۳۵	- ۰/۰۰۹۸	- ۰/۰۹۸۹	- ۰/۱۷۳۷	- ۰/۱۰۳۷	- ۰/۶۰۹۱
	پاییز	- ۹۸/۴۱۱	- ۰/۰۷۸۳	- ۰/۰۳۵	- ۰/۱۸۷	- ۰/۲۴۰۷	- ۰/۰۸۴	- ۰/۳۳۱۱
	زمستان	- ۴/۰۲۹۶	- ۰/۰۰۴۹	- ۰/۰۰۰۶	- ۰/۰۲۴۴	- ۰/۰۸۴۶	- ۰/۰۷۴۷	- ۰/۹
	سالانه	- ۱۵۸/۰۶	- ۰/۱۲۷۱	- ۰/۰۳۴۴	- ۰/۱۸۵۴	- ۰/۳۹۲۹	- ۰/۱۳۸۷	- ۰/۳۳۵۳
رشت (فرودگاه)	بهار	- ۶/۰۵۶۷	- ۰/۰۰۵۴	- ۰/۰۰۰۹	- ۰/۰۳	- ۰/۰۷۶۱	- ۰/۰۶۵۳	- ۰/۸۷۶۲
	تابستان	+ ۲۷/۸۳	- ۰/۰۱۷۷	- ۰/۰۰۵۵	- ۰/۰۷۴۱	- ۰/۰۷۶۱	- ۰/۱۱۱۵	- ۰/۷۰۱۲۷
	پاییز	- ۱۱۵/۲۵	- ۰/۰۸۹۲	- ۰/۰۴۹۹	- ۰/۲۲۳۳	- ۰/۲۴۲۷	- ۰/۰۶۴۴	- ۰/۲۴۴
	زمستان	+ ۴۴/۳۳	- ۰/۰۲۸۶	- ۰/۰۱۵۲	- ۰/۱۲۳۲	- ۰/۰۶۲۳	- ۰/۱۱۵۹	- ۰/۵۲۴۵
	سالانه	- ۴۹/۱۷۲	- ۰/۰۴۸۳	- ۰/۰۰۷۹	- ۰/۰۸۸۸	- ۰/۲۶۲۱	- ۰/۱۶۵۵	- ۰/۶۴۶۹
منجیل	بهار	- ۱۶/۷۸۳	- ۰/۰۱۶۷	- ۰/۰۰۱۹	- ۰/۰۴۳۵	- ۰/۱۶۸۱	- ۰/۱۳۴۶	- ۰/۸۲۲۱
	تابستان	- ۱۱/۷۹۸	- ۰/۰۰۸۹	- ۰/۰۱۷۳	- ۰/۱۳۱۵	- ۰/۰۳۵۲	- ۰/۰۱۷۵	- ۰/۴۹۶۷
	پاییز	- ۱۶۵/۶۶	- ۰/۱۲۴۱	- ۰/۰۸۰۳	- ۰/۲۸۳۳	- ۰/۲۹	- ۰/۰۴۱۸	- ۰/۱۳۶۴
	زمستان	- ۲۱/۸۵	- ۰/۰۱۹۲	- ۰/۰۰۴۸	- ۰/۰۶۹۲	- ۰/۱۲۸۱	- ۰/۰۸۹	- ۰/۷۲۰۳
	سالانه	- ۲۱۶/۰۹	- ۰/۱۶۹	- ۰/۰۸۰۵	- ۰/۲۸۳۷	- ۰/۳۹۴۴	- ۰/۰۵۶۵	- ۰/۱۳۵۷



شکل ۲- نقشه فشار تراز دریا (SLP) روز ۵، نوامبر ۲۰۱۸

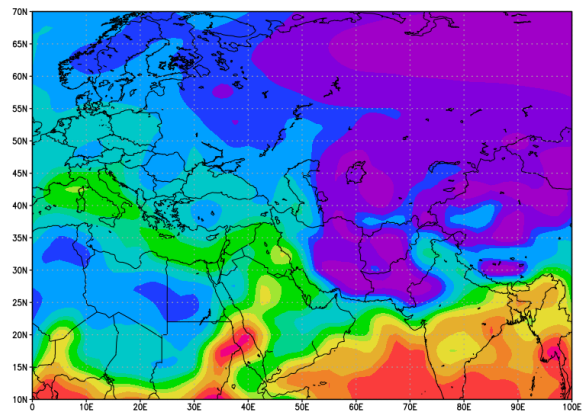


شکل ۳- نقشه فشار تراز دریا (SLP) روز ۶، نوامبر ۲۰۱۸

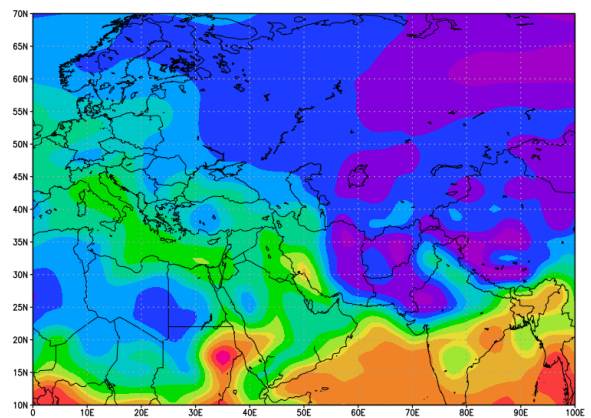
• تحلیل نقشه های سینوپتیکی ۲۰۱۸/۱۱/۶

طبق شکل ۲ از بارش سنگین (۲۰۱۸/۱۱/۵) نشان می‌دهد دو سامانه پرفشاری در شرق اروپا و شمال چین استقرار یافته است. میزان فشار مرکزی هر کدام به ترتیب ۱۰۳۴ و ۱۰۴۰ هکتوپاسکال است که زبانه ۱۰۱۸ میلی بار آن‌ها بر فراز مناطق مطالعاتی کشیده شده است. حرکات ساعتگرد این سامانه‌ها منجر به نفوذ جریانات شمالی از دو سوی شمال غرب و شمال شرق به سمت مناطق مورد مطالعه شده است و همین عامل باعث چرخندگی منفی هوا و نزول متعاقب آن شده است. در روز اوج رخداد بارش (شکل ۳) سامانه‌های پرفشار یادشده از هم جدا گشته‌اند و پرفشار روی چین از حیث وسعت قلمرو فعالیت، مناطق کمتری را نسبت به روز قبل در حیطه خود قرار داده است. هسته مرکزی پرفشار دینامیکی روی اوکراین نیز حرکت جنوب شرق سو یافته و این بار منحنی فشار هم‌ارتفاع ۱۰۲۱ هکتوپاسکال بر جو مناطق مطالعاتی گسترده شده که همچنان نوید شرایط پایدار جریانات هوا را دارد. وجود پرفشار دینامیکی در شمال غرب دریای خزر به اغتشاش جوی هر چه بیشتر می‌تواند دامن زند و در کنار آن مهیا بودن سایر شرایط از جمله رطوبت جوی کافی به بارش‌های سنگین منتهی شود.

بر اساس شکل ۶ نقشه آب قابل بارش از سطح زمین تا سطوح فوقانی جو روزهای مورد مطالعه را نشان می‌دهد. طبق یک روز قبل از وقوع بارش در قسمت غرب ایران به‌طور کلی محدوده جغرافیایی دریای مدیترانه هسته‌های رطوبتی به بیش از ۱۲ گرم بر کیلوگرم در یک مترمربع هوا تشکیل یافته است. رطوبت یاد شده از طریق بادهای غربی از سمت عراق وارد ایران شده و در طول این فرایند از مقدار رطوبت جوی کاسته شده و مقدار ۹ گرم بر کیلوگرم در یک مترمربع هوا در جو مناطق مطالعاتی حاکم بوده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود (شکل ۷ نقشه) در روز وقوع بارش سنگین تمرکز هسته رطوبتی در جنوب غرب ایران بوده و بیشترین مقدار آب قابل بارش در جو مناطق مطالعاتی برابر با ۱۰ گرم بر کیلوگرم مترمربع هوا بوده است؛ بنابراین با توجه به نقشه‌های فوق که نشان می‌دهند رطوبت دریای مدیترانه نقش پررنگی در ایجاد بارش‌های سنگین در این روز می‌باشند.



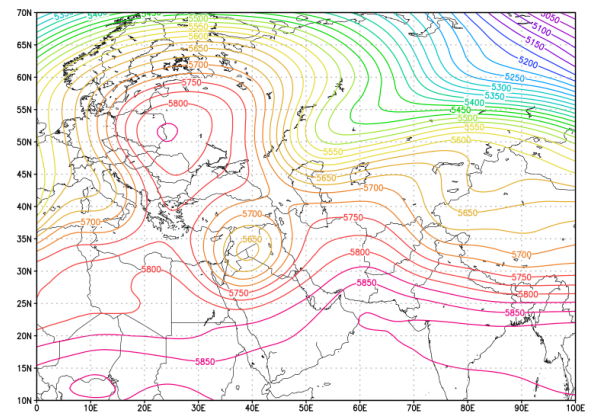
شکل ۶- نقشه آب قابل بارش در تراز سطح زمین تا سطوح فوقانی جو روز ۵، نوامبر ۲۰۱۸



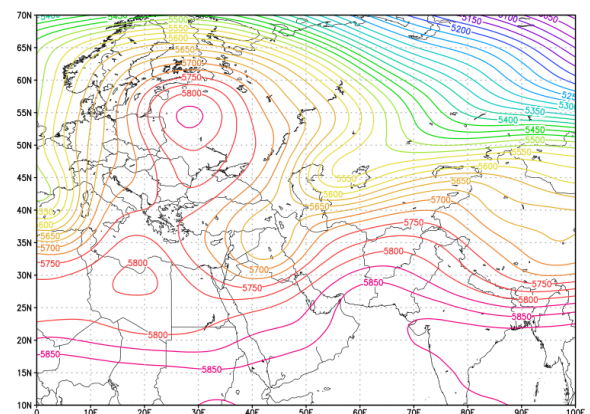
شکل ۷- نقشه آب قابل بارش در تراز سطح زمین تا سطوح فوقانی جو روز ۶، نوامبر ۲۰۱۸

شکل ۸ نقشه تاوایی ۵۰۰ هکتوپاسکال روز قبل از وقوع بارش سنگین (۵/نوامبر/۲۰۱۸) نشان می‌دهد یک هسته تاوایی مثبتی در شرق دریای مدیترانه به وجود آمده و تا نیمه غربی ایران امتداد داشته است. مناطق مورد مطالعه (استان گیلان) از چرخندگی منفی

با توجه به شکل ۴ در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال برای روز ۲۰۱۸/۱۱/۶ که برابر است با ۱۳۹۷/۱۵/۱۵ همان‌طور که مشاهده می‌شود، در روز قبل از وقوع بارش، استان گیلان در جلوی محور فرود ناوه به عبارتی منطقه PVA واقع شده است که شرایطی کاملاً ناپایدار و وزش افقی مثبت را به دنبال داشته است. این امر موجب صعود جریانات هوا و ایجاد شرایط مناسب برای رخداد پدیده بارش شده است. این وضعیت متأثر از بلاکینگ دوقطبی که قسمت هم‌ارتفاع آن ۵۶۵۰ هکتوپاسکال (قسمت شرق اروپا) و پر ارتفاع آن ۵۸۲۵ هکتوپاسکال (بر روی کشور عراق) بوده است. بادهای غربی از بین مسیر انشعاب این دو قطب حرکت نموده و با حرکت غرب سوی خود موجب انتقال رطوبت دریاهای سیاه و مدیترانه به سمت غرب ایران شده‌اند و در نهایت به مناطق مورد مطالعه رسیده‌اند. در روز اوج بارش (شکل ۵)، مرکز هم‌ارتفاع بلوکینگ یاد شده از بین رفته و تنها ناوه‌ی حاصل از آن مشاهده می‌شود که قرارگیری مناطق مورد مطالعه در جلوی محور فرود آن می‌تواند چرخندگی مثبت هوا را تجربه نماید منجر به مغتش شدن شرایط جوی شود.

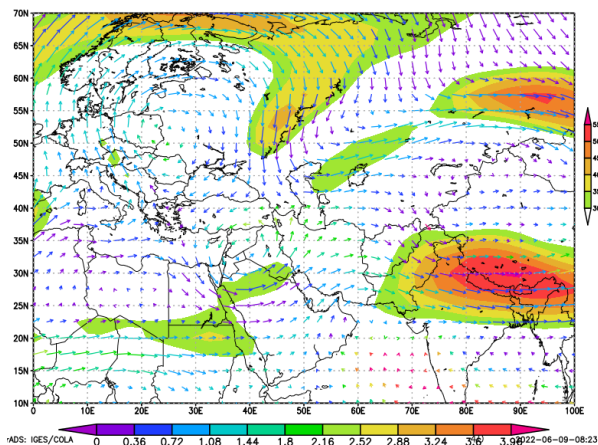


شکل ۸- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل (hgt) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۵، نوامبر ۲۰۱۸

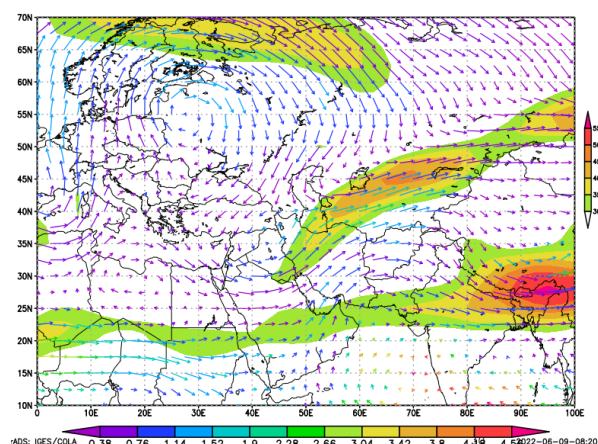


شکل ۹- نقشه ارتفاع ژئوپتانسیل (hgt) تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۶، نوامبر ۲۰۱۸

نشان می‌دهد حرکت بادهای در جلوی محور ناوه تسریع گشته و هسته رود باد جنب‌خاره‌ای در نیمه شمالی ایران تشکیل یافته که با سرعت ۵۰ متر بر ثانیه در روی اتمسفر مناطق مطالعاتی در وزش بوده است این عامل به شار رطوبت هر چه بیشتر توسط بادهای غربی که حامل رطوبتی به مقدار ۲/۶۶ گرم بر کیلوگرم بوده‌اند به سمت مناطق مورد مطالعه شده و موجب بارش سنگین در این روز شده است.



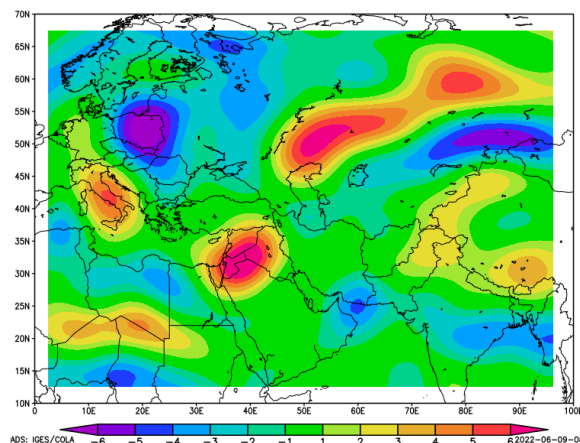
شکل ۱۰- نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال و وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۵، نوامبر ۲۰۱۸



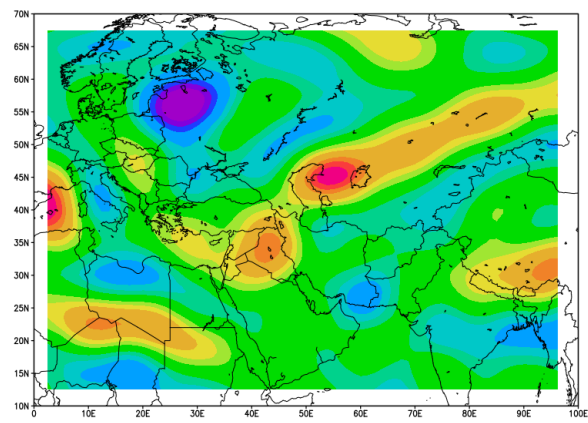
شکل ۱۱- نقشه رودباد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال و وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۶، نوامبر ۲۰۱۸

شکل ۱۲ نشان‌دهنده نقشه هاف مولر رطوبت ویژه برای مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه (استان گیلان) است که در آن زمان و ارتفاع متغیر می‌باشند. استنباطی که از این نقشه به دست می‌آید این است که بیشینه رطوبت در ترازهای پایین بوده و از نیمه‌ی دو روز قبل از وقوع بارش تا روز قبل از اوج بارش بر میزان آن افزوده شده و مقدار آن به ۱۰ تا ۱۲ گرم در کیلوگرم هوا رسیده است از ترازهای ۸۰۰ هکتوپاسکال به بالاتر وضعیت نم ویژه به‌گونه‌ای بوده که به ارتفاعات بالاتر نفوذ یافته است. در روز قبل و اوج بارش همزمان با تشدید ریزش بارش منحنی نم ویژه نیز روند افقی را نشان می‌دهد و علت آن سرریز شدن مقدار رطوبت موجود در جو به شکل بارش می‌باشد.

(۲-) برخورداری بوده و منجر به نزول هوا در این ناحیه شده است. این وضعیت به خاطر فرونشست دینامیکی هوا توسط پرفشار اوکراین بوده است در نقشه (۹) روز وقوع بارش سنگین هسته تاوایی مذکور با هسته مثبت تاوایی شمال دریای خزر ادغام گشته و علت حرکت آن در جهت شمال شرق سو به حرکات چرخندی جلوی محور ناوه برمی‌گردد و همان‌طور که مشاهده می‌گردد در این روز مناطق مورد مطالعه دارای چرخندگی +۱ بوده و این وضعیت نشان‌دهنده گردش افقی هوا موافق با حرکت وضعی زمین بوده که سبب صعود هوا شده است.



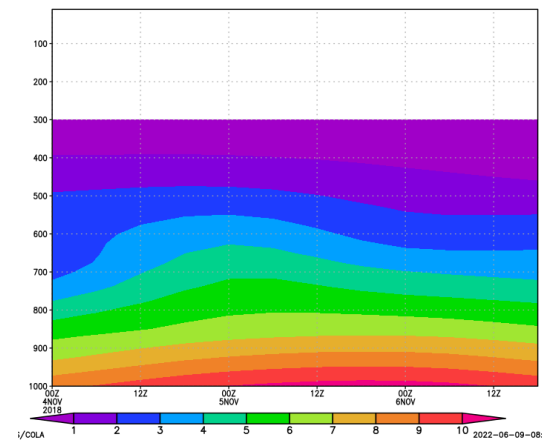
شکل ۸- نقشه تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز الف) ۵، نوامبر ۲۰۱۸



شکل ۹- نقشه تاوایی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال روز ۶، نوامبر ۲۰۱۸

شکل ۱۰ نقشه ترکیبی رود باد تراز ۲۵۰ هکتوپاسکال و وزش رطوبتی تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال را نشان می‌دهد. در نقشه الف در ابتدا خواستگاه حرکت بادهای غربی از اقیانوس اطلس بوده که بلاکینگ دوقطبی در مسیر حرکت غرب سوی آن قرار گرفته و دوشاخه نموده است در ادامه متأثر از حرکت ساعتگرد سامانه پرفشار شرق اروپا قرار گرفته‌اند و به سمت جنوب و عرض‌های پایین هدایت یافته‌اند. در ادامه این حرکت نصف‌النهاری در شرق دریای مدیترانه تحت تأثیر ناوه موجود به سمت غرب هدایت یافته‌اند و رطوبتی به میزان ۲/۸۸ گرم بر کیلوگرم را به سمت مناطق مورد مطالعه شارش نموده‌اند. با توجه به نقشه (۱۱) که

ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از بخش آماری نشان از روند مثبت، صعودی و معنی‌دار این آزمون برای ایستگاه آستارا بوده است. در بقیه ایستگاه‌های منتخبی نیز با وجود صعودی بودن، روند معنی‌دار نمی‌باشند. طبق گزارش سازمان هواشناسی استان گیلان در روز یادشده مقدار بارش برای ایستگاه‌های آستارا ۷۱/۵ میلی‌متر، بندرانزلی ۹۷ میلی‌متر، رشت (فرودگاه) ۵۲ میلی‌متر و در نهایت منجیل ۱۰ میلی‌متر ثبت شده است. نتایج حاصل از نقشه‌های سینوپتیکی نشان داد که در تراز سطح زمین حرکت ساعتگرد پرفشار دینامیکی شرق اروپا جریان‌ات غربی را به سمت مناطق مورد مطالعه هدایت نموده و در تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال، با توجه به اینکه استان گیلان در جلوی محور فرود ناوه‌ی حاصل از بلاکینگ دو قطبی واقع شده حرکات چرخندی هوا اغتشاشات جوی را به همراه داشته و مقادیر مثبت تاوایی نیز این وضعیت را اثبات نموده است. وضعیت بادهای غربی نیز بدین ترتیب بوده که از بین مسیر انشعاب دو قطب بلاکینگ مذکور حرکت نموده و با حرکت شرق سوی خود موجب انتقال رطوبت دریاهای سیاه و مدیترانه به سمت غرب ایران شده‌اند و در نهایت به مناطق مورد مطالعه رسیده‌اند. با تشدید سرعت باد در روز اوج بارش بر مقدار شار رطوبت از منابع آبی افزوده شده است و وضعیت آب قابل بارش و نم ویژه نیز گویای این وضعیت بوده‌اند که در ترازهای نزدیک به سطح زمین بر مقدار آن افزوده شده است.



شکل ۱۲- هاف مولر رطوبت ویژه ساعت صفر زولو ۵ نوامبر تا ساعت ۱۸ زولو ۶ نوامبر ۲۰۱۸ تراز ۱۰۰۰ تا ۱۰ هکتوپاسکال (طول، عرض ثابت، زمان و ارتفاع متغییر)

۳- نتیجه گیری

در این پژوهش تلاش بر این بود که با انجام روش آزمون‌های نا پارامتری من-کندال، سنس استیمیتور، رگرسیون خطی ساده روند بارش‌های فوق سنگین استان گیلان مورد بررسی قرار بگیرد. همچنین با استفاده از روش صدک ۹۵٪ بارش‌های فوق سنگین ایستگاه‌های سینوپتیکی آستارا، بندرانزلی، رشت (فرودگاه) و منجیل استخراج شدند و روز فرین (۲۰۱۸/۱۱/۶) مورد تحلیل و

منابع

- احمدی، م.، ۱۳۹۴. واکاوی بارش‌های فوق سنگین ۲۳ اسفند ۱۳۹۲ مولد سیلاب مخرب در شهرستان بندرعباس، نشریه دانش مخاطرات، دوره ۲، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، صفحات ۳۲۴-۳۰۷.
- اشرفی، س.، ۱۳۹۲. پهنه بندی چرخه‌های معنادار بارش‌های فوق سنگین سیستان و بلوچستان، نشریه اندیشه جغرافیایی، سال هفتم، شماره سیزدهم، بهار ۱۳۹۲، دانشگاه زنجان، شماره ۹۴.
- پرویز، ج، برنا، ر، اسدیان، ف.، ۱۴۰۰. تحلیل مخاطرات بارش‌های سنگین استان کرمانشاه به روش من کندال مطالعه موردی: دوره ۱۹۷۰ تا ۲۰۱۷، نشریه پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، سال دوازدهم | شماره چهل و پنجم | بهار ۱۴۰۰، صص ۹۶-۸۱.
- پودینه، ا، صلاحی، ب، خسروی، م، حمیدیان پور، م.، ۱۳۹۷. تحلیل روند تغییرات بیشینه سرعت بادهای ۱۲۰ روزه سیستان ب آزمون من-کندال و شیب تخمینی سن، پژوهش‌های دانش زمین، سال نهم، شماره ۳۴، تابستان ۱۳۹۷، صفحات ۱۱۴-۱۲۸.
- جلیلیان، م، رمازی، س.، ۱۳۹۶. واکاوی همیدی بارش‌های سنگین و فوق سنگین سیل آسا در استان ایلام، دومین کنفرانس ملی هیدرولوژی ایران، ۱۱۱ - ۱۱۳.
- حجام، س، خوشخو، ی، شمس‌الدین وندی، ر.، ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های نا پارامتری، پژوهش‌های جغرافیایی - شماره ۶۴، تابستان ۱۳۸۷، صص ۱۵۷ - ۱۶۸.
- خورشید دوست، ع، مفیدی، ع، رسولی، ع، آزر، ک.، ۱۳۹۵. تحلیل همیدی سازوکاری وقوع بارش‌های سنگین بهار در شمال غرب ایران، مخاطرات محیط طبیعی، ۵ (۸)، ۸۲-۵۳.
- ذوالفقاری، ف، صلاحی، ب، زینالی، ب، سبحانی، ب.، ۱۳۹۳. تحلیل بر الگوهای گردشی مسبب بارش‌های سنگین استان همدان، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، رشته جغرافیای طبیعی، گرایش اقلیم‌شناسی سینوپتیک، دانشگاه محقق اردبیلی، دانشکده علوم انسانی، گروه آموزشی جغرافیای طبیعی.
- رسولی، ع، ساری صراف، ب، محمدی، غ.، ۱۳۸۹. تحلیل روند وقوع پدیده گردوغبار در غرب کشور در ۵۵ سال اخیر با استفاده از روش‌های آماری نا پارامتری، فصلنامه جغرافیای طبیعی، سال سوم، شماره ۹، ۲۸-۱۵.

- رضائی بنفشه، م، جعفری شندی، ف، حسین علی پور جزئی، ف، ۱۳۹۹. واکاوی سینوپتیکی الگوهای فشار مرتبط با بلاکینگ های مؤثر بر رخداد بارش های مداوم و سنگین تبریز (طی سال های ۱۹۵۱ تا ۲۰۱۳)، نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۴، شماره ۷۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۱۲۳، ۱۵۰.
- روشنی، م، ۱۳۸۲. بررسی تغییرات اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر، پایان نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تهران.
- زینالی، ب، ۱۳۹۵. بررسی روند تغییرات فراوانی روزهای همراه با توفان های گردوغباری نیمه غربی ایران، مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال پنجم، شماره هفتم، بهار ۱۳۹۵، صفحات ۸۷-۱۰۰.
- زینالی، ب، عالی جهان، م، دشتبانی، ف، فاضلی، ع، ۱۳۹۶. آشکارسازی همید و هیدرومتئولوژیک ریشه های جوی سیلاب هروچای، نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۱، شماره ۶۱ پاییز ۱۳۹۶، صفحات ۲۲۱-۲۱۳.
- ستوده، ف، عساکره، ح، خوش رفتار، ر، ۱۳۸۹. رابطه الگوی فشار روزانه سطح دریا با بارش اوایل پاییز (سپتامبر-اکتبر) در استان گیلان، پایان نامه دوره کارشناسی ارشد، کاربرد اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی، دانشگاه زنجان، تابستان ۱۳۸۹.
- سلطانی، ص، عساکره، ح، احدنژادروشنی، م، ۱۳۹۰. تحلیل همیددی بارش های سنگین در شمال غرب ایران، پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد، رشته کاربرد اقلیم شناسی در برنامه ریزی محیطی، اسفند ۱۳۹۰.
- عربی، ز، ۱۳۷۹. تحلیل و ارائه الگوهای سینوپتیکی بارش های شدید و فراگیر فصل تابستان ایران، پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده علوم انسانی. ص: ۲۱۰.
- عزیززی، ق، سلطانی، م، حنفی، ع، رنجبر سعادت آبادی، ع، میرزایی، ا، ۱۳۹۰. تحلیل اثر سامانه بلوکینگ در ایجاد بارش های شدید (مطالعه موردی: بارش ۴ تا ۷ آبان ماه ۱۳۸۷ شمال غرب ایران)، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۴.
- عزیززی، ق، صمدی، ز، ۱۳۸۶. تحلیلی الگوی همدمستی سیل ۲۰ اکتبر ۲۰۰۳ در استان مازندران و گیلان، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، تابستان ۲۰۰۷، ۳۹ (۶۰)، صص ۶۱-۷۴.
- عساکره، ح، ۱۳۹۱. تحلیل روند بارش های سنگین در شهر زنجان، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، بهار ۱۳۹۱، شماره ۱۶ (۳۹)، صفحات ۷۳-۸۸.
- عسگری، ا، رحیم زاده، ف، محمدیان، ن، فتاحی، ا، ۱۳۸۶. تحلیل روند نمایه های بارش های حدی در ایران، مجله تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۳، صص ۵۵-۴۲.
- غیور، ح، عساکره، ح، ۱۳۸۲. کاربرد مدل های فوریه در برآورد دمای ماهانه و آینده نگری آن، مطالعه موردی: دمای مشهد، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، ص ۱۲.
- قلی زاده، م، حمیدی، س، ۱۳۹۷. ارزیابی تغییرپذیری تداوم بارش در استان کردستان، نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی، سال ۲۴، شماره ۷۱، بهار ۱۳۹۹، صفحات ۲۱۷-۱۹۷.
- مسعودیان، ا، ۱۳۸۷. شناسایی شرایط همید همراه با بارش های ابرسنگین ایران، سومین کنفرانس مدیریت منابع ایران. ۲۳ الی ۲۵ مهرماه ۱۳۷۸. دانشگاه تبریز. دانشکده مهندسی عمران.
- Abu-Taleb, A. A. Alawneh, A. J. & Smadi, M. M. 2007. Statistical analysis of recent changes in relative humidity in Jordan. American Journal of Environmental Sciences, 3 (2), 75-77.
- Bordi, I, Fraedrich, K, Petitta, M and Sutera, A. 2007. Extreme value analysis of wet and dry periods in Sicily, Theor. Appl. Climatol. 87, 61-71.
- Jain SK, Kumar V. and Saharia M. 2013: Analysis of Rainfall and Temperature Trends in Northeast India. International Journal of Climatology. 33: 968-978.
- Juraj M. Cunderlik, Taha B. M. J. Ouarada. 2009. Trends in The Timing and Magnitude of Floods in Canada, J. of Hydrology, No. 375, 471-480.
- Karabulut, M. Gürbüz, M. & Korkmaz, H. 2008. Precipitation and temperature trend analyses in Samsun. Journal International Environmental Application & Science, 3 (5), 399-408.
- Kendall, M. G. 1975. Rank Correlation Measures, Charles Griffin, London.
- Klein, W. H. 1948. Winter Precipitation as Related to 700 mb Circulation, Bull. Amer. Met. S. and Alpert, pp. 439-453, 1948.
- Land, A. Remmele, S. Schonbein, J. kuppers, M. Zimmermann, R. 2017. Climate growth analysis using long term daily resolved station records with focus on the effect of heavy precipitation events. dendrochronologia, Vol. 45: 156.461

- Lupikasza, Ewa B, Hansel, Stephanie and Matschullat, Jorg 2010. Regional and seasonal ariability of extreme precipitation trends in southern Poland and central-eastern Germany 1951–2006, *International Journal of Climatology*, (wileyonlinelibrary.com) DOI: 10.1002.joc.2229.
- Maddox, Hoxit, chappell, Garaccena, 1978. Comparison of meteorological aspects of the big Thompson and Rapid flash floods. *Monthly weather review* March 1978.
- Mann, H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 245-259.
- Rahman, M. A. Yunsheng, L. & Sultana, N. 2017. Analysis and prediction of rainfall trends over Bangladesh using Mann–Kendall, Spearman’s rho tests and ARIMA model. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 129 (4), 409-424
- Sen Roy, Shouraseni . 2009. A spatial analysis of extreme hourly precipitation patterns in India, *International Journal of Climatology*, Volume 29, 345–355
- Serrano, A. Mateos, V.L. and Garcia, J.A. 1999. Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *phys. Chem. EARTH (B)*, VOL.24, NO. 1-2:85-90.
- Taxak, A. K. Murumkar, A. R. & Arya, D. S. 2014. Long term spatial and temporal rainfall trends and homogeneity analysis in Wainganga basin, Central India. *Weather and Climate Extremes*, 4, 50-61.

Statistical and synoptic study of super heavy rainfall in Gilan province

Batool Zeinali^{1*}, Samira Minaei², Mahdi Foroutan³

1* - Associate Professor, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran.

2- Master student, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University.

4- PhD student, Faculty of Social Sciences, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil,

*Email Address: zeynali.b@uma.ac.ir

Abstract

Heavy rains every year in all parts of the world, especially in arid and semi-arid regions, cause great damage to the environment and humans. For this purpose, precipitation data of 4 stations of Astara, Bandar Anzali, Rasht (airport) and Manjil from 2021-1993 were obtained from the Meteorological Organization of Gilan Province. Days with heavy rainfall were selected using 95% percentile and were examined for 11/6/2018 due to the brevity of the analysis. Heavy rainfall trend was also evaluated using non-parametric methods of Mann-Kendall, Sense Stimulator and simple linear regression methods. The results of these tests showed that Astara station had a positive, ascending and significant trend, but in other selected stations, despite being ascending, The trend has not been significant. To analyze the representative's day, NETCDF data were obtained from Nova site and maps of sea level pressure, geopotential height of 500 hPa, rainwater, tavaei, wind river, humidity and Huff Müller special humidity were plotted in Gardes software. The maps show that the dynamic clockwise movement in Eastern Europe leads to the flow of westerly and northerly winds towards the study areas, and on the other hand, by placing study stations in front of the landing axis of the bipolar block, which causes rotational and upward movements of the air. And the positive values of Tavaei have proved it, and finally it has led to atmospheric turbulence. The movement of westerly winds has brought the moisture of the Black Sea and the Mediterranean Sea to the atmosphere of the studied areas, especially with increasing wind speed on the day of peak rainfall has increased the amount of special humidity in the lower levels of atmosphere and rainwater.

1. Introduction

The importance of precipitation in human societies and all living organisms in general, has caused this climatic phenomenon to be a fundamental issue in climate studies. In terms of geographical location of Iran due to its location in arid and semi-arid regions, the annual rainfall conditions are small, short-term and with severe fluctuations that cause floods and drought at high and low levels, respectively (Asgari et al., 2007 and Quoted from Soltani et al., 2011). Gilan province can be mentioned as one of the important areas in this country where rainfall is a prominent feature. Cloudy and rainy weather is one of the climatic features of this province. Statistical evidence shows that this province is due to the existence of high Alborz mountains in the south; During the passage of migratory rotational systems and the establishment of synchronous patterns and northern rotation, the influx of heavy and super heavy precipitation is not unreasonable; Therefore, suitable conditions are provided for the occurrence of heavier rainfall in Gilan. Ultra-heavy rainfall is one of the various geographical elements that has dangerous life and financial effects that can affect nature and humans (Azizi et al., 2011 and quoted by Zolfaghari et al., 2014). A large amount of rainfall in a short period of time leads to heavy rainfall and gradually to super-heavy rainfall. This phenomenon causes a lot of damage in most places at the time of the event, especially in low-rainfall areas (Arabi, 2000, quoting Khorshid Doust et al., 2016). There is no complete definition of heavy and super heavy rainfall that can be used equally for all different areas, because in each area, depending on the physical, local and synoptic conditions, a certain amount of rainfall can cause a flood. In the popular definition, rainfall that occurs in the region more than 30 mm per hour is called heavy rainfall. It is one of the oldest studies on heavy rainfall conducted by (AII this 1948). He concluded that at the 500 hPa level, landings within the positive rotation

forward range caused more intense rainfall. (Maddox, 1978) In a synoptic comparison between the heavy floods of Rapids City and Big Thompson, it was concluded that the main cause of this type of flood is winds that blow at low levels and cause high humidity to reach these two areas. Roughness also causes climbing and eventually heavy rainfall. (Aboutaleb et al, 2007) examined the changes of the annual series of relative humidity in Jordan. Their work showed that there is a significant increasing trend in the annual series of relative humidity. (Bourdieu et al, 2007) investigated the amount of Farin wet and dry periods for the island of Sicily. (Carbolut et al, 2008) In the Samsun region of Turkey, during their studies on the trend of precipitation and temperature, they concluded that there is no significant positive and negative trend between temperature and precipitation (Sen Roy, 2009) in India to study patterns Farin rainfall has shown that the high altitudes of the northwestern Himalayas cause heavy rainfall. (Lupi et al, 2010) A study was conducted over a period of 55 years (1951-2006) of seasonal rainfall in southern Poland, eastern and central Germany. According to their findings, the trend of increasing rainfall is observed in all seasons of the year, but in Poland this trend is reversed. These characteristics are more established in winter.

Research Methods

The purpose of this study is to investigate the statistics and synoptic of super heavy rainfall in Guilan province, during which data related to daily rainfall (24 hours) of Astara, Bandar Anzali, Rasht (airport), Manjil stations of Guilan Meteorological Department in a period of 29 years (1371-1399) was extracted. In the present study, the ultra-heavy precipitations of each station have been filtered in 95% percentile according to the topographic conditions and its geographical location. Among the main methods of this research, the non-parametric method of Mann-Kendall and Sens-Eastmotor statistical tests and the simple linear regression method were examined and analyzed to prove its significance or not. Finally, 11/6/2018 was selected as the peak day of precipitation and the modeling of synoptic systems was studied. For this purpose, upper atmosphere data from the National Environmental Prediction Center (NCEP-NCAR) were used to draw and analyze the day of heavy rainfall and the day before. These maps include sea level pressure, 500 hPa geopotential level, rainwater at ground level to the upper atmosphere, Tavaei level at 500 hPa, 250 hP wind and humidity at 500 hPa, especially in Hoffmol. Gardes software was drawn.

Keywords

"Statistical and Synoptic Analysis", "Super Heavy Precipitation", "Gilan Province",