

شناسایی رخدادهای بارش فرین در غرب ایران (۱۹۶۵ - ۲۰۱۶)

سعید جهانبخش اصل^۱

بهروز ساری صراف^۲

حسین عساکره^۳

سپه‌یلا شیرمحمدی^۴

چکیده

مطالعه‌ی حاضر سعی در شناسایی رخدادهای فرین بارش در غرب ایران، از طریق معرفی آستانه و مقیاس مکانی مناسب برای استخراج و مطالعه این رخدادها، دارد. با رویکردی جدید رویدادهای بارشی فرین در غرب ایران با توجه به دو شاخصه شناسایی شده اند: اول تعیین آستانه ای مناسب؛ آن گونه که هم شناسایی رخدادهای فرین، از نظر فراوانی وقوع امکان پذیر باشد و هم از نظر بزرگی و اندازه، بیشترین نزدیکی را با رفتار اقلیم شناختی بارش در منطقه داشته باشد. دوم مشخص کردن مقیاس مکانی مناسب برای مطالعه این رویدادها در غرب ایران. هدف از مقیاس مکانی، تعریف شرایط فراگیر برای رخدادهای فرین می باشد. برای رسیدن به این هدف از پایگاه داده های شبکه بندی بارش روزانه در ماتریسی با ابعاد ۱۸۹۹۳×۶۴۱۰ از سال ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۶، بهره گرفته شده است. برای شناسایی این بارش ها علاوه بر آستانه اصلی که میانگین بارش های بیش از صدک ۷۵ برای هر پیکسل و به ازای هر روز از سال می باشد، آستانه دومی که انحراف معیار این بارش ها است با مقادیر یک، دو و سه برابری، به میانگین افزوده شده است. بر این اساس سه گروه از بارش های فرین در منطقه شناسایی شد و براساس گستره‌ی مکانی که تحت پوشش قرار گرفته بود، تفکیک و الگوهای فشار تراز دریا توام با این بارش ها برای هر گستره استخراج شد. سپس با استفاده از تکنیک تحلیل خوشه ای، طبقه بندی گردید. نتایج حاصل از به کار گیری فرآیند فوق، نشان داد که میانگین بارش های بیش از صدک ۷۵ به علاوه دو برابر انحراف استاندارد، آستانه ای بهینه برای مطالعه فرین های بارشی در غرب ایران محسوب می شود و همچنین حداقل گستره برای شناسایی بارش فرین فراگیر در این منطقه، پهنه ۲۰ درصد و بالاتر می باشد.

واژگان کلیدی: بارش فرین، رویداد فراگیر، صدک ۷۵، انحراف معیار، غرب ایران

مقدمه

طی قرن ۲۱ رخدادهای فرین اقلیمی گسترش بیشتری پیدا کرده و بر شدت آن ها افزوده شده است. نتایج برخی مطالعات نشان می دهند که در طی نیم قرن گذشته الگوهای آب و هوایی با رخدادهای بارندگی بیشتر و شدیدتر و با تغییرات در زمان بندی و موقعیت بارش، متغیرتر شده اند (ژانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات متعدد گزارش داده اند که چگونه تنها یک بارش فاجعه بار می تواند دستاوردهای طولانی مدت جامعه بشری را در یک دوره کوتاه از بین ببرد. بنابراین شناخت رفتار رخدادهای فرین، یکی از جنبه های

^۱. استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسئول)

Email : s_jahan@tabrizu.ac.ir -Tel: 09141120860

^۲. استاد گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۳. استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

^۴. گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز

کلیدی تغییر آب و هوا بوده و افزایش اطلاعات در مورد بارش های شدید، اهمیت مشهودی برای جامعه به ویژه برای جمعیتی‌هایی که در مناطق با افزایش خطر سیل زندگی می‌کنند، دارد.

برای دهه‌ها، اکثر تحلیل‌های بلند مدت تغییرات آب و هوای جهانی با استفاده از مشاهدات دما و بارش بر تغییر در ارزش میانگین مقادیر متمرکز شده بود (الکساندر^۱ و همکاران، ۲۰۰۶). در حالی که تغییرات و روند رویدادهای فرین بیش از میانگین مقادیر به تغییر اقلیم حساس هستند (زونگزینگ^۲ و همکاران، ۲۰۱۲). تایید شده است که تغییر در فرکانس و شدت رویدادهای حدی نسبت به تغییر در میانگین‌های اقلیمی، با تاثیرات بزرگ تری همراه است (چو^۳ و همکاران، ۲۰۱۰).

به طور کلی رخدادهای بارش فرین می‌تواند به عنوان انحرافات معنی دار از میانگین بارندگی تعریف شود (بریتو^۴ و همکاران، ۲۰۱۴). در نتیجه، شناسایی این بارش‌ها نیاز به معیاری دارد که توسط آن، میزان انحراف مقادیر بارش از میانگین سنجیده شود. مهم این است که با توجه به انواع شاخص‌ها و آستانه‌هایی که برای استخراج بارش‌های فرین ارائه می‌شوند، انتخاب آستانه‌ای که متناسب با شرایط اقلیم شناختی منطقه مورد مطالعه بوده و قادر به شناسایی بهینه بارش‌های فرین به جهت مقدار و فراوانی باشد، نیاز به دقت فراوان دارد. علاوه بر این، در مطالعات رخدادهای فرین، تعریف یک مقیاس مکانی مناسب که نشان دهنده‌ی رویدادهای فراگیر در منطقه باشد، ضروری است. منظور از رویداد فراگیر رویدادی است که رخدادهای آن حاصل سامانه‌های بزرگ جوی باشد و به عنوان یک صفت اقلیمی به شمار آید (عساکره و همکاران، ۱۳۹۵). با این وجود، به طور دقیق معلوم نیست که حداقل گستره برای یک رویداد فرین فراگیر چه گستره‌ای به شمار می‌آید. تعریف مرز صحیح برای رویدادهای فراگیر و افزاز آن‌ها از رویدادهای محلی از دو جانب حائز اهمیت است. اول آن که پدیده مورد نظر در مقیاس همدید قرار گرفته و به وسیله الگوهای همدید قابل توجیه باشد و دوم آن که الگوسازی پدیده‌ها در این مقیاس با خطای کمتری همراه باشد. در این صورت خطاهای حاصل از فرآیندهای کوچک مقیاس دخالت کمی در مدل خواهند داشت (عساکره و شادمان، ۱۳۹۲). با تمام اهمیتی که این موضوع دارد، غیر از دو پژوهش مورد اشاره در ذیل، پژوهش دیگری در خصوص تعیین گستره فراگیر اقلیمی در ایران انجام نشده است. عساکره و همکاران (۱۳۹۵) و عساکره و شادمان (۱۳۹۲) با استفاده از تحلیل خود همبستگی فراوانی روزهای گرم در گستره‌های مختلف، پهنه‌ی ۳۰ درصد و بالاتر را حداقل گستره‌ی مکانی، برای مطالعه و بررسی روزهای گرم فراگیر در ایران معرفی می‌کنند. از مطالعات انجام شده در مورد رخدادهای فرین بارش در خارج از کشور می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

بررسی تغییرات آینده بارش‌های فرین در انگلستان توسط فاولر^۵ و همکاران (۲۰۰۵)، تحلیل شرایط سینوپتیک و بزرگ مقیاس اتمسفری در وقوع بارش‌های سنگین در شمال غرب ایتالیا توسط رودری^۶ و همکاران (۲۰۰۵)، شناسایی تغییرپذیری زمانی در فراوانی رخدادهای فرین بارش در استرالیا توسط فو^۷ و همکاران (۲۰۱۰)، طبقه‌بندی رخدادهای فرین بارش و تحلیل فراوانی و شدت آن‌ها توسط بریتو و همکاران (۲۰۱۴)، بررسی دو شاخص شدت بارش و شاخص تمرکز بارش در بنگلادش توسط اسکندر^۸ و همکاران (۲۰۱۴)، تحلیل روند فضایی و زمانی فرین‌های دما و بارش در ایالات متحده آمریکا توسط پاول و کیم^۹ (۲۰۱۵)، تحلیل فرین‌ها بارشی بارشی در فلات مرکزی ایران توسط روستا و همکاران (۲۰۱۶).

1- Alexander

2- Zongxing

3- Chu

4- Brito

1- Fowler

2- Rudari

3- Fu

4- Iskander

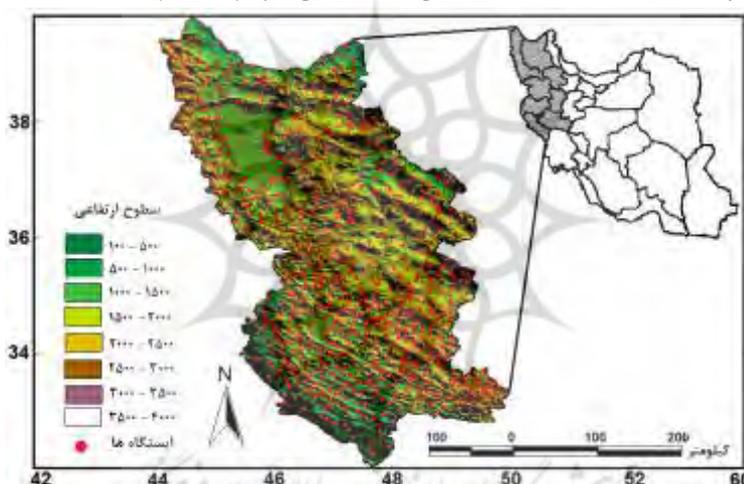
5- Powell and Keim



مطالعات در در داخل کشور در حوزه فرین های بارشی، عمدتاً بر روی تحلیل شرایط سینوپتیک - دینامیک آن ها متمرکز شده است. از جمله مطالعات صورت گرفته در رابطه با رویدادهای فرین بارش در داخل کشور می توان به موارد زیر اشاره کرد. تحلیل همدید بارش های رگباری در شمال غرب ایران توسط ساری صراف و همکاران (۱۳۸۷)، تغییر توزیع فراوانی بارش های فرین شهر زنجان توسط عساکره (۱۳۹۱)، ارزیابی روند و جهش نمایه های حدی دما و بارش در استان هرمزگان توسط رحیم زاده و همکاران (۱۳۹۰)، بررسی تغییرات نمایه های بارش فرین ایران توسط مسعودیان و دارند (۱۳۹۲)، شناسایی تغییرات ۲۷ شاخص مرتبط با دما و بارش های فرین در تبریز توسط جهانبخش اصل و همکاران (۱۳۹۳)، تحلیل میانگین الگوهای گردشی توأم با بارش های سنگین در شمال غرب ایران توسط عساکره و همکاران (۱۳۹۳)، بررسی رابطه پراکندگی فضایی بارش های سنگین و الگوهای فشار در گیلان توسط ستوده و علیجانی (۱۳۹۴)، تحلیل همدیدی بارش های سنگین بهاره در شمال غرب ایران توسط محمد خورشید دوست و همکاران (۱۳۹۵)، واکاوی روابط فضایی بارش های فرین غرب ایران توسط مظفری و همکاران (۱۳۹۶).

مواد و روش ها

منطقه‌ی مورد مطالعه شامل استان های آذربایجان شرقی و غربی، زنجان، کردستان، کرمانشاه، همدان، لرستان و ایلام، با وسعت حدود ۲۳۰۷۶۰ کیلومتر مربع، حدود ۱۴ درصد از مساحت کل ایران را شامل می شود (شکل ۱).



شکل ۱: سطوح ارتفاعی و پراکنش ایستگاه های غرب ایران (ماخذ: نویسندگان)

ارتفاع این منطقه در دامنه ای بین ۱۰۰ تا حدود ۴۰۰۰ متر را شامل می شود. رشته کوه های زاگرس که از شمال غرب به جنوب شرق کشیده شده است، مهمترین ویژگی غرب ایران به شمار می روند. به علت گسترش و وسعت قابل ملاحظه منطقه مورد مطالعه در عرض جغرافیایی و نیز تنوع ناهمواری ها، مقدار و توزیع بارندگی در منطقه از تغییرات مکانی زیادی برخوردار می باشد (رضیعی و عزیزی، ۱۳۸۷: ۹۷).

در این پژوهش از دو پایگاه داده استفاده شده است. پایگاه اول مربوط به داده های بارش ۱۱۲۹ ایستگاه سینوپتیک، کلیماتولوژی و باران سنجی در غرب ایران است. آمار ایستگاه ها به لحاظ وجود داده های پرت مورد واری قرار گرفت. ایستگاههایی که با ثبت بارش های محلی (یا به دلیل خطای انسانی) باعث تولید ناهمگنی مکانی در تولید داده های شبکه ای شده بودند، نادیده گرفته شدند. از طرف دیگر، با توجه به متفاوت بودن تعداد ایستگاه ها در سال های مختلف و به ویژه، افزایش قابل ملاحظه تعداد ایستگاه ها در دهه های پایانی دوره آماری، جهت متعادل کردن تعداد ایستگاه ها در طول دوره مورد مطالعه، ایستگاههایی که دارای هم پوشی بودند، به ترتیب اهمیت حذف گردیدند و نهایتاً از مجموع ۱۱۲۹ ایستگاه، تعداد ۸۲۳ ایستگاه برای تولید داده های شبکه ای مورد استفاده قرار گرفت. داده های شبکه ای حاصل از میانبایی مشاهدات بارش روزانه از ۱ ژانویه ۱۹۶۵ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۱۶ با استفاده از روش میانبایی کریجینگ و با تفکیک مکانی ۶×۶ کیلومتر می باشد. با توجه به مشخصاتی که عنوان شد، پایگاه نهایی، ماتریسی با ابعاد ۱۸۹۹۳×۶۴۱۰ (زمان بر

روی سطرها و مکان بر روی ستون‌ها) برآورد گردید. پایگاه دوم نیز داده‌های فشار تراز دریا (بر حسب هکتوپاسکال) می‌باشد که از پایگاه داده مرکز ملی پیش‌بینی محیطی و مرکز ملی پژوهش‌های جوی وابسته به سازمان ملی جو و اقیانوس‌شناسی ایالات متحده برداشت شده است. این داده‌ها که با تفکیک مکانی $2/5 \times 2/5$ درجه قوسی موجود می‌باشد، در محدوده‌ی بین 40° درجه غربی تا 120° درجه طول شرقی و از استوا تا 70° درجه عرض شمالی مورد استفاده قرار گرفته است. چهارچوب یادشده، شامل 1885 یاخته‌ی مکانی است.

آستانه‌ی مورد استفاده در این پژوهش برای شناسایی بارش‌های فرین، میانگین بارش‌های بیش از صدک 75 در هر نقطه و در هر روز از سال است. در واقع مقادیر خاصی که مبنای شناخت رویدادهای بخصوصی هستند را آستانه می‌گویند. تعداد پرشماری آستانه را می‌توان معرفی کرد. در این میان، چندک‌ها از اهمیت و کاربرد بیش‌تری برخوردارند. براساس چندک‌های یک‌تورجیح، نوعی تقسیم‌بندی کلی برای عناصر اقلیمی امکان‌پذیر است. برای مثال در یک مجموعه مشاهدات می‌توان خشکسالی‌ها، ترسالی‌ها، بارش سیلابی، سال سرد، سال گرم و ... را با استفاده از این نمایه‌ها برآورد کرد (عساکره، $1390:121$). چارک‌ها، دهک‌ها و صدک‌ها انواع چندک‌های یک‌توزیع هستند. صدک 75 یا همان چارک سوم، مقداری است که 75 درصد مشاهدات پایین‌تر از آن و 25 درصد بالاتر از آن واقع می‌شود. بنابراین صدک 75 هر سری زمانی مشخص‌کننده‌ی 25 درصد بالایی مشاهدات است و می‌تواند گویای بارش‌های شدید باشد. عساکره ($1390:117$) با محاسبه‌ی چارک سوم بارش سالانه ایستگاه آبادان، سال‌هایی که بارش این ایستگاه برابر یا بیش‌تر از چارک سوم آن بود را به عنوان سال‌های پر بارش طبقه‌بندی می‌کند.

علاوه آستانه مذکور، معیار دومی نیز برای استخراج بارش‌های فرین در این پژوهش در نظر گرفته شده است. آنچه که مشخص است، در برآورد فرین‌ها، عموماً تمام بارش‌های بیش‌تر از آستانه تعریف شده را به عنوان رخداد فرین در نظر می‌گیرند. این درحالی است که ممکن است یک بارش، تنها مقدار ناچیزی، بیش‌تر از آستانه‌ی مدنظر بوده باشد و یا در نقطه مقابل، بسیار بزرگ‌تر از آستانه بوده و با فاصله قابل توجهی از آن قرار داشته باشد. بدیهی است که این دو بارش فرین از لحاظ شدت و بزرگی هرگز با هم برابر نیستند اما در آستانه تعریف شده‌ی تحقیق، همگی در یک ردیف و تحت یک عنوان شناخته می‌شود. به منظور رفع این نقیصه، علاوه بر میانگین بارش‌های بیش‌تر از صدک 75 در هر پیکسل، معیار کنترلی دومی نیز برای تشخیص بزرگی و شدت بارش‌ها و فاصله آن‌ها از آستانه اصلی در نظر گرفته شده است که این آستانه دوم، انحراف معیار بارش‌های بیش‌تر از صدک 75 در هر پیکسل می‌باشد. بنابراین میانگین بارش‌های بیش‌تر از صدک 75 به عنوان یک آستانه ثابت در نظر گرفته شده و مقادیر یک، دو و سه برابری انحراف معیار به آن افزوده می‌شود. بدیهی است، بارش‌های فرینی که از طریق آستانه‌ی ای با اعمال انحراف معیار سه برابری حاصل شده‌اند، نسبت به بارش‌هایی که در آستانه آن‌ها تنها یک انحراف معیار به میانگین افزوده شده است، در فاصله دورتری از آستانه اصلی قرار دارند و شامل مقادیر بسیار بزرگ‌تری هستند. با توجه به آنچه گفته شد، مراحل محاسبه آستانه‌ها برای پیکسل فرضی a به شرح زیر می‌باشد:

۱- تمامی بارش‌های رخ داده در پیکسل a ، برای هر یک از روزهای سال استخراج شد. ۲- صدک 75 برای بارش‌های مساوی یا بیش‌تر از $0/1$ میلی‌متر در پیکسل a برای هر یک از روزهای سال استخراج شد. ۳- تمامی بارش‌های پیکسل a در هر یک از روزهای سال که مساوی یا بیش‌تر از صدک 75 متناظر با آن روز بود، استخراج شد. ۴- میانگین و انحراف معیار بارش‌های شناسایی شده در مرحله ۳ برای پیکسل a محاسبه شد.

طبق آنچه که شرح داده شد، دو ماتریس به ابعاد 366×6410 ، یکی برای میانگین بارش‌های بیش‌تر از صدک 75 و دیگری برای انحراف معیار بارش‌های بیش‌تر از صدک 75 ، به عنوان نقشه‌ی آستانه به ازای هر روز از سال (366) و به ازای هر پیکسل (6410) به دست آمد. با ترکیب این دو معیار، سه آستانه‌ی نهایی به شرح ذیل حاصل شد:

- ۱- میانگین به علاوه ۱ برابر انحراف معیار بارش‌های بیش‌تر از صدک 75 در هر پیکسل و هر روز $(\bar{X} + 1S)$.
- ۲- میانگین به علاوه ۲ برابر انحراف معیار بارش‌های بیش‌تر از صدک 75 در هر پیکسل و هر روز $(\bar{X} + 2S)$.
- ۳- میانگین به علاوه ۳ برابر انحراف معیار بارش‌های بیش‌تر از صدک 75 در هر پیکسل و هر روز $(\bar{X} + 3S)$.



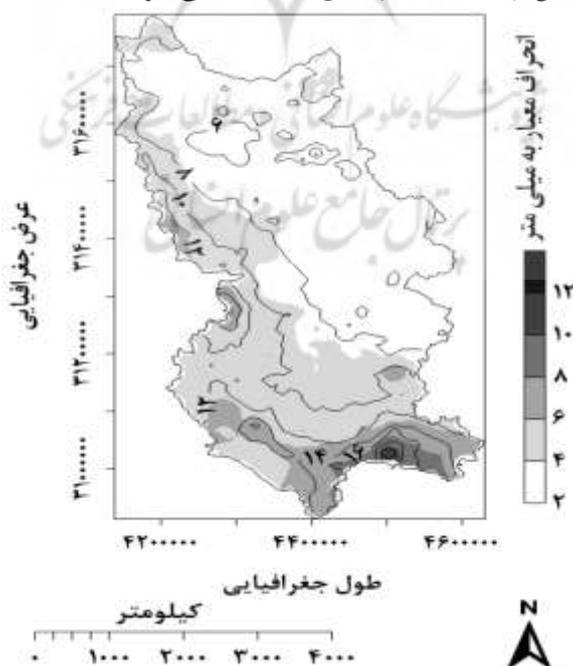
سپس بارش هر پیکسل و هر روز با هر یک از سه آستانه، در آن پیکسل و در همان روز به صورت جداگانه مقایسه شد و روزهایی که مقادیر بارش آن ها، مساوی یا بزرگ تر از آستانه بود، شناسایی شد.

اما آنچه که به عنوان هدف نهایی این پژوهش مطرح است، تعریف معیار مناسب برای شناسایی بارش های فرین و معرفی پهنه ای است که بتوان این رخداد ها را در آن پهنه و بالاتر از آن به عنوان رخدادهای فراگیر، در نظر گرفت. رویدادهای فراگیر حاصل سازوکار سیستم های بزرگ مقیاس جوی هستند و به عنوان یک ویژگی اقلیمی در منطقه مطرح می شوند. برای رسیدن به این منظور و قضاوت درباره آستانه مناسب و بهینه برای مطالعه فرین های بارشی و ارائه چهارچوبی که بارش های فرین در منطقه مورد مطالعه در قالب آن تعریف می شوند، پس از شناسایی سه نوع بارش براساس سه آستانه مختلف، از الگوهای فشار توام با این بارش ها در پهنه های مختلف از منطقه که متاثر از این بارش ها بود، بهره گرفته شد. بدین منظور ابتدا با محاسبه نسبت پیکسل های توام با بارش فرین در هر روز، به کل پیکسل های منطقه، آن مقدار از پهنه ای که در هر روز تحت تاثیر بارش فرین قرار داشته، مشخص شد. سپس روزهای همراه با رخداد فرین، براساس گستره ای که متاثر از این بارش ها بوده اند، تفکیک شدند. در مرحله بعد، الگوهای فشار تراز دریای توام با این روزها برای هر یک از پهنه ها استخراج شده و با استفاده از روش تحلیل خوشه ای طبقه بندی شدند. برای محاسبه ی فاصله بین نقشه ها از روش فاصله اقلیدسی و برای ادغام افراد در گروه ها، از روش ادغام وارد استفاده شد.

بارش های فرینی که در گستره های کمتری از منطقه روی داده اند، عمدتاً براساس عوامل محلی و نافراگیر به وجود آمده باشند و به دلیل نقش پررنگ عوامل محلی و فرآیندهای تصادفی در آن ها، الگوپذیر نخواهند بود. بنابراین ضروری است، حداقل پهنه ای که بارش فرین، به عنوان یک رویداد فراگیر به شمار آید، معرفی و شناسایی شود. این انتظار معقول و منطقی است که از یک پهنه ی مشخص به بعد، نقش عوامل محلی، غیر فراگیر و تصادفی در شکل گیری این بارش ها کم رنگ تر شده و رخداد بارش فرین ناشی از الگوهای همدید مشخص، گویا، قدرتمند و متباین باشند. به این ترتیب، الگوپذیری این بارش ها از طریق شناخت حداقل پهنه ای که بارش های فرین در آن پهنه و بالاتر، حاصل تکرار الگوهای مشخص در طول زمان است، امکانپذیر خواهد بود.

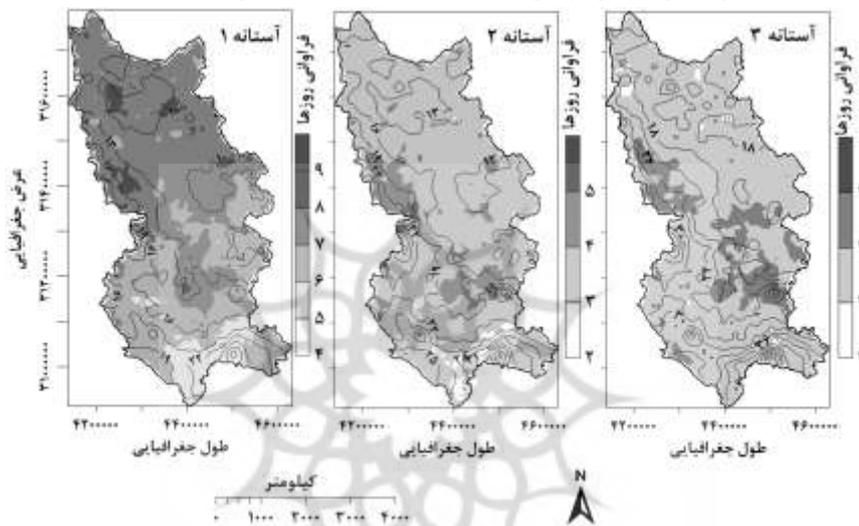
یافته ها و بحث

میانگین و انحراف معیار بارش های بیش از صدک ۷۵ در شکل ۲ مشاهده می شود.



شکل ۲: میانگین (خطوط هم بارش) و انحراف معیار (پس زمینه) بارش های بیش از صدک ۷۵

با حرکت از بخش‌های شمالی منطقه به سمت بخش‌های جنوبی، هم‌بر میزان میانگین بارش‌های بیش از صدک ۷۵ و هم‌بر مقادیر انحراف از میانگین آن‌ها افزوده می‌شود. افزایش مقادیر آستانه‌ها با حرکت به سمت عرض‌های پایین‌تر با توجه به شکل ۳ مشخص می‌شود. تغییرات فراوانی بارش‌های فرین با افزایش میزان آستانه در شکل‌های مربوطه دیده می‌شود. طبیعی است که با افزایش مقدار آستانه، از فراوانی وقوع رخداد‌های فرین کاسته می‌شود. این کاهش از حداقل ۴-۱ روز و حداکثر ۹-۴ روز در سال با افزایش نرخ آستانه نوسان دارد. دو قسمت از منطقه علی‌رغم افزایش تدریجی مقدار آستانه، به‌طور ثابت، رکورد بیشترین فراوانی وقوع بارش‌های فرین را به خود اختصاص می‌دهند، بخش اول، قسمت‌های کوچکی از شمال استان لرستان، جنوب استان همدان و جنوب شرقی استان کرمانشاه را شامل می‌شود و بخش دوم در قسمت‌های شمال غربی استان کردستان و جنوب شرقی استان آذربایجان غربی واقع شده است. ارتفاعات زاگرس (که به بیشینه ارتفاع خود در این مناطق می‌رسد) اثر زیادی بر وقوع بارش‌های فرین غرب ایران داشته و موجب شیب شدید بارش فرین در این نواحی شده است (مظفری و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۸۱).



شکل ۳: میانگین بارش‌های فرین حاصل از آستانه‌های سه‌گانه و فراوانی وقوع آن در سال

کمترین فراوانی بارش‌های فرین مربوط به جنوب استان‌های لرستان و ایلام است. بزرگی مقادیر بارش‌ها در بخش‌های مذکور با فراوانی وقوع کم، نشان از رفتار منظم‌تر بارش در این بخش‌ها دارد که دلیل این امر به قرارگیری مستقیم این مناطق در مسیر ورود سیستم‌های هم‌دید و بزرگ مقیاس جو به داخل ایران و دریافت بارش‌های منظم و حداکثری این مناطق از این سیستم‌ها مربوط می‌شود.

آستانه‌های بارش فرین و پهنه‌ی تحت پوشش

براساس آستانه اول، بالاترین گستره‌ای که در طول دوره آماری تحت پوشش بارش فرین قرار داشته، مقدار ۸۰ درصد بوده است. به عبارتی در آن روز، ۸۰ درصد از منطقه، بارشی فرین تجربه کرده است. با اعمال انحراف معیار دو برابری به میانگین، بالاترین پهنه‌ی تحت پوشش بارش فرین به حدود ۶۴ درصد و با افزایش میزان انحراف معیار به سه برابر، این مقدار به ۵۶ درصد کاهش پیدا کرده است. هرچه بر بزرگی بارش‌ها افزوده می‌شود، از حداکثر گستره‌ی دریافت‌کننده بارش، کاسته می‌شود. برای حذف روزهایی که بارش فرین در آن‌ها در بخش‌های ناچیزی از منطقه و تحت عوامل محلی و یا خطاهای حاصل از میانبایی تولید شده بود، صدک ۲۵ سری زمانی پهنه‌های تحت پوشش بارش فرین در طول روزهای دوره آماری، برای هر یک از آستانه‌ها محاسبه شد و سپس بارش‌هایی که پهنه‌ی تحت پوشش آن‌ها کم‌تر از این مقدار بود، حذف گردید.



جدول ۱: فراوانی وقوع بارش های فرین حاصل از آستانه های سه گانه با گستره های مختلف

مقدار پهنه	حداقل پهنه	بیش از ۱۰٪ پهنه	بیش از ۲۰٪ پهنه	بیش از ۳۰٪ پهنه	بیش از ۴۰٪ پهنه	بیش از ۵۰٪ پهنه	بیش از ۶۰٪ پهنه
آستانه یک	۷۱۱۵	۱۰۱۴	۳۸۸	۱۸۵	۸۳	۲۹	۷
آستانه دو	۵۲۱۵	۵۰۵	۱۴۴	۵۳	۱۶	۴	
آستانه سه	۳۹۳۸	۳۵۱	۸۲	۳۱	۵		

صدک ۲۵ پهنه تحت پوشش بارش های فرین برای آستانه های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب برابر با ۰/۲۳، ۰/۱۴ و ۰/۱۵ درصد بدست آمد. بنابراین، تمام روزهایی که بارش آن ها در پهنه کمتر از این مقادیر رخ داده بود، حذف گردید. روزهای همراه با رخداد فرین (بعد از حذف روزهای با بارش کم پهنه)، با در نظر گرفتن گستره‌ی تحت پوشش، جداسازی شده و به شرح جدول ۱ ارائه شده است.

تحلیل الگوهای فشار تراز دریا

با توجه به این که بیشتر بارندگی های ایران زمین به وسیله سامانه های بزرگ مقیاس سینوپتیک تولید می شود (علیچانی و هارمان به نقل از رضیعی و عزیززی، ۱۳۷۸: ۱۰۶) و اثبات این که تغییرات درون سالی و بین سالی بارندگی و دوره های خشک و تر در غرب ایران تابعی از تغییرات الگوی سامانه های بزرگ مقیاس سینوپتیک است (رضیعی و عزیززی، ۱۳۸۷: ۱۰۶)، معیار قضاوت این مطالعه در انتخاب آستانه و پهنه‌ی مناسب برای بررسی بارش های فرین در منطقه مورد مطالعه، آن آستانه و آن پهنه ای است که الگوهای جوی توام با بارش های فرین حاصل از آن آستانه و در آن پهنه، دارای مشخص ترین، متباین ترین و با ثبات ترین الگوها باشند.

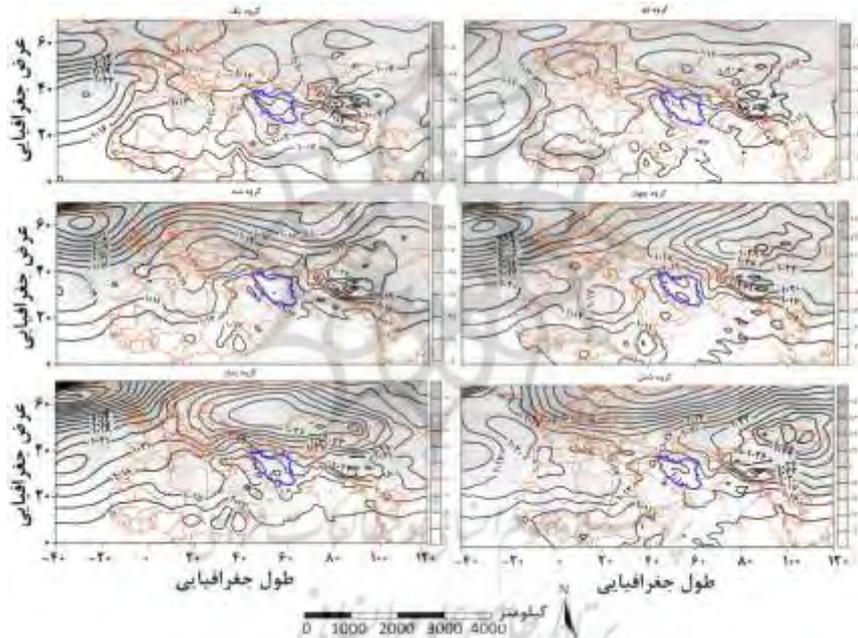
بررسی نقشه های جوی گروه های حاصل از خوشه بندی پهنه های مختلف، مشخص ساخت که با اعمال آستانه یک، روزهای با بارش فرین در پهنه‌ی ۴۰ درصد و بالاتر در مقایسه با سایر پهنه ها، ارائه کننده‌ی مشخص ترین الگوها با کمترین میزان هم پوشانی و بیشترین میزان اختلاف بین گروه ها می باشد. نقشه های مربوط به گروه های گستره های پایین تر به دلیل مشابهت شرایط جوی، دارای شباهت و هم پوشانی بالایی هستند که نشان می دهد الگوها به خوبی از هم جدا نشده اند. بنابراین خوشه بندی بهینه، آن است که هر گروه دقیقاً نماینده‌ی یک الگوی خاص و مشخص باشد. نتیجه خوشه بندی ۸۳ بارش فرین رخ داده در پهنه‌ی ۴۰ درصد و بالاتر، با توجه به دارنما و مشخصات توصیفی داده ها، هفت گروه مختلف از داده های فشار تراز دریا در روزهای مدنظر را شامل شد.

نتیجه‌ی اعمال فرآیند شرح داده شده برای گستره های بارشی آستانه دوم، منجر به انتخاب پهنه ۲۰ درصد و بالاتر گردید. تحلیل خوشه ای ۱۴۴ بارش فرین حاصل از آستانه دوم که در پهنه‌ی بیش از ۲۰ درصد روی داده اند، شامل ۶ گروه مختلف از داده های فشار تراز دریا می باشد.

بررسی نقشه های جوی روزهای با بارش فرین نوع سه در پهنه های مختلف نیز با توجه به مواردی که شرح داده شد، به انتخاب پهنه ۲۰ درصد و بالاتر منجر گردید. در واقع در بارش‌هایی که در آستانه آن ها، سه برابر انحراف معیار به میانگین افزوده شده است، ۸۲ بارش در پهنه ۲۰ درصد و بالاتر رخ داده است که ۶ گروه حاصل از خوشه بندی الگوهای جوی آن گویای، مشخص ترین و متباین ترین الگوها نسبت به پهنه های پایین تر است.

بعد از شناسایی مناسب ترین پهنه‌ی مربوط به هر یک از آستانه ها، به عنوان گام پایانی، نقشه گروه های بارشی سه پهنه‌ی منتخب با هم مقایسه شدند تا بارش ها و پهنه‌ی نهایی انتخاب شوند. نتیجه فرآیندی که عنوان شد، مشخص ساخت که الگوهای جوی ۸۳ روز بارش فرین نوع یک در پهنه ۴۰ درصد و بالاتر، نسبت به الگوهای ۱۴۴ روز بارش فرین نوع دو و ۸۲ روز بارشی فرین نوع سه، در پهنه ۲۰ درصد و بالاتر، دارای مشابهت ها و هم پوشانی های بیشتری هستند. تکرار نقش قدرتمند کم فشار ایسلند در نقشه های جوی بارش های این آستانه و حضور مرکز کم فشار قطبی در نقشه های چند گروه بارشی نوع یک، علت عدم انتخاب این آستانه و پهنه در مقایسه با دو آستانه دیگر، می باشد.

بررسی ۶ نقشه بارش های فرین حاصل از آستانه سه مشخص می سازد که گروه ها و الگوهای حاصل از خوشه بندی ۸۲ بارش فرین در پهنه ۲۰ درصد و بالاتر با آنچه که از خوشه بندی ۱۴۴ بارش فرین حاصل از آستانه دو در همین مقدار پهنه و بالاتر، به دست آمده، مشابه هم هستند. در واقع همان ۶ الگوهای فشاری که از بارش های نوع دو حاصل شده اند، برای بارش های نوع سه نیز تکرار شده اند. مراکز فشار فعال، آرایش آن ها نسبت به هم و قدرت مراکز فشار در نقشه های مربوط به ۱۴۴ روز بارشی فرین نوع دو، با اندک اختلاف قابل اغماض در نقشه های ۸۲ روز بارشی حاصل از آستانه سوم نیز، تکرار شده اند. با توجه به مشابهت الگوهای جوی بارش های نوع دو و سه به نظر می رسد، با افزودن انحراف معیار، بیش از دو برابر به آستانه، تغییری در الگوهای جوی ایجاد کننده بارش های فرین حاصل نمی شود. ۱۴۴ بارش فرین حاصل از آستانه ای که دو برابر انحراف معیار به میانگین آن اضافه شده است، با ۸۲ بارش فرینی که سه برابر انحراف معیار در آستانه آن ها منظور شده است، صرف نظر از مقدار و تعداد، الگوی جوی یکسانی را ارائه می دهند. به دلیل رعایت اختصار، از ارائه نقشه‌ی تمام پهنه ها و آستانه ها پرهیز شده و تنها نقشه‌ی گروه های بارشی آستانه و پهنه منتخب نمایش داده شده اند. لازم به ذکر است که پس زمینه نقشه ها، ضریب تغییرات فشار بر حسب درصد در روزهای مربوطه جهت کنترل مقدار پایستگی الگوها و مراکز فشار برای مقایسه و انتخاب پهنه‌ی مناسب هر آستانه بوده است. نقشه‌ی ۶ گروه موجود در پهنه ۲۰ درصد و بالاتر با توجه به آستانه دو، در شکل ۴ مشاهده می شود.



شکل ۴: میانگین فشار تراز دریا (هکتوپاسکال) در روزهای توأم با بارش فرین حاصل از آستانه ۲ با پهنه تحت پوشش بیش از ۲۰ درصد و ضریب تغییرات فشار تراز دریا به درصد (پس زمینه)

در گروه یک، وجود هسته های فشار گسسته و نامتراکم (نرخ تغییرات فشار بسیار کم می باشد)، بارزترین ویژگی الگوهای فشار است. مهمترین مرکز فشار در این گروه، پرفشار آזור می باشد. شکل گیری یک مرکز فشار بر روی اروپا به جای پرفشاری که در این منطقه مستقر است، یک الگوی متفاوت در بارش های گروه دو ایجاد کرده است. به نظر می رسد، کم فشار ایسلند با حرکت به سمت شرق، بر روی اروپا قرار گرفته است. در نقشه مربوط به گروه سه، پیوستگی کم فشار ایسلند با کم فشار قطبی که تمام بخش های شمالی را تحت پوشش قرار داده و موجب حرکت پرفشار سیبری به سمت عرض های پایین شده، به همراه پرفشار اروپایی دو الگوی غالب در این گروه می باشند. وجود دو مرکز فشار عمده که پرفشار سیبری و کم فشار ایسلند می باشند، ویژگی بارز الگوی بارش گروه چهارم است. در گروه پنجم، پرفشار سیبری با زبانه ای قدرتمند که بر روی شمال اروپا گسترده و با مرکز پرفشار آזור ادغام شده است، خصوصیت عمده الگوی



این بارش هاست و در نهایت در نقشه مربوط به گروه ششم از بارش ها حرکت کم فشار قطبی به سمت عرض های پایین با شیب تغییرات بالا موجب راندن پرفشار سیبری به سمت شرق شده است. پرفشار آזור نیز با چندین هسته در بخش غربی منطقه دیده می شود. مشابهت الگوهای جوی بارش های نوع دو و سه علی رغم تفاوت قابل توجهی که در فراوانی بارش، دارند، دلیل روشنی بر این ادعاست که از یک آستانه و پهنه مشخص به بعد، بارش های فرین یک منطقه از سازوکار سیستم های جوی معین و مشخص در طول زمان، تولید شده اند. از این رهگذر به دو هدف مهم می توان دست یافت: اول اینکه می توان بارش های فرینی که به عنوان صفت اقلیمی منطقه محسوب می شوند را شناسایی کرد و دوم اینکه با شناسایی آستانه و پهنه‌ی مناسب، الگوپذیری و مدلسازی این بارش ها با دقت بالاتری، میسر خواهد شد.

از سوی دیگر، تفاوت در فراوانی روزهای بارشی فرین حاصل از دو آستانه مختلف با وجود اینکه دارای الگوهای جوی تقریباً یکسان هستند، نشان دهنده‌ی اهمیت انتخاب آستانه مناسب و بهینه برای استخراج و شناسایی این نوع بارش ها می باشد. چرا که با پایین گرفتن مقدار آستانه، تعداد روزهای همراه با رخداد فرین بیش از مقداری که باید باشد، تعیین خواهد شد و از طرف دیگر، بالاتر بودن مقدار آستانه نیز موجب نادیده گرفتن و از دست دادن بخش قابل توجهی از روزهای توأم با رویداد فرین خواهد شد.

نتیجه گیری

مطالعه‌ی حاضر، سعی در ارائه قالبی مناسب برای شناسایی و بررسی بارش های فرین در منطقه غرب ایران طی سال های ۱۹۶۵ تا ۲۰۱۶، دارد. برای رسیدن به این هدف سه گروه از بارش های فرین با استفاده از سه آستانه متفاوت شناسایی و با توجه به گستره های مکانی تحت پوشش، طبقه بندی شدند.

بررسی الگوهای فشار تراز دریا در روزهای همراه با رخداد بارش فرین حاصل از سه آستانه در پهنه های مختلف، مشخص ساخت که با در نظر گرفتن سه مشخصه: ۱- یکسان بودن تعداد گروه های بارشی نوع دو و سه (هر دو شامل ۶ گروه از الگوهای جوی هستند). ۲- تکرار الگوهای جوی بارش نوع دو به صورت برجسته تر در بارش های نوع سه ۳- شکل گیری بهینه ترین الگوپذیری جوی برای بارش های هر دو آستانه در پهنه ۲۰ درصد و بالاتر، آستانه‌ی میانگین به علاوه دو برابر انحراف معیار بارش های بیش از صدک ۷۵ به عنوان مناسب ترین شاخص که جامع تمام بارش های فرین باشد، انتخاب می شود. بنابراین باید اظهار داشت که در منطقه‌ی غرب ایران، بارش‌هایی به عنوان بارش های حدی در نظر گرفته می شود که بالاتر از میانگین بارش های بیش از صدک ۷۵ به علاوه دو برابر انحراف معیارشان بوده و در گستره ۲۰ درصد و بالاتر از منطقه روی داده باشند. از جمله مطالعاتی که با ارائه آستانه و مقیاس مکانی مناسب، بارش های فرین در غرب ایران را مورد بررسی قرار داده اند می توان به پژوهش براتی و همکاران (۱۳۹۱) و مظفری و همکاران (۱۳۹۶) اشاره کرد. همچنین مطالعات عساکره و همکاران (۱۳۹۳)، رضایی بنفشه و همکاران (۱۳۹۴)، ستوده و علیجانی (۱۳۹۴) از جمله پژوهش‌هایی است که بارش های فرین را در بخش های دیگری از کشور با توجه به معیار و مقیاس مکانی مطلوب مورد بررسی قرار داده اند.

منابع

- براتی، غلامرضا، بداق جمالی، جواد، ملکی، ناصر، (۱۳۹۱)، نقش واچرخندها در رخداد بارش های سنگین دهه اخیر غرب ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، سال ۴۴، شماره ۱۲، ۸۵-۹۸.
- جهانبخش اصل، سعید، محمد خورشید دوست، علی، دین پژوه، یعقوب، سرافروزه، فاطمه، (۱۳۹۳)، تحلیل روند و تخمین دوره های بازگشت دما و بارش های حدی در تبریز، نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی، دوره ۱۸، شماره ۵۰، ۱۰۷-۱۳۳.
- رحیم زاده، فاطمه، هدایتی دزفولی، اکرم، پوراصغریان، آرزو، (۱۳۹۰)، ارزیابی روند و جهش نمایه های حدی دما و بارش در استان هرمزگان، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۱، ۹۷-۱۱۶.
- رضایی بنفشه، مجید، حسین علی پور گزی، فرشته، جعفری شندی، فاطمه، علی محمدی، مجید، (۱۳۹۴)، تحلیل همیدید بارش های سنگین پهنه شمال غرب ایران (با تاکید بر الگوی ضخامت جو)، جغرافیا و برنامه‌ریزی، شماره ۵۳، ۱۳۶-۱۱۷.
- رضیئی، طیب، عزیزی، قاسم، (۱۳۸۷)، بررسی توزیع مکانی بارندگی های فصلی و سالانه در غرب ایران، پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۵، ۱۰۸-۹۳.
- ساری صراف، بهروز، رسولی، علی اکبر، کیانی سفیدان جدید، طاهره، ملکیان، اشرف، (۱۳۸۷)، تحلیل همیدید بارش های رگباری در حوضه جنوبی رود ارس، فضای جغرافیایی، سال ۸، شماره ۲۴، ۱۳۸-۱۲۳.
- ستوده، فاطمه، علیجانی، بهلول، (۱۳۹۴)، رابطه پراکندگی فضایی بارش های سنگین و الگوهای فشار در گیلان، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۲، شماره ۱، ۶۳-۷۳.
- عساکره، حسین، (۱۳۹۰)، مبانی اقلیم‌شناسی آماری، چاپ اول، زنجان، انتشارات دانشگاه زنجان.
- عساکره، حسین، ترکارانی، فاطمه، سلطانی، صغری، (۱۳۹۳)، میانگین الگوهای گردشی توأم با بارش سنگین در شمال غرب ایران، تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ۱، شماره ۱، ۸۵-۹۶.
- عساکره، حسین، شادمان، حسن، (۱۳۹۲)، کاربرد روش های آماری در شناسایی رویدادهای فراگیر اقلیمی مطالعه موردی: روزهای گرم فراگیر در ایران زمین، اندیشه جغرافیایی، سال ۷، شماره ۱۴، ۷۷-۹۴.
- عساکره، حسین، مسعودیان، سیدابوالفضل، شادمان، حسن، (۱۳۹۵)، تحلیل همیدید-پویشی روزهای گرم فراگیر در ایران زمین، جغرافیا و توسعه، سال ۱۴، شماره ۲۷، ۴۲-۴۴.
- عساکره، حسین، (۱۳۹۱)، تغییر توزیع فراوانی بارش های فرین شهر زنجان، مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال ۲۳، شماره ۱، ۵۱-۶۶.
- محمد خورشید دوست، علی، مفیدی، عباس، رسولی، علی اکبر، آرم، کامل، (۱۳۹۵)، تحلیل همیدیدی سازوکار وقوع بارش های سنگین بهاره در شمال غرب ایران، مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره ۵، شماره ۸، ۵۳-۸۲.
- مسعودیان، ابوالفضل، دارند، محمد، (۱۳۹۲)، شناسایی و بررسی تغییرات نمایه های بارش فرین ایران طی دهه های اخیر، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای، شماره ۲۰، ۲۵۷-۲۳۹.
- مظفری، غلامعلی، مزیدی، احمد، شفیعی، شهاب، (۱۳۹۶)، واکاوی روابط فضایی بارشهای فرین غرب ایران، جغرافیا و توسعه، سال پانزدهم، شماره ۴۶، ۱۶۹-۱۸۴.

- Alexander, L., X. Zhang, T. C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Taghipour, K. Rupa Kumar, J. Revadekar, G. Griffiths, L. Vincent, D. Stephenson, J. Burn, E. Aguilar, M. Brunet, M. Taylor, M. New, P. Zhai, M. Rusticucci, J. L. Vazquez-Aguirre., (2006), Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation, *J. Geophys. Res.*, D05109.
- Brito, A, L. Paixão Veiga, J, A. Yoshida, M, C., (2014), Extreme Rainfall Events over the Amazon Basin Produce Significant Quantities of Rain Relative to the Rainfall Climatology, *Atmospheric and Climate Sciences*, 4, 179-191.
- Chu, P-S. Chen, Y. R. Schreder, T.A., (2010), Changes in Precipitation Extremes in the Hawaiian Islands in a Warming Climate, *Journal Of Climate*, Volume 23, 4881-4900.
- Fowler. H.J, EK. Strom. M, Kilsby. C. G. and Jones., (2005), New estimates of Future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate model integrations. 1: Assessment of control climate, *Journal of Climatology*, 300, 212-233.
- Fu, G. Viney, N, R. Charles, S, P. LIU, J., (2010), Long-Term Temporal Variation of Extreme Rainfall Events in Australia: 1910–2006, *Journal Of Hydrometeorology*, Volume 11, 950-965.
- Iskander, S, M. Rajib, M, A. Rahman, M, M., (2014), Trending Regional Precipitation Distribution and Intensity: Use of Climatic Indices, *Atmospheric and Climate Sciences*, 4, 385-393.
- Powell, E, J. Keim, B, D., (2015), Trends in Daily Temperature and Precipitation Extremes for the Southeastern United States: 1948–2012, *Journal of climate*, Volume 28, 1592-1612.
- Rousta, I. Soltani, M. Zhou, W. Cheung, H, H, N., (2016), Analysis of Extreme Precipitation Events over Central Plateau of Iran, *American Journal of Climate Change*, 5, 297-313.
- Rudari, Roberto, Dara Entekhabi and Giorgio Roth, (2005), Large-scale atmospheric patterns associated with mesoscale features leading to extreme precipitation event in Northwestern Italy, *Advance in Water Resources*, 28, 601-614.
- Zhang, Q. Chen, X. Stefan, B., (2011), Spatio-Temporal Variations of Precipitation Extremes in the Yangtze River Basin (1960-2002), China, *Atmospheric and Climate Sciences*, 1, 1-8.
- Zongxing L, Yuanqing H, Wang P, Wilfred H. Theakstone, Wenling A, Wang X, Aigang Lu, Zhang W and Cao W., (2012), Changes of daily climate extremes in southwestern China during 1961–2008. *Global and Planetary Change*, 80, 255–27265.