



مدیریت آب و آبیاری (نشریه علمی)

دوره ۱۱ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۴۰۰
صفحه‌های ۴۳-۳۱

DOI: 10.22059/jwim.2021.309066.819

مقاله پژوهشی:

تعیین تیپ اقلیمی مناطق مختلف با استفاده از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی

- فرحناز خرم‌آبادی^۱، مهدی سرایی تبریزی^۲، محمدنابی جلالی^۳، حسین یوسفی^۴، علی محمدخورشیددوست^۵
۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
 ۲. استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
 ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.
 ۴. دانشیار، گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
 ۵. استاد، گروه آب و هواشناسی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
- تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۷/۱۶
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰

چکیده

تغییرات اقلیمی در ابعاد وسیع سبب افزایش تغییر شاخص‌های حدی می‌شود. از آنجاکه این شاخص‌ها نقش مهمی در بروز خشک‌سالی، سیل‌ها و دیگر بلایای اقلیمی دارند، بررسی رفتار آن‌ها در بستر تغییرات اقلیمی ضروری است. در پژوهش حاضر از داده‌های بارش ۲۴ ساعته یازده ایستگاه سینوپتیک در محدوده مرزهای رسمی استان‌های اصفهان، شیراز، یزد و کرمان طی دوره آماری (۱۳۶۶-۱۳۹۵) استفاده شده است. برای استخراج روندها نیز از شاخص‌های تغییر اقلیم (ETCCDI) با استفاده از نرم‌افزار Rclimdex بهره‌گیری شده است. هم‌چنین جهت بررسی روند از آزمون ناپارامتری من-کندال اصلاح‌شده (TFPW-MN) و به‌منظور منطقه‌بندی شرایط بارش حدی از روش تحلیل مؤلفه اصلی در قالب نرم‌افزار آماری MINITAB استفاده شده است. نتایج آزمون TFPW-MN نشان می‌دهد شاخص‌های بارش در اکثر مناطق مورد مطالعه فاقد روند، روند کاهشی ضعیف و دارای شیب همگن هستند. پس از تشکیل ماتریس همبستگی متغیر بارش به‌کمک روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی به یازده مؤلفه کاهش و با استفاده از چرخش واریامکس چرخش داده شدند. با بررسی نتایج حاصل از الگوریتم PCA چهار تیپ اقلیمی شناسایی شد که تیپ اقلیمی چهارم (ایستگاه شیراز) نسبتاً به دیگر ایستگاه‌های مورد مطالعه با ۸۵ درصد ویژه مقدار واریانس از کل تغییرات بارش حدی، مؤثرترین نقش را در ایجاد شرایط اقلیمی بارش حدی دارد. در نتیجه می‌توان گفت ساختار کلی بارش در منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر عرض جغرافیایی، وجود پیکربندی ناهمواری و توده‌های هوا قرار دارد و با تغییر هر یک از این عوامل، بارش تغییر خواهد کرد.

کلیدواژه‌ها: بارش حدی، تغییر اقلیم، PCA، TFPW-MN.

Determining the Climatic Type of Different Regions Using Principal Components Analyses Method

Farahnaz Khoramabadi¹, Mahdi Sarai Tabrizi², Mohammadnabi Jalali³, Hossein Yousefi⁴ and Ali Mohammadkhorshiddoost⁵

1. MSc., Department of Meteorology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Water Engineering and Sciences, Faculty of Agricultural Sciences and Food Industry, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.
3. MSc., Department of Water Engineering and Sciences, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
4. Associate Professor, Department of New Energy and Environment, Faculty of Modern Science and Technology, University of Tehran, Tehran, Iran.
5. Professor, Department of Meteorology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

Received: October 07, 2020

Accepted: March 10, 2020

Abstract

Climate change on a large scale increases changes in boundary indicators. Since these indicators play an important role in the occurrence of droughts, floods and other climate disasters, it is necessary to study their behavior in the context of climate change. In the present study, 24-hour precipitation data of 11 synoptic stations during statistical periods (1987-2017) have been used. Climate change indicators (ETCCDI) have been used to extract trends using R-climdex software also to check the linear trend of the test TFPW-MN and in order to zoning the precipitation conditions, PCA method has been used in the form of MINITAB statistical software. The results of m-kendall test show that precipitation indicators in all studied stations have a decreasing and negative trend and homogeneous slope. After forming the variable correlation correlation matrix, the principal components were reduced to 11 components using the analysis method and rotated using a varimax rotation. By examining the results of PCA algorithm, four climatic types were identified. The fourth climatic type (Shiraz station) has the most effective role in creating climatic conditions in precipitation with a relatively 85% specific variance of the total changes. As a result, it can be said that the overall structure of precipitation in the study area is affected by latitude, the existence of rough configuration and air masses and by changing any of these factors, the rainfall will change.

Keywords: Climate change, PCA, Precipitation extreme, TFPW-MN.

مقدمه

گرمایش جهانی می‌تواند موجب بروز برخی تغییرات در شرایط اقلیمی مناطق مختلف جهان شود. از مهم‌ترین اثرهای آن برهم‌خوردن نظم و چرخه هیدرواقلمی در دنیاست (Rustum *et al.*, 2017). با توجه به وضعیت منابع آب ایران بی‌نظمی بارش‌ها در کشور یکی از عوامل مهم در ایجاد شرایط بحران آب در آینده خواهد بود (Alijani, 2011). لزوم توجه به روند وضعیت بارش‌های کشور، آینده‌نگری درباره آن و اثر آن بر وضعیت کمی و کیفی منابع آب آسیب‌پذیربودن در مواجهه با بحران آب بیش از پیش آشکار می‌سازد (Alaetaleghani, 2009). از همین رو، تخمین قابل‌اعتماد رویدادهای حدی این امکان را فراهم می‌سازد که در زمان وقوع آن‌ها از شدت مشکلات کاسته شود. بنابراین به‌نظر می‌رسد مطالعه تغییرپذیری و تغییر رفتار رویدادهای حدی جوی از پدیده‌های طبیعی بسیار مهم هستند (Rajabi and Shabanlou, 2012).

پروژه مشترکی در چهارچوب فعالیت‌های سازمان جهانی هواشناسی، بین کمیسیون اقلیم‌شناسی¹ (CCL)، تغییرپذیری اقلیم² (CLIVAR) و برنامه تحقیقات جهانی³ (WCRP) در زمینه آشکارسازی تغییر اقلیم و نمایه‌های آن انجام شد و روابط خاصی برای محاسبه نمایه‌های مختلف ارائه گردید، نتیجه آن تولید چند نرم‌افزار مانند Climdex و Rclimdex است (Zhang, 2007). از جمله مطالعاتی که در ایران در رابطه با نمایه‌های حدی اقلیمی دما و بارش انجام گرفته است به این موارد می‌توان اشاره کرد. Khorshiddost and Zanganeh (2013) طی پژوهشی روند شاخص‌های حدی دما و بارش را براساس سری‌های زمانی روزانه ایستگاه سینوپتیک کرمانشاه در دوره آماری (۲۰۰۹-۱۹۶۱) با استفاده از نرم‌افزار R مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که شاخص‌های حدی

سرد، روند کاهشی و شاخص‌های حدی گرم روند افزایشی محسوسی دارند. Darend (2014) در پژوهشی تغییرات حدی بارش در ارومیه را موردبررسی قرار داد. در نهایت به این نتیجه رسید که نمایه‌های بارش فرین طی دوره آماری مورد مطالعه روند نزولی معنی‌داری را نشان می‌دهند. Mohamadyariyan *et al.* (2019) طی پژوهشی به‌منظور ناحیه‌بندی رژیم بارش‌های حدی ایران در دوره ۲۰ ساله از روش الگوریتم تحلیل مؤلفه‌های اصلی⁴ (PCA) استفاده نمودند. نتایج حاکی از آن است هشت رژیم بارش در ایران قابل شناسایی هستند، که رژیم‌های آذربایجان و آذربایجان شمالی در نیمه نخست سال و سایر رژیم‌ها در نیمه دوم سال بالاترین میزان بارش حدی را دارا هستند.

Ahmadi *et al.* (2015) در مطالعه خود به آشکارسازی تغییر اقلیم با استفاده از شاخص‌های حدی بارش در خراسان بزرگ پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد ایستگاه‌هایی که در عرض‌های جغرافیایی بالاتر واقع شده‌اند در تعدادی از نمایه‌های حدی بارش روند افزایشی را از خود نشان می‌دهند. این در حالی است که ارتفاع زیاد ایستگاه‌هایی که در عرض‌های جغرافیایی پایین‌تر نسبت به ایستگاه‌هایی که در عرض‌های بالاتر گسترش یافته‌اند، نتوانسته است روند افزایشی در میان شاخص‌های حدی بارش را به نمایش بگذارد. Jahanshahi *et al.* (2019)، طی مطالعه‌ای به‌منظور تعیین مناطق همگن هیدرولوژیکی در غرب حوضه هامون-جاموزیان از الگوریتم PCA جهت تعیین ویژگی‌های اصلی بهره بردند. نتایج نشان داد حوضه‌هایی که فاصله کم‌تری از هم دارند تشابه هیدرولوژیکی بیشتری با هم دارند و از بین ۲۸ ویژگی موردبررسی عرض جغرافیایی، مساحت، ارتفاع آب‌سنجی، مرکز ثقل، طول رودخانه اصلی و درصد مراتع ضعیف به‌عنوان ویژگی‌های مؤلفه اصلی انتخاب شدند.

خوشه‌بندی یکسان نتایج نزدیک به هم در تعمیم‌دهی جریان دارند. Sarr *et al.* (2014) در پژوهشی به مطالعه روند تغییرات شاخص‌های بارندگی در سنگال برای دوره آماری (۱۹۵۰-۲۰۰۷) با استفاده از آزمون من-کندال اصلاح‌شده پرداختند. نتایج حاکی از آن بود برای دوره (۱۹۵۰-۱۹۸۰) تمام شاخص‌های بارندگی مورد مطالعه روند منفی معنی‌داری دارند، هم‌چنین برای دوره (۱۹۸۰-۲۰۰۷) تنها شاخص PRCP (فراوانی روزهای مرطوب) روند معنی‌داری مثبتی دارد و شاخص‌های دیگر روند معنی‌داری را نشان نمی‌دهند.

Delima *et al.* (2013) در پژوهش خود، تغییرات شاخص‌های حدی بارش برای دوره (۲۰۰۷-۱۹۴۱) در پرتغال مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد روند بارش‌های حدی سالانه و فصلی کاهش یافته است و هم‌چنین روند دمای سطحی در این منطقه افزایشی بوده است، که این روند از لحاظ آماری معنی‌دار بوده است. Yilmaz (2015) شاخص‌های حدی بارش را در دوره آتی (۱۹۸۹-۱۹۷۰) و آینده (۲۰۸۰-۲۰۹۹) در آنتالیای ترکیه براساس داده‌های روزانه بارش بررسی کرد. نتایج حاکی از آن بود که همه ایستگاه‌های مورد مطالعه روند افزایشی معناداری را دارد. Cheeloong *et al.* (2016) در پژوهشی به مطالعه ویژگی‌های بارش‌های حدی و منطقه‌بندی شبه‌جزیره مالزی پرداختند. نتایج پژوهش نشان داد روند صعودی در سطح اطمینان (۹۵ درصد) در تمامی مناطق مورد بررسی طی سال‌های اخیر مشاهده شده است. Rustum *et al.* (2017) طی پژوهشی به تجزیه و تحلیل محدودۀ زمانی- مکانی بارش‌های حدی در حوضه شایر در مالای برای دوره آماری (۱۹۵۳-۲۰۱۰) پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد بارش‌های حدی سالانه افزایش یافته است. بارش‌های منفرد نیز در فصل‌های مرطوب در ماه‌های نوامبر تا آوریل

Massahbavani *et al.* (2013)، طی پژوهشی آشکارسازی روند تغییرات دما و بارش را در استان آذربایجان غربی مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که تقریباً در سال‌های انتهایی در قسمت‌های گوناگون منطقه مورد پژوهش، محدوده نوسان‌های درونی اقلیم برای متغیر دما و بارش به ترتیب بین ۱/۸ تا ۱/۸- درجه سانتی‌گراد و ۴۰ تا ۴۰- درصد بوده و خارج از محدوده نوسان‌های درونی اقلیم واقع می‌شود که نشان‌دهنده اثرات تغییر اقلیم بر متغیرهای اقلیمی در سال‌های اخیر است.

Kosegran and Mousavibaghi (2015)، در پژوهشی به بررسی روند رویدادهای حدی اقلیمی، در شمال شرق ایران پرداختند. نتایج نشان داد شاخص‌های حدی گرم روند افزایشی دارند، در حالی‌که شاخص‌های حدی سرد روند کاهش یافته دارند.

Mohammadi *et al.* (2017)، در پژوهشی به تحلیل روند شاخص‌های حدی بارش روزانه در ایران پرداختند، که نتایج این پژوهش نشان داد در برخی از ایستگاه‌های در نواحی مرکزی و دامنه زاگرس تعداد روزهای خشک روند کاهش یافته دارد و از نظر بارش‌های سنگین و نیمه-سنگین و هم‌چنین روزهای مرطوب و فوق‌العاده مرطوب، سهم تغییرات در ایستگاه‌های واقع در سواحل شمال و جنوب بیشتر است. در مقیاس جهانی نیز مطالعاتی در زمینه کمیت و کیفیت داده‌های روزانه و کوتاه‌تر از آن جهت بررسی مقادیر و رویدادهای حدی صورت گرفته است.

Li *et al.* (2018)، طی پژوهشی رفتار هیدرولوژیکی پانزده حوضه آبریز را در دو منطقه یانگ تسه و رودخانه زرد در چین با هدف تعمیم‌دهی جریان با الگوریتم PCA مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد پس از آن‌که یک نمودار همبستگی مشترک برای هر منطقه همگن ایجاد شد، در حوضه‌های فاقد آمار حوضه‌های موجود در

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مختصات جغرافیایی منطقه مورد مطالعه بین عرض‌های جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۵۹ دقیقه و مدار ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۵۵ درجه و ۵ دقیقه می‌باشد (شکل ۱). در این پژوهش برای بررسی شرایط بارش حدی از داده‌های روزانه یازده ایستگاه آباده، اصفهان، خور و بیابانک، کاشان، کرمان، یزد، شیراز، سیرجان، بافت، مروست و لار برای دوره مشترک (۱۳۶۶-۱۳۹۵) استفاده شده است. منطقه مورد مطالعه محدوده‌ی مثلثی شکلی است که از شمال با رشته کوه‌های البرز، از طرف غرب و جنوب غرب به وسیله کوه‌های زاگرس و از سمت جنوب و شرق به ترتیب به رشته کوه‌های مکران و شرق ایران محدود می‌شود. وجود کوهستان‌های اطراف منطقه مورد مطالعه امکان نفوذ توده هوای مرطوب را محدود کرده و باعث ایجاد شرایط خشک در اغلب مساحت منطقه می‌شوند. در جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه و در شکل (۲) روندنمای پژوهش آورده شده است.

و بارش‌های حدی در فصل خشک در ماه‌های می تا اکتبر روند صعودی داشته است. Paul *et al.* (2017) در پژوهشی به مطالعه تجزیه و تحلیل روند بارش حدی در شهر راجح‌مندی واقع در حوضه پایین‌گودواری هند در طول دوره (۲۰۱۳-۱۹۶۰) پرداخته است. نتایج نشان داد میزان شیب سن در ماه‌های آوریل و سپتامبر منفی بوده است.

امروزه، موضوع تغییر اقلیم به دلیل ابعاد وسیع علمی و کاربردی آن دارای اهمیت قابل توجهی است و درک این تغییرات از مهم‌ترین اهداف جمع‌آوری داده‌های مربوط به آب و هوا و اقلیم و پایش پدیده‌های اقلیمی است. براساس مطالعات صورت گرفته در ایران اکثر مطالعات به رژیم‌های بارش و ویژگی‌های آن پرداخته‌اند و منطقه‌بندی بارش‌های حدی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. از همین رو، هدف این پژوهش بررسی روند شاخص‌های مقادیر بارش به روش من-کنندال اصلاح شده (TPFW) و منطقه‌بندی بارش‌های حدی از طریق تحلیل مؤلفه‌های اصلی در ایستگاه‌های مورد مطالعه است.

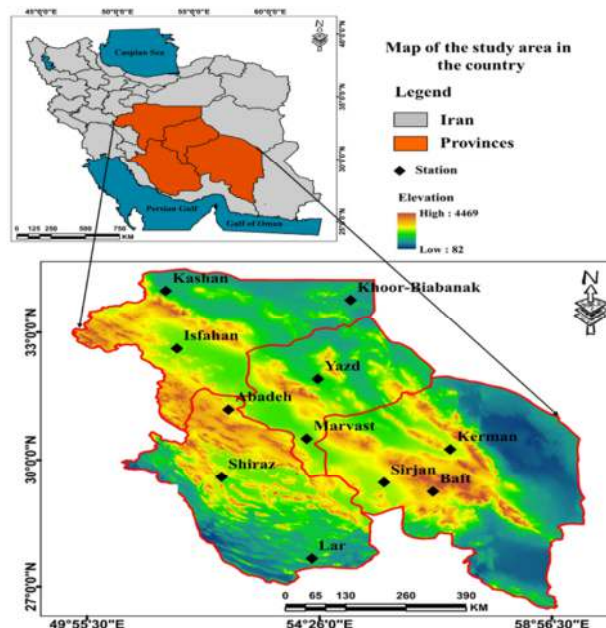


Figure 1. Location of the study stations

Table 1. Specifications of synoptic meteorological stations of the study area

Rows	Station	Height(m)	Longitude(DD)	Latitude(DD)
1	Marvast	1544	54.40	31.39
2	Shiraz	1500	52.53	29.6
3	Sirjan	1750	55.66	29.45
4	Esfahan	1585	51.65	32.65
5	Baft	2250	56.63	29.23
6	Lar	900	54.33	27.68
7	Kerman	1745	56.96	30.25
8	Yazd	1230	54.4	31.9
9	Kashan	982	54.4	33.98
10	KhoorBiabanak	921	55.03	33.76
11	Abadeh	2030	52.67	31.18

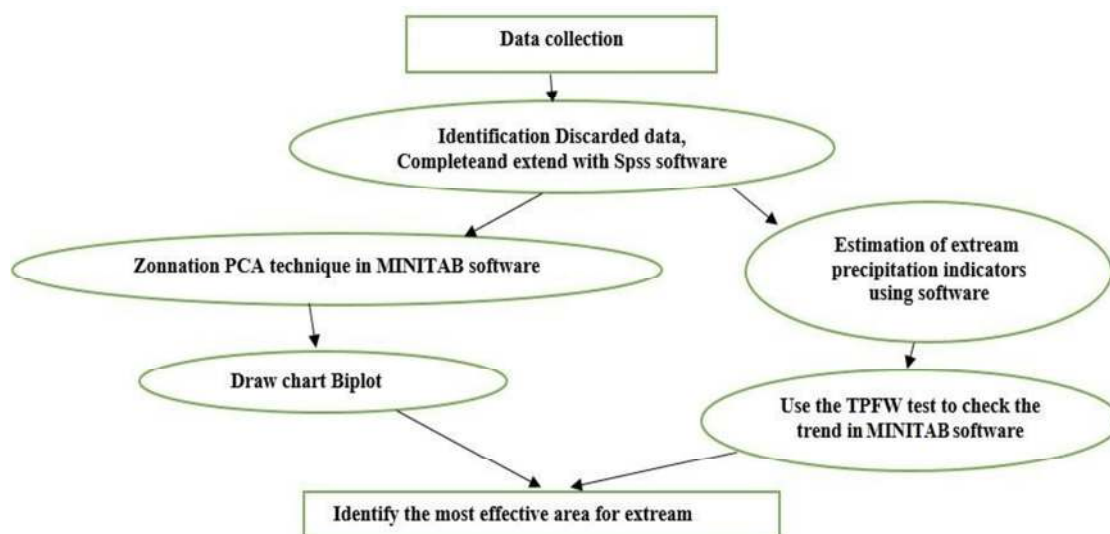


Figure 2. Research flowchart

مطابق شکل (۲) پس از جمع‌آوری داده‌ها، مشاهدات داده پرت با استفاده از نرم‌افزار SPSS شناسایی و استخراج شده است، پس از آن با مشخص شدن ضریب همبستگی آمار مربوطه تا سقف مجاز گسترش داده شد و در نهایت دوره آماری (۱۳۶۶-۱۳۹۵) انتخاب و این دوره برای انتخاب جهت تجزیه و تحلیل مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد با بهره‌گیری از نرم‌افزار MINITAB و الگوریتم PCA داده‌های جمع‌آوری شده در گام پیشین پردازش شده‌اند. در جریانی موازی به کمک برنامه‌های یادشده تخمینی از شاخص‌های بارش حدی محاسبه و نتایج به دست آمده برای بررسی روند آن به کمک آزمون TPFW به محیط برنامه

MINITAB معرفی شده است. هم‌چنین با استفاده از نتایج آزمون PCA داده‌ها تحلیل شده و در نهایت خروجی نهایی دو مقطع پیشین برای تعیین مستعدترین منطقه در معرض بارش‌های حدی مورد استفاده قرار گرفته است. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان اظهار داشت در این پژوهش پس از شناسایی داده‌های پرت و تکمیل و تطویل آن با نرم‌افزار SPSS و برآورد شاخص‌های حدی بارش از نرم‌افزار Relimindex، روند شاخص‌های حدی به روش TFPW-MN در نرم‌افزار MINITAB 17 مورد بررسی قرار گرفت. از آنجاکه پژوهش‌گران در بررسی روند بارش‌های حدی، بیش‌تر صدک ۹۵ را در نظر گرفتند (Gan, 1998). بنابراین در این مطالعه به منظور بررسی آستانه‌های بارش

مطابق شکل (۲) پس از جمع‌آوری داده‌ها، مشاهدات داده پرت با استفاده از نرم‌افزار SPSS شناسایی و استخراج شده است، پس از آن با مشخص شدن ضریب همبستگی آمار مربوطه تا سقف مجاز گسترش داده شد و در نهایت دوره آماری (۱۳۶۶-۱۳۹۵) انتخاب و این دوره برای انتخاب جهت تجزیه و تحلیل مراحل بعدی مورد استفاده قرار گرفت. در مرحله بعد با بهره‌گیری از نرم‌افزار MINITAB و الگوریتم PCA داده‌های جمع‌آوری شده در گام پیشین پردازش شده‌اند. در جریانی موازی به کمک برنامه‌های یادشده تخمینی از شاخص‌های بارش حدی محاسبه و نتایج به دست آمده برای بررسی روند آن به کمک آزمون TPFW به محیط برنامه

می‌باشد. که به اصطلاح این روش پیش‌سفیدکردن پس از حذف روند نامیده می‌شود (TFPW).

$$rk = \frac{1}{n-k} \frac{\sum_{t=1}^{n-k} [x't - E(x't)] [xt + k - E(x't)]}{\sum_{t=1}^n [x't - E(x't)]^2} \quad (2)$$

$$Z = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [x't] \quad (3)$$

۳- روند شناخته شده Tt و سری باقیمانده‌ها t' به صورت $Yt = Yt' + Tt$ با هم ترکیب می‌گردد. بدیهی است که سری حاصل Yt روند واقعی را حفظ کرده و اثر ضریب خودهمبستگی نیز حذف شده است.

۴- آزمون MK بر روی سری ترکیبی Yt جهت برآورد روند واقعی انجام می‌گردد.

معرفی نرم‌افزار Rclimdex

انتخاب شاخص‌های حدی جهت بررسی پدیده‌های حدی در رابطه با تغییرات اقلیمی بسیار مهم است. در این مطالعه برای بررسی روند نمایه‌های حدی اقلیمی، یازده شاخص بارش که توسط تیم کارشناسی ETCCDMI⁴ تعریف شده استفاده شد. (جدول ۲) این شاخص‌ها توسط نرم‌افزار Rclimdex برآورد می‌شود. نرم‌افزار Rclimdex، توسط بخش پژوهش‌های اقلیمی هواشناسی کانادا در محیط R1.84 تهیه شده که منوط به نصب و راه‌اندازی زبان برنامه‌نویسی R می‌باشد (Kouhestani et al., 2016). در این نرم‌افزار قبل از محاسبه شاخص‌ها، داده‌ها توسط نرم‌افزار کنترل کیفی شده و اطلاعات نادرست مانند بارندگی منفی و یا بزرگ‌تر یا مساوی بودن دمای حداقل از حداکثر چک شده و داده‌های پرت بررسی می‌شود، سپس شاخص‌های اقلیمی از داده‌های روزانه توسط نرم‌افزار Rclimdex محاسبه می‌شود (Sarr et al., 2014). هدف کلی از فرآیند ETCCDMI تعیین مجموعه استاندارد از شاخص‌هایی است که بتوان توسط آن

حدی ایستگاه‌های مورد مطالعه صدک ۹۵ به عنوان مرز آستانه بارش حدی انتخاب شده است. تعیین خطوط روند نمایه‌ها و انجام آزمون معنی‌داری آن‌ها برای یازده ایستگاه در طول دوره (۱۳۶۶-۱۳۹۵) صورت گرفته است.

آزمون من-کندال پیش‌سفیدشده (TPFW-MK)

با توجه به این که فرض اصلی اغلب مطالعات تحلیل روند با آزمون من-کندال، استفاده از داده‌های مستقل و به‌طور تصادفی منظم است، با این وجود در شرایط واقعی برخی سری‌های هیدرولوژیکی دارای خودهمبستگی می‌باشند و خودهمبستگی بر روی مقدار واریانس تأثیر می‌گذارد (Kendall, 1975). در نتیجه احتمال عدم وجود روند افزایش می‌یابد. از همین رو، Yue et al. (2003) روش پیش‌سفیدشده (TPFW) را پیشنهاد داده‌اند. به همین دلیل، در این پژوهش از تست من-کندال اصلاح‌شده جهت حذف اثر خودهمبستگی سری داده‌ها استفاده شده است که به صورت زیر ارائه می‌شود.

۱- شیب روند در داده‌های نمونه به صورت رابطه (۱) برآورد می‌شود (Hirsch and James, 1984):

$$-2b = \text{Median}(X_j - X_{j-1}) \quad \forall 1 < j \quad (1)$$

اگر شیب تقریباً برابر صفر بود آن‌گاه دیگر نیازی به ادامه انجام آنالیز روند نیست، اما اگر مقدار آن برابر با صفر نبود، آن‌گاه روند به صورت خطی فرض شده و داده‌های نمونه به صورت $X'_t = X_t - bt$ نوشته و بدون روند می‌شوند (Hirsch and James, 1984).

۲- ضریب خودهمبستگی مرتبه اول سری بدون روند X' با استفاده از معادله (۲) برآورد می‌شود، که $r1$ ضریب خودهمبستگی مرتبه ۱ داده‌های نمونه سری بدون $x't$ و $E(x't)$ میانگین داده‌های نمونه می‌باشد. در ادامه پس از حذف خودهمبستگی مرتبه اول (AR(1)) با استفاده از رابطه $Y'_t = X'_t - r1X'_{t-1}$ سری باقیمانده‌ها یک سری مستقل

خطای مربعات است. جهت تحلیل مؤلفه اصلی معمولاً از ماتریس همبستگی یا همان ماتریس هم‌پراش بین متغیرها استفاده می‌شود. استفاده از ماتریس همبستگی موجب استاندارد شدن داده‌ها و در نظر گرفتن وزن برای آن‌ها می‌شود. مؤلفه‌های انتخابی را معمولاً به یکی از چرخش‌های عمودی یا مایل چرخش می‌دهند تا اطلاعات موجود در داده‌ها بهتر نمایش داده شود و تفسیر راحت‌تر شود. چرخش عمودی به شیوه واریماکس و چرخش مایل به روش پرومکس انجام می‌شود. در این پژوهش از چرخش واریماکس بهره برده شده است تا ساختار موجود در داده‌ها بهتر شناسایی شود. هم‌چنین مقادیر بارش روزانه یازده ایستگاه مورد مطالعه در ماتریسی به ابعاد (M×N) ساخته شد، که در این ماتریس عدد N معرف تعداد ماه‌های سال و M معرف تعداد ایستگاه‌ها می‌باشد. این روش با ارائه T روی ماتریس همبستگی داده‌ها اجرا شد. سپس مقادیر ارزش ویژه مؤلفه‌ها در برابر تعداد مؤلفه‌ها بر روی نمودار رسم و تفسیر انجام شد. تحلیل مؤلفه اصلی از طریق بردار ویژه ماتریس کواریانس متغیرهای اصلی به صورت فرمول (۴) انجام می‌شود.

$$X = TPT + E \quad (4)$$

که در آن T نمره ماتریس (مرکب از مؤلفه‌های اصلی)، P ظرفیت (مرکب از بردارهای ویژه ماتریس کواریانس) و E ماتریس خطا می‌باشد. برای آگاهی بیشتر از مبانی نظری و مراحل انجام تحلیل مؤلفه‌های اصلی به پژوهش Tipping and Bishop (1999) مراجعه شود. کلیه محاسبات تحلیل مؤلفه‌های اصلی با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT و MINITAB ورژن ۱۷ انجام شده است.

نتایج و بحث

تحلیل روند

با توجه به جدول‌های (۳) و (۴) و شاخص مقدار

ویژگی‌های مناطق مختلف را بررسی و مقایسه نمود (Peraltahernandez et al., 2009). با استفاده از این نرم‌افزار شاخص‌ها محاسبه شده و نمودار روند هر شاخص ایجاد می‌شود.

Table 2. Definition of precipitation indicators by CCL / CLIVAR expert group

Index	Unit	Introduction the index
Rx1day	mm	Maximum one day rainfall
Rx5day	mm	Maximum five-day rainfall, amount monthly rainfall for five consecutive days
SDII	mm/day	Simple index of daily intensity, total annual rainfall division by the number of wet days $PRCP \geq 1.0mm$
R10mm	days	The number of days with the amount of daily rainfall is equal to or greater than $RRII \geq 10mm$
R20mm	days	The number of days with the amount of daily rainfall is equal to or greater than $RRII \geq 20mm$
R25mm	days	The number of days with the amount of daily rainfall is equal to or greater than $RRII \geq 25mm$
CDD	days	Consecutive dry days, maximum number of consecutive dry days $RRII < 1mm$
CWD	days	Wet days, the highest number of consecutive days that $RRII \geq 1mm$
R95P	mm	Wet very days, total annual rainfall when more than $RR > 95$ percentile
R99P	mm	Wet very days, total annual rainfall when more than $RR > 99$ percentile
PRCPTOT	mm	Annual rainfall on wet days $RR > 1mm$

تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA)

جهت بررسی مؤلفه‌های اصلی مؤثر در رفتار اقلیمی رخداد بارش حدی در ایستگاه‌های مورد مطالعه از روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی استفاده شده است. تحلیل مؤلفه‌های اصلی یکی از ارزشمندترین نتایج جبر خطی است زیرا روش ساده و غیرپارامتری استخراج اطلاعات مربوطه از مجموعه‌های گنج‌کننده است. در PCA^5 داده‌ها از فضایی با بعد بالا به فضایی با بعد پایین منتقل می‌شوند. در واقع PCA یکی از روش‌های انتخاب ویژگی می‌باشد و به منظور کاهش بعد به کار برده می‌شود تا بررسی ویژگی‌ها (Feature) در فضایی با بعد پایین‌تر که ساده‌تر است انجام گیرد. در مجموع می‌توان گفت هدف نهایی PCA به دست آوردن کم‌ترین

نتایج شاخص تعداد روزهای بارش سنگین (R10mm)^{۱۱} حاکی از افزایش چشم‌گیر نرخ بارش‌های سنگین به میزان ۰/۱۶ تا ۰/۴۰ در ایستگاه‌های شیراز، لار، سیرجان و بافت می‌باشد. روند مثبت شاخص ساده شدت بارش روزانه (SDII)^{۱۲} می‌تواند در جهت پیامدهای گرمایش جهانی تفسیر شود که با افزایش مقدار بارش سالانه و یا با کاهش تعداد روزهای بارش حاصل می‌شود. طی دوره معین‌شده ایستگاه‌های بافت، خورویبابانک و لار دارای روند معنی‌داری به میزان ۰/۱۰ تا ۰/۹۳ می‌باشد. درحالی‌که در ایستگاه‌های کاشان، مروست و یزد شیب همگن و روند منفی معنی‌داری به میزان ۰/۱۳- تا ۰/۲۸- دارا می‌باشد. روند شاخص حداکثر بارش یک روزه (Rx1day)^{۱۳} طی دوره پایه، کاهش و بین ۰/۱۳- تا ۰/۱۵- میلی‌متر در ایستگاه‌های لار، مروست، خورویبابانک و شیراز می‌باشد. شدیدترین روند کاهش حداکثر بارش ۲۴ ساعته طی دوره پایه در ایستگاه شیراز و خورویبابانک مشاهده شده است. نمایه حداکثر بارش پنج‌روزه (Rx5day)^{۱۴} بیانگر تداوم فعالیت سامانه‌های باران‌زا و یا ناپایداری در دوره‌های چند روزه است. با بررسی شاخص روزهای فوق‌العاده تر (R99P)^{۱۵} از بین ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه شیراز شدت بارش روزانه روند کاهش معنی‌داری دارد، که نشان‌دهنده آن است که این شاخص در این ایستگاه بسیار فقیر می‌باشد. مطابق با الگوی بارش منطقه مورد مطالعه به دلیل گستردگی زیاد به لحاظ طول و عرض جغرافیایی، وجود پیکربندی ناهمواری‌ها و قرارگیری در معرض یورش توده‌های هوا از نظر بارشی شرایط ویژه‌ای دارد. ساختار کلی بارش در منطقه مورد مطالعه تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و توده‌های هوا قرار دارد، به طوری که با تغییر هر یک از این عوامل بارش نیز تغییر خواهد کرد.

سالانه بارش در روزهای تر (PRCPTOT)^{۱۶} نشان‌دهنده آن است که مقدار این شاخص دارای نوسان بوده و از سالی به سال دیگر متفاوت می‌باشد. در ایستگاه‌های یزد، خورویبابانک، کاشان، مروست و آباده داری روند منفی با میزان بین ۰/۰۳- تا ۰/۴۰- میلی‌متر از جمع سالانه روزهای تر می‌باشد، که این روند کاهش تداوم دوره خشکسالی‌های شدید را برای این مناطق در پی داشته است. اما در ایستگاه‌های شیراز، لار، بافت از روند معنی‌داری در سه سطح تبعیت می‌کند. شاخص بیش‌ترین تعداد روزهای متوالی تر (CWD)^{۱۷} بیان‌گر آن است که بیش‌ترین روند منفی مربوط به این شاخص در مناطق شمال‌شرقی یعنی کاشان، مروست و اصفهان با روند منفی بین ۰/۰۵- تا ۰/۱۴- روز بر دهه را طی دوره مشاهداتی تجربه می‌کند و همچنین در ایستگاه‌های شیراز و سیرجان دارای روند مثبت بین ۰/۱۵ تا ۰/۳۱ روز بر دهه می‌باشد. این در حالی است که شیب سن فاقد روند معنی‌داری در سه سطح می‌باشد. روند خطی نمایه حداکثر تعداد روزهای متوالی خشک (CDD)^{۱۸} نشان از افزایش روند ایستگاه‌های شیراز، خورویبابانک و لار طی دوره مشاهداتی است. این در حالی است که ایستگاه‌های کرمان، سیرجان و مروست روند کاهش را نشان می‌دهند شاخص تعداد روزهای بارش خیلی سنگین به عبارتی بیش از ۲۵ میلی‌متر (R25mm)^{۱۹} نرخ افزایشی در بین ایستگاه‌های شیراز، بافت و سیرجان به میزان ۰/۱۱ تا ۰/۲۶ و همچنین شیب یکنواخت را نشان می‌دهد. افزایش نمایه روزهای بارش‌های خیلی سنگین به عبارتی بیش از ۲۰ میلی‌متر (R20mm)^{۲۰} می‌تواند از پیامدهای افزایش گازهای گلخانه‌ای باشد. بالاترین روند طی دوره پایه مربوط به ایستگاه‌های بافت و شیراز به میزان ۰/۲۰ تا ۰/۲۳ روز بر دهه می‌باشد.

Table 3. Slopes of precipitation indicators in statistical (1987-2016)

Station	PRCPTOT	R99P	R95P	CWD	CDD	R25mm	R20mm	R10mm	SDII	Rx5day	Rx1day
Yazd	0.538	0.253	0.353	0.01	1.15	0	0.00	0.02	0.02	0.269	0.188
Shiraz	2.32**	1.04	1.78*	0.07	1.19	0.03	0.07	0.17	0.05	1.13	0.16
Khorbaniank	1.19	0.23	0.82	0.01	0.1	0.01	0.01	0.03	0.03	0.37	0.33
Kerman	1.04	0.66	0.58	0.06	0.55	0.01	0.01	0.04	0.33	0.21	0.22
Kashan	0.25	0.2	0.2	0.03	0.91	0.00	0.00	0.02	-0.01	0.00	0.03
Esfahan	1.3	0.29	0.85	0.03	0.11	0.01	0.02	0.06	0.04	0.35	0.27
Abadeh	1.33	0.61	0.33	0.02	1.01	0.01	0.02	0.047	0.04	0.59	0.40
Baft	1.91*	0.94	2.04**	0.038	0.04	0.082	0.11	0.168	0.05	0.94	0.45
Sirjan	1.54	0.52	-2.023	0.023	1.62	0.025	0.036	0.07	0.046	0.729	0.331
Lar	0.9	0.33	0.52	0.01	0.85	0.012	0.01	0.03	0.06	0.41	0.24
Mrvast	1.531	0.543	0.918	0.053	4.071***	0.022	0.036	0.072	0.098	0.676	0.436

* Indicates the existence of a significant level of confidence at 95%

** Indicates the trend at the level of 95% confidence

*** Indicates the trend rate shows a confidence level of 99%

Table 4. The trend precipitation limit indicators TFPW- MN method at 95% (p-value) in stations (1987-2016)

Station	PRCPTOT	R99P	R95P	CWD	CDD	R25mm	R20mm	R10mm	SDII	Rx5day	Rx1day
Yazd	-0.4*	0.17	0.04	0.06	0.01	-0.033	0.166	0.00	-0.22	-0.01	-0.05*
Shiraz	0.2	0.00	0.11*	0.31*	0.31*	0.11*	0.2*	0.2	0.06	-0.02	-0.15*
Khorbaniank	-0.11	-0.14	-0.02	0.03	-0.27	-0.08	-0.01	-0.12	0.1	-0.104	-0.15
Kerman	0.085	-0.25*	-0.17	0.00	-0.45*	-0.02	-0.25*	0.07	-0.07	-0.09	-0.07
Kashan	-0.11	0.00	-0.17	-0.14*	0.01	0.02	-0.14*	-0.05	-0.13*	-0.18*	0.02
Esfahan	-0.08	0.00	0.02	-0.16	-0.05	0.01	0.05	0.06	-0.03	-0.02	0.03
Abadeh	-0.03	0.00	-0.02	0.02	-0.02	0.03	0.02	0.03	-0.04	0.04	0.03
Baft	0.477	-0.018	0.146*	0.00	0.05	0.23	0.23*	0.4	0.134*	0.213*	-0.01
Sirjan	0.129*	0.278*	0.26	0.156*	-0.24*	0.26*	0.14	0.16	-0.124*	0.11*	0.06
Lar	0.28*	-0.15*	0.09	0.07	0.18	0.01	-0.05	0.2	0.93	-0.04	-0.14
Mrvast	-0.26*	-0.14*	-0.38*	-0.05	-0.48*	-0.32*	-0.362*	-0.19*	-0.28*	-0.26	-0.13

* Indicates the existence of a significant level of confidence at 95%

ماتریس دوران یافته با متغیر بارش روزانه در ایستگاه‌هایی که شرایط بارش حدی را تقویت می‌کند، با آن رابطه مثبت داشته و ایستگاه‌هایی که شرایط بارش حدی ضعیف دارند همبستگی منفی مشاهده می‌شود. شرایط بارش حدی نسبت به بقیه ایستگاه‌ها اگرچه درصدی‌های کم‌تری از تغییرات را به‌خود اختصاص داده‌اند، اما کم‌وبیش تأثیر آن‌ها به‌خوبی در ضریب عامل منعکس شده است. در نتیجه می‌توان استنباط نمود، به‌دلیل گستردگی زیاد به لحاظ طول و عرض جغرافیایی، وجود پیکربندی ناهم‌واری‌ها و قرارگیری در معرض یورش توده‌های هوا، منطقه مورد مطالعه از نظر بارشی شرایط ویژه‌ای دارد. به‌عبارتی ساختار کلی بارش تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاع و توده‌های هوا قرار دارد، به‌طوری‌که با تغییر هریک از این عوامل بارش نیز تغییر خواهد کرد.

نتایج تحلیل مؤلفه اصلی

پس از وارد کردن داده‌ها، در محیط MINITAB و تشکیل ماتریس همبستگی، داده‌های مورد نظر آنالیز شدند. متغیر بارش به‌کمک روش تحلیل مؤلفه‌های اصلی به ۱۱ مؤلفه کاهش و با استفاده از چرخش واریماکس چرخش داده شدند. جدول (۵) درصد تغییرات تبیین شده مؤلفه‌ها را نشان می‌دهد. نتایج نشان‌دهنده آن است که نواحی بارشی شیراز بیش‌ترین بار عاملی در شرایط بارش حدی فراهم کرده است و از میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، بیش‌ترین مقدار واریانس ویژه را به‌خود اختصاص داده است. چنانچه مشاهده می‌شود مؤلفه اول و دوم شیب تندی دارند. درحالی‌که از مؤلفه هشتم به بعد شیب مؤلفه‌ها ملایم‌تر شده و در انتها ثابت می‌شود. نقطه عطف نمودار محل تفکیک ارزش‌های واقعی و خطاست. طبق جدول (۶)

بررسی نتایج تحلیل مؤلفه اصلی چهار منطقه مجزا از نظر توزیع و پراکنش بارش‌های حدی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد عبارت هستند از تیپ اقلیمی اول: شامل ایستگاه‌های مروست، بافت، لار، سیرجان و یزد، تیپ اقلیمی دوم: شامل ایستگاه‌های آباده، کرمان تیپ اقلیمی سوم: شامل ایستگاه‌های اصفهان و کاشان و خوربیبانک و تیپ اقلیمی چهارم: شامل ایستگاه شیراز می‌باشد که این ایستگاه بیش‌ترین شرایط بارش حدی را نیز با ویژه مقدار واریانس ۸۵ از کل تغییرات بارش حدی داراست.

در مرحله بعد نمودار بای‌پلات رسم گردید، در شکل (۳) بردارها نشان‌دهنده متغیرها در مؤلفه‌های اول و دوم را نشان می‌دهند (یعنی میزان سهم هر متغیر در پراش کل). نقاطی که نزدیک‌تر به هم هستند مربوط به مشاهداتی می‌باشند، که امتیاز یکسانی در مؤلفه‌های نشان‌داده‌شده در نمودار دارند. به عبارت دیگر ایستگاه‌هایی که در کنار هم قرار دارند، پراکنش و توزیع بارش حدی بسیار شبیه‌تری نسبت به هم دارند و برعکس ایستگاه‌هایی که از هم فاصله دارند همبستگی منفی داشته و با هم اختلاف زیادی دارند. با

Table 5. Specific amount and percentage of variance justified in the analyses of the main components

	PC11	PC10	PC9	PC8	PC7	PC6	PC5	PC4	PC3	PC2	PC1
Variables	Shiraz	Yazd	Sirjan	Lar	Khoorbiabanak	Kerman	Kashan	Esfahan	Baft	Abadeh	Marvast
Eigenvalue	85	175	495	591	975	1604	2312	3450	5436	7982	24722
Cumulative variance	1	0.998	0.995	0.984	0.972	0.951	0.918	0.87	0.797	0.684	0.517

Table 6. The extent of the stations distance matrix by analyzing the main components

Station	Square correlation distance										
	Marvast	Aabadeh	Baft	Esfahan	Kashan	Kerman	Khoorbiabanak	Lar	Sirjan	Yazd	Shiraz
Marvast	1	0.298	0.015	0.122	0.121	-0.035	-0.030	0.220	0.260	0.280	-0.37
Abadeh	0.298	1	-0.257	0.065	-0.085	0.478	-0.043	0.043	0.112	0.142	-0.00
Baft	0.015	-0.257	1	-0.346	-0.332	-0.143	-0.049	0.693	0.839	0.215	-0.32
Esfahan	0.122	0.065	-0.346	1	0.506	0.278	0.226	-0.11	-0.55	-0.53	0.121
Kashan	0.121	-0.085	-0.332	0.506	1	0.174	0.466	-0.07	-0.39	-0.04	-0.05
Kerman	-0.035	0.478	-0.143	0.278	0.174	1	0.015	-0.04	-0.23	-0.11	-0.19
Khoorbiabanak	-0.030	-0.043	-0.049	0.226	0.466	0.015	1	0.226	0.054	0.205	0.068
Lar	0.220	0.043	0.693	-0.119	-0.076	-0.040	0.226	1	0.700	0.122	-0.34
Sirjan	0.260	-0.112	0.839	-0.553	-0.397	-0.239	0.054	0.700	1	0.513	-0.26
Yazd	0.280	0.142	0.215	-0.530	-0.045	-0.110	0.205	0.122	0.513	1	-0.25
Shiraz	-0.370	-0.002	-0.322	0.121	-0.052	-0.195	0.068	-0.34	-0.26	-0.25	1

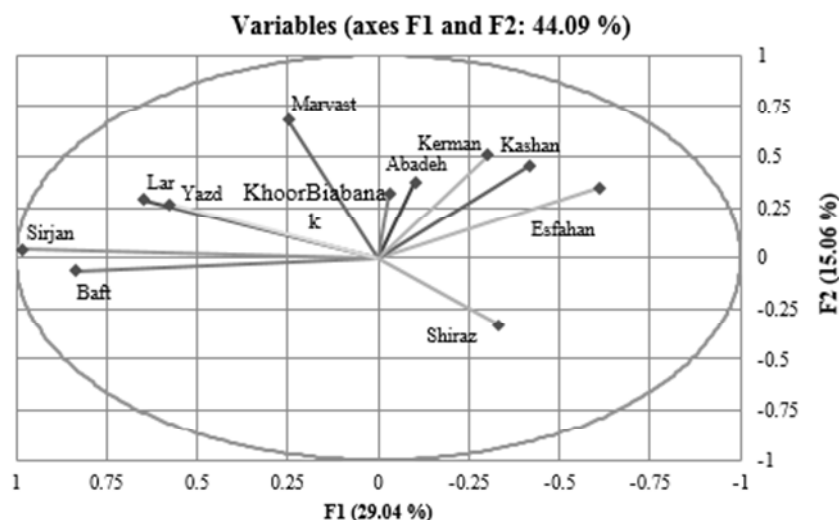


Figure 3. Radar chart of the main components in selected climatic stations

نتیجه‌گیری

حدی اقلیمی در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های آبی در بخش‌های مختلفی مانند اقتصاد، محیط‌زیست و آبیاری و زهکشی در نظر گرفته شود. برخی از این مطالعات عبارت هستند از Darend (2014) و Hejazizadeh et al. (2013). با نتایج این پژوهش هم‌خوانی دارند. در انتها، با توجه به آن‌که کشور ما ناگزیر به تأثیرپذیری از تغییر اقلیم است، باید تمهیداتی مدیریتی در سطوح کوتاه‌مدت، میان‌مدت و بلندمدت مدنظر قرار گرفته تا تأثیر تغییر اقلیم بر منابع آب در کشور به حداقل برسد.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

پی‌نوشت‌ها

1. Commission for Climatology
2. Climate Variability and Predictability
3. World Climate Research Programme
4. Expert team on Climate Change Detection Monitoring
5. Principal Component Analyses
6. Annual total wet days precipitation
7. Consecutive wet days
8. Consecutive dry days
9. ≥ 25 mm Number of days
10. Number of heavy precipitation days
11. Number of heavy precipitation days
12. Simple daily intensity index
13. Max 1-day precipitation amount
14. Max 5-day precipitation amount
15. Extremely wet days

منابع

1. Ahmadi, M., Lashkarry, H., Freedom, M., & keykhsrovi, Q. (2015). Detection of climate change using parameters and precipitation in khorasan. *Knowledge of Earth Knowledge Research*, 6(23), 34-52. (In Persian).
2. Alaetaleghani, M. (2009). *Geomorphology of Iran*. Tehran, ghomos publication.
3. Alijani, B. (2011). Spatial analysis of critical damages and critical pressures in iran. *Journal of Applied Geosciences Research*, 11(20), 9-30.

رویدادهای حدی پدیده‌هایی هستند که انسان انتظار وقوع آن‌ها را نداشته و معمولاً در رویارویی با آن‌ها آسیب‌پذیر بوده و خسارت‌های فراوانی را متحمل می‌شود. در پژوهش حاضر، به‌منظور بررسی شرایط بارش حدی در ابتدا پس از انجام آزمون حذف داده پرت، همگنی داده‌ها با آزمون جرم مضاعف در نرم‌افزار SPSS مورد بررسی قرار گرفت. سپس از کل آمار موجود ماتریس همبستگی ایجاد شد و با مشخص شدن ضریب همبستگی آمار مربوطه تا سقف مجاز گسترش داده شد و در نهایت دوره آماری (۱۳۶۶-۱۳۹۵) جهت تجزیه و تحلیل مراحل بعد مورد استفاده قرار گرفت. در پژوهش حاضر مشخص شد که تحلیل مؤلفه‌های اصلی ابزاری سودمند برای شناسایی و منطقه‌بندی شرایط بارش حدی ایستگاه‌های مورد مطالعه است. در این پژوهش روند نمایه‌های حدی بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه توسط نرم‌افزار Rclimdex محاسبه شد و نتایج حاصله نشان داد بیش‌تر ایستگاه‌ها، دارای روند منفی و کاهشی ضعیف می‌باشند. میزان بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه کاهش یافته است و ادامه آن، تداوم خشک‌سالی در سال‌های آبی را در پی دارد، به‌علاوه میزان بارش در تعداد روزهای کم‌تری به وقوع پیوسته و در نتیجه شرایط رخداد بارش‌های حدی در منطقه افزایش یافته است. پس از ناحیه‌بندی نتایج نشان‌دهنده آن است چهار تیپ اقلیمی از توزیع و پراکنش بارش‌های حدی در منطقه مورد مطالعه شناسایی شد؛ تیپ اقلیمی اول: شامل ایستگاه‌های مروست، بافت، لار، سیرجان و یزد، تیپ اقلیمی دوم: شامل ایستگاه‌های آباده، کرمان تیپ اقلیمی سوم: شامل ایستگاه‌های اصفهان، کاشان و خوربابلانک و تیپ اقلیمی چهارم: شامل ایستگاه شیراز می‌باشد که این ایستگاه بیش‌ترین شرایط بارش حدی را نیز با ویژه مقدار واریانس ۸۵ از کل تغییرات بارش حدی داراست. بنابراین توصیه می‌شود تأثیرات این رویدادهای

4. Cheeloong, W., Juneng, L., Zulkifli, Y., Tarmizi, I., Raymond, V., & Stefan, U. (2016). Rainfall characteristics and regionalization in peninsular malaysia based on a high resolution gridded data set. *Journal of Water Research*, 8(11), 500.
5. Darend, M. (2014). Analysis of variations in rainfall and temperature extremes in urmia as indicators of climate change. *Journal of Water and Soil Conservation Research*, 21(2), 1-29. (In Persian).
6. Delima, M., Santo, F., Ramos, A., & Delima, J. (2013). Recent changes in daily precipitation and surface air temperature extremes in mainland portugal. *Journal of Atmospheric Research*, 127, 195-209.
7. Hejazizadeh, Z., Fatahi, T., Salighe, M., & Arsalani, F. (2013). Investigating the effect of climate signals on iran central region rainfall using artificial neural network. *Journal of Applied Geosciences Research*, 13 (29), 75-89. (In Persian).
8. Hirsch, R., & James, R. (1984). Anonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Journal of Water Resource*, 20(6), 727-732.
9. Jahanshahi, A., Shahedi, K., Solaimani, K., & Moghaddamnia, A. (2019). Determination of hydrological homogenous regions in the west of hamounjzamourian river basin. *Iran Water Resource Research Journal*, 15(1), 223-235. (In Persian).
10. Kendall, MG. (1975). Rank correlation methods and ed. Newyork hafner. Mann, H.B., 1945, Nonparametric tests against trend. *Journal of Econometrica Research*, 3, 245-259.
11. Gan, T. Y. (1998). Hydroclimatic trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies. *Water resources research*, 34(11), 3009-3015.
12. Khorshiddost, M., & Zanganeh, S. (2013). Analysis and evaluation of the trend of extreme temperature and precipitation indicators based on daily synoptic station series of kermanshah in the 48-year statistical period (1961-2009). *The thirty-second gathering and the first international congress of geosciences*, Tehran, Iran, 1-7.
13. Kosegran, S., & Mousavibaghi, M. (2015). Investigating the trend of extreme weather events in the northeast. *Journal of Water and Soil Science and Technology of Agriculture*, 29(3), 750-764. (In Persian).
14. Kouhestani, SH., Eslamian, S., Abedi-Koupai, J., & Besalatpour, A. (2016). Projection of climate change impacts on precipitation using soft-computing techniques a case study in zayandehrud basin iran. *Journal of Global and Planetary Change*, Volume 144, 158-170.
15. Li, Q., Li, Z., Zhu, Y., Deng, Y., Zhang, K., & Yao, Ch. (2018). Hydrological regionalisation based on available hydrological information for runoff prediction at catchment scale. *Journal of Proceeding of the International Association of Hydrological Sciences*, 379, 13-19.
16. Massah Bavani, A., Goodarzi, E., & Zohrabi, N. (2013). Detection of temperature and precipitation trends and their attribution it to the greenhouse gases (case study: west azerbaijan province). *Journal of Earth and Space Physics*, 39(3), 111-128. (In Persian).
17. Mohammadi, H., Azizi, Gh., Khoshaykalah, F., & Rancid, F. (2017). The trend analysis of daily rainfall indexes in iran. *Natural Geographic Research*, 49(1), 21-37. (In Persian).
18. Mohammadyariyan, M., Tavosi T., Khosravi, M., & Hamidiyanpour, M. (2019). Zoning of iranian heavy precipitation regime. *Geographical Researches Quarterly Journal*, 34(2), 183-192. (In Persian).
19. Paul, A., Riddhidipa, V., Chowdary, Dibyendu, Dutta, U., Sreedhar, H., & Ravi, S. (2017). Trend analysis of time series rainfall data using robust statistics. *Journal of Water and Climate Change*, 8(4), 691-700.
20. Peraltahernandez, A., Balling, R., & Barbamartinez, L. (2009). Comparative analysis of indices of extreme rainfall events. *Variations and Trends from Southern Mexico Atmosfera*, 22(2), 219-228.
21. Rajabi, A., & Shabanlou, S. (2012). The analysis of uncertainty of climate change by means of SDSM model case study-kermanshah. *World Applied Sciences Journal*, 23(10), 1392-1398. (In Persian).
22. Rustum, R., Adebayo, J., & Mwale, F. (2017). Spatial and temporal trend analysis of long term rainfall records in data-poor catchments with missing data a case study of lower shire floodplain in malawi for the period. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 1-30.
23. Sarr, M.A., Gachon, P., Seidou, O., Bryant, Ch., Ndione, J., & Comby, J. (2014). Inconsistent linear trends in senegalese rainfall indices from 1950-2007. *Hydrological Sciences Journal*, 60, 1538-1549.
24. Tipping, M., & Bishop, C. (1999). Probabilistic principal component analysis. *Journal of Royal Statistical soc*, 61(3), 611-622.

25. Yilmaz, A. (2015). The effects of climate change on historical and future extreme rainfall in antalya turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 60, 2148-2162.
26. Yue, S., Pilon, P., & Phinney, B. (2003). Canadian streamflow trend detection impacts of serial and crosscorrelation. *Hydrological Sciences Journal*, 48(1), 51-64.
27. Zhang, X. (2007). ETCCDI/CRD climate change indices software. *Climate Research Division of Environment Canada*, ccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software.