

تحلیل سری‌های زمانی دیرپایی فصل بارش در ایران

مریم ثنایی^۱، غلامرضا براتی^{۲*}، علیرضا شکیبیا^۳

۱. دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی سینوپتیک، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲ و ۳. دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

چکیده

سرزمین ایران دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک است و توزیع مکانی-زمانی بارش در آن، بسیار ناهمگون است. یکی از ابعاد بارش که برای پیش‌بینی‌های زمانی و همچنین برنامه‌ریزی و اقدامات لازم در زمینه مدیریت منابع آب و غذا، اهمیت بسزایی دارد؛ دوام و دیرپایی فصل بارش است. از این رو در پژوهش پیش رو، ابتدا بر پایه داده‌های روزانه بارش از مجموع ۱۰۸ ایستگاه اعم از هواشناسی و وزارت نیرو، دیرپایی فصل بارش کشور در دوره مرطوب (سپتامبر-می)، در سری زمانی ۲۵ ساله (۱۹۹۱-۲۰۱۵) برای هر سال محاسبه شد. در مرحله بعد با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، پنج پهنه بارشی به ترتیب بسیار دیرپا، دیرپا، میانوند، کوتاه و بسیارکوتاه در محیط سورفر و با روش کریجینگ پهنه‌بندی شد. سپس به منظور بررسی تغییرات دیرپایی فصل بارش، از آزمون من‌کنندال ویرایش شده یو و ونگ (Yue & Wang) استفاده شد. نتایج نشان داد که پهنه یک دارای دیرپاترین طول دوره بارشی بوده، دیرپایی فصل بارشی آن به طور معنی‌داری در حال افزایش است. در پهنه دو، اگر چه دیرپایی فصل بارشی در حال کوتاه شدن است ولی در بخش‌هایی در دامنه‌های جنوبی البرز افزایش معنی‌دار مشاهده می‌شود. در پهنه سه بویژه در نواحی شرقی و جنوب غربی، فصل بارشی در حال کوتاه شدن و در نواحی مرکزی در حال افزایش است. در پهنه چهار و پنج، فصل بارشی کوتاه و بسیار کوتاه است و روند کاهشی فصل بارشی نیز به صورت معنی‌داری ادامه دارد. بدین ترتیب در اکثر پهنه‌ها، فصل بارش در حال کوتاه‌تر شدن است. تنها در پهنه‌های جنوبی دریای خزر تا دامنه‌های جنوبی البرز و دامنه‌های شرقی زاگرس فصل بارش به طور معنی‌داری در حال طولانی‌تر شدن است.

واژگان کلیدی: سری زمانی، تحلیل خوشه‌ای، پهنه‌بندی دیرپایی بارش، آزمون من‌کنندال.

مقدمه

ایران کشوری با آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک است که حدود ۸۵ درصد آن در قلمرو خشک قرار داشته و خشکسالی و کمبود آب از مشخصه‌های اصلی آن محسوب می‌شود (کریمی و همکاران ۲۰۱۸). همچنین موقعیت مکانی ایران به گونه‌ای است که محل برخورد و حاکمیت سامانه‌های متفاوتی با منشأ حاره، برون حاره و جنب حاره‌ای در طول سال است. این ویژگی‌ها، موجب شده است تا نوسان‌های زمانی- مکانی عناصر اقلیمی ایران زیاد باشد. به بیان دیگر، متنوع بودن سامانه‌های بارشی، تغییرات مکانی و زمانی بارش و رفتارهای متفاوت سامانه‌های بارشی، به موقعیت ایران، وسعت زیاد و ناهمواری بسیار پیچیده آن، وابسته است (سبزی پرور و همکاران ۲۰۱۵). بارش سومین عامل از شش عامل مهم و موثر در شکل دهی اقلیم ایران محسوب می‌شود که با نوسانات زمانی - مکانی بسیار همراه است (مسعودیان ۱۳۸۲). ناهمگنی سامانه‌های بارشی، سبب نوسانات زمانی و مکانی بارش در ایران گردیده است. این نوسانات زمانی و مکانی بارش، فقط به مقدار آن محدود نبوده و سایر جنبه‌های آن، مانند زمان شروع، پایان و طول مدت آن را نیز شامل می‌شود. افزایش گازهای گلخانه‌ای، وقوع گرمایش جهانی و در پی آن رخداد تغییرات آب‌وهوایی بخصوص در سال‌های اخیر، سبب تغییرات عمده‌ای در این عامل مهم آب‌وهوایی شده است. به طوریکه در نیم سده اخیر در ایران، ۰/۵ میلی‌متر بر حجم آن افزوده شده است (مسعودیان ۱۳۹۰ ص ۱۳۵). از سوی دیگر، پیش بینی وقوع افزایش درجه حرارت ۱/۵ درجه‌ای در سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۵۰ بر شدت احتمالی این تغییرات در آینده خواهد افزود (IPCC^۲ ۲۰۱۸). با وقوع پدیده گرمایش جهانی، وقوع خشکسالی‌های بلند مدت، بی‌نظمی در وقوع بارش‌ها، افزایش بارش مایع بر جامد، وقوع سیلاب و افزایش رواناب حاصل از پدیده ذوب، افزایش طول مدت فصل گرم و... سبب پیامدهای ناگوار و صدمات جبران ناپذیری بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده است

(Parry, et al 2004). نگهداری و مدیریت منابع آب، علاوه بر بارش دریافتی و تغییر پذیری مکانی آن، به تغییرپذیری زمانی آن نیز بستگی دارد. هر چه تغییرپذیری زمانی بارش کمتر باشد منابع آب نیز با ثبات تر خواهد بود و عرضه ی دائمی آب امکان پذیر می‌شود. به همین دلیل تغییرپذیری زمانی بارش در ارزیابی مهبیایی منابع آب آبخیزها و مطالعه‌ی دسترسی نسبی به منابع آب در مقیاس محلی و منطقه ای اهمیت زیادی دارد (مسعودیان ۱۳۹۰، ص ۱۳۵).

بررسی تغییرات زمانی- مکانی میزان بارش در سرتاسر جهان (Li, et al, 2010, jun, et al, 2011, Zhang,et al 2012, Xei,et al 2013, Pati,et al, 2015, Meiet al 2018, Zhao,et al 2018, و Martinez,et al,2020) و ایران (غیور و همکاران ۱۳۹۰، مریانجی ۱۳۹۱، عساکره و رزمی ۱۳۹۱، الوان ۱۳۹۳ و...) از موضوعات مورد توجه محققین بوده است، اما در این میان آنچه کمتر مورد بررسی قرار گرفته است، بررسی تغییرات زمانی-مکانی آغاز، پایان و دیرپایی فصل بارشی است. تحقیقات محدودی در سرتاسر جهان در این زمینه انجام شده است (lascody,etal,2002, Choi, et al,2008 Amekudzi,et) (al 2015, Li, et al,2017)، در ایران نیز بررسی مواردی همچون دوام بارش، یکنواختی و تمرکز بارش مورد توجه قرار گرفته است (نظری‌پور ۱۳۹۰، ناظری تهرودی و همکاران ۱۳۹۵، مفاخری و همکاران ۱۳۹۶)، اما بررسی تغییرات دیرپایی فصل بارش کشور در این تحقیق برای اولین بار مد نظر قرار گرفته است. بنابراین در این میان از سویی اهمیت بررسی تغییرات دیرپایی فصل بارش در ایران به منظور پیش بینی‌های زمانی و همچنین برنامه ریزی و اقدامات لازم در زمینه مدیریت منابع آب، حفاظت گونه‌های گیاهی و جانوری و مخاطرات خشکسالی و سیلاب لازم و ضروری است. و از سویی دیگر لزوم این بررسی با توجه به سودمندی یافته‌های آن در خصوص کاشت محصولات مناسب در راستای تامین امنیت غذایی قابل توجه است.

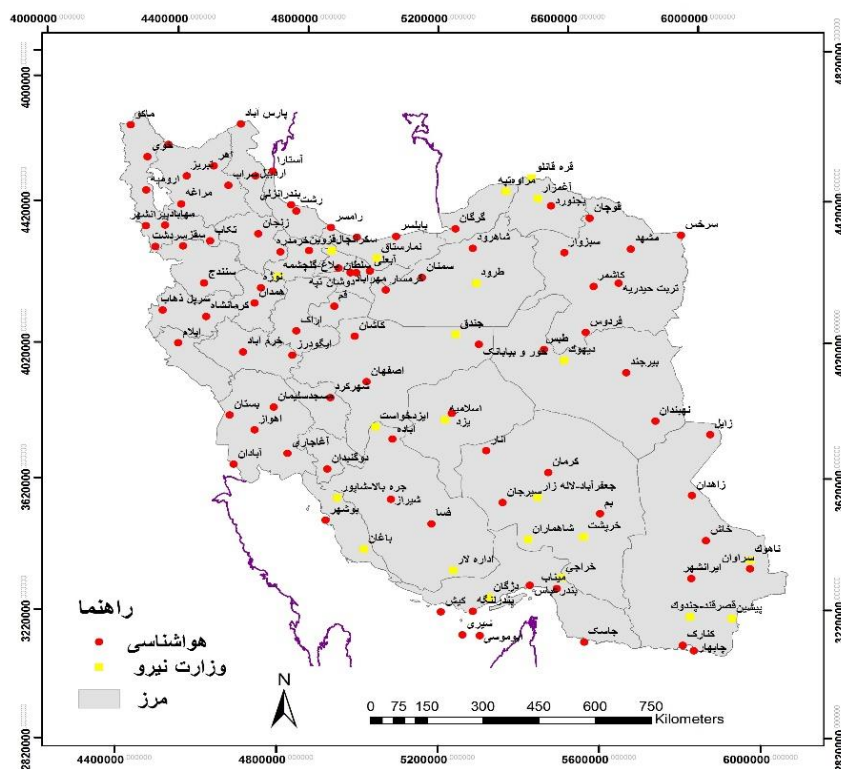
داده‌ها و روش

تحلیل داده‌ها

2. Intergovernmental Panel on Climate Change

سپتامبر شروع فصل بارش (Aviad, et al, 2004) و دوره مرطوب و فعالیت عمده سامانه‌های بارش‌زا در ایران طی ماه‌های نوامبر تا مارس تعیین شده است (سبزی پرور و همکاران، ۲۰۱۵). از آنجاکه رژیم بارش ایران زمستانه است و در بیشتر سرزمین ایران، زمستان مرطوب‌ترین و تابستان خشک‌ترین فصل سال است (علیجانی و هارمان ۱۹۸۵، دومروئس و همکاران ۱۹۹۸)، برای تسهیل بررسی بارش‌های زود هنگام و دیر هنگام در محاسبه دیرپایی فصل بارش، در پژوهش کنونی، دوره بارش از اول سپتامبر تا پایان ماه می و هر روز با یک کد از ۱ تا ۲۷۳ (۲۷۴ برای سال‌های کیسه) تعریف شد. همچنین در این تحقیق، مشابه کارهای تحقیقی پیشین، «روز بارشی»، روزی تعریف شد که دست کم ۰/۱ میلی‌متر و بیشتر بارش دریافت کرده باشد (Alijani & Harman, 1985, Aviad, et al, 2004, Wu & Zhai, 2013). به طور معمول در آب‌وهوای خشک مدیترانه‌ای، بارش معمولاً کمتر از ۵ روز دوام می‌یابد (Paz & Kutiel, 2003).

در پژوهش پیش رو پهنه کشور ایران، سرزمین پژوهش انتخاب شد و انتخاب ایستگاه‌های وزارت نیرو و سازمان هواشناسی کشور طوری صورت پذیرفت که در سطوح ارتفاعی و طول و عرض جغرافیایی مختلف، ایستگاه‌ها و در واقع نماینده‌های کافی وجود داشته باشند. در این راستا از داده‌های بارش روزانه ۲۲ ایستگاه بارانسنجی وزارت نیرو (۱۱ ایستگاه باران‌سنجی معمولی و ۱۱ ایستگاه تبخیرسنجی) برای سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۷۰ خورشیدی و ۸۶ ایستگاه همدید از سازمان هواشناسی برای سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۹۱ میلادی استفاده شد. با هدف حفظ بیشینه ایستگاه‌ها در پهنه کشور و با وجود تعداد محدود ایستگاه با قدمت بیش از ۲۰ سال، دوره آماری ۲۵ سال (۱۹۹۱-۲۰۱۵) در مجموع با تعداد ۱۰۸ ایستگاه نهایی شد. پس از کنترل کیفی، داده‌ها بر پایه روزهای سال خورشیدی یکسان‌سازی و به سال میلادی برگردانده شد. در نهایت پایگاه داده ای به ابعاد ۹۱۲۵*۱۰۸ در نرم افزار R تشکیل شد (شکل ۱). در آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک مدیترانه‌ای،



شکل ۱- پراکنش ایستگاه‌های منتخب در سرزمین مورد پژوهش

اگرچه بررسی دندوگرام حاصل بر اساس دانش محقق، آشنایی او با منطقه و موضوع مورد مطالعه در انتخاب تعداد خوشه‌های مناسب راهگشا بوده است ولی روش‌های کمی و آماری چون تحلیل تابع تشخیص^۴ (شیروانی و ناظم السادات ۱۳۹۱، خورشید دوست و شیرزاد ۱۳۹۱) و تحلیل واریانس^۵ (آروین و همکاران ۱۳۹۱)، از روش‌های آماری مناسبی هستند که در سنجش اعتبار انتخاب تعداد خوشه‌ها استفاده می‌شوند. از این رو در پژوهش پیش رو پس از اعمال تحلیل خوشه‌ای از تحلیل آنالیز واریانس یک طرفه^۶ و تابع تشخیص جهت اعتبار سنجی خوشه بندی استفاده شد.

گفتنی است که تحلیل تشخیصی یک تکنیک آماری است که به پژوهشگر این امکان را می‌دهد تا تفاوت‌های بین دو گروه یا بیشتر از دو گروه را برحسب چند متغیر به صورت همزمان مطالعه کنند. هدف آن بدست آوردن یک ترکیب خطی از متغیرها است که بتوان از طریق آن دست به گروه‌بندی افراد زد. تحلیل تابع تشخیص یکی از روش‌های تحلیل آماری چند متغیره است (ریبعی و رحیمی، ۱۳۸۸:۵۲۹) که از طریق فرمول زیر قابل محاسبه است (خورشید دوست و شیرزاد ۱۳۹۱):

$$XD = b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k + b_0, \quad (1)$$

که $XD=DF$ تابع تشخیصی، مقدار ضرب تشخیصی یا وزن هر متغیر که معادل ضریب B در تحلیل رگرسیون خطی است $b_1b_2=0$ و X_1X_2 متغیرهای مستقل پیش بینی کننده هستند.

در تحلیل تابع تشخیص قبل از شروع نیازی به استاندارد کردن داده‌ها به منظور برخورداری از میانگین صفر و واریانس یک نیست زیرا تحلیل تابع تشخیص به طور قابل توجهی از مقیاس متغیرهای جداگانه متأثر نمی‌شود (Manley, 2009: 152). برای به دست دادن الگوهای حاصل از طول فصل بارشی در ۱۰۸ ایستگاه انتخابی و در دوره ۲۵ ساله مورد مطالعه (۱۹۹۱-۲۰۱۵) از تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی، روش وارد و مربع فاصله اقلیدسی

همینطور دوام بارش در ایران کوتاه‌مدت است و بارش‌های سه‌روزه بیشترین سهم را در فراهم‌آوری حجم بارش در ایران را بر عهده دارند (نظری‌پور و منصوری دانشور، ۲۰۱۴). از این رو در این پژوهش، «دوره بارشی» در قالب «سه روز بارشی پیاپی و بیشتر که دست کم با یک روز بدون بارش از هم جدا شده باشند»، در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است بارش‌های یک و دو روزه که می‌توانند در اثر عوامل محلی رخ دهند، ملاکی برای شروع دوره و فصل بارشی منظور نشدند. البته گاهی نیز بارش‌های یاد شده، بارش‌های سنگین و آب‌سنگین می‌شوند و نقش مهمی در تامین اندوخته آب کشور می‌یابند ولی در این تحقیق از آنجاکه محوریت موضوع با بررسی دوام و دیرپایی فصل بارش است، بارش‌های یک و دو روزه ملاک تعیین شروع، پایان و در نتیجه دوام و دیرپایی فصل بارش قرار نگرفت.

در گام بعدی در هر ایستگاه نخستین روز از نخستین دوره بارشی و آخرین روز از آخرین دوره بارشی در فصل بارش (سپتامبر تا می) در هر سال، به ترتیب شروع و پایان فصل بارشی آن سال تعیین شد و بر اساس آن دیرپایی فصل بارشی ایران (به حسب روز) در دوره ۲۵ ساله (۱۹۹۱-۲۰۱۵) مطالعه شد. شایان ذکر است که مراحل یاد شده بدوا در محیط اکسل و سپس با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط نرم افزار R انجام شد.

پس از محاسبه دیرپایی فصل بارشی در دوره ۲۵ ساله در ۱۰۸ ایستگاه مورد مطالعه، ابتدا تحلیل خوشه‌ای روی دیرپایی فصل بارشی، با مربع فاصله اقلیدسی^۳ انجام گرفت. در این روش پیوستگی جغرافیایی مناطق اقلیمی حفظ می‌شود (مسعودیان و عطایی ۱۳۸۴). به همین دلیل، این روش در مطالعات اقلیم‌شناسی به وفور استفاده می‌شود (Santos, et al 2019, Al-Qadami & Abdollah, 2019، نظری‌پور و خسروی ۲۰۱۱، مسعودیان ۱۳۸۲، مسعودیان و عطایی ۱۳۸۴، اشرفی ۱۳۸۹، خسروی و آرامش ۱۳۹۱، شیروانی و ناظم السادات ۱۳۹۱، خورشید دوست و شیرزاد ۱۳۹۳). با انجام تحلیل خوشه‌ای آنچه اهمیت داشت، برگزیدن تعداد خوشه‌های مناسب بود.

4 Discernment analysis function

5 Analysis of variance

6 One-way ANOVA

3Squared Euclidian Distance

(Yue&Wang,2004). برای انجام این روش، ابتدا خودهمبستگی در سری زمانی دیرپایی فصل بارشی ارزیابی، سپس نمودارهای خودهمبستگی کامل^{۱۱} (ACF) و بخشی^{۱۲} (PACF) در ایستگاه‌های مورد مطالعه در نرم افزار R ترسیم شد و از آنجا که در ۳۵ ایستگاه از ۱۰۸ ایستگاه سرزمین مورد پژوهش، خودهمبستگی کامل و بخشی و یا هر دو یافت شد، به منظور حذف اثر خودهمبستگی از سری زمانی مذکور، روش من کندال اصلاح شده Yue & Wang به کار گرفته شد.

نتایج و بحث

پهنه‌های دیرپایی فصل بارشی

بر پایه نتایج خوشه‌بندی دیرپایی فصل بارش کشور در محیط نرم افزار سورفر ۱۰ و با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ، سرزمین ایران میان پنج پهنه بارشی شامل بسیار دیرپا، دیرپا، میانوند، کوتاه و بسیار کوتاه مدت تقسیم شد (شکل ۲).

پهنه شماره یک (دارای فصل بارشی بسیار دیرپا) - همانطور که در شکل ۲ ملاحظه می‌شود، این پهنه شامل دو بخش ناپیوسته در کرانه‌های غربی ساحل خزر و انتهای شمال غرب کشور است و با اختصاص ۶/۵ درصد از مساحت ایران، کوچک‌ترین پهنه و دارای دیرپاترین فصل بارشی با متوسط ۲۳۸ روز است. این پهنه دارای دو نوع رژیم بارشی متفاوت، پربارش خزری و کم‌بارش آذربایجان شمالی است اما از آنجا که بارش در این مناطق طی سال تقریباً یکنواخت توزیع شده است (رضی، ۱۳۹۵، مسعودیان ۱۳۸۸)، به لحاظ دیرپایی فصل بارش در یک پهنه دسته‌بندی شده است. بیشترین مساحت این پهنه را کرانه‌های غربی دریای خزر در برمی‌گیرد که به دلیل فعال بودن سامانه‌های بارش‌زا در تمام سال، جزو پربارش‌ترین مناطق بارشی کشور محسوب می‌شود. همچنین از منظر تغییرات زمانی بارش و رژیم بارش این پهنه جزو متمایزترین، مناطق بارشی کشور محسوب می‌شود (رضی، ۲۰۱۸).

بهره گرفته شد. در نهایت با اعمال تحلیل واریانس و تحلیل تابع تشخیص در خوشه‌های به دست آمده به این نتیجه رسیدیم که حداکثر تفاوت‌های برون‌گروهی و حداقل تفاوت میان‌گروهی، که لازمه انتخاب بهینه در خوشه‌بندی است، در انتخاب پنج خوشه رخ داده است. این بدان معنی است که، گروه‌های شناسایی شده به کمک تحلیل خوشه‌ای به درستی انتخاب شده‌اند.

پس از نهایی شدن خوشه‌ها، لازم بود تا داده‌های بارش بر حسب ایستگاه‌ها روندیابی شوند. از آنجا که بارش‌های جوی رفتاری غیرخطی دارند و از پراکنش نرمال تبعیت نمی‌کنند، یکی از بهترین روش‌ها برای سنجش تغییرات آنها، آزمون‌های غیرخطی است. از بین این آزمون‌ها، برای تشخیص روند سری‌های زمانی هیدرولوژیکی روش من-کندال^۷ (MK) مناسب‌تر است (حامد ۲۰۰۷، خالق و همکاران ۲۰۰۹). فرض اصلی اغلب مطالعات تحلیل روند با آزمون من-کندال استفاده از داده‌های مستقل و به طور تصادفی نظم گرفته است. با این وجود در شرایط واقعی برخی سری‌های هیدرولوژیکی دارای ضریب خودهمبستگی هستند (Hamed & Rao, 1998)، خودهمبستگی روی مقدار واریانس محاسبه شده در روش کندال تأثیر می‌گذارد. در نتیجه احتمال رد فرض صفر یعنی عدم وجود روند در سری داده افزایش پیدا می‌کند. در این حالت اگرچه داده‌ها فاقد روند باشند، در روش من-کندال برای آنها روند تشخیص داده می‌شود (Cox & Stuart 1995, Yue & Wang, 2004, Onoz & Bayazit 2011).

یکی از این روش‌های حذف اثر «خودهمبستگی در سری داده‌ها، روش «پیش سفید کردن»^۸ PW است. این روش تنها در صورت عدم وجود روند در سری داده‌های آزمون MK کارآمد است (Yue & al, 2002, Yue & Wang, 2002). در این روش با استفاده از عامل اندازه نمونه موثر^۹ ESS و شبیه‌سازی مونت کارلو^{۱۰}، همبستگی در واریانس سری داده‌های آزمون MK حذف می‌شود

7 Mann-Kendal

8 Pre-whitening

9 Effective Sample Size

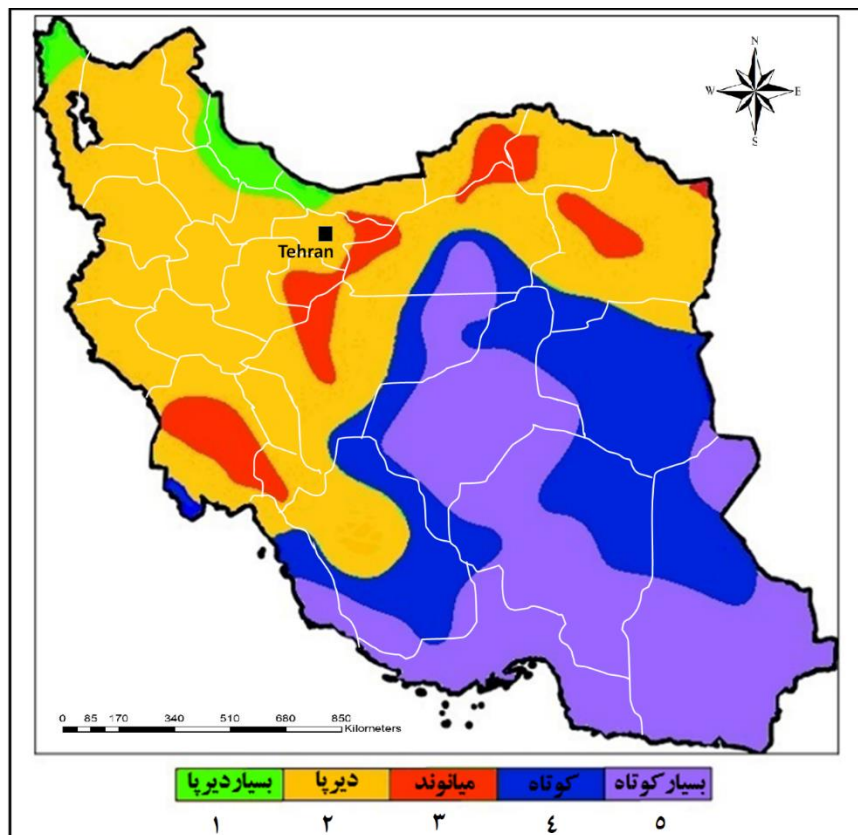
10 Monte Carlo simulation

11 Autocorrelation Function

12 Partial Autocorrelation Function

با توجه به گستردگی این پهنه، اقلیم‌های متنوعی را پوشش می‌دهد، به طوریکه هفت رژیم متنوع از ده رژیم بارشی شناسایی شده در ایران را در بر می‌گیرد (رضیئ ۱۳۹۵). همچنین این منطقه، به جز نواحی کم‌بارش در شمال شرق، مرکز و غرب، جزو نواحی نیمه پربارش کشور است که بارش آن عمدتاً در دوره مرطوب (اکتبر تا آپریل) رخ می‌دهد (مسعودیان ۱۳۸۸).

پهنه دو (دارای فصل بارشی دیرپا) - این پهنه که متوسط طول مدت دوره بارشی آن ۱۷۴/۷۳ روز است، وسیعترین پهنه دیرپایی فصل بارش را تشکیل می‌دهد که بخش‌های وسیعی از دامنه‌های جنوبی البرز، دامنه‌های شرقی و غربی زاگرس جنوبی، دامنه‌های شرقی و غربی زاگرس شمالی، مناطق غرب، شمال غرب و شمال شرق کشور را در بر می‌گیرد و ۳۵/۱۹ درصد از مساحت کشور را شامل می‌شود.



شکل ۲- پهنه‌بندی دیرپایی فصل بارشی در ایران

(رضیئ ۱۳۹۵). از چشم‌انداز حجم و زمان دریافت بارش، نواحی کم‌بارش شمالی و جنوبی را به خود اختصاص می‌دهد که به ترتیب مارس، اپریل و می (اسفند، فروردین و اردیبهشت) و دسامبر، ژانویه و فوریه (آذر، دی و بهمن) از ماه‌های پربارش آن است (مسعودیان ۱۳۸۸).

پهنه چهار (دارای فصل بارشی کوتاه) - این پهنه که در بین ناحیه دو و پنج قرار گرفته شامل دامنه‌های شرقی و باد پناه زاگرس جنوبی، ارتفاعات هزار و لاله زار کرمان

پهنه سه (دارای فصل بارشی میانوند) - طول دوره بارشی در ناحیه سه به طور متوسط ۹۶/۴۸ روز است. این پهنه پراکنده‌ترین ناحیه دیرپایی فصل بارش است که شامل نواحی در شمال شرق، مرکز (بخش‌هایی غربی دشت کویر و دامنه‌های شرقی زاگرس شمالی)، جنوب غرب (جلگه خوزستان)، به مساحت ۱۱/۵۹ درصد است که رژیم‌های متفاوت بارشی مرکزی - شمال شرقی، البرز مرکزی، کوهستانی غربی و جنوب - جنوبغربی را در برگرفته است

ارتفاعات جنوب خراسان و شمال سیستان می‌شود. متوسط دیرپایی فصل بارش در این منطقه ۵۶/۱۱ روز است که پهنه‌ای به مساحت ۲۱/۶۳٪ از کشور را می‌پوشاند. رژیم بارشی مرکزی- شرقی و مرکزی-شمال شرقی رژیم‌های بارشی حاکم بر این پهنه است که فصل خشک در آنها طولانی‌تر بوده (رضی ۱۳۹۵) و به همین دلیل این پهنه جزو نواحی کم‌بارش جنوبی و بسیار کم‌بارش مرکزی است که به ترتیب عمده بارش آنها در اوایل بهار و اواخر فصل پاییز تا اوسط بهار رخ می‌دهد (مسعودیان ۱۳۸۸).

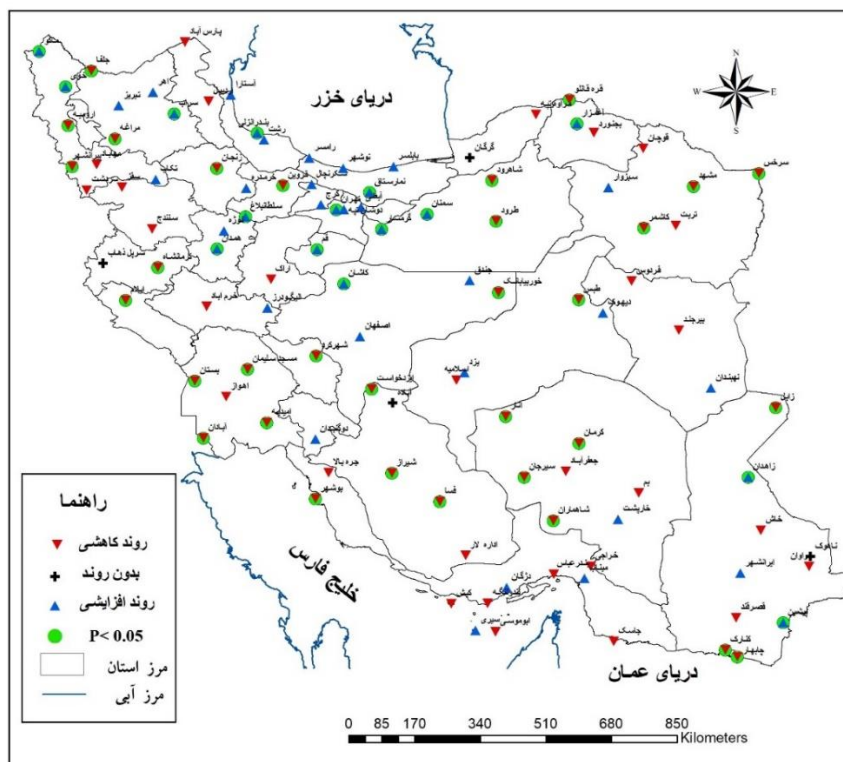
پهنه پنج (دارای فصل بارشی بسیار کوتاه) - این پهنه شامل کویرها و دشت‌های مرکزی و کرانه‌های خلیج فارس و دریای عمان در جنوب کشور است و عمدتاً منطبق بر نواحی کم‌ارتفاع و پست داخلی و کرانه‌ای است، و با متوسط ۲۰/۵۹ روز بارشی و پوشش ۲۵/۰۹ درصد از مساحت کشور، کوتاه مدت‌ترین فصل بارشی را به خود اختصاص می‌دهد. رژیم بارشی در این پهنه بعد از پهنه دو، متنوع‌ترین رژیم بارشی است. به طوریکه پنج رژیم از ده رژیم بارشی کشور در این پهنه دیده می‌شود (رضی ۱۳۹۵). به لحاظ حجم بارش نیز، به دلیل قرارگیری در منطقه سایه بارش زاگرس و کمبود محتوای رطوبت جو، جز نواحی بسیار کم‌بارش جنوب شرق و ایران مرکزی است (مسعودیان ۱۳۸۸).

تغییرات دیرپایی فصل بارشی

پس از بررسی آرایش مکانی دیرپایی فصل بارش در این بخش تغییرات طول دوره بارشی بررسی شد. برای این

منظور، با ترسیم گراف‌های خودهمبستگی کامل و بخشی در هر ایستگاه به طور مجزا در نرم افزار R در ۳۵ ایستگاه از ۱۰۸ ایستگاه مورد مطالعه یک یا هر دو نوع خودهمبستگی یافت شد. نتایج نشان داد که در ۴۲ ایستگاه طول دوره فصل بارش در حال افزایش و در ۶۲ ایستگاه دیگر در حال کوتاه شدن است و ۴ ایستگاه باقی مانده روند خاصی را دنبال نمی‌کند. شایان ذکر است که این روندها در سطح ۹۵ درصد در ۴۵ ایستگاه معنی‌دار بوده است. به طوریکه تغییرات کاهشی در ۳۱ ایستگاه و تغییرات افزایشی در ۱۴ ایستگاه معنی‌دار است. تغییرات یاد شده در نواحی دیرپایی متفاوت یکسان نیست. در ادامه تغییرات دیرپایی فصل بارشی در هر یک از نواحی پنج گانه طول بارشی بررسی می‌شود. به طوریکه در ناحیه یک با طولانی‌ترین دیرپایی فصل بارشی در تمام ایستگاه‌ها در حال افزایش است که این روند افزایشی در بندر انزلی در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است.

در پهنه دو با دیرپایی فصل بارشی زیاد در ۱۶ ایستگاه طول فصل بارش در حال افزایش و در ۲۰ تای آن در حال کاهش است و دو ایستگاه بدون روند است. معنی‌داری در این پهنه در ۱۵ ایستگاه دیده می‌شود که عمدتاً با تغییرات کاهشی همراه است. به طوریکه در ۱۰ ایستگاه فصل بارش به طور معنی‌داری در حال کاهش است. در پنج تای دیگر در دامنه‌های جنوبی البرز (تهران، سلطان‌بلاغ)، غرب (همدان) و آذربایجان شمالی (سراب، خوی) با روند افزایشی معنی‌دار، طولانی‌تر می‌شود.



شکل ۳- تغییرات دیرپایی فصل بارشی کشور در فصل مرطوب (سپتامبر-می) در سری زمانی ۲۵ ساله (۱۹۹۱-۲۰۱۵)

گزارش می‌کند و در دیگر نقاط شاهد تغییرات منفی و کاهش می‌هستیم.

در پهنه پنج که فصل بارشی بسیار کوتاه مدت است، این روند کوتاه‌تر شدن در ۱۷ ایستگاه از ۲۶ ایستگاه در این ناحیه دیده می‌شود. در هشت ایستگاه روند افزایشی و در یک ایستگاه تغییرات بدون روند است. در پهنه پنج تغییرات منفی و کاهش فصل بارش در شش ایستگاه دیده می‌شود و تنها در ایستگاه پیشین در جنوب شرق، تغییرات معنی‌دار فصل بارشی مثبت و افزایشی است.

نتیجه‌گیری

در این نوشتار ابتدا روزهای شروع و پایان دوره‌های بارشی سه روزه و بیشتر، در دوره مرطوب (سپتامبر-می)، در ۱۰۸ ایستگاه منتخب در سطح کشور، استخراج شد و سپس با استفاده از تحلیل خوشه‌ای، پراکنش کمیت دیرپایی فصل بارش در کشور، در پنج پهنه بسیار دیرپا، دیرپا، میانوند،

پهنه سه که با فصل بارشی با طول مدت متوسط مشخص می‌شود به صورت ناپیوسته و پراکنده دیده می‌شود. در قسمت‌های شمال شرق و جنوب غرب فصل بارشی به طور معنی‌داری در حال کوتاه شدن است. در بخش مرکزی که شامل دامنه‌های جنوبی البرز و کوهپایه‌های داخلی زاگرس است، فصل بارشی هر دو روند را نشان می‌دهد. به طوریکه در ۹ ایستگاه روند افزایشی و در ۱۰ تای دیگر روند کاهش می‌دهد. این تغییرات در سطح ۹۵ درصد در هفت ایستگاه روند افزایشی معنی‌دار و در هشت ایستگاه روند کاهش معنی‌دار را دنبال می‌کند.

پهنه چهار که دیرپایی فصل بارشی در آن کوتاه است و این کوتاه‌تر شدن نیز در اکثر نقاط آن ادامه دار است. به طوریکه از مجموع ۱۹ ایستگاه در این ناحیه، در ۱۵ ایستگاه فصل بارشی کوتاه‌تر شده، در سه ایستگاه در لبه شرقی این پهنه، طولانی‌تر و یک ایستگاه (آباده) بدون تغییر است. تغییرات یاد شده در ۱۰ ایستگاه معنی‌دار است که تنها ایستگاه (زاهدان) تغییرات مثبت و افزایشی معنی‌دار را

باریک و زاگرس از پهنای بیشتر ولی پُرگردنه و دارای دشت‌های میانکوهی بسیار برخوردار است. این دره‌ها و دشت‌ها پس از عبور توده‌های هوای مرطوب، سهمی از آن را در خود حبس کرده، طی روزهای بعد بارش‌های همرفتی دامنه‌ای و دوام بارش را سبب می‌شوند.

مقایسه نتایج تحقیق کنونی با نتایج پژوهش رضیعی، (۱۳۹۵) بر روی رژیم‌های بارشی کشور نشان می‌دهد که متنوع‌ترین رژیم‌های بارشی در پهنه دو و پنج دیده می‌شود. به طوریکه به ترتیب هفت و پنج نوع از ده رژیم بارشی حاکم بر کشور که توسط محقق یاد شده تعیین شده است، در این دو پهنه یافت می‌شود.

در بخش دوم نتایج، بررسی روند تغییرات دیرپایی فصل بارش در کشور نشان داد که به طور کلی فصل بارش در دوره مرطوب کشور در حال کوتاه‌تر شدن است. معنی‌داری این تغییرات در سطح ۹۵ درصد آزمون شد که در عرض‌های جنوبی نسبت به عرض‌های شمالی کمتر دیده شد. بدین معنا که مناطق خشک و نیمه‌خشک کشور از کوتاه‌ترین فصل بارشی برخوردارند، کمترین تغییرات معنی‌دار را نیز تجربه می‌کنند. این نتیجه با بررسی مدرس و داسیلوا (Modarres & Dasilva, 2007)، بر روی روند بارش کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک در تطابق است. به طور کلی طول فصل بارشی در پسرکرانه‌های جنوبی دریای خزر در حال افزایش است. این روند افزایشی تا دامنه‌های جنوبی البرز (سمنان و گرمسار) و دامنه‌های شرقی زاگرس (قم، کاشان و اصفهان) دیده می‌شود. معنی‌داری این تغییرات افزایشی، هر چه از ساحل به سمت مناطق کوهپایه‌ای می‌رویم، بیشتر می‌شود. به طوریکه در سواحل دریای خزر این تغییرات تنها در ایستگاه ساحلی بندر انزلی معنی‌دار است. تغییرات دیرپایی فصل بارشی در نیمه جنوبی کشور، عمدتاً کاهشی است. در کرانه‌های خلیج فارس و دریای مکران (عمان) تغییرات کاهشی در بوشهر، چابهار و کنارک معنی‌دار است. هر چه از ساحل به سمت ناهمواری‌ها در استان فارس و کرمان برویم، معنی‌داری در روندهای کاهشی بیشتر می‌شود. در این میان تنها دو روند افزایشی معنی‌دار در دو ایستگاه پیشین و زاهدان در استان سیستان و بلوچستان دیده می‌شود. در نیمه غربی کشور

کوتاه و بسیار کوتاه جای گرفت. در مرحله بعد بررسی نوسانات دیرپایی فصل بارش بر اساس سری زمانی ۲۵ ساله (۱۹۹۱-۲۰۱۵) و با استفاده از روش من‌کنندال ویرایش شده Yue & Wang، اساس کار قرار گرفت.

نتایج پهنه‌بندی دیرپایی فصل بارش ایران نشان داد که عرض جغرافیایی و ناهمواری‌ها در شکل دادن به این پهنه‌ها بیش از عوامل دیگر نقش دارند. پیش از این مسعودیان (۱۳۸۲ و ۱۳۸۸) به اثر عرض جغرافیایی و ناهمواری‌ها بر زمان دریافت بارش و رژیم بارش کشور اشاره کرده است. بالاترین عرض‌های جغرافیایی بالای ایران در سال یکبار در آغاز دوره بارشی و یکبار دیگر در پایان دوره، بخت برخورداری از بارش‌های جوی را دارند و البته طی دوره نیز با وجود رطوبت کافی در لایه‌های میانی جو، حاکمیت هوای سرد در لایه زیرین به دوام بارش به شکل برف کمک می‌کند ولی عرض‌های پایین، عموماً در سال یکبار دستخوش عبور بادهای باران‌آور غربی هستند. به عبارت دیگر پهنه‌های بسیار دیرپا در عرض‌های جغرافیایی شمالی و پهنه‌های بسیار کوتاه در عرض‌های جنوبی‌تر هستند. از این رو چنانکه پیش از این بابایی‌فینی و فرج‌زاده (۱۳۸۸) تحقیق کرده‌اند، سمت و سوی عمومی کاهش مقادیر بارش کشور، از غرب به شرق و از شمال به جنوب است، سمت و سوی کاهش دوام فصل بارشی در کشور تا حدودی به همین شکل است. در این میان ناهمواری عامل دوم است که آهنگ این کاهش را متناسب با عرض جغرافیایی دچار اختلال می‌کند. برای نمونه شکل‌گیری پهنه‌های ۲ و ۳ به ترتیب دیرپا و میانوند در امتداد و پیرامون دو محور اصلی ناهمواری‌ها شامل البرز و زاگرس گویای اهمیت نقش ناهمواری‌ها در دوام روزهای بارش است. این نقش شامل مجموعه‌ای از عوامل بویژه دو عامل زیر می‌تواند باشد:

۱). امتداد ناهمواری‌ها - امتداد هر دو رشته کوه اصلی ایران شامل البرز و زاگرس به گونه‌ای است که واداشت صعود جریان‌های هوای باران‌آور را که عموماً سمت جنوب غربی دارند، باعث می‌شوند.

۲). بلندا - در این مورد البرز از یکپارچگی دیواره مانند ولی

- ecological zones of Ghana. *Climate*, NO.3, PP334-416.
6. Arvin Spenani.A.Mofidi Khajeh.A. Mazini.F.2012. Determining the spatial temporal pattern of precipitation in Golestan province using cluster analysis. *Journal of Spatial Planning*.No.6 pp.91-131.
 7. Askareh, H., Razmi, R., 2012, Analysis of annual precipitation changes in northwestern Iran, geography and environmental planning, No. 23.PP.1147-1162.
 8. AShrafi.S., 2010. Precipitation zoning of northwestern Iran using cluster analysis and audit analysis methods, *Journal of Climatological Research*.No.3.PP 25-42.
 9. Aviad, Y., Kutiel, H., Lavee, H., 2004. Analysis of beginning, end, and length of the rainy season along a Mediterranean-arid climate transect for geomorphic purposes. *Journal of arid environments*, No.59. PP.189-204.
 10. Babaei Finin.A.Farajzadeh Asl. M., 2002. Patterns of spatial and temporal changes in rainfall in Iran, space planning.No.4, PP.51-60.
 11. Bagherpur.M.Seyedian.M.fathabadi.A.Mohamdadi.A.2017. Evaluation of the efficiency of Mann Kendal test in identifying the trend of series with autocorrelation, *Iranian watershed management science and engineering*. No.36, PP.11-21.
 12. Choi, G., Kwon, W.T., Boo, K.O, Cha, Y.M., 2008, Recent spatial and temporal changes in means and extreme events of temperature and precipitation across the Republic of Korea, *Journal of the Korean Geographical Society*, No.43, PP. 681-700.
 13. Cox, D., Stuart, A., 1995, some quick sign tests for trend in location and dispersion, *Biometrical*. NO.42, PP 80-95.
 14. Ghayour, H., Masoudian, A., Azadi, M., Nouri, H., 2011, Temporal and spatial analysis of rainfall events on the southern shores of the Caspian Sea, *Geographical Research Quarterly*, NO. 25. pp. 1-29.
 15. Ge, Q., Hao, Z., Tian, Y., He, F., Zheng, J., 2011, The rainy season in the Northwestern part of the East Asian Summer Monsoon in فصل بارش به طور معنی‌داری در اکثر نقاط در حال کاهش است. این تغییرات در این منطقه با بیشترین معنی‌داری دنبال می‌شود. در نیمه شرقی کشور نیز تغییرات منفی و کاهش حاکم است ولی این تغییرات در سطح ۹۵ درصد، کمتر معنی‌دار هستند.
- در مجموع هر چه از شمال به جنوب و از نواحی مرتفع به سمت دشت‌ها اعم از کویرهای داخلی و یا سرزمین‌های کرانه‌ای پیش می‌رویم، معنی‌داری تغییرات در فصل بارشی، نیز کاهش می‌یابد. به طوریکه تغییرات افزایشی در کرانه‌های شمالی و تغییرات کاهش‌ی در کرانه‌های جنوبی کشور با کمترین معنی‌داری دنبال می‌شود. روی هم رفته در اکثر نقاط کشور، رژیم بارشی کشور متمرکزتر و دیرپایی فصل بارش کمتر شده است. ادامه کاهش دیرپایی بارش در دهه‌های آینده می‌تواند به ترتیب ذخیره آب خاک، تعادل جوامع گیاهی بویژه از نوع علفی چندساله، درختچه‌ای و درختی و در پی آن دوام و تعادل جوامع جانوری را که هم اکنون نیز از فعالیت‌ها و فشارهای انسانی رو به زوال است؛ با مرگ روبرو کند.

منابع

1. Alijani, B., Harman, JR., 1985 Synoptic climatology of precipitation in Iran. *Annals of the Association of American Geographers*, No.75. PP.404-416.
2. Alijani, B., O'brien, J., Yarnal, B .2008 Spatial analysis of precipitation intensity and concentration in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, NO.94, PP.107-124.
3. Alvan.S.2014. Investigation of rainfall temporal changes in Ardabil plain using statistical analysis, M.Sc. Thesis, Mohaghegh Ardabili University.pp210.
4. Al-Qadami, A., Abdulla, FA. 2019 Regionalization of Precipitation in Jordan. *Patterns and Mechanisms of Climate, Paleoclimate and Paleo environmental Changes from Low-Latitude Regions: Springer*.pp 108-115.
5. Amekudzi, LK. Yamba, EI. Preko, K., Asare, EO. Aryee, J., Baidu, M., 2015, Variability's in rainfall onset, cessation and length of rainy season for the various agro-

- Geosciences, NO. 4, PP. 907-914.
25. Lascody, R., Melbourne, N., 2002, the onset of the wet and dry seasons in East Central Florida, a subtropical wet-dry climate. National Weather Service Weather Forecast Office Melbourne, FL. 2002.
 26. Li, Z., Li, Y., Shi, X., Li, J., 2017, The characteristics of wet and dry spells for the diverse climate in China. *Global and Planetary Change*, No. 9, PP. 140-149.
 27. Mafakheri, A., Saligheh, M., Alijani, Bakbari, Mehri, 2017, Identification and zoning of temporal changes and uniformity of precipitation in Iran, *Natural Geography Research*, No. 2, pp. 191-205.
 28. Manley, J., 2009, *Introduction to Multivariate Statistical Methods*, translated by Moghadam, M., Mohammadi, A., and Mitfi S., Parivar Publications, second edition.
 29. Martinez-Cruz, D.A., Gutiérrez, M., Alarcón-Herrera, M.T., 2020, Spatial and Temporal Analysis of Precipitation and Drought Trends Using the Climate Forecast System Reanalysis (CFSR), *Stewardship of Future Dry lands and Climate Change in the Global South*, pp. 129-146.
 30. Maryanji, Z., 2012, Variability of precipitation regime in Iran, PhD thesis, Department of Climatology, University of Isfahan.
 31. Masson-Delmotte, V., 2018, *Global Warming of 1.5 C: An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty: World Meteorological Organization*.
 32. Masoudian, A., Ataei, H., 2005, Identification of rainfall seasons in Iran by cluster analysis, *Journal of Humanities Research at University of Isfahan*, NO. 18, PP. 1-12.
 33. Masoudian, A., 2003, Iranian Climatic Areas, *Journal of Geography and Development*, NO. PP. 171-184.
 34. Masoudian, A., 2009, Rainfall areas of Iran, the 18th and 19th centuries. *Quaternary International*, NO. 229, PP. 16-23.
 16. Hamed, Kh., 2007, Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis, *Journal of Hydrology*. NO. 349, PP. 350-363.
 17. Hamed, KH., Rao, AR., 1998, A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. *Journal of hydrology*, NO. 204. PP. 182-196.
 18. Hirsch, R. M., Slack, J. R., Smith, R. A., 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data, *Water Resource Research*, NO. 18, PP. 107-121.
 19. Hirsch, R., Slack, J. R., 1984, Non-parametric trend test for seasonal data with serial dependence, *Water Resource Research*, NO. 20, PP. 727-732.
 20. Jun, L., Jiang, Z.h., Peng, H.q., Jiang, W., Zhang, J., Xiao-xiao, C., 2011, Comparative study on the characteristics of spatial-temporal variations between rainy season over North of Huaihe area and Meiyu in the yangze-huaihe region, *International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering*, 2011, IEEE.
 21. Khaliq, M., Ouarda, T., Gachon, P., Sushama, L., St-Hilaire, A., 2009, Identification of hydrological trends in the presence of serial and cross correlations: A review of selected methods and their application to annual flow regimes of Canadian rivers, *Journal of Hydrology*, NO. 368, PP. 117-130.
 22. Khosravi, M., Aramesh, M., 2012. Climate zoning of Markazi province using cluster factor analysis, *Journal of Geography and Environmental Planning*. No. 2, PP. 88-100.
 23. Khorshiddust, A., Shirzad, A., 2012. Investigation and analysis of precipitation in the northern region of Iran using cluster analysis and analysis of diagnostic function, *geography and planning*. No. 49, PP. 101-118.
 24. Kousari, MR., Zarch, MAA., 2011, Minimum, maximum, and mean annual temperatures, relative humidity, and precipitation trends in arid and semi-arid regions of Iran, *Arabian Journal of*

- uncertainty (RRU) in an Eastern Mediterranean region--A methodological approach, *Israel Journal of Earth Sciences*, NO.52, PP121-133.
46. Rabiee, B., Rahimi, M., 2009, Evaluation of grouping methods of rapeseed genotypes using Fisher function and diagnosis, *Agricultural Science and Technology and Natural Resources*, No. 13. PP529-549
 47. Rahimzadeh, F., 2006, Study of precipitation variability in Iran, *Research Clima*.2006.
 48. Raziei, T., 2018, A precipitation regionalization and regime for Iran based on multivariate analysis, *Theoretical and applied climatology*, NO .131PP1429-1448.
 49. Raziei, T., Arasteh, PD., Saghafian, B., ۲۰۰۵, Annual rainfall trend in arid and semi-arid regions of Iran, *ICID 21st European Regional Conference*.
 50. Shirvani, A., Nazem Sadat, M., 2012, Iranian rainfall zoning using principal component analysis and cluster analysis, *Water Resources Research*, No. 8. PP. 85-81.
 51. Sabziparvar, A., Movahedi, S., Asakereh, H., Maryanaji, Z., Masoodian, S., 2015, Geographical factors affecting variability of precipitation regime in Iran, *Theoretical and Applied Climatology*, NO.12۰, PP 367-376.
 52. Santos, C.A.G., Brasil Neto, R.M., da Silva, R.M., Costa, S.G.F., 2019, Cluster Analysis Applied to Spatiotemporal Variability of Monthly Precipitation over Paraiba State Using Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) Data. *Remote Sensing*, NO.11, PP637-650.
 53. Some'e, B.S, Ezani, A., Tabari, H., 2012, Spatiotemporal trends and change point of precipitation in Iran. *Atmospheric research*, NO.11. PP1-12.
 54. Tabari, H., Abghari, H., Hosseinzadeh Talaee, P., 2012, Temporal trends and spatial characteristics of drought and rainfall in arid and semiarid regions of Iran, *Hydrological Processes*, NO.26., PP3351-3361.
 55. Tabari, H., Talaee, PH., 2011, Temporal variability of precipitation over Iran: 1966-
Journal of Geography and Development, No.13. PP.79-91.
 35. Masoudian, A., 2012, *Iranian Climatology*, Sharia Toos Publications.
 36. Mei, C., Liu, J., Chen, M.T., Wang, H., Li, M., Yu, Y., 2018, Multi-decadal spatial and temporal changes of extreme precipitation patterns in northern China (Jing-Jin-Ji district, ۱۹۶۰-۲۰۱۳), *Quaternary International*, NO.476, PP1-13
 37. Modarres, R., da Silva, P.R., 2007. Rainfall trends in arid and semi-arid regions of Iran. *Journal of arid environments*, NO.344, PP.55-70.
 38. Nazaripour, H., 2011, Synoptic analysis of Iranian rainfall continuity, PhD thesis in Climatology, Sistan and Baluchestan University.
 39. Nazaripour, H., Khosravi, M., 2011, Identification of Precipitation Types by Cluster Analysis Method (Case Study: Zahedan. Iran), *Geography and Environmental Planning*, NO. 40, PP. 11-32.
 40. Nazaripour, H., Daneshvar, M.M., 2014, Spatial contribution of one-day precipitations variability to rainy days and rainfall amounts in Iran. *International Journal of Environmental Science and Technology*, NO.11\ .PP,- 1751-1758.
 41. Nazeri Tehrani, M., Khalili, K., Ahmadi, F., 2016, Analysis of stationary and regional changes in precipitation in the last half century in Iran, *Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Industries)*, No. 2. PP. 643-654.
 42. Onoz, B., Bayazit, M., 2011, Block bootstrap for Mann-Kendall trend test of serially dependent data, *Hydrological Processes*, NO. 26, PP.3552-3560.
 43. Parry, ML., Rosenzweig, C., Iglesias, A., Livermore, M., Fischer, G., 2004, Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global environmental change*, NO.14 ,PP 53-67.
 44. Patil, M., 2015, Change in Seasonality Index of rainfall in Sangli district. *Indian Streams Research Journal*, NO.5, PP.1-7..
 45. Paz, S., Kutiel, H., 2003, Rainfall regime

- 587-596.
60. Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., Cavadias, G., 2002, the influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series, Hydrological processes, NO.16, PP.1807-1829.
61. Yue, S., Wang, C., 2004, The Mann-Kendall test modified by effective sample size to detect trend in serially correlated hydrological series. Water resources management, NO.18, PP.210-218.
62. Zhang, Z., Xu, C.Y., El-Tahir, M.E.H, Cao, J., Singh, V., 2012, Spatial and temporal variation of precipitation in Sudan and their possible causes during 1948-2005, Stochastic environmental research and risk assessment, NO.26, PP.421-449.
63. Zhao, N., Yue, T., Li, H., Zhang, L., Yin, X., Liu, Y., 2018, Spatio-temporal changes in precipitation over Beijing-Tianjin-Hebei region, China. Atmospheric Research, NO.202, PP.156-168.
2005. Journal of Hydrology, NO. 396, PP.313-320.
56. VonStorch, H., 1995, Misuses of statistical analysis in climate research, Applications of Statistical Techniques, Springer-Verlag Berlin, PP.11-26.
57. Wu, H., Zhai, P., 2013, Changes in persistent and non-persistent flood season precipitation over South China during 1961-2010, Acta Meteorologica Sinica, NO.27, PP.788-798.
58. Xie, Y., Lin, K., Yang, S., Lin, R., 2013, Study on spatial-temporal distribution and tendency variation characteristics of annual precipitation in Jiangxi Province. 2013 IEEE, Third International Conference on Information Science and Technology (ICIST); IEEE.
59. Yue, S., Hashino, M., 2003, Long term trends of annual and monthly precipitation in Japan. JAWRA: Journal of the American Water Resources Association, NO.39, PP

پيوست‌ها

جدول پ ۱. نمره استاندارد و معنی‌داری دیرپایی فصل بارش دوره مرطوب در ایستگاه‌های مورد مطالعه در سال‌های (۱۹۹۱-۲۰۱۵)

میانگین دیرپایی (فصل بارش (روز	نمره Z	P Value	طول جغرافیایی (درجه	عرض جغرافیایی (درجه	ایستگاه	خوشه
242/73	0/728	0/466	48/85	38/37	آستارا	۱
239/61	1/950	0/0511	49/46	37/48	بندرانزلی	
171/42	4/084	0/000	44/39	39/38	ماکو	
244/57	1/339	0/180	51/47	36/66	نوشهر	
236/65	1/023	0/306	50/68	36/9	رامسر	
241	1/170	0/241	49/62	37/32	رشت	
191/30	1/647	0/099	51/88	35/75	آبعلی	۲
200/65	0/705	0/480	47/04	38/43	اهر	
170/15	0/038	0/969	49/7	33/41	الیگودرز	
177/11	-0/521	0/602	49/78	34/07	اراک	
198/73	-0/653	0/513	48/33	38/22	اردبیل	
196/73	1/336	0/181	52/64	36/7	بابلسر	
174/84	-1/181	0/237	57/3	37/49	بجنورد	
167/07	1/015	0/309	51/48	35/7	دوشان تپه	
6/19	-2/996	0/002	50/06	36/26	قزوین	
104/84	-1/490	0/136	58/45	37/12	قوچان	

201/80	0	1	54/41	36/91	گرگان	۲
180/07	1/986	0/046	48/53	34/78	همدان	
185/73	1/056	0/290	48/69	35/2	نوزه	
21/038	-2/938	0/003	46/4	33/59	ایلام	
62/5	-3/119	0/001	45/6	38/93	جلفا	
63/92	0/498	0/618	50/95	35/81	کرج	
45	-3/690	0/000	47/15	34/35	کرمانشاه	
40/19	-1/670	0/094	48/28	33/44	خرم آباد	
178/92	0/571	0/567	49/21	36/2	خرمدره	
13/19	2/514	0/011	45	38/56	خوی	
224/69	-1/824	0/068	45/72	36/75	مهاباد	
118/26	-2/092	0/036	46/15	37/35	مراغه	
15/57	-6/277	0/000	59/63	36/24	مشهد	
182/03	-2/846	0/004	45/06	37/66	ارومیه	
198/92	-1/413	0/157	47/78	39/6	پارس آباد	
185/57	-3/292	0/000	45/15	36/7	پیرانشهر	
176/73	-1/872	0/061	46/31	36/22	سقز	
155/96	1/509	0/131	50/73	36/28	سکر نچال	
167/65	-1/308	0/190	47/01	35/25	سنندج	
179/92	2/621	0/008	47/53	37/93	سراب	
176/53	-0/091	0/926	45/49	36/15	سردشت	
150/96	0	1	45/87	34/45	سرپل ذهاب	
139/5	-3/038	0/002	50/84	32/29	شهرکرد	
138/19	3/520	0/000	49/19	35/53	سلطانبلاغ	
188/26	1/568	0/116	46/24	38/12	تبریز	
188/92	0/588	0/556	47/1	36/4	تکاب	
167/84	4/292	0/000	51/31	35/69	تهران	
177/92	-3/657	0/000	48/52	36/66	زنجان	
100/11	3/066	0/002	56/91	37/69	آغ‌خمار	
84/92	-0/037	0/969	48/74	31/34	اهواز	
68	-2/040	0/041	48/01	31/71	پستان	
102/26	0/185	0/852	50/82	30/35	دوگنبدان	
77/46	1/447	0/147	51/86	32/74	اصفهان	
72/61	5/816	0/000	52/36	35/24	گرمسار	
160/65	2/394	0/016	50/86	34/77	قم	
160/92	3/387	0/000	51/48	33/97	کاشان	
87/42	-2/179	0/029	58/47	35/27	کاشمر	
184/84	-1/739	0/081	55/95	37/91	مراوه تپه	
137/23	-4/429	0/000	49/24	31/98	مسجد سلیمان	
87/50	2/830	0/004	52/083	36/1	نمارستانق	
97/76	-3/892	0/000	49/69	30/74	امیدیه	
116/76	0/086	0/930	57/65	36/21	سبزوار	
105/15	-8/452	0/000	61/15	36/54	سرخس	
75/92	3/092	0/001	53/42	35/59	سمنان	

۲

۳

109/57	-2/411	0/015	54/93	36/38	شاهرود	۴
92/38	-2/989	0/002	52/6	29/56	شیراز	
120/84	-0/181	0/855	59/21	35/33	تربت	
57/61	-6/370	0/000	48/21	30/38	آبادان	
63/92	0	1	52/62	31/2	آباده	
20/61	-0/860	0/389	58/35	29/1	بم	
90/19	-0/780	0/434	59/28	32/89	بیرجند	
78/38	-4/98	0/000	50/82	28/96	بوشهر	
41/46	1/706	0/087	57/52	33/29	دیپوک	
29/19	-1/609	0/107	54/31	27/64	اداره لار	
81/19	-5/114	0/000	53/72	28/9	فسا	
72/15	-1/635	0/101	58/18	34/03	فردوس	
170/61	-4/298	0/000	56/73	38/25	قره قانلو	
20/19	-3/028	0/002	52/13	31/51	ایزدخواست	
185/19	-0/446	0/655	51/12	29/57	جره بالا	
97/65	-2/740	0/006	56/96	30/26	کرمان	
16/07	-1/288	0/197	61/19	28/23	خاش	
160/69	-2/136	0/032	55/08	33/77	خورریابانک	
25/73	0/597	0/550	60/03	31/54	نهبندان	
50,00	-3/839	0/000	55/68	29/47	سیرجان	
46/84	-2/699	0/006	56/95	33/6	طیس	
41/73	2/176	0/029	60/9	29/47	زاهدان	
31/88	-0/749	0/453	55/01	25/87	ابوموسی	۵
35/46	-4/106	0/000	55/25	30/88	انار	
15/73	-1/112	0/265	51/88	28/19	باغان	
22/076	-1/267	0/204	56/37	27/21	بندرعباس	
20/153	-0/567	0/570	54/83	26/53	بندرلنگه	
10/92	-2/140	0/032	60/65	25/28	چابهار	
9/88	0/668	0/503	55/27	26/90	دژگان	
31/88	-0/146	0/883	54/098	31/72	اسلامیه	
78/53	-1/271	0/203	60/615	26/19	قصرقند	
153/30	1/382	0/166	60/72	27/23	ایرانشهر	
46/19	-0/661	0/508	56/65	29/6	جعفرآباد	
15/42	0/289	0/772	54/40	34/04	جندق	
14/30	-1/863	0/062	57/77	25/64	جاسک	
181/92	-0/724	0/468	57/23	27/39	خرابی	
18/92	1/207	0/227	57/87	28/48	خارپشت	
178	-1/326	0/184	53/98	26/52	کیش	
36/50	-2/593	0/009	60/37	25/44	کنارک	
113/65	0/473	0/636	57/09	27/11	میناب	
56/61	0	1	62/35	27/62	ناهوک	
15/57	4/0272	0/000	61/72	26/078	پیشین	
24/30	-0/045	0/963	62/32	27/39	سراوان	
25/80	-2/870	0/004	56/35	28/45	شاهماران	

26/34	0/932	0/351	54/55	25/9	سیری	
15/23	-3/261	0/001	55/025	35/42	طروود	
27/61	0/527	0/598	54/29	31/9	یزد	
19/42	-1/904	0/056	61/54	31/09	زابل	

سطح معنی‌داری	سطح معنی‌داری ۹۵٪	سطح معنی‌داری ۹۰٪	روند افزایشی	روند کاهش‌ی
---------------	-------------------	-------------------	--------------	-------------