

مقایسه بین پایگاه‌های داده جهانی و منطقه‌ای بارش با پایگاه بارش اسفزاری و ایستگاهی ایران زمین

چکیده

بدون شک، امروزه دسترسی به داده‌های به‌روز، با قدرت تفکیک مکانی بالا و تفکیک زمانی کوتاه‌مدت سنجه‌های هواشناسی یکی از نیازهای ضروری پژوهش‌های علوم جوی است. برای انجام این پژوهش از داده‌های بارش روزانه (در صورت وجود)، ماهانه و سالانه ایران زمین پایگاه‌های بارش جهانی و منطقه‌ای طرح آب و هواشناسی بارش جهانی^۱، مرکز آب و هواشناسی بارش جهانی^۲، افروdit^۳ ویرایش *V1101* با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی، افروdit ویرایش *V1101* با تفکیک مکانی ۰/۵ درجه قوسی و افروdit ویرایش *V1003* با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی بهره گرفتیم. مقادیر بارش ایران و تغییرات آن بر پایه پایگاه‌های یاد شده محاسبه و با پایگاه داده بارش اسفزاری و ایستگاه‌های همدید و آب و هواشناسی طی بازه زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۴ مقایسه گردید. ابتدا برای هر پایگاه جداگانه یک سری زمانی روزانه (در صورت وجود)، ماهانه و سالانه بارش برای پهنه ایران زمین فراهم شد و سپس به کمک روش ناپارامتری من‌کندال وردایی سری زمانی ماهانه و سالانه بارش برآورد شده پایگاه‌ها برای ایران در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون و مقادیر نرخ روند به کمک شیب سن برآورد گردید. یافته‌ها بیانگر آن است که بین مقادیر بارش پایگاه داده اسفزاری و ایستگاهی با سایر پایگاه‌های داده بارش جهانی و منطقه‌ای ارتباط معناداری وجود دارد. میزان ارتباط بین پایگاه بارش اسفزاری با سایر پایگاه‌های داده بارش برای ایران زمین بیشتر است و این خود به نوعی بیانگر دقت بسیار زیاد پایگاه داده بارش اسفزاری در برآورد بارش ایران زمین است. به‌طور کلی، ارتباط دو پایگاه داده بارش اسفزاری و ایستگاهی با سایر پایگاه‌ها در ماه‌های مرطوب سال بیشتر از ماه‌های خشک است. پایگاه داده بارش اسفزاری بیشترین همبستگی را با پایگاه داده مرکز آب و هواشناسی بارش جهانی نشان می‌دهد. به لحاظ روند و نرخ روند نیز هماهنگی خوبی بین پایگاه داده اسفزاری و سایر پایگاه‌های داده بارش وجود دارد. یافته‌های حاصل از تحلیل روند نشان داد که

1- Global Precipitation Climatology Program

2- Global Precipitation Climatology Center

3- Asian Precipitation Highly-Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation of the Water Resources

روند تغییرات بارش مربوط به ماه‌های می و ژوئیه ایران به لحاظ آماری معنادار است. در ماه می بارش دریافتی کشور روند کاهشی و در ماه ژوئیه روند افزایشی و مثبتی را نشان می‌دهد. برای کل پایگاه‌های داده، بارش سالانه کشور رو به کاهش است و روند نزولی دارد. به‌طور کلی مقایسه بین پایگاه‌های داده بارش بیانگر آن است که برای مطالعه ویژگی‌های بارش در ایران زمین، داده‌های بارش مربوط به پایگاه‌های جهانی و منطقه‌ای ذکر شده در این پژوهش می‌تواند بسیار ارزشمند و سودمند باشد.

واژه‌های کلیدی: بارش، پایگاه‌های داده بارش، تغییرات بارش، ایران

مقدمه

بارش نقش مهمی در چرخه آب و انرژی جهانی دارد. دانش دقیق در مورد مقدار بارش دریافتی سطح زمین برای ارزیابی آب و مدیریت آن جهت کاربری زمین، کشاورزی، آب‌شناسی، کاهش مخاطرات ناشی از سیل و خشکسالی و غیره بسیار مهم و ضروری است. برآورد بارش روزانه جهانی با دقت بالا به عنوان ورودی برای اهداف متعددی در علوم کشاورزی (دی ویت و همکاران، ۲۰۰۵، ۱۵۶) و آب‌شناسی (مارگیولیس و همکاران، ۲۰۰۶، ۵۱۱) و هواشناسی (گوتسچالک و همکاران، ۲۰۰۵، ۵۷۳) ضروری است. بر پایه گردآوری منابع به نظر می‌رسد که اولین نقشه بارش جهانی توسط آب و هواشناس آلمانی مولر منتشر شد. وی نقشه‌های فصلی بارش را برای جهان منتشر کرد و ۲۵ سال بعد آب و هواشناس دیگر آلمانی به نام جایگر، نقشه‌های بارش ماهانه جهان را منتشر کرد. اگرچه جایگر نقشه‌های بارش خود را به‌صورت دستی گردآوری کرده بود؛ ولی وی نخستین کسی بود که مقادیر عددی بارش شبکه‌ای (یاخته‌ای) را فراهم کرد. به این دلیل، نقشه‌های وی برای مدت‌ها استفاده می‌شد (برای جزئیات بیشتر رک: رودولف و روبل، ۲۰۰۵). ده سال بعد لیگیتس و ویلموت (۱۹۹۰، ۱۱۱) داده‌های میانگین بلند مدت آب و هوای ۲۵ هزار ایستگاه باران سنجی جهان را بررسی کردند. به کمک این داده‌ها آنها نخستین تحلیل آب و هوای بارش جهانی را برپایه اندازه‌گیری‌های بارش بر روی باران‌سنج‌ها انجام دادند. دایرو و همکاران دقت داده‌های مرکز ملی پیش‌بینی محیطی/مرکز ملی تحقیقات جوی^۱ و مرکز پیش‌بینی هواشناسی میان‌مدت اروپایی^۲ را با داده‌های زمینی برای تحلیل مکانی و تغییرپذیری بارش فصلی و سالانه اتیوپی مقایسه کردند. یافته‌ها نشان داد که داده‌های دو پایگاه یاد شده در مقایسه با داده‌های ایستگاهی به خوبی الگوی مکانی بارش را نشان می‌دهند (دایرو و همکاران، ۲۰۰۹: ۶۷). مسعودیان از راه تحلیل عاملی روی بارش ماهانه ۱۲۰ ایستگاه کشور سه عامل را تشخیص داده که قلمرو مکانی آنها با آنچه دومروس و همکاران (۱۹۹۸) به‌دست آورده‌اند، یکی است (مسعودیان، ۱۳۸۲: ۷۹). جهانبخش و ترابی به بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران پرداختند. ایشان به کمک مدل فصلی میانگین متحرک تجمعی ضربی تغییرات کمینه و بیشینه دمای ماهانه و مجموع بارندگی ماهانه ۴۱ ایستگاه همدید ایران را طی بازه زمانی ۱۹۹۶ تا ۱۹۹۵ واکاوی کردند. نتایج این بررسی‌ها نشان داد که تغییرات آب و هوای در مناطق مورد مطالعه در طول دوره آماری فوق یکسان نیست. مجموع بارندگی ماهانه به‌جز در مناطق حاشیه‌ای کویرهای مرکزی تغییرات آماری معناداری ندارند (جهانبخش و ترابی، ۱۳۸۳: ۱۰۴). مسعودیان روند بارش

1 -National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research

2 -European Center for Medium-Range Weather Forecasts

ایران در نیم سده گذشته را بررسی کرد. بررسی بارش ماهانه ایران بر روی یاخته‌هایی به اندازه 15×15 کیلومتر نشان داد که مقدار بارش در بیشتر نقاط کشور روند نشان نمی‌دهد. در عین حال، بارش کرانه‌های خزر در طی نیم‌سده گذشته عموماً رو به کاهش بوده است. این روند کاهشی بویژه در ماه سپتامبر آشکارتر بوده است. در مقابل مقدار بارش نواحی شرقی، جنوبی و میانی کشور در برخی ماه‌ها روند افزایشی داشته است. قویترین و گسترده‌ترین روند افزایشی در ماه مارس دیده می‌شود (مسعودیان، ۱۳۸۳: ۶۳). در پژوهش دیگری مسعودیان و عطایی با انجام تحلیل خوشه‌ای بر روی نزدیک به نیم‌سده بارش ماهانه ایران، پنج ناحیه بارشی را شناسایی کرده‌اند (مسعودیان و عطایی، ۱۳۸۴: ۱). محمدی و جاوری تغییرات زمانی بارش ایران را مطالعه کردند. برای انجام این پژوهش ۱۱۰ ایستگاه همدید و آب و هوای ایران طی بازه زمانی ۱۹۶۵ تا ۱۹۹۵ انتخاب شد و برای سنجش و پیش‌بینی تغییرات تصادفی بارش فصلی و سالانه ایران از مدل‌های مختلفی استفاده شد. با توجه به سنجش و پیش‌بینی مدل‌ها، بارش فصلی تمامی ایستگاه‌ها دارای تغییرات تصادفی بود. در سنجش بارش سالانه ایستگاه‌ها، بارش سالانه ایستگاه تبریز بدون تغییرات تصادفی بود و بارش سالانه ایستگاه‌های دیگر تحت تأثیر تغییرات تصادفی هستند. همچنین، بارش فصلی ایستگاه‌های اهواز، بندر انزلی، تبریز و یزد از مدل‌های متغیر پیروی می‌کند و بارش فصلی ایستگاه‌های اصفهان، بندرعباس، خرم‌آباد، زاهدان و مشهد از مدل‌های ثابت پیروی می‌کنند (محمدی و جاوری، ۱۳۸۵: ۸۷). کاووسی و مشکانی به پهنه‌بندی و تحلیل فضایی بارش آب و هوای ایران پرداختند. در این پژوهش ضمن ارایه کاربرد روش‌های نوین آمار مانند پیش‌بینی فضایی کریگیدن، هم کریگیدن و عکس فاصله موزون در هواشناسی، پیش‌بینی میزان ریزش باران برای کل نقشه ایران انجام گرفته و پهنه‌بندی بارش برای کشور تهیه شده است. نتایج حاصل از تحلیل اعتبارسنجی متقابل گویای آن است که پیش‌بینی حاصل از هم کریگیدن بهتر از کریگیدن و روش کریگیدن بهتر از عکس فاصله موزون است (کاووسی و مشکانی، ۱۳۸۶: ۳۱). کتیرایی و همکاران روند بارش ایران طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۱ را کاوی کردند. ایشان از داده‌های ۳۸ ایستگاه همدید استفاده کردند و از آزمون من‌کنندال برای معناداری روند و از روش حداقل مربعات برای برآورد نرخ و شیب روند استفاده شد. یافته‌های این پژوهشگران نشان دادند که روند بارش سالانه در اغلب ایستگاه‌های غرب و شمال غرب ایران روند کاهشی دارد؛ درحالی‌که برای بیشتر ایستگاه‌های جنوبی و مرکزی ایران روند بارش افزایشی است. روند بارش فصل زمستان با روند بارش سالانه مشابه است. روند بارش فصل بهار در اغلب ایستگاه‌ها کاهشی و برای فصل پاییز برعکس افزایشی است (کتیرایی و همکاران، ۱۳۸۶: ۶۷). محمدی روند بارش سالانه در ایران را به کمک داده‌های یاخته‌ای و ایستگاهی بررسی کرد. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که روند افزایشی یا کاهشی معناداری در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۹ درصد در سری زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌ای مشاهده نشد. با وجود این، میانگین بارش ایستگاهی ایران به طور متوسط در هر سال حدود $0/64$ میلیمتر و میانگین یاخته‌ای بارش نیز حدود $0/5$ میلیمتر رو به کاهش است (محمدی، ۱۳۹۰: ۹۵). رضیئی و فتاحی به کمک داده‌های بارش مرکز ملی پیش‌بینی محیطی/مرکز ملی تحقیقات جوی خشکسالی در ایران زمین را ارزیابی کردند. یافته‌های این پژوهشگران نشان داد که داده‌های مرکز یاد شده روند تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران را به خوبی نشان می‌دهد و می‌تواند برای پایش بهنگام خشکسالی در کشور استفاده شود (رضیئی و فتاحی، ۱۳۹۰: ۲۲۵). مسعودیان و دارند روند تغییرات نمایه‌های فرین بارش در ایران را طی دهه‌های اخیر به

کمک داده‌های پایگاه داده اسفزاری بررسی و مطالعه کردند. برای شناسایی نمایه‌های بارش فرین از ۱۱ شاخص پیشنهاد شده توسط تیم کارشناسی شناسایی تغییر آب و هوا و نمایه‌ها استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل روند بر روی نمایه‌های بارش فرین نشان داد که در مناطق جنوب غرب و غرب کشور روند، مثبت و بر روی نوار باریکی در شمال ایران روند منفی است. نمایه‌ها در نیمه شرقی کشور روندی از خود نشان نمی‌دهند. نه تنها فراوانی رخداد بارش‌های فرین در مناطق جنوب غرب و غرب رو به افزایش است؛ بلکه شدت و میزان بارش ناشی از آنها نیز بیشتر شده است (مسعودیان و دارند، ۱۳۹۲). هدف از انجام این پژوهش مقایسه بین پایگاه‌های داده جهانی و منطقه‌ای بارش با پایگاه بارش اسفزاری و ایستگاهی ایران زمین است. برای آگاهی بیشتر در زیر به معرفی برخی پایگاه‌های جهانی و منطقه‌ای بارش خواهیم پرداخت.

مرکز آب و هوا شناسی بارش جهانی (GPCC)

مرکز آب و هوا شناسی بارش جهانی در سال ۱۹۸۹ به درخواست سازمان هواشناسی جهانی^۱ ایجاد شد. این مرکز توسط سازمان هواشناسی کشور آلمان بنا نهاده شد. هدف این مرکز برآورده کردن نیاز کاربران به تحلیل بارش شبکه‌ای با دقت و زمان مناسب است. در جدیدترین نسخه (نسخه ۶) این مرکز مقادیر بارش بر روی یاخته‌ها با تفکیک ۲/۵، ۱ و ۰/۵ درجه قوسی به صورت رایگان در اختیار کاربران قرار دارد. به لحاظ پوشش مکانی داده‌ها برای کل کره زمین از ۱۸۰- تا ۱۸۰ طول و از ۹۰- تا ۹۰ درجه عرض قوسی را در بر دارند. از لحاظ تفکیک زمانی داده‌ها بازه زمانی ۱۹۰۱/۱ تا ۲۰۱۰/۱۲ را پوشش می‌دهند و به صورت جمع بارش ماهانه هستند. منبع داده‌های مرکز آب و هوا شناسی بارش جهانی به شرح زیر است:

- ۱- داده‌های ایستگاه‌های همدید هواشناسی؛
- ۲- بولتن‌های آب و هوای ماهانه؛
- ۳- داده‌های بارش ماهانه ایستگاه‌های همدید مرکز ملی اقیانوس و جوشناسی ایالات متحده آمریکا؛
- ۴- داده‌های ملی ۱۷۶ کشور عضو سازمان هواشناسی جهانی؛
- ۵- مجموعه داده‌های برخی از پروژه‌های بین‌المللی منطقه‌ای؛
- ۶- مجموعه داده‌های واحد پژوهش آب و هوای انگلستان؛
- ۷- مجموعه داده‌های سازمان خواروبار جهانی؛
- ۸- مجموعه داده‌های شبکه آب و هوا گذشته جهانی.

طرح آب و هوا شناسی بارش جهانی (GPCP)

طرح آب و هوا شناسی بارش جهانی یک طرح بین‌المللی سازمان هواشناسی جهانی برنامه پژوهشی آب و هوای جهان^۲ و

1 - World Meteorology Organization

2 - World Climate Research Program

پروژه مبادله آب و انرژی جهانی^۱ است که هدف آن ایجاد سری زمانی بلندمدت ماهانه بارش و تحلیل بارش با تفکیک زمانی کمتر بر روی جهان است. تفکیک مکانی داده‌ها ۲/۵ در ۲/۵ درجه قوسی است که از ۸۸/۷۵ درجه عرض جنوبی تا ۸۸/۷۵ درجه عرض شمالی و از ۱/۲۵ درجه طول تا ۳۵۸/۷۵ درجه شرقی را در بر دارد. مقیاس زمانی داده‌ها ماهانه است و از ۱۹۷۹/۱ تا ۲۰۱۳/۱۲ داده‌ها در دسترس هستند که به‌صورت میانگین بارش ماهانه هستند. در نگاهی کلی، منبع داده‌های طرح آب و هوا شناسی بارش جهانی در داده‌های نسخه ۲ به شرح زیر است:

- ۱- ماهواره‌های قطبی و زمین آهنگ طرح آب و هوا شناسی بارش جهانی؛
- ۲- ماهواره‌های سازمان ملی فضایی و هوانوردی^۲ و مرکز پروازهای فضایی گودارد^۳؛
- ۳- ایستگاه‌های باران سنجی.

پایگاه داده افروdit (Aphrodite)

این پایگاه توسط مؤسسه تحقیقات هواشناسی سازمان هواشناسی کشور ژاپن^۴ و مؤسسه پژوهشی بشر و طبیعت در سال ۲۰۰۶ بنا و پایه‌گذاری شده است. هدف این پایگاه داده ایجاد یک پایگاه داده روزانه بارش برای آسیا با تفکیک مکانی بالاست. این پایگاه داده برای چهار کرنل و چهارچوب مختلف در آسیا فراهم شده است (شکل ۱). مختصات جغرافیایی چهار چهارچوب مختلف که برای اوراسیا، ژاپن، خاورمیانه و مونسون آسیاست، در جدول (۱) آمده است. بازه زمانی داده‌های موجود و در دسترس این پایگاه از ۱۹۵۱/۱/۱ تا ۲۰۰۷/۱۲/۳۱ است که به لحاظ تفکیک مکانی دارای دو نسخه ۰/۲۵ و ۰/۵ درجه قوسی هستند. این پایگاه داده دارای چندین نسخه برای مناطق یاد شده است. در نسخه‌های جدیدتر افروdit *VI1003R1* و *VI101* (۰/۲۵ و ۰/۵ درجه قوسی) دقت برآورد بارش بیشتر است؛ زیرا از ایستگاه‌های باران سنجی بیشتری برای محاسبات زمین آماری و درونیابی استفاده شده است. منبع داده برای ایجاد این پایگاه داده‌های بارش شبکه ایستگاه‌های باران سنجی پایگاه‌های داده بارش مختلفی است که در زیر آمده است. رنگ قرمز ایستگاه‌ها و نقاطی را نشان می‌دهند که از مراکز هواشناسی و آب شناسی محلی و یا پژوهشگران هر منطقه به دست آمده‌اند. داده‌های از پیش گردآوری شده که به رنگ سیاه نمایش داده شده‌اند، شامل شبکه جهانی داده‌های آب و هوای تاریخی^۵، مرکز واکاوی اطلاعات دی‌اکسیدکربن^۶، آرشیو داده‌های مرکز ملی تحقیقات جوی، مرکز ملی داده‌های آب و هوای^۷، سازمان خواروبار جهانی ایالات متحده^۸، مرکز داده آزمایش حاره‌ای مونسون آسیایی^۹ *GEWEX*، کمیسیون رودخانه میکونگ^{۱۰} و مجموعه داده‌های ارزیابی آب و هوا اروپایی^{۱۱} هستند. همچنین، داده‌های مربوط به سامانه پیوند از دور

1 - Global Energy and Water Cycle Experiment

2 - National Aeronautics and Space Administration

3 - Goddard Space Flight Center

4 - Meteorological Research Institute of Japan Meteorological Agency

5 - Global Historical Network

6 - Carbon Dioxide Information Analysis Center

7 - National Climatic Data Center

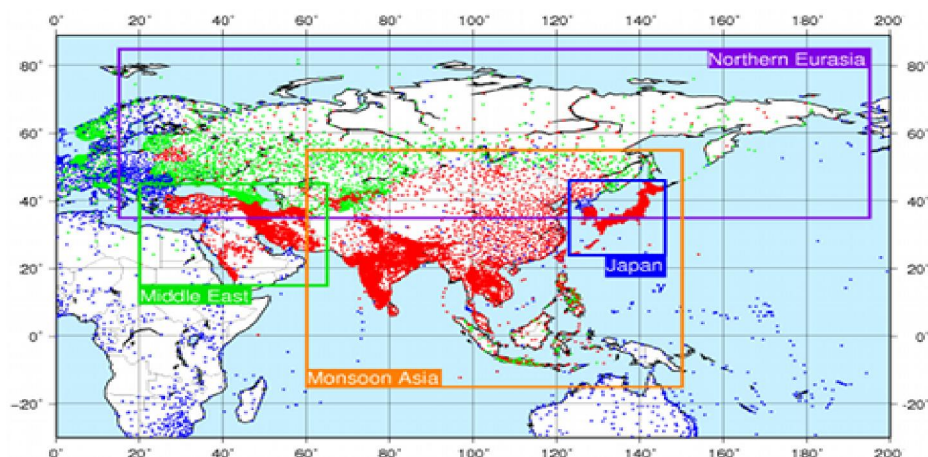
8 - Food and Agriculture Organization of the United Nations

9 - GEWEX Asian Monsoon Experiment-Tropics

10 - The Mekong River Commission

11 - European Climate Assessment & Dataset

سیاره‌ای^۱ که با رنگ آبی نمایش داده شده است. به طور کلی، ویژگی‌های کلی پایگاه‌های جهانی و منطقه‌ای بارش استفاده شده در این پژوهش به شرح جدول زیر است:



شکل (۱) چارچوب دسترسی به داده‌های روزانه بارش پایگاه داده افرو دیت

جدول (۱) چهارچوب پوش پایگاه داده افرو دیت بر روی آسیا

منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
اوراسیای شمالی	۱۵-۱۶۵ شرقی	۳۴-۸۴ شمالی
ژاپن	۱۲۳-۱۴۶ شرقی	۲۴-۴۶ شمالی
خاورمیانه	۲۰-۶۵ شرقی	۱۵-۴۵ شمالی
مونسون آسیا	۶۰-۱۵۰ شرقی	۱۵ جنوبی-۵۵ شمالی

پایگاه داده بارش اسفزاری^۲ (Asfzari)

پایگاه داده بارش اسفزاری توسط مسعودیان (۱۳۸۴) در دانشگاه اصفهان ایجاد شده است. این پایگاه داده به کمک داده‌های بارش روزانه ۱۴۳۷ ایستگاه همدید، آب و هوای و باران سنجی طی بازه زمانی ۱۹۶۱/۱/۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ فراهم شده است. برای انجام درونیابی از روش زمین آماری کریگینگ استفاده شده است. مقادیر بارش بر روی یاخته-های ۱۵*۱۵ کیلومتر بر روی پهنه ایران زمین برآورد شده است که حاصل آن ماتریسی در ابعاد ۷۱۸۷*۱۵۹۹۲ است که بر روی ردیف‌ها روز و بر روی ستون‌ها یاخته‌ها قرار دارند. علاوه بر سنجه بارش برای سایر سنجه‌های جوی؛ از جمله دما و رطوبت نیز داده‌ها موجود و در دسترس است.

جدول ۲) ویژگی‌های پایگاه‌های داده استفاده شده در این پژوهش

پایگاه بارش	تفکیک مکانی	تفکیک زمانی	پوشش مکانی	پوشش زمانی
GPCC	۰/۵ و ۲/۵ (درجه)	ماهانه	کل جهان	۲۰۱۰/۱۲-۱۹۰۱/۱
GPCP	۲/۵ (درجه)	ماهانه	۸۸/۷۵ تا ۸۸/۷۵ عرض شمالی ۱/۲۵ تا ۳۵۸/۷۵ طول شرقی	۲۰۱۳/۱۲-۱۹۷۹/۱
Aphrodite	۰/۵ و ۰/۲۵ (درجه)	روزانه	آسیا	۲۰۰۷/۱۲/۳۱-۱۹۵۱/۱/۱
Asfezari	۱۵*۱۵ (کیلومتر)	روزانه	ایران	۲۰۰۴/۱۲/۳۱-۱۹۶۰/۱۰/۱۱
Station	-	روزانه	ایران	۲۰۰۴/۱۲/۳۱-۱۹۶۰/۱/۱

داده ها و روش پژوهش

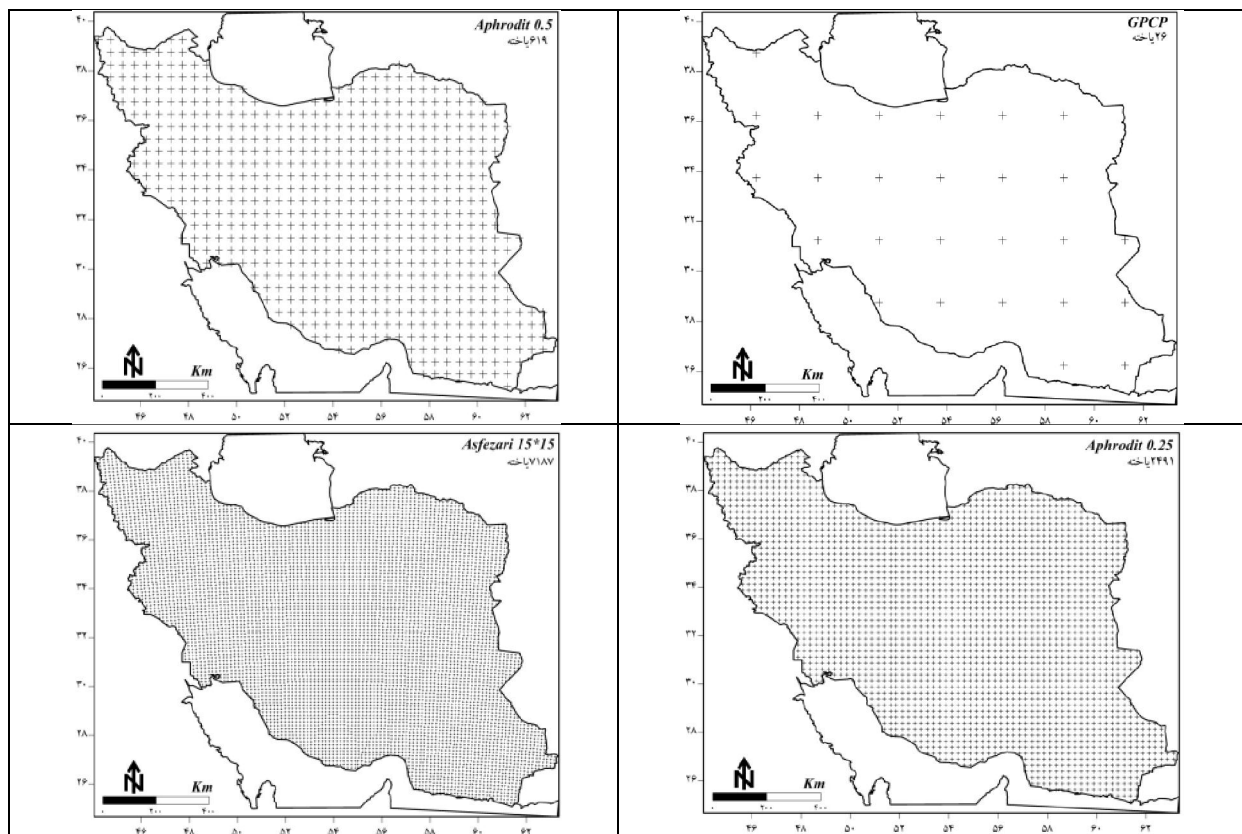
برای انجام این پژوهش از داده‌های بارش روزانه (در صورت وجود)، ماهانه و سالانه ایران زمین پایگاه‌های بارش جهانی و منطقه‌ای طرح آب وهوا شناسی بارش جهانی، مرکز آب وهوا شناسی بارش جهانی، افروdit ویرایش *V1101* با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی، افروdit ویرایش *V1101* با تفکیک مکانی ۰/۵ درجه قوسی و افروdit ویرایش *V1003* با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی استفاده شد. مقادیر بارش ایران و تغییرات آن برپایه پایگاه‌های یاد شده محاسبه شد و با پایگاه داده بارش اسفزاری و ایستگاه‌های همدید و آب و هوای طی بازه زمانی ۱۹۷۹ تا ۲۰۰۴ مقایسه شد. ذکر این نکته لازم است که بازه زمانی داده‌های در دسترس برای پایگاه‌های مورد مطالعه یکسان نیست؛ ولی برای ارزیابی و مقایسه بین پایگاه‌ها در بازه زمانی مشترک؛ یعنی از ۱۹۷۹/۱/۱ تا ۲۰۰۴/۱۲/۳۱ محاسبات انجام شده است. ابتدا برای هر پایگاه جداگانه یاخته‌هایی که در داخل مرز سیاسی کشور ایران قرار می‌گرفتند، مشخص شد و یک سری زمانی روزانه (در صورت وجود)، ماهانه و سالانه بارش برای پهنه ایران زمین استخراج شد. برای شناسایی و معناداری روند از آزمون روند من کندانال و برای ارزیابی مقادیر شیب و نرخ تغییرات بارش از آزمون شیب سن بهره گرفته شد.

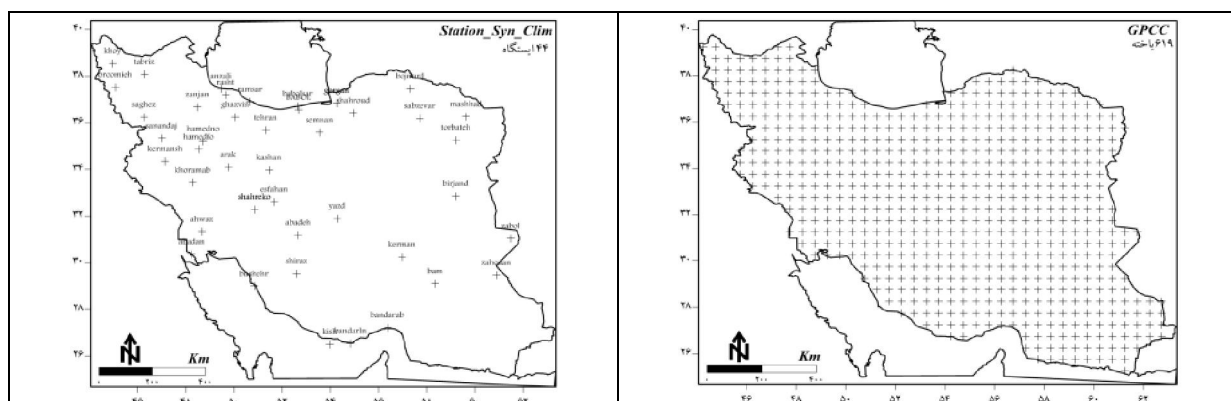
یافته‌های پژوهش

همبستگی بین پایگاه‌های داده

شکل (۳) سری زمانی بارش سالانه ایران بر پایه هفت پایگاه داده مورد بررسی را نشان می‌دهد. همان‌طور که قابل ملاحظه است، سری زمانی بارش سالانه ایران بر پایه پایگاه‌های مختلف طی دوره مورد مطالعه کم و بیش دچار نوسان‌هایی شده است و در تمام پایگاه‌ها، نوسان‌های بارش همزمان و هماهنگ باهم اتفاق افتاده است. میزان بارش دریافتی کشور برپایه داده‌های ایستگاهی (رنگ قرمز پررنگ در شکل ۳) طی دوره مورد مطالعه بیشتر از مقادیر سایر پایگاه‌های داده است. همان‌طور که در جدول (۳) نیز مشاهده می‌شود، میانگین بارش سالانه ایران طی بازه زمانی ۱۹۷۹-۲۰۰۴ برابر با ۳۶۹ میلیمتر است. در سایر پایگاه‌های داده بارش میزان بارش دریافتی کشور کم و بیش نزدیک به هم هستند. اصولاً میانگین پهنه‌ای براساس داده‌های ایستگاهی و نقطه‌ای کار درستی نیست و همراه با خطای فراوانی است. میزان خطا وقتی چشمگیر و قابل توجه می‌شود که ایستگاه‌ها دارای نظم خاصی نباشد و تغییرات بارش بر روی پهنه زیاد باشد. موارد یاد شده برای ایران صدق می‌کند؛ چراکه نه تنها تغییرات بارش در ایران زمین به دلایلی از جمله پیکربندی

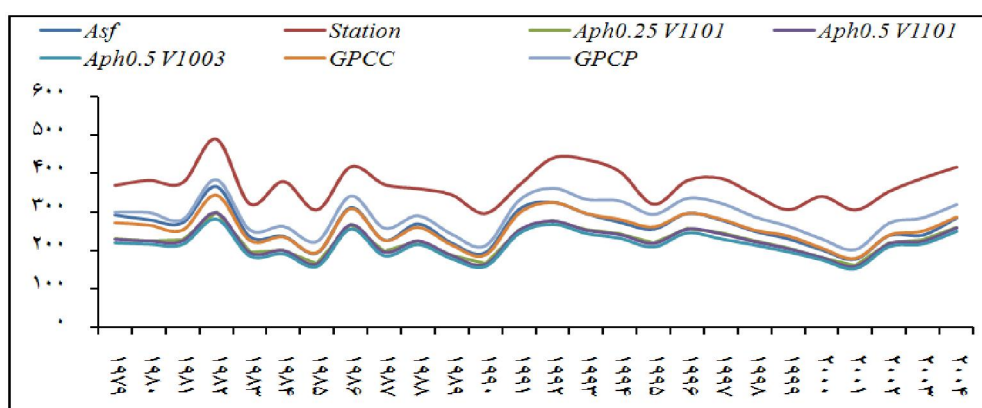
ناهمواری‌ها و گستره کشور در راستای عرض جغرافیایی و غیره زیاد است؛ بلکه ایستگاه‌های هواشناسی نیز از پراکنش و نظم خاصی پیروی نمی‌کنند. در این پژوهش از بازه زمانی مشترک ۱۹۷۹-۲۰۰۴ که تمام پایگاه‌ها دارای داده کامل باشند، استفاده شد. در این بازه زمانی ۳۳ ایستگاه همدید و ۱۱ ایستگاه باران سنجی داده کامل داشتند که پراکنش آنها بر روی شکل (۲) نشان داده شده است. با توجه به شکل (۲) فراوانی ایستگاه‌های انتخاب شده در نیمه شمالی کشور که میزان بارش دریافتی آنها در طول سال زیاد است، بیشتر است. برای نمونه، می‌توان به چندین ایستگاه همدید سواحل جنوبی خزر اشاره کرد که میانگین بارش سالانه آنها بیش از ۱۵۰۰ میلیمتر است؛ درحالی‌که در نیمه جنوبی و مرکز کشور فراوانی ایستگاه‌ها کمتر است و این خود باعث شده که میانگین بارش پهنه ایران بیش از مقادیر واقعی آن که برابر با 250 ± 5 میلیمتر است، جلوه کند. میزان همبستگی بین پایگاه‌های مختلف بارش در جدول (۴) آمده است. طبق جدول بین پایگاه‌های داده بارش همبستگی بسیار بالای وجود دارد. پایگاه داده اسفزاری ایران بیشترین همبستگی را با پایگاه داده مرکز آب و هواشناسی بارش جهانی نشان می‌دهد.





شکل ۲) موقعیت یاخته‌های پایگاه‌های مختلف بارش بر روی ایران زمین

میزان همبستگی بین این دو پایگاه داده ۰/۹۸۱ است. در مرتبه دوم پایگاه داده اسفزاری بیشترین همبستگی را با پایگاه داده طرح آب و هوا شناسی بارش جهانی نشان می‌دهد. پایگاه داده ایستگاهی نیز بیشترین همبستگی را با نسخه *V1101* پایگاه داده افردیت ۰/۲۵ نشان می‌دهد و میزان همبستگی برابر با حدود ۰/۸۸ است. سایر پایگاه‌های داده بارش باهم همبستگی بسیار بالایی را نشان می‌دهند. برای نمونه، نسخه *V1101* پایگاه داده افردیت ۰/۲۵ بیشترین همبستگی را با نسخه *V1101* پایگاه داده افردیت ۰/۵ نشان می‌دهد. میزان همبستگی برابر با ۰/۹۹۹ است. همچنین، پایگاه داده مرکز آب و هوا شناسی بارش جهانی بیشترین همبستگی را با پایگاه داده طرح آب و هوا شناسی بارش جهانی نشان می‌دهد.



شکل ۳) سری زمانی بارش سالانه ایران بر پایه هفت پایگاه داده مورد بررسی

جدول ۳) میانگین سالانه بارش ایران بر پایه پایگاه‌های داده مختلف (طی بازه زمانی ۱۹۷۹-۲۰۰۴)

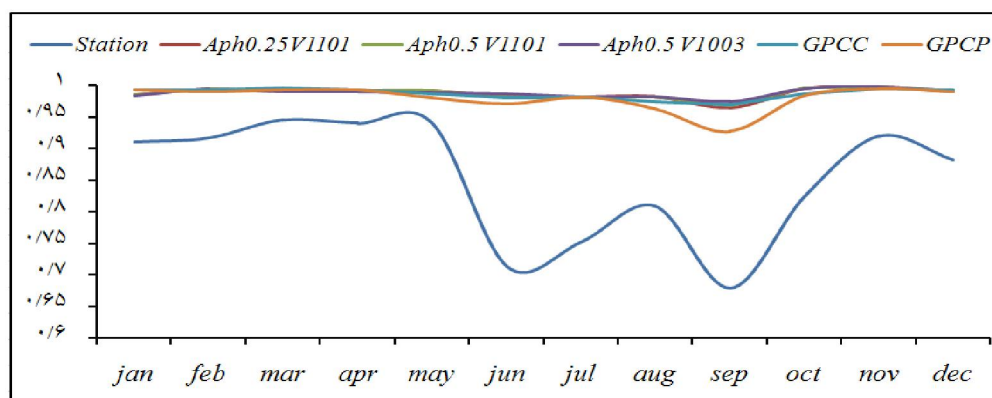
STATION	ASFEZARI	Aphrodite ۰/۲۵ V1003R1	Aphrodite ۰/۲۵ V1101	۰/۵ Aphrodite V1101	GPCP	GPCC
۳۶۹	۲۵۸/۵	۲۱۳	۲۲۴/۳	۲۲۲/۸	۲۸۹/۴	۲۵۶/۳

جدول ۴) همبستگی بین میزان بارش سالانه ایران بر پایگاه‌های جهانی و منطقه‌ای بارش

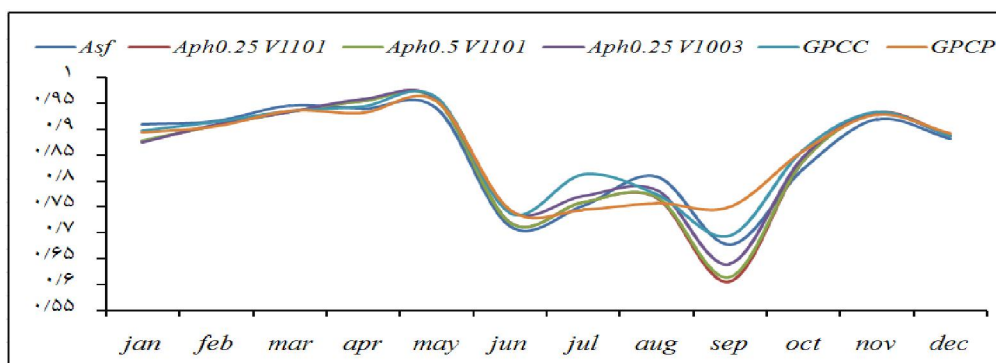
Station	Asfezari	Aphrodite ۰/۲۵ V1003R1	Aphrodite ۰/۲۵ V1101	Aphrodite ۰/۵ V1101	GPCP	GPCC	
۰/۸۶	۰/۹۸۱	۰/۹۸۹	۰/۹۹	۰/۹۹۱	۰/۹۹۶	۱	GPCC
۰/۸۶۴	۰/۹۷	۰/۹۸۵	۰/۹۸۷	۰/۹۸۸	۱	۰/۹۹۶	GPCP
۰/۸۷۷	۰/۹۶۹	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۸۸	۰/۹۹۱	Aphrodite ۰/۵ V1101
۰/۸۷۹	۰/۹۶۷	۰/۹۹۸	۱	۰/۹۹۹	۰/۹۸۷	۰/۹۹	Aphrodite ۰/۲۵ V1101
۰/۸۷۳	۰/۹۶۵	۱	۰/۹۹۸	۰/۹۹۸	۰/۹۸۵	۰/۹۸۹	Aphrodite ۰/۲۵ V1003R1
۰/۸۵۳	۱	۰/۹۶۵	۰/۹۶۷	۰/۹۶۹	۰/۹۷	۰/۹۸۱	Asfezari
۱	۰/۸۵۳	۰/۸۷۳	۰/۸۷۹	۰/۸۷۷	۰/۸۶۴	۰/۸۶	Station

*میزان همبستگی برای تمامی درایه‌های ماتریس در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

میزان همبستگی ماهانه پایگاه‌های داده بارش اسفزاری و ایستگاهی با سایر پایگاه‌ها برپایه مقادیر بارش ماهانه ایران محاسبه شد و نتایج حاصل از آن در شکل (۴) آمده است. همان‌طور که قابل ملاحظه است، همبستگی پایگاه داده بارش اسفزاری با اغلب پایگاه‌های داده برپایه بارش ماهانه ایران در کل ماه‌های سال بالاست و در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است. میزان همبستگی پایگاه اسفزاری با پایگاه داده ایستگاهی نسبت به سایر پایگاه‌ها کمتر است. در ماه‌های مرطوب سال (ژانویه تا می، نوامبر و دسامبر) میزان همبستگی بیشتر از ماه‌های خشک سال است. شکل (۵) میزان همبستگی ماهانه پایگاه‌های داده بارش ایستگاهی را با سایر پایگاه‌ها برپایه مقادیر بارش ماهانه ایران نشان می‌دهد. بیشترین همبستگی بین پایگاه داده بارش ایستگاهی با سایر پایگاه‌های داده بارش مربوط به ماه‌های مرطوب سال و کمترین میزان همبستگی در ماه‌های خشک سال دیده می‌شود. در ماه می میزان همبستگی بیشینه و در ماه سپتامبر میزان همبستگی کمینه است.



شکل ۴) میزان همبستگی ماهانه بین پایگاه داده اسفزاری با سایر پایگاه‌های داده بارش



شکل ۵) میزان همبستگی ماهانه بین پایگاه داده ایستگاهی با سایر پایگاه‌های داده بارش

روند تغییرات بارش ایران

روند تغییرات بارش سالانه و ماهانه ایران بر اساس پایگاه داده مرکز آب وهوا شناسی بارش جهانی (۵/۰ درجه قوسی) در جدول (۵) آمده است. نتایج نشان داد که روند تغییرات بارش در اغلب ماه‌های سال نزولی است؛ ولی معنادار نیست. تنها در ماه ژوئیه در سطح اطمینان ۹۵ درصد روند بارش معنادار است. روند بارش در این ماه از سال برای افزایشی است و نرخ افزایش بارش برابر با ۱/۰۳ میلیمتر به ازای هر دهه است. در ماه می روند بارش نزولی است و با توجه به آماره محاسبه شده برای آزمون ناپارامتریک من کندال معناداری آن نزدیک به سطح اطمینان ۹۰ درصد است؛ ولی معنادار نیست. روند بارش سالانه بر اساس پایگاه داده مرکز آب وهوا شناسی بارش جهانی (۵/۰ درجه قوسی) به لحاظ آماری معنادار نیست؛ ولی کاهشی است و نرخ کاهشی آن ۸/۵ میلیمتر به ازای هر دهه است. روند تغییرات بارش سالانه و ماهانه ایران بر اساس پایگاه داده طرح آب وهوا شناسی بارش جهانی (۵/۲ درجه قوسی) نیز محاسبه شد و نتایج آن در جدول (۶) آمده است. نتایج حاصل از روند تغییرات بارش ایران مربوط به این پایگاه داده شباهت‌های بسیار زیادی با پایگاه داده مرکز آب وهوا شناسی بارش جهانی (۵/۰ درجه قوسی) دارد. براساس این پایگاه نیز در اغلب ماه‌های سال میزان بارش دریافتی کشور رو به کاهش است. در این پایگاه نیز ماه ژوئیه میزان بارش دریافتی کشور روند مثبت و معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد از خود نشان می‌دهد. نرخ افزایشی بارش در این ماه از سال برابر با ۱/۵ میلیمتر به ازای هر دهه است. بارش سالانه کشور نیز براساس این پایگاه داده کاهشی است؛ ولی در سطوح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد معنادار نیست. نرخ کاهشی بارش ایران برابر با ۹/۶ میلیمتر به ازای هر دهه است. همانند پایگاه داده مرکز آب وهوا شناسی بارش جهانی (۵/۰ درجه قوسی) در ماه می نیز بارش روند کاهشی از خود نشان می‌دهد و آماره محاسبه شده آزمون نزدیک به سطح معناداری ۹۰ درصد (۱/۶۴) است. تغییرات بارش سالانه و ماهانه ایران براساس پایگاه داده‌ها افرودیت (۲۵/۰ درجه قوسی) نیز با دو پایگاه قبلی شباهت‌های بسیار زیادی دارد (جدول ۷). براساس این پایگاه نیز در اغلب ماه‌ها میزان بارش کشور روند منفی و کاهشی از خود نشان می‌دهد. در ماه ژوئیه میزان بارش کشور روند افزایشی و معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد از خود نشان می‌دهد. در ماه می نیز روند تغییرات بارش ایران معنادار است؛ ولی روند آن کاهشی است و میزان بارش در سطح اطمینان ۹۰ درصد حدود ۳ میلیمتر به ازای هر دهه رو به کاهش است. یکی دیگر از ماه‌های دیگر که تغییرات آن نزدیک به آستانه معناداری است، ماه اکتبر است که در این ماه نیز روند بارش کاهشی است.

جدول ۵) روند بارش ماهانه و سالانه ایران براساس پایگاه داده مرکز آب وهوا شناسی بارش جهانی (۰/۵ درجه قوسی)

ماه	آماره	معناداری	Q	$Qmin \%99$	$Qmax \%99$	$Qmin \%95$	$Qmax \%95$
ژانویه	۰/۵۳		۰/۲۲	-۱/۰۳۳	۱/۴۷۵	-۰/۶۷۶	۱/۰۳۲
فوریه	-۱/۰۶		-۰/۴۶۸	-۱/۸۹۱	۰/۹۵۸	-۱/۴۶۵	۰/۵۹
مارس	-۰/۹۷		-۰/۴۹۶	-۱/۷۶۷	۰/۷۳	-۱/۴۸۸	۰/۴۴۵
آوریل	۰/۹۳		۰/۳۷۲	-۰/۶۲۳	۱/۳۱۴	-۰/۴۱۱	۱/۱۵
می	-۱/۵۴		-۰/۳۴۵	-۰/۸۰۹	۰/۳۴۲	-۰/۶۸۱	۰/۱۳۲
ژوئن	-۰/۲۶		-۰/۰۲۶	-۰/۲۳۷	۰/۱۵۹	-۰/۱۷۲	۰/۱۱۲
ژوئیه	۲,۲	*	۰/۱۰۳	-۰/۰۲۵	۰/۲۶	۰/۰۱۱	۰/۲۱۳
اوت	-۰/۷۹		-۰/۰۲	-۰/۱۶	۰/۰۹	-۰/۱۲۲	۰/۰۵۴
سپتامبر	۰۰		۰۰	-۰/۰۹۱	۰/۱۱۵	-۰/۰۶۶	۰/۰۸۵
اکتبر	-۱/۲۸		-۰/۱۲۷	-۰/۳۲۲	۰/۲۰۸	-۰/۲۶	۰/۰۹۱
نوامبر	۰/۲۲		۰/۰۶	-۰/۸۹۷	۱/۱۱	-۰/۶۲۲	۰/۷۷۲
دسامبر	۰/۶۶		۰/۲۴	-۱/۴۶	۱/۷۴۴	-۰/۹۷۹	۱/۳۹۶
سالانه	-۰/۷۵		-۰/۸۵۳	-۵/۲۲۹	۲/۴۱۵	-۴/۱۳۶	۱/۵

* روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

همانند سایر پایگاه‌های داده بارش براساس پایگاه پایگاه افروdit نسخه $V1003$ با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی نیز در اغلب ماه‌های سال روند بارش ایران کاهشی است. شباهت بسیار زیادی بین دو پایگاه پایگاه افروdit نسخه $V1003$ با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی و پایگاه داده‌ها پایگاه افروdit نسخه $V1101$ با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی به لحاظ نوع روند و نرخ روند مشاهده می‌شود. در این پایگاه نیز در ماه‌های می و ژوئیه روند بارش ایران معنادار است. در ماه ژوئیه روند بارش مثبت و در ماه می روند بارش منفی است. همانند پایگاه افروdit نسخه $V1003$ با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی بارش سالانه کشور روند منفی از خود نشان می‌دهد؛ ولی معنادار نیست.

جدول ۶) روند بارش ماهانه و سالانه ایران بر اساس پایگاه داده طرح آب وهوا شناسی بارش جهانی (۲/۵ درجه قوسی)

ماه	آماره	معناداری	Q	$Qmin \%99$	$Qmax \%99$	$Qmin \%95$	$Qmax \%95$
ژانویه	۰/۳۵		۰/۲۲	-۱/۲۳۴	-۱/۷۴۳	-۰/۷۸۶	۱/۲۲
فوریه	-۱/۱۵		-۰/۴۸۱	-۲/۰۶۷	۱/۱۹۵	-۱/۴۷۶	۰/۷۰۱
مارس	-۱/۲۳		-۰/۵۱۲	-۲/۰۲۲	۰/۷۵۷	-۱/۶۸۶	۰/۳۶۲
آوریل	۰/۹۷		۰/۴۶۲	-۰/۶۷	۱/۴۴۵	-۰/۳۹	۱/۲۲۴
می	-۱/۶۳		-۰/۳۰۴	-۰/۹۱۷	۰/۳۰۱	-۰/۷۷۲	۰/۱۳۲

مقایسه بین پایگاه‌های داده جهانی و منطقه‌ای بارش با پایگاه بارش اسفزاری و ایستگاهی ۷۷/...

۰/۱۴۱	-۰/۱۴۵	۰/۱۸۱	-۰/۲۲۸	۰/۰۲۱		۰/۲۲	ژوئن
۰/۲۶۵	۰/۰۱۸	۰/۳۲۱	-۰/۰۳۲	۰/۱۵	*	۲/۲۵	ژوئیه
۰/۰۵۲	-۰/۱۲۸	۰/۰۸۶	-۰/۱۷۵	-۰/۰۲۱		-۰/۶۲	اوت
۰/۱۰۷	-۰/۰۴۸	۰/۱۲۳	-۰/۰۹۱	۰/۰۲۲		۰/۵۷	سپتامبر
۰/۱۳۵	-۰/۳	۰/۲۹	-۰/۳۹۴	-۰/۱۱		-۰/۷۹	اکتبر
۰/۹۸	-۰/۶۸۴	۱/۲۰۶	-۰/۹۷۵	۰/۰۶۵		۰/۰۹	نوامبر
۱/۵۰۳	-۱/۰۶۳	۲/۰۰۹	-۱/۴۶۶	۰/۳۱۶		۰/۶۶	دسامبر
۲/۰۴۶	-۳/۹۸۱	۲/۸۱۶	-۴/۸۶۹	-۰/۹۵۹		-۰/۷۱	سالانه

* روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

جدول (۷) روند و مقادیر نرخ شیب برای بارش ایران براساس پایگاه داده افرو دیت نسخه

VI101 با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی

ماه	آماره	معناداری	Q	$Q_{min}\%99$	$Q_{max}\%99$	$Q_{min}\%95$	$Q_{max}\%95$
ژانویه	۰/۹۳		۰/۳۱	-۰/۷۷۴	۱/۳۷۹	-۰/۴۳۹	۱/۰۰۱
فوریه	-۱/۰۶		-۰/۳۸۹	-۱/۶۰۳	۰/۹۲۸	-۱/۲۱۸	۰/۵۲۸
مارس	-۰/۹۷		-۰/۴۲	-۱/۴۸۵	۰/۶۶۵	-۱/۲۲۹	۰/۴۲۵
آوریل	۰/۹۷		۰/۳۵۴	-۰/۵۵۳	۱/۲۳۸	-۰/۳۳	۱/۰۴۶
می	-۱/۷۶	+	-۰/۲۹۷	-۰/۶۸۷	۰/۲۵۷	-۰/۵۵۹	۰/۰۴۹
ژوئن	-۰/۴		-۰/۰۴۶	-۰/۲۰۷	۰/۱۳	-۰/۱۵۹	۰/۰۸۵
ژوئیه	۲/۴۲	*	۰/۱۱۲	-۰/۰۰۶	۰/۲۳۹	۰/۰۲۸	۰/۱۹۹
اوت	-۰/۹۳		-۰/۰۲۸	-۰/۱۳۸	۰/۰۶۲	-۰/۱۰۸	۰/۰۳۱
سپتامبر	۰/۰۴		۰/۰۰۱	-۰/۰۷۶	۰/۰۹۸	-۰/۰۵۶	۰/۰۷۸
اکتبر	-۱/۵		-۰/۱۶	-۰/۴	۰/۱۴۶	-۰/۳۰۹	۰/۰۵۸
نوامبر	۰/۲۲		۰/۱۰۱	-۰/۷۱۵	۰/۹۶۶	-۰/۵۰۸	۰/۶۹۸
دسامبر	۰/۷۵		۰/۲۸۳	-۱/۱۵۸	۱/۵۷۴	-۰/۸۲	۱/۲۷۲
سالانه	-۰/۳۵		-۰/۲۹۶	-۳/۶۲۶	۲/۲۵	-۲/۸۹۲	۱/۶۹۷

+ روند در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است. * روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

در جدول (۹) روند بارش سالانه و ماهانه ایران براساس نسخه دیگری از پایگاه داده افرو دیت آمده است. یافته‌ها نشان داد که بین نتایج حاصل از این نسخه پایگاه داده افرو دیت با نسخه‌های قبلی این پایگاه داده تفاوتی چندانی مشاهده نشد و دو ماه آوریل و ژوئیه روند معناداری از خود نشان می‌دهند. پایگاه داده اسفزاری برخلاف سایر پایگاه‌های داده استفاده شده در این پژوهش جهانی یا منطقه‌ای نیست؛ بلکه تنها برای کشور ایران ایجاد شده است. برای آگاهی از دقت

پایگاه‌های جهانی و منطقه‌ای برای برآورد بارش در کشور ایران مقایسه بین نتایج حاصل از تحلیل روند نیز بر روی سری زمانی ماهانه و سالانه بارش ایران زمین انجام شد که نتایج حاصل از آن در جدول ۱۰ آمده است.

جدول ۸) معناداری و مقادیر نرخ شیب برای بارش ایران براساس پایگاه افروdit نسخه $V1003$ با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی

ماه	آماره	معناداری	Q	$Qmin\%99$	$Qmax\%99$	$Qmin\%95$	$Qmax\%95$
ژانویه	۱/۱		۰/۳۰۲	-۰/۷۸۷	۱/۴۲	-۰/۴۳	۱/۰۲۸
فوریه	-۱/۰۶		-۰/۳۴۷	-۱/۶۰۴	۰/۸۸۸	-۱/۱۷۶	۰/۵۲۲
مارس	-۰/۹۳		-۰/۴۰	-۱/۳۷۹	۰/۵۹۹	-۱/۱۵۲	۰/۴۲۲
آوریل	۱/۱۵		۰/۳۵۸	-۰/۵۰۴	۱/۱۹۶	-۰/۳۱	۰/۹۹۸
می	-۱/۶۸	+	-۰/۲۵۸	-۰/۶۳۴	۰/۲۴	-۰/۵۲۹	۰/۰۷۸
ژوئن	-۰/۴۴		-۰/۰۴۸	-۰/۱۹۸	۰/۱۰۹	-۰/۱۳۸	۰/۰۷
ژوئیه	۲/۲۹	*	۰/۰۹۶	-۰/۰۰۹	۰/۲۱۱	۰/۰۲۳	۰/۱۸۱
اوت	-۰/۹۳		-۰/۰۳۶	-۰/۱۴۲	۰/۰۵۴	-۰/۰۹۹	۰/۰۲۹
سپتامبر	۰/۰۹		۰/۰۰۲	-۰/۰۶۶	۰/۰۸۹	-۰/۰۴۹	۰/۰۷۴
اکتبر	-۱/۵		-۰/۱۴۴	-۰/۳۴۷	۰/۱۴۶	-۰/۲۹۶	۰/۰۴۲
نوامبر	۰/۲۶		۰/۰۷	-۰/۷۰۲	۰/۹۱۲	-۰/۴۸۸	۰/۶۷۹
دسامبر	۰/۷۱		۰/۳۱۴	-۱/۱۴۷	۱/۵۴۱	-۰/۷۵۹	۱/۲۲۹
سالانه	-۰/۴		-۰/۲۹۷	-۳/۴۸۲	۲/۳۸۵	-۲/۶۱۶	۱/۷۲۴

+ روند در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است. * روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

برپایه این جدول در ماه‌های می و ژوئیه میزان بارش ایران دچار تغییرات و روند معناداری شده است؛ به‌طوری که به ترتیب در سطوح اطمینان ۹۵ و ۹۰ درصد معنادار هستند. در ماه می روند بارش منفی است و نرخ تغییرات بارش کشور در این ماه برابر با ۴/۷۸ میلیمتر به ازای هر دهه است؛ درحالی که برای ماه ژوئیه روند مثبت است و نرخ تغییرات بارش در این ماه از سال حدود ۱ میلیمتر به ازای هر ده سال است. در ماه اکتبر نیز آماره محاسبه شده آزمون نزدیک به آستانه معناداری روند در سطح اطمینان ۹۰ درصد است. برخلاف سایر پایگاه‌های داده بارش، پایگاه داده بارش ایستگاهی بر روی پهنه ایران شبکه‌ای و منظم نیست؛ بلکه پراکنده و نامنظم است. برپایه نتایج حاصل از تحلیل روند بر روی مقادیر بارش ماهانه طی دوره مورد مطالعه می‌توان گفت که در بین ماه‌های مختلف سال روند بارش تنها در دو ماه فوریه و مارس به لحاظ آماری در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است و برای هر دو ماه روند کاهشی است.

جدول ۹) روند و مقادیر نرخ شیب برای بارش ایران براساس پایگاه داده افرویت نسخه VII01

با تفکیک مکانی ۵/۰ درجه قوسی

ماه	آماره	معداری	Q	$Q_{min}\%99$	$Q_{max}\%99$	$Q_{min}\%95$	$Q_{max}\%95$
ژانویه	۰/۹۷		۰/۳۰۷	-۰/۷۸	۱/۳۵۷	-۰/۴۳۱	۰/۹۹۸
فوریه	-۱/۱		-۰/۴۰۴	-۱/۶۳۲	۰/۹	-۱/۲۲	۰/۵۲
مارس	-۰/۹۷		-۰/۴۳۸	-۱/۴۹۱	۰/۶۷۸	-۱/۲۳۴	۰/۳۸۶
آوریل	۰/۹۷		۰/۳۴۱	-۰/۵۴۹	۱/۲۳	-۰/۳۲۶	۱/۰۶۲
می	-۱/۸۵	+	-۰/۳	-۰/۶۸۱	۰/۲۵۶	-۰/۵۵۹	۰/۰۳۷
ژوئن	-۰/۳۵		-۰/۰۴۶	-۰/۱۹۴	۰/۱۲۹	-۰/۱۵۹	۰/۰۹
ژوئیه	۲/۴۲	*	۰/۱۰۸	-۰/۰۰۶	۰/۲۲۹	۰/۰۳۱	۰/۱۹۵
اوت	-۰/۹۳		-۰/۰۲۷	-۰/۱۳۶	۰/۰۶۲	-۰/۱۰۱	۰/۰۳۲
سپتامبر	۰/۱۸		۰/۰۰۷	-۰/۰۷۱	۰/۱	-۰/۰۵	۰/۰۷۴
اکتبر	-۱/۴۱		-۰/۱۵۵	-۰/۳۹	۰/۱۴۵	-۰/۲۸۹	۰/۰۵۷
نوامبر	۰/۲۲		-۰/۱۰۷	-۰/۷۱	۰/۹۵۶	-۰/۵۱۶	۰/۷۱۸
دسامبر	۰/۷۱		۰/۳۱۹	-۱/۱۵۴	۱/۵۳	-۰/۸۱۱	۱/۲۶۳
سالانه	-۰/۴۸		-۰/۳۳۳	-۳/۶۵۵	۲/۱۷۴	-۲/۹۰۶	۱/۶۹۱

+روند در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است. * روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

نتایج حاصل از این پایگاه با نتایج حاصل از تحلیل روند بر سایر پایگاه‌های داده بارش متفاوت است؛ زیرا در اغلب پایگاه‌های داده بارش، بارش ایران در ماه‌های ژوئیه و می دارای روند معناداری هستند و بارش سایر ماه‌های دیگر روند معناداری از خود نشان نمی‌دهند. علت متفاوت بودن نتایج این پایگاه با سایر پایگاه‌های دیگر در این است که میانگین حاصل از مقادیر بارش سالانه و ماهانه ۴۴ ایستگاه با پراکنش نامنظم برای پهنه بزرگ ایران کافی نیست و نمی‌توان آن را برای پهنه ایران در نظر گرفت. بنابراین، همان‌طور که در جدول (۳) آمده است میانگین بارش سالانه حاصل از پایگاه داده ایستگاهی با سایر پایگاه‌های داده بارش بسیار متفاوت است. میانگین حاصل از پایگاه داده ایستگاهی بسیار حساس به پراکنش ایستگاه‌ها و گزینش ایستگاه‌ها برای برآورد میانگین است. اگر برای نمونه ایستگاه‌های نیمه جنوبی و مرکز کشور دارای داده‌های کامل طی بازه زمانی مشترک (۱۹۷۹-۲۰۰۴) بودند و آنها را در میانگین دخالت می‌دادیم، میانگین بارش ایران کمتر از مقدار کنونی (۳۶۹ میلیمتر) آن برای ایران به دست می‌آمد. بنابراین، این موضوع به نوعی ضعف داده‌های ایستگاهی در برآورد و قضاوت در مورد بارش یک پهنه را گوشزد می‌کند.

نتیجه گیری

دسترسی به داده‌های سنجه‌های جوی با تفکیک مکانی - زمانی مناسب و به‌روز برای انجام هرگونه پژوهش در علوم جوی ضروری است و از مهمترین مراحل انجام پژوهش به شمار می‌رود. داده‌های مربوط به سنجه‌های جوی ثبت شده ایستگاهی (نقطه‌ای) در ایران زمین یا کامل نیستند (دارای گپ هستند) و یا دسترسی به آنها و انتشار با تأخیر همراه است. علاوه براین، پراکنش مکانی ایستگاه‌های هواشناسی در برخی مناطق کشور؛ از جمله بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی کشور چندان مناسب نیست و فاصله ایستگاه‌ها در این مناطق بسیار زیاد است و با استانداردهای جهانی فاصله زیادی دارند (رضیئی و فتاحی، ۱۳۹۰). بنابراین، این امر لزوم دسترسی به پایگاه‌های داده‌های مناسب را ایجاب می‌کند. این مهم بویژه در مورد سنجه بارش که یک متغیر سرکش است، بسیار حائز اهمیت است. در این پژوهش از مقادیر بارش برآورد شده پایگاه‌های بارش جهانی و منطقه‌ای طرح آب وهوا شناسی بارش جهانی، مرکز آب وهوا شناسی بارش جهانی، افروdit ویرایش *V1101* با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی، افروdit ویرایش *V1101* با تفکیک مکانی ۰/۵ درجه قوسی و افروdit ویرایش *V1003* با تفکیک مکانی ۰/۲۵ درجه قوسی برای ایران استفاده شد و با مقادیر بارش ثبت شده بر روی ایستگاه‌ها و مقادیر برآورده شده پایگاه داده اسفزاری مقایسه شد. همچنین، بر روی مقادیر ماهانه و سالانه بارش ایران پایگاه‌های مختلف تحلیل روند به روش ناپارامتریک من‌کندال انجام شد و نرخ روند به کمک آزمون شیب سن برآورد شد. یافته‌ها نشان داد که همبستگی و ارتباط معناداری بین برآورد بارش سالانه و ماهانه ایران مربوط به پایگاه‌های جهانی و منطقه‌ای بارش با پایگاه داده بارش اسفزاری و ایستگاهی وجود دارد. این ارتباط برای پایگاه داده بارش اسفزاری نسبت به پایگاه داده ایستگاهی بیشتر است. اگرچه رفتار سری زمانی مقادیر بارش سالانه کشور و نوسان‌های آن هماهنگ با رفتار سری زمانی سایر پایگاه‌های داده بارش است؛ ولی مقادیر بارش آنها با هم متفاوت است. علت اختلاف بین مقادیر برآورد شده میانگین سالانه و ماهانه پایگاه داده بارش ایستگاهی با سایر پایگاه‌های داده بارش مربوط به پراکنش نامنظم ایستگاه‌های برگزیده شده و محدود بودن تعداد آنها برای پهنه وسیع ایران با تغییرات مکانی و رژیم دریافتی متفاوت است. به‌طور کلی، ارتباط دو پایگاه داده بارش اسفزاری و ایستگاهی با سایر پایگاه‌ها در ماه‌های مرطوب سال بیشتر از ماه‌های خشک است. پایگاه داده بارش اسفزاری بیشترین همبستگی را با پایگاه داده مرکز آب وهوا شناسی بارش جهانی نشان می‌دهد. در مرتبه دوم این پایگاه بیشترین همبستگی را با طرح آب وهوا شناسی بارش جهانی دارد. برآورد میانگین بارش سالانه این دو پایگاه طی دوره زمانی مورد مطالعه با برآورد میانگین بارش سالانه پایگاه داده اسفزاری بسیار نزدیک است.

جدول ۱۰) روند و مقادیر نرخ شیب برای بارش ایران براساس پایگاه داده اسفزاری

ماه	آماره	معداری	Q	Qmin%99	Qmax%99	Qmin%95	Qmax%95
ژانویه	۰/۰۰۵		-۰/۰۳۹	-۱/۲۳۳	۱/۴۵۸	-۰/۸۹۴	۱/۰۹
فوریه	-۱/۴۵		-۰/۵۹۸	-۲/۰۵۵	۰/۸۶۷	-۱/۶۷۵	۰/۴۰۵
مارس	-۱/۴۱		-۰/۶۳۱	-۱/۷۵۶	۰/۴۵۳	-۱/۵۵۳	۰/۱۶
آوریل	۰/۴۴		۰/۲۰۹	-۰/۷۷۱	۱/۱۸۶	-۰/۵۳۴	۱/۰۰۳
می	-۲/۲	*	-۰/۴۷۸	-۰/۸۸۷	۰/۲۰۸	-۰/۷۲۷	-۰/۰۳۲
ژوئن	-۰/۶۶		-۰/۰۵۴	-۰/۲۶۵	۰/۱۲۹	-۰/۲۲۷	۰/۰۸۵
ژوئیه	۱/۹	+	۰/۱۰۴	-۰/۰۳۹	۰/۲۶۱	-۰/۰۰۱	۰/۲۰۳
اوت	-۰/۷۵		-۰/۰۳۳	-۰/۲۱۷	۰/۰۸۲	-۰/۱۴۸	۰/۰۴
سپتامبر	۰/۲۶		۰/۰۰۹	-۰/۱۰۷	۰/۱۴	-۰/۰۸۸	۰/۰۹۶
اکتبر	-۱/۵۹		-۰/۱۹۷	-۰/۴۷۲	۰/۱۶۲	-۰/۳۷۷	۰/۰۶۶
نوامبر	۰/۲۲		۰/۱۱۹	-۰/۱۹۰۷	۱/۱۰۴	-۰/۶۲۶	۰/۸۱۳
دسامبر	۰/۳۵		۰/۲۵۲	-۱/۵۸۲	۱/۵۸۵	-۱/۱۱۸	۱/۲۷۸
سالانه	-۱/۱۹		-۱/۹۳۱	-۶/۲۱	۱/۵۱	-۴/۷۵	۰/۸۰

+روند در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است. * روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

نتایج حاصل از تحلیل روند بر روی سری‌های زمانی ماهانه و سالانه بارش پهنه ایران زمین نشان داد که هماهنگی بسیار خوبی بین یافته‌های حاصل برای پایگاه‌های جهانی و منطقه‌ای مورد مطالعه با پایگاه داده اسفزاری وجود دارد. روند تغییرات بارش مربوط به ماه‌های می و ژوئیه ایران به لحاظ آماری معنادار است. در ماه می بارش دریافتی کشور روند کاهشی و در ماه ژوئیه روند افزایشی و مثبتی را نشان می‌دهد. برای کل پایگاه‌های داده بارش سالانه کشور رو به کاهش است. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان گفت که دقت پایگاه داده بارش اسفزاری بسیار زیاد است و هماهنگی بسیار خوبی با سایر پایگاه‌های داده بارش نشان می‌دهد. همچنین، بر پایه یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که برای واکاوی رفتار مکانی- زمانی بارش و بسیار دیگری از ویژگی‌های بارش ایران، استفاده و به‌کارگیری از داده‌های بارش پایگاه‌های جهانی و منطقه‌ای بارش؛ بویژه دو پایگاه داده بارش مرکز آب و هوا شناسی بارش جهانی و طرح آب و هوا شناسی بارش جهانی که هماهنگی و ارتباط بسیار مناسبی با پایگاه داده بارش اسفزاری دارند، می‌تواند بسیار مفید و سودمند باشند.

جدول (۱۱) روند و مقادیر نرخ شیب برای بارش ایران براساس پایگاه داده ایستگاهی

ماه	آماره	معناداری	Q	$Q_{min\%99}$	$Q_{max\%99}$	$Q_{min\%95}$	$Q_{max\%95}$
ژانویه	-۰/۵۷		-۰/۱۹۳	-۱/۲۰۳	۱/۰۳۱	-۱/۰۶۱	۰/۶۱۲
فوریه	-۱/۷۶	+	-۰/۷۹۹	-۲/۱۲۳	۰/۵۷۴	-۱/۷۸۶	۰/۱۵۸
مارس	-۱/۶۸	+	-۰/۵۹۴	-۱/۴۷۶	۰/۴۹۵	-۱/۱۵۶	۰/۱۰۷
آوریل	۱/۰۶		۰/۴۶۶	-۰/۶۸۵	۱/۵۸۸	-۰/۴۲۱	۱/۳۳۶
می	-۱/۱		-۰/۳۴۷	-۰/۹۲۱	۰/۵۵۲	-۰/۷۵۶	۰/۳۸۳
ژوئن	۰/۲۶		۰/۰۴	-۰/۳۷۳	۰/۵۲۵	-۰/۲۶۱	۰/۳۶۱
ژوئیه	۰/۷۹		۰/۱۳۳	-۰/۲۲۷	۰/۶۰۱	-۰/۰۹۸	۰/۴۲۸
اوت	-۱/۳۲		-۰/۱۷۲	-۰/۵۹۹	۰/۲۴۶	-۰/۴۹	۰/۱۳
سپتامبر	۱/۵۴		۰/۴۰۱	-۰/۲۹۶	۱/۰۱۸	-۰/۱۱۳	۰/۸۲۳
اکتبر	-۰/۷۵		-۰/۲۷۷	-۱/۴۲۱	۰/۶۹۷	-۱/۱۱	-۰/۴۹۱
نوامبر	۱/۱۵		۰/۷۶۴	-۱/۰۷	۲/۱۸۹	-۰/۵۹۵	۱/۸۳
دسامبر	۰/۲۶		۰/۱۸۳	-۱/۲۶۴	۱/۸۵۸	-۰/۸۷۳	۱/۴۸۳
سالانه	-۰/۵۷		-۰/۸۹۷	-۴/۳۷	۲/۸۱	-۳/۶	۱/۷۷

+روند در سطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است. * روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنادار است.

منابع

- ۱- جهانبخش، سعید و ترابی، سیما. (۱۳۸۳). بررسی و پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، ش ۱۹، صص ۱۰۴-۱۲۵.
- ۲- رضی، طیب و فتاحی، ابراهیم. (۱۳۹۰). ارزیابی کاربرد داده‌های بارش *NCEP/NCAR* در پایش خشکسالی ایران، مجله فیزیک زمین و فضا، ش ۲، صص ۲۲۵-۲۴۷.
- ۳- کاووسی، امیر و مشکاتی، سید محمدرضا. (۱۳۸۶). پهنه‌بندی و تحلیل فضایی بارش آب و هوای ایران، محیط شناسی، ش ۳۳، صص ۳۱-۴۰.
- ۴- کتیرایی، پری شیما؛ حجام، سهراب و ایران‌نژاد، پرویز. (۱۳۸۶). سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱، مجله فیزیک زمین و فضا، ش ۳۳، صص ۶۷-۸۳.
- ۵- محمدی، بختیار. (۱۳۹۰). تحلیل روند بارش سالانه ایران، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، ش ۳، صص ۹۵-۱۰۶.
- ۶- محمدی، حسین و جاوری، مجید. (۱۳۸۵). تغییرات زمانی بارش ایران، محیط شناسی، ش ۳۲، صص ۸۷-۱۰۰.
- ۷- مسعودیان، سید ابوالفضل و عطایی، هوشمند. (۱۳۸۴). شناسایی فصول بارشی ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، مجله علوم انسانی دانشگاه اصفهان، ش ۱، صص ۱-۱۳.

- ۸- مسعودیان، سید ابوالفضل. (۱۳۸۲). بررسی پراکندگی جغرافیایی بارش در ایران به روش تحلیل عاملی دوران‌یافته، *مجله جغرافیا و توسعه*، ش ۱۳، ۸۹-۷۹.
- ۹- _____ (۱۳۸۴). شناسایی رژیم‌های بارش ایران به روش تحلیل خوشه‌ای، *پژوهش‌های جغرافیایی*، ش ۵۲، ۴۷-۵۹.
- ۱۰- _____ (۱۳۸۳). روند بارش در نیم سده گذشته، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ش ۲، صص ۶۳-۷۲.
- ۱۱- مسعودیان، سید ابوالفضل و دارند، محمد. (۱۳۹۲). شناسایی و بررسی تغییرات نمایه‌های بارش فرین ایران طی دهه‌های اخیر، *مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ش ۲۰، صص ۲۳۹-۲۵۷.
- 12- De Wit, A. J. W., H. L. Boogaard, C. A. Van Diepen. (2005). *spatial resolution of precipitation and radiation: The effect on regional crop yield forecasts*. Agric. Forest Meteor. 135, 156–168.
- 13- Diro, G. T., Grimes, D. I. F., Black, E., O'Neill, A., and Pardo-Iguezquiza, E. (2009). *Evaluation of reanalysis rainfall estimates over Ethiopia*, Int. J. Climatol., 29, 67–78.
- 14- Domroes, M., Kaviani, M., and Schaefer, D. (1998). *An analysis of regional and intra-annual precipitation variability over Iran using multivariate statistical methods*, Theor. Appl. Climatol., 61 (3–4), 151–159.
- 15- Gottschalck, J., J. Meng, M. Rodell, P. Houser. (2005). *Analysis of multiple precipitation products and preliminary assessment of their impact on global land data assimilation system land surface states*. J. Hydrometeor. 6, 573–598.
- 16- Legates, D. R., C. J. Willmott. (1990). *Mean seasonal and spatial variability in gauge-corrected, global precipitation*. Int. J. Climatol. 10, 111–127.
- 17- Margulis, S. A., D. Entekhabi, D. McLaughlin. (2006). *Spatiotemporal disaggregation of remotely sensed precipitation for ensemble hydrologic modeling and data assimilation*. J. Hydrometeor. 7 511–533.
- 18- Rudolf, B., F. Rubel. (2005). *Global Precipitation*. – In: HANTEL, M. (Ed.): *Observed Global Climate. New Series on Landolt-Börnstein, Numerical Data and Functional Relationships*, Springer, Berlin. 1, 1–11.

