

ارزیابی تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران

امیرحسین حلبیان^۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۹/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۴/۸

چکیده:

در این پژوهش، به منظور واکاوی تغییرات مکانی و زمانی بارش ایران، از داده‌های پایگاه داده GPCC که دارای تفکیک مکانی $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ درجه است، در یک دوره ۴۰ ساله (۱۹۷۴-۲۰۱۳) استفاده شده است. نخست برای تحلیل مکانی بارش، از داده‌های استخراج شده از این فراورده بارشی میانگین سالانه، فصلی و ماهانه تهیه و سپس با روش IDW در نرم‌افزار GIS، ۱۷ نقشه میانگین برای بارش تولید شد. برای بررسی زمانی بارش با استفاده از میانگین وزنی داده‌های بارش، ۱۷ نمودار سری زمانی تهیه و معناداری روند سری‌های زمانی نیز از طریق آزمون ناپارامتری من-کندال در سطح ۹۵ درصد آزمون شد. نتایج پژوهش نشان داد که میانگین بارش یاخته‌ای کشور $255/22$ میلی‌متر است. بیشینه بارش در سواحل و کرانه‌های غربی دریای خزر و ارتفاعات زاگرس و کمینه بارش عمدتاً در بخش‌های مرکزی و شرقی و جنوب شرقی کشور مشاهده می‌شود. در عین حال، هرچه از سمت شمال، شمال غرب و غرب کشور به سمت بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی پیش رویم، از میزان بارش سالانه نیز کاسته می‌شود. فصل زمستان با میانگین یاخته‌ای بارش $79/6$ میلی‌متر و فصل تابستان با میانگین $11/5$ میلی‌متر، به ترتیب پربارش‌ترین و کم‌بارش‌ترین فصل‌های ایران هستند. بیشینه بارش فصل زمستان در کشور منطبق بر کرانه‌های غربی خزر و قله ارتفاعات زاگرس در غرب کشور است. این در حالی است که کمینه بارش در این فصل بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی کشور را دربرمی‌گیرد. واکاوی نقشه‌های ماهانه بارش ایران نیز حاکی از دو گروه زمانی بارش است: ماه‌های نوامبر (آبان)، دسامبر (آذر)، ژانویه (دی)، فوریه (بهمن)، مارس (اسفند) و آوریل (فرودین) با میانگین بارش بیش از $23/3$ میلی‌متر، پربارش‌ترین ماه‌های سال و ماه‌های می (اردیبهشت)، ژوئن (خرداد)، جولای (تیر)، آگوست (مرداد)، سپتامبر (شهریور) و اکتبر (مهر) کم‌بارش‌ترین ماه‌های سال هستند. در سری زمانی بارش سالانه ایران در سطح اطمینان ۹۵ درصد، بارش روندی معنادار و کاهشی از خود نشان می‌دهد. در این سری زمانی، روند سالانه بارش در ایران از سال ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۳ کاهشی است. در سری‌های زمانی فصلی، فصل زمستان روندی معنادار و کاهشی دارد، ولی در فصول بهار و تابستان و پاییز، فرض وجود روند تأیید نشد. بررسی و تحلیل روند بارش ایران در سری‌های زمانی ماهانه نیز حکایت از فقدان معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارد.

واژه‌های کلیدی: بارش، واکاوی مکانی-زمانی، روند، من-کندال، GPCC، ایران.

مقدمه

یکی از عوامل سازنده محیط زیست و شاید از اساسی ترین آن‌ها اقلیم است. شناخت اقلیم در بررسی فعالیت‌های مختلف انسان در زمینه‌های گوناگون چون کشاورزی، محیط زیست، شهرسازی، حمل و نقل، جهانگردی و دیگر کارهای اجتماعی، اقتصادی و بهداشتی، نخستین و ضروری ترین مرحله است؛ چراکه در بین علوم به‌ویژه علوم مربوط به زمین، کمتر دانشی است که به اقلیم‌شناسی نیازمند نباشد (محمدی، ۲۰۱۰). با شناخت ویژگی‌های آب و هوایی می‌توان قابلیت‌های سازگاری انسان در محیط را ارزیابی کرد و متناسب با وضعیت اقلیمی، اشکال مطلوب ساخت‌های فضایی را با ابزار متناسب به‌وجود آورد. ارزیابی محدودیت‌هایی که اقلیم محل بر برنامه‌ریزی زمین مورد نظر ایجاد می‌کند، مستلزم جمع‌آوری اطلاعات خاصی است که به شناسایی دقیق اقلیم منجر شود که بعد از شناسایی دقیق، می‌توان از پتانسیل‌های موجود در جهت رفع یا کم‌رنگ نمودن محدودیت‌ها استفاده کرد. امروزه نیز محققان همواره اقلیم را به‌عنوان یکی از اجزای اصلی چشم‌انداز نگریسته و مطالعه ویژگی‌های آب و هوا را به‌صورت علمی و دقیق، وجه همت خویش ساخته‌اند (مربانجی، ۲۰۱۲). کشور ایران به‌لحاظ موقعیت ویژه جغرافیایی، نیازمند برنامه‌ریزی‌های گسترده‌ای در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و... است. این برنامه‌ریزی بدون شناخت اقلیم و پهنه‌بندی اقلیمی و بدون در نظر گرفتن توزیع زمانی و مکانی عناصر آب و هوایی، موفق به‌نظر نمی‌رسد.

بارش یکی از پیچیده‌ترین و اتفاقی‌ترین پدیده‌های طبیعی است. در واقع، تأثیر عوامل محسوس و یا غیر محسوس آن چنان در ایجاد حادثه دخیل است که این روند را از یک نظام قانونمند روشن به‌سوی یک پدیده پیچیده و آشوبناک سوق داده است. بارش یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی مهیایی (توان) بالقوه منابع آب است، اما توزیع زمانی و مکانی آن بسیار ناهمگن است و به همین دلیل، توزیع منابع آب کشور نیز یکنواخت نیست (مسعودیان، ۲۰۱۱). از آنجایی که هر نوع برنامه‌ریزی در رابطه با مدیریت منابع آب و توسعه اقتصادی و اجتماعی و یا حتی پیش‌بینی‌های جوی، نیازمند شناخت پارامترهای اقلیمی و سامانه‌های ایجادکننده آن است، بررسی

تغییرات مکانی و زمانی بارش کشور می‌تواند راهگشای برنامه‌ریزی‌های ملی و منطقه‌ای و محلی در ایران باشد؛ از این رو شناسایی ویژگی‌های بارش ایران مورد توجه قرار گرفت تا شاید کمکی در جهت شناسایی بهتر اقلیم کشور فراهم آورد.

ادبیات اقلیم‌شناسی در خصوص فراسنج بارش حاوی پژوهش‌های برجسته‌ای است؛ از جمله: ویلموت^۱ (۱۹۷۸) با استفاده از داده‌های بارش ماهانه ده‌ساله در کالیفرنیا و با روش p و تجزیه مؤلفه‌های اصلی، چهار ناحیه بارشی را شناسایی نمود. دروسدوسکی^۲ (۱۹۹۳) با بهره‌گیری از روش مؤلفه‌های اصلی، هشت ناحیه بارشی را در استرالیا شناسایی کرد. یونکاسلویک و رادینوویک^۳ (۲۰۰۰)، به تحلیل آماری بارش ماهانه و بیشینه روزانه در بلغراد در طی سال‌های ۱۸۸۸-۱۹۹۵ پرداختند و به این نتایج رسیدند که بین بارش بیشینه روزانه و میانگین ماهانه در بلغراد، ضریب همبستگی بالایی وجود دارد و هر دو با همدیگر به‌صورت خطی افزایش می‌یابند. موسمن و همکاران^۴ (۲۰۰۴) ضمن بررسی روند بارش تابستانه در اسپانیا در بازه زمانی ۱۹۶۱-۱۹۹۰ روند قابل ملاحظه‌ای را در منطقه وسیعی از مین‌لند اسپانیا نشان دادند. گمر و همکاران^۵ (۲۰۰۴) روندهای بارش ماهانه را در چین در طی دوره ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۲ مورد بررسی قرار دادند. آنان مشخص کردند که روند در ماه‌های خاصی وجود دارد و به‌خوبی در قسمت‌های شرقی و شمال شرقی چین قابل مشاهده است. تورگی و ارکن^۶ (۲۰۰۵) میانگین روند سالانه و ماهیانه بارش را با آزمون‌های ناپارامتری من-کندال^۷ و آزمون سن^۸ در ترکیه بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داد که روندهای قابل توجهی به‌خصوص در ماه‌های ژانویه و فوریه و سپتامبر و میانگین سالانه در این منطقه وجود دارد. جایا و اردن^۹ و همکاران (۲۰۰۵) روند بارش سالانه را در سریلانکا طی قرن اخیر با استفاده از داده‌های ثبت‌شده در ۱۵ ایستگاه هواشناسی بررسی کردند. در این مطالعه، یک روند

1. Will mottt
2. Drosdowsky
3. Unkasšević & Radinovic
4. Mosmann
5. Gemmer
6. Turgay & Ercan
7. Man-Kendall nonparametric methods
8. Sen
9. Jayawardene

بر اساس فاصله معکوس^۷ استفاده کردند. نتایج آشکار ساخت که تغییرات مکانی روند بسیار زیاد و قابل توجه است. چس و ش^۸ و همکاران (۲۰۱۰) به بررسی منابع آب زیرزمینی در ناحیه Pyrenees-Orientales فرانسه و تغییرات اقلیمی پرداختند. پژوهشگران برای یافتن روند در دمای ماهیانه و سالانه، بارش، تبخیر و تعرق بالقوه با استفاده از داده‌های ایستگاه‌های هواشناسی و پایگاه فضایی درون‌یابی آب‌وهوایی فرانسه^۹ در دوره آماری ۱۹۷۰-۲۰۰۶ با بهره‌گیری از روش من-کنندال، به بررسی محلی روند پرداختند. وان^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۱) به منظور بررسی روند مکانی بارش در فلات لس‌چین، ضمن استفاده از داده‌های روزانه ۱۰۰ ایستگاه هواشناسی در این منطقه در دوره ۱۹۵۷-۲۰۰۹، از روش‌های ناپارامتری من-کنندال و سن برای تعیین روند بارش استفاده کردند. بررسی‌ها نشان داد که تغییرات معنی‌داری با آزمون من-کنندال در بارش این منطقه وجود ندارد. گندمکار و همکاران (۲۰۱۱) ضمن بررسی سه پارامتر بارش سالانه، درجه حرارت حداقل و حداکثر در ۳۶ ایستگاه سینوپتیک و اقلیم‌شناسی طی دوره ۱۹۵۶-۲۰۰۵ در حوضه سفیدرود با روش من-کنندال به این نتیجه رسیدند که دماهای متوسط دارای روند افزایشی و متوسط بارش دارای روند کاهشی است. کیم و جین^{۱۱} (۲۰۱۱) اندازه‌روند و فراوانی بارش را در پنج حوضه اصلی شبه‌جزیره کره با شناسایی منابع رطوبتی (گردبادی و غیرگردبادی) بررسی کردند. مطالعه آنان نشان داد که در دوره ۱۹۶۶-۲۰۰۷ گردبادها عامل ۲۱ تا ۲۶ بارش‌های فصلی هستند. مندل^{۱۲} و همکاران (۲۰۱۲) به مطالعه روند تغییرات بارش روزانه حوضه رودخانه اوريسا در نواحی ساحلی ترکیه، با آزمون من-کنندال در دوره زمانی ۱۹۷۱-۲۰۱۰ پرداختند. نتایج حاکی از افزایش روند بارش در برخی ماه‌ها بود. هارتمن و آندرسکی^{۱۳} (۲۰۱۳) با آزمون ناپارامتریک من-کنندال در دوره زمانی ۱۹۵۱-۲۰۱۰، روند بارش را در حوضه رودخانه

افزایشی قابل توجه با نرخ ۳/۱۵ میلی‌متر در سال در کلومبو و یک روند کاهشی با نرخ ۴/۸۷ و ۲/۸۸ میلی‌متر در سال به ترتیب در نوآرا لیا و کندی دیده شد. جیانگ^۱ و همکاران (۲۰۰۷)، تغییرات زمانی مکانی بارش را در دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۰ در حوضه رودخانه یانگ تسه با روش من-کنندال و رگرسیون بررسی کردند. نتایج حاکی از افزایش قابل ملاحظه بارش در تابستان ۱۹۹۰ بود. امپیتیاواتا و شنگلیان^۲ (۲۰۰۹) روند بارش سالانه و ماهیانه را با آزمون آماری من-کنندال در حوضه کالوگنگا در سریلانکا بررسی کردند. بر اساس این پژوهش، روند منفی بارش سالانه در تمامی ایستگاه‌های مورد بررسی، نمودی آشکار داشت. در این منطقه، ماه‌های آوریل و آگوست شدیدترین روند کاهشی و ماه‌های جولای و نوامبر شدیدترین روند افزایشی را داشتند. مامدوف^۳ و همکاران (۲۰۰۹) تغییرات جاری رژیم بارش را در ۴۰ ایستگاه هواشناسی طی سال‌های ۱۹۹۱-۲۰۰۶ در آذربایجان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش حاکی از کاهش مقدار بارش در دوره گرم سال (آوریل-اکتبر) بود. بالوین^۴ و همکاران (۲۰۰۹) به مقایسه داده‌های بارش روزانه و ماهانه پایگاه داده GPCP و ایستگاه‌های عرض‌های بالا پرداختند. ایندرا نی و تابا^۵ (۲۰۰۹) روند بارش‌های حداکثری فصول زمستان، بهار و پاییز را در دوره زمانی ۱۹۵۴ تا ۲۰۰۳ در هند با آزمون من-کنندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که بارش‌های حداکثری فصل بهار روندی کاهشی دارند.

جوآنمرد و همکاران (۲۰۱۰) ضمن مقایسه داده‌های شبکه‌ای با برآورد بارش ماهواره TRMM بر روی ایران، به این نتیجه رسیدند که توزیع مکانی میانگین سالانه و فصلی بارش در هر دو پایگاه داده در دوره زمانی ۱۹۹۸-۲۰۰۶، دو الگوی اصلی بارش در طول دریای خزر و بر روی ناهمواری‌های زاگرس را آشکار می‌کند. دولوئیس^۶ و همکاران (۲۰۱۰) از داده‌های ۱۱۱۳ ایستگاه بارش ماهانه دوره ۱۹۵۱-۲۰۰۰ برای تعیین روند سالانه بارش استفاده و برای نمایش توزیع فضایی نتایج حاصل از روندهای شناسایی شده، از روش میان‌یابی به روش وزندهی

7. Inverse Distance Weighted

8. Chaouche

9. SAFRAN

10. Wan

11. Loess

12. Kim & Jain

13. Mondall

14. Hartman & Andresky

1. Jiang

2. Ampitiyawatta & ShenglianGuo

3. Mamedov

4. Bolvin

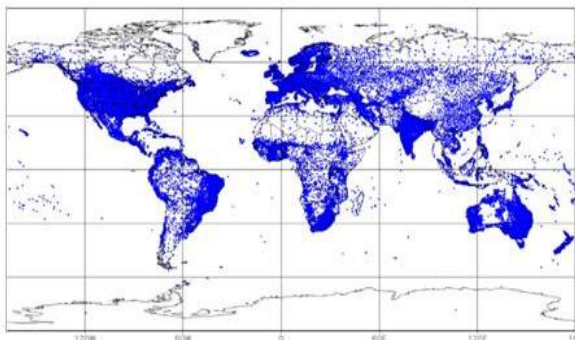
5. Indrani & Tabbaa

6. De Luis

ایندوس مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی افزایش روند

مواد و روش‌ها

بارش را در مناطق کوهستانی شمال غربی و شرقی و کاهش روند بارش را که قابل ملاحظه نبود، در شمال شرقی حوضه نشان داد. روی و روآلت^۱ (۲۰۱۳) الگوهای مکانی روند فصلی بارش‌های شدید ساعتی را در دوره ۱۹۹۸-۲۰۰۷ در افریقای جنوبی مطالعه کردند. نتایج نشان داد که روند مثبت عمدتاً در طول تابستان است و قوی‌ترین روند در مناطق ساحلی جنوب شرقی متمرکز است. اما تغییرات مکانی روند در طول فصل تابستان حالت عکس پیدا کرده است و روند منفی را در نواحی ساحلی نشان می‌دهد. زاهدی و همکاران (۲۰۰۸) به شناسایی تغییرات بارش سالانه شمال غرب ایران در مقیاس زمانی و مکانی پرداختند. نتایج این پژوهش نشان داد که شمال غرب ایران در سطح خطای ۰/۰۵ ناحیه‌ای با تغییرات بارز بلندمدت بارشی محسوب نمی‌شود. همچنین مشخص شد که رابطه کاهش بارش و ضریب تغییرات مستقیم بوده و نواحی دارای نظام بارشی غیریکنواخت کاهش بیشتری را تجربه کرده‌اند. محمدی (۲۰۱۲) روند بارش ایران را با استفاده از داده‌های ۱۴۳۷ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی طی یک دوره ۴۰ ساله (۱۹۶۵-۲۰۰۳) بررسی کرد و با استفاده از روش آماری ناپارامتری من‌کنندال معنی‌داری روند میانگین بارش و با استفاده از روش برآوردکننده شیب خط سن، میزان شیب خط روند را آزمون کرد. نتایج این پژوهش نشان داد که در سری‌های زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌ای بارش ایران، روند افزایشی یا کاهش معنی‌داری در سطوح اطمینان ۹۹ درصد و ۹۵ درصد وجود ندارد. با این حال، میانگین ایستگاهی بارش ایران به‌طور متوسط در هر سال، در حدود ۰/۶۴ میلی‌متر و میانگین یاخته‌ای بارش ایران نیز در حدود ۰/۵ میلی‌متر کاهش یافته است.



شکل (۱): پراکنش ایستگاه‌های به‌کارگرفته‌شده در تازه‌ترین نسخه GPCP (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcp.html>)

صحت داده‌های این فرآورده بارشی قبلاً توسط مسعودیان و همکاران (۲۰۱۴) و کیخسروی کیانی (۲۰۱۲) مورد بررسی قرار گرفته که نشان می‌دهد که داده‌های GPCP از ضریب اطمینان بالایی برخوردار است؛ به‌گونه‌ای که ضریب همبستگی حاصل از مقایسه یاخته‌ای بارش GPCP و داده‌های ایستگاهی ایران موسوم به اسفزاری بیش از ۸۰ درصد است. بنابراین با توجه به این همبستگی نیرومند و تعدد بسیار زیاد

از آنجاکه سرزمین ایران در منطقه خشک واقع شده و بارش آن در مقایسه با میانگین بارش جهانی ناچیز است، پراکنش مکانی و زمانی آن تأثیر بسزایی در شکل‌گیری چشم‌اندازهای جغرافیایی کشور داشته و بنیادهای زندگی را در این گستره متأثر می‌سازد. در این ارتباط، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و واکاوی تغییرات مکانی و زمانی بارش در این قلمرو جغرافیایی

از آنجاکه سرزمین ایران در منطقه خشک واقع شده و بارش آن در مقایسه با میانگین بارش جهانی ناچیز است، پراکنش مکانی و زمانی آن تأثیر بسزایی در شکل‌گیری چشم‌اندازهای جغرافیایی کشور داشته و بنیادهای زندگی را در این گستره متأثر می‌سازد. در این ارتباط، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی و واکاوی تغییرات مکانی و زمانی بارش در این قلمرو جغرافیایی

3. Global Precipitation Climatology Center
4. The World Climate Research Program

1. Roy & Rouault

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (3)$$

۲. محاسبه پراش توسط یکی از فرمول‌های (۴) و (۵):

اگر $n > 10$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t(t-1)(2t+5)}{18}$$

اگر $n \leq 10$

فرمول (۵):

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$

که n تعداد داده‌ها و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان است.

۳. استخراج آماره Z به کمک فرمول (۶):

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

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه (۷) برقرار باشد.

$$|Z| \leq Z \alpha / 2 \quad (7)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_α آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌دار α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است. در بررسی حاضر، این آزمون برای سطح اعتماد ۹۵ درصد به کار گرفته شد. در صورتی که آماره Z مثبت باشد، روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود (ویوکاناندان، ۲۰۰۷).

نتایج

بارش مهم‌ترین فراسنج اقلیمی است که میزان آن در ابعاد زمان

ایستگاه‌های استفاده‌شده در پایگاه داده شبکه‌ای بارش GPCC با اطمینان بیشتری می‌توان از داده‌های شبکه‌ای این پایگاه داده استفاده کرد.

در این پژوهش، از داده‌های بارش ماهانه پایگاه داده GPCC که دارای تفکیک مکانی 0.5×0.5 درجه است، در یک دوره ۴۰ ساله (۱۹۷۴-۲۰۱۳) استفاده شده است. در ابتدا به منظور بررسی مکانی بارش با کدنویسی (برنامه‌نویسی) در محیط نرم‌افزار Matlab از داده‌های استخراج‌شده از این فرآورده بارشی، میانگین سالانه، فصلی و ماهانه تهیه و سپس با استفاده از روش IDW در نرم‌افزار GIS، نقشه‌های هفده‌گانه (۱ سال، ۴ فصل و ۱۲ ماه) بارش به صورت خطوط همچند تولید شد. برای بررسی زمانی بارش با استفاده از میانگین وزنی داده‌های بارش ۱۷ نمودار سری زمانی (۱ سال، ۴ فصل و ۱۲ ماه) تهیه و معناداری روند سری‌های زمانی نیز از طریق آزمون ناپارامتری من-کندال در سطح ۹۵ درصد آزمون شد.

الف. برای محاسبه میانگین وزنی بارش از فرمول (۱) استفاده شد:

$$Pw_i = \frac{1}{\sum w_j} \sum_{j=1}^n P_{ij} w_j \quad (1)$$

P_{ij} : بارش روز i ام بر روی یاخته j ام

w_j : مساحت یاخته j ام

Pw_i : میانگین وزنی بارش روز i ام

ب. آزمون ناپارامتری من-کندال

مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

۱. محاسبه اختلاف بین تک تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع علامت^۱ و استخراج پارامتر s به شرح فرمول (۲):

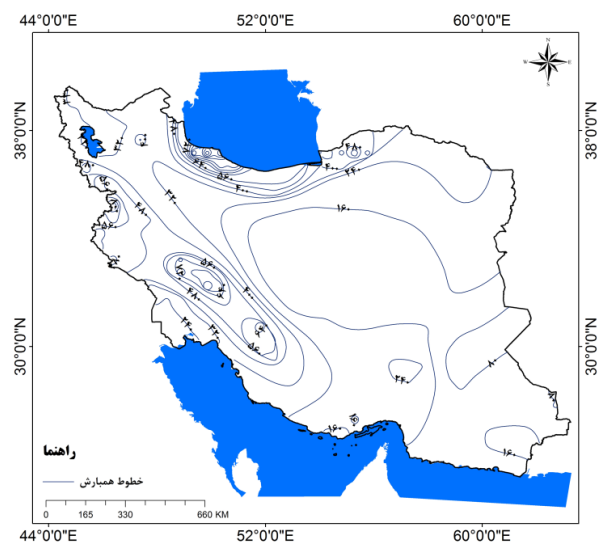
$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (2)$$

که n تعداد جملات سری، X_j و X_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری هستند. تابع علامت نیز به شرح فرمول (۳) قابل محاسبه است:

مقدار ریزش‌های جوی و زمان بارش متفاوت باشد. نکته درخور توجه در شکل (۲)، عدم انطباق محور بارش بر محور ناهمواری در توده کوهستانی زاگرس علی‌رغم پیروی منحنی‌های همبارش از پیکربندی توپوگرافی است؛ زیرا توده‌های هوایی که در قالب سامانه‌های غربی و جنوب غربی وارد ایران می‌شود، غالباً دارای آن‌چنان ظرفیت و غنای رطوبتی نیستند که با وجود صعود چندین هزار متری، کماکان حاوی رطوبت لازم برای تداوم بارش در این قلمرو کوهستانی پیوسته باشند.

رژیم بارش نماینده توزیع نسبی بارش در بین ماه‌ها یا فصول مختلف سال است و نسبت به مقدار بارش از پایایی زمانی و مکانی بالاتری برخوردار است (مسعودیان، ۲۰۱۱). براساس پژوهش، رژیم‌های بارش در ایران از نظر نسبت بارش فصلی با یکدیگر تفاوت دارند. فصل زمستان با میانگین بارش ۷۹/۶ میلی‌متر و فصل تابستان با میانگین ۱۱/۵ میلی‌متر، به ترتیب پربارش‌ترین و کم‌بارش‌ترین فصل‌های ایران هستند. از مزیت‌های بارش فصل زمستان، پراکنده بودن آن در تمام مناطق کشور است؛ اما بارش تابستانه تنها قسمت‌های شمالی و بعضاً شرق کشور را پوشش می‌دهد. به عبارت دیگر در فصل تابستان، قلمرو وسیعی از کشور هیچ بارشی دریافت نمی‌کند. بیشینه بارش فصل زمستان در کشور منطبق بر کرانه‌های غربی خزر و قله ارتفاعات زاگرس در غرب کشور است. این در حالی است که کمینه بارش در این فصل بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی کشور را دربرمی‌گیرد. در فصل تابستان، تمرکز بیشینه بارش بیشتر در کرانه‌ها و پس‌کرانه‌های خزر و کمینه بارش در جنوب شرق کشور و توده‌های کوهستانی هزار و لاله‌زار است. در فصل پاییز به‌عنوان دومین فصل پربارش کشور با میانگین ۷۰/۵ میلی‌متر بیشینه بارش کماکان در کرانه‌های غربی توده آبی خزر و پس از آن به ترتیب در پس‌کرانه‌های باختری این دریا و چکادهای ارتفاعات زاگرس قرار دارد. در فصل بهار، با میانگین بارش ۵۳/۷ میلی‌متر به‌عنوان سومین فصل پربارش، بیشینه بارش به ترتیب در قسمت‌های شمال غربی و ارتفاعات زاگرس و کمینه بارش در بخش‌های مرکزی، شرقی و کرانه‌های جنوبی کشور است (شکل‌های ۳-۶).

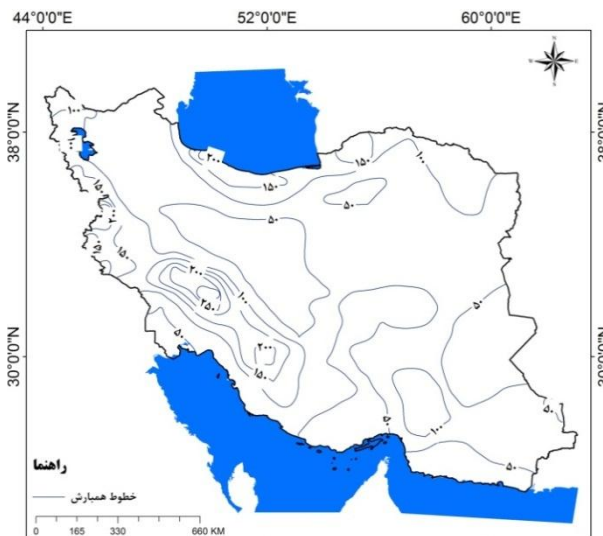
و مکان، پیوسته دستخوش تغییر است. براساس این پژوهش، میانگین بارش سالانه کشور ۲۵۵/۲۲ میلی‌متر است. با توجه به نقشه (۲)، بیشینه بارش در سواحل و کرانه‌های غربی دریای خزر و ارتفاعات زاگرس و کمینه بارش عمدتاً در بخش‌های مرکزی و شرقی و جنوب شرقی کشور مشاهده می‌شود. بر این اساس، خطوط همبارش بیشینه (بیش از ۶۴۰ میلی‌متر) بیشتر در کرانه‌های غربی توده آبی خزر و چکادهای زاگرس گسترده شده‌اند. پس از این قلمرو، پس‌کرانه‌های غربی و کرانه‌های جنوبی خزر با خط همبارش ۵۶۰ میلی‌متر به‌عنوان دومین منطقه پربارش کشور قرار گرفته است. به عبارت دیگر، میزان بارش در کرانه‌های توده آبی خزر، به‌خصوص در قسمت‌های غربی، متأثر از عامل فاصله از دریا است؛ به‌گونه‌ای که با افزایش فاصله از دریا مقدار بارش دچار نقصان آشکار می‌شود. نکته دیگر اینکه هرچه از سمت شمال، شمال غرب و غرب کشور به سمت بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی پیش رویم، از میزان بارش سالانه نیز کاسته می‌شود. به نظر می‌رسد که همبارش ۲۴۰ میلی‌متر تقریباً مرز بین پهنه‌های کم‌بارش و پربارش ایران را تشکیل می‌دهد (شکل ۲).



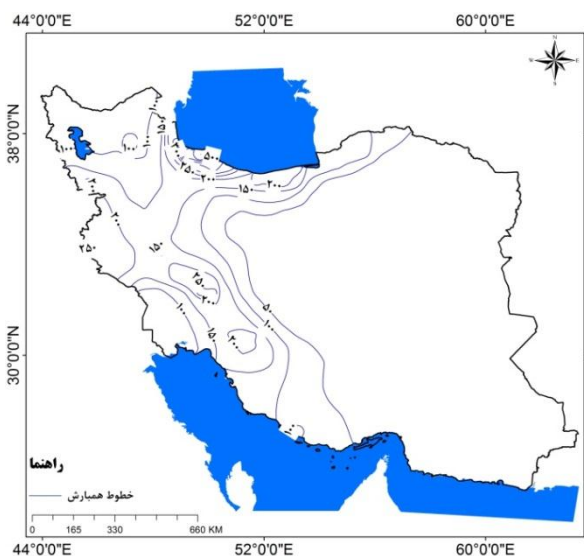
شکل (۲): میانگین بارش سالانه ایران

در عین حال، پراکنش مکانی نابرابر بارش که بر روی کشور نمودی آشکار دارد، از یک سو به طبیعت رفتار مکانی بارش بازمی‌گردد که اساساً متغیری سرکش است و تغییرات مکانی شدیدی را از خود نشان می‌دهد و از سوی دیگر، تنوع منشأ بارش در نقاط مختلف ایران سبب شده است تا در هر منطقه،

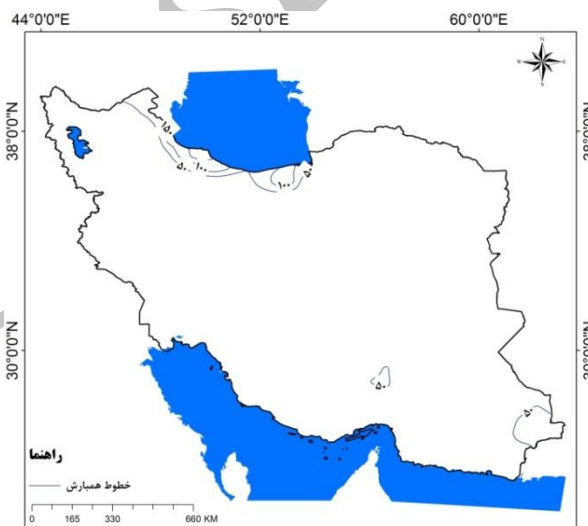
را دربرمی‌گیرد. در این ماه، اغلب پهنه‌های جغرافیایی ایران بارش های ۴۰ میلی‌متر و کمتر دریافت می‌کنند. کم‌بارش‌ترین ماه ایران، اگوست با میانگین بارش ۳/۵ میلی‌متر است (شکل ۱۴). در این ماه، خط همبارش ۴۰ میلی‌متر منطبق بر کرانه‌های غربی خزر است. پس از آن، همبارش ۳۰ میلی‌متری کرانه‌ها و پس‌کرانه‌های شرقی و پس‌کرانه‌های غربی توده‌آبی خزر را دربرمی‌گیرد. در این ماه، قلمرو وسیعی از گستره جغرافیایی ایران از نبود و فقر بارش رنج می‌برد.



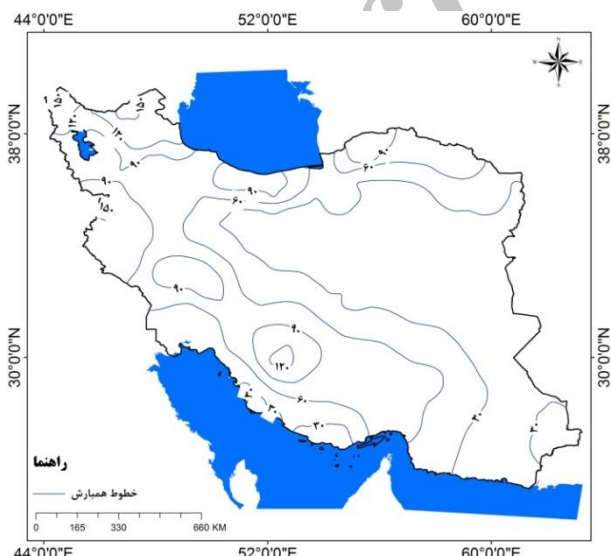
شکل (۳): میانگین بارش فصل زمستان در ایران



شکل (۵): میانگین بارش فصل پاییز در ایران

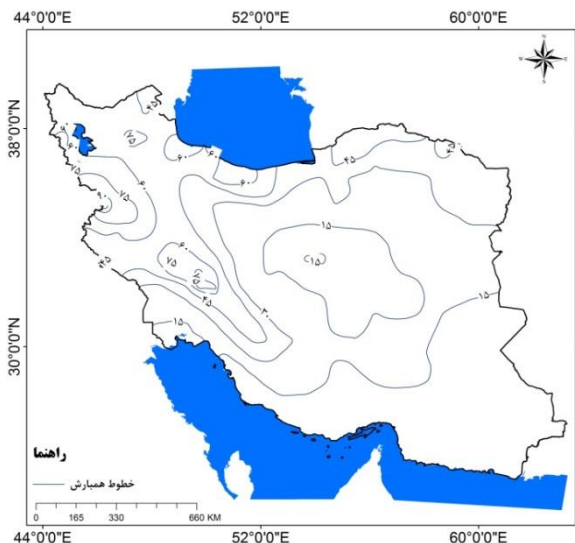


شکل شماره (۴) میانگین بارش فصل تابستان در ایران

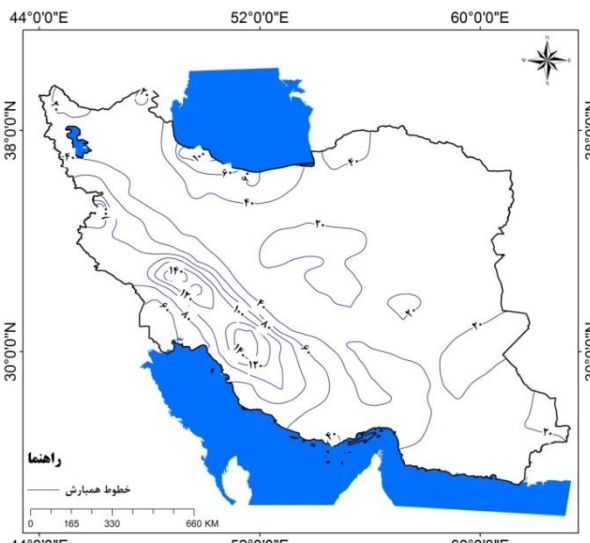


شکل (۶): میانگین بارش فصل بهار در ایران

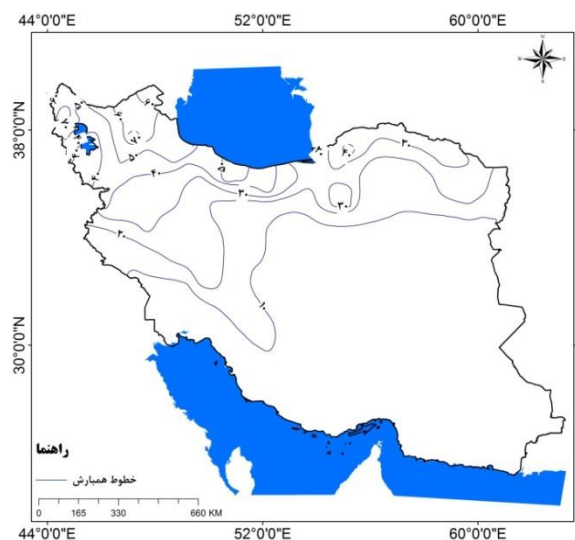
واکاوای نقشه‌های ماهانه بارش ایران حاکی از دو گروه زمانی بارش است: ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس و آوریل با میانگین بارش بیش از ۲۳/۳ میلی‌متر پر بارش‌ترین ماه‌های سال و ماه‌های می، ژوئن، جولای، اگوست، سپتامبر و اکتبر کم‌بارش‌ترین ماه‌های سال هستند. مرطوب‌ترین ماه در این سرزمین، مارس با میانگین ۴۳ میلی‌متر است (شکل ۹). در این ماه، خط همبارش ۱۴۰ میلی‌متری، بزرگ‌ترین همبارشی است که می‌توان آن را در بخش‌های غربی سندج مشاهده کرد. پس از آن به ترتیب خط همبارش ۱۰۰-۱۲۰ میلی‌متری چکادهای ارتفاعات زاگرس و همبارش ۸۰ میلی‌متری دامنه‌های زاگرس و سواحل غربی پهنه آبی خزر



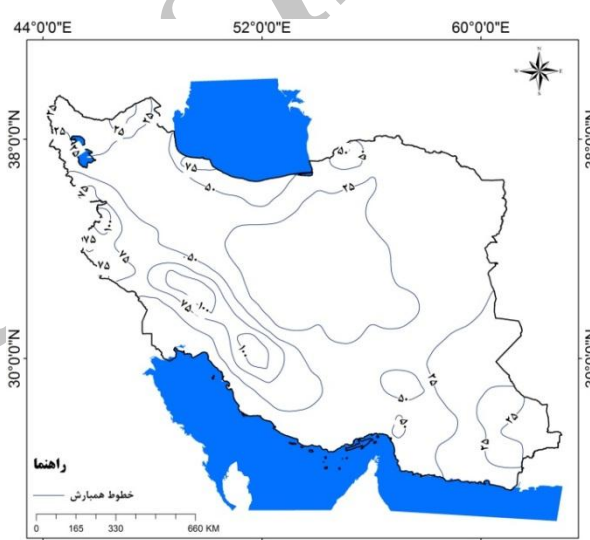
شکل (۱۰): میانگین بارش ماه آوریل در ایران



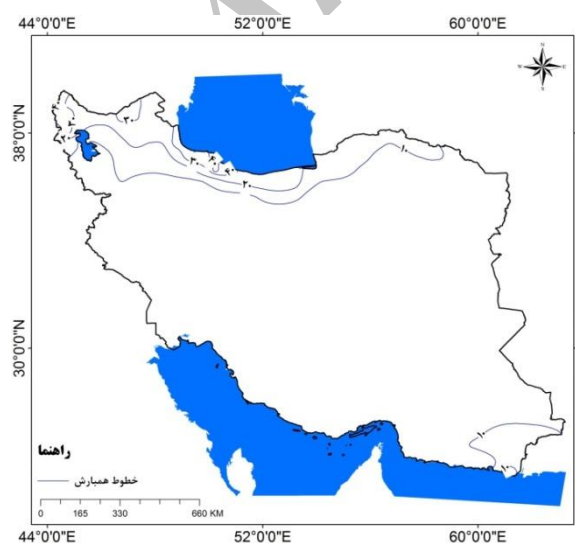
شکل (۷): میانگین بارش ماه ژانویه در ایران



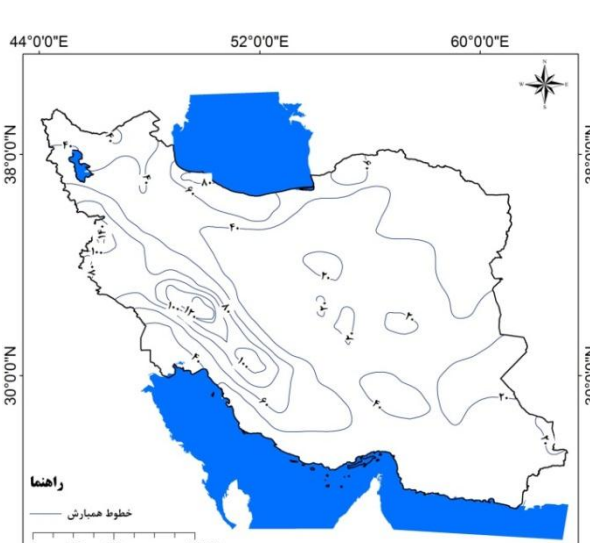
شکل (۱۱): میانگین بارش ماه می در ایران



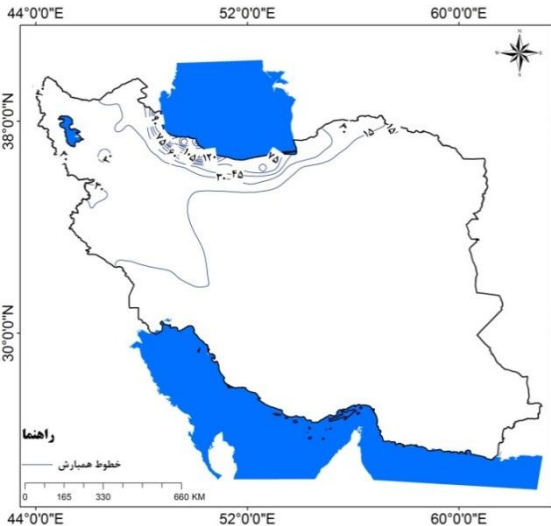
شکل (۸): میانگین بارش ماه فوریه در ایران



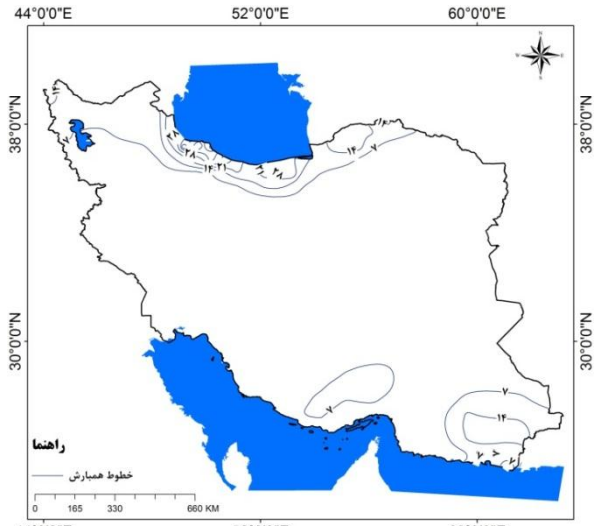
شکل (۱۲): میانگین بارش ماه ژوئن در ایران



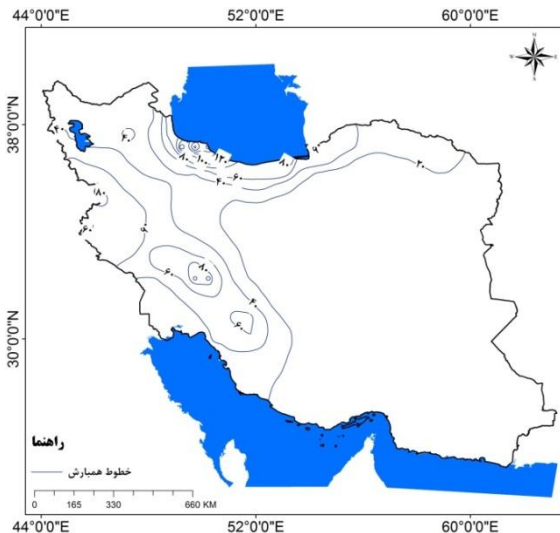
شکل (۹): میانگین بارش ماه مارس در ایران



شکل (۱۶): میانگین بارش ماه اکتبر در ایران



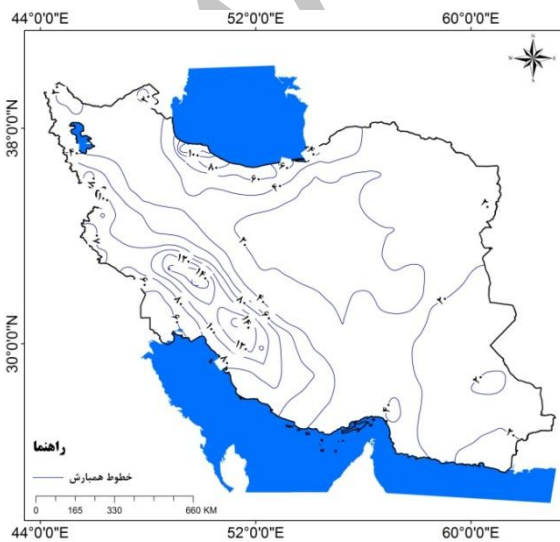
شکل (۱۳): میانگین بارش ماه جولای در ایران



شکل (۱۷): میانگین بارش ماه نوامبر در ایران



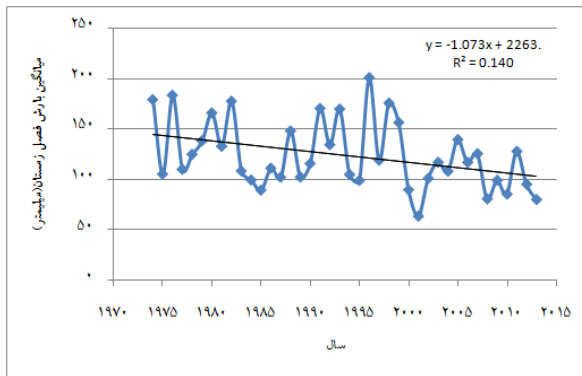
شکل (۱۴): میانگین بارش ماه اگوست در ایران



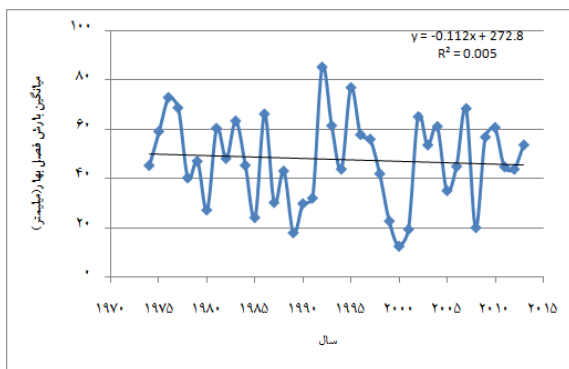
شکل (۱۸): میانگین بارش ماه دسامبر در ایران



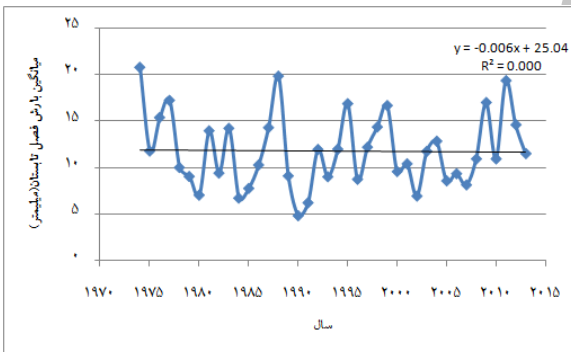
شکل (۱۵): میانگین بارش ماه سپتامبر در ایران



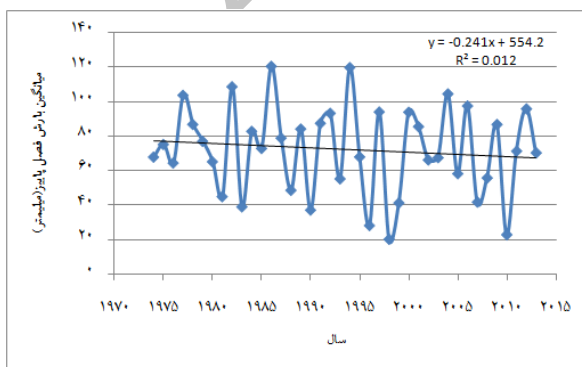
شکل (۲۰): سری زمانی بارش زمستانه ایران



شکل (۲۱): سری زمانی بارش بهاره ایران

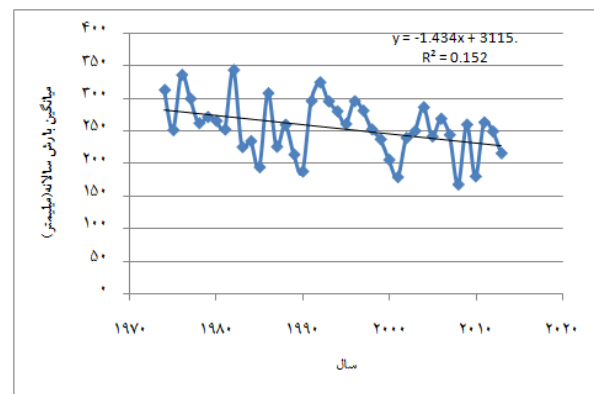


شکل (۲۲): سری زمانی بارش تابستانه ایران

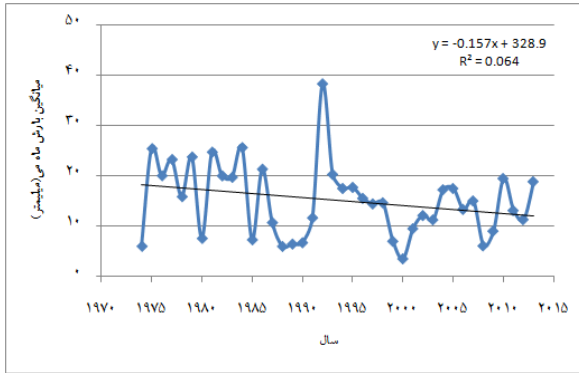


شکل (۲۳): سری زمانی بارش پاییزه ایران

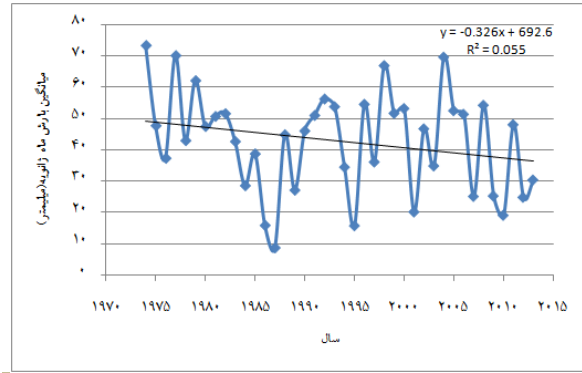
به منظور بررسی و تحلیل روند زمانی بارش در ایران زمین سری های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه، محاسبه، ترسیم و در ادامه با روش ناپارامتری من-کندال روند افزایشی یا کاهششی در سطح اطمینان ۹۵ درصد آزمون شد. آنچه در پی می آید، نتایج حاصل از این بررسی است. در سری زمانی سالانه سرزمین ایران، بارش روندی معنادار و کاهششی از خود نشان می دهد. در این سری زمانی، روند سالانه بارش در ایران از سال ۱۹۹۲-۲۰۱۳ کاهششی است. بیشینه بارش سالانه ایران زمین در بازه زمانی مطالعاتی دارای مقداری برابر با ۳۴۳/۶۴۲ میلی متر در سال ۱۹۸۲ است؛ این در حالی است که کمینه بارش در همین دوره زمانی، مقداری برابر با ۱۶۷/۲۲۳ میلی متر را در سال ۲۰۰۸ نشان می دهد (شکل ۱۹ و جدول ۱). واکاوی سری های زمانی فصلی در ایران زمین پس از انجام آزمون من-کندال نیز آشکار ساخت که تنها بارش فصل زمستان، روندی معنادار و کاهششی دارد. این در حالی است که در فصول بهار، تابستان و پاییز فرض وجود روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید نشد (اشکال ۲۰-۲۳ و جدول ۱). بررسی و تحلیل روند بارش ایران در سری های زمانی ماهانه نیز حکایت از فقدان معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد دارد (اشکال ۲۴-۳۵ و جدول ۱).



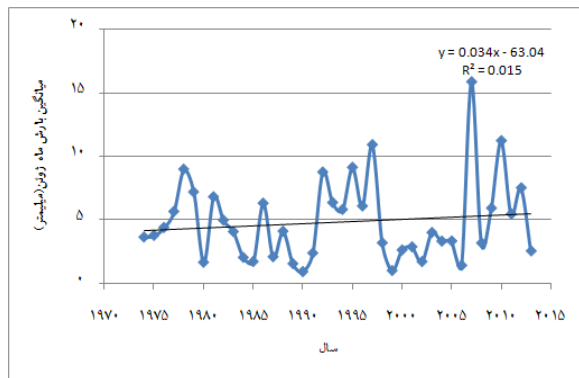
شکل (۱۹): سری زمانی بارش سالانه ایران



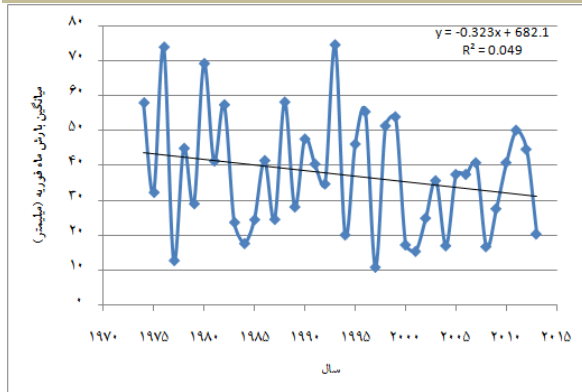
شکل (۲۸): سری زمانی بارش می ایران



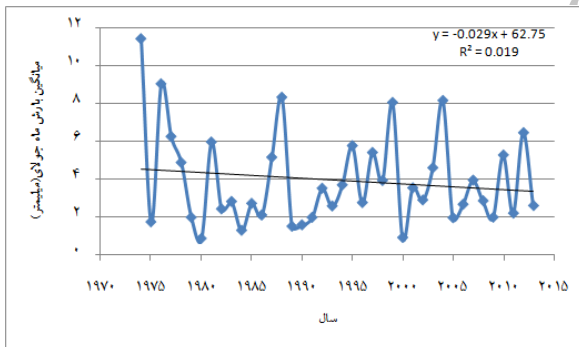
شکل (۲۴): سری زمانی بارش ژانویه ایران



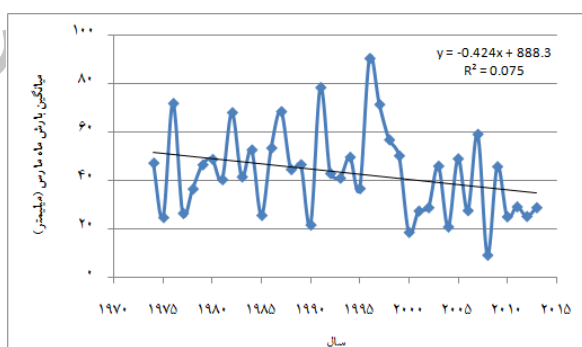
شکل (۲۹): سری زمانی بارش ژوئن ایران



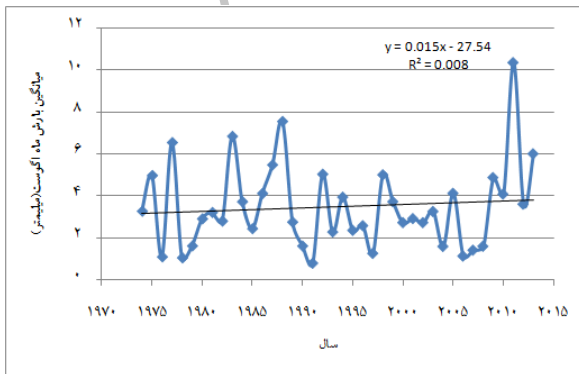
شکل (۲۵): سری زمانی بارش فوریه ایران



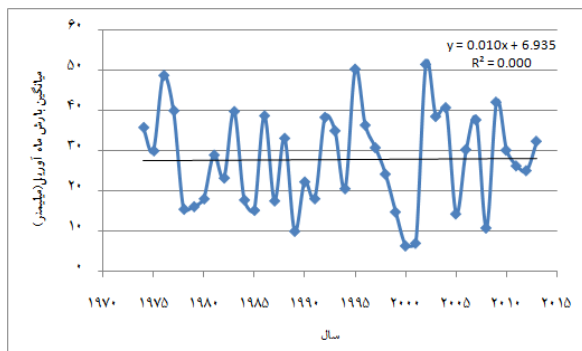
شکل (۳۰): سری زمانی بارش جولای ایران



شکل (۲۶): سری زمانی بارش مارس ایران



شکل (۳۱): سری زمانی بارش اگوست ایران



شکل (۲۷): سری زمانی بارش آوریل ایران

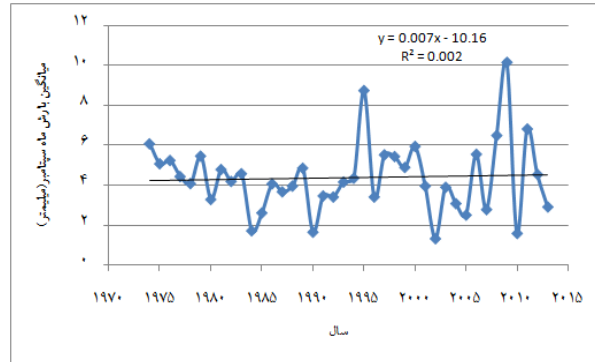
جدول (۱): نتایج آزمون من-کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد

فرض صفر: تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها.
فرض یک: (رد فرض صفر) وجود روند در سری داده‌ها. چنانچه $|Z| \leq 1.96$ باشد، فرض صفر تأیید می‌شود.

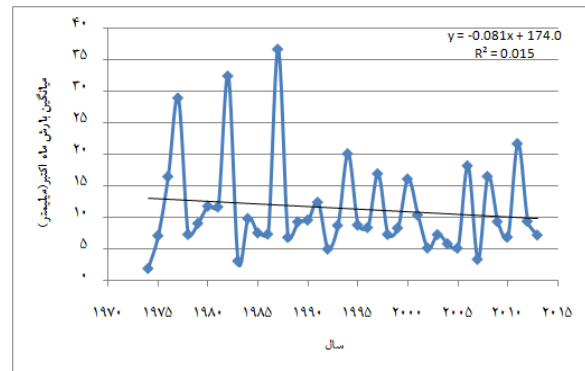
سری	سطح اطمینان ۹۵ درصد
سالانه	$-2/43507 \leq 1/96$
زمستان	$-2/03227 \leq 1/96$
بهار	$-0/72581 \leq 1/96$
تابستان	$0/096775 \leq 1/96$
پاییز	$-0/26613 \leq 1/96$
ژانویه	$-1/20006 \leq 1/96$
فوریه	$-1/06024 \leq 1/96$
مارس	$-1/45638 \leq 1/96$
آوریل	$0 \leq 1/96$
می	$-1/6661 \leq 1/96$
ژوئن	$0/174766 \leq 1/96$
جولای	$0/104859 \leq 1/96$
اگوست	$0/267974 \leq 1/96$
سپتامبر	$-0/5243 \leq 1/96$
اکتبر	$-0/47769 \leq 1/96$
نوامبر	$1/200057 \leq 1/96$
زمستان	$-1/43308 \leq 1/96$

بحث و نتیجه‌گیری

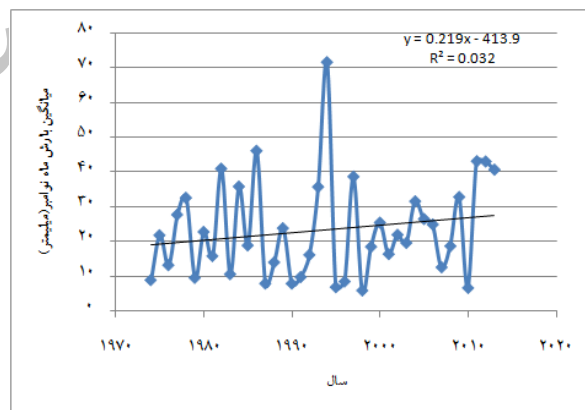
نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین یاخته‌ای بارش سالانه کشور در بازه زمانی مطالعاتی، ۲۵۵/۲۲ میلی‌متر است. این موضوع با پژوهش مسعودیان (۲۰۱۱) که میانگین بارش سالانه ایران را حدود ۲۵۰ میلی‌متر برآورد کرده است، تقریباً مطابقت دارد و نشان از ضریب اطمینان بالای پایگاه داده GPCP دارد. براساس دستاوردهای این پژوهش، بیشینه بارش در سواحل و کرانه‌های غربی دریای خزر و چکادهای زاگرس (با بیش از ۶۴۰ میلی‌متر) و پس از آن در پس‌کرانه‌های غربی و کرانه‌های جنوبی خزر (با میزان بارش ۵۶۰ میلی‌متر) و کمینه بارش عمدتاً در بخش‌های مرکزی و



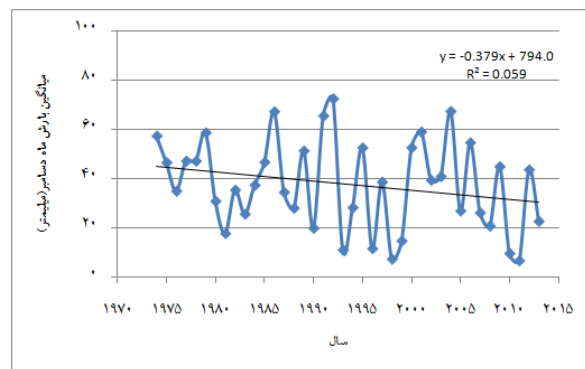
شکل (۳۲): سری زمانی بارش سپتامبر ایران



شکل (۳۳): سری زمانی بارش اکتبر ایران



شکل (۳۴): سری زمانی بارش نوامبر ایران



شکل (۳۵): سری زمانی بارش دسامبر ایران

است. تحلیل نقشه‌های توزیع ماهانه بارش ایران زمین نیز نشان از دو گروه زمانی بارش دارد: ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس و آوریل با میانگین بارش بیش از ۲۳/۳ میلی‌متر پربارش‌ترین ماه‌های سال و ماه‌های می، ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر کم‌بارش‌ترین ماه‌های سال هستند.

تحلیل روند زمانی بارش در ایران زمین با آماره من-کندال نیز حاکی از روند معنادار و کاهشی بارش سالانه در این گستره جغرافیایی است. در این سری زمانی، روند سالانه بارش در ایران از سال ۱۹۹۲-۲۰۱۳ کاهشی است. این مسئله با پژوهش محمدی (۲۰۱۲) که در سری زمانی بارش سالانه ایران، روند معناداری را تشخیص نداده متفاوت است. واکاوی سری‌های زمانی بارش فصلی در ایران نیز آشکار ساخت که تنها بارش زمستانه، روندی معنادار و کاهشی دارد؛ این در حالی است که در فصول بهار و پاییز علی‌رغم آهنگ کاهشی بارش در طول سری فرض وجود روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد تأیید نشد. تحلیل روند بارش ماهانه ایران نیز نشان داد که هیچ‌گونه معناداری در روند در سطح اطمینان ۹۵ درصد مشاهده نمی‌شود.

شرقی و جنوب شرقی کشور مشاهده می‌شود. این مسئله نیز با پژوهش جوانمرد و همکاران (۲۰۱۰) که از نظر توزیع مکانی، معتقد به دو الگوی اصلی بارش در طول دریای خزر و بر روی ناهمواری‌های زاگرس هستند، مطابقت دارد. نکته دیگر اینکه با پیشروی از سمت شمال، شمال غرب و غرب کشور به سمت بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی، از میزان بارش سالانه ایران نیز کاسته می‌شود. به نظر می‌رسد که همبارش ۲۴۰ میلی‌متر تقریباً مرز بین پهنه‌های کم‌بارش و پربارش ایران را تشکیل می‌دهد. این موضوع نیز با تحقیقات مسعودیان (۲۰۱۱) که همبارش ۲۵۰ میلی‌متر را مرز میان مناطق کم‌بارش و پربارش ایران می‌داند، تفاوت چندانی ندارد. از نظر فصلی، زمستان با میانگین یاخته‌ای بارش ۷۹/۶ میلی‌متر و تابستان با میانگین ۱۱/۵ میلی‌متر، به ترتیب پربارش‌ترین و کم‌بارش‌ترین فصل‌های ایران هستند. بیشینه بارش زمستانه، کرانه‌های غربی خزر و قله ارتفاعات زاگرس در غرب کشور را دربرمی‌گیرد. این در حالی است که کمینه بارش در این فصل بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی کشور را شامل می‌شود. در فصل تابستان، بیشینه بارش بیشتر منطبق بر کرانه‌ها و پس‌کرانه‌های خزر و کمینه بارش نیز منطبق جنوب شرق کشور و توده‌های کوهستانی هزار و لاله‌زار

منابع

1. Ampitiyawatta, A.D., ShenglianGuo, 2009. precipitation trends in the kalu Ganga basin in srilanka, The Journal of Agricultural Science, vol.4, no.1: 10-18.
2. Baldwin, M.E, and S.Lakshmivarahan, 2009. Rainfall classification using histogram analysis: An example of data mining in meteorology. Technical Report, School of Computer Science, University of Oklahoma, Norman, Ok.
3. Chauuche, K. Luc Neppel, Claudine Dieulin, Nicolas Pujol, Bernard Ladouche, Eric Martin, Dallas Salas, Yvan Caballero, 2010, Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change. C. R. Geoscience 342 (2010) 234-243.
4. DE LUIS. M, Raventos. J.C, Hidalgo. Gonzalez and Longares. L.A, 2010. Is rainfall erosivity increasing in the Mediterranean Iberian Peninsula? Land degradation & development, 21: 139-144.
5. Drosdowsky Wasyl. 1993. An analysis of Australian seasonal rainfall anomalies 1950-1987. Inter journal climatological. Vol 13.
6. Gandomkar, A. Soltani Gord faramarzi, T. Safaripour Chafi, P. Amani, A.R, 2011. Analysis of Precipitation and Temperature Trends in Sefid-Roud Basin; World Academy of Science, Engineering and Technology 59 2011.
7. Gemmer, M., S. Becker, T. Jiang, 2004. Observed monthly precipitation trends in

- China 1951–2002, *Theor. Appl. Climatol.* 77, 39–45.
8. Hartman, H., Andresky, L., 2013. flooding in Indus River Basin – A Spatiotemporal Analysis of Precipitation Records, Global and planetary change, Available online 12 April 2013.
 9. IndraniPal, Abir Al-Tabbaa, 2009. Trends in seasonal precipitation extremes – An indicator of ‘climate change’ in Kerala, India, *Journal of Hydrology* 367: 62–69.
 10. Javanmard, S., Yatagai, A., Nodzu, M. I., Bodaghjamali, J., Kawamoto, H. 2010. Comparing high-resolution gridded precipitation data with satellite rainfall estimates of TRMM_3B42 over Iran, *Advances in Geosciences*, Volume 25, pp.119-125.
 11. Jayawardene, H.K.W.I., D.U.J. Sonnadara, and D.R. Jayawardene, 2005. Trends of Rainfall in Sri Lanka over the Last Century, *Sri Lankan Journal of Physics*, Vol. 6 : 7-17.
 12. Jiang, T., Su, B., Hartmann, H., 2007. Temporal and spatial trends of precipitation and river flow in the Yangtze River Basin, 1961–2000, *Geomorphology*, Volume 85, Issues 3–4, 143–154.
 13. Kim, J. S. and Jain, S., 2011. Precipitation trends over the Korean peninsula: typhoon-induced changes and a typology for characterizing climate-related risk, *Environ. Res. Lett.* 6,034033:1-6.
 14. Keykhosravi kiani, M.S., 2012. Comparative analysis of gird data of Asfzari precipitation and GPCC and GPCP, M.Sc. thesis, University of Isfahan. 88 pp.
 15. Mamedov, R.M., Safarov, S.G., Safarov, E.S., 2009. Current changes of the atmospheric precipitation regime on the territory of Azerbaijan, *Geography and Natural resources*, Volume 30, Issue 9, PP 403-407.
 16. Masoodian, A., 2011. Climate of Iran, Sharieh toos, Mashhad, Iran.
 17. Masoodian, A., Keykhosravi kiani, M.S., Rayatpishe, F., 2014. Introduction and Comparison of Asfzari precipitation database and GPCC, GPCP and CMAP Database, *Journal of geographical research* 12, 73-87.
 18. Merianji, Z., 2012. Variability of precipitation regim in Iran, ph.D thesis, University of Isfahan.
 19. Mohamadi, B., 2012. Trend analysis of annual rainfall over Iran, *Journal of Geography and environmental planning* 22 (3), 95-106.
 20. Mohamadi, H., 2010. Applied climatology, Tehran University, Tehran.
 21. Mondal, A; S. Kundu, A. Mukhopadhyay, 2012, rainfall trend analysis by mann-kendall test: a case study of north-eastern part of cuttack district, orissa; *International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences*; Vol. 2 (1) January-April, pp.70-78.
 22. Mosmann, V., Castro, A., Fraile, R., Dessens, J., Sanchez, J., 2004. Detection of statistically trends in summer precipitation of mainland Spain, *Atmospheric research*, 70, 1, 43-53.
 23. Sen Roy, S., Rouault, M., 2013. Spatial Pattern of seasonal scale trends in extreme hourly precipitation in South Africa, *Applied Geography*, 39, 151-157.
 24. Turgay, P. and Ercan K. 2005. Trend Analysis in Turkish Precipitation data, *Hydrological Processes*, vol. 20, Issue 9, pp.2011-2026.
 25. Unkaslevic, M and Radinovic, D., 2000. Statistical Analysis of Daily Maximum and Monthly Precipitation at Belgrade, *J. Theor and Applied Climatol*, 66: 241-249.
 26. Vivekanandan, N., 2007. Analysis of trend in rainfall using Non Parametric statistical methods, international symposium on rainfall rate and radio wave propagation, American institute of physics. P: 101-113.
 27. Wan, L, Zhang. X.P, Ma. Q, Sun. Y.P, Ma. T.Y, Zhang. J.J., 2011. spatiotemporal trends of precipitation on the loess Plateau of china, 19th International Congress on Modelling and Simulation, Perth, Australia, 12–16.
 28. Will mottt. C. J., 1978. P-mode principal components analysis, grouping and precipitation regions in California, archive for meteo. Ser. B. Vol 26. No 4.

29. Zahedi, M., Sarisaraf, B., Jamei, J., 2008. Analysis of precipitation spatial and temporal change in north west of Iran, Journal of Geography and planning 25, 93-106.
30. <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.gpcp.html>

Archive of SID

Assesment of Spatial- Temporal Changes of Precipitation in Iran

Amir Hossein Halabian¹

Received: 28/6/2016

Accepted: 20/12/2016

Abstract

In this research, for analysis the spatial- temporal changes of precipitation in Iran, the monthly data of GPCC data base in the spatial resolution of $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ during 40 years period (1974- 2013) have been used. In order to analyze the spatial character of precipitation, the mean of annual, seasonal and monthly amounts of precipitation were prepared and then by applying IDW method in GIS, 17 average maps were produced. To examine the temporal trend of precipitation, first 17 graphs were prepared using the weighted amount of precipitation and then the trend was evaluated using Mann-Kendall nonparametric test at 0.95 level of significance. The results from this study indicated that the pixel based precipitation amount is 255.22 mm. the max of precipitation is located on the west shores of the Caspian sea and the highlands of Zagros and the min of precipitation is generally seen at the central, eastern and south-eastern extents of the country. The amount of precipitation is reduced by crossing from north, north-west and west toward central, eastern and southern regions. The winter and summer amounts of precipitation is 79.6 and 11.5 mm and these two seasons are regarded to be the wettest and driest seasons respectively. The max of winter precipitation is seen on the western shores and the peaks of Zagros Mountains while the min precipitation in this season is on the central, eastern and southern areas of the country. The analysis of monthly precipitation maps of the country revealed two temporal groups of precipitation: The months of November, December, February, March and April with the mean precipitation of 23.3 mm are considered the wettest months and the months of May, June, July, August, September and October are the driest months in the country. The examination of annual amounts of precipitation indicated a significant downward trend at 0.95 level of significance. From 1992 to 2013 it has been a decreasing trend in annual amount of precipitation in Iran. Only in winter there has been a significant downward trend and in none of the other seasons no meaningful trend was detected. The analysis of precipitation revealed no significant trend on monthly time series at the 0.95 level of significance.

Keywords: precipitation, spatial- temporal analysis, trend, Mann- Kendall, GPCC, Iran.

1. Associated professor, Geography Department, Faculty of social sciences, Payame- Noor University, Tehran
Email: halabian_a@yahoo.com