

## تحلیل روند بارش کویر مرکزی ایران طی دوره 1951-2007

سعید موحدی<sup>1</sup> / محمود سلطانیان<sup>2\*</sup> / امیرحسین حلییان<sup>3</sup> / جواد پورشهبازی<sup>4</sup>

<sup>1</sup> استادیار دانشکده علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

<sup>2\*</sup> کارشناسی ارشد دانشکده فنی و مهندسی، مؤسسه آموزش عالی امین، فولادشهر، ایران

soltanianmhd@yahoo.com

<sup>3</sup> استادیار دانشکده علوم اجتماعی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

<sup>4</sup> کارشناس ارشد دانشکده فنی و مهندسی، مؤسسه آموزش عالی امین، فولادشهر، ایران

تاریخ پذیرش: 92/3/5

تاریخ دریافت: 91/10/15

### چکیده:

در این پژوهش، روند روزانه و سالانه بارش حوضه کویر مرکزی ایران طی دوره 1951-2007 مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی روند بارش از داده‌های یاخته‌ای بارش روزانه پایگاه داده APHRODIT's با قدرت تفکیک 0/25 درجه بهره گرفته شد. برای مشخص کردن روند بارش در این منطقه از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده گردید. روندها در 3 سطح 90، 95 و 99 درصد مورد آزمون قرار گرفت. بررسی‌های صورت گرفته در این منطقه نشان داد که در سطح اطمینان 99٪، قسمت‌های واقع در کفه‌ها از جمله کویر لوت کاهش بارش و بخش‌های واقع در ارتفاعات از جمله ارتفاعات غربی و شمالی حوضه افزایش بارش داشته‌اند؛ این در حالی است که بیش از 80٪ درصد منطقه هیچ گونه روند معنی‌داری را در بارش سالانه در این دوره 58 ساله نشان نمی‌دهد.

واژه‌های کلیدی: بارش، روند، من-کندال، کویر مرکزی.

## مقدمه

بارش یکی از متغیرهای اساسی برای ارزیابی مهیایی بالقوه منابع آب است، اما توزیع زمانی و مکانی آن بسیار نایکناخت است و به همین دلیل توزیع منابع آب کشور نیز یکنواخت نیست (مسعودیان، 1390، 121). یکی از روش‌های متداول جهت تحلیل سری‌های زمانی هیدرومتئورولوژیکی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری است. اصولاً وجود روند در سری‌های زمانی هیدرومتئورولوژیکی ممکن است ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت‌های انسانی باشد (بروک و کارتز، 1953). اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی بارندگی به تنهایی نمی‌تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد، بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌کند (سیرانو و همکاران، 1999). در زمینه اهمیت تأثیر بارندگی روی سامانه اقلیم، مطالعات متعددی به انجام رسیده است که در این زمینه می‌توان به مطالعات ماتياسوفزسکی و همکاران (1993، 55)، کیلی و همکاران (1998، 270)، تاکیوچی و ایشیداری (2003، 144)، پیکارتا و همکاران (2004، 907)، تورگی و ارکن (2005، 1) اشاره کرد. در کلیه مطالعات فوق، تحلیل روند سری‌های زمانی بارندگی با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری صورت گرفته است.

کمالی (1375) در بررسی‌ای که روی روند بارندگی ایستگاه‌های مختلف ایران طی دوره 1365-1375 انجام داد، نشان داد که روند بارندگی در برخی از نقاط، کاهش و در برخی دیگر افزایشی بوده است. او نشان داد که روند افزایشی در ایران، از فراوانی بیشتری نسبت به روند کاهش بر خوردار بوده است. روشنی (1382) به بررسی چند پارامتر اقلیمی مناطق ساحلی دریای خزر در دوره 1955-1994 با استفاده از روش من-کندال پرداخت و نشان داد که زمان شروع بیشتر تغییرات به صورت ناگهانی است و این تغییرات به دو صورت روند و نوسان ظاهر می‌شوند. عساکره (1382)، در پژوهشی به بررسی آماری روند بارش سالانه تبریز پرداخت؛ نتایج این پژوهش مشخص کرد که روند خطی و نیز روند حاصل از آزمون رتبه‌ای در سطح 5% خطا، معنی‌دار بوده و

بارندگی تبریز، طی 30 سال گذشته، حاوی رفتاری کاهش‌ی بوده است. خلیلی و بذرافشان (1383) روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه 5 ایستگاه قدیمی در طی دوره آماری 1893-2001 را با استفاده از روش پارامتر  $t$ -استیودنت و روش ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصل، وجود هیچ نوع روند معنی‌داری را در سری‌های بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه تأیید نکرد، اما در سری‌های بارش فصلی، هم روند افزایشی و هم روند کاهش‌ی قابل مشاهده بود.

جهانبخش و فویدل (1383)، در پژوهشی به مدل‌سازی روند بارش و پیش‌بینی خشکسالی‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه پرداختند. نتایج حاصل از تحلیل آماری بارش ایستگاه‌ها، بیانگر وجود نوسان‌های شدید بارش سالانه طی دوره آماری 93 ساله می‌باشند که از ویژگی‌های مهم اقلیمی حوضه و ایستگاه‌های آن محسوب می‌شوند. هدف از انجام پژوهش حاضر نیز، تعیین روندهای بارش موجود در سه سطح 90، 95 و 99% است. کنیرایی بروجدی و همکاران (1384) به بررسی روند تغییرات روزانه بارندگی 38 ایستگاه ایران در طی دوره آماری 1960-2001 پرداختند. در این بررسی، از روش ناپارامتری من-کندال برای تحلیل روند بارش کل سالانه، تعداد روزهای بارانی استفاده شد. نتایج حاصل نشان‌دهنده وقوع برخی روندهای افزایشی و کاهش‌ی در بارش کل سالانه در منطقه مورد مطالعه دارد. محمدی (1390)، روند بارش ایران را با استفاده از داده‌های 1437 ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی، طی یک دوره 40 ساله (1434 تا 1382) بررسی کرد، و با استفاده از روش آماری ناپارامتری من-کندال، 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 پیکسلی بارش ایران، روند افزایشی یا کاهش معنی‌داری در سطوح اطمینان 99% و 95% وجود ندارد.

با دمای سطح دریا بررسی کردند. در نهایت، مشخص شد که بسیاری از ایستگاه‌ها تغییرات آماری معنی‌داری در برخی از شاخص‌ها داشته و همچنین الگوی کلی روند بارش‌های فرین همان الگویی بوده که برای مجموع بارش سالانه به دست آمده است. بکر و همکاران<sup>8</sup> (2006)، به تحلیل فضایی زمانی روند بارش در حوضه رودخانه یانگ تسه پرداختند. آن‌ها روند بارش ماهانه 36 ایستگاه واقع در این حوضه را طی 50 سال گذشته با روش من کندانال محاسبه کردند؛ نتایج نشان داد که روند مثبت معنی‌داری در بارش تابستانی اغلب ایستگاه‌ها وجود داشته است.

براهماناندا و همکاران<sup>9</sup> (2006)، به تحلیل روند افزایشی بارش شمال شرق برزیل در ارتباط با خشکسالی‌های منطقه ساهاران پرداختند. نتایج نشان داد که تغییرات بارش دو منطقه با موقعیت منطقه کمربند همگرایی حاره‌ای بر روی اقیانوس اطلس ارتباط دارد. سو و همکاران<sup>10</sup> (2006)، روند دما و بارش فرین در حوضه رودخانه یانگ تسه چین را طی سال‌های 1960 تا 2002 بر اساس داده‌های 108 ایستگاه هواشناسی بررسی کردند. آن‌ها از آزمون روند من-کندانال و رگرسیون خطی برای آشکار کردن روند سالانه و فصلی این رویدادهای فرین استفاده کردند. آزمون روند نشان داد که روند بارش تابستانی در حوضه معنی‌دار بوده است. کروشیت<sup>11</sup> (2007)، تغییرپذیری اقلیم و روند منطقه‌ای بارش را در ایسلند طی سال‌های 1961 تا 2000 مطالعه کرد. وی معتقد است تغییرات درون سالانه در ویژگی‌های بارش می‌تواند با تغییراتی در اندازه، مکان و رخداد سامانه‌های بارشی بزرگ مقیاس که از روی ایسلند عبور می‌کنند، در ارتباط باشد.

سیبیا ساشی و همکاران (2011) روند بارش سالانه را توسط بخش‌های موجک در بخش شمالی ماها راشترا بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که روند افزایشی در بارش سالانه وجود دارد و یک دوره بازگشت 4 تا 8 ساله با سطح اطمینان 95 درصد در منطقه مشاهده شده است. آنچه و همکاران<sup>12</sup> (2012) روند بارش‌های شدید را در یک شبکه وسیع در هلند مورد مطالعه قرار دادند و به این نتیجه رسیدند

کارل و نایت<sup>1</sup> (1998)، روند بارش، مقدار، فراوانی و شدت آن را در ایالات متحده آمریکا بررسی کردند. آن‌ها معتقدند که از سال 1910 تا اواخر قرن بیستم، حدود 10 درصد بارش ایالات متحده افزایش یافته است؛ این افزایش در بارش ابتدا در رویدادهای بارش‌های سنگین و فرین روزانه منعکس شده است. اکی نرمی و همکاران<sup>2</sup> (1998)، روند بارش را در 37 ایستگاه واقع در چمنزارهای کانادا را که دارای آمار بارش روزانه بیش از 75 سال بودند، مطالعه کردند؛ آن‌ها بیان کردند که روند بارش و مقدار بارندگی در 75 سال اخیر به طور معنی‌داری در این منطقه به ترتیب  $0/60$  و  $0/62$  میلی‌متر در هر سال افزایش داشته است. هیدالگو و همکاران<sup>3</sup> (2003)، روند روزانه بارش در والنسیای اسپانیا را طی نیمه دوم قرن بیستم بررسی کردند. آن‌ها 10 روز از هر سال را که بیش از 50 درصد میانگین بارش کشور در آن رخ می‌داد، به عنوان بالاترین رویدادهای بارشی انتخاب کردند. کنکل<sup>4</sup> (2003)، روند شاخص‌های بارشی فرین در ایالات متحده را بررسی کرد. تحلیل وی نشان داد که افزایش چشمگیری در فراوانی رویدادهای بارشی فرین در دهه‌های 1920 و 1930 وجود داشته است.

لیبمن و همکاران<sup>5</sup> (2004)، روند بارش را در جنوب آمریکای مرکزی طی سال‌های 1976 تا 1999 بررسی کردند؛ نتایج نشان داد که بزرگ‌ترین روند مثبت در 20 درجه جنوبی طی ماه‌های ژانویه-مارس رخ داده و بر روی جنوب برزیل متمرکز بوده است. گمر و همکاران<sup>6</sup> (2004) رویدادهای بارش ماهانه را در چین در طی دوره 1951 تا 2002 مورد مطالعه قرار دادند و مشخص کردند که این روند به خوبی در ماه‌های خاصی در قسمت‌های شرقی و شمالی شرقی چین قابل مشاهده است. با وجود این، روند مثبت و منفی ماهانه به طور هم‌زمان در مناطق مختلف دیده می‌شود. هایلوک و همکاران<sup>7</sup> (2005)، روند بارش‌های فرین و کل بارش سالانه را در آمریکای جنوبی طی سال‌های 1960 تا 2000 و ارتباط آن را

1. Karl and Knight
2. Akinermi
3. Hidalgo et al
4. Kunkel
5. Leibmann
6. Gemmer
7. Haylock et al

8. Becker et al

9. Brahmananda et al

10. Su et al

11. Crochet

12. Ange et al

فراهم آورده است. در این مورد، داده‌های بارش منطقه از سال 1951 تا 2007 مورد استفاده قرار گرفت. این داده‌های ماتریسی به ابعاد  $1275 \times 20819$  تشکیل دادند که تعداد روزهای مورد مطالعه و 1275 تعداد یاخته‌هایی با اندازه  $0/25$  درجه است. این ماتریس توسط توابعی در نرم‌افزار Matlab با روش Man-Kendall مورد تحلیل قرار گرفت. برای نشان دادن نرمال بودن داده‌های آماری روش‌های متنوعی موجود است که در این پژوهش برای نشان دادن ناپارامتری داده‌ها از دو روش زیر استفاده شد.

1. آزمون کولموگروف-اسمیرنف (در سطح اطمینان 95%) داده‌های بارشی ابتدا با استفاده از روش  $K-S$  test<sup>3</sup> عدم نرمال بودن آن‌ها محرز گردید. جهت بررسی نرمال بودن داده‌ها، میزان Sig متناظر با آن‌ها را بررسی می‌کنیم. چنانچه میزان Sig برای هر کدام از متغیرها بیشتر از 0/05 باشد، نتیجه می‌گیریم که داده‌ها از توزیع نرمال برخوردارند. چون در اینجا حجم نمونه بیش از 50 است، در نتیجه از آزمون کولموگروف-اسمیرنف بهره می‌گیریم. میزان Sig متناظر با متغیر 0/00 در داده‌هاست. نتیجه آزمون نرمال نبودن داده‌ها را تأیید می‌کند (جدول 1).

جدول (1) آزمون نرمال کولموگروف-اسمیرنف			
Kolmogorov-Smirnov			
	Statistic	df	Sig.
بارش	.434	20649	.000

## 2. چولگی<sup>4</sup>

در یک توزیع نرمال، چولگی برابر یا صفر است و انحراف از صفر نشان‌دهنده میزان فاصله از نرمال بودن داده‌های اقلیمی است. در داده‌های نرمال، میانگین و میانه با هم منطبق‌اند و به همین دلیل، توزیع گوسی (نرمال) به شکل زنگ متقارن است. وجود مقادیر بزرگ‌تر قابل جبران برای مقادیر نظیر بزرگ‌تر نیستند و سبب بزرگ‌تر شدن میانگین از میانه می‌شود. در حالت کلی، میزان این انحراف بین 3 تا -3 است (رحیم‌زاده، 1390، 56؛ عباسی و همکاران، 1388، 59). شکل (2) میزان انحراف از نرمال بودن داده‌های بارش را نشان می‌دهد (شکل 2).

که مزیت آزمون من-کندال آن است که می‌تواند روندهای غیر خطی را اصلاح کند. انجل و هاف<sup>1</sup> (2012) روند تغییرات بارش‌های سنگین در 304 ایستگاه در میانه غربی ایالات متحده را بررسی کردند؛ آن‌ها به نقش مهم بارش‌های سنگین در طراحی سازه‌های آبی، کشاورزی، تعدیل هوا، نمایه‌سازی تغییر اقلیم اشاره کردند و همچنین معتقدند که در گذشته، سری زمانی بارش فرین عمدتاً ثابت و بدون روند تصور می‌شد و این فرض برای بخش‌های مختلف میانه غربی ایالات متحده نمی‌تواند درست باشد.

## مواد و روش‌ها

حوضه آبریز کویر مرکزی ایران با مساحت 831102 کیلومتر مربع در خشک‌ترین قسمت ایران واقع شده است. این منطقه در 26 درجه و 33 دقیقه تا 37 درجه و 28 دقیقه عرض شمالی و 48 درجه و 8 دقیقه تا 61 درجه و 25 دقیقه طول شرقی واقع شده است. مرتفع‌ترین نقطه این حوضه، 4471 متر و کم‌ارتفاع‌ترین قسمت آن کمتر از 100 متر است و میانگین بارش سالانه در این منطقه حدود  $23/4$  میلی‌متر است. (شکل 1).



شکل (1): موقعیت منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش، جهت بررسی روند تغییرات بارش کویر مرکزی از داده‌های بارش روزانه پایگاه داده آفرودایت<sup>2</sup> که دارای تفکیک مکانی  $0/25 \times 0/25$  درجه است، در یک دوره 57 ساله (1951-2007) استفاده شده است. این پایگاه بر پایه داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی فراهم شده است. بنیاد پژوهشی سازمان هواشناسی ژاپن از سال 2006 با گردآوری داده‌های بارش از منابع مختلف این پایگاه داده شبکه‌ای را

3. Kolmogorov-Smirnov test

4. Skewness

1. Angel and Huff

2. APHRODITE's Water Resources

(ب) محاسبه واریانس توسط رابطه زیر:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m (i-1)(2i+5)}{18} \quad (4)$$

اگر  $n > 10$ :

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

(ج) استخراج آماره  $Z$  به کمک یکی از روابط زیر:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{for } S > 0 \\ 0 & \text{for } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{for } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

در یک آزمون دو دامنه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه زیر برقرار باشد:

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2}$$

که  $\alpha$  سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و  $Z_{\alpha/2}$  آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری  $\alpha$  می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از  $\alpha/2$  استفاده شده است. در این پژوهش، این آزمون برای سطوح اطمینان 90% و 95% و 99% استفاده شده است. در صورتی که آماره  $Z$  مثبت باشد، روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

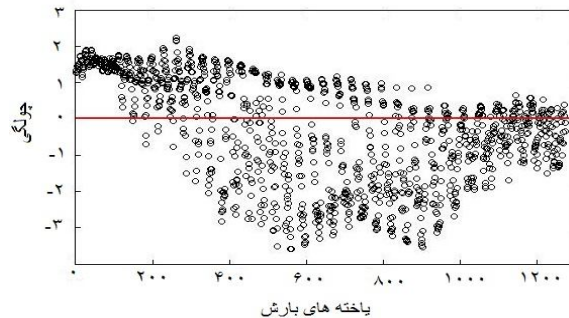
### بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش با توجه بررسی‌های صورت گرفته بر روی داده‌های مورد استفاده مشخص شد که در دوره 58 ساله در سه سطح 90، 95 و 99 درصد در برخی مناطق روندی مثبت و در برخی دیگر مناطق روندی منفی وجود دارد.

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که در سطح 90 درصد حدود 17 درصد از مساحت منطقه افزایش بارش داشته و حدود 9/3 درصد از این منطقه کاهش بارش را نشان می‌دهد؛ از طرفی بیش از 70 درصد منطقه هیچ تغییری در بارش را نشان نمی‌دهد. سطح اطمینان 95 درصد نشان می‌دهد بیش از 17/5 درصد از مساحت منطقه افزایش بارش، بیش از 5 درصد مساحت منطقه کاهش بارش و بیش از 77 درصد از منطقه هیچ گونه روندی را نشان نمی‌دهد. اما در سطح

$$SK = \frac{3(\bar{x} - \bar{x})}{S} \quad (1)$$

$S$ ، انحراف معیار  $\bar{x}$ ، میانگین و  $\bar{x}$ ، میانه.



شکل (2): چولگی داده‌های یاخته‌ای بارش کویر مرکزی در دوره آماری 2007\_1951

آزمون من-کنندال ابتدا توسط Mann (1945) ارائه و سپس توسط Kendall (1975) بسط و توسعه یافت (سیرانو، 1999). این روش به طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می‌شود (تن مایر و همکاران، 1994). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی‌ای که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره کرد. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (تورگی و ارکن، 2005). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

(الف) محاسبه اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر  $S$  به شرح زیر:

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

که  $n$  تعداد مشاهدات سری، و  $x_j$  و  $x_k$  به ترتیب داده‌های  $j$ ام و  $k$ ام سری هستند. تابع علامت نیز به شرح زیر قابل محاسبه است:

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

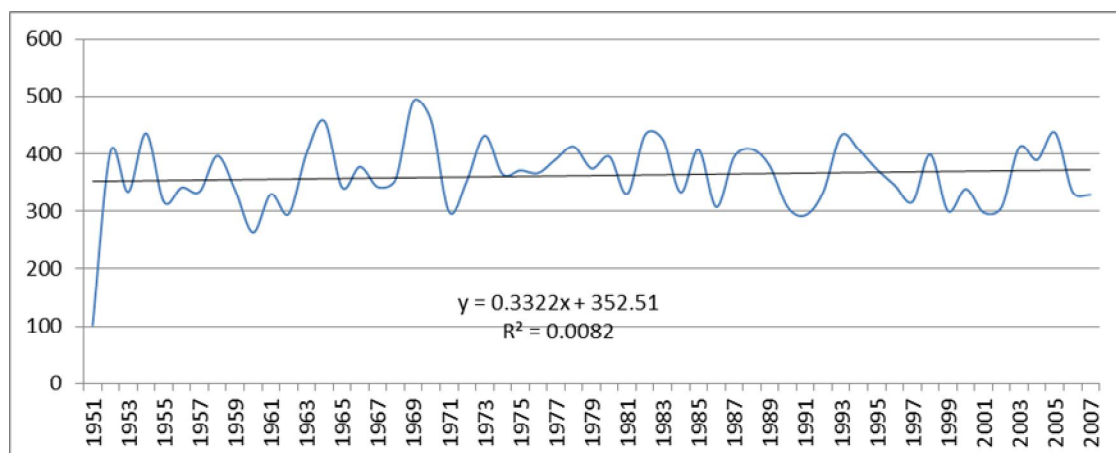
نشان می‌دهد (شکل 2). از نظر روند فصلی می‌توان گفت که فصول زمستان و بهار دارای روندی کاهشی هستند، اما فصول تابستان و پاییز روند افزایشی در بارش دارند (اشکال 4 تا 7). از نظر توزیع ماهانه، ماه‌های مارچ، آوریل، ژوئن، آگوست، سپتامبر، اکتبر دارای روندی کاهشی اما ماه‌های ژانویه، فوریه، می، جولای، نوامبر و دسامبر دارای روندی افزایشی در میزان بارش بوده‌اند.

اطمینان 99 درصد که نتیجه دقیق‌تری را نشان می‌دهد، مشخص شد که 16/23 درصد از این منطقه، افزایش بارش و حدود 3/4 درصد نیز کاهش بارش را نشان می‌دهد، اما بیش از 80 درصد از این منطقه فاقد روند در میزان بارش 58 ساله است. (جدول 2) (شکل‌های 8 تا 10).

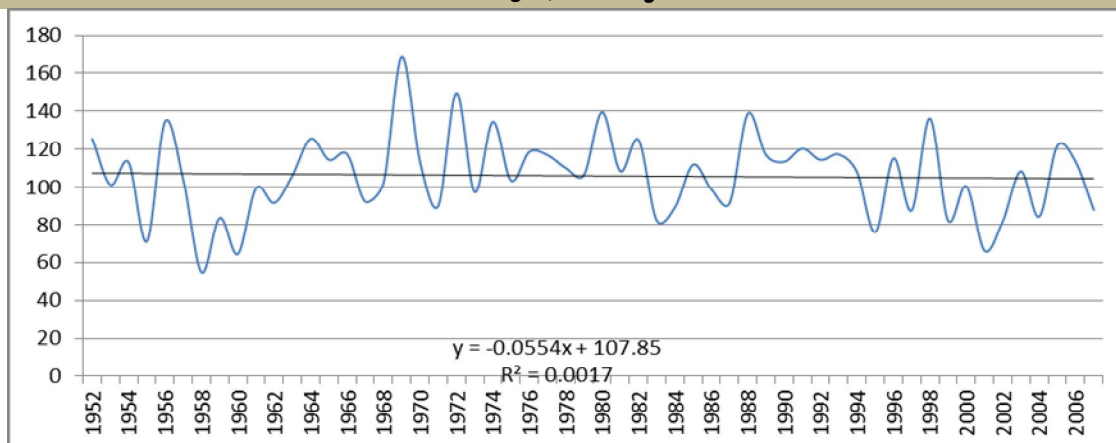
از نظر سالانه می‌توان گفت که بارش در منطقه مورد مطالعه به مقدار ناچیزی نسبت به ابتدای دوره، افزایش را

جدول (2): درصد مساحت تحت پوشش روندهای افزایشی و کاهشی

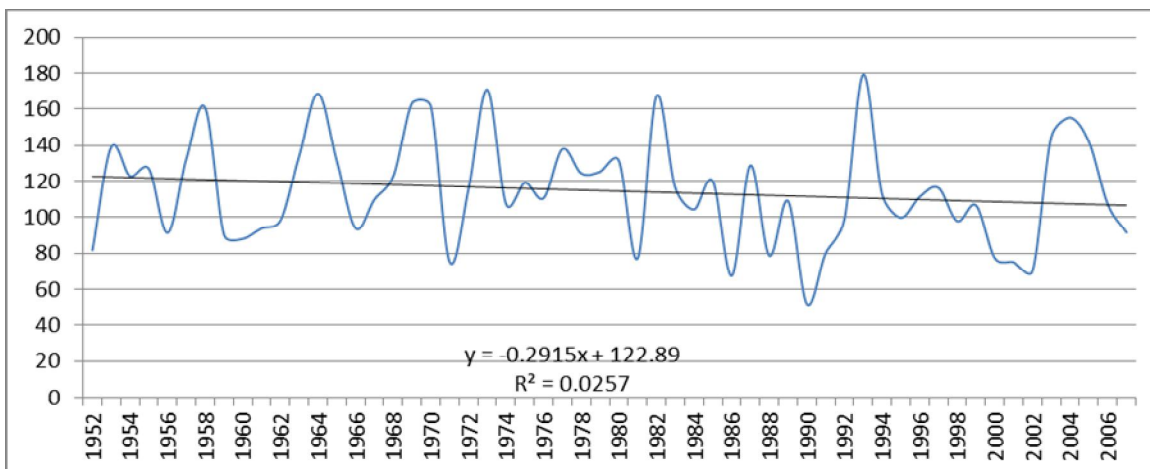
فقد روند	روند کاهشی به درصد	روند افزایشی به درصد	سطح اطمینان
73/72	9/33	16/94	%90
77/17	5/25	17/56	%95
80/31	3/45	16/23	%99



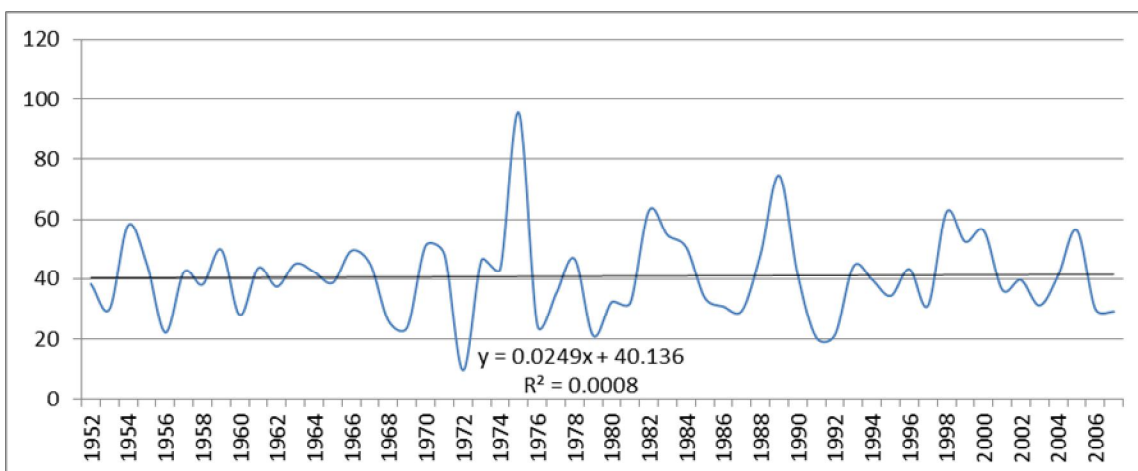
شکل (3): روند بارش سالانه



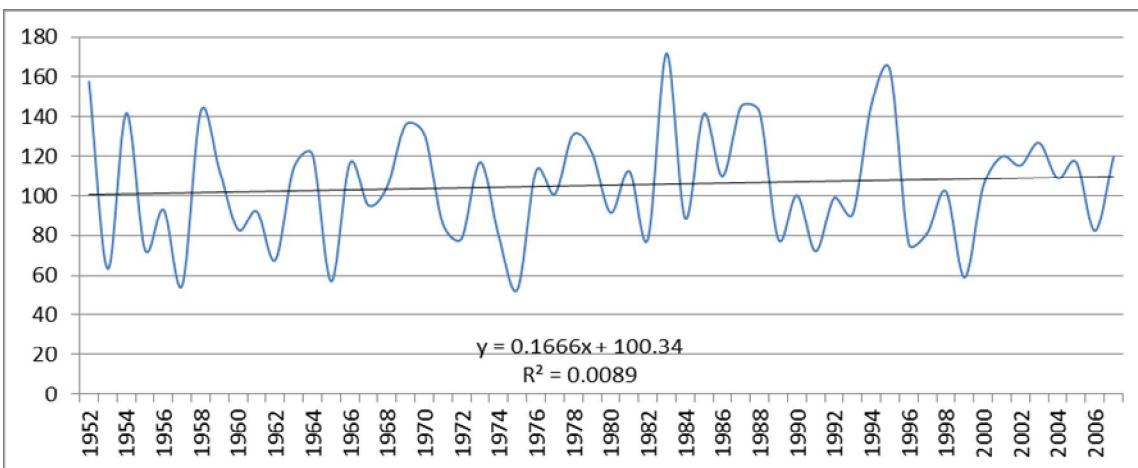
شکل (4): روند بارش فصل زمستان



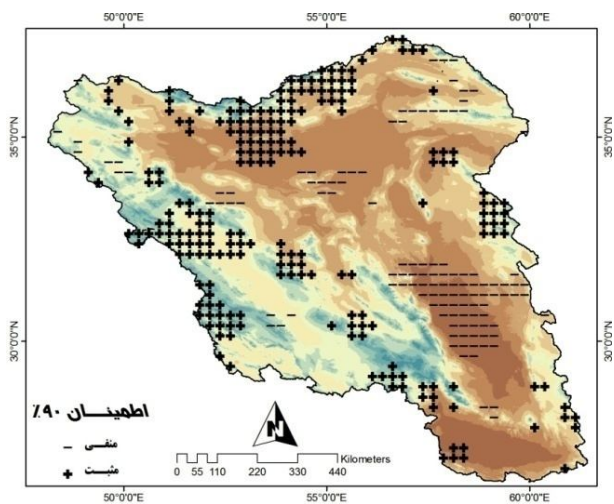
شکل (5): روند بارش فصل بهار



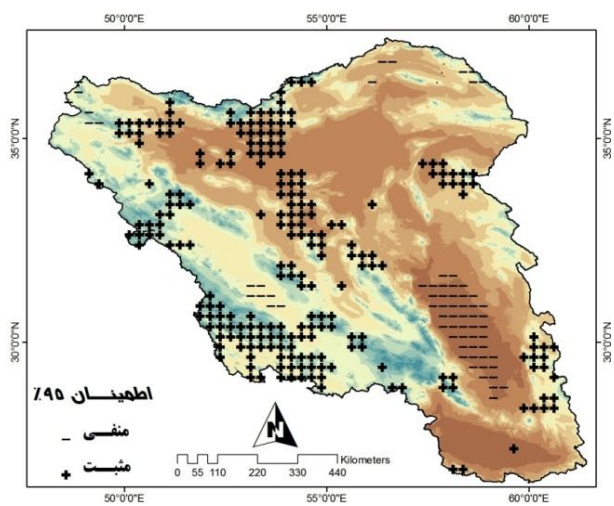
شکل (6): روند بارش فصل تابستان



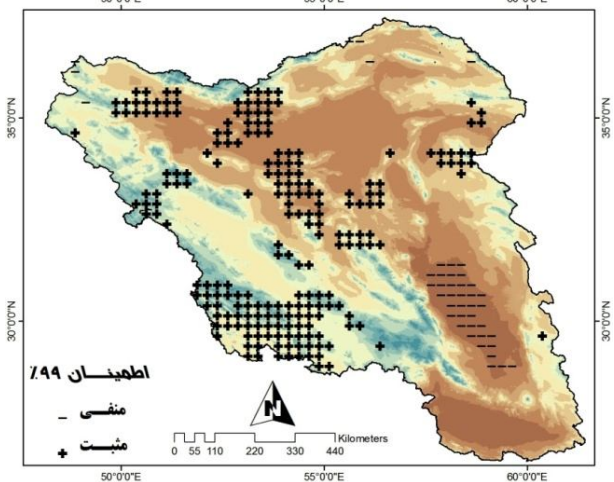
شکل (7): روند بارش فصل پاییز



شکل (8): مناطق با کاهش و افزایش بارش در سطح اطمینان 90%



شکل (9): مناطق با کاهش و افزایش بارش در سطح اطمینان 95%



شکل (10): مناطق با کاهش و افزایش بارش در سطح اطمینان 99%



## منابع

12. Akinremi, O. O., Mcginn, S. M., Cutforth, H. W. (1998), Precipitation Trends on the Canadian Prairies, *Journal of Climate*, Volume 12, 2996.
13. Angel, J.R., Huff, F.A. (1997), Changes in heavy rainfall in Midwestern United States, *Journal of water Resources planning and management*, July/August. 246-249
14. Becker, S., Gemmer, M., Jiang, T. (2006), Spatiotemporal analysis of precipitation trends in the Yangtze River Catchment, *Stoch Environ Res Risk Assess* 20: 435-444.
15. Brahmananda R.V., Giarolla, E., Kayano, M. T., Franchito, S. H. (2006), Is the Recent Increasing Trend of Rainfall over Northeast Brazil Related to Sub-Saharan Drought? *Journal of Climate*, Volume 19, 4448-4453.
16. Brooks, C.E.P. and Carrthers, N., (1953). *Handbook of Statistical Methods in Meteorology*. London, H.M.S.O., pp 412.
17. Crochet, P. (2007), A Study of Regional Precipitation Trends in Iceland Using a High-Quality GaugeNetwork and ERA-4 0, *Journal of Climate*, Volume 20, 4659-4677.
18. Haylock, M. R., Peterson, T. C., Alves, L. M., Ambrizzi, T., Anunciacao, Y. M. T., Baez, J., Barros, V. R., Berlato, M. A., Bidegain, M., Coronel, G., Corradi, V., Garacia, V. J., Grimm, A. M., Karoly, D., Marengo, J. A., Marino, M. B., Moncunill, D. F., Nechet, D., Quintan, J., Rebello, E., Rusticucci, M., Santos, J. L., Trebejo, I., Vincent, L. A. (2005), Trends in Total and Extreme South American Rainfall in 1960-2000 and Links with Sea Surface Temperature, *Journal of Climate*, Volume 19, 1490-1512.
19. Hidalgo, G. J. C., De Lui's, M., Ravento's, J., Sa'nchez, J. R., (2003), Daily rainfall trend in the Valencia Region of Spain, *Theor. Appl. Climatol.* 75, 117-130.
20. Karl, T. R., Knight, R. W. (1998), Secular Trends of Precipitation Amount, Frequency, and Intensity in the United states, *Bulletin of the American Meteorology Society*, Vol. 79, No. 2, February, 231-241.
21. Keily, G., Albertson, J.D., Parlange, M.B., 1998. Recent Trends in Diurnal Variation of Precipitation at Valentia on the West Coast of Irland. *Journal of Hydrology*. VOL. 207, NO. 3-4: 270-279
1. جهانبخش اصل سعید، یوسف قویلد رحیمی، 1383. «مدل‌سازی روند بارش و پیش‌بینی خشکسالی‌های حوضه آبریز دریاچه ارومیه»، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی*، شماره 17.
2. خلیلی ع، بذرافشان ج، 1383. «تحلیل روند تغییرات بارندگی سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته»، *بیابان*، جلد 9، شماره 1، ص 25-33.
3. رحیم‌زاده فاطمه، 1390. *روش‌های آماری در هواشناسی و اقلیم‌شناسی*، انتشارات حسینی.
4. روشنی محمود، 1382. *بررسی تغییرات اقلیمی سواحل جنوبی دریای خزر*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد جغرافیا، دانشگاه تهران.
5. عباسی نرگس، شادرخ علی، وحیدی اصل محمدقاسم، 1388. *آمار و احتمال برای رشته آمار*، انتشارات پیام نور.
6. عساکره حسین، 1382. «بررسی آماری روند بارش سالانه تبریز»، *فضای جغرافیایی*، زمستان 82، شماره 10، 57-72.
7. کتیرایی پروجردی پ، حجام س، ایران نژاد پ، 1384. *بررسی روند تغییرات بارندگی در ایران طی دوره 1960 تا 2001*، رساله دکتری هواشناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم تحقیقات.
8. کمالی، غلامعلی (1375)، *تغییرات شدید بارندگی در نقاط مختلف کشور در ده سال اخیر*، اولین کنفرانس منطقه‌ای تغییر اقلیم، تهران 1375.
9. محمدی بختیار، 1390. «تحلیل روند بارش سالانه ایران»، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی ایران*، سال 22، شماره پیاپی 43، شماره 3. 95-106.
10. مسعودیان، سید ابوالفضل، 1390. *آب و هوای ایران*، انتشارات شریعه توس.
11. Agne Burauskaite-Harju, Anders Grimvall, Claudia von Br'omssen, A test for network-wide trends in rainfall extremes, *INTERNATIONAL JOURNAL OF CLIMATOLOGY*, Int. J. Climatol. 32: 86-94 (2012).

28. Sabyasachi Paul, D. Datta, P.K. Sarkar, 2011, Determination of trend of annual precipitation by Stationary wavelet components in Northern part of Maharashtra, *Journal of Environmental Statistics*, December 2011, Volume 2, Issue 5.
29. Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., (1999). Trend Analysis of Monthly Precipitation Over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. *phys. Chem. EARTH(B)*, VOL.24, NO. 1-2:85-90
30. Su, B. D., Jiang, T., Jin, W. B. (2006), Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China, *Theor. Appl. Climatol.* 83, 139–151.
31. Turgay, P. and Ercan K. (2005). Trend Analysis in Turkish Precipitation data. *Hydrological processes* published online in wiley Interscience ([www.Interscience.wiley.com](http://www.Interscience.wiley.com)).
32. Z.X.Xu, K. Takeuchi, H. Ishidaira. 2003. Monitoring Trend Step Changes in Precipitation in Japanese Precipitation. *Journal of hydrology*. 279: 144-150.
22. Kunkel, K. E. (2003), North American Trends in Extreme Precipitation, *Natural Hazards* 29: 291–305.
23. Lettenmaier, D. P., E. F. Wood, and J. R. Wallis, 1994: Hydro-climatological Trends in the Continental United States, 1948–88. *J. Climate*, 7: 586–607.
24. Liebmann, B., Vera, C.S., Leila Carvalho, M. V., Camilloni, I.S.A., Hoerling, M. P., Allured, D. Barros, V. R., Ba´ Ez, J. N. Bidegain, M. (2004), An Observed Trend in Central South American Precipitation, *Journal of Climate*, Volume 17, 4357-4367.
25. M. Gemmer, S. Becker, T. Jiang, Observed monthly precipitation trends in China 1951–2002, *Theor. Appl. Climatol.* 77, 39–45 (2004).
26. Matyasovszky, I., Bogardi, I., Bardossy, A., Duckstein, L., 1993. Estimation of Local Precipitation Statistics Reflecting Climate Change, *Water Resources Research*. 29, 3955-3968
27. Piccarreta, M., Capolongo, D. and Boenzi, F. (2004). "Trend Analysis of Precipitation and Drought in Basilicata from 1923 to 2000 Within Southern Italy Context". *International journal of climatology*, 24, 907-922.