

کلید واژه‌ها: روند بارش، آزمون ناپارامتریک، من - کندال

رتبه‌ای

ارزیابی روش‌های آماری در آشکارسازی روند
تغییرات بارش (مطالعه موردی: استان کرمانشاه)

مقدمه

یکی از چالش‌هایی که بشر با آن روبرو است، مسأله تغییر اقلیم و مشکلات ناشی از آن می‌باشد. اگرچه علل تغییر هنوز کاملاً شناخته نشده، اما بحث در مورد تغییر آب و هوا مورد توجه بسیاری از پژوهشگران بوده و خواهد بود [۲۷]. بررسی تغییرات بارش به عنوان یکی از پارامترهای هواشناسی و منابع آب در برنامه ریزی، مدیریت پایدار منابع آب و بخش کشاورزی هر منطقه از اهمیت فراوانی برخوردار است [۱۸]. یکی از ابزارهای معمول مورد استفاده برای تشخیص تغییرات در سری‌های زمانی اقلیمی و هیدرولوژیکی تجزیه و تحلیل روند است [۱۷]. آزمون ناپارامتریک خصوصاً برای سری‌های که چولگی یا کشیدگی زیادی دارند مناسب‌تر از آزمون‌های پارامتریک می‌باشد [۴]. دو آزمون من‌کندال^۶ و شیب تخمین‌گرسن^۷ جزء متداول‌ترین روش‌های ناپارامتریک تحلیل روند سری‌های زمانی هیدرومتئولوژیکی به شمار می‌روند. فرض اصلی در تحلیل روند با آزمون من‌کندال، مستقل بودن و عدم وجود خودهمبستگی معنی‌دار در نمونه است. جهت انجام آزمون من‌کندال ضروری است که حذف اثر خودهمبستگی بر روی سری زمانی قبل از انجام آزمون مذکور انجام گردد. وجود خودهمبستگی مثبت باعث تخمین بیشتر از واقعیت معنی‌دار بودن روند (مثبت یا منفی) می‌شود، هم‌چنین وجود خودهمبستگی منفی باعث تخمین کمتر از واقعیت خواهد شد [۳۲]. حذف خودهمبستگی در اصطلاح، پیش سفید کردن نامیده می‌شود [۲۷]. بنایان به بررسی روند تغییرات سری زمانی پارامترهای اقلیمی شمال ایران با استفاده از آزمون من‌کندال و حداقل مربعات خطا پرداختند. نتایج نشان داد که دما روند افزایش و ورطوبت روند کاهش، هم‌چنین در مجموع هیچ روندی بارش سالیانه مشاهده نگردید. کومار^۸ [۱۹] در تحلیل روند جریان رودخانه در ایندیانا^۹ با دوره آماری ۵۰ ساله به رابطه بین بارش و روند جریان با استفاده از آزمون MK^{۱۰} و حذف خودهمبستگی با روش

سوسن حیدری^۱، مسعود گودرزی^۲، علی اکبر شمسی پور^۳عطاءالله عبدالهی کاکرودی^۴ و سعید بازگیر^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۴/۱۳

چکیده

در این پژوهش روند تغییرات زمانی بارش استان کرمانشاه مورد بررسی قرار گرفت. برای تحلیل روند بارش از داده‌های ۱۶ ایستگاه همدیدی و باران سنجی استان کرمانشاه طی دوره ۳۲ ساله (۱۹۸۲ تا ۲۰۱۳) در سه مقیاس سالانه، فصلی و ماهانه استفاده شد. ابتدا، شیب خط روند با استفاده از آزمون شیب تخمین‌گر سن محاسبه شد. برای واکاوی روند بارش در سری‌های زمانی از آزمون‌های من‌کندال و رتبه‌ای من‌کندال استفاده شد. فرض اصلی مطالعات روندیابی با من‌کندال مستقل بودن و عدم وجود خودهمبستگی معنی‌دار در سری زمانی است. بنابراین با روش TFPW اثر ضریب خودهمبستگی از داده‌های حذف شد. مقایسه نتایج نشان داد که آزمون من‌کندال اصلاح شده MK-TFPW، بهترین روش برای بررسی روندیابی است. نتایج بدست آمده از این آزمون نشان می‌دهد که روند تغییرات بارش در مقیاس سالانه در ۵۰ درصد از ایستگاه‌های مذکور نزولی بوده و در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. در مقیاس فصلی بیشترین و کمترین روند منفی مربوط به زمستان و بهار بوده است، ۷۵ درصد ایستگاه‌ها در سطح ۵ درصد، در زمستان روند منفی داشت. در فصل تابستان، روند صعودی داشت، ولی معنی‌دار نبود. در مقیاس ماهانه، ۶۲ درصد از ایستگاه‌ها در ماه مهر، اسفند و آذر، روند منفی معنی‌دار در سطح ۵ درصد داشتند.

۱- نویسنده ی مسئول و کارشناس ارشد اقلیم شناسی ماهواره ای دانشگاه تهران، Heidari.s@ut.ac.ir

۲- استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

۳- دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه تهران دانشکده جغرافیا

۴- استادیار سنجش از دور، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا

۵- استادیار هواشناسی کشاورزی، دانشگاه تهران، دانشکده جغرافیا

6- Mann-Kendall

7- Sen's Estimator slope

8- Kumar

9- Indiana

10- Mann-Kendall

TFPW¹ و VCA² و شیب روند با روش شیب سن پرداخت. قره خانی [۱۱] در پژوهش خود به بررسی روند تغییرات پارامترهای هواشناسی در چند نمونه اقلیمی در ایران با استفاده از روش‌های آماری من‌کنندال، ضریب همبستگی ρ اسپیرمن و روش رگرسیون پرداخته، که نشان داد بیشترین روند افزایشی در فصل تابستان و کمترین روند کاهش‌ی در فصل پاییز اتفاق افتاده است. دنبرگ^۳ [۷] به بررسی سری زمانی ۵۰ ساله دما، بارش و دبی حوضه تورینگن^۴ آلمان پرداخته است. سو و همکاران^۵ [۲۵] روند دما و بارش فرین در حوضه یانگ تسه^۶ را طی سال‌های ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۲ بر اساس داده‌های ۱۰۸ ایستگاه هواشناسی بررسی کردند و از آزمون من‌کنندال 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. فرسادی و همکاران [۹] به تحلیل روند بارش استان مازندران با روش من‌کنندال منطقه‌ای پرداختند. بررسی وجود روند در سری زمانی میانگین بارش سالانه نشان داد که کل استان مازندران دارای روند صعودی (در سطح معنی‌دار ۱ درصد) است. عزیزی [۳] با استفاده از روش رتبه‌ای من‌کنندال به بررسی انحراف احتمالی برخی عناصر رطوبتی و دمایی (میانگین دمای کمینه و بیشینه، بارش و ابرناکی) سواحل جنوبی خزر در یک دوره ۴۰ ساله ایستگاه‌های بندرانزلی، رشت، رامسر و گرگان پرداخت. مسعودی و همکاران [۳۰] در پژوهش خود به روند متوسط بارندگی استان همدان با ۵ ایستگاه همدیدی در مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه طی دوره آماری موجود تا سال ۲۰۱۴ میلادی با روش من‌کنندال و تخمین گر شیب سن مورد آزمون قرار دادند، که نتایج به دست آمده از طریق دو آزمون مذکور نشان داد که مقدار بارش سالانه در استان همدان بدون روند معنی‌دار بوده است. ترابی پوده [۲۸] به بررسی روند تغییرات بارش کل، حداکثر بارش سالیانه و دمای متوسط در ایران در مقیاس سالانه ۳۶ ایستگاه هواشناسی ۴۰ ساله پرداختند. در این پژوهش از آزمون من‌کنندال و برای حذف ضرایب خودهمبستگی از روش‌های VCA^۷، PW^۷، TFPW^۶ استفاده شد. نتایج نشان داد که روش TFPW یکی از بهترین روش‌ها برای حذف ضرایب خودهمبستگی است. اعجاز احمد^۸ و همکاران [۱۵] در پژوهشی، تنوع بارش در ۱۵ ایستگاه در حوضه رودخانه سوات^۹ پاکستان در یک دوره آماری ۵۱ ساله با استفاده از آزمون‌های آماری من‌کنندال و اسپیرمن^{۱۰} (SR) برای تشخیص بارش سالانه، فصلی و ماهانه مورد استفاده قرار گرفت، که نتایج نشان داد در مقیاس زمانی

- 1- Trend-Free Pre-Whitening (TFPW)
- 2- Mann-Kendall-Variance Correction (MK-VCA)
- 3- Danneberg
- 4- Thueringen
- 5- SU
- 6- Yangtze
- 7- Per-Whitening
- 8- Ijaz Ahmad
- 9- Swat
- 10- Spearman

فصلی، روند بارش از تابستان به فصل پاییز تغییر کرده است. به طوری که ایستگاه سیدو شریف بالاترین روند مثبت بارش سالانه (۷/۴۸ میلی‌متر در سال) نشان داد و هم چنین عملکرد آزمون‌های MK و SR در سطح معنی‌دار شده سازگار بود. اوزگور^{۱۱} [۲۳] در پژوهش خود آزمون من‌کنندال و روش روند جدیدی، که توسط سن پیشنهاد شده را با هم مقایسه کردند. ایشان با پارامترهای آب در پنج ایستگاه واقع در رودخانه کیزی لیرماک^{۱۲} در ترکیه استفاده کردند، که تفاوت دو آزمون مذکور تایید شد. همچنین مشخص شد که آزمون روند سن در مقایسه با آزمون روند MK دارای چندین مزیت است. عراقی [۲] به مطالعه و بررسی روند تغییرات دما در همه مقیاس‌های زمانی مطالعه شده با استفاده از آزمون من‌کنندال و تبدیل موجک گسسته در ایستگاه همدیدی مشهد پرداخته، نتایج نشان داد که روند تغییرات دما مثبت و معنی‌دار بوده است. فیضی [۱۰] در ۶۰ ایستگاه همدیدی ایران دما و بارش را با استفاده از آزمون رتبه‌ای من‌کنندال تحلیل کرد که نتایج نشان داد پارامترهای مورد مطالعه دارای روند معنی‌دار می‌باشند. مطالعات زیادی در مورد روندیابی بارش در مقیاس‌های زمانی و مکانی انجام گردیده است. هدف اصلی پژوهش حاضر ارزیابی روندیابی با استفاده از آزمون‌های من‌کنندال، رتبه‌ای من‌کنندال، شیب تخمین گر سن و من‌کنندال اصلاح شده و تعیین روش بهینه می‌باشد.

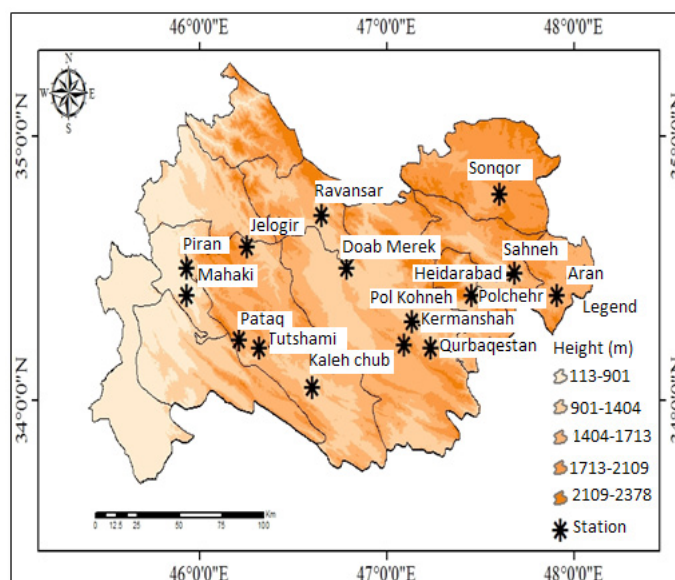
مواد و روش‌ها

محدوده پژوهش، استان کرمانشاه با وسعت ۲۴۳۶۱ کیلومتر مربع بوده و در محدوده بین طول‌های جغرافیایی ۴۵ درجه ۲۴ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه طول شرقی و عرض‌های ۳۲ درجه و ۳۶ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی واقع شده است. ارتفاع متوسط آن از سطح دریاهای آزاد حدود ۱۲۰۰ متر است. در این پژوهش با توجه به نقصان طول دوره آماری برخی ایستگاه‌ها برای تحلیل آماری ایستگاه‌های هواشناسی منطقه از آمار بارندگی ماهانه ۱۶ ایستگاه باران سنجی و همدیدی استان کرمانشاه و نیز از ایستگاه‌های شرکت منابع آب ایران با طول دوره آماری مشترک ۳۲ سال (از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۱۳) استفاده شد. شکل (۱) ارائه شده است.

آزمون ناپارامتریک من‌کنندال (MK): آزمون من‌کنندال یکی از آزمون‌های غیرپارامتریک برای تحلیل روند داده‌ها است. اثر پذیری ناچیز مقادیر حدی، که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردد نیز از دیگری مزایای استفاده از این روش است [۲۹].

در آزمون من‌کنندال، فرض صفر H_0 مستقل بودن و یکنواختی توزیع داده‌های نمونه $[X_i = i=1, 2, \dots, n]$ و فرض H_1 وجود یک روند یک نواخت در داده‌ها است [۱۹]. ابتدا اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر تعیین و سپس تابع علامت که از رابطه (۲) به دست می‌آید، بر روی آن اعمال می‌گردد و در ادامه پارامتر S به

11- Ozgur
12- Kizilimak



شکل ۱- موقعیت مطالعاتی با ایستگاه‌های مربوطه
Location of Meteorological Stations of the study area. Fig 1

(۵) با مقدار Z از جدول توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی داری $Z_{\alpha/2}$ مقایسه می‌شود. اگر $|Z| \leq 64/1$ در سطح معنی دار ۱۰ درصد، اگر $|Z| \leq 96/1$ در سطح معنی دار ۵ درصد و اگر $|Z| \geq 58/2$ در سطح معنی داری ۱ درصد فرض صفر (عدم وجود روند) رد می‌شود (۱۹). در این پژوهش از روش ارائه شده توسط یو و همکارانش (۳۲) برای حذف تأثیر خودهمبستگی آزمون من‌کنندال استفاده شد. روش TFPW-MK توسط یو و همکارانش [۳۲] برای شناسایی روند در یک سری زمانی دارای خودهمبستگی با استفاده از فرمول ذیل ارائه گردید:

ابتدا شیب روند (β) در سری زمانی $(X_t, t=1, 2, \dots, n)$ توسط آزمون غیر پارامتریک شیب تخمین‌گر سن توسط معادله زیر محاسبه می‌شود:

$$\beta = \text{Median} \left[\frac{(x_j - x_i)}{(j-i)} \right] \text{ for all } i < j \quad (7)$$

که X_i و X_j به ترتیب مقادیر سری در زمان i و j می‌باشند. فرض می‌شود روند خطی است و سری زمانی X_t به صورت $X_t = X_1 - \beta * t$ نوشته و روند زدایی می‌شود.

ضریب خودهمبستگی مرتبه اول سری بدون روند X_t' با استفاده از معادلات زیر برآورد می‌شود.

$$rk = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{t=1}^{n-k} [X_t' - E(X_t')](X_{t+k}' - E(E_t'))}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n [X_t' - E(X_t')]^2} \quad (8)$$

$E(X_t') = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t'$ که در آن n تعداد مشاهدات سری زمانی، $E(X_t')$ میانگین داده‌ها نمونه و Γ_1 ضریب خودهمبستگی مرتبه ۱ داده‌های نمونه سری

صورت ذیل استخراج می‌گردد:

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} (\text{sign}(x_i - x_j)) \quad (1)$$

که در آن X_j مقدار داده j ام، n تعداد داده‌ها و $\text{sign}(x)$ تابع علامت بوده و با رابطه (۲) قابل محاسبه است.

$$\text{Sign}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

میانگین $E(S)$ و واریانس $(\text{Var}(S))$ آماره S به ترتیب به شرح زیر می‌باشد:

$$E(S) = 0 \quad (3)$$

$$(4) \text{ اگر } n > 10$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^n t(t-1)(2t-5)}{18} \quad (5) \text{ اگر } n < 10$$

که در رابطه (۴)، t تعداد داده‌های یکسان در دسته t ام می‌باشد. در نهایت آماره آزمون MK یا Z با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

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

مقدار مثبت Z_{MK} روند صعودی و مقدار منفی آن روند نزولی سری زمانی را نشان می‌دهد. مقدار آماره Z_{MK} به دست آمده از رابطه

که در اینجا tg برابر با مقدار بحرانی برای توزیع نرمال استاندارد (Z) با سطح احتمال آزمون است که در اینجا بر اساس سطح اطمینان ۹۹، ۹۵ و ۶۸ درصد می‌باشد. در صورت اعمال این مقدار، (T) معادل $\pm 0/321$ ، $\pm 0/243$ و $\pm 0/208$ می‌شود. با توجه به مقدار بحرانی بدست آمده، اگر $(T) > T$ باشد هیچ گونه روند مهمی در سری‌ها مشاهده نمی‌شود و سری‌ها تصادفی هستند و اگر $T < (T)$ باشد، روند منفی در سری‌ها و اگر $T > (T)$ باشد روند مثبت در سری‌ها غالب خواهد بود. برای انجام محاسبات، تهیه نمودارها و نقشه‌ها از نرم‌افزارهای SPSS، MATLAB و ArcMap استفاده گردید.

نتایج

روند تغییرات در مقیاس سالیانه: برای سری‌های زمانی سالانه در ابتدا سه آزمون من‌کندال، رتبه‌ای من‌کندال و شیب تخمین‌گر سن محاسبه گردید و هم‌چنین جهت حذف ضرایب خودهمبستگی از روش پیش سفید بدون روند (MMK¹-TFPW) استفاده شد در ادامه آزمون من‌کندال بر روی آن انجام گردید، که نتایج حاصله در جدول (۲) ارائه است. در این جدول آماره MMK، MK و Sen بزرگ‌تر ۱/۶۴، ۱/۹۶ و ۲/۵۸ به ترتیب نشان دهنده روند معنی دار در سطوح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشند و آماره بحرانی (T_1) در آزمون رتبه‌ای من‌کندال معادل با $\pm 0/208$ ، $\pm 0/243$ و $\pm 0/321$ که برابر با سطوح ۱۰، ۵ و ۱ درصد می‌باشند.

زمانی X_t' است. پس از محاسبه ضریب خودهمبستگی مرتبه اول، با استفاده از این رابطه $Y_t' = X_t' - r_1 X_{t-1}'$ حذف می‌شود. این روش پیش سفید کردن روندزدایی نامیده می‌شود (TFPW). سری باقی‌مانده پس از انجام روش پیش سفید کردن یک سری مستقل می‌شود [۳۲]. روند شناخته t_1 و باقی مانده (Y_t'') به صورت زیر ترکیب می‌شوند:

$$Y_t'' = Y_t' + t_t \quad (9)$$

سپس آزمون من‌کندال بر روی سری ترکیب شده Y_t'' به منظور تشخیص روند انجام می‌شود. جهت بررسی تصادفی بودن و تعیین روند در سری‌ها استفاده می‌شود. در صورت وجود روند داده‌ها غیر تصادفی بوده و برای تعیین تصادفی بودن داده‌ها از آزمون زیر استفاده شده است [۲۱]:

$$T = \{4P / n(n-1)\} - 1 \quad (10)$$

T آماره کندال و P مجموع تعداد رتبه‌های بزرگتر از ردیف ni که بعد از آن قرار می‌گیرد و از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$P = \sum_{i=1}^n ni \quad (11)$$

n تعداد کل X_t سری‌های زمانی با تعداد کل سال‌های آماری که در اینجا ۳۲ سال است. به منظور سنجش معنی دار بودن آماره t، مقدار بحرانی tg را از طریق فرمول زیر محاسبه می‌کنیم:

$$(T)_t = \pm tg \sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}} \quad (12)$$

جدول ۲- مقایسه نتایج روند فصلی و سالیانه با روش‌های T، MMK-TFPW، MK و شیب تخمین‌گر سن

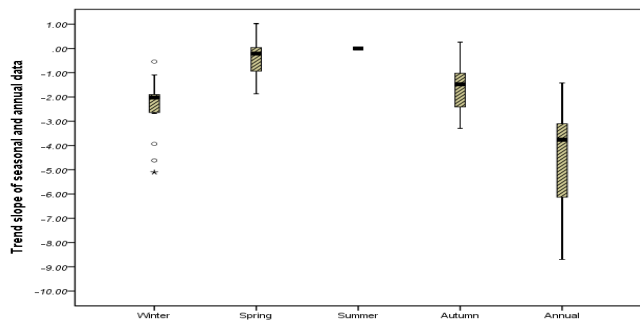
Table 2. Comparison of the annual and seasonal trend with MK, MMK-TFPW, T and estimate Sen's slope

Seasonal & annual				Parameter	Station	
سالانه	تابستان	پاییز	بهار	Z & Sen	Station	
Annual	Summer	Autumn	Spring	Winter		
-1.5892	-0.6	1.378	0.113	-2.4332*	MK	Aran
-1.573	-0.729	0.535	-0.048	-2.448*	MMK	
-3.7791**	-0.911	0	0.1174	-2*	Sen	
-0.201	-0.076	0.056	0.012	-0.306*	T	
-3.454**	-1.735***	0.843	-0.016	-2.56*	MK	Pataq
-3.291**	-1.767	0.227	-0.081	-2.091*	MMK	
-8.265**	-3.294**	0	-0.013	-4.617**	Sen	
-0.431**	-0.217***	0.137	-0.004	-0.2558*	T	
-1.005	-0.632	1.183	0.373	-0.502	MK	Pol kohne
-0.859	-0.567	0.47	0.345	-0.762	MMK	
-1.726***	-1.058	0	0.348	-0.54	Sen	
-0.125	-0.081	0.056	0.048	-0.064	T	
-1.605	-0.989	-0.081	-1.135	-1.637	MK	Polchehre
-1.605	-1.51	0.016	-0.827	-1.928***	MMK	
-3.733**	-2.161*	0	-1.792***	-5.102**	Sen	
-0.201	-0.125	-0.051	-0.149	-0.205	T	

1- Modified Mann-Kendall

-2.805**	-1.118	0.634	-1.654***	-3.064**	MK	
-2.416*	-1.313	0.275	-1.702***	-3.194**	MMK	Piran
-7.89**	-2.161*	0	-1.792***	-5.102**	Sen	
-0.354***	-0.141	0.046	-0.213***	-0.383***	T	
-2.546*	-1.475	0.713	-0.794	-2.302*	MK	
-1.994*	-1.54	0.291	-0.794	-2.351*	MMK	Tutshami
-8.699**	-3.262**	0	-0.933	-3.933**	Sen	
-0.318*	-0.185	0.076	-0.101	-0.29*	T	
-2.091*	-1.508	0.356	-0.113	-0.535	MK	
-1.832***	-1.735***	0.681	-0.113	-0.729	MMK	Jelogir
-3.971**	-2.66**	0	-0.09	-1.093	Sen	
-0.294*	-0.189	0.076	-0.016	-0.068	T	
-2.10*	-0.892	-0.794	-1.475	-1.3784	MK	
-2.319*	-0.869	-0.373	-1.832***	-1.54	MMK	Heidarabad
-6.628**	-1.491	0	-1.869***	-2.037*	Sen	
-0.25*	-0.112	-0.051	-0.185	-0.173	T	
-2.286*	-2.059*	0.34	-0.762	-2.041*	MK	
-2.091*	-2.027*	0.243	-0.794	-1.994*	MMK	Doabmerek
-0.286*	-3.025**	0	-0.935	-2.275*	Sen	
-0.286*	-0.285*	0.072	-0.096	-0.258*	T	
-1.313	-1.346	0.259	0.113	-1.248	MK	
-1.41	-1.248	0.064	0.47	-1.994*	MMK	Ravansar
-3.498**	-2.014	0	0.066	-1.975*	Sen	
-0.165	-0.169	0.08	-0.021	-0.157	T	
-1.475	-0.681	1.2	-0.567	-1.994*	MK	
-1.118	-0.664	-0.762	-0.502	-1.8	MMK	Sonqor
-3.738**	-0.9882	0	-1.238	-1.97*	Sen	
-0.165	-0.0927	0.13	-0.072	-0.25*	T	
-1.751***	-0.956	-0.295	-0.243	-1.346	MK	
-1.702***	-0.956	-0.295	-0.243	-1.346	MMK	Sahne
-3.618**	-1.465	0	-0.175	-1.898***	Sen	
-0.217***	-0.108	-0.052	-0.032	-0.157	T	
-1.994*	-1.151	0.145	-0.345	-1.605	MK	
-1.929***	-1.346	0.211	-0.437	-2.221*	MMK	Kermanshah
-2.707**	-1.097	0	-0.257	-2.602**	Sen	
-0.208*	-0.145	0.041	-0.044	-0.201	T	
-1.089	-0.048	0.535	0.859	-1.491	MK	
-1.118	-0.308	0.843	0.279	-1.411	MMK	Kale chub
-1.674***	0.26	0	1.026	-1.743***	Sen	
-0.112	-0.008	0.016	0.108	-0.185	T	
-2.691**	-1.491	0.827	-0.664	-1.848***	MK	
-2.837**	-1.378	0.218	-0.762	-2.416*	MMK	Qorbaqestan
-4.903**	-1.536	0	-0.662	-2.281*	Sen	
-0.338**	-0.189	0.064	-0.088	-0.229***	T	
-1.313	0.097	0.989	0.032	-2.27*	MK	
-1.411	0.048	-0.016	0.081	-2.351*	MMK	Mahaki
-3.498**	0.25	0	0.011	-2.672**	Sen	
-0.076	0.012	0.181	0.004	-0.286*	T	

*معنی دار در سطح ۹۵ درصد؛ **معنی دار در سطح ۹۹ درصد و ***معنی دار در سطح ۹۰ درصد
 *significant at 5%, **significant at 1%, and *** significant at 10% level

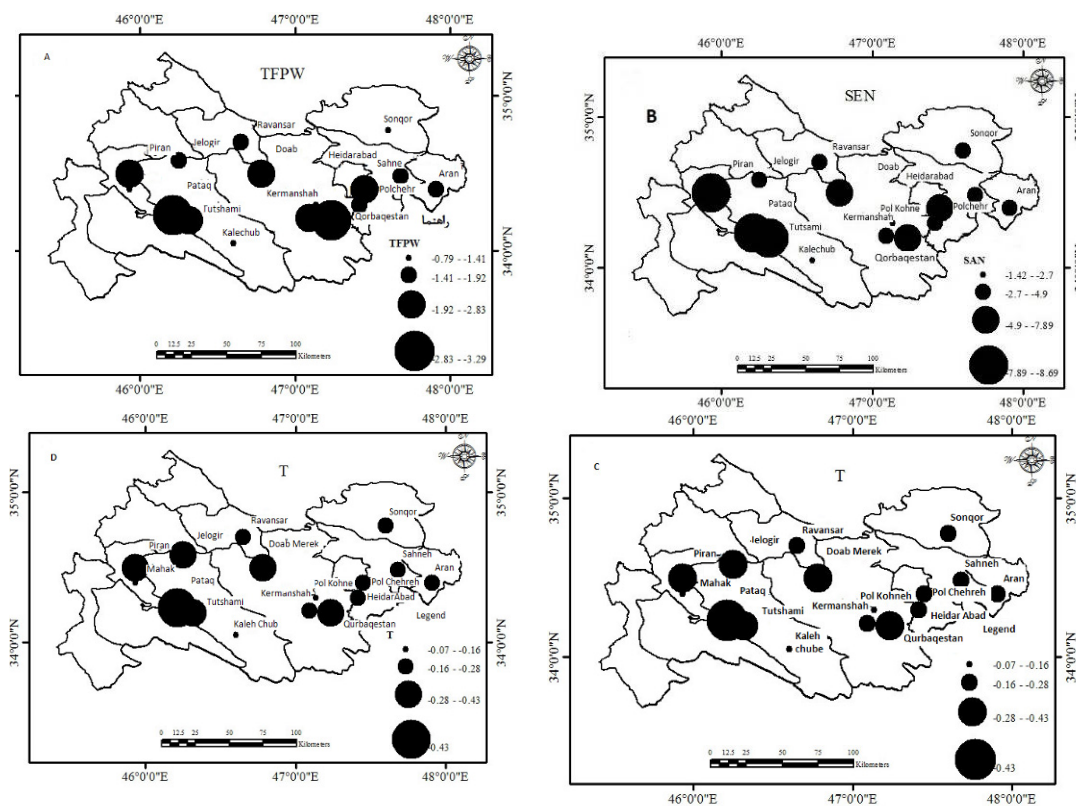


شکل ۲- نمودار جعبه‌ای شیب روند داده‌های بارش سالانه و فصلی در ایستگاههای مورد مطالعه

Fig 2. The box plot of trend slope for the mean annual and seasonal precipitation data in the station of study area

بررسی روند تغییرات فصلی: نتایج بررسی روند تغییرات بارش با چهار روش T، MK، MK-TFPW و شیب تخمین گر سن در ایستگاههای مورد مطالعه در مقیاس فصلی در جدول (۲) درج گردیده است. در مقیاس فصلی، فصل زمستان دارای بیشترین شیب منفی خط روند است. به طوری که در این فصل ۵۰ درصد (۸ ایستگاه) از ایستگاههای مورد مطالعه با روش شیب تخمین گر سن روند منفی در سطح ۵ درصد، ۳۱/۲۵ درصد از ایستگاههای مذکور روند منفی در سطح ۱ درصد و ۱۲/۵ درصد از این ایستگاهها روند منفی در سطح ۱۰ درصد معنی دار می باشد. کمترین شیب منفی خط روند با هر سه روش مذکور مربوط به بهار می باشد.

در مقیاس سالانه همه ایستگاه مورد مطالعه، روند نزولی داشته که با شیب تخمین گر سن ۸۱/۲۵ درصد ایستگاه روند منفی معنی دار در سطح ۱ درصد و ۱۲/۵ درصد ایستگاهها روند منفی معنی دار در سطح ۱۰ درصد می باشند که بیانگر وجود روند منفی و یا به عبارتی کاهش بارندگی در ایستگاههای مذکور می باشد. با روش MK در تمام ایستگاهها روند منفی داشته، که ۵۶/۲۵ درصد از ایستگاهها روند منفی معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد. با روش MK-TFPW نیز تمام ایستگاهها روند منفی داشته و ۵۰ درصد ایستگاهها روند منفی معنی دار در سطح ۵ درصد می باشد. نتایج حاصله از آزمون رتبه‌ای T شبیه به آزمون من کندال (MK) بود. در شکل (۲) نمودار جعبه‌ای، برای شیب خط روند میانگین بارندگی سالیانه ارائه شده است. در شکل (۲)، خط زیرین و بالایی نمودار جعبه‌ای (۲۵ و ۷۵ درصد) بیشتر است و این نشان می دهد که تمام ایستگاههای مذکور در مقیاس سالانه روند نزولی کاهش بارندگی در سطح ۱ درصد معنی دار و دارای تغییرات شیب خط روند سالانه زیادی می باشد. شکل ارائه شده در پایین (۳، ب) توزیع مکانی شیب خط روند سالانه با روش شیب تخمین گر سن در طی ۳۲ سال در منطقه مورد مطالعه می باشد. همچنین در شکل ۳، توزیع مکانی روند سالانه با روش MK-TFPW، من کندال و رتبه‌ای من کندال در طی دوره آماری در منطقه مورد مطالعه ارائه گردیده است.



شکل ۳- توزیع مکانی روند تغییرات ۳۲ ساله بارش استان کرمانشاه، A: TFPW، B: SEN، C: MK، D: T

Fig 3. The spatial distribution of 32 years trend of Kermanshah Province, A: TFPW, B: SEN, C: MK, D: T

مربوط به ماه اسفند است، به طوری که ۵۰ درصد از ایستگاه‌ها (۸ ایستگاه) روند منفی در سطح ۵ درصد، ۱۸/۷۵ درصد از ایستگاه‌ها روند منفی در سطح ۱ درصد و ۱۸/۷۵ درصد از ایستگاه‌ها روند منفی ۱۰ داشته‌اند.

بررسی روند تغییرات ماهانه: روند تغییرات بارندگی با سه آزمون MK، MK-TFPW، شیب تخمین‌گر سن و T در ایستگاه‌های مورد مطالعه در مقیاس ماهانه انجام گردید، که نتایج بررسی نشان داد، در مقیاس ماهانه بیش‌ترین شیب منفی خط روند

جدول ۳- مقایسه نتایج روند ماهانه با روش‌های MK، MMK-TFPW و شیب تخمین‌گر سن
Table3. Comparison of the results of the monthly trend with MK, MMK-TFPW, T and estimate Sen's slope

Dec	Nov	Oct	Sep	Aug	Jul	Jun	May	Apr	Mar	Feb	Jan	Z & Sen	Station
-1.71***	0.94	-1.96*	0.64	0.22	0.6	-0.21	-0.47	0.92	-2.52*	-0.24	-1.05	MK	Aran
-1.6	1.08	-3.3**	0.31	0.09	1.26	-0.77	-0.56	1.08	-2.67**	-0.04	-1.05	MMK	
-1.42	0.8	0	0	0	0	0	-0.2	0.63	-1.44	-0.11	-0.5	Sen	
-0.21***	0.11	-0.26	0.15	0.11	-0.01	-0.01	-0.02	-0.06	-0.19	-0.03	-0.13	T	پاتاق
-2.09*	0.09	-0.38	0.85	0	0	-0.34	0.76	-0.31	-2.25*	-0.84	-0.94	MK	
-2.09*	0.01	-0.85	0.22	0	0.04	-0.14	0.79	-0.27	-1.89***	-0.95	-0.24	MMK	
-2.01*	0.03	-0.13	0	0	0	0	0.18	-0.35	-2.9**	-0.77	-0.77	Sen	Pol Kohneh
-0.26*	0.01	-0.04	0.01	0	0	-0.01	0.08	-0.04	-0.28*	-0.11	-0.12	T	
-2.11*	0.76	-0.58	0.94	0.21	0.32	-0.89	-0.21	0.36	-1.64***	1.91***	-0.56	MK	
-2.05	0.69	-2.17*	-0.08	0.5	0.69	1.02	-0.24	0.51	-1.6	2.18*	-0.6	MMK	Pol Chehreh
-1.33	0.57	0	0	0	0	0	-0.12	0.18	-0.76	1	-0.31	Sen	
-0.25*	0.09	-0.20	0.11	0.01	0.02	0.09	-0.02	0.04	-0.21***	0.22***	-0.07	T	
-2.44*	0.74	-1.81***	0.34	-0.35	0	-0.29	-1.04	-0.14	-2.6**	1.08	-1.24	MK	Piran
-2.38*	0.95	-3.1**	0.29	-0.71	0.03	-0.89	-1.37	-0.17	-2.7**	1.31	-1.51	MMK	
-0.57	0	0	0	0	0	0	-0.6	-0.02	-1.74***	0.57	-0.62	Sen	
-0.31*	0.09	-0.21***	0.02	-0.11	0	-0.01	-0.18	-0.02	-0.33**	0.13	-0.16	T	Tutshami
-1.78***	0.14	-0.51	0.63	0	0	0	-0.6	-0.64	-2.28*	0.32	-2.28*	MK	
-1.99*	-0.1	-1.7***	0.27	0	0	0	-0.6	-0.85	-2.31*	0.27	-2.22*	MMK	
-2.18*	-0.1	0	0	0	0	0	-0.32	-1.02	-2.12*	0.28	-2.13*	Sen	Jelogir
0.22***	0.01	-0.18	0.01	0	0	0	-0.04	-0.12	-0.28*	0.04	-0.28*	T	
-2.7**	0.37	-1.2	0.09	0.32	0.47	2.27*	-1.21	-0.84	-1.81***	0.08	-2.8**	MK	
-2.7**	0.14	-2.1*	0.16	0.3	0.97	1.54	-1.24	-0.76	-1.76***	0.69	-2.8**	MMK	Heidabad
-2.2**	0.4	0	0	0	0	0	-0.89	-0.79	-2.04*	0.1	-2.48*	Sen	
-0.34**	0.04	-0.18	0.01	0.01	0.02	0.24	-0.15	-0.11	-0.22**	0.01	-0.33**	T	
-1.71***	0.02	-0.01	0.48	0	-0.2	-0.04	-0.22	0.06	-2.02*	0.35	0	MK	Doab Merek
-1.64***	0.08	-0.16	1.02	0	-0.1	-0.48	-0.31	0.17	-2.15*	0.37	-0.08	MMK	
-0.01	0	0	0	0	0	0	-0.06	0.05	-1.64***	0.15	-0.02	Sen	
-0.21***	0.01	-0.11	0.02	0	-0.11	-0.01	-0.03	0.01	-0.25*	0.04	0	T	Ravansar
-2.25*	1.07	-1.91***	-0.85	-0.41	0.35	-2.1*	-1.99*	0	-2.6**	1.37	-0.27	MK	
-2.31*	1.08	-1.95***	-0.43	-0.06	0.14	-1.01	-2.12*	-0.41	-3.1**	1.5	-0.56	MMK	
-2.16*	1.47	0	0	0	0	0	-1.51	-0.06	-2.71*	1.01	-0.41	Sen	Doab Merek
-0.29*	0.20	-0.22***	-0.04	-0.01	0.02	-0.24*	-0.25*	0	-0.32**	0.01	-0.03	T	
-2.7**	0.16	-1.54	0.24	0.13	0.06	-0.91	-0.77	-0.27	-2.7**	1.39	-1.45	MK	
-2.8**	0.24	-2.7**	0.25	-0.03	0.17	-1.03	-0.95	-0.27	-2.7**	1.24	-1.5	MMK	Ravansar
-2.65	0.21	0	0	0	0	0	-0.54	-0.24	-2.36*	0.91	-0.9	Sen	
-0.34**	0.02	-0.20	0.01	0.01	0.02	-0.11	-0.09	-0.03	-0.34**	0.17	-0.18	T	
-2.31*	0.05	-0.89	0.53	-0.34	-0.2	0.09	-0.51	0.08	-2.09*	1.71***	-1.51	MK	Ravansar
-2.03	0.14	-0.61	0.25	-0.06	-0.1	0.51	-0.53	0.72	-2.1*	1.92***	-2.2*	MMK	
-2.15*	0.05	0	0	0	0	0	-0.33	0.08	-2.28*	1.81***	-1.04	Sen	
-0.29*	0.01	-0.15	0.05	-0.01	-0.01	0.02	-0.06	0.01	-0.26*	0.21	-0.18	T	

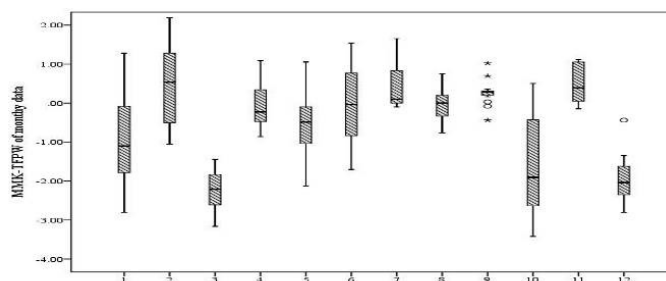
-1.99*	0.94	-2.1*	0.74	0	0	-0.97	-0.78	-0.31	-2.24*	-0.41	-1.18	MK	
-2.02*	1.02	-3.4**	0.24	-0.6	1.65***	-1.7	-0.43	-0.37	-2.48*	-0.47	-2.05*	MMK	Sonqor
-1.5	0.96	-0.48	0	0	0	-0.08	-0.53	-0.29	-1.22	-0.12	-0.5	Sen	
-0.25*	0.11	-0.24*	0.05	0	0	-0.07	-0.11	-0.04	-0.31*	-0.05	-0.14	T	
-2.57*	0.53	0.53	0.21	-1.1	0.23	0.32	-0.11	0.14	-1.68***	-1.17	-1.25	MK	
-1.57	0.53	0.5	0.36	-0.61	0	0.4	-0.34	0.56	-1.95***	-0.85	-1.28	MMK	Sahneh
-1.22	0.38	0.11	0	0	0	0	-0.05	0.24	-1.48	-0.77	-0.83	Sen	
-0.24*	0.06	0.04	0.01	-0.02	0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.21***	-0.14	-0.15	T	
-2.25*	-0.2	0.24	-0.15	0.08	0	0.64	-0.09	-0.91	-2.21*	-0.58	0.47	MK	
-2.05*	-0.1	-0.27	-3.03	0.56	-0.1	1.15	1.15	-0.26	-2.22*	-0.53	0.43	MMK	Kermanshah
-1.54	-0.1	-0.01	0	0	0	0	-0.01	-0.38	-1.54	-0.16	0.36	Sen	
-0.28*	-0.02	0.03	-0.01	0.01	0	0.01	-0.01	-0.11	-0.27*	-0.07	0.06	T	
-0.35	-0.1	-0.11	0.51	0	0.37	0.79	0.89	-0.08	-2.1*	-1.02	0.98	MK	
-0.43	-0.1	-0.42	0.69	0	.37	1.16	1.05	-0.11	-2.05*	-1.05	1.11	MMK	KaleChub
-0.37	-0.1	0	0	0	0	0	0.15	-0.04	-1.58	-0.59	0.64	Sen	
-0.04	-0.01	-0.05	0.09	0	0.11	0.12	0.14	-0.01	-0.26*	-0.12	0.12	T	
-2.31*	1.13	-1.07	0.64	-0.38	0.64	0.31	-0.74	0.47	-2.4*	0.24	-1.65	MK	
-2.57*	1.11	-2.25*	0.3	-0.76	1.36	-0.03	-1.11	0.17	-2.5*	0.89	-1.28	MMK	Qurbaghestan
-0.83	0.83	0	0	0	0	0	0	0.28	-1.33	0.13	-0.71	Sen	
-0.28*	0.13	-0.20	0.04	-0.01	0.05	0.01	-0.11	0.06	-0.30*	0.03	-0.21***	T	
-1.36	1.28	-1.55	0.64	0.35	0	0	0.25	-6	-1.54	0.89	-1.1	MK	
-1.34	1.11	-2.48*	0.3	0.74	0	-0.04	0.3	-0.53	-1.44	0.85	-1.15	MMK	Mahaki
-1.36	1.11	0	0	0	0	0	0.17	-0.37	-1.4	0.85	-0.91	Sen	
-0.17	0.16	-0.09	0.1	0.01	0	0	0.02	-0.07	-0.19	0.11	-0.14	T	

* معنی دار در سطح ۹۵ درصد؛ ** معنی دار در سطح ۹۹ درصد و *** معنی دار در سطح ۹۰ درصد

*significant at 5%, **significant at 1%, and *** significant at 10% leve

می شود. هم چنین در ماه های شهریور و مرداد فاصله خط زیرین و بالایی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) نسبت به ماه های دیگر کمتر هستند و این نشان می دهد که تغییرات شیب خط روند در این ماه ها در ایستگاه های مورد مطالعه کم است. ماه بهمن روند صعودی (مثبت) دارد که البته این روند معنی دار است، پس از بهمن، تیر نیز روند صعودی (مثبت) است، که البته معنی دار نیست.

شدیدترین روند منفی در بین ایستگاه ها در این ماه دارای روند منفی با آماره $Z = -16/3$ می باشد. و پس از ماه اسفند، ماه آذر و مهر بیشترین روند منفی را داشته اند که در شکل (۴) به صورت نمودار جعبه ای نشان داده شده است. همان طور که دیده می شود فاصله خط زیرین و بالایی جعبه (۲۵ و ۵ درصد) در مهر ماه زیاد است و این نشان تغییرات روند در این ماه در ایستگاه های مذکور زیاد است. همین وضعیت در مقدار کمتری در خصوص دی و بهمن مشاهده



شکل ۴- نمودار جعبه ای و خط برای آماره Z میانگین بارندگی ماهانه در ایستگاه های استان کرمانشاه

Fig 4. box plot of trend for the mean monthly precipitation data in the station of study area

بحث و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر داده‌های ۱۶ ایستگاه همدیدی و باران سنجی استان کرمانشاه در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه که در بازه زمانی ۱۹۸۲ الی ۲۰۱۳ دارای آمار بودند انتخاب، و چهار آزمون شامل، من کندال MK، رتبه‌ای من کندال، من کندال اصلاح شده MK-TFPW و شیب تخمین گر سن برای ارزیابی روندیابی استفاده شد. وجود خودهمبستگی مثبت باعث تخمین بیشتر از واقعیت معنی‌دار بودن روند (مثبت یا منفی) می‌شود، هم‌چنین وجود خودهمبستگی منفی باعث تخمین کمتر از واقعیت معنی‌دار روند (مثبت یا منفی) می‌شود [۳۲، ۱۹، ۲۷، ۲۸]. روش‌های مانند TFPW، PW و VCA برای حذف ضریب خودهمبستگی هستند، که با توجه به مطالعات انجام شده، روش TFPW بهتر روش برای حذف ضریب خودهمبستگی است [۲۸، ۲۶]. در اکثر مطالعات روندیابی از آزمون من کندال و رتبه‌ای من کندال استفاده شده، که به مستقل بودن و عدم وجود خودهمبستگی در سری‌های زمانی توجه نشده‌اند [۳، ۶، ۳۰]. نتایج حاصله از روش من کندال با حذف ضریب خودهمبستگی با روش TFPW در این پژوهش نشان داد، بهترین روش برای بررسی روند است که با نتایج پژوهش ۲۶، ۲۸ مطابقت داشت. هم‌چنین نتایج بدست آمده از تحلیل داده‌ها نشان داد که بارندگی در استان کرمانشاه در طول سه دهه گذشته دارای روند نزولی است. در مقیاس سالانه در ۵۰ درصد ایستگاه‌ها روند نزولی میزان بارندگی معنی‌دار است. در بین ایستگاه‌ها، ایستگاه پاتاق با آماره ۳/۲۹- بیشترین روند منفی داشت. در مقیاس فصلی بررسی نتایج شیب خط روند سالانه نشان داد که ۸۲/۲۵ درصد ایستگاه‌ها روند نزولی داشت که با نتایج پژوهش ۱۹، ۱۳، ۸، ۶، ۳۰، ۲۲، ۲۸ مطابقت داشت. نتایج آزمون اصلاح شده با روش TFPW در مقیاس فصلی نشان داد که فصل زمستان بیشترین روند منفی داشت، که در بین ایستگاه‌ها، ایستگاه پیران با آماره ۳/۱۹- کمترین روند منفی داشت. اثبات وجود روند معنی‌دار در یک سری زمانی بارش به تنهایی نمی‌تواند دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه باشد بلکه فرض رخداد آن را تقویت می‌نماید [۲۴]. بنابراین یکی از علل کاهش بارندگی در منطقه مورد مطالعه می‌تواند به دلیل تغییر اقلیم باشد که از پیامدهای آن کاهش آبدهی رودخانه‌ها، کاهش تراز آب سفره‌های آب زیر زمینی، تغییر کاربری اراضی، کاهش سطح زیر کشت محصولات دیم و مهاجرت مردم از روستا به شهر در سطح منطقه مورد مطالعه باشد.

منابع

- Study: Mashhad Synoptic Station). Journal of Water and Soil, 29(1): 239-249. (in Persian with English abstract)
- Azizi Gh., and Roshani M. 2008. Study of climate change on the southern coast of the Caspian Sea with the Mann-Kendall method. Journal of Geography, 64: 13-28. (in Persian)
 - Bihrat O., and Mehmetcik B. 2003. The Power of Statistical tests for Trend Detection. Journal Turkish Engineering of Environment Science, 27: 247-25.
 - Bannayan M., Mohamadian A., and Alizadeh A. 2010. On Climate Variability in North-East of Iran. Journal of Water and Soil. 24(1): 118-131. (in Persian with English abstract)
 - Baahak B. 2013. Climate change probability in Kerman province using Mann-Kendal, Sarzamin, 10(39):65-72. (in Persian)
 - Danneberg J. 2012. Changes in runoff time series in Thuringia, Germany Mann-Kendall trend test and extreme value analysis; Advance Geoscience., 31:49-56.
 - Din Pagho Y., Nyazi F., and Mofid H. 2015. Trend analysis of meteorological parameters in Tabriz. Journal of Geography and schematization, 51:145-169. (in Persian)
 - Farsadnia F., Rostami Kamrod M. and Moghadam Nia, A. 2012. Rainfall Trend Analysis of Mazandaran Province Using Region Mann-Kendall Test. Iran-water Resources Research, 8(2): 60- 70. (in Persian with English abstract)
 - Feizi V., Mollashahi M., Frajzadeh M., and Azizi Ghasem. 2014. Spatial and temporal Trend Analysis of Temperature and Precipitation in Iran. Journal of Ecopersia, 2(4): 727-742.
 - Gharekhani A., and Ghahraman N. 2010. Seasonal and annual Trend of Relative Humidity and dew point Temperature in Several Climatic Regions of Iran. Journal of Water and Soil, 24(4):636-646. (in Persian with English abstract)
 - Ghaekhani A., and Ghahraman N. 2013. Trend analysis of pan evaporation in different climates of Iran. Watershed Management Research (Pajouhesh & Sazandegi), 98: 58-97. (in Persian with English abstract)
 - Hajjam R., khoshkho Y., and Shamsoddin-Vandi R. 2008. Trend analysis of seasonal and annual rainfall few selected stations in the central area of Iran using non-parametric methods. Geographic researches, 64: 57-168. (in

- Alijani B., and Sufi M. 2012. Climate change in the topographic Zagros. Quarterly of Geographic land. 9(34): 45-64. (in Persian)
- Araghi A.R., Mousavi-Baygi M., and Hasheminia S.M. 2015. Using Discrete Wavelet Transform for Trend Analysis and Oscillatory Patterns Identification of Temperature (Case

24. 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)*. 1-2: 85-95.
25. Su B.D., Jiang T., and Jin W.B. 2006. Recent trends in observed temperature and precipitation extremes in the Yangtze River basin, China. *Theoretic and Applied Climatology*, 83: 139-151.
26. Torabi-poude H., and Emamgholizadeh S. 2015. Analysis of stream flow trend across Karkheh watershed and effect of autocorrelation coefficient on the trend of flow. *Journal Research Iran Water*, 1: 143-151.
27. Torabi-poude H., and Emamgholizadeh S. 2015. Trend analysis of streamflow changing of north watershed of Dez River with TFPW-MK procedure. *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(3): 39-55. (in Persian with English abstract).
28. Torabi-poude H., and Adeli A. 2015. A Trend Analysis of Total Rainfall, Maximum Temperature and Precipitation in Iran. *Intonation al Bulletin of Water Resources & Development*, 15:155-163. (in Persian with English abstract)
29. Turgay P., and Ercan K. 2005. Trend Analysis in Turkish Precipitation data. *Hydrological processes published online in Wiley Inter-science*. 20:2011-2026.
30. Tabari H., Sabziparvar A.A., and Marofi S. 2008. Investigating Trend of Annual Meteorological Parameters in Cold and Warm Climates of Iran. *Journal of Agricultural Research: (Water, Soil and Plant in Agriculture)*, 8(1) 161. (in Persian with English abstract)
31. Xu Z. X.; Tkeuchi K.; Ishidaria H. (2003). Monotonic trend step changes in precipitation in Japanese Precipitation. *Journal of Hydrology*, 279: 144-150.
32. Yue S., Pilon P., and Cavadias G. 2002. The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series. *Hydrological Processes*, 16: 1807-1829.
- Persian)
14. Hamed K., H and Rao A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trends and possible climatic warming in the Canadian Prairies. *Water Resource Research*, 34(11): 3009-3015.
15. Ijaz A., Deshan T., TianFang W., Mei W., and Bakhtawar W. 2015. Precipitation Trends over Time Using Mann-Kendall and Spearman's rho Tests in swat River Basin, Pakistan. Hindawi Publishing Corporation. *Advance in Meteorology*. Article ID 431860: 1-15.
16. Kendall M.G. 1975. *Rank Correlation Methods*, Griffin, London.
17. Khaled H.H., and Rao A.R. 1998. A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. *Journal of Hydrology*, 204 182-196.
18. Khaliq M.N., Ouarda T.B., and Gachon P. 2009. Identification of temporal trend in annual and seasonal low flows occurring in Canadian rivers: The effect of short-and long-term persistence. *Journal of Hydrology*, 369: 183-197.
19. Kumar S., Merwade V., Kam J., and Thurner K. 2009. Streamflow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*, 374: 171-183.
20. Masoudi M., Shirdeli A., and Fakhimi P. 2015. Trend analysis of monthly and seasonal and annual rainfall of Hamedan. 13th National congress of irrigation and reduce evaporation, Kerman, University of Shahid Bahonar Kerman.(in Persian)
21. Mitchell J.M., Chairman J.R., Dzerdzeeakii B., Flohn H., Hofmeyr W.L., Lamb H.H., Rao K.N., and Wallen C.C. 1966. *Climate Change*, Technical, WMO. No 79.
22. Patle G.T., and Libang A. 2014. Trend analysis of annual and seasonal rainfall to climate variability in North-East region of India. *Journal of Applied and Natural Science*, 6(2): 480-483.
23. Ozgur K., and Murat A. 2014. Comparison of Mann-Kendall and innovative trend method for water quality parameters of the Kizilirmak River, Turkey. *Journal of Hydrology*, 513: 362-375.

Abstract

Evaluating Statistical Methods for Detecting Trend of Precipitation (Case Study: Kermanshah Province)

S. Heidari¹, M. Goodarzi², A.A. Shamsipoor³, A. Abdolahi Kakrodi⁴ and S. Bazgir⁵

Received: 2017/04/14 Accepted: 2017/07/4

Fluctuation in precipitation is one of the most interesting issues in climate change. Precipitation has an important role in sustainable agriculture and water management. Trend series analysis is one of the methods used to detect changes in climate parameters. The aim of the recent study is to evaluate different methods including Mann Kendal, rating Mann Kendal and Sen's estimator slope tests to detect the trend variability of precipitation in monthly, seasonal and annual time scales in Kermanshah Province located in the west of Iran. In addition, TFPW (Trend-Free Pre-Whitening) method was used to remove autocorrelation on time series data. Trend analysis of precipitation carried out using 16 synoptic and rain gauge weather stations with 32 years data i.e., 1992-2013. The results showed that, precipitation trend analysis using Mann Kendal and rating Mann Kendal tests had the same findings in monthly, and annual scales. The results revealed that Mann Kendal TFPW was the best method to detect trend variability of precipitation in the region. Annual precipitation had a negative trend in 50 percent of weather stations which was significant at 5 percent level. The results also indicated that most of the weather stations had negative trend in annual and seasonal time scales. Winter and spring seasons showed the greatest changes which was significant at 5 percent level of significance. Although, the summer season indicated a positive trend in the whole synoptic stations. In addition, a significantly negative trend discovered in the months of Mehr, Azar and Esfand at 5 percent level. It could be concluded that land use changes associated with migration from rural areas to the urban ones were responsible for precipitation trend variability.

Keywords: *Precipitation trend, Non-Parametric test, Rating mann-Kendall*

-
1. graduate student, Department of Geography, Tehran University, corresponding Author, Email: Heidari.s@ut.ac.ir
 2. Assistant Professor of Climatology, Department of Geography, Tehran University.
 3. Assistant Professor of Remote Sensing, Department of Geography, Tehran University.
 4. Assistant Professor of Climatology, Department of Geography, Tehran University.
 5. Assistant Professor in Soil Conservation and Watershed Management (SCWMRI) AREEO, Tehran.