دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

آشکارسازی روند سری‌های زمانی هواشناسی در حوزه آبخیز گرگان‌رود در سه دهه اخیر

مریم سادات جعفرزاده[۱]، حامد روحانی[۲]، علی حشمت‌پور[۳] و مجتبی کاشانی[۴]

۱، ۳ و ۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار و مربی، دانشگاه گنبدکاووس
۲- استادیار، دانشگاه گنبدکاووس، (نویسنده مسوول: rouhani.hamed@yahoo.com)
تاریخ دریافت: ۹۳/۲/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۷/۳۰

چکیده

بی‌شک یکی از نگرانی‌های محققین درباره‌ی تغییرات قابل توجهی که انتظار می‌رود در اثر گرمایش زمین سبب تغییر فراوانی و مقدار بارش و درجه حرارت شود. این مطالعه به‌منظور مقایسه نتایج سه آزمون من-کندال (MK)، من‌ویتنی (MW) و من-کندال اصلاح شده (MMK) برای آشکارسازی روند تغییرات سالانه و فصلی رژیم دمایی و بارش طی دوره آماری ۳۰ سال (۲۰۱۱-۱۹۸۲) در هفت ایستگاه شرق حوزه آبخیز گرگان‌رود انجام شد. در این تحقیق خط روند در داده‌های نمونه با روش سن تخمین زده شد. نتایج نشان داد که بیش‌ترین شیب خط روند دمای بیشینه مربوط به بهار، سپس تابستان است و میانه شیب‌های خطوط روند همه فصول مثبت است. میان آماره‌های مورد مطالعه، دمای کمینه در منطقه‌ی مورد مطالعه تغییرات معنی‌داری بیش‌تری مشاهده شد. خط میانه شیب‌های دمای کمینه و بارش، در همه فصول مثبت است که نشان‌هنده این است که شیب خط روند این دو پارامتر در اکثر ایستگاه‌های منطقه افزایشی است. بیش‌ترین شیب مثبت خط روند بارش فصلی مربوط به فصل تابستان و پس از آن به‌ترتیب مربوط به فصول زمستان، بهار و پاییز می باشد. نتایج این تحقیق بیانگر کاهش کاهش تعداد روندهای معنی‌داری بعد از پیش سفید کردن بدون روند در سری‌های زمانی مورد مطالعه در مقیاس‌های زمانی مختلف بود.

واژه‌های کلیدی: مان‌کندال، من‌کندال اصلاح شده، من‌ویتنی، حوزه آبخیز گرگان‌رود

مقدمه

تغییر اقلیم یکی از مهم‌ترین چالش‌هایی است که بخش‌های مختلف زندگی انسان را در روی زمین تحت تأثیر قرار داده است. به همین دلیل در دهه‌های اخیر مطالعه تغییر مقادیر عوامل جوی به واسطه اهمیت آن بر ساختار کره زمین مورد توجه پژوهش‌گران بوده است. متداول‌ترین روش برای تحلیل سری‌های زمانی هیدرومتئورولوژیکی، بررسی وجود یا وجود نداشتن روند در آن‌ها با استفاده از آزمون‌های آماری می‌باشد (۷). به‌دلیل رفتار غیرخطی عناصر اقلیمی (۱۲)، حساسیت کمتر نسبت به مقادیر حد و داده‌های پرت سری زمانی (۲۹) و از طرف دیگر عدم تابع توزیع خاص (۱) سبب کاربرد بیشتر آزمون‌های ناپارامتری نسبت به پارامتری در این زمینه شده است.

درباره‌ی روند تغییرات متغیرهای مختلف هواشناسی تحقیقات مختلفی انجام شده است. در این خصوص می‌توان به تحقیقات علیجانی و همکاران (۲) و سبزی پرور و همکاران (۲۳)- که به‌ترتیب روند تغییرات بارش‌های سالانه و فصلی در ۴۴ ایستگاه سینوپتیک ایران و روند تغیرات دما در برخی ایستگاه‌های سینوپتیک واقع در منطقه خشک و نیمه خشک ایران را بررسی کردند- اشاره کرد. بهره‌مند و همکاران (۵) و فتحیان و همکاران (۱۲) به تحقیق بر روند برخی متغیرهای هیدرولوژیکی و اقلیمی در دریاچه ارومیه پرداختند. سوباش و سیکا (۲۵) روند بارش و دما در هند را بررسی کردند. کاسمیرو و همکاران (۱۰) با بررسی روند در سری‌های زمانی فصلی و سالانه بارش، دمای متوسط و بیشینه و کمینه در منطقه پرتویان آمازون آندس با آزمون‌های MK و MW، به این نتیجه رسیدند که در بارش فصلی روندی وجود نداشت، ولی روند بارش سالانه مرتبط با دمای اقیانوس آتلانتیک شمالی است و روند دمای سالانه مرتبط با نوسانات ال- نینو بود. ایواساکی (۱۸) روند بارش‌های سنگین در طی فصول گرم در شرق ژاپن و مفاله و همکاران (۲۲) تغییرات روند بارش سه ماهه تابستان را در بوتسوانا بررسی کردند. در تمام این تحقیقات آزمون‌های MK، MW و تخمین‌گر شیب سن (S)، با فرض مستقل بودن داده‌های نمونه انجام شده است. اما تحلیل روند یک سری زمانی عموماً تحت تأثیر خودهم‌بستگی مثبت یا منفی قرار می‌گیرد (۳۱،۲۰،۱۵) که بر توانایی روش‌های ناپارامتری برای ارزیابی میزان روند تأثیر خواهد گذاشت. خودهم‌بستگی مثبت روند را از مقدار واقعی بیش‌تر نشان می‌دهد و خودهم‌بستگی منفی در یک سری، باعث نشان ندادن روند می‌شود که در تحقیقات قبلی این موضوع در نظر گرفته نشده بود.

لذا به منظور محدود کردن اثر خودهم‌بستگی بر آزمون MK، ضروری است قبل از انجام آزمون، اجزا خودهم‌بستگی از قبیل فرآیند خودهم‌بستگی مرتبه اول

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]

از سری داده‌ها حذف گردد. این فرآیند پیش سفید کردن (PW)[1] نامیده می‌شود (۲۷). در روش PW برای حذف یک مؤلفه هم‌بستگی پیاپی همانند یک فرآیند خودهم‌بستگی از یک سری زمانی قبل از اعمال آزمون MK برای ارزیابی روند معنی‌داری استفاده می‌شود. این روش از سوی داگلاس و همکاران (۱۱) همیلتون و همکاران (۱۶)، بورن و هاگ النور (۸)، زارع نیستانک و همکاران (۳۲) و سایرین در مطالعات بررسی روند اعمال شده است. هم‌چنین، کالویرو و همکاران (۹) در بررسی روند فصلی و سالانه بارش در کالابریا (جنوب ایتالیا) طی دوره ۵۰ ساله با روش MK و حذف اثر خودهم‌بستگی با روش PW به این نتیجه رسیدند که بارش سالانه و فصول زمستان و پاییز روند نزولی و بارش تابستان روند صعودی دارد. در نواحی ساحلی نزدیک منطقه اورشیا، موندال و همکاران (۲۱)، روند بارندگی ماهانه را با آزمون MK و اعمال PW همراه با شیب تخمین‌گر سن بررسی کردند. نتایج نشان داد که بارش در برخی ماه‌ها دارای روند افزایشی و برخی دارای روند کاهشی می‌باشد. هر دو تحقیق اشاره شده دریافتند که تعداد روندهای معنی‌دار بعد از پیش سفید کردن کم‌تر از موارد مشاهده شده قبل از آن بود.

حامد و رائو (۱۵) برای کاهش وجود اثر هم‌بستگی متوالی، یک رابطه تجربی براساس اندازه نمونه مساوی یا مؤثر برای اصلاح واریانس آماری MK پیشنهاد دادند، که برای اصلاح واریانس آماری از ضریب هم‌بستگی پیاپی رتبه‌های داده‌های نمونه محاسبه می‌شود. روش ارایه شده دیگر برای حذف اثر هم‌بستگی پیایی در ارزیابی معنی‌داری روند آزمون Brillinger (۶) می‌باشد. این آزمون نسبت به MK پیچیده‌تر بوده و نیازمند انتخاب اختیاری سه پارامتر است که به عدم قطعیتی بالایی در نتایج منجر می‌شود. لذا انتخاب نامناسب در مقدار پارامترها ممکن است نتیجه آزمون را کاملاً بی‌معنی نشان دهد. یوو و همکاران (۳۱) بیان داشتند اگرچه روش ارایه شده از سوی حامد و رائو (۱۵) اثر هم‌بستگی پیاپی بر آزمون MK را تا حدودی کاهش می‌دهد، اما نرخ عدم پذیرش پس از تصحیح با این روش به دلیل نبود توانایی نمایش ماهیت خودهم‌بستگی سری زمانی، بیش‌تر از مقدار واقعی می‌باشد. آن‌ها بیان کردند فقط در صورت نبود روند، حذف اثر هم‌بستگی متوالی در آزمون MK با روش PW مناسب است. درحالی‌که در صورت وجود روند در سری زمانی، PW یک فرآیند خودهم‌بستگی مثبت، بخشی از روند موجود را حذف خواهد کرد و در نتیجه باعث خطایی در ارزیابی روند می‌شود (۳۱). لذا به‌منظور کاهش مؤثر در اثر ضریب هم‌بستگی روی آزمون MK، آزمون اصلاح شده PW بدون روند را ارایه دادند. در این زمینه ویولا و همکاران (۲۸) در بررسی روند تغییرات دما در ۸۰ ایستگاه در سیسیلی ایتالیا به گرم‌تر شدن منطقه مورد مطالعه اذعان داشتند. کومارتا اکساک و همکاران (۱۹) در حوزه رودخانه وایگانا در مرکز هند روند بارندگی‌های فصلی و سالانه را طی سال‌های ۱۹۰۱ تا ۲۰۱۲ بعد از اطمینان از نبود خودهم‌بستگی با آزمون MK اصلاح شده بررسی کرده و به این نتیجه رسیدند که بارش سالانه روند کاهشی داشته و بارش فصلی به غیر از فصل مانسون در بقیه فصول روند کاهشی معنی‌داری در طی ۱۱۲ سال گذشته داشت.

از بررسی سوابق مطالعاتی چنین استنباط می‌شود که مطالعه جامعی روی روند سری‌های زمانی هواشناسی در ایران با در نظر گرفتن اثر خودهم‌بستگی داده‌ها کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین با توجه به پیش‌بینی تغییرات اقلیم در دنیا، هدف از این تحقیق، آشکارسازی وجود و میزان روند تغییرات دما و بارش به صورت فصلی و سالانه با استفاده از آزمون MMK (PW بدون روند) و مقایسه آن با نتایج دو آزمون MK و MW می‌باشد. استان گلستان با توجه به موقعیت خاص جغرافیایی و اقلیمی و اهمیت کشاورزی، یکی از آسیب‌پذیرترین مناطق به تغییر اقلیم می‌باشد. بدین منظور از اطلاعات هواشناسی چند ایستگاه منتخب در حوزه آبخیز شرق گرگان‌رود در استان گلستان برای بررسی روند سری‌های زمانی دما و بارش استفاده شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شرق حوزه آبریز گرگان‌رود دارای میانگین سالانه دما در حدود ۱۶ درجه سانتی‌گراد در نواحی پست تا ۷/۵ درجه سانتی‌گراد در ارتفاعات جنوبی حوزه می‌باشد. متوسط بارش سالانه حوزه از ۱۸۴ میلی‌متر در شرق حوزه تا ۸۶۶ میلی‌متر در غرب حوزه تغییر می‌کند. به‌طور متوسط در سطح حوزه ۲۳ درصد بارش در فصل بهار، ۱۵٪ در تابستان، ۲۸٪ در پاییز و ۳۵٪ در فصل زمستان رخ می‌دهند. به منظور بررسی وجود و چگونگی روند در سری‌های زمانی بارش و دمای فصلی و سالانه حوزه مورد مطالعه ابتدا، طول دوره آماری متفاوت ایستگاه‌ها که عمدتاً مربوط به تأسیس آن‌ها در سال‌های مختلف بود، به یک پایه زمانی مشترک تبدیل شد و سپس اقدام به تکمیل آمارهای ناقص این دوره گردید. آمارهای مورد استفاده از نقص نسبتاً کمی برخوردار بودند که برای بازسازی آن‌ها از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها استفاده شد. در این تحقیق، برای بررسی روند تغییرات اقلیم، سری‌های زمانی بارش و دما، در مقیاس سالانه و فصلی هفت ایستگاه هواشناسی و سینوپتیک (ارازکوسه، تمر، چشمه‌خان، رامیان، رباط‌قره‌بیل، بهلکه

1- Pre-Whitening

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]

و مراوه‌تپه) در شرق حوزه آبخیز گرگان‌رود، مقدار آماره‌های آزمون MK، MMK و آزمون MW در دوره‌ی آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۱-۱۹۸۲) محاسبه گردید. سپس معنی‌داری این آماره‌ها در سطح اطمینان ۹۰ درصد مورد آزمون قرار گرفت

آزمون من-کندال (MK)، تخمین‌گر شیب سن (S) و آزمون من‌ویتنی (MW)

آزمون MK از متداول‌ترین آزمون‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به شمار می‌رود. از این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل وجود روند استفاده می‌گردد و برای سری‌های زمانی که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کنند، کاربرد دارد. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (۱۷). در این آزمون، در صورت مثبت بودن آماره Z روند سری داده‌ها، صعودی و در صورت منفی، بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. برای مطالعه بیش‌تر این روش به علیجانی و همکاران (۲) مراجعه گردد.

در ادامه، برای شناخت رفتار خطی و ترسیم خط روند و محاسبه شیب آن از روش S استفاده شد. در این آزمون برای هر یک از جفت نقاط، زمانی محاسبه کرده و سپس با معدل‌گیری از شیب‌های جزیی، به تخمین شیب کلی می‌پردازد. اکنون، هر مقدار منفی از آمارهٔ آزمون نشان‌دهنده روند کاهشی و هر مقدار مثبت آن نشان‌دهنده روندی افزایشی است. مقدار شیب خط روند با استفاده از شیوه ارایه شده از سوی تیل (۲۶) و سن (۲۴) با رابطه زیر برآورد می‌شود (رابطه ۱):

$$= median\left(\frac{X_j - X_l}{j-l}\right) \qquad \forall_l < j \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن x_j و x_i مقادیر داده‌ها به‌ترتیب در زمان‌های j و l (j>l) می‌باشد. همچنین منظور از Median (u) میانه مقادیر u می‌باشد.

آزمون MW یکی از آزمون‌های ناپارامتری و جانشینی برای آزمون t با دو نمونه مستقل است. N تعداد کل نمونه‌ها است که آن‌ها را به دو گروه n_1 و n_2 که با هم مقایسه شوند، تقسیم می‌شود. داده‌های هر دو گروه را بعد از رتبه‌بندی و مجموع رتبه‌های هر گروه را محاسبه کرده و با R_1 و R_2 نامیده و در شاخص زیر قرار داده می‌شود (رابطه۲):

$$W = n_1 \times n_2 + \frac{n_1(n_1+1)}{2} - R_1 \qquad (۲)$$

$$W' = n_1 \times n_2 + \frac{n_2(n_2+1)}{2} - R_2$$

سپس W کوچک‌تر را با مقدار جدول MW مقایسه می‌شود. اگر از مقدار جدول کمتر بود، فرض صفر رد می‌شود.

آزمون من-کندال اصلاح شده (MMK)

تحلیل روند یک سری زمانی عموماً تحت تأثیر خودهم‌بستگی مثبت یا منفی قرار می‌گیرد (۳۱،۱۵) که بر توانایی روش‌های ناپارامتری برای ارزیابی میزان روند تأثیر خواهد گذاشت. لذا به منظور محدود کردن اثر خودهم‌بستگی، روش MMK به‌کار برده شد (۳۰). در این آزمون در صورت صفر نبودن مقدار شیب روند داده‌ها، روند به‌صورت خطی فرض شده و داده‌های نمونه بدون روند می‌شوند. سپس ضریب خودهم‌بستگی مرتبه اول سری بدون روند X_t با استفاده از معادلات (۳) و (۴) برآورد می‌گردد:

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k}\sum_{t=1}^{n-k}[X'_t - E(X'_t)][X_{t+k} - E(X'_t)]}{\frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n}[X'_t - E(X'_t)]^2} \qquad \text{رابطه (۳)}$$

$$E(X'_t) = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n} X'_t \qquad \text{رابطه (۴)}$$

که در آن r_k: ضریب خودهم‌بستگی مرتبه **k** داده‌های نمونه سری بدون روند X_t و $E(X_t)$: میانگین داده های نمونه می‌باشد. سپس خودهم‌بستگی مرتبه اول با استفاده از معادله (۵) حذف می‌گردد.

$$Y_t = X_t - r_1 X_{t-1} \qquad \text{رابطه (۵)}$$

با توجه به پیش سفید کردن پس از حذف روند از سری‌ها، این روش پیش سفید کردن بدون روند نامیده می‌شود. سپس سری باقیمانده‌ها به یک سری مستقل تبدیل می‌شود. در مرحله بعد روند شناخته شده T_t و سری باقیمانده‌ها Y_t با هم ترکیب می‌گردد. در سری حاصل Y_t اثر ضریب خودهم‌بستگی حذف شده است. در نهایت آزمون MK روی سری ترکیبی Y_t برای برآورد روند واقعی انجام می‌گردد.

نتایج و بحث

تحلیل آزمون ناپارامتری بر داده‌های فصلی

فصل زمستان

در شکل شماره ۱ نتایج بررسی روند دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش برای هر یک از هفت ایستگاه مورد مطالعه با سه روش مورد تحقیق ارایه شده‌است. نتایج حاصل نشان داد در سطح معنی‌داری ۹۰٪، طبق آزمون MW، نشانه‌هایی از روند پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. در بررسی پارامتر دمای بیشینه با روش MK، از تعداد هفت ایستگاه مورد مطالعه، فقط در دو ایستگاه ارازکوسه (روند منفی) و تمر (روند مثبت) روند معنی‌دار مشاهده

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]

شد. اما بعد از پیش سفید کردن و حذف اثر ضریب خودهم‌بستگی روندی مشاهده نشد.

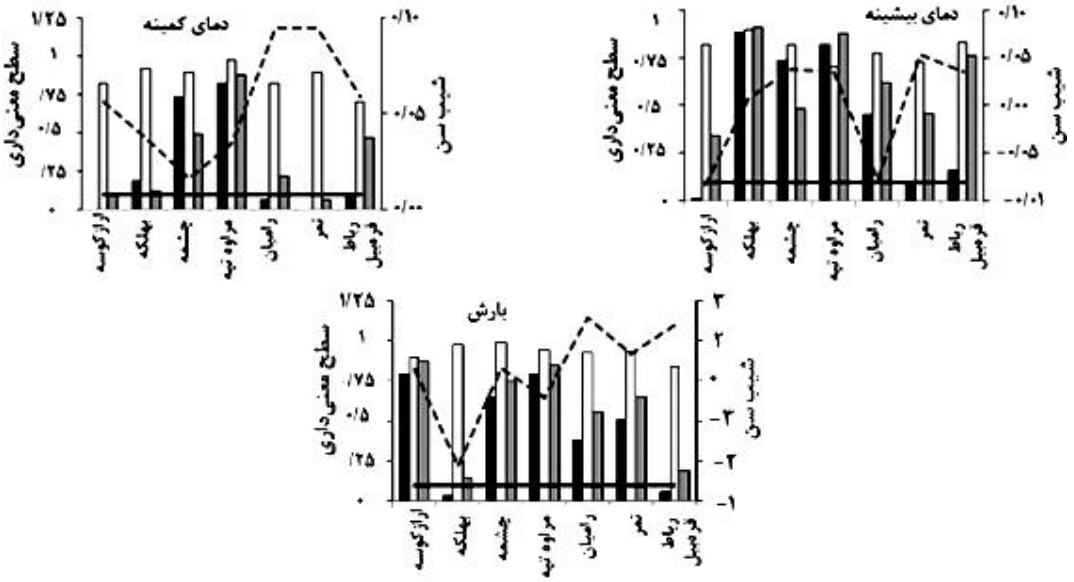
بررسی روند دمای کمینه با آزمون MK، نشان داد که چهار ایستگاه (ارازکوسه، تمر، رامیان، رباط قره‌بیل) از هفت ایستگاه روند مثبت معنی‌داری را تجربه کرده‌اند. اما این روند افزاشی فقط در دو ایستگاه ارازکوسه و تمر در سطح ده درصد با آزمون MMK معنی‌دار هستند.

نتایج بررسی روند رژیم بارندگی فصل زمستان نشان داد که سری‌های زمانی بارش در برخی ایستگاه‌ها با آزمون MK دارای روند معنی‌داری می‌باشند. با توجه به شکل ۱، طبق آزمون MK، در ایستگاه‌های بهلکه و رباط‌قره‌بیل به ترتیب روند منفی و مثبت آشکار شد، در حالی‌که آزمون‌های MW و MMK روند معنی‌داری از تغییرات بارش در هیچ یک از ایستگاه‌های مورد مطالعه را نشان ندادند.

فصل بهار

نتایج حاصل از تحلیل روند در سری‌های زمانی مورد مطالعه در فصل بهار، در شکل ۲، ارایه شده است. طبق نتایج آزمون MK و MMK، در چهار ایستگاه از هفت ایستگاه روند افزایش دمای بیشینه قابل مشاهده است، هر چند هیچ‌کدام معنی‌دار نبوده‌اند. سه ایستگاه دیگر شاهد کاهش دمای بیشینه بوده‌اند. اما اعمال آزمون MW بر دمای بیشنیه ایستگاه‌های مورد تحقیق، در ایستگاه‌های ارازکوسه و مراوه‌تپه روند منفی معنی‌داری آشکار شد. بقیه ایستگاه‌ها فاقد هرگونه روند معنی‌داری بودند. در حالی که در دمای کمینه، در ایستگاه‌های ارازکوسه، رامیان و تمر طبق آزمون MK روند مثبت معنی‌داری مشاهده شد، اما بعد از پیش سفید کردن و حذف اثر ضریب خودهم‌بستگی فقط در ایستگاه تمر روند معنی‌داری در سطح معنی‌داری ۹۰٪، مشاهده شد.

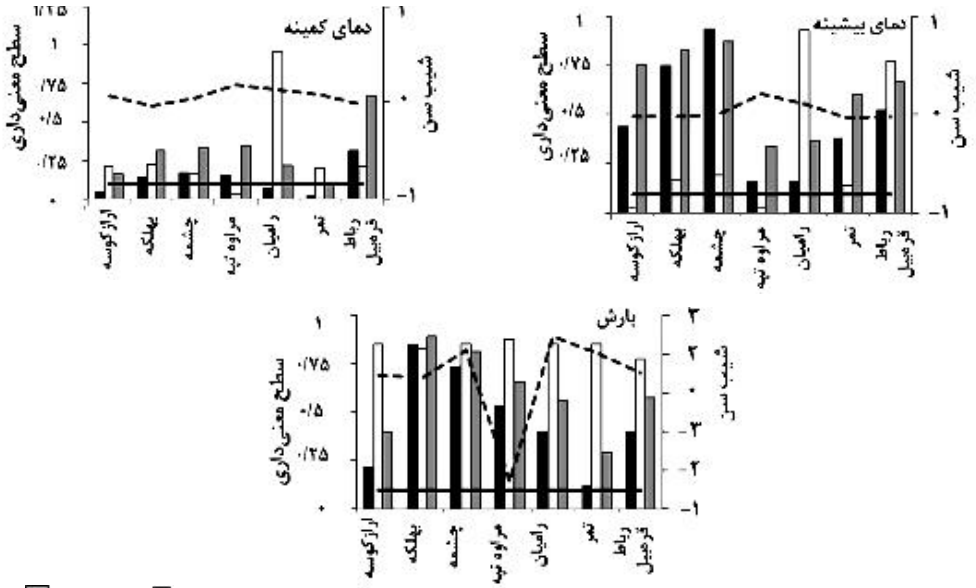
نتایج بررسی روند سری‌های زمانی بارش فصل بهار نیز (شکل ۲) نشان داد که به غیر از ایستگاه مراوه‌تپه در ایستگاه‌های دیگر با سه روش مورد بررسی روند افزایشی بارش قابل مشاهده است، هر چند هیچ‌کدام معنی‌دار نبوده‌اند.



شکل ۱- روند دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش فصل زمستان با سه آزمون MK (■)،MW (□) و MMK (▒) (شیب سن (- - -) و سطح معنی‌داری (▬)).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

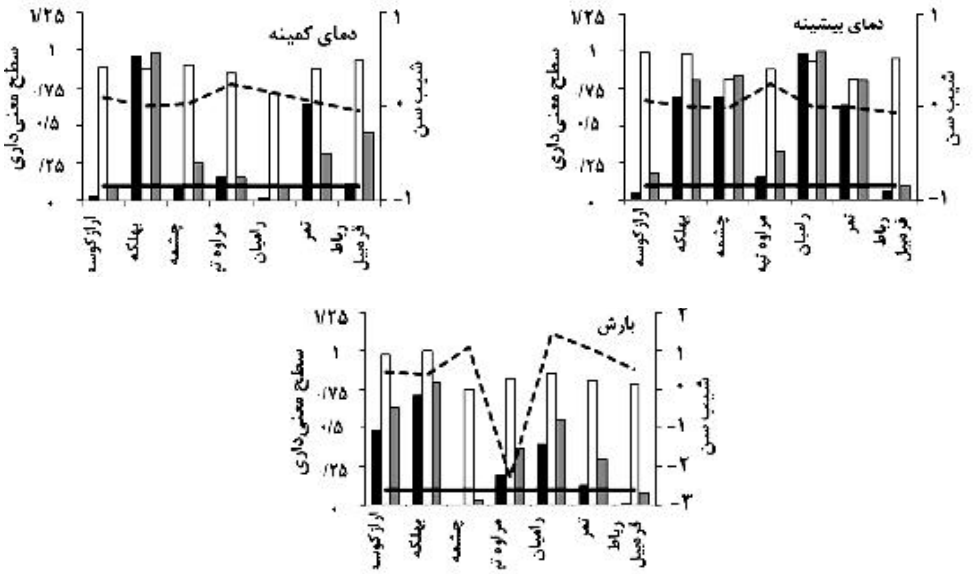
[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]



شکل ۲- روند تغییرات دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش فصل بهار با سه آزمون MK (■)،MW (□) و MMK (▒) (شیب سن (- - -) و سطح معنی‌داری(▬)).

فصل تابستان

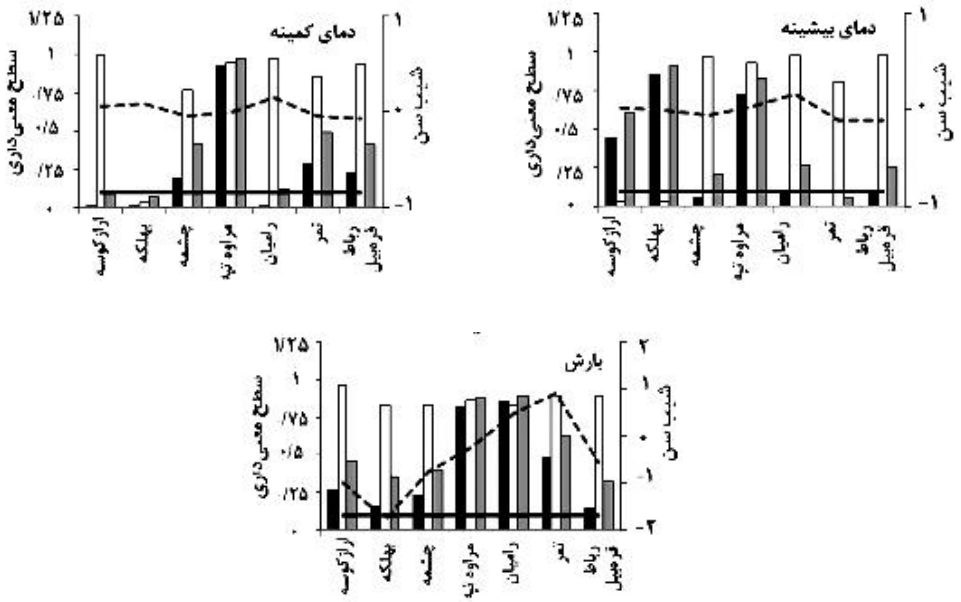
نتایج بررسی روند سری‌های زمانی رژیم حرارتی مورد بررسی و بارش در فصل تابستان در شکل شماره ۳، ارایه شده است. نتایج آزمون MK بر پارامتر دمای بیشینه نشان داد که ایستگاه‌های اراز کوسه (افزایشی) و رباط قره‌بیل (کاهشی) در سطح ۱۰ درصد معنی‌داری می‌باشند. اما با روش MMK بعد از پیش سفید کردن و حذف اثر ضریب خودهم‌بستگی فقط در ایستگاه رباط‌قره‌بیل روند معنی‌داری مشاهده شد. بررسی روند دمای کمینه با آزمون MK بیان‌گر معنی‌دار بودن چهار ایستگاه از هفت ایستگاه مورد مطالعه است، اما با اعمال آزمون MMK فقط در دو ایستگاه اراز کوسه و رامیان روند افزایشی معنی‌داری مشاهده شد. هم‌چنین نتایج محاسبات نشان‌دهنده روند مثبت معنی‌داری بارش در ایستگاه چشمه براساس آزمون MK و MMK است. اما نتایج آزمون MW نمایان‌گر عدم معنی‌داری روند پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه‌های مورد مطالعه است.



شکل ۳- روند تغییرات دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش فصل تابستان با سه آزمون MK (■)،MW (□) و MMK (▒) (شیب سن (- - -)و سطح معنی‌داری (▬)).

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]



شکل ۴- روند دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش فصل پاییز با سه آزمون MK (■)،MW (□) و MMK (▨) (شیب سن (- - -)و سطح معنی‌داری (▬)).

فصل پاییز

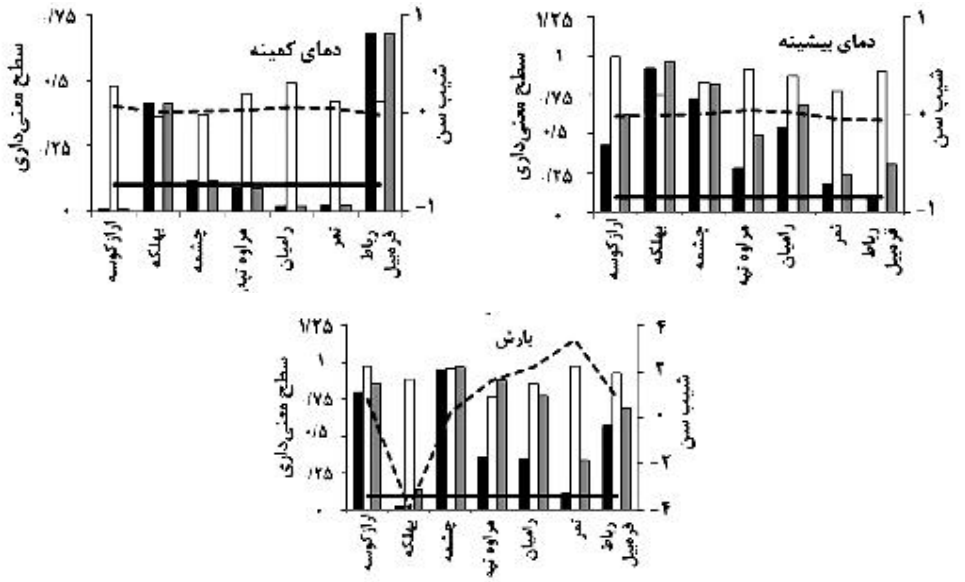
نتایج بررسی روند سری زمانی دمای بیشینه در فصل پاییز (شکل ۴) نشان داد که براساس آزمون MK روند معنی‌داری افزایشی در ایستگاه رامیان و روند معنی‌داری کاهشی در دو ایستگاه تمر و رباط قابل مشاهده است. با اعمال پیش سفید کردن و حذف اثر ضریب خودهم‌بستگی فقط در ایستگاه تمر روند معنی‌داری مشاهده شد. نتایج آزمون MW بر دمای بیشینه ایستگاه‌های مورد تحقیق نشان داد که ایستگاه‌های ارازکوسه و بهلکه روند منفی معنی‌داری را تجربه کرده‌اند. سری زمانی پارامتر دمای کمینه در سه ایستگاه ارازکوسه، بهلکه و رامیان با آزمون MK روند افزایشی معنی‌داری در سطح ۱۰ درصد دارند در حالی‌که تعداد دو ایستگاه (ارازکوسه و بهلکه) از هفت ایستگاه روند افزایشی معنی‌داری با آزمون MMK تجربه کرده‌اند. اما طبق آزمون MW فقط ایستگاه بهلکه دارای روند معنی‌داری دمای کمینه است.

تحلیل آزمون ناپارامتری بر داده‌های سالانه

نتایج آشکارسازی روند سالانه سه پارامتر اقلیمی مورد بررسی در شکل شماره ۵، ارایه شده است. نتایج نشان داد که سری زمانی درازمدت دمای بیشینه در هیچ‌یک از ایستگاه‌ها با آزمون‌های اعمال شده معنی‌دار نبودند. در مورد پارامتر دمای کمینه، چهار ایستگاه ارازکوسه، مراوه‌تپه، رامیان و تمر روند معنی‌داری افزایشی با آزمون MK نشان دادند. در صورتی‌که با اعمال آزمون MMK فقط در دو ایستگاه ارازکوسه و رامیان روند افزایشی معنی‌داری مشاهده شد. در مورد سری زمانی بارش طبق روش MK، دو ایستگاه بهلکه (روند منفی) و تمر (روند مثبت) روند معنی‌داری آشکار شد. اما نتایج نشان داد طبق دو آزمون MMK و MW در سطح ده درصد سری‌های زمانی بارش مورد بررسی روندی را تجربه نکرده‌اند. هرچند مقادیر شیب‌های خط روند در شش ایستگاه از هفت ایستگاه مثبت است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]



شکل ۵- روند دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش فصل پاییز با سه MK (■)،MW (□) و MMK (▒) (شیب سن (- - -) و سطح معنی‌داری (▬)).

مقایسه منطقه‌ای شیب روند

شکل ۶ نمودار جعبه و خط مربوط به شیب روند پارامترهای دمای بیشینه، دمای کمینه و بارش ایستگاه‌های مختلف را در منطقه مورد مطالعه در سه دهه اخیر در مقیاس فصلی نشان می دهد. همان‌طور که از این نمودار می‌توان استنباط کرد، بیش‌ترین شیب خط روند دمای بیشینه مربوط به بهار، سپس تابستان است و میانه شیب‌های خطوط روند همه فصول مثبت است.

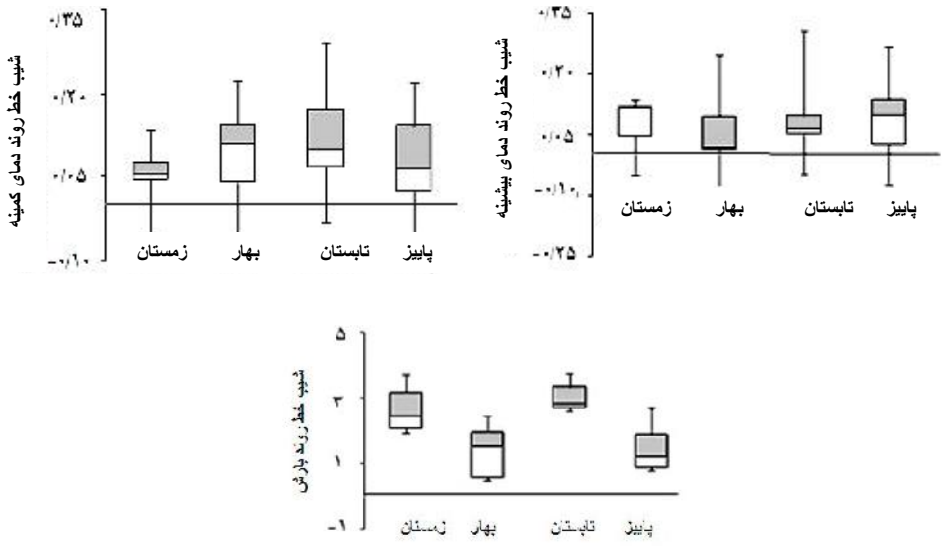
فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) دمای بیشینه در فصل تابستان در مقایسه با دیگر فصول سال بسیار کم است که نمایان‌گر نزدیکی شیب خط روند بسیاری از ایستگاه‌ها به میانه شیب‌هاست؛ اما در فصل پاییز با توجه بیشتر بودن فاصله خطوط ۲۵ و ۷۵ درصد شیب‌ها از دیگر فصول سال مشخص می‌کند که تغییرات شیب روند دمای بیشینه فصل پاییز در ایستگاه‌های مورد مطالعه به‌مراتب بیش‌تر از سایر فصول سال است.

مطابق شکل ۶ خط میانه شیب‌های دمای کمینه، در همه فصول مثبت است. این واقعیت نشان‌هنده این است که در حالت کلی شیب خط روند دمای کمینه فصلی در اکثر ایستگاه‌های منطقه افزایشی است. با توجه به بالا بودن خط میانه جعبه‌ها مربوط به فصل بهار در مقایسه با دیگر فصول سال این نشان می‌دهد که شیب خط روند در این فصل در مقایسه با دیگر فصول شدیدتر است. فاصله بین خطوط بالا و پایین مستطیل‌ها در فصل زمستان نسبت به فصول دیگر بسیار کم‌تر است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات شیب خط روند در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل مذکور بسیار کم است.

در مورد شیب خط روند بارش ایستگاه‌های مورد مطالعه با توجه به شکل ۶ همان‌طور که مشاهده می‌شود خط میانه شیب‌ها در هر تمام فصول سال مثبت است. بیش‌ترین شیب مثبت خط روند مربوط به فصل تابستان و پس از آن به‌ترتیب مربوط به فصول زمستان، بهار و پاییز می باشد. در فصل بهار فاصله بین صدک ۲۵ و صدک ۷۵ بیش‌تر از فاصله نظیر در فصول دیگر سال است، با این حال فاصله چارک سوم تا میانه خیلی بیش‌تر از فاصله چارک اول تا میانه است. این نشان می‌دهد که واریانس داده‌های بالاتر از میانه بیش‌تر از مقدار نظیر داده‌های پایین‌تر از میانه است و در فصل زمستان بالعکس.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]



شکل ۶- نمودار جعبه‌ای شیب خط روند پارامترهای مورد بررسی در فصول مختلف سال در شرق حوزه آبخیز گرگان‌رود. خطوط انتهای جعبه (پایین و بالای مستطیل) به ترتیب نشان‌دهنده مقادیر شیب نظیر صدک ۲۵ و ۷۵ و خط موجود در درون جعبه نشان‌دهنده مقدار نظیر میانه شیب‌ها می‌باشد. خط‌ها (خطوط افقی کرنه‌ای) نشان‌دهنده مقادیر شیب نظیر صدک ۵ و ۹۵ تعداد ایستگاه‌ها هستند.

هم‌چنین فصل تابستان فاصله خط زیرین و فوقانی جعبه (۲۵ و ۷۵ درصد) نسبت به فصول دیگر کم‌تر است و این نشان می دهد که تغییرات شیب خط روند در این فصل در ایستگاه‌های مورد مطالعه کم بوده و بنابراین شیب خط روند بسیاری از ایستگاه‌ها (۵۰ درصد) نزدیک به میانه شیب‌هاست.

در این تحقیق روند بارش، دمای کمینه و بیشینه، به‌صورت فصلی و سالانه در شرق حوزه آبخیز گرگان‌رود واقع در استان گلستان، طی دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۱۱-۱۹۸۲) مورد بررسی قرار گرفت. برای این بررسی سه آزمون ناپارامتری MK، MW و MMK، در سطح خطای ده درصد و نیز از داده‌های بارش و درجه حرارت هفت ایستگاه استفاده شد. براساس آزمون MK بر روی سری‌های زمانی دمای بیشینه فصلی و سالانه هفت ایستگاه مشاهده گردید که هرچند نشانه‌هایی از روند کاهشی و افزایشی (یک ایستگاه) در فصول زمستان و تابستان، وجود نداشتن روند در فصل بهار و روند افزایشی یک ایستگاه و کاهشی دو ایستگاه در فصل پاییز مشاهده می‌شود اما بعد از روندزدایی فقط در یک ایستگاه از هفت ایستگاه در فصول تابستان (ایستگاه رباط قره‌بیل) و پاییز (تمر) روند معنی‌داری مشاهده شد. روند افزایشی دما در تحقیق فتحیان (۱۲) و قدوسی (۱۳) در فقط یک ایستگاه گزارش کردند که با نتیجه این مطالعه کاملاً هم‌خوانی دارد. اما با نتایج سبزی پرور و همکاران (۲۳) که بیان داشتند بیش‌تر ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای روند افزایشی معنی‌داری دمای بیشینه هستند، هم‌خوانی ندارد.

از میان آماره‌های مورد مطالعه، دمای کمینه در منطقه‌ی مورد مطالعه تغییرات معنی‌داری بیش‌تری مشاهده شد که با نتایج تحقیق قیامی شمالی و همکاران (۱۴) مطابقت دارد. به‌طوری‌که نتایج آزمون MK نشان داد که در فصل زمستان چهار ایستگاه از هفت ایستگاه دارای روند افزایشی بودند. در بقیه فصول، سه ایستگاه روند افزایشی دمای کمینه را تجربه کرده‌اند، که نتایج تقریبا مشابهی را با تحقیقات دیگران از لحاظ درصد ایستگاه‌های دارای روند معنی‌داری را نشان داد (۱۴). اما بعد از روندزدایی فقط در دو ایستگاه در فصول مختلف روند معنی‌داری مشاهده شد.

بررسی روند در سری زمانی بارندگی‌ها با آزمون MK در حوزه نشان داد که در فصل زمستان و تابستان به‌ترتیب فقط دو و یک ایستگاه دارای روند مثبت و معنی‌داری است. نتایج حذف روند سری‌های بارش نشان داد که فقط ایستگاه چشمه در فصل تابستان دارای روند معنی‌داری (شیب سن ۱/۰۸) است. این یافته‌های پژوهشی با نتایج علیجانی و همکاران (۲) و عزیزی و روشنی (۴) هم‌سو است. به‌طوری که علیجانی و همکاران (۲) با تحلیل روند تغییرات بارندگی ۴۴ ایستگاه سینوپتیک در ایران هیچ روند معنی‌داری در بارش‌های فصل بهار مشاهده ننمودند. هم‌چنین قدوسی و همکاران (۱۳) در بررسی روند بارش در حوزه آبخیز

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]
[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]

آجی چای بیان داشتند که مقدار عمومی برای بارندگی در سطح حوزه تغییرات قابل ملاحظه‌ای نداشته است.

نتایج این تحقیق با نتایج دیگر تحقیقات مبنی بر کاهش تعداد روندهای معنی‌داری بعد از روندزدایی هم‌خوان می‌باشد (۲۱،۹). بررسی روند سری‌های زمانی با آزمون MW برای پارامترهای مورد مطالعه در سطح حوزه بیان‌گر نبود روند تغییرات معنی‌داری به جز در سری زمانی دمای بیشینه در دو ایستگاه در فصول بهار و پاییز بود. از آنجا که در آزمون MK رابطه درونی یا هم‌بستگی‌ها مدنظر است، پس جزیی‌تر و دقیق‌تر می‌باشد، اما در آزمون MW برای مقایسه رتبه‌های مقادیر دو گروه استفاده می‌شود و نگاه کلی به رتبه‌ها دارد. لذا تفاوت زیادی در بررسی روند این دو آزمون مشاهده شد. نتایج این مطالعه، درک صحیح و چشم‌انداز جدیدی را برای سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان در کمک به اقدامات پیشگیرانه سازگاری با تغییرات اقلیم می‌دهد. اقدامات به موقع و تغییرات نهادی قطعاً در کاهش خسارات ناشی از این تغییرات در بخش‌های کشاورزی و صنعت خواهد داشت.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان گلستان به دلیل در اختیار گذاشتن اطلاعات و آمار مورد نیاز تقدیر و تشکر می‌گردد.

منابع

1. Adash, S. and M. Janga Reddy. 2014. Trend Analysis of Rainfall in Four Meteorological Subdivisions of Southern India Using Nonparametric Methods and Discrete Wavelet Transforms. International Journal of Climatology, DOI: 10.1002/joc.4042.
2. Alijani, B., P. Mahmoodi and A. Chogan. 2012. Trend Analysis of Annul and Seasonal Rainfall by Non-Parametric Test "Sen Slope". Journal of Climate Research, 3: 23-42 (In Persian).
3. Azari, M., H.R. Moradi, B. Saghafian and M. Faramarzi. 2013. Assessment of Hydrological Effects of Climate Change in Gourganroud River Basin. Journal of Water and Soil, 27: 537-547 (In Persian).
4. Azizi, Gh. and M. Roushani. 2008. Using Mann-Kendall Test to Recognize of Climate Change in Caspian Sea Southern Coasts. Geographical Research Quarterly, 35: 13-28 (In Persian).
5. Bahremand, A., Gh. Hamdami and E. Saniyi. 2013. Long-Term Changes Trend Analysis in Rainfall and Discharge in West Lake Uremia. Journal of Watershed Management Research, 4: 43-57 (In Persian).
6. Brillinger, D.R. 1989. Consistent Detection of a Monotonic Trend Superposed on a Stationary Time Series. Biometrika, 76: 23-30.
7. Brooks, C.E.P. and N. Carrthers. 1953. Handbook of Statistical Methods in Meteorology. London, H.M.S.O. 412.
8. Burn, D.H. and M.A. Hag Elnur. 2002. Detection of Hydrological Trends and Variability. Journal of Hydrology, 255: 107-122.
9. Caloiero, T., R. Coscarelli, E. Ferrari and M. Mancini. 2011. Trend Detection of Annual and Seasonal Rainfall in Calabria (Southern Italy). International Journal of Climatology, 31: 44-56.
10. Casmiro, W.S.L., D. Labat, J. Ronchail, J.C. Espinosa and J.L. Guyot. 2013. Trends in the Rainfall and Peruvian Amazon-Andes Basin over the last 40 years (1965-2007). Hydrological processes, 27: 2944-2957.
11. Douglas, E.M., R.M. Vogel and C.N. Kroll. 2000. Trends in Floods and Low Flows in the United States. Impact of Spatial Correlation. Journal of Hydrology, 240: 90-105.
12. Fathian, F., S. Morid and E. Kahya. 2014. Identification of Trends in Hydrological and Climatic Variables in Urmia Lake Basin, Iran. Theoretical and Applied Climatology, 119: 443-464.
13. Ghodoosi, M., S. Morid and M. Delavar. 2013. Comparison of Detrending Methods for the Temperature and Precipitations Time Series. Journal of Agricultural Meteorology, 1: 32-45 (In Persian).
14. Ghyami Shamami, F., S. Marofi, A.A. Sabziparvar, H. Zare Abyaneh and M. Heydari. 2011. Detection of Climate Change Using air Temperature Series in the West of Iran. The Iranian Society of Irrigation and Water Engineering, 2: 10-25 (In Persian).
15. Hamed, K.H. and A.R. Rao. 1998. A Modified Mann-Kendall trend test for auto Correlated Data. Journal of Hydrology, 204: 182-196.
16. Hamilton, J.P., G.S. Whitelaw and A. Fenech. 2001. Mean Annual Temperature and Annual Precipitation Trends at Canadian Biosphere Reserves. Environmental Monitoring and Assessment, 67: 239-275.
17. Hejam, S., Y. Khoshkho and R. Shams Aldin Vandi. 2007. A Trend Analysis of Annual, Seasonal and Monthly Precipitation Selected Stations on Central Iran Using non Parametric Tests. Geographical Researches, 64: 157-168 (In Persian).
18. Iwasaki, H. 2015. Increasing Trends in Heavy Rain during the Warm Season in Eastern Japan and its Relation to Moisture Variation and Topographic Convergence. International Journal of Climatology, 35: 2154-2163.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]

19. Kumar Taxak, A., A.R. Murumkar and D.S. Arya. 2014. Long Term Spatial and Temporal Rainfall Trends and Homogeneity Analysis in Wainganga basin, Central India. Weather and Climate Extremes, 4: 50-61.
20. Mirabbasi Najafabadi, R. and Y. Dinpashoh. 2010. Trend Analysis of Stream Flow across the North West of Iran in Recent Three Decades. Journal of Water and Soil, 24: 757-768 (In Persian).
21. Mondal, A., K. Sananda and A. Mukhopadhyay. 2012. Rainfall Trend Analysis by Mann-kendal Test: a Case Study of North Eastern part of Cuttack District, Orrisa. International journal available and environmental sciences, 2: 70-78.
22. Mphale, K.M., S.K. Dash, A. Adedoyin and S.K. Panda. 2014. Rainfall Regime Changes and Trends in Botswana Kalahari Transect's late Summer Precipitation. Theoretical and Applied Climatology, 116: 75-91.
23. Sabziparvar, A., Z. Seif and F. Ghiami. 2013. Analysis of Temperature Changes Trend in Arid and Semi-Arid Regions. Geography and Development Iranian Journal, 11: 117-138 (In Persian).
24. Sen, P.K. 1968. Estimates of the Regression Coefficient Based on Kendall's tau. Journal of American Statistical Association, 63: 1379-1389.
25. Subash, N. and A.K. Sikka. 2014. Trend Analysis of Rainfall and Temperature and its Relationship over India. Theoretical and Applied Climatolog, 117: 449-462.
26. Thiel, H. 1950. A Rank-invariant method of linear and Polynomial Regression Analysis. Part 3. Proceedings of Koninalijke Nederlandse Akademie van Weinenschatpen, 53: 1397-1412.
27. Von Storch, V.H. 1995. Misuses of statistical Analysis in Climate Research. In H. V. Storch and A. Navarra (eds). Analysis of Climate Variability. Applications of Statistical Techniques. Springer-Verlag Berlin, Chapter, 2: 11-26.
28. Viola, F., L.L. Leonardo and F.L. Conti. 2014. Spatial Distribution of Temperature Trends in Sicily. International Journal of Climatology, 34: 1-17.
29. Xu, Z., K. Takeuchi and H. Ishidaira. 2003. Monotonic Trend and Step Changes in Japanese Precipitation. Journal of Hydrology, 279: 144-150.
30. You, S. and C. Wang. 2004. The Mann-Kendal test Modified by Effective Sample Size to Detect Trend in Serially Correlated Hydrological Series. Water Resources Management, 18: 201-218.
31. Yue, S., P. Pilon, B. Phinney and G. Cavadias. 2002. The Influence of Autocorrelation on the Ability to Detect Trend in Hydrological Series. Hydrological Processes, 16: 1807-1829.
32. Zarenistanak, M., A.G. Dhorde and R.H. Kripalani. 2014. Temperature Analysis over Southwest Iran: Trends and Projections. Theoretical and Applied Climatology, 116: 103-117.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]

Detecting Trend of Meteorological Series Across the Gorganrood Basin in the Last Three Decades

Maryam Sadat Jafarzadeh[1], Hamed Rouhani[2], Ali Heshmatpoure[3] and Mojtaba Kashani[4]

1, 3 and 4- M.Sc. Student, Assistant Professor and Instructor, Gonbad Kavous University
2- Assistant Professor, Gonbad Kavous University
(Corresponding author: rouhani.hamed@yahoo.com)
Received: April 30, 2014 Accepted: October 22, 2014

Abstract

Due to global warming, and its resulting changes in the frequency and amount of precipitation and temperature, there has been a great concern on climate change impacts by the scientific community. This study focuses on trend analysis of annual and seasonal rainfall (P), maximum temperature (Tmax) and minimum temperature (Tmin) time series from seven meteorological stations in Gorgranrood river basin during 1982-2011. Three statistical tests including, Mann-Kendall (MK), the Modified Mann-Kendall (MMK) test and Man Wintney (MW) were examined at 10% significance level. To quantify the slope we used Sen's non-parametric estimator of slope. Both positive and negative trends were identified by all the tests. However, all negative trends were insignificant and only some positive trends were significant. Trend tests reveal that the median of slopes of seasonal series of Tmax, Tmin and P are located above zero line which is revealed that increasing trend is observed in most of the station Steepest positive slope of trend line of the Tmax is found in the spring then in summer time. Trend analysis has revealed strong seasonal variability of Tmin series. The highest number of stations with significant trends occurred in the Tmin while less significant trends were detected in the Tmax and P. There is a non-significant increasing rainfall trend in the basin. With regard to seasonality P, it is remarkable that positive significant trends were detected in few stations at both annual and seasonally time scale. In order to remove serial correlation, the trend-free pre-whitening procedure has been applied and less number of positive trends has been again observed, highlighting that, in this case, serial correlation affect the results of Mann-Kendall trend test.

Keywords: Gorganrood River Basin, Mann-Kendall, Modified Mann-Kendall, Man Wintney

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-08]

[DOI: 10.18869/acadpub.jwmr.7.13.240]