نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، سال بیست و دوم، شماره ۶۶، پاییز ۱۴۰۱

تعیین روند زمانی و مکانی و نقطه تغییر دما و بارش در حوضه کشف‌رود

دریافت مقاله: ۹۷/۱۲/۲۱ **پذیرش نهایی**: ۹۸/۸/۴

صفحات: ۳۰۶-۲۸۹

آمنه خسروی: دانشجوی کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
Email: amene.khosravi@mail.um.ac.ir
محمودآذری: استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران[1].
Email: m.azari@um.ac.ir

چکیده

بررسی ویژگی‌های آب و هوایی و نوسانات آن در ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم و مدیریت و بهره برداری از منابع آب اهمیت دارد. تحلیل روند سری‌های زمانی متغیرهای هیدرولوژی و هواشناسی یکی از روش‌های تعیین تغییر در مولفه‌های اقلیمی است که با روش‌های مختلف پارامتری و ناپارامتری انجام می‌شود. در این پژوهش روند بارش و دما در سه مقیاس زمانی سالانه، فصلی و ماهانه در ایستگاه‌های حوضه کشف‌رود برای دوره آماری ۱۳۶۴ تا ۱۳۹۵ مورد بررسی قرار گرفت. برای این منظور آمار بارش و دمای ماهانه اخذ گردید و روند سری‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهانه با استفاده از آزمون ناپارامتری من کندال و آزمون پتیت در سطح اطمینان ۹۵٪ مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که روند دمای بیشینه در فصول بهار و زمستان و همچنین در مقیاس سالانه برای کلیه ایستگاه‌های حوضه افزایشی است. اما در فصل تابستان و پاییز الگوی یکسانی وجود ندارد. روند دمای کمینه ایستگاه‌های حوضه در تمامی فصول از الگوی واحدی برخوردار نیست. نتایج تحلیل روند بارش نشان می‌دهد که بارش سالانه حوضه تغییر نکرده و روند آن در سطح ۵ درصد معنی‌دار نیست در حالی که در فصل زمستان مقدار بارش حوضه روند کاهشی داشته است و در پاییز نیز در نیمه جنوبی روند افزایشی است. کاهش شدید بارش در زمستان و ماه‌های دی و بهمن و افزایش آن در آبان می‌تواند مدیریت منابع آب حوضه را در فصل خشک با چالش جدی مواجه کند.

کلید واژگان: نوسانات اقلیمی، آزمون من کندال، سری زمانی، آزمون پتیت، دشت مشهد.

۱- نویسنده مسئول: مشهد، میدان آزادی، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

مقدمه

تغییر اقلیم، واکنش طبیعت به فعالیت‌های بشر در نتیجه رشد صنعتی می‌باشد (ژو[1] و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۴۴). افزایش دمای متوسط جهانی موجب ایجاد ناهنجاری‌هایی در متغیرهای هواشناسی و هیدرولوژیکی از جمله بارش و تبخیر وتعرق شده است. بررسی وقایع اقلیمی و ویژگی‌های آن در مطالعات هیدرولوژی و ارزیابی تاثیر تغییرات اقلیمی اهمیت دارد و عوامل ایجادکننده و روند این تغییرات برای مدیریت بهتر منابع آب ضروری می‌باشد (زارع ابیانه و همکاران، ۱۳۸۹: ۱). تحلیل روند سری‌های زمانی متغیرهای هیدرولوژی و هواشناسی یکی از روش‌های تعیین میزان تغییر در مولفه‌های اقلیمی مرتبط با آب است (وفاخواه و همکاران، ۱۳۹۱: ۷۷). روند در سری‌های زمانی آب و هواشناسی می‌تواند ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و یا تغییر اقلیم باشد. روند معنی‌دار در یک سری زمانی بارندگی به تنهایی دلیلی قاطع بر وقوع تغییر اقلیم در یک منطقه نیست بلکه تنها فرض رخداد آن را تقویت می‌نماید که این ویژگی به عوامل متعدد کنترل کننده اقلیم مرتبط است (سرانو[2] و همکاران، ۱۹۹۹: ۸۵). تغییرات زمانی و مکانی بارش به عنوان یکی از مهم‌ترین اجزاء اقلیم در چرخه آب حوضه حائز اهمیت است. در سال‌های اخیر مطالعات متعددی درباره‌ی آثار احتمالی تغییر اقلیم بر جریان رودخانه‌ها انجام شده است که بیشتر آنها به بررسی تغییرات میانگین‌های بلندمدت اقلیمی و هیدرولوژیکی پرداخته‌اند. بررسی روند، علاوه بر مشخص کردن نوسانات طولانی مدت فرایندهای هیدرولوژیکی، دوره تناوب و دیگر خصوصیات آنها را مشخص می‌کند (سانگ[3] و همکاران، ۲۰۱۴: ۲۹۳). به منظور تحلیل روند داده‌های هواشناسی و هیدرولوژی روش‌های مختلفی وجود دارد که به سه دسته روش‌های گرافیکی، پارامتری و ناپارامتری قابل تفکیک است (حامد و رائو[4]، ۱۹۹۸: ۳۵۰). روش‌های ناپارامتری از کاربرد وسیع‌تری نسبت به روش‌های پارامتری برخوردار می‌باشند. در این روش‌ها فرض صفر (H_0) نبود روند و فرض یک (H_1) وجود روند در سری داده‌ها را آزمون می‌کند. آزمون من کندال[5]، اسپیرمن[6]، شیب سن[7] و آزمون پتیت[8] از جمله روش‌هایی است که در تحلیل روند در مطالعات مختلف استفاده شده است. از میان این روش‌ها، آزمون من کندال به طور گسترده‌ای در تحلیل روند داده‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به کار گرفته می‌شود.

جین[9] و همکاران (۲۰۱۲)، برای تحلیل روند بارش و دما در شمال شرقی هند از آزمون من کندال و شیب سن استفاده کردند. روند کلی در داده‌های بارش برای دوره ۲۰۰۸-۱۸۷۱ مشاهده نشد در صورتی که بیشینه، کمینه و میانگین دما روند افزایشی داشتند. بیری[10] و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی تحلیل روند بارش فصلی و سالانه در منطقه شمالی بنگلادش برای دوره ۲۰۱۳-۱۹۶۴ با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که در سطح اطمینان ۹۵٪ روند بارش فصلی و سالانه بعد از اوایل دهه ۹۰ برای اکثر ایستگاه‌ها

1- Xu
2 - Serrano
3 - Sang
4 - Hamed and Rao
5 - Mann Kendall test
6 -Spearman
7 - Sens slope
8 - Pettitt test
9 - Jain
10 - Bari

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

کاهشی بوده است. آسفا[1] و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی روند تغییرات دما و بارش سالانه در اتیوپی برای دوره ۱۹۰۱-۲۰۱۴ از آزمون من کندال استفاده کردند. نتایج نشان داد که بارش سالانه دو ایستگاه روند کاهشی و یک ایستگاه روند افزایش داشته است. همچنین روند افزایشی برای دمای کمینه و میانگین دما معنی‌دار، و برای دمای بیشینه معنی‌دار نبوده است. بلیهو[2]و همکاران (۲۰۱۸) روند بارش و دما در حوضه گیدابو[3] اتیوپی را با استفاده از آزمون من کندال، شیب سن و آزمون پتیت برررسی کردند. نتایج مطالعه دلالت بر کاهش قابل توجه بارش سالانه داشته است. همچنین آزمون پتیت نشان داد که سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۷ نقاط تغییر سری داده ها بوده‌اند. تحلیل روند دما نیز نشان داد که قسمت بالادست حوضه در حال گرم شدن است. در داخل کشور نیز حجام و همکاران (۱۳۸۷)، به بررسی روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه حوضه ایران مرکزی در بازه زمانی ۱۳۵۰ الی ۱۳۷۹ با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن پرداختند. نتایج نشان دهنده وجود روند کاهشی و معنی‌دار شده در برخی از سری‌های زمانی مورد مطالعه بود ولی هیچ روند افزایشی و معنی‌داری بصورت توأم توسط دو آزمون بکارگرفته شده مورد تأیید قرار نگرفت. زارع ابیانه و همکاران (۱۳۸۹) تحلیل روند تغییرات سالانه و فصلی دما و بارش در ۱۵ ایستگاه استان همدان را با آزمون من کندال انجام دادند. نتایج تحلیل روند مقدار باران سالانه نشان داد در ۶۰ درصد ایستگاه‌ها، روند بارش، کاهشی بود که این کاهش بیشتر در فصول بهار، زمستان و تابستان مشاهده شده است. بررسی تغییرات دمایی نشان داد که روند دمای سالانه ۵۰ درصد از ایستگاه‌ها افزایشی است. محمدی (۱۳۹۰)، تحلیل روند داده‌های بارش سالانه ایران طی دوره ۴۰ ساله (۱۳۴۳ تا ۱۳۸۲) را با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن بررسی کرد. نتایج نشان داد که در سری‌های زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌ای بارش ایران، روند افزایشی یا کاهشی وجود ندارد. با این حال میانگین ایستگاهی بارش ایران به طور متوسط در هر سال در حدود ۰/۶۴ میلی‌متر و میانگین یاخته‌ای بارش ایران نیز در حدود ۰/۵ میلی‌متر کاهش یافته است. فرسادنیا و همکاران (۱۳۹۱) برای تحلیل روند بارندگی در استان مازندران، دوره آماری ۳۰ ساله در ۳۵ ایستگاه باران‌سنجی از آزمون من کندال استفاده کردند. نتایج نشان داد که اگر استان مازندران یک منطقه واحد در نظر گرفته شود، هیچ روندی در سری زمانی حداکثر بارش ۲۴ ساعته در سطح معنی‌داری ۵٪ مشاهده نمی‌شود. بررسی وجود روند در سری زمانی میانگین بارش سالانه نیز نشان داد که کل استان مازندران دارای روند صعودی در سطح معنی‌داری ۱٪ است. وفاخواه و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تحلیل روند بارندگی و دبی حوضه کشف‌رود، در ۱۳ ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری در دوره آماری بین سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۵ پرداختند. نتایج تحلیل بارندگی نشان داد بارندگی در فصل پاییز در اکثر ایستگاه‌ها افزایش یافته است. از طرف دیگر بارندگی در فصل بهار در ۱۰ ایستگاه از مجموع ۱۳ ایستگاه روند کاهشی را نشان می‌دهد. در فصول زمستان و تابستان تقریباً تعداد ایستگاه‌های دارای روند افزایشی و کاهشی برابر است. در بررسی روند داده‌های سالانه بارندگی مشاهده شد که از مجموع ۱۳ ایستگاه مورد مطالعه در حوزه آبخیز کشف‌رود، ۵ ایستگاه روند افزایشی و ۸ ایستگاه روند کاهشی داشتند. احمدی و همکاران (۱۳۹۵)، به تحلیل روند بارندگی نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن پرداختند. نتایج نشان داد که در مقیاس

1 - Asfaw
2 - Belihu
3 - Gidabo basin

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

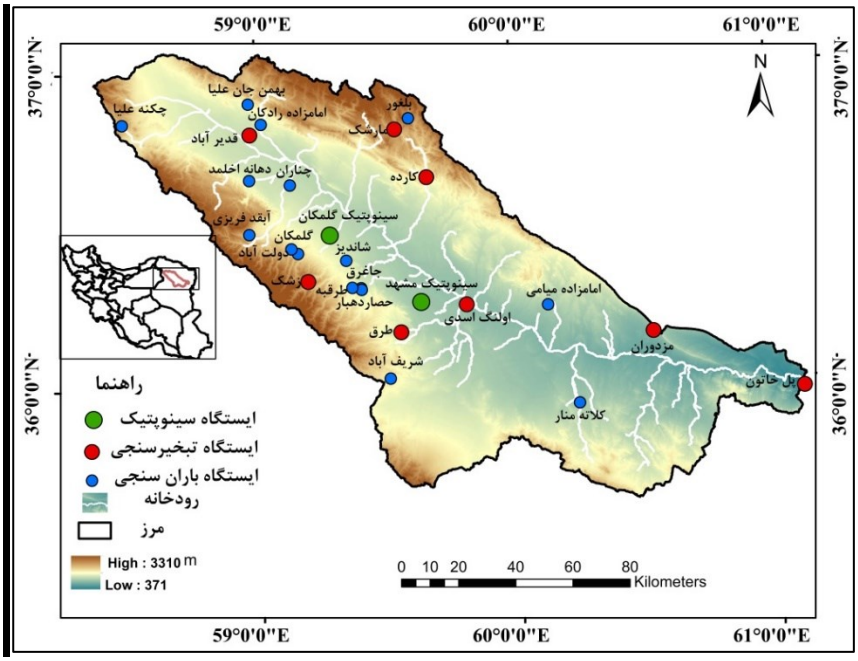
سالانه، هشت ایستگاه از ۱۸ ایستگاه مورد بررسی، روند کاهشی معنی دار، شش ایستگاه روند کاهشی غیر معنی دا و فقط چهار ایستگاه (بابلسر، قزوین، سبزوار و تهران) افزایش بارش داشته‌اند. آروین و همکاران (۱۳۹۵)، روند بارش، تعداد روزهای برفی و نیز متوسط بیشینه و کمینه دما در استان چهارمحال و بختیاری را در یک دوره ۳۰ ساله بررسی نمودند. نتایج نشان داد مقدار بارش در ایستگاه‌های کوهرنگ، لردگان و یان‌چشمه در پرباران‌ترین ماه سال (مارس) در سطح اطمنیان ۸۸ درصد دارای روند کاهشی است. همچنین تعداد روزهای برفی ایستگاه کوهرنگ در ماه مارس دارای یک روند کاهشی معنی‌دار در سطح اطمینان ۸۸ درصد است. امیررضائیه و همکاران (۱۳۹۵)، روند تغییرات بارش و دمای شمال‌غرب کشور در نیم قرن اخیر را با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن بررسی کردند.نتایج نشان داد که دما در اکثر ماه‌ها دارای روند افزایشی است. در مقیاس سالانه ۶۰ درصد ایستگاه‌ها روند افزایشی دما و ۷۰ درصد از ایستگاه‌ها روند کاهشی بارش داشته اند. در مطالعه دیگر مظفری و شفیعی (۱۳۹۵) روند سالانه بارش در مناطق غربی ایران را در دوره ۵۰ ساله با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن تعیین کردند. نتایج نشان داد که روند افزایشی یا کاهشی معنی داری در سری زمانی میانگین ایستگاهی و یاخته‌ای بارش غرب ایران، در سطوح اطمینان ۹۹ ٪ و ۹۵ ٪ وجود ندارد. فیض و اسلامی (۱۳۹۶)، به ارزیابی روند تغییرات بارندگی با استفاده از آزمون من کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان در ۴۷ ایستگاه هواشناسی پرداختند. نتایج نشان داد که در سطح اطمینان ۵ درصد بیشتر ایستگاه ها دارای روند منفی هستند و بارندگی در استان خوزستان رو به کاهش می باشد. جواری (۱۳۹۶)، اقدام به تحلیل روند تغییرات مکانی بارش در ایران با استفاده از آزمون من کندال و شیب سن نمود. نتایج مطالعه نشان داد که الگوهای روند زمانی و مکانی در ایران متفاوت است و بارش ماهانه در اکثر ایستگاه‌ها کاهش یافته است که ۷۳/۵٪ ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ٪۵ روند کاهشی را نشان دادند. در فاصله زمانی مورد مطالعه تغییرات بارش ماهانه به طور قابل توجهی در شرق و مرکز ایران کاهش یافته اما در شمال و غرب ایران افزایش یافته است. نتایج بررسی منابع نشان می‌دهد که آزمون من کندال به دلیل اینکه مناسب سری‌های زمانی است که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند و همچنین تاثیرپذیری کمی از مقادیر حدی دارد در مطالعات مختلف تحلیل روند استفاده شده است. اما در شرایطی که زمان تغییر در سری داده‌ها اهمیت داشته باشد آزمون پتیت می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. هدف این تحقیق تحلیل روند و بررسی تغییر دما و بارندگی حوضه کشف‌رود در استان خراسان رضوی از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۵ است. حوضه کشف‌رود به دلیل استقرار نزدیک به ۷۵ درصد صنعت، ۵۳ درصد جمعیت و ۱۷ درصد کشاورزی استان خراسان رضوی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و سهم بسزایی در تامین آب شرب شهر مشهد دارد(انتظاری و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۵۹). از این رو تحلیل تغییرات آب و هوا و لزوم لحاظ آن در مدیریت منابع آب حوضه ضرورت دارد. در همین راستا الگوی مکانی تغییرات با روش من کندال و تعیین زمان تغییرات با استفاده از آزمون پتیت در ایستگاه‌های مختلف حوضه بررسی گردید.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

روش تحقیق

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز کشفرود به وسعت ۱۶۵۰۰ کیلومترمربع بخشی از حوزه آبخیز قره‌قوم است که در شمال شرق کشور در شمال استان خراسان رضوی قرار گرفته است. این حوضه در طول جغرافیایی ′۲۰ ° ۵۸ تا ′۰۸ °۶۰ و عرض جغرافیایی ′۴۰ °۳۵ تا ′۰۳ °۳۶ در اقلیم نیمه‌خشک سرد واقع شده است (حیدری و علیجانی، ۱۳۷۸: ۳۰). رودخانه کشفرود به عنوان مهمترین رود حوضه، پس از عبور از دشت مشهد، در محلی به نام پل‌خاتون در مرز کشور ترکمنستان به هریرود می‌پیوندد و رودخانه تجن را تشکیل می‌دهد. شکل (۱) موقعیت حوضه آبخیز کشفرود و ایستگاه‌های مورد مطالعه را در ایران نشان می‌دهد



شکل (۱). موقعیت حوضه آبخیز کشفرود در ایران و ایستگاه‌های مورد مطالعه

داده و روش کار

برای انجام پژوهش حاضر آمار بارش و دمای روزانه و ماهانه ۳۱ ایستگاه بارانسنجی، ۱۰ ایستگاه تبخیرسنجی و ۲ ایستگاه سینوپتیک واقع در حوضه کشفرود از شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان رضوی و اداره کل هواشناسی خراسان رضوی برای کل دوره آماری گرفته شد. از بین ۴۳ ایستگاه که آمار دما و بارندگی را به صورت مشترک داشتند، ۲۸ ایستگاه که دارای بیشترین طول دوره‌ی آماری بودند و پراکنش مناسب در سطح حوضه داشتند، انتخاب گردید. در مرحله بعد آزمون همگنی داده ها با روش جرم مضاعف و بازسازی ایستگاه‌های ناقص با روش همبستگی انجام شد (مهدوی، ۱۳۹۰). جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های مطالعاتی نهایی را نشان می‌دهد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

جدول (۱). مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	ارتفاع (m)	مختصات جغرافیایی(UTM)	
			عرض جغرافیایی(m)	طول جغرافیایی(m)
قدیر آباد	تبخیرسنجی	۱۱۹۵	۴۰۷۴۹۸۴	۶۷۶۴۰۱
آبقد فریزی	بارانسنجی	۱۳۹۰	۴۰۴۰۱۱۴	۶۷۶۳۹۴
بهمن جان علیا	بارانسنجی	۱۳۷۱	۴۰۸۵۷۹۶	۶۷۵۸۴۲
امامزاده میامی	بارانسنجی	۱۰۳۹	۴۰۱۶۲۱۴	۲۴۳۷۴۲
شریف آباد	بارانسنجی	۱۴۶۷	۳۹۸۹۹۲۵	۷۲۵۸۹۳
جاغرق	بارانسنجی	۱۴۳۴	۴۰۲۱۵۱۸	۷۱۵۵۶۲
کلاته منار	بارانسنجی	۹۸۳	۳۹۸۰۳۱۰	۲۵۰۸۴۴
چناران	بارانسنجی	۱۱۸۶	۴۰۵۷۴۸۲	۶۹۰۵۳۸
بلغور	بارانسنجی	۱۹۳۴	۴۰۸۱۰۲۲	۷۳۱۸۹۱
ارداک بند ساروج	تبخیرسنجی	۱۳۲۰	۴۰۶۷۵۲۴	۷۱۳۶۴۸
کرتیان	تبخیرسنجی	۱۲۴۰	۴۰۰۵۹۳۰	۷۲۶۰۷۳
چکنه علیا	بارانسنجی	۱۷۰۴	۴۰۷۸۲۴۳	۶۳۱۷۵۸
مارشک	تبخیرسنجی	۱۸۳۰	۴۰۷۷۱۵۷	۷۲۷۰۵۲
اولنگ اسدی	تبخیرسنجی	۹۱۲	۴۰۱۵۹۰۵	۷۵۲۴۷۰
حصار-دهبار	بارانسنجی	۱۲۵۱	۴۰۲۰۹۷۷	۷۱۵۷۳۴
مزدوران	تبخیرسنجی	۹۲۷	۴۰۰۳۹۶۸	۲۷۸۰۶۱
سرآسیاب شاندیز	بارانسنجی	۱۲۹۶	۴۰۳۱۱۴۳	۷۱۰۳۲۳
زشک	تبخیرسنجی	۱۸۳۲	۴۰۲۳۷۴۲	۶۹۷۰۲۳
دولت آباد	بارانسنجی	۱۵۷۵	۴۰۳۳۵۱۹	۶۹۳۴۵۰
گلمکان	بارانسنجی	۱۴۴۰	۴۰۳۵۱۳۸	۶۹۱۱۲۸
دهانه اخلمد	بارانسنجی	۱۴۶۷	۴۰۵۹۰۴۶	۶۷۶۲۹۶
امامزاده رادکان	بارانسنجی	۱۲۱۴	۴۰۷۸۷۲۰	۶۸۰۳۶۱
سینوپتیک مشهد	سینوپتیک	۹۹۹/۲	۴۰۱۶۷۴۳	۷۳۶۵۵۹
سینوپتیک گلمکان	سینوپتیک	۱۱۷۶	۴۰۳۹۹۸۳	۷۰۴۵۴۴
طرقبه	بارانسنجی	۱۳۶۰	۴۰۲۱۶۷۱	۷۱۲۴۶۴
پل خاتون-کشف‌رود	تبخیرسنجی	۴۱۰	۳۹۸۱۹۳۸	۳۲۹۷۲۰
سد کارده	تبخیرسنجی	۱۲۷۹	۴۰۶۰۴۳۷	۷۳۸۳۰۳
سد طرق	تبخیرسنجی	۱۲۴۲	۴۰۰۶۱۳۲	۷۲۹۵۸۷

آزمون من کندال

در این پژوهش آزمون من کندال برای تحلیل روند بارش و دما مورد استفاده قرار گرفت. آزمون من کندال جزء پرکاربردترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های زمانی است که بر پایه رتبه‌بندی داده‌ها در یک سری زمانی توسعه یافته است (من، ۱۹۴۵: ۲۴۵؛ کندال، ۱۹۷۵: ۸). در این روش ابتدا آماره S از رابطه (۱) محاسبه می‌شود.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \mathrm{sgn}(x_j - x_k)$$ رابطه (۱)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

در رابطه (۱)، n تعداد داده مشاهداتی و x_j و x_k به ترتیب داده‌های متوالی j ام و k ام سری هستند. مقدار مثبت آماره S نشان‌دهنده روند افزایشی و مقدار منفی آن نشان‌دهنده روند کاهشی است. مقدار صفر آماره S نیز دلالت بر عدم وجود روند در سری داده‌ها دارد (جواری، ۲۰۱۷: ۶). در رابطه (۱) $\mathrm{sgn}(x_j - x_k)$ تابع علامت است و از رابطه (۲) بدست می‌آید.

$$sgn = \begin{cases} +1 & (X_j - X_k) > 0 \\ 0 & (X_j - X_k) = 0 \\ -1 & (X_j - X_k) < 0 \end{cases}$$

رابطه (۲)

آماره S توزیع نرمال دارد و میانگین آن صفر و واریانس آن بر اساس تعداد داده با یکی از روابط (۳) و (۴) (حامد ،۲۰۰۸: ۳۵۲) تعیین می‌گردد.

$$var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \qquad n < 10$$

رابطه (۳)

$$var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^{m} t_i\ t_i\ (t_i-1)(2t_i-1)(2t_i+5)}{18} \qquad n > 10$$

رابطه (۴)

در رابطه (۳) و (۴)، n تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m تعداد سری‌هایی است که در آن حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t فراوانی داده‌هایی با ارزش یکسان می‌باشد. در مواردی که n>10 باشد، آماره Z از رابطه (۵) محاسبه می‌شود.

رابطه (۵)

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

برای سطح معنی داری α اگر $|Z| > Z_{1-\alpha}$ باشد فرض صفر، رد خواهد شد که این بدین معنی است که در سری داده‌ها روند معنی‌داری وجود دارد. در این صورت شیب تغییرات (β) با رابطه (۶) حساب قابل محاسبه است.

$$\beta = \frac{X_j - X_k}{j-k}$$

رابطه (۶)

در رابطه (۶)، X_j و X_k به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای متوالی در زمان‌های j و k هست. با محاسبه‌ی میانه‌ی شیب‌های یک سری زمانی، شیب خط روند (β_{med}) بدست می‌آید که علامت آن نشان دهنده روند مثبت و منفی سری داده‌های می‌باشد (ژو و همکاران، ۲۰۰۳: ۱۴۵). برای استفاده از روش من – کندال داده‌های سری

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

نباید خود همبسته باشد در این پژوهش به منظور بررسی و حذف خودهمبستگی از روش یو[1] و همکاران (۲۰۰۲: ۱۱۸۲, ۲۰۰۳: ۵۳) استفاده شد.

آزمون پتیت

از آزمون پتیت به منظور تشخیص تغییرات ناگهانی در سری زمانی داده‌ها استفاده شد. این روش یک آزمون مبتنی بر رتبه‌بندی جهت تشخیص تغییر ناگهانی در میانگین یک سری زمانی می‌باشد (پتیت، ۱۹۷۹: ۱۲۶). که در تحقیقات مختلفی برای تشخیص تغییرات اقلیمی در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی به کار گرفته شده است (وستریتن[2] و همکاران، ۲۰۰۶: ۲۲؛ مو[3] و همکاران، ۲۰۰۷: ۲۱۲۷؛ ژانگ[4] و لو[5]، ۲۰۰۹: ۱۳۳؛ گائو[6] و همکاران، ۲۰۱۱: ۳). این آزمون نیز برای داده‌هایی که از توزیع آماری خاصی تبعیت نمی‌کنند مناسب است و به داده‌های پرت حساس نیست (لی[7] و همکاران، ۲۰۱۶: ۶؛ ژای[8] و همکاران، ۲۰۱۳: ۲). آزمون پتیت یک توالی از متغیرهای تصادفی $X_1, X_2, \dots, X_T$ در نظر می‌گیرد زمانی که X_t برای t =۱،۲،...،τ از یک الگوی توزیع آماری($F_1(X)$) و X_t برای t = τ+۱،...،T از الگوی دیگری برخوردار باشد ($F_2(X)$) در این صورت نقطه τ به عنوان نقطه تغییر تعیین می‌گردد. در آزمون پتیت ، فرض صفر(H_o) یا عدم تغییر (T= τ) در مقابل فرض یک (H_a) یا وجود تغییر (T ≤ τ ≤ ۱) با استفاده از آماره ناپارامتری $KT = \mathrm{Max}\left|U_{t,T}\right|, 1 \le \tau \le T$ آزمون می‌گردد که $U_{t,T}$ از رابطه (۷) محاسبه می‌شود. در این رابطه $D_{ij} = \mathrm{sgn}(x_i - x_j)$ و $\mathrm{sgn}(x_i - x_j)$ از رابطه (۸) بدست می‌آید.

رابطه (۷) $$U_{t,T} = \sum_{t-1}^{t} \sum_{j=t-1}^{T} D_{ij}$$

$$Sgn\left(X_i - X_j\right) = \begin{cases} +1 & \left(X_j - X_k\right) > 0 \\ 0 & \left(X_j - X_k\right) = 0 \\ -1 & \left(X_j - X_k\right) < 0 \end{cases}$$

رابطه (۸).

در نهایت احتمال معنی‌داری برای نقطه تغییر P(t) با استفاده از رابطه (۹) بدست می‌آید:

رابطه (۹) $$P \cong 2 * \exp\left[\frac{-6\,K_T{}^2}{T^3+T^2}\right]$$

1 - Yue
2 - Verstraeten
3 - Mu
4 - Zhang
5 - Lu
6 - Gao
7 - Li
8 - Xie

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

نتایج

روند دما

روند تغییر دما برای دمای بیشینه و کمینه در سه مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه در ۸ ایستگاه تبخیرسنجی و ۲ ایستگاه سینوپتیک مورد بررسی قرار گرفت. نتایج روند دمای بیشینه و کمینه به ترتیب در جدول (۲) و (۳) ارایه شده است. نتایج تحلیل روند دمای بیشینه در مقیاس ماهانه نشان می‌دهد که دمای بیشینه در ماه‌های فروردین، اردیبهشت و خرداد روند افزایشی داشته است در صورتی که در ماه‌های آبان، آذر و دی روندی مشاهده نشده است. در سایر ماه‌های سال روند ایستگاه‌ها هم سو نیست. ولی به طور کلی به جز در ایستگاه اولنگ اسدی روند دمای بیشینه کلی افزایشی و یا بدون روند است. روند دمای کمینه در ماه‌های اردیبهشت، خرداد، تیر، شهریور، مهر و اسفند افزایشی و در ماه‌های آذر و دی روند کاهشی است.

جدول(۲). روند دمای بیشینه ایستگاه‌ها (+ روند صعودی، - روند نزولی و • بدون روند. اعداد داخل پرانتز شیب روند)

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
زشک	+ (۰/۰۸)	+ (۰/۰۵۳)	+ (۰/۰۵)	•	•	•	+ (۰/۰۶۷)	•	•	•	•	•
مزدوران	+ (۰/۰۹۹)	+ (۰/۱۰۸)	+ (۰/۰۷)	+ (۰/۱۱)	+ (۰/۱۱۶)	+ (۰/۱۱۷)	+ (۰/۱۳۸)	•	•	•	•	+ (۰/۱۴۸)
اولنگ اسدی	+ (۰/۱۰۱)	+ (۰/۰۶۷)	•	•	- (۰/۰۳۱)	- (۰/۰۳۸)	+ (۰/۰۳۵)	•	•	•	+ (۰/۱۳۵)	+ (۰/۱۳)
پل خاتون	+ (۰/۱۱۵)	+ (۰/۱۱)	+ (۰/۰۴۷)	•	+ (۰/۰۴۳)	•	+ (۰/۰۹۵)	•	•	•	•	+ (۰/۱۷۴)
سد کارده	+ (۰/۰۸۶)	+ (۰/۱۵۷)	+ (۰/۰۵۹)	+ (۰/۰۴۴)	+ (۰/۰۷۷)	+ (۰/۰۴۹)	+ (۰/۱۵۳)	•	•	•	•	+ (۰/۱۴۶)
مارشک	+ (۰/۱۷۹)	+ (۰/۱۶۵)	+ (۰/۰۷)	•	•	•	+ (۰/۱۲۹)	•	•	•	+ (۰/۱۵۴)	+ (۰/۱۳۳)
سد طرق	+ (۰/۱۱۳)	+ (۰/۱۸۱)	•	+ (۰/۰۷)	+ (۰/۰۹۴)	+ (۰/۰۵۹)	+ (۰/۱۶۱)	•	•	•	+ (۰/۱۳)	+ (۰/۱۴۵)
قدیرآباد	+ (۰/۱)	+ (۰/۰۹۶)	+ (۰/۰۶)	+ (۰/۰۳۷)	+ (۰/۰۴۴)	•	•	•	•	•	•	+ (۰/۱۲)
سینوپتیک مشهد	+ (۰/۱)	+ (۰/۱۲۹)	+ (۰/۰۸۵)	+ (۰/۰۶۳)	+ (۰/۰۷۳)	+ (۰/۰۵۸)	+ (۰/۱۱۴)	•	•	•	+ (۰/۱۴۵)	•
سینوپتیک گلمکان	+ (۰/۰۷۲)	+ (۰/۰۹۵)	+ (۰/۰۳۹)	+ (۰/۰۴۴)	+ (۰/۰۵۵)	+ (۰/۰۴۹)	+ (۰/۰۶۴)	•	•	•	+ (۰/۱۴۸)	•

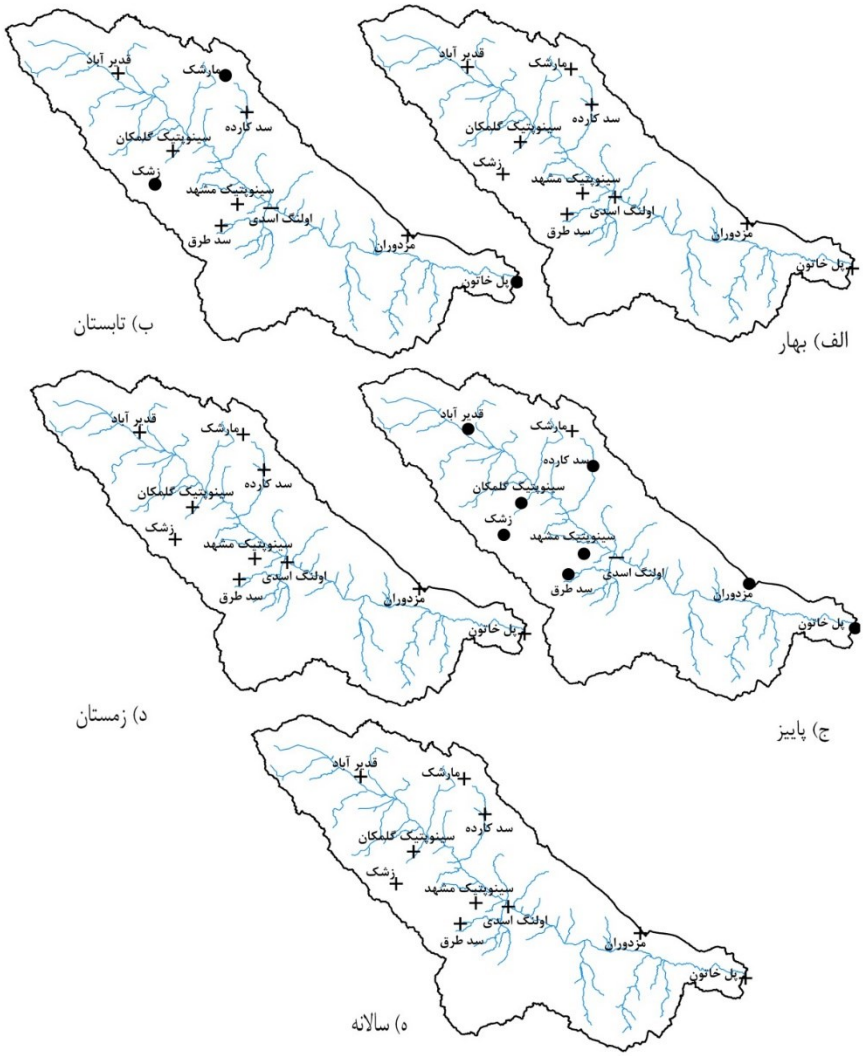
[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

جدول(۳). روند دمای کمینه ایستگاه‌ها (+ روند صعودی، – روند نزولی و • بدون روند. اعداد داخل پرانتز شیب روند)

ایستگاه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
زشک	•	•	•	•	•	•	+ (۰/۰۳۷)	– (۰/۰۷۱)	– (۰/۰۹)	•	•	•
مزدوران	•	+ (۰/۰۴)	•	+ (۰/۰۱۶)	•	+ (۰/۰۴۷)	+ (۰/۰۶۷)	•	– (۰/۰۲۸)	•	•	+ (۰/۰۷۶)
اولنگ اسدی	+ (۰/۰۱۹)	+ (۰/۰۶۹)	+ (۰/۰۹۴)	•	•	+ (۰/۰۴۱)	+ (۰/۰۷۴)	•	•	– (۰/۰۷۳)	•	•
پل خاتون	•	+ (۰/۰۴۲)	•	+ (۰/۰۳۴)	•	•	+ (۰/۰۶۸)	•	•	– (۰/۰۶۱)	•	•
سد کارده	•	•	– (۰/۰۶۳)	– (۰/۰۴۴)	– (۰/۰۵۵)	•	•	– (۰/۱۰۴)	– (۰/۰۹۶)	– (۰/۰۹۵)	•	+ (۰/۰۳۵)
مارشک	+ (۰/۰۷۷)	+ (۰/۱۵۴)	+ (۰/۱۷۸)	+ (۰/۲۶۴)	+ (۰/۲۳۵)	+ (۰/۱۴)	+ (۰/۱۳۳)	•	– (۰/۰۳۱)	•	+ (۰/۰۹۶)	+ (۰/۰۶۵)
سد طرق	•	•	•	– (۰/۰۳۱)	– (۰/۰۵۱)	– (۰/۰۵۱)	•	– (۰/۰۶۶)	– (۰/۱۲۹)	– (۰/۱۱۹)	•	+ (۰/۰۲۸)
قدیرآباد	+ (۰/۰۲۳)	+ (۰/۰۹)	+ (۰/۰۵۹)	+ (۰/۰۳۸)	•	•	+ (۰/۰۴۳)	– (۰/۰۵۳)	– (۰/۱۱۶)	– (۰/۱۶۹)	•	+ (۰/۰۴۷)
سینوپتیک مشهد	+ (۰/۰۷۹)	+ (۰/۱۱۴)	+ (۰/۰۸۴)	+ (۰/۰۷۴	+ (۰/۰۵۲)	+ (۰/۰۷۳)	+ (۰/۱۳۵)	•	•	•	+ (۰/۰۹۹)	+ (۰/۰۶۷)
سینوپتیک گلمکان	+ (۰/۰۶۴)	+ (۰/۰۸۴)	+ (۰/۰۵۴)	+ (۰/۰۳۹)	+ (۰/۰۳۹)	+ (۰/۰۴۷)	+ (۰/۱۰۵)	•	•	•	+ (۰/۰۸۹)	+ (۰/۰۵۱)

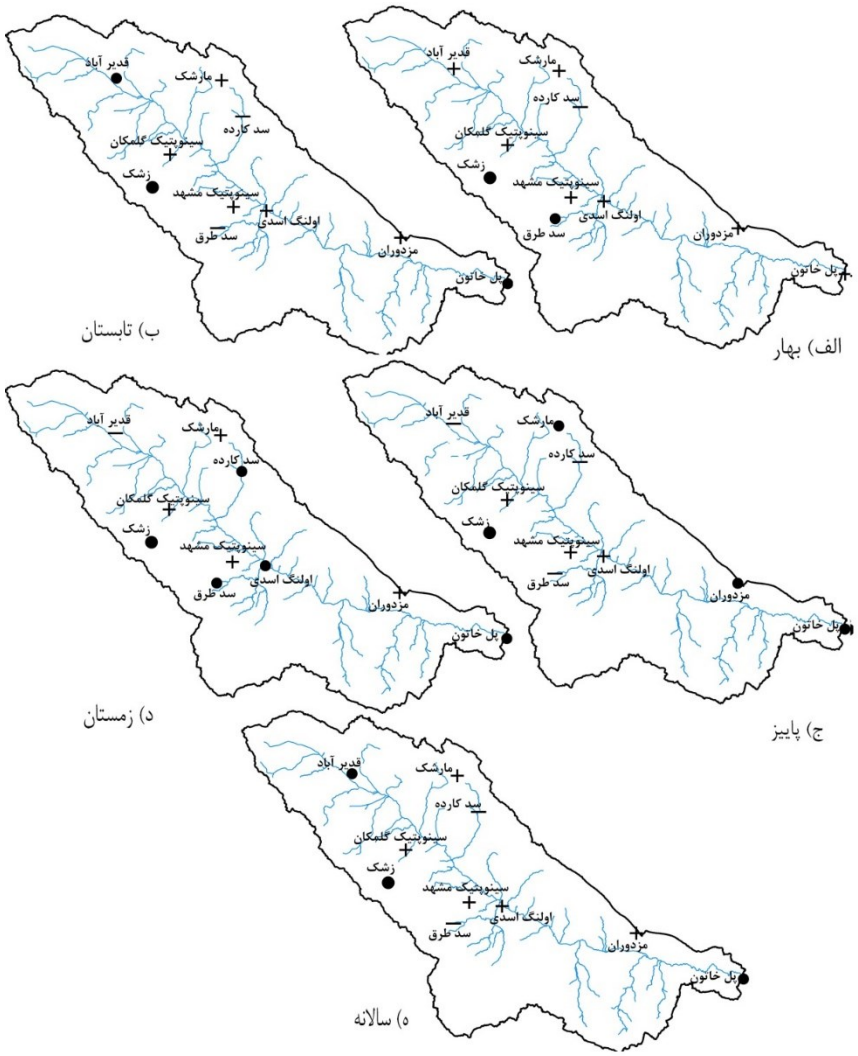
در ایستگاه‌های مختلف روند دمای کمینه هماهنگی دمای بیشینه را ندارد با این وجود نتایج ایستگاه‌های مختلف تا حدودی تشابه دارد. دمای کمینه در ماه‌های فروردین و اردیبهشت فاقد روند یا دارای روند مثبت است. با نزدیک شدن به فصل‌های تابستان و پاییز، تعداد ایستگاه‌هایی که فاقد روند هستند و یا روند کاهشی دارند افزایش می‌یابد. ماه‌های بهمن و اسفند از نظر روند تشابه زیادی به ماه‌های بهار دارند. نتایج روند دمای بیشینه و کمینه در مقیاس سالانه و فصلی در شکل (۲) و (۳) نشان داده شده است. روند دمای بیشینه در فصول بهار و زمستان و همچنین در مقیاس سالانه برای کلیه ایستگاه‌های حوضه افزایشی است. اما در فصل تابستان و پاییز الگوی یکسانی وجود ندارد. در فصل تابستان بیشتر ایستگاه‌ها (مزدوران، سد کارده، سد طرق، قدیرآباد، سینوپتیک مشهد و سینوپتیک گلمکان) روند صعودی داشته‌اند و در ۳ ایستگاه (زشک، پل‌خاتون و مارشک) نیز روند خاصی مشاهده نشده است و تنها در یک ایستگاه (اولنگ اسدی) روند منفی مشاهده شده است. در فصل پاییز نیز بیشتر ایستگاه‌ها (زشک، مزدوران، پل‌خاتون، سد کارده، سد طرق، قدیرآباد، سینوپتیک مشهد و سینوپتیک گلمکان) روند نداشته‌اند و تنها در دو ایستگاه روند کاهشی (اولنگ اسدی) و افزایشی (مارشک) مشاهده شده است. در مجموع روند عمومی حوضه در فصول مختلف و در مقیاس سالانه به خوبی افزایش دما را در دوره مطالعه نشان می‌دهد که این می‌تواند در افزایش مقدار تبخیر و تعرق و تغییر نوع بارش حوضه موثر باشد. روند دمای کمینه ایستگاه‌های حوضه در تمامی فصول از الگوی واحدی برخوردار نیست. اما در فصل بهار و تابستان و همچنین در مقیاس سالانه تعداد ایستگاه‌هایی که روند افزایشی داشته‌اند بیشتر از فاقد روند و روند کاهشی می‌باشد و دو ایستگاه شاخص سینوپتیک مشهد و سینوپتیک گلمکان که تقریبا در مرکز حوضه قرار دارند در تمام فصل‌ها و مقیاس سالانه روند افزایشی داشته‌اند.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]



شکل (۲). نقشه روند فصلی و سالانه دمای بیشینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه
(+ روند صعودی، – روند نزولی و • بدون روند)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

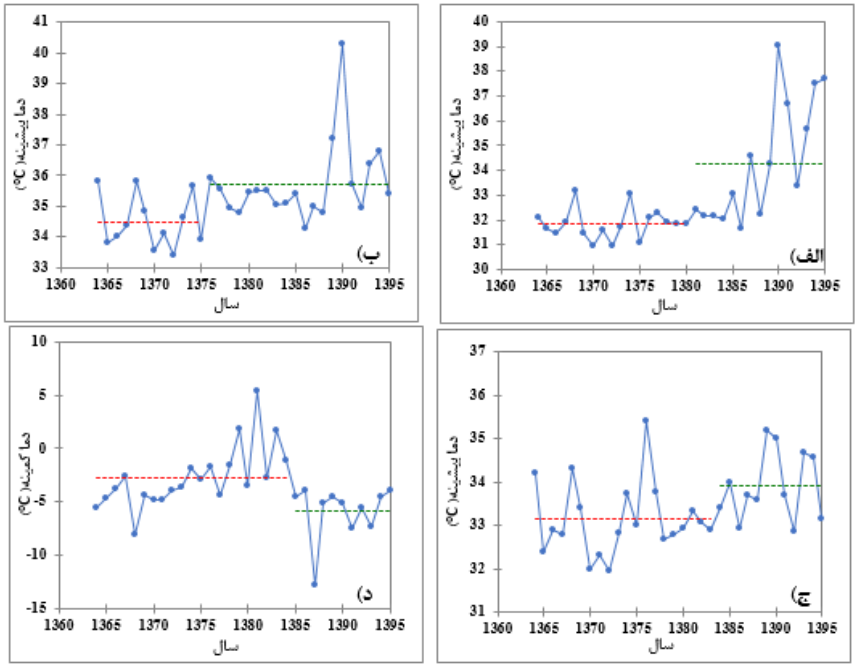


شکل (۳). نقشه روند فصلی و سالانه دمای کمینه در ایستگاه‌های مورد مطالعه
(+ روند صعودی، - روند نزولی و • بدون روند)

تعیین نقطه تغییر با آزمون پتیت

نتایج تعیین نقطه تغییر در روند دمای بیشینه سالانه با آزمون پتیت نشان داد که روند دمای بیشینه در سه ایستگاه مزدوران، سینوپتیک مشهد، سینوپتیک گلمکان به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۰، ۱۳۷۵و ۱۳۸۳ تغییر کرده است. در طی این سال‌ها به طور متوسط دما ۱/۴ درجه سلسیوس افزایش داشته است و از ۳۱/۸ به ۳۴/۳ درجه سلسیوس رسیده است. برای دمای کمینه تنها ایستگاه زشک در سال ۱۳۸۴ دارای نقطه تغییر بوده که دما ۳/۲ درجه سلسیوس کاهش یافته است. شکل(۴).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]



شکل(۴). (الف) میانگین تغییر و نقطه تغییر دمای بیشینه در ایستگاه‌های مزدوران، (ب) سینوپتیک مشهد، (ج)سینوپتیک گلمکان و (د) دمای کمینه ایستگاه زشک
د)

روند بارندگی

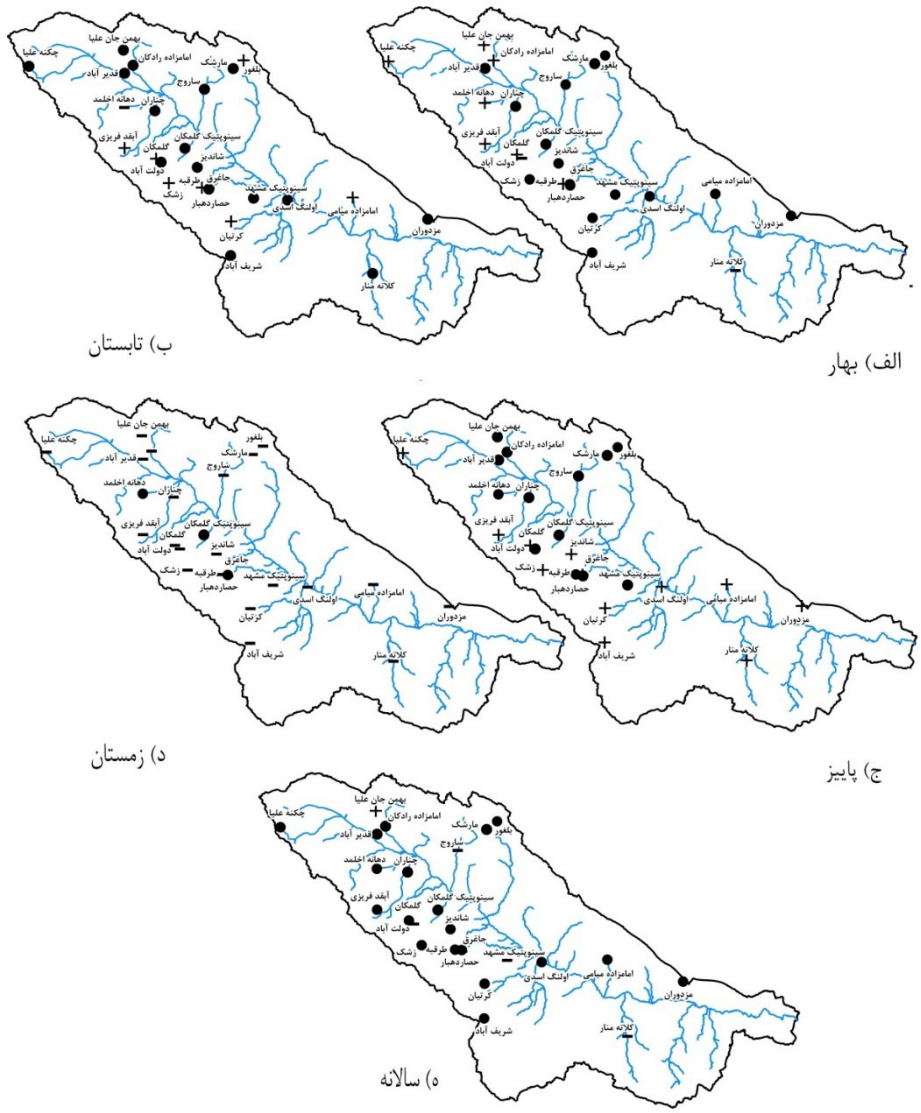
روند تغییر بارش ماهانه، فصلی و سالانه در ۲۵ ایستگاه در سطح حوضه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج در شکل (۵) و جدول (۴) نشان داده شده است. براساس نتایج بدست آمده در ماه‌های اسفند، فروردین و اردیبهشت ۶۸ درصد ایستگاه‌ها فاقد روند بوده‌اند و بقیه ایستگاه‌ها (۳۲درصد) در اسفند و فروردین روند کاهشی و در اردیبهشت افزایش داشته‌اند. اما در خرداد تعداد ایستگاه‌های با روند مثبت بیشتر از سایر ماه‌ها بوده است به عبارتی در این ماه مقدار بارندگی بیشتر شده است. در ماه‌های تیر تا مهر مجددا بیشتر ایستگاه‌ها فاقد روند بوده‌اند و معدود ایستگاه‌های دارای روند نیز روند متفاوت داشته‌اند. نتیجه مهم در روند بارش آبان ماه بدست آمد که از مجموع ۲۸ ایستگاه، ۲۴ ایستگاه روند مثبت را نشان می‌دهند که نشان دهنده افزایش مقدار بارش در این ماه بوده است. در مقابل این افزایش قابل توجه، مقدار بارندگی در دی و بهمن کاهش شدیدی داشته است به طوری که به ترتیب ۲۰ و ۱۸ ایستگاه روند منفی داشته‌اند. نتایج این تغییرات می‌تواند تغییر الگوی زمانی بارش در اثر تغییر اقلیم را در این حوضه تقویت نماید. نتایج تحلیل روند بارش در مقیاس فصلی و سالانه در شکل (۵) ارایه شده است. الگوی تغییرات فصلی نشان می‌دهد که مقدار بارش در بیشتر ایستگاه‌ها در فصل بهار و تابستان فاقد روند بوده است اما در فصل پاییز بارش در بخش‌های جنوبی حوضه روند افزایشی و در سایر بخش‌ها فاقد روند بوده است. تحلیل روند بارش در فصل زمستان دلالت بر روند کاهشی بارش برای ۲۳ ایستگاه از مجموع ۲۸ ایستگاه است و تنها ۳ ایستگاه بدون روند بوده است که نشان‌دهنده کاهش بارش در این فصل می‌باشد. اما در مجموع

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

بارش سالانه در ایستگاه‌های مختلف فاقد روند می‌باشد و فقط در ۵ ایستگاه روند کاهشی است و یک ایستگاه نیز افزایش داشته است.

جدول(۴). نتایج آنالیز روند ماهانه بارندگی با استفاده از آزمون من کندال در حوضه کشف‌رود (تعداد ایستگاه)

روند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
منفی	۹	۰	۰	۲	۷	۵	۱	۰	۷	۲۰	۱۸	۸
مثبت	۰	۸	۱۴	۴	۱	۴	۰	۲۴	۱	۰	۰	۰
بدون روند	۱۶	۱۷	۱۱	۱۹	۱۷	۱۶	۲۴	۱	۱۷	۵	۷	۱۷



شکل (۵). نقشه روند فصلی و سالانه بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه (+ روند صعودی، - روند نزولی و • بدون روند)

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

نتیجه گیری

این تحقیق با هدف بررسی روند بارندگی و دما در حوضه کشف‌رود در دوره ۱۳۹۵-۱۳۶۴ انجام شد بدین منظور از آزمون من کندال برای تعیین روند و آزمون پتیت برای تعیین نقطه تغییر در سری داده‌ها استفاده شد. تحلیل روند دمای بیشینه نشان‌دهنده افزایش دمای سالانه حوضه در فصول بهار و زمستان و تا حدودی تابستان می‌باشد. این در حالی است که بیشتر ایستگاه‌ها در پاییز فاقد روند می‌باشند. همگنی روند در مورد دمای کمینه وجود ندارد ولی همچنان ایستگاهایی که روند افزایشی دارند بیش از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. این تغییر دما می‌تواند باعث افزایش تبخیر و تعرق، کاهش سهم برف و خشکی بیشتر منطقه گردد. نتایج آزمون پتیت نیز نشان می‌دهد که فقط برای ۴ ایستگاه امکان تعیین نقطه تغییر است که این تغییرات از نظر زمانی در یک بازه ۱۰ ساله از سال ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۴ قرار می‌گیرد از این رو روند تغییرات یکنواخت می‌باشد. در خصوص بارش حوضه نتیجه تحلیل روند نشان می‌دهد که بارش سالانه حوضه کشف‌رود تغییر نکرده و روند آن در سطح ۵ درصد معنی دار نیست در حالی که تغییرات ماهانه و فصلی آن زیاد است به طوری که در فصل زمستان مقدار بارش حوضه روند کاهشی داشته است و در پاییز نیز در نیمه جنوبی روند افزایشی است. این تغییرات را در مقیاس زمانی ماهانه می‌توان در روند افزایشی همه ایستگاه‌ها در آبان و روند منفی آنها در دی و بهمن مشاهده کرد. کاهش شدید بارش در زمستان و ماه‌های دی و بهمن که بیشتر به صورت برف است و افزایش آن در آبان که عمدتا باران است می‌تواند مدیریت منابع آب حوضه را در فصل خشک با چالش جدی مواجه کند. روند افزایش دما در کنار تغییر در این الگو شرایط حادتری را برای حوضه سبب می‌شود. وفاخواه و همکاران (۱۳۹۱: ۸۵) در تحقیقی در همین حوضه برای فصل پاییز روند افزایشی و برای بهار روند کاهشی را گزارش کردند. در مقیاس سالانه نیز ۵ ایستگاه روند افزایش داشته‌اند در حالی که در این تحقیق تنها یک ایستگاه روند افزایش داشته است. با توجه به افزایش دما و کاهش بارندگی در سال‌های اخیر این تفاوت نتایج به دوره آماری تحقیق مرتبط می‌باشد. نتایج تحقیق تهرودی و همکاران (۱۳۹۵) برای ایستگاه سینوپتیک مشهد و رضیئی و همکاران (۱۳۸۴: ۹) برای حوضه نیز دلالت بر عدم وجود روند در بارش سالانه می‌باشد. نکته مهم دیگر اینکه ارتباط معنی‌داری بین موقعیت ایستگاه‌های مختلف و روند تغییرات مشاهده شده وجود نداشت فقط در یک مورد آن هم روند بارش در فصل پاییز به نظر از الگوی مکانی منظمی برخوردار است و ایستگاه‌های شمالی و جنوبی حوضه روند متفاوتی دارند در تحقیقی که بلیهو و همکاران (۲۰۱۸: ۱۵) در حوضه‌ای در اتیوپی انجام داده‌اند به الگوی مکانی مناسبی برای روند بارش در ارتفاعات و مناطق دشتی حوضه رسیدند. عدم مشاهده الگوی منظم در حوضه می‌تواند به دلیل پیچیدگی سیستم اقلیم منطقه باشد که در مقدار بارش و دما موثر است همچنین بخشی از این می‌تواند به خطای ناشی از اندازه گیری بارش و تجهیزات مربوطه نیز مرتبط باشد. در مجموع نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد که روند تغییرات در سطح حوضه کشف‌رود از الگوی یکسانی از نظر مکانی برخوردار نیست. روند سالانه تغییرات دمای بیشنه و کمینه حوضه افزایشی است اما مقدار بارش سالانه روند معنی داری نداشته است. با این وجود روند تغییرات دما و بارش در مقیاس ماهانه و فصلی دلالت بر تغییرات معنی‌دار در دما و بارش حوضه در ماه‌ها و فصول مختلف دارد که باعث تشدید خشکسالی و وقوع سیلاب در حوضه می‌شود و نیاز است که در مدیریت منابع آب حوضه مورد توجه جدی قرار گیرد.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

منابع

احمدی، فرشاد؛ رادمنش، فریدون؛ میرعباسی نجف آبادی، رسول. (۱۳۹۵). **تحلیل روند بارندگی نیمه شمالی کشور در نیم قرن اخیر**. نشریه دانش آب و خاک، **۲**: ۲۲۴-۲۰۷.

امیررضائیه، علیرضا؛ پرهمت، جهانگیر؛ احمدی، فرشاد. (۱۳۹۵). **بررسی روند تغییرات بارش و دمای شمال‌غرب کشور در نیم قرن اخیر**. نشریه آبیاری و زهکشی ایران، **۶**: ۸۰۹-۷۹۷.

انتظاری علیرضا، اکبری الهه، میوانه فاطمه (۱۳۹۲). **بررسی کیفیت آب شرب استحصالی از منابع زیرزمینی بر بیماری‌های انسانی دهه اخیر در دشت مشهد** .نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. **۱۳** (۳۱) :۱۵۷-۱۷۲

آروین، عباسعلی؛ قانقرمه، عبدالعظیم؛ حاجی پور، داور. (۱۳۹۵). **بررسی روند تغییرات برخی عناصر اقلیمی در استان چهارمحال و بختیاری**. نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، **۴۱:** ۱۵۳-۱۷۶.

حجام، سهراب؛ خوشخو، یونس؛ شمس الدین وندی، رضا. (۱۳۸۷). **تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه‌ی مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری**. پژوهش‌های جغرافیایی، **۶۴**: ۱۵۷-۱۶۸.

حیدری، حسن؛ علیجانی، بهلول. (۱۳۷۸). **طبقه بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیک‌های آماری چند متغیره**. پژوهش‌های جغرافیایی، **۳۷**: ۵۷-۷۴.

رضیئی، طیب؛ دانش کار آراسته، پیمان؛ ثقفیان، بهرام. (۱۳۸۴). **بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرقی ایران**. آب و فاضلاب، **۵۴**: ۹-۱.

زارع ابیانه، حمید؛ بیات ورکشی، مریم؛ یزدانی، وحید. (۱۳۸۹). **تحلیل روند تغییرات سالانه و فصلی دما، بارش و خشکسالی‌های استان همدان**. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۱(**۳**): ۱۲-۱.

سبزی پرور، علی اکبر؛ شادمانی، مجتبی. (۱۳۹۰). **تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من-کندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران**. نشریه آب و خاک، **۲۵**: ۸۳۴-۸۲۳.

فرسادنیا، فرهاد؛ رستمی کامرود، محسن؛ مقدم نیا، علیرضا. (۱۳۹۱). **تحلیل روند بارندگی در استان مازندران با استفاده از روش من-کندال منطقه‌ای**. تحقیقات منابع آب ایران، **۲**: ۷۰-۶۰.

قصاب فیض، مصطفی؛ اسلامی، حسین. (۱۳۹۶). **ارزیابی روند تغییرات بارندگی با روش من کندال و رگرسیون خطی در استان خوزستان**. فصلنامه علمی و تخصصی مهندسی آب، ۱۲۱-۱۱۳.

محمدی، بختیار. (۱۳۹۰). **تحلیل روند بارش سالانه ایران**. مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی **۳**: ۱۰۶-۹۵.

مظفری، غلامعلی؛ شفیعی، شهاب. (۱۳۹۵). **بررسی و تحلیل روند سالانه بارش مناطق غربی ایران**. نشریه پژوهش‌های کاربردی علوم آب، **۲**: ۵۸-۴۹.

مهدوی، محمد.(۱۳۸۹). هیدرولوژی کاربردی. موسسه انتشارات دانشگاه تهران. چاپ هشتم.

ناظری تهرودی، محمد؛ خلیلی، کیوان؛ احمدی، فرشاد. (۱۳۹۳). **تحلیل روند تغییرات ایستگاهی و منطقه ای بارش نیم قرن اخیر کشور ایران**. نشریه آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی)، **۲**: ۶۵۴-۶۴۳.

وفاخواه، مهدی؛ بخشی تیرگانی، محمد؛ خزائی، مجید. ۱۳۹۱. **تحلیل روند بارندگی و دبی در حوزه‌ی آبخیز کشف‌رود**. فصلنامه جغرافیا و توسعه، **۲۹**: ۹۰-۷۷.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

Asfaw, A., Simane, B., Hassen, A., Bantider, A. (2017), **Variability and time series trend analysis of rainfall and temperature in northcentral Ethiopia: A case study in Woleka sub-basin.** Weather and Climate Extremes, **19:** 1–13.

Bari, S. H., Rahman, M. T. U., Hoque, M. A., & Hussain, M. M. (2016). **Analysis of seasonal and annual rainfall trends in the northern region of Bangladesh**. Atmospheric Research, **176:** 148-158.

Belihu, M., Abate, B., Tekleab, S., & Bewket, W. (2018). **Hydro-meteorological trends in the Gidabo catchment of the Rift Valley Lakes Basin of Ethiopia**. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 104, 84-101..

Belihu, M., Abate, B., Tekleab, S., Bewket, W. (2018). **Hydro-meteorological trends in the Gidabo catchment of the Rift Valley Lakes Basin of Ethiopia**. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 84-101.

Gao, P., Mu, X. M., Wang, F., & Li, R. (2011). **Changes in streamflow and sediment discharge and the response to human activities in the middle reaches of the Yellow River.** Hydrology and Earth System Sciences, **15(1),** 1-10.

Hamed, K. H. (2008). **Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis**. Journal of hydrology, **349(3-4),** 350-363.

Hamed, K. H., & Rao, A. R. (1998). **A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data.** Journal of hydrology, **204(1-4)**, 182-196..

Jain, S. K., Kumar, V., & Saharia, M. (2013). **Analysis of rainfall and temperature trends in northeast India.** International Journal of Climatology, **33(4),** 968-978.

Javari, M. (2017). **Spatial variability of rainfall trends in Iran.** Arabian Journal of Geosciences, **10(4),** 78.

Kendall, M.G., 1975. **Rank Correlation Methods**. Charles Griffin, London. Khaliq, M.N., Ouarda, T.B.M.J., Gachon, P., Sushama, L., 2008. Temporal evolution of low-flow regimes in Canadian rivers. Water Resour. Res. 44 (8).

Li, S., Xiong, L., Li, H. Y., Leung, L. R., & Demissie, Y. (2016). **Attributing runoff changes to climate variability and human activities: uncertainty analysis using four monthly water balance models.** Stochastic environmental research and risk assessment, **30(1),** 251-269.

Mann, H. B. (1945). **Nonparametric tests against trend.** Econometrica: Journal of the Econometric Society, 245-259.

Mechal, A., Wagner, T., & Birk, S. (2015). **Recharge variability and sensitivity to climate: the example of Gidabo River Basin, Main Ethiopian Rift.** Journal of Hydrology: Regional Studies, **4**, 644-660.

Mu, X., Zhang, L., McVicar, T. R., Chille, B., & Gau, P. (2007). **Analysis of the impact of conservation measures on stream flow regime in catchments of the Loess Plateau, China.** Hydrological Processes: An International Journal, **21(16),** 2124-2134.

Pettitt, A. N. (1979). **A non-parametric approach to the change-point problem.** Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics), **28(2),** 126-135.

Sang, Y. F., Wang, Z., & Liu, C. (2014). **Comparison of the MK test and EMD method for trend identification in hydrological time series.** Journal of Hydrology, **510:** 293-298.

Serrano, A., Mateos, V. L., & Garcia, J. A. (1999). **Trend analysis of monthly precipitation over the Iberian Peninsula for the period 1921–1995.** Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans and Atmosphere, **24(1-2),** 85-90.

Verstraeten, G., Poesen, J., Demarée, G., & Salles, C. (2006). **Long-term (105 years) variability in rain erosivity as derived from 10-min rainfall depth data for Ukkel (Brussels, Belgium): Implications for assessing soil erosion rates.** Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 111(D22).

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]
[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]
[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]

Xie, H., Li, D., & Xiong, L. (2014). **Exploring the ability of the Pettitt method for detecting change point by Monte Carlo simulation.** Stochastic environmental research and risk assessment, **28(7),** 1643-1655.

Xu, Z. X., Takeuchi, K., & Ishidaira, H. (2003). **Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation.** Journal of hydrology, **279(1-4),** 144-150.

Yue, S., & Wang, C. Y. (2002). **Applicability of prewhitening to eliminate the influence of serial correlation on the Mann-Kendall test**. Water resources research, **38(6),** 4-1.

Yue, S., Pilon, P., & Phinney, B. O. B. (2003). **Canadian streamflow trend detection: impacts of serial and cross-correlation.** Hydrological Sciences Journal, **48(1),** 51-63.

Yue, S., Pilon, P., Phinney, B., & Cavadias, G. (2002). **The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series**. Hydrological processes, **16(9),** 1807-1829.

Zhang, S., & Lu, X. X. (2009). **Hydrological responses to precipitation variation and diverse human activities in a mountainous tributary of the lower Xijiang, China.** Catena, **77(2),** 130-142.

[Downloaded from ndea10.khu.ac.ir on 2026-11-07]

[DOR: 20.1001.1.22287736.1401.22.66.8.3]

[DOI: 10.52547/jgs.22.66.289]