

افزایشی مشاهده شد، (۴) غلظت‌های SAR^۹ در سه ایستگاه تمر، گالیکش و تقی آباد افزایش یافته اما در ایستگاه‌های دیگر هیچ تغییر معنی‌داری یافت نشده است، (۵) نقاط تغییر معنی‌دار برای سختی کل آب در ایستگاه‌های تنگراه و گالیکش با شیب مثبت مشخص شد، (۶) روندی با کاهش شیب معنی‌دار در رابطه با داده‌های سری‌های زمانی دبی در دو ایستگاه تمر و رامیان یافت شد، اما در مکان‌های نمونه‌برداری دیگر روندی مشاهده نشد. براساس تجزیه و تحلیل‌ها، روند معنی‌داری مربوط به متغیرهای کیفیت آب به‌خصوص در قسمت شرقی حوضه مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: روندیابی، من-کندال، تخمین گر شیب سن، هوجز-لهمن، اسپیرمن.

مقدمه

به‌طور متداول فرایندهای هیدرولوژیکی به صورت فرایندهای ایستا در نظر گرفته می شوند. اما امروزه فعالیت‌های بشر و خصوصیات طبیعی سیستم اقلیمی، باعث افزایش روندها و تغییرات بلند مدت در فرایندهای هیدرولوژیکی شده است [۱۰]. این تغییرات تاثیر بسزایی در مدیریت منابع آب داشته لذا تعیین روندهای بلند مدت سری‌های زمانی پارامترهای هیدرولوژیکی در سراسر جهان از اهمیت زیادی برخوردار است [۱۸ و ۲۰]. از جمله پارامترهای مهم هیدرولوژیکی مورد مطالعه در زمینه بررسی روندها در سری‌های زمانی متغیرهای هیدرولوژیکی کیفیت و کمیت آب‌های سطحی است. از آنجا که مقدار آب مورد استفاده برای اهداف گوناگون مستقیماً متأثر از کیفیت آب می باشد، لذا در مدیریت منابع آب، بررسی کیفیت آب‌های سطحی به اندازه کمیت آنها مهم می باشد؛ بنابراین در طی دهه‌های گذشته ارزیابی کیفیت آب رودخانه‌ها مورد توجه قرار گرفته است. این مهم با جمع‌آوری تدریجی و ثبت داده‌های قابل اطمینان کیفیت آب و سپس آزمون این داده‌ها برای روندهای بلند مدت امکان پذیر می باشد [۷].

معمول‌ترین عوامل موثر در تغییر پذیری کیفیت آب، جریان رودخانه و بارش است. علاوه بر آن با توجه به ویژگی‌های داده‌های کیفیت آب مانند نرمال نبودن، عدم صحت داده‌ها، فواصل نمونه‌برداری نابرابر موجب پیچیدگی آنالیز آماری با استفاده از روش‌های پارامتریک می شود [۸ و ۳]. Hirsch و همکاران [۹] اثبات

روند تغییرات رواناب و کیفیت آب سطحی در رودخانه گرگانرود

مینا ديلم^۱، مهدی تیموری^۲ و حامد روحانی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۰۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۱/۱۰

چکیده

با توجه به اهمیت ارزیابی پارامترهای هیدرولوژیکی از جمله کیفیت آب و جریان رودخانه و یافتن تغییرات آن‌ها در دوره زمانی بلند مدت، توجه به روش‌های ارزیابی روندهای آماری بیشتر شده است. در این تحقیق روند شش سری زمانی سالانه از متغیرهای مهم کیفیت آب و دبی در ۷ ایستگاه منتخب حوزه آبخیز گرگانرود از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۸ با استفاده از ۴ روش غیرپارامتری اسپیرمن^۴، من-کندال^۵، تخمین گر شیب سن^۶ و هوجز-لهمن^۷ و به طور مقایسه‌ای بررسی گردید. نتایج نشان داد که به غیر از آزمون هوجز-لهمن که هیچ روندی را نشان نداد بقیه روش‌ها دارای نتایج تقریباً مشابهی بودند. نتایج کلی این روش‌ها را می‌توان به‌طور مختصر به شرح ذیل بیان کرد: (۱) غلظت HCO₃ در ایستگاه‌های تنگراه، تمر، گالیکش و لزوره کاهش نشان داد، اما در مکان‌های نمونه‌برداری دیگر روندی مشاهده نشد، (۲) روند افزایشی (با شیب مثبت) معنی‌داری در مورد SO₄ در ایستگاه رامیان مشاهده شد، (۳) مجموع مواد محلول^۸ مطابق آزمون اسپیرمن در ایستگاه تمر روند افزایشی در گالیکش روند کاهشی داشته است؛ اما براساس آزمون‌های من-کندال و سن روند در سه ایستگاه تخمین زده شد که مسیر روند در ایستگاه‌های تمر و گالیکش مشابه با آزمون اسپیرمن و در ایستگاه رامیان روند

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

۲- مربی گروه آمار، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گنبد کاووس

۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس و نویسنده مسئول،

rouhani.hamed@yahoo.com Email:

4- Spearman's rho

5- Mann-Kendall

6- Sen

7- Hodges-Lehman

8- TDS

9- Sodium Absorption Ratio

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی

حوزه آبخیز گرگانرود با وسعت ۱۰۲۰۰ کیلومتر مربع یکی از حوضه‌های شمال شرق کشور بوده و بخش وسیعی از آن در استان گلستان واقع شده است. این حوضه از جنوب مشرف به سلسله جبال البرز شرقی، از شرق به کوه‌های آلاداغ و گلی داغ، از شمال به حوزه آبخیز اترک و از غرب به دریای خزر و حوزه آبخیز قره سو محدود می‌شود. این حوضه در محدوده طول جغرافیایی 54° و $10'$ تا 56° و $26'$ شرقی و عرض جغرافیایی 36° و $25'$ تا 38° و $15'$ شمالی واقع شده است. طول رودخانه اصلی آن به نام گرگانرود بالغ بر ۲۵۰ کیلومتر می‌باشد که در امتداد عمومی شرقی - غربی جریان دارد و از جنوب شرق دریای خزر به این دریا می‌پیوندد. براساس روش دومارتن، دارای اقلیم‌های متنوعی شامل خشک، نیمه‌خشک، معتدل مدیترانه‌ای، نیمه مرطوب و مرطوب بوده و میانگین بارندگی در آن از ۲۸۷ میلی‌متر در تیل آباد تا ۹۵۳ میلی‌متر در پس پشته متغیر است [۱۶]. وجود سازندهای حساس به فرسایش در سطح حوضه و به طور کلی حساسیت بالا به فرسایش باعث شده است تا رسوبدهی این حوضه نسبت به حوضه‌های مشابه از نظر بارندگی و شرایط آب و هوایی بیشتر باشد. حوزه گرگانرود در زون البرز و زیر زون‌های گرگان - رشت، بینالود و کپه داغ - هزار مسجد قرار گرفته و لس و نهشته‌های کواترنر بخش عمده ای از حوضه را شامل می‌شود. لازمه بررسی روند بلندمدت کیفیت آب، در نظر گرفتن معیارهای مختلف در انتخاب ایستگاه‌ها از جمله داشتن آمار طولانی مدت، پراکنش مناسب می‌باشد. در این مطالعه داده‌های متغیرهای کیفیت آب شامل TH , SAR , TDS , So_4^{2-} , HCO_3^{-} و همچنین کمیت آب (دبی) در هفت ایستگاه تنگراه، تمر، لزوره، گالیکش، رامیان، تقی آباد و بصیرآباد بر روی سرشاخه‌های رودخانه گرگانرود با طول دوره آماری ۳۹ سال (۱۳۵۰ تا ۱۳۸۸) و به صورت سری‌های زمانی سالانه با استفاده از روش‌های آماری ذکر شده مورد آزمون قرار گرفتند (شکل ۱).

روش‌ها و آزمون‌های روندیابی

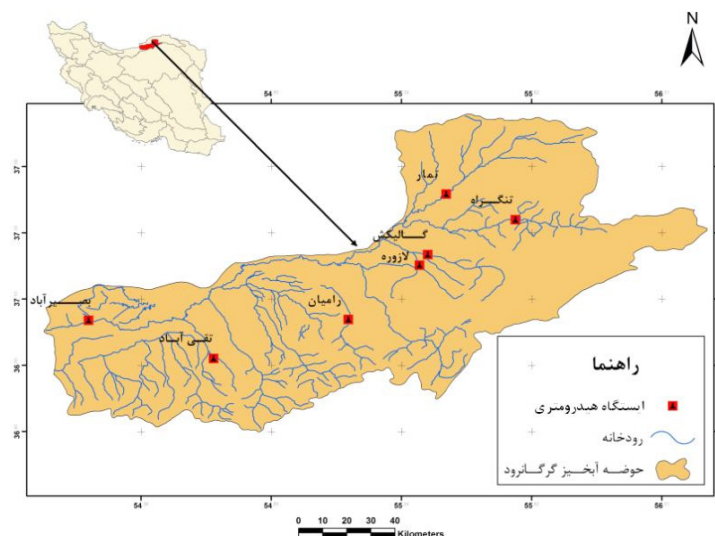
برای تکمیل داده‌های مفقود در ایستگاه‌های منتخب، از بازسازی نواقص آماری با استفاده از روش همبستگی در نرم‌افزار SPSS 11.5 استفاده شد. بدین طریق که ابتدا رابطه همبستگی بین متغیرهای مورد بررسی در ایستگاه مورد نظر و سایر ایستگاه‌ها به دست آمده و سپس از بین ایستگاه‌های همسایه، ایستگاهی که بزرگترین ضریب همبستگی با داده‌های ایستگاه مورد نظر را داشت انتخاب و متغیرهای کیفی مورد بررسی و دبی در ماه مورد نظر برآورد گردید. در ابتدای آنالیز آماری، باکس پلات‌های مربوط به هر متغیر به طور جداگانه با فراهم کردن یک اثر قابل مشاهده به منظور بیان مختصر توزیع مجموعه داده‌ها استفاده شدند.

باکس پلات‌ها تمرکز، پراکندگی، انحراف و حضور یا عدم حضور مقادیر دورافتاده و بی نهایت در مجموعه داده‌ها را نشان می‌دهند.

کردند در مواردی که توزیع داده‌ها دارای انحراف زیادی از حالت نرمال بوده و اندازه نمونه بزرگ باشد، روش‌های غیر پارامتری بهتر و موثرتر از روش‌های پارامتری هستند، لذا چنین داده‌هایی اغلب با استفاده از روش‌های غیرپارامتری آنالیز می‌شوند.

جمالی و همکاران [۱۱] در پژوهشی جهت بررسی روند تغییرات کیفیت آب و دبی رودخانه سفید رود در ایستگاه آستانه برای سال‌های ۱۳۶۲-۱۳۶۴ روش برازش توزیع‌های آماری و نیز آزمون من-کندال را بکار بردند. برازش انواع معادلات رگرسیون بر روی سری زمانی پارامترهای کیفیت آب بیانگر عدم رابطه معنی‌داری پارامترهای مورد بررسی با زمان است. همچنین زارع گاریزی و همکاران [۱۹] روند تغییرات ۱۲ متغیر کیفیت آب را بر روی رودخانه چهل چای استان گلستان با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و من-کندال فصلی مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که هفت متغیر دارای روند افزایشی، چهار متغیر بدون روند و یک متغیر دارای روند کاهشی می‌باشد. رحیمی و همکاران [۱۵] در بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفی آب در ایستگاه ارازکوسه نتیجه گرفتند که در مقیاس سالانه به غیر از پارامتر pH بقیه پارامترها روندی ندارند. در صورتیکه در مقیاس ماهانه پارامترهای کیفی مورد بررسی روند نوسانی داشتند. از تحقیقات انجام شده در مورد بررسی روند تغییرات کیفیت و کمیت آب در جهان می‌توان به مطالعه Antonopoulos و همکاران [۱] در یونان اشاره کرد که آنالیز روند سری‌های زمانی ماهانه بعضی مقادیر متغیرهای کیفیت و کمیت آب را با استفاده از آزمون ناپارامتری اسپیرمن مورد بررسی قرار داد. بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، دبی یک روند کاهشی و متغیرهای Ec_w (هدایت الکتریکی عصاره اشباع آب)، غلظت Na^+ , K^+ , HNO_3^- و DO (اکسیژن محلول) روند افزایشی داشتند، اما غلظت Ca^{2+} , Mg^{2+} , Tp روند مشخصی را نشان نداد. Boyacioglu [۲] تغییرات ماهانه بعضی متغیرهای کیفیت آب را در حوزه تهالی^۱ ترکیه با استفاده از آزمون من - کندال و تخمین شیب سن مورد بررسی قرار داد. نتایج تحقیق نشان‌دهنده کاهش غلظت بعضی متغیرها یا عدم وجود روند برای برخی از متغیرها در طول دوره مورد بررسی می‌باشد.

در این مطالعه، روند تغییرات جریان رودخانه و بعضی متغیرهای کیفیت آب در دوره زمانی ۳۹ ساله (۱۳۵۰ تا ۱۳۸۸) و همچنین شدت روند تغییرات با استفاده از چهار آزمون غیرپارامتری اسپیرمن، من-کندال، تخمین شیب سن و هوجز-لهمن در ایستگاه‌های منتخب سرشاخه‌های رودخانه گرگانرود بررسی شد. نتایج این تحقیق می‌تواند در برنامه‌ریزی، جهت کنترل اثرات ناشی از خصوصیات کیفیت آب‌های سطحی و تغییرات دبی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین کاربرد روش‌های آماری روندیابی، آگاهی لازم مربوط به انتخاب یک آزمون آماری به منظور روندیابی داده‌های کیفیت و کمیت آب را فراهم خواهد کرد.



شکل ۱- نقشه موقعیت منطقه و ایستگاه های منتخب (ماخذ: نگارندگان مقاله)

سری ها مناسب تر هستند. اکنون، هر مقدار مثبت بزرگ از آماره بیان گر یک روند افزایشی در داده ها و مقادیر منفی بیان گر یک روند کاهشی در مجموعه داده ها است [۵].

آزمون شیب سن

برای تخمین شیب واقعی روند از آزمون ناپارامتری سن استفاده می شود [۱۶] این آزمون در مواردی به کار می رود که روند به صورت خطی فرض می شود به صورتی که برای هر یک از جفت نقاط، زمانی محاسبه کرده و سپس با معدل گیری از شیب های جزئی، به تخمین شیب کلی می پردازد. اکنون، هر مقدار منفی از آماره آزمون نشان دهنده روند کاهشی و هر مقدار مثبت آن نشان دهنده روندی افزایشی است.

آزمون هوجز-لهمن

در این روش ناپارامتری، ابتدا کل مشاهدات به دو گروه افراز می شود. اگر حجم نمونه به اندازه کافی بزرگ باشد، یک استنباط بازه ای درباره ماهیت روند (افزایشی، کاهشی و صفر) با استفاده از توزیع نرمال امکان پذیر خواهد بود. اگر آماره مثبت، صفر یا منفی باشد، آنگاه روند به ترتیب افزایشی، کاهشی یا ناچیز است. قابل ذکر است که این روش نسبت به داده های پرت حساس نیست [۱۰].

نتایج

آمار توصیفی شامل مقادیر حداقل، حداکثر، میانه، محدوده میان چارک و مقادیر بی نهایت داده ها به صورت نمودارهای جعبه ای برای هر متغیر در شکل ۲ نشان داده شده است. نمودارهای جعبه ای بیانگر انحراف متغیرهای کیفیت آب مورد بررسی و دبی در اکثر ایستگاه ها بوده و به دلیل وجود مقادیر پرت و بی نهایت، از توزیع نرمال دور شده اند. مقادیر بی نهایت دبی ناشی از سیلاب هاست، اما مقادیر بی نهایت برای سایر متغیرها غیرقابل انتظار هستند و ممکن است ناشی از اندازه گیری ها یا بررسی های نامناسب نمونه های آب باشد. جدول (۱) نام ایستگاه های منتخب و مقادیر میانگین دبی متوسط سالانه از سال ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۸ را نشان می دهد. مطابق جدول (۱) دبی

پس از ارزیابی عمومی، هدف اصلی از این مطالعه یافتن پاسخی برای این پرسش است که آیا کیفیت آب و دبی در طول ۳۹ سال تغییر کرده است و در صورت وجود تغییر، آیا کیفیت آب بهبود یافته یا بدتر شده است و همچنین آیا دبی رودخانه در طی این دوره افزایش یا کاهش یافته است؟

در این مطالعه برای روندیابی سری های زمانی متغیرهای کیفیت آب و دبی رودخانه گرگانرود و سرشاخه های آن از چهار آزمون ناپارامتری اسپیرمن، من-کندال [۱۳ و ۱۴]، تخمین گر شیب سن [۱۶] و تخمین گر هوجز-لهمن [۱۰] استفاده شد.

آزمون اسپیرمن

ضریب همبستگی اسپیرمن یک روش ناپارامتری برای ارزیابی درجه ارتباط خطی یا همبستگی بین دو متغیر مستقل است. این آزمون، بر خلاف پیرسون به جای استفاده از داده های اولیه، بر روی رتبه داده ها عمل می کند در نتیجه به داده های پرت نسبتاً حساس است و نیازی به جمع آوری داده ها در فواصل معین نمی باشد. در این آزمون، هر متغیر به طور جداگانه از کوچکترین به بزرگترین رتبه بندی می شود و اختلاف بین رتبه ها برای هر جفت داده ثبت می شود. زمانی که جفت داده ها یک همبستگی مثبت کامل داشته باشند ضریب رتبه ای همبستگی اسپیرمن برابر با یک می باشد و برای یک همبستگی منفی کامل این ضریب منفی یک خواهد بود.

آزمون من-کندال

این آزمون تابعی از رتبه بندی مشاهدات می باشد و کمتر متاثر از مشاهدات پرت خواهد بود. از آنجایی که سری های زمانی داده های هیدرولوژیکی عموماً دم کلفت^۱ و چوله به راست هستند، بنابراین این آزمون و سایر آزمون های ناپارامتری که آماره های آنها بر اساس علامت اختلاف بین تفاوت های دو به دو (تفاضل بین علامت های مثبت و منفی) می باشد، برای شناخت ماهیت روند تغییرات این

1- Heavy-tailed

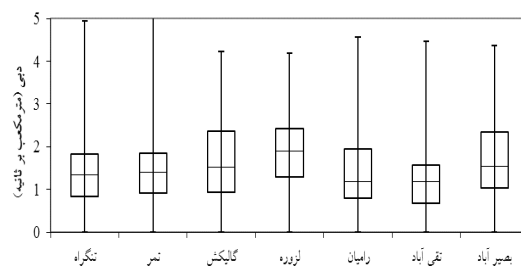
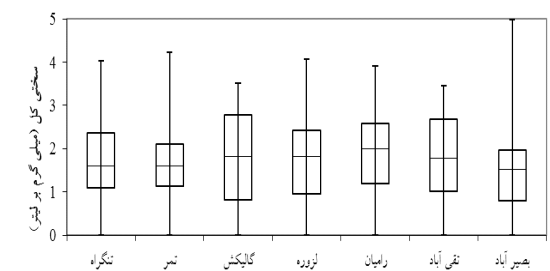
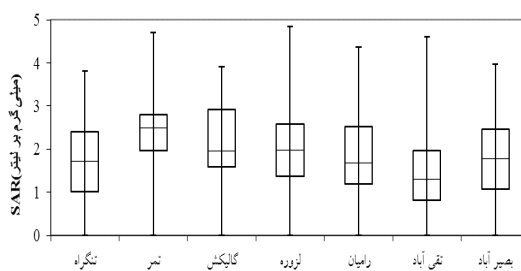
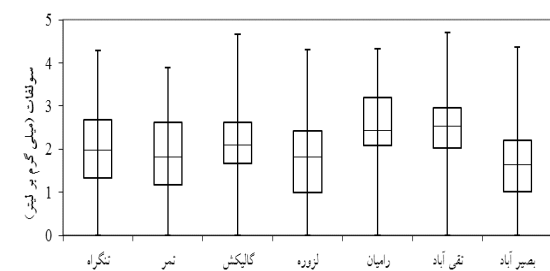
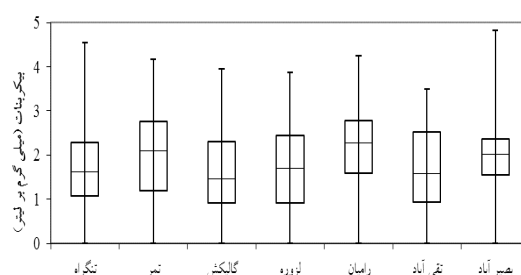
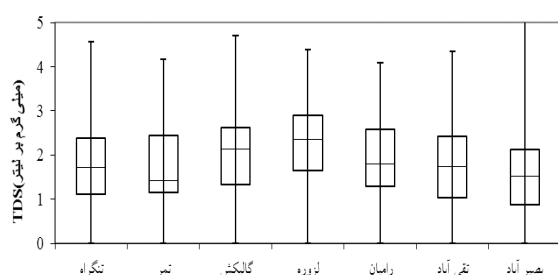
سن و تخمین گر هوجز-لهمن در ایستگاه‌های منتخب حوضه آبخیز به منظور روندیابی متغیرهای کیفیت و کمیت آب در جدول‌های (۳) و (۴) درج گردیده است.

نتایج آزمون اسپیرمن (جدول ۲) بیانگر این است که براساس ضریب همبستگی اسپیرمن در سطوح اطمینان ۹۵٪ و ۹۹٪، روند سری‌های زمانی متغیرهای HCO_3^- در ایستگاه‌های تنگراه، تمر، گالیکش و لزوره، SO_4^{2-} در ایستگاه رامیان، مجموع مواد محلول در ایستگاه‌های تمر و گالیکش، SAR در ایستگاه‌های تمر و گالیکش

متوسط سالانه همزمان با برداشت نمونه برای اندازه‌گیری پارامترهای کیفیت آب، به ترتیب در ایستگاه تقی آباد و لزوره با مقادیر ۱/۳۱ و ۱/۸۸ مترمکعب در ثانیه دارای کمترین و بیشترین مقادیر دبی در ایستگاه‌های منتخب حوضه آبخیز گرگانرود می‌باشد. قابل ذکر است که ایستگاه تنگراه در بالادست‌ترین قسمت سرشاخه‌های حوضه، ایستگاه لزوره بر روی رودخانه چهل چای در قسمت میانی سرشاخه‌های حوضه و ایستگاه بصیرآباد در نزدیک خروجی سرشاخه‌های حوضه آبخیز گرگانرود قرار دارند. نتایج چهار آزمون همبستگی اسپیرمن، من-کندال، تخمین شیب

جدول ۱- میانگین سالانه در طول دوره آماری ۳۹ ساله برای متغیرهای مورد مطالعه

ایستگاه متغیر	بصیرآباد	تقی آباد	رامیان	لزوره	گالیکش	تمر	تنگراه
HCO_3^-	2 / 131	1 / 739	2 / 153	1 / 773	1 / 703	2 / 024	1 / 682
SO_4^{2-}	1 / 720	2 / 486	2 / 586	1 / 756	2 / 172	1 / 980	2 / 032
TDS	1 / 538	1 / 841	1 / 946	2 / 278	2 / 818	1 / 784	1 / 954
SAR	1 / 838	1 / 555	1 / 827	1 / 962	2 / 176	2 / 531	1 / 821
سختی کل (TH)	1 / 524	1 / 791	1 / 913	1 / 800	1 / 788	1 / 813	1 / 729
دبی (متر مکعب بر ثانیه)	1 / 723	1 / 312	1 / 476	1 / 880	1 / 694	1 / 480	1 / 515



شکل ۲- نمودارهای جعبه‌ای متغیرهای مورد مطالعه در ایستگاه‌های منتخب حوضه آبخیز گرگانرود (محور X نام ایستگاه نمونه‌بردار می باشد)

جدول ۲- نتایج آزمون اسپیرمن و من- کندال برای متغیرهای مورد مطالعه در هر ایستگاه

ایستگاه	متغیر	آزمون من - کندال Test z	معنی داری	آزمون اسپیرمن ضریب همبستگی	معنی داری
تنگراه		-1.88	*	-0.345	*
تمر		-1.46	*	-0.352	*
گالیکش	HCO_3^-	-1.23	*	-0.349	*
لزوره		+0.98	*	-0.315	*
رامیان	So_4^{-2}	+2.55	*	+0.327	*
تمر		+2.37	*	+0.405	**
گالیکش	TDS	-2.38	**	-0.269	*
تمر		+2.18	*	+0.343	*
گالیکش	SAR	+2.7	**	+0.402	*
تقی آباد		+3.87	***	+0.586	*
تنگراه	TH	+2.20	*	+0.346	*
گالیکش		+3.22	**	+0.559	**
تمر	دبی	-2.06	*	+0.348	*
رامیان		-2.35	*	+0.345	*

* : سطح معنی داری ۰.۰۵ ، ** : سطح معنی داری ۰.۰۱

جدول ۳- نتایج تخمین شیب سری داده‌ها با استفاده از آزمون سن

ایستگاه	متغیر	روند تغییرات	شیب سن
تنگراه		↘	-0.039
تمر		↘	-0.040
گالیکش	HCO_3^-	↘	-0.035
لزوره		&	-0.033
رامیان	So_4^{-2}	&	-0.036
تمر		&	-0.033
گالیکش	TDS	↘	-0.039
رامیان		&	0.034
تمر		&	0.027
گالیکش	SAR	&	0.043
تقی آباد		&	0.052
تنگراه	TH	&	0.034
گالیکش		&	0.049
تمر		(	-0.023
رامیان	دبی	(	-0.032

↗ : افزایش روند ، ↘ : کاهش روند

و تقی آباد، سختی کل آب در ایستگاه‌های تنگراه و گالیکش و نهایتاً روند تغییرات دبی در ایستگاه‌های تمر و رامیان معنی دار بوده که بزرگی و مسیر روند نیز در جدول (۲) ذکر شده است. نتایج حاصل از آزمون من - کندال در جدول (۲) نشان می‌دهد که براساس آزمون Z آماره و در سطوح اطمینان ۹۰٪ ، ۹۵٪ و ۹۹٪، روند سری های زمانی متغیرهای در ایستگاه‌های تنگراه، تمر، گالیکش و لزوره، در ایستگاه رامیان، TDS در ایستگاه‌های تمر و گالیکش و رامیان، SAR در ایستگاه های تمر و گالیکش و تقی آباد، سختی کل آب در ایستگاه‌های تنگراه و گالیکش و نهایتاً روند تغییرات دبی در ایستگاه‌های تمر و رامیان معنی دار می‌باشد.

نتایج آزمون تخمین شیب سن در جدول (۳) اندازه و مسیر روند زمانی متغیرهایی را نشان می‌دهد که در ایستگاه‌های مشخص، دارای روند هستند. برآوردگر هوجز-لهمن نیز تغییرات غلظت همه متغیرهای کیفیت و دبی آب را در ایستگاه‌های مورد بررسی بدون روند زمانی نشان داد.

بحث و نتیجه گیری

هدف از این مطالعه بررسی روند تغییرات کیفی و کمی آب‌های سطحی در حوزه آبخیز گرگانرود در ایستگاه‌های منتخب با استفاده از چهار روش آماری غیر پارامتری در بازه زمانی ۳۹ ساله می‌باشد. بر اساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، در بیشتر موارد، متغیرهای کیفیت آب (به غیر از HCO_3^-) و دبی در ایستگاه های مذکور دارای روند افزایشی یا بدون روند طول زمان مورد بررسی داشتند. بنابراین می‌توان بیان کرد که در طول سال‌های ۱۳۵۰ تا ۱۳۸۸ کیفیت آب و دبی جریان رودخانه گرگانرود با تغییراتی همراه بوده است.

در این مطالعه به دلیل بزرگ بودن اندازه نمونه، برخی از آزمون‌ها بر اساس تقریب نرمال انجام می‌پذیرد و از آنجایی که توزیع داده‌ها در نظر گرفته نشده است از آزمون‌های ناپارامتری اسپیرمن، من-کندال، شیب سن و هوجز-لهمن استفاده شد. آزمون‌های اسپیرمن، من-کندال، شیب

and Water in Environmental Monitoring. 2nd edition, Chapman & Hall, London. pp.1-609.

8-Gauthier, T.D. 2001. Detecting trends using Spearman's rank correlation coefficient. Environmental Forensics. 2: 359-362.

9-Hamed. Kh. H. 2008. Trend detection in hydrologic data: The Mann-Kendall trend test under the scaling hypothesis. Journal of Hydrology. 349: 350-363

10-Helsel, D.R. 1987. Advantages of nonparametric procedures for analysis of water quality data: Journal of Hydrological Sciences. 32 (2): 179-189.

11-Hirsch, R.M., Alexander, R.B. and Smith, R.A. 1991. Selection of methods for the detection and estimation of trends in water quality. Water Resources Research. 27: 803-813.

12-Hirsch, R.M. and Slack, J.R. 1984. A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. Water Resources Research. 20 (6): 727-732.

13-Hirsch, R.M., Slack, J.R. and Smith, R.A. 1982. Techniques of trend analysis for monthly water quality data. Water Resources Research 18 (1): 107 - 121.

14-Hodges, J. L. and Lehmann, E.L. 1963. Estimates of location based on rank tests. Annuals Mathematical Statistics. 34: 598 - 611.

15-Jain, S., Lall, U., 2000. Magnitude and timing of annual maximum floods: trends and large - scale climatic associations for the Blacksmith fork River, Utah. Water Resources Research. 36 (12): 3641-3651.

16-Kendall, M.G. 1975. Rank Correlation Methods, 4th ed., Charles Griffin: London.

17-Mann, H.B. 1945. Non-parametric test against trend, Econometrica. 13: 245-259.

18-Sen, P.K. 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. Journal of the American Statistical Association. 63: 1379-1389.

19-Yildirim, E.Y., Turkes, M. and Tekiner, M. 2004. Time series analysis of long term variations in stream flow data of some stream flow stations over the Gediz basin and in precipitation of the Akhisar station. Pakistan Journal of Biological Sciences 7(1): 17-24.

20-Zhang, X.B., Harvery, K.D., Hogg, W.D. and Yuzyk T.R. 2001. Trends in Canadian streamflow. Water Resources Research. 374: 987-998.

سن علاوه بر تشخیص وجود یا عدم وجود روند و تشخیص مسیر روند، توان تشخیص اندازه روند را نیز دارا می باشد اما برآوردگر هوجز-لهمن توان تشخیص بزرگی روند را نداشته و تنها قادر به تشخیص وجود یا عدم وجود روند و مسیر روند (افزایشی یا کاهششی) می باشد و به همین دلیل مقایسه آن از همه جهات با سه روش دیگر منطقی نمی باشد. اما در تشخیص وجود روند می توان بیان کرد که نسبت به روش های دیگر مورد مطالعه در این تحقیق دارای ضعف می باشد. بنابراین در جایی که امکان بررسی وجود روند از طریق روش بصری یا آزمون های ذکر شده دیگر امکان پذیر نباشد، می توان از برآوردگر هوجز-لهمن استفاده نمود. نتایج آزمون های ناپارامتری من-کندال و شیب سن در تشخیص وجود روند و همچنین تشخیص مسیر روند مشابه بودند. در حالی که نتایج آزمون اسپیرمن در رابطه با تشخیص وجود روند در یک مورد با نتایج آزمون های من-کندال و شیب سن اختلاف وجود داشت، به طوری که آزمون اسپیرمن روندی را برای مجموع مواد محلول در ایستگاه رامیان نشان نداد. اما آزمون های من-کندال و شیب سن روند معنی داری را تشخیص دادند. با توجه به شاخص آماری مجموع مربعات خطا، مشخص شد که آزمون اسپیرمن برای این سری با صحت بیشتری به تصمیم گیری می پردازد.

منابع

۱-جمالی، ب.، اورجی، ه.، رضائی، م. و انصاریپور، الف. ۱۳۹۰. بررسی روند کیفیت آب رودخانه سفید رود با استفاده از روش های آماری. چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه امیرکبیر. تهران.
۲-رحیمی، ل.، دهقانی، ا.ا. و قربانی، خ. ۱۳۹۵. مقایسه روند تغییرات دبی کل، دبی پایه و پارامترهای کیفی آب در ایستگاه ارازکوسه. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال هفتم، شماره ۱۳، ۸۳-۹۱.
۳-روحانی، ح.، ابراهیمی، ه. و رحیمی نسب، ع. ۱۳۹۰. آشکارسازی روند بارش درحوزه آبخیزگرگانرود. ششمین کنفرانس علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران.
۴-زارع گاریزی، الف.، سعدالدین، ا.، شیخ، و.ب. و سلمان ماهینی، ع. ۱۳۹۱. بررسی روند تغییرات بلند مدت متغیرهای کیفیت آب رودخانه چهل چای (استان گلستان). مجله پژوهش آب ایران، سال ششم، شماره دهم، ۱۵۵-۱۶۵.

5-Antonopoulos, V., Papamichail, D. and Mitsiou, K. 2001. Statistical and trend analysis of water quality and quantity data for the Strymon River in Greece. Hydrology and Earth System Science. 5(4): 679-691.

6-Boyacioglu, H. 2008. Investigation of temporal trends in hydrochemical quality of surface water in Western Turkey. Bull Environ Contam Toxicol. 80: 469-474.

7-Demayo, A. and Steel, A. 1996. Data handling and presentation. In: D. Chapman [Ed.] Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments

*Abstract***An analysis of Gorganrood Water Quantity and Quality Trend**M. Deilam¹, M. Teimori² and H. Rouhani^{3*}

Received: 2015/06/27 Accepted: 2017/01/29

The statistical and trend analysis of water quality and water quantity are important in assessment, planning control and management program of streams. The time series of yearly values of five water quality variables (, SAR, TDS, TH) and the discharge at seven selected stations in the period 1971-2009 were selected for this analysis. Stations were selected on the basis of sample size, period of reporting, and availability of flow data. Four non-parametric trend tests (the Sen's slope estimator, the Mann-Kendall, the Spearman's Rho, and the Hodges-Lehmann) are adapted in this study. In most cases, the first three tests provide the same conclusion about trend existence but Hodges-Lehmann test doesn't reveal a significant trend. An overview of results is as follows: 1. concentration at Tangrah, Galikesh, Tamar monitoring stations decreased, while no significant trend is observed in other selected stations, 2. exhibited positive significant trend in Ramiyan monitoring station 3. Spearman's rho test of trend shows an increasing and decreasing trend of TDS for Tamar and Galikesh monitoring stations respectively, while Mann-Kendall test and Sen estimator of trend show an increasing trend of TDS for Tamar and Galikesh monitoring station, while TDS exhibited positive trends at Ramiyan station. 4. SAR concentration at Tagi Abad, Galikesh, Tamar and Lazoreh increased while no significant trend is observed in other selected stations, 5. Significant positive trends were found for TH in Tnagrah and Galikesh monitoring stations. Only two monitoring stations, one at Tamar station and the other at the Ramiyan station, had decreasing trends for discharge.

Keywords: *Trend analysis, the Sen's slope estimator, the Mann-Kendall, the Spearman's Rho, and the Hodges-Lehmannm.*

1. MSc Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Gorgan Agricultural sciences and Natural Resources University

2. Instructor, Department of Statistic, Faculty of Basic Science, Gonbad Kavous University.

3. Assistant Professor, Department of Ranch, Watershed Management, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Gonbad Kavous University, Corresponding Author, Email: rouhani.hamed@yahoo.com