آشکارسازی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر روند کیفیت آب در حوضه سد کمال صالح

نازنین شاه‌کرمی[۱]

تاریخ ارسال:۱۳۹۵/۰۷/۲۰
تاریخ ارسال:۱۳۹۶/۰۷/۱۸

چکیده

تغییر اقلیم و تاثیرات آن بر منابع آب به اثبات رسیده‌است. این تحقیق در ابتدا به منظور آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم، به تحلیل روند سری زمانی دما و بارش حوضه سد کمال صالح پرداخته‌است. داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های محدوده حوضه در دوره زمانی موجود بررسی شد. به این منظور آزمونهای مبتنی بر تصادفی‌بودن داده‌ها، تست نقاط عطف و تست خود همبستگی و همچنین آزمونهای روند شامل تستهای پارامتریک رگرسیون خطی و ناپارامتریک من-کندال و اسپیرمن در گام زمانی فصلی برای هر ایستگاه انجام شد. همچنین دمای حداقل و حداکثر سالانه ایستگاهها، مورد تحلیل قرار گرفت. به طور کلی رد فرض تصادفی‌بودن سری زمانی دمای تعدادی از ایستگاه‌ها و وجود روند در اکثر آنها و همچنین روند کاهش بارش زمستانه و افزایش بارش تابستان را می‌توان به عنوان دلیلی بر وجود تغییر اقلیم در حوضه مطالعاتی استنباط کرد. در ادامه تأثیر تغییر اقلیم بر کیفیت آب‌های سطحی حوضه بررسی گردید. بدین منظور روند تغییرات مؤلفه‌های کیفیت آب در ایستگاه تیره دوآب در دوره پانزده ساله برای فصول بهار و زمستان با استفاده از آزمون‌های آماری تجزیه و تحلیل شد. برای مقادیر عناصر پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، کلر و ترکیبات سولفات، بی‌کربنات موجود در آب، روند معناداری با سطح اطمینان بالای ۹۰٪ مشاهده گردید. EC، در فصل بهار سیر افزایشی اما فاقد سطح معنی‌دار و در فصل زمستان روند بالای ۹۵٪ را نشان داد. پارامتر TDS، روند معنی‌داری با سطح اطمینان بالای ۹۵٪ نشان داد. این نتایج حاکی از امکان تاثیر پدیده تغییر اقلیم بر کاهش کیفیت آب سد داشت.

واژگان کلیدی: آزمون‌های آماری، تغییر اقلیم، حوضه سد کمال صالح، کیفیت آب، متغیرهای اقلیمی

[۱]عضو هیئت علمی گروه عمران، دانشکده فنی و مهندسی، دانشگاه اراک. n-shahkarami@yahoo.com

مقدمه

اولین قدم در حفاظت منابع آبی و احیاء آنها توجه به مسأله کیفیت اولیه آب در حوضه است. گرمایش زمین و کاهش بارش‌های بهنگام و مفید و پیامدهای اکولوژی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی ناشی از آن علاوه بر صاحبان علم، افکار دولتمردان و سیاستمداران را در سراسر دنیا به خود جلب کرده است، تا جایی که مسئله تغییر اقلیم و پیامدهای ناشی از آن با توجه به جمعیت رو به افزایش جهان مهم‌تر جلوه می‌نماید. با گذشت زمان و گسترش جوامع و به تبع آن افزایش استفاده از منابع آبی، تغییر خصوصیات کیفی منابع آبی افزایش پیدا کرده است. رشد جمعیت و آلودگی-های ناشی از تخلیه فاضلاب‌های شهری صنعتی و کشاورزی شیرابه‌های محل دفع زباله و رواناب‌های سطحی باعث گسترش آلودگی و محدودتر شدن منابع آب شده است. منابع آب سطحی مانند دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و مخازن، بیشتر از منابع آبی زیرزمینی در معرض آلودگی هستند. خصوصیات طبیعی حوضه آبخیز، کمیت و کیفیت آب‌های ورودی به مخزن، خصوصیات اقلیمی منطقه (درجه حرارت وزش باد میزان نزولات جوی) و میزان فعالیت‌های مختلف انسان در حوضه آبخیز از جمله عواملی هستند که کیفیت آب مخازن سدها را تحت تاثیر قرار می‌دهند؛ لذا با توجه به افزایش جمعیت کشور، نیاز روز افزون به منابع آب سالم برای شرب و کشاورزی نیز افزایش می-یابد.

یکی از روش‌های متداول به منظور تحلیل سری-های زمانی داده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی، بررسی وجود یا عدم وجود روند در آن‌ها ناشی از تغییرات تدریجی طبیعی و تغییر اقلیم یا اثر فعالیت-های انسانی می‌باشد. از معدود تحقیقاتی که در این زمینه در ایران انجام شده است، می‌توان به موارد زیر اشاره نمود.

بردی شیخ و همکاران (۱۳۸۸) روند سه متغیر آماری دبی متوسط روزانه، حداکثر دبی روزانه و دبی حداکثر لحظه ای برای شش ایستگاه هیدرومتری واقع در حوضه آبریز اترک در دوره آماری سی ساله با استفاده از دو آزمون ناپارامتریک من– کندال و رو اسپیرمن مورد مطالعه قرار دادند. نتایج تحقیق ایشان نشان داد که دو آزمون نتایج مشابهی ارائه می‌دهند. تبریزی و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی روند تغییرات بارش در استان تهران پرداختند. در این راستا با استفاده از روش رتبه‌بندی من کندال در سری‌های زمانی فصلی و سالیانه، سعی در شناسایی تغییرات و سپس نوع و زمان آنها شده است. معروفی و طبری (۱۳۹۰) روند تغییرات سالانه، فصلی و ماهانه دبی رودخانه مارون را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من- کندال و سن و همچنین تحلیل پارامتری رگرسیونی مورد ارزیابی قرار دادند و برای این منظور از داده‌های پنج ایستگاه آب‌سنجی استفاده کردند. افضلی و شاهدی (۱۳۹۳) با توجه به مطالب فوق و اهمیت و نقش آب‌های زیرزمینی، تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی در سه سال در بخشی از دشت آمل- بابل واقع در حوضه آبخیز دریای خزر را مورد بررسی قرار دادند و روند تغییرات هر کدام از عوامل کیفی با استفاده از آزمون من -کندال را تعیین نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها بیانگر کاهش ناچیز سطح آب زیرزمینی و بهبود وضعیت کیفی آب زیرزمینی در منطقه یاد شده می‌باشد. عبادتی و هوشمندزاده (۱۳۹۳) کیفیت آب رودخانهٔ دز در ایستگاه آب‌سنجی دزفول برای شرب انسانی، صنعت و کشاورزی را مقایسه کردند و براساس نمونه‌برداری‌ها، غلظت شاخص‌های فیزیکی و شیمیایی تعیین شد و نتیجه گیری نمودند کیفیت آب رودخانه دز در محدودهٔ شهر دزفول، تقریباً جزء آب‌های سخت محسوب می‌شود و کیفیت آب رودخانه برای کشاورزی و شرب دام و طیور را مناسب ارزیابی کردند. مددی نیا و همکاران (۱۳۹۳) کیفیت آب رودخانه کارون در بازه اهواز، از فروردین تا اسفندماه ۱۳۸۶ را با بررسی پارامترهای کیفی آب انجام دادند. کیفیت آب در فصول مختلف نشان داد در فصل پاییز به علت شروع بارندگی و کاهش آلاینده‌ها بهترین وضعیت و در فصل بهار به دلیل کاهش بارندگی، وجود دمای مناسب برای رشد کلیفرم‌ها و نیز افزایش کدورت بدترین وضعیت را داشته است. خنامانی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی روند تغییرات برخی از خصوصیات آب‌های زیرزمینی دشت سگزی اصفهان پرداختند. آنها به منظور بررسی

همگنی از آزمون ران- تست و برای بررسی استقلال داده‌ها نیز از توابع خود همبستگی مربوط به سری‌های زمانی و در نهایت از آزمون من- کندال جهت ارزیابی روند سری‌های زمانی تغییرات خصوصیات آب‌های زیرزمینی استفاده کردند و نتیجه گرفتند تمامی سری‌های مورد استفاده تصادفی هستند و آزمون تحلیل روند من- کندال می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی روند موجود در داده‌ها باشد. مقدم و همکاران (۱۳۹۲) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و منطق بولین، آب دشت مشهد را براساس پارامترهای کیفی مؤثر در طبقه‌بندی‌های شرب و کشاورزی پهنه-بندی کردند و سپس روند تغییرات زمانی و مکانی آن-ها را بررسی نموده و نشان دادند که افزایش فعالیت-های انسانی، نوسانات آب و هوایی، دمای آب و آلودگی‌های انتقال یافته از خارج محدوده مطالعاتی به ترتیب از عوامل مؤثر بر کیفیت آب دشت مشهد می-باشند. بیاتی خطیبی و همکاران (۱۳۹۳) تغییرات دراز مدت رودخانه اهر را با استفاده از چندین شاخص بررسی و با استفاده از آزمون من کندال روندیابی نمودند و نتایج را با استفاده از تابع رگرسیون خطی تا سال ۱۴۰۰ پیش‌بینی کردند. محمودی و همکاران (۱۳۹۴) تاثیر خشکسالی بر کیفیت آب سطحی استان سیستان و بلوچستان را ارزیابی نمودند. به این منظور در طول دوره آماری ۲۰۰۵- ۱۹۷۶ دوره های خشکسالی و ترسالی مشخص شد. در مطالعه کیفی نیز از آمار ده ساله ۲۰۰۶- ۱۹۹۷ استفاده گردید که در دوره اقلیمی خشک قرار دشته، تغییرات کاتیون‌ها، آنیون‌ها و EC بررسی شده‌است.

مطالعاتی نیز در خارج از کشور در این زمینه انجام شده است. Mimikou et al. (2000) اثرات تغییر اقلیم بر شاخص‌های کیفی و کمی آب منطقه‌ای از نواحی مرکزی یونان را بررسی کردند. آنها از مدل WBUDG برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر رواناب و از مدل R-Qual برای شبیه‌سازی کیفیت آب در پایین-دست منبع مورد نظر استفاده کردند. Tong and Chen (2002) از مدلی برای رابطه بین کاربری اراضی و کیفیت آب استفاده نمودند. ایشان در این پژوهش در ایالت اوهایو با استفاده از یک رویکرد جامع به بررسی اثرات هیدرولوژیکی کاربری اراضی در مقیاس منطقه‌ای و محلی پرداختند و تجزیه و تحلیل آماری و فضایی را برای بررسی‌های آماری و مکانی به کار گرفتند. Wilby, 2006 به مدلسازی اثر تغییر اقلیم بر کمیت و کیفیت آب در رودخانه کنت بریتانیا پرداختند که نتایج مطالعه آنها کاهش جریان رودخانه و همچنین کاهش کیفیت آب‌های سطحی در روندی بلند مدت را نشان می‌دهد. Whitehead et al. (2009) مروری بر پتانسیل تغییر اقلیم را بر کیفیت آب سطحی بر اساس استانداردهای انگلستان انجام دادند. Delpla et al. (2009) تاثیر تغییر اقلیم بر کیفیت آب آشامیدنی را بررسی نمودند. ایشان اثرات کیفیت آب منابع (رودخانه‌ها و دریاچه) را با استفاده از پارامترهای تعیین‌کننده (پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، میکروآلاینده و پارامترهای بیولوژیکی) بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که روندی کاهشی در کیفیت آب آشامیدنی با تغییر اقلیم به وجود خواهد آمد که این وضعیت، خطری بالقوه برای شرایط بهداشتی آب در آینده به وجود خواهد آورد. Lomberg (2010) تغییرات فیزیکی شیمیایی و میکروبی در چند نقطه از طول رودخانه‌های منتهی به سد رودپارت در افریقای جنوبی را در یک دوره آماری ده ساله با هدف تعیین ارتباط بین دو متغیر میزان بارش و کیفیت آب را بررسی نمود. در این تحقیق به منظور بررسی امکان رخداد پدیده تغییر اقلیم در مقیاس حوضه، از آزمون‌های آماری تصادفی بودن و روند پیشنهادی WMO/UNESCO [1] بر روی سری زمانی دما و بارش استفاده شده است. همچنین به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شاخصهای کیفی آب، بررسی وجود روند در پارامترهای کیفی آب ایستگاه‌های محدوده حوضه نیز مورد تحلیل قرار گرفته است. حوضه سد کمال صالح به عنوان منطقه مطالعاتی این تحقیق انتخاب شده است. لازم به ذکر است که در این تحقیق، کنترل کیفی آب براساس داده‌های قابل دسترس که توسط سازمان آب منطقه-ای استان مرکزی ثبت شده‌اند، صورت گرفته است.

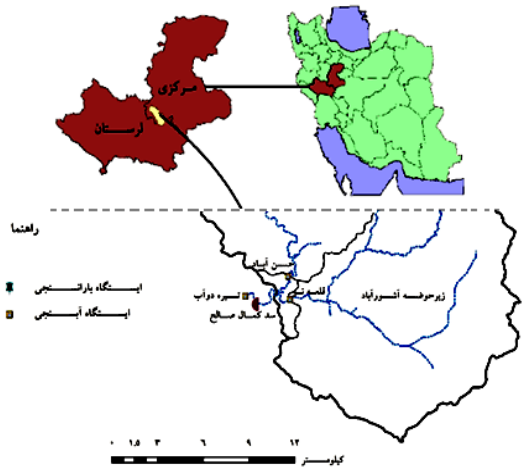
[1]- World Meteorological Organization/ United Nations Educational Scientific and Cultural Organization

بدیهی است که در صورت داشتن آمار طولانی مدت‌تر، اظهار نظر قطعی‌تری می‌توانست صورت پذیرد. در این تحقیق با وجود حداکثر دوره پانزده ساله داده‌های ماهانه کیفی در فصول بهار و زمستان و فقدان داده-های لازم در فصول دیگر، سعی شده است تا بر متدولوژی انجام کار تاکید بیشتری صورت گیرد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه حوضه

معرفی سد کمال صالح در محدوده طول ″۰۲ ′۰۴ °۴۹ تا ″۱۱ ′۲۷ °۴۹ شرقی و عرض ″۱۳ ′۳۳ °۳۳ تا ″۵۵ ′۵۵ °۳۳ شمالی، در جنوب غرب استان مرکزی و شمال شرق استان لرستان قرار دارد (شکل ۱). سد مخزنی کمال صالح با ظرفیت ۱۱۰ میلیون متر مکعب جهت تأمین آب شرب شهر اراک، شازند و صنایع وابسته بر روی رودخانه تیره دوآب در خروجی حوضه کمال صالح احداث شده است. میانگین نزولات سالانه حدود ۴۵۰ میلیمتر و میانگین دمای سالانه حدود ۱۱ درجه سانتیگراد می‌باشد. اقلیم منطقه نیز بر اساس روش آمبرژه در طبقه نیمه خشک سرد تا نیمه مرطوب سرد قرار دارد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌ها

معرفی ایستگاه‌های محدوده مطالعاتیپارامتر دمای هوا در ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی سازمان هواشناسی و ایستگاه‌های تبخیرسنجی وزارت نیرو اندازه‌گیری می‌شود. از بین ایستگاه‌های محدوده منطقه مطالعاتی، با توجه به آنکه اکثر آنها تقریبا جدیدالتاسیس بوده و فاقد آمار کافی هستند، پنج ایستگاه که نسبت به بقیه از شرایط بهتری برخوردار بودند با لحاظ توزیع مکانی آنها نسبت به حوضه، انتخاب شدند.

به منظور بررسی پارامتر بارش در حوضه سد کمال صالح نیز، علاوه بر داده‌های بارش ایستگاههای فوق از داده‌های ایستگاه مزرعه خاتون که توسط وزارت نیرو ثبت شده‌است؛ استفاده گردید. دلیل انتخاب این ایستگاه آن است که بررسیها نشان داد که متوسط ارتفاع و متوسط بارش حوضه با مقادیر متناظر این ایستگاه همخوانی دارد . مشخصات این ایستگاهها در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- اطلاعات ایستگاه‌های ارزیابی شده در منطقه مطالعاتی

نوع داده	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع(متر)	طول دوره آماری	نوع ایستگاه
دما و بارش	اراک	49° 46'	34° 6'	1708	1956-2013	سینوپتیک
	خنداب	49° 11'	34° 24'	1739	1976-2013	سینوپتیک
	قدمگاه	49° 28'	33° 58'	1800	1981-2013	تبخیرسنجی
	بروجرد	48° 45'	33° 55'	1629	1990-2010	سینوپتیک
	الیگودرز	49° 42'	33° 24'	2022	1986-2010	سینوپتیک
بارش	مزرعه خاتون	49° 10'	33° 59'	2150	1981-2010	آب‌سنجی

به منظور بررسی پارامترهای کیفی آب در حوضه سد کمال صالح، از داده‌های ایستگاه تیره‌دوآب (که در شکل ۱ نیز نشان داده شده است) در ایستگاه واقع در روستای دوآب در سالهای ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۳ استفاده شد. سرشاخه رودخانه تیره تا محل خروج از محدوده استان مرکزی در ناحیه جنوب غربی استان، دارای مساحت ۶۶۶ کیلومترمربع می‌باشد.

- انتخاب متغیرهای مورد بررسی

به منظور آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم در حوضه از سری زمانی داده‌های دما و بارش ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی استفاده شد. همچنین در ارزیابی اثرات تغییرات اقلیم بر شاخصهای کیفی آب سد کمال صالح نیز پارامترهای کیفیت آب شامل آنیونهای بی‌کربنات (HCO_3)، سولفات (SO_4) و کلر (Cl) و کاتیونهای پتاسیم (k)، سدیم (Na) ، منیزیم (Mg) و کلسیم (Ca) و همچنین کل مواد جامد محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (EC)، قلیائیت (PH) ارزیابی گردیدند.

انتخاب آزمون‌های آماری مناسب به منظور تشخیص روند

روش‌های آماری که به تحلیل روند سری‌های زمانی می‌پردازند را می‌توان به دو دسته کلی روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم نمود. آزمون‌های پارامتریک قوی‌تر هستند اما توزیع داده‌ها را نرمال فرض می‌کنند. روش های ناپارامتریک مستقل از توزیع هستند و از آنجائیکه توزیع زمانی اکثر سری‌های زمانی هیدرولوژیک غیر نرمال است، در شناسایی روند پارامترهای اقلیمی پرکاربردتر و مفیدتر هستند.

تصادفی بودن در میانگین سری‌های زمانی به این معناست که داده‌ها در شرایط طبیعی به وقوع پیوسته‌اند و عامل خارجی باعث بر هم زدن شرایط طبیعی حاکم بر جریان نگردیده است؛ لذا پدیده تغییر اقلیم سبب رد فرض تصادفی بودن داده‌ها می‌گردد. در این تحقیق به منظور تحلیل تصادفی بودن پارامترهای دما و بارش و مولفه‌های کیفیت آب در حوضه سد کمال صالح از آزمون‌های ناپارامتریک نقطه عطف1 و خودهمبستگی2 و برای بررسی روند از آزمون‌های ناپارامتریک من- کندال۳، اسپیرمن۴ و آزمون پارامتریک رگرسیون خطی۵ استفاده شد. براساس آزمون‌های فوق، تصادفی بودن و روند برای سری زمانی دما و بارش و پارامترهای کیفی آب هر ایستگاه در مقیاس فصلی تحلیل گردید. استفاده همزمان از آزمون‌های تصادفی بودن و روند، سبب توجیه بهتر تغییرات سری زمانی شده، روش مطمئنی برای اثبات پدیده تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کیفیت آب می‌باشد. در ادامه شرح و نحوه کاربرد این آزمون‌ها آمده است:

1 -Turning Points
2 - Autocorrelation
3 - Mann-Kendall (non-parametric)
4- Spearman's Rho
5- Linear Regression

تحلیل تصادفی بودن

آزمون نقاط عطف

در این تست تمام نقاط عطف در یک سری محاسبه می‌شود. به صورت آماری، آماره Z محاسبه شده و بر اساس سطح اطمینان مورد نظر (a=0.1, a=0.05, a=0.01) با Zα/2 مقایسه می‌شود. در صورتیکه |Z| > Zα/2، فرض تصادفی بودن داده‌ها رد می‌شود (a بیانگر سطح معنی‌داری است).

آزمون خود همبستگی

تابع خود همبستگی رابطه خطی میان مشاهدات سری زمانی را که با K وقفه زمانی از هم جدا شده‌اند را اندازه‌گیری می‌کند. در این روش ابتدا تابع خود همبستگی rk محاسبه می‌شود. rk بین ۱+ و ۱- است؛ به‌طوریکه هرچه به عدد ۱+ نزدیک شود، بیانگر آن است که مشاهدات تمایل زیادی به حرکت با هم در یک مسیر خطی و شیبی مثبت دارند، در مورد ۱- هم تمایل به حرکت در مسیر خطی با شیب منفی اثبات می‌شود.

تحلیل روند

- آزمون رگرسیون خطی

معادله یک مدل رگرسیون خطی ساده به شکل زیر است:

$$Y = \beta 0 + \beta 1X + \varepsilon \qquad (۱)$$

که در آن β0 عرض از مبدأ، β1 شیب خط، ε عامل خطا، Y متغیر وابسته و X متغیر مستقل است. هدف از رگرسیون خطی ساده این است که با برآورد کردن پارامترهای β0 و β1 ، مدل خطی ساده‌ای به داده‌ها بر اساس اصل کمترین مربعات[1] برازش داده شود. فرض صفر این آزمون بر عدم وجود شیب و فرض یک مبنی بر وجود شیب می‌باشد. معنی‌دار بودن شیب بر اساس آزمون دو دامنه t- استیودنت برای سطوح اطمینان مختلف بررسی می‌شود.

آزمون من- کندال

روش من- کندال (Mann, 1945; Kendall, 1975) وجود روند در یک سری زمانی را بدون توجه به خطی یا غیر خطی بودن روند جستجو می‌کند. این تست فرضیه صفر به معنی عدم وجود روند را در مقابل فرضیه دیگر، وجود روند افزایشی یا کاهشی بررسی می‌کند. در ابتدا پارامتر S به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$S = \sum_{i=1}^{N-1}\sum_{j=i+1}^{N} sgn(x_j - x_i) \qquad (۲)$$

که N تعداد داده‌ها است. با فرض (xj −xi) = θ، مقدار sgn(θ) از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$sgn(\theta) = \begin{cases} 1 & if \quad \theta > 0 \\ 0 & if \quad \theta = 0 \\ -1 & if \quad \theta < 0 \end{cases} \qquad (۳)$$

برای تعداد نمونه‌های زیاد (N>10) تست با استفاده از توزیع نرمال انجام می‌شود (Helsel and Hirsch, 2002) با میانگین و واریانسی که از رابطه زیر بدست می‌آیند:

$$E[S] = 0 \qquad (۴)$$

$$Var(S) = \frac{N(N-1)(2N+5) - \sum_{k=1}^{n} t_k(t_k-1)(2t_k+5)}{18} \qquad (۵)$$

N تعداد داده‌های مشاهده‌ای و n تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری موجود است و tk فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

در ادامه آماره Z از رابطه زیر محاسبه می‌شود (Hirsch et al., 1993):

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & if \; S > 0 \\ 0 & if \; S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & if \; S < 0 \end{cases} \qquad (۶)$$

که α سطح معنی داری لحاظ شده آزمون و Z_α آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی داری α است. با توجه به دو دامنه بودن آزمون، $Z_{\alpha/2}$ بکار رفته است.

1- Least Squares

اگر $|Z| > Z_{\alpha/2}$ باشد، در اینصورت فرض H_0 در سطح اطمینان α رد می‌شود. اگر Z مثبت، روند صعودی و در غیر اینصورت نزولی است.

- آزمون اسپیرمن

یک آزمون سریع و ساده برای تعیین وجود همبستگی بین دو کلاس از سری‌های یکسان از مشاهدات، آزمون همبستگی مرتبه‌ای اسپیرمن می‌باشد. اگر سری R_i و i که از ۱ تا N تغییر می‌کند به ترتیب تاریخ وقوع در کنار هم قرار گیرند، همچنین Y_i مرتبه R_i و X_i ترتیب وقوع R_i باشد، سپس ضریب همبستگی r_s اسپیرمن بر طبق رابطه زیر بدست می‌آید:

$$r_s = 1 - (6\sum d_i^2)/(N^3 - N) \qquad (۷)$$

تحت فرض صفر در این آزمون روندی نسبت به زمان در داده‌ها وجود ندارد و توزیع r_s به صورت نرمال با میانگین و واریانس زیر می‌باشد:

$$E(r_s) = 0 \qquad (۸)$$

$$V(r_s) = \frac{1}{n-1} \qquad (۹)$$

مقادیر P-value از آماره SR داده‌های مشاهده شده با استفاده از تابع توزیع تجمعی نرمال محاسبه می‌گردد. آماره آزمون SR با استفاده از روابط زیر قابل محاسبه است.

$$Z_{SR} = \frac{r_s}{\sqrt{V(r_s)}} \qquad (۱۰)$$

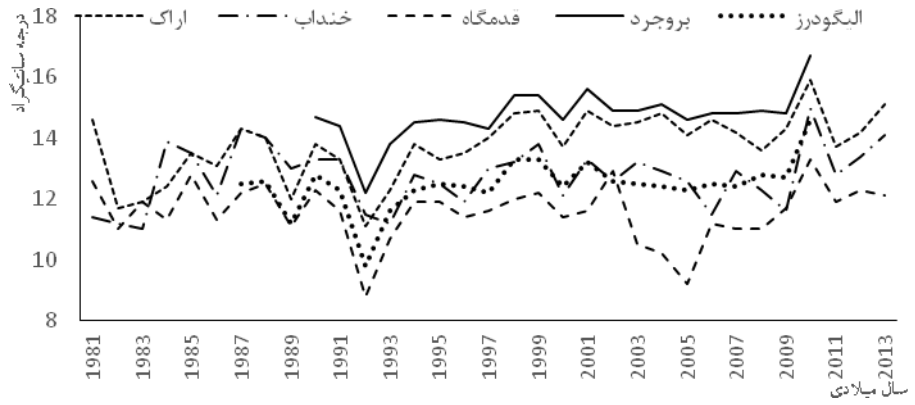
$$P - value = 0.5 - \varphi(|Z|),$$

$$\varphi(|Z|) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{|Z|} e^{\frac{-r^2}{2}}\, dt \qquad (۱۱)$$

بر اساس رابطه ذکر شده چنانچه به طور مثال $P - value \leq 0.05$ باشد، در سطح اطمینان ۹۵٪ آزمون روند معنی‌دار بوده و سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای دارای روند می‌باشد (مرید، ۱۳۸۹).

نتایج و بحث

برای بررسی دمای محدوده حوضه مطالعاتی، با لحاظ توزیع مکانی، طول دوره آماری و مقایسه با مقدار متوسط دمای حوضه از ایستگاههای اراک، قدمگاه، خنداب، الیگودرز و بروجرد استفاده شد. از آنجائیکه طول دوره آماری ایستگاههای محدوده متفاوت می‌باشد، به منظور یکسان‌سازی طول دوره آماری تا حد امکان، از دوره مشترک آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۵ استفاده شد. لازم به توضیح است که سری زمانی دمای ایستگاه‌های دارای آمار ناقص به کمک ایستگاههای مبنا به روش تفاضلها (علیزاده، ۱۳۸۸) به صورت ماهانه تکمیل گردید. در شکل ۲ نمودار تغییر دما در سالهای موجود برای ایستگاه های مورد نظر رسم شده است. برای تکمیل داده‌های ناقص بارش ایستگاههای فوق و ایستگاه مزرعه خاتون نیز از روش نسبتها (علیزاده،۱۳۸۸) و از ایستگاه‌های مجاور استفاده گردید.



شکل ۲- نمودار تغییرات دمای متوسط سالیانه ایستگاه‌ها در طول دوره آماری

در ادامه آزمون‌های تصادفی‌بودن و آزمون‌های بررسی وجود روند دما و بارش در ایستگاه‌های معرفی شده به صورت فصلی در طول دوره مورد مطالعه، بررسی گردید که نتایج آن در جداول ۲ و ۳ آمده است.

براساس این دو جدول در مورد دمای متوسط فصلی، می‌توان گفت برای ایستگاه‌های خنداب، بروجرد و الیگودرز به طور کلی نشانه‌ای دلیل بر تصادفی بودن سری زمانی مشاهده نمی‌شود. در مورد ایستگاه‌های قدمگاه و اراک نیز در اغلب فصول فرض تصادفی بودن دمای متوسط رد شده است که می‌تواند نشانه‌ای از امکان تاثیر دیده تغییر اقلیم در حوضه باشد. آزمون‌های روند نشان از افزایش معنی‌دار دمای متوسط در اکثر فصول ایستگاه اراک و بعضی از فصول بروجرد و الیگودرز دارد به طوریکه روند افزایش دما در تابستان و زمستان این ایستگاه‌ها در تمام آزمونهای انجام شده، اثبات گردیده است. ضمن آنکه مقایسه آمار دمای تنها ایستگاه درون حوضه (ایستگاه هندودر) در طول دوره آماری موجود ۸۶ –۱۳۸۵ تا ۹۰-۱۳۸۹حاکی از مشابهت بیشتر دمای حوضه با ایستگاه‌های پایین‌دست سد (بروجرد و الیگودرز) دارد و لذا می‌توان نتایج را حاکی از روند افزایشی دمای حوضه ناشی از تغییر اقلیم دانست. به منظور تحلیل بهتر این پدیده روند دمای حداقل و حداکثر ایستگاههای محدوده مطالعاتی نیز بررسی گردید که تنها به ذکر نتایج آن بسنده می‌شود. در حالت کلی روند سالانه دمای حداقل با سطح اطمینان بیشتری نسبت به دمای حداکثر صورت گرفته است. در ایستگاههای اراک، بروجرد و الیگودرز، دمای حداقل و دمای حداکثر هر دو دارای روند افزایشی هستند در حالیکه در خنداب و قدمگاه، که روند دمای متوسط آنها معنی دار نبود، دمای حداقل و حداکثر با سطح اطمینان بالای ۹۰ ٪ روند داشته است؛ اما با لحاظ آنکه در خنداب، دمای حداکثر روند کاهشی و دمای حداقل روند افزایشی دارد و در قدمگاه بالعکس.

جدول ۳- نتایج آزمون روند سری زمانی دمای متوسط و بارش فصلی ایستگاه‌ها (دوره مشترک آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۵))

ایستگاه	فصل	تست من- کندال		تست اسپیرمن		تست رگرسیون خطی	
		دما	بارش	دما	بارش	دما	بارش
اراک	بهار	S (0.05)	×	S (0.05)	×	S (0.05)	×
	تابستان	S (0.01)	×	S (0.01)	S (0.1)	S (0.01)	×
	پاییز	×	×	×	×	×	×
	زمستان	S (0.1)	×	S (0.1)	×	S (0.1)	×
خنداب	بهار	×	×	×	×	×	×
	تابستان	×	×	×	S (0.01)	×	×
	پاییز	×	×	×	×	×	×
	زمستان	S (0.05)	×	×	S (0.05)	×	S (0.05)
قدمگاه	بهار	×	×	×	×	×	×
	تابستان	×	×	×	S (0.05)	×	×
	پاییز	×	×	×	×	×	×
	زمستان	×	×	×	×	×	×
بروجرد	بهار	×	×	×	×	S (0.1)	×
	تابستان	S (0.1)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.01)	S (0.05)	S (0.05)
	پاییز	×	×	×	×	×	×
	زمستان	S (0.1)	S (0.05)	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	S (0.1)
الیگودرز	بهار	×	×	×	×	×	×
	تابستان	S (0.1)	×	S (0.1)	S (0.1)	S (0.05)	×
	پاییز	×	×	×	×	×	×
	زمستان	S (0.1)	×	S (0.1)	×	S (0.05)	×
مزرعه خاتون	بهار		×		×		×
	تابستان		S (0.05)		S (0.01)		S (0.05)
	پاییز		×		×		×
	زمستان		S (0.01)		S (0.01)		S (0.01)

در مورد بارش نیز مشاهده می‌گردد که در تعدادی ایستگاهها مانند خنداب، بروجرد و مزرعه خاتون در بعضی فصول به خصوص تابستان و زمستان روند دیده شده است. با لحاظ متوسط بارش طولانی‌مدت حوضه حاصل از روش کریجینگ (مردیان، ۱۳۸۸) و متوسط ارتفاع حوضه و همچنین توزیع زمانی بارش ایستگاه هندودر واقع در حوضه و مقایسه آنها با مقادیر متناظر حاصل از هریک از ایستگاهها، ایستگاه مزرعه خاتون می‌تواند به عنوان ایستگاه شاخص بارش حوضه لحاظ شود (شاه‌کرمی، ۱۳۹۴).

در ایستگاه مزرعه خاتون در فصول تابستان و زمستان روند با سطح اطمینان بالای ۹۵ درصد اثبات گردید. نتایج حاکی از کاهش بارش زمستانه و افزایش بارش تابستان دارد.

در ادامه پس از آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم در حوضه، به منظور ارزیابی تاثیر این پدیده بر شاخصهای کیفی منابع آب حوضه، مقادیر متوسط فصلی عناصر، ترکیبات و پارامترهای کیفی آب بر حسب داده‌های موجود در طول دوره آماری از بهار سال ۲۰۰۰ تا زمستان ۲۰۱۵ (۱۳۹۳- ۱۳۷۹) مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است عدم ثبت داده و وجود نواقص در داده‌های برخی از فصول سال، سبب شد تا به ناچار انجام بررسی‌ها برای فصول بهار و زمستان هر سال صورت گیرد.

نتایج بررسی تصادفی بودن و وجود روند در سری زمانی فصلی عناصر و ترکیبات و پارامترهای کیفی آب حاصل از آزمونهای مختلف در جدول ۴ آمده است. از آنجاییکه نتایج تحلیل بدست آمده از آزمون نقطه عطف برای پارامترهای دما و بارش و همچنین شاخصهای کیفی مبین عدم هماهنگی نتایج حاصل از آن با تمام آزمونهای دیگر دارد، نتایج آن در تحلیل مد نظر قرار نگرفت.

جدول ۴- نتایج آزمون تصادفی بودن و روند سری زمانی فصلی دما، بارش و پارامترهای فیزیکی شیمیایی آب (دوره مشترک آماری (۲۰۱۰-۲۰۰۰))

آزمون	فصل	K	Na	Mg	Ca	Cl	SO_4	HCO_3	TDS	EC	PH
نقاط عطف	بهار	0.01*	0.05	×	0.05	0.05	0.01	0.05	×	×	0.05
	زمستان	0.05	0.01	0.05	×	×	0.05	×	×	×	×
خود همبستگی	بهار	0.05	0.01	×	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	×
	زمستان	0.01	0.1	×	0.1	×	0.01	0.1	0.01	0.05	×
من- کندال	بهار	0.01	0.01	0.01	×	0.01	0.01	×	0.01	×	×
	زمستان	0.01	0.01	0.05	×	0.05	0.01	0.01	0.01	0.01	×
اسپیرمن	بهار	0.01	0.01	0.05	×	0.01	0.01	0.1	0.01	×	×
	زمستان	0.01	0.01	0.05	×	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	×
رگرسیون خطی	بهار	×	0.01	0.1	×	0.01	0.01	×	0.05	×	×
	زمستان	0.01	0.05	×	×	0.1	0.01	0.1	0.05	0.01	×

*مقادیر زیرخط دار به معنی وجود روند منفی در سطح معنادار نشان داده شده داخل سلول جدول است.

انتظار می‌رود تا با گرم شدن هوا و کاهش مقدار بارش، مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها و نیز مجموع آن‌ها در آب افزایش یافته و به تبع آن EC و TDS افزایش نشان دهد. همچنین می‌توان انتظار کاهش PH را نیز

داشت. برای اثبات این فرضیه نتایج حاصل از جدول ۴ مورد ارزیابی قرار گرفت. این بررسی حاکی از آن است که برای آنیونهای مهم موجود در آب شامل بی-کربنات (HCO3)، سولفات (SO4) و کلر (Cl) و همچنین کاتیونهای مهم پتاسیم (k)، سدیم (Na) و منیزیم (Mg) در محدوده مورد بررسی، روند معناداری با سطح اطمینان بالای ۹۰٪ در هر دو فصل بهار و زمستان قابل مشاهده است.

برای پارامتر PH هیچ یک از آزمون‌های به کار رفته در سطح معنی‌داری بکار رفته، وجود روند را تایید نمی‌کنند هر چند نتایج مبین سیر کاهشی PH در تمام آزمونها در هر دو فصل است. برای پارامتر TDS چهار آزمون، روند معنی‌داری با سطح اطمینان بالای ۹۵٪ نشان می‌دهند.

برای پارامتر EC، در فصل بهار اکثر آزمون‌ها با وجود سیر افزایشی، در سطح معنی داری مورد بررسی روندی نشان نداده‌اند اما در فصل زمستان روندی بالای ۹۵٪ را نشان داده‌اند.

همانطور که مقایسه جداول نشان می‌دهد، رابطه معکوس میان مقدار بارش با مقادیر عناصر و ویژگی-های کیفی آب دیده می‌شود مانند آنچه در تحقیق روشن و همکاران (۱۳۹۱) نیز مشخص شده است.

باید در نظر داشت که یکی از اهداف اصلی ساخت سد کمال صالح تامین آب شرب بوده است و لذا تغییرات پارامترهای کیفی آن از اهمیت بسزایی برخوردار است. وجود کلسیم در آب باعث افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شد. از نظر آبیاری هرچه مقدار کلسیم محلول آب بیشتر باشد مطلوبتر خواهد بود. اما افزایش همین عنصر در آب باعث سختی آن می‌شود که استفاده از آن را برای آب شرب و صنعت محدود می‌سازد. منیزیم نیز به مقدار قابل توجهی در آب وجود داشته و رفتار آن در آب و خاک مشابه کلسیم است. نمکهای سدیم و پتاسیم نیز در تمام آبهای طبیعی به مقدار کم و زیاد موجود است (علیزاده، ۱۳۸۸).

بی‌کربنات مهمترین آنیون موجود در آبهای طبیعی است. بی‌کربنات سدیم و پتاسیم به صورت جامد موجودند اما بی‌کربنات های کلسیم و منیزیم تنها به صورت محلول وجود دارند. از دیگر آنیونهائی که در تمام آبهای طبیعی یافت می شود کلر است. در صورتیکه غلظت کلر در آب زیاد شود به لحاظ رشد گیاه سمی خواهد بود. وجود سولفات نیز در آب باعث از بین بردن سازه‌های آبی می‌گردد. در این صورت سازه‌های آبی بایستی با مصالح ضد سولفات ساخته شوند (علیزاده، ۱۳۸۸).

نتیجه‌گیری

نتایج انجام شده به منظور آشکارسازی پدیده تغییر اقلیم در حوضه سد کمال صالح حکایت از وقوع این پدیده دارد. به این منظور از آزمونهای آماری تصادفی بودن و روند داده های دما و بارش ایستگاه-های محدوده حوضه استفاده گردید. از میان آزمونهای انجام شده، نتایج بدست آمده از آزمون نقاط عطف، هماهنگی کمتری با سایر آزمونها از خود نشان داد

برای ایستگاه‌های شاخص دما، بروجرد و الیگودرز، به طور کلی نشانه‌ای دلیل بر تصادفی‌بودن سری زمانی دمای متوسط فصلی مشاهده نمی‌شود. اما آزمون‌های روند نشان از افزایش معنی‌دار دمای متوسط در فصول تابستان و زمستان داشت. ضمن آنکه دمای حداقل و دمای حداکثر هر دو ایستگاه دارای روند افزایشی هستند.

در مورد بارش ایستگاه شاخص مزرعه خاتون نیز وجود روند با سطح اطمینان بالای ۹۰ درصد در فصول تابستان و زمستان، حاکی از کاهش بارش زمستانه و افزایش بارش تابستان دارد. از مجموع تحلیل متغیرهای اقلیم حوضه، می‌توان اینگونه استنباط نمود که پدیده تغییر اقلیم در حوضه به وقوع پیوسته است.

در تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر عناصر و ترکیبهای مختلف در آب که روی کیفیت شیمیائی و فیزیکی آب مؤثر می‌باشند، برای مقادیر عناصر (پتاسیم، سدیم، منیزیم، کلسیم، کلر) و ترکیبات موجود در آب (سولفات، بی‌کربنات) در محدوده مورد بررسی، روند معناداری با سطح اطمینان بالای ۹۰٪ مشاهده گردید. EC، در فصل بهار سیر افزایشی اما فاقد سطح معنی‌دار و در فصل زمستان روندی بالای

۹۵٪ را نشان داده‌است.

پارامتر TDS هر سه آزمون، روند معنی‌داری با سطح اطمینان بالای ۹۵٪ نشان می‌دهند. برای PH هیچ یک از آزمون‌های به کار رفته وجود روند معنی-دار را تایید نمی‌کنند. نتایج حاکی از امکان تاثیر منفی پدیده تغییر اقلیم بر شاخصهای کیفی آب در حوضه مطالعاتی داشت.

آنچه در این تحقیق مورد تاکید قرار گرفت امکان-سنجی تاثیر پدیده تغییر اقلیم بر کیفیت آب حوضه سد کمال صالح بوده است. در کنار تاثیر این پدیده بر شاخصهای کیفی آب بی‌شک بایستی نقش عوامل انسانی نظیر افزایش تخلیه پساب کارخانجات، پساب زه‌کشی و رواناب شهری، تأثیر کودهای شیمیایی و تغییر در کاربری اراضی و پوشش گیاهی منطقه در کاهش شاخصهای کیفی آب حوضه نیز مد نظر قرار گیرد که بررسی این موضوع خارج از بحث این تحقیق بود.

تقدیر و تشکر

به منظور انجام این تحقیق به داده‌های اقلیمی و کیفی حوضه سد کمال صالح نیاز بود که اطلاعات لازم از دفتر مطالعات شرکت سهامی آب منطقه‌ای مرکزی و سازمان هواشناسی استان مرکزی فراهم گردید که بدین وسیله از همکاری این عزیزان سپاسگزاری می-شود.

منابع

افضلی، آ. و ک. شاهدی. ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات کمی وکیفی آب زیرزمینی دشت آمل- بابل. پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز، سال پنجم، شماره ۱۰، ص ۱۵۶- ۱۴۴.

بیاتی خطیبی، م.، م. شهبازی و م.ا. حیدری. ۱۳۹۳. پیش‌یابی و تغییر روند کیفیت آب رودخانه اهر و بررسی تاثیر احتمالی آن بر سلامت انسان. مجله هیدروژئومورفولوژی، سال اول، شماره ۱، ص ۱۰۹-۹۳.

بردی شیخ، و.، ی. موشخیان و م. نصیری. ۱۳۸۸. مقایسه روند متغیرهای آبدهی حوضه آبریز اترک. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، کرج.

تبریزی، م.، م.ج. سلطانی، ص. شادفر و آ. جاهدی. ۱۳۸۸. بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش دراستان تهران در محیط GIS. ششمین همایش و نمایشگاه سامانه اطلاعات مکانی GIS.

خنامانی، ع.، ا. دودانگه، ف. سلیمانی، ح. کریمزاده و س. سلطانی. ۱۳۹۳. روند تغییرات برخی از خصوصیات شیمیایی آبهای زیرزمینی دشت سگزی اصفهان طی سال های ۱۳۷۴ تا ۱۳۷۸. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال هجدهم، شماره ۶۷، ص ۶۸-۵۹.

روشن، غ.، ر. موسوی و ا. کامیار. ۱۳۹۱. ارتباط‌سنجی تأثیر گرمایش جهانی بر کیفیت آب در خروجی حوضه آبریز گرگانرود با تأکید بر عنصر بارش. فصلنامه آمایش جغرافیایی فضا، سال دوم، شماره ۵، ص ۱۳۳-۱۱۷.

شاه‌کرمی، ن. ۱۳۹۴. بررسی پدیده تغییر اقلیم در حوضه‌های آبریز قره‌چای (سد ساوه) و سد کمال صالح در استان مرکزی و ارزیابی اثرات ناشی از آن بر منابع آب حوضه‌های مذکور با استفاده از شاخصهای متداول. طرح تحقیقات کاربردی شرکت سهامی آب منطقه‌ای مرکزی.

عبادتی، ن. و م. هوشمندزاده. ۱۳۹۳. بررسی کیفیت آب رودخانۀ دز در ایستگاه آب سنجی دزفول، مجله اکوهیدرولوژی، سال اول، شمارۀ ۲، ص ۸۱-۶۹.

علیزاده، ا. ۱۳۸۸. اصول هیدرولوژی کاربردی. چاپ بیست و ششم. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد.

محمودی، پ.، ت. طاوسی و ع. شاهوزئی. ۱۳۹۴. خشکسالی و تاثیر آن بر کیفیت منابع آب سطحی در استان سیستان و بلوچستان، نشریه پژوهش آب در کشاورزی، جلد ۲۹، شماره ۱، ص ۳۴-۲۱.

مددی‌نیا، م.، س.م. منوری، ع. کرباسی، س.م.ب. نبوی و ا. رجب زاده. ۱۳۹۳. بررسی کیفی آب رودخانه کارون در بازه اهواز با استفاده از شاخص کیفی آب، مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، شماره ۱، ص۶۰-۴۹.

مردیان، م. ۱۳۸۸. بررسی رسوبدهی وقایع سیلابی با استفاده از مدل MUSLE و آمار مشاهداتی در زیرحوضه‌های سد کمال صالح استان مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری. استاد راهنما: نجفی‌نژاد، ع.، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

مرید، س. ۱۳۸۹. طرح پژوهشی ارزیابی ریسک خشکسالی حوضه آبخیز دریاچه ارومیه و ارائه برنامه مدیریت ریسک خشکسالی بخش‌های ذینفع با تأکید بر تأمین نیاز آبی دریاچه ارومیه. پژوهشکده مهندسی آب دانشگاه تربیت مدرس.

معروفی، ص. و ح. طبری. ۱۳۹۰. آشکارسازی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از روش‌های پارامتری و ناپارامتری، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال بیست و ششم، شماره ۲ ، ص ۱۴۶-۱۲۵.

مقدم، ع.، م. قلعه‌بان تکمه‌داش و ک. اسماعیلی. ۱۳۹۲. بررسی روند تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفی آب دشت مشهد با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیستم، شماره ۳، ص ۲۲۵-۲۱۱.

Delpla, I., A.V. Jung, E. Baures, M. Clement and O. Thomas. 2009. Impacts of climate change on surface water quality in relation to drinking water production. Journal of Environment International, 35: 1225–1233.

Helsel, D.R. and R. M. Hirsch. 2002. Statistical Methods in Water Resources Techniques of Water Resources Investigations, Book 4, chapter A3. U.S. Geological Survey. 522 pages.

Hirsch, R. M., D. R. Helsel, T. A. Cohn and E. J. Gilroy. 1993. Statistical Analysis of Hydrologic Data, Chapter 17 in the Handbook of Hydrology, David R. Maidment, Editor in Chief, McGraw-Hill, Inc., New York.

Kendall, M. G., 1975. Rank Correlation Methods. Charles Griffin: London, UK.

Lomberg, N. j., 2010. Seasonal exposure in the form of precipitation and its efect on water quality for the Roodeplaat dam drainage basin: 2000-2009. Master of science in envirinmental management, university of johannesburg, Supervisor: Prof. Harmse, J. T.

Mann, H. B., 1945. Nonparametric tests against trend. Econometrica 13: 245–259.

Mimikou, M. A., E. Baltas, E. Varanou and K. Pantazis. 2000. Regional impacts of climate change on water resources quantity and quality indicators, Journal of Hydrology, 234: 95–109

Tong, S. T. Y. and W. Chen. 2002. Modeling the relationship between land use and surface water quality, Journal of Environmental Management, 66: 377-393.

Whitehead, P. G., R. L. Wilby, R. W. Battarbee, M. Kernan and A. J. Wade. 2009. A review of the potential impacts of climate change on surface water quality, Journal of Hydrological Sciences, 54(1): 101-123.

Wilby, R., 2006. Integrated Modeling of Climate Change Impacts on Water Resources and Quality in a lowland Catchment: River Kennet, UK, Journal of Hydrology, 330: 204– 220.

Detection of climate change and its impact on the trend of water quality in Kamal Saleh dam basin

Nazanin Shahkarami[1]

Abstract

Climate change and its impacts on water resources have been proven. In order to detect the phenomenon of climate change, this study firstly analyzes the time series of temperature and rainfall in the Kamal Saleh dam basin. The temperature and precipitation data of the basin area stations were investigated in the existing time period. For this purpose, the randomness analysis, turning points and autocorrelation tests as well as trend tests including parametric test, linear regression and nonparametric tests, Man-Kendall and Spearman's Rho, were performed in a seasonal time steps for each station. Also, the minimum and maximum annual temperatures were analyzed. In general, the rejection of assuming the randomness of temperature time series in some stations and the existence of trends in most of them, as well as the trend of decreasing winter precipitation and increasing summer precipitation can be inferred as a reason for the existence of climate change in the study basin. In the following, the impact of climate change on the quality of surface water of the basin were studied. To do this, the trend of water quality components at Tire Doab station during the fifteen years period was analyzed by statistical tests for spring and winter seasons. For amounts of K, Na, Mg, Ca, SO4, Cl, HCO3 in water, a significant trend at 90% confidence level was observed. The amount of EC had an increase in spring but not significant and showed a significant trend at 95% confidence level in winter. TDS showed a significant trend at 95% confidence level. These results indicated the potential impact of the climate change on decreasing water quality.

Keywords: climate change, climate variables, Kamal Saleh dam basin, statistical tests, water quality

[1] Department of Civil Engineering, Arak University, Arak, Iran.
Email: n-shahkarami.araku.ac.ir