نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک
جلد بیست و یکم، شماره دوم، ۱۳۹۳
http://jwsc.gau.ac.ir

بررسی روند تغییرات دبی کل و دبی پایه ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه (حوضه آبخیز گرگان‌رود استان گلستان)

***لیلا رحیمی[۱]، امیراحمد دهقانی[۲]، خلیل قربانی[۳] و محمد عبدالحسینی[۳]**

[۱] دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۲] دانشیار گروه مهندسی منابع آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
[۳] استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۹ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۲/۵/۲۲

چکیده

کاهش دبی پایه نسبت به متوسط بلندمدت آن نشان‌دهنده وضعیت خشکسالی می‌باشد اما کاهش متوسط دوره‌ای دبی پایه نشان می‌دهد که منطقه به‌سمت خشکی پیش می‌رود. آزمون ناپارامتری من- کندال، یکی از روش‌هایی است که برای بررسی روند در یک سری زمانی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این پژوهش ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه واقع در حوضه گرگان‌رود استان گلستان با دوره آماری ٤٠ ساله به‌عنوان منطقه مطالعاتی تعیین شده است. بر این اساس بعد از جداسازی دبی پایه از داده‌های دبی روزانه و تشکیل سری‌های زمانی سالانه و ماهانه از دبی پایه و دبی کل، آزمون من- کندال برای تعیین روند به‌کار گرفته شده است. تحلیل‌های معنی‌داری روند در سطح ۵ درصد بیانگر آن است که در مقیاس سالانه، میانگین دبی پایه و دبی کل، روند نزولی داشته اما حداکثر دبی پایه و حداکثر دبی کل هیچ روندی ندارند. همچنین در مقیاس ماهانه، میانگین دبی پایه در ماه‌های فصل بهار و ماه‌های آبان و اسفند روند نزولی داشته ولی در باقی‌مانده ماه‌های سال روندی نداشته است. همچنین میانگین دبی کل، نیز در ماه‌های فصل بهار و ماه اسفند روند نزولی داشته و در بقیه ماه‌های سال روندی را نشان نمی‌دهد اما در کل منطقه رو به خشکی می‌رود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل روند، دبی پایه، آزمون من- کندال، خشکسالی

* مسئول مکاتبه: rahimi.leila0093@gmail.com

مقدمه

افزایش جمعیت و محدودیت منابع آب سطحی و زیرزمینی، مدیریت بهینه در بهره‌برداری از منابع آب را امری ضروری نموده است، بنابراین بررسی روند دبی رودخانه به‌خصوص دبی پایه رودخانه‌ها، به مدیریت بهینه منابع آب کمک شایانی می‌نماید. چنان‌چه در رودخانه به‌دلیل بارندگی‌های قبلی جریان آب وجود داشته یا این‌که حوضه در حال فروکش سیل قبلی باشد و بارندگی رخ دهد، رواناب جدید به رودخانه اضافه می‌شود در صورتی که بخشی از دبی رودخانه مربوط به رواناب قبلی است بنابراین برای تعیین هیدروگراف سیل لازم است ابتدا دبی قبلی رودخانه که تحت عنوان دبی پایه شناخته می‌شود از آن کسر گردد. این فرآیند را مجزا کردن یا جداسازی هیدروگراف گویند. در کشور ما نیز پژوهش‌هایی در زمینه جداسازی دبی پایه رودخانه و بررسی روند فصلی و سالانه دبی رودخانه صورت گرفته است، در ادامه پژوهش‌هایی در زمینه جداسازی دبی پایه از هیدروگراف جریان، مخصوصاً به روش فیلتر عددی بازگشتی صورت گرفته، آمده است.

قنبرپور و همکاران (۲۰۰۸)، به‌منظور تشخیص مناسب‌ترین روش اتوماتیک تفکیک جریان و برآورد دبی پایه در حوضه آبخیز کارون روش‌های مختلف جداسازی دبی پایه و روش فیلتر بازگشتی با ضرایب ۰/۹–۰/۹۷۵ را مورد بررسی قرار داده و نشان دادند که روش فیلتر عددی بازگشتی با ضریب ۰/۹۲۵ به‌عنوان دقیق‌ترین روش به‌منظور استخراج دبی پایه در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین تیموری و همکاران (۲۰۱۱)، برای تشخیص مناسب‌ترین روش تفکیک هیدروگراف جریان و برآورد دبی پایه در تعدادی از رودخانه‌های استان آذربایجان‌غربی، به مقایسه بین روش‌های متداول خودکار تجزیه هیدروگراف جریان پرداخته و نشان دادند اگرچه روش فیلتر رقومی دو پارامتره از نظر هیدرولوژیک انعطاف‌پذیرتر از دیگر روش‌ها است، ولی روش فیلتر رقومی تک‌پارامتره نیز مشروط به انتخاب پارامتر فیلتر مناسب در این منطقه می‌باشد که عدد ۰/۹۲۵، برآورد مناسب را نشان می‌دهد. تمسکنی (۲۰۱۲)، روش‌های مختلف جداسازی هیدروگراف جریان در حوضه آبخیز گرگان‌رود را بررسی نمود و نتیجه گرفت روش فیلتر بازگشتی با ضریب فیلتر ۰/۹ به‌عنوان مناسب‌ترین روش تفکیک هیدروگراف جریان در این حوضه می‌باشد و نشان داد که این نتیجه با پژوهش ناتان و مک‌ماهان (۱۹۹۰)، که بیان نمودند نتایج قابل‌قبول در روش فیلتر BFLOW هنگامی است که پارامتر فیلتر در دامنه ۰/۹–۰/۹۵ تغییر نماید مطابقت دارد. همچنین در خارج از کشور نیز برای جداسازی دبی پایه پژوهش‌های فراوانی صورت گرفته است که می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: جاوی و همکاران

(۲۰۰۱)، در رودخانه دی[1]، در اسکاتلند به‌طور مستمر هر دو هفته یک‌بار برای اندازه‌گیری درجه حرارت و هدایت جریان با توجه به داده‌های کیفیت آب از رودخانه نمونه‌برداری کردند و شاخص‌های کیفیت آب را به‌عنوان ردیاب در جداسازی هیدروگراف به مؤلفه‌هایش به‌کار بردند. نتایج جداسازی هیدروگراف نشان داد که آب زیرزمینی سهم مهمی در جریان دارد، که به‌دلیل وجود مخازن فعال بزرگ و هیدرولوژیکی درون حوضه بالادست رودخانه دی است. آکسوی و همکاران (۲۰۰۹)، به‌منظور جداسازی دبی پایه از روش‌های هیدروگراف واحد، روش فیلتر بازگشتی و روشی با عنوان جداسازی دبی پایه حداقل هموار شده، در تعدادی از حوضه‌های واقع در غرب دریای سیاه استفاده نمودند و به این نتیجه رسیدند که روش فیلتر بازگشتی و روش جداسازی دبی پایه حداقل هموار شده به‌دلیل استفاده نکردن از درون‌یابی خطی ساختار واقعی‌تری از دبی پایه ارایه می‌دهند. همچنین به‌منظور بررسی تغییرات روند دبی رودخانه پژوهش‌هایی صورت گرفته که می‌توان به موارد ذیل اشاره نمود: در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر دبی رودخانه و منابع آب در سراسر جهان مطالعاتی توسط یو (۲۰۰۰)، چانگ و همکاران (۲۰۰۲)، وریتی (۲۰۰۲)، کریستین و همکاران (۲۰۰٤)، صورت گرفته است. همچنین کاهیلا و کالایچی (۲۰۰٤)، روند دبی ماهانه ۲٦ حوضه کشور ترکیه را در ۸۳ ایستگاه هیدرومتری برای یک دوره آماری ۳۱ ساله با استفاده از روش‌های مختلف ناپارامتری مطالعه نمودند. نتایج پژوهش ایشان نشان داد که در قسمت‌های غربی ترکیه روند نزولی معنی‌داری در سطح اعتماد ۹۵ درصد و بالاتر وجود دارد اما در قسمت‌های شرقی روند معینی در دبی ماهانه وجود ندارد. ژانگ و همکاران (۲۰۰٦)، آبدهی سالانه و دبی رسوبات معلق سالانه ایستگاه‌های هیدرومتری واقع بر روی رودخانه اصلی یانگتزی[2] و سرشاخه‌های آن را با کمک آزمون من- کندال و رگرسیون خطی مورد بررسی قرار دادند و نتایج به‌دست آمده از بررسی روند نشان داد که الگوی تغییرات آبدهی سالانه و بار رسوبی در قسمت‌های مختلف حوضه کاملاً متفاوت می‌باشد. با توجه به گزارش هیئت بین‌الدول (۲۰۰۷)، پیش‌بینی می‌گردد که به‌علت تغییرات اقلیمی ناشی از گرم شدن جهانی کره زمین، تا اواسط قرن ۲۱ آبدهی متوسط سالانه رودخانه‌ها در عرض‌های بالا و مناطق گرمسیری حدود ٤۰-۱۰ درصد افزایش می‌یابد و در عرض‌های میانی و مناطق مرطوب خشک حدود ۳۰-۱۰ درصد کاهش می‌یابد. جیانگ و همکاران (۲۰۰۷)، روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه را در حوضه رودخانه یانگ‌تسه در

1- Dee
2- Yangtze

دوره آماری ۲۰۰۰-۱۹۶۱ مورد بررسی قرار داده و نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد دبی رودخانه در بیش‌تر ایستگاه‌ها در دوره آماری ٤٠ ساله دارای افزایش معنی‌داری بوده است. بیرسان و همکاران (۲۰۱۲)، به بررسی روند جریان در حوضه رومانی در دوره آماری ۳۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۷٦) پرداخته‌اند و نشان دادند در مقیاس ماهانه روند جریان نوسانی بوده است اما در مقیاس سالانه روند نزولی بوده است. زلناکوا و همکاران (۲۰۱۲)، به بررسی روند دبی جریان کم در ایستگاه‌های شرق رودخانه اسلواکی پرداختند و نشان دادند روند واضحی در جریان حوضه آبریز رودخانه اسلواکی وجود ندارد.

در داخل کشور نیز مطالعات زیادی برای بررسی روند داده‌های هواشناسی به‌خصوص بارندگی، صورت گرفته است اما مطالعات معدودی برای بررسی اثر تغییر اقلیم بر روی دبی جریان رودخانه انجام شده است و تاکنون پژوهش زیادی در خصوص بررسی تغییر روند دبی پایه رودخانه‌ها انجام نشده است از جمله معدود مطالعاتی که در زمینه تغییرات دبی رودخانه صورت گرفته می‌توان به مطالعات ذیل اشاره نمود. مساح‌بوانی و مرید (۲۰۰٦)، با بررسی اثر تغییر اقلیم بر دما، بارندگی و رواناب در حوضه رودخانه زاینده‌رود به این نتیجه دست یافت که میزان کاهش جریان تا ۵/۸ درصد می‌باشد. نیک‌قوجق و یارمحمدی (۲۰۰۸)، داده‌های هواشناسی و دبی رودخانه زیارت در استان گلستان را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که دبی دارای روند کاهشی می‌باشد. شیخ و همکاران (۲۰۱۱)، روند تغییرات متغیرهای هیدرولوژیکی حوضه آبخیز اترک را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که دبی حداکثر لحظه‌ای در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه روند صعودی داشته است در حالی‌که دبی متوسط روزانه در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه روند نزولی را نشان می‌دهد. دبی حداکثر روزانه در نیمی از ایستگاه‌ها روند صعودی و در نیمی دیگر روند نزولی را نشان می‌دهد. نتایج به‌دست آمده از پژوهش آن‌ها نشان می‌دهد که حجم آبدهی سالانه حوضه آبخیز اترک کاهش پیدا کرده در حالی‌که دبی حداکثر لحظه‌ای سیلاب‌ها افزایش یافته است. معروفی و طبری (۲۰۱۱)، به بررسی روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری پرداختند و همچنین دودانگه و همکاران (۲۰۱۲)، به بررسی روند مقادیر حدی جریان (حداقل و حداکثر سیل) در حوضه آبخیز سد سفیدرود پرداختند.

با توجه به این‌که دبی پایه نشان‌دهنده سهم آب زیرزمینی و آب به‌دست آمده از ذوب برف در آبدهی رودخانه می‌باشد و بررسی روند دبی پایه می‌تواند برای پیش‌بینی خشکسالی و بررسی میزان آب رودخانه در زمان کم‌آبی، دارای اهمیت باشد بنابراین با توجه به آب و هوای گرم و خشک کشور،

تعیین میزان آبدهی پایه رودخانه و بررسی روند آن به‌منظور مدیریت بهینه آب امری ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین در این پژوهش از آزمون ناپارامتری من- کندال برای تعیین روند دبی پایه و دبی کل در ایستگاه ارازکوسه که یکی از ایستگاه‌های مهم هیدرومتری شهری استان گلستان است استفاده شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مطالعاتی: منطقه مطالعاتی این پژوهش ایستگاه ارازکوسه می‌باشد که بر روی رودخانه چهل‌چای از شاخه فرعی رودخانه گرگان‌رود در مجاورت شهر گنبد قرار داشته و دارای موقعیت جغرافیایی به طول ۵۵ درجه و ۸ دقیقه، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۳ بوده، ارتفاع ۳٤/۵ متر از سطح آب‌های آزاد و مساحت حوضه آبخیز ۱٦۷۸/۱ کیلومترمربع می‌باشد و دارای تجهیزات اشل، لیمینوگراف و پل تلفریک می‌باشد.

جداسازی دبی پایه: روش‌های متعددی برای جداسازی دبی پایه از هیدروگراف جریان وجود دارد که می‌توان به روش ردیاب‌های شیمیایی و ایزوتروپی، روش گرافیکی، روش خودکار فیلتر عددی با محدوده زمانی ثابت، جابه‌جاشونده و حداقل محلی و روش فیلترهای عددی بازگشتی اشاره نمود.

از بین این روش‌ها، روش فیلتر عددی بازگشتی اولین بار توسط لین و هولیک (۱۹۷۹)، با عنوان معادله فیلتر به‌صورت رابطه ۱ پیشنهاد شده بود:

$$q_t = \alpha q_{t-1} + \frac{1+\alpha}{2}(Q_t - Q_{t-1}) \qquad (1)$$

که در آن، q_t و q_{t-1} جریان سطحی در گام‌های t و t-۱ و Q_t و Q_{t-1} کل جریان در گام‌های مذکور و α پارامتر فیلتر می‌باشد. این فیلتر عددی به الگوریتم لین و هالیک یا الگوریتم BFLOW معروف می‌باشد.

چامپمن (۱۹۹۱)، الگوریتم لین و هولیک را برای ارایه نتایج درست نظری مورد انتقاد قرار داد و معادله فیلتر دیگری ارایه نمود:

$$q_t = \frac{3\alpha - 1}{3 - \alpha} q_{t-1} + \frac{2}{3-\alpha}(Q_t - \alpha . Q_{t-1}) \qquad (2)$$

و اکهاردت (۲۰۰۵)، نشان داد که معادله چامپمن حالت خاص الگوریتم زیر است:

$$q_t = \frac{(1 - BFI_{\max}).\alpha.q_{t-1} + (1-\alpha)BFI_{\max}.Q_t}{1-\alpha.BFI_{\max}} \quad (3)$$

با شرط این‌که $q_t \le Q_t$ باشد، که در آن $BFI_{\max}$ شاخص حداکثر مقدار نسبت دبی پایه به کل جریان در طول دوره آماری است.

اکهاردت (۲۰۰۵)، پیشنهاد کرد برای جریان‌های چندساله با آبخوان متخلخل (دارای تشکیلات زمین‌شناسی نفوذپذیر) مقدار این شاخص برابر ۰/۸، برای جریان‌های زودگذر با آبخوان متخلخل برابر ۰/۵ و برای جریان‌های چندساله با آبخوان سنگی سخت معادل ۰/۲۵ در نظر گرفته شود.

با توجه به این‌که منطقه مطالعاتی این پژوهش (ایستگاه ارازکوسه) در حوضه آبخیر گرگان‌رود می‌باشد و با استناد به نتایج تمسکنی (۲۰۱۲)، از روش فیلتر عددی با ضریب فیلتر ۰/۹ برای جداسازی دبی پایه از دبی کل استفاده شده است و از نرم‌افزار BFI زیرشاخه‌ای از نرم‌افزار HydroOffice به‌منظور تعیین دبی پایه استفاده گردیده است.

پس از جداسازی دبی پایه روزانه از دبی روزانه ایستگاه مورد مطالعه، بررسی روند میانگین و حداکثر دبی پایه و دبی کل در دو مقیاس سالانه و ماهانه صورت گرفت. روند، گرایش درازمدت سری زمانی است و می‌توان آن را به‌عنوان گرایش اصلی سری زمانی بدون در نظر گرفتن سایر تغییرات فصلی، ادواری و تصادفی تصور کرد. از دلایل وجود روند در یک سری زمانی می‌توان به دخالت غیرمستقیم انسان در طبیعت اشاره کرد. به‌عنوان مثال استفاده از سوخت‌های فسیلی توسط انسان و در نتیجه، افزایش گازهای گلخانه‌ای، سبب ایجاد تغییرات در پارامترهایی مانند دما و بارندگی می‌شود که این تغییرات به‌طور آهسته و طولانی‌مدت صورت می‌گیرد. یکی از روش‌هایی که در بررسی وجود یا نبود روند برای تحلیل سری‌های زمانی داده‌های هیدرولوژیکی به‌کار گرفته می‌شود استفاده از آزمون‌های آماری می‌باشد روش‌های آماری به دو صورت پارامتری و ناپارامتری قابل تقسیم‌اند که روش ناپارامتری از کاربرد به‌نسبت وسیعی برخوردار است. مبنای همه روش‌های آماری مطرح نمودن دو فرض صفر و یک می‌باشد که فرض صفر یعنی نبود روند و تصادفی بودن داده‌ها و فرض یک به منزله وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد در روش پارامتری فرض بر آن است که داده‌ها

از یک توزیع خاص آماری پیروی می‌نمایند اما در روش آزمون ناپارامتری لازم نیست داده از توزیع خاصی پیروی نماید و هیچ‌گونه محدودیتی برای انجام آزمون وجود ندارد و آزمون من- کندال جزو متداول‌ترین آزمون‌های ناپارامتری می‌باشد که در ذیل شرح داده شده است.

آزمون ناپارامتری من- کندال: این آزمون ابتدا توسط من[1] در سال ۱۹٤٥ ارایه شده است و سپس توسط کندال[2] در سال ۱۹۷۵ توسعه یافته است (سیرانو و همکاران، ۱۹۹۹). این روش به‌طور متداول و گسترده‌ای در تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌کار گرفته می‌شود (لتن‌مایر و همکاران، ۱۹۹٤). برتری این آزمون نسبت به سایر آزمون‌های تعیین روند، استفاده از مرتبه داده‌ها در سری زمانی بدون در نظر داشتن مقدار متغیرها می‌باشد که به‌دلیل وجود چنین خاصیتی، می‌توان از این آزمون برای داده‌های دارای چولگی نیز استفاده کرد و نیازی نیست که داده‌ها در قالب توزیع خاصی درآیند. از دیگر برتری‌های این روش اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی موجود در داده‌های سری زمانی می‌باشد (تورگی و ارکن، ۲۰۰۵).

مراحل انجام آزمون به‌ترتیب ذیل می‌باشد:

۱- در این آزمون، اگر $x_1, x_2, \ldots, x_n$ مشاهدات موردنظر باشند، ابتدا اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با یکدیگر تعیین و سپس تابع علامت بر روی آن اعمال می‌گردد و سپس پارامتر S به‌صورت ذیل استخراج می‌گردد:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \mathrm{sgn}(x_j - x_k) \qquad (٤)$$

۲- تابع علامت به‌شرح زیر قابل محاسبه می‌باشد:

$$\mathrm{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & if \quad (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & if \quad (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & if \quad (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \qquad (٥)$$

که در آن، n: تعداد مشاهدات سری، x_j و x_k: داده‌های j ام و k ام سری می‌باشند.

1- Mann
2- Kendall

در واقع در این آزمون هر داده با تمامی داده‌های پس از خود مقایسه می‌شود. در این مرحله می‌توان بجای استفاده از مقادیر اصلی داده‌ها، از مرتبه داده‌ها در مجموعه مورد نظر (سری زمانی) استفاده کرده و مرتبه‌ها را به همین روش مقایسه نمود. به این دلیل، این آزمون یک آزمون بر پایه مرتبه داده‌ها می‌باشد.

۳- با فرض این‌که داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت دارند، میانگین و واریانس S از رابطه‌های زیر به‌دست می‌آید:

$$E(S) = ۰ \qquad (۶)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-۱)(۲n+۵) - \sum_{i=۱}^{m} t(t-۱)(۲t+۵)}{۱۸} \qquad n > ۱۰ \qquad (۷)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-۱)(۲n+۵)}{۱۸} \qquad n \le ۱۰ \qquad (۸)$$

که در آن‌ها، n: تعداد داده‌ها، m: تعداد گره‌ها (تعداد سری‌هایی که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد) و t: تعداد داده در هر گره (فراوانی داده‌های با ارزش یکسان) می‌باشد.

منظور از گره این است که اگر از یک مقدار داده، بیش از یکی وجود داشته باشد، این مقادیر مساوی، تشکیل یک گره را می‌دهند و تعداد این مقادیر مساوی در گره m ام برابر t می‌باشد.

٤- آماره این آزمون (Z) از رابطه زیر به‌دست می‌آید:

$$Z = \begin{cases} \dfrac{S-۱}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad S > ۰ \\ ۰ \quad if & S = ۰ \\ \dfrac{S+۱}{\sqrt{Var(S)}} & if \quad S < ۰ \end{cases} \qquad (۹)$$

این آزمون، یک آزمون دوطرفه است. بنابراین در صورتی که $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$ باشد، در سطح اطمینان α فرض صفر پذیرفته می‌شود و در غیر این صورت، فرض صفر رد خواهد شد. α سطح معنی‌داری بوده و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد با توجه به دو دامنه بودن آزمون از $\alpha/2$ استفاده می‌شود هنگامی که به‌وسیله بررسی آماره آزمون مشخص گردد که فرض صفر رد شده یعنی روند بین داده‌ها وجود داشته است اگر آماره آزمونی که محاسبه نمودیم بزرگ‌تر از صفر باشد ($Z > 0$)، سری زمانی دارای روند مثبت (صعودی) و در صورتی آماره آزمون محاسبه شده کوچک‌تراز صفر باشد ($Z < 0$)، سری زمانی دارای روند منفی (نزولی) خواهد بود.

نتایج و بحث

برای جداسازی دبی پایه از هیدروگراف جریان در ایستگاه مورد مطالعه (ایستگاه ارازکوسه) از روش فیلتر عددی بازگشتی با ضریب ۰/۹ به‌عنوان مناسب‌ترین روش جداسازی دبی پایه استفاده گردید. به این منظور برای جداسازی دبی پایه روزانه از نرم‌افزار HydroOffice 2010 و از زیر بخش BFI3 استفاده شده است. برای جداسازی دبی پایه از داده‌های دبی روزانه ایستگاه ارازکوسه در دوره آماری ٤٠ ساله (سال‌های آبی ۵۱-۵۰ تا ۹۰-۸۹) استفاده گردیده و پس از جداسازی دبی پایه از دبی روزانه رودخانه در محل ایستگاه، برای بررسی روند تغییرات دبی در مقیاس سالانه، از داده‌های میانگین و حداکثر دبی پایه و دبی کل در طول آماری ٤٠ ساله استفاده گردیده است همچنین برای بررسی روند تغییرات در مقیاس ماهانه نیز از داده‌های میانگین و حداکثر دبی پایه و دبی کل در طول دوره آماری ٤٠ ساله استفاده گردیده و آزمون ناپارامتری من- کندال بر روی داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار اکسل انجام شده است.

آماره $Z_{\alpha/2}$ در سطح اطمینان ۹۵ درصد برابر با ۱/۹٦ و در سطح اطمینان ۹۹ درصد برابر ۲/۵۸ می‌باشد. آماره آزمون من- کندال محاسبه شده بر روی داده‌های دبی پایه و دبی کل در دو مقیاس ماهانه و سالانه در جدول‌های ۱ و ۲ آمده است.

جدول ۱- نتایج به‌دست آمده از آزمون روند من- کندال بر روی داده‌های دبی در مقیاس سالانه.

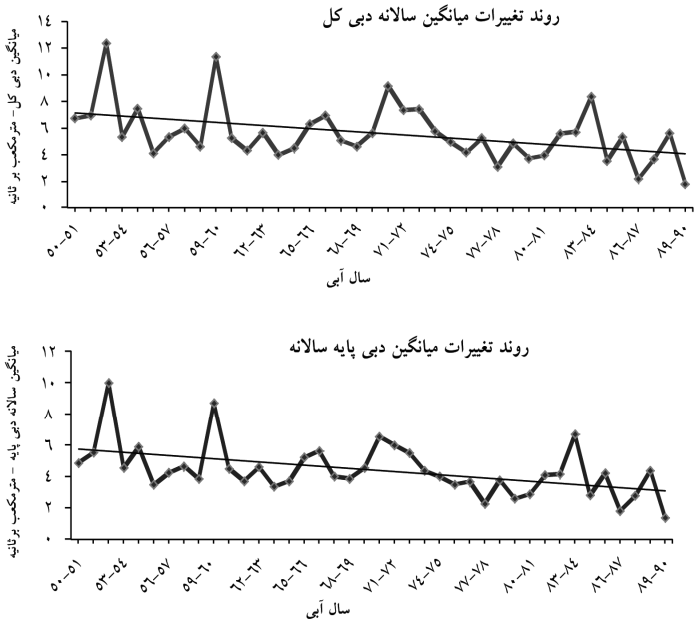
مشخصات دبی (مترمکعب بر ثانیه)	آماره آزمون
میانگین سالانه دبی پایه	-۳/۰٤**
حداکثر سالانه دبی پایه	-۱/۵۵
میانگین سالانه دبی کل	-۲/٦۲**
حداکثر سالانه دبی کل	-۱/۵۷

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

آماره آزمون محاسبه شده میانگین سالانه دبی پایه و میانگین سالانه دبی کل به‌ترتیب برابر با ۳/۰٤- و ۲/٦۲- می‌باشد که قدرمطلق آن‌ها از آماره سطح اطمینان ۹۹ درصد بیش‌تر بوده و نشان‌دهنده آن است که داده‌های میانگین سالانه دبی پایه و دبی کل دارای روند بوده (داده‌ها غیرتصادفی می‌باشند) و در این سطح اعتماد فرض صفر که بیانگر نبود روند و تصادفی بودن داده‌های سری زمانی می‌باشد رد می‌شود و با توجه به این‌که مقدار آماره آزمون منفی می‌باشد نشان‌دهنده نزولی بودن روند داده‌ها می‌باشد اما داده‌های حداکثر سالانه دبی پایه و دبی کل دارای روند نبوده (داده‌ها تصادفی می‌باشند) و در این سطح اعتماد فرض صفر که بیانگر نبود روند و تصادفی بودن داده‌های سری زمانی می‌باشد رد نمی‌شود.

روند نزولی میانگین دبی پایه و دبی کل در مقیاس سالانه در شکل ۱ نشان داده شده است، روند نزولی آبدهی متوسط سالانه دبی پایه نشان‌دهنده کاهش سهم آب زیرزمینی و ذوب برف در تأمین آبدهی رودخانه می‌باشد.

همچنین روند تغییرات میانگین و حداکثر دبی پایه و دبی کل در مقیاس ماهانه، در جدول ۲ ارایه شده است آماره آزمون محاسبه شده برای داده‌های میانگین و حداکثر دبی پایه در مقیاس ماهانه جدول ۲ نشان می‌دهد میانگین ماهانه دبی پایه در ماه‌های فصل بهار و آبان و اسفند روند نزولی داشته و همچنین حداکثر ماهانه دبی پایه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد روند نزولی دارد اما در بقیه ماه‌های سال میانگین و حداکثر ماهانه دبی پایه روند خاصی از خود نشان نمی‌دهد همچنین جدول ۲ بیانگر روند نزولی میانگین ماهانه دبی کل در ماه‌های اردیبهشت، خرداد و اسفند می‌باشد.

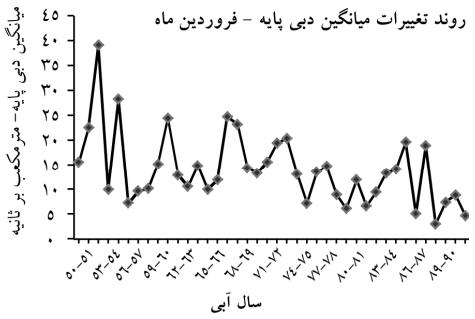


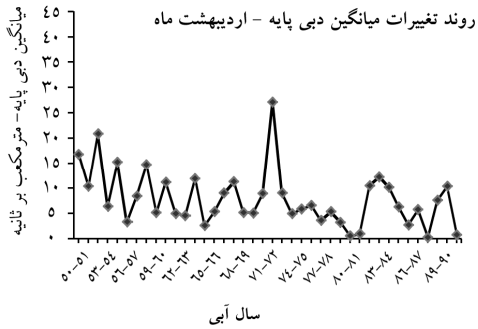
شکل ۱- روند تغییرات میانگین دبی پایه و دبی کل در مقیاس سالانه.

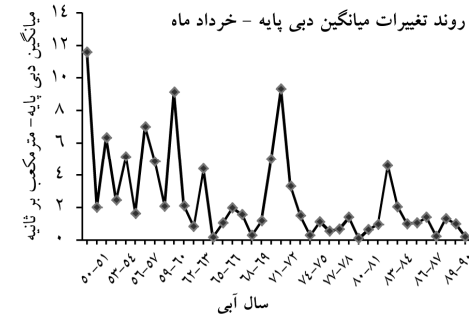
جدول ۲- نتایج به‌دست آمده از آزمون روند من- کندال بر روی داده‌های دبی پایه و دبی کل در مقیاس ماهانه.

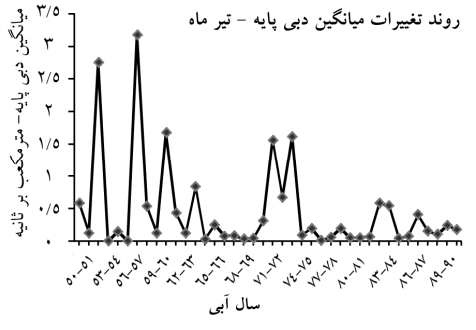
ماه	آماره آزمون دبی پایه (مترمکعب بر ثانیه)		آماره آزمون دبی کل (مترمکعب بر ثانیه)	
	میانگین ماهانه دبی پایه	حداکثر ماهانه دبی پایه	میانگین ماهانه دبی کل	حداکثر ماهانه دبی کل
فروردین	-۲/۶٤**	-۱/۹۲	-۱/۸۳	۰/۲۰
اردیبهشت	-۲/۳۲*	-۲/٤٤*	-۲/۱۸*	-۱/۷۱
خرداد	-۳/٦۲**	-۲/۰۰*	-۳/۰٦**	-۱/۰۵
تیر	-۰/۷۹	-۰/۷۹	-۰/۱۲	۰/۲۳
مرداد	۱/۷۹	۱/۲٦	۱/٤۷	۱/۱۹
شهریور	۰/۸۲	۰/۵۱	۰/۵٦	۰/۵۸
مهر	-۰/۰٦	-۰/۵۵	-۰/٦۲	۰/۲۰
آبان	-۱/۹۹*	-۰/۸۹	-۱/۲۰	-۰/٤۱
آذر	-۱/۰٦	-۰/۵۹	-۰/٦٦	۰/۰۸
دی	-۱/۵۳	-۰/۹۹	-۱/٦۹	-۰/۹۳
بهمن	-۰/۹۹	-۰/۷۱	-۰/۹۷	۰/۵٦
اسفند	-۲/۷٤**	-۱/٦۵	-۲/۱۳*	-۰/۵۷

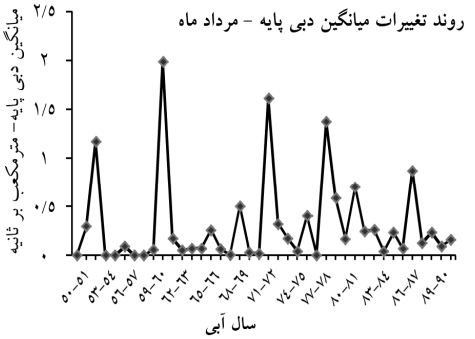
* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

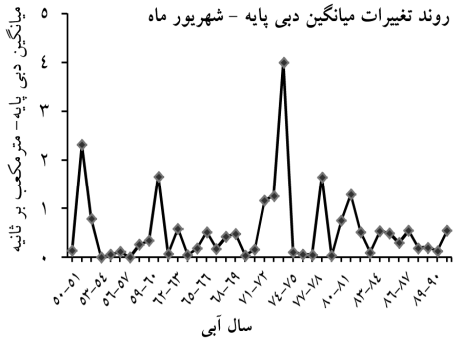

روند تغییرات میانگین دبی پایه - فروردین ماه
میانگین دبی پایه- مترمکعب بر ثانیه
سال آبی

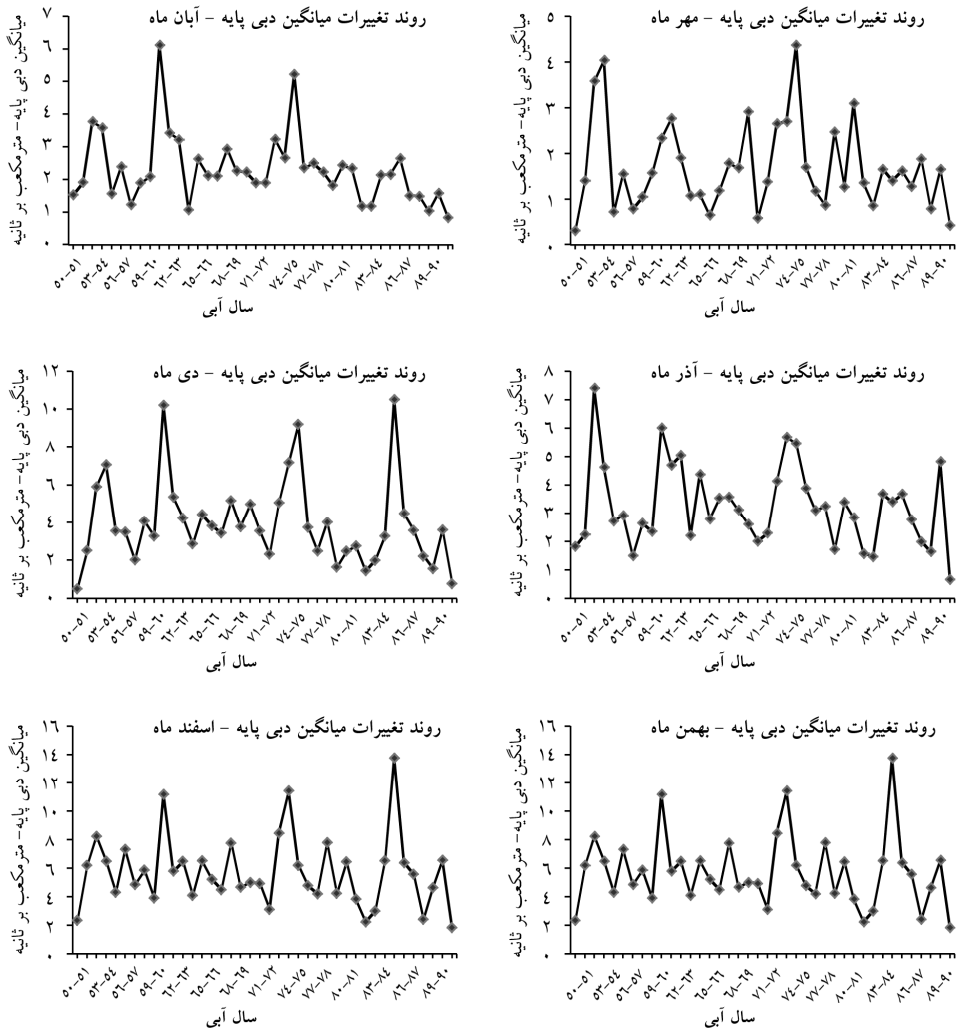

روند تغییرات میانگین دبی پایه - اردیبهشت ماه
میانگین دبی پایه- مترمکعب بر ثانیه
سال آبی


روند تغییرات میانگین دبی پایه - خرداد ماه
میانگین دبی پایه- مترمکعب بر ثانیه
سال آبی


روند تغییرات میانگین دبی پایه - تیر ماه
میانگین دبی پایه- مترمکعب بر ثانیه
سال آبی


روند تغییرات میانگین دبی پایه - مرداد ماه
میانگین دبی پایه- مترمکعب بر ثانیه
سال آبی


روند تغییرات میانگین دبی پایه - شهریور ماه
میانگین دبی پایه- مترمکعب بر ثانیه
سال آبی



شکل ۲- روند تغییرات میانگین دبی پایه در مقیاس ماهانه.

به‌علت اهمیت بررسی تغییرات دبی پایه، در شکل ۲ تغییرات دبی پایه در تمامی ماه‌های سال نشان داده شده است و روند نزولی تغییرات میانگین ماهانه دبی پایه در ماه‌های فصل بهار و آبان و اسفند کاملاً مشخص می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد آبدهی میانگین سالانه دبی پایه و دبی کل در حال کاهش می‌باشد و این با گزارش هیأت بین‌الدول (۲۰۰۷)، که پیش‌بینی نمودند به‌علت تغییرات اقلیمی ناشی از گرم شدن جهانی کره زمین، تا اواسط قرن ۲۱ آبدهی متوسط سالانه رودخانه‌ها در عرض‌های بالا و مناطق گرمسیری حدود ٤٠-١٠ درصد افزایش می‌یابد و در عرض‌های میانی و مناطق مرطوب خشک حدود ۳۰-۱۰ درصد کاهش می‌یابد، هم‌سو می‌باشد. نتایج گزارش هیأت بین‌الدول نشان از کاهش آبدهی متوسط سالانه رودخانه در عرض های میانی و مناطق مرطوب خشک داشته و نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که علاوه‌بر کاهش آبدهی متوسط سالانه رودخانه، متوسط سالانه دبی پایه نیز روندی کاهشی دارد و همچنین در برخی از ماه‌های سال به‌خصوص در ماه‌های فصل بهار متوسط ماهانه دبی کل و دبی پایه روندی کاهشی دارد.

نتایج این پژوهش نیز با نتایج شیخ و همکاران (۲۰۱۱) و نتایج پژوهش کاهیلا و کالایچی (۲۰۰٤) هم‌سو بوده و نشان می‌دهد که متوسط سالانه دبی کل و دبی پایه در منطقه در حال کاهش است و میانگین ماهانه دبی کل و دبی پایه نیز در برخی از ماه‌ها سیر نزولی را دارا می‌باشد.

با توجه به روند نزولی متوسط سالانه دبی کل و دبی پایه در کل دوره آماری و سیر نزولی میانگین ماهانه دبی کل و دبی پایه در برخی از ماه‌ها در ایستگاه موردنظر، تجزیه و تحلیل آماری بر روی سایر ایستگاه‌ها و تحلیل منطقه‌ای ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

1.Aksoy, H., Kurt, I., and Eris, E. 2009. Filtered smoothed minima base flow separation method. J. Hydrol. 372: 94-101.

2.Birsan, M.V., Zaharia, L., Chendes, V., and Branescu, E. 2012. Recent trends in stream flow in Romania (1976-2005). J. Rom. Rep. Phys. 64: 1. 275-280.

3.Chang, H., Gregory Knight, C., Staneva, M.P., and Kostov, D. 2002. Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria. Geo J. 57: 159-168.

4.Chapman, T.G. 1991. Comment on evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses, by RJ Nathan and TA McMahon. J. Water Resour. Res. 27: 7. 1783-1784.

5.Christensen, N.S., Wood, A.W., Voisin, N., Lettenmaier, D.P., and Palmer, R.N. 2004. The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado river basin. J. Clim. Change. 62: 1-3. 337-363.

6.Dodangeh, S., Soltani, S., and Sarhadi, A. 2012. Trend assessment of extreme flows (low flow and flood) in Sefid-Roud basin. JWSS - Isfahan University of Technology. 15: 58. 215-230. (In Persian)
7.Eckhardt, K. 2005. How to construct recursive digital filters for base flow separation. Hydrological Processes. 19: 507-515.
8.Ghanbarpour, M., Teimouri, M., and Gholami, S. 2008. Comparison of base flow estimation methods based on hydrograph separation (Case study: Karun Basin). JWSS - Isfahan University of Technology. 12: 44. 1-13. (In Persian)
9.Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., and Hanson, C.E. 2007. Climate Change 2007-Impacts, Adaptation and Vulnerability, Cambridge University Press, Cambridge, UK, Pp: 1-16.
10.Jarvie, H.P., Neal, C., Smart, R., Fraser, D., Forber, I., and Wade, A. 2001. Use of continuous water quality records for hydrograph separation and to assess short- term variability and extremes in acidity and dissolved carbon dioxide for the River Dee, Scotland. J. Sci. Total Environ. 265: 85-98.
11.Jiang, T., Su, B., and Hartmann, H. 2007. Temporal and spatial trends of precipitation and river flow in the Yangtze River Basin, 1961-2000. J. Geomorphol. 85: 143-154.
12.Kahya, E., and Kalayci, S. 2004. Trend analysis of stream flow in Turkey. J. Hydrol. 289: 128-144.
13.Lettenmaier, D.P., Wood, E.F., and Wallis, J.R. 1994: Hydro-Climatological trends in the continental United States, 1948-88. J. Clim. 7: 586-607.
14.Lyen, V., and Hollick, M. 1979. Stochastic time-variable rainfall-runoff modeling. Institute of Engineers Australia National Conference. Pub. 79/10: 89-93.
15.Marofi, S., and Tabari, H. 2011. Detection of maroon river flow trends using parametric and non-parametric methods. Geographical Research. 26: 101. 125-146.
16.Massah Bavani, A.R., and Morid, S. 2006. Impact of climate change on the water resources of Zayandeh Rud basin. JWSS-Isfahan University of Technology. 9: 4. 17-28. (In Persian)
17.Nathan, R.J., and McMahon, T.A. 1990. Evaluation of automated techniques for base flow and recession analyses. J. Water Resour. Res. 26: 1465-1473.
18.Nik Ghogagh, Y., and Yarmohamadi, M. 2008. Assessment of climate change and its impact on surface water resources (case study ziyarat river in Golestan Province). P 484, In: Hassanzade, Y. (eds.) Third Conference on Water Resources Management, Faculty of civil engineering Tabriz - Iran. (In Persian)
19.Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., 1999 . Trend analysis of monthly precipitation over the jberian peninsula for the period 1921-1995. phys. Chem. EARTH(B). 24: 1-2. 85-90.
20.Sheikh, V.B., Bahremand, A., and Mooshakhian, Y. 2011. A comparison of trends in hydrologic variables in the Atrak River basin using non-parametric trend analysis tests. J. Water Soil Cons. 18: 2. 1-23. (In Persian)

21.Tamaskani, A. 2012. Compare of hydrograph separation methods in Gorganrood catchment. Thesis. Gorgan University of agricultural science and natural resources. Faculty of water and soil engineering. 80p.
22.Teimouri, M., Ghanbarpour, M.R., Bashirgonbad, M., Zolfaghari, M., and Kazemikia, S. 2011. Comparison of baseflow index in hydrograph separation with different methods in some rivers of west Azarbaijan province. JWSS - Isfahan University of Technology. 15: 57. 219-228. (In Persian)
23.Turgay, P., and Ercan, K. 2005. Trend analysis in Turkish precipitation data. Hydrological Processes. 26: 2011-2026.
24.Werritty, A. 2002. Living with uncertainty: climate change, river flows and water resource management in Scotland. J. Sci. Total Environ. 294: 1-3. 29-40.
25.Xu, C.Y. 2000. Modelling the effects of climate change on water resources in central Sweden. J. Water Resour. Manage. 14: 177-189.
26.Zeleňakova, M., Purcz, P., Soľakova, T., and Demeterova, B. 2012. Analysis of trends of low flow in river station in eastern Slovakia. J. LX. 5: 265-274.
27.Zhang, Q., Liu, C., Xu, C., Xu, Y., and Iang, T. 2006. Observed trends of annual maximum water level and stream flow during past 130 years in the Yangtze River basin, China. J. Hydrol. 324: 255-265.

Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(2), 2014
http://jwsc.gau.ac.ir

Investigation of total and base flow trend in Arazkuseh hydrometric station (Gorganrood Watershed in Golestan Province)

***L. Rahimi[1], A.A. Dehghani[2], Kh. Ghorbani[3] and M. Abdolhosseini[3]**

[1]M.Sc. Graduate, Dept. of Water Resources Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [2]Associate Prof., Dept. of Water Resources Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, [3]Assistant Prof., Dept. of Water Engineering, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 12/29/2012; Accepted: 08/13/2013

Abstract

Base flow reduction in comparison with its average long-term value represents drought conditions but average base flow reduction over specific time indicates the area tends to drought. Mann-Kendall's non-parametric test was used for considering the trend of time series. In this study, Arazkuseh hydrometric station with 40-year-old statistical period has been selected as the case study. After base flow separation from daily discharge's data and preparation of monthly and annual time series, the Mann-Kendall's test has been used for determination of trend. The analysis of trend at the significant level of %5 indicates downward trend in base flow and total discharge average based on annual scale but there is not any trend for maximum of base flow and total discharge. In monthly scale, the trend of average base flow during November, March until June has had downward, but in the rest there is not any trend. Also, average total flow during March until June shows downward trend and in the rest there is not any trend during year. So it maybe concluded that the area tends to drought.

Keywords: Trend analysis, Base flow, Mann-Kendall test, Drought

* Corresponding Author; Email: rahimi.leila0093@gmail.com