Environment and
Water Engineering
ISSN: 2476-3683

محیط زیست و مهندسی آب
شابک : ۲۴۷۶-۳۶۸۳

بررسی تغییرات زمانی و روند دبی‌های حداقل در آبخیزهای منتخب دامنه جنوبی البرز

آرش کاوه، باقر قرمزچشمه و سیدعباس حسینی

دوره ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۹، صفحات ۱۴۸- ۱۳۴

Vol. 6(2), Summer 2020, 134 – 148

DOI: 10.22034/jewe.2020.232323.1364

Investigation of Temporal Variations and Trend Low Flow Analysis in Alborz South Mountains Basins

Kaveh A., Ghermezcheshmeh B. and Hosseini S. A.

www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

کاوه آ، قرمزچشمه ب.، و حسینی س. ع.. (۱۳۹۹). بررسی تغییرات زمانی و روند دبی‌های حداقل در آبخیزهای منتخب دامنه جنوبی البرز. محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۶، شماره ۲، صفحات: ۱۴۸- ۱۳۴.

Citing this paper: Kaveh A., Ghermezcheshmeh B. and Hosseini S. A. (2020). Investigation of temporal variations and trend low flow analysis in Alborz south mountains basins**.** Environ. Water Eng., 6(2), 134–148. DOI: 10.22034/jewe.2020.232323.1364.

بررسی تغییرات زمانی و روند دبی‌های حداقل در آبخیزهای منتخب دامنه جنوبی البرز

آرش کاوه[۱]، باقر قرمز چشمه*[۲] و سیدعباس حسینی[۳]

[۱]دانشجوی گروه تخصصی عمران آب، دانشکده عمران، معماری و هنر، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران
[۲]عضو هیئت‌علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
[۳]عضو هیئت‌علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات ، گروه عمران آب، تهران، ایران
***نویسنده مسئول**: baghergh@gmail.com

مقاله اصلی
تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۳/۰۲] **تاریخ بازنگری:** [۱۳۹۹/۰۴/۱۴] **تاریخ پذیرش:** [۱۳۹۹/۰۴/۱۶]

چکیده
در سال‌های اخیر برداشت بی‌رویه، تغییرات اقلیمی و تغییر کاربری اراضی صورت گرفته در حوزه‌های آبخیز، اثرات متفاوتی بر جریان رودخانه و به‌خصوص جریان پایه و کم گذاشته است. با توجه به برداشت منابع آب زیرزمینی و تأثیر آن بر زمان رخداد و طول مدت رخ داد جریان کم در ایستگاه‌های مختلف نیاز به بررسی و تحقیق دارد. هدف از این پژوهش بررسی روند جریان کم در ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب آبخیز کرخه است. بدین منظور پس از دریافت داده‌های روزانه آبدهی ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در محدوده حوضه‌های کویر مرکزی و دریاچه نمک، تعداد ۳۹ ایستگاه انتخاب شدند. داده‌های این ایستگاه‌ها به روش همبستگی با ایستگاه‌های دیگر موردبازسازی قرارگرفته و داده‌های پرت حذف شدند. سری‌های زمانی ۵، ۷، ۱۰، ۱۵، ۳۰، و d ۶۰ این ایستگاه‌ها استخراج شدند. سپس ایستگاه‌های به دو دسته‌ی حوضه‌های فاقد دشت و حوضه‌های دارای دشت تقسیم شدند. با آزمون‌های من کندال، تایل سن و اسپیرمن تحلیل روند جریان صورت گرفت. برای هر دسته بین روند جریان حداقل و مساحت حوضه بالادست ارتباط رگرسیونی داده شد. نتایج نشان داد که حدود ۱۰ ایستگاه فاقد روند معنی‌دار و مابقی ایستگاه‌ها در سطوح ۱، ۵ و ۱۰٪ دارای روند معنی‌دار کاهشی بودند. در حوضه‌های دارای دشت به دلیل برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی با افزایش مساحت حوضه، روند جریان حداقل کاهشی‌تر شد درحالی‌که این موضوع در حوضه‌های فاقد دشت یا کوهستانی با افزایش مساحت حوضه از روند کاهشی کاسته شد.

واژه‌های کلیدی: آزمون‌های روند؛ حوضه‌های البرز جنوبی؛ جریان حداقل؛ منابع آب زیرزمینی.

۱- مقدمه

آب یکی از مهم‌ترین عوامل رشد و توسعه کشورها می‌باشد. افزایش روزافزون جمعیت، رشد صنعت، گسترش شهرنشینی و تغییر سبک زندگی و ضرورت تأمین امنیت غذایی پایدار در کنار کاهش مداوم منابع آب و سوء مدیریت، کم‌آبی را به بحرانی جدی تبدیل کرده است. علاوه بر تغییرات اقلیمی، برداشت بی‌رویه آب یکی دیگر از چالش‌های کشورهای خشک، در بخش آب است. منابع آب سطحی یکی از مهم‌ترین منابع آب بوده و جریان پایه اهمیت زیادی در توسعه کشاورزی دارد. با توجه به اقلیم مدیترانه‌ای و نبود بارش در طول دوره زراعی، بخش کشاورزی متکی به رودخانه‌ها بوده و گسترش اراضی زراعی در حاشیه رودخانه‌ها مؤید این موضوع است. لذا جریان پایه و کم که در فصل تابستان رخ می‌دهد نقش مهمی در امنیت غذایی کشور دارد. آب در فرآیند توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی کشور نقش عمده و کلیدی دارد. افزایش تولیدات کشاورزی و امنیت غذایی، توسعه مراکز جمعیت شهری و روستایی، بهبود و ارتقای کیفیت زندگی در گرو انجام سرمایه‌گذاری‌های لازم و هماهنگ در ابعاد مختلف توسعه و بهره‌برداری از منابع آب است. آب‌های سطحی و به‌ویژه بخش جریان پایه یکی از منابع آب مهم برای تأمین نیازهای کشاورزی، شرب و صنعتی می‌باشد. در سال‌های اخیر فشار زیادی بر منابع آب سطحی واردشده و برداشت‌های بی‌رویه‌ای رخ داده‌است. روند جریان پایه و کم در اغلب رودخانه‌های کشور کاهشی بوده و بعضاً معنی‌دار نیز است (Ghermezcheshmeh et al. 2009، Mirabbasi Najafabadi and Dinpashoh. 2010, Torabi Podeh and Emamgholizadeh et al. 2016). در دنیا و کشور پژوهش‌های مختلفی جریان پایه و کم مورد ارزیابی قرار داده‌اند که به برخی از آن‌ها اشاره می‌شود.

Khoshhal Dastjerdi and Ghavidel Rahimi (2008) تغییرات دمایی ایستگاه سینوپتیک اصفهان با آزمون من-کندال در یک دوره آماری ۵۵ ساله موردبررسی قراردادند. نتایج حاصله نشان‌دهنده کاهش شدت سرمای زمستان و افزایش تدریجی دماهای بیشینه تابستان بود Ghermezcheshmeh et al. (2010a)روند دبی‌های حداقل با پایه زمانی ۳ ، ۵ ، ۷ ، ۱۰ ، ۱۵ و ۳۰ d از سرشاخه‌ها تا خروجی رودخانه کرخه را با روش من-کندال تحلیل کردند. نتایج نشان داد که با افزایش فاصله از خروجی حوضه برشدت کم‌آبی (کاهش دبی حداقل) افزوده می‌شود. Mirabbasi Najafabadi and Dinpashoh (2010) تحلیل روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال غرب ایران در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه را با روش من-کندال موردبررسی قراردادند. نتایج این بررسی در بازه زمانی y ۳۰ و ۱۶ ایستگاه هیدرومتری نشان داده است که جریان رودخانه‌های شمال غرب ایران در مقیاس سالانه در همه ایستگاه‌ها روند نزولی دارند. همچنین Habibnejad Roshan et al. (2010) نقش عوامل مورفومتری در جریان‌های حداقل با تداوم‌های ۷ ، ۱۵ و ۳۰ d در حوضه‌های نیمه‌خشک شمال شرق خراسان رضوی را موردمطالعه قراردادند. نتایج حاصله نشان‌داد سه ویژگی بارندگی متوسط سالانه، مساحت و درصد سازند نفوذپذیر مهم‌ترین عوامل محسوب می‌شوند.

Ghermezcheshmeh et al. (2010b) به بررسی روند دبی سالانه و بارش سالانه در مناطق خشک ایران مرکزی روش‌های آماری من-کندال و روند پرداختند. نتایج نشان‌داد که روند دبی و بارش در این بخش به‌طورکلی به سمت منفی با شیب کند بوده و میزان روند در دبی بیشتر از بارش بوده و زمان شروع روند در ایستگاه‌ها متفاوت است. آزمون روند و تحلیل دگرگونی با روش‌های من-کندال و سن در سری‌های زمانی آب‌دهی رودخانه کارون در ایستگاه اهواز توسط Salarijazi et al. (2011) صورت گرفت. نتایج نشان‌داد اگرچه وجود نقاط شکست در سری‌های موردبررسی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود ولیکن با توجه به در نظر گرفتن نقاط پتانسیل شکست مشخص شد که برخلاف روند مثبت نشان داده‌شده در سری کلی، همه جز سری‌ها دارای روند نزولی است. Nassaji Zavareh et al. (2014) روند جریان رودخانه کسیلیان در ناحیه البرز شمالی را با سه روش سن، رسم نمودار و من-کندال در دوره زمانی ۸۹-۱۳۳۴ موردبررسی قراردادند. نتایج نشان‌داد روش سن روش مناسبی برای تعیین مقدار روند آبدهی می‌باشد اما برای تعیین معنی‌داری و زمان روند روش من-کندال مناسب است.

Torabi Podeh and Emamgholizadeh (2015a) روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های استان لرستان را با

استفاده از روش TFPW-MK در ۲۵ ایستگاه هیدرومتری، در یک دوره زمانی ۴۰ d موردبررسی قراردادند. نتایج این پژوهش نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها (۲۰ ایستگاه از ۲۵ ایستگاه)، روند تغییرات جریان عمدتاً نزولی بوده و در ۴۰ d گذشته کاهش میزان جریان در سطح ۱۰ درصد معنی‌دار است. Torabi Podeh and Emamgholizadeh (2015b) به تحلیل روند تغییرات آبدهی ۱۴ ایستگاه هیدرومتری رودخانه‌های شمال حوضه دز با استفاده از روش من-کندال در یک دوره آماری ۴۰ d (۱۹۶۹-۲۰۰۹) پرداختند. نتیجه گرفتند که آبدهی بیشتر ایستگاه‌های منطقه موردمطالعه در مقیاس سالانه و ماهانه دارای روند نزولی می‌باشد. آن‌ها دلیل اصلی این کاهش دبی را کم شدن دبی چشمه‌ها و برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی عنوان کردند. همچنین آن‌ها در پژوهش دیگری که در حوضه کرخه انجام دادند، به نتیجه مشابه دست یافتند (Torabi Podeh and Emamgholizadeh 2016). Arabi et al. (2015) روند آبدهی و اثر تغییرات بارندگی بر رژیم جریان رودخانه درونگر را با استفاده از آزمون‌های آماری کندال، من-کندال، سن و اسپیرمن و پارامترهای هم‌بستگی پیرسون موردبررسی قراردادند. نتایج این پژوهش حاکی از روند کاهشی فصلی و سالانه در ایستگاه‌های محمد تقی بیگ و گل خندان بود.

Jalali et al. (2015) عملکرد شبکه عصبی مصنوعی LM و GDX در پیش‌بینی جریان حوضه رودخانه قره‌آغاج استان فارس موردبررسی قراردادند. نتایج آن‌ها نشان‌داد که پارامترهای دما و بارش بر روی خروجی جریان، تأثیر داشته و همچنین تابع lm در شبیه‌سازی کارایی بهتری دارد. Torabi and Dehghani (2015) تحلیل روند تغییرات کمی آبدهی حوضه چم انجیر را در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه به‌مدت ۲۳ y در ۱۸ ایستگاه هواشناسی و با استفاده از آزمون‌های آماری من-کندال بررسی کردند. نتایج نشان داد کاهش آبدهی حوضه معنی‌دار است و به علت کوهستانی بودن و عدم کاهش بارش‌ها، برداشت مازاد از منابع آب‌های زیرزمینی موجب کاهش آبدهی شده‌است. Jahanbakhsh et al. (2016) تجزیه‌وتحلیل زمانی و مکانی جریان حداقل در حوزه آبخیز کرخه را موردبررسی قرارداده و به کمک برخی عوامل مورفومتری و اقلیمی با تحلیل‌های گام‌به‌گام خوشه‌ای و رگرسیون به شاخص‌های جریان کم دست‌یافتند. نتایج آن‌ها نشان‌داد از بین شاخص‌های به‌دست‌آمده شاخص Q_{95} و Q_{100} کم‌ترین مقدار را دارند و با افزایش دوره بازگشت این شاخص‌ها کاهش می‌یابند. از طرف دیگر طبق آزمون اسپیرمن و من-کندال جریان حداقل در سرشاخه‌های حوضه دارای روند منفی می‌باشد. Mostafazadeh et al (2016) به بررسی روند تغییرات آبدهی جریان در بخشی از رودخانه سیمینه‌رود بوکان و اثرات زیست‌محیطی آن با استفاده از آزمون‌های من-کندال و همبستگی پیرسون پرداختند. نتایج آن‌ها نشان داد که سری‌های آبدهی ماهانه در ایستگاه‌های پل بوکان و داشبند در اکثر ماه‌ها روند کاهشی داشتند.

Nasri and Modarres (2016) در پژوهش خود روند شاخص هیدرولوژیک جریان‌های کم ۱، ۷، ۱۵، ۳۰ و ۹۰،۱۵، ۳۰ و ۹۰ d در ۲۲ ایستگاه هیدرومتری استان اصفهان با دوره آماری ۲۰ y محاسبه و روند آن‌ها را بررسی‌کردند. نتایج تحلیل روند از طریق آزمون من کندال و اسپیرمن نشان‌داد شاخص جریان کم در ایستگاه‌های حوضه زاینده‌رود دارای روند نزولی می‌باشد. Zelenakova et al. (2012) روند جریان حداقل در ۶۳ ایستگاه در رودخانه انتخاب‌شده در اسلواکی شرقی با تکنیک‌های آزمون فرضیه برای شناسایی روند بلندمدت هیدرولوژیکی موردبررسی قراردادند. نتایج نشان داد که روند کلی جریان حداقل نزولی بوده ولی معنی‌دار نبود. Sawaske and Freyberg (2014) روند جریان رودخانه را مبتنی بر نمایه‌های شاخص‌های سالانه جریان کم و جریان پایه مورد تحلیل قراردادند. نتایج نشان داد که در طول ۴۰ تا ۸۰ y گذشته به‌صورت گسترده‌ای جریان پایه و حداقل روند کاهشی داشته و روند در تابستان از شدت بالا ولی در فصل بهار از شدت کمتری برخوردار بود. da Silva et al. (2015) روند بارش و جریان رودخانه کوبرس در جنوب پرتغال را با دو روش من کندال و تایل سن در یک بازه زمانی ۴۰ y مورد تجزیه‌وتحلیل قراردادند و نشان‌دادند که در اغلب حوضه‌ها روند جریان کاهشی بود. همچنین Naser and Bruen (2016) روند دبی‌های حداقل در رودخانه‌های بزرگ ایرلند را با روش‌های من-کندال، من-ویتنی و اسپیرمن موردبررسی قراردادند.

جریان حداقل تابستانی این رودخانه‌ها در ۳۳ ایستگاه با تداوم ۷ d کاهش معنی‌داری را در هر سه آزمون نشان‌داد. روند و رژیم جریان حداقل در ۱۵ رودخانه زیر حوضه نیل نیز توسط Aseffa and Moges (2018) با استفاده از آزمون من-کندال موردبررسی قرار گرفت. در این منطقه تفاوت معنی‌داری در مدل‌های جریان کم ۳، ۷، و ۱۴ d مشاهده نشد، اما روند جریان به‌جز در دو ایستگاه در بقیه کاهشی بدست‌آمد. Piniewski et al. (2018) روند شاخص‌های جریان رودخانه در لهستان را مورد تحلیل قراردادند. نتایج تشخیص روند در شاخص‌های مختلف جریان نشان داد که جریان رودخانه در بخش شمالی کشور غالباً کاهشی و معمولاً در بخش جنوبی افزایشی است.

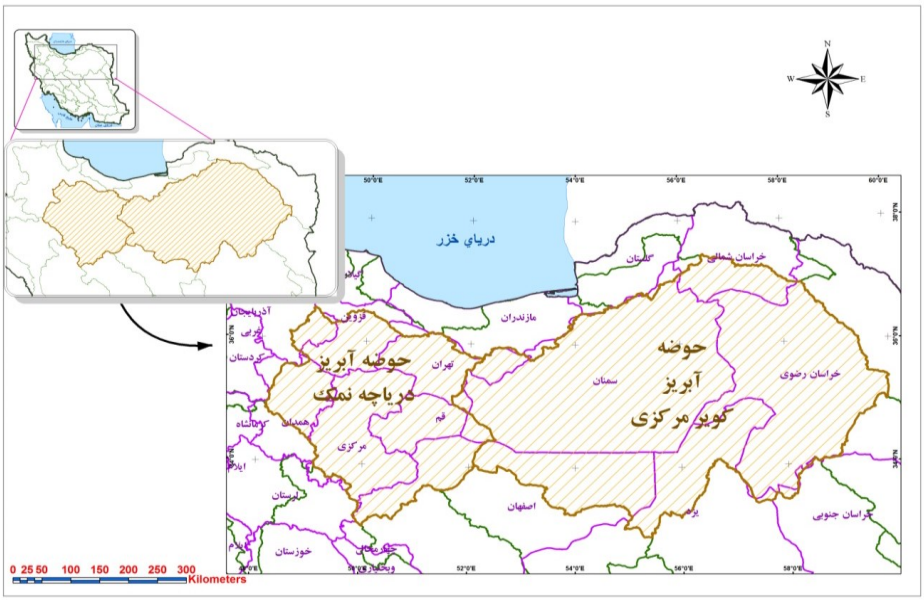
در پژوهش‌های موردبررسی اغلب روند جریان کم و یا تغییرات مکانی آن موردبررسی قرارگرفته ولی به علل روند، کمتر پرداخته‌شده است. نتایج تحقیقات بیانگر روند کاهشی جریان پایه و کم در اغلب مناطق است. در این پژوهش سعی شده است، ابتدا روند جریان کم با پایه زمانی‌های مختلف در دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی و شرقی موردبررسی و به تغییرات مکانی آن و به‌ویژه به تغییرات روند از سرشاخه تا خروجی پرداخته‌شود. سپس حوضه‌های کوهستانی و دشتی با هدف نقش برداشت آب‌های زیرزمینی در روند جریان کم تحلیل شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه موردمطالعه

مطالعات صورت گرفته در این پژوهش بر روی دو حوزه آبخیز کویر مرکزی و دریاچه نمک می‌باشد. حوزه آبخیز کویر مرکزی یکی از حوضه‌های رتبه دو تماب است که در تقسیم‌بندی حوضه‌های ایران، زیرمجموعه‌ی حوزه‌ی آبخیز ایران مرکزی است (National Watersheds Atlas 2015).

این حوضه از شمال به رشته‌کوه البرز شرقی، از غرب و جنوب به ارتفاعات پراکنده، غرب کویر مرکزی، از شرق به حوضه‌های قره قوم و نمکزار خواف از شمال شرق به کوه‌های جام و بینالود محدود می‌گردد و بین مختصات ′۳۹ °۵۱ تا ′۵۸ °۵۹ طول شرقی و ′۵۰ °۳۲ تا ′۲۸ °۳۷ عرض شمالی واقع‌شده است. مساحت این حوضه km^2 ۲۲۶۵۲۶ است. حوزه آبخیز دریاچه نمک در ارتفاعات بین البرز مرکزی و زاگرس قرارگرفته است. این حوضه بین مختصات جغرافیایی ′۰۸ °۴۸ تا ′۳۰ °۵۲ طول شرقی و ′۰۰ °۳۳ تا ′۲۲ °۳۶ عرض شمالی واقع شده است. مساحت این حوضه حدود km^2 ۹۲۵۶۱ است که km^2 ۴۲۲۳۳ آن را مناطق کوهستانی و km^2 ۴۷۹۳۰ بقیه را دشت‌ها و کوهپایه‌ها و km^2 ۲۴۰۰ آن را شوره‌زارها و کویرها تشکیل می‌دهند (شکل ۱).



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه
Fig.1 Study area in Iran

۲-۲- انتخاب ایستگاه

برای انتخاب ایستگاه‌های هیدرومتری مناسب آمار دبی روزانه کلیهٔ ایستگاه‌های هیدرومتری حوضهٔ کویر مرکزی و دریاچه نمک از. شرکت مدیریت منابع ایران وابسته به وزارت نیرو تهیه شد. سپس طول دورهٔ آماری دبی روزانه کلیه ایستگاه‌های هیدرومتری استخراج و جهت انتخاب ایستگاه‌های مناسب موارد زیر در نظر گرفته‌شد. ۱- بند انحرافی و سد بزرگ در بالادست ایستگاه وجود نداشته باشد. ۲- دارای طول دوره آماری مناسب (بیش‌تر از y ۲۵) و آمار دقیق و صحیح باشد و حتی‌الامکان دارای جدیدترین داده‌ها در سال‌های اخیر باشد تا آخرین تغییرات حوزه در آنالیز در نظر گرفته‌شود. با در نظر گرفتن موارد فوق ۳۹ ایستگاه هیدرومتری از بین حدود ۲۰۰ ایستگاه در دو حوضه رتبه دو تماب کویر مرکزی و دریاچه نمک انتخاب شد (جدول ۱).

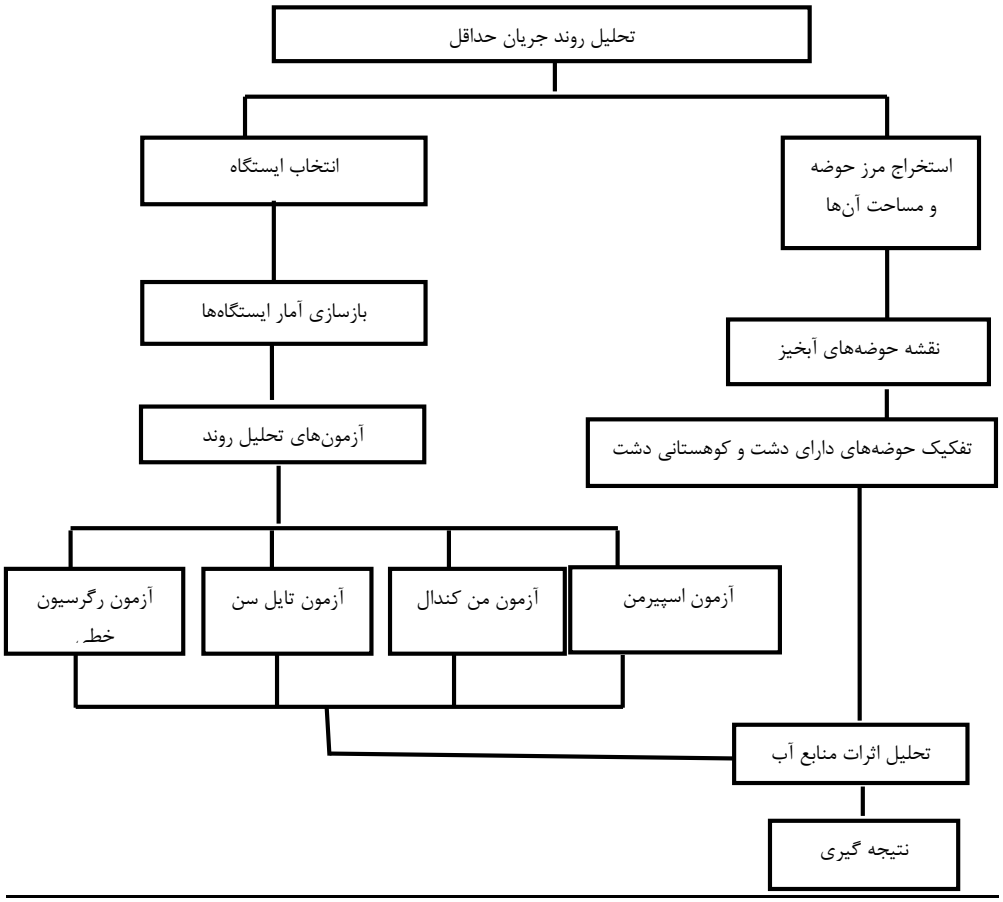
جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری منتخب

Table 1 parameters of selected hydrometric stations

Mean Elevation (m)	Area (km^2)	River name	Station Code	Stations	Row
1557	58.505	بن رود	41-005	قمصر- بن رود	1
1613	129.625	قهرود	41-007	گبرآباد - حسین‌آباد	2
1748	819.625	دربند	41-009	سراب هنده	3
1666	2767.9	شراء	41-033	خنداب - جوشیروان	4
1356	33.7075	عباس‌آباد	41-039	محل تقسیم آب	5
966	409.555	زه‌تران	41-051	زه‌تران	6
2676	17505.26	بن رود	41-055	جلایر	7
760	22.4675	مزلقان	41-059	رازین	8
1116	316.0725	اروان	41-063	پل اروان	9
1338	2434.585	خر رود	41-067	آبگرم -خررود	10
992	456.995	کولنجین چای	41-069	ارتش آباد	11
84	44.765	خر رود	41-071	رحیم‌آباد - خررود	12
1525	1903.635	ابهررود	41-073	قروه - ابهررود	13
544	82.9	حاجی عرب	41-079	حاجی عرب	14
1375	34.46	فشند	41-093	دربند - فشند	15
2401	204.1825	کن	41-109	سولقان	16
2574	439.6	جاجرود	41-117	رودک	17
3284	2684.378	جاجرود	41-127	شریف‌آباد - جاجرود	18
2435	3405.955	غرفاب	41-130	چم اسفند	19
2092	23.6425	درکه	41-143	هفت‌حوض - درکه	20
1930	30.9475	افجه	41-161	نارون	21
1808	107.2475	لوارک	41-163	علی‌آباد - لوارک	22
2127	234.28	گاجره	41-253	گچسر	23
1522	658.5875	حبله رود	47-005	حبله رود - فیروزکوه	24
1423	175.53	نمرود	47-007	نمرود	25
3121	2248.26	حبله رود	47-011	سیمین دشت - حبله رود	26
2559	336.435	دلیچای	47-013	دلیچای - سیمین دشت	27
5290	3268.2	حبله رود	47-015	بنکوه	28
2442	1345.67	چشمه‌علی	47-029	لبرود	29
1678	79.675	مجن	47-033	مجن بند انحرافی	30
1869	135.375	تاش	47-035	فرحزاد	31
1943	4035.478	کالشور	47-039	روح آباد	32
1393	128.38	بار	47-043	اریه - چهارباغ	33
714	87.8225	کال ینگجه	47-049	ینگجه - آبشار	34
533	113.045	نشیب-سرولات	47-051	نشیب	35
1113	84.18	شصت دره	47-071	صنوبر	36
1596	812.4875	ششطراز	47-073	ایرج آباد - ششطراز	37
1597	58.85	خرو	47-081	چشمه‌علی	38
1726	101	طاغون	47-093	طاغان	39

۲-۳- سری‌های زمانی و بازسازی داده‌ها

جریان کم سالانه را می‌توان به‌صورت کمترین جریان متوسط روزانه در طول سال تعریف کرد ولی معمولاً جریان‌های کم روزانه تحت تأثیر نوسانات بالادست هستند. برای رفع این مشکل جریان کم سالانه به‌صورت کمترین جریان متوسط در چند روز پیاپی از قبیل ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰d در طول یک سال تعریف می‌شود. یعنی جریان کم d روزه (با تداوم d روز) در یک سال کم-ترین مقدار میانگین‌های متحرک d روزه جریان‌های روزانه در سال است. در این پژوهش ۱۰ سری زمانی برای جریان‌های حداقل ایستگاه‌های هیدرومتری موردنظر در بازه‌ی زمانی مشخص‌شده محاسبه شد که شامل سری زمانی جریان حداقل میانگین ۵، ۷، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰ d و همچنین دبی‌های کلاسه‌ی با احتمال ۸۵ ،۹۰ و ۹۵٪ و همچنین جریان میانگین سالانه بودند. بعد از انتخاب پایه زمانی مشترک با توجه به اینکه آمار دبی روزانه در تعدادی از روزها فاقد آمار بودند با استفاده از دبی‌های روزانه سال قبلی یا بعدی آمار ناقص بازسازی (روش همبستگی) شدند و داده‌ها برای ساخت تداوم‌های مختلف در هرسال آماده شد. این نسبت‌ها برای دوره‌ی مشترک y ۴۵ (۱۳۵۰-۹۵) محاسبه شد. فرآیند پژوهش در شکل (۲) آورده شده است.



شکل۲- فرآیند پژوهش

Fig. 2 Flowchart of research

۲-۴- تحلیل روند

برای تحلیل روند از روش‌های تایل-سن، اسپیرمن و من-کندال استفاده شد. این روش یکی از روش‌های رایج در تحلیل تغییرات زمانی داده‌های ناپارامتریک بوده و روشی مناسب برای تشخیص روند در داده‌های جریان می‌باشد.

۲-۴-۱- آزمون من کندال

آزمون من-کندال از متداول‌ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارامتریک به شمار می‌رود که می‌تواند در جهت تحلیل روند سری‌های زمانی مورداستفاده قرار گیرد (Mann 1945, Kendall 1975, Gilbert 1987). معادلات مورداستفاده در این روش فاکتوری را تحت عنوان توزیع

نرمال استاندارد (Zs) محاسبه می‌نماید که این فاکتور به عنوان شاخصی جهت تعیین وجود روند معنی‌دار در داده‌ها به کار می‌روند. این آزمون به‌شرح زیر می‌باشد.

الف) محاسبه اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت[1] و استخراج پارامتر S به‌صورت: اگر x_1، x_2 ... x_n مشاهدات مورد نظر باشند، آنگاه،

$$S=\sum_{k=1}^{n=1}\sum_{j=k+1}^{n} s_{gn}(X_j-X_k) \qquad (۱)$$

که n تعداد مشاهدات سری و x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری هستند. تابع علامت نیز به‌صورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود.

$$S_{gn}(x)=\begin{cases}+1\,if\,(x_j-x_k)>0\\0\,if\,(x_j-x_k)=0\\-1\,if\,(xj-x_k)<0\end{cases} \qquad (۲)$$

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

ب) واریانس (Var(s)) به‌وسیله یکی از روابط (۳) و(۴) با فرض اینکه داده‌ها مستقل بوده و توزیع یکنواخت باشد، محاسبه شد.

$$Var(s)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i=1}^{m} ti(t-1)(2ti+5)}{18}$$ ← (۳) اگر n>10

$$Var(s)=\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$ ← (۴) اگر n<10

که n تعداد داده‌های مشاهده، m معرف تعداد سری‌هایی است که در آن‌ها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t نشان‌دهنده فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

ج) نهایتاً آماره Z که دارای توزیع نرمال است، به‌وسیله رابطه (۵) به‌دست آمد.

$$Z=\begin{cases}\dfrac{s-1}{\sqrt{\mathrm{Var(s)}}}\,if\ \mathrm{s}>0\\0\,if\ s=0\\\dfrac{s+1}{\sqrt{\mathrm{Var(s)}}}\,if\ s<0\end{cases} \qquad (۵)$$

در یک آزمون دوطرفه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه (۶) برقرار باشد:

$$Z\le\alpha/2 \qquad (۶)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از α/2 استفاده‌شده است. در این پژوهش مقادیر دبی پایه ۳۹ ایستگاه در شاخص‌های ساخته‌شده پس از بازسازی توسط نرم‌افزار trend detection تحت آزمون من-کندال قرار گرفتند.

۲-۴-۲- آزمون اسپیرمن

دومین روش ناپارامتری که به‌منظور تحلیل روند از آن استفاده می‌شود ضریب همبستگی اسپیرمن است. این روش معادل ضریب هم‌بستگی پیرسون اما بر اساس رتبه‌بندی داده‌هاست و یک همبستگی خطی محسوب می‌شود (Daniel 1990). برای محاسبه ضریب همبستگی اسپیرمن رو از رابطه (۷) استفاده می‌شود. آماره اسپیرمن (ρ) ضریب رگرسیون خطی بین سری i و y_i و n تعداد داده‌ها در سری i رتبه در سری زمانی است.

$$\rho=1-\frac{6\sum_{i=1}^{n}(y_i-i)^2}{n(n^2-1)} \qquad (۷)$$

۲-۳-۳- آزمون تایل‌سن

به‌منظور محاسبه شیب‌خط دبی محاسباتی از روش تایل-سن استفاده شد. این روش برای تخمین روند شیب‌های نسبتاً خطی مناسب‌تر از روش رگرسیون معمولی است و کمتر تحت تأثیر داده‌های غیر نرمال و پرت قرار می‌گیرد (Helsel and Hirsch 1992). شیب روند (β) با استفاده

[1] - Sign Function

از این روش قوی‌تر از روش رگرسیون خطی می‌باشد. شیب روند (β) به‌وسیله معادله (۸) محاسبه می‌شود.

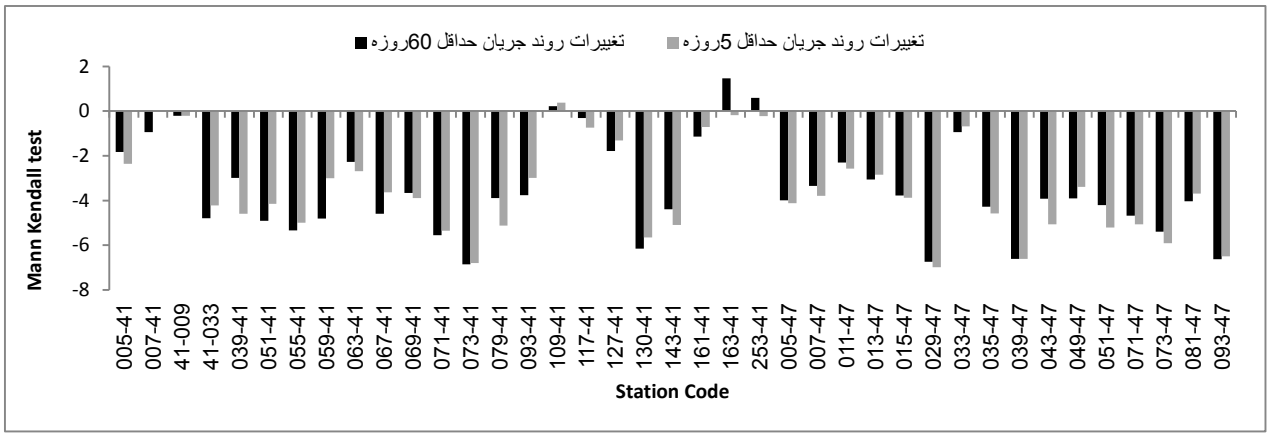
$$\beta=\text{median}[\frac{x_j - x_i}{j - i}] \text{ for all } i<j,\ xi,xj \qquad (۸)$$

در صورتی که i=1, 2, …n باشدبرای مقادیر n در سری زمانی N=n(n-1)/2, x از مقادیر β خواهیم داشت.

۳- یافته‌ها و بحث

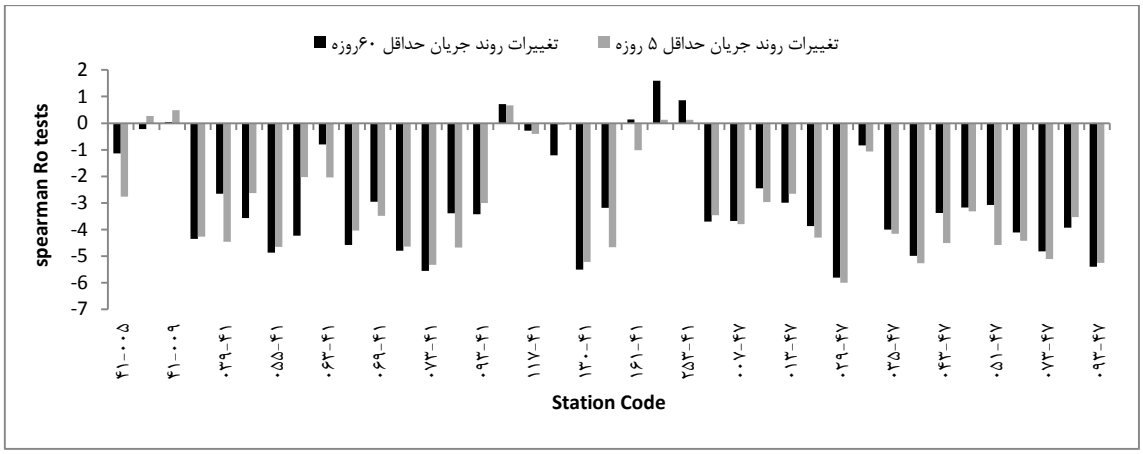
۳-۱- آزمون من کندال

شکل (۳) تغییرات روند جریان حداقل در آزمون من کندال در پایه‌های زمانی ۵ و ۶۰ d برای نمونه نشان داده‌شده است: با توجه به نتایج آزمون‌های روند و همچنین نمودارها، روند جریان حداقل، در حدود ۹۰٪ ایستگاه‌ها منفی می‌باشد. Ghermezcheshmeh et al. (2009); Zelenakova et al. (2012) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. این موضوع بیانگر آن است که در مناطق مختلف کشور و برخی از مناطق دیگر کشورها نیز جریان کم رو به کاهش دارد. بر این اساس، بیش‌ترین شیب منفی روند متعلق به ایستگاه‌های قروه ابهر رود (کد ۴۱۰۷۳)، لبرود با (کد ۴۷۰۲۹) و ایستگاه روح آباد با (کد ۴۷۰۳۹) می‌باشد. علت منفی‌تر بودن روند جریان در این ایستگاه‌ها می‌تواند به دلیل وجود تعداد چاه‌های بیشتر و در نتیجه برداشت‌های بیشتر در حوضه‌های بالادست این ایستگاه‌ها باشد. در ایستگاه‌های سولقان، گچسر، علی‌آباد لوارک و سراب هنده جریان کم در برخی از پایه‌های زمانی، روند مثبت به دست آمد ولی در هیچ یک از ایستگاه‌ها معنادار مشاهده نشد. در ایستگاه گچسر (کد ۲۵۳-۴۱) مثبت بودن آماره من کندال می‌تواند ناشی از تأثیرات اندک انسانی و تأثیر جریان توده‌های هوایی خزری بر حوضه بالادست این ایستگاه باشد (شکل ۳). در ایستگاه سراب هنده (کد ۰۰۹-۴۱) مثبت بودن روند جریان حداقل را می‌توان به انتقال آب با تونل، از دز به قم رود در سالهای اخیر نسبت داد. با توجه به متفاوت نبودن نتایج آزمون‌ها در پایه‌های زمانی مختلف، تنها نتایج آزمون بر روی سری زمانی ۵ و ۶۰d آورده شده است.



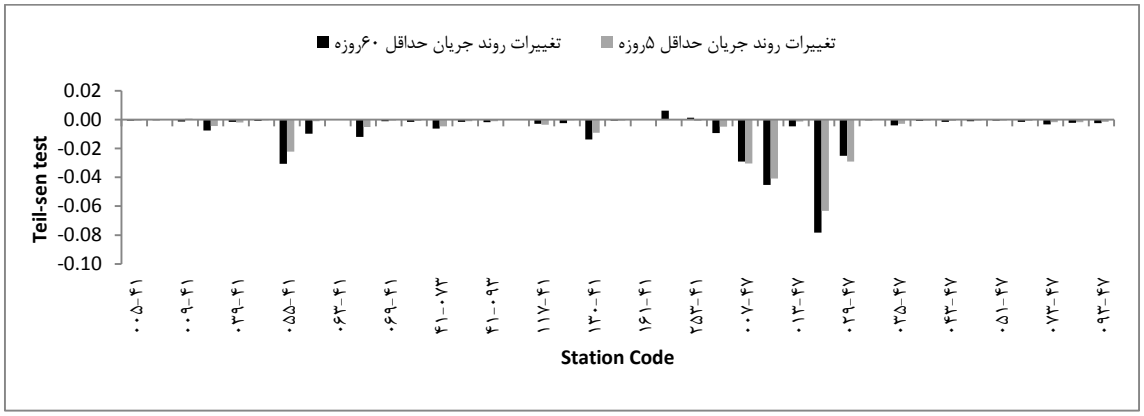
شکل ۳- روند جریان حداقل ۵ روزه و ۶۰ روزه در آزمون من-کندال
Fig. 3 Trend of 5 and 60 days low flow by using Man-Kendall Test

آزمون‌های اسپیرمن رو و تایل‌سن نیز نتایج مشابهی را نشان‌دادند. بیشترین شیب منفی خط روند متعلق به ایستگاه‌های قروه ابهر رود ۴۱۰۷۳، لبرود با کد ۴۷۰۲۹، ایستگاه روح آباد با کد ۴۷۰۳۹ و ایستگاه چم اسفند با کد ۴۱۱۳۰ می‌باشد. در برخی از ایستگاه‌ها فاقد روند ولی مثبت مشاهده شد. در شکل (۴) تغییرات روند جریان حداقل در آزمون اسپیرمن رو در هر یک پایه‌های زمانی نشان داده شده‌است.



شکل ۴- تغییرات روند جریان حداقل ۵ روزه و ۶۰ روزه در آزمون اسپیرمن
Fig 4 Trend of 5 and 60-days low flow by using spearman test

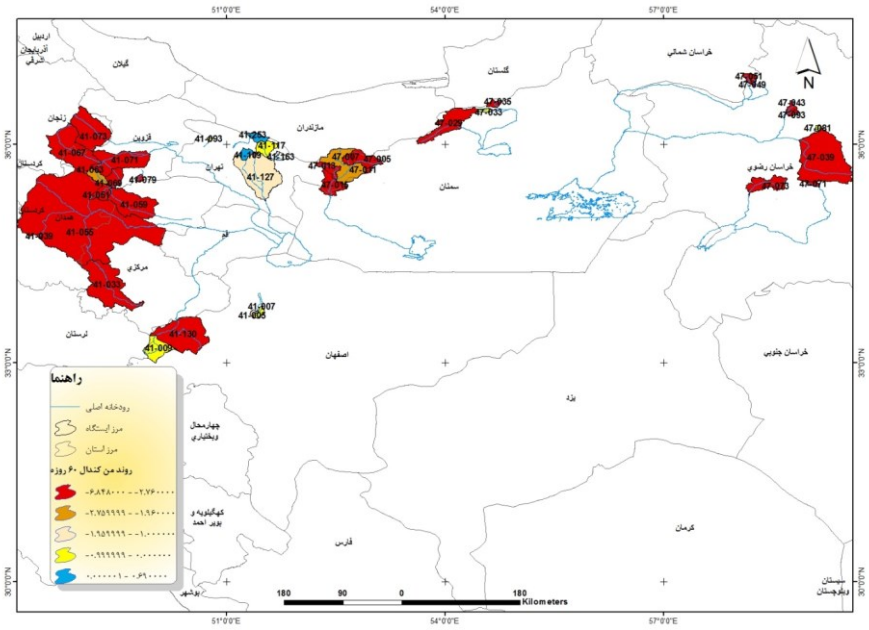
در آزمون تایل-سن نیز روند جریان حداقل، در حدود ۹۰٪ ایستگاه‌ها منفی به‌دست آمد. بیش‌ترین شیب منفی خط روند متعلق به ایستگاه بنکوه با کد ۴۷۰۱۵ می‌باشد و بعد از آن ایستگاه سیمین دشت-حبله‌رود با کد ۴۷۰۱۱ قرار دارد. شیب تایل-سن در ایستگاه‌های علی‌آباد لوارک، سولقان و گچسر صفر و در حد ناچیز مثبت هستند. در شکل (۵) تغییرات روند جریان حداقل ۵ و ۶۰ d در آزمون تایل-سن نشان داده شده‌است.



شکل ۵- روند جریان حداقل ۵ روزه و ۶۰ روزه در آزمون تایل-سن
Fig. 5 Trend of 5 and 60 days low flow by using Thiel-Sen Test

۳-۲- روند مکانی جریان حداقل

با توجه به شکل (۶) روند جریان حداقل در پایه زمانی ۶۰ d در بیش-تر حوضه‌ها در منفی‌ترین حالت قرار داشت. لازم به توضیح است که در تمامی پایه‌های زمانی رفتار حوضه‌ها مشابه بوده و لذا پایه زمانی ۶۰ d به‌عنوان نمونه آورده شد. در حوضه رازین در شرق حوضه دریاچه نمک و حوضه گچسر و رودک در تهران از شدت منفی بودن مقدار روند کاسته شده و در حوضه‌های سراب هنده و سولقان روند مثبت شده است هرچند که نشان داده شد این روند معنی‌دار نیست.



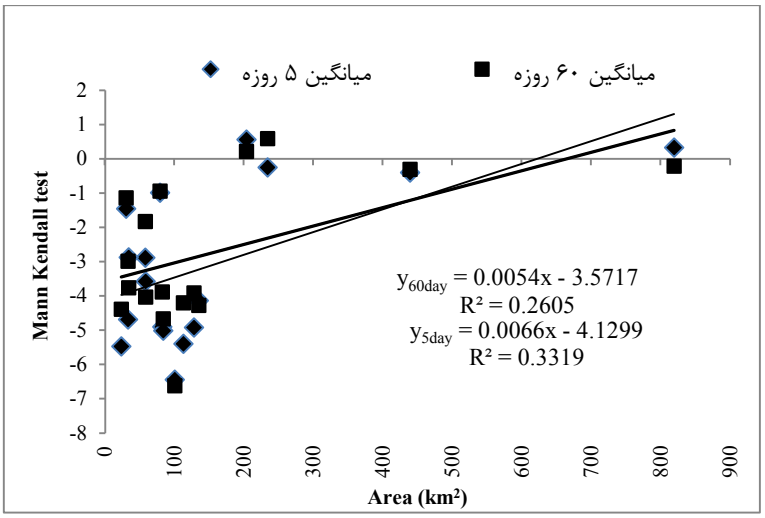
شکل ۶- نقشه مکانی روند جریان حداقل در پایه زمانی ۶۰ روزه برای آزمون من کندال
Fig. 6 Trend map of 60 day low flow by using Man-Kendall Test

رابطه روند جریان حداقل و مساحت در حوضه‌های دارای دشت و فاقد دشت نیز موردبررسی قرار گرفت. شکل (۷) تغییرات روند جریان حداقل ۵ و ۶۰ d تحت آزمون من کندال را نسبت به مساحت ایستگاه‌های واقع در مناطق کوهستانی نشان می‌دهد. در این نمودار مشاهده شد که با افزایش مساحت روند جریان حداقل مثبت‌تر شده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش مساحت ایستگاه‌ها در مناطق کوهستانی (فاقد دشت) نه‌تنها در کاهش روند و منفی‌تر شدن آن بی‌تأثیر است بلکه نقش آن در کاهش روند منفی بوده است. این موضوع در پژوهش Torabi and Dehghani (2015) که بررسی روند دبی حوضه چم انجیر از طریق آزمون من کندال پرداخته نیز نشان داده شد که در منطقه با وجود بارندگی مناسب به دلیل برداشت‌های بالادست روند جریان پایه منفی بوده است که با نتایج این تحقیق همسو می باشد.

شکل (۸) تغییرات روند جریان حداقل ۵ و ۶۰ d تحت آزمون من کندال را نسبت به مساحت ایستگاه‌های واقع در مناطق دشتی نشان می‌دهد. در این نمودار مشاهده‌شده که با افزایش مساحت روند جریان حداقل شیب منفی‌تری پیدا کرده است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش مساحت در مناطق دشتی منجر به افزایش برداشت از سفره شده و به دلیل افت سفره بخشی از جریان صرف تغذیه سفره شده و در نتیجه باعث کاهش روند جریان حداقل می‌شود.

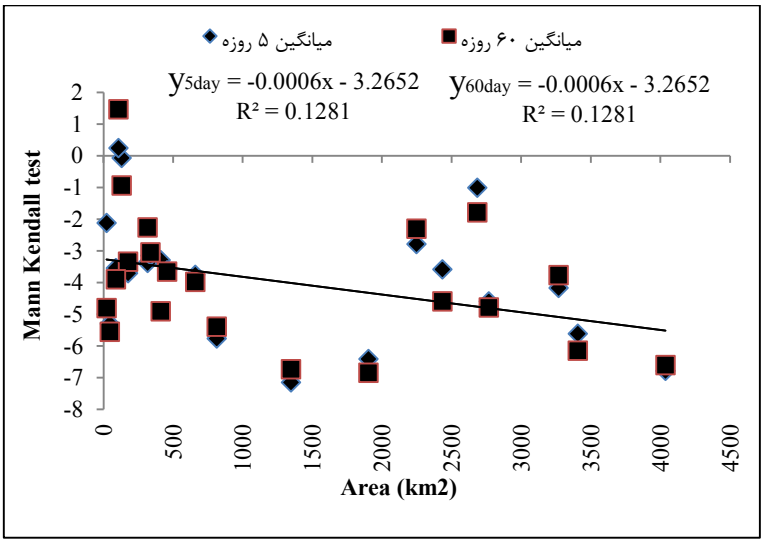
۳-۳- رابطه روند جریان حداقل و فاصله آبراهه تا پایاب

برای بررسی رابطه بین روند جریان حداقل و فاصله تا پایاب (در هریک از حوضه‌ها دریاچه‌ها و یا کویر می‌باشد که انتهای مسیر جریان است)، با الگوبرداری از پژوهش Ghermezcheshmeh et al. (2010) ابتدا طول آبراهه‌های اصلی موجود در محدوده مطالعاتی از خروجی هر حوضه تا محل ورود به دریاچه به دست آورده شد. سپس میان مقادیر روند جریان حداقل به‌دست‌آمده در هر آزمون و طول آبراهه‌ها رابطه‌ی رگرسیونی برقرار و نتایج در شکل (۹) آورده شده است.



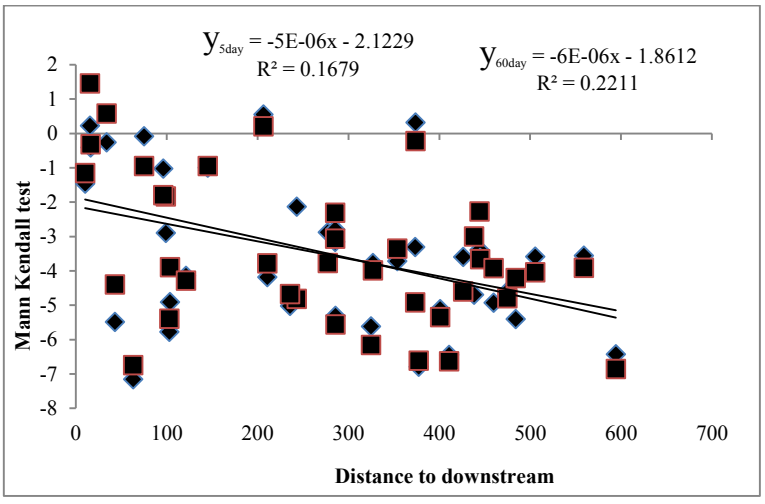
شکل ۷- رابطه روند جریان حداقل و مساحت در حوضه‌های فاقد دشت

Fig 7 Correlation low flow trend and basin area in no plain basins



شکل۸- رابطه روند جریان حداقل و مساحت در حوضه‌های دارای دشت

Fig 8 Correlation low flow trend and basin area in plain basins



شکل ۹- رابطه فاصله تا پایاب با روند آزمون من کندال

Fig. 9 Correlation low flow trend and distance to downstream

با توجه به شکل (۹) مشاهده گردید که در هر سه آزمون روند جریان با افزایش فاصله از خروجی حوضه مقدار جریان حداقل منفی‌تر شد یا به‌عبارت‌دیگر میزان روند کاهش در قسمت‌های انتهایی رودخانه بیشتر است. دلیل این امر می‌تواند نفوذ بیشتر آب در طول مسیر، به دلیل افت سطح سفره و تغذیه آن توسط رودخانه کاهش بارندگی با دور شدن از سرشاخه باشد؛ اما اصلی‌ترین دلیل منفی‌تر شدن جریان حداقل در مناطق انتهای رودخانه، افزایش برداشت آب در این مناطق به دلیل افزایش سطح اراضی کشاورزی و همچنین افزایش جمعیت و بالا رفتن مصارف شرب و صنعت می‌تواند باشد. Ghermezcheshmeh et al (2010a) نیز به نوعی به تغییرات جریان از سرشاخه تا پایاب در حوضه کرخه پرداخته‌اند و به نتیجه متفاوت دست یافتند. البته آن‌ها شاخص جریان حداقل را بررسی کردند و در این پژوهش روند جریان حداقل موردبررسی قرارگرفته است. این موضوع به‌خوبی تأثیر برداشت‌های بی‌رویه را در رژیم پایه رودخانه نشان می‌دهد و می‌تواند برای مدیریت منابع آبمی تواند مبنای تصمیم‌گیری شود.

۴- نتیجه‌گیری

۱- نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که حدود ۹۰ درصد ایستگاه‌ها دارای روند منفی شدند. ایستگاه‌های لبرود با در تمامی پایه‌های زمانی به‌جز دبی متوسط سالانه دارای بیشترین روند جریان منفی می‌باشد. ایستگاه قروه (ابهررود) با بیشترین روند منفی را در پایه زمانی دبی متوسط سالانه دارد. ایستگاه بنکوه نیز در آزمون تایل-سن بیشترین روند منفی را داشت. در ایستگاه‌های سولقان، گچسر، علی‌آباد لوارک و سراب هنده روند جریان در برخی از پایه‌های زمانی مثبت شد که روند جریان در این ایستگاه‌ها معنادار نبود. نتایج نشان داد که ایستگاه‌های گبرآباد، سراب هنده، سولقان، رودک، جاجرود، نارون، علی‌آباد لوارک، گچسر و مجن بند انحرافی روند جریان حداقل معنی‌دار نمی‌باشد

۲- نتایج رابطه روند جریان کم با مساحت، نشان داد در حوضه‌های دارای دشت به دلیل مصارف بالادست با افزایش مساحت حوضه روند جریان حداقل دارای شیب منفی‌تر است درحالی‌که این موضوع در حوضه‌های فاقد دشت یا کوهستانی نتیجه عکس را نشان داد.

۳- مقادیر روند آزمون‌های آماری با طول آبراهه‌های اصلی از محل خروجی حوضه تا پایاب موردبررسی قرارگرفته شد. نتایج این مقایسه نشان داد که هرچقدر از محل خروجی حوضه فاصله گرفته می‌شود و به پایاب نزدیک شویم میزان خشک‌سالی بیشتر می‌شود.

۴- نتایج روند کاهشی و برداشت بی‌رویه از منابع آب‌های زیرزمینی بیانگر کم شدن جریان پایه و تبدیل رودخانه‌های دائمی به فصلی است.

با این روند کاهشی حق‌آبه زیست‌محیطی رودخانه‌ها کاهش‌یافته و اکوسیستم رودخانه رو به‌زوال خواهد بود. برای جلوگیری از روند کاهشی جریان کم پیشنهاد می‌شود، چاه‌های غیرمجاز مسدود و برداشت از بقیه چاه‌ها مدیریت شود و در بالادست عملیات آبخیزداری انجام و در دشت‌سرها نیز برنامه‌های تغذیه آبخوان انجام شود.

References

Arabi A., Sanaei Nejad H., Torabi Poudeh H. and Niknia N. (2015). Impact assessment of rainfall alterations on water yield Darungar River. J. Rainwater Catch. Sys., 3(8), 45-58 [In Persian].

Aseffa K. and Moges M. A. (2018). Low flow trends and frequency analysis in the Blue Nile Basin, Ethiopia. J. Water Resour. Protect., 10(2), 182-203

da Silva, R. M., Santos C., Moreira, M., Corte-Real J., Silva V. C. L. and Medeiros I. C. (2015). Rainfall and river flow trends using Mann–Kendall and Sen's slope estimator statistical tests in the Cobres River basin. Nat. Hazard., 77, 1205-1221.

Daniel W. W. (1990), Applied nonparametric statistics (2nd ed.), Boston: PWS-Kent, 635pp.

Ghermezcheshmeh B., Mehdipoor A. and Heidarizadeh M. (2010a). Low flow trends analysis from upstream to downstream of Kharkheh river for water resource management. 10th National Seminar on Irrigation and Evapotranspiration, Kermean, Iran 1-8 [In Persian].

Ghermezcheshmeh B., Nassaji Zavare M. and Rasooli A. (2010b). Investigating the annual flow trend with an approach to water resources management in arid areas. Water challenge scientific conference in Qom, 1, 1-8 [In Persian].

Gilbert R. O. (1987). Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, Wiley, NY, 336pp.

Habibnejad Roshan M., Ebrahimi M., Solaimani K. and Vafakhah M. (2010). Low flow analysis in arid and semi-arid areas of northeastern of Khorasan e Razavi Province. J. Watershed Manage. Res., 1(1), 44-58 [In Persian].

Helsel D. R. and Hirsch R. M. (1992). Statistical methods in water resources, Elsevier, Amsterdam, pp: 546.

Jahanbakhsh S., Sari Saraf B., Ghafoori A. M. and Rahimi S. (2016). Trend analysis of stream flow across Kharkheh watershed. J. Watershed Eng. Manage., 8(1), 55-67 [In Persian].

Kendall M. G. (1975). Rank correlation methods, 4th Ed., Charles Griffin, London, 202pp.

Khoshhal Dastjerdi J. and Ghavidel Rahimi Y. (2008). Application of the Man-Kendall nonparametric test in estimating temperature changes. J. Geographic Space, 8(22), 21-38 [In Persian].

Mann H. B. (1945). Non-parametric tests against trend. Econometr., 13, 163-171.

Mirabbasi Najafabadi R. and Dinpashoh Y. (2010). Trend Analysis of stream flow across the north west of Iran in recent three decades. J. Water Soil, 24(4), 757-768 [In Persian].

Mostafazadeh R., Esmaeili A. and Zabihi M. (2016). The trend of low flow changes in a part of Buchan Siminehrood and its environmental effects. 4th international congress of structure, architecture and urban development, Tehran, Iran, 1-9 [In Persian].

Naser A. and Bruen M (2016). Detection of trends in 7-days sustained low- flow time series of Irish rivers. Hydrol. Sci. J., v(62), 947-959

Nasri M. and Modarres R. (2016). Trend Analysis of low flow across Isfahan. Iran. J. Nat. Res., 70(1), 247-256 [In Persian].

Nassaji Zavareh M., Khorshiddoust A. M., Rasouli A. A. and Slajegheh A. (2014). Assessment of discharge trend of Kasilian watershed. Iran. J. Watershed Manage. Sci., 8(24), 1-9 [In Persian].

National Watershed Atlas (2015). National Institute for Watershed and Soil Conservation. Available at: http://www.areeo.ac.ir/_DouranPortal/Documents/AtlasAbkhiz_20161114_143045.pdf

Piniewski M., Marcinkowaski P. and Kundzewicz Z. W. (2018). Trend detection in river flow indices in Poland. J. Acta Geophys., 66, 347-360.

Salarijazi M., Akhoondali A. M. and Daneshkhah A. R. (2011). Trend testing and analysis of changes in the time series of Karun River flooding in Ahvaz station (non-parametric approach). 6th National Congress on Civil Engineering, Semnan, Iran, 1-8 [In Persian].

Sawaske Spencer R. and Freyberg D. L. (2014). An analysis of trends in base flow recession and low-flows in rain-dominated coastal streams of the pacific coast. J. Hydrol., 519A, 599-610.

Torabi H. and Dehghani R. (2015). Trend analysis of stream flow changing of Chamenjir watershed using non-parametric

tests. J. Echohydrol., 3(3), 415-425 [In Persian].

Torabi Podeh H. and Emamgholizadeh S (2016). Analysis of stream flow trend across Karkheh watershed and effect of autocorrelation coefficient on the trend of flow. Iran. Water Res.J., 1(16), 143-151 [In Persian].

Torabi Podeh H. and Emamgholizadeh S. (2015a). Trend Analysis of Stream flow changing of the rivers of Lorestan Province with MKTFPW. J. Appl. Res. Geogra. Sci., 35, 73-93 [In Persian].

Torabi Podeh H. and Emamgholizadeh S. (2015b). Trend analysis of stream flow changing of north watershed of Dez River with TFPW-MK procedure. J. Water Soil Conserv., 22(3), 39-55 [In Persian].

Zelenakova M., Purcz P., Solakova, T and Demetrova B. (2012). Analysis of trends of low flow in river stations in eastern Slovakia. Acta Univ. Agric. Silvic. Mendelianae Brun., 60(5), 265-273.

Investigation of Temporal Variations and Trend of Low Flow Analysis in Selected Alborz South Mountains Basins

Arash Kaveh[1], Bagher Ghermezcheshmeh[*2] and Saied Abbas Hosseini[3]

[1]M.Sc. Student, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2]Assist. Professor, Department of Hydrology and Water Resources Development, Soil Conservation and Watershed Management Institute, Tehran, Iran
[3]Assist. Professor, Department of Civil Engineering, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran

*Corresponding author: baghergh@gmail.com

Original Paper
Received: May12, 2020 **Revised:** June 14, 2020 **Accepted:** June 20, 2020

Abstract
In recent years, over using of water, climate and land use changing in different river basins, have had different impacts on the river flow, particularly low-flow. With respect to the extraction of the groundwater resources and its effect on event time and the length of this time, it is essential to study the low-flow in different stations. The purpose of this study was to investigate and determine the trend of spatio-temporal low-flow in selected hydrometric stations in Alborz south mountains basins. For this purpose, daily discharge data were collected for different hydrometeric stations within the study area and 39 stations were selected. Daily discharge of these stations were reconstructed with correlation method and outliers were eliminated. Then, the time series of 5, 7, 10, 15, 30, 60 days of stations were calculated. Basins were then clustered into two classes including plain and no plain. The trend of low flows was calculated using Mann Kendall, Teil-sen, and spearman tests. For each cluster, a regression relationship was established between the low flow trend and basin upstream area. Results showed that about 10 stations had no significant trend and other stations found have significant negative trend at 1, 5, 10% levels. Plain basins experienced lower negative low flow trends as the basin area increased, which could be attributed to the over extraction of groundwater resources, but in no plain basins direct correlation was obtained as area increased.

Keywords: Groundwater Resources; Low Flow; South Alborz Basins; Trend Tests.