مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران
دوره ۷۴، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰
ص ۲۲۱-۲۰۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۲۸
تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۲/۲۷

بررسی تغییرات مکانی و زمانی آبدهی فصلی و سالانهٔ حوزهٔ کرخه

❖ **مجتبی نساجی زواره*؛** استادیار مؤسسهٔ آموزش و ترویج کشاورزی، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

❖ **باقر قرمزچشمه؛** استادیار پژوهشکدهٔ حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

❖ **مسلم محمدپور؛** استادیار مرکز آموزش عالی امام خمینی (ره)، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

چکیده

تغییرات اقلیمی و کاربری اراضی می‌تواند باعث تغییر در روند آبدهی فصلی و سالانهٔ رودخانه شود. تغییرات آبدهی سالانه و فصلی رودخانه بایستی در مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب در حوزهٔ آبخیز مد نظر قرار گیرد. برای این منظور در این تحقیق حوضهٔ کرخه مورد بررسی قرار گرفت. در تحلیل روند آبدهی این حوزه، سری‌های زمانی روزانهٔ ۱۵ زیر حوزهٔ منتخب در دورهٔ زمانی ۴۸-۱۳۴۷ الی ۹۱-۱۳۹۰ استفاده گردید. پس از بازسازی سری‌های زمانی زیر حوزه‌های منتخب، ۵ شاخص آبدهی شامل دبی با احتمال ۵، ۹۵ و ۵۰ درصد (Q5,Q10,Q50,Q90,Q95) فصلی و سالانه برای مراحل بعدی پژوهش آماده شد. روند آبدهی فصلی و سالانه با استفاده از روش تایل-سن محاسبه و سپس درصد تغییرات آبدهی در دورهٔ زمانی ۴۸-۱۳۴۷ الی ۹۱-۱۳۹۰ برای زیر حوزه‌های منتخب تعیین و نقشهٔ آبدهی سالانه و فصلی برای هر شاخص تهیه شد. نتایج نشان داد که آبدهی فصلی و سالانه در اغلب زیر حوزه‌های منتخب، روند کاهشی و منفی داشت. زیر حوزه‌های منتخب جنوب شرق حوزه دارای روند کاهشی کمتری نسبت به دیگر زیر حوزه‌ها را دارا بود. دبی کم آبی (Q90,Q95) نسبت به دبی پرآبی (Q5,Q10) روند کاهشی شدیدتری را نشان داد. شاخص پرآبی فصل بهار در زیر حوضهٔ کاکارضا و آفرینه روند افزایشی داشتند. این دو زیر حوزه مستقل بوده و تحت تأثیر رواناب زیرحوزه‌های دیگر نمی باشد. افزایش روند شاخص پرآبی در این دو زیر حوزه را می توان به افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم و ذوب زود هنگام برف نسبت داد.

کلید واژگان: آنالیز آبدهی، شاخص آبدهی، روش تایل-سن، حوضهٔ کرخه.

* نویسنده مسئول: شماره تماس: ۹۸۹۱۲۹۳۳۹۷۷۶+
Email: nassaji.m.z@gmail.com

۱. مقدمه

اثر تغییر اقلیم بر منابع طبیعی و به ویژه منابع آب انکارناپذیر است. بنابراین به منظور برنامه‌ریزی وضعیت منابع آب در دوره‌های آتی شناخت تغییرات روند آبدهی سالانه ضروری است. شناسایی و آشکارسازی تغییرات اقلیمی و یافتن علل این تغییرات و بررسی تأثیرات این تغییرات بر کلیهٔ ابعاد محیطی از اقداماتی است که می‌تواند راهکارهایی را در جهت سازگاری و مقابله با آن‌ها ارائه بدهد. به‌طوری‌که مسئولین ارشد و برنامه‌ریزان منابع طبیعی بتوانند در چنین شرایطی بر مشکلات مدیریتی منابع طبیعی فائق آیند. در کشور ما مطالعات زیادی در زمینهٔ تغییرپذیری اقلیمی در سطح ملی، منطقه‌ای و محلی از اواخر دههٔ هفتاد آغاز شده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که روند دمای حداکثر و حداقل افزایشی است در حالی‌که این روند برای بارش کاهشی می‌باشد [۲۰]. اگرچه بررسی روند مقادیر میانگین بارش و دما موضوع حائز اهمیتی در تحقیقات مربوط به تغییراقلیم است؛ اما تحقیقات انجام شده بر روی بررسی روند مقادیر حدی دما و بارش اهمیت این دو متغیر را بر روند آبدهی رودخانه‌ها مشخص می‌نماید [۵].

براساس گزارش هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم تحت عنوان "گزارشات ارزیابی تغییرات اقلیم" افزایش جهانی دما بر اساس مشاهدات دمایی که از سطح خشکی‌ها و آب‌های مناطق مختلف جهان به دست آمده، تأیید شده است. اما الگوی نسبتاً مشخصی مانند دما در مورد بارش وجود ندارد. برای مثال اغلب قسمت‌های شمالی و جنوبی آمریکا، شمال و مرکز اروپا به طور معنی‌داری مرطوب‌تر و ساحل مدیترانه، آفریقای جنوبی و قسمت‌هایی از آسیا خشک‌تر شده‌اند. نوسانات بارش افزایش یافته و تمایل رفتار بارش بیشتر به بارش‌های سنگین‌تر بوده است. اما در مناطقی که بارش به طور معنی‌دار تغییر یافته دبی رودخانه‌ها نیز تغییر کرده است. بر اساس همین گزارش میانگین سالانهٔ جریان رودخانه‌ای در عرض‌های بالا و بخش‌هایی از نواحی گرم و مرطوب ۱۰ تا ۴۰ درصد افزایش داشته است، اما بخش‌هایی از نواحی خشک در عرض‌های متوسط کاهش ۱۰ تا ۲۰ درصدی این جریان را نشان می‌دهد. اگر چه بررسی روند دما و بارش در دنیا در چند دههٔ اخیر مطرح شده است؛ در حالی‌که عمر بررسی روند آبدهی بیش از یک دهه نیست، این بررسی‌ها در سال‌های اخیر به دلیل مطرح شدن موضوع تغییرات اقلیمی بیشتر نظر دانشمندان را به خود جلب کرده است [۱۰].

در تحلیل روند آبدهی رودخانه‌ها می‌توان از روش‌های مختلفی استفاده کرد. تمرکز اصلی تحقیقات در این زمینه بر روی واکنش دبی حوزه‌های آبخیز به تغییرات اقلیمی و تغییر پوشش گیاهی توسط انسان است [۲۱]. تعدادی از تحقیقات با استفاده از مدل‌ها هیدرولوژیکی و معادلات بیلان آبی و تعداد دیگری از مطالعات سهم تغییرپذیری اقلیم و فعالیت‌های انسان را روی تغییرات دبی رودخانه به صورت کمی بررسی نموده‌اند [۱۱،۱۲،۲۵]. اخیراً پژوهشگران برای بررسی اثرات تغییرپذیری و تغییر اقلیم، تحقیقاتی را با استفاده از روش‌های آماری در حوزه‌های آبخیز دست نخورده انجام داده‌اند [۴، ۸]. اما در هر صورت استفاده از روش‌های آماری برای تحلیل روند در این تحقیقات امری لازم و ضروی بوده است [۶]. بیشتر تحقیقات صورت گرفته بر روی روند آبدهی به بررسی متوسط آبدهی فصلی و سالانه پرداخته است [۱،۶، ۱۵]. در صورتی‌که تحقیقات اخیر پژوهشگران بر روی روند شاخص‌های مقادیر حدی آبدهی متمرکز می‌باشد [۸، ۱۸،۱۹]. بر این اساس اهداف اصلی تحقیق حاضر شناخت مقادیر متوسط و حدی جریان سالانه و فصلی در ایستگاه‌های منتخب، شناخت روند تغییرات این مقادیر در زیر حوزه‌ها منتخب و ارزیابی جدید از تغییرات روند رژیم هیدرولوژیکی فصلی با جزئیات زمانی و مکانی در نظر گرفته شده است.

در سال‌های نزدیک تحقیقات زیادی بر روی شناخت روند آبدهی رودخانه‌ها انجام شده است که در اینجا به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. در تحقیقی روند آبدهی ۴۸ رودخانهٔ سوئیس با رژیم مختل نشده جریان را برای سه دورهٔ زمانی مورد بررسی قرار دادند. افزایش آبدهی سالانه مربوط به افزایش رواناب در فصول زمستان، بهار و پاییز بود. اغلب تغییرات آبدهی در فصل زمستان به وقوع پیوسته بود. آبدهی زمستان در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه به خصوص برای آبدهی‌های ماکزیمم افزایش یافته است. اغلب روندها در جریان‌های حد بالایی فصل زمستان و حد پایینی و میانی فصل بهار و تابستان و پاییز معنی‌دار بود. این طور می توان تصور نمود که افزایش در رواناب زمستان در نتیجهٔ تبدیل برف به بارندگی باشد. نتایج اغلب اشاره بر این موضوع دارد که آبخیزهای کوهستانی بیشترین آسیب‌پذیری را از نظر تغییر اقلیم دارند و این به دلیل افزایش رواناب در پی تغییرات دمایی اعمال شده بر روی باران، برف و ذوب برف و یخ می‌باشد [۴].

در تحقیقی دیگر روند آبدهی ۵ حوزهٔ آبخیز در مینه-سوتا را برای هفت شاخص آبدهی تحلیل نمودند. تغییرات متوسط آبدهی سالانه با تغییرات بارش سالانه همبستگی داشت. بارش تنها دلیل تغییرات دبی در مینه‌سوتا محسوب نمی‌شد. تغییرات کاربری اراضی، شهرسازی یا زهکشی اراضی کشاورزی بر روی روند آبدهی تأثیرگذار است. آبدهی حداکثر در نتیجهٔ بارندگی در رودخانه‌های مینه‌سوتا، می‌سی‌سی‌پی و رد افزایش یافته است. افزایش آبدهی حداکثر تابستان با وقوع مکرر بارندگی سنگین همراه بوده است. جریان‌های حداقل در تعداد معنی‌داری از ایستگاه‌ها روند معنی‌داری داشته و بالاترین نرخ روند آن در ۲۰ سال گذشته بوده است [۱۸].

لی و همکاران اثرات تغییر کاربری اراضی و تغییرپذیری اقلیم بر هیدرولوژی را در حوضه کشاورزی در چین مورد بررسی قرار دادند. بدین منظور از مدل SWAT استفاده گردید. برای بررسی روند اقلیمی از آزمون من-کندال استفاده شد. به منظور ارزیابی اثرات تغییر کاربری اراضی و تغییرپذیری اقلیم بر روی آبدهی رودخانه از تغییر یک فاکتور با فرض ثابت بودن فاکتورهای دیگر استفاده گردید. اثرات تغییر کاربری اراضی و تغییرپذیری اقلیم باعث کاهش روان‌آب و ذخیرهٔ آب در خاک و تبخیر و تعرق شده بود. تغییر کاربری اراضی و تغییرپذیری اقلیم به ترتیب ۹/۶٪ تا ۹۵/۸٪ مقدار رواناب را کاهش داد [۱۱].

در تحقیقی روند آبدهی فصلی و سالانه را در شمال اروپا را بررسی نمودند. در تعدادی از حوزه‌های آبخیز تغییرات وجود نداشت اما الگوهای ناحیه‌ای مجزا برای دوره‌های زمانی مشاهده‌ای وجود داشت. در حوزه‌های آبخیز بزرگ آبدهی سالانه برای دوره‌های ۱۹۴۱-۲۰۰۵ و ۱۹۶۱-۲۰۰۰ افزایش یافته است. روند آبدهی سالانه و فصلی سیلاب‌ها و خشکسالی‌ها نتیجه‌ای از تغییرات در بارش و دما می‌باشد، اما نمی‌توان نتیجه گرفت که دما سیگنال مؤثرتر از بارش بر روی آبدهی است. برای مثال افزایش نسبی دبی در زمستان و بهار بزرگ‌تر از افزایش دبی سالانه می‌باشد. این موضوع نتیجهٔ اثرات دما بر زمان ذوب برف می‌باشد. همچنین تغییر در شروع سیل بهار (به‌جز برای ایسلند) در نتیجهٔ تغییرات در شروع ذوب برف است. علاوه براین روند خشکسالی‌های تابستانی شدیدی که در غرب و جنوب نروژ وجود دارد به وسیلهٔ افزایش تدریجی دما در تابستان توجیه می‌گردد [۲۴].

در مطالعه‌ای دیگر اثرات تغییرپذیری اقلیم و فعالیت-های انسان بر آبدهی رودخانه‌ای در شمال شرق چین را مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه داده‌های میانگین آبدهی سالانهٔ ۶ ایستگاه هیدرومتری مورد بررسی قرار گرفتند. در این تحقیق داده‌های بارش ۲۲ ایستگاه باران-سنجی و ۱۰ ایسگاه هواشناسی در داخل حوضه مورد استفاده قرار گرفت. به منظور بررسی روند آبدهی و تعیین نقاط تغییر از آزمون روند من-کندال استفاده شد. برای تحلیل و برآورد اثرات تغییر پذیری اقلیم روی آبدهی رودخانه، معادله بیلان آبی در حوزهٔ آبخیز مورد مطالعه به کار گرفته شد. نتایج نشان داد که در تمامی ایستگاه‌های

هیدرومتری روند آبدهی سالانه منفی می‌باشد. ۴۳ درصد کاهش آبدهی سالانه به دلیل تغییر پذیری اقلیمی و ۵۷ درصد آن به دلیل فعالیت‌های انسانی بوده است [۲۵].

در تحقیقی دیگر محققان مطالعات انجام گرفته در طی دهۀ اخیر بر روی ۱۷۷ سری زمانی روند جریان در رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌های آلپ را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. این مطالعه تجزیه و تحلیل چندین فاکتور از رژیم‌های هیدرولوژیکی آلپ، از جمله خشکسالی زمستانه و جریان‌های ناشی از ذوب برف در بهار را از نظر شدت و زمان وقوع پوشش می‌دهد. نتایج کلی حاکی از گرایش روندها به سمت خشکسالی‌های زمستانه با شدت کمتر و تغییرات مداوم در زمان جریان‌های ناشی از ذوب برف است. تغییرات در زمان جاری شدن جریان‌های ناشی از ذوب برف (شروع زود هنگام و افزایش مدت زمان ذوب برف) بیشتر بر رژیم‌های یخبندان و تحت کنترل برفاب تأثیر می گذارد. نهایتاً، رژیم‌های یخبندان نشان داد که حجم و دبی حداکثر ناشی از ذوب برف افزایش یافته است [۳].

محققان دیگری تغییرات مکانی و زمانی جریان سالانه را برای ۳۰۰۰ ایستگاه در ۴۰ کشور اروپایی مورد بررسی قرار دادند. برای آنالیز سری‌های زمانی از روش تایل سن استفاده گردید. نتایج نشان داد که روند آبدهی سالانه در مناطق مدیترانه کاهشی و در مناطق شمالی اروپا افزایشی بود. الگوهای جریان فصلی با تغییرات اقلیمی در مقیاس قاره‌ای تطابق داشت [۱۳].

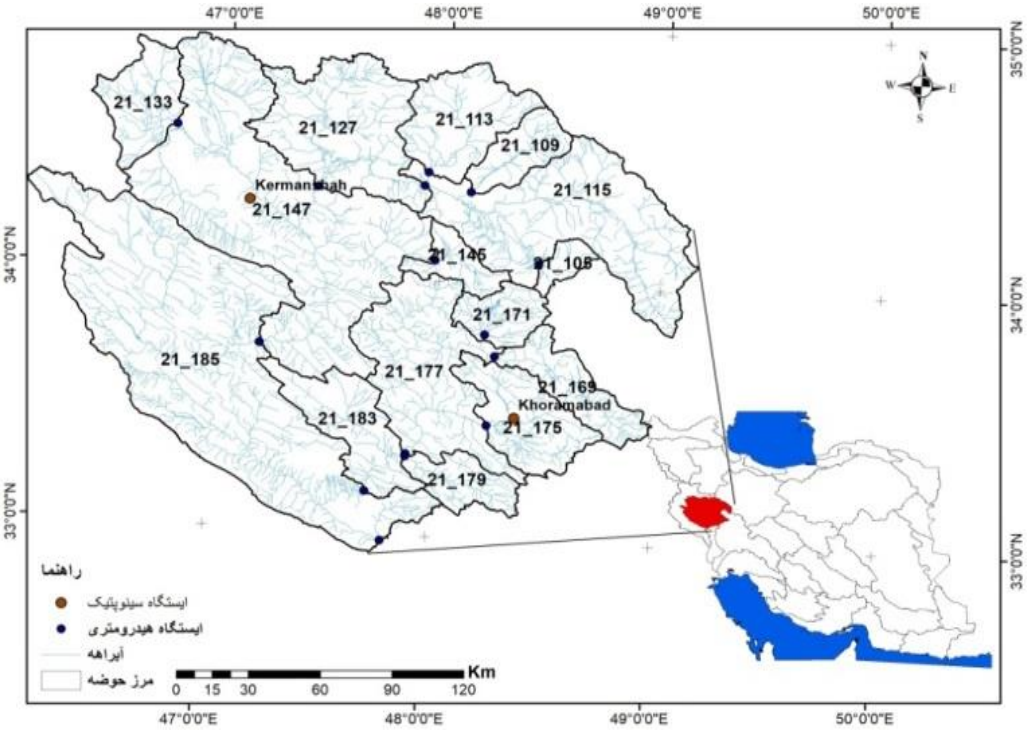
در مطالعه‌ای تغییرات ماهانه، فصلی و سالانۀ ۲۰ ایستگاه در منطقۀ بالادستی حوزۀ رودخانۀ سند در پاکستان را از روش من-کندال، اسپیرمن و روش جدید مورد بررسی قرار دادند. برای بررسی تغییرات آبدهی حدی، دبی کم آبی (کمتر از ۱۰ درصد) و دبی پرآبی (بیش از ۹۰ درصد) استخراج گردید. در مقیاس ماهانه برای روش من-کندال، اسپیرمن و روش جدید به ترتیب ۱۳۴، ۱۳۸ و ۱۵۹ سری زمانی روند معنی‌داری داشتند. در حالی‌که برای سری‌های زمانی فصلی و سالانه به ترتیب ۵۷، ۶۲ و ۷۵ سری زمانی معنی‌دار بود. دبی کم آبی در ۷ ایستگاه روند افزایشی و در ۳ ایستگاه روند کاهشی معنی‌داری را نشان داد در حالی‌که دبی پرآبی در ۴ ایستگاه روند کاهشی و معنی‌داری را داشت. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در آینده تغییرات دبی کم آبی بیشتر از دبی پرآبی خواهد بود [۲].

در داخل کشور نیز پژوهش‌های متنوعی در این زمینه انجام پذیرفته است که در اینجا به چند مورد اشاره می شود. در تحقیقی روند تغییرات آبدهی سه دهۀ رودخانه‌های شمال‌غرب کشور را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق روند آبدهی در سه مقیاس ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از روش من-کندال مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که جریان رودخانه‌های شمال‌غرب در مقیاس سالانه در تمامی ایستگاه‌ها روند نزولی دارد. در مقیاس فصلی شدیدترین روند متعلق به فصل بهار بود [۱۴]. در تحقیقی دیگر روند آبدهی رودخانۀ کسیلیان را بررسی نمودند. در این تحقیق روند ۸ شاخص آبدهی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. شاخص‌های پرآبی فصل زمستان روند مثبتی را نشان داد و بقیۀ شاخص‌ها در تمامی فصول سال دارای روند آبدهی منفی بود [۱۷]. همچنین روند تغییرات آبدهی رودخانه‌های شمال حوضه دز را با استفاده از روش من-کندال اصلاح شده مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که روند تغییرات آبدهی در بیش از ۷۰ درصد از ایستگاه‌ها نزولی بود. در مقیاس فصلی بیشترین و کمترین تغییرات منفی روند به ترتیب متعلق به فصل بهار و زمستان بود [۳۶]. همچنین در تحقیقی دیگر به منظور تعیین حجم آب قابل برداشت ماهانه از رودخانۀ زهره روند آبدهی را با استفاده از آزمون من-کندال و سن در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد در تمامی فصول روند کاهشی در میزان دبی رودخانه مشاهده گردید و شدیدترین شیب روند کاهشی متعلق به فصل بهار بود [۱۶].

۲. روش شناسی

۲.۱. معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه حوزهٔ آبخیز کرخه می‌باشد. از نظر موقعیت جغرافیایی بین طول‌های '۴۶ °۱۰ الی '۷°۴۹ و عرض‌های '۱۰ °۳۱ الی '۳۵°۰۰ محدود شده است. مساحت آن در محل احداث سد بر اساس مساحی انجام شده بر روی نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ برابر ۴۲۶۴۴ کیلومتر مربع تخمین زده می‌شود که بخش‌هایی از استان‌های خوزستان، لرستان، مرکزی، کرمانشاه، ایلام، همدان و کردستان را می‌پوشاند. این حوزه از شمال به حوضهٔ آبریز سفیدرود و مرکزی، از غرب به حوزه‌های آبریز مرزی، از شرق به حوزهٔ دز و از جنوب به باتلاق هورالعظیم منتهی می‌شود. در شکل (۱) موقعیت حوضهٔ کرخه نشان داده شده است.



شکل ۱. موقعیت حوزه آبخیزکرخه

۲.۲. روش تحقیق

۲،۲،۱. پایگاه داده‌ها

داده‌های مورد استفاده در این تحقیق، شامل آبدهی رودخانه‌های منتخب در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸ می‌باشند. در جدول (۱) نام، مشخصات جغرافیایی، کد ایستگاه و مساحت حوزهٔ آبخیز ایستگاه‌های آب‌سنجی کرخه که دارای آمار بلند مدت و نواقص آماری کمتری بوده، ارائه شده است. در رابطه با شیوهٔ استفاده از داده‌های اقلیمی و هیدرولوژی در مقیاس‌های سالانه، ماهانه و روزانه مطالعات گسترده‌ای انجام گرفته است. در تحقیقات صورت گرفته در دنیا نوع و دورهٔ زمانی داده‌ها اهداف تحقیق را برآورد می‌نماید. در این تحقیق سری‌های زمانی روزانهٔ آبدهی ایستگاه‌های منتخب آب‌سنجی به شکل خاصی مورد استفاده قرار گرفته است که موارد آن به شرح زیر می‌باشد.

۱- دورهٔ زمانی داده‌ها با توجه به پایهٔ زمانی مشترک

آماری ایستگاه‌های آب سنجی تعیین می‌گردد. با توجه به هدف این تحقیق نیاز به پایهٔ زمانی مشترک طولانی مدت می‌باشد. بدین منظور سری‌های زمانی روزانه از اول مهرماه ۱۳۴۸ تا ۳۱ شهریور ۱۳۹۱ استفاده گردید.

۲- با توجه به نیاز استفاده از داده‌های پیوسته در این تحقیق ایستگاه‌های دارای آمار گمشده بازسازی شد.

۳- برای ارزیابی دقیق روند آبدهی سالانه و فصلی در حوزه‌های آبخیز منتخب نیاز به تحلیل شاخص‌های دیگر آبدهی به جز میانگین بود. بدین منظور از سری‌ها زمانی روزانه این ایستگاه‌ها در دورهٔ زمانی۹۱-۱۳۴۸ به عنوان داده‌های پایه استفاده شد.

۴- مقادیر حدی آبدهی فصلی و سالانه (Qn)، شامل Q5، Q10، Q90 و Q95 مقادیری هستند که آبدهی در n درصد از مواقع سال یا فصل بیشتر از این مقدار باشد.

۵- به جز سرهای زمانی میانگین، شاخص‌های حدی آبدهی فصلی و سالانه شامل Q5، Q10، Q90 و Q95 برای حوزه‌های آبخیز منتخب استخراج گردید.

۲,۲,۲. بازسازی نواقص آماری

پس از محاسبهٔ سری‌های آبدهی فصلی به ترتیب با استفاده از میانگین‌گیری بر روی سری‌های آبدهی دی تا اسفند، فروردین تا خرداد، تیر تا شهریور، مهر تا آذر به عنوان زمستان، بهار، تابستان و پاییز؛ سری آبدهی سالانه از میانگین‌گیری سری‌های فروردین تا اسفند محاسبه شد. مقادیر مفقود به شرط محدود بودن با استفاده از رگرسیون (برازش) خطی معنی‌دار بین سری‌های ایستگاه‌های مجاور، برآورد گردیدند.

جدول ۱. مشخصات ایستگاه‌های مورد استفاده در حوضهٔ کرخه

ردیف	نام ایستگاه	نام رودخانهٔ اصلی ایستگاه	کد ایستگاه در سازمان آب	مساحت به کیلومتر مربع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱	سنگ سوراخ (غرب)	گاماسیاب	۲۱-۱۰۵	۳۱۷	۲۳°۳۴′۰۰″	۲۳°۴۸′۰۰″
۲	فیروزآباد	تویسرکان	۲۱-۱۰۹	۸۶۹	۲۱°۳۴′۰۰″	۰۷°۴۸′۰۰″
۳	اران غربی	خرم‌رود	۲۱-۱۱۳	۲۲۹۸	۲۵°۳۴′۰۰″	۵۵°۴۷′۰۰″
۴	دوآب	گاماسیاب	۲۱-۱۱۵	۸۰۲۶	۲۲°۳۴′۰۰″	۵۴°۴۷′۰۰″
۵	پل‌چهر	گاماسیاب	۲۱-۱۲۷	۱۰۲۰۸	۱۹°۳۴′۵۹″	۲۵°۴۷′۵۹″
۶	دوآب مرک	قره‌سو	۲۱-۱۳۳	۱۲۹۴	۳۳°۳۴′۰۰″	۴۶°۴۶′۵۹″
۷	نورآباد غرب	بدآور	۲۱-۱۴۵	۶۲۱	۰۴°۳۴′۵۹″	۵۸°۴۷′۰۰″
۸	هلیلان	سیمره	۲۱-۱۴۷	۱۹۹۷۷	۴۲°۳۳′۳۱″	۱۵°۴۷′۰۸″
۹	کاکارضا	هررود	۲۱-۱۶۹	۱۱۳۰	۴۳°۳۳′۰۰″	۱۶°۴۸′۰۰″
۱۰	سراب سیدعلی	دوآب	۲۱-۱۷۱	۷۸۶	۴۸°۳۳′۰۰″	۱۳°۴۸′۰۰″
۱۱	چم‌انجیر	خرم‌آباد	۲۱-۱۷۵	۱۶۳۰	۲۷°۳۳′۰۰″	۱۳°۴۸′۵۹″
۱۲	آفرینه (کشکان)	کشکان	۲۱-۱۷۷	۶۸۴۲	۱۹°۳۳′۵۹″	۵۴°۴۷′۰۰″
۱۳	آفرینه (چالول)	چاهلول	۲۱-۱۷۹	۸۰۸	۱۸°۳۳′۰۰″	۵۲°۴۷′۵۹″
۱۴	پل‌دختر	کشکان	۲۱-۱۸۳	۹۲۶۷	۱۰°۳۳′۰۰″	۴۳°۴۷′۰۰″
۱۵	جلوگیر	کشکان	۲۱-۱۸۵	۳۸۴۹۳	۵۸°۳۲′۰۰″	۴۸°۴۷′۰۰″

۲,۲,۳. کنترل کیفیت داده‌ها

به دلیل اینکه سری‌های زمانی طولانی مدت اقلیمی از

مسیر برداشت در ایستگاه‌های آب سنجی تا دریافت آن توسط محققان تحت تأثیر فرآیندهای مختلف قرار می‌گیرد، در ابتدا لازم است داده‌ها کنترل کیفیت گردند. برای اطمینان کامل از صحت آمار ضمن رسم نمودار سالانه و فصلی ایستگاه‌های مجاور در یک دستگاه محور مختصات صحت داده‌ها کنترل اولیه گردید. همچنین مقادیر داده‌های پرت نیز بررسی شدند. مقادیر پرت مقادیری هستند که از یک مقدار آستانه برای هر سری زمانی بزرگتر هستند [۷]. که توسط معادله زیر تعریف می‌گردند:

$$p_{out} = q_{0.75} + 3IQR$$ معادلهٔ (۱)

که در آن Pout دادهٔ پرت، q0.75 چارک سوم و IQR دامنهٔ میان چارک است.

۲,۲,۴. روش تایل-سن

در یک دورهٔ زمانی برای برآورد شیب واقعی خط روند روش غیرفراسنجی تیل که در سال ۱۹۵۰ ارائه و در سال۱۹۶۸ توسط سن گسترش داده شد می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد [۲۲]. 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 [۹]. شیب روند (β) با استفاده از این روش قوی‌تر از روش رگرسیون خطی می‌باشد. شیب روند (β) توسط معادلهٔ (۲) محاسبه می‌گردد.

$$\beta = \text{Median}\left[\frac{x_j - x_i}{j-i}\right]$$ معادلهٔ (۲)

For all i<j; x_i, x_j

در صورتی‌که i= 1,2,...N باشد برای مقادیر n در سری زمانی x، N= n(n-1)/2 از مقادیر β خواهیم داشت. مقادیر مثبت (منفی) β نشان دهندهٔ روند افزایشی (کاهشی) در دوره می‌باشد.

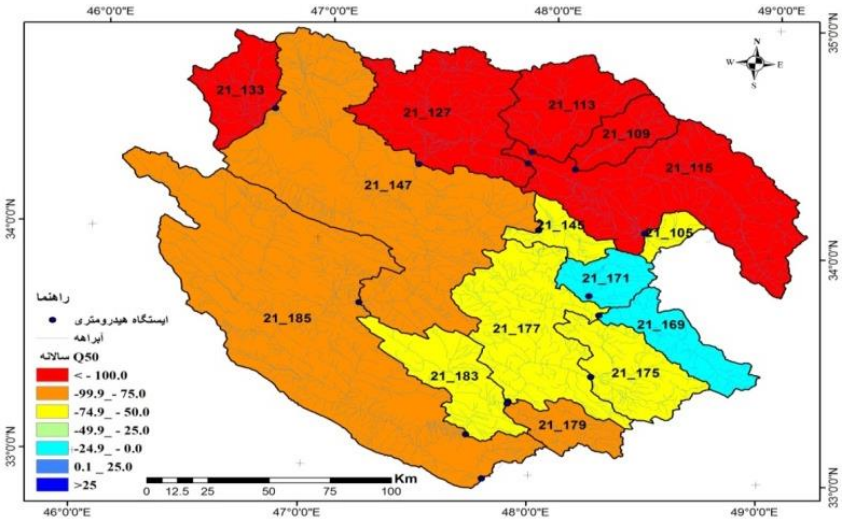
۳. نتایج

همان‌طور که مشخص شد ارزیابی روند آبدهی به عنوان متغیری که تحت تأثیر عوامل دیگری غیر از متغیرهای آب و هوایی قرار می‌گیرد نمی‌تواند نظیر دما و بارش باشد. تحلیل روند آبدهی با استفاده از سری‌های زمانی ماهانه و روزانه و روش‌های شرح داده شده در روش تحقیق و برای دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸ صورت پذیرفت.

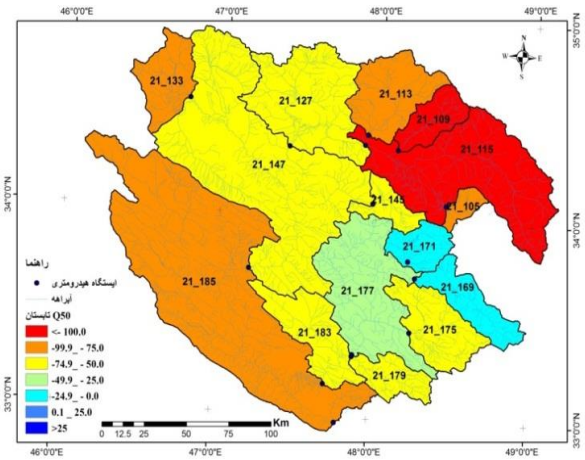
۳.۱. روند متوسط آبدهی سالانه و فصلی (Q50)

پس از انتخاب ۱۵ زیر حوضهٔ منتخب در حوزهٔ آبخیز کرخه در پایهٔ زمانی مشترک، روند آبدهی متوسط سالانه و فصلی از روش تایل-سن محاسبه گردید. برای مقایسهٔ روند آبدهی این رودخانه‌ها با یکدیگر درصد تغییرات روند برای هر ایستگاه محاسبه شد. اشکال ۲ و ۳، درصد تغییرات آبدهی متوسط سالانه و فصلی رودخانه‌های منتخب در این حوزه را نشان می‌دهد. بر اساس این نقشه‌ها در تمامی زیر حوضه‌های منتخب روند کاهشی آبدهی مشاهده شد. تنها در زیر حوضه کاکارضا مقدار آبدهی فصل بهار روند افزایشی داشته است. این حوضه از نظر توپوگرافی یک حوضهٔ کوهستانی و بارش آن بیشتر به صورت برف بوده و در جنوب شرق کرخه قرار دارد. بنابراین محتمل است که افزایش آبدهی متوسط این زیر حوزه ناشی از ذوب زود هنگام برف به دلیل تغییرات اقلیمی (گرمایش جهانی هوا) باشد [۲۰]. این نتیجه با نتایج [۴، ۲۰ و ۲۴] مطابقت دارد. مقایسهٔ آبدهی متوسط در فصول مختلف نشان داد که فصول پائیز و زمستان روند کاهشی بیشتری را نسبت به فصل بهار و تابستان داشته است. به نظر می‌رسد که این روند کاهشی مربوط به عوامل انسانی و عوامل اقلیمی ناشی از کاهش مقدار و الگوی بارش در این منطقه باشد. نتایج مطالعه‌ای نشان می‌دهدکه مقدار بارش و تعداد روزهای بارانی در این مناطق روند کاهشی داشته است. روند آبدهی متوسط زیرحوزه‌های منتخب جنوب‌شرق کرخه شامل زیر-حوزه‌های کاکارضا، چم انجیر، سراب سیدعلی، چالول، سنگ سوراخ، کشکان، نورآباد غرب و پل دختر کاهش

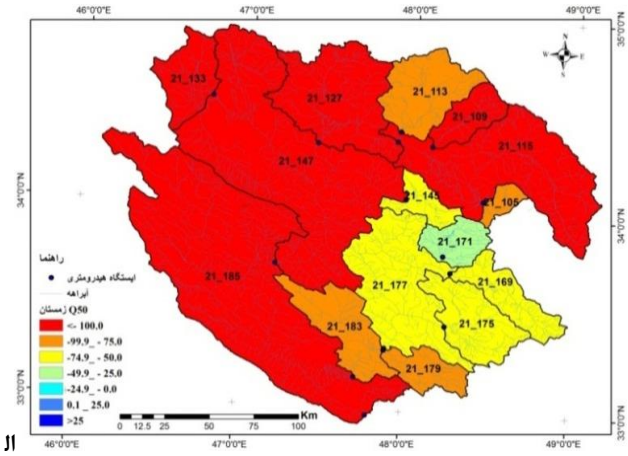
کمتری را نسبت به دیگر زیرحوزه‌های منتخب داشت. وضعیت کاربری اراضی زیرحوزه‌های فوق اغلب جنگلی و کوهستانی بوده و زراعت کمتری در آن‌ها نسبت به دیگر حوزه‌ها وجود دارد. همچنین مقدار بارش این زیرحوزه‌ها بیشتر بوده و به دلیل توسعهٔ کمتر اراضی زراعی آبی، برداشت از منابع آبی کمتر بوده و بنابراین روند آبدهی شیب کم‌تری را نسبت به بخش‌های دیگر حوزهٔ کرخه دارد.



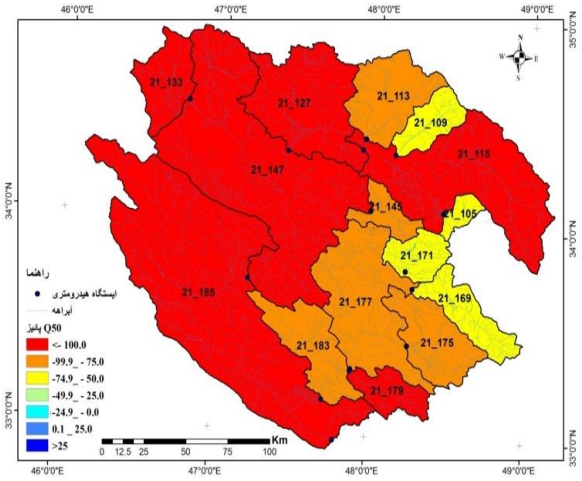
شکل ۲. درصد تغییرات آبدهی متوسط سالانه در ایستگاه‌های منتخب حوزهٔ کرخه در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸



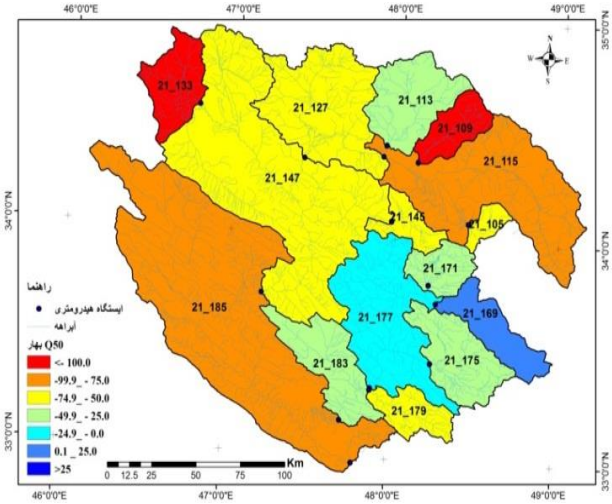
ب) تابستان



ف) زمستان



ج) بهار

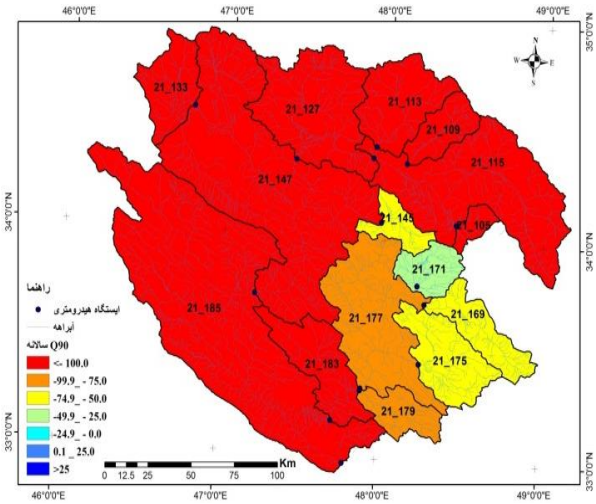


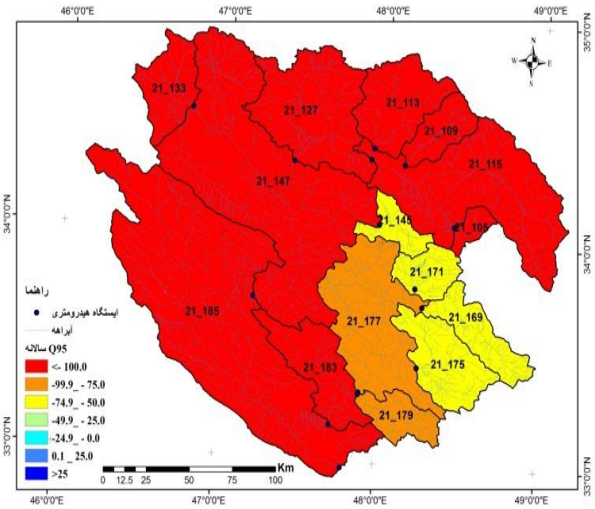
د) پائیز

شکل۳. درصد تغییرات آبدهی متوسط در ایستگاه‌های منتخب حوزهٔ آبخیز کرخه در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸

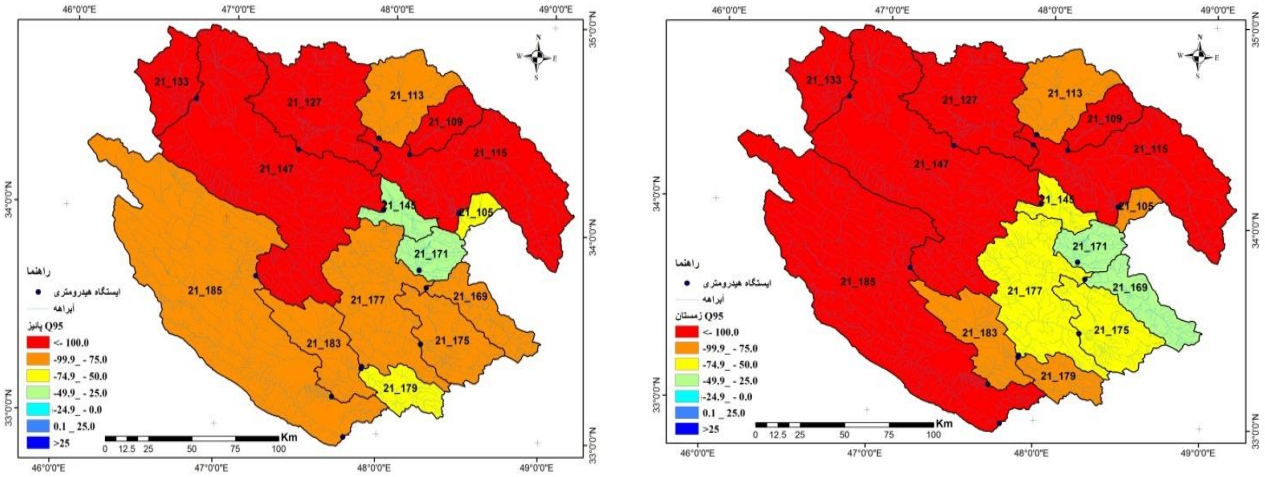
۳.۲. روند مقادیر کم آبی سالانه و فصلی (Q95 و Q90)

به منظور بررسی روند تغییرات دبی کم‌آبی، شاخص‌های حدی Q95 و Q90 سالانه و فصلی برای ایستگاه‌های منتخب استخراج گردید. روند این شاخص‌ها برای زیر حوزه‌های مختلف محاسبه گردید. به دلیل اینکه امکان ارائهٔ تمامی نقشه‌ها در این مقاله نمی‌باشد و نقشه-های روند آبدهی Q95 و Q90 مشابه می‌باشد تنها روند آبدهی Q95 در این مقاله آمده است. درصد تغییرات آبدهی Q95 برای این ایستگاه‌ها در زیر حوزه‌های منتخب کرخه در اشکال (۴) الی (۶) ارائه شده است. روند آبدهی Q95 و Q90 سالانه در تمامی زیر حوزه‌ها منفی بود. همچنین مقایسهٔ بین Q95 و Q90 نیز روند تغییرات مشابهی را نشان می‌دهد. مقایسهٔ روند آبدهی Q95 و Q90 فصلی در تمامی زیر حوزه‌های منتخب دارای روند منفی و تقریباً مشابه می‌باشد. زیر حوزه‌های سرآب سیدعلی، کاکارضا، چم انجیر، چالول و پل دختر که در جنوب‌شرق منطقهٔ مورد مطالعه قرار دارد نسبت به زیر حوزه‌های دیگر دارای روند کاهشی کمتری داشت.

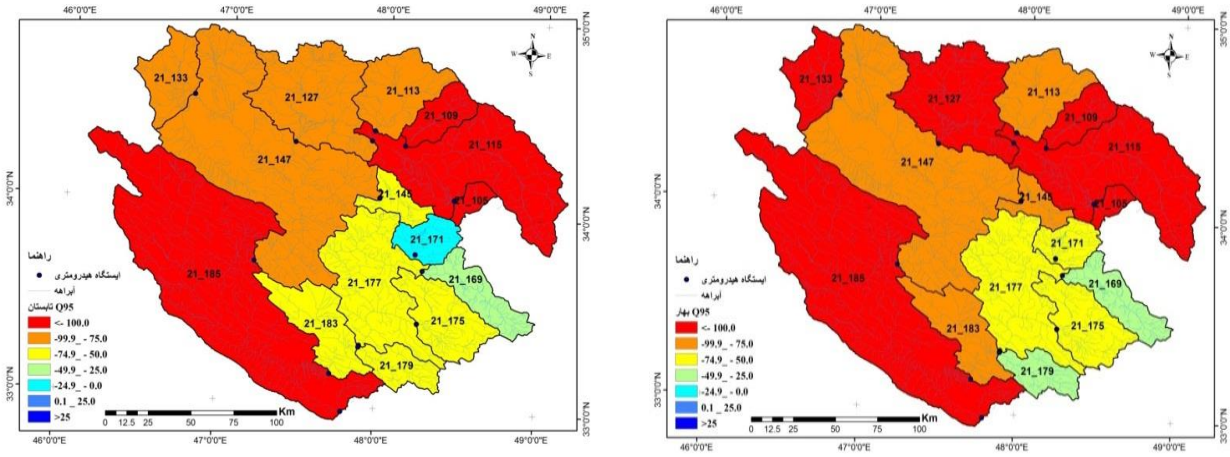




شکل ۴. درصد تغییرات Q۹۵ و Q۹۰ سالانه در ایستگاه‌های منتخب حوزهٔ آبخیزکرخه در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸



شکل ۵. درصد تغییرات Q۹۵ پائیز و زمستان در ایستگاه‌های منتخب حوزهٔ آبخیزکرخه در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸



شکل ۶. درصد تغییرات Q۹۵ بهار و تابستان در ایستگاه‌های منتخب حوزهٔ آبخیز کرخه در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸

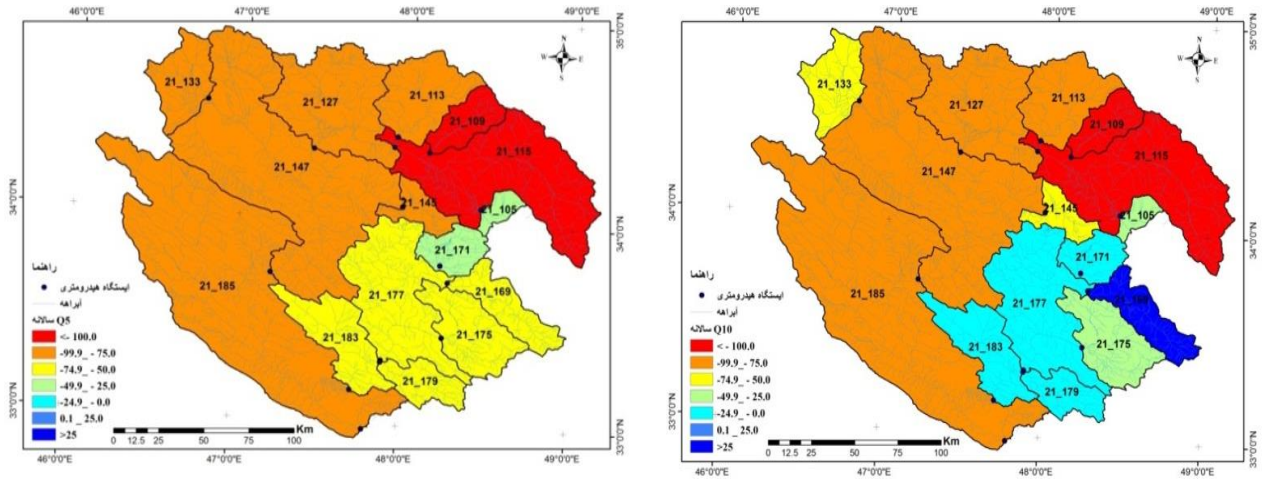
این زیرحوزه‌ها مناطق کوهستانی بوده که کمتر تحت تأثیر عوامل انسانی قرار گرفته است. مقایسهٔ بین دبی کم آبی و پرآبی سالانه و فصلی نشان می‌دهد که روند کاهشی در دبی کم آبی بیشتر از دبی پرآبی بوده است. این نتیجه حاکی از تغییرپذیری بیشتر دبی کم‌آبی رودخانه بوده که با نتایج تحقیق [۲۰] مشابه است. روند کاهشی منابع آب دائمی رودخانه‌های منتخب می‌تواند اثرات مخرب محیط زیستی را در پی داشته باشد.

۳،۳. روند مقادیر پرآبی سالانه و فصلی (Q5 و Q10)

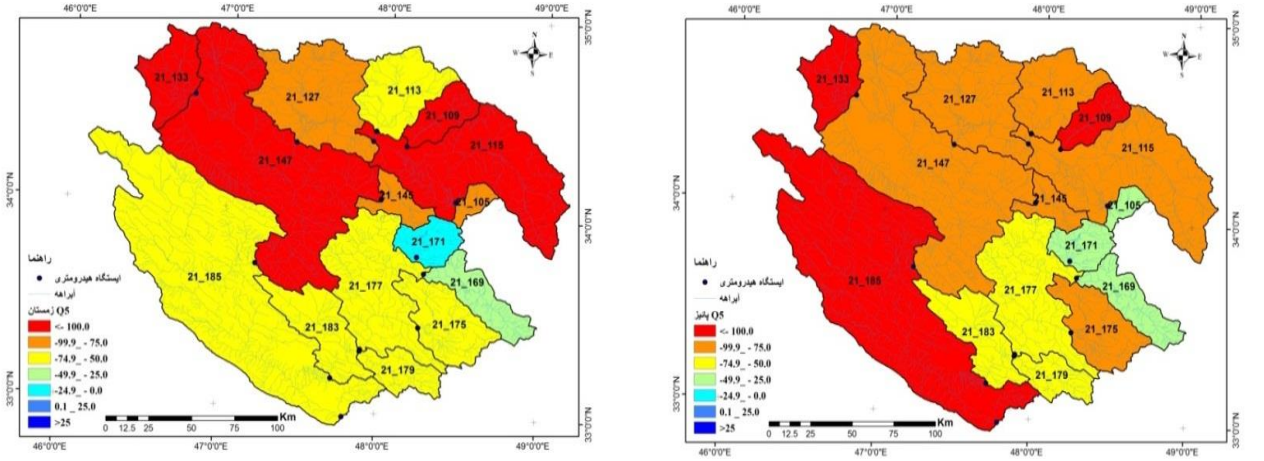
به منظور بررسی روند تغییرات دبی پرآبی زیرحوزه‌های منتخب کرخه، شاخص‌های حدی Q5 و Q10 سالانه و فصلی استخراج گردید. روند این شاخص‌ها با استفاده از روش تایل-سن محاسبه و سپس درصد تغییرات آبدهی محاسبه و نتایج برای ایستگاه‌های منتخب تعیین گردید. با توجه به تشابه نقشه‌های Q5 وQ10 تنها نقشه‌های Q5 در این بخش آمده است.

مقایسهٔ بین شاخص‌های حدی Q5 وQ10 سالانه نمایانگر روند کاهشی بیشتر شاخص Q5 نسبت به Q10 می‌باشد. به جز زیر حوزهٔ کاکارضا که شاخص Q10 دارای روند مثبت است در بقیه زیر حوزه‌ها این دو شاخص روند

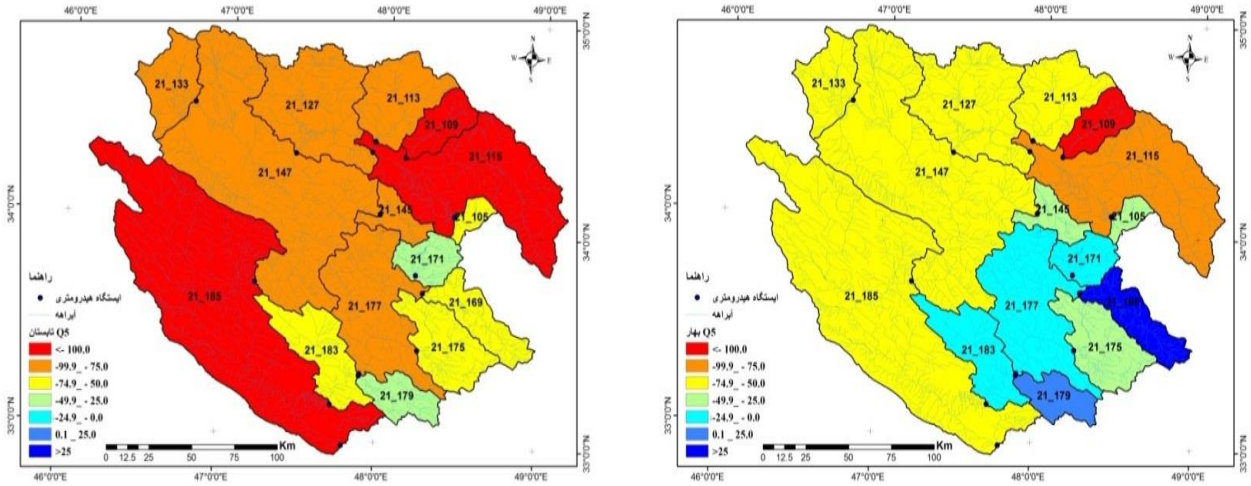
منفی دارد. تغییرات روند آبدهی این دو شاخص برای فصول پائیز، زمستان و تابستان در تمامی زیرحوزه‌های منتخب منفی است. بنابراین در این فصول دبی‌های سیلابی کاهش یافته است. مقایسهٔ شاخص‌های پرآبی فصول زمستان و پائیز نشان می‌دهد که روند کاهشی دبی در فصل پائیز شدیدتر است. اما یکی از موضوعات متفاوت در بررسی روند آبدهی فصلی متفاوت بودن فصل بهار نسبت به فصول دیگر می‌باشد. در این فصل روند شاخص Q5 برای زیر حوزه‌های کاکارضا و چالول مثبت بود. در حالی‌که برای شاخص Q10 فقط زیر حوزهٔ کاکارضا روند مثبت داشت. مقایسهٔ بین این دو شاخص نشان می‌دهد که شاخص Q5 نسبت به شاخص Q10روند مثبت‌تری دارد. شاید بتوان نتیجه گرفت که افزایش روند دبی پرآبی به دلیل تغییرات مکانی و زمانی بارش‌های رگباری و ذوب زود هنگام برف به دلیل گرمایش ناشی از تغییر اقلیم بوده و برای اظهار نظر قطعی‌تر نیاز به بررسی همزمان تغییرات روند دما، بارش این فصل می‌باشد. به طور کلی می‌توان گفت شاخص آبدهی Q5 در تمامی فصول سال روند کاهشی کمتری نسبت به شاخص Q10 دارد. که این موضوع نشان‌دهندهٔ افزایش سیلاب‌های شدیدتر است. این موضوع را می توان به تغییر رفتار حوضه ناشی از تغییر الگوی بارش‌ها و حدی شدن آن نسبت داد. این نتیجه با یافته‌های [۲۰] مطابقت دارد.



شکل ۷. درصد تغییرات Q5 و Q10 سالانه در ایستگاه‌های منتخب حوزهٔ آبخیزکرخه در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸



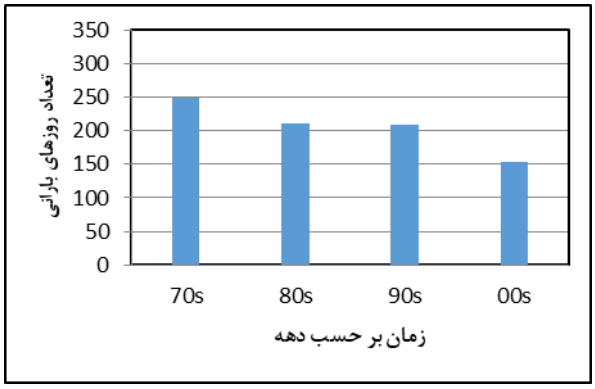
شکل ۸. درصد تغییرات Q5 پائیز و زمستان در ایستگاه‌های منتخب حوزهٔ آبخیز کرخه در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸



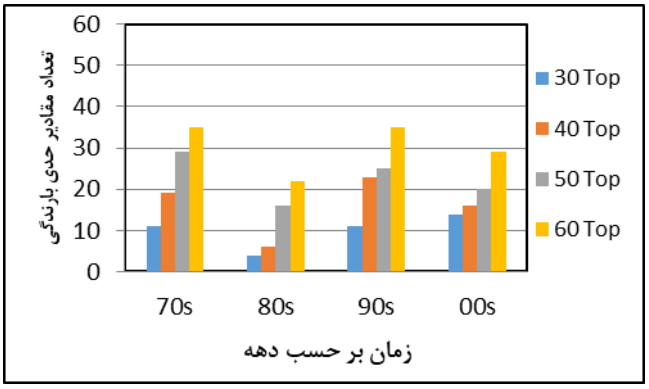
شکل ۹. درصد تغییرات Q5 بهار و تابستان در ایستگاه‌های منتخب حوزهٔ آبخیز کرخه در دورهٔ زمانی ۹۱-۱۳۴۸

۳.۴. بررسی همزمانی بارش، دما و آبدهی

به منظور بررسی اثرات تغییرات بارش و دما بر روی آبدهی، نقشه‌های آبدهی متوسط و حدی سالانه و فصلی بررسی گردید. با توجه به شکل (۹)، در زیرحوزه‌های جنوب‌شرق شاخص‌های آبدهی Q5 و Q10 بهار دارای روند افزایشی بود. این افزایش در زیرحوزهٔ کاکارضا دارای بیشترین مقدار است. این زیر حوزه کوهستانی با ارتفاع متوسط ۲۰۲۳ متر، شیب متوسط ۲۴ درصد، دارای چشمه‌های کارستی و کمتر تحت تأثیر عوامل انسانی قرار گرفته است.



الف) تعداد روزهای بارانی



ب) مقادیر حدی بارش

شکل ۱۰. تغییرات روزهای بارانی و مقادیر حدی بارش در ۴ دههٔ گذشته در ایستگاه خرم‌آباد

به منظور تحلیل متغیرهای اقلیمی دما و بارش در این زیرحوزه، روند تغییرات دما و بارش سالانه و فصلی ایستگاه سینوپتیک خرم آباد مورد بررسی قرار گرفت. همچنین تعداد روزهای بارانی (بارش بیش از ۱ میلی‌متر) و ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ تا از بیشترین مقادیر حدی بارش در هر دهه استخراج گردید (شکل۱۰). نتایج بررسی دمای کمینه و بیشینهٔ فصل بهار نشان می‌دهد که روند افزایشی ۰/۵۷ و ۰/۱۲ درجهٔ سانتیگراد در هر دهه برای این منطقه اتفاق افتاده است. در حالی‌که بارش فصل بهار در هر دهه کاهش ۹/۳- میلی‌متر را داشته است. همچنین مطابق شکل ۱۰، ۳۰ و ۴۰ بارش حداکثر در فصل بهار دارای روند افزایشی و مقادیر حدی این دو شاخص به

ترتیب بارندگی‌های بیشتر از ۲۶ و ۲۲ میلی متر در روز بوده که توانایی ایجاد رواناب بالایی را دارد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که اگر چه مقدار بارش بهار دارای روند کاهشی می‌باشد اما تعداد وقوع بارش‌های سنگین بهار در این منطقه افزایش داشته که بر روی افزایش روند آبدهی Q5 و Q10 بهار مؤثر بوده است. افزایش دمای کمینه ۲/۲۸ درجهٔ سانتی‌گراد در ۴۰ سال گذشته و همچنین افزایش تعداد وقوع بارش‌های روزانه فصل بهار (بیش از ۲۲ و ۲۶ میلی متر) در ۴ دههٔ مورد مطالعه، این موضوع را محتمل‌تر می‌نماید که افزایش دمای کمینه (به دلیل تأثیر بر ذوب زود هنگام برف) و همچنین وقوع بیشتر بارش‌های حدی، سبب افزایشی شاخص پرآبی (Q5 و Q10) فصل بهار در این زیرحوزه گردیده است.

۴. بحث و نتیجه گیری

روند تغییرات آبدهی منعکس کنندهٔ تغییرات عوامل زمینی (دخالت‌های انسانی) و تغییرپذیری اقلیمی است. تغییرات اقلیمی می‌تواند الگوهای آبدهی فصلی و سالانه را تحت تأثیر قرار دهد. اگرچه مطالعات صورت گرفته بیشتر بر روی روند آبدهی متوسط متمرکز بود اما این تحقیق تغییرات فصلی و سالانه شاخص‌های کم آبی، متوسط و پرآبی را مورد مطالعه قرار داده است. نتایج این تحقیق تغییرپذیری رژیم فصلی و سالانأ زیر حوزه‌های منتخب حوزأ کرخه را تحلیل نموده است.

این تحقیق تغییرات روند سری‌های زمانی آبدهی سالانه و فصلی تمامی زیر حوزه‌های منتخب کرخه را نشان می‌دهد. در اکثر زیرحوزه‌های منتخب روند آبدهی برای شاخص‌های پرآبی (Q5 و Q10)، متوسط (Q50) و کم‌آبی (Q95 و Q90) کاهشی بود. لکن زیرحوزه‌های واقع در جنوب‌شرق منطقهٔ مورد مطالعه روند کاهشی کمتری نسبت به بقیهٔ زیرحوزه‌ها داشتند.

مقایسهٔ بین روند شاخص‌های پرآبی و کم‌آبی بیانگر این موضوع بود که در کلیهٔ زیرحوزه‌های منتخب روند کاهشی بیشتری در شاخص کم‌آبی نسبت به پرآبی مشاهده گردید. مقایسهٔ بین شاخص‌های آبدهی متوسط، پرآبی و کم آبی فصل بهار در ایستگاه کاکارضا نشان می‌دهد که آبدهی متوسط و پرآبی در این فصل بیش از ۲۵ درصد افزایش داشته در صورتی‌که شاخص کم‌آبی این ایستگاه روند کاهشی داشته است. این زیرحوزه کوهستانی با ارتفاع متوسط ۲۰۲۳ متر، شیب متوسط ۲۴ درصد، دارای چشمه‌های کارستی و کمتر تحت تأثیر عوامل انسانی قرار گرفته است. که نشان دهندهٔ افزایش فراوانی جریان حد بالا در فصل بهار در این زیرحوزه می‌باشد.

روند شاخص پرآبی فصل بهار حوزه‌های آبخیز کاکارضا و چالول افزایشی بود. این دو زیرحوزه مستقل بوده و تحت تأثیر رواناب زیرحوزه‌های دیگر نمی‌باشد. برای این منظور تغییرات هم‌زمان روند بارش و دمای ایستگاه خرم‌آباد و دبی پرآبی (Q5) حوزهٔ کاکارضا مقایسه گردید. روند دمای کمینه و بیشینه این ایستگاه به ترتیب روند ۰/۵۷ و ۰/۱۲ در دهه را برای این ایستگاه نشان داد که بر روی تغییر زمان ذوب برف در این منطقه مؤثر بوده است. از طرف دیگر بررسی تغییرات بارش فصل بهار نشان دهندهٔ کاهش روند مقدار بارش و افزایش بارش‌های حدی فصلی بهار است. افزایش شاخص پرآبی در این دو زیر حوزه را می‌توان به افزایش دمای ناشی از تغییر اقلیم و ذوب زود هنگام برف و افزایش وقوع مقادیر حدی بارش در سال‌های اخیر نسبت داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت در شرایطی که تغییرات اقلیمی باعث افزایش دما و تغییر الگوی بارش گردیده مقایسهٔ هم‌زمان روند بارش، دما و دبی فصلی تحلیل‌های دقیق‌تری را در بررسی مقادیر حدی آبدهی را نشان می‌دهد.

روند شاخص‌های کم‌آبی در تمامی زیرحوزه‌ها منفی بود. اما در تعدادی از زیرحوزه‌های منتخب در جنوب‌شرق حوضهٔ کرخه روند منفی کمتری مشاهده گردید. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آب پایهٔ زیرحوزه‌های غیر مستقل و کم ارتفاع منفی‌تر از زیرحوزه‌های دیگر است.

این موضوع را می‌توان بـه تغییـرات اقلیمـی و برداشـت از منابع آب زیرزمینی مربوط دانست.

از دیدگاه منابع آب روند افزایشی شاخص پرآبی بـرای تعدادی از حوزه‌های منتخب در فصل بهـار نشـان دهنـدهٔ افزایش تعداد دبـی‌هـای سـیلابی اسـت. ایـن افـزایش در حوزه‌های کوهستانی در منطقهٔ جنوب‌شـرق حـوزهٔ مـورد مطالعه مشـاهده گردیـد. بنـابراین در زیرحـوزه‌هـایی کـه شاهد افزایش شاخص پرآبی هستیم فرصت‌هـای مناسـبی برای مهار سیلاب و فعالیت‌های آبخیـزداری بـرای تغذیـهٔ منابع آب زیرزمینی ایجاد گردیده است. اما روند کاهشـی شاخص کم‌آبی در تمامی زیرحوزه‌های منتخب بـا شـدت بیشتری نسبت به شاخص پرآبی مشاهده گردید. کـه ایـن موضوع می‌تواند پیامدهای اکولوژیکی را برای حوزه در پی داشـته باشـد. بنـابراین لازم اسـت آبخیزنشـینان از ایـن موضوع آگاه گردند و مدیران برای تغییـر الگـوی کشـت و سطح زیـر کشـت بـا هـدف اسـتفادهٔ پایـدار از منـابع آب برنامه‌ریزی نمایند. همچنـین افـزایش دمـا و بـه تبـع آن افزایش تبخیـر و تعـرق نیـز مـی‌توانـد عامـل مـؤثری در افـزایش اسـتفاده از منـابع آب و در نتیجـه کـاهش رونـد آبدهی محسوب گردد که این موضـوع مسـتلزم مطالعـه و تحقیقات دیگری است.

References

[1] Abdul Aziz, O. and Burn, D. (2006). Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River Basin. Journal of Hydrology. 319: 282-294.

[2] Ashraf, M.S., Ahmad, I., Khan, N.M., Zhang, F., Bilal, A., Guo, J. (2021).Streamflow variations in monthly, seasonal, annual and extreme values using Mann-Kendall, Spearmen's Rho and Innovative trend analysis. Water Resources Management. 35, 243-261.

[3] Bard, A., Renard, B., Lang, M., Giuntoli, I., Korck, J., Koboltschnig, G. and Volken, D. (2015). Trends in the hydrologic regime of Alpine rivers. Journal of Hydrology. 529: 1823-۱۸۳۷.

[4] Birsan, M., Molnar, P., Burlando, P. and Pfaundler, M. (2005). Streamflow trends in Switzerland. Journal of Hydrology. ۳۱۴: ۳۱۲-۳۲۹.

[5] Groisman, P., Knight, R., Karl, T., Easterling, D., Sun, B. and Lawrimore, J. (2004) Contemporary changes of the hydrological cycle over the contiguous United States, trends derived from in situ observations. Journal of hydrometeorology. 5 (1) 64-85 (February 2004). AMS Abstract, Purchase, AMS Subscriber, NCDC Staff85.

[6] Hamed, K. (2008). Trend detection in hydrologic data: the Mann–Kendall trend test under the scaling hypothesis. Journal of Hydrology. 349: 350–363.

[7] Hann Charles, T. (2002). Statistical Methods in Hydrology.Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company.

[8] Hannaford, J. and Buys, G. (2012). Trend in seasonal river flow regimes in the UK. Journal of Hydrology. 475: 158-۱۷۴.

[9] Helsel, D.R., R.M. Hirsch, 1992. Statistical Methods in Water Resources. Elsevier, Amsterdam.

[10] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2007). Climate Change (2007), The Physical Science Basis, A Contribution of Working Groups. I, to the Forth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Solomon and the Core Writing Team (eds). Cambridge University press, Cambridge United Kingdom and New York, USA.

[11] Li, L., Zhang, L., Wang, H., Wang, J., Yang, J., Jiang, D., Li, J. and Qin, D. (2007). Assessing the impact of climate variability and human activities on streamflow from the Wuding River basin in China. Hydrological Processes, 21: 3485–3491.

[12] Ma, Z., Kang, S., Zhang, L., Tong, L. and Su, X. (2008). Analysis of impacts of climate variability and human activity on stream flow for a river basin in arid region of northwest China. Journal of Hydrology. 352: 239–۲۴۹.

[13] Masseroni, D., Camici, S., Cislaghi, A., Vacchiano, G., Massari,C., Brocca,L. (in prees). 65-year changes of annual streamflow volumes across Europe with a focus on the Mediterranean basin.Hydrology and earth System Sciences.

[14] Mirabbasi Najafabadi, R. and Dinpashoh, Y. (2010). Trend analysis of streamflow across the north west of Iran in recent three decades. Journal of Water and Soil, 24(4), 757-768.

[15] Mu, X., Zhang, L., McVicar, T., Chille, B. and Gau, P. (2007). Analysis of the impact of conservation measures on streamflow regime in catchments of the Loess Plateau, China. Hydrological Processes. 21: 2124–2۱۳۴.

[16] Nabavi, S.S., Mostafazadeh, R., Asiabi-hir, R. nad Hazbav, Z. (2018). Determining the monthly utilizable water volume from Zahre River to secure drinking water of Handijan city. Journal of Irrigation and Water Engineering, ۳۱, ۱۰۷-۱۲۰.

[17] Nassaji Zavareh, M., Khorshiddoust, A., Rasouli, A. and Slajegheh, A.(2014). Assessment of discharge trend of Kasilian watershed. Iranian Journal of Watershed Management Science, 8(24), 1-8.

[18] Novotny, E. and Stefan, H. (2007). Stream flow in Minnesota: Indicator of climate change. Journal of Hydrology. ۳۳۴: ۳۱۹-۳۳۳.

[19] Petrow, T., and Merz, B. (2009). Trends in flood magnitude, frequency and seasonality in Germany in the period ۱۹۵۱–۲۰۰۲. □□□□□□□ □□ □□□rology. 371: 129-141.

[20] Rahimzadeh, F., Nassaji Zavareh., M. (2014). Effects of adjustment for non-climatic discontinuities on determination of temperature trends and variability over Iran. International Journal of Climatology, 34, 2079–۲۰۹۶.

[21] Scanlon, B., Jolly, I., Sophocleous, M. and Zhang, L. (2007). Global impacts of conversion from natural to agricultural ecosystem on water resources: quantity versus quality. Water Resources Research, 43: W03437, doi: ۱۰.۱۰۲۹/۲۰۰۶□□۰۰۵۴۸۶.

[22] Sen, P.K., (۱۹۶۸). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's Tau. Journal of American Statistical Association. 63: 1379–1389.

[23] Torabi Poodeh, H. and Emamgholizadeh, S. (2015). Trend analysis of streamflow changing of north watershed of Dez River with TFPW-MK procedure. Journal of Water and Soil Conservation, 22(3), 39-5۵.

[24] Wilson, D., Hisdal, H. and Lawrence, D. (2010). Has streamflow changed in the Nordic countries? Recent trends and comparisons to hydrological projections. Journal of Hydrology. 394: 334-3۴۶.

[25] Zhang, Y., Guan, D., Jin, C., Wang, A., Wu, J. and Yuan, F. (2011). Analysis of impacts of climate variability and human activity on streamflow for a river basin in northeast China. Journal of Hydrology. 410: 239-2۴.