

## بررسی تغییرات بارش و دبی در حوضه کرخه

سیما رحیمی بندرآبادی<sup>۱\*</sup>، سعید جهانبخش<sup>۲</sup>، بهروز ساری صراف<sup>۳</sup>، عبدالمحمد غفوری روزبهانی<sup>۴</sup> و علی محمد خورشید دوست<sup>۵</sup>  
<sup>۱</sup> دانشجوی دکتری، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز و مربی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، <sup>۲</sup> <sup>۳</sup> <sup>۴</sup> <sup>۵</sup> استاد، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز، دانشکده حفاظت خاک و آبخیزداری و <sup>۵</sup> دانشیار، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۱۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۸

### چکیده

عوامل اقلیمی و هیدرولوژیکی مانند بارش به تغییر اقلیم حساس می‌باشند. لذا، بررسی روند زمانی در چنین متغیرهایی می‌تواند در تشخیص اثر تغییر اقلیم بر روی منابع آب کمک نماید. تغییر اقلیم می‌تواند در داده‌ها به صورت تغییرات پله‌ای و یا تدریجی (روند) باشد. هر دو این تغییرات در یک سری زمانی می‌توانند به وسیله روش‌های ناپارامتریک مورد بررسی قرار داده شوند. در این تحقیق، از آمار ۳۰ ساله و هیدرومتری سال‌های ۱۳۴۹ تا ۱۳۸۰ در حوضه کرخه استفاده شد. آزمون‌های ویلکاکسن و رتبه‌ای اسپیرمن به ترتیب برای تعیین تغییرات پله‌ای و روند در طول سری زمانی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان می‌دهد که بارندگی در این منطقه طی دوره آماری مورد بررسی دارای روند کاهشی می‌باشد و این روند در بالادست حوضه که تحت تاثیر مصارف و فعالیت‌های انسانی می‌باشد، شدت بیشتری دارد. ضمن این‌که فرض وجود تغییرات پله‌ای نیز در سری داده‌ها رد شد.

**واژه‌های کلیدی:** آزمون اسپیرمن، آزمون ویلکاکسن، ایستگاه‌های باران‌سنجی، دبی سالانه، روند

### مقدمه

در مقایسه با روش‌های آماری پارامتریک این است که روش‌های ناپارامتریک برای داده‌هایی که فاقد توزیع نرمال می‌باشند (مانند بسیاری از عوامل هواشناسی و هیدرومتری) مناسب‌تر عمل می‌کنند. از طرف دیگر، تغییرات اقلیمی می‌توانند روند یا تغییرات پله‌ای و یا حتی انواع پیچیده دیگری داشته باشند. لذا برای بررسی هر یک از این تغییرات، آزمون‌های متفاوتی وجود دارد که باید مد نظر قرار گیرند. به عنوان مثال، برای بررسی روند داده‌ها از آزمون‌های من-کندال (MK<sup>۱</sup>)، رگرسیون و رتبه‌ای اسپیرمن استفاده می‌شود. ولی برای بررسی تغییر ناگهانی در سری داده‌ها

بارش و در نتیجه رواناب از مهم‌ترین عوامل مدیریت منابع آب می‌باشند. لذا، بررسی تاثیر تغییرات اقلیمی بر روی این متغیرها می‌تواند از اهمیت زیادی برخوردار باشد. ضمن این‌که تغییر و یا کاهش بارندگی می‌تواند اثرات زیانبار اقتصادی و اجتماعی زیادی در منطقه داشته باشد. روش‌های مختلفی برای بررسی وجود تغییرات در سری‌های زمانی وجود دارد. روش‌های ناپارامتریک معمول‌ترین روش‌های آماری هستند که برای بررسی وجود تغییرات معنی‌دار در سری‌های زمانی هیدرومتئورولوژیک مورد استفاده قرار می‌گیرند. دلیل عمده استفاده از روش‌های ناپارامتریک

<sup>1</sup> Mann-Kendall

\* مسئول مکاتبات: rahimi\_si@yahoo.com

باشد. هر چند در داده‌های بلندمدت‌تر روند کاهشی مشاهده شد.

میانگین دبی روزانه ۴۸ حوضه در کشور هلند به- منظور بررسی روند به‌وسیله روش MK توسط Birsan و همکاران (۲۰۰۵)، مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین، روند تشخیص داده شده در دبی همراه با تغییرات بارندگی و دما و مشخصات حوضه مورد آزمون قرار گرفتند. عمده‌ترین روندهای مشخص شده در این مطالعه افزایش دبی سالانه به‌علت افزایش دبی زمستان، بهار و پاییز و همچنین، افزایش بیشینه دبی زمستانه و افزایش جریان میانگین و کمینه بهار و پاییز بودند. همچنین، نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که تغییرات بارندگی برای تشریح روند دبی کافی نمی‌باشد. افزایش تعداد روزهای با کمینه دمای روزانه بالاتر از صفر درجه ممکن است، بتواند باعث افزایش رواناب بهار و زمستان باشد.

Abdul Aziz و Burn (۲۰۰۶)، بر روی تغییرات رژیم هیدرولوژیکی یکی از حوضه‌های شمال کانادا مطالعه نمودند. آن‌ها با استفاده از آزمون MK نشان دادند که متغیرهای هیدرولوژیکی زیادی در این منطقه دارای روند می‌باشند. به‌طوری که روند افزایشی قابل توجهی در دبی ماه‌های زمستان و جریان کمینه رودخانه مشخص می‌باشد. همچنین، یک روند کاهشی ضعیفی در جریان‌های اوایل تابستان و اواخر پاییز و در میانگین سالانه جریان وجود دارد. Kliment و Matouskova (۲۰۰۸)، تغییرات رژیم بارش و رواناب را در یکی از حوضه‌های کانادا با استفاده از روش ویلکاکسن و MK مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان‌دهنده وجود تغییرات در بارندگی و رواناب بود که نقش فعالیت‌های انسانی نیز در این تغییر بی‌تاثیر نبود.

Raziei و همکاران (۲۰۰۵)، روند بارندگی را در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران با کمک روش MK مورد بررسی قرار دادند. نتیجه این بررسی نشان داد که نشانه‌ای از بروز تغییرات اقلیمی در منطقه مورد مطالعه وجود ندارد. اگرچه در برخی از ایستگاه‌ها روند بارندگی سالانه منفی است و نشان‌دهنده روند کاهشی بارندگی در سال‌های اخیر می‌باشد، اما در بیشتر ایستگاه‌ها این روند معنی‌دار نیست. ضمن آن‌که روند

از آزمون‌های دیگری نظیر پتیت، مان ویتنی، ویلکاکسن و کروسکال والیس استفاده می‌شود.

مطالعات زیادی در ارتباط با تغییرات زمانی عوامل اقلیمی و هیدرولوژیکی با استفاده از روش‌های مختلف انجام گرفته که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. Kieley (۱۹۹۹)، تغییر اقلیم در ایرلند را با استفاده از بارندگی و دبی مورد بررسی قرار داد. او در این مطالعه از آزمون‌های مان ویتنی-پتی و ویلکاکسن استفاده نمود. وی نشان داد که در بارندگی و دبی، روند مشابهی مشهود است و با شاخص NAO نیز ارتباط دارد.

Xu و همکاران (۲۰۰۳)، امکان ارتباط بین تغییر اقلیم و تغییرپذیری منابع آب را در یکی از حوضه‌های چین مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها همچنین، وجود روند در سری‌های زمانی بلندمدت بارندگی، دما و رواناب را به‌وسیله آزمون MK مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان می‌دهد که دما در این منطقه دارای روند افزایشی یکنواخت در طی ۵۰ سال گذشته می‌باشد. ضمن این‌که بارندگی نیز دارای روند افزایشی می‌باشد که می‌تواند ناشی از تغییر اقلیم باشد. نتایج آن‌ها همچنین، موید روند افزایشی در سرشاخه‌های رودخانه‌ها و روند کاهشی در رودخانه اصلی این حوضه می‌باشد. آن‌ها نشان دادند که دلیل این حالت می‌تواند، ناشی از فعالیت‌های انسانی نظیر کوتاه‌سازی و انقطاع رودخانه و تخریب اکوسیستم باشد.

Yue و همکاران (۲۰۰۲)، وجود روند را برای ماکزیمم دبی روزانه در ۲۰ حوضه اصلی کشور کانادا مورد بررسی قرار دادند. روش‌های مورد استفاده توسط آن‌ها آزمون‌های MK و اسپیرمن بود. نتایج بررسی‌ها بیانگر آن است که نتایج این دو آزمون تا حدودی مشابه می‌باشد و هر دو آزمون نشان می‌دهند که مقادیر بیشینه جریان رودخانه دارای روندی کاهشی می‌باشد.

Bonaccorso و همکاران (۲۰۰۵)، وجود روند خطی و غیرخطی را برای میانگین بارندگی سالانه و بیشینه بارندگی سالانه مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها از آزمون MK و آزمون t استفاده نمودند. نتایج آن‌ها بیانگر وجود روند افزایشی در داده‌های کوتاه‌مدت می‌-

تغییر اقلیم در نیمکره شمالی و عرض‌های ۳۰ درجه که عمدتاً خشک‌تر شده‌اند، مطابقت دارد.

هدف از این تحقیق، بررسی وجود تغییرات بارندگی و دبی در حوضه کرخه، با توجه به اهمیت این منطقه از لحاظ آورد آبی در کشور می‌باشد. ضمن این- که بررسی شد که این تغییرات ناشی از عوامل طبیعی بوده و یا بر اثر تغییر کاربری در منطقه ایجاد شده است. برای این منظور از آزمون غیرپارامتریک ویلکاکسن برای بررسی تغییرات پله‌ای و آزمون رتبه-ای اسپیرمن برای تشخیص روند سری داده‌های بارندگی و دبی استفاده شده است.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد پژوهش:** منطقه مورد مطالعه حوضه کرخه تا بالادست سد کرخه می‌باشد که بین طول‌های جغرافیایی  $32^{\circ}$  تا  $35^{\circ} 46' 45''$  و عرض‌های  $32^{\circ}$  تا  $35^{\circ} 46' 45''$  قرار گرفته است (شکل ۱). حوضه مورد مطالعه، دارای دامنه ارتفاعی بین ۸۳ و ۳۵۹۸ متر می‌باشد. این منطقه دارای ۱۶ زیرحوضه و ۲۶ ایستگاه مناسب هیدرومتری می‌باشد. در این منطقه همچنین، تعداد ۴۷ ایستگاه باران‌سنجی وجود دارد.

جبهه‌های مدیترانه‌ای که در ارتباط با جریان‌های هوای غربی وارد کشور می‌شوند، بخش اصلی بارندگی-های این منطقه را در آخر پاییز و فصل زمستان تامین می‌کند. در مناطق کوهستانی نیز ممکن است، جریان-های همرفتی موجب بروز بارندگی در فصل بهار و ابتدای تابستان شوند. میانگین بارندگی این منطقه ۵۳۹ میلی‌متر بوده و دامنه آن از ۳۹۲ میلی‌متر تا ۶۸۸ میلی‌متر در تغییر می‌باشد.

در این مطالعه، ابتدا ایستگاه‌های مناسب برای ارزیابی انتخاب شدند. بدین منظور چند ایستگاه دارای آمار مناسب در سرشاخه‌ها و بالادست حوضه به‌علت این‌که کمتر تحت تاثیر فعالیت‌های انسانی مانند تغییر کاربری و یا عملیات حفاظت آب و خاک قرار گرفته باشند، انتخاب شدند. از طرف دیگر، یک ایستگاه نیز در خروجی منطقه (ایستگاه ۱۸۳-۲۱) به‌عنوان معرف حوضه، مورد بررسی قرار گرفته است. مشخصات این ایستگاه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. ایستگاه ۱۱۱-۲۱ در مرز حوضه قرار گرفته و تقریباً بالادست‌ترین

افزایشی دما در منطقه و تاثیرات منفی کاهش بارندگی در آینده سبب بروز مشکلات و مسائل محیط و اقتصادی در منطقه می‌شود.

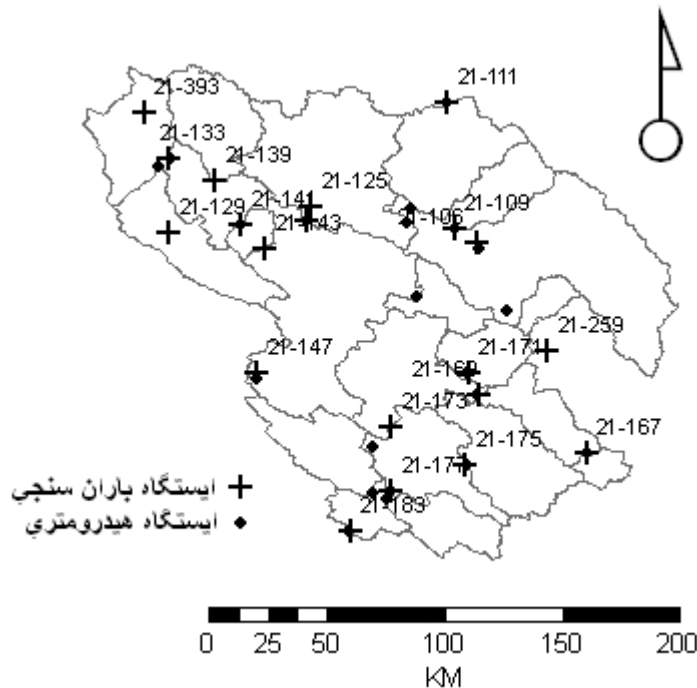
Vafakhah و همکاران (۲۰۱۳)، در حوضه آبخیز کشف‌رود در شمال شرق ایران، با کمک ۱۳ ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری در دوره آماری بین سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۸۵ به تحلیل روند بارندگی و دبی پرداختند. در این تحقیق برای ارزیابی بود یا نبود روند از آزمون ناپارامتری MK و برای میزان بزرگی آن از آزمون سن استفاده شد. نتایج تحلیل بارندگی و دبی نشان داد، بارندگی در فصل پاییز در اکثر ایستگاه‌ها افزایش یافته است. به‌طوری که در نه ایستگاه روند افزایشی بوده است. از طرف دیگر بارندگی در فصل بهار در ۱۰ ایستگاه از مجموع ۱۳ ایستگاه روند کاهشی را نشان می‌دهد. در فصول زمستان و تابستان تقریباً تعداد ایستگاه‌های دارای روند افزایشی و کاهشی برابر است. در بررسی روند داده‌های سالانه بارندگی و دبی مشاهده شد که از مجموع ۱۳ ایستگاه مورد مطالعه در حوضه آبخیز کشف‌رود، پنج ایستگاه روند افزایشی و هشت ایستگاه روند کاهشی در داده-های بارندگی نشان دادند. ولی در داده‌های دبی در هیچ یک از ایستگاه‌ها روند افزایشی مشاهده نشد. به-طوری که دبی در دو ایستگاه بدون روند و در مابقی ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی بود. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که این می‌تواند به‌علت افزایش برداشت و استفاده از آب رودخانه‌ها باشد.

Bahreman and همکاران (۲۰۱۳)، برای بررسی روند تغییرات بلندمدت عوامل اقلیمی دبی و بارش در غرب دریاچه ارومیه، از آمار ۳۰ساله شش ایستگاه آب‌سنجی از سال ۱۳۵۵ تا ۱۳۸۵ استفاده نمودند. در این تحقیق، روند با روش‌های آماری ناپارامتریک (آزمون MK و کندال فصلی) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بارش در بعضی ایستگاه‌ها بدون روند و در بعضی دیگر دارای روند کاهشی است. اما دبی در بیشتر موارد دارای روند کاهشی معنی‌داری می‌باشد. آن‌ها نتیجه گرفتند که روند کاهشی بارندگی در بعضی از ایستگاه‌های منطقه و روند کاهشی دبی جریان در اکثر ایستگاه‌ها در کل با وضعیت جهانی

نقطه در منطقه می‌باشد. ایستگاه ۲۱-۱۰۹ و ۲۱-۱۳۳ و قرار گرفته‌اند (شکل ۱) و فقط تحت تاثیر منطقه در خروجی حوضه‌های کوچکی در بالادست منطقه کوچکی از حوضه قرار دارند.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

کد ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	موقعیت در حوضه
۲۱-۱۰۹	فیروزآباد	۴۸/۱۲	۳۴/۳۵	۱۵۰۰	بالادست حوضه
۲۱-۱۱۱	آقاجانلاغی	۴۸/۰۵	۳۴/۸۳	۱۷۱۰	مرز بالادست حوضه
۲۱-۱۳۳	دوآب مرک	۴۶/۷۸	۳۴/۵۵	۱۲۹۰	بالادست
۲۱-۱۸۳	پل دختر	۴۷/۷۲	۳۳/۱۷	۶۵۰	خروجی حوضه



شکل ۱- منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های موجود در حوضه

متغیر دارای مقیاس نسبی و گسسته باشند، از ضریب همبستگی اسپیرمن استفاده می‌شود. در رابطه به کار رفته در این تحلیل،  $(X_1 و Y_1) \dots (X_n و Y_n)$  یک نمونه تصادفی از توزیع دو بعدی می‌باشد، رتبه  $X_i$  با  $R_i$  و رتبه  $Y_i$  با  $s_i$  نشان داده شده است. بنابراین، ضریب همبستگی به صورت زیر مورد استفاده قرار گرفته است.

$$R_s = \frac{\sum (R_i - \bar{R})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum (R_i - \bar{R})^2} \sqrt{\sum (S_i - \bar{S})^2}} \quad (1)$$

از آن جا که  $R_s$  ضریب همبستگی پیرسون برای رتبه‌های  $X_i$  و  $Y_i$  است، همه خواص ضریب همبستگی

**روش پژوهش:** در این تحقیق، برای بررسی وجود تغییر در داده‌های بارندگی و دبی سالانه حوضه کرخه از روش رتبه‌ای اسپیرمن و ویلکاکسن استفاده شده است.

آزمون ویلکاکسن یک آزمون غیرپارامتریک رتبه‌ای می‌باشد و برای متغیرهای وابسته مورد استفاده قرار می‌گیرد. این آزمون، جانشین آزمون  $t$  جفتی می‌باشد. در این آزمون، اختلاف رتبه‌های متغیرها محاسبه شده و بر اساس این اختلاف، فرض صفر ارزیابی می‌شود.

ضریب همبستگی شاخصی ریاضی است که جهت و مقدار رابطه بین دو متغیر را توصیف می‌کند. اگر دو

زمانی داده‌ها و بررسی اولیه این نمودار (به‌عنوان نمونه شکل ۲)، نمودار تجمعی بارندگی و دبی به‌صورت جداگانه برای هر یک از ایستگاه‌ها رسم شد (شکل ۳). همان‌طور که در شکل ۳ نیز مشخص است، هم در دبی و هم در بارندگی تغییر شیب نقاط در چند سال اتفاق افتاده است. اما عمده‌ترین تغییر (با بیشترین شیب) در سال آبی ۱۳۶۷-۱۳۶۶ اتفاق افتاده است. لذا، می‌توان این سال را به‌عنوان نقطه تغییر در نظر گرفت و سری زمانی را به دو دسته قبل از سال آبی ۱۳۶۷-۱۳۶۶ و بعد از سال ۱۳۶۷-۱۳۶۶ تقسیم‌بندی نمود. برای بررسی بیشتر، منحنی جرم مضاعف بارندگی و دبی نیز برای ایستگاه‌ها رسم شد (شکل ۴). همان‌طور که در شکل نیز مشخص است، سال ۱۳۶۷-۱۳۶۶ در نمودار متقابل این دو عامل نیز دارای تغییر شیب بوده است. لذا، آزمون ویلکاکسن برای دو سری داده قبل و بعد از سال ۱۳۶۷-۱۳۶۶ با طول دوره یکسان و در مورد بارندگی و دبی به‌طور جداگانه در هر یک از ایستگاه‌ها اجرا شد. لازم به ذکر است که یک شکستگی نیز در سال آبی ۱۳۷۳-۱۳۷۲ در سری داده‌ها اتفاق افتاده که به‌دلیل کوتاه بودن طول دوره آماری از بررسی آن به‌صورت جداگانه و در دو سری زمانی دیگر صرف‌نظر شد.

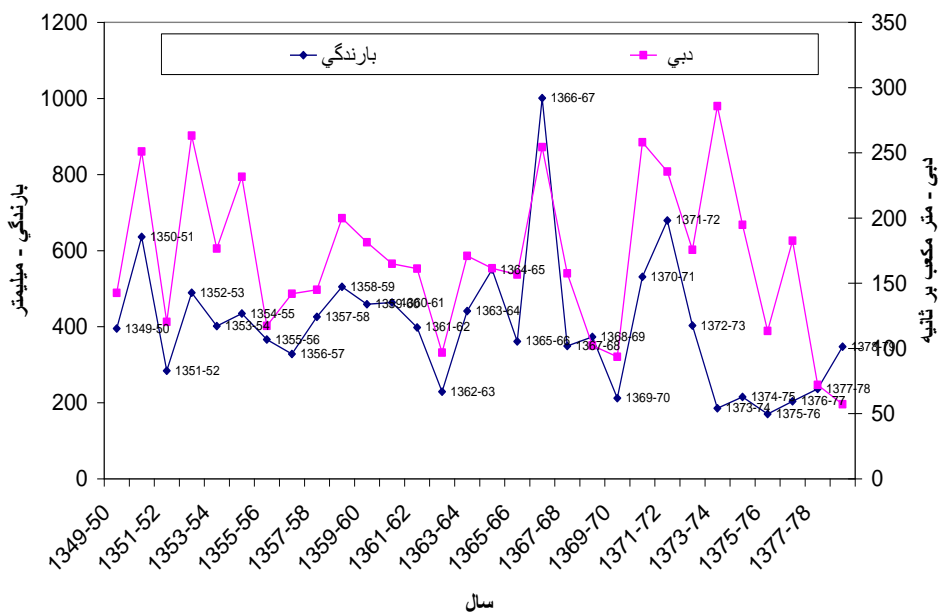
پیرسون را خواهد داشت. برای ساده‌تر شدن، رابطه (۱) به صورت زیر ارائه می‌شود.

$$R_s = 1 - \frac{6 \sum D_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad D_i = R_i - S_i \quad (2)$$

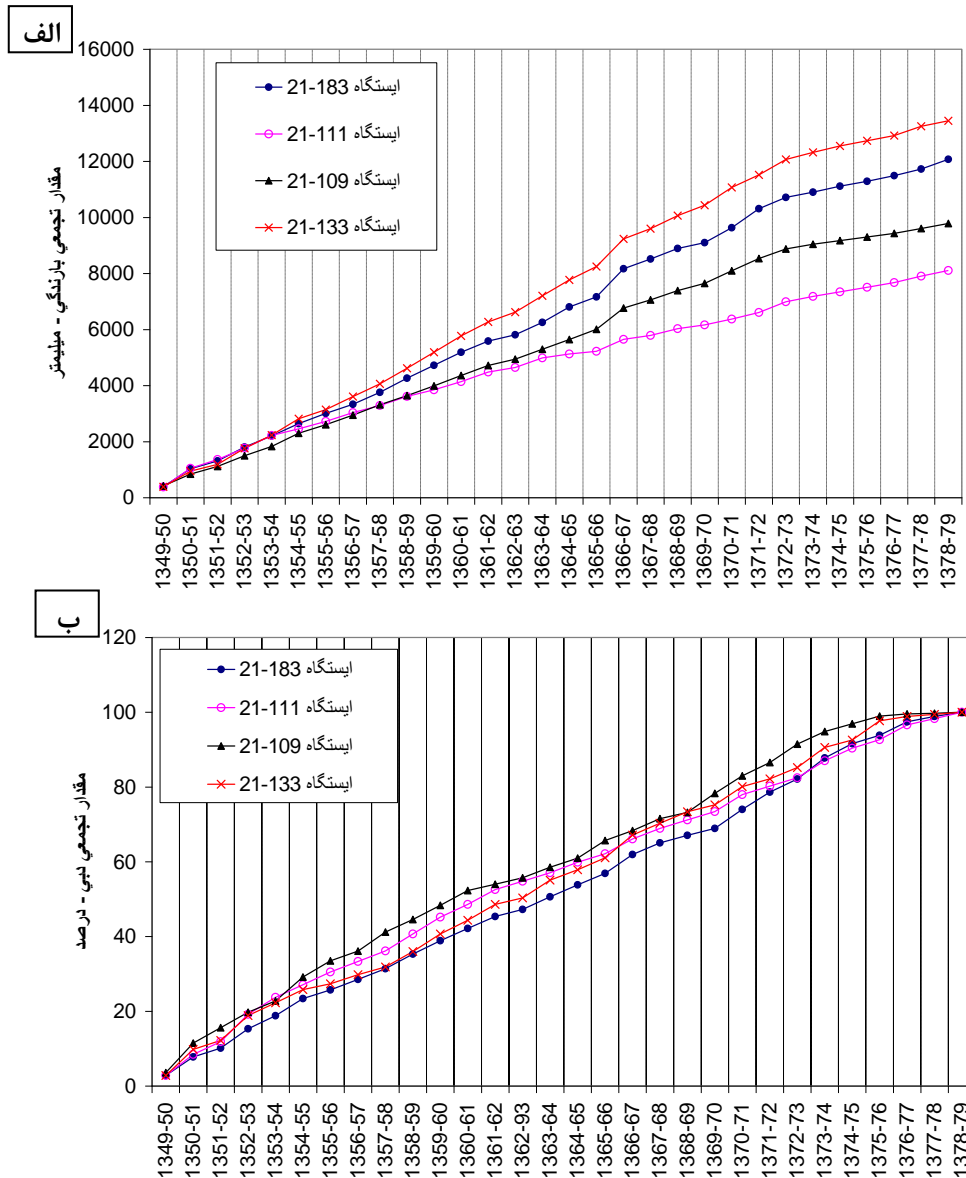
## نتایج و بحث

به‌منظور بررسی روند داده‌های بارندگی و دبی، طول دوره آماری مشخص شده و سپس داده‌ها از نظر کمیت و کیفیت مورد بررسی قرار گرفته و در صورت نیاز برای دوره آماری مورد نظر (۱۳۷۸-۱۳۴۹) بازسازی شدند. سپس سری‌های زمانی بارندگی سالانه و دبی سالانه ایستگاه‌های مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت.

در استفاده از آزمون ویلکاکسن دو سری داده با هم مقایسه می‌شوند، لذا نمونه‌هایی از سری زمانی داده‌ها انتخاب شدند. برای انتخاب سری‌های زمانی، ابتدا نقطه تغییر مشخص شد تا بدین ترتیب بتوان داده‌ها را به دسته‌های مختلف تقسیم نموده و فرض صفر را بین دو گروه از داده‌ها مقایسه نمود. برای تعیین این نقطه تغییر، ابتدا سری زمانی داده‌های بارندگی و دبی در هر یک از ایستگاه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. به همین منظور، پس از رسم نمودار سری



شکل ۲- نمودار سری زمانی بارش و دبی در ایستگاه پل دختر (خروجی حوضه کرخه)



شکل ۳- نمودار تجمعی سری زمانی بارش و دبی در ایستگاه‌های مختلف، الف- بارندگی، ب- دبی

لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات انسانی عمده و قابل توجهی طی این دوره آماری که بتواند دبی را تحت تاثیر قرار دهد، صورت نگرفته است.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمون ویلکاکسن که عدم وجود تغییر پله‌ای را در داده‌ها تایید می‌کند، سری داده‌ها از لحاظ وجود روند مورد آزمون قرار گرفت. چرا که نمودار رگرسیون بارندگی و دبی در طی سری زمانی دارای شیب قابل توجهی می‌باشد که نشان‌دهنده روند منفی در بارش و دبی طی دوره آماری ۳۰ ساله در کلیه ایستگاه‌ها می‌باشد (شکل ۵).

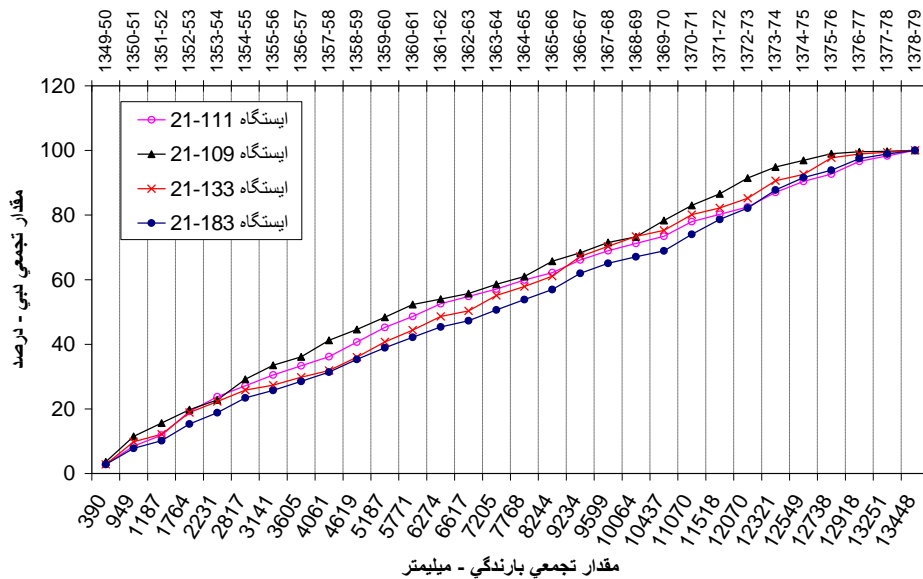
نتایج بررسی آزمون ویلکاکسن برای ایستگاه‌های مختلف نشان می‌دهد که فرض صفر آزمون هم برای بارندگی و هم برای دبی در سطح معنی‌داری ۹۵ درصد رد نمی‌شود. در جدول ۲، به‌عنوان نمونه نتایج آزمون برای ایستگاه ۱۸۳-۲۱ ارائه شده است. لذا، می‌توان نتیجه گرفت که بارندگی و دبی حوضه کرخه طی دوره آماری مورد مطالعه فاقد تغییر پله‌ای می‌باشد. همان‌طور که در شکل‌های ۳ و ۵ نیز مشخص است، در سال ۱۳۶۶-۱۳۶۷ بارندگی و دبی تغییر کرده و پس از این سال نیز داده‌ها شیب متفاوتی را نسبت به سال‌های قبل پیدا کرده‌اند، اما این تغییر از

جدول ۲- نتایج آزمون ویلکاکسن برای بارندگی و دبی در ایستگاه پل دختر

بارندگی					
Descriptive Statistics					
بیشینه	کمینه	انحراف معیار	میانگین	N	
۵۵۰/۰۰	۲۲۹/۰۰	۸۱/۴۷۲۰۳	۴۱۲/۴۹۲۳	۱۳	بارندگی قبل از سال ۶۶-۶۷
۱۰۰۱/۰۰	۱۷۰/۴۴	۲۳۹/۶۶۵۲۳	۳۷۷/۴۰۲۷	۱۳	بارندگی بعد از سال ۶۶-۶۷
Ranks					
Sum of Ranks	Mean Rank	N			
۶۳/۰۰	۷/۰۰	۹(a)	Negative Ranks		
۲۸/۰۰	۷/۰۰	۴(b)	Positive Ranks		P2 - P1
		۰(c)	Ties		
		۱۳	Total		
دبی					
Descriptive Statistics					
بیشینه	کمینه	انحراف معیار	میانگین	N	
۲۳۱/۵۰	۹۶/۸۰	۳۴۰/۳۶۳۶	۱۶۱/۹۳۰۸	۱۳	دبی قبل از سال ۶۶-۶۷
۲۸۵/۸۰	۵۷/۱۰	۷۶۱۰۷۶۸۷	۱۶۷/۸۸۴۶	۱۳	دبی بعد از سال ۶۶-۶۷
Ranks					
Sum of Ranks	Mean Rank	N			
۴۰/۰۰	۶/۶۷	۶(a)	Negative Ranks		
۵۱/۰۰	۷/۲۹	۷(b)	Positive Ranks		Q2-Q1
		۰(c)	Ties		
		۱۳	Total		

T VALUE = ۱۷ (n=۱۳)

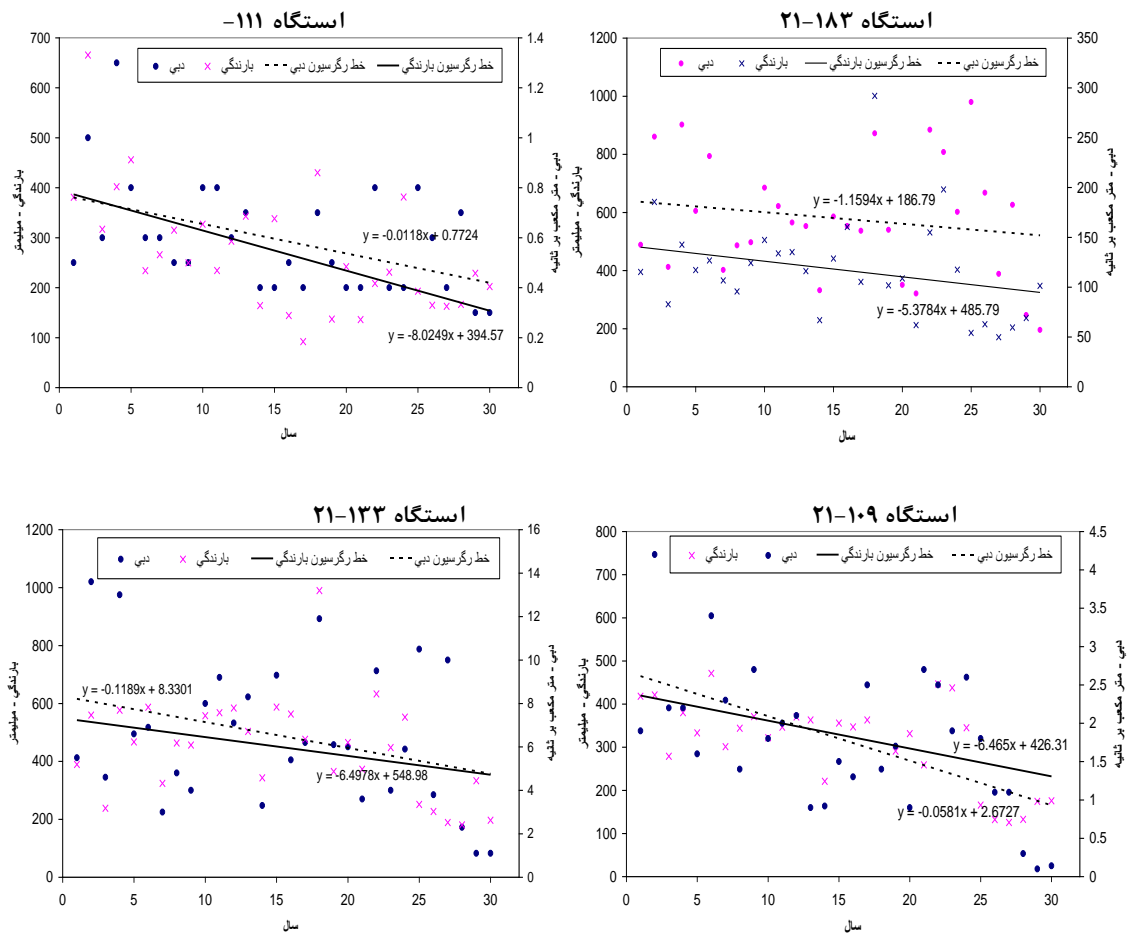
- a D2 < D1
- b D2 > D1
- c D2 = D1



شکل ۴- نمودار جرم مضاعف بارندگی و دبی طی دوره آماری مورد بررسی

در جدول ۳ ارائه شده است. مقدار  $t$  جدول آزمون اسپیرمن برابر  $0/۳۶۲$  می باشد که نشان دهنده همبستگی معنی دار و وجود روند در داده های بارندگی در تمام ایستگاهها می باشد. در مورد دبی ایستگاههای ۲۱-۱۸۳ و ۲۱-۱۳۳ فاقد روند معنی دار در دو ایستگاه دیگر وجود روند در دبی تایید می شود. لذا، به نظر می رسد که بارندگی طی دوره آماری ۳۰ ساله روند کاهشی داشته و این روند کاهشی در سطح ۹۵ درصد معنی دار می باشد. جهت این روند با توجه به آماره محاسباتی منفی می باشد. مقایسه ضرایب نشان می دهد که روند کاهشی بارندگی نسبت به دبی در همه ایستگاهها شدت بیشتری دارد. اما این روند کاهشی بارندگی نتوانسته در دو ایستگاه تاثیر زیادی بر دبی رودخانهها داشته باشد. این دو ایستگاه یکی در خروجی و دیگری در بالادست حوضه قرار دارد.

لازم به ذکر است که مقایسه نمودار ایستگاههای مختلف نشان می دهد که روند دادهها در ایستگاههای بالادست حوضه نسبت به ایستگاه ۲۱-۱۸۳ که در خروجی حوضه قرار دارد، شیب بیشتری دارد. این در حالی است که این ایستگاهها کمتر تحت تاثیر فعالیت های انسانی و تغییرات محیطی و کاربری قرار دارند و تغییر کمتر بارندگی و دبی در خروجی حوضه می تواند، تحت تاثیر این تغییرات باشد. بیشترین شیب تغییرات بارندگی در این سالها، در ایستگاه ۲۱-۱۱۱ و در مورد دبی در ایستگاه ۲۱-۱۰۹ می باشد. لذا، برای بررسی وجود هر نوع تغییر در دادهها در ارزیابی سری زمانی مورد نظر از روش اسپیرمن نیز استفاده شد. برای این منظور همبستگی زمانی (به صورت یک شاخص) با بارندگی و دبی مورد آزمون قرار گرفت. ضریب همبستگی این آزمون برای ایستگاههای مختلف



شکل ۵- نمودار تغییرات بارندگی و دبی در طول سال های آماری مورد مطالعه در ایستگاههای مختلف



جدول ۳- مقادیر ضریب همبستگی اسپیرمن برای بارندگی و دبی ایستگاه‌های مختلف طی دوره آماری مورد مطالعه

ایستگاه	عامل	ضریب همبستگی
۲۱-۱۸۳	بارندگی	-۰/۴۰
	دبی	-۰/۱۳
۲۱-۱۰۹	بارندگی	-۰/۵۱
	دبی	-۰/۵۰
۲۱-۱۱۱	بارندگی	-۰/۶۰
	دبی	-۰/۴۷
۲۱-۱۳۳	بارندگی	-۰/۳۹
	دبی	-۰/۲۹

این تغییر کاربری‌ها باعث افزایش مصرف جریان‌های سطحی در منطقه شده است که می‌تواند بر روی مقادیر دبی در ایستگاه‌ها تاثیر داشته باشد. بررسی‌های بیشتر در این زمینه نیز این مطلب را تایید می‌کند که در حوضه‌های آبخیز بالادست که بیشتر حالت دشتی دارند، مصرف آب به شدت بالا رفته است. از سویی دیگر، ذکر این نکته نیز ضروری می‌باشد که در رودخانه‌های بزرگ، اثر مصارف در بالادست می‌تواند در طول حوضه به علت جایگزینی به‌وسیله حوضه‌های دیگر تعدیل شود. لذا، شدت روند کمتر دبی در خروجی می‌تواند به همین علت باشد.

برای بررسی تاثیر تغییر کاربری اراضی بر بارندگی و دبی شیب تغییرات بارندگی و دبی برای سری داده‌های انتخابی قبل از سال آبی ۱۳۶۷-۱۳۶۶ و بعد از آن مورد ارزیابی قرار گرفت. نمودارها نشان می‌دهند که هر دو سری داده‌های بارندگی و دبی دارای روند منفی می‌باشند، اما در دوره بعد از ۱۳۶۷-۱۳۶۶ شیب کاهشی بارندگی و دبی ایستگاه‌ها افزایش یافته است. به‌عنوان مثال، شیب خط رگرسیون بارندگی قبل از سال ۱۳۶۷-۱۳۶۶ برابر ۲- و برای بعد از این سال برابر ۱۰- و این مقادیر برای دبی به ترتیب برابر ۳- و ۶/۵- می‌باشد. این افزایش روند کاهشی می‌تواند بیانگر تشدید روند تغییر اقلیم در منطقه بر اثر عوامل انسانی باشد.

از سویی دیگر، در سال‌های اخیر بندها و سدهای کوچکی در منطقه احداث شده‌اند، ولی تاثیر این فعالیت‌ها بر دبی منطقه چشمگیر نبوده است. مهم-ترین اتفاق روی داده شده در منطقه، ساخت سد کرخه می‌باشد که خارج از منطقه قرار دارد و در

از طرف دیگر نتایج آزمون اسپیرمن نیز نشان می‌دهد که روند کاهشی داده‌ها چه در مورد بارندگی و چه در مورد دبی در قسمت شمال غربی بالادست حوضه بیشتر از قسمت‌های شرقی و خروجی حوضه می‌باشد (جدول ۳). ضروری است تا علت تغییر در هر یک از پدیده‌های هیدرولوژیکی و یا اقلیمی از نظر عوامل محیطی نیز بررسی شود. زیرا فعالیت‌های انسانی نظیر تغییر کاربری اراضی در بالادست، تغییر میزان مصرف، ساختن بندها و سدها در بالادست و فعالیت‌های دیگری نظیر این‌ها می‌تواند در دبی و بارندگی تاثیرگذار باشد و تغییراتی را در سری زمانی داده‌ها به‌وجود آورد که ناشی از تغییرات اقلیمی نبوده و منتج از عوامل محیطی باشد. بنابراین، لازم است که این موارد به دقت در منطقه مورد مطالعه بررسی شود. لذا، تغییرات کاربری اراضی در منطقه مورد بررسی قرار گرفته است.

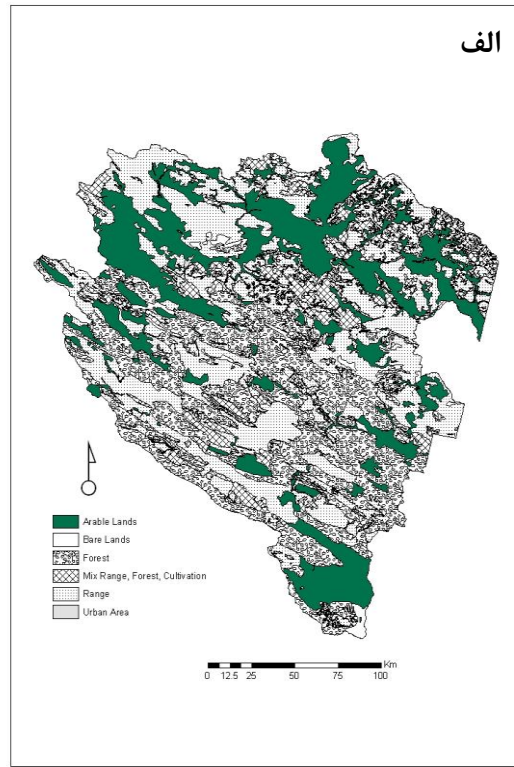
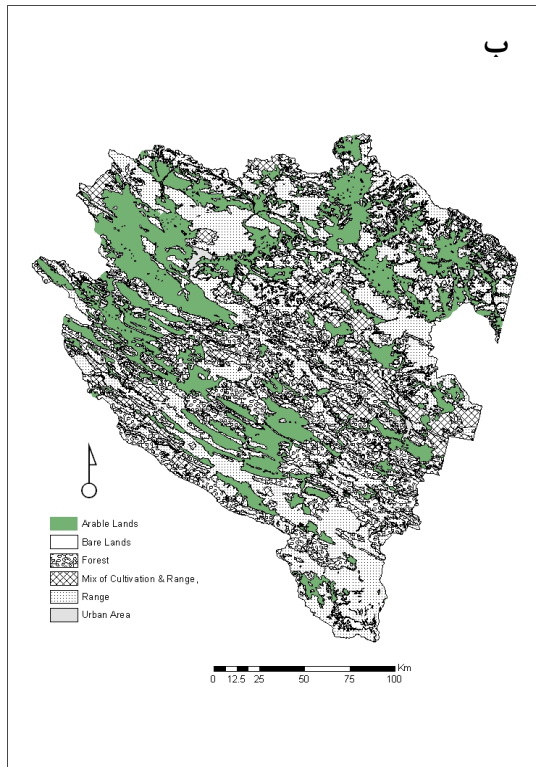
برای بررسی کاربری اراضی در منطقه از تصاویر ماهواره‌ای موجود در منطقه استفاده شد. تصاویر موجود مربوط به ماهواره لندست و در سال‌های ۱۳۵۴ و ۱۳۸۱ می‌باشد (شکل ۶). بررسی این تصاویر در منطقه نشان می‌دهد که تغییر کاربری در منطقه از لحاظ نوع پوشش و تبدیل نوع زراعت از دیم به آبیاری به وفور در منطقه صورت گرفته است. به‌طوری که مقایسه کاربری اراضی سال ۱۳۸۱ با سال ۱۳۵۴ نشان‌دهنده افزایش ۵۰ درصدی کشت آبی و افزایش ۱۰۰ درصدی زمین‌های دیم می‌باشد.

افزایش زمین‌های زراعی با تبدیل جنگل‌ها و مراتع صورت گرفته که کاهش ۲۵ درصد جنگل‌ها را طی این سال‌ها در برداشته است. بنابراین، به‌نظر می‌رسد،

به طوری که روند کاهشی از لحاظ آماری معنی دار نباشد.

بنابراین، با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می-رسد که بارندگی و دبی در منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر تغییرات اقلیمی دارای روند منفی می-باشند و فعالیت‌های انسانی این روند را شدت بخشیده است.

پایین دست ایستگاه خروجی حوضه می‌باشد که نتایج آزمون ویلکاکنسن نیز تاییدکننده این موضوع می‌باشد. لذا، می‌توان تغییرات دبی منطقه را بیشتر ناشی از کاهش بارندگی در منطقه به حساب آورد. هر چند اثر بندها و سدهای کوچکی که طی عملیات آبخیزداری و برای حفظ منابع آب در منطقه احداث شده، توانسته روند کاهشی دبی را در خروجی حوضه ملایم‌تر نماید،



شکل ۶- نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه در دو تاریخ مختلف، الف) سال ۱۳۵۴، ب) سال ۱۳۸۱

تغییرات انسانی در منطقه مورد مطالعه تغییر چشمگیری که بتواند منابع آب‌های سطحی منطقه را تحت تاثیر قرار بدهد، دیده نشد. از طرف دیگر، تغییر کاربری اراضی در منطقه به صورت تبدیل جنگل و مرتع به زمین زراعی دیده می‌شود.

۳- بررسی روند میانگین بارندگی سالانه و دبی سالانه نشان می‌دهد که بارندگی و دبی طی دوره آماری ۳۰ ساله کاهش معنی‌داری داشته‌اند. روند منفی بارندگی و دبی در همه ایستگاه‌ها در سال‌های اخیر شدت بیشتری یافته‌اند.

۴- با توجه به ارزیابی داده‌ها و نتایج بررسی روند داده‌ها به نظر می‌رسد که تغییر کاربری اراضی و

### نتیجه‌گیری

بررسی تغییرات موجود در داده‌های همزمان بارندگی و دبی سالانه در حوضه کرخه شامل نتایجی به شرح ذیل می‌باشد.

۱- نتیجه آزمون ویلکاکنسن در منطقه نشان می‌دهد که بارندگی و دبی در منطقه فاقد تغییر ناگهانی معنی‌داری می‌باشد. به طوری که تغییر بارندگی و دبی در سال‌های ۱۳۶۷-۱۳۶۶ که در نمودار سری زمانی این دو متغیر آشکار است، نتوانسته تغییر پله‌ای معنی‌داری در داده‌ها به وجود آورد.

۲- هر چند نحوه استفاده و مقدار استفاده از آب‌های سطحی در منطقه افزایش یافته است، در بررسی

فعالیت‌های انسانی باعث تشدید روند کاهش دبی شده است.

#### منابع مورد استفاده

1. Bahremand, A., GH. Hamdami and E. Saniei. 2013. Long-term changes trend analysis in rainfall and discharge in West Lake Urmia. *Journal of Watershed Management Research*, 4(8): 43-57 (in Persian).
2. Abdul Aziz, O.I. and D.H. Burn. 2006. Trends and variability in the hydrological regime of the Mackenzie River basin. *Journal of hydrology*, 319: 282-294.
3. Birsan, M.V., P. Molnar, P. Burlando and M. Pfaundler. 2005. Stream flow trends in Switzerland. *Journal of Hydrology*, 314: 312-329.
4. Bonaccorso, B., A. Cancellier and G. Rossi. 2005. Detecting trends of extreme rainfall series in Sicily. *Advanced in Geosciences*, 2: 7-11.
5. Kliment, Z. and M. Matouskova. 2008. Long term trends of rainfall and runoff regime in upper Ottawa River basin. *Soil and Water Resources*, 3(3): 155-167.
6. Kiely, K. 1999. Climate change in Ireland from precipitation and stream flow observations. *Advances in Water Resources*, 23: 141-151.
7. Razi, T., P.D. Araste and B. Saghafian. 2005. Annual rainfall trend analysis in arid and semi-arid regions of central and eastern Iran. *Journal of Water and Wastewater*, 54: 73-84 (in Persian).
8. Vafakhah, M., M.B. Tiragani and M. Khazaei. 2013. Analysis of rainfall and discharge trend in Kashafrood Watershed. *Geography and Development*, 10(29): 77-90 (in Persian).
9. Xu, Z.X. K. Tkeuchi and H. Ishidaria. 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. *Journal of Hydrology*, 279: 144-150.
10. Yue, S., P. Pilon and G. Cavadias. 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho testes for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of Hydrology*, 259: 254-271.

## Rainfall and flow trend in Karkheh river basin

Sima Rahimi Bandarabadi<sup>\*1</sup>, Saeed Jahanbakhsh<sup>2</sup>, Behrouz Sari Sarraf<sup>3</sup>, Abdolmohammad Ghafouri Roozbahani<sup>4</sup>, and Alimohammad Khorshid Doust<sup>5</sup>

<sup>4</sup> PhD Student, Faculty of Geography and Planning, University of Tabriz, Iran and Scientific Board, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, <sup>2 and 3</sup> Professor, Faculty of Geography and Planning, University of Tabriz, Iran, <sup>4</sup> Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Iran, and <sup>5</sup> Associate Professor, Faculty of Geography and Planning, University of Tabriz, Iran

Received: 08 February 2014

Accepted: 02 June 2013

### Abstract

Hydro-meteorology parameters are sensitive to climate change. Therefore, it is important to investigate the present climate change pattern and its impact on water resources. Changes in a series may occur gradually or abruptly. Both of these changes could be detected by non parametric statistical tests. In this research, mean annual discharge flow and mean annual rainfall were selected for detection trends in Karkheh Watershed, one of the mountainous watersheds in Iran, using the Wilcoxon and Spearman rank correlation tests. Result showed that, both studied variables exhibit decreasing trend in the selected stations. But, no step changes were found in the time series. The observed trend in the upper area of the watershed may adversely affect the human activities of the region.

**Key words:** Annual flow, Rain gauge stations, Rainfall, Spearman test, Trend, Wilcoxon test

---

\* Corresponding author: rahimi\_si@yahoo.com