بررسی روند تغییرات بارش ـ دبی زیر حوضه‌های رودخانه کرخه با استفاده از روش‌های ناپارامتریک مطالعه موردی: حوضه آبریز کشکان

علی محمد خورشیددوست[1*]، مجید رضایی بنفشه[2]، حمید میر هاشمی[3] و یوسف کاکولوند[4]

۱*- نویسنده مسئول، استاد دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز

۲- دانشیار دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی دانشگاه تبریز

۳- دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز

۴- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۱۷

چکیده

به طور کلی تغییرپذیری احتمالی ناشی از تغییرات آب و هوا در بارش، روانآب سطحی و رطوبت خاک، بر سیستم‌های طبیعی و جمعیت‌های بشری تأثیرات عمده‌ای می‌گذارد. بدین‌سان، در این مطالعه با استفاده از دو آزمون ناپارامتری من ـ کندال و برآوردگر سن روند تغییرات بارش ـ دبی حوضه آبریز کشکان طی دوره آبی ـ زراعی ۸۹ - ۱۳۴۸ مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل و پراکنش زمانی داده‌ها حاکی از آن است که زمان رخداد حداکثر دبی در کلیه رودخانه‌های حوضه، به جز مادیان‌رود متناظر با رخداد حداکثر بارش نیست. به طوری که نقطه اوج بارش در فصل زمستان و نقطه اوج دبی در فصل بهار قرار دارد. در این راستا بررسی‌ها نشان داد که ذوب ذخیره برف در فصل بهار عامل مؤثری در افزایش دبی این فصل نسبت به سایر فصول سال و عامل ایجاد مغایرت زمانی بین بارش و دبی است. نتایج حاصل از آماره‌های هر دو آزمون آشکار نمود که روند بارش در سری زمانی سالانه ایستگاه‌های شمالی حوضه افزایشی و در ایستگاه‌های جنوبی حوضه کاهشی است. همچنین در مقیاس فصلی، روند بارش در فصول بهار و پاییز افزایشی و در فصل زمستان کاهشی است، در حالی که روند دبی در مقیاس سالانه و فصلی کاهشی است. در نهایت یافته نشان داد که جابه جای زمانی و تغییر فازی در بارش رخداده است. به طور کلی شدت تغییر بارش ـ دبی و بررسی جغرافیایی حوضه کشکان بیانگر آن است که نمی‌توان این مقدار تغییرات دبی را تماماً به بارش نسبت داد بلکه دخالت انسان در محیط، تغییرات دبی ناشی از بارش را شدیدتر و در برخی از سرشاخه‌ها وارد مرحله بحرانی نموده است.

کلید واژه‌ها: بارش ـ دبی، حوضه آبریز کشکان، برآوردگر سن، من ـ کندال.

Studying the Trend of Changes in Precipitation - Discharge the Karkhe Rive Sub-Basin Using Non-parametric Methods, Case study: Kashkan Basin

A. M. Khorshiddoust[1*],M. Rezaei Banafsheh[2],H. Mirhashemi[3] and Y. Kakolvand[4]

1*- Professor, Faculty of Geography and Planning University of Tabriz
2- Associate Professor, Faculty of Geography and Planning, University of Tabriz
3- Ph.D. Student in Climatology, University of Tabriz
4- M.sc. in Climatology from University of Tabriz

Received: 9 February 2014 Accepted:7 January 2015

Abstract

In general, the possible variability resulting from climate change in precipitation, soil moisture and surface runoff on natural systems and human populations will have a major impact. Thus, in this study using two non-parametric Man-Kendall and Sen's estimator methods, basin discharge and precipitation trend Kashkan were examined agricultural water during 1968 - 2010. Analysis of the distribution of the data indicates that the occurrence time of peak flow in all rivers in the basin, the maximum precipitation event is part of the corresponding Madyanrvd. So that the peak

rainfall in winter and are the peak discharge in spring. in this direction regard showed that the melting snow in the spring, an important factor in increasing the flow rate and cause inconsistent this season than any other season of the year is the time between precipitation and discharge. The results of the statistical tests revealed that both precipitation trend in the annual series of incremental stations and stations in the northern basin of the southern basin is decreasing. The scale seasonal precipitation trends in spring and in autumn and winter is decreasing, while the rate of annual and seasonal scale is decreasing. The findings showed that the displacement of the phase change in precipitation has occurred. In general, rainfall intensity change rate and review Kashkan geographic area indicates that this value can be attributed to precipitation changes the entire flow, but human intervention in the environment, changes in flow caused by intense precipitation in some branches of the critical phase.

Keywords: Precipitation – discharge, Kashkan basin, Sen's Estimator, Man – Kendall.

مقدمه

اگرچه هنوز تعداد بسیاری از متخصصان علوم جوی مسأله تغییر آب و هوا را با واقعیت منطبق نمی‌دانند اما در سال‌های اخیر توجه بسیاری از متخصصان آب و هواشناسی و هیدرولوژی به تغییر در عناصر و پدیده‌های هواشناسی و هیدرولوژی و متعاقب آن تغییر در آب و هوا جلب شده است. از سویی ایده غالب معتقدین به تغییر آب و هوا بر این موضوع استوار است که افزایش در گازهای گلخانه‌ای باعث گرم شدن هوا و تأثیر آن بر سایر پارامترهای مرتبط با سیستم جو ـ زمین می‌شود. به عبارتی می‌توان مهمترین تأثیر مستقیم افزایش گازهای گلخانه‌ای را در افزیش درجه حرارات توأم با خشکسالی‌ها و رخداد ناهنجاری‌های هیدرولوژیکی، تغییر شکل نزولات جوی، تغییر زمانی ـ مکانی وقوع بارش، شدت و مقدار بارش‌ها و وقوع سیلاب‌ها و خشکسالی‌های ناشی از آن دانست.

بسیاری از عناصر هیدرولوژی از وضعیت هوا سرچشمه می‌گیرند. مهمترین عناصر هواشناسی که باعث مشخص شدن وضعیت هوا می‌شوند عبارتند از: تابش، دما، رطوبت، فشار هوا، باد، و مقدار بارندگی که پدیده‌های هیدرولوژی را تحت تأثیر قرار می‌دهند (علیزاده، ۱۳۸۵). در این خصوص بارندگی (اعم از کلیه نزولات جوی) را می‌توان مهمترین پدیده جوی دانست که به طور مستقیم در چرخه هیدرولوژی و به خصوص در تغییرات دبی دخالت دارد. بنابراین با توجه به ارتباط قویی که بین بارش و دبی موجود است هرگونه تغییری در رژیم بارندگی می‌تواند تأثیر وافری در وضعیت و چگونگی دبی بنهد.

حال با توجه به نقشی که رودخانه کشکان و سرشاخه‌های آن در تأمین آب کشاورزی شهرستان‌های خرم‌آباد، الشتر، پل‌دختر و همچنین تأمین بخش بسزایی از میزان آب رودخانه کرخه (۳۳ درصد) و متعاقب آن سد کرخه (به عنوان بزرگترین سد خاکی خاورمیانه) و نیروی برقآبی آن و نقشی که رودخانه مذکور در تأمین آب و رونق کشاورزی دشت‌های استان خوزستان (حمیدیه، آزادگان، شوش و ...) دارد، و نظر به این که زندگی برروی زمین به مقدار آب شیرین رودخانه‌ها و دریاچه‌ها بستگی دارد (خزانه داری و همکاران، ۱۳۸۷) لذا هرگونه تغییر در دبی رودخانه کشکان و سر شاخه‌های آن می‌تواند از لحاظ اقتصادی، اجتماعی ـ فرهنگی بخش بزرگی از قطب اقتصادی ـ اجتماعی کشور (خوزستان و..) را تحت تأثیر قرار دهد.

بدین منظور با توجه به تأثیر وزین بارندگی و چگونگی آن در وضعیت دبی، هدف از انجام این پژوهش یافتن ارتباط بین تغییرات زمانی ـ مکانی بارش با تغییرات زمانی ـ مکانی دبی، زمان وقوع و میزان تغییرات آنها در حوضه آبریز کشکان با اعمال روش‌های ناپارامتری من ـ کندال و برآوردگر سن و ارزیابی میزان کارایی هر کدام از روش‌های یاد شده برای بیان تغییرات این دو پدیده است.

در خصوص آشکارسازی روند تغییرات عناصر هواشناسی ـ هیدرولوژی با استفاده از روش‌های آماری مطالعات داخلی و خارجی فراوانی به انجام رسیده است، از جمله: ژو و همکاران[1] (۲۰۱۰) با کاربرد آزمون ناپارامتری من ـ کندال بر روی دمای هوا، بارندگی و دبی جریان در مقیاس زمانی ماهانه، فصلی و سالانه طی دوره آماری ۱۹۶۰– ۲۰۰۷ در حوضه تاریم در چین به این نتیجه رسیدند که دمای سالانه ۸۰ درصد ایستگاه‌ها و بارندگی ۱۲ درصد ایستگاه‌ها دارای روند مثبت معنی‌دار هستند. در خصوص دبی سالانه نیز در مناطق مختلف حوضه، روند مثبت و منفی به صورت توأمان وجود دارد. کومار و همکاران[2] (۲۰۰۹) برای شناسایی روند جریان در ایالت ایندیانای آمریکا، آزمون ناپارامتری من ـ کندال را با چهار روش مختلف بر روی آمار کمینه، میانگین و بیشینه دبی جریان، در مقیاس زمانی فصلی و سالانه، مربوط به ۳۱ ایستگاه آب‌سنجی که دارای آمار ۵۰ سال یا بیشتر به صورت پیوسته بودند انجام دادند. یافته‌های ایشان حاکی از آن است که روند مثبت و معنی‌داری در کمینه و میانگین جریان وجود دارد. در نهایت ایشان نشان دادند که حذف اثر خود همبستگی‌ها، تعداد ایستگاه‌های دارای روند معنی‌دار را در قیاس با آزمون بدون حذف اثر خود همبستگی کاهش می‌دهد. کایا و کالایسی[3] (۲۰۰۴) به منظور شناسایی وجود روند در جریان‌های

1 -Xu *et al.*
2 -Kumar *et al.*
3 - Kahya and Kalayci

رودخانه‌ای ترکیه، چهار آزمون ناپارامتری برآوردگر سن، اسپرمن، من ـ کندال و من ـ کندال گرافیکی را در یک دوره ۳۱ ساله در مقیاس ماهانه بر روی ۲۶ حوضه آبخیز ترکیه اعمال نمودند. نتایج ایشان مبین آن است که حوضه‌های غربی و جنوبی شرقی دارای روند کاهشی معنی‌دار در سطح ۹۵ درصد اطمینان هستند. در حالی که حوضه‌های شرقی فاقد روند می‌باشند. خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۳) روند تغییرات بارش‌های ماهانه، فصلی و سالانه پنج ایستگاه قدیمی ایران با پوشش زمانی ۲۰۰۱ – ۱۸۹۳ را با استفاده از روش‌های t– استیودنت و من ـ کندال مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج پژوهش ایشان حاکی از آن است که در مقطع سالانه، آماره‌های هر دو آزمون هیچ گونه روندی را برای مؤلفه تغییر آب و هوا بارندگی سالانه، از لحاظ مقدار بارش در ایستگاه‌های قدیمی ایران تشخیص ندادند. حجام و همکاران (۱۳۸۷) با بهره‌گیری از دو روش ناپارامتری من ـ کندال و برآوردگر سن روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه ۴۸ ایستگاه بارانسنجی واقع در حوضه‌ی مرکزی ایران را مورد بررسی و کنکاش قرار دادند. نتایج مطالعه ایشان بیانگر آن است که با توجه به ناکافی بودن تعداد سری‌های دارای روند معنی‌دار نسبت به سری‌های فاقد روند نمی‌توان روند خاصی را برای بارندگی‌های فصلی و سالانه منطقه مذکور ارائه نمود. کتیرایی و همکاران (۱۳۸۶) به منظور آشکارسازی سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه، در روند بارش ایران، تعداد روزهای بارانی سالانه، فصلی و شدت بارش روزانه مربوط به ۳۸ ایستگاه واقع در سطح کشور را در بازه زمانی ۲۰۰۱– ۱۹۶۰ مورد استفاده قرار دادند. ایشان برای تشخیص روند از آزمون من ـ کندال و برای برآورد اندازه روند از روش خطی حداقل مربعات بهره گرفتند. نتایج مطالعه نشان داد که روند کاهشی در بارش‌های خفیف به طرف روند افزایشی بارش‌های سنگین وجود دارد که با روند افزایشی و غالباً معنی‌دار بارش سالانه یا فصلی تطابق دارد. در برخی از ایستگاه‌ها نیز سیر نزولی از روند بارش‌های خفیف به طرف روند کاهشی در بارش‌های سنگین مشخص گردید که با روند کاهشی و غالباً معنی‌دار بارش کل سالانه یا فصلی تطابق دارد. عزیزی و رمضانی‌پور (۱۳۸۷) با اعمال آزمون ناپارامتری من ـ کندال گرافیکی بر روی داده‌های بارش و دبی سه حوضه مجزا در استان گیلان به شناسایی تغییرات بارش و اثر آن بر رژیم آبدهی رودهای استان گیلان پرداختند. ایشان در این مطالعه با بررسی‌های دنباله‌های (u_t) بارش و دبی دریافتند که این دو متغیر در اوایل دوره ارتباط نزدیک‌تری نسبت به اواخر دوره تحت مطالعه داشته‌اند. از سویی، ارتباط آنها نیز بر حسب فصول سال متفاوت است. در نهایت ایشان با توجه به یافته‌ها، بارندگی را به عنوان یکی از مهمترین عوامل در نوسانات و تغییرات رژیم آبدهی رودهای استان گیلان شناسایی نمودند.

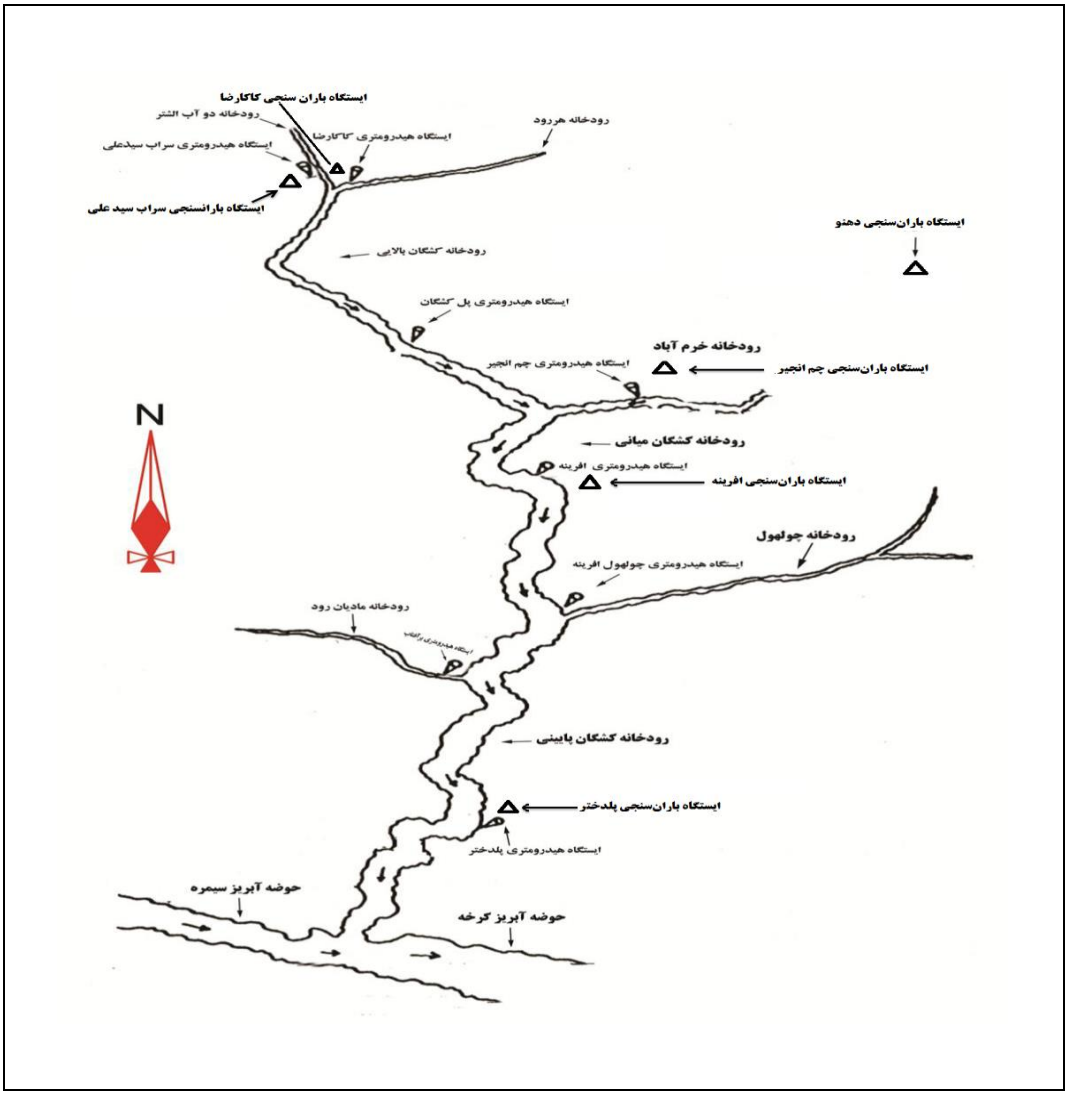
خصوصیات جغرافیای حوضه و رودخانه کشکان

حوضه آبریز رودخانه کشکان با وسعت ۹۵۰۲/۷ کیلومتر مربع در ناحیه جنوب غربی ایران واقع شده است. گستره جغرافیایی آن بین مختصات ۳۳ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی قرار دارد. این حوضه بخش مهمی از سرشاخه‌های پرآب رودخانه کشکان را تشکیل می‌دهد، به طوری که حدود ۳۳ درصد از خاک استان لرستان را در بر می‌گیرد. در تقسیم‌بندی کلی هیدرولوژیکی ایران، بخشی از حوضه آبریز خلیج فارس به شمار می‌رود. این حوضه ۱۸/۵ درصد از مساحت حوضه آبریز بزرگ کرخه را شامل می‌شود (بی نام، ۱۳۸۵).

رودخانه کشکان از ارتفاعات برف‌گیر گرین، هرو و زاغه سرچشمه گرفته و در جهت تقریبی شمال شرقی ـ جنوب غربی جریان می‌یابد. شاخه اصلی آن از تلاقی دو رودخانه هرو (کاکارضا) و دوآب الشتر (کهمان) تشکیل و با نام کشکان از فاصله‌ای حدود ۳۰ کیلومتری جنوب خرم‌آباد در محلی به نام دوآب با رودخانه خرم‌آباد تلاقی پیدا می‌کند. رودخانه خرم‌آباد از تلاقی شاخه‌های رباط، کرگانه، کاکاشرف، چشمه‌های کیو، گلستان مطهری، دارایی، گرداب سنگی و چنگایی تشکیل می‌شود، سپس در مجاورت جاده خرم‌آباد ـ اندیمشک ادامه می‌یابد و در محل روستای افرینه با رودخانه چولهول که از ارتفاعات منطقه طائی و چمشک سرچشمه می‌گیرد، ادغام می‌شود. این رودخانه در محلی به نام برآفتاب، آب رودخانه مادیان‌رود را که زهکش دشت کوهدشت بوده دریافت و نهایتاً پس از طی مسافتی در حدود ۳۰۰ کیلومتر از میان شهر پل‌دختر عبور کرده و در محل پل گاومیشان (پایین دست پل‌دختر) به رودخانه سیمره، ملحق شده و رودخانه کرخه را تشکیل می‌دهد (شکل ۱).

مواد و روش

به منظور انجام این مطالعه نخست آمار ماهانه و سالانه بارش و دبی ایستگاه‌های آب‌سنجی و باران‌سنجی مستقر در حوضه آبریز کشکان در بازه زمانی ۸۹ ـ ۱۳۴۸ از شرکت آب منطقه‌ای و هواشناسی استان لرستان اخذ شد. بازبینی داده‌های هر یک از ایستگاه‌ها مشخص نمود که برخی ایستگاه‌ها دارای خلع‌های آماری فراوان و بلندمدتی هستند. لذا نمی‌شد به نتایج حاصل از این داده‌های ناقص اعتماد ورزید (باران‌سنجی کوهدشت، دوآب ویسیان و...، بیش از ۱۰ سال خلاع آماری دارند). در نهایت از اطلاعات و آمار هشت ایستگاه آب‌سنجی و شش ایستگاه باران‌سنجی که دارای آمار بهینه در بازه زمانی مورد مطالعه بودند، برای انجام پژوهش بهره گرفته شد (جدول ۱ و ۲).



شکل ۱- نمای شماتیکی از رودخانه کشکان و سرشاخه‌های آن (تیرصاحب و همکاران، ۱۳۷۵)

به منظور تعیین روند در هر یک از سری‌های زمانی بارش ـ دبی، به علت وابسته نبودن توزیع احتمال سنجه‌ی آزمون‌های ناپارامتری به شکل توزیع دیدبانی‌ها، یعنی به علت عدم تأثیرپذیری از مقادیر غیر معمول و دورافتاده داده‌ها، و در نتیجه مقاوم بودن نسبت به خطاهای احتمالی (لانزنت[1]، ۱۹۹۶) و نیز به سبب آنکه این آزمون‌ها نیاز به فرضیه‌های متعدد نداشته (منصورفر، ۱۳۸۷) و آسان‌تر بودن فهم آنها نسبت به آزمون‌های پارامتری (نیرومند، ۱۳۸۶) از دو آزمون ناپارامتری من ـ کندال[2] و برآوردگر سن[3] که شرح و بسط آنها در پی می‌آید استفاده شد.

آزمون من ـ کندال ابتدا توسط من (۱۹۴۵) ارائه و سپس توسط کندال (۱۹۷۵) بسط و توسعه یافت (سیرانو و همکاران[4]، ۱۹۹۹) کاربرد آن توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه گردید (میشل و همکاران[5]، ۱۹۶۶). از نقاط قوت این روش می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. از دیگر مزیت‌های این روش می‌توان به اثرپذیری ناچیز آن از مقادیر فرین که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند اشاره نمود (تورگی و ارکن[6]، ۲۰۰۵)، فرض صفر این آزمون مبین تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری و پذیرش فرض یک دال بر وجود روند در سری داده‌هاست. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر است:

نخست محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر S به شرح زیر:

1 - Lanzent
2 - Man - kendal
3 - Sen's Estimator Slop
4 - Serrano *et al.*
5 - Mitchell *et al.*
6 - Turgay and Ercon

$$s=\sum_{k=1}^{n-1}\sum_{j=k+1}^{n}\operatorname{sgn}\left(X_j-X_k\right) \qquad (۱)$$

در رابطه فوق: n: تعداد مشاهدات سری، X_j و X_k: به ترتیب داده‌های j اُم و k اُم، sgn: تابع علامت است که به طریق زیر محاسبه می‌شود:

$$\operatorname{sgn}(X)=\begin{cases}+1 & if\ \left(X_j-X_k\right)>0\\ 0 & if\ \left(X_j-X_k\right)=0\\ -1 & if\ \left(X_j-X_k\right)<0\end{cases} \qquad (۲)$$

به علت اینکه تمام ایستگاه‌ها دارای آمار بیش از ۱۰ سال هستند، برای محاسبه واریانس از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$Var(S)=\frac{n(n-1)(2n+5)-\sum_{i-1}^{m}t(t-1)(2t+5)}{18} \qquad (۳)$$

در رابطه فوق m: مبین تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده تکراری وجود دارد و t: بیانگر فراوانی داده‌هایی با ارزش برابر است. در نهایت آماره Z با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$Z=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} & if\quad S>0\\ 0 & if\quad S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} & if\quad S<0\end{cases} \qquad (۴)$$

در یک آزمون دو دامنه برای روندیابی سری داده‌ها فرض صفر پذیرفته می‌شود اگر: $|Z|\le Z_{\alpha/2}$ که سطح معنی‌داری و Z_α: آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α است. با توجه به دو دامنه بودن آزمون از $\alpha/2$ استفاده شده است. در بررسی حاضر، آزمون برای سطوح اعتماد ۹۹ درصد و ۹۵ درصد بکار گرفته شد. در صورت مثبت بودن آماره Z روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن روند نزولی است.

روش برآوردگر سن مانند روش من ـ کندال براساس مفهوم تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بنا نهاده شده است. در این روش شیب بین هر جفت داده در سری زمانی محاسبه شده و میانه سری شیب‌های به‌دست آمده استخراج می‌گردد، سپس به یاری روابطی که در پی می‌آیند در مورد معنی‌داری شیب نهایی داوری می‌شود.

نخست محاسبه شیب بین هر جفت داده با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود. با اعمال رابطه (۵) برای هر جفت داده یک سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده حاصل می‌گردد که با محاسبه میانه این سری زمانی شیب خط روند (Q_{med}) به‌دست می‌آید. مقدار مثبت این آماره حاکی از روند صعودی و مقدار منفی آن روند نزولی سری داده‌ها را بیان می‌دارد:

$$Q=\frac{X_t-X_s}{t-s} \qquad (۵)$$

در رابطه فوق Q: شیب میانه، X_t و X_s: به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان‌های t و s بوده و t: یک واحد زمانی بعد از زمان s است. در مرحله بعد پارامتر C_a در سطوح اعتماد مورد آزمون با استفاده از رابطه محاسبه می‌شود:

$$C_a=Z_1-\frac{\alpha}{2}\times\sqrt{Var(S)} \qquad (۶)$$

در رابطه (۶) پارامتر Z_1: آماره نرمال استاندارد و $\frac{\alpha}{2}$: سطح معنی‌داری برای سطوح مختلف اعتماد است. در گام سوم حدود اعتماد بالا و پایین شیب بدست آمده از طریق عبارت‌های زیر محاسبه می‌شوند:

$$\begin{cases}M_1=\dfrac{N-C_a}{2}\\ M_2=\dfrac{N+C_a}{2}\end{cases} \qquad (۷)$$

در روابط فوق N: تعداد شیب‌های محاسبه شده توسط رابطه (۵)، M_1 و M_2: به ترتیب حد پایین و بالای حدود اطمینان هستند. در مرحله آخر M_1 اُمین و M_2+1 اُمین شیب‌ها از بین شیب‌های محاسبه شده توسط رابطه (۱) استخراج می‌گردند. در صورتی که عدد صفر در دامنه بین دو شیب استخراج شده مذکور قرار گیرد فرض صفر پذیرفته شده و عدم وجود روند در سری داده‌ها تأئید می‌گردد. در غیر این صورت فرض صفر رد و وجود روند در سطح اطمینان مورد آزمون تأئید می‌گردد.

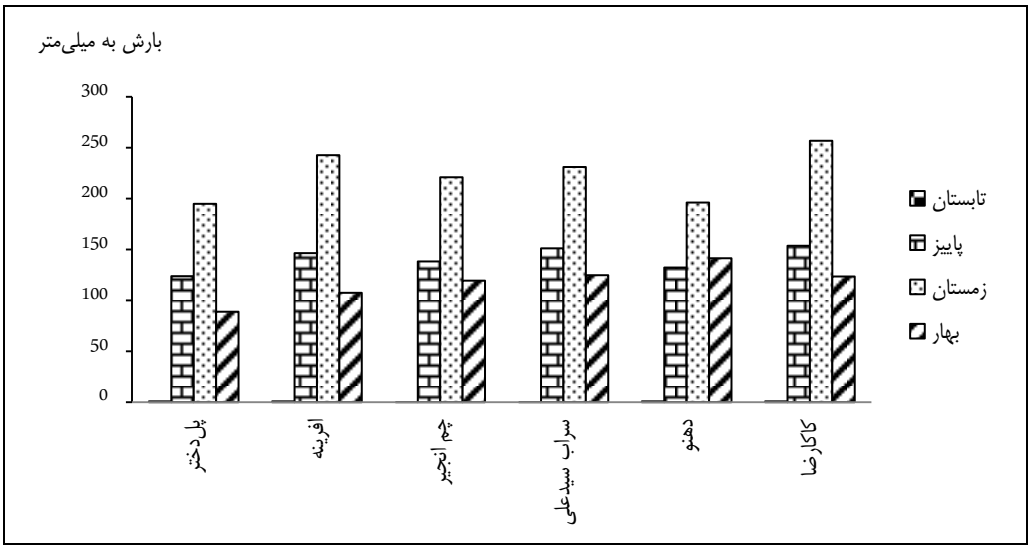
نتایج و بحث

بررسی توزیع زمانی بارش ـ دبی حوضه کشکان حاکی از تمرکز بارش این حوضه در فصول زمستان، پاییز و بهار می‌باشد و در فصل تابستان، بارش به ندرت رخ می‌دهد (جدول ۱و شکل ۲). در این راستا، زمستان پربارش‌ترین و تابستان کم بارش‌ترین فصول حوضه هستند. از سویی توزیع زمانی دبی نشان‌دهنده آن

است که زمان اوج دبی رودخانه کشکان و سرشاخه‌ها آن، به جز رودخانه مادیان رود، متناظر با زمان اوج بارش نیست. به طوری که بهار پرآب‌ترین و تابستان کم‌آب‌ترین فصول رودخانه کشکان و سرشاخه‌های آن هستند (جدول ۲ و شکل ۳).

جدول ۱- مقادیر میانگین بلندمدت بارش ایستگاه‌های حوضه آبریز کشکان بر حسب میلی‌متر(۸۹-۱۳۴۷)

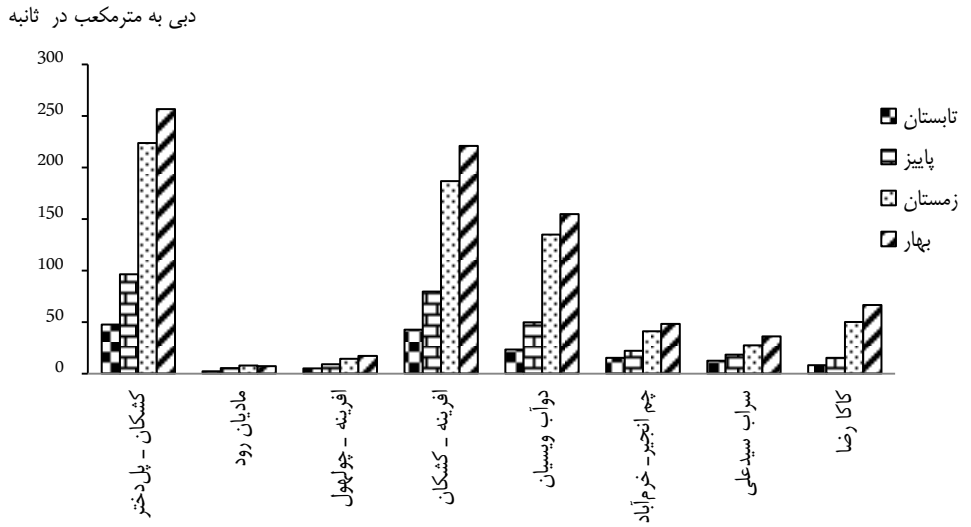
ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	سالانه
کاکارضا	۱۵۳/۷	۲۵۶/۹۲	۱۲۳/۶۶	۰/۸۰۴	۵۳۵/۱
دهنو	۱۳۲/۳	۱۹۶/۱۱	۱۴۱/۴۱	۰/۸۵	۴۷۰/۶
سراب‌سیدعلی	۱۵۱/۳۸	۲۳۱/۱۴	۱۲۴/۸۸	۰/۶۷۵	۵۰۸/۱
چم‌انجیر	۱۳۸/۴۹	۲۲۱/۱۴	۱۱۹/۳۸	۰/۵۲۵	۴۷۹/۵
افرینه	۱۴۶/۶	۲۴۲/۹۶	۱۰۷/۶	۰/۷۹۵	۴۹۸
پل‌دختر	۱۲۴	۱۹۵	۸۹/۱	۰/۹	۴۰۹



شکل ۲- نمودار میانگین بلندمدت بارش ایستگاه‌های حوضه آبریز کشکان بر حسب میلی‌متر (۸۹ ـ ۱۳۴۸)

جدول ۲- میانگین دبی بلندمدت ایستگاه‌های حوضه آبریز کشکان بر حسب متر مکعب در ثانیه (۸۹ ـ ۱۳۴۸)

ایستگاه	پاییز	زمستان	بهار	تابستان	مجموع سالانه
کاکارضا	۱۵/۱	۴۹/۹	۶۶/۴۷	۸/۰۳	۱۳۹/۵
سراب سیدعلی	۱۸/۲۶	۲۷/۱۴	۳۵/۹۴	۱۲/۵۱	۹۳/۹
چم انجیر	۲۲/۰۳	۴۰/۸۷	۴۸/۱۱	۱۵/۲	۱۲۶/۲
دوآب ویسیان ـ کشکان	۴۹/۶۴	۱۳۴/۷۶	۱۵۴/۴۷	۳۸/۲۳	۳۶۲/۳
افرینه ـ کشکان	۷۹/۳	۱۸۶/۴۱	۲۲۰/۷۹	۴۲/۵۳	۵۲۹
افرینه ـ چولهول	۸/۹۴	۱۴/۲۱	۱۷/۲	۴/۸	۴۵/۱۵
مادیان‌رود	۵/۳۱	۷/۷۸	۷/۲۴	۲/۱۵	۲۲/۵
پل‌دختر- کشکان	۹۶/۳	۲۲۳/۶	۲۵۶/۳۸	۴۷/۳۶	۶۲۳/۶



شکل ۳- نمودار میانگین بلند مدت دبی ایستگاه‌های حوضه آبریز کشکان برحسب مترمکعب در ثانیه (۸۹-۱۳۴۸)

در این خصوص علی‌رغم وزن بیشتر بارش زمستانه نسبت به بارش بهاره، اما مشاهده می‌شود که میزان دبی در فصل بهار، با وجود بارش کمتر (در حدود نصف بارش زمستان) و افزایش نیاز آبی گیاه (کشاورزی)، نسبت به فصل زمستان بیشتر است. این عدم تقارن زمانی بارش ـ دبی به احتمال زیاد ناشی از این است که بیشتر بارش حوضه در فصل زمستان به صورت جامد است و در فصل بهار علاوه بر بارش، ذوب برف زمستانه نیز آب رودخانه‌ها را در این فصل تأمین می‌کند. همچنین به نظر می‌رسد که در فصل بهار (علاوه بر موارد مذکور) خاک از درجه اشباع بیشتری نسبت به فصل زمستان برخوردار است و در نتیجه ضریب رواناب افزایش می‌یابد.

از طرفی، با توجه به آنکه رودخانه مادیان‌رود نسبت به سایر سرشاخه‌های رودخانه کشکان، از نواحی گرمتری سرچشمه می‌گیرد، لذا بارش برف زمستانه و متعاقباً آب حاصل از ذوب برف در بهار سهم کمتری در تأمین دبی این رودخانه ایفا می‌کند. از این گذشته، چون در امتداد این رودخانه سیستم کشاورزی و باغداری گسترده‌ای وجود دارد و با توجه به گرمایش محلی حوضه این رودخانه (پل‌دختر و کوهدشت)، بدین ترتیب در فصل بهار نیاز آبی در حوضه افزایش می‌یابد و متعاقباً افزایش بهره‌برداری بیش از اندازه از آب رودخانه، باعث تناظر زمانی دبی اوج این رودخانه با زمان اوج بارش شده است.

تحلیل روند تغییرات بارش ـ دبی

با اعمال دو آزمون ناپارامتری من ـ کندال و برآوردگر سن بر روی بارش و دبی حوضه کشکان در یک سری زمانی سالانه و چهار سری زمانی فصلی در سطوح اعتماد ۹۹ درصد و ۹۵ درصد مشخص شد که در سری زمانی سالانه روند بارش ایستگاه‌های شمالی حوضه (دهنو، سراب سیدعلی و کاکارضا) افزایشی و روند زمانی بارش ایستگاه‌های مرکزی و جنوبی به جز ایستگاه افرینه کاهشی است. به طوری که مقدار شدت تغییر (آماره آزمون برآوردگر سن) با بیشترین رقم مثبت در شمال حوضه (کاکارضا با ۳/۵۵ میلی‌متر در سال) و بیشترین رقم منفی (پل‌دختر با ۱/۴۲- میلی‌متر در سال) در جنوب حوضه برآورد شد. لذا اگر از ایستگاه افرینه صرف نظر کنیم از شمال حوضه به طرف جنوب حوضه، از میزان شدت روند افزایشی تغییر کاسته و به میزان شدت روند کاهشی تغییر بارش افزوده می‌شود (جدول ۳ و شکل ۴).

بررسی روند بارش ایستگاه‌ها در سری‌های زمانی فصلی آشکار می‌نماید که کلیه ایستگاه‌ها در تمامی سری‌های زمانی فصلی به جز سری زمانی زمستان، دارای روند افزایشی هستند. همچنین مقایسه شدت تغییر بارش ایستگاه‌ها نشانگر آن است که ایستگاه کاکارضا در سری‌های زمانی بهار و پاییز به ترتیب با مقادیر ۲ و ۱/۳ میلی‌متر در سال بیشترین افزایش و در سری زمانی زمستان با ۰/۵۵- میلی‌متر در سال کمترین کاهش را در قیاس با سایر ایستگاه‌ها دارا است. ایستگاه پل‌دختر در سری‌های زمانی پاییز و بهار به ترتیب با مقادیر ۰/۸۱ و ۰/۲۸ میلی‌متر در سال کمترین مقدار افزایش و در سری زمانی زمستان با مقدار ۲/۶- میلی‌متر در سال، بیشترین مقدار کاهش را در قیاس با سایر ایستگاه‌ها به خود اختصاص می‌دهد. بنابراین، با توجه به منعکس شدن شدت تغییر روند فصلی در روند سالانه و یکسانی جهت روندهای فصلی در کل ایستگاه‌های بارشی حوضه کشکان، اما مشاهده می‌شود که بارش سالانه دو ایستگاه چم‌انجیر و پل‌دختر برخلاف بارش سایر ایستگاه‌ها دارای روند کاهشی است. در این راستا برای باز شکافی این عدم تناظر بین جهت روند تغییر بارش سالانه میان ایستگاه‌های حوضه، شدت تغییر روند بارش ایستگاه‌ها در کلیه سری‌های زمانی مورد بازبینی قرار گرفت و مشخص شد که میزان شدت کاهش بارش زمستانه دو ایستگاه بارشی چم‌انجیر

و پل‌دختر به مراتب بیشتر از مجموع شدت افزایش بارش بهاره و پاییزه آنها است، در صورتی که در سایر ایستگاه‌ها شدت کاهش بارش زمستانه آنها کمتر از مجموع شدت افزایش بارش بهاره و پاییزه است، بنابراین علی‌رغم یکسانی جهت روند بارش در سری‌های فصلی تمام ایستگاه‌ها، اما شدت تغییر روند بارش در ایستگاه‌های مختلف متفاوت است. در نتیجه، از آنجایی که جهت و شدت روند تغییر فصلی در روند تغییر سالانه منعکس می‌شود، لذا وزن تغییر هر کدام از جهات روند فصلی (صعودی یا نزولی) نقش تعیین کننده‌ی در جهت (صعودی یا نزولی) و شدت روند تغییر سالانه ایفا می‌کند.

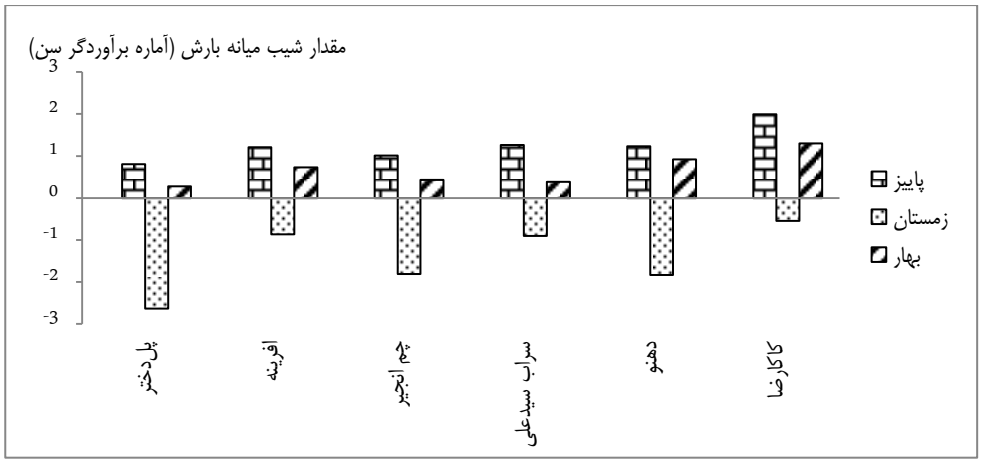
تحلیل روند تغییرات دبی در پنج سری زمانی مربوط به کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه نیز نشان می‌دهد که در هر پنج سری زمانی مورد مطالعه، روند دبی‌ها به جز روند سری زمانی زمستانه سراب سیدعلی، از نوع کاهشی است (جدول۴ و شکل ۵). در این خصوص بررسی شدت تغییر روند چهار سری زمانی فصلی و مقایسه آنها باهم روشن می‌کند که در تمامی ایستگاه‌ها، فصل بهار به عنوان بیشترین مقدار کاهش در دبی و فصل پاییز به عنوان کمترین مقدار کاهش در دبی هستند. در این میان، ایستگاه دبی‌سنجی کشکان ـ پل‌دختر با میزان کاهش ۳/۷۳۶- متر مکعب بر ثانیه در فصل بهار و ایستگاه دبی‌سنجی کاکارضا با میزان کاهش ۰/۰۲- متر مکعب بر ثانیه در فصل پاییز به ترتیب دارای بیشترین و کمترین شدت کاهش در چهار سری زمانی فصلی شناسایی شدند.

مقایسه شدت تغییر دبی سرشاخه‌های رودخانه کشکان در پنج سری زمانی نشان‌دهنده آن است که در سری‌های زمانی سالانه، پاییز، زمستان و تابستان بیشترین مقدار کاهش مربوط به ایستگاه چم‌انجیر (رودخانه خرم‌آباد) و در سری زمانی بهار مربوط به ایستگاه کاکارضا است. با این وجود مقایسه شدت تغییر روند دبی با میزان دبی و نسبت شدت کاهش دبی به میزان دبی در هر کدام از سری‌های زمانی آشکار می‌نماید که اگرچه رودخانه مادیان‌رود دارای میزان کاهش مطلق کمتری در هر یک از سری‌های زمانی یاد شده نسبت به ایستگاه‌های چم انجیر و کاکارضا است، اما نسبت کاهش دبی به حجم دبی این ایستگاه در حدود ۱/۵ تا سه برابر همین نسبت در سری‌های زمانی سالانه، پاییزه، زمستانه و تابستانه ایستگاه چم‌انجیر و دو برابر همین نسبت در سری زمانی بهاره کاکارضا است. در نتیجه، این نشان از وضعیت بغرنج مادیان‌رود دارد، زیرا اگر این وضعیت تداوم یابد در آینده نزدیک باید شاهد خشک شدن این رودخانه و صدمات جبران ناپذیری به زیست بوم و معیشت ساکنان حوضه این رودخانه باشیم.

جدول ۳ - نتایج آماره‌های آزمون من ـ کندال و برآوردگر سن برروی بارش، در سطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد

ایستگاه	پاییز		زمستان		بهار		تابستان		سال	
	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z
کاکارضا	۲*	۱/ ۹۷*	-/۵۵	-/۴۵	۱/۳	۱/۵۴	۰/۰۰	۰/۸۵	۳/۵۶	۱/۸۴
دهنو	۱/۲۳	۱/۱۲	-۱/۸۳*	-۱/۹۸*	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۰۰	۰/۴۳	۰/۴۵	۰/۸۹
سراب‌سیدعلی	۱/۲۶	۱/۱	-۰/۹	-/۵۵	۰/۳۹	۰/۷۴	۰/۰۰	۱/۹۳	۱/۱۳	۰/۵۷
چم‌انجیر	۱	۱/۲۵	-۱/۸۱	-۱/۶۴	۰/۴۳	۰/۴۹	۰/۰۰	۱/۸۹	-/۱۱۵	-/۰۸
افرینه	۱/۲۱	۱/۴۴	-/۸۷	-/۶۴	۰/۷۳	۰/۹۷	۰/۰۰	۱/۲۹	۰/۶۲	۰/۳۱
پل‌دختر	۰/۸۱	۰/۷۴	-۲/۶ *	-۲*	۰/۲۸	۰/۳۳	۰/۰۰	۱/۲۸	-۰/۷	-۱/۴۲

Q = شیب میانه، Z = آماره من ـ کندال،* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد اطمینان

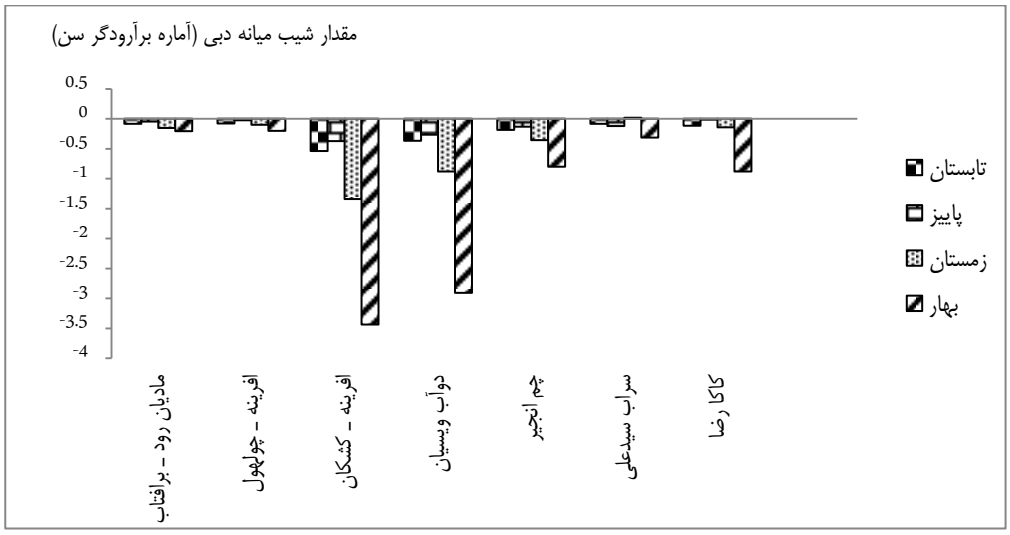


شکل ٤- نمودار پراکنش فصلی مقدار تغییر بارش در ایستگاه‌های حوضه آبریزکشکان بر حسب میلی‌متر در سال

جدول ٤- نتایج آماره‌های آزمون من ـ کندال و برآوردگر سن بر روی دبی، درسطوح اعتماد ۹۵ و ۹۹ درصد

ایستگاه	پاییز		زمستان		بهار		تابستان		سال	
	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z
کاکارضا	-/۰۲	-/۲۳	-/۱۴۴	-/۵۸	-/۸۸	-۱/۶	-/۱۲**	-۲/۵۸**	-۱/۱۴	-۱/۶
سراب سیدعلی	-/۱۳	-۱/۶۴	/۰۲	۰/۱۶	-/۳۲	-۱/۳	-/۰۸۵	-۱/۵۷	-/۳۸۴	-۱/۲۵
چم انجیر	-/۱۴	-۱/۸۶	-/۳۶*	-۲*	-/۸*	-۲/۱۳*	-/۱۹**	-۲/۷**	-۱/۴۶*	-۲/۳*
دوآب ویسیان ـ کشکان	-/۲۷	-۱/۱۳	-/۸۸	-/۹۵	-۲/۹*	-۲/۵*	-/۳۷ *	-۲/۲۵*	-۳/۳۷	-۱/۹۳
افرینه ـ کشکان	-/۳۸	-۱/۱	-۱/۳۴	-۱/۳	-۳/۴۴*	-۲/۰۵*	-/۵۴*	-۲/۱۴*	-۴/۶	-۱/۶۸
افرینه ـ چولهول	-/۰۳	-/۳۸	-/۱	-۱/۳۴	-/۲	-۱/۴۷	-/۰۸*	-۲/۴۶*	-/۴۴۸	۱/۶۸
مادیان رود	-/۰۵*	-۲*	-/۱۵**	-۴/۳۷**	-/۲۱	-۳/۶**	-/۰۸۵**	-۴/۰۵**	-/۴۴	-۱/۹۳
پل‌دختر ـ کشکان	-/۳۵	-۰/۹۵	-۱/۵۶	-۱/۵۷	-۳/۷۴	-۱/۸۴	-/۹۸**	-۳/۳۴**	-۵/۶۲	-۱/۷۴

Q = شیب میانه، Z = آماره من ـ کندال،* و ** به ترتیب معنی‌داری در سطح ۹۵ و ۹۹ درصد اطمینان



شکل ۵- نمودار پراکنش فصلی مقدار تغییر دبی در ایستگاه‌های حوضه آبریزکشکان بر حسب مترمکعب بر ثانیه

مقایسه روند تغییرات بارش و دبی

بازنمایی و مقایسه روند بارش و دبی تمامی سری‌های زمانی تحت مطالعه نشانگر آن است که اگرچه در سری‌های زمانی بهار و پاییز تمامی ایستگاه‌ها و سری زمانی سالانه ایستگاه‌های افرینه، دهنو و سراب سیدعلی، روند بارش صعودی است اما دبی متناظر این سری‌های زمانی دارای روند نزولی است. همچنین بررسی شدت تغییر هر دو پارامتر و مقایسه آنها باهم حاکی از آن است که شدت کاهش دبی به مراتب بسیار بیشتر از شدت کاهش در بارش است. با این شرایط به نظر می‌رسد علاوه بر مقدار بارش، جا به جای زمانی، و تغییر فاز بارش (جامد به مایع) منتج از آن و عوامل دیگری غیر از بارش (دخالت انسان در محیط) در تغییرات دبی سرشاخه‌های رودخانه کشکان دخیل هستند. به عبارتی چون آب حاصل از ذوب برف به جای مانده از فصل زمستان نقش اساسی در تأمین دبی سرشاخه‌های رودخانه کشکان در فصل بهار دارد، لذا با وجود روند نزولی بارش زمستانه می‌توان نتیجه گرفت که از میزان بارش برف زمستانه کاسته شده و در نتیجه ذخیره برف کمتری برای مساعدت در تأمین دبی فصل بهار مهیا می‌گردد. از سویی، چون نسبت حجم بارش زمستانه به مراتب بیشتر از حجم بارش سایر فصول سال است و همچنین شدت تغییر آن (یعنی مقدار کاهش در سال) بیشتر از شدت تغییر در دیگر فصول سال بوده و بر طبق گزارش‌های اعلام شده از هیأت بین الدولی تغییر آب و هوا[1] و پژوهش‌های صورت گرفته در این مورد (غیور، ۱۳۹۱ و علیجانی ۱۳۹۱)، که تغییر در توزیع زمانی بارش را منبعث از پدیده گرمایش جهانی می‌دانند، بنابراین تغییر در توزیع زمانی بارش مصادف با تغییر حالت آن نیز بوده است. لذا از آنجای که بارش برف نقش اساسی در تأمین و تقویت سفره‌های آب زیرزمینی، سرآب‌ها و چشمه‌های حوضه دارد (چشمه‌های حوضه کشکان نقش زیادی در دائمی بودن رودها و تقویت دبی آنها بر عهده دارند)، با کاهش بارش برف، سطح آب زیرزمینی و دبی خروجی چشمه‌ها دچار افت شده و بدین ترتیب منابع آبی یاد شده نسبت به گذشته سهم کمتری در پایداری دبی‌های سرشاخه‌های

1 - Intergovernmental Panel on climate Change(IPCC)

کشکان ایفا می‌کنند. شایان توجه است که حتی افزایش بارش بهار (که بیشتر به صورت رگباری است) نتوانسته که جبران کاهش بارش و تغییر حالت بارش زمستانه را بنماید. بنابراین چون معیشت و شُرب ساکنان محلی وابسته به این آبهاست لکن جهت جبران مافات به روش‌های دیگری مانند حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق و برداشت‌های غیراصولی روی آورده، که این عامل خود باعث تشدید در روند نزولی دبی رودخانه‌ها شده است. به طور نمونه، چون آب رودخانه کهمان از ذخیره برفی کوه گرین و همچنین از زهکشی آب چشمه‌های دشت الشتر تأمین می‌گردد ملاحظه می‌شود که این رودخانه در فصل زمستان علی‌رغم دارا بودن روند نزولی در بارش دارای روند صعودی در دبی است. در این راستا از موارد ذکر شده مشخص می‌شود که چون بارش زمستان با تغییر حالت (از جامد به مایع) مصادف بوده است، لذا در فصل زمستان، بارش عملاً به صورت مستقیم وارد سیستم رودخانه شده و سبب کند شدن شدت تغییر دبی آن می‌شود. از سویی در فصل زمستان، به خاطر سرمایش محلی، در حوضه آبریز این رودخانه عملیات کشاورزی راکد است پس آبی جهت بهربرداری کشاورزی از رودخانه برداشت نمی‌شود.

در ارتباط با دخالت انسان در محیط و تغییرات دبی سرشاخه‌های کشکان، با توجه به این که رودخانه کاکارضا دارای بیشترین دبی سالانه در میان سایر سرشاخه‌های رودخانه کشکان است و نقش غیر قابل انکاری که در تنظیم دبی رودخانه کشکان و متعاقباً تامین بخشی از آب رودخانه کرخه دارد. بدین منظور به عامل تأثیرگذار در کاهش دبی این رودخانه در طی زمان به صورت اجمالی اشاره می‌شود.

دو ایستگاه باران‌سنجی دهنو (واقع در سرشاخه رودخانه) و کاکارضا بارش حوضه رودخانه کاکارضا را ثبت می‌نمایند. همان گونه که از جدول ۳ و شکل ۴ پیدا است هر دو ایستگاه دارای روند افزایشی قابل ملاحظه‌ی در بارش سالانه هستند. بازشکافی روند فصلی بارش دو ایستگاه ذیربط نشانگر آن است که در فصل زمستان ایستگاه دهنو دارای روند کاهشی و در فصل‌های بهار و پاییز دارای روند افزایشی است. اما همان طور که اشاره شد ایستگاه کاکارضا کاهش نسبتاً کمی در بارش زمستانه و افزایش قابل توجه‌ی در سایر سری‌های زمانی دارد به طوری که هر سال ۳/۵۶ میلی‌متر به بارش این ایستگاه افزوده شده است، اما در مورد دبی ملاحظه شد که دبی این رودخانه بیشترین کاهش را در فصل بهار دارد (۰/۸۸- متر مکعب بر ثانیه). در نتیجه مشخص می‌شود که میزان کاهش بارش در حدی نبوده که دبی را بدین مقدار کاهش دهد. بدین‌سان با توجه به گسترش کشاورزی، سیستم باغداراری و توسعه شهرنشینی و نیاز مبرم آنها به آب شیرین در دشت الشتر و ایجاد سدهای انحرافی و انتقال آب رودخانه مذکور و برداشت‌های غیر اصولی (کاکولوند، ۱۳۹۰)، مشخص می‌گردد که اگرچه توزیع زمانی بارش دچار تغییر گشته و دبی را دچار افت نموده، اما عامل تأثیر گذار در تغییرات و کاهش دبی به میزان ۱/۱۴- متر مکعب بر ثانیه در سال مبین وجود عامل مؤثر دیگری در کاهش دبی رودخانه مذکور است. به عبارتی با توجه به مراتب ذکر شده در مورد اقدامات انسان در محیط می‌توان نتیجه گرفت که دخالت بی‌رویه انسان باعث بحرانی‌تر شدن وضعیت دبی سرشاخه‌ها و رودخانه کشکان شده است. بنابراین چون سرشاخه‌ها نقش به‌سزایی در تأمین دبی رودخانه کشکان و متعاقب آن رودخانه کرخه دارند لذا هرگونه تغییر کاهشی در آنها می‌تواند حوضه‌های پایین دست هر کدام از سرشاخه‌ها و سایر حوضه‌های رودخانه کشکان و کرخه را دچار چالش جدی نماید. به طور کلی می‌توان ابراز داشت که تغییرات زمانی ـ مکانی بارش و متعاقب آن تغییرات فاز بارش باعث تغییرات دبی رودخانه کشکان و سرشاخه‌های آن شده است. در این میان دخالت انسان در محیط و استفاد غیراصولی و بهره برداری بیش از حد از آب رودخانه‌های مذکور و همچنین عدم توجه به نقش آب در طبیعت و حوضه‌های پایین دست این رودخانه‌ها، وضعیت دبی را بخصوص در سرشاخه‌های مرکزی و جنوبی (مادیان‌رود و ...) دچار حالت بحرانی نموده است.

نتیجه‌گیری

بررسی و پراکنش زمانی بارش ـ دبی ایستگاه‌های واقع در حوضه آبریز کشکان نشان دهنده آن است که در تمامی ایستگاه‌ها به جز ایستگاه مادیان‌رود یک عدم انطباق زمانی بین حداکثر رخداد بارش با حداکثر وقوع دبی وجود دارد. به طوری که حداکثر رخداد بارش در فصل زمستان و حداکثر رخداد دبی در فصل بهار روی داده است.

با اعمال دو آزمون ناپارامتری من ـ کندال و برآوردگر سن بر روی بارش و دبی حوضه کشکان در مقیاس‌های زمانی سالانه و فصلی آشکار شد که در تمامی موارد نتایج دو آزمون شبیه به هم هستند. به طوری که در هیچ یک از سری‌های مورد بررسی عدم تقارنی بین معنی‌داری آماره‌های دو آزمون مشاهده نشد. لذا کارائی هر دو آزمون برای برآورد معنی‌داری بارش ـ دبی حوضه آبریز کشکان مناسب تشخیص داده شد.

آماره‌های حاصل از اعمال دو آزمون مربوطه، بر روی داده‌های، ۳۰ سری بارشی و ۴۵ سری دبی نشان‌دهنده آن است که تنها در سه سری بارشی در سطح ۹۵ درصد اطمینان و نه و شش سری دبی، به ترتیب در سطوح اعتماد ۹۵ درصد و ۹۹ درصد معنی‌داری وجود دارد. با این حال نتایج دو آزمون نشان داد که روند کلی بارش در حوضه در مقیاس سالانه در ایستگاه‌های شمالی افزایشی و در ایستگاه‌های مرکزی و جنوبی به جز ایستگاه باران‌سنجی افرینه کاهشی است. اما در مقیاس فصلی روند بارش پاییزه و بهاره تمام ایستگاه‌ها، افزایشی و روند بارش زمستانه کل ایستگاه‌ها کاهشی بود. لذا با توجه با بازتاب شدن روند فصلی در روند سالانه و یکسانی روند فصلی در بین تمامی ایستگاه‌ها، متفاوت بودن وزن تغییر بارش در هر یک از فصول سال به عنوان

عامل تعیین کننده در عدم یکسانی روند بارش در مقیاس سالانه بین ایستگاه‌های جنوبی و شمالی حوضه تشخیص داده شد. به طوری که ایستگاه‌های که دارای روند کاهشی در بارش سالانه بودند، عملاً شدت کاهش بارش زمستانه آنها بیشتر از مجموع شدت افزایش بارش فصول بهار و پاییز بود. در نتیجه وزن منفی نسبت به وزن مثبت بر روی روند سالانه می‌چربید. در حالی که برای ایستگاه‌های که دارای روند افزایشی در بارش سالانه بودند این وضعیت برعکس می‌شد.

آماره‌های حاصل از تحلیل روند دبی آشکار نمود که روند دبی در کلیه سری‌ها به جز سری زمستانه ایستگاه سراب سیدعلی از نوع کاهشی بود. در این خصوص بیشترین میزان کاهش در میان سرشاخه‌های رودخانه کشکان، در سری بهاره مربوط به ایستگاه کاکارضا و در مابقی سری‌ها مربوط به ایستگاه چم‌انجیر بود. اما با در نظرگیری نسبت شدت کاهش به میزان دبی، مشخص شد که وضعیت کاهش دبی در رودخانه مادیان‌رود علی‌رغم شدت تغییر کمتر نسبت به اکثر سرشاخه‌ها وخیم‌تر بوده که این رودخانه با خطرخشک شدن در آینده نزدیک رو به رو است. به طور کلی روند دبی در پایاب حوضه (ایستگاه پلدختر ـ کشکان) نشانگر آنست که در هر سال به طور متوسط ۵/۶۲ متر مکعب بر ثانیه از دبی این رودخانه کاسته شده است. لذا با توجه به آبشخور بودن رودخانه کرخه و دشت‌های حاصلخیز خوزستان از رودخانه کشکان، کاهش دبی آن می‌تواند یکی از قطب‌های کشاورزی کشور را با چالش جدی رو به رو نماید.

مقایسه روند بارش و دبی در کلیه سری‌های زمانی هر کدام از سرشاخه‌های رودخانه کشکان نیز نشان داد که جابه جای زمانی که در رخداد بارش به وقوع پیوسته است با تغییر فاز بارش از حالت جامد به مایع همراه بوده است. لذا چون عامل تقویت و دائمی بودن اکثر سرشاخه‌های رودخانه کشکان ذخیره برف زمستانه می‌باشد، از این رو با کاهش بارش زمستانه و پدیده گرمایش جهانی، این پتانسیل تأمین پایداری دبی تنزل یافته است. لذا افزایش در بارش‌های بهاره و پاییزه نتوانسته که جبران کاهش ذخیره برف را بنماید و موجب پایداری دبی شود. در این رابطه بررسی و مقایسه شدت تغییر دبی ـ بارش و بررسی جغرافیایی حوضه حاکی از آن بود که با وجود تغییر در چگونگی بارش، دخالت انسان در محیط، مانند: حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق، ایجاد کانال‌های انحرافی متعدد، برداشت‌های غیر اصولی، گسترش سیستم کشاورزی ـ باغداری در امتداد سرشاخه‌ها و عدم توجه به نقش رودخانه در طبیعت و همچنین در نظر نگرفتن حوضه‌ی پایین دست رودخانه‌ها، این کاهش دبی متأثر از بارش را شدیدتر نموده است به طوری که اکثر سرشاخه‌ها و به ویژه رودخانه اصلی دچار کاهش نسبتاً شدیدی در دبی شده‌اند و برخی از آنها مانند رودخانه مادیان‌رود وارد مرحله بحرانی شده‌اند. به طوری که این رودخانه در فصول بهار و تابستان نه تنها نقشی در تأمین دبی رودخانه کشکان ندارد بلکه میزان قابل توجهی از آب رودخانه کشکان نیز برای تأمین آب مورد نیاز کشاورزی و باغداری به حوضه روخانه مادیان رود منتقل شده است که این موضوع به طور تصاعدی باعث کاهش دبی رودخانه کرخه شده است.

منابع

۱- بی نام. ۱۳۸۵. شرکت سهامی آب منطقه‌ای غرب، حوضه آبریز کرخه، جلد دوم: بررسی‌ها و مشخصات عمومی، وزارت نیرو.

۲- تیرصاحب، م.، پاسدار، ی.، مصداقی‌نیا، ع. و س. ناصری. ۱۳۷۵. تأثیر فاضلاب‌های صنعتی و خانگی بر کیفیت آب رودخانه کشکان. چهارمین سمینار مهندسی رودخانه، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۳- حجام، س.، خوشخو، ی. و ر. شمس الدین‌وندی. ۱۳۸۷. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوضه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری. پژوهش‌های جغرافیایی. (۶۴) :۱۶۸ـ ۱۵۷.

۴- خزانه داری، ل.، کوهی، م.، قندهاری، ش. و م. آسیایی. ۱۳۸۷. تغییر اقلیم: علل، اثرات و راه حل‌ها. انتشارات پاپلی.

۵- خلیلی، ع و ج. بذرافشان. ۱۳۸۳. تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته. مجله بیابان. (۱): ۳۳-۲۵.

۶- عزیزی، ق. و م. رمضانی‌پور. ۱۳۸۷. تغییرات بارش و اثر آن بر رژیم آبدهی رودهای استان گیلان. نشریه فضای جغرافیای اهر. (۲۲) :۹۶-۷۳.

۷- علیزاده، ا. ۱۳۸۵. اصول هیدرولوژی کاربردی. انشارات آستان قدس رضوی.

۸- علیجانی، ب. ۱۳۹۱. آثار تغییر اقلیم در جهان اسلام. پنجمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام، تبریز، دانشگاه تبریز.

۹- غیور، ح. ۱۳۹۱. تغییر اقلیم و منابع آب. پنجمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام. تبریز، دانشگاه تبریز.

۱۰- کاکولوند، ی. ۱۳۹۰. پیش‌بینی و پهنه‌بندی بارش ـ جریان و سیلاب در حوضه رودخانه کشکان، پایانامه کارشناسی ارشد رشته جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی، دانشگاه تبریز.

۱۱- کتیرایی، پ.، حجام، س. و پ. ایران‌نژاد. ۱۳۸۶. سهم تغییرات فراوانی و شدت بارش روزانه در روند بارش در ایران طی دوره ۱۹۶۰ تا ۲۰۰۱. مجلهٔ فیزیک زمین و فضا. (۱) :۸۳- ۶۷.

۱۲- منصورفر، ک. ۱۳۸۷. روش‌های پیشرفته آماری، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم.

۱۳- نیرومند، ح. ع. ۱۳۸۶. روش‌های آماری ناپارامتری کاربردی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

14- Kahya, E and S. Kalayci. .2004. Trend analysis of streamflow in Turkey, Journal of Hydrology. 289: 128-144.

15- Kumar, S., Merwad, V., Kam, J., and K.Thurner. 2009. Stream flow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. Journal of Hydrology. 374: 171-183.

16- Lanzent, J.R. 1996. Resistant, robust and nonparametric techniques for the analysis of climate data: theory and examoels incloding applications to historical radiosond station data. Int. J. climatol, 16: 1197-1226.

17- Mitchell, J. M., Dzerdzeevskii, B., Flohn, H., Hoftneyr, W.L., Lamb, H. H., Rao, K.N and C.C. Wallen. 1966. Climat Change, WMO Technical Not No 79, World Meteorological Organization.

18- Serrano, A., Mateos, V.L., and Garcia, J.A., 1999. Trend Analysis of Monthly Precipitation over the Iberian Peninsula for the Period 1921-1995. phys. Chem. EARTH (B). 24(1-2): 85-90.

19- Turgay, P. And K. Ercan. 2005. Trend Analysis in Turkish Precipitation data. Hydrological processes. Published online in wiley Interscienc (www.Interscience.wiley.com).

20- Xu, Z., Liu, Z and Y.chen. 2010. Trends of major hydroclimatic variables in the Tarim River basin during the past 50 years, Journal of Arid Environments, 74(2): 256-267.