اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۳، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۵، ص ۲۰۴-۱۹۵

بررسی و پیش‌بینی دبی رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود

امین بابایی‌مقدم[۱]، محمدرضا خالدیان[۲*]، علی شاه‌نظری[۳]، محمدرضا مرتضی‌پور[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، مهندسی آب، دانشگاه گیلان

۲. دانشیار، گروه مهندسی آب دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. دانشیار، گروه مهندسی آب دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

٤. کارشناس ارشد شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۵/۰٤/۰۲؛ تاریخ تصویب ۱۳۹۵/۰٦/۳۱)

چکیده

هدف مطالعهٔ حاضر بررسی میزان تغییرات دبی دو رودخانهٔ شاهرود و قزل‌اوزن در راستای تولید پایدار برنج در استان گیلان است. برای رسیدن به این هدف از ٤ آزمون تحلیل روند شامل سن، من‌کندال، رگرسیون خطی و اسپیرمن استفاده شد. برای انجام این تحقیق از داده‌های دبی رودخانه به‌ترتیب ٤۹ و ۳۷ سالهٔ رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود استفاده شد. نتایج به‌دست‌آمده از همهٔ آزمون‌ها در دوره‌های فصلی و سالانه مشابه بود. نتایج همهٔ آزمون‌ها کاهش معنادار دبی رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود را نشان داد. همچنین برای دوره‌های ماهیانه از دو آزمون من‌کندال و اسپیرمن استفاده شد که در این دوره نیز هر دو آزمون نتایج مشابهی نشان دادند که بیانگر کاهش دبی در طول دوره بود. در هر دو رودخانه در طول دوره به‌طور سالیانه میزان دبی از سال نخست تا سال آخر بررسی‌شده به‌میزان ٦۰ درصد کاهش داشته است. در این مطالعه تغییرات بارندگی و دمایی در استان نیز بررسی شد و نتایج نشان داد میزان بارندگی به‌طور معناداری کاهش و میزان دما افزایش یافته است. از نتایج این پژوهش می‌توان در پیش‌بینی خشکسالی‌های آتی، برنامه‌ریزی آبیاری و مدیریت به‌هم‌پیوستهٔ منابع آب منطقه استفاده کرد.

کلیدواژگان: اسپیرمن، رگرسیون، سن، من‌کندال.

* نویسنده مسئول

Email: khaledian@guilan.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

برای شناخت اقلیم، تغییرپذیری آن و پیش‌بینی این تغییرات در دوره‌های زمانی متفاوت آینده، تحقیقات ارزنده‌ای انجام شده است [۱]. جریان رودخانه به‌عنوان یکی از پارامترهای مهم در هیدرولوژی و منابع آب در ارتباط متقابل با عناصر اقلیمی است. بنابراین، تغییرات عوامل اقلیمی می‌تواند بر آب‌دهی رودخانه مؤثر باشد. از این‌رو، بررسی تغییرات دبی رودخانه در طول زمان می‌تواند تأثیرات تغییر یافتن یا نیافتن در شرایط اقلیمی یک منطقه را مشخص کند [۲]. این مشکل در قرن ۲۱ شکل جدیدتری یافته است، به‌طوری که کمبود آب تهدیدی بزرگ برای طبیعت، کیفیت زندگی و اقتصاد به‌شمار آمده است [۳] و عواملی نظیر تقاضای فزایندهٔ آب، عرضهٔ نامطمئن و تغییر در شکل بارندگی بر نگرانی‌های مدیران منابع آب افزوده است [۴].

براساس نتایج سرشماری عمومی سال ۱۳۸۵، ۲۲/۴ درصد شاغلان استان گیلان در بخش کشاورزی جذب شده‌اند [۵]. کشاورزان استان با چالش‌های مختلفی ازجمله دسترسی نداشتن به آب مطمئن برای کشاورزی روبه‌رو هستند. هر چند کشاورزی تحت تأثیر عوامل مختلف طبیعی و انسانی چون اقلیم، خاک، آب، توپوگرافی، سرمایه، نهاده‌ها، مدیریت، بازار و...است، در کشاورزی استان گیلان، آب حساس‌ترین عامل به‌شمار می‌رود و به همین‌دلیل هرگونه نوسان و کاهش در میزان آن که ممکن است ناشی از کمبود آب و یا مدیریت نامناسب باشد، کشاورزی استان را با چالش‌هایی مواجه خواهد ساخت. در سال‌های اخیر مسائل ناشی از ناهنجاری‌های بارش به‌ویژه سیلاب‌ها و مشکلات ناشی از خشکسالی (به‌خصوص از نظر تأمین آب برای مصارف خانگی، کشاورزی و صنایع) و تأثیرات و مسائل زیست‌محیطی کاهش بارش، موجب اهمیت‌یافتن و افزایش توجه به مطالعات بارش در مقیاس‌های زمانی و مکانی مختلف در ایران شده است [۶].

به‌منظور تشخیص روند در سری‌های زمانی متغیرهای آب و هواشناسی از آزمون‌های مختلفی استفاده می‌شود که این آزمون‌ها به دو دستهٔ پارامتری و غیرپارامتری قابل تفکیک هستند. آزمون‌های پارامتری نسبت به آزمون‌های غیرپارامتری توان بیشتری در تشخیص روند دارند و هنگام استفاده از آنها باید داده‌ها تصادفی (مستقل) و دارای توزیع نرمال باشند [۷]. از طرف دیگر آزمون‌های غیرپارامتری در صورت تصادفی‌بودن داده‌ها قابل استفاده هستند و به نرمال‌بودن داده‌ها حساس نیستند [۸ و ۹]. آزمون‌های من‌کندال و اسپیرمن نمونه‌هایی از آزمون‌های غیرپارامتری هستند که در تحقیقات بررسی روند متغیرهای آب و هواشناسی از آنها استفاده می‌شود [۱۰]. در این خصوص تحقیقات زیادی انجام شده است [۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴]. توان دو آزمون من‌کندال و اسپیرمن به‌منظور تشخیص روندها مقایسه شده است و نتایج توان مشابه آزمون‌های یادشده را بیان می‌کند [۱۵ و ۱۶]؛ اما تمام تغییرات متغیرهای آب و هواشناسی موجب ایجاد تغییراتی عظیم در میزان دبی آب رودخانه‌ها می‌شود، بنابراین بررسی روند دبی رودخانه در شناخت تغییر اقلیم و مدیریت منابع آب بسیار مهم است. امیریان و حسونی‌زاده [۱۷] تغییرات سالانهٔ فصلی و ماهانهٔ دبی رودخانهٔ جراحی واقع در استان خوزستان را توسط آزمون‌های من‌کندال، سن و رگرسیون بررسی کردند که در همهٔ آنها روند به‌طور معنادار کاهشی بوده است. عبقری و همکارانش [۱۸] رودخانه‌های واقع در استان مازندران را توسط آزمون‌های من‌کندال و سن بررسی کردند که روند با گذشت زمان کاهشی بود. مساعدی و کوهستانی [۱۹] دبی رودخانه‌های استان گلستان را بررسی کردند که با استفاده از آزمون من‌کندال روند با گذر زمان کاهشی گزارش شد. همچنین معروفی و طبری [۲] با استفاده از آزمون‌های یادشده اطلاعات دبی ۵ ایستگاه آب‌سنجی را مطالعه کردند که در همهٔ آنها در دو دههٔ اخیر میزان دبی نزولی بوده است. مریانجی و همکارانش [۲۰] روند تغییرات دبی رودخانهٔ یالفان و همچنین پارامترهای دما و بارش را در یک دورهٔ آماری ۳۰ ساله بررسی کردند. نتایج آنها مشخص کرد داده‌های سالانهٔ دما روند افزایشی معناداری داشته است درحالی‌که روند معناداری در داده‌های بارش و دبی مشاهده نشده است. یارمحمدی و نیک‌قوجق [۲۱] داده‌های دما، بارش و دبی رودخانهٔ زیارت در استان گلستان را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد میانگین دمای هوا به‌ازای هر ۱۰ سال ۱/۹درجهٔ سلسیوس افزایش یافته است درحالی‌که میانگین بارش در هر سال ۹ میلی‌متر و میانگین دبی در هر ۱۰ سال حدود ۲ مترمکعب در ثانیه کاهش یافته است. وهل و تورتورلی [۲۲] روند احتمالی در جریان رودخانه را در غرب اوکلاهاما مطالعه کردند و نتیجه گرفتند جریان رودخانه‌ای روند کاهشی معنادار داشته است. زو و همکارانش [۲۳] با

Archive of SID

www.SID.ir

استفاده از آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری، روند تغییرات دما، بارش و دبی را در حوضهٔ آبریز تاریم در چین مطالعه کردند. نتایج مطالعهٔ آنها نشان داد سری‌های زمانی دما روند معنادار افزایشی داشته و داده‌های بارش نیز افزایش یافته است. اگرچه سری‌های زمانی دبی در سراب رودخانه روند افزایشی معناداری داشته، در بیشتر مسیر رودخانه، این روند کاهشی بوده است. مطالعهٔ تادسن [۲۴] روی تأثیرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه‌های دانمارک طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ نشان داد مقادیر دبی رودخانه‌ها از ماه دسامبر تا آگوست کاهش و در ماه‌های سپتامبر و اکتبر افزایش یافته است. جیانگ و همکارانش [۲۵] روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه را در حوضهٔ رودخانهٔ یانگ‌تسه در دورهٔ آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۰ تجزیه و تحلیل کردند. نتایج بررسی آنها روند مثبت معنادار را در داده‌های بارندگی فصل تابستان نشان داد. همچنین نتایج پژوهش آنها نشان داد دبی رودخانه در بیشتر ایستگاه‌ها در دورهٔ آماری ۴۰ ساله به‌طور معناداری افزایش یافته است. هدف از پژوهش حاضر بررسی میزان تغییرات دبی دو رودخانهٔ شاهرود و قزل‌اوزن است که می‌تواند بر تولید پایدار برنج در استان گیلان مؤثر باشد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مطالعه‌شده: برای بررسی وضعیت تغییرات دمایی و میزان بارندگی از داده‌های ۴۹ ساله (۱۳۴۲ـ ۱۳۹۰) هواشناسی ۵ ایستگاه هواشناسی استان گیلان استفاده شد. همچنین وضعیت رودخانهٔ قزل‌اوزن و شاهرود بررسی شد و برای آن به‌ترتیب از داده‌های ۴۹ و ۳۷ سالهٔ هیدرولوژی استفاده شد. برای این پژوهش از داده‌های دبی رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود در ۲ ایستگاه هیدرومتری به‌ترتیب گیلوان و لوشان استفاده شد که در محل‌هایی با همین نام واقع شده‌اند. برای تعیین دبی در این ۲ ایستگاه از منحنی دبی‌ـ اشل تهیه‌شده توسط شرکت سهامی آب منطقه‌ای گیلان استفاده شد. اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی منطقه در جدول ۱ ارائه شده است. برای بررسی تغییرات دمایی و بارشی در استان از ۵ ایستگاه موجود میانگین‌گرفته شد. اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک استفاده‌شده در این پژوهش در جدول ۱ مشاهده می‌شود. این ایستگاه‌ها با توجه به قدمت تأسیس و داشتن داده‌های بلندمدت و همچنین به‌دلیل پراکندگی مکانی مناسب (شمال، جنوب، شرق و غرب استان) در سطح استان انتخاب شد؛ سپس اطلاعات موجود کنار هم گذاشته شدند و از کل داده‌های هواشناسی میانگین گرفته شد، زیرا هدف بررسی منطقه‌ای تغییر اقلیم در استان نبود بلکه بررسی تغییرات کلی تغییر اقلیم در استان بود. داده‌های به‌دست‌آمده به کمک نرم‌افزار SPSS تحلیل شدند.

آزمون‌های آماری به‌کاررفته: در این تحقیق برای به‌دست‌آوردن روند تغییرات در هر سری زمانی از آزمون‌های من‌کندال، اسپیرمن، رگرسیون و سن استفاده شد. آزمون من‌کندال آزمونی غیرپارامتری رتبه‌ای است که توسط من و کندال [۱۰] ارائه شده است و برای تعیین معناداری روندهای خطی و غیرخطی مناسب است. در این آزمون فرض صفر H0 و فرض مقابل H1 به‌ترتیب معادل بدون روند و وجود روند در سری زمانی داده‌های مشاهده‌ای است. روابط مختص به آن به‌منظور تعیین مقادیر آمارهٔ من‌کندال به‌صورت روابط ۱ـ ۴ است.

جدول ۱. اطلاعات ایستگاه‌های هواشناسی بررسی‌شده

نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	رطوبت (٪)
رشت	۴۹/۳۷	۳۲/۱۹	-۸/۶	۸۲
بندر انزلی	۴۹/۲۷	۳۷/۲۹	-۲۳/۶	۸۴
آستارا	۴۸/۵۱	۳۸/۲۲	-۲۱/۱	۸۱
منجیل	۴۹/۲۵	۳۶/۴۴	۳۳۸/۳	۶۰
جیرنده	۴۹/۴۸	۳۶/۴۲	۱۵۸۱/۴	۵۸

Archive of SID

www.SID.ir

$$S=\sum_{i=1}^{n-1}\sum_{j=i+1}^{n}\operatorname{sgn}\left(x_j-x_i\right) \quad (1)$$

$$\operatorname{sgn}\left(x_j-x_i\right)=\begin{cases}+1 & \text{اگر} \quad \left(x_j-x_i\right)>0\\ 0 & \text{اگر} \quad \left(x_j-x_i\right)=0\\ -1 & \text{اگر} \quad \left(x_j-x_i\right)<0\end{cases} \quad (2)$$

$$VAR(S)=\frac{1}{18}\left[n\left(n-1(2n+5)-\sum_{p=1}^{q}t_p\left(t_p-1\right)\left(2t_p+5\right)\right)\right] \quad (3)$$

$$Z_M=\begin{cases}\dfrac{S-1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{اگر} \quad S>0\\ 0 & \text{اگر} \quad S=0\\ \dfrac{S+1}{\sqrt{VAR(S)}} & \text{اگر} \quad S<0\end{cases} \quad (4)$$

که در روابط یادشده n تعداد دادهٔ مشاهده‌ای (طول دورهٔ آماری)، X_i و X_j به ترتیب i امین و j امین دادهٔ مشاهده‌ای و q تعداد گروه‌های ایجادشده (با داده‌های برابر و بیشتر از دو عضو)، t_p تعداد داده‌های برابر در p امین گروه و Z_M مقدار آمارهٔ من‌کندال است. مقدار منفی Z_M بیانگر روند کاهشی و مقدار مثبت آن نشان‌دهندهٔ روند افزایشی در سری داده‌هاست. با توجه به سطح معناداری ۹۵ درصد اگر $|Z_M|>1/96$ باشد، فرض صفر رد می‌شود و سری زمانی پارامتر مطالعه‌شده دارای روند معنادار و در غیر این صورت فاقد روند است. در این تحقیق به‌منظور تعیین آمارهٔ من‌کندال، از نرم‌افزار Excel استفاده شد. آزمون اسپیرمن مشابه من‌کندال آزمون غیرپارامتری است. طبق این آزمون فرض صفر H0، یکنواختی توزیع و مستقل‌بودن داده‌ها در سری زمانی است و فرض مقابل H1، روند افزایشی یا کاهشی داده‌ها در سری زمانی است. به‌منظور تعیین مقدار آمارهٔ اسپیرمن از روابط ۵ و ۶ استفاده می‌شود.

$$D=1-\frac{6\sum_{i=1}^{n}\left(R\left(X_i\right)-i\right)^2}{n\left(n^2-1\right)} \quad (5)$$

$$Z_s=D\sqrt{\frac{n-2}{1-D^2}} \quad (6)$$

که دراین روابط $R\left(X_i\right)$ رتبهٔ i امین دادهٔ مشاهده‌ای X_i، n تعداد داده‌های آموزشی (طول دورهٔ آماری)، Z_s مقدار آمارهٔ اسپیرمن است. مقدار Z_s با مقدار بحرانی توزیع t (۲/۰۲) که با لحاظ‌کردن درجهٔ آزادی n-2 و سطح معنادار ۹۵ درصد، به‌دست‌آمده مقایسه می‌شود. به‌بیان دیگر اگر $|Z_s|>2/02$ باشد، فرض صفر رد می‌شود و روند در سری داده‌ها معنادار است و در غیر این صورت معنادار نیست. در این تحقیق برای تعیین آمارهٔ اسپیرمن از نرم‌افزار SPSS استفاده شد. در تحقیق حاضر با توجه به غیرپارامتری بودن دو آزمون من‌کندال و اسپیرمن، از روش سن و رگرسیون به‌منظور تعیین مقدار شیب روندها استفاده شد. در روش سن مقادیر پرت موجود در سری داده‌ها، اثر کمی در تعیین شیب روند دارند که مزیت و برتری اصلی این روش نسبت به روش رگرسیون خطی است [۷]. برای به‌دست‌آوردن چگونگی روند و یافتن معادله برای روش‌های سن و رگرسیون به‌ترتیب از نرم‌افزارهای Excel و SPSS استفاده شد.

میزان شیب روند در روش سن از طریق رابطهٔ ۷ به‌دست آمد:

$$\beta=\operatorname{Median}\left[\frac{X_j-X_i}{j-i}\right] \qquad \text{برای هر } j>i \quad (7)$$

که در این رابطه X_i و X_j به ترتیب i امین و j امین دادهٔ مشاهده‌ای و β مقدار شیب خط است، که مقدار β به‌عنوان میانهٔ دنبالهٔ مقادیر داخل کروشه، معرفی شده است.

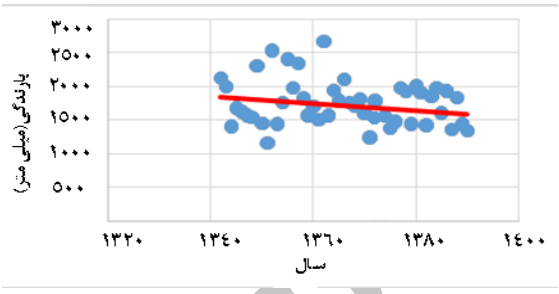
نتایج و بحث

نتایج تحلیل میانگین داده‌ها به کمک نرم‌افزار SPSS نشان

Archive of SID

www.SID.ir

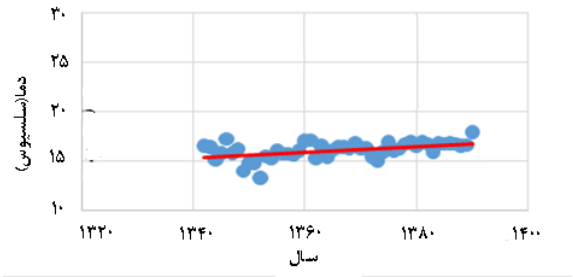
داد وضعیت بارندگی و دما در استان به‌طور معناداری در سطح اطمینان ۹۵ درصد در طول دوره در حال تغییر است. طبق روند مشاهده‌شده میزان بارندگی در سال ۱۴۰۰ به‌میزان ۱۵۳۶ میلی‌متر خواهد رسید که این مقدار از متوسط



شکل ۱. نمودار تغییرات بارندگی سالانه در طول دوره (ترکیب ۵ ایستگاه)

با توجه به آمار و اطلاعات موجود در سال ۱۳۹۲ مجموع نیاز آبی استان گیلان ۳۶۷۴ میلیون مترمکعب است که بیش از ۶۰ درصد نیاز آبی استان از طریق سد سفیدرود تأمین می‌شود [۲۶]. از طرفی منابع تأمین‌کنندهٔ اصلی سد سفیدرود رودخانه‌های قزل‌اوزن و شاهرود هستند که در ادامه نتایج بررسی مختص به تغییرات دبی هر یک از این دو رودخانه ارائه می‌شود. در حال حاضر بیش از ۵۰ درصد مخزن ۲میلیارد مترمکعبی سد سفیدرود را رسوبات تشکیل داده است. سد سفیدرود در حال حاضر حدود ۲ میلیون مترمکعب آب در سال را تنظیم می‌کند که از این مقدار حدود ۱میلیون و پانصد هزار مترمکعب آن مختص به رودخانهٔ قزل‌اوزن و حدود نیم میلیون مترمکعب مختص به رودخانهٔ شاهرود است [۲۶].

سری زمانی فصلی و سالانهٔ مختص به رودخانهٔ قزل‌اوزن: نتایج به‌دست‌آمده از همهٔ آزمون‌های من‌کندال، اسپیرمن، سن و رگرسیون خطی نشان داد دبی سالانه، در دورهٔ ۴۹ سالهٔ بررسی‌شده، روند کاهشی داشته و این روند به‌طور معناداری کاهش یافته است (جدول‌های ۲ـ ۴). این کاهش به‌میزانی بود که سالانه دبی طی ۱۳۴۲ تا ۱۳۹۰ به‌طور میانگین بیش از ۶۰ درصد کاهش یافت (شکل ۳). این میزان کاهش بر طبق آزمون من‌کندال به‌طور یکنواخت در بین فصول وجود داشت و در همهٔ فصول میزان روند معنادار بود. طبق آزمون اسپیرمن میزان دبی در همهٔ فصول روند کاهشی را دنبال کرده است. طبق آزمون‌های رگرسیون خطی و سن که علاوه بر نمایش روند، معادلاتی را به‌منظور پیش‌بینی ارائه خواهد داد، روند کاهش دبی معنادار است و معادلات میزان بارندگی سالانهٔ استان در ایستگاه‌های منتخب (جدول ۱) کمتر و حدود ۱۷۵۰ میلی‌متر است. همچنین طبق این روند میزان دمای هوا از ۱۶/۶ در سال ۱۳۹۳ به ۱۸/۴ درجهٔ سلسیوس در سال ۱۴۰۰ خواهد رسید.



شکل ۲. نمودار تغییرات دمایی سالانه در طول دوره (ترکیب ۵ ایستگاه)

به‌دست‌آمده در هر فصل ارائه شد (جدول‌های ۴ و ۵). در بررسی کلی نتایج فصلی و سالانه مشاهده شد در سری سالانه نتایج همهٔ آزمون‌ها با هم مشابه بودند و در همهٔ آنها روند یکسان در نظر گرفته شد، همچنین در سری فصلی نتایج به‌دست‌آمده نیز کاملاً مشابه بود. نتایج طبق آزمون‌های سن، اسپیرمن، من‌کندال و رگرسیون خطی کاملاً مشابه بود و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌ها با هم مطابقت داشت. در این زمینه عبقری و همکارانش [۱۸] نیز نشان دادند نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های من‌کندال، اسپیرمن و رگرسیون خطی در خصوص دبی سالیانهٔ رودخانه‌های استان مازندران در ۱۰سال گذشته مشابه و نزدیک به هم بوده است و هر سه آزمون روند کاهشی دبی را نشان دادند. همچنین تحقیقات معروفی و همکارانش [۲] نشان داد دبی رودخانه‌های استان خوزستان در طول دورهٔ آماری طبق آزمون‌های من‌کندال، اسپیرمن و سن روندی کاهشی را دنبال کرده و نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌ها مشابه بوده است. میرعباسی نجف‌آبادی و دین‌پژوه [۲۷] نیز در بررسی سالانهٔ دبی رودخانه‌های شمال غرب کشور نشان دادند که طبق آزمون سن، میزان دبی در سه دههٔ اخیر، در همهٔ ایستگاه‌های بررسی‌شده در حال کاهش است. به‌طور کلی، ارزیابی تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر آب‌دهی رودخانه‌ها زمینه‌ساز اتخاذ راهبردهای مناسب مدیریت منابع آب خواهد شد [۲۸]. در شکل ۳ چگونگی پراکنش دبی به‌طور سالانه موجود است که روند را کاهشی نشان داده و دبی با شیب ۰/۲۳ در حال کاهش است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲. مقادیر آمارهٔ من‌کندال برای سری زمانی فصلی و سالیانه (رودخانهٔ قزل‌اوزن)

فصل	آمارهٔ من‌کندال		آمارهٔ من‌کندال
بهار	-۳/۳۲		
تابستان	-۳/۶۷	سالانه	-۳/۸۹
پاییز	-۳/۴۷		
زمستان	-۳/۶۱		

جدول ۳. مقادیر آمارهٔ اسپیرمن شامل شیب روند و میزان احتمال

فصل	شیب روند	میزان احتمال		شیب روند	میزان احتمال
بهار	-۰/۴۹۸	۰/۰۰۰			
تابستان	-۰/۵۱۴	۰/۰۰۰	سالانه	-۰/۵۵	۰/۰۰۰
پاییز	-۰/۵۳۷	۰/۰۰۰			
زمستان	-۰/۵۱۴	۰/۰۰۰			

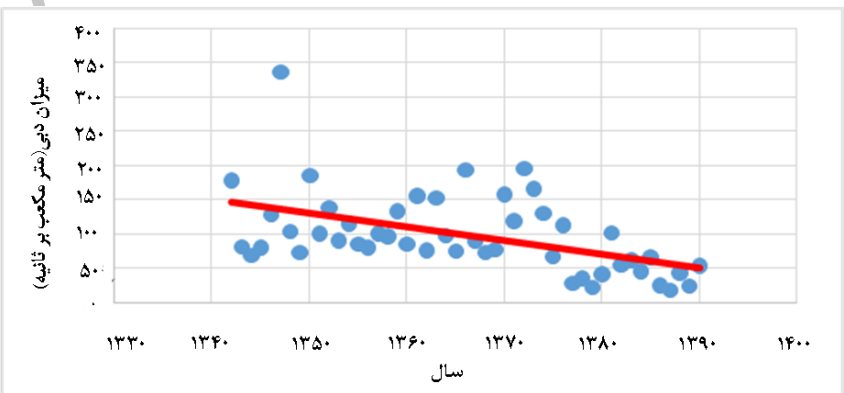
جدول ۴. مقادیر رگرسیون خطی برای سری زمانی دبی در مقیاس سالانه (رودخانهٔ قزل‌اوزن)

مثال برای مقیاس سالانه: $Q = A - B(۴۹) \rightarrow Q = ۱۴۸/۳۳ - ۱/۹۷(۴۹)$

فصول	A	B	SIG		A	B	SIG
بهار	۳۷۱/۰۲۰	-۵/۱۷۶	۰/۰۰۱				
تابستان	۲۰/۹۲۶	-۰/۳۴۷	۰/۰۰۳	سالیانه	۱۴۸/۳۳۴	-۱/۹۷	۰/۰۰۰
پاییز	۶۴/۴۲۲	-۰/۷۹۶	۰/۰۰۶				
زمستان	۱۳۶/۰۰۸	-۱/۵۸۱	۰/۰۰۸				

جدول ۵. مقادیر آزمون سن برای سری زمانی دبی در مقیاس سالانه (رودخانهٔ قزل‌اوزن)

فصول	B	Q		B	Q
بهار	۲۸۳	-۴/۰			
تابستان	۱۳/۱۷	-۰/۲۴	سالیانه	۱۲۲/۳۶	-۱/۶۴۳
پاییز	۵۵/۲۴	-۰/۷۷			
زمستان	۱۱۵/۶۷	-۱/۳۲			



شکل ۳. پراکندگی میزان دبی رودخانهٔ قزل‌اوزن در طول دورهٔ مطالعه (سالیانه)

Archive of SID

www.SID.ir

سری زمانی ماهانه مختص به رودخانهٔ قزل‌اوزن: در بررسی ماهیانهٔ دبی رودخانهٔ قزل‌اوزن به‌علت مشابهت نتایج آزمون‌های سن، من‌کندال، اسپیرمن و رگرسیون در دوره‌های سالیانه و فصلی و همچنین زیادشدن بیش از حد متن مقاله تنها نتایج آزمون‌های اسپیرمن و من‌کندال ارائه شد. نتایج به‌دست‌آمده از سری ماهیانهٔ آزمون من‌کندال نشان داد در همهٔ ماه‌های سال دبی در طول دوره روندی کاهشی را دنبال کرده و این روند به‌طور معناداری رو به کاهش است. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از آزمون اسپیرمن نشان داد روند کاهش دبی در همهٔ ماه‌های سال وجود داشته و این روند به‌طور معناداری رو به کاهش است.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق، بین سری‌های فصلی و سالانه در آزمون‌های سن، من‌کندال، اسپیرمن و رگرسیون خطی هیچ تفاوتی از لحاظ نتیجه وجود نداشته است و همچنین در سری ماهیانه بین آزمون‌های من‌کندال و اسپیرمن نیز تفاوتی وجود ندارد و تمامی آزمون‌ها به اتفاق روند معنادار کاهشی را برای دبی رودخانه برآورد کردند. امیریان و حسونی‌زاده [۱۷] طبق تحقیقاتشان نشان دادند نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های من‌کندال و اسپیرمن در دوره‌های ماهیانه برای رودخانهٔ جراحی واقع در استان خوزستان مشابه است و هر دو آزمون روندی کاهشی و معنادار را نشان دادند.

بررسی روند تغییرات دبی رودخانهٔ شاهرود: برای رودخانهٔ شاهرود همانند رودخانهٔ قزل‌اوزن بررسی سالیانه و فصلی تغییرات دبی انجام گرفت و به‌علت نبود فضای کافی تنها نتایج مختص به بررسی‌های سالیانه در این تحقیق عنوان می‌شود. بررسی‌های صورت‌گرفته در سری زمانی سالیانه نشان داده است که میزان دبی طبق آزمون‌های سن، من‌کندال، اسپیرمن و رگرسیون خطی کاهشی بوده است و این کاهش به‌طور معناداری در طول دورهٔ بررسی‌شده تغییر کرده است. اطلاعات مختص به بررسی وضعیت دبی در رودخانهٔ شاهرود در جدول ۸ مشاهده می‌شود.

جدول ۶. مقادیر آمارهٔ من‌کندال برای سری زمانی ماهیانه (رودخانهٔ قزل‌اوزن)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میزان آماره	-۳/۲۳	-۳/۲۳	-۴/۴۶	-۲/۹۲	-۳/۷۸	-۴/۰۱	-۴/۱۵	-۴/۷۸	-۲/۵۸	-۳/۰۷۸	-۳/۰۱	-۳/۰۴

جدول ۷. مقادیر آمارهٔ اسپیرمن شامل شیب روند و میزان احتمال (رودخانهٔ قزل‌اوزن)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
میزان آماره	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۱	۰	۰	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۰۲	۰
شیب روند	-۰/۴۳	-۰/۴۷	-۰/۴۹	-۰/۴۵	-۰/۵۳	-۰/۵۷	-۰/۵۹	-۰/۵۵	-۰/۴۷	-۰/۵	-۰/۴۳	-۰/۴۸

جدول ۸. میزان احتمال و مقادیر آمارهٔ مختص به آزمون‌های بررسی‌شده در رودخانهٔ شاهرود (سالیانه)

آزمون من‌کندال		
میزان آماره	-۳/۶۴	
آزمون اسپیرمن		
میزان آماره	۰/۰۰	در سطح احتمال ۱درصد
آزمون سن		
سال	شیب	معادله
۳۷	-۰/۴۱۲	$Q = -0/412(year) + 37$
رگرسیون خطی		
شیب	ثابت	میزان آماره
-۰/۵۶	۶۷/۹۰۶	۰/۰۰۲

Archive of SID

www.SID.ir

پیش‌بینی

طبق نتایج به‌دست‌آمده از آزمون‌های سن، من‌کندال، اسپیرمن و رگرسیون خطی می‌توان گفت دبی رودخانهٔ قزل‌اوزن و شاهرود به‌طور معناداری روندی کاهشی را دنبال می‌کند. همان‌طور که مشاهده شد روش سن برای پیش‌بینی روند معادله‌ای را ارائه داد که طبق آن در سال ۱۴۰۰ میزان دبی متوسط سالیانه رودخانهٔ قزل‌اوزن از ۱۵۰ مترمکعب در ثانیه (در سال ۱۳۴۲) به‌میزان ۲۷/۰۶۶ مترمکعب در ثانیه خواهد رسید و همچنین میزان دبی متوسط سالیانهٔ رودخانهٔ شاهرود از ۳۳ مترمکعب در ثانیه (در سال ۱۳۴۳) به ۱۳/۵ مترمکعب در ثانیه خواهد رسید که بسیار نگران‌کننده است و نشان می‌دهد میزان دبی رودخانهٔ شاهرود که آب باکیفیت‌تری نسبت به قزل‌اوزن دارد از سال ۱۳۴۲ تا کنون بیش از ۵۰ درصد کاهش یافته است. با توجه به این موضوع که بیشتر حجم آب واردشده به سد سفیدرود مختص به آب دو رودخانهٔ قزل‌اوزن و شاهرود است و همچنین بیشتر آب واردشده به شبکه‌های آبیاری استان گیلان از طریق همین سد تأمین می‌شود می‌توان گفت امکان اینکه استان گیلان در سال‌های آینده با مشکل کم‌آبی مواجه شود زیاد است؛ زیرا بررسی وضعیت دبی در سال ۱۴۰۰ نشان می‌دهد رودخانهٔ قزل‌اوزن و شاهرود هریک به‌ترتیب ۸۵۱ و ۴۲۶ میلیون مترمکعب آب را وارد مخزن سد کرده‌اند، بنابراین در سال ۱۴۰۰ استان گیلان با کمبود ۷۲۳ میلیون مترمکعبی آب تنها در این قسمت مواجه خواهد شد (با توجه به تأمین ۲ میلیون مترمکعب از نیاز آبی استان گیلان توسط سد سفیدرود). در مجموع، نتیجهٔ این امر تهدید پایداری تولید برنج به‌عنوان کشت عمدهٔ استان گیلان خواهد بود.

بنی‌حبیب و همکارانش [۲۹] تأثیر تغییر اقلیم بر ورودی سد شاهچراغی استان سمنان را بررسی کردند. نتایج پژوهش آنها نشان داد دمای کمینه و بیشینه به‌ترتیب ۱/۱۵ و ۱/۲۱ درجهٔ سلسیوس افزایش خواهد یافت، همچنین جریان ورودی به مخزن سد ۲ـ ۴ درصد کاهش خواهد یافت. گودرزی و همکارانش [۳۰] اثر تغییر اقلیم بر رواناب حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه را بررسی کردند. نتایج بررسی آنها نشان داد که متوسط دمای حوضه در دوره‌های آتی بین ۰/۵۵ تا ۳/۱۵ درجهٔ سلسیوس افزایش و میزان بارش ۱۱/۹۴ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین متوسط رواناب سالانه در دهه‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی به‌ترتیب ۵/۴، ۲۲/۳۵ و ۶۵/۴ درصد کاهش می‌یابد. به‌طور کلی، حوضهٔ آبریز دریاچهٔ ارومیه در دوره‌های آتی با مشکل کاهش رواناب سطحی، کاهش بارندگی و افزایش دما روبه‌رو خواهد بود.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که نتایج نشان داد بین آزمون‌های آماری اسپیرمن، من‌کندال، رگرسیون خطی و سن هیچ‌گونه تفاوتی در تعیین روند تغییرات دبی وجود نداشت. همهٔ آزمون‌های بررسی‌شده در سطح اعتماد ۹۵ درصد، روند کاهشی را برای دبی، در سری‌های زمانی سالانه، فصلی و ماهیانه نشان دادند. نتایج این نگرانی را به وجود آورد که میزان دبی به‌تدریج درحال کاهش است و اگر این روند ادامه یابد، تا چند سال آینده تعداد ماه‌های خشک این دو رودخانه افزایش می‌یابد. حال با توجه به ۳ عامل مهم در تغییر اقلیم که گرم‌شدن تدریجی هوا، کم‌شدن میزان بارندگی و کم‌شدن دبی رودخانه‌هاست، می‌توان دربارهٔ استان گیلان نظر داد و گفت که استان گیلان در سال‌های اخیر دچار کمبود بارندگی و افزایش دما شده است و این عوامل در کنار برداشت زیاد از آب‌های سطحی و مدیریت نادرست آن در استان‌های بالادست و همچنین احداث سدهای متعدد روی رودخانه‌های ورودی به استان، کاهش چشمگیر دبی آب رودخانهٔ سفیدرود به‌عنوان منبع اصلی تأمین آب استان گیلان را موجب شده است که می‌تواند موجب کم‌آبی فصل کشت شود.

منابع

[1]. Crowley, T.J. and Kim, K.Y., 1999,Modeling the Temperature Response toForced Climate Change over the last SixCenturies, Geophysical Research Letters, vol26, pp.1901-1904.

[2]. Maroufi S, Tabari H, Detect trends of Maroon River discharge using parametric and nonparametric methods. Journal of Geographical Research, 26(2): 17119-17141. [Persian]

[3]. Hisdal, H. and Kallaksen, L.M., 2003, Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: a case study for Denmark, Journal of Hydrology, vol281, pp.230-247.

[4]. Dudley, L.M. and Shani, U., 2003, modeling plant response to drought and salt stress reformulation of the root-sink term, Journal of Rubbished in Vadose Zone, vol2, pp.751-758.

[5]. Governor of Guilan, Planning Department. 2010. Statistical Yearbook of Guilan province. [Persian]

Archive of SID

www.SID.ir

[6].Khalili A, Bazrafshan J, A trend analysis of annual, seasonal and monthly precipitation over Iran during the last 116 years. Desert, 9(1): 25-32. [Persian]

[7].Sabziparvar AA, Shademani M, 2011, Trends Analysis of Reference Evapotranspiration Rates by Using the Mann-Kendall and Spearman Tests in Arid Regions of Iran. Journal of Water and Soil. 25(4): 823-834. [Persian]

[8].Chen H., Guo, S., Xu, C.Y. and Singh, V.P., 2007, Historical temporal trends of hydro-climatic variables and runoffresponse to climate variability and their relevance in water resource management in the Hanjiang basin, JournalofHydrology, vol344, pp. 171-184.

[9].Gellens, D., 2000, Trend and Correlation Analysis of k-Day Extreme Precipitation over Belgium, Theoretical andApplied Climatology, vol66, pp.117-129.

[10]. Yue, S., Pilon, P. and Cavadias, G., 2002a, Power of the Mann-Kendall and Spearman's tests for detecting monotonictrends in hydrological series, Journal of hydrology, vol259, pp.254-271.

[11]. Gadgil, A. and Dhorde, A., 2005, Temperature trends in twentieth century at Puna, India, Atmospheric Environment,vol39, pp.6550-6556.

[12]. Kahya, E. and Kalayci, S., 2004, Trend analysis of stream flow in Turkey, Journal of Hydrology, vol289, pp.128-144.

[13]. Li, Z.L., Xu, Z.X., Li, J.Y. and Li, Z.J., 2008, Shift trend and step changes for runoff time series in the Shiyang Riverbasin, northwest China, Hydrological Processes, vol22, pp.4639-4646.

[14]. Yaning, C., Changchun, X., Xingming, H., Weihong, L., Yapeng, C., Chenggang, Z. and Zhaoxia, Y., 2009, Fifty-year climate change and its effect on annual runoff in the Tarim River Basin, China, Quaternary International, vol2008(1-2), pp.53-61.

[15]. Daniel, W.W., 1978, Applied Nonparametric Statistics, Boston, USA.

[16]. Yue, S., Pilon, P., Phinney, B. and Cavadias, G., 2002b, The influence of autocorrelation on the ability to detect trendin hydrological series, Hydrological Processes, vol16, pp.1807-1829.

[17]. Amirian A, Hassounizadeh, H. Evaluation of Jarahi River discharge using parametric and nonparametric tests. 9th International Seminar on River Engineering. ShahidChamran University, January, 2013. [Persian]

[18]. Abghari H, Ebrahimi H, Rahiminassab A, Saberchenari K, Trend and the variation gradient of the average annual river discharge in selected stations of Mazandaran province. 7th national congress on watershed management sciences and engineering. Isfahan University Of Technology. April 2011. [Persian]

[19]. Mosaedi A, Kohestani N, 2010. The discharge trend analysis of Golestan province rivers using parametric and nonparametric methods. Proceeding of 4th regional congress on climate change. December 2010. [Persian]

[20]. Marianji Z, Maroufi R, Abbassi S, Detect trends of discharge and its relationships with meteorological parameters in the Yalfan basin of Hamedan province using non-parametric Mann-Kendall test. Third congress on water resources management. Tabriz, October 2008. [Persian]

[21]. Yarmohammadi M, Nikghojagh Y, 2008, Assessment of climate change and its impacts on surface water resources (case study: Golestan Province, Ziarat River). Third congress on water resources management. Tabriz, October 2008. [Persian]

[22]. Wahl, K. and Tortorelli, R.L., 1996, Changes in flow the Beaver-North Canadian river basinupstream from Canton Lake, Western Oklahoma, U. S. Geological Survey, U.S. GeologicalSurvey Water Resources Investigation Reports, 96-4304.

[23]. Xu, C.Y., Chen, Y.N. and Li, J.Y., 2004, Impact of Climate Change on Water Resources inthe Tarim River Basin, Water Resources Management, vol18, pp.439-458.

[24]. Thodsen, H., 2007, The influence of climate change on stream flow in Danish rivers, Journal of Hydrology, vol333, pp.226-238.

[25]. Jiang, T., Su, B. and Hartmann, H., 2007, Temporal and spatial trends of precipitation andriver flow in the Yangtze River Basin, 1961-2000, Geomorphology, vol85, pp.143-154.

[26]. Guilan Regional Water Authority. 2013. Annual report of Guilan Regional Water Authority. Rasht. [Persian]

[27]. Mirabbasi-Najafabadi R, Dinpashoh Y, 2010. Trend Analysis of Stream flow Across the North West of Iran in Recent Three Decades, Journal of Water and Soil, 24(4): 757-768.[Persian]

[28]. Hardy, J.T., 2003, Climate Change: Causes, Effects, and Solutions. John Wiley & Sons, Ltd, 247 p.

[29]. Banihabib ME, Hasani K, Massah-Bavani AR, 2016, Assessment of Climate Change Effects on Shahcheraghi Reservoir Inflow, Journal of Water and Soil, 30(1): 1-14. [Persian]

Archive of SID

www.SID.ir

[30]. Goudarzi M, Salahi B, Hosseini SA, 2015, Effects of climate changes on surface runoff changes (Case study: Urmia Lake Basin), Iranian Journal of Ecohydrology, 2(2): 175-189. [Persian]

Archive of SID

www.SID.ir