

بررسی اثر تغییر اقلیم بر منابع آب سطحی

در حوضه رودخانه مارون

عبدالرحیم امیریان

کارشناس ارشد سازمان آب و برق خوزستان
amiriyani@gmail.com

مهناز جویلی

کارشناس سازمان آب و برق خوزستان

چکیده

در این تحقیق، اثر تغییر اقلیم بر روند تغییرات دبی رودخانه مارون با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و پارامتری تحلیل رگرسیون مورد ارزیابی قرار گرفته است. با توجه به اینکه تعیین روند دبی رودخانه در شناخت تغییر اقلیم و در مدیریت منابع آب و شبکه های آبیاری بسیار مهم می باشد بدین منظور، از داده‌های دبی پنج ایستگاه آب‌سنجی شامل ایدنک، بهبهان، گرگر، مشراکه و شادگان طی دوره 1368-1387 استفاده شده است. نتایج این تحقیق نشان داد که دبی سالانه در همه ایستگاه‌ها دارای روند نزولی در دو دهه اخیر بوده است. برآوردها نشان داد که مقادیر دبی سالانه در ایستگاه‌های بهبهان، مشراکه، گرگر، شادگان و ایدنک به ترتیب به میزان 21، 40، 80، 1/4 و 0/4 مترمکعب در هر دهه تقلیل یافته است. نتایج تحلیل صورت گرفته توسط این دو آزمون بر روی دبی‌های فصلی نشان داد که مقادیر دبی فصول بهار و زمستان، کاهش و دبی فصل تابستان، افزایش یافته است. بیشترین تفاوت نتایج آزمون‌های پارامتری و ناپارامتری در دبی فصل پاییز مشاهده شده است. به طوری که مقادیر دبی فصل پاییز با توجه به آزمون‌های ناپارامتری، افزایش و بر اساس نتایج آزمون پارامتری کاهش یافته است. نتایج این پژوهش می‌تواند در پیش‌بینی خشکسالی‌های آتی و برنامه‌ریزی جهت مدیریت شبکه های آبیاری بکار رود.

واژه‌های کلیدی : تغییر اقلیم، دبی رودخانه، آزمون من-کندال، تحلیل رگرسیون

مقدمه

علت افزایش گازهای گلخانه‌ای خصوصاً دی‌اکسیدکربن (افزایش غلظت از 280 ppm در پیش از انقلاب صنعتی به حدود 360 ppm در حال حاضر) به عنوان مؤثرترین گاز گلخانه‌ای در سال‌های اخیر عمدتاً افزایش سوخت‌های فسیلی، احتراق و جنگل‌زدایی می‌باشد. بنابراین افزایش‌های اخیر به طور عموم نتیجه فعالیت‌های بشری بوده است، میزید (2008). بالا رفتن غلظت این گازها سبب تغییر رژیم بارش و دما و همچنین رواناب می‌گردد. به دلیل ارتباط نزدیک بین گرمایش جهانی¹ و هیدرولوژی، در سال‌های اخیر مطالعات متعددی در زمینه اثرات تغییر اقلیم² بر دبی رودخانه³ و منابع آب در سراسر جهان صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به تحقیقات صورت گرفته توسط یو(2000)، چانگ و همکاران (2002)، وریتی (2002)، کریستنسن و همکاران (2004) و فیوجیهارا و همکاران (2008) اشاره نمود. برای بررسی تأثیرات احتمالی تغییرات اقلیمی بر منابع آب‌های سطحی، باید بیان آب‌های سطحی در حوضه‌ها مورد بررسی قرار گیرد. یکی از ساده‌ترین این روش‌ها، بررسی وضعیت آورد رودخانه‌ها و تلاش در تعیین وجود روند در آن‌ها می‌باشد. مساعدی و شریفان (1382) از داده‌های دبی روزانه 7 ایستگاه آب‌سنجی در مسیر رودخانه گرگانرود به منظور بررسی روند فراوانی وقوع سیل استفاده نمودند. نتایج آنها نشان داد که در اکثر دوره‌ها و تقریباً در تمامی ایستگاه‌ها، آبدهی رودخانه کاهش یافته است. همچنین بررسی روند تغییرات آبدهی رودخانه در فصول مختلف حاکی از آن است که آبدهی رودخانه در فصول بهار و تابستان از یک روند کاهشی برخوردار بوده در حالی که در فصل‌های زمستان و پاییز متغیر بوده و روند خاصی در مورد کل رودخانه مشاهده نشده است. مساح بوانی و مرید (1384) با بررسی اثرات تغییر اقلیم بر دما، بارندگی و رواناب در حوضه رودخانه زاینده‌رود به این نتیجه دست یافتند که میزان بارندگی، کاهش و دما، افزایش یافته است. به طوری که میزان کاهش بارندگی 10 و 16 درصد و افزایش دما به میزان 4/6 و 3/2 درجه سانتی‌گراد به ترتیب در سناریوهای A₂ و B₂ پیش‌بینی شده است. همچنین نتایج آنها کاهش جریان تا 5/8 درصد و افزایش ضریب تغییرات جریان تا 3 برابر را برای دوره‌های آبی نشان می‌دهد رهبر و همکاران (1384) روند تغییرات رواناب در حوضه آبریز خررود تا ایستگاه آبگرم واقع در زیرحوضه قزوین را بررسی نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد که در دوره سی ساله 1374-1345، با وجود ثبات بارش سالانه و اندکی کاهش دمای سالانه، ارتفاع رواناب و نسبت رواناب به بارش سالانه روندی فزاینده و معنی‌دار داشته است. مریانجی و معروفی (1387) روند تغییرات دبی رودخانه یالغان و همچنین پارامترهای دما و بارش را در یک دوره آماری 30 ساله مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که داده‌های سالانه دما دارای روند افزایشی معنی‌داری بوده در حالی که روند معنی‌داری در داده‌های بارش و دبی مشاهده نشده است. نیک‌قوجق و یارمحمدی (1387) داده‌های دما، بارش و دبی رودخانه زیارت در استان گلستان را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که میانگین دمای هوا به ازای هر 10 سال 1/9 درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. درحالی که میانگین بارش در هر سال 9 میلی‌متر و میانگین دبی در هر 10 سال حدود 0/2 مترمکعب کاهش یافته است. وال و توتورلی (1996) روند احتمالی در جریان رودخانه‌ای⁴ را در غرب اوکلاهاما مورد مطالعه قرار دادند و نتیجه گرفتند که جریان رودخانه‌ای دارای روند کاهشی معنی‌دار بوده است. مطالعه زو (2000) بر روی اثرات تغییر اقلیم بر رژیم جریان رودخانه‌های سوئد نشان داد که مقدار جریان در زمستان، به‌طور معنی‌داری افزایش و در فصول بهار و تابستان، کاهش یافته است. گاربرتچ و همکاران (2004) اثرات تغییر اقلیم بر بارش، جریان رودخانه‌ای و تبخیر تعرق گیاه مرجع را در 10 حوضه آبریز در آمریکا مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها حاکی از روند افزایشی معنی‌دار در هر سه پارامتر مزبور بوده است زو و همکاران (2004) با استفاده از آزمون‌های پارامتری⁵ و ناپارامتری، روند تغییرات دما، بارش و دبی را در حوضه آبریز تاریم در چین مورد مطالعه قرار دادند

¹ Global warming

² Climate change

³ River discharge

⁴ Stream flow

⁵ Parametric tests

نتایج آنها نشان داد که سری‌های زمانی دما دارای روند معنی‌دار افزایشی بوده و داده‌های بارش نیز افزایش یافته است. اگرچه سری‌های زمانی دبی در سراب رودخانه دارای روند افزایشی معنی‌داری بوده ولی در بیشتر مسیر رودخانه، این روند کاهشی بوده است. مطالعه تادسون (2007) بر روی اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه‌های دانمارک طی سال‌های 1961 تا 1990 نشان داد که مقادیر دبی رودخانه‌ها از ماه دسامبر تا آگوست کاهش و در ماه‌های سپتامبر و اکتبر افزایش یافته است. جیانگ و همکاران (2007) روند تغییرات بارندگی و دبی رودخانه را در حوضه رودخانه یانگ‌تسه در دوره آماری 1961 تا 2000 مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. نتایج آنها یک روند مثبت معنی‌دار را در داده‌های بارندگی فصل تابستان نشان داد. همچنین نتایج آنها نشان داد که دبی رودخانه در بیشتر ایستگاه‌ها در دوره آماری 40 ساله به طور معنی‌داری افزایش یافته است. متأسفانه تاکنون مطالعات معدودی در زمینه بررسی اثرات تغییرات اقلیم بر منابع آب در کشور صورت گرفته است. با توجه به خصوصیات هیدرولوژیکی کشور که در منطقه خشک و نیمه‌خشک دنیا واقع شده و در مقابل هرگونه تغییری حساسیت زیادی می‌تواند از خود نشان دهد، انجام چنین مطالعات و تحقیقاتی از اولویتهای خاصی برخوردار خواهد بود. در این تحقیق، روند تغییرات سالانه و فصلی دبی رودخانه مارون با استفاده از آزمون‌های من-کندال¹ و تحلیل رگرسیون² طی دوره آماری 1368 تا 1387 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز مارون با مساحت تقریبی 3824 کیلومترمربع در مختصات جغرافیایی 49°50' تا 51°10' طول شرقی و 30°30' تا 31°20' عرض شمالی و در ارتفاعات شهرستان بهبهان واقع شده است. حدود 20 درصد مساحت این حوضه را ارتفاعات بیش از 1000 متر و کوهستان‌هایی تشکیل داده‌اند که نقش اساسی در ایجاد آب سطحی حوضه دارند. در این تحقیق، از داده‌های ماهانه دبی ایستگاه‌های بهبهان، گرگر، مشراکه، شادگان و ایدنک طی سال‌های 1368 تا 1387 استفاده گردید که مشخصات جغرافیایی آنها در جدول 1 ارائه شده است.

جدول (1) مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های آب‌سنجی مورد مطالعه

ارتفاع از سطح دریا (متر)	مختصات جغرافیایی		نام ایستگاه
	عرض	طول	
560	30°56'	50°24'	ایدنک
333	30°39'	50°17'	بهبهان
17	30°46'	48°57'	گرگر
30	31°00'	49°26'	مشراکه
6	30°39'	48°44'	شادگان

آزمون من-کندال

آزمون من-کندال یکی از متداول‌ترین روش‌های ناپارامتری تحلیل روند سری‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی به‌شمار می‌رود. مطالعات مختلف انجام شده با استفاده از این روش حاکی از اهمیت و کاربرد فراوان آن در تحلیل روند سری‌های زمانی می‌باشد (1387). این آزمون ابتدا توسط من در سال 1945 ارائه و سپس توسط کندال در سال 1948 توسعه یافت. کاربرد این روش

¹ Mann-Kendall test

² Regression analysis

توسط سازمان جهانی هواشناسی توصیه گردید. از این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها در مقابل وجود روند استفاده می‌گردد (1383).

از نقاط قوت روش من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی‌ای که از توزیع خاصی پیروی نمی‌کنند، اشاره نمود. اثرپذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری‌های زمانی مشاهده می‌گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است (1387). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره این آزمون به شرح زیر می‌باشد:

الف) محاسبه اختلاف بین تک تک مشاهدات با یکدیگر و اعمال تابع علامت ۱ و استخراج پارامتر S به صورت زیر:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

که n تعداد مشاهدات سری و x_j و x_k به ترتیب داده‌های j ام و k ام سری هستند. تابع علامت نیز به صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

ب) محاسبه واریانس توسط یکی از روابط زیر:

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad \text{اگر } n > 10 \quad (3)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad \text{اگر } n < 10 \quad (4)$$

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

ج) نهایتاً آماره Z توسط یکی از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

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

$$|Z| \leq Z_{\alpha/2} \quad (6)$$

که α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z_{α} آماره توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری α می‌باشد که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\alpha/2$ استفاده شده است [18]. در این تحقیق آزمون من-کندال برای سطوح اطمینان 95٪ و 99٪ بکار گرفته شد. در صورت مثبت بودن آماره Z، روند سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود.

تحلیل رگرسیون

بر اساس اصل حداقل مربعات^۲، یک مدل رگرسیون خطی با زمان مطابق رابطه زیر بر سری زمانی داده‌های دبی برآزش داده شد و با استفاده از همبستگی پیرسون^۳، معنی‌دار بودن شیب آن در سطوح اطمینان 95 و 99 درصد مورد ارزیابی قرار گرفت:

¹ Sign Function

² Least squares

³ Pearson correlation

$$Y = a + bX \quad (10)$$

در این رابطه، Y متغیر مورد نظر، X زمان بر حسب سال یا ماه یا هر مقیاس زمانی دیگر، a عدد ثابت و b شیب خط رگرسیون می‌باشند. چنانچه علامت شیب منفی باشد، روند داده‌ها نزولی و در صورت مثبت بودن شیب، روند صعودی خواهد بود.

نتایج و بحث

روند تغییرات سالانه دبی

در جدول 2، نتایج آزمون‌های من-کندال، و تحلیل رگرسیون برای دبی سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می‌گردد، دبی سالانه در همه ایستگاه دارای روند کاهشی در دو دهه اخیر بوده است. لیکن اغلب این روندها معنی‌دار نبوده است. روند معنی‌داری توسط دو آزمون من-کندال در داده‌های دبی سالانه تعیین نشده است. عدم وجود روند معنی‌دار در داده‌های دبی سالانه با نتایج مریانجی و همکاران (1387) همخوانی مطلوبی دارد. تنها روند معنی‌دار مشاهده شده توسط تحلیل رگرسیون در داده‌های دبی سالانه ایستگاه مشراکه بدست آمده است. بر اساس شیب خط رگرسیون ارائه شده در جدول 2، می‌توان چنین نتیجه گرفت که مقادیر دبی سالانه در ایستگاه‌های بهبهان، مشراکه، گرگر، شادگان و ایدنک به ترتیب به میزان 80، 40، 21، 1/4 و 0/4 مترمکعب در هر دهه کاهش یافته است. کاهش مقادیر دبی سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه بسیار بیشتر از مقدار گزارش شده (2 مترمکعب در هر دهه) توسط نیک‌قوجق و یارمحمدی (1387) می‌باشد.

جدول (2) نتایج آزمون‌های من-کندال، سِن و تحلیل رگرسیون برای دبی سالانه (1368-1387)

نام ایستگاه	Z	b	P-value
ایدنک	-0.76	-0.04	0.897
بهبهان	-1.85	-7.96	0.095
گرگر	-1.59	-2.10	0.066
مشراکه	-1.91	-4.01	0.035
شادگان	-1.46	-0.14	0.284

Z: آماره آزمون من-کندال، b: شیب خط رگرسیون و P-value: سطح معنی‌داری

روند تغییرات فصلی دبی

نتایج آزمون‌های من-کندال، و تحلیل رگرسیون برای دبی فصول بهار و تابستان ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول 3 درج شده است. بر اساس نتایج ارائه شده در این جدول، مقادیر دبی فصل بهار، کاهش و دبی فصل تابستان، افزایش یافته است. روندهای افزایشی معنی‌دار در سطح 95 درصد در داده‌های دبی فصل بهار ایستگاه‌های بهبهان و مشراکه توسط دو آزمون من-کندال تعیین شده است. در حالی که تحلیل رگرسیون فقط در ایستگاه مشراکه این روند معنی‌دار را در سطح 95 درصد مورد تأیید قرار داده است. بر طبق نتایج جدول 3، مقادیر دبی فصل بهار در ایستگاه‌های بهبهان، مشراکه، گرگر، ایدنک و شادگان به ترتیب به میزان 91، 54، 20، 9 و 2 مترمکعب در هر دهه کاهش یافته است.

روندهای افزایشی معنی‌داری در سری‌های زمانی دبی فصل تابستان در ایستگاه‌های گرگر، مشراکه و شادگان در سطح اطمینان 95 درصد توسط دو آزمون من-کندال و سِن مشخص شده است. روندهای مشاهده شده توسط تحلیل رگرسیون نیز تقریباً مشابه با نتایج دو آزمون فوق بوده است. تنها تفاوت، در دبی فصل تابستان ایستگاه مشراکه مشاهده شده است که تحلیل رگرسیون، روند معنی‌دار افزایشی را در سطح 99 درصد تعیین نموده است. نتایج جدول 3 نشان داد که مقادیر دبی فصل تابستان ایستگاه‌های مشراکه، گرگر، بهبهان، ایدنک و شادگان به ترتیب به میزان 20، 8، 4، 3 و 2 مترمکعب در هر دهه افزایش یافته است.

جدول (3) نتایج آزمون‌های من-کندال، و تحلیل رگرسیون برای دبی‌های فصلی (1368-1387)

نام ایستگاه	فصل بهار			فصل تابستان		
	Z	b	P-value	Z	b	P-value
ایدنک	-0.23	-0.86	0.603	0.94	0.31	0.978
بهبهان	*-2.24	-9.14	0.052	1.10	0.44	0.749
گرگر	-0.84	-2.02	0.276	*2.11	0.87	0.041
مشراکه	*-2.05	-5.43	0.015	*2.31	2.04	0.009
شادگان	-0.71	-0.22	0.381	*2.05	0.16	0.040

Z: آماره آزمون من-کندال، b: شیب خط رگرسیون، *: معنی‌داری در سطح 95 درصد، **: معنی‌داری در سطح 99 درصد و P-value: سطح معنی‌داری

در جدول 4، نتایج آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و پارامتری تحلیل رگرسیون برای دبی فصول پاییز و زمستان ایستگاه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. همان گونه که مشاهده می‌گردد، مقادیر دبی فصل زمستان طی دو دهه اخیر کاهش یافته است. همچنین مقادیر دبی فصل پاییز با توجه به آزمون‌های ناپارامتری، افزایش و بر اساس نتایج آزمون پارامتری، کاهش یافته است. تفاوت فاحش نتایج آزمون‌های ناپارامتری و پارامتری در داده‌های دبی فصل پاییز شاید به دلیل تأثیر توزیع آماری داده‌های مزبور باشد. به این معنی که یک یا دو عدد پرت در داده‌ها می‌تواند منجر به ایجاد خطا در ضریب همبستگی خطی بین داده‌ها گردد. نتایج آزمون‌های بکار رفته نشان داد که هیچ روند معنی‌داری توسط دو آزمون بکار رفته در سری‌های زمانی دبی فصل پاییز مشاهده نگردید. بر اساس شیب خط رگرسیون ارائه شده در جدول 4، بیشترین و کمترین تغییرات دبی فصل پاییز به ترتیب در ایستگاه‌های بهبهان و شادگان مشاهده شده است.

بر طبق نتایج مندرج در جدول 4، روندهای کاهشی معنی‌دار داده‌های مزبور در ایستگاه مشراکه توسط آزمون من-کندال و در ایستگاه گرگر توسط تحلیل رگرسیون نیز مورد تأیید قرار گرفته است. مقادیر دبی فصل زمستان در ایستگاه‌های بهبهان، مشراکه، گرگر، شادگان و ایدنک به ترتیب به میزان 123، 67، 58، 3 و 2 مترمکعب در هر دهه کاهش یافته است (جدول 4).

جدول (4) نتایج آزمون‌های من-کندال، سین و تحلیل رگرسیون برای دبی‌های فصلی (1368-1387)

نام ایستگاه	فصل بهار			فصل تابستان		
	Z	b	P-value	Z	b	P-value
ایدنک	0.36	-0.20	0.843	-0.62	-0.19	0.750
بهبهان	0.16	-9.10	0.119	-1.20	-12.29	0.236
گرگر	0.71	-1.45	0.594	-1.95	-5.79	0.031
مشراکه	0.29	-7.99	0.193	*-2.10	-6.70	0.101
شادگان	0.52	-0.14	0.562	-0.84	-0.33	0.368

Z: آماره آزمون من-کندال، b: شیب خط رگرسیون، *: معنی‌داری در سطح 95 درصد، **: معنی‌داری در سطح 99 درصد و P-value: سطح معنی‌داری

نتیجه‌گیری

در این تحقیق، اثرات تغییر اقلیم بر مدیریت شبکه‌های آبیاری از طریق تعیین روندهای سالانه و فصلی در داده‌های دبی رودخانه مارون طی دو دهه اخیر مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدین منظور با بکارگیری داده‌های ایستگاه‌های آب‌سنجی ایدنک، بهبهان، گرگر، مشراکه و شادگان، روند تغییرات داده‌های مزبور با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من-کندال و پارامتری تحلیل رگرسیون بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که دبی سالانه در همه ایستگاه دارای روند کاهشی در دو دهه اخیر بوده است. روند معنی‌داری توسط آزمون من-کندال در داده‌های دبی سالانه تعیین نشده است. تنها روند معنی‌دار مشاهده شده توسط آزمون تحلیل رگرسیون در داده‌های دبی سالانه ایستگاه مشراکه بدست آمده است. مقادیر دبی سالانه در ایستگاه‌های بهبهان، مشراکه، گرگر، شادگان و ایدنک به ترتیب به میزان 80، 40، 21، 1/4 و 0/4 مترمکعب در هر دهه تقییل یافته است. نتایج تحلیل صورت گرفته توسط این دو آزمون بر روی دبی‌های فصلی نشان داد که مقادیر دبی فصول بهار و

زمستان، کاهش و دبی فصل تابستان، افزایش یافته است. همچنین مقادیر دبی فصل پاییز با توجه به آزمون‌های ناپارامتری، افزایش و بر اساس نتایج آزمون پارامتری، کاهش یافته است. روندهای نزولی معنی‌دار در داده‌های دبی فصل بهار ایستگاه‌های بهبهان و مشراکه و دبی فصل زمستان ایستگاه‌های گرگر و مشراکه و روندهای صعودی در داده‌های دبی فصل تابستان ایستگاه‌های گرگر، مشراکه و شادگان توسط آزمون من-کندال تعیین شده است. نتایج آزمون تحلیل رگرسیون نیز وجود روند در داده‌های دبی فصل بهار ایستگاه مشراکه، سری فصل تابستان ایستگاه‌های مشراکه و گرگر و دبی فصل زمستان فصل گرگر مورد تأیید قرار داده است. تنها تفاوت نتایج آزمون‌های ناپارامتری و پارامتری برای دبی فصول بهار، تابستان و زمستان در سطح معنی‌داری روندها بوده است. با بکارگیری آزمون‌های ناپارامتری و پارامتری، هیچ روند معنی‌داری در سری‌های زمانی دبی فصل پاییز مشاهده نشده است.

نتایج تحلیل رگرسیون نشان داد که مقادیر دبی فصل بهار در ایستگاه‌های بهبهان، مشراکه، گرگر، ایدنک و شادگان به ترتیب به میزان 91، 54، 20، 9 و 2 مترمکعب در هر دهه کاهش و مقادیر دبی فصل تابستان ایستگاه‌های مشراکه، گرگر، بهبهان، ایدنک و شادگان به ترتیب به میزان 20، 8، 4، 3 و 2 مترمکعب در هر دهه افزایش یافته است. بر اساس شیب خط رگرسیون، بیشترین و کمترین تغییرات دبی فصل پاییز به ترتیب در ایستگاه‌های بهبهان و شادگان مشاهده شده است. همچنین مقادیر دبی فصل زمستان در ایستگاه‌های بهبهان، مشراکه، گرگر، شادگان و ایدنک به ترتیب به میزان 123، 67، 58، 3 و 2 مترمکعب در هر دهه کاهش یافته است.

تحلیل روندهای معنی‌دار در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داد که بیشترین روندهای معنی‌دار در سری‌های زمانی فصلی دبی ایستگاه مشراکه مشاهده شده است. این در حالی است که هیچ روند معنی‌داری در داده‌های دبی ایستگاه ایدنک توسط آزمون‌های ناپارامتری و پارامتری مشخص نشده است.

همچنین نتایج این تحقیق حاکی از آن است که بیشترین روندهای معنی‌دار مشاهده شده در مقیاس فصلی در تابستان رخ داده است. این در حالی است که هیچ روند معنی‌داری در فصل پاییز مشاهده نشده است. به طور کلی نتایج این تحقیق، اثرات تغییر اقلیم بر دبی رودخانه و بر مدیریت شبکه‌های آبیاری را مورد تأیید قرار داده است. نتایجی که برای دیگر حوضه‌های کشور نیز قابل پیش‌بینی است و لزوم توجه به آن از هم‌اکنون مشهود می‌باشد. نتایج این تحقیق را می‌توان در پیش‌بینی خشکسالی‌های آتی، طراحی و برنامه‌ریزی جهت مدیریت بر شبکه‌های آبیاری بکار برد.

منابع

- 1- حجام، سهراب، خوشخو، یونس، شمس‌الدین وندی، رضا (1387). "تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های فصلی و سالانه چند ایستگاه منتخب در حوزه مرکزی ایران با استفاده از روش‌های ناپارامتری"، پژوهش‌های جغرافیایی، جلد 40، شماره 64، صفحات 168-157.
- 2- خلیلی، علی، بذرافشان، جواد (1383). "تحلیل روند تغییرات بارندگی‌های سالانه، فصلی و ماهانه پنج ایستگاه قدیمی ایران در یکصد و شانزده سال گذشته"، بیابان، جلد 9، شماره 1، صفحات 33-25.
- 3- مساعدی، ابوالفضل، شریفان، حسین (1382). "بررسی روند فراوانی وقوع سیل در رودخانه گرگانرود"، سومین کنفرانس منطقه‌ای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم، اصفهان.
- 4- مساح بوانی، علیرضا، مرید، سعید (1384). "اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده‌رود اصفهان"، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، شماره 4، صفحات 27-17.
- 5- رهبر، اسماعیل، پاک‌پرور، مجتبی، مسعودی، مسعود، جوکار، لادن (1384). "روند تغییرات رواناب در آبخیز خررود"، تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره 12، صفحات 375-357.
- 6- مریانچی، زهره، معروفی، صفر و حامد عباسی (1387). "آشکارسازی روند تغییرات دبی و روابط آن با پارامترهای هواشناسی در حوضه یالغان همدان با استفاده از آزمون غیرپارامتریک Mann-Kendall"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز.

- 7- نیک قوجق، یعقوب، یارمحمدی، محمد (1387). "ارزیابی تغییر اقلیم و بررسی تأثیر آن بر منابع آب سطحی (مطالعه موردی: رودخانه زیارت استان گلستان)", سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تبریز.
- 8- Chang, H., Gregory Knight, C., Staneva M. P. and Kostov, D. (2002). "Water resource impacts of climate change in southwestern Bulgaria", *GeoJournal*,
- 9- Christensen, N.S., Wood, A.W., Voisin, N., Lettenmaier, D.P. and Palmer, R.N. (2004). "The effects of climate change on the hydrology and water resources of the Colorado river basin", *Climatic Change*
- 10- Fujihara, Y., Tanaka, K., Watanabe, T., Nagano, T. and Kojiri, T. (2008). "Assessing the impacts of climate change on the water resources of the Seyhan River Basin in Turkey: Use of dynamically downscaled data for hydrologic simulations", *Journal of Hydrology*.
- 11- Garbrecht, J., Liew, M.V. and Brown, G.O. (2004). "Trends in precipitation, streamflow and evapotranspiration in the Great Plains of the United States", *Journal of Hydrologic Engineering*
- 12- Jiang, T., Su, B. and Hartmann, H. (2007). "Temporal and spatial trends of precipitation and river flow in the Yangtze River Basin, 1961–2000", *Geomorphology*,
- 13- Thodsen, H. (2007). "The influence of climate change on stream flow in Danish rivers", *Journal of Hydrology*,
- 14- Mizyed, N. (2008). "Impacts of Climate Change on Water Resources Availability and Agricultural Water Demand in the West Bank",
- 15- Werritty, A. (2002). "Living with uncertainty: climate change, river flows and water resource management in Scotland", *The Science of the Total Environment*,
- 16- Xu, C.Y. (2000). "Modelling the Effects of Climate Change on Water Resources in Central Sweden", *Water Resources Management*.
- 17- Wahl, K. and Tortorelli, R.L. (1996). "Changes in flow the Beaver-North Canadian river basin upstream from Canton lake, Western Oklahoma", U. S. Geological Survey, U. S. Geological Survey Water Resources Investigation Reports,
- 18- Xu, C.Y. (2000). "Modelling the Effects of Climate Change on Water Resources in Central Sweden", *Water Resources Management*,
- 19- Xu, C.Y., Chen, Y.N. and Li, J.Y. (2004). "Impact of Climate Change on Water Resources in the Tarim River Basin", *Water Resources Management*.