Archive of SID

تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال پانزدهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۸
Volume 15, No. 2, Summer 2019 (IR-WRR)
۳۰۶-۳۱۸

تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب رودخانه دز

سعید آزیش[۱]، علی عصاره[۱*] و داود خدادادی دهکردی[۱]

چکیده

این تحقیق با هدف بررسی و تحلیل اثرات خشکسالی از طریق محاسبه شاخص SPI برکمیت و کیفیت آب رودخانه دز انجام شد. برای تعیین خشکسالی، آمار هواشناسی ۱۰ ساله (۱۳۹۳-۱۳۸۴) از ایستگاه‌های هواشناسی حسینیه، دزفول و شوش و برای ارزیابی تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب رودخانه، آمار دبی و پارامترهای کیفی آب رودخانه دز مربوط به ۷ ایستگاه هیدرومتری در طول مسیر، از سازمان آب و برق خوزستان اخذ گردید. فراوانی میانگین آنیون‌های محلول در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه دز به صورت $HCO_3>SO_4>C$ و مقادیر کاتیون‌های اصلی محلول در آب نیز به‌صورت Ca>Na>Mg بدست آمد. نتایج تجزیه واریانس پارامترهای کیفی آب نشان داد اثر ایستگاه و سال بر میزان دبی، هدایت الکتریکی (EC)، مواد محلول آب (TDS)، سدیم قابل تبادل آب (SAR_{IW})، pH، غلظت کلر (Cl)، بی‌کربنات (HCO_3)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na) و سولفات (SO_4)، اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۹٪ دارد. بررسی روند تغییرات شوری آب دز نشان داد در ایستگاه‌های سپید دشت سزار، سپید دشت زاز و تنگ پنج سزار روند تغییرات شوری معنی‌دار نیست این درحالی است که در ایستگاه‌های پایین دست رودخانه روند تغییرات شوری معنی‌دار و مثبت است. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه حسینیه و دزفول در سال ۱۳۸۷ و در ایستگاه شوش در سال ۱۳۹۰ رخ داد. در سال‌های خشکسالی میزان شوری آب رودخانه دز به طور متوسط ۱۵/۲۴٪ افزایش داشت. نتایج تحقیق نشان داد پدیده خشکسالی پارامتری است که در کنار مسایل انتقال آب، تغییر کاربری اراضی و مدیریت صحیح عوامل آلاینده، بر کیفیت آب مؤثر است.

کلمات کلیدی: خشکسالی، رودخانه دز، شاخص SPI، آزمون من-کندال.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۷/۵/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۲/۸

۱- گروه مهندسی علوم آب، دانشکده کشاورزی، واحد اهواز، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
*- نویسنده مسئول

بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۳۹۸ امکانپذیر است.

Effect of Drought on the Water Quality and Quantity of Dez River

S. Azish[1], A. Asareh[1], and D. Khodadadi Dehkordi[1]*

Abstract

The aim of this study was the evaluation and analysis of drought effects, through SPI index assessment, on the water quality and quantity of the Dez River. For determining the drought, ten-year meteorological data (2005-2014) were achieved through the weather stations of Hussainiya, Dezful, and Shush. For evaluation of drought impact on the water quality and quantity of the Dez River, discharge statistics and qualitative parameters related to seven hydrometric stations along the Dez River were achieved through Khuzestan Water and Power Authority. The mean frequency of dissolved anions and dissolved cations in the hydrometric stations of the Dez River was achieved as $HCO_3>SO_4>C$ and Ca>Na>Mg, respectively. The variance analysis of the water quality parameters showed that the effect of station and year on the amounts of discharge, EC, TDS, SAR_{IW}, pH, concentrations of Cl, HCO_3, Ca, Mg, Na, and SO_4 had a significant difference ($P<0.01$). There was no significant trend for EC variations in stations of Sepid Dashte Sezar, Sepid Dashte Zaz and Tange Pange Sezar. While the trend of EC variations in the stations on the lower reaches of the river was significant and positive. The most severe drought was recorded in 2008 in Hussainiya and Dezful stations and in 2011 in Shush station. During the drought years, the mean water EC of Dez River increased by 15.24%. According to the results, drought phenomenon is effective on water quality in the company of issues raised by the water transfer, land use change and proper management of pollutant.

Keywords: Drought, Dez River, Mann-Kendall Test, SPI index.

Received: August 8, 2018
Accepted: April 28, 2019

1- Department of Water Sciences Engineering, College of Agriculture, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.
Email: ali_assareh_2003@yahoo.com
*- Corresponding Author

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

قرارگیری ایران در نواحی خشک بیابانی سبب شده است که به طور طبیعی در آن، سال‌های با مقدار بارندگی کمتر از میانگین، به مراتب بیشتر از سال‌های با مقدار بارندگی بیش از میانگین طولانی مدت سالانه باشد (Shakiba et al., 2009; Asadzadeh et al., 2016). این موضوع به خصوص برای رودخانه‌های خوزستان که دبی آن‌ها دستخوش میزان نزولات جوی و فصول سال است؛ از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشد. به عبارتی، بحران آب در سال‌هایی نمایان‌تر می‌شود که پدیده خشکسالی روی می‌دهد. پدیده خشکسالی که به کمبود بارش در یک دوره بلند مدت گفته می‌شود به دلیل گستردگی مکانی و داشتن تبعات کوتاه مدت و بلند مدت اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی، یکی از مهمترین بلایای طبیعی محسوب می‌شود (Nikbakht and Moradi, 2019). اگرچه امروزه به علت پیشرفت‌های علمی و گسترش ارتباطات و حمل و نقل، بروز آثار خشکسالی به شکل قحطی و مرگ دسته جمعی کمتر بروز می‌کند، اما آثار و تبعات دیگر ناشی از آن، همچنان پابرجاست؛ به‌طوری که بروز این پدیده می‌تواند موجبات کاهش رطوبت خاک و کاهش کمیت و کیفیت منابع آب سطحی و زیرزمینی را به دنبال داشته باشد (Mahmoudi et al., 2015). حوضه رودخانه دز با دارا بودن استعدادهای بالقوه در زمینه‌های مختلف توسعه، از جمله در زمینه توسعه بخش کشاورزی یکی از حوضه‌های آبی خاص ایران است و می‌تواند در زمینه کشاورزی، سرآمد قطب کشاورزی کشور نیز باشد. شرایط خاص آب و هوایی در این حوضه آبخیز، و امکان کشت در بعضی نقاط آن گاهی به دفعات ۴ بار در سال، باعث شده است که بتواند اکثر محصولات زراعی و باغی را در خود پرورش دهد. تنها مشکل موجود در این خصوص محدودیت منابع آب و تشدید این محدودیت در زمان خشکسالی است (Ebadati and Hoshmandzadeh, 2014). تعاریف گوناگون خشکسالی منجر به تعریف شاخص‌های مختلفی شده است. Wilhite and Glantz (1985) خشکسالی را به ۴ دسته خشکسالی هواشناسی، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی هیدرولوژیکی و خشکسالی اقتصادی- اجتماعی طبقه‌بندی نمودند. بارش عمده‌ترین پارامتری است که در تعریف شاخص‌ها بکار گرفته شده است. Hayes et al. (1999) نشان دادند شاخص SPI قادر به تشخیص زمان شروع خشکسالی و پیشرفت آن می‌باشد. این امر در تحقیقات دیگران تأیید شد (Sari Saraf et al., 2011; Pashiardis and Michaelides, 2008; Hong et al., 2001). کمبود بارندگی (خشکسالی هواشناسی) باعث کاهش کمیت و کیفیت آب رودخانه‌ها و کاهش تغذیه از سطح زمین و در نهایت منجر به افت سطح آب زیرزمینی (خشکسالی هیدرولوژیکی) و پایین آمدن کیفیت آن می‌شود. Kazemzadeh et al. (2015) برای بررسی روند جریان آب رودخانه‌های استان ایلام در ارتباط با خشکسالی هیدرولوژیکی طی سه دهه گذشته (۸۹-۱۳۶۰)، از آزمون‌های من-کندال و شیب خط رگرسیونی استفاده کرده و نتیجه گرفتند که روند دبی رودخانه‌ها در هر ۶ ایستگاه هیدرومتری مورد مطالعه کاهشی بوده است. Mahmoudi et al. (2015) با بررسی تأثیر خشکسالی بر کیفیت منابع آب سطحی در استان سیستان و بلوچستان نشان دادند که مقادیر EC و نسبت جذب سدیم در سال‌های شاخص خشکسالی (۲۰۰۶-۱۹۹۷)، نسبت به میانگین دراز مدت افزایش یافت. Kalantari and Arshad (2012) نشان دادند که سطح آب زیرزمینی در دشت چاهگاه استان بوشهر در دوره آبی ۹۰-۱۳۸۵ بر اثر خشکسالی ۲ متر افت داشته است. Soleimani Motlagh et al. (2013) اثرات خشکسالی بر کیفیت منابع آب سطحی حوزه آبخیز کشکان در استان لرستان را در دوره آبی ۸۸-۱۳۶۶ مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که خشکسالی باعث افزایش معنی‌دار پارامترهای کیفی منابع آب سطحی به‌ویژه EC، TDS، Na، Cl، SO^{-2}_4 شده است. همچنین کیفیت آب از لحاظ نمودارهای شولر و ویل کاکس در اثر خشکسالی تغییر کرده و کیفیت آب شرب رودخانه‌های افرینه و چم انجیر از کلاس خوب به قابل قبول و برای مصارف کشاورزی از کلاس C2S1 به کلاس C3S1 تغییر یافته است. با توجه به اهمیت رودخانه دز در منطقه، این تحقیق با هدف بررسی و تحلیل اثرات خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب رودخانه دز در دوره آبی ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۳ انجام شد.

۲- روش تحقیق

رودخانه دز در حوضه آبریز دز با مساحت ۲۱۷۲۰ کیلومتر مربع از ارتفاعات جنوب غربی اراک، بروجرد، الیگودرز و کوه‌های بختیاری سرچشمه گرفته و سهم عمده‌ای در تشکیل یکی از پر آب‌ترین رودخانه‌های ایران یعنی کارون دارد. حوضه آبریز رودخانه دز از لحاظ موقعیت جغرافیایی بین ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۷ دقیقه عرض شمالی محدود شده است. جهت تعیین خشکسالی و ترسالی، آمار هواشناسی ۱۰ ساله (۱۳۹۳-۱۳۸۴) از ایستگاه‌های هواشناسی حسینیه، دزفول و شوش اخذ و آزمون صحت و همگنی داده‌ها به روش ران‌تست و جرم مضاعف انجام شد. نوع و مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی در جدول ۱ آورده شده است. برای ارزیابی تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب رودخانه دز، در مسیر رودخانه بطول ۵۱۵ کیلومتر ۴ ایستگاه سپید دشت سزار، سپید دشت زاز، تنگ پنج سزار و تنگ پنج بختیاری در بالا دست سد دز و ۳ ایستگاه دزفول، حرمله و بامدژ در پایین‌دست

www.SID.ir

Archive of SID

سد دز انتخاب شد. شکل ۱ موقعیت رودخانه دز در استان خوزستان و جدول ۲ مشخصات ایستگاه‌های مذکور را نشان می‌دهد.

با توجه به اهداف پژوهش، داده‌های کیفی آب رودخانه دز شامل: EC، TDS، Ca، Mg، Na، CO_3، HCO_3، Cl و SO_4 طی یک دوره ده ساله، از داده‌های اندازه‌گیری شده توسط معاونت مطالعات پایه و

Table 1- The characteristics of weather stations

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی

Station name	Longitude	Latitude	Elevation (m)	Statistic period duration	Station type
Hussainiya	48º18’	30º80’	354	2005-2014	Synoptic
Dezful	48º43’	32º43’	143	2005-2014	Synoptic
Shush	48º29’	32º20’	65	2005-2014	Synoptic

Table 2- The characteristics of hydrometric stations

جدول ۲- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری

Station name	Longitude	Latitude	Elevation (m)
Sepid dashte sezar	48º53’	33º13’	975
Sepid dashte zaz	48º53’	33º13’	975
Tange pange sezar	48º45’	32º56’	571
Tange pange bakhtiari	48º46’	32º56’	555
Dezful	48º24’06”	32º23’54”	122
Harmaleh	48º33’30”	31º57’19”	68
Bamdezh	48º41’12”	31º40’49”	13

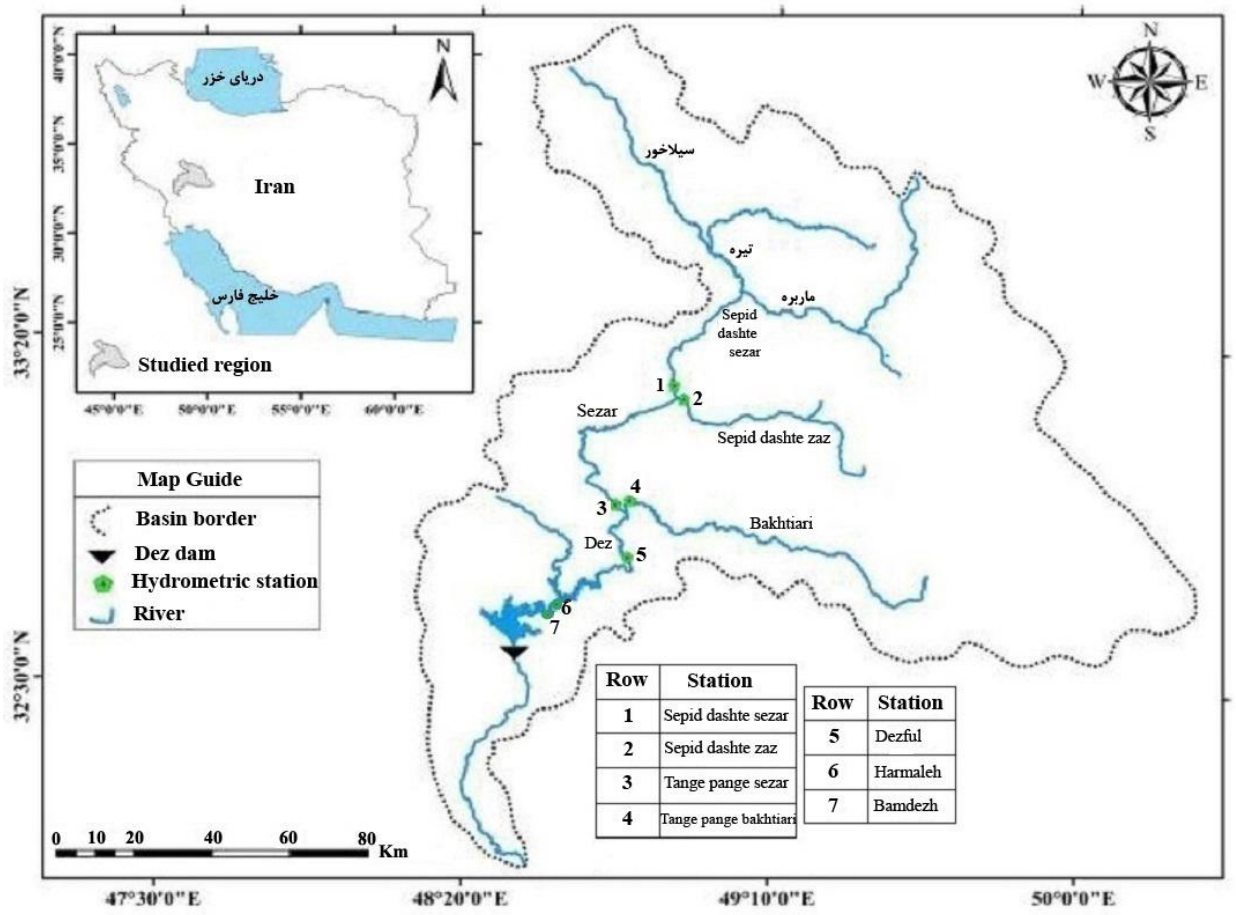

Fig. 1- Dez River Basin in Khuzestan province

شکل ۱- موقعیت رودخانه دز در استان خوزستان

www.SID.ir

Archive of SID

طرح‌های جامع منابع آب سازمان آب و برق خوزستان در طی سال‌های ۹۳-۱۳۸۴ اخذ شد. نمونه‌برداری در دوره‌ی مورد مطالعه از هر ایستگاه ماهیانه در ۴ تکرار از وسط عرض رودخانه و از عمق ۳۰ سامتی‌متری به حجم یک لیتر انجام شده است. در حین نمونه‌گیری دمای آب بلافاصله به وسیله‌ی دماسنج اندازه‌گیری و ثبت شده است. در اولین گام درصد خطای موازنه یونی طبق رابطه (۱) محاسبه شد. موازنه یونی نشان‌دهنده درستی آزمایش شیمیایی است (Nakhai, 2009).

$$\text{درصد خطای موازنه یونی} = \frac{\sum \text{cations} - \sum \text{Anions}}{\sum \text{cations} + \sum \text{Anions}} \times 100 \qquad (۱)$$

به‌منظور بررسی اثر ایستگاه، اثر سال و اثر فصل بر خصوصیات کیفی آب رودخانه دز از نرم افزار SAS نسخه 9.2 و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون تعقیبی دانکن استفاده شد. فراوانی وقوع و شدت خشک‌سالی بر اساس شاخص تحلیل داده‌های بارندگی (SPI)، صورت گرفت.

۲-۱- محاسبه بارش استاندارد شده (SPI)

در روش محاسبه مقادیر شدت‌های خشک‌سالی و ترسالی، ابتدا احتمال مقادیر تجمعی بارش در مقیاس زمانی به کمک توزیع گامای ناقص محاسبه و سپس این مقادیر به یک متغیر تصادفی استاندارد نرمال با میانگین صفر و واریانس یک تبدیل می‌شود که این متغییر همان SPI است (Mckee, 1993). آمار ماهانه بارندگی ایستگاه‌های حسینیه، دزفول و شوش بازسازی و از روی آن آمار بارندگی سالانه هر ایستگاه به‌دست آمد. پس از محاسبه میانگین و انحراف معیار دوره ۱۰ ساله، مقادیر SPI از رابطه (۲) محاسبه شد:

$$SPI = \frac{X - \bar{X}}{sd} \qquad (۲)$$

که در آن SPI: بارش استاندارد شده، X: مجموع بارش در یک سال معین، $\bar{x}$: میانگین مجموع بارش در یک سال معین و Sd: انحراف معیار داده‌ها است. طبق این روش خشک‌سالی زمانی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- و یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد. مقادیر تجمعی SPI بزرگی و شدت دوره خشک‌سالی را نشان می‌دهد. جدول ۳ طبقه‌بندی خشکسالی بر اساس این شاخص را نشان می‌دهد.

به منظور بررسی معنی‌داری روند تغییرات دبی و پارامترهای کیفی آب از آزمون من-کندال استفاده شد (Kendall, 1975; Mann, 1945). فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها است. هرگاه روند در سطح معنی‌داری α قابل قبول باشد، می‌توان با کمک آزمون نموداری من-کندال نقطه تغییر را پیدا نمود. در این آزمون به هر سال یک شماره ردیف (n_i=1,2,3,…) تعلق می‌گیرد. برای هر پارامتر یک مرتبه (m) در نظر گرفته می‌شود که تعداد رتبه‌های کوچکتر از ردیف n_i است که قبل از آن قرار می‌گیرد.

$$s = \sum_{i=i}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} \text{sign}(Xj - Xi)$$

$$\text{sign}(Xj - Xi) = \begin{cases} 1 & IF\ (Xj - Xi) > 0 \\ 0 & IF\ (Xj - Xi) = 0 \\ -1 & IF\ (Xj - Xi) < 0 \end{cases} \qquad (۳)$$

Table 3- Classification of drought based on standard precipitation index (SPI)

جدول ۳- طبقه‌بندی خشک‌سالی براساس شاخص بارش استاندارد

Class	SPI values
Very severe wet period	> 2
Severe wet period	1.5 to 1.99
Mean wet period	1 to 1.49
Mild wet period	0.5 to 0.99
Normal	-0.49 to 0.49
Mild drought period	-0.99 to -0.5
Mean drought period	-1.49 to -1
Severe drought period	-1.99 to -1.5
Very severe drought period	< -2

اگر در سری داده‌ها گره وجود داشته باشد، واریانس و آماره من-کندال از روابط (۴) محاسبه خواهد شد:

$$\text{var}(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) \sum_{p=1}^{q} tp(tp-1)(2tp+5)}{18}$$

$$zs = \begin{cases} \dfrac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if} \quad s > 0 \\ 0 & \text{if} \quad s = 0 \\ \dfrac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} & \text{if} \quad s < 0 \end{cases} \qquad (۴)$$

که در آن n: تعداد داده‌های مشاهداتی (طول دوره آماری)، x_i و x_j به ترتیب i امین وj امین داده مشاهداتی و q: تعداد گره‌های ایجاد شده، t_p: تعداد گره برای مقدار p ام و z_s مقدار آماره من-کندال می‌باشدکه مقدار مثبت آن نشان دهنده روند افزایشی و مقدار منفی آن بیانگر روند کاهشی در سری داده‌ها می‌باشد. برای بررسی روند داده‌ها در سری‌های سالانه داده‌ها، چنانچه مقادیر مطلق z به دست آمده از آزمون من-کندال از عدد ۱/۹۶ بزرگتر باشد، آنگاه در سطح ۵ درصد داده‌ها معنی‌دار خواهند بود و چنانچه مقدار z از عدد ۲/۵۶ بزرگ‌تر باشد، آنگاه در سطح یک درصد نیز معنی‌دار خواهد بود.

۳- نتایج و تحلیل نتایج

نتایج مربوط به محاسبه درصد خطای موازنه یونی در جدول ۴ ارائه شده است. اختلاف میان کاتیون‌ها و آنیون‌ها بر حسب میلی‌اکی والان

www.SID.ir

Archive of SID

بر لیتر در بیش از ٪۷۱ نمونه‌ها، کمتر از مقدار استاندارد تعیین شده، (۵ درصد) است. موازنه یونی نشان دهنده درستی آزمایش شیمیایی است و چون گاه، درصد خطای ۱۰-۵ درصد را نیز قبول می‌دانند (Nakhai, 2009)، بنابراین ۱۰۰ درصد نمونه‌های اندازه‌گیری شده دارای موازنه یونی هستند.

جدول ۵ تجزیه واریانس پارامترهای کیفی آب را نشان می‌دهد. براساس جدول تجزیه واریانس، اثر ایستگاه و سال بر میزان دبی، هدایت الکتریکی (EC)، مواد محلول آب (TDS)، سدیم قابل تبادل آب (SAR_{IW})، pH، غلظت کلر (Cl)، بی کربنات (HCO_3)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na) و سولفات (SO_4)، اختلاف معنی‌دار آماری در سطح اطمینان ۹۹ درصد دارد (P-value<۰/۰۱).

۳-۱- بررسی اثر ایستگاه بر دبی و پارامترهای کیفی آب رودخانه دز

شکل ۲ اثر ایستگاه بر میزان دبی با آزمون دانکن را نشان می‌دهد. بیشترین میانگین دبی با ۱۷۸/۷۸ مترکعب بر ثانیه مربوط به ایستگاه دزفول می‌باشد که دبی آن می تواند تحت تأثیر آب رها شده از سد دز باشد؛ و ایستگاه‌های سپید دشت زاز و سپید دشت سزار در بالای سد دز کمترین میزان میانگین دبی را دارند و در یک گروه آماری قرار می‌گیرند. تغییرات دبی در طول مسیر می‌تواند ناشی از برداشت‌های آب از رودخانه در مکان‌های مختلف و یا برگشت زه‌آب به رودخانه باشد. میزان دبی در ایستگاه‌های حرمله و بامدژ به علت برداشت‌های کشاورزی و همچنین برداشت شهری در پایین دست ایستگاه دزفول کاهش می‌یابد.

جدول ۶ اثر ایستگاه بر میزان EC، TDS، کاتیون‌ها و آنیون‌ها را با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد. بیشترین مقدار EC آب رودخانه در دو ایستگاه حرمله و بامدژ در پایین‌دست رودخانه دز، به‌ترتیب برابر ۱۲۴۸/۳۳ و ۱۳۲۹/۸۸ دسی زیمنس بر متر مشاهده می‌شود که در یک گروه آماری قرار می‌گیرند. همچنین نتایج نشان داد میزان EC در ایستگاه‌های سپید دشت سزار، سپید دشت زاز، تنگ پنج سزار، تنگ پنج بختیاری و دزفول در یک گروه آماری قرار دارند. بیشترین و کمترین میزان TDS نیز به ترتیب در ایستگاه‌های بامدژ و سپید دشت زاز با ۹۹۷/۸۹ و ۲۵۰/۲۹ میلی‌گرم بر لیتر مشاهده می‌شود. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد از ۸۴۰ نمونه آب مورد بررسی در ۷ ایستگاه هیدرومتری طی۱۰ سال آماری، براساس طبقه‌بندی ویلکاکس، ۵۷۵ نمونه در کلاس C2 و ۲۵۹ نمونه در کلاس C3 قرار دارد که به ترتیب ۶۸/۴۵ و ۳۰/۸۳ درصد نمونه‌ها را به خود اختصاص دادند. به عبارتی بیش از ۹۹ درصد نمونه‌ها در کلاس C2 و C3 قرار دارند. همچنین بیشترین مقدار سدیم قابل تبادل آب آبیاری در ایستگاه بامدژ به میزان ۲/۵۱ مشاهده می‌شود وکمترین آن در ایستگاه‌های سپید دشت سزار، سپید دشت زاز، تنگ پنج سزار و دزفول می‌باشد که در یک گروه آماری قرار می‌گیرند. نتایج مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن نشان می‌دهد که pH آب آبیاری در ایستگاه‌های تنگ پنج سزار، تنگ پنج بختیاری، دزفول، حرمله و بامدژ تفاوت معنی‌داری نداشته اما میزان pH بین این ایستگاه‌ها و ایستگاه‌های حرمله و بامدژ که خود در یک گروه آماری قرار می‌گیرند در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری دارد. نتایج ارائه شده در جدول ۶ نشان می‌دهد که کلیه کاتیون‌ها و آنیون‌های آب آبیاری در ایستگاه بامدژ در گروه a آماری قرار می‌گیرد.

Table 4- Error percent of ionic balance in the selected stations

جدول ۴- درصد خطای موازنه یونی در ایستگاه‌های منتخب

Station name	Sepid dashte sezar	Sepid dashte zaz	Tange pange sezar	Tange pange bakhtiari	Dezful	Harmaleh	Bamdezh	Average
Error percent of ionic balance	1.93	2.49	2.24	7.18	5.22	0.49	4.92	3.49

Table 5- Variance analysis of water quality measured characteristics

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده کیفیت آب

Sources of Changes	Degree of freedom	Discharge	EC	TDS	SAR_{IW}	pH	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3	SO_4
Station	6	1266.56**	4645.41**	9637347.99**	10.61**	0.41**	183.06**	140.35**	389.43**	169.19**	13.04**	673.18**
Year	9	209.64**	153.49**	3.5295.35**	0.53**	2.78**	12.55**	3.04**	14.81**	8.08**	4.27**	11.64**
Error	560	6.76	13.43	13047.29	0.05	0.08	0.59	0.52	0.65	0.41	0.37	1.08
Coefficient of variation (CV)	-	32.20	14	23.47	22.55	3.77	21.58	35.63	33.78	31.33	19.03	46.51

** Significant at 1%

** اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۱ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

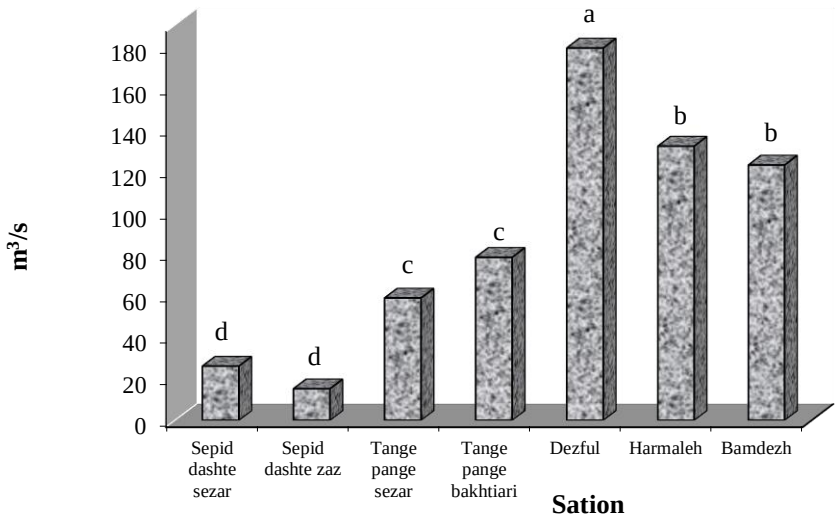

Fig. 2- The effect of station on the discharge values (Columns with similar letters belong to same statistical class based on Duncan's multi-range test)

شکل ۲- اثر ایستگاه بر مقادیر دبی (ستون‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در یک گروه آماری قرار دارند)

Table 6- Compare mean value of water quality parameters in different stations

جدول ۶- مقایسه میانگین پارامترهای کیفی آب در ایستگاه‌های مختلف

Station	EC	TDS	SAR_{IW}	pH	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3	SO_4
Sepid dashte sezar	511.7b	314.27e	0.85cd	7.89a	2.86cd	1.46c	1.18e	1.38c	3.46b	0.53d
Sepid dashte zaz	483.38b	250.29f	0.8d	7.78a	2.71d	1.11d	0.66f	1.16d	2.96d	0.54d
Tange pange sezar	491.53b	313.96e	0.83d	7.75b	2.72d	1.52c	1.22e	1.21d	3.29c	0.76d
Tange pange bakhtiari	618.92b	415.62c	1.02c	7.74b	3c	1.52c	2.41c	1.81b	2.99d	1.21c
Dezful	484.94b	345.18d	0.74d	7.76b	3.92cd	1.52c	1.70d	1.33cd	2.75e	1.36c
Harmaleh	1248.33a	769.56b	1.92b	7.76b	5.03b	3.21b	3.97b	3.73a	3.49b	4.88b

پارامترهای دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در یک گروه آماری قرار دارند.

Parameters with similar letters belong to same statistical class based on Duncan's multi-range test.

با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۵ و معنی‌دار شدن اثر سال بر میزان دبی و پارامترهای کیفی آب رودخانه دز، تجزیه و تحلیل خشکسالی و تأثیر آن بر دبی و پارامترهای کیفی آب رودخانه با استفاده از شاخص تحلیل داده‌های بارندگی (SPI)، انجام شد. شکل‌های ۳ تا ۵ روند تغییرات شاخص SPI را نشان می‌دهد. با توجه به محدوده‌های تعیین شده در جدول ۳، در ایستگاه‌های دزفول، حسینیه و شوش ۳ مورد خشکسالی اتفاق افتاده است که ۱ مورد خشکسالی متوسط و ۲ مورد خشکسالی شدید می‌باشد. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه حسینیه و دزفول مربوط به سال ۱۳۸۷ می‌باشد که میانگین بارندگی در این سال در این ایستگاه‌ها به ترتیب ۱۲۷/۳ و ۱۴۸/۷ میلیمتر می‌باشد. شدیدترین خشکسالی در ایستگاه شوش در سال ۱۳۹۰ با متوسط بارندگی ۱۲۳ میلیمتر می‌باشد.

۳-۲- تأثیر خشکسالی بر آنیون‌ها و کاتیون‌ها

جدول ۷ نتایج مقایسه متوسط مقدار آنیون‌ها و کاتیون‌ها طی سه سال خشکسالی با میانگین ده ساله را نشان می‌دهد. میانگین کاتیون‌ها و آنیون‌های سال‌های خشک در ایستگاه‌های سپید دشت سزار، سپید دشت زاز، تنگ پنج سزار و تنگ پنج بختیاری بر مبنای خشکسالی در ایستگاه هواشناسی حسینیه، در ایستگاه هیدرومتر دزفول، بر مبنای خشکسالی در ایستگاه هواشناسی دزفول و در ایستگاه‌های حرمله و بامدژ بر مبنای ایستگاه هواشناسی شوش انجام شد. نتایج نشان داد در ایستگاه سپید دشت سزار اختلاف مجموع آنیون‌های سال‌های شاخص خشکسالی نسبت به میانگین ده ساله برابر ۰/۱۱ میلی‌اکی‌والانت می باشد که در واقع در طی سال‌های خشکسالی حدود ۵/۹۴ درصد افزایش را نشان می‌دهد. همچنین مقدار کاتیون‌ها نیز در طی سال‌های خشکسالی حدود ۵/۰۸ درصد افزایش داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

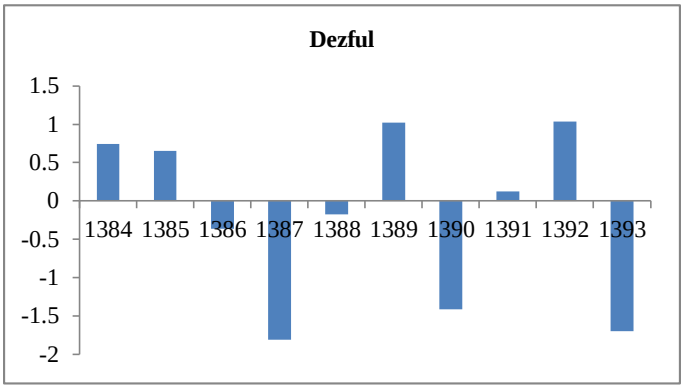

Fig. 3- Variations trend of SPI along the statistical period in Dezful station

شکل ۳- روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری در ایستگاه دزفول

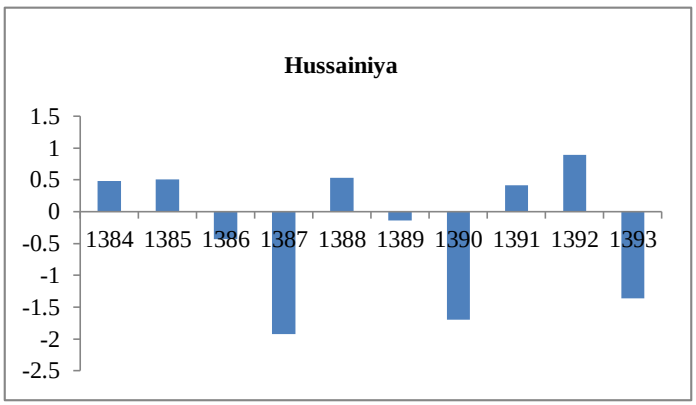

Fig. 4- Variations trend of SPI along the statistical period in Hussainiya station

شکل ۴- روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری در ایستگاه حسینیه

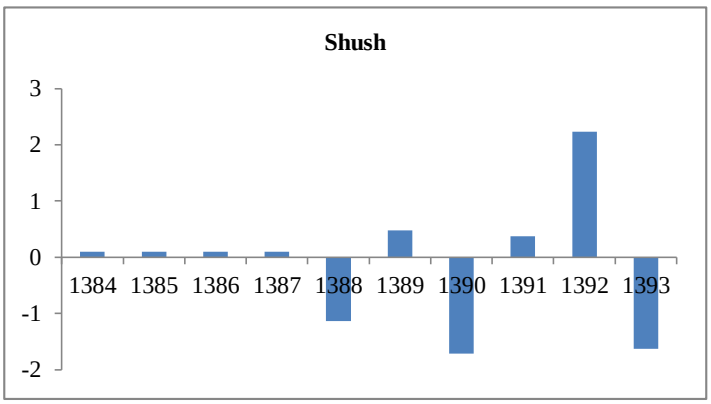

Fig. 5- Variations trend of SPI along the statistical period in Shush station

شکل ۵- روند تغییرات شاخص SPI در طول دوره آماری در ایستگاه شوش

در ایستگاه سپید دشت زاز نیز در طی سال‌های شاخص خشکسالی مقدار آنیون‌ها و کاتیون‌ها دارای تغییراتی بوده است. به‌طوری‌که در سال‌های شاخص خشکسالی مجموع آنیون‌ها ۱/۴۷ درصد کاهش و کاتیون ها ۲ درصد افزایش را نشان می‌دهند که در این بین بیشترین افزایش در بین آنیون‌ها مربوط به بی‌کربنات با ۲/۳۶ درصد و در بین کاتیون‌ها مربوط به سدیم با ۹/۱۰ درصد بوده است. در ایستگاه تنگ‌پنج سزار در سال‌های شاخص خشکسالی مجموع کاتیون‌ها ۹/۳۲ درصد افزایش نشان می‌دهد ولی آنیون‌ها تغییری نداشت. در ایستگاه

www.SID.ir

Archive of SID

تنگ پنج بختیاری در طی سال‌های خشکسالی آنیون‌ها حدود ۱۲/۴۸ درصد افزایش را نشان می‌دهد. همچنین مقدار کاتیون‌ها نیز در طی سال‌های خشکسالی حدود ۵/۴۷ درصد افزایش داشته است. در ایستگاه دزفول اختلاف مجموع آنیون‌های سال‌های شاخص خشکسالی نسبت به میانگین ده ساله برابر ۰/۲۷ میلی‌اکی‌والانت می‌باشد که در واقع در طی سال‌های خشکسالی حدود ۴/۹۶ درصد افزایش را نشان می‌دهد و همچنین مقدار کاتیون‌ها نیز در طی سال‌های خشکسالی حدود ۹/۱۱ درصد افزایش داشته است. ایستگاه‌های حرمله و بامدژ نیز در سال‌های شاخص خشکسالی شاهد افزایش میزان آنیون‌ها و کاتیون‌ها بوده است به طوری‌که در ایستگاه حرمله آنیون‌ها ۵/۹۵ درصد و کاتیون‌ها ۹/۱۶ درصد افزایش داشته‌اند و برای ایستگاه بامدژ نیز در سال‌های شاخص خشکسالی مجموع آنیون‌ها ۱۳/۱۲ درصد و کاتیون‌ها ۱۲/۲۲ درصد افزایش را نشان می‌دهند.

در سال‌های وقوع خشکسالی مقدار EC نیز افزایش نشان می‌دهد (جدول ۸). به طوری‌که در سال‌های شاخص خشکسالی نسبت به میانگین درازمدت در ایستگاه‌های سپید دشت سزار، سپید دشت زاز، تنگ پنج سزار، تنگ پنج بختیاری، دزفول، حرمله و بامدژ به ترتیب ۳/۷۴، ۱۵/۳، ۱۱/۶۷، ۲۲/۱۶، ۱۰/۵۹، ۵/۲۸، ۳۷/۹۸ درصد افزایش یافته است. در واقع کاهش دبی پایه رودخانه و افزایش دما در اثر خشکسالی باعث افزایش مقدار EC شده است.

Table 7- The comparison of mean anions and cations in drought periods with long-term mean of selected stations on the Dez River

جدول ۷- مقایسه آنیون‌ها و کاتیون‌های متوسط سال‌های خشکسالی با میانگین دراز مدت ایستگاه‌های منتخب رودخانه دز

Station		SO_4	Cl	HCO_3	SUM of anion	Ca	Mg	Na	SUM of cation
Sepid dashte sezar	Mean	0.54	1.38	3.46	5.38	2.86	1.46	1.19	5.51
	Dry period	0.53	1.67	3.50	5.70	3.02	1.41	1.36	5.79
	Difference	-0.01	0.29	0.04	0.11	0.16	-0.05	0.01	0.28
	Increase percent	-1.85	21	1.15	5.94	5.59	-3.42	14.29	5.08
Sepid dashte zaz	Mean	0.54	1.23	2.96	4.73	2.72	1.12	0.66	4.50
	Dry period	0.46	1.17	3.03	4.66	2.75	1.12	0.72	4.59
	Difference	-0.08	-0.06	0.07	-0.07	0.03	0.01	0.06	0.09
	Increase percent	-14.81	-4.88	2.36	-1.47	1.10	1.2	9.10	2
Tange pange sezar	Mean	0.73	1.21	3.29	5.23	2.73	1.52	1.22	5.47
	Dry period	0.57	1.31	3.34	5.23	2.76	1.81	1.41	5.98
	Difference	-0.16	0.10	0.05	0.00	0.03	0.29	0.19	0.51
	Increase percent	-21.92	8.26	1.51	-	1.10	19.1	15.57	9.32
Tange pange bakhtiari	Mean	1.21	1.80	3	6.01	3	1.52	2.42	6.94
	Dry period	1.30	2.31	3.15	6.76	3.10	1.59	2.63	7.32
	Difference	0.09	0.51	0.15	0.75	0.10	0.07	0.21	0.38
	Increase percent	7.43	28.33	5.00	12.48	3.33	4.61	8.68	5.47
Dezful	Mean	1.36	1.33	2.75	5.44	2.93	1.41	1.7	6.04
	Dry period	1.69	1.31	2.71	5.71	2.94	1.47	2.18	6.59
	Difference	0.33	-0.02	-0.05	0.27	0.01	0.06	0.48	0.55
	Increase percent	24.26	-1.5	-1.81	4.96	0.34	4.26	28.23	9.11
Harmaleh	Mean	4.88	3.73	3.50	12.11	5.03	3.22	3.98	12.23
	Dry period	5.05	3.98	3.80	12.83	5.64	3.43	4.28	13.35
	Difference	0.17	0.25	0.30	0.72	0.61	0.21	0.30	1.12
	Increase percent	3.48	6.70	8.57	5.95	12.12	6.52	7.54	9.16
Bamdezh	Mean	6.34	3.82	3.64	13.8	5.65	3.92	5.66	15.23
	Dry period	7.50	4.32	3.79	15.61	5.85	4.66	6.58	17.09
	Difference	1.16	0.50	0.15	1.81	0.20	0.74	0.92	1.86
	Increase percent	18.30	13.00	4.12	13.12	3.54	18.88	16.25	12.22

www.SID.ir

Archive of SID

Table 8- The comparison of mean EC in drought periods with long-term mean of selected stations on the Dez River

جدول ۸- مقایسه شوری متوسط سال‌های خشکسالی با میانگین دراز مدت ایستگاه‌های منتخب رودخانه دز

Station name	Mean of EC	Dry period	Difference	Increase percent
Sepid dashte sezar	511.7	530.83	19.13	3.74
Sepid dashte zaz	483.37	557.33	73.96	15.30
Tange pange sezar	491.62	549	57.38	11.67
Tange pange bakhtiari	618.92	756.08	137.16	22.16
Dezful	489.94	541.83	51.89	10.59
Harmaleh	1248.33	1314.25	65.92	5.28
Bamdezh	1329.88	1835	505.12	37.98
Mean				15.24

نتایج نشان داد در سال‌های خشکسالی میزان شوری آب رودخانه دز به طور متوسط ۱۵/۲۴ درصد افزایش داشته است و بیشترین افزایش مربوط به ایستگاه بامدژ با ۱۵/۹۸ درصد بود.

شاخص SAR نیز مانند عوامل دیگر کیفیت آب، طی سال‌های شاخص خشکسالی دچار تغییراتی در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه گشته است. با توجه به جدول ۹ در بین هفت ایستگاه مورد نظر طی ده سال، بیشترین درصد افزایش SAR مربوط به ایستگاه دزفول با ۵۰ درصد می‌باشد. نتایج نشان داد در سال‌های خشکسالی میزان SAR آب رودخانه دز به طور متوسط ۳۳/۳۷ درصد افزایش داشته است. Mahmoudi et al. (2015)، ۵/۵ درصد افزایش SAR را در سال‌های خشکسالی در سیستان و بلوچستان گزارش نمودند.

شکل ۶ اثر سال بر میزان دبی با آزمون دانکن را نشان می‌دهد. بیشترین میزان دبی با ۱۵۷/۸۷ مترکعب بر ثانیه مربوط به سال ۱۳۸۴ می‌باشد که جزء سال‌های تر سال منطقه می‌باشد؛ و کمترین میزان دبی مربوط به سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۱ است که در یک گروه آماری قرار می‌گیرند که بر اساس تحلیل خشکسالی، سال‌های خشکی می‌باشند.

جدول ۱۰ اثر سال بر میزان EC، TDS، کاتیون‌ها و آنیون‌ها را با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن نشان می‌دهد.

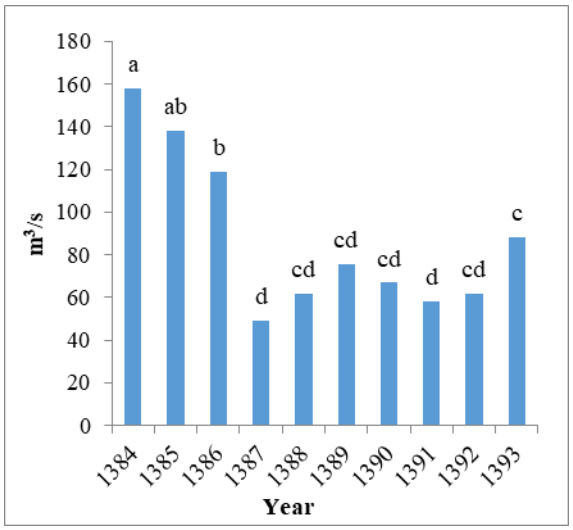

Fig. 6- The effect of year on the discharge values (Columns with similar letters belong to same statistical class based on Duncan's multi-range test)

شکل ۶- اثر سال بر مقادیر دبی (ستون‌های دارای حروف یکسان، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در یک گروه آماری قرار دارند)

Table 9- The comparison of mean SAR in drought periods with long-term mean of selected stations on the Dez River

جدول ۹- مقایسه متوسط SAR سال‌های خشکسالی با میانگین دراز مدت ایستگاه‌های منتخب رودخانه دز

Station name	Mean of SAR	Dry period	Difference	Increase percent
Sepid dashte sezar	0.79	1.08	0.29	36.71
Sepid dashte zaz	0.74	1.09	0.35	47.30
Tange pange sezar	0.79	1.06	0.27	34.18
Tange pange bakhtiari	0.96	1.21	0.25	26.04
Dezful	0.68	1.02	0.34	50
Harmaleh	1.92	2.37	0.45	23.44
Bamdezh	2.51	2.91	0.4	15.94
Mean				33.37

www.SID.ir

Archive of SID

Table 10- Comparing mean value of water quality parameters in different years

جدول ۱۰- مقایسه میانگین پارامترهای کیفی آب در سال‌های مختلف

Year	EC	TDS	SAR_{IW}	pH	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3	SO_4
1384	619.89bc	418.79c	1.03de	7.99a	3.18fg	1.59d	1.83cd	1.55e	3.02d	1.64e
1385	576.85c	393.49c	0.87e	7.99a	3g	1.92c	1.65d	1.61de	2.77e	1.92de
1386	705.37bc	421.74c	1.12cd	7.92a	3.21fg	2.02abc	1.99c	1.78d	3.15d	1.89de
1387	752.27b	496.7b	1.38ab	7.92a	3.3ef	2.19ab	2.87a	2.16bc	3.16d	2.27bc
1388	780.87b	552.83a	1.48a	7.81b	3.5de	1.97bc	2.81a	2.27abc	3.18cd	2.2bcd
1389	768.61b	483.76b	1.25abcd	7.72c	3.73bcd	2.17abc	2.63ab	2.13bc	3.21bcd	2.51b
1390	709.69bc	490.55b	1.16bcd	7.63cd	3.65cd	1.94bc	2.43b	2.06c	3.37abc	2.03cd
1391	785.07b	555.25a	1.3abc	7.57de	3.85bc	2.1abc	2.63ab	2.26abc	3.39ab	2.54b
1392	737.02bc	564.06a	1.35abc	7.5e	4.23a	2.27a	2.67ab	2.45a	3.54a	2.86a
1393	948.31a	489.64b	1.48a	7.62d	3.91b	2.02abc	2.65ab	2.33ab	3.45a	2.47b

پارامترهای دارای حروف یکسان در هر ستون، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در یک گروه آماری قرار دارند.

Parameters with similar letters belong to same statistical class based on Duncan's multi-range test.

بیشترین مقدار EC آب رودخانه با ۹۴۸/۳۱ دسی زیمنس بر متر در سال ۱۳۹۳ اتفاق افتاده است که بر اساس تحلیل خشکسالی (جدول ۳) در این سال خشکسالی شدید اتفاق افتاده است. کمترین میزان EC نیز با ۵۷۶/۸۵ دسی زیمنس بر متر مربوط به سال ۱۳۸۵ می‌باشد که بیشترین دبی در رودخانه دز مشاهده می‌شود (شکل ۶)؛ و بر اساس تحلیل خشکسالی (جدول ۳) در این سال تر سالی خفیف اتفاق افتاده است. کمترین میزان TDS نیز به ترتیب در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ مشاهده می‌شود که در یک گروه آماری هستند؛ و بیشترین میزان TDS به میزان ۵۶۴/۰۶ میلی‌گرم بر لیتر در سال ۱۳۹۲ حادث می‌شود که با سال‌های ۱۳۸۸ و ۱۳۹۱ در یک گروه آماری قرار دارد. بیشترین مقدار pH در سال۱۳۸۵ دیده می‌شود که با میزان آن در سال‌های ۱۳۸۴، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷ در یک گروه آماری است. کمترین مقدار pH نیز در سال ۱۳۹۲ دیده شد. نکته حائز اهمیت روند نزولی pH در طی سال‌های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۲ می‌باشد که نیاز به بررسی دارد. بیشترین مقدار کاتیون‌ها و آنیونها به جز سدیم در سال ۱۳۹۲ دیده می‌شود.

۳-۳- تحلیل روند دبی و متغییرهای کیفی آب در ایستگاه‌های هیدرومتری مورد مطالعه

به منظور تحلیل روند دبی و داده‌های کیفیت آب، به دلیل ویژگی‌های خاص این داده‌ها، نظیرتوزیع غیر نرمال، وجود داده‌های پرت، داده‌های ثبت نشده و تغییرات فصلی از روش غیر پارامتریک من-کندال با کمک نرم‌افزار XLstat استفاده شد. مثبت یا منفی بودن شاخص (Z_S) بیان کننده صعودی یا نزولی بودن روند تغییرات می‌باشد و چنانچه شاخص p-value کمتر از ۰/۰۱ باشد روند در سطح ۹۹ درصد و چنانچه p-value کمتر از ۰/۰۵ باشد در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است. نتایج نشان داد در ایستگاه سپید دشت سزار در بازه زمانی ۱۰ ساله، روند تغییرات pH و کلسیم (Ca) در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است که این تغییرات برای pH روند نزولی و برای کلسیم روند صعودی دارد. همچنین روند تغییرات دبی و میزان منیزیم (Mg) در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است و هر دو پارامتر روند کاهشی دارند. در ایستگاه سپید دشت سزار روند تغییرات EC، TDS، SAR، کلر (Cl)، بی‌کربنات (HCO_3)، سدیم (Na) و سولفات (SO_4) معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد در ایستگاه سپید دشت زاز در بـازه زمانی ۱۰ ساله رونـد تغییرات کلر (Cl) در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار و صعودی است. همچنین روند تغیرات SAR، pH و کلسیم (Ca) در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار است که SAR و کلسیم دارای روند تغییرات صعودی و pH دارای روند نزولی می‌باشد. در ایستگاه سپید دشت زاز روند تغییرات دبی، EC، TDS، بی‌کربنات (HCO_3)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na) و سولفات (SO_4) معنی‌دار نبود. در ایستگاه تنگ پنج سزار در بازه زمانی ۱۰ ساله روند تغییرات pH و بی‌کربنات (HCO_3) در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است. این تغییرات برای اسیدیته روند نزولی و برای بی‌کربنات روند صعودی نشان می‌دهد. همچنین روند تغیرات کلسیم (Ca) در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار و صعودی است. در ایستگاه تنگ پنج سزار روند تغییرات دبی، EC، TDS، SAR، کلر (Cl)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na) و سولفات (SO4) معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد در ایستگاه تنگ پنج بختیاری در بازه زمانی ۱۰ ساله روند تغییرات TDS، SAR، pH و بی‌کربنات (HCO_3) در سطح ۹۹ درصد معنی‌داراست. این تغییرات برای اسیدیته روند نزولی و برای TDS، SAR و بی‌کربنات روند صعودی نشان می‌دهد. همچنین روند تغیرات کلسیم (Ca) در بازه زمانی ۱۰ ساله در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار و صعودی است. در ایستگاه تنگ پنج بختیاری روند تغییرات دبی، EC، کلر (Cl)، منیزیم (Mg)، سدیم (Na) و سولفات (SO_4) معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد در ایستگاه دزفول در بازه زمانی ۱۰ ساله روند تغییرات pH در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار و نزولی است. در ایستگاه دزفول روند تغییرات دبی، EC، TDS، SAR، کلر (Cl)، بی‌کربنات (HCO_3)، ،کلسیم (Ca)، منیزیم

www.SID.ir

Archive of SID

(Mg)، سدیم (Na) و سولفات (SO_4) معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد در ایستگاه حرمله در بازه زمانی ۱۰ ساله روند تغییرات EC و سولفات (SO_4) در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار و صعودی است. همچنین در ایستگاه حرمله روند تغییرات TDS، بی‌کربنات (HCO_3)، کلسیم (Ca)، منیزیم (Mg) و سدیم (Na) در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار و صعودی بود. نتایج نشان داد در ایستگاه حرمله روند تغییرات دبی، SAR، pH و کلر (Cl) معنی‌دار نیست. در ایستگاه بامدژ در بازه زمانی ۱۰ ساله روند تغییرات EC، TDS، بی‌کربنات (HCO_3)، منیزیم (Mg) و سولفات (SO_4) در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار و صعودی است. همچنین در ایستگاه بامدژ روند تغییرات دبی، کلر (Cl)، کلسیم (Ca) و سدیم (Na) در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار و صعودی بود. نتایج نشان داد در ایستگاه بامدژ روند تغییرات SAR و pH معنی‌دار نیست.

۴- خلاصه و جمع‌بندی

با توجه به نقش درجه حرارت در میزان هدایت الکتریکی آب (Alizadeh, 2004)، در طی سال‌هایی که خشکسالی رخ می‌دهد و دمای هوا نیز افزایش می‌یابد، می‌توان انتظار داشت که EC افزایش پیدا کند. نتایج نشان داد در سال‌های خشکسالی میزان شوری آب رودخانه دز به طور متوسط ۱۵/۲۴ درصد افزایش داشته است و بیشترین افزایش مربوط به ایستگاه بامدژ با ۱۵/۹۸ درصد بود. Mahmoudi et al. (2015) بیان داشتند: مقدار EC در دوره خشکسالی نسبت به میانگین دراز مدت در ایستگاه‌های پایاب سر کهک، دامن، لادیز و پیردان در استان سیستان و بلوچستان به ترتیب ۱۲/۵، ۲/۵، ۰/۹۵ و ۰/۰۳ درصد افزایش دارد. همچنین بررسی روند تغییرات شوری آب دز نشان داد در ایستگاه‌های سپید دشت سزار، سپید دشت زاز و تنگ پنج سزار روند تغییرات شوری معنی‌دار نیست این درحالی است که در ایستگاه‌های پایین‌دست رودخانه روند تغییرات شوری معنی‌دار و مثبت است. نتایج تحقیق نشان داد بیشترین و کمترین مقدار کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم، و آنیون‌های کربنات، کلر و سولفات به ترتیب در ایستگاه‌های بامدژ و سپید دشت زاز مشاهده شده است. Zahedi-Kalaki (2004) بیان داشت تغییرات دبی رودخانه‌ها در افزایش یا کاهش مقدار EC نقش به‌سزایی دارا می‌باشد. تحقیقات Hoseini et al. (2013)، Shokouhi-Far and Izadpanah (2013)، Rahimi et al. (2016) و دیگران نشان می‌دهد مقدار EC و غلظت یون‌ها با افزایش مقدار آبدهی رودخانه‌ها کاهش می‌یابد. همچنین، Eion and Cameron (1996) نشان دادند تغیرات فصلی میزان آبدهی، بر ترکیب شیمیایی آب مؤثر است. Eion and Cameron (1996) همچنین بیان داشتند که کمترین میزان یون‌های (NO_3+NO_2)، SO_4، HCO_3، Ca، K و Mg مربوط به به زمان آبدهی بیشینه است. با توجه به اینکه ایستگاه سپید دشت زاز کمترین میزان دبی را دارد (۱۵/۲۸ متر مکعب بر ثانیه)، وجود بیشترین میزان EC، TDS، کاتیونها (کلسیم، منیزیم و سدیم) و آنیونها (بی‌کربنات، کلر و سولفات) قابل پیش‌بینی بود. اما در ایستگاه‌های پایین‌دست رودخانه مانند دزفول، حرمله و بامدژ با اینکه دبی افزایش یافته است، میزان EC، TDS، کاتیون‌ها و آنیون‌ها نیز افزایش یافته است و بیشترین مقدار آنها در ایستگاه بامدژ مشاهده می‌شود. Ebadati and Hoshmandzadeh (2014) بیان داشتند که EC در محدوده ایستگاه دزفول در وضعیت مناسبی است که بیانگر آن است که فعالیت‌های کشاورزی و فاضلاب‌های شهری تا قبل از ایستگاه هیدرومتری دزفول کم است.

Table 11- Discharge trend determination and water qualitaty variables in hydrometric stations

جدول ۱۱- تعیین روند دبی و متغیرهای کیفی آب در ایستگاه‌های هیدرومتری

Station	Parameter	Discharge	EC	TDS	SAR_{IW}	pH	Ca	Mg	Na	Cl	HCO_3	SO_4
Sepid dashte sezar	ZS	-0.556*	0.333	0.067	-0.270	-0.68**	0.689**	-0.511*	-0.270	0.067	0.422	-0.244
	p-value	0.025	0.180	0.788	0.281	0.006	0.006	0.04	0.281	0.788	0.089	0.325
Sepid dashte zaz	ZS	-0.333	0.067	0.378	0.506*	-0.51**	0.516*	-0.200	-0.386	0.764**	0.467	-0.244
	p-value	0.180	0.788	0.128	0.046	0.04	0.025	0.421	0.125	0.002	0.06	0.325
Tange pange sezar	ZS	0.422	0.333	0.289	-0.449	-0.64**	0.600*	-0.135	0.333	0.432	0.733**	-0.111
	p-value	0.089	0.180	0.245	0.072	0.009	0.016	0.590	0.180	0.087	0.003	0.655
Tange pange bakhtiari	ZS	0.022	0.333	0.689**	0.659**	-0.73**	0.600*	-0.111	0.067	0.378	0.822**	0.333
	p-value	0.929	0.180	0.006	0.009	0.003	0.016	0.655	0.788	0.128	0.001	0.180
Dezful	ZS	-0.378	0.156	0.244	-0.068	-0.76**	0.386	-0.449	0.00	0.022	0.135	-0.135
	p-value	0.128	0.531	0.325	0.787	0.002	0.125	0.072	1.00	0.929	0.590	0.590
Harmaleh	ZS	-0.289	0.822**	0.511*	-0.2	-0.449	0.600*	0.584*	0.511*	0.09	0.629*	0.644**
	p-value	0.245	0.001	0.04	0421	0.072	0.016	0.02	0.04	0.719	0.012	0.009
Bamdezh	ZS	-0.51**	0.689**	0.689**	0.378	-0.289	0.600*	0.689**	0.556*	0.556*	0.733**	0.733**
	p-value	0.04	0.006	0.006	0.128	0.245	0.016	0.006	0.025	0.025	0.003	0.003

* and** Significant at 5% and 1%

* و ** اختلاف معنی دار در سطح احتمال خطای ۵ و۱ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

Riahi-Khorram and Nafe (2008) در ارزیابی روند تغییرات فصلی کیفیت آب رودخانه گاماسیاب در شهرستان نهاوند بیان کردند که با توجه به اینکه جریان آب رودخانه در فصل زمستان افزایش می‌یابد، غلظت آلودگی نیترات کاهش نمی‌یابد؛ چون ریزش‌های جوی، زه‌آب اراضی کشاورزی را در مسیر حرکت به طرف رودخانه با باقیمانده کودهای شیمیایی نیتراته مصرفی در فعالیت‌های کشاورزی، در خود حل کرده و به رودخانه منتقل می‌نماید. به عبارتی می‌توان نتیجه گرفت هرگونه آلودگی روان آب‌های سطحی در بالادست رودخانه دز، آثار نامطلوب زیادی در پایین دست بر جا می‌گذارد. ورود پساب‌های صنعتی و شهری و زه‌آب‌های کشاورزی به‌خصوص از ایستگاه دزفول بـه سمت پایین‌دست، تغییر کاربری اراضی و عـدم مدیریت صحیح عـوامل آلاینده، از جمله عـواملی هستند کـه می‌تـوانند سبب شونـد وضع کیفی رودخـانه در طبقه نـامطلوب قـرار گیرد. Chessman and Townsend (2010) بیان داشتند که حوضه‌های با کاربری کشاورزی و شهری بالا، نسبت به حوضه‌هایی که این کاربری‌ها در آنها کمتر است، میزان شوری بالاتر است. نتایج Ngoye and John (2004) نشان داد مقدار هدایت الکتریکی (EC) و TDS آب در مناطق شهری و کشاورزی به علت ورود نمک‌های محلول از این مناطق، در مقایسه با سایر کاربری‌ها بیشتر است. به عقیده محققان مختلف، ترکیب شیمیایی و فیزیکی آب با تغییرات زمان و مکان متغیر است. در مورد تغییرات مکانی از ارتباط میان توپوگرافی، سنگ‌شناسی سازندها و تغییرات هیدروژئولوژیکی و در مورد تغییرات زمانی از تغییرات فصلی در حجم کلی عبوری آب در سامانه و منطقه مورد مطالعه می‌توان یاد کرد (Fernandez et al., 2006). همچنین نتایج اندازه‌گیری در این تحقیق نشان می‌دهد که کمترین و بیشترین مقدار pH به ترتیب در ایستگاه‌های بامدژ و سپید دشت سزار ثبت شده است. فراوانی میانگین آنیون‌های محلول در ایستگاه‌های هیدرومتری رودخانه دز به صورت $HCO_3>SO_4>C$ بود و مقادیر کاتیون‌های اصلی محلول در آب نیز به‌صورت Ca>Na>Mg بدست آمد.

۵- مراجع

Alizadeh A (2004) Principles of applied hydrology. Ferdowsi University of Mashhad Press, 815p (In Persian)

Chessman BC, Townsend SA (2010) Differing effects of catchment land use on water chemistry explain contrasting behaviour of a diatom index in tropical northern and temperate southern Australia. Ecological Indicators 10(3):620-626

Asadzadeh F, Kaki M, Shakiba S, Raei B (2016) Impact of drought on groundwater quality and groundwater level in Qorveh- Chardoli Plain. Iran-Water Resources Research 12(3):153-165 (In Persian)

Ebadati N, Hooshmandzadeh M (2014) Water quality evaluation of Dez River in the Dezful hydrometric station. Iranian journal of Ecohydrology 1(2):69-81 (In Persian)

Eion M, Cameron M (1996) Hydrogeochemistry of the Fraser River, British Columbia: seasonal variation in major and minor components. Journal of Hydrology 182(1-4):209-225

Fernández AC, Fernández AM, Domínguez CT, Santos BL (2006) Hydrochemistry of northwest Spain ponds and its relationships to groundwater. Journal of The Ecology of the Iberian Inland Waters 25(1-4):433-452

Hayes JM, Svoboda MD, Wilhite DA, Vanyarkho OV (1999) Monitoring bulletin of the (1996) drought using the standardized precipitation index. American meteorological society 80(3):429-438

Hong WU, Hayesi JM, Weiss A, Qi H (2001) An evaluation of the standardized precipitation index, The china–z index and the statistical z-score. International Journal of Climatology 21:745-758

Hoseini P, Ildroumi A, Hoseini A (2013) Evaluation of water quality of Karun River using NSFWQI index in the range of Zergan to Kut-Amir (during 5 years). Quarterly Periodical of Human and Environment 25:1-11 (In Persian)

Kazemzadeh M, Noori Z, Moghadamnia AR, Malekian A (2015) Clustering and analyzing of surface water droughts severity and duration (Case study: Ilam Province). Journal of Watershed Management Research 6(12):127-138 (In Persian)

Kalantari N, Arshad, P (2012) Effect of drought on quality and quantity of Chahgah plain groundwater using GIS. National Conference on Optimal Utilization of Water, (IAUD01_077-2012), 20-21 February, Islamic Azad University, Dezful Branch, Iran (In Persian)

Kendall MG (1975) Rank Correlation Measures. Charles Griffin, London

Mann HB (1945) Non-parametric tests against trend. Econometrica 13(3):245-259

Mahmoudi P, Tawousi T, Shahouzei A (2015) Drought and its effects on groundwater resources quality in Sistan and Baluchestan province. Journal of Water Research in Agriculture 29(1):21-35 (In Persian)

Mckee TB (1993) Methodology-SPI defined. National Drought Mitigation Center. Science, Colorado State University Collins, 155p

www.SID.ir

Archive of SID

Sari Saraf B, Gholinedjad N, kamani A (2011) Investigation of drought and mildew of the Aras basin using rainfall profiles. Natural Geography 4(12):1-15 (In Persian)

Shokouhi-Far M, Izadpanah Z (2013) Evaluation of relation between TDS, EC, HCO3 and Cl with Karun River water in warm and cold seasons using regression analysis. 1st National Conference on Water Resources and Agricultural Challenges, (CHWRA01_068-2013), 13 February, Islamic Azad University, Khorasgan Branch, Iran (In Persian)

Shakiba A, Azimi F, Boazar F (2009) Evaluation of drought periods and its effect on the lower side of the Karkheh River. Geography 3(10):119-139 (In Persian)

Soleimani Motlagh M, Talebi A, Zareei M (2013) The study of drought on the quality of surface water resources in Kashkan Watershed. Journal of Watershed Management Research 6(12):154-165 (In Persian)

Wilhite DA, Glantz MH (1985) Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. Water International 10:111-12

Zahedi-Kalaki A (2004) Impacts evaluation of drought on quality and quantity of Behshahr town water resources. M.Sc. Thesis, School of Earth Sciences, Shahid Beheshti University (In Persian)

Nakhai M (2009) Introduction on groundwater. Ketab Arad Press, 198p (In Persian)

Nikbakht J, Moradi O (2019) Effect of drought on Hashtgerd Plain groundwater quantity and quality considering irrigation use. Iran-Water Resources Research 14(4):120-131 (In Persian)

Ngoye E, John FM (2004) The influence of land use patterns in the Ruva river watershed on water quality in the river system. Physics and Chemistry of the Earth 29:1161-1166

Pashiardis S, Michaelides S (2008) Implementation of the standardized precipitation index (SPI) and the reconnaissance drought indx (RDI) for regional drought assessment: A case study for Cyprus. Europe Water 23(24):57-65

Riahi-Khorram M, Nafe M (2008) Evaluation of seasonal variations trend of Gamasiab River water quality in Nahavand town. In: Proc. of 11th National Congress on Environmental Health (NCEH11_065-2008), 28-29 October, Zahedan University of Medical Sciences, Iran (In Persian)

Rahimi L, Dehghani AA, Ghorbani Kh (2016) Comparison of total flow, base flow and water-quality characteristics trend in Arazkuseh Hydrometric Station. Journal of Watershed Management Research 7(13):83-91 (In Persian)

www.SID.ir