

بررسی روند تغییرات کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود در دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی

علی طالبی، محمدرضا علمی، فاطمه رجبی محمدی و سارا پرویزی

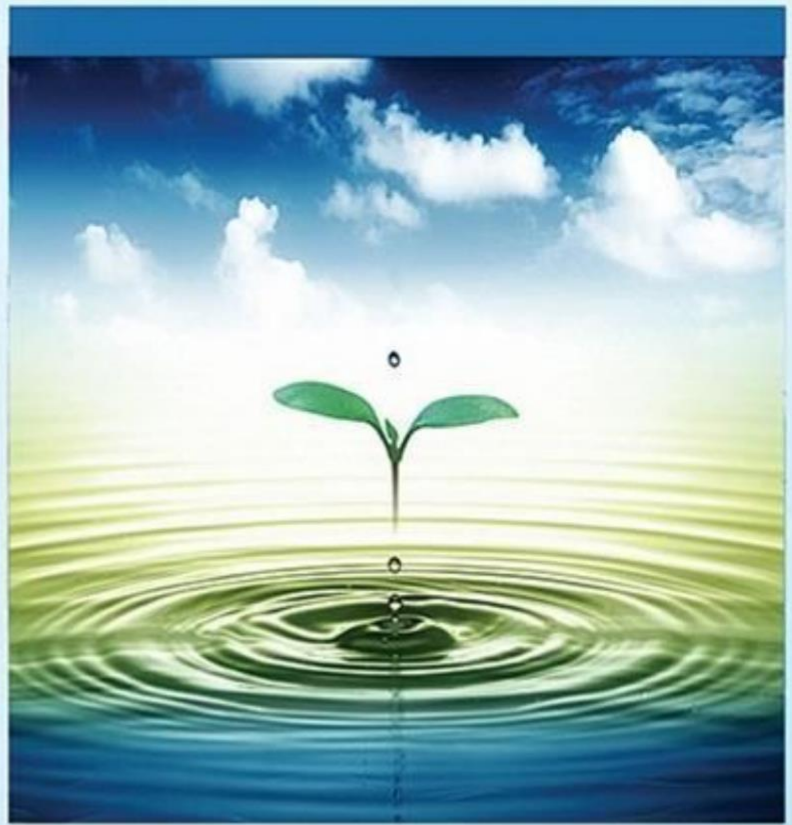
دوره ۴، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۳۲۰ - ۳۱۰

Vol. 4(4), Winter 2019, 310 – 320

DOI: 10.22034/jewe.2018.132415.1262

**Trend Investigation of Water Quality Variations in  
Zayande-Roud River during Dry and Wet Years**

Talebi A., Elmi M.R., Rajabi Mohammadi F. and  
Parvizi S.



[www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله: طالبی ع، علمی م.ر، رجبی محمدی ف. و پرویزی س. (۱۳۹۷). بررسی روند تغییرات کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود در دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی. مجله محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۴، شماره ۴، صفحات: ۳۲۰ - ۳۱۰.

**Citing this paper:** Talebi A., Elmi M.R., Rajabi Mohammadi F. and Parvizi S. (2019). Trend investigation of water quality variations in Zayande-Roud River during dry and wet years. J. Environ. Water Eng., 4(4), 310– 320. DOI: 10.22034/jewe.2018.132415.1262

## بررسی روند تغییرات کیفیت آب رودخانه زاینده‌رود در دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی

علی طالبی<sup>۱\*</sup>، محمد رضا علمی<sup>۲</sup>، فاطمه رجبی محمدی<sup>۳</sup> و سارا پرویزی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استاد، گروه مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۲</sup>استادیار، گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

<sup>۳</sup>دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد، گروه آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه یزد، ایران

\*نویسنده مسئول: talebisf@yazd.ac.ir

### مقاله اصلی

تاریخ دریافت: [۱۳۹۷/۰۲/۱۰]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۷/۰۸/۱۹]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۷/۰۹/۱۸]

### چکیده

امروزه خشک‌سالی به عنوان یکی از پدیده‌های محیطی شناخته شده است که تاثیر مهمی بر کیفیت آب دارد. هدف از انجام این تحقیق به‌دست آوردن رابطه بین وقوع خشک‌سالی و کیفیت آب در حوزه آبخیز زاینده رود بود. با توجه به تاثیر خشک‌سالی بر کیفیت منابع آب و همچنین تعیین تیپ آب و بررسی ارتباط آن با عوامل محیطی، در مطالعه حاضر داده‌های حاصل از آنالیز شیمیایی با استفاده از نرم افزار AqQa مورد بررسی و پردازش قرار گرفت. سپس تیپ شیمیایی منابع و همچنین رابطه خشک‌سالی با کیفیت آب تعیین گردید. منطقه مورد مطالعه رودخانه زاینده‌رود بود که دارای پنج ایستگاه هیدرومتری با دوره آماری مشترک ۳۴ سال می‌باشد. دو ایستگاه قبل از سد و سه ایستگاه بعد از سد تنظیمی واقع شدند. در این دوره آماری با استفاده از شاخص‌های خشک‌سالی SPI و RDI سال‌های خشک و تر از یکدیگر تفکیک شده، سپس حداکثر خشک‌سالی و ترسالی مشترک در پنج ایستگاه تعیین شد و داده‌های کیفیت آب در سال‌های خشک و تر مقایسه گردید. براساس نتایج به‌دست آمده، با وقوع خشک‌سالی‌ها میزان غلظت یون‌ها در منابع آب افزایش یافته و با وقوع ترسالی غلظت یون‌ها در آب بهبود یافته‌است. طوری که در ایستگاه اسکندری یون منیزیم در سال خشک ۳۷٪ افزایش و در ایستگاه پل زمان خان یون سولفات در سال خشک ۵۶٪ افزایش یافته است. تیپ آب موجود در هر ایستگاه از نوع سدیم بی‌کربنات بود که می‌تواند مربوط به عامل زمین‌شناسی باشد.

**واژه‌های کلیدی:** خشک‌سالی؛ زاینده رود؛ کیفیت آب؛ نرم‌افزار AqQa؛ RDI؛ SPI.

## ۱- مقدمه

خشک‌سالی به‌عنوان یکی از پدیده‌های محیطی شناخته شده و در واقع بخش جدایی‌ناپذیری از تغییرات اقلیمی است که می‌تواند در هر منطقه جغرافیایی حادث شود و تأثیرات عمده‌ای بر آن منطقه بگذارد (Sharma 2000). یکی از اثرات مهم و مشهود خشک‌سالی اثرات کیفی و کمی بر منابع آبی است که نه تنها باعث کاهش مقدار آب در دسترس شده بلکه در آن مقدار حداقل آب قابل‌شرب نیز به‌علت افزایش غلظت املاح مضر، کیفیت آب را دچار مشکل می‌کند. وجود آب آشامیدنی سالم ضامن سلامتی جامعه است و اولین قدم در شناخت آب، بررسی پارامترهای آب شرب است (Shariat Panahi 1998). هدف اصلی بررسی‌های کیفی آب آشامیدنی، حفظ بهداشت عمومی و سلامت مصرف‌کنندگان است. امروزه بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان آب سالم ندارند، نیمی از مردم جهان سیستم فاضلاب مناسب ندارند، و ۸۰ درصد کل بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه دارای منشاء آب ناسالم‌اند (Grom and Theodor 2003). دشواری‌های ناشی از کمبود آب از محافل علمی و کارشناسی فراتر رفته و تا سطح اجلاس‌های منطقه‌ای و جهانی ارتقاء یافته و در ادبیات مدیریت منابع آب واژه جدیدی تحت عنوان بحران آب افزوده شده‌است (GHanadi 2001). پیش‌بینی می‌شود در صورتی که روند کنونی ادامه یابد، تا سال ۲۰۲۵ از هر سه نفر جمعیت کره زمین دو نفر آن‌ها در مناطق بحران زده از نظر آب زندگی خواهند کرد (Grom and Theodor 2003). مطالعات سازمان غذا و کشاورزی در ۹۳ کشور حکایت از عدم پایداری آب در این کشورها می‌باشد. عدم پایداری به این مفهوم است که استفاده از آب‌ها بیش از مقداری است که در منابع جایگزین می‌شود و کشور ایران جزو این مناطق است (Moradi Nezhad A. and Agha Razi 2002).

خشک‌سالی از عوامل مهم و تشدید کننده می‌باشد طوری که که کاهش آب ورودی به منابع آبی و یا تبخیر شدن آن باعث افزایش غلظت عناصر و املاح در آب می‌شود که کاهش این املاح بسیار مشکل و هزینه‌بر می‌باشد. بنابراین، تعیین رابطه بین خشک‌سالی و کیفیت آب و همچنین کشف عناصری که

بیشتر تحت تأثیر خشک‌سالی هستند، بسیار حائز اهمیت می‌باشد (Sprague 2005).

Yaoming et al. (2006) تأثیرات خشک‌سالی را بر کیفیت آب در گیاهان جنوب رودخانه کلرادو مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که خشک‌سالی باعث افزایش غلظت  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ، pH و EC شده‌است. (Yamani 2007) هفت حلقه چاه را در محل‌هایی با احتمال بالای آلودگی آب تعیین و ۱۷ پارامتر کیفیت آب را ارزیابی کرد و دریافت پارامترهای موثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی منطقه عمدتاً از اجزای طبیعی مانند سختی، سولفات، کلراید و TDS می‌باشند. Van Vliet and Zwolsman (2008) نشان دادند که آب‌های زیرزمینی قلیایی بوده و در آن یون‌های بی‌کربنات، کاتیون، و آنیون غالب هستند و همچنین ۳۰/۰۶٪ از منطقه دارای کیفیت مناسب جهت آبیاری و ۴۶٪ جهت شرب می‌باشد. (Travis et al. 2009) در تحقیقی با بررسی تأثیر خشک‌سالی بر روی کیفیت آب رودخانه مزو، نتیجه گرفتند که کیفیت آب رودخانه در هنگام خشک‌سالی در کل وخیم بوده و با توجه به درجه حرارت آب، انباشتگی برخی از فلزات سنگین و شبه فلزات روی داده‌است. Helfrid et al. (2010) با بررسی خشک‌سالی و اثرات انسانی بر کیفیت آب بیان کردند که علت کاهش جریان آب شیرین در مصب رودخانه تغییرات آب و هوایی و خشک‌سالی بوده و اساس آلودگی رودخانه عوارض انسانی می‌باشد. (Sadeghi and Rouhollahi 2007) در پروژه‌ای دیگر اثرات خشک‌سالی هیدرولوژیکی بر کیفیت آب را در شش ایستگاه با طول دوره آماری ۱۶ سال در سال‌های خشک و مرطوب بررسی و پیشنهاد کردند که عوامل محیطی مثل نوع استفاده از زمین را نیز باید در تحلیل‌ها دخالت داد. (Setare et al. 2011) در مطالعه‌ای دیگر کیفیت آب رودخانه پسیخان را با استفاده از مدل E-QUAI-W2 بررسی و نتایج آن را با نرم‌افزار WASP مقایسه کردند که نتایج مدل CE-QUAI-W2 به داده‌های مشاهداتی نزدیک‌تر بود. (Malakootian et al. 2011) با بررسی روند تغییرات پارامترهای کیفیت شیمیایی رودخانه زیارت با استفاده از شاخص SPI دریافتند که به جز سولفات در بقیه موارد همبستگی معناداری بین خشک‌سالی و کیفیت

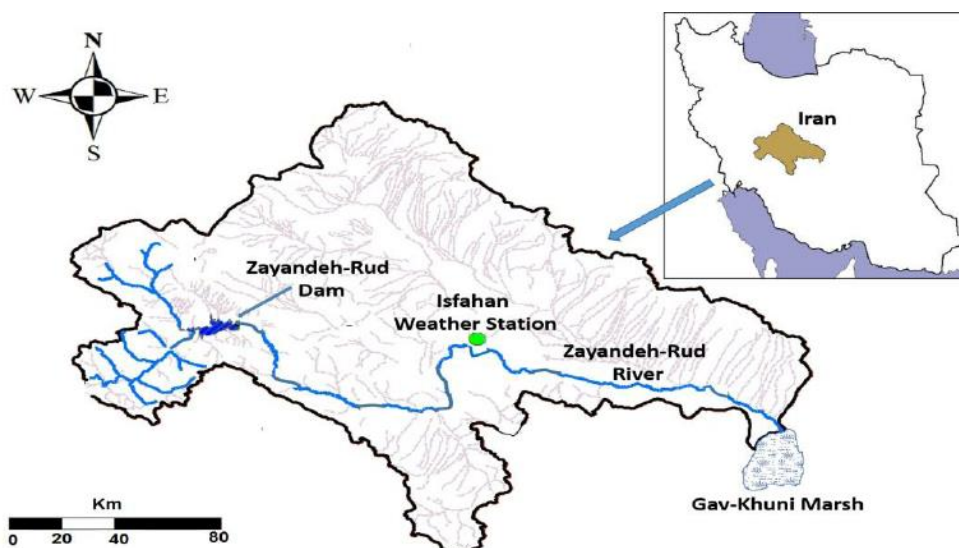
شمالی و ۵۰ درجه و ۰۳ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ قرار گرفته است. حوزه زاینده‌رود دارای چندین ایستگاه هیدرومتری می‌باشد که هر کدام از قدمت آماری خوبی برخوردار می‌باشد. از بین این ایستگاه‌ها، پنج ایستگاه هیدرومتری که هر کدام دارای آمار بلندمدت ۳۴ ساله (۱۳۵۳-۱۳۸۷) بارش، تبخیر و تعرق پتانسیل و داده‌های مربوط به کیفیت آب (شامل: کاتیون‌ها (کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم)، آنیون‌ها (سولفات، کلرات، بیکربنات، کربنات)، pH، EC و SAR) می‌باشد، انتخاب گردید. همچنین، از لحاظ موقعیتی دو ایستگاه قبل از سد تنظیمی زاینده‌رود و دو ایستگاه بعد سد می‌باشد، ایستگاه پنجم نیز در حدود ۲ کیلومتری بعد از سد قرار گرفته است (شکل ۱).

آب وجود داشته و دارای روند افزایشی می‌باشد. در این راستا رودخانه زاینده‌رود با توجه به اینکه پرآب‌ترین رودخانه فلات مرکزی ایران بوده و دارای آب شیرین دائمی می‌باشد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. بنابراین، هدف از این پژوهش تعیین پارامترهای کیفی آب در رودخانه زاینده‌رود (به‌عنوان منبع مهم آب در محدوده ایران مرکزی) طی دوره آماری ۳۴ سال و ارتباط پدیده خشک‌سالی در این دوره آماری با کیفیت آب جهت مدیریت بهتر منابع آب می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان اصفهان در غرب منطقه مرکزی ایران بین مدارهای تقریبی ۳۱ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴۲ دقیقه عرض



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Fig. 1 Geographical location of the study area

سالیان اخیر به علل گوناگون از جمله مدیریت نادرست و برداشت‌های اضافی از آب رودخانه در داخل شهر اصفهان در بخشی از سال خشک می‌باشد. رژیم رودخانه در ارتفاعات به صورت برفی-بارانی است و تغذیه رودخانه در فصل بهار حاصل ذوب تدریجی برف‌ها می‌باشد. حوزه زاینده‌رود دارای چندین ایستگاه هیدرومتری با قدمت آماری خوب می‌باشد (جدول ۱). مساحت حوزه حدود  $4200 \text{ km}^2$  و محیط آن  $362 \text{ km}$

### ۲-۲- وضعیت منطقه از نظر هیدرولوژی

رودخانه زاینده‌رود به طول حدود  $350 \text{ km}$  از رشته کوه‌های زاگرس در غرب ایران به سمت شرق جریان دارد و در انتها به باتلاق گاوخونی که یک نمک‌زار طبیعی است، ختم می‌شود (شکل ۱). متوسط بده سالیانه رودخانه حدود  $38 \text{ m}^3/\text{s}$  می‌باشد. این رودخانه به‌عنوان بزرگ‌ترین و پرآب‌ترین رودخانه فلات مرکزی ایران در استان اصفهان قرار دارد، هر چند در

برآورد گردیده است. مقدار متوسط آب سالیانه زاینده رود  $1200 \text{ Mm}^3$  برآورد گردیده است که حداقل آن در یک دوره ۱۰ ساله خشک سالی ۹۱۰ و در پرآب ترین سال (در یک دوره ۱۰ ساله)  $1450 \text{ Mm}^3$  برآورد شده است.

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های هیدرومتری مورد پژوهش

Table 1 Location of the hydrometric stations studied

نوع سازند	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (m)	مساحت ( $\text{km}^2$ )
$Q^{t1}$ و $Q^{t2}$	قلعه شاهرخ	۵۰-۲۷-۲۹	۳۲-۳۹-۲۹	۲۱۰۳	۱۴۲۷
$Q^{cal}$	اسکندری	۵۰-۲۵-۵۲	۳۲-۴۹-۲۰	۲۱۳۰	۱۶۴۲
$J_{1,2}^{met}$ و $Q^{t1}$	سد تنظیمی	۵۰-۴۷-۱۵	۳۲-۴۲-۵۴	۱۹۹۲	۴۱۰۰
$J_{1,2}^{met}$	پل زمان خان	۵۰-۴۱۵۳	۳۲-۲۹-۵۴	۱۸۸۰	۴۸۵۰
J	پل کله	۵۱-۱۳-۴۶	۳۲-۲۲-۴۶	۱۷۵۰	۵۶۵۰

### ۲-۳- روش پژوهش

در رابطه (۱)،  $P_i$  مقدار بارندگی در زمان  $i$ ،  $\bar{P}$  متوسط بارندگی در دوره زمانی مورد مطالعه و  $\sigma$  انحراف استاندارد بارندگی در دوره زمانی مورد نظر است. طبق طبقه بندی خشک-سالی براساس این نمایه زمانی که مقدار عددی این شاخص منفی باشد، معرف خشک سالی و زمانی که مقدار نمایه مثبت شد، بیانگر ترسالی است. در این پژوهش با توجه به مقادیر بارندگی سالانه مقدار SPI برای هر سال در طول دوره آماری محاسبه و با توجه به جدول (۲) وضعیت خشک سالی در هر سال تعیین گردید.

ابتدا آمار (۱۳۵۳-۱۳۸۷) مربوطه به کیفیت آب از آزمایشگاه رسوب شناسی سازمان آب منطقه ای استان اصفهان دریافت و پس از اطمینان از نبود داده مفقود، داده ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. بدین صورت که در ابتدا با استفاده از ۲ شاخص خشک سالی  $RDI^2$  و  $SPI^3$  مقدار خشک سالی در هر سال تعیین شد. (به دلیل همبستگی بالای دو شاخص  $RDI$  و  $SPI$  ( $R^2 = 0.86$ ) در تحلیل ها یکی از این ۲ شاخص استفاده می گردد). برای تحلیل داده های مربوط به کیفیت آب از نرم افزار ۱،۱ (۱،۱۴،۱) Aq.QA استفاده گردید. این نرم افزار قادر به ترسیم ۱۱ نوع دیاگرام شیمیایی آب می باشد که در این مقاله از بعضی از این دیاگرام ها استفاده شده است.

جدول ۲- طبقه بندی نمایه های  $RDI$  و  $SPI$  و تعریف کلاس های خشک سالی متناظر با آن

Table 2 Classification of RDI and SPI and definition of the corresponding dry classes

طبقه بندی خشک سالی	مقدار نمایه $RDI$ و $SPI$
به شدت مرطوب	۲ و بیشتر از آن
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
نسبتاً مرطوب	۱/۰۰ تا ۱/۴۹
متوسط (نرمال)	۰/۹۹ تا ۰/۰۰
نسبتاً خشک	-۱/۰۰ تا -۱/۴۹
خیلی خشک	-۱/۵۰ تا -۱/۹۹
به شدت خشک	-۲/۰۰ و کمتر از آن

نمایه جدید شناسایی خشک سالی  $RDI$  این نمایه در سال ۲۰۰۴ میلادی توسط مک کی ارائه شد برای تعیین خشک سالی

### ۲-۳-۱- بررسی وضعیت خشک سالی منطقه

شاخص استاندارد شده بارش ( $SPI$ ):  $SPI$  شاخصی است بر اساس احتمال بارش برای هر بازه زمانی. این شاخص برای کمی کردن بارش در بازه های زمانی چندگانه (اساساً ۳-۶-۱۲-۲۴ و ۴۸ ماهه) طراحی شده است و اثرات خشک سالی را بر منابع آب قابل دسترس در این بازه های زمانی نشان می دهد. این نمایه از رابطه (۱) به دست آمد:

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma} \quad (1)$$

<sup>2</sup> Reconnaissance Drought Index

<sup>3</sup> Standard Precipitation Index

با استفاده از نمایه RDI نیاز به داشتن آمار بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل ماهانه و یا مجموع سالانه این ۲ پارامتر است. روش محاسبه بدین شرح است که ابتدا با استفاده از رابطه (۲) برای هر سال (i) از دوره آماری مورد مطالعه، مقداری با عنوان  $a_0$  محاسبه می‌شود:

$$a_0^{(i)} = \frac{\sum_{j=1}^{12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{12} ET_{ij}} \quad (2)$$

در این رابطه P و ET بارندگی و تبخیر و تعرق پتانسیل در j امین ماه سال i هستند. مقدار i از یک تا N (تعداد سال‌هایی است که آمار آن در دسترس است) تغییر خواهد نمود. چنانچه بارندگی و تبخیر و تعرق به صورت سالانه محاسبه شوند، نیازی به جمع کردن مقادیر ماهانه در این رابطه نخواهد بود. گام بعدی تعیین نمایه‌ای با عنوان RDI نرمال (یا RDI<sub>n</sub>) هر سال است که از رابطه (۳) محاسبه خواهد شد:

$$RDI_n^{(i)} = \frac{a_0^{(i)}}{\bar{a}_0} - 1 \quad (3)$$

که در این رابطه  $\bar{a}_0$  میانگین حسابی اعداد  $a_0$  هر سال می‌باشد. جهت محاسبه نمایه استاندارد شده RDI (یا RDI<sub>s</sub>) از مقادیر سالانه  $a_0$  لگاریتم گرفته که عددی با عنوان

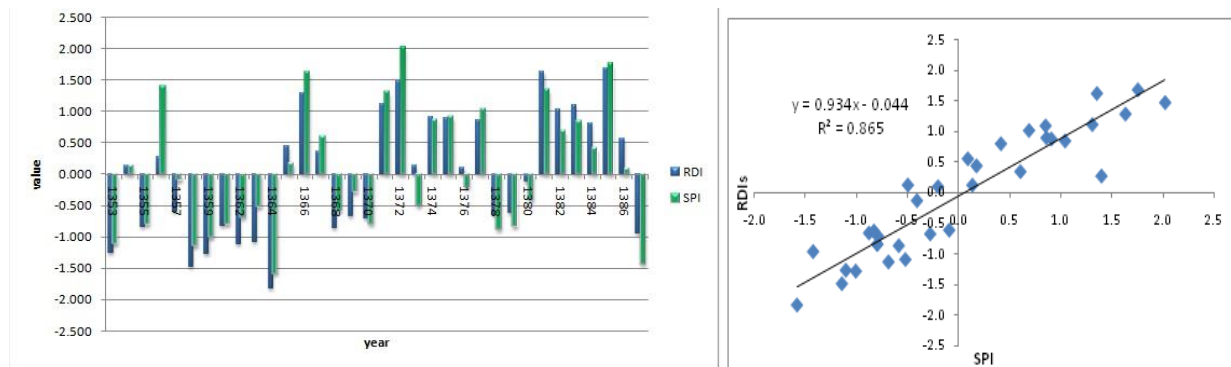
$$RDI_s^{(i)} = \frac{y_k^{(i)} - \bar{y}_k}{\bar{\sigma}_{yk}} \quad (4)$$

تفسیر مقادیر به دست آمده از این روش براساس جدول شماره (۲) خواهد بود (Tsakiris 2005).

### ۳- یافته‌ها و بحث

عناصر و ترکیب‌های مختلفی در آب وجود دارند که روی کیفیت شیمیایی و فیزیکی آب موثر می‌باشند که در اثر شرایط خاصی چون افزایش و کاهش دبی دچار تغییراتی می‌شوند. یکی از این شرایط خشک‌سالی می‌باشد که کاهش دبی و تغییرات کیفی آب را به همراه دارد (Zahedi Klaki 2004).

همان‌طور که در شکل (۲) مشاهده می‌شود، ۲ شاخص خشک‌سالی SPI و RDI دارای همبستگی بالایی می‌باشند. مقادیر این دو شاخص در هر پنج ایستگاه بیانگر حداکثر خشک‌سالی هم‌زمان در سال ۱۳۸۶ و حداکثر ترسالی هم‌زمان در سال ۱۳۸۴ در تمامی ایستگاه‌ها می‌باشد. بنابراین این دو سال برای مقایسه کیفیت آب انتخاب شدند.



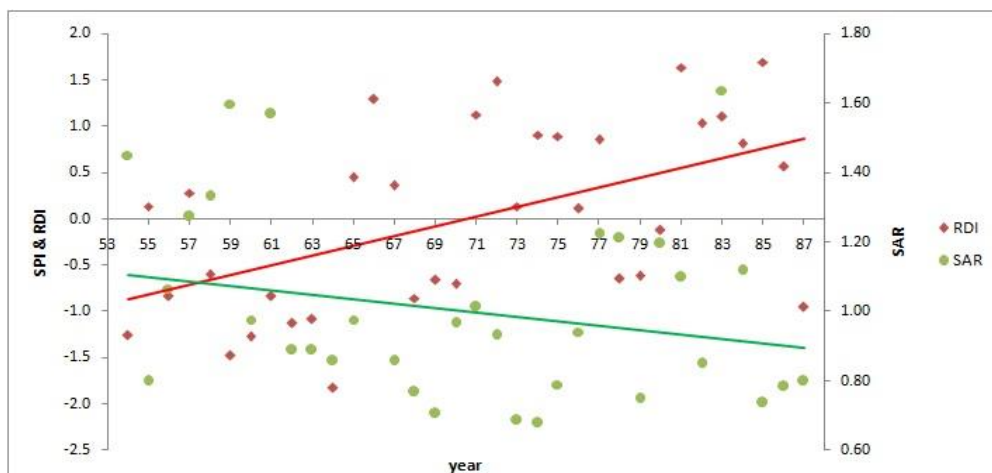
شکل ۲ - همبستگی بالای شاخص‌های خشک‌سالی

Fig. 2 High correlation of dry indices

SAR با افزایش شاخص RDI). نسبت جذب سدیم SAR این شاخص یکی از مهم‌ترین عوامل در تعیین کیفیت آب زراعی

با توجه به شکل (۳) مشاهده می‌شود که در طول دوره ۳۴ ساله آماری و در تمامی ایستگاه‌ها با افزایش خشک‌سالی کیفیت آب کاهش یافته و با وقوع ترسالی‌ها کیفیت آب بهبود می‌یابد (کاهش

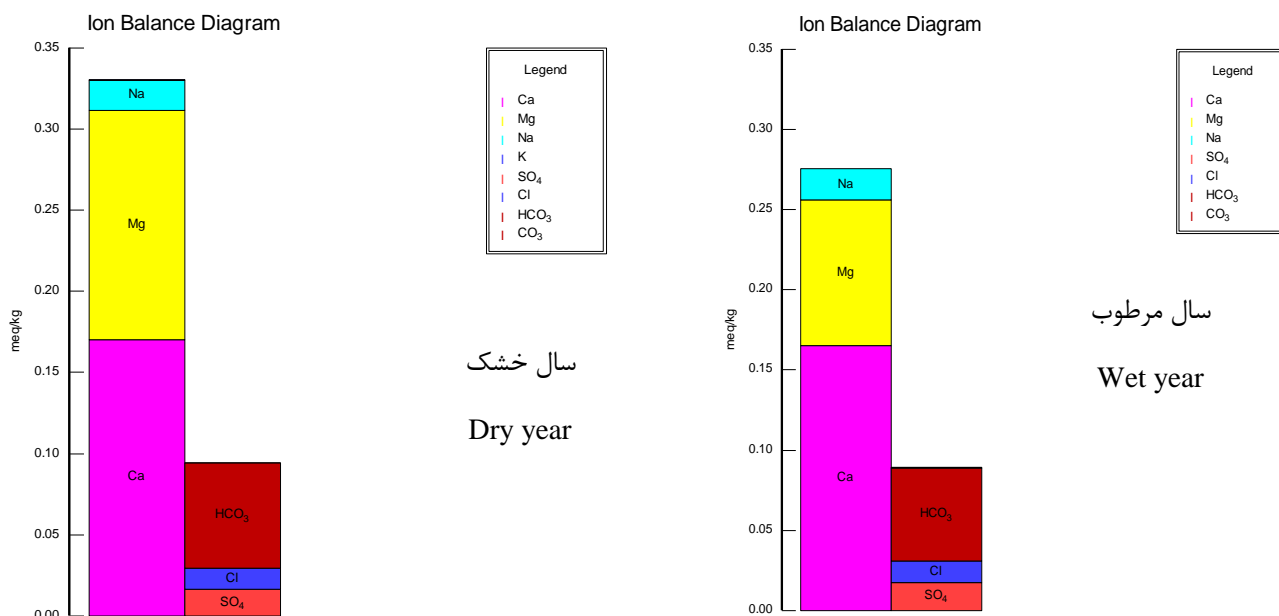
می باشد که افزایش آن کیفیت بد آب را جهت کشاورزی به همراه دارد.



شکل ۳- رابطه بین خشک سالی و مقدار SAR در ایستگاه قلعه شاهرخ  
Fig. 3 Relationship between dry and SAR at Ghaleh Shahrokh station

آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سال خشک و مرطوب می باشد. با توجه به شکل (۴) می توان دید که در ایستگاه اسکندری تعادل بین آنیون‌ها و کاتیون‌ها وجود ندارد. همچنین تفاوت مقدار یون‌ها در سال خشک نسبت به سال مرطوب به اندازه ۰/۰۵ mg/kg می باشد. در بقیه ایستگاه‌ها نیز تعادل یونی وجود ندارد و مقدار یون‌ها در سال خشک نسبت به سال تر بیشتر است که نتایج برای ایستگاه اسکندری در شکل (۴) نشان داده شده است.

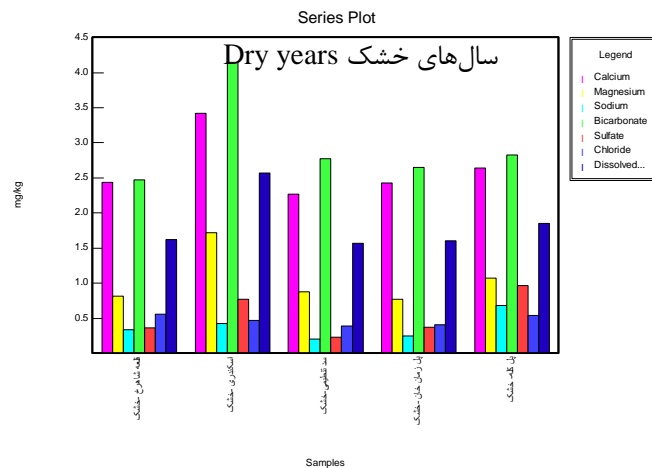
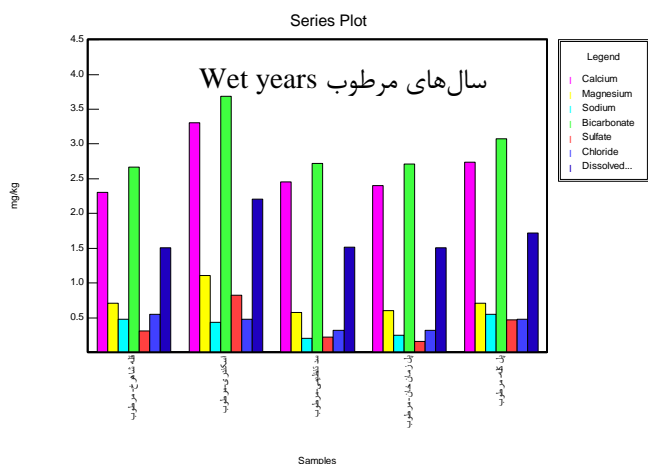
نرم افزار Aq.QA با داشتن نمودارهای که به خوبی بیانگر تفاوت‌های بارز در مقادیر عناصر موجود در آب در دوره‌های ترسالی و خشک-سالی همچنین در موقعیت‌های مختلف در هر ایستگاه می باشد، می تواند کاربرد فراوانی داشته باشد. تجزیه و تحلیل‌های انجام شده توسط نرم افزار نشان می دهد که در تمامی ایستگاه‌ها تیپ آب از نوع Ca-HCO<sub>3</sub> می باشد. نمودار تعادل یونی که در شکل (۴) نشان داده شده است، یکی از نمودارها مناسب جهت تعیین میزان اختلاف



شکل ۴- مقایسه تعادل یونی در سال خشک و تر در ایستگاه اسکندری  
Fig. 4 Comparison of ion balance in dry with wet year at Eskandari station

نمی‌شود که می‌توان دلیل آن را قرار گرفتن این ایستگاه در انتهای رودخانه زاینده‌رود و ورود پساب کارخانجات و فاضلاب شهری به این قسمت دانست.

نمودار Series Plot که در شکل (۵) نشان داده شده‌است نیز بیانگر افزایش مقادیر آنیون‌ها و کاتیون‌ها در سال خشک نسبت به سال مرطوب می‌باشد. تنها در ایستگاه پل کله این روند دیده

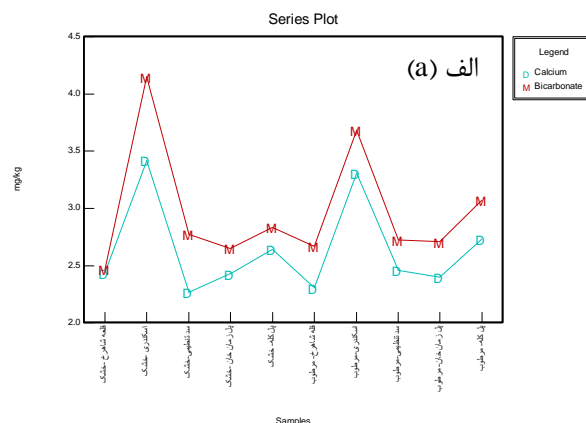
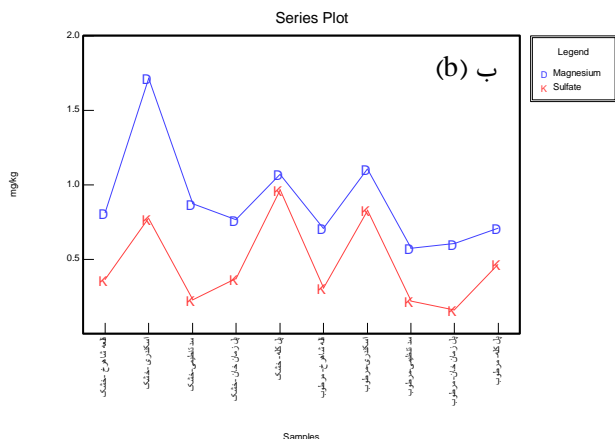


شکل ۵- مقایسه تغییرات یون‌ها در تمام ایستگاه‌ها در سال‌های خشک و تر

Fig. 5 Comparison of ion changes at all of stations in dry and wet years

مطلوب‌تر خواهد بود. اما افزایش همین عنصر در آب باعث سختی آن می‌شود که استفاده از آن را برای آب شرب و صنعت محدود می‌سازد. منیزیم نیز به مقدار قابل توجهی در آب وجود داشته و رفتار آن و خاک مشابه کلسیم است. وجود سولفات در آب باعث از بین بردن سازه‌های آبی می‌شود در این صورت باید سازه‌های آبی با مصالح ضد سولفات ساخته شوند (Alizadeh 2004).

اگر نمودار Series Plot به صورت خطی و برای مقایسه دو جفت یون کلسیم، بی‌کربنات و منیزیم سولفات نشان داده شود، تفاوت افزایش مقدار یون‌ها را در سال خشک نسبت به سال تر بهتر می‌توان مشاهده نمود (شکل ۶). افزایش یا کاهش هر کدام از این عناصر به نوبه خود بر روی کیفیت آب تاثیر گذار هستند طوری که وجود کلسیم در آب باعث افزایش نفوذ آب به داخل خاک می‌شود. از نظر آبیاری هر چه مقدار کلسیم محلول آب بیشتر باشد،



شکل ۶- تغییرات یون‌های الف) Ca و HCO<sub>3</sub> و ب)- یون‌های Mg و SO<sub>4</sub> در تمام ایستگاه‌ها

Fig. 6 Changes in a) Ca and HCO<sub>3</sub> ions and b) Mg and SO<sub>4</sub> in all stations

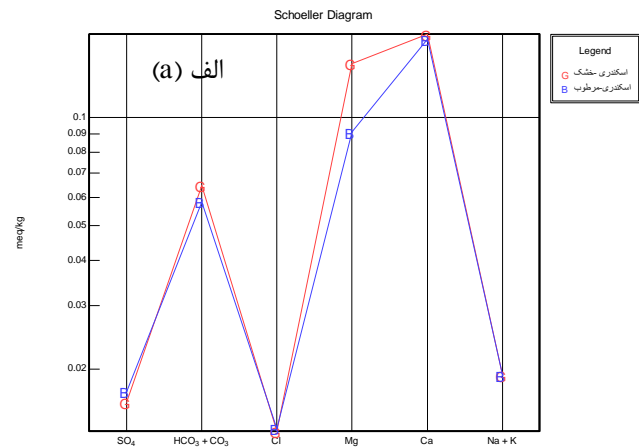
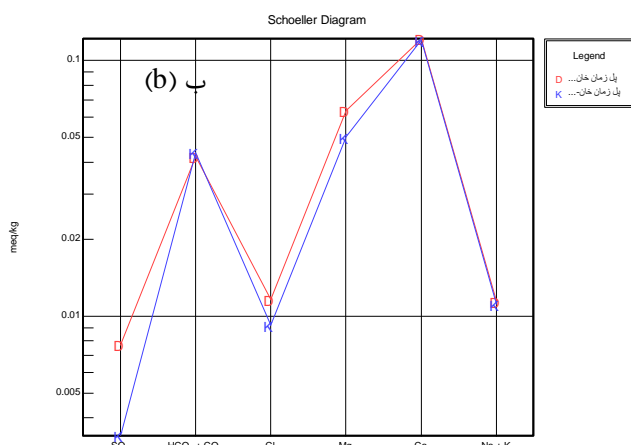
به‌طور هم‌زمان در سال خشک و تر مقایسه نمود. نمودار Schoeller به‌طور شاخص برای ایستگاه‌های اسکندری و پل

نمودار Schoeller از دیگر نمودارهای نرم‌افزار Aq.QA می‌باشد. با استفاده از این نمودار می‌توان تمامی یون‌ها را در ۲ ایستگاه



در بعضی از یون‌ها مثل کلسیم تفاوت مقدار یون‌ها چندان نیست که می‌تواند به دلیل سازند آهکی موجود در هر دو ایستگاه باشد.

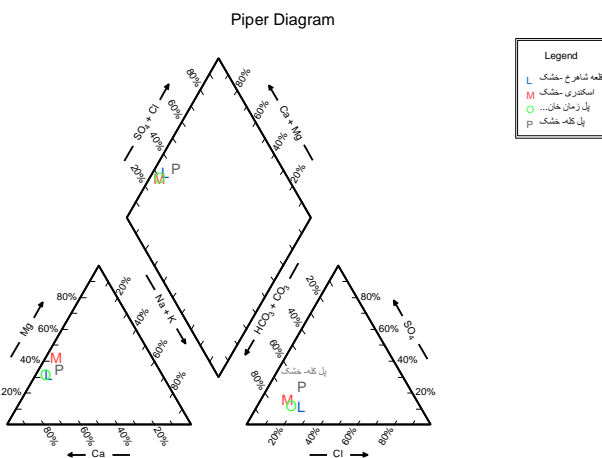
زمان‌خان آورده شده است. همان‌طور که در شکل (۷) مشاهده می‌شود، همواره سال مرطوب در زیر خط سال خشک قرار دارد.



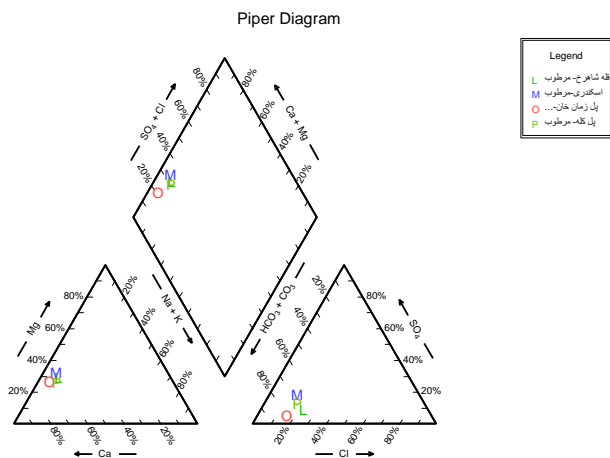
شکل ۷- تفاوت مقادیر یون‌ها (الف) در ایستگاه اسکندری و (ب) ر ایستگاه پل زمان‌خان  
Fig. 7 Changes in ions at a) Eskandari and b) Pol-e-Zaman Khan stations

هم و در اضلاع مقابل هم مقایسه می‌شوند. با توجه به شکل (۸) دامنه محدوده تغییرات در تمامی یون‌ها در سال خشک بیشتر از سال تر می‌باشد. برای مثال، در دی‌گرام لوزی در سال خشک حدود تغییرات از ۳۰ تا ۴۲ و در سال مرطوب از ۲۰ تا ۳۲٪ می‌باشد.

نمودار Piper از دیگر نمودارهای مناسب جهت مقایسه تفاوت در مقدار یون‌ها می‌باشد. همان‌طور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود، در این نمودار کاتیون‌ها و آنیون‌ها به‌طور جداگانه در دی‌گرام مثلثی مقایسه می‌شود و در دی‌گرام لوزی کاتیون‌ها و آنیون‌ها با



سال خشک (Dry Year)



سال مرطوب (Wet year)

شکل ۸ نمودار Piper  
Fig. 8 Piper plot

در سال خشک افزایش یافته است. همچنین در ایستگاه پل زمان خان یون سولفات در سال خشک ۵۶٪ افزایش یافته و در ایستگاه پل کله، یون سولفات ۵۱٪ افزایش یافته است.

۴- براساس نتایج آنالیز نرم افزار Aq.QA و با توجه به دیاگرام Stiff مشخص می شود که در تمام ایستگاه ها تیپ آب از نوع بی کربنات کلسیم است بنابراین در اکثر موارد یون های کلسیم و بی کربنات، کاتیون و آنیون غالب هستند و آب های منطقه مورد مطالعه قلیایی است.

۵- با توجه به نتایج می توان گفت که ماهیت پدیده های طبیعی هم چون خشک سالی به گونه ای است که حذف کامل آن شدنی نمی باشد. از این رو اصل اساسی در رویارویی با پدیده های طبیعی، کاهش آسیب پذیری یا به عبارتی دیگر کاهش ریسک این بلایا می باشد.

#### ۴- نتیجه گیری

۱- با توجه به اینکه در حوزه زاینده رود سازند آبرفتی و آهکی تقریباً غالب بوده بنابراین تیپ آب در تمامی ایستگاه های موجود در حوزه از نوع بی کربنات کلسیم می باشد، که باعث شده مقدار یون کلسیم در آب افزایش یابد.

۲- خشک سالی ها و ترسالی ها باعث شده است که مقادیر یون های مختلف در آب تغییر کند. این تغییرات از روند خاصی پیروی می کند.

۳- در تمامی ایستگاه های موجود در طول رودخانه در سال خشک (سال ۱۳۸۶) مقدار املاح موجود در آب بیشتر از مقدار املاح موجود در سال مرطوب (۱۳۸۴) می باشد به طوری که در ایستگاه اسکندری یون منیزیم در سال خشک ۳۷٪ افزایش یافته، در ایستگاه سد تنظیمی یون کلر ۱۸ و یون منیزیم ۳۴٪

#### References

- Alizadeh A. (2004). Principles of Applied Hydrology; Mashhad, Imam Reza University
- Ghanadi M. (2001). Worldview of water crisis. J. Water Environ., 45, 4-14. [In Persian].
- Grom G. and Theodor J. G. (2003). (Translated by Bahrami B). Future situation on the beginning of the third millennium. Khzra publication. Tehran-Iran.
- Helfrid M. A, Peter A. Esi., Alan M. and Andrea I. (2010). Chemical drinking water quality in Ghana: water costs and scope for advanced treatment. Sci. Total Environ., 408, 2378-2386
- Malakootian M., Ahmadian M., Ahrampoush M. and Heydarian A. (2011). Investigation of water quality index based on NSFQI index in Bardsir city. 14<sup>th</sup> National Conference on Environmental Health, Yazd [In Persian].
- Moradi Nezhad A. and Agha Razi H. (2002). Evaluation of drought in Markazi Province by analysis of rainfall data. J. Water Wastewater. 44, 20-25 [In Persian].
- Sadeghi H. and Rouhollahi S. (2007). Measurement of the physical and chemical indices of drinkable water in Ardabil city. J. Ardabil Uni. Med. Sci., 7(1), 52- 56 [In Persian].
- Setare P., Zinatizade A., Hassani H. and Sharifpour M. (2011). Chemical analysis of groundwater quality using Aq.QA software (case study: villages of Kermanshah province), 14<sup>th</sup> National Conference on Environmental Health, Yazd [In Persian].
- Shariat Panahi M. (1998). The bases of quality and filtering of water and wastewater. Tehran University publication. Fifth print.
- Sharma T. C. (2000). Drought parameters in relation to truncation levels. Hydro1. Process, 14, 1279-1788.

- Sprague L. A. (2005). Drought effects on water quality in the south plant river basin, Colorado. *J. Am. Water Resour. Assoc.*, 41(1), 11-24.
- Travis S. E., Marthe B. N. A., Noël J. D. and Bronwyn M G. (2009). Extensive drought negates human influence on nutrients and water quality in estuaries. *Sci. Total Environ.*, 407, 3033–3043.
- Tsakiris G. and Vangelis H. (2005). Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, 9-10, 3-11.
- Van Vliet M. T. H. and Zwolsman J. J. G. (2008). Impact of summer droughts on the water quality of the Meuse river. *J. Hydrol.*, 353, 1– 17.
- Yamani, S. (2007). Groundwater quality suitable zones identification application of GIS Chittoor area Pradesh. India *Environ. Geol.*, 53(1), 201-210.
- Yaoming Su., Lin Zhu., Huili Gong. and Wenji Zhao. (2006). Utilizing GIS to study groundwater quality evaluation and its distribution in northern ordos cretaceous artisan basin, China. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University. Beijing100037, China.
- Zahedi Klaki E. (2004). Study of the effects of drought on quantity and quality of water resources in Behshahr city. Master's Dissertation of Climatology, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University [In Persian].

## Trend Investigation of Water Quality Variations in Zayande-Roud River During Dry and Wet Years

Ali Talebi<sup>1\*</sup>, Mohamad Reza Elmi<sup>2</sup>, Fatemeh Rajabi Mohammadi<sup>3</sup> and Sarah Parvizi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Professor, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural resources, Yazd University, Yazd, Iran

<sup>2</sup>Assist. Professor, Department Environment, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

<sup>3</sup>M.Sc. Alumni, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran

\*Corresponding author: talebisf@yazd.ac.ir

### Original Paper

Received: December 30, 2017

Revised: September 7, 2018

Accepted: October 10, 2018

### Abstract

Nowadays, drought is known as one of the environmental phenomena that has important impact on water quality. The aim of this study was to obtain a relationship between drought and water quality in Zayande-Roud watershed. With respect to the impact of drought on water quality and also determining the type of water and its relationship with environmental factors, in this study, chemical characteristics of water were investigated using AqQa software. Then, chemical type of water resources and its relationship between drought and water quality was determined. The study area was Zayande-Roud River that has five hydrometric stations with 34 years common data. Two stations were located before dam and three stations after dam. In this period, using drought indices (SPI and RDI), dry and wet years were separated from each other, then maximum common dry and wet years were determined in five stations. Then, water quality data were compared in dry and wet years. Based on the results obtained, with the occurrence of drought, the concentration of ions in water has increased and in wet years the concentration of ions in water has improved. As example in Eskandari station, magnesium ion has increased by about 37% in dry years and the rate of sulfate ion in Pol-e-Zaman Khan station has increased by 56% in dry years. Water type in each station was sodium bicarbonate that can be related to geological factors.

**Keywords:** AqQa Software; Drought; Water Quality; Zayande-Roud; RDI; SPI.