

## تحلیل روند تغییرات کیفی آب رودخانه کشکان با استفاده از آزمون من-کندال

مسلم برجی حسن گاویار<sup>۱</sup>, علی آذره<sup>۲</sup>, حامد اسکندری دامنه<sup>۳</sup>, محمدثه رحیم پور<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، گروه آبخیزداری، دانشگاه تهران

۲- دانشجوی دکتری دانشکده منابع طبیعی، گروه بیابان زدایی، دانشگاه تهران

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، گروه بیابان زدایی، دانشگاه تهران

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده منابع طبیعی، گروه آبخیزداری، دانشگاه بیرجند

### چکیده

آگاهی از وضع کیفی آب و تغییرات زمانی آن در مدیریت پایدار منابع آب از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این پژوهش به ارزیابی روند تغییرات بلند مدت کیفیت آب رودخانه کشکان در محل ایستگاه هیدرومتری آفرینه، برای سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۵۵ پرداخته است. بدین منظور از دو پارامتر EC و TDS جهت تجزیه و تحلیل استفاده شد. برای بررسی روند متغیرها از روش آماری ناپارامتریک من-کندال استفاده شد. آزمون روند تغییرات افزایشی معناداری را برای هر دو سری زمانی نشان داد. همچنین طبقه بندی کیفیت آب برای آبیاری به روش دانشگاه کالیفرنیا انجام گردید. نتایج نشان داد که در دهه اخیر درجه مشکلات استفاده، به لحاظ شوری، برای هر دو پارامتر مورد بررسی در محدوده کم تا متوسط بوده است و در صورت تداوم خشکسالی‌های هیدرولوژیک این درجه مشکل به طبقه شدید ارتقا پیدا خواهد کرد. همسو بودن تغییرات شدت خشکسالی با افزایش میزان غلظت این پارامترها، صحت این موضوع را بیان می‌کند.

واژه‌های کلیدی: روند، رودخانه کشکان، شوری، کیفیت آب، من-کندال.

## Trend Analysis of Water Quality Changes of Kashkan River Using Mann-Kendall Test

Moslem Borji Gavyar<sup>1\*</sup>, Ali Azareh<sup>2</sup>, Hamed Eskandari Damaneh<sup>3</sup>, Mohddeseh Rahimpur<sup>4</sup>

1-MSc Student, Faculty of Natural Resources, Department of Watershed Management, Tehran University

2-PhD Student, Faculty of Natural Resources, Department of Desertification, Tehran University

3-MSc Student, Faculty of Natural Resources, Department of Desertification, Tehran University

4-MSc Student, Faculty of Natural Resources, Department of Watershed Management, Birjand University

### Abstract

Awareness of water quality conditions and its temporal changes in unsustainable management of water resources is of special importance. The purpose of this study is to evaluate the long-term trends of changes in water quality of Kashkan River in Afryneh gauging station from 1355 to 1390. To do so, two parameters of EC and TDS were used for analysis. Mann-Kendall nonparametric method was used to assess the trend of variables. Trend analysis test showed significant increasing changes for both time series (TDS and EC). In addition, classification of water quality for irrigation was performed according to the University of California method. The results showed that in the last decade, the degree of usage difficulty, in terms of salinity, for both studied parameters was low to moderate and the degree of difficulty would rise to the extreme level by the continuation of hydrological droughts. Conformity of changes in drought severity with increased concentrations of these parameters confirms the accuracy of this statement.

**Keywords:** Trend, Kashkan River, Mann-Kendall, Water Quality, Salinity.

\* Corresponding Author's E-mail(mborji68@ut.ac.ir)

## الف - مقدمه

امروزه آب به عنوان یکی از عوامل بهبود و رشد اقتصادی جوامع به شمار می‌آید، لذا مدیریت بهینه منابع آب به ویژه آب شیرین به عنوان یکی از مهمترین برنامه‌های کشورها محسوب می‌شود. شناخت و بررسی کیفیت منابع آب در مدیریت و استفاده بهینه از آن از اهمیت بالایی برخوردار است (سلیمانی، ۱۳۹۱). در پارادایم‌های اقتصادی کنونی جهان، توسعه اقتصادی و اجتماعی پایدار هر جامعه بستگی بسیار زیادی به پایداری منابع آب در دسترس دارد. آب با کمیت و کیفیت کافی برای مصارف شرب، صنعتی و نیازهای کشاورزی مورد نیاز است (Yidana, Ophori, & Banoeng-Yakubo, 2008).

مقایسه سرانه کل آب شیرین قابل دسترسی در بین مناطق جهان متفاوت است، به طوری که بیش از یک میلیارد نفر از جمعیت جهان آب سالم ندارد و منشاء ۸۰ درصد بیماری‌ها در کشورهای در حال توسعه، آب ناسالم و بی کیفیت می‌باشد (ملکوتیان، ۲۰۰۴). اهمیت آب برای بهداشت و توسعه به اندازه‌ای است که سازمان جهانی بهداشت (WHO) مهمترین نارسایی قرن بیستم را عدم دسترسی همگان به بهسازی و آب آشامیدنی سالم و کافی عنوان کرده است (مهریانی، ۲۰۰۵).

با توجه به اهمیت کیفیت آب مطالعات زیادی صورت گرفته است:

(نوشادی و همکاران، ۱۳۸۸) جنبه‌های کیفی آب شرب بnder عباس را به کمک روش آماری آنالیز خوش‌های و تحلیل عاملی در ۱۵ ایستگاه از مناطق مختلف شهر مورد بررسی قرار دادند. نتایج بدست آمده نشان داده که در بیشتر تاریخ‌ها بیکربنات و قلیاییت کل، عامل آلوگی بوده است و براساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته کیفیت پارامترهای فیزیکی و شیمیایی آب شرب بnder عباس در حد استاندارد است. (خنامانی و همکاران، ۱۳۸۸) اقدام به بررسی روند تغییرات برخی از خصوصیات آب‌های زیرزمینی دشت سگزی اصفهان طی دوره آماری ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷ با استفاده از آزمون من کنдал کردند. نتایج آزمون تحلیل روند برای چاههای منطقه، نشان دهنده روند معنی‌دار افزایش میزان کلر و کلسیم در ( $P\text{-value} > 0.05$ ) بود. همچنین نتایج نشان داد که آزمون تحلیل روند من-کنдал می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی روند موجود در داده‌ها باشد. (زارع و همکاران، ۱۳۹۱) به ارزیابی روند تغییرات بلندمدت کیفیت آب رودخانه چهلچای استان گلستان پرداخته است. برای بررسی روند تغییرات پارامترها کیفی از روش آماری ناپارامتریک (من-کنдал و کنلال فصلی) استفاده است. نتایج نشان داده که، هفت متغیر (سدیم، کلرید، SAR، سولفات، پتاسیم، EC و TDS) روند افزایشی معناداری دارند، چهار متغیر بدون روند هستند و تنها بیکربنات روند کاهشی معناداری دارد. (Yu et al., 2014) تغییرات کیفیت منابع آب رودخانه و زیرزمینی منطقه Huai چین ناشی از آب بازیافتی را با استفاده از روش آماری PCA و دیاگرام‌های پایپر، گیبس و ستاره‌ای بررسی نمودند. نتایج حاصل نشان داده که میزان آمونیوم، نیتروژن و عنصر TN در آبهای بازیافتی بالاتر از حد استاندارد جهانی است.



رودخانه کشکان به دلیل عبور از دشت‌های وسیع در استان لرستان و استفاده‌های متعدد مثل شرب و کشاورزی از آن، دارای اهمیت فراوان می‌باشد. هدف از این تحقیق بررسی روند تغییرات دو پارامتر کیفی شوری و TDS رودخانه کشکان طی سال‌های ۱۳۵۵ تا ۱۳۹۰ در ایستگاه آفرینه، با استفاده از آزمون من-کندال است. همچنین تاثیرات این دو پارامتر بر شوری خاک با استفاده از طبقه بندی کالیفرنیا بررسی گردیده است. در نهایت تاثیرات خشکسالی آبهای سطحی بر روی تغییرات این دو پارامتر نیز بررسی گردیده است.

## ب- مواد و روش‌ها

### ۱- منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز کشکان یکی از زیرحوزه‌های مهم آبریز کرخه است. حوضه آبریز کشکان از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ۴۷ درجه و ۱۲ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۵۹ دقیقه طول شرقی و ۳۳ درجه و ۸ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی، در بخش میانی سلسله جبال زاگرس، در ۴۵۰ کیلومتری غرب تهران قرار دارد. این حوضه به لحاظ تقسیمات سیاسی تماماً در استان لرستان قرار دارد و شهرستان‌های خرم‌آباد، الشتر، کوهدهشت، پلدختر و دلفان با مساحتی حدود ۴۵ درصد از کل استان را در قالب حوضه مزبورگسترش یافته‌اند. حوضه آبریز کشکان با داشتن ۹۵۶۰ کیلومتر مربع مساحت حدود ۲۲ درصد از کل حوضه آبریز کرخه را دربر گرفته است. حوضه فوق دارای متوسط بارش سالانه ۶۱۹ میلی متر و نوع اقلیم حوضه‌ی مورد مطالعه با توجه به طبقه بندی‌های اقلیمی جهانی من جمله آمبروژه و بر اساس محاسبات آماری صورت گرفته اقلیم معتدل است. همچنین عمدۀ کاربری اراضی آن مرتع، جنگل و زراعت است. خاک‌های موجود در منطقه نیز اغلب با بافت سنگین گزارش شده است.

### ۲- روش کار

یکی از ایزارهایی که برای تعیین تغییرات در سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و کیفیت آب، تحلیل روند می‌باشد (KUGER, 2004)، وجود یا عدم وجود روند در تحلیل سری‌های زمانی هیدرولوژیکی و تغییرات کیفیت آب به دو دسته روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم بندی می‌شوند. روش‌های پارامتریک عمدتاً سری‌های که توزیع آماری خاصی بر آنها قبل برآش نیست و چولگی یا کشیدگی زیادی دارند استفاده از روش‌های ناپارامتریک مناسب‌تر است (مهدوی، ۱۳۹۱). در این مطالعه از روش تحلیل روند من-کندال برای بررسی تغییرات کیفیت دو پارامتر شیمیایی EC و TDS آب رودخانه کشکان در محل ایستگاه هیدرومتری آفرینه استفاده گردید. آماره من-کندال به شکل زیر تعریف می‌شود (رابطه ۱):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(X_i - X_j) \quad (1)$$

که در آن  $X_i$  و  $X_j$  مقادیر مرتب شده نمونه،  $n$  تعداد نمونه است. برای  $(X_i - X_j)$  داریم (رابطه ۲):

سومین بیالش میان اسلامی سیستم های سحاب آکمی میان  
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

۱۳۹۳ بهمن ماه ۲۹ و ۳۰، ۲۰۱۵ Birjand, Iran

$$\text{Sign}(X_i - X_j) = -1, \text{ for } (X_i - X_j) < 0$$

$$\text{Sign}(X_i - X_j) = 0, \text{ for } (X_i - X_j) = 0 \quad (2)$$

$$\text{Sign}(X_i - X_j) = 1, \text{ for } (X_i - X_j) > 0$$

مقدار میانگین(s) و واریانس(Var(s) آماره S به شکل زیر تعریف میشود(رابطه ۳ و ۴):

$$Var(s) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p 5)}{18} \quad (3)$$

$$E(s) = 0 \quad (4)$$

که  $tp$  شماره گره برای مقدار P ام و q تعداد گرههای است. مقدار نمره استاندارد شده Z از رابطه زیر حساب میشود(رابطه ۵):

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{S-1}{\sqrt{Var(s)}}, \rightarrow \rightarrow \rightarrow \text{if } S > 0 \\ 0 \rightarrow \rightarrow \rightarrow \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(s)}}, \rightarrow \rightarrow \rightarrow \text{if } S < 0 \end{array} \right. \quad (5)$$

مقادیر مثبت Z نشان دهنده روندهای افزایشی و مقادیر منفی Z نشان دهنده روندهای کاهشی است. فرض صفر مبنی بر عدم وجود روند در داده‌ها برای مقادیر Z بزرگتر از  $Z_{1-p/2}$  رد می‌شود. در این مطالعه سطوح معنی داری  $p=0.01$  و  $p=0.05$  به کار گرفته شده است. برای طبقه‌بندی کیفیت آب آبیاری از روش طبقه‌بندی کالیفرنیا که شدت مشکلات ناشی از بکارگیری آبهای با کیفیت متوسط و یا نامناسب را توضیح داده است، استفاده می‌شود. طبقه‌بندی کیفیت آب برای آبیاری(دانشگاه کالیفرنیا) از لحاظ شوری در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی کیفیت آب برای آبیاری(دانشگاه کالیفرنیا)

درجه مشکلات استفاده			واحد	طبقه‌بندی مشکلات
شديد	کم تا متوسط	بدون مشکل		
>۳	۰/۷-۲	<۰/۷	Ds/m	هدایت الکتریکی آب
>۲۰۰۰	۲۰۰۰-۴۵۰	<۴۵۰	Mg/l	باقیمانده خشک T.D.S

شاخص SDI براساس توسعه مفهوم شاخص SPI برای اولین بار توسط(Nalbantis & Tsakiris, 2009) به منظور بررسی خصوصیات خشکسالی هیدرولوژیک ارائه شد. سال هیدرولوژیک در ایران از مهر تا شهریور است و اساس کار در این تحقیق سال هیدرولوژیک می‌باشد. سری‌های زمانی دبی ماهانه ایستگاه‌های منطقه بصورت  $Q_{ij}$  می‌باشد که در آن اندیس اسنال هیدرولوژیک و اندیس زماه مربوط به سال هیدرولوژیک می‌باشد. اساس این سری‌ها برپایه رابطه (۶) می‌باشد.

$$Vik = \sum_{i=1} Q_{ij} \quad (6)$$

I=۱,۲...

J=۱,۲,...,۱۲

که در آن  $Vik$ : حجم تجمعی جریان رودخانه‌ای در سال هیدرولوژیک اندوره مبنای  $k$  ماهه است. مقادیر  $k$  برابر  $4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15$  ماهه می‌باشد. شاخص خشکسالی جریان رودخانه‌ای SDI براساس حجم تجمعی جریان‌های رودخانه‌ای  $Vik$  برای دوره مبنای  $k$  مربوط به  $n$  سال هیدرولوژیک به صورت رابطه (۷) بدست می‌آید.

$$SDI_{ik} = \frac{Vik - \bar{V}_{ik}}{S_k} \quad (7)$$

$\bar{V}$  و  $S_k$  به ترتیب میانگین مجموع حجم دبی و انحراف معیار حجم جریانات تجمعی برای دوره مبنای  $k$  ماهه می‌باشد. مقادیر SDI جهت طبقه‌بندی خشکسالی در جدول شماره (۲) آورده شده است.

جدول-۲- مقادیر SDI جهت طبقه‌بندی خشکسالی هیدرولوژیک

توصیف	دامنه	حال
بدون خشکسالی	$SDI \geq 0$	۰
خشکسالی ملایم	$-1 \leq SDI < 0$	۱
خشکسالی متوسط	$-1.5 \leq SDI < -1$	۲
خشکسالی شدید	$-2 \leq SDI < -1.5$	۳
خشکسالی خیلی شدید	$-2 > SDI$	۴

## ج- نتایج و بحث

در مورد آزمون ناپارامتریک به نمونه مورد آزمون، فرض بر این است که داده‌ها باید مستقل باشند. در اولین مرحله کار آزمون همگنی و تصادفی بودن داده‌ها انجام شد. همگنی داده‌ها با آزمون کلموگراف- اسمرینف در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. نتیجه این آزمون همگن بودن سری داده‌ها را در سطح ۹۵ درصد نشان داد. برای بررسی استقلال داده‌ها نیز از توابع خود همبستگی مربوط به سری زمانی (ACF) استفاده گردید، بدین صورت که میزان خود همبستگی داده‌ها در تاخیرهای زمانی مختلف محاسبه شد. در صورت تصادفی بودن داده‌ها، ضرایب خود همبستگی در تاخیرهای زمانی مختلف باید نزدیک صفر باشد. نتایج آزمون استقلال داده‌ها برای دو سری زمانی EC و TDS در شکل ۱ نشان داده شده است. براساس این شکل هردو سری داده‌ها مستقل بوده و برای انجام آزمون روند مناسب هستند.

Sample: 1355 1390  
Included observations: 32

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.208	0.208	1.5221	0.217		
2	0.314	0.283	5.1051	0.078		
3	0.069	-0.042	5.2838	0.152		
4	-0.167	-0.297	6.3705	0.173		
5	-0.058	0.002	6.5043	0.260		
6	-0.080	0.105	6.7723	0.342		
7	-0.040	0.002	6.8424	0.445		
8	0.049	-0.001	6.9515	0.542		
9	0.075	0.069	7.2188	0.614		
10	0.056	0.009	7.3748	0.690		
11	-0.086	-0.200	7.7547	0.735		
12	0.068	0.126	8.0041	0.785		
13	-0.139	-0.032	9.1054	0.765		
14	-0.061	-0.096	9.3315	0.809		
15	0.038	0.088	9.4256	0.854		
16	-0.042	0.051	9.5429	0.889		

TDS

Sample: 1355 1390  
Included observations: 31

	Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob
1	0.322	0.322	3.5247	0.060		
2	-0.117	-0.246	4.0081	0.135		
3	-0.176	-0.059	5.1385	0.162		
4	-0.242	-0.216	7.3573	0.118		
5	-0.041	0.093	7.4228	0.191		
6	0.120	0.025	8.0136	0.237		
7	0.065	-0.029	8.1918	0.316		
8	-0.076	-0.126	8.4489	0.391		
9	0.071	0.209	8.6835	0.467		
10	0.159	0.090	9.9202	0.448		
11	-0.047	-0.147	10.034	0.527		
12	-0.056	0.014	10.201	0.598		
13	-0.146	-0.113	11.410	0.576		
14	-0.047	0.152	11.544	0.643		
15	0.188	0.080	13.809	0.540		
16	0.054	-0.166	14.011	0.598		

EC

شکل ۱- آزمون خود همبستگی سری های زمانی

نتایج آزمون روند برای هردو سری زمانی شوری و TDS، نشان دهنده روند معنی دار افزایش میزان شوری و TDS در ایستگاه مورد مطالعه می باشد(جدول ۴). البته افزایش این روند در کنار خشکسالی هیدرولوژیک تا حدودی قابل توجیه می باشد. روند شدت خشکسالی هیدرولوژیک بر اساس شاخص خشکسالی آبهای سطحی(SDI) و تغییرات EC و TDS برای استگاه هیدرومتری آفرینه در جدول ۳ نشان داده شده است. همانطور که مشخص است در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۸ که خشکسالی خیلی شدید و شدید رخ داده و دبی رودخانه در کمترین حالت خود بوده میزان غلظت شوری و املاح محلول افزایش چشمگیری داشته است.

سومین بیانیه ملی سالانه های سحون آنکارا  
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۳۰ بهمن ماه ۱۳۹۴ بیرجند و ۲۹



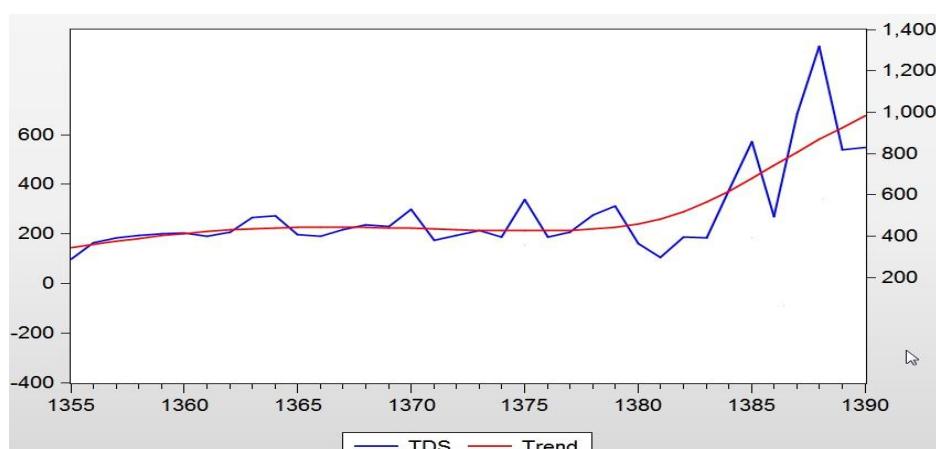
جدول ۳- میزان غلظت شوری، باقیمانده خشک، دبی، شاخص خشکسالی آبهای سطحی و درجه مشکل شوری ایستگاه آفرینه کشکان

سال	دبی	TDS	Ec	شاخص SDI	درجه مشکل TDS	درجه مشکل EC
۱۳۵۵	۳۹/۰۵	۲۹۰	۰/۳۴۵	nondrought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۵۶	۱۲/۹۷	۳۶۸	۰/۵۸۵	mild drought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۵۷	۱۵	۳۹۱	۰/۶۰۳	mild drought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۵۸	۱۶	۴۰۵	۰/۶۲۵	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۵۹	۱۶/۳	۴۱۰	۰/۶۴۲	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۶۰	۱۷/۹	۴۱۵	۰/۶۵۰	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۶۱	۱۷/۱	۴۰۰	۰/۶۰۵	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۶۲	۱۸/۴۲	۴۲۰	۰/۶۶۰	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۶۳	۸/۳۵	۴۹۰	۰/۷۵۵	mild drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۶۴	۱۲/۸	۵۰۰	۰/۷۷۰	nondrought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۶۵	۱۸/۲۸	۴۰۶	۰/۶۳۵	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۶۶	۱۲/۴۸	۴۰۰	۰/۶۲۵	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۶۷	۱۰	۴۳۰	۰/۶۷۰	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۶۸	۱۵/۱۵	۴۵۵	۰/۷۲۰	nondrought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۶۹	۱۰/۲۴	۴۵۵	۰/۶۸۵	mild drought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۷۰	۶/۲۳	۵۳۰	۰/۷۹۵	mild drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۷۱	۱۸/۹۳	۳۸۰	۰/۵۸۵	nondrought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۷۲	۱۵/۴	۴۰۵	۰/۶۱۵	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۷۳	۱۲/۷۳	۴۲۵	۰/۶۵۰	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۷۴	۱۵/۸۴	۳۹۶	۰/۶۰۰	nondrought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۷۵	۱۶/۹۴	۵۷۸	۰/۸۷۱	nondrought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۷۶	۱۰	۳۹۵	۰/۶۰۵	mild drought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۷۷	۱۲/۹۸	۴۲۰	۰/۶۵۷	nondrought	کم تا متوسط	بدون مشکل
۱۳۷۸	۶/۱۱	۵۰۲	۰/۷۶۶	moderate drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۷۹	۴/۷۹	۵۴۵	۰/۸۳۸	moderate drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۸۰	۴/۰۶	۳۶۵	۰/۵۷۱	mild drought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۸۱	۷/۷۸	۲۹۶	۰/۴۶۲	mild drought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۸۲	۵/۲۶	۳۹۶	۰/۶۲۰	mild drought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۸۳	۷/۷۴	۳۹۰	۰/۶۱۰	nondrought	بدون مشکل	بدون مشکل
۱۳۸۴	۱۰/۱	۶۲۰	۰/۹۵۰	extreme drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۸۵	۱۳/۶۵	۸۵۸	۱/۳	nondrought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۸۶	۱۰/۳	۴۹۴	۰/۷۶	nondrought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۸۷	۴/۴	۹۹۰	۱/۵	moderate drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۸۸	۲/۲۵۹	۱۳۲۰	۲	severe drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۸۹	۳/۸۸	۸۱۶	۱/۳۶۲	mild drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط
۱۳۹۰	۳/۴	۸۲۹	۱/۲۵۷	moderate drought	کم تا متوسط	کم تا متوسط

جدول ۴- نتایج آزمون روند برای سری های زمانی TDS و Ec

محاسبه شبیه تخمین گر Sen			آماره های من-کندا		سری زمانی
Qmax	Qmin	Q	سطح اطمینان	Z	
.	۰/۰۳	-۰/۰۱۴	۰/۰۵	۲/۳	Ec
۱۴/۰۸	۰/۸۲۴	۶/۴۸	۰/۱۰	۲/۰۹	T.D.S

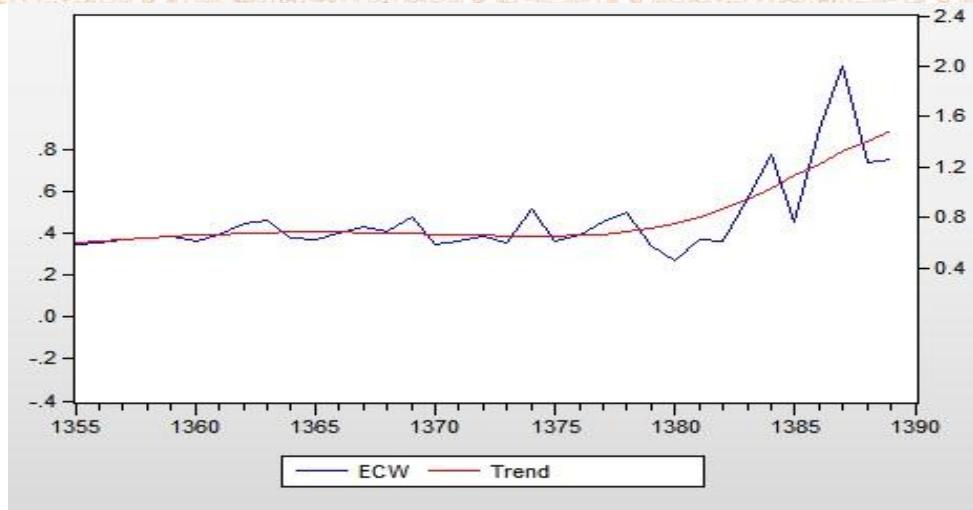
در اثر افزایش املاح شوری و کل مواد جامد محلول خاک، بافت خاک سبکتر می‌شود و در نتیجه، سرعت آستانه فرسایش بادی کمتر و خاک سطحی به راحتی توسط باد جابجا می‌شود. به دلیل متلاشی شدن ساختمان خاک نیز، خاک سطحی در مقابل فرسایش بسیار حساس شده و میزان فرسایش پذیری خاک به شدت افزایش می‌یابد. همانطوری که از شکل ۲ و ۳ مشخص است، تغییرات غلظت شوری و غلظت مواد محلول در سالهای اخیر افزایش زیادی داشته است به نحوی که براساس طبقه بندی کیفیت آب کالیفرنیا برای آبیاری از لحاظ شوری، درجه مشکل از طبقه بدون مشکل در سالهای اولیه آماری به طبقه با مشکل کم تا متوسط در سالهای انتهای تبدیل شده است. البته رابطه نزدیکی بین شدت خشکسالی هیدرولوژیک و افزایش غلظت شوری و غلظت مواد محلول وجود دارد(شکل ۴ و ۵). به عنوان مثال در سال ۱۳۸۴ که خشکسالی هیدرولوژیک خیلی شدید رخ داده است، میزان شوری از  $0/610$  (دسی زیمنس بر متر) به  $0/95$  ( $ds/m$ ) افزایش پیدا کرده است. با توجه به اینکه تاثیر خشکسالی در سالهای بعد نیز میتواند اثر خود را نشان دهد پس در سال ۱۳۸۵ نیز مقدار شوری افزایش پیدا کرده است ولی در دو سال بعد با توجه به عدم وقوع خشکسالی از غلظت شوری کاسته شده است و در سال ۱۳۸۷ که خشکسالی شدید رخ داده است غلظت شوری به ماکریزم مقدار خود رسیده تا حدی که امکان اینکه برای آبیاری مشکل شوری شدید ایجاد شود وجود داشته است. این تغییرات برای غلظت املاح محلول نیز صدق میکند و رابطه بین شدت خشکسالی و غلظت املاح محلول در شکل ۵ نشان دهنده این موضوع است.



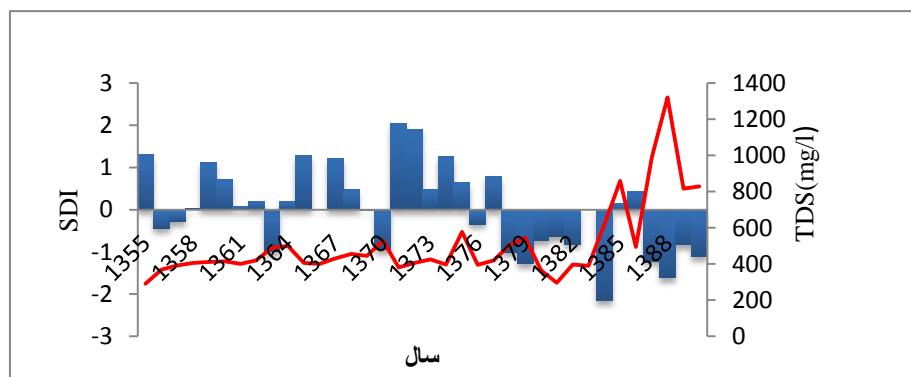
شکل ۲- آزمون روند تغییرات غلظت مواد جامد ایستگاه آفرینه

سومین بیانیه ملی سالانه های سوح آنکاره میان  
3rd International Conference on Rainwater Catchment Systems

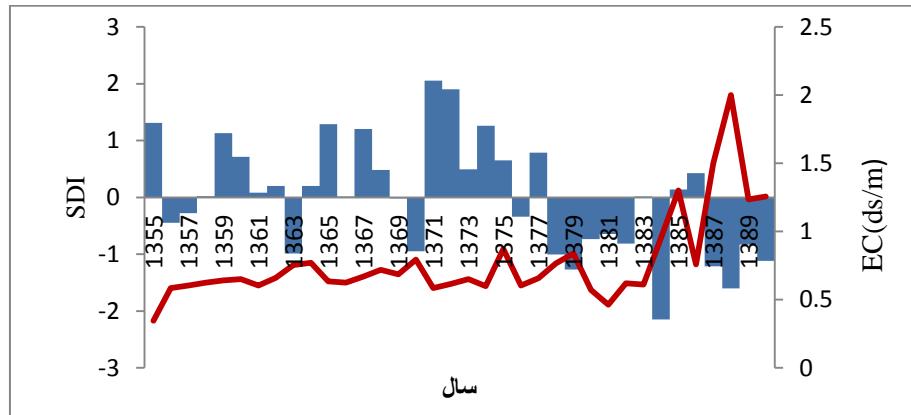
February 18-19, 2015 Birjand, Iran ۱۳۹۳ بهمن ۲۹ و ۳۰



شکل ۳- آزمون روند تغییرات شوری ایستگاه آفرینه



شکل ۴- رابطه تغییرات TDS و شاخص خشکسالی



شکل ۵- رابطه تغییرات EC و شاخص خشکسالی

#### ۵- نتیجه گیری

مدیریت بهینه منابع آبی و حفظ و ارتقای کیفیت آنها نیازمند وجود اطلاعات در زمینه تغییرات مقدار فاکتورهای شیمیایی در سال‌های گذشته و رابطه آن با پارامترهای اقلیمی دیگر است. علاوه بر این اتخاذ رویکرد مدیریتی در زمینه مبارزه با آلودگی‌های محیطی و خطر شوری نه تنها نیازمند اطلاعات کمی در رابطه با آلوده کننده مورد نظر است، بلکه دانستن



ریسک و درجه مشکل براساس استانداردهای جهانی کمک موثری در اتخاذ تدابیر مناسب است. تغییرات روند یکی از مراحل اولیه مطالعات کیفیت آب می‌باشد.

نتایج این تحقیق نشان داد که آزمون روند برای هردو سری زمانی شوری و TDS، در سطح اطمینان ۹۵ درصد نشان دهنده روند معنی دار افزایش میزان شوری و TDS در ایستگاه مورد مطالعه می‌باشد. البته افزایش این روند در کنار خشکسالی هیدرولوژیک تا حدودی قابل توجیه می‌باشد. همچنین نتایج طبقه‌بندی کیفیت آب برای آبیاری با استفاده از روش کالیفرنیا، نشان داد که در دهه‌ی اخیر درجه مشکل ایجاد شده برای شوری خاک و گیاه از طبقه بدون مشکل به مشکل کم تا متوسط تبدیل شده است و روند تغییرات بیانگر این موضوع است که در صورت تداوم خشکسالی‌ها، کیفیت آب به لحاظ ایجاد مشکل شوری برای سال‌های آینده خیلی شدید خواهد شد. پیشنهاد موجود برای مطالعات آینده در این موضوع اینست که رابطه بین پارامترهای اقلیمی دیگر مثل بارندگی و دما نیز در تعیین روند دخالت داده شود. همچنین ذکر این نکته که کاربری‌های اراضی مختلف نیز در میزان غلظت شوری و TDS تاثیر بسزای می‌توانند ایجاد کنند، پس لازم است که در مطالعات آینده تاثیرات آنرا در کنار پارامترهای کیفی بیشتری مثل SAR، TH، کاتیونها و آئیونها بررسی نمود تا نتایج بهتری بدست آید.

## ۵- فهرست منابع

سلیمانی، م.، ولی، ع.، قضاوی، ر. و سعیدی گراغانی، ح.، ۱۳۹۱. آنالیز و روندیابی پارامترهای کیفیت شیمیایی آب، مطالعه موردنمودی رودخانه چم انجیر خرم آباد. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، ۹۵، شماره ۱۲.

خنامانی، ع.، دودانگه، ا.، سلیمانی ف. و کریمزاده، س.، ۲۰۱۴. روند تغییرات برخی از خصوصیات شیمیایی آب‌های زیرزمینی دشت سگزی اصفهان طی سال‌های ۱۳۷۴ تا ۱۳۸۷. مجله علوم آب و خاک-علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۶۷، شماره ۱۶، صفحه ۵۹-۶۸.

نوشادی، م.، آذرپیکان، ع. و نوحه‌گر، ا.، ۱۳۹۱. بررسی کیفیت آب شرب بندرعباس با استفاده از آنالیز خوش‌ای و تحلیل عاملی، گزارش فنی.

مهدوی، م. و دستورانی، ج.، ۱۳۹۱. روش‌های آماری در منابع آب، دانشگاه تهران، صفحه ۳۳۶.

Kruger, A.C. and S. Shongwe. 2004. Temperature trends in South Africa: 1960-2003. *Intl. J. Climatol.* 24:1929-1945.

Malakotian M., Karami A., 2004. Chemical quality change of the underground water resources of Bam and Baravat plain between 1997-2003. *Hormozgan Medical Journal.* 8 (2):109-116.

Mahdinia M, Dehghani F, Ashori M, et al. 2005. Investigating of Chemical and Bacterial quality of Water Attribution Networks in Damghan area. 8th national conference Environmental Health, Tehran,Iran [Persian]

Nalbantis, I. and Tsakiris, G., 2009. Assessment of hydrological drought revisited. *Water resources management*, 23(5): 881-897.

Yu, Y., Song, X., Zhang, Y., Zheng, F., Liang, J. and Liu, L., 2014. Identifying spatio-temporal variation and controlling factors of chemistry in groundwater and river water recharged by reclaimed water at Huai River, North China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 28(5): 1135-1145.



Yidana, Sandow M., Ophori, Duke, and Banoeng-Yakubo, Bruce. 2008. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data—The Ankobra Basin, Ghana. Journal of environmental management, 86(1): 80-87 .