

**EXTENDED ABSTRACT**

**Trend Analysis of Groundwater Quantity and Quality Parameters  
(Case Study: Tuyserkan Plain)**

F. Gholami<sup>1</sup>, H. Zarei<sup>2\*</sup> and S. Maroufi<sup>3</sup>

1- MSc of Water Resources Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

2\*- Corresponding Author, Associate Professor, Department of Hydrology and Water Resources, Faculty of Water and Environmental Engineering, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran. (zareih@scu.ac.ir).

3- Professor, Department of Water Resources Engineering, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran.

**ARTICLE INFO**

*Article history:*

Received: 3 January 2019

Revised: 13 January 2020

Accepted: 15 January 2020

**TO CITE THIS ARTICLE:**

Gholami, F., Zarei, H., Maroufi, S. (2021). 'Trend Analysis of Groundwater Quantity and Quality Parameters (Case Study: Tuyserkan Plain)', *Irrigation Sciences and Engineering*, 44(1), pp. 127-140. doi: 10.22055/jise.2021.20618.1487

*Keywords:*

Sen's slope, estimator, time series.

**Abstract**

The groundwater level of Tuyserkan plain has dropped by more than 11 meters in the last 22 years. This study surveyed the trend of groundwater quality parameters in the study area using data from 15 observation wells from 2005 to 2016, the trend of groundwater quantity parameters using data from 17 observation wells, and also the trend of rainfall changes using 11 rain gauge stations data from 1993 to 2014 by non-parametric Mannkandal test. For each time series, the trend line slope was calculated using the Sen's slope method. The quality parameters included 13 parameters that were measured twice a year (i.e., during the wet and dry periods). Based on the results, the quality parameters of the plain decreased, and the trend of significant decreasing changes in the water table dropped by an average of 53 cm per year. Moreover, the results of precipitation analysis showed that the average annual precipitation decreased by 3.75 mm.

**Introduction**

Groundwater resources are vital sources of water supply in many arid and semi-arid regions of the world. It is thus necessary to study the trend of groundwater quantity and quality changes in each region. Indeed, changes in the quantity and quality parameters of surface and groundwater resources can lead to strong changes in the production of agricultural crops, causing economic and social problems in the region. There are various elements and compounds in water that affect its physico-chemical quality parameters; among them cations and anions can thus show many properties of water. To that end, observed hydrological data are mostly used in the planning and design of water resources projects. It is assumed that the data trend is static in terms of quantity and quality, i.e., their statistical properties do not change over time. However, this assumption may be rejected due to changes in land use, the use of chemicals such as pesticides and fertilizers in agriculture, and also climate change, which mainly occurs due to increased greenhouse gases in the atmosphere. Therefore, the trend

analysis of hydrological data helps managers make rational decisions for the optimum use of water resources.

### Materials and methods

Tuyserkhan plain, which is located in Hamadan Province, is one of the plains in the upper basin of Karkheh river. The direction of the groundwater flow of alluvial aquifer in the study area is northeast to southwest. This study examined several chemical parameters including total dissolved solid (TDS), electrical conductivity, acidity, calcium, magnesium, sodium, chloride, bicarbonate, sulfate, total cations, total anions, sodium adsorption ratio and total hardness of 15 wells during the eleven-year statistical period (i.e., 2005-2016). Moreover, the groundwater table data of 17 observation wells during the 22-year statistical period (i.e., 1993-2015) were considered.

In this study, the missing data were reconstructed using the correlation coefficient between the stations with a common statistical period. The run test was initially performed using Minitab16 software to determine the accuracy of the data, which showed that all data were homogeneous. Pearson correlation coefficient was also measured using SPSS.16 software. In this study, the first time series were tested for the significance of the first-order correlation coefficient ( $r_1$ ). If  $r_1$  was significant, a modified mankendal was used, otherwise the mankendal was used to test the trend by MAKESENS software (MAKESENS.1.0). In addition, the Sen's slope estimator method was used to investigate the slope of the time series. For more information of these methods, one can refer to Mir Abbasi NajafAbadi and Dinpajooch (2012) and Daneshvar Vosoghi *et al.* (2011).

### Results and discussion

The main approach of this study was to analyze the trend of quantitative and qualitative parameters of groundwater resources in Tuyserkhan plain in order to manage the groundwater resources. To that end, the trends of groundwater quality data in both annual and seasonal scales as well as the trends of water table and rainfall in monthly, seasonal and annual time series were investigated using non-parametric Mekendal tests after removing the first-order significant autocorrelation effect from the data series.

The results showed that the trends of most groundwater quality parameters in the majority of the observation wells in Tuyserkhan plain were positive. In addition, the highest number of significant positive trends regarding all quality parameters studied in Tuyserkhan plain was observed in the wet period. However, the amplitude of changes in the trend line slope of most parameters in the dry period was less than that in the wet period. It can be thus concluded that there is a drop in water quality of Tuyserkhan plain. In general, in the north-south direction of the plain, the slope trend of electrical conductivity, TDS, total hardness, bicarbonate, chloride, sodium, calcium, sulfate, magnesium, total anion and total cation reduced. Moreover, acidity in the north to south direction of the plain had an increase in the amount, while the ratio of sodium adsorption ratio had irregular changes in the plain.

Besides, the results obtained from the study of the water level trends in Tuyserkhan plain indicated that during the statistical period, the plain experienced a decrease of 11.8 meters. To compensate for this decrease, such preparations as artificial recharge should be considered. The highest amount of water table calculated was related to May of the hydrological year of 1998-1999 with the value of 1689.64, while the lowest amount of water level in July of the hydrological of 2014-2015 was 1674.73 meters.

### Conclusion

Due to the predominant negative trend of the studied quality parameters, the groundwater quality of the plain decreased during the statistical period studied. According to the results, if the decreasing trend continues in the same way, more water shortages are ahead in the coming decades. The study of rainfall in the region showed that, in general, the changes in rainfall in most of the studied scales were decreasing, which in most cases these reductions were not significant. Overall, the trends of

quantitative and qualitative changes in water resources in the study area indicate a decrease in water quality, and an increase in soluble solutes.

### Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge financial support from Shahid Chamran University of Ahvaz, and also thank Regional Water Company of Hamedan for providing the data for this study.

### References

- 1- Daneshvar Vosoghi, F., Dinpajoo, Y., Aalami, M., Ghorbani, M., 2011. Analysis of the trend of groundwater quality changes in Ardabil Plain using Mann-Kendall nonparametric test. *Journal of Civil and Environmental Engineering University of Tabriz*, 40(3), pp.13-23. (In Persian)
- 2- Mir Abbasi NajafAbadi, R. and Dinpajoo, Y., 2012. An Analysis of the change in Nutrient Discharges in the three Recent decades, *Journal of water and Soil*, 24(4), pp.757-768. (In Persian).



© 2021 Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0 license) (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## تحلیل روند تغییرات پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت تویسرکان با آزمون ناپارامتری من کندال

فاطمه غلامی<sup>1</sup>، حیدر زارعی<sup>2\*</sup> و صفر معروفی<sup>3</sup>

<sup>1</sup>-فارغ التحصیل کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز.

<sup>2\*</sup>-نویسنده مسئول، دانشیار گروه هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید چمران اهواز. zareih@scu.ac.ir

<sup>3</sup>-استاد گروه مهندسی آب دانشگاه بوعلی سینا همدان.

پذیرش: 1398/10/25

بازنگری: 1398/10/23

دریافت: 1397/10/13

### چکیده

دشت تویسرکان از دشت‌های ممنوعه است که سطح آب زیرزمینی آن در 22 سال اخیر بیش از 11 متر افت داشته است. در این مطالعه روند کیفی آب زیرزمینی با استفاده از اطلاعات 15 حلقه چاه مشاهده‌ای طی دوره آماری (1384-1394)، روند کمی آب زیرزمینی با استفاده از اطلاعات 17 چاه مشاهده‌ای و همچنین روند تغییرات بارندگی با استفاده از اطلاعات 11 ایستگاه باران‌سنجی طی دوره آماری (1372-1393) با آزمون ناپارامتری من کندال بررسی شد. برای هر سری زمانی با استفاده از روش تخمین گر سن، شیب خط روند محاسبه شد. پارامترهای کیفی مورد مطالعه شامل 13 پارامتر کیفی می‌باشد که در هر سال، دو بار (دوره تر و دوره خشک) اندازه‌گیری شده‌اند. نتایج نشان داد که دشت از لحاظ کیفی دچار افت شده و روند تغییرات کاهش معنی‌دار در سطح ایستابی، به میزان متوسط سالانه 53 سانتی‌متر افت دارد. نتایج تحلیل بارش نشان‌دهنده آن است که بارش به‌طور متوسط، سالانه 3/75 میلی‌متر کاهش دارد.

**کلید واژه‌ها:** تخمین گر، شیب سن، سری زمانی.

### مقدمه

منابع آب زیرزمینی در بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان، به‌عنوان منبع حیاتی برای تأمین آب مطرح هستند. بررسی روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی در هر منطقه، از اهمیت فراوانی برخوردار است. هرگونه تغییر در کمیت و کیفیت آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌تواند منجر به تغییرات شدید در تولید محصولات کشاورزی و در نهایت شرایط اقتصادی و اجتماعی آن ناحیه گردد. عناصر و ترکیب‌های مختلفی در آب وجود دارند که روی کیفیت شیمیایی و فیزیکی مؤثر می‌باشند که در این میان، بررسی کاتیون‌ها و آنیون‌ها می‌توانند بسیاری از ویژگی‌های آب را نشان داده و به کمک آن‌ها، سایر مشخصات آب نیز تعیین گردد. در زمینه تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی، مطالعه‌های متعددی انجام شده است. Soleimani Sardo et al. (2013) در مطالعه‌ای به بررسی روند متغیرهای شیمیایی کیفیت آب رودخانه چم انجیر خرم‌آباد پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود از آزمون ناپارامتری من - کندال بهره برده و نشان دادند که علی‌رغم وجود روند نزولی در متغیرهای اسیدیته و دبی جریان سایر پارامترهای مورد بررسی از قبیل هدایت الکتریکی، بی‌کربنات، کلر، کلسیم، منیزیم و TDS دارای روند صعودی و معنی‌دار در سطح اطمینان 99 درصد بودند که این تغییرات کاهش کیفیت آب و افزایش املاح محلول را تأیید می‌کند.

Zarei et al (2013) در مطالعه‌ای روند تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که برخی از عناصر دارای روند کاهش و برخی دیگر دارای روند افزایشی هستند. Kannel et al. (2008) با بررسی تغییرات زمانی-مکانی و فاکتورهای مؤثر در مدیریت آب‌های زیرزمینی در دره کاتماندو نپال دریافتند که آلودگی مناطق روستایی کمتر از مناطق شهری است. همچنین آن‌ها گزارش کردند که غلظت فسفر کل در آب‌های زیرزمینی مناطق روستایی بیشتر از آب‌های سطحی است. Nair و Anbazhagan (2004) با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی تغییرات مکانی عناصر شیمیایی آب زیرزمینی را در دشت پانول بررسی کردند. در تحقیقی دیگر Zareyabineh et al. (2012) تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان دشت ملایر را به علت برداشت بی‌رویه، کاهش بارندگی‌ها و حفاری‌های غیرمجاز، کاهش گزارش نمودند. در تحقیق دیگر تحت عنوان بررسی روند تغییرات نوسانات سطح آب زیرزمینی دشت نیشابور توسط Naderianfar et al. (2012) مشخص شد روند شیب منفی سطح آب زیرزمینی دشت در دوره 1372 تا 1385 بوده و در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد. Hazrika و Shahid (2009) تأثیر خشک‌سالی بر آب زیرزمینی در شمال غربی منطقه بنگلادش را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که کاهش

از این داده‌ها فرض بر این است که روند داده‌ها از نظر کمی و کیفی ایستا هستند، یعنی خصوصیات آماری آن‌ها با زمان تغییر نمی‌کند. ولی این فرض در صورت تغییر کاربری اراضی، استفاده از مواد شیمیایی مثل سموم دفع آفات و کودها در کشاورزی و تغییر اقلیم، که به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای در اتمسفر به وقوع می‌پیوندد، ممکن است رد شود. بنابراین دانستن وجود روند در هر یک از آن‌ها مدیران صنعت آب را در تصمیم‌گیری منطقی برای استفاده بهینه از منابع آب کمک می‌کند. با توجه به بررسی پیشینه پژوهش، چنین برمی‌آید که تاکنون مطالعه جامعی در مورد روند تغییرات کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی در دشت توپسرکان استان همدان انجام نشده است. بنابراین هدف اصلی این مطالعه بررسی روند تغییرات 13 پارامتر کیفی و دو پارامتر کمی آب‌های زیرزمینی دشت توپسرکان با استفاده از آزمون ناپارامتری من‌کندال و تخمین شیب‌خط روند با روش تخمین‌گر سن می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

دشت توپسرکان در استان همدان با مساحت آبخوان 150 کیلومتر مربع یکی از دشت‌های حوزه علیای رودخانه کرخه بوده که دارای 348 چاه عمیق، 1430 چاه نیمه‌عمیق، 154 قنات و 280 چشمه می‌باشد که مجموع میزان تخلیه سالانه 2212 میلیون مترمکعب گزارش شده است. آبخوان دشت از نوع آبرفتی بوده و سنگ کف را در تمامی دشت، سنگ‌های نفوذناپذیر گرانیت، هورنفلس، شیسیت و اسلیت تشکیل می‌دهد. با توجه به مطالعه‌های انجام شده، آبخوان دشت توپسرکان از نوع آزاد است. به‌طور کلی جهت جریان آب زیرزمینی از توپوگرافی تبعیت کرده و از سمت شمال شرق به طرف جنوب غرب می‌باشد. ریزش‌های جوی منطقه متأثر از توده‌های مدیرانه‌ای است که از غرب وارد کشور می‌شوند (شکل 1).

سطح آب زیرزمینی در 42 درصد از این منطقه هرساله پدیدار است. تحلیل هیدروگراف سطح آب زیرزمینی و سری زمانی بارندگی نشان داد که افزایش برداشت آب زیرزمینی برای آبیاری در فصل‌های خشک و بازگشت خشک‌سالی‌ها از عوامل افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه می‌باشد و اگر مداخله بشر در سیستم آب زیرزمینی وجود نمی‌داشت یکی از عوامل خشک‌سالی آب زیرزمینی به‌طور عمده مربوط به کاهش بارندگی‌ها بود. Marofi et al. (2011) در تحقیقی روند تغییرات زمانی و خصوصیات مکانی بارندگی و خشک‌سالی (شاخص SPI) در غرب کشور را مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که سری‌های زمانی بارندگی و شاخص SPI، دارای تغییرات زیادی بوده و خشک‌سالی و ترسالی به‌طور پیوسته در دوره آماری مطالعاتی مشاهده می‌گردید. نتایج به‌دست آمده از آزمون من-کندال و تخمین‌گر شیب سن حاکی از آن است که سری زمانی بارندگی، دارای روند معنی‌دار کاهشی، در بیشتر ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده است. MirAbbasi NajafAbadi و Dinpajoo. (2012) روند بارش‌های شمال غرب کشور را در سه مقیاس زمانی سالانه، فصلی و ماهانه با استفاده از آزمون من-کندال مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاصله نشان داد که به‌طور کلی روند بارش در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه کاهشی بوده و در مقیاس سالانه بارش‌های غرب ایران در اغلب ایستگاه‌ها دارای روند نزولی می‌باشند. Ahmadi et al. (2016) روند تغییرات درازمدت پنجاه‌ساله بارش نیمه شمالی کشور در دره آماری 1961-2010 در مقیاس‌های زمانی ماهانه، فصلی و سالانه با استفاده از آزمون ناپارامتری من-کندال مورد بررسی قرار دادند. همچنین بیشترین و کمترین مقدار تغییرات بارش با استفاده از روش تخمین‌گر شیب سن به دست آمد. نتایج آن‌ها وجود روند کاهشی در بارش را تأیید کرد. در این زمینه مطالعات دیگری همچون Mirabbasi et al. (2020)، Jia et al (2020) و Frollini et al. (2021) اشاره نمود.

به‌طور کلی داده‌های هیدرولوژیکی مشاهداتی در برنامه‌ریزی و طراحی پروژه‌های منابع آب مورد استفاده قرار می‌گیرند. در استفاده

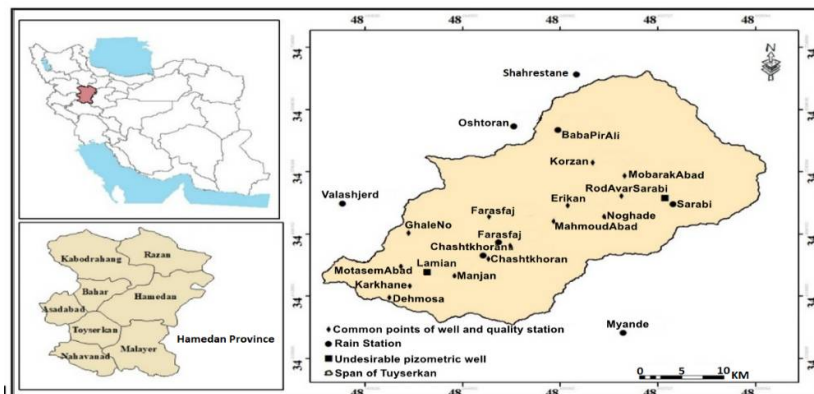


Fig. 1- Location Map of the Study Plain and Observation Well

شکل 1- موقعیت دشت مورد مطالعه و چاه‌های مشاهده‌ای

### گردآوری اطلاعات

دشت توپسراکان دارای 17 حلقه چاه مشاهده‌ای می‌باشد که از این تعداد، در 15 چاه مشاهده‌ای، عناصر شیمیایی متعددی اندازه‌گیری شده است. از بین این عناصر روند تغییرات کل جامدات محلول (TDS)، هدایت الکتریکی (Ec)، اسیدیته (pH)، کلسیم، منیزیم، سدیم، کلرید، بی‌کربنات، سولفات و پارامترهای مجموع کاتیون‌ها، مجموع آنیون‌ها، نسبت جذب سدیم (SAR) و سختی کل (TH) دشت توپسراکان در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. آمار و اطلاعات لازم از آب منطقه‌ای استان همدان طی دوره آماری یازده ساله (1384-1394) داده‌های کیفی برای 15 چاه مشاهده‌ای و دوره آماری 22 ساله (شهریور 1394 - مهر 1372) داده‌های کمی برای 17 چاه مشاهده‌ای اخذ شده است. لازم به یادآوری است که پارامترهای کیفی مورد مطالعه معمولاً در دو فصل هر سال شمسی اندازه‌گیری می‌شوند که یکبار آن در فصل بهار (دوره تر؛ دوره‌ای که تراز آب زیرزمینی به بالاترین سطح خود می‌رسد) و یکبار هم در فصل تابستان (دوره خشک؛ دوره‌ای که تراز آب زیرزمینی به پایین‌ترین سطح خود می‌رسد) می‌باشد.

این آزمون با استفاده از نرم‌افزار Minitab16 انجام شد. سنجش ضریب همبستگی پیرسون نیز با استفاده از نرم‌افزار SPSS.16 انجام شد. در مطالعه حاضر، ابتدا تمامی سری‌های زمانی قبل از تحلیل، از نظر معنی‌داری ضریب خود همبستگی مرتبه اول،  $r_1$  تست شدند. اگر  $r_1$  معنی‌دار بود از من‌کندال اصلاح‌شده و در غیر این صورت از من‌کندال مرسوم برای آزمون روند اقدام شد. سری‌های زمانی کیفیت و بارندگی و سطح ایستابی که  $r_1$  آن‌ها معنی‌دار نبود، به وسیله نرم‌افزار مکسنز (MAKESENS.1.0) مورد آزمون قرار گرفتند و مقدار Z من‌کندال مرسوم به دست آمد. افزون بر این، برای بررسی شیب این سری‌های زمانی از روش تخمین‌گر شیب سن استفاده شد. برای ملاحظه روش‌های مذکور به مقاله MirAbbasi NajafAbadi و Daneshvar Vosoghi et al (2012) و (2011) مراجعه شود.

### نتایج و بحث

#### آزمون من‌کندال

همان‌گونه که قبلاً نیز بیان شد، به منظور بررسی تغییرات کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی دشت توپسراکان، تحلیل روند تغییرات پارامترهای هواشناسی و هیدرولوژی حوضه مورد توجه قرار داشته است. در این مطالعه، آزمون ناپارامتری من‌کندال در سه وضعیت بدون حذف اثر خودهمبستگی (MK1)، با حذف اثر خودهمبستگی (MK2) و حذف کامل اثر خودهمبستگی (MK3)، به منظور ارزیابی تغییرات سری‌های زمانی کیفیت، بارندگی و سطح آب زیرزمینی در حوضه، مورد استفاده قرار گرفت. این آزمون در دو سطح معنی‌داری پنج درصد و 10 درصد مورد بررسی قرار گرفت. هم‌چنین شیب خط روند برای تمام سری داده‌ها با استفاده از روش تخمین‌گر شیب سن تعیین گردید. جداول (1) و (2) و (3) مقادیر آماره Z من‌کندال را در خصوص 13 پارامتر کیفی آب زیرزمینی در دو دوره خشک و تر به ترتیب در مقیاس سالانه و دوره تر و دوره خشک و جداول (4) و (5) نیز مقادیر آماره Z من‌کندال را برای سطح آب زیرزمینی به ترتیب در مقیاس ماهانه و مقیاس سالانه-فصلی و جداول (6) و (7) مقادیر آماره Z من‌کندال را برای بارندگی به ترتیب در مقیاس ماهانه و سالانه-فصلی دشت توپسراکان نشان می‌دهند. به طوری که از جداول (2) و (3) می‌توان استنباط کرد، با شمارش تعداد آماره‌های به دست آمده من‌کندال در هر دو دوره خشک و تر، 83 سری (42 درصد) روند مثبت را از خود نشان می‌دهند، حال آن‌که تعداد سری‌ها با روند منفی در دوره خشک و تر هر یک 112 سری بود که اکثر آن‌ها نیز معنی‌دار نبودند. هم‌چنین در دوره تر روند پارامتر هدایت الکتریکی (Ec) برای پنج مورد از چاه‌ها در سطح پنج درصد معنی‌دار است. روند این پارامتر در چاه‌های قلعه‌نو و معتصم‌آباد مثبت و در سطح پنج درصد معنی‌دار و در چاه‌های ده‌موسی، کارخانه و نقده منفی و در سطح پنج درصد معنی‌دار است. در دوره خشک نیز در چاه معتصم‌آباد روند مثبت معنی‌دار و در چاه‌های کارخانه و نقده

#### بازسازی داده‌ها

امروزه یکی از ابزارهای تعیین تغییرات اقلیمی تحلیل روند می‌باشد. به منظور بررسی روند تغییرات از روش‌های متعددی استفاده می‌شود. یکی از این روش‌ها، روش‌های آماری می‌باشند. روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری بسیاری برای بررسی روند سری‌های زمانی بسط داده شده‌اند. از مزایای اصلی روش‌های ناپارامتری این است که وجود داده‌های پرت (نامتعارف)، نتیجه روند را کمتر از روش‌های پارامتری تحت تأثیر قرار می‌دهد. هم‌چنین آزمون‌های ناپارامتری نسبت به تعداد داده‌ها حساسیت ندارند و برای سری‌هایی که طول آن‌ها کم و توزیع آماری آن‌ها نرمال نیست و دارای داده‌های گم‌شده است، مناسب‌تر هستند. یکی از پیش‌فرض‌های لازم برای استفاده از روش‌های پارامتری این است که سری زمانی مورد نظر برای تحلیل روند، بایستی تابع یک توزیع خاص آماری باشد. لذا در مورد سری‌هایی که توزیع آماری خاصی بر آن‌ها قابل برآزش نیست، روش‌های پارامتری با نوعی محدودیت مواجه می‌باشند. اما در روش‌های ناپارامتری، اساس کار بر تفاوت بین داده‌های مشاهده‌ای است، به گونه‌ای که این روش‌ها مستقل از توزیع آماری سری زمانی بوده و خصوصاً برای سری‌هایی که چولگی و کشیدگی زیادی دارند، مناسب‌تر از روش‌های پارامتری می‌باشند (Önöz and Bayazit, 2003). در بین روش‌های ناپارامتری، آزمون ناپارامتری من‌کندال از پرکاربردترین آن‌هاست. داده‌های ناقص در این مطالعه با استفاده از ضریب همبستگی بین دو ایستگاه با دوره آماری مشترک بیشتر و فاصله کمتر نسبت به سایر ایستگاه‌ها، با به کارگیری نرم‌افزار SPSS.16 بازسازی شدند. در ابتدا برای تعیین صحت داده‌ها از آزمون همگنی روند ران تست (RUN TEST) استفاده شد که نشان‌دهنده همگن بودن تمام داده‌ها بود.

منفی معنی‌دار مربوط به پارامتر سولفات چاه امیرآباد در هر دو دوره خشک و تر می‌باشد. در دوره تر پارامترهای کلسیم، کلرید و سختی کل و شوری و در دوره خشک پارامترهای کلسیم، کلرید، بی‌کربنات و شوری بیشترین روند مثبت را در خصوص پارامترهای کیفی مذکور، تجربه کرده‌اند. در این میان در دوره تر، چاه‌های کرزان، مبارک‌آباد و منجان و در دوره خشک، چاه‌های چاشتخوران، فرسفیج، کرزان، محمودآباد و قلعه‌نو روند معنی‌داری از خود نشان ندادند. در میان همه چاه‌های مورد مطالعه، بیشترین تعداد روند منفی در دوره تر، متعلق به چاه امیرآباد و در دوره خشک متعلق به دو چاه امیرآباد و کارخانه بود. در بین همه پارامترهای کیفی، در دوره تر، یون سولفات و در دوره خشک نیز یون منیزیم بیشترین تعداد روند منفی را به خود اختصاص داده‌اند. به طور کلی می‌توان گفت طی دوره‌های خشک، به دلیل کاهش تغذیه سفره آب زیرزمینی، زمان ماندگاری و تماس آب با مواد محلول بیشتری در سفره آب زیرزمینی رخ داده است که باعث افزایش املاح و وجود روند افزایشی در مواد محلول در منابع آب زیرزمینی شده است.

نتایج آزمون من‌کنندال برای سری‌های سطح ایستابی در مقیاس ماهانه 17 چاه مشاهده‌ای دشت مورد مطالعه جدول (4) نشان‌دهنده این است که در تمامی چاه‌ها به جز سرابی روند سطح ایستابی کاهشی می‌باشد. چاه سرابی در اطراف شهر تویسرکان قرار دارد و به دلیل جذبی بودن و تخلیه فاضلاب شهری و هم‌چنین وجود سد خاکی تویسرکان در نزدیکی این چاه، سطح ایستابی در این چاه کاهشی نبوده است. بیشترین میزان کاهش 3/03- مربوط به ماه بهمن در چاه مشاهده‌ای مبارک‌آباد و بیشترین میزان روند افزایشی 1/54- مربوط به ماه اسفند در چاه مشاهده‌ای سرابی می‌باشد. در مقیاس فصلی و سالانه نیز همان‌گونه که از جدول (5) استنباط می‌شود در تمامی فصل‌های مورد بررسی چاه مشاهده‌ای سرابی دارای روند افزایشی مثبت بوده (دلیل این افزایش قبلاً ذکر شده است) و بیشترین میزان را داراست و این نتیجه در مقیاس سالانه نیز مصداق می‌باشد. در فصل پاییز بیشترین میزان روند کاهشی مربوط به چاه مبارک‌آباد و در فصل زمستان، بهار و تابستان بیشترین میزان روند کاهشی در چاه قلعه‌نو مشاهده می‌شود. در منطقه اطراف چاه مبارک‌آباد به دلیل کوهستانی بودن، کشت غالب گردو می‌باشد و برای کشت گردو نیز در برخی مناطق مانند اطراف مبارک‌آباد آبیاری انجام می‌شود و چاه قه‌نو به دلیل برداشت از آب‌های این منطقه برای کشت صیفی‌جات وسیع در این منطقه است. در مقیاس سالانه بیشترین روند افزایشی مثبت و بیشترین روند کاهشی منفی به ترتیب در چاه‌های سرابی و مبارک‌آباد به‌دست آمده است.

روند منفی معنی‌دار است. علت این روندها را می‌توان به سفره آب زیرزمینی آهکی در غرب دشت تویسرکان نسبت داد. مقدار آماره روند پارامتر TDS در دوره تر در چاه‌های قلعه‌نو و معتصم‌آباد روند مثبت معنی‌دار و در چاه‌های کارخانه و نقده روند منفی معنی‌دار در سطح پنج درصد و در چاه ده‌موسی روند منفی غیر معنی‌دار دارد. در دوره خشک روند همین پارامتر در چاه معتصم‌آباد مثبت و در چاه نقده منفی معنی‌دار و در چاه کارخانه منفی بدون معنی است. این پارامتر با هدایت الکتریکی نتایج مشابهی دارد. هم‌چنین روند تغییرات مجموع کاتیون‌ها و مجموع آنیون‌ها در دوره تر در تمام چاه‌ها بدون روند است. پارامتر اسیدیته در دشت تویسرکان، روند منفی را در هر دو دوره خشک و تر در اکثر چاه‌ها نشان می‌دهد که معنی‌دار نیست. این مورد نشان می‌دهد که کیفیت آب زیرزمینی دشت به سمت قلیایی شدن نیست. پارامتر SAR در دوره تر به‌جز چاه امیرآباد که روند منفی معنی‌دار دارد، در بقیه چاه‌ها بدون روند معنی‌دار است. روند پارامتر سختی کل در دوره تر در چاه اریکان مثبت معنی‌دار و در دوره خشک در چاه کارخانه منفی و در چاه مبارک‌آباد مثبت معنی‌دار است که هر دو در سطح 5 درصد معنی‌دار می‌باشند. در دوره تر روند تغییرات سدیم در چاه انبار نفت مثبت و در چاه‌های امیرآباد و محمودآباد منفی و معنی‌دار و در دوره خشک در چاه اریکان روند مثبت معنی‌دار می‌باشد. روند تغییرات یون منیزیم در چاه رودآور در دوره تر و خشک مثبت و معنی‌دار است. روند تغییرات یون سولفات در سطح پنج درصد در دوره خشک در سه چاه (امیرآباد، انبار نفت و نقده) منفی و در چاه رودآور مثبت و معنی‌دار و در دوره تر در سه چاه (امیرآباد، کارخانه و نقده) روند منفی و در دو چاه (ده‌موسی و رودآور) روند مثبت معنی‌دار است. در دوره تر در مورد یون بی‌کربنات در دو چاه (اریکان و فرسفیج) روند مثبت معنی‌دار و در چاه کارخانه روند منفی معنی‌دار می‌باشد. در دوره خشک برای چاه معتصم‌آباد این پارامتر دارای روند مثبت معنی‌دار و برای چاه کارخانه منفی معنی‌دار است. روند یون کلسیم در دوره تر در چاه کارخانه منفی معنی‌دار و در دوره خشک برای چاه ده‌موسی مثبت معنی‌دار است. روند تغییرات یون کلر در چاه‌های انبار نفت، چاشتخوران و قلعه‌نو مثبت معنی‌دار (در دوره تر) و در چاه‌های انبار نفت و منجان مثبت معنی‌دار و در چاه رود آور منفی معنی‌دار (در دوره خشک) است.

همان‌گونه که از جدول (1) الی (3) قابل استنباط است، در بین پارامترهای کیفی مورد مطالعه، بیشترین روند مثبت معنی‌دار، در دوره تر مربوط به پارامتر کل جامدات محلول (معتصم‌آباد) و در دوره خشک متعلق به پارامتر شوری (معتصم‌آباد) است. بیشترین روند

جدول 1- تحلیل روند پارامترهای کیفی (سالانه)

Table 1 - Trend Analysis of Quality Parameters (Annual)

Name Station	EC	TDS	pH	Hco <sub>3</sub>	Cl	So <sub>4</sub>	Total Anions	Ca	Mg	Na	Total Cautions	SAR	TH
AmirAbad	-1.18	-1.56	-0.86	-0.47	-0.33	-3.11	-3.11	0.78	-1.48	-2.03	-2.56	-1.94	-1.17
AnbarNaft	0.70	0.93	-0.62	-0.87	2.74	-1.74	-1.87	1.04	-1.32	0.55	-1.40	0.62	-1.27
Chashtkhoran	-0.31	-0.16	-0.12	0.0	1.96	-1.80	0.47	-1.28	0.63	0.55	-0.31	0.62	-0.94
Dehmosa	-0.62	-0.62	0.47	0.0	0.40	1.71	1.09	1.66	-0.85	0.55	0.55	0.93	0.47
Erikan	1.59	1.58	-1.57	2	-0.48	-0.83	1.72	1.65	-0.87	1.56	1.67	1.09	2.04
Farasfaj	-1.34	-1.34	0.93	1.51	-1.72	-0.55	-1.20	-1.25	-1.56	-0.62	-1.23	-0.95	-1.42
GhaleNo	1.48	1.40	-0.90	0.47	1.92	-0.11	1.09	1.83	-1.02	-0.86	1.56	-0.78	1.28
Karkhane	-1.93	-2.11	0.61	-2.12	-1	-1.68	-1.72	-2.27	-1.34	0.0	-1.80	0.12	-2.08
Korzan	0.23	0.31	-0.77	-0.63	1.25	0.91	1.02	0.42	0.16	1.09	1.56	0.31	0.88
MahmoudAbad	-0.62	-0.62	0.0	-0.78	1.36	-0.67	-1.02	2.04	-1.25	-1.86	-1.40	-1.77	0.39
Manjan	0.39	0.39	-1.10	0.16	1.12	-1.74	0.0	0.56	-1.64	0.16	0.16	0.16	-0.55
MobarakAbad	1.09	0.78	-0.85	1.49	0.69	-1.09	1.40	0.0	0.0	0.16	1.09	0.0	1.02
MotasemAbad	3.51	3.58	-1.09	2.19	1.14	-1.27	0.39	0.62	-0.40	0.0	0.47	0.0	0.08
Noghade	-2.81	-2.18	-0.76	1.60	0.24	-2.18	-0.31	1.65	-0.78	-1.56	0.0	-1.71	0.78
RodAvar	0.93	0.93	-0.39	0.32	-1.91	2.22	1.79	0.70	2.66	-0.62	1.90	-1.09	1.62

جدول 2- تحلیل روند پارامترهای کیفی (دوره تر)

Table 2 - Trend Analysis of Quality Parameters (wet period)

Name Station	EC	TDS	pH	Hco <sub>3</sub>	Cl	So <sub>4</sub>	Total Anions	Ca	Mg	Na	Total Cautions	SAR	TH
Erikan	1.53	1.44	-1.18	2.11	-0.25	-1.13	1.82	1.88	-0.24	0.93	1.86	0.31	2.13
AmirAbad	-1.06	-1.11	-0.63	-0.32	-0.27	-3.05	-1.79	0.48	-1.02	-2.09	-1.69	-1.97	-1.28
AnbarNaft	0.78	0.70	-0.93	-1.40	2.46	-1.59	-1.30	0.32	-1.52	2.69	-0.84	1.91	-1.50
Chashtkhoran	-0.70	-0.70	-0.23	-0.47	2.19	-1.36	0.0	-1.42	0.79	1.09	-0.78	1.56	-1.08
Dehmosa	-2.11	-1.56	0.31	-1.02	0.25	2.10	0.94	1.96	-1.32	0.40	0.62	-0.70	0.47
RodAvar	0.78	0.93	-0.39	0.0	-1.51	2.34	1.93	0.78	2.11	-0.78	1.89	-1.25	1.87
Farasfaj	-1.21	-1.18	1.17	2.08	-1.84	-0.80	-1.15	-0.24	-1.58	-0.94	-1.13	-0.90	-1.56
GhaleNo	2.66	2.34	-1.58	0.48	1.98	-0.73	1.40	1.64	0.0	-0.24	1.88	-0.55	1.32
Karkhane	-2.21	-2.10	0.55	-2.04	-1.27	-2.19	-1.85	-2.10	-0.57	-0.12	-1.47	0.0	-1.58
Korzan	1.02	0.86	-0.62	-0.32	1.95	0.94	1.80	0.35	0.06	1.17	1.64	0.93	1.04
MobarakAbad	0.93	0.0	-0.19	1.03	0.09	-0.39	0.70	-0.47	0.0	1.11	0.78	1.09	0.39
MahmoudAbad	-0.63	-0.86	0.0	-0.99	1.59	-1.82	-1.71	1.43	-1.17	-2.02	-1.15	-1.75	0.32
MotasemAbad	3.13	3.43	-1.02	1.66	1.15	-1.25	0.0	0.53	-0.32	-1.02	-0.31	-0.39	-0.24
Manjan	0.55	0.86	-0.65	0.08	0.45	-1.60	-0.08	0.78	-1.20	0.23	0.62	0.62	0.0
Noghade	-2.02	-2.18	-0.97	1.49	0.90	-2.02	-0.78	1.19	-1.11	-1.56	-0.62	-1.71	0.63



جدول 3 - تحلیل روند پارامترهای کیفی (دوره خشک)  
 Table 3 - Trend Analysis of Quality Parameters (Dry period)

Name Station	EC	TDS	pH	Hco <sub>3</sub>	Cl	So <sub>4</sub>	Total Anions	Ca	Mg	Na	Total Cautions	SAR	TH
Erikan	1.57	1.56	-1.58	1.57	-0.48	-0.67	1.56	1.34	-1.20	2.11	2.19	2.34	0.0
AmirAbad	-0.89	-0.78	-1.64	-0.16	0.0	-3.29	-2.18	1.18	-1.49	-1.87	-1.71	-2.65	-0.23
AnbarNaft	0.55	0.93	-1.19	0.0	2.48	-2.66	-1.10	1.36	-0.97	-1.02	-0.70	-0.62	0.0
Chashtkhoran	0.24	0.23	-0.39	1.46	0.66	-1.64	0.08	-1.20	0.08	0.0	0.0	0.16	-0.71
Dehmosa	-0.86	-1.56	0.86	-0.98	1.87	1.17	-0.12	2.77	-1.18	0.0	-0.46	0.31	0.48
RodAvar	0.62	0.62	0.0	0.08	-2.53	2.30	2.02	0.47	2.19	-1.33	2.18	-1.40	1.95
Farasfaj	-0.83	-0.72	1.58	1.35	-1.69	-0.32	-1.09	0.16	-1.35	-0.85	-1.06	-1.09	-0.83
GhaleNo	1.02	1.17	-0.47	0.40	1.91	0.19	0.94	1.74	-1.57	-0.40	1.17	-0.23	1.52
Karkhane	-1.99	-1.91	1.02	-1.99	-1.11	-0.84	-1.86	-1.74	-1.42	-0.31	-1.86	0.0	-2.06
Korzan	0.0	0.0	-0.67	-0.95	0.81	1.20	0.63	0.87	-0.52	0.93	0.31	0.47	0.24
MobarakAbad	1.17	1.25	-0.93	1.62	0.83	-1.59	1.64	0.0	1.26	-0.48	2.34	-0.73	2.14
MahmoudAbab	-0.31	0.0	0.18	-0.71	0.59	0.0	-0.86	1.18	-1.30	-1.25	-0.47	-2.02	0.63
MotasemAbad	3.67	2.48	-1.25	2.14	0.40	-1.27	1.17	0.69	-0.08	1.64	1.33	0.93	0.48
Manjan	0.0	-0.16	-1.20	0.55	2.14	-1.66	-0.08	0.63	-1.79	-0.70	-0.62	-0.78	-0.32
Noghade	-2.34	-2.18	-0.80	1.71	0.0	-2.18	-0.63	1.89	-0.40	-1.80	-0.16	-1.71	0.70

جدول 4 - تحلیل روند سطح ایستابی (ماهانه)

Table 4- Trend analysis of Water Table (Mountly)

AmirAbad	-2.19	-2.15	02.32	-2.21	-2.15	-2.19	-2.03	-2.01	-1.97	-2.15	-2.30	-2.22
AnbarNaft	-1.38	-1.53	-1.54	-1.24	-1.26	-1.13	-1.42	-1.55	-1.60	-1.52	-1.53	-1.59
Erikan	-1.66	-1.63	-1.63	-1.63	-1.76	-1.46	-1.67	-1.66	-1.63	-1.78	-1.92	-1.69
Chashtkhoran	-2.38	-2.32	-2.35	-2.32	-2.28	-2.34	-2.17	-2.21	-2.60	-2.14	-2.32	-2.43
Dehmosa	-2.35	-2.43	-2.51	-2.54	-2.36	-2.20	-2.09	-2.23	-2.31	-2.34	-2.16	-2.14
RodAvar	-2.22	-2.02	-2.24	-2.26	-2.23	-1.68	-1.87	-1.58	-1.80	-1.77	-2.09	-2.60
Sarabi	1.27	1.30	1.23	1.22	1.17	1.54	0.99	1.08	1.03	1.10	1.08	1.10
Farasfaj	-2.29	-2.26	-2.34	-2.31	-2.31	-2.39	-2.31	-2.27	-2.31	-2.35	-2.36	-2.42
Ghaleno	-2.43	-2.50	-2.49	-2.57	-2.62	-2.58	-2.43	-2.60	-2.55	-2.45	-2.36	-2.25
Karkhane	-2.23	-2.34	-2.42	-2.45	-2.19	-2.18	-2.03	-2.05	-2.21	-2.27	-2.15	-2.19
Korzan	-1.90	-1.88	-2.06	-1.96	-2.13	-2.36	-2.42	-1.95	-1.88	-2.05	-2.23	-2.15
MobarakAbad	-2.73	-2.81	-2.23	-2.55	-3.03	-2.85	-1.93	-2.21	-1.24	-2.28	-2.58	-2.06
MahmoudAbad	-1.74	-1.42	-0.77	-0.41	-0.43	-0.37	-0.58	-1.16	-1.64	-1.86	-1.81	-1.79
MotasemAbad	-2.19	-2.24	-2.17	-2.11	-2.22	-2.24	-2.07	-2.36	-2.26	-2.19	-2.07	-2.24
Manjan	-2.24	-2.19	-2.33	-2.24	-2.20	-2.07	-2.14	-2.26	-1.98	-2.12	-2.22	-2.16
Noghade	-1.60	-1.61	-1.64	-1.45	-1.27	-1.05	-1.16	-0.69	-0.91	-1.33	-1.68	-2.01
Lamian	-2.15	-2.20	-2.11	-2.05	-2.19	-2.19	-2.10	-2.34	-2.24	-2.15	-1.99	-2.12

جدول 5 - تحلیل روند سطح ایستابی (سالانه و فصلی)

Table 5 - Trend Analysis of Water Table (Annual and seasonal)

Name Station	Spring	Summer	Autumn	Winter	Annual
AmirAbad	-2.02	-2.20	-2.21	-2.08	-2.10
AnbarNaft	-1.45	-1.56	-1.38	-1.21	-1.29
Erikan	-1.66	-1.73	-1.67	-1.60	-1.64
Chashtkhoran	-2.15	-2.27	-2.25	-2.28	-2.32
Dehmosa	-2.20	-2.28	-2.50	-2.37	-2.47
RodAvar	-1.60	-2.31	-2.26	-2.05	-2.25
Sarabi	1.04	1.07	1.43	1.39	1.29
Farasfaj	-2.32	-2.43	-2.28	-2.34	-2.42
GhaleNo	-2.53	-2.44	-2.45	-2.61	-2.43
Karkhane	-2.09	-2.32	-2.34	-2.29	-2.39
Korzan	-2.14	-2.16	-2.02	-2.11	-2.42
MobarakAbad	-2.12	-2.31	-2.53	-2.58	-2.49
MahmoudAbad	-1.17	-1.81	-1.49	-0.46	-1.51
MotasemAbad	-2.18	-2.14	-2.18	-2.23	-2.28
Manjan	-2.19	-2.14	-2.18	-2.18	-2.19
Noghade	-0.81	-1.64	-1.62	-1.24	-1.62
Lamian	-2.27	-2.09	-2.13	-2.16	-2.32

جدول 6 - تحلیل روند بارندگی (ماهانه)

Table 6 - Trend Analysis of Rain (Mountly)

Name Station	Mehr	Aban	Azar	Dey	Bahma	Esfand	Farvardin	Ordibehesht	Khordad	Tir	Mordad	Shahrivar
BabaKamal	0.25	1.02	0.65	-0.82	0.37	-0.45	0.90	0.0	-0.30	0.11	0.0	0.77
Chashtkhoran	0.17	0.62	0.68	-0.85	-0.14	-1.10	0.28	-0.17	0.29	2.23	0.21	1.05
Farasfaj	0.03	0.68	-0.37	-0.96	-0.68	-1.58	-0.06	-1.10	-0.88	0.15	0.0	0.82
Myande	-1.30	0.96	0.34	-0.68	-0.42	-1.13	1.16	-0.68	-2.02	-2.86	-3.15	-1.09
Oshtoran	-0.52	1.24	0.17	-1.52	-0.90	-1.02	-0.99	-1.35	-1.94	-1.51	-1.63	0.12
PirGheyb	-1.19	0.68	0.25	-1.69	-0.56	-0.68	1.41	-1.33	-0.48	-2.02	-1.09	-2.21
Shahrestane	-0.32	1.44	0.45	-0.39	-0.96	0.14	0.0	0.0	0.18	0.38	-0.34	1.73
Valashjerd	-0.64	0.85	-0.28	-1.75	-1.33	-1.86	-0.42	-1.02	-1.26	-1	-0.62	0.43
KheyrAbad	-0.56	0.99	-0.08	-1.38	-0.31	-0.56	0.14	-0.56	0.15	1.63	1.12	0.97
Sarabi	-0.17	1.02	-0.06	-1.47	-0.65	-1.52	-0.11	-1.50	0.63	-1.02	-0.74	0.80
BabaPirAli	-0.03	1.38	-0.08	-1.02	-0.93	-0.99	0.45	-0.71	-1.20	0.04	-0.30	1.70

جدول 7 - تحلیل روند بارندگی (سالانه و فصلی)

Table 7 - Trend Analysis of Rain (Annual and seasonal)

Name Station	Spring	Summer	Autumn	Winter	Annual
BabaKamal	1.24	0.86	1.58	-0.62	1.24
Chashtkhoran	0.90	1.59	0.73	-1.35	0.79
Farasfaj	-0.85	0.52	1.02	-1.69	-0.90
Myande	-0.17	-1.89	1.47	-1.75	-1.07
Oshtoran	-1.18	-0.91	1.18	-1.55	-0.56
PirGheyb	0.54	-0.15	0.79	-1.18	0.23
Shahrestane	0.34	0.67	1.97	0.06	0.11
Valashjerd	-1.21	-0.96	0.79	0.268	-1.47
KheyrAbad	0.0	1.22	1.41	-0.85	0.0
Sarabi	-0.51	0.29	1.24	-1.47	-1.02
BabaPirAli	-0.65	0.67	1.30	-2.26	0.51

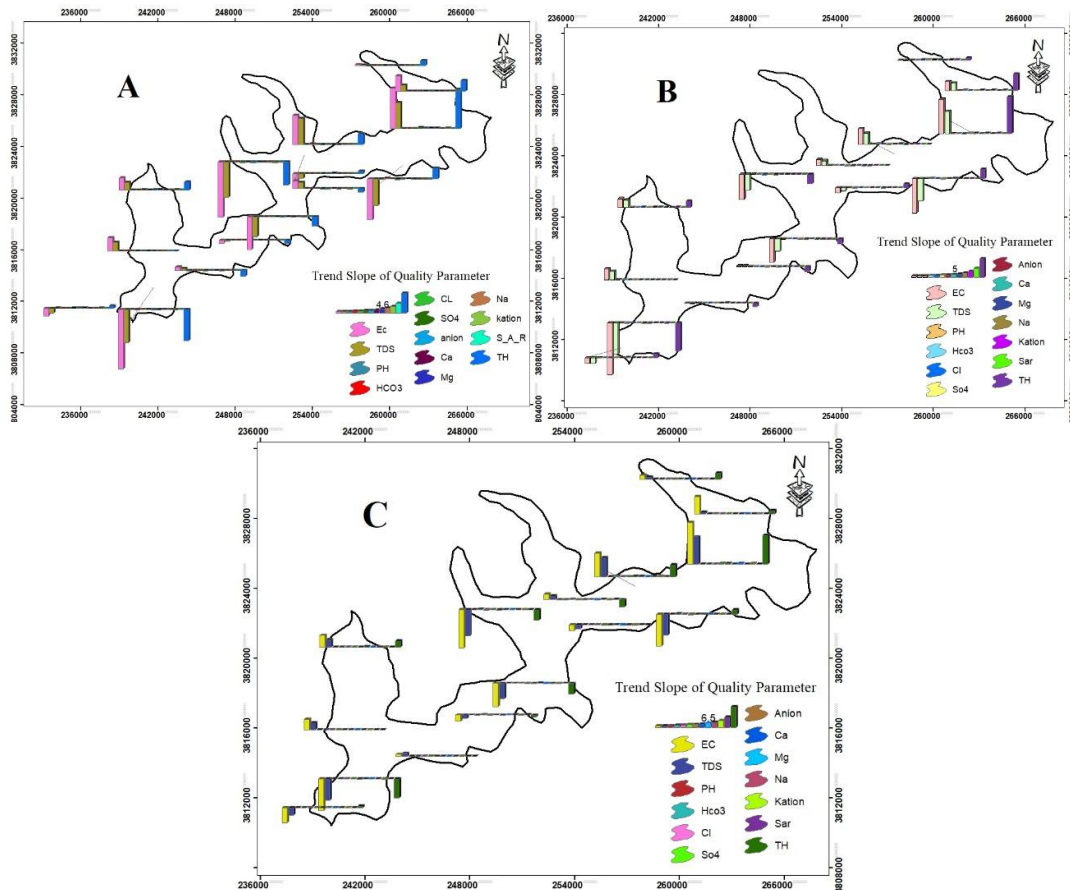
غیب در سطح پنج درصد معنی دار می باشد.

با توجه به جدول (7) بیشترین روند مثبت بارندگی در مقیاس سالانه در طول دوره آماری، مربوط به ایستگاه بابا کمال و بیشترین روند منفی در ایستگاه ولاشجرد می باشد. در مقیاس فصلی در بیشترین روند مثبت در ایستگاه شهرستانه و در فصل پاییز و بیشترین روند منفی در ایستگاه میانده در فصل تابستان می باشد.

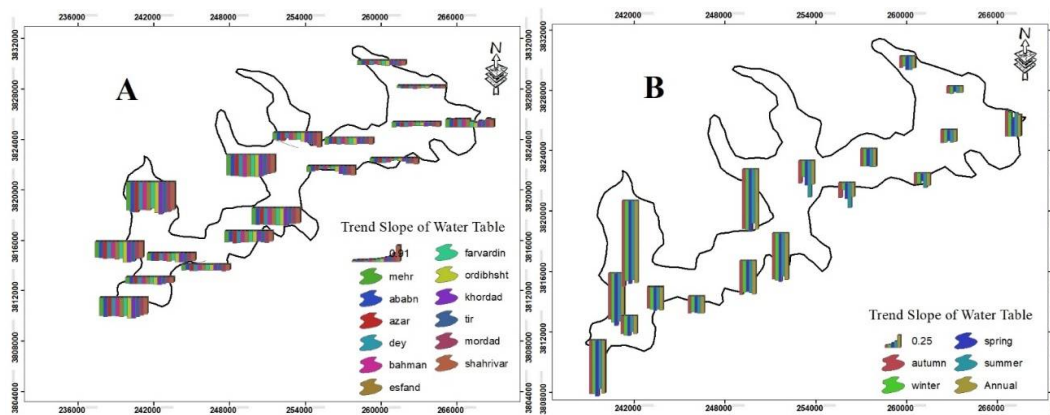
#### نتایج شیب خط روند

نقشه های شیب خط روند برای هر یک از چاهها در خصوص پارامترهای کیفی آب، شکل (2) و پارامترهای سطح آب زیرزمینی شکل (3) و بارندگی شکل (4) توسط نرم افزار ARC GIS10.1 رسم شده است. به طوری که از این نقشه ها می توان استنباط کرد، میانه شیبها به جز تعداد معدودی از پارامترها اکثر اعدادی منفی است. در دوره تر 30 درصد میانه شیبها و در دوره خشک 60 درصد میانه شیبها منفی است. این نشان می دهد که غلظت مواد شیمیایی مورد بررسی در دشت زیاد شده است. یعنی دشت از لحاظ کیفی دچار افت شده است. اکثر پارامترها تقریباً روند کاهشی را با گذشت زمان در دشت تجربه می کنند. بیشترین تعداد شیب منفی متعلق به چاه های کارخانه و امیرآباد در دوره خشک و چاه امیرآباد در دوره تر است. نقشه های شیب خط روند برای تمامی چاه های پیژومتری به جز چاه سرابی روند کاهشی را نشان می دهد. دلیل افزایش شیب در چاه سرابی جذبی بودن و تخلیه فاضلاب شهری است که سطح آب را در این چاه افزایش داده است. این چاه در ابتدای دشت و محدوده شهری واقع شده است. نقشه های شیب بارندگی نیز در برخی ایستگاه های باران سنجی افزایش شیب و در برخی دیگر کاهش نشان می دهند. در مناطق شمالی دشت که کوهستانی است، روند شیب افزایشی بوده و به خاطر نزدیکی به قله الوند بارش در این ناحیه بیشتر است.

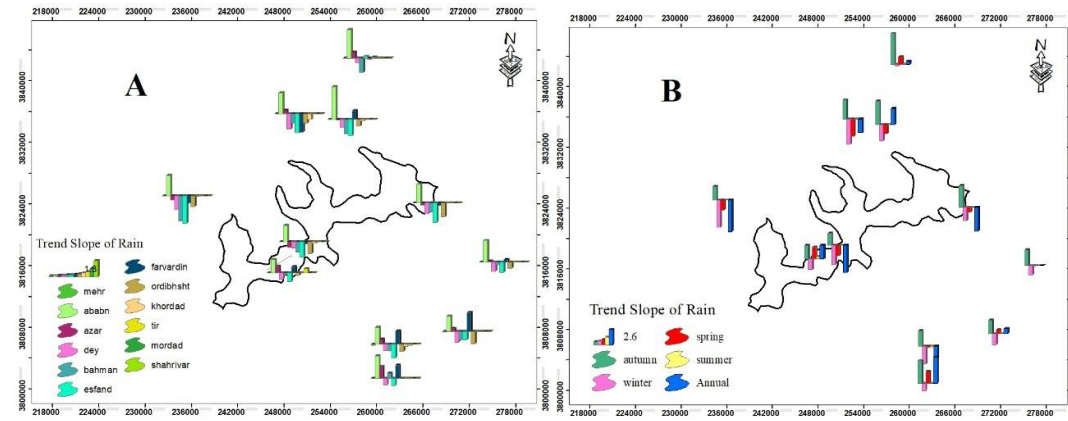
با توجه به جدول (6) نتایج آزمون من کندال برای سری های بارندگی ماهانه 11 ایستگاه باران سنجی در سطح دشت مورد مطالعه نشان دهنده این است که در ماه مهر در هشت ایستگاه روند مثبت و سه ایستگاه روند منفی کاهشی مشاهده شده که در هیچ ایستگاهی این روندها معنی دار نبودند. در ماه آبان در تمامی ایستگاه ها روند مثبت افزایشی وجود دارد که هیچ یک معنی دار نیستند. ماه آذر پنج مورد روند کاهشی منفی و شش مورد روند افزایشی مثبت تجربه کرده که هیچ یک در هیچ کدام از سطوح معنی دار نشدند. ماه دی همه ایستگاه ها دارای روند منفی کاهشی هستند که به جز پیرغیب و ولاشجرد (هر دو معنی دار در سطح 10 درصد) بقیه دارای روند معنی دار نیستند. در بهمن ماه به جز ایستگاه بابا کمال (روند مثبت بدون معنی داری) تمامی ایستگاه ها دارای روند کاهشی منفی بوده و بدون معنی داری هستند. در اسفند ماه به جز شهرستانه روند تمامی ایستگاه ها منفی است ولی هیچ کدام دارای روند معنی دار نیستند. فروردین ماه با چهار ایستگاه روند کاهشی منفی و هفت ایستگاه روند افزایشی مثبت در هیچ ایستگاهی معنی دار نشد. اردیبهشت ماه نه ایستگاه روند کاهشی منفی داشتند و دو ایستگاه میزان صفر، که با این حال این ماه نیز بدون روند معنی داری می باشد. خرداد ماه ایستگاه میانده در سطح پنج درصد و ایستگاه اشتران در سطح 10 درصد دارای روند منفی کاهشی بودند. باقی ایستگاه ها با پنج مورد روند کاهشی منفی و چهار مورد روند افزایشی مثبت بدون معنی داری هستند. تیرماه دو ایستگاه چاشخوران و پیر غیب در سطح معنی داری پنج درصد به ترتیب دارای روند مثبت افزایشی و روند منفی کاهشی هستند. همچنین ایستگاه میانده در سطح یک درصد دارای روند منفی شد و باقی ایستگاه ها معنی دار نبودند. ماه مرداد که بیشترین میزان روند منفی به مقدار 3/15- را در ایستگاه میانده داراست (معنی داری در سطح یک درصد)، در هیچ ایستگاه دیگری معنی دار نیست. شهریور ماه با نه مورد روند مثبت افزایشی بدون معنی داری، تنها در ایستگاه پیر



شکل 1- شیب روند پارامترهای کیفی. A سالانه، B دوره خشک، C دوره تر  
 Fig. 2- Trend slop of Quality Parameter. A(annual), B(dry), C(wet)



شکل 2- شیب روند سطح ایستابی. A ماهانه، B سالانه  
 Fig. 3- Trend Slop of Water Table. A (mountly), B (Annual)



شکل 3- شیب روند بارندگی، A ماهانه، B سالانه

Fig. 4-Trend Slop of Rain. A (mountly), B (annual)

کل، بی‌کربنات، کلرید، سدیم، کلسیم، سولفات، منیزیم، مجموع آنیون و مجموع کاتیون کاسته شده است. اسیدیته در جهت شمال به جنوب دشت دارای افزایش مقدار و نسبت جذب سدیم دارای تغییرات نامنظم در دشت می‌باشد. بنابراین باتوجه به روند منفی غالب پارامترهای کیفی مورد مطالعه، کیفیت آب زیرزمینی دشت در طول دوره آماری کاهش یافته است.

نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه روند سطح ایستابی در این دشت حاکی از آن است که در طی دوره آماری مورد مطالعه دشت با افت 11/8 متر روبرو شده است که برای جبران این افت بایستی تمهیداتی اندیشیده شود. مثلاً می‌توان از طرح‌های تغذیه مصنوعی، احیا و... استفاده کرد. بیشترین میزان سطح ایستابی محاسبه شده مربوط به اردیبهشت‌ماه سال آبی 76-77 با مقدار 1689/64 و کمترین میزان سطح ایستابی در تیرماه سال آبی 93-94 به میزان 1674/73 متر می‌باشد. نتایج تحقیق نشان می‌دهد چنانچه این روند به همین صورت ادامه داشته باشد طی دهه‌های آینده با کاهش بیش از پیش آب مواجه خواهیم بود. بر اساس مطالعه بارندگی منطقه، به‌طور کلی تغییرات بارندگی در اغلب مقیاس‌های مورد بررسی کاهشی بوده است که در اکثر موارد این کاهش‌ها معنی‌دار نبود. نتایج حاصله در این مقاله با بررسی‌های انجام شده توسط Soleimani sardo et al. (2013) و Zarei et al. (2013) یکسان می‌باشد و روند تغییرات کمی و کیفی منابع، نشان‌دهنده کاهش کیفیت آب و افزایش املاح محلول و هم‌چنین در برخی پارامترها روند افزایشی و برخی دیگر روند کاهشی می‌باشد.

### سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از دانشگاه شهید چمران اهواز بابت حمایت‌های مالی و از آب منطقه‌ای همدان باب ارائه ی آمار و اطلاعات تشکر و قدردانی می نمایند.

### نتیجه‌گیری

رویکرد اصلی این مقاله، بررسی روند کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت به‌منظور مدیریت منابع آب در حوضه آبریز تویسرکان در محدوده استان همدان است که از اطلاعات برداشت شده آب منطقه‌ای استان همدان استفاده شد. پس از بررسی داده‌ها و بازسازی داده‌های گمشده سطح آب زیرزمینی و داده‌های گمشده بارندگی، 17 سری داده 22ساله در بازه زمانی سال آبی 73-1372 الی 94-1393 برای تحلیل سطح آب زیرزمینی و 11 سری داده 22ساله در بازه زمانی سال آبی 73-1372 الی 94-1393 برای تحلیل بارندگی و 15 سری داده 11ساله در بازه زمانی سال شمسی 1384 الی 1394 برای تحلیل 13 پارامتر کیفی آماده گردید. در این مطالعه روند تغییرات با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری من‌کنندال پس از حذف اثر خودهمبستگی معنی‌دار مرتبه اول از سری داده‌ها، مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج نشان داد که روند اغلب پارامترهای کیفی آب زیرزمینی در غالب چاه‌های مشاهده‌ای دشت تویسرکان مثبت است. بیشترین تعداد روندهای مثبت معنی‌دار در خصوص تمام پارامترهای کیفی مورد بررسی در دشت تویسرکان در دوره تر مشاهده شد. باین‌حال دامنه تغییرات شیب خط روند در مورد اکثر پارامترها در دوره خشک کمتر از دوره تر بود. شدیدترین روند مثبت در دوره تر مربوط به پارامتر کل جامدات محلول چاه معتصم‌آباد در جنوب غربی دشت تویسرکان (معادل  $Z=3/43$ ) مشاهده شد. شدیدترین روند مثبت در دوره خشک (آماره  $Z$  معادل  $3/67$ ) مربوط به یون شوری بود که در چاه معتصم‌آباد واقع در جنوب غربی دشت تجربه شده است. نتایج نشان داد که روند اکثر پارامترهای کیفی سفره آب زیرزمینی دشت تویسرکان مثبت است. به‌این‌ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که افت کیفی آب چاه‌های دشت تویسرکان در تمام چاه‌های پی‌زومتری وجود دارد. در حالت کلی می‌توان گفت که در جهت شمال به جنوب دشت از میزان پارامترهای هدایت الکتریکی، کل جامدات محلول، سختی

### References

- 1- Ahmadi, F., Radmanesh, F. and MirAbbasi Najaf Abadi, R., 2016. Analysis of the country's northern half-year rainfall situation in the last half century', *Water and Soil Science*, 26 (No. 1, part 2), pp. 207-224 (In Persian).
- 2- Anbazhagan, S. and Nair, A.M., 2004. Geographic information system and groundwater quality mapping in Panvel Basin, Maharashtra, India. *Environmental Geology*, 45(6), pp.753-761.
- 3- Daneshvar Vosoghi, F., Dinpajoo, Y., Aalami, M., Ghorbani, M., 2011. Analysis of the trend of groundwater quality changes in Ardabil Plain using Mann-Kendall nonparametric test. *Journal of Civil and Environmental Engineering University of Tabriz*, 40(3), pp.13-23 (In Persian).
- 3- Frollini, E., Preziosi, E., Calace, N., Guerra, M., Guyennon, N., Marcaccio, M., and Ghergo, S. 2021. Groundwater quality trend and trend reversal assessment in the European Water Framework Directive context: an example with nitrates in Italy. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(17), pp. 220-229.
- 4- Jia, X., Hou, D., Wang, L., O'Connor, D. and Luo, J., 2020. The development of groundwater research in the past 40 years: A burgeoning trend in groundwater depletion and sustainable management. *Journal of Hydrology*, 587, pp.125-139.
- 4- Kannel, P.R., Lee, S. and Lee, Y.S., 2008. Assessment of spatial-temporal patterns of surface and ground water qualities and factors influencing management strategy of groundwater system in an urban river corridor of Nepal. *Journal of Environmental Management*, 86(4), pp.595-604.
- 5- Marofi, S., Tabari, H., Aeenei, A. and Marosi, H., 2011. Investigating temporal trends and spatial characteristics of rainfall and meteorological drought in the west of Iran during the last few decades, *Journal of Water Science Engineering-I.A.U Khuzestan Science and Research Branch*, 1(3), pp.55-72 (In Persian).
- 6- Mir Abbasi NajafAbadi, R. and Dinpajoo, Y., 2012. An Analysis of the change in Nutrient Discharges in the three Recent decades, *Journal of Water and Soil*, 24(4), pp.757-768 (In Persian).
- 5- Mirabbasi, R., Ahmadi, F., & Jhajharia, D., 2020. Comparison of parametric and non-parametric methods for trend identification in groundwater levels in Sirjan plain aquifer, Iran. *Hydrology Research*, 51(6), pp. 1455-1477.
- 7- Naderianfar, M., Ansari, H., Ziaei, A.N. and Davari, K., 2012. Investigation of the process of Fluctuation of GroundWater Level under different Climatic condition in the Neyshabur catchment area, *Iran Irrigation and Water Engineering*, 1(3), pp.22-37 (In Persian).
- 8- Önöz, B. and Bayazit, M., 2003. The power of statistical tests for trend detection. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 27(4), pp.247-251.
- 9- Shahid, Sh. and Hazarika, M.K., 2009. Groundwater Drought in the Northwestern District of Bangladesh. *Water Resource Management* 24 (10):1989-2006.
- 10- Soleimani Sardo, M., Vali, A.A., Ghazavi, R. and Garaghani Saeedi, H.R., 2013. Analysing and routing of Water Quality Parameters; Case study of chamanjir River, Khorramabad, *Irrigation and Water Engineering*, 3(12), pp.95-106 (In Persian).
- 11- Zarei, H., Ahmadi, F., Azhdari, A. and Taghian, M., 2013. Trend Analysis of quantity and quality changes of groundwater resources, (Emphasizing the wells and sources of rural drinking water supply), *Research-Applied Plan of Science and Technology Park* (In Persian).
- 12- Zareyabineh, H., Bayat Darbeshi, M. and Maroufi, S., 2012. 'An Investigation of Fluctuations in Groundwater Depth in Malayer Plain', *Water and Soil Science*, 22 (2), pp. 173-190 (In Persian).