Analysis of temporal trend of changes of groundwater quality parameters (Case study: aquifer of Fathabad)

Tahereh Pooramini [a], **Farzaneh fotouhi firoozabad** [b*], **Jalal Barkhordari** [c]

[a] *Master's degree in flood and river, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran*

[b] *Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University,, Ardakan, Iran.*

[c] *Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Research Department, Agriculture and Natural Resources Research and Training Center, Yazd Province, Iran*

Research Full Paper

Article History (Received: 2023/08/12 Accepted: 2024/02/8)

Extended abstract

1- Introduction

One of the important purposes of flood spreading plans is to feed groundwater tables and increase quality of these resources. One of the most important indicators for evaluation of artificial recharge plans is to examine their impact on quality of groundwater resources. The main aim of current research is to investigate effects of implementation of artificial aquifer recharge plan (Herat flood spreading) on temporal changes of groundwater quality parameters in the region.

2- Methodology

Harat watershed area is 1413 square kilometers in south of Yazd province. The location of flood spreading sites implemented at the end of Harat basin outlet and with an area of 490 hectares, which includes four implementation areas. In order to investigate and evaluate the effects of flood spreading projects on groundwater resources, statistics of parameters of 17 wells were used from the area of aquifer of Fathabad affected by these projects, based on available information, parameters of calcium, carbonate, magnesium, sodium, chlorine, and total dissolved solids and salt was extracted. The wells were classified into two groups, control and affected, based on their location relative to sites and the direction of flow in waterways of area. According to length of period, in order to evaluate the impact of water withdrawals and consequently impact of sedimentation on the efficiency of the sites, the entire period was divided into two periods so that 2003-2011 is first period and 2012-2021 is second period. Minitab software was used to check linear trend of average groundwater quality parameters. For this purpose, the average of all types of quality parameters of water resources, first and second periods were entered in software and the change process for each parameter was obtained. In order to investigate temporal trend of groundwater quality parameters, Mann-Kendall test was used at 95% confidence level and Sen's slope by XLSTAT 2019 Software.

3- Results

The results related to time trend of water quality factors through Mann-Kendall method and Sen's slope showed that calcium factor among nine wells located downstream of the project, three wells have no trend and the rest have a negative trend. The results of checking trend of control wells showed that calcium had a positive trend in all but one well during statistical period under review. Factors of sodium, bicarbonate and magnesium in the downstream of projects often have a negative trend and also in the control area they often show a positive trend, but factors of salinity, chlorine and total dissolved solids in the control area do not have the same situation as other factors. So that the number of wells without trend in the control range is more than the rest of the factors. This means that the condition of the aquifer in

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

terms of three indicators is neutral and does not have a negative or positive tendency, but the investigation of trend related to affected area showed that flood spreading projects have been able to improve the status of these factors, which are part of the important factors affecting agricultural water. lead to improvement. In order to investigate effects of flood spreading projects, at the beginning and after several years, linear trending of the average factors was done in two time periods. Due to lack of data in the last of years of implementation of flood spreading to evaluate effectiveness of groundwater quality from flood spreading project, the number of available years was divided into two almost equal parts so that impact of these projects can be investigate in the initial period and after a few years. The results of linear trend of the first and second periods showed that total dissolved solids and calcium were decreasing with a high slope in the first period, but in second period and after a few years, effectiveness decreased, but it is still decreasing with a gentle slope. Bicarbonate and magnesium factor have had an increasing trend in first period, and in second period, magnesium has decreased towards a negative slope, but bicarbonate follows an increasing trend with a higher slope than in first period. In the case of other factors such as salinity, chlorine, sodium, trends are almost similar to each other. So, in the first period, they have decreased with a slight slope, but in second period, this slope has increased proportionally. This means that the infiltration of flood water through these projects has been able to improve status of all factors except for bicarbonate, but the passage of time has left different effects on the manner and extent of effect, which requires more detailed investigations.

4- Discussion & Conclusions

According to results of investigations of time trend of various factors in this region, flood spreading has been able to have a positive effect on quality of groundwater. So that in determining trends of whole aquifer, except for bicarbonate factor, which had a positive trend, in other factors, there was a decreasing trend and no trend, which indicates positive effect of flood spreading on the control of quality factors. The results of this research showed that state of trend of all factors in some wells of witness area showed an increase and, in some wells, there was no trend, but in the affected area (downstream) all factors had a decreasing trend. The location of wells and distance from the waterways and flood spreading sites have a great impact on the vulnerability of wells. So that B9 well, which is located in the farthest part of the affected aquifer and is far from flood spreading sites, is among wells that had the most negative trend in most factors. Also, B3 and B2 wells are among wells that have the highest decreasing slope. Investigations showed that B9 well was located at a very short distance from the main waterway and B2 and B3 wells are also located near the distribution sites in addition to position relative to waterway and are affected by several flood distribution sites. So, distance of wells from waterway and the location of the sites can be very effective.

Key Words: Groundwater, Artificial Recharge, Trend, Sen's slope, Mann-Kendall test.

Cite this article: Pooramini, T., Fotouhi Firoozabad, F., & Barkhordari, J. (2024). Analysis of temporal trend of changes of groundwater quality parameters (Case study: aquifer of Fathabad). *Journal of Environmental Erosion Research. 2024; 14 (1) :60-78.* http//doi.org/

© The Author(s).
DOI: http//doi.org/
Published by Hormozgan University Press.
URL: http://magazine.hormozgan.ac.ir

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

تحلیل روند زمانی تغییرات پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی (مطالعه موردی: آبخوان فتح آباد)

طاهره پورامینی: *دانش آموخته کارشناسی ارشد سیلاب و رودخانه، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران*
فرزانه فتوحی فیروزآباد*: *استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران*
جلال برخورداری: *استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، ایران*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۹)
DOI: http//doi.org/

چکیده

یکی از مهم‌ترین شاخص‌های ارزیابی طرح‌های تغذیه مصنوعی بررسی تأثیر آن‌ها بر کیفیت منابع آب زیرزمینی می‌باشد. هدف اصلی از پژوهش حاضر، بررسی روند تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از آزمون من- کندال در سطح اطمینان ۹۵ درصد و شیب سن می‌باشد. بدین منظور از اطلاعات پارامترهای کیفی ۱۷ چاه کشاورزی با دوره‌ی آماری ۱۹ ساله (۱۴۰۰- ۱۳۸۲) در محدوده‌ی آبخوان فتح آباد استفاده شد. بر اساس اطلاعات موجود، داده‌های پارامترهای کلسیم، کربنات، منیزیم، سدیم، کلر، کل جامدات محلول و شوری استخراج گردید. چاه‌ها بر اساس موقعیت قرارگیری و جهت آبراهه‌های گذری از سایت‌های تغذیه مصنوعی به دو گروه شاهد و تحت‌تأثیر طبقه‌بندی شد. نتایج حاصل از روند خطی نشان داد که کل جامدات محلول و کلسیم در دوره اول (۱۳۹۰-۱۳۸۲) با شیب زیاد در حال کاهش بوده اما در دوره دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۱) و با گذشت چندسال تأثیرپذیری کاهش پیدا کرده اما همچنان با شیبی ملایم در حال کاهش هست. فاکتور بی‌کربنات و منیزیم در دوره اول روندی افزایشی داشته‌اند که در دوره دوم منیزیم به سمت شیب منفی و کاهش رفته اما بی‌کربنات با شیبی بیشتر از دوره اول، روندی افزایشی را دنبال می‌کند. در مورد دیگر فاکتورها مانند شوری، کلر، سدیم روندها تقریباً مشابه به یکدیگر می‌باشد. با توجه به بررسی‌های روند زمانی فاکتورهای مختلف و روندیابی کل آبخوان، فاکتور بی‌کربنات که روندی مثبت داشته اما سایر فاکتورها دارای روند کاهشی و فلقد روند بوده که بیان‌گر تأثیر مثبت طرح‌های تغذیه مصنوعی بر کنترل فاکتورهای کیفی می‌باشد. این بدین‌معنی است که نفوذ آب سیل از طریق این پروژه‌ها توانسته وضعیت تمام فاکتورها به استثنای بی‌کربنات را بهبود ببخشد اما گذر زمان تأثیرات متفاوتی را بر نحوه و میزان تأثیرگذاری گذاشته که نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر دارد.

واژگان کلیدی: آب زیرزمینی، تغذیه مصنوعی، روند، شیب سن، من‌کندال.

* **نویسندهٔ مسئول:** f.fotouhi@ardakan.ac.ir

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

۱ـ مقدمه

یکی از راهکارهای موجود برای استفاده بهینه از منابع آب در شرایط بحرانی منابع آب زیرزمینی و سطحی، اجرای طرح‌های تغذیه مصنوعی می‌باشد. این سیستم‌ها با هدف ذخیره آب‌های سطحی مازاد در آبخوان‌های آب زیرزمینی به‌منظور بهبود کمی منابع آب و همچنین بهبود کیفیت آب درگذر از لایه‌های مختلف خاک صورت می‌پذیرد. تغذیه مصنوعی آب زیرزمینی عبارت است از افزایش حرکت طبیعی آب‌های سطحی به داخل سازندهای زیرزمینی به وسیله روش‌های مختلف ساختمانی، پخش آب و یا به وسیله ایجاد تغییرات مصنوعی در شرایط طبیعی. تغذیه مصنوعی برای اهداف گوناگون استفاده می‌شود که به شرایط جغرافیایی، طبیعی و اقتصادی بستگی دارد (Pakdaman and Bazrafshan, 2023).

نتایج بررسی عملکرد پخش سیلاب کاشمر بر میزان نفوذپذیری و تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی بیانگر این موضوع بود که عملیات آبخواندارای تأثیر مثبتی بر سطح سفره آب زیرزمینی و آب‌دهی قنوات پایین دست داشته است. (Shahrabadi et al., 2021). Taheri و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه‌ای به بررسی اثرات ناشی از اجرای طرح تغذیه مصنوعی بر کمیت و کیفیت آبخوان سفیددشت شهرکرد پرداختند. به منظور بررسی روند زمانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی، از آزمون من-کندال، در سطح اعتماد ۹۹٪ و ۹۵٪، برای هر چاه استفاده شد. تحلیل کلی بر روی پارامترهای کیفیت آب، بیانگر کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی، به خصوص در پارامترهایی نظیر منیزیم بود. Soleimani Sardo و همکاران (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای به بررسی روند متغیرهای شیمیایی کیفیت آب رودخانه چم انجیر خرم آباد پرداختند. آن‌ها در مطالعه خود از آزمون ناپارامتری من- کندال بهره برده و نشان دادند که علی رغم 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 ۹۹ درصد بودند که این تغییرات کاهش کیفیت آب و افزایش املاح محلول را تأیید می‌کند. Kannel و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی تغییرات زمانی- مکانی و فاکتورهای مؤثر در مدیریت آب‌های زیرزمینی در دره کاتملندو نپال دریافتند که آلودگی مناطق روستایی کمتر از مناطق شهری است. هم چنین آن‌ها گزارش کردند که غلظت فسفر کل در آب‌های زیرزمینی مناطق روستایی بیشتر از آب‌های سطحی است. Gholami و همکاران (۲۰۲۱) با تحلیل روند تغییرات پارامترهای کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت تویسرکان با آزمون ناپارامتری من کندال به این نتیجه رسیدند که دشت از لحاظ کیفی دچار افت شده و روند تغییرات کاهشی معنی‌دار در سطح ایستابی، به میزان متوسط سالانه ۵۳ سانتی‌متر افت دارد. Zakwan (۲۰۲۱) در پژوهشی با استفاده از روش‌های من کندال و تخمین گر شیب سن، کمیت و کیفیت آب‌های زیرزمینی را در مناطق خشک و نیمه خشک چورو، راجستان و هند بررسی کرد. بر مبنای نتایج کاهش چشمگیری در سطح آب‌های زیرزمینی مشاهده و پیرو آن مشخص شد کیفیت منابع آب زیرزمینی منطقه روند نزولی داشته است.

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

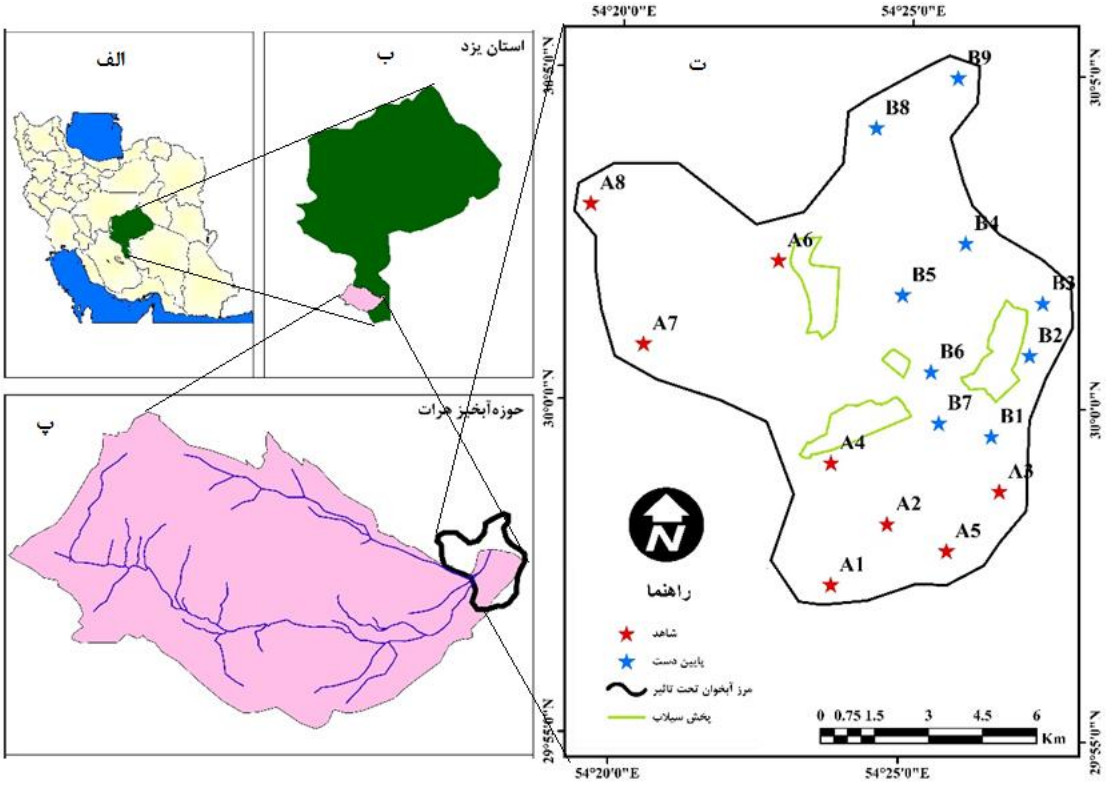
نتایج بررسی تأثیر تغذیه مصنوعی بر کمیت و کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت شمیل-آشکارا (استان هرمزگان) نشان داد که چاه‌های مشاهده‌ای مورد مطالعه در دشت دارای روند کاهشی در تراز آب زیرزمینی خود هستند، به طوری‌که به طور متوسط طی دوره‌ی مورد بررسی به ازای هر سال ۰/۴۱ متر و به طورکلی تراز آب ۱۱/۷ متر افت داشته است؛ اما اثر تغذیه مصنوعی بر تغییرات چاه‌های اطراف قابل مشاهده بوده و در یک مقطع زمانی سبب افزایش و جبران ۹/۶ درصدی افت مخزن شده و همچنین میزان EC از ۴۵۰۰ دسی زیمنس بر متر به ۴۰۰۰ رسیده است؛ اما پس از گذشت دو سال حوضچه‌های تغذیه مصنوعی کارایی خود را از دست داده است؛ که این مسئله ضرورت پایش و نگهداری مکرر کارایی طرح‌های تغذیه مصنوعی را می‌طلبد (Pakdaman and Bazrafshan, 2023). هدف اصلی از پژوهش حاضر، بررسی روند تغییرات زمانی پارامترهای کیفی آبخوان فتح آباد با استفاده از آزمون‌های من- کندال و شیب سن در محدوده پخش سیلاب هرات و در واقع بررسی تأثیر عملکرد طرح‌های تغذیه مصنوعی بر روند زمانی پارامترهای کیفیت آب می‌باشد.

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

حوزه آبخیز هرات به وسعت ۱۴۱۳ کیلومترمربع با مختصات ´۲۱ °۵۴ تا ´۳۸ °۵۸ طول شرقی و ´۱۲ °۳۰ تا ´۲۹ ° ۴۷ عرض شمالی در جنوب استان یزد و جنوب غرب شهرستان خاتم واقع شده است. ارتفاع متوسط این حوضه ۲۲۰۷ متر، حداکثر ارتفاع ۳۲۶۵ و حدلقل آن حدود ۱۷۳۰ متر از سطح دریا می‌باشد. طبق داده‌های بلندمدت ایستگاه کلیماتولوژی هرات، متوسط بارش سالانه حوزه ۲۱۷ میلیمتر در سال است که طبق اقلیم کلی منطقه یزد، قسمت اعظم آن در زمستان و پاییز می‌بارد به‌طوری‌که ۵۴ درصد در فصل زمستان، ۲۵ درصد در پاییز و ۲۱ درصد در فصل بهار می‌باشد. اقلیم منطقه براساس طبقه‌بندی دومارتن جزء اقلیم نیمه‌خشک سرد می‌باشد (Pooramini et al., 2021). محیط حوزه برابر ۲۳۷ کیلومتر و آبراهه اصلی آن به نام رودخانه اعظم ۹۱ کیلومتر طول دارد. این منطقه از نظر زمین‌شناسی قسمتی از زون ایران مرکزی را تشکیل می‌دهد که در شمال شرق رشته چین‌خورده زاگرس قرار دارد.

منطقه مورد مطالعه از نظر لیتولوژی متنوع بوده و از قدیمی ترین تشکیلات متعلق به پالئوزوئیک تا آبرفت‌های دوران چهارم را شامل می‌شود. نهشته‌های کواترنر با مساحت ۸۲۰ کیلومترمربع بیشترین گسترش داشته و بیش از ۵۸ درصد از کل منطقه مورد مطالعه را می‌پوشاند (Pooramini et al., 2021). موقعیت سایت‌های پخش سیلاب اجرا شده در انتهای خروجی حوضه هرات و به وسعت ۴۹۰ هکتار که شامل چهار عرصه اجرایی بوده که در شکل (۱) نشان داده شده است. هر کدام از عرصه‌ها دارای سیستم آبگیری و بخش‌های جداگانه شامل سازه انحراف آب، دریچه، کانال انحراف و انتقال آب، حوضچه رسوبگیر و عرصه پخش‌سیلاب که شامل دایک‌ها (خاکریزها)، دستک‌ها، سرریزها (که معمولاً از سنگ و سیمان ساخته شده‌اند)، کانال پخش و سرریز خروجی که در آخرین بند یا پهنه پخش طراحی شده و آب اضافه استحصال‌شده را به رودخانه اصلی برمی‌گرداند (Pooramini et al., 2021). مساحت آبخوان فتح آباد حدود ۱۱۶ کیلومترمربع، محیط حدود ۵۱ کیلومتر می‌باشد که در خروجی حوزه‌آبخیز هرات قرار دارد. جدول (۱) خصوصیات فیزیوگرافی را به صورت مختصر بیان می‌کند. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی آبخوان فتح آباد، حوزه‌آبخیز هرات و چاه‌های شاهد و تحت تأثیر را در استان یزد و کشور ایران نشان می‌دهد.

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی آبخوان فتح آباد (ت) و حوزه‌آبخیز هرات (پ) در استان یزد (ب) و کشور ایران (الف)

۳ـ مواد و روش

۳ـ۱ـ داده‌ها و مراحل اجرای پژوهش

برای بررسی روند تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی از اطلاعات متغیرهای کیفی ۱۷ چاه کشاورزی با دوره‌ی آماری ۱۹ ساله (۱۴۰۰- ۱۳۸۲) در محدوده‌ی آبخوان فتح آباد استفاده شد. بر اساس اطلاعات موجود، داده‌های پارامترهای Ca، HCO3، Mg، Na، Cl، TDS و EC استخراج گردید. چاه‌ها بر اساس موقعیت قرارگیری و جهت آبراهه‌های گذری از سایت‌های تغذیه مصنوعی به دو گروه شاهد و تحت‌تأثیر طبقه‌بندی شد. به منظور بررسی میزان تأثیرات پروژه‌های پخش سیلاب، در ابتدا و پس از گذشت چندسال، اقدام به روندیابی خطی میانگین فاکتورها در دو دوره زمانی گردید. به دلیل عدم وجود داده در سال‌های قبل از اجرای پخش‌سیلاب برای ارزیابی تأثیرپذیری کیفیت آب زیرزمینی از پروژه پخش سیلاب، تعداد سال‌های موجود به دو قسمت تقریباً مساوی تقسیم گردید تا بتوان تأثیر این پروژه‌ها را در دوره ابتدایی ساخت و پس از گذشت چند سال بررسی کرد. برهمین اساس سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۲ به عنوان دوره اول و ۱۴۰۰- ۱۳۹۱ به عنوان دوره دوم انتخاب گردید. جهت بررسی روند خطی میانگین پارامترهای کیفی آب زیرزمینی، در محدوده آبخوان فتح آباد، از نرم‌افزار Minitab استفاده شد. برای بررسی روند زمانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی، از آزمون من-کندال، در سطح اعتماد ۹۵ درصد و شیب سن در محیط نرم افزار XLSTAT 2019 استفاده شد.

۳-۲- محاسبه روند زمانی از طریق روش‌های ناپارامتری

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

همانند سایر آزمون‌های آماری، روش روندیابی من‌کندال نیز بر مبنای مقایسه فرض صفر و یک بوده و در نهایت در مورد پذیرش یا رد فرض صفر تصمیم‌گیری می‌نمایند. فرض صفر این آزمون مبتنی بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده‌هاست و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده‌ها می‌باشد. مراحل محاسبه آماره‌های این آزمون به شرح زیر می‌باشد (Mann, 1945):

الف: محاسبه اختلاف بین تک‌تک جملات سری با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتر s که از رابطه (۱) به دست می‌آید:

$$s = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} sgn(x_j - x_k)$$ رابطهٔ (۱)

که در آن: n تعداد مشاهدات و x_j ، x_k داده‌های j ام و k ام سری‌اند. تابع علامت نیز با رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$sgn = \begin{cases} +1 & \text{اگر } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{اگر } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{اگر } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$ رابطهٔ (۲)

ب: محاسبه واریانس که از رابطه (۳) و (۴) به دست می‌آید:

اگر n>10

$$Var = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{j=1}^{m} t_i \ t_i(t_i-1)(2t_i-1)(2t_i+5)}{18}$$ رابطهٔ (۳)

اگر n<10

$$Var = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$$ رابطهٔ (۴)

که در نهایت n تعداد داده‌های مشاهده‌ای، m معرف تعداد سری‌هایی که در آن حداقل یک داده تکراری وجود داشته باشد و t معرف داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد.

ج: نهایتا مقدار آماره z توسط یکی از روابط زیر تعیین می‌گردد:

$$Z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{اگر } S > 0 \\ 0 & \text{اگر } S = 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{Var(s)}} & \text{اگر } S < 0 \end{cases}$$ رابطهٔ (۵)

در یک آزمون دوطرفه برای یافتن روند سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه‌ی (۶) برقرار باشد:

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

رابطهٔ (۶) $$|Z| \leq Z_{\frac{\alpha}{2}}$$

که در آن: α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z آماره‌ی توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری می‌باشد، که با توجه به دو دامنه بودن آزمون، از $\frac{\alpha}{2}$ استفاده شده است. در این تحقیق آزمون من‌کندال برای سطح اطمینان ۹۵ درصد به کار گرفته شده است که مقدار $Z_{\frac{\alpha}{2}}$ برابر ۱/۹۶ می‌باشد. دلیل عدم استفاده از سطح ۹۹ درصد اطمینان، نزدیکی نتایج حاصل از دو سطح اطمینان مذکور می‌باشد.

در صورت مثبت بودن آماره‌ی روند، سری داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن، روند نزولی در نظر گرفته می‌شود. برای اندازه‌گیری میزان روند می‌توان شیب تخمینی β را توسط رابطه‌ای که توسط Sen (۱۹۶۸) ارائه و توسط Hirsch و همکاران (۱۹۸۲) توسعه یافت محاسبه کرد. این روش همانند روش من‌کندال بر اساس مفهوم تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بنا نهاده شده است. رابطه به صورت زیر تعریف شده است:

رابطهٔ (۷) $$\beta = \frac{x_t - x_s}{t - s}$$

در این رابطه: x_t و x_s به ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان t و s می‌باشد. به طوری‌که t یک واحد زمانی بعد از s است. با اعمال این رابطه برای هر دو جفت داده مشاهده‌ای، یک‌سری زمانی از شیب‌های محاسبه شده به دست می‌آید که از محاسبه میانه این سری زمانی، شیب خط روند (β_{med}) حاصل می‌آید. مقدار مثبت (β_{med}) حاکی از صعودی بودن روند و مقدار منفی آن نشان‌دهنده نزولی بودن روند می‌باشد (Vafakhah et al., 2012). هر دو روش مذکور با استفاده از نرم افزارXLSTAT 2019 انجام گردید.

۴-یافته‌ها

۴-۱- ارزیابی روند زمانی فاکتورهای کیفی آب از طریق روش‌های ناپارامتری:

نتایج روند مربوط به هر یک از چاه‌های مورد بررسی با روش‌های من‌کندال و شیب سن در سطح ۹۵ درصد در جداول (۱) و (۲) آمده است. براساس موقعیت قرارگیری، چاه‌ها به دو گروه بالادست و پایین‌دست تقسیم شدند. مبنای تقسیم‌بندی چاه‌ها به دو گروه ذکر شده، موقعیت آن‌ها نسبت به پروژه پخش‌سیلاب و توجه به مسیر آبراهه‌های موجود در منطقه بوده است.

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

جدول ۱: نتایج حاصل از آزمون من-کندال و تخمین گر سن (Z آماره من- کندال و Qmed شیب خط روند تخمین گر سن) برای پارامترهای کلسیم، بی‌کربنات، منیزیم و سدیم در چاه‌های مورد بررسی

چاه‌های پایین‌دست						چاه‌های شاهد					
	کلسیم			بی کربنات			کلسیم			بی کربنات	
کد چاه	وضعیت روند	Z	Qmed	وضعیت روند	Z	Qmed	کد چاه	وضعیت روند	Z	وضعیت روند	Z	Qmed
B1	فاقد روند	-۱/۰۹	-	کاهشی	-۲/۱۵	-۰/۰۵	A1	افزایشی	۳/۱۱	افزایشی	۴/۱۱	۰/۱۰
B2	فاقد روند	-۱/۳۰	-	کاهشی	-۲/۷۷	-۰/۰۷	A2	افزایشی	۳/۷۲	افزایشی	۳/۷۷	۰/۱۰
B3	کاهشی	-۳/۶۲	-۰/۲۷	کاهشی	-۴/۰۷	-۰/۱۲	A3	افزایشی	۳/۹۳	افزایشی	۴/۳۱	۰/۱۰
B4	کاهشی	-۲/۴۳	-۰/۱۲	کاهشی	-۲/۳۰	-۰/۰۶	A4	افزایشی	۴/۲۸	افزایشی	۲/۹۵	۰/۰۹
B5	کاهشی	-۲/۳۱	-۰/۲۱	کاهشی	-۲/۱۷	-۰/۰۴	A5	فاقد روند	۰/۴۹	-	۴/۶۷	۰/۱۳
B6	کاهشی	-۲/۹۶	-۰/۱۹	کاهشی	-۲/۳۴	-۰/۰۶	A6	افزایشی	۲/۱۵	فاقد روند	-۱/۷۳	-
B7	فاقد روند	-۰/۱۴	-	فاقد روند	-۱/۲۷	-	A7	افزایشی	۲/۴۰	افزایشی	۳/۳۶	۰/۱۴
B8	کاهشی	-۳/۴۵	-۰/۱۶	کاهشی	-۳/۱۹	-۰/۰۵	A8	افزایشی	۲/۰۹	افزایشی	۳/۸۸	۰/۱۶
B9	کاهشی	-۲/۶۴	-۰/۱۰	کاهشی	-۴/۱۹	-۰/۱۰						

چاه‌های پایین‌دست						چاه‌های شاهد					
	منیزیم			سدیم			منیزیم			سدیم	
کد چاه	وضعیت روند	Z	Qmed	وضعیت روند	Z	Qmed	کد چاه	وضعیت روند	Z	وضعیت روند	Z	Qmed
B1	کاهشی	-۳/۹۳	-۰/۶۴	کاهشی	-۲/۷۴	-۰/۸۳	A1	افزایشی	۴/۹۸	افزایشی	۴/۰۲	۰/۵۲
B2	کاهشی	-۳/۰۰	-۰/۲۸	کاهشی	-۳/۶۶	-۱/۴۱	A2	فاقد روند	۱/۸۶	-	۲/۳۵	۰/۵۰
B3	کاهشی	-۳/۳۶	-۰/۶۸	کاهشی	-۲/۶۶	-۱/۱۰	A3	افزایشی	۳/۵۱	افزایشی	۳/۹۷	۱/۶۴
B4	کاهشی	-۴/۷۰	-۰/۶۴	کاهشی	-۳/۷۲	-۱/۲۵	A4	افزایشی	۴/۴۲	افزایشی	۳/۰۹	۰/۴۹
B5	کاهشی	-۳/۶۵	-۰/۲۶	کاهشی	-۲/۹۵	-۰/۴۵	A5	افزایشی	۳/۴۲	افزایشی	۴/۰۰	۱/۳۹
B6	کاهشی	-۳/۶۵	-۰/۲۷	کاهشی	-۴/۰۰	-۰/۸۴	A6	افزایشی	۳/۸۲	افزایشی	۳/۳۴	۰/۳۴
B7	کاهشی	-۳/۷۹	-۰/۲۹	کاهشی	-۳/۸۳	-۰/۹۹	A7	افزایشی	۲/۷۶	افزایشی	۳/۳۴	۰/۰۷
B8	کاهشی	-۲/۹۱	-۰/۲۱	کاهشی	-۲/۱۵	-۰/۰۸	A8	افزایشی	۳/۴۸	افزایشی	۳/۶۵	۰/۱۱
B9	کاهشی	-۳/۶۴	-۰/۵۰	فاقد روند	-۱/۹۱	-						

نتایج مربوط به فاکتور کلسیم نشان داد، از بین نه چاه واقع در پایین‌دست پروژه، سه چاه فاقد روند و مابقی دارای روند منفی می‌باشد. نتایج بررسی روند چاه‌های شاهد نشان داد در دوره آماری مورد بررسی، کلسیم به جز یک چاه در مابقی دارای روندی مثبت بوده است. همچنین روند این فاکتور در چاه‌های پایین‌دست منفی و فاقد روند می‌باشد. به‌طوری‌که چاه B3 بیشترین شیب منفی را در بین چاه‌های تحت‌تأثیر داشته است. بررسی‌های موقعیت چاه و آبراهه‌های محدوده نشان‌داد، چاه B2 و B3 جزو چاه‌هایی هستند که از دو سایت پخش‌سیلاب تاثیر گرفته و این می‌تواند دلیلی بر تاثیرپذیری بیشتر این فاکتور از پخش‌سیلاب باشد که این امر را شیب فاکتورهای بی‌کربنات، منیزیم و سدیم نیز تأیید می‌کند. به طوری‌که حداقل یکی از چاه‌های ذکر شده جزو بیشترین شیب منفی در بین چاه‌ها هستند.

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

جدول ۲: نتایج حاصل از آزمون من-کندال و تخمین گر سن (Z آماره من- کندال و Qmed شیب خط روند تخمین گر سن) برای پارامترهای کل جامدات محلول، شوری و کلر در چاه‌های مورد بررسی

چاه‌های پایین‌دست									چاه‌های شاهد								
کل جامدات محلول			شوری			کلر			کل جامدات محلول			شوری			کلر		
کد چاه	وضعیت روند	Z	Qmed	وضعیت روند	Z	Qmed	وضعیت روند	Z	Qmed	کد چاه	وضعیت روند	Z	Qmed	وضعیت روند	Z	Qmed	وضعیت روند	Z	Qmed
B1	کاهشی	-۴/۰۶	-۰/۱۵	کاهشی	-۳/۲۲	-۷۸/۴	کاهشی	-۳/۲۹	-۰/۵۳	A1	فاقد روند	۱/۵۴	-	افزایشی	۲/۴۹	۱۹/۴۷	افزایشی	۳/۸۳	۰/۳۷
B2	کاهشی	-۴/۲۰	-۰/۱۵	کاهشی	-۳/۳۳	-۱۰۷/۶	فاقد روند	-۱/۴۱	-	A2	افزایشی	۲/۱۷	۰/۰۶	فاقد روند	۰/۰۰	-	افزایشی	۲/۸۴	۰/۴۵
B3	کاهشی	-۴/۰۶	-۰/۱۳	کاهشی	-۲/۳۱	-۵۵/۸	فاقد روند	-۱/۱۶	-	A3	فاقد روند	۰/۱۴	-	فاقد روند	۰/۸۱	-	افزایشی	۲/۱۴	۰/۲۵
B4	کاهشی	-۳/۰۸	-۰/۰۶	کاهشی	-۴/۲۷	-۱۵۳/۷	کاهشی	-۲/۵۴	-۰/۴۶	A4	فاقد روند	۱/۰۵	-	افزایشی	۲/۳۱	۴۰/۶۴	افزایشی	۴/۷۸	۰/۴۰
B5	کاهشی	-۳/۶۱	-۰/۵۵	کاهشی	-۲/۷۳	-۴۰/۳	کاهشی	-۳/۲۷	-۰/۲۸	A5	فاقد روند	۰/۸۸	-	فاقد روند	۱/۱۹	-	فاقد روند	۱/۲۳	-
B6	کاهشی	-۴/۴۸	-۰/۰۷	کاهشی	-۳/۵۰	-۸۹/۸	کاهشی	-۳/۶۸	-۰/۷۵	A6	کاهشی	-۲/۹۱	-۰/۰۲	فاقد روند	۱/۸۹	-	فاقد روند	-۱/۵۵	-
B7	کاهشی	-۳/۴۷	-۰/۱۱	کاهشی	-۳/۳۶	-۱۰۸/۳	کاهشی	-۲/۷۰	-۰/۹۰	A7	افزایشی	۲/۲۸	۰/۰۱	کاهشی	-۳/۷۱	-۰/۱۳	افزایشی	۳/۱۳	۰/۱۰
B8	کاهشی	-۳/۴۳	-۰/۰۳	کاهشی	-۳/۵۰	-۳۲/۳	کاهشی	-۳/۷۵	-۰/۲۵	A8	فاقد روند	۱/۸۶	-	فاقد روند	۱/۷۳	-	افزایشی	۳/۴۱	۰/۱۰
B9	کاهشی	-۳/۷۱	-۰/۱۱	کاهشی	-۳/۳۶	-۱۹۷/۱	کاهشی	-۲/۸۷	-۰/۹۱										

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

فاکتورهای سدیم، بی‌کربنات و منیزیم در پایین‌دست پروژه‌ها اغلب دارای روندی منفی بوده و همچنین در منطقه شاهد نیز اغلب روند مثبت را نشان می‌دهند اما فاکتورهای شوری، کلر و کل جامدات محلول[1] در محدوده شاهد، وضعیتی مشابه با دیگر فاکتورها ندارند. به طوری‌که تعداد چاه‌های فاقد روند در محدوده شاهد به نسبت مابقی فاکتورها بیشتر می‌باشد. این بدین‌معنی است که ذاتاً وضعیت آبخوان از نظر سه شاخص مورد بحث خنثی بوده و گرایش منفی یا مثبتی نداشته اما بررسی روند مربوط به منطقه تحت‌تاثیر نشان داد، پروژه‌های پخش‌سیلاب توانسته وضعیت این فاکتورها که جزئی از فاکتورهای مهم و تاثیرگذار بر آب‌های کشاورزی هستند، به سمت بهبود سوق دهد.

کل جامدات محلول و شوری از فاکتورهای مهم و اثرگذار در کشاورزی می‌باشد. به طوری‌که در اغلب مناطق کشور به دلیل برداشت‌های بی‌رویه شوری آب‌ها در حال افزایش بوده و این شوری سبب شور شدن خاک می‌شود. افزایش شوری سبب می‌شود محصولات کشاورزی در منطقه محدود شود و تولیدات کشاورزی کاهش یابد. همچنین یکی از دلایل اصلی جنگل‌زدایی شوری خاک بوده که معلول برداشت‌های بی‌رویه از آبخوان‌هاست (Pooramini et al., 2021). نتایج کلی مربوط به روند فاکتورهای کیفی آب چاه‌ها در این آبخوان نشان داد، نفوذ دادن سیلاب‌ها در قالب پروژه‌های پخش سیلاب توانسته وضعیت کیفیت آب زیرزمینی را بهبود ببخشد و از شوری آب‌های کشاورزی جلوگیری کند. شایان ذکر است، موقعیت چاه‌ها و فاصله نسبت به آبراهه‌ها و سایت‌های پخش سیلاب بر تأثیرپذیری چاه‌ها تاثیرگذار بوده است، به‌طوری‌که علاوه بر وضعیت دوچاه B2 و B3 که در قبل ذکر شد، چاه B9 که در انتهایی‌ترین قسمت آبخوان تحت‌تاثیر قرار داشته و فاصله زیادی از سایت‌های پخش سیلاب دارد نیز در اکثر فاکتورها جزو چاه‌هایی است که بیشترین روند منفی را دارا بودند. اما ذکر این نکته ضروری‌است که چاه مذکور دقیقاً بر روی آبراهه قرار داشته و آب‌های نفوذ داده شده توسط سایت‌های پخش توانسته تاثیر مثبتی را بر وضعیت کیفی آب این چاه داشته‌باشد. جدول (۳) نشان‌دهنده نتایج روندیابی میانگین مشخصه‌های کیفی مربوط به آبخوان هرات می‌باشد که بررسی روند در این بخش نیز از طریق روش ترکیبی من‌کندال و شیب سن انجام گردید.

جدول ۳: نتایج حاصل از آزمون من-کندال و تخمین گر سن (Z آماره من- کندال و Qmed شیب خط روند تخمین گر سن) برای میانگین فاکتورهای کیفی در پایین‌دست، شاهد و کل آبخوان

	پایین‌دست			شاهد			کل آبخوان		
فاکتور کیفیت	وضعیت روند	Z	Q_{med}	وضعیت روند	Z	Q_{med}	وضعیت روند	Z	Q_{med}
Ca	کاهشی	-۲/۷۳	-۰/۱۳	افزایشی	۴/۳۴	۰/۱۵	فاقد روند	-۰/۶۳	-
Hco3	کاهشی	-۳/۴۳	-۰/۰۷	افزایشی	۴/۲۷	۰/۱۰	افزایشی	۲/۵۹	۰/۰۲
Mg	کاهشی	-۴/۹۰	-۰/۴۴	افزایشی	۴/۴۸	۰/۳۱	کاهشی	-۲/۵۲	-۰/۰۷
Na	کاهشی	-۴/۹۰	-۰/۴۴	افزایشی	۴/۷۶	۰/۶۲	فاقد روند	-۱/۳۰	-
Cl	کاهشی	-۲/۹۴	-۰/۵۸	افزایشی	۳/۱۲	۰/۳۰	فاقد روند	-۱/۹۶	-
TDS	کاهشی	-۴/۴۱	-۰/۱۰	فاقد روند	۰/۰۰	-	کاهشی	-۳/۹۹	-۰/۰۵
EC	کاهشی	-۴/۳۴	-۱۰۴/۱	فاقد روند	۱/۸۹	-	کاهشی	-۲/۵۹	-۳۷/۵۳

به منظور ارزیابی اثرات پروژه پخش‌سیلاب بر کیفیت آب زیرزمینی، علاوه بر بررسی روند میانگین کل آبخوان، روندیابی میانگین فاکتورهای کیفی مربوط به چاه‌های پایین‌دست و شاهد به طور مجزا انجام گردید. نتایج بررسی روند

[1] Total Dissolved Solids (TDS)

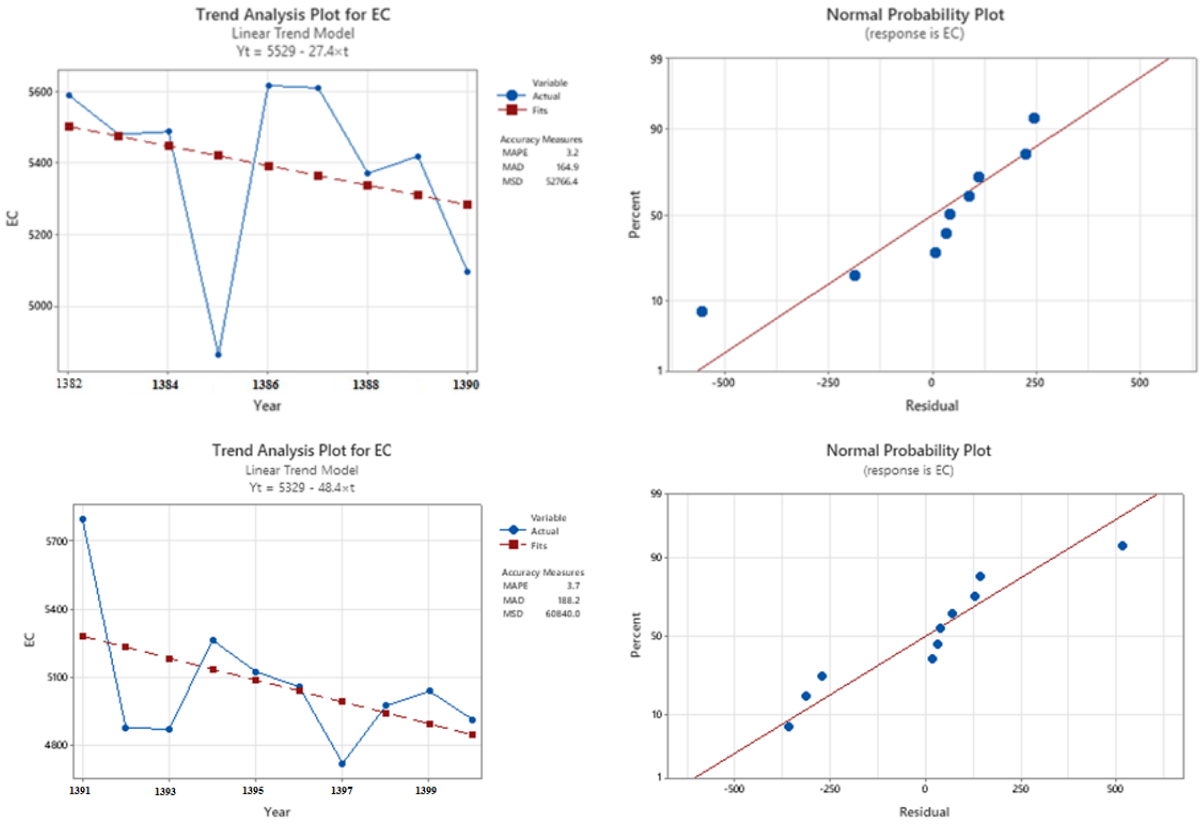
* نویسندهٔ مسئول: f.fotouhi@ardakan.ac.ir

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

مربوط به میانگین فاکتورها در کل آبخوان نشان داد، به جز بی‌کربنات مابقی فاکتورها دارای روند منفی و یا فاقد روند هستند که نشان‌گر وضعیت و گرایش مناسب آبخوان از نظر کیفیت آب زیرزمینی می‌باشد که این نتیجه با مقایسه نتایج مربوط به میانگین فاکتورهای پایین‌دست و شاهد تایید می‌گردد. به طوری‌که سری زمانی فاکتورهای مربوط به چاه‌های پایین دست همگی دارای روند منفی و چاه‌های شاهد عکس این نتیجه را نشان می‌دهند.

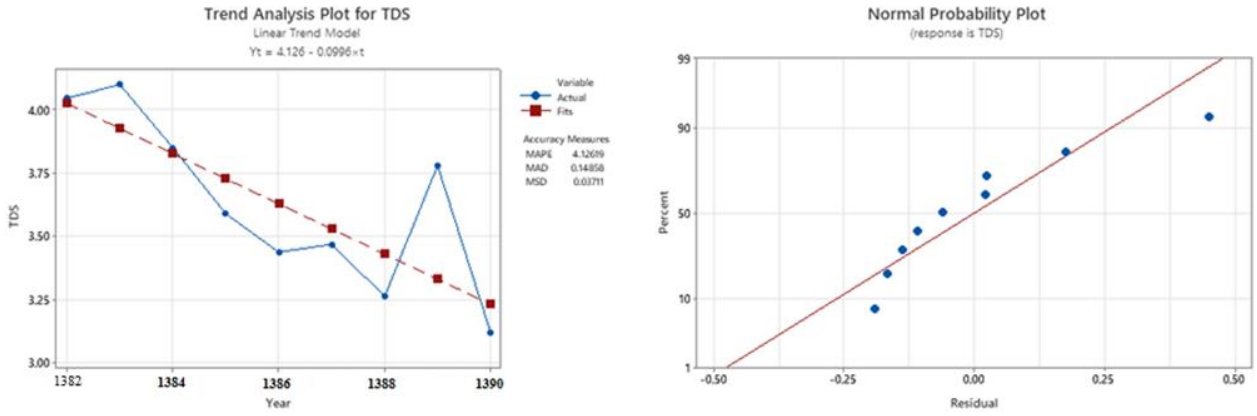
۲-۴- ارزیابی روند خطی میانگین پارامترهای کیفیت آب در دو دوره زمانی

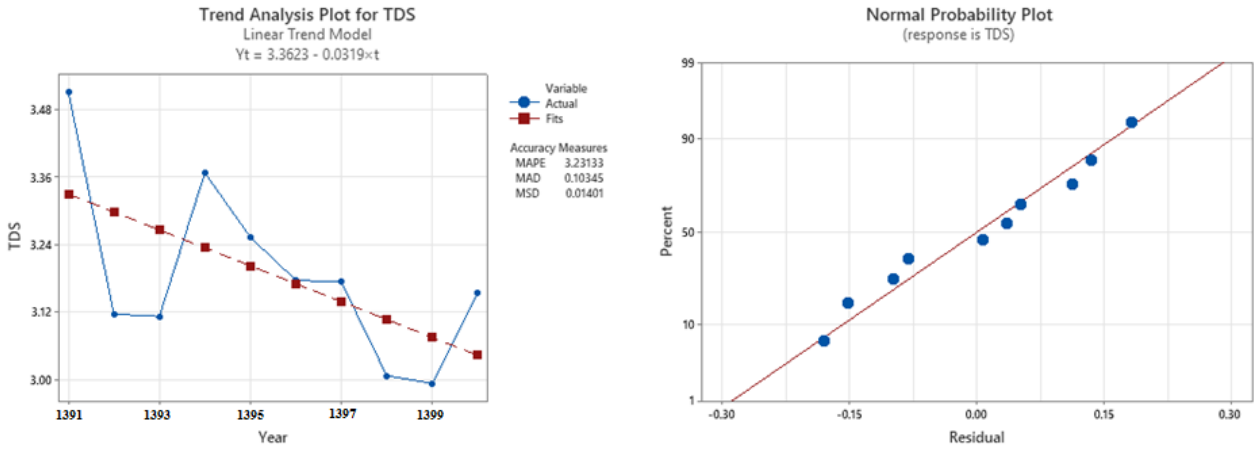
به منظور بررسی میزان تأثیرات پروژه‌های پخش سیلاب، در ابتدا و پس از گذشت چندسال، اقدام به روندیابی خطی میانگین فاکتورها در دو دوره زمانی گردید. به دلیل عدم وجود داده در سال‌های قبل از اجرای پخش‌سیلاب برای ارزیابی تأثیرپذیری کیفیت آب زیرزمینی از پروژه پخش سیلاب، تعداد سال‌های موجود به دو قسمت تقریباً مساوی تقسیم گردید تا بتوان تأثیر این پروژه‌ها را در دوره ابتدایی ساخت و پس از گذشت چند سال بررسی کرد. برهمین اساس سال‌های ۱۳۹۰-۱۳۸۲ به عنوان دوره اول و ۱۴۰۰- ۱۳۹۱ به عنوان دوره دوم انتخاب گردید. شکل‌های (۲ تا ۸) نتایج روند خطی میانگین پارامترهای کیفی آب در دوره‌های اول و دوم را نشان می‌دهد.



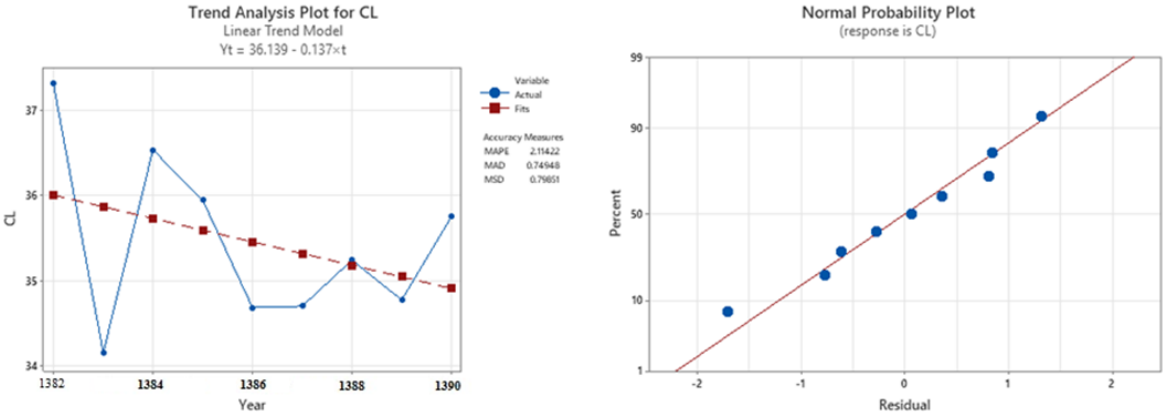
[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

شکل ۲: آنالیز روند خطی میانگین EC در دوره‌های اول (۱۳۹۰-۱۳۸۲) و دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۱)

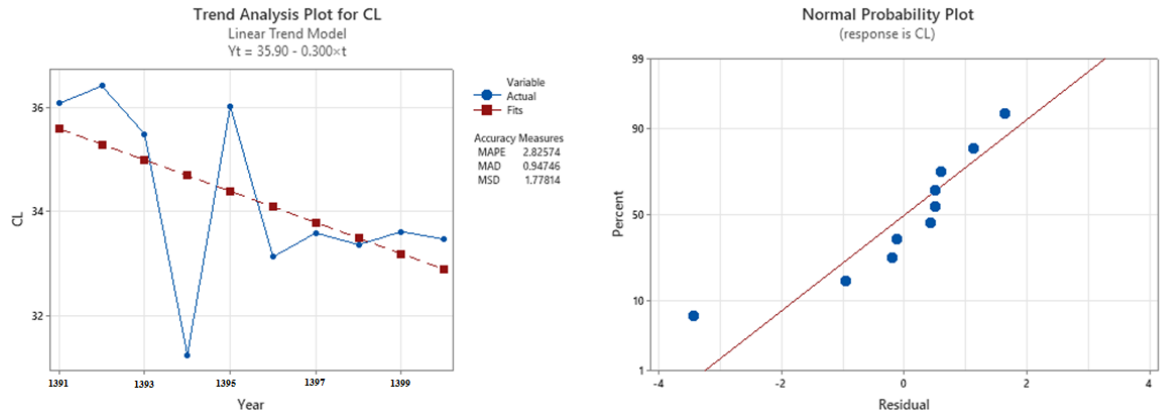




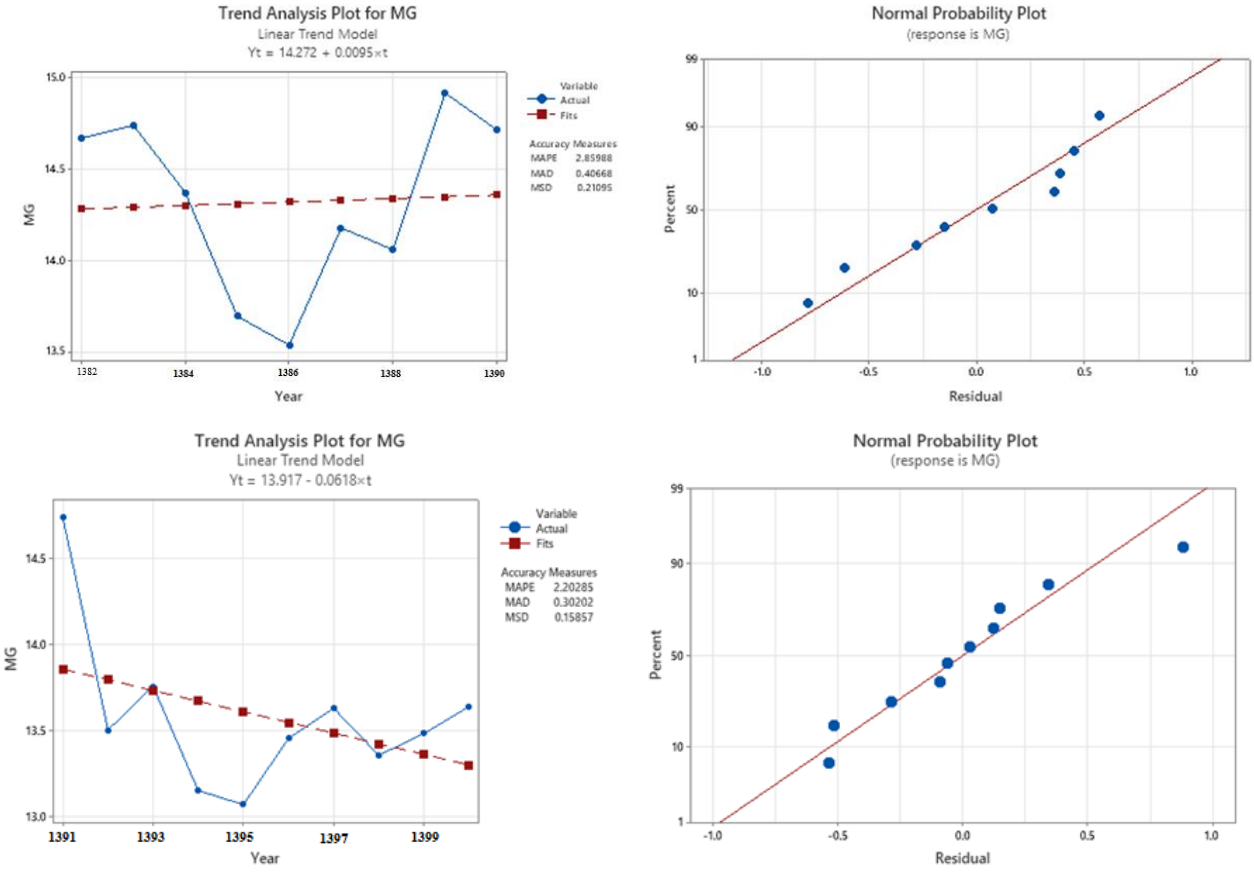
شکل ۳: آنالیز روند خطی میانگین TDS در دوره‌های اول (۱۳۹۰-۱۳۸۲) و دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۱)



[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

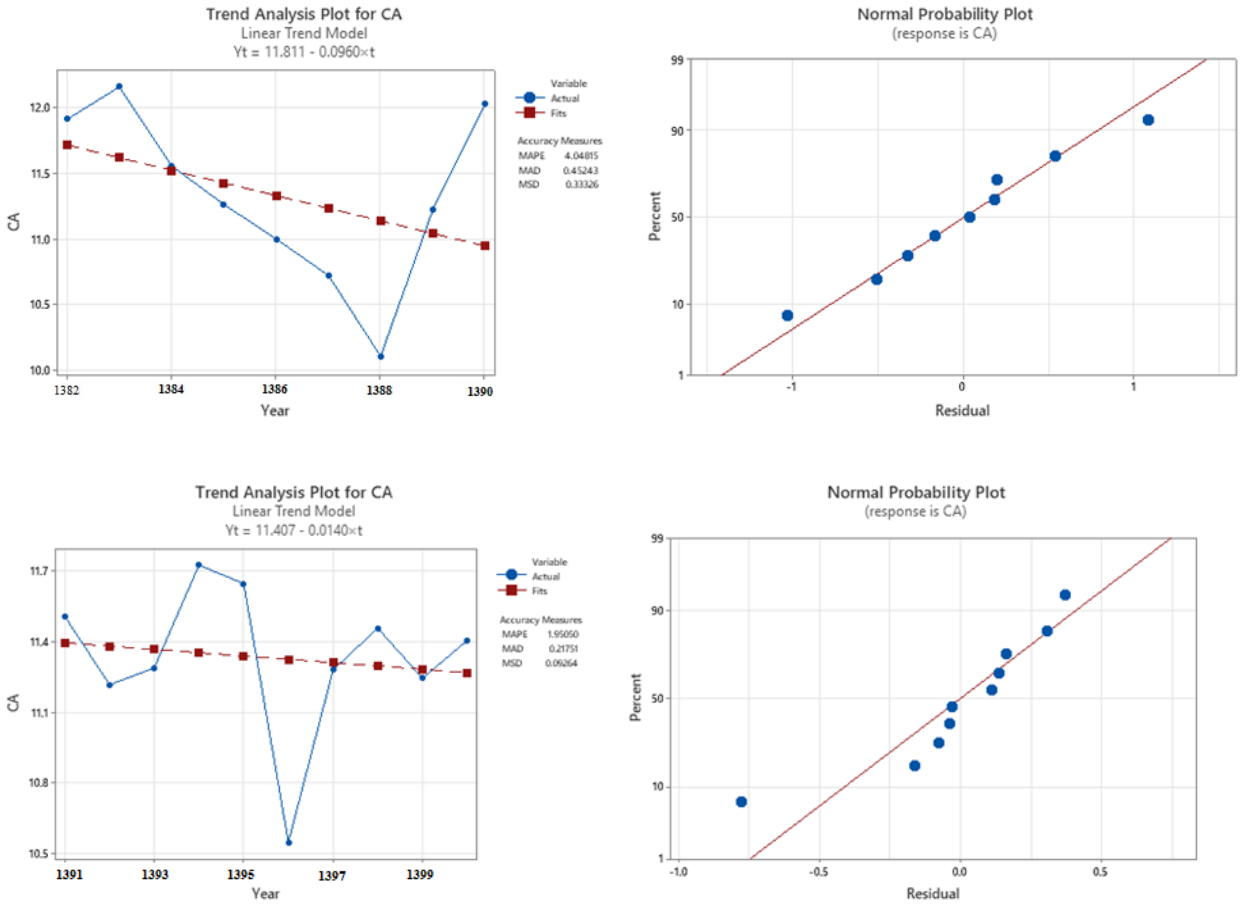


شکل ۴: آنالیز روند خطی میانگین **Cl** در دوره‌های اول (۱۳۹۰-۱۳۸۲) و دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۱)

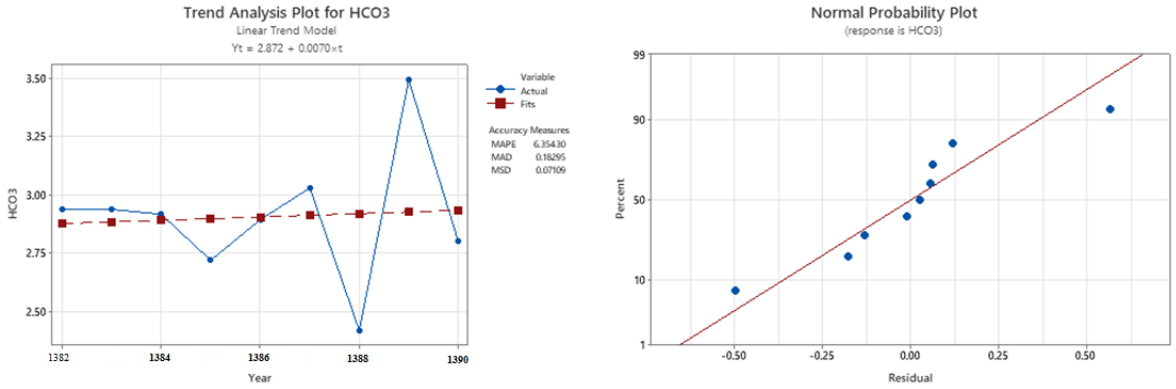


شکل ۵: آنالیز روند خطی میانگین **Mg** در دوره‌های اول (۱۳۹۰-۱۳۸۲) و دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۱)

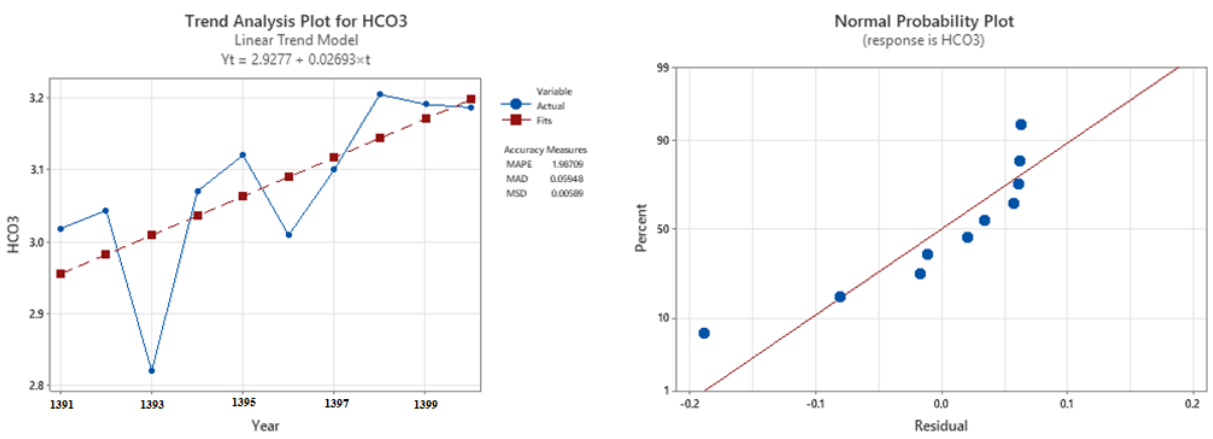
[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]



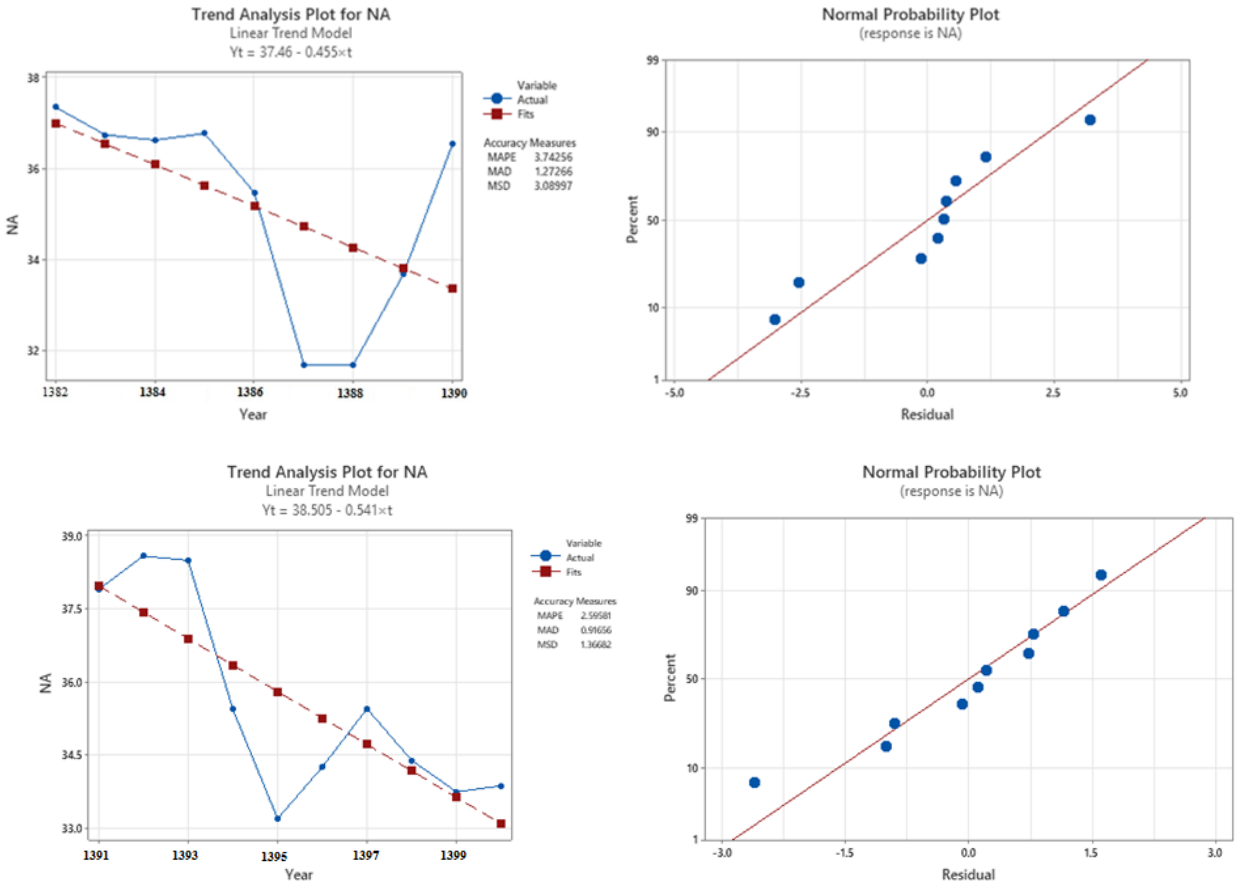
شکل ۶: آنالیز روند خطی میانگین Ca در دوره‌های اول (۱۳۹۰-۱۳۸۲) و دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۱)



[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]



شکل ۷: آنالیز روند خطی میانگین HCO3 در دوره‌های اول (۱۳۹۰-۱۳۸۲) و دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۱)



شکل ۸: آنالیز روند خطی میانگین Na در دوره‌های اول (۱۳۹۰-۱۳۸۲) و دوم (۱۴۰۰-۱۳۹۱)

همانطور که در اشکال فوق نشان داده شده است، کل جامدات محلول و کلسیم در دوره اول با شیب زیاد در حال کاهش بوده اما در دوره دوم و با گذشت چندسال تأثیرپذیری کاهش پیدا کرده اما همچنان با شیبی ملایم در حال کاهش هست. فاکتور بی‌کربنات و منیزیم در دوره اول روندی افزایشی داشته‌اند که در دوره دوم منیزیم به سمت شیب منفی و کاهش رفته اما بی‌کربنات با شیبی بیشتر از دوره اول، روندی افزایشی را دنبال می‌کند. در مورد دیگر فاکتورها

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

مانند شوری، کلر، سدیم روندها تقریبا مشابه به یکدیگر می‌باشد. به‌طوری‌که در دوره اول با شیب کمی کاهش مقدار داشته‌اند اما در دوره دوم این شیب به نسبت افزایش یافته است. این بدین‌معنی است که نفوذ آب سیل از طریق این پروژه‌ها توانسته وضعیت تمام فاکتورها به استثنای بی‌کربنات را بهبود ببخشد اما گذر زمان تاثیرات متفاوتی را بر نحوه و میزان تاثیرگذاری گذاشته که نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر دارد

۵ـ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که وضعیت روند همه‌ی فاکتورها در برخی چاه‌های منطقه شاهد، افزایشی و در برخی فاقد روند عنوان شده اما در منطقه تحت‌تأثیر (پایین‌دست) همه‌ی فاکتورها دارای روند کاهشی بوده‌اند. شایان ذکر است، موقعیت چاه‌ها و فاصله نسبت به آبراهه‌ها و سایت‌های پخش‌سیلاب بسیار بر تأثیرپذیری چاه‌ها تأثیرگذار بوده‌است، به‌طوری‌که چاه B9 که در انتهایی‌ترین قسمت آبخوان تحت‌تأثیر قرار داشته و فاصله زیادی از سایت‌های پخش سیلاب دارد، در اکثر فاکتورها جزو چاه‌هایی است که بیشترین روند منفی را دارا بودند. همچنین چاه‌های B3 و B2 نیز جزو چاه‌هایی است که دارای بالاترین شیب کاهشی می‌باشد. بررسی‌ها نشان داد، چاه B9 در فاصله بسیار کمی از آبراهه اصلی قرار داشته و چاه‌های B2 و B3 نیز علاوه بر موقعیت نسبت به آبراهه، در نزدیکی سایت‌های پخش واقع شده‌اند و از چند سایت پخش‌سیلاب تأثیر می‌گیرند. پس فاصله چاه‌ها از آبراهه و موقعیت قرارگیری نسبت به سایت‌ها می‌توانند بسیار اثرگذار باشند.

با توجه به نتایج بررسی‌های روند زمانی فاکتورهای مختلف در این منطقه، پخش‌سیلاب توانسته تأثیر مثبتی بر کیفیت آب زیرزمینی بگذارد به‌طوری‌که در روندیابی کل آبخوان جز در فاکتور بی‌کربنات که روندی مثبت داشته در سایر فاکتورها دارای روند کاهشی و فاقد روند بوده که بیان‌گر تأثیر مثبت پخش سیلاب بر کنترل فاکتورهای کیفی می‌باشد. نفوذ آب سیل از طریق این پروژه‌ها توانسته وضعیت تمام فاکتورها به استثنای بی‌کربنات را بهبود ببخشد اما گذر زمان تأثیرات متفاوتی را بر نحوه و میزان تأثیرگذاری گذاشته که نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر دارد. در مورد فاکتور بی‌کربنات از آنجایی که کمتر در آب محلول هست و قلیاییت بالای آب‌های سطحی در مناطق خشک مانع از تغییر آن در اثر تغذیه مصنوعی شده است (Pooramini et al., 2021).

کل جامدات محلول و شوری از فاکتورهای مهم و اثرگذار در کشاورزی می‌باشد. به طوری‌که در اغلب مناطق کشور به دلیل برداشت‌های بی‌رویه، شوری آب‌ها در حال افزایش بوده و این شوری سبب شور شدن خاک می‌شود. افزایش شوری سبب می‌شود محصولات کشاورزی در منطقه محدود شود و تولیدات کشاورزی کاهش یابد. همچنین یکی از دلایل اصلی جنگل‌زدایی شوری خاک بوده که معلول برداشت‌های بی‌رویه از آبخوان‌هاست (Pooramini et al., 2021). نتایج کلی مربوط به روند فاکتورهای کیفی آب چاه‌ها در آبخوان فتح آباد نشان داد، نفوذ دادن سیلاب‌ها در قالب پروژه‌های پخش سیلاب توانسته وضعیت کیفیت آب زیرزمینی را بهبود ببخشد و از شوری آب‌های کشاورزی جلوگیری کند.

در مقایسه نتایج تحقیق حاضر با نتایج سایر محققان در زمینه موضوع مقاله می‌توان گفت که نتایج تحقیق Delbari و Podineh (۲۰۱۸) از نظر نزدیکی نتایج حاصل از روش من-کندال در تشخیص روند کیفیت آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی خاش، با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد. همچنین نتایج تحقیق حاضر با نتایج حاصل از پژوهش Gorganli

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

Davaji و همکاران (۲۰۲۱) مطابقت دارد. از این نظر که با بررسی تغییرات پارامترهای کیفی آب زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که در اغلب چاه‌های مشاهده‌ای بعد از سیلاب مقدار EC، آنیون‌ها و کانیون‌ها کاهش یافته است. نتایج حاصل از بررسی اثرات ناشی از اجرای طرح تغذیه مصنوعی بر کیفیت آبخوان سفیددشت شهرکرد توسط Taheri و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد که تحلیل کلی بر روی پارامترهای کیفیت آب، بیانگر کاهش کیفیت بوده است. به طور متوسط، دامنه‌ی تغییرات شاخص‌های کیفی مورد بررسی آب، از ۶۰ -۲۰ درصد، متغیر بوده و دارای روند افزایشی است، که همگی بر کاهش کیفیت آب دلالت دارند. بنابراین نتایج پژوهش Taheri و همکاران (۲۰۱۲) با نتایج تحقیق حاضر مطابقت ندارد.

فهرست منابع

1. Delbari, M., Podine, A. (2018). Trend analysis and spatial distribution pattern of groundwater quality in Khash region. *Journal of Geographic Space*. 63(18), 25-50. (in persian) http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1947-en.html
2. Ershad, M., Keshtkar, A., Hosseini, S.M., Afzali, A. (2022). Analysis of temporal trend of groundwater quality using nonparametric Mann-Kendall and Sen's methods (Case study: Yazd-Ardakan Plain). *Geography and Environmental Planning*. 32(4), 87-106. (in persian) https://doi.org/10.22108/GEP.2021.127620.1404
3. Gholami, F., Zarei, H., Marofi, S. (2021). Trend Analysis of Groundwater Quantity and Quality Parameters (Case Study: Tuyserkan Plain). *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*. 44(1), 127-140. (in persian) https://doi.org/10.22055/JISE.2021.20618.1487
4. Gorganli Davaji, A., Jandaghi, N., G.Mahmoodlu, M., Nick Ghojogh, Y. (2021). Effect of natural flood spreading of March 2019 on the quantitative and qualitative characteristics of groundwater in floodplain at the end of Gorganroud basin. *Ecohydrology*. 8(2), 535-550. (in persian) https://doi.org/10.22059/IJE.2021.320806.1483
5. Hirsch, R.M., Slack, J.R., Smith, R.A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, 18 (1), 107-121. https://doi.org/10.1029/WR018i001p00107
6. Mann, H.B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend, *Econometrica*, 13(3), 245-259. https://doi.org/10.2307/1907187
7. Pakdaman, Z. & Bazrafshan, O. (2023). The effect of artificial recharge on the quality and quantity of ground water resources of Shamil-Ashkara Plain (Hormozgan Province). *Journal of Extension and Development of Watershed Managment*. 10 (39), 1-10. (in persian) https://doi.org/10.34172/JAEHR.1280
8. Pooramini, T., Fotouhi firoozabad, F. & Barkhordari, J. (2021). Impact of Aquifers Artificial Recharge on Some of Agricultural Water Quality Parameters (Case Study: Harat Flood Spreading). Master's Thesis, Ardakan University, Ardakan, Iran. 94 pp. (in persian)
9. Sen, P.K. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *Journal of the American Statistical Association*. 63(324), 1379-1389. https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]

10. Shahrabadi, H., Golkarian, A., Dastoorani, M.T. (2021). Investigating the effect of flood spreading operations on the permeability and feeding underground aquifers (case study: Kashmar flood spreading). Master thesis of Ferdowsi University of Mashhad. (in persian)
11. Taheri Dehkordi, R., Ekhtesasi, M.R., Malekinezhad, H., Tabatabaei, S.H. (2013). Impact assessment of groundwater artificial recharge on aquifer quantity and quality (A case Study: Sefid-Dasht, Chaharmahal and Bakhtiari province). Master's Thesis, Yazd University, Yazd, Iran. 224pp. (in persian)
12. Vafakhah, M., Bakhshi Tiragani, M., Khazaei, M. (2012). Analysis of Rainfall and Discharge Trend in Kashafrood Watershed. *Geography and Development.* 10(29), 77-90. (in persian)
13. Zakwan, M. (2021). Trend Analysis of Groundwater Level Using Innovative Trend Analysis. Groundwater Resources Development and Planning in the Semi-Arid Region Publisher: Springer. Cham, 389-405. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68124-1_20

[DOI: 10.61186/jeer.14.1.60]