Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Journal of Watershed Management Research, Vol. 16, Issue 2, 2025 p: 48-62

OPEN ACCESS

Research Paper

The Effect of Climatic Factors on the Temporal Trend of Qualitative and Quantitative Changes in Groundwater in the Najafabad Plain

Zahra Badihi[1], Farzaneh Fotouhi Firoozabad[2], Ali Fathzadeh[3], and Mehdi Hayatzadeh[4]

1- M.Sc. in Water and Soil Protection, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
2- Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran, (Corresponding Author: f.fotouhi@ardakan.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran
4- Assistant Professor, Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, Iran

Received:04 February, 2025 Revised:04 April, 2025 Accepted: 13 May, 2025

Extended Abstract

Background: The Najaf-Abad region relies heavily on groundwater sources for agricultural, drinking, and industrial purposes due to insufficient rainfall and recurrent droughts. The Najaf-Abad aquifer is being exploited unsustainably, leading to a decline in both the quantity and quality of groundwater resources, as well as unregulated consumption by users in the basin. One of the primary reasons for the recent decrease in groundwater quantity and quality is the reduction in rainfall. Recent research has shown that climatic parameters, such as temperature and precipitation, have played a significant role, comparable to non-climatic factors, in the changes observed in the quality and quantity of groundwater in the Najaf-Abad plain. Therefore, it is crucial to investigate the temporal changes in groundwater quantity and quality alongside trends in climatic variables. This study aims to analyze the temporal changes in groundwater quantity and quality using the Mann-Kendall test and Sen's slope estimator, and to examine the relationship between climatic parameters and groundwater quality trends.

Method: The study area is the Najaf-Abad basin, covering approximately 1,712 km^2. The average annual rainfall and temperature at the Najaf-Abad synoptic station are 149 mm and 15 °C, respectively. According to the Ghosen classification, the region has a severe semi-desert climate. In this study, non-parametric Mann-Kendall and Sen's slope tests were used to analyze temporal changes in groundwater quantity and quality, as well as climatic parameters, in the Najaf-Abad plain. Data from 15 wells were used to assess trends in groundwater quality parameters (TH, EC, TDS, SAR, and SO_4^{2-}), while data from 30 wells were used to evaluate groundwater level changes over the statistical period (2003–2022). The regression method was employed to address statistical deficiencies. Monthly average precipitation and temperature data from the Najaf-Abad synoptic station over 19 years (2003–2022) were used to determine trends in climatic elements.

Results: The TH, EC, TDS, and SAR parameters increased in most wells during the study period. The temporal trend of groundwater quality changes over the 21-year period showed a decline in water quality, with the most significant upward trends observed in EC and TDS. Among the 15 wells, the largest number of increasing trends was recorded in Vilashahr, Shrodan, and Siah-Afshar wells. The slope of the trend line is upward for most qualitative parameters in these wells, indicating an increase in the concentration of these parameters and a decline in groundwater quality. Among all the qualitative parameters, sulfate showed the highest number of downward trends. The Asgharabad well experienced a decline in quality for TH, EC, and TDS, with the steepest upward slope observed for EC in this well. The mean slope of the EC trend was positive at 11.364 µS/cm, adding approximately 113.64 µS/cm to water salinity every decade. The steepest downward slope was observed for TH in the East Polyacryl well. The groundwater level in 26 wells showed a decreasing trend, with the most significant decline observed in Well 22, located in the eastern part of the region. In contrast, Well 30 in the northern part of the region showed the most significant upward trend. The slope of the trend line for annual groundwater level changes was negative in 26 wells, with the steepest decline in Well 22. Overall, the number of wells with declining groundwater levels far exceeds those with increasing levels, indicating a general downward trend in groundwater levels in the Najaf-Abad plain. The most significant downward and upward trends in precipitation were observed in April and July, respectively. The slope of the precipitation trend line was downward in April, November, December, January, February, and March, while it was upward in May. The steepest and mildest downward slopes were observed in

Copyright ©2025. Badihi et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

April and February, respectively. Given the downward trend in monthly rainfall for most months (seven months), it can be concluded that the overall trend of monthly rainfall is decreasing in the Najaf-Abad plain. The annual precipitation trend also shows a decline.
Conclusion: The upward trend in most qualitative parameters in the majority of wells indicates a decline in groundwater quality in the Najaf-Abad plain over the 21-year study period. Additionally, the groundwater level shows a general downward trend, highlighting a critical situation in the region. Urgent measures are necessary to prevent further environmental degradation. Both monthly and annual precipitation trends are decreasing, while monthly and annual temperature trends are increasing significantly. The temporal changes in precipitation and temperature align with the changes in groundwater quantity and quality, suggesting that reduced rainfall and increased temperatures are key factors contributing to the decline in groundwater resources, alongside management practices. Other environmental factors, such as land use changes, geological formations, soil characteristics, and human activities, may also influence groundwater quantity and quality, though this study focused solely on climatic factors. Given the declining groundwater quality, future research is recommended to also consider the role of human factors, such as agricultural activities and land use, to develop strategies for improving groundwater resource management.

Keywords: Groundwater Level Changes, Groundwater Quality, Mann-Kendall Test, Rainfall

How to Cite This Article: Badihi, Z., Fotouhi Firoozabad, F., Fathzadeh, A., & Hayatzadeh, M. (2025). The Effect of Climatic Factors on the Temporal Trend of Qualitative and Quantitative Changes in Groundwater in the Najafabad Plain. *J Watershed Manage Res,* 16(2), 48-62. DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر عوامل اقلیمی در روند زمانی تغییرات کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد

زهرا بدیحی[۱]، فرزانه فتوحی فیروزآباد[۲]، علی فتح‌زاده[۳] و مهدی حیات‌زاده[۴]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد حفاظت آب و خاک، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
۲- استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران، (نویسنده مسوول: f.fotouhi@ardakan.ac.ir)
۳- دانشیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران
۴- استادیار، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه اردکان، اردکان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۱۶ تاریخ ویرایش:۱۴۰۴/۰۱/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۳
صفحه: ۴۸ تا ۶۲

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: منطقه نجف‌آباد به‌علت کمبود بارش و وقوع خشک‌سالی‌های پیاپی به منابع آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی، شرب و صنعتی نیازمند است. در آبخوان نجف‌آباد از منابع آب زیرزمینی به شکل نامتعارفی استفاده می‌شود که از پیامدهای اصلی آن می‌توان افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و مصرف بدون مدیریت کاربران حوضه را نام برد. یکی از دلایل کاهش کمیت و کیفیت آب در سال‌های اخیر می‌تواند به‌علت کاهش بارندگی منطقه باشد. نتایج تحقیقات سال‌های اخیر نشان داده‌اند که سهم پارامترهای اقلیمی هم‌چون دما و بارش در مقایسه با سهم پارامترهای غیراقلیمی در تغییرات کیفیت و کمیت آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد کم نبوده است. از این‌رو، بررسی روند تغییرات زمانی پارامترهای کمیت و کیفیت آب زیرزمینی در کنار روند متغیرهای اقلیمی در این منطقه از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات زمانی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از آزمون من‌کندال و شیب‌سن و همچنین بررسی تطابق پارامترهای اقلیمی و روند کیفیت آب زیرزمینی است.

مواد و روش‌ها: در پژوهش حاضر، منطقه مطالعاتی حوضه نجف‌آباد با مساحت حدود ۱۷۱۲ کیلومترمربع است. متوسط بارش و دمای سالیانه در ایستگاه سینوپتیک نجف‌آباد به‌ترتیب حدود ۱۴۹ میلی‌متر و ۱۵ درجه سانتی‌گراد هستند. براساس تقسیم‌بندی گوسن، دارای اقلیم نیمه‌بیابانی شدید است. در پژوهش حاضر، جهت بررسی روند تغییرات زمانی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی و همچنین روند زمانی تغییرات پارامترهای اقلیمی دشت نجف‌آباد از آزمون ناپارامتری من‌کندال و شیب‌سن استفاده شد. جهت بررسی روند زمانی تغییرات پارامترهای کیفی آب زیرزمینی (TH، EC، TDS، SAR و SO_4^{-2}) از اطلاعات ۱۵ حلقه‌چاه و برای بررسی روند زمانی تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی از آمار ماهانهٔ ۳۰ حلقه‌چاه در دوره‌ی آماری (۱۴۰۰-۱۳۸۱) استفاده شد. برای رفع نواقص آماری از روش رگرسیون‌گیری استفاده شد. جهت تعیین روند زمانی عناصر اقلیمی بارش و دما، از آمار متوسط ماهانهٔ بارش و دما در طی یک دورهٔ آماری ۱۹ ساله (۱۴۰۰-۱۳۸۱) استفاده شد. این داده‌ها مربوط به ایستگاه سینوپتیک نجف‌آباد هستند.

یافته‌ها: پارامترهای TH، EC، TDS و SAR طی بازه زمانی پژوهش در اکثر چاه‌ها روند صعودی داشتند. به‌عبارت دیگر، نتایج روند زمانی تغییرات کیفیت آب در دوره آماری ۲۱ ساله بیانگر کاهش کیفیت آب هستند و بیش‌ترین روند تغییرات صعودی معنی‌دار از بین پارامترهای کیفی مورد بررسی مربوط به EC و TDS است. در بین این ۱۵ حلقه‌چاه، بیش‌ترین تعداد روند صعودی مربوط به چاه‌های ویلاشهر، شرودان و سیاه‌افشار بود. شیب خط روند هم برای اغلب پارامترهای کیفی مورد بررسی در اکثر چاه‌ها صعودی است که در واقع نشان‌دهندهٔ افزایش غلظت پارامترهای کیفی مورد بررسی در دشت نجف‌آباد و کاهش کیفیت آب زیرزمینی است. در بین همهٔ پارامترهای کیفی مورد بررسی، بیش‌ترین تعداد روند نزولی متعلق به پارامتر سولفات است. از بین ۱۵ حلقه‌چاه مورد بررسی، چاه اصغرآباد از نظر TH، EC و TDS دچار افت کیفیت شده است. بزرگ‌ترین شیب صعودی خط روند، متعلق به پارامتر EC در چاه اصغرآباد است. میانه شیب روند EC آب مثبت و ۱۱/۳۶۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است که در هر ده سال حدود ۱۱۳/۶۴ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر به میزان شوری آب افزوده می‌شود. بزرگ‌ترین شیب خط روند نزولی، مربوط به پارامتر TH در چاه شرق پلی‌اکریل است. روند تغییرات سالانه‌ی سطح تراز آب زیرزمینی نیز در ۲۶ حلقه‌چاه نزولی است. بیش‌ترین روند نزولی تغییرات سالانه به چاه شماره‌ی ۲۲ واقع در شرق منطقه و بیش‌ترین روند صعودی تغییرات سالانه به چاه شماره ۳۰ واقع در شمال منطقه تعلق دارند. شیب خط روند تغییرات سالانه سطح تراز آب زیرزمینی نیز در ۲۶ حلقه چاه منفی است. بیش‌ترین شیب خط روند نزولی مربوط به چاه شماره ۲۲ واقع در شرق منطقه مطالعاتی است. در حالت کلی، می‌توان استنباط کرد که تعداد چاه‌هایی که سطح تراز آب زیرزمینی با روند نزولی را به‌خود اختصاص داده‌اند خیلی بیش‌تر از تعداد چاه‌هایی است که سطح تراز آب زیرزمینی، با روند صعودی را به خود اختصاص داده‌اند. می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد نزولی است. بیش‌ترین روند تغییرات نزولی و صعودی بارش در دشت نجف‌آباد به‌ترتیب مربوط به ماه‌های فروردین و تیر است. شیب خط روند بارش در ماه‌های فروردین، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند نزولی و در ماه اردیبهشت صعودی است. بیش‌ترین و کمترین شیب خط روند نزولی بارش در دشت نجف‌آباد به‌ترتیب به ماه‌های فروردین و بهمن تعلق دارند. با توجه به روند نزولی بارش ماهانه در اکثر ماه‌ها (هفت ماه)، می‌توان نتیجه گرفت که در حالت کلی روند تغییرات بارش ماهانه در دشت نجف‌آباد نزولی است. روند تغییرات زمانی و شیب خط روند بارش سالانه نیز نزولی است.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، با توجه به روند صعودی اغلب پارامترهای کیفی مورد بررسی در اکثر چاه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که در این دورهٔ آماری ۲۱ ساله کیفیت آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد کاهش پیدا کرده است. در حالت کلی، روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد نزولی است که نشان‌دهندهٔ یک وضعیت وخیم در دشت نجف‌آباد بوده است. بنا بر این، لازم است که جهت جلوگیری از یک رویداد ناگوار زیست‌محیطی اقدامات لازم انجام گیرند. روند تغییرات بارش ماهانه و سالانه در دشت نجف‌باد نزولی است. روند تغییرات دمای ماهانه و سالانه در دورهٔ آماری ۱۹ ساله صعودی و معنادار است. با این تفاسیر، روند تغییرات زمانی پارامترهای اقلیمی بارش و دما با تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت و کمیت آب زیرزمینی با هم تطابق دارند. به‌عبارت دیگر، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش بارندگی و افزایش دما در منطقه مطالعاتی می‌تواند در کنار پارامتر مدیریت منابع آب زیرزمینی از عوامل مؤثر در کاهش کمیت و کیفیت آب زیرزمینی باشد. البته عوامل محیطی دیگری نیز از قبیل تغییر کاربری‌ها، بحث سازندها، خاک‌شناسی و عوامل انسانی نیز می‌توانند بر روند کمیت و کیفیت آب زیرزمینی تأثیرگذار باشند که در این پژوهش فقط عوامل اقلیمی بارش و دما بررسی شده‌اند. با توجه به وضعیت روند کیفیت آب‌های زیرزمینی که نامطلوب و کاهشی است، پیشنهاد می‌شود که نقش عوامل انسانی (فعالیت‌های کشاورزی و کاربری اراضی) نیز برای بهبود کیفیت منابع آب زیرزمینی مورد توجه قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آزمون من‌کندال، بارش، تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی، کیفیت آب

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

مقدمه

منابع آب زیرزمینی دومین منبع آب شیرین موجود در جهان، بعد از یخچال‌ها به حساب می‌آیند (Badihi, 2024). حدود یک سوم جمعیت جهان (حداقل دو میلیارد نفر، در سطح جهان) به منابع آب زیرزمینی وابسته هستند (Jafary, 2016). آب‌های زیرزمینی از منابع طبیعی مانند نزولات جوی، آب دریاها و دریاچه‌ها، رودها، آب‌های تراکمی، آب‌های ناشی از پرتوافشانی سطح زمین و نهرهای کشاورزی و مانند آن‌ها تغذیه می‌شوند (Kordavani, 1996). چون منابع آب زیرزمینی بخش قابل‌توجهی از منابع آب دنیا و چرخه‌ی آب را تشکیل می‌دهند منبع قابل اعتمادی برای تأمین آب مورد نیاز انسان به‌حساب می‌آیند (Karami & Kazemi, 2012). ساده‌ترین راه دسترسی به آب در مناطق مرطوب با جریان‌های سطحی، استفاده از منابع آب است اما دسترسی به آب‌های سطحی در مناطق خشک و بیابانی و گاهاً در مناطق نیمه‌خشک مشکل‌ساز است؛ پس ساده‌ترین راه در این زمینه استفاده از آب‌های زیرزمینی است. سهولت استفاده از آب‌های زیرزمینی، کشورهای در حال گسترش را برای یافتن مناسب ترغیب می‌کند (Pour *et al.,* 2014). در مناطق خشک و نیمه‌خشک بیابانی به‌علت بارندگی کم و تبخیر بالا، گرما، خشکی هوا، وزش بادهای شدید و افزایش تدریجی دما، آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین منبع تأمین آب قابل دسترس هستند زیرا آب‌های زیرزمینی نسبت به آب‌های سطحی کیفیت بهتر و آلودگی کم‌تری دارند (Taghizadeh Mehrjardi *et al*., 2009). در دهه‌های اخیر، با توجه به مشکل بحران آب، استفاده بهینه از منابع آب اهمیت خاصی پیدا کرده است و مدیریت بهینهٔ منابع آب زیرزمینی نیازمند شناخت عملکرد آبخوان در شرایط طبیعی و پیش‌بینی میزان برداشت و تغذیه است (Fatahi, 2018). در واقع، یکی از مسائل مهم در مطالعات منابع آب‌های زیرزمینی، برآورد روند تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی در یک منطقه است (Azadi Shibkoh *et al*., 2020). با ترکیبی از تغییر پارامترهای اقلیمی از جمله بارش و دما و برداشت بیش از حد آب‌های زیرزمینی، افت سطح آب سطح زیرزمینی وجود دارد (Khalaj *et al*., 2019). از پیامدهای افت شدید سطح آب زیرزمینی می‌توان نابودی تالاب‌ها، تخریب اکوسیستم‌های آبی و سازه‌های سطحی و زیرسطحی، فرونشست زمین و کاهش آبدهی چاه‌ها را نام برد (Mirmohammad Sadeghi *et al*., 2018). کیفیت منابع آب زیرزمینی تحت تأثیر عوامل اقلیمی (آب و هوا) و انسانی (فعالیت‌های کشاورزی و صنعتی) قرار دارد (Nisi *et al*., 2008; Tatawat & Chandel, 2008; Jiang & Yan, 2010). تغییر در روند پارامترهای اقلیمی از جمله بارش و دما یکی از ویژگی‌های جو است به‌طوری‌که کاهش شدید بارندگی و افزایش دوره‌های خشک، اثرات منفی بسیاری بر منابع آب می‌گذارد؛ به‌عبارت دیگر، تغییر پارامترهای اقلیمی بر منابع آب و خاک در یک منطقه تأثیر شدید می‌گذارد (Ansari *et al*., 2017). تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی در حال حاضر خطری بزرگ برای توسعهٔ کشاورزی کشور به‌خصوص در اراضی خشک و نیمه‌خشک است (Karami & Kazemi, 2012). از فاکتورهای مؤثر بر کیفیت آب‌های زیرزمینی یک منطقه می‌توان خشک‌سالی، شیمی بارش، آب برگشتی از آبیاری، هیدروژئولوژیک و ویژگی‌های زمین‌شناسی منطقه را نام برد (Yacoubi *et al*., 2014). نادری اشکفتکی و همکاران (Naderi Eshkaftaki *et al.,* 2023) به بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت فرادنبه واقع در استان چهارمحال و بختیاری پرداختند. نتایج این پژوهش نشان دادند که کیفیت آب زیرزمینی این دشت طی سال‌های اخیر به‌خصوص در بخش‌های مرکزی دشت کاهش یافته است. رحمتی و همکاران (Rahmati *et al.,* 2023) تأثیر بهره‌برداری از آبخوان‌ها بر کیفیت منابع آب‌های زیرزمینی را در دشت نیشابور مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان دادند که با افزایش مصرف بی‌رویه آب‌های زیرزمینی در ده سال گذشته، میزان سطح آب به‌طور متوسط، سالانه ۲۹/۱ متر کاهش یافته است؛ هم‌چنین، نتایج کلی حاکی از افت و کاهش کیفیت آب‌های زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه هستند. هدایت و همکاران (Hedayat *et al., 2024*) عوامل مؤثر بر تغییرات منابع آب سطحی و زیرزمینی را در استان کابل– افغانستان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این پژوهش نشان دادند که در اکثر ماه‌های سال روند سطح آب زیرزمینی در سطح ۹۵ درصد معنی‌داری و کاهشی بود و کاهش روند تغییرات مساحت پهنه‌های آب سطحی استان کابل، تحت تاثیر عوامل طبیعی و انسانی قرار داشت. از جمله این عوامل کاهش میزان بارندگی، افزایش دما، افزایش تبخیر–تعرق، افزایش مساحت پوشش‌گیاهی، توسعه کالبدی شهر کابل و افزایش جمعیت بهره‌بردار از منابع آب هستند.

بنا بر این، با توجه به اهمیت آب زیرزمینی، ارزیابی روند تغییرات زمانی پارامترهای کیفی و کمی آب زیرزمینی و تأثیر عوامل اقلیمی بر آن از اقدامات مهم است و می‌تواند یکی از طرح‌های مطرح در مدیریت منابع آب باشد.

اصفهان یکی از استان‌های خشک است که در مرکز کشور قرار گرفته است و بیش‌تر آب مورد نیاز آن از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود، که از این آب بیش‌تر برای کشاورزی استفاده می‌شود. استان اصفهان از نظر شاخص پایش منابع آب کشور در وضعیت تنش آبی قرار دارد. به‌دلیل خشک‌سالی‌های اخیر در اصفهان، برداشت بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی افزایش یافته است و این برداشت‌های بی‌رویه باعث خسارات جبران‌ناپذیری به این استان شده است و دشت‌های آن را با خطر فرونشست روبه‌رو کرده است (Ghafari *et al*., 2018). اقلیم منطقه نجف‌آباد نیمه‌بیابانی شدید است و با حرکت به طرف غرب به اقلیم نیمه‌بیابانی ضعیف تغییر می‌یابد (Salmani *et al*., 2017). چون منطقه نجف‌آباد از کمبود بارش و وقوع خشک‌سالی‌های زیاد رنج می‌برد به منابع آب زیرزمینی برای فعالیت‌های کشاورزی، شرب و صنعتی نیازمند است (Kolahdoozan, 2014). در آبخوان نجف‌آباد از منابع آب زیرزمینی به شکل نامتعارفی استفاده می‌شود که از پیامدهای اصلی آن می‌توان افت کمی و کیفی منابع آب زیرزمینی و مصرف بدون مدیریت کاربران حوضه را نام برد (Haghighi, 2019). در نقاط مختلف نجف‌آباد وضع ضخامت آبرفت و ذخیره آب زیرزمینی از نظر آب‌دهی حفره آب زیرزمینی تغییرات زیادی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

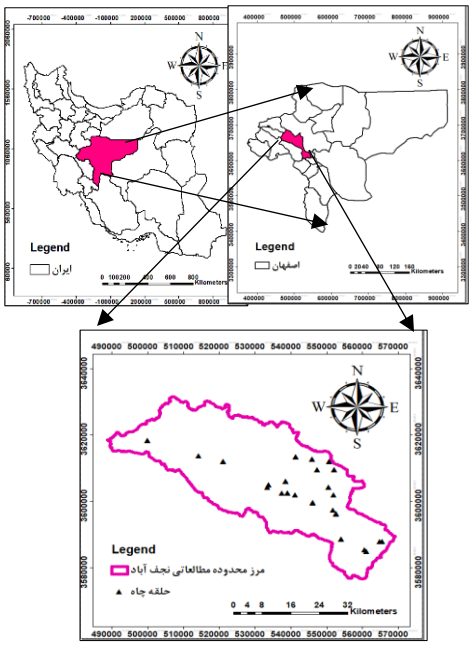
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

دارد (Salmani *et al*., 2017). مطالعاتی که در طی سال‌های اخیر در منطقه نجف‌آباد انجام شده‌اند، نشان‌دهندهٔ افت شدید سطح آب زیرزمینی و کاهش کیفیت آبخوان هستند و هم‌چنین مطالعات نشان داده‌اند که افت شدید سطح آب زیرزمینی ناشی از کاهش آب سطحی ورودی به منطقهٔ نجف‌آباد و پمپاژ بیش از حد چاه‌ها بوده است و مستقل از میزان بارش منطقه بوده است (Mirmohammad Sadeghi *et al*., 2018). مطالعات دیگری نشان داده‌اند که بیش‌ترین تغییرات تراز آب زیرزمینی در منطقه نجف‌آباد در محدوده شبکه‌های آبیاری و زهکشی رخ داده است (Kolahdoozan *et al*., 2015). یکی از دلایل کاهش کیفیت آب در سال‌های اخیر می‌تواند به‌علت کاهش بارندگی منطقه باشد (Salmani *et al*., 2017). نتایج تحقیقات سال‌های اخیر نشان داده‌اند که سهم پارامترهای اقلیمی هم‌چون دما و بارش در مقایسه با سهم پارامترهای غیر اقلیمی در تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد کم نبوده است (Zareian, 2021). از این‌رو، بررسی روند تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی در کنار روند متغیرهای اقلیمی در این منطقه از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات زمانی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از آزمون من–کندال و شیب سن و هم‌چنین بررسی تطابق پارامترهای اقلیمی و روند کیفیت آب زیرزمینی است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

حوضه نجف‌آباد بین طول جغرافیایی″۴۶ ۵۲ °۵۰ تا ″۴۸ ′۴۱ °۵۱ طول شرقی و″۰۶ ۱۸ ۳۲ تا″۱۲ ۵۰ ۳۲ عرض شمالی واقع شده است (Arab Ameri *et al*., 2018). بر اساس نقشه‌های ارائه‌شده توسط شرکت مدیریت منابع آب کشور برای آبخوان‌های کشور، مساحت آن حدود ۱۷۱۲ کیلومترمربع است که ۷۲۲/۵ کیومترمربع آن را ارتفاعات و ۹۸۹/۵ کیلومترمربع را دشت تشکیل می‌دهند (Tootian, 2014). متوسط بارش و دمای سالیانه در ایستگاه سینوپتیک نجف‌آباد به‌ترتیب حدود ۱۴۹ میلی‌متر و ۱۵ درجه سانتی‌گراد هستند (Kolahdoozan *et al*., 2015). ارتفاع این شهرستان از سطح دریا ۱۶۰۰ متر است (Shiravand, 2015). بر اساس تقسیم‌بندی گوسن دارای اقلیم نیمه‌بیابانی شدید است (Tootian, 2014). دارای منابع آب سطحی و زیرزمینی است که عمده‌ترین منبع تأمین آب زیرزمینی آن چاه‌ها، قنات‌ها و چشمه‌ها هستند. منابع آب سطحی آن از رودخانهٔ چشمه مرغاب، دریاچهٔ سد زاینده رود و رودخانهٔ خشک تأمین می‌شود (Shiravand, 2015). شکل (۱) موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز نجف‌آباد در استان اصفهان و کشور ایران را نشان می‌دهد.



شکل ۱– موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز نجف‌آباد اصفهان– ایران
Figure 1. Geographical location of the Najafabad watershed in Isfahan, Iran

روش تحقیق

در پژوهش حاضر، جهت بررسی روند تغییرات زمانی کمیت و کیفیت آب زیرزمینی و همچنین روند زمانی تغییرات پارامترهای اقلیمی دشت نجف‌آباد از آزمون ناپارامتری من–کندال و شیب‌سن استفاده شد. جهت بررسی روند زمانی تغییرات پارامترهای کیفی آب زیرزمینی (TH، EC، TDS، SAR و SO_4^{-2}) از اطلاعات ۱۵ حلقه‌چاه و برای بررسی روند زمانی تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی از آمار سالانه ۳۰ حلقه‌چاه در دوره‌ی آماری (۱۴۰۰–۱۳۸۱) استفاده شد. برای رفع نواقص آماری از روش رگرسیون‌گیری استفاده شد. جهت

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

تعیین روند زمانی عناصر اقلیمی بارش و دما از آمار متوسط ماهانهٔ بارش و دما در طی یک دورهٔ آماری ۱۹ ساله (۱۴۰۰-۱۳۸۱) استفاده شد. این داده‌ها مربوط به ایستگاه سینوپتیک نجف‌آباد هستند.

آزمون من‌کندال و تخمین‌گر شیب‌سن

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

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

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

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

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

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

(۳) اگر n>10

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

(۴) اگر n < 10 $\quad \mathrm{Var} = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18}$

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 هستند.

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

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

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

$$|Z| \le Z_{\frac{\alpha}{2}} \qquad (۶)$$

که در آن، α سطح معنی‌داری است که برای آزمون در نظر گرفته می‌شود و Z آماره‌ی توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری $\frac{\alpha}{2}$ است، که با توجه به دودامنه بودن آزمون، از 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 است. دلیل عدم استفاده از سطح ۹۹ درصد اطمینان، نزدیکی نتایج حاصل از دو سطح اطمینان مذکور است. 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, 1968) ارائه و توسط (Hirsch *et al*., 1982) توسعه یافت محاسبه کرد. این روش همانند روش من‌کندال بر اساس مفهوم تفاوت بین مشاهدات یک سری زمانی بنا نهاده شده است. رابطه به‌صورت زیر تعریف شده است:

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

در این رابطه، x_t و x_s به‌ترتیب داده‌های مشاهده‌ای در زمان t و s هستند، به‌طوری‌که t یک واحد زمانی بعد از s است. با اعمال این رابطه برای هر دو جفت داده مشاهده‌ای، یک‌سری زمانی از شیب‌های محاسبه‌شده به‌دست می‌آید که از محاسبه میانه این سری زمانی، شیب خط روند (β_{med}) حاصل می‌شود. مقدار مثبت (β_{med}) حاکی از صعودی بودن روند و مقدار منفی آن نشان‌دهنده نزولی بودن روند هستند (Vafakhah *et al*., 2012). هر دو روش مذکور با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT 2019 انجام شدند.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمون من-کندال و شیب‌سن جهت بررسی روند تغییرات زمانی کیفیت آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد

همان طورکه بیان شد، با محاسبه‌ی آماره‌ی Z من‌کندال برای سری داده‌های اخیر، وجود روند در آن‌ها بررسی شد. شیب‌سن یک شاخص بسیار مفید در آزمون من- کندال است که بزرگی روند یکنواخت را نشان می‌دهد. مقادیر آماره‌ی Z من‌کندال و شیب خط روند متغیرهای کیفی آب زیرزمینی در ۱۵ حلقه‌چاه در محدوده نجف آباد در جدول (۱) نشان داده شده‌اند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

جدول ۱- مقادیر آماره من-کندال (Z) و شیب خط روند (Q) سری زمانی متغیرهای کیفی آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد
Table 1. The Man-Kendall statistic (Z) and the trend line slope (Q) of the time series of groundwater quality variables in the Najaf Abad plain

SO_4^{-2} سولفات		SAR نسبت جذب سدیم		TDS کل مواد جامد محلول		EC هدایت الکتریکی		TH سختی کل		نام چاه‌ها Names of Wells
Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	Q	Z	
-0.24	-3.67***	-0.018	-1.52	6.50	1.64	2.50	**0.56**	-1.43	-0.51	حاجی‌آباد Haji abad
-0.07	-1.27	0.045	1.02	6.00	0.82	9.00	0.85	0.00	-0.23	جوزدان Juzdan
-0.05	-2.37***	0.039	**1.95***	-1.74	-0.71	-5.00	-1.44	-4.58	**-2.97*****	قلعه‌سفید Gale sefid
0.14	1.02	0.046	1.07	43.59	2.96***	62.24	2.97***	21.39	**3.99*****	ویلاشهر Vilashahr
-0.06	-1.19	0.041	**1.83***	124.00	5.02***	176.00	**5.02*****	62.00	**5.13*****	اصغرآباد Asgharabad
-0.03	1.04	0.210	3.75***	18.11	2.68***	21.63	**2.68*****	-4.44	-1.53	تیرانچی Tiranchi
-0.06	-1.22	0.006	0.31	7.14	**2.03****	10.29	**2.03****	0.00	0.00	قلعه‌امیریه Ghaleamirieh
0.35	**2.26****	-0.041	-0.85	45.11	**3.02*****	64.44	**3.02*****	23.53	**2.57****	اسدآباد Asadabad
-1.11	**-2.68*****	-0.013	–0.42	16.00	0.11	22.86	0.11	-18.33	-0.65	شرق پلی‌اکریل Sharghpolyakril
-0.06	**-2.46****	-0.008	-0.40	1.33	1.35	1.92	1.07	0.00	0.17	حسن‌آباد آبریزه Hasanabad abrizeh
0.09	0.90	0.099	3.55***	27.54	2.99***	34.83	**3.05*****	3.00	1.16	شرودان Sherodan
-0.11	0.73	-0.079	**-2.88*****	1.43	0.17	-4.21	-0.68	2.73	1.50	موسیان Mosian
-0.19	**-2.20****	-0.099	-5.24***	-8.08	**-1.86***	11.46	**–1.86***	1.54	0.57	درچه Dorcheh
0.06	0.90	0.060	2.48**	38.00	4.74***	54.29	**4.74*****	14.64	**3.50*****	سیاه‌افشار Siyahafshar
-0.005	-0.20	-0.015	-1.44	10.20	**2.20****	11.36	**2.20****	5.00	**2.43*****	جوشان Jushan
-0.058		**0.006**		**10.20**		**11.36**		**1.54**		میانه شیب‌ها Mid slope

* سطح معناداری ۹۰ درصد است. ** سطح معناداری ۹۵ درصد است. *** سطح معناداری ۹۹ درصد است.
The significance level is 90%. *. ** The significance level is 95%. *** The significance level is 99%.

با توجه به نتایج حاصل، می‌توان بیان داشت که پارامترهای سختی کل (TH)، هدایت الکتریکی (EC)، غلظت املاح محلول (TDS)، و نسبت جذب سدیم (SAR) طی بازه زمانی پژوهش در اکثر چاه‌ها روند صعودی داشته‌اند. بر اساس جدول (۱)، مقادیر مثبت نشان‌دهنده‌ی روند افزایشی و مقادیر منفی نشان‌دهنده‌ی روند کاهشی هستند. شیب خط روند پارامتر سختی کل آب در چهار چاه (حاجی‌آباد، قلعه‌سفید، تیرانچی و شرق پلی‌اکریل) نزولی و در هشت چاه (ویلاشهر، اصغرآباد، اسدآباد، شرودان، موسیان، درچه، سیاه‌افشار و جوشان) صعودی و در سه چاه (جوزدان، قلعه امیریه و حسن‌آباد آبریزه) بدون شیب خط روند است. میانه شیب سختی کل آب مثبت و ۱/۵۳۸ میلی‌گرم بر لیتر است. می‌توان استنباط کرد که در هر ده سال حدود ۱۵/۳۸ میلی‌گرم بر لیتر به مقدار سختی کل آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد افزوده می‌شود. بیش‌ترین شیب خط روند نزولی این پارامتر مربوط به چاه شرق پلی‌اکریل و بیش‌ترین شیب خط روند صعودی این پارامتر مربوط به چاه اصغرآباد هستند. شیب خط روند پارامتر هدایت الکتریکی آب در سه چاه (قلعه‌سفید، موسیان و درچه) نزولی و در ۱۲ چاه (حاجی‌آباد، جوزدان، ویلاشهر، اصغرآباد، تیرانچی، قلعه‌امیریه، اسدآباد، شرق پلی‌اکریل، حسن‌آباد آبریزه، شرودان، سیاه‌افشار و جوشان) صعودی است. میانه شیب هدایت الکتریکی مثبت و ۱۱/۳۶۴ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر است. می‌توان استنباط کرد که در هر ده سال حدود ۱۱۳/۶۴ میکروزیمنس بر سانتی‌متر به میزان هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد افزوده می‌شود. بیش‌ترین شیب خط روند نزولی این پارامتر مربوط به چاه درچه و بیش‌ترین شیب خط روند صعودی این پارامتر مربوط به چاه اصغرآباد هستند. شیب خط روند پارامتر کل مواد جامد محلول در دو چاه (قلعه‌سفید و درچه) نزولی و در ۱۳ چاه (حاجی‌آباد، جوزدان، ویلاشهر، اصغرآباد، تیرانچی، قلعه‌امیریه، اسدآباد، شرق پلی‌اکریل، حسن‌آباد آبریزه، شرودان، موسیان، سیاه‌افشار و جوشان) صعودی است. میانه شیب کل مواد جامد محلول مثبت و ۱۰/۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر است. می‌توان استنباط کرد که در هر ده سال حدود ۱۰۲ میلی‌گرم بر لیتر به کل مواد جامد محلول آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد افزوده می‌شود. بیش‌ترین شیب خط روند نزولی این پارامتر مربوط به چاه درچه و بیش‌ترین شیب خط روند صعودی این پارامتر مربوط به چاه اصغرآباد هستند. شیب خط روند پارامتر نسبت جذب سدیم در هفت چاه (حاجی‌آباد، اسدآباد، شرق پلی‌اکریل، حسن‌آباد آبریزه، موسیان، درچه و جوشان) نزولی و در هشت چاه (جوزدان، قلعه‌سفید، ویلاشهر، اصغرآباد، تیرانچی، قلعه‌امیریه، شرودان و سیاه‌افشار) صعودی است. میانه شیب نسبت جذب سدیم مثبت و ۰/۰۰۶ است. می‌توان استنباط کرد که در هر ده سال حدود ۰/۰۶ واحد به نسبت جذب سدیم آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد افزوده می‌شود. بیش‌ترین شیب خط روند نزولی این پارامتر مربوط به چاه درچه و بیش‌ترین شیب خط روند صعودی این پارامتر مربوط به چاه تیرانچی هستند. شیب خط روند پارامتر سولفات در ۱۱ چاه (حاجی‌آباد، جوزدان، قلعه‌سفید، اصغرآباد، تیرانچی، قلعه‌امیریه، شرق پلی‌اکریل، حسن‌آباد آبریزه، موسیان، درچه و

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

جوشان) نزولی و در چهار چاه (ویلاشهر، اسدآباد، شرودان و سیاه‌افشار) صعودی است. میانه شیب سولفات منفی و ۰/۰۵۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر است. می‌توان استنباط کرد که در هر ده سال حدود ۰/۵۸ میلی‌اکی‌والان بر لیتر از سولفات آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد کاسته می‌شود. بیش‌ترین شیب خط روند نزولی این پارامتر مربوط به چاه شرق پلی‌اکریل و بیش‌ترین روند شیب خط صعودی این پارامتر مربوط به چاه اسدآباد هستند. در حالت کلی، با توجه به روند صعودی اغلب پارامترهای کیفی مورد بررسی در اکثر چاه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که در این دورهٔ آماری ۲۱ ساله کیفیت آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد کاهش پیدا کرده است. بیش‌ترین روند تغییرات صعودی معنی‌دار از بین پارامترهای کیفی مورد بررسی مربوط به میزان هدایت الکتریکی آب و کل مواد جامد محلول است. بیش‌ترین روند صعودی به چاه‌های ویلاشهر، شرودان و سیاه‌افشار تعلق دارد. بیش‌ترین روند نزولی مربوط به چاه‌های قلعه‌سفید و درچه است. شیب خط روند هم برای اغلب پارامترهای کیفی مورد بررسی در اکثر چاه‌ها صعودی است که در واقع افزایش غلظت پارامترهای کیفی مورد بررسی در دشت نجف‌آباد و کاهش کیفیت آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. آب چاه اصغرآباد از نظر سختی کل، میزان هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول دچار افت کیفیت شده است. بزرگ‌ترین شیب صعودی خط روند، متعلق به پارامتر میزان هدایت الکتریکی آب در چاه اصغرآباد است. بزرگ‌ترین شیب خط روند نزولی، مربوط به پارامتر سختی کل آب در چاه شرق پلی‌اکریل است. از بین این ۱۵ حلقه چاه مورد بررسی، چاه اصغرآباد دارای شیب‌های مثبت بسیار بزرگ نسبت به بقیهٔ چاه‌ها است که نشان‌دهندهٔ افزایش غلظت پارامترهای کیفی مورد بررسی در این چاه و کاهش کیفیت آب این چاه است.

جدول ۲- نتایج روند تغییرات پارامترهای مؤثر بر کیفیت آب زیرزمینی حوزه نجف‌آباد با آزمون ناپارمتری من- کندال

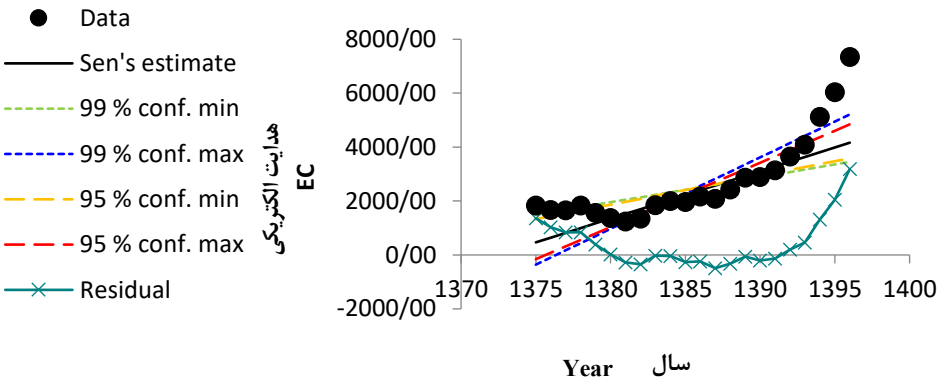
Table 2. Results of changes in effective parameters on groundwater quality in the Najaf Abad basin using the non-parametric Mann-Kendall test

پارامتر Variable	سختی کل TH	هدایت الکتریکی EC	کل مواد جامد محلول TDS	نسبت جذب سدیم SAR	سولفات SO_4^{-2}
تعداد چاه با روند مثبت Number of wells with a positive trend	9	12	13	8	5
تعداد چاه با روند منفی Number of wells with a negative trend	5	3	2	7	10
تعداد چاه بدون روند Number of wells without a trend	1	-	-	-	-

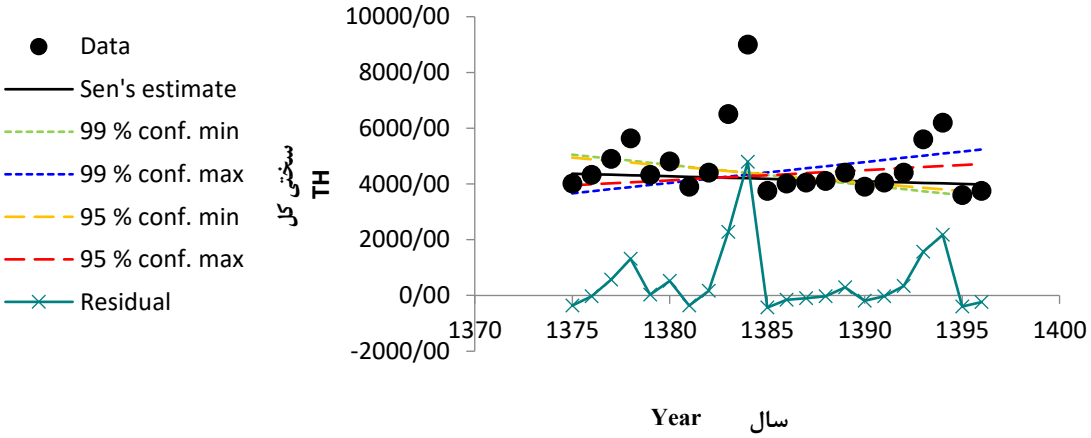
با توجه به جداول (۱) و (۲)، روند متغیر سختی کل در نه حلقه‌چاه مثبت است و در چاه‌های ویلاشهر، اصغرآباد و سیاه افشار در سطح اطمینان ۹۹٪ و در چاه‌های اسدآباد و جوشان در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار هستند. روند تغییرات پارامترهای هدایت الکتریکی و غلظت املاح محلول در ۱۲ حلقه‌چاه مثبت است و در چاه‌های ویلاشهر، اصغرآباد، سیاه افشار، تیرانچی، اسدآباد و شرودان در سطح اطمینان ۹۹٪ و در چاه‌های جوشان و قلعه امیریه در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار هستند. روند متغیر پارامتر نسبت جذب سدیم در ۸ حلقه‌چاه مثبت است و در چاه‌های اصغرآباد و قلعه سفید در سطح اطمینان ۹۰٪، در چاه‌های تیرانچی و شرودان در سطح اطمینان ۹۹٪ و در چاه سیاه افشار در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار هستند. روند تغییرات پارامتر سولفات در ۱۰ حلقه چاه منفی و کاهشی است. در چاه‌های حاجی‌آباد، قلعه سفید و شرق پلی اکریل در سطح اطمینان ۹۹٪ و حسن‌آباد آبریزه و درچه در سطح اطمینان ۹۵٪ معنادار هستند. پارامتر سولفات فقط در چاه اسدآباد با سطح اطمینان ۹۵٪ روند مثبت و معناداری داشته است. چاه‌های ویلاشهر، شرودان و سیاه افشار در همه‌ی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی روند مثبت و افزایشی داشته‌اند. البته بیشترین روند مثبت معنادار در چاه سیاه افشار مشاهده شد. در حالت کلی، با توجه به روند تغییرات مثبت معنادار پارامترهای کیفی اغلب چاه‌ها، کیفیت آب زیرزمینی دشت در طول دوره‌ی آماری افت پیدا کرده است و آب زیرزمینی به‌سمت شور شدن میل کرده است. به‌عنوان نمونه، اشکال (۲) و (۳) به‌ترتیب بیش‌ترین شیب خط روند صعودی مربوط به پارامتر هدایت الکتریکی آب در چاه اصغر آباد و بزرگ‌ترین شیب خط روند نزولی مربوط به پارامتر سختی کل آب در چاه شرق پلی‌اکریل را نشان می‌دهند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]



شکل ۲- بیش‌ترین شیب خط روند صعودی متغیر هدایت الکتریکی اب در چاه اصغراباد
Figure 2. The maximum slope of the upward trend line of water electrical conductivity in Asgharabad well



شکل ۳- بیش‌ترین شیب خط روند نزولی متغیر سختی کل آب در چاه شرق پلی اکریل
Figure 3. The maximum slope of the downward trend line of the water total hardness variable in the East Polyacryl well

جدول ۳- نتایج حاصل از آزمون من-کندال و شیب‌سن جهت بررسی روند تغییرات زمانی سالانه سطح تراز آب زیرزمینی
Table 3. The results of the Man-Kendall test and Sen's slope to investigate the trend of annual changes in groundwater

وضعیت روند Trend status	شیب سن (Q) Sen's slope	آماره من-کندال (Z) Man-Kendall Statistic	شماره چاه Name of the Well	وضعیت روند Trend status	شیب سن (Q) Sen's slope	آماره من-کندال (Z) Man-Kendall Statistic	شماره چاه Well Number
Decreasing کاهشی	-1.529	-4.12***	16	Decreasing کاهشی	-0.069	-1.98**	1
Decreasing کاهشی	-0.666	-3.80***	17	Decreasing کاهشی	-0.089	-1.40	2
Decreasing کاهشی	-0.208	-2.56**	18	Decreasing کاهشی	-0.016	-2.04**	3
Decreasing کاهشی	-0.438	-4.90***	19	Decreasing کاهشی	-0.449	-2.56**	4
Decreasing کاهشی	-0.288	-2.17**	20	Decreasing کاهشی	-0.469	-2.95***	5
Decreasing کاهشی	-2.078	-4.74***	21	Decreasing کاهشی	-0.111	-1.59	6
Decreasing کاهشی	-2.993	-5.03***	22	Decreasing کاهشی	-0.216	-1.98**	7
Decreasing کاهشی	-0.201	-0.49	23	Decreasing کاهشی	-0.158	-1.14	8
Decreasing کاهشی	-0.030	-1.46	24	Decreasing کاهشی	-0.084	-0.88	9
Decreasing کاهشی	-0.15	-0.42	25	Decreasing کاهشی	-0.078	-1.40	10
Decreasing کاهشی	-0.02	-0.94	26	Decreasing کاهشی	-0.422	-2.82***	11
No trend فاقد روند	0.00	0.00	27	Decreasing کاهشی	-1.876	-2.76***	12
Increasing افزایشی	0.05	1.59	28	Decreasing کاهشی	-2.357	-3.41***	13
Increasing افزایشی	0.05	0.29	29	Decreasing کاهشی	-0.077	-0.29	14
Increasing افزایشی	0.05	2.11**	30	Decreasing کاهشی	-1.431	-2.56**	15

** The significance level is 95%.
** سطح معناداری ۹۵ درصد است.
*** The significance level is 99%.
*** سطح معناداری ۹۹ درصد است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

نتایج حاصل از آزمون من-کندال و شیب‌سن جهت بررسی روند تغییرات زمانی سطح تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد

جهت تعیین روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی از آمار سالانه ۳۰ حلقه چاه جهت بررسی روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد استفاده شد. در جدول (۳)، نتایج حاصل از آزمون من-کندال و شیب‌سن جهت بررسی روند تغییرات زمانی سطح تراز آب زیرزمینی آورده شده‌اند.

در این دورهٔ آماری ۱۹ ساله، روند تغییرات سالانه‌ی سطح تراز آب زیرزمینی در ۲۶ حلقه چاه نزولی است. بیش‌ترین روند نزولی تغییرات سالانه مربوط به چاه شماره‌ی ۲۲ واقع در شرق منطقه و بیش‌ترین روند صعودی تغییرات سالانه مربوط به چاه شماره ۳۰ واقع در شمال منطقه هستند. در ۱۷ حلقه چاه (چاه‌های مناطق شمالی، شمال‌شرقی، غربی، جنوب‌غربی، جنوب‌شرقی و مرکزی)، روند تغییرات سالانه سطح تراز آب زیرزمینی معنادار است، ۱۶ چاه دارای روند معنادار و نزولی هستند و فقط یک حلقه‌چاه در شمال منطقه روند معنادار و صعودی دارد (جدول ۳). شیب خط روند تغییرات سالانه سطح تراز آب زیرزمینی نیز در ۲۶ حلقه‌چاه منفی است. بیش‌ترین شیب خط روند نزولی مربوط به چاه شماره ۲۲ واقع در شرق منطقه مطالعاتی است (جدول ۳). در حالت کلی، می‌توان استنباط کرد که تعداد چاه‌هایی که سطح تراز آب زیرزمینی با روند نزولی را به‌خود اختصاص داده‌اند، خیلی بیش‌تر از تعداد چاه‌هایی است که سطح تراز آب زیرزمینی با روند صعودی را به‌خود اختصاص داده‌اند. می‌توان نتیجه گرفت که روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد نزولی است که یک وضعیت وخیم را در دشت نجف‌آباد نشان می‌دهد. بنا بر این، لازم است که جهت جلوگیری از یک رویداد ناگوار زیست‌محیطی اقدامات لازم انجام گیرند. در حال حاضر، سطح تراز آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد در هر دهه بین ۱/۱۸ متر تا حداکثر ۳/۳۱ متر کاهش می‌یابد (Badihi, 2024).

نتایج روند تغییرات زمانی عناصر اقلیمی (بارش و دما)

جهت تعیین روند تغییرات زمانی عناصر اقلیمی (بارش و دما) از آمار ماهانهٔ متوسط بارش و دما در طی یک دورهٔ آماری ۱۹ ساله (۱۴۰۰-۱۳۸۱) استفاده شد و با میانگین گرفتن از داده‌های ماهانهٔ متوسط بارش و دما، داده‌های سالانه متوسط بارش و دما به‌دست‌آمدند، که این داده‌ها مربوط به ایستگاه سینوپتیک نجف‌آباد هستند.

نتایج روند تغییرات زمانی بارش و دمای ماهانه و سالانه

در جدول (۴)، نتایج حاصل از آزمون من-کندال و شیب‌خط سن جهت تعیین روند تغییرات زمانی بارش و دمای ماهانه و سالانه آورده شده‌اند. بیش‌ترین روند تغییرات نزولی و صعودی بارش در دشت نجف‌آباد به‌ترتیب مربوط به ماه‌های فروردین و تیر است. شیب خط روند بارش در ماه‌های (فروردین، آبان، آذر، دی، بهمن و اسفند) نزولی و در ماه اردیبهشت صعودی است (جدول ۴). بیش‌ترین و کمترین روند شیب خط نزولی بارش در دشت نجف‌آباد به ترتیب به ماه‌های فروردین و بهمن تعلق دارند. با توجه به روند نزولی بارش ماهانه در اکثر ماه‌ها (هفت ماه)، می‌توان نتیجه گرفت که در حالت کلی روند تغییرات بارش ماهانه در دشت نجف‌آباد نزولی است. روند تغییرات زمانی و شیب خط روند بارش سالانه نزولی است (جدول ۴ و شکل ۴).

جدول ۴- مقادیر آماره‌ی Z من-کندال و Q شیب خط روند برای بارش و دمای ماهانه و سالانه

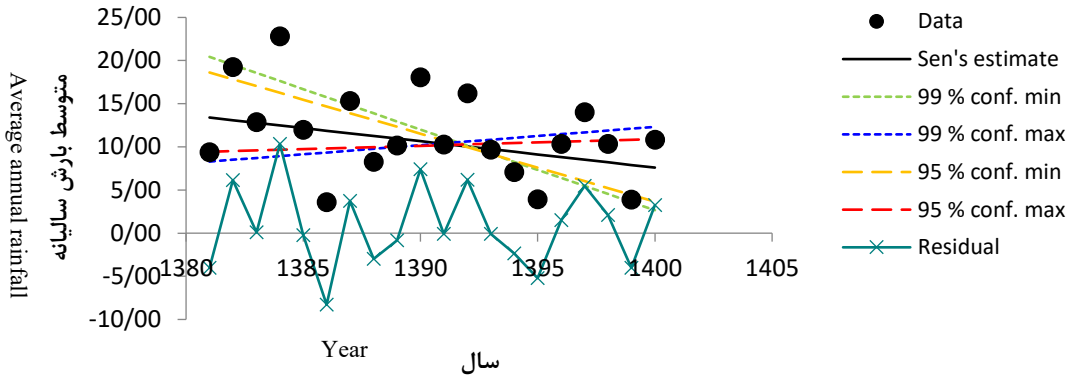
Table 4. Values of the Man-Kendall Z-statistic and the Q slope of the trend line for precipitation and monthly and annual temperatures

Temperature دما			Rain بارش			
وضعیت روند Trend status	شیب سن (Q) Sen's slope	آماره من-کندال (Z) Man-Kendall Statistic	وضعیت روند Trend status	شیب سن (Q) Sen's slope	آماره من-کندال (Z) Man-Kendall Statistic	ماه Month
افزایشی Increasing	0.08	1.01	کاهشی Decreasing	-1.39	-2.43**	فروردین Apr
افزایشی Increasing	0.08	2.04**	افزایشیIncreasing	0.02	0.00	اردیبهشتMay
افزایشی Increasing	0.10	2.43**	فاقد روند No trend	0.00	0.17	خرداد Jun
افزایشی Increasing	0.07	1.33	فاقد روند No trend	0.00	2.11**	تیر Jul
افزایشی Increasing	0.01	0.03	فاقد روند No trend	0.00	1.64	مرداد Aug
افزایشی Increasing	0.10	2.43**	فاقد روند No trend	0.00	-0.69	شهریور Sep
افزایشی Increasing	0.01	0.06	فاقد روند No trend	0.00	0.14	مهر Oct
افزایشی Increasing	0.02	0.29	کاهشی Decreasing	-0.21	-0.32	آبان Nov
افزایشی Increasing	0.09	1.20	کاهشی Decreasing	-0.71	-0.68	آذر Dec
افزایشی Increasing	0.13	1.72*	کاهشی Decreasing	-1.14	-1.65*	دی Jan
افزایشی Increasing	0.08	1.46	کاهشی Decreasing	-0.05	-0.19	بهمن Feb
افزایشی Increasing	0.04	0.23	کاهشی Decreasing	-0.22	-0.42	اسفند Mar
افزایشی Increasing	0.07	2.82***	کاهشی Decreasing	-0.31	-1.07	سالانه Annual

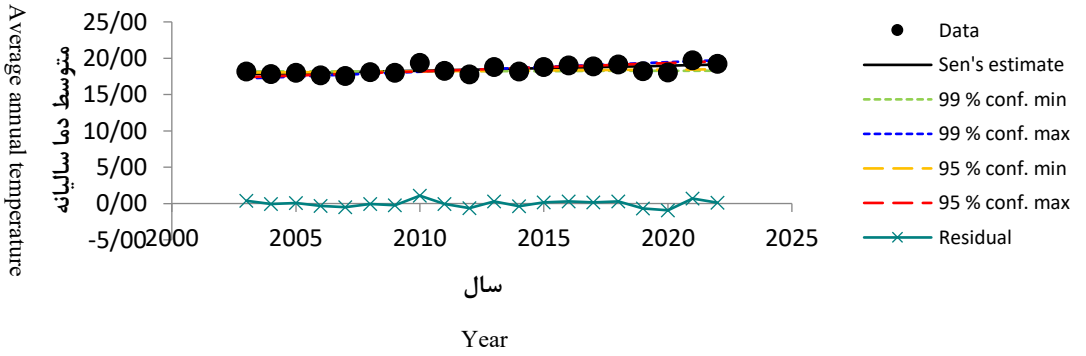
* The significance level is 90%.
** The significance level is 95%.
*** The significance level is 99%.

* سطح معناداری ۹۰ درصد است.
** سطح معناداری ۹۵ درصد است.
*** سطح معناداری ۹۹ درصد است.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]



شکل ۴- شیب خط روند بارش سالانه
Figure 4. The slope of the annual precipitation trend line



شکل ۵- شیب خط روند دما سالانه
Figure 5. The slope of the annual temperature trend line

بیش‌ترین شیب خط روند صعودی و کم‌ترین شیب خط روند صعودی دما در دشت نجف‌آباد به ترتیب مربوط به ماه‌های دی و مرداد هستند. روند تغییرات دمای سالانه و شیب خط روند صعودی و معنادار هستند (شکل ۵). این قسمت از پژوهش با نتایج تحقیقات قبلی (Amirrezaeieh *et al*., 2017) که دما در مقیاس سالانه در ۶۰ درصد ایستگاه‌ها روند افزایشی معنادار را تجربه کرد، و با نتایج سایر تحقیقات (Zhao *et al*., 2010) در کشور چین که روند تغییرات دمای سالانه افزایشی بود، مطابقت دارد.

یکی از اهداف پژوهش حاضر تعیین تطابق در روند تغییر پارامترهای اقلیمی و روند کیفیت و کمیت آب زیرزمینی است. با این تفاسیر، روند تغییرات پارامترهای اقلیمی و تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت و کمیت آب زیرزمینی با هم تطابق دارند. به‌عبارت دیگر، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش بارندگی و افزایش دما در منطقه مطالعاتی می‌تواند در کنار پارامتر مدیریت منابع آب زیرزمینی از عوامل مؤثر در کاهش کمیت و کیفیت آب زیرزمینی باشد (Hedayat *et al*., 2024).

به‌طور کلی، با توجه به روند صعودی اغلب پارامترهای کیفی مورد بررسی در اکثر چاه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که در این دورهٔ آماری ۲۱ ساله کیفیت آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد کاهش پیدا کرده است. نتایج این قسمت از پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات پیشین (Abareshi *et al*., 2014; Panahi *et al*., 2017; Daneshwar Vothogi *et al*., 2010, 2011; Zakwan, 2021; Naderi Eshkaftaki *et al*., 2023) که به‌ترتیب در دشت‌های زرین‌گل، شبستر، اردبیل، راجستان هند و دشت فرادنبه انجام شدند، مطابقت دارند. کیفیت منابع آب زیرزمینی در این مناطق کاهش پیدا کرده است و روند افزایشی داشته است. بیش‌ترین روند تغییرات صعودی معنی‌دار از بین پارامترهای کیفی مورد بررسی مربوط به میزان هدایت الکتریکی آب و کل مواد جامد محلول است. این قسمت از

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

پژوهش با نتایج تحقیقات گذشته (Turabi Pode & Dehghani, 2019; Abareshi *et al*., 2014) که به‌ترتیب در دشت مازندران و زرین گل انجام شدند، مطابقت دارد، از این نظر که بیش‌ترین روند تغییرات مثبت در دشت‌های مذکور نیز مربوط به متغیرهای میزان هدایت الکتریکی آب و کل مواد جامد محلول است. بیش‌ترین تعداد روند صعودی معنادار مربوط به چاه‌های اصغرآباد، اسدآباد و سیاه‌افشار است. بیش‌ترین تعداد روند نزولی مربوط به چاه‌های قلعه‌سفید و درچه است. در بین همهٔ پارامترهای کیفی مورد بررسی، بیش‌ترین تعداد روند نزولی به پارامتر سولفات تعلق دارد. شیب خط روند هم برای اغلب پارامترهای کیفی مورد بررسی (چهار پارامتر از پنج پارامتر مورد بررسی) در اکثر چاه‌ها صعودی است که در واقع نشان‌دهندهٔ افزایش غلظت پارامترهای کیفی مورد بررسی در دشت نجف‌آباد و کاهش کیفیت آب زیرزمینی است. نتایج این بخش از پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات قبلی (Ershad Hosseini *et al*., 2021) که در دشت یزد- اردکان انجام شد، مطابقت دارند. با توجه به مثبت بودن شیب خط روند برای متغیرهای کیفی مؤثر در منابع آب زیرزمینی، روند تغییرات کیفی آب زیرزمینی در دشت یزد–اردکان نیز رو به کاهش بوده است. چاه اصغرآباد از نظر سختی کل، میزان هدایت الکتریکی و کل مواد جامد محلول دچار افت کیفیت شده است. بزرگ‌ترین شیب صعودی خط روند متعلق به پارامتر میزان هدایت الکتریکی در چاه اصغرآباد و بزرگ‌ترین شیب نزولی خط روند، مربوط به پارامتر سختی کل آب در چاه شرق پلی‌اکریل است. از این نظر، نتایج پژوهش حاضر با نتایج تحقیق گذشته (Abareshi *et al*., 2014) که در دشت زرین‌گل انجام شد، مطابقت دارند. آن‌ها نیز به این نتیجه رسیدند که بزرگ‌ترین شیب مثبت خط روند مربوط به پارامتر هدایت الکتریکی آب بود.

با بررسی روند زمانی تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در منطقه مطالعاتی، می‌توان استنباط کرد که از ۳۰ چاه مورد بررسی، روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی ۲۰ چاه در تمام ماه‌های سال نزولی است. بنا بر این، در حالت کلی، روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد نزولی است که یک وضعیت وخیم را در دشت نجف‌آباد نشان می‌دهد. بنا بر این، لازم است که جهت جلوگیری از یک رویداد ناگوار زیست‌محیطی اقدامات لازم انجام گیرد. نتایج این بخش از پژوهش حاضر با نتایج تحقیقات پیشین (Negahban Khajeh & Dinpashoh, 2019; Behmanesh *et al*., 2015; Ghafari *et al*., 2018; Kolahdoozan *et al*., 2015; Choubin & Malekian, 2013; Zakwan, 2021; Yilmaz *et al*., 2020; Rahmati *et al*., 2023) مطابقت دارند، از این نظر که در تحقیقات مذکور که در دشت‌های مختلف در داخل ایران و خارج از آن بر روی روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی انجام شدند، به این نتیجه رسیدند که سطح آب زیرزمینی روندی کاهشی داشت. نزولی بودن سطح تراز آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد، علاوه‌بر میزان بارش، ناشی از برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی و کاهش آب سطحی ورودی به منطقه است (Rahimi *et al*., 2020).

در این دورهٔ آماری ۱۹ ساله فقط ۱۰ چاه (چاه‌های مناطق شمالی، شمال‌شرقی، مرکزی، شرقی و جنوب‌شرقی) بیش‌ترین تعداد روند نزولی معنادار را به‌خود اختصاص داده‌اند. بیش‌ترین روند نزولی معنادار در چاه‌هایی که نزدیک به شبکه‌های آبرسانی و یا نزدیک رودخانه زاینده رود قرار دارند دیده می‌شود، که این شبکه‌ها در جنوب و مرکز دشت نجف‌آباد گسترش یافته‌اند، و در چاه‌هایی که در مرکز دشت نجف‌آباد قرار دارند ولی از شبکه‌های آبرسانی دور هستند این روند معنادار نزولی دیده نمی‌شود. علت این پدیده این است که در سال‌های اخیر، که رودخانه زاینده‌رود به‌دلیل ذخیره‌سازی آب در سد زاینده‌رود خشک بوده است، این شبکه‌های آبرسانی خشک شده‌اند و همین امر باعث افزایش فشار بر منابع آب زیرزمینی شده است، در نتیجه باعث افت سطح تراز آب زیرزمینی در نزدیکی این شبکه‌های آبرسانی گردیده است (Kolahdoozan, 2014).

در مورد چاه‌هایی که روند نزولی معنادار ندارند، می‌توان گفت که در منطقه نجف‌آباد اجرای طرح آبیاری تحت فشار باعث شده است که آب باغاتی که قبلاً در این منطقه بودند و امروزه به مناطق مسکونی تغییر کاربری داده شده‌اند جمع‌آوری شود و آب جمع‌آوری شده باعث بالا آمدن سطح تراز آب زیرزمینی این منطقه شده است. در سال‌های اخیر، در این منطقه بر روی چشمه مرغاب که یکی از چشمه‌های بسیار مناسب از نظر کیفیت آب است سدی به اسم سد خمیران زده شده است که جمع‌آوری آب در پشت سد سبب نفوذ آب این چشمه به آب‌های زیرزمینی این منطقه شده است که همین امر منجر به بهتر شدن کیفیت آب این منطقه در سال احداث این سد شده است (Kolahdoozan, 2014). روند تغییرات بارش ماهانه و سالانه در دشت نجف‌آباد و نیز شیب خط روند بارش سالانه نزولی هستند. روند تغییرات دمای ماهانه و سالانه در دورهٔ آماری ۱۹ ساله صعودی و معنادار است. شیب خط روند دمای سالانه مثبت و صعودی است. نتایج حاصل از آزمون من‌کندال نشان می‌دهند که روند تغییرات زمانی پارامترهای اقلیمی بارش و دما با تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی با هم تطابق دارند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، با توجه به روند صعودی اغلب پارامترهای کیفی مورد بررسی در اکثر چاه‌ها می‌توان نتیجه گرفت که در این دورهٔ آماری ۲۱ ساله کیفیت آب زیرزمینی دشت نجف‌آباد کاهش پیدا کرده است. در حالت کلی، روند تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در دشت نجف‌آباد نزولی است که یک وضعیت وخیم را در دشت نجف‌آباد نشان می‌دهد. بنا بر این، لازم است که جهت جلوگیری از یک رویداد ناگوار زیست‌محیطی اقدامات لازم انجام گیرند. روند تغییرات بارش ماهانه و سالانه در دشت نجف‌آباد نزولی است. روند تغییرات دمای ماهانه و سالانه در دورهٔ آماری ۱۹ ساله صعودی و معنادار است. با این تفاسیر، روند تغییرات زمانی پارامترهای اقلیمی بارش و دما با تغییرات زمانی پارامترهای کیفیت و کمیت آب زیرزمینی با هم تطابق دارند. به‌عبارت دیگر، می‌توان نتیجه گرفت که کاهش بارندگی و افزایش دما در منطقه مطالعاتی می‌تواند در کنار پارامتر مدیریت منابع آب زیرزمینی از عوامل مؤثر در کاهش کمیت و کیفیت آب زیرزمینی باشد. البته عوامل محیطی دیگری، از قبیل تغییر کاربری‌ها، بحث سازندها، خاک‌شناسی و عوامل انسانی، نیز

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

می‌توانند بر روند کمیت و کیفیت آب زیرزمینی تأثیرگذار باشند که در این پژوهش فقط عوامل اقلیمی بارش و دما بررسی شده‌اند. با توجه به وضعیت روند کیفیت آب‌های زیرزمینی که نامطلوب و کاهشی است، پیشنهاد می‌شود که نقش عوامل انسانی (فعالیت‌های کشاورزی و کاربری اراضی) نیز برای بهبود کیفیت منابع آب زیرزمینی مورد توجه قرار گیرد.

References

Abareshi, F., Meftah Halghi, M., & Dehghani, A. A. (2014). The trend of groundwater quality parameters in Zarringol Plain using nonparametric Mann-Kendall and Sen's Methods. *Journal of Water and Soil Conservation*, 21(3), 79-100. DOI: 20.1001.1.23222069.1393.21.3.4.3.

Amirrazaeieh, A., Porhemmat, J., &Ahmadi, F. (2017). Investigation of Precipitation and Temperature Trend Across the North West of Iran in Recent Half of The Century. *Journal of Irrigation and Drainage*, 10(6), 797-809.

Ansari, M., Nouri, G. R., & Fotouhi, S. (2017). Investigation of Temperature Precipitation and Flow Trend Using Nonparametric Mankendall (Case Study: Kaju River in Sistan and Baluchestan). *Journal of Watershed Management Research Paper*, 7(14), 152-158. http://dx.doi.org/10.29252/jwmr.7.14.158.

Arab Ameri, A. R., Sohrabi, M., Rezaei, KH., Yamani, M., & Shirani, K. (2018). Simulation of Najaf-Abad watershed groundwaters using data driven ensemble model EBF-Index of entropy. *Journal of Water and Soil Conservation*, 25(2), 25-48. DOI: 10.22069/jwsc.2018.14021.2879.

Azadi Shibkoh, S., Memarain Khalil Abad, H., Pourreza, M., Abedinpour, M., & Akbari, M. (2020). Evaluation of temporal- spatial changes of groundwater resources in Kashmar plain based on time series analysis of precipitation and drought data. *Journal of Rainwater Catchment Systems,* 8(1), 55-69. DOI: 20.1001.1.24235970.1399.8.1.4.9.

Badihi, Z. (2024). Spatio-temporal investigation of ground water quality parameters and climate effects on it (Case study: Najaf Abad watershed, Isfahan). Faculty of Agriculture and Natural Resources. Ardakan University.

Behmanesh, J., Samadi, R., & Rezaei, H. (2015). Investigation of groundwater level changes trend (Case study: Urmia plain). *Journal of Water and Soil Conservation*, 22(4), 67-84. DOI: 20.1001.1.23222069.1394.22.4.4.2.

Choubin, B., & Malekian, A. (2013). Relationship between Fluctuations in the Water Table and Aquifer Salinization (Case Study: Aquifer Aspas-Fars Province). *Journal of Desert Management*, 1(1), 13-26. https://doi.org/10.22034/jdmal.2013.17097.

Daneshwar Vothogi, F., Dinpajooh, Y., Alami, M. T., & Ghorbani, M. A. (2011). Analysis of changes in the quality of underground water in Ardabil Plain using the non-parametric Mann-Kendall test. *Journal of Civil and Environmental Engineering*, 40(3), 0-13.

Ershad Hosseini, M., Hosseini, S. M., Afzali, A., & Kesht Kar, A. R. (2021). Analysis of temporal trend of groundwater quality using nonparametric Mann-Kendall and Sen's methods (Case study: Yazd-Ardakan Plain). *Journal of Geography and Environmental Planning*, 32(4), 87-106. https://doi.org/10.22108/gep.2021.127620.1404.

Fatahi, M. J. (2018). Investigation of the underground water changes trends using GIS and artificial intelligence systems (Case study: Ilam province). Faculty of Engineering. University College of Omran-Toseeh.

Ghafari. S., Moradi, H. R., & Modares, R. (2018). Comparison of Temporal and Spatial Changes of Groundwater Level in Isfahan-Borkhar, Najafabad and Chadegan Plains. *Journal of Physical Geography Research*, 50(1), 141-160. https://doi.org/10.22059/jphgr.2018.226430.1006999.

Haghighi, S. (2019). Application of Decentralized Optimization Method for Conjunctive Management of Surface Water and Groundwater Resources, Case Study: Najaf Abad Plain. College of Agriculture. Tarbiat Modares University.

Hedayat, S. J., Ebrahimi-Khusfi, M., Omidvar, K., & Sharifi Paicoon, M. (2024). Investigating Factors Affecting Changes in Surface and Ground Water Resources Using Satellite Products (Case Study: Kabul-Afghanistan). *Journal of Water and Sustainable Development,* 11(1), 13-24. DOI: 10.22067/jwsd.v11i1.2312-1291.

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.

Jafary, m. (2016). Effects of climate change on the quantity and quality of groundwater aquifers. (case study: Kerman Plain). Faculity of Natural Resources. Tehran of University.

Jiang, Y., & Yan, J. (2010). Effects of land use on hydrochemistry and contamination of Karst groundwater from Nandong underground river system, China. *Water, Air, & Soil Pollution*, 210(1-4), 123-141. http://dx.doi.org/10.1007/s11270-009-0229-z.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

Karami, F., & Kazemi, H. (2012). Spatial monitoring of groundwater salinity in the drought and wet periods (case study: Tabriz Plain). *Journal of Geography and Development,* 10(28), 79-94. DOI: 10.22111/GDIJ.2012.324.

Khalaj, M., Kholghi, M., Saghafian, B., & Bazrafshan, J. (2019). Investigation about climate change and human activity effects on groundwater level and groundwater quality in semiarid region. *Original Article,* 15(2), 278-290. DOI: 20.1001.1.17352347.1398.15.2.21.0.

Kolahdoozan, A. (2014). Studying the process of changes in the chemical composition of underground water (case study: Najaf-Abad plain). College of Agriculture. Tabriz University.

Kolahdoozan, A., Dinpajooh, Y., Mirabbasi Najafabadi, R., Asadi, E., & Darbandi, S. (2015). Effect of Zayandehrood River Dry Becoming on Najafabad Aquifer Oscillations During Past Two Decades. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 46(1). 81-93. https://doi.org/10.22059/ijswr.2015.54298.

Kordavani, P. (1996). Dry areas - second volume: soils, geographical classification of their exploitation issues (revival, improvement and settlement). *Tehran University Publications*. 465 pages.

Mann, H. B. (1945). Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica,* 13(3), 245-259. https://doi.org/10.2307/1907187.

Mirmohammad Sadeghi, M., Ebrahimi, B., & Pasandi, M. (2018). Groundwater Depletion and Stream-Aquifer Interaction (Case Study: The Najafabad Aquifer in Zayandehroud River Basin). *Journal of Hydrology and Soil Science*, 22(2), 107-125. http://dx.doi.org/10.29252/jstnar.22.2.107.

Naderi Eshkaftaki, M., Mirabbasi Najafabadi, R., Nasr Esfahani, M. A., & Fatahi Nafchi, R. (2023). Temporal and Spatial Analysis of the Groundwater Quality Variations in Faradonbeh Plain and Evaluation of Its Usability for Agricultural Uses During 1991-2019. *Journal of Environmental Heal Th Enginering*, 10 (3), 221-240. DOI: 10.61186/jehe.10.3.221

Negahban khajeh, F., & Dinpashoh, Y. (2019). Trend Analysis of Groundwater Level, Using Mann-Kendall non parametric Method (Case Study: Tabriz Plain). *Journal of Water and Soil Science*, 23(2), 335-348. http://dx.doi.org/10.29252/jstnar.23.2.335.

Nisi, B., Buccianti, A., Vaselli, O., Perini, G., Tassi, F., Minissale, A., & Montegrossi, G. (2008). Hydrogeochemistry and strontium isotopes in the Arno River Basin (Tuscany, Italy): constraints on natural controls by statistical modeling. *Journal of Hydrology,* 360(1-4), 166-183. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2008.07.030.

Panahi, M., Misaqi, F., & Ghanbari, F. (2017). Determining of trend variation in quality parameters of Shabestar plain underground water. *Environmental Sciences*, 15(3), 19-38.

Pour, H.V., Sayari, M., Bayat, N., & Forutan, F. (2014). Qualitative and Quantitative Evaluation of Groundwater in Isfahan Najaf Abad Study Area. *Journal of Middle East Applied Science and Technology* (JMEAST), 16(4), 523-530.

Rahimi, H., Nouri, S. H., & Masoodian. S. A. (2020). Evaluation environmental change in Najaf Abad County focusing on agriculture sector (2003-2019). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 11(41), 59-76.

Rahmati. S.,Saadat, S., & Poursoltani, M. R. (2023). The effects of exploiting aquifers on the quality of groundwater resources (Case study; Neyshabour plain, Northeast Iran). *New Findings in Applied Geology,* 17(34), 83-98.

Salmani, Z., Hasanzadeh Nafouti, M., & Jamali, A. A. (2017). Investigating the spatial changes of underground water quality in Najaf Abad Isfahan plain. The third international research conference in engineering, science and technology. The leading institution of the Karin conference.

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/10.2307/2285891.

Shiravand, S. (2015). Effect of land use change on surface runoff and Groundwater fluctuations (Case Study: NajafAbad Plain). Department of Natural Resources. Isfahan University of Technology.

Taghizadeh Mehrjardi, R. A., Mahmoudi, S., Khazai, S. H., & Heydari, A. (2009). Studying spatial variations of groundwater salinity using geostatistics (case study: Rafsanjan). 2nd Conference of Environmental Engineering. Tehran.

Tatawat, R. K., & Chandel, C. P. S. (2008). A hydrochemical profile for assessing the groundwater quality of Jaipur City. *Environmental monitoring and assessment*, 143(1-3), 337-343. https://doi.org/10.1007/s10661-007-9936-3.

Tootian, E. (2014). Evaluatingthe Groundwater Quality of Najafabad Plain using MODFLOW and DRASTIC Models. Department of Water Engineering, College of Agriculture. Isfahan University of Technology.

Turabi pode, H., & Dehghani, R. (2019). Assessment Mann-Kendall and Spearman Test Nonparametric in Trends of Groundwater Quality (Case Study:Mazandaran Plain). *Geographical Space Magazine*, 18 (64), 201-214.

Vafakhah, M., Bakhshi Tiragani, M., & Khazaei, M. (2012). Analysis of Rainfall and Discharge Trend in Kashafrood Watershed. *Geography and Development*, 10(29), 77-90. DOI: 10.22111/GDIJ.2013.123.

Yacoubi. S., Amini, D., & Karimi. H. (2014). Investigating the relationship between salinity and underground water level (case study: Musian Plain, Ilam). *The First National Conference on Geography, Tourism, Natural Resources and Sustainable Development. Tehran*.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]

Yilmaz, A. G., Shanableh, A., Al-Ruzouq, R. I., & Kayemah, N. (2020). Spatio-temporal trend analysis of groundwater levels in Sharjah, UAE. *International Journal of Environmental Science and Development*, 11(1), 9-14. http://dx.doi.org/10.18178/ijesd.2020.11.1.1218.

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. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-68124-1_20**.**

Zareian, M. J. (2021). Sensitivity analysis of the effect of climatic and non-climatic factors on groundwater level fluctuations (Case study: Najafabad plain). *Journal of Water and Irrigation Management*, 11(3), 473-484. https://doi.org/10.22059/jwim.2021.325230.882.

Zhao, G., Hormann, G., & Fohrer, N. (2010).Streamfiow trends and Climate Variability impacts in Poyang lake basin, China. *Water Resourse Management*, 24(4), 689-706. https://doi.org/10.1007/s11269-009-9465-7.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1293]