

ارزیابی و راهکارهای جلوگیری از شدت بحران و حفاظت از آبخوان‌ها

حسین محمدزاده^{*۱}

^۱استاد گروه زمین‌شناسی و مدیر گروه پژوهشی تحقیقات آب‌های زیرزمینی و ژئوترمال (متاب)، پژوهشکده آب و محیط‌زیست، دانشگاه فردوسی مشهد

mohammadzadeh@um.ac.ir*

چکیده

بحران آبخوان‌ها دارای ابعاد و چالش‌های مختلفی از جمله: بحران کمی، بحران کیفی (آلودگی)، بحران امنیت آب و غذا، و بحران‌های سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و زیست محیطی می‌باشد. جلوگیری از بحران بیشتر و حفاظت از آبخوان نیازمند: (۱) شناخت و فهم دقیق‌تر آبخوان‌ها با مطالعات بین رشته‌ای و پایش دقیق آبخوان‌ها، (۲) سیاست‌گذاری و مدیریت جدی بحران آبخوان‌ها با هماهنگی وزارتخانه‌های مرتبط و نقش اثرگذار شورای امنیت ملی، (۳) افزایش آگاهی مردم برای حس واقعی تحدید بحران آبخوان‌ها و (۴) دیپلماسی فعال در رابطه آبخوان‌های مرزی می‌باشد. نتایج شاخص‌های مختلف ارزیابی بحران، نشان می‌دهد آبخوان مشهد - چناران، اصلی‌ترین و مطمئن‌ترین منبع تامین کننده آب شرب و کشاورزی شهر مشهد، در وضعیت بحرانی و ناپایداری قرار دارد که برای جلوگیری از بحران بیشتر آبخوان، بایستی با نگاهی جامع اقدامات مدیریتی متعددی انجام گیرد.

واژه‌های کلیدی

آب‌های زیرزمینی، شدت بحران، آبخوان، مشهد

۱. مقدمه

بحران آب یکی از اساسی‌ترین چالش‌های قرن حاضر می‌باشد که می‌تواند منشاء بسیاری از مسائل و مشکلات باشد. برداشت و مصرف منابع آب محدود و تقریباً ثابت آبخوان‌ها به علت رشد جمعیت و افزایش سرانه مصرف آب بدلیل افزایش سطح رفاه و به تبع آن تنوع نیازهای آبی پیوسته در حال افزایش هست و بخش وسیعی از جمعیت جهان تحت تأثیر کم‌آبی در چند دهه آینده قرار خواهند گرفت (Chandrasekaran et al., 2021; Simsek et al., 2022). در ایران نیز به دلیل رشد جمعیت، رشد بخش کشاورزی و گسترش شهرنشینی، برداشت از منابع آب زیرزمینی در اغلب مناطق از حد مجاز فراتر رفته است و هزینه‌های نهایی تأمین آب اضافی و آلودگی منابع آب، شتابی فزاینده پیدا کرده است. لذا حرکت برای ایجاد تعادل بین عرضه و تقاضای آب در شرایط اقلیمی و جغرافیایی متفاوت و نیازهای در حال تحول مناطق مختلف کشور، صرفاً با شناخت دقیق ژئومتری و پتانسیل آبخوان‌ها (محمدزاده و همکاران، ۱۴۰۳؛ Mohammadzadeh et al., 2025)، وضعیت بحرانی آبخوان‌ها و با اتکا به مدیریت عرضه و تکیه بر احداث تأسیسات جدید و نصب کنتورهای هوشمند (محمدزاده و همکاران، ۱۴۰۴) و هماهنگی وزارتخانه‌های مرتبط با مصرف آب می‌تواند مشکلات را تخفیف داده و یا از عهده آن‌ها برآید. از اینرو ارزیابی و سنجش شدت بحران آب‌های زیرزمینی و راهکارهای جلوگیری از افزایش بحران و حفاظت از آبخوان‌ها بسیار ضروری است.

۲. مواد و روش‌ها

برای پی بردن به وجود و یا عدم وجود بحران در آبخوان یک دشت و ارزیابی شدت بحران آبخوان، ضمن بررسی تغییرات و افت سطح آب زیرزمینی می‌توان شاخص‌های کمی (نظیر شاخص نسبت آب مصرفی به آب تجدیدپذیر $(C/RW)^1$)، شاخص رد پای آب زیرزمینی $(GF)^2$ ، شاخص تنش آب $(WSI)^3$ ، شاخص تنش حاصل از برداشت بی‌رویه آب‌های زیرزمینی $(GDS)^4$ ، شاخص وابستگی به آب زیرزمینی تجدیدپذیر $(GWD)^5$ ، شاخص بارش استاندارد شده $(SPI)^6$ ، شاخص‌های کیفی (نظیر شاخص $AQSI^7$ ، شاخص رد پای یکپارچه آب زیرزمینی $(IGF)^8$ و شاخص‌های توصیفی (شاخص هیدرومورفولوژی حوضه آبریز آبخوان $(HMBI)^9$ ، شاخص هیدروتکتونیکی حوضه آبریز آبخوان $(HTBI)^{10}$) را محاسبه نمود که جهت اهداف مدیریتی بسیار ضروری است (عباسی، ۱۴۰۲؛ Mohammadzadeh et al., 2024). در این مقاله سعی شده است با شناسایی دقیق ژئومتری و سنجش و ارزیابی شدت بحران در آبخوان دشت مشهد- چناران، اصلی‌ترین و مطمئن‌ترین منبع تامین کننده آب شرب و کشاورزی شهر مشهد، با استفاده از شاخص‌های کمی، کیفی، توصیفی مورد بررسی و و نقاط بحرانی آب زیرزمینی در آبخوان، پیامدهای ناشی از بحران آبخوان بررسی و راهکارهایی برای چالش‌های موجود و جلوگیری از بحران بیشتر، و حفاظت از آبخوان ارائه شود، که از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و برای مدیران ضروری و به آن‌ها در تصمیم‌گیری و اجرای راهکارهای علاج بخشی کمک خواهد نمود.

۳. بحث و نتایج

بررسی چالش آب و تامین آب مورد نیاز برای مصارف مختلف نشان از جدیت بحران آبخوان‌ها در ایران می‌باشد و حل آن نیازمند اقدام فوری در سراسر کشور است. شناخت دقیق آبخوان‌ها و تعیین خصوصیات کمی و ژئومتری آبخوان‌ها نیازمند مطالعات بین رشته‌ای و استفاده از تکنیک‌های نوین صحرایی و دستگاهی (محمدزاده، ۱۴۰۲)، متدولوژی و تکنیک‌های آماری و هوش مصنوعی برای تفسیر داده‌ها می‌باشد (شکل ۱).



شکل ۱. رشته‌ها و تکنیک‌های نوین مورد نیاز برای شناخت دقیق و تعیین خصوصیات کمی و ژئومتری آبخوان‌ها

آبخوان آبرفتی دشت مشهد با وسعت تقریبی ۲۵۲۶ کیلومترمربع و گاهی با بیش از یک میلیارد مترمکعب برداشت سالانه (گزارش بیلان آب منطقه‌ای خراسان رضوی، ۱۳۹۴) یکی از مهم‌ترین قطب‌های کشاورزی، صنعتی و گردشگری است. رشد

^۱ Consumption Water / Renewable Water

^۲ Groundwater footprint

^۳ Water Stress Indicator

^۴ Groundwater Development Stress

^۵ Groundwater Dependency

^۶ Standard Precipitation Index

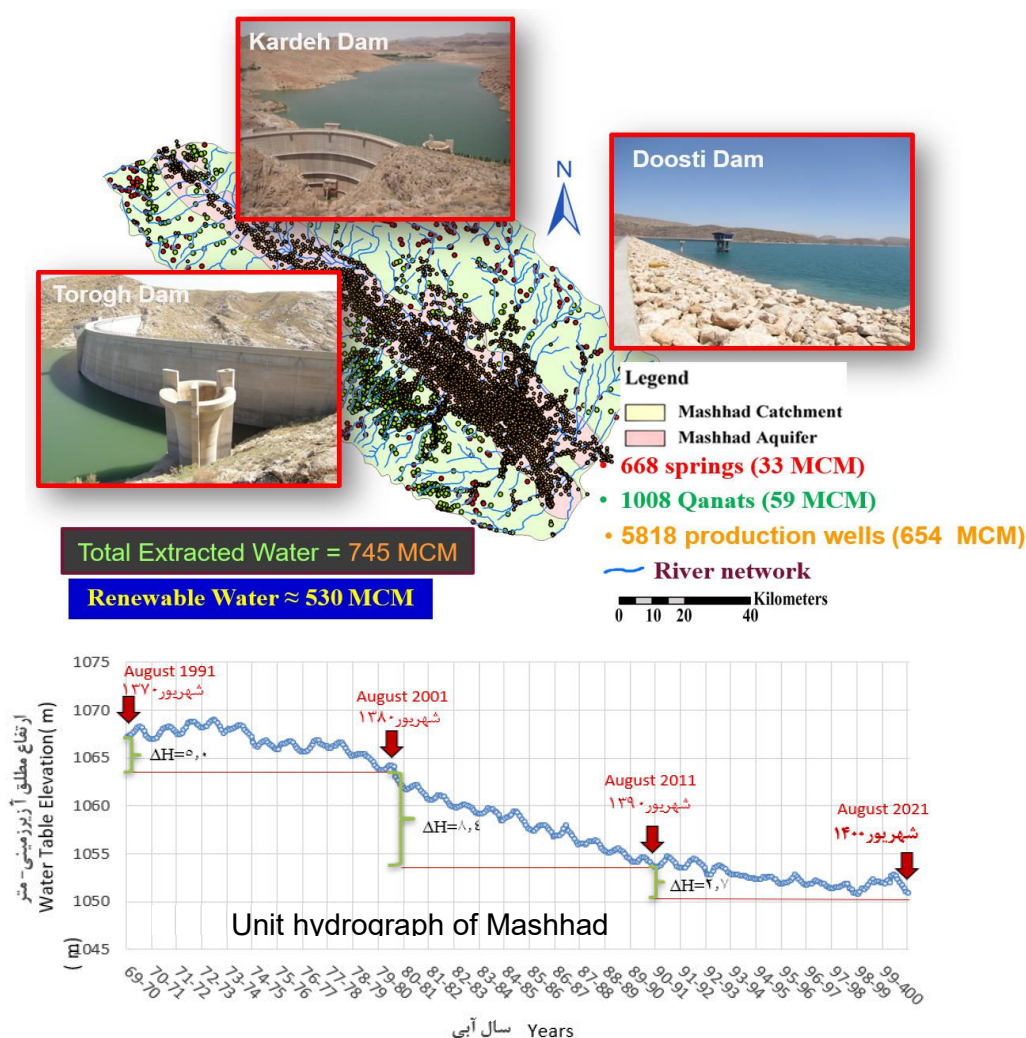
^۷ Aquifer Quality Stability Index

^۸ Integrated Groundwater Footprint

^۹ Hydromorphological basin index

^{۱۰} Hydrotectonic Basin Index

روز افزون جمعیت و توسعه در بخش‌های کشاورزی و صنعت و توام با خشکسالی باعث تشدید بهره‌برداری از منابع آبی دشت مشهد - چناران شده است (شکل ۲)، که این امر باعث افت پیوسته سطح آب زیرزمینی در آبخوان، کاهش کیفیت آبخوان (محمدزاده و همکاران، ۱۴۰۱)، فرونشست زمین و بحرانی شدن شدید آن شده است و آبخوان به شدت مورد تهدید است. شاخص‌های کمی ($C/RW, GF, WSI, GWD, GDS$) محاسبه شده برای بازه زمانی ۶ ساله به ترتیب برابر $۱.۹۷/۸$ ، $۹۶/۳$ ، $۰/۹۰۵$ ، $۰/۸۶$ برآورد گردید. همچنین شاخص خشکسالی (SPI) با توجه به مقادیر کوتاه مدت (۱ و ۶ ماهه) و بلندمدت (۱۲ و ۲۴ ماهه) و همچنین با توجه به نقشه پهنه‌بندی بازه زمانی (۱۴۰۱-۱۳۷۱) محدوده مشهد - چناران در حالت خشکسالی قرار گرفته است. شاخص‌های پارامترهای کیفی (TH, EC و TDS) و غلظت آنیون‌ها و کاتیون‌ها موجود در آب زیرزمینی با توجه به افت سطح آب زیرزمینی طی چند سال اخیر با کاهش بیشتر کیفیت آبخوان مواجه شده است. شاخص پایداری کیفی آبخوان برای روند هدایت الکتریکی، مواد جامد محلول در آب و سدیم به ترتیب برابر (۲۲، ۱۰، ۱۱) و شاخص کیفی AQSI برابر



۸/۳ درصد برآورد گردید. باتوجه به نتایج شاخص‌های کمی و کیفی، آب زیرزمینی دشت مشهد - چناران در وضعیت بحرانی و ناپایداری قرار دارد. همچنین باتوجه به شاخص‌های توصیفی عواملی مانند بافت خاک، ضخامت خاک و تکنیک منطقه نیز در بعضی مناطق موجب تشدید افت آب زیرزمینی شده است.

شکل ۲. منابع آبی دشت مشهد - چناران و هیدروگراف واحد ۳۰ ساله آبخوان مشهد

۴. نتیجه گیری

بررسی وضعیت بحران آبخوان‌ها تحدیدهای جدی از قبیل: کاهش تولید مواد غذایی، افزایش شوری خاک زمین‌های کشاورزی و باغات و ...، افزایش مشکلات زیست محیطی، کاهش توان آبدی آبخوان‌ها و کاهش کیفیت آب بدلیل کاهش ذخایر آب و افزایش بیماری و تهدید سلامت، را بنبال خواهد داشت. جلوگیری از بحران بیشتر و حفاظت از آبخوان نیازمند راهکارهای زیر می‌باشد:

- علمی و تحقیقاتی - شناخت و فهم دقیق‌تر آبخوان‌ها (نقش مطالعات بین رشته‌ای) و پایش دقیق آبخوان‌ها
 - فرهنگی - افزایش آگاهی مردم برای حس واقعی تحدید بحران آبخوان‌ها (همانند مشکل کرونا)
 - حکمرانی، سیاست‌گذاری و مدیریتی - ورود مسئولین در زمینه بحران آبخوان‌ها، هماهنگی وزارتخانه‌های مرتبط و نقش اثرگذار شورای امنیت ملی
 - دیپلماسی منابع آب مشترک (آبخوان‌های مرزی) - امنیت ملت‌ها
- نقشه پهنه‌بندی مناطق بحرانی آبخوان مشهد - چناران، براساس پارامترهای موثر در شدت بحران آبخوان، نشان می‌دهد اکثر دشت مشهد در حالت بحرانی و جنوب شرقی دشت در حالت شدت بحران زیاد قرار گرفته است که باید مورد توجه قرار گیرد و برای جلوگیری از بحران بیشتر آبخوان، بایستی با نگاهی جامع اقدامات مدیریتی متعددی از جمله موارد زیر انجام گیرد.
- کنترل جمعیت مشهد و مدیریت بهینه مصرف آب و کاهش سرانه آب
 - بازچرخانی آب‌های خاکستری و استفاده از آب‌های بازیافتی
 - به‌کارگیری روش‌های نوین برای کاهش پرت آب شبکه آبرسانی شهر
 - تامین آب بصورت مجازی (تولید غذا) و بصورت صنعتی (آب معدنی) از سایر نقاط استان
 - جمع‌آوری و ذخیره‌سازی آب باران با آبخوان داری
 - پایش دقیق روند تغییرات سطح ایستایی، و ساعت کارکرد و انرژی مصرفی چاه‌های کشاورزی با کنتورهای هوشمند

منابع

۱. شرکت آب منطقه‌ای خراسان. رضوی، ۱۳۹۴. گزارش بیان منابع آب محدوده مطالعاتی مشهد- چناران، شرکت مهندسی مشاور کاوش پی مشهد.
۲. عباسی، ع، ۱۴۰۲. سنجش و ارزیابی شدت بحران آبخوان دشت مشهد - چناران و راهکارهای حفاظت از آن، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.
۳. محمدزاده، ح، ترشیزی، م، ۱۴۰۴. تأثیر نصب کنتورهای هوشمند بر نوسانات سطح ایستایی و مصرف انرژی چاه‌های کشاورزی دشت رشتخوار، آب و توسعه پایدار، در نوبت چاپ.
۴. محمدزاده، ح، ۱۴۰۳. ارزیابی هندسه و بررسی تغییرات حجم اشباع و غیراشباع آبخوان مشهد - چناران. مهندسی عمران فردوسی، ۳۷(۴)، ۱-۱۸. doi: 10.22067/jfci.2024.87150.1287
۵. محمدزاده، ح، ۱۴۰۲. راهنمای عملیات صحرایی و آزمایشگاهی مطالعات هیدروژئوشیمیایی و ایزوتوپی، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۲۸ ص.
۶. محمدزاده، ح، حسین زاده، ج، سامانی، س، ۱۴۰۱. ارزیابی خصوصیات و تکامل هیدروژئوشیمیایی آبخوان مشهد-چناران با مدل سازی ژئوشیمیایی معکوس در Phreeqc. تحقیقات آب و خاک ایران، ۵۳(۴)، ۷۷۷-۷۹۳. doi: 10.22059/ijswr.2022.339569.669218
7. Chandrasekaran, P.T., Javaid, M.S., Sadiq, A., 2021. Resources of Water. BoD-Books on Demand.
8. Mohammadzadeh1, H., Abbassi, a., Arjomandsharif, M, Davari, K., 2024. Assessing the severity of the Mashhad-Chenaran aquifer crisis using C/RW, GWD, and GDS indices, The 1st Regional Symposium on Innovation in Science and Technology, Mashhad, Iran.

9. Mohammadzadeh1, H., Hashemi, J., Ghalibaf Mohammadabadi, H., 2025. Karst Groundwater Potential Mapping Using Machine Learning Model, The 2nd Regional Symposium on Innovation in Science and Technology, Mashhad, Iran.
10. Simsek, C., Kuruoglu, M., and Demirkiran, Z., 2022. A Study for the Protection of Groundwater Production Zones from Polluting Sources Using GIS-Integrated Vulnerability Technique. Journal of Mining Science, 58(2), 309-324.