نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۲۵-۱۳

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 13-25

مقاله علمی-پژوهشی

طراحی شبکه پایش آلودگی منابع آب زیرزمینی بر اساس آسیب‌پذیری ذاتی، منابع آلودگی و ارزش آب زیرزمینی، مطالعه موردی: دشت خاش-پشتکوه، استان سیستان و بلوچستان

عطاءاله جودوی[۱*]، ناهید مجیدی[۲]، میثم مجیدی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۱۸

چکیده

تغییر کیفیت آب‌های زیرزمینی بر اثر عوامل طبیعی یا انسان‌زاد، می‌تواند بر سلامت انسان‌ها تأثیرگذار باشد. ازاین‌رو، طراحی شبکه پایش آلودگی آب زیرزمینی جهت دستیابی به اهداف مدیریت منابع آب و حفظ امنیت غذایی امری ضروری می‌باشد. هدف این پژوهش معرفی روشی جامع برای طراحی شبکه پایش آلودگی منابع آب زیرزمینی می‌باشد که بر مبنای تهیه نقشه شاخص "اولویت حفاظت-پایش" در سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) شکل گرفته است. لایه رستری "شاخص اولویت حفاظت" آبخوان با تلفیق نقشه‌های آسیب‌پذیری ذاتی بر اساس مدل DRASTIC و ارزش‌گذاری کمیت و کیفیت آب زیرزمینی تهیه می‌شود. همچنین با تلفیق لایه‌های رستری ارزش‌گذاری منابع آلاینده (بر اساس پتانسیل آلایندگی) و ارزش‌گذاری حریم کیفی منابع آب زیرزمینی، لایه "شاخص اولویت پایش" در آبخوان به دست می‌آید. با روی‌هم‌گذاری شاخص‌های "اولویت حفاظت" و "اولویت پایش" و همچنین در نظر گرفتن جهت جریان آب زیرزمینی، ایستگاه‌های نمونه‌برداری از منابع آب زیرزمینی تعیین می‌شوند. چارچوب ارائه‌شده در محدوده مطالعاتی خاش-پشتکوه بکار گرفته شد و بر اساس آن تعداد ۱۵ نقطه جهت پایش آلودگی آب زیرزمینی تعیین شد. نمونه‌برداری از این نقاط نشان داد مطابق پیش‌بینی شاخص "اولویت حفاظت-پایش"، در جنوب شرق و شمال آبخوان خاش و شمال آبخوان پشتکوه، غلظت عناصر سنگین مانند آرسنیک در برخی از چاه‌ها به دلیل وجود عوامل زمین‌شناسی بیشتر از حد مجاز برای شرب می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: پایش کیفیت آب زیرزمینی، دراستیک، شاخص اولویت پایش، شاخص اولویت حفاظت

مقدمه

آب زیرزمینی مهم‌ترین منبع تأمین آب در نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد (Joodavi et al, 2021). افزایش نیاز آبی در کنار توسعه صنایع و شهرها و افزایش آلودگی منابع آب باعث شده است به برنامه‌هایی برای مقابله و کنترل آلودگی نیاز باشد که طرح‌ریزی و پیاده‌سازی این برنامه‌ها باید بر اساس اطلاعات صحیح و نظارت (پایش) مناسب صورت پذیرد. با توجه به گسترش انواع آلودگی، سامانه پایش باید به‌طور مستمر ارزیابی و اصلاح شود تا از یک‌سو، اهداف نظارتی خود را حفظ نموده و از سوی دیگر سبب افزایش هزینه‌های پایش نشود (ASCE[۴], 2003). پایش می‌تواند مواردی از جمله توصیف ترکیب شیمیایی منابع آب، تعیین وجود و توزیع مکانی آلاینده‌ها و تعیین روند غلظت آلاینده‌ها و مواد طبیعی در طول زمان را توضیح دهد (نشریه ۶۲۰ وزارت نیرو، ۱۳۹۲). پژوهشگران مختلف از روش‌ها و مبانی مختلفی برای طراحی شبکه پایش آلودگی منابع آب زیرزمینی بهره گرفته‌اند. وانگ و همکاران در تحقیقی ریسک آلودگی منابع آب زیرزمینی را ارزیابی کردند (Wang et al, 2012). در این تحقیق ابتدا منابع آلودگی مشخص شدند و سپس با توجه بار آلودگی و خصوصیات آلاینده (که شامل میزان سمّیت، سیار بودن و پایداری آلاینده بود) نقشه پهنه‌بندی خطر را تولید کردند. پس از تهیه نقشه خطر، نقشه آسیب‌پذیری نیز به روش دراستیک[۵] تولید شد و پس از آن نقشه ارزش آب زیرزمینی با توجه به کمیت و کیفیت آب زیرزمینی پهنه‌بندی گردید. در نهایت این سه

۱- استادیار گروه علوم و مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران
۲- کارشناس‌ارشد، گروه هیدروانفورماتیک، مرکز پژوهشی آب و محیط زیست شرق (EWERI)، مشهد، ایران
۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی آب، مرکز آموزش عالی کاشمر، کاشمر، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: atajoodavi@kashmar.ac.ir
DOR: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.2.9

4- American Society of Civil Engineers
5- DRASTIC

نقشه برای تحلیل ریسک آلودگی با یکدیگر تلفیق شدند. جوهانسون و همکاران چارچوبی را برای حفاظت از منابع آب زیرزمینی ارائه کرد و از آن برای برنامه‌ریزی حفاظت سیستم آب زیرزمینی ماناگوا در نیکاراگوئه استفاده کرد. آن‌ها در مطالعه موردی خود آسیب‌پذیری آبخوان را نسبت به آلودگی تعیین کرده و منابع آلودگی را نیز در پنج دسته‌ی اصلی: ۱) صنعتی، ۲) شهری، ۳) کشاورزی، ۴) محل‌های دفع زباله و ۵) سایر (پمپ‌بنزین‌ها، حوضچه‌های اُکسایش، آرامستان و غیره) تقسیم‌بندی نمودند. سپس این منابع بر حسب (الف) نوع فعالیت، (ب) شیوه انتقال و ذخیره‌ی مواد شیمیایی، (پ) شیوه‌ی دفع پسماندها و (ت) مساحت منطقه‌ای که تحت تأثیر پسماندها واقع می‌شود، به سه کلاس بار آلودگی کم و متوسط و زیاد تقسیم‌بندی شدند. در این رویکرد منابع آلودگی با بار آلودگی زیاد که در نواحی با آسیب‌پذیری بالا قرار دارند، دارای بالاترین ریسک آلودگی برای آب زیرزمینی قرار گرفتند و منابع واقع‌شده در نواحی با بار آلودگی کم و در نواحی با آسیب‌پذیری پایین در شمار منابع دارای ریسک پایین طبقه‌بندی شدند (Johansson et al., 1999). نینگ و چانگ در پژوهش خود اظهار داشتند که تعیین موقعیت و پراکندگی ایستگاه‌ها در شبکه پایش نیازمند اطلاعات تجربی و نظرات کارشناسی می‌باشد (Ning and Chang, 2005). موسسه ملی ریسک محیط‌زیست اتحادیه اروپا دستورالعمل «بهینه‌سازی پایش بلندمدت» را توسعه داد که در آن برخی مفاهیم و ابزارهای بهینه‌سازی پایش بلندمدت را توضیح می‌دهد. مواردی که در این دستورالعمل موردبررسی قرار می‌گیرد شامل: الف) مدیریت داده، ب) ارزیابی مکان‌های نمونه‌گیری، ج) ارزیابی تواتر نمونه‌برداری، د) ارزیابی روش‌های نمونه‌گیری) و ارزیابی برنامه‌های تحلیلی می‌باشد. در این دستورالعمل همچنین تأکید شده است که بر اساس بررسی‌های صورت گرفته و همان‌طور که در بسیاری از کشورها نیز این‌گونه است، تکامل پایش بلندمدت (افزایش/کاهش تواتر یا تعداد پارامترها و چاه‌های نمونه‌برداری، توقف کامل پایش و غیره) معمولاً در رویکردی «مورد به مورد» انجام می‌شود. در این دستورالعمل منطق تصمیم‌گیری برای بهینه‌سازی شبکه پایش کیفی و تواتر پایش در جداول و فلوچارت‌ها خلاصه شده و با بررسی مثال‌هایی تشریح شده‌اند (INERIS[1], 2013).

نیکسدورف و همکاران روشی را برای کمی ساختن ریسک آلودگی آب زیرزمینی در حوضه آبریز رودخانه سونگ‌هوآ کشور چین بر پایه مدل‌سازی GIS ارائه کردند. در روش آن‌ها نتایج مدل DRASTIC و مدل عددی آب زیرزمینی با هم تلفیق شده است تا مناطق دارای ریسک بالای آلودگی در آبخوان مشخص شود (Nixdorf et al., 2017). لی و همکاران با تلفیق مدل DRASTIC و توان آلایندگی منابع آلودگی، ریسک آلودگی منابع آب زیرزمینی در دشت وینینگ کشور چین ارزیابی کردند (Li et al, 2017). لی و همکاران به‌منظور ارزیابی ریسک آلودگی آب زیرزمینی در دشت یین‌چوآن کشور چین، از ترکیب شاخص‌های میزان سمیت و تولید آلاینده‌ها، ارزش آب زیرزمینی و آسیب‌پذیری آبخوان در بستر GIS استفاده کردند (Li et al, 2020). دودا و همکاران روشی برای ارزیابی ریسک آلودگی چاه‌های آب شرب بر اثر توسعه سازه‌ها و لندفیل‌های صنایع ارائه کردند. در روش آن‌ها حریم کیفی چاه‌ها تعیین و سناریوهای مختلف توسعه صنعت در نظر گرفته شد (Duda et al, 2021). الکساکیس و همکاران از چارچوب DPSIR یا مدل "نیروی محرکه- فشار- وضعیت- تأثیر- پاسخ" برای ارزیابی عوامل مؤثر بر آلودگی آب زیرزمینی و یافتن راه‌حل رفع آلودگی در دو ناحیه مگارا و اروپوس-کالاموس حاشیه مدیترانه استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد زمین‌شناسی، کشاورزی و توسعه شهری بیشترین نقش را در آلودگی آب زیرزمینی این مناطق دارند (Alexakis at al, 2021).

انتظاری (۱۳۹۳) دستورالعمل کاربردی به‌منظور پایش کیفی منابع آب زیرزمینی در دشت نیشابور ارائه نمودند. در این مطالعه با رویکردی کاربر محور برای برنامه‌ریزی پایش، ابتدا جایگاه سامانه‌های اندازه‌گیری و پایش در مدیریت منابع آب بررسی شد و سپس چارچوب پایش کیفیت آب زیرزمینی در سطح حوضه آبریز با توجه به فعالیت‌ها و چارچوب‌های مشابه در سایر نقاط جهان پیکربندی و تدوین گردید و مورد ارزیابی قرار گرفت. چارچوب ارائه‌شده در این مطالعه شامل شش مرحله از جمله تعیین اهداف پایش، راهبرد پایش، تبیین مدل مفهومی کیفی، طراحی پایش، پیاده‌سازی پایش و ارزیابی و روزآمدی برنامه‌ی پایش می‌باشد. استفاده از این چارچوب در نیشابور نشان داد که می‌تواند به‌طور قابل قبولی برای طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی پایش کیفی آب زیرزمینی مورداستفاده قرار گیرد. میرزائی ندوشن و همکاران (۱۳۹۸) روشی بر پایه بهینه‌سازی برای طراحی شبکه پایش سطح آب زیرزمینی ارائه کردند و آن را برای آبخوان دشت اشتهارد مورداستفاده قرار دادند. آن‌ها برای بهینه‌سازی موقعیت چاه‌های مشاهداتی دو سناریوی ۱) انتخاب چاه‌های بهینه از بین چاه‌های مشاهداتی موجود در منطقه مطالعاتی و ۲) افزودن چاه‌های پایش بهینه به مجموعه چاه‌های مشاهداتی موجود، در نظر گرفتند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که به کمک روش پیشنهادی می‌توان در یک شبکه پایش موجود با دقت قابل قبولی تعدادی از چاه‌های مشاهداتی اضافی را حذف کرد یا در صورت کمبود چاه در شبکه موجود، تعدادی چاه به شبکه اضافه نمود. در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی در کشور به‌منظور تدوین دستورالعمل‌های اجرایی صورت گرفته است، اما توسعه آن‌ها برای کاربردی بودن و ارائه چارچوبی منطقی با توجه شرایط موجود امری ضروری به نظر می‌رسد.

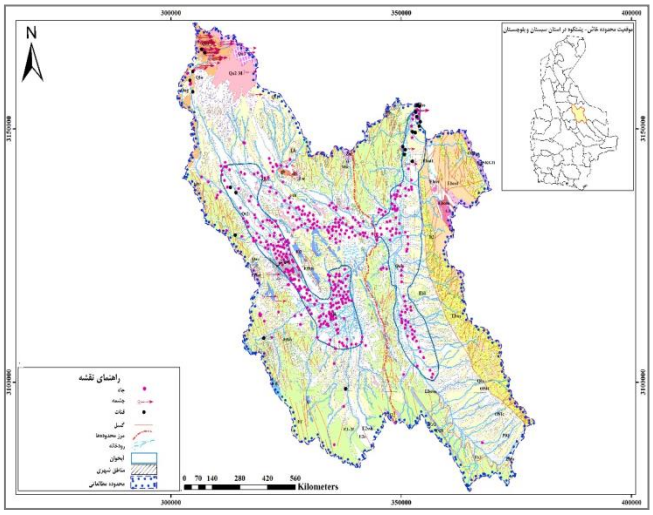
1- National Institute for Industrial Environment and Risks

در این مقاله یک چارچوب کاربردی و جامع بر پایه مدل‌سازی در محیط GIS به‌منظور طراحی شبکه پایش کیفیت و آلودگی منابع آب زیرزمینی معرفی و در محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه استان سیستان و بلوچستان بکار گرفته شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی محدوده موردمطالعه

محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه با مساحت ۳۶۵۵/۲ کیلومتر-مربع در غرب استان سیستان و بلوچستان بین طول‌های ´۵۷ °۶۰ تا ´۴۸ °۶۱ شرقی و عرض‌های ´۴۸ °۲۷ تا ´۴۰ °۲۸ شمالی واقع شده است. این محدوده دارای دو دشت مجزا (دشت خاش و دشت پشتکوه) می‌باشد. محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه به لحاظ جایگاه زمین‌شناسی در پهنه فلیش شرق ایران واقع می‌شود. پهنه‌های سنگ‌شناسی منطقه شامل سنگ‌های آذرین، دگرگونی، رسوبی، فلیش‌های شرق ایران و همچنین پهنه‌های آبرفتی می‌باشد (آقانباتی، ۱۳۸۳). این محدوده مطالعاتی دارای دو دشت خاش و پشتکوه با آبخوان‌های مجزا می‌باشد. سفره‌های آب زیرزمینی این منطقه از نوع آزاد بوده و اکثر چاه‌های موجود در محدوده‌ی مطالعاتی در این آبخوان‌های آبرفتی واقع شده‌اند (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت محدوده مطالعاتی خاش-پشتکوه و منابع آب زیرزمینی در این محدوده

چارچوب طراحی شبکه پایش آلودگی

جهت تعیین ایستگاه‌های پایش کیفیت و آلودگی منابع آب زیرزمینی در این تحقیق از چارچوبی استفاده شده که در آن ابتدا محدوده مطالعاتی از نظر اولویت برای حفاظت و پایش پهنه‌بندی شده و بر اساس آن شبکه پایش طراحی و ایستگاه‌های نمونه‌برداری تعیین می‌شوند (شکل ۲). تمامی مراحل کار توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و بر مبنای مدل همپوشانی شاخص انجام می‌شود.

شکل ۲- مراحل تعیین طراحی شبکه پایش

پهنه‌بندی آبخوان از نظر اولویت حفاظت

به‌طورکلی مناطقی از آبخوان برای حفاظت دارای اولویت هستند که آسیب‌پذیری ذاتی بالایی دارند و یا آب زیرزمینی دارای کمیت و کیفیت قابل‌توجهی می‌باشد. در ادامه روش تهیه نقشه پهنه‌بندی

شاخص اولویت حفاظت توضیح داده شده‌است.

تهیه نقشه آسیب‌پذیری آبخوان

در این مطالعه برای ارزیابی آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان از مدل DRASTIC استفاده شده است. این روش برای اولین بار توسط آلر و همکاران ارائه شد (Aller et al., 1987). این مدل از ترکیب هفت مشخصه مؤثر در انتقال آلودگی از سطح زمین به آب زیرزمینی شامل عمق آب زیرزمینی (D)، تغذیه خالص (R)، محیط آبخوان (A)، محیط خاک (S)، توپوگرافی یا شیب سطح زمین (T)، مواد تشکیل‌دهنده زون غیراشباع (I) و هدایت هیدرولیکی (C) تشکیل شده است. پس از جمع‌آوری و رقومی کردن داده‌ها در محیط Arc Map، هفت عامل نامبرده برای تهیه نقشه آسیب‌پذیری با یکدیگر همپوشانی و تلفیق می‌شوند و یک لایه جدید به نام شاخص DRASTIC، طبق رابطه (۱) به دست می‌آید (نشریه ۶۲۱ وزارت نیرو، ۱۳۹۲).

$$\text{DRASTIC Index} = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W \quad (۱)$$

در این رابطه اندیس‌های R و W به ترتیب رتبه و وزن هر مشخصه را نشان می‌دهد.

ارزش‌گذاری کمی (میزان ذخیره) منابع آب زیرزمینی

جهت به دست آوردن میزان ذخیره‌ی آب در آبخوان که در این مطالعه به‌عنوان ارزش کمی منابع آب شناخته شده، نقشهٔ تراز سنگ کف و تراز سطح آب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تهیه شده و با کسر رستر تراز سنگ کف و تراز سطح آب زیرزمینی، ضخامت ناحیه اشباع محاسبه شده است. با استفاده از رابطه (۲) حجم آب زیرزمینی موجود در آبخوان در واحد سطح محاسبه شده است (Todd and Mays, 2005).

$$Vw = Sy \times H \quad (۲)$$

در این رابطه V_W معادل حجم آب زیرزمینی برحسب مترمکعب در واحد سطح، H عمق آب زیرزمینی در هر پیکسل برحسب متر و S_y ضریب ذخیره (آبدهی ویژه) آبخوان می‌باشد. در این رابطه هرچقدر حجم آب زیرزمینی بیشتر باشد ارزش کمّی منابع آب زیرزمینی بیشتر خواهد بود.

ارزش‌گذاری کیفیت آب زیرزمینی

به‌منظور ارزش‌گذاری کیفیت منابع آب زیرزمینی در این تحقیق از پارامتر هدایت الکتریکی (EC) استفاده شده است. چرا که اندازه‌گیری این پارامتر بسیار ساده و کم‌هزینه بوده و معمولاً داده‌های آن موجود است. در محدوده موردمطالعه، بر اساس داده‌های حاصل از منابع انتخابی کیفی آبخوان که توسط دفتر مطالعات پایه شرکت آب منطقه‌ای سیستان و بلوچستان انجام می‌گیرد، نقشه پهنه‌بندی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی ترسیم شده است.

به‌منظور تهیه نقشه نهایی پهنه‌بندی مناطق دارای اولویت (شاخص) حفاظت، نقشه‌های ارزش کمی، کیفی و آسیب‌پذیری با یکدیگر تلفیق شدند. با توجه به اینکه این لایه‌ها دارای ارزش و ماهیت متفاوتی هستند قبل از تلفیق آن‌ها، در نرم‌افزار Arc map و با استفاده از رابطه (۳) مقدار (Value) هر یک از لایه‌ها بین ۱ تا ۱۰ ارزش‌گذاری شده و مقادیر آن‌ها با یکدیگر جمع شدند. درنهایت برای اینکه ارزش‌های به‌دست‌آمده در محدوده‌ی ارزش لایه‌های ورودی باشد، عملیات نرمال‌سازی بر روی لایه نهایی نیز انجام گرفت (Ioffe et al., 2015).

$$X = (10-1)\frac{(x - x_{min})}{(x_{max} - x_{min})} + (1) \quad (۳)$$

در رابطه فوق، x مقدار هر پیکسل در لایه موردنظر، x_{min} و x_{max} به ترتیب حداقل و حداکثر مقدار پیکسل‌های یک لایه می‌باشد. با استفاده از این رابطه نواحی که در آن حجم ذخیره آب بیشتر، میزان شوری کمتر و شاخص آسیب‌پذیری نیز بیشتر باشد، ارزش حفاظتی بالاتری خواهند داشت.

تهیه نقشه پهنه‌بندی مناطق دارای اولویت پایش

در این مطالعه، مناطقی دارای اولویت پایش هستند که ۱- منابع آلاینده در آن موجود باشد، ۲- ارزش و امتیاز منابع آلاینده در آن محل بالا باشد (منابع آلاینده با خطر بیشتر) و ۳- داخل حریم چاه، چشمه و قنات قرار گرفته باشند که بر اساس نوع مصرف امتیازدهی شده‌اند. اثر هر یک از عوامل نامبرده در ادامه تشریح شده است.

بازدیدهای میدانی و شناسایی منابع آلاینده

به‌منظور مستندسازی منابع محتمل آلودگی (معادن، صنایع، دامداری‌ها، مراکز دفن زباله، آرامستان‌ها، بیمارستان‌ها و...) ابتدا داده‌های موجود در سازمان‌های محیط‌زیست، آب و فاضلاب، صنعت، معدن و تجارت و همچنین اطلاعات به‌دست‌آمده از مقالات علمی، اخبار، نقشه‌ها و تصاویر ماهواره‌ای مربوط به محدوده موردمطالعه گردآوری و با یکدیگر تلفیق شدند. پس از آن با تلفیق و تجمیع این اطلاعات در قالب بانک داده GIS برنامه تحقیقات میدانی تنظیم شد. طی بازدیدهای میدانی، اطلاعات منابع آلاینده احتمالی ثبت شده و به بانک داده GIS اضافه گردید.

دسته‌بندی و وزن دهی منابع آلاینده

در این تحقیق، امتیاز و یا ارزشی که به هر منبع آلودگی داده شده بر اساس رویکرد امتیازدهی زاپوروزوک بوده و عواملی همچون شاخص آلودگی، میزان سمی بودن، مقدار تولید آلودگی (گستره

آلودگی) و پایداری و قابلیت تحرک شاخص آلودگی در هر منبع آلاینده موردبررسی قرار گرفته است (Zaporozec, 2004). شاخص آلودگی با توجه به نوع منبع آلاینده همچون الف) منابع طبیعی، ب) اراضی کشاورزی، ج) صنایع شاخص، د) مرغداری و دامداری و ه) مراکز جمعیتی تعیین می‌گردد. با توجه به‌شدت و اثر هر یک از عوامل نامبرده، امتیازی بین یک تا پنج به آن‌ها اختصاص داده و میانگین امتیاز آن‌ها به‌عنوان امتیاز نهایی هر منبع آلاینده در نظر گرفته شده است. هرچقدر امتیاز منبع آلاینده بالاتر باشد، پتانسیل بار آلودگی توسط آن منبع بیشتر خواهد بود.

تعیین حریم منابع آب شرب، کشاورزی و صنعت و حساسیت (ارزش) آن‌ها

به‌منظور تعیین حریم منابع آب در محدوده مطالعاتی، از روش شعاع ثابت دلخواه[1] استفاده شد. در این روش در اطراف هر چاه یک دایره با شعاع مشخص رسم می‌شود که تعیین‌کننده حریم کیفی آن‌هاست (نشریه ۶۲۱ وزارت نیرو، ۱۳۹۲). بعد از این مرحله به هرکدام از حریم‌های کیفی با توجه به نوع برداشت از منابع آب ارزشی بین ۱ تا ۱۰ اختصاص داده شده است (جدول ۱).

جدول ۱- ارزش‌گذاری منبع آب زیرزمینی بر اساس نوع مصرف

ردیف	نوع مصرف آب	ارزش
۱	شرب	۱۰
۲	کشاورزی	۶
۳	صنعت*	۴

*مصرف آب برای تولید محصولات خوراکی و غذا نمی‌باشد.

درنهایت به‌منظور مشخص کردن مناطق دارای اولویت پایش (شاخص اولویت پایش)، از نقشه‌های ارزش‌گذاری شده منابع آلاینده و حریم کیفی منابع آب استفاده شده است. قابل‌ذکر است جهت تلفیق لایه‌های نامبرده از رابطه (۳) استفاده شده است.

طراحی شبکه پایش

هرکدام از نقشه‌های پهنه‌بندی اولویت حفاظت و پایش جنبه‌ای خاص از وضعیت منطقه و منابع آب زیرزمینی را نشان می‌دهد. برای طراحی شبکه پایش و تعیین ایستگاه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی، پهنه‌های حفاظت و پایش با یکدیگر جمع شده و ارزش‌های به‌دست‌آمده به سه دسته با اولویت ۱- کم، ۲- متوسط و ۳- زیاد طبقه‌بندی شدند، به‌طوری‌که چاه‌هایی که در دسته سوم قرار دارند به‌عنوان اولویت اول و مهم‌تر از همه برای پایش و حفاظت محسوب می‌شوند. در انتخاب ایستگاه‌های پایش، از منابع آبی که بیشتر در مناطق دارای ارزش بالا به لحاظ حفاظتی و پایش قرار دارند، استفاده می‌شود. در طراحی نهایی شبکه پایش عواملی دیگری نیز مانند بودجه موجود برای آنالیز نمونه‌ها، جهت جریان آب زیرزمینی و راه‌های دسترسی نیز در نظر گرفته شده است.

یافته‌ها و بحث

پهنه‌بندی اولویت حفاظت

به‌منظور به دست آوردن لایه رستری شاخص "اولویت حفاظت"، ابتدا نقشه آسیب‌پذیری دشت خاش-پشتکوه تهیه گردید. با توجه به نتایج مدل DRASTIC در این محدوده که در شکل (۳) ارائه شده، اندیس آسیب‌پذیری در این دشت بین ۳۹ تا ۱۱۵ متغیر می‌باشد. مناطق شمالی، جنوبی و مرکزی دشت خاش از پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی برخوردار بوده و غرب دشت، کمترین پتانسیل آسیب‌پذیری را دارد. علت بالا بودن پتانسیل آسیب‌پذیری در این نواحی، بافت نسبت درشت زون اشباع و غیراشباع، بخصوص در شمال دشت که بخشی از مخروط‌افکنه کوه تفتان بوده و شیب بسیار کم در بخش مرکزی دشت می‌باشد. در دشت پشتکوه نیز، نواحی شمالی و جنوبی کم‌ترین پتانسیل آلودگی و بخش مرکزی آن به دلیل درشت‌دانه بودن آبرفت بیشترین پتانسیل را دارا می‌باشد.

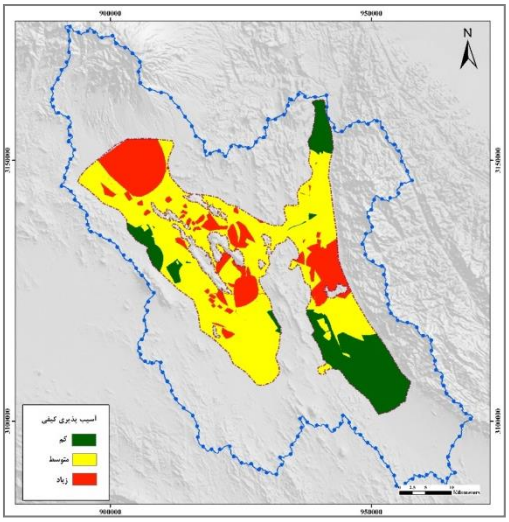
ارزش کمّی آب زیرزمینی بر اساس رابطه (۲) در سطح دشت خاش-پشتکوه محاسبه و مطابق شکل (۴) پهنه‌بندی گردید. با توجه به این شکل، در شمال و جنوب دشت خاش و بخش‌های مرکزی دشت پشتکوه به علت درشت دانه‌تر بودن و ضخامت زیادتر آبخوان، حجم آب زیرزمینی بیشتر می‌باشد.

پهنه‌بندی هدایت الکتریکی آب زیرزمینی به‌عنوان ارزش کیفیت آب در دشت خاش-پشتکوه با استفاده از منابع انتخابی کیفی برداشت‌شده در سال آبی ۹۶-۱۳۹۵ در شکل (۵) نشان داده شده است. با توجه به این شکل، حداکثر هدایت الکتریکی مربوط به بخش‌های جنوبی دشت خاش (۶۸۱۰ میکرو موس بر سانتی‌متر) و شمال دشت پشتکوه (۴۹۵۰ میکرو موس بر سانتی‌متر) می‌باشد. حداقل هدایت الکتریکی در بخش‌های شمالی دشت خاش و جنوب دشت پشتکوه بوده که به ترتیب معادل ۱۰۲۶ و ۶۰۰ میکرو موس بر سانتی‌متر است.

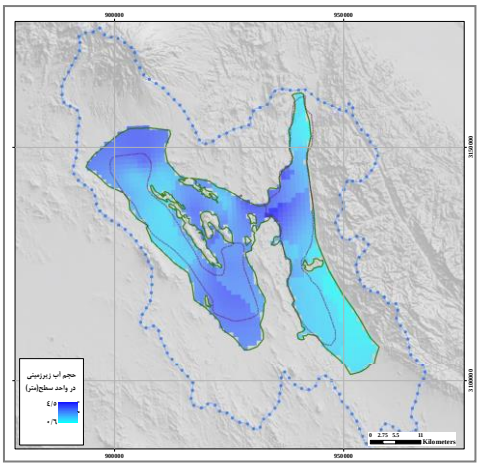
با استفاده از تلفیق شاخص‌های حجم ذخیره آب زیرزمینی و هدایت الکتریکی بر اساس رابطه (۳)، نقشه شاخص (ارزش) کمّی-کیفی آب زیرزمینی مطابق شکل (۶) به دست آمد. همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود ارزش منابع آب بیشتر تحت تأثیر میزان شوری قرار گرفته و در نواحی که مقدار آن بالا بوده، با وجود حجم بالاتر آب، ارزش کمّی-کیفی آب زیرزمینی کاهش پیدا کرده‌است؛ اما

1- Optional Fixed Radial

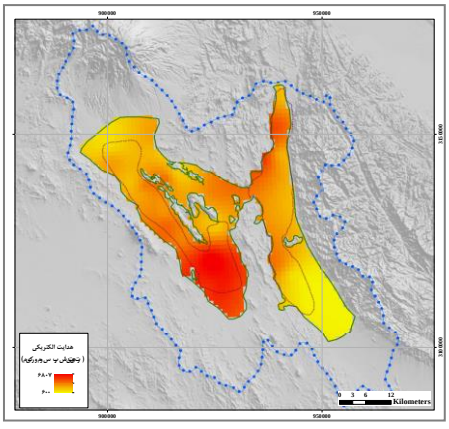
در شمال دشت خاش و بخش‌های مرکزی و جنوبی دشت پشتکوه به دلیل کم بودن میزان شوری و حجم بـالای آب، ارزش کمّـی-کیفـی آب زیرزمینی در حد متوسط تا زیاد می‌باشد.



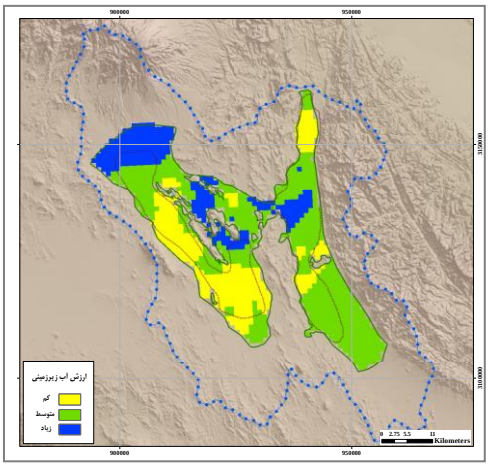
شکل ۳- پهنه‌بندی آسیب‌پذیری ذاتی دشت خاش- پشتکوه بر اساس مدل دراستیک



شکل ٤- پهنه‌بندی ارزش کمّی آب زیرزمینی در دشت خاش- پشتکوه

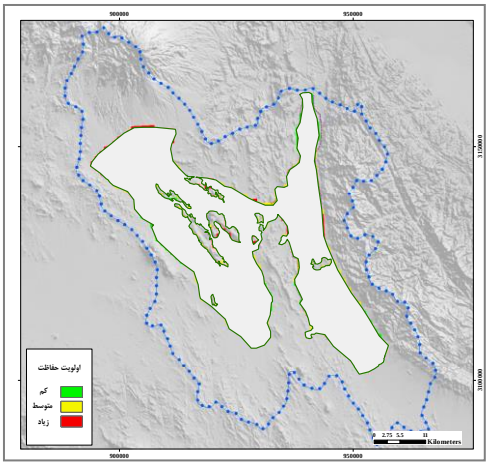


شکل ٥- پهنه‌بندی ارزش کیفیت آب زیرزمینی در دشت خاش- پشتکوه



شکل ٦- پهنه‌بندی ارزش کمّی- کیفی آب زیرزمینی در دشت خاش- پشتکوه

پس از تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری و ارزش منابع آب زیرزمینی و تلفیق آن‌ها با یکدیگر، شاخص اولویت حفاظت در محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه تعیین گردید. با توجه به شکل (۷) بیشتر مساحت دشت خاش‌پشتکوه دارای اولویت حفاظت متوسط می‌باشند. در شمال دشت خاش، به دلیل بافت نسبتاً درشت زون اشباع و غیراشباع، کم بودن میزان شوری و حجم بالای آب، اولویت حفاظت زیاد است؛ اما در غرب دشت به دلیل کم بودن پتانسیل آسیب‌پذیری و همچنین ارزش پایین آب زیرزمینی، اولویت حفاظت نیز کم شده است. در دشت پشتکوه، نواحی شمالی و جنوبی کم‌ترین پتانسیل و بخش مرکزی آن به دلیل درشت‌دانه بودن آبرفت، بیشترین پتانسیل آسیب‌پذیری را دارا است. همچنین ارزش آب زیرزمینی در بخش مرکزی به دلیل حجم بالای آب و شوری کم، زیاد است؛ بنابراین این قسمت از اولویت حفاظت زیادی برخوردار است.



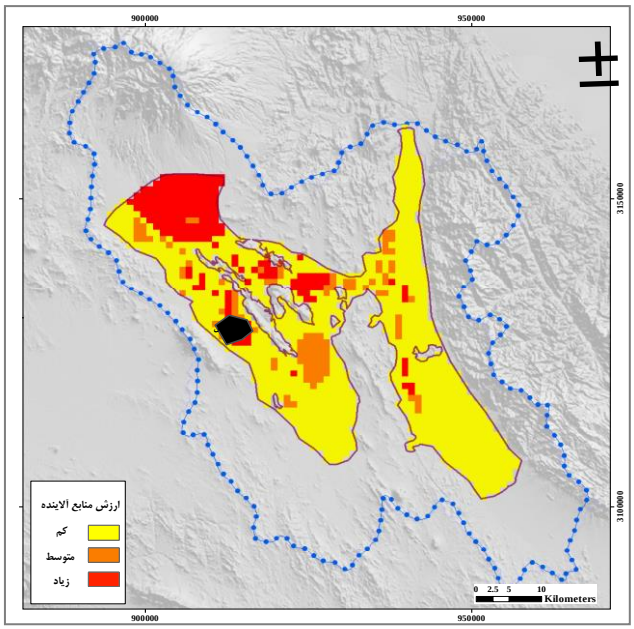
شکل ۷- پهنه‌بندی شاخص اولویت حفاظت منابع آب زیرزمینی در دشت خاش- پشتکوه

پهنه‌بندی شاخص اولویت پایش

منابع آلاینده زمین زاد (طبیعی) و بشر زاد در محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه بر اساس مطالعات قبلی و بازدیدهای میدانی شناسایی شده‌اند (شکل ۸). قرارگیری آبخوان خاش در جنوب آتشفشان نیمه فعال تفتان و حضور سنگ‌های آذرین آندزیتی و بازالتی، توف و کالرملانژ احتمال حضور عناصر سمی و فلزات سنگین در خاک و منابع آب منطقه را، به‌عنوان منابع آلاینده زمین زاد افزایش می‌دهد. آلاینده‌های بشر زاد نیز به دو دسته نقطه‌ای و غیر نقطه‌ای تقسیم‌بندی شده‌اند. آلاینده‌های غیر نقطه‌ای در این طرح شامل شهرک صنعتی خاش، کارخانه سیمان خاش، معدن، زباله گاه، کاربری اراضی، زمین‌های کشاورزی می‌باشد. منابع آلاینده نقطه‌ای نیز شامل مراکز جمعیتی، دامداری و مرغداری، بیمارستان، آرامستان، پمپ‌بنزین‌ها، کوره‌های آجرپزی می‌باشد. بیشترین امتیاز به لحاظ سمی بودن، پایداری و گستره آلودگی به آلاینده‌هایی اختصاص داده

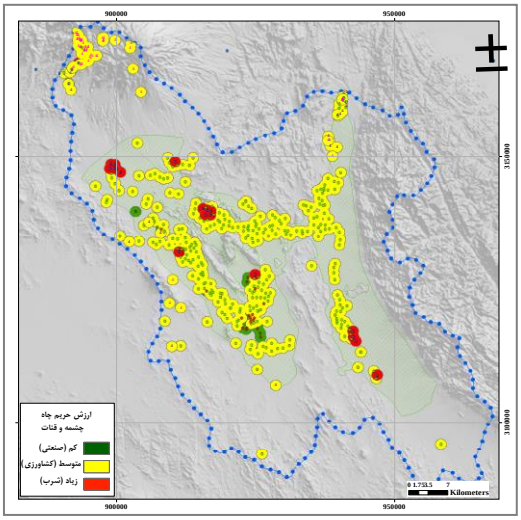
شده که شاخص آلودگی در آن‌ها شامل فلزات سنگین، باکتری‌ها و ویروس‌ها باشد. پس از اینکه امتیاز نهایی هریک از منابع آلاینده مشخص گردید، با استفاده از رابطه (۳) ارزش هر یک از آن‌ها بین ۱ تا ۱۰ نرمال‌سازی و نقشه پهنه‌بندی اثرگذاری (ارزش) آلاینده‌ها مطابق شکل (۹) تهیه گردید. با توجه به این شکل در محدوده گسترده‌ای از دشت خاش-پشتکوه بار آلودگی کم است. در شمال دشت خاش به علت وجود مخروط‌افکنه آتشفشان تفتان و در بخش مرکزی دشت به علت قرارگیری مراکز پرورش دام و طیور بار آلودگی زیاد است. در محدوده‌ی شهر خاش نیز وجود آلاینده‌های نقطه‌ای همچون بیمارستان، آرامستان و آلودگی‌های ناشی از جمعیت ساکن در شهر باعث افزایش بار آلودگی شده است. در دشت پشتکوه نیز آلاینده شاخصی وجود ندارد و تنها در محدوده زمین‌های کشاورزی بار آلودگی متوسط است.

شکل ۸- بازدید میدانی از منابع آلاینده در محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه

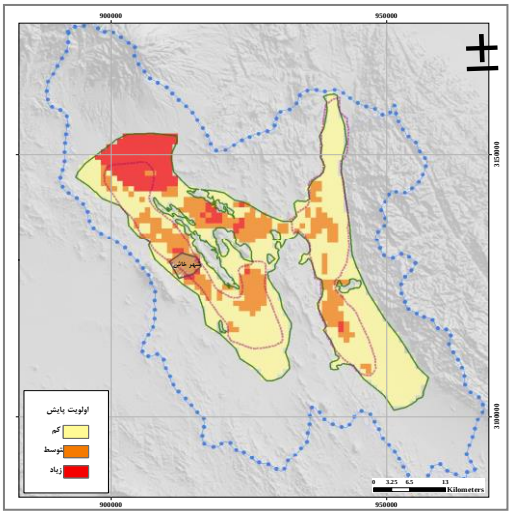


شکل ۹- پهنه‌بندی اثرگذاری (ارزش) منابع آلاینده در دشت خاش- پشتکوه

مناطق دارای اولویت پایش با استفاده نرمال‌سازی نقشه‌های ارزش منابع آلاینده و حریم کیفی و تلفیق آن‌ها به دست آمد (شکل ۱۰ و ۱۱). همان‌طور که در این شکل مشاهده می‌شود در شمال و شمال شرقی دشت خاش به علت وجود فلزات سنگین و وجود چاه-های آب شرب، شاخص اولویت پایش بالا می‌باشد. همچنین در بخش‌های مرکزی این دشت به دلیل آلودگی ناشی از مراکز پرورش دام و طیور، اولویت پایش متوسط تا زیاد است. در دشت پشتکوه نیز تنها محدوده حریم چاه‌های آب شرب دارای اولویت پایش زیاد و اراضی و منابع آب کشاورزی، اولویت پایش متوسط دارند.



شکل ۱۰- پهنه‌بندی ارزش حریم کیفی منابع آب زیرزمینی در دشت خاش- پشتکوه



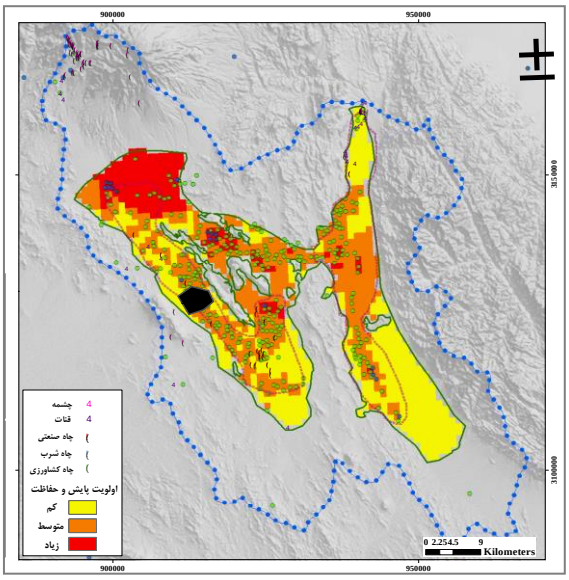
شکل ۱۱- پهنه‌بندی اولویت پایش منابع آب زیرزمینی در دشت خاش- پشتکوه

طراحی شبکه پایش و انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری

برای طراحی شبکه پایش و تعیین ایستگاه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی، نقشه‌های شاخص اولویت حفاظت (شکل ۷) و شاخص اولویت پایش (شکل ۱۱) با یکدیگر تلفیق شدند. با توجه به نقشه تلفیقی شاخص پایش- حفاظت در شکل (۱۲) می‌توان گفت که تقریباً محدوده وسیعی از دشت خاش-پشتکوه دارای اولویت پایش-- حفاظت متوسط می‌باشد. نواحی شمال و شمال شرقی دشت خاش با توجه به حساسیت‌های بالا به دلیل قرارگیری چاه‌های آب شرب، نفوذپذیری بالا و تمرکز فعالیت‌های مخاطره‌آمیز، مهم‌ترین محدوده‌هایی هستند که باید موردحفاظت، کنترل و پایش قرار بگیرند. همچنین بایستی در این نواحی برای صدور مجوز کاربری‌های خاص و تغییر کاربری که باعث آلودگی بیشتر می‌شود، جانب احتیاط را رعایت کرد. در بخش‌های مرکزی دشت پشتکوه و محدوده چاه‌های آب شرب به دلیل ارزش بالای حفاظتی، اولویت پایش حفاظت متوسط تا زیاد می‌باشد.

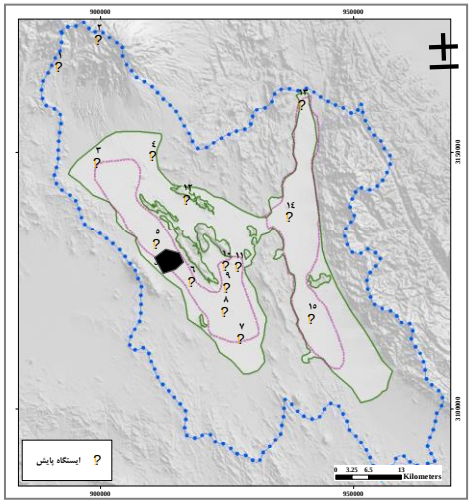
ایستگاه‌های نمونه‌برداری برای اجرای عملیات پایش در جهت جریان آب زیرزمینی و با توجه به تأثیر بالادست بودن منبع آلودگی بر آب زیرزمینی انتخاب شده‌اند. بررسی‌های انجام‌شده نشان داد که جهت جریان آب زیرزمینی در دشت خاش از شمال و شمال غرب به سمت جنوب و شرق بوده و در دشت پشتکوه نیز جهت جریان به‌طورکلی از جنوب به سمت شمال و شمال غرب دشت می‌باشد. در پایش منابع آلودگی نقطه‌ای به این نکته توجه شد که حداقل یک نقطه در بالادست برای کنترل شرایط قبل از منبع آلودگی قرار داده شود. برای منابع آلودگی چندنقطه‌ای (مانند نواحی مسکونی) و

گسترده علاوه بر بالادست، برحسب شدت بالقوه ی منبع آلودگی و وسعت منطقه، نقاطی در داخل محدوده هم قرار داده شد. یکی دیگر از اصولی که در تعیین نقاط پایش در نظر گرفته شده، انتخاب ایستگاه‌های نمونه‌برداری در بالادست منابع آب شرب بوده تا بتوان در صورت وجود آلاینده‌ها سریعاً اقدامات لازم را انجام داد. پس از جمع‌بندی نهایی و در نظر گرفتن تمام جوانب، تعداد ۱۵ ایستگاه پایش برای محدوده دشت خاش-پشتکوه در نظر گرفته شد (شکل ۱۳).

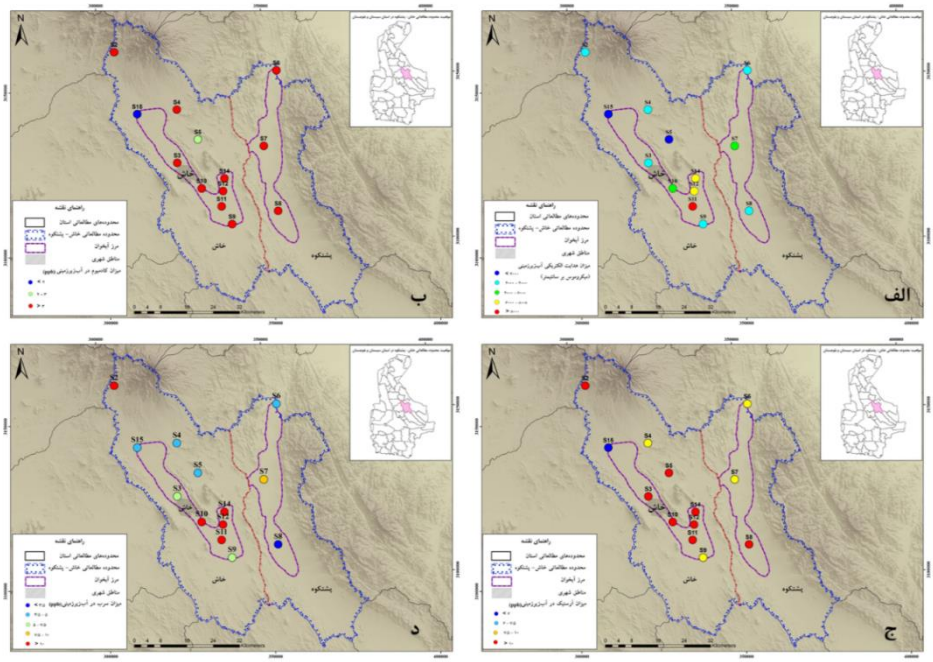


شکل ۱۲- پهنه‌بندی شاخص اولویت حفاظت-پایش منابع آب زیرزمینی در دشت خاش- پشتکوه

نتایج نمونه‌برداری و آنالیز شیمیایی از این نقاط نشان داد که در برخی نمونه ها میزان عناصر و پارامترهای فیزیکی و شیمیایی از جمله کلسیم، منیزیم، سدیم، کلر، سولفات و TDS و میزان برخی فلزات سنگین از جمله کادمیوم، آرسنیک و سرب بیش از حد مجاز برای مصارف شرب است (شکل ۱۴). مقادیر فلزات سنگین در نمونه‌های برداشت‌شده از جنوب شرق آبخوان خاش نسبت به سایر مناطق بیشتر بوده که می‌توان دلیل آن را فعالیت واحدهای صنعتی در آن منطقه بیان نمود. همچنین غلظت فلزات سنگین در شمال محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه، به علت وجود رسوبات حاصل از سنگ‌های آذرین قابل‌توجه بود (رجبیان مقدم و همکاران، ۱۳۹۸).



شکل ۱۳- موقعیت نقاط پایش آب زیرزمینی (ایستگاه‌های نمونه‌برداری) در محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه



شکل ١٤- نقشه تغییرات مکانی میزان EC، Cd، As و Pb در منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه

نتیجه‌گیری

ایجاد چارچوب‌هایی کاربردی برای توسعه طرح‌ها و برنامه‌های پایش امری ضروری است. چارچوب ارائه‌شده در این مقاله شامل دو مرحله اصلی می‌باشد. مرحله اول تعیین پهنه‌های دارای "اولویت حفاظت" است که از تلفیق سه شاخص آسیب‌پذیری ذاتی آبخوان، ارزش کمیت و ارزش کیفیت آب زیرزمینی به دست می‌آید. نتایج نشان داد که شمال دشت خاش و نواحی مرکزی دشت پشتکوه به دلیل ارزش کمی و کیفی زیاد منابع آب و پتانسیل آسیب‌پذیری بالا در این نواحی، باید در اولویت حفاظت قرار بگیرند. مرحله دوم در طراحی شبکه پایش، تعیین پهنه‌های دارای "اولویت پایش" است. در این مرحله، پس از "شناسایی منابع آلاینده"، "وزن دهی منابع آلاینده" و "تعیین ارزش حریم کیفی منابع آب زیرزمینی" بر اساس نوع مصرف، لایه‌های اطلاعاتی با یکدیگر تلفیق می‌شوند تا شاخص "اولویت پایش" محاسبه شود. نتایج نشان داد که شمال، شمال شرقی و نواحی مرکزی دشت خاش به علت تمرکز منابع آلاینده در این نواحی از اولویت پایش متوسط تا زیاد برخوردار می‌باشند. در دشت پشتکوه نیز تنها محدوده حریم کیفی منابع آب شرب دارای اولویت پایش بالا می‌باشند. با تلفیق لایه‌های رستری شاخص‌های "اولویت حفاظت" و "اولویت پایش" در دشت خاش- پشتکوه، مناطق دارای اهمیت برای نمونه‌برداری و پایش تعیین شد. بر اساس شاخص ترکیبی "اولویت حفاظت-پایش" و جهت حرکت آب زیرزمینی، تعداد ۱۵ ایستگاه نمونه‌برداری در محدوده موردمطالعه تعیین گردید. بر اساس نتایج نمونه‌برداری از این نقاط مشخص گردید که در جنوب شرق آبخوان خاش و شمال محدوده مطالعاتی خاش- پشتکوه، غلظت فلزات سنگین در برخی از چاه‌ها بیشتر از حد مجاز برای شرب می‌باشند. روش‌شناسی بکار گرفته‌شده در این پژوهش در عین سادگی و در دسترس بودن داده‌های موردنیاز، جوانب مختلف مسائل آلودگی منابع آب زیرزمینی را در بر می‌گیرد و قابل‌اجرا در تمامی آبخوان‌های کشور می‌باشد و در نتیجه می‌تواند چارچوبی کاربردی برای طراحی و اجرای برنامه‌های پایش آلودگی منابع آب زیرزمینی در کشور باشد.

منابع

انتظاری، ف. ۱۳۹۳. تدوین دستورالعملی کاربردی برای پایش کیفی آب زیرزمینی در دشت نیشابور. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

آقانباتی، ع. ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

رجبیان مقدم، ز.، مجیدی، ن.، جودوی، ع.، مجیدی، م. و نخعی صدقی، ح. ۱۳۹۸. ارزیابی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت خاش- پشتکوه با تأکید بر فلزات سنگین. سی و هشتمین کنگره ملی علوم زمین، اردیبهشت‌ماه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران.

معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، وزارت نیرو. ۱۳۹۱.

دستورالعمل پایش کیفیت آب‌های زیرزمینی، نشـریه شماره ۶۲۰. انتشارات سازمان برنامه‌وبودجه، تهران.

معاونت امور فنی، دفتر امور فنی و تدوین معیارها، وزارت نیرو. ۱۳۹۲. دستورالعمل تعیین حریم کیفی آب‌های زیرزمینی، نشـریه شـماره ۶۲۱. انتشارات سازمان برنامه‌وبودجه، تهران.

میرزائی ندوشن، ف.، بزرگ حداد، ا. و خیاطی خلقی، م. ۱۳۹۵. طراحی دو هدفه شبکه پایش سطح آب زیرزمینـی بـا NSGII در دشـت اشتهارد. مجله تحقیقات آب‌وخاک ایران. ۶۷ (۲): ۲۶۰-۲۰۶.

Aller, L., Bennet, T., Leher, L. H., Petty, R. J. and Hackett, G. 1987. Standardized Drastic System for Evaluating Groundwater Pollution Potential Using Hydrogeologic. Oklahoma: EPA. Ada, Oklahoma: U.S. Environmental Protection Agency.

Alexakis, D.E., Kiskira, K. and Gamvroula, D. 2021. Evaluating toxic element contamination sources in groundwater bodies of two Mediterranean sites. Environmental Science Pollution Research International. 28(26): 34400–34409. https://doi.org/10.1007/s11356-021-12957-z

Duda, R., Zdechlik, R. and Kania, J. 2021. Semiquantitative Risk Assessment Method for Groundwater Source Protection Using a Process-based Interdisciplinary Approach. Water Resources Management. 35: 3373–3394. https://doi.org/10.1007/s11269-021-02898-0

Johansson, P. O., Scharp, C., Alveteg, T. and Choza, A. 1999. Framework for Ground Water Protection-the Managua Ground Water System as an Example. Groundwater. 37(2): 204-213. https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1999.tb00975.x

Joodavi, A., Aghlmand, R., Podgorski, J., Dehbandi, R. and Abbasi, A. 2021. Characterization, geostatistical modeling and health risk assessment of potentially toxic elements in groundwater resources of northeastern Iran. Journal of Hydrology: Regional Studies, 37, 100885. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100885

Li, X., Gao, Y., Qian, H. and Wu, H. 2017. Groundwater vulnerability and contamination risk assessment of the Weining Plain, using a modified DRASTIC model and quantized pollution loading method. Arabian Journal of Geoscience. 10 (21): 1-11. https://doi.org/10.1007/s12517-017-3255-y

Li, X., Wu, H. and Qian, H. 2020. Groundwater contamination risk assessment using intrinsic vulnerability, pollution loading and groundwater value: a case study in Yinchuan plain, China. Environmental Science Pollution Research International 27(36): 45591–45604. https://doi.org/10.1007/s11356-020-10221-4

Ioffe, S. and Szegedy C. 2015. Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift. arXiv:1502.03167.

National Institute for Industrial Environment and Risks 2013. Long Term Monitoring Optimization (LTMO)– Concepts and tools.

Ning, S. K. and Chang, N. B. 2005. Screening the relocation strategies of water monitoring quality stations by compromise programming. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 41(5): 1039-1052. DOI: HYPERLINK "https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2005.tb03784.x" https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.2005.tb03784.x

Nixdorf, E., Sun, Y.Y., Lin, M. and Kolditz, O. 2017. Development and application of a novel method for regional assessment of groundwater contamination risk in the Songhua River Basin. The Science of the Total Environmental. 605:598–609.

Task Committee on the State of the Art in Long-Term Groundwater Monitoring Design of the Environmental and Water Resources Institute. 2003. Long-Term Groundwater Monitoring: The State of the Art. Reston, VA. American Society of Civil Engineers (ASCE).

Wang, J., He, J. and Chen, H. 2012. Assessment of groundwater contamination risk using hazard quantification, a modified DRASTIC model and groundwater value, Beijing Plain, China. Science of the Total Environment. 432: 216-226

Todd, D. and Mays, L. 2005. Groundwater Hydrology. 3rd Edition, John Wiley and Sons, Inc., Hoboken, 652 p.

Zaporozec, A. 2004. Groundwater contamination inventory: a methodological guide with a model legend for groundwater contamination inventory and risk maps. Paris: IHP-VI, series on groundwater, 2nd ed. UNESCO.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No.1, Vol. 16, Apr.-May. 2022, p. 13-25

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره۱، جلد ۱۶، فروردین - اردیبهشت ۱۴۰۱، ص. ۲۵-۱۳

Designing a Monitoring Network for Detecting Groundwater Pollution Based on Intrinsic Vulnerability, Pollution Sources and Groundwater Value: A Case Study in Khash plain, Sistan and Balouchestan Province, Iran

A. Joodavi[1*], N. Majidi [2], M. Majidi [3]

Recived: Aug.20, 2021 Accepted: Oct.10, 2021

Abstract

Groundwater quality degradation due to geogenic and anthropogenic factors can endanger the human health. Therefore, designing a groundwater pollution monitoring network can provide the information needed for achieving water resources management goals and improving water and food security. The main objective of this study was to introduce an integrated approach for designing a groundwater pollution monitoring network based on index-based groundwater "protection-monitoring priority" maps created with GIS. The raster layer of "protection-priority index" was prepared by combining aquifer intrinsic vulnerability maps, produced based on the DRASTIC model, and estimated groundwater value based on the quantity and quality of groundwater. Moreover, by overlying pollution-sources risk maps and capture zone maps for wells, qanats and springs, the "monitoring-priority index" was obtained. By overlying the "protection-priority index" and "monitoring-priority index" layers as well as considering the direction of groundwater flow, sampling points were determined. By applying the proposed method, 15 wells were selected for groundwater sampling in Khash-Poshtkuh study area. Water samples collected from these wells revealed that, the concentration of toxic elements such as Arsenic is higher than the permissible limit for drinking in some wells in the southeast and north of Khash aquifer and the north of Poshtkuh aquifer which have geogenic origin.

Keywords: DRASTIC, Groundwater quality monitoring, Monitoring-priority index, Protection-priority index

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran
2- M.Sc. Researcher, Department of Hydroinformatics, East Water and Environmental Research Institute (EWERI), Mashhad, Iran
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Kashmar Higher Education Institute, Kashmar, Iran
(*- Corresponding Author Email: atajoodavi@kashmar.ac.ir)