بررسی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی دشت باغملک با استفاده از روش AVI و مدل‌های GOD و DRASTIC در محیط GIS

نصراله کلانتری، محمد فاریابی و محمد حسین رحیمی
گروه زمین‌شناسی دانشگاه شهید چمران اهواز

تاریخ: دریافت ۸۵/۱۱/۲۸ **پذیرش** ۸۶/۸/۲۸

چکیده

یکی از روش‌های مدیریت کیفی منابع آب زیرزمینی ارزیابی پتانسیل آلودگی است که با توجه به آن می‌توان حریم کیفی منابع آب زیرزمینی را تعیین و مدیریت مناسبی جهت کاربری اراضی مرتبط با سفرهٔ آبدار اعمال کرد.

با توجه نفوذپذیری منطقهٔ تغذیه در بخش عمده‌ای از دشت باغملک و مصرف زیاد کودهای کشاورزی در این منطقه، پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی بررسی شده است. در این تحقیق برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی دشت باغملک از روش AVI و مدل‌هایGOD و دراستیک (DRASTIC) استفاده شده است. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که علیرغم درشت‌دانه بودن رسوبات سطحی در بخش نسبتاً وسیعی از دشت، پتانسیل آلودگی در محدودهٔ وسیعی از منطقهٔ پژوهش کم است. این موضوع با میزان نیترات موجود در آب زیرزمینی نیز مطابقت می‌کند. با توجه به پارامترهای به‌کار رفته در ارزیابی پتانسیل آلودگی منطقهٔ پژوهش، مهم‌ترین عامل مؤثر در رابطه با کاهش آلودگی در منطقهٔ پژوهش، ضخامت نسبتاً زیاد رسوبات ریزدانه‌ای است که در بخش وسیعی از منطقه در زون غیراشباع سفرهٔ آبدار قرار گرفته است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

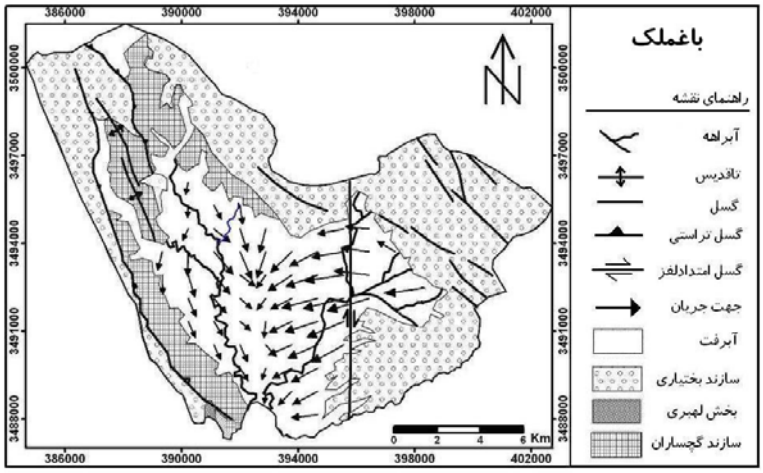
مقدمه

دشت باغملک با مساحت ۵۱ کیلومترمربع بین طول‌های جغرافیایی ´٤۲ °٤۹ تا ´۸ °۵۰ و عرض‌های جغرافیایی ´۲٦ °۳۱ و ´٤۱ °۳۱ در جنوب شهرستان ایذه و در فاصله ۱٤۰ کیلومتری شهرستان اهواز در استان خوزستان قرار گرفته است. متوسط بارندگی سالانه ۵۹٦ میلی‌متر، متوسط دمای سالانه۲۱ درجه سانتی‌گراد، متوسط تبخیر سالانه۱۳۳٦ میلی‌متر و متوسط رطوبت نسبی سالانه ۵۹ درصد است[۳]. منطقهٔ پژوهش جزیی از حوضه رسوبی ساختاری زاگرس چین‌خورده است. وجود گسل‌ها و شکستگی‌های فراوان در این منطقه نشان‌دهنده فعالیت شدید تکتونیکی است. گسل‌های نسبتاً بزرگی مانند گسل امتدادلغز ایذه- باغملک و گسل تراستی باغملک تأثیر ات زیادی بر وضعیت ساختمانی و زمین‌شناسی منطقهٔ پژوهش گذاشته است. از لحاظ چینه‌شناسی مهم‌ترین واحدهای رسوبی منطقه مربوط به سازندهای بختیاری و گچساران است. این سازندها دشت باغملک را محصور کرده و مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی منطقه است. لیتولوژی سازند بختیاری عمدتا شامل کنگلومرا با سیمان آهکی است، در حالی که سازند گچساران شامل انیدریت، رس، مارن و رسوبات تبخیری است. آب‌های حاصل از سازند بختیاری دارای کیفیت بسیار خوبی هستند، ولی سازند گچساران عمده‌ترین عامل تخریب کیفیت آب زیرزمینی در منطقهٔ مورد بررسی است[٤]. در شکل۱ نقشه زمین‌شناسی منطقهٔ پژوهش نشان داده شده است.

فرسایش سازند بختیاری باعث تشکیل رسوبات آبرفتی دانه‌درشتی شده است که سفرهٔ آبدار آزاد مناسبی را از لحاظ کمی و کیفی در بخش نسبتاً وسیعی از دشت باغملک به‌خصوص در شمال و شمال شرق تشکیل داده است. ضخامت زیاد رسوبات رسی و مارنی(شکل۲) حاصل از فرسایش سازندهای اطراف(عمدتاً سازند گچساران) باعث تشکیل سفرهٔ آبدار نیمه تحت فشاری در برخی مناطق، خصوصاً بخش‌های جنوبی و غربی دشت باغملک شده است. این سفره تحت فشار از بالا با لایه‌های رسی و رس‌سیلتی و از پایین با لایه مارنی مربوط به سازند گچساران محصور شده است. جهت جریان آب زیرزمینی عمدتاً از شمال شرق و شمال غرب به سمت مرکز و جنوب دشت است[۳]،[٤]. عمده‌ترین منبع تغذیه دشت باغملک سازند

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]



شکل ۱. نقشهٔ زمین‌شناسی منطقهٔ پژوهش همراه با جهت جریان آب زیرزمینی

کنگلومرای بختیاری در شمال‌شرق است، هر چند که سازند گچساران در شمال‌غربی و غرب نیز تا حدودی موجب تامین ذخیره زیرسطحی می‌شود. علاوه بر این دو سازند، رودخانه گلال که در اغلب ماه‌های سال آب دارد(دبی متوسط ۰/۷ مترمکعب بر ثانیه)، از مرکز دشت می‌گذرد و سفرهٔ آبدار را تغذیه می‌کند. البته در تغذیه سفرهٔ آبدار، آبراهه فصلی پادرازان نیز تا حدودی مؤثر است. علی‌رغم درشت‌دانه بودن رسوبات آبرفتی، وجود گسل و نفوذپذیری خوب باعث تغذیه مناسب سفرهٔ آبدار می‌شود، ولی همین عوامل به نوبه خود موجب آسیب-پذیری سفرهٔ آبدار نیز می‌گردند. بررسی‌های انجام شده فاریابی و همکاران(۱۳۸۵)، کلانتری (۱۳۸۵) و کلانتری و رحمانی(۱۹۹۹) نشان می‌دهد که همین تغذیه مناسب ریسک آلودگی را افزایش می‌دهد. نیترات عمده‌ترین و شایع‌ترین آلاینده آب زیرزمینی است[۷]. در این بررسی‌ها نیز نیترات به عنوان شاخص و معیار آلودگی سفرهٔ آبدار در نظر گرفته شده[۳]،[۹] و پتانسیل آلودگی دشت، ارزیابی شده است.

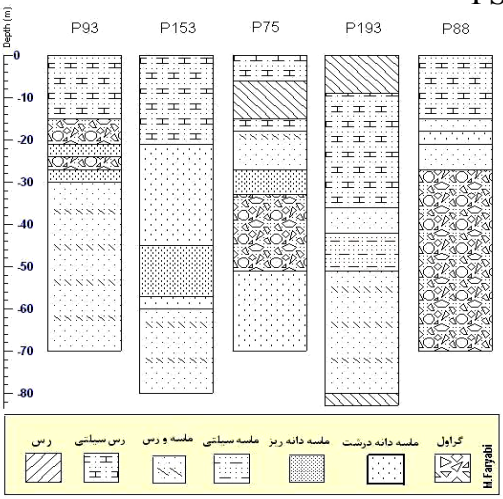
مواد و روش‌ها

برای تعیین پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی از روش‌های متعددی استفاده می‌شود. انتخاب هر روش بستگی به شرایط منطقه، داده‌های موجود، شرایط اقتصادی و...دارد. روش‌های

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

استفاده شده برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی به‌طور کلی به دو دسته تقسیم می‌شوند که عبارتند از[٦] :

۱. روش‌های HCS[1]، ۲. روش‌های PSM[2]



شکل ۲.لاگ ۵ مورد از چاه‌های موجود در منطقهٔ پژوهش

با روش‌های HCS، یک ارزیابی کیفی انجام می‌دهند. در این روش‌ها ابتدا باید شرایط هیدروژئولوژیکی، هیدروگرافی و مرفولوژیکی که در ارزیابی پتانسیل آلودگی نقش دارند مشخص شود، سپس تمام منطقه بر اساس معیارهای معینی، از لحاظ آسیب‌پذیری، تقسیم‌بندی می‌شود. این روش‌ها برای مناطق وسیعی که دارای خصوصیات هیدروژئولوژیکی و مرفولوژیکی متفاوتی هستند، کاربرد دارند.

روش‌های PSM شامل روش‌های ماتریکسی(MS)، روش‌های امتیازدهی(RS) و روش‌های رتبه و وزن‌دهی(PCSM)می‌شوند. در تمام این روش‌ها پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی تقریباً به‌طور مشابهی ارزیابی می‌شود. تفاوت این روش‌ها به علت تعداد پارامترهای به‌کار رفته در ارزیابی پتانسیل آلودگی و امتیازات مربوط به هر پارامتر است[۱۵]. در ذیل سه مورد از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های ارزیابی پتانسیل آلودگی شرح داده می‌شود که پتانسیل آلودگی منطقهٔ بررسی شده نیز با این روش‌ها ارزیابی شده است. این

1 . Hydrogeological complex and setting methods
2 . Parametric system methods

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

روش‌ها در مجموعه روش‌هایPSM قرار می‌گیرند(روشAVI و مدلGOD جزء روش‌های امتیازدهی (RS) بوده و مدل DRASTIC جزء روش‌های رتبه و وزن‌دهی(PCSM) است).

روش AVI[۳]

در ایـن روش بـا استفاده از دو پارامتر می‌توان شاخص آسیب‌پذیری سفرهٔ آبدار را تخمین زد. ایـن دو پارامـتر عبارتـند از ضـخامت هـر واحـد رسـوبی بالای سفرهٔ آبدار(D) و هدایت هیدرولیکـی تخمینی هر لایه(K). ضخامت لایه‌های رسوبی را می‌توان از لاگ چاه‌های حفاری شـده در مـنطقه تعییـن کرد. با این پارامترها میزان مقاومت هیدرولیکی سفرهٔ آبدار بدین روش به‌دست می‌آید[٦] :

$$C = \sum_{i=1}^{n} \frac{d_i}{K_i} \qquad (۱)$$

که در این رابطه، C مقاومت هیدرولیکی سفرهٔ آبدار d_i ضخامت لایه‌های بالای سفرهٔ آبدار n(m) تعداد لایه‌ها(بدون بعد) K_i- هدایت هیدرولیکی تخمینی هر لایه(m/day) است. پارامتر C برای تعیین مقاومت آکی‌تارد به جریان عمودی به‌کار می‌رود و بعد آن زمان است که بیان کنندهٔ زمان حرکت آب زیرزمینی از لابه‌لای خلل و فرج سطح فوقانی بخش اشباع به سمت پایین است. در روشAVI به طورغیرمستقیم از پارامترهای مختلف مدل DRASTIC به جز توپوگرافی و نوع سفرهٔ آبدار استفاده می‌شود[٦] پس از محاسبه میزان شاخص آسیب‌پذیری، از طریق مقایسه آن با جداولی نظیر جدول۱، میزان پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی مشخص می‌شود.

مدل جی. او. دی(GOD)

این مدل بسیار ساده، عملی و روشی تجربی برای ارزیابی سریع پتانسیل آلودگی است و فوستر (۱۹۸۸) ارائه کرده است[٦]. در این مدل سه پارامتر پیدایش آب زیرزمینی(نوع سفرهٔ آبدار)، سنگ‌شناسی لایه‌های بالایی و عمق آب زیرزمینی در سفره‌های محصور و غیرمحصور در نظر گرفته می‌شود. شکل۳ الگوریتم این مدل را نشان می‌دهد و اندیس آسیب پذیری از رابطهٔ۲ به‌دست می‌آید (پارامتر لیتولوژی فقط برای سفره‌های آزاد محاسبه می‌شود).

3 . Aquifer Vulnerability Index

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

$$I_v = G.O.D \qquad (۲)$$

که در این فرمول I_V شاخص آسیب‌پذیری، G امتیاز نوع سفرهٔ آبدار، O امتیاز لیتولوژی منطقهٔ بالای سفرهٔ آبدار و D امتیاز عمق تا سطح ایستابی است.

جدول ۱. تعیین میزان آسیب پذیری بر اساس مقدار C[۱۵]

پتانسیل آلودگی	Log C	مقاومت هیدرولیکی (C)
خیلی زیاد	<۱	۰-۱۰
زیاد	۱-۲	۱۰-۱۰۰
متوسط	۲-۳	۱۰۰-۱۰۰۰
پایین	۳-٤	۱۰۰۰-۱۰۰۰۰
خیلی پایین	>٤	>۱۰۰۰۰

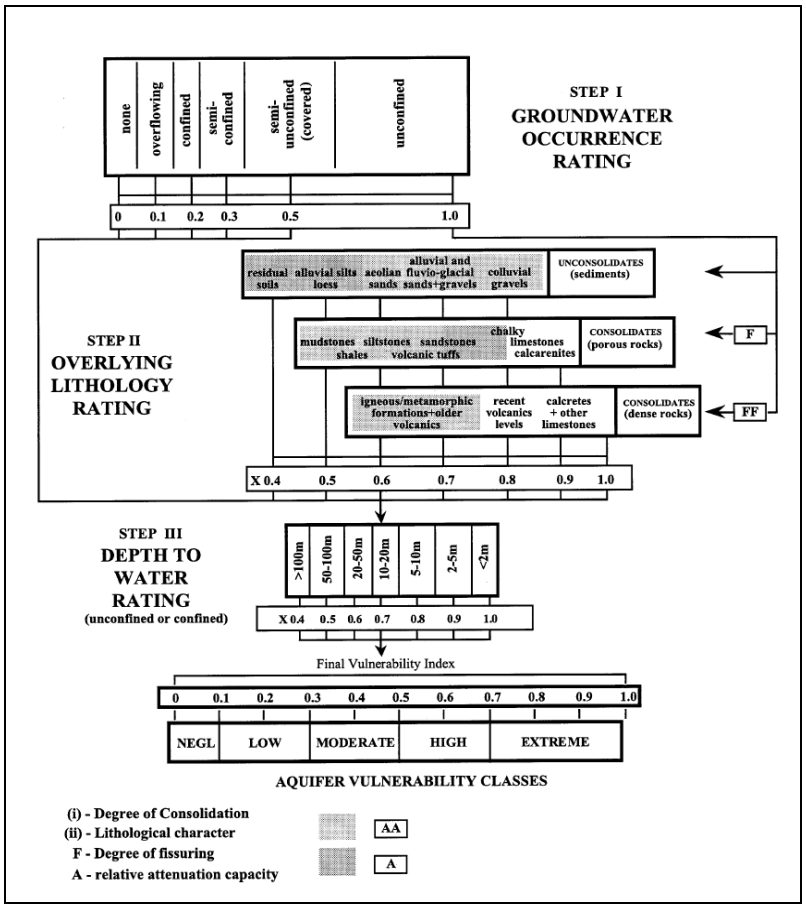
مدل دراستیک (DRASTIC)

سازمان حفاظت محیط زیست ایالات متحده امریکا(EPA) مدل دراستیک را برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی ناشی از آلاینده‌های انتشاری طراحی کرده است. این مدل بر اساس مفهوم وضعیت هیدروژئولوژیکی استوار است. وضعیت هیدروژئولوژیکی در حقیقت توصیف‌کننده ترکیبی از تمام عوامل زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی است که حرکت آب‌های زیرزمینی را در ورود، درون و خروج از سیستم در یک ناحیه تحت تأثیر قرار داده و کنترل می‌کند[۱].

واژه DRASTIC از هفت پارامتر به‌کار رفته در این مدل تشکیل شده است که عبارتند از: عمق تا سطح ایستابی[٤]، تغذیه خالص[٥]، محیط سفرهٔ آبدار[٦]، محیط خاک[۷]، توپوگرافی[۸]، تأثیرمحیط غیراشباع[۹] و هدایت هیدرولیکی سفرهٔ آبدار[۱۰].

4 . Depth to water table
5 . Net recharge
6 . Aquifer media
7 . Soil media
8 . Topography
9 . Impact of vadose zone
10 . Hydraulic conductivity of aquifer

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]



شکل ۳. الگوریتم مدل GOD [6].

برای تعیین اهمیت نسبی هر کدام از پارامترهای مذکور، هر پارامتر نسبت به سایر پارامترها ارزیابی می‌شود، به طوری که هر کدام از این پارامترها وزن نسبی بین۱ تا ۵ دارد.(مهم‌ترین پارامتر دارای وزن ۵ و کم اهمیت‌ترین پارامتر دارای وزن۱ است). هر کدام از پارامترهای مدل DRASTIC به بازه‌هایی تقسیم شده‌اند که نسبت تأثیر آن‌ها بر روی میزان پتانسیل آلودگی متفاوت است. به بازه‌های هر کدام از پارامترهایDRASTIC نیز یک رتبه بین۱ تا ۱۰ اختصاص می‌یابد. در سیستم دراستیک ۴ فرض اصلی وجود دارد[۱]:

۱. آلایندهٔ از سطح ایستابی وارد سفرهٔ آبدار می‌شود.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

۲. عامل انتقال آلاینده به آب زیرزمینی آب نفوذی ناشی از بارندگی است.

۳. قابلیت تحرک آلاینده برابر با تحرک آب است.

٤. محیط ارزیابی شده با استفاده از مدل دراستیک، حداقل ۴۰ هکتار مساحت دارد.

میزان پتانسیل آلودگی در این روش بر اساس شاخص دراستیک سنجیده می‌شود که از رتبه‌ها و وزن‌های اختصاص یافته به پارامترهای مدل به‌دست می‌آید. معادله تعیین شاخص DRASTIC بدین صورت است[۱۱]:

$$DRASTIC \quad Index = D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W \qquad (۳)$$

که W وزن و R رتبه مربوط به هر کدام از پارامترهای مدل دراستیک است. حداقل ممکن برای شاخص دراستیک با استفاده از این پارامترها برابر ۲۳ و حداکثر آن برابر ۲۳۰ است. پس از محاسبه شاخص دراستیک، محدودهٔمورد نظر بر اساس جدول۲ رده‌بندی می‌شود.

جدول ۲. میزان پتانسیل آلودگی بر اساس شاخص دراستیک[۱]،[۱۵]

شاخص دراستیک	پتانسیل آلودگی	شاخص دراستیک	پتانسیل آلودگی
<۷۹	بدون خطر آلودگی	۱۴۰–۱۵۹	متوسط تا زیاد
۸۰–۹۹	خیلی کم	۱۶۰–۱۷۹	زیاد
۱۰۰–۱۱۹	کم	۱۸۰–۱۹۹	خیلی زیاد
۱۲۰–۱۳۹	کم تا متوسط	>۱۹۹	کاملاً مستعد آلودگی

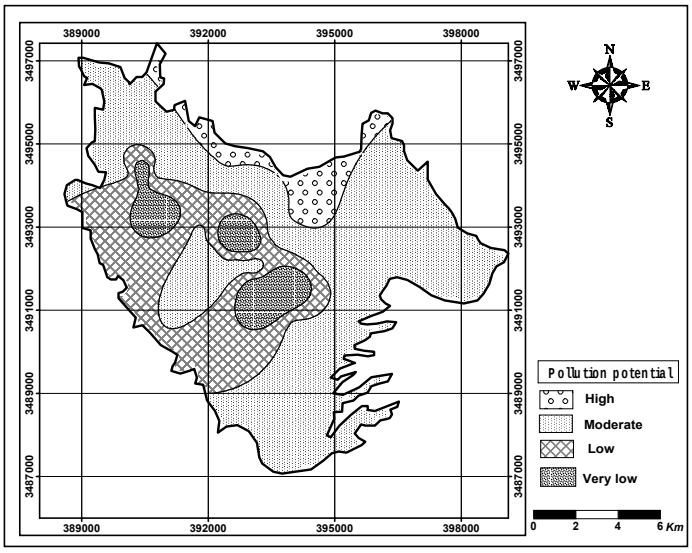
بحث

برای تعیین پتانسیل آلودگی سفرهٔ آبدار دشت باغملک در روش AVI از لاگ چاه‌های موجود در منطقه استفاده شده است. بر طبق پیشنهاد مؤلفین این روش، ابتدا مقدار پارامتر C برای هرکدام از چاه‌ها محاسبه و سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcVeiw 3.2a خطوط هم مقدار مقاومت هیدرولیکی سفرهٔ آبدار رسم شد و در نهایت با استفاده از جدول۱میزان پتانسیل آلودگی دشت مشخص گردید. نقشه پتانسیل آلودگی منطقهٔ پژوهش در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور کـه در شکل۴ مشـاهده می‌گردد بخش اعظم منطقهٔ بررسی شده در محدودهٔ با پتانسیل آلودگی متوسط واقع شده است. بخش شمالی دشت پتانسیل آلودگی زیادی دارد که

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

علت آن وجود رسوبات درشت دانه و عدم وجود لایه‌های نفوذناپذیر بر روی سفرهٔ آبدار، در این قسمت از دشت است[۳]،[۸] .



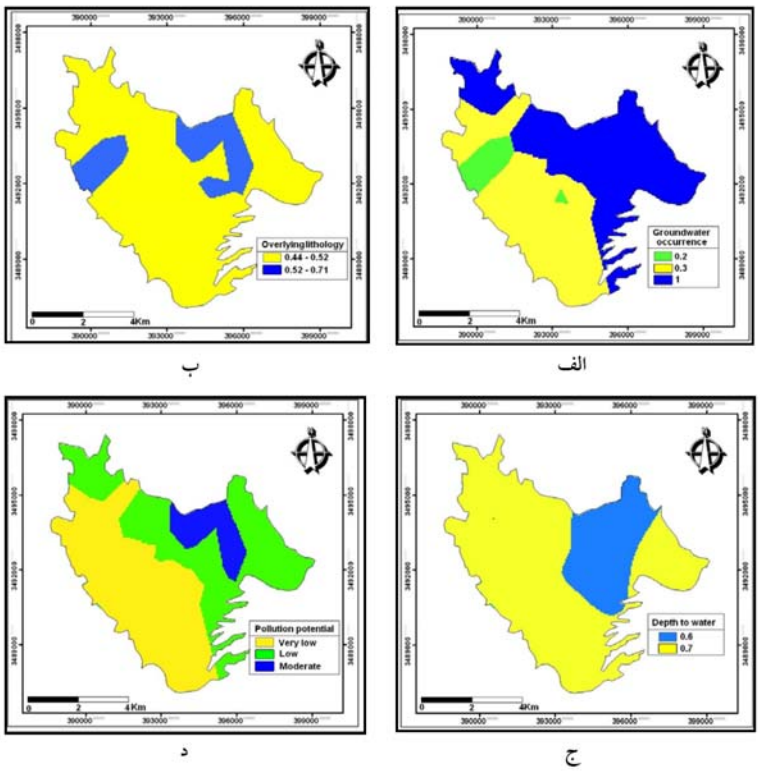
شکل ٤. نقشه پتانسیل آلودگی دشت باغملک (روش AVI)

برای استفاده از مدلGOD ابتدا بانک اطلاعاتی شامل داده‌های مربوط به لاگ چاه‌های منطقه و داده‌های عمق تا سطح ایستابی پیزومترها در دوره آماری سه ساله در محیط نرم‌افزار Excel تهیه شد و سپس به محیط GIS منتقل شد. هر کدام از پارامترهای مدلGOD به‌صورت یک لایه در محیط GIS تهیه و سپس لایه نهایی از ترکیب این سه لایه به‌دست آمد. لایه‌های نوع سفرهٔ آبدار، عمق تا سطح ایستابی و لیتولوژی منطقه بالای سفرهٔ آبدار به ترتیب در شکل‌های ۵ الف تا ج و نقشهٔ نهایی پتانسیل آلودگی در شکل ۵د ارائه شده است.

همان‌طور که در شکل ۵د مشاهده می‌شود، بخش زیادی از منطقهٔ پژوهش دارای پتانسیل آلودگی خیلی کم است. مهم‌ترین عاملی که باعث به‌وجود آمدن این حالت شده، لایه‌های رسی و رس سیلتی کم تراوا در بخش غیراشباع سفرهٔ آبدار در این مناطق است.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

برای ارزیابی پتانسیل آلودگی منطقهٔ بررسی شده با مدل دراستیک، هر کدام از پارامترهای مورد نیاز به صورت یک لایه در محیط نرم‌افزار ArcGIS 9 تهیه شد و با توجه به جدول۳ امتیازبندی شده است که در ادامه نحوه تهیه هرکدام از لایه‌ها توضیح داده شده است.



شکل ۵. (الف – ج) لایه‌های مختلف مورد نیاز در مدل GOD و (د) نقشه پتانسیل آلودگی

۱. لایه عمق تا سطح آب

این پارامتر نشان‌دهنده فاصله بین سطح زمین و سطح ایستابی است. عمق تا سطح ایستابی همراه با خصوصیات منطقهٔ غیراشباع، زمان حرکت آلاینده‌های جامد یا مایع که با آب انتقال داده می‌شوند و زمان فرآیند رقیق شدگی آلاینده‌ها در منطقهٔ غیراشباع را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۱۳]. برای تهیه لایه عمق تا سطح آب از داده‌های سطح آب پیزومترهای منطقه استفاده شد و میانگین عمق برخورد به سطح ایستابی برای پیزومترها در دوره سه‌ساله(۱۳۸۴–۱۳۸۱) محاسبه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

شد، سپس لایه عمق تا سطح ایستابی با توجه به رتبه‌های مربوط به مدل دراستیک(جدول۳) تهیه شد(شکل۶ الف).

جدول ۳. رتبه‌ها و وزن‌های مربوط به پارامترهای مدل دراستیک در منطقهٔ پژوهش

پارامتر		رت
عمق تا سطح ایستابی (متر)	وزن ۵	
۹-۱۵		۵
۱۵-۲۳		۳
۲۳-۳۳		۲
تغذیه خالص (میلی‌متر در سال)	وزن ۴	
>۲۵۰		۹
۱۷۵-۲۵۰		۸
۱۰۰-۱۷۵		۵
۵۰-۱۰۰		۳
۰-۵۰		۱
محیط سفرهٔ آبدار	وزن ۳	
ماسه و گراول		۹-۴
محیط خاک	وزن ۲	
گراول		۱۰
ماسه		۹
رس متراکم و منقبض شده		۷

پارامتر		رت
لوم ماسه‌ای		۶
لوم سیلتی		۴
توپوگرافی (شیب ٪)	وزن ۱	
۰-۲		۱۰
۲-۶		۹
۶-۱۲		۵
۱۲-۱۸		۳
>۱۸		۱
محیط غیراشباع	وزن ۵	
لایه محصور کننده		۱
سیلت یا رس		۶-۳
ماسه و گراول همراه با سیلت ورس		۸-۴
ماسه و گراول		۹-۶
هدایت هیدرولیکی(متر بر روز)	وزن ۳	
۴-۱۲		۲
<۴		۱

۲- لایه تغذیه خالص

برای تهیهٔ لایه تغذیه از روش پیسکوپو(۲۰۰۱) استفاده شد. برای محاسبه میزان تغذیه، مدل رقومی ارتفاعی از منطقه تهیه شد. سپس شیب منطقهٔ پژوهش با استفاده از آن استخراج شد که با استفاده از معیارهای جدول۴ رده‌بندی شد. نقشه خاک منطقه نیز با توجه به معیارهای جدول۴ رده‌بندی شد. بعد از تهیه تمام نقشه‌های مذکور برای به‌دست آوردن لایه تغذیه خالص، نقشه‌های شیب و خاک به همراه رتبه بارندگی، که در منطقهٔ بررسی شده برابر با ۲ است، همپوشانی شدند و مقدار تغذیه از معادله ۴ محاسبه شد:

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

(۴) مقدار تغذیه = درصد شیب + میزان بارندگی + نفوذپذیری خاک

برای به‌دست آوردن رتبه تغذیه از معیارهای جدول ۴ استفاده شد. شکل۶ب نقشه تغذیه خالص در منطقهٔ پژوهش را نشان می‌دهد.

۳- محیط سفرهٔ آبدار

برای تهیه لایه محیط سفرهٔ آبدار از لاگ بیش از۴۰ چاه موجود در منطقهٔ پژوهش استفاده شد. به طورکلی سفرهٔ آبدار دشت باغملک عمدتاً از رسوبات دانه درشت ماسه‌ای و گراولی با مقادیر متفاوتی از سیلت و رس تشکیل شده است. با توجه به رتبه‌های محیط سفرهٔ آبدار (جدول۳)، لایه محیط سفرهٔ آبدار برای منطقهٔ پژوهش تهیه شده است(شکل۶ج)

جدول٤. رتبه‌های تغذیه برای منطقهٔ پژوهش[۱۱]

الف) شیب		ب) بارندگی		ج) نفوذپذیری خاک		د) میزان تغذیه	
شیب ٪	رتبه	بارش (mm)	رتبه	محدوده	رتبه	محدوده	رتبه
<۲	۴	>۸۵۰	۴	زیاد	۵	۱۱-۱۳	۱۰
۲-۱۰	۳	۷۰۰-۸۵۰	۳	متوسط تا زیاد	۴	۹-۱۱	۸
۱۰-۳۳	۲	۵۰۰-۷۰۰	۲	متوسط	۳	۷-۹	۵
>۳۳	۱	<۵۰۰	۱	کم	۲	۵-۷	۳
				خیلی کم	۱	۳-۵	۱

۴- محیط خاک

محیط خاک، تأثیر بسیار مهمی در تغذیه دارد و از این رو بر چگونگی حرکت آلاینده‌ها مؤثر است. وجود مواد دانه‌ریز مانند سیلت و رس تراوایی خاک را کاهش داده و حرکت آلاینده‌ها را محدود می‌کند[۱۳]. برای تهیه لایه محیط خاک از نقشه خاک منطقه با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ که اداره جهاد کشاورزی تهیه کرده است، استفاده شد. با توجه به رتبه‌های محیط خاک در مدل دراستیک، لایه محیط خاک برای منطقهٔ پژوهش تهیه شده است(شکل۶د).

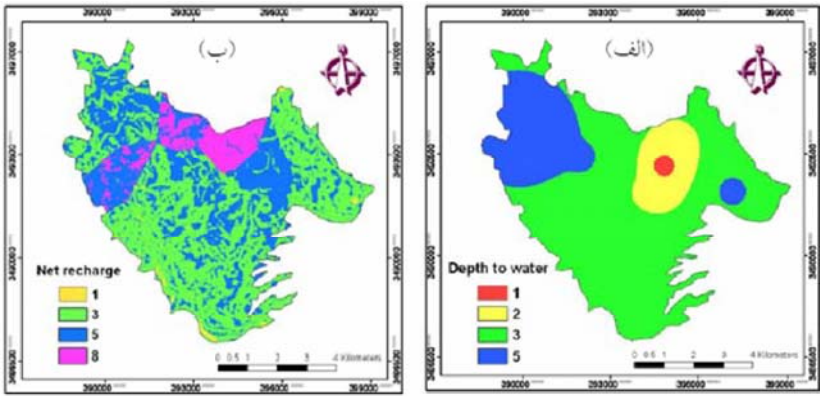
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

۵- توپوگرافی

در مدل دراستیک، توپوگرافی به صورت شیب و تغییرات شیب سطح زمین مورد توجه قرار می‌گیرد. هر چقدر شیب سطح زمین کمتر باشد، زمان ماندگاری آلاینده‌ها بر روی سطح زمین طولانی‌تر و در نتیجه پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی بیش‌تر خواهد بود[۳]. برای تهیهٔ لایه توپوگرافی ابتدا مدل رقومی ارتفاعی منطقه تهیه و سپس شیب منطقه از آن استخراج شد و با توجه به جدول ۳ رتبه‌بندی شد(شکل۶ه)

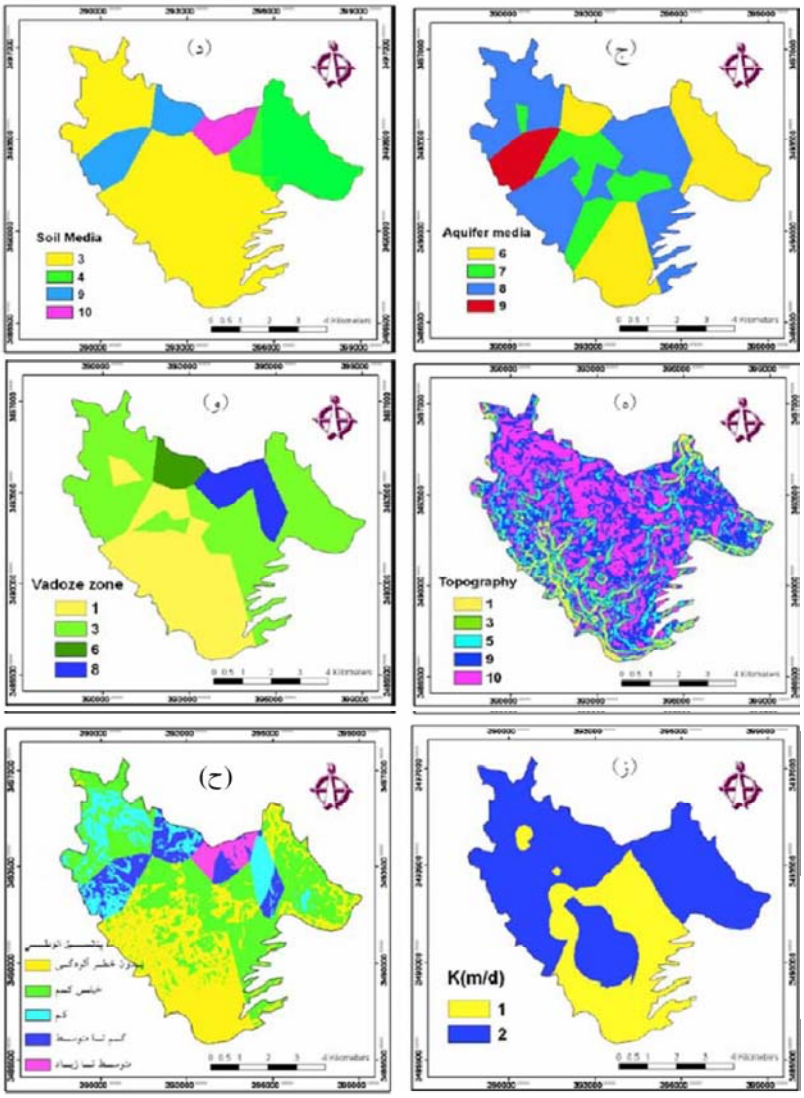
۶- محیط غیراشباع

برای تهیه لایه محیط غیراشباع(شکل۶و) از لاگ چاه‌های موجود در منطقهٔ پژوهش استفاده شد. رسوبات بخش غیراشباع درمحدودهٔ شمالی منطقهٔ بررسی شده اغلب از رسوبات نسبتاً دانه‌درشت گراولی و ماسه‌ای تشکیل شده‌اند. قسمت اعظم بخش غیراشباع در دشت باغملک از رسوبات دانه‌ریز مانند رس سیلتی تشکیل شده است که نقش زیادی در کاهش پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی دارند.



شکل٦ . لایه‌های مختلف مورد نیاز در مدل دراستیک

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]



شکل٦ . ز- ج) لایه‌های مختلف مورد نیاز در مدل دراستیک و ح) نقشه پتانسیل آلودگی

۷- هدایت هیدرولیکی

برای تهیه لایه هدایت هیدرولیکی از داده‌های پمپاژ پله‌ای بیش از ۴۰ چاه موجود در منطقه و همچنین نتایج حاصل از آزمایش پمپاژ با دور ثابت در تعدادی از چاه‌های کشاورزی استفاده

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

شده است. مقادیر هدایت هیدرولیکی بـا توجه بـه رتبه‌های هدایت هیدرولیکی مدل دراستیک (جدول۳) رتبه‌بندی و لایه هدایت هیدرولیکی برای منطقهٔ پژوهش تهیه شده است(شکل۶ز).

نقشه پتانسیل آلودگی سفرهٔ آبدار در مدل دراستیک

نقشه پتانسیل آلودگی دشت باغملک در این روش، در نهایت از هم‌پوشانی لایه‌ها تهیه شده و بر اساس جدول۲ رده‌بندی شده است(شکل۶ح). شاخص دراستیک در منطقهٔ بررسی شده بین ۷۲ تا ۱۴۷ قرار می‌گیرد. همان‌طور که در شکل۶ح نشان داده شده، بیشترین پتانسیل آلودگی منبع آب زیرزمینی مربوط به محدوده‌ای در شمال منطقهٔ پژوهش،که دارای پتانسیل آلودگی متوسط تا زیاد است، است و بخش زیادی از منطقه در محدودهٔ با پتانسیل آلودگی خیلی کم واقع شده است.

نیترات آب زیرزمینی منطقهٔ پژوهش

مهم‌ترین منبع آلوده کننده احتمالی آب زیرزمینی در دشت باغملک کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی است، به همین دلیل انتظار می‌رود که مهم‌ترین آلاینده موجود در آب زیرزمینی نیترات حاصل از فروشست این کودها از سطح خاک باشد. کودهای نیتروژنه مورد استفاده برای زمین‌های کشاورزی عمدتاً[$(NH_4\ NO_3)\ (CaCO_3)$] و[$(NH4)_2\ SO_4$] هستند که انحلال آن‌ها غلظت‌های نیترات و سولفات آب‌های زیرزمینی را زیاد می‌کند. نیترات آب‌زیرزمینی دشت باغملک در فروردین ماه ۸۵ اندازه‌گیری شده است. مقدار نیترات نمونه‌های آب زیرزمینی در جدول ۵ ارائه شده و شکل ۷ الگوی تغییرات نیترات در دشت را نشان می‌دهد. حد مجاز نیترات در آب شرب ۴۵ میلی‌گرم بر لیتر است[١٤]. با توجه به این استاندارد در حال حاضر خطری از لحاظ نیترات متوجه آب‌زیرزمینی نیست. حداکثر غلظت نیترات در بخش شمال غرب منطقهٔ مورد بررسی مشاهده می‌شود. در این بخش غلظت نیترات به بیش از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر می‌رسد.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

جدول ۵. مقدار نیترات نمونه‌های آب زیرزمینی دشت باغملک بر حسب میلی‌گرم در لیتر

شماره نمونه	نیترات	شماره نمونه	نیترات
P95	۱۳/۸۵	P60	۱٤/٤۹
P20	۱۵/۲۲	P40	۱۳/۹٦
P100	۱٤/۸٦	P161	۲۰/۸٦
P153	۱۵/۳۵	P193	۱۵/۹۳
P179	۱٤/۳۸	P88	۱۲/۲۷
P183	۱٤/۱۷	P65	۱۹/٤۱
P70	۲۱/۸۷	P73	۲۱/۷
P93	۱۹/۰۲	SK	۲۱/۷٤

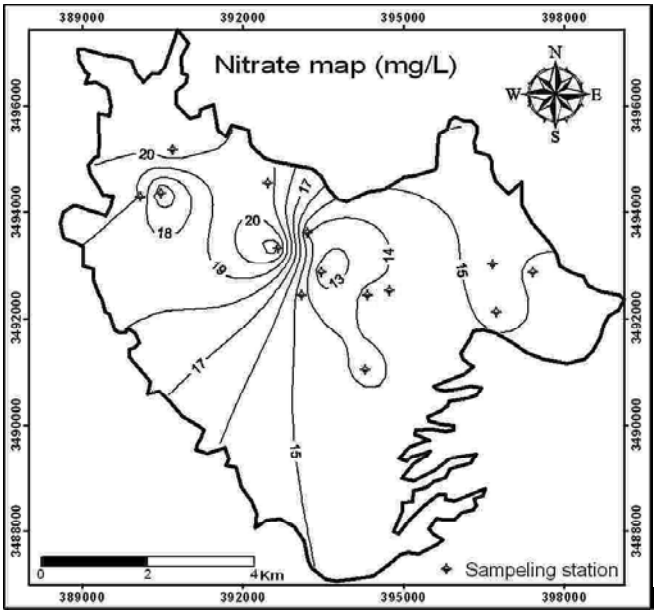
نتیجه‌گیری

نتایج حاصله از روش‌های مورد استفاده در این تحقیق بیان‌گر پتانسیل آلودگی کم در بخش وسیعی از منطقهٔ مورد بررسی است. این موضوع با میزان نیترات اندازه‌گیری شده در چاه‌های بهره‌برداری نیز مطابقت می‌کند به‌طوری‌که میزان نیترات اندازه‌گیری شده در بخش وسیعی از منطقهٔ بررسی شده کم‌تر از ۲۰ میلی‌گرم در لیتر است. در نقشه‌های نهایی همه روش‌های مورد استفاده در این تحقیق، حداکثر پتانسیل آلودگی مربوط به بخش‌های شمالی منطقهٔ بررسی شده است، از طرفی حداکثر غلظت نیترات آب زیرزمینی نیز در همین مناطق مشاهده می‌شود، که این موضوع نشان‌دهنده انطباق خوب نتایج حاصل از مدل‌های به‌کار رفته در این تحقیق با شرایط طبیعی و واقعی منطقهٔ پژوهش است.

در روش AVI به‌دلیل مقدار کم پارامترهای در نظر گرفته شده در ارزیابی پتانسیل آلودگی، یک ارزیابی کلی از وضعیت پتانسیل آلودگی سفرهٔ آبدار به‌دست آمده است. در این روش محدودهٔ با پتانسیل آلودگی متوسط، بیش‌ترین وسعت را در منطقهٔ بررسی شده دارد، در حالی که در مدل‌هایGOD و DRASTIC محدوده با پتانسیل آلودگی کم و خیلی کم، بخش وسیعی از منطقه را تحت پوشش قرار می‌دهد. علت آن را می‌توان به دقت کم‌تر روش AVI نسبت به دو مدل دیگر نسبت داد. مدل دراستیک به طور دقیق‌تری محدوده‌های مختلف

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

پتانسیل آلودگی را مشخص کرده است. دلیل آن تعداد پارامترهای بیش‌تر در نظر گرفته شده و وزن‌دهی مختلف به پارامترها بر اساس نقش آن‌ها در تعین پتانسیل آلودگی است.



شکل ۷. نقشه هم مقدار نیترات آب زیرزمینی دشت باغملک

نتایج حاصل از سه روش به‌کار برده شده جهت تعیین پتانسیل آلودگی منطقهٔ مورد بررسی شباهت زیادی با هم دارد. از آن‌جا که تنها پارامتر مشترک در این سه روش، محیط غیراشباع است، بنا بر این می‌توان نتیجه گرفت که محیط غیراشباع مهم‌ترین پارامتر مؤثر در ارزیابی پتانسیل آلودگی در دشت باغملک است. از آن‌جا که در هر سه روش، حداکثر پتانسیل آلودگی در بخش‌های شمالی منطقهٔ پژوهش، تعیین شده است و در این بخش‌ها رسوبات موجود در منطقهٔ غیراشباع به علت مجاورت با سازند کنگلومرای بختیاری عمدتاً درشت‌دانه‌اند و در نتیجه پتانسیل آلودگی آب‌زیرزمینی را افزایش می‌دهند، این موضوع نیز دلیل دیگری بر اهمیت زون غیراشباع در میزان پتانسیل آلودگی منطقهٔ بررسی شده است. رسوبات رسی و رس سیلتی در زون غیراشباع سفرهٔ آبدار بدلیل نفوذپذیری بسیار کم، تا حد زیادی از انتقال آلاینده‌ها به

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

سفرهٔ آبدار جلوگیری می‌کند. از طرفی ضخامت و مقدار این رسوبات نفوذناپذیر از بخش‌های جنوبی دشت باغملک به سمت بخش‌های شمالی کاهش می‌یابد ولی پتانسیل آلودگی سفرهٔ آبدار از جنوب به سمت شمال دشت باغملک افزایش می‌یابد که این موضوع نیز نقش مهم محیط غیراشباع در ارزیابی پتانسیل آلودگی دشت باغملک را نشان می‌دهد.

با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق، روش‌هایAVI، GOD وDRASTIC روش‌های بسیار مناسبی برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی هستند، لذا پیشنهاد می‌شود که این روش‌ها به‌عنوان روش‌هایی استاندارد برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی در مناطق مختلف کشور به‌کار گرفته شوند تا زمینه حفاظت کیفی منابع آب زیرزمینی فراهم شود.

منابع

۱. اختری، ی.، چیت‌سازان، م.، کلانتری، ن. و رحیمی، م.ح. ، *ارزیابی آسیب پذیری دشت‌های زویرچری و خران با استفاده از مدل DRASTIC وGIS*، همایش ژئوماتیک ۸۵، سازمان نقشه-برداری کشور (۱۳۸۵).

۲. کلانتری، ن.، *بررسی کیفیت منابع آب زیرزمینی دشت عباس استان خوزستان*، مجله علوم دانشگاه شهید چمران اهواز، .(۱۳۸۵)،زیرچاپ.

۳. فاریابی، م.، *ارزیابی کمی و کیفی آب زیرزمینی دشت باغملک*، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید چمران اهواز (۱۳۸۵)، ۲۱۹ ص.

٤. فاریابی، م.، کلانتری،ن. و رحیمی، م.ح.، *بررسی هیدروژئوشیمیایی آب زیرزمینی دشت باغملک با استفاده از دیاگرام‌های ترکیبی، شاخص‌های اشباع و نسبت‌های یونی*، چکیده مقالات دهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران،(۱۳۸۵)،ص۲۴.

5. Aller, L., Bennet, T., Leher, JH., Petty, RJ., Hackett, G DRASTIC: a standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydrogeological settings. EPA (1987) 600/2.87-135.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

6. Gogu, R. & Dassargues, A., Current trend and future challenge in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods, Journal of environmental geology (1999) 39(6) 549-559
7. Gumay, A. & Kacarouph, D., groundwater nitrate pollution in an alluvium aquifer, Eshkir- urban area and its vicinity, Turkey, Environmental geology , 31(4)(1997) 178-184
8. Kalantari, N. and Goli A, Artificial recharge of Baghmelak aquifer Khuzestan province southwest of Iran, 5th International symposium in aquifer management recharge, Berlin, Germany (2005) 43-48
9. Kalantari, N. and Nasseri H., Groundwater quality of Gheroso aquifer, Gorgan, Iran, 3rd Groundwater quality symposium, shefield, UK. (2000) 219-221
10. Kalantari, N. and Rahmani, H., Evaluation of an artificial recharge system. A case study in southern Iran, procceding of groundwater and watershed development, Dhule, India, (1999) 132-191.
11. Kim, Y.J. and Hamm, S.Y., Assessment of the potential for groundwater contamination using the DRASTIC/ EGIS technique, Cheongju area, South korea. Hydrogeology Journal. (1999) 7: 227- 35.
12. Piscopo, G., Groundwater vulnerability map, explanatory notes, Castelereagh Catchments, NSW. Department of land and water conservation of Australia. www.dlwc.nsw (2001).
13. Sappa, G., & Vitale, S., Groundwater protection: contribution from Italian experience. www. IME.com. (2004).
14. U.S. EPA,. Drinking Water Standards. U.S. EPA, New York, (1995).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]
[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]

15. Varba, J. and Zaporozec, A., Guidebook on mapping groundwater vulnerability International Association of Hydrogeologists (International Contributions to Hydrogeology) Verlag Heinz Heise, Hanover (1994)45.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2025-12-05]

[DOR: 20.1001.1.22286837.1386.2.2.4.6]