# ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی دشت قزوین

مجید خلقی: دانشیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران
رضوان تاکی: دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران

**تاریخ:** دریافت ۸۲/۲/۱۷ پذیرش ۸٤/۵/۱٦

## چکیده

در اکثر مناطق ایران آب‌های زیرزمینی که تامین‌کننده اصلی آب کشاورزی، شرب و مصارف صنعتی هستند در حال حاضر شدیداً تحت تأثیر برداشت بی‌رویه قرار گرفته است. با توجه به عدم امکان جای‌گزینی این منبع آب ارزشمند، محافظت از آن امری ضروری به نظر می‌رسد. دشت قزوین به علت شرایط خاص خود و وجود واحدهای صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی، شهرها و شهرک‌های صنعتی متعدد در حال حاضر از مناطق بحرانی و آسیب‌پذیر است. در این مقاله برای برآورد آسیب‌پذیری دشت قزوین از روش DRASTIC استفاده شد. به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی(GIS) نقشه آسیب‌پذیری آب‌خوان تهیه و مقدار شاخص DRASTIC عمومی از ۳۵ تا ۱۰۸ در کل منطقه برآورد شد. با توجه به شاخص DRASTIC عمومی تقریباً ۱۱ درصد از سطح منطقه دارای آسیب‌پذیری کم و در حدود ۴۳ درصد از سطح منطقه آسیب‌پذیری متوسط و در حدود ۳۷ درصد آسیب‌پذیری زیاد و ۱۰ درصد آسیب‌پذیری بسیار زیاد داشتند. طبق نقشه آسیب‌پذیری DRASTIC محدوده باتلاق و اراضی بایر واقع در شرق و مرکز دشت دارای آسیب‌پذیری زیاد بودند و با میزان افزایش نیترات و همچنین مقدار هدایت الکتریکی در منطقه مطابقت دارد. با در دست داشتن این شاخص می‌توان برای حفاظت از آب‌خوان و حریم کیفی آن تدابیری اندیشید.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

## مقدمه

افزایش بی‌رویه جمعیت در سال‌های اخیر، محدودیت منابع آب‌های سطحی و بهره‌برداری بیش از اندازه از سفرهٔ آب‌های زیرزمینی باعث ببار آمدن خسارات جبران‌ناپذیری به منابع طبیعی کشور در سال‌های گذشته شده است. فعالیت‌های کشاورزی، صنعتی و شهری، آلاینده‌های مختلفی را به سفرهٔ آب زیرزمینی تحمیل می‌کنند.

مدیریت کیفی آب‌های زیرزمینی در گام اول مستلزم شناخت کافی منشأ آلاینده‌های آب‌خوان و معادلات مربوط به آن است ودر گام دوم نیاز به ابزاری دارد تا بتواند عکس‌العمل تنش‌های مختلف کمی و کیفی وارد به سفره را در شرایط فعلی و آینده پیش‌بینی کند .بدون شک بهترین حالت شناخت رفتارهای یک سیستم سفرهٔ آب زیرزمینی تحقیقات دراز مدت برای هر منطقه است که با توجه به میزان محدود بودجه‌های تحقیقاتی عملاً امکان پذیر نیست. در این میان با ابزارهای محاسباتی و شبیه‌سازها می‌توان با دقت قابل قبول به شاخص‌هایی دست یافت و بر اساس آن تصمیم‌های لازم را در مورد مدیریت آب‌خوان اتخاذ کرد.[۱]

حریم کیفی منابع آب زیرزمینی یا تعیین محدودهٔ حفاظت آب زیرزمینی عبارت است از تعیین محدوده‌ها یا حریم‌های حفاظت کیفی در چندین سطح برای منابع آب زیرزمینی در مقابل آلاینده‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی که برای هر کدام از سطوح حریم کیفی، محدودیت‌ها و تغییرات خاص فعالیت‌های انسانی وضع می‌شود. تعیین حریم کیفی در سطح یک آب‌خوان بر اساس آسیب‌پذیری انجام می‌گیرد. نقشه‌های آسیب‌پذیری حساسیت منبع آب زیرزمینی نسبت به آلودگی را از طریق تعدادی از متغیرهای هیدروژئولوژیکی نشان می‌دهد.

بررسی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی از سال ۱۹۷۰ شروع شد (آلبینت و همکاران[۳] ) و سپس آست و همکاران.[۵] در سال ۱۹۸۰ آن را پی‌گیری کردند. پس از آن، روش‌های مختلفی برای برآورد آسیب‌پذیری و همچنین تهیه نقشهٔ آن برای مناطق مختلف با توجه به شرایط هیدروژئولوژیکی آب‌خوان‌ها پیشنهاد شد .

ایوان و مایر در سال ۱۹۹۰ [۷] در منطقه دلور جنوبی امریکا با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شاخص DRASTIC اصلاح شده پتانسیل آلودگی منطقه را تعیین کردند. در

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

این تحقیق سه پارامتر تغذیهٔ خالص، اثر منطقهٔ غیر اشباع و نوع آب‌خوان در نظر گرفته نشد و در عوض از پارامترهای کاربری اراضی و پوشش زمین و چگالی سیستم مخزن گندزدایی[1] استفاده کردند. آن‌ها بیان کردند که روش مزبور اطلاعات مربوط به آب زیرزمینی را در مقیاس‌های بزرگ جغرافیایی با جزئیات کامل برای حفاظت آب‌های زیرزمینی در اختیار سازمان حفاظت محیط زیست قرار می‌دهد.

دوئرفلایگرو زولن [٦] آسیب‌پذیری آب‌خوان کارستی در سوئیس را با استفاده از روش EPIK در سال ۱۹۹۷ تعیین کردند. در این پژوهش چهار نوع آسیب‌پذیری زیاد(۱۹-۹) و متوسط(۲۵-۲۰) و کم (۳٤-۲٦) و بسیار کم در مناطقی که حداقل ۸ متر پوشش حفاظتی خاک شامل مواد ترکیبی رسوبی- فرسایشی با کم‌ترین هدایت هیدرولیکی باشند، تعیین شد.

تاپینتا و هوداک (۲۰۰۳) [۱۰] با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی توسط آفت کش‌ها را در مرکز تایلند بررسی کردند. برای این ارزیابی از فاکتورهایی مانند بافت خاک، شیب، کاربری اراضی، بارندگی و عمق چاه استفاده شد. فاکتورهای آسیب‌پذیری و وزن‌های مربوطه با توجه به غلظت آفت کش‌ها در ۹۰ چاه موجود در منطقه تعیین شد. عمق چاه مهمترین فاکتور در آسیب‌پذیری بود. همبستگی معنی‌داری در سطح اطمینان ۹۵ درصد بین غلظت‌های مشاهده شده و نسبت‌های میانگین بارندگی برای ۱۰ آفت‌کش به دست نیامد. به همین دلیل این فاکتور در بررسی آسیب‌پذیری نهایی از بین پارامترها حذف شد.

العدامت و فوستر (۲۰۰۳) [۲] آسیب‌پذیری آب‌خوان بازالتیک[2] واقع در اردن را با استفاده از GIS، سنجش از دور و روش DRASTIC انجام دادند. به علت فقدان داده هدایت هیدرولیکی این پارامتر حذف شد. پتانسیل ریسک آب زیرزمینی نسبت به آلودگی با استفاده از کاربری اراضی به اضافه پارامترهای DRASTIC به دست آمد. نتایج با داده‌های هیدروشیمی آب‌خوان آزموده شد. پارامتر تغذیهٔ خالص بر اساس روش پیسکوپو (۲۰۰۱)[۸] به دست آمد

[1] - Septic tank system

[2] - Basaltic

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

و وزن و نسبت‌های کاربری اراضی هم مشابه تحقیق سکاندا (۱۹۹۸)[۹] فرض شد. روش DRASTIC در دو مرحله اجرا شد. مرحلهٔ اول مربوط به شرایط فیزیکی محیط مورد بررسی و مستقل از نحوهٔ استفاده از اراضی، و مرحلهٔ دوم شامل فاکتورهای ریسک مربوط به کاربری اراضی بود. مقدار این شاخص بین ۱۳۹-۱۲۳ بود که به دو گروه آسیب‌پذیری متوسط و کم تقسیم شد. آنان بر اساس روش DRASTIC اصلاح شده( DRASTIC به علاوه ریسک ) بیان کردند که کاربری اراضی پتانسیل آسیب‌پذیری متوسط آب زیرزمینی را در حد ۱ درصد افزایش می‌دهد.

در این بررسی از بین روش‌های معمول محاسبهٔ آسیب‌پذیری، روشی متناسب با شرایط منطقه مورد بررسی(آب‌خوان قزوین) انتخاب و حریم حفاظت کیفی آب زیرزمینی منطقه تعیین می‌شود. در نهایت نقشه‌های آسیب‌پذیری سفره آب زیرزمینی تهیه می‌شود، تا بر اساس آن بتوان مدیریت‌های لازم را برای جلوگیری از ایجاد و یا افزایش آلایندگی در محدودهٔ تعیین شده اعمال کرد.

## منطقه بررسی شده

منطقهٔ بررسی شده دشت قزوین است که در تقسیمات کشوری، بخشی از استان قزوین را شامل می‌شود که در فاصله حدود ۱۵۰ کیلومتری شمال غربی تهران قرار گرفته است. شکل ۱ موقعیت این منطقه را در کشور و در استان نشان می‌دهد.

استان قزوین از سمت شمال هم‌جوار استان گیلان، از غرب با استان زنجان، از جنوب غربی با استان همدان و از جنوب با استان مرکزی و از شرق با استان تهران هم‌جوار است. محدودهٔ مطالعاتی قزوین بین طول‌های شرقی ۱۰ دقیقه و ٤۹ درجه و ٤۰ دقیقه و ۵۰ درجه و عرض‌های شمالی ۲۰ دقیقه و ۳۵ درجه و ۲۰ دقیقه و ۳٦ درجه جغرافیایی قرار گرفته و ارتفاع حداکثر برابر ۲۹۷۱ متر و حداقل ۱۱۰۰ متر و متوسط منطقه حدود ۱۲۵۰ متر از سطح دریا است. کل حوزهٔ آبریز ۹۳۷٦ کیلومتر مربع که ۳۸٤۲ کیلومتر آن را دشت و باتلاق تشکیل داده است. این محدوده از شمال با حوضه آبریز شاهرود، از غرب با حوضه‌های آبریز ابهررود و

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

خررود، از جنوب با حوضهٔ آبریز رودخانه‌های شورچای، قره بلاغ لار و قره چای و از شرق با حوضه‌های آبریز رودخانه کردان و کرج هم‌جوار است.

**شکل ۱- نقشهٔ موقعیت منطقه بررسی شده ( دشت قزوین)**

تغییرات عمق سنگ کف کم‌تر از ۷۰ متر تا بیش از ۳۷۰ متر در نوسان است. کم‌ترین مقادیر عمق سنگ کف مربوط به محدوده شرقی دشت که بخش باتلاقی دشت قزوین است، مشاهده می‌شود. در این محل سنگ کف بالا آمده و ضخامت کمی از لایه‌های ریزدانه رسی روی آن قرار گرفته است. همین عامل باعث تمرکز آب در این زون و به وجود آمدن حالت باتلاقی در این قسمت از دشت شده است. ضخامت زون اشباع در محدوده دشت بین ۵۰ تا بیش از ۳۵۰ متر متغیر است. به طور کلی در محدوده‌های ورودی و خروجی دشت قزوین ضخامت زون اشباع آب‌خوان کم است که به دلیل عمق کم سنگ کف در این نواحی است. در قسمت‌های میانی دشت، به خاطر عمق زیاد سنگ کف، ضخامت این زون بسیار بیش‌تر است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که زمین‌های آبرفتی منطقهٔ قزوین به غیر از منطقهٔ

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

شوره‌زار دارای نفوذپذیری مناسبی بوده و هر نوع مواد زائدی که در سطح زمین تولید شود در اثر بارندگی و یا مجاورت با منابع آبی در داخل زمین نفوذ می‌کند و مخازن آب‌های زیرزمینی که به صورت پیوسته و وسیع در منطقه گسترش دارند آلوده می‌شوند. به این دلیل آب‌خوان این منطقه از نظر پتانسیل و استعداد آلودگی آب‌های زیرزمینی آن باید بررسی شود.

## روش مورد استفاده در ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌خوان

آلر و همکاران در سال ۱۹۸۷[٤] روش DRASTIC را ارائه کردند که بعدها به عنوان روش توصیه شدهٔ سازمان محیط زیست امریکا در سال ۱۹۹۳ ارائه شد[۱۱].

چهار فرضیه‌ای که در این روش در نظر گرفته می‌شوند عبارتند از :

- آلودگی در سطح زمین تولید می‌شود.
- آلودگی از طریق نفوذ به سطح زمین وارد می‌شود.
- عامل حرکت آلودگی آب است.
- منطقه مورد بررسی باید بیش‌تر از ۰/٤ کیلومتر مربع باشد.

این فرضیه‌ها موجب می‌شوند که در ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌خوان به آلودگی محدودیت‌هایی وارد شود.

این روش دارای هفت پارامتر شامل عمق سطح آب، تغذیه خالص، خصوصیات خاک، نوع آب‌خوان، توپوگرافی، اثر منطقهٔ غیر اشباع و هدایت هیدرولیکی آب‌خوان است که در زیر شرح داده شده‌اند.

### عمق سطح آب( D )

به عمقی که آلودگی باید طی کند تا به سطح ایستابی برسد عمق سطح آب می‌گویند. هر چه سطح آب عمیق‌تر باشد موجب می‌شود که زمان حرکت و ماندگاری آلودگی افزایش یابد.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

**تغذیه خالص ( R )**

مقدار آبی که از سطح زمین نفوذ می‌کند و به سطح ایستابی می‌رسد تغذیه خالص است. تغذیه موجب می‌شود که آلودگی به صورت عمودی انتقال یابد، به سطح ایستابی برسد و به صورت افقی در آب‌خوان منتشر شود.

**مواد تشکیل دهنده آب‌خوان (A )**

محیط آب‌خوان و مواد تشکیل دهندهٔ آن تعیین کننده طول و چگونگی روند مسیر سیستم جریان آب زیرزمینی در سفره است. طول مسیر در تعیین زمان لازم برای فرآیندهای میرایی نظیر جذب، واکنش‌های شیمیایی و پراکنش از اهمیت چشم‌گیری برخوردار است. محیط آب‌خوان همچنین بر مقدار سطح مؤثر موادی که با آلوده کننده در تماس هستند، مؤثر است.

**نوع خاک ( S )**

محیط خاک تأثیر بسیار مهمی در تغذیه دارد. و از این رو بر چگونگی حرکت آلوده کننده مؤثر است. وجود مواد با بافت ریزدانه نظیر سیلت و رس تراوایی نسبی خاک را کاهش می‌دهند و مهاجرت و حرکت آلوده کننده‌ها را محدود می‌سازند. محیط خاک بر حسب رده‌بندی بافتی آن مشخص می‌شود و بر اساس پتانسیل آلودگی امتیاز بندی می‌شود.

**توپوگرافی (T )**

توپوگرافی به صورت شیب و تغییرات شیب سطح زمین مورد توجه قرار می‌گیرد. توپوگرافی به کنترل حرکت آلودگی و یا نگهداری آن بر روی سطح زمین کمک می‌کند. شیب‌هایی که فرصت نفوذ بالاتری را فراهم می‌کنند، پتانسیل آلودگی بالاتری را دارند. توپوگرافی بر توسعه و گسترش خاک و بالطبع بر ظرفیت میرایی آلودگی مؤثر است. درصد شیب با استفاده از مدل رقومی ارتفاع محاسبه می‌شود.

**اثر منطقه غیر اشباع ( I )**

نوع منطقه غیر اشباع تعیین‌کننده خصوصیات میرایی مواد تشکیل‌دهنده منطقهٔ خاک و سنگ‌های بالای سطح ایستابی است.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

**هدایت هیدرولیکی ( C )**

به قابلیت مواد تشکیل‌دهنده آب‌خوان برای انتقال آب هدایت هیدرولیکی گویند. این قابلیت شدت جریان آب زیرزمینی تحت گرادیان هیدرولیکی معین را کنترل می‌کند.

در برآورد آسیب‌پذیری در این روش، ارقامی بین یک تا ده به هریک از پارامترهای فوق تعلق می‌گیرد ضمن این‌که بنا به اهمیت متفاوت پارامترها، برای هر یک وزنی نیز در نظر گرفته می‌شود. وزن‌های مربوط از یک تا پنج است. به مهم‌ترین آن‌ها وزن پنج و کم اهمیت‌ترین آن‌ها وزن ۱ داده می‌شود.

آسیب‌پذیری کلی سیستم (Di) از طریق رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$Di = \sum_{j=1}^{7} (W_j . Rj) \qquad (۱)$$

Di شاخص دراستیک یک واحد نقشهٔ آب زیرزمینی

Wj فاکتور وزنی پارامتر j

Rj مقدار عددی پارامتر j

هر چه مقدار شاخص در یک مکان بالاتر باشد، پتانسیل آلودگی در آن محل بیش‌تر و آسیب‌پذیری آن بالاتر خواهد بود.

## تولید پارامترهای DRASTIC

**نقشه تغذیه خالص**

برای تهیهٔ نقشه تغذیهٔ خالص از روش پیشنهادی پیسکوپو[۳] [۸] استفاده می‌شود. در این روش پارامترهایی را که در تغذیهٔ آب‌خوان منطقهٔ بررسی شده اهمیت دارند، با یک‌دیگر ترکیب می‌کنیم و نقشهٔ نهایی تغذیه آب‌خوان به دست می‌آید. فاکتورهای مذکور عبارتند از بارندگی، شیب و نفوذ پذیری خاک.

نقشهٔ نفوذپذیری منطقه با فاکتورهای پیشنهادی پیسکوپو تهیه می‌شود. برای ایجاد نقشهٔ بارندگی، ایستگاه‌های منطقه بررسی شد، و نقشه بارندگی به صورت رستری به دست آمد. این

[3]- Piscopo

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

نقشه به صورت نقشهٔ اولیه بوده و با استفاده از دسته‌بندی بارندگی به روش کاربردی پیسکوپو این نقشه برای استفاده در تولید نقشهٔ تغذیهٔ خالص آماده می‌شود. بر طبق نقشه بارندگی ایجاد شده بیش‌ترین مقدار بارندگی ۳۷۱ میلی‌متر و کمترین مقدار آن ۱۷۳ میلی‌متر است. و بنابه دسته‌بندی پیسکوپو نسبت ۱ می‌گیرد. با استفاده از نقشهٔ مدل رقومی ارتفاع منطقه شیب برای هر قسمت به کمک نرم افزار ILWIS محاسبه می‌شود. سه نقشه تولید شده و بعد از طبقه‌بندی آن، بارندگی، شیب و نفوذ پذیری با یک‌دیگر ترکیب شده و نقشه تغذیه خالص به دست می‌آید.

**مقادیر تغذیه = درصد شیب + بارندگی + نفوذ پذیری**

سپس مقادیر تغذیه بر اساس جدول ۱ رتبه‌بندی شده و برای محاسبه شاخص آسیب‌پذیری آماده می‌شود.

**جدول۱- دسته بندی مقادیر تغذیه ( پیسکوپو، ۲۰۰۱)[۸]**

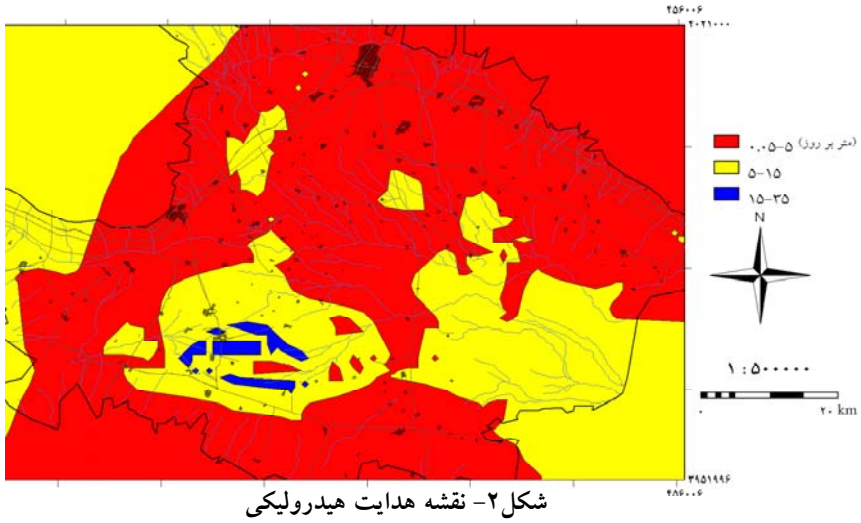
| مقدار تغذیه | | نفوذپذیری خاک | | بارندگی(mm) | | شیب(٪) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| نسبت | محدوده | ضریب | محدوده | ضریب | محدوده | ضریب | محدوده |
| ۸ | ۹- ۱۱ | ٤ | متوسط | ۱ | ۵۰۰> | ٤ | ۲> |
| ۵ | ۷-۹ | ۲ | کم | | | ۳ | ۲ - ۱۰ |
| ۳ | ۵ - ۷ | | | | | ۲ | ۱۰-۳۳ |

**نقشه هدایت هیدرولیکی**

برای ایجاد نقشهٔ هدایت هیدرولیکی از نقشهٔ ضخامت لایهٔ اشباع و قابلیت انتقال منطقه بررسی شده استفاده می‌شود. نقشهٔ هدایت هیدرولیکی (شکل۲) از تقسیم نقشه قابلیت انتقال بر ضخامت لایه اشباع به دست آمد.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]




**شکل۲- نقشه هدایت هیدرولیکی**

## نقشه عمق آب زیرزمینی

با استفاده از اطلاعات چاه‌های مشاهده‌ای که تعداد آن‌ها بالغ بر۱۱۲ حلقه بود، عمق سطح آب در کل منطقه به دست آمد. این نقشه به صورت نقشه خام بوده و با استفاده از دسته‌بندی عمق سطح آب زیرزمینی شاخص DRASTIC که توسط آلر[4] [٤] و همکاران در سال ۱۹۸۷ ارائه شده بود، کل منطقه رتبه‌بندی می‌شود. شکل ۳ نقشهٔ هم‌عمق سطح آب زیرزمینی منطقه دشت قزوین را نشان می‌دهد. بر طبق نقشهٔ مذکور بیش‌تر آب‌های منطقه بررسی شده در عمق بیش‌تر از ۳۰ متر بودند و رتبه ۱ گرفتند.

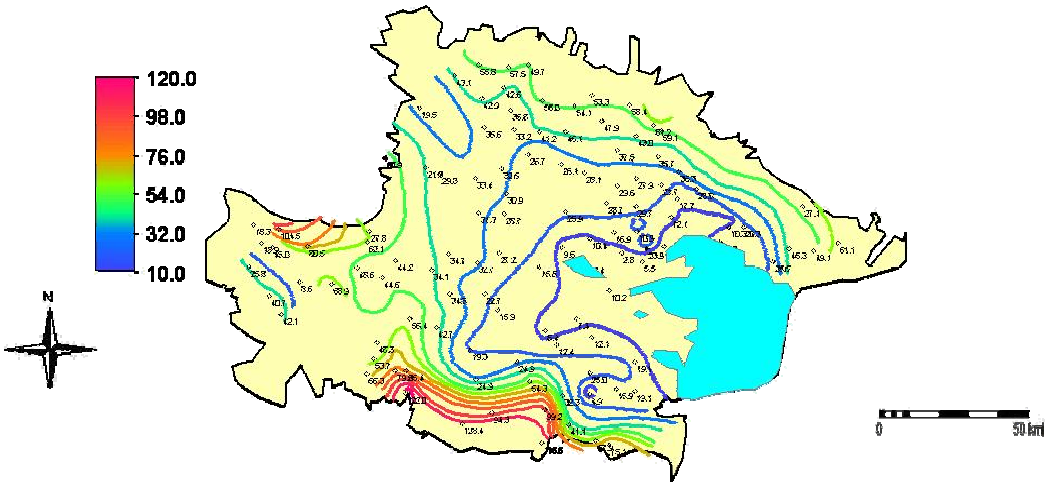
### نقشه اثر ناحیه غیر اشباع

منطقه غیراشباع از این جهت که خصوصیات میرایی مواد تشکیل دهندهٔ منطقهٔ خاک و سنگ‌های بالای سطح ایستابی را مشخص می‌کند به همین علت به عنوان شاخص مهمی در تعیین آسیب‌پذیری آب‌خوان به کار می‌رود. به طور کلی فاکتورهایی که در تعیین اثر منطقهٔ

[4] -Aller

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

غیراشباع مورد توجه قرار می‌گیرند، عبارتند از تراوایی خاک، ظرفیت میرایی خاک، عمق آب زیرزمینی وشکستگی‌های زمین و...




**شکل ۳- نقشه هم عمق سطح آب**

اثر ناحیه غیراشباع منطقه با ترکیب نفوذپذیری و عمق سطح ایستابی محاسبه می‌شود. بنا بر این نقشهٔ نفوذپذیری منطقه تهیه می‌شود و دو نقشه عمق سطح ایستابی و نفوذ پذیری برای به دست آوردن نقشهٔ نهائی اثر ناحیهٔ غیراشباع همپوشانی می‌شوند. و سرانجام نقشهٔ اثر ناحیه غیراشباع به دست آمده و برای هم‌پوشانی با دیگر پارامترهای شاخص DRASTIC آماده می‌شود.

## تولید نقشه خاکشناسی

برای تهیهٔ نقشهٔ خاک‌شناسی منطقه بررسی شده از مجموع سه پروژه بررسی خاک‌شناسی نیمه نفصیلی زیر استفاده شد، تا خاک‌های کل منطقه را پوشش دهد.

۱- بررسی خاک‌شناسی قسمتی از دشت قزوین

به طور کلی بیش‌تر خاک‌های این قسمت را رس لومی و لوم سیلت‌دار و رسی تشکیل می‌دهند.

۲- بررسی خاک‌شناسی طالقان

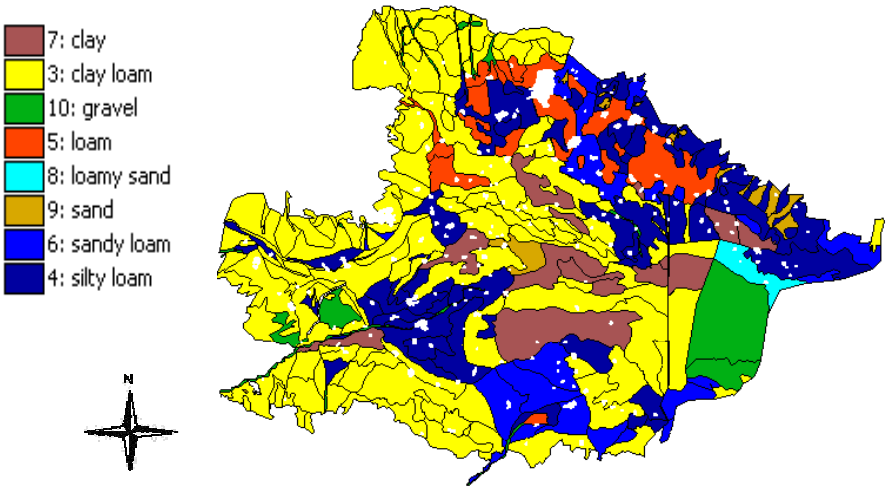
[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

به طور کلی بیش‌ترخاک‌های منطقه را خاک‌های رس لومی و لوم ماسه‌ای تا لوم تشکیل می‌دهد.

۳- بررسی خاک‌شناسی کرج- آبیک

بافت خاک در این مناطق بسته به موقعیت محل و نزدیکی یا دوری به کوه‌های اطراف از شنی درشت تا رسی متفاوت است ولی بیش‌تر آن رس شنی است.

با قرار دادن نقشه‌های سه بررسی یاد شده در کنار هم نقشه خاک‌شناسی کل منطقهٔ بررسی شده (شکل ٤) به دست می‌آید.



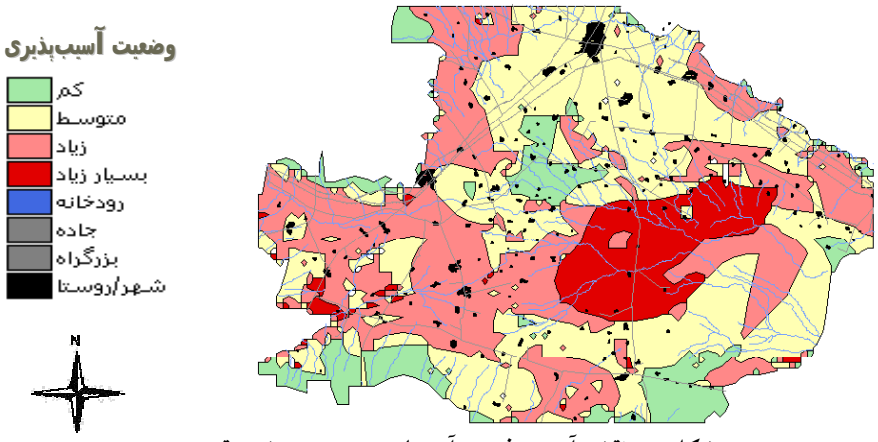

**شکل ٤-نقشه خاکشناسی منطقه**

## تهیه نقشه آسیب‌پذیری آب‌خوان و برآورد میزان آسیب‌پذیری

بعد از این‌که پارامترهای DRASTIC در منطقه به دست آمد، با یک‌دیگر ترکیب شده و نقشهٔ آسیب‌پذیری آب‌خوان به دست می‌آید. مقدار شاخص آسیب‌پذیری در فاصله ۳۵ تا ۱۰۸ بود. و بنا بر دسته‌بندی‌های متفاوتی که انجام گرفت، انتخاب بهترین دسته‌بندی بر اساس توزیع نرمال مقدار شاخص بین ۳۵ تا ٤۷ نشان‌دهنده آسیب‌پذیری کم و٤۸ تا ۵۸ آسیب‌پذیری

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

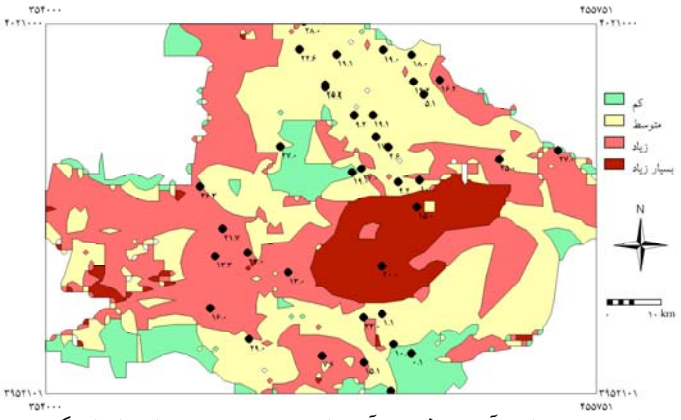
متوسط و ۵۹ تا ۷۲ آسیب‌پذیری زیاد و ۷۲ تا ۱۰۸ آسیب‌پذیری بسیار زیاد است. نقشهٔ آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی دشت قزوین در شکل ۵ آمده است.




**شکل ۵- نقشه آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی دشت قزوین**

## همپوشانی نقشه نیترات و نقشه آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی

در منطقه بررسی شده میزان نیترات ۳۵ چاه، اندازه‌گیری شد و دامنهٔ میزان نیترات در منطقه تقریباً بین ۵ تا ۳۶ میلی گرم در لیتر متغیر بود. شکل ٦ نقشه هم‌پوشانی چاه‌هایی که نیترات در آن‌ها اندازه‌گیری شده و نقشه آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی را نشان می‌دهد.



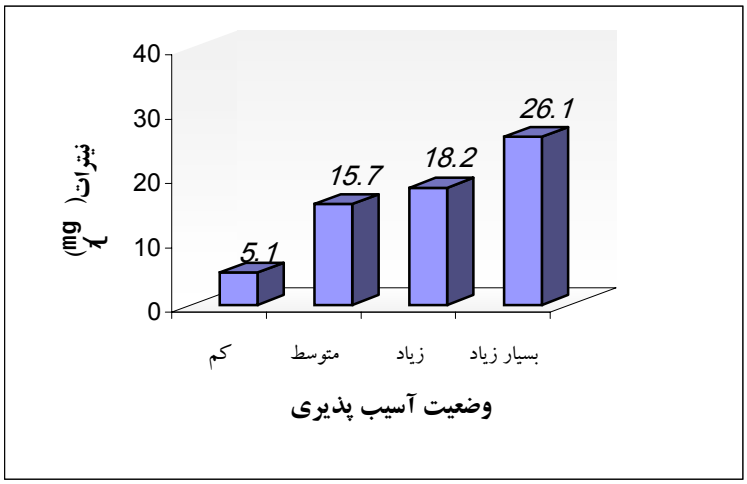

**شکل ٦- نقشه هم‌پوشانی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی و نیترات اندازه‌گیری شده**

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

## جمع‌بندی و بحث

روش DRASTIC برای تعیین پتانسیل آسیب‌پذیری آب زیرزمینی در منطقهٔ دشت قزوین بررسی شد. هفت پارامتر DRASTIC در محاسبهٔ آسیب‌پذیری آب زیرزمینی در محیط GIS دخالت داده شدند. پارامتر تغذیهٔ خالص از هم‌پوشانی نفوذپذیری و بارندگی و شیب به دست آمد. مقدار شاخص DRASTIC بین ۳۵ تا ۱۰۸ بود که بر اساس دسته‌بندی با توزیع نرمال در حدود ۳۰ درصد از سطح منطقه دارای آسیب‌پذیری متوسط ۱۱ درصد آسیب‌پذیری بسیار زیاد و ۱٦ درصد آسیب‌پذیری کم و حدوداً ٤۳ درصد آسیب‌پذیری زیاد داشتند.

میانگین غلظت نیترات در چاه‌های منطقه در محدوده‌های با آسیب‌پذیری بسیار زیاد تقریباً برابر ۲٦ میلی‌گرم در لیتر و در مناطق با آسیب‌پذیری کم تقریباً ۵ میلیگرم در لیتر مشاهده شد. هیستوگرام بیان‌گر رابطه بین وضعیت آسیب‌پذیری‌های مناطق با میزان نیترات آن ترسیم شد ( شکل ۷ ).




**شکل ۷- هیستوگرام وضعیت آسیب‌پذیری منطقه بررسی شده با میزان نیترات**

بنابراین افزایش پتانسیل آسیب‌پذیری آب زیرزمینی با افزایش غلظت نیترات در منطقه مطابقت دارد. در مناطقی که آسیب‌پذیری آب زیرزمینی نسبت به آلودگی‌ها زیاد است، علت را باید

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

عمق کم سطح ایستابی و نوع مواد تشکیل دهنده آب‌خوان دانست. با توجه به آسیب‌پذیری مشخص شده و گروه‌بندی آن حریم کیفی آب‌خوان مشخص شده و تدابیری در حفاظت از آب‌خوان بایستی اندیشیده شود.

## تشکر و قدردانی

پژوهندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه‌های تهران و بین‌المللی قزوین به منظور تأمین بخشی از منابع مالی این تحقیق در قالب طرح بین دانشگاه‌ها سپاس‌گزاری می‌کنند.

## منابع

۱- خلقی، مجید (۱۳۸۰)-مدل‌های ریاضی در جریان آب‌های زیرزمینی صفحه ٦٩ – گروه مهندسی آبیاری و آبادانی دانشگاه تهران.

1. Al-adamat.R.A.N, Foster I.D.L, Baban S.M.J, Groundwater vulnerability and risk mapping for the Basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS and Remote sensing and DRASTIC, Applied Geography (2003).

2. Albinet, M and J.Margat(1970)Cartographie de la vulnerability a la pollution des mappes deau soutteraime Orleans, France, Bull BRGM 2 eme serie, L: 13-22.

3. Aller,L.T. Bennet, JH. Lehr and RJ Petty (1987) DRASTIC: a standard system for evaluating groundwater pollution potential using hydrologic setting, US EPA Report, 600/2-871-Ada-Ok.

4. Aust,H., H. Vierhuff and W.Wagner (1980) Groundwater vorkommen in der Bundesrepublik Deutshland Bauwesen and Stadtbau, Bomm 1-64.

5. Doerfliger N, Jeannin PY, Zwahlen F(1997)Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]
[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]

using a multi-attribute approach and GIS tools (EPIK method). Environ Geol 39(2):165–176.

6. Evans, B .M.,& Mayers, W.L.,A GIS- based approach to evaluating regional groundwater pollution potential with DRASTIC وSoil and Water Conservation, 45(1990),242-245.

7. Piscopo, G., Please, P., Sinclair, P., 2001, Macquarie Catchment Groundwater Vulnerability Map Explanatory Notes, Department of Land and Water Conservation, New South Wales.

8. Secunda, S., Collin, M., & Melloul, A. J. 1998. Groundwater vulnerability assessment using a composite model combining DRASTIC with extensive land use in Israel's Sharon region. Journal of Environmental Management, 54, 39–57.

9. 10-Thapinta and P.F.Hudak, Use of geographic information system for assessing groundwater pollution potential by pesticides in central Thiland, Environment international , Vol.29(2003) 87-93.

10. 11-USEPA, (1993) A review of methods for assessing aquifer sensivity and groundwater vulnerability to pesticide contamination, Report No. EPA 813-R-93-002-Washington DC.

[ Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-06-18 ]

[ DOR: 20.1001.1.22286837.1382.1.3.3.8 ]