

ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت نازلوچای ارومیه با استفاده از مدل DRASTIC و صحت‌سنجی آن با غلظت نیترات در محیط GIS

اسفندیار عباس نوین‌پور^{۱*}، سمیه مسعودی^۲ و اصغر اصغری مقدم^۳

۱ و ۲- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه

۳- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز

نویسنده مسئول: e.abbasnovinpour@urmia.ac.ir *

دریافت: ۹۵/۱۱/۲۰ پذیرش: ۹۶/۹/۲۶

چکیده

دشت نازلوچای در شمال غرب ایران در قسمت شمال شهرستان ارومیه قرار گرفته است. وسعت تقریبی دشت مورد مطالعه ۵۰۸ کیلومتر مربع می‌باشد و در ساحل غربی دریاچه ارومیه واقع شده است و جز حوضه آبریز ارومیه می‌باشد. در تحقیق حاضر از مدل DRASTIC جهت برآورد میزان آسیب‌پذیری آبخوان منطقه استفاده شده است. مدل DRASTIC شناخته شده‌ترین روش شاخص همپوشان می‌باشد که از هفت پارامتر هیدروژئولوژیکی مؤثر بر آلودگی آب زیرزمینی، شامل عمق آب زیرزمینی (D)، تغذیه، محیط آبخوان (R)، نوع خاک (S)، توپوگرافی (T)، تأثیر منطقه غیراشباع (I) و هدایت هیدرولیکی (C) را مورد بررسی قرار می‌دهد. با ترکیب این پارامترها در محیط GIS مناطق مستعد آلودگی آبخوان مشخص و سپس برای صحت‌سنجی آن از غلظت نیترات استفاده گردید. شاخص آسیب‌پذیری مدل دراستیک برای منطقه مورد مطالعه، مقداری بین ۱۵۳-۳۸ برآورد گردید که در پنج محدوده، آسیب‌پذیری ناچیز و خیلی کم ۴۴٪، کم ۳۳٪، متوسط ۱۵٪ و زیاد ۸٪ قرار گرفت طبق برآورد نقشه‌های آسیب‌پذیری تهیه شده برای مدل دراستیک، بیش‌ترین پتانسیل آسیب‌پذیری مربوط به قسمتی از بخش مرکزی و جنوبی منطقه مورد مطالعه می‌باشد. انطباق غلظت نیترات بر روی نقشه نهایی آسیب‌پذیری مدل DRASTIC نشان داد که کلیه مناطق با نیترات بالا، در محدوده آسیب‌پذیری متوسط و زیاد قرار گرفته‌اند، که می‌تواند دقت و صحت مدل را تأیید کند.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری آبخوان، DRASTIC، سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، رودخانه نازلوچای

مقدمه

آسیب‌پذیری به معنی امکان نفوذ و انتشار آلاینده‌ها از سطح زمین به درون سیستم آب‌زیرزمینی می‌باشد. آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی مشخصه‌ای مطلق نمی‌باشد و نمایه‌ای نسبی برای احتمال آلودگی در یک محل می‌باشد (روبا و زوپارزوک، ۱۹۹۴). اصطلاح آسیب‌پذیری از نظر مفهومی در هیدروژئولوژی به دو صورت آسیب‌پذیری ذاتی^۱ و آسیب‌پذیری ویژه^۲ تقسیم می‌شود (گاگ و دسارگوس، ۲۰۰۰؛ آلمسری، ۲۰۰۸). آسیب‌پذیری ذاتی به امکان آلودگی در یک منطقه بدون در نظر گرفتن آلاینده خاص اشاره دارد (آلمسری، ۲۰۰۸). به عبارتی این نوع آسیب‌پذیری به ویژگی‌های زمین‌شناسی، هیدرولوژی و هیدروژئولوژیک منطقه و فعالیت‌های بشری بستگی دارد و مستقل از ماهیت آلاینده است (آنتوکس و لمبرکس، ۲۰۰۷). روش‌هایی

امروزه رشد جمعیت، افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری، استفاده بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی به منظور مصارف گوناگون، نفوذ زه‌آب‌های کشاورزی، پساب‌های صنعتی و فاضلاب‌های شهری به داخل آبخوان‌ها و هم‌چنین استنقرار کاربری‌های نامناسب در اطراف منابع آبی، تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای در کیفیت آب‌های زیرزمینی به وجود آورده است. بنابراین یکی از وظایف مهم متولیان آب، جهت جلوگیری از آلودگی آبخوان‌ها، شناسایی منابع آلوده‌کننده و مناطق آسیب‌پذیر، از طریق تهیه نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری و اتخاذ سیاست‌های مدیریتی مناسب می‌باشد (کلار و همکاران، ۲۰۰۷). مفهوم آسیب‌پذیری برای اولین بار در اواخر سال ۱۹۶۰ میلادی در فرانسه برای آگاهی بخشی در مورد آلودگی آب زیرزمینی ارائه شده است. قابلیت

¹ Intrinsic Vulnerability

² Specific Vulnerability

رسیدند که بخش غربی آبخوان کاکامیگهارا در رده‌بندی آسیب‌پذیری بالا و بخش شرقی در رده‌بندی آسیب‌پذیری متوسط قرار می‌گیرند (بابکرو همکاران، ۲۰۰۵). مهدوی و زارع‌ابیان (۱۳۹۵) با استفاده از دو مدل دراستیک و منطق فازی به ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت همدان-بهار پرداختند. نتایج دو مدل نشان داد که دقت نسبتاً یکسانی را داشته‌اند و بر اساس تحلیل حساسیت مرثرترین پارامتر بر پتانسیل آسیب‌پذیری عمق تا سطح ایستابی بدست آوردند. هدف از تحقیق حاضر پهنه‌بندی و تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیر و شناسایی منابع آلوده از نظر نیترات نازلوچای دشت ارومیه به کمک مدل دراستیک در محیط GIS و صحت‌سنجی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

موقعیت جغرافیایی و زمین‌شناسی منطقه مورد

مطالعه

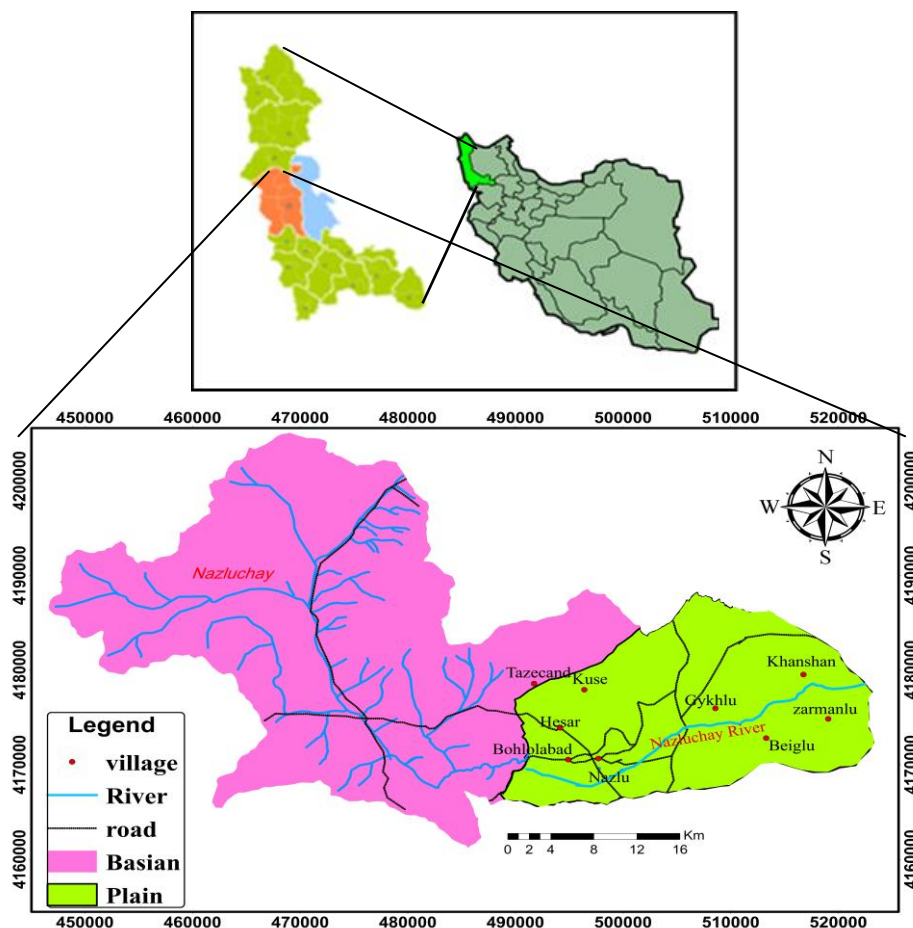
حوضه آبریز رودخانه نازلوچای در ضلع شمالی شهرستان ارومیه و غرب دریاچه ارومیه واقع گشته است. از نظر موقعیت جغرافیایی این حوضه در ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۵۹ دقیقه عرض شمالی از خط استوا و ۴۴ درجه و ۱۶ دقیقه تا ۴۴ درجه و ۲۳ دقیقه طول شرقی از نصف النهار گرینویچ قرار دارد. مساحت کل حوضه آبریز ۱۹۸۰ کیلومتر مربع و آبخوان منطقه از نوع آزاد هست. با توجه به ضخامت آبرفت‌های منطقه مطالعاتی، جهت بررسی نوع مواد تشکیل دهنده قشر سطحی و رسوبات آبدار لایه‌های عمیق، رسوبات تا عمق ۲۰۰ متر مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است. لایه‌های دارای شن و ماسه همراه با آب شیرین، رسوبات دانه ریز (رس، سیلت و مارن) و سایر رسوبات محتوی آب شور در مناطق مختلف محدوده مطالعاتی، طی عملیات اکتشافی و ژئوفیزیکی انجام یافته مشاهده شده است. مناطق مرکزی از لایه‌های آبرفتی شن و ماسه و به ضخامت متوسط ۲۰۰ متر تشکیل یافته است. نواحی شرقی منطقه مورد مطالعه از ذرات دانه ریز تشکیل یافته است که به علت قرار گرفتن در قسمت انتهایی دشت و به علت نزدیکی به حاشیه غربی دریاچه ارومیه حاوی آب شیرین در لایه‌های فوقانی حاوی آب شور با املاح زیاد می‌باشند. حاشیه غربی محدوده مطالعاتی رسوبات دانه درشت و خشک

مانند دراستیک به منظور ارزیابی این نوع آسیب‌پذیری استفاده می‌شوند (حمزه، ۲۰۱۰). آسیب‌پذیری ویژه نیز به آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی نسبت به آلاینده یا گروهی خاص از آلاینده‌ها اشاره دارد که به ویژگی‌های آلاینده و ارتباط آن با مؤلفه‌های مختلف آسیب‌پذیری ذاتی بستگی دارد (گاگ و دسارگوس، ۲۰۰۰). روش شاخص حساسیت یکی از روش‌هایی است که برای ارزیابی این نوع آسیب‌پذیری استفاده می‌شود و در آن آسیب‌پذیری آبخوان به طور مشخص نسبت به آلاینده‌های کشاورزی (نیترات) بررسی می‌گردد (حمزه، ۲۰۱۰). روش‌های مختلفی برای بررسی و ارزیابی پتانسیل آلودگی در یک آبخوان وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش‌های مبتنی بر شبیه‌سازی، روش‌های آماری و روش‌های شاخص و هم‌پوشان اشاره کرد (آلمسری، ۲۰۰۸). دراستیک یک روش شاخص و هم‌پوشان است که در آن، اطلاعات به دست آمده از پارامترهای مختلف به صورت تلفیقی و به طور موازی مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند و سپس توسط سامانه اطلاعات جغرافیایی پردازش می‌گردند. هزینه کم، دقت محاسباتی بالا، استفاده از توابع تحلیلی پیچیده، قابلیت تفکیک طیفی، مکانی و زمانی قابل توجه و قابلیت‌های ویرایشی و به هنگام‌سازی سریع داده‌ها، مدل‌سازی و تهیه گزارش به شکل‌های گوناگون از ویژگی‌های دیگر این سامانه می‌باشد (رحمان، ۲۰۰۸).

در این پژوهش هدف ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت نازلوچای در برابر آلودگی به کمک مدل دراستیک و سامانه اطلاعات جغرافیایی است. مدل دراستیک، مدل رتبه‌دهی عددی است که اولین بار در سال ۱۹۸۷ آژانس حفاظت محیط زیست ایالات متحده (USEPA) و انجمن چاه‌های آب آمریکا (AWWA) برای ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی ایالات متحده مطرح کردند و براساس مفهوم هیدروژئولوژیکی استوار است. وضعیت هیدروژئولوژیکی، در واقع مبین ترکیبی از همه شاخص‌های زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی است که حرکت آب‌های زیرزمینی را در یک منطقه کنترل می‌کند (آلر و همکاران، ۱۹۸۷). بابیکر و همکاران در سال ۲۰۰۵ برای تعیین مناطق مستعد در برابر آلودگی ناشی از منابع انسانی در آبخوان کاکامیگهارا استفاده کرده و به GIS در ژاین مرکزی، از مدل دراستیک در محیط این نتیجه

منابع آلوده کننده نازلوچای عبارتند از پساب‌های کشاورزی، فاضلاب‌های صنعتی و فاضلاب‌های خانگی و روستایی که پساب‌های کشاورزی به علت زمینه‌ای وسیع کشاورزی در حوزه نازلوچای از عمده منابع آلاینده می‌باشد. شکل (۱) موقعیت منطقه را نشان می‌دهد.

بوده که ضخامت آن‌ها به ۱۵۰ متر می‌رسد. در چند دهه اخیر به علت برداشت بیش از حد از سفره‌های زیرزمینی و تغذیه ناکافی، سفره‌های تحت فشار و آرتزین از بین رفته‌اند و تنها در فصول تر امکان مشاهده چاه‌های آرتزین در بخش‌های معدودی وجود دارد.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی آبخوان دشت نازلو چای ارومیه

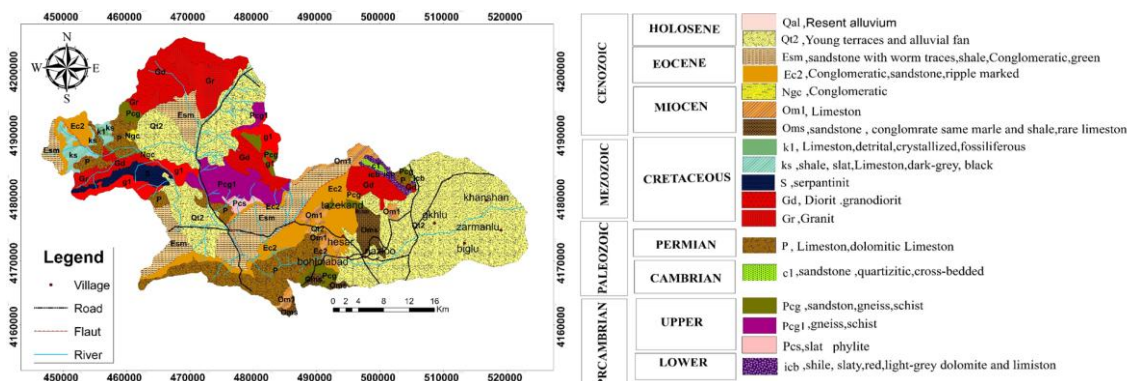
واحدهای یاد شده در منطقه، دگرگونی مجاورتی ایجاد نموده است. در شمال باختر و جنوب خاور منطقه، سنگ‌آهک‌ها و سنگ‌آهک‌های رسی گچ‌دار الیگومیوسن سازند قم رخنمون دارند. شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

موقعیت نقاط نمونه‌برداری

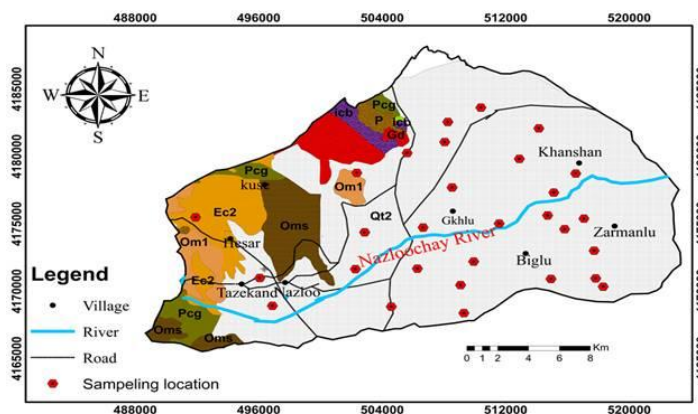
به منظور صحت‌سنجی مدل دراستیک از نیترات استفاده شد که به این منظور در خرداد ماه ۱۳۹۵ از ۲۹ چاه با پراکندگی مناسب نمونه‌برداری شد و مورد آنالیز قرار گرفت. شکل ۳ موقعیت نقاط نمونه‌برداری را نشان می‌دهد.

زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

قدیمی‌ترین سنگ‌های رخنمون یافته، مجموعه‌ای از سنگ‌های دگرگونه شامل گنایس، آمفیبولیت، متادیوریت، اسلیت، فیلیت، ماسه‌سنگ دگرگونه، متاولکانیک و سنگ‌های کربناته با سن‌های پرکامبرین و کامبرین هستند که بر روی آن‌ها سنگ‌های آهکی، آهکی دولومیتی و دولومیتی سازند روته پرمین به توسط گسل‌های تراستی رانده شده‌اند. سنگ‌های نفوذی دگرگونی متاگرانودیوریت، متادیوریت، متاگابرو و تماموزوگابرو تشکیلات پرکامبرین در منطقه را قطع نموده و توسط سازند میلا پوشیده شده است. گرانیت قوشچی که سن آن پس از کرتاسه است با نفوذ به



شکل ۲. نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه



شکل ۳. موقعیت نقاط نمونه‌برداری آبخوان دشت نازلو چای ارومیه

مدل دراستیک (DRASTIC)

این مدل براساس هفت پارامتر هیدروژئولوژیکی است که شامل عمق آب زیرزمینی (D)، میزان تغذیه خالص (R)، محیط آبخوان (A)، محیط خاک (S)، توپوگرافی (T)، تأثیر محیط غیراشباع (I) و هدایت هیدرولیکی سفره‌آبدار (C) می‌باشد. یکی از مزیت‌های اصلی مدل DRASTIC انجام ارزیابی آسیب‌پذیری استفاده از تعداد زیادی لایه‌ی اطلاعاتی (پارامتر) است. زیرا عقیده بر این است که در این حالت، اثر خطاها و عدم قطعیت‌های موجود در یک پارامتر منفرد در خروجی نهایی محدود می‌گردد. در شکل ۴ نحوه‌ی اجرای مدل در محیط GIS به صورت شماتیک آورده شده است. پارامترهای دراستیک شامل سه بخش کلی، وزن، محدوده و رتبه می‌باشند.

وزن: به هر پارامتر دراستیک با توجه به اهمیت تأثیر آن در آلودگی بین ۱ تا ۵ وزن داده می‌شود که عدد ۵ نسبت به آلودگی حائز اهمیت‌ترین و عدد ۱ کمترین اهمیت را داراست.

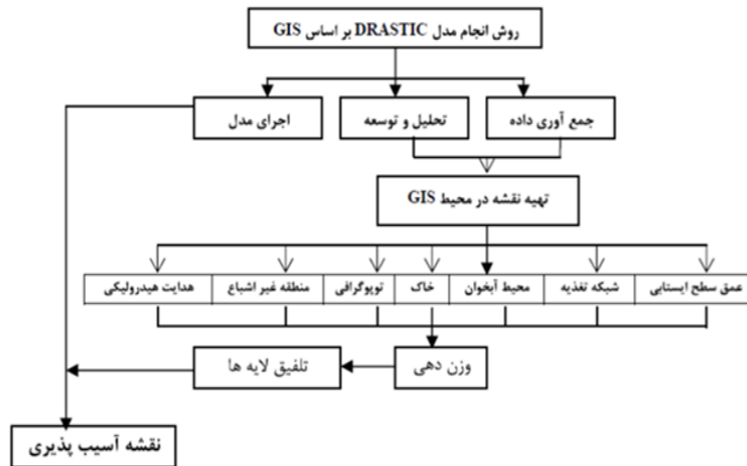
محدوده: هر پارامتر دراستیک خود به زیربخش‌های دیگری تقسیم می‌شود. به عنوان مثال، لایه محیط خاک بر حسب جنس مواد تشکیل‌دهنده به بازه‌هایی تقسیم

می‌شود که نسبت تأثیر هر بازه بر روی آسیب‌پذیری آبخوان متفاوت می‌باشد. رتبه: برای هر یک از زیربخش‌های یک محدوده، ارزش عددی در نظر گرفته می‌شود که عددی بین ۱ تا ۱۰ است، به طوری که ۱ به معنای کم‌ترین و ۱۰ بیش‌ترین خطر برای آلودگی آب زیرزمینی در نظر گرفته می‌شود. نحوه وزن‌دهی و رتبه‌دهی پارامترها در جدول ۱ آورده شده است.

از این رو شاخص دراستیک براساس وزن‌دهی به مجموع هفت پارامتر به صورت رابطه (۱) محاسبه می‌شود (حمزه، ۲۰۰۸؛ بابکر و همکاران، ۲۰۰۵).

$$DI = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C$$

در رابطه بالا DI شاخص آسیب‌پذیری دراستیک و حروف بزرگ نشان‌دهنده پارامترهای هفت‌گانه‌اند. r نرخ (رتبه) و w وزنی است که به هر پارامتر تخصیص داده می‌شود. شاخص آسیب‌پذیری ذاتی در این روش از حاصل ضرب وزن هر مشخصه در رتبه آن به دست می‌آید. پس از محاسبه شاخص دراستیک، نواحی آسیب‌پذیر آبخوان مشخص می‌شوند. بزرگ‌تر بودن این شاخص بیانگر آسیب‌پذیری بیش‌تر آبخوان است.



شکل ۴. روش اجرای مدل دراستیک در محیط GIS

جدول ۱. رتبه دهی و وزن دهی در روش DRASTIC منطقه مورد مطالعه

| رتبه | توپوگرافی (%) | رتبه | عمق سطح ایستابی (متر) |
|------|--|------|--------------------------------|
| ۱۰ | ۰-۲ | ۱۰ | ۰-۳ |
| ۹ | ۲-۶ | ۸ | ۳-۹ |
| ۵ | ۶-۱۲ | ۶ | ۹-۱۵ |
| ۳ | ۱۲-۱۸ | ۴ | ۱۵-۲۳ |
| ۱ | ۱۸< | ۲ | ۲۳-۳۰ |
| | | ۱ | ۳۰< |
| | وزن نسبی: ۱ | | وزن نسبی: ۵ |
| رتبه | محیط غیر اشباع | رتبه | تغذیه خالص (میلی متر در سال) |
| ۹ | گراول و ماسه | ۱۰ | ۰-۵/۰۸ |
| ۷ | ماسه و گراول همراه مقدار کمی سیلت و رس | ۹ | ۵/۰۸-۱۰/۱۶ |
| ۵ | ماسه و گراول همراه با سیلت | ۷ | ۱۰/۱۶-۱۷/۷۸ |
| ۴ | رس و سیلت همراه با مقدار کمی ماسه | ۵ | ۱۷/۷۸-۲۵/۴ |
| | | ۳ | ۲۵/۴< |
| | وزن نسبی: ۵ | | وزن نسبی: ۴ |
| رتبه | هدایت هیدرولیکی (متر در روز) | رتبه | محیط آبخوان |
| ۱۰ | ۱۰۰< | ۸ | ماسه و گراول |
| ۹ | ۸۰-۱۰۰ | ۶ | ماسه همراه مقداری رس یا سیلت |
| ۸ | ۴۰-۸۰ | ۴ | رس و سیلت همراه با مقداری ماسه |
| ۶ | ۲۸-۴۰ | ۲ | رس و سیلت |
| ۴ | ۱۲-۲۸ | | وزن نسبی: ۳ |
| ۲ | ۴-۱۲ | رتبه | محیط خاک |
| ۱ | ۴> | ۱۰ | گراول |
| | | ۹ | ماسه |
| | | ۶ | لوم ماسه‌ای |
| | | ۵ | لوم |
| | | ۳ | لوم سیلتی -رسی |
| | وزن نسبی: ۳ | | وزن نسبی: ۲ |

نتایج و بحث

بررسی پارامترهای مؤثر در مدل دراستیک

عمق سطح ایستابی

عمق آب‌زیرزمینی یکی از عوامل مهم در کنترل توانایی آلاینده برای رسیدن به آبخوان است. این مشخصه تعیین کننده عمقی است که آلوده‌کننده باید طی کند تا به سطح ایستابی برسد و اهمیت زیادی دارد (آل‌ادمت و همکاران، ۲۰۰۳). هرچه عمق سطح ایستابی بیش‌تر باشد زمان بیش‌تری طول می‌کشد تا مواد آلاینده به آب زیرزمینی برسند. بنابراین سطوح ایستابی عمیق‌تر شانس آلودگی کمتری دارند. جهت تهیه نقشه سطح ایستابی، از داده‌های ماهانه سطح آب‌زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای برای سال ۹۴ استفاده شده است. جهت بدست آوردن یک لایه رستری از داده‌های عمق سطح ایستابی و چاه‌های موجود در منطقه استفاده شده است. در ادامه نقشه عمق سطح ایستابی با درون‌یابی نقاط حاصل از میانگین عمق سطح ایستابی پیژومترها در محیط نرم‌افزار Arc GIS با استفاده از درون‌یابی کریجینگ بدست آمد و با استفاده از جدول (۱) در محدوده‌های مختلف رتبه‌بندی گردید. شکل (۵، الف) نقشه عمق سطح ایستابی محدوده دشت را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌شود که بخش حاشیه غربی منطقه مورد مطالعه دارای حداقل عمق می‌باشد و هرچه به طرف شرق (به سمت دریاچه) می‌رویم عمق زیادتر می‌شود.

تغذیه خالص

عامل بسیار مهمی برای نفوذ و انتقال آلاینده‌ها از منطقه غیراشباع به منطقه اشباع است و آلاینده‌های جامد و مایع را به سطح آب برده و هم‌چنین می‌تواند سطح آب را افزایش دهد (اصغری‌مقدم، ۱۳۸۸). تغذیه بیش‌تر سرعت بالاتری را برای انتقال آلاینده‌ها به سطح آب زیرزمینی فراهم می‌آورد. هرچه تغذیه زیادتر باشد، آسیب‌پذیری آب زیرزمینی به علت احتمال بیش‌تر انتقال آلاینده‌ها بیش‌تر می‌شود. جهت بدست آوردن نرخ تغذیه در آبخوان، از روش پهنه‌بندی تغییرات حجم آب‌زیرزمینی آبخوان استفاده شده است. ابتدا داده‌های سطح آب برای چاه‌های مشاهده‌ای جمع‌آوری و برای هر یک از آن‌ها پلی‌گون تیسین رسم گردید. در ادامه طبق معادله (۲) ضریب‌ذخیره برای تغییرات سالانه سطح آب پیژومتر هر

تیسین ضرب گردید و بر مدت زمان بررسی تغییرات سطح آب تقسیم گردید.

$$R = S_y \times \Delta h / \Delta t + \text{Pumping} \quad (2)$$

در رابطه بالا R نرخ تغذیه، S_y آبدهی ویژه (ضریب ذخیره)، h ارتفاع تراز آب و t زمان می‌باشد. ایراد اساسی معادله (۲) عدم لحاظ آب برگشتی حاصل از کشاورزی می‌باشد. به منظور دخالت این گزینه در معادلات میزان برداشت از چاه‌های موجود در هر پلیگون تیسین محاسبه و با عددهای بدست آمده حاصل از معادله بالا جمع گردید، و در نهایت عدد بدست آمده بر مساحت هر پلیگون تقسیم گردید و نرخ تغذیه هر پلیگون بدین صورت محاسبه گردید. نهایتاً نرخ تغذیه در هر پلیگون را به چاه مشاهده‌ای، بر اساس آن پلی‌گون ترسیم شده را تعمیم داده و از روش درون‌یابی Kriging به منظور پهنه‌بندی در کل محدوده استفاده گردید (شکل ۵-ب).

محیط آبخوان

این عامل به خصوصیات مواد تشکیل‌دهنده منطقه اشباع نظیر میزان تخلخل، جنس، اندازه و جورشدگی ذرات بستگی دارد که میزان پویایی تحرک آلودگی و به عبارتی فرآیندهای رقیق‌سازی آلودگی نظیر تجزیه‌ی شیمیایی، جذب، پخش و تأخیر^۱ را کنترل می‌کند. هر چه مواد سفره دانه درشت‌تر باشد، به دلیل نفوذپذیری بالاتر این مواد پتانسیل آلودگی آبخوان نیز بیش‌تر خواهد شد. اطلاعات مربوط به محیط آبخوان از کاوش‌های زیرسطحی (لوگ زمین‌شناسی چاه‌های اکتشافی و پیژومتری) تهیه شد. بدین صورت که بر حسب نسبت جنس مواد تشکیل‌دهنده‌ی آبخوان در هر چاه، رتبه‌هایی به هر نقطه اختصاص داده شد و سپس نقشه رستری با روش درون‌یابی Kriging ترسیم شد (شکل ۵-ج).

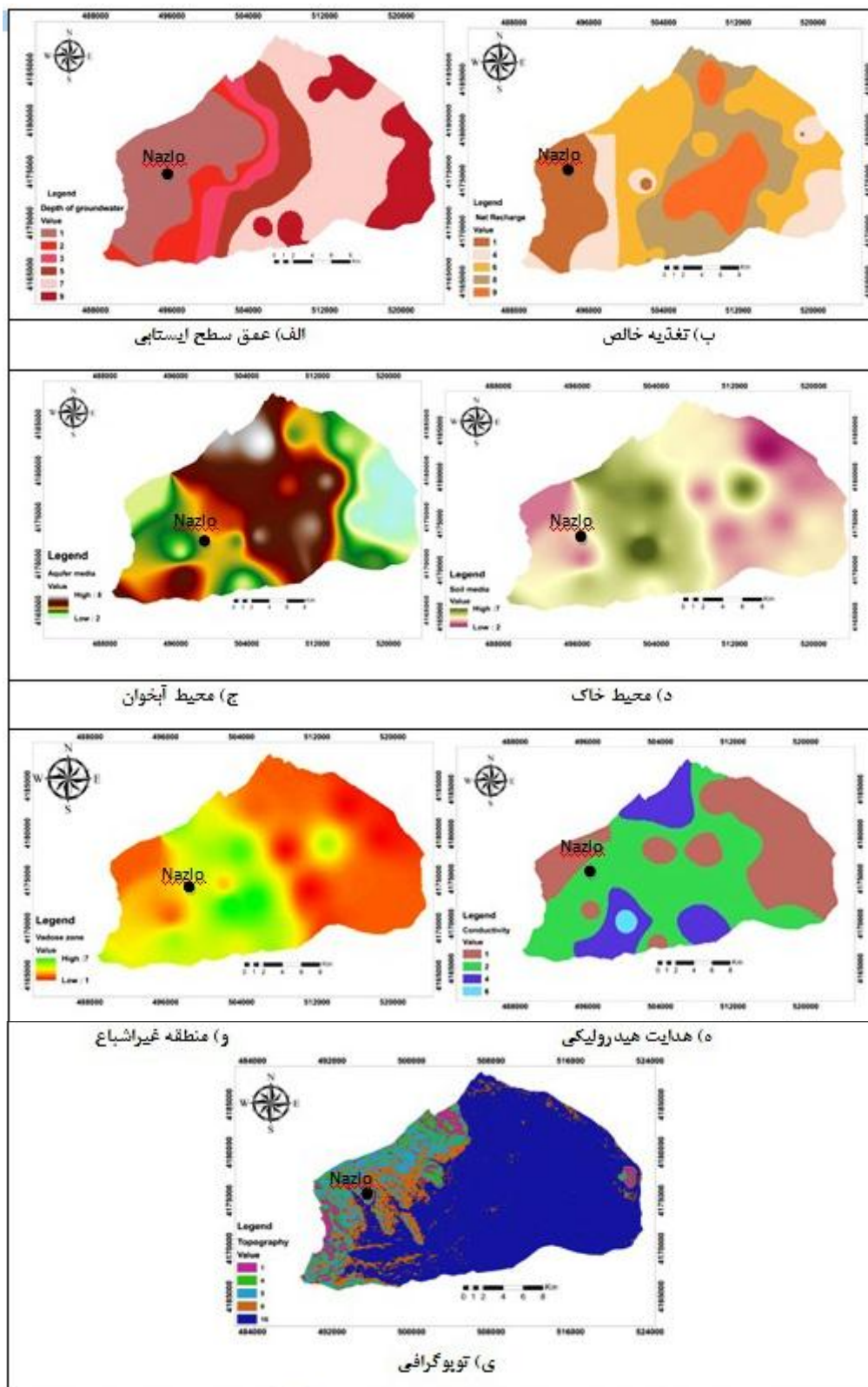
محیط خاک

به بخش هوازده‌ی بالایی منطقه غیراشباع گفته می‌شود که تا حد نفوذ ریشه‌ی گیاهان ادامه دارد. این بخش از نظر فعالیت‌های بیولوژیکی و وجود مواد آلی بسیار حائز اهمیت است و میزان آب‌نفوذی و نیز نفوذ آلاینده‌ها را به داخل آبخوان کنترل می‌کند. به طور کلی هر چقدر اندازه ذرات تشکیل‌دهنده خاک ریزتر و نفوذپذیری خاک کمتر

^۱ Retardation

متری تهیه و سپس پلی‌گون‌ها استفاده از GIS بصورت رستر، بر اساس روش دراستیک و جدول (۱) تهیه شد (شکل ۵-د)

و درصد مواد آلی و ضخامت خاک بیش‌تر باشد، پتانسیل آلودگی آب‌زیرزمینی کاهش می‌یابد. این لایه با استفاده از لوگ حفاری چاه‌ها، نقشه نوع و جنس خاک تا عمق ۲



شکل ۵. نقشه‌های رتبه‌بندی بر اساس مؤلفه‌های مدل دراستیک آبخوان دشت نازلوچای ارومیه

توپوگرافی

مرتبط به هم در لایه‌های آبدار (تخلخل مؤثر) بستگی دارد. هدایت هیدرولیکی حرکت آلاینده و پخش آنرا از نقطه‌ی نفوذ تا رسیدن به منطقه‌ی اشباع کنترل می‌نماید. بنابراین هر چه هدایت هیدرولیکی بیشتر باشد، امکان جریان یافتن آلاینده‌ها در آبخوان بیشتر خواهد بود. اطلاعات مربوط به هدایت هیدرولیکی از محاسبات آزمایش پمپاژ حاصل می‌شود. با توجه به آنکه در آزمایش‌های پمپاژ، مقدار مشخصه ضریب توانایی انتقال آب محاسبه می‌شود، با استفاده از ضخامت اشباع آبخوان، مقدار هدایت هیدرولیکی از تقسیم ضریب توانایی انتقال آب بر ضخامت اشباع آبخوان بدست آمد. برای ایجاد لایه هدایت هیدرولیکی از جنس مواد سازنده آبخوان استفاده شده است که این امر بعلاوه نبود اطلاعات کافی از چاه‌های مورد استفاده در آزمایشات پمپاژ منطقه مطالعاتی بوده است. پس این مقادیر به فرمت قابل قبول برای GIS تبدیل و درون‌یابی گردید (شکل ۵-ه).

منطقه غیراشباع

تلفیق لایه‌های هفت‌گانه و تهیه نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان نازلوچای دشت ارومیه پس از تهیه هفت لایه مورد نیاز برای استفاده از مدل دراستیک، در محیط GIS تلفیق لایه‌ها و همپوشانی شاخص‌ها صورت گرفت. در تلفیق تمامی لایه‌های ساخته شده بصورت رستر و در یک سیستم مختصات مشابه تهیه شدند و سپس شاخص دراستیک طبق رابطه (۱) محاسبه و با استفاده از جدول (۲) رتبه‌بندی شاخص دراستیک انجام و نقشه آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه حاصل شد (شکل ۶).

صحت‌سنجی مدل‌های DRASTIC

مدل نهایی دراستیک از تلفیق هفت لایه وزن‌دار اطلاعاتی تهیه می‌گردد. وزن‌های داده شده برای مدل با توزیع غلظت یون نیترات در آبخوان‌ها مطابقت دارد (تسریور، ۱۹۹۸). در نتیجه صحت‌سنجی مدل دراستیک منطقه مورد مطالعه با استفاده از یون نیترات انجام شده است. با توجه به پراکندگی مناسب چاه‌های برداشت یون نیترات در منطقه، از اطلاعات بدست آمده از ۱۴ چاه نمونه‌برداری جهت تعیین صحت‌سنجی استفاده شده است. با انطباق لایه نیترات با نقشه آسیب‌پذیری تهیه شده توسط مدل دراستیک مشاهده می‌گردد که مناطق

به تغییرات شیب سطح زمین اشاره دارد. شیب سطح زمین علاوه بر اینکه بر حرکت و نفوذ آب‌های سطحی و آلاینده‌ها در سطح زمین تأثیر می‌گذارد، در گسترش خاک و در نتیجه بر میرایی آلاینده‌ها نیز مؤثر است. بنابراین هرچه شیب سطح زمین کمتر باشد زمان تماس آب‌های سطحی و آلاینده‌ها با سطح زمین بیشتر است و در نتیجه امکان نفوذ آلاینده‌ها به داخل آبخوان بیشتر می‌شود. برای تهیه لایه توپوگرافی ابتدا مدل رقومی ارتفاعی منطقه تهیه DEM و سپس شیب منطقه از آن استخراج شد و با توجه به جدول (۱) رتبه‌بندی شد. (شکل ۵-ی) نقشه پهنه‌بندی توپوگرافی در محدوده مطالعاتی را نشان می‌دهد. ملاحظه می‌گردد شیب در منطقه کم بوده و اکثراً در حد ۲ درجه (رتبه ۱۰) می‌باشد.

یکی از مهم‌ترین لایه‌های موجود در مدل دراستیک منطقه غیراشباع است زیرا که آلودگی برای رسیدن به سطح آب زیرزمینی می‌بایست از این محیط عبور کند. محیط غیراشباع از نظر جنس بسیار تحت تأثیر منطقه اشباع است. عواملی که در تعیین اثر منطقه غیراشباع در حوضه مورد توجه قرار می‌گیرند عبارت از تراوایی خاک و عمق آب زیرزمینی هستند (بابکیر و همکاران، ۲۰۰۵). برای تهیه این لایه نیز مشابه لایه محیط آبخوان از لوگ چاه‌های اکتشافی موجود در منطقه استفاده شده است. با این تفاوت که جنس لایه‌های بالایی سطح ایستابی در لوگ‌ها مدنظر است. با مطالعه لوگ چاه‌های اکتشافی، متناسب با ترکیب و اندازه دانه‌های تشکیل‌دهنده در هر لایه، رتبه‌ای بر طبق (جدول ۱) به آن لایه داده می‌شود تا یک لایه نقطه‌ای آماده گردد. سپس با استفاده از روش درون‌یابی Kriging لایه رستری جهت بررسی منطقه مطالعاتی تهیه شده است (شکل ۵-و).

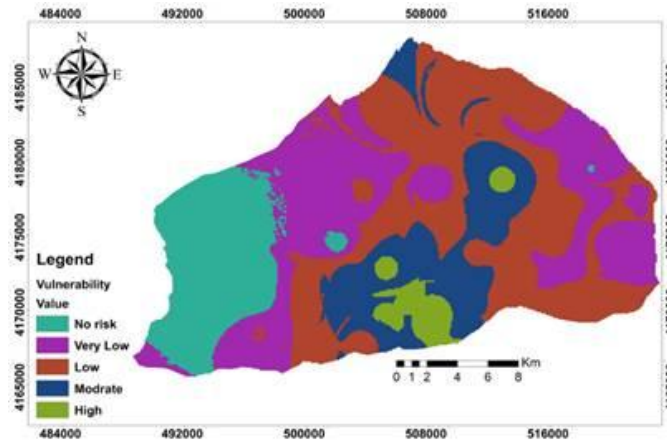
هدایت هیدرولیکی^۱

توانایی مواد تشکیل‌دهنده آبخوان در انتقال آب، هدایت هیدرولیکی نامیده می‌شود که به درصد فضا‌های خالی

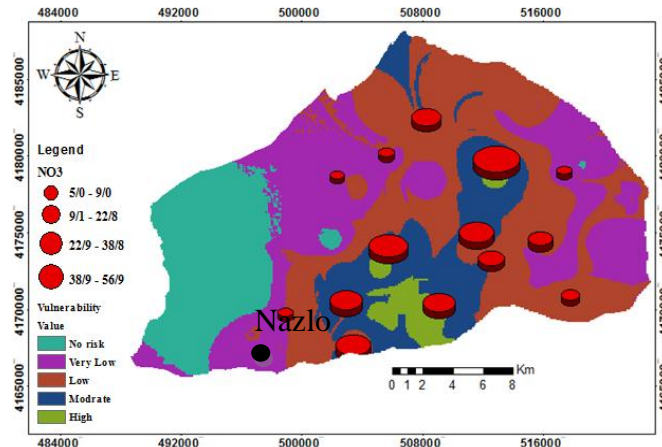
^۱Hydraulic Conductivity

همکاران (۱۳۹۱) که نشان دادند نقشه آسیب‌پذیری آبخوان، با نقشه آلودگی نیترات نیز مطابقت داشته، و همچنین با مطالعه فتحی هفشجانی و بیگی هرچگانی (۱۳۹۱) که به صحت‌سنجی نقشه‌های هم‌غلظت نیترات با لایه دراستیک پرداختند نشان دادند که نیترات در صحت‌سنجی مناسب‌تر و مطابقت بیشتری با نقشه آسیب‌پذیری آبخوان را دارا بوده، همخوانی دارد.

دارای آسیب‌پذیری بالا با غلظت بالای نیترات مطابقت دارد که این خود می‌تواند صحت نقشه تهیه شده را تأیید نماید. در نقشه صحت‌سنجی شکل (۷) مشاهده می‌گردد که غلظت نیترات در قسمت مرکزی دشت درصد بالایی دارد که با نقشه دراستیک هم‌خوانی دارد و علت آسیب‌پذیر بودن این منطقه فعالیت‌های کشاورزی و به تبع آن برداشت‌های بی‌رویه و استفاده از انواع کودهای آلی و شیمیایی است. نتایج این بررسی با تحقیق نخعی و



شکل ۶. نقشه نهایی آسیب‌پذیری آبخوان دشت نازلوچای ارومیه



شکل ۷. انطباق غلظت نیترات بر روی نقشه نهایی آسیب‌پذیری منطقه

جدول ۲. مقادیر شاخص آسیب‌پذیری و توصیف عملی درجات آن به روش دراستیک

| آسیب‌پذیری | محدوده آسیب‌پذیری |
|---------------------|-------------------|
| بدون خطر آسیب‌پذیری | $79 <$ |
| خیلی کم | ۸۰-۹۹ |
| کم | ۱۰۰-۱۱۹ |
| کم تا متوسط | ۱۲۰-۱۳۹ |
| متوسط تا زیاد | ۱۴۰-۱۵۹ |
| زیاد | ۱۶۰-۱۷۹ |
| خیلی زیاد | ۱۸۰-۱۹۹ |
| کاملاً آلوده | $199 >$ |

جدول ۳. مساحت شاخص دارستیک برای منطقه مورد مطالعه

| وضعیت آبخوان | شاخص DRASTIC | مساحت (km ²) | درصد |
|--------------------|--------------|--------------------------|------|
| بدون خطر آلودگی | > ۷۹ | ۸۴ | ۱۴ |
| آسیب‌پذیری خیلی کم | ۸۰-۹۹ | ۱۵۴ | ۳۰ |
| آسیب‌پذیری کم | ۱۰۰-۱۱۹ | ۱۷۰ | ۳۳ |
| آسیب‌پذیری متوسط | ۱۲۰-۱۳۹ | ۸۰ | ۱۵ |
| آسیب‌پذیری زیاد | ۱۴۰-۱۵۳ | ۲۰ | ۸ |

نتیجه‌گیری

با توجه به اینکه مدل دارستیک از کاربردی‌ترین روش‌های تعیین پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان به آلودگی محسوب می‌شود و از تعداد پارامترهای بیش‌تری در تهیه مدل استفاده می‌کند، لذا از این روش برای تعیین پتانسیل آسیب‌پذیری دشت نازلوچای استفاده شد. نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشت از تلفیق نقشه‌های رستری هفت‌گانه پارامترهای مدل دارستیک با لحاظ کردن وزن هر پارامتر در محیط GIS بدست آمده است. شاخص دارستیک در منطقه مورد مطالعه بین ۳۸ تا ۱۵۳ متغیر بوده و به ترتیب در حدود ۳۳، ۴۴، ۱۵ و ۸ درصد از سطح منطقه دارای آسیب‌پذیری ناچیز و خیلی کم، کم، متوسط و زیاد می‌باشد. بیش‌ترین مساحت دشت دارای آسیب‌پذیری متوسط است. مناطق با آسیب‌پذیری زیاد در قسمت مرکزی و جنوبی دشت هستند که بیش‌تر با هدایت هیدرولیکی بالا، مقدار تغذیه و اندازه رسوبات آبرفتی در ارتباط است. در صورت آلوده شدن آب‌های زیرزمینی تشخیص و کنترل آلودگی و آلودگی‌زدایی از این منابع بسیار مشکل و پرهزینه می‌باشد بنابراین جهت حفاظت از منابع آب زیرزمینی بهتر است در مناطق با آسیب‌پذیری بالا و مستعد آلودگی از کودهای شیمیایی در فعالیتهای کشاورزی کمتر استفاده شود و هم‌چنین از ایجاد واحدهای صنعتی مولد آلودگی در این مناطق جلوگیری شود.

منابع

- دارستیک (DARSTIC) و صحت‌سنجی آن با استفاده از تغییرات فصلی غلظت آلاینده‌های نیترات و فسفات. مجله مهندسی منابع آب. سال پنجم. ۱-۱۵.
- نخعی، م.، امیری، و.، و رحیمی‌شهربابکی، م (۱۳۹۱) ارزیابی پتانسیل آلودگی و آنالیز حساسیت آب‌زیرزمینی در آبخوان خاتون‌آباد با استفاده از مدل دارستیک مبتنی بر GIS مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته. شماره ۸. ۱-۱۰.
- مهدوی، ع. و زارع‌ایبانه، ح (۱۳۹۵) تعیین پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان براساس مدل‌های دارستیک و منطق فازی (مطالعه موردی: دشت همدان-بهار)، نشریه آب و خاک، ۲۶(۱): ۱-۱۷.
- Almasri M.N (2008) Assessment of intrinsic vulnerability to contamination for Gaza coastal aquifer, Palestine.
- Antonakos, A.K., and Lambrakis, N.J (2007) Development and testing of three hybrid methods for the assessment of aquifer vulnerability to nitrates, based on the drastic model, an example from NE Korinthia, Greece. Journal of Hydrology, 333: 288- 304.
- Aller, L., Bent, T., Leher, J. H., Petty, R.J., Hackett, G (1987) DRASTIC: A standardized system for evaluating ground water pollution potential using hydro geological setting.
- Babiker I.S., Mohamed M.A.A., Hiyama T. and Kato, K (2005) A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, Central Japan. Science Total Environment, 345: 127-140.
- Al-Adamat, R.A.N., Foster, I.D.L., Baban, S.M.J (2003) Groundwater vulnerability and risk mapping for the Basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, Remote sensing and DRASTIC. Applied Geography, 23: 303-324.
- Klaus, K., Gerhard, L., and Hns-Jurgen, V (2007) Environmental Geology, Handbook of Field Methods and Case Studies T, 1358p.
- Gogu R.C. and Dassargues, A (2000) Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods, Environmental Geology, 39: 549-559.

اصغری‌مقدم، ا.، فیجانی، ا.، و ندیری، ع (۱۳۸۸) ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت‌های بازرگان و پلدشت با استفاده از مدل دارستیک بر اساس GIS. نشریه محیط‌شناسی. شماره ۵۲. ۵۵-۶۵.

فتحی هفشجانی، ا.، و بیگی‌هرچگانی، ح (۱۳۹۱) پهنه‌بندی پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان شهرکرد به کمک مدل

- Hamza, M.H (2010) Validity of the vulnerability methods DRASTIC and SI applied by GIS technique to the study of diffuse agricultural pollution in two phreatic aquifers of a semi-arid region (Northeast of Tunisia) AQUAmundi-Am01009.: 57-64.
- Rahman, A (2008) A GIS Based DRASTIC model for Assessing Groundwater Vulnerability in Shallow Aquifer in Aligarh, India, Applied Geography, 28: 32-53.
- Tesoriero, A.J., Inkpen, E.L. and Voss, F.D (1998) Assessing ground-water vulnerability using logistic regression. Proceedings for the Source Water Assessment and Protection 98 Conference, Dallas, TX, 157– 65.
- Vrba, J. and Zoporozec, A (1994) Guidebook on mapping groundwater vulnerability. IAH Internation Contribution for Hydrogeology, Hannover7 Heise, 16:131.

Assessing Vulnerability Aquifer of Nazloochay Plain of Urmia, Using DRASTIC Model and Verification with Nitrate Concentration in GIS

E. Abbasnovinpour^{1*}, S. Masoudi² and A. Asghari Moghadam³

1, 2- Dept., of Geology, Faculty of Science, University of Urmia

3- Dept., of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz

* e.abbasnovinpour@urmia.ac.ir

Recieved: 2017/2/8 Accepted: 2017/12/17

Abstract

Nazloochay plain is located at north western of Urmia city in Iran. The approximate area of the plain is 508 Km². It's located on the western coast of Urmia lake and is part of the Urmia basin. This research DRASTIC model was used to evaluate pollution vulnerability of aquifer of the region. DRASTIC model can be considered as the most common overlap index method used in these cases which considers seven hydrogeological parameters affecting ground water pollution including: Depth of ground water(D), net Recharge(R), Aquifer environment(A), Soil type(S), Topography(T), Impact of unsaturated zone(I) and Hydraulic conductivity(C). Combining these parameters of the model using GIS, indicated high pollution potential regions of aquifer and nitrate concentration has been applied to estimate the verification. DRASTIC vulnerability index of model was estimated between 38-153 for this case study, consisting of five ranges of pollution including: negligible; low (44%); little (33%); average (15%) and high (8%). According to designated vulnerability maps, the highest vulnerability potential is in central and southern section of the studying region. Based on nitrate concentration in pollution vulnerability shown in DRASTIC model, all area with high amount of nitrate were located in two categories of high and moderate ranges pollution susceptibility which confirms the model accuracy and preciseness.

Keywords: Vulnerability, Aquifer, DRASTIC, Geographic Information System (GIS), Nazloochay