مجله مخاطرات محیط طبیعی، دوره هشتم، شماره نوزدهم، بهار ۱۳۹۸

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۲۵

صفحات: ۳۴ - ۱۵

بهینه سازی مدل دراستیک در ارزیابی آسیب پذیری آبخوان میمه به آلودگی نیترات

لیلا گرجی[۱*]، جواد طباطبایی[۲]، اکبر قاضی فرد[۳]، مژگان انتظاری[۴]

چکیده

یکی از راه‌های مناسب برای جلوگیری از آلودگی آبهای زیرزمینی، شناسایی مناطق آسیب پذیر آبخوان و مدیریت بهره‌برداری از منابع آب وکاربری اراضی است. نیترات به عنوان یکی از شاخص‌های شیمیایی آلودگی آب از دیرباز مورد توجه بوده است. هدف از این تحقیق ارزیابی آسیب پذیری آبخوان میمه به نیترات با استفاده از GIS، روش‌های آماری و مدل دراستیک می باشد. بر اساس روش دراستیک آسیب پذیری آبخوان میمه در محدوده آسیب پذیری کم و متوسط (۱۲۸-۷۵) قرار می‌گیرد. پس از محاسبه شاخص جدید دراستیک با استفاده از Raster Calculation در محیط ARCGIS، بار دیگر همبستگی بین غلظت نیترات در نمونه‌های آب زیرزمینی و شاخص دراستیک جدید محاسبه گردید. در این حالت ضریب هبستگی از ۰/۱۶۲ – (قبل از بهینه‌سازی) به ۰/۸۴۲(بعد از بهینه‌سازی) افزایش یافت. همبستگی فوق در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود (P-value<۰/۰۵). برای تهیه نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات، نمونه‌برداری از ۱۰ حلقه چاه بر اساس اصول نمونه برداری استاندارد انجام و به روش اسپکتروفتومتری مورد آنالیز قرار گرفت. سپس نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات با استفاده از مدل‌های میانیابی ترسیم شد. تلفیق دو نقشه آسیب‌پذیری و پهنه‌بندی غلظت نیترات نشان می‌دهد اکثر محدوده مورد مطالعه در محدوده بی خطر و کم خطر قرار دارد و تنها بخش کوچکی از منطقه که غلظت نیترات نیز در آب زیرزمینی آن بالاتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر است، در محدوده خطرناک طبقه بندی شده است. بر اساس نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات، بالاترین غلظت در آب‌های زیرزمینی قسمت جنوبی آبخوان میمه مشاهده گردید که ناشی از تأثیر متقابل آلودگی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی، برگشت آب آبیاری، جنس زمین، نرخ بالاتر تغذیه، هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری خاک می‌باشد.

واژگان کلیدی: مدل دراستیک، آلودگی نیترات، سیستم اطلاعات جغرافیایی، آبخوان میمه.

[۱]- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی،پژوهشگاه شاخص پژوه، اصفهان (نویسنده مسئول) lili_gorji@yahoo.com

[۲]- استادیار زمین شناسی زیست محیطی، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه آزاد میمه، اصفهان tabatabaei_j@yahoo.com

[۳]- دانشیار زمین شناسی زیست محیطی، گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان a.ghazifard@sci.ui.ac.ir

[۴]- دانشیار ژئومورفولوژی، گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه اصفهان m.entezari@geo.ui.ac.ir

مقدمه

آب زیرزمینی از مهمترین منابع طبیعی در جهان است، در شرایط کنونی، بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور ایران به خصوص در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد (خدایی،۲۰۰۶). با توجه به بالا بودن هزینه‌های پالایش آبهای آلوده و محدودیت‌های موجود، بهترین راه حل، جلوگیری از آلودگی منابع می‌باشد که نیل به این هدف تنها با شناسایی مناطق دارای پتانسیل آسیب پذیری، امکان پذیراست (معروفی و همکاران،۱۳۹۱).

نظر به اهمیت موضوع آسیب‌پذیری آبخوان و ارزیابی روش‌ها و الگوهای مختلف در این زمینه، تاکنون پژوهش‌های مختلفی در سرتاسر جهان صورت گرفته است. اولیانا و مادالینا (۲۰۱۲) در تحقیقی کاربرد مدل دراستیک و GIS را روی آسیب پذیری آبخوان شهر بارلاد مورد ارزیابی قرار دادند. امیراحمدی (۱۳۹۲) در بررسی آسیب‌پذیری آبخوان دشت نیشابور با استفاده از روش دراستیک در محیط GIS با انطباق یون نیترات بر روی نقشه نهایی دراستیک، مشخص کرد کلیه نقاطی که دارای نیترات بالا هستند، در محدوده آلودگی زیاد قرار گرفته‌اند. نشات و همکاران (۲۰۱۳) آسیب‌پذیری آبخوان‌های کشاورزی کرمان را بررسی کردند؛ نتایج واسنجی کار آنها با استفاده از آزمون ناپارامتری ویلکاکسون و غلظت نیترات با ضریب همبستگی ۸۲ درصد مطرح شد. ویکتور رودریگز (۲۰۱۴) درالگوسازی مقدار نیترات با استفاده از الگوریتم متغیرهای تصادفی جنگلی و از روش کاهش تعداد متغیرها و الگوریتمRF به ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی در مناطق جنوبی اسپانیا پرداخت که نتایج آن حاکی از رگرسیون زیاد و توانایی شبکهٔ بازگشتی در پیش‌بینی غلظت در آبخوان بود.

(گیو و همکاران، ۲۰۱۴) نیز تحقیقاتی بر روی کیفیت آب رودخانه‌های جهان انجام داده‌اند و در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که پساب کشاورزی مهمترین عامل افزایش نیترات در رودخانه‌ها هست. آرزومند (۱۳۹۴) در مطالعه‌ای با عنوان ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی دشت آستانه-کوچصفهان با استفاده از مدل دراستیک اصلاح شده[1]، با مقایسه دو نقشه دراستیک استاندارد و دراستیک اصلاح شده به این نتیجه رسید که نقشه دراستیک اصلاح شده از دقت بالاتری برخوردار است. اخوان (۱۳۹۴) در تحقیقی استفاده از کودهای ازته در کشاورزی را از مهمترین منابع آلودگی نیترات دانست که می‌تواند آبهای سطحی و زیر زمینی را تحت تاثیر قرار دهد.

لاساگنا و همکاران(۲۰۱۶) نقش فرآیندهای فیزیکی و بیولوژیکی در آبخوانها و اهمیت آنها در آسیب‌پذیری آب زیرزمینی به آلودگی نیترات را در شمال غربی ایتالیا مورد بررسی قرار دادند و رقیق‌شدگی را به عنوان مهمترین عامل در حذف نیترات دانستند.

گودرزی و همکاران (۲۰۱۷) در تحقیقی ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی به آلودگی نیترات در اثر فعالیتهای کشاورزی را در آبخوان قزوین مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد ۹٪ آبخوان در ناحیه پرخطر قرار دارد و همچنین فاکتور محیط خاک بیشترین تاثیر را در آسیب‌پذیری آبخوان دارد.

[1]- DRASTIC- NW

داده‌ها و روش‌ها

بررسی وضعیت نیترات در آبخوان:

نیترات به عنوان آخرین مرحله اکسیداسیون ترکیبات نیتروژن دار محسوب می‌شود که عامل بیماری متهموگلوبینما در نوزادان است و احتمال تشکیل ترکیبات سرطان زای نیتروز آمین از آن به عنوان یکی از شاخص های شیمیایی آلودگی آب به فاضلاب‌ها مورد توجه می‌باشد (عابدی، ۱۳۸۰).

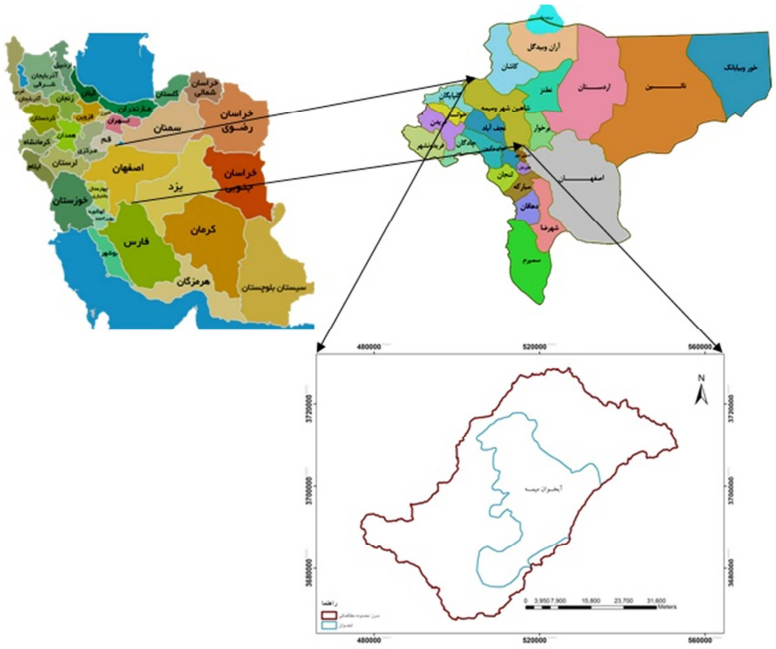
در محدوده مطالعاتی میمه تاکنون هیچگونه نمونه‌برداری مدون و بر اساس استانداردهای خاص جهت آلودگی به نیترات انجام نشده است. در صورتیکه در این تحقیق با توجه به تجهیزات و امکانات دانشگاهی امکان بررسی آسیب-پذیری از طریق نمونه‌برداری، آنالیز و تفسیر نتایج بر اساس استانداردهای لازم قابل اجرا می‌باشد.

همزمان با فرایند نمونه‌برداری و آنالیز نمونه‌ها این امکان وجود دارد که مدل دراستیک اجرا شود و بعد با نمونه‌های موجود، مدل کالیبره گردد و نقشه دقیقی از آسیب‌پذیری آبخوان تهیه گردد. بر اساس مطالعات انجام شده مدل دراستیک بهترین مدل جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان‌ها شناخته شده است. به منظور بررسی آلودگی نیترات، نمونه‌برداری از ۱۰ حلقه چاه نیمه‌عمیق و عمیق با پراکندگی مناسب در منطقه بر اساس اصول نمونه‌برداری استاندارد ملی شماره ۱۰۵۳ موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران در تابستان سال ۱۳۹۵ صورت گرفت و تحت شرایط دمایی و زمانی تأیید شده به آزمایشگاه آب‌شناسی ارسال و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر مورد آنالیز قرار گرفت. سپس با استفاده از مطالعات انجام شده توسط سازمان آب منطقه‌ای اصفهان، چگونگی تغییرات غلظت نیترات با نرم افزار ArcGIS ۱۰ و مدل میانیابی ارتفاع رقومی زمین[1] رسم گردید و با استانداردهای سازمان بهداشت جهانی ۲۰۰۸ مورد مقایسه قرار گرفت.

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی میمه یکی از محدوده‌های اصلی حوضه آبریز گاوخونی کشور ایران بوده که در شمال غرب این حوضه آبریز قرار دارد، وسعت این محدوده بالغ بر ۲۰۶۴/۵ کیلومترمربع می‌باشد. محدوده مطالعاتی بین طول‌های جغرافیایی ´۴۵ °۵۰ تا ´۳۵ °۵۱ شرقی و عرض‌های جغرافیایی ´۹ °۳۳ تا ´۴۲ °۳۳ شمالی گسترده شده است (شکل۱).

[1]- IDW



شکل ۱: نقشه موقعیت جغرافیایی منطقه میمه(*منبع: نگارندگان*)

روش شناسی

روش دراستیک:

مدل دراستیک رایج‌ترین مدل روش شاخص- همپوشانی است که توسط آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا US-EPA و انجمن چاه‌های آمریکا AWWA جهت تعیین پتانسیل آلودگی آبهای زیرزمینی توسعه یافته است. این مدل، با استفاده از هفت عامل موثر بر پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی محاسبه می‌شود. این عوامل شامل، عمق تا سطح ایستابی[۱]، (D)، تغذیه خالص[۲] (R)، محیط آبخوان[۳](A)، محیط خاک[۴](S)، شیب توپوگرافی[۵](T)، اثر محیط غیراشباع[۶](I) و هدایت هیدرولیکی[۷](C) می‌باشند (آلر و همکاران،۱۹۸۷).

هفت پارامتر ذکر شده اثر یکسانی در مدل ندارند. در بحث آسیب‌پذیری برخی از پارامترها اهمیت بیشتری نسبت به سایر عوامل دارند. بر این اساس به هر عامل با توجه به اهمیت نسبی آن نسبت به سایر عوامل وزن نسبی بین ۱ تا ۵ اختصاص داده می‌شود. عمق تا سطح ایستابی و محیط غیراشباع بیشترین و شیب توپوگرافی کمترین ارزش را در

[1] - Depth to water table
[2] - Net Recharge
[3]- Aquifer media
[4]- Soil media
[5]- Topography
[6]- Impact of vadose zone media
[7]- Hydraulic conductivity of the aquifer

بین پارامترهای مذکور دارند. همچنین هر کدام از پارامترها به بازه‌هایی تقسیم می‌شوند که اثر بخشی آنها بر پتانسیل آلودگی متفاوت است. به هر یک از این بازه‌ها رتبه‌ای بین ۱ تا ۱۰ (بیشترین اثربخشی ۱۰ و کمترین اثر بخشی ۱) تعلق می‌گیرد. برای تعیین اندیس دراستیک از رابطه ۱ استفاده می‌شود.

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

که در این رابطه W وزن و R نرخ مربوط به هر کدام از پارامترهای مدل می‌باشد. پس از محاسبه اندیس دراستیک، نواحی آسیب‌پذیر آبخوان مشخص می‌شوند.

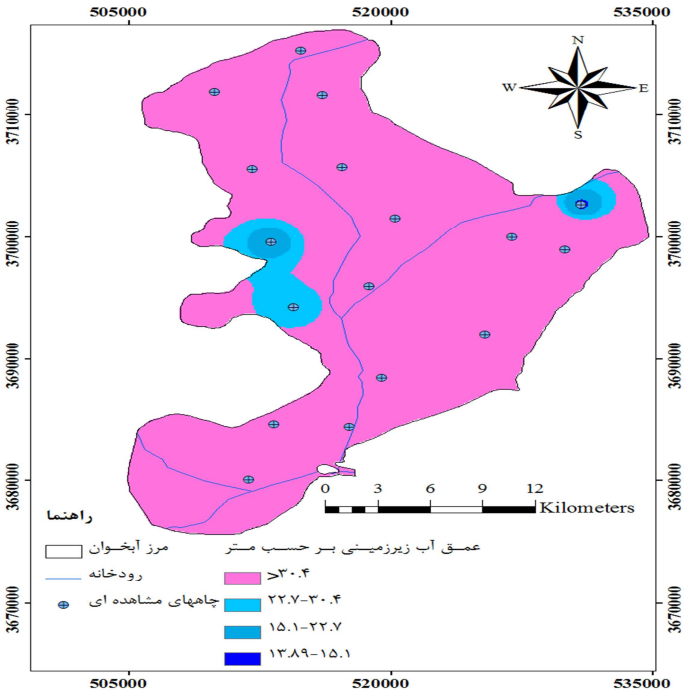
نتایج و بحث

عمق سطح ایستابی: عمق آب زیرزمینی یکی از عوامل مهم در کنترل توانایی آلاینده برای رسیدن به آبخوان است. این مشخصه تعیین کننده عمقی است که آلوده کننده باید طی کند تا به سطح ایستابی برسد و اهمیت زیادی دارد (اصغری مقدم و همکاران، ۱۳۸۸: خدایی و همکاران، ۱۳۸۵). نقشه عمق سطح ایستابی با درون‌یابی نقاط حاصل از میانگین عمق سطح ایستابی پیزومترها (جدول۱) برای یک دوره‌ی هشت ساله (۱۳۸۲-۱۳۹۰) در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی[1] با استفاده از روش ارتفاع رقومی زمین ب جدول ۱: رتبه بندی و وزن دهی عمق سطح ایستابی(آلر و همکاران، ۱۹۸۷)

عمق سطح ایستابی	
رتبه	**محدوده (متر)**
۵	۱۳/۸۹-۱۵/۱
۳	۱۵/۱-۲۲/۷
۲	۲۲/۷-۳۰/۴
۱	۳۰/۴
وزن نسبی: ۵	

مطابق شکل ۲ عمق برخورد به سطح ایستابی از ۱۳ تا ۸۹ از سطح زمین متغیر است. کمترین عمق مربوط به قسمت‌هایی در غرب و شرق منطقه و بیشترین عمق مربوط به مرکز، شمال و جنوب است. این لایه در ۴ کلاس (۱، ۲، ۳،۵) قرار می‌گیرد.

[1]- GIS



شکل۲: نقشه پهنه بندی عمق آب زیرزمینی(منبع: نگارندگان)

تغذیه خالص آبخوان: عامل بسیار مهمی برای نفوذ و انتقال آلاینده‌ها از منطقه‌ی غیراشباع به منطقه‌ی اشباع است و آلاینده‌های جامد و مایع را به سطح آب برده و همچنین می‌توانند سطح آب را افزایش دهد (رحمان، ۲۰۰۸). برای تهیه لایه تغذیه از روش پیسکوپو[1](۲۰۰۱)، استفاده شد. معادله پیسکوپو به صورت رابطه ۲ است:

(۲) نمره نفوذپذیری خاک+ نمره بارندگی+ نمره درصد شیب = نمره تغذیه.

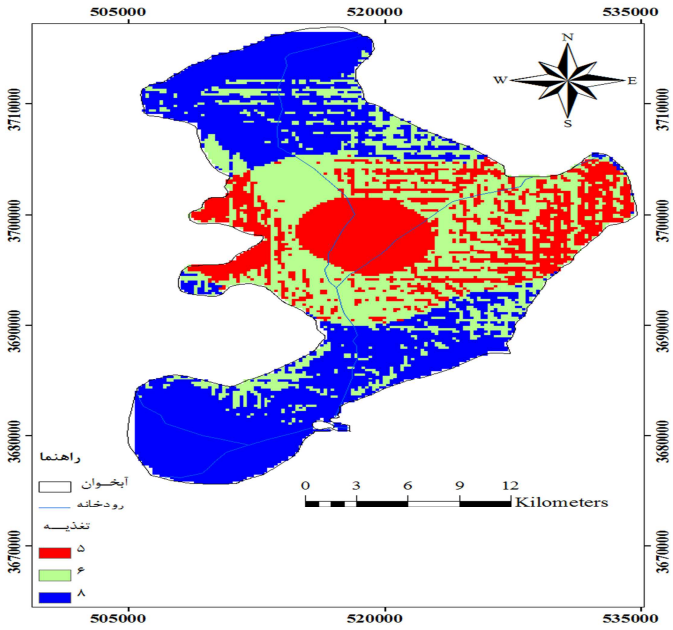
برای تهیه نقشه نفوذپذیری با استناد به لوگ حفاری چاههای پیزومتری آبخوان میمه (سازمان آب منطقه‌ای استان اصفهان)، درصد وزنی هر یک از اجزاء تشکیل دهنده آبخوان از قبیل رس، سیلت، ماسه، شن و گراول محاسبه گردیده و با در نظر گرفتن ضریب نفوذپذیری هر یک از آنها، ضریب نفوذپذیری متوسط آبخوان در محدوده چاه و مناطق مجاور آن محاسبه می‌گردد. درنهایت نقشه مربوط به نفوذپذیری آبخوان طبق معیارهای جدول ۲ رده‌بندی شد. نقشه مربوط به لایه‌ی تغذیه با هم پوشانی نقشه شیب و نفوذپذیری خاک به همراه نمره‌ی بارندگی منطقه که در مورد منطقه مورد مطالعه برابر یک است (باتوجه به اطلاعات هواشناسی) تهیه شد. در نهایت برای بدست آوردن رتبه واقعی تغذیه از معیارهای جدول ۲ استفاده شد.

[1]- Piscopo

جدول ۲: رتبه بندی و وزن دهی مشخصه تغذیه خالص(پیسکوپو،۲۰۰۱)

شیب		بارندگی		نفوذ پذیری خاک		میزان تغذیه	
شیب (درصد)	فاکتور	بارش (میلیمتر)	فاکتور	محدوده	فاکتور	محدوده	فاکتور
<۲	۴	<۵۰۰	۱	زیاد	۵	۷-۸	۵
۲-۱۰	۳			متوسط تا زیاد	۴	۵-۷	۳
				متوسط	۳		
				کم	۲		
				خیلی کم	۱		

شکل۳ تغذیه خالص آبخوان میمه را نشان می‌دهد. بر اساس روش پیسکوپو برای شاخص تغذیه حداکثر نمره ۵ و حداقل نمره ۳ به دست آمد و قسمت عمده‌ای از منطقه دارای رتبه‌ی ۵ است. پس مساحت زیادی از محدوده‌ی مطالعاتی سرعت متوسطی برای انتقال آلاینده‌ها به سطح آب زیرزمینی دارد و احتمال انتقال آلاینده‌ها به آبهای زیرزمینی وجود دارد.



شکل۳: نقشه تغذیه خالص(منبع: نگارندگان)

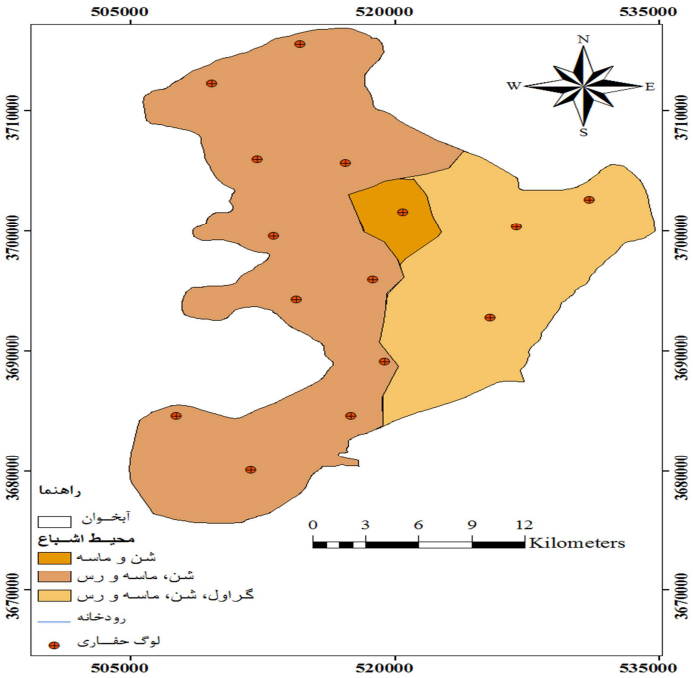
محیط آبخوان: برای تولید لایه مربوط به محیط آبخوان از لوگ پیزومترها و لوگ چاه‌های اکتشافی، نوع و جنس محیط آبخوان مشخص شد (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۰). بدین نحو که بر حسب نسبت جنس مواد تشکیل دهنده‌ی آبخوان در هر چاه، رتبه‌هایی بر اساس جدول۳ به هر نقطه اختصاص داده شد و سپس پلی گون‌های مربوط

به نقشه‌ی محیط آبخوان، توسط نرم‌افزار GIS تهیه و نقشه نرخ بندی شده محیط آبخوان به فرمت رستری(سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۸۶) تهیه شد.

جدول ۳: رتبه بندی و وزن دهی مشخصه محیط آبخوان(*آلر و همکاران، ۱۹۸۷*)

محیط آبخوان	
محدوده	رتبه
شن و ماسه و رس	۷
شن، ماسه	۸
گراول، شن، ماسه و رس	۹
وزن نسبی: ۳	

طبق شکل ۴ محیط آبخوان دارای نمره‌های ۷ (ماسه، شن با رس) و به میزان خیلی کم دارای نمره ۸ (ماسه و شن) و ۹ (گراول، شن، ماسه و رس) می‌باشد. پس به دلیل آن که محیط آبخوان تقریباً درشت دانه است، جریان حرکت آلاینده‌ها در سیستم آب زیرزمینی آبخوان افزایش می‌یابد.



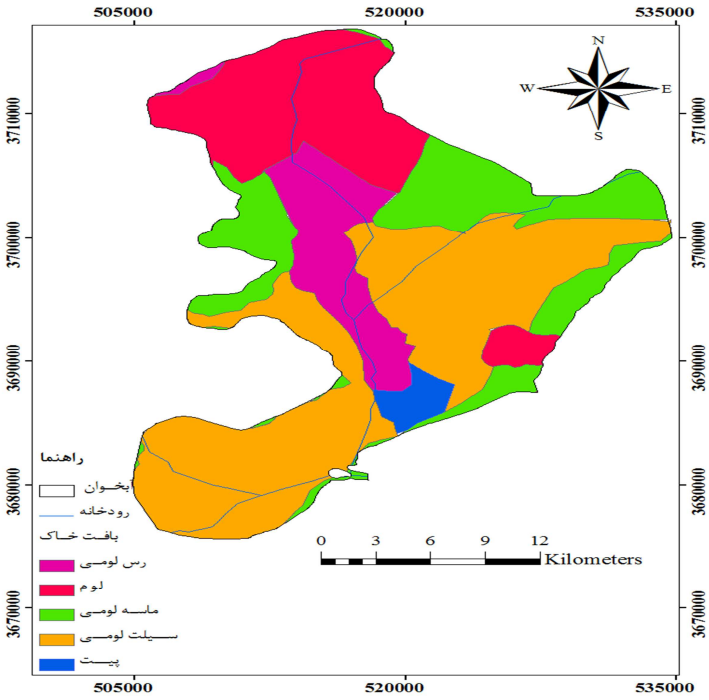
شکل ۴: نقشه پهنه بندی محیط آبخوان(منبع: نگارندگان)

محیط خاک: لایه خاک با توجه به اطلاعات اخذ شده از نقشه ارزیابی منابع و توانایی اراضی (ارائه شده توسط معاونت فنی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری اصفهان، با توجه به اطلاعات موسسه خاک و آب) و همچنین اطلاعات لوگ چاه‌های مشاهده‌ای و آرای کارشناسی تهیه شده و سپس پلی‌گون‌ها با استفاده از نرم‌افزار GIS به صورت رستر، بر اساس روش دراستیک و جدول ۴ نمره‌دهی شد.

جدول ۴: رتبه بندی و وزن دهی مشخصه محیط خاک(*آلر و همکاران، ۱۹۸۷*)

خاک	
محدوده	رتبه
لوم رسی	۴
لوم	۵
پیت	۶
سیلت لومی	۷
ماسه لومی	۸
وزن نسبی:۲	

با توجه به شکل ۵ قسمت اعظم منطقه دارای بافت سیلتی لوم (نمره ۷) و بعد از آن نمره (۸) یعنی بافت ماسه لومی قرار دارد. وجود مواد با بافت ریز مثل سیلت توانایی انتقال آلاینده‌ها را از سطح خاک به سیستم آب زیرزمینی کاهش می‌دهد.



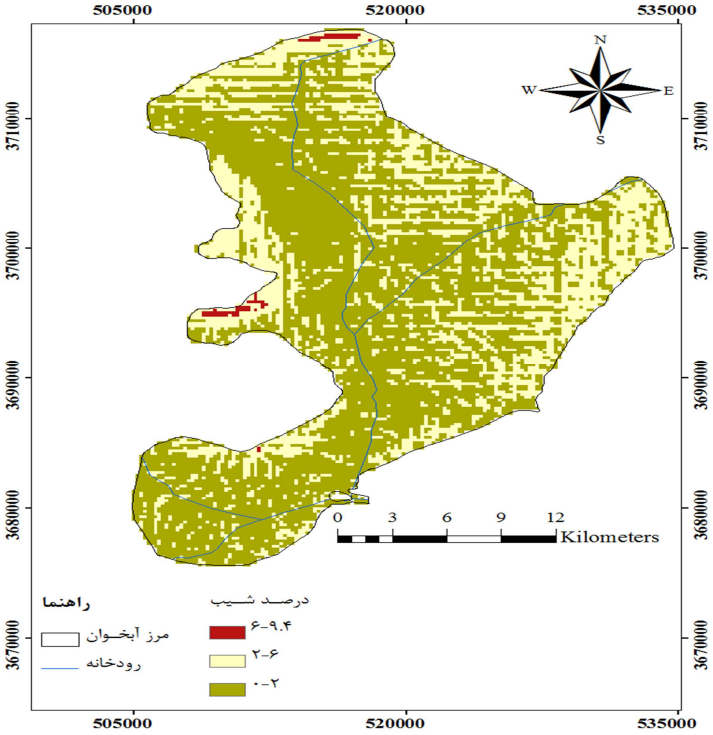
شکل ۵: نقشه پهنه بندی محیط خاک(منبع: نگارندگان)

توپوگرافی: برای تهیه‌ی لایه شیب از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ استفاده و بر اساس جدول ۵ نمره‌دهی شد.

جدول۵: رتبه بندی و وزن دهی مشخصه توپوگرافی(*آلر و همکاران، ۱۹۸۷*)

شیب	
محدوده	رتبه
۲-۰	۱۰
۶-۲	۹
۹/۴-۶	۵
وزن نسبی:۱	

با توجه به شکل ۶، قسمت عمده‌ای از منطقه شیب ۰-۲ درصد (رتبه ۱۰) دارد. با توجه به شیب کم منطقه، زمان تماس آبهای سطحی و آلاینده‌ها با سطح زمین افزایش یافته و شانس بیشتری برای نفوذ وجود دارد و این مسئله نیروی آلودگی را در منطقه افزایش می‌دهد.



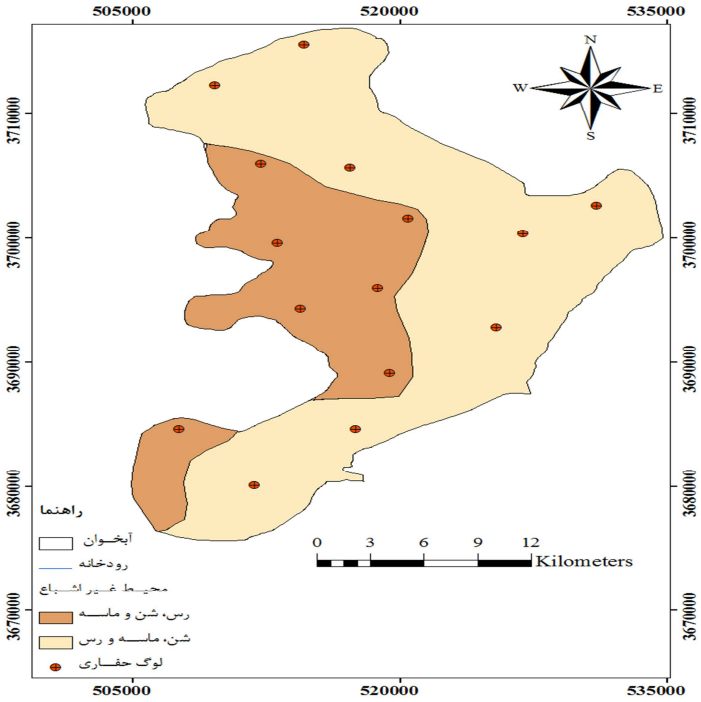
شکل ۶: نقشه کلاس بندی شده توپوگرافی(منبع: نگارندگان)

محیط غیراشباع: شامل قسمت قرار گرفته بین سطح ایستابی و محیط خاک است که اساساً غیراشباع و یا به طور ناپیوسته اشباع است. برای تهیه‌ی لایه‌ی مربوط به محیط غیراشباع از راهنمای لوگ چاه‌های موجود در منطقه استفاده و بر پایه‌ی جدول۶ رتبه‌بندی شد.

جدول ۶: رتبه بندی و وزن دهی محیط غیر اشباع(*آلر و همکاران، ۱۹۸۷*)

محیط غیر اشباع	
محدوده	رتبه
رس، شن و ماسه	۴
شن، ماسه و رس	۶
وزن نسبی:۵	

همان طور که در شکل۷ مشاهده می‌شود، قسمت عمده‌ای از محیط غیراشباع آبخوان میمه دارای رتبه‌ی ۶ (شن، ماسه با رس) است که قسمت‌های شرقی، شمالی و جنوبی را در برمی‌گیرد و غرب آبخوان دارای رتبه ۴ (رس، شن با ماسه) است.



شکل ۷: نقشه پهنه بندی محیط غیراشباع(منبع: نگارندگان)

هدایت هیدرولیکی: اطلاعات مربوط به هدایت هیدرولیکی از محاسبات آزمایش پمپاژ حاصل می‌شود (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۹۰). با توجه به آن که 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 (رابطه۳). مقدار و نقاط جغرافیایی مربوط به ضریب توانایی انتقال و هم ضخامت آبرفت

دشت از اطلاعات و گزارش‌های موجود تهیه شد. سپس با استفاده از تابع محاسبه‌گر رستری، از تفریق نقشه هم ضخامت آبرفت و نقشه هم عمق سطح آب، نقشه ضخامت اشباع حاصل شد و بعد از تقسیم نقشه ضریب توانایی انتقال بر نقشه ضخامت اشباع آبخوان، نقشه هدایت هیدرولیکی دشت به دست آمد. نقشه حاصل با توجه به جدول ۷ نمره‌دهی شد.

$$\frac{T}{b}\,\mathrm{k}=\left({}^{m}/_{day}\right) \qquad (۳)$$

که در این رابطه:

K= هدایت هیدرولیکی آبخوان بر حسب m/day

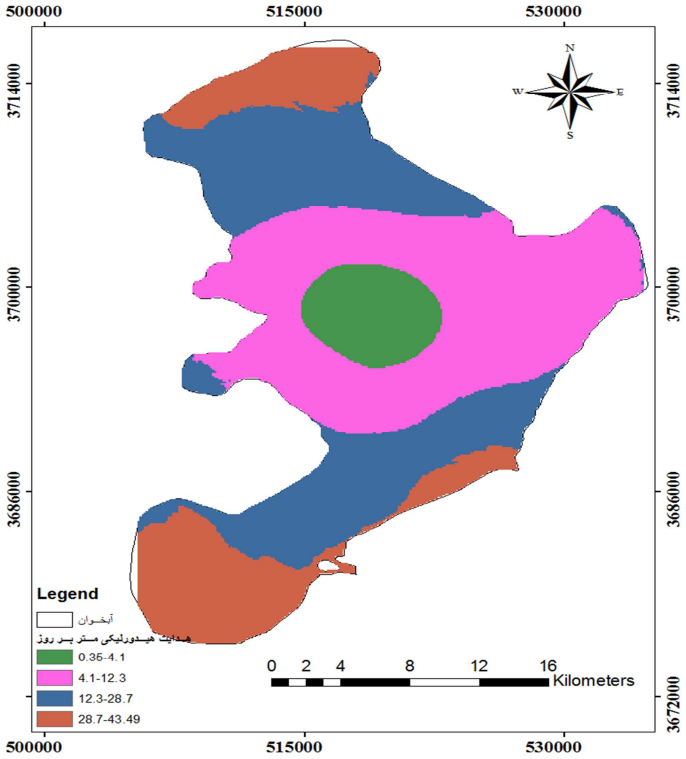
T= ضریب قابلیت انتقال آب بر حسبm2/day

b= ضخامت لایه اشباع بر حسب (m) می‌باشد.

جدول ۷: رتبه بندی و وزن دهی هدایت هیدرولیکی*(آلر و همکاران، ۱۹۸۷)*

هدایت هیدرولیکی	
محدوده	رتبه
۰/۳۵-۱/۴	۱
۱/۴-۱۲/۳	۲
۱۲/۳-۲۸/۷	۴
۲۸/۷-۴۳/۴۹	۶
وزن نسبی:۳	

شکل ۸ نشان می‌دهد که قسمت عمده آبخوان دارای هدایت هیدرولیکی ۱۲/۳-۴/۱ متر بر روز یعنی نمره ۲ است و بعد از آن رتبه ۴ (هدایت هیدرولیکی ۲۸/۷- ۱۲/۳ متر بر روز) قرار دارد. یعنی توانایی مواد تشکیل دهنده آبخوان میمه در قسمت‌های زیادی از منطقه برای انتقال آب تقریبا کم است و این مسئله امکان جریان آلاینده‌ها و پخش آنها را در سفره آبدار کاهش داده و آسیب پذیری را کم خواهد کرد. این حالت در قسمت‌های مرکزی، شرقی و غربی آبخوان وجود دارد.



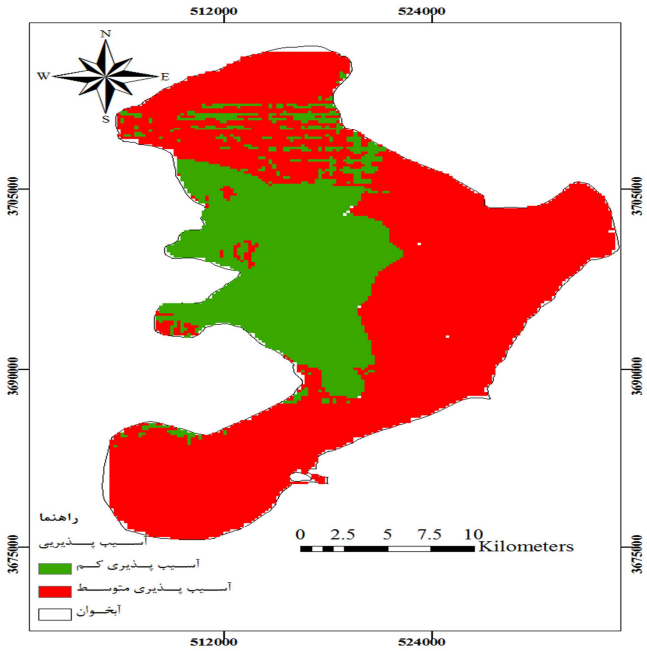
شکل۸: نقشه پهنه بندی هدایت هیدرولیکی(منبع: نگارندگان)

پس از تهیه هفت لایه مربوط به مشخصه‌های مدل دراستیک در محیط GIS، برای تلفیق نقشه‌های آماده شده از دستور Raster Calculator در جعبه ابزار Spatial Analyst، استفاده می‌شود. با استفاده از این ماشین حساب رستری هر لایه در ضریب خود ضرب و سپس تمام لایه‌ها با یکدیگر جمع شد. در پایان پهنه‌های آسیب‌پذیری بر اساس این روش کلاس‌بندی شد.

جدول ۸: رتبه بندی شاخص آسیب پذیری دراستیک*(الماسری،۲۰۰۸)*

شاخص آسیب پذیری دراستیک	
محدوده	رتبه
۱-۱۰۰	آسیب پذیری کم
۱۰۱-۱۴۰	آسیب پذیری متوسط
۱۴۱-۲۰۰	آسیب پذیری زیاد
>۲۰۰	آسیب پذیری خیلی زیاد

نقشه‌ی مربوط به شاخص دراستیک آبخوان میمه درشکل ۹ نشان داده شده است. در این روش نیروی آسیب پذیری در محدوده‌ی ۱۲۸-۷۵ (آسیب پذیری کم و متوسط) قرار می‌گیرد.



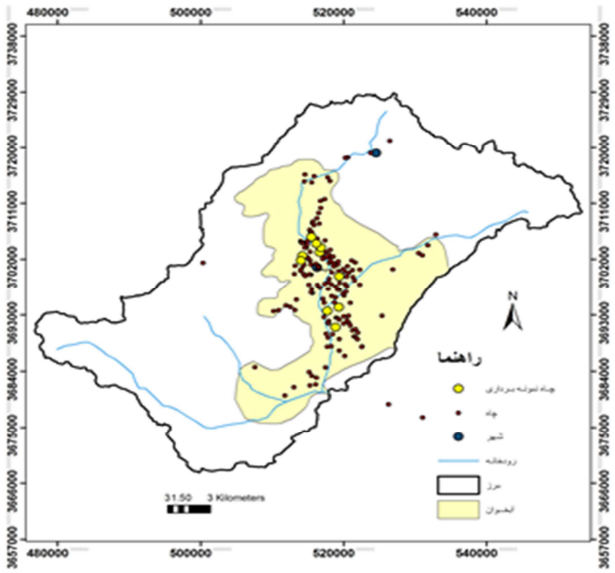
شکل ۹: نقشه پهنه آسیب پذیری به روش دراستیک(منبع: نگارندگان)

تهیه نقشه غلظت نیترات:

طبق رهنمود سازمان جهانی بهداشت و آخرین استاندارد ملی کشور، حداکثر مجاز یون نیترات در آب آشامیدنی mg/l ۵۰ بر حسب نیترات است. طبق آزمایشات انجام شده در منطقه مورد مطالعه میانگین کلی نمونه‌ها کمتر از استانداردهای ملی و جهانی بود با این‌حال در بعضی از نمونه‌ها غلظت بالای استانداردها ثبت شده است.

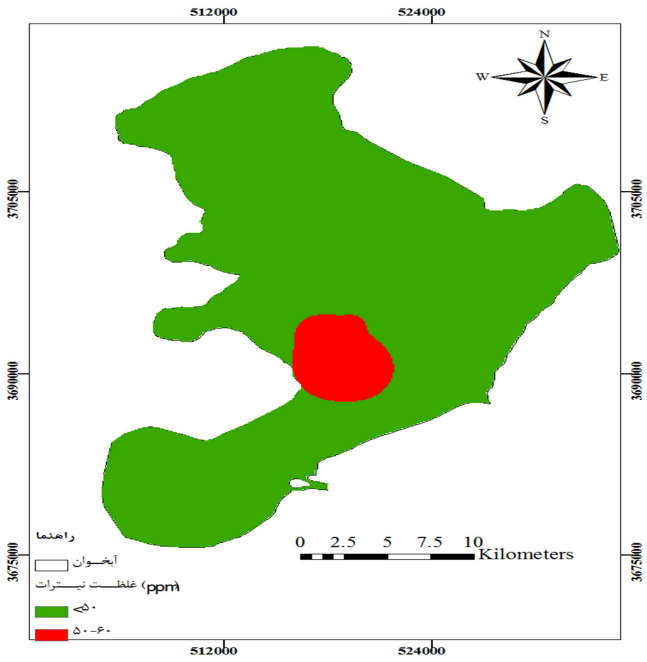
جدول ۹: موقعیت چاه‌های نمونه برداری شده و مقادیر غلظت نیترات

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
نام چاه	انقلاب ۱	انقلاب ۲	طاغوت	برقیا	قنات	هلی	سعید آباد	اصفهانیا	وندادہ	وزوان
X	۵۱۶۶۸۲	۵۱۶۸۴۹	۵۱۶۱۹۴	۵۱۵۵۲۸	۵۱۴۲۵۵	۵۱۴۰۴۳	۵۱۷۷۴۴	۵۱۸۸۸۴	۵۱۹۳۵۰	۵۱۹۴۱۹
Y	۳۷۰۳۱۲۶	۳۷۰۳۸۶۳	۳۷۰۴۵۲۳	۳۷۰۵۵۹۸	۳۷۰۲۵۶۶	۳۷۰۱۷۹۱	۳۶۹۳۶۲۳	۳۶۹۱۰۰۶	۳۶۹۴۱۹۲	۳۶۹۹۲۴۹
غلظت نیترات Ppm	۸/۵۱	۱۷/۷۰	۴۴/۱۴	۹/۰۷	۱۷/۱۰	۱۹/۰۲	۵۴/۹۹	۵۹/۴۲	۵۰/۸۵	۱۵/۶۳



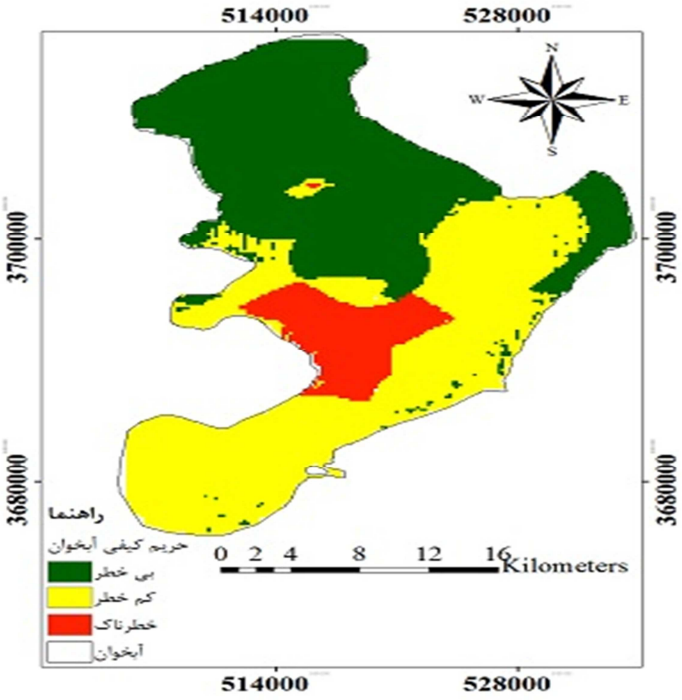
شکل۱۰: نقشه موقعیت چاه‌های نمونه برداری شده (منبع: نگارندگان)

مطابق جدول ۹ بیشترین مقدار نیترات در منابع مورد بررسی مربوط به چاه شماره ۸، ۵۹/۴۲ میلی‌گرم در لیتر و کمترین مقدارمربوط به چاه شماره۱، ۸/۵۱ میلی گرم در لیتر است. یکی از دلایل عمده بالا بودن غلظت نیترات در قسمت جنوبی آبخوان، انجام فعالیتهای کشاورزی می‌باشد.



شکل ۱۱: نقشه پهنه بندی غلظت آبخوان(منبع: نگارندگان)

با استفاده از دو نقشه آسیب‌پذیری (شکل۹) و آلودگی نیترات در منطقه (شکل۱۱)، حریم کیفی منابع آب زیرزمینی آبخوان میمه استخراج می‌گردد. با توجه به غلظت نیترات، نقشه نهایی حریم کیفی آبخوان میمه به سه دسته بی-خطر، کم خطر و خطرناک طبقه‌بندی گردید.



شکل۱۲: کلاس‌بندی حریم کیفی آبخوان(منبع: نگارندگان)

صحت سنجی مدل دراستیک

جدول ۱۰: آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از روش شاپیرو -ویلک[1](داده‌ها کمتر از ۳۰ نمونه)

Tests of Normality						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Statistic	Df	Sig.	Statistic	Df	Sig.
غلظت نیترات	۰/۳۰۱	۱۰	۰/۰۱۱	۰/۸۳۲	۱۰	۰/۰۳۵
شاخص دراستیک	۰/۲۸	۱۰	۰/۰۲۵	۰/۷۸۶	۱۰	۰/۰۱
a. Lilliefors Significance Correction						

[1]- Shapiro-Wilk

P-value دو سری داده نیترات و شاخص محلی دراستیک کمتر از ۰/۰۵ بوده و بدین ترتیب آزمون صفر آزمون نرمالیته داده رد شده و داده‌ها نرمال در نظر گرفته نمی‌شوند. با توجه به اینکه داده‌های مورد بررسی نرمال نبودند، از روش اسپیرمن (روش آماری غیرپارامتری) برای تعیین همبستگی مابین غلظت نیترات و شاخص محلی دراستیک در نقاط نمونه‌برداری استفاده گردید. نتایج در جدول ۱۱ آورده شده است. همانگونه که در این جدول مشاهده می‌شود، همبستگی معنی‌داری بین این دو پارامتر مشاهده نگردیده است (p value <۰/۰۵).

جدول۱۱: همبستگی اسپیرمن مابین غلظت نیترات و شاخص دراستیک

			غلظت نیترات	شاخص دراستیک
Spearman's rho	غلظت نیترات	Correlation Coefficient	۱/۰۰۰	– ۰/۱۶۲
		Sig. (2-tailed)	.	۰/۶۵۴
		N	۱۰	۱۰

بهینه‌سازی مدل دراستیک با بازبینی وزن عوامل بر پایه روش‌های آماری صورت می‌گیرد. بازبینی وزن‌ها با بررسی همبستگی هر پارمتر با غلظت نیترات در نقاط نمونه‌برداری بدست می‌آید. برای محاسبه کمی همبستگی بین پارامترها و غلظت‌های ذکر شده، ارزش عوامل (نرخ‌بندی مربوط به هر پارامتر) و نه مقدار دامنه طبیعی آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد.

جدول ۱۲: وزن‌های اصلی و تصحیح شده مدل دراستیک بر اساس همبستگی غلظت نیترات و پارامترهای مدل

پارامتر	ضریب همبستگی اسپیرمن	وزن اصلی	وزن تصحیح شده
D(عمق سطح آب زیرزمینی)	---	۵	---
R (تغذیه خالص)	۰/۴	۴	۵
A (محیط ابخوان)	۰/۲۴	۳	۳
S (خاک سطحی)	-۰/۰۹	۲	---
T (توپوگرافی)	---	۱	---
I (محیط غیر اشباع)	۰/۴۱	۵	۵
C (هدایت هیدرولیکی)	۰/۴۰	۳	۵

بر اساس جدول فوق، برای آبخوان میمه سه پارامتر عمق، محیط خاک و توپوگرافی از مدل دراستیک حذف میشوند. بعد از اعمال وزنهای تصحیح شده و حذف سه پارامتر غیر وابسته، شاخص دراستیک جدید برای آبخوان میمه به صورت فرمول زیر تغییر می یابد:

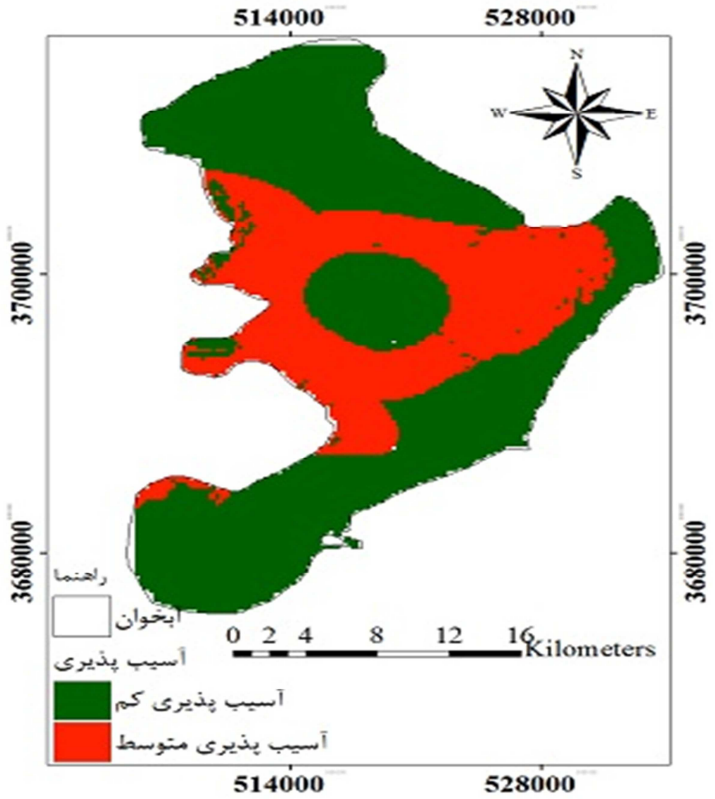
$$\text{Drastic index} = 5R + 3A + 5I + 5C \qquad (۴)$$

پس از بدست آوردن معادله جدید مدل دراستیک و محاسبه شاخص جدید دراستیک با استفاده از Raster Calculation در محیط ArcGIS، بار دیگر همبستگی بین غلظت نیترات در نمونه‌های آب زیرزمینی و شاخص دراستیک جدید محاسبه گردید. در این حالت ضریب هبستگی از ۰/۱۶۲ – (قبل از بهینه سازی) به ۰/۸۴۲ (بعد از

بهینه سازی) افزایش یافت. همبستگی فوق در سطح احتمال ۹۵ درصد معنی‌دار بود (P-value <۰/۰۵). نقشه پهنه-بندی آسیب‌پذیری آبخوان میمه با استفاده از معادله جدید دراستیک در شکل ۱۳ آورده شده است. در این حالت محدوده آسیب‌پذیری کاهش یافته و بین ۹۰-۴۱ قرار دارد. با این وجود هنوز آبخوان میمه در دو دسته آسیب‌پذیری کم و متوسط تقسیم‌بندی میگردد.

جدول ۱۳: ضریب همبستگی اسپیرمن شاخص دراستیک جدید و غلظت نیترات در نمونه های آبهای زیرزمینی

Correlations				
			غلظت نیترات	شاخص دراستیک جدید
Spearman's rho	غلظت نیترات	Correlation Coefficient	۱/۰۰	۰/۸۴۲
		Sig. (2-tailed)	.	۰/۰۰۲
		N	۱۰	۱۰



شکل ۱۳: نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان میمه با استفاده از شاخص دراستیک جدید (منبع: *نگارندگان*)

نتیجه‌گیری

دشت میمه یکی از دشتهای استان اصفهان است که به دلیل اهمیت زیاد آب زیرزمینی در تامین آب مورد نیاز کشاورزی در این منطقه، نیاز به ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان و تعیین مقادیر غلظت نیترات دارد تا بتوان گامی موثر در حفاظت و نگهداری از آبهای زیرزمینی این منطقه برداشت.

به علت اهمیت آبخوان میمه در تامین آب شرب، نقشه پهنه‌بندی با مدل دراستیک تهیه گردید. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که عوامل هدایت هیدرولیکی، تغذیه، محیط آبخوان و محیط غیر اشباع به عنوان عوامل تأثیرگذار در آسیب‌پذیری می‌باشند. با توجه به اینکه نفوذپذیری آبخوان به جنس ذرات تشکیل دهنده، اندازه و نحوه آرایش آنها در کنار یکدیگر و تغذیه آبخوان به میزان بارندگی، نفوذپذیری و شیب زمین ارتباط دارد، در نتیجه تأثیر بیشتر جنس زمین و نفوذپذیری زمین در آسیب‌پذیری آبخوان به نیترات مورد تأیید می‌باشد.

بررسی نقشه پهنه‌بندی آسیب‌پذیری، نشان می‌دهد که بیش از ۹۰ درصد از منطقه دارای اندیس دراستیک بین ۱ تا ۱۰۰ بوده که از لحاظ آسیب‌پذیری کم و حدود ۱۰ درصد از منطقه دارای اندیس دراستیک بین ۱۰۱ تا ۱۴۰ بوده که در محدوده آسیب‌پذیری متوسط قرار می‌گیرد. با تحلیل حساسیت به روش حذف پارامتر میزان تأثیرگذاری هر یک از پارامترها در آلوده سازی آبخوان مورد ارزیابی قرار گرفت. بر اساس نتایج، برای آبخوان میمه سه پارامتر عمق سطح ایستابی، محیط خاک و توپوگرافی از مدل دراستیک حذف شدند. در این حالت محدوده آسیب‌پذیری کاهش یافته و بین ۹۰-۴۱ قرار گرفت. با این وجود هنوز آبخوان میمه در دو دسته آسیب‌پذیری کم و متوسط تقسیم‌بندی می‌گردد.

نقشه پراکندگی غلظت نیترات، نتایج حاصل از مدل دراستیک را تأیید می‌کند. در مناطقی با آسیب‌پذیری متوسط غلظت نیترات بالاتر از حد مجاز در آبهای آشامیدنی (۵۰ppm) تعیین گردید. در حالیکه در مناطقی با آسیب‌پذیری کم غلظت نیترات در آبهای زیرزمینی کمتر از حد مجاز در آبهای آشامیدنی تشخیص داده شد. بنابراین به طور کلی می‌توان اذعان داشت که نتایج مشاهدات میدانی دقت مدل دراستیک در تعیین نواحی آسیب پذیر را تأیید میکند.

تلفیق دو نقشه آسیب‌پذیری و پهنه‌بندی غلظت نیترات، نشان می‌دهد اکثر محدوده مورد مطالعه در محدوده بی خطر و کم خطر قرار دارند، و تنها بخش کوچکی از آبخوان میمه که غلظت نیترات نیز در آب زیرزمینی این منطقه بالاتر از ۵۰ میلی گرم در لیتر است، در محدوده خطرناک طبقه‌بندی شده است.

بر اساس نقشه پهنه‌بندی غلظت نیترات، بالاترین غلظت در آب‌های زیرزمینی قسمت جنوبی آبخوان میمه مشاهده گردید که ناشی از تأثیر متقابل آلودگی ناشی از فعالیتهای کشاورزی، برگشت آب آبیاری، جنس زمین، نرخ بالاتر تغذیه، هدایت هیدرولیکی و نفوذپذیری خاک در این قسمت از آبخوان می‌باشد.

مطالعات این پژوهش با نتایج مطالعات افرادی از جمله امیراحمدی (۱۳۹۲)، نشات و همکاران (۱۳۹۲)، آرزومند (۱۳۹۴)، اخوان (۱۳۹۴)، ویکتور رودریگز (۲۰۱۴)، گودرزی و همکاران (۲۰۱۷)، اولیانا و همکاران(۲۰۱۲)، گیو و همکاران(۲۰۱۴)، لاساگنا و همکاران(۲۰۱۶) مطابقت دارد.

منابع

آرزومند معصومه و همکاران (۱۳۹۴). ارزیابی آسیب پذیری آب زیرزمینی دشت آستانه-کوچصفهان با استفاده از مدل اصلاح شدهDRASTIC- NW، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱، جلد ۹، صص ۷۵-۸۲.

اصغری مقدم اصغر؛ فیجانی الهام؛ ندیری عطا لله (۱۳۸۸). ارزیابی آسیب پذیری آب زیرزمینی دشت های بازرگان و پلدشت با استفاده از مدل دراستیک بر اساس GIS، مجله محیط شناسی، سال سی و پنجم، شمارۀ ۵۲، صص ۵۵ - ۶۴.

امیراحمدی ابوالقاسم (۱۳۹۲). بررسی آسیب پذیری آبخوان دشت نیشابور با استفاده از روش دراستیک در محیط GIS، جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال۲، شماره۶، صص۳۷-۵۶.

سازمان آب منطقه ای اصفهان (۱۳۹۰). بهنگام سازی بیلان منابع اب محدوده های مطالعاتی حوزه آبریز گاوخونی، مطالعات آبهای زیرزمینی.

سازمان آب منطقه ای اصفهان (۱۳۹۴). بهنگام سازی بیلان منابع اب محدوده های مطالعاتی حوزه آبریز گاوخونی، ارزیابی منابع آب، جلد پنجم.

عابدی کوپایی جهانگیر (۱۳۸۰). تاثیر لندفیل مشهد بر آلودگی منابع آب زیرزمینی، مجموعه مقالات چهارمین همایش کشوری بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی و خدمات درمانی شهید صدوقی یزد، جلد اول، صص ۸۷-۹۷.

معروفی صفر؛ سلیمانی سامره؛ قبادی محمد حسین؛ رحیمی قاسم؛ معروفی حسین (۱۳۹۱). ارزیابی آسیب پذیری آبخوان دشت ملایر با استفاده از مدل های DRASTIC و SI و SINTACs. مجله پژوهش های حفاظت آب و خاک، دوره ۱۹، شماره۳ ، صص۱۴۱ -۱۶۶.

موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی، استاندارد شماره ۱۰۵۳.

Akhavan, S. Zare Abyaneh, H. Bayat Varkeshi, M. (2014). A Systematic Review of Nitrate Concentration in Water Resources of Iran. Iranian J Environ Health; 7(2): 205-228.

Aller, L. Bennett, T. Lehr, J.H. Petty, R.J. and Hackett, G. (1987). "Drastic: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeological Settings". Ada, Oklahoma: U.S. Environmental Protection Agency, EPA-600/2-87-035.

Almasri, M.N. (2008). Assessment of intrinsic vulnerability to contamination for Gaza coastal aquifer, Palestine. Journal of Environmental Management; 88, 577–593.

American Public Health Association. Standard methods for the examination of water & wastewater, (1995). 19th ed.Washington, DC: American Public Health Association.

Goudarzi, Sh, Jozi, A, Monavari, M, Karbasi, A, Hasani, AH, (2017). Assessment of groundwater vulnerability to nitrate pollution caused by agricultural practices; 52 (1):64-77.

Guo, W. Fu, Y. Ruan, B. Ge, H. Zhao, N. (2014). Agricultural non-point source pollution in the Yongding River Basin.Ecological Indicators; 36(0):254-61.

Khodae, I. K, A. Shahsavair, B. Etebari. (2006). Juvein Aquifer Vulnerability Assessment Using Drastic and God Methods. Journal of Geological Quarterly of Iran; 2(4): 73 -81.

Lasagna, M. De Luca, D.A. & Franchino, E. (2016). The role of physical and biological processes in aquifers and their importance on groundwater vulnerability to nitrate pollution, Environ Earth Sci.; 75: 961.

Gabriela Breaban, I. Paiu, M. (2012). "Application of Drastic Model and GIS for Evaluation of Aquifer Vulnerability: Study Case Barlad City Area".Water resources and wetlands, Editors: Petre Gastescu, William Lewis Jr., Petre Breţcan Conference Proceedings, 14-16 September 2012, Tulcea – Romania ISBN: 978-606-605-038-8.

Neshat, A. Pradhan, B. Pirasteh, S. and Zulhaidi Mohd Shafri, H. (2013). Estimating groundwater vulnerability to pollution using a modified drastic model in the Kerman agricultural area, Iran. Environ Earth Sci. 13 pages.

Piscopo, G. (2001). Groundwater vulnerability map explanatory Notes-Castlereagh Catchment. Land &Water Conservation of Australia.

US EPA, (1996): Environmental Indicators of Water Quality in The United States, Washington, D.C., the office of Water, EPA, Washington, D.C, EPA 841 – R – 96 – 002.

Rodriguez-Galiano VF, Paula Mendes, M.Garcia-Soldado, M.Chica-Olmo M, and Ribeiro, L. (2014). Predictive modeling of groundwater nitrate pollution using Random Forest and multisource variables related to intrinsic and specific vulnerability: A case study in an agricultural setting (Southern Spain). Science of the Total Environment; v (476): 189–206.

Drastic model optimization in vulnerability assessing of Meymeh aquifer to Nitrate Contamination

Leila Gorji*[1], Javad Tabatabaii[2], Akbar Ghazifard[3], Mojgan Entezari[4]

Received: 10-06-2017 Accepted: 16-12-2017

Abstract

Locating and identifying vulnerable areas of the aquifer and managing water supplies use and land use is a good approach to preventing underground water pollution. Nitrate has always been considered as a water pollution index. The aim of this study was assessing the vulnerability of Meymeh aquifer to nitrate through GIS, statistical methods, and Drastic Model. Drastic Model identified the vulnerability of Meymeh Aquifer as low and medium (75-128). After calculating the drastic new index using Raster Calculation in ArcGIS, the correlation between nitrate concentrations in groundwater samples and the new drastic index was calculated. The correlation coefficient of -0/162 (before optimization) to0/842 (after optimization) has increased. These correlations were significant at the 95% probability level (P-value <0/05). To gain nitrate concentration maps, samples were taken through standard sampling principles from 10 wells and analyzed through spectrophotometry approach. Next, nitrate concentration maps were drawn using interpolation models. Combining vulnerability map and nitrate concentration map indicates that most of the area under study was safe and low-risk and only one area of Meymeh was a high-risk area with nitrate concentration above 50 milligrams per liter in underground water. According to the nitrate concentration zonation map, The highest concentrations were observed in groundwater in the southern region of the Meymeh aquifer is due to the interaction of pollution caused by farming activities, Return water irrigation, Lithology, Higher nutrition rates, Hydraulic Conductivity and The permeability of the soil.

Keywords: Drastic model, Nitrate Contamination, GIS, Meymeh aquifer.

[1]*- Ph.D. Student of Geomorphology, Department of Geography, Research Institute of Shakhes Pajouh, Isfahan, Iran
Email: lili_gorji@yahoo.com
[2]- Assistant Professor of Environmental Geology, Department of Geology, Azad University Meymeh, Isfahan, Iran
[3]- Associate Professor of Environmental Geology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran
[4]- Associate Professor of Geomorphology, Department of Geography, Faculty of Geography, University of Isfahan, Isfahan, Iran
Email: m.entezari@geo.ui.ac.ir