

ارزیابی آسیب پذیری آب های زیرزمینی با استفاده از مدل دراستیک بر پایه GIS (منطقه مورد مطالعه: دشت دهگلان، استان کردستان)

خ. خسروی^۱، م. حبیب نژاد^۲، ک. سلیمانی^۳ و خ. بابایی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری نویسنده مسئول: Khabat.khosravi@gmail.com

۲- دانشیار و استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- کارشناس ارشد شرکت سهامی آب منطقه ای کردستان

چکیده

امروزه علاوه بر بهره برداری بی رویه از آبهای زیرزمینی که باعث افت شدید سطح آب شده است، فعالیت های کشاورزی، صنعتی و شهری، آلاینده های مختلفی را به سفره های زیرزمینی تحمیل می کنند. با توجه به اهمیت دشت دهگلان در تامین آب کشاورزی، شرب و صنعت منطقه، از مدل دراستیک جهت ارزیابی آسیب پذیری استفاده شده است. در مدل دراستیک از مشخصه های موثر در ارزیابی آسیب پذیری سفره آب زیرزمینی شامل عمق تا سطح ایستابی، تغذیه خالص، محیط آبخوان، محیط خاک، توپوگرافی، محیط غیر اشباع و هدایت هیدرولیکی آبخوان استفاده می شود که به صورت هفت لایه در نرم افزار ArcGIS 9.3 تهیه شدند و با وزن دهی و رتبه بندی و تلفیق هفت لایه فوق، نقشه نهایی آسیب پذیری آبخوان نسبت به آلودگی، با تقسیم بندی به ۵ محدوده خطر شامل کلاسهای بدون خطر آلودگی، آسیب پذیری خیلی کم، کم، کم تا متوسط و متوسط تا زیاد تهیه و شاخص دراستیک برای کل منطقه دشت دهگلان واقع در استان کردستان بین ۴۱ و ۱۵۹ برآورد شد. برای صحت سنگی نقشه نهایی آسیب پذیری از میزان نیترات و هدایت الکتریکی (EC) استفاده شد. با انطباق غلظت این عناصر روی نقشه نهایی دراستیک مشخص شد که کلیه نقاطی که دارای غلظت بالا هستند، در محدوده آلودگی زیاد قرار گرفته اند که این می تواند دقت و صحت مدل را مورد تایید قرار دهد. از نظر وسعت می توان گفت که حدود ۷/۷۹ درصد دشت در کلاس های بدون خطر آلودگی، ۴۰/۹۲ درصد در کلاس خیلی کم، حدود ۴۱/۶۱ درصد دشت در کلاس کم، ۹/۶۶ درصد در کلاس متوسط و تنها ۰/۰۲ درصد سطح دشت در کلاس زیاد قرار می گیرد.

واژه های کلیدی: آسیب پذیری، مدل دراستیک، آبهای زیرزمینی، دشت دهگلان

تشخیص و کنترل آلودگی در آن ها نسبت به آب های سطحی مشکل تر و پرهزینه تر می باشد. همچنین، به دلیل استمرار آلودگی آبخوانها توسط منابع آلوده کننده و افزایش مناطق آسیب پذیر، تهیه نقشه های پهنه بندی آسیب پذیری و اتخاذ سیاست های مدیریتی امری ضروری می باشد (۲۰ و ۸). مناطق با استعداد آلودگی بیشتر برای احداث مراکز صنعتی و یا کشاورزی با قابلیت آلوده سازی بالا مناسب نبوده و می توانند به سادگی آلوده شوند. اصطلاح آسیب پذیری از نظر مفهومی در هیدرولوژیکی به دو صورت آسیب پذیری ذاتی (Intrinsic Vulnerability) و آسیب پذیری ویژه (Specific Vulnerability) تقسیم می شود (۱۴ و ۵). آسیب پذیری ذاتی به امکان آلودگی در یک منطقه بدون در نظر گرفتن آلاینده‌ی خاص اشاره دارد (۵). این ویژگی، خصوصیتی نسبی، بدون بعد و غیرقابل اندازه گیری بوده و نه تنها به ویژگی های آبخوان بلکه به خصوصیات زمین شناسی و هیدرولوژی منطقه و فعالیت های بشری نیز بستگی دارد و مستقل از ماهیت آلاینده است که روش هایی نظیر دراستیک و سین تکس آسیب پذیری استفاده می شوند (۱۵). یکی از ابزارهای مناسب که کمک موثری به مدیریت آب های زیرزمینی می کند، تهیه نقشه هایی است که در آنها مناطق آسیب پذیر یا حساس نسبت به آلودگی ها مشخص شده باشند.

مقدمه

با توجه به افزایش نیاز مبرم به آب و اینکه تنها منبع مطمئن بهره برداری در مناطق خشک و نیمه خشک مانند ایران سفره آب زیرزمینی می باشد لذا نقش مدیریت صحیح بهره برداری و حفاظت از آب های زیرزمینی آشکار می شود. نحوه مدیریت این منابع باید به صورتی باشد که از اثرات زیان آوری مانند برداشت مازاد، نامناسب شدن کیفیت آب و اثر آن روی آب آشامیدنی و محصولات کشاورزی و نشست زمین بر اثر برداشت بیش از اندازه آب چه در حال و آینده جلوگیری نماید (۳۲). حفاظت و نگهداری کیفیت آب زیرزمینی در یک حوزه وسیع شامل دو مجموعه بررسی های هیدرولوژیکی و سیاست های مدیریتی منابع آب می باشد که بطور کلی می توان این دو مورد را توسط مؤلفه آسیب پذیری بررسی و تشریح کرد. سالانه حجم زیادی از پساب منابع خانگی، صنعتی و کشاورزی وارد آبهای زیرزمینی می شود که این آبهای به همراه خود انواع آلودگی های خانگی، صنعتی و کشاورزی را به دلیل عدم وجود سیستم فاضلاب شهری و چاه های جذبی به منظور دفع فاضلاب وارد سفره ی آب زیرزمینی کرده و موجب آلودگی آن می شود (۳۰). یکی از راههای مناسب برای جلوگیری از آلودگی های آب زیرزمینی، شناسایی مناطق آسیب پذیر آبخوان و مدیریت کاربری اراضی است. آبخوان ها به شکل های مختلف در معرض آلودگی قرار دارند که

زیاد نسبت به آلودگی به ترتیب با روش های فازی و دراستیک قرار دارند (۲۷). در ایران نیز می توان به کارهایی که روی آبخوان دشت پلدشت و بازرگان (۶)، در آبخوان کارستی شیمیا (۹)، روی آبهای زیر زمینی دشت هشتگرد (۷)، در آبخوان دشت خاش (۱) و در دشت خاتون آباد (۱۱)، در زمینه برآورد آسیب پذیری آبهای زیرزمینی انجام گرفته است اشاره نمود. در دشت دهگلان کشاورزی یکی از مهمترین فعالیتهای دشت بوده و مصرف بی رویه کود و سموم گوناگون باعث ورود انواع آلاینده های شیمیایی به دشت می شود. به علاوه تحقیقات زیادی در زمینه آسیب پذیری آبهای زیر زمینی نشان می دهد که روش دراستیک می تواند آسیب پذیری آلاینده های انتشاری را به نحو بهتری ارزیابی نماید (۱۷). بنابراین با توجه به اهمیت دشت مذکور در تامین آب شرب صنعت و کشاورزی منطقه با استفاده از مدل دراستیک نسبت به شناسایی مناطق آسیب پذیرتر اقدام گردید تا در مناطق با آسیب پذیری بیشتر از مکانگزینی صنایع آلوده کننده جلوگیری و در مصرف کود و سموم شیمیایی در مناطق فوق توسط سازمانهای مربوطه محدودیت اعمال گردد.

مواد و روش ها

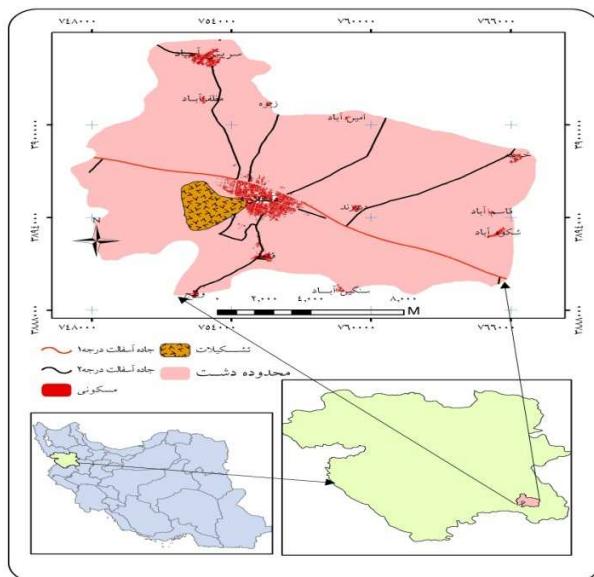
منطقه مورد مطالعه

دشت دهگلان واقع در استان کردستان بین طول های "۳۶° ۵۶' و "۴۷° ۰۶' و عرض "۳۶° ۴۷'

کاربردی ترین و رایج ترین روش رتبه دهی، مدل دراستیک (DRASTIC) می باشد چرا که هزینه انجام آن پایین بوده و با اطلاعات نسبتاً کم و در دسترس می توان نقشه آسیب پذیری مناطق وسیعی را تهیه نمود (۴). با استفاده از شاخص دراستیک و سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) برای بخش هایی از ایالات متحده ای امریکا (۴، ۲۹ و ۳۳)، چین (۱۷)، نیاگارا (۱۶)، منطقه رویسفا در اردن (۲۱) و آبخوان اوم اربیا در مراکش (۳۶)، بنگلادش (۳۱)، آفریقای جنوبی (۲۲) و مصر (۱۲) تهیه شده است. ارزیابی آسیب پذیری آبهای زیر زمینی برای حوزه آبخیز بانیاس در مناطق ساحلی با استفاده از GIS انجام داده شد و نتایج نشان داد که ۰٪ و ۳۹٪ از حوزه به ترتیب دارای آسیب پذیری کم و زیاد است در حالی که بیشتر از ۵۲٪ و ۵٪ از منطقه به ترتیب دارای آسیب پذیری متوسط و خیلی زیاد است (۱۸). ارزیابی آسیب پذیری ذاتی آبخوان کیتی در قبرس با استفاده از مدل دراستیک و GIS نشان داد که کلاس آسیب پذیری بالا، وسعت زیادی از منطقه مورد مطالعه را شامل می شود (۳۷). با استفاده از منطق فازی و مدل دراستیک نقشه های آسیب پذیری آبهای زیرزمینی در محیط GIS برای نیال به دست آمده است. مقایسه روش فازی و دراستیک نشان داد که، روش فازی کارتر و قابل اعتمادتر بوده و ۷۵٪ و ۵۸٪ آب های زیرزمینی آبخوان دارای آسیب پذیری متوسط تا خیلی

مربع در شرق استان کردستان و از مناطق کم باران به حساب می‌آید. متوسط بارندگی دشت دهگلان ۳۵۰ میلی متر در سال و اقلیم آن براساس روش آمبرژه جزء نواحی نیمه خشک و سرد می‌باشد. پتانسیل آبهای سطحی محدوده دهگلان ضعیف است (شکل ۱).

شرقي و "۱° ۳۵' ۳۵' تا "۷° ۴۱' ۳۵' عرض شمالی واقع شده است. که از شمال به شهرستان بیجار، از شرق به شهرستان قروه، از غرب به شهرستان سنندج و از جنوب به استان کرمانشاه ختم می‌شود. دهگلان با وسعت حوزه آبخیز ۲۵۵۰ و مساحت دشت ۶۲۴ کیلومتر



شکل ۱- نقشه استان و موقعیت دشت دهگلان.

۳۵). کاربردی ترین و رایج ترین روش رتبه دهی، روش DRASTIC می‌باشد چرا که هزینه انجام آن پایین بوده و با اطلاعات نسبتاً کم و در دسترس می‌توان نقشه آسیب پذیری مناطق وسیعی را تهیه نمود (۴). این روش براساس همپوشانی نقشه‌ها می‌باشد که در نهایت منجر به ثبت یک شاخص عددی یا امتیاز برای هر ویژگی می‌گردد و بر ارزیابی

روش تحقیق

روش‌های زیادی تاکنون برای ارزیابی آسیب پذیری سفره‌های آب زیرزمینی ارائه شده که می‌توان آنها را به سه دسته رتبه دهی توصیفی، آماری و تحلیلی و روش ترکیبی تقسیم بندی نمود. از مهمترین روش‌های رتبه دهی می‌توان به GOD^۱، AVI^۲ و DRASTIC^۳ اشاره نمود (۴، ۱۰، ۱۳) و

1- Groundwater Confinement, Overlying strata, Depth to groundwater table

2- Aquifer Vulnerability Index

3- Depth to Water, Net Recharge, Aquifer Media, Soils, Topography, Impact of Vadose Zone, Hydraulic Conductivity

آسیب پذیری آب زیرزمینی در منطقه و تهیه نقشه از نرم افزار 9.3 ArcGIS استفاده شده است. علت استفاده از این نرم افزار برخورداری آن از برنامه های مکمل برای کاربرد پیشرفته است که امکانات تخصصی مورد نیاز را شامل می شود (۲۵). از جمله می توان به Spatial Analyst برای تحلیل های مکانی، Geoprocessing برای ویرایش داده های مکانی و Model Builder به منظور فراهم سازی محیطی جهت ساخت انواع مدل ها با توانایی های ویژه اشاره کرد.

ساخت و اجرای مدل دراستیک در GIS
برای اجرای این مدل ابتدا اطلاعات هیدرولوژی لازم در ارتباط با هفت مولفه دراستیک جمع آوری شدن. داده های جمع آوری شده وارد محیط GIS شده و با توجه به موقعیت مکانی آنها روی نقشه منطقه مشخص می شوند. با توجه به نرخ های هر یک از مشخصه ها نقشه پهنگ بندی هر کدام از آنها به دست می آید. نقشه های تهیه شده با استفاده از برنامه های جانبی Model Builder نرم افزار 9.3 ArcGIS با وزن دهی و رتبه بندی تلفیق شده و نقشه نهایی به دست می آید.

به منظور اجرای مدل دراستیک در محیط GIS برای ارزیابی پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی در منطقه، مراحل آماده سازی نقشه ها، وزن دهی و تلفیق اعمال شده است. داده های مورد نیاز برای تهیه مشخصه های

توصیفی و کمی آسیب پذیری تکیه دارد. این روش براساس هفت پارامتر عمق آب، تغذیه خالص، محیط آبخوان، بافت خاک، توپوگرافی، تأثیر منطقه غیراشباع و هدایت هیدرولیکی آبخوان می باشد.

روش به دست آوردن شاخص آسیب پذیری دراستیک

در این روش به هر پارامتر یک نرخ و یک وزن برحسب اهمیت پارامتر اختصاص داده می شود که رتبه مربوط به هر پارامتر بین ۱ تا ۱۰ متغیر بوده و وزن هر پارامتر با توجه به اهمیت آن بین ۱ تا ۵ متغیر می باشد و از این رو شاخص دراستیک بر اساس وزن دهی به مجموع هفت پارامتر به صورت زیر محاسبه می شود (۲۷).

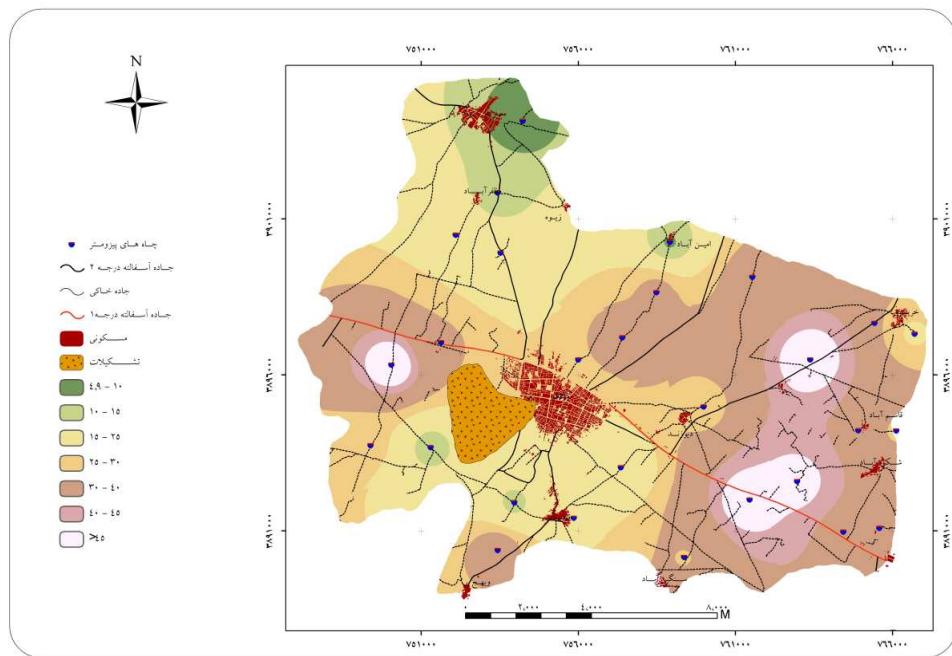
$$DI = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w$$

که در این رابطه DI شاخص دراستیک، D، R، S، A، I، T و C پارامترهای هفت گانه، r نرخ ارزش (رتبه) و w وزنی است که به هر پارامتر تخصیص داده می شود. پس از محاسبه شاخص می توان گفت که کدام منطقه در خطر آلودگی بیشتر قرار دارد. هر چه شاخص بزرگتر باشد، خطر ایجاد آلودگی بیشتر می گردد. باید توجه داشت که شاخص دراستیک تنها یک ابزار ارزیابی نسبی را تهیه می کند. وقتی مقادیر دراستیک از طریق GIS نشان داده شوند، رابطه فضایی بین اجرای مدیریت اراضی و آسیب پذیری آب زیرزمینی مشخص می شود (۳۴). در این تحقیق نیز، برای بررسی

دراستیک از منابع مختلف و با فرمت های گوناگون جمع آوری شده است. پایگاه اطلاعاتی برای داده های با فرمت نقطه ای ابتدا در محیط نرم افزار اکسل تهیه شده، سپس وارد محیط GIS شدند. سیستم تصویر کلیه لایه های اطلاعاتی از نوع UTM (زون شماره ۳۸)، سطح ۵۰۰۰ WGS1984 و مقیاس کاری برابر ۵۰۰۰ می باشد. همچنین توابع تحلیل مکانی روی داده ها برای تبدیل آنها به نقشه صورت گرفت که از آن جمله می توان توابع آنالیز توپولوژیکی، Merged بریدن (Clip)، ادغام کردن (Merge)، روی هم گذاری (Overlay) و توابع تحلیلی سطوح مانند استخراج شب از مدل رقومی ارتفاع را نام برد. از تبدیل های انجام گرفته می توان به تبدیل نقطه به سطح که شامل روش درون یابی IDW (inverse distance weighted) اشاره کرد. به این دلیل از این روش استفاده شده است که خطای این روش براساس

عمق آب زیرزمینی

این پارامتر نشان دهنده فاصله بین سطح ایستابی و سطح زمین است. عمق تا سطح ایستابی همراه با خصوصیات منطقه غیراشباع، زمان حرکت آلاینده های جامد یا مایع که توسط آب انتقال داده می شوند و زمان فرآیند رقیق شدگی آلاینده ها در منطقه غیراشباع را تحت تاثیر قرار می دهد به طوری که ظرفیت میرایی (Damping Capacity) با افزایش عمق تا سطح ایستابی افزایش می یابد چرا که هرچقدر سطح آب پایین تر باشد زمان حرکت و امکان پالایش آلوده کننده افزایش می یابد. برای تهیه لایه عمق از اندازه گیری داده های سطح آب ۲۵ حلقه چاه پیزومتر منطقه استفاده شد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه پهنۀ بندی عمق آب زیرزمینی.

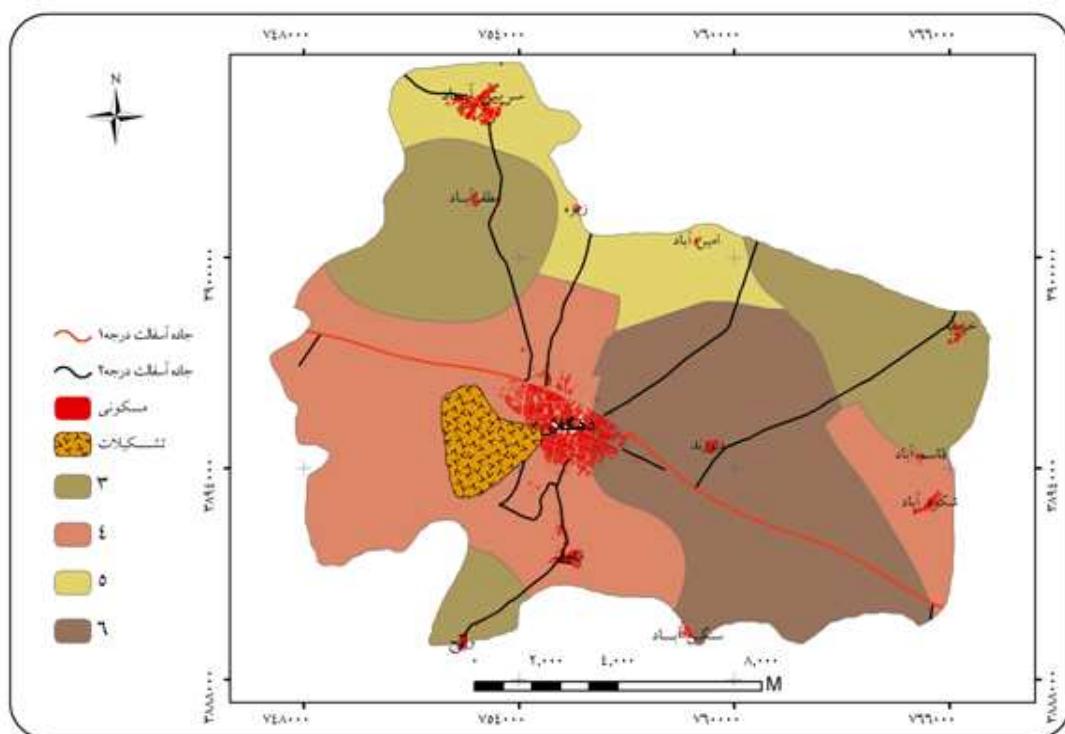
موثر است. وجود مواد دانه ریز مانند سیلت و رس تراوایی خاک را کاهش داده و حرکت آلاینده‌ها را محدود می‌کند (۲ و ۳). به علاوه در محدوده $0/5$ تا 1 متری به لحاظ میکروبیولوژیکی منطقه بسیار فعال به شمار می‌رود. بنابراین لایه خاک به دلیل فعالیت نسبتاً بالای میکروبی، وجود مواد آلی و وجود ریشه گیاهان برای حذف و کاهش غلظت آلاینده‌ها از پتانسیل بالایی برخوردار است (۱۹). برای تهیه لایه محیط خاک از نقشه قابلیت اراضی خاک منطقه که توسط موسسه خاکشناسی و حاصلخیزی خاک با مقیاس $1:250000$ در سال 1360 تهیه شده است به همراه نتایج نمونه برداریهای بافت خاک

به این ترتیب که میانگین عمق برخورد به سطح ایستابی برای پیزومترها در سال 1387 و 1388 محاسبه و سپس لایه عمق تا سطح ایستابی با توجه به رتبه‌های مربوط به مدل دراستیک تهیه گردید. این لایه براساس روش درونیابی IDW با توان 2 استخراج گردیده است (۲۴). به طوری که در میان روش‌های درونیابی معمول کمترین مقدار ریشه دوم میانگین توان دوم خطأ (RMSE) بعنوان یک معیار آماری رایج تعیین کننده میزان خطأ را نشان می‌دهد.

محیط خاک

محیط خاک، تاثیر بسیار مهمی در تغذیه دارد و از این رو بر چگونگی حرکت آلاینده‌ها

گرد آوری شده توسط محققین استفاده شد. دراستیک وزن دهی گردید (شکل ۳). سپس هر کدام از واحد ها براساس مدل

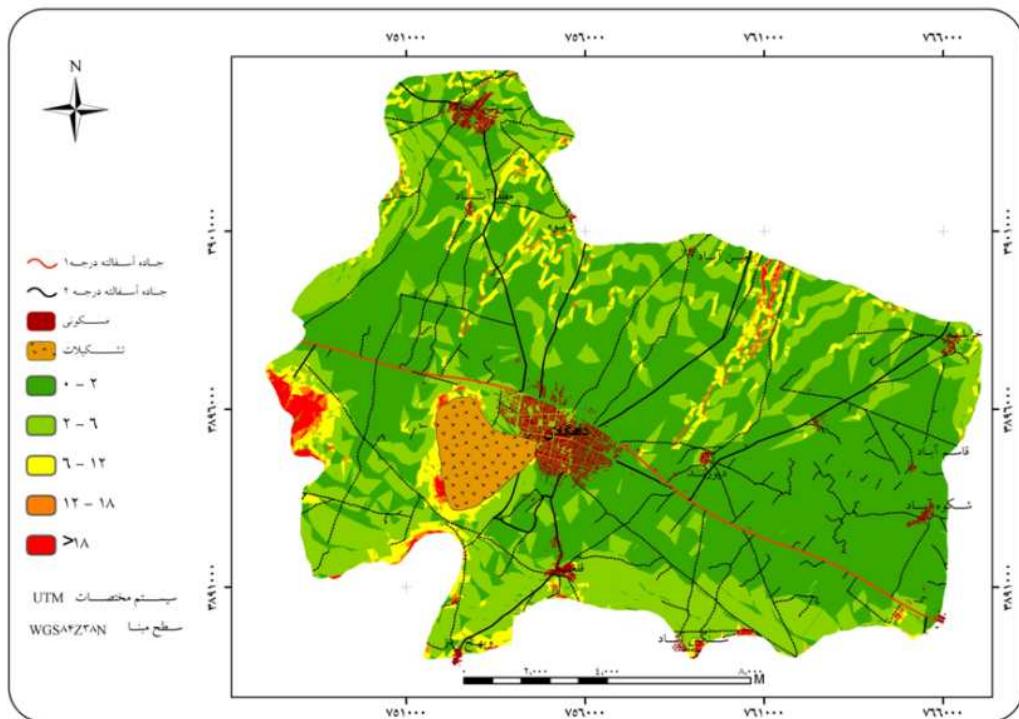


شکل ۳- نقشه پهنه بندی محیط خاک.

ابتدا مدل رقومی ارتفاعی منطقه براساس نقشه های ۱:۲۵۰۰۰ تهیه و سپس شیب منطقه براساس روش هرن و زونبرگن استخراج گردید (شکل ۴). در مرحله بعد براساس مدل دراستیک هر یک از طبقات این لایه وزن دهی و مساحت و درصد مساحت آنها محاسبه گردید.

توپوگرافی

توپوگرافی به صورت شیب و تغییرات آن عامل کنترل کننده ای در نفوذ آلاینده ها و تشکیل رواناب به شمار می رود. هر چقدر شیب سطح زمین کمتر باشد، زمان ماندگاری آلاینده ها روی سطح زمین طولانی تر و در نتیجه پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی بیشتر خواهد بود (۳۴). برای تهیه لایه توپوگرافی

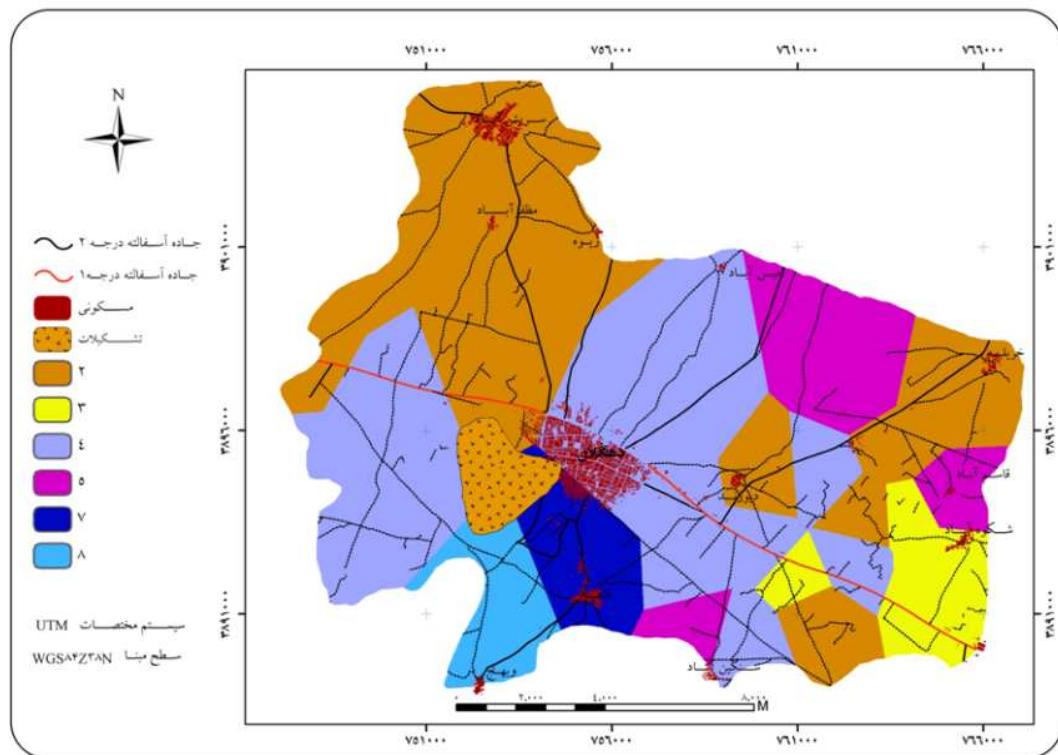


شکل ۴- نقشه شیب منطقه.

۱۹). به طوری که جنس محیط غیراشباع منطقه بیشتر از قلوه سنگ، رس، رس شنی، رس همراه با گراؤل، شن و ماسه، لوم رس شنی و رس همراه با آهک تشکیل شده است (شکل ۵) که پس از وزن دهی اولیه نقشه مورد نظر در مدل دراستیک تهیه گردید.

جنس محیط غیر اشباع

بافت زون غیراشباع زمان انتقال آلاندنه ها را از طریق این محیط تعیین می کند. برای تهییه نقشه محیط غیراشباع از لاغ لیتولوژیکی چاه های اکتشافی و بهره برداری منطقه که توسط شرکت آب منطقه ای کردستان در سال ۱۳۸۴ بدست آمده است، استفاده گردید (۲ و

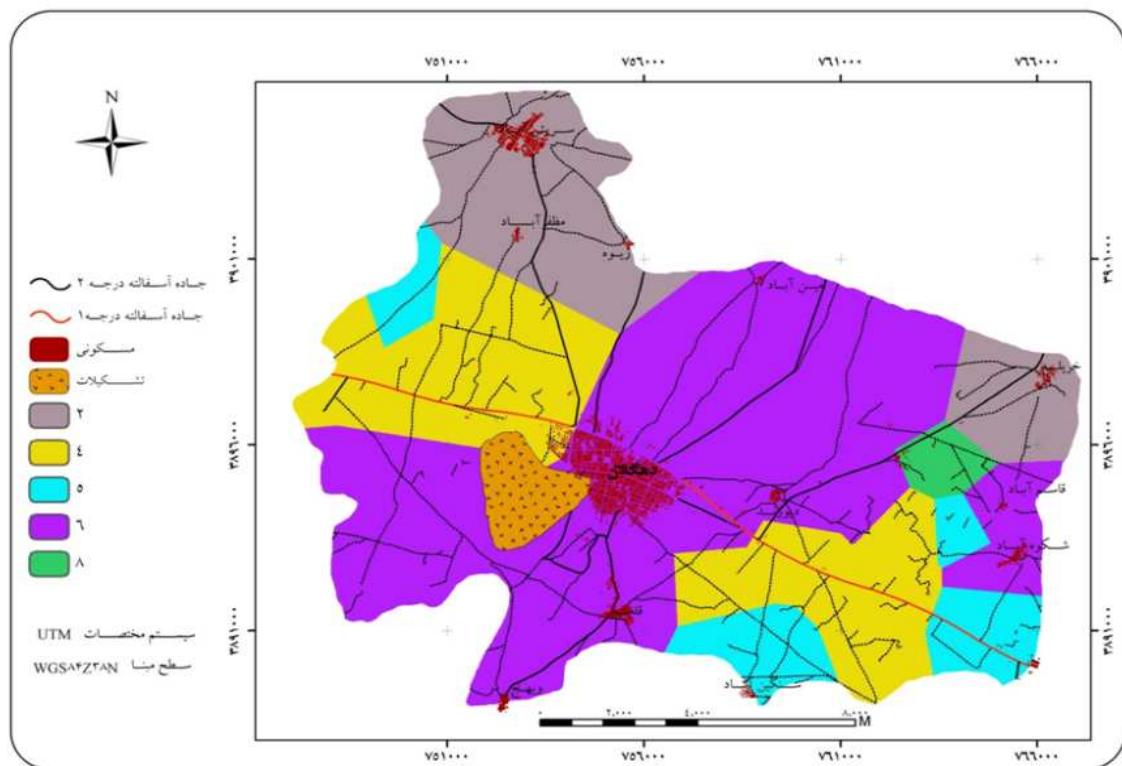


شکل ۵- نقشه پهنه بندی محیط غیر اشبع.

اکتشافی و بهره برداری در منطقه مورد مطالعه حفاری و تهیه شده است، استفاده گردید. به طور کلی سفره آب زیرزمینی دشت دهگلان عمدتاً از رسوبات رسی، لوم شنی و لوم رس شنی با مقادیر متفاوتی از گراول، قلوه سنگ و در بعضی قسمتها تشکیلات آذرین و کارست تشکیل شده است. با توجه به رتبه های محیط آبخوان و درصد هریک از کلاسها لایه محیط آبخوان برای منطقه مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۶).

جنس محیط اشبع

محیط آبخوان شامل فضاهای خالی و شکستگی هایی است که آب را در خود نگه داشته و عبور می دهد. بنابر این مواد تشکیل دهنده آبخوان بر جریان درون آن تاثیر می گذارد. این مسیر، جریان حرکت آلینده ها را از طریق این محیط تعیین می کند (۴). برای تهیه لایه محیط آبخوان از لاغ حلقه چاه موجود در منطقه مورد مطالعه که توسط دفتر مطالعات شرکت آب منطقه ای از چاه های

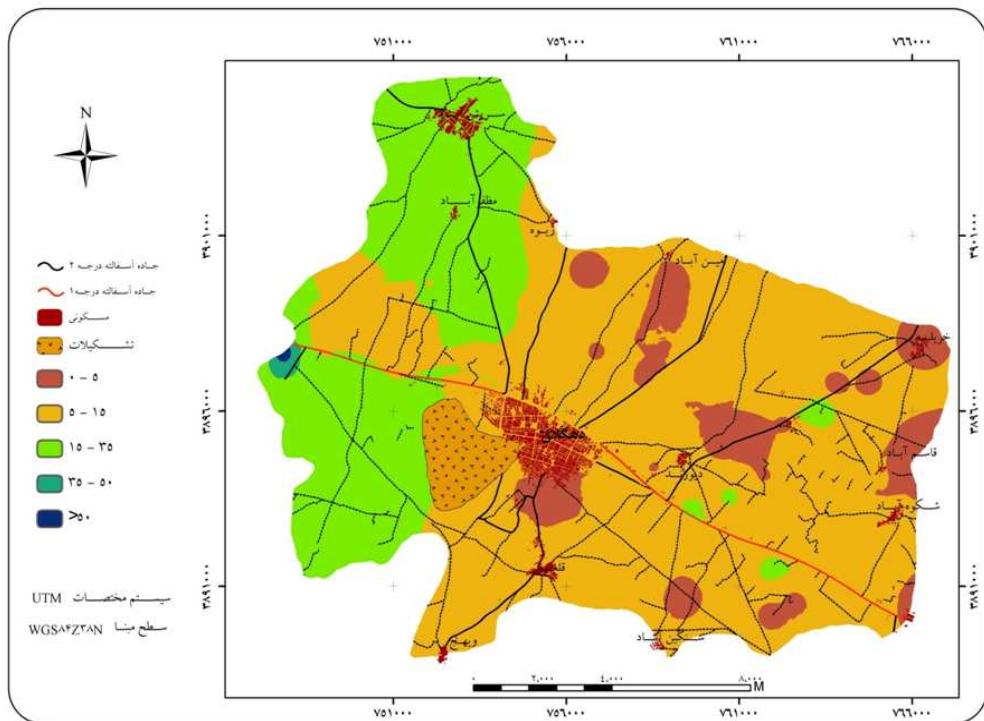


شکل ۶ - نقشه پهنه بندی محیط آبخوان.

چاه ها بر نقشه ضخامت آبرفت داشت که توسط شرکت آب منطقه ای کردستان در سال ۱۳۸۴ بدست آمده است، استفاده گردید. به طوری که نقشه هدایت هیدرولیکی بدست آمده براساس مدل دراستیک طبقه بندی و وزن دهی گردید (شکل ۷).

هدایت هیدرولیکی

هدایت هیدرولیکی توسط حفره ها، شکستگی ها و سطوح لایه بندی تعیین می شود و میزان آب نفوذ یافته را از طریق محیط آبخوان مشخص می سازد (۶). برای تهییه لایه هدایت هیدرولیکی از تقسیم نقشه قابلیت انتقال که از داده های قابلیت انتقال



شکل ۷- نقشه پهنه بندی هیدرولیکی.

جدول رده بندی گردید. پس از تهیه تمام نقشه های مذکور برای بدست آوردن لایه تغذیه خالص، نقشه شیب و نقشه رتبه بندی نفوذپذیری خاک به همراه رتبه بندی بارش که با استفاده از داده های بارندگی متوسط سالانه ایستگاه دهگلان با میانگین بارش ۳۵۰ میلیمتر مطابق جدول (۱) که برابر ۱ تعیین گردید، همپوشانی شدند و مقدار تغذیه از معادله زیر محاسبه شد (شکل ۸).

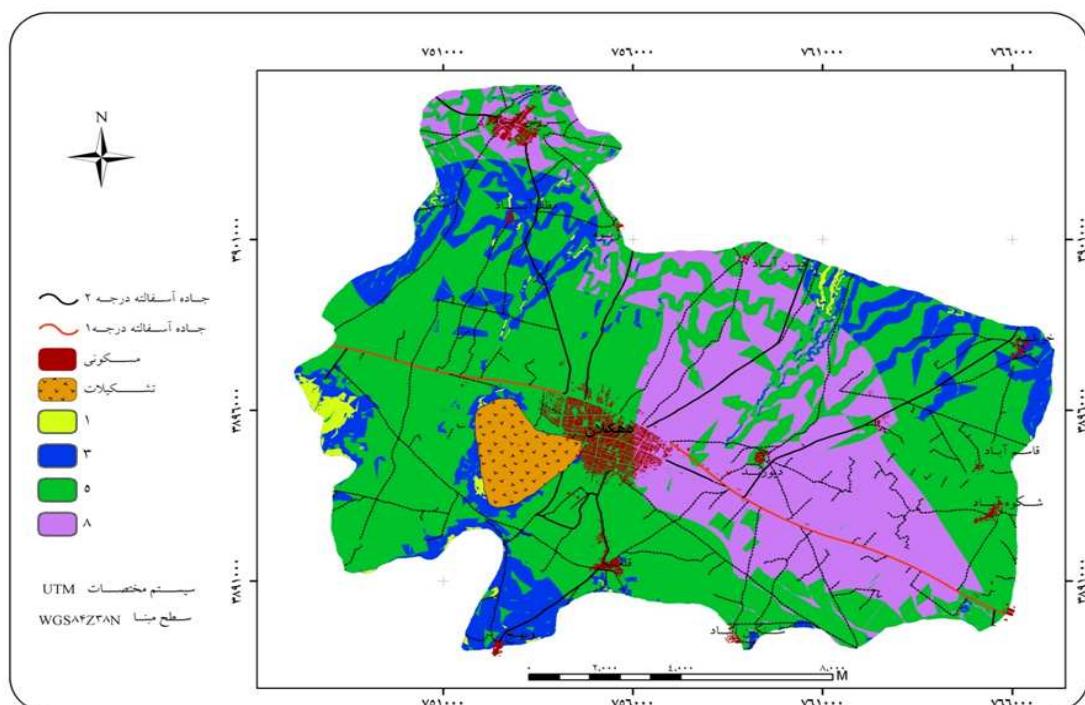
$$\text{درصد شیب} + \text{میزان بارندگی} = \text{مقدار تغذیه} \\ + \text{نفوذپذیری خاک}$$

لایه تغذیه خالص

یکی از راههای اصلی انتقال آلاینده ها به آب زیرزمینی، تغذیه است. تغذیه بیشتر سرعت بالاتری را برای انتقال آلاینده ها به سطح آب زیرزمینی فراهم می آورد. بارش، منبع اولیه آب زیرزمینی است. برای تهیه لایه تغذیه از روش پیسکوبو (۲۸) استفاده شد. برای محاسبه میزان تغذیه، مدل رقومی ارتفاعی از منطقه تهیه شد. سپس شیب منطقه مورد مطالعه با استفاده از آن استخراج شده و با استفاده از معیارهای جدول (۱) رده بندی شد. نقشه نفوذپذیری خاک منطقه نیز با توجه به معیارهای این

جدول ۱- رتبه های تغذیه خالص (۲۹)

رتبه	میزان تغذیه محدوده	نفوذپذیری خاک فاکتور	بارندگی فاکتور	شیب شیب (%)
۱	۳-۵	۱ خیلی کم	۱ > ۵۰۰	۱۸<
۳	۵-۷	۲ کم	۲ ۵۰۰-۷۰۰	۱۲-۱۸
۵	۷-۹	۳ متوسط	۳ ۷۰۰-۸۵۰	۶-۱۲
۸	۹-۱۱	۴ متوسط تا زیاد	۴ ۸۵۰<	۲-۶
۱۰	۱۱-۱۴	۵ زیاد	۵	۲-۰



شکل ۸- نقشه پهنی بندی تغذیه خالص آبخوان.

می دهد. با توجه به اینکه لایه های مورد نظر در مدل دراستیک هر یک دارای وزن خاصی بودند، برای ترکیب و تلفیق داده ها از تابع همپوشانی وزنی با به کارگیری برنامه جانبی Model Builder برای تلفیق لایه ها استفاده شد. برای این کار تمام لایه ها همراه با ضرایب آنها به صورت درصد برای مدل تعریف شده و

ترکیب و تلفیق لایه ها در GIS برای ترکیب لایه های رستری از تابع همپوشانی استفاده می شود. از آنجا که داده های مورد استفاده همگی به فرمت رستری تبدیل شده بودند، بنابراین تابع همپوشانی برای این هدف استفاده شد. این دو تابع به صورت ریاضی و وزنی عمل ترکیب داده ها را انجام

در این زمینه استفاده شده است (جداول ۲ و ۳). شاخص دراستیک برای کل منطقه بین ۴۱ و ۱۵۹ برآورد شده است. برای صحت سنجی نقشه نهایی آسیب پذیری از میزان نیترات و EC استفاده شد (شکل‌های ۹ و ۱۰). با انطباق غلظت نیترات و EC روی نقشه نهایی دراستیک مشخص شد که کلیه نقاطی که دارای نیترات و EC بالا هستند، در محدوده با خطر آلودگی زیاد قرار گرفته اند که این می‌تواند دقت و صحت مدل را تایید کند.

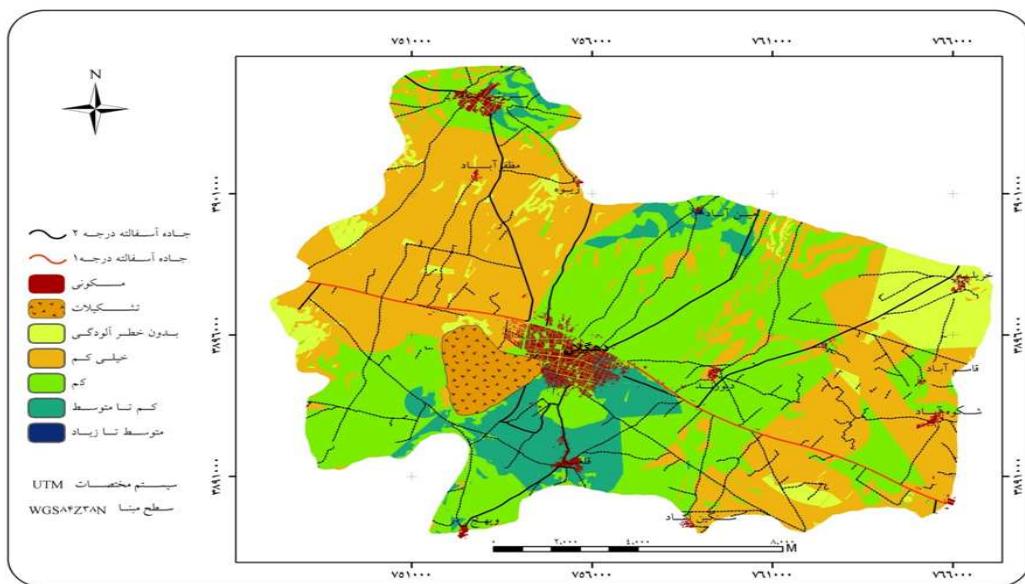
سپس عمل تلفیق لایه‌های مورد نظر صورت می‌پذیرد. نقشه نهایی آسیب پذیری آبخوان نسبت به آلودگی، با تقسیم بندی به ۵ محدوده بدون خطر آلودگی، آسیب پذیری خیلی کم، کم تا متوسط و متوسط تا زیاد در شکل ۹ نشان داده شده است. روش تعیین وزنها برای طبقه بندی و وزن شبیب از منابع و مراجع موجود از جمله (۳، ۱۳ و ۳۶) استفاده شده است و برای سایر لایه‌های اطلاعاتی از فرم نظرسنجی و نظرات کارشناسی متخصصین

جدول ۲- رتبه‌های مربوط به پارامترهای مدل دراستیک در منطقه مورد مطالعه

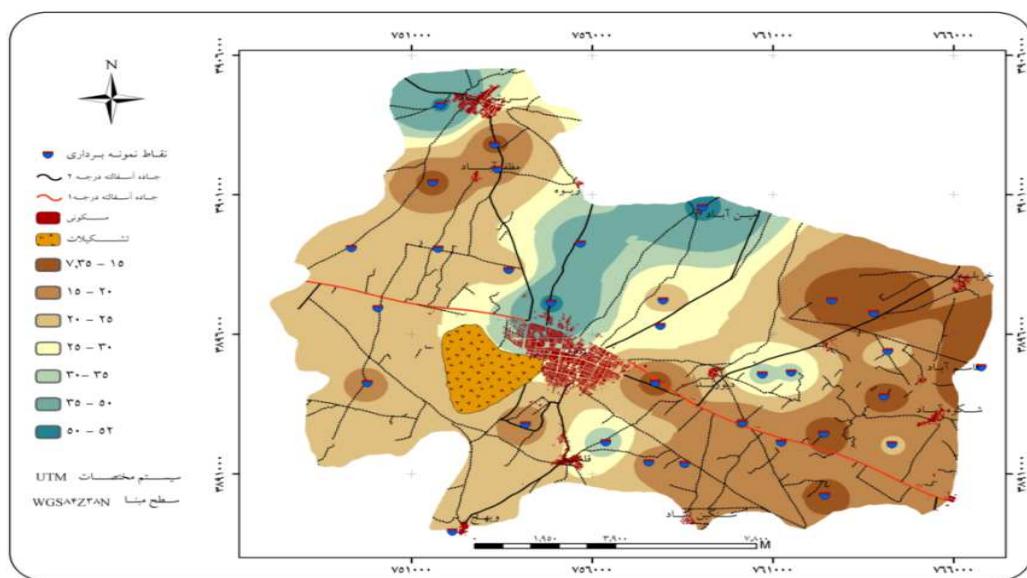
D (متر)	رتبه	% (T)	رتبه	I	رتبه	A	وزن
۴۵<	۱	۱۸<	۱	قلوه سنگ ریز با میان لایه شنی	۸	رس شنی و کارست	۶
۴۰-۴۵	۲	۱۲-۱۸	۳	رس	۲	رس	۲
۳۰-۴۰	۳	۶-۱۲	۵	رس شنی	۴	سنگ رس، قلوه	۶
۲۵-۳۰	۴	۲-۶	۹	رسی همراه با شن	۳	رس همراه با قلوه سنگ	۴
۱۵-۲۵	۵	۰-۲	۱۰	رس همراه با آهک	۲	رس شنی همراه با قلوه سنگ	۶
۱۰-۱۵	۷	S	رتبه	رس شنی و قلوه سنگ	۵	لوم رسی شنی	۴
۰-۱۰	۹	لوم رسی	۳	شن و ماسه، قلوه سنگ و رس	۷	رس شنی	۵
C (متر بر روز)	رتبه	لوم	۵	لوم رسی سیلتی همراه با گراول	۵	شن و ماسه همراه با رس	۸
۰-۵	۱	لوم رس شنی	۴			سیلت و گراول	۶
۵-۱۵	۲	لوم شنی	۶				
۱۵-۳۵	۴						
۳۵-۵۰	۶						
۵۰<	۸						

جدول ۳- وزن پارامترهای مدل دراستیک

وزن ثانویه	پارامتر
۵	عمق تا سطح ایستایی
۵	محیط غیر اشبع
۴	تغذیه خالص
۳	محیط اشبع (آبخوان)
۳	هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)
۲	محیط خاک (بافت)
۱	توبوگرافی (شیب به %)



شکل ۹- نقشه پنهانه آسیب پذیری منطقه به روش دراستیک.

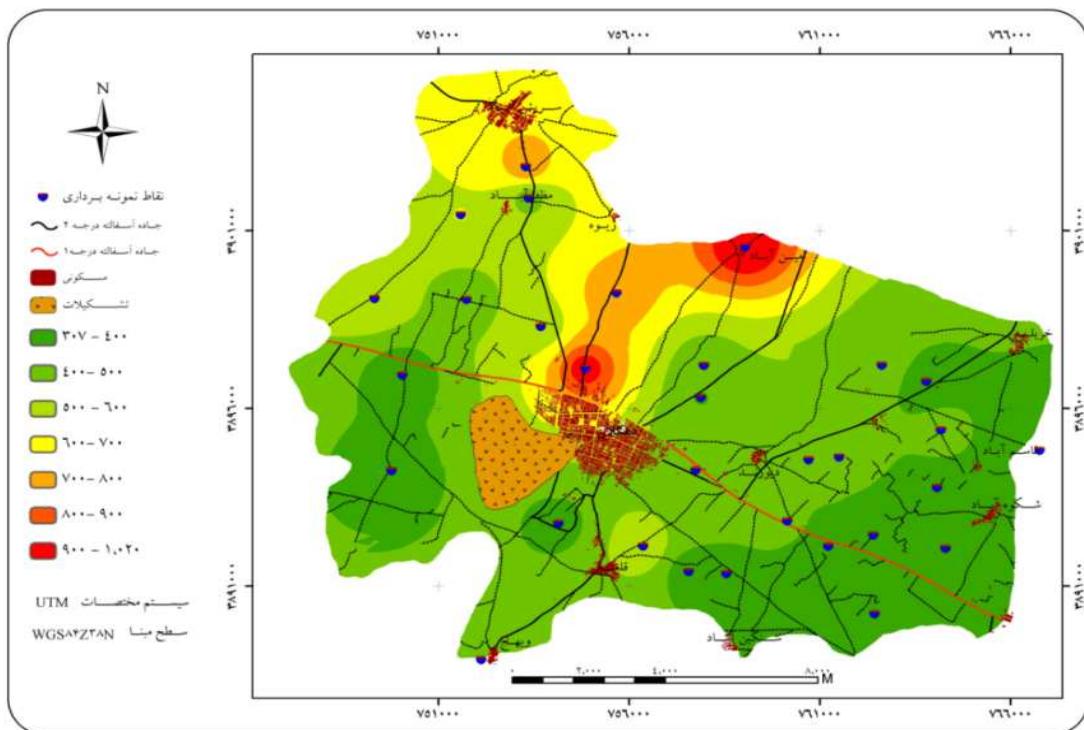


شکل ۱۰- نقشه وضعیت نیترات بر حسب ppm

روستای امین آباد واقع در بخش شمالی دشت می‌باشد. در این منطقه سطح ایستابی بالا و شبیب منطقه بین ۰-۲ درصد است. بنابراین بیشترین درصد پتانسیل آلودگی دشت مربوط به کلاس آسیب پذیری کم و کمترین آن مربوط به کلاس آسیب پذیری متوسط تا زیاد می‌باشد. همچنانی در لایه‌های محدوده اشباع و تغذیه خالص امتیاز نسبتاً بالایی را در مدل دراستیک به خود اختصاص داده است و میزان تغذیه بالا می‌باشد. بنابراین این منطقه دارای بالاترین میزان آسیب پذیری می‌باشد. تفسیر بصری مدل با لایه عمق تا سطح ایستابی نشان می‌دهد که نقشه عمق تا سطح ایستابی با میزان آسیب پذیری با مدل دراستیک مطابقت بالایی دارد بطوریکه مناطق با عمق کم دارای آسیب پذیری بالاتری هستند، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که عمق تا سطح ایستابی مهمترین پارامتر اثر گذار در تعیین آسیب پذیری آبهای زیرزمینی در دشت دهگلان است. در ضمن، نتایج تفسیر بصری نقشه نیترات و هدایت الکتریکی دشت دهگلان (شکل های ۱۰ و ۱۱) با نقشه نهایی مدل دراستیک تایید کننده دقت مدل می‌باشد.

نتایج و بحث

در این مقاله پنهانه بندی آسیب پذیری آب‌های زیرزمینی دشت دهگلان روی بون نیترات و EC (شوری) به عنوان شاخص آلودگی از منشأهای کشاورزی (کودهای ازته) و فاضلاب شهری در سیستم اطلاعات جغرافیایی انجام گرفت. سیستم اطلاعات جغرافیایی به دلیل قابلیت بالا در مدیریت حجم زیادی از داده‌های مکانی، محیط مناسبی را برای تحلیل پارامترهای دراستیک و تهییه نقشه آسیب پذیری فراهم کرد. هفت پارامتر دراستیک با استفاده از توابع موجود در محیط GIS ساخته و طبقه بندی شدند. شاخص آسیب پذیری که از ترکیب خطی وزنی (WLC)^۱ پارامترهای دراستیک به دست می‌آید، در محیط GIS برای کل منطقه بین ۴۱ و ۱۵۹ برآورد شد. براساس این مدل حدود ۷/۷۹ درصد دشت در کلاس‌های بدون خطر آلودگی، ۴۰/۹۲ درصد در کلاس خیلی کم، ۹/۶۶ حدود ۴۱/۶۱ درصد دشت در کلاس کم، ۰/۰۲ درصد در کلاس کم تا متوسط و تنها درصد سطح دشت در کلاس متوسط تا زیاد قرار می‌گیرد. کلاس متوسط تا زیاد منطبق بر



شکل ۱۱- نقشه وضعیت شوری (EC) برحسب .ppm

زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه که برای مقاصد مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، حفاظت این مناطق به منظور جلوگیری از آلودگی و مدیریت بهینه منابع آب ضروری است و مناطق با استعداد آلودگی بیشتر برای احداث مراکز صنعتی و یا کشاورزی با قابلیت آلوده سازی بالا مناسب نبوده و می‌توانند به سادگی آلوده شوند. نتایج این تحقیق با نتایج (۶، ۸، ۲۳، ۲۶ و ۲۷) هماهنگی و تطبیق دارد.

تشکر و قدر دانی

نویسنده‌گان از قسمت مطالعات پایه منابع آب شرکت سهامی آب منطقه‌ای کردستان که

نتایج آنالیز نمونه‌های آب در مورد نیترات و EC آبهای زیرزمینی با پیش‌بینی‌های مدل‌های مورد استفاده در تحقیق نشان می‌دهد که کودها، آفت‌کش‌ها و سموم کشاورزی که از محدوده ریشه و بطور کلی از دسترس ریشه گیاه خارج می‌شوند، در مناطق با آسیب پذیری بالا به سهولت به منابع آبهای زیرزمینی می‌رسند، لذا پیشنهاد می‌شود تا کشاورزان کود و سایر نهاده‌های مصرفی خود را صرفاً براساس انجام آزمایشات خاک و با توصیه کارشناسان مرتبط مصرف نمایند و از مصرف بی‌رویه کود توسط کشاورزان ممانعت بعمل آید. لذا با توجه به اهمیت منابع آب

نظام الدین محمودی تشکر می نمایند.

اطلاعات مورد نیاز این تحقیق را در اختیار قرار دادند و همچنین از جناب آقای مهندس

منابع

1. Ahamdi, A. and M. Abrumand. 2009. Investigation of contamination potential Khash plain Aquifer using GIS. Journal of Applied Geology. 1: 1-11.
2. Akhtari, Y., M. Chitsazan, N. Rahimi and M. Hoseini. 2006. GIS based on DRASTIC Model to Vulnerability Assessment in Zvircheri and Khoran Plain, 2nd Geomatica conference, National Geological Survey. 10 pp.
3. Al-Adamat, R.A.N., I.D.L. Foster and S.M.J. Baban. 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.
4. Aller, L., T. Bennet, J.H. Lehr, R.J. Petty and G. Hackett. 1987. DRASTIC: a standardized system for evaluation groundwater pollution potential using hydrogeological settings. EPA/600/2-87/035.US Enveronmental Protection Agency, Ada, OK, USA, 23: 82-91.
5. Almasri, M.N. 2008. Assessment of intrinsic vulnerability to contamination for Gaza coastal aquifer, Palestine, Journal of Environmental managent, 88: 577-593.
6. Asgharimoghadam, A., E. Fihani, A.A. Nadiri. 2010. Groundwater vulnerability Assessment using GIS-based DRASTIC model in the Bazargan and Poldasht Plain. Journal of Environmental Studies, 35(52): 55-64.
7. Azadshahraki, F.A., A. Aghasi, F. Azadshahraki and A. Zarei. 2010. Groundwater Vulnerability Potential Evaluation and Sensivity Analysis Hashtgerd Plain using DRASTIC model. Water and Waste Water. 2: 61-70.
8. Babiker, I.S.M., A.A. Mohamed, T. Hiyama and K. Kato. 2005. A GIS based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigara Heights, Gifu Prefecture, central japan, Sci., Total Environ, 345: 127-140.
9. Bagherzade, S., N. Kalantari, M. Moradzade, M.H. Rahimi, M. Fazeli and M.R. Keshavarzi. 2010. The Newest Method to Karst Aquifer Vulnerability Zoning Using RS and GIS Techinque: COP Method for Shimba Karst Aquifer. 2nd Geomatica conference, National Geological Survey. 10 pp.
10. Daly, D. and D. Drew. 1999. Irish methodologies for karst aquifer protection. In: Beek B (ed) Hydrology and engineering geology of sinkholes and karst aquifer. Balkema, Rotterdam, 267-272.
11. Derakhshani, R. and M. Alipur. 2010. Assessment of Groundwater Sensivity to Pollution Using GIS in Khatun Abad Plain. Journal of Applied geology. 14: 285-293.
12. El-Naqa, A., N. Hammouri and M. Kioso. 2006. GIS based evaluation of groundwater vulnerability in the Russeifa area. Jordan: Revista Mexicana de Ciencias Geologicas, 23(3): 277-287.
13. Foster, S.S. 1987. Fundamental concepts in aquifer Vulnerability, Pollution risk and protection strategy. In: Duijvenbooden W van, waegeningh HG van (eds) TNO

- Committee on Hydrological Research, the Hague .Vulnerability of soil and groundwater to pollutants, proceedings and information, 38: 69-86.
- 14. Gogu, R.C. and A. Dassargues. 2000. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index method. *Environmental Geology*, 39(6): 549-559.
 - 15. Hamaza, M.H., A. Added, A. Frances and R. Rodriguez. 2007. Validite de l'application des methods de vulnerabilite DRASTIC, SINTACS et SI a l'etude de la pollution par les nitrates dans la nappe phreatique de metalline-ras Jebel-Raf (Nord-East Tunisien). *Competes Rendus Geo Science*, 339: 493-505.
 - 16. Johansson, P.O., C. Scharp, T. Alveteig and A. Choza. 1999. Framework for groundwater protection-the Managua Groundwater System as an Example. *Groundwater*, 37(2): 204-213.
 - 17. Kalantari, N., M. Faryabi and M.H. Rahimi. 2008. Assessment of Groundwater Vulnerability with AVI Method and GOD and DRASTIC model by GIS. *Journal of Engineering Geology*. 2(2): 431-445.
 - 18. Kabera, T. and L. Zhaoxuri. 2008. A GIS based DRASTIC Model for Assessing Groundwater in Shallow Aquifer in Yuncheng Basin, Shanxi, China, *Research journal of Applied Science*, 3(3): 195-205.
 - 19. Katta, B., A.F. Walid and A.R. Al Charideh. 2010. Groundwater vulnerability assessment for the Banyas Catchment of the Syrian coastal area using GIS and the RISK method. *Jurnal of Environmental Management* 91: 1103-1110.
 - 20. Khodai, K., A.A. Shahsavari and B. Etebari. 2006. Joint Plain Aquifer Vulnerability Assessment Using GODS and DRASTIC Models. *Jouranal of Iran Geology*. 4: 73-87.
 - 21. Knodel, K., G. Lange and H.J. Voigt. 2007. *Environmental Geology, Handbook Field Methods and Case Studies*, Springer- Verlag, Berlin Heidelberg, 1357 pp.
 - 22. Lee, S. and S. Choi. 1997. Groundwater pollution susceptibility assessment of Younggwang area using GIS technique (in Korean). *Journal of Korean Society on Groundwater Environment*, 4(4): 223-230.
 - 23. Lynch, S.D., A.G. Reynders and R.E. Schulze. 1997. A DRASTIC approach to groundwater vulnerability in South Africa. *South African Journal of Science*. 93(2):59-60.
 - 24. Matakan, A.K., H.R. Naseri and Z. Ostadhshemi. 2008. Improvement in GIS based DRASTIC model using Statistical methods and Analytical hierarchy process Case study: Hamedan-Bahar Plain west of Iran. *Jouran of Applied Geology*, 4(3): 205-222.
 - 25. McCoy, K.J. 2002. Using ArcGIS spatial analyst, ESRI, 380 New York Street, Redlands, CA 92373-8100, USA., 178 pp.
 - 26. Motiee, H. 2009. *Acquaintance to Arc View-GIS*. Ab o Bargh University Press. 432 pp.
 - 27. Nobre, R.C.M., O.C. Rotunno Filho, W.J. Mansur, M.M.M. Nobre and C.A.N. Cosenza. 2007. Groundwater vulnerability and risk mapping using GIS, modeling and a fuzzy logic tool. *Journal of Contamination Hydrology*, 94: 277-292.
 - 28. Pathak, D.R. and A. Hiratsuka. 2011. An integrated GIS based fuzzy Pattern recognition model to comput groundwater vulnerability index for decision making. *Journal of Hydro-environment Research*, 5: 63-77.

29. Piscopo, G. 2001. Groundwater vulnerability map, explanatory notes, Castlereagh Catchment, NSW. Department of Land and Water Conservation, Australia. http://www.dlwc.nsw.gov.au/care/water/groundwater/reports/pdfs/castlereagh_map_no tes.pdf.
30. Plymale, C.L. and M.P. Angle. 2002. Groundwater pollution potential of Fulton County, Ohio, Ohio Department of Natural resources division of water, water resources section, Groundwater pollution potential report. 45: 722-730.
31. Report of Tehran Plain Groundwater Resource Study, Jamab Consulting Engineers. 23 pp.
32. Rushton, K.R. 2003. Groundwater Hydrology Conceptual and Computational. Models, John Wiley and Sons Ltd. 416 pp.
33. Shahid, S. and M.K. Hazarika. 2007. Geographic Information System for the Evaluation of Groundwater Pollution Vulnerability of the Northwestern Barind Tract of Bangladesh. Environmental Research Journal, 1(1-4): 27-34.
34. Shamsai, A. 1998. Flow Hydraulic in Porous Media: Groundwater Engineering. Two Vol. Amirkabir University Press. 560 pp.
35. Shukla, S., S. MOstaghimi, V.O. Shanholt, M.C. Collins and B.B. Ross. 2000. A county-level assessment of groundwater contamination by pesticides. Groundwater Monitor Rev 20(1): 104-119.
36. Soper, R.C. 2006. Groundwater vulnerability to agrochemicals: a GIS-based DRASTIC model analysis of Carolla, Chariton and Saline counties, Missouri, USA, M.Sc. thesis, University of Missouri-Columbia. 147 pp.
37. Van Stempvoort, D., L. Evert and L. Wassenaar. 1993. Aquifer Vulnerability index: a GIS compatible method for groundwater Vulnerability mapping. Canadian Water Resource journal, 18: 25-37.

Assessment of Groundwater Vulnerability Using a-GIS Based DRASTIC Model (Case Study: Dehgolan Plain, Kurdistan Province)

Kh. Khosravi¹, M. Habibnejad Roshan², K. Solaimani³ and Kh. Babaei⁴

1, 2 and 3- M.Sc. Student, Associate Professor and Professor of Sari Agriculture Science and Natural Resources University (Corresponding author: Khabat.khosravi@gmail.com)
4- M.Sc. Kurdistan Regional Water Company

Abstract

In spite of The uncontrolled exploitation of groundwater that has caused a sharp drop in water level, Agricultural, industrial and urban activities enter contaminant to various aquifers. Due to Dehgolan plain importance in water supply of industrial, drinking and agriculture, for the vulnerability assessment DRASTIC model was used. The DRASTIC model uses seven environmental parameters (Depth to water, net Recharge, Aquifer media, Soil media, Topography, Impact of vadose zone and hydraulic Conductivity) to characterize the hydrogeological setting and evaluate aquifer vulnerability. These factors were produced as 7 layers in Arc GIS 9.3 software and by Weighting, Rating and combination, final map of Groundwater vulnerability to pollution was provided 5 zones as: without risk of pollution, very low, low, low to moderate and moderate to high and finally DRASTIC Index ranging from 41 to 159 for all the case studies were estimated. Nitrate concentration and EC were used to validate the final map of vulnerability. Overlying these elements, concentration to the DRASTIC final map, illustrated that all point with high concentration stand in the high pollution zones and this result showed the acceptable accuracy of DRASTIC model. From point of area view, 7.79% of plain lies in without risk of pollution class, 40.92% of plain in very low class, 41.61% of plain in low class, 9.66% of plain in low to moderate class and only 0.02% of plain drops in moderate to high class.

Keywords: Vulnerability, DRASTIC model, Groundwater, Dehgolan Province