Archive of SID

پژوهش و فناوری محیط زیست، دوره دوم، شماره سه، پاییز و زمستان 96، صفحه‌ی 23-31

تحلیل آسیب‌پذیری منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از روش دراستیک و مقایسه آن با پارامتر نیترات در گیلان

هادی مدبری[1]
میرمسلم رهبر هاشمی[2*]
m.m.r.hashemi@gmail.com
مهدی عاشورنیا[2]

چکیده

توسعه صنعتی، کشاورزی و افزایش جمعیت در دهه‌های اخیر باعث استفاده روز افزون از مواد شیمیایی، کودها و افزایش ضایعات صنعتی در بخش‌های مختلف و در نتیجه آلودگی منابع آب خصوصا آب‌های زیرزمینی شده است. اعمال یک مدیریت مناسب بر منابع آب با تعیین مناطق آسیب‌پذیر به‌عنوان اولین راهکار می‌تواند مفید باشد. هدف این پژوهش ارزیابی آسیب‌پذیری در دشت مرکزی گیلان با مدل دراستیک بود. جهت شناسایی نواحی آسیب‌پذیر آبخوان دشت مرکزی گیلان در برابر آلودگی، از مدل مذکور استفاده و نقشه آسیب‌پذیری آبخوان تهیه شد. اصول مدل دراستیک بر پایه ترکیب هفت مولفه‌ی عمق تا سطح ایستابی، تغذیه خالص، محیط آبخوان، محیط خاک، توپوگرافی، محیط غیراشباع و هدایت هیدرولیکی است که پس از رتبه‌دهی؛ اعمال تاثیر وزنی به هر مولفه و ترکیب جبری هفت مولفه نتیجه نهایی معرف آسیب‌پذیری آبخوان خواهد بود. برای این کار ابتدا اطلاعات مربوط به هفت مولفه در آبخوان دشت مرکزی گیلان جمع آوری و پس از ورود به نرم افزار GIS نهایتا لایه‌های موردنیاز مدل تهیه گردید. سپس با استفاده از تکنیک‌های هم پوشانی و پس از اعمال ضرایب وزنی لازم بر هر لایه، نقشه نهایی آسیب‌پذیری منطقه تهیه گردید. نمایه حاصل از مدل دراستیک بین 182-82 برای آسیب‌پذیری ابخوان دشت مرکزی گیلان متغیر بود. در این دشت آسیب‌پذیری خیلی کم و آسیب‌پذیری خیلی زیاد مشاهده نشد. نقشه نهایی مدل دراستیک نشان داد که 48/64 درصد از منطقه دارای آسیب‌پذیری بالا و 50/55 درصد دارای آسیب‌پذیری متوسط و تنها مساحت کوچکی از دشت دارای آسیب‌پذیری کم می‌باشد. نتایج حاصل از همبستگی بین مولفه‌های مدل دراستیک و یون نیترات نشان داد که بیشترین همبستگی بین یون نیترات و مولفه‌ی عمق تا سطح ایستابی وجود دارد. میانگین غلظت نیترات در چاه‌های مورد مطالعه در دشت مرکزی گیلان برابر8/92 میلی‌گرم بر لیتر است.

واژه‌های کلیدی: شاخص دراستیک، آنالیز حساسیت، نیترات، GIS، گیلان

Groundwater vulnerability assessment using drastic method based on GIS in central plain of Guilan

Hadi Modabberi[1], Mir moslem Rahbarhashemi[2], Mehdi Ashornia[2]

1- PHD student, Imam Khomeini International University, ghazvin
2- Research deputy of Guilan branch of the Academic Center for Education

Abstract

Industrial and agricultural developments and the population of rural and communities led to excessive consumption of chemical detergents and fertilizers and increasing industrial wastwater which threaten water resources in last decades. Vulnerability of the water resources is a continuation of such trends. The first step in management of the groundwater resources is a determination of the vulnerable areas. The objective of this research was determin the vulnerability assessment of the central plain of Guilan using DRASTIC model. Principles of the model are based on overlaying of seven thematic maps of depth to water table, net recharges, aquifer media, soil media, topography, vados zone and hydraulic conductivity by considering appropriate weights and rates. The database was constructed by introducing the mentionec maps. Index of DRASTIC model for aquifer vulnerability of the central plain Guilan was ranged in 82-182. In this plain, there was not very much and very low vulnerability classes. The final map of DRASTIC model showed that % 48.64 of the area has high vulnerability and % 50.55 has medium vulnerability and only a small area of plain (% 0.81) has low vulnerability. Th estatistical summary of the DRASTIC model elements shows that the element of depth to groundwater table has the greatest impact on DRASTIC model. Also based on the map remove and single element sensitivity, depth to groundwater table is identified as the effective element in the central plain of Guilan. The results of the correlation between the elements of DRASTIC model and nitrate concenteration showed that there is the highest correlation between nitrate and depth to groundwater table. The average concentration of nitrates is 8.92 mg/lit in the wells studied at the Central Plains Guilan. In all wells studied, nitrate concentration was lower than the recommended level by US Environmental Protection Agency (45 mg/lit).

Keywords: Groundwater vulnerability assessment, drastic, nitrate, Gilan province

1- دانشجوی دکتری، دانشگاه بین المللی امام خمینی (ره)، قزوین
2- عضو هیات علمی گروه پایش منابع آب، جهاد دانشگاهی گیلان

www.SID.ir

Archive of SID

2- مقدمه

ورود بی‌رویه و کنترل نشده فاضلاب انسانی و صنعتی، پساب و زهاب‌های کشاورزی آغشته به کود و سموم شیمیایی، افزایش بهره‌برداری از آب شیرین در سراسر دنیا از عمده‌ترین دلایل کاهش کیفی و کمی این نعمت ارزشمند است. آلودگی آب بیشترین تاثیر را بر سلامت انسان داشته از این‌رو باید به سمتی حرکت شود که علاوه‌بر حفظ منابع فعلی از گزند بیشتر، به مدیریت پایدار و کارآمد روی آورد. به‌دلیل کاهش یا آلوده شدن آب‌های متعارف سطحی در چند دهه اخیر بیشتر نگرش‌ها به سمت آب‌های زیرزمینی معطوف گشته و بیشتر مناطق به لحاظ کیفی و کمی دچار نقصان‌هایی شده است. آب زیرزمینی به دلیل استعداد آلودگی کمتر و همچنین ظرفیت ذخیره زیاد نسبت به آبهای سطحی، به عنوان یک منبع مهم در منابع آب مورد توجه است (2). وجود منابع مهم آلاینده های نقطه ای و غیرنقطه ای ناشی از فعالیت های انسانی در سطح زمین و نفوذ آلاینده ها به آبخوان باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی می شود. به همین دلیل جلوگیری از آلودگی آب های زیرزمینی در مدیریت منابع آب زیرزمینی امری ضروری می‌باشد (5). یکی از راه های مناسب برای جلوگیری از آلودگی آب زیرزمینی، تعیین میزان آسیب‌پذیری آبخوان و سوق دادن تلاش‌های مدیریتی به سمت این مناطق جهت حفظ کیفیت آب است. آسیب‌پذیری آبخوان اغلب به‌عنوان یک ویژگی ذاتی از سیستم آب زیرزمینی تعریف می‌گردد که در یک ناحیه هم می‌تواند توسط انتقال عمودی آلودگی در ناحیه غیراشباع و هم انتقال افقی در ناحیه اشباع بیان گردد (6).

در این مقاله نقشه آسیب‌پذیری دشت گیلان با مدل دراستیک در محیط GIS تهیه شد. سپس آنالیز حساسیت برای مدل مذکور انجام گرفت و در نهایت بین داده‌های حاصل از مدل با داده‌های برداشت شده نیترات مقایسه‌ای صورت گرفت. اولین پروژه نیمه‌اتوماتیک با استفاده از مفهوم دراستیک و تکنیک GIS در دانشگاه کانزاس توسط وود و همکاران در سال 1993 انجام شده است. پاناگوپولوس و همکاران (2006) از مدل دراستیک برای ارزیابی خطر آلودگی آب های زیر زمینی ایالت تری فیلیا (Trifilia) در سواحل مدیترانه استفاده کرد. در این تحقیق از روش‌های ساده آماری و غلظت نیترات آب‌های زیرزمینی برای اصلاح مدل دراستیک استفاده شد. ضریب همبستگی روش اصلاح شده 33 درصد بیشتر از روش اولیه بود. دنی و همکاران (2007) با وارد کردن ویژگی‌های ساختاری سنگ بستر آبخوان‌های خرد شده تصحیحی بر روش دراستیک در مناطقی از کانادا ارائه دادند. نقشه زمین‌شناسی سنگ بستر، نقشه خاک، اطلاعات زمین‌شناسی، اطلاعات چاه‌های آب و داده‌های توپوگرافی در یک پایگاه داده وسیع GIS براساس مبانی مرسوم ارزیابی نمایه‌های دراستیک گردآوردی شدند. بوقریبا و همکاران (2010) برای بررسی آسیب‌پذیری آبخوان آنگد در کشور مراکش از مدل دراستیک در محیط نرم‌افزار GIS استفاده کردند. آن‌ها نقشه اصلاح شده دراستیک را که از مجموع شاخص دراستیک و نقشه‌های کوچک شبکه پایش به‌دست آمده را تهیه کردند که شامل دو طبقه‌بندی متوسط و زیاد می‌شود. سپس این نقشه را با نقشه‌ی کاربری اراضی ادغام کردند تا نقشه ریسک پتانسیل آلودگی به‌دست آید. نامبردگان بیان کردند که نقشه جدید تهیه شده شامل سه طبقه بندی متوسط، زیاد و خیلی زیاد می باشد. بابیکر و همکاران (2005) برای تعیین نقاط مستعد در برابر آلودگی ناشی از منابع انسانی در آبخوان کاکامیگاهارا (Kakamigahara) در ژاپن از مدل دراستیک در محیط GIS استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که بخش غربی آبخوان مورد مطالعه در رده‌بندی آسیب‌پذیری بالا و بخش شرقی آبخوان در رده‌بندی متوسط قرار می‌گیرد. نقشه آسیب‌پذیری نهایی این آبخوان نشان می‌دهد که خطر بالای آلودگی در بخش شرقی آبخوان تحت تاثیر کشاورزی و زراعت وجود دارد. آن‌ها همچنین به این موضوع پی بردند که مولفه ی تغذیه خالص بیشترین تاثیر را بر روی آسیب‌پذیری آبخوان داشته، به‌دنبال آن محیط خاک، توپوگرافی، ناحیه وادوز و هدایت هیدرولیکی در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند. در کشور ایران که متوسط بارندگی سالیانه حدود یک سوم متوسط جهانی است (1). مشکلات آب جدی و بحرانی بوده و کاهش همین منابع اندک نیز بر بحرانی‌تر شدن موضوع افزوده است. منطقه شمالی کشور ایران (گیلان و مازندران) که جزء پرباران‌ترین استان‌ها شناخته می‌شوند نسبت به استان‌های مرکزی و در سال‌های اخیر به قدری بوده که آسیب‌شناسی و پهنه‌بندی آسیب‌ها را غیرقابل انکار می‌نماید. هدف از تحقیق حاضر تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری و ارایه گزینه‌های مدیریتی مناسب برای حفاظت آبخوان دشت گیلان به‌دلیل داشتن موقعیت ویژه قطب کشاورزی و توریسم می‌باشد. از این نظر، جهت حصول نتایج دقیق‌تر ضرورت دارد تا با ارایه یک روش‌شناسی مناسب، مدل دراستیک برای شرایط بومی منطقه اصلاح گردد.

2- مواد و روش‌ها

2-1- روش دراستیک

عبارت DRASTIC مخفف پارامترهایی است که در یک سیستم هیدرولوژیکی کنترل‌کننده آلودگی آب زیرزمینی است. مدل نامبرده یک مدل تجربی و استاندارد برای ارزیابی آسیب‌پذیری آب زیرزمینی با استفاده از فاکتورهای هیدرولوژیکی است. این مدل اولین‌بار در آژانس حفاظت خاک آمریکا برای برآورد آسیب‌پذیری آب زیرزمینی در یک مقیاس

www.SID.ir

Archive of SID

ناحیه‌ای تهیه شد (8). این روش همراه با خطر آلاینده به تجزیه و تحلیل می‌پردازد. هدف نهایی برآورد آسیب‌پذیری با استفاده از 7 پارامتر هیدرولوژیکی و تهیه نقشه مناطق از لحاظ آسیب‌پذیری است .این مدل به‌طور گسترده در اکثر کشورهای جهان مورد استفاده قرار می گیرد چرا که ورودی‌های مورد استفاده برای کاربرد این مدل به‌طور کلی موجود و یا تهیه آن آسان است.

2-2- پارامترهای روش دراستیک

دراستیک مخفف کلمات هفتگانه زیر است:

1. عمق آب زیرزمینی (D): عمق آب شامل ضخامتی از زمین است که آلاینده قبل از رسیدن به سطح آب زیر زمینی باید طی کند. با توجه به این که این عمق برابر با وزن غیر اشباع بوده و در این بخش تقابل بین مواد آلاینده و مواد زیر سطحی وجود دارد از اهمیت بسزایی برخوردار است. هر چه این عمق زیاد باشد زمان بیشتری طول می کشد تا مواد آلاینده به سطح آب زیر زمینی برسد. در نتیجه عوامل کاهش‌دهنده آلودگی از قبیل تجزیه شیمیایی ، جذب، پخش و غیره فرصت بیشتری برای رقیق کردن و کاهش آلودگی دارند.

2. تغذیه خالص (R): تغذیه مقدار آبی است که از سطح زمین نفوذ کرده و به سطح ایستابی می‌رسد. بنابر این تغذیه یک پارامتر حائز اهمیت برای نفوذ و انتقال مواد آلاینده به منطقه اشباع است. تغذیه آب موجب می شود تا آلوده کننده ه‌بصورت عمودی انتقال یافته و به سطح ایستابی برسد و به‌صورت افقی در آبخوان حرکت کند. همچنین این پارامتر حجم آبی را که موجب پخش و رقیق‌سازی آلاینده در بخش اشباع و غیراشباع می‌گردد را کنترل می‌کند. معمولا هر قدر میزان تغذیه بالاتر باشد پتانسیل آلودگی آب زیر زمینی در آن منطقه بیشتر است. عوامل متعددی بر میزان تغذیه تاثیر می‌گذارد که می‌توان مانند نفوذپذیری خاک ، مقدار بارندگی و شیب را در نظر گرفت.

3. محیط آبخوان (A): به بخشی از سفره گفته می‌شود که تمام تخلخل آن از آب، اشباع باشد و توانایی ذخیره و انتقال آب را داشته باشد. اندازه ذرات و میزان سخت شدگی و سیمانی شدن آنها از فاکتورهای بسیار مهم است، چون بر میزان انتقال مواد آلاینده در داخل سفره تاثیر می گذارد. البته مواد سفره با تاثیرگذاری بر روی هدایت هیدرولیکی باعث افزایش یا کاهش میزان سرعت آلاینده می‌شوند. نرخ حرکت آب زیرزمینی وابسته به نفوذپذیری واحدهای تشکیل‌دهنده منطقه اشباع است که خود متاثر از میزان تخلخل، اندازه ذرات، میزان سخت‌شدگی و پیچ و خم مسیر حرکت است. این عوامل تعیین‌کننده طول مسیر حرکت آب زیرزمینی است که در تعیین زمان برای فرآیندهایی که در کاهش آلودگی نظیر جذب، واکنش شیمیایی و پخش دارند از اهمیت بسزایی برخوردار است

4. محیط خاک (S): خاک به‌عنوان اولین لایه که در برابر آلوده کننده ها قرار می گیرد دارای اهمیت بوده و تاثیر بسیار مهمی در تغذیه دارد. پتانسیل آلودگی خاک به خصوصیاتی مانند بافت، نفوذپذیری، درصد مواد آلی و ضخامت خاک بستگی دارد. بافت خاک در ارتباط با ذرات ماسه ، سیلت و رس می باشد. در خاک های ماسه ای درشت دانه حرکت آب سریع تر است و در نتیجه خاک توانایی کمتری جهت جذب مواد شیمیایی توسط مواد آلی خود را دارد. نفوذپذیری بالای آب سبب افزایش میزان نشت مواد آلاینده به داخل سفره می‌شود. درصد مواد آلی بر توانایی خاک در نگهداری و جذب مواد آلاینده تاثیر دارد. ضخامت خاک نیز بر کاهش اثر آلودگی تاثیر دارد. هرقدر ضخامت خاک بیشتر باشد فرآیندهای کاهش آلودگی فرصت بیشتری برای کاهش مواد آلاینده در خاک را دارا خواهند بود. به‌طور کلی می‌توان گفت خاک‌هایی با بافت ریزدانه و نفوذپذیری کم و درصد بالای رس، پتانسیل کمی جهت آلودگی آب زیر زمینی ایجاد می‌کنند.

5. توپوگرافی (T): منظور از توپوگرافی شیب سطح زمین است. شیب بر جریان آلودگی تاثیر می‌گذارد و با تاثیر بر حرکت آب و گسترش خاک در منطقه مرتبط است. به‌طور کلی شیب‌های بین 0 تا 2 درصد بیشترین پتانسیل برای نفوذ آلودگی و شیب‌های بالای 80 درصد کمترین پتانسیل را دارا می‌باشد.

6. تاثیر ناحیه غیراشباع (I): این لایه از قسمت زیرین لایه خاک تا سطح ایستابی امتداد دارد. لایه غیراشباع مشابه لایه خاک با تاثیر بر مواد آلوده کننده بر میزان پتانسیل آسیب‌پذیری تاثیر می‌گذارد و میزان آن به خصوصیات محیط و نفوذ پذیری مواد تشکیل دهنده بستگی دارد. اکثر فرآیندهای شیمیایی و فیزیکی به‌طور قوی از عمق تاثیر می گیرند. به این صورت که هرچه عمق بیشتر باشد این فرآیندها زمان بیشتری جهت کاهش آلودگی داشته، در نتیجه پتانسیل با افزایش عمق کاهش می یابد. همچنین عمل تصفیه و پخش مواد آلاینده بطور مشخصی وابسته به خصوصیاتی فیزیکی محیط می‌باشد. این فاکتور نسبت به فاکتور های دیگر کمتر سنجیده می‌شود، چون به‌دست آوردن اطلاعات در مورد این فاکتور هم مشکل و هم گران است. حفاری اکتشافی، گمانه‌های مشاهده‌ای و مشاهدات و اندازه‌گیری‌های صحرایی و آزمایشگاهی برای تخمین زون اشباع مناسب است. این روش‌های تخمین اکثراً با یک آشفتگی همراه هستند، چون این روش‌ها بر جریان طبیعی آب و مشاهدات و اندازه‌گیری‌ها و خصوصیات آن تاثیر می‌گذارند.

7. ضریب هدایت هیدرولیکی (C): میزان هدایت هیدرولیکی یک سفره، گنجایش تحرک‌پذیری آب زیرزمینی داخل محیط اشباع را نشان می‌دهد. بنابراین پتانسیل تحرک‌پذیری مواد آلاینده حمل شده توسط آب زیرزمینی تقریبا برابر با هدایت

www.SID.ir

Archive of SID

هیدرولیکی سفره می‌باشد. هدایت هیدرولیکی به مقادیر خلل و فرج، شکستگی‌ها، درزه‌ها و تخلخل بین دانه‌ای وابسته است. این پارامتر حرکت آلاینده و پخش آن را از نقطه نفوذ تا رسیدن به منطقه اشباع کنترل می‌کند. به همین خاطر در نقاطی که دارای هدایت هیدرولیکی بالایی هستند پتانسیل آلودگی بیشتری ایجاد می‌شود.

2-3- طریقه به‌دست آوردن شاخص آسیب‌پذیری دراستیک

به هریک از پارامترها براساس موقعیت قرارگیری آن‌ها در محدوده‌ها ارزشی بین 1 تا 10 نسبت داده شده است. تعیین شاخص دراستیک برای هر منطقه شامل هر رتبه در وزن هر پارامتر و ارزش به‌دست آمده برای هر سلول است. با جمع کردن ارزش‌های به‌دست آمده برای هر پارامتر این شاخص به‌دست آمد. شاخص به‌دست آمده نشان‌دهنده حساسیت‌پذیری بالا و ارزش پایین نشان‌دهنده حساسیت‌پذیری پایین آب زیرزمینی نسبت به آلودگی است. این شاخص با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد. در این رابطه r رتبه و W وزن هر پارامتر است. جدول 1، محدوده آسیب‌پذیری آبخوان را نشان می‌دهد.

$$I_d=D_rD_w+A_rA_w+S_rS_w+T_rT_w+C_rC_w+R_rR_w+I_rI_w$$

معادله (1)

2-4- وزن‌دهی و ارزش‌گذاری پارامترها دراستیک

در تعیین شاخص آسیب‌پذیری به روش دراستیک از روش ارزش‌گذاری و وزن‌دهی استفاده شد. در این مدل برای برآورد شاخص دراستیک از سه عامل وزن‌دهی، محدوده‌ها و ارزش ها استفاده گردید. براساس درجه اهمیت آن در برآورد آسیب‌پذیری و برای متعدد کردن مدل وزنی معادل 1 تا 5 به هر پارامتر داده شد. به پارامترهایی که دارای بیشترین اهمیت باشند وزن 5 و به کمترین آن‌ها ارزش 1 داده می‌شود. جدول 2 پارمترهای موثر در مدل دراستیک و وزن‌های مربوط به هر پارامتر را نشان می‌دهد. محدوده پارامترها بالاترین و پایین‌ترین محدوده‌های عددی و انواع محیط‌های مهم و موثر در حوضه موردنظر و براساس اثر آن‌ها بر پتانسیل آلودگی تعیین می‌شوند. رتبه‌دهی هر یک از این پارامترها براساس موقعیت پارامترهای مذکور در این محدوده‌ها می‌باشد.

جدول 1. محدوده آسیب‌پذیری آبخوان

محدوده آسیب‌پذیری	آسیب‌پذیری
< 46	ناچیز و قابل صرف‌نظر
47-92	کم
93-136	متوسط
137-184	زیاد
> 185	خیلی زیاد

جدول 2. رتبه و وزن پارامترهای روش دراستیک

محیط خاک		مواد تشکیل‌دهنده ناحیه غیراشباع		محیط آبخوان		هدایت هیدرولیکی (متر بر روز)		توپوگرافی (درصد)		تغذیه (میلی متر)		عمق آب (متر)	
ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه	ضریب	دامنه
10	نازک بدون خاک	1	لایه محصور کننده	2	شیل توده‌ای	1	4-0,4	10	0-2	1	0-5	10	0 -1,5
10	شن	3	سیلت/رس	3	دگرگونی	2	12-4	9	2-6	3	5-10	9	1,5-4,6
9	ماسه	3	شیل	4	دگرگونی هوازده	4	12-28	5	6-12	6	18 10-18	7	4,6-9,1
8	پیت	6	سنگ آهک	5	آبرفت	6	28-40	3	12-18	8		5	9,1-15,2
7	رس-ترک خورده	6	ماسه سنگ	6	ماسه سنگ اهک	8	40-80	1	> 18	9	> 25	3	15,2-22,8
6	لوم ماسه ای	6	شیل	6	توده سنگ اهک	10	> 80					2	22,8-30,4
5	لوم	6	شن و ماسه و رس	6	توده ماسه سنگ							1	> 30,4
4	لوم سیلتی	4	دگرگونی	8	شن و ماسه								
3	لوم رسی	8	شن و ماسه	9	بازالت								
2	لجن و لای	9	بازالت	10	سنگ اهک کارستی								
1	رس سخت	10	سنگ اهک کارستی										
وزن:2		وزن: 5		وزن: 3		وزن: 3		وزن: 1		وزن: 4		وزن: 5	

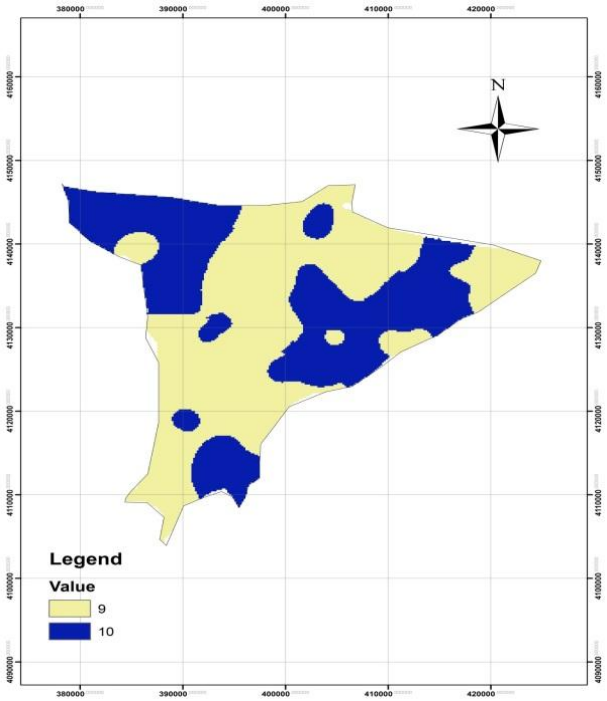
www.SID.ir

Archive of SID

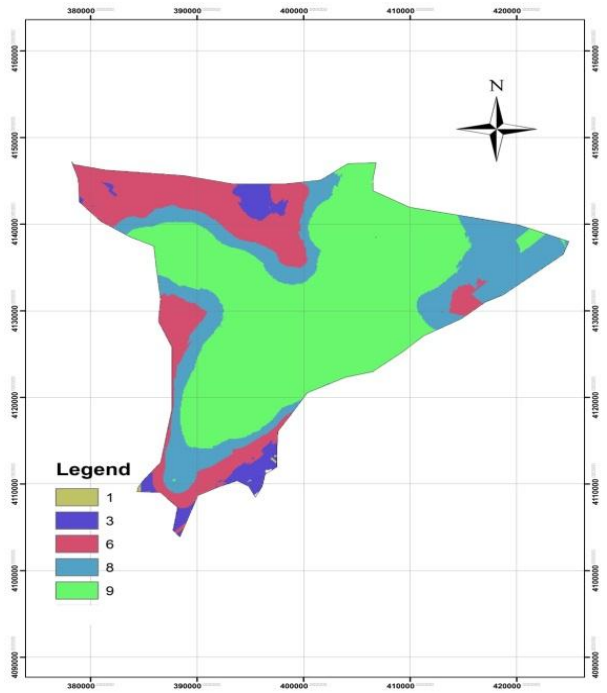
3- نتایج و بحث

3-1- عمق سطح ایستابی

نقشه لایه‌بندی عمق تا سطح ایستابی در دشت مرکـزی گـیلان براساس مدل دراستیک در شکل 1 نشان داده شده است. فاصله عمق تا سطح ایستابی 4/5 متر در قسمت‌های مرکزی تا کمتـر از 1 متر در در نواحی شمال غربی و قسمت شرقی دشت متغیر است. آبخوان دشت مرکزی را می‌توان به 2 زون تقسیم کرد که با دو رنگ مختلف در نقشه نشان داده شده است. زون زرد رنگ که بخش وسیعی از مرکز و قسمتهای شمالی و جنوبی دشت را شامل می شود و عمق سطح ایسـتابی در محـدوده 1/5 تـا 4/5 متر بوده و در مدل دراستیک دارای رتبه‌بندی 9 می‌باشد و زون آبی رنگ که قسمت‌های شمال غربـی، شـمال شـرقی، شـرق و نواحی کوچکی از مرکز و شمال دشت را شامل می‌شود و دارای سطح ایستابی بین 0 تا 1/5 متر می‌باشد که در مدل دراستیک دارای رتبه‌بندی 10 می‌باشد.



شکل 1. ارزش گذاری عمق سطح ایستابی



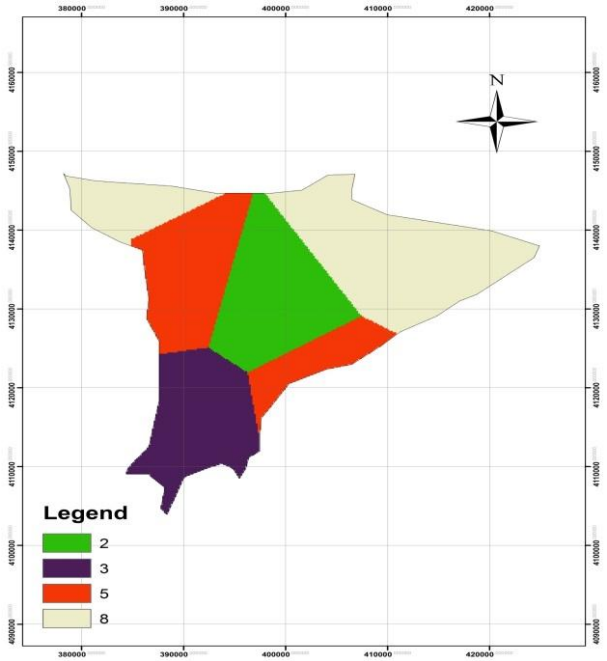
شکل 2. ارزش گذاری تغذیه خالص

www.SID.ir

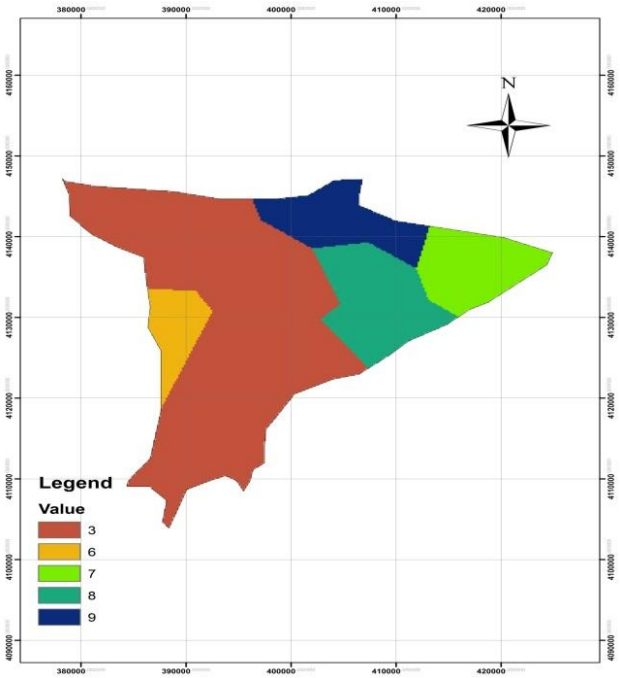
Archive of SID

3-3- محیط آبخوان

با استفاده از اطلاعات به‌دست آمده از حفاری‌های اکتشافی و همچنین مطالعات ژئوفیزیک دشت، نقشه محیط آبخوان دشت مرکزی در شکل 3 نشان داده شد. آبخوان دشت از نظر محیط ابخوان به 4 زون که با رنگهای مختلف نشان داده شده، تقسیم شد. زون طوسی رنگ که شامل بخش‌های شمالی، شما غربی و شرق بوده و از دانه‌های رسوبات متوسط دانه تا گراول درشت دانه و بخش عمده‌ای ترکیب رسوبی تشکیل شده است. براساس مدل دراستیک رتبه 8 به این بخش ها اختصاص داده شد. زون قرمز رنگ شامل بخش‌هایی از شمال و غرب دشت بوده که حاوی رسوبات یخچالی بوده و در مدل دراستیک رتبه 5 به این بخش‌ها اختصاص داده شد. زون سبز رنگ، شامل بخش‌هایی از شمال و مرکز دشت و از جنس شیل‌های توده بوده و در مدل دراستیک دارای رتبه‌بندی 2 شد. درنهایت زون آبی رنگ شامل قسمت‌های جنوبی و جنوب غربی آبخوان که حاوی سازندهای آذرین و دگرگونی بوده و در مدل دراستیک رتبه 3 به این بخش‌ها اختصاص داده شد.



شکل 3. ارزش گذاری محیط آبخوان



شکل 4. ارزش گذاری محیط خاک

www.SID.ir

Archive of SID

3-5- توپوگرافی

نقشه نرخ بندی توپوگرافی دشت مرکزی گیلان براساس مدل دراستیک در شکل 5 نشان داده شد. تقریبا کل منطقه مورد مطالعه به استثنای ناحیه کوچکی در قسمت جنوبی دشت که دارای شیب 2 تا 6 درصد می باشد و با رنگ آبی و رتبه 9 در نقشه نشان داده شده است، دارای شیب کمتر از 2 درصد بوده که در مدل دراستیک با رتبه 10 مشخص شد. بنابراین و به‌طور میزان شیب در دشت کم بوده و این عامل پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی را افزایش می‌دهد.

3-6- بخش غیراشباع

با توجه به مطالعات هیدرولوژی منطقه و براساس لاگ‌های چاه های موجود، رسوبات ناحیه‌ی غیراشباع (وادوز) در آبخوان دارای تنوع می باشد. نقشه لایه‌بندی ناحیه وادوز مورد استفاده در مدل در شکل 6 نشان داده شد. براساس این نقشه 3 زون در دشت مرکزی قابل مشاهده بود. زون قرمز رنگ شامل بخش‌های غربی و مرکزی دشت متشکل از ماسه، گراول با بخش مهمی از سیلت و رس است. رتبه‌بندی تیپیک اختصاص یافته به این مناطق 6 بود. زون زردرنگ، شامل بخش‌های شمال غربی، بخشی از مرکز، جنوب و شرق دشت دارای وسعت بیشتری بوده و حاوی بافت ریزتر شامل سیلت رس و شیل بوده و رتبه اختصاص یافته به این مناطق 3 بود. همچنین زون آبی رنگ که شامل بخش هایی از شمال، شمال شرق و قسمت‌های از شرق دشت مرکزی گیلان بوده و متشکل از شن و ماسه و دارای رتبه‌بندی 8 در مدل دراستیک می‌باشد.

3-7- هدایت هیدرولیکی

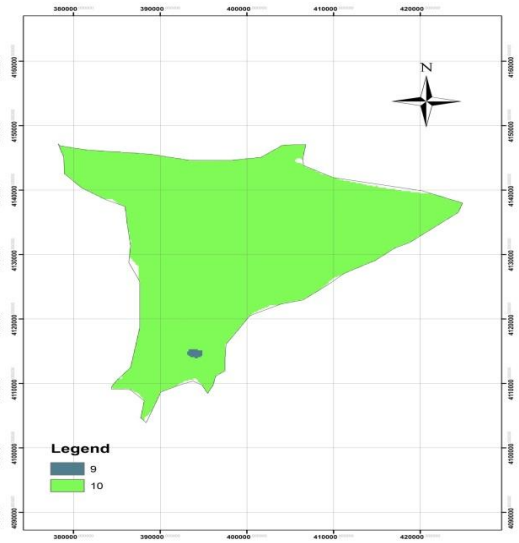
شکل 7 نقشه نرخ گذاری شده هدایت هیدرولیکی را نشان می دهد. با توجه به شکل 4 ناحیه مشخص در دشت تقسیم بندی گردید. ناحیه اول دارای کمترین هدایت هیدرولیکی (کمتر از 5/5 متر در روز) با رنگ بنفش شامل بخش‌هایی از شمال، شمال غرب، و غرب و جنوب دشت که براساس نرخ‌گذاری مدل دراستیک کمترین نرخ آسیب‌پذیری 1 به این بخش‌ها اختصاص داده شد. ناحیه دوم یا زون سبز رنگ که قسمت عمده دشت مرکزی که دارای هدایت هیدرولیکی بین 15- 5 متر بر روز را شامل شده و با رتبه 2 مشخص شد. ناحیه سوم، زون آبی رنگ که شامل بخش‌های مرکزی دشت مرکزی گیلان بوده و دارای هدایت هیدرولیکی 35- 15متر در روز بوده و براساس نرخ گذاری مدل دراستیک رتبه 4 به این بخشها اختصاص داده شد. ناحیه آخر، زون زرد رنگ که وسعت کوچکی در قسمت شمال شرقی دشت مرکزی گیلان داشته و دارای هدایت هیدرولیکی 50- 35 متر در روز بوده و براساس نرخ‌گذاری مدل دراستیک دارای رتبه 6 و میزان انتقال بالای آلودگی بود.

3-8- محاسبه شاخص آسیب‌پذیری شاخص دراستیک

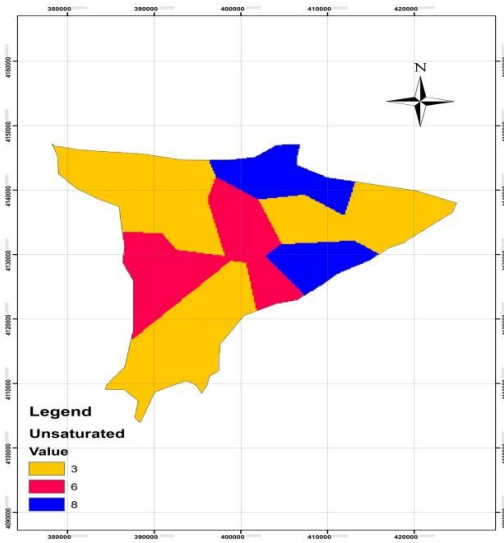
شکل 8 نقشه شاخص دراستیک و شکل 9 نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت براساس مدل دراستیک بوده که از هم‌پوشانی هفت مولفه یاد شده به‌دست آمد. براساس گروه‌بندی آسیب‌پذیری در مدل دراستیک، منطقه موردنظر در سه کلاس آسیب‌پذیری مطابق جدول 3 قرار گرفت.

جدول 3- مساحت و درصد محدوده های آسیب‌پذیری در دشت مرکزی گیلان براساس مدل دراستیک

کلاس آسیب‌پذیری	شاخص دراستیک	مساحت (km2)	درصد مساحت
آسیب‌پذیری کم	47-92	6/90	0/81
آسیب‌پذیری متوسط	93-136	430/90	50/55
آسیب‌پذیری زیاد	137-184	414/60	48/64
جمع کل	-	852/40	100



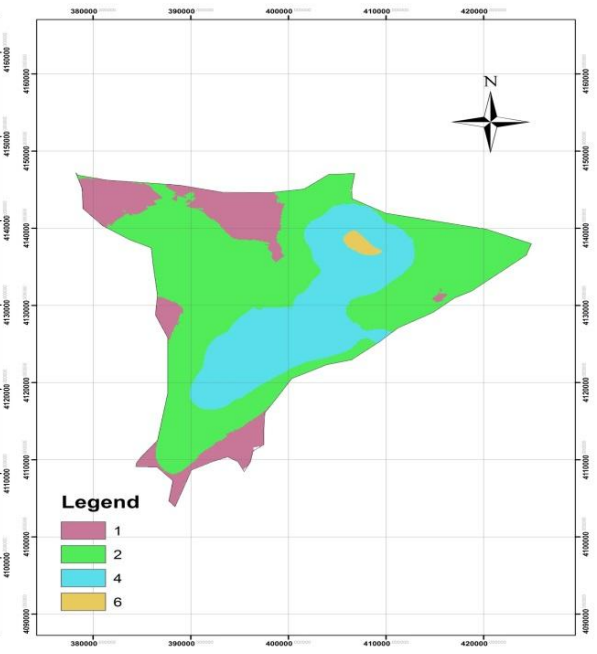
شکل5. ارزش گذاری توپوگرافی



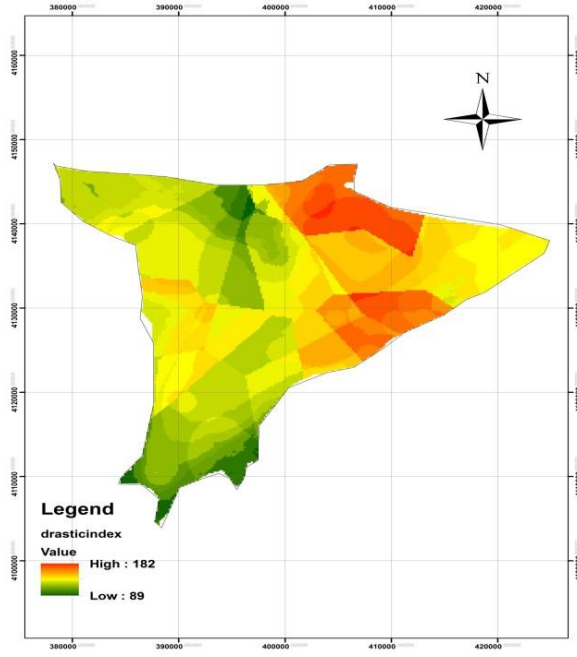
شکل 6. ارزش گذاری ناحیه غیراشباع

www.SID.ir

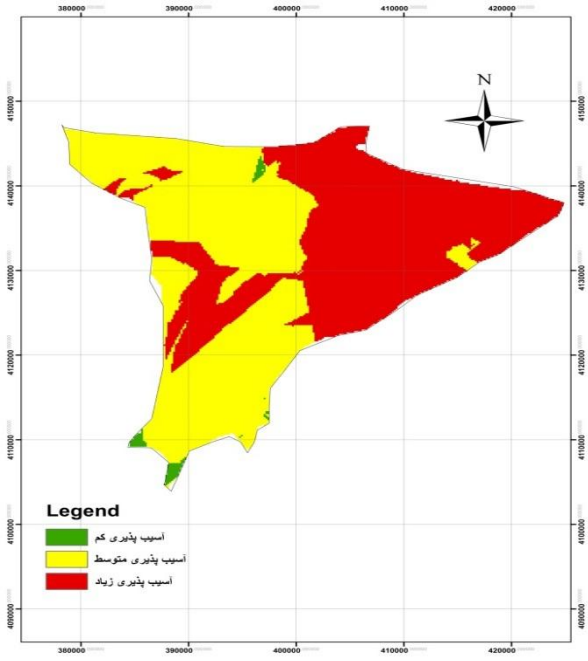
Archive of SID



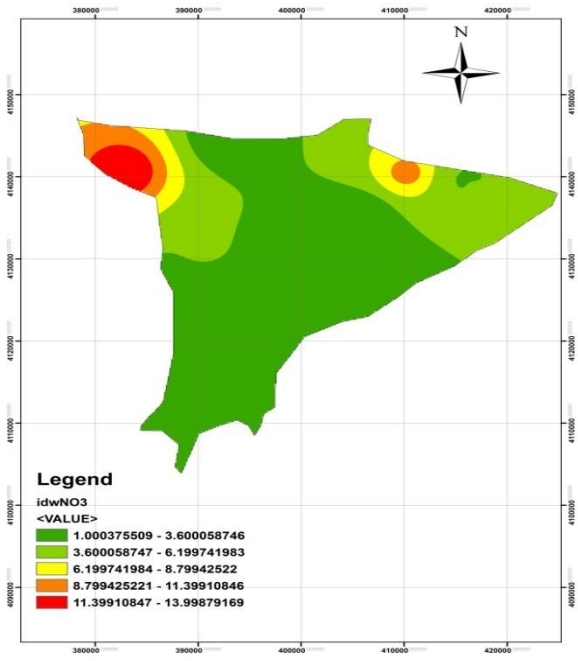
شکل7. ارزش گذاری هدایت هیدرولیکی



شکل 8. شاخص آسیب‌پذیری منطقه



شکل9. پهنه بندی آسیب‌پذیری آبخوان



شکل 10. نقشه هم غلظت نیترات

براساس این نقشه‌ها شاخص دراستیک بین 182-89 متغیر بود. نقشه نشان‌دهنده وسعت زیاد مناطق دارای آسیب‌پذیری بالا (48/64 درصد) و مناطق دارای آسیب‌پذیری متوسط (50/55 درصد) در منطقه بود. با توجه به نقشه نواحی شمال شرقی، شرق و قسمت‌هایی از مرکز دشت دارای پتاسیل آسیب‌پذیری بالا در برابر آلاینده ها و آب‌های آلوده بودند و تنها مساحت کوچکی از دشت (0/81 درصد) دارای آسیب‌پذیری کم می‌باشد. دلیل آسیب‌پذیری بیشتر احتمالا بالا بودن سطح ایستابی، شیب کم منطقه، نرخ تغذیه بالا، و درشت بودن رسوبات در ناحیه وادوز و ناحیه اشباع می‌باشد.

4- نتیجه‌گیری

وجود منابع مهم آلاینده نقطه‌ای و غیرنقطه‌ای ناشی از فعالیت‌های انسانی در سطح زمین و نفوذ آلاینده‌ها به آبخوان باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌شود. به همین دلیل، جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی در مدیریت منابع آب زیرزمینی امری ضروری می‌باشد. یکی از راه‌های مناسب برای

www.SID.ir

Archive of SID

جلوگیری از آلودگی آب زیرزمینی، تعیین میزان آسیب‌پذیری آبخوان و سوق دادن تلاش های مدیریتی به سمت این مناطق جهت حفظ کیفیت آب است. لذا در این تحقیق، با استفاده از مدل دراستیک به شناسایی نواحی آسیب‌پذیر آبخوان دشت مرکزی گیلان پرداخته شد. این مدل در محیط GIS اجرا شد. برای صحت‌سنجی نتایج مدل، میزان نیترات نمونه‌های آب برداشت شده از تعدادی از چاه های موجود در دشت اندازه گیری شد. نمایه حاصل از مدل دراستیک بین 182-82 برای آسیب‌پذیری ابخوان دشت مرکزی گیلان متغیر بود. در این دشت آسیب‌پذیری خیلی کم و آسیب‌پذیری خیلی زیاد مشاهده نگردید. نقشه نهایی مدل دراستیک نشان داد که وسعت زیادی از منطقه دارای آسیب‌پذیری بالا (48/64 درصد) و 50/55 درصد منطقه دارای آسیب‌پذیری متوسط و تنها مساحت کوچکی از دشت (0/81 درصد) دارای آسیب‌پذیری کم می‌باشد. از شاخص آسیب‌پذیری می‌توان برای تصمیم‌گیری در مورد مدیریت اراضی، کاربرد کود، جایابی صنایع و شبیه آن استفاده کرد. براساس نقشه نهایی آسیب‌پذیری می‌توان گفت گسترش صنایع و فعالیتهای کشاورزی با توجه به پتانسیل بالای منطقه برای آسیب‌پذیری باید با مدیریت و دقت زیاد صورت گیرد. خلاصه آماری مولفه‌های مدل دراستیک نشان داد که مولفه فاصله عمق تا سطح ایستابی بیشترین تاثیر را بر مدل دراستیک دارد. همچنین براساس حساسیت حذف نقشه و تک مولفه‌ای، فاصله عمق تا سطح ایستابی به عنوان موثرترین مولفه در دشت مرکزی گیلان شناسایی شد. نتایج حاصل از همبستگی بین مولفه‌های مدل دراستیک و یون نیترات نشان داد که بیشترین همبستگی بین یون نیترات و مولفه‌ی عمق تا سطح ایستابی وجود دارد. بنابراین در صورت توسعه کشاورزی، ایجاد صنعت و یا هر گونه فعالیت خطرساز در دشت مرکزی گیلان، مولفه عمق تا سطح ایستابی باید بیش از سایر مولفه‌ها مورد توجه قرار گیرد و برنامه‌ریزی‌های مربوطه با تاکید بر تاثیر بیشتر این مولفه انجام شود.

5- فهرست منابع

1. کردوانی، پ.، 1383، منابع و مسائل آب در ایران. موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، 545 صفحه.
2. Babiker, I.S., Mohamed, A.A., Mohamed, H.T. and Kato, K., 2005. A GIS-based DRASTIC model for assessing aquifer vulnerability in Kakamigahara Heights, Gifu Prefecture, central workshop on vulnerability assessment. Journal of Geology and Geophysics., 14(2&3): 1147-1154.
3. Boughriba, M., Barkaoui, A., Zarhloule, Y., Lahmer, Z., El Houadi, B. and Verdoya, M., 2010. Groundwater vulnerability and risk mapping of the Angad transboundary aquifer using DRASTIC index method in GIS environment. Arabian Journal of Geosciences., 3:207–220.
4. Denny, S.C., Allen, D.M. and Journeay, J.M., 2007. DRASTIC-Fm: a modified vulnerability mapping method for structurally controlled aquifers in the southern Gulf Island, British Colombia, Canada. Hydrogeology journal., 15: 483-493.
5. Fritch, T.G., McKnight, C.L., Yelderman, J.C. and Arnold, J.C., 2000. Aquifer vulnerability assessment of the Paluxy aquifer, central Texas, USA, using GIS and modified DRASTIC approach. Journal of Environmental Management., 25: 337-345.
6. Gogu, R.C. and Dassargues, A., 2000. Current trends and future challenge in groundwater vulnerability assessment, using overlay and index methods. Journal of Environmental Geology., 39: 549-558.
7. Panagopoulos, G.p., Antonakos, A.K. and Lambrakis, N.J., 2006. Optimization of the DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment via the use of simple statistical methods and GIS. Hydrogeology Journal., 14: 894-911.
8. Thirumalaivasan, D., Karmegam, M. and Venugopal, K., 2001. AHP- DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS. Environmental Modeling and Software., 18: 645-656.
9. Van Stempvoot, D., Evert, L. and Wassenaar, L., 1993. Aquifer vulnerability indexL a GIS compatible method for groundwater vulnerability mapping. Journal Water Resources., 18: 25-37.

www.SID.ir