Archive of SID

پژوهش و فناوری محیط زیست، دوره سوم، شماره چهار، بهار و تابستان 97، صفحه‌ی 21-30

تحلیل آسیب‌پذیری منابع آب زیرزمینی و آنالیز حساسیت مدل دراستیک با استفاده از روش‌های حذف نقشه و تک مولفه‌ای با استفاده از تکنیک مونت‌کارلو

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

چکیده

اعمال یک مدیریت مناسب بر منابع آب با تعیین مناطق آسیب پذیر به عنوان 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 کارابتدا اطلاعات مربوط به هفت مولفه در آبخوان دشت مرکزی گیلان جمع آوری و پس از ورود به نرم‌افزار 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. نقشه نهایی مدل دراستیک نشان داد که 48/64 درصد از منطقه دارای آسیب‌پذیری بالا و 50/55 درصد دارای آسیب پذیری متوسط و تنها مساحت کوچکی از دشت (0/81 درصد) دارای آسیب پذیری کم می باشد. براساس روش حساسیت حذف نقشه و تک مولفه ای و استفاده از تکنیک مونت کارلو فاصله عمق تا سطح ایستابی به عنوان موثرترین مولفه و ناحیه اشباع به عنوان دومین مولفه موثر در دشت مرکزی گیلان شناسایی شد.

واژگان کلیدی: شاخص دراستیک، آنالیز حساسیت، مونت کارلو، گیلان

Analysis of vulnerability of groundwater resources and analysis of the sensitivity of drastic model using map removal and single-element mapping methods using Monte Carlo technique

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

Applying a proper management on water resources by identifying vulnerable areas as the first solution can be useful. The purpose of this study was to assess the vulnerability in the central plain of Guilan with drastic model. To identify the vulnerable areas of the central plain of the Guilan plain to pollution, drastic model was used and an aquifer vulnerability map was developed. The principles of the drastic model are based on the combination of seven components, depth to static level, net nutrition, aquifer environment, soil environment, topography, unsaturated environment, and hydraulic conductivity, which after ranking and applying weight impact on each component and algebraic composition of seven components, the final result will indicate the aquifer vulnerability. For this purpose, first, the information of the seven components in the central aquifer of Guilan was collected, and after entering in the GIS software, the layers needed for the model were finally prepared. Then, by using overlapping techniques after applying the required weight coefficients for each layer, a final vulnerability map was prepared. The profile of the drastic model varied from 82 to 182 for the vulnerability of the central aquifer of Guilan. The final drastic model map showed that 48.64% of the area had a high vulnerability and 50.55% had moderate vulnerability and only a small area of the plain (0.81%) had a low vulnerability. Based on the sensitivity method of map removal and single component and using the Monte Carlo technique, the depth distance to the station level was identified as the most effective component and saturation zone as the second most effective component in the central plain of Guilan.

Keywords: Drastic model, analysis of sensitivity, Monte Carlo technique, Guilan plain

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

1- مقدمه

منطقه شمالی کشور ایران (گیلان و مازندران، گلستان) که جزء پرباران‌ترین استان‌ها شناخته می‌شوند نسبت به استان‌های مرکزی و جنوبی، کمتر درگیر مشکلات کمی آب قابل استفاده هستند. در عوض تهدید سفره‌های زیرزمینی این منطقه در سال‌های اخیر به قدری بوده که آسیب‌شناسی و پهنه‌بندی آسیب‌ها را غیرقابل انکار می‌نماید. یکی از راه‌های 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 مدل دراستیک از معروف‌ترین و کاربردی‌ترین روش‌های ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی می‌باشد. در بسیاری از تقاط جهان از این نمایه برای تشخیص مناطق مستعد آلودگی استفاده می‌شود. مدل دراستیک براساس همپوشانی نقشه‌ها بوده که درنهایت منجر به ثبت یک شاخص عددی یا امتیاز برای هر ویژگی می گردد و بر ارزیابی توصیفی و کمی آسیب‌پذیری تکیه دارد، که آسیب‌پذیری آبخوان را براساس درجه بندی بالا، متوسط و پایین طبقه بندی می کند و از نتایج آن جهت تصمیمات مدیریتی استفاده می شود (1). نمایه دراستیک جواب های مطلق به دست نمی دهد و فقط نواحی شدیدا آسیب‌پذیر را از نواحی با قابلیت آسیب‌پذیری کمتر متمایز می‌نماید (2). در هر منطقه‌ای بطور ذاتی مجموعه‌ای از خصوصیات فیزیکی وجود دارد که بر تشکیل و توزیع آب‌های زیرزمینی تاثیر می‌گذارند. آلر و همکاران (1987)، در توسعه سیستم ارزیابی آسیب‌پذیری، خصوصیات قابل نقشه‌برداری مهمی را تعیین کردند که پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی را کنترل می‌کنند که شامل نیازهای اساسی برای ارزیابی خصوصیات هیدروژئولوژیکی در یک ناحیه مورد مطالعه هستند (3). روش دراستیک مجموعه‌ای از پارامترهای قابل اندازه‌گیری است که دسترسی به اطلاعات مربوط به آن از منابع گوناگون و بدون بررسی‌های دقیق میسر می‌باشد. ایوانز و مایر (1990) با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و شاخص دراستیک اصلاح شده پتانسیل آلودگی منطقه‌ای در جنوب آمریکا را تعیین کردند. در این تحقیق سه مولفه تغذیه‌ی خالص، ناحیه‌ی غیراشباع و نوع آبخوان در نظر گرفته نشد و در عوض از مولفه‌های کاربری اراضی، پوشش زمین و تراکم سیستم دفع فاضلاب استفاده گردید. آن‌ها عقیده داشتند که روش مزبور اطلاعات مربوط به آب زیرزمینی را درمقیاس های بزرگ جغرافیایی با جزئیات کامل جهت حفاظت آب‌های زیرزمینی در اختیار سازمان حفاظت محیط زیست قرار می‌دهد(4). تاثیر منطقه غیراشباع بر آسیب‌پذیری آبخوان منطقه ماناواتو (Manawattu) در نیوزلند، توسط بکست و مککونی (2000) ارزیابی شد. این کار با در نظر گرفتن ضخامت و جنس واحدهای لیتولوژیکی تشکیل دهنده منطقه غیراشباع انجام گردید. علاوه بر این، ظرفیت جذب منطقه غیراشباع به عنوان یک مولفه با توزیع مکانی مورد ارزیابی قرار گرفت. مدل ارائه شده با تعداد لاگ چاه‌ها رابطه‌ی عکس داشت (5). براساس نتایجی که میرزایی و همکاران (1385) به‌دست آوردند چهار مولفه ی تغذیه، محیط آبخوان، عمق تغذیه و محیط بخوان بر روی انتقال دارسی در فاز محلول هم از میان منطقه غیراشباع و هم در آبخوان تاثیرگذار هستند و باعث سازوکار همرفتی (Adection) می‌شوند. همچنین محیط آبخوان بر روی پخشیدگی هاله آلودگی کنترل دارد. دو عامل منطقه غیراشباع و عمق آب زیرزمینی (یا ضخامت منطقه غیراشباع) بر روی چسبیدن ذرات آلاینده به ماتریکس جامد تاثیرگذار می‌باشند و در نتیجه کنترل عمده‌ای بر روی جذب در محیط غیراشباع اعمال می‌نمایند (6). مدل‌های دراستیک از هفت مولفه: عمق تا سطح ایستابی، تغذیه خالص، محیط آبخوان، محیط خاک، توپوگرافی، ناحیه‌ی وادوز یا محیط غیراشباع و هدایت هیدرولیکی برای ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان استفاده می‌کند. این مولفه ها اثر یکسانی در مدل‌ها ندارند. هر مولفه در مدل دارای یک وزن ثابت است که نمایانگر اثر نسبی مولفه در انتقال آلاینده‌ها می‌باشد. نرخ مولفه ها متغیر می‌باشد و کاربر مجاز به واسنجی مدل در یک منطقه معین است (2). بعضی از محققین از جمله باربر و همکاران (1993) و مرچانت (1994) معتقدند که می توان با استفاده از تعداد کمتری مولفه های ورودی، با هزینه کمتر و دقت بیشتر به نتیجه مطلوب دست یافت(7و8). در بعضی از مطالعات آسیب پذیری آبخوان با استفاده از مدل دراستیک تعداد کمتری مولفه های ورودی استفاده شده (9) و یا مولفه‌های مدل حذف شده یا ثابت در نظر گرفته شده‌اند (10). بدین منظور می‌توان تک تک مولفه ها را بطور جداگانه از مدل دراستیک حذف کرده و میزان حساسیت مدل به هر کدام از مولفه‌ها را تعیین کرد و سپس با دانستن حساسیت نسبی مدل نسبت به مولفه ها می توان در مطالعات بعدی، مولفه‌های مهم را با دقت بیشتری به دست

www.SID.ir

Archive of SID

آورد. در پژوهش‌های انجام شده از دو نوع تحلیل حساسیت انجام (1) تحلیل حساسیت حذف نقشه (Sensitivity Analysis) که توسط لودویک و همکاران (1990) پیشنهاد گردیده و (2) تحلیل حساسیت تک مولفه ای که توسط ناپولیتانو و فابری (1996) پیشنهاد شده است. 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 مولفه‌ی تغذیه خالص بیشترین تاثیر را بر روی آسیب‌پذیری آبخوان داشته، به دنبال آن محیط خاک، توپوگرافی، ناحیه وادوز و هدایت هیدرولیکی در رده‌های بعدی قرار می‌گیرند (3). رضایی و همکاران (1387) به ارزیابی پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان‌های دشت کازرون نسبت به آلودگی با استفاده از مدل‌های دراستیک و GODS در محیط GIS پرداخت. نتایج تحلیل حساسیت نشان می‌دهد که در این دشت حساس‌ترین مولفه در هر دو مدل عمق تا سطح ایستابی می‌باشد(11). یارمحمدی و همکاران (1387) جهت تعیین مهمترین مولفه تاثیرگذار بر شاخص آسیب‌پذیری دراستیک در آبخوان دشت زیدون خوزستان به تحلیل حساسیت مدل پرداختند. تحلیل حساسیت حذف نقشه نشان داد مهمترین مولفه تاثیرگذار بر شاخص آسیب‌پذیری در این آبخوان، مولفه عمق تا سطح ایستابی (میانگین شاخص تغییرات = 38 درصد) است. همچنین مشخص شد که شاخص آسیب‌پذیری روش دراستیک به حذف مولفه‌های هدایت هیدرولیکی و محیط خاک حساس است. نتایج حاصل از تحلیل حساسیت تک مولفه‌ای نیز نشان داد که مولفه عمق تا سطح ایستابی موثرترین مولفه (میانگین وزن موثر 32 درصد) در ارزیابی آسیب‌پذیری است(1). 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.

2-مواد و روش‌ها

2-1- منطقه مورد مطالعه

دشت مرکزی گیلان بین طول‌های شرقی 49 درجه و 15 دقیقه تا 50 درجه و 11 دقیقه و بین عرض‌های شمالی 36 درجه و 44 دقیقه تا 37 درجه و 28 دقیقه قرار گرفته است. از شهرهای این محدوده می‌توان از آستانه اشرفیه، رودبار، رستم آباد، سنگر، کوچصفهان، خمام، کیاشهر، خشکبیجار و لشت نشا نام برد. در این پهنه سدهای انحرافی تاریک، گله رودسنگر، سدمخزنی شهربیجار و تصفیه خانه سنگر وجود دارد. وسعت محدوده مطالعاتی برابر 2581 کیلومترمربع است.

2-2- روش دراستیک

عبارت DRASTIC مخفف پارامترهایی است که در یک سیستم هیدرولوژیکی کنترل کننده آلودگی آب زیرزمینی است. پارامترهای مورد استفاده در مدل شامل عمق تا سطح ایستابی(D)، تغذیه خالص (R)، محیط آبخوان (A)، محیط خاک (S)، توپوگرافی (T)، بخش غیراشباع (I) و هدایت هیدرولیکی (C) می باشد. مدل نامبرده یک مدل تجربی و استاندارد برای ارزیابی آسیب پذیری آب زیرزمینی با استفاده از فاکتورهای ژئوهیدرولوژیکی است. این مدل اولین بار در آژانس حفاظت خاک آمریکا برای برآورد آسیب‌پذیری آب زیر زمینی در یک مقیاس ناحیه‌ای تهیه شد (12). این روش همراه با خطر آلاینده به تجزیه و تحلیل می‌پردازد. هدف نهایی برآورد آسیب‌پذیری با استفاده از 7 پارامتر هیدروژئولوژیکی و تهیه نقشه مناطق از لحاظ آسیب‌پذیری است. این مدل به‌طور گسترده در اکثر کشورهای جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد چرا که ورودی‌های مورد استفاده برای کاربرد این مدل بطور کلی موجود و یا تهیه آن آسان است.

2-3- طریقه بدست آوردن شاخص آسیب‌پذیری دراستیک

به هریک از پارامترها بر اساس موقعیت قرارگیری آنها در محدوده ها ارزشی بین 1 تا 10 نسبت داده شده است. تعیین شاخص دراستیک برای هر منطقه شامل هر رتبه در وزن هر پارامتر و ارزش بدست آمده برای هر سلول است. با جمع کردن ارزش های بدست آمده برای هر پارامتر این شاخص بدست آمد. شاخص بدست آمده نشان دهنده حساسیت پذیری بالا و ارزش پایین نشان‌دهنده حساسیت‌پذیری پایین آب زیرزمینی نسبت

www.SID.ir

Archive of SID

به آلودگی است. این شاخص با استفاده از رابطه1 محاسبه شد. در این رابطه r رتبه و W وزن هر پارامتر است. جدول 1، محدوده آسیب‌پذیری آبخوان را نشان می دهد.

معادله 1 $I_d=D_rD_w+A_rA_w+S_rS_w+T_rT_w+C_rC_w+R_rR_w+I_rI_w$

2-4- وزن دهی 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 ارزش‌ها 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. رتبه‌دهی هر یک از این پارامترها براساس موقعیت پارامترهای مذکور در این محدوده‌ها می‌باشد.

جدول 1. محدوده آسیب پذیری آبخوان

محدوده آسیب پذیری	آسیب پذیری
< 46	ناچیز و قابل صرف نظر
47-92	کم
93-136	متوسط
137-184	زیاد
185 <	خیلی زیاد

جدول 2. رتبه و وزن پارامترهای روش دراستیک

محیط خاک		مواد تشکیل دهنده ناحیه غیراشباع		محیط آبخوان		هدایت هیدرولیکی		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 توده ای	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	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							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								
1	رس سخت	10	سنگ اهک										
وزن:2		وزن: 5		وزن: 3		وزن: 3		وزن: 1		وزن: 4		وزن: 5	

www.SID.ir

Archive of SID

2-5- تحلیل حساسیت حذف نقشه

اندازه‌گیری حساسیت به حذف نقشه، حساسیت نقشه آسیب‌پذیری را با حذف یک یا تعداد بیشتری از نقشه‌ها نشان می‌دهد. برای تعیین تاثیر نسبی هر یک از لایه‌ها یا نقشه‌های معیار از روش لودویک و همکاران (1990) استفاده شد(13). در این روش ابتدا هر کدام از پارامترها به‌طور جداگانه از محاسبات حذف شده و شاخص تغییرپذیری دراستیک از رابطه 2 و با استفاده از مدول Raster Calculator از توابع آنالیز مکانی افزونه Spatial Analyst در نرم‌افزار Arc GIS 10.2 محاسبه شد.

$$S= (|V/N - V'/n|/ N) \times 100$$ معادله 2

S: میزان حساسیت یا اندیس تغییرپذیری، V و V′ به ترتیب اندیس‌های غیرآشفته و آشفته، N و n تعداد لایه‌های مورد استفاده در محاسبه V و V′ هستند. شاخص واقعی آسیب‌پذیری که با استفاده از هفت مولفه به دست می‌آید، به عنوان شاخص آسیب‌پذیری غیرآشفته و آسیب‌پذیری محاسبه شده با استفاده از تعداد کمتری از لایه‌ها شاخص آسیب‌پذیری آشفته نام دارد. در این روش ابتدا هر کدام از پارامترها به‌طور جداگانه از محاسبات حذف شده و شاخص تغییرپذیری دراستیک محاسبه می‌شود. به کمک این روش می‌توان موثرترین مولفه بر آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی در دشت را شناسایی کرد.

2-6- تحلیل حساسیت تک مولفه‌ای

برای تعیین تاثیر موثر هر یک از لایه‌ها یا نقشه‌های معیار از روش ناپولیتانو و فابری (1996) رابطه (4-1) و مدول Raster Calculator از توابع آنالیز مکانی افزونه Spatial Analyst در نرم‌افزار Arc GIS 10.2 استفاده شد. همچنین جهت مشاهده خلاصه آماری وزن موثر (کمینه، بیشینه، میانگین و انحراف معیار) از قسمت Source در منوی layer properties استفاده شد (14).

2-7- تکنیک مونت‌کارلو

این تکنیک در واقع یک نوع روش شبیه‌سازی می‌باشد. شبیه‌سازی مونت‌کارلو در واقع ایجاد یک محیط ساختگی و استفاده از یک مدل نظری است. برای تخمین رفتار یک سیستم موجود، محیط ساختگی یا مصنوعی، فضایی است که در آن تحلیلگر تلاش می‌کند تا سیستم در جهان حقیقی الگویابی گردد. در این تکنیک ابتدا توزیع هر کدام از پارامترهای مدل بررسی شده و با استفاده از مقادیر آماری مربط به ویژگی آن‌ها شامل میانگین، واریانس، انحراف معیار و غیره، داده‌های جدید تولید می‌گردد. سپس با انتخاب نوع روش نمونه‌گیری و وارد کردن پارامترها با نوع توزیع‌شان، آنالیز حساسیت هرکدام از پارامترها با درنظر گرفتن اثرشان روی مدل، براساس روش‌های variance-based یا گوبال انجام شد.

3- نتایج و بحث

3-1- محاسبه شاخص آسیب‌پذیری شاخص دراستیک

شکل 1 نقشه شاخص دراستیک و شکل 2 نقشه آسیب‌پذیری آبخوان دشت براساس مدل دراستیک بوده که از هم پوشانی هفت مولفه یاد شده به‌دست آمد. براساس گروه‌بندی آسیب پذیری در مدل دراستیک، منطقه موردنظر در سه کلاس آسیب پذیری مطابق جدول 3 قرار گرفت.

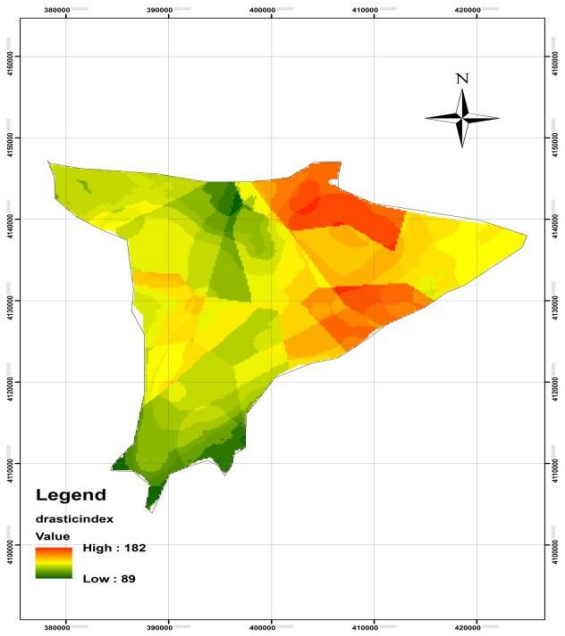
جدول 3- مساحت و درصد محدوده های آسیب پذیری در دشت مرکزی گیلان براساس مدل دراستیک

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

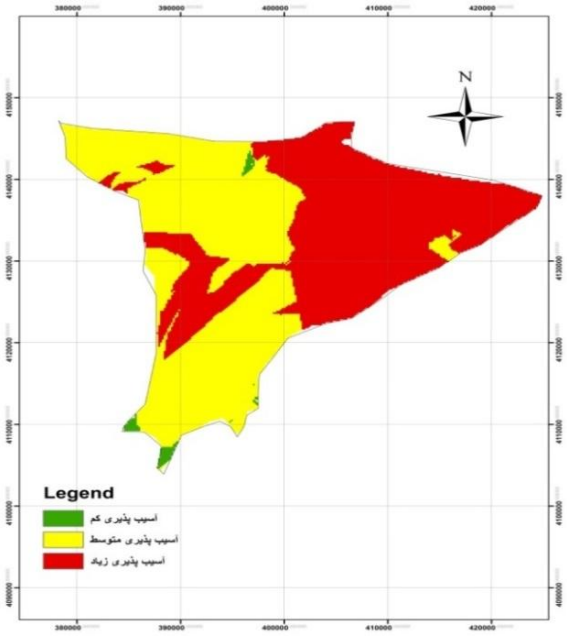
براساس این نقشه‌ها شاخص دراستیک بین 182-89 متغیر بود. نقشه نشان‌دهنده وسعت زیاد مناطق دارای آسیب‌پذیری بالا (48/64 درصد) و مناطق دارای آسیب‌پذیری متوسط (50/55 درصد) در منطقه بود. با توجه به نقشه نواحی شمال شرقی، شرق و قسمت‌هایی از مرکز دشت دارای پتاسیل آسیب‌پذیری بالا در برابر آلاینده‌ها و آب‌های آلوده 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.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 1- شاخص آسیب‌پذیری منطقه



شکل2- پهنه بندی آسیب‌پذیری آبخوان

3-2- همبستگی مولفه‌های هفت گانه

جهت بررسی همبستگی بین مولفه‌های مدل دراستیک و اثر آنها بر یکدیگر همبستگی بین مولفه‌های محاسبه شد. ماتریس همبستگی بین مولفه‌های مدل دراستیک در جدول 4 نشان داده شده است. سه همبستگی نسبتا قوی بین مولفه‌های عمق تا سطح ایستابی و محیط آبخوان، عمق تا سطح ایستابی و محیط وادوز، تغذیه خالص و توپوگرافی، در مدل دراستیک وجود دارد. توپوگرافی و تغذیه خالص دارای ضریب همبستگی برابر (0/61) هستند که احتمالا به دلیل تاثیر مستقیم توپوگرافی در تهیه لایه تغذیه خالص می باشد. بین مولفه‌های عمق تا سطح ایستابی و ناحیه وادوز، عمق تا سطح ایستابی و محیط آبخوان همبستگی منفی وجود دارد که نشان‌دهنده افزایش یکی از مولفه‌ها در مقابل کاهش مولفه دیگر است. بین سایر مولفه‌ها مدل همبستگی مهمی مشاهده نشد.

جدول 4- ماتریس همبستگی مولفه های مدل دراستیک در دشت مرکزی گیلان

پارامتر	D	R	A	S	T	I	C
D، عمق تا سطح ایستابی	1						
R، تغذیه خالص	-0/08	1					
A، محیط آبخوان	-0/60	-0/02	1				
S، محیط خاک	-0/15	-0/40	0/06	1			
T، توپوگرافی	0/20	0/61	-0/08	-0/34	1		
I،محیط غیر اشباع/ وادوز	0/67	-0/08	0/40	0/04	-0/15	1	
C، هدایت هیدرو لیکی	-0/11	0/40	0/15	-0/14	0/19	0/18	1

3-3- تحلیل حساسیت مدل دراستیک در منطقه

با استفاده از تحلیل حساسیت می‌توان موثرترین مولفه های آسیب‌پذیری را تشخیص داده و متناسب با آن نحوه برخورد با آلودگی و مدیریت آبخوان را مورد بررسی قرار داد. در این تحقیق از دو روش تحلیل حساسیت حذف نقشه و تحلیل حساسیت تک مولفه‌ای استفاده شد.

3-3-1- تحلیل حساسیت حذف نقشه

نتایج تحلیل حساسیت حذف نقشه و تغییرپذیری شاخص آسیب‌پذیری برای مدل دراستیک با استفاده از تکنیک مونت‌کارلو در جدول 5 نشان داده شده است. مهمترین مولفه‌های تاثیرگذار بر روی شاخص آسیب‌پذیری برای مدل دراستیک عمق سطح ایستابی (0/6) و ناحیه وادوز (0/25) بود.

www.SID.ir

Archive of SID

در مدل دراستیک مولفه های فاصله عمق تا سطح ایستابی و ناحیه وادوز پراکنش بیشتری نسبه به بقیه مولفه‌ها داشتند. به نظر می‌رسد به‌دلیل حساسیت زیاد شاخص آسیب‌پذیری مدل دراستیک نسبت به حذف این مولفه‌ها تغییرات قابل توجهی در نتایج مدل ایجاد گردد. همچنین کم اثرترین مولفه در مدل دراستیک مولفه توپوگرافی (0/06) است. مدل دراستیک نسبت به حذف این مولفه در این منطقه حساسیتی نشان نداد. از آنجایی‌که مدل دراستیک یک مدل خطی و مونوتونیک بود به همین دلیل توانست تمامی واریانس خروجی را برگرداند. در واقع مولفه‌های مدل تاثیری روی همدیگر ندارند و می‌توان نتیجه گرفت که از هم مستقل بودند.

جدول 5- میانگین، انحراف معیار و تحلیل حساسیت حذف نقشه برای مدل دراستیک با تکنیک مونت کارلو

پارامترهای مدل	میانگین	انحراف معیار	تحلیل حساسیت مونت کارلو
عمق تا سطح ایستابی	25/1	23/2	0/6
تغذیه خالص	16/4	8/4	0/06
محیط آبخوان	17/5	7/6	0/03
محیط خاک	20/6	8/9	0/02
توپوگرافی	8/5	4/4	0/006
محیط غیر اشباع/ وادوز	22/1	15/5	0/25
هدایت هیدرو لیکی	15/8	5/1	0/02

3 -3- 2- تحلیل حساسیت تک مولفه ای

تحلیل حساسیت تک مولفه‌ای برای ارزیابی تاثیر هر کدام از مولفه‌ها بر روی شاخص آسیب‌پذیری انجام شد. این تحلیل وزن‌های موثر و تئوریک مولفه ها را با هم مقایسه کرد. جدول 6 خلاصه آماری از تحلیل حساسیت تک مولفه‌ای برای مدل دراستیک را نشان می‌دهد. بررسی جدول نشان داد که وزن موثر و تئوریک مولفه‌های مدل دراستیک کاملا بر هم منطبق نیستند و در بعضی موارد تفاوت قابل توجهی با هم دارند. مولفه عمق تا سطح ایستابی، محیط غیراشباع به ترتیب 0/5 و 0/28 درصد موثرترین مولفه‌ها در ارزیابی آسیب‌پذیری با مدل دراستیک بودند که نتایج تحلیل حساسیت حذف نقشه را تایید کرد. میانگین وزن موثر این مولفه ها اندکی بیش از وزن تئوریک اختصاص داده شده به آنها در مدل دراستیک بود. مولفه‌های محیط خاک و توپوگرافی و تغذیه خالص نیز وزن موثر بیشتری را از وزن تئوریک نشان دادند. ولی مولفه‌های محیط آبخوان و هدایت هیدرولیکی وزن موثر کمتری را از وزن تئوریک در مدل دراستیک نشان دادند. مولفه‌های محیط آبخوان و هدایت هیدرولیکی در مقایسه با فرضیات مدل دراستیک تاثیر کمتری بر آسیب‌پذیری دشت مرکزی گیلان داشتند. در عوض مولفه‌های عمق تا سطح ایستابی، محیط غیراشباع، محیط خاک، توپوگرافی و تغذیه خالص در مقایسه با فرضیات مدل تاثیر بیشتری بر روی پتانسیل آلودگی آب‌های زیرزمینی دشت مرکزی گیلان داشتند. موثرترین مولفه‌ها در ارزیابی آسیب‌پذیری دارای بیشترین پراکندگی بودند. براساس نتایج بدست آمده از تحلیل مونت کارلو، روش شبیه‌سازی random فاصله عمق تا سطح ایستابی موثرترین مولفه در آسیب‌پذیری بود. مدل همچنین توانست تمام واریانس خروجی را برگرداند. دلیل این امر می‌تواند استقلال پارامترها از یکدیگر باشد. بنابراین در صورت توسعه کشاورزی، ایجاد صنعت و یا هر گونه فعالیت خطرساز در دشت مولفه عمق تا سطح ایستابی باید بیش از سایر مولفه‌ها مورد توجه قرار گیرد و برنامه‌ریزی‌های مربوطه با تاکید بر تاثیر بیشتر بر این مولفه انجام شود.

3-3-3- بررسی وضعیت آلودگی نیتراتی در منطقه

میانگین غلظت نیترات در چاه‌های مورد مطالعه در دشت مرکزی گیلان برابر8/92 میلی‌گرم بر لیتر است. غلظت نیترات در همه چاه های مطالعاتی از حد توصیه شده اداره حفاظت محیط زیست آمریکا (45 میلی‌گرم در لیتر) پایین تر است. با این حال کمینه غلظت نیترات بالاتر از صفر است که نشانه وجود و نفوذ نیترات به تمام چاه‌های دشت یا به تمام نقاط دشت است. غلظت نیترات 48 درصد نمونه ها بین 1 تا 3/6

www.SID.ir

Archive of SID

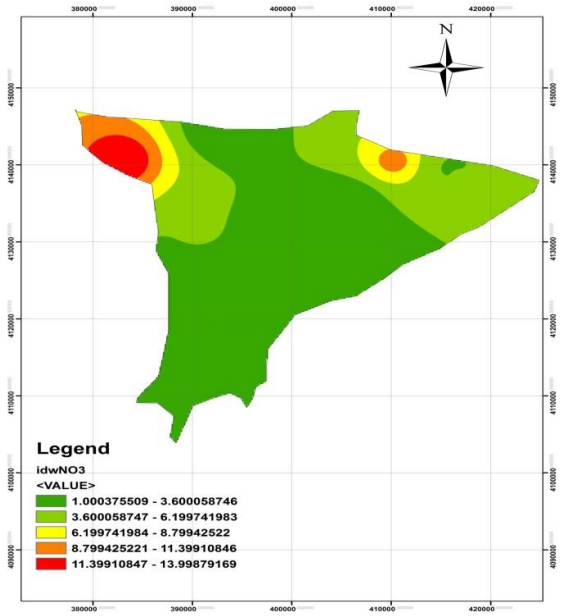
جدول 6- میانگین، انحراف معیار و تحلیل حساسیت حذف نقشه برای مدل دراستیک با تکنیک مونت کارلو

پارامتر	وزن تئوریک	درصد وزن تئوریک	میانگین	انحراف معیار	تحلیل حساسیت مونت کارلو
عمق تا سطح ایستابی	5	21/7	23/7	11/2	0/5
تغذیه خالص	4	8/4	9/4	5/4	0/09
محیط آبخوان	3	13/+5	10/2	5/6	0/04
محیط خاک	2	17/4	19/1	4/9	0/02
توپوگرافی	1	8/5	10/5	2/4	0/01
محیط غیراشباع/ وادوز	5	21/1	22/1	8/5	0/28
هدایت هیدرو لیکی	3	12/8	6/8	2/1	0/06

میلی‌گرم بر لیتر قرار گرفت و بیش از 60 درصد نمونه‌ها غلظتی کمتر 10 میلی‌گرم بر لیتر داشتند. نقشه هم غلظت نیترات در شکل 3 نشان داده شد. افزایش میزان نیترات در چاه‌های منطقه مورد مطالعه به‌دلیل پتانسیل آسیب‌پذیری بالا و متوسط برای بخش گسترده‌ای از منطقه، تداوم و ورود کنترل نشده مواد نیتراتی به‌ویژه از طریق فعالیت‌های صنعتی و کودهای کشاورزی به دشت قابل پیش‌بینی بود. به نظر می‌رسد منشا اصلی نیترات آب زیرزمینی در دشت مرکزی گیلان ناشی از فعالیت‌های کشاورزی باشد. استفاده از کودهای شیمیایی به ویژه اوره در کشت برنج، فضولات حیوانی که برای بهبود کیفیت خاک در شالیزارها و زمین‌های کشاورزی استفاده می‌شوند، شایع‌ترین راه‌های ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی می‌باشد.

3-4- صحت‌سنجی مدل دراستیک در منطقه

رنگ‌های قرمز و زرد در نقشه هم غلظت نیترات وجود این عنصر را در تمامی مناطق دشت که پتانسیل بالا و متوسطی برای آسیب‌پذیری دارند، نشان داد. این موضوع می‌تواند به‌دلیل هم‌خوانی نقشه آسیب‌پذیری و نقشه هم غلظت نیترات باشد. صحت‌سنجی مدل دراستیک در منطقه تطابق داده های غلظت نیترات با لایه آسیب‌پذیری دراستیک در حدود 0/41 را تخمین زد. با توجه به این ضریب همبستگی می‌توان گفت که مدل دراستیک عملکرد قابل قبولی داشت. برای شناسایی موثرترین مولفه بر روی آلودگی آب‌های زیرزمینی در دشت مورد مطالعه، ضریب همبستگی بین مولفه‌های مدل دراستیک با لایه نیترات محاسبه گردید که نتایج آن در جدول 7 آورده شد. مولفه های عمق تا سطح ایستابی و محیط غیراشباع همبستگی بیشتری با لایه نیترات داشتند. مولفه‌های تغذیه خالص و محیط خاک هم نسبت به هدایت هیدرولیکی، توگوگرافی و محیط آبخوان همبستگی بالاتری با لایه نیترات داشتند. با توجه به نتایج مولفه عمق تا سطح ایستابی قوی‌ترین همبستگی را با لایه نیترات دارد که نتایج حاصل از تحلیل حساسیت مدل را تایید کرد.



شکل 3- نقشه هم غلظت نیترات

جدول7- ضرایب همبستگی لایه نیترات با لایه های هفت گانه مدل دراستیک

مولفه	ضریب همبستگی
عمق تا سطح ایستابی	0/21
تغذیه خالص	0/15
محیط آبخوان	0/07
محیط خاک	0/14
توپوگرافی	0/11
محیط غیر اشباع/ وادوز	0/19
هدایت هیدرو لیکی	0/08

www.SID.ir

Archive of SID

4- نتیجه‌گیری و پیشنهادات

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 جلوگیری از آلودگی آب زیرزمینی، تعیین میزان آسیب‌پذیری آبخوان و سوق دادن تلاش‌های 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 چاه‌های موجود در دشت اندازه‌گیری 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 به‌عنوان 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. با توجه به پتانسیل بالا و متوسط آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه، فعالیت‌های صنعتی و فعالیت‌های کشاورزی مخصوصا مصرف کودهای شیمیایی تحت کنترل درآید تا از آلودگی بیشتر آب‌های زیرزمینی جلوگیری شود. با توجه به نتایج به‌دست آمده از مدل دراستیک در این تحقیق و همچنین در بسیاری از مطالعات داخلی و خارجی، همچنین کم هزینه بودن آن، پیشنهاد می‌شود که از این روش در استان و سایر نقاط کشور جهت مدیریت آبخوان‌ها به‌منظور جلوگیری از آلودگی استفاده شود. یکی از معایب مدل دراستیک این است که کلاس‌بندی و ارزش‌گذاری پارامترها تا حدودی کارشناسی است، بنابراین همین مسئله باعث عدم قطعیت در نتایج می‌شود. برای رفع این ایراد پیشنهاد می‌گردد تحقیقات در خصوص آسیب‌پذیری ویژه نسبت به آلاینده‌های معمول مانند نیترات و آفت‌کش‌ها و غیره انجام شده و مدل دراستیک کالیبره گردد. پیشنهاد می‌شود که ارزیابی آسیب‌پذیری با استفاده از روش‌های منطق فازی و شبکه عصبی نیز انجام شود و نتایج آن‌ها با مدل دراستیک و داده‌های واقعی مقایسه گردد، تا شاید به این طریق بتوان ارزیابی آسیب پذیری را بهبود بخشد یا بهترین روش ارزیابی آسیب‌پذیری شناسایی گردد.

5- فهرست منابع

1- یارمحمدی، ا.، کرمی، م.، برومند نسب، س. و ناصری، ع.، 1387،" تعیین مهمترین مولفه تاثیرگذار بر شاخص آسیب پذیری آبخوان دشت زیدون خوزستان با استفاده از تحلیل حساسیت مدل دراستیک"، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، 23 تا 25 مهرماه 1387، تبریز، ص 161-162.

2- Al-Adamt, R.A.N., Foster, I.D.L. and Baban, S.M.J., 2003. Groundwater vulnerability and risk mapping for the Basaltic aquifer of the Azraq basin of Jordan using GIS, remote sensing and DRASTIC. *Applied Geography*., 23: 303-324.

3- 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.

4- Evans, B.M. and Mayers, W.L., 1990. A GIS-based approach to evaluating regional

www.SID.ir

Archive of SID

groundwater pollution potential with DRASTIC. Journal of Soil and Water Conservation., 45: 242-245.

5- Bekesi, G. and McConchi, J., 2000. Empirical assessment of influence of the unsaturated zone on aquifer vulnerability , Manawatu region. New Zealand, groundwater., 38(2): 193-199.

6- میرزایی، ل.، 1385،" ارزیابی آسیب پذیری آب های زیر زمینی با استفاده از تکنیک های سنجش از دور و GIS، مطالعه موردی دشت ورامین". پایان نامه کارشناسی ارشد سنجش از دور، دانشکده علوم، دانشگاه شهید چمران اهواز، 120ص.

7- Barber, C., Bates, L.E., Barron, R. and Allison, H., 1993. Assessment of the relative vulnerability of groundwater to pollution: a review and background paper for the conference workshop on vulnerability assessment. Journal of Geology and Geophysics., 14(2&3):1147-1154.

8- Merchant, J.W., 1994. GIS-based groundwater pollution hazard assessment: a critical review of the DRASTIC model. Photogrammetery Engineering and Remote Sensing Journal., 60(9): 1117-1127.

9- McLay, C.D.A., dragten, R., Sparling, G. and Selvarajah, N., 2001. Predicting groundwater nitrate concentrations in a region of mixed agricultural land use: a comparison of three approaches. Environmental Pollution Journal., 115: 191-204.

10- Secunda, S., Collin, M.L. and Melloul, A.J., 1998. Graoundwater vulnerability assessment using a composite model combining DRASTIC with extensive agricultural land use in Israel`s Sharon region. Journal of Environmental Management., 54: 39-57.

11- رضایی، م. و پهلوانی، م.، 1387،" ارزیابی پتانسیل آسیب پذیری آبخوان دشت کازرون نسبت به آلودگی با استفاده از مدل DRASTIC و GODS در محیط GIS". سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، 23 تا 25 مهر ماه 1387، تبریز، ص 368-369.

12- 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 .

13- Lodwi cK, W.A., Monson, W. and Svoboda, L., 1990. Attribute error and sensitivity analysis of map operations in geographical information system: suitability analysis, International Jornal of Remote sensing., 4(4): 413-428.

14- Napolitano, P. and Fabbri, A.G., 1996. Single-parameter sensitivity analysis for aquifer vulnerability assessment using DRASTIC and SINTACS Hydro GIS: application of geographical information system in hydrology and water resources management.

www.SID.ir