Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۰ شماره ۴صفحه‌های ۱۱۹ تا ۱۳۲ / سال ۱۳۹۹

توسعه مدل آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی هیبریدی بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک– تصمیم‌گیری چندمعیاره بر مبنای روش دراستیک

یلدا نوروزی قراگزلو[۱]، محمدرضا نیکو*[۲]، ایوب کریمی جشنی[۳]، مریم دهقانی[٤]

تاریخ دریافت: ۹٤/٤/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹٦/۲/۵

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، بخش مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه شیراز
۲- استادیار بخش مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه شیراز
۳- استادیار بخش مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه شیراز
٤- استادیار بخش مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه شیراز
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nikoo@shirazu.ac.ir

چکیده

مدیریت صحیح منابع آب‌های زیرزمینی به‌عنوان یکی از مهمترین منابع تأمین‌کننده آب در دنیا، از اهمیت زیادی برخوردار است. از جمله اقدامات مهم مدیریتی در این زمینه، ارزیابی میزان آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی با هدف اولویت‌بندی این منابع از منظر بهره‌برداری، مدیریت و کنترل میزان آلودگی‌های وارد شده در مناطق مختلف و هزینه‌های لازم برای مدیریت آبخوان در نقاط مختلف می‌باشد. در این تحقیق، از رهیافتی بر مبنای روش دراستیک، مدل تصمیم-گیری چندمعیاره و مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک، جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت شیراز استفاده شد. روش تصمیم‌گیری چندمعیاره جهت اصلاح رتبه‌های مدل دراستیک و مدل بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک به‌منظور بهینه‌سازی وزن‌های پارامترهای مدل دراستیک متناسب با خصوصیات هیدروژئولوژیکی و میزان غلظت نیترات موجود در دشت مورد مطالعه استفاده گردید. این امر با این هدف صورت می‌گیرد که شاخص آسیب‌پذیری دراستیک بیشترین ضریب همبستگی را با میزان غلظت نیترات که از مهمترین آلاینده‌های موجود در منطقه مورد مطالعه است، داشته باشد. همچنین با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS)، نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان دشت شیراز تهیه شد. نتایج مدل پیشنهادی نشان می‌دهد که نواحی جنوب و جنوب‌شرقی به‌ترتیب در محدوده آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد و زیاد قرار دارند. میزان ضریب همبستگی پیرسون حاصل از بهینه‌سازی و اصلاح وزن‌ها و رتبه‌های مدل پیشنهادی با غلظت نیترات برابر ۸۰ درصد می‌باشد که این امر دقت نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب‌پذیری آبخوان تهیه شده بر مبنای روش GA-AHP را تایید می‌کند.

واژه‌های کلیدی: آسیب‌پذیری آبخوان، بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک، تصمیم‌گیری چندمعیاره، دراستیک، سیستم اطلاعات جغرافیایی

www.SID.ir

Archive of SID

Developing Hybrid GA-AHP Groundwater Vulnerability Model Based on DRASTIC Method

Y Norouzi gharagezloo[1], MR Nikoo[2], A Karimi Jashani[3], M Dehghani[4]

Received: July 10, 2015 Accepted: April 25, 2017
[1] M.Sc. Graduate, Dept. of Civil and Environmental Engin., Shiraz Univ., Iran
[2] Assist. Prof., Dept. of Civil and Environmental Engin., Shiraz Univ., Iran
[3] Assist. Prof., Dept. of Civil and Environmental Engin., Shiraz Univ., Iran
[4] Assist. Prof., Dept. of Civil and Environmental Engin., Shiraz Univ., Iran
* Corresponding Author, Email: nikoo@shirazu.ac.ir

Abstract

Proper management of groundwater resources, as the main source of fresh water, is very important. Groundwater vulnerability assessment has been applied as a management tool for prioritizing the use of resources, controling the contaminant transfer and adopting cost-effective ways for aquifer management. This study has adopted a novel approach based on DRASTIC method, analytic hierarchy process (AHP), and genetic algorithm (GA) optimization method to assess the vulnerability of Shiraz aquifer. AHP was utilized to modify the rank of DRASTIC model's parameters and GA optimization model was used to optimize the weights of DRASTIC parameters based on hydro-geological characteristics and nitrate concentrations of the Shiraz aquifer. The main aim of the GA-AHP model was to maximize the DRASTIC index correlation with nitrate concentration. The vulnerability map of Shiraz plain was provided using geographic information system (GIS). The results suggested that the southern and southeastern areas of Shiraz plain were faced with very high and high classes of vulnerability, respectively. The Pearson correlation coefficient between the developed vulnerability index and the nitrate concentrations was estimated as 80%, which confirmed the accuracy of the vulnerability map of Shiraz plain.

Keywords: DRASTIC, Genetic algorithm, Geographic information system (GIS), Groundwater vulnerability, Multi-criteria decision making

مقدمه

در طی سال‌های اخیر، حفاظت از منابع آب زیرزمینی به‌دلیل کمبود منابع آب‌های سطحی اهمیت بسیاری پیدا کرده است و جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی و ارزیابی آسیب‌پذیری این منابع به‌منظور مدیریت صحیح منابع آب‌های زیرزمینی بسیار ضروری است. این امر بدین دلیل است که منابع آب‌های زیرزمینی نسبت به فعالیت‌هایی که در سطح زمین انجام می‌گیرند بسیار آسیب‌پذیرند و مهمتر اینکه تصفیه منابع آب‌های زیرزمینی فرآیندی هزینه‌بر و زمان‌بر است (تیرومالایواسان و همکاران ۲۰۰۳). مفهوم آسیب-پذیری، اولین بار در سال ۱۹٦۸ در فرانسه معرفی گردید (وربا و زِپُرُزک ۱۹۹٤). در سال‌های پس از آن کارهای زیادی در زمینه توسعه مفهوم آسیب‌پذیری صورت گرفته است (آلر و همکاران ۱۹۸۷، وربا و زِپُرُزک ۱۹۹٤، سینان و رازک ۲۰۰۹، اصغری مقدم و برزگر ۲۰۱٤). یکی از روش‌های معتبر و کارآمد در تعیین درجه آسیب‌پذیری آبخوان‌ها، روش دراستیک است (الادامات و همکاران ۲۰۰۳، هوان و همکاران ۲۰۱۲، پاچکو و همکاران ۲۰۱۳، نشاط و همکاران ۲۰۱۳). به‌منظور توضیح روند تحقیق و روش کار تعدادی از این محققان، می‌توان برای نمونه به مطالعه الادامات و همکاران (۲۰۰۳) اشاره کرد که در پژوهش خود به ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوانی در اردن با استفاده از روش دراستیک، سنجش از راه دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی با توجه به شرایط

www.SID.ir

Archive of SID

هیدروژئولوژیکی و تأثیرات عوامل انسانی پرداختند. همچنین پارامتر کاربری اراضی را به‌عنوان یک پارامتر کامل‌کننده که در روش دراستیک لحاظ نشده بود، در نظر گرفتند. همزا و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق خود از روش دراستیک به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان مناطق خشک استفاده کردند. ایشان جهت محاسبه میزان تغذیه خالص از روابط ویلیامز، کیسل و رائو استفاده کردند و به نتیجه رسیدند که در صورتی که اطلاعات خاک در یک منطقه موجود نباشد به کمک این روابط می‌توان تغذیه خالص آبخوان را محاسبه کرد. دنی و همکاران (۲۰۰۷) با لحاظ شاخص‌های ساختاری لازم برای تعیین درجه اهمیت ساختاری منطقه در تغذیه خالص و تعیین منطقه احداث چاه، روش دراستیک را اصلاح کردند. ایشان در تحقیق خود از سیستم اطلاعات جغرافیایی استفاده کردند و نقشه آسیب‌پذیری آبخوان مورد مطالعه‌شان را تهیه کردند. خسروی و همکاران (۲۰۱٤) با بهره‌گیری از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش دراستیک به بررسی آبخوان دهگان در استان کردستان پرداختند. ایشان جهت صحت‌سنجی نقشه‌های نهایی آسیب‌پذیری از غلظت نیترات و هدایت هیدرولیکی موجود در دشت استفاده کردند. ایشان در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که هر جا غلظت نیترات بالا باشد در آن مکان آسیب‌پذیری نیز زیاد است. تیرومالایواسان و همکاران (۲۰۰۳) جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوانی در هند با استفاده از روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)[1]، رتبه‌ها و وزن‌های پارامترهای دراستیک را اصلاح کردند. ایشان به‌منظور صحت‌سنجی روش پیشنهادی خود میزان ضریب همبستگی این روش را با غلظت نیترات به‌دست آوردند که این مقدار برابر ۸٤ درصد محاسبه شد. این امر گویای دقت روش پیشنهادی در تعیین آسیب‌پذیری آبخوان مورد مطالعه‌شان بود. روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از پرکاربردترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره است.

محققان بسیاری علاوه بر تیرومالایواسان و همکاران (۲۰۰۳) از روش AHP جهت بهبود روش دراستیک استفاده کردند. از جمله تحقیقات صورت‌گرفته در این زمینه می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط کونتراس و همکاران (۲۰۰۸)، یوسف و همکاران (۲۰۱۱)، پورقاسمی و همکاران (۲۰۱۲)، سنر و داوراز (۲۰۱۳) و نشاط و همکاران (۲۰۱٤)، نوروزی قراگزلو و همکاران (۲۰۱۵) اشاره کرد. شماری از محققان با بهرگیری از روشهای هوش مصنوعی همچون منطق فازی، عصبی فازی و شبکه‌های عصبی مصنوعی جهت بهبود روش دراستیک و ارزیابی آسیب‌پذیری آب‌های زیرزمینی استفاده کرده‌اند (دیکسون ۲۰۰۹، فیجانی و همکاران ۲۰۱۳). در سال‌های اخیر، مدل‌های بهینه‌سازی نیز در مسائل مرتبط با منابع آب بطور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است (نیکو و همکاران ۲۰۱۷، لاله-زاری و عباسلو ۲۰۱٦). بقاپور و همکاران (۲۰۱٦) ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت شیراز را از طریق بهینه سازی روش دراستیک با استفاده از مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی (ANN)[2]، شاخص آسیب‌پذیری نیترات (NVI)[3] و دراستیک ترکیبی (CDI)[4] انجام دادند. ایشان با تجزیه و تحلیل آماری پهنه‌بندی نیترات در دشت مورد مطالعه‌شان به این نتیجه رسیدند که مدل شبکه عصبی مصنوعی، دقت بیشتری نسبت به شاخص‌های ارزیابی دیگر دارد.

روش الگوریتم ژنتیک (GA)[5] یک روش بهینه‌سازی است که در طول چند دهه گذشته در رشته-های مختلف از جمله علوم و مهندسی به‌کار گرفته شده است (دب ۲۰۰۱). با وجود اینکه کاربرد روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک در مسائل آبی تا حدودی جدید می‌باشد، تحقیقات بسیاری در این زمینه صورت گرفته است (ممتحن و برهانی داریانی ۲۰۰۵، یانگ و

[1] Analytic hierarchy process (AHP)

[2] Artificial neural network (ANN)
[3] Nitrate vulnerability index (NVI)
[4] Composite DRASTIC index (CDI)
[5] Genetic algorithm (GA)

www.SID.ir

Archive of SID

همکاران ۲۰۰۹، سلطانی و همکاران ۲۰۰۷، قدمی و همکاران ۲۰۰۹، اسمی‌خانی و همکاران ۲۰۱۰، حسن زاده و همکاران ۲۰۱۱، ایزدی و رخشنده‌رو ۲۰۱۳). همچنین از این روش، به‌منظور بهینه‌سازی وزن پارامترهای دراستیک نیز می‌توان استفاده نمود. تاکنون با وجود کاربردهای فراوان این روش، در زمینه تعیین آسیب‌پذیری آبخوان با استفاده از روش دراستیک و با به‌کارگیری روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک به‌منظور تخمین دقیق‌تر ضرایب دراستیک با توجه به ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی و آلاینده‌های مهم منطقه صورت نگرفته است. در این تحقیق، ترکیبی از روش‌های بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای روش دراستیک به‌منظور ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت مورد مطالعه استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

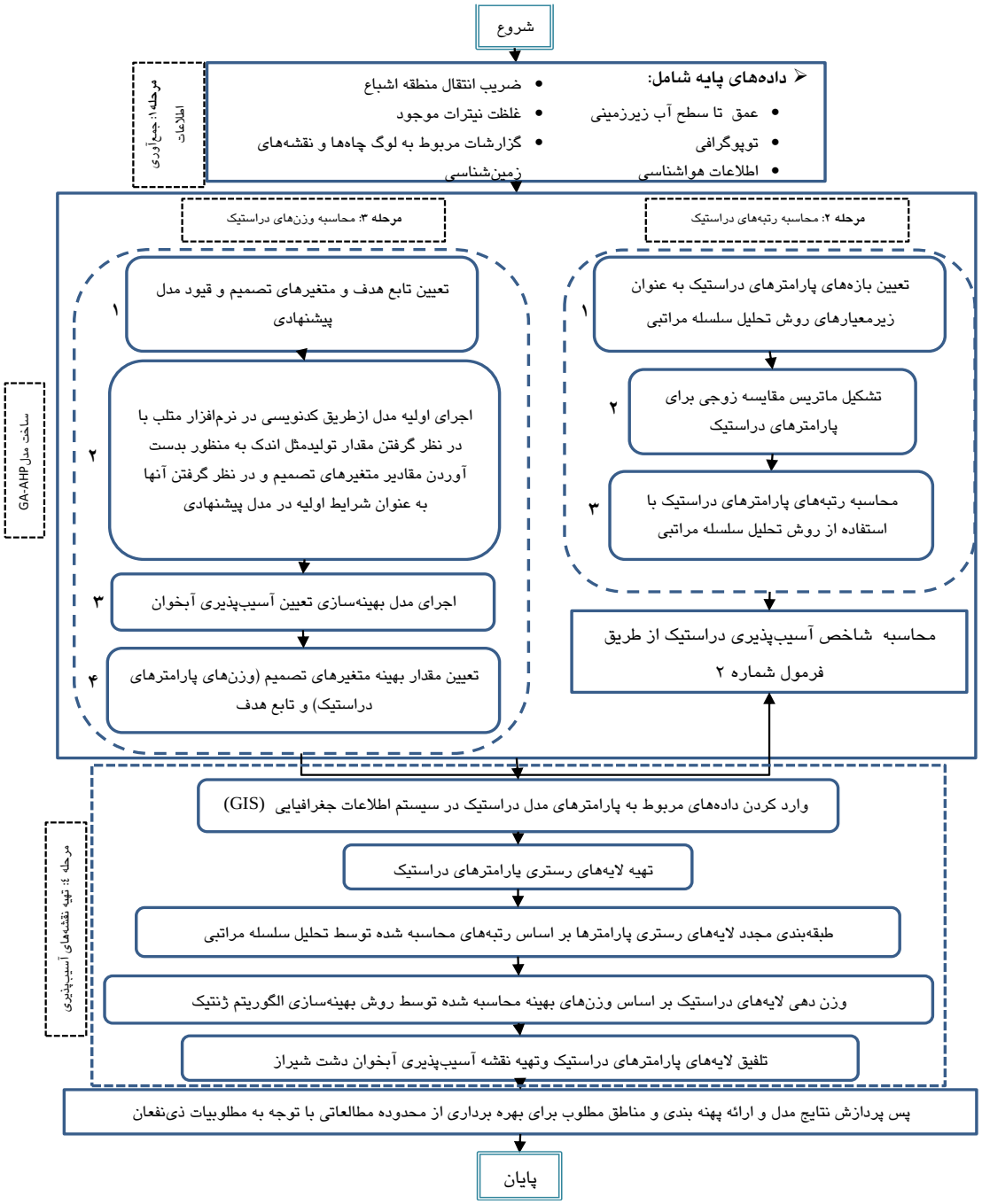
مدل هیبریدشده بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و تصمیم‌گیری چندمعیاره - دراستیک

در شکل ۱ روندنمای مربوط به مدل پیشنهادی جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان ارائه گردیده است. در این تحقیق، روش دراستیک، مبنای تعیین میزان آسیب‌پذیری آبخوان منطقه مورد مطالعه (دشت شیراز) می‌باشد. در روش‌شناسی پیشنهادی در این پژوهش، هفت پارامتر مدل دراستیک جهت ارزیابی آسیب‌پذیری ویژه آبخوان دشت شیراز مورد استفاده قرار گرفته‌اند ولی با بهره‌گیری از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و مدل تصمیم‌گیری چندمعیاره، وزن‌ها و رتبه‌های پارامترهای مدل دراستیک، متناسب با شرایط زمین‌شناسی، هیدرولوژیکی و جغرافیای منطقه مورد مطالعه اصلاح گردیده است. از جمله فرضیات موجود در این پژوهش این است که آلودگی فقط از سطح زمین به آب زیرزمینی انتقال می‌یابد. همان‌گونه که در روندنمای ارائه‌شده در شکل ۱ مشاهده می‌شود مرحله اول، جمع‌آوری اطلاعات پایه جهت ساخت مدل بهینه‌سازی ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت شیراز می‌باشد و داده‌های مورد نیاز، اطلاعات کمی و کیفی مربوط به آبخوان مورد مطالعه را شامل می‌شود. مرحله بعد، ساخت مدل هیبریدشده بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و تصمیم‌گیری چندمعیاره- دراستیک می‌باشد، که شامل دو مرحله است. یکی از این مراحل، محاسبه رتبه‌های مدل دراستیک با به‌کارگیری روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP) و مرحله دیگر شامل محاسبه وزن‌های پارامترهای مدل دراستیک با استفاده از روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک (GA) می‌باشد. پس از تعیین رتبه‌ها و وزن‌های مدل بهینه‌سازی پیشنهادی، شاخص آسیب‌پذیری در چاه‌های محدوده مورد مطالعه را از طریق رابطه دراستیک (رابطه ۹) محاسبه می‌گردد. در مرحله بعد (مرحله ٤) به‌منظور تهیه نقشه‌های آسیب‌پذیری آبخوان دشت شیراز، ابتدا داده‌های مربوط به پارامترهای مدل دراستیک وارد محیط GIS می‌شود و با استفاده از درون‌یابی به‌روش وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW)[6]، لایه‌های رستری مربوط به هر پارامتر تهیه می‌گردد. سپس در GIS به‌کمک رتبه‌های محاسبه‌شده از طریق AHP، پارامترها طبقه‌بندی می‌شوند. در نهایت وزن‌های بهینه پارامترهای مدل دراستیک اعمال می‌شود و لایه آسیب‌پذیری آبخوان دشت شیراز از طریق مدل پیشنهادی تهیه می‌گردد.

[6] Inverse distance weighting (IDW)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- روندنمای روش تحقیق.

محاسبات مربوط به مدل پیشنهادی در این تحقیق از طریق کدنویسی در نرم‌افزار متلب و محاسبات در اکسل، صورت گرفته است. در زیر معادلات مورد استفاده در این مدل ارائه شده است:

$$Max\, F = corr(X, Y) \quad [۱]$$

$$F = -\frac{\Sigma_{j=1}^{n}((X_j - \overline{X})(Y_j - \overline{Y}))}{\sqrt{\Sigma_{j=1}^{n}(X_j - \overline{X})^2}\sqrt{\Sigma_{j=1}^{n}(Y_j - \overline{Y})^2}} \quad j = 1,2,..,n \quad [۲]$$

$$X_j = \sum_{i=1}^{7}(r_{ij} \times w_{ij}) \quad [۳]$$

$$X_j = \sum_{i=1}^{7}(r_{ij} \times w_{ij}) \quad [۴]$$

$$\overline{X} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} X_j \quad [۵]$$

$$Y_j = C_{No_{3j}} \quad [۶]$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\bar{Y} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} Y_j \quad [۷]$$

محدودیت (قید):

$$1 < w_i < 10 \quad [۸]$$

در معادلات بالا مفهوم متغیرها به‌شرح زیر می‌باشد:

F: تابع هدف مدل بهینه‌سازی، n: تعداد چاه‌ها، X_j: شاخص آسیب‌پذیری مربوط به چاه j ام، $\overline{X}$: میانگین شاخص‌های آسیب‌پذیری، Y_j: غلظت نیترات در چاه j ام، $\bar{Y}$: میانگین غلظت نیترات، w_j: وزن پارامترهای مدل دراستیک، r_j: رتبه مربوط به پارامترهای مدل دراستیک، c: بازه پارامتر iام، m: تعداد بازه‌های هر پارامتر و f : زیرمدل بر مبنای روش AHP است. توضیحات بیشتر در بخش مربوط به مدل الگوریتم ژنتیک و زیرمدل AHP ارائه گردیده است.

روش دراستیک

روش دراستیک برای اولین بار در سال ۱۹۸۷ در آژانس حفاظت محیط زیست آمریکا (EPA)[۷] توسط کمیته‌های تخصصی، جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبهای زیرزمینی با استفاده از خصوصیات هیدروژئولوژیکی موجود آبخوان ابداع گردیده است (آلر و همکاران ۱۹۸۷). این روش جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان‌ها به دو صورت ذاتی و ویژه (نسبت به افت‌کش‌ها) مورد استفاده قرار می‌گیرد. ارزیابی پتانسیل آسیب‌پذیری براساس ترکیبی از عوامل هیدروژئولوژیکی، اثر تکاملی بشر و منابع آلاینده در هر منطقه وابسته می‌باشد. پژوهشگران این تحقیق در این زمینه، از تحقیقات آلر و همکاران (۱۹۸۷) استناد کرده‌اند. دراستیک متشکل از هفت پارامتر هیدروژئولوژیکی است. هر کدام از این پارامترها، دارای وزن و رتبه مختص خود می‌باشند. به هر کدام از این پارامترها با توجه به تأثیرشان در ورود آلودگی به آب‌های زیرزمینی، نرخی بین ۱ تا ۱۰ داده می‌شود. کمترین میزان پتانسیل آلودگی آب زیرزمینی رتبه ۱ و بیشترین میزان پتانسیل آلودگی رتبه ۱۰ را به‌خود اختصاص می‌دهد. علاوه بر این به هر کدام از این پارامترها با توجه به معیاری کیفی، ضریب وزنی اختصاص داده می‌شود. در کارهای متداول، مقادیر این وزن‌ها با توجه به توانایی انتقال آلودگی به سیستم آب زیرزمینی در هر منطقه و با قضاوت مهندسی تعیین می‌گردد (پاناگاپوس و همکاران ۲۰۰۶). این پارامترها شامل: عمق تا سطح ایستابی (D)، میزان تغذیه خالص (R)، محیط آبخوان (A)، محیط خاک (S)، توپوگرافی (T)، تأثیر محیط غیراشباع (I) و هدایت هیدرولیکی آبخوان (C) می‌باشند. شاخص دراستیک از طریق رابطه ۹ محاسبه می‌گردد که در آن r رتبه و w وزن هر یک از پارامترها است (آلر و همکاران ۱۹۸۷). جهت اطلاعات بیشتردر خصوص مقادیر رتبه‌ها و وزن‌های پارامترهای مدل دراستیک به تحقیقات آلر و همکاران مراجعه کنید(آلر و همکاران ۱۹۸۷).

$$DRASTIC = D_r D_w + R_r R_w + A_r A_w + S_r S_w + T_r T_w + I_r I_w + C_r C_w \quad [۹]$$

روش بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک

الگوریتم ژنتیک (GA) در سال ۱۹۷۵ برای نخستین بار توسط هالند معرفی گردید (گولدبرگ ۱۹۸۹). در این مطالعه، از این روش جهت بهینه‌سازی وزن پارامترهای مدل دراستیک استفاده شده است. متغیرهای تصمیم مسئله، هفت وزن مربوط به هفت پارامتر دراستیک می‌باشد. تابع هدف مدل بهینه‌سازی، تعیین دقیق درجه آسیب‌پذیری آبخوان متناسب با خصوصیات هیدروژئولوژیکی آن و میزان غلظت نیترات موجود در دشت مورد مطالعه می‌باشد یا به عبارت دیگر تعیین دقیق درجه آسیب‌پذیری آبخوان از طریق تعیین دقیق وزن‌های مربوط پارامترهای دراستیک صورت می‌گیرد. تابع هدف در این مدل بهینه‌سازی (رابطه ۱) با بیشینه‌کردن کمترین تمایز بین شاخص آسیب‌پذیری و غلظت نیترات (افزایش میزان

[7] Environmental protection agency (EPA)

www.SID.ir

Archive of SID

ضریب همبستگی)، وزن‌های مناسب پارامترهای دراستیک را محاسبه می‌کند.

روش تحلیل سلسله مراتبی (AHP)

روش تحلیل سلسله مراتبی یکی از کارآمدترین ابزارهای تصمیم‌گیری چندمعیاره می‌باشد. اساس تحلیل سلسله مراتبی بر مبنای ماتریس مقایسه‌های زوجی[8] است. در این تحقیق، به‌منظور محاسبه رتبه پارامترهای مدل دراستیک، ابتدا پارامترهای دراستیک کلاسه‌بندی می‌شوند. سپس ماتریس مقایسه زوجی برای هر کدام از پارامترهای دراستیک تشکیل می‌گردد و در نهایت رتبه‌های مربوط به بازه‌های هر کدام از پارامترهای دراستیک محاسبه می‌شود.

منطقه مورد مطالعه

دشت شیراز با مساحتی در حدود ۳۰۰ کیلومترمربع، جزئی از محدوده مطالعاتی شیراز و بخشی از حوضه آبریز دریاچه مهارلو می‌باشد که بین طول‌های ´۲۹ °۵۲ تا ´۳۶ °۵۲ شرقی و عرض‌های ´۳۳ °۲۹ تا ´۳۶ °۲۹ شمالی، قرار گرفته است. پست‌ترین نقطه این دشت در جنوب‌شرقی (دریاچه مهارلو) و بلندترین نقطه آن در شمال‌غرب دشت است در نتیجه شیب منطقه به سمت جنوب وجنوب‌شرقی می‌باشد.

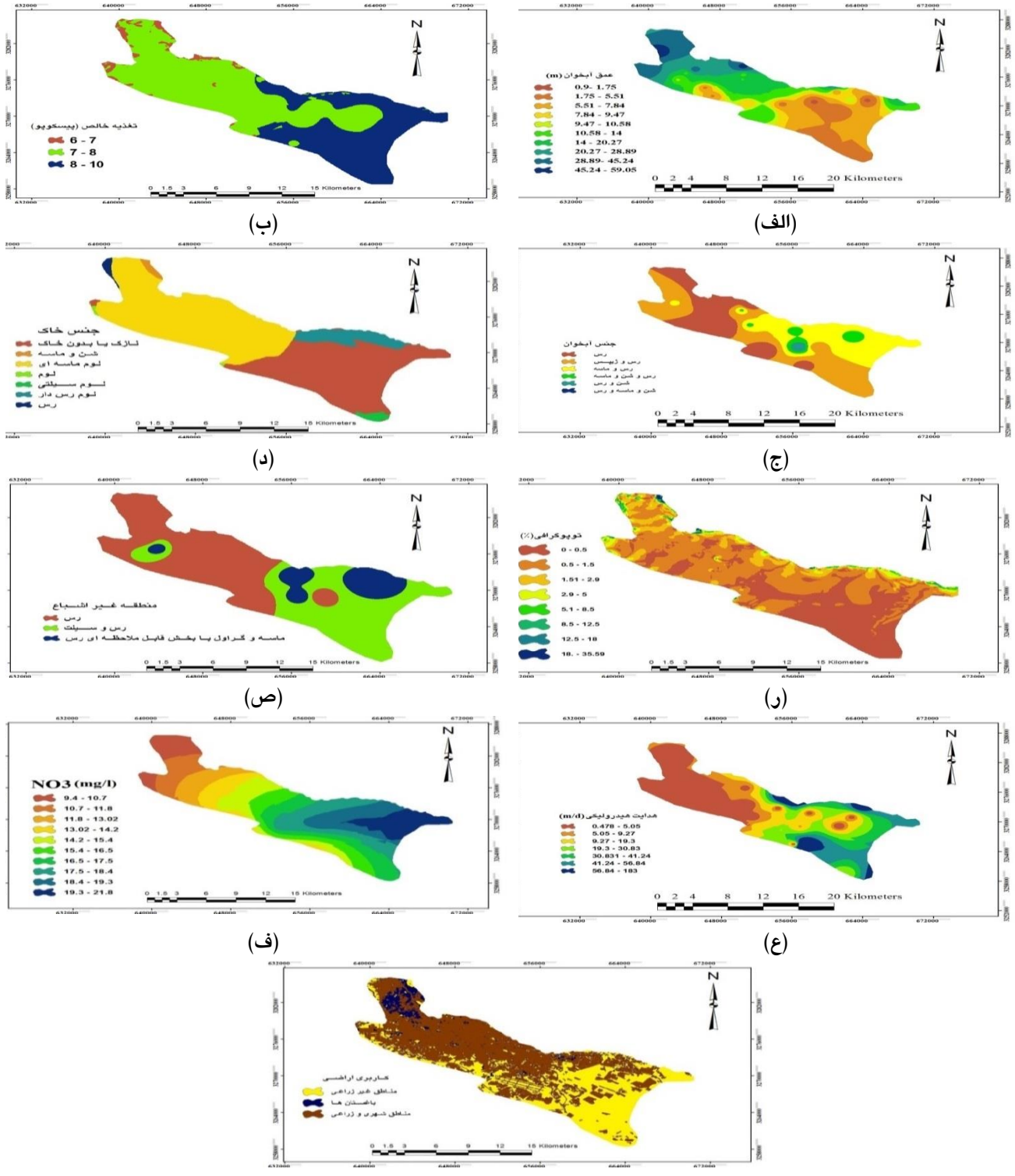
خصوصیات هیدروژئولوژیکی منطقه

دشت شیراز از دو نوع سفره آهکی و آبرفتی تشکیل گردیده است. بافت آبرفت در غرب دشت، درشت‌دانه بوده با نزدیک‌شدن به دریاچه مهارلو در شرق، به صورت ریزدانه ظاهر می‌گردد. آبرفت دشت شیراز به‌صورت لایه‌لایه بوده و لایه‌های رسی بین لایه‌های آبدار قرار گرفته‌اند. جهت عمومی جریان آب زیرزمینی در دشت شیراز، هم‌جهت با شیب عمومی توپوگرافی منطقه و از شمال غرب دشت به جنوب شرقی و به طرف دریاچه مهارلو می‌باشد. در جنوب شرقی شهر شیراز فاضلاب‌های صنعتی و زه‌آب نواحی کشاورزی به این رودخانه سرازیر شده و در نهایت به دریاچه مهارلو می‌ریزد. مشخصات مربوط به عمق آبخوان، تغذیه خالص، جنس خاک، جنس آبخوان، جنس منطقه غیراشباع، توپوگرافی، هدایت هیدرولیکی، غلظت نیترات و نقشه کاربری اراضی در محدوده مورد مطالعه دشت شیراز به صورت نقشه‌های پهنه‌بندی شده در محیط ArcGIS ارائه گردیده است (شکل ۲). همانگونه که در شکل ۲–د نشان داده شده است، بخش عمده‌ای از اراضی موجود در دشت شیراز، به مناطق شهری و زراعی اختصاص داده شده است و مناطق غیرزراعی آن در نواحی جنوب و جنوب شرقی واقع شده است. محدوده مورد مطالعه شامل ۳۰ چاه مشاهداتی می‌باشد که موقعیت قرارگیری این چاه‌ها به همراه موقعیت جغرافیایی دشت شیراز در شکل ۳ ارائه شده است. آلاینده اصلی موجود در آبخوان دشت شیراز، نیترات می‌باشد و علت اصلی آن، ناشی از وجود چاه‌های جذبی در مناطق مسکونی می‌باشد.

[8] Pair-wise comparison matrix

www.SID.ir

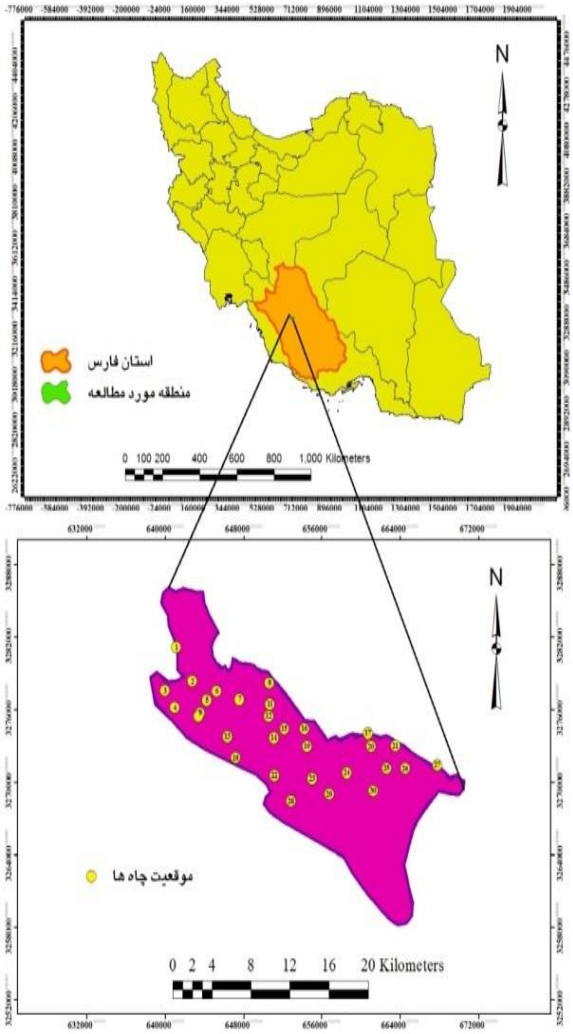
Archive of SID



شکل ۲- خصوصیات هیدروژئولوژیکی دشت شیراز: الف) عمق آبخوان، ب) تغذیه خالص، ج) جنس آبخوان، د) جنس خاک، ر) توپوگرافی، ص) جنس منطقه غیراشباع، ع) هدایت هیدرولیکی، ف) غلظت نیترات، ک) کاربری اراضی.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۳- موقعیت جغرافیایی دشت شیراز.

نتایج و بحث

در جدول ۱ مقادیر رتبه‌های محاسبه شده برای پارامترهای دراستیک از طریق تحلیل سلسله مراتبی در محدوده مورد مطالعه ارائه گردیده است. همانگونه که در جدول ۱ مشخص است در تحلیل سلسه مراتبی معیارها، پارامترهای دراستیک و زیرمعیارها، بازه‌های پارامترها هستند. در جدول ۲ مقادیر وزن‌های بهینه محاسبه شده از طریق روش الگوریتم ژنتیک ارائه گردیده است. در این روش مقادیر وزن پارامترها بین ۱ و ۱۰ می‌باشد ولی در روش دراستیک ساده تعیین شده توسط سازمان EPA وزن پارامترها بین ۱ و ۵ می‌باشد. همانگونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در مدل GA-AHP پارامتر عمق آبخوان و جنس خاک وزن بیشتری نسبت به دیگر پارامترها دارند ولی در مدل دراستیک ساده که وزن‌ها و رتبه‌ها توسط آلر و همکاران (۱۹۸۷) تهیه شده است بیشترین وزن برای پارامترهای عمق آبخوان و اثر منطقه اشباع در نظر گرفته شده است. این امر نشان دهنده ضرورت اصلاح مدل دراستیک جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان مناطق مختلف متناسب با شرایط هیدروژئولوژیکی محدوده مورد مطالعه و غلظت آلاینده مورد نظر در آن محدوده می‌باشد. جدول ۳، درصد ضریب همبستگی پیرسون تعریف شده بین شاخص آسیب‌پذیری مدل پیشنهادی با نیترات را نشان می‌دهد. همانگونه که مشاهده می‌شود این مقدار ۸۰ درصد است که در مقایسه با تحقیقات پیشین (نوروزی و همکاران ۲۰۱۵) که با روش دراستیک ساده و روش هیبریدشده تحلیل سلسله مراتبی با دراستیک بر روی دشت شیراز صورت گرفته است بیشتر است. این امر حاکی از دقت و مقبولیت بیشتر مدل پیشنهادی است و اینکه جهت استفاده از روش دراستیک به منظور ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت شیراز بهتر است که این روش اصلاح شود بگونه‌ای که وزن‌ها و رتبه‌های پارامترها متناسب با ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی محدوده مورد مطالعه محاسبه شوند. در نتیجه با توجه به اصلاحاتی که تاکنون بر روی روش دراستیک توسط محققان مختلف صورت گرفته است می‌توان گفت روش هیبریدشده بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و تصمیم‌گیری چندمعیاره- دراستیک در محدوده مطالعاتی دشت شیراز بهترین نتیجه را می‌دهد.

جدول ۱- مقادیر رتبه‌های حاصل از روش تحلیل سلسله مراتبی برای پارامترهای دراستیک.

معیارها	زیرمعیارها	رتبه	معیارها	زیرمعیارها	رتبه
عمق آبخوان	۰/۹-۱/۷۵	۰/۲٤٦	اثر منطقه غیراشباع	رس	۰/۱۰۳

ادامه جدول در صفحه بعدی

www.SID.ir

Archive of SID

(m)	۱/۷۵–۵/۵۱	۰/۲۱۲		رس و سیلت	۰/۱۷٤
	۵/۵۱–۷/۸٤	۰/۱٤۷		ماسه و گراول با بخش قابل ملاحظه ای رس	۰/۷۲۲
	۷/۸٤–۹/٤۷	۰/۱۰۸		۰/٤۷–۵/۰۵	۰/۰۲۳
	۹/٤۷–۱۰/۵۸	۰/۰۹٤		۵/۰۵–۹/۲۷	۰/۰۳۰
	۱۰/۵۸–۱٤	۰/۰۷۰	هدایت هیدرولیکی	۹/۲۷–۱۹/۳	۰/۰۵۷
	۱٤–۲۰/۲۷	۰/۰۵۲	($mg\ L^{-1}$)	۱۹/۳–۳۰/۸۳	۰/۰۸٦
	۲۰/۲۷–۲۸/۸۹	۰/۰۳۷		۳۰/۸۳–٤۱/۲٤	۰/۱۲۲
	۲۸/۸۹–٤۵/۲٤	۰/۰۲۳		٤۱/۲٤–۵٦/۸٤	۰/۲۰۷
	>٤۵/۲٤	۰/۰۱۲		۵٦/۸٤–۱۸۳	۰/٤۷۵
تغذیه خالص	٦–۷	۰/۱٤۵		۰–۰/۵	۰/۳۲۰
	۷–۸	۰/۲۳۰		۰/۵–۱/۵	۰/۲۱۳
	۸–۱۰	۰/٦۲۵		۱/۵–۲/۹	۰/۱٦۳
جنس آبخوان	رس	۰/۰۳۲	توپوگرافی	۲/۹–۵	۰/۱۲۰
	رس و ژیپس	۰/۰۵۵	(%)	۵–۸/۲	۰/۰۸۱
	رس و ماسه	۰/۰۹٤		۸/۲–۱۲/۵	۰/۰۵٦
	رس و شن وماسه	۰/۱۱۸		۱۲/۵–۱۸	۰/۰۳۳
	شن و رس	۰/۲۵۳		>۱۸	۰/۰۱۵
	شن و ماسه و رس	۰/٤٤۸			
جنس خاک	نازک یا بدون خاک	۰/۳۷۷			
	شن و ماسه	۰/۳۱۰			
	لوم ماسه‌ای	۰/۱۱۳			
	لوم	۰/۰۸۰			
	لوم سیلتی	۰/۰۵۱			
	لوم رس‌دار	۰/۰٤۱			
	رس	۰/۰۲۹			

جدول ۲- مقادیر وزن‌های بهینه پارامترهای دراستیک.

پارامتر	مدل	
	دراستیک	GA-AHP
عمق آبخوان	۵	۱۰
تغذیه خالص	٤	۳/۳
جنس آبخوان	۳	۷
جنس خاک	۲	۹
توپوگرافی	۱	۱
اثر منطقه غیراشباع	۵	۱

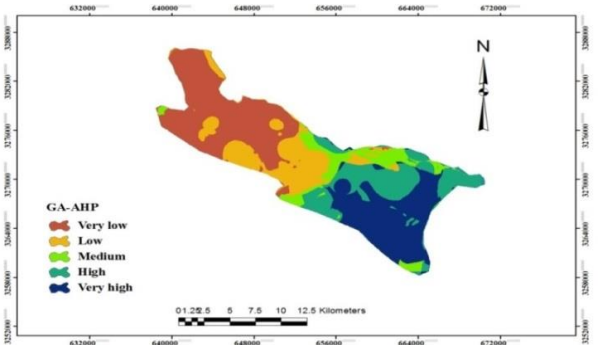
جدول ۳- مقادیر ضریب همبستگی پیرسون بین شاخص‌های آسیب‌پذیری و غلظت نیترات (بر حسب اعشار).

روش	ضریب همبستگی
GA-AHP	۰/۸۰
AHP-AHP	۰/٦٤
DRASTIC	۰/۵۹

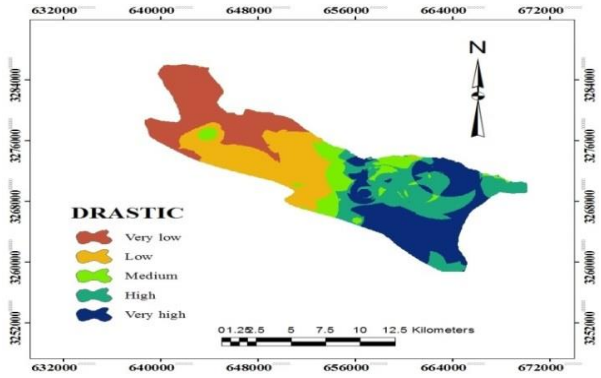
نقشه‌های آسیب‌پذیری در دشت مورد مطالعه در شکل ٤ نشان می‌دهد که مناطق جنوب و جنوب شرقی در محدوده آسیب‌پذیری خیلی‌زیاد و زیاد قرار دارند همچنین در مقایسه‌ای که بین نقشه آسیب‌پذیری متدولوژی پیشنهادی (شکل ٤) با نقشه‌های تهیه شده از روش دراستیک ساده (شکل ۵) و AHP-AHP (شکل ٦) صورت گرفته است (شکل ۷)، مشخص می‌گردد که به ترتیب حدود ٤۵ و ۳۲ درصد از محدوده مطالعاتی براساس روش دراستیک ساده و روش AHP-AHP دارای آسیب‌پذیری زیاد وخیلی زیاد و در روش GA-AHP این مقدار ٤۰ درصد است و همچنین محدوده‌های دارای آسیب‌پذیری کم و خیلی کم در این روش ٤۹ درصد می‌باشند. بنابراین وجود مناطق مشترک در این روش‌ها می‌تواند مبنای مناسبی جهت ارزیابی آسیب-پذیری آبخوان مورد مطالعه باشد.

www.SID.ir

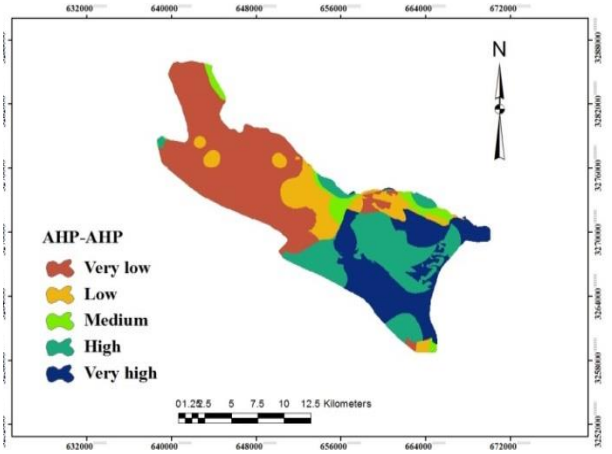
Archive of SID



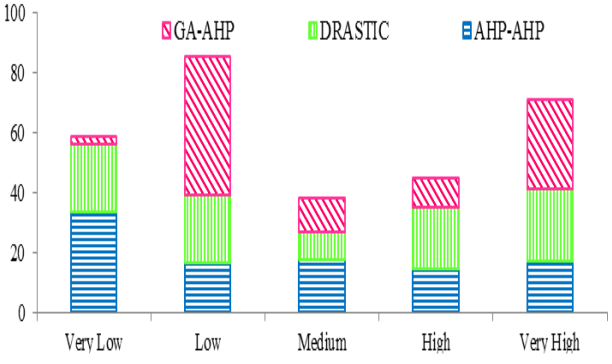
شکل۴- نقشه آسیب‌پذیری مدل GA-AHP برای آبخوان دشت شیراز.



شکل۵- نقشه آسیب‌پذیری مدل DRASTIC برای آبخوان دشت شیراز.



شکل۶- نقشه آسیب‌پذیری مدل AHP-AHP برای آبخوان دشت شیراز.



شکل۷- مقایسه بین درصد آسیب‌پذیری روش‌های مختلف در آبخوان دشت شیراز.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش، مدل هیبریدی GA-AHP به منظور اصلاح رتبه و وزن‌های پارامترهای مدل دراستیک جهت ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان دشت شیراز در مقایسه با مدل‌های AHP-AHP و دراستیک ساده انجام‌شده در مطالعات پیشین، بررسی گردید. هفت پارامتر اصلی روش دراستیک در مدل GA-AHP استفاده شدند ولی وزن و رتبه‌های این پارامترها متناسب با شرایط آبخوان دشت شیراز و با هدف افزایش ضریب همبستگی میان آسیب‌پذیری آبخوان و غلظت نیترات موجود در دشت، با استفاده از روش‌های بهینه‌سازی الگوریتم ژنتیک و مدل تصمیم گیری چندمعیاره AHP اصلاح شدند. نتایج نشان دادند که با استفاده از مدل GA-AHP، میزان ضریب همبستگی به میزان ۸۰ درصد افزایش می‌یابد. این ضریب همبستگی در مقایسه با روش‌های پیشین که بر روی آبخوان دشت شیراز صورت گرفته، اطمینان را نسبت به مدل ارزیابی GA-AHP افزایش می‌دهد. به نحوی که نتایج حاصل از این روش، همخوانی بیشتری با واقعیت مناطق موجود دارد. بررسی نقشه‌های پهنه‌بندی آسیب-پذیری آبخوان دشت شیراز گویای این امر است که مناطق جنوب و جنوب شرقی دشت شیراز آسیب-پذیرترند و از آنجایی که تمرکز فعالیت‌های شهری، صنعتی و تصفیه خانه فاضلاب در این نواحی بیشتر است حفاظت از این نواحی برنامه‌ریزی و تدابیر مدیریتی در زمینه احداث چاه‌ها، کاربری اراضی، بهره برداری از چاه‌ها و رتبه‌بندی چاه‌ها از نظر برداشت را می طلبد. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند با حداقل‌کردن خطا در اولویت‌بندی مناطق، به تصمیم-گیری مدیران کمک کند و همچنین موقعیت و فرصت مناسبی را جهت حفاظت از منابع آب زیرزمینی فراهم

www.SID.ir

Archive of SID

آورد. پژوهشگران این تحقیق با به‌کارگیری روش‌های نوین توانستند، مدل‌های ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان را تا حدودی بهبود بخشند. با این وجود روش ارزیابی دراستیک از جنبه‌های متفاوتی، مستلزم بررسی بیشتری است. به منظور مطالعات بعدی، لحاظ کاربری اراضی به‌عنوان پارامتر جدید در پارامترهای مدل GA- AHP پیشنهادی در این تحقیق و همچنین توسعه یک مدل غیرقطعی برمبنای رویکردهایی نظیر بهینه‌سازی بازه‌ای با اصلاح رتبه‌ها و وزن‌های مدل دراستیک براساس روش بهینه‌سازی الگورتیم ژنتیک متناسب با شرایط آبخوان، جهت مطالعات آتی پیشنهاد می‌گردد.

منابع مورد استفاده

Al-Adamat R, Foster I and Baban S, 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.

Aller L, Bennett T, Lehr JH, Pretty RJ and Hackett G, 1987. DRASTIC: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Settings. US Environmental Protection Agency, Ada, Oklahoma (EPA-600/2-87-035).

Asghari Moghaddam A and Barzegar R, 2014. Investigation of nitrate concentration anomaly source and vulnerability of groundwater resources of Tabriz plain using AVI and GOD methods. Water and Soil Science- University of Tabriz 24(4):11-27. (In Persian with English abstract)

Baghapour MA, Fadaei Nobandegani A, Talebbeydokhti N, Bagherzadeh S, Nadiri A A, Gharekhani M and Chitsazan N, 2016. Optimization of DRASTIC method by artificial neural network, nitrate vulnerability index, and composite DRASTIC models to assess groundwater vulnerability for unconfined aquifer of Shiraz Plain, Iran. Journal of Environmental Health Science and Engineering 14:13: 1-16.

Contreras F, Hanaki K, Aramaki T and Connors S, 2008. Application of analytical hierarchy process to analyze stakeholders preferences for municipal solid waste management plans: Boston, USA. Resources, Conservation and Recycling 52(7): 979-991.

Deb K, 2001. Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms, John Wiley and Sons. New York.

Denny SC, Allen DM and Journeay JM, 2007. DRASTIC-Fm: a modified vulnerability mapping method for structurally controlled aquifers in the southern Gulf Islands, British Columbia, Canada. Hydrogeology Journal 15(3): 483-493.

Dixon B, 2009. A case study using SVM, NN and logistic regression in a GIS to predict wells contaminated with nitrate-N. Hydrogeology Journal 17: 1507-1520.

Esmikhani M, Safavi H and Yazdanipoor M, 2010. Conjunctive management of surface and groundwater resources by using support vector machines and genetic algorithms. 5th National Congress of Civil Engineering, Ferdowsi University of Mashhad, May 4-6, Mashhad, Iran. (In Persian with English abstract)

Fijani E, Nadiri AA, Asghari Moghaddam A, Tsai F and Dixon B, 2013. Optimization of DRASTIC method by supervised committee machine artificial intelligence to assess groundwater vulnerability for Maragheh-Bonab plain aquifer, Iran. Journal of hydrology 530: 89-100.

Foster SS, 1987. Fundamental concepts in aquifer vulnerability, pollution risk and protection strategy. TNO Committee on Hydrological Research: Proceedings & Information 38: 69-86.

Ghadami M, Ghahraman B, Sharifi M and Rajabi Mashhadi H, 2009. Optimization of multireservoir water resources systems operation using genetic algorithm. Water Resources Research 5(2):1-15. (In Persian with English abstract)

Goldberg DE, 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, 1st Ed., Addison-Wesley Publishing Company, New York.

Hamza MH, Added A, Rodríguez R, Abdeljaoued S and Mammou AB, 2007. A GIS-based DRASTIC vulnerability and net recharge reassessment in an aquifer of a semiarid region (Metline-Ras Jebel-RafRaf aquifer, Northern Tunisia). Journal of Environmental Management 84: 12-19.

www.SID.ir

Archive of SID

Hassanzadeh Y, Abdi Kordani A and Fakheri Fard A, 2011. Drought forecasting using genetic algorithm and conjoined model of neural network-wavelet. Journal of Water and Wastewater 3:48-59. (In Persian with English abstract)

Huan H, Wang J and Teng Y, 2012. Assessment and validation of groundwater vulnerability to nitrate based on a modified DRASTIC model: a case study in Jilin City of northeast China. Science of the Total Environment 440: 14-23.

Izadi A and Rakhshanderoo Gh, 2013. Using GA for the economic optimization of WDN designs based on quantitative and qualitative criteria. Journal of Water and Wastewater 26(1):119-124. (In Persian with English abstract)

Khosravi Kh, Habibnejad Roshan M, Solaimani K and Babaei Kh, 2012. Assessment of groundwater vulnerability using a-GIS based DRASTIC model (case study: Dehgolan plain, Kurdistan province). Journal of Watershed Management Research 3(5):42-62. (In Persian with English abstract)

Lalehzari R and Abbaslou H, 2016. Simulating the effect of optimal water allocation on groundwater in monthly stress periods (Baghmalek plain, Khuzestan province). Water and Soil Science- University of Tabriz 26(4/1):307-320. (In Persian with English abstract)

Momtahen Sh and Borhani Darian A, 2005. Genetic algorithm (GA) method for optimization of multi-reservoir systems operation. Journal of Water and Wastewater 56:11-20. (In Persian with English abstract)

Neshat AR, Pradhan B, Pirasteh S and Shafri HZM, 2014. Estimating groundwater vulnerability to pollution using a modified DRASTIC model in the Kerman agricultural area, Iran. Environmental Earth Science 71: 3119-3131.

Neshat A, Pradhan B and Dadras M, 2014. Groundwater vulnerability assessment using an improved DRASTIC method in GIS. Resources, Conservation and Recycling 86: 74-86.

Nikoo M, Karimi A, Alizadeh MR and Baghlani A, 2017. Maximizing reliability of supplying drinking water with conjunctive operation of groundwater and water transfered from Salman-Farsi dam. Water and Soil Science- University of Tabriz 27(2): 185-197. (In Persian with English abstract)

Norouzi Y, Nikoo M, Karimi A and Dehghani M, 2015. Assessment of groundwater vulnerability using multi criteria decision making- DRASTIC model: Case study of Shiraz plain. 3th International Symposium on Environmental and Water Resources Engineering, June 2-3, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)

Norouzi Y, Nikoo M, Karimi A and Dehghani M, 2015. Developing a hybrid model for determination of aquifer vulnerability against toxic elements and nitrate: Application of decision making model and $IRWQI_{GT}$ index. 1th Water Sciences and Engineering Conference, June 8-9, Tehran, Iran. (In Persian with English abstract)

Pacheco FAL and Sanches LF, 2013. The multivariate statistical structure of DRASTIC model. Journal of Hydrology 476:442-459.

Panagopoulos GP, Antonakos AK and Lambrakis NJ, 2006. Optimization of the DRASTIC method for groundwater vulnerability assessment via the use of simple statistical methods and GIS. Hydrogeology Journal 14: 894-911.

Pourghasemi HR, Pradhan B and Gokceoglu C, 2012. Application of fuzzy logic and analytical hierarchy process (AHP) to landslide susceptibility mapping at Haraz watershed, Iran. Natural Hazards 63(2): 965-996.

Sener E and Davraz A, 2013. Assessment of groundwater vulnerability based on a modified DRASTIC model, GIS and an analytic hierarchy process (AHP) method: the case of Egirdir Lake basin (Isparta, Turkey). Hydrogeology Journal 21: 701-714.

Sinan M and Razack M, 2009. An extension to the DRASTIC model to assess groundwater vulnerability to pollution: Application to the Haouz aquifer of Marakech (Morocco). Environmental Geology 57: 349-363.

Soltani F, Kerachian R and karamuz M, 2007. Optimal operation of reservoir dams with little use of qualitative models of adaptive neural fuzzy inference model (ANFIS) and genetic algorithm optimization. Sharif Journal 51:3-10. (In Persian with English abstract)

Thirumalaivasan D, Karmegam M and Venugopal K, 2003. AHP-DRASTIC: software for specific aquifer vulnerability assessment using DRASTIC model and GIS. Environmental Modelling & Software 18: 645-656.

www.SID.ir

Archive of SID

Vrba J and Zaporozec A, 1994. Guidebook on Mapping Groundwater Vulnerability. Heise, Germany.

Yang Ch, Chang L, Chen Sh and Yeh M, 2009. Multi-objective planning for conjunctive use of surface and subsurface water using genetic Algorithm and Dynamics Programming. Journal of Water Resource Planning and Management 23: 417-437.

Youssef MA, Pradhan B and Tarabees E, 2011. Integrated evaluation of urban development suitability based on remote sensing and GIS techniques: contribution from the analytic hierarchy process. Arabian Journal of Geosciences 4: 463-47

www.SID.ir