Archive of SID

نشریه زراعت شماره ۱۱۰، بهار ۱۳۹۵

(پژوهش و سازندگی)

بررسی تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی با استفاده از رویکرد ترکیبی منطق بول، فازی و زمین آمار (مطالعه موردی: دشت ورامین)

- آرش ملکیان، استادیار گروه مناطق خشک و کوهستانی دانشگاه تهران (نویسنده مسئول)
- یوسف رزندی، فارغ التحصل کارشناسی ارشد رشته مهندسی آبخیزداری
- شهرام خلیقی سیگارودی، استادیار گروه مناطق خشک و کوهستانی دانشگاه تهران
- بهنوش فرخ زاده، استادیار گروه مناطق خشک و کوهستانی دانشگاه ملایر

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: فروردین ماه ۱۳۹۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: malekian@ut.ac.ir

چکیده

با توجه به رشد روز افزون جمعیت و کمبود منابع آب سطحی به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک و نیاز مبرم به تأمین آب باکیفیت مناسب جهت شرب و مصارف دیگر توجه به کیفیت منابع آب زیرزمینی دو چندان خواهد شد. در این پژوهش خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب زیرزمینی دشت ورامین با تاکید بر مصارف آشامیدنی مورد مطالعه قرار گرفت و در این راستا از سه پارامتر TH، TDS و EC به عنوان عوامل محدود کننده جهت مصارف شرب استفاده شد. توزیع مکانی این سه پارامتر جهت تهیه تغییرات نقشه پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی در یک دوره پنج ساله با استفاده از روش‌های میان یابی به کمک ترکیب منطق بولن و فازی مورد بررسی قرار گرفت روش‌های میان یابی مورد استفاده در این مطالعه شامل روش‌های زمین آماری و روش‌های معین می‌باشد که به کمک آنالیز واریوگرافی و ارزیابی صحت نتایج بر اساس کمترین RMSE برای فرآیند مکان‌یابی آلاینده‌ها استفاده شدند. نتایج نشان داد که روش عکس فاصله در میان یابی پارامتر TDS و EC نسبت به روش‌های زمین آماری برتری دارند. هم چنین در برآورد پارامتر TH روش زمین آماری کوکریجینگ با استفاده از پارامتر کمکی Cl- بیشترین دقت را داشته است. نقشه‌های پهنه بندی کیفی آب زیرزمینی تهیه شده از ترکیب منطق بولن و فازی نشان داد که نواحی غرب و جنوب غرب دشت بر اساس استاندارد آب آشامیدنی ایران، از لحاظ شرب نامطلوب است که بیش ترین دلیل آن وجود پهنه‌های رسی نمکی با سولفات سدیم در این مناطق و ضخامت کم آبخوان در این قسمت می‌باشد.

کلمات کلیدی: آب زیرزمینی، دشت ورامین، بولن، فازی، زمین آمار

www.SID.ir

Archive of SID

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:110 pp: 126-135

Assessment of temporal and spatial changes of groundwater quality using hybrid Boolean, Fuzzy and Geostatistical (Case study: Varamin plain)

By:

- *A. Malekian, (Corresponding Author), Assistant Professor of University of Tehran*
- *Y. Razandi, M.Sc. Student of University of Tehran*
- *Sh. Kalighi, Assistant Professor of University of Tehran*
- *B.Farokhzadeh, Assistant Professor of University of Malayeru*

Received: January 2013 **Accepted: March 2014**

Depending on population growth and shortages of surface water, especially in arid and semi-arid regions And the urgent need to provide appropriate quality of water for drinking and other purposes according to the quality groundwater resources will be doubled. In this study, physicochemical properties, with emphasis on the use of drinking water in the Varamin plain was studied, and three parameters, TH, TDS, and EC as limiting parameters for drinking water was used. also spatial distribution of this these three parameters to prepare changes of zoning map of ground water quality in a five-years period by Using inter-polation methods combined with fuzzy logic and Boolean was investigated. Interpolation methods used in this study contains geostatistical and defines methods that with variogram analysis and evaluation of results accuracy, according to least RMSE for location of contaminants were used. Results showed that the inverse distance weighted method to interpolation of TDS and EC parameters was more appropriate than Geostatistical Kriging method by using CL had the most accuracy. Groundwater quality zoning maps prepared by combining Boolean logic and fuzzy indicated west and south west maps, based on drinking waters, standard of Iran, the ground water is undesirable, Because it contains sodium sulfate salt clay zones in the area and thickness of the aquifer in this area is low.

Keywords: groundwater, Varamin plain, Boolean, Fuzzy, Geostatistical

مقدمه

منابع آب زیرزمینی در کشور ایران و در بسیاری از کشورهای دیگر که دارای اقلیم مشابهی هستند، مهم‌ترین منابع آب مورد استفاده در کشاورزی و شرب به شمار می‌آید از سوی دیگر کاهش خطر آلودگی این منابع نسبت به دیگر روش‌های فرآوری آب باعث شده که حتی در مناطقی که کمبودی از لحاظ آب سطحی احساس نمی‌شود نیز استفاده از این منابع رونق داشته باشد(Mahdavi, 2006). از طرف دیگر نیاز به آب با کمیت و کیفیت مناسب و حفظ کیفیت آب در همه جای جهان احساس می‌شود که این مسئله نیازمند یک شبکه پایش دقیق و کم هزینه می‌باشد. روش‌های گوناگونی برای مطالعه و پهنه بندی تغییرات ویژگی‌های آب زیرزمینی وجود دارد که هر کدام از آن‌ها بسته به شرایط منطقه و وجود آمار و داده‌های کافی دارای دقت‌های گوناگونی هستند. از جمله روش های میان یابی جهت تهیه پهنه بندی تغییرات ویژگی‌های آب زیرزمینی می‌توان به روش‌های زمین آماری کریجینگ و کوکریجینگ و روش‌های معین مانند فاصله عکس، تابع شعاعی و غیره اشاره کرد (Hasani Pak, 2013). تخمین‌های زمین آمار یکی از دقیق‌ترین روش‌های تخمین است چرا که عوامل زیادی نظیر فاصله نقاط، ناهمسان گری و تغییرپذیری فضایی را مورد بررسی قرار می‌دهد (Farajpour et al., 2010).

Shabani et al.، (۲۰۱۱) کیفیت آب زیرزمینی دشت نی ریز را از نظر مقدار EC و نیترات توسط روش‌های زمین آمار و روش‌های معین مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که روش کریجینگ ساده و روش تابع شعاعی به ترتیب به علت داشتن RMSE پایین‌تر مناسب‌ترین روش برای تهیه نقشه EC و نیترات در این منطقه است. Mohammadi et al، (۲۰۱۱) تغییرات زمانی و مکانی کیفیت آب زیرزمینی را در دشت قزوین به کمک روش‌های میان یابی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این بررسی نشان داد با افزایش افت سطح آب، مقادیر EC و TDS آب‌های زیرزمینی دشت قزوین روند نزولی داشته‌اند و با بررسی‌های مکانی پارامتر های کیفی آب زیرزمینی محدوده مطالعه مشخص شد که ۱۰ درصد از کل آب‌های زیرزمینی منطقه برای مصارف شرب و کشاورزی مطلوب است و ۶ درصد از آن برای این مصارف نامطلوب هستند. Zaiming et al.، (۲۰۱۲) در دشت بهای در کشور چین به بررسی وضعیت تراز آب زیرزمینی و برخی پارامتر های شیمیایی پرداختند. نتایج نشان داد که بهترین مدل های برازش داده شده به لگاریتم داده ها شامل تراز آب زیرزمینی و TDS مدل کروی، برای TH مدل نمایی و برای EC مدل گوسین بودند. با تهیه نقشه های پهنه بندی مشخص شد که تراز آب زیرزمینی از غرب به سمت شرق دشت دارای افت بوده و روند تغییرات TDS و EC به صورت افزایشی می باشند و بیشترین میزان TH مربوط به قسمت میانی و خط ساحلی دشت است. Rahimi and Mokarram، (۲۰۱۲) با استفاده از روش منطق فازی و سامانه اطلاعات جغرافیایی به بررسی وضعیت کیفی دشت شهر کرد پرداختند و نقشه توزیع مکانی کیفیت آب زیرزمینی را برای این منطقه تهیه کردند و به این نتیجه رسیدند استفاده از روش های مذکرو قابلیت مناسبی در برآورد توزیع کیفیت آب زیرزمینی دارد و ۱۴/۲۲ درصد از منطقه مورد مطالعه دارای آبی با کیفیت مناسب است. Alaa et al.، (۲۰۱۴) به بررسی وضعیت کیفی

www.SID.ir

Archive of SID

آب زیرزمینی دلتای نیل مصر پرداخت در این تحقیق از روش های آماری چند متغیره و روش های زمین آماری برای شناخت تغییرات مکانی پارامترهای آلوده کننده آب زیرزمینی و الگوی این تغییرات مورد استفاده قرار گرفت و به این نتیجه رسیدند که مناطق نزدیک به دریا به علت نفوذ جبهه آب شور از سمت دریا دارای شوری بیشتری بوده و آلودگی‌های صنعتی در مناطقی از آبخوان دیده شدند که زهکش‌ها حضور داشتند، همچنین بیان کردند که این نتایج می‌تواند اولویت‌بندی مناطق برای برنامه‌های توسعه پایدار آب های زیرزمینی در آینده کمک کند. یا توجه به به آبیاری برخی از اراضی کشاورزی دشت ورامین به وسیله فاضلاب شهری تهران و وجود سازندهای نمکی در این دشت، هدف تحقیق پایش توزیع مکانی مؤلفه‌های کیفی آب زیرزمینی و روند تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در داخل هر کلاس توسط ترکیب منطق بول و فازی در دشت ورامین بر اساس استاندارد خصوصیات فیزکوشیمیایی آب شرب در ایران و همچنین بررسی تغییرات محدوده پهنه بندی در یک دوره پنج ساله تعیین شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در فاصله ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی دشت تهران واقع شده است. دشت ورامین بین طول های جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۵۵ دقیقه و عرض‌های جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۶ دقیقه واقع گردیده که در شکل ۱ نشان داده شده است. مساحت کل حوزه آبخیز ورامین ۱۸۳۰ کیلومترمربع است که از این میزان حدود ۱۰۲۵ کیلومترمربع مربوط به دشت می‌باشد. متوسط ارتفاع دشت از سطح دریای آزاد ۹۵۰ متر می‌باشد. به طور کلی سازند آتشفشانی ائوسن و سازند الیگومیوسن در منطقه به علت گستره کم در تغذیه آب زیرزمینی اهمیت چندانی نداشته و همچنین سازند میوسن در منطقه به علت وجود لیتولوژی مارن، رسوبات تبخیری نظیر گچ و نمک و مادستون، در مسیر جریان آب‌های سطحی موجب افزایش املاح آب و تخریب کیفیت سفره گردیده، ضمن اینکه در تغذیه آب زیرزمینی فاقد اهمیت می‌باشند. در این محدوده مطالعاتی رودخانه جاجرود جاری بوده که در ابتدای ورود به محدوده مطالعاتی رودخانه جاجرود در امتداد خروجی از سد لتیان، رودخانه دماوند را به خود ملحق نموده و سپس در محل بند علی‌خان از این محدوده مطالعاتی خارج می‌گردد. علاوه بر دریافت رودخانه جاجرود از بالادست محدوده مطالعاتی، زهکش‌های مسیل‌های تهران که عموماً از طریق کانال پیروزی جمع‌آوری می‌گردد و همچنین رودخانه کن به این محدوده مطالعاتی تخلیه می‌گردد که توسط زهکش رودخانه رود شور در قسمت جنوب غربی دشت از منطقه خارج می شود.

روش اجرای تحقیق

در این تحقیق از بین تعداد پیزومترهای موجود در منطقه از ۶۸ حلقه چاه به دلیل داشتن آمار کامل در طول دوره مد نظر (۱۳۹۰– ۱۳۸۶) استفاده شده است. داده‌ها مورد نیاز از شرکت توسعه منابع آب ایران تهیه شد و بر اساس مطالعات گذشته و معیارهای استاندارد ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی ایران از میان پارامتر های مختلف سه پارامتر EC، TDS، TH به عنوان پارامترهای اصلی محدود کننده کیفیت آب زیرزمینی جهت شرب تشخیص داده شد و تنها توزیع مکانی این سه پارامتر با استفاده از روش میان یابی و روش فازی مورد بررسی قرار گرفت. آماره‌های توصیفی حداقل، حداکثر، میانگین، میانه، چولگی، کشیدگی، انحراف معیار و ضریب تغییرات متغیرها با استفاده از بسته نرم‌افزار SPSS15 بدست آمده اند. همچنین نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگراف_اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. از طریق واریوگرام ترسیم شده توسط نرم‌افزار GS+ برای هر یک از متغیرها، پیوستگی مکانی آن‌ها تشریح شد. پس از تعیین متغیر کمکی برای روش کوکریجینگ از طریق بیشترین ضریب همبستگی بین پارامترها، برای تبدیل داده‌های نقطه‌ای به داده‌های ناحیه‌ای در محیط نرم‌افزار ArcGIS 10.2 از بین روش‌های زمین آماری، روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ و از بین روش‌های معین، روش‌های عکس فاصله و تابع شعاعی مورد استفاده قرار گرفت. همچنین برای مشخص کردن کلاس های مختلف آب زیرزمینی از نظر قابل شرب بودن و تغییرات کیفیت آب زیرزمینی در داخل این کلاس ها از ترکیب روش های بول و فازی استفاده شد.

روش‌های میان یابی

الف) فاصله وزنی معکوس

این روش با وز ن دهی به داده های اطراف نقطه مورد برآورد، کمیت مجهول را بدست آورده و درو ن یابی را انجام می‌دهد. ضمناً چنین فرض می‌شود که نقاط نزدیک به یکدیگر شباهت بیش تری نسبت به نقاط دورتر دارند. بنابراین نقاط نزدیک‌تر دارای وزن بیشتری هستند (Kohi, 2009).

ب) توابع پایه‌ای شعاعی

شبکه‌های توابع پایه شعاعی دارای پایه ریاضیاتی بسیار قوی بر مبنای قرضیه منظم سازی برای حل مسائل مشکل می‌باشند. این شبکه‌ها، تقریباً بطور کلی، از سه لایه، شامل لایه‌های ورودی، مخفی و خروجی تشکیل شده‌اند. توابع پایه شعاعی منظم به عنوان تابع تحریک نرون های لایه مخفی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شبکه‌ها به گونه‌ای سازمان یافته‌اند که تبدیلات در واحدهای مخفی در حکم مجموع‌های از توابع به منظور نگاشت الگوهای ورودی به الگوهای خروجی انجام می‌گیرد (Hamidianpour et al., 2013).

ج) کریجینگ معمولی

کریجینگ یک روش تخمین است که بر منطق میانگین متحرک وز ن دار استوار می‌باشد و این تخمین گر به عنوان بهترین تخمین گر خطی نا اریب شناخته می‌شود. شرط استفاده از روش کریجینگ آن است که متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد. در غیر این صورت باید از روش کریجینگ غیرخطی استفاده و یا به نحوی توزیع متغیر نرمال گردد (Jahanshahi and et al., 2014).

د) روش کوکریجینگ معمولی

همانطور که در آمار کلاسیک نیز روش های چند متغیره وجود دارد در زمین آمار نیز میتوان با روش کوکریجینگ که بر اساس همبستگی بین متغیر اصلی و یک متغیر کمکی استوار است به تخمین متغیر اصلی پرداخت. در واقع روش کوکریجینگ معمولی مانند کریجینگ معمولی است با این تفاوت که در تخمین زن کوکریجینگ یک متغیر ثانویه نیز لحاظ می‌شود (Ebdam and Fatzadeh, 2013., Rostami Khalaj, 2011).

ارزیابی صحت

برای انتخاب روش مناسب میان یابی از تکنیک ارزیابی متقابل

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده شده است. در این روش در مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از بقیه نقاط مشاهده‌ای، مقدار آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای کلیه نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود به طوری که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآورد وجود خواهد داشت. در این پژوهش برای مشخص شدن روش مناسب میان یابی از ریشه دوم میانگین مربع خطا (RMSE) استفاده شد. این عامل با استفاده از رابطه ۱ محاسبه می‌شود:

$$RMSE=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(z^{*}(x_1)-z(x_i))^2}{n}} \quad (۱)$$

که در آن n تعداد نقاط مشاهده‌ای، $Z(x_i)$ مقدار بر آوردی در نقطه nام و $Z(x_i)$ مقدار مشاهده‌ای برای نقطه nام می‌باشد. پس از انجام فرآیند میان یابی منطقه مورد مطالعه بر اساس شاخص‌های مؤسسه استاندارد و تحقیقاتی صنعتی ایران (ISIRI ۱۰۵۳) و توسط منطق بولن به سه بخش مطلوب، مجاز و نامطلوب تقسیم بندی گردید (جدول ۱).

مدل منطق بول

در این مدل وزن دهی به واحدها در هر لایه اطلاعاتی بر اساس منطق صفر و یک می باشد. بدین معنا که در نقشه های پایه هر پارامتر از نظر کیفیت آب از لحاظ شرب یا مطلوب است یا مجاز یا نامطلوب و حد وسطی وجود ندارد در نقشه های نهایی و تلفیق یافته نیز هر پیکسل یا مطلوب است یا مجاز یا نامطلوب. این مدل دارای اپراتورهای NOT ،AND ،OR است. بر اساس نظریه مجموعه ها AND اشتراک و OR اجتماع مجموعه ها را استخراج می کند یعنی در اپراتور AND فقط پیکسلی که در تمامی نقشه های پایه ارزش یک دارد در نقشه نهایی ارزش یک را به خود اختصاص می دهد و جزو مناطق مناسب پهنه بندی می شود اما در اپراتور OR پیکسلی که فقط از نظر یک نقشه پایه مناسب بوده و ارزش یک دارد و از لحاظ سایر لایه های اطلاعاتی دارای ارزش صفر باشد در نقشه خروجی و تلفیق یافته ارزش یک داشته و مناسب تشخیص داده می شود (Zakizadeh and Malikinejad, 2012). در این تحقیق به کمک مدل منطق بول و بر اساس خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران مناطق مطلوب، مجاز و نامطلوب هر پارامتر تعیین شده و پهنه بندی مناطق مطلوب، مجاز و نامطلوب نقشه نهایی نیز به کمک همین مدل انجام شد.

استاندارد سازی لایه ها با استفاده از منطق فازی

جهت نشان دادن تغییرات پارامتر های تعیین کننده کیفیت آب زیرزمینی در کلاس بندی های مربوط به وضعیت آب شرب، تمامی نقشه‌ها به صورت فازی تهیه شدند. برای آماده و استاندارد سازی لایه ها بر اساس منطق فازی از نرم‌افزار ArcGIS10.2 استفاده شد. در این روش برای تبدیل ارزش‌های هر کلاس به امتیاز، باید با یکی از روش‌های استاندارد کردن به امتیاز استاندارد شده تبدیل شوند، که در این مطالعه از روش استاندارد سازی حداکثری برای کلاس با مطلوبیت پایین استفاده شد. در این روش کلاس‌ها با ارزش پایین تر، امتیاز بالاتری می‌گیرند. جهت استاندارد کردن لایه‌ها در این روش از رابطه (۲) استفاده می‌گردد(Zeayan and et al., 2011):

$$\frac{[X_{max} - X_i]}{[X_{max} - X_{min}]} \quad (۲)$$

که X_i لایه مورد مطالعه، X_{min} حداقل ارزش موجود در لایه و X_{max} حداکثر ارزش موجود در لایه است.

نتایج

با بررسی آنالیز آماری و به کمک آزمون کولموگراف- اسمیرنوف مشخص شد که هیچ کدام از پارامترهای مورد بررسی دارای توزیع نرمال نبوده و برای نرمال سازی داده‌ها از لگاریتم داده‌ها استفاده شد به طوری که پارامتر TH دارای توزیع نرمال بوده و دو پارامتر TDS، EC به توزیع نرمال نزدیک شدند. گفتنی است که شرط نرمال بودن فقط برای روش‌های میان یابی کریجینگ معمولی و کوکریجینگ بوده و برای روش‌های معین شرط نمی‌باشد (شعبانی، ۱۳۸۷). به همین علت با توجه به گرفتن لگاریتم از داده‌ها، فرض نرمال سازی انجام شد تا بتوان نتایج را در روش‌های زمین آماری نیز مشاهده کرد (جدول۲). در تحلیل واریوگرام ترسیم شده برای پارامترهای مختلف و تعیین بهترین مدل برای برازش از مقادیر RSS و ضریب همبستگی (R^2) استفاده شده و مدل تئوری که به ترتیب کمترین و بیشترین RSS و R^2 را داشته باشد به عنوان بهترین مدل انتخاب می‌شود (جدول۳). در مورد پارامتر TH ، مدل کروی دارای کمترین مقدار RSS و بیشترین مقدار R^2 بود و در مورد پارامترهای EC و TDS بر اساس مقدار RSS و R^2 مدل گاوسی انتخاب شد (شکل۲). با توجه به این موضوع که نسبت واریانس قطعه‌ای به آستانه یا واریانس کل (C_0/C_0+C) شاخصی از قدرت ساختار مکانی در متغیرها می‌باشد و چنانچه این نسبت کمتر از ۰/۲۵ شود نشان دهنده همبستگی مکانی قوی بوده و اگر این نسبت بین ۰/۷۵ – ۰/۲۵ قرار گیرد بیانگر وابستگی مکانی متوسط و چنانچه این نسبت بزرگتر از ۰/۷۵ گردد نشان دهنده وابستگی مکانی ضعیف خواهد بود (Rostami Khalaj et al., 2011). بر اساس واریوگرام های ترسیم شده نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه پارامتر TH برابر ۱۲ درصد است که نشان دهنده همبستگی مکانی قوی این پارامتر است و در دو پارامتر TDS و EC این نسبت به ترتیب ۴۷ و ۴۸ درصد است که نشان دهنده همبستگی مکانی متوسط در آن‌ها می‌باشد (جدول۳).

با توجه به تعیین ضریب همبستگی بین پارامترها توسط آزمون پیرسون، پارامتر TH بیشترین همبستگی را با Cl داشته و این متغیر به عنوان متغیر کمکی پارامتر TH در روش کوکریجینگ انتخاب شد و به همین ترتیب برای پارامترهای TDS و EC بر اساس ضریب همبستگی، متغیر Mg به عنوان متغیر کمکی برگزیده شد (جدول۴). جدول ۵ نشان دهنده نتایج حاصل از واریوگرام هر پارامتر به همراه متغیر کمکی مربوط به خود است که واریوگرام های متقابل مربوطه در شکل ۳ نشان داده شده است.

برای تعیین مناسب‌ترین روش میان یابی در بین روش‌های ذکر شده از مجذور میانگین خطا (RMSE) استفاده شده است که در این پژوهش روش زمین آماری کوکریجینگ به دلیل داشتن RMSE کمتر مناسب‌ترین روش برای میان یابی پارامتر TH انتخاب شد و از میان روش‌های معین روش عکس فاصله به دلیل داشتن RMSE کمتر نسبت به دیگر روش‌ها جهت میان یابی پارامترهای TDS و EC انتخاب شد (جدول۶). بنابراین روش مناسب میان یابی نقشه‌های مربوط به هر سه پارامتر بر اساس استاندارد خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب آشامیدنی ایران با ترکیب منطق بول و فازی تهیه شد که هر کدام به مناطق مطلوب، مجاز و نامطلوب طبقه

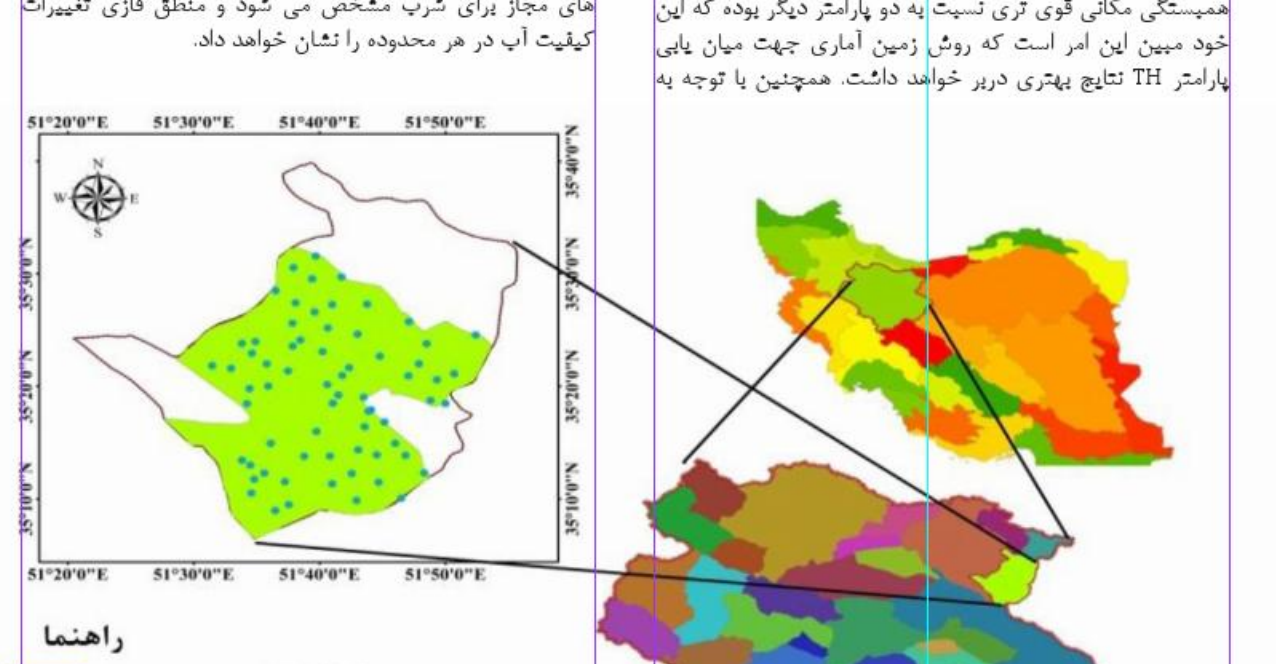
www.SID.ir

Archive of SID

پهنه بندی شدند که در شکل ۴ نشان دهده شده است. با ترکیب منطق بولن و فازی و روی هم گذاری نقشه‌های بدست آمده از سه پارامتر مورد بررسی نقشه پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی دشت ورامین برای سال های ۱۳۸۶ و ۱۳۹۰ بدست آمد که در شکل ۵ نشان داده شده است. همچنین مساحت محدوده‌های کیفی آب زیرزمینی برای هر سال تعیین و مورد مقایسه قرار گرفت (جدول۷).

بحث

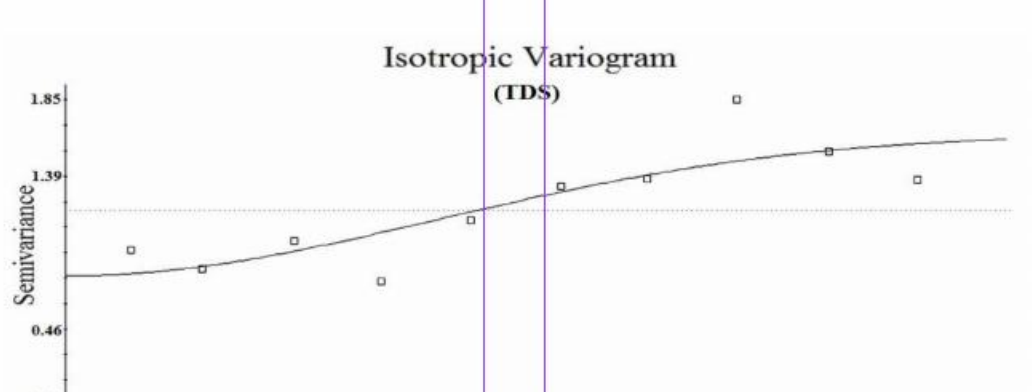
در بیش تر تحقیقات انجام شده روش‌های زمین آماری دارای برتری نسبی نسبت به روش‌های معین بوده‌اند ولی در این مطالعه با توجه به آنالیز آماری مشخص شد داده‌ها دارای توزیع نرمال نیستند که برای نرمال سازی داده‌ها از لگاریتم داده‌ها استفاده شد که داده‌های مربوط به پارامترهای TDS و EC فقط به توزیع نرمال نزدیک شده اند. همچنین پارامتر TH دارای توزیع نرمال شد اما فرض بر نرمال بودن داده‌ها گذاشته شد تا روش‌های میان یابی زمین آماری را نیز بتوان به کمک معیار RMSE مورد ارزیابی قرار داد. بر اساس نتایج بدست آماده روش زمین آماری کوکریجینگ فقط در پارامتر TH دارای RMSE کم تری بوده و در دو پارامتر دیگر یعنی TDS و EC روش معین عکس فاصله دارای RMSE کمتری بود، شاید بتوان دلیل برتری روش معین را به این دلیل دانست که در روش‌های معین نیازی به نرمال سازی داده‌ها نیست و دو پارامتر TDS و EC تمایلی به توزیع نرمال یا روش‌های مختلف نرمال سازی نداشته اندکه با نتایج (Shabani et al., 2011) مطابقت دارد. همچنین می‌توان به ضریب همبستگی مکانی پارامترهای TDS و EC در واریوگرام های رسم شده نیز توجه کرد که دارای ضریب همبستگی متوسطی بوده اند ولی پارامتر TH دارای ضریب همبستگی مکانی قوی تری نسبت به دو پارامتر دیگر بوده که این خود مبین این امر است که روش زمین آماری جهت میان یابی پارامتر TH نتایج بهتری دربر خواهد داشت. همچنین با توجه به نقشه‌های بدست آماده برای هر سه پارامتر مشخص شد که بیشتر مناطق غرب، جنوب غربی و شمال غربی جزو مناطق نامطلوب محسوب می‌شوند که دلیل آن را می‌توان وجود پهنه‌های رسی نمکی همراه سولفات سدیم و عمق کم آبخوان در این نواحی بیان کرد که به شدت بر روی کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه تأثیر می‌گذارد که این نتایج با نتایج (Mokhtari et al., 2009) مطابقت دارد، همچنین ورود پساب تهران از سمت شمال غربی به دشت و استفاده از آن جهت آبیاری مزارع کشاورزی باعث کاهش کیفیت آب زیرزمینی در این منطقه شده است که با نتایج (Zahtabian et al., 2005) مطابقت دارد. تغییرات کیفیت آب در کلاس های مجاز و نامطلوب نشان دهنده آن است که در کلاس نامطلوب با پیشروی به سمت غرب دشت کاهش کیفیت آب مشهود می باشد و در مناطق مجاز برای شرب، مناطق مرکزی این کلاس دارای کیفیت بهتری از آب زیرزمینی هستند و بهره برداری از مناطق مرکزی دشت که در کلاس بندی مجاز قرار گرفته است آبی با کیفیت بهتری در اختیار خواهد گذاشت که علت آن را وجود عمق زیاد آبخوان در این ناحیه می توان دانست که با نتایج (Razandi et al 2014; Mokhtari and et al., 2009) همخوانی دارد. با بررسی میزان مساحت مناطق مطلوب، مجاز و نامطلوب در سال ۱۳۸۶ و سال ۱۳۹۰ نتایج نشان داد که در این دوره پنج ساله آب زیرزمینی دشت ورامین روند کاهش کیفیت را طی کرده است و در سال ۱۳۹۰ مساحت مناطق مطلوب کاهش یافته است. با توجه به نتایج به دست آمده می توان اینگونه بیان کرد که استفاده از دو روش بول و فازی در تعیین کیفیت آب زیرزمینی در کنار هم باعث تولید نتایج بهتری خواهد شد به طوری که به کمک روش بول محدوده های مجاز برای شرب مشخص می شود و منطق فازی تغییرات کیفیت آب در هر محدوده را نشان خواهد داد.

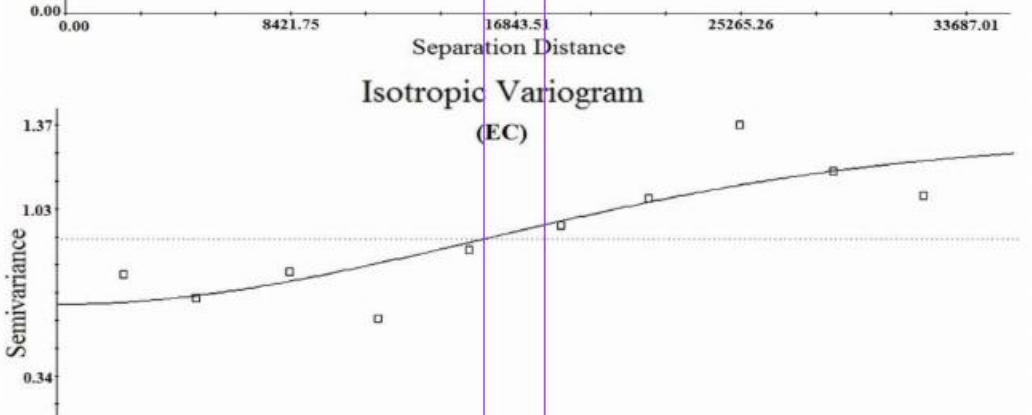


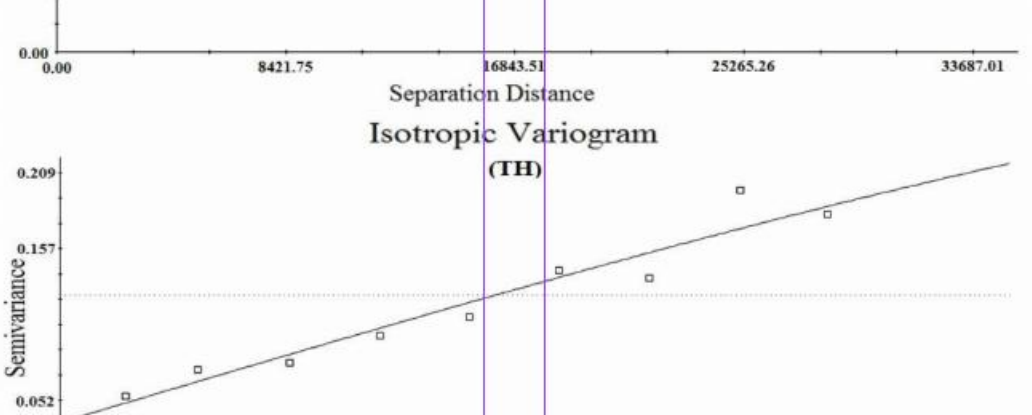
شکل ۱– محدوده مورد مطالعه

www.SID.ir

Archive of SID



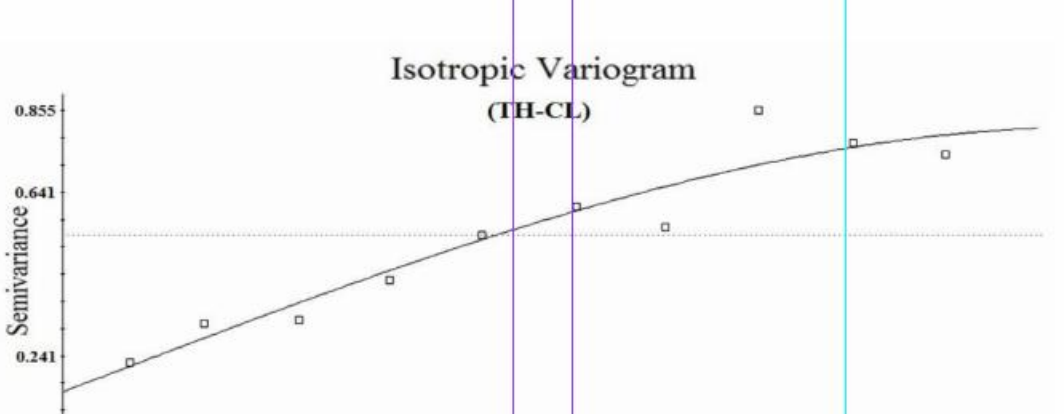


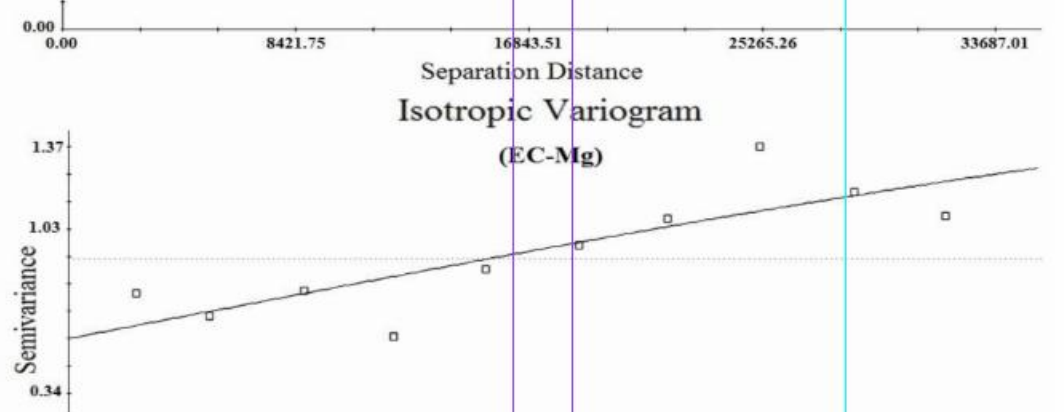


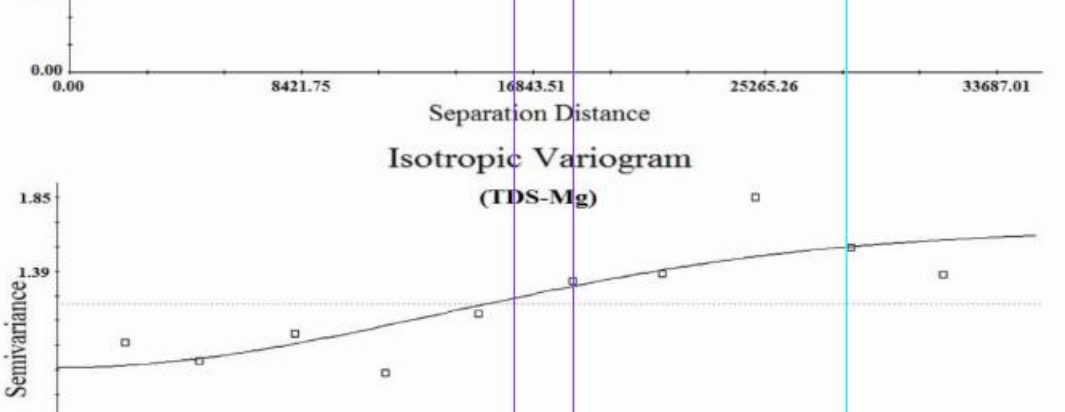
شکل۲- واریوگرام پارامترهای EC.TH و TDS

www.SID.ir

Archive of SID



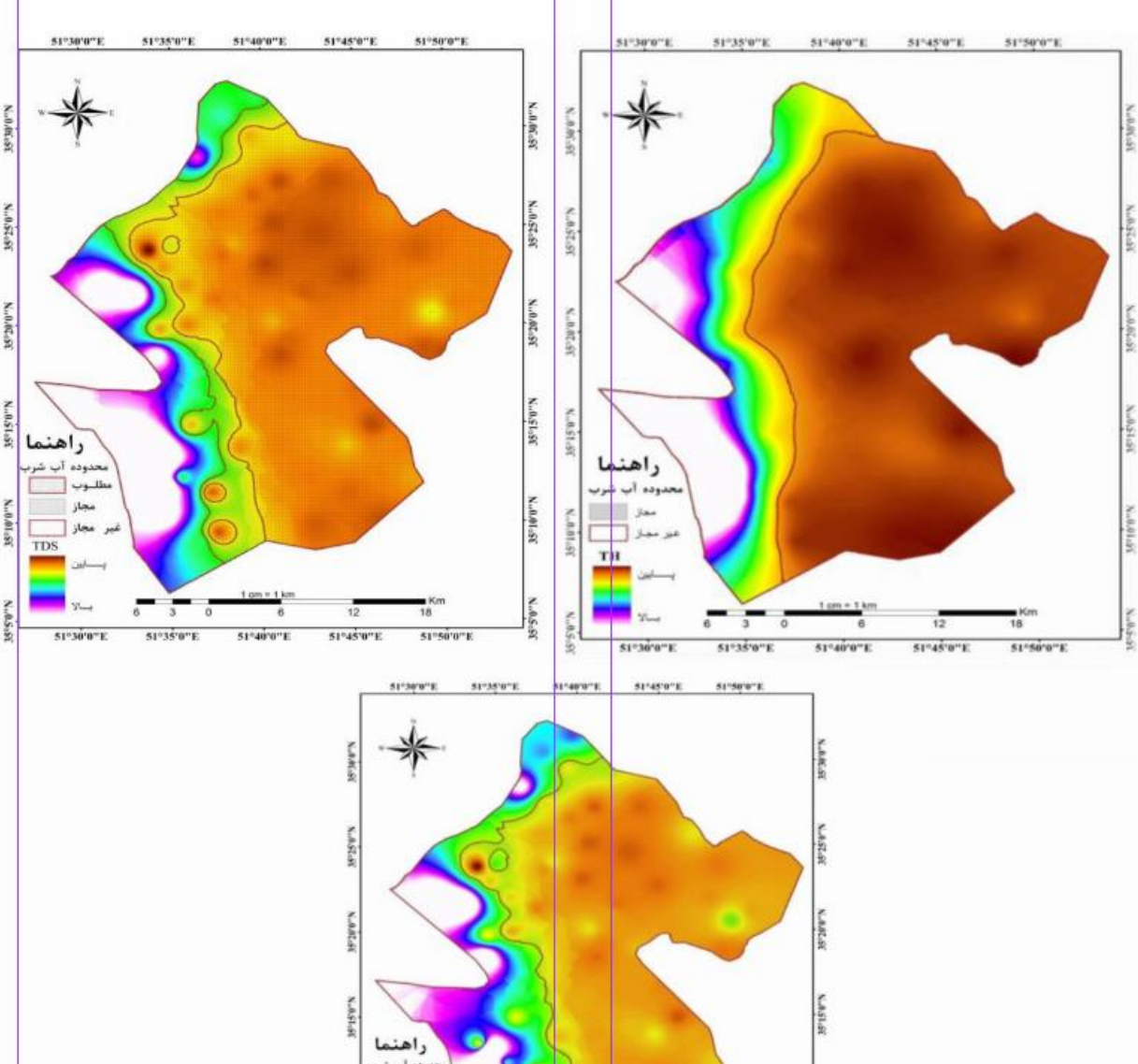




شکل۳- واریوگرام پارامترهای EC،TH و TDS به همراه پارامترهای کمکی

www.SID.ir

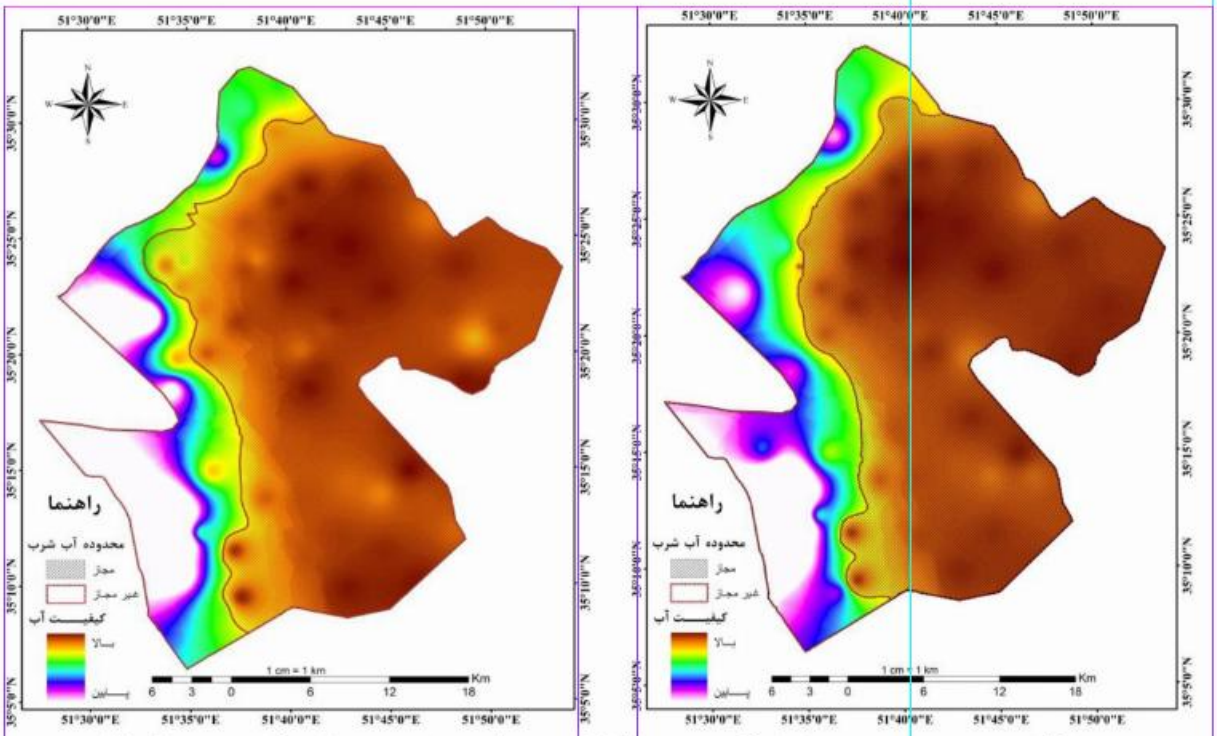
Archive of SID



شکل۴- نقشه توزیع مکانی کیفیت آب زیرزمینی برای هر یک از عناصر مورد بررسی

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵- سمت چپ: نقشه پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی سال ۱۳۸۶، سمت راست: نقشه پهنه بندی کیفیت آب زیرزمینی سال ۱۳۹۰

جدول ۱-طبقه بندی مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران برای خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آب آشامیدنی (Rostami Khalaj and et al.,2012)

متغیر	مطلوب	مجاز	نامطلوب
TDS(mg/L)	<۱۰۰۰	۱۵۰۰-۱۰۰۰	>۱۵۰۰
TH(mg/L)	<۲۰۰	۵۰۰-۲۰۰	>۵۰۰
EC(µg/L)	<۵۰	۱۵۰۰-۵۰	>۱۵۰۰

جدول ۲-نتایج آنالیز آماری داده‌ها (از داده‌ها جهت نرمال سازی لگاریتم گرفته شده است)

متغیر	میانگین	انحراف معیار	چولگی	کشیدگی
TH(mg/L)	۲/۵۵	۰/۳۶۷	۱/۱۴۶	۰/۹۵۲
TDS(mg/L)	۲/۸۱۴	۰/۲۹۵	۱/۳۴	۱/۷۰
EC(µg/L)	۳/۱۰۱	۰/۲۸۶	۱/۴۷	۱/۸۸

جدول ۳- بهترین مدل برازش داده شده به واریوگرام و عوامل واریوگرافی

متغیر	مدل	اثر قطعه‌ای	آستانه	همبستگی مکانی	شعاع تأثیر	R^2	RSS
TH(mg/L)	کروی	۰/۰۳۷	۰/۲۹۶	۰/۱۲	۷۱۱۰۰	۰/۹۳۱	۰/۱۳
TDS(mg/L)	گاوسی	۰/۷۸۴	۱/۶۴۸	۰/۴۷	۱۹۶۲۰	۰/۷۱۸	۰/۳
EC(µg/L)	گاوسی	۰/۶۳۸	۱/۳۰۷	۰/۴۸	۲۱۹۹۰	۰/۷۳۳	/۱۴۹

جدول۴-ضرایب همبستگی بین پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی

متغیر	EC	tds	so4	cl	hco3	anion	ca	mg	Na	k	kation	sar	th
TH(mg/L)	۰/۵۵۵	۰/۵۷۴	۰/۹۳	۰/۹۴	۰/۵۱۳	۰/۸۷۲	۰/۹۴۳	۰/۶۸۹	۰/۸۹	۰/۶۹۴	۰/۸۷۴	۰/۷۸	۱
TDS(mg/L)	۰/۹۶۰	۱	۰/۷۵۲	۰/۶۵۱	۰/۵۲۷	۰/۸۹۰	۰/۷۳۳	۰/۹۷	۰/۶۵۳	۰/۱۱	۰/۸۸۷	۰/۵۲	۰/۵۷
EC(µg/L)	۱	۰/۹۶۰	۰/۷۲۸	۰/۶۳۹	۰/۵۰۸	۰/۸۵۸	۰/۷۱۶	۰/۹۲	۰/۶۵۳	-۰/۱	۰/۸۵۵	۰/۵۱	۰/۵۵

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶ ارزیابی روش‌های میان یابی بر اساس کمترین مقدار RMSE

RMSE متغیر	روش عکس فاصله	تابع شعاعی	کریجینگ	کوکریجینگ
TH(mg/L)	۳۶۵	۳۷۰	۳۲۲	۲۸۵
TDS(mg/L)	۱۸۶	۴۲۳	۷۶۴	۶۶۲
EC(µg/L)	۱۹۳	۲۳۶	۴۵۶	۴۰۳

جدول ۷-تغییرات مناطق مجاز و مطلوب کیفیت آب زیرزمینی در طی ۵ سال

سال مورد بررسی	مساحت مناطق مجاز (کیلومترمربع)	مساحت مناطق نامطلوب (کیلومترمربع)
۱۳۸۶	۷۰۳/۵۷	۳۲۰/۹۸
۱۳۹۰	۶۷۸/۴۳	۳۴۶/۱۳

منابع مورد استفاده

1. Abdam, S. and Fathzadeh, A. (2011). Evaluation of geostatistical methods to estimate the spatial distribution of snow depth in dry areas (Case Study: Sekhuid watershed), Journal of Irrigation and Water Engineering, No, 13, pp: 124-113. (In Persian)
2. Alaa, A.M. (2014). Groundwater quality assessment of the shallow aquifers west of the Nile Delta (Egypt) using multivariate statistical and geostatistical techniques. Journal of African Earth Sciences, Vol, 95. pp: 123-137. (In Persian)
3. Farajpoor, Z., Nabi Bidhendi, M., Torabi, M.R. and Bagheri, M. (2010). Comparison of statistical methods for determining land porosity distribution in one of the oil fields southwest of Iran, 4th conference of Geophysics, Tehran, Iran, pp: 948-951. (In Persian)
4. Hamidianpoor, M. Saligheh, M. and Flakh Qalhary, Gh.A. (2013). Application variety of interpolation methods for monitoring and spatial analysis of drought (Case Study: Khorasan). *Journal of Geography and Development*, No. 30.pp: 57-70. (In Persian)
5. Hasani pak, A.A. (2013). Land Statistics (geostatistical), Tehran University Press. (In Persian)
6. Jahanshahi, A. Roohi maghadam, E. and Dehvari, A.H. (2014). Assessment of groundwater quality parameters using GIS and Geostatistical (Case Study: Aquifer of Shahrbabak). *Journal of Soil and Water Science*, Vol, 24, Issue, 24, No, 2. pp: 183-197. (In Persian)
7. Kuhi Chele Keran, N. Asadi, R. and Lejmiry, p. (2009). Evaluation of geostatistical methods for estimating the parameters of groundwater salinity (case study: Darab plain). Islamic Azad University, Shiraz. (In Persian)
8. Mahdavi, M. (2005). Applied Hydrology, Volume, 2, Tehran University Press. (In Persian)
9. Mohammadi, M. and Mohammadi, M. (2011). Temporal and spatial changes groundwater quality of Qazvin plain. *Journal of Iran Water Research*, Vol. V, No, 8.pp: 52-41. (In Persian)
10. Mokhtari, H.R. and Espahbod, M.R. (2009). Evaluation of hydrodynamic parameters plain water potential due to changes in salinity gradient. *Journal of the Earth*, No, 2.pp: 47-28. (In Persian)
11. Rahimi, D. and Mokarram, M(۲۰۱۲) .). Assessing the groundwater quality by applying fuzzy logic in GIS environment a case study in Southwest Iran. Journal of Environmental Sciences Vol, 2, No 3. pp: 1798-1806.
12. Razandi, Y. (2013). Study of groundwater resources condition using aquifer behavior simulation by model Modflow (Case Study: Varamin plain), Master Thesis, Restoration of Arid and Mountainous , Department of Natural Resources , Tehran University. (In Persian)
13. Rostami Khalaja, M. Mohseni Saravi, M. Khalighi, SH. and Salmani, H. (2012). Evaluation of the spatial distribution of some pollutants of groundwater chemical Mashhad, using geostatistical methods. *Journal of Rangeland and Watershed*, Episode 65, No. 1.pp: 49-60. (In Persian)
14. Shabani, M.A. (2008). Determine the most appropriate geostatistical methods to mapping changes in PH and TDS in groundwater (case study: Plain Arsanjan). *Journal of Water Engineering*, Vol, 1.pp: 47-57. (In Persian)
15. Shabani, M.A. (2011). Determine the most appropriate interpolation method zoning groundwater chemistries. *Journal of Engineering and Watershed Management*, Vol, 3, No, 4.pp: 196-204. (In Persian)
16. Zaiming, Z., Guanghui, Z., Mingjiang, Y. and Jinzhe, W. (2012). Spatial variability of the shallow groundwater level and its chemistry characteristics in the low plain around the Bohai Sea, North China. Environmental Monitoring and Assessment, Vol, 184, No, 6. pp: 3697-3710.
17. Zaki Zadeh, F. and Maleki Nezhad, H. (2013). Detection suitable area for the spreading using GIS and mathematical models Boolean. *First National Conference of rainwater catchment systems*. Mashhad. (In Persian)
18. Zehtabyan, Gh.R. Refighi Emam, A. Alavi Panah, S.K. and Jafari, M. (2004). Evaluation of Groundwater for the irrigation of agricultural lands, *Journal of Geographical Research*, No, 48.pp: 91-102. (In Persian)
19. Ziaeian Firoozabadi, P. Khaledi, Sh. Khandan, S. and Alizadeh, A. (2011). Zoning citrus in the Lorestan province using overlap index and fuzzy logic with compared the models, *Journal of geographic Logistics*, No. 8. (In Persian)

www.SID.ir