تعیین مناسب ترین روش زمین آمار در تهیه ی نقشه ی تغییرات pH و TDS آب های زیرزمینی (مطالعه ی موردی: دشت ارسنجان)

محمد شعبانی[1]

تاریخ دریافت: ۸۷/۶/۱۵ تاریخ پذیرش:۸۷/۹/۲۰

چکیده

مدیریت بهینه ی منابع آبی، و حفظ و ارتقای کیفیت آنها، نیازمند به وجود داده هایی در زمینه ی موقعیت ، مقدار و پراکنش عوامل شیمیایی آب در یک منطقه ی جغرافیایی معین می‌باشد. انتخاب و دقت روش های مناسب پهنه بندی و تهیه ی نقشه ی تغییرات ویژگی های کیفی آب های زیر زمینی بستگی به شرایط منطقه و وجود آمار و داده های کافی در آن دارد، که انتخاب صحیح آنها گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی منطقه بشمار می رود. هدف از انجام این پژوهش تعیین مناسبترین روش میان یابی به منظور بررسی و تحلیل مکانی اندازه ی pH و TDS آب های زیرزمینی دشت ارسنجان واقع در شمال شرقی استان فارس بود. بدین منظور، از روش های زمین آمار مانند کریجینگ معمولی (OK) و کریجینگ ساده (SK)، و روش های معین مانند عکس فاصله (IDW)، تابع شعاعی (RBF)، تخمینگر موضعی (LPI)، و تخمینگر عام (GPI) استفاده شد. نتایج نشان دادند که در بین روش های معین ، روش RBF به دلیل R بالاتر و RMSE پایین تر جهت تهیه ی نقشه ی تغییرات pH و TDS در منطقه مناسب ترین است. افزون بر آن، نتایج نشان دادند که روش SK ، با داشتن R= ۰/۷۷۰ و RMSE=۴۶۳/۵، و روش OK، با داشتن R = ۰/۲۷ و RMSE = ۰/۲۰ در بین روش های کریجینگ به ترتیب جهت تهیه ی نقشه ی تغییرات pH و TDS برتری دارند. در نهایت، از مقایسه ی روش های گوناگون میان یابی نتیجه گیری شد که روش زمین آمار کریجینگ ساده و معمولی نسبت به روش های معین برتری داشته و به ترتیب به عنوان روش های مناسب جهت تهیه نقشه ی نهایی تغییرات pH و TDS در دشت ارسنجان انتخاب می شوند.

واژه های کلیدی: کیفیت آب ، pH، TDS، روش های زمین آمار، روش های معین، آب های زیر زمینی، دشت ارسنجان.

[1] - استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان. E-mail:mohamshabani@yahoo.com

پیشگفتار

منابع آب زیرزمینی در کشور ایران و بسیاری از کشورهای دیگر که آب و هوایی مشابه دارند، مهمترین منابع آب مورد استفاده در کشاورزی و شرب بشمار می آیند. از سوی دیگر خطر آلودگی کمتر این منابع نسبت به دیگر روش‌های فراوری آب باعث شده که حتی در مناطقی که کمبودی از لحاظ آب سطحی احساس نمی‌شود نیز استفاده از این منابع رونق داشته باشد. موضوع آلودگی آب ها نه تنها در کشورهای صنعتی بلکه در کشورهای درحال توسعه نیز مطرح است. برای مثال در بیشتر شهرهای ایران که آب شرب از منابع زیرزمینی تامین می شود ، باید به مساله ی آلوده بودن این منابع به نیترات و سایر عناصر سمی که ممکن است به وسیله ی چاههای فاضلاب یا کودها و سمومی که در کشاورزی مصرف شده و همراه با آب نفوذی به لایه های آبدار می رسد، توجه شود . بنابراین در مطالعات هیدرولوژی همراه با مطالعه کمی مقدار آب ، معیارهای کیفی آن نیز بررسی می شوند (مهدوی۱۳۸۴). تغییر کیفیت آب های زیرزمینی و شور شدن منابع آب هم اکنون خطری بزرگ در راه توسعه ی کشاورزی کشور بویژه در اراضی خشک می‌باشد. کیفیت آب زیرزمینی همچون آب سطحی همواره در حال تغییر است ، اما این تغییرات نسبت به آب های سطحی بسیار کندتر صورت می گیرد (مهدوی۱۳۸۴). تهیه ی نقشه‌های به هنگام تغییرات شوری و املاح می‌تواند گامی مهم در بهره برداری صحیح از منابع آب باشد . افزون بر آن نقشه‌های تغییرات ویژگی های شیمیایی آب های زیر زمینی ، نقشی ارزنده را در فرایند تصمیم‌گیری و مدیریت استفاده و بهره برداری از آب های زیرزمینی ایفا می کند. روش هایی گوناگون برای مطالعه و پهنه بندی تغییرات ویژگی های آب های زیر زمینی وجود دارد که هر کدام از آنها بسته به شرایط منطقه و وجود آمار و داده های کافی دارای دقت هایی گوناگون می باشند. از جمله روش های میان یابی جهت تهیه ی نقشه های تغییرات کیفیت آب های زیرزمینی می توان به روش های زمین آمار کریجینگ و کوکریجینگ و روش های معین مانند روش عکس فاصله ، تابع شعاعی و غیره نام برد. انتخاب روش مناسب پهنه بندی و تهیه ی نقشه ی تغییرات ویژگی های کیفی آب های زیر زمینی گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی منطقه بشمار می رود. در داخل و خارج از کشور مطالعاتی گوناگون در مورد کاربرد روش های میان یابی در مطالعه ی آب های زیرزمینی انجام گرفته است که به برخی آنها اشاره می شود. نظری زاده و همکاران(۱۳۸۵) از روش زمین آمار در بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بالارود استفاده کرده و گزارش نمودند که متغیر نمای های هدایت الکتریکی ، کلر و سولفات به ترتیب دارای دامنه ی تاثیر ۶۱۷۰۰، ۵۰۸۰۰، ۱۰۲۱۰۰متر و حد آستانه ی ۰/۵۳۳، ۱/۵۳۲ و ۲/۰۵درصد بوده و از ساختار کروی تبعیت می‌کند. زهتابیان و همکاران (۱۳۸۶) در مطالعه ای با عنوان بررسی و تحلیل مکانی ویژگی های کیفی آب های زیرزمینی درحوزه ی آبخیز گرمسار واقع در استان سمنان با استفاده از روش های میان یابی زمین آمار و معین با مقایسه RMSE و دیگر عامل های ارزیابی به این نتیجه رسیدند که روش‌های زمین آماری نسبت به روش‌های معین دقتی بالاتر دارند. به گونه ای که از بین روش‌های زمین آماری، روش کوکریجینگ و از میان روش‌های معین ، روش تابع شعاعی از دقتی بالاتر برای بیشتر عامل ها برخوردار بود. کرسیک (۱۹۹۷) روش کریجینگ را به عنوان بهترین و قوی‌ترین ابزار برای درون یابی داده‌های تهیه ی نقشه‌های اندازه ی آب زیرزمینی معرفی کرد. جاگر (۱۹۹۰) همچنین از ابزارهای زمین آمار مثل کریجینگ برای شبیه سازی متغیرهای کیفیت آب زیرزمینی استفاده کرد و نتیجه گرفت که کریجینگ از دیگر ابزارهای زمین آماری برای شبیه سازی متغیرهای کیفیت آب زیرزمینی بهتر است. احمد (۲۰۰۲) کاربرد روش کریجینگ را در تخمین وابستگی مکانی متغیرهای کیفیت آب مثل TDS به کار برد و نتیجه گرفت که کریجینگ قابلیت بالایی برای این هدف دارد . گاوس و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی غلظت آرسنیک در آب های زیرزمینی بنگلادش پرداختند. در این مطالعه از داده های ۳۵۳۴ چاه استفاده شد. داده‌های بدست آمده نشان دهنده ی چولگی بالا در داده‌های آرسنیک بود. برای برآورد غلظت و تهیه ی نقشه ی احتمال از روش کریجینگ گسسته استفاده شد. نتایج نشان داد ند که در

منطقه ی مورد مطالعه ۳۵ میلیون نفر در معرض غلظت بالای آرسنیک (۵۰ میلی گرم بر لیتر) و ۵۰ میلیون نفر در معرض غلظت ۱۰ میلی گرم بر لیتر قرار دارند. تقی زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه ای در دشت یزد ارسنجان به تحلیل مکانی برخی از ویژگی های کیفی آب های زیرزمینی مانند TDS، TH، EC، SAR، Cl^- و SO_4^{2-} با استفاده از سه روش IDW، کریجینگ و کوکریجینگ پرداختند. ارزیابی نتایج حاصله بر اساس معیار RMSE نشان داد که روش کریجینگ بر دو روش دیگر برتری داشته و در نهایت به عنوان روش نهایی و مناسب جهت تهیه ی نقشه ی ویژگی های کیفی آب های زیرزمینی منطقه انتخاب شد. بارکای و پاسارلا (۲۰۰۸) جهت تهیه ی نقشه ی خطر نیترات در دشت مادنا در ایتالیا از روش کریجینگ گسسته و روش های شبیه سازی استفاده نمودند . نتایج نشان داد ندکه روش کریجینگ گسسته برای مطالعه ی خطر تخریب کیفیت آب های زیرزمینی مناسب است.

فتانی و همکاران (۲۰۰۸) در مطالعه کیفیت آب های زیر زمینی دشت های کشاورزی تریفا در شمال شرق مراکش از نظر اندازه ی نیترات آمونیوم و آلودگی های باکترولوژیکی از روش کریجینگ معمولی برای مطالعه و پهنه بندی نقشه کیفی آب های زیر زمینی استفاده نمودند. نتایج آنها نشان دهنده ی تغییرات معنی دار در مقایسه با مطالعات قبلی بود و بیان نمودند که اگر هیچ نوع برنامه ی دراز مدت بازدارنده صورت نگیرد، توسعه ی اراضی کشاورزی در این مناطق باعث تخریب کیفیت آب های زیرزمینی می گردد.

هدف از این پژوهش تعیین و ارزیابی مناسبترین روش میان یابی به منظور مطالعه ی تغییرات کیفی و مکانی ویژگی های آب زیر زمینی از نظر اندازه ی PH و غلظت املاح محلول (TDS) در دشت ارسنجان واقع در شمال شرقی استان فارس می باشد.

مواد و روش ها

منطقه ی مورد مطالعه در این پژوهش دشت ارسنجان واقع در شمال شرقی استان فارس با وسعت ۱۰۱/۰۶۴ کیلومتر مربع و بین طول های شرقی $53^0 12' 52''$ تا $53^0 23' 01''$ و عرض های شمالی $29^0 46' 23''$ تا $29^0 56' 15''$ واقع شده و جزء حوزه ی آبخیز دریاچه ی طشک و بختگان بشمار می آید. میانگین ارتفاع حوزه ی آبخیز دشت ارسنجان ۱۷۵۰ متر، بیش ترین ارتفاع حوزه ۳۲۷۰ متر در قله ی کوه سیاه و کمترین ارتفاع در نقطه ی خروجی دشت معادل ۱۶۰۰ متر از سطح دریا می باشد. میانگین بارندگی، درجه حرارت و تبخیر و تعرق سالانه ی حوزه به ترتیب ۳۰۲ میلی‌متر، ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد و ۱۰۴۰/۵ میلی‌متر است . اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن از نوع نیمه خشک می باشد . دشت ارسنجان فاقد جریان دائمی آب های سطحی است و سیلاب های حاصل از ریزش باران از دامنه ی کوه به سوی پهنه ی میانی دشت در آبراهه ها جریان یافته تا بخشی از سفره ی آب زیرزمینی را تغذیه کند . بر اساس گزارش های سازمان آب منطقه ای فارس، تعداد ۶۲۸ حلقه چاه با آبدهی سالانه ۸۸/۲۹ میلیون متر مکعب، ۱۵ دهنه چشمه با آبدهی سالانه ۲/۸۶ میلیون متر مکعب و ۹ رشته قنات با آبدهی ۶/۱ میلیون متر مکعب وجود دارد که در مجموع حجم تخلیه ی کل از منابع آب زیرزمینی سالانه ۹۷/۲۵ میلیون متر مکعب می باشد. شکل (۱) نقشه ی منطقه ی مورد مطالعه را نشان می دهد.

در این مطالعه با توجه به اهداف پژوهش ۸۳ حلقه چاه در دشت ارسنجان به گونه ی تصادفی و با پراکنش مناسب انتخاب گردید. پس از انتخاب چاهها، در چهار نوبت دو مرحله ای در فصل های تابستان و پاییز سال ۱۳۸۶ به کمک بطری های نمونه برداری به حجم ۳۰۰cc نمونه هایی برداشت و pH و غلظت املاح محلول (TDS) تعیین گردید. گفتنی است که جهت تعیین TDS نمونه ها، پس از برداشت هر نمونه اندازه ی هدایت الکتریکی(EC) بر حسب میکروموس بر سانتی متر قرائت و سپس مقدار TDS بر حسب میلی گرم بر لیتر از رابطه ی $TDS=0.64EC$ بدست آمد (مهدوی۱۳۸۴). همزمان با برداشت هر نمونه، مختصات جغرافیایی هر حلقه چاه به کمک GPS در سامانه ی UTM یادداشت گردید . پس از اعلام نتایج به وسیله ی آزمایشگاه ، مقادیر

متوسط هر عامل در نظر گرفته شد. در مرحله بعد تمامی داده های مربوط به هر عامل از نظر نرمال بودن به وسیله ی آزمون کلموگراف – اسمیرنف در محیط SPSS بررسی شد. پس از انجام این مراحل برای تبدیل داده های نقطه ای یاد شده به داده های ناحیه ای در محیط نرم افزاری ILWIS و ARCGIS از روش های زمین آمار کریجینگ ساده و معمولی و روش های معین مانند عکس فاصله ، تابع شعاعی ، تخمین گر عام و تخمین گر موضعی استفاده گردید. به منظور تشریح پیوستگی مکانی متغیرها، نیم متغیرنما ی (متغیر نمای) داده ها به گونه ی جداگانه در محیط نرم افزاری GS $^{++}$ ترسیم گردید. سپس برای انتخاب روش مناسب میان یابی جهت تهیه نقشه تغییرات دشت ارسنجان از روش ارزیابی متقابل استفاده شد. در این روش یک نقطه به طور موقتی حذف شده و با اعمال روش مورد نظر برای آن نقطه، مقداری برآورد می گردد. سپس مقدار حذف شده به جای خود برگردانیده شده و برای سایر نقاط به صورت مجزا این برآورد صورت می گیرد. این کار برای هر یک از نقاط مشاهده ای تکرار می شود به گونه ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهده ای برآورد وجود خواهد داشت. سپس با استفاده از دو معیار R و RMSE روش مناسب میانیابی تشخیص و نقشه ی تغییرات عامل های کیفی به گونه ی جداگانه ترسیم می شود.

ویژگی های متغیر نمای

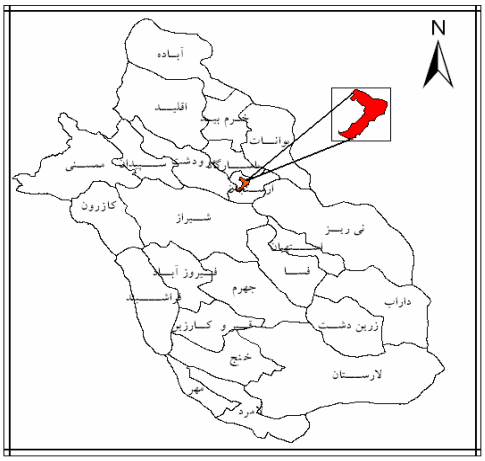
هدف اصلی از محاسبه ی متغیر نمای این است که بتوان تغییرپذیری متغیر را نسبت به فاصله ی مکانی یا زمانی شناخت. برای این کار لازم است مجموع مربع تفاضل زوج نقاطی که به فاصله ی معلوم h از یکدیگر قرار دارند ، محاسبه و در مقابل h رسم گردد (حسنی پاک ۱۳۷۷). شکل ۲ نمایی از یک نیم تغییرنما را نشان می دهد. هر تغییرنما دارای چند عامل مهم است که در زیر به آن پرداخته شده است.

الف– دامنه ی تأثیر

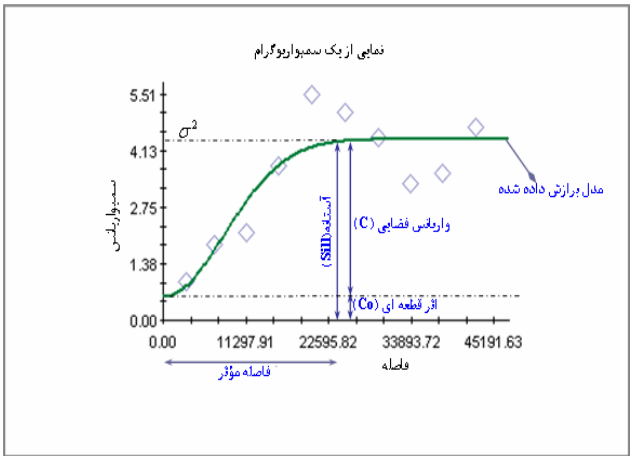
فاصله‌ای که در آن متغیر نمای به حد ثابتی می‌رسد و به حالت خط افقی نزدیک می‌شود، دامنه یا شعاع تأثیر (R) نامیده می‌شود (شکل۲). این دامنه محدوده‌ای را مشخص می‌کند که می‌توان از داده‌های موجود در آن، برای تخمین مقدار متغیر مجهول استفاده کرد. بدیهی است که دامنه ی تأثیر بزرگتر دلالت بر پیوستگی مکانی گسترده‌تر دارد (حسنی پاک۱۳۷۷).

ب– سقف یا آستانه ی متغیر نمای

به مقدار ثابتی که متغیر نمای در دامنه ی تأثیر به آن می‌رسد ، آستانه گفته می‌شود. مقدار آستانه برابر با واریانس کل تمام نمونه‌هایی است که در محاسبه ی تغییرنما بکار رفته‌اند (حسنی پاک۱۳۷۷). در روش کریجینگ متغیر نمای هایی که به سقف مشخص می‌رسند ، اهمیتی بیشتر دارند (شکل۱). در مواردی متغیر نمای هایی بدست می‌آید که در محدوده ی فواصل مورد نظر تمایلی به نزدیک شدن به حد ثابتی ندارند. این متغیر نمای ها می‌توانند نشان دهنده ی وجود روند در داده‌ها و یا عدم ایستایی داده‌ها باشند.



شکل۱- موقعیت دشت ارسنجان بر روی نقشه.



شکل۲- متغیر نمای و عامل های آن.

ج- اثر قطعه‌ای

مقدار متغیر نمای در مبدأ مختصات یعنی به ازای h=۰ را اثر قطعه‌ای (C.) می‌نامند (شکل۲). در حالت بهینه مقدار C. باید صفر باشد، اما در بیشتر مواقع بزرگتر از صفر است. در این حالت جزء تصادفی و یا غیر ساختاردار متغیر ظاهر می‌شود (حسنی پاک۱۳۷۷).

روش ارزیابی صحت

برای انتخاب روش مناسب میان یابی از روش ارزیابی متقابل استفاده شده است. در این روش، در هر مرحله یک نقطه مشاهده‌ای حذف شده و با استفاده از سایر نقاط مشاهده‌ای، آن نقطه برآورد می‌شود. این کار برای تمامی نقاط مشاهده‌ای تکرار می‌شود، به گونه ای که در آخر به تعداد نقاط مشاهده‌ای، برآورد وجود خواهد داشت و در پایان با داشتن مقادیر واقعی و برآورد شده می توان خطا و انحراف روش استفاده شده را برآورد نمود. معیارهایی گوناگون برای این کار وجود دارد که می توان به میانگین خطای مطلق (MAE)، میانگین خطای اریب یا انحراف (MBE)، ریشه ی دوم میانگین مربع خطا (RMSE)، ضریب تعیین مقادیر مشاهده ای و برآوردی (R^2) و ضریب همبستگی مقادیر مشاهده ای و برآوردی(R) اشاره نمود. معادله های مربوط به محاسبه ی آنها به قرار زیر است:

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left[Z^*(x_i) - Z(x_i)\right]}{n}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left|Z^*(x_i) - Z(x_i)\right|}{n}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}\left[Z^*(x_i) - Z(x_i)\right]^2}{n}}$$

که در آن‌ها:

n= تعداد نقاط مشاهده‌ای،

$Z^*(x_i)$ = مقدار برآوردی بر نقطه iام،

$Z(x_i)$ = مقدار مشاهده‌ای برای نقطه iام،

$\overline{Z}(x_i)$ = میانگین مقادیر مشاهده‌ای.

نتایج

نتایج مربوط به آزمون نرمال بودن داده ها

نتایج مربوط به آزمون کلموگراف – اسمیرنف نشان داد که داده های pH نرمال بوده ، اما داده های مربوط به TDS نرمال نبوده و لذا از لگاریتم داده های TDS که بهنجار هستند ، استفاده شد. گفتنی است که شرط بهنجار بودن فقط برای روش های میان یابی کریجینگ ساده و کریجینگ معمولی بوده و برای روش های معین شرط نمی باشد . جدول ۱ مقادیر برخی از آماره های TDS در دو حالت لگاریتمی و غیر لگاریتمی و جدول ۲ مقادیر برخی از آماره های مربوط به داده های pH را نشان می دهد.

جدول ۱- مقادیر برخی از آماره های TDS در دو حالت لگاریتمی و غیر لگاریتمی.

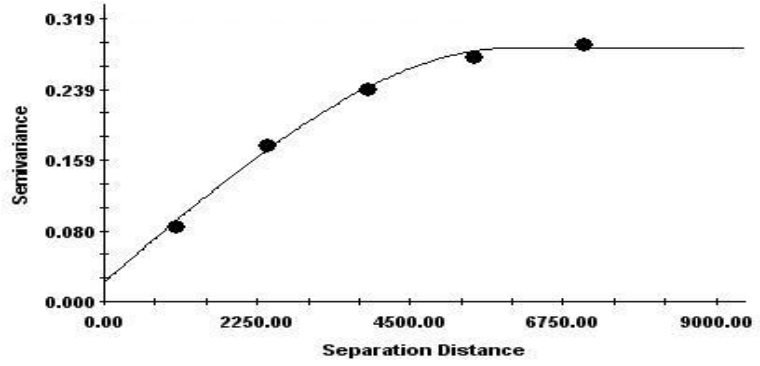
آماره / عامل	تعداد نمونه	میانگین نمونه ها	انحراف معیار	بیشینه	کمینه	چولگی	کشیدگی
TDS	۸۳	۱۰۲۶/۹۵	۷۳۱/۸۹	۳۶۴۱/۶۰	۳۲۲/۵۶	۲/۰۶	۴/۱۸
TDS (لگاریتمی)	۸۳	۲/۹۳	۰/۲۵	۳/۵۶	۲/۵۱	۰/۷۸	۰/۱۲

جدول ۲- مقادیر برخی از آماره های مربوط به داده هایpH .

آماره / عامل	تعداد نمونه	میانگین نمونه ها	انحراف معیار	بیشینه	کمینه	چولکی	کشیدگی
PH	۸۳	۷/۴۳	۰/۲۱	۷/۶۸	۶/۵۸	-۱/۶۹	۳/۴۰

تحلیل متغیر نمای TDS

از تحلیل نیمه متغیر نمای این عامل نتیجه می گیریم که شبیه متغیر نمای بدست آمده کروی می باشد. شکل (۳) متغیر نمای تجربی و شبیه برازش داده شده بر آن را برای حالت تبدیل لگاریتمی نشان می دهد. جدول ۳ نیز عامل های متغیر نمای TDS را نشان می دهد. جداول ۴ و ۵ مقادیر R و RMSE را برای هر یک از روش های معین و کریجینگ برای عامل TDS نشان می دهند . با توجه به جداول ۴ و ۵ چون روش کریجینگ ساده نسبت به سایر روش ها دارای R بالاتر و RMSE پائین تر است ، لذا روش کریجینگ ساده به عنوان روش مناسب جهت تهیه ی نقشه ی تغییرات مقادیر TDS در دشت ارسنجان انتخاب می شود. شکل ۴ نقشه ی تغییرات مقادیر TDS براساس روش کریجینگ ساده و شکل ۵ نقشه ی هم TDS آب های زیر زمینی دشت ارسنجان را نشان می دهد.



شکل ۳- متغیر نمای تجربی TDS.

جدول ۳- عامل های مربوط به متغیر نمای TDS.

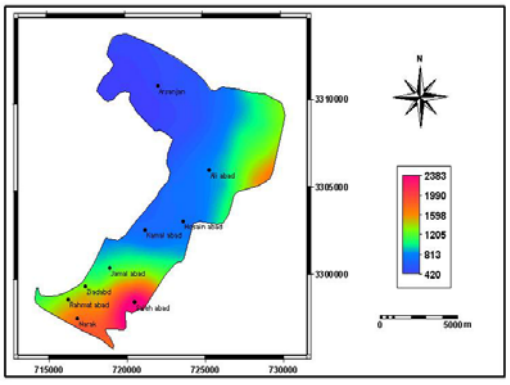
شبیه	اثر قطعه ای	آستانه	شعاع تأثیر (m)
کروی	۰/۰۲۲	۰/۲۸۵	۶۰۳۰

جدول ۴- مقادیر R و RMSE برای هر یک از روش های معین برای عامل TDS.

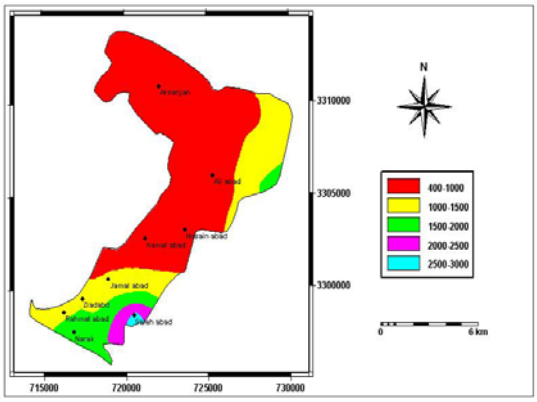
روش	R	RMSE
عکس فاصله (IDW)	۰/۷۵۳	۴۹۰/۵
تابع شعاعی (RBF)	۰/۷۵۸	۴۷۴/۶
تخمین گر عام (GPI)	۰/۶۲۱	۵۷۶/۳
تخمین گر موضعی (LPI)	۰/۷۰۳	۵۳۳/۲

جدول ۵- مقادیر R و RMSE برای هر یک از روش های کریجینگ برای عامل TDS.

روش	R	RMSE
کریجینگ ساده (SK)	۰/۷۷۰	۴۶۳/۹
کریجینگ معمولی (OK)	۰/۷۵۴	۴۷۹/۴



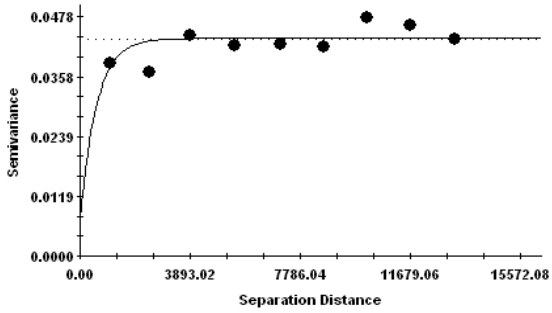
شکل۴- نقشه ی تغییرات TDS آب های زیر زمینی بر اساس روش کریجینگ ساده در دشت ارسنجان.



شکل۵- نقشه ی هم TDS آب های زیر زمینی دشت ارسنجان .

تحلیل متغیر نمای pH

از تحلیل نیمه متغیر نمای این عامل نتیجه گیری می گردد که شبیه متغیر نمای بدست آمده نمایی می باشد. شکل ۶ متغیر نمای تجربی و شبیه برازش یافته بر آن را نشان می دهد. جدول ۶ نیز عامل های متغیر نمای pH را نشان می دهد. مقادیر مربوط به R و RMSE داده های pH برای روش های معین و کریجینگ در جداول ۷ و ۸ آورده شده است. با توجه به جداول ۷ و ۸ مشاهده می شود که روش کریجینگ معمولی دارای R بالاتر و RMSE پایین تر نسبت به سایر روش های میان یابی بوده و لذا به عنوان روش مناسب میان یابی در تهیه ی نقشه ی تغییرات pH در دشت ارسنجان برگزیده می شود. شکل ۷ نقشه ی تغییرات مقادیر pH به روش کریجینگ معمولی و شکل ۸ نقشه ی هم pH آب های زیر زمینی در دشت ارسنجان را نشان می دهد.



شکل ۶- متغیر نمای تجربی pH.

جدول ۶- عامل های مربوط به متغیر نمای داده های pH.

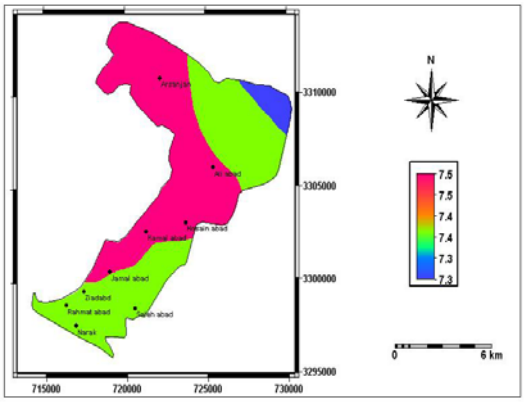
شبیه	اثر قطعه ای	آستانه	شعاع تأثیر (m)
نمایی	۰/۰۰۷	۰/۰۴۳	۱۷۱۰

جدول ۷- مقادیر R و RMSE هر یک از روش های معین برای داده های pH.

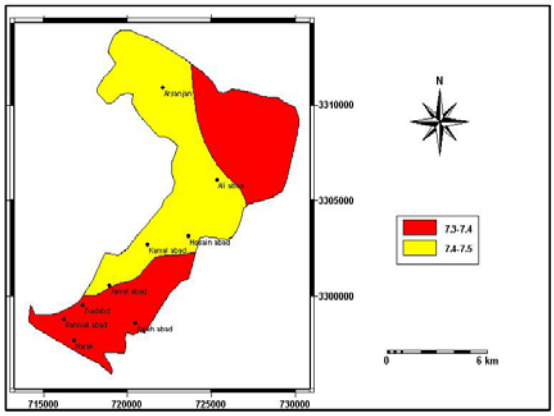
روش	R	RMSE
عکس فاصله (IDW)	۰/۱۳۴	۰/۲۲۱
تابع شعاعی (RBF)	۰/۲۲۷	۰/۲۰۱
تخمین گر عام (GPI)	۰/۲۱۰	۰/۲۰۴
تخمین گر موضعی (LPI)	۰/۲۲۴	۰/۲۱۲

جدول ۸- مقادیر R و RMSE هر یک از روش های کریجینگ برای داده های pH.

روش	R	RMSE
کریجینگ ساده (SK)	۰/۲۱۹	۰/۲۰۲
کریجینگ معمولی (OK)	۰/۲۷۰	۰/۲۰۰



شکل ۷- نقشه تغییرات pH آب های زیر زمینی بر اساس روش کریجینگ معمولی در دشت ارسنجان.



شکل ۸- نقشه pH آب های زیر زمینی در دشت ارسنجان.

بحث و نتیجه گیری

مدیریت بهینه ی منابع آبی و حفظ و ارتقای کیفیت آنها نیازمند وجود داده هادر زمینه ی موقعیت ، مقدار و پراکنش عامل های شیمیایی آب در یک منطقه ی جغرافیایی معین می‌باشد. هدف از انجام این پژوهش تعیین مناسبترین روش میان یابی به منظور بررسی و تحلیل مکانی اندازه ی تغییرات برخی ویژگی های کیفی آب های زیر زمینی دشت ارسنجان بود. بدین منظور از روش های زمین آمار مانند روش های کریجینگ معمولی (OK) و کریجینگ ساده (SK) و روش های معین مانند عکس فاصله (IDW)، تابع شعاعی (RBF)، تخمین گر موضعی (LPI) و تخمین گر عام (GPI) استفاده گردید.

نتایج نشان داد که از بین روش های معین جهت تهیه نقشه تغییرات TDS در منطقه، روش تابع شعاعی (RBF) نسبت به سایر روش های معین به دلیل بالاتر بودن مقدار R و پائین تر بودن مقدار RMSE (R = ۰/۷۵۸ و RMSE = ۴۷۴/۶) مناسب تر است (جدول۴). افزون بر این نتایج حاصل از جدول ۵ نشان داد که از بین روش های کرینجینگ ، روش کریجینگ ساده (SK) به دلیل دارا بودن R بالاتر و RMSE پایین تر (R = ۰/۷۷ و RMSE = ۴۶۳/۵) نسبت به سایر روش های دیگر بهتر است. با مقایسه ی دو روش RBF و SK نتیجه گیری می شود که روش SK به دلیل بالاتر بودن R و پایین تر بودن RMSE (جداول۴ و۵) نسبت به روش RBF ارجحیت داشته و لذا به عنوان روش نهایی در تهیه ی نقشه ی تغییرات TDS در منطقه انتخاب می شود.

نتایج بدست آمده ازجدول ۷ نیز نشان داد که روش تابع شعاعی (RBF) در بین روش های معین به دلیل داشتن R بالاتر و RMSE (R = ۰/۲۲۷ و

RMSE = ۰/۲۰۱) جهت تهیه ی نقشه ی تغییرات pH در منطقه مناسب است . افزون بر این با مراجعه به جدول (۸) مشخص شد که در بین روش های گوناگون کریجینگ، روش کریجینگ معمولی (OK) با داشتنR بالاتر و RMSE پائین تر (R = ۰/۲۷ و RMSE = ۰/۲۰) نسبت به سایر روش های دیگر جهت تهیه ی نقشه تغییرات pH برتری دارد. در نهایت از مقایسه ی ۲ روش RBF و OK نتیجه گیری می شود که روش RBF جهت تهیه نقشه تغییرات pH در منطقه به دلیل R بالاتر و RMSE پایین تر نسبت به روش OK ارجحیت داشته و به عنوان روش نهایی میان یابی انتخاب می گردد. نتایج بدست آمده از این پژوهش با نتایج پژوهشگرانی مانند زهتابیان و همکاران (۱۳۸۶)، کرسیک (۱۹۹۷)، جاگر (۱۹۹۰) و احمد (۲۰۰۲)، تقی زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۰۸)، بارکای و پاسارلا (۲۰۰۸) و فتانی و همکاران (۲۰۰۸) که در بخش پیشگفتار به آنها اشاره شد، همخوانی دارد. پژوهشگران بالا روش های زمین آمار ، مانند کریجینگ معمولی ، ساده، گسسته و کوکریجینگ را به عنوان ابزار مناسب جهت مطالعه کیفییت آب های زیرزمینی و نقشه بندی آنها در مناطق گوناگون جهان پیشنهاد کرده بودند که نتایج بدست آمده از این پژوهش نیز بیانگر نظر آنهاست.

منابع:

حسنی پاک ع. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتیستیک). انتشارات دانشگاه تهران. چاپ اول.

زهتابیان غ، محمد عسکری ح. ۱۳۸۶. طرح تحقیقاتی بررسی و تحلیل مکانی خصوصیات کیفی آبهای زیرزمینی درحوزه آبخیز گرمسار. دانشگاه تهران.

مهدوی م. ۱۳۸۴. هیدرولوژی کاربردی. جلد دوم. انتشارات دانشگاه تهران.

نظری زاده ف، ارشادیان ب، زند وکیلی ک. ۱۳۸۵. بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بالارود در استان خوزستان. اولین همایش منطقه‌ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوزه‌های کارون و زاینده رود. دانشگاه شهرکرد. صفحات ۱۲۳۶ تا ۱۲۴۰.

Ahmed S. 2002. Groundwater monitoring network design: Application of geostatistics with a few case studies from a granitic aquifer in a semi-arid region. in: Groundwater Hydrology, M.M. Sherif, V.P. Singh and M. Al-Rashed (Eds.), Balkema, Tokyo, Japan. 2: 37-57.

Barcae E, Passarella G. 2008. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation: A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation , Journal of Environmental Monitoring and Assessment.133: 261-273.

Fetouani S, Sbaa M, Vanclooster M, Bendra, B. 2008. Assessing groundwater quality in the irrigated plain of Triffa (Nnorth-east Morocco). Journal of Agricultural Water Management 95: 133-142.

Gaus I, Kinniburgh D.G, Talbot J.C, Webster, R. 2003. Geostatistical analysis of arsenic concentration in groundwater in Bangladesh using disjunctive kriging. Environmental Geology 44: 939-948.

Jager N. 1990. Hydrogeology and groundwater simulation. Lewis Publishers.

Johansson B, Chen D. 2003. The influence, of mind and topography on precipition distribution in Sweden: Statistical analysis and modeling. International Journal of Climatology 23: 1523-1535.

Kresic N. 1997. Hydrogeology and Groundwater Modeling. Lewis Publishers.

Taghizadeh Mehrjerdi R, Zareian M, Mahmodi Sh, Heidari A. 2008. Spatial distribution of groundwater quality with geostatistics (Case study: Yazd-Ardakan plain).World Applied Science Journal. 4(1): 9-17.