Archive of SID

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۰ شماره ۴صفحه‌های ۱۰۵ تا ۱۱۷ / سال ۱۳۹۹

مدلسازی مکانی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی دشت آذرشهر برای مصارف کشاورزی با استفاده از روش‌های زمین آمار

سیمین گنجه ای[۱] ، ناصر شیری*[۲]، جلال شیری[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۰۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۳۰

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲- دانش آموخته مهندسی عمران- محیط زیست، دانشکده فنی عمران، دانشگاه تبریز

۳- دانشیار گروه علوم مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

* ایمیل نویسنده مسئول: nasershiri75@yahoo.com

چکیده

آب‌های زیرزمینی از منابع مهم بهره‌برداری در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در دشت آذرشهر، به‌دلیل کاهش میزان بارش سالانه و کمبود رواناب سطحی، منابع آب زیرزمینی نقش مهمی در تأمین نیازهای آبی کشاورزی، شرب و مصارف خانگی و صنعتی دارد. هدف از این پژوهش ارزیابی کیفیت آب زیرزمینی دشت آذرشهر جهت آبیاری کشاورزی و نیز بررسی تغییرات EC و SAR با استفاده از روش زمین آمار است. به همین منظور برای پیش‌بینی پراکنش مکانی پارامترهای کیفی آب که شامل SO_4، Cl، TDS، EC، SAR هستند، از نمونه‌های ٤٧ حلقه چاه این منطقه که طی سال-های ۱۳۸۲تا ۱۳۹٦ اندازه‌گیری شده‌اند، استفاده شد. برای انتخاب بهترین روش میان یابی، روش‌های کریجینگ با واریوگرام گوسین و IDW ارزیابی شدند که نتایج نشان داد، روش کریجینگ با واریوگرام گوسین دارای RMSE کمتر وNS بیشتری می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از پهنه‌بندی EC، SAR و همچنین طبقه‌بندی آب زیرزمینی منطقه بر اساس دیاگرام ویلکاکس، کیفیت آب زیرزمینی دشت آذرشهر اغلب در کلاس خیلی شور (C4S1) می‌باشد. علت بالا بودن شوری آب این منطقه، برداشت‌های زیاد آب از آبخوان دشت آذرشهر است.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، آذرشهر، زمین‌آمار، کیفیت، ویلکاکس

www.SID.ir

Archive of SID

Spatial Modeling of Groundwater Quality Parameters for Agricultural Consumptions in Azarshahr Plain Using Geostatistical Methods

Simin Ganjei[1], Naser Shiri[*2], Jalal Shiri[3]

Received: December 22, 2019 Accepted: April 18, 2020
[1]M.Sc. Student, Dept. of Water Eng., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
[2] Graduated Civil and Environmental Eng., Faculty of Civil Eng., Univ. of Tabriz, Iran
[3] Assoc. Prof., Dept. of Water Eng., Faculty of Agric., Univ. of Tabriz, Iran
* Corresponding Author, Email: nasershiri75@yahoo.com

Abstract

Groundwater is an important source of exploitation in arid and semiarid regions. In the Azarshahr plain, due to the reduction in annual precipitation and lack of surface runoff, groundwater resources play an important role in supplying agricultural, drinking, industrial and domestic water requirements. The aim of this study was to evaluate the quality of groundwater resources in Azarshahr plain for agricultural irrigation and to analyze the EC and SAR variations by using geostatistical methods. For spatial mapping of SO4, Cl, TDS, EC and SAR, the observational data from 47 wells in this region, which were measured during the years 2003-2017, were utilized. In order to select the best interpolation method, Kriging approach with Gaussian variogram and IDW methods were used. The obtained results revealed that the Kriging with Gaussian variogram had the lowest RMSE and the highest NS values. The results of the groundwater quality classification (using Wilcox diagram) and EC/ SAR zoning showed that the groundwater quality in the Azarshahr plain is very saline (C4S1) in most of the cases, which might be linked to the higher amounts of withdrawals from the aquifer.

Keywords: Azarshahr, Geostatistic, Groundwater, Quality, Wilcox

مقدمه

افزایش بی‌رویه جمعیت، محدودیت منابع آب‌های سطحی و بهره‌برداری زیاد از آبخوان‌ها، خسارت‌های جبران ناپذیری را به منابع طبیعی کشور از جمله منابع آب زیرزمینی وارد کرده است. در مناطق خشک و نیمه-خشک به دلیل کمبود آب‌های سطحی یا عدم وجود آن، استفاده از آب زیرزمینی به عنوان جایگزینی مطمئن مورد توجه قرار گرفته است (علیزاده ۲۰۱۵). یکی از مشکلات متداول، شور شدن آب زیرزمینی است که استفاده از آن در مصارف آبیاری مشکلاتی را ایجاد می‌کند. کیفیت آب آبیاری با توجه به نوع و میزان نمک موجود در آن و تأثیر آن بر رشد و تولید گیاهان سنجیده می‌شود (آنکو و همکاران ۲۰۰۹). به منظور حفظ کیفیت آب‌های زیرزمینی اطلاع از پراکنش مکانی و زمانی فاکتورهای کیفی آنها حائز اهمیت است. در این راستا روش‌های زمین آماری یکی از روش های پیشرفته برای پهنه بندی کیفیت آب‌های زیرزمینی است (خزاعی و همکاران ۲۰۱۱).

احمد و همکاران (۲۰۰۲) روش کریجینگ[1] را در تخمین وابستگی مکانی پارامترهای کیفیت آب نظیر کل

[1] Kriging

www.SID.ir

Archive of SID

نمک های محلول (TDS[1]) بکاربردند. طبق نتایج بدست آمده، کریجینگ قابلیت بالایی برای این هدف دارد. عبدی (۲۰۰۷) با استفاده از اطلاعات فیزیکی- شیمیایی آب زیرزمینی حوضه زنجانرود به پهنه‌بندی کیفی با روش کریجینگ در محیط GIS[2] و بر اساس طبقه‌بندی شولر[3] و طبقه‌بندی ویلکاکس[4] پرداخت. ایشان نتیجه گرفتند که با توجه به نقشه‌های بدست‌آمده می‌توان وضعیت کیفی آب زیرزمینی را از لحاظ شرب و کشاورزی مورد بررسی قرار داد. تقی زاده مهرجردی و همکاران(۲۰۰۸) در مطالعات خود از روش‌های زمین آمار (کریجینگ، کوکریجینگ وIDW[5]) برای مکان‌یابی کیفیت آب زیرزمینی دشت یزد اردکان استفاده نمودند. به منظور انتخاب بهترین مدل از جذر میانگین مربعات خطا (RMSE[6]) استفاده شده و نتایج نشان داد که روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ دارای ارجحیت برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه می‌باشند. شعبانی(۲۰۰۸) به منظور بررسی و تحلیل مکانی مقادیر pH و کل نمک‌های محلول (TDS) آب‌های زیرزمینی دشت ارسنجان از روش‌های زمین آمار مانند کریجینگ معمولی و کرجینگ ساده و روش‌های معین مانند عکس‌فاصله (IDW)، تابع‌شعاعی، تخمین‌گر موضعی و تخمین‌گر عام استفاده کرد. نتایج حاکی از آن بود که در بین روش‌های گوناگون میان‌یابی، روش زمین آماری کریجینگ ساده و معمولی نسبت به روش‌های دیگر برتری داشته و به عنوان روش‌های مناسب جهت تهیه نقشه نهایی تغییرات pH و TDS در دشت ارسنجان انتخاب شدند. ادهیکاری و همکاران(۲۰۱۰) تغییرات مکانی آب زیرزمینی را در هندوستان ارزیابی کردند. آن‌ها نقشه‌های توزیع احتمالی آلودگی آب زیرزمینی را با استفاده از روش کریجینگ تولید کردند. دلگادو و همکاران(۲۰۱۰) از روش کریجینگ برای پیش‌بینی برخی پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی در یوکاتان مکزیکو استفاده کردند. محمدی و همکاران(۲۰۱۱) به منظور تحلیل مکانی کیفیت آب‌های زیرزمینی از امکانات نرم افزاری زمین آمار ArcGIS استفاده کردند. نتایج بررسی آنان نشان داد که در فصول تر سال‌های مورد مطالعه، کیفیت آب زیرزمینی کاهش پیدا کرده است. مرادی و همکاران (۲۰۱۱) دقت روش‌های زمین آمار کریجینگ معمولی، کرجینگ ساده و روش‌های معین شامل روش عکس‌فاصله، روش درون‌یابی موضعی و درونیاب عام را برای پهنه بندی شوری آب‌های زیرزمینی دشت شهر کرد مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد روش کریجینگ معمولی به دلیل دارا بودن میانگین خطای مطلق(MAE[7]) و میانگین خطای اریب (MBE[8]) پایین تر با کمترین خطا و انحراف نسبی همراه است. ذبیحی و همکاران (۲۰۱۱) با هدف مشخص کردن توزیع مکانی بارش سالانه حوضه آبخیز قم از دو روش کریجینگ و IDW استفاده کرده و دریافتند که تغییرات بارندگی سالانه، بیشتر از واریوگرام گوسین تبعیت می‌کند. مقامی و همکاران (۲۰۱۱) برای پهنه‌بندی کیفیت آب محدوده شهرستان آباده از روش‌های کریجینگ، IDW و Spline استفاده کرده و نتایج نشان داد که روش کریجینگ بهترین روش برای میانیابی است.

دشت آذرشهر از نظر فعالیت کشاورزی و تراکم جمعیت از اهمیت زیادی برخوردار است و بخش اعظم آب کشاورزی آنها عمدتاً از آبخوان‌های این دشت تامین می‌شود. بنابراین بررسی کیفیت آب زیرزمینی این منطقه از مسائل مهم به شمار می‌آید. با توجه به موارد ذکر شده هدف از این بررسی، مقایسه روش‌های زمین آماری، پهنه بندی پارامتر های کیفی هدایت الکتریکی

[1] Total Dissolved Solid
[2] Geographic Information system
[3] Schuler
[4] Wilcox
[5] Inverse Distance Weighing
[6] Root Mean Square Errors
[7] Mean Absolute Error
[8] Mean Bias Error

www.SID.ir

Archive of SID

(EC[1]) و نسبت جذبی سدیم (SAR[2]) و کلاس بندی کیفیت آب زیرزمینی این دشت می‌باشد. با توجه به تنزل کیفی منابع آب زیرزمینی دشت آذرشهر در حومه دریاچه ارومیه در سال‌های اخیر، لزوم بررسی دقیق این منابع از نظر شاخص‌های کیفی و نیز تغییرات مکانی این شاخص‌ها از جمله موارد بسیار مهم به‌شمار می‌رود.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی آذرشهر یکی از محدوده‌های ۲۵ گانه حوضه آبریز دریاچه ارومیه می باشد که در ٤٥ کیلومتری جنوب غرب تبریز، بین عرض جغرافیایی۳۷ درجه و ٤۳ دقیقه تا ۳۷درجه و ۵۲ دقیقه و طول جغرافیایی ٤٥ درجه و ۵۰ دقیقه تا ٤٦ دقیقه قرارگرفته است. مساحت کل دشت آذرشهر بالغ بر ۱٤۰ کیلومتر مربع می‌باشد و مابین تراز ارتفاعی ۱۵۲۰-۱۲۸۰ متر از سطح دریا قرارگرفته است. مهم‌ترین رودخانه منطقه، آذرشهر چای، دارای مسیر عمومی شرقی-غربی بوده و آب‌های سطحی منطقه را زهکشی می‌کند. این رودخانه ضمن تامین آب منطقه و عبور از وسط دشت به سمت نواحی شوره زارها، در نهایت به دریاچه ارومیه ختم می‌شود (دوچشمه گرگیج ۲۰۱۵). در شکل۱ موقعیت منطقه و چاه های مورد مطالعه نشان داده شده است.

روش پژوهش

در این پژوهش برای ارزیابی کریجینگ با واریوگرام گوسین و روش وزن‌دهی معکوس فاصله (IDW) از نرم افزار Geostatistical Analyst در Arc GIS 10.4 پارامترهای: نسبت جذبی سدیم(SAR)، هدایت الکتریکی(EC)، کل املاح محلول(TDS)، کلرید(Cl) و سولفات(SO4) استفاده شد. نمونه‌برداری این پارامترها از ٤۷ حلقه چاه، به مدت ۱٤ سال (از سال ۱۳۸۲تا ۱۳۹٦) صورت گرفته است. نقشه و نمودار تغییرات دو پارامتر EC و SAR مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و پس از انتخاب بهترین میان‌یابی، برای تعیین کیفیت آب کشاورزی از نمودار ویلکاکس که یکی از مهم ترین روش‌های طبقه‌بندی آب کشاورزی است، استفاده شده است.

نسبت جذبی سدیم SAR:

نسبت جذب سدیم محلول یک خاک، نشان دهنده جذب سدیم خاک است (آبیفونا و شریف ۲۰۱۱) که SAR از رابطه۱ محاسبه می گردد (علیزاده ۲۰۱۳):

$$SAR=\frac{(Na^{+})}{\sqrt{\frac{1}{2}((Mg^{2+})+(Ca^{2+}))}} \qquad [1]$$

هدایت الکتریکی EC:

هدایت الکتریکی (EC) بیانگر ظرفیت در انتقال جریان الکتریکی و وجود یون‌های موجود در منبع آب است. در واقع EC نشان‌دهنده وجود نمک های محلول در آب می‌باشد (کتاتا و همکاران ۲۰۱۱).

کل نمک های محلول TDS:

میزان TDS یکی از پارامتر های مهم درتعیین میزان برداشت از آب در یک منطقه می باشد. بالا بودن TDS برای مصارف کشاورزی مناسب نمی‌باشد (مگش و همکاران ۲۰۱۳).

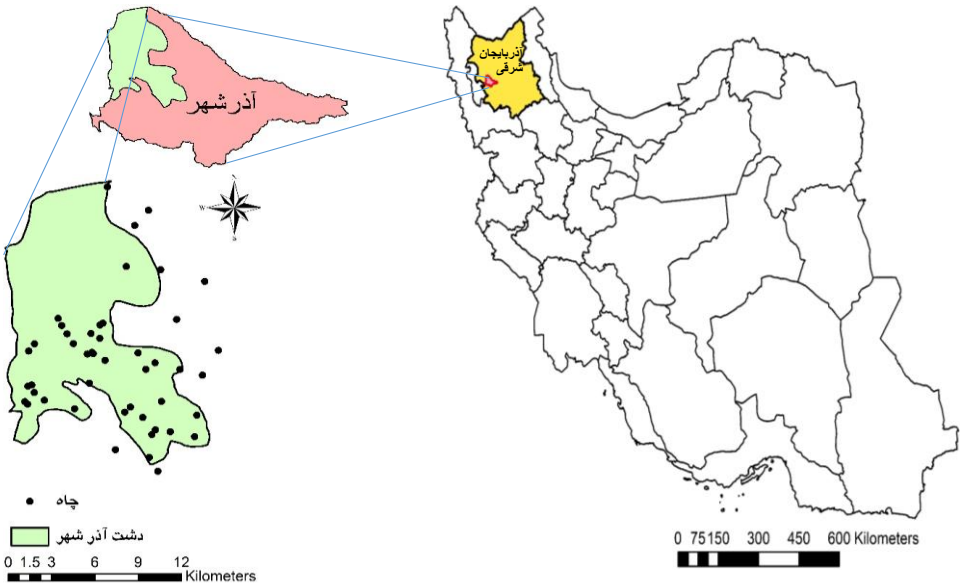
کلرید (Cl)

کلراید یکی از موثرترین آنیون‌هایی می‌باشد که در آب های کشاورزی موجود است و به محصولات زراعی و گیاهان آسیب می‌رساند. از تاثیرات مضر آن مثل سوختگی برگ یا ازبین رفتن بافت برگ را می‌توان نام برد (خلف و حسن ۲۰۱۳).

[1] Electrical Conductivity
[2] Sodium Absorption Ratio

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و پراکنش نقاط نمونه برداری شده.

سولفات (SO_4)

سولفات یکی از یون‌هایی است که حداقل سمیت را دارد. در صورتیکه میزان سولفات کمتر از ۹۶۰ میلی گرم در لیتر باشد در رشد گیاه مفید بوده و غلظت بیشتر آن سنتز پروتئین و اسیدنوکلئیک را مختل می‌کند که این امر می‌تواند سبب مسمومیت گیاه شود (واتکینز و همکاران ۱۹۸۸).

روش‌های میان‌یابی و ارزیابی

کریجینگ

یک روش برآورد زمین‌آماری که بر اساس منطق میانگین متحرک وزن‌دار می‌باشد، روش کریجینگ است. درکریجینگ به ازای هر تخمین، خطای مرتبط با آن را میتوان محاسبه کرد و این مهم‌ترین ویژگی این روش است. بنابراین برای هر مقدار تخمین زده شده می‌توان دامنه اطمینان آن تخمین را محاسبه کرد. این تخمین‌گر به صورت رابطه ۲ تعریف می‌شود (حسنی پاک ۲۰۰۷):

$$Z^*(x)=\sum_{i=1}^{n}\lambda_i Z(x_i) \qquad [۲]$$

که در آن $Z^*(x_i)$: مقدار متغیر مکانی برآورد شده، λ_i: وزن آماری که به نمونه x_i نسبت داده می‌شود و بیانگر اهمیت نقطه i ام در برآورد است و $Z(x_i)$: مقدار متغیر مکانی مشاهده شده در نقطه x_i.

اگر متغیر Z دارای توزیع نرمال باشد آنگاه می‌توان از این تخمین‌گر استفاده کرد ولی در غیر این صورت یا باید از کریجینگ غیرخطی استفاده نمود و یا اینکه توزیع متغیر را به توضیع نرمال تبدیل کرد .کریجینگ بهترین تخمینگر خطی ناارایب است و واریانس تخمین در آن نیز کمترین می باشد. در این تحقیق از کریجینگ واریوگرام گوسین استفاده گردید.

روش IDW

در این روش برای هریک از نقاط اندازه‌گیری شده، وزنی براساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می گیرند. سپس این وزن‌ها توسط توان وزن‌دهی کنترل می‌شود، به طوری که توان‌های

www.SID.ir

Archive of SID

بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد برآورد را کاهش داده و توان‌های کوچکتر وزن‌ها را به‌طور یکنواخت تری بین نقاط هم جوار توزیع می کنند. البته باید توجه داشت که این روش بدون توجه به موقعیت و آرایش نقاط، فقط فاصله آنها را در نظر می‌گیرد، یعنی نقاطی که دارای فاصله یکسانی از نقطه برآورد هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند. مقدار عامل وزنی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه می گردد (حسنی پاک ۲۰۰۷):

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-a}}{\sum_{i=1}^{n} D_i^{-a}} \qquad [۳]$$

که در آن: λ_i وزن ایستگاه i ام، D_i فاصله ایستگاه i ام تا نقطه مجهول، a، توان وزن دهی می باشد.

به منظور ارزیابی و دقت روش های میان‌یابی از معیارهای ارزیابی استفاده می‌شود. معیارهای مختلفی برای این کار وجود دارد که می‌توان به جذر میانگین مربعات خطا(RMSE) و ضریب نش و ساتکلیف (NS) اشاره نمود.

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Z^{*}(xi)-Z(x_i)\right)^2} \qquad [٤]$$

$$NS=1-\frac{\sum_{i=1}^{n}(Z(xi)-Z^{*}(xi))^2}{\sum_{i=1}^{n}(Z(xi)-\bar{Z}(xi))^2} \qquad [٥]$$

که در آنها n تعداد نمونه مشاهداتی، Z*(xi) مقدار برآوردی بر نقطه i ام، Z(xi) مقدار مشاهداتی بر نقطه i ام و $\bar{Z}(xi)$ میانگین داده های مشاهداتی می‌باشد. مدلی که دارای RMSE کمتر و NS بیشتر باشد، به عنوان بهترین مدل انتخاب شده است.

نتایج و بحث

در میان‌یابی کریجینگ و IDW، شرط نرمال بودن داده ها فقط جزء مشروط کریجینگ می‌باشد در حالی که دیگر روش ها چنین محدودیتی ندارند (شعبانی۲۰۰۸). زمانی که مقدار چولگی ۲و۲- باشد داده ها نرمال هستند و لذا در نتایج جدول ۱ داده‌ها نرمال می‌باشند.

جدول۱- شاخص های آماری پارامترهای کیفی آب زیرزمینی.

پارامتر	واحد	کمینه	بیشینه	میانگین	انحراف معیار	چولگی	ضریب تغییرات
TDS	$mg\ L^{-1}$	۴۷۰/۶۲۴	۵۸۲۳/۵	۱۸۷۶/۹۷۱	۱۴۳۹/۳۷۶	۱/۳۷۳	۰/۷۶۷
EC	$\mu moh\ cm^{-1}$	۷۰۶/۱۱۵	۸۹۹۸/۸۸۹	۲۹۰۵/۵۷۴	۲۲۴۱/۸۶	۱/۳۷۸	۰/۷۷۲
SAR	(-)	۱/۰۲۶	۴/۸۸۳	۲/۵۵۹	۰/۹۳۳	۰/۸۸۳	۰/۳۶۵
SO_4	$meq\ L^{-1}$	۱/۱۹۶	۱۹/۴۳۶	۵/۱۷۲	۳/۳۲۸	۱/۸۴۶	۰/۶۴۴
Cl	$meq\ L^{-1}$	۱/۰۱۱	۸۰/۲۹۸	۱۸/۱۷۹	۲۱/۲۸۶	۱/۷۴۹	۱/۱۷۱

مطابق جدول ۲ در تمام پارامترها به جز SO_4روش کریجینگ با واریوگرام گوسین، RMSE کمتر و NS بیشتری نسبت به IDW دارد. در مورد پارامتر SO_4، اختلاف بین دقت عملکرد این دو روش اندک بوده و لذا می‌توان هر دو روش را به عنوان روش‌های موفق در مدل‌سازی مکانی این پارامتر یاد نمود. این امر با نتایج تحقیقات شعبانی (۲۰۰۸)، حبیبی اربطانی و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

جدول۲- نتایج حاصل از ارزیابی روش های مورد استفاده در تحقیق.

روش زمین	TDS		SAR		EC		SO_4		Cl	
آمار	RMSE	NS	RMSE	NS	RMSE	NS	RMSE	NS	RMSE	NS

www.SID.ir

Archive of SID

Kriging مدل گوسین	۹۰۳/۴۳۳	۰/۵۹۷	۰/۷۹۸	۰/۲۵۲	۱۴۱۷/۳۹۱	۰/۵۹۱	۲/۷۹۴	۰/۲۷۹	۱۳/۷۰۸	۰/۵۶۷
IDW	۹۶۸/۷۷	۰/۵۳۷	۰/۸۳۱	۰/۱۹۱	۱۵۰۷/۰۵۷	۰/۵۳۸	۲/۷۵۷	۰/۲۹۸	۱۴/۹۶۳	۰/۴۹۵

تجزیه و تحلیل واریوگرام گوسین در جدول ۳ نشان داده شده است. نسبت اثر قطعه ای(C_0) به آستانه (C_0+C) را می توان برای ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. بر این اساس، هرگاه این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد متغیر موردنظر دارای ساختار مکانی قوی بوده و اگر این مقدار بین(۰/۲۵-۰/۷۵) باشد ساختار مکانی متوسط خواهد بود. همچنین هنگامی که نسبت یاد شده بزرگتر از ۰/۷۵ باشد ساختار مکانی ضعیف و وابسته به متغیرهای مدیریتی خواهد بود (رابینسون و مترنیچت ۲۰۰۶). بر این اساس، پارامترهای Cl، EC و TDS با دارا بودن نسبت اثر قطعه‌ای با آستانه کمتر از ۰/۲۵ دارای ساختار مکانی قوی بوده و دو پارامتر سولفات و نسبت جذبی سدیم نیز دارای ساختار مکانی متوسط می‌باشند. در این میان، پارامترCl با دارا بودن کمترین مقدار این نسبت قوی‌ترین ساختار مکانی را در بین سایر پارامترهای مورد مطالعه به خود اختصاص داده و وابستگی شدید مکانی این متغیر به فاکتور ذاتی می‌باشد. به عبارتی، عامل مدیریتی تأثیر چندانی در تغییرات مکانی این پارامتر نداشته است (بی‌دست و همکاران ۲۰۱۵).

جدول۳- مشخصات واریوگرام گوسین در روش کریجینگ

پارامتر	واحد	Nugget(C_0)	Sill(C_0+C)	C_0/C_0+C	Range(m)	Lag Size
TDS	$mg\ L^{-1}$	۰/۰۸۸۱	۰/۳۸۷	۰/۱۸۵	۴۷۵۹/۴۲۷	۵۹۴/۹۳
EC	$\mu moh\ cm^{-1}$	۰/۰۸۸۶	۰/۳۹۲	۰/۱۸۴	۶۲۵۹/۴۲	۷۴۱/۷۷
SAR	(-)	۰/۰۶۵۵	۰/۱۳۳	۰/۳۳۰	۶۲۳۴/۲	۷۴۱/۷۷
SO_4	$meq\ L^{-1}$	۰/۲۰۰۱	۰/۳۷۴	۰/۳۴۹	۴۲۶۲/۳۶	۵۳۲/۷۹
Cl	$meq\ L^{-1}$	۰/۰۷۴۱	۰/۳۹۵	۰/۱۵۸	۱۳۲۷/۰۳	۱۶۵/۸۸

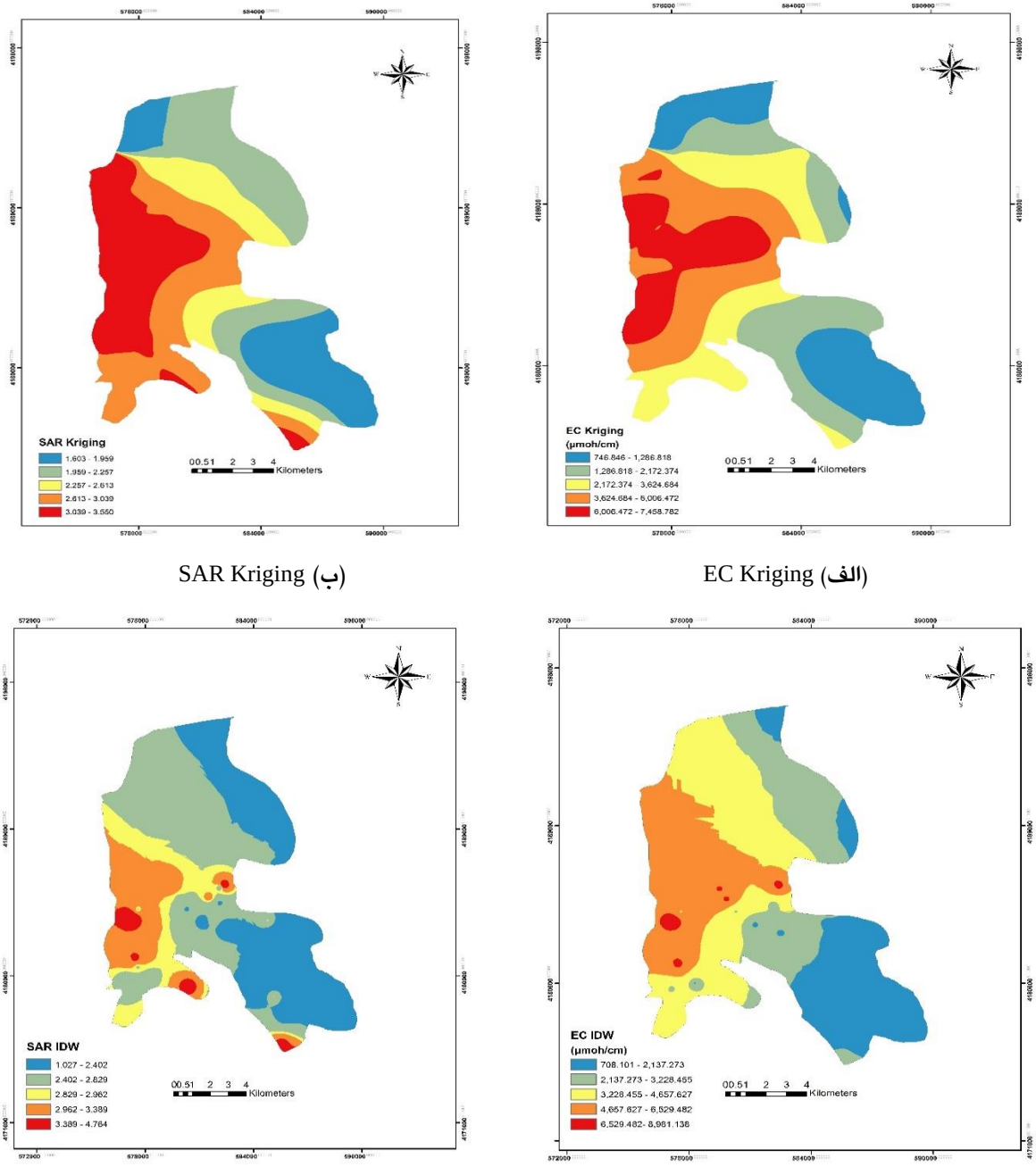
شکل ۲ نتایج پهنه‌بندی پارامترهای EC و SAR با استفاده از دو روش میان‌یابی به‌کار گرفته شده در این تحقیق را نشان می‌دهد.

با توجه به دقت بالای مدل کریجینگ با میان‌یابی گوسین نسبت به روش IDW، تنها مقادیر حاصل از این روش مورد بررسی قرار می‌گیرند. با توجه به شکل ۲، مقدار EC بین (۷۴۶/۸۴۶ - ۷۴۵۸/۷۸۲) می باشد که در قسمت مرکزی بیشترین مقدار EC مشاهده شده است. همچنین مقدار SAR بین (۱/۶۰۳-۳/۵۵۰) می‌باشد به‌نحوی که هرچقدر به سمت غرب منطقه حرکت شود بر مقدار SAR افزوده می‌شود.

افزایش مقادیر EC و SAR در قسمت مرکزی و غربی به‌علت همجواری این مناطق با دریاچه ارومیه و برداشت مازاد از آبخوان می باشد که باعث نفوذ آب شور به سمت سفره آب زیرزمینی آذرشهر شده است.

www.SID.ir

Archive of SID



(الف) EC Kriging (ب) SAR Kriging

(ج) EC IDW (د) SAR IDW

شکل۲- نقشه‌های میان‌یابی شده SAR و EC از سال۱۳۸۲ تا ۱۳۹۶.

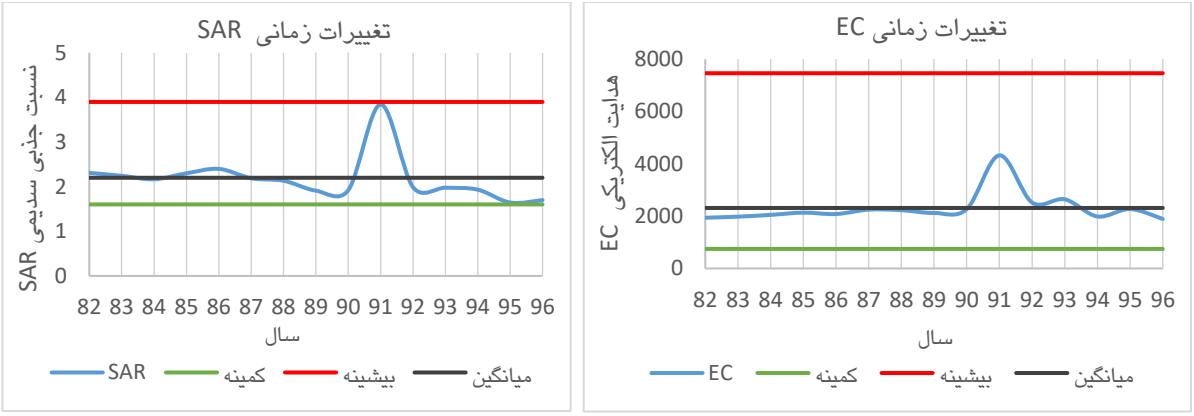
این تحلیل با بررسی‌های صادقی اقدم و همکاران (۲۰۱۲) و نیز اصغری مقدم و دوچشمه گرگیج (۲۰۱۶) مطابقت دارد. همچنین نزدیک بودن این مناطق به پهنه-های تبخیری و کم عمق بودن سطح ایستابی در این نواحی را می‌توان از دیگر علل افزایش شوری و سدیمی بودن در این نواحی از دشت عنوان کرد که این امر با نتایج حاصل از تحقیق بی‌دست و همکاران (۲۰۱۵) نیز در تطابق است.

نمودار تغییرات دو پارامتر EC و SAR در بازه زمانی ۱۳۸۲ تا ۱۳۹۶ در شکل ۳ نشان داده شده است. به دلیل کاهش بارندگی و بهره برداری بیش از حد مجاز از سفره آب زیرزمینی برای جبران نیاز آبی، یک روند

www.SID.ir

Archive of SID

افزایشی در مقادیر EC و SAR در طی سال‌های سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۱ مشهود است که این امر با یافته‌ها و مشاهدات زینالی و همکاران(۲۰۱۶) نیز همسویی دارد.



شکل۳- نمودار تغییرات زمانی SAR و EC از سال۱۳۸۲ تا ۱۳۹۶.

در حالت کلی برای طبقه‌بندی آب زیرزمینی در مصارف کشاورزی از دیاگرام ویلکاکس استفاده می‌شود. در این دیاگرام بر اساس دو فاکتور درصد جذب سدیم (SAR) و هدایت الکتریکی(EC) کیفیت آب برای کشاورزی مشخص می‌گردد. براساس جدول ٤، در دیاگرام ویلکاکس، آب کشاورزی به ١٦ رده از C1S1 تا C4S4 تقسیم بندی می‌شوند و بازه بندی EC و SAR نیز در جدول ٥ نشان داده شده است (ویلکاکس۱۹۵۵).

جدول۴- طبقه بندی آب آبیاری کشاورزی براساس دیاگرام ویلکاکس.

رده آب	نوع کیفیت آب برای کشاورزی
C1S1	شیرین – برای کشاورزی کاملا بی ضرر
C2S1,C2S2,C1S2	کمی شور–برای کشاورزی تقریبا مناسب
C3S3,C3S2,C3S1,C2S3,C1S3	شور- برای کشاورزی با اعمال تمهیدات
C1S4,C2S4,C3S4,C4S4,C4S3,C4S2,C4S1	خیلی شور– مضر برای کشاورزی

جدول۵- بازه های EC و SAR در دیاگرام ویلکاکس.

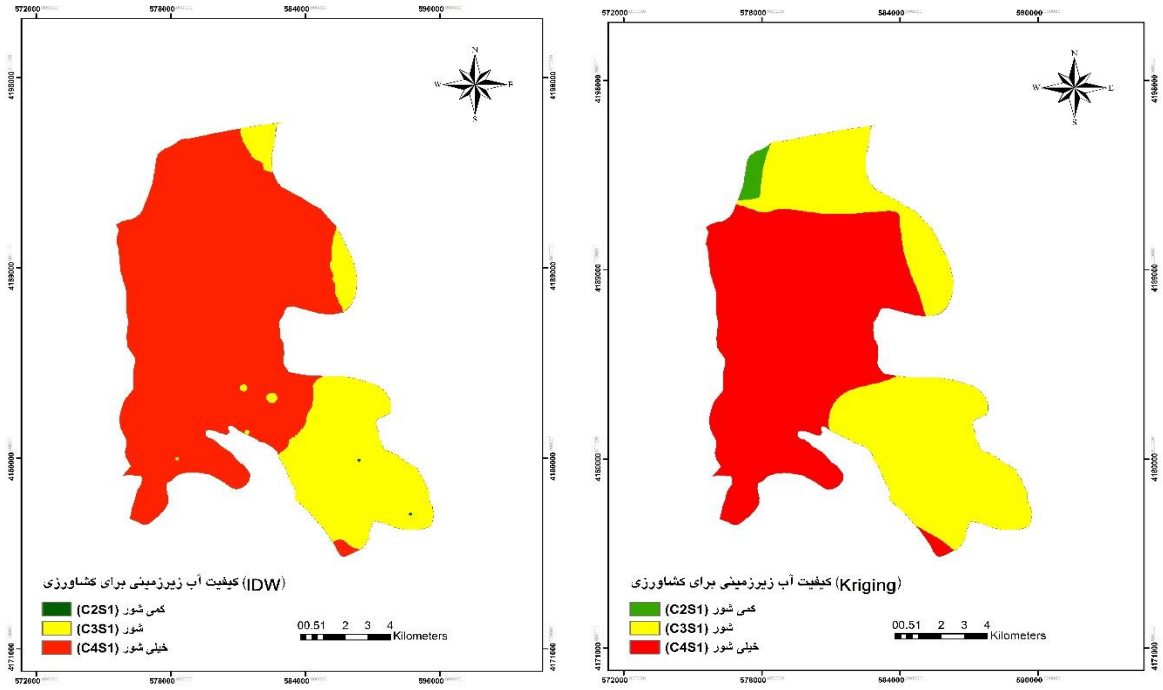
کلاس	هدایت الکتریکی EC (µS/cm)	کلاس	نسبت جذبی سدیم SAR
C1	۱۰۰-۲۵۰	S1	۰-۱۰
C2	۲۵۰-۷۵۰	S2	۱۰-۱۸
C3	۷۵۰-۲۲۵۰	S3	۱۸-۲٦
C4	>۲۲۵۰	S4	>۲٦

طبق نقشه‌های کلاس‌بندی شده در شکل٤، کیفیت آب کشاورزی دشت آذر شهر به سه کلاس C2S1 (کمی شور)، C3S1(شور) و C4S1 (خیلی شور) تقسیم‌بندی شده و نتایج حاصل از این کلاس بندی‌ها در جدول ٦ قابل مشاهده است. بر این اساس، چاه‌های مورد مطالعه در نمودار ویلکاکس با نقشه‌های کلاس‌بندی شده کیفیت

www.SID.ir

Archive of SID

آب زیرزمینی برای مصارف کشاورزی در دشت آذرشهر همخوانی دارد (شکل۵). با بررسی نقشه به‌دست آمده براساس دیاگرام ویلکاکس مشاهده می‌شود که آب زیرزمینی این دشت در بسیاری از نقاط آن برای مصارف کشاورزی مناسب نمی‌باشد.



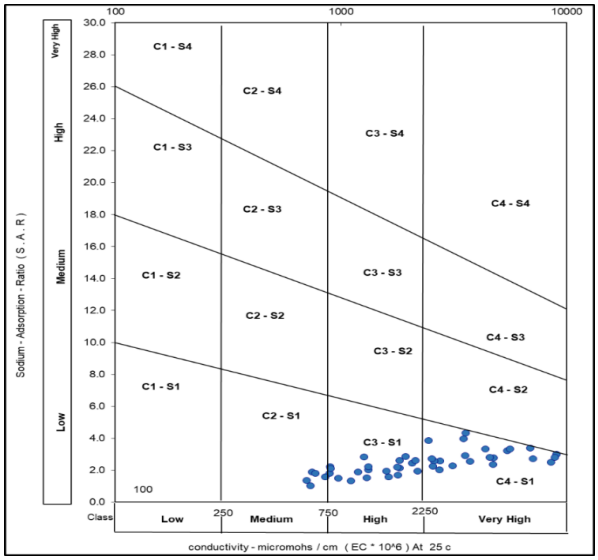
شکل۴: نقشه های کلاس بندی کیفیت آب زیرزمینی به دو روش Kriging و IDW برای مصارف کشاورزی دشت آذرشهر.

جدول ۶- طبقه بندی کیفیت آب زیرزمینی براساس دیاگرام ویلکاکس

روش زمین آمار	کیفیت آب کشاورزی	کلاس	درصد از کل مساحت	مساحت(Km^2)
Kriging گوسین	کمی شور	C2S1	۱/۱۳	۱/۸
	شور	C3S1	۴۲/۳۴	۶۷/۴
	خیلی شور	C4S1	۵۶/۵۳	۹۰
IDW	کمی شور	C2S1	۰/۰۳	۰/۰۴
	شور	C3S1	۲۴/۵۷	۳۹/۱
	خیلی شور	C4S1	۷۵/۴	۱۲۰/۱

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۵- دیاگرام ویلکاکس چاه های مورد مطالعه دشت آذرشهر.

نتیجه گیری کلی

طبق نتایج بدست آمده از تحقیق حاضر، روش زمین‌آمار از قابلیت بالایی برای بررسی توزیع مکانی و تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی آب دارند. در این تحقیق، از میان این روش‌ها، روش کریجینگ با واریوگرام گوسین بهترین میان‌یابی را ارائه داده است و با استفاده از این روش، پهنه‌بندی EC و SAR صورت پذیرفت. در نتیجه این پهنه‌بندی، کیفیت آب زیرزمینی دشت آذرشهر برای مصارف آبیاری کشاورزی در غالب نقاط به‌عنوان خیلی شور ارزیابی شد. علت بالا بودن شوری آب این منطقه برداشت مازاد از آبخوان دشت آذرشهر می‌باشد. کاهش استخراج آب زیرزمینی در این منطقه و کاشت محصولات زراعی مقاوم به شوری مثل گیاهان علوفه ای از جمله اقدامات عملی و کاربردی در این زمینه است. همچنین بررسی‌ها نشان داد که چاه‌های مورد استفاده در دشت آذرشهر از پراکنش مکانی کافی برخوردار نمی‌باشند و لذا توصیه می‌شود تعداد چاه‌های مشاهداتی در این منطقه با توجه به پایین بودن سطح ایستابی و افزایش غلظت املاح افزایش یابد تا بررسی‌های دقیق‌تری در این خصوص میسر گردد.

منابع مورد استفاده

Abdi P, 2007. Investigation and Evaluation of Groundwater Quality in Zanjan Plain Using GIS. Third Conference on Applied Geology and Environment. Islamic Azad University,Eslamshahr,Iran.(In Persian)

Adhikary PP, Chandrasekharan H, Chakraborty D and Kamble K, 2010. Assessment of groundwater pollution in West Delhi, India using geostatistical approach. Environmental Monitoring and Assessment 167(1-4): 599-615.

Ahmed S, Mazumder Q, Jahan C, Ahmed M and Islam S, 2002. Hydrochemistry and classification of groundwater, Rajshahi city Corporation area, Bangladesh. Journal of the Geological Society of India 60(4): 411-418.

Alizadeh A, 2013. Soil-Water-Plant relationship. Emam Reza University Press, Mashhad.(In Persian).

Alizadeh A, 2015. Design of Irrigation Systems - Volume I: Design of Surface Irrigation Systems. Emam Reza University Press, Mashhad (In persian).

Alizadeh A, 2015. Principles of Applied Hydrology. Emam Reza University Press, Mashhad.(In Persian)

Anku YS, Banoeng-Yakubo B, Asiedu DK and Yidana SM, 2009. Water quality analysis of groundwater in crystalline basement rocks, Northern Ghana. Environmental Geology 58(5): 989-997.

www.SID.ir

Archive of SID

Bidast S, Fakheri fard A, Forghani A and Shahabi M, 2015. Analyze and interpretation of spatial and temporal variations of some groundwater qualitative variables (Case Study: Tabriz Plain Aquifer). Water and Soil Science-University of Tabriz 25(2): 320-297. (In Persian with English abstract)

Delgado C, Pacheco J, Cabrera A, Batllori E, Orellana R and Bautista F, 2010. Quality of groundwater for irrigation in tropical karst environment: The case of Yucatan, Mexico. Agricultural Water Management 97(10): 1423-1433.

Gorgij AD,2015. Hydrogeology of Azarshahr aquifer and its quantitative modeling using hybrid models and system dynamics. PhD thesis,University of Tabriz. (In Persian with English abstract)

Habibi V, Ahmadi A and fattahi M, 2009. Modeling spatial variability of ground water chemical properties using geostatistical methods. Iran-Watershed Management Science & Engineering 3(7): 23-34. (In Persian with English abstract))

Hasanipak AA, 2007. Geostatistics.University Of Tehran Press,Tehran.(InPersian)

Ketata M, Moncef G and Bouhlila R, 2011. Use of geographical information system and water quality index to assess groundwater quality in El Khairat deep aquifer (Enfidha, Central East Tunisia). Arabian Journal of Geosciences 5: 1379-1390.

Khalaf RM and Hassan WH, 2013. Evaluation of irrigation water quality index IWQI for Al-Dammam confined aquifer in the west and southwest of Karbala city, Iraq. International Journal of Civil Engineering 23: 21-34.

Khazaei S, Abbasi Tabar H and Taghizadeh-Mehrjardi R, 2011. Spatial distribution of nitrate contamination in groundwater using geostatistic in Fars Province (Case study: Siakh Darengoun Area). Iranian Journal of Natural Resources 64(3): 267-279. (In Persian with English abstract))

Magesh N, Krishnakumar S, Chandrasekar N and Soundranayagam JP, 2013. Groundwater quality assessment using WQI and GIS techniques, Dindigul district, Tamil Nadu, India. Arabian Journal of Geosciences 6(11): 4179-4189.

Maghami Y, Ghazavi R, Vali A and Sharafi S, 2011. Evaluation of different interpolation methods for water quality zoning using GIS (Case Study: Abadeh County). Geography and Environmental Planning 22(2): 171-182. (In Persian with English abstract)

Mogaddam AA and Gorgij AD, 2016. Feasibility Study of Hydraulic Relationship of Lake Urmia with Azarshahr Coastal Coastal Aquifer Using Geochemical Reversal Ratios and Modeling. Ecology 42(1): 65-80. doi:10.22059/JES.2016.58099 (In Persian)

Mohammadi M, Mohammadi-Ghaleney M and Ebrahimi K, 2011. Spatial and temporal variations of groundwater quality in Qazvin plain. Iranian Water Research 5(8): 52-41. (In Persian with English abstract)

Moradi M, Vagharfard H, Khorani A and Mahmoudinejad V, 2011. Evaluation of different interpolation methods in groundwater salinity zoning using cross-validation technique (Case Study: Shahrekord Plain). Iranian Remote Sensing and GIS 3(1): 35-44. (In Persian with English abstract)

Obiefuna G and Sheriff A, 2011. Assessment of shallow ground water quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria for irrigation and domestic purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 3(2): 131-141.

Robinson T and Metternicht G, 2006. Testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties. Computers and Electronics in Agriculture 50: 97-108.

Sadeghi Agdam F, Mogaddam AA and Najib M, 2012. Study on trend and controlling factors of salinity in the alluvial aquifer of Azarshahr Plain. The Third Comprehensive Water Resources Management Conference. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University,Sari,Iran.(In Persian)

Shabani M, 2008. Determination of the most suitable geostatistical method for mapping of groundwater PH and TDS changes (Case study: Arsanjan plain). Water Resources Engineering Research 1(1): 47-58. (In Persian with English abstract)

Taghizadeh-Mehrjardi R, Jahromi M and Heidari A, 2008. Spatial Distribution of Groundwater Quality with Geostatistics (Case Study: Yazd-Ardakan Plain). World Applied Sciences Journal 4: 9-17.

Watkins C, Brown J and Dromgoole F, 1988. Salt-tolerance of the coastal plant, *Tetragonia trigyna* Banks et Sol. ex Hook. (climbing New Zealand spinach). New Zealand Journal of Botany 26: 153-162.

Wilcox L, 1955. Classification and Use of Irrigation Waters. US DA, Washington.

www.SID.ir

Archive of SID

Zabihi A, Soleimani K, Sabani M and Abravsh S, 2011. An investigation of annual rainfall spatial distribution using geostatistical methods (A Case Study: Qom Province). Natural Geography Research 78: 101-112. (In Persian with English abstract)

Zeinali B, Faridpour M and Saraskanroud S, 2016. Investigate the effect meteorological and hydrological drought on groundwater quantity and quality (Case Study: Marand Plain). Journal ofWatershed Management Research 7(14): 177-187. (In Persian with English abstract)

www.SID.ir