تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال چهاردهم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷
Volume 14, No. 2, Summer 2018 (IR-WRR)
۲۹۰-۲۹۳

یادداشت فنی

ارزیابی پارامترهای کیفی آب زیرزمینی با استفاده از GIS و زمین‌آمار (مطالعه موردی: دشت ارومیه)

مرضیه صادقیان[۱*]، حسین رضایی[۲]، جواد بهمنش[۳] و ندا خان‌محمدی[۴]

چکیده

در این تحقیق، هدف ارزیابی دقت روش‌های درون‌یابی جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی تعدادی از شاخص‌های کیفی آب زیرزمینی دشت ارومیه می‌باشد. در ابتدا داده‌های کیفی ۲۰ حلقه چاه در سال آبی ۱۳۹۳-۱۳۸۰ آنالیز شیمیایی گردید. آزمون کلوموگروف- اسمیرنوف نشان داد که داده‌ها نرمال نبوده و درنتیجه به منظور نرمال‌سازی از تبدیل باکس کاکس استفاده شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار GIS بهترین مدل واریوگرام به ساختار فضائی داده‌ها برازش داده شد. نتایج نشان داد که برای پارامترهای کیفی، مدل‌های دایره‌ای، کروی و نمایی بهترین مدل نیم تغییرنماها می‌باشند. سپس، تغییرپذیری آن‌ها با روش‌های مختلف درون‌یابی همچون کریجینگ و عکس مجذور فاصله با توان‌های یک، دو و سه مورد بررسی قرار گرفت. نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای کیفی با روش کریجینگ ساده در محیط نرم‌افزار ArcGIS ترسیم گردید. همچنین آبخوان دشت از لحاظ مصارف کشاورزی و شرب با استانداردهای ویل کاکس و شولر موردبررسی قرار گرفت. نتایج استاندارد ویل کاکس و شولر نشان داد که آب ۴۰ درصد از چاه‌های واقع در این دشت دارای آب‌شور قابل‌استفاده برای کشاورزی می‌باشد و همچنین، آب چاه‌های ذکر شده دارای کیفیت خوب و قابل قبول برای شرب است.

کلمات کلیدی: پهنه‌بندی، زمین‌آمار، شولر، کریجینگ، ویل کاکس.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۶/۸/۲۳
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۷/۲/۱

۱- کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
۲- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
۳- دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
۴- دانش‌آموخته دکتری مهندسی منابع آب، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پائیز ۱۳۹۷ امکانپذیر است.

Technical Note

Evaluation of Groundwater Quality Parameters Using GIS and Geostatistical Methods (Case Study: Urmia Plain)

M. Sadeghian [1] , H. Rezaei[2], J. Behmanesh[3] and N. Khanmohammadi[4]*

Abstract

In this research, the goal of evaluating the accuracy of interpolation methods is the prediction of spatial distribution of some of the quality indices of groundwater in Urmia plain. At first, the water quality data of 20 wells in the years of 2001-2014 were analyzed. The Kolmogorov-Smirnov test showed that the data were not normal and therefore the conversion of the box-cox was used to normalize them. Then, using the GIS software, the best semivariogram model was fitted to the spatial structure of the data. The results showed that for water quality parameters, circular, spherical, and exponential models are the best models for semivariogram. Then, the spatial variations of parameters were studies using different interpolation methods such as Kriging and Inverse Distance Weight with power of one to three. Then, the zoning maps of qualitative parameters were drawing with the most appropriate method in the ArcGIS software. Plain aquifer was also examined considering Wilcox and Schoeller standards for agricultural and drinking purposes. The results of the Wilecox and Schoeller standard showed that 40% of the wells in the plain have brine water to use for agriculture. Also the wells above are of good quality and acceptable for drinking.

Keywords: Geostatistical, Kriging, Schoeller, WilCox, Zoning.

Received: November 14, 2017
Accepted: April 21, 2018

1- M.Sc. Student of Water Recourses Engineering, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran. Email: marziye.saadeghian@yahoo.com
2- Associate Professor, Department of Water Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.
3- Associate Professor, Department of Water Engineering, Urmia University, Urmia, Iran.
4- Ph.D. Graduate of Water Recourses Engineering, Department of Water Engineering, College of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
*- Corresponding Author

Archive of SID
www.SID.ir

۱- مقدمه

تغییر در کیفیت آب‌های زیرزمینی که معمولاً براثر مدیریت غلط بهره‌برداری از آب زیرزمینی رخ می‌دهد، مقدمه‌ای بر تخریب منابع آب و سایر منابع چه به‌صورت مستقیم و چه به‌صورت غیرمستقیم است. در مناطق خشک و نیمه‌خشک که وابستگی به این منابع بیشتر است، اثر تخریبی به علت ضعف طبیعی در منابع آب و خاک شدت بیشتری خواهد داشت (Zehtabiyan et al., 2010). مدل‌های زمین‌آماری سابقه زیادی در بررسی و پهنه‌بندی پارامترهای شیمیایی آب زیرزمینی دارند (Rajaei, 2011; Hassany pak, 2010; Arsalan, 2012) از این بین روش کریجینگ قادر به پهنه‌بندی با قابلیت بیشتری در مقایسه با دیگر روش‌های زمین‌آماری می‌باشد. روش‌های مختلف کریجینگ و عکس مجذور فاصله (IDW) با توان‌های مختلف دو مدل از روش‌های مختلف زمین‌آمار هستند که توسط برخی از محققان در بررسی ساختار مکانی و نحوه پراکندگی پارامترهای شیمیایی موجود در آب‌های سطحی و زیرزمینی استفاده شده‌اند (Mir et al., 2017; Shoulifard et al., 2014). بررسی تغییرات مکانی عناصر، یون‌ها و به خصوص شوری آب‌های زیرزمینی کار ساده‌ای نیست. Shoulifard et al. (2014) در دشت دیر کنگان از روش‌های کریجینگ و وزن‌دهی عکس فاصله جهت پهنه‌بندی شوری آب زیرزمینی استفاده کردند و نتایج ارجحیت روش کریجینگ بر روش وزن‌دهی عکس فاصله را نشان داد.

دشت ارومیه در جنوب غرب استان آذربایجان غربی و در حاشیه غربی دریاچه ارومیه که جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک کوهستانی بوده و از پتانسیل مناسبی در بخش کشاورزی برخوردار است، قرار گرفته است. آنچه باعث شد که در این تحقیق به مطالعه کیفیت آب‌های زیرزمینی در این منطقه پرداخته شود، به خاطر اهمیت آب‌های زیرزمینی برای منطقه، همچنین قرارگیری آن در مجاورت دریاچه می‌باشد. در این مطالعه به منظور پراکنش مکانی کیفیت آب زیرزمینی از نتایج تجزیه شیمیایی ۲۰ حلقه چاه در یک بازه زمانی ۱۴ ساله، از سال ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۳ (تهیه شده از چاه‌های پیزومتری توسط سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان غربی) استفاده گردید.

۲- مواد و روش‌ها

تخمین‌گرهای زمین‌آماری مقادیر مجهول را با استفاده از مقادیر معلوم و واریوگرام برآورد می‌کنند. واریوگرام، مدلی ریاضی است که به‌منظور تشریح پیوستگی مکانی یک متغیر بکار می‌رود. معادله ۱ نحوه محاسبه یک واریوگرام را نشان می‌دهد (Sheikhgoudarzi et al., 2012):

$$\gamma(h) = \frac{1}{2n(h)} \sum_{i=1}^{n(h)} [z(x_i) - z(x_{i+h})]^2 \qquad (۱)$$

که در آن $\gamma(h)$ مقدار نیم تغییرنما برای جفت نقاطی که به فاصله h از هم قرار دارند، n تعداد نقاط اندازه‌گیری و $z(x_i)$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیر در مکان x_i و $z(x_{i+h})$ مقدار اندازه‌گیری شده متغیری که به فاصله h از x قرار دارد. اگر نقاط در شبکه‌های منظم و با فواصل مساوی قرار داشته باشند، نیم تغییرنما بر اساس میانگین حسابی فواصل محاسبه و برآورد می‌گردد (Asakere, 2008).

یکی از روش‌های معروف درون‌یابی کریجینگ است که بهترین تخمین‌گر خطی ناریب (BLUE) نام‌گرفته است. این روش یک روش تخمین زمین‌آماری است که با استفاده از مقادیر معلوم و یک نیم تغییر نما، مقادیر مجهول را برآورد می‌کند و بر منطق میانگین متحرک وزن‌دار استوار است (Ghahrevardi Tally, 2005) و به شکل رابطه ۲ تعریف می‌شود:

$$Z^*(x_0) = \sum_{i=1}^{n} \lambda_i Z(x) \qquad (۲)$$

که در آن $Z^*(x_0)$ مقدار تخمین زده‌شده متغیر در نقطه‌ی x_0، $Z(x)$ مقدار مشاهده‌شده متغیر در نقطه x_0 و λ_i وزن آماری است که به متغیر در نقطه x نسبت داده می‌شود. این پارامتر (λ_i) نشان‌دهنده‌ی مقدار اهمیت و تأثیر نقطه‌ی iام بر مقدار تخمین زده‌شده متغیر در نقطه x_0 است و n تعداد نقاطی است که متغیر در آن اندازه‌گیری شده است.

۳- نتایج و بحث

به‌منظور بررسی بهترین مدل بر روی واریوگرام تجربی از میزان مجموع مربعات باقیمانده (RSS) کمتر و استحکام ساختار فضائی (پیوستگی مکانی) قوی‌تر استفاده شد. بدین‌صورت که هر چه نسبت $C/(C_0 + C)$ کوچک‌تر باشد، ساختار فضایی متغیر بهتر ترسیم می‌گردد (Shi et al., 2007; Sheikhgoudaezi et al., 2012). نتایج تجزیه و تحلیل واریوگرام متغیرها در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۲ مقادیر RMSE و MAE را برای هر یک از روش‌های معین و زمین‌آماری نشان می‌دهد. مناسب‌ترین روش درون‌یابی برای پارامترهای کیفی روش کریجینگ ساده می‌باشد. شکل ۱ و ۲ به ترتیب، نقشه پهنه‌بندی با روش کریجینگ ساده را برای یون بی‌کربنات نشان می‌دهد.

Archive of SID
www.SID.ir

Table 1- Specifications of the best fitted models to experimental semivariogram of parameters in the Kriging method

جدول ۱- مشخصات بهترین مدل‌های برازش شده به نیم تغییر نماهای تجربی پارامترها در روش کریجینگ

Parameter	Model	Nugget (m^2)	R^2	$C_\circ/(C_\circ + C)$	Lag size (m)	Partial sill (m^2)	Residual sum square (RSS)
SO_4	Spherical	0.308	0.863	0.439	1855.787	0.701	0.0080
Cl	Cricular	0.531	0.854	0.891	1810.812	0.596	0.0425
Ca	Exponential	0	0.844	0	1855.787	0.373	0.0036
EC	Exponential	0.209	0.920	0.254	1855.787	0.823	0.0135
HCO_3	Exponential	0	0.937	0	4379.781	0.988	0.0025
Mg	Spherical	0.001	0.861	0.001	4379.781	0.938	0.0050
Na	Spherical	0.087	0.869	0.109	1601.764	0.799	0.0472
pH	Cricular	0.088	0.980	0.116	2123.883	0.759	0.0034
TDS	Exponential	0.207	0.906	0.348	1855.787	0.776	0.0196

Table 2- The results of the evaluation of parameters examined in the methods

جدول ۲- نتایج حاصل از ارزیابی متقابل پارامترهای مورد بررسی در روش‌های مورد استفاده

parameter	model	Evaluation criteria	Inverse Distance Weight (IDW)			Simple kriging	Ordinary kriging
			1	2	3		
SO_4	Spherical	RMSE	0.929	0.963	0.967	0.830	0.955
		MAE	0.680	0.733	0.738	0.612	0.739
Cl	Cricular	RMSE	0.772	0.874	0.931	0.719	0.748
		MAE	0.595	0.610	0.638	0.534	0.584
Ca	Exponential	RMSE	0.529	0.533	0.559	0.527	0.558
		MAE	0.387	0.406	0.420	0.385	0.418
EC	Exponential	RMSE	0.836	0.954	1.013	0.743	0.779
		MAE	0.590	0.661	0.689	0.571	0.580
HCO_3	Exponential	RMSE	0.656	0.777	0.837	0.538	0.608
		MAE	0.469	0.538	0.576	0.404	0.459
Mg	Spherical	RMSE	0.874	1.027	1.104	0.716	0.816
		MAE	0.606	0.707	0.756	0.483	0.570
Na	Spherical	RMSE	0.864	0.977	1.031	0.755	0.803
		MAE	0.633	0.685	0.716	0.566	0.615
pH	Cricular	RMSE	0.382	0.410	0.427	0.376	0.401
		MAE	0.313	0.313	0.336	0.320	0.329
TDS	Exponential	RMSE	0.853	0.969	1.027	0.762	0.808
		MAE	0.597	0.668	0.701	0.573	0.597

۳-۱- طبقه‌بندی آب زیرزمینی دشت ارومیه جهت مصارف شرب و کشاورزی

محاسبه مقادیر هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم در نمودار ویل کاکس، حاکی از قرارگیری ایستگاه‌ها در رده‌های کلاسی C2-S1 و C3-S1 می‌باشد. همچنین مشخص شد که ایستگاه‌های نزدیک دریاچه ارومیه دارای آب‌شور و کیفیت خوب تا ضعیف برای کشاورزی و سایر ایستگاه‌های مورد مطالعه دارای آب‌شور و کیفیت پایین می‌باشند. همچنین، جهت مصارف شرب از دیاگرام شولر استفاده شد. جدول ۳ نشان می‌دهد که بر اساس دیاگرام شولر، کیفیت آب زیرزمینی دشت موردمطالعه در سطح خوب و قابل‌قبول برای شرب تشخیص داده شده است.

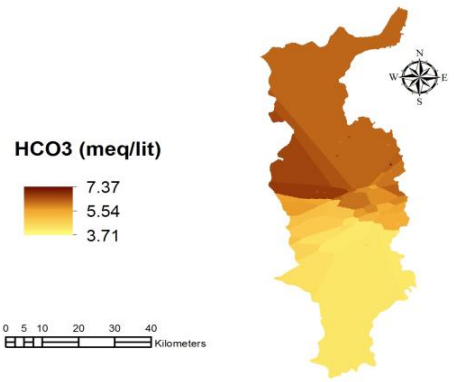

Fig. 1- Zoning map of HCO3 by simple kriging method

شکل ۱- نقشه پهنه‌بندی HCO3 با روش کریجینگ ساده

Archive of SID
www.SID.ir

Table 3- The percentage of Schoeller classification for drinking in the entire range

جدول ۳- درصد هر یک از کلاس‌های طبقه‌بندی شولر برای مصارف شرب در کل محدوده

So4	Cl	Na	PH	TH	TDS	Water classification
85	95	85	95	15	60	well
10	5	15	5	85	35	acceptable
5	0	0	0	0	5	intermediate
0	0	0	0	0	0	improper

۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از ارزیابی متقابل نشان داد که روش‌های زمین‌آماری دارای برتری نسبی در مقایسه با روش‌های معین در تحلیل مکانی خصوصیات آب‌های زیرزمینی می‌باشند. از طرفی نتایج حاصل از بررسی کیفیت آب زیرزمینی دشت و رسم نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترها نشان‌دهنده دو محدوده در شرق و جنوب شرقی منطقه است که دارای شرایط نامطلوب از نظر آب آبیاری است و تعداد ۸ حلقه از چاه‌های مطالعاتی را در برمی‌گیرد که دلیل آن را می‌توان نفوذ آب‌شور از سمت دریاچه ارومیه به آبخوان این دشت دانست و همچنین از علل دیگر کاهش کیفیت آب زیرزمینی می‌توان به تجمع روستاها و زمین‌های کشاورزی در این قسمت اشاره کرد که بهره‌برداری بیش از حد مجاز از منابع آب زیرزمینی در این بخش دشت نسبت به سایر نواحی بیشتر است.

۵- مراجع

Arslan H (2012) Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: the case of Bafra Plain, Turkey. Agricultural Water Management 113:57-63

Asakereh H (2008) Application of kriging method on interpolation of rainfall. Geography and Development, No 12:25-42 (In Persian)

Ghahrevardi Tally M (2005) In the three-dimensional geographic information system ArcGIS. Publications Teacher Training University Jahad (In Persian)

Hassanypak A (2010) Geostatistics (3rd edition). Tehran University Press, 314 pp (In Persian)

Mir A, Piri J and Kisi O (2017) Spatial monitoring and zoning water quality of Sistan river in the wet and dry years using GIS and geostatistics. Computers and Electronics in Agriculture 135:38-50

Rajaei Q, Mehdinejad M H, Hesari Motlagh S (2011) A survey of chemical quality of rural drinking water of Birjand and Qaen plains, Iran. Journal of Health Systems Research 6:737-745 (In Persian)

Sheikh goodarzi M, Mousavi S H, Khorasani N (2012) Simulating spatial changes in groundwater qualitative factors using geostatistical methods (case study: Tehran- Karaj plain). Journal of natural environment, Iranion Journal of Natural Resources 65(1):83-93 (In Persian)

Shi J, Wang H, Xu J, Wu J, Liu X, Zhu H and Yu C (2007) Spatial distribution of heavy metals in soils: a case study of changing, China. Environmental Geology 52:1-10

Shulifard A, Nahtani M, Mozaffarizadeh J (2014) Study of spatial changes groundwater salinity using geostatistical methods (Case study: Dir Kangan plain). National Second Conference on Wilderness, Semnan (In Persian)

Zehtabian Gh, Jaanfaza A, Mohammad Asgari H and Nematollahi, M C (2010) Modeling of spatial variations of some groundwater chemical properties (Case study: Garmsar watershed). Journal of Range and Desert Research of Iran 17:61-73 (In Persian)

Archive of SID

www.SID.ir