

ارزیابی روش‌های زمین‌آماری جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی شوری آبهای زیرزمینی

(منطقه مورد مطالعه: دشت یزد- اردکان)

مجتبی زارعیان جهرمی^۱، روح‌الله تقی‌زاده مهرجردی^۲، شهلا محمودی^۳، احمد حیدری^۴

چکیده:

آبهای زیرزمینی از جمله منابع مهم مورد استفاده در بخش کشاورزی، بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک است. یکی از اهداف آبخیزداری تغذیه آبهای زیرزمینی و حفظ کیفیت آنها می‌باشد. در این راستا اطلاع از کیفیت، بخصوص میزان شوری این منابع کمک شایانی به منظور مدیریت بهینه، استفاده و در نهایت بهره‌برداری مناسب از آنها می‌کند. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی و تحلیل تغییرات مکانی شوری آب زیرزمینی، مقایسه روش‌های مختلف زمین‌آماری در برآورد آن و تهیه نقشه پراکنش مکانی شوری آب انجام شده است. بدین منظور، اطلاعات کیفیت آبهای زیرزمینی ۷۳ چاه شاهد موجود در حوزه تهیه گردید. برای برآورد شوری آب در نقاط نمونه برداری نشده، از روش‌های کریجینگ و میانگین متحرک وزنداز استفاده گردید. در این رابطه برای ارزیابی روش‌ها، روش ارزیابی تقاطعی با کمک پارامتر آماری RMSE استفاده شده است. نتایج بدست آمده نشان داد که روش کریجینگ با ضریب همبستگی ۰/۹۵۵ و نیم تغییر نمای مدل نمایی از دقت بالایی برای برآورد مقادیر شوری در نقاط فاقد اطلاعات برخوردار است. خطای برآورد این روش ۳/۴ بدست آمده است. در نهایت با استفاده از این مدل نقشه پهنه‌بندی شوری آبهای زیرزمینی دشت یزد- اردکان در محیط GIS تهیه شد

کلمات کلیدی: آبخیزداری، شوری آب زیرزمینی، پراکنش مکانی، روش‌های زمین‌آماري، پهنه‌بندی

مقدمه:

توسعه جمعیت و کمبود منابع آب، خاصه در دهه‌های اخیر سیاست بهره‌برداری از منابع آب و خاک را دگرگون نموده است. بطوریکه تا حدود ۵۰ سال قبل آب غالب اراضی زراعی حوزه دشت یزد- اردکان بوسیله حدود ۱۵۰ رشته قنات دشتی و ده‌ها چشمه قنات کوهستانی تامین می‌شد. در حالیکه در دهه‌های اخیر با حفر بیش از ۸۰۰ حلقه چاه عمیق و نیمه عمیق توزیع زمانی و مکانی بهره‌برداری از منابع آب و خاک، در این منطقه به کلی دگرگون شده است. بطوریکه افت سالانه بیش از ۸۰ سانتیمتری سفره آزاد دشت یزد- اردکان یکی از معضلات اصلی حوزه چه از دیدگاه منابع طبیعی، بیابان‌زایی و چه از دیدگاه منابع انسانی از جمله بیکاری و تشدید مهاجرت به حساب می‌آید [۱]. بنابراین مدیریت پایدار منابع آب و خاک نیازمند اطلاع از تغییرات کیفیت آب زیرزمینی می‌باشد. لذا این تحقیق با هدف ارزیابی و تحلیل تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی، با استفاده از روش‌های مختلف زمین‌آماري جهت برآورد و تهیه نقشه پراکنش مکانی آب زیرزمینی انجام شده است.

^۱- کارشناسی ارشد بیابان زدایی دانشگاه تهران (mojtaba.zareian@gmail.com)

^۲- دانشجوی کارشناس ارشد خاکشناسی دانشگاه تهران

^۳- استاد گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران

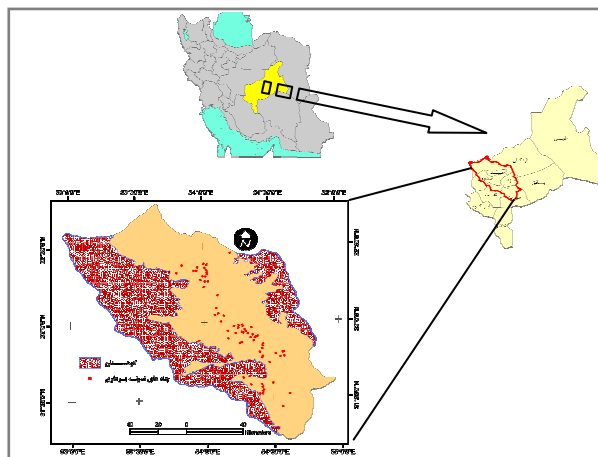
^۴- استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه تهران

امروزه بطور وسیعی از روش‌های مختلف زمین‌آماری برای پیش‌بینی تغییرات مکانی کیفیت آب‌زیرزمینی استفاده می‌شود [۴]. **نظری و همکاران (۱۳۸۵)**، از تکنیک زمین‌آمار در بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی در دشت بالارود استفاده کرد. نتایج این محققین نشان داد مدل کروی بهترین مدل جهت برازش بر روی واریوگرام تجربی متغیرهای شوری، کلر و سولفات می‌باشد [۵]. **دیگوستینو و همکاران (۱۹۹۸)**، به بررسی تغییرات زمانی و مکانی نترات به کمک روش‌های کریجینگ و کوکریجینگ در آبهای زیرزمینی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که روش کوکریجینگ باعث افزایش دقت در تخمین غلظت نترات شده است [۶]. **ریزو و موزر (۲۰۰۰)**، زمین‌آمار را برای آنالیز کیفیت آبهای زیرزمینی مورد استفاده قرار دادند. در این رابطه آنها شاخص‌های کیفیت شامل کلر، سولفات، سدیم، کلسیم و شوری را مورد بررسی قرار دادند. آنها داده‌های میکروبی را به عنوان متغیر کمکی در روش کوکریجینگ مورد استفاده قرار دادند، نتایج این محققین نشان داد که روش کوکریجینگ دارای دقت مناسبی در برآورد کیفیت آبهای زیرزمینی می‌باشد [۸]. **فینک و همکاران (۲۰۰۴)**، از کریجینگ ساده برای تخمین تغییرات سطح آب در کشور هلند استفاده نموده و آن را روشی مناسب برای پایش و تهیه نقشه سطح آب زیرزمینی معرفی کردند [۷].

مواد و روش‌ها:

- معرفی منطقه

حوزه آبخیز دشت یزد- اردکان با مساحتی حدود ۱۵۹۵۰۰۰ هکتار در بخش شمالی استان یزد واقع و حدوداً ۱۲/۳ درصد از مساحت ۱۳ میلیون هکتاری استان را شامل می‌شود. این حوزه در محدوده عرض شمالی ۱۳° ۳۱' تا ۴۸° ۳۲' و طول شرقی ۵۷° ۵۲' تا ۵۹° ۵۴' فلات مرکزی ایران گسترده شده است (شکل ۱). اقلیم منطقه به روش دومارتین اصلاح شده فراخشک سرد می‌باشد. میانگین بارندگی حدوداً ۶۲/۱ میلی‌متر و تبخیر و تعرق پتانسیل ۳۴۸۳ میلی‌متر می‌باشد [۱].



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و پراکنش چاه‌های نمونه‌برداری

- روش تحقیق

در این تحقیق جهت پیش‌بینی پراکنش مکانی کیفیت آب زیرزمینی از اطلاعات مربوط به ۷۳ نمونه چاه شاهد دشت یزد- اردکان (تهیه شده از سازمان آب منطقه‌ای استان یزد) استفاده گردید. جهت پهنه‌بندی خصوصیات کیفی آب روش‌های IDW^۱ و کریجینگ مورد استفاده قرار گرفت. پس از نرمال‌سازی داده‌ها، واریوگرام مربوط ترسیم گردید و بهترین

^۱ - Inverse Distance Weighting

مدل بر روی آن برازش داده شد. سپس با استفاده از روش ارزشیابی متقابل^۱ و پارامتر آماری RMSE مناسبترین روش میان‌یابی انتخاب شد.

- روش‌های میان‌یابی

روش IDW: در این روش برای هر یک از نقاط اندازه‌گیری وزنی بر اساس فاصله بین آن نقطه تا موقعیت نقطه مجهول در نظر می‌گیرد. سپس این اوزان توسط توان وزن دهی کنترل می‌شود، به طوری‌که توان‌های بزرگتر اثر نقاط دورتر از نقطه مورد تخمین را کاهش داده و توان‌های کوچکتر وزن‌ها را به طور یکنواخت‌تری بین نقاط هم‌جوار توزیع می‌کنند. 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 تخمین هستند دارای وزن یکسانی می‌باشند [۳]. مقدار فاکتور وزنی با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$\lambda_i = \frac{D_i^{-\alpha}}{\sum_{i=1}^n D_i^{-\alpha}} \quad (1)$$

که در آن: λ_i = وزن ایستگاه i ام، D_i = فاصله ایستگاه i ام تا نقطه مجهول، α = توان وزن دهی
روش کریجینگ: کریجینگ تخمین‌زنی است که مقادیر یک متغیر را در نقاط نمونه برداری نشده به صورت ترکیبی-خطی از مقادیر همان متغیر در نقاط اطراف آن در نظر می‌گیرد و برای برآورد نقاط ناشناخته، به هریک از نمونه‌ها وزنی نسبت می‌دهد [۴].

$$Z^*(x) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(x_i) \quad (2)$$

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

روش کریجینگ بهترین تخمین‌گر خطی نااریب با کمترین مقدار واریانس می‌باشد (۲) بنابراین باید مقدار واریانس تخمین حداقل بوده و برای برقراری شرط نااریبی باید اوزان طوری تعیین گردند که مجموع آنها ۱ شود یعنی:

$$\{Var[Z^0(x_0)] = E[(Z^*(X_0) - Z(X_0))^2]\} = \min \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = 1$$

نتایج:

خلاصه آماری داده‌های مربوط به شوری آب زیرزمینی در **جدول ۱** آورده شده است. داده‌هایی که چولگی بالایی داشتند، غیرنرمال تشخیص داده شده و برای نرمال‌سازی آنها از روش لگاریتم‌گیری استفاده شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه آماری کیفیت آب زیرزمینی

| چولگی | کشدگی | انحراف معیار | میانگین | حداکثر | حداقل | کیفیت آب زیرزمینی |
|-------|-------|--------------|---------|--------|-------|-------------------|
| ۱/۶۴ | ۲/۳۷ | ۴/۲۴ | ۴/۳۱ | ۱۸/۸۳ | ۰/۳ | EC(ds/m) |
| -۰/۱۲ | -۰/۵۸ | ۱ | ۱ | ۲/۹۴ | -۱/۲ | EC(ds/m)** |

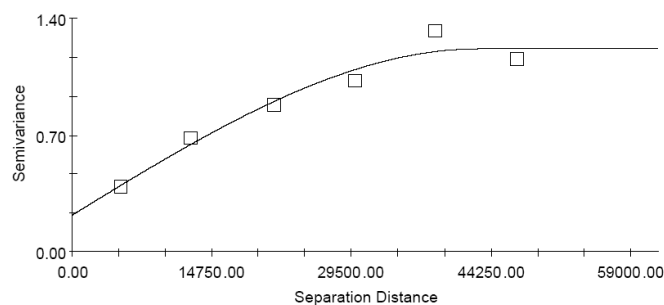
**استفاده از لگاریتم جهت نرمال‌سازی داده‌ها

^۱ -Cross Validation

پس از نرمال‌سازی داده‌ها اقدام به ترسیم واریوگرام تجربی گردید. جهت برازش بهترین مدل بر روی واریوگرام تجربی از میزان RSS کمتر استفاده شد [۹] (جدول ۲). واریوگرام مربوط به شوری آب زیرزمینی در شکل ۳ نشان داده شده است. همچنین پارامترهای مربوط به این واریوگرام در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲- انتخاب مناسبترین مدل جهت برازش بر روی واریوگرام تجربی براساس مقادیر RSS

| کیفیت آب زیرزمینی | مدل‌های مورد بررسی | | |
|-------------------|--------------------|-------|-------|
| | کروی | نمایی | گوسین |
| EC | ۰/۰۲۵۵ | ۰/۰۳۴ | ۰/۰۳۳ |



شکل ۳- واریوگرام مربوط به شوری آب زیرزمینی

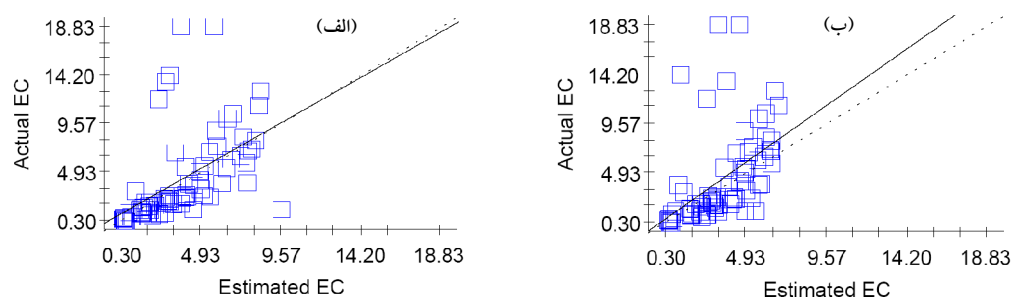
جدول ۳- بهترین مدل برازش داده شده به واریوگرام و پارامترهای مربوط به آن

| کیفیت آب زیرزمینی | مدل | اثر قطعه ای (C ₀) | آستانه (C ₀ +C) | شعاع تاثیر (Km) | اثر قطعه ای بر آستانه (C ₀ /C ₀ +C) | r ² |
|-------------------|------|-------------------------------|----------------------------|-----------------|---|----------------|
| EC | کروی | ۰/۲۲ | ۱/۲۱ | ۴۲/۹ | ۰/۱۸ | ۰/۹۵۵ |

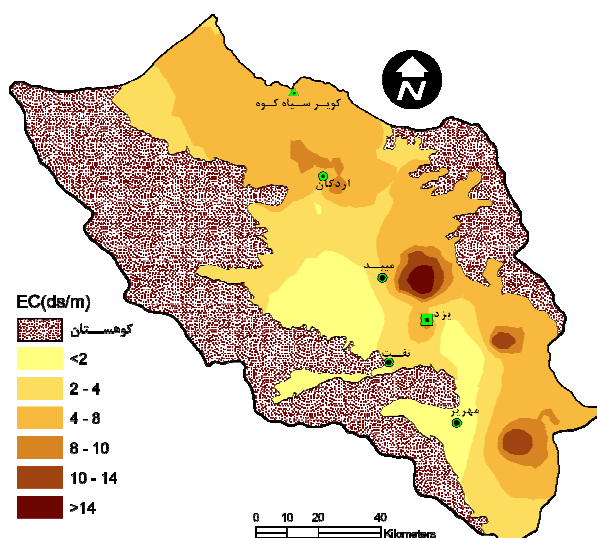
برای تعیین مناسبترین روش میان‌یابی، از میان دو روش IDW، کریجینگ از مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) و ارزیابی متقابل استفاده شد. نتایج نشان داد که روش کریجینگ دارای دقت قابل ملاحظه‌ای نسبت به روش IDW می‌باشد (جدول ۴ و شکل ۴). در نهایت با استفاد از روش کریجینگ نسبت به پهنه‌بندی شوری آبهای زیرزمینی دشت یزد- اردکان در محیط GIS اقدام گردید (شکل ۵).

جدول ۴- نتایج خطای میان‌یابی برای تخمین کیفیت آب زیرزمینی

| کیفیت آب زیرزمینی | کریجینگ | میانگین متحرک وزن دار (IDW) | | | |
|-------------------|---------|-----------------------------|--------|--------|--------|
| | | توان ۱ | توان ۲ | توان ۳ | توان ۴ |
| EC | ۳/۴ | ۳/۶۶ | ۳/۶۵ | ۳/۷۲ | ۳/۸۱ |



شکل ۴- ارزیابی برآورد شوری آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های کریجینگ (الف) و IDW (ب)



شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی شوری آب زیرزمینی حوزه دشت یزد- اردکان با استفاده از روش کریجینگ

بحث و نتیجه‌گیری:

به منظور تخمین کیفیت آب زیرزمینی، روش‌های زمین‌آماري بر روش IDW ارجحیت داشتند که با نتایج نظری و همکاران (۱۳۸۵) و ریزو و موزر (۲۰۰۰)، مطابقت دارد. نقشه‌های پهنه‌بندی شوری آب زیرزمینی نشان می‌دهد که تخریب آب زیرزمینی در شرق و شمال‌شرق منطقه متمرکز می‌باشد (شکل ۵). که احتمالاً بالا بودن غلظت املاح در نواحی شرقی به علت نزدیکی آنها به مناطق مسکونی بوده و از طرفی فعالیت‌های کشاورزی بدون در نظر گرفتن پتانسیل منطقه و برداشت بی‌رویه از آبهای زیرزمینی، به تشدید این فرایند کمک می‌کند. میزان برداشت از سفره آب زیرزمینی ۶۱۸ میلیون متر مکعب می‌باشد که ۹۱٪ آن به مصرف کشاورزی می‌رسد که این میزان برداشت بیشتر از ظرفیت سفره آب زیرزمینی می‌باشد [۲]. غلظت بالای املاح در قسمت شمال‌شرق حوزه احتمالاً بدلیل نزدیکی به چاله سیاه‌کوه و عوامل زمین‌شناسی می‌باشد.

درکل نتایج این تحقیق نشان داد که روش‌های زمین‌آماري روش‌های مناسبی برای تخمین خصوصیات کیفیت آب می‌باشند. پیشنهاد می‌گردد در مطالعات آینده از سایر روش‌ها از جمله کریجینگ شاخص و کریجینگ گسسته برای تهیه نقشه‌های ریسک خطر استفاده گردد.

منابع:

- ۱- اختصاصی، محمد رضا، ۱۳۸۳، بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره های فرسایش بادی دشت یزد - اردکان و تعیین شاخص های این فرآیند جهت کاربرد در مدل های ارزیابی بیابانزایی، رساله دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۲- گزارش آماری منابع آب محدوده مطالعاتی یزد- اردکان ۱۳۸۳، شرکت سهامی آب منطقه ای یزد.
- ۳- محمدی، جهانگرد، ۱۳۸۵، پدومتری، جلد دوم آمار مکانی، نشر پلک، ۴۵۳ص
- ۴- مهدیان، محمدحسین. ۱۳۸۵، کاربرد زمین آمار در خاکشناسی، کارگاه آموزشی کاربرد زمین آمار در خاکشناسی اولین همایش خاک، توسعه پایدار و محیط زیست ۱۷-۱۸ آبان ماه ۱۳۸۵، دانشگاه تهران
- ۵- نظری زاده، فرزاد. ارشادیان، بهناز و زند وکیلی، کامران، ۱۳۸۵. بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بالارود در استان خوزستان، اولین همایش منطقه ای بهره برداری بهینه از منابع آب حوزه های کارون و زاینده رود، دانشگاه شهرکرد، ص ۱۲۴۰-۱۲۳۶
- 6-Dagostino, V., Greene, E.A., Passarella, G., Vurro, M. 1998. spatial and temporal study of nitrate concentration in groundwater by means of coregionalization. *Environmental geology*, 36, 285-295
- 7-Finke.P.A, Brus.D.J, Bierkens.M.F.P, Hoogland.T., Knotters.M, Vries.F.de, 2004, Mapping groundwater dynamics using multiple sources of exhaustive high resolution data, *Geoderma* 123 (2004) 23-39
- 8- Rizzo.D.M, Mouser.J.M, 2000. Evaluation of Geostatistics for Combined Hydrochemistry and Microbial Community Fingerprinting at a Waste Disposal Site. pp. 1-11
- 9-Robinson,T.P,G.Metternicht, 2006, testing the performance of spatial interpolation techniques for mapping soil properties, *Computer and Electronics in Agriculture* 50)97-108

Evaluation of geostatistic methods for determining spatial distribution of water ground salinity, Case study (Yazd-Ardakan basin)

Mojtaba Zareian Jahromi¹, Rohollah Taghizadeh mehrjardi², Shahla Mahmoudi³, Ahmad Heidari⁴

Abstract:

One of the main resources in agriculture especially in arid and semi arid regions is Water ground. In addition, one of the main plans Watershed management is enrichment and protection of water quality. Knowledge of water quality, especially water salinity, can help us for optimum management and suitable exploitation. So the aim of this study is evaluation and analyses of spatial distribution water ground salinity, comparison among geostatistic and IDW methods and preparation of water ground map. Therefore data of 73 wells were collected from Yazd-Ardakan basin. For prediction of water salinity in unsampling points, kriging and IDW methods were used. Then with use of cross validation and evaluation error method, RMSE, the most suitable interpolation method was selected. Results show that kriging method with correlation coefficient 0.94 and exponential semivariogram is the highest. Error of this method was obtained 3.4. Finally by considering the best model, map of water salinity zonation was prepared with use of GIS.

Key words: watershed management, water ground, salinity, spatial distribution, geostatistic methods, zonation

¹- Msc student of dedesertification, university of Tehran (mojtaba.zareian@gmail.com)

²-Msc student of soil science department, university of Tehran

³-Professor of soil soil science department, university of Tehran

⁴ - Assistants Professor of soil science department, university of Tehran