

## بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت سمنان - سرخه با استفاده از روشهای زمین آمار

مرضیه قمشپور<sup>۱\*</sup>، آرش ملکیان<sup>۲</sup>، خسرو حسینی<sup>۳</sup>، سعید قره‌چلو<sup>۴</sup> و محمدرضا خاموشی<sup>۵</sup>

\*۱- نویسنده مسئول، کارشناس ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

پست الکترونیک: [mgh.kavir@gmail.com](mailto:mgh.kavir@gmail.com)

۲- استادیار، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۳- استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه سمنان

۴- مربی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان

۵- کارشناس ارشد، شرکت آب منطقه‌ای استان سمنان

تاریخ پذیرش: ۹۰/۷/۱۶

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۱۶

### چکیده

امروزه به دلیل کمبود آب در کشور به‌خصوص در مناطق بیابانی و نیمه‌بیابانی، مدیریت بهینه و استفاده از منابع آب زیرزمینی لازم و ضروریست. در این پژوهش تغییرات پنج ویژگی هدایت الکتریکی، کلر، غلظت املاح محلول، سدیم و سولفات آبهای زیرزمینی دشت سمنان در طول دوره آماری مورد مطالعه (از سال آبی ۷۹-۷۸ تا ۸۹-۸۸) مورد بررسی قرار گرفت. به‌منظور انتخاب مدل مناسب برای برازش بر روی واریوگرام تجربی از مقدار ریشه مجذور مربعات خطای<sup>۱</sup> کمتر و استحکام ساختار فضایی قویتر استفاده شد. به‌منظور پهنه‌بندی ویژگیهای کیفی آب از روش عکس فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ و دو روش زمین‌آماری (کریجینگ و کوکریجینگ) استفاده گردید. سپس با استفاده از روش اعتبارسنجی حذفی، روش کوکریجینگ برای عاملهای کیفی در ۶۷ درصد حالات در مقایسه با سایر روشهای میان‌یابی مورد بررسی دارای دقت بالا (MAE و MBE کم‌تر) می‌باشد. مقایسه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی عاملهای کیفی نشان داد که در طول دوره آماری ۱۱ ساله مورد بررسی میزان این عاملها به‌صورت هسته‌هایی در حال پیشروی به سمت چاه‌های انتخابی شماره ۱۵ و ۲۳ می‌باشد و همچنین در مرزهای دشت از یک روند افزایشی برخوردار است. ولی در قسمتهای مرکزی هر دو دشت سمنان و سرخه تغییر محسوسی در طی دوره آماری مشاهده نشد. از عوامل مؤثر بر نتایج بدست‌آمده می‌توان به لیتولوژی سازندهای حواشی، برداشت بی‌رویه از چاه‌های این مناطق، افزایش تبخیر و در نتیجه کاهش سطح تراز آب زیرزمینی و اعمال روش نامناسب آبیاری و کشاورزی در این منطقه اشاره کرد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، دشت سمنان - سرخه، کیفیت آب، واریوگرام، زمین‌آمار

## مقدمه

آب‌های زیرزمینی به‌عنوان بخش مهمی از آبهای تجدیدپذیر جهان به‌حساب می‌آیند. محاسبه منابع آب جهانی نشان می‌دهد که منابع زیرزمینی چیزی در حدود ۰/۶ درصد از کل منابع آب و ۶۰ درصد از منابع آب تجدیدپذیر قابل دسترس را به خود اختصاص می‌دهد (The Department of Enviroment and Conservation NSW, 2007). برای استفاده بهینه از منابع آب موجود برنامه‌ریزی همه‌جانبه و آگاهانه الزامیست و این مهم جز با شناخت دقیق و صحیح کمیت و کیفیت آب میسر نخواهد شد. در کشورهای در حال توسعه و جهان سوم، بیشترین توجه به یافتن سفره‌های آب زیرزمینی مناسب جهت تأمین آب مورد نیاز شرب و کشاورزی معطوف گردیده است و این در حالیست که کمتر به حفظ کیفی آبخوان‌ها توجه می‌شود (Gunay, Kangaroglu & 1997).

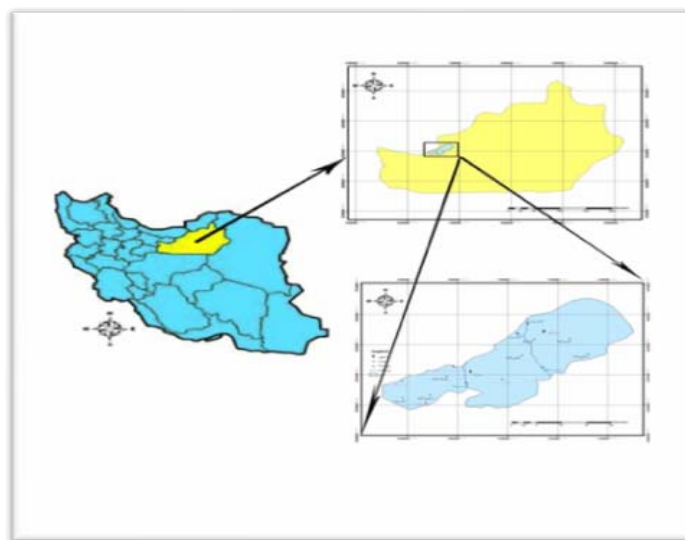
از آن‌جا که آمار کلاسیک قادر به در نظر گرفتن توزیع مکانی عاملهای کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی نبوده، بنابراین از زمین‌آمار به‌عنوان تکنیکی برای این هدف استفاده می‌شود (مدنی، ۱۳۷۳). امروزه به‌طور وسیعی از روشهای مختلف زمین‌آمار برای پیش‌بینی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی استفاده می‌شود. قهرمان و همکاران (۱۳۸۲) در تحقیق خود تحت‌عنوان کاربرد زمین‌آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی به این نتیجه رسیدند که مناسبترین مدل واریوگرام برای نیترات، مدل نمایی و برای هدایت‌الکتریکی مدل خطی سقف‌دار می‌باشد و نیز نقشه‌های توزیع مقادیر و خطای تخمین این عاملهای کیفی به روش کریجینگ ترسیم شد. Kravchenko et al., (1999) از چندین روش میان‌یابی

برای تهیه نقشه‌های هم‌ارزش مقدار پتاسیم و فسفر خاک استفاده کردند. روشهای استفاده شده شامل کریجینگ معمولی، کریجینگ لوگ نرمال و عکس فاصله بود. نتایج بدست‌آمده نشان داد که روش کریجینگ لوگ نرمال می‌تواند تخمین دقیق‌تری را نسبت به روش کریجینگ معمولی داشته باشد. محمدی (۱۳۸۶)، در بررسی تغییرات مکانی کیفیت و کمیت آب‌های زیرزمینی دشت کرمان به این نتیجه رسید که برای عاملهای کلر، سدیم، سولفات، هدایت‌الکتریکی، غلظت املاح محلول و pH روش کوکریجینگ روش مناسب می‌باشد. Jing Lee et al., (2007) در تحقیق خود تحت‌عنوان ارزیابی خطر بالقوه سلامتی در آب‌های زیرزمینی آلوده به آرسنیک با استفاده از شاخص کریجینگ به‌کمک این روش زمین‌آمار نقشه توزیع مکانی آرسنیک را در دشت لانیانگ واقع در شمال شرقی تایوان تهیه کردند و ۶ منطقه را با آب زیرزمینی دارای آرسنیک بالا (بیش از ۱۰ درصد استاندارد جهانی) در این نقشه شناسایی کردند. آنها در این تحقیق مدل نمایی را به‌عنوان بهترین مدل سازگار با واریوگرام منطقه معرفی کردند. Hill et al., (2009) برای مدیریت منطقه‌ای آب‌های آلوده به آرسنیک در منطقه شمال‌غربی بنگلادش، از روش کریجینگ معمولی برای تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی مکانی آبهای آلوده به آرسنیک استفاده نمودند. و برای تهیه واریوگرام تجربی و نقشه‌های پهنه‌بندی میزان غلظت آرسنیک، از شبکه نمونه‌برداری تصادفی و از پایگاه داده‌ها استفاده شد. از مناطق نمونه‌برداری نشده ارزیابی صحیحی توسط نقشه‌های کریجینگ صورت گرفت. و آنها اذعان داشتند که روشهای زمین‌آمار از قبیل کریجینگ اطلاعات را بر روی ساختار خاصی از آلودگی آرسنیک در حوضه اکتشافی با مقیاس کوچک، درون‌یابی می‌کند

## مواد و روشها

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دشت سمنان می باشد. دشت سمنان در مختصات ۵۳ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۳ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و از ۳۵ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی قرار دارد و مساحت آن ۷۰۳ کیلومترمربع است. از شمال به کوه های پیغمبران و چغندرون از شرق به کوه های سه برادران از غرب به سیاه تپه و لاسجرد و از جنوب به ارتفاعات حاجی آباد خوریان و دشت بیابانک منتهی می شود و شهر سمنان تقریباً در مرکز دشت واقع است. نقشه آن در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان و ایران

(Baalousha *et al.*, 2010) در ارزیابی شبکه پایش میزان نیترات آب زیرزمینی با استفاده از نقشه های آسیب پذیری و زمین آماری در دشت هریتانگا واقع در نیوزلند، برای تهیه نقشه آسیب پذیری منطقه از روش دراستیک و برای بررسی توزیع های مکانی منطقه از واریانس کریجینگ استفاده نمودند. بر اساس این مطالعه مشخص شد که بعضی مناطقی که دارای آسیب پذیری بالایی هستند توسط شبکه موجود پوشش داده نمی شوند. بنابراین بعضی مکان ها باید به شبکه اضافه و تعدادی باید حذف شوند. هدف از مطالعه حاضر بررسی تغییرات کیفیت آب زیرزمینی دشت سمنان به منظور اعمال مدیریت بهره برداری بهینه بر منابع آب می باشد.

از نظر همگنی، از روش آزمون توالی (Run Test) استفاده شد. برای بازسازی نواقص آماری از روش همبستگی یک متغیره استفاده شد، به این ترتیب همبستگی بین ایستگاه ها توسط نرم افزار آماری SPSS محاسبه گردید.

## روش تحقیق

پس از جمع آوری آمار و اطلاعات و انتخاب پایه زمانی مشترک، آمار موجود از نظر کیفیت بررسی گردید. بدین منظور آزمون داده های پرت و آزمون نرمالیته بر روی داده ها مورد بررسی قرار گرفت. به منظور بررسی آمار

کمکی EC و TDS و از داده‌های TDS به‌عنوان متغیر کمکی کلر و سدیم که ضریب همبستگی بالای ۰/۸ را نشان دادند، استفاده شد. به‌منظور ارزیابی روشهای درون‌یابی از روش اعتبارسنجی حذفی (MAE و MBE کمتر) استفاده شد و درنهایت بر اساس بهترین روش میان‌یابی اقدام به تهیه نقشه‌های مورد نظر گردید. و پس از آن با مقایسه این نقشه‌ها در طول دوره آماری تغییرات کیفیت آب زیرزمینی، و عوامل مؤثر بر این تغییرات مورد بررسی قرار گرفت.

### نتایج

ابتدا اقدام به ترسیم واریوگرام تجربی گردید. جدولهای ۱ و ۲ مدل مناسب برازش داده شده بر روی واریوگرام و عامل‌های مربوطه را نشان می‌دهد. برای نمونه واریوگرام‌های مربوط به عاملهای غلظت املاح محلول و هدایت‌الکتریکی آب زیرزمینی در انتهای دوره آماری در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. همچنین نقشه موقعیت مکانی چاه‌های انتخابی و رودخانه‌ها در سطح دشت سمنان در شکل ۴، نقشه‌های پهنه‌بندی عاملهای کیفی آب زیرزمینی در ابتدا و انتهای دوره آماری در شکل‌های ۵ تا ۱۴، نقشه زمین‌شناسی و سطح ایستابی آب زیرزمینی در انتهای دوره آماری در شکل‌های ۱۵ و ۱۶ نشان داده شده است.

پس از کنترل کیفی داده‌ها تغییرات پنج ویژگی هدایت‌الکتریکی، کلر، غلظت املاح محلول، سدیم و سولفات آبهای زیرزمینی دشت سمنان در طول دوره آماری مورد مطالعه (از سال آبی ۷۹-۷۸ تا ۸۹-۸۸) مورد بررسی قرار گرفت.

در این پژوهش برای پهنه‌بندی مکانی عاملهای کیفی آب زیرزمینی شامل عاملهای هدایت‌الکتریکی، کلر، غلظت املاح محلول، سدیم و سولفات آب زیرزمینی از اطلاعات مربوط به ۳۰ نمونه چاه انتخابی دشت سمنان استفاده گردید. پس از نرمال‌سازی داده‌ها اقدام به ترسیم واریوگرام گردید. به‌منظور انتخاب مدل مناسب برای برازش بر روی واریوگرام تجربی از مقدار RMSE کمتر و استحکام ساختار فضایی قویتر استفاده شد. نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه را می‌توان برای ارزیابی ساختار فضایی داده‌ها مورد بررسی قرار داد. وقتی این نسبت کمتر از ۰/۲۵ باشد متغیر مورد نظر دارای ساختار مکانی قوی می‌باشد، بین ۰/۷۵-۰/۲۵ ساختار مکانی متوسط بوده و هنگامی‌که بزرگ‌تر از ۰/۷۵ باشد ساختار مکانی ضعیف می‌باشد (Shi et al., 2007). برای پهنه‌بندی ویژگیهای کمی آب از روش عکس فاصله با توان‌های ۱ تا ۵ و دو روش زمین‌آماري (کریجینگ و کوکریجینگ) در نرم‌افزار ArcGIS استفاده گردید. در روش کوکریجینگ، پس از تشکیل ماتریس همبستگی، از داده‌های کلر به‌عنوان متغیر

جدول ۱- مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده میزان عاملهای کیفی در سال آماری ۷۸

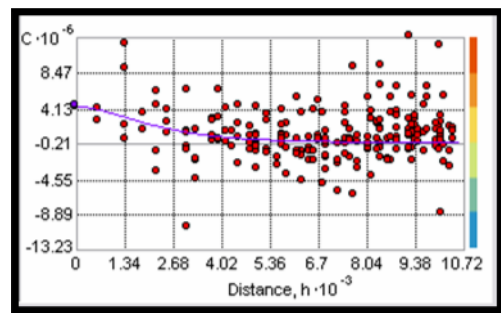
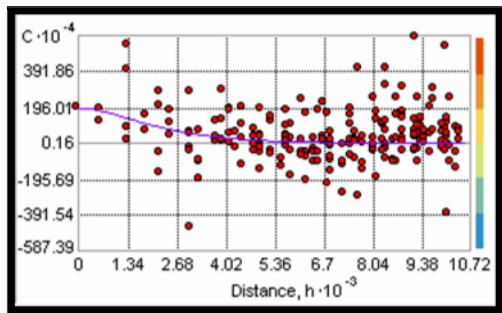
عامل کیفی	مدل	واریوگرام	اثر قطعه‌ای	سقف	دامنه تأثیر	r <sup>2</sup>
TDSmg/lit	Exponential	کواریوگرام	۵۲۷۶۳۴/۰۴	۱۱۵۳۶۵۹/۶۸	۹۷۶۸/۴۶	۰/۸۹**
Ec mmos/cm	Exponential	سمی واریوگرام	۱۱۷۷۹۹۶/۰۵	۲۶۰۲۳۸۴/۱۲	۹۷۶۹/۲۸	۰/۸۹**
Cl <sup>-</sup> meq/lit	Exponential	کواریوگرام	۶۰۹۱۴/۱۱	۱۰۷۲۱۷۸	۱۰۳۲۱/۸۴	۰/۸۹**
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> meq/lit	Circular	سمی واریوگرام	۱۹/۹۵	۱۳۲/۵	۲۸۴۶۰/۹۸	۰/۷۹**
Na <sup>+</sup> meq/lit	Exponential	کواریوگرام	۸۲۶۰۷۷/۳۹	۸۵۵۲۱۶/۳۹	۱۰۴۴۵/۲۵	۰/۷۴**

\*\* حدود اطمینان ۹۹ درصد

جدول ۲ - مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده میزان عامل های کیفی در سال آماری ۸۸

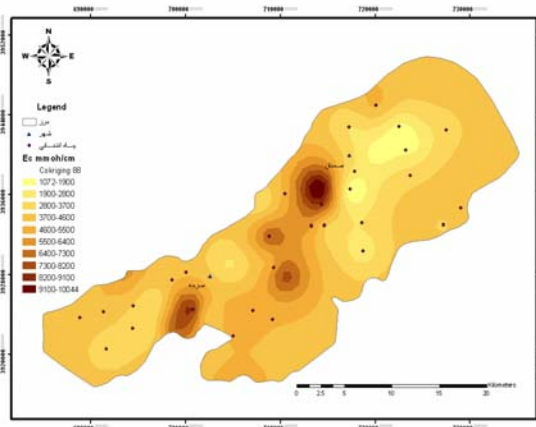
عامل کیفی	مدل	واریوگرام	اثر قطعه ای	سقف	دامنه تأثیر	R <sup>2</sup>
TDSmg/lit	K-Bessel	کواریوگرام	۳۸/۴۴	۱۹۱۶۴۸۹/۷۴	۵۵۷۰/۷۲	۰/۸۸**
Ec mmos/cm	K-Bessel	کواریوگرام	۳۸/۳۸	۴۳۱۲۴۶۱/۷۸	۵۵۶۷/۳۴	۰/۸۸**
Cl <sup>-</sup> meq/lit	Hole effect	کواریوگرام	۰/۱۳۱	۰/۲۸۳	۷۱۴۶/۵۵	۰/۸۹**
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> meq/lit	Exponential	سمی واریوگرام	۰/۲۵۵	۰/۷۱۱	۵۲۵۸۳/۴۷	۰/۵۵**
Na <sup>+</sup> meq/lit	Rational Quadratic	کواریوگرام	۵/۸۵	۷۶/۴۱	۶۹۱۰/۵۱	۰/۷۷**

\*\* حدود اطمینان ۹۹ درصد

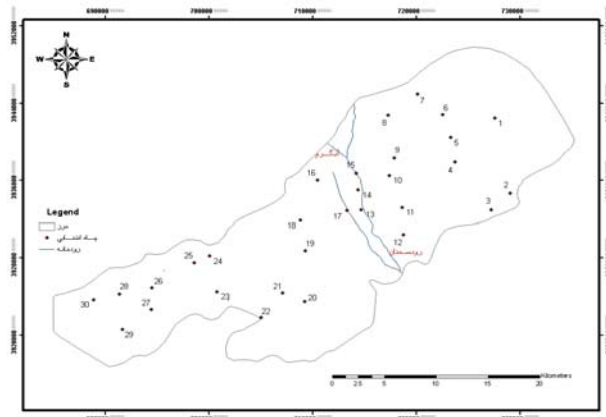


شکل ۳- واریوگرام Ec آب زیرزمینی (بهار ۱۳۸۸)

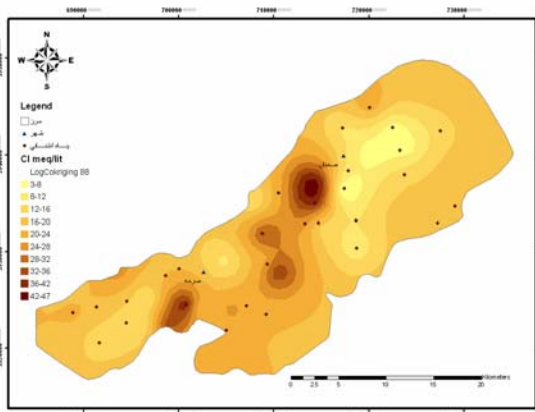
شکل ۲- واریوگرام TDS آب زیرزمینی (بهار ۱۳۸۸)



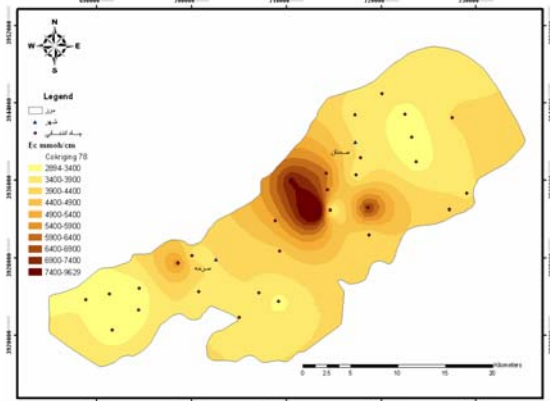
شکل ۵- پهنه بندی مکانی میزان Ec (بهار ۱۳۷۸)



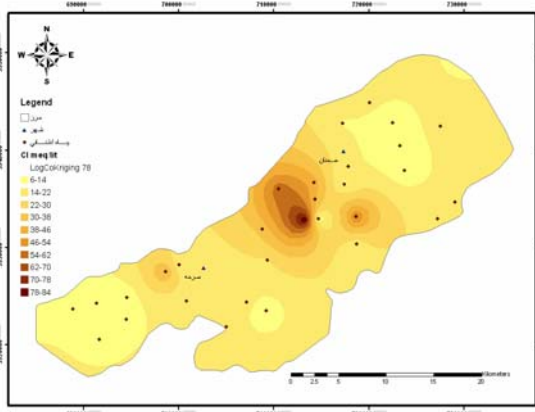
شکل ۴- موقعیت مکانی چاه های انتخابی و رودخانه ها در سطح دشت سمنان



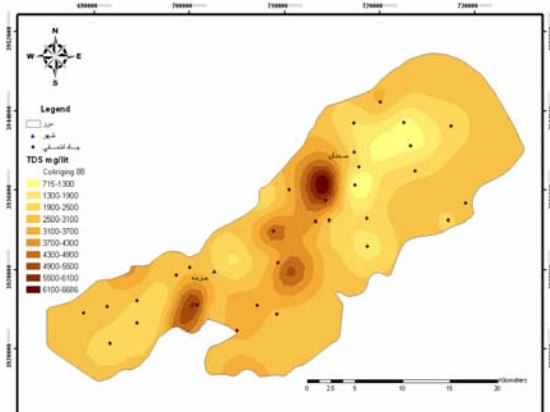
شکل ۹- پهنه‌بندی مکانی میزان Cl- (بهار ۱۳۷۸)



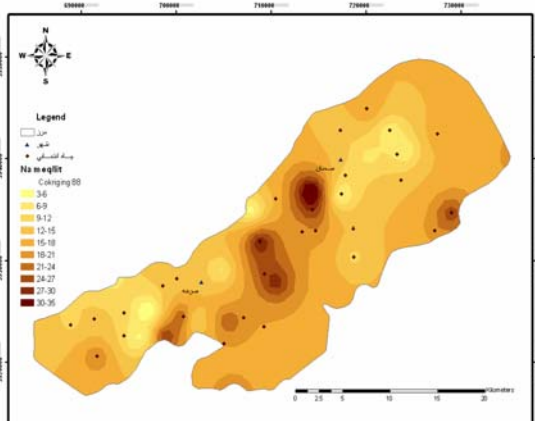
شکل ۶- پهنه‌بندی مکانی میزان Ec (بهار ۱۳۷۸)



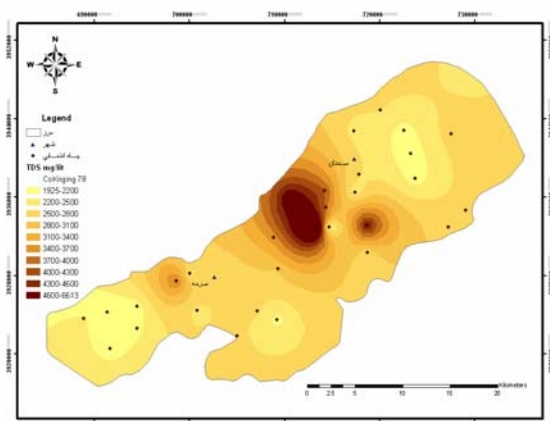
شکل ۱۰- پهنه‌بندی مکانی میزان Cl- (بهار ۱۳۷۸)



شکل ۷- پهنه‌بندی مکانی میزان TDS (بهار ۱۳۷۸)



شکل ۱۱- پهنه‌بندی مکانی میزان Na+ (بهار ۱۳۷۸)



شکل ۸- پهنه‌بندی مکانی میزان TDS (بهار ۱۳۷۸)



## بحث

نتایج بدست آمده از آنالیز واریوگرافی مربوط به عاملهای کیفی یون کلر، میزان املاح محلول، هدایت الکتریکی و یون سدیم آب زیرزمینی دشت در ابتدا و انتهای دوره آماری نشان داد که بهترین مدل برازش شده به ساختار فضایی این عاملها در سال آبی ۷۸-۷۹ برای هدایت الکتریکی سمی واریوگرام مدل نمایی و برای بقیه عاملها کوواریوگرام مدل نمایی می باشد و در سال آبی ۸۸-۸۹ کوواریوگرام مدل Hole Effect برای یون کلر، کوواریوگرام مدل K-Bessel برای غلظت املاح محلول و هدایت الکتریکی و کوواریوگرام مدل Rational Quadratic برای یون سدیم می باشد. به طوری که دامنه تأثیر آن برای یون کلر از  $10321/84$  متر در سال آبی ۷۸-۷۹ به میزان  $7146/55$  متر در سال آبی ۸۸-۸۹ برای میزان غلظت املاح محلول از  $9768/46$  متر در سال آبی ۷۸-۷۹ به میزان  $5570/72$  متر در سال آبی ۸۸-۸۹ برای میزان هدایت الکتریکی از  $9769/28$  متر در سال آبی ۷۸-۷۹ به میزان  $5567/34$  متر در سال آبی ۸۸-۸۹ و برای میزان یون سدیم از  $10445/25$  متر در سال آبی ۷۸-۷۹ به میزان  $6910/51$  متر در سال آبی ۸۸-۸۹ تنزل یافته است. که نتایج مربوط به این عاملها در سال ۷۸-۷۹ با یافته های قهرمان (۱۳۸۲) در مطالعه عامل کیفی نیترات، محمدی (۱۳۸۶) و (Jing Lee (2007) در مطالعه عامل ۷۸-۷۹ کوکریجینگ به عنوان بهترین روش میان یابی جهت پهنه بندی عاملهای کیفی هدایت الکتریکی و غلظت املاح محلول در هر دو سال آماری مورد بررسی (ابتدا و انتهای دوره آماری) و برای یون سدیم در سال آماری ۸۸ است. که این مهم با یافته های (Pozdnyakova (1999 مطابقت داشت. و روش لوگ کوکریجینگ برای عاملهای کیفی یون کلر در هر دو سال آماری و یون سدیم در سال آماری ۷۸ بهترین روش میان یابی جهت پهنه بندی می باشد. که نتایج آن با یافته های محمدی (۱۳۸۶) مطابقت دارد. و همچنین روش لوگ کریجینگ به عنوان بهترین روش

فضایی این عامل در سال آبی ۷۸-۷۹ سمی واریوگرام مدل Circular و در سال آبی ۸۸-۸۹ سمی واریوگرام مدل نمایی می باشد. به طوری که دامنه تأثیر آن از  $28460/98$  متر در سال آبی ۷۸-۷۹ به میزان  $52583/47$  متر در سال آبی ۸۸-۸۹ افزایش یافته است.

که نتایج مربوط به این عاملها در سال ۸۸-۸۹ با یافته های قهرمان (۱۳۸۲) در مطالعه عامل کیفی نیترات، محمدی (۱۳۸۶) و (Jing Lee (2007) در مطالعه عامل کیفی آرسنیک مطابقت داشت. البته واریوگرام مربوط به سال ۷۸-۷۹ تاکنون در تحقیقات گذشته مورد ارزیابی واقع نشده است.

پس از ترسیم واریوگرام و برازش مدل مناسب بر روی آن، براساس عاملهای مربوطه مشخص شد که استحکام ساختار فضایی در تمامی سالها قوی تا متوسط بوده که نشان دهنده پیوستگی مکانی و دقت بالای مدل های برازش داده شده می باشد، که خود نقش به سزایی در بالا بودن دقت برآورد دارد.

طبق بررسیهای بعمل آمده در مورد مقایسه روشهای میان یابی برای عاملهای کیفی مورد بررسی، نتایج نشان داد که روش کوکریجینگ به عنوان بهترین روش میان یابی جهت پهنه بندی عاملهای کیفی هدایت الکتریکی و غلظت املاح محلول در هر دو سال آماری مورد بررسی (ابتدا و انتهای دوره آماری) و برای یون سدیم در سال آماری ۸۸ است. که این مهم با یافته های (Pozdnyakova (1999 مطابقت داشت. و روش لوگ کوکریجینگ برای عاملهای کیفی یون کلر در هر دو سال آماری و یون سدیم در سال آماری ۷۸ بهترین روش میان یابی جهت پهنه بندی می باشد. که نتایج آن با یافته های محمدی (۱۳۸۶) مطابقت دارد. و همچنین روش لوگ کریجینگ به عنوان بهترین روش

نتایج بدست آمده از آنالیز واریوگرافی مربوط به عامل کیفی سولفات آب زیرزمینی دشت در ابتدا و انتهای دوره آماری نشان داد که بهترین مدل برازش شده به ساختار



میان‌یابی جهت پهنه‌بندی عامل کیفی یون سولفات در سال آماری ۸۸ می‌باشد. که نتایج آن با یافته‌های Kravchenko (1999) مطابقت دارد.

بررسی عامل هیدروشیمی آب زیرزمینی دشت سمنان و پهنه‌بندی مکانی هر یک از این عاملها نشان‌دهنده این است که میزان یون کلر، سدیم، غلظت املاح محلول و هدایت الکتریکی آب زیرزمینی دشت با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی سال ۱۳۷۸ در ناحیه مؤثر چاه انتخابی ۱۷ و ۱۳ میزان این یونها به صورت هسته‌ای است که در حال پیشروی به نواحی اطراف است. که در مورد چاه انتخابی ۱۷ مربوط به وجود سازندهای قرمز بالایی متشکل از مارن و مارن ژپس‌دار می‌باشد که وجود سازندهای مارن و گچ همراه املاح محلول، در شرایط آب و هوایی گرم و خشک این منطقه به دلیل افزایش تبخیر، شوری خاک را بیشتر می‌کند. ناحیه مربوط به چاه انتخابی ۱۳ به علت قرار گرفتن در پهنه رسی و تبخیری بودن لایه رسوبی در این ناحیه و وجود لایه‌های ضخیم رسی که باعث کندی جریان آب زیرزمینی و افزایش میزان و زمان تماس آبهای ورودی به این منطقه و در نتیجه افزایش قابل توجه انحلال املاح در آب می‌شود، می‌باشد. و همچنین می‌تواند به دلیل پایین بودن سطح آب زیرزمینی در این ناحیه باشد. با توجه به نقشه سال ۱۳۸۸ این هسته به طرفین یعنی از شرق به سمت چاه‌های انتخابی ۱۴ و ۱۵ (رودخانه آبگرم) و از غرب به سمت غرب مرز دشت گسترش پیدا کرده است، که منبع آن می‌تواند برداشت آب زیاد از طرفین این زون باشد که موجبات هجوم جبهه شور به طرفین را ایجاد نموده است. همچنین با توجه به نقشه سال ۱۳۸۸ یک هسته دیگر در اطراف چاه انتخابی ۲۳ در حال گسترش است؛ هر چند که این منطقه از نظر

سطح آب زیرزمینی در وضعیت چندان نامناسب نسبت به نقاط اطراف قرار ندارد، ولی می‌تواند به دلیل وجود یک معدن در حاشیه غربی این منطقه باشد.

لازم به ذکر است که میزان یون کلر در ناحیه چاه انتخابی ۱۷ در سال ۱۳۷۸ میزان ۸۴-۷۶ میلی‌اکی‌والان در لیتر می‌باشد که میزان آن در سال ۱۳۸۸ با توجه به گسترش هسته کلر به سمت شرق در اطراف چاه انتخابی ۱۵ به میزان ۴۷-۴۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر کاهش می‌یابد که دلیل آن می‌تواند خشک شدن رودخانه آبگرم از سال ۱۳۸۰ باشد، زیرا این رودخانه به دلیل شور بودن در طول مسیر خود به داخل زمین نفوذ کرده و در نتیجه باعث شور و غیرقابل استفاده شدن آب‌های زیرزمینی در طول مسیر خود می‌گردد. همچنین شاهد بهتر شدن وضعیت کلر در اطراف چاه انتخابی ۱۱ در طول دوره آماری می‌باشیم که می‌تواند دلیل آن خشک شدن رود سمنان از سال ۱۳۸۰ به بعد باشد. زیرا آب این رودخانه به دلیل کیفیت نامناسب و تغذیه چاه‌های اطراف باعث پایین آمدن کیفیت آب در این چاه‌ها می‌گردد.

نتایج بدست‌آمده از نقشه پهنه‌بندی مکانی یون سولفات در سطح دشت سمنان در ابتدا و انتهای دوره آماری نشان‌دهنده روند افزایش میزان این یون از سمت دشت سرخه به سمت دشت سمنان می‌باشد. که میزان حداکثر آن در سال ۱۳۷۸ در اطراف چاه انتخابی ۲۳ از ۳۱-۳۶ به میزان ۳۹-۳۵ میلی‌اکی‌والان در لیتر افزایش یافته است. و روند افزایشی آن به تدریج از سمت دشت سرخه و مرز شرقی دشت سمنان به سمت مرکز دشت سمنان می‌باشد. که نشان‌دهنده سولفات‌ها بودن آب‌های زیرزمینی دشت سرخه می‌باشد. بنابراین در کل می‌توان گفت که میزان عاملهای کلر، سدیم، غلظت املاح محلول

- Heretaunga Plains, New Zealand. *Agricultural Water Management*, 97: 240-246.
- Hill, A.J., Hossain, F. and Bagtzoglou, A.C., 2009. Zonal management of arsenic contaminated ground water in Northwestern Bangladesh. *Journal of Environmental Management*, 90: 7321-3729.
  - Jin-Jing Lee., Cheng-Shin Jang., Sheng-Wei Wang. and Chen-Wuing Liu., 2007. Evaluation of potential health risk of arsenic-affected ground water using indicator Kriging and dose response model. *Science of the Total Environment*, 384: 151-162.
  - Kangaroglu, F. and Gunay, G., 1997. Ground Water Nitrate Pollution in an Alluvial Aquifer, Eskir Urban Area and its Vicinity, Turkey. *Environmental Geology*, 31: 178-184.
  - Kravchenko, A.N., Bullocka, D.G., Robert. P.C., Rust, R.H. and Larson, W.E., 1999. Coparision of Intepolation Methods for Mapping Soil Pand K Contents. *Proceedings of the Fourth Intemational Confrence on Precision Agriculture*, St. Poal., Minnesota, USA, Part A and B, 267-279.
  - Pozdnyakova, L., Zhang., R.D., Robert, P.C., Rust, R.H. and Larson, W.E., 1999. Estimating Spatial Variability of Soil Salinity Using Geostatistical Methods. *Poceedings of the Fourth International Confernce on Precision Agriculture*, St. Poal., Minnesota. USA, Part A and B, 79-89.
  - 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. *Environ Geol*, 52: 1-10.
  - The Department of Enviroment and Conservation NSW., 2007. Guidelines for the assessment and management of groundwater contamination, Published by: Department of Enviroment and Conservation NSW, Website: [www.enviroment.nsw.gov.au](http://www.enviroment.nsw.gov.au)

و هدایت الکتریکی، به سمت شهرهای سمنان و سرخه در حال پیشروی می‌باشد و میزان آنها در آب عموماً تحت تأثیر لیتولوژی سازندهای حواشی و نیز تبخیر بخشی از حجم آب زیرزمینی می‌باشد که سبب باقی ماندن نمک‌ها و در مراحل بعدی شوری آب زیرزمینی می‌گردد. که دلیل افزایش میزان این عاملها را می‌توان برداشت بی‌رویه از چاه‌های این مناطق، افزایش تبخیر و در نتیجه کاهش سطح تراز آب زیرزمینی و اعمال روش نامناسب آبیاری و کشاورزی در این منطقه دانست.

### منابع مورد استفاده

- قهرمان، ب.، حسینی، م. و عسگری، ح.، ۱۳۸۲. کاربرد زمین‌آمار در ارزیابی شبکه‌های پایش کیفی آب زیرزمینی. *مجله دانشگاه صنعتی امیرکبیر*، ۱۴(۵۵): ۹۸۱-۹۷۱.
- محمدی، ص.، ۱۳۸۶. بررسی تغییرات مکانی کیفیت و کمیت آبهای زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از زمین‌آمار. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- مدنی، ح.، ۱۳۷۳. مبانی زمین‌آمار. مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ۶۵۹ ص
- Baalousha, H., 2010. Assessment of a groundwater quality monitorin network using vulnerability mapping and geostatistics: A case study from

## A survey on spatial variations of groundwater quality in Semnan/Sorkheh plain using geostatistical techniques

Ghomeshion, M.<sup>1\*</sup>, Malekian, A.<sup>2</sup>, Hoseini, Kh.<sup>3</sup>, Gharachelo, S.<sup>4</sup> and Khamoushi, M.R.<sup>5</sup>

1\*- Corresponding Author, MSc in Combating Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran,  
Email: mgh.kavir@gmail.com

2- Assistant professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.

3- Assistant professor, Faculty of Civil Engineering, Semnan University, Semnan, Iran.

4- Research Instructor, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran.

5- M.Sc. of Semnan Regional Water Authority, Semnan, Iran.

Received: 07.03.2011

Accepted: 08.10.2011

### Abstract

Nowadays, water resources scarcity has become one of the most important issues in arid and semi arid regions including Iran which makes it necessary to optimize the utilization of the limited resources. This research surveyed the variations of EC, TDS, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Na<sup>+</sup> for an eleven-year period base on the data collected from selected wells of Semnan Plain. In order to select the appropriate model to fit to experimental variogram, Residual Mean Square Error was used. Several geostatistical approaches such as simple kriging, ordinary kriging, simple cokriging, and ordinary cokriging as well as other deterministic interpolation methods including Inverse Distance Weighing (IDW) with different powers were considered. Then, validation approach and Mean Absolute Error (MAE) criteria were considered to determine the most appropriate interpolation technique. Meanwhile, cokriging method was selected as the fit method for qualitative parameters which illustrated the variations of groundwater quality in almost 67% of the cases. Comparison of quality parameters of spatial zoning maps showed that the rate of these parameters was developing in the core shape to the selected wells 15 and 13 and also, it had an increasing trend in plain boundaries for an eleven-year period. But there were no significant changes in the centers of plains. According to the results, lithology, unsustainable harvesting of wells, increased evaporation and thus reduced level of ground water and inappropriate methods of irrigation and agriculture were identified as the most effective factors.

**Key words:** Groundwater, Semnan plain, water quality, variogram, geostatistics