



## تعیین الگوی توزیع منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: حوزه آبخیز الشتر، استان لرستان)

زهرا کالیراد<sup>۱</sup>، آرش ملکیان<sup>۲</sup> و بهارک معتمد وزیری<sup>۳</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، (نویسنده مسوول: zahra.kalirad@gmail.com)

۲- استادیار دانشگاه تهران

۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۵ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۲۰

### چکیده

منابع آب یک کشور به ویژه آب زیرزمینی یک ثروت ملی است لذا برای استفاده بهینه از منابع آب موجود برنامه‌ریزی همه جانبه و آگاهانه الزامی است و این مهم جز با شناخت دقیق و صحیح پراکنش مکانی منابع آب میسر نخواهد شد. هدف از این پژوهش ارزیابی دقت روش‌های میان‌یابی مکانی جهت پهنه بندی مکانی پارامترهای کمی آب‌های زیرزمینی (سطح و عمق آب زیرزمینی) و بررسی تغییرات این پارامترها در طول دوره آماری مورد مطالعه در دشت الشتر واقع در استان لرستان می‌باشد. بدین منظور از اطلاعات مربوط به چاه‌های پیژومتری در دشت الشتر استفاده شد و روش‌های زمین آمار شامل کریجینگ ساده، کریجینگ معمولی، کوکریجینگ ساده، کوکریجینگ معمولی و روش عکس فاصله با توانهای ۱ تا ۵ مورد بررسی قرار گرفت. بعد از کنترل کیفیت و نرمال سازی داده‌ها، اقدام به ترسیم واریوگرام گردید. با توجه به مجذور میانگین مربعات باقیمانده (RMSE) کمتر، مناسب‌ترین واریوگرام، با استفاده از روش اعتبارسنجی (cv) حذفی و به کمک کمترین قدر مطلق خطا (MAE)، مناسب‌ترین روش میان‌یابی انتخاب گردید. نتایج نشان داد که برای پهنه بندی عمق آب زیرزمینی در همه سال‌های آماری روش کریجینگ ساده و برای پهنه بندی سطح آب زیرزمینی با استفاده از متغیر کمکی H، در مقایسه با سایر روش‌های میان‌یابی مورد بررسی روش کوکریجینگ معمولی دارای دقت بالاتری است.

واژه‌های کلیدی: حوزه آبخیز الشتر، واریوگرام، آب زیرزمینی، میان‌یابی، زمین آمار

### مقدمه

منبع ارزشمند ارتباط نداشته باشد. آمار و ارقام موجود در این بخش از جمله وابستگی یک سوم جمعیت جهان به آب زیرزمینی گویای اهمیت این گوهر پنهان در زندگی بشر است.

منابع آب یک کشور به ویژه آب زیرزمینی یک ثروت ملی است و کمتر فعالیت اجتماعی را می‌توان در نظر گرفت که به نحوی با این

مشاهده‌ای سطح آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های زمین آماری در دشت اراک با استفاده از داده‌های رقوم سطح آب اندازه‌گیری شده در ۴۶ نقطه و برای سه سال مختلف (مرطوب، متوسط و خشک) مدل واریوگرام گوسی را به عنوان بهترین مدل واریوگرام برای این داده‌ها معرفی کرده است و با مقایسه سه روش کریجینگ، کوکریجینگ و عکس فاصله به این نتیجه رسیدند که روش کوکریجینگ خطای کمتری در مقایسه با روش کریجینگ و عکس فاصله دارد.

قمشیون (۴) به بررسی پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی در دشت سمنان به کمک روش‌های زمین آماری کریجینگ، کوکریجینگ و روش عکس فاصله با توان‌های یک تا پنج پرداخت. نتایج نشان داد که روش کریجینگ ساده باعث افزایش دقت در برآورد عمق آب زیرزمینی دشت شده است.

کرسیک (۹) کریجینگ را به عنوان قابل اعتمادترین، قوی‌ترین و گسترده‌ترین روش برای درون‌یابی و تهیه منحنی‌های تراز آب‌های زیرزمینی می‌داند و اذعان می‌دارد روش مذکور روش زمین‌آماري است که در آن واریانس مکانی، موقعیت و توزیع نمونه‌ها مورد ملاحظه قرار می‌گیرد. کلینهو و همکاران (۷) در ارزیابی تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی، هدایت الکتریکی و نیترات دریافتند که افت سفره آب زیرزمینی در مقایسه با سال ۱۹۹۰ به میزان شش متر رسیده است. هم چنین ایشان اذعان داشتند که دامنه اثر سطح آب زیرزمینی به ترتیب معادل ۲/۹۳، ۲/۱۹ و ۳/۵۵ کیلومتر

آب زیرزمینی مهمترین و بزرگترین منبع آب شیرین در جهان می‌باشد. لایه‌های آبدار زیرزمینی کشور هر سال با ۵/۵ میلیارد متر مکعب کسری مخزن مواجه است. این امر حساسیت بیشتر آب‌های زیرزمینی را نسبت به استفاده‌های بی‌رویه روشن می‌سازد (۱). پیامد این مسئله در تعدادی از آبخوانها افت سطح آب زیرزمینی، کسری ذخیره مخزن، نشست زمین و در نواحی مستعد پیشروی آب شور می‌باشد (۲). جهت جلوگیری از این ناهنجاری‌ها ممنوعیت توسعه بهره‌برداری در تعدادی از دشت‌های ایران اعمال گردیده است. بخش اعظم آب زیرزمینی دشت الشتر واقع در استان لرستان به مصرف کشاورزی می‌رسد، بنابراین بهره‌بردارانی که با یک دوره خشکسالی در دشت الشتر مواجه شده بودند اذعان داشتند برای جبران کسری آب اراضی زراعی، از چاه‌ها و منابع زیرزمینی بهره گرفتند. البته آمار برداری هم حاکی از افزایش چاه‌ها در این دوره می‌باشد (۶). در نتیجه بررسی تغییرات پارامترهای کمی (عمق آب و سطح آب زیرزمینی) با روش زمین آمار به ارزیابی و چگونگی بهره‌برداری از آبخوان و پهنه‌بندی مکانی این پارامترها در محدوده مطالعاتی دشت الشتر کمک شایانی می‌کند. محمدی (۱۲) در بررسی عمق آب زیرزمینی دشت کرمان، نشان داده میانگین تخمین حاصل از روش کریجینگ در مقایسه با سایر روش‌های میان‌یابی اختلاف کمتری با میانگین نمونه‌های مشاهده‌ای داشته است. مشعل و همکاران (۱۱) در ارزیابی شبکه چاه‌های

## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه و جمع آوری داده ها

حوزه آبخیز الشتر از زیر حوزه‌های رودخانه کشکان می‌باشد. حوزه آبخیز رودخانه کشکان جزئی از حوزه آبخیز کرخه از حوزه‌های آبخیز اصلی کشور است. این محدوده بین طول جغرافیائی  $۰۲^{\circ} ۴۸'$  تا  $۳۱^{\circ} ۴۸'$  شرقی و عرض جغرافیائی  $۴۳^{\circ} ۳۳'$  تا  $۰۵^{\circ} ۳۴'$  شمالی قرار دارد (شکل ۱).

دامنه تغییرات ارتفاعی آن حدود ۲۱۸۰ متر می‌باشد. از نظر پستی و بلندی ارتفاع متوسط دشت از سطح دریا حدود ۱۵۸۰ متر می‌باشد. وسعت حوزه آبخیز ۸۱۱ کیلومتر مربع و وسعت دشت آن ۱۹۶ کیلومتر مربع می‌باشد. بارندگی متوسط سالانه دشت ۵۵۴ میلی متر و دمای متوسط سالانه  $۸/۸$  درجه سانتی گراد است. اقلیم محدوده با در نظر گرفتن سیستم اقلیمی آمبرژه دارای اقلیم نیمه خشک سرد و ارتفاعات می‌باشد. سفره آبدار اصلی دشت الشتر را رسوبات آبرفتی تشکیل می‌دهد. در حال حاضر ضخامت قسمت اشباع آبخوان آبرفتی به حدود ۵۰ متر می‌رسد (۶). کاربری اراضی دشت به صورت اراضی کشاورزی آبی است، که در حاشیه شمالی باغات میوه می‌باشد. منطقه مورد مطالعه دارای شیب صفر تا پنج درصد بوده، اختلاف ارتفاع زمین‌های هموار در دشت الشتر حدود ۳۳۰ متر (بین ۱۴۷۰ تا ۱۸۰۰ متر) برآورد شده است. در این پژوهش جهت پیش بینی پراکنش مکانی کمی آب زیرزمینی ابتدا داده‌های عمق آب زیرزمینی و ارتفاع

(با مدل‌های واریوگرام نمایی، خطی و کروی) می‌باشد. ویجی و رمادوی (۱۳) نشان دادند که در تخمین سطح آب زیرزمینی روش کریجینگ نسبت به روش فاصله معکوس دقت بالاتری دارد.

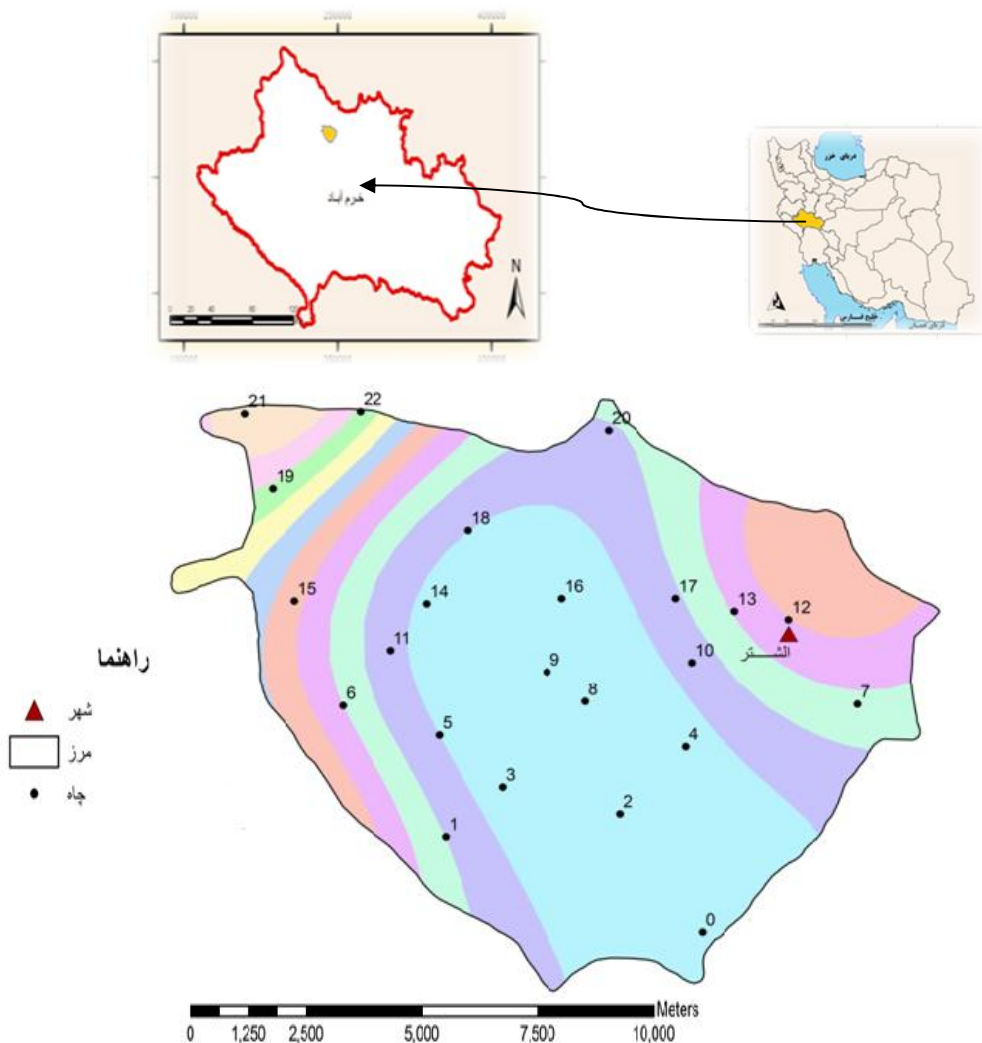
دیک و جرال (۳) در بررسی خود تحت عنوان بهینه سازی الگوهای نمونه‌برداری متغیرهای محیطی با استفاده از کریجینگ عمومی در هلند با بررسی میانگین بالاترین سطح سفره آب اذعان داشتند که واریانس کریجینگ معمولی برای تعداد ۲۵ نمونه ۱۹ درصد، برای ۵۰ نمونه ۷ درصد و برای ۱۰۰ نمونه ۳ درصد کمتر از روش کوکریجینگ معمولی می‌باشد.

خلقی و همکاران (۸) در مقایسه روش‌های کریجینگ معمولی و نروفازی جهت تخمین سطح آب زیرزمینی در ناحیه شمال ایران، روش کریجینگ معمولی و ANFIS را برای پهنه‌بندی سطح آب زیرزمینی در یک آبخوان آزاد مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که مدل ANFIS در مقایسه با روش کریجینگ معمولی برای تخمین سطح آب زیرزمینی از دقت بالاتری برخوردار است.

هدف از انجام این مطالعه، ارزیابی دقت روش‌های میان‌یابی مکانی جهت پهنه‌بندی مکانی پارامترهای کمی می‌باشد. در این مطالعه دو پارامتر کمی، شامل: سطح و عمق آب زیرزمینی انتخاب شد و این تغییرات در طول دوره آماری ده ساله به کمک چاه‌های انتخابی در دشت الشتر مورد بررسی قرار گرفت.

انتخاب گردید. صحت آمار بیشتر مربوط به همگن یا ناهمگن بودن داده‌ها است به طوری که حتی با داشتن آمار دقیق در یک ایستگاه می‌توان با ناهمگنی داده‌ها روبرو بود (۱۰).

مطلق نقطه نشانه مربوط به ۲۴ چاه مشاهده‌ای در محدوده مورد مطالعه از شرکت آب منطقه‌ای لرستان اخذ شد که بعد از بازبینی تعدادی از چاه‌ها بدلیل نقص آماری حذف شدند. پایه زمانی مشترک جهت مطالعه، سال آبی ۱۳۷۹-۸۰ تا سال آبی ۱۳۸۸-۸۹



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور و استان لرستان.

استفاده شد. سپس به کمک تکنیک اعتبارسنجی حذفی (CV)<sup>۱</sup> و استفاده از قدر مطلق خطا (MAE) که نشانگر میانگین انحراف مقدار برآوردی از مقدار مشاهده‌ای است (به‌طوریکه هر چه کمتر باشد بهتر است)، به ارزیابی روش‌های میان‌یابی و انتخاب بهترین روش پرداخته شد.

### روش‌های میان‌یابی

#### ۱- روش کریجینگ<sup>۲</sup>

کریجینگ یک تخمین‌گر ناریب است که کمترین واریانس تخمین را به دست می‌دهد. ناریب بودن کریجینگ بسیار مهم است زیرا در چنین سیستمی، خطاهای سیستماتیک حذف می‌شوند. در کریجینگ ساده فرض بر این است که علاوه بر مستقل بودن میانگین از مختصات، مقدار آن معلوم باشد. در کریجینگ معمولی، مقدار میانگین، مجهول، ولی مستقل از مختصات فرض می‌شود (۵).

#### ۲- روش کوکریجینگ<sup>۳</sup>

در برخی موارد ممکن است از یک متغیر به اندازه کافی نمونه‌برداری نشده باشد و براساس آنها نتوان تخمین را با دقت مورد نظر انجام داد. در چنین مواردی می‌توان به کمک متغیرهای ثانوی و با استفاده از همبستگی متقابل بین متغیرهای اصلی و ثانوی، تخمین را اصلاح کرد. برای برآورد با این روش و برای محاسبه اوزان مربوطه، نیاز به محاسبه واریوگرام متقابل بین متغیر  $Y$  و  $Z$  به عبارتی متغیر مشاهده شده و متغیر کمکی می‌باشد (۵).

به همین منظور داده‌های آب زیرزمینی در یک دوره آماری ۱۰ ساله بر اساس آزمون توالی مورد ارزیابی صحت و همگنی قرار گرفته‌اند، که مطابق روش مذکور هیچ گونه ناهمگنی در داده‌ها مشاهده نگردید. نواقص آماری با توجه به ضریب همبستگی یک متغیره تعیین گردید. هم چنین از آزمون نرمالیتت برای نرمال بودن یک سری زمانی استفاده شد. موقعیت دقیق چاه‌ها در محیط نرم افزاری ArcGIS تهیه گردید. پس از آنکه آمار مربوط به عمق آب زیرزمینی ( $h$ ) مربوط به هر کدام از چاه‌های مشاهده‌ای در طی دوره آماری ۱۰ ساله مشخص شدند، با توجه به ارتفاع مطلق نقطه نشانه هر چاه، رقوم سطح آب آن چاه (ارتفاع مطلق)، محاسبه شد. به منظور برازش مدل واریوگرام مناسب به ساختار فضایی داده‌ها و تعیین پارامترهای آن (دامنه تأثیر، سقف، اثر قطعه‌ای) نیازمند آنالیز ساختاری یا واریوگرافی می‌باشد. با توجه به میزان مجذور میانگین مربعات باقیمانده (RMSE) کمتر، که نرم افزار زمین آمار در اختیار قرار می‌دهد، واریوگرام مناسب انتخاب گردید. در بررسی تغییرات زمانی و مکانی پارامترهای کمی آب زیرزمینی (عمق آب و سطح آب) در طول دوره آماری مورد مطالعه و داده‌های مربوط به هر چاه در دشت الشتر از روشهای زمین‌آماري مانند کریجینگ ساده، کریجینگ معمولی، کوکریجینگ ساده، کوکریجینگ معمولی و روش عکس فاصله با توانهای یک تا پنج جهت درون‌یابی و تخمین

1-Cross Validation

2- Kriging

3-CoKriging

4- Inverse DistanceWeighted

### ۳- روش عکس فاصله<sup>۱</sup>

یکی دیگر از روش‌های میان‌یابی قطعی است که در این روش ارزش یک متغیر بر اساس میانگین همسایه‌ها در محدوده‌های معین محاسبه می‌شود. به این ترتیب که معکوس فواصل از نقاط مجهول وزن‌دهی می‌شوند هر چه فواصل نقطه مجهول از نقاط معلوم کاهش یابد وزن ارزش آن نقاط افزایش می‌یابد و نقاطی که ارزش آنها معلوم است با استفاده از نقاط اطراف یک شعاع مشخص برآورد می‌شود (۲).

### نتایج و بحث

با بررسی هیدروگراف واحد دشت الشتر معلوم شد که طی دوره آماری مورد مطالعه میزان افت معادل ۲/۵۲ متر و میانگین افت سالانه سطح آب زیرزمینی ۰/۳۲ متر در کل سطح آبخوان می‌باشد. بررسی میانگین

متحرک ۷ و ۵ ساله دشت نشان داد در مواردی که میزان بارندگی در چند سال افزایش یافته، روند کلی تغییرات سطح ایستابی به دلیل تاثیر سایر عوامل به ویژه بهره برداری شدید و غیر اصولی روند نزولی داشته است.

در بخش آنالیز زمین آماری، نتایج حاصل از آنالیز واریوگرافی به منظور انتخاب مدل واریوگرام مناسب و استخراج پارامترهای آن برای عمق آب زیرزمینی دشت، طی ۱۰ سال آماری در جدول ۱ ارائه شده است. بر این اساس دامنه تأثیر از ۵۱۳۶/۶۱ متر در سال آبی ۸۰-۱۳۷۹ تا ۱۴۷۴۱/۹۱ متر در سال آبی ۸۵-۱۳۸۴ در تغییر بوده است. حد آستانه نیز حداکثر ۰/۷۱۸۷ و حداقل ۰/۴۱۳۶ را نشان می‌دهد.  $I^2$  ضریب همبستگی بین میانگین تخمین و میانگین مشاهده‌ای است که در این جا  $I^2=0/99^{**}$  می‌باشد.

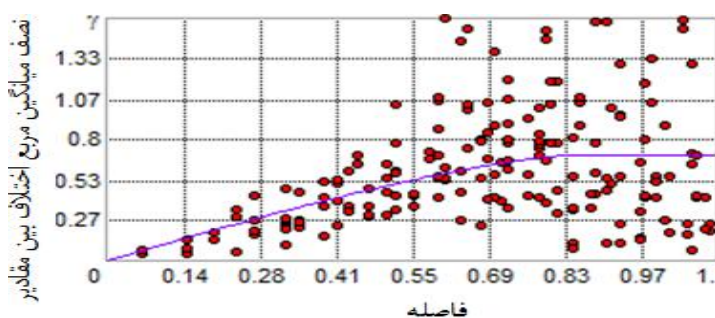
جدول ۱- مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده، عمق آب زیرزمینی در هر یک از سال‌های آماری

سال آماری	مدل	واریوگرام	اثر قطعه ای	سقف	دامنه تاثیر	$I^2$
۸۰-۱۳۷۹	مدور	سمی واریوگرام	۰	۰/۶۲۳۲	۵۱۳۶/۶۱	۰/۹ <sup>**</sup>
۸۱-۱۳۸۰	مدور	کوواریوگرام	۰	۰/۵۳۶۷	۵۲۸۹/۴۶	۰/۸۹ <sup>**</sup>
۸۲-۱۳۸۱	کروی	سمی واریوگرام	۰	۰/۶۷۶۵	۱۰۳۳۷/۶۴	۰/۸۹ <sup>**</sup>
۸۳-۱۳۸۲	نمایی	سمی واریوگرام	۰	۰/۶۳۳۰	۱۰۹۵۴/۰۸	۰/۸۸ <sup>**</sup>
۸۴-۱۳۸۳	جی- بسل	کوواریوگرام	۰/۱۷۲۱	۰/۴۱۳۶	۱۱۶۲۲/۸۱	۰/۸۷ <sup>**</sup>
۸۵-۱۳۸۴	نمایی	سمی واریوگرام	۰/۱۴۷۸	۰/۶۲۵۹	۱۴۷۴۱/۹۱	۰/۹ <sup>**</sup>
۸۶-۱۳۸۵	گوسی	سمی واریوگرام	۰/۰۷۵۲	۰/۶۸۷۲	۸۳۸۹/۶	۰/۹۹ <sup>**</sup>
۸۷-۱۳۸۶	جی- بسل	سمی واریوگرام	۰/۱۳۲۴	۰/۶۱۶۷	۱۴۱۱۰/۴۵	۰/۸۵ <sup>**</sup>
۸۸-۱۳۸۷	اثرسوراخ	سمی واریوگرام	۰/۰۷۶۸	۰/۵۸۵۰	۱۲۸۴۵/۶۹	۰/۸۹ <sup>**</sup>
۸۹-۱۳۸۸	نمایی	سمی واریوگرام	۰	۰/۷۱۸۷	۱۰۴۰۴/۴۴	۰/۸۹ <sup>**</sup>

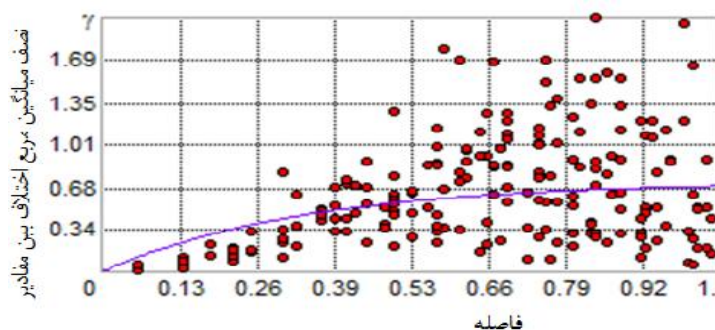
\*\* : حدود اطمینان ۹۹ درصد.

۸۴-۱۳۸۳ که بین ۰/۷۵-۰/۲۵، به معنی استحکام فضایی متوسطی است، در بقیه سالها کمتر از ۰/۲۵ یعنی دارای استحکام فضایی قوی می‌باشند. نتایج حاصل از بررسی واریوگرام‌ها در تعیین ابعاد محدوده برداشت کاربردی است.

واریوگرام‌های مناسب برازش شده مربوط به عمق آب زیرزمینی دشت الشتر در اشکال ۲ و ۳ ارائه شده است. با توجه به اینکه نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه (سقف) به منظور ارزیابی ساختار مکانی داده‌ها به کار می‌رود، نتیجه این نسبت برای پارامتر عمق آب زیرزمینی دشت به جز در سال



شکل ۲- واریوگرام عمق آب زیرزمینی مهر ۷۹



شکل ۳- واریوگرام عمق آب زیرزمینی مهر ۸۹

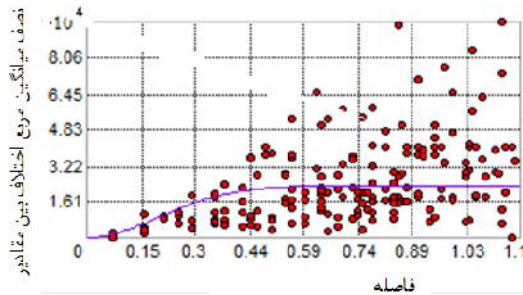
نوسان بوده است. برای همه سال‌ها نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه برای سطح ایستایی کمتر از ۰/۲۵ یعنی دارای استحکام فضایی قوی می‌باشد. واریوگرام‌های مناسب مربوط به سطح آب زیرزمینی در ابتدا و انتهای سال آماری، در اشکال ۴ و ۵ ارائه شده است.

تجزیه آماری مربوط به تعیین واریوگرام مناسب برازش شده در هر یک از سال‌های آماری مربوط به سطح آب زیرزمینی دشت، در جدول ۲ نشان می‌دهد که دامنه تأثیر از ۵۴۳۲/۲ متر در سال آبی ۸۶-۱۳۸۵ به ۸۲۹۲/۹ متر در سال آبی ۸۳-۱۳۸۲ در

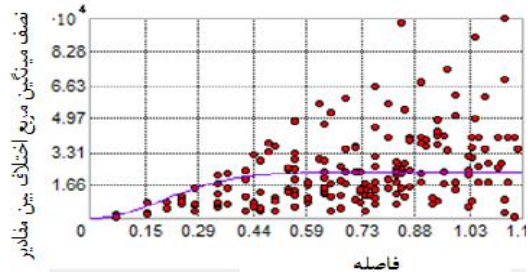
جدول ۲- مشخصات واریوگرام مناسب برازش شده، سطح آب زیرزمینی در هر یک از سال های آماری

سال آماری	مدل	واریوگرام	اثر قطعه ای	سقف	دامنه تاثیر	r <sup>2</sup>
۱۳۷۹-۸۰	کروی	سمی واریوگرام	۰	۰/۰۱۵۶	۷۲۲۵/۹	۰/۹۷**
۱۳۸۰-۸۱	مدور	سمی واریوگرام	۰	۰/۰۱۴۸	۷۱۷۳/۸	۰/۹۷**
۱۳۸۱-۸۲	مدور	سمی واریوگرام	۰/۰۰۳۸	۰/۰۱۵۷	۷۱۸۷/۶	۰/۹۷**
۱۳۸۲-۸۳	کروی	سمی واریوگرام	۰	۰/۰۰۲۴	۸۲۹۲/۹	۰/۹**
۱۳۸۳-۸۴	مدور	سمی واریوگرام	۰	۰/۰۰۲۳	۷۱۶۷/۱	۰/۹**
۱۳۸۴-۸۵	مدور	سمی واریوگرام	۰	۰/۰۱۳۲	۷۱۹۴/۱	۰/۸۹**
۱۳۸۵-۸۶	کی - بسل	سمی واریوگرام	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۰۲۶	۵۴۳۲/۲	۰/۸۹**
۱۳۸۶-۸۷	مدور	سمی واریوگرام	۰	۰/۰۰۲۷	۷۲۰۸/۶	۰/۹**
۱۳۸۷-۸۸	مدور	سمی واریوگرام	۰	۰/۰۰۲۴	۷۱۹۹/۲	۰/۸۸**
۱۳۸۸-۸۹	مدور	سمی واریوگرام	۰	۰/۰۰۲۳	۷۱۴۷/۵	۰/۸۹**

\*\* : حدود اطمینان ۹۹ درصد.



شکل ۵- واریوگرام سطح آب زیرزمینی مهر ۸۹



شکل ۴- واریوگرام سطح آب زیرزمینی مهر ۷۹

آب زیرزمینی در ابتدا و انتهای دوره آماری، در سطح دشت الشتر نشان می‌دهد که روند تغییرات عمق آب زیرزمینی تقریباً از توپوگرافی دشت تبعیت می‌کند. به طوری که در حاشیه شمال غربی، پیژومترهای ۲۱، ۱۹ و ۲۲ و غرب که دارای شیب بیشتر است عمق آب زیرزمینی نیز بیشتر بوده و در مرکز و به سمت خروجی دشت که شیب کاهش یافته، حداقل عمق مشاهده شد (اشکال ۶ و ۷). نواحی شرقی در اطراف پیژومترهای ۱۲ و ۱۳ نیز حداکثر عمق را دارد که وجود این منطقه بحران می‌تواند به دلیل بهره برداری بی‌رویه از

با بررسی روش‌های مختلف میان‌یابی به کمک تکنیک اعتبارسنجی حذفی، دقیق‌ترین روش در میان‌یابی عمق آب زیرزمینی روش کریجینگ می‌باشد. با استفاده از متغیر کمکی ارتفاع مطلق نقطه نشانه هر چاه، برای پارامتر سطح آب زیرزمینی مناسب‌ترین روش میان‌یابی کوکریجینگ انتخاب شد که با نتایج قمشیون (۴) و محمدی (۱۲) مطابقت دارد. نتایج حاصل از تعیین مناسب‌ترین روش میان‌یابی برای عمق آب زیرزمینی و سطح ایستابی به ترتیب در جداول ۳ و ۴ ارائه شده است. بر اساس نقشه پهنه‌بندی مکانی عمق

### منابع آب زیرزمینی توسط جمعیت متراکم در محدوده شهری الشتر و فعالیت کشاورزی آبی باشد.

جدول ۳- تعیین مناسب ترین روش میان یابی عمق آب زیرزمینی

میانگین تخمین	Kriging		میانگین مشاهده ای	سال آماری
	MBE	MAE		
۱۴/۴۵	-۰/۲۰۶	۲/۲۴	۱۴/۶۶	۱۳۷۹-۸۰
۱۴/۸۴	۰/۰۷۶	۲/۱۰	۱۴/۸۳	۱۳۸۰-۸۱
۱۱/۶۴	-۰/۱۷	۲/۴۱	۱۱/۸۲	۱۳۸۱-۸۲
۱۱/۸۴	-۰/۰۱۱	۲/۳۷	۱۱/۸۶	۱۳۸۲-۸۳
۱۲/۷۹	۰/۱۲۲	۲/۵۸	۱۲/۶۸	۱۳۸۳-۸۴
۱۰/۸۵	-۰/۰۰۷	۲/۰۵	۱۰/۸۶	۱۳۸۴-۸۵
۱۰/۶۱	-۰/۰۴۲	۲/۰۲	۱۰/۷۹	۱۳۸۵-۸۶
۱۰/۷۱	۰/۰۲۳	۲/۱۷	۱۰/۶۸	۱۳۸۶-۸۷
۱۴/۲۰	-۰/۱۰۲	۲/۰۶	۱۴/۳۱	۱۳۸۷-۸۸
۱۶/۳	۰/۴۳۰	۲/۲۲	۱۶	۱۳۸۸-۸۹

جدول ۴- تعیین مناسب ترین روش میان یابی سطح آب زیرزمینی

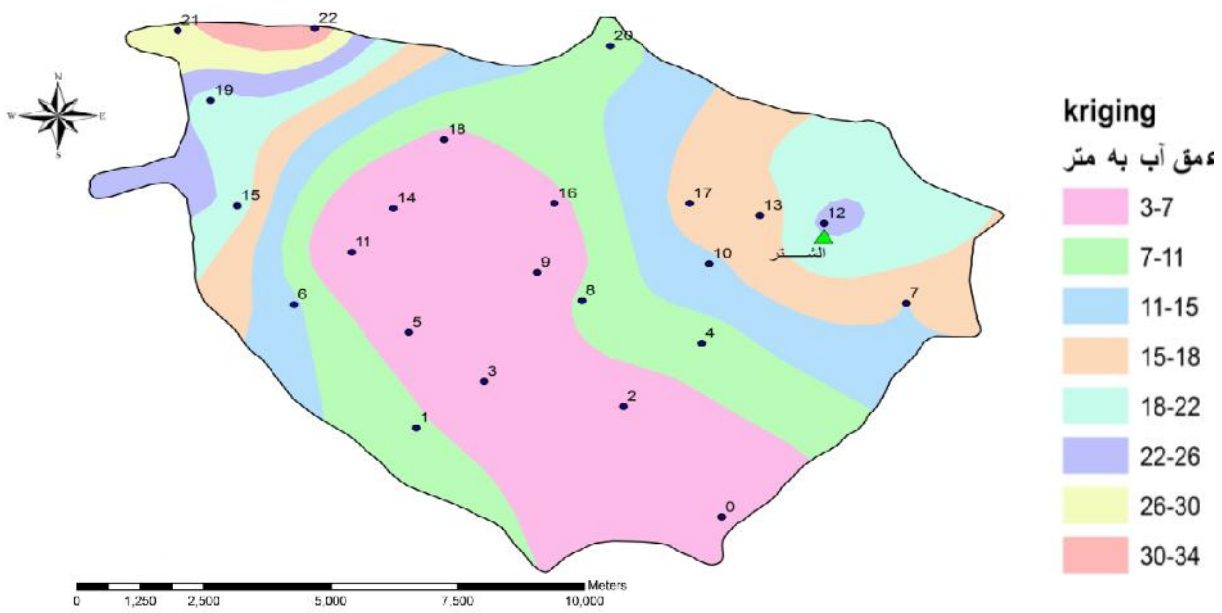
میانگین تخمین	CoKriging		میانگین مشاهده ای	سال آماری
	MBE	MAE		
۱۵۸۰/۶۵	۰/۲۵۷	۲/۹۷	۱۵۸۰/۶۵	۱۳۷۹-۸۰
۱۳۸۱/۱۲	-۰/۰۱۶	۳	۱۵۸۱/۱۳	۱۳۸۰-۸۱
۱۵۸۳/۵۶	۰/۰۴۱	۲/۸۸	۱۵۸۳/۸۶	۱۳۸۱-۸۲
۱۵۸۳/۳	-۰/۰۰۵	۳	۱۵۸۳/۳۴	۱۳۸۲-۸۳
۱۵۸۳/۰۱	-۰/۱۷۸	۳/۱۱	۱۵۸۳	۱۳۸۳-۸۴
۱۵۸۴/۶۵	۰/۰۰۱۹	۳/۰۸	۱۵۸۴/۶۵	۱۳۸۴-۸۵
۱۵۸۵/۰۶	۰/۲۰۸۴	۳/۱	۱۵۸۵/۰۳	۱۳۸۵-۸۶
۱۵۸۵/۱	۰/۰۱۷۸	۳/۲۲	۱۵۸۵	۱۳۸۶-۸۷
۱۵۸۱/۱۶	۰/۰۰۷	۳/۰۷	۱۵۸۱/۴۱	۱۳۸۷-۸۸
۱۵۷۹/۸۷	۰/۰۱۵۲	۳/۶۸	۱۵۷۹/۸۶	۱۳۸۸-۸۹

دشت که سطح ایستابی بالا است در اطراف دشت و همچنین در محدوده‌ی شهری الشتر سطح آب زیرزمینی پایین است که در اشکال ۸ و ۹ ارائه شده است. با توجه به این که سطح گسترده‌ای از حوزه الشتر را کوههای آهکی با سیستم کارستی مناسب در بر گرفته، از نظر نفوذپذیری، ذخیره و نگهداری

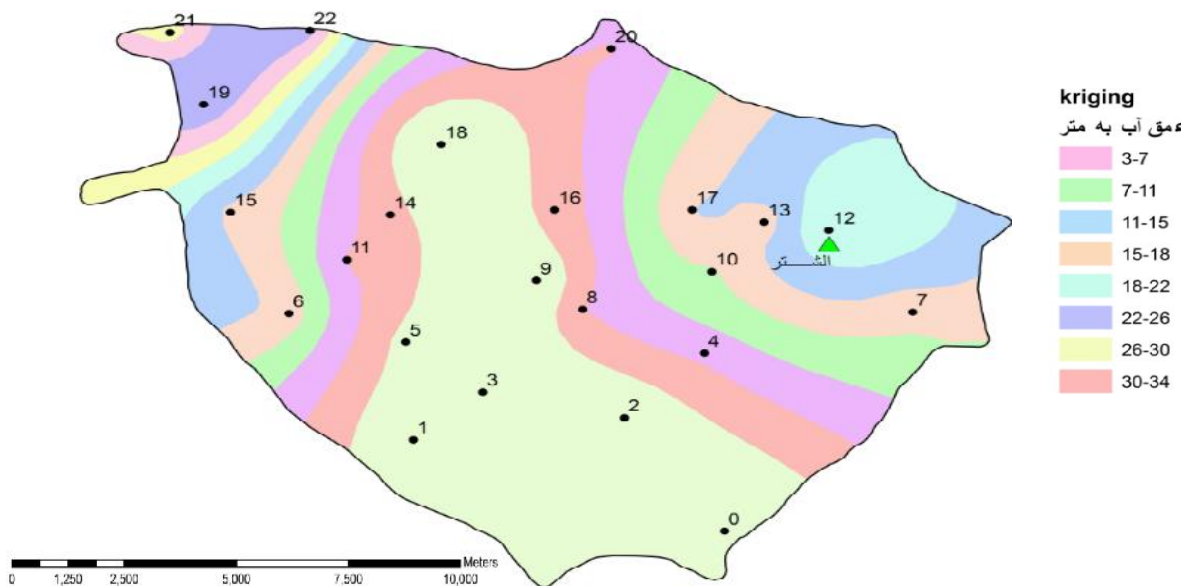
بررسی نقشه‌های آب زیرزمینی دشت نشان می‌دهد که در طول دوره آماری مورد بررسی بیشترین میزان افت آب زیرزمینی مربوط به محدوده‌ی شهری الشتر و بخشی از شمال غرب و غرب در دامنه تأثیر پیژومتر شماره ۲۱،۲۲ می‌باشد. در بررسی سطح آب زیرزمینی به‌جز در مرکز و قسمت خروجی

آگاهی مردم نسبت به مسایل و مشکلات ناشی از کمبود آب، بازسازی پوشش گیاهی و حتی گسترش اکوسیستم‌های کوچک در مکان‌های مناسب کوهستانی واقع در بالا دست پیشنهاد می‌گردد.

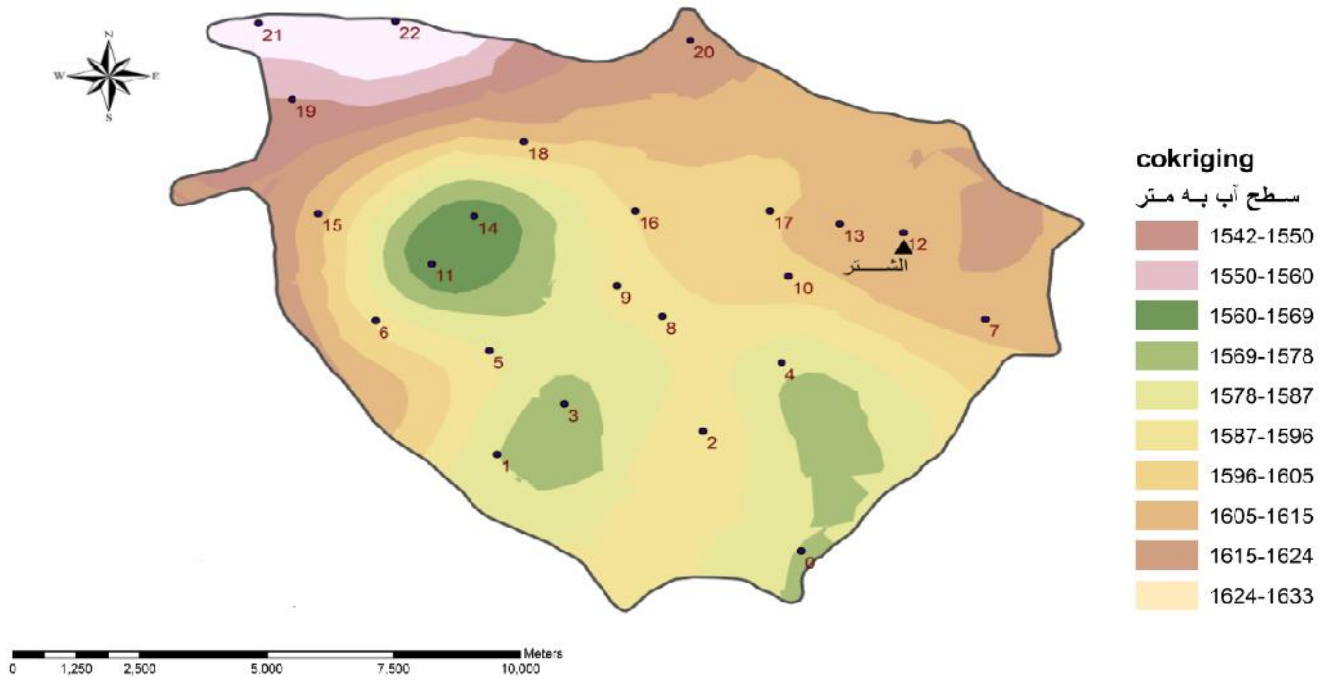
منابع آب (هم کارستی و هم آبرفتی)، هم چنین از نظر میزان بارش، چشمه‌هایی با آبدهی بسیار بالا، در مجموع از توان و ظرفیت خوبی برخوردار می‌باشد (۶)، بنابراین با رشد و تراکم نسبتاً زیاد جمعیت در دشت آبرفتی، بالا بردن



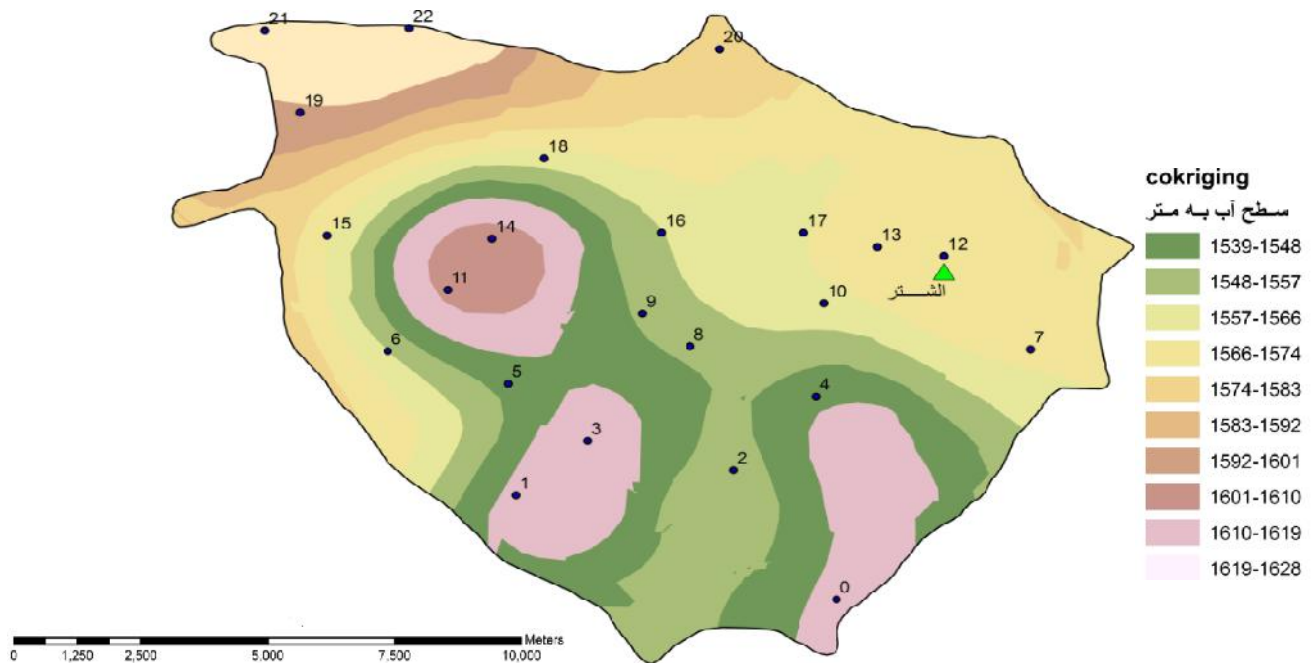
شکل ۶- پهنه بندی عمق آب زیرزمینی مهر ۷۹



شکل ۷- پهنه بندی عمق آب زیرزمینی مهر ۷۸



شکل ۸- پهنه بندی سطح آب زیرزمینی مهر ۷۹



شکل ۹- پهنه بندی سطح آب زیرزمینی مهر ۸۸

از آمار دقیق افزایش یابد.

در نهایت پیشنهاد می‌گردد از روش‌های زمین آماری به عنوان ابزاری مفید برای شناسایی الگوهای توزیع آب در مخازن آبخوان و هم چنین انتخاب بهترین نقطه نمونه‌برداری استفاده شود و به تدریج این روش جایگزین روش‌های قدیمی شود تا علاوه بر کاهش هزینه، راندمان پروژه‌های آبی به علت استفاده

### تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از همکاری سازمان آب منطقه‌ای لرستان و هم چنین شرکت مدیریت منابع آب ایران جهت انجام این پژوهش کمال تشکر و امتنان را دارند.

### منابع

1. Alizadeh, A. 2003. Principles of applied hydrology 14th edn. Imam Reza Press. 712 pp. (In Persian)
2. Data, P.S., D.L. Deb and S.K. Tygi. 1997. Assessment of groundwater contamination from fertilizers in the Delhi area based on  $O^{18}$ ,  $NO_3$  and K composition. *Microchemical Journal*, 64: 112-120.
3. Dick, J.B. and B.M.H. Gerard. 2006. Optimization of sample patterns for universal kriging of environmental variables. *Geoderma*, 138: 86-95.
4. Ghomshion, M. 2010. Spatial prediction of groundwater resources quality and quantity in Semnan/Sorkheh Plain using geostatistical techniques. MSc Thesis, Semnan University. 127 pp. (In Persian)
5. Hassani Pak, A. 2010. Geostatistics (3<sup>rd</sup> edition), Tehran University Press, 314 pp. (In Persian)
6. Jarfab Payesh consulting engineering. Study of groundwater, 386 pp.
7. Keliuhu, U., H. Yuangfang, L. Hong Li, Ch. Deli Chan and D. Robert Edlin. 2005. Spatial variability of shallow groundwater level, electrical conductivity and nitrate concentration and risk assessment of nitrate contamination in North China Plain. *Enviroment International*, 31: 893-903.
8. Kholghi, M. and S.M. Hosseini. 2008. Comparison of groundwater level estimation using Neuro-fuzzy and Ordinary Kriging 3<sup>rd</sup> Iranian national conference of water resources management, Tabriz, Iran. (In Persian)
9. Kresic, N. 1997. Hydrogeology and groundwater modeling. Lewis Publishers. 35 pp.
10. Mahdavi, M. 2005. Applied Hydrology. Vol. 2, Tehran University press. 440 pp. (In Persian)
11. Mashal, M., A. Darvishi and H. Ghelich Sabet. 2007. Assessment of groundwater table the peizometric wells network in Arak Plain using geostatistical techniques. 3<sup>rd</sup> Congress of watershed and water resources management, Kerman. 888-884 pp. (In Persian)
12. Mohamadi, S. 2007. Investigation of groundwater resources quality and quantity in Kerman Plain using geostatistical methods. M.Sc. Thesis, Tehran University. 132 pp. (In Persian)
13. Vijay, K. and J. Remadevi. 2006. Kriging of groundwater levels (a case study). *Journal of Spatial Hydrology*, 1: 81-92.

## Determining of Groundwater Resources Distribution Pattern (Case Study: Alashtar Basin, Lorestan Province)

**Zahra Kalirad<sup>1</sup>, Arash Malekian<sup>2</sup> and Baharak Motamedvaziri<sup>3</sup>**

---

1- Former MSc Student, Azad University of Tehran (Corresponding author: zahra.kalirad@gmail.com)

2- Assistant Professor, University of Tehran

3- Assistant Professor, Azad University of Tehran

Received: January 25, 2012

Accepted: September 10, 2012

---

### Abstract

A country's water resources, especially groundwater, is a national treasure. For optimal use of available water resources comprehensive planning is necessary to make informed and accurate understanding of this important component of water resources will not be possible. The purpose of this study was to evaluate the accuracy of interpolation techniques for spatial zonation of quantity parameters (water table and depth) and changes in these parameters for a ten years period base on the data collected from peizometric wells of Alashtar plain in Lorestan province, several geostatistical approaches such as simple Kriging, ordinary Kriging, simple CoKriging and ordinary CoKriging as well as other deterministic interpolation methods includes Inverse Distance Weighing (IDW) with different powers were investigated. After quality control and normalization of the data, the variogram was drawn. According to the Residual Mean Square Error (RMSE), below, the most appropriate variogram was chosen. Then validation approach and Mean Absolute Error (MAE) criteria were considered to determine the most appropriate interpolation technique. The results showed that among the all methods, Kriging method is most suitable for zonation of groundwater depth, simple CoKriging is most suitable for zonation of groundwater table (using H variable).

**Keywords:** Alashtar Basin, Variogram, Groundwater, Interpolation, Geostatistics