

تلفیق زمین آمار با در نظر گرفتن عدم قطعیت بر مبنای شبیه‌سازی و تخمین در

ارزیابی وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی

(مطالعه موردی: دشت بیرجند)

رضا دهشیبی^{1*}، فاطمه شیرزادی² و عباس خاشعی سیوکی³^{1*} کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان² دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشگاه زابل، زابل³ استاد گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند

* نویسنده مسئول: reza_dehshibi@yahoo.com

تاریخ دریافت: 1399/12/19؛ تاریخ پذیرش: 1400/02/31

چکیده

با توجه به اهمیت ارزیابی وضعیت کیفیت آب‌های زیرزمینی برای مصارف صنعتی و کشاورزی، این پژوهش به بررسی کیفیت آب زیرزمینی در منطقه خراسان جنوبی و بررسی پیوستگی مکانی متغیر هدایت الکتریکی در این منطقه پرداخته است. از نرم‌افزارهای Isatis و Surfer جهت نمایش گرافیکی تغییرات پارامترهای کیفی در محدوده منطقه مطالعاتی و انجام شبیه‌سازی گاوسی متوالی جهت بررسی پیوستگی مکانی بین متغیر هدایت الکتریکی استفاده شد. بعد از نرمال‌سازی داده‌ها، به مدل‌سازی پرداخته شد، به طوری که ابتدا واریوگرام ترسیم شد و سپس مدل مناسب، جهت برازش به واریوگرام تجربی بر اساس کمترین خطای SSR¹، با استفاده از ارزیابی متقابل بهترین مدل واریوگرام از بین مدل‌های (کروی، توانی، کویبیک و...)، انتخاب و مدل‌سازی انجام شد. بعد از مرحله مدل‌سازی به انجام شبیه‌سازی گاوسی پرداخته و نقشه پیوستگی مکانی متغیر هدایت الکتریکی ارائه شد. نتایج حاصل از آمار مقدماتی نشان داد از نظر طبقه‌بندی هدایت الکتریکی جهت شوری، اکثر مناطق نمونه‌برداری، دارای هدایت الکتریکی 750-2250 و بالاتر از 2250 هستند. در ادامه، پیوستگی مکانی متغیر بررسی شد. نقشه احتمال وجود مقادیر، با هدایت الکتریکی بالاتر از 750 میکروموس بر سانتی‌متر نشان داد که اکثر مناطق دارای هدایت الکتریکی بالایی هستند. مطالعه آمار مقدماتی بر روی طبقه‌بندی درصد سدیم در آب‌های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه نیز نشان داد که درصد سدیم اکثر نقاط نمونه‌برداری، بین 40 تا 60 درصد است.

واژه‌های کلیدی: ایساتیس، زمین‌آمار، شبیه‌سازی گاوسی، کیفیت

¹ Sum of squared residuals

مقدمه

سیستم کریجینگ در آن مکان است. اما در عین حال توانایی نشان دادن پیوستگی مکانی برای طبقات مختلف مقادیر را ندارد و همچنین امکان شبیه‌سازی مقادیر انتهایی بزرگ را فراهم نمی‌کند. برای به دست آوردن نتایج دقیق‌تر، در بازه‌های کوچک می‌توان از الگوریتم‌های شبیه‌سازی غیر گاوسی استفاده کرد که امکان استفاده از پیوستگی مقادیر بزرگ انتهایی را می‌دهند (Issaks and Srivastava., 1989). در مطالعات هیدروژئولوژی و کیفیت منابع آب از زمین آمار به‌طور گسترده‌ای استفاده شده است که می‌توان به Huysmans و همکاران (2009)، Marach و همکاران (2009)، Wuing و همکاران (2004)، Melikan و همکاران (2012)، و Nazarizad و همکاران (2006) اشاره نمود.

با توجه به اینکه تنها منبع تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعت در محدوده دشت بیرجند، منابع آب زیرزمینی می‌باشند، لذا مطالعه کیفیت آب، به‌منظور بهره‌برداری و استفاده صحیح از آن در بخش‌های مختلف، از اهمیت زیادی برخوردار است. تاکنون مطالعات زیادی در خصوص هیدروشمی آب زیرزمینی با استفاده از روش‌های گرافیکی و آماری صورت گرفته است ولی زمینه‌ی مدل‌سازی این موضوع با استفاده از زمین‌آمار با استفاده از شبیه‌سازی گاوسی و ایندیکاتور مطالعات چندانی صورت نگرفته است؛ پژوهش‌های انجام‌شده در محدوده دشت بیرجند استفاده از تخمین با کمک روش کریجینگ و روش‌های دیگر درون‌یابی صورت گرفته است. در این تحقیق هدف بهره‌گیری از زمین‌آمار در مدل‌سازی شوری آب زیرزمین دشت بیرجند، به‌منظور ارزیابی توانایی این ابزار و همچنین تهیه نقشه‌های فضایی متغیرهای کیفی آب در دشت است.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

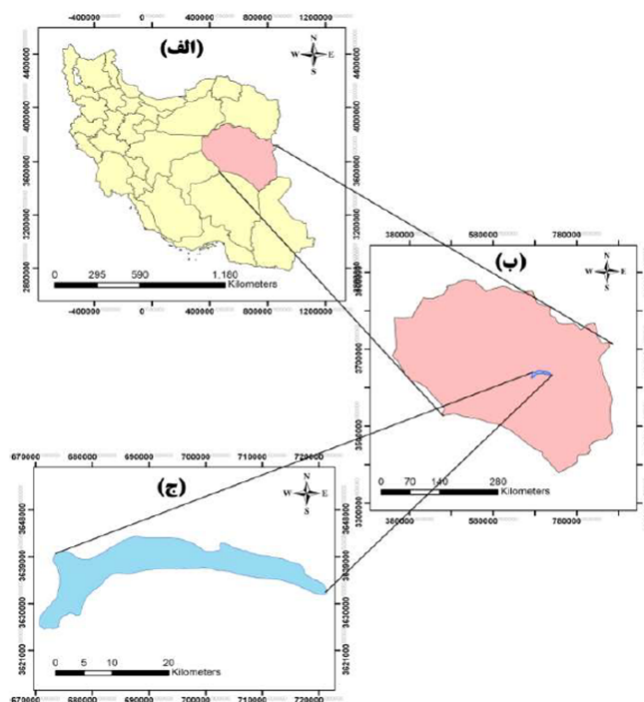
دشت بیرجند با وسعت 1045 کیلومتر مربع بخشی از حوزه آبخیز کویر لوت در شرق ایران واقع شده است. متوسط ارتفاع دشت از سطح دریا 1383 متر است و متوسط دمای سالیانه در ارتفاعات و دشت به ترتیب 11/4 و 13/8 درجه سانتی‌گراد است. متوسط بارندگی سالیانه در ارتفاعات و دشت به ترتیب 216/5 و 192/9 میلی‌متر است که حجم

امروزه برای بررسی کیفیت آب زیرزمینی از روش‌های متنوعی استفاده می‌شود که یکی از آن‌ها روش‌های زمین‌آمار است؛ در روش‌های آمار مکانی، هر نمونه تا فاصله معینی با نمونه‌های اطراف خود در ارتباط است و در واقع مطابق فرضیه‌های زمین‌آمار، احتمال میزان تشابه بین مقادیر مربوط به نمونه‌های نزدیک‌تر بیشتر است. بنابراین انتظار می‌رود که روش‌های زمین‌آمار، با در نظر گرفتن همبستگی و ساختار مکانی داده‌ها و قابلیت استفاده از روابط بین متغیرها دارای برآورد بیشتری باشد (Mehdizadeh et al., 2006). در بررسی‌های آمار کلاسیک، نمونه‌های به دست آمده از جامعه، عمدتاً به صورت تصادفی در نظر گرفته می‌شوند و مقادیر اندازه‌گیری شد یک کمیت معین در یک نمونه خاص، هیچ‌گونه اطلاعاتی درباره مقدار همان کمیت در نمونه دیگر و به فاصله معلوم نخواهد داشت. در صورتی که در زمین‌آمار می‌توان بین مقادیر یک کمیت در جامعه نمونه‌ها و فاصله و جهت قرار گرفتن نمونه‌ها نسبت به هم ارتباط برقرار کرد. همچنین در آمار کلاسیک، فرض می‌شود که تغییرپذیری یک متغیر تصادفی است. در صورتی که در زمین‌آمار، بخشی از آن تصادفی و بخش دیگر آن دارای ساختار و تابع فاصله و جهت است. بنابراین در زمین‌آمار ابتدا به بررسی وجود یا عدم وجود ساختار مکانی بین داده‌ها پرداخته می‌شود و سپس در صورت وجود ساختار مکانی تحلیل داده‌ها انجام می‌گیرد (Issaks and Srivastava., 1989). امروزه روش‌های شبیه‌سازی زمین‌آمار به‌طور گسترده در اکتشاف منابع و ذخایر زیرزمینی مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش‌ها به دلیل برخورداری از قابلیت تولید چندین تحقق از متغیر (100 شبیه‌سازی) نسبت به روش کریجینگ که تنها یک تحقق از متغیر را ارائه می‌نماید محبوبیت بیشتری یافته و نتایج مغرضانه ایجاد نمی‌نماید. از جمله روش‌های شبیه‌سازی گاوسی می‌توان به روش‌های متوالی، تفکیک ماتریس، طیفی پیوسته و باندهای چرخان اشاره نمود. شبیه‌سازی گاوسی متوالی یک راه سریع و ساده برای انجام شبیه‌سازی زمین‌آمار است؛ زیرا برای مدل‌سازی گاوسی در هر مکان نیاز به حل کردن تنها یک

گرفته شده است شکل (1). در جدول (1) مقادیر آمار مقدماتی هدایت الکتریکی منابع آب نمونه های منطقه مورد مطالعه ارائه شده است. نتایج اطلاعات اکتشافی مکانی اولیه این متغیر و هیستوگرام آن در شکل (2) مشاهده می شود. با توجه به هیستوگرام، داده های هدایت الکتریکی از توزیع نرمال پیروی نمی کند و جهت آنالیز زمین آماری لازم است داده های مربوطه نرمال شوند. بعد از نرمال سازی داده ها جهت تخمین و انجام شبیه سازی گاوسی و بررسی پیوستگی مکانی متغیرها از نرم افزار ایساتیس استفاده گردید.

بارش ناشی از آن بالغ بر 708/6 میلیون مترمکعب است. از این میزان بارندگی، حدود 80/7 درصد یعنی 571/6 میلیون متر مکعب به صورت تبخیر و تعرق از دسترس خارج می گردد و حدود 7 درصد آن یعنی 49/5 میلیون مترمکعب به جریان های سطحی تبدیل می شود و مابقی یعنی 87/5 میلیون مترمکعب در ارتفاعات و دشت نفوذ می نماید (South Khorasan Regional Water Authority,) (2007).

در این پژوهش 168 منبع آب زیرزمینی شامل قنات، چاه عمیق بهره برداری و چشمه در دشت بیرجند در نظر



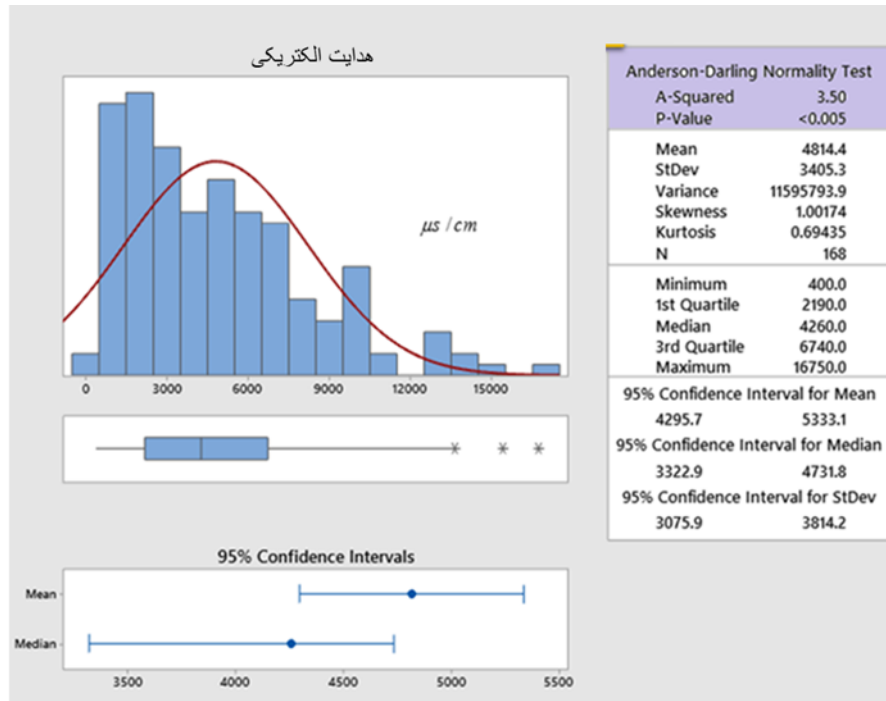
شکل 1- موقعیت آبخوان در منطقه مورد مطالعه

Figure 1- Location of the aquifer in the study area

جدول 1- اطلاعات آماری هدایت الکتریکی (برحسب میکروموس بر سانتی متر) منابع آب در منطقه مورد مطالعه

Table 1. Statistical data of electrical conductivity (in micromoles per centimeter) of water resources in the study area

انحراف معیار Standard Deviation	Q25	Q50	Q75	دامنه تغییرات Range	ضریب تغییرات Coefficient of variation	کمینه Minimum	بیشینه Maximum	میانگین Average	متغیر Variable
3395.11	2200	4260	6720	16350	0.202	400	16750	4814.39	EC



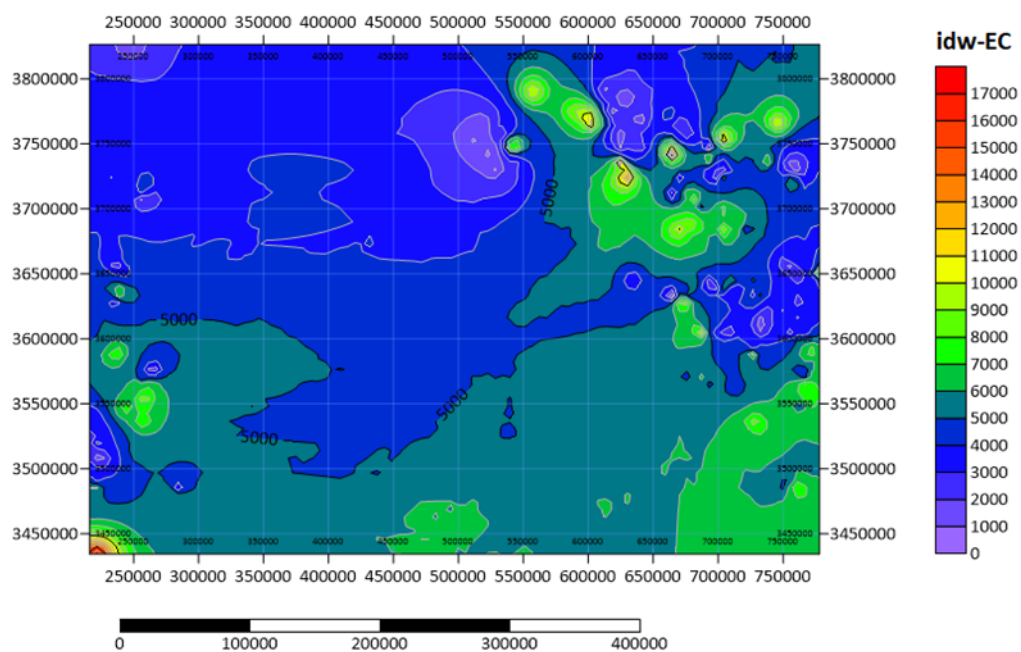
شکل 2- آمار مقدماتی و هیستوگرام متغیر هدایت الکتریکی در منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه

Figure 2 - Preliminary statistics and histogram of variable electrical conductivity in groundwater resources of the study area

تخمین توجهی نمی‌شود. لذا برای تحلیل بهتر تغییرات متغیر، نیاز به رسم واریوگرام و بررسی پیوستگی مکانی داده‌ها و سپس با استفاده از روش‌های درون‌یابی زمین‌آمار مانند کریجینگ خواهد بود. قابل‌ذکر است روش عکس فاصله نقشه عدم قطعیت را ترسیم نمی‌کند و هیچ پیش فرضی از جمله نرمال بودن داده‌ها که شرط الزامی روش‌های زمین‌آمار است را ندارد و فقط جهت داشتن دید کلی از منطقه مناسب بوده است. بنابراین بهتر است جهت تصمیم قطعی از بررسی تغییرات متغیر از دیگر روش‌های زمین‌آمار نیز استفاده کرد که در این تحقیق در ادامه روش شبیه‌سازی گاوسی مورد بررسی قرار می‌گیرد.

نتایج و بحث

به‌منظور شناخت و داشتن یک دید کلی از تغییرات مکانی هدایت الکتریکی منطقه مورد مطالعه، نقشه پراکندگی و درون‌یابی به روش عکس فاصله (IDW) به‌عنوان یکی از روش‌های میان‌یابی دقیق و قطعی استفاده شده است شکل (3). در این روش، ارزش‌های تخمینی مشابه ارزش‌های نمونه‌برداری هستند؛ اما روش‌های غیر دقیق مقادیر تخمینی با مقادیر نمونه‌برداری متفاوت است. در این روش موقعیت هر نقطه به‌صورت منفرد در نظر گرفته شده و وزن نقاطی که به فاصله یکسان از نقطه مورد نظر قرار دارد یکسان در نظر گرفته شده و به نحوه پراکنش داده‌ها حول نقطه مورد

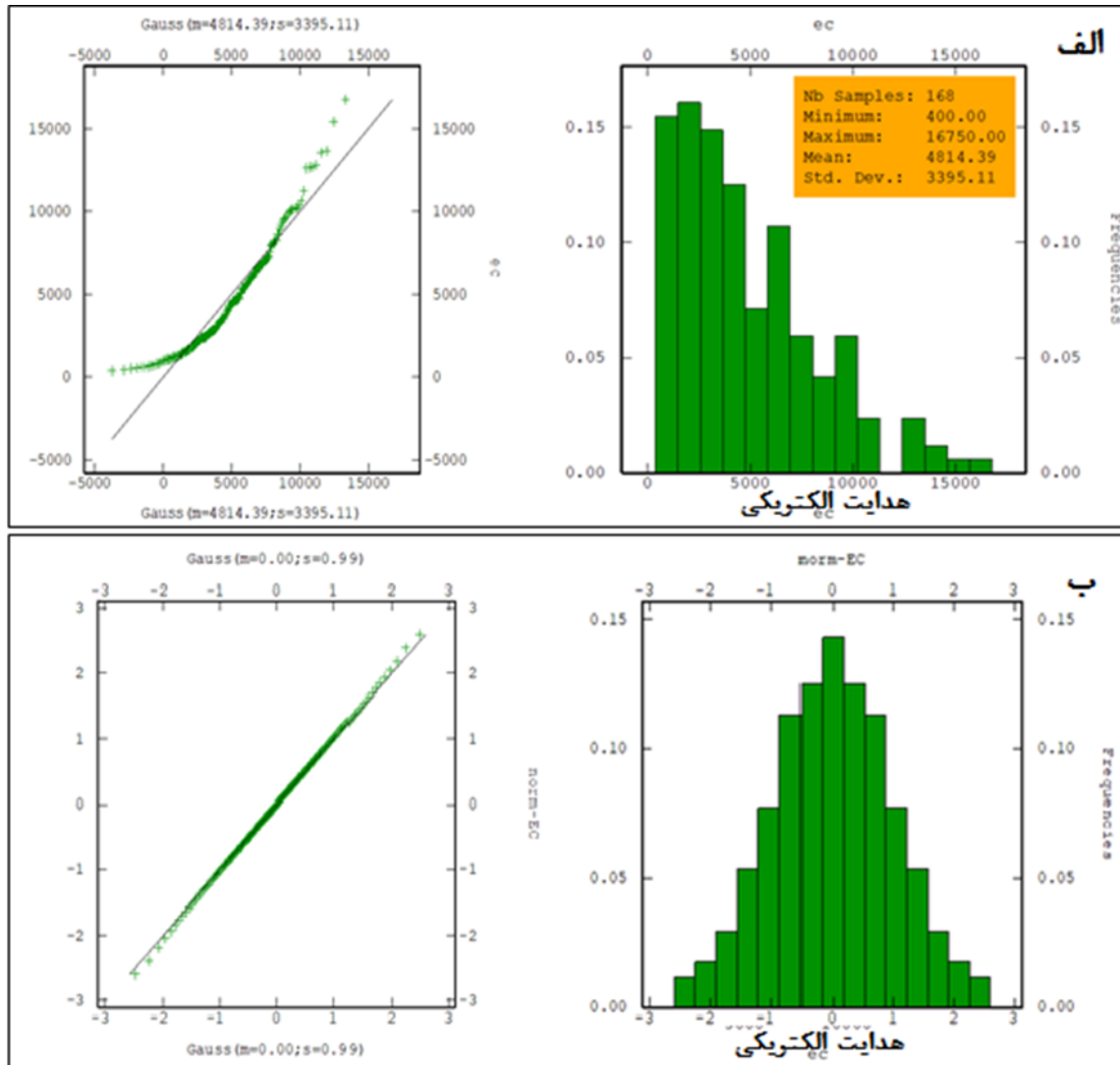


شکل 3- (الف) پراکندگی نقاط نمونه برداری شده و گروه بندی بر اساس هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه و (ب) درون یابی تغییرات مکانی هدایت الکتریکی بر اساس روش عکس فاصله.

Figure 3. (A) scattering of sampled points and grouping based on electrical conductivity in the study area; and (b) interpolation of spatial variations of electrical conductivity based on the inverse distance meth

نمودار احتمال نرمال متغیر هدایت الکتریکی نشان می دهد داده ها از توزیع نرمال پیروی نکرده است و یک چولگی مثبت در داده ها دیده می شود و لذا نیازمند نرمال سازی داده ها است. در ادامه داده های مربوطه با استفاده از روش نرمال سازی گاوسی نرمال شده اند شکل (4ب)، که نمودار هیستوگرام مقادیر نرمال شده کاملاً متقارن و نمودار احتمال نرمال کاملاً منطبق بر خط مستقیم است.

جهت تحلیل بهتر پیوستگی مکانی متغیر، نیاز به تخمین نقاط مجهول با استفاده از نقاط معلوم است؛ که با استفاده از روش زمین آماری کریجینگ و سپس انجام شبیه سازی گاوسی در منطقه مورد مطالعاتی انجام شده است. در گام اول از مطالعات زمین آماری نیاز به انجام تست نرمال بودن داده ها است؛ در صورت نرمال نبودن داده ها نیاز است آن ها را با استفاده از روش های نرمال سازی، نرمال کرد. همان طور که در شکل (4الف) مشاهده می شود نمودار هیستوگرام و



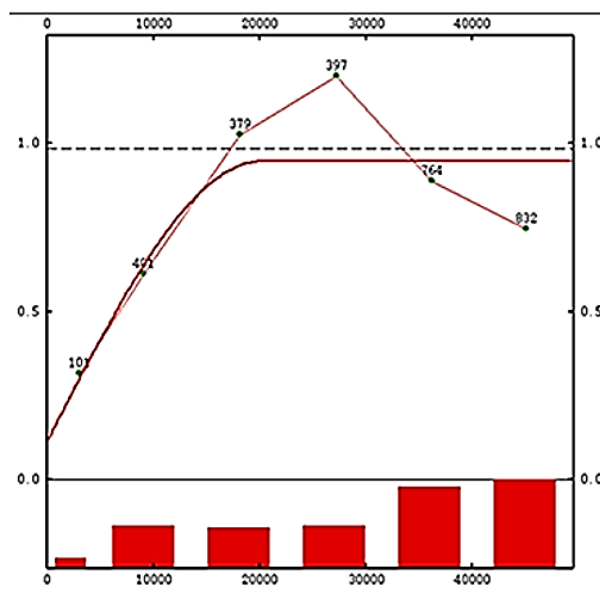
شکل 4- (الف) نمودار هیستوگرام و نمودار احتمال داده‌های واقعی و نرمال شده (ب) متغیر هدایت الکتریکی
Figure 4. Histogram diagram and probability diagram of real and normalized data (b) Electrical conductivity variable

مکانی متغیر بسیار ضعیف است (Issaks and Srivastava, 1989). در این تحقیق متغیر هدایت الکتریکی با مدل‌های مختلف (کروی و کوبیک و توانی و خطی ...) واریوگرافی شده است و پارامترهای مختلف واریوگرام به همراه میزان خطای هر مدل‌هایی در جدول (2) ذکر شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که نسبت اثر قطعه‌ای به آستانه تأثیر متغیرها زیر 25 درصد بوده و پیوستگی مکانی خوبی را داشته‌اند. در شکل (5) نمودار واریوگرام تجربی و برازش

جهت شبیه‌سازی تغییرات مکانی هدایت الکتریکی در منطقه مورد مطالعه، واریوگرام مختلف ترسیم و نتایج آن و مدل‌های برازش شده بررسی شده است. نسبت اثر قطعه‌ای به سقف، معیاری برای بیان استحکام یک ساختار مکانی است. اگر این نسبت کمتر از 25 درصد باشد، نشان‌دهنده وابستگی قوی متغیر مکانی است؛ درحالی‌که اگر این نسبت بین 25 تا 75 درصد باشد نشان‌دهنده وابستگی معمولی متغیر مکانی و اگر بزرگ‌تر از 75 درصد باشد وابستگی

شبیه‌سازی گاوسی متوالی در منطقه مورد مطالعه پرداخته می‌شود.

شده بر اساس مدل کروی ترسیم شده است. در ادامه جهت نشان دادن دقیق‌تر پیوستگی مکانی متغیر، ابتدا به انجام درون‌یابی و تخمین زمین آماری با استفاده از بررسی‌های انجام شده در مراحل قبل پرداخته شده سپس به انجام



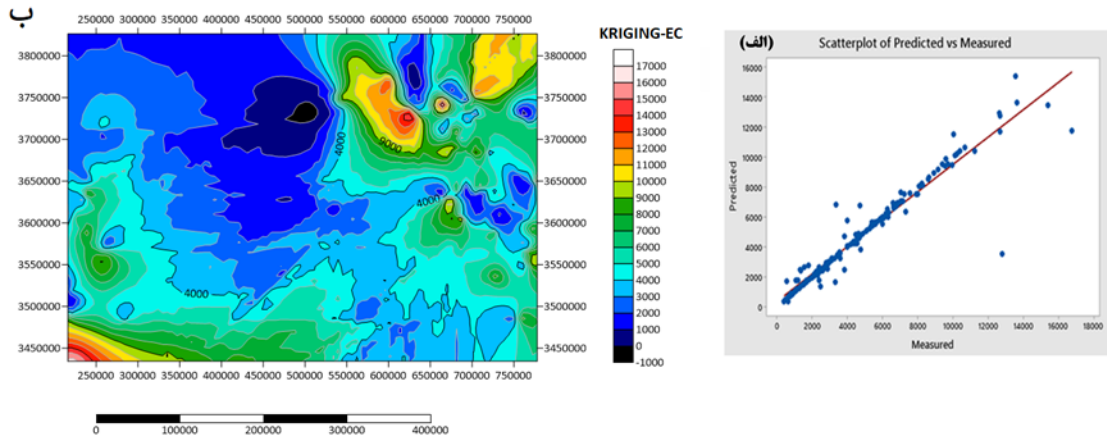
شکل 5- واریوگرام برازش شده توسط مدل کروی
Figure 5. Variogram fitted by spherical model

جدول 2- مدل‌های برازش شده در واریوگرام تجربی متغیر

خطای SSR	اثر قطعه‌ای + آستانه / اثر قطعه Nugget effect+ Sill	اثر قطعه‌ای + آستانه Nugget effect+ Sill	آستانه Sill	اثر قطعه‌ای Nugget effect	مدل Model	متغیر Variable
0.002238	0.12	0.11	0.8	0.11	Spherical	EC

شد و جهت اعتبارسنجی نتایج حاصله بین نتایج پیش‌بینی شده و واقعی، نمودار نتایج مقابل هم ترسیم شده است نقشه حاصل از تخمین کریجینگ نمودار مقادیر پیش‌بینی در مقابل مقادیر اصلی در شکل (6) مشاهده می‌شود.

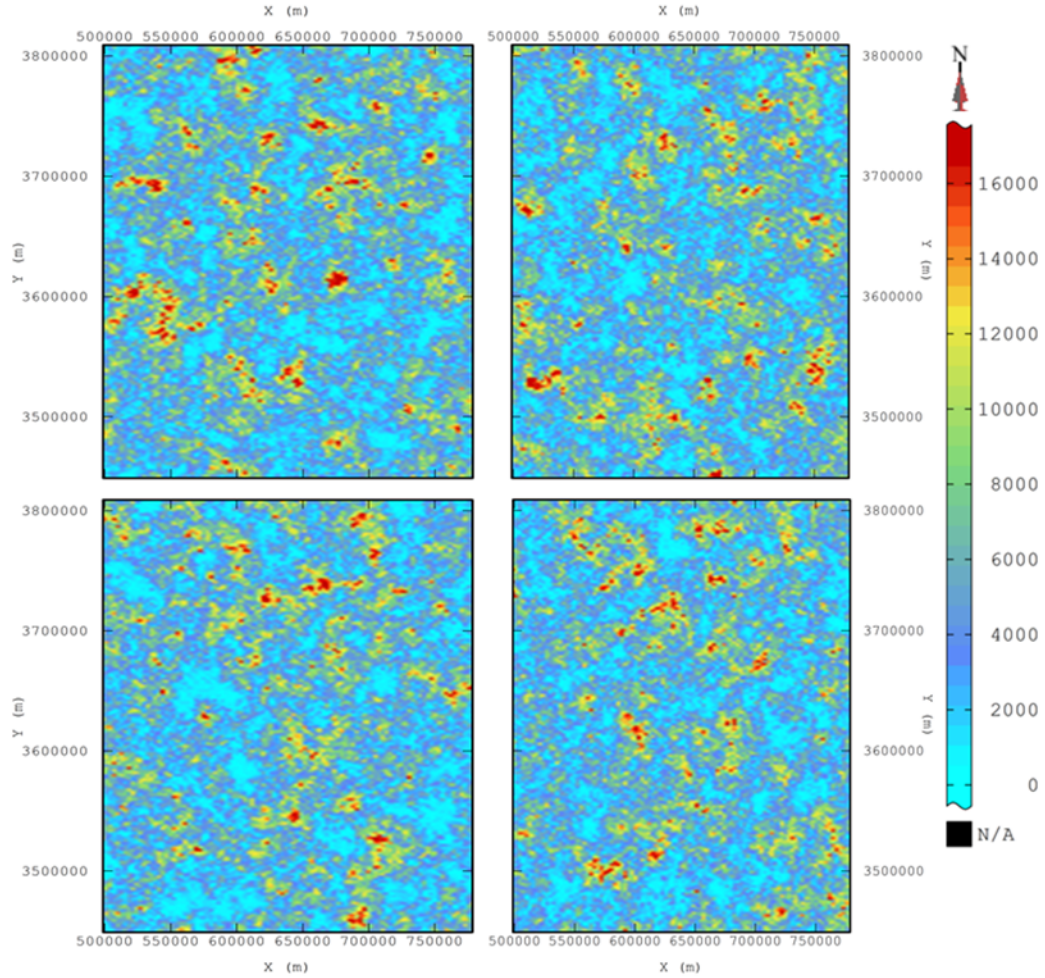
در این مرحله با توجه به بررسی‌های انجام شده در مراحل قبل و بررسی پیوستگی مکانی داده‌ها با استفاده از نرم افزار arcmap به انجام تخمین کریجینگ در منطقه مورد مطالعه پراخته می‌شود ارزیابی انجام شده جهت انتخاب پارامترهای تخمین با استفاده از کمترین خطا RMS انجام



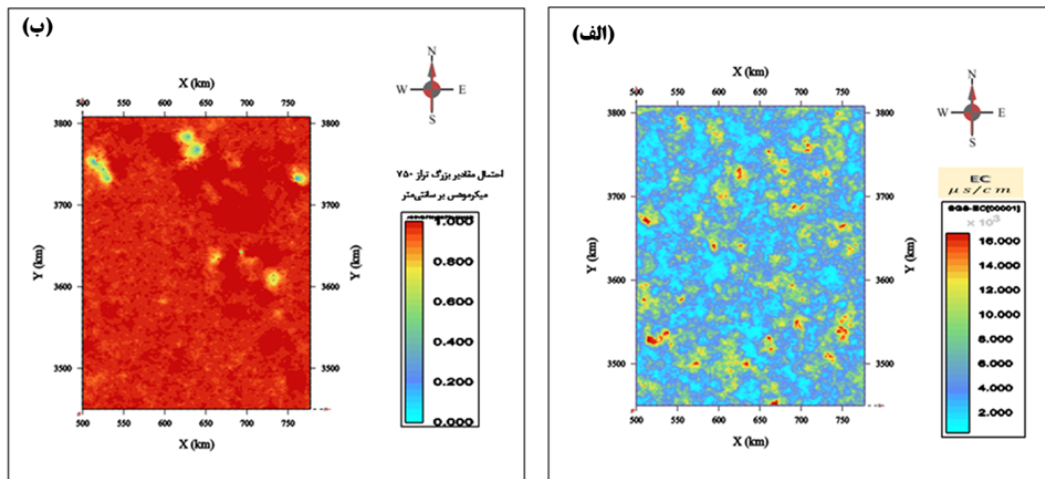
شکل 6- الف) نتایج تخمین کریجینگ ب) مقادیر پیش بینی شده و مقادیر اصلی
Figure 6- a) Kriging estimate results with. b) Predicted values and original values

از میانگین صد شبیه‌سازی انجام شده در منطقه مورد مطالعه رانشان می‌دهد جهت بررسی بهتر می‌توان نقشه احتمال متغیر را در آستانه‌های مختلف ترسیم کرد به عنوان مثال در شکل (8ب) نقشه احتمال هدایت الکتریکی برای مقادیر بزرگ‌تر از 750 میکرومومس بر سانتی‌متر تهیه شده است این نقشه احتمال مقادیر هدایت الکتریکی بزرگ‌تر از حد آستانه 750 میکرومومس بر سانتی‌متر را نشان می‌دهد.

در گام بعد جهت انجام شبیه‌سازی گاوسی متوالی منطقه مورد مطالعه شبکه بندی شده و ابعاد هر سلول 100×100 متر انتخاب شد. در ادامه 100 مرتبه شبیه‌سازی گاوسی متوالی در منطقه مورد مطالعه انجام گرفت و هر مرتبه یک تحقق به دست آمد. نتایج شبیه‌سازی زمانی معتبر خواهد بود که بتواند داده‌های واقعی را در منطقه بازتولید کرده و نقاط مجهول را شبیه‌سازی کند. در شکل (7) چهار مورد از نتایج شبیه‌سازی را نشان می‌دهد. در شکل (8الف) نتایج حاصل



شکل 7- منتخب نتایج شبیه‌سازی شده گاوسی در منطقه مورد مطالعه
 Figure 7. Selected Gaussian simulated results in the study area

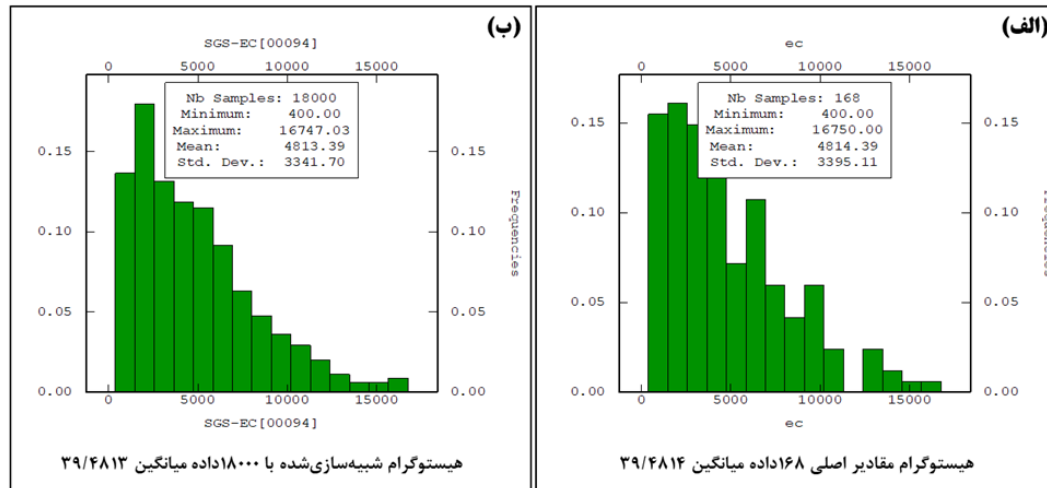


شکل 8- الف) نقشه احتمال مقادیر بزرگ تراز 750 میکروموس بر سانتی‌متر (ب) برای هدایت الکتریکی

Figure 8. Gaussian simulation results a) Probability map of large values equal to 750 micromohs per centimeter b) For electrical conductivity

الکتريکی حاصل از شبیه‌سازی برابر 4814/39 میکروموموس بر سانتی‌متر است که به میانگین مقادیر مشاهداتی 4813/39 میکروموموس بر سانتی‌متر بسیار نزدیک است.

جهت صحت‌سنجی شبیه‌سازی مقادیر هدایت الکتريکی در آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه، مدل باید بتواند پارامترهای آماری و زمین آماری اولیه را بازتولید کند. بنابراین هیستوگرام‌های مربوط به مقادیر اصلی و شبیه‌سازی شده ترسیم گردید (شکل 9).



شکل 9- الف) هیستوگرام مقادیر داده‌های واقعی هدایت الکتريکی (ب) هیستوگرام هدایت الکتريکی محاسباتی حاصل از 100 شبیه‌سازی گاوسی

Figure 9. a) Histogram of real electrical conductivity data values b) Computational electrical conductivity histogram obtained from 100 Gaussian simulations

شبیه‌سازی انجام گرفت و با بهره‌گیری از هیستوگرام داده‌های اصلی و شبیه‌سازی شده، مشخص شد که در شبیه‌سازی، داده‌های اصلی به‌خوبی باز تولید شده‌اند و میانگین داده‌ها نزدیک به میانگین شبیه‌سازی بوده است.

از نظر طبقه‌بندی هدایت الکتريکی جهت شوری، اکثر مناطق نمونه‌برداری دارای هدایت الکتريکی 750-2250 و بالاتر از 2250 بودند. مطالعه آمار مقدماتی بر روی طبقه‌بندی درصد سدیم در آب‌های کشاورزی در منطقه مورد مطالعه نیز نشان داد که درصد سدیم اکثر نقاط نمونه-برداری بین 40 تا 60 درصد، قرار دارد.

منابع

1. Aghazadeh, N., Asghari, Z., 2011. Hydrogeochemical evaluation of groundwater resources of Khoy plain aquifer,

نتایج و بحث

روش‌های زمین آماری یکی از پیشرفته‌ترین تکنیک‌ها جهت ارزیابی و پایش کیفیت منابع آب زیرزمینی هستند. در این پژوهش روش زمین آماری به همراه شبیه‌سازی زمین آماری گاوسی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد که پارامترهای متفاوت و داده‌های آماری مختلف، نیازمند روش‌های مختلف جبری و زمین آماری می‌باشند و نمی‌توان جهت پهنه‌بندی پارامترهای متفاوت از یک روش استفاده کرد؛ ضمن اینکه هر دو روش می‌توانند کارایی سودمندی در پهنه‌بندی عناصر مختلف داشته‌اند.

در روش زمین آماری، بعد از نرمال‌سازی داده‌ها، مدل مناسب جهت برازش به وارپوگرام تجربی بر اساس کمترین خطای SSR انتخاب شد. سپس با استفاده از مدل‌سازی انجام‌شده،

12. Marache, A., Breyse, D., Piette, C., Thierry, P., 2009. Geotechnical modeling at the city scale using statistical and geostatistical tools: the Pessac case (France) , *Engineering Geology*, 107(3-4), pp. 67-76.
13. Mehdizadeh, M., Mehdian, M.H. And Hajjam, S., 2006. Efficiency of geostatistical methods in climatic zoning of Lake Urmia catchment, *Earth and space physics*, Volume 32, Number 1, pp. 103-116. (In Persian)
14. Melikan, A., Razandi, Y., Khilighi Sigaroodi, Sh. And Farrokhzadeh, B., 2012. Investigation of temporal and spatial changes of groundwater quality using a combined approach of Boolean logic, fuzzy and geostatistics (Case study: Varamin plain), *Journal of Agriculture (Research and Construction)*, No. 110, p. 10. (In Persian)
15. Mir Arabi, A., Jamali, M., Mahmoudi, S., Ghodrat, M. (2011) Qualitative Zoning of drinking water with using quality index in GIS. Paper presented at Approach the water with clean water National Conference, Iran.
16. Mohebbi, Y., Asghari Moghadam, A., 2016. Evaluation of Factors Affecting the Chemical Quality of Groundwater in Kahriz Plain Using Statistical and Hydrochemical Methods, *Hydrogeology*, First Year, No. 1, University of Tabriz. (In Persian)
17. Nazari zade, F., Arshadiyan, F., Behnaz, T. and Zand vakily, K. 2006. Study of spatial variability of Groundwater quality of Balarood Plain in Khuzestan Province. The first Congress of Optimized Expoytation from Water Source of Karoon and Zayanderood Plain. *Shahre Kord University*, pp: 1236-1240. (Persian version).
18. Ravikumar, P., Somashekar, R. K. 2010. Multivariate analysis to evaluate geochemistry of groundwater in Varahi river basin of Udupi in Karnataka (India). *EcSCAN*, 4(2-3), 153-162.
19. Rhoades, J.D., Merrill, ASD. 1976. Assessing the suitability of water for irrigation: theoretical and empirical approaches. In: *Prognosis of salinity and alkalinity*. *FAO Soils Bull* :13 69-109.
20. Salman Mahini, A.R. And Kamyab, H.R., 2009. Remote sensing and applied geographic information systems with Idrisi First National Geological Conference of Iran, Islamic Azad University, Shiraz Branch. (In Persian)
2. Azimi, M., Mahmoudi gharaei, M., Mahbobi, A., Taheri, K. 2014. Assessment of groundwater quality for irrigation use in Chamchamal plain, Kermanshah province, Iran. Paper presented at the first international geosciences Congress 16-19 February, 2014. Rasht, Iran.
3. Babiker, I.S., Mohamed, M.A.A., Hiyama, T. 2007. Assessing groundwater quality using GIS. *Water Res. Manage* :12 699-517
4. Basavarajappa, H., Manjunatha, M., Groundwater Quality Analysis in Precambrian Rock of Chitradurga District, Karnataka, India using Geo-informatics Technique, *Aquatic Procedia*, Vol 4, pp. 1354-1365, 2015.
5. Bashir, E., Naseem, S., Pirzada, T. 2013. Geochemical study of groundwater of Uthal and Bela areas, Balochistan and its appraisal for drinking and irrigation water quality. *Int J Agr Environ* :2, 1-31
6. Bauder, T.A., Waskom, R.M., Davis, J.G. (2010) *Irrigation water quality criteria*, Colorado State University.
7. Doneen, L. D. (1962, June). The influence of crop and soil on percolating water. In *Proc. 1961 Biennial conference on Groundwater recharge* (pp. 156-163).
8. Eaton, E.M. (1950) Significance of carbonate in irrigation water. *Soil Sci* :96 123-331
9. Huysmans, M., Dassargues, A., 2009. Application of multiple-point geostatistics on modelling groundwater flow and transport in a cross-bedded aquifer (Belgium), *Hydrogeology Journal*, 17(8) ,pp. 1901–1911.
10. Issaks, E. H., Srivastava, R. M., *Applied Geostatistics*, Newyork, Oxford University Press, 1989. Jahanshahi, R., Zare, M., Assessment of heavy metals pollution in groundwater of Golgohar iron ore mine area, Iran, *Environmental Earth Sciences*, 74(1), pp. 505–520, 201
11. Mahdavi, M. (2006) *Principles of applied hydrology*, Volume II, Tehran University, Tehran.

23. Wuing, Liu., Ch, Shin., Jang, Ch., Min Liao, Ch., 2004. Evaluation of arsenic contamination potential using indicator kriging in the Yun-Lin aquifer (Taiwan), *Science of the Total Environment*, 321(1-3), pp. 173-188.
24. Zare Abyaneh, H., 2013. Spatial analysis of qualitative parameters of groundwater resources in Hamedan-Bahar plain, *Geography and environmental hazards*, No. 8, pp. 65-86. (In Persian)
- software, Mehr Mahdis Publications, Tehran, first edition, p.610. (In Persian)
21. South Khorasan Regional Water Authority 2007. Identifying water resources and planning for optimal use of water resources in South Khorasan province (an integrated project), South Khorasan Regional Water Authority, accessible from the local library [in Persian].
22. Todd, D. K., Mays, L. W. 2005. *Groundwater hydrology* edition. Welly Inte.



Article:

Combining statistical context with consideration of uncertainty based on simulation and estimation in groundwater quality assessment (Case study: Birjand plain)

Reza Dehshibi^{1*}, Fatemeh Shirzadi² and Abbas Khashei Siuki³

^{1*}Master of Hydrogeology, University of Sistan and Baluchistan, Zahedan

²PhD students in irrigation and drainage, University of Zabol, Zabol

³Professor of Department of Water Science and Engineering, University of Birjand, Birjand

*Corresponding Author E-mail: reza_dehshibi@yahoo.com

Received: 09/03/2021; Accepted: 21/05/2021

Abstract

Considering the importance of assessing the status of groundwater quality for industrial and agricultural uses, this study investigates the quality of groundwater in the South Khorasan region and examines the spatial continuity of the variable electrical conductivity in this region. Isatis and Surfer softwares were used to graphically display the changes of qualitative parameters in the study area and to perform sequential Gaussian simulations to investigate the spatial continuity between the electrical conductivity variables. After normalizing the data, modeling was performed, so that first the variogram was drawn and then the appropriate model to fit the experimental variogram based on the least SSR error, using cross-evaluation of the best variogram model among the models (spherical, power, cubic, etc), Selection and modeling were performed. After the modeling stage, Gaussian simulations were performed and the spatial continuity map of the electrical conductivity variable was presented. The results of preliminary statistics showed that in terms of electrical conductivity classification for salinity, most sampling areas have an electrical conductivity of 2250-750 and above 2250. Next, the spatial coherence of the variable was investigated. The probability map of values with an electrical conductivity higher than 750 $\mu\text{M} / \text{cm}$ showed that most areas have high electrical conductivity. The study of preliminary statistics on the classification of sodium content in agricultural waters in the study area also showed that the sodium percentage of most sampling points is between 40 and 60%.

Keywords: Isatis, statistical context, Gaussian simulation, Water quality