

## پهنه‌بندی کیفی پارامترهای هدایت الکتریکی و نیترات منابع آب زیرزمینی دشت تبریز با استفاده از نرم‌افزار GMS

بابک باغبان\*

دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست منابع آب گروه مهندسی منابع آب دانشکده محیط زیست  
و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران [babak.baghban@hotmail.com](mailto:babak.baghban@hotmail.com)

سید مصطفی خضری

دانشیار گروه مهندسی منابع آب دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات  
تهران [khezri@sharif.edu](mailto:khezri@sharif.edu)

سید احمد میرباقری

استاد گروه مهندسی منابع آب دانشکده محیط زیست و انرژی دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران  
[mirbagheri@kntu.ac.ir](mailto:mirbagheri@kntu.ac.ir)

### چکیده

آگاهی از وضعیت کیفیت منابع آب امکان استفاده بهینه از آن‌ها و اتخاذ راهکارهای مدیریتی را فراهم می‌آورد. در این تحقیق وضعیت پارامترهای کیفی هدایت الکتریکی و غلظت نیترات منابع آب زیر زمینی دشت تبریز با استفاده از آمار ۳۵ چاه مشاهداتی در دو نوبت زمانی مورد بررسی قرار گرفت. در ادامه با استفاده از ۸ روش مختلف درون‌یابی نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی برای پارامتر مورد بررسی با استفاده از نرم‌افزار GMS، ترسیم شد. سپس بر اساس معیارهای آماری خطا و داده‌های ۴ چاه مشاهداتی، بهترین روش میان‌یابی برای هر پارامتر کیفی تعیین گردید. بر اساس نتایج به دست آمده روش همسایه‌طبیعی در تخمین مقدار هدایت الکتریکی در هر دو دوره زمانی عملکرد مناسب‌تری نسبت به سایر روش‌ها داشت. در تخمین غلظت نیترات در دوره زمانی اول، از هیچکدام از روش‌های درونیابی نتیجه مطلوبی حاصل نشد، اما در دوره زمانی دوم روش کریجینگ کروی بهترین عملکرد را ارائه کرد.

واژه های کلیدی: پهنه‌بندی، زمین‌آمار، GMS، هدایت الکتریکی، نیترات، دشت تبریز

### مقدمه

آب زیرزمینی از مهمترین منابع طبیعی در جهان است. در شرایط کنونی بخش قابل ملاحظه‌ای از مصارف آب کشور ایران بخصوص در بخش شرب توسط منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. در طی سال‌های اخیر در نتیجه زندگی مصرفی و استفاده

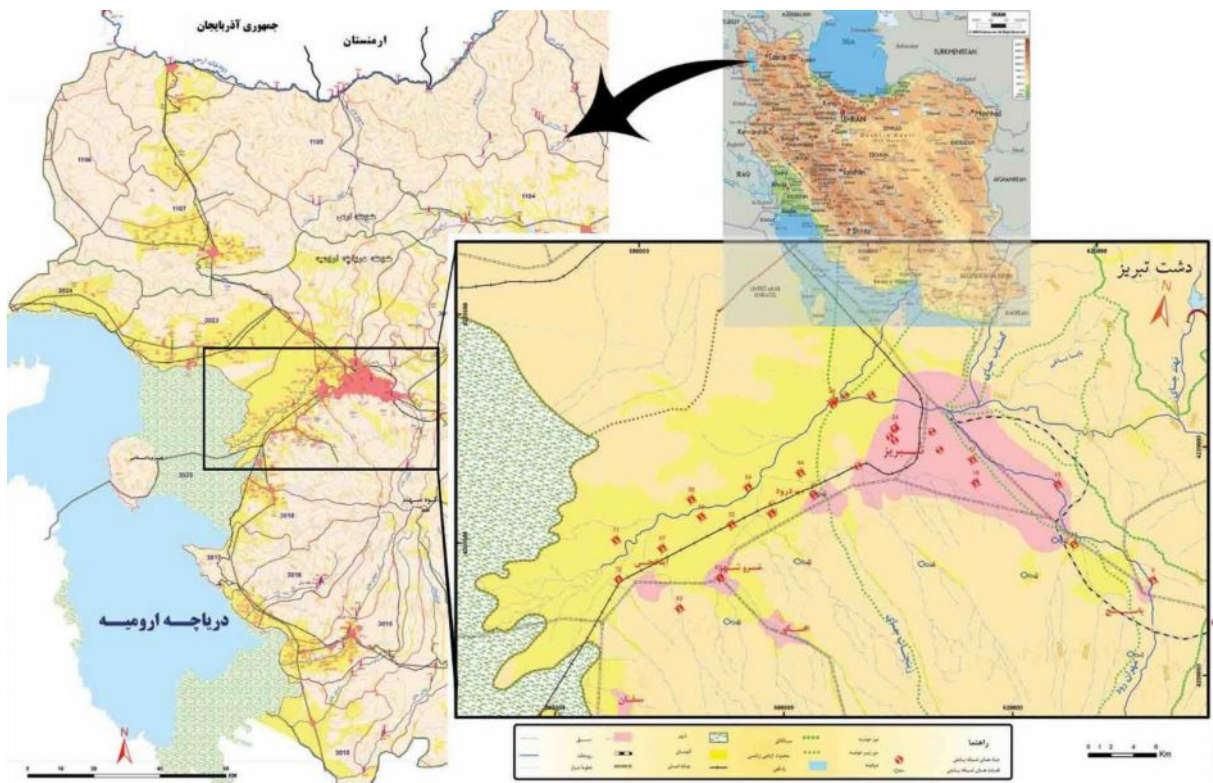
روزافزون از مواد شیمیایی محلول در آب، کیفیت آب‌های زیرزمینی به شدت کاهش یافته است. بنابراین، تأکید در زمینه تحقیقات آب‌های زیرزمینی به حل مشکلات ناشی از آلودگی آب‌های زیرزمینی متمایل گردیده است. از این رو اهمیت بررسی آلودگی آب‌های زیرزمینی از لحاظ وسعت و نوع آلودگی و همچنین مکانیزم‌های پخش آلودگی در محیط‌های متخلخل بوضوح احساس می‌شود. آلودگی‌های مختلف انتشار یافته در سطح آب‌های زیرزمینی دارای مضرات زیست محیطی فراوانی بوده که مستقیماً زندگی بشر را تحت تأثیر قرار می‌دهند. از جمله این تأثیرات می‌توان به آلودگی آب شرب مصرفی و محصولات مختلف کشاورزی و مسمومیت‌های ناشی از استفاده آن‌ها منجر به از بین رفتن آبزیان در سطح منطقه اشاره کرد. لازم به ذکر است که تأثیرات آلاینده‌های مختلف در محیط زیست متفاوت می‌باشد. از این رو لازمه هر گونه اقدام جهت کنترل و کاهش آلاینده‌های آب‌های زیرزمینی و تأثیرات آن‌ها آگاهی کامل از نحوه توزیع و پراکندگی آلاینده‌های موجود در سطح بوده که در اختیار داشتن چنین اطلاعاتی صرفاً از طریق ایستگاه‌های سنجش آلودگی توزیع یافته در سطح منطقه مورد مطالعه، درون‌یابی نقاط نمونه‌برداری شده و انجام آنالیزهای مختلف امکان پذیر می‌باشد (عبدالقادری بوکانی و همکاران، ۱۳۸۷).

روش‌های مختلفی برای مطالعه و پهنه‌بندی تغییرات ویژگی‌های آب زیرزمینی وجود دارد که هر کدام از آن‌ها بسته به شرایط منطقه و وجود آمار و اطلاعات دارای دقت‌های مختلفی می‌باشند. از جمله روش‌های میان‌بایی برای مطالعه و تهیه نقشه‌های تغییرات کیفیت آب‌های زیرزمینی می‌توان به روش‌های زمین‌آمار کریجینگ، کوکریجینگ و روش‌های معین مانند عکس فاصله، تابع شعاعی، تخمین گر عام و تخمین گر موضعی اشاره کرد. انتخاب روش مناسب پهنه‌بندی و تهیه نقشه تغییرات ویژگی‌های کیفی آب زیرزمینی گامی اساسی و مهم در مدیریت منابع آبی منطقه به شمار می‌رود (شعبانی، ۱۳۹۰). استفاده از روش‌های نامناسب درون‌بایی و ناآگاهی از مدل واریوگرامی مناسب می‌تواند برآوردهای ناصحیحی در نقشه‌های پهنه‌بندی پارامترهای مورد بررسی به کمک روش‌های زمین‌آماری به دنبال داشته باشد که این امر منجر به خسارت‌های جبران ناپذیری در مدیریت، سیاست‌گذاری و برنامه‌ریزی‌ها خواهد شد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). کمپلینگ و همکاران (۲۰۰۱)، میانگین منطقه‌ای بارش متوسط در جنوب اسپانیا را با استفاده از روش کلاسیک تیسن و روش‌های متفاوت زمین‌آماری کریجینگ و کوکریجینگ به دست آوردند. تخمین‌های به دست آمده نشان داد که نتایج کریجینگ بیشترین همبستگی را با داده‌های واقعی دارد. تقی‌زاده مهرجردی و همکاران (۲۰۰۸)، توزیع مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت اردکان یزد را با روش‌های زمین‌آماری بررسی کردند. در این مطالعه روش‌های کوکریجینگ، کریجینگ و معکوس فاصله برای درون‌بایی مکانی EC، TDS و SAR مقایسه شدند. نتایج نشان داد روش کریجینگ و کوکریجینگ برای میان‌بایی به روش معکوس فاصله ارجحیت دارد. حسینعلی زاده و یعقوبی (۱۳۸۹)، در بررسی تغییرات زمانی و مکانی سطح سفره آب زیرزمینی با کمک دانش زمین‌آمار در دشت‌های چهارگانه گناباد، نتیجه گرفتند که نوسان آب زیرزمینی تمامی فصل‌ها دارای روند، و ناهمسانگرد است. افزون بر آن مدل‌های نیم تغییرنا در فصل‌های بهار، تابستان و پاییز مدل نمایی و در فصل زمستان مدل کروی به عنوان مناسب‌ترین مدل‌ها تشخیص داده شد. نظری‌زاده و دیگران (۱۳۸۵)، از روش زمین‌آمار در بررسی تغییرات مکانی کیفیت آب زیرزمینی دشت بالارود استفاده کردند و نشان دادند که مدل کروی بهترین مدل جهت برازش بر روی واریوگرام تجربی متغیرهای شوری و کلر و سولفات می‌باشد.

اهداف این پژوهش بررسی نتایج ۸ روش درون‌بایی در پهنه‌بندی پارامترهای کیفی هدایت الکتریکی و غلظت نیترات منابع آب زیرزمینی دشت تبریز در دو دوره زمانی با استفاده از نرم‌افزار GIS می‌باشد. روش‌های درون‌بایی استفاده شده در این تحقیق شامل روش‌های خطی، معکوس فاصله وزنی، کلاو-تاچر، همسایه طبیعی، کریجینگ کروی، کریجینگ نمایی، کریجینگ گاوسی و کریجینگ توانی هستند.

## مواد و روش‌ها

### موقعیت منطقه مورد مطالعه و داده‌های مورد استفاده



شکل (۱): موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و محل قرارگیری چاه‌های مورد استفاده در دشت تبریز

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق دشت تبریز واقع در استان آذربایجان شرقی می‌باشد که بین طول‌های شرقی  $45^{\circ}34'50.22''$  تا  $46^{\circ}35'29.96''$  و عرض‌های شمالی  $37^{\circ}49'37.44''$  تا  $38^{\circ}15'24.94''$  است. سفره‌های آب زیرزمینی دشت تبریز مرکب از سفره‌های تشکیل شده در توفه‌های دامنه‌های شمالی سهند و سفره‌های آبرفتی منطقه است. از جمله سفره‌های تشکیل شده در توفه‌های سهند، سفره‌های دره سعیدآباد، دره لیقوان، دره‌های جنوبی شهر تبریز و دشتک قزلجه میدان-باسمنج و بالاخره سفره‌های جنوب غربی شهر تبریز است. ضخامت توفه‌ها در دامنه‌های شمال غربی سهند زیاد است و تا حدود ۵۰۰ متر نیز می‌رسد، در حالی که این ضخامت با حرکت به سمت شمال و غرب کاهش می‌یابد، به طوری که در حاشیه جاده تبریز-تهران و تبریز-مراغه به مقداری ناچیز می‌رسد. جریان اصلی آب زیرزمینی در دره‌های اصلی مانند سعیدآباد، لیقوان چای، مهران رود، سردرود، عنصرود و آذرشهر متمرکز است. این رودخانه‌ها درون توفه‌های شمال غربی و غرب کوه سهند، دره‌های آبرفتی کم و بیش عمیقی را بوجود آورده‌اند. سفره آبرفتی دشت تبریز در منطقه فروافتاده غرب گسل تبریز تشکیل شده است. محدوده سفره به صورت نواری در دامنه‌های شمال غربی سهند در راستای شمال شرقی به جنوب غربی کشیده شده است. سفره آب زیرزمینی در بیشتر بخش‌های دشت از چند لایه آبدار بوجود آمده که لایه آبدار سطحی از نوع آزاد و لایه‌های زیرین از نوع نیمه تحت فشار هستند. لایه آبدار آزاد در تمام سطح دشت گسترش دارد، این لایه در دامنه‌های سهند تا درون بادزن‌های آبرفتی رودخانه‌ها پیش می‌رود و در این سمت به لایه آبدار توفه‌ها می‌پیوندد.

در محدوده مورد مطالعه، داده‌های حاصل از نمونه‌برداری کیفی مربوط به ۳۵ حلقه چاه موجود است که با تناوب نمونه-برداری دو بار در سال در مواقع شروع فصل زراعی (مهر) و اواخر فصل زراعی (خرداد) سال ۱۳۸۶ نمونه‌برداری شده است. محل و نحوه پراکندگی این چاه‌ها در شکل (۱) نمایش داده شده است.

برخی از خصوصیات آماری نظیر حداقل، حداکثر و انحراف معیار مربوط به پارامترهای کیفی مورد بررسی در هر دوره زمانی در جدول (۱) آورده شده است.

جدول (۱): برخی از خصوصیات آماری داده‌های هدایت الکتریکی و نیترات

پارامتر	دوره زمانی اول		دوره زمانی دوم	
	هدایت الکتریکی ( $\mu\text{S/cm}$ )	نیترات (میلی‌گرم در لیتر)	هدایت الکتریکی ( $\mu\text{S/cm}$ )	نیترات (میلی‌گرم در لیتر)
حداقل	۱۸۵	۰/۰۰۰	۱۹۸	۰/۰۹۰
حداکثر	۱۵۵۸۰	۲۲۶/۵۴۰	۱۴۲۴۰	۲۴۹/۴۵۰
میانگین	۴۳۷۴/۱۱۴	۳۶/۴۲۷	۴۲۲۲/۷۱۴	۵۹/۲۹۷
انحراف معیار	۴۱۵۹/۹۷۳	۴۶/۴۶۲	۴۰۶۷/۸۴۷	۶۸/۴۲۷

مدل GMS یک بسته نرم افزاری جامع در مدل‌بندی جریان آب در لایه‌های آبدار می‌باشد. بسیاری از مدل‌های عددی در داخل این نرم افزار گنجانده شده است. توانایی گرافیکی این مدل بسیار بالا می‌باشد. این مدل دارای دقت قابل قبولی در مراحل مختلف مدل‌سازی اعم از ورود داده‌ها، خروج داده‌ها، تنظیم و ارائه نتایج می‌باشد، همچنین دارای مجموعه کاملی از روش‌های میان‌بایی است که این روش‌ها می‌توانند با استفاده از روش‌های شبکه بندی مختلفی انجام گیرند. روش‌های درون-بایی آماری موجود در مدل GMS 7.1 شامل روش‌های خطی، معکوس فاصله وزنی، کلاو-تاچر، همسایه طبیعی، کریجینگ با واریوگرام‌های کروی، نمایی، گاوسی و توانی می‌باشد (زارع ۱۳۹۰).

### زمین‌آمار

در زمین‌آمار می‌توان با استفاده از داده‌های یک کمیت در مختصات معلوم، مقدار همان کمیت را در نقطه‌ای با مختصات معلوم دیگر، واقع در درون دامنه‌ای که ساختار فضایی حاکم است، تخمین زد. گسترش فضایی که درون آن چنین وابستگی وجود دارد به وسیله واریوگرام مشخص می‌شود (حسنی پاک، ۱۳۷۷).

واریوگرام یا تغییرنما، به منظور تشریح پیوستگی مکانی یک متغیر به کار می‌رود. به عبارتی هدف از برقراری واریوگرام این است که بتوان تغییرپذیری متغیر را نسبت به فاصله مکانی یا زمانی شناخت. واریوگرام به صورت همبستگی مکانی بین نقاط اندازه‌گیری شده بر اساس مربع تفاضل دو نقطه و با توجه به جهت و فاصله آن‌ها بیان می‌شود و کمیتی برداری است که درجه همبستگی و غیر شبیه بودن تغییرات را نشان می‌دهد و با  $\gamma(h)$  نمایش داده می‌شود. تغییرنمای واقعی از لحاظ عملی قابل دسترس نمی‌باشد، زیرا محاسبه آن نیازمند نمونه‌برداری از همه اجزاء بی‌نهایت کوچک محیط مورد مطالعه است و این در طبیعت غیر ممکن می‌باشد. بنابراین در بررسی‌های زمین‌آمار معمولاً از نوع دیگری تغییرنما که تغییرنمای تجربی نام دارد و به وسیله‌ی تعداد محدودی از جفت نقاط محاسبه می‌شود، استفاده می‌گردد. برای محاسبه‌ی تغییرنما از مربع اختلاف مقادیری که به فاصله‌ی  $h$  از هم قرار دارند، استفاده می‌شود. بدین ترتیب می‌توان نوشت:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(X_i + h) - z(x_i)]^2 \quad (1)$$

که در آن  $N(h)$  تعداد جفت نمونه‌ها که در فاصله  $h$  از یکدیگر قرار دارند، مقدار  $Z(x_i)$  مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر،  $Z(x_i+h)$  مقدار مشاهده شده متغیر مورد نظر که به فاصله  $h$  از  $Z(x_i)$  قرار دارد، می‌باشد. هر یک از مقادیر محاسبه شده واریوگرام به همراه مقدار نظیر  $h$  آن‌ها نقطه‌ای را در مختصات  $\gamma-h$  مشخص می‌کند. با برآزش یک مدل به این نقاط، منحنی واریوگرام تجربی به دست می‌آید (حسنی پاک، ۱۳۷۷).

### روش میان‌بایی همسایه طبیعی

در همسایه طبیعی درون‌بایی بر اساس پلی‌گون بندی تیسن مجموعه نقاط انجام می‌شود. شبکه بندی تیسن را می‌توان از طریق مثلث بندی Delauney انجام داد. مثلث بندی Delauney یک TIN است که طوری ساخته شده است که معیار Delauney ارضا شده باشد. برای هر نقطه در شبکه یک پلی‌گون تیسن وجود دارد. پلی‌گون، سطحی را که نزدیک به یک

نقطه است را نسبت به سایر نقاط می‌بندد. پلی گون های که در مرکز مجموعه نقاط واقع شده اند به صورت بسته اند و پلی گون هایی که در روی ناحیه محدب قرار دارند باز هستند. هر پلی گون تیسن با استفاده از دایره‌های محیطی مثلث هایی که از مثلث بندی Delauney مجموعه نقاط به دست می‌آید ساخته می‌شود. رئوس پلی گون های تیسن بر مرکز دایره‌های محیطی مثلث ها منطبق است.

### معیارهای ارزیابی نتایج

به منظور ارزیابی نتایج مدل GMS از آماره‌های متداول نظیر ضریب نکویی برازش ( $R^2$ ) و میانگین قدر مطلق خطای نسبی (AARE) استفاده شده است. بهترین عملکرد براساس معیار  $R^2$  برابر با یک، و براساس AARE صفر است.

$$AARE = \frac{1}{N} \left( \frac{\sum_{i=1}^N |S_i - O_i|}{O_i} \right) \quad (2)$$

$$R^2 = \frac{\left( \sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O}_i)(S_i - \bar{S}_i) \right)^2}{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O}_i)^2 \sum_{i=1}^N (S_i - \bar{S}_i)^2} \quad (3)$$

که در این روابط مقادیر پارامترهای  $O_i$ ,  $S_i$  به ترتیب مقادیر مشاهداتی و برآوردی و  $\bar{O}_i$  و  $\bar{S}_i$  نیز به ترتیب میانگین مقادیر مشاهداتی و برآوردی می‌باشند و  $N$  تعداد داده‌های مورد استفاده می‌باشد.

در این تحقیق از ۲ پارامتر کیفی هدایت الکتریکی و نیترات در پهنه‌بندی کیفی منابع آب زیرزمینی دشت تبریز استفاده شده است. به همین منظور روش‌های میان‌یابی مبتنی بر زمین‌آمار و همچنین روش‌های معین آماری در مدل GMS برای دو دوره زمانی مورد بررسی استفاده گردید. روش‌های مورد استفاده برای میان‌یابی عبارتند از: روش خطی، روش معکوس فاصله وزنی، روش کلاو-تاچر، روش همسایه طبیعی، روش کریجینگ کروی، روش کریجینگ نمایی، روش کریجینگ گاوسی و روش کریجینگ توانی. ابتدا در مدل GMS نقشه اولیه از محدوده دشت تبریز به همراه موقعیت چاه‌ها و محدوده مورد مطالعه تعیین و مش‌بندی گردید. قبل از وارد کردن داده‌های مربوط به پارامترهای کیفی به نرم‌افزار لازم است اطلاعات مربوط به تعدادی از چاه‌ها برای صحت‌سنجی نتایج روش‌های مختلف میان‌یابی جدا شوند. بدین منظور در این تحقیق به طور تصادفی اطلاعات مربوط به ۴ چاه برای صحت‌سنجی جدا گردید. در ادامه داده‌های مربوط به هر پارامتر کیفی در دوره‌های زمانی مربوطه، به منظور میان‌یابی و پهنه‌بندی به نرم‌افزار وارد شد. آن‌گاه با استفاده از روش‌های میان‌یابی ذکر شده در بالا، نقشه‌های پهنه‌بندی برای هر پارامتر کیفی در دوره زمانی مربوطه به دست آمد. در ادامه به منظور انتخاب بهترین روش میان‌یابی برای هر پارامتر کیفی در دوره‌ی زمانی مربوطه با استفاده از داده‌های مشاهداتی و مقادیر برآورد شده توسط هریک از ۸ روش میان‌یابی با استفاده از معیارهای آماری خطا نظیر ضریب نکویی برازش و میانگین قدر مطلق خطای نسبی نقشه‌های تولید شده به تفکیک مورد صحت‌سنجی قرار گرفتند.

### نتایج و بحث

#### نتایج پهنه‌بندی کیفی هدایت الکتریکی و نیترات

در صحت سنجی تخمین پارامتر کیفی هدایت الکتریکی، در میان ۸ روش درونیابی در ۲ دوره زمانی، روش همسایه طبیعی مناسب‌ترین ضریب نکویی برازش و میانگین قدر مطلق خطای نسبی را در هر دو دوره زمانی در تخمین هدایت الکتریکی ارائه کرد. جزئیات مربوط به صحت سنجی این روش، در جدول (۲) نمایش داده شده است. مطابق نتایج این جدول مشاهده می‌شود که در دوره اول زمانی، میانگین قدر مطلق خطای نسبی ۲۶ درصد و ضریب همبستگی ۰/۹۱ می‌باشد که نتایجی قابل قبول

هستند. در دوره دوم زمانی، میانگین قدر مطلق خطای نسبی ۳۰ درصد و ضریب همبستگی ۰/۹۰ می‌باشد، که این نتایج نیز مطلوب می‌باشند.

نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی حاصل از این روش درونیایی (همسایه طبیعی)، در شکل‌های ۲ و ۳ قابل مشاهده است.

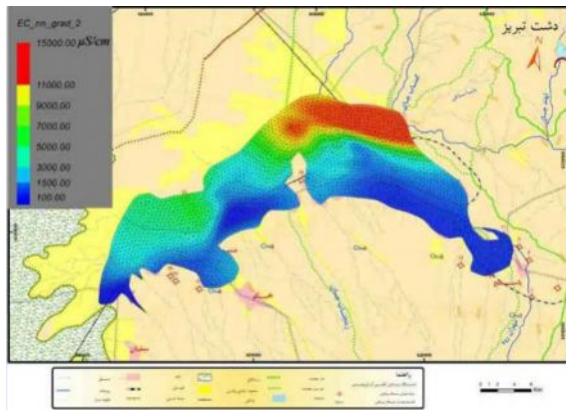
جدول (۲): مقادیر مشاهداتی و محاسباتی،  $R^2$  و AARE مربوط به داده‌های هدایت الکتریکی

پارامتر کیفی	دوره زمانی	روش درونیایی	مشاهداتی	محاسباتی	AARE	R	$R^2$
			$\mu S/cm$	$\mu S/cm$			
هدایت الکتریکی	اول	همسایه طبیعی	۴۳۳۰	۳۶۹۵/۲۱	۰/۲۶	۰/۹۱	۰/۸۳
			۱۱۶۰۰	۱۵۴۳۹/۲۱			
			۷۵۶۰	۵۰۸۲/۶۱			
			۳۸۵۰	۴۷۴۹/۹۴			
			۴۷۶۰	۴۱۰۱/۶۰			
	دوم	همسایه طبیعی	۱۲۵۱۰	۱۴۲۱۳/۸۷	۰/۳۰	۰/۹۰	۰/۸۱
			۶۸۸۰	۳۷۱۰/۱۷			
			۳۱۴۰	۴۵۴۷/۹۱			

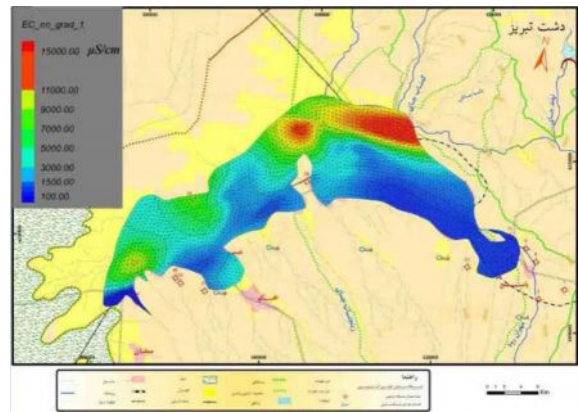
در صحت سنجی تخمین پارامتر کیفی نیترات، برای داده‌های سری اول، هیچ‌کدام از روش‌ها میانگین قدر مطلق خطای نسبی مناسبی در تخمین نیترات نداشتند. بهترین نتیجه حاصل شده (با توجه به ضریب همبستگی)، متعلق به روش کریجینگ توانی بود. با توجه به نتایج جدول (۳)، مشاهده می‌گردد که میانگین قدر مطلق خطای نسبی در صحت سنجی این روش برابر ۱۲۲ درصد است که این نتیجه قابل قبول نیست. ضریب همبستگی صحت سنجی این روش ۰/۹۱ می‌باشد که در حد مطلوب قرار دارد. نقشه پهنه‌بندی حاصل از این روش در شکل (۴) قابل مشاهده است. در سری دوم داده‌ها، با توجه به ضرایب نکویی برازش و میانگین قدر مطلق خطاهای نسبی، نتایج به دست آمده با استفاده از صحت سنجی روش کریجینگ کروی نسبت به سایر روش‌ها مناسب‌تر بود. جزئیات مربوط به مناسب‌ترین نتایج به دست آمده، در جدول زیر قابل مشاهده است. با توجه به نتایج جدول (۳)، مشاهده می‌گردد که میانگین قدر مطلق خطای نسبی در صحت سنجی این روش برابر ۲۳ درصد و ضریب همبستگی برابر ۰/۹۹ می‌باشند که هر دو در حد مطلوب و قابل قبول قرار دارند. نقشه پهنه‌بندی حاصل از این روش در شکل (۵) قابل مشاهده است.

جدول (۳): مقادیر مشاهداتی و محاسباتی،  $R^2$  و AARE مربوط به داده‌های نیترات

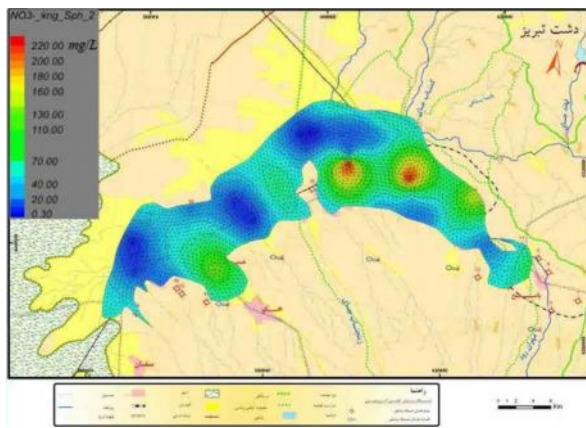
پارامتر کیفی	دوره زمانی	روش درونیایی	مشاهداتی	محاسباتی	AARE	R	$R^2$
			میلی گرم در لیتر	میلی گرم در لیتر			
نیترات	اول	کریجینگ توانی	۱۰/۵۹	۲۲/۱۹	۱/۲۲	۰/۹۱	۰/۸۳
			۲۸/۴۳	۳۳/۳۲			
			۵/۸	۲۶/۲۱			
			۳۲/۰۷	۳۵/۱۰			
			۱۸۸/۰۵	۱۵۴/۹۸			
	دوم	کریجینگ کروی	۳/۹	۴/۳۳	۰/۲۳	۰/۹۹	۰/۹۸
			۳۲/۲۱	۴۹/۱۳			
			۶۰/۸۷	۵۳/۲۵			



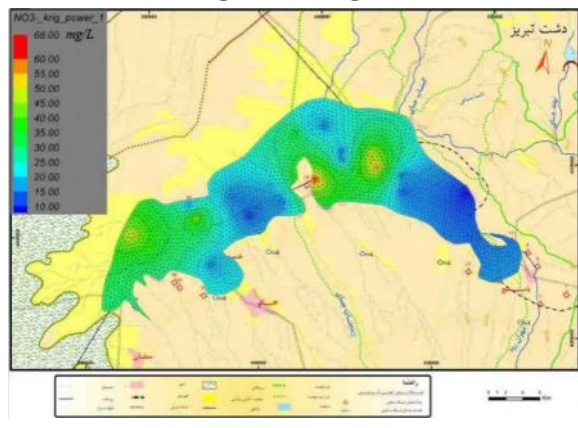
شکل (۳): نقشه پهنه‌بندی کیفی هدایت الکتریکی به روش همسایه- طبیعی در دوره زمانی دوم



شکل (۲): نقشه پهنه‌بندی کیفی هدایت الکتریکی به روش همسایه- طبیعی در دوره زمانی اول



شکل (۵): نقشه پهنه‌بندی کیفی نیترات به روش کریجینگ کروی در دوره زمانی دوم



شکل (۴): نقشه پهنه‌بندی کیفی نیترات به روش کریجینگ توانی در دوره زمانی اول

بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی ارائه شده در شکل‌های بالا (شکل‌های ۲ تا ۵)، در مورد هدایت الکتریکی، با توجه به این که هدایت‌پذیری الکتریسیته آب آشامیدنی تا ۴۰۰ میکروموس خوب و تا ۱۰۰۰ میکروموس قابل قبول می‌باشد (منزوی ۱۳۷۳)، در نقشه‌های پهنه‌بندی هدایت الکتریکی (شکل‌های ۲ و ۳)، مشاهده می‌شود که به غیر از مناطقی محدود در جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی، مقدار هدایت الکتریکی فراتر از حد مجاز می‌باشد. بیشترین مقدار هدایت الکتریکی در بخش شمال شرقی دشت، مشاهده می‌شود. با توجه به این که در آب‌های زیرزمینی مقادیر طبیعی نیتروژن نیتراتی در حد چند میلی‌گرم در لیتر است (نبی زاده و فائزی رازی ۱۳۷۵) و حد مجاز نیترات در آب آشامیدنی بر اساس استانداردهای سازمان بهداشت جهانی ۵۰ میلی‌گرم در لیتر می‌باشد، بر اساس نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی به دست آمده (شکل‌های ۴ و ۵) در دو نقطه آلودگی نیترات از لحاظ شرب وجود دارد. با توجه به شکل ۱ مشاهده می‌شود که این نقاط در منطقه شهری دشت تبریز قرار دارند (منطقه صورتی رنگ).

### نتیجه‌گیری نهائی

از میان ۸ روش درونیابی به کار گرفته شده در این تحقیق، در صحت سنجی پهنه‌بندی کیفی مربوط به پارامتر هدایت الکتریکی، روش همسایه طبیعی مناسب‌ترین میانگین قدر مطلق خطای نسبی و ضریب نکویی برازش را در ۲ دوره زمانی ارائه کرد. هم‌چنین در صحت سنجی پهنه‌بندی پارامتر کیفی نیترات، در دوره زمانی اول هیچ‌کدام از روش‌های درونیاب میانگین قدر مطلق خطای نسبی مناسبی به دست ندادند. با توجه به ضرایب همبستگی، روش کریجینگ توانی مناسب‌ترین روش درونیابی در دوره زمانی اول بود. در دوره زمانی دوم، روش کریجینگ کروی مناسب‌ترین میانگین قدر مطلق خطای نسبی و

همچنین ضریب همبستگی را در صحت سنجی انجام گرفته بر روی نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی حاصل از ۸ روش درونیابی ارائه داد.

با توجه به نقشه‌های پهنه‌بندی کیفی حاصل از روش‌های مورد اشاره، از لحاظ کیفیت آب آشامیدنی، به غیر از مناطقی محدود در جنوب، جنوب غربی و جنوب شرقی، مقدار هدایت الکتریکی فراتر از حد مجاز می‌باشد. همچنین، در دو ناحیه شهر تبریز از لحاظ کیفیت آب آشامیدنی، آلودگی نیترات وجود دارد.

## منابع

۱. تقی زاده مهرجردی، ر.، زارعیان چهارمی، م.، محمودی، ش.، حیدری، ا. و سرمدیان، ف. ۱۳۸۷. بررسی روش های درون یابی مکانی جهت تعیین تغییرات مکانی ویژگی های کیفی آب های زیر زمینی دشت رفسنجان. مجله علوم و مهندسی آبخیز داری ایران، شماره ۵، ص ۶۳-۷۰.
۲. حسنی پاک، ع. ۱۳۷۷. زمین آمار (ژئواستاتستیک). انتشارات دانشگاه تهران، چاپ اول.
۳. حسینعلی زاده، م. و یعقوبی، ع. ۱۳۸۹. تغییرات زمانی و مکانی سطح سفره آب زیرزمینی با استفاده از زمین‌آمار. مجله علوم و مهندسی آبخیز داری ایران، شماره ۱۰.
۴. زارع، محمد. ۱۳۹۰. بررسی تأثیرات شبکه آبیاری و زهکشی سد گاوشان بر روی منابع آب زیرزمینی دشت میاندرین با استفاده از مدل GMS6.5. پایان نامه کارشناسی ارشد رشته مهندسی منابع آب. دانشگاه رازی کرمانشاه.
۵. شعبانی، محمد. ۱۳۸۷. تعیین مناسب‌ترین روش زمین آمار در تهیه نقشه‌ی تغییرات pH و TDS آب‌های زیرزمینی، مجله مهندسی آب. سال اول، پاییز.
۶. عبدالقادر بوکانی، ن.، حجت، ع. و آل شیخ، ع. ۱۳۸۷. مدلسازی آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق آنالیزهای زمین آماری (مطالعه موردی: شهرستان شیراز). یازدهمین همایش انجمن زمین شناسی ایران - سازمان نقشه برداری کشور تهران.
۷. محمدی، ص.، سلاجقه، ع.، مهدوی، م. و باقری، ر. ۱۳۹۱. بررسی تغییرات مکانی و زمانی سطح آب زیرزمینی دشت کرمان با استفاده از روش زمین آماری مناسب (طی دوره آماری ۱۰ ساله، ۱۳۷۵-۱۳۸۵). فصلنامه تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۹ شماره ۱، ص ۶۰-۷۱.
۸. منزوی، محمدتقی. ۱۳۷۳. آبرسانی شهری، انتشارات دانشگاه تهران. چاپ هفتم.
۹. نبی زاده نودهی، رامین. و فائزی رازی، دادمهر. ۱۳۷۵. رهنمودهای کیفیت آب آشامیدنی، توصیه‌ها. تهران: انتشارات مؤسسه علمی - فرهنگی نص.
۱۰. نظری زاده، ف. ارشادیان، ب. و زندوکیلی، ک. 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.
11. Campling, P., Gobin, A. and Fegen, J., 2001. Temporal and spatial rainfall across humid Tropical Cachment. Hydrological processes, 15, 359-375.